



100 年度委辦計畫

居住空間舒適性檢測標準整合與開發(4/4)

(第 4 年度)

本年度計畫：自 100 年 3 月至 100 年 12 月止

委託單位：經濟部標準檢驗局

執行單位：中華民國振動與噪音工程學會

中華民國 100 年 12 月

100 年度委辦計畫

居住空間舒適性檢測標準整合與開發(4/4)

期末報告

一、基本摘要：

計畫名稱：居住空間舒適性檢測標準整合與開發

計畫編號：100-1403-05-0511

主管機關：行政院經濟部標準檢驗局

執行單位：中華民國振動與噪音工程學會

計畫主持人：洪振發 聯絡人：王錦秋

聯絡電話：(02)3366-3251 傳真號碼：(02)3366-3251

期 程：100 年 3 月到 100 年 12 月

經 費：(全程)： 2,600 仟元 (年度)： 2,600 仟元

執行情形：半年報

1.執行進度：	預定(%)	實際(%)	比較(%)
年度	100	100	100
總進度	100	100	100

2.經費支用：	預定(千元)	實際(千元)	支用比率(%)
年度經費	2,600	2,600	100
總經費	2,600	2,600	100

3.主要執行內容：

「智慧型生活空間」為近年來先進國家追求身心與生活品質提升的構想，透過它整合 IT 技術與身心舒適的需求達到提高生活品質及健康舒適的活動環境。在健康的身心舒適要求下，結合物理現象與人體生理參數，建立可量化基礎，以利於優質生活環境的建置，與工業產品特定品質的提升。

本計畫配合經濟部標準檢驗局逐年建立環境物理與人體生理參數相關性可量化之目標下，建立客觀量測方法與標準程序並考慮不可量化觀點量測之人因參數資料庫計畫中，依階段性任務進行下列三項研究工作：

- (一) 聲學仿真人偶於健康舒適音環境之應用技術研究開發（延續）
- (二) 建築聲學量測儀器檢測技術研究開發（延續）
- (三) 研擬「樓板衝擊器性能測試及檢校方法」標準草案。

這三項工作為經濟部標準檢驗局推動「健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法」及「環境物理與人體生理量測系統之介面整合」多年計畫中的一部份。

二、預定進度及查核點

工作項目	進度	月份	100年度居住空間舒適性檢測標準整合與開發計畫											
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A、聲學仿真人偶於健康舒適音環境之應用技術研究開發														
A1. 陪同審查試驗(Jury test)問卷內容檢討與設計			(A1)											
A2. 室內空間殘響特性及聲場均勻性量測與檢討。				(A2)										
A3. 執行 Jury test								(A3)						
A4. 仿真人偶應用於空間聲音品質評價技術										(A4)	(A5)			
B、建築聲學量測儀器檢測技術研究														
B1. 三項聲學儀器功能測試技術開發							(B1)							
B2. 樓板衝擊器校準平台改善測試與分析														
B3. 完成樓板衝擊器功能檢校方法						(B2)								
B4. 三種樓板衝擊器性能測試驗證							(B3)							
B5. 樓板衝擊器性能測試方法草案，說明會									(B3)	(B4)				
C、研討會、試審會														
C1. 與本計畫主題相關之研討會								(C1)						
C2. 一項標準草案試審會										(C2)				
D.報告														
D1. 期中報告						(D1)								
D2. 期末報告											(D2)			
D3. 樓板衝擊器性能檢測方法技術報告								(D3)						
D4. 聲學仿真人偶應用於居住空間聲舒適性評價之技術報告											(D4)			
進度百分比% (依經費之比重計算)			2	12	25	35	45	55	65	75	85	95	100	

查核點說明

- (A1) 100 年 3 月 完成(Jury test)執行規劃
- (A2) 100 年 5 月 完成室內現場殘響特性與聲場均勻性及聲音特性量測技術之研究
- (A3) 100 年 8 月 完成 102 人次 Jury test
- (A4) 100 年 10 月 完成仿真人偶應用於空間聲舒適性評價(jury test)技術研究
- (A5) 100 年 11 月 完成居住空間聲音品質評價(jury test)方法之技術報告
- (B1) 100 年 7 月 完成三項聲學儀器功能測試技術開發
- (B2) 100 年 6 月 完成樓板衝擊器簡易校準平台之改善、性能分析及測試
- (B3) 100 年 7 月 完成三種樓板衝擊器性能測試驗證
- (B4) 100 年 9 月 樓板衝擊器性能檢測方法技術報告及標準草案
- (B5) 100 年 10 月 完成樓板衝擊器性能檢測方法標準草案說明會
- (C1) 100 年 8 月 完成與本計畫主題相關之研討會
- (C2) 100 年 11 月 成樓板衝擊器性能檢測方法標準草案試審會
- (D1) 100 年 7 月 完成期中報告
- (D2) 100 年 12 月 完成期末報告
- (D3) 100 年 9 月 完成樓板衝擊器性能檢測方法技術報告
- (D4) 100 年 11 月 完成居住空間聲舒適性評價方法（含 jury test）技術報告

三、本計畫執行情形

本計畫進行過程依照規劃進度包括下列各項：

1. 完成「樓板衝擊器性能檢測方法標準草案」。
2. 100年11月16日完成「樓板衝擊器性能檢測方法標準草案」說明會。
3. 完成室內現場殘響特性與聲場均勻性及聲音特性量測技術之研究。
4. 完成三項聲學儀器功能測試技術開發。
5. 完成樓板衝擊器簡易校準平台之改善、性能分析及測試。
6. 完成三種樓板衝擊器性能測試驗證。
7. 完成聲學仿真人偶應用於空間聲舒適性評價(jury test)技術研究。
8. 完成室內空間聲音品質 102 人次 Jury test。
9. 100年6月23日(星期四)上午9:30~11:30與山衛公司合辦「空間品質研討會」，邀請德國 Prof. Dr.-Ing Klaus Genui 簡介心理聲學、聲音品質在車內與車外噪音之應用，聲音環境與聲景之應用，以及在通訊產業之應用。
10. 100年11月4日(星期五)上午9:00~下午17:00辦理「空間品質量測與標準研討會」。
11. 100年11月29日及12月8日完成「樓板衝擊器性能檢測方法標準草案」4場試審會議。
12. 完成聲音品質與樓板衝擊器相關國內研討會論文兩篇，國際研討會論文兩篇。

經濟部標準檢驗局 100 年度委辦計畫 居住空間舒適性檢測標準整合與開發(4/4)

期末報告

摘要

「智慧型生活空間」為近年來先進國家追求身心與生活品質提升的構想，透過它整合 IT 技術與身心舒適的需求達到提高生活品質及健康舒適的活動環境。在健康的身心舒適要求下，結合環境物理與人體生理參數，建立可量化基礎，以利於優質生活環境的建置，與工業產品特定品質的提升。

本計畫配合經濟部標準檢驗局逐年建立環境物理與人體生理參數相關性可量化之目標下，建立客觀量測方法與標準程序並考慮不可量化觀點量測之人因參數資料庫計畫中，依階段性任務進行下列三項研究工作：

- (一) 聲學仿真人偶於健康舒適音環境之應用技術研究開發。
- (二) 建築聲學量測儀器檢測技術研究開發。
- (三) 研擬「樓板衝擊器性能測試方法」相關標準草案。

此三項工作為經濟部標準檢驗局推動「健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法」及「環境物理與人體生理量測系統之介面整合」多年計畫中的一部份。

本年度計畫完成下列工作項目：

- (一) 針對室內聲學參數試驗量測，進行 4 個空間之 NC/NR 量測，殘響時間量測及聲場均勻性探討，以及 A-weighting 與心理聲學參數之關係探討。結果顯示仿真人偶與二支麥克風在不同空間量聲音壓力位準 (SPL)、殘響時間以及 A 加權後之頻率響應分布均有不同，確認應用麥克風量測空間音響，如考慮人耳感覺，需以兩支麥克風模擬雙耳位置外，仍須考慮人因參數。

- (二) 完成 IEC 61672 及 IEC 61606 多通道輸入/分析模組 7 項儀器性能檢校技術之研究，並比較麥克風與聲學仿真人偶在聲學性能之差異。
- (三) 完成樓板衝擊器檢校技術標準程序及檢測平台之開發與驗證。
- (四) 建立室內空間聲音品質 jury test 模式，進行 jury test 示範音源錄製，室內音源錄製，jury test 空間選擇及問卷設計與中文化等工作。
- (五) 完成室內空間聲音品質 102 人次 jury test。
- (六) 完成「樓板衝擊器性能檢測方法標準草案」說明會。
- (七) 完成「樓板衝擊器性能檢測方法標準草案」試審會。

關鍵詞：智慧生活空間、環境物理、人因參數、環境聲學、檢測、聲學
儀器性能、樓板衝擊器、室內聲學參數、jury test

經濟部標準檢驗局 100 年度委辦計畫
居住空間舒適性檢測標準整合與開發(4/4)
期末報告

目錄

期末報告摘要

一、計畫緣起	1
1.1 本年度計畫目標	3
二、本年度工作內容目前工作狀況	5
2.1 本年度工作內容	5
2.2 預定工作成果	6
2.3 本計畫之執行方式	7
2.4 預定進度及查核點及執行狀況	9
2.4.1 本計畫工作項目狀況	9
2.4.2 本計畫經費支出狀況	11
2.4.3 本計畫完成工作	12
2.4.4 本年度計畫預期與實際完成成果清單	13
三、健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法	14
- 聲學仿真人偶於健康舒適音環境之應用技術研究開發	
3.1 仿真學仿真人偶量測於健康舒適音環境之應用技術開發	16
3.2 文獻與技術檢討	17
3.2.1 仿真人偶量測系統介紹	17
3.2.2 仿真人偶量測系統理論之相關說明	18
3.2.3 相關檢測技術之資料文獻	21

3.3 99 年度聲學仿真人偶於舒適音環境之應用工作概要	27
3.3.1 99 年度計畫研究目標	27
3.3.2 99 年度 NC/NR 研究結果與討論	27
3.3.2.1 NC/NR 曲線量測	27
3.3.2.2 國人聽覺陪審評價測試 (Jury test)	31
3.4 室內殘響特性與聲場均勻性及聲音特性量測技術之研究	37
3.4.1 室內聲學指標研究目的	37
3.4.2 室內聲學參數-NC/CR 曲線	37
3.4.3 室內聲學參數-殘響時間(reverberation time)	38
3.4.4 室內聲學指標研究方法	41
3.5 室內聲學指標之實驗量測	43
3.5.1 NC/NR 重新量測說明及結果	43
3.5.2 NC/NR、殘響時間及 A-weighting 之量測	47
3.6 室內聲學指標 NC/NR 及殘響時間量測結果	56
3.6.1 NC/NR 於 1/3 Octave 量測結果	56
3.6.2 NC/NR 以抽油煙機為噪音源之量測結果	62
3.6.3 各空間殘響時間量測結果	63
3.6.4 A-weighting 及心理聲學參數	65
3.7 NC/NR、殘響時間、A-weighting 及心理聲學參數結論	66
3.8 陪同審查試驗(Jury test)問卷內容設計	67
3.8.1 jury test 之空間選擇、量測位置及測試方法	67
3.8.2 jury test 示範音源製作	77
3.8.3 jury test 噪音源錄製	80
3.8.4 jury test 噪音源與測試方法配合之選擇原則	83
3.8.5 jury test 受測者資料	86
3.8.6 受測者測試實況	89
3.9 jury test 以 SPSS 統計之結果與討論	91
3.9.1 配對比較法結果	91
3.9.2 配對比較法結果討論	96

3.9.3 分類判斷測試法結果	98
3.9.4 分類判斷測試法結果討論	102
3.9.5 語意區分測試法結果	103
3.9.6 語意區分測試法結果討論	114
3.10 jury test 結論	115
3.10.1 建議	115
四、環境物理與人體生理量測系統之介面整合	116
- 建築聲學量測儀器檢測技術研究開發	
4.1 聲學仿真人偶與單體麥克風規格功能測試技術研究開發	116
4.2 儀器性能參數測試技術概述	117
4.3 本年度聲學量測儀器功能測試	121
4.3.1 量測儀器功能測試小結	129
4.4 樓板衝擊器性能測試及檢校技術開發	130
4.4.1 建築物樓板標準衝擊音	130
4.4.2 測試方法開發研究程序	130
4.4.3 相關測試標準	131
4.4.4 標準衝擊源	132
4.4.5 樓板衝擊器性能測試及檢校技術開發	135
4.4.6 樓板衝擊音之量測方式	135
4.4.7 樓板衝擊器性能測試與檢校技術開發原則	139
4.4.8 樓板衝擊器簡易性能測試與檢校技術開發	140
4.4.8.1 方法說明	140
4.4.8.2 金屬測試架設計	140
4.4.8.3 量測儀器	144
4.4.8.4 99 年度建築物樓板衝擊器性能量測結果	145
4.4.8.5 99 年度建築物樓板衝擊器性能量測之結論與 建議	146
4.4.8.6 100 年度建築物樓板衝擊器性能檢測延續研究	146

事項	
4.4.9 樓板衝擊器及測試平台性能測試與檢討	147
4.4.10 樓板衝擊音之量測方式	154
4.4.11 尼龍受衝擊面之反彈係數檢驗證	161
4.4.12 樓板衝擊器檢測技術小結	163
4.4.13 樓板衝擊器性能測試方法驗證	163
4.4.13.1 三台樓板衝擊源設備	163
4.4.13.2 三台樓板衝擊源測試結果	164
4.4.14 樓板衝擊源接觸式性能測試技術標準	176
4.4.15 樓板衝擊器性能測試技術開發結論與建議	195
五、結論與建議	196
5.1 結論	196
5.2 建議	198
六、參考資料	200
附錄 A NC/NR 曲線表	204
附錄 B 四個空間之殘響時間圖	235
附錄 C NC/NR 曲線相對應之 A 加權及心理聲學參數圖表	252
附錄 D 陪同審查試驗(Jury test)四個室內空間家電噪音量測頻譜圖	270
附件一、本年度歷次審查意見彙整表	
附件二、研討會	
附件三、樓板衝擊器性能檢測標準作業	
附件四、100 年居住空間舒適性檢測標準整合與開發-論文與報告摘要	
附件五、SGS 尼龍試驗報告	

圖目錄

圖 2.1	居住空間舒適性檢測標準整合與開發計畫架構	7
圖 2.2	本計畫架構	8
圖 3.1	聲學仿真人偶之量測系統設備示意圖	14
圖 3.2	聲學仿真人偶量測系統對於主觀性聲音測試與調校圖	18
圖 3.3	聲源與人頭相對位置	19
圖 3.4	錄音—演算分析—回放示意圖	20
圖 3.5	聆聽等化之回放系統架構圖	21
圖 3.6	三個空間之 NR 曲線結果	29
圖 3.7	三個空間之 NC 曲線結果	30
圖 3.8	Jury test 選用四個空間之室內佈置狀況	32
圖 3.9	比較配對法之統計結果長條圖	33
圖 3.10	四個空間內 12 組噪音源以分類測試法之統計結果	34
圖 3.11	語意測試各項表達之分佈圖	35
圖 3.12	NC 及 NR 曲線於各中心頻率之曲線圖	38
圖 3.13	NR 曲線於全無響室量測結果	45
圖 3.14	NC 曲線於全無響室量測結果	46
圖 3.15	四個空間內仿真人偶及麥克風量測之背景噪音 dB(A)分佈圖	50
圖 3.16	四個空間之背景噪音頻譜圖	51
圖 3.17	專業聆聽室之室內空間	53
圖 3.18	迴響室之室內空間	53
圖 3.19	台大小劇場之室內空間	54
圖 3.20	中型音樂廳之室內空間示意圖及現場配置	55
圖 3.21	豪宅之室內環境	68
圖 3.22	豪宅之實驗量空間分佈	68
圖 3.23	一般住宅之室內環境	69
圖 3.24	一般住宅之實驗量空間分佈	69
圖 3.25	小套房之室內環境	70
圖 3.26	小套房之實驗量空間分佈	70
圖 3.27	中型會議室之室內環境	71
圖 3.28	中型會議室之實驗量空間分佈	72
圖 3.29	jury test 之比較配對法之響度大小測試作答畫面	73
圖 3.30	jury test 之比較配對法之尖銳度大小測試作答畫面	74
圖 3.31	jury test 之比較配對法之粗糙度大小測試作答畫面	74
圖 3.32	jury test 之響度分類判斷測試法作答畫面	75
圖 3.33	jury test 之尖銳度分類判斷測試法作答畫面	75
圖 3.34	jury test 之語意區分測試法之提示畫面及作答畫面	76

圖 3.35	示範音源響度為『大』的頻譜圖	77
圖 3.36	示範音源響度為『小』的頻譜圖	77
圖 3.37	示範音源尖銳度為『大』的頻譜圖	78
圖 3.38	示範音源尖銳度為『小』的頻譜圖	78
圖 3.39	示範音源尖粗糙度為『高』的頻譜圖	78
圖 3.40	示範音源粗糙度為『低』的頻譜圖	79
圖 3.41	示範音源粗糙度為較低的例子	79
圖 3.42	示範音源粗糙度為實際生活中的例子	79
圖 3.43	錄製室內噪音源	80
圖 3.44	jury test 測試流程圖	85
圖 3.45	一般受測者年齡分佈圖	86
圖 3.46	一般受測者教育程度分佈圖	87
圖 3.47	一般受測者性別分佈圖	87
圖 3.48	音樂專業人士受測者年齡分佈分佈圖	88
圖 3.49	一般受測者於一般住家內進行測試	89
圖 3.50	一般受測者於里民活動中心內進行測試	89
圖 3.51	一般受測於學校會議室進行測試	89
圖 3.52	一般受測者於教室內進行測試	90
圖 3.53	音樂專業人士於教師休息室進行測試	90
圖 3.54	音樂專業人士於教師休息室進行測試	90
圖 3.55	一般受測者之比較配對法於響度之結果分佈圖	91
圖 3.56	一般受測者之比較配對法於尖銳度之結果分佈圖	92
圖 3.57	一般受測者之比較配對法於粗糙度之結果分佈圖	93
圖 3.58	音樂專業人士受測者之比較配對法於響度之結果分佈圖	94
圖 3.59	音樂專業人士受測者之比較配對法於尖銳度之結果分佈圖	95
圖 3.60	音樂專業人士受測者之比較配對法於粗糙度之結果分佈圖	96
圖 3.61	一般受測者於分類判斷測試法之響度大小分佈圖	98
圖 3.62	一般受測者於分類判斷測試法之尖銳度大小分佈圖	99
圖 3.63	音樂專業人士受測者於分類判斷測試法之響度大小分佈圖	100
圖 3.64	音樂專業人士受測者於分類判斷測試法之尖銳度大小分佈圖	101
圖 3.65	一般受測者於語意區分測試法之吹風機雷達圖	104
圖 3.66	一般受測者於語意區分測試法之吸塵器雷達圖	105
圖 3.67	一般受測者於語意區分測試法之刮鬍刀雷達圖	105
圖 3.68	一般受測者於語意區分測試法之抽油煙機雷達圖	106
圖 3.69	一般受測者於語意區分測試法之果汁機雷達圖	106
圖 3.70	一般受測者於語意區分測試法之按摩棒雷達圖	107
圖 3.71	一般受測者於語意區分測試法之電風扇雷達圖	107
圖 3.72	一般受測者於語意區分測試法之磨豆機雷達圖	108

圖 3.73	音樂專業人士受測者於語意區分測試法之吹風機雷達圖	110
圖 3.74	音樂專業人士受測者於語意區分測試法之吸塵器雷達圖	110
圖 3.75	音樂專業人士受測者於語意區分測試法之刮鬍刀雷達圖	111
圖 3.76	音樂專業人士受測者於語意區分測試法之抽油煙機雷達圖	111
圖 3.77	音樂專業人士受測者於語意區分測試法之果汁機雷達圖	112
圖 3.78	音樂專業人士受測者於語意區分測試法之按摩棒雷達圖	112
圖 3.79	音樂專業人士受測者於語意區分測試法之電風扇雷達圖	113
圖 3.80	音樂專業人士受測者於語意區分測試法之磨豆機雷達圖	113
圖 4.1	HQS-EA 資料擷取裝置與處理視窗	117
圖 4.2	聲學儀器功能測試發聲裝置	118
圖 4.3	待測儀器(EUT)麥克風及前置放大器	119
圖 4.4	麥克風架設圖	119
圖 4.5	喇叭發聲架設圖	120
圖 4.6	整體實驗架設圖	120
圖 4.7	最大容許之輸入值測試方塊圖	121
圖 4.8	頻率響應測試方塊圖	124
圖 4.9	群延遲測試方塊圖	125
圖 4.10	數位測試時輸入訊號之波形	125
圖 4.11	Crosstalk 測試方塊圖	128
圖 4.12	樓板衝擊音之發生機制	130
圖 4.13	測試方法開發研究程序圖	130
圖 4.14	01dB 公司樓板衝擊源	132
圖 4.15	CESVA 公司樓板衝擊源	132
圖 4.16	樓板衝擊音測試範例	133
圖 4.17	樓板衝擊音實驗室測試方法配置圖	137
圖 4.18	ISO 規範標準衝擊源之配置位置圖	137
圖 4.19	ASTM 規範標準衝擊源之配置位置圖	138
圖 4.20	輕量衝擊源之現場量測方法配置圖	139
圖 4.21	本測試系統構想圖	140
圖 4.22	金屬測試架組裝圖 - 側視圖	141
圖 4.23	金屬測試架組裝圖 - 上視圖	141
圖 4.24	量測照片架設圖-1	142
圖 4.25	量測照片圖-2	143
圖 4.26	量測照片圖-3	143
圖 4.27	信號分析軟體	144
圖 4.28	鋼受衝擊面之速度衝擊力訊號及其積分訊號	148
圖 4.29	尼龍受衝擊面之速度衝擊力訊號及其積分訊號	148
圖 4.30	鋼頭受衝擊面之各鉗頭衝擊速度測結果圖	149

圖 4.31	尼龍受衝擊面之各錘頭衝擊速度測結果圖	150
圖 4.32	不同受衝擊面之各錘頭衝擊速度測結果比較圖	150
圖 4.33	鋼頭受衝擊面之單一衝擊時間間隔量測結果圖	150
圖 4.34	尼龍受衝擊面之單一衝擊時間間隔量測結果圖	151
圖 4.35	鋼頭受衝擊面之連續衝擊時間間隔量測結果圖	151
圖 4.36	尼龍受衝擊面之連續衝擊時間間隔量測結果圖	151
圖 4.37	雷射測試平台構件圖	154
圖 4.38	雷射測試平台圖	155
圖 4.39	雷射對焦測試圖一	156
圖 4.40	雷射對焦測試圖二	157
圖 4.41	本計畫標準樣機錘頭 1 衝擊速度測試結果圖	158
圖 4.42	本計畫標準樣機錘頭 2 衝擊速度測試結果圖	158
圖 4.43	本計畫標準樣機錘頭 3 衝擊速度測試結果圖	159
圖 4.44	本計畫標準樣機錘頭 4 衝擊速度測試結果圖	159
圖 4.45	本計畫標準樣機錘頭 5 衝擊速度測試結果圖	159
圖 4.46	本測試法與雷射測試法之量測結果圖	160
圖 4.47	SGS 尼龍受衝擊面測試結果 (詳請參閱附件)	161
圖 4.48	本測試法 (考慮尼龍受衝擊面材彈性率) 與雷射測試法之結果圖	162
圖 4.49	本測試法考慮尼龍受衝擊面材彈性率) 與雷射測試法之各錘頭平均結果	162
圖 4.50	測試方法驗證照片	164
圖 4.51 B	衝擊源衝擊速度 (各錘頭量測三次) 測試結果圖	165
圖 4.52 B	衝擊源衝擊速度平均結果圖	165
圖 4.53 B	衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果	166
圖 4.54 B	衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果圖	167
圖 4.55 C	衝擊源衝擊速度 (各錘頭量測三次) 測試結果圖	168
圖 4.56 C	衝擊源衝擊速度平均結果圖	168
圖 4.57 C	衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果	169
圖 4.58 C	衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果圖	170
圖 4.59 D	衝擊源衝擊速度 (各錘頭量測三次) 測試結果圖	171
圖 4.60 D	衝擊源衝擊速度平均結果圖	171
圖 4.61 D	衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果	172
圖 4.62 D	衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果圖	173
圖 4.63	四台衝擊源之衝擊速度測試結果圖	174
圖 4.64	四台衝擊源之衝擊間隔平均時間測試結果圖	175
圖 4.65	四台衝擊源之相鄰衝擊間隔時間測試結果圖	175

表目錄

表 2.1	預定進度及檢核點	9
表 2.2	本計畫在 12 月 1 日前完成之工作項目	10
表 2.3	本計畫至 12 月 10 日止支出狀況	11
表 3.1	NC/NR 量測儀器列表	27
表 3.2	99 年度量測三個空間之聲壓位準	28
表 3.3	Jury test 儀器設備資料	31
表 3.4	Jury test 空間及量測位置表	31
表 3.5	配對比較法之測試參數及噪音源配置	32
表 3.6	分類判斷法之測試參數及噪音源配置	32
表 3.7	語意區分法之測試參數及噪音源配置	33
表 3.8	建築材料之吸收係數	40
表 3.9	NC/NR 及迴響時間量測工作列表	43
表 3.10.	NR 曲線實驗結果：	44
表 3.11.	NC 曲線實驗結果：	44
表 3.12	麥克風及前置放大器規格表	47
表 3.13	仿真人偶(Artificial Head)規格表	48
表 3.14	多通道擷取器(SQLab III)規格表	49
表 3.15	四個空內空間之背景噪音值	50
表 3.16	聆聽室 NR 曲線 (NC 曲線)之聲壓值	57
表 3.17	迴響室 NR 曲線 (NC 曲線)之聲壓值	58
表 3.18	台大小劇場 NR 曲線之聲壓值	60
表 3.19	中型音樂廳 NR 曲線之聲壓值	60
表 3.20	抽油煙機於聆聽室之聲壓值	62
表 3.21	各空間之迴響時間(RT30)量測結果	64
表 3.22	空間尺寸及量測位置	67
表 3.23	空間編號及噪音源	73
表 3.24	豪宅之室內噪音源 SPL 及心理聲學參數大小	81
表 3.25	一般住宅之室內噪音源 SPL 及心理聲學參數大小	81
表 3.26	小套房之室內噪音源 SPL 及心理聲學參數大小	82
表 3.27	中型會議室之室內噪音源 SPL 及心理聲學參數大小	82
表 3.28	配對比較法空間及音源分配	83
表 3.29	分類判斷法的音源分配及評價參數	84
表 3.30	語意區分測試法的音源分配及評價參數	84
表 3.31	一般受測者年齡分佈	86
表 3.32	一般受測者教育程度分佈	87
表 3.33	音樂專業人士受測者年齡分佈	88

表 3.34	音樂專業人士受測者音基級及性別比例分佈	88
表 3.35	配對比較法之受測者選擇次數百分比總表	91
表 3.36	配對比較法之響度選擇次數	91
表 3.37	配對比較法之尖銳度選擇次數	92
表 3.38	配對比較法之粗糙度選擇次數	92
表 3.39	配對比較法之受測者選擇次數百分比總表	93
表 3.40	配對比較法之響度選擇次數	93
表 3.41	配對比較法之尖銳度選擇次數	94
表 3.42	配對比較法之粗糙度選擇次數	95
表 3.43	分類判斷測試法之響度大小統計結果	98
表 3.44	分類判斷測試法之尖銳度大小統計結果	99
表 3.45	分類判斷測試法之響度大小統計結果	100
表 3.46	分類判斷測試法之尖銳度大小統計結果	101
表 3.47	語意區分測試法-安靜與吵	103
表 3.48	語意區分測試法-鈍與尖	103
表 3.49	語意區分測試法-圓滑與粗糙	103
表 3.50	語意區分測試法-弱與強	103
表 3.51	語意區分測試法-舒服與惱人	103
表 3.52	語意區分測試法-不緊張與緊張	104
表 3.53	語意區分測試法-安靜與吵	108
表 3.54	語意區分測試法-鈍與尖	108
表 3.55	語意區分測試法-圓滑與粗糙	109
表 3.56	語意區分測試法-弱與強	109
表 3.57	語意區分測試法-舒服與惱人	109
表 3.58	語意區分測試法-不緊張與緊張	109
表 4.1	IEC 61606-1 之測試頻率列表	123
表 4.2	頻率響應測試結果	124
表 4.3	群延遲測試結果	126
表 4.4	訊號通道間互擾量測結果	128
表 4.5	樓板衝擊測試標準彙整表	131
表 4.6	鋼受衝擊面之各鉋頭速度量測結果表	152
表 4.7	尼龍受衝擊面之各鉋頭速度量測結果表	153
表 4.8	本計畫採用標準樣機之衝擊速度測試結果 (採樣頻率: 51.2kHz)	158
表 4.9	本測試法與雷射測試法之測試結果表 (未考慮彈性率)	160
表 4.10	本測試法 (考慮尼龍受衝擊面材彈性率) 與雷射測試法之測試結果表	161
表 4.11 B	衝擊源衝擊速度測試結果表	165
表 4.12 B	衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果表	166
表 4.13 B	衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果表	167

表 4.14 C	衝擊源衝擊速度測試結果表	168
表 4.15 C	衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果表	169
表 4.16 C	衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果表	170
表 4.17 D	衝擊源衝擊速度測試結果表	171
表 4.18 D	衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果表	172
表 4.19 D	衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果表	173

一、計畫緣起

智慧建築的主體為人，從消費者者之角度，運用科學方法量測與驗證建立一致性之比較標準，提供安全、健康、方便、舒適之住宅基本品質之資訊，提供消費者或是建築物使用者安心的保障。儀器或感測裝置在智居產業的應用旨在調節環境條件，以提昇人的舒適感受。針對相關物理性參數之量測儀器，包括現場安裝之環境感測器以及臨場檢測儀器設備，均需建立明確的檢校體系。

97年1月開始執行一個為期4年的「智慧化居住空間產業介面整合與標準」計畫，前兩年計畫委託工業技術研究院執行，針對影響室內空間之物理參數-「光、音、熱、氣、濕」五項中之「光、熱、氣、濕」進行環境性能驗證標準檢測方法研究，完成光與熱兩項之物理參數之介面整合與標準技術開發。由於國內過去在此一領域之廠商與檢校體系之聯結較為薄弱，為了加以補強，在此計畫中，對於國內業者目前或未來將採用之感測器與量測儀器的規格、需求與實際應用狀況將加以調查，以便能將校正體系與感測儀器的兩端接軌。就此而言，國際上採用物理與生理綜合量測的規範（如人體熱舒適度指標(PMV)，眩光量測標準、室內噪音評估指標等），來評量人在居住空間環境的舒適度，並供性能驗證使用。因此，本計畫針對量測舒適空間評價之整合型儀器，建立標準的量測方法以利業界施行；並分析實際性能受個別感測器的影響，包括整合後的整體準確性、不確定度(Measurement Uncertainty)、以及個別環境參數對舒適度指標的調控敏感度(Sensitivity)。

本團隊由99年6月延續工研院前兩年成果，重點在居住空間「聲音舒適性」之物理參數之介面整合與標準技術開發，另外繼續前兩年室內熱舒適性研究成果，研擬「室內熱舒適度量測方法」國家標準草案，並進行國家標準作業程序。

智慧居住空間的舒適性若要掌握整體的舒適「音環境」，則所牽涉的將不只是建物整體的隔音與吸音規劃（包括建築物及建築構件之隔音與吸音），也應包括構成智慧能力之電腦系統、通訊設備、家電用品及馬達、冷氣等等，任何產生聲音或振動的設備及改變聲音品質之內部裝潢。

智慧化與優質化居住空間的環境，首要條件為居家安寧，再進一步考慮空間舒適性及音響品質。國內住宅類型以公寓大廈及連棟式住宅為主，占有房地產產品的2/3，獨棟式住宅只佔約19%；近鄰或上下樓層住戶之日常生活作息及戶外活動之聲音均會影響室內之音環境。居住環境安寧指標常與上、下、左、右相鄰住宅之環境有關，尤其在台灣都會區之居住型態以連戶住宅或公寓住宅為主，左右住戶之鄰居或是上下樓層住戶之日常生活作息、活動及戶外之音源均會影響室內之音環境，造成室內舒適音環境之營造不再是單獨的住戶之課題，而是建築物本身設計與生活空間之

各種電器（電風扇、冷氣、洗衣機）、生活物品（抽水馬達、抽油煙機、沖水馬桶、瓦斯爐、熱水器、電梯）及建築物管路配置（自來水給水管、排水管、雨水管）與相鄰住戶之活動（走動、沐浴、烹飪、健身）等等密切相關。內政部建築研究所於民國 87 開始籌建建築性能聲學實驗設施設置，已陸續完成聲音穿透損失、衝擊音及插入損失、隔音、吸音係數、機器聲功率、隔音牆模擬等測定裝置設備之建置，並提供受理實驗檢測服務。

居住空間的聲音品質除了建築材料之聲學性能評價與樓板隔音之需求外，「環境物理與人體生理舒適度試驗技術」大方向之聲舒適度相關議題在建築音環境中考量聲音傳感器（或麥克風，Microphone）與人耳聽覺感受在聲音位準與頻率響應之差異，在量測技術上由聲學仿真人偶（Head and Torso Simulator）與單體麥克風量測差異，以檢討人因參數加權之量化指標也為重要的工作。

對於健康舒適音環境之共同量測或評價基礎則為符合人體感受之聲學仿真人偶。在國際上，模擬人耳聽覺的“聲學仿真人偶”之應用已經有逾二十年歷史。相關的聲音品質技術與心理聲學技術，更是已臻於成熟。而聲學仿真人偶應用在車內空間聲音品質評價及 IT 產品聲音品質評價，已經是所有歐、美車廠所必備之技術，而國際上領先的品牌，如 HP、DELL、Apple 等，國際大廠，也以此技術與工具，做為聲學特性測試標準及產品驗收標準。

聲學仿真人偶之量測系統包含聲學仿真人偶之頭顱、耳翼、耳道、肩頸、軀幹之模擬人形，於左、右耳膜位置分別放置麥克風、後端有多通道訊號處理系統、音訊錄製系統，因應不同之分析需求搭配客觀之音質參數分析及騷擾指標計算、聲音編輯再生、配對比較控制、主觀分數統計分析，在其儀器之性能與功能確認上，外型已依國際標準規範進行設計與製作。

從聲學發展至今，聲音之感受性（聽覺）的研究除了物理與心理的探討外，也是一種統計科學，目前國內聲學技術均引用國外之數據，如各種感受曲線與準則等。然而，東方人種與西方人種在體型上與文化上有著明顯的差異，卻長期直接以國外之研究數據評估東方人之主觀感受性與接受性之差異，致使許多評估僅止於參考。而且，針對主觀的感受性差異之探討，國內也一直無相關的基礎研究。因此，本計畫執行期間，擬對於國人對於聲音感受之特性，應用聲學仿真人偶進行國人聽覺陪同評價測試（Jury Test），以建立華人的聽覺數據的起點，期待後續能有機會進行完整 Jury Test，以建立華人的聽覺數據及資料庫。本研究之目的不只對於未來居住空間舒適性指標訂定的參考與經驗之輸出，將有莫大的幫助，同時也將使國內之 IT 產業、通訊設備、家電用品及馬達、冷氣等產業，能進一步建立舒適標準的評價標準，對於其產業的競爭力亦有助益。

本計畫前一年度因時間有限，故 jury test 只著重在試驗設計、規劃及進行先期試驗，並參考相關資料及文獻，檢討智慧型居住空間舒適性聲學

特性測試標準可行之草案，以利於本年度計畫之執行。

本計畫先以群體調查方式為基礎，先選定完成聽力檢查且具代表性之受試者，於特定之測定環境中以不同之刺激音，進行各種不同頻率之聽覺閾值的測定，上一年度已獲得 20 人以上數據，檢討聲學仿真人偶應用之模式。本年度計畫將先檢討並修正上一年度測示之缺失，繼續進行 102 人測試，以評估左右耳所接收音量的影響用以建立國內聽覺人因調查之資料庫。

本計畫在探討音環境舒適性之研究上期望藉純音之刺激、探討人耳之聽覺閾值與聽覺清晰度，並與標準麥克風量測結果比較，進行符合國情與族群之聽覺感受資料庫，後續相關之人因實驗結果亦可應用於室內音環境之舒適性與感受性之評價依據。

智慧化生活空間目前為一個努力的目標，國內相關產業尚未成型，且有國際競爭力的大廠也逐漸嘗試投入開發，建構智慧化生活空間世界先進國家發展未來趨勢，我國也不例外，且為我國未來科技產業發展能夠持續發展，跳脫代工角色的契機。若能藉標準化量測技術、環境物理適合華人身體之生理特性資料庫建置推展，則能協助國內產業提升競爭力。

在建築聲學使用之儀器檢測技術發展上，國內在聲學仿真人偶與樓板衝擊器之檢測/檢校之能量尚未建置，本案之執行，可引進國外具備相關技術的研究單位之技術，進行聲學仿真人偶之量測系統與樓板衝擊器之規格檢驗技術之研究與開發，可累積檢測經驗，後續快速之建立該類儀器設備檢校能力。在產業效益方面，以儀器檢測技術與經驗提供建築聲學量測/環檢業者/視聽空間設計等廠商進行系統整合。未來可配合產業支援與相關業者人才培訓，以提升國內業者智慧化居住空間之檢測能力，進而開發相關產品，增加國內業者在國際上的競爭力。

我國都會區之居住型態以連戶住宅或公寓住宅為主，左右住戶之鄰居或是上下樓層住戶之日常生活作息均影響室內噪音狀況。室內樓板隔音性能為居家安寧首要需求，一般以標準衝擊源進行樓板敲擊與量測其樓下空間之減音效果，國內無標準衝擊源製造商，且進口之標準衝擊源雖曰有形式認證，但仍無法確認是否符合 CNS 15160-6 與 CNS 15160-7(或 ISO 140-6 與 ISO 140-7)。標準衝擊源符合 CNS 或 ISO 規範為維持樓板衝擊音隔音品質檢測標準的依據，依此需求，本計畫擬開發樓板標準衝擊源性能之檢校技術。

1.1 本年度計畫目標

在標準檢驗局 97 年開始推動目標為『建立智慧型生活空間之「健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法」及「環境物理與人體生理量測系統之

介面整合」之 4 年計畫下，前兩年計畫由工業技術研究院執行，針對影響室內空間之物理參數-「光、音、熱、氣、濕」五項中之「光、熱、氣、濕」進行環境性能驗證標準檢測方法研究，完成光與熱兩項之物理參數之介面整合與標準技術開發。本計畫延續工研院前兩年研究成果，自 99 年 6 年起執行最後兩年的工作，以居住空間聲音舒適度為主，本年度(100 年度)為最後一年，計畫工作目標如下：

(一) 健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法（延續 99 年度計畫）

- 聲學仿真人偶於健康舒適音環境之應用技術研究開發

本項工作將繼續探討聲學仿真人偶應用於居住空間聲音品質之量測與評價應用技術，以建立智慧型居住空間舒適性聲學特性之標準測試方法，以供業界用來量測居住空間舒適音環境的狀況。

(二) 環境物理與人體生理量測系統之介面整合

- 建築聲學量測儀器檢測技術研究開發（延續 99 年度計畫）

本項工作在考慮人體生理感受聲學之特性，繼續探討建築聲學的量測儀器檢測技術配合仿真人偶之量測與應用之技術研究開發，期能配合舒適居住空間音環境之音響量測。本年度計畫工作重點為：

- a. 檢討建築物樓板衝擊音特性，及標準衝擊源敲擊性能之量測技術。
- b. 繼續完成標準樓板衝擊源簡易性能檢測技術開發。

(三) 研擬標準草案

配合本計畫前述成果，本計畫擬完成「樓板衝擊器性能檢測方法」之國家標準草案，並依照國家標準草案試審會議作業程序，至少完成四場試審程序。

二、本年度工作內容目前工作狀況

2.1 本年度工作內容

本計畫延續前一年工作，探討聲學仿真人偶應用於居住空間聲音品質之量測與應用技術，期能以更接近人耳聲學感受之量測方式，建立居住空間音環境評價方法，同時考慮建築聲學量測技術與標準之開發，本年度計畫工作內容如下：

- (1) 健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法（延續 99 年度計畫）
 - 聲學仿真人偶於健康舒適音環境之應用技術研究開發
 - a. 完成聲學仿真人偶量測系統與單體麥克風對聲音評價在 NC/NR、殘響與室內聲音均勻性等特性之差異探討。
 - b. 完成聲學仿真人偶量測系統對居住空間聲音品質評價應用技術之開發。
- (2) 環境物理與人體生理量測系統之介面整合（延續 99 年度計畫）
 - 建築聲學量測儀器檢測技術研究開發
 - a. 前一年度已完成四項聲學儀器功能測試技術開發，本年度繼續下列三項技術之開發。
 - (a) Response to tone burst，
 - (b) Tolerance on frequency weighting characteristics，
 - (c) Cross talk。
 - b. 完成樓板衝擊器性能測試及檢校技術之開發。
- (3) 草案訂定
「樓板衝擊器性能測試及檢校方法」標準草案。
 - (a) 研擬1種國家標準草案並開1場座談會。
 - (b) 經座談會決議定成國家標準者，須依國家標準草案試審會議作業程序，召開至少 4 場試審會議。
- (4) 至少辦理一場與「健康舒適音環境應用技術」及「建築聲學量測儀器檢測技術標準檢測方法」相關研討會。

2.2 預定工作成果

- (1) 健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法及環境物理與人體生理量測系統之介面整合
 - a. 論文 2 篇、技術報告 2 篇、研討會 1 場次。
 - b. 完成應用聲學仿真人偶於聲音品質評價之研究報告。
 - c. 完成樓板衝擊器性能測試及檢校技術報告及草案初稿
- (2) 提交「樓板衝擊器性能測試及檢校方法」國家標準草案，所研擬之草案若參考國基標準，而與國際標準不同時，並於草案中加入差異性分析。(專有名詞以國家標準習用名詞或國立編譯館標準名詞為準，首次出現時應加註原文，並於草案後列出中英文對照表)。提交至少 1 場座談會、4 場試審會議之會議紀錄。
- (3) 本計畫進行計畫期間將至少辦理一場與「健康舒適音環境應用技術」及「建築聲學量測儀器檢測技術標準檢測方法」相關研討會。

2.3 本計畫之執行方式

本計畫先期研究於96年由工研院開始，於97年進行居住空間舒適性檢測標準整合與開發之4年計畫，整體計畫架構如圖2.1。本計畫團隊由99年6月繼續執行99年度與100年度計畫，重點在聲學仿真人偶、樓板衝擊器等環境聲學標準及量測技術[1]、[2]、[3]。

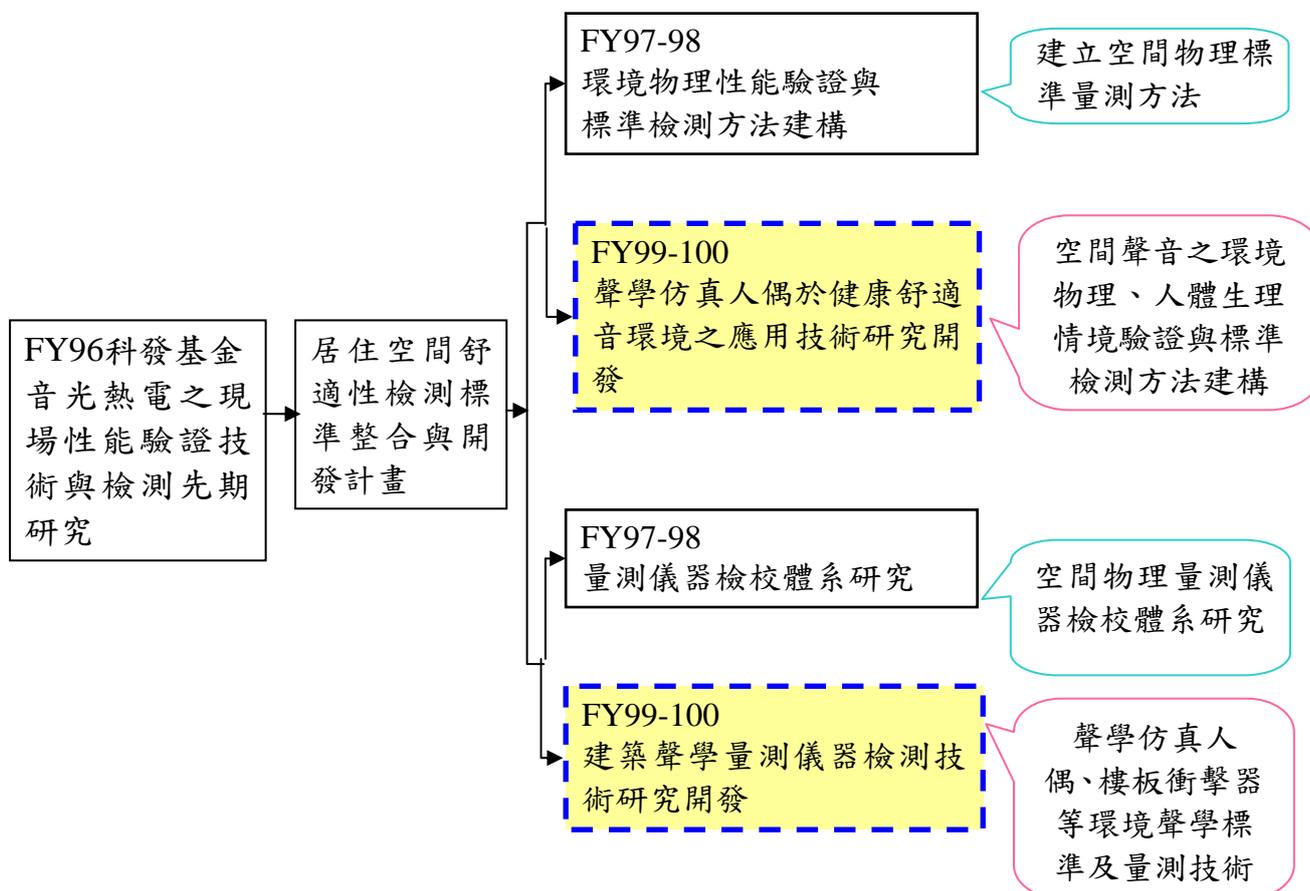


圖 2.1 居住空間舒適性檢測標準整合與開發計畫架構

本年度(100 年度)工作架構如圖 2.2 所示：

- 居住空間舒適環境性能驗證與標準檢測方法：
 - 重點在聲學仿真人偶應用於殘響時間、聲場均勻性、NC與NR曲線測定應用研究，及國人聽覺感受與聲音品質評價技術之研發。
- 建築聲學量測儀器檢測技術研究開發：
 - 重點在聲學仿真人偶聲學量測技術研討與聲學量測儀器功能測試技術研發。
- 標準草案推動

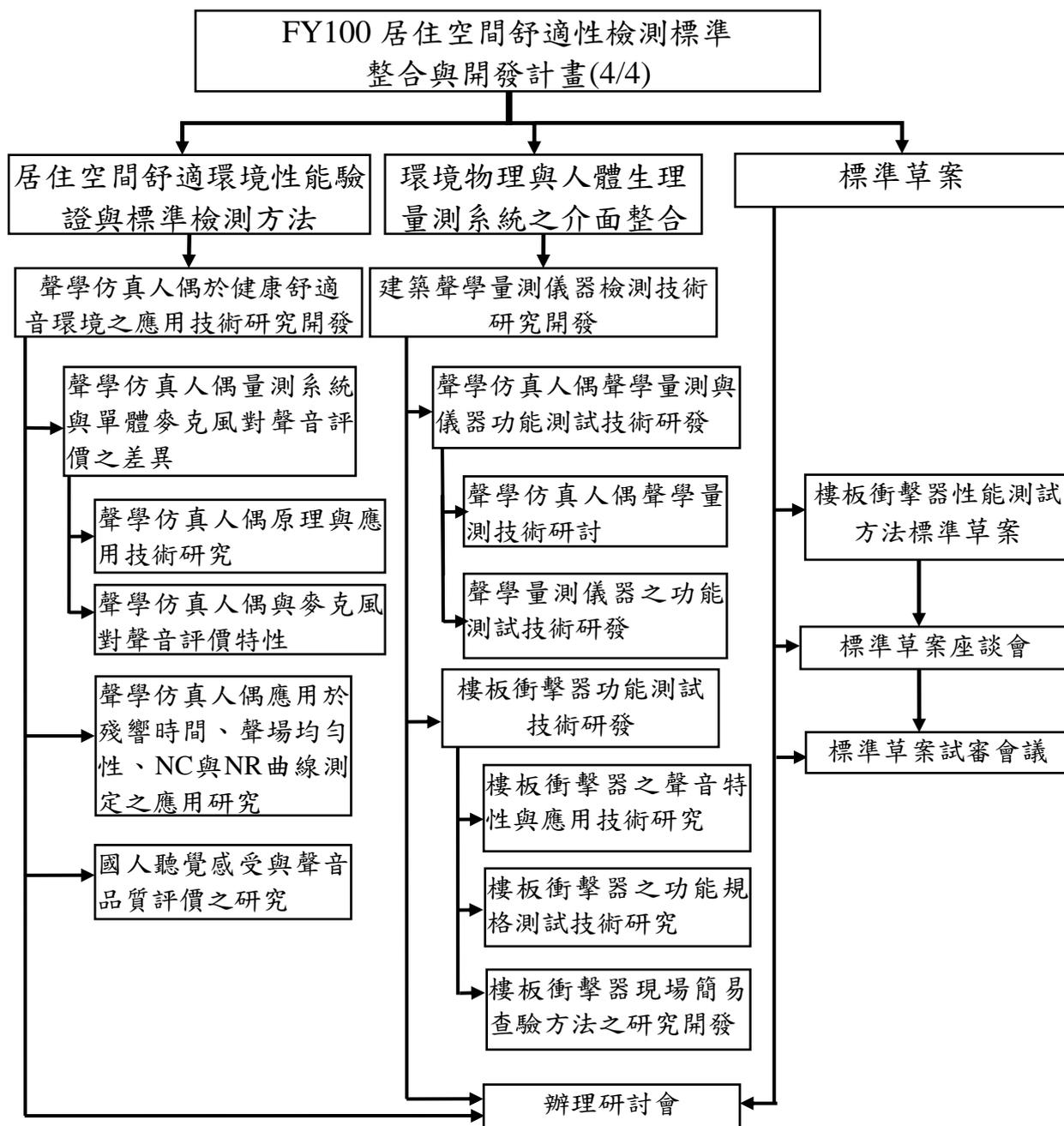


圖 2.2 本計畫架構

2.4 預定進度及查核點及執行狀況

2.4.1 本計畫工作項目狀況

本計畫預定進度及檢核點於表 2.1 所示。本計畫於 3 月開始，依預定計畫工作進度，在 12 月 1 日前完成工作項目狀況如表 2.2 所列。

表 2.1 預定進度及檢核點

工作項目	100年度居住空間舒適性檢測標準整合與開發計畫											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A、聲學仿真人偶於健康舒適音環境之應用技術研究開發												
A1. 陪同審查試驗(Jury test)問卷內容檢討與設計		(A1)										
A2. 室內空間殘響特性及聲場均勻性量測與檢討。			(A2)									
A3. 執行 Jury test							(A3)					
A4. 仿真人偶應用於空間聲音品質評價技術									(A4)	(A5)		
B、建築聲學量測儀器檢測技術研究												
B1.三項聲學儀器功能測試技術開發							(B1)					
B2.樓板衝擊器校準平台改善測試與分析												
B3.完成樓板衝擊器功能檢校方法						(B2)						
B4.三種樓板衝擊器性能檢校測試驗證							(B3)					
B5.樓板衝擊器性能測試方法草案，說明會									(B4)	(B5)		
C、研討會、試審會												
C1. 與本計畫主題相關之研討會							(C1)					
C2. 一項標準草案試審會										(C2)		
D.報告												
D1. 期中報告							(D1)					
D2. 期末報告											(D2)	
D3. 樓板衝擊器性能檢測方法技術報告								(D3)				
D4. 聲學仿真人偶應用於居住空間聲舒適性評價之技術報告											(D4)	
進度百分比% (依經費之比重計算)	2	12	25	35	45	55	65	75	85	95	100	
查核點說明												
(A1)	100年3月	完成(Jury test)執行規劃										
(A2)	100年5月	完成室內現場殘響特性與聲場均勻性及聲音特性量測技術之研究										
(A3)	100年8月	完成 100 人次 Jury test										

(A4)	100年10月	完成仿真人偶應用於空間聲舒適性評價(jury test)技術研究
(A5)	100年11月	完成居住空間聲音品質評價(jury test)方法之技術報告
(B1)	100年7月	完成三項聲學儀器功能測試技術開發
(B2)	100年6月	完成樓板衝擊器簡易校準平台之改善、性能分析及測試
(B3)	100年8月	完成三種樓板衝擊器性能檢校測試驗證
(B4)	100年9月	樓板衝擊器性能檢測方法技術報告及標準草案
(B5)	100年10月	完成樓板衝擊器性能檢測方法標準草案說明會
(C1)	100年8月	完成與本計畫主題相關之研討會
(C2)	100年11月	成樓板衝擊器性能檢測方法標準草案試審會
(D1)	100年7月	完成期中報告
(D2)	100年12月	完成期末報告
(D3)	100年9月	完成樓板衝擊器性能檢測方法技術報告
(D4)	100年11月	完成居住空間聲舒適性評價方法(含jury test)技術報告

表 2.2 本計畫在 12 月 1 日前完成之工作項目

項目	工作內容	工作項目 比重	預定完 成	實際完成
1	聲學仿真人偶於健康舒適音環境之應用技術研究開發			
	a.針對前一年，進行 20 人次 jury test 結果進行檢討，並完成本年度(Jury test)執行規劃。	3%	3%	3%
	b.針對去年 NC/NR 量測在無響室量測結果有疑點之處，改換地點再次量測，修訂原量測結果。	2%	2%	2%
	c.完成室內現場殘響特性與聲場均勻性及聲音特性量測技術之研究	10%	10%	10%
	d.陪同審查試驗(Jury test)問卷內容檢討與設計	12%	12%	12%
	e.仿真人偶應用於空間聲音品質評價技術：完成 Jury test 示範音源之基礎音源錄製，調整聲學仿真人偶軟硬體參數	10%	10%	10%
	f.執行Jury test 102 人次	15%	15%	15%
2	建築聲學量測儀器檢測技術研究			
	a.三項聲學儀器功能測試技術	10%	10%	10%
	b.樓板衝擊器校準平台改善測試與分析	5%	5%	5%
	c.樓板衝擊器功能檢校方法	5%	5%	5%
	d.三種樓板衝擊器性能檢校測試驗證	6%	6%	6%
e.樓板衝擊器性能檢測方法標準草案，說明會	10%	10%	10%	
3	研討會、試審會			
	a.與本計畫主題相關之研討會	3%	3%	3%
	b.一項標準草案試審會	3%	3%	3%
4	報告			
	a.期中報告	2%	2%	2%
	b.期末報告	2%	2%	2%
	c.樓板衝擊器性能檢測方法技術報告	1%	1%	1%
	d.聲學仿真人偶應用於居住空間聲舒適性評價之技術報告	1%	1%	1%

總共完成工作百分比：

預定：100%

實際：100%

2.4.2 本計畫經費支出狀況

本計畫於3月開始，依預定計畫工作進執行辦理支出，部分經費由學會先行預支處理，到12月10日止之經費支出狀況如表2.3所列。

表 2.3 本計畫至 12 月 10 日止支出狀況

科目名稱	預算金額	實支項目	實支金額	說明		
人事費	1,419,000	計畫主持人	15,000 元/人月× 9 人月=	135,000 元	基本人事費	
		協同主持人	14,000 元/人月× 18 人月=	252,000 元		
		研究員	13,000 元/人月× 18 人月=	234,000 元		
		副研究員	12,000 元/人月× 18 人月=	216,000 元		
		研究顧問	10,000 元/人月× 9 人月=	90,000 元		
		研究工程師	26,000 元/人月× 9 人月=	234,000 元		
		兼任研究助理	6,000 元/人月× 18 人月=	108,000 元		
		臨時工資	1,000 元/人日× 15 人日=	15,000 元		
		行政助理	15,000 元/人月× 9 人月=	135,000 元		
業務費	1,106,000	聲學仿真人偶儀器設備租用	80,000 元/月× 4.5 月=	360,000 元	聲學仿真人偶於聲音舒適環境之應用技術開發	
		聲音品值量測材料費	20,000 元/式× 1 式=	20,000 元		
		衝擊源 3 台租用	60,000 元/台× 3 台=	180,000 元	樓板衝擊器性能測試及檢校技術開發	
		動態分析儀 1 台租用	50,000 元/式× 1 式=	50,000 元		
		試件製作材料費	100,000 元/式× 1 式=	100,000 元		
		量測費用	54,000 元/式× 1 式=	54,000 元	標準草案說明會及審議專家出席費	
		出席費	2,000 元/人次× 30 人次=	60,000 元		
		研討會		58,272 元		
				文具、打字、影印、印刷費 資料蒐集費 其他, 差旅費, 營業稅	258,728 元	本計畫所需之文具、紙張等費用，以及研討會教材、文宣品、期中與期末報告、成果報告等之打字與影印費用、標準化相關報告、資料等之蒐集費用、雜項支出、短程車資、差旅及運輸、營業稅
		旅運費	35,000			
公費	40,000		40,000 元			
合計	2,600,000	小計	2,600,000 元			

2.4.3 本計畫完成工作

本計畫依照規劃進度，執行過程完成下列工作：

1. 完成室內現場殘響特性與聲場均勻性及聲音特性量測技術之研究。
2. 完成聲學仿真人偶應用於空間聲舒適性評價(jury test)技術研究。
3. 完成室內空間聲音品質 Jury test 102 人次測試。
4. 完成三項聲學儀器功能測試技術開發。
5. 完成樓板衝擊器簡易校準平台之改善、性能分析及測試。
6. 完成三種樓板衝擊器性能測試驗證。
7. 完成「樓板衝擊器性能檢測方法標準草案」
8. 11月16日完成「樓板衝擊器性能檢測方法標準草案」說明會。
9. 100年6月23日(星期四)上午9:30~11:30與山衛公司合辦「空間品質研討會」，邀請德國 Prof. Dr.-Ing Klaus Genui 簡介心理聲學、聲音品質在車內與車外噪音之應用，聲音環境與聲景之應用，以及在通訊產業之應用。
10. 100年11月4日(星期五)上午09:00~下午17:00辦理「空間品質量測與標準研討會」。
11. 100年11月29日及12月8日完成「樓板衝擊器性能檢測方法標準草案」4場試審會議。
12. 完成聲音品質與樓板衝擊器相關國內研討會論文兩篇，國際研討會論文兩篇。
13. 完成應用聲學仿真人偶於聲音品質評價之研究報告。
完成樓板衝擊器性能測試及檢校技術報告。

2.4.4 本年度計畫預期與實際完成成果清單

項目		年度	100 年度		
			預定完成	實際完成	備註
專利	申請		件	件	
	獲得		件	件	
論文	國內期刊		2 篇	2 篇*	已投稿
	國外期刊		0 篇	0 篇	
	國內研討會（口頭）		2 篇	2 篇	摘要見附件四
	國內研討會（書面）		篇	篇	
	國外研討會（口頭）		0 篇	2 篇	摘要見附件四
	國外研討會（書面）		1 篇	2 篇	摘要見附件四
研究報告	技術		2 件	2 件	摘要見附件四
	調查		0 件	0 件	
	訓練		0 件	0 件	
規範	試審		1 件	1 件	
	草稿		1 件	1 件	
合作研究	學術合作研究		件	件	
	業界合作研究		件	件	
	國外合作研究		件	件	
研討會	場次		1 場	2 場	
	人數		人次	229 人次	
技術服務					

三、健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法

- 聲學仿真人偶於健康舒適音環境之應用技術 研究開發

本計畫重點在

- 聲學仿真人偶量測系統與單體麥克風對聲音評價之差異。
- 聲學仿真人偶應用於迴響時間、聲場均勻性、NC 與 NR 曲線測定之應用研究。
- 應用聲學仿真人偶於國人聽覺感受及聲音品質評價研究。

本計畫將以國外已有的相關聲音品質及舒適性評價測試標準做為架構，並以過去十多年間協助國內 IT 產業，滿足國際大廠要求產品聲音品質標準所累積的經驗為基礎，有系統的進行整合研究，擬訂出聲學仿真人偶應用於智慧型居住空間舒適性聲學特性之測試標準的草案。

聲學仿真人偶之量測系統(如圖 3.1 所示)包含聲學仿真人偶之頭顱、耳翼、耳道、肩頸、軀幹之模擬人形，於左、右耳膜位置分別放置麥克風、後端有多通道訊號處理系統、音訊錄製系統，因應不同之分析需求搭配客觀之音質參數分析及騷擾指標計算、聲音編輯再生、配對比較控制、主觀分數統計分析，在其儀器之性能與功能確認上，外型依國際標準規範而定。



圖 3.1 聲學仿真人偶之量測系統設備示意圖

從聲學發展至今，聲音之感受性(聽覺)的研究是一種統計科學，在國內均是引用國外之數據，為各種感受曲線與準則之設計參考，然而，東方人種與西方人種在體型上與文化上有著明顯的差異，卻長期直接以國外之研究數據評估東方人之主觀感受性與接受性之差異，致使許多評估僅止於

參考。而且，針對主觀的感受性差異之探討，國內也一直無相關的基礎研究。

本計畫執行期間，在聲音感受性(聽覺)的研究將進行 Jury Test，以建立華人聽覺主觀評價數據，不只對於未來居住空間舒適性指標訂定的參考及經驗之輸出，將有莫大的幫助。同時，也將使國內之電腦系統、通訊設備、家電用品及馬達、冷氣等產業，也可考慮舒適標章的評價標準，對於其產業的競爭力則將有助益。

本計畫重點在於聲學仿真人偶量測系統與單體麥克風對聲音評價之差異比較，建立聲學物理參數及心理聲學參數量測的工作方法及實驗流程的模式。工作目標於使用麥克風及仿真人偶在三個不同室內空間進行聲音壓力等級的量測，使用室內聲學指標 NC 與 NR 曲線進行測定應用。另一工作重點著重於國人聽覺感受研究，從聲學發展至今，聲音之聽覺的研究均是引用國外之數據，做為各種感受曲線與準則之設計參考，而東方人種與西方人種在體型上與文化上有著明顯的差異，故數據研究應有不同之參考引用，因此，99 年度計畫執行在於聲音感受性(聽覺)的研究進行 Jury Test，以建立華人聽覺主觀評價數據。

探討音環境舒適性之研究上期望藉純音之刺激、探討人耳之聽覺閾值與聽覺清晰度，後續相關之人因實驗結果亦可應用於室內音環境之舒適性與感受性之評價依據。如果未來的時間與經費允許，更希望能夠繼續建立華人聽覺主觀評價的完整數據知識庫，以服務國內產業。

3.1 聲學仿真人偶量測於健康舒適音環境之應用技術開發

由於生活品質提高，人對舒適度之要求日趨嚴格，聲音品質成為產業競爭之標準，而傳統麥克風量測無法滿足人耳實際聽感受，必須以仿真人偶量測進行標準制定，方符合人的聽覺感知。本研究擬制定一套人偶於智居聲舒適度環境標準。首先，文獻回顧在其他產業人偶量測之研究，其次對所需相關研究介紹，並明訂研究方法步驟，以期按步就班完成。

制定一個好的規範或標準可使產品有遵循方向，以保持其品質，提升產品競爭力，先進國家如美國、日本、德國等，均依各種產業與服務業之需求，制訂國家標準，且隨著時間與環境變遷而修訂，以符合時代需要。這些國家標準，使得各種事業機構得以遵循，藉以提升產品品質與事業體系的競爭力，從另一角度而言，這些國家標準也成為國力之展現，如美國 ANSI、德國 DIN、日本 JIS、英國 BS 等標準，以及各國際產業團體的標準等。

智慧建築之建設乃是 21 世紀都市資訊化之標竿，內政部建研所推廣「智慧建築標章」，期待以此促使我國建築自動化之技術更快速的成長與應用。建築物之管理更具人性化與智慧化。進而延長建物之壽命，節省能源、節約人力，並降低建物日後之營運費用。透過智慧建築標章之宣導與推廣，直接可提高我國建築之品質，間接更可提升國家競爭力。配合智居產業的提升，與產品品質的維持，有需建立完整的國家標準。本研究在此前提下，嘗試制定能鑑別智居聲音品質之標準，採用先進之仿真人偶為測試工具與傳統之麥克風量測室內聲音進行比較，以期對居住聲音品質有較優質的鑑定能力，以提高室內聲音品質。

在傳統建築聲學中以 NR/NC 曲線為評價建築之音環境標準，然而其量測之聲音與人的感受有所不同，並無法滿足現在人對住居品質之要求，本研究先以單體麥克風量測室內空間之 NR/NC 曲線，作為聲學仿真人頭測試結果之比較基礎，嘗試尋求一較合適之量測與評估標準。簡言之是由主觀評比去建立一個人聽之標準，以此標準可建立一客觀評估聲音之標準。本初期之工作，我們研讀了一般建築聲學、心理聲學、人偶系統、主客觀評價、Jury test 須知。在建立聲音檔資料庫能不失真，聆聽評估時可如臨現場，依次建立以心理聲學參數為主之評價聲音品質標準。形成爾後可建立客觀之評估方法，如何能貼近人的知覺，眼耳鼻舌身意互相影響，Sound Scape 研究者更認為聲景可影響人對聲音品質之評價，而智居聲舒適度研究更可考量此因素，以期更符真人知覺。

德國仿真人頭技術進步，以 HEAD acoustics 為工具可徹底了解其設計仿真人雙耳技術，而未來台灣亦應自製符合華人之仿真人頭，科技不受制外國，可確實表達華人對聽的感覺，設計我們自有進而之檢測，提升產品聲音品質增加競爭力。

本計畫分兩年，目標為建立智慧型居住空間舒適性聲學特性測試標準，

以供經濟部用來規範其是否通過舒適音環境標準。本計畫將探討聲學仿真人偶應用於居住空間之量測與應用技術，期能以更接近人耳聲學感受之量測方式，建立居住空間音環境評價之先期研究。

3.2 文獻與技術檢討

本計畫對於聲學仿真人偶設計回顧、應用之資料與文獻之蒐集與回顧如下：

3.2.1 仿真人偶量測系統介紹

一聲學仿真人偶量測系統對於聲音量測、主觀性聲音的研判與物理聲學之辨識與量測聲音之調校等概略表示如圖 3.2。仿真人偶量測系統主要分為三部分：

- (1)仿真人偶：仿人聽覺收錄聲音，並記錄音場。
- (2)分析系統：計算聲壓或各種心理聲學參數，作客觀分析。
- (3)回放系統：原音重現，利用等化介面等技術，並作聲場還原，可確實原音重現，聆聽者可確實聆聽原始錄音，可作主觀評比，藉此執行 Jury Test 等實驗，針對主、客觀結果加以比對，對聲音品質作更完全之評價。

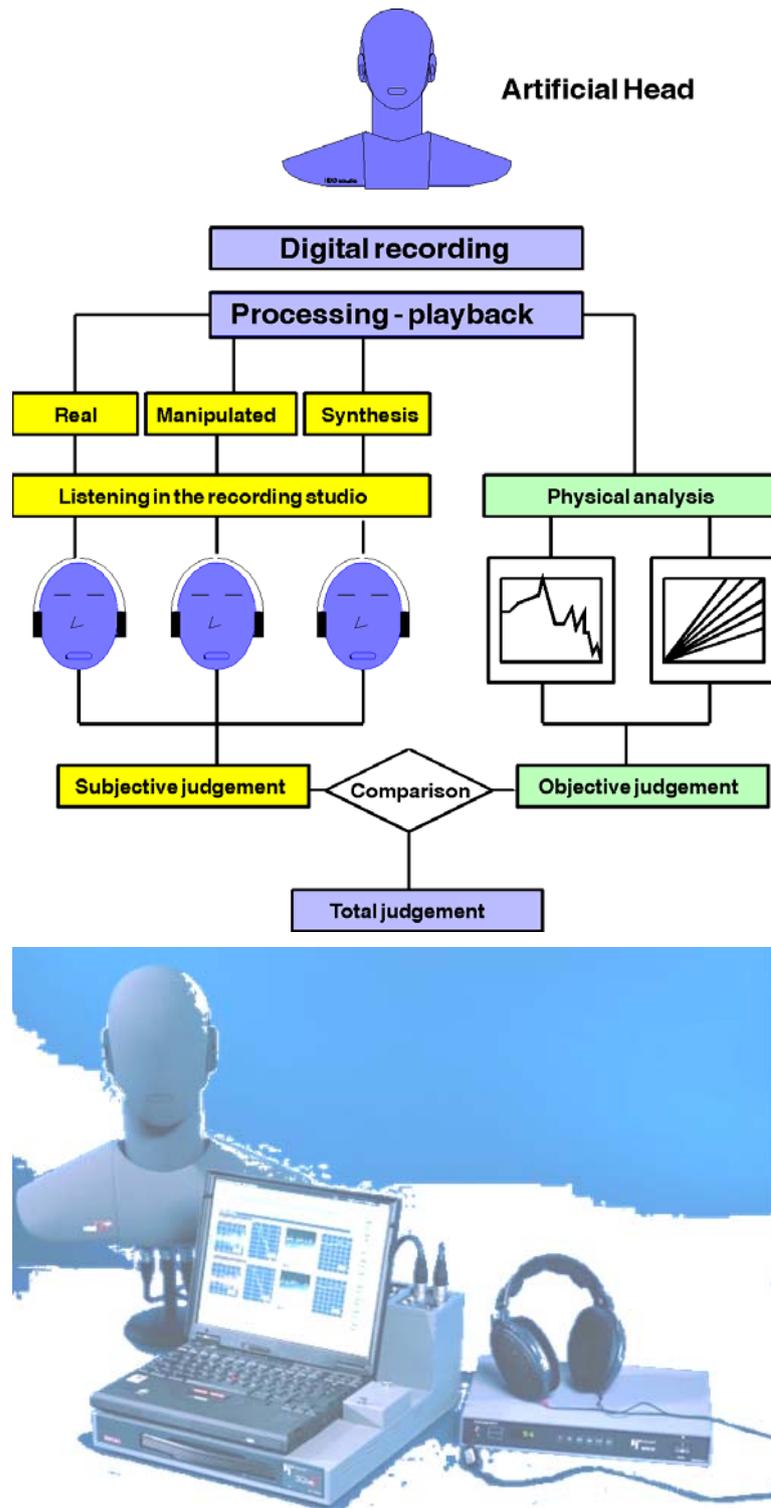


圖 3.2 聲學仿真人偶量測系統對於主觀性聲音測試與調校圖

3.2.2 仿真人偶量測系統理論之相關說明

仿真人偶量測系統原理簡單說明如下：

麥克風不能表達真實人耳，以下先簡述人耳聽覺特性，再說明仿真人偶如何設計錄音、等化、回放，以模擬人耳，符合人之聽覺，進而考慮使用本系統研究「居住空間舒適性檢測標準整合與開發計畫」中「聲學仿真

人偶於健康舒適音環境之應用技術研究開發」。

(1) 人耳可對聲源位置方向判斷

人利用雙耳可輕易辨別聲源之所在，聲源若不存在於人頭中央之垂直平面 (Median-plane)，即聲源或在左空間或在右空間 (如圖 3.3 所示)。此聲源傳到左耳或右耳，一定有些差異，一旦此延遲 (即使小於 0.0001 sec) 左右有些微差別，或相位左右有些微差別，或聲壓左右有些微差別等，人耳都可感知，而陰影效應 (shadowing effect) 更加強此差異，大腦因而能由此差異中得知方向位置等資訊，此聽覺延遲 (interaural delay) 被視為大腦決定聲源位置之重要參數。

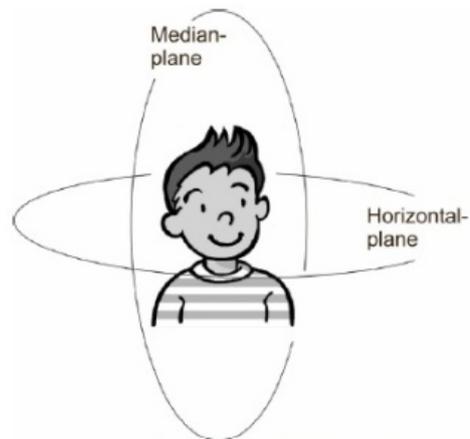


圖 3.3 聲源與人頭相對位置

若聲源落在中央之垂直平面，雖無聽覺延遲效應 (interaural effect)，卻可因人的頭、頸、肩膀、軀幹之繞射、反射等影響，大腦也可依頻率、失真等判斷出在中央垂直平面聲源之位置。另外人所熟知之雞尾酒效應 (the cocktail party effect)，更使人可分辨不同音源，使人能夠判斷出不同音源個別位置。

聲場的改變往往亦是人耳判斷聲源所在之依據。外耳是方向之濾波器，人頭及軀幹都使聲波反射繞射，一旦聲波入耳道則共振效應亦使人感覺聲音之不同，人的聽覺因而敏銳正確。而單一麥克風無法紀錄如此諸多資訊，因此無法清楚表達人耳感受，而仿真人頭則依人聽覺特性設計以期確實反應人的感受。

(2) 使用仿真人偶錄音

由於使用仿真人偶錄音，除對聲音檔作不同演算，另一重要功能為回放原音，當仿真人偶錄音時，必須紀錄各種音場及對各聲音源的方向位置等等以上之資訊，才能在回放時重現實際空間之感覺。仿真人偶經過不斷地改良，除了可計算自由音場、擴散音場、方向獨立音場、線性音場等等化，透過 24 位元之技術已作出極低內部噪音及符合人耳聽覺之動態範圍，其幾何外形及耳道定義都已列於 ITU-T R P.57 與 ITU-T R P.58 等法規中，已具公信。

(3) 等化 (Equalization)

為求原音重現，本系統在錄音與回放間做了兩種等化 (Equalization)。其一為錄音時，仿真人偶耳內麥克風錄音位置與耳機回放到真人耳鼓位置之等化。其二，為使錄音—演算分析—回放，錄音與回放之介面點所得到之聲音檔能等同傳統麥克風所錄之聲音

檔，在介面點(分析演算)前即作左右耳等化（如圖 3.4），包含其一之等化及音場之等化，在介面點（分析演算）前，先等化成傳統麥克風所應用之聲音檔（Equalization $H_{\text{recorder } l, r}$ ）進行分析，之後再等化還原音場（Equalization $H_{\text{playback } l, r}$ ），使聆聽者所聽之聲音，即為仿真人偶在當時在當地所聽到的原音重現。

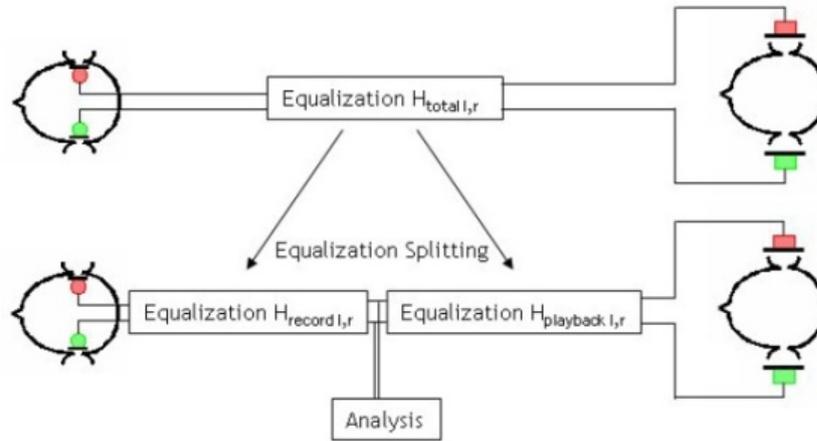


圖 3.4、錄音－演算分析－回放示意圖

(4) 聆聽等化之回放（原音重現）

有以上之等化，使得回放仿真人偶之錄音變得符合人的聽覺，可真實聽到原來的聲音，我們採用的回放系統為 Programmable Equalizer (PEQ)，功能中可重現聲音音量之大小，還原音場等等，其系統架構如圖 3.5 所示。然而雖有以上功能之回放系統在 Jury Test 時，仍有許多影響需考慮，例如聆聽者對聲音有所期待，當我們在安靜房間回放於汽車車廂中所錄的聲音，往往被感覺過於大聲，而在汽車車廂中回放，則感覺較為小聲。聆聽室之場景最好符合原景。例如同時有結構噪聲（Structure-borne）往往使人對 air-borne 噪聲之感覺有所影響。Genuit 研究中，探討車內聲舒適時，聆聽等化回放。若加上車行進之振動，則結果較未加振動更接近真實感受，因此在設計聲音品質時，有研究是在 SoundCar 中測試，即同時模擬車行進之振動感受。未來 Sound Scape 之研究可納此為範籌因此聆聽時加上原有振動可使之有原音重現之感覺，在聆聽回放時應盡量考量。

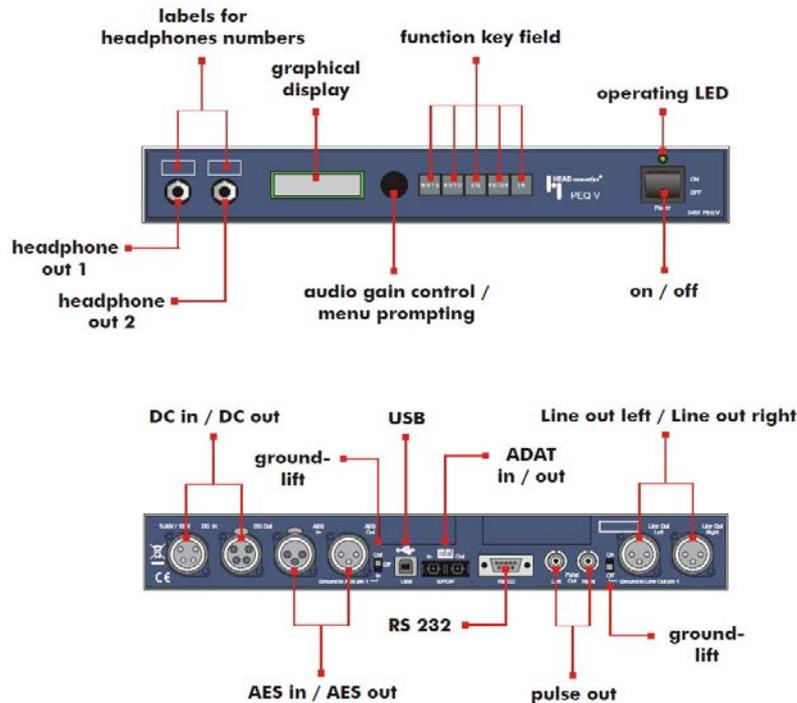


圖 3.5 聆聽等化之回放系統架構圖

3.2.3 相關檢測技術之資料文獻

(1) 心理聲學介紹(Pschoacoustics)

聲音品質技術的基礎為心理聲學(psychoacoustics)，其定義為聆聽者在聽覺上對聲音的滿意程度，影響聲音品質的因素包括心理因素及物理因素[4]。對聲音的評價僅由物理的觀點來評斷，以音壓等級(SPL)、聲功率(LW)來判斷，認為音量較大或是高頻尖銳的聲音視為不好聽的聲音，如此並不能真切表達人耳的感受。目前對於聲音的表達部分僅以人耳對不同頻率感受，再對聲音頻率做一個加權(weighting)的動作，針對人們喜歡的頻率，聽覺上認為”還可以”的頻率進行減分貝值，覺得”特別吵”的頻率進行加分貝值，而現今最常聽見的加權方式為 A-weighting[5]量測值以 dB(A)來表示。1979年 B. L. Cardozo[6] 提出聲音特性的觀念，在相同 A-weighting 不同等化聲級下，認為較低聲級比高聲級來得更重要，其以冰箱噪音做實驗，指出聲音的尖銳度會破壞低聲級聲音之特性。2008年 Huang Yifan[7]曾針對相同 A 加權的等級，不同頻率噪音的比較，其研究對象以九種不同的噪音，其 A 加權皆為 65 dB。依照頻率特徵分為中頻、中頻與低頻、低頻三組。研究的方法為自願測驗者 8 男 8 女、其中一半的人年齡在 21~24 歲、其他的在 30~45 歲、一個 65 歲。實驗場地為 5 x 6 m 的空間，B&K HP1001#聲源置於中間，距離測試者 2 m，九種噪音成對播放，共有 81 對實驗在夜間進行以降低背景噪音的影響和干擾。其結論顯示：當 A 加權的值一樣時，低頻噪音比中頻或高頻更令人感到干擾，A 加權無法評估低頻噪音的干擾

由於人耳的構造相當複雜，單以 dB(A)的表示方法不足以形容人耳

聽覺的感受，還需加上儀器量測出各項心理聲學參數的物理量，包括響度(Loudness)、銳度(Sharpness)、變動強度(Fluctuation)、調度(Tonality)與粗糙度(Roughness)，藉以完整表達人耳對聲音品質好壞的描述，更能建立對聲音品質的評價模式。早期對於聲音品質的觀點著重於響度的測試，1974年 Walter M. VmBrock[8]已探討時鐘產生噪音來評價響度，其錄製 8 個不同種類時鐘噪音播放給 21 位測試者進行響度評判，他的實驗提供了製造商與消費者在購買上的考量。1991年 S. Kuwano[9]研究跨文化的噪音問題，以響度、噪音跟干擾的心理聲學隱含意義，在五個國家使用語意的差別來檢測。除了響度在日本和中國是中性的，於瑞典、西德、美國皆有負面的意思。研究中指出，“大聲”即響度較高的聲音在日本和中國具有中性的隱含意義，而在德國、瑞典跟美國則是負面的感受。

2001年 Teik C. Lim[10]應用心理聲學度量的方式，研究電動車窗聲音對人的干擾程度。其聲音品質的研究，量測超過 30 種量產客車電動窗，由 70 位正常聽力的測試者，進行“成對比較”測試，使用正常化偏好等級來量化干擾的程度。研究顯示，具有較大的響度、銳度、暫態效應和隨時間改變特性的聲音，是比較具打擾性的。2007年 Juhani Parmanen[11]評估響度參數在聽覺感官系統中扮演的角色，及觀察定義元素如何相互影響，其使用基本元素(critical band/power law/weighting)，應用等響度圖、日本實驗結果與使用來自 Hellman Zwicker 的計算結果，其結論顯示：響度感知系統包含 3 個必需包含臨界頻帶(1/3-octave band)、phon-level 冪次法則與權重(weighting)，了解到以量測角度來說權重在聽覺感官中是個清楚的特性，因此在評價低頻噪音時，不允許改變權重；當評估直接響度時相當小的根值也需特別考慮進去。當評估環境聲時 A 權重外型是權重聲壓級的一部份的話此權重不會與響度成反比，相反的說在評估環境聲時基本冪次法則應列入考慮。2008年 Etienne Parizet[12]研究來自於汽車車門關閉產生的噪音感受，其重點在於當受測者聽到聲音時，心中所出現的汽車品質的圖像，以此方法，設計出最符合人期待的汽車模型。

2009年 Hugo Fastla[13]等人比較不同演算法所算出的響度值，並站在心理聲學的角度探討之間的差異。其研究對象為純音或粉紅噪音，研究方法則以穩態音的標準(1 KH 純音和粉紅噪音的響度)，時變音的標準。結論顯示純音或粉紅噪音等綜合音的響度可根據穩態音的標準來評估。近期在 2010年 Su-Hyun Shin[14]認為有很多元素影響著消費者對車輛品質的評價，各式雜音(BSR)為主要因素，因此使用聲品質指標包括響度、尖銳度、粗糙度與浮動強度，結合聲壓級，發現車速表響度值遠高於儀表板其他部位，實驗結果應用在車輛設計開發初期能降低生產成本。

(2) 主觀評價測試

聲音品質好壞的最後標準是聽者的主觀感受，因此研究重心在於建

立符合人類聽覺感受的標準，而聽覺感受又完全取決於個人主觀的判斷，也容易因心理因素及外在環境因素，影響主觀的感受，因而發展出以聲音品質的參數做為心理聲學模式的評價方法。本研究主觀測試工具之一為 Head Acoustic Square，其包含現場錄音系統，以精確的錄音系統，收錄聲場中真實的聲音，且其具原音重現之回放系統，能使受測者在聆聽時宛如達到收錄現場一般。

1992 年 K.Genuit[15]說明仿真人偶在各個領域的應用，例如音樂錄製、量測助聽器轉移函數，包含人偶、肩膀與內建人工耳膜，模擬人耳道輸入阻抗與錄製比照人鼓膜感知聲壓。同年 Henrik Moller[16]針對雙耳錄音技術的基本概念做一回顧，其應用仿真人偶(Neumann、Head Acoustics、B&K)與樓氏電子耳機，分別做 4 種探討:(1)探討自由聲場中與使用耳機狀態下外耳至耳膜聲傳遞特性;(2)選擇 3 個錄音點使用微小耳機來了解如何使用電子等化電路(electrical equalizing circuit)得到正確的回放結果;(3)考慮有無加入耳道特性麥克風對等調平均揚聲系統錄音與傳統立體聲比較;(4)介紹電腦能創造出的雙耳訊號與相關應用。其結果顯示: 回顧後發現當電子等化濾波器能使用在仿真人偶與耳機之間時就能保證雙耳系統有正確的聲傳遞結果。

當位於受隔絕耳道外或仿真人偶的耳道與聆聽者不同狀態下錄音時，需包含額外項;當使用開放耳機錄音時不需加額外項。2003 年 Ivana Linkeova[17]以仿真人偶針對電腦圖中之數學方法的技術應用:使用數值控制球端刀銑床來製作觸覺式設計表面，另外也介紹能量測心理聲學參數仿真人偶的計算與製作步驟。其研究方法是輸入 IEC 959 規範的人頭外形到數值控制銑床後進行加工，結果顯示:根據國際法規與工業典型製作出人工頭模型，控制程式為 Visual Basic 大多數圖來自於 MAPLE 軟體的使用。2004 年 Klaus Genuit[18]使用仿真人偶量測車艙內聲音品質，以仿真人偶與多通道量測系統結合進一步分析車內噪音，更有效率的檢查車輛產業噪音及振動的問題。最近的文獻 2011 年由 Arne Nykäne[19]針對仿真人偶決定需要多少的頻率解析度，才能達到利用人工頭相等的結果，其研究對象是以卡車引擎聲傳入車內的聲輻射貢獻為主，將 BTFs 法簡化(降低頻率解析度、頻域平滑化)並跟仿真人偶結果比較。結果顯示: 4 Hz 的頻域解析度以上、或是 1/96 八音度的平滑化接近人工頭的紀錄。

在主觀評價方式中測試的種類可分為:分級制(Ranking)、配對比較(Paired Comparison)、分類判斷(Category Judgment)、語意差別(Semantic Differential)、聲音關聯想像探究法(AISP)[20]，主觀評價方式大多使用問卷調查方式，針對需求設計問題，受測者以主觀意識回答問卷，由問卷的資料統計得出相關結果。早在 1972 年 Paul E[21]應用主觀評價方式，以當地 43 名主婦為參考樣本，針對人格特質中”自我顯現”和”產品折扣”做一問卷調查。1983 年 Howard G. Latham[22]將主觀測試法應用於廳堂聲學量測法，其使用了參考比較法及語意差分評定等級，合用兩法得到

可靠主觀量測進而評估廳堂內聲學品質。

在本計畫中，須針對收錄聲音特性，設計出具分析義意的問卷題目，當受測者聽見測試錄音後，主觀的表達個人感受，真實的填寫問卷，測試人員再根據受測者問卷以統計方法分析出測試結果。1997年 W. Geers[23]提供聽力患者適當的聲舒適性當評價聲品質時，並證明開放空間與戴助聽器屬性相同，研究對象為正常聽力者 10 位，年齡 18~30，聽力障礙者 10 位，年齡 31~60，使用方法為 NSLE 法讓受測者對取樣頻率 44.1 KHz 樣本(音樂/環境背景音)進行評分(Very Low/Low/Normal/Loud/ Very Loud: 0~50 分)，有 Loudness 與 Sound Pressure 兩項，並對 2 項目做相關性分析(Correlation)，其結果表示：助聽器擬近法使得能依照音樂與環境聲甚至頻率範圍決定放大值的補正，聲學訊號與患者聲主觀評價需要進一步研究探討，助聽根據 NSLE 趨近法隨後將會被提出至口語測聽與接受度測試上。

(3) 客觀評價測試

客觀測試方法眾多，多與主觀相比，其相依度高則用以取代主觀測試，若其結果準確度高則省時省力。相關方法(Relative approach)將作為客觀評量之研究，其演算法含時域與頻域之考量，含心理學參數，如響度、銳度、與粗糙度及前後時間聽覺樣本差異。

2001 年義大利 Angelo Farina[24]應用此方法，以當地非常著名的歌劇院，包括聖卡羅、博洛尼亞等 8 座歌劇院，以心理聲學觀點說明樂曲在歌劇院內實際的物理聲學參數和主觀評價方法的關聯性。在聲學物理量部分量測了聲壓級(SPL)、回響時間(R.T)、早期衰減時間(E.D.T)、清晰度(early-to-late sound index)、雙耳聽覺互函數(IACC)等 12 項的聲學指標進行分析。主觀評價部分以問卷方式設計多組語意相關的感受詞彙，如對樂曲感受為鈍的-尖銳的、渾圓-尖端、強壯的-微弱的等等主觀感受進行評估，問卷對象採用了著名的指揮家、聲樂家、管弦樂團等 200 名知名的音樂人的評論，進行語意分析(Semantic Differential)。研究結果顯示，使用客觀參數確實可以相對應於主觀參數，聽覺感受中 weak-strong 和聲壓級(SPL)具有最直接的相聯性，diffuse-concentrate 和雙耳聽覺互函數(IACC)具有關聯性，dry-reverberant 則和客觀參數回響時間(R.T)有強烈的關聯性，因此可延伸為，在設計建築物時，只需掌握客觀參數，即可設計出人類主觀聽覺上認為具有好的品質的建築。

2003 年 J.H. Wang[25]研究 BRIR 是非最小相位函數(non-minimum function)使得難以找到其反函數(inverse function)，但卻可使用在 3D 聲場重建、虛擬現實、噪音控制上面，於是想使用時間延遲與加權最小平方方法來找出 BRIR 趨近反函數，其研究對象為 20 名學生，先以 dummy head 客觀評價反函數的精確性，再由 20 位學生進行主觀評價，其結果顯示：不管是客觀或是 20 位學生評價結果都顯示 BRIR 能成功降低串音效應(crosstalk effect)與室內殘響(room reverberation)

(4) Jury test

傳統的 Jury Test 相當耗費人力及時間，在評估方面也是困難的，而測試聲音樣本在主觀測試中，原音重現後回放，才能賦予 Jury Test 的真意，Jury test 為本研究重要的方法之一，在進行過程中，必須高度注意測試環境及步驟，以降低影響測試結果的誤差因素。進行 Jury test 前需選擇合適的測試人員，並對其進行教育訓練，訓練受測者答題方式及對聲音樣本的基本認知；而測試環境、測試聲音樣品標準、測試的執行方式均需經過縝密的計畫，在取得測試結果後的數據分析、主觀評價結果與客觀評價結果作相關的比較。

早期在 1973 年 Toshiyuki Miwa and Yoshiharu Yonekawa[26]曾應用 jurytest 研究居民提出遭受附近交通、工廠(鍛造、壓縮機)振動隊人體影響所產生問題，而生理學研究使用於振動評價上又太複雜，使用相對簡單心理學來探討振動對受測者的影響。2003 年 Giovanni B.[27]以關閉車門的衝擊噪音及車輛行駛中，車輛腔體內噪音，做為建立 jury test 標準流程，詳細說明如何對車門衝擊噪音及車體內噪音進行取樣，如何設置有義意的觀察數據，例如距離車門的距離、關車門的速度快慢皆會影響受測數據，測試方法主要以分級制(Ranking)和配對比較(paired comparison)，分別對噪音的響度大小進行排序分級，配對比較則是將響度大小不同之噪音同時播放，使 21 位成年受測者進行評估，最後將測試流程標準化，做為 jury test 的實測考量依據。同年 2003 年 Richard H. Lyon[28]等人，探討聲學工程師在聲品質工作任務中與顧客對於產品發出聲實際感受之間的關係，以 jury test 及 sensory profile 為研究對象，使用感受描繪(sensory profile)，以單字區分，最後共 62 字，讓受測者以這些字來描述所聽到聲音樣本。

2006 年韓國 Jin Yong Jeon[29]針對 6 種不同種類的冰箱噪音特性調查。在 100 米平方公寓空間，冰箱的噪音在客廳比在無響室中還要高出 10 dB(冰箱前方一公尺)。除此之外，冰箱噪音的容許程度也作主觀的評價實驗。將揚聲器放在廚房一般放置冰箱的地方，撥放冰箱噪音，主觀評價等級相當於 26 dB(A)的聲壓值，90%的參與者皆滿足於這個等級的冰箱噪音。使用語意測試法，將所用的形容詞歸類成三種因子。從三十種冰箱的主觀評價和心理聲學參數的多重分析跟關聯性的結果，提出了預測主觀等級分數的聲音品質指標。其結論中顯示：在與現實生活相似的模擬環境量測並評價冰箱噪音是合理的，並且在無響室和實際環境量測結果的比較，顯示在距冰箱一公尺的距離有 11dB 的差異。如果要達到 90%滿意的等級，在實際環境中，距離冰箱七公尺的目標等級為 26 dB(A)的話，而且實際環境中一公尺到七公尺的聲壓衰退約 6 dB(A)的話，無響室中距冰箱一公尺距離量到的聲壓就該在 21 dB(A)左右。語意差異的主觀等級測試使用的 24 對形容詞分類成三種因子。為了預測實際環境中冰箱噪音的主觀等級，提出了使用心理聲學參數的聲音品質指標。

考慮到世界各地的冰箱，使用這個預測模型要能預測超過 95% 的主觀評價，則這個模型就能當作改善冰箱噪音聲音品質的工具。2009 年 Arne Nykänen[30] 鑑定感知的重要面，把他們和聲音的計量學連結起來，並且基於此，為電動窗聲音要求的測定發展指南。研究對象是在半無響室中利用 Head Acoustics Noise Book 和 artificial head，放在副駕駛座上，從不同品牌的九種車輛上紀錄電動窗的聲音其研究方法紀錄測試用的聲音的流程是：(1) 電動窗突出特徵的確定和言語特性的引出；(2) 聽力測試中言語特性的判斷；(3) 干擾和產品品質感知對於主觀聲音質量的量測的作用建模；(4) 干擾和產品品質感知對於大量聲音的建模；(5) 模型簡化。結論顯示：較低的響度、尖銳度和馬達速度的波動，令人感覺有較好的產品品質。這樣的結果強調在聲音的設計過程中，暫時的改變和聽覺潮流的分離管理。2010 年 Miloudi Abdelhamid[31] 則結合了物理與主觀方法來評估結實板材之聲音品質，數值模型基於赫茲法使用在決定敲擊後空間中任一點之聲壓級。使用此模型進行聲音合成，產生 12 組的聲音，並以比較配對法對 30 位受測者進行 jury test。此研究可開發於板敲擊之聲音物理分析或主觀分析參數上；主觀測試藉著同時改變一些結構參數能優先評估兩對合成聲，再與其他研究差異改變一個時間下一個參數，其他參數固定不變。其結論顯示材料與衝擊點位置不同，其結果分析使我們能辨別影響較大的參數，如邊界條件為最顯著的參數，另外，可預測參數對噪音產生的影響性，用聲感知參數辨別板衝擊聲音的輻射能量型式。

(5) 建築聲學(Room Acoustic)

室內聲學環境需要考慮參數直達聲與反射聲之關係，像是吸音係數與迴響時間等，為了提升人聽覺感官最重要的就是迴響時間(reverberation time)，而對室內聲學測試標準為 ISO-3382，此參數能藉由改變牆面地面天花板反射率。

(6) Soundscape(聲景)研究

在 Brigitle Shulte-Fortkamp[32] 與 Klaus Genuit[33, 34] 之聲景研究中探討環境聲影響人對產品聲音品質之評價，他們試圖建立一個聆聽環境及設備能使在其中聆聽的主觀聲音評價結果與於真實環境聆聽所得相同，他們進行了 3 種主觀評價方式：以單純耳機回放(headphone test)，於模擬實景環境進行回放，於真實操作中進行聲音評價。不同聲景所得結果不同，在作 Jury test 時將可借鏡改善聆聽方式，確實將眼耳感受同時考慮。Genuit 此項研究考慮了兩種環境辦公室及家居房環境聲音好壞並不能與單一 A 加權聲壓值吻合，他分析了響度、銳度、粗糙度等心理聲學參數，A 加權聲壓值，對環境聲音品質之關聯性，語言之理解亦應為環境音舒適之指標。

3.3 99 年度聲學仿真人偶於舒適音環境之應用工作概要

3.3.1 99 年度計畫工作目標

99 年度計畫重點在於聲學仿真人偶量測系統與單體麥克風對聲音評價之差異比較，建立聲學物理參數及心理聲學參數量測的工作方法及實驗流程的模式。工作目標於使用麥克風及仿真人偶在三個不同室內空間進行聲音壓力等級的量測，使用室內聲學指標 NC 與 NR 曲線進行測定應用。

另一工作重點著重於國人聽覺感受研究，從聲學發展至今，聲音之聽覺的研究均是引用國外之數據，做為各種感受曲線與準則之設計參考，而東方人種與西方人種在體型上與文化上有著明顯的差異，故數據研究應有不同之參考引用，因此，99 年度計畫執行在於聲音感受性(聽覺)的研究將進行 Jury Test，以建立華人聽覺主觀評價數據。

3.3.2 99 年度 NC/NR 研究結果與討論

3.3.2.1 NC/NR 曲線量測

針對室內噪音參數 NC/NR 做為麥克風及仿真人偶的比較依據，因此使用固定室內條件，分別使用麥克風及仿真人偶於半無響室、無響室及迴響室進行聲音壓力位準量測。

(a) NC/NR 量測使用儀器

室內聲學指標 NC/NR 曲線之量測，系量測聲音壓力 SPL 值，實驗過程同時使用電容式麥克風及仿真人偶系統進行聲音壓力擷取，因此 NC/NR 曲線量測中所使用之儀器如下表 1.所示

表 3.1、NC/NR 量測儀器列表

項目	儀器名稱	廠牌	型號
1	電容式麥克風	G.R.A.S	40AE
2	前置放大器	G.R.A.S	26CA-74280
3	多通道擷取器	HEAD Acoustics	SQLab III
4	仿真人偶	HEAD Acoustics	HMS III.L
5	ArtemiS 分析軟體	HEAD Acoustics	ATPs overview
6	收音喇叭	SONY	SRS-Z100

(b) 實驗流程:

- (1) 麥克風校正。
- (2) 仿真人頭架設，距離各個空間牆壁 120 公分，人偶高度 120 公分。
- (3) 根據 NC/NR 量測方法，所對應之頻率為八音度之中心頻率，以 Artemis 軟體產生音源。
- (4) 收音測試以喇叭放出，由麥克風及仿真人偶透過多通道擷取器進行聲音擷錄，並於 ArtemiS 系統即時觀察音壓大小，並調整輸出音源

保持於 85dB。

(5) 開始進行量測，喇叭放出各中心頻率音源，麥克風與仿真人偶同時經由多通道擷取器輸入 ArtemiS 系統中記錄，記錄時間為 10 秒。

(6) 將擷取資料以 ArtemiS 系統進行運算，輸出聲壓位準資料。

(c) 實驗結果:

由以上之實驗流程量測三個空間之聲音壓力位準，其結果如下表 3.2 所示，而繪於 NC/NR 曲線圖表之結果則如圖 3.6 及圖 3.7 所示。

表 3.2 99 年度量測三個空間之聲壓位準

測量空間	測量儀器	聲壓位準 SPL(dB)								
		31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
半無響室	head-Left	48.97	64.01	69.31	79.07	78.33	82.57	84.99	65.53	81.05
	head-Right	49.09	64.40	69.85	78.92	78.85	85.58	85.31	67.70	78.87
	Mic	53.99	67.00	75.85	81.66	85.05	80.87	84.73	85.65	77.86
全無響室	head-Left	38.50	26.58	22.37	36.50	82.90	70.70	70.30	73.90	78.80
	head-Right	37.70	26.94	22.96	37.68	78.23	77.60	75.10	72.60	70.00
	Mic	33.6	29.1	22.47	19.33	9.21	7.19	79.69	76.42	79.7
迴響室	head-Left	72.7	57.58	70.10	86.1	79.1	80.30	84.17	78.6	83.7
	head-Right	73.3	58.22	69.89	86.1	79.31	81.40	84.91	79.4	82.62
	Mic	73.4	57.13	69.90	86.89	80.27	79.90	85.24	78.25	75.68

(a) NC/NR 曲線結果討論:

由 NC 及 NR 圖可知，麥克風之分佈曲線與仿真人偶不相同，因此無法以麥克風完全表達人耳感受。由圖 3.6(b)與圖 3.7(b)全無響室內的 NR 與 NC 曲線圖可知，麥克風與仿真人偶於高頻處，特別在 1K 及 4K 處有明顯的差距。實驗之播放噪音源約 85dB，由 NR 曲線評價室內 NR 曲線等級為 NR90，NC 曲線部分評定為超過 NC70。

由於全無響室為外借實驗場地，礙於全無響室持有者不同意搬動實驗設備，因而無法使用自行攜帶之麥克風進行量測，當測 500HZ 及 1KHZ 確實有發現其 SPL 特別低，經過反覆測試，仍然其量測值如表中之實驗數據，因此判斷此為該支麥克風的頻率響應特性，可能該麥克風需進行校準。

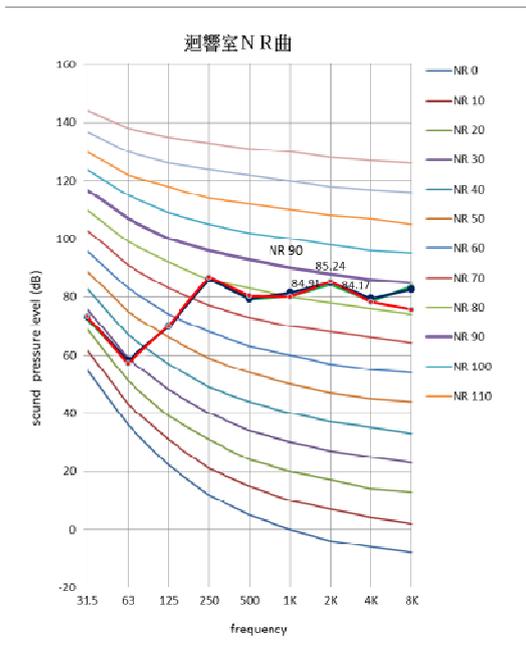
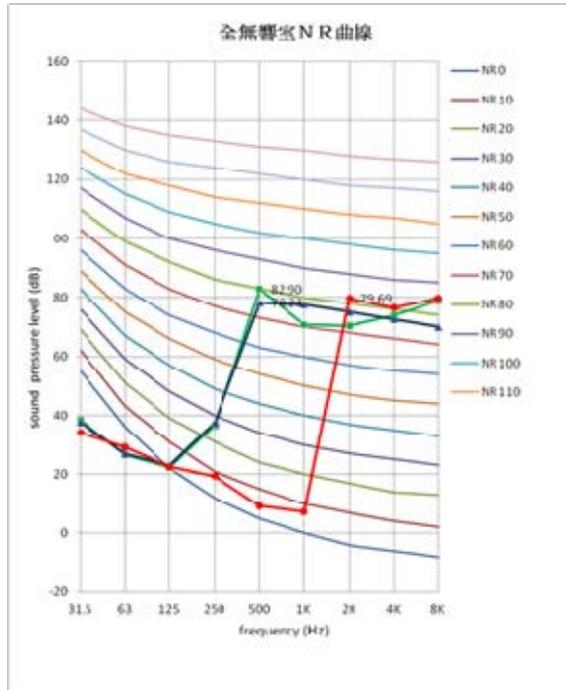
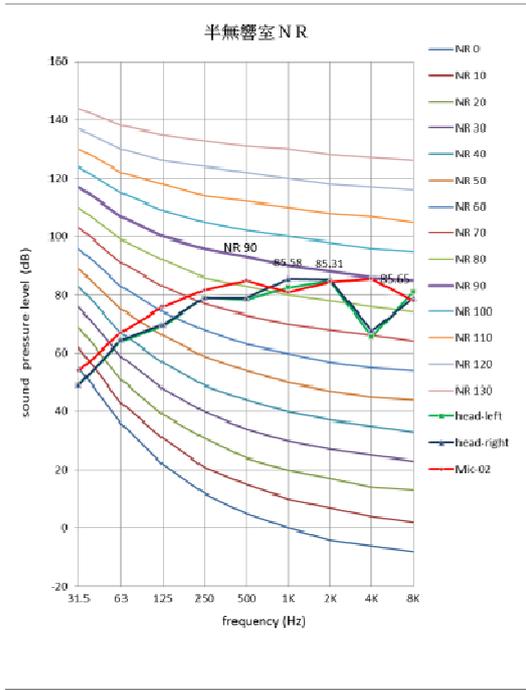


圖 3.6 三個空間之 NR 曲線結果

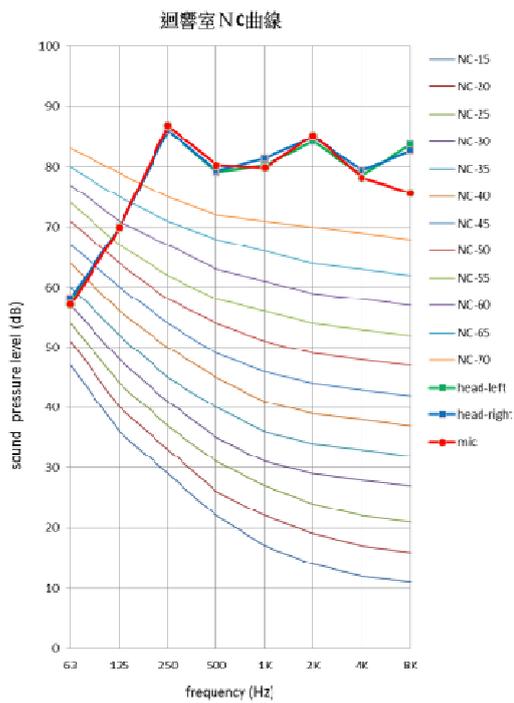
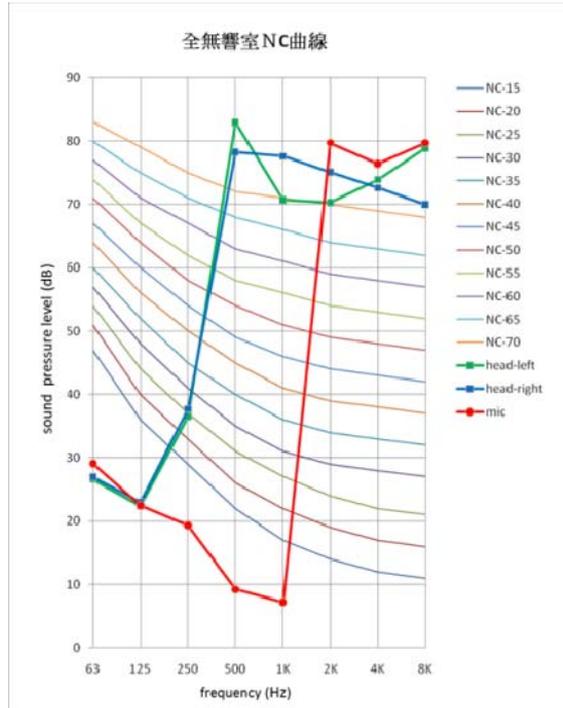
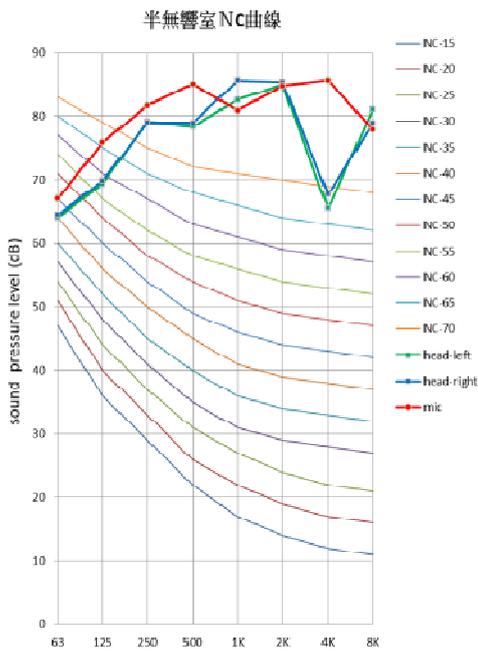


圖 3.7 三個空間之 NC 曲線結果

3.3.2.2 國人聽覺陪審評價測試 (Jury test)

99 年度研究應用聲學仿真人偶進行 jury test 研究，旨在建立模式，採用較簡易的事件做為評價範例。以抽油煙機做為基本噪音源，其他噪音源為機械噪音，以日常用品吹風機代表，單頻音以鐵鎚敲擊牆壁產生，再加上人說話的聲音做為室內噪音的來源。噪音源之物理性參數(聲壓)同時以單體麥克風和仿真人偶同時收錄，以便做數據上的討論

(a) Jury test 量測使用儀器:

為了同步做聲學物理量分析，因此於錄音同時亦架設單體麥克風，以利進行聲學參數分析實驗所需使用之儀器設備如表 3.3 所示。

表 3.3 Jury test 儀器設備資料

項目	儀器名稱	廠牌型號	型號
1	電容式麥克風	G.R.A.S	40AE
2	前置放大器	G.R.A.S	26CA-74280
3	多通道擷取器	HEAD Acoustics	SQ LAB-III
4	Artificial Head	HEAD Acoustics	HMS-III
5	ArtemiS 分析模組	HEAD Acoustics	Basic Verion
6	PEQ V 回放系統	HEAD Acoustics	2492
7	Square	HEAD Acoustics	2420
8	頭戴式耳機	HD	600

(b) 空間及仿真人偶錄音位置

量測空間選擇 4 間不同類別、不同大小之室內環境，噪音源擺放位置與仿真人偶量測系統架設位置則如表 3.4 室內空間實際陳設則如圖 3.8 所示。

表 3.4 Jury test 空間及量測位置表

空間尺寸 (cm)	抽油煙機固定 擺放位置	噪音源	仿真人偶及麥克風量測位置	
			陳設	距離(cm)
1075*1075	廚房	抽油煙機原音 抽油煙機+吹風機 抽油煙機+鐵鎚 抽油煙機+說話聲	固定位置	150
			沙發處	505*420
			室內最遠距離	805*420
330*450	門口		固定位置	150
			書桌	320*120
			室內最遠距離	420*120
500*750	室內中央		固定位置	150
			室內中央	303*200
			室內最遠距離	619*200
972*380	室內中央	固定位置	150	
		室內中央	324*180	
		室內最遠距離	852*200	



圖 3.8 Jury test 選用四個空間之室內佈置狀況

(c) 測試評價方法:

在心理聲學參數測試的方法中，分別使用配對比較法(Paired Comparison)、分類判斷法(Category Judgment)及語意區分測試法(Semantic Differential)，各個測試方法及聲源的配置則如下列表 3.5 至表 3.7 所示:

表 3.5 配對比較法之測試參數及噪音源配置

評價方法	空間類別	噪音源配對		選項	量測心理聲學參數		
		A	B		Loudness	Sharpness	Roughness
配對比較法	Pair 1	room2	room1	A<B A>B A=B	原始抽油煙機聲音	抽油煙機+吹風機	抽油煙機+鐵鎚
	Pair 2	room3	room1				
	Pair 3	room3	room2				
	Pair 4	room4	room1				
	Pair 5	room4	room2				
	Pair 6	room4	room3				

表 3.6 分類判斷法之測試參數及噪音源配置

評價方法	空間類別	量測位置(cm)			心理參數		評分等級	分數
		固定位置	空間中間處	最遠處	annoying	stress		
分類判斷法	Room-1	150	505*420	805*420	抽油煙機	抽油煙機	Extremely	5
	Room-2	150	320*120	420*120	+吹風機	+說話	Very	4
	Room-3	150	303*200	619*200	(共12組音)	(共12組音)	middle	3
	Room-4	150	324*180	852*200			slightly	2
						not at all	1	

表 3.7 語意區分法之測試參數及噪音源配置

評價方法	空間類別	量測位置(cm)			噪音源	評價詞彙
		固定位置	空間中間處	最遠處		
語音區分法	Room-1	150	505*420	805*420	抽油煙機 原始聲源 (共12組)	quiet/loud
	Room-2	150	320*120	420*120		smooth/rough
	Room-3	150	303*200	619*200		cheap/expensive
	Room-4	150	324*180	852*200		powerful/weak
						stress/not stress

(d) 實驗結果:

比較配對法使用噪音源為原始抽油煙機，其結果如圖 3.9 所示，排序結果為:

Loudness 排序結果為:1.小套房 2.一般住宅 3.小型辦公室 4.中型會議室

Sharpness 排序結果為:1.一般住宅 2.中型會議室 3.小型辦公室 4.小套房

Roughness 排序結果為:1. 一般住宅 2.小型辦公室 3.小套房 4.中型會議室

Tonality 排序結果為:1. 小套房 2. 一般住宅、小型辦公室 3. 中型會議室

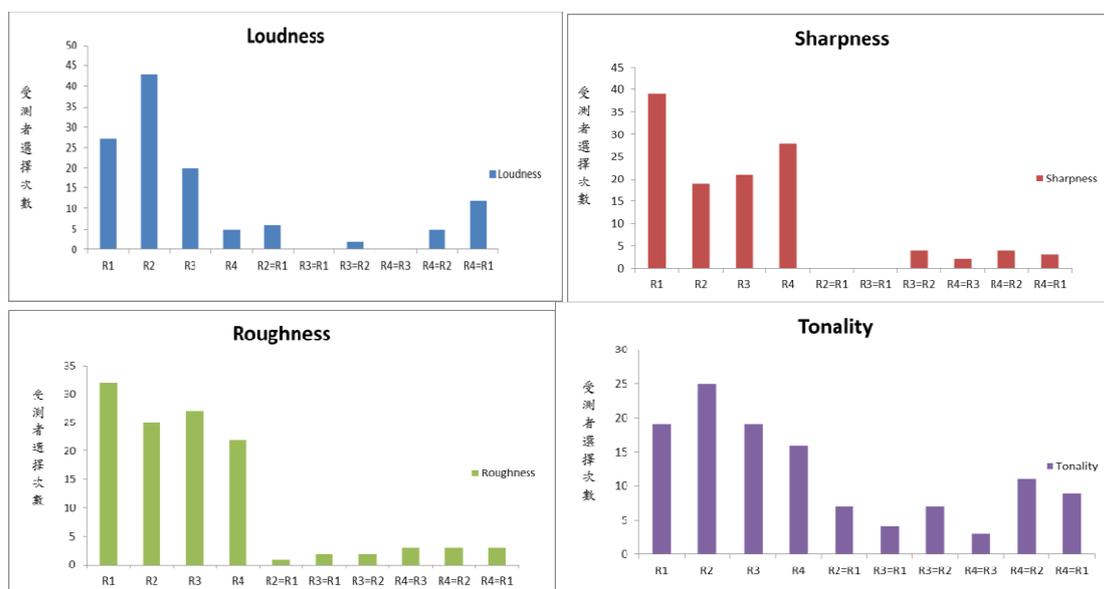


圖 3.9 比較配對法之統計結果長條圖

在分類測試法以抽油煙機加上吹風機之噪音源測試 Sharpness 感受，以抽油煙機加上鐵鎚之噪音源測試惱人程度(annoying)，以抽油煙機加上說話音之噪音源測試壓迫程度(Stresses)，其三項結果圖如圖 3.10 表示。

圖 3.11 為語意測試雷達圖，由圖中可知，對抽油煙機原始噪音的聲音描述，以 loud/quiete 和 powerful/weak 最為強烈，對於 cheap/expensive 則呈中間值。

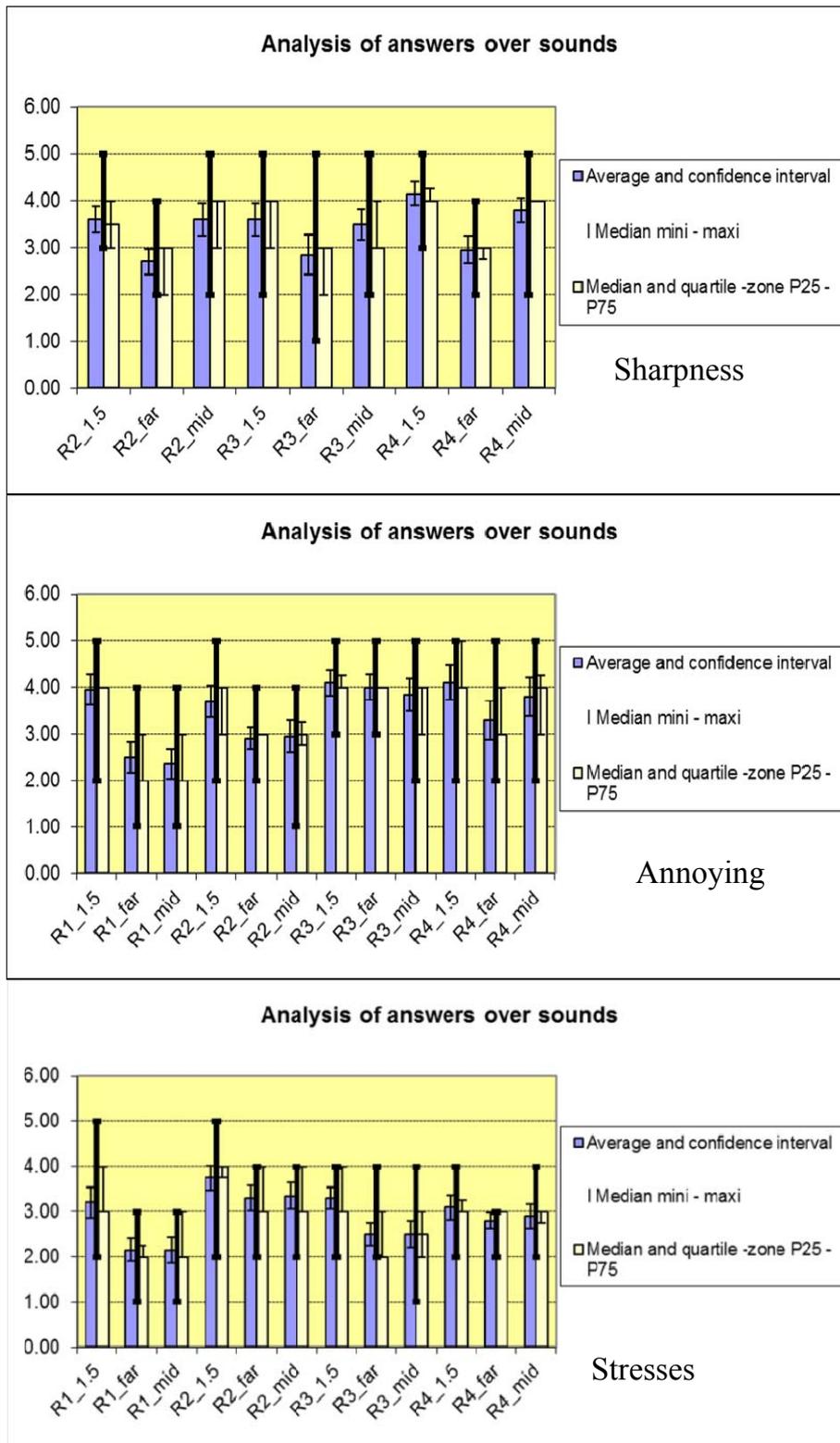


圖 3.10 四個空間內 12 組噪音源以分類測試法之統計結果

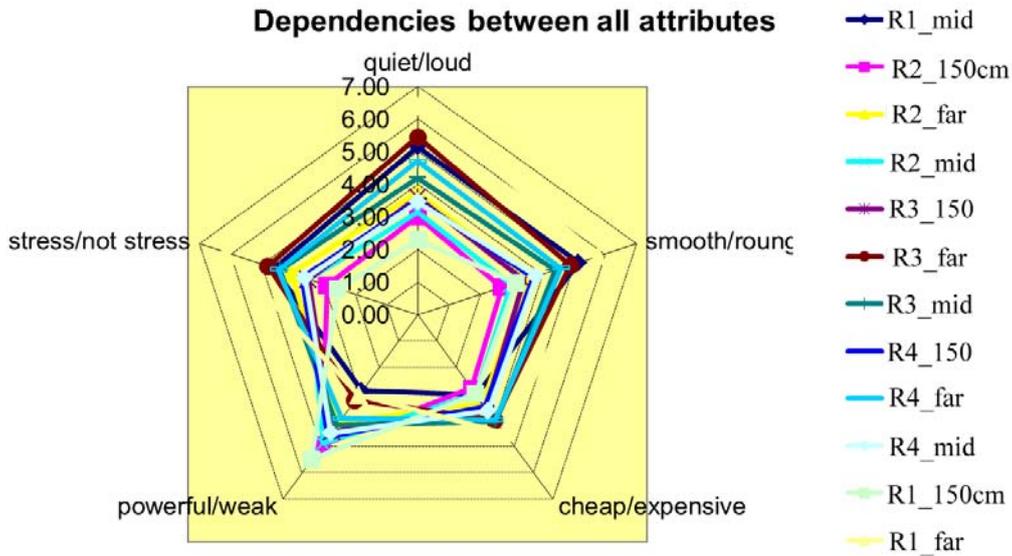


圖 3.11 語意測試各項表達之分佈圖

(e) 討論:

1. 在物理性參數聲壓值麥克風與仿真人偶所量測之值大致相同。但心理參數顯示，一般住家在 150cm 處，其響度值大於其他三個室內空間，因此無法以聲壓值表示人耳感覺感受。
2. 由圖 3.11 為 jury test 中以比較配對法進行心理聲學參數 loudness 的比較，結果顯示有 36% 的人認為小套房的 loudness 感受最明顯，其次為 23% 的人認為一般住宅，而 loudness 感受最不明顯則是中型會議室。
3. 在比較配對法的結果顯示，人耳對四個空間之 Sharpness 以一般住宅感覺最強烈，佔了 33%，其次為中型會議室中感覺聲音最尖銳約佔了 23%，而以分類測試法中顯示 sharpness 最強烈者為中型會議室，其次為一般住宅，恰與比較配對法相左，中型會議室量測值為 3.72(acum)，一般住宅量測值平均為 4.1，因此經由兩兩相比，比較配對法較能正確選出較大者。
4. 四個空間中對噪音的 Roughness 屬於平均分佈狀態，Room1 具有最大量測值為 6.2(asper)，而最小值發生於中型會議室為 4.2(asper)，由此可知，hammer 及抽油煙機原始音做為 Roughness 判斷噪音源非最佳選擇，其 Roughness 差異性不高，使得受測者無法做出判斷，由此可知，針對 Roughness 之噪音源選擇應明顯有差距，而對於受測者說明 Roughness 應更具體描述。
5. 在 Tonality 部分，僅以小套房的 21% 較其他空間明顯，且選擇相等(即 A=B)的人數明顯較多，由於播放噪音源以人說話聲和抽油煙機聲共同發聲，受測者注意力易集中於人的說話音，而此次說話為同一人之音調，因此推測受測者不易分別說話音與抽油煙機聲之 Tonality 如何判斷，以致無法看出四個空間中之 Tonality 差異性，由此結果

則表示在選擇播放音時應挑選具有 Tonality 之噪音源，而受測者同樣需進行教育說明。

6. Roughness 及 Tonality 的判斷此二項參數在人耳對噪音源判斷上原本就屬較難判斷之參數，針對這二項參數，後續必定會繼續做相關實驗及測試，主要會針對受測者進行何謂 roughness 及 tonality 的心理聲學教育，以示範聲源的方式告知受測者此二參數的表現特性，將會更清楚告訴受測者如何判斷這二個心理參數
7. 以抽油煙機及鐵鎚測試四個空間之 annoying 程度，在小型辦公室中，鐵鎚敲擊最感到惱人，其次為在中型會議室中，推斷因辦公室及會議室之空間迴響聲音較大，易使鐵鎚之敲擊產生之惱人程度被加強。
8. 以 Stresses 在分類測試法的結果顯示，人的說話聲及抽油煙機的隆隆聲在小套房中最令人感到壓迫有壓力，其次為小型辦公室。
9. 語意測試雷達圖中可知，對抽油煙機原始噪音的聲音描述，以 loud/quiete 和 powerful/weak 最為強烈，對於 cheap/expensive 則呈中間值，結果顯示，人耳對於大小聲、強弱較容易判斷，而對於廉價或貴重則不能清楚判斷語意為何。

3.4 室內殘響特性與聲場均勻性及聲音特性量測技術之研究

3.4.1 室內聲學指標研究目的

由於生活品質提高，人們對於居住環境的舒適度之要求日趨嚴格，室內空間不但要求健康、舒適，更期望能在環保上發揮功能，例如選擇綠建材、建築節約能源、室內環境品質控制及綠色照明等等的環保需求。其中對於室內聲音品質的部分除建築物及建築構件之隔音量量測方法完善外，對於室內環境之聲學參數、聽覺接受者對聲音、噪音之感受特性進行研究探討，方能有效提昇居住空間音環境之舒適性。

在室內噪音環境評估指標，國際間常使用 NC 曲線、NR 曲線與 A 加權(dB(A))等方式評價室內建築之音環境標準，然而其量測之聲音與人的感受有所不同，並無法滿足現在人對住居品質之要求，本研究先以單體麥克風量測室內空間之各項聲學指標，作為聲學仿真人頭測試結果之比較基礎嘗試尋求較合適之量測與評估標準。簡言之是由主觀評比去建立個人聽之標準，以此標準可建立一客觀評估聲音之標準而傳統麥克風量測無法滿足人耳實際聽感受，必須以仿真人偶量測進行標準制定，方符合人的聽覺感知。

本年度研究中，除了以聲學仿真人偶應用於迴響時間、NC 與 NR 曲線測定之應用研究，更分析各個 NC/NR 等級所對應的 A-weight 及心理聲學參數的大小，使得室內聲學指標增加心理聲學參數的依據。NC/NR 部分因 99 年度在儀器設備及噪音源播放大小有改善空間，因此於今年度重新予以實驗操作。

3.4.2 室內聲學參數-NC/CR 曲線

A. 噪音規定曲線(Noise Criteria Curves)

Beranke 於 1957 年提出 Noise criteria curves，定義 NC 曲線使用頻率範圍為 63Hz 至 8kHz 之間，主要應用於評估現有室內場所背景噪音對談話的干擾程度亦即室內安寧程度的指標，採用八音度之中心頻率對應 NC 標準的值如圖 3.12 (a)，其特點為對於低頻及高頻標準較寬容。

B. 噪音率定曲線(Noise Rating Curves)

噪音率定曲線亦用於評定噪音吵鬧程度，其標準為依照國際標準組織 (ISO) 第 R1996 規章之規定，吵鬧度應量測於八音度中心頻率之聲音壓力位準；NR 曲線評估精度較高，其中以對談話的干擾程度最嚴格。NR 於各中心頻率之相對的標準值如圖 3.12(b)。

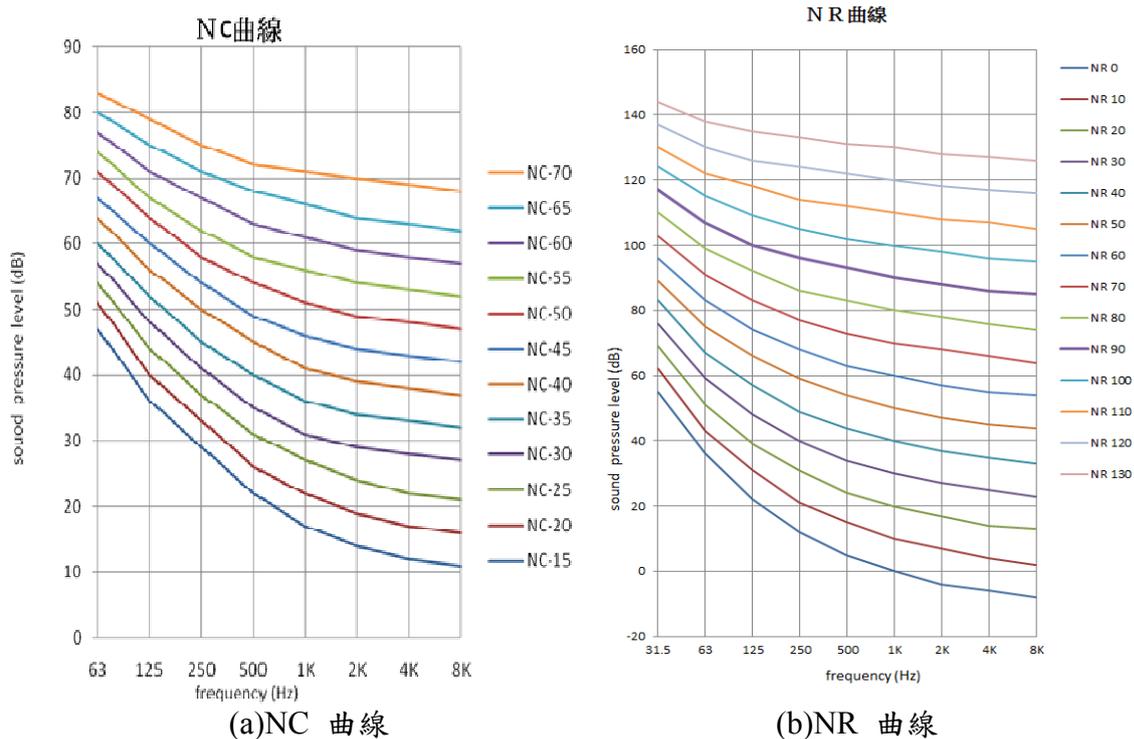


圖 3.12 NC 及 NR 曲線於各中心頻率之曲線圖

3.4.3 室內聲學參數-迴響時間(reverberation time)

A. 室內聲場介紹

在室內建築中，對於聲場的考量，其量測參數常為室內的迴響時間(reverberation time)，當室內某一點聲源發聲時，聲波以球面波的方式向四周擴散傳播，聲音的強度與傳播距離的平方成反比，當聲波傳播到四周界面時，一部份聲能被周圍環境物質吸收，另一部份聲能則被反射，當聲源連續穩定地輻射聲波時，空間各點的聲能是來自各方向聲波疊加的結果，傳播至空間中某點的聲音有三部份組成，其中未經反射直接傳播至某點的是直達聲，第一次反射之初期反射聲(first reflection)和經多次疊加的殘響音(reverberation)。直達聲的部分，提供了聲源的方向、傳遞聲音信息、提高聲音清晰度的主要來源，初期反射聲則增強聲音的空間感，而殘響是無方向性，不包含聲音信息，但它使聲場分佈均勻、音質豐滿，可提供分辨房間的空間大小，過大的殘響音會降低聲音的清晰度、掩蔽直達聲，而超過 100ms 的延時會形成回聲，嚴重影響聲音清晰度。

B. 迴響時間理論-(Reverberation time -Sabine)

根據沙賓理論，迴響時間是指一個聲源停止後直到聲音消失所需的時間，當聲波在空氣中前進能量會逐漸衰減，當聲音壓力衰減 60dB 所需要的時間，故名為 RT_{60} 迴響時間，其公式為：

$$RT_{60} = \frac{55.2V}{Ac} \quad (1)$$

其中 V 為室內空間立方體體積，單位為米立方，而 A 為聲音吸收係數的總合，單位為米平方，假設空氣溫度為 20°C ，則聲速 c 為 343 m/s，則

上式(1)可以改為

$$RT_{60} = \frac{0.161V}{A} \quad (2)$$

A 為沙賓吸收係數的總合，其定義為空間中所有可吸音物質的吸收係數 a_i 乘上其相對應的表面積 S_i ，其公式表示如(3)

$$A = \sum_i A_i = \sum_i S_i a_i \quad (3)$$

沙賓吸收係數平均值(average Sabine absorptivity) \bar{a} 又定義為:

$$\bar{a} = \frac{A}{S} = \frac{1}{S} \sum_i S_i a_i \quad (4)$$

因此迴響時間之公式則可改寫為

$$RT_{60} = \frac{0.161V}{S\bar{a}} \quad (5)$$

在建築聲學的建議中，音樂廳(Hall) RT_{60} 控制在 1.7 秒左右、電影院之 RT_{60} 則在 1 秒內，一般居住空間 RT_{60} 則介於 0.5 秒至 1.5 秒間。在吸收係數的部分也會因為使用材料不同，而有不同的吸收係數，表 3.8 則列出在室內建築中經常使用的材質的吸收係數。

而在 ISO-3382-2 中亦定義了 RT_{20} 、 RT_{30} ，其計算時間為當聲源之衰減曲線從 -5dB 衰減區間為 25dB 的區間為 RT_{20} ，當聲源之衰減曲線從 -5dB 衰減區間為 35dB 的區間為 RT_{30}

表 3.8 建築材料之吸收係數

材質		頻率					
		125Hz	250	500	1k	2k	4k
地面材料	地毯	0.01	0.02	0.06	0.15	0.25	0.45
	混凝土 (未上漆, 粗加工)	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
	混凝土 (密封或繪)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
	大理石或釉面磚	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
	乙烯基磚或混凝土油氈	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
	木地板混凝土	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
	木地板的柵欄	0.15	0.11	0.1	0.07	0.06	0.07
座椅材料	長凳 (木, 空)	0.1	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08
	長凳 (木, 2/3滿)	0.37	0.4	0.47	0.53	0.56	0.53
	長凳 (木全滿)	0.5	0.56	0.66	0.76	0.8	0.76
	工作台 (座位和靠背墊, 空)	0.32	0.4	0.42	0.44	0.43	0.48
	工作台 (座位和靠背墊, 全滿)	0.5	0.64	0.76	0.86	0.86	0.76
	劇院座位 (木, 空)	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.08
	劇院座位 (木質, 全滿)	0.5	0.3	0.4	0.76	0.8	0.76
	座椅 (織物upholsterd, 空)	0.49	0.66	0.8	0.88	0.82	0.7
	座椅 (織物upholsterd全滿)	0.6	0.74	0.88	0.96	0.93	0.85
牆體材料	磚 (天然)	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
	混凝土砌塊 (粗)	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
	門 (實木板)	0.1	0.07	0.05	0.04	0.04	0.04
	玻璃(大窗格)	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
	玻璃 (小窗格)	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
	石膏板	0.29	0.1	0.06	0.05	0.04	0.04
	膠合板	0.15	0.25	0.12	0.08	0.08	0.08
其他材料	窗簾	0.04	0.05	0.11	0.18	0.3	0.35
	玻纖板 (25毫米)	0.06	0.2	0.65	0.9	0.95	0.98
	通風網罩	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4
	金屬板	0.19	0.69	0.99	0.88	0.52	0.27
	石膏及粗加工或木材板條	0.14	0.1	0.06	0.05	0.04	0.04

資料來源: http://www.sae.edu/reference_material/pages/Coefficient%20Chart.htm

C. 聲場均勻性:

針對聲場的均勻性探討, 使得室內聲場不均勻分佈的主因多半為駐波的產生, 駐波的形成在於聲波傳遞的途徑上, 其反射路徑與入射路徑重疊, 即聲波在室內空間的二個平行牆面來回反射, 聲波能量無法傳遞出去, 而在室內空間中疊加, 由物理特性來看, 於波峰處, 聲音被加強, 而在駐波的節點或節線上則無聲音, 因此造成室內聲場的不均勻, 在室內空間中並非所有聲波頻率皆會產生駐波, 因此, 為了避免室內聲場形成駐波, 必須充分了解空間的尺寸、長寬高比和室內隔間裝潢佈置與聲波頻率的關係。

3.4.4 室內聲學指標研究方法

本年度計畫重點在聲學仿真人偶量測系統與單體麥克風對聲音評價之差異，在量測聲學參數上探討四個不同空間之迴響時間、NC 與 NR 曲線特性，其中 NC/NR 曲線的量測沿用去年之操作流程並針對去年度在量測上的缺失進行改善，第二個部分針對室內空間之迴響時間進行量測，以麥克風及仿真人偶在各個空間中之迴響時間做為性能上的比較，第三個部分為符合現今之噪音管制以 A-weighting 為計算標準，特別以 NC/NR 等級為依據，進行 A-weighting 的加權計算，再對照出各個等級的心理聲學參數之響度及銳度的大小，期望更能符合人耳在聽覺上的感受。

A. NC/NR 曲線量測

針對室內聲學指標研究方法，於 99 年度已進行 NC 及 NR 曲線於特定的三個室內空間進行聲音壓力的量測，唯因 NC 曲線之上限為 83dB，於播放源音之聲音壓力 dB 值已超出此上限，且於全無響室中因場地因素，無法使用統一規格之麥克風，造成於 500Hz 及 1kHz 之聲音壓力值無法正常量測，基於此二項因素，擬於 100 年度計畫中重新對 NC/NR 曲線進行量測。在 NC/NR 曲線的量測空間於 99 年度於半無響室、全無響室及迴響室三個空間進行操作，對於實驗數據分析及實驗步驟上已有充份掌握，100 年度沿用 99 年之實驗步驟，對於室內空間選擇為專業聆聽室、迴響室、小劇場及中型音樂廳；其中仍選擇迴響室主要針對聲音均勻性即擴散音場為完全均勻的聲場做聲學物理上的實際驗證。量測儀器則使用電容式麥克風與仿真人偶同時量測，使得麥克風量測之聲壓值可與仿真人偶做聲學參數的比較。

基於前次量測的缺失，本年度使用 Class 1 電容式麥克風二支，使用二支麥克風進行實驗數據對照。播放音源為 1/3 八音度中心頻率之單頻音，因 NC 曲線最高上限為 83dB，但 NR 曲線最高可至 144dB，因此在噪音源的播放以量測場地之播放儀器可輸出最大聲音壓力為主，不受限於 83dB，增加量測數據上之擷取及分析。

B. 迴響時間量測

在迴響時間的聲學特性量測上，與 NC/NR 曲線在相同的室內空間量測，本年度計畫採用四個不同空間：即專業聆聽室、迴響室、小劇場及中型音樂廳。實驗儀器部分使用 CASS 1 的麥克風，透過多通道的擷取器，和仿真人偶做比較，特別說明，使用麥克風量測室內殘響，其軟體計算的方法和噪音計相同，符合 ISO-3382-2-2008 之殘響量測計算。仿真人偶量測迴響時間，由多通道之擷取器量殘響資料，經由 ArtemiS 軟體進行公式計算即可計算出該空間之室內迴響時間，因此二支麥克風和仿真人偶可在迴響時間上進行儀器特性比較。

針對四個空間中的迴響室使用麥克風和仿真人偶對迴響時間的探討，因迴響室的空間為非對稱且不規則，故可避免駐波的形成，又其牆面為堅硬且光滑的壁面，使得聲波可以完全反射而不被吸收，因此在迴響室中可視為一個均勻的聲場，在完全均勻的聲場內，使用麥克風及仿真人偶進行

殘響量測，可比較出二者儀器的特性。

C. A-weighting 與心理聲學參數

在量測 NC/NR 的同時，可針對室內之聲音壓力位準進行 A 加權，以符合現今於各種不同場所之噪音管制標準，並且更進一步的了解該 A-weighting 之下，所相對應的心理聲學參數的大小，於本計畫中選擇針對心理聲學參數中的響度及銳度進行比較，期望能建立除了以 A-weighting 為管制標準之外，更能符合人耳的聽覺感受。

3.5 室內聲學指標之實驗量測

本年度於室內聲學指標之工作項目為：

1. NC/NR 量測: 進行量測儀器性能驗證
2. 迴響時間量測及聲場均勻性探討
3. A-weighting 與心理聲學參數之關係

室內空間 NC/NR 及迴響時間完成工作如表 3.9 所列。：

表 3.9 NC /NR 及迴響時間量測工作列表

編號		室內空間			
		NC 曲線	NR 曲線	迴響時間	A-weighting 與心理聲學
Room1	專業聆聽室	完成	完成	完成	完成
Room2	迴響室	完成	完成	完成	完成
Room3	台大小劇場	完成	完成	完成	完成
Room4	中型音樂廳	完成	完成	完成	完成

3.5.1 NC/NR 重新量測說明及結果

A. 重新量測說明:

99 年度中，NC/NR 於全無響室量測時，因外借實驗場地，礙於無法更動實驗設備，因而無法使用自行攜帶之麥克風進行量測，當測 500HZ 及 1KHZ 確實有發現其 SPL 特別低，經過反覆測試，仍然其量測值如表中之實驗數據，因此判斷此為該支麥克風的頻率響應特性。本年度為修正 NC/NR 曲線在全無響室在 500Hz 及 1kHz 之趨勢，特予以重新實驗。

實驗儀器上特別使用 99 年度在半無響室及迴響室量測之相同的麥克風，噪音源採用 1/3 之八度音，輸出至喇叭放出各中心頻率音源，麥克風與仿真人偶同時經由多通道擷取器輸入 ArtemiS 系統中記錄，記錄時間為 10 秒。實驗程序方面則以 99 年度之實驗步驟為依據重新操作。

B. 實驗結果:

針對全無響室重新量測 NC/NR 曲線，其結果列表如 3.10 及 3.11 所示，分別為仿真人偶左右耳及麥克風的聲音位準值。而繪入 NC/NR 的曲線表格內，則如圖 3.13 及圖 3.14 所示，在 500Hz 及 1kHz 處並無發生聲音壓力位準較低狀況，而其 NR 曲線之等級，可判斷為 NR 80，NC 的曲線等級則為 NC 70。

表 3.10.NR 曲線實驗結果：

Noise Rating Curve		1/3 Octave band mid-frequency (Hz)								
		31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
全無響室重測結果	head-Left	41.07	68.63	64.71	72.63	74.05	72.80	72.85	69.92	79.01
	head-Right	41.89	67.87	65.73	71.86	75.27	71.22	68.96	67.48	72.78
	Mic01	43.75	68.00	66.19	74.38	77.44	66.78	70.04	79.28	66.90

表 3.11.NC 曲線實驗結果：

Noise Criterion		1/3 Octave Band Center Frequency (Hz)								
		47	36	29	22	17	14	12	11	
全無響室重測結果	head-Left	68.63	64.71	72.63	74.05	72.8	72.85	69.92	79.01	
	head-Right	67.87	65.73	71.86	75.27	71.22	68.96	67.48	72.78	
	Mic01	68	66.19	74.38	77.44	66.78	70.04	79.28	66.9	

全無響室NR曲線

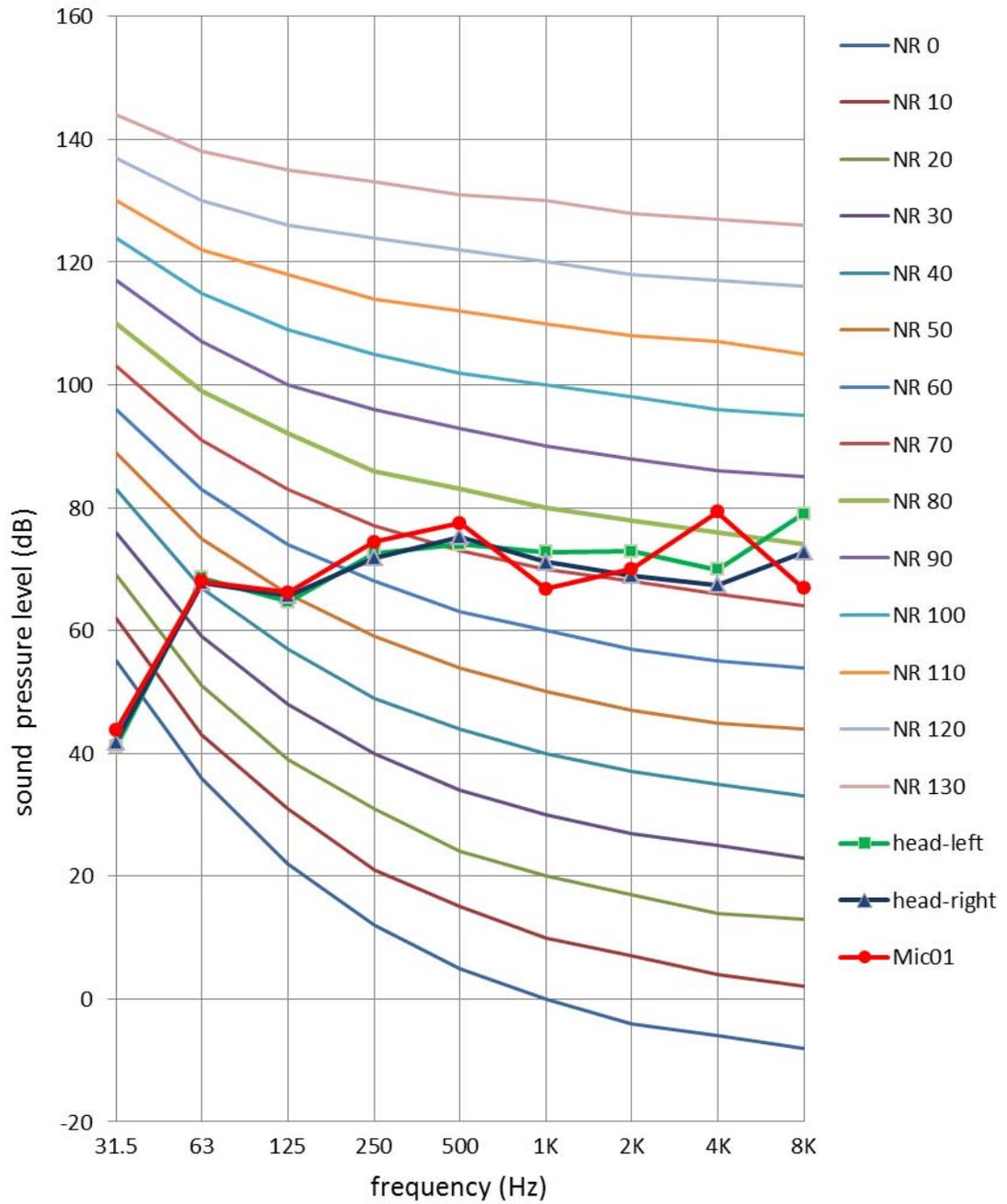


圖 3.13 NR 曲線於全無響室量測結果

全無響室NC曲線

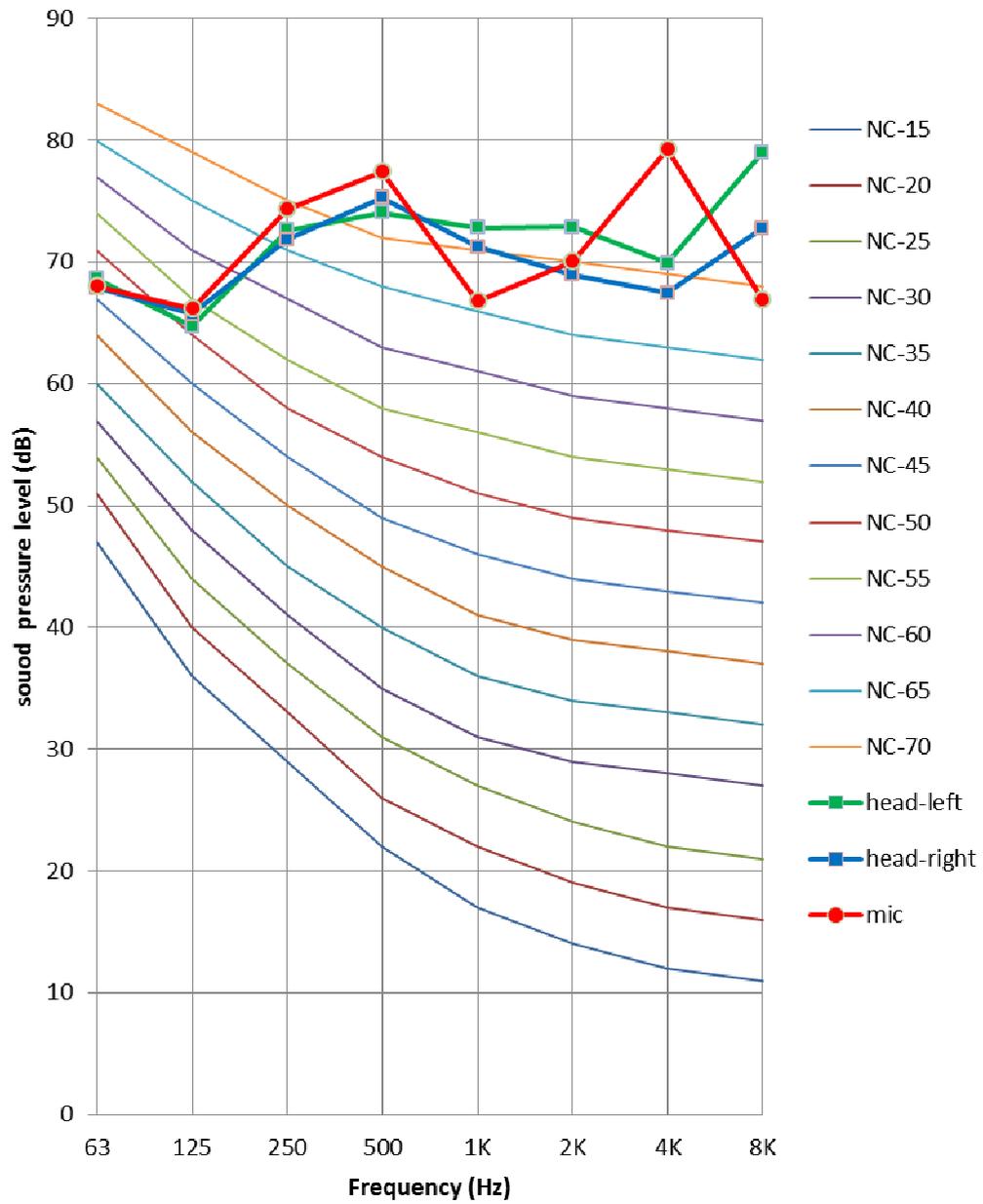


圖 3.14 NC 曲線於全無響室量測結果

3.5.2 NC/NR、迴響時間及 A-weighting 之量測

針對四個室內空間的 NC/NR 曲線及迴響時間量測，目前選定的空間為專業聆聽室、迴響室、台大小劇場及中型音樂廳，本計畫中，除基本的進行 NC/NR 曲線量測，做為室內空間噪音指標，另計算每一個 NC/NR 曲線等級相對的心理聲學參數大小，即以每個空的聲音壓力位準做為依據，進行 A-加權及心理聲學參分析，以此表示物理性參數和心理性參數的關聯性，噪音源的部分則採用了 1/3 八音度的單頻音。

另由於室內空間常有的噪音並非規律之單頻音，一般家電產品如吸塵器、風扇或是抽油煙機皆由馬達提供旋轉動力，因此易產生不平衡力而發出噪音，此類噪音屬於寬頻噪音，而其產生之音源大小約 45-50dB 噪音，吸塵器則約 70dB 左右，因此電家於室內空間之噪音亦為探討音源之必要，故在本研究中，選擇使用抽油煙機做為室內常聽見的噪音源之一。因此於本階段實驗之項目為：

- (i) NC/NR：量測聲壓位準 SPL
- (ii) 迴響時間：以 RT_{30} 進行迴響時間計算
- (iii) A 加權及心理聲學參數：SPL 進行 A 加權計算，相對應量測響度、銳度

A.量測儀器：

針對 NC/NR 的量測，本年度在實驗量測上使用二支麥克風，避免單一麥克風因其他因素故障而無法取得實驗數據，所使用的二支不同型號的麥克風皆為 1/2 英吋，其配合之前置放大器其規格如表 3.12。在仿真人偶 (HMS_III_L) 之規格則如表 3.13 所示，而量測訊號之多通道擷取器之規格則可視 3.14 之表格。

表 3.12 麥克風及前置放大器規格表

Microphone		
Model Number	Mic01	Mic02
	G.R.A.S 40AE	PCB 378B02
Diameter	1/2 in	1/2 in
Sensitivity:	50 mV/Pa	47.39 mV/Pa
Frequency range:	3.15 Hz - 20 kHz	3.15 Hz to 20 kHz (± 2 dB)

Preamplifiers		
Model Number	Mic01	Mic02
	G.R.A.S 26CA	PCB 426E01
Diameter	1/2 in	1/2 in
Gain (Attenuation)	-0.05 dB	-0.05 dB
Frequency Response (± 0.1 dB)	2 to 200k Hz	6.3 to 125k Hz
Electrical Noise (A-weight)	$\leq 2.2 \mu\text{V}$	$\leq 2.8 \mu\text{V}$
Electrical Noise (Linear) [1]	$\leq 6 \mu\text{V}$	$\leq 5 \mu\text{V}$
Output Voltage (Maximum)	$\pm 8 \text{ V pk}$	$\pm 7 \text{ V pk}$
Temperature Range	- 40 to +85°C	-40 to +176°F -40 to +80°C
Output Connector	BNC Jack	BNC Jack

表 3.13 仿真人偶(Artificial Head)規格表

Technical data - HMS III.L	
Measurement unit	
Transmission range:	20 Hz - 20kHz: ± 0.1 dB; 3 Hz - 20kHz: -3 dB/+0.1 dB
Dynamic range (linear):	96 dB
Cross-talk attenuation	96 dB
Sum of harmonic equalization and noise component (THD+N) at 124 dB:	100 Hz: <0.06% 1kHz: <0.02% 5kHz: <0.02%
Inherent noise:	< 15 dB (Lin)
Nom. SPL (selectable):	94 dB _{SPL} , 104 dB _{SPL} , 114 dB _{SPL} , 124 dB _{SPL}
Headroom (electr.):	6 dB (except in measuring range 144 dB)
Max. SPL:	124 dB _{SPL} (+6 dB headroom)
Equalization modes:	linear (Lin), independent-of direction (ID), free-field (FF), diffuse-field (DF), user-defined (USER)
Directional pattern:	corresponds to the structurally averaged directional pattern of the human outer ear to IEC 959
Analog component	
Microphone:	1/2" electrostatic microphone, 200 V polarization voltage
Filters:	highpass 1 st order 200 Hz (5%), passive highpass 5th order 222 Hz (5%), active
Digital component	
Signal processor:	Motorola DSP56301 (66Mips)
A/D converter:	64-fold oversampling
Sampling rate:	Internal 44.1 kHz, 48 kHz; externally synchronizable via AES/EBU signal 32 kHz, 44.1 kHz, 48 kHz
Data format:	AES/EBU IEC II-Subcode adjustable. 24-bit or 16-bit format with noise shaping selectable
Power supply (no-break, switching between external and internal supply, incl. "smart charge" electronics)	
External power supply unit - PSH I.1	
Input voltage:	100 V - 250 V AC 47 Hz 63 Hz
Max. input current	1.6 A at 100 V AC
Output voltage/current:	15 V DC, 4A
DC output:	XLR 4-pin
External DC supply:	12 V DC (9 V - 34 V e.g. vehicle circuit or power pack)
Internal DC-supply:	Rechargeable battery NiCd, 12 V, 1.6 Ah
Charging procedure:	Fast charge (max.2.5h), conservation charge
Op. time w. rechargeable battery:	typ. 2.5 h (without Remote Control RC V)
Current, Power:	Charging and operating: 2 A / 24 W
Operation:	Remote control software HUS 1.1 or as option Remote Control RC V
Interfaces	
Digital I/O	2 x AES/EBU, XLR 3-pin
RS232:	D-SUB 9-pin
DC input:	1 x XLR 4-pin
Environmental conditions	
Operating temperature range:	0°C - 50°C , 32°F - 122°F
In-store temperature range:	- 20°C - 70°C, -4°F - 158°F
Housing (Head-and-shoulder unit)	
Overall dimensions (WxHxD):	465 mm x 400 mm x 180 mm
Weight:	5.6 kg

表 3.14 多通道擷取器(SQLab III)規格表

SQLab III System data	
Number of modules:	max. 11
Number of channels	max. 66 (Variable: number of modules x 2 or 6 resp.)
Summation sampling rate:	1280 kHz
Input filter:	digital FIR-filter with linear phase response
Signal resolution:	18 bits, 16 bits transferred, 18-24 bits
Power supply	
Power supply:	DC input, 10,5 V - 18 V, no break
Internal rechargeable battery:	min. 60 s
Notebook (optional):	built-in power supply, standard voltage: 12 V - 25,5 V (default), max. 100W
Power consumption:	100 W (measured with ten DIC 20 modules w/o notebook)
DC Input:	XLR, 6 pin male
DC Output:	XLR, 4 pin female
Environmental conditions	
Operating temperature:	-20°C - 40°C (MMM III only)
In-store temperature:	-20°C - 60°C (MMM III only)
Battery Charging temperature:	0°C - 40°C (MMM III only)
Emitted noise:	< 40 dB(A) (disconnectable fan)
Notebook attachment:	various attachments according to type of notebook
SCSI connection:	68 pin, wide SCSI, wide SCSI (20 MB/s)
IEEE 1394 connection:	6 pin
Housing	
Overall dims. (WxHxD) MMM III without belt holder / seat protection:	
	360 mm x 165 mm x 380 mm (14.04" x 6.43" x 14.82")
Overall dims. (WxHxD) MMM III with belt holder / seat protection:	
	383 mm x 221 mm x 390 mm (14.94" x 8.62" x 15.21")
Weight MMM III (excl. modules / belt holder / seat protection / SCSI covering cap):	
	8,45 Kg (18.61 lb)
Weight (only belt holder / seat protection / SCSI covering cap):	
	1,62 Kg (3.57 lb)

B. 播放音源:

根據 NC/NR 曲線，其播放音源為 1/3 八音度之單頻音，在音壓大小方面，根據每個空間之背景噪音值大小不同而有所不同，四個空間之背景噪音大小，如下表 3.15 所示，其頻譜圖也可由圖 3.16 所示，其聲音壓力位準在使用不同量測儀器之分佈則可以由圖 3.15 所示，平均以中型音樂廳的背景噪音最高，而仿真人偶與二支麥克風大約差距 10~15dB 左右，另也使用抽油煙機做為室內空間內的寬頻噪音源做為測試音源。

表 3.15 四個空內空間之背景噪音值

室內空間		Device	SPL (dB)	A-weight (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness(acum)
Room-1	聆聽室	Head-Left	56.95	27.41	0.637	0.495
		Head-Right	56.7	25	0.451	0.631
		Mic01-GRAS	65.7	27.07		
		Mic02-PCB	64.16	27.5		
Room-2	迴響室	Head-Left	48.95	35.18	1.69	0.857
		Head-Right	48.55	35.2	1.68	0.857
		Mic01-GRAS	67.65	35.47		
		Mic02-PCB	70.28	35.46		
Room-3	台大小劇場	Head-Left	45.2	22.84	0.309	0.274
		Head-Right	45.21	22.07	0.273	0.314
		Mic01-GRAS	65.56	32.11		
		Mic02-PCB	64.75	31.67		
Room-4	中型音樂廳	Head-Left	59.46	32.8	1.36	0.719
		Head-Right	59.47	32.85	1.36	0.751
		Mic01-GRAS	67.35	33.13		
		Mic02-PCB	68.06	32.91		

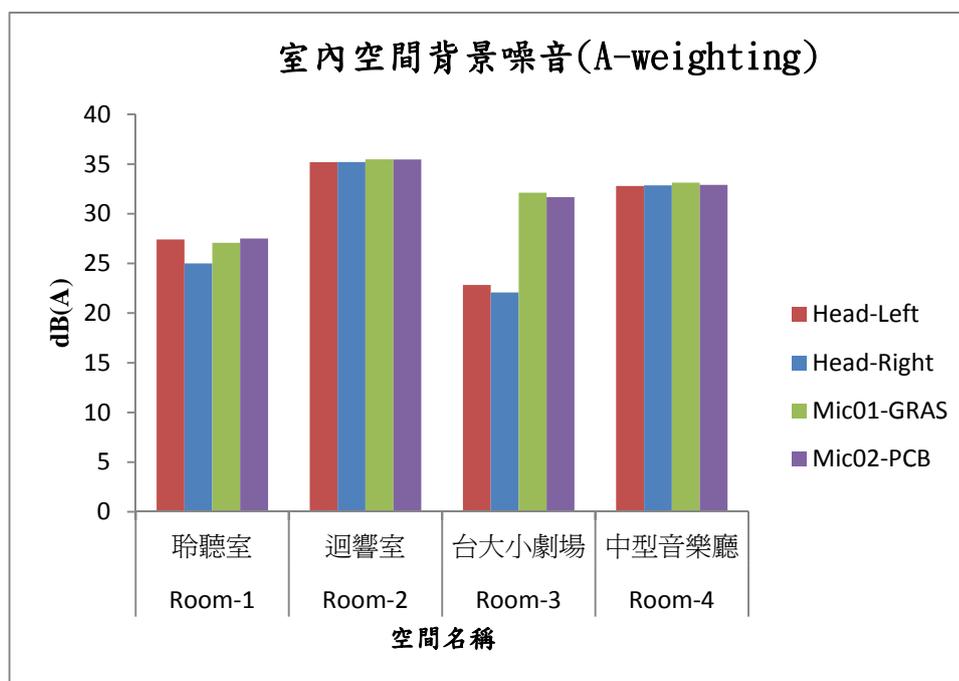


圖 3.15 四個空間內仿真人偶及麥克風量測之背景噪音 dB(A)分佈圖

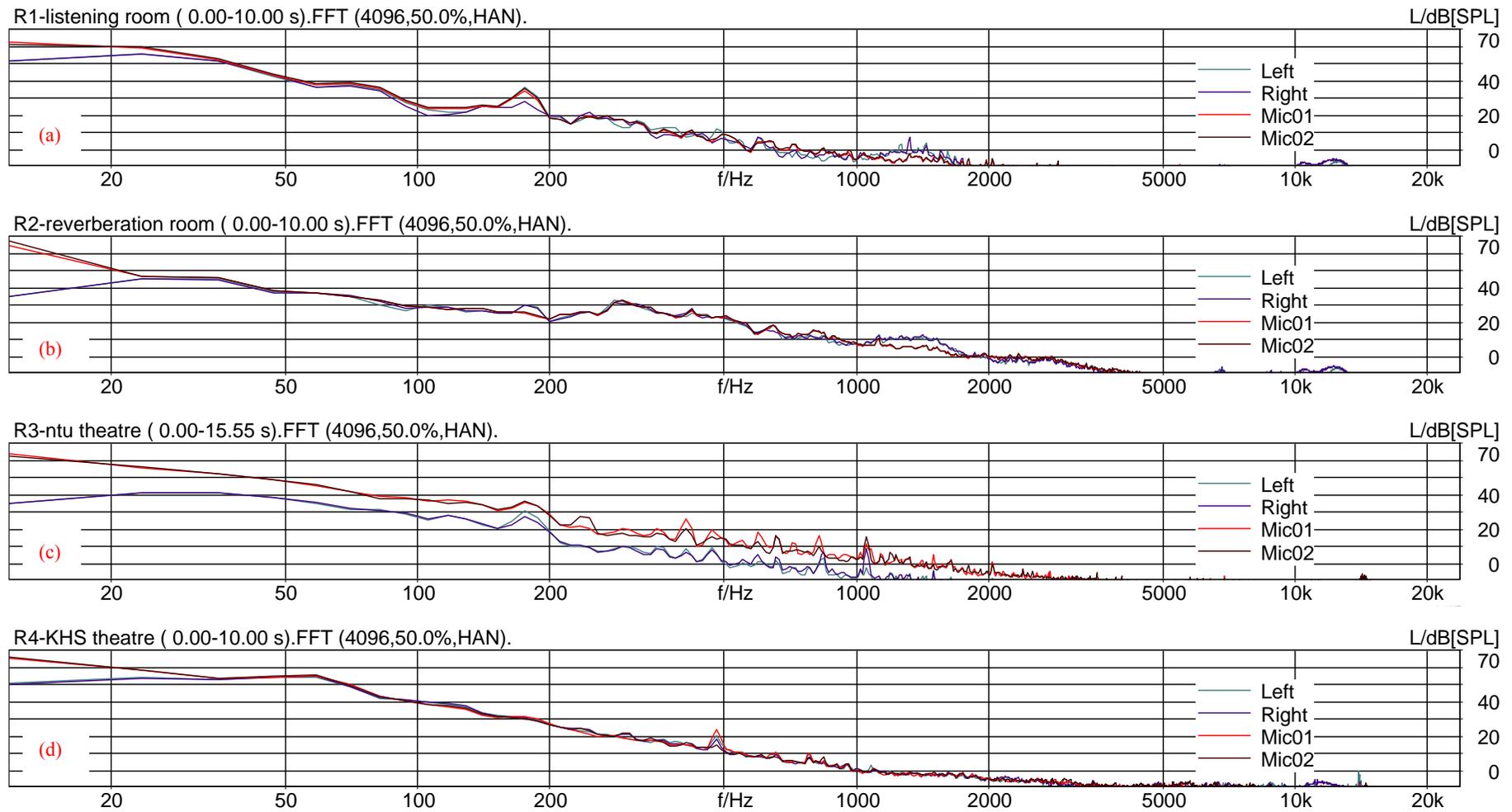


圖 3.16 四個空間之背景噪音頻譜圖(a).聆聽室 (b).迴響室(c).台大小劇場(d).中型音樂廳

C. 量測位置:

根據噪音管制標準，測量地點為室內時，聲音感應器應置於離地面或樓板 1.2 公尺至 1.5 公尺之間。測量非擴音設施音源 20Hz 至 200Hz 頻率範圍時，於陳情人所指定其居住生活之室內地點測量，並應距離室內最近牆面線一公尺以上，因此在實際測量時，仿真人偶位置距地面高度為 1.2 公尺，離牆面要 1 公尺以上，在實驗量測時，播放噪音源的喇叭及抽油煙機選擇固定距離仿真人偶 1.5 公尺處，因為使用固定距離做為量測參數，在相同條件之下做比較，才能有效的比較出各個空間的差別。

D. 量測空間簡介:

本計畫之研究目的之一為評價麥克風與仿真人偶之差異性，故在量測上此二者為變動的因素，因此在選擇室內空間時，應採用室內空間參數已知條件較多者為較恰當，使得當量測數據呈現不合理現象時，藉以釐清是室內空間之音場特性或是量測儀器的問題。

(a) 專業聆聽室

專業的聆聽室通常使用固定空間條件之聲音性能表現，例如於電子產品公司可於專業的聆聽室內模擬各種環境噪音，再對電子產品於該聲場內之聲音參數進行量測及分析。本研究所選擇之專業聆聽室，其室內空間如圖 3.17 所示，其室內容積為長 3 公尺、寬 2.5 公尺、高為 2.5 公尺，四周壁內具有吸音材，表面以壁紙覆蓋，地板為水泥地板上鋪有地毯，四周牆角有 4 顆喇叭及一個重低音喇叭，門邊吊有窗簾，以調整吸音率，該聆聽室符合法規 ESTIEG 202 396-1 建造，其迴響時間為 0.2 至 0.7 秒之間。

該聆聽室使用三年以上，因各種外在條件如溼度溫度皆會改變聆聽室狀態，因此實驗當日所量測之背景噪音值仿真人偶為 62.8dB 而二支麥克風之平均聲壓值為 68.8dB。



圖 3.17 專業聆聽室之室內空間

(b) 迴響室

迴響室為一幾何不規則之音源室，其特性在於室內所有的表面聲音反射能力良好並能使聲場儘可能擴散，達到均勻反射分佈，因此在迴響時間上較一般的室內空間長，其室內空間如圖 3.18 所示，實驗當時之背景噪音以仿真人偶量測為 54.7dB 而二支麥克風之平均聲壓為 70.5dB。



圖 3.18 迴響室之室內空間

(c) 台大小劇場

室內聲場的測試，於本研究中亦選擇了展演空間的量測，以台灣大學外語系附設之台大小劇場做為測試空間之一，其為小型鏡框式舞台，座位容量可提供總人數在 190 人以下之小型集會或節目演出用，其室內空間如圖 3.19 所示，實驗當時之背景噪音以仿真人偶量測為 51.2dB 而二支麥克風之平均聲壓為 69.0dB。為防止喇叭發生音爆現象，在實驗過程中，展演場地所使用之輸出喇叭其最大聲值有限制，因此於台大小劇場所量測最大聲壓值為 95 dB 左右。台大小劇場的音場分佈。



圖 3.19 台大小劇場之室內空間

(d) 中型音樂廳:

展演空間另一量測場地為位於新北市蘆洲之中型音樂廳，如圖 3.20 所示，此廳為擁有 403 席之鏡框式舞台，並備有演奏用大型樂器(鋼琴、定音鼓、木琴、管鐘等)，其長為 33.1 公尺，舞台部分與觀眾席寬度各為 22.7 公尺及 17.3 公尺，高度各為 13.3 公尺及 11.9 公尺。實驗當時之背景噪音以仿真人偶量測為 65.5dB 而二支麥克風之平均聲壓為 71.1dB。同樣的在該場地之喇叭輸出有限制，因此於中型音樂廳所量測最大聲壓值為 94 dB 左右。

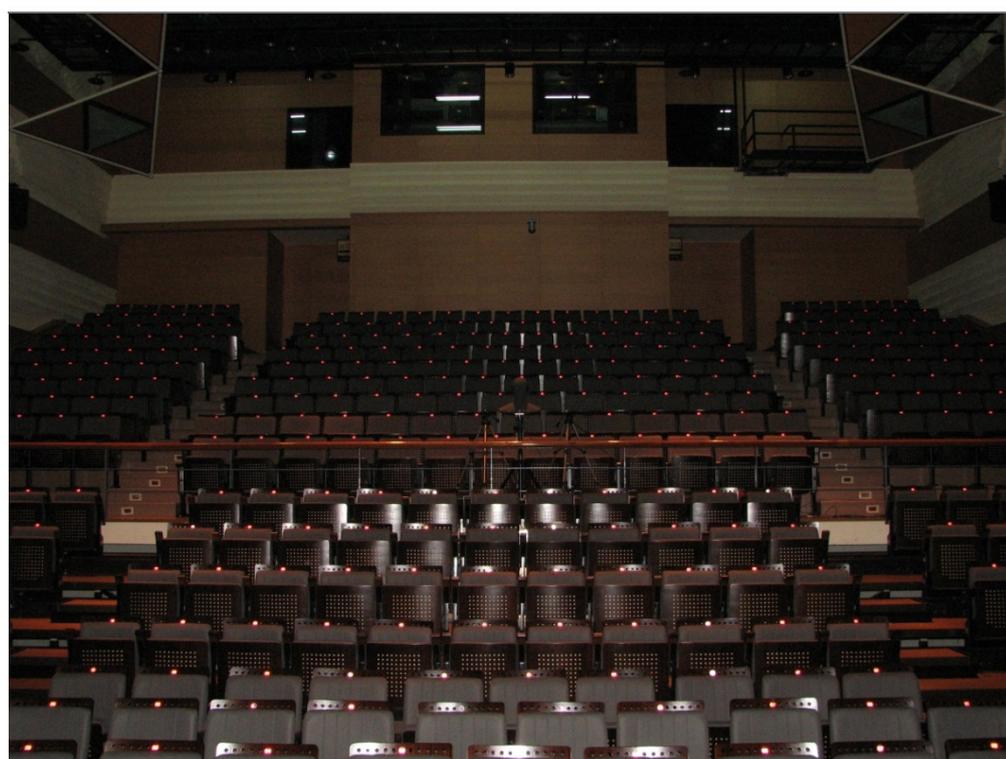
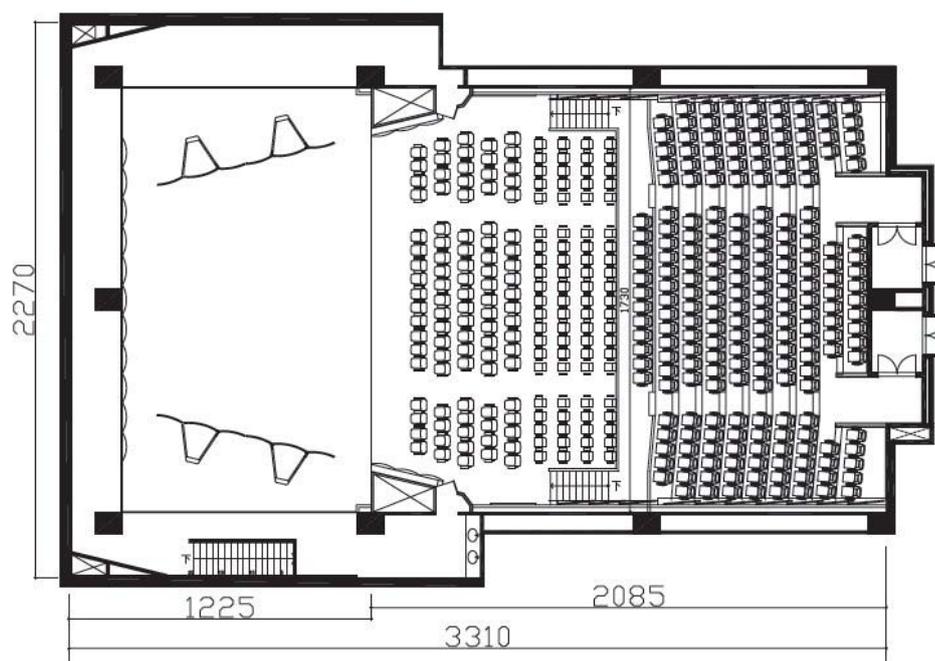


圖 3.20 中型音樂廳之室內空間示意圖及現場配置

3.6 室內聲學指標 NC/NR 及迴響時間量測結果

3.6.1 NC/NR 於 1/3 Octave 量測結果:

以二支麥克風以仿真人偶於四個室內空間量測 NC/NR 曲線，其結果如表 3.16 至 3.19 表示。仿真人偶於聆聽室之 62.8dB 而二支麥克風之平均聲壓值為 68.8dB，迴響室分別為 54.7dB 而二支麥克風為 70.5dB，因此從 NR70 開始量測；在展演空間部分則因場地之喇叭有限制，因此在較低頻很容易超過其限制，因此台大小劇場從 NR90 量測至 NR110，中型音樂廳則從 NR80 量測到 NR100，各空間的 NC/NR 曲線圖則於附件 A 中表示。

特別說明台大小劇場因現場左右聲道輸出不平均，幾經測試確定為喇叭輸出造成，且經現場調整亦無法達到左右聲道平衡，因此台大小劇場之量測數據僅作為參考，在展演空間應以中型音樂廳為準。

結果討論：

- (a) 各個空間之第一個等級(聆聽室及迴響室為 NR70、台大小劇場為 NR90 中型音樂廳為 NR80)，仿真人偶與麥克風皆有差異，其中差異最大發生於台大小劇場，二種量測儀器約有 13dB 的差距。
- (b) 四個空間以相同之 NR90 曲線比較，由附錄 A 之圖 A.11 迴響室，仿真人偶與二支麥克風聲壓值幾乎相同，其他三個空間以台大小劇場之二者差異最大，約 13dB，其中的原因在於：在迴響室中，因聲波為均勻的，在這個聲場內傳遞，且於此聲場中會激發很多個模態，但以該單頻音之模態最明顯，因此，在迴響室中，仿真人偶及二支麥克風都可量測到單一頻率的聲壓且大小會很接近，而在其他的空間中，單頻音所激發出的模態經過空間的作用，使得即使為單頻音的主模態，經量測亦無法呈現出一致性，只有在完全均勻的擴散音場，才可使麥克風仿真人偶量測到一致的聲音壓力位準，但現實空間環境皆非擴散音場。
- (c) 由迴響室圖 A.11 之 NR90 至圖 A.12 的 NR100，仿真人偶與麥克風所量測之聲壓值為一致的。圖 A.18 至圖 A.20 為中型音樂廳，其聲壓值為僅次於迴響室呈現仿真人偶及麥克風差異較小的空間，而中型音樂廳則因現場之喇叭的配置及空間為音樂欣賞空間，為特別經過調整設計的，使得該空間之聲場分佈均勻，因此推斷，於均勻的聲場，且其聲音壓力位準約 80dB 至 100dB，恰為二量測儀器動態範圍內最佳分佈狀態，麥克風與仿真人偶所量測之聲壓值最接近。
- (d) 使用二支不同廠牌之麥克風，其於四個空間之量測值多為一致的，而仿真人偶之二耳結果一致，因此，其二者量測儀器在聲音量測上確實不同。

表 3.16 聆聽室 NR 曲線 (NC 曲線)之聲壓值

	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)
	聆聽室 NR70 (NC 70)	31.5	Head-Left	56.94	250	Head-Left	56.37	2k	Head-Left
Head-Right			56.69	Head-Right		56.16	Head-Right		56.37
Mic01-GRAS			65.38	Mic01-GRAS		61.16	Mic01-GRAS		61.04
Mic02-PCB			63.15	Mic02-PCB		60.75	Mic02-PCB		60.57
63		Head-Left	57.4	500	Head-Left	55.99	4k	Head-Left	57.13
		Head-Right	57.14		Head-Right	55.81		Head-Right	56.94
		Mic01-GRAS	62.97		Mic01-GRAS	64.14		Mic01-GRAS	61.37
		Mic02-PCB	62.19		Mic02-PCB	61.97		Mic02-PCB	61.08
125		Head-Left	58.38	1k	Head-Left	56.53	8k	Left	57.06
		Head-Right	58.12		Head-Right	56.28		Right	56.82
		Mic01-GRAS	63.15		Mic01-GRAS	63.79		Mic01	60.72
		Mic02-PCB	62.44		Mic02-PCB	62.67		Mic02	60.9
聆聽室 NR 80 (NC 70)	31.5	Head-Left	57.19	250	Head-Left	56.15	2k	Head-Left	57.42
		Head-Right	56.96		Head-Right	55.99		Head-Right	57.2
		Mic01-GRAS	64.19		Mic01-GRAS	63.96		Mic01-GRAS	65.09
		Mic02-PCB	62.77		Mic02-PCB	61.69		Mic02-PCB	63.63
	63	Head-Left	56.18	500	Head-Left	58.23	4k	Head-Left	57.92
		Head-Right	55.97		Head-Right	57.98		Head-Right	57.72
		Mic01-GRAS	60.79		Mic01-GRAS	62.86		Mic01-GRAS	69
		Mic02-PCB	60.65		Mic02-PCB	62.31		Mic02-PCB	66
	125	Head-Left	59.37	1k	Head-Left	56.87	8k	Head-Left	59.34
		Head-Right	59.05		Head-Right	56.65		Head-Right	58.96
		Mic01-GRAS	64.31		Mic01-GRAS	64.31		Mic01-GRAS	62.62
		Mic02-PCB	63.89		Mic02-PCB	62.74		Mic02-PCB	62.7
聆聽室 NR 90	31.5	Head-Left	73.12	250	Head-Left	72.18	2k	Head-Left	75.53
		Head-Right	73.03		Head-Right	73.62		Head-Right	76.92
		Mic01-GRAS	74.04		Mic01-GRAS	74.42		Mic01-GRAS	72.1
		Mic02-PCB	74.09		Mic02-PCB	74.49		Mic02-PCB	67.94
	63	Head-Left	72.53	500	Head-Left	72.14	4k	Head-Left	72.5
		Head-Right	72.75		Head-Right	72.29		Head-Right	82.25
		Mic01-GRAS	72.66		Mic01-GRAS	74.18		Mic01-GRAS	73.38
		Mic02-PCB	72.89		Mic02-PCB	73.74		Mic02-PCB	68.69
	125	Head-Left	73.04	1k	Head-Left	71.54	8k	Head-Left	74.89
		Head-Right	73.71		Head-Right	63.31		Head-Right	71.39
		Mic01-GRAS	75.1		Mic01-GRAS	76.12		Mic01-GRAS	71.87
		Mic02-PCB	75.45		Mic02-PCB	78.54		Mic02-PCB	68.64
聆聽室 NR 100	31.5	Head-Left	80.07	250	Head-Left	81.75	2k	Head-Left	82.61
		Head-Right	80.06		Head-Right	83.33		Head-Right	83.4
		Mic01-GRAS	80.39		Mic01-GRAS	83.81		Mic01-GRAS	72.24
		Mic02-PCB	80.85		Mic02-PCB	84		Mic02-PCB	79
	63	Head-Left	82.38	500	Head-Left	83.12	4k	Head-Left	82.7
		Head-Right	82.6		Head-Right	82.84		Head-Right	92.17
		Mic01-GRAS	82.21		Mic01-GRAS	85.45		Mic01-GRAS	82.1
		Mic02-PCB	82.49		Mic02-PCB	86.04		Mic02-PCB	74.51
	125	Head-Left	80.05	1k	Head-Left	80.06	8k	Head-Left	77.4
		Head-Right	78.69		Head-Right	77.89		Head-Right	81.12
		Mic01-GRAS	77.21		Mic01-GRAS	86.06		Mic01-GRAS	76.35
		Mic02-PCB	77.16		Mic02-PCB	84.66		Mic02-PCB	69.46

	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	
	聆聽室 NR 110	31.5	Head-Left	107.23	250	Head-Left	105.86	2k	Head-Left	107.61
Head-Right			107.25	Head-Right		108.12	Head-Right		107	
Mic01-GRAS			97.59	Mic01-GRAS		88.69	Mic01-GRAS		68.13	
Mic02-PCB			98.04	Mic02-PCB		88.88	Mic02-PCB		74.55	
63		Head-Left	109.58	500	Head-Left	105.26	4k	Head-Left	98.98	
		Head-Right	109.77		Head-Right	103.49		Head-Right	107	
		Mic01-GRAS	79.39		Mic01-GRAS	76.21		Mic01-GRAS	72.23	
		Mic02-PCB	79.66		Mic02-PCB	76.46		Mic02-PCB	75.78	
125		Head-Left	106.96	1k	Head-Left	107.18	8k	Head-Left	105.98	
		Head-Right	105.82		Head-Right	100.19		Head-Right	105.61	
		Mic01-GRAS	75.86		Mic01-GRAS	70.45		Mic01-GRAS	89.12	
		Mic02-PCB	75.91		Mic02-PCB	67.34		Mic02-PCB	89.14	
		Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)
		聆聽室 NR 120	31.5	Head-Left	114.78	250	Head-Left	111.05	2k	Head-Left
Head-Right				114.77	Head-Right		113.1	Head-Right		115.82
Mic01-GRAS				85.12	Mic01-GRAS		93.63	Mic01-GRAS		75.38
Mic02-PCB	85.6			Mic02-PCB	93.82		Mic02-PCB	83.46		
63	Head-Left		113.46	500	Head-Left	112.06	4k	Head-Left	105.17	
	Head-Right		113.63		Head-Right	110.31		Head-Right	114.09	
	Mic01-GRAS		83.23		Mic01-GRAS	82.86		Mic01-GRAS	78.31	
	Mic02-PCB		83.52		Mic02-PCB	83.14		Mic02-PCB	81.73	
125	Head-Left		113.97	1k	Head-Left	113.98	8k	Head-Left	106.81	
	Head-Right		112.81		Head-Right	107.24		Head-Right	110.59	
	Mic01-GRAS		82.72		Mic01-GRAS	76.5		Mic01-GRAS	93.59	
	Mic02-PCB		82.81		Mic02-PCB	73.03		Mic02-PCB	87.66	

表 3.17 迴響室 NR 曲線 (NC 曲線) 之聲壓值

	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	
	迴響室 NR70 (NC 70)	31.5	Head-Left	52.78	250	Head-Left	50.83	2K	Head-Left	50.46
Head-Right			51.5	Head-Right		50.55	Head-Right		50.51	
Mic01-GRAS			62.28	Mic01-GRAS		62.37	Mic01-GRAS		63.13	
Mic02-PCB			64.3	Mic02-PCB		65.61	Mic02-PCB		66.85	
63		Head-Left	52.77	500	Head-Left	54.75	4K	Head-Left	55.07	
		Head-Right	52.52		Head-Right	54.52		Head-Right	55.6	
		Mic01-GRAS	76.13		Mic01-GRAS	60.06		Mic01-GRAS	60.46	
		Mic02-PCB	78.81		Mic02-PCB	63.4		Mic02-PCB	63.86	
125		Head-Left	51.45	1K	Head-Left	53.18	8K	Head-Left	52.84	
		Head-Right	51.18		Head-Right	53.41		Head-Right	52.61	
		Mic01-GRAS	55.8		Mic01-GRAS	61.51		Mic01-GRAS	56.62	
		Mic02-PCB	59.04		Mic02-PCB	65.13		Mic02-PCB	60.54	
		Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)
		迴響室 NR80 (NC 70)	31.5	Head-Left	60.56	250	Head-Left	62.33	2K	Head-Left
Head-Right				62.12	Head-Right		62.37	Head-Right		62.36
Mic01-GRAS				64.6	Mic01-GRAS		63.5	Mic01-GRAS		63.17
Mic02-PCB	65.54			Mic02-PCB	64.58		Mic02-PCB	64.72		
63	Head-Left		60.44	500	Head-Left	61.93	4K	Head-Left	70.12	
	Head-Right		60.37		Head-Right	61.71		Head-Right	70.78	
	Mic01-GRAS		70.08		Mic01-GRAS	65.3		Mic01-GRAS	72.19	
	Mic02-PCB		73.24		Mic02-PCB	67.81		Mic02-PCB	74.12	
125	Head-Left		61.59	1K	Head-Left	62.42	8K	Head-Left	61.36	
	Head-Right		61.92		Head-Right	62.55		Head-Right	61.77	
	Mic01-GRAS		63.44		Mic01-GRAS	64.35		Mic01-GRAS	62.68	
	Mic02-PCB		65.4		Mic02-PCB	66.95		Mic02-PCB	66.4	

迴響室 NR 90	31.5	Head-Left	82.71	250	Head-Left	80.16	2K	Head-Left	80.84
		Head-Right	84.4		Head-Right	80.14		Head-Right	81.84
		Mic01-GRAS	85.68		Mic01-GRAS	79.99		Mic01-GRAS	81.08
		Mic02-PCB	85.73		Mic02-PCB	80.37		Mic02-PCB	81.58
	63	Head-Left	81.14	500	Head-Left	82.23	4K	Head-Left	81.64
		Head-Right	81.32		Head-Right	82.03		Head-Right	82.54
		Mic01-GRAS	81.53		Mic01-GRAS	82.69		Mic01-GRAS	82.14
		Mic02-PCB	81.71		Mic02-PCB	82.72		Mic02-PCB	81.68
	125	Head-Left	82.19	1K	Head-Left	82.37	8K	Head-Left	81.22
		Head-Right	82.32		Head-Right	83.05		Head-Right	81.63
		Mic01-GRAS	82.08		Mic01-GRAS	82.15		Mic01-GRAS	75.43
		Mic02-PCB	82.35		Mic02-PCB	82.28		Mic02-PCB	75.49
迴響室 NR 100	31.5	Head-Left	85.71	250	Head-Left	88.47	2K	Head-Left	87.24
		Head-Right	87.32		Head-Right	88.45		Head-Right	88.23
		Mic01-GRAS	88.54		Mic01-GRAS	88.44		Mic01-GRAS	87.55
		Mic02-PCB	88.56		Mic02-PCB	88.86		Mic02-PCB	88.09
	63	Head-Left	87.13	500	Head-Left	86.81	4K	Head-Left	87.6
		Head-Right	87.15		Head-Right	86.67		Head-Right	88.44
		Mic01-GRAS	87.08		Mic01-GRAS	87.15		Mic01-GRAS	88.21
		Mic02-PCB	87.26		Mic02-PCB	87.49		Mic02-PCB	87.72
	125	Head-Left	88.02	1K	Head-Left	88.1	8K	Head-Left	87.61
		Head-Right	88.61		Head-Right	88.62		Head-Right	88
		Mic01-GRAS	88.54		Mic01-GRAS	87.69		Mic01-GRAS	82.14
		Mic02-PCB	87.47		Mic02-PCB	87.75		Mic02-PCB	82
迴響室 NR 110	31.5	Head-Left	100.32	250	Head-Left	100.12	2K	Head-Left	103.32
		Head-Right	101.89		Head-Right	100.17		Head-Right	104.23
		Mic01-GRAS	83.08		Mic01-GRAS	102.86		Mic01-GRAS	93.52
		Mic02-PCB	83.15		Mic02-PCB	103		Mic02-PCB	94.04
	63	Head-Left	102.35	500	Head-Left	103.66	4K	Head-Left	102.83
		Head-Right	102.05		Head-Right	103.64		Head-Right	104.02
		Mic01-GRAS	81.99		Mic01-GRAS	94.09		Mic01-GRAS	93.23
		Mic02-PCB	82.17		Mic02-PCB	94.66		Mic02-PCB	92.64
	125	Head-Left	101.03	1K	Head-Left	99.89	8K	Head-Left	101.46
		Head-Right	101.11		Head-Right	100.11		Head-Right	101.86
		Mic01-GRAS	106.46		Mic01-GRAS	102.11		Mic01-GRAS	85.63
		Mic02-PCB	106.3		Mic02-PCB	101.87		Mic02-PCB	85.55
迴響室 NR 120	31.5	Head-Left	106.11	250	Head-Left	106.58	2K	Head-Left	107.01
		Head-Right	107.81		Head-Right	106.72		Head-Right	107.76
		Mic01-GRAS	89.08		Mic01-GRAS	96.65		Mic01-GRAS	97.72
		Mic02-PCB	89.12		Mic02-PCB	97.07		Mic02-PCB	98.17
	63	Head-Left	106.89	500	Head-Left	109.31	4K	Head-Left	107.76
		Head-Right	106.54		Head-Right	109.33		Head-Right	108.99
		Mic01-GRAS	86.25		Mic01-GRAS	101.6		Mic01-GRAS	98.04
		Mic02-PCB	86.35		Mic02-PCB	101.91		Mic02-PCB	97.52
	125	Head-Left	109.83	1K	Head-Left	109.83	8K	Head-Left	107.34
		Head-Right	109.89		Head-Right	110.11		Head-Right	107.66
		Mic01-GRAS	102.02		Mic01-GRAS	101.8		Mic01-GRAS	92.06
		Mic02-PCB	101.77		Mic02-PCB	101.63		Mic02-PCB	91.87

表 3.18 台大小劇場 NR 曲線之聲壓值

	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)
	台大小劇場 NR 90	31.5	Head-Left	58.75	250	Head-Left	67.36	2k	Head-Left
Head-Right			58.59	Head-Right		53.95	Head-Right		60.85
Mic01-GRAS			70.31	Mic01-GRAS		83.55	Mic01-GRAS		66.72
Mic02-PCB			69.83	Mic02-PCB		85.7	Mic02-PCB		65.79
63		Head-Left	63.58	500	Head-Left	58.74	4k	Head-Left	59.89
		Head-Right	62.64		Head-Right	58.9		Head-Right	57.17
		Mic01-GRAS	69.5		Mic01-GRAS	65.6		Mic01-GRAS	79.07
		Mic02-PCB	68.39		Mic02-PCB	65.64		Mic02-PCB	75.12
125		Head-Left	56.28	1k	Head-Left	58.51	8k	Head-Left	57.17
		Head-Right	57.77		Head-Right	66.61		Head-Right	51.17
		Mic01-GRAS	71.26		Mic01-GRAS	74.64		Mic01-GRAS	75.09
		Mic02-PCB	72.06		Mic02-PCB	75.48		Mic02-PCB	76.1
台大小劇場 NR 100	31.5	Head-Left	64.8	250	Head-Left	75.29	2k	Head-Left	67.52
		Head-Right	64.62		Head-Right	61.35		Head-Right	72.52
		Mic01-GRAS	75.28		Mic01-GRAS	91.5		Mic01-GRAS	73.28
		Mic02-PCB	74.87		Mic02-PCB	93.69		Mic02-PCB	80.88
	63	Head-Left	73.46	500	Head-Left	75.24	4k	Head-Left	74.66
		Head-Right	72.49		Head-Right	76.39		Head-Right	73.95
		Mic01-GRAS	77.16		Mic01-GRAS	90		Mic01-GRAS	94.61
		Mic02-PCB	75.41		Mic02-PCB	89.67		Mic02-PCB	89.47
	125	Head-Left	70.92	1k	Head-Left	72.56	8k	Head-Left	74.45
		Head-Right	72.56		Head-Right	82.13		Head-Right	62.92
		Mic01-GRAS	84.28		Mic01-GRAS	90.4		Mic01-GRAS	85.42
		Mic02-PCB	85.6		Mic02-PCB	91.1		Mic02-PCB	88.64
台大小劇場 NR 110	31.5	Head-Left	83.98	250	Head-Left	82.36	2k	Head-Left	77.79
		Head-Right	83.78		Head-Right	68.6		Head-Right	84.66
		Mic01-GRAS	84.38		Mic01-GRAS	98.33		Mic01-GRAS	84.01
		Mic02-PCB	83.85		Mic02-PCB	100.55		Mic02-PCB	92.55
	63	Head-Left	79.46	500	Head-Left	83.29	4k	Head-Left	69.24
		Head-Right	78.56		Head-Right	84.3		Head-Right	70.4
		Mic01-GRAS	83.13		Mic01-GRAS	97.93		Mic01-GRAS	90.75
		Mic02-PCB	80.74		Mic02-PCB	97.83		Mic02-PCB	84.45
	125	Head-Left	83.36	1k	Head-Left	82.18	8k	Head-Left	73.39
		Head-Right	84.08		Head-Right	92.74		Head-Right	62.32
		Mic01-GRAS	94.56		Mic01-GRAS	101.08		Mic01-GRAS	87.26
		Mic02-PCB	95.62		Mic02-PCB	100.97		Mic02-PCB	88.69

表 3.19 中型音樂廳 NR 曲線之聲壓值

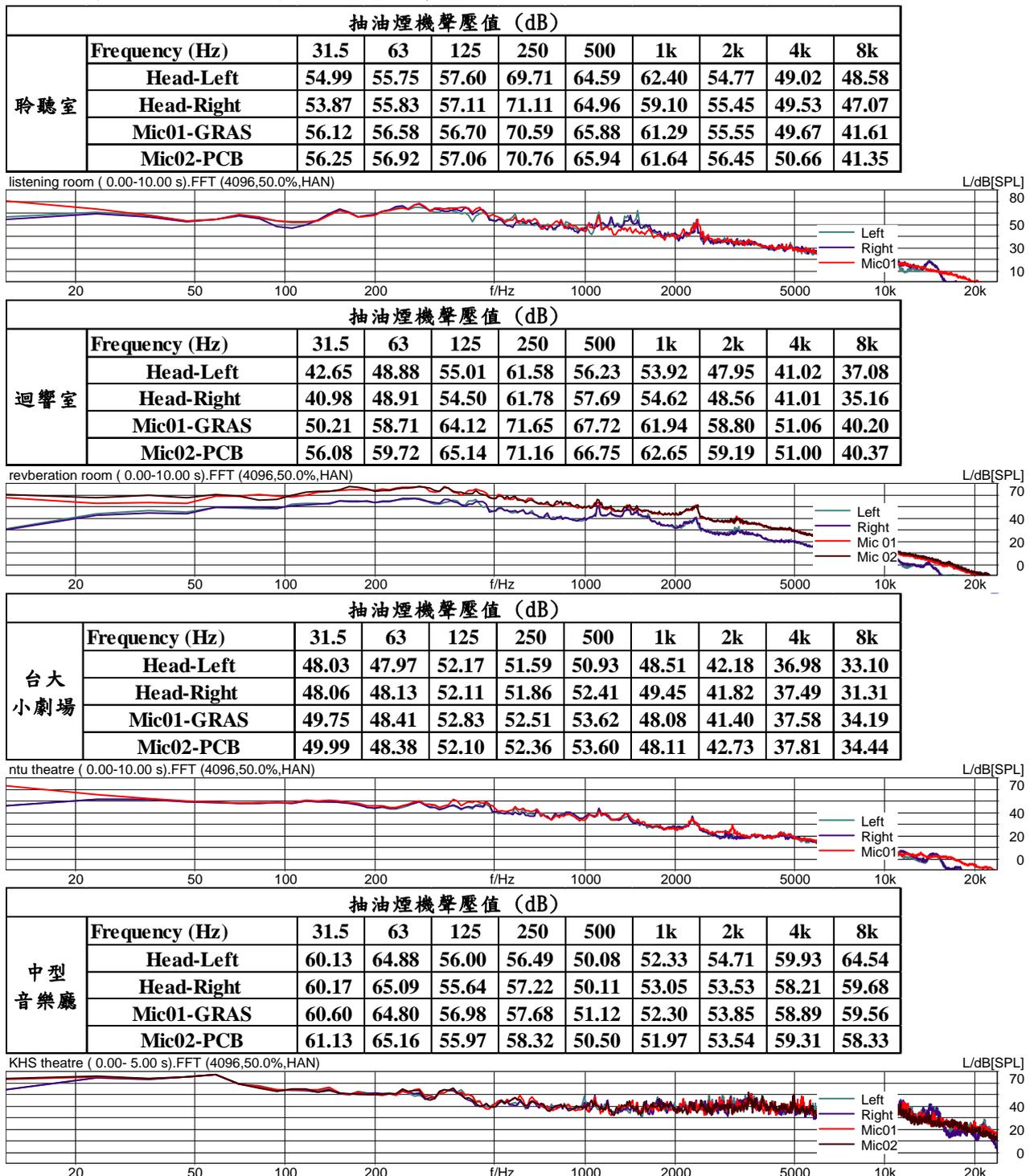
	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)	Frequency (Hz)	Device	SPL (dB)
	中型音樂廳 NR 80	31.5	Head-Left	62.18	250	Head-Left	60.71	2k	Head-Left
Head-Right			62.18	Head-Right		60.36	Head-Right		59.63
Mic01-GRAS			67.25	Mic01-GRAS		67.8	Mic01-GRAS		65.47
Mic02-PCB			67.75	Mic02-PCB		67.53	Mic02-PCB		66.14
63		Head-Left	60.08	500	Head-Left	58.74	4k	Head-Left	59.53
		Head-Right	60.54		Head-Right	58.9		Head-Right	59.61
		Mic01-GRAS	67.7		Mic01-GRAS	65.6		Mic01-GRAS	66.93
		Mic02-PCB	68.79		Mic02-PCB	65.64		Mic02-PCB	67.67
125		Head-Left	60.71	1k	Head-Left	59.7	8k	Head-Left	59.72
		Head-Right	60.76		Head-Right	59.56		Head-Right	59.26
		Mic01-GRAS	66.12		Mic01-GRAS	66.4		Mic01-GRAS	66.84
		Mic02-PCB	66.82		Mic02-PCB	67.18		Mic02-PCB	67.92

中型 音樂廳 NR 90	31.5	Head-Left	66.46	250	Head-Left	66.01	2k	Head-Left	67.67
		Head-Right	66.36		Head-Right	65.04		Head-Right	60.82
		Mic01-GRAS	68.78		Mic01-GRAS	68.5		Mic01-GRAS	66.37
		Mic02-PCB	68.9		Mic02-PCB	66.81		Mic02-PCB	67.67
	63	Head-Left	68.44	500	Head-Left	61.26	4k	Head-Left	63.47
		Head-Right	70.33		Head-Right	66.83		Head-Right	65.93
		Mic01-GRAS	67.52		Mic01-GRAS	68.52		Mic01-GRAS	66.8
		Mic02-PCB	72.8		Mic02-PCB	72.87		Mic02-PCB	67.4
	125	Head-Left	67.55	1k	Head-Left	68.13	8k	Head-Left	67.75
		Head-Right	67.93		Head-Right	60.36		Head-Right	63.02
		Mic01-GRAS	66.89		Mic01-GRAS	75.82		Mic01-GRAS	66.2
		Mic02-PCB	67.31		Mic02-PCB	80.97		Mic02-PCB	72.93
中型 音樂廳 NR 100	31.5	Head-Left	93.3	250	Head-Left	91.56	2k	Head-Left	93.41
		Head-Right	93.1		Head-Right	90.24		Head-Right	82.01
		Mic01-GRAS	93.62		Mic01-GRAS	92.38		Mic01-GRAS	82.42
		Mic02-PCB	93.07		Mic02-PCB	88.41		Mic02-PCB	87.51
	63	Head-Left	91.9	500	Head-Left	92.37	4k	Head-Left	86.97
		Head-Right	93.6		Head-Right	92.34		Head-Right	89.11
		Mic01-GRAS	86.48		Mic01-GRAS	89.4		Mic01-GRAS	76.59
		Mic02-PCB	94.37		Mic02-PCB	93.42		Mic02-PCB	84.8
	125	Head-Left	90.21	1k	Head-Left	91.1	8k	Head-Left	91.23
		Head-Right	90.81		Head-Right	91.62		Head-Right	79.44
		Mic01-GRAS	84.29		Mic01-GRAS	83.76		Mic01-GRAS	77.7
		Mic02-PCB	84.98		Mic02-PCB	95.94		Mic02-PCB	84.07

3.6.2 NC/NR 以抽油煙機為噪音源之量測結果:

在四個空間內以抽油煙機為噪音源, 仿真入偶及二支麥克風距離地 1.2 公尺高、離最近牆面 1 公尺以上, 距離抽油煙機之寬頻噪音源為固定距離 1.5 公尺, 以量測條件固定所得出之 NC/NR 室內空間聲學指標, 其量測的結果列於表 3.20, 下方為各空間之頻譜圖, 而 NC/NR 曲線的分佈圖則由附錄-A 之圖 A.23 至圖 A.29 所示。

表 3.20 抽油煙機於聆聽室之聲壓值



由於使用同一台抽油煙機，其聲音壓力位準為固定大小，因空間狀態不同，使其所分佈之聲音壓力位準不相同，由表 3.20 所附之頻譜圖，聆聽室、台大小劇場及中型的音樂廳其麥克風及仿真人偶之聲音壓力位準為一致的，而在迴響室中，因其音場為擴散音場且聲場為均勻聲場，因此在擴散音場中以 random 的波形傳遞在一段時間後，其聲波均勻且呈現出主要的數個模態，因此仿真人偶在量測上會量測到不同的聲音壓力位準。而在一般的空間中，因聲場無法如迴響室得到均勻聲場，因此在聲波在空間中作用，會量測聲場主要呈現的聲音壓力位準，因此仿真人偶與麥克風會較接近而不完全相同。

3.6.3 各空間迴響時間量測結果:

殘響量測使用仿真人偶及二支麥克風，同時以多通道擷取器進行噪音源的量測及計算，其量測的結果如表 3.21 所示，各個空間之迴響時間頻譜圖則於附件 B 中表示。

其中在台大小劇場無法取得迴響時間的量測，其原因為因喇叭之最大輸出有限制，且台大小劇場之環境背景之聲壓仿真人偶 51.2dB 而二支麥克風之平均聲壓為 69.0dB，以 RT30 之計算迴響時間，因此每個頻率皆需高出 30dB 以上，因場地之喇叭無法輸出高於限制的聲音壓力，因此無法於該場地進行殘響的量測。中型的音樂廳同樣因輸出喇叭的限制，在高頻部分無法達到殘響量測所需之聲音壓力，改以 RT20 計算。

實驗的討論如下:

- (1) 由 1/3 倍頻之中間值 500Hz 結果顯示，聆聽室及迴響室二種量測儀器分別具致性，即麥克風結果一致而仿真人偶結果一致。
- (2) 由中型音樂廳所提供之迴響時間最長為 2.26 秒，而本計畫於該場地所量測仿真人偶量測最長之迴響時間為 3.5 秒，而麥克風所量測之迴響時間最長為 2.7 秒，和音樂廳所提供之迴響時間較為接近，主要因為音樂廳所使用量測之儀器同樣為麥克風，因此在量測程序得以驗證無誤。
- (3) 表 3.21 中顯示，迴響室時間 T_{30} 在 4 kHz 麥克風測值達 37、42 秒，中型音樂廳在 8 kHz 達 9 秒，而仿真人頭卻相對很短，可能在該頻帶之訊號雜訊較高，麥克風量測未能排除雜訊，而誤判為訊號之故。

表 3.21 各空間之迴響時間(RT30)量測結果

聆聽室	freq.(Hz) device	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Head-Left	2.287	1.786	0.01754	1.761	1.757	1.759	1.84	1.939	1.878
	Head-Right	2.255	1.78	0.0176	1.762	1.743	1.741	1.806	1.817	1.88
	Mic01-GRAS	2.707	1.955	0.00421	1.736	2.767	1.743	2.358	2.688	1.805
	Mic02-PCB	2.722	1.943	0.00183	1.736	2.798	1.742	1.995	2.567	1.802

迴響室	freq.(Hz) device	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
	Head-Left	27.097	18.215	13.662	10.487	8.411	8.031	6.025	3.812	1.974
	Head-Right	27.805	18.365	13.549	11.247	8.9	7.55	5.896	3.779	1.973
	Mic01-GRAS	41.396	18.35	19.375	12.297	9.001	8.969	6.187	37.337	5.825
	Mic02-PCB	47.81	18.28	28.455	12.497	9.267	13.108	6.364	42.406	8.802

中型 音樂廳	freq.(Hz) device	31.5	63	125	250	500	T20			
							1k	2k	4k	8k
	Head-Left	3.345	2.655	2.272	1.806	3.566	2.408	1.838	1.973	1.856
	Head-Right	3.404	2.774	2.125	2.012	3.55	2.005	1.946	1.949	1.989
	Mic01-GRAS	2.677	2.763	2.133	1.773			2.247		9.694
Mic02-PCB	2.673	2.748	2.064	1.751		1.977				

3.6.4 A-weighting 及心理聲學參數

本研究在評價麥克風和仿真人偶的差異上，除比較室內聲學指標 NC/NR 在物理性聲學參數上的不同外，更增加以聲學仿真人偶量測心理聲學參數。目前對於聲音的表達部分僅以人耳對不同頻率感受，再對聲音頻率做一個加權(weighting)的動作，針對人們喜歡的頻率，聽覺上認為”還可以”的頻率進行減分貝值，覺得”特別吵”的頻率進行加分貝值，而現今最常聽見的加權方式為 A-weighting 量測值以 dB(A)來表示，由於人耳的構造相當複雜，單以 dB(A)的表示方法不足以形容人耳聽覺的感受，還需加上儀器量測出各項心理聲學參數的物理量，包括響度、銳度藉以完整表達人耳對聲音品質好壞的描述，因此於本研究中，特別探討各 NC/NR 等級其相對應之 A-weighting 及心理聲學參數大小。

實驗的結果呈現於附錄 C 當中，以聆聽室 NR 70 曲線為例，於表 3.16 已表示仿真人偶左右耳及二支麥克風個別之聲音壓力值，因此於本章節中分別將仿真人偶及二支麥克風之聲壓值取平均值，只針對仿真人偶及麥克風各別探討，不再討論左右耳及二支麥克風之差別。如表 C-1 所示，聆聽室 NR70 曲線之聲壓值，經過 A 加權，其結果如表中所示，而圖 C.1 則計算出相對應之心理聲學參數大小，由圖中之 A-weighting 在 250Hz 之 dB(A) 為增加，仿真人偶之聲壓值為 62.1dB，麥克風為 66.9 dB，經過 A-weighting 後，仿真人偶為 37.5 dB(A)，麥克風為 38.6dB(A)，而心理聲學參數-響度 2.18 sone，麥克風為 1.38sone，於 250Hz 時 A-weighting 增加，響度也增加，但於高頻區段，A-weighting 下降，但響度卻反而增加，因此 A-weighting 與心理聲學參數不符合；同樣的 A-weighting 對應到銳度，當 250Hz 之 A-weighting 增加，但銳度是下降，在高頻則呈現相反的現象。

由 A-weighting 之加權可修正室內噪音指標，但由心理聲學參數之觀察，卻無法真實符合人耳的聽覺感受，因此期望能建立更符合人耳的實際感受之聲學指標，以更提昇人在室內之聽覺感官的感受。

3.7 NC/NR、迴響時間、A-weighting 及心理聲學參數結論

由前述 NC/NR、殘響及心裡聲學參數研究，結論如下

- (1) 由 NC/NR 量測結果顯示，仿真人偶與二支麥克風於不同空間量聲音壓力位準(SPL)之量測結果顯示其分佈不同，表示二種量測儀器在物理聲學特性上不相同的。
- (2) 當聲源經過室內空間迴響後之迴響時間，經由仿真人偶與麥克風量測發現二者不相同，即表示人耳的聽覺感受與使用麥克風量測而訂定之迴響時間標準是不一致的。
- (3) 室內噪音管制經由 A 加權做為管制標準，而仿真人偶與麥克風在各個同空間所量測之噪音值經過 A 加權後，其分佈不相同，因此以 A 加權仍無法真實表現人耳的聽覺感受。
- (4) 應用仿真人偶，量測出各個空間經 A 加權之噪音值其所相對應的響度及銳度，能建立更符合人耳聽感受之室內空間噪音標準值。
- (5) 應用麥克風量測空間音響，如考慮人耳感覺，需以兩支麥克風模擬雙耳位置外，仍須考慮人因參數。

3.8 陪同審查試驗(Jury test)問卷內容設計

3.8.1 jury test 之空間選擇、量測位置及測試方法

(a) 室內空間的選擇及量測位置:

表 3.22 空間尺寸及量測位置

空間編號	空間名稱	總坪數	尺寸 (m)	仿真人偶量測位置 (由門起算之座標)
Room-1	豪宅	70	10 * 23.1	6m*8.2m
Room-2	一般住宅	35	10.75 * 10.75	8.05m*6.4m
Room-3	小套房	8.4	5.8 * 4.8	3.4m*1.5m
Room-4	中型會議室	9	6.3 *4.8	3m*2.4m

本年度 jury test 之工作內容在室內空間上的選擇為:1.豪宅 2.一般住宅 3.小套房及 4.中型會議室，由於此 4 個空間在空間特性上並無重覆且各具特色，故本年度使用此 4 個室內空間。

Jury test 噪音源量測的噪音源為 7 種，量測位置符合噪音管制法之量測條件，空間中距離牆面 1 公尺以上，離地面 1 公尺至 1.5 公尺之間位置，若空間允許選擇距離仿真人偶 1.5 公尺的固定距離，錄製地點則以日常活動最多的地點，例如客廳的沙發處為量測點，特別選擇 1.5 公尺為固定距離是欲使實驗量測條件固定，在相同的噪音源及相同的量測距離，才可比較出各個參數的不同。

A. 豪宅

根據屋主提供之資料為室內空間不含公設為 70 坪大小，實際室內空間如圖 3.21 所示，量測空間為客廳，因屬私人住宅，所能現場量測之室內空間尺寸如圖 3.22 所示，其他無法量測的尺寸則由屋主提供。



圖 3.21 豪宅之室內環境

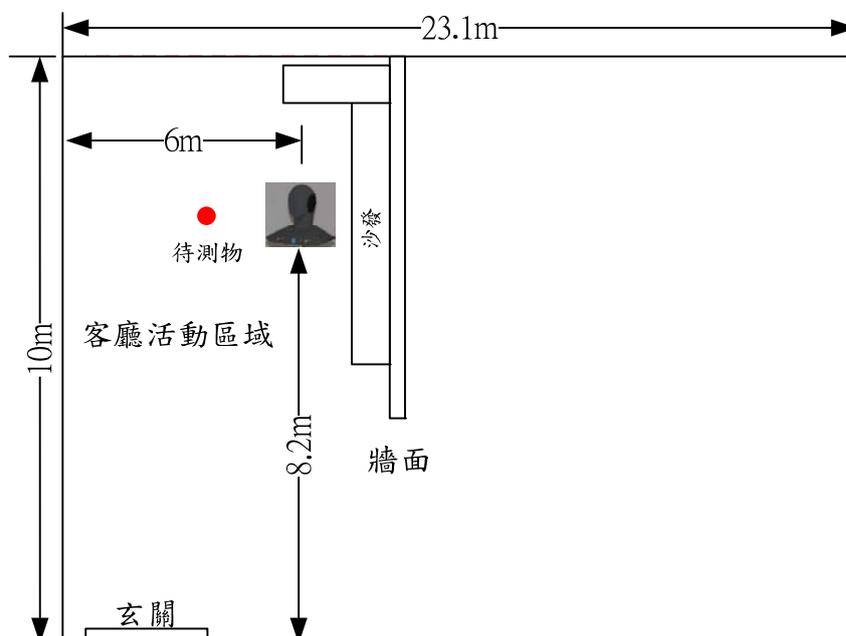


圖 3.22 豪宅之實驗量空間分佈

B. 一般住宅

根據屋主提供之資料為室內空間不含公設為 34 坪大小，其室內空間如圖 3.23 所示。量測空間為客廳，因屬私人住宅，所能現場量測之室內空間尺寸如圖 3.24 所示，其他無法量測的尺寸則由屋主提供。



圖 3.23 一般住宅之室內環境

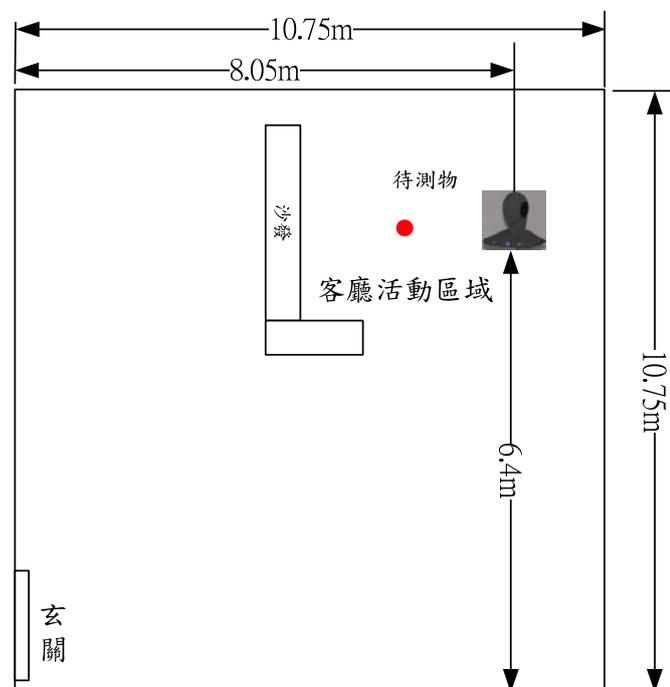


圖 3.24 一般住宅之實驗量空間分佈

C. 小套房

根據屋主提供之資料為室內空間不含公設為 8.4 坪大小，其室內室間分佈如圖 3.25 所示。量測空間為客廳，因屬私人住宅，所能現場量測之室內空間尺寸如圖 3.26 所示。



圖 3.25 小套房之室內環境

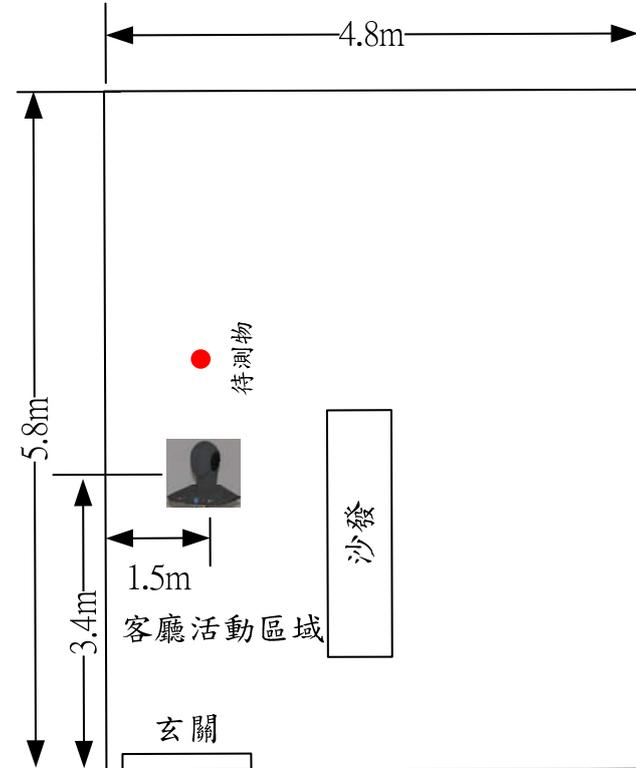


圖 3.26 小套房之實驗量空間分佈

D. 中型會議室

根據公司會議室負責人提供之資料為室內空間為9坪大小，其室內空間分佈如圖 3.27 所示，量測空間為中間位置，現場量測之室內空間尺寸如圖 3.28 所示。



圖 3.27 中型會議室之室內環境

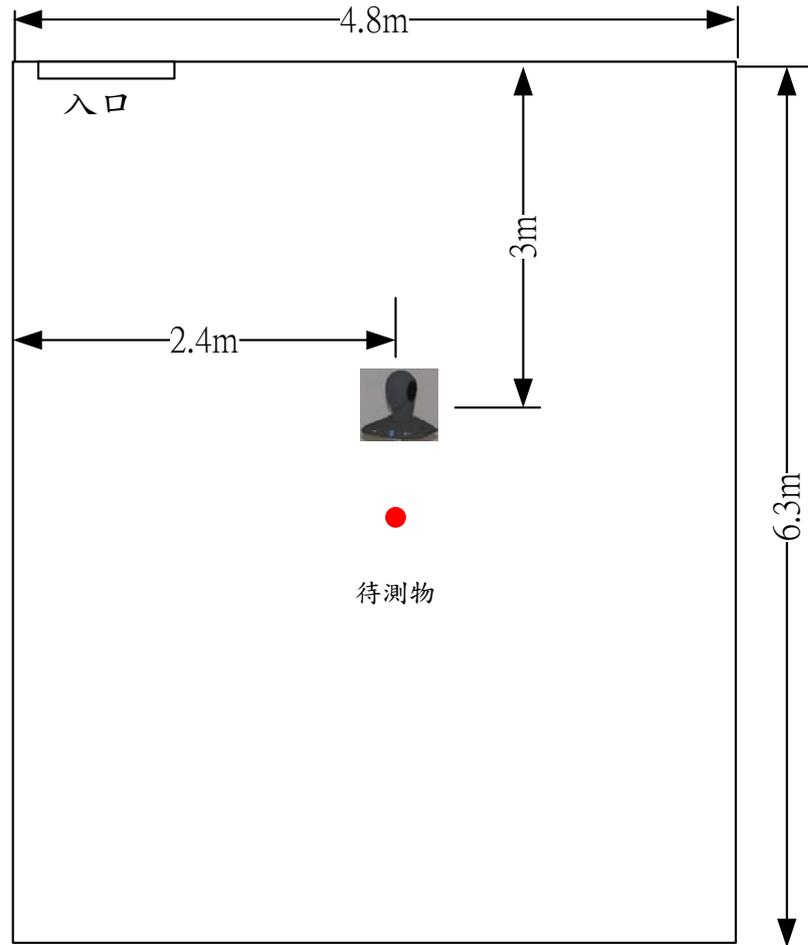


圖 3.28 中型會議室之實驗量空間分佈

(b) Jury test 採用之家電噪音源

如表 3.23 空間編號及噪音源的錄製以 8 種室內家電做為噪音的來源，(1)按摩棒 (2)果汁機 (3)吹風機 (4)磨豆機 (5)吸塵器 (6)抽油煙機 (7)電扇 (8)刮鬍刀，在四個空間全數以聲學仿真人偶錄製完成後，經軟體分析後，選擇適當的 3~4 個差異性較大的噪音源進行 jury test。

特別一提是在噪音源的選擇上，若無法量化，則無法做為本計畫之噪音源，如人的說話音或是樓上跳動的聲音，無法每次測試皆以同樣的分貝數呈現，當收錄說話音或是樓上跳動的聲音每次大小不一時，無法判斷受測者在選擇問卷答案是因音源大小不同做答，或是空間感受不同做答，因此在噪音源的選擇上仍應力求固定大小且每次實驗條件均相同。重型的家電產品，如：電冰箱、洗衣機、烘衣機等等均因無法搬至實驗場地，而無法做為噪音源的聲源。

表 3.23 空間編號及噪音源

空間編號	噪音源	評價方法
A. high level house B. apartment C. suite D. meeting room	massage machine juice machine hair dryer vacuum cleaner kitchen machine electric fan bean grinder razor	配對比較法 分類判斷法 意語區分法

(c) Jury test 測試方法選擇及中文化問卷

在 jury test 測試方法上，使用配對比較、分類判斷法及語意區分測試法，由 99 年度之 20 人次的測試進行狀況觀察，使用配對比較的方法，可使受測者經兩兩相比下較容易選擇出各參數特性，題目的數量分配上可佔較重比重，但分類判斷法及語意區分法仍有其重要性，可經由分類判斷對各參數做一排序，而語意區分則可具體描述各參數所代表之情緒感受。

在各個測試方法中，因軟體原版為英文版，現已完全中文化，使得受測者在操作上不因語言的差異造成選擇上的誤解。

• **配對比較法：**

配對比較法經比較可使受測者較易選出相對的值，在配對比較法中，欲測試心理聲學參數中之響度、銳度及粗糙度，使用配對比較法取得 4 個空間之各心理聲學參數之排序。如圖 3.29 到 3.31 為實驗測試時，受測者之使用介面。

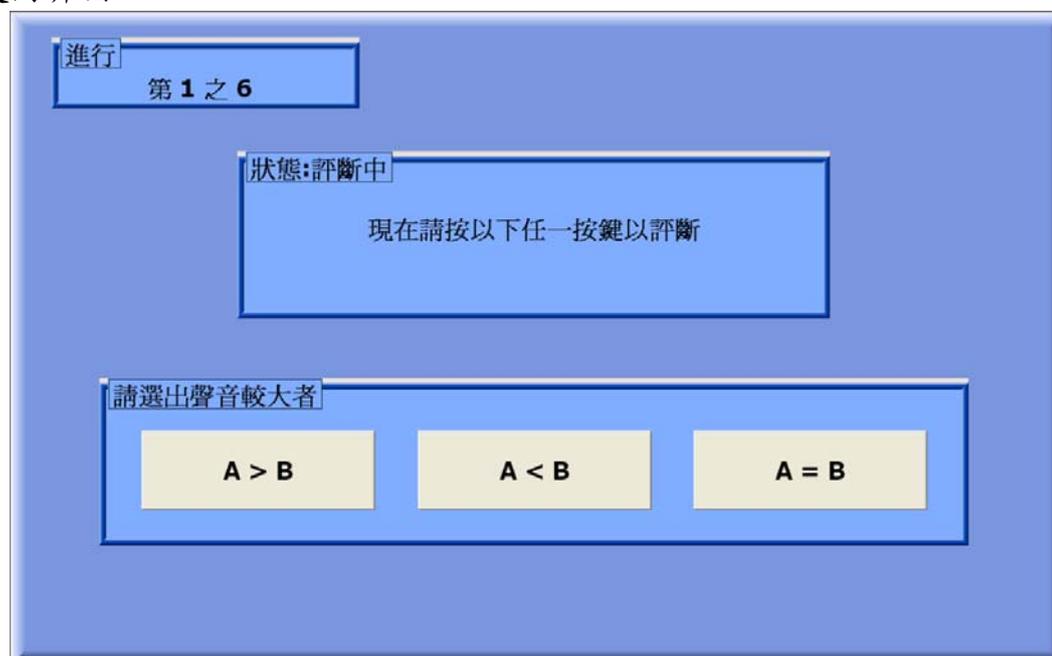


圖 3.29 jury test 之比較配對法之響度大小測試作答畫面

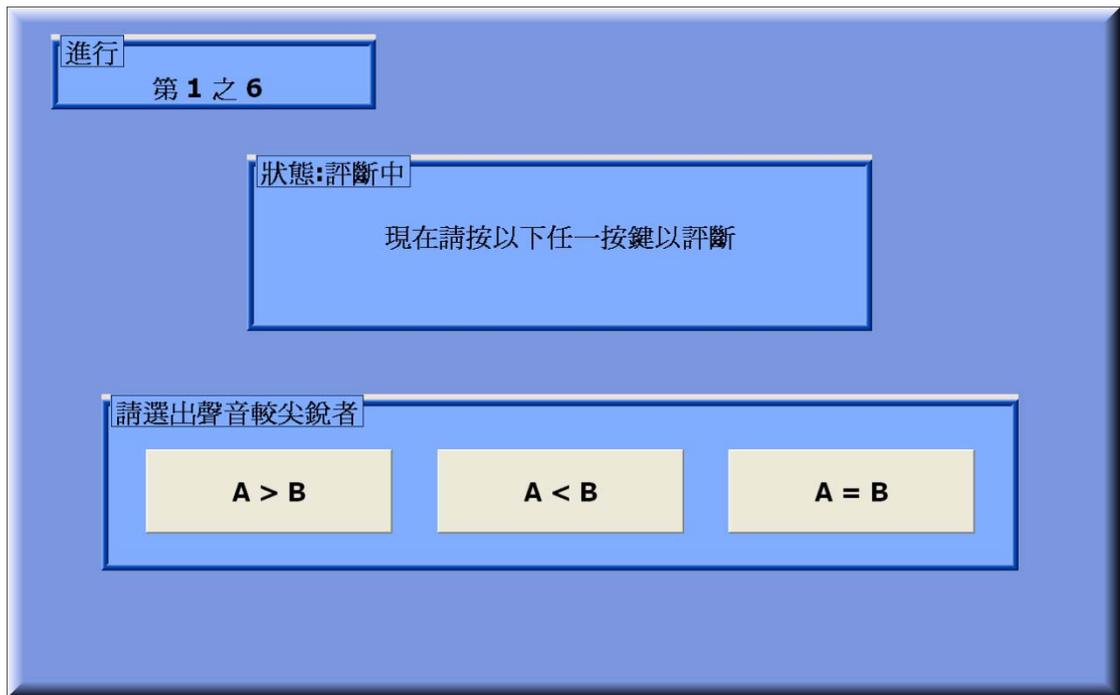


圖 3.30 jury test 之比較配對法之尖銳度大小測試作答畫面

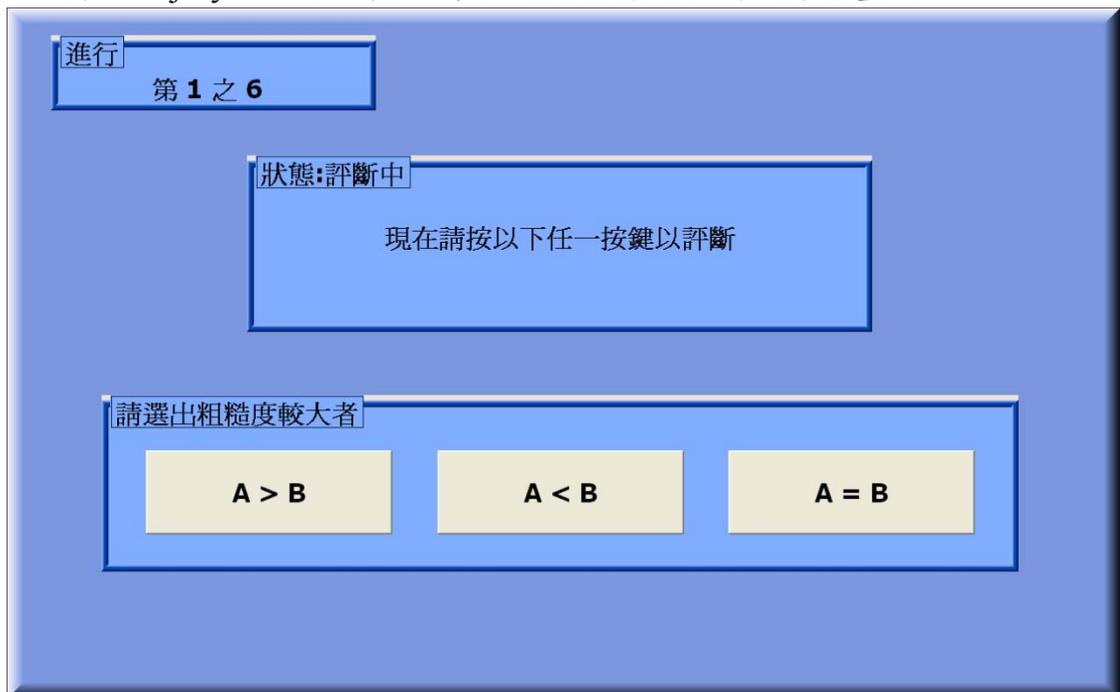


圖 3.31 jury test 之比較配對法之粗糙度大小測試作答畫面

- 分類判斷法:

針對響度及銳度的分類，每個空間有三組的噪音源，故四個空間，需對 12 組的噪音做心參數給予等級分類，空間品質的分類，每個空間有四組的噪音源，故四個空間，需對 16 組的噪音做心參數給予等級分類，欲評價的等級從"1 最安靜"到"7 最吵"做為評價標準。尖銳度大小分類及空間品質高低分類，的最安靜點都不會"到"極端的多"評價，代

表的分數也從 1 至 7 分，分數較高者，代表該音源為最尖銳或是最惱人。如圖 3.32、圖 3.33 為受測者實際操作的介面。

The screenshot shows a software interface for a jury test. It has a blue background. In the top left, there is a box labeled '進行' (Progress) containing '聲音 1 之 12' (Sound 1 of 12). In the center, a box labeled '狀態:評斷中' (Status: Judging) contains the instruction '請分類 請依響度大小分類 按右側任一鍵' (Please classify, please classify by loudness, press any key on the right). On the right side, there is a vertical scale titled '請依響度大小分類' (Please classify by loudness) with seven yellow buttons labeled 7 最吵 (7 loudest), 6, 5, 4, 3, 2, and 1 最安靜 (1 quietest).

圖 3.32 jury test 之響度分類判斷測試法作答畫面

The screenshot shows a software interface for a jury test, similar to the previous one. It has a blue background. In the top left, there is a box labeled '進行' (Progress) containing '聲音 1 之 12' (Sound 1 of 12). In the center, a box labeled '狀態:評斷中' (Status: Judging) contains the instruction '請分類 請依尖銳度大小分類 按右側任一鍵' (Please classify, please classify by sharpness, press any key on the right). On the right side, there is a vertical scale titled '請依尖銳度大小分類' (Please classify by sharpness) with seven yellow buttons labeled 7 最尖銳 (7 sharpest), 6, 5, 4, 3, 2, and 1 鈍的 (1 dull).

圖 3.33 jury test 之尖銳度分類判斷測試法作答畫面

• 語意區分法

以語意區分法，可以了解受測者如何形容該噪音源，共分成六個向度選項，在測試過程以語音告知受測者在做答時的選擇畫面，如圖 3.34 所示，為做答提示畫面及正式做答畫面。

語意

最安靜的	1	2	3	4	5	6	7	最吵的
最鈍的	1	2	3	4	5	6	7	最尖銳的
最圓滑的	1	2	3	4	5	6	7	最粗糙的
最弱的	1	2	3	4	5	6	7	最強的
最舒服的	1	2	3	4	5	6	7	最惱人的
不緊張的	1	2	3	4	5	6	7	最緊張的

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">進行</div> 聲音 1 之 1	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">狀態: 評斷中</div> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 15px; background-color: #f0f0f0;"></div>							
最安靜的	1	2	3	4	5	6	7	最吵的
最鈍的	1	2	3	4	5	6	7	最尖銳的
最圓滑的	1	2	3	4	5	6	7	最粗糙的
最弱的	1	2	3	4	5	6	7	最強的
最舒服的	1	2	3	4	5	6	7	最惱人的
不緊張的	1	2	3	4	5	6	7	最緊張的

圖 3.34 jury test 之語意區分測試法之提示畫面及作答畫面

3.8.2 jury test 示範音源製作

Jury test 於今年度計畫中，事先製做示範的音源，讓受測者能明白各個心理參數的聲音特質為何，使得受測在接受測試時，能較明白應該如何做答。

(1) 響度示範音源

圖 3.35 為對響度進行示範音源製作的頻譜圖，對受測者示範何為響度『大』時所播放的音源頻譜，其 SPL 為左耳 100.04dB、響度為 46.4sone，而右耳為 100.09dB、響度為 48.01，經過調整，製作響度『小』的播放音源，其頻譜為 3.36 圖，其大小降為 27.36sone 及 29.2sone。

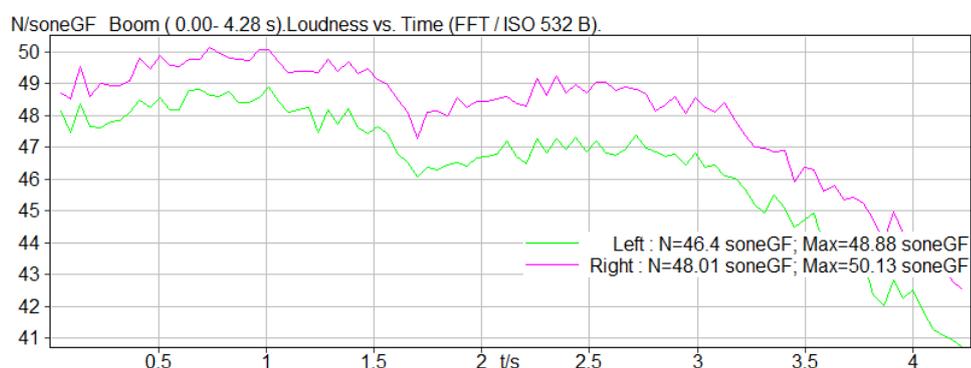


圖 3.35 示範音源響度為『大』的頻譜圖



圖 3.36 示範音源響度為『小』的頻譜圖

(2) 銳度示範音源

如圖 3.37 所示，對聲的之尖銳度進行範音源的播放，其尖銳度『高』的音源頻譜，其中尖銳度最大的為左耳 6.689acum、右耳為 5.204acum，將示範音源之尖銳度調為『低』，其頻譜圖如圖 3.38 所示，其尖銳度變成 3.818acum 及 3.239acum。

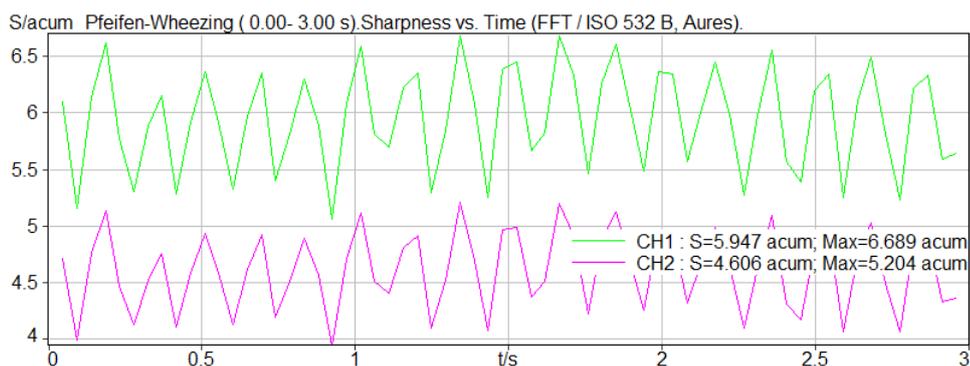


圖 3.37 示範音源尖銳度為『大』的頻譜圖

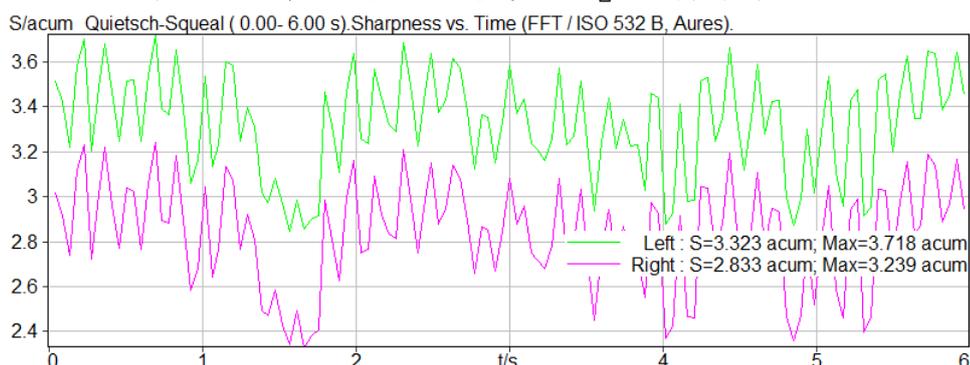


圖 3.38 示範音源尖銳度為『小』的頻譜圖

(3) 粗糙度示範音源

因粗糙度為較受測者較難了解的參數項目，因此特別在這個示範音源做了較多的示範音及加上實際生活中的例子，使受測者更能明白受測音源要聽的重點為何。如圖 3.39 所示，對聲之粗糙度進行範音源的播放，其粗糙度『高』的音源頻譜，其中粗糙度最大的為左耳 5.419asper、右耳為 5.432asper，將示範音源之粗糙度調為『低』，其頻譜圖如圖 3.40 所示，其粗糙度變成 4.092asper 及 4.107asper。在實驗測試時，播放了 6 個粗糙度的例子，由粗糙度低到高的例子，並且加上實際生活中的例子。如圖 3.41 及圖 3.42 為受測者實際測試時的示範音源畫面。

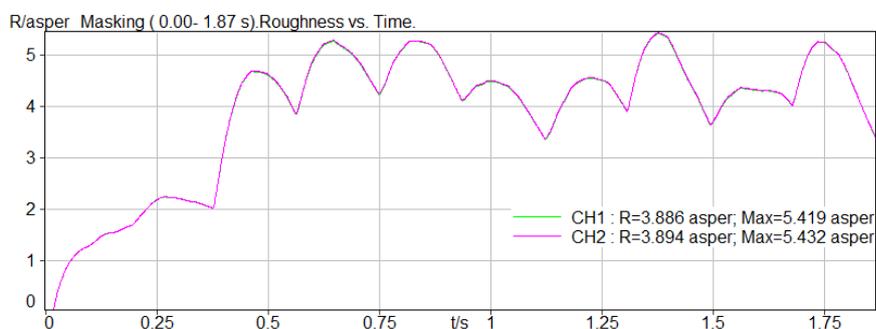


圖 3.39 示範音源尖粗糙度為『高』的頻譜圖

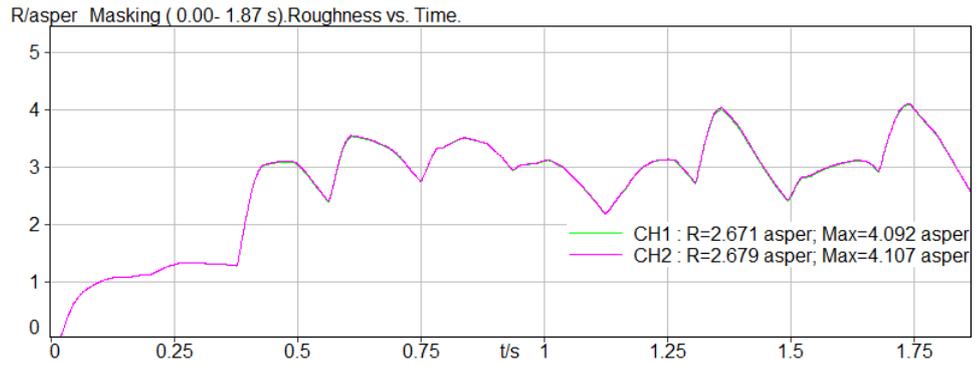


圖 3.40 示範音源粗糙度為『低』的頻譜圖



圖 3.41 示範音源粗糙度為較低的例子



圖 3.42 示範音源粗糙度為實際生活中的例子

3.8.3 jury test 噪音源錄製

在室內噪音源部分，共選擇了8種的家電產品，如圖 3.43 所示，分別為：1.按摩棒 2.果汁機 3.吹風機 4.磨豆機 5. 吸塵器 6.抽油煙機 7.電扇 8.刮鬍刀等 8 種產品，以二支麥克風及仿真人偶錄下該產品所發出之噪音，再以軟體分析噪音的各種聲學特性，根據每個噪音源之特性，在進行 jury test 時，播放給受測者進行測試。

各個測試家電其心理聲學參數的大小值做為在選擇噪音源及 jury test 測試問卷的參考依據，量測的實驗數據如表 3.24 到表 3.27 所示，頻譜圖列於附錄 D 的圖 D.1 到 D.36。



圖 3.43 錄製室內噪音源 1.按摩棒 2.果汁機 3.吹風機 4.磨豆機 5. 吸塵器
6.抽油煙機 7.電扇 8.刮鬍刀

表 3.24 豪宅之室內噪音源 SPL 及心理聲學參數大小

Products	Device	SPL (dB)	Loudness (soneGF)	Sharpness (acum)	Roughness (asper)
1 massage machine	Head-Left	57.8	7.82	2.36	2.35
	Head-Right	58.3	7.72	2.3	2.56
2 juice machine	Head-Left	75.7	36.5	4.11	3.05
	Head-Right	76.3	37.8	4.17	3.13
3 hair dryer	Head-Left	65.8	17.8	3.35	1.96
	Head-Right	66.8	18.9	3.4	1.98
4 bean grinder	Head-Left	74.2	32.1	3.86	2.86
	Head-Right	74.9	33.3	3.86	2.95
5 vacuum cleaner	Head-Left	75.2	31.9	3.34	2.75
	Head-Right	78.1	36.7	3.44	2.72
6 kitchen machine	Head-Left	68.9	20.5	2.5	2.3
	Head-Right	69.5	21.3	2.49	2.42
7 electric fan	Head-Left	53.9	7.32	2.31	1.35
	Head-Right	54.2	7.51	2.27	1.35
8 razor	Head-Left	56.5	5.82	4.9	0.791
	Head-Right	56.4	5.71	4.97	0.712

表 3.25 一般住宅之室內噪音源 SPL 及心理聲學參數大小

Products	Device	SPL (dB)	Loudness (soneGF)	Sharpness (acum)	Roughness (asper)
1 massage machine	Head-Left	64.7	11.2	2.44	3.07
	Head-Right	64.3	10.8	2.34	2.89
2 juice machine	Head-Left	76.6	38.8	4.51	3.03
	Head-Right	76.6	38.4	4.5	3.04
3 hair dryer	Head-Left	67.1	20	3.26	2.21
	Head-Right	67.2	20	3.26	2.24
4 bean grinder	Head-Left	72.5	28.7	3.66	2.7
	Head-Right	71.9	27.5	3.57	2.7
5 vacuum cleaner	Head-Left	77.9	38.5	3.71	3.16
	Head-Right	78.1	38.7	3.76	3.2
6 kitchen machine	Head-Left	70.4	21.4	2.44	2.33
	Head-Right	70.3	20.9	2.35	2.35
7 electric fan	Head-Left	58.9	8.23	2.15	1.44
	Head-Right	58.6	8.09	2.07	1.43
8 razor	Head-Left	56.5	5.82	4.4	0.791
	Head-Right	56.4	5.71	4.1	0.712

表 3.26 小套房之室內噪音源 SPL 及心理聲學參數大小

Products	Device	SPL (dB)	Loudness (soneGF)	Sharpness (acum)	Roughness (asper)
1 massage machine	Head-Left	62	11.5	2.57	2.71
	Head-Right	61.4	11.2	2.54	2.69
2 juice machine	Head-Left	77.6	40.9	4.43	3.02
	Head-Right	76.5	38.8	4.36	3.08
3 hair dryer	Head-Left	69.1	22.7	3.55	2.33
	Head-Right	68.1	21	3.38	2.29
4 bean grinder	Head-Left	78	37.1	3.65	2.79
	Head-Right	76.6	34.5	3.54	2.75
5 vacuum cleaner	Head-Left	83.3	51	4.08	3.03
	Head-Right	82.2	51.7	4.66	2.99
6 kitchen machine	Head-Left	68.7	20.1	2.44	2.34
	Head-Right	68.4	19.7	2.39	2.32
7 electric fan	Head-Left	61.1	9.53	2.3	1.46
	Head-Right	60.5	9.05	2.23	1.43
8 razor	Head-Left	56.5	5.82	5.18	0.791
	Head-Right	56.4	5.71	4.99	0.712

表 3.27 中型會議室之室內噪音源 SPL 及心理聲學參數大小

Products	Device	SPL (dB)	Loudness (soneGF)	Sharpness (acum)	Roughness (asper)
1 massage machine	Head-Left	58	8.36	2.54	2.25
	Head-Right	58.1	8.63	2.52	2.26
2 juice machine	Head-Left	73.9	32.6	4.1	2.76
	Head-Right	74.7	33.4	3.89	2.81
3 hair dryer	Head-Left	64.1	16.5	2.95	2.05
	Head-Right	64.7	16.8	2.85	2.05
4 bean grinder	Head-Left	73.2	28.8	3.51	2.62
	Head-Right	73.4	28.5	3.4	2.63
5 vacuum cleaner	Head-Left	71.8	26.4	3.09	2.69
	Head-Right	77.9	31.9	2.88	2.45
6 kitchen machine	Head-Left	69.9	18.6	2.05	2.24
	Head-Right	70.5	19.6	2.11	2.3
7 electric fan	Head-Left	56.2	4.22	1.75	1.01
	Head-Right	56	4.28	1.7	1.03
8 razor	Head-Left	56.5	5.82	3.62	0.791
	Head-Right	56.4	5.71	3.57	0.712

3.8.4 jury test 噪音源與測試方法配合之選擇原則

問卷設計的概念必須要考量問卷可確實傳達測試選項的目的，在能獲得答案前提又要使受測者不因疲勞導致任意做答，題意須清楚、明確、易懂，少用全部性與絕對性字眼，避免一題兩問及誘導，基於以上原則，本測試問卷選擇了三種測試方法，分別為配對比較法、分類判斷法及語意區分法做為本研究之測試方法。

A. 配對比較法

配對比較法經比較可使受測者較易選出相對的值，由表 3.24 到表 3.27 觀察，各個空間中，皆是果汁機的響度最大，而吸塵器的響度為第二，原問卷設計為 4 個空間的果汁機和吸塵器同時做 $A>B$ 、 $A<B$ 、 $A=B$ 的比較，但因排列組合，共有 28 組比較，經過研究人員擔任受測者試聽發現，過多的音源比較，使得受測者在聽覺上疲勞，過程中無法專注的完成 28 之的選項因此僅選擇響度較大的果汁機進行測試。同樣的;在尖銳度及粗糙度的測試音源，選擇表 3.18 到表 3.21 中各個心理聲學參數最大者做為配對比較的測試音源，其分配結果如表 3.28 所示。

表 3.28 配對比較法空間及音源分配

配對比較法	響度	尖銳度	粗糙度
Pair 1	果汁機-Room1	刮鬍刀-Room1	磨豆機-Room1
	果汁機-Room4	刮鬍刀-Room4	磨豆機-Room4
Pair 2	果汁機-Room2	刮鬍刀-Room2	磨豆機-Room2
	果汁機-Room4	刮鬍刀-Room4	磨豆機-Room4
Pair 3	果汁機-Room2	刮鬍刀-Room2	磨豆機-Room2
	果汁機-Room1	刮鬍刀-Room1	磨豆機-Room1
Pair 4	果汁機-Room3	刮鬍刀-Room3	磨豆機-Room3
	果汁機-Room4	刮鬍刀-Room4	磨豆機-Room4
Pair 5	果汁機-Room3	刮鬍刀-Room3	磨豆機-Room3
	果汁機-Room1	刮鬍刀-Room1	磨豆機-Room1
Pair 6	果汁機-Room3	刮鬍刀-Room3	磨豆機-Room3
	果汁機-Room2	刮鬍刀-Room2	磨豆機-Room2

B.分類判斷法:

如表 3.29 的噪音源分配，針對響度及銳度的分類，每個空間有三組的噪音源，故四個空間，需對 12 組的噪音做心理聲學參數給予等級分類。

表 3.29 分類判斷法的音源分配及評價參數

播放音源順序	響度分類	尖銳度分類
1	吸塵器-Room1	刮鬍刀-Room1
2	吸塵器-Room2	刮鬍刀-Room2
3	吸塵器-Room3	刮鬍刀-Room3
4	吸塵器-Room4	刮鬍刀-Room4
5	果汁機-Room1	吹風機-Room1
6	果汁機-Room2	吹風機-Room2
7	果汁機-Room3	吹風機-Room3
8	果汁機-Room4	吹風機-Room4
9	抽油煙機-Room1	果汁機-Room1
10	抽油煙機-Room2	果汁機-Room2
11	抽油煙機-Room3	果汁機-Room4
12	抽油煙機-Room4	果汁機-Room3

C.語意區分法:

以語意區分法，可以了解受測者如何形容該噪音源，共分成六個向度，各個向度的指標如表 3.30 所示:

表 3.30 語意區分測試法的音源分配及評價參數

測試音源	語意區分內容								
吹風機 吸塵器 刮鬍刀 抽油煙機 果汁機 按摩棒 電風扇 磨豆機	安靜	1	2	3	4	5	6	7	吵
	鈍	1	2	3	4	5	6	7	尖
	圓滑	1	2	3	4	5	6	7	粗糙
	弱	1	2	3	4	5	6	7	強
	舒服	1	2	3	4	5	6	7	惱人
	不緊張	1	2	3	4	5	6	7	緊張

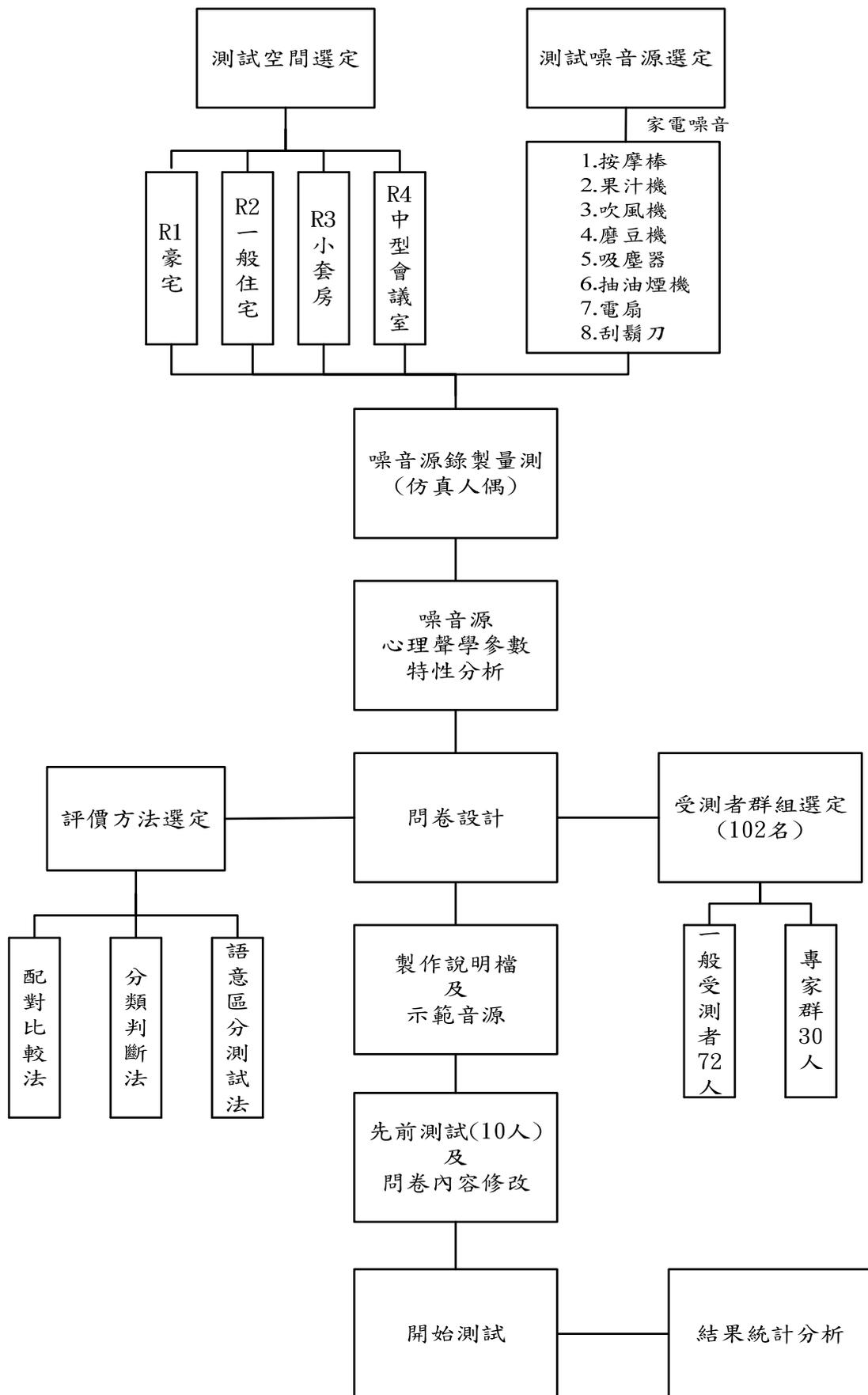


圖 3.44 jury test 測試流程圖

3.8.5 jury test 受測者資料

A. 一般受測者:

100 年度 jury test 受測者人數共計 102 人，其中有 72 人為一般民眾的代表，年齡層的分佈由 20 歲以下最小受測者為 15 歲，由圖 3.45 所示，最年長的受測者為 65 歲，圖 3.46 為教育程度分佈。

表 3.31 一般受測者年齡分佈

年齡分布	人數(共 72 人)
20 以下	15
20-30	16
30-40	12
40-50	12
50-60	12
60-70	5

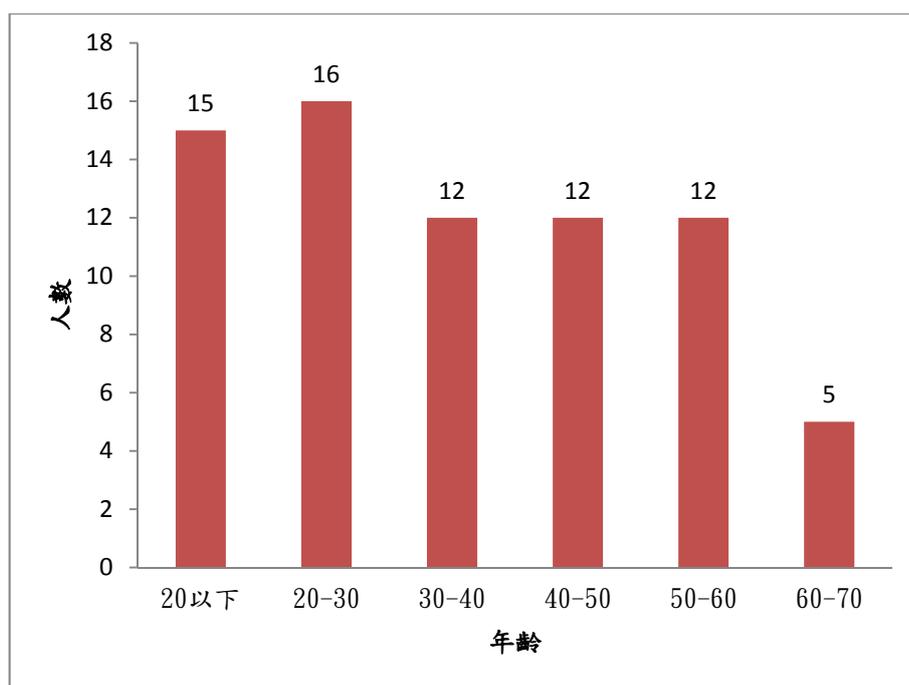


圖 3.45 一般受測者年齡分佈圖

表 3.32 一般受測者教育程度分佈

教育程度	人數(共 72 人)
小學	8
國中	1
高中	17
高職	5
專科	8
大學	17
碩士	12
博士	4

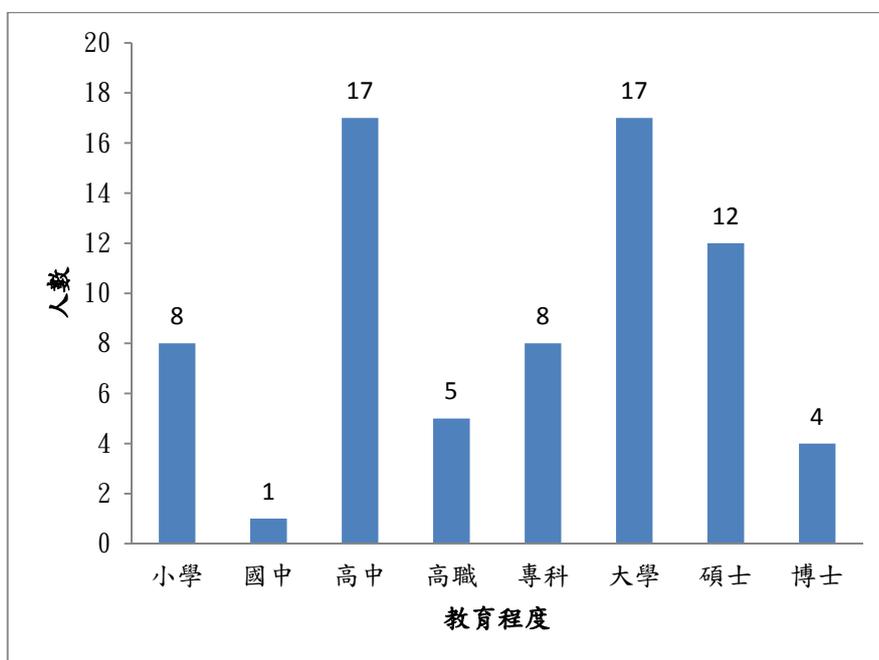


圖 3.46 一般受測者教育程度分佈圖

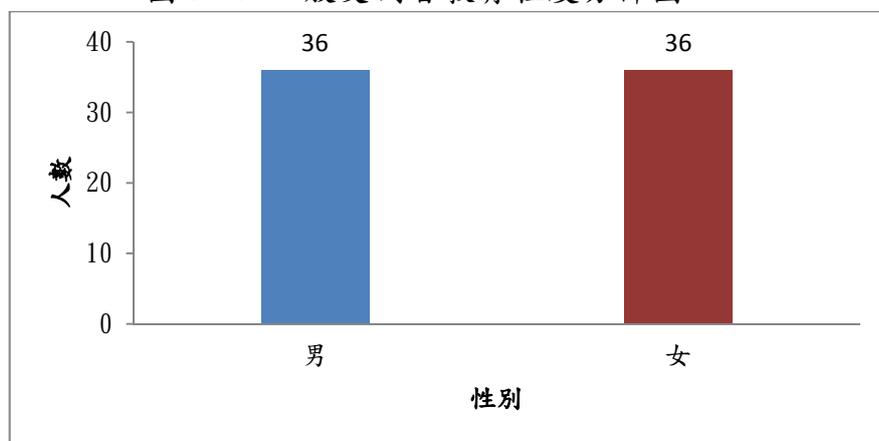


圖 3.47 一般受測者性別分佈圖

B.音樂專業人士:

專業人士的部分為台南應用科技大學之音樂系學生代表，選擇受過音樂聽力基本檢定為音基級 5 級和音基級 6 級的學生，共 30 人，特別說明音基級之最高級為 6 級。

表 3.33 音樂專業人士受測者年齡分佈

受測者年齡	人數(共 30 人)
15	3
16	6
17	11
18	3
19	5
20	2
總計	30

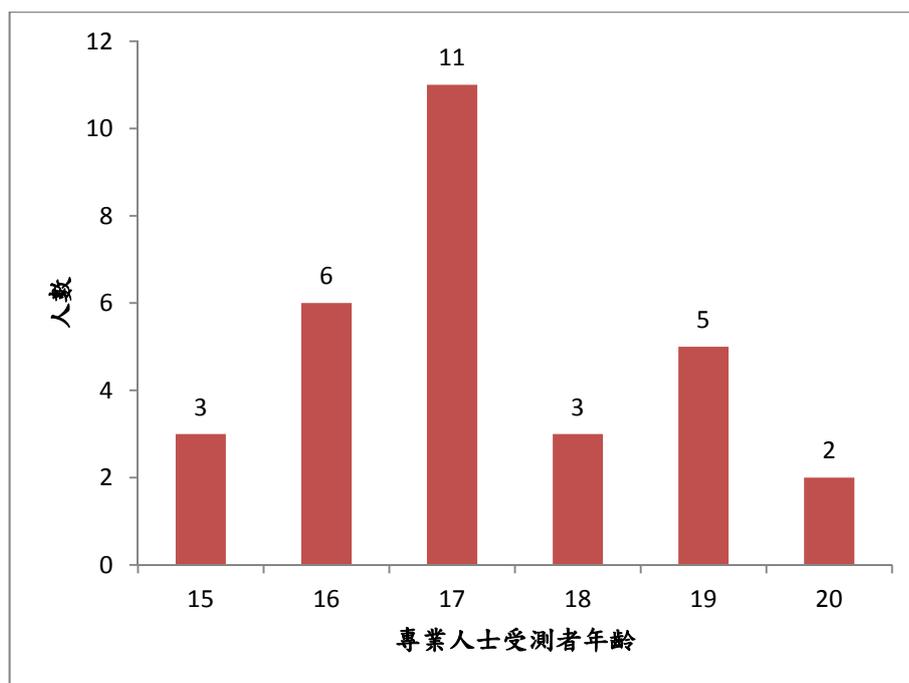


圖 3.48 音樂專業人士受測者年齡分佈分佈圖

表 3.34 音樂專業人士受測者音基級及性別比例分佈

音基級	人數	男女比例	人數
5 級	8	女	26
6 級	22	男	4
總計	30	總計	30

3.8.6 受測者測試實況

部分受測者的測試狀況如圖 3.49 到圖 3.54。



圖 3.49 一般受測者於一般住家內進行測試



圖 3.50 一般受測者於里民活動中心內進行測試



圖 3.51 一般受測於學校會議室進行測試



圖 3.52 一般受測者於教室內進行測試



圖 3.53 音樂專業人士於教師休息室進行測試



圖 3.54 音樂專業人士於教師休息室進行測試

3.9 jury test 以 SPSS 統計之結果與討論

3.9.1 配對比較法結果

A.一般受測者:

表 3.35 配對比較法之受測者選擇次數百分比總表

選擇百分比	一般受測者選擇空間編號									
	Room1	Room 2	Room 3	Room 4	Room2=Room1	Room3=Room1	Room3=Room2	Room4=Room3	Room4=Room2	Room4=Room1
響度大小	15%	36%	31%	4%	1%	3%	7%	0%	0%	1%
尖銳度大小	20%	21%	34%	2%	9%	7%	6%	0%	1%	0%
粗糙度大小	22%	12%	39%	5%	7%	4%	4%	0%	5%	2%

表 3.36 配對比較法之響度選擇次數

室內空間配對	一般受測者選擇空間編號									
	Room1	Room 2	Room 3	Room 4	R2=R1	R3=R1	R3=R2	R4=R3	R4=R2	R4=R1
Room1 vs. Room4	56			11						5
Room2 vs. Room4		66		4					2	
Room2 vs. Room1	2	64			6					
Room3 vs. Room4			67	4				1		
Room3 vs. Room1	8		52			12				
Room3 vs. Room2		26	16				30			
選擇次數(共 432)	66	156	135	19	6	12	30	1	2	5

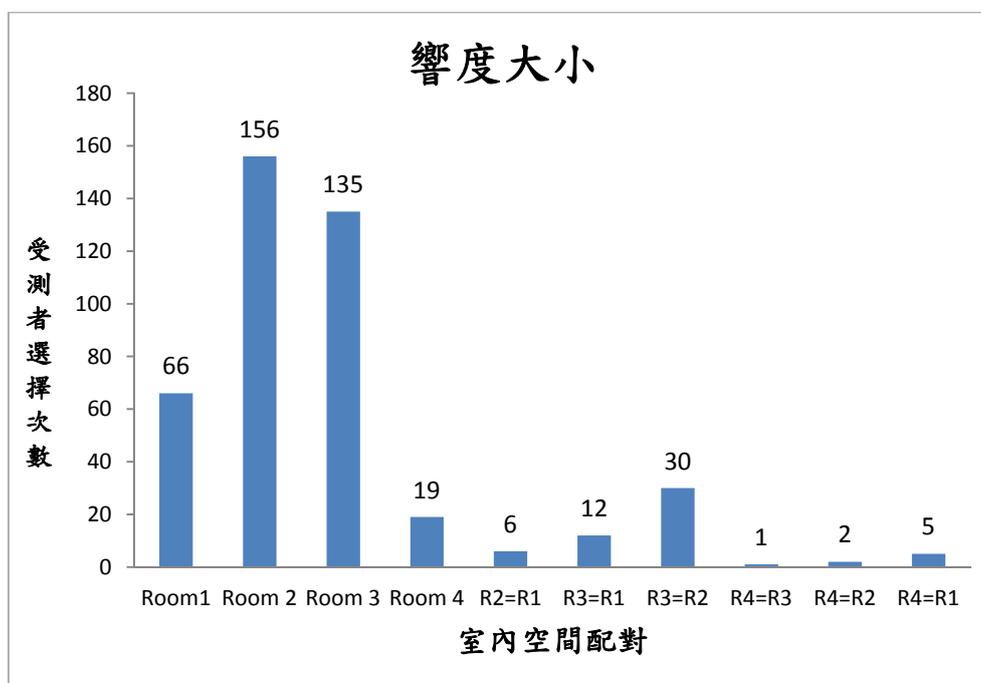


圖 3.55 一般受測者之比較配對法於響度之結果分佈圖

表 3.37 配對比較法之尖銳度選擇次數

室內空間配對	一般受測者選擇空間編號									
	Room1	Room 2	Room 3	Room 4	R2=R1	R3=R1	R3=R2	R4=R3	R4=R2	R4=R1
Room1 vs. Room4	68			4						0
Room2 vs. Room4		66		3					3	
Room2 vs. Room1	13	21			38					
Room3 vs. Room4			69	2				1		
Room3 vs. Room1	5		36			31				
Room3 vs. Room2		5	43				24			
選擇次數(共 432 次)	86	92	148	9	38	31	24	1	3	0

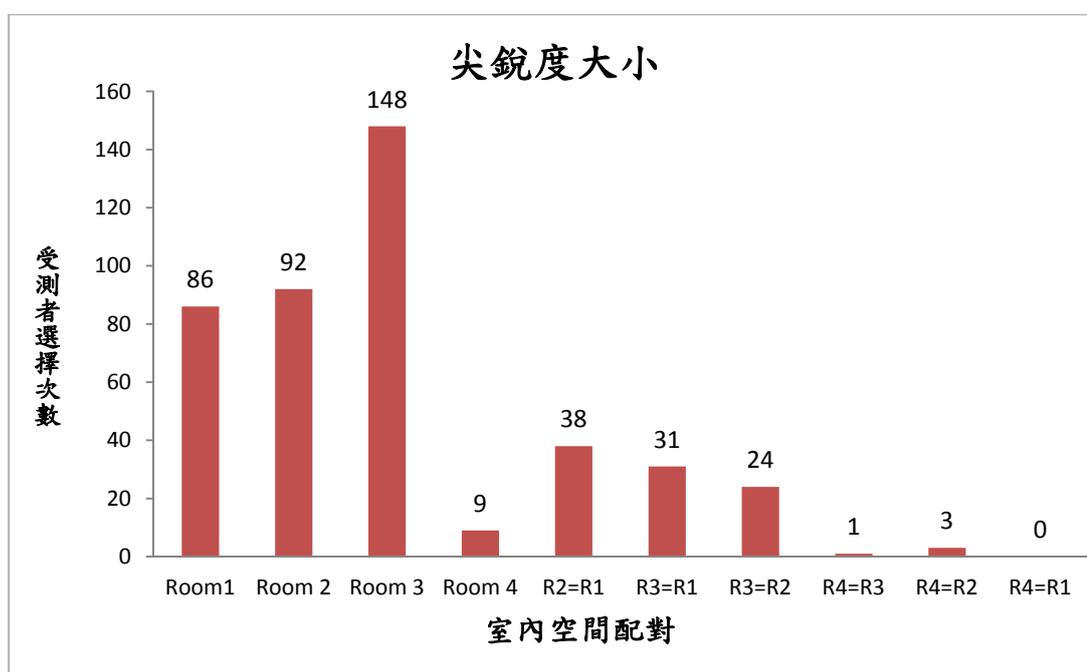


圖 3.56 一般受測者之比較配對法於尖銳度之結果分佈圖

表 3.38 配對比較法之粗糙度選擇次數

室內空間配對	一般受測者選擇空間編號									
	Room1	Room 2	Room 3	Room 4	R2=R1	R3=R1	R3=R2	R4=R3	R4=R2	R4=R1
Room1 vs. Room4	56			6						10
Room2 vs. Room4		38		14					20	
Room2 vs. Room1	31	10			31					
Room3 vs. Room4			69	2				1		
Room3 vs. Room1	6		47			19				
Room3 vs. Room2		4	52				16			
選擇次數(共 432 次)	93	52	168	22	31	19	16	1	20	10

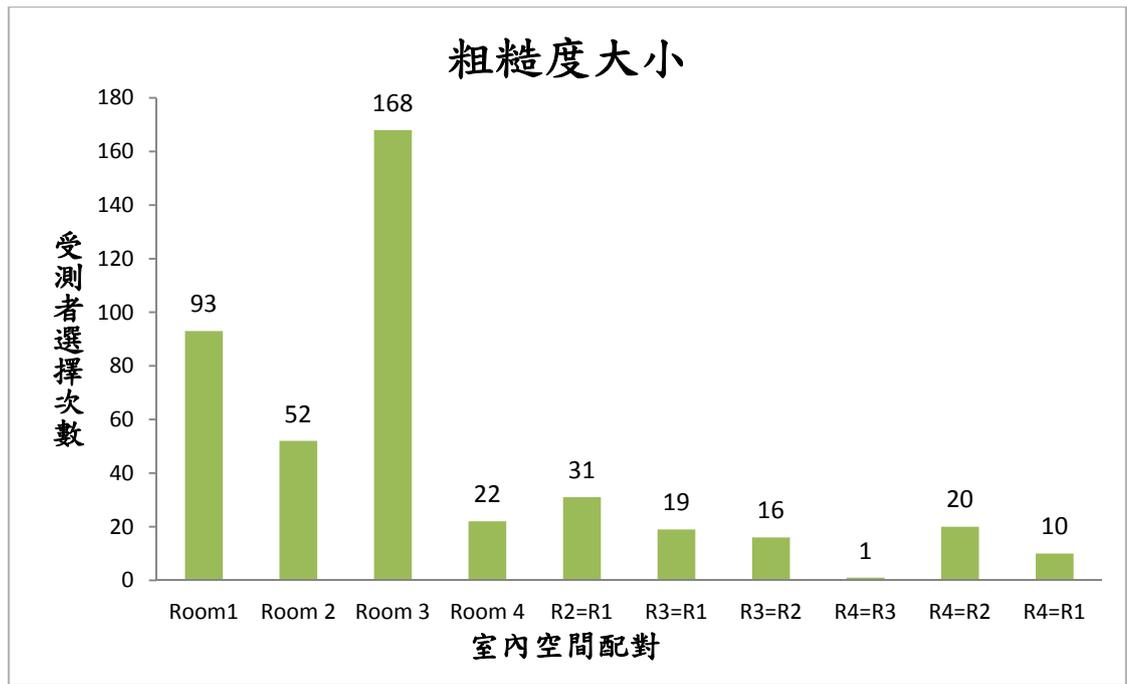


圖 3.57 一般受測者之比較配對法於粗糙度之結果分佈圖

B. 音樂專業人士:

表 3.39 配對比較法之受測者選擇次數百分比總表

選擇百分比	空間編號									
	Room1	Room 2	Room 3	Room 4	Room2=Room1	Room3=Room1	Room3=Room2	Room4=Room3	Room4=Room2	Room4=Room1
響度大小	16%	35%	28%	2%	2%	3%	7%	1%	3%	2%
尖銳度大小	28%	20%	32%	1%	7%	8%	4%	0%	0%	0%
粗糙度大小	22%	11%	41%	6%	8%	5%	2%	0%	6%	1%

表 3.40 配對比較法之響度選擇次數

室內空間配對	音樂專業人士受測者選擇空間編號									
	Room1	Room 2	Room 3	Room 4	R2=R1	R3=R1	R3=R2	R4=R3	R4=R2	R4=R1
Room1 vs. Room4	26			1						3
Room2 vs. Room4		23		1					6	
Room2 vs. Room1	1	25			4					
Room3 vs. Room4			26	2				2		
Room3 vs. Room1	1		23			6				
Room3 vs. Room2		15	2				13			
選擇次數(共 180 次)	28	63	51	4	4	6	13	2	6	3

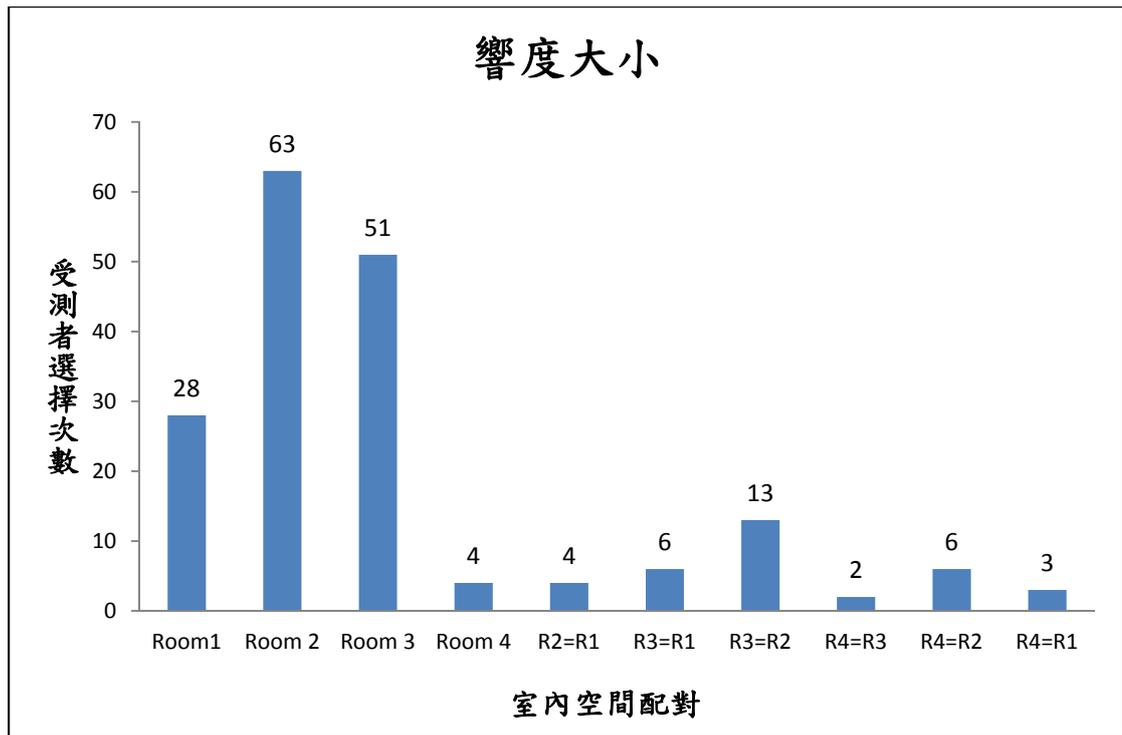


圖 3.58 音樂專業人士受測者之比較配對法於響度之結果分佈圖

表 3.41 配對比較法之尖銳度選擇次數

室內空間配對	音樂專業人士受測者選擇空間編號									
	Room1	Room 2	Room 3	Room 4	R2=R1	R3=R1	R3=R2	R4=R3	R4=R2	R4=R1
Room1 vs. Room4	30			0						0
Room2 vs. Room4		29		1					0	
Room2 vs. Room1	13	4			13					
Room3 vs. Room4			29	1				0		
Room3 vs. Room1	7		9			14				
Room3 vs. Room2		3	19				8			
選擇次數(共 180 次)	50	36	57	2	13	14	8	0	0	0

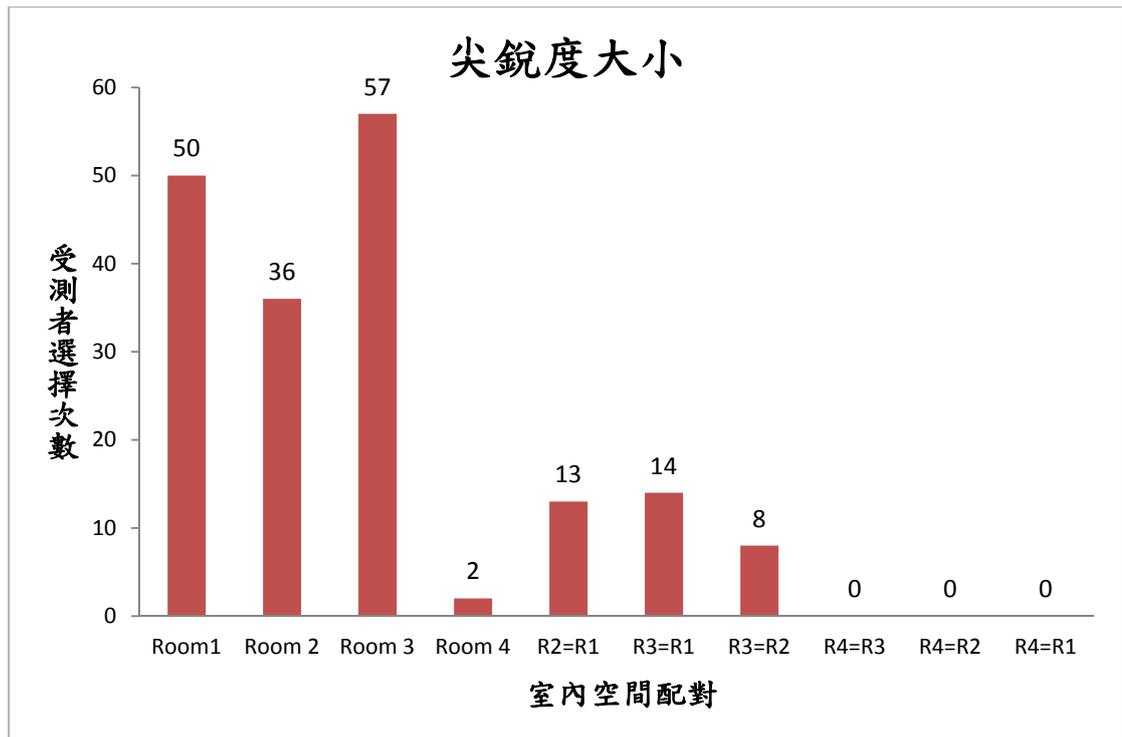


圖 3.59 音樂專業人士受測者之比較配對法於尖銳度之結果分佈圖

表 3.42 配對比較法之粗糙度選擇次數

室內空間配對	音樂專業人士受測者選擇空間編號									
	Room1	Room 2	Room 3	Room 4	R2=R1	R3=R1	R3=R2	R4=R3	R4=R2	R4=R1
Room1 vs. Room4	25			3						2
Room2 vs. Room4		15		5					10	
Room2 vs. Room1	13	3			14					
Room3 vs. Room4			28	2				0		
Room3 vs. Room1	1		20			9				
Room3 vs. Room2		1	26				3			
選擇次數(共 180 次)	39	19	74	10	14	9	3	0	10	2

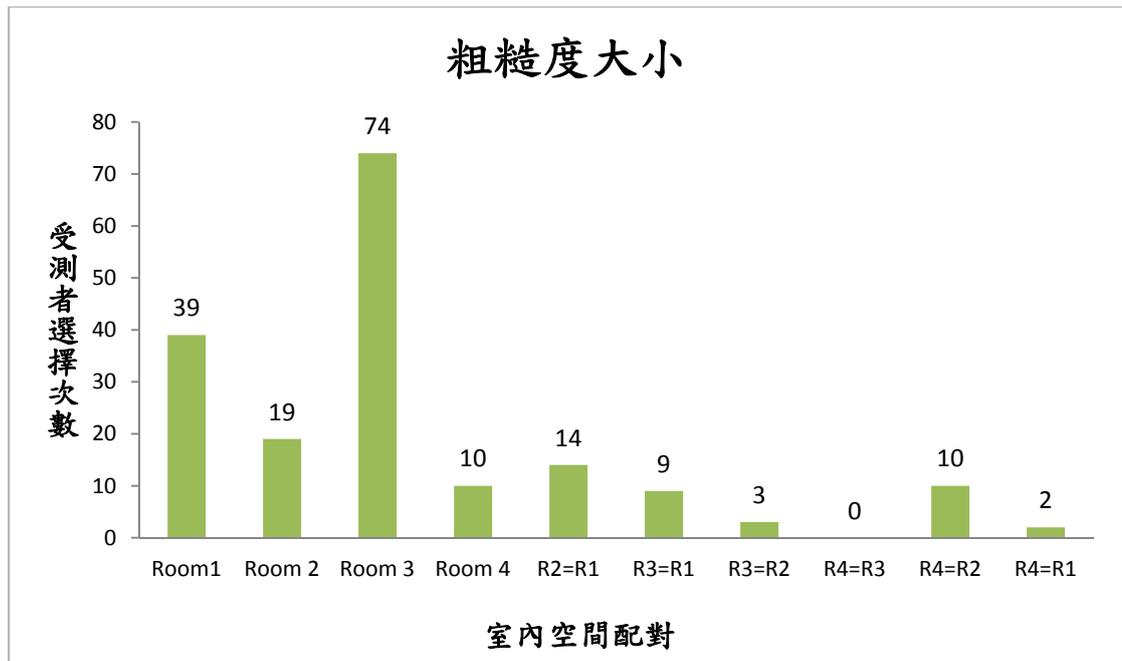


圖 3.60 音樂專業人士受測者之比較配對法於粗糙度之結果分佈圖

3.9.2 配對比較法結果討論

1. 響度結果討論:

- (i) 由表 3.24 至表 3.27 中所示，使用果汁機測試在四個空間的響度大小感受，其平均的大小分別為 37.15(sone)、38.6(sone)、39.85(sone) 及 33(sone)，由圖 3.49 及圖 3.52 來看，則一般受測者及音樂專業人士受測結果認為 Room 2 (一般住宅)的響度最大，其次為 Room 3 (小套房)。
- (ii) 由表 3.36 中之 Room3=Room2 的選項有 7%的選擇次數，表示在比較一般住宅及小套房時，二者響度是相同大小的，即在這二個房間響度相比時，72 人的選擇中，有 30 人是認為二者相等的，佔響度測試總選擇次數 432 次中的 7%。
- (iii)表 3.40 中同樣有 7%的選項落在 Room3=Room2，表示在音樂專業人士的 30 人之中，有 13 人選擇感覺響度大小在 Room3 及 Room2 相比下是相同的，佔全部次數 180 次中的 7%。
- (iv) 綜合上述，在響度的部分，以心理聲學參數計算以小套房之數值結果最大，而 jury test 的結果為一般住宅最大，但仍有一定比例的受測認為二者是相等的，而由數值來看，其二者差異確實很小，因此認為測試結果合理。

2. 尖銳度結果討論:

- (i) 由表 3.24 至表 3.27 中所示四個房間中，以刮鬚刀測試尖銳度的平均大小分別為 4.935(acum)、4.25(acum)、5.085(acum)及 3.594(acum)，jury test 針對尖銳度的測試結果中，在一般受測者中有 34%的受測者認為 Room3(小套房)中刮鬚刀給人感覺最尖銳，而音樂專業人士同樣有 32%的人認為是刮鬚刀在小套房的感覺最尖銳。
- (ii) 由表 3.35 及表 3.37 顯示，有 7%的一般受測者認為刮鬚刀在小套房及豪宅的尖銳度是相同的，即表示在 72 人當中，該次的選項有 31 人選擇是尖銳度相等的。
- (iii) 由表 3.39 及表 3.41 顯示，分類判斷測試法結果，在音樂專業人士的受測者，有 8%認為刮鬚刀在小套房及豪宅的尖銳度是相同的，即表示在 30 人的選擇當中，有 14 人選擇是相同的，佔總次數 180 次的 8%。
- (iv) 刮鬚刀的量測結果，在小套房給人感覺是最尖銳的符合 jury test 之測試結果。

3. 粗糙度結果討論:

- (i) 由表 3.24 至表 3.27 中所示四個房間中，以磨豆機測試粗糙度的平均大小分別為 2.905(asper)、2.7(asper)、2.77(asper)、2.625(asper)，而表 3.38 及表 3.42，一般受測者及音樂專業人士均選擇 Room3(小套房)的磨豆機粗糙度較大。
- (ii) 同樣的表 3.24 至表 3.27 所示，觀察磨豆機之響度，其大小平均值分別為 32.7(sone)、28.1(sone)、35.8(sone)、28.65(sone)，且在實驗測試後，對受測者進行訪問，受測者多數表示在粗糙度的選擇會受到響度大小影響，因此可推測，在粗糙度的實驗結果確實受到響度影響而使得結果與實際數值不符合。
- (iii) 粗糙度部分於測試前製做示範音源，讓受測者試聽各個等級不同及實際生活中的例子，但因測試時間短，受測者無法立即反應粗糙度的選項因而憑藉短暫的聽覺印象而選了響度較大的音源。

3.9.3 分類判斷測試法結果

A. 一般受測者

表 3.43 分類判斷測試法之響度大小統計結果

Test sound source	果汁機 Room1	果汁機 Room2	果汁機 Room3	果汁機 Room4	抽油煙機 Room1	抽油煙機 Room2	抽油煙機 Room3	抽油煙機 Room4	吸塵器 Room1	吸塵器 Room2	吸塵器 Room3	吸塵器 Room4
Average	4.94	5.50	6.18	4.04	5.08	4.00	4.78	3.65	2.61	2.44	2.36	2.17
Standard deviation	1.15	0.94	1.25	1.23	1.54	1.36	1.62	1.29	1.61	1.77	1.88	1.52
Confidence interval at 95%	0.27	0.22	0.29	0.28	0.36	0.32	0.37	0.30	0.37	0.41	0.43	0.35
Minimum	2.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lower Quartile	4.00	5.00	6.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	2.00	1.00	1.00	1.00
Median	5.00	6.00	7.00	4.00	5.00	4.00	5.00	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Upper Quartile	6.00	6.00	7.00	5.00	6.00	5.00	6.00	4.00	3.00	2.25	2.25	3.00
Maximum	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	6.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Median - mini	3.00	3.00	6.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Median - P25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
P75 - Median	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.25	0.25	1.00
maxi - Median	2.00	1.00	0.00	3.00	2.00	3.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	5.00

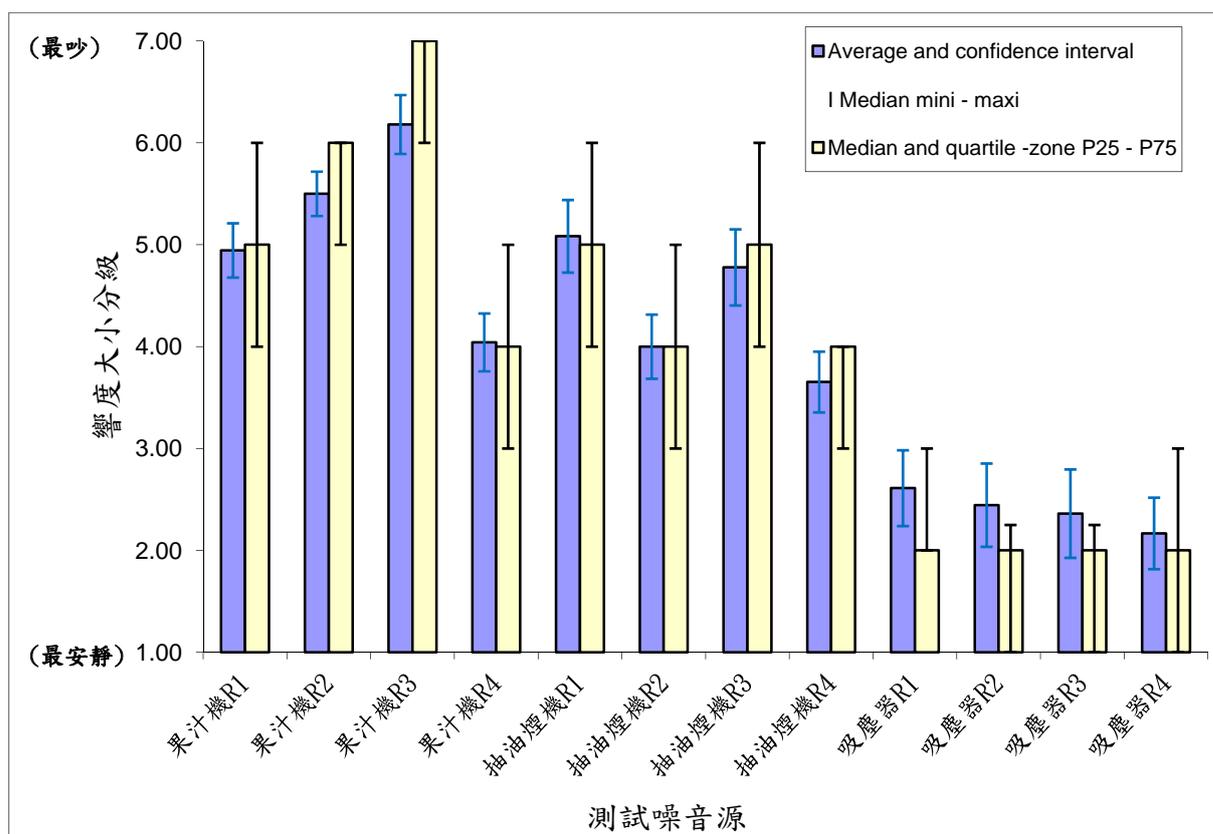


圖 3.61 一般受測者於分類判斷測試法之響度大小分佈圖

表 3.44 分類判斷測試法之尖銳度大小統計結果

Test sound source	刮鬍刀 Room1	刮鬍刀 Room2	刮鬍刀 Room3	刮鬍刀 Room4	吹風機 Room1	吹風機 Room2	吹風機 Room3	吹風機 Room4	果汁機 Room1	果汁機 Room2	果汁機 Room3	果汁機 Room4
Average	5.15	5.08	5.63	3.18	3.92	3.92	4.25	2.79	6.19	6.47	6.06	5.18
Standard deviation	1.42	1.30	1.30	1.15	1.35	1.32	1.46	1.25	1.05	1.12	1.13	0.98
Confidence interval at 95%	0.33	0.30	0.30	0.26	0.31	0.30	0.34	0.29	0.24	0.26	0.26	0.23
Minimum	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
Lower Quartile	4.00	4.75	5.00	2.00	3.00	3.00	3.00	2.00	6.00	6.00	5.00	4.75
Median	5.50	5.00	6.00	3.00	4.00	4.00	4.00	3.00	6.00	7.00	6.00	5.00
Upper Quartile	6.00	6.00	7.00	4.00	5.00	5.00	5.00	4.00	7.00	7.00	7.00	6.00
Maximum	7.00	7.00	7.00	6.00	7.00	6.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Median - mini	3.00	4.00	2.00	3.00	3.00	3.00	2.00	5.00	6.00	4.00	3.00	1.00
Median - P25	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.25	1.00
P75 - Median	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
maxi - Median	2.00	1.00	3.00	3.00	2.00	3.00	4.00	1.00	0.00	1.00	2.00	5.00

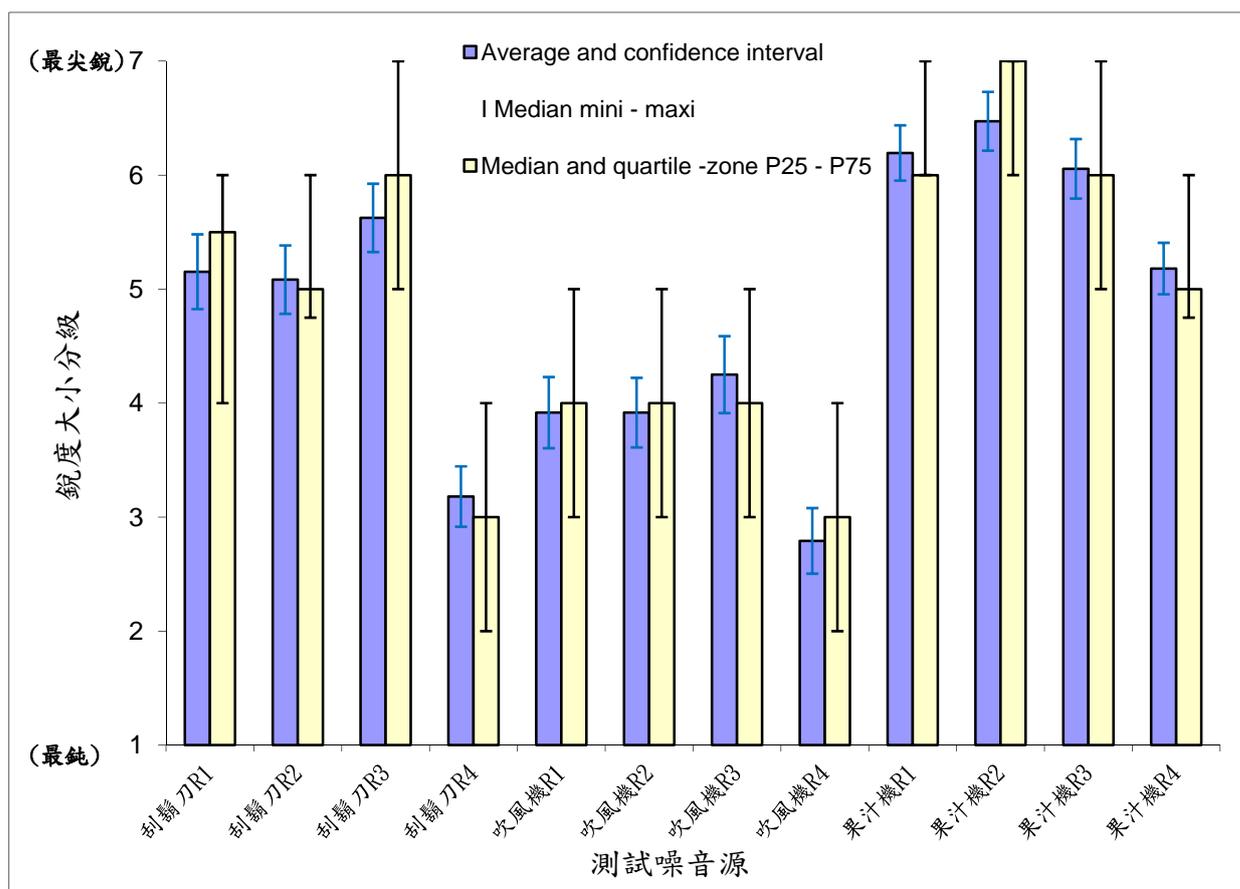


圖 3.62 一般受測者於分類判斷測試法之尖銳度大小分佈圖

B.音樂專業人士

表 3.45 分類判斷測試法之響度大小統計結果

Test sound source	果汁機 Room1	果汁機 Room2	果汁機 Room3	果汁機 Room4	抽油煙機 Room1	抽油煙機 Room2	抽油煙機 Room3	抽油煙機 Room4	吸塵器 Room1	吸塵器 Room2	吸塵器 Room3	吸塵器 Room4
Average	5.47	6.10	6.93	3.73	1.93	2.13	1.90	1.73	5.63	6.10	5.60	4.27
Standard deviation	1.20	0.94	0.25	1.06	0.85	0.88	0.94	0.77	0.87	0.83	1.08	0.81
Confidence interval at 95%	0.43	0.34	0.09	0.38	0.31	0.32	0.34	0.28	0.31	0.30	0.39	0.29
Minimum	3.00	4.00	6.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00	4.00	3.00	2.00
Lower Quartile	4.25	5.25	7.00	3.00	1.00	2.00	1.00	1.00	5.00	6.00	5.00	4.00
Median	5.50	6.00	7.00	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	5.50	6.00	6.00	4.00
Upper Quartile	6.75	7.00	7.00	4.00	2.75	2.75	2.00	2.00	6.00	7.00	6.00	5.00
Maximum	7.00	7.00	7.00	6.00	4.00	4.00	4.00	4.00	7.00	7.00	7.00	6.00
Median - mini	2.50	2.00	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	2.00	3.00	2.00
Median - P25	1.25	0.75	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.50	0.00	1.00	0.00
P75 - Median	1.25	1.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	1.00
maxi - Median	1.50	1.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.50	1.00	1.00	2.00

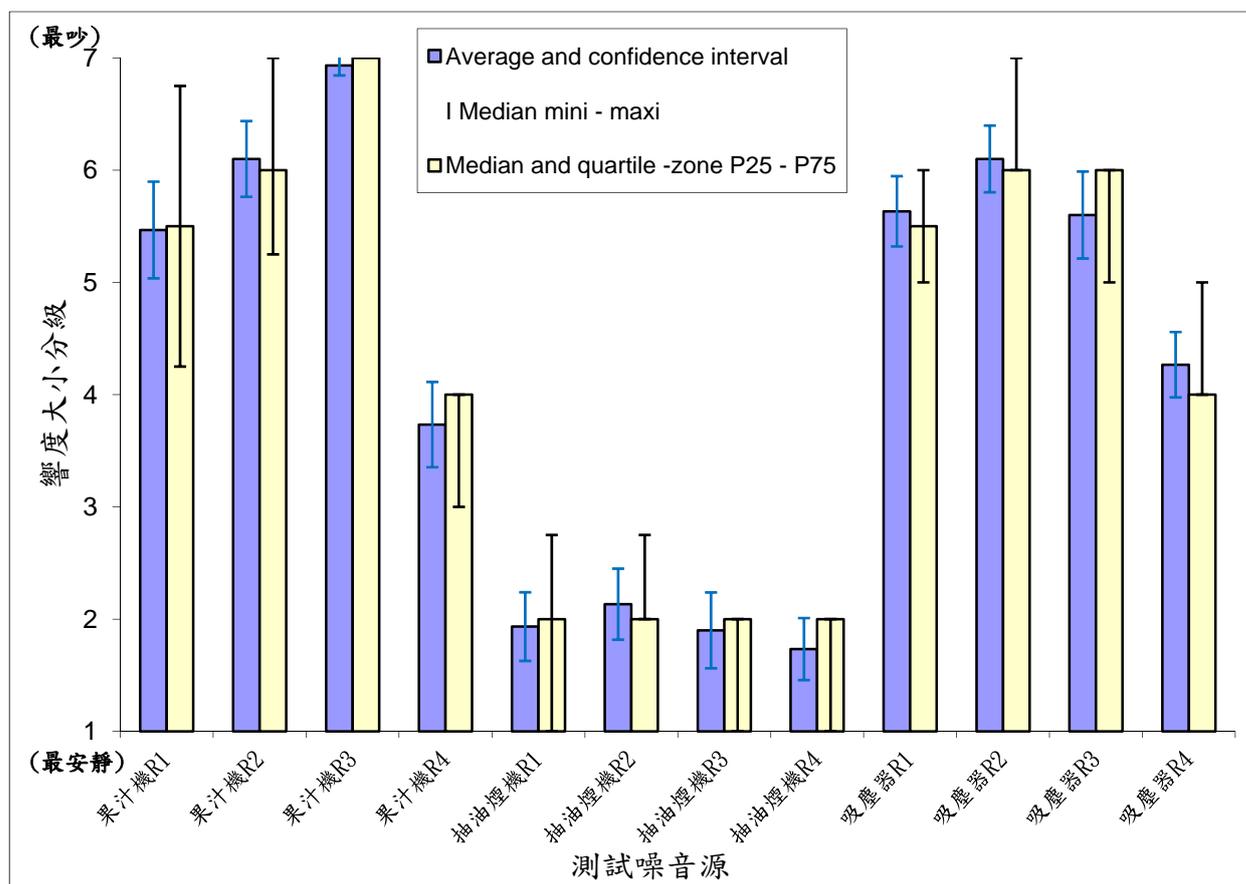


圖 3.63 音樂專業人士受測者於分類判斷測試法之響度大小分佈圖

表 3.46 分類判斷測試法之尖銳度大小統計結果

Test sound source	刮鬚刀 Room1	刮鬚刀 Room2	刮鬚刀 Room3	刮鬚刀 Room4	吹風機 Room1	吹風機 Room2	吹風機 Room3	吹風機 Room4	果汁機 Room1	果汁機 Room2	果汁機 Room3	果汁機 Room4
Average	5.70	5.47	5.93	3.53	3.87	3.80	4.40	2.40	6.23	6.50	6.40	5.27
Standard deviation	1.04	0.96	0.96	1.09	1.15	1.47	1.40	1.02	0.99	0.99	1.05	1.00
Confidence interval at 95%	0.37	0.34	0.34	0.39	0.41	0.53	0.50	0.36	0.35	0.35	0.38	0.36
Minimum	3.00	4.00	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	2.00	3.00
Lower Quartile	5.00	5.00	5.00	3.00	3.00	3.00	4.00	2.00	6.00	6.25	6.00	4.00
Median	6.00	5.00	6.00	4.00	4.00	4.00	5.00	2.00	7.00	7.00	7.00	6.00
Upper Quartile	6.00	6.00	7.00	4.00	4.75	5.00	5.75	3.00	7.00	7.00	7.00	6.00
Maximum	7.00	7.00	7.00	6.00	7.00	7.00	6.00	4.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Median - mini	3.00	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00	1.00	4.00	4.00	5.00	3.00
Median - P25	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.75	1.00	2.00
P75 - Median	0.00	1.00	1.00	0.00	0.75	1.00	0.75	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
maxi - Median	1.00	2.00	1.00	2.00	3.00	3.00	1.00	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00

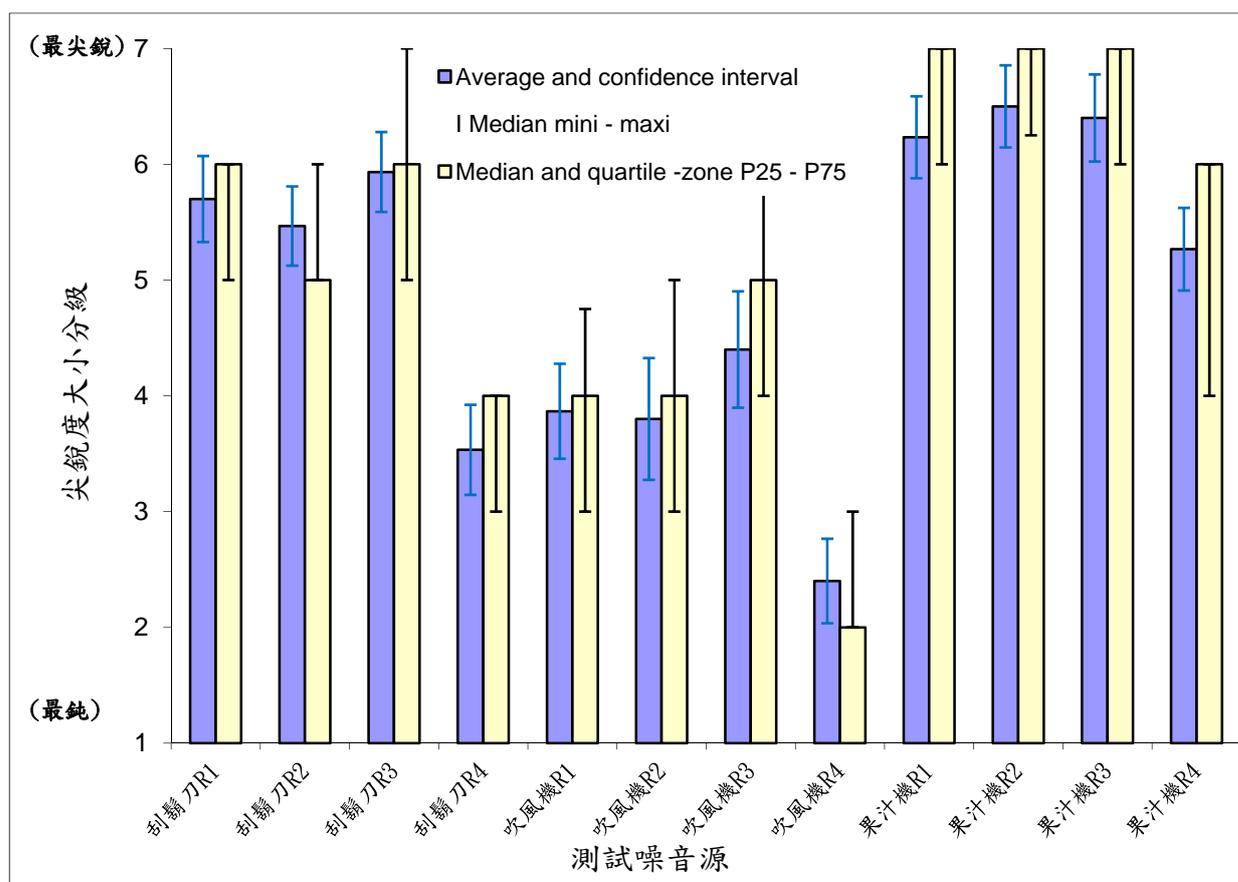


圖 3.64 音樂專業人士受測者於分類判斷測試法之尖銳度大小分佈圖

3.9.4 分類判斷測試法結果討論

1. 分類判斷測試法之響度討論

- (i) 由表 3.42 及圖 3.55，響度之分類判斷測試音源為果汁機、抽油煙機及吸塵器，於一般受測之實驗結果顯示:果汁機的吵與安靜程度由最安靜的 1 到最吵的 7，果汁機在 Room1 的平均值為 4.94，於 Room2 為 5.5，而最吵的 Room3 為 6.18，標準差為 1.25，Room4 為 4.04; 在音樂專業人士部分同樣認為果汁機在 Room3 的吵鬧程度最高，其平均值為 6.93，標準差為 0.25。
- (ii) 一般受測者與音樂專業人士在抽油煙機與吸塵器的分類恰為相反，一般受測者普遍將抽油煙機的吵鬧程度分類為 3.65 至 5 左右，而音樂專業人士則將抽油煙機的吵鬧程度歸在 1.73 至 2.13 左右，而認為吸塵器是比抽油煙機吵鬧的，恰和一般受測者相反。
- (iii) 由表 3.24 至 3.27 之心理參數的軟體分析結果:吸塵器的聲音壓力級和響度均大於抽油煙機，因此可認定音樂專業人士於該項之測試較符合量測結果。

2. 分類判斷測試法之尖銳度討論

- (i) 由圖 3.56 及圖 3.58 所示:尖銳度之分類判斷測試於一般受測者及音樂專業人士皆認為果汁機於 Room2(一般住宅)的感覺最尖銳，其平均值為一般受測者的 6.47 及音樂專業人士的 6.50，而果汁機的尖銳度普遍被歸類為 6 至 7 分左右，屬非常尖銳之噪音源。
- (ii) 繼果汁機之其次尖銳之噪音源為刮鬍刀，其結果為小套房最尖銳，符合配對比較法之結果，特別說明，因果汁機已被選擇做為配對比較法中之響度測試噪音源，因此在尖銳度的選擇則選擇主觀聽覺上較尖銳的刮鬍刀。
- (iii) 在尖銳度的分類判斷測試法中，一般受測者及音樂專業人士之結果相符。

3.9.5 語意區分測試法結果

A. 一般受測者:

表 3.47 語意區分測試法-安靜與吵

語意測試項目	安靜 vs. 吵							
測試音源	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	3.74	5.92	4.54	3.99	6.36	3.25	2.17	6.31
標準差	1.11	0.89	1.38	1.31	0.79	1.11	1.29	0.78
信賴區間(95%)	0.26	0.21	0.32	0.30	0.18	0.26	0.30	0.18

表 3.48 語意區分測試法-鈍與尖

語意測試項目	鈍 vs. 尖							
測試音源	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	3.79	5.22	5.40	3.29	5.97	2.83	2.10	5.78
標準差	1.10	1.22	1.36	1.11	1.13	0.99	0.90	1.36
信賴區間(95%)	0.26	0.28	0.31	0.26	0.26	0.23	0.21	0.31

表 3.49 語意區分測試法-圓滑與粗糙

語意測試項目	圓滑 vs. 粗糙							
測試音源	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	4.19	5.22	4.60	4.01	5.76	3.06	2.25	5.93
標準差	1.19	1.16	1.44	1.27	1.35	1.18	0.98	1.13
信賴區間(95%)	0.27	0.27	0.33	0.29	0.31	0.27	0.23	0.26

表 3.50 語意區分測試法-弱與強

語意測試項目	弱 vs. 強							
測試音源	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	3.61	5.32	4.11	3.69	5.99	3.00	1.97	5.94
標準差	1.15	1.13	1.33	1.06	0.98	1.01	0.87	0.97
信賴區間(95%)	0.27	0.26	0.31	0.25	0.23	0.23	0.20	0.22

表 3.51 語意區分測試法-舒服與惱人

語意測試項目	舒服 vs. 惱人							
測試音源	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	4.15	5.56	4.83	4.15	6.13	3.35	2.38	5.97
標準差	1.20	1.22	1.31	1.15	1.04	1.22	1.14	1.01
信賴區間(95%)	0.28	0.28	0.30	0.27	0.24	0.28	0.26	0.23

表 3.52 語意區分測試法-不緊張與緊張

語意測試項目	不緊張 vs. 緊張							
	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	3.56	5.32	4.47	3.71	5.86	3.07	2.13	5.81
標準差	1.22	1.13	1.34	1.11	1.18	1.36	1.04	0.97
信賴區間(95%)	0.28	0.26	0.31	0.26	0.27	0.31	0.24	0.22

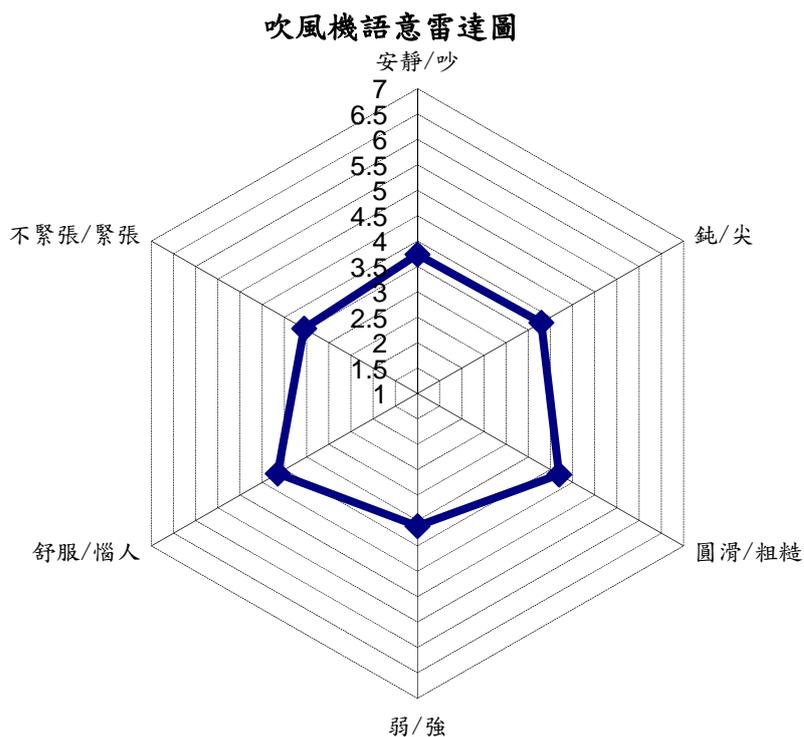


圖 3.65 一般受測者於語意區分測試法之吹風機雷達圖

吸塵器語意雷達圖

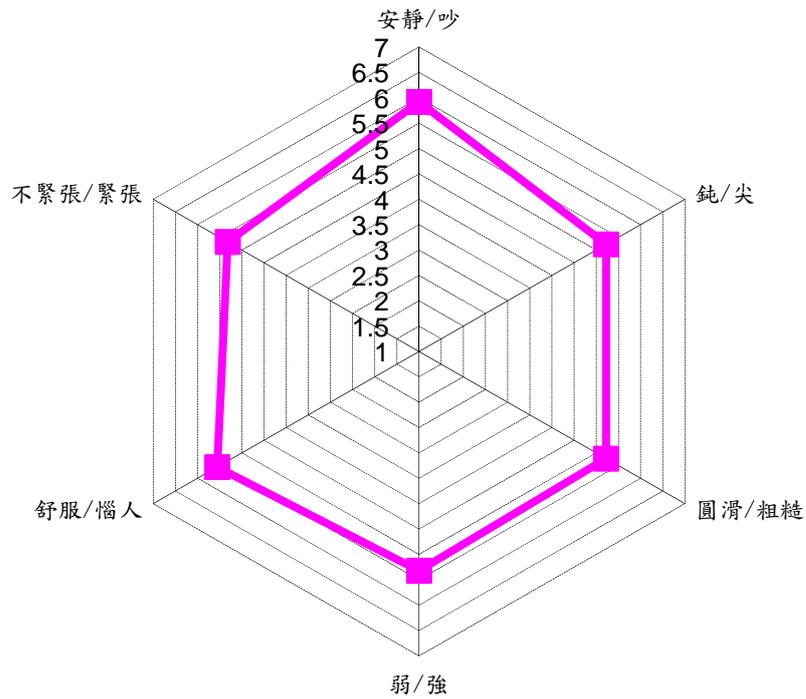


圖 3.66 一般受測者於語意區分測試法之吸塵器雷達圖

刮鬍刀語意雷達圖

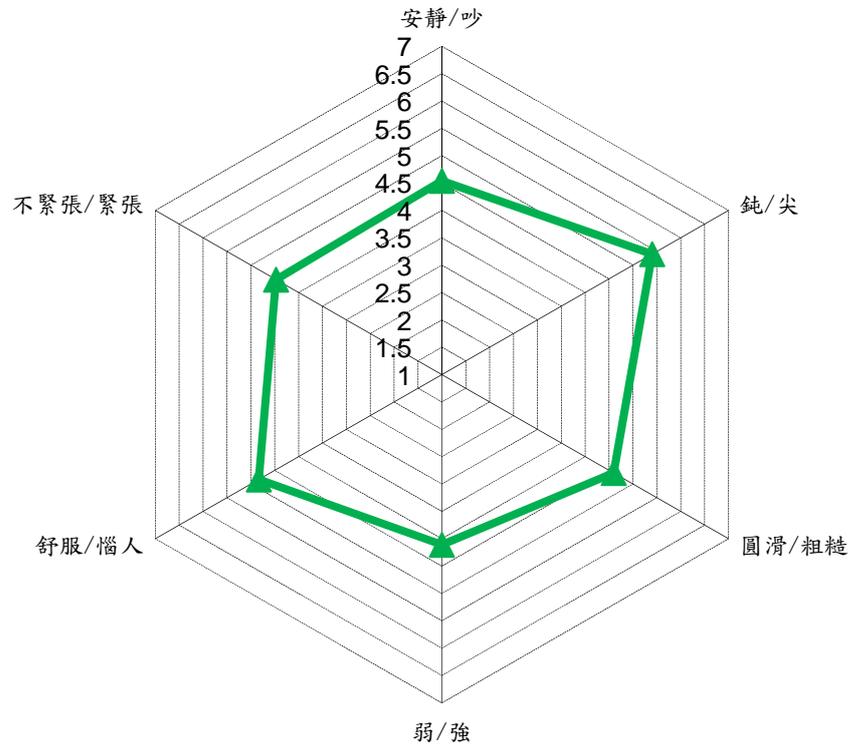


圖 3.67 一般受測者於語意區分測試法之刮鬍刀雷達圖

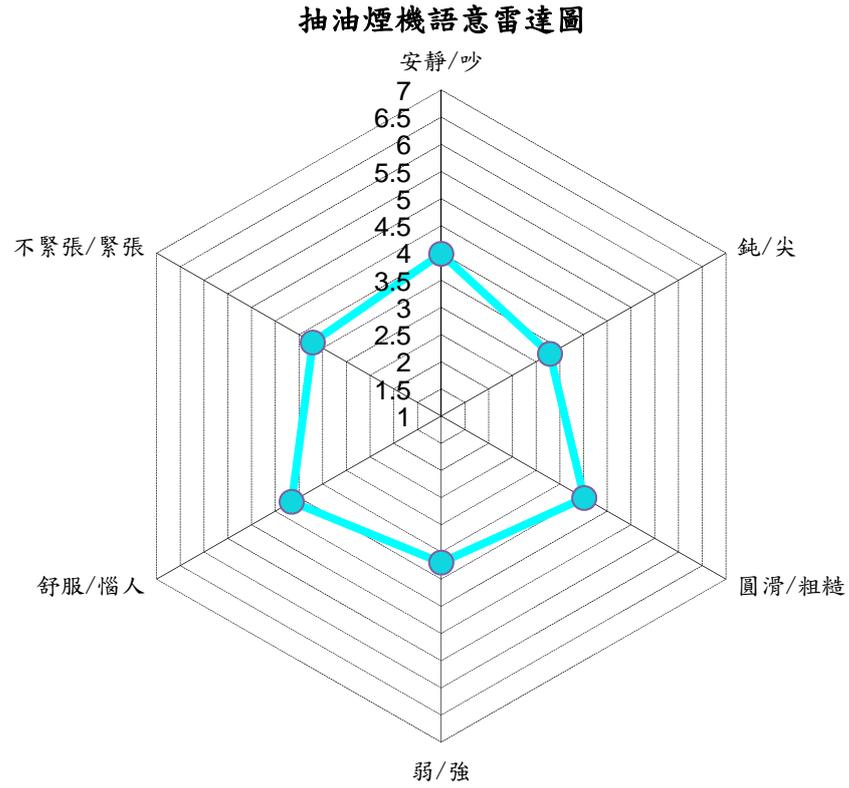


圖 3.68 一般受測者於語意區分測試法之抽油煙機雷達圖

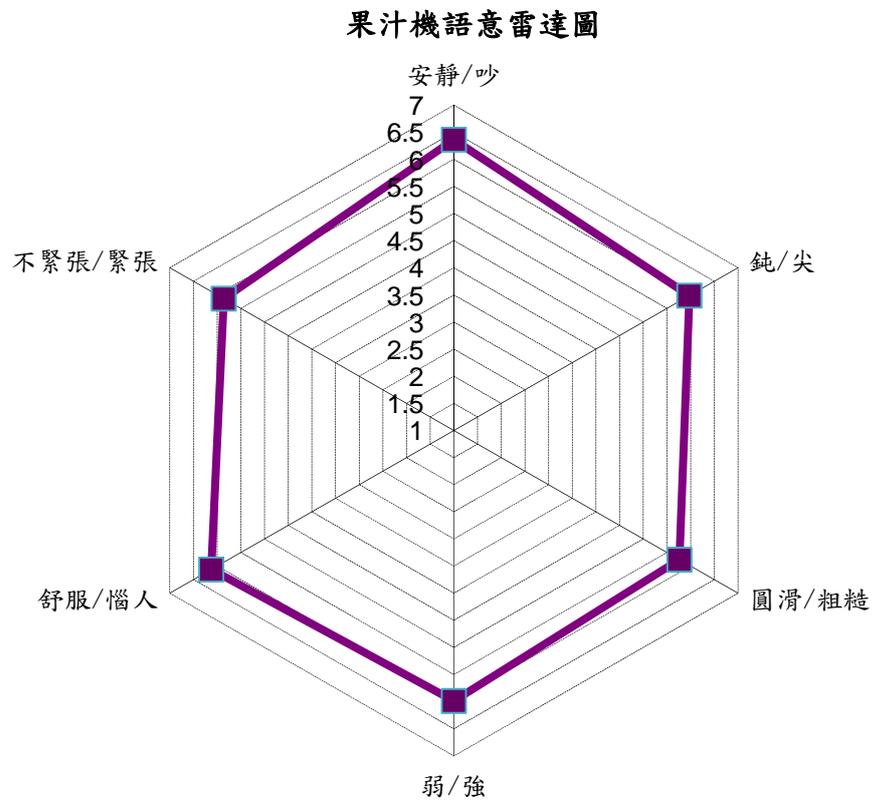


圖 3.69 一般受測者於語意區分測試法之果汁機雷達圖

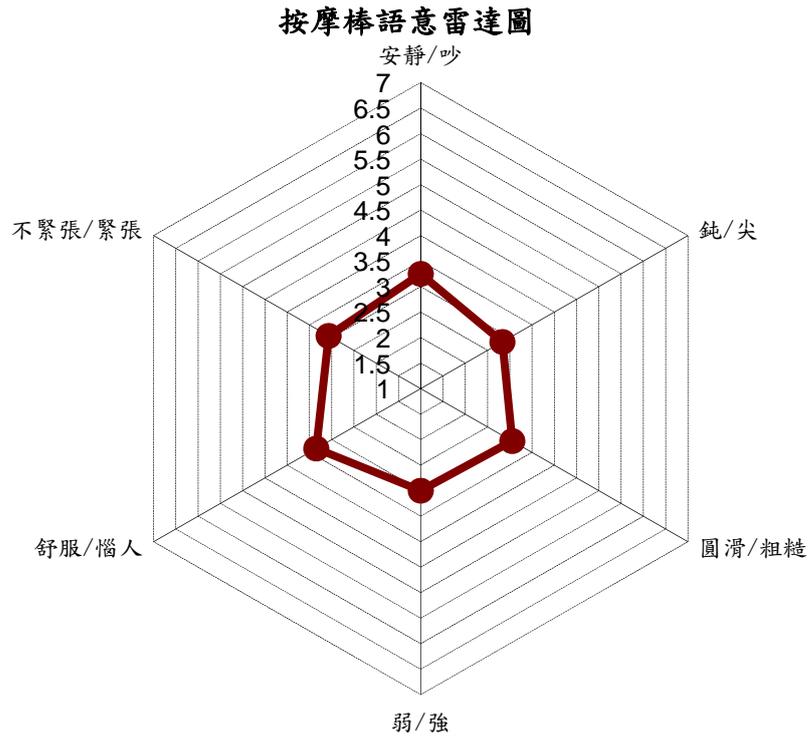


圖 3.70 一般受測者於語意區分測試法之按摩棒雷達圖

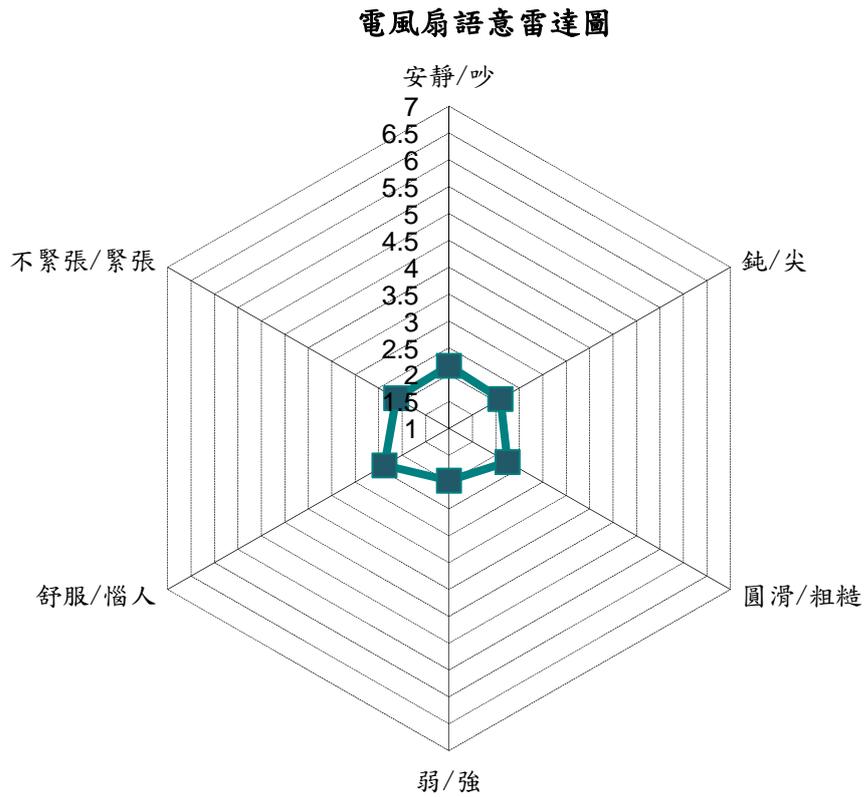


圖 3.71 一般受測者於語意區分測試法之電風扇雷達圖

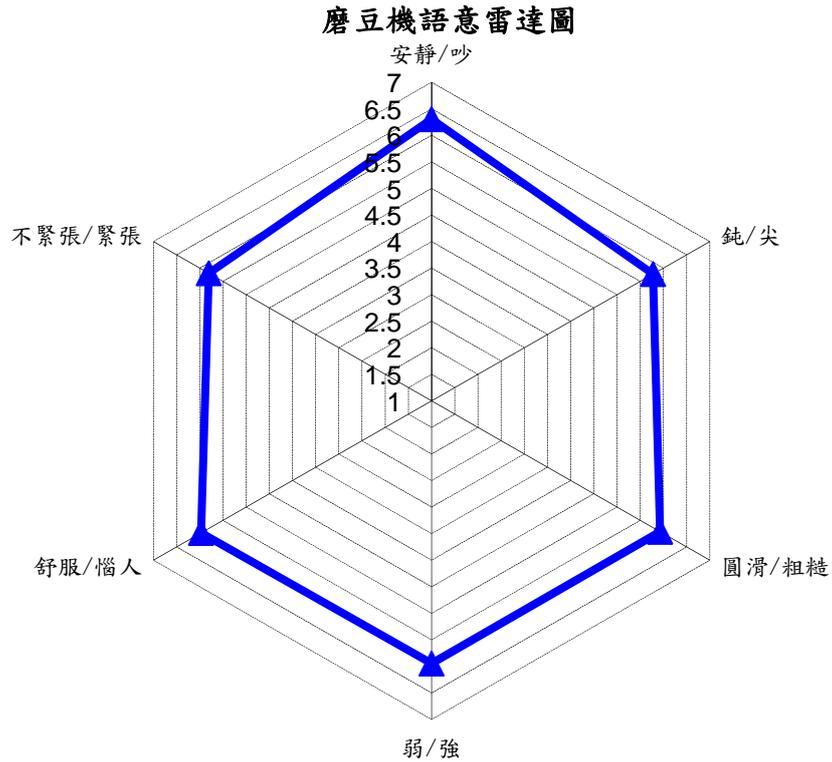


圖 3.72 一般受測者於語意區分測試法之磨豆機雷達圖

B.音樂專業人士受測者:

表 3.53 語意區分測試法-安靜與吵

語意測試項目	安靜 vs. 吵							
測試音源	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	3.80	5.87	4.93	4.20	6.50	3.07	2.20	6.40
標準差	1.22	0.92	1.29	1.14	0.67	1.00	0.95	0.66
信賴區間(95%)	0.44	0.33	0.46	0.41	0.24	0.36	0.34	0.24

表 3.54 語意區分測試法-鈍與尖

語意測試項目	鈍 vs. 尖							
測試音源	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	4.10	4.87	5.90	2.87	5.67	2.73	2.27	5.67
標準差	1.16	1.38	1.35	1.02	1.27	1.06	0.96	1.42
信賴區間(95%)	0.42	0.50	0.48	0.37	0.46	0.38	0.34	0.51

表 3.55 語意區分測試法-圓滑與粗糙

語意測試項目	圓滑 vs. 粗糙							
測試音源	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	4.50	5.20	4.97	4.30	5.63	3.23	2.33	5.90
標準差	1.63	1.40	1.56	1.29	1.45	1.17	1.11	1.22
信賴區間(95%)	0.58	0.50	0.56	0.46	0.52	0.42	0.40	0.44

表 3.56 語意區分測試法-弱與強

語意測試項目	弱 vs. 強							
測試音源	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	4.07	5.37	4.63	3.90	6.00	2.87	2.27	5.87
標準差	1.26	1.33	1.11	1.14	1.00	0.88	1.03	0.72
信賴區間(95%)	0.45	0.48	0.40	0.41	0.36	0.32	0.37	0.26

表 3.57 語意區分測試法-舒服與惱人

語意測試項目	舒服 vs. 惱人							
測試音源	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	4.37	5.70	5.33	4.27	6.03	3.47	2.47	6.03
標準差	1.64	1.24	1.42	1.03	1.17	1.20	1.26	1.08
信賴區間(95%)	0.59	0.44	0.51	0.37	0.42	0.43	0.45	0.39

表 3.58 語意區分測試法-不緊張與緊張

語意測試項目	不緊張 vs. 緊張							
測試音源	吹風機	吸塵器	刮鬍刀	抽油煙機	果汁機	按摩棒	電風扇	磨豆機
平均值	3.87	5.40	5.03	3.90	5.70	2.53	2.07	5.23
標準差	1.33	1.23	1.56	1.11	1.49	1.12	1.06	1.56
信賴區間(95%)	0.48	0.44	0.56	0.40	0.53	0.40	0.38	0.56

吹風機語意測試雷達圖

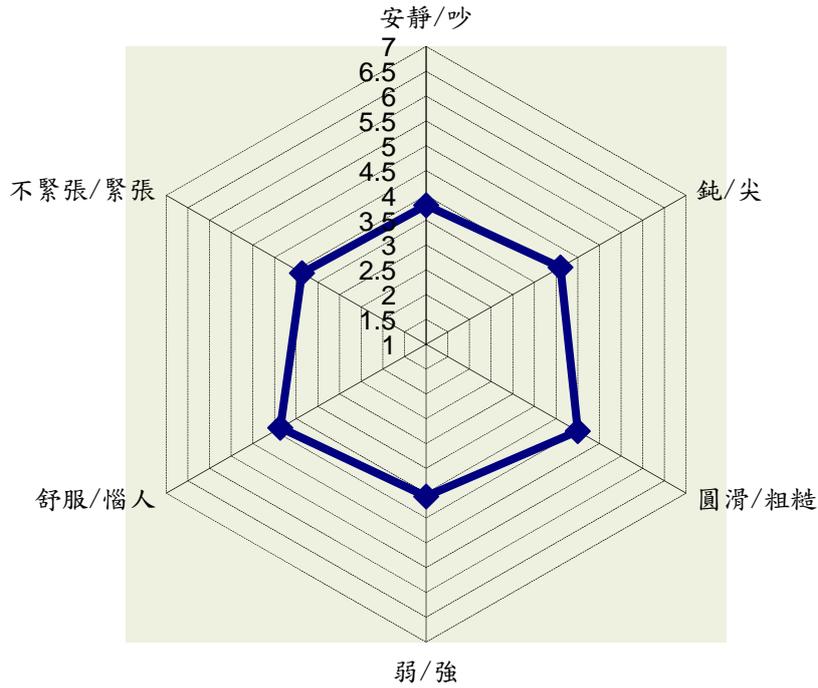


圖 3.73 音樂專業人士受測者於語意區分測試法之吹風機雷達圖

吸塵器語意測試雷達圖

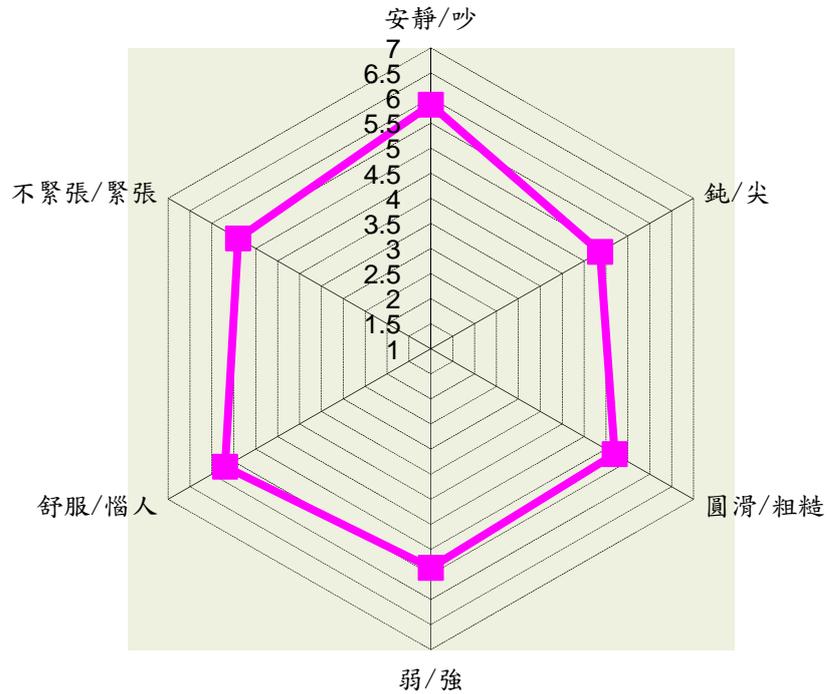


圖 3.74 音樂專業人士受測者於語意區分測試法之吸塵器雷達圖

刮鬚刀語意測試雷達圖

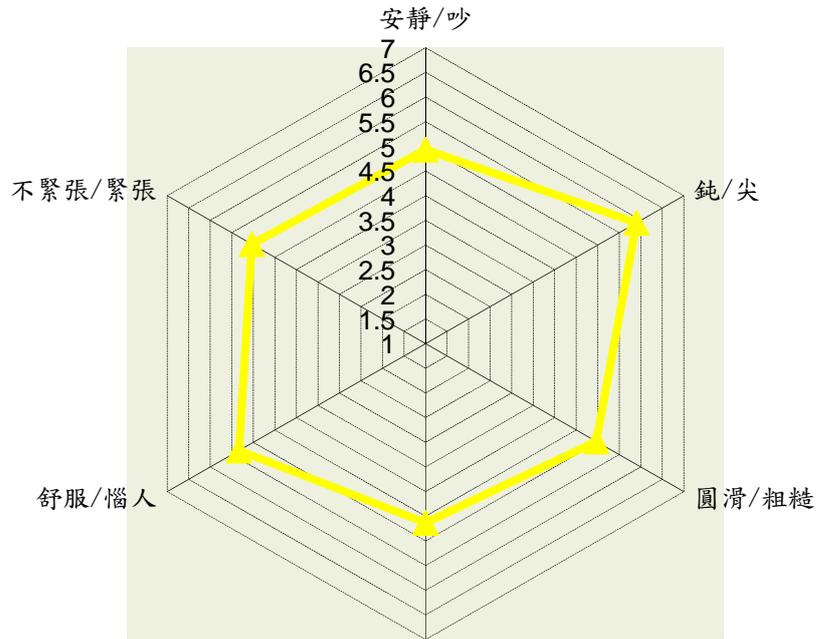


圖 3.75 音樂專業人士受測者於語意區分測試法之刮鬚刀雷達圖

抽油煙機語意測試雷達圖

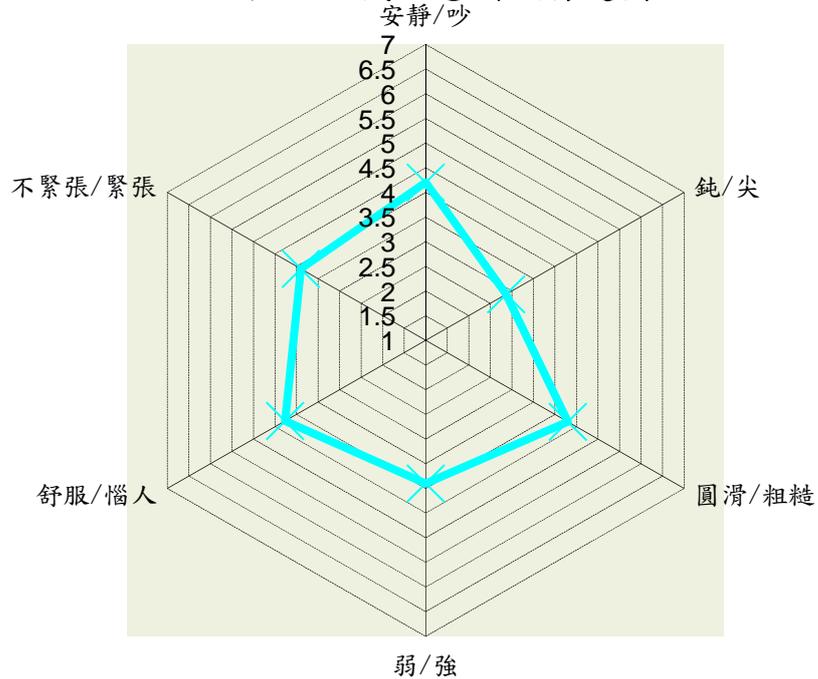


圖 3.76 音樂專業人士受測者於語意區分測試法之抽油煙機雷達圖

果汁機語意測試雷達圖

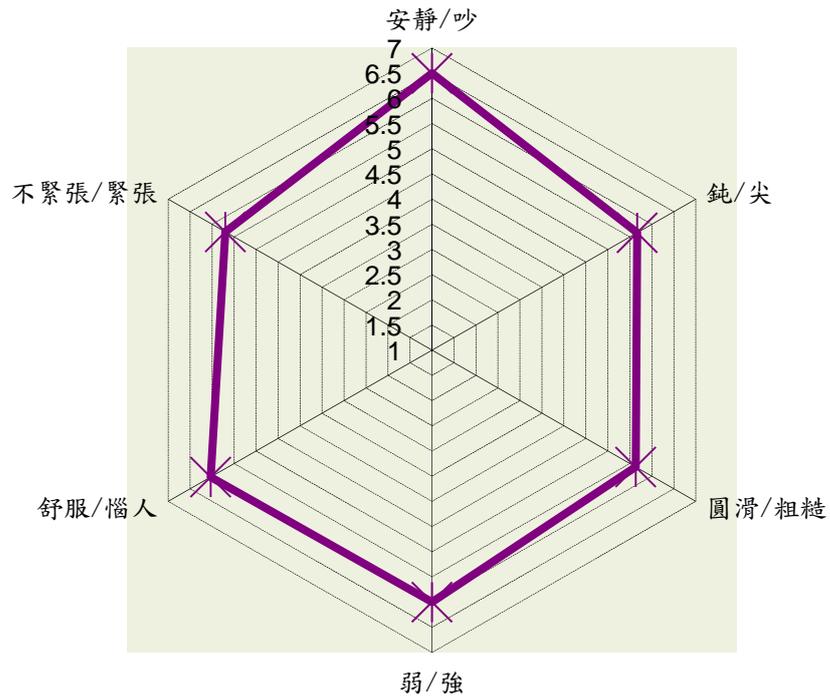


圖 3.77 音樂專業人士受測者於語意區分測試法之果汁機雷達圖

按摩棒語意測試雷達圖

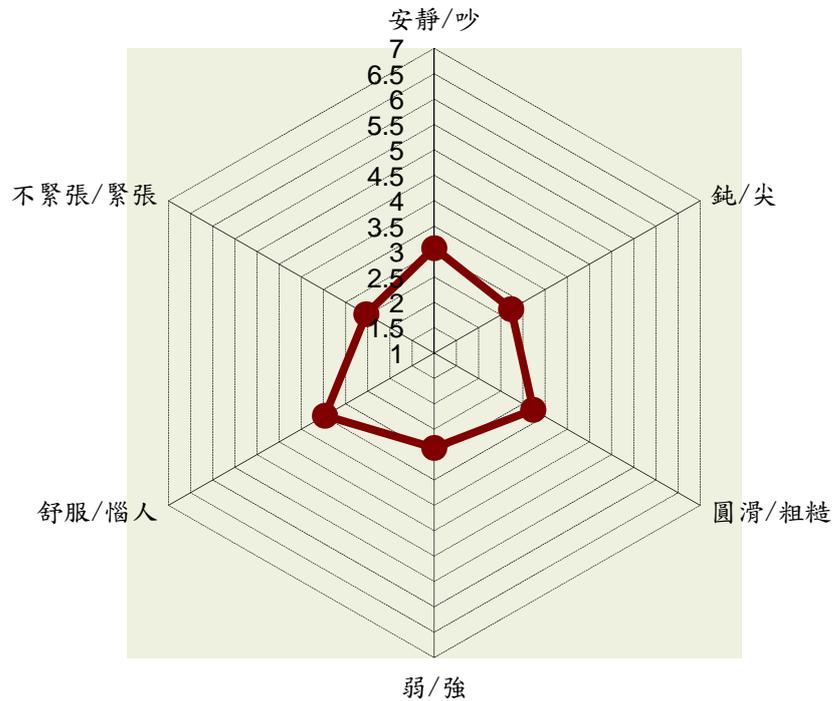


圖 3.78 音樂專業人士受測者於語意區分測試法之按摩棒雷達圖

電風扇語意測試雷達圖

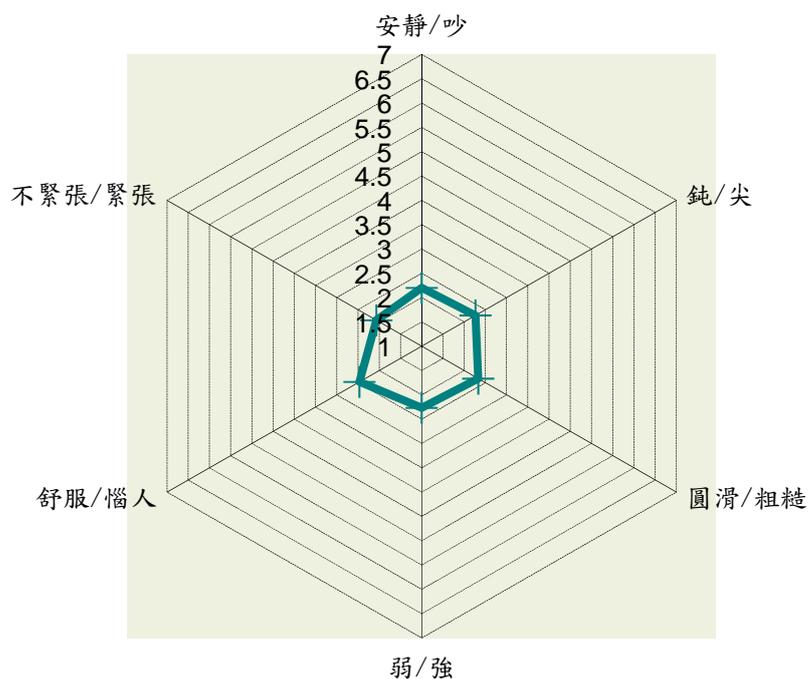


圖 3.79 音樂專業人士受測者於語意區分測試法之電風扇雷達圖

磨豆機語意測試雷達圖

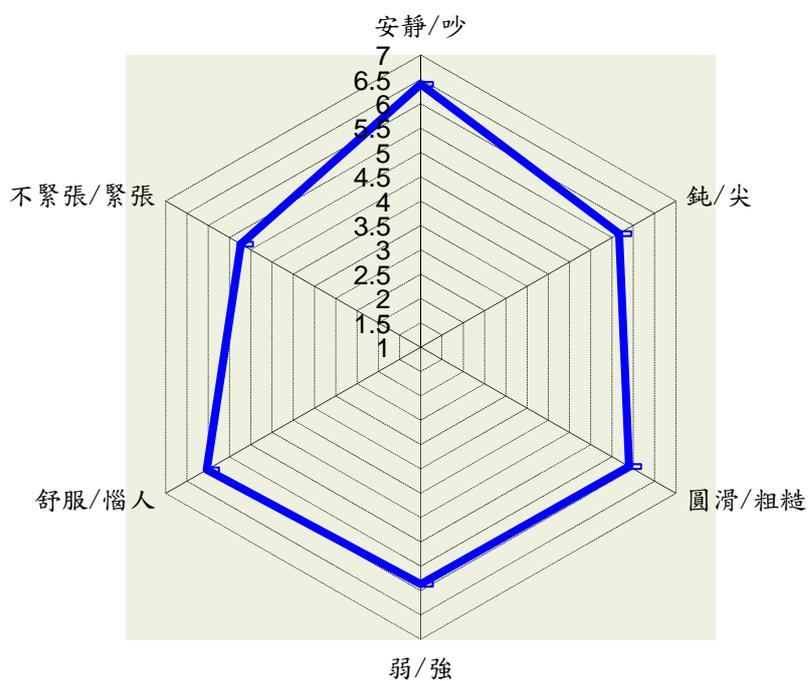


圖 3.80 音樂專業人士受測者於語意區分測試法之磨豆機雷達圖

3.9.6 語意區分測試法結果討論

- (i) 一般受測者在語意區分測試的結果，由表 3.47 至 3.52 所示，吹風機、刮鬚刀和抽油煙機在 6 個測試的向度中，見圖 3.59、圖 3.61 及圖 3.62 之雷達圖，其分佈呈中間值，安靜/吵、鈍/尖、圓滑/粗糙、弱/強、舒服/惱人、不緊張/緊張各個向度平均值約在 7 分當中的 3.56 分至 5.4 分左右，其中刮鬚刀的尖與鈍呈現較高的值，為一般受測者的 5.4 分及音樂專業人士的 5.9 分，表 3.53 至表 3.58 的音樂專業人士也顯示同樣的結果。
- (ii) 從一般受測者的表 3.47 至 3.52 及音樂專業人士的表 3.53 至表 3.58，在吸塵器的語意當中顯示，吸塵器、果汁機及磨豆機，其三者的語意 6 個向度均呈現非常高的值，表示吸塵器、果汁機及磨豆機為非常吵的、很尖的、很粗糙的、非常強的、非常惱人的及非常緊張的。
- (iii) 按摩棒於一般受測者圖為 3.64 音樂專業人士之圖 3.72，電風扇之雷達圖如圖 3.65 及圖 3.73，其數值由表 3.47 至表 3.58 來看，6 個向度皆屬於較低的值，其語意表示安靜的、較鈍的、較圓滑的、弱的、較舒服的及不緊張的。

3.10 Jury test 結論

本計畫之 jury test 重點在建立聲音品質與心理聲學的測試模式。本計畫選定 8 種常見之家電產品：(1)按摩棒、(2)果汁機、(3)吹風機、(4)磨豆機、(5)吸塵器、(6)抽油煙機、(7)電扇與及(8)刮鬍刀等，在四種不同居住空間(1)豪宅客廳、(2)一般住宅客廳、(3)小套房及(4)中型會議室進行 jury test 探討，旨在確定各種音源在不同空間，其頻譜與心理聲學參數的相互影響。常見之家電另有冰箱、冷氣機及洗衣機等，因其重量與安裝問題，不易移到不同場所進行錄製音源。

由前述 jury test 之實驗結果，可得出結論如下：

- (1) Jury test 之配對比較法及分類判斷測試法之主觀的測試結果，對照客觀的量測分析結果，二者結果相符合，因此由噪音源的選擇、問卷設計內容、受測者的分配整體操作流程無誤。
- (2) 配對比較法之評價方法，可以正確的比較出單種音源在不同場所之聽覺感受，此種方法適合用於精確排序之情況。
- (3) 應用分類判斷測試法經由受測者之排列，可陳述數種不同的噪音源相對於受測的聽覺感受排序。
- (4) 語意區分測試法為表達聽覺感受之形容方法，確實可讓受測者以各種聽覺感受引起之心理情緒，以數個向度來呈現，也可清楚明白受測者對於噪音源的描述。
- (5) 在噪音源粗糙度的部分，縱使於測試前解說及製做示範音源，讓受測者試聽各個不同等級的粗糙度或是實際生活中的例子，但多數受測者仍無法反應該選項，因而憑藉主觀之聽覺印象選擇響度大的音源。

3.10.1 建議

人耳的聽覺感受，並非由單一的量測儀器如麥克風或噪音計所計量之值可以代替人耳的感受，也並非將噪音降低至管制標準即表示人耳聽覺上的舒適度，在聽覺的感受上仍需考慮心理因素。透過本測試流程，確實可以建立符合人耳聽覺感受的噪音標準，以 A 加權做為物理性參數的依據，再對照 jury test 的測試程序，建立各種不同的噪音源或是噪音法規標準的程序，讓量測結果更接近人的聽覺，更進一步提昇智居聲音的舒適度品質。

四、環境物理與人體生理量測系統之介面整合

－ 建築聲學量測儀器檢測技術研究開發

本項計畫重點為：

- a. 聲學仿真人偶與聲學量測儀器規格功能測試技術研究開發
- b. 樓板衝擊性能測試及檢校技術研究開發

4.1 聲學仿真人偶與單體麥克風規格功能測試技術研究開發

國內消費性電子產業之聲響性能評價使用 Head Acoustics 之 KEMAR 系統或通訊器材廠商使用 B&k 之 HATS 聲學仿真人偶，本計畫將於 99 及 100 年內將針對聲學仿真人偶聲學量測系統之功能、性能驗證、查驗技術進行開發，陸續建立完善儀器功能性測試之方法與技術。

IEC61606-1 (Audio and audiovisual equipment - Digital audio parts - Basic measurement methods of audio characteristics- Part 1 general)[35]主要規範音訊或視訊設備（包括消費性產品、專業性產品及個人電腦）的音訊特性之基本量測方法，此標準並未包含誤失訊號之補償，與功率放大特性。IEC 61606-2 (Audio and audiovisual equipment - Digital audio parts - Basic measurement methods of audio characteristics – Part 2 Consumer use)[36]中規範設備聲量之輸出、輸入之訊號特性之檢測方法，其模組功能性檢查與確認之項目中包含：

- a. Crosstalk Attenuation
- b. Level Non-Linearity
- c. Distortion and Noise
- d. Noise Floor
- e. Dynamics Range
- f. Frequency Response
- g. Maximum Input Level

本計畫針對聲學仿真人偶量測系統之功能、性能驗證、查驗及量測追溯之技術建立，持續進行標準方法的建立與釐清完整的追溯鏈外，更針對標準於台灣所需的適用修正作進一步的應用探討，聲學仿真人偶之整合性檢校技術包括：雙耳音響特性之雙耳量測系統、數位式輸入輸出模組、多通道輸入模組以及分析模組、耳機放大器位準校正技術、可程式等化器校正技術、進行整合性之檢校能量之建立，達到標準自追溯之目標，以期協助國內無論是智慧居住空間產業或是資訊產業所使用的聲音品質量測系統能有一致性。

本計畫將前述 IEC 61606-2 所列 7 項儀器性能參數之定義與量測方法，應用於室內聲音特性的量測，比較一般單體麥克風與聲學仿真人偶之

雙耳量測系統量測之訊號特性之比較，嘗試引進人因參數對室內聲音品質的量測評估，藉由標準量測程序以瞭解仿真人偶與單體麥克風之訊號特性，未來應用麥克風量測聲音品質時，應如何加權。

依計畫書，99 度已完成下列四項聲學儀器功能測試技術開發：

- (a) Level non-linearity,
- (b) Noise floor,
- (c) Dynamics range,
- (d) Frequency response,

在本年(100)度擬依據 IEC 61672 及 IEC 61606 多通道輸入/分析模組檢校技術繼續完成下列三項聲學儀器功能測試技術開發：

- (a) Response to tone burst
- (b) Tolerance on frequency weighting characteristics
- (c) Cross talk

4.2 儀器性能參數測試技術概述

測試所使用的資料擷取與處理裝置採用 HQS-EA(HEAD Quality Standard Electro Acoustics)[37]，資料處理視窗如圖 4.1 所示，發聲裝置採用仿真人偶如圖 4.2(a)或音響喇叭如圖 4.2(b)所示，待測儀器(EUT)分別為麥克風(LARSON DAVIS PRM902 2451)如圖 4.3 所示，及仿真人偶之人耳如圖 4.4 所示。測試時將麥克風裝置於仿真人偶之人耳旁，如圖 4.4 所示，使得麥克風與仿真人耳有相同的量測距離，以便取得與仿真人耳相同的輸入音訊，用以比較麥克風及仿真人耳兩個待測儀器(EUT)分別對各種儀器性能參數測試之差異。利用音響喇叭發聲，以仿真人耳接收之架設如圖 4.5 所示，喇叭與待測儀器距離為 50cm。整體的量測架設如圖 4.6。

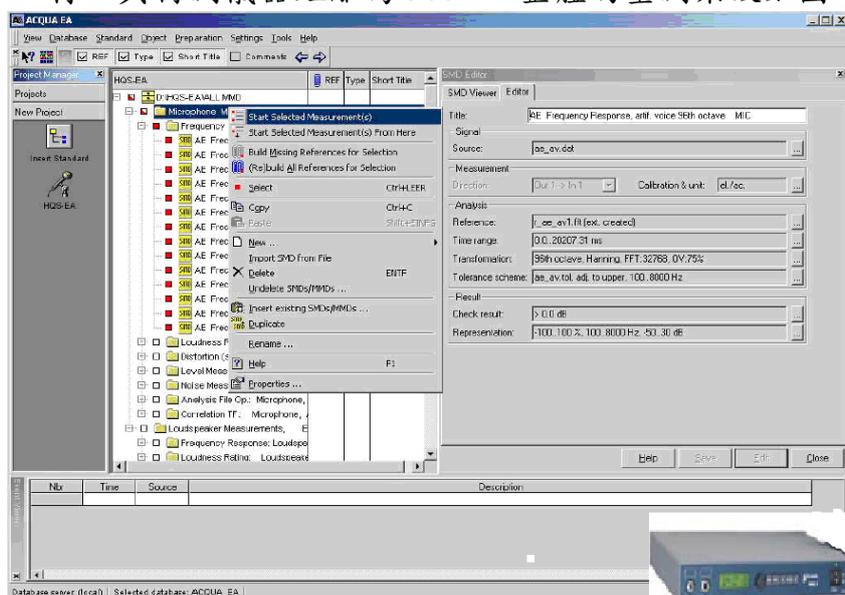


圖 4.1 HQS-EA 資料擷取裝置與處理視窗



(a) 仿真人偶發聲裝置



(b) 音響喇叭發聲裝置

圖 4.2 聲學儀器功能測試發聲裝置



圖 4.3 待測儀器(EUT)麥克風及前置放大器



圖 4.4 麥克風架設圖



圖 4.5 喇叭發聲架設圖



圖 4.6 整體實驗架設圖

4.3 本年度聲學量測儀器功能測試

本年度在聲音量測儀器性能參數計畫，繼續完成三項聲學儀器功能測試技術開發，目前量測結果如下：

(A) Response to tone burst

本計畫將利用 IEC 61606 規範最大容許之輸入值(Maximum Input Level)，測試儀器之 Response to tone burst，最大容許之輸入值敘述如下：

a. 最大容許之輸入值(Maximum Input Level)

a.1 定義：此項測試主要為測試 EUT 之可容許之類比輸入訊號之振幅，以發生 1% 之失真度之飽和位準定義為最大容許之輸入值。

a.2 測試執行之規劃圖如圖 4.7

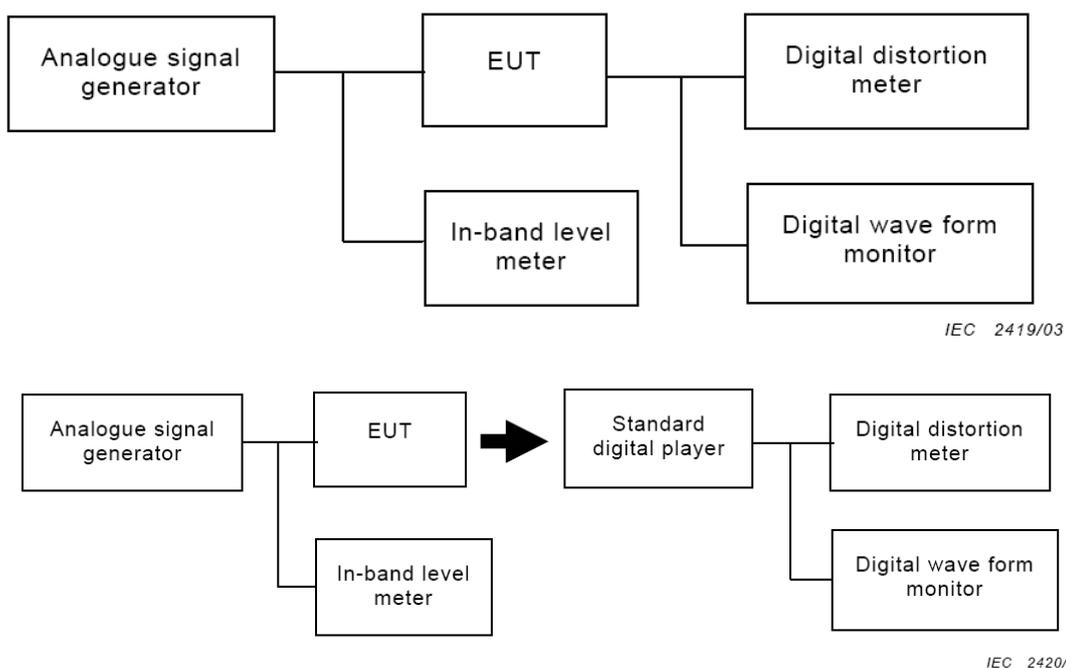


圖 4.7 最大容許之輸入值測試方塊圖

上圖:具數位輸出之EUT 下圖:不具數位輸出之EUT

a.3 輸入訊號

(i) 頻率: 997 Hz。

(ii) 位準: 從 $0 V_{r.m.s}$ 到超過類比輸入之 full-scale 位準。

a.4 執行步驟(規劃)

- (i)將待測儀器(EUT)與測試儀器架設如圖 4.7。
- (ii)將參考訊號 (997 Hz) 送入 EUT，並將位準從 0 Vr.m.s 漸漸的調到超過類比輸入之 full-scale 位準，以維持輸出為一般測試位準。
- (iii)紀錄輸入訊號振幅。
- (iv)當發生 1 %之失真度位準時輸入訊號振幅，即為最大容許之輸入值。

a.5 測試結果

本實驗之發聲裝置採用喇叭如圖 4.2(b)所示，實驗架設如圖 4.5 所示。分別對麥克風及仿真人耳以相同執行步驟做測試，麥克風最大容許之輸入值為 full scale -0.5 dB，仿真人耳最大容許之輸入值為 full scale -6.0dB，量測結果說明麥克風有較大的最大容許之輸入值。

(B) Tolerance on frequency weighting characteristics

IEC 61606 測試頻率特性部分之相關規範有頻率響應(Frequency Response)及群延遲(Group Delay)，整理後定義儀器之 Tolerance on frequency weighting characteristics，頻率響應及群延遲敘述如下：

a. 頻率響應(Frequency Response)

- a.1 定義：此項測試主要量測 EUT 之頻率響應，輸入訊號位準為一般訊號位準 $-20 \text{ dB}_{\text{FS}}$ ，參考訊號頻率為 997 Hz，在某測試頻率之頻率響應為其增益(gain)與參考訊號頻率所量測增益之差。

a.2 測試執行之規劃如圖 4.8。

a.3 輸入訊號

- (i)頻率：固定頻率如表 4.1。
- (ii)位準：一般測試位準(0.2V r.m.s.)。

a.4 執行步驟(規劃)

- (i)將待測儀器(EUT)與測試儀器架設如圖 4.8。
- (ii)以 sine 波將參考訊號 (997 Hz) 送入 EUT，紀錄其讀值。
- (iii)量測或紀錄輸出訊號
- (iv)輸入不同固定頻率訊號以標準測試位準輸入至 EUT，重

複步驟(ii)與(iii)，紀錄其輸出訊號值。

(v) 計算以參考訊號(997Hz)做輸入及不同固定頻率訊號做輸入兩者之輸出差值。

(vi)將結果之圖表方式表示。

表 4.1 IEC 61606-1 之測試頻率列表

Nominal Hz	Actual frequency (Hz)						
	fs = 32 kHz	fs = 44.1 kHz	fs = 48 kHz	fs = 88.2 kHz	fs = 96 kHz	fs = 176.4 kHz	fs = 192 kHz
4	4	4	4	4	4	4	4
8	7	7	7	7	7	7	7
16	17	17	17	17	17	17	17
32	31	31	31	31	31	31	31
63	61	61	61	61	61	61	61
125	127	127	127	127	127	127	127
250	251	251	251	251	251	251	251
500	499	499	499	499	499	499	499
1 k	997	997	997	997	997	997	997
2 k	1 999	1 999	1 999	1 999	1 999	1 999	1 999
4 k	3997	3 997	3 997	3 997	3 997	3 997	3 997
8 k	7 993	7 993	7 993	7 993	7 993	7 993	7 993
10 k	10 007	10 007	10 007	10 007	10 007	10 007	10 007
12 k	12 503	-	-	-	-	-	-
14 k	13 999	-	-	-	-	-	-
14.5 k	14 501	-	-	-	-	-	-
16 k	-	16 001	16 001	16 001	16 001	16 001	16 001
18 k	-	17 997	17 997	-	-	-	-
20 k	-	19 997	19 997	19 997	19 997	19 997	19 997
22 k	-	-	22 001	-	-	-	-
30 k	-	-	-	30 011	30 011	-	-
35 k	-	-	-	34 981	34 981	-	-
40 k	-	-	-	40 009	40 009	40 009	40 009
44k	-	-	-	-	43 997	-	-
50 k	-	-	-	-	-	49 999	49 999
70 k	-	-	-	-	-	70 001	70 001
80 k	-	-	-	-	-	79 999	79 999
88 k	-	-	-	-	-	-	88 001

a.5 測試結果

本實驗發聲裝置採用仿真人偶，實驗架設如圖 4.4 所示。分別對麥克風及仿真人耳以相同執行步驟做測試，以取樣頻率 $f_s=32\text{kHz}$ 為例，頻率響應測試結果如表 4.2 所示，結果說明，在 500Hz 以下麥克風比仿真人耳在大部分頻率都有較大的頻率響應，在高頻部分則兩者互有高低。

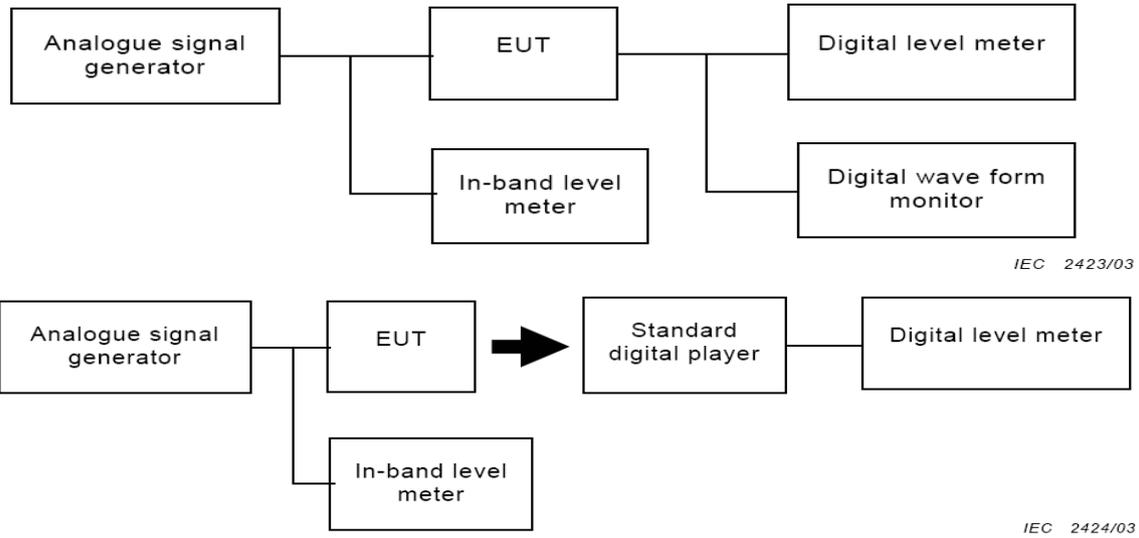


圖 4.8 頻率響應測試方塊圖

上圖:具數位輸出之EUT 下圖:不具數位輸出之EUT

表 4.2 頻率響應測試結果

Norminal Hz	Frequency Response 麥克風 dB	Frequency Response 仿真人耳 dB	麥克風 dB - 仿真人耳 dB
4	-8.35	-8.06	-0.29
8	21.41	21.18	0.23
16	31.91	29.06	2.85
32	42.42	41.52	0.9
63	12.85	11.66	1.19
125	-16.33	-16.04	-0.29
250	-15.55	-17.36	1.81
500	-16.33	-17.44	1.11
1 k	-15.16	-14.82	-0.34
2 k	-15.16	-7.43	-7.73
4 k	-22.95	-13.71	-9.24
8 k	-20.22	-22.95	2.73
10 k	-19.17	-30.1	10.93
12 k	-36.56	-30.11	-6.45
14 k	-31.12	-34.32	3.2
14.5 k	-30.73	-35.44	4.71

b. 群延遲(Group Delay)

b.1 定義：此項測試主要量測 EUT 之時間延遲，輸入訊號與參考訊號頻率為 997 Hz，兩者時間延遲之差。

b.2 測試執行之規劃圖如圖 4.9 所示。

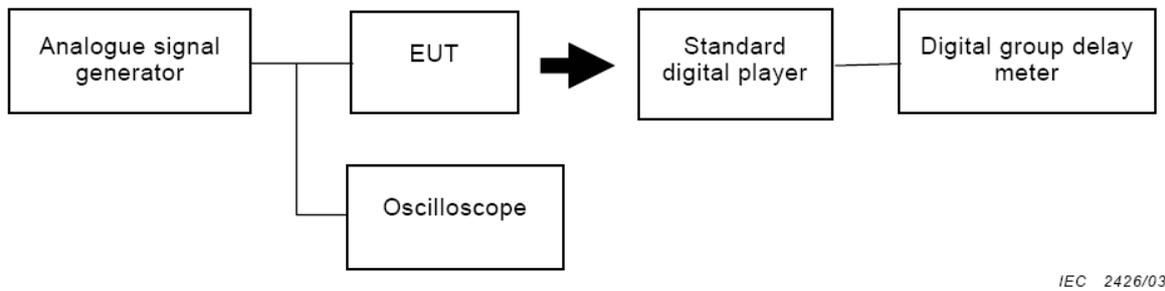
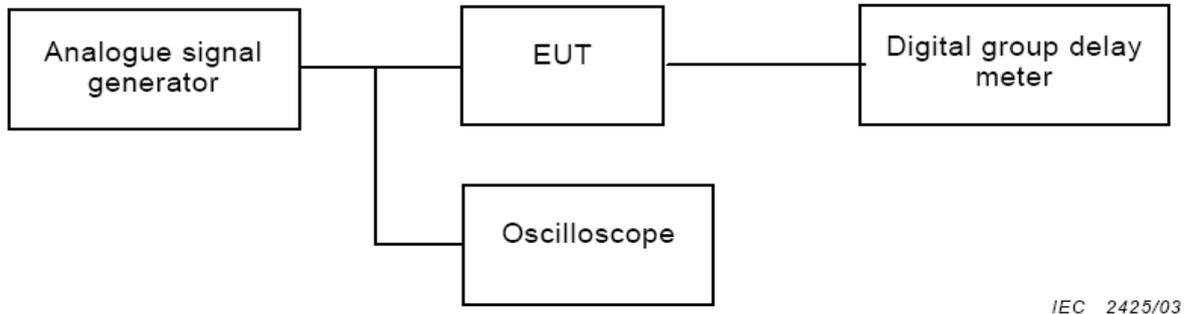
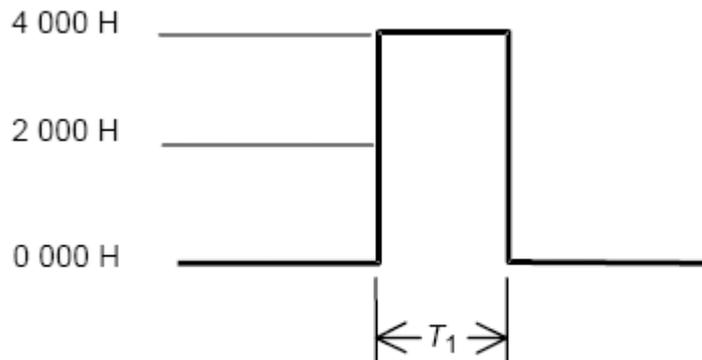


圖 4.9 群延遲測試方塊圖

上圖:具數位輸出之EUT 下圖:不具數位輸出之EUT

b.3 輸入訊號

(i)利用數位訊號產生器時，輸入訊號之波形如圖 4.10 所示



NOTE

$$T_1 = 1/f_s$$

IEC 1216/09

圖 4.10 數位測試時輸入訊號之波形

b.4 執行步驟(規劃)

- (i) 將待測儀器(EUT)與測試儀器架設如圖 4.9。
- (ii) 將參考訊號 (997 Hz) 送入 EUT，以數位群延遲計(group delay meter)紀錄時間延遲讀值 τ_R
- (iii) 以測試頻率 f 訊號為輸入訊號，重複步驟(ii)，紀錄其時間延遲讀值 τ_c
- (iv) 計算步驟(ii)及(iii)之讀值差
- (v) 測試頻率之群時間延遲為 $\tau = \tau_c - \tau_R$

b5 測試結果

本實驗發聲裝置採用仿真人偶，實驗架設如圖 4.4 所示。分別對麥克風及仿真人耳以相同執行步驟做測試，以取樣頻率 $f_s=32\text{kHz}$ 為例，測試結果如表 4.3 所示，當輸入頻率大於 499Hz 以後，因發聲裝置反應速度不夠快，無法發出所輸入的波形，所以讀值為 0。結果顯示，在可測到的頻率範圍內，仿真人偶有較大的延遲值。

表 4.3 群延遲測試結果

輸入頻率 $f_s(\text{Hz})$	麥克風 τ_c (ms)	仿真人偶 τ_c (ms)
4	2.9	3.0
7	2.9	3.0
17	2.9	3.0
31	2.9	3.0
61	2.9	3.0
127	2.9	3.0
251	3.0	3.0
499	0	0
997	0	0

(C) Cross talk

本計畫將利用 IEC 61606 規範訊號通道間互擾(crosstalk attenuation)，測試儀器之 Cross talk，訊號通道間互擾敘述如下：

a. 訊號通道間互擾(crosstalk attenuation)

a.1 定義

此測試之目的在於量測訊號通道中受到其他訊號通道之訊號所干擾之程度，例如由 B 訊號通道輸入一個滿載(full scale level)之訊號，吾人將量測 A 訊號通道受到 B 訊號通道干擾之大小，此種測試通常在評估一個類比電路之性能。

a.2 測試執行之規劃圖如圖 4.11 所示。

a.3 輸入訊號

(i) 頻率: 參考 IEC 61606-1 如表 4.1

(ii) 位準: -3 dB from full-scale level

a.4 執行步驟

(i) 架設待測儀器(EUT, equipment under test)與測試儀器如圖 4.11。

(ii) 將測試訊號輸入 EUT 之輸入端之一(e.g. Ch A)

(iii) 以 EUT 量測輸入之訊號位準, $A \text{ dB}_{\text{FS}}$ (*FS: full scale)

(iv) 將選擇通道以一般輸入訊號源相同之阻抗(impedance)做短路。

(v) 再將相同之訊號輸入未選擇之通道輸入端 (Ch B)

(vi) 量測訊號通道輸出之訊號位準 $B \text{ dB}_{\text{FS}}$

(vii) crosstalk attenuation 即定義為 $A-B \text{ dB}$

(viii) 若是多訊號通道之儀器則重複上述(ii)~(vi)之步驟，分別測定不同訊號通道間之 crosstalk attenuation

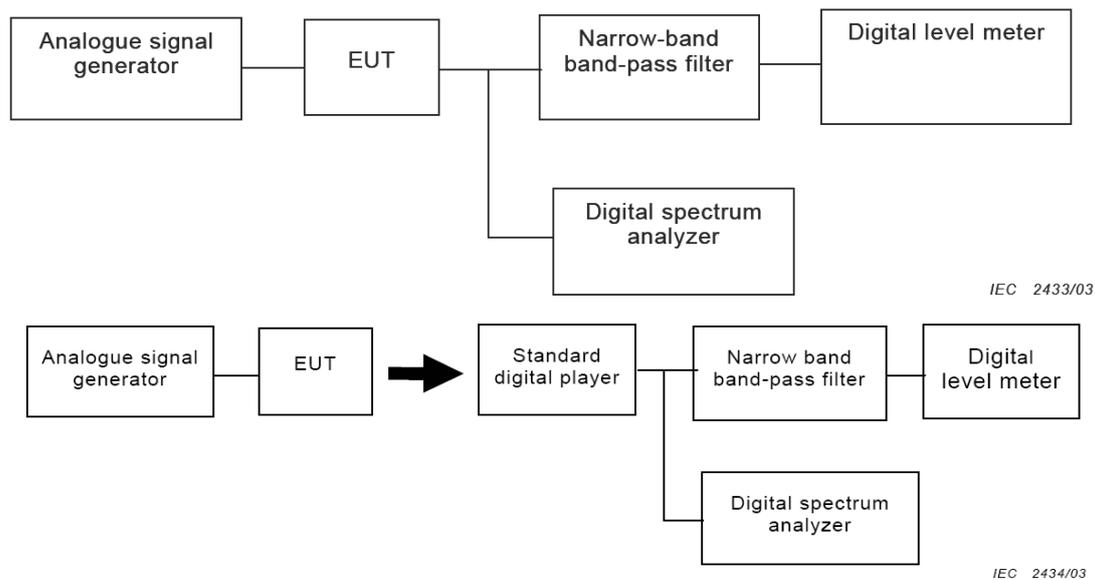


圖 4.11 Crosstalk 測試方塊圖

上圖:具數位輸出之 EUT 下圖:不具數位輸出之 EUT

a.5 測試結果

本實驗發聲裝置採用仿真人偶，實驗架設如圖 4.4 所示。分別對麥克風及仿真人耳以相同執行步驟做測試，以取樣頻率 $f_s=32\text{kHz}$ 為例，頻率響應測試結果如表 4.4 所示，結果說明，除了高頻有較大的干擾外，麥克風比仿真人耳在訊號通道間之 crosstalk attenuation 都很小。

表 4.4 訊號通道間互擾量測結果

Norminal Hz	Frequency Response 麥克風 dB			Frequency Response 仿真人耳 dB		
	A	B	A-B	A	B	A-B
8	49.13	4.70	44.43	42.01	3.72	38.29
16	47.81	-2.70	50.51	42.89	-4.95	47.84
32	47.35	-4.39	51.74	47.28	-8.04	55.32
63	50.53	-3.29	53.82	54.23	-4.89	59.12
125	48.63	0.01	48.62	49.51	-0.37	49.88
250	37.98	0.36	37.62	36.07	1.16	34.91
500	27.83	5.75	22.08	19.91	2.86	17.05
1 k	19.08	5.25	13.83	27.47	5.35	22.12
2 k	14.03	6.15	7.88	28.36	9.15	19.21
4 k	10.52	10.11	0.41	19.36	11.69	7.67
8 k	12.70	13.66	-0.96	16.44	14.38	2.06
10 k	12.97	13.86	-0.89	14.99	15.15	-0.16
12 k	14.69	14.94	-0.25	16.16	16.04	0.12

4.3.1 量測儀器功能測試小結

本計畫分兩年完成 IEC 61672 及 IEC 61606 多通道輸入/分析模組 7 項儀器功能檢校技術之研究，內容為：

- (a) Level non-linearity,
- (b) Noise floor,
- (c) Dynamics range,
- (d) Frequency response,
- (e) Response to tone burst
- (f) Tolerance on frequency weighting characteristics
- (g) Cross talk

研究過程針對單體麥克風及聲學仿真人偶進行同時量測比較，結果摘要如下：

1. 聲學仿真人偶與麥克風的位準非線性度不同，麥克風的非線性度程度較小。
2. 麥克風為物理量的量測，聲學仿真人偶有人因的加權，因此麥克風呈現較強的訊噪比。
3. 在動態範圍上麥克風動態範圍略高，約高出 1dB。
4. 頻率響應在 1kHz 以上仿真人耳與與麥克風有明顯差異。
5. 在 tone burst 反應上量測結果呈現麥克風最大容許之輸入值較大。
6. 頻率反應特性顯示，在 500Hz 以下麥克風比仿真人耳在大部分頻率都有略大的頻率響應，在 500Hz 以上，麥克風與仿真人偶頻率響應差異較明顯。仿真人偶模仿人耳之耳道，500Hz 以上聲音在耳道空間的迴響與自由聲場不同，500Hz 以上麥克風與仿真人偶量得之聲音頻譜差異較大。
7. 在 Group Delay 量測結果顯示，於可測到的頻率範圍內，仿真人偶有較大的延遲值。
8. 訊號通道間互擾量測結果顯示高頻有較大的干擾外，麥克風比仿真人耳在訊號通道間之 crosstalk attenuation 都很小。

4.4 樓板衝擊源性能測試及檢校技術開發

4.4.1 建築物樓板衝擊音

聲音主要來自於物體的振動激發空氣產生疏密波，所以物體振動的傳遞對於聲音的形成是很重要的。就聲音的傳遞方式而言通常以空氣音(Air borne，以空氣疏密波為主的傳遞方式)和固體音(Structure borne，以空結構體振動為主的傳遞方式)較為常見，如圖 4.12 所示。以建築聲學經常遇到的噪音類型中，空調出風口的噪音就是空氣音；樓上小孩子跳動的噪音則是固體音，而後者也是現代住宅常常面臨，而且不容易改善的噪音問題。故樓板對於衝擊振動的抑制能力對維護居住安寧是極為重要的，因此樓板結構所產衝擊音應該如同建築物隔間牆、隔音窗等之隔音性能有其對應的評估標準。

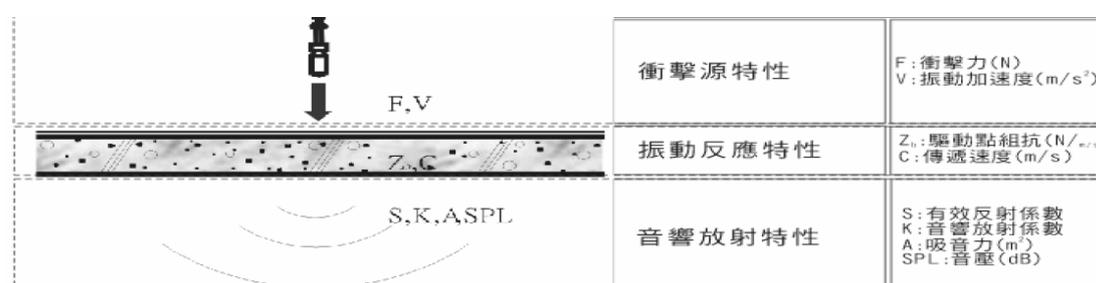


圖 4.12 樓板衝擊音之發生機制

4.4.2 測試方法開發研究程序

本計劃研究程序如圖 4.13，包含衝擊源應用於樓板隔音測試之探討、相關文獻蒐集討論、技術開發及驗證等幾各方面。

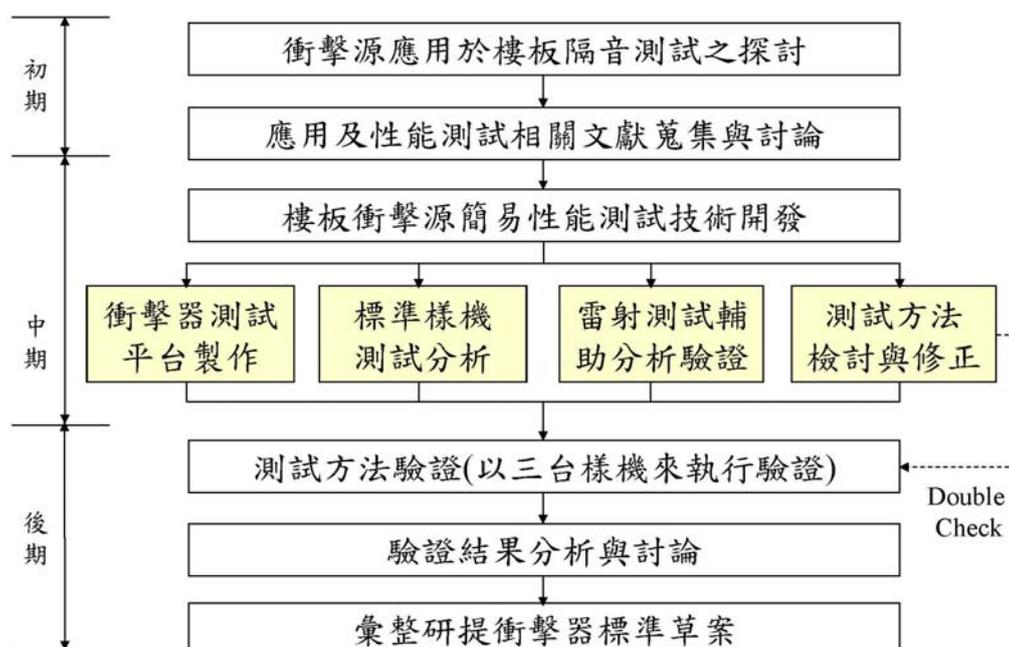


圖 4.13 測試方法開發研究程序圖

4.4.3 相關測試標準

國際上對於樓板結構對於衝擊造成的下方房間室內的音量大小也有相關的測試標準，國際最通用的準為 ISO 140-6、ISO 140-7、ISO 140-8，我國則是 CNS 15160-6、CNS 15160-7、CNS 15160-8 與 CNS 8465-2，其標準詳細說明如下：

- ISO 140-6 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 6 : Laboratory measurements of impact sound insulation of floor
- ISO 140-7 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 7 : Field measurements of impact sound insulation of floor
- ISO 140-8 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 8 : Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor
- CNS 15160-6 A3407-6 聲學 – 建築物及建築物構件之隔音量測法 – 樓板衝擊音隔音之實驗室量測
- CNS 15160-7 A3407-7 聲學 – 建築物及建築物構件之隔音量測法 – 樓板衝擊音隔音之現場量測方法
- CNS 15160-8 A3407-8 聲學 – 建築物及建築物構件之隔音量測法 – 重質標準樓板表面材之衝擊音降低量實驗室量測
- CNS 8465-2 A1031-2 聲學 – 建築物及建築物構件之隔音評定 – 衝擊音隔音

表 4.5 為 ISO、ASTM、JIS 及 CNS 有關樓板衝擊之測試標準彙整表。

表 4.5 樓板衝擊測試標準彙整表

ISO		ASTM	JIS	CNS
140-6 (1998)	樓板衝擊音測定 (實驗室)	E492	—	15160-6 A3407-6 (2008)
140-7 (1998)	樓板衝擊音測定 (現場)	E1007	A1418-1 (2000) 輕質衝擊源	8464 A3142 (1982) 15160-7 A3407-7 (2009)
	—	—	A1418-2 (2000) 重質衝擊源	
140-8 (1997)	重質樓板裝修材之 衝擊音減低測定 (實驗室)	—	A1440 (1997)	15160-8 A3407-8 (2009)
140-11 (2003)	重質樓板裝修材之 衝擊音減低測定 (實驗室)	—	草案審議中	15160-11 A3407-11 (2009)
140-12 (2000)	高架樓板衝擊音測 定(實驗室)	—	—	—
717-2	樓板衝擊音宣告方 法	E989	A1419-2 (2009)	8465 A1031 (1987) 8465-2 A1031-2 (2007)

樓板衝擊音隔音測試方法，是測試上、下兩間房間，在上面房間以標準衝源衝擊樓板，同時量測下方房間室內的音量(1/3 倍程頻譜，頻率範圍 100 Hz – 3.15k Hz)，將量測結果套入 CNS 8465-2 標準曲線，以計算該樓板結構對衝擊音的等級。實際測試時可分為實驗室(ISO 140-6、CNS 15160-6)或者是建築物現場(ISO 140-7、CNS 15160-7)等兩種。

實驗室法之測試空間分為上、下兩間分別為標準的餘響室，其目的在於提供浮式樓板(Floating Floor)、隔振地板或樓板表面鋪裝材等廠商產品性能等級測試用途，測試結果可以做為不同產品間的性能比較，以及提供建築師設計、選擇樓板時的參考，但測試數據不等同未來實際使用之結果；而建築物現場樓板衝擊音測試則和實驗室的測試恰恰相反，建築物現場測試為反應樓板構造實際使用結果，僅代表該現場的結果，不等同其它現場結果，也不能直接做為不同產品之間的比較。

4.4.4 標準衝擊源

由於樓板衝擊音和上方住戶的活動型態有關，例如住戶的走動聲、椅子拖動聲等，標準衝擊源就是要產生類似的活動衝擊，以模擬實際的狀況，如此樓板下方房間所測得的噪音值才會接近實際的住戶感受。國際通用的 ISO 140-6、7、8 採用的是輕量型衝擊源，主要是模擬高跟鞋等尖硬的東西撞擊樓板的聲音，其原理為採用 5 個具有質量(500g/個)的重錘，用馬達帶動，以自由落體方式連續撞擊(標準的衝擊力)樓板，而讓樓板產生幅射噪音。圖 4.14 與圖 4.15 列出兩種廠牌之衝擊源。

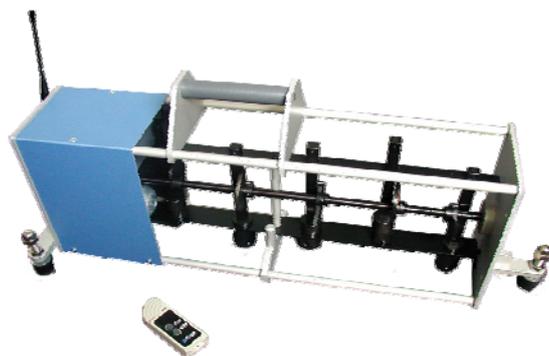


圖 4.14 01dB 公司樓板衝擊源



圖 4.15 CESVA 公司樓板衝擊源

CNS 15160- 6 與 7 (或 ISO 140-7 與 8)規範以標準輕質量敲擊規定位置敲擊樓板，將聲壓位準量測設備至於規定位置，量測受音室之衝擊聲壓位準，同時量測受音室之餘響時間，計算受音室等價吸音面積，進行聲壓位準之修正，最後計算標準化聲壓位準，如圖 4.16 所示。再用 CNS8465-2 建築物現場樓板衝擊音級測定方法依 CNS15160-6 與 15160-7 測試結果評定樓板衝擊因隔音等級。

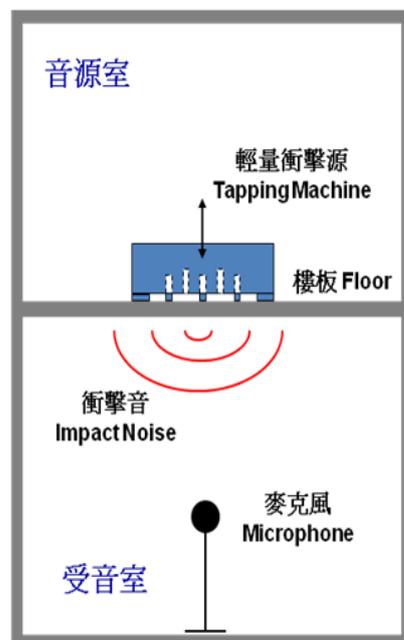


圖 4.16 樓板衝擊音測試範例

由於樓板衝擊音的量測與衝擊源的力量特性息息相關，必需規範統一的標準衝擊源，無論實驗室量測或是現場測試使用，所測得的數據才具備參考性以及供比較用途，故 ISO 140-6、7、8 對於標準衝擊源的構造、動作均有詳細的規範和要求，國際上標準衝擊源的製廠商均是依據 ISO 的規格來設計、生產其標準衝擊源產品。標準衝擊源詳細的規格 ISO 140-6、7、8 均在其附錄 A 有所說明，附錄 A 內容如下：

ISO 140-6、7、8 附錄 A

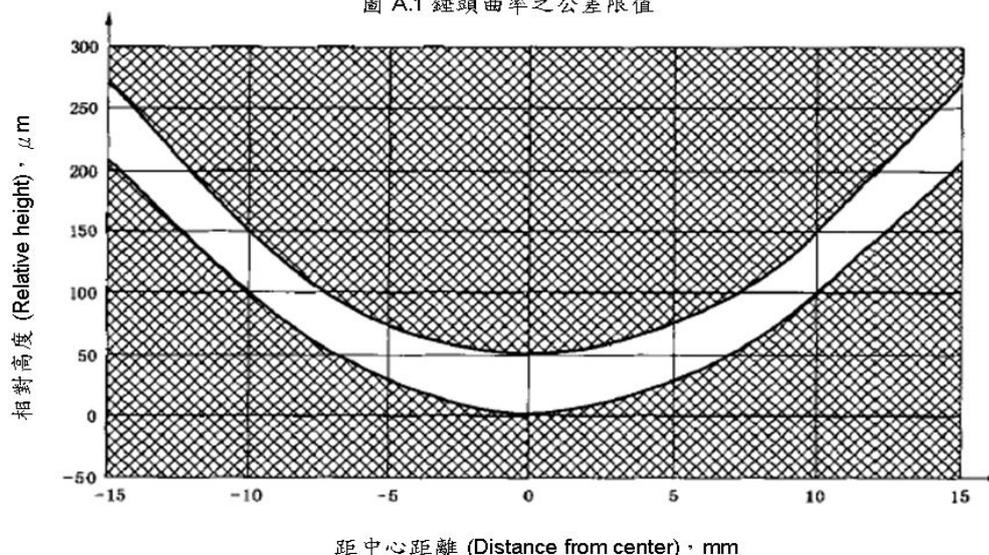
標準衝擊源之規定

輕量衝擊源應有 5 個錘處於同一線上，相臨錘頭之中線間隔距離應為 (100 ± 3) mm，輕量衝擊源底座中心與相臨錘頭之中心線間隔至少 100mm，底座應裝有防振墊，具有 500g 有效質量 (effective mass) 之每一個錘頭，由 40mm 高度自由落下，敲擊樓板產生動量，動量之公差限值須在 $\pm 5\%$ 範圍內，由於須考慮錘頭操成之摩擦，因此不僅要確定錘頭質量及落下之高度，同時亦須確定衝擊時，錘頭速度於下列限值內：每一錘之質量為 (500 ± 3) g，其衝擊速度應為 (0.886 ± 0.022) m/s，若能確定錘之質量在相應減少限值 (500 ± 6) g 內，速度許可差可提高至最大不超過 ± 0.033 m/s，錘頭落下方向應垂直於測試表面，許可差在 $\pm 5^\circ$ 範圍內。

敲擊樓板之錘頭部份應為直徑 (30 ± 0.2) mm 之圓柱形，衝擊表面應為硬化鋼質材料且曲率半徑為 (500 ± 100) mm 之球形得以下列方法檢測此項規定是否符合：

1. 當儀錶 (meter) 經由中點並相互垂直之至少兩條直線移過表面時，若量測結果在圖 A1 所列容許範圍內，則可認定衝擊表面之曲率符合規定。

圖 A.1 錘頭曲率之公差限值



2. 錘頭曲率得使用具有 3 個探頭位於直徑 20mm 圓上之球徑儀 (spherometer) 加以量測。

輕量衝擊源應為自動型，衝擊間隔平均時間應為 (100 ± 5) ms。連續衝擊間隔時間應為 (100 ± 20) ms。

錘頭衝擊及舉起之時間間隔應少於 80ms。

對用於測試裝有柔性表面或表面不平材料，其樓板衝擊音隔音之標準輕量衝擊源，應確保錘頭能夠落至輕量衝擊源支撐底座放置之平面以下至少 4mm。

所有對標準輕量衝擊源之調整及是否符合規定之校驗，應在平坦硬質表面上實施，且應在任何測試表面上以此種條件使用輕量衝擊源。

若測試表面極軟之表面材料覆蓋，或表面極為不平致使錘頭無法落至底放置之表面達 40mm 時，得在底座下使用墊板，以確保正確之 40mm 落下高度。

須定期於標準實驗室校驗，以確定其符合需求，測試面應於平坦度在 ± 0.1 mm 範圍內及水平度在 ± 0.10 範圍內之測試表面上實施。

若無修改輕量衝擊源，有些參數僅須量測一次即可，此涉及錘頭間隔距離、輕量衝擊源底座、錘之直徑、錘之質量(除非錘頭經過表面重新處理)、錘頭衝擊與舉起間及錘頭落下之最大可能高度。

錘頭之速度、錘頭直徑及曲率、錘頭落下方及衝擊間隔時間定期進行校驗。

校驗量測之不確定度 (uncertainty) 最大應為公差值之 20%。

若將上述 ISO 對衝擊源規範重點整理，則其摘要，如下：

- (1) 撞擊錘數目 - 5 個。
- (2) 撞擊錘質量 - 每個 $500\text{g} \pm 3\text{g}$ 。
- (3) 相鄰兩個錘間距 - $100 \pm 3\text{mm}$ 。
- (4) 撞擊時間間隔 - $100\text{ms} \pm 5\text{ms}$ 。
- (5) 自由落體距離 - 40mm 。
- (6) 由 40mm 高度自由落下，敲擊樓板產生動量，動量之公差限值須在 $\pm 5\%$ 範圍內。
- (7) 錘頭垂直落下方向 - 許可差在 $\pm 5^\circ$

4.4.5 樓板衝擊源性能測試及檢校技術開發

由於市場上商品化的樓板衝擊源其型錄、規格幾乎都明列符 ISO 140 規定，假設其設計以及出廠前的品管均也符合 ISO 140 的規定，那麼交到使用者手裡就僅有錘頭之速度、錘頭落下方向兩項規格是有定期測試的需要。然而由於錘頭落下的距離僅有 40mm ，而且是在自由落體加速(非等速)的狀態下，要量測撞擊點的速度在技術上可能是有困難的，同時還要考慮錘頭垂直落下方向 - 許可差在 $\pm 5^\circ$ 的規定。Håkan Andersson[48]報導其檢測 6 件樓板衝擊源有 5 件無法滿足 ISO140 的結果，並建議樓板衝擊源校驗不要超過 3 年。

ISO 對衝擊源的校驗尚無明確標準，如果能發展標準衝擊源性能測試技術，並成為檢測標準，將有助於確保樓板衝擊源的使用性能，以提昇建築樓板隔音等級評定的水準。配合建築產業的發展，樓板衝擊源振源檢測標準應先建立簡易級 (engineering class 或 survey class) 方法以便於現場的應用。

4.4.6 樓板衝擊音之量測方式

前述為建築物樓板衝擊音與標準衝擊源之簡介，本節將針對現況建築聲學之樓板衝擊音量測方式詳加說明，目前一般方式區分為實驗室與現場測試等兩種方式，兩者量測方式說明如下：

一、實驗室方法

目前 ISO 規範對建築聲學之範疇與規定為 ISO 140 系列，其中 ISO 140-6 至 140-8 係以聲壓法為基礎，主要應用範圍是在實驗室測試；而 ASTM 實驗室規範則以 ASTM E492，日本實驗室規範則以 JIS-A1418-1 為主。有關實驗室量測程序說明如下：

(一) 確認儀器設備

實驗室配置如圖 4.17 所示，量測前應注意兩室之溫溼度環境控制，並檢查儀器設備連接是否正常及麥克風收訊是否正常等狀況。

(二) 測試件安裝

檢查待測件之特徵，如：軟性或鋼樓板緩衝材。

(三) 測試件周邊之氣密性檢查

待測試件到達樓板測試定位點後，詳細檢查待測樓板之四周氣密性是否良好，以防止聲音由四周邊縫隙漏音。

(四) 標準衝擊源及麥克風架設確認

(1) ISO 140-6、ISO 140-8 與 JIS-A1418-1 規定，輕量衝擊源擺放位置為沿著對角線任意取四個點，但距離地板邊緣至少 0.5m，對角線交叉中心點放置一點，總共測 5 點位置，且各點擺放位置至少相距 1.0m，前述量測位置配置如圖 4.18。

(2) ASTM E492 規定，輕量衝擊源擺放位置為靠近地板中心點呈土字型三點，如圖 4.19。

(3) 受音室共裝設 6 支麥克風，ISO 140-6、ISO 140-8 與 JIS-A1418-1 規定麥克風間距至少 0.7m，麥克風與餘響室內牆距離至少 0.7m，此外距離待測件至少 1.0m。

(4) ASTM E492 對麥克風規定，其至少距餘響室周邊 1.0m。

(五) 裸樓板輕衝擊源聲壓位準量測

(1) 執行樓板下方之餘響室背景音量量測。

(2) 將輕量衝擊源放至在規範規定位置。

(3) 待背景音量及輕量衝擊源敲擊裸樓板完畢後，進行餘響室之餘響時間量測。

(六) 裸樓板上方加設緩衝材（待測試件）之聲壓位準量測，請重覆第（五）項步驟執行即可。

(七) 數據分析與結果

依據 ISO 712-2、JIS-A1418-2 或 ASTM-E989 方法各頻率輕衝擊音隔音值之結果轉換為「宣告值」，以作為評估隔音等級依據。

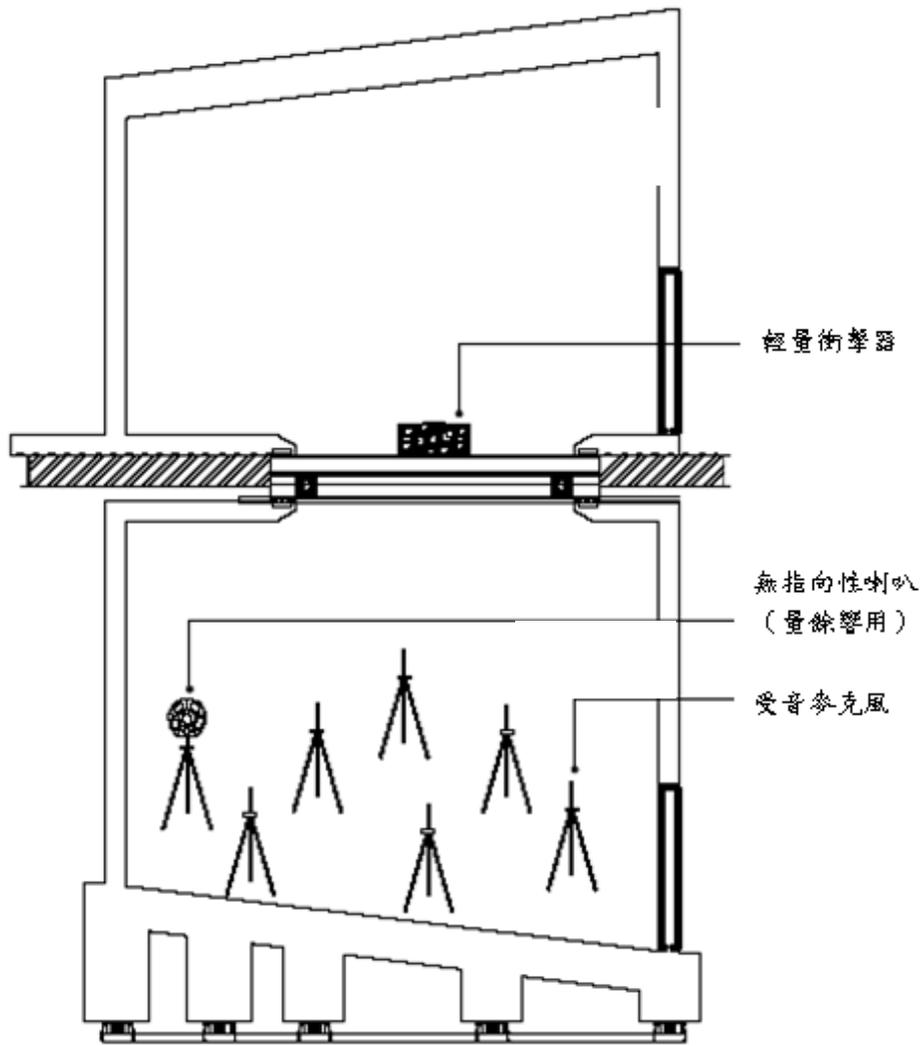


圖 4.17 樓板衝擊音實驗室測試方法配置圖

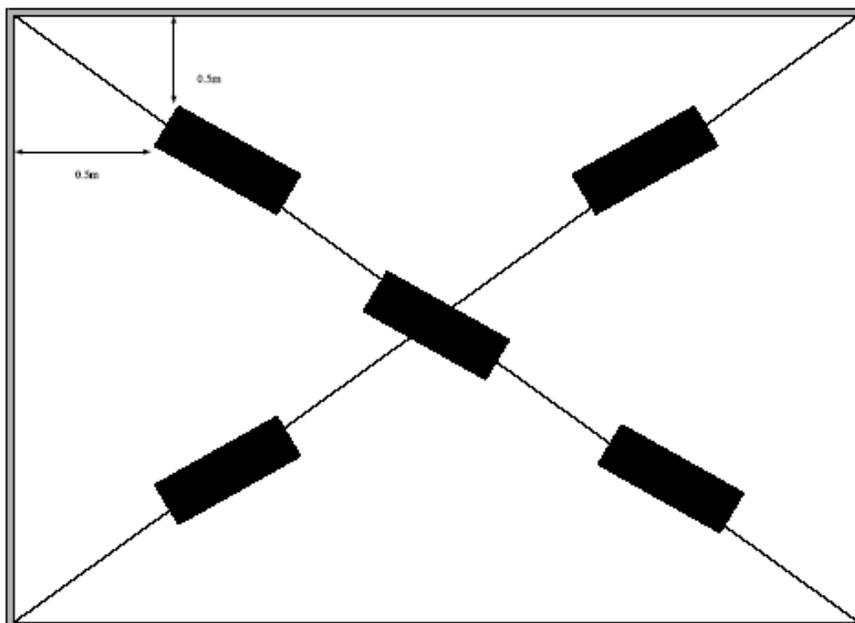


圖 4.18 ISO 規範標準衝擊源之配置位置圖

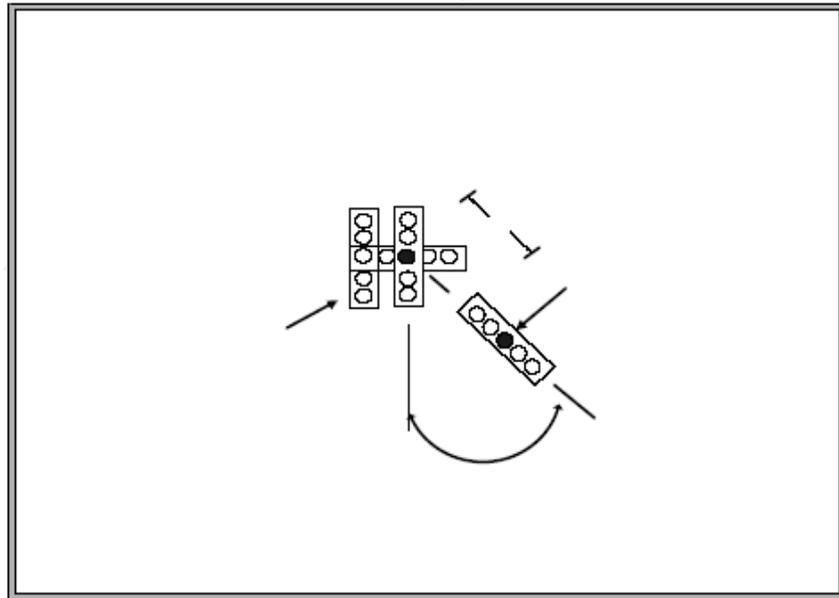


圖 4.19 ASTM 規範標準衝擊源之配置位置圖

二、現場量測方法

目前 ISO 規範對建築聲學之範疇與規定為 ISO 140 系列，其中 ISO 140-7 主要應用範圍是在現場測試。有關現場量測程序說明如下：

(一) 確認儀器設備

儀器於現場配置依各空間有所不同，此點與實驗室有些差異。此外，量測前應檢查儀器設備連接及麥克風收訊是否正常等狀況。

(二) 測試件安裝及氣密性檢查

確認測試件安裝確實，無任何異狀。詳細檢查待測樓板與四周牆面之氣密性是否良好，以防止聲音由四周邊縫隙漏音。

(三) 標準衝擊源及麥克風架設確認

(1) 標準衝擊源需平均分布於音源室樓板面上，如圖 4.20。

(2) 麥克風需平均分布於受音室，間距需有 0.7m 以上，且離試驗樓板至少 1.0m。

(四) 受音室背景音量量測

待前述步驟完成後，開始進行背景音量量測。

(五) 受音室樓板衝擊音量量測

待於音源室樓板處之輕衝擊源架設完畢，並確認完位置後，開始進行樓板衝擊音量量測。

(六) 受音室餘響時間量測

待前述步驟完成後，開始進行餘響時間量測。

(七) 數據分析與結果

依據 ISO 712-2、JIS-A1418-2 或 ASTM-E989 方法各頻率輕衝擊音隔音值之結果轉換為「宣告值」，以作為評估隔音等級依據。

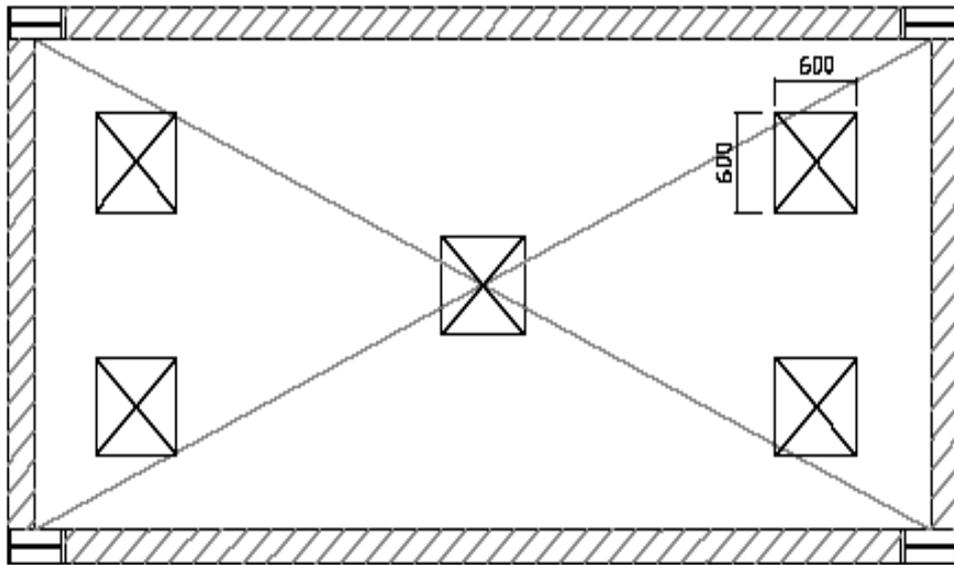


圖 4.20 輕量衝擊源之現場量測方法配置圖

4.4.7 樓板衝擊源性能測試與檢校技術開發原則

雖然 ISO 對於樓板衝擊源的機構規格、動作等有所規範，同時對於樓板衝擊源之錘頭速度、錘頭直徑及曲率、錘頭落下方向及衝擊間隔時間要求定期進行校驗。但附錄中另列“若無修改輕量衝擊源，有些參數僅須量測一次即可，此涉及錘頭間隔距離、輕量衝擊源底座、錘之直徑、錘之質量(除非錘頭經過表面重新處理)、錘頭衝擊與舉起間及錘頭落下之最大可能高度”，也就是說倘若使用者購入標準衝擊源後沒有拆卸、修改改標準衝擊源的狀態下，就僅錘頭之速度、錘頭落下方向兩項是需要做定期校驗。

重新檢示 ISO 140 對樓板衝擊源的要求“500g 有效質量 (effective mass) 之每一個錘頭，由 40mm 高度自由落下，敲擊樓板產生動量，動量之公差限值須在 $\pm 5\%$ 範圍內”，事實上不論是錘頭速度以及垂直落下方向等的要求，均是在確保“錘頭敲擊樓板產生動量，動量之公差限值須在 $\pm 5\%$ 範圍內”的目的，因此倘能發展出測試錘頭撞擊的動量或力量的簡易量測系統，應該更能符合 ISO 140 對於樓板衝擊源性能的確認。

配合樓板衝擊現場試驗的推廣，樓板衝擊源性能之檢校也以現場檢校為原則，在方法上與設備上均需符合可攜性與使用簡便性之要求，因此本

計畫開發原則採用設備成本較經濟、結構簡單的方式為主，檢測等級屬於 survey class，故稱為簡易性能檢測方法。本計畫關於衝擊源的衝擊週期及衝擊速度採用接觸式衝擊方式測法，特點為結構簡單，可達到檢測表準之要求。

4.4.8 樓板衝擊源簡易性能測試與檢校技術開發

4.4.8.1 方法說明

本年度計畫小組朝採用動量(速度或加速度規)或力量感測器來量測落錘撞擊的動量或力量做為研究方向，藉以開發衝擊源簡易性能測試系統，系統初步構想(如圖 4.21)以及執行工作方法如下：

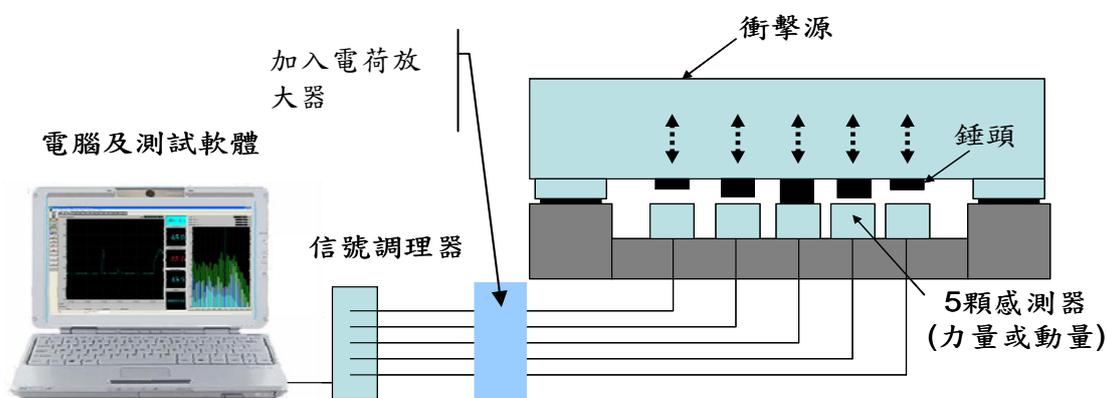


圖 4.21 本測試系統構想圖

1. 依 ISO 140 對錘頭質量、速度及容許差，計算錘頭撞擊時之動量或力量。
2. 尋求適用的動量或力量感測器(含信號調理器)。
3. 設計、製造及依實驗修正測試基座，測試基座用於安裝感測器、固定衝擊源、讓錘頭落下衝擊感測器的條件符合 ISO 140 的要求。
4. 建立符合 ISO 140 落錘撞擊條件之動量或力量限制資料、用比對測試結果。
5. 分析量測數值的穩定性以及重現性，以確認系統之可行性。
6. 以非接觸式雷射設備驗證本計畫所採用之標準衝擊源性能狀態，以確定本法所測得數據之可靠度。

4.4.8.2 金屬測試架設計

測試架主要用途在於固定樓板衝擊源及感測器於相對的位置。試架上部設計 6 組固定螺栓，用以固定樓板衝擊源，底部有組感測器固定座間隔 100mm，以安裝感測器，感測器撞擊面距離 40mm，以量測衝擊

鐘撞擊樓板時的速度(或力量)。金屬測試架之設計圖(尺寸)如圖 4.22 與圖 4.23，完成測試架實體如圖 4.24 到圖 4.26。

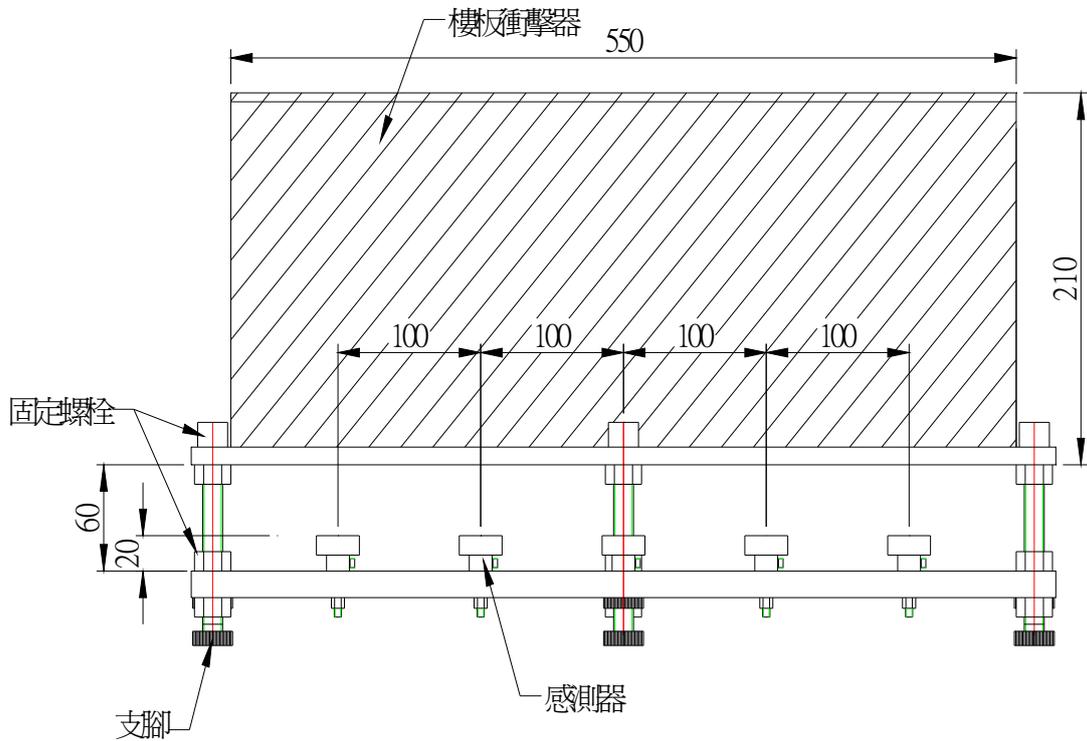


圖 4.22 金屬測試架組裝圖-側視圖

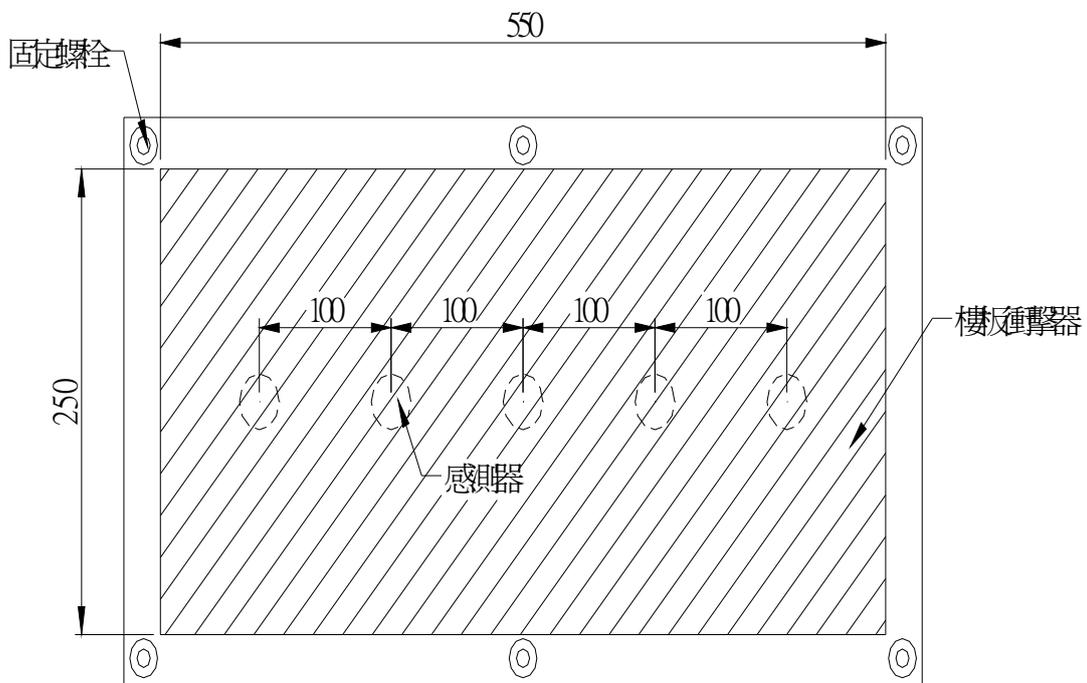


圖 4.23 金屬測試架組裝圖-上視圖



鋼衝擊面



尼龍衝擊面



圖 4.24 量測照片架設圖-1



圖 4.25 量測照片圖-2

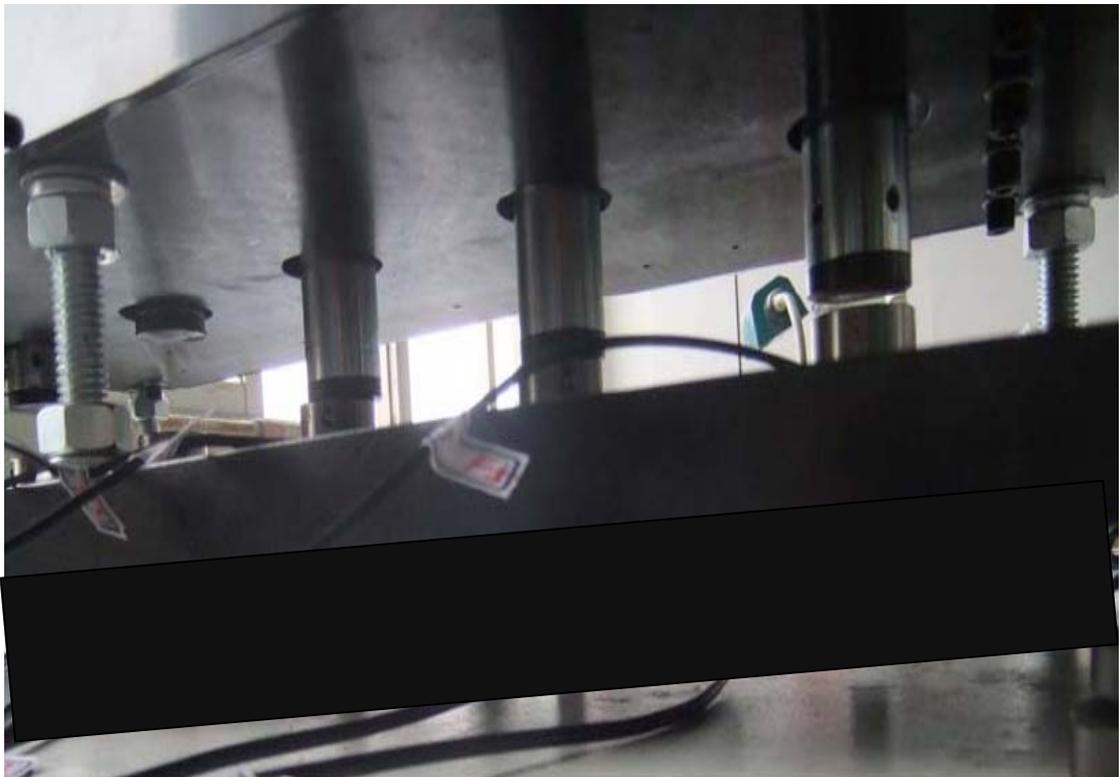


圖 4.26 量測照片圖-3

4.4.8.3 量測儀器

動態訊號分析儀(YE6231 2 頻道分析儀如圖 4.27 所示)的用途在於擷取感測器 (CL-YD-312A) 測得樓板衝擊源鍾頭撞擊的訊號，搭配 YE7600 信號分析軟體來分析、計算鍾頭撞擊速度或力量，以比對 ISO 140 標準中的要求，以判定該樓板衝擊源是否合乎規範。有關分析儀與力規之儀器規格說明如下：

(一) YE6231 2 通道分析儀 (如右圖)

1. 頻道數：2 Channels
2. A/D 解析度：16 位元
3. 輸入訊號：V / IEPE
4. IEPE 激勵電源：4mA/+24VDC
5. 信號輸入範圍： $\leq \pm 5VP$
6. 信號頻率範圍：DC-500kHz (-3dB \pm 1dB)
7. 放大倍數： $\times 1$ 與 $\times 10$
8. 最高採樣頻率：750kHz/each ch
9. 濾波器(anti-aliasing filter)：每頻道獨立抗混濾波
10. PC 端接頭：USB 2.0
11. 觸發方式：信號觸發
12. 外形尺寸、重量：426W \times 300D \times 88H mm、4kg
13. 供電電源：DC:7.5V(+5-+9)



數據擷取器

(二) CL-YD-312A 力感測器

1. 敏感度：4pC/N
2. 量程：0-6kN
3. 自振頻率： $> 50kHz$
4. 工作溫度： -40 至 $+200$ °C
5. 重量：22Gram
6. 尺寸： $\Phi 18 \times \Phi 6 \times 9$
7. 非線性： $< 1\%F.S.$
8. 過載能力：120%

力感測器

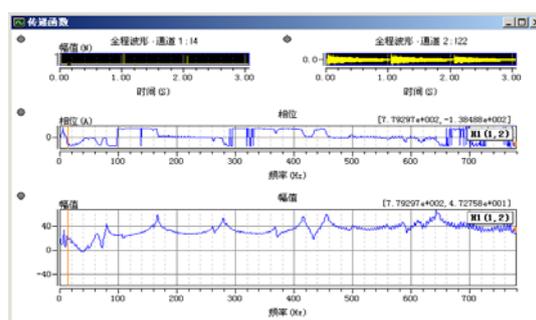


圖 4.27 信號分析軟體

(三) YE7600 信號分析軟體

YE7600 信號分析軟體功能，除了一些即時分析(real time analysis)等一般信號及頻譜分析功能外，本計畫最主要量測項目及顯示資訊：

- A. 各鍾頭撞擊之力量與時間。
- B. 鍾頭撞擊之時間間隔。

4.4.8.4 99 年度建築物樓板衝擊源性能量測結果

一、量測結果

(一) 錘頭撞擊之力量

1. 鋼受衝擊面之力值約為 5000N 至 5500N 之間，整體結果仍算穩定，但以衝擊波形而言，衝擊作用時間短，反作用力的影響明顯，衝擊波形雖為半波型，但與半正弦波有明顯差異。
2. 尼龍受衝擊面力值約為 2500N 至 3000N 之間，整體結果呈現穩定（除 2 號錘頭之外）。若以衝擊波形而言，因此種受衝擊面對於反作用力之影響程度相較鋼低，整體衝擊波形接近半正弦波。

(二) 錘頭撞擊之時間間隔

1. 鋼受衝擊面之時間間隔約為 100ms 左右，錘頭 #1 至 #5 敲擊一次之週期約為 500ms。
2. 尼龍受衝擊面之時間間隔亦約為 100ms 左右，錘頭 #1 至 #5 敲擊一次之週期約為 500ms。

(三) 受衝擊面之脈衝時間寬

1. 鋼受衝擊面之脈衝時間寬約為 0.00020s；尼龍受衝擊面之脈衝時間寬約為 0.00050s。
2. 理論上兩者受衝擊面之敲擊能量相同，其差異主要是因為受衝擊面之勁度不同的影響，衝擊面勁度大，則衝擊力大，其脈衝時間寬度就小；衝擊面勁度小，則受衝擊力小，其脈衝時間寬度就大。

二、量測分析結論

- (一) 樓板衝擊源設備簡易性能測試指標主要以量測力值為主，考量錘頭質量、錘頭落下高度、落下角度及錘頭速度量測設備架設不易等因素，故採用整體總量力值的控制方式來進行。
- (二) 鋼受衝擊面量測結果而言，衝擊脈衝寬時間很短，且考慮受衝擊面材料彈性率因素，致使衝擊脈衝波形與理想正弦波有差異，此點仍需後續進行測試與檢討。
- (三) 尼龍受衝擊面量測結果整體上都較為穩定，且脈衝波形也較近似正弦波，此種介面對於檢驗衝擊源之品質應是選擇之一，但對於接觸式衝擊仍須考慮受衝擊面材之彈性率。
- (四) 建議後續以此量測方式在進行其他衝擊源之衝擊力量測，並與本計畫之結果進行比較。

4.4.8.5 99 年度樓板衝擊源性能量測技術研究之結論與建議

一、結論

- (一) 已針對不同受衝擊面之衝擊力進行初步調查，並分析錘頭的衝擊力之穩定性關係。
- (二) 已針對不同受衝擊面之脈衝寬進行分析，得知鋼受衝擊面之脈衝時間寬約為 0.00020s；尼龍受衝擊面之脈衝時間寬約為 0.00050s。
- (三) 已針對錘頭之衝擊時間間隔進行分析，所測得資料顯出時間間隔約 100ms，符合衝擊源規範要求。
- (四) 已於 99 年度計畫提出樓板衝擊源簡易性能測試技術

二、後續建議

- (一) 檢視輕量衝擊源規範可知，影響衝擊速度之因素包含：錘頭質量、錘頭落下高度、落下角度與設備內部摩擦係數等有關，故導致在整個衝擊速度上會有誤差性產生，本計畫擬在標準衝擊源之檢測項目以最後所測得之衝擊力範圍來進行。
- (二) 為考慮不同廠牌樓板衝擊源，在設計上可能有不同的量測處理方式，本計畫擬後續再進行三種以上輕量標準衝擊源，以了解不同衝擊源量測訊號的特性，以及量測衝擊力的關係與特性後，再訂定出適當之衝擊力的允許範圍。
- (三) 後續測試，將嘗試降低錘頭落下衝擊時所產生之反作用力的影響，以減少量測偏差值。
- (四) 本年度計畫擬進一步探討樓板衝擊源性能檢測平台上承受錘頭衝擊之材料特性與形狀對於量測結果之影響。
- (四) 直接採用速度規量測錘頭落下時的衝擊速度之作法，因目前實際執行有難度（如：感測器無法架設於錘頭上），故導致無法直接測得速度值，此部份建議後續可採硬體或軟體等方式對所測得之力值再進行積分，藉此求得速度值。

4.4.8.6 100 年度建築物樓板衝擊源性能檢測延續研究事項

如第 4.4.8.4 與 4.4.8.5 小節所述，目前完成衝擊力值的量測方式提出一套樓板衝擊源簡易性能測試技術，然由 99 年度樓板衝擊源檢測研究所得之後續建議可知，目前仍有幾點事項須再確認探討，故本年度計畫將延續這些事項來擬定樓板衝擊源簡易性能測試技術開發工作，項目如下：

- (一) 目前所測得力值脈衝波形研判應該有受到其他因素影響，因此造成衝擊力波形的變異，預計將改善測試平台之硬度或其他相關因素後，再重複進行樓板衝擊源之衝擊力測試，以了解改善測試平台後之力值脈衝波形。
- (二) 直接採用速度規量測錘頭落下的衝擊速度之作法，因目前實際執行有難度（如：感測器無法架設於錘頭），故導致無法直接測得速度值，此部份預計後續可採硬體或軟體等方式對所測得之力值再進行積分，藉此求得速度值。
- (三) 如第二項所述，採用力傳感器搭配阻抗變換器及雙積分電荷放大器之硬體配置來進行積分方式，以獲取速度值測試結果，並檢討與規範規定值之差異性。
- (四) 建議後續進行三種輕量標準衝擊源機種之測試，主要可了解此測試平台於不同衝擊源的適用性，並於不同衝擊源所測得之衝擊力分析後，再行擬定適當之衝擊力允許範圍，並將草擬於樓板衝擊源簡易測試方法草案。
- (五) 預計三種輕量標準衝擊源機種之測試驗證完畢後，擬定樓板衝擊源簡易測試方法草案。

4.4.9 樓板衝擊源及測試平台性能測試與檢討

從去年探討樓板衝擊源之衝擊錘撞擊不同材質之承接座，會出現不同的衝擊力峰值及波形，本年度嘗試對承接座之受力對時間積分所得之衝量 (momentum)，加以比較。

$$\text{定義衝量 } I = \int_0^{\Delta T} F(t) dt = M(1 + \mu) V_{\max}$$

其中：F(t)受衝擊面之受力， μ 為落錘彈性率與撞擊初速度之比值，稱為彈性率。 V_{\max} 為落錘撞擊受衝擊面之初速度，或撞擊體撞擊前之最大速度。只要確定衝擊面材料的彈性率（ μ ）由量測衝量與撞擊體質量即可確認落錘速度。從量測儀器訊號及其積分觀察可推算衝擊錘最大速度。

依前述衝量定義，其衝擊源之衝量測試結果說明如下：

1. 鋼衝擊承受面：圖 4.28 之上圖顯示鋼衝擊承受面遭受一次敲擊之時間訊號，將主要訊號部份從 1.430s 到 1.431s 之間的積分曲線檢視變動最大的部份如圖 4.28 之下圖，其變動值為 71.0 單位，假設 $\mu=0$ 下，以衝擊錘質量 500g 換算得衝擊最大速度為 1.42 m/s。

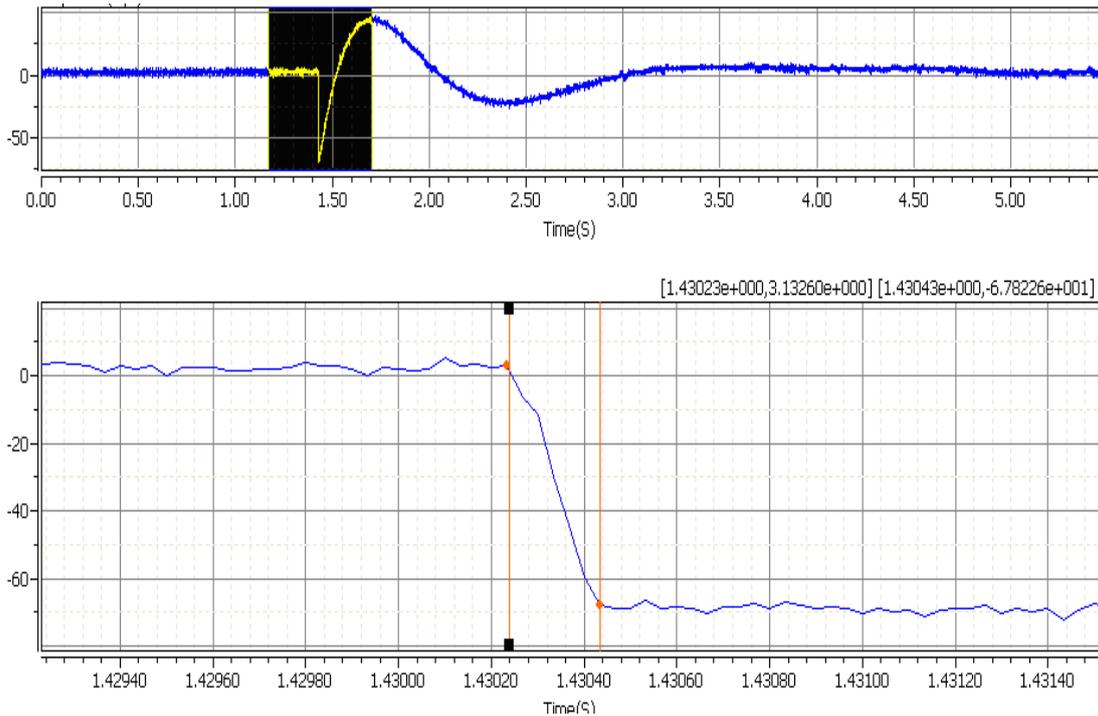


圖 4.28 鋼受衝擊面之速度衝擊力訊號及其積分訊號

2. 尼龍衝擊承受面：圖 4.29 之上圖顯示鋼衝擊承受面遭受一次敲擊之時間訊號，將主要訊號部份積分曲線檢視變動最大的部份如圖 4.29 之下圖，其變動值為 67.0 單位，先假設 $\mu=0$ 下，以衝擊錘質量 500g 換算得衝擊最大速度為 1.34 m/s，待 μ 求得後，將此速度除以 $(1+\mu)$ 即可得正確速度。

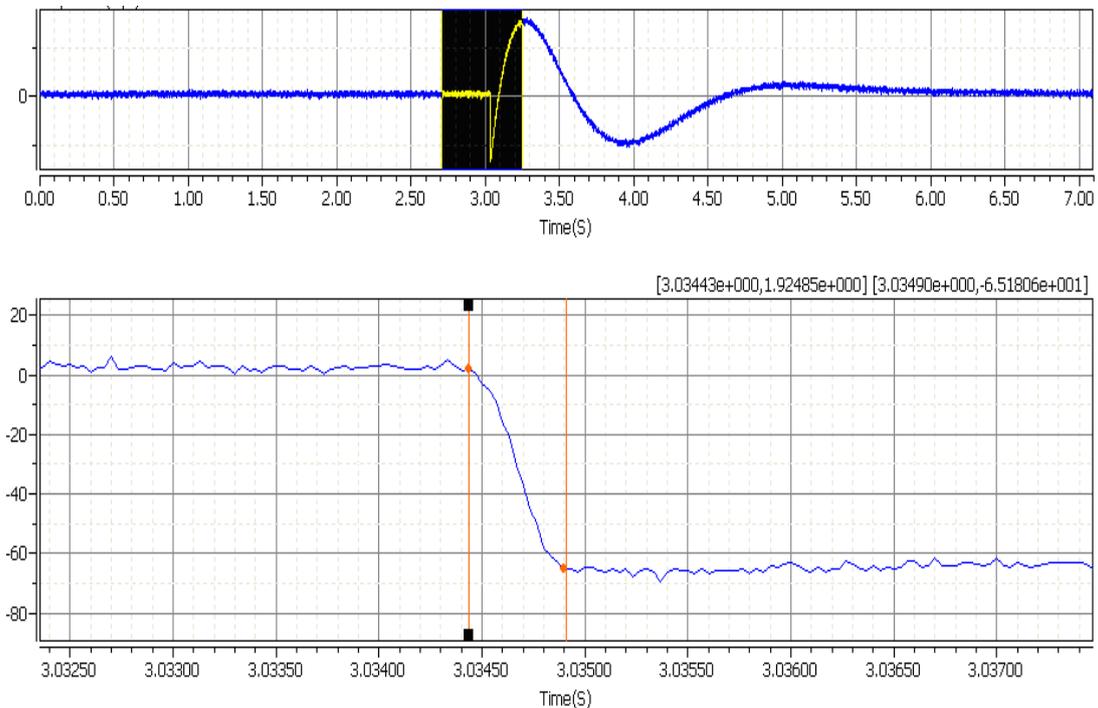


圖 4.29 尼龍受衝擊面之速度衝擊力訊號及其積分訊號

3. 雖然受衝擊面材料不同，力衝擊波形也有差異（鋼頭脈衝窄；尼龍脈衝寬），但若動量不變的條件下，其兩者材料之衝擊力積分所得速度值應相似，本測試結果呈現相似結果。

目前已完成衝擊源校準平台改善測試與分析檢討作業，其得到結果如圖 4.30 到 4.36、表 4.6 與表 4.7 示。簡要說明如下：

1. 鋼與尼龍衝擊面的量測結果皆相近（各錘頭相差約 0.1m/s），數值約 1.2-1.4m/s，如圖 4.30、圖 4.31 及表 4.6 表 4.7
2. 材料的差異在測得結果並未有明顯差異，可知受衝擊面材料不同並不會導致速度值量測結果有明顯差異，如圖 4.32。
3. 鋼與尼龍衝擊面之單一衝擊時間（各錘頭僅衝擊一次）結果均在規範 $100\pm 5\text{ms}$ 規定內，如圖 4.33 與圖 4.34。
4. 鋼與尼龍衝擊面之連續衝擊時間（各錘頭連續衝擊五次）結果均在規範 $100\pm 20\text{ms}$ 規定內，如圖 4.35 與圖 4.36。

由前述分析，顯示衝擊鉗接觸受衝擊面時之速度需考量受衝擊面材料的彈性率（ μ ）才能確實得解。因此本檢測法目前除了已驗證衡量結果之外，擬將進行另一試驗，以作為輔助說明為何本法檢測結果與理論值（ $0.886\pm 0.022\text{m/s}$ ）的關係性，方法說明如下：

1. 製作一鋼支架，將衝擊氣懸空架設，底下安裝雷射速度儀，採非接觸性測試（驗證本樣機是否符合 $0.886\pm 0.022\text{m/s}$ 規範值）。
2. 量得衝擊錘對受衝擊面之衝量後，得知彈性率（ μ ），則可推算出 V 值。本項作業目前已完成測試桌製具（如圖 4.22 到 4.26），待安裝雷射測試儀器後即可進行非接觸測試作業，並比較接觸與非接觸式所測定之鉗頭衝擊速度。希望能藉以驗證本法檢測結果之合理性。

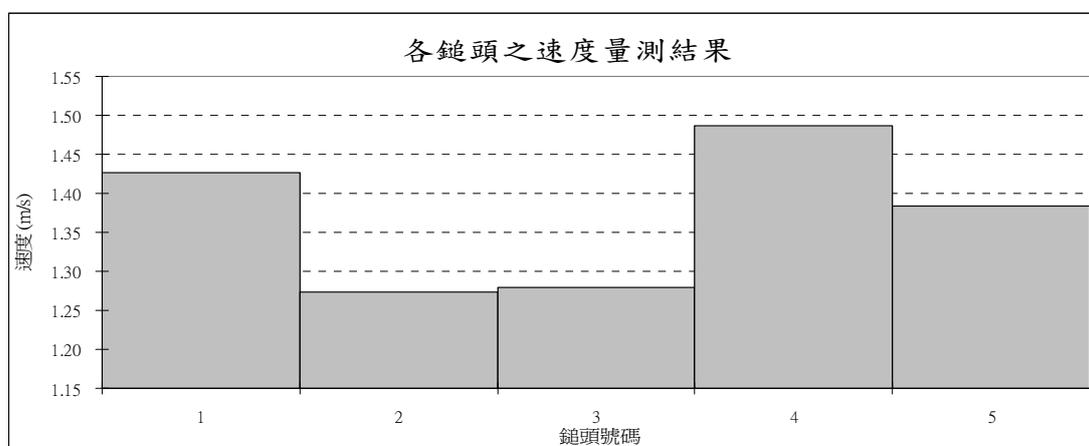


圖 4.30 鋼頭受衝擊面之各鉗頭衝擊速度測結果圖

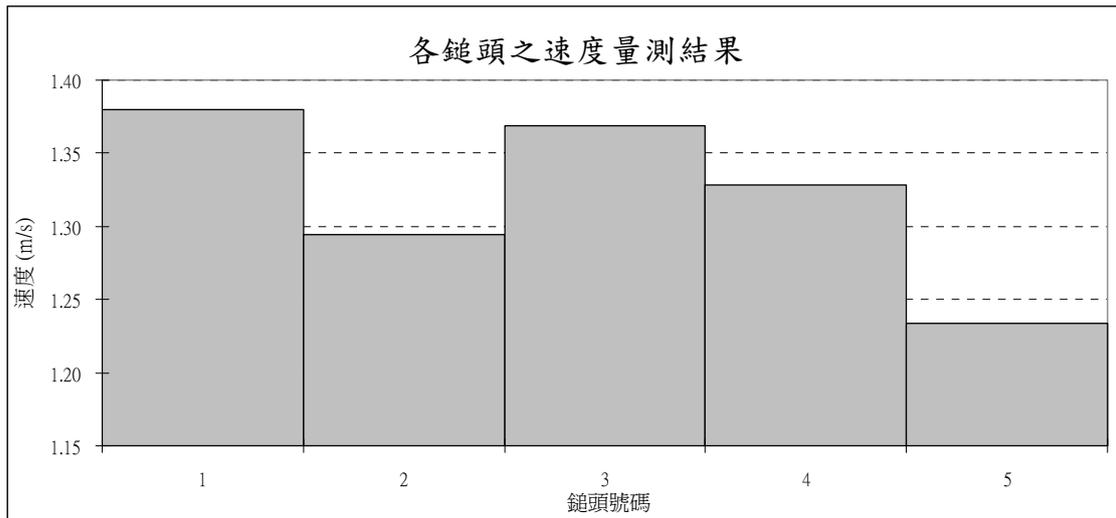


圖 4.31 尼龍受衝擊面之各鉋頭衝擊速度測結果圖

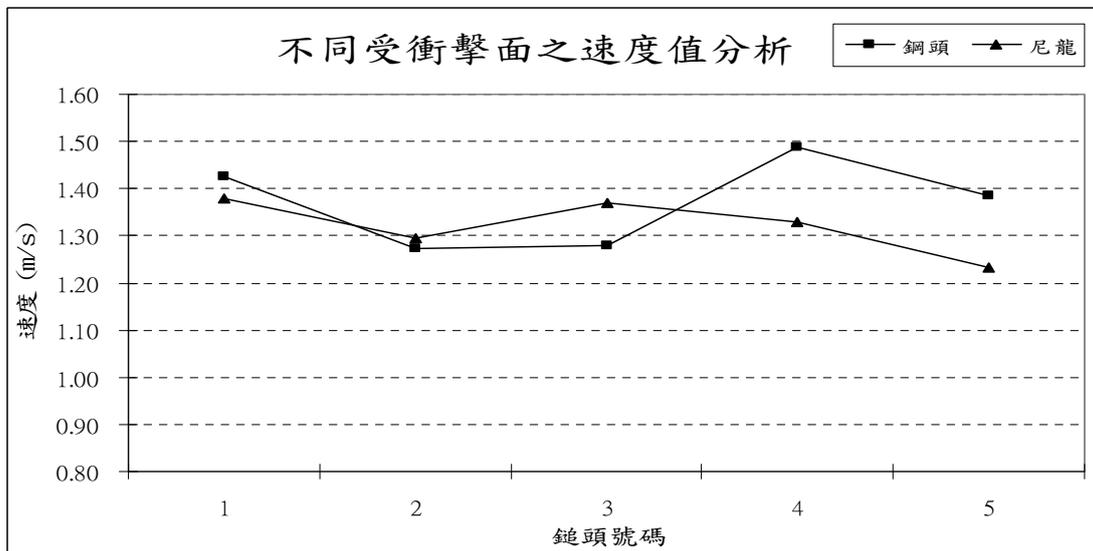


圖 4.32 不同受衝擊面之各鉋頭衝擊速度測結果比較圖

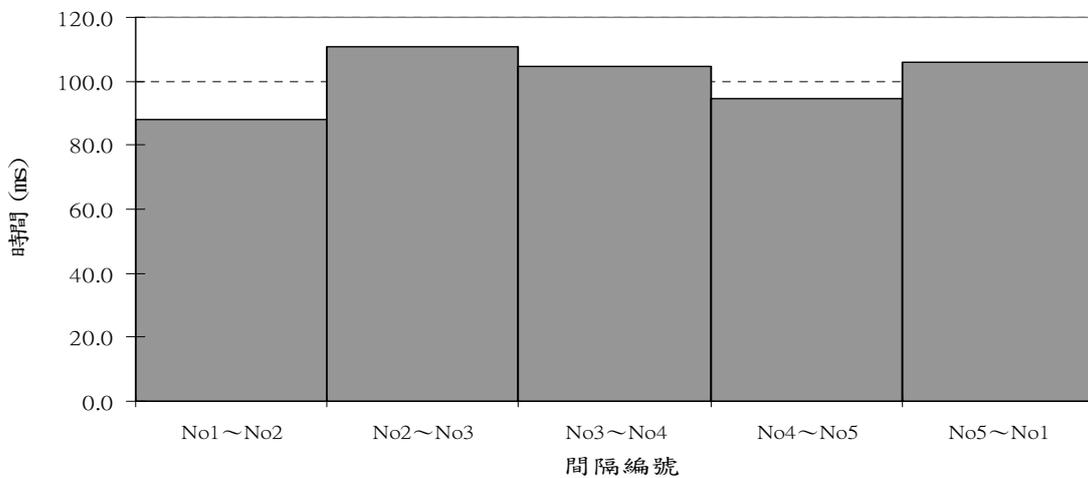


圖 4.33 鋼頭受衝擊面之單一衝擊時間間隔量測結果圖

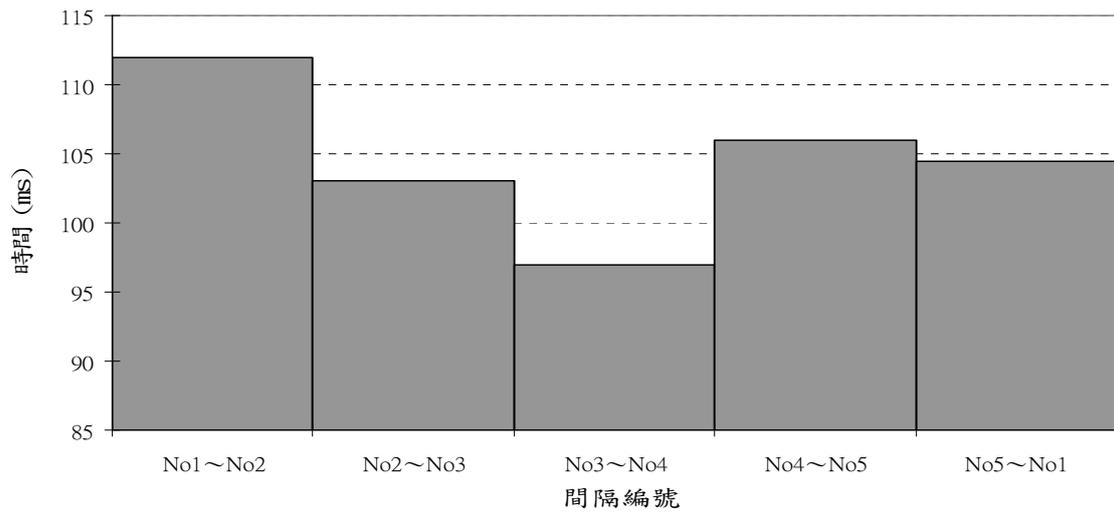


圖 4.34 尼龍受衝擊面之單一衝擊時間間隔量測結果圖

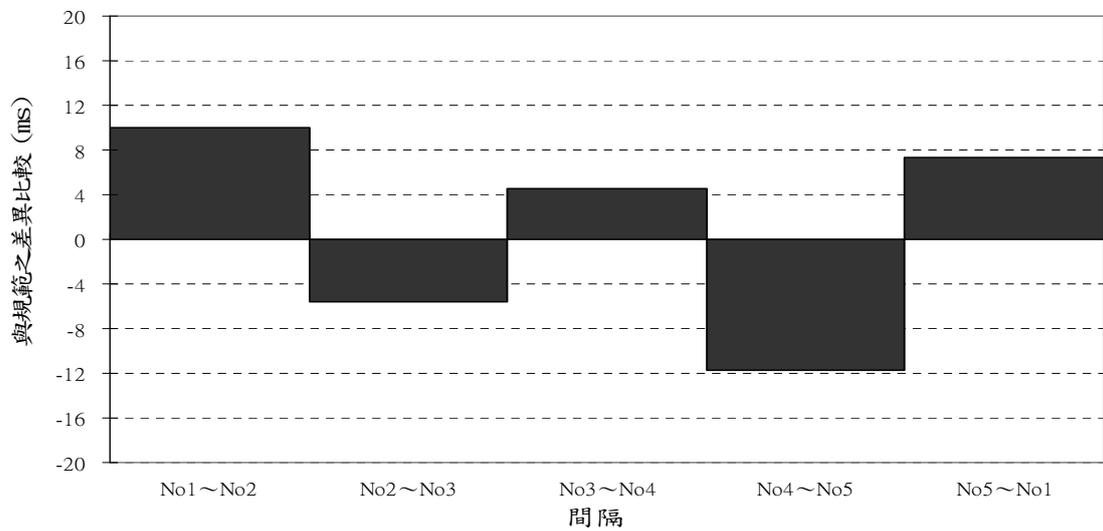


圖 4.35 鋼頭受衝擊面之連續衝擊時間間隔量測結果圖

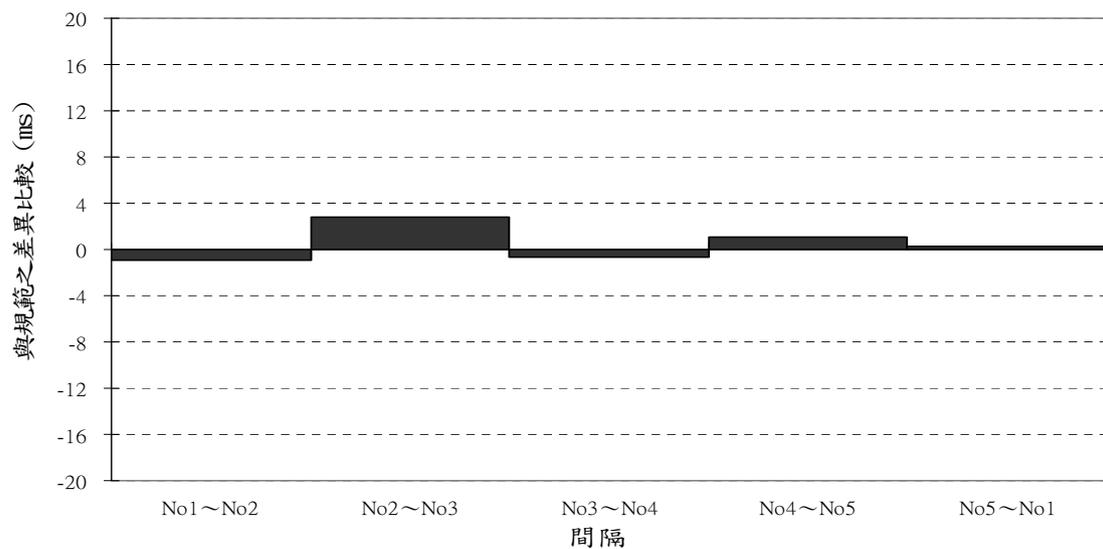


圖 4.36 尼龍受衝擊面之連續衝擊時間間隔量測結果圖

表 4.6 鋼受衝擊面之各鉋頭速度量測結果表

No	Start-Time	End-Time	Start-V	End-V	週期 (s)	(Start-V)-(End-V)	HPF 設定補償	鉋頭編號	Vmax	Std
1	1.9407	1.9409	3.177	-70.205	0.00023	73.382	0.01	1	1.468	0.070
2	1.6651	1.6653	-1.001	-68.290	0.00017	67.289	0.01	1	1.346	
3	1.9407	1.9409	3.177	-70.205	0.00023	73.382	0.01	1	1.468	
Ave									1.427	
No	Start-Time	End-Time	Start-V	End-V	週期 (s)	(Start-V)-(End-V)	HPF 設定補償	鉋頭編號	Vmax	Std
1	1.6176	1.6178	2.015	-59.664	0.00020	61.679	0.01	2	1.234	0.050
2	1.6336	1.6338	3.084	-59.746	0.00020	62.830	0.01	2	1.257	
3	1.0260	1.0262	1.028	-65.420	0.00017	66.448	0.01	2	1.329	
Ave									1.273	
No	Start-Time	End-Time	Start-V	End-V	週期 (s)	(Start-V)-(End-V)	HPF 設定補償	鉋頭編號	Vmax	Std
1	2.0263	2.0265	-1.073	-61.943	0.00020	60.870	0.01	3	1.217	0.067
2	1.9723	1.9725	2.275	-65.291	0.00020	67.566	0.01	3	1.351	
3	1.7179	1.7180	-1.417	-64.948	0.00016	63.531	0.01	3	1.271	
Ave									1.280	
No	Start-Time	End-Time	Start-V	End-V	週期 (s)	(Start-V)-(End-V)	HPF 設定補償	鉋頭編號	Vmax	Std
1	2.2474	2.2477	-0.374	-72.599	0.00024	72.225	0.01	4	1.445	0.037
2	3.2250	3.2252	3.948	-71.768	0.00020	75.716	0.01	4	1.514	
3	2.7200	2.7202	3.699	-71.353	0.00020	75.051	0.01	4	1.501	
Ave									1.487	
No	Start-Time	End-Time	Start-V	End-V	週期 (s)	(Start-V)-(End-V)	HPF 設定補償	鉋頭編號	Vmax	Std
1	2.0897	2.0899	0.944	-66.539	0.00020	67.483	0.01	5	1.350	0.035
2	2.3558	2.3560	2.076	-67.068	0.00020	69.144	0.01	5	1.383	
3	1.4302	1.4304	3.133	-67.823	0.00020	70.955	0.01	5	1.419	
Ave									1.384	

表 4.7 尼龍受衝擊面之各鉋頭速度量測結果表

No	Start-Time	End-Time	Start-V	End-V	週期 (s)	(Start-V)-(End-V)	HPF 設定補償	鉋頭編號	Vmax	Std
1	1.8021	1.8024	4.483	-64.460	0.00027	68.943	0.01	1	1.379	0.092
2	1.5145	1.5148	0.740	-63.676	0.00027	64.416	0.01	1	1.288	
3	1.6996	1.6999	2.829	-70.814	0.00033	73.643	0.01	1	1.473	
Ave									1.380	
No	Start-Time	End-Time	Start-V	End-V	週期 (s)	(Start-V)-(End-V)	HPF 設定補償	鉋頭編號	Vmax	Std
1	3.1744	3.1748	-4.235	-66.078	0.00034	61.843	0.01	2	1.237	0.077
2	1.8405	1.8409	1.357	-61.884	0.00040	63.241	0.01	2	1.265	
3	1.6778	1.6783	1.604	-67.476	0.00050	69.080	0.01	2	1.382	
Ave									1.294	
No	Start-Time	End-Time	Start-V	End-V	週期 (s)	(Start-V)-(End-V)	HPF 設定補償	鉋頭編號	Vmax	Std
1	2.3543	2.3547	3.649	-68.296	0.00040	71.945	0.01	3	1.439	0.063
2	1.9680	1.9684	2.704	-64.948	0.00037	67.652	0.01	3	1.353	
3	2.4678	2.4681	0.644	-65.120	0.00033	65.763	0.01	3	1.315	
Ave									1.369	
No	Start-Time	End-Time	Start-V	End-V	週期 (s)	(Start-V)-(End-V)	HPF 設定補償	鉋頭編號	Vmax	Std
1	3.1262	3.1265	4.114	-63.207	0.00033	67.321	0.01	4	1.346	0.079
2	1.8095	1.8098	2.119	-67.696	0.00036	69.815	0.01	4	1.396	
3	3.4950	3.4953	-2.867	-64.953	0.00030	62.085	0.01	4	1.242	
Ave									1.328	
No	Start-Time	End-Time	Start-V	End-V	週期 (s)	(Start-V)-(End-V)	HPF 設定補償	鉋頭編號	Vmax	Std
1	1.9752	1.9755	-1.019	-64.426	0.00036	63.407	0.01	1	1.268	0.033
2	2.2503	2.2507	-0.868	-61.029	0.00037	60.161	0.01	1	1.203	
3	3.0345	3.0348	0.717	-60.803	0.00036	61.520	0.01	1	1.230	
Ave									1.234	

4.4.10 樓板衝擊源非接觸式雷射測試之檢驗

為檢視本計畫所採用之樣機衝擊速度是否符合規範，以驗證本標準機性能。本計畫已採用雷射都卜儀進行非接觸衝擊速度測試，其測試平台機構設計如圖 4.37 與圖 4.38。

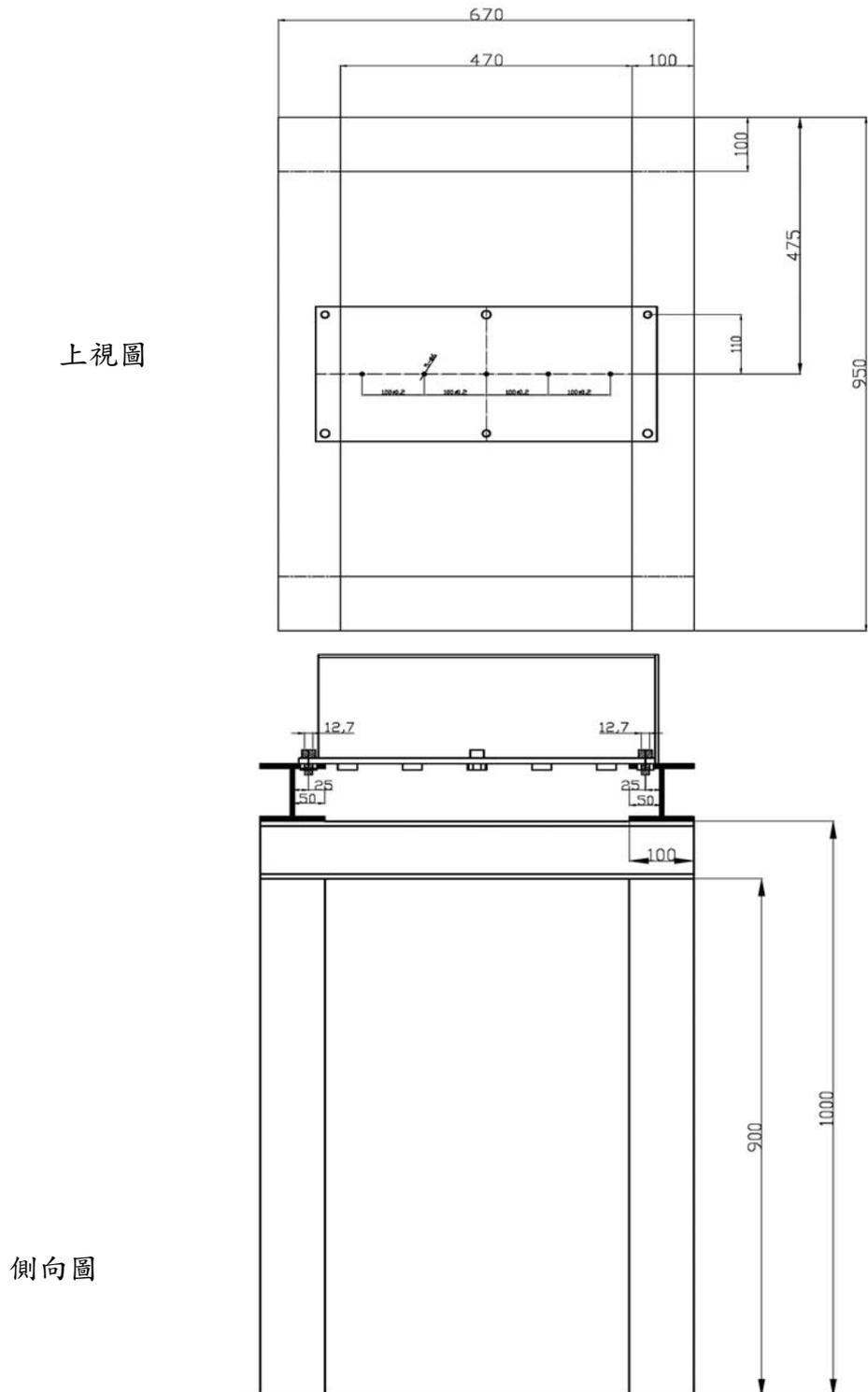


圖 4.37 雷射測試平台構件圖

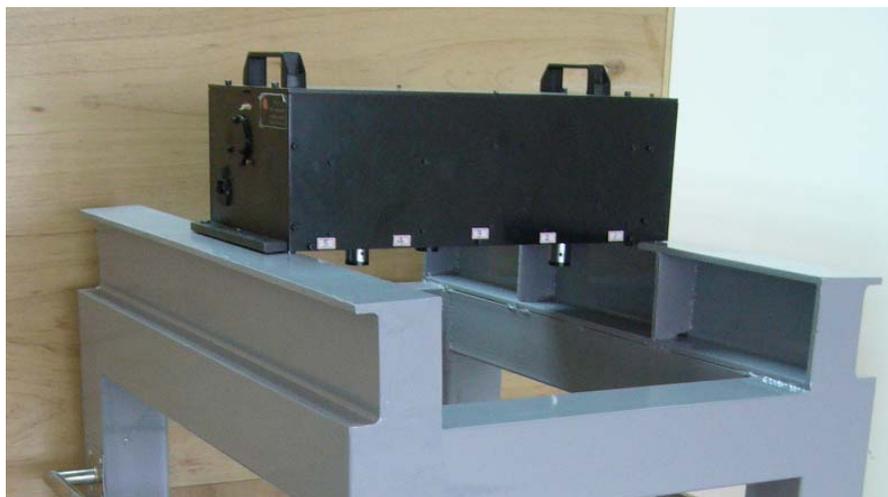


圖 4.38 雷射測試平台圖

本測試採用Polytec的PSV-400 雷射儀進行測試，雷射對焦測試圖形如圖 4.39 與圖 4.40，而測試結果如表 4.8 與圖 4.41 至圖 4.45。以結果而言，本計畫用以研訂簡易級性能測試方法之標準樣機的衝擊速度皆符合ISO及CNS之規範要求 (0.886 ± 0.022 m/s)，由此可提升及驗證本法測試結果之可靠性。



圖 4.39 雷射對焦測試圖一

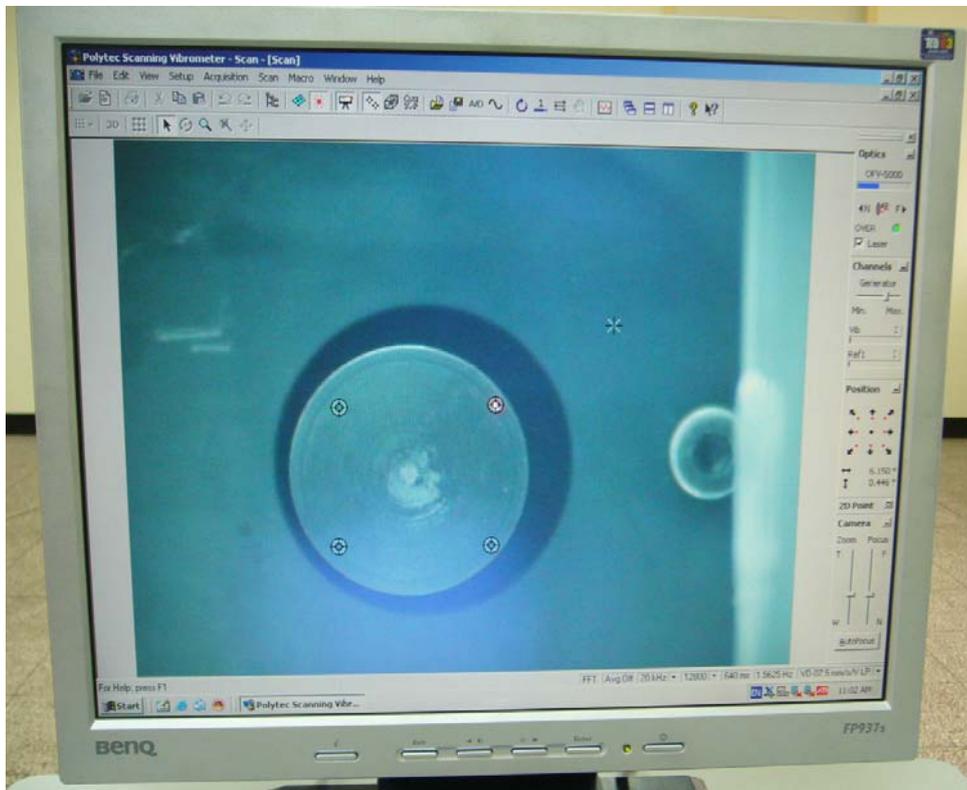
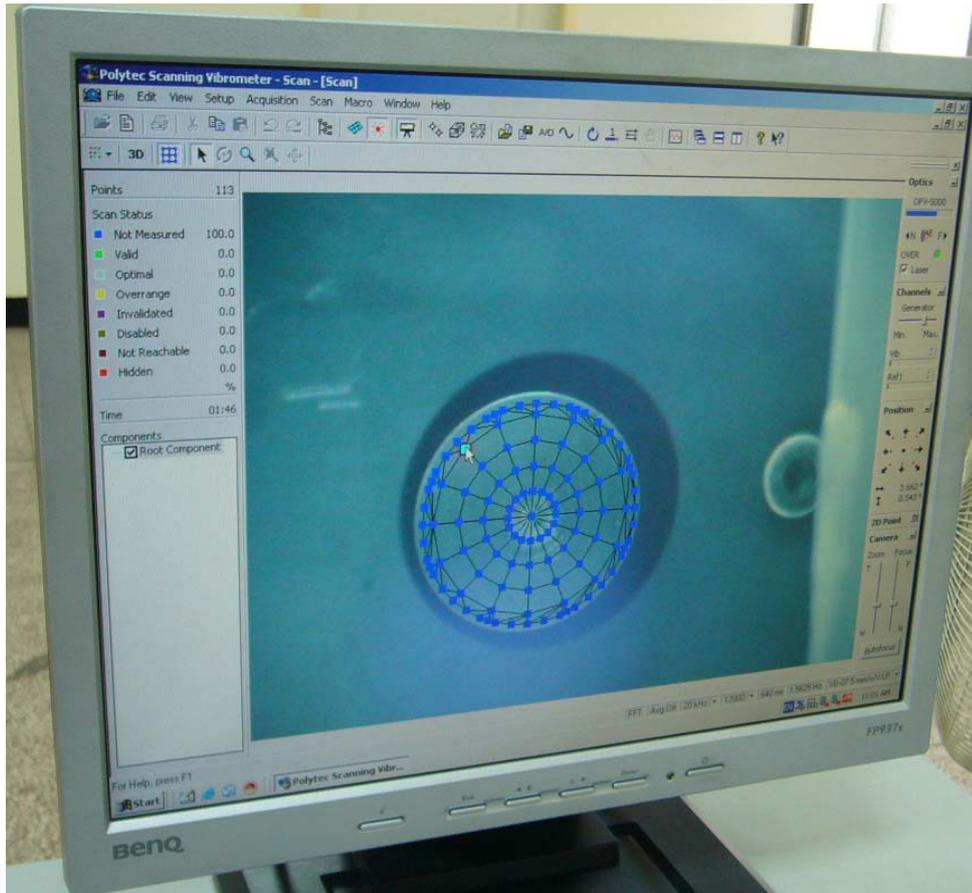


圖 4.40 雷射對焦測試圖二

表 4.8 本計畫採用標準樣機之衝擊速度測試結果（採樣頻率：51.2kHz）

單位：m/s

雷射測試 (非接觸式法)						
No	T1	T2	T3	T4	T5	Ave
1	0.9015	0.9008	0.8894	0.8815	0.8944	0.894
2	0.9061	0.9051	0.8882	0.8922	0.9131	0.901
3	0.9015	0.9008	0.8894	0.8841	0.8965	0.894
4	0.9097	0.8924	0.8808	0.9023	0.9043	0.898
5	0.9126	0.9120	0.9156	0.9292	0.9172	0.917

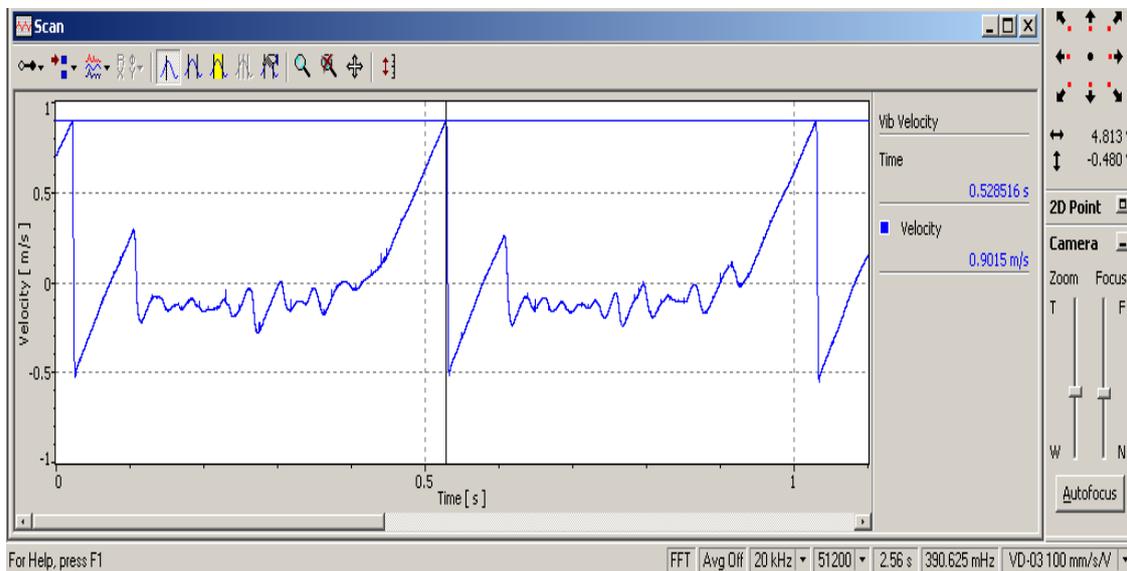


圖 4.41 本計畫標準樣機鉋頭 1 衝擊速度測試結果圖

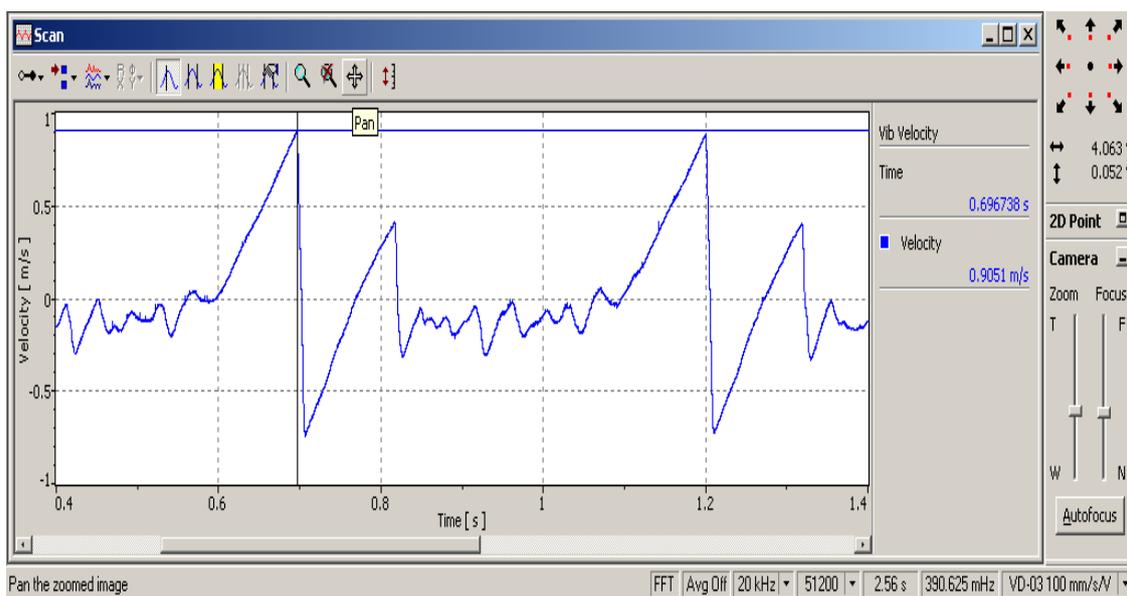


圖 4.42 本計畫標準樣機鉋頭 2 衝擊速度測試結果圖

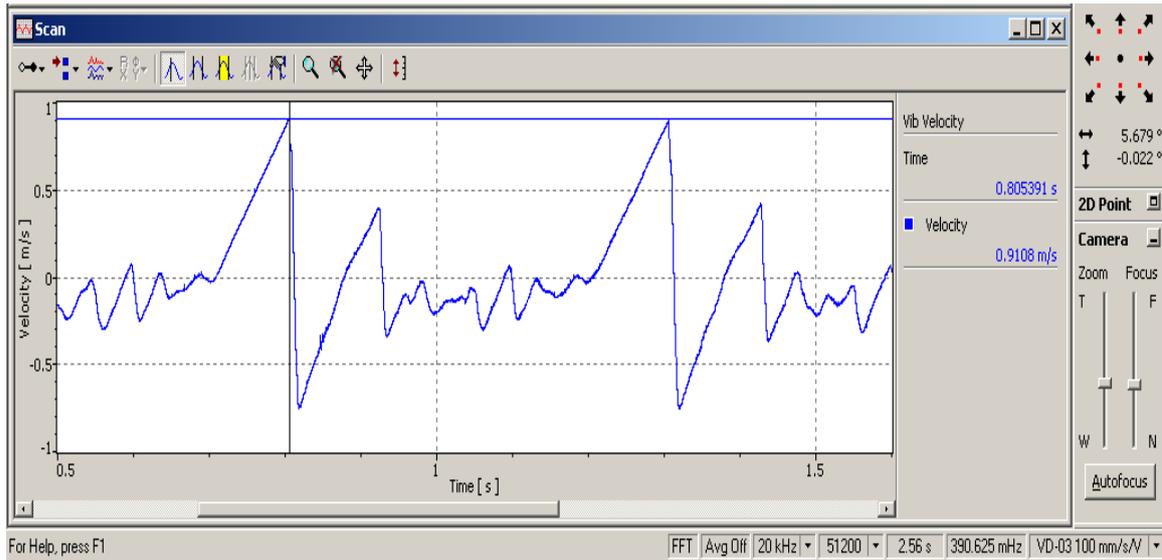


圖 4.43 本計畫標準樣機鉗頭 3 衝擊速度測試結果圖

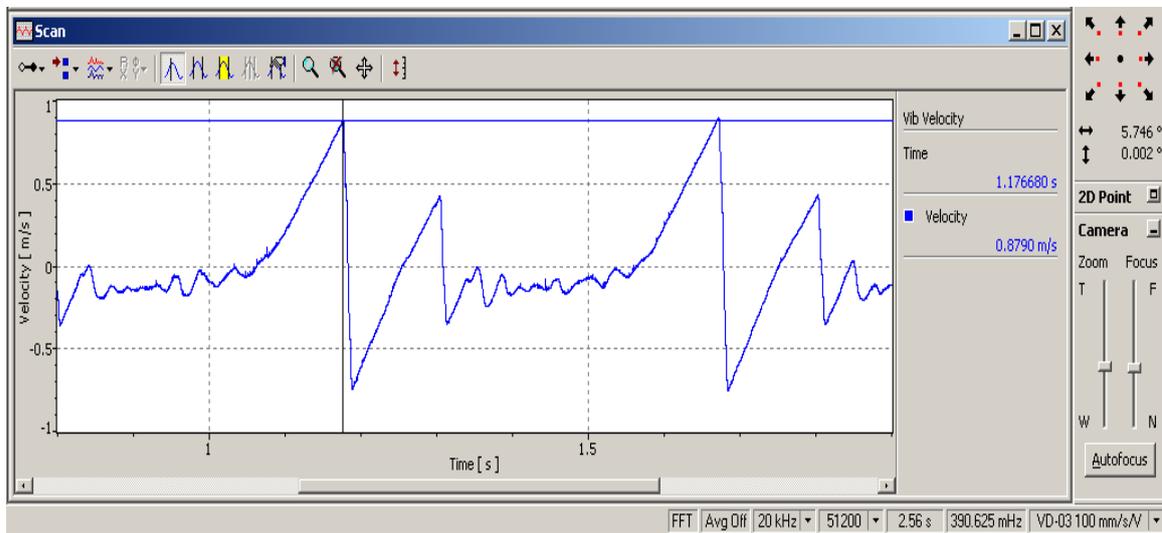


圖 4.44 本計畫標準樣機鉗頭 4 衝擊速度測試結果圖

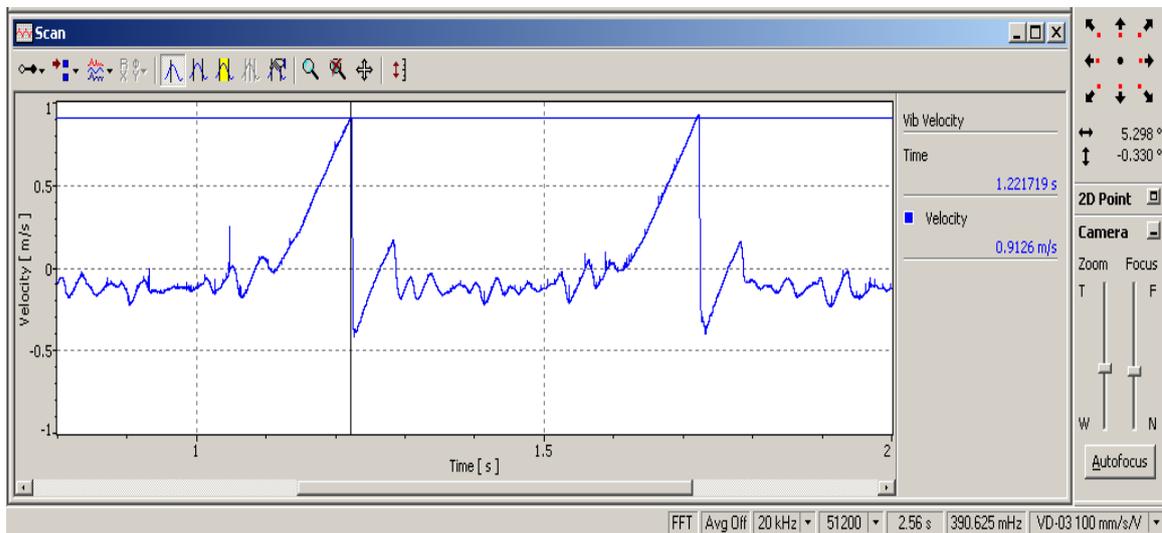


圖 4.45 本計畫標準樣機鉗頭 5 衝擊速度測試結果圖

有關本測試法（樓板衝擊源接觸式性能測試技術標準）與雷射測試法之測試結果彙整如表 4.9 與圖 4.46。結果顯示，本法在假設彈性率 μ 為 0 時，測試所得速度結果皆在 1.3-1.5 m/s 之間，此點與雷射有明顯差異。且與規範（ $0.886\pm 0.022\text{m/s}$ ）要求不符，彈性率 μ 之確認有其必要。

表 4.9 本測試法與雷射測試法之測試結果表（未考慮彈性率）

No	方法	T1	T2	T3	Ave
1	雷射測試	0.902	0.901	0.889	0.897
1-1	本法-剛頭	1.468	1.346	1.468	1.427
1-2	本法-尼龍	1.379	1.288	1.473	1.380
2	雷射測試	0.906	0.905	0.888	0.900
2-1	本法-剛頭	1.234	1.257	1.329	1.273
2-2	本法-尼龍	1.237	1.265	1.382	1.295
3	雷射測試	0.902	0.901	0.889	0.897
3-1	本法-剛頭	1.217	1.351	1.271	1.280
3-2	本法-尼龍	1.439	1.353	1.315	1.369
4	雷射測試	0.910	0.892	0.881	0.894
4-1	本法-剛頭	1.445	1.514	1.501	1.487
4-2	本法-尼龍	1.346	1.396	1.242	1.328
5	雷射測試	0.929	0.932	0.916	0.925
5-1	本法-剛頭	1.350	1.383	1.419	1.384
5-2	本法-尼龍	1.268	1.203	1.230	1.234

單位：m/s

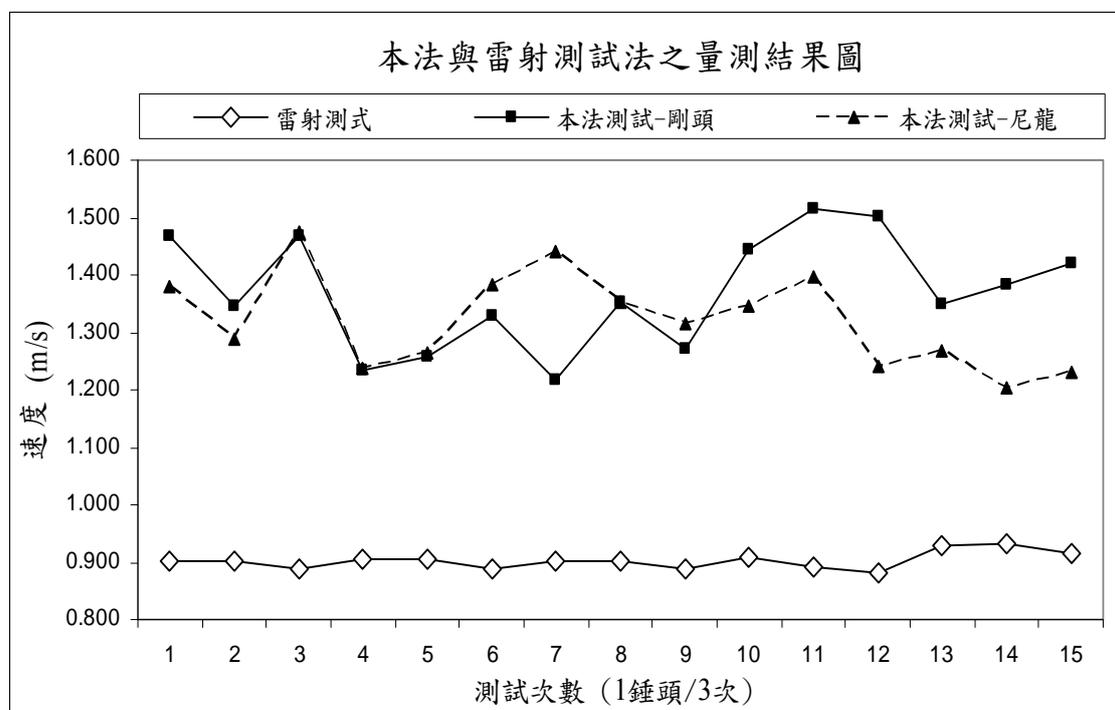


圖 4.46 本測試法與雷射測試法之量測結果圖

4.4.11 尼龍受衝擊面之彈性率檢驗

本研究採用接觸式測試法需考量受衝擊面之彈性率，故本研究將尼龍受衝擊面材送至 SGS 高雄材料及工程實驗室進行該項測試（測試報告如附錄），其彈性率結果為 0.64，如圖 4.47。查詢 SGS 依 CNS 6483 所測得 μ 值之落下高度條件為 10 cm，經計算 4 cm 與 10 cm 兩者速度分別為 0.886 m/s 與 1.079 m/s，其差異值為 1.58 倍。就尼龍材料性質而言，因兩者條件所獲得之衝擊速度都屬於低衝擊速度，且在兩者差異值不大的情形下，其對 μ 值的影響並不會太大。

承上，若將該系數對衝量計算公式重新檢視可知，其衝擊最大速度值均符合標準輕量衝擊源之規範要求(0.886±0.022m/s)，結果彙整於表 4.10 與圖 4.48 與圖 4.49。

經 4.4.8 至 4.4.11 章節驗證後，由表 4.9 可知當本測試法考慮尼龍受衝擊面之彈性率時，其測試結果與非接觸式雷射結果相當近似，由此可知本測試法應用於標準輕量衝擊源之簡易檢校作業具有其可靠性與適用性。

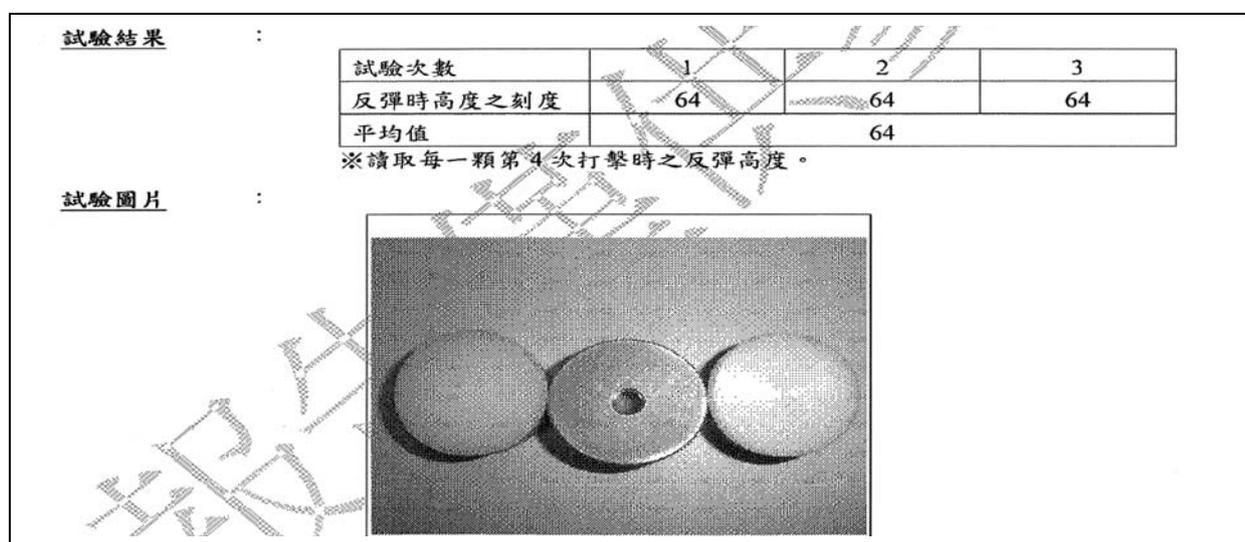


圖 4.47 SGS 尼龍受衝擊面測試結果（詳請參閱附件）

表 4.10 本測試法（考慮尼龍受衝擊面材彈性率）與雷射測試法之測試結果表

No	方法	T1	T2	T3	Ave
1	雷射測試	0.902	0.901	0.889	0.897
1-3	本法-尼龍(考慮彈性率)	0.850	0.889	0.877	0.872
2	雷射測試	0.906	0.905	0.888	0.900
2-3	本法-尼龍(考慮彈性率)	0.885	0.852	0.843	0.860
3	雷射測試	0.902	0.901	0.889	0.897
3-3	本法-尼龍(考慮彈性率)	0.878	0.883	0.873	0.878
4	雷射測試	0.910	0.892	0.881	0.894
4-3	本法-尼龍(考慮彈性率)	0.855	0.855	0.858	0.856
5	雷射測試	0.913	0.912	0.916	0.914
5-3	本法-尼龍(考慮彈性率)	0.851	0.830	0.887	0.856

單位：m/s

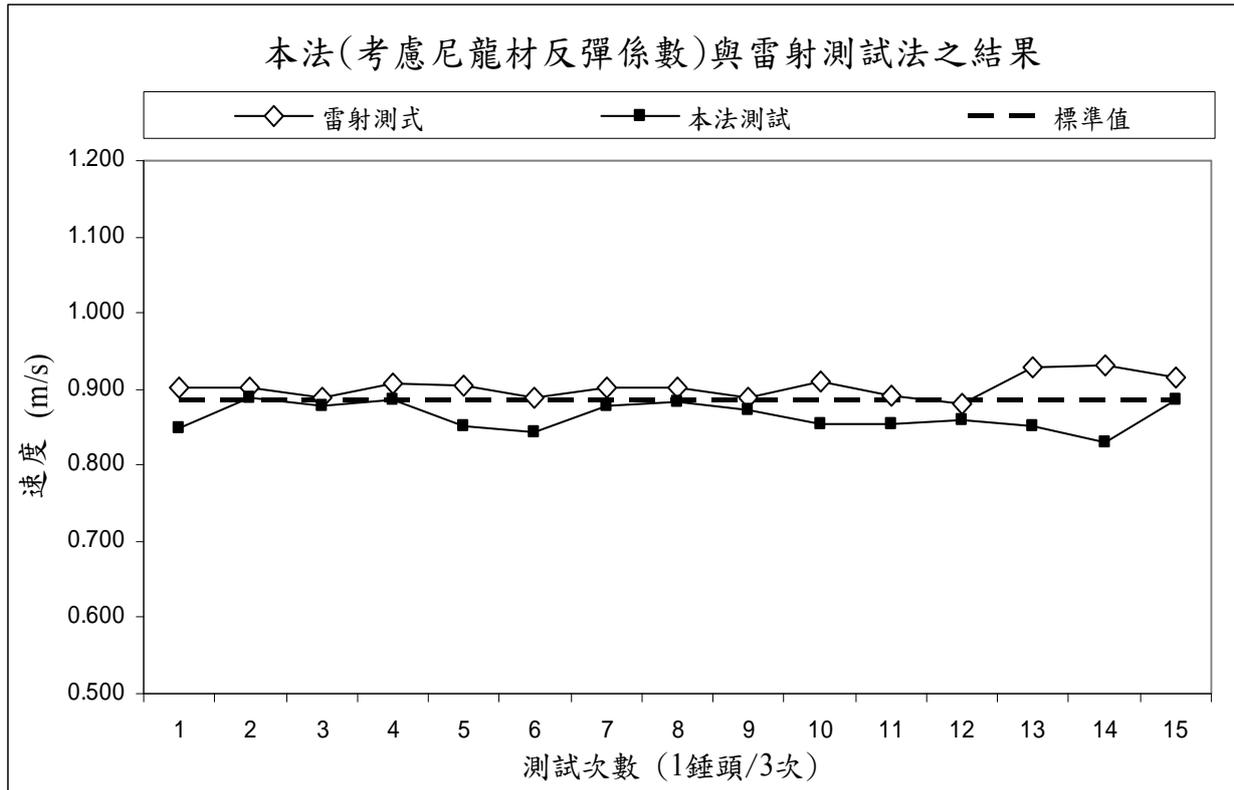


圖 4.48 本測試法 (考慮尼龍受衝擊面材彈性率) 與雷射測試法之結果圖

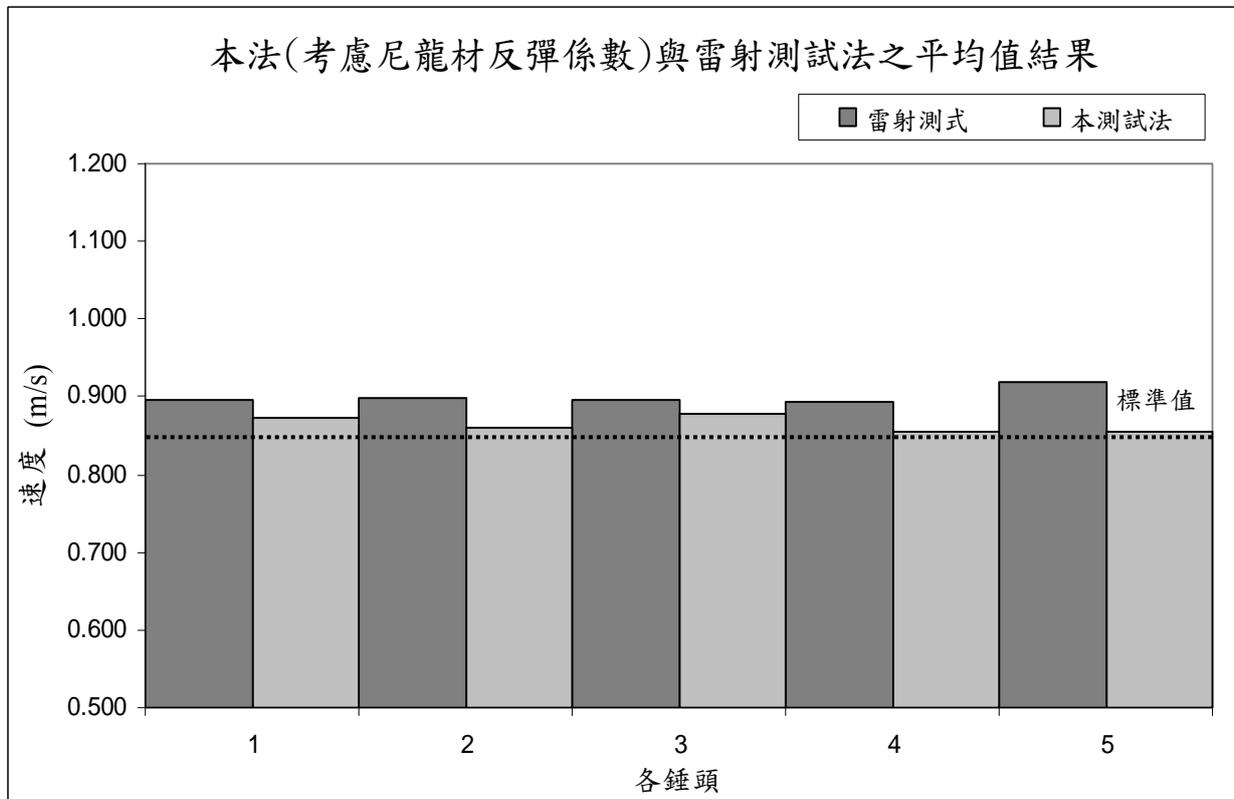


圖 4.49 本測試法(考慮尼龍受衝擊面材彈性率) 與雷射測試法之各錘頭平均結果圖

4.4.12 標準樣機檢測技術小結

- 本 4.4 節延續 99 年度之研究成果於 100 年度進行測試平台改善、衡量檢討及驗證結果之可靠性等，由 4.4.8 至 4.4.11 節之討論，其小結彙整如下：
- 一、經衡量檢討後，因本法為接觸式測法，由 4.4.9 節衡量公式可知，其彈性率 (μ) 值為影響落下衝擊速度之因素。以規範 $0.886\pm 0.022\text{m/s}$ 而言，此數值是假設錘頭於 40mm 處自由落體而下的最大速度結果。故應用本法測試時，則需將彈性率 (μ) 值因素考量在內。
 - 二、為確保本法測試結果之可靠度，本計畫於 4.4.10 節採非接觸式雷射測試來驗證，其結果可知此標準衝擊源之衝擊速度皆符合規範要求，故本法測試結果應具可靠。
 - 三、為檢討第一項所得結論，於 4.4.11 節將採用之尼龍受衝擊面材送至 SGS 材料實驗室進行彈性率檢測，其結果為 0.64。以已知彈性率 (μ) 再重新檢討衡量速度後，其本法所測得之衝擊速度值約在 0.75m/s 至 0.90m/s 之間，可知此標準衝擊源之衝擊速度皆符合規範要求。
 - 四、上述各項測試結果均為驗證本法之可行性與正確性，其最終成果將編撰至樓板衝擊源簡易性能測試技術標準，本計畫目前已初步完成編撰，並整理於 4.4.17。
 - 五、本法目前已完成上述事項之檢討，後續擬定以三台標準衝擊源來進行驗證，並作為修正本法草案之參考依據。

4.4.13 樓板衝擊源性能測試方法驗證

本年度透過測試平台改善、衡量檢討及改善後測試結果之討論後，其測試方法有作微調修正。為了解此法用於其他樓板衝擊源之適用性與正確性，本節將對三台樓板衝擊源進行測試驗證，相關說明如下小節。

4.4.13.1 三台樓板衝擊源設備

用於驗證此測試方法之適用性所商借的樓板衝擊源共包含兩種廠牌，於報告中所使用代號為 B、C 及 D 衝擊源，至於 A 衝擊源則為本法試驗所用的標準機。設備外觀部分，除 D 衝擊源較為老舊外，其 B 與 C 衝擊源都屬於較新的設備。

此外商借設備時，現場皆有使用並確定衝擊源可作動正常，並未有任何錘頭有無法落下之情形。

4.4.13.2 三台樓板衝擊源測試結果

測試方法依據前述章節執行，透過一測試平台，此設備最低要求應符合：(1) 此平台面積應大於輕量衝擊源之最大水平面積。(2) 平台上用於裝設力感測器之位置須符合輕量衝擊源相鄰錘頭間隔距離的要求 (100 ± 3 mm)。鋼材厚度至少為 15mm 以上，測試照片如圖 4.50。

驗證項目為衝擊速度 (Impact velocity)、衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts) 與相鄰衝擊間隔時間 (Time between successive impacts) 等三項，結果說明如下。



圖 4.50 測試方法驗證照片

一、B 衝擊源測試結果

(1) 衝擊速度：每個錘頭各測三次，錘頭一號測試結果介於 $0.823\text{-}0.831\text{m/s}^2$ (平均值為 0.827 m/s^2)；錘頭二號測試結果介於 $0.842\text{-}0.884\text{m/s}^2$ (平均值為 0.868 m/s^2)；錘頭三號測試結果介於 $0.874\text{-}0.899\text{m/s}^2$ (平均值為 0.884 m/s^2)；錘頭四號測試結果介於 $0.855\text{-}0.886\text{m/s}^2$ (平均值為 0.870 m/s^2)；錘頭五號測試結果介於 $0.809\text{-}0.816\text{m/s}^2$ (平均值為 0.814 m/s^2)，結果整理如表 4.11、圖 4.51 與圖 4.52。

表 4.11 B 衝擊源衝擊速度測試結果表

No	T1	T2	T3	平均值
1	0.828	0.823	0.831	0.827
2	0.879	0.842	0.884	0.868
3	0.899	0.874	0.878	0.884
4	0.886	0.855	0.870	0.870
5	0.816	0.809	0.816	0.814

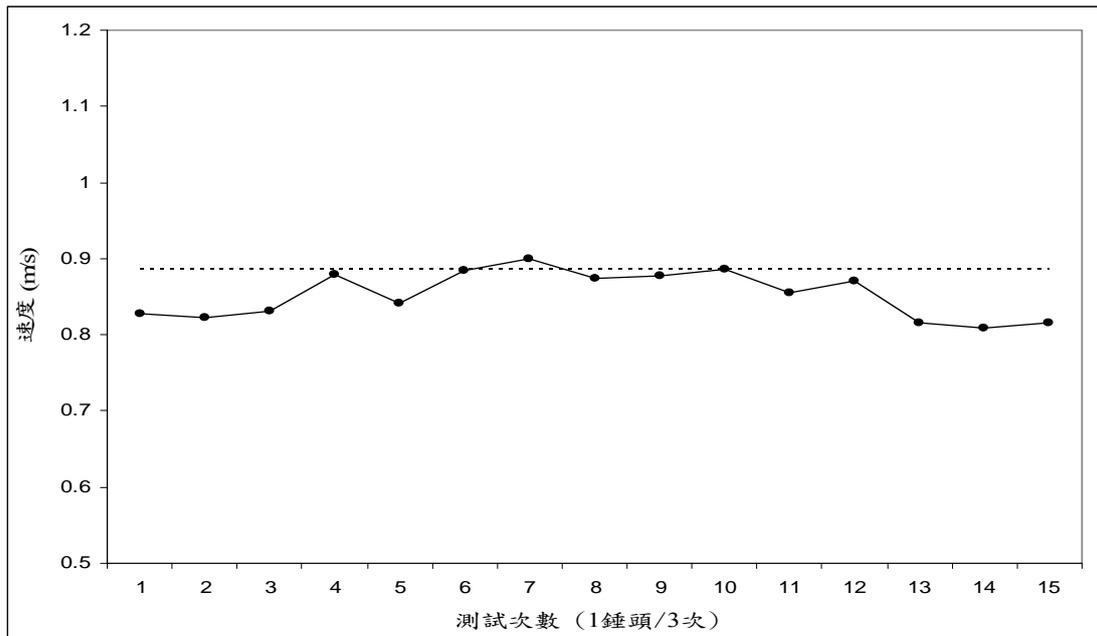


圖 4.51 B 衝擊源衝擊速度 (各錘頭量測三次) 測試結果圖

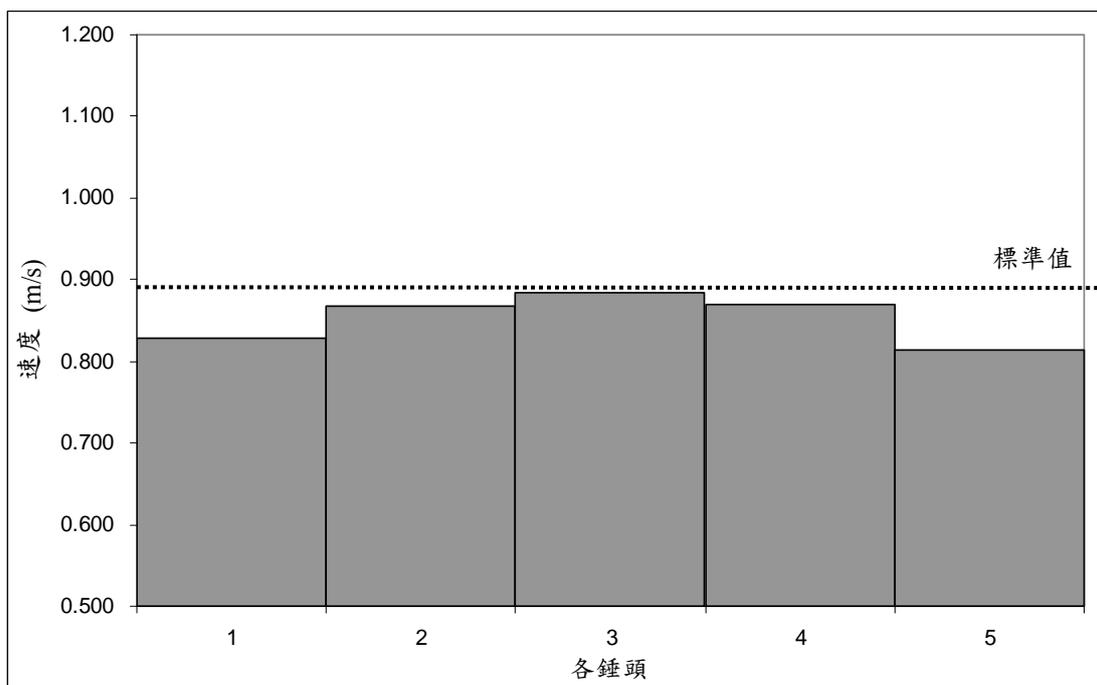


圖 4.52 B 衝擊源衝擊速度平均結果圖

(2) 衝擊間隔平均時間：錘頭 1 至 2 的間隔時間為 100.6ms、錘頭 2 至 3 的間隔時間為 96.3ms、錘頭 3 至 4 的間隔時間為 93.8ms、錘頭 4 至 5 的間隔時間為 104.0ms、錘頭 5 至 1 的間隔時間為 104.5ms，而 5 次紀錄平均值為 100.0 ms，此結果整理如表 4.12 與圖 4.53。

表 4.12 B 衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果表

Step No	Start Time (s)	End Time (s)	Duration (ms)	Mean Time (ms)
No1-2	0.3	0.4	100.6	100.0
No2-3	0.4	0.5	96.3	
No3-4	0.5	0.6	93.8	
No4-5	0.6	0.7	104.0	
No5-1	0.7	0.8	104.5	

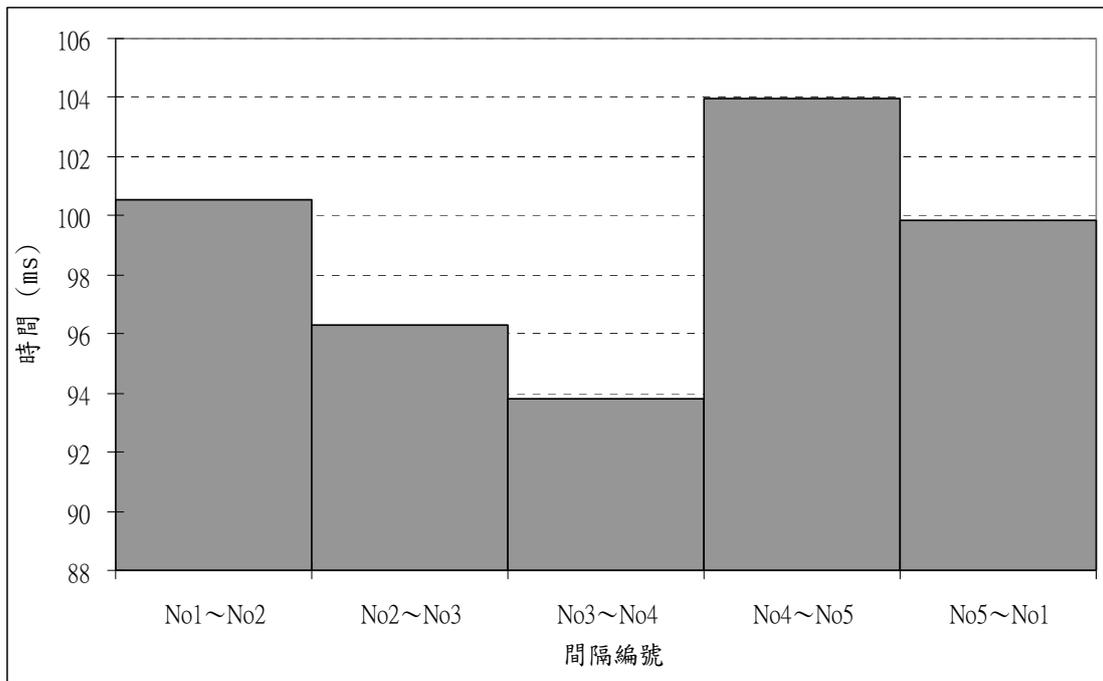


圖 4.53 B 衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果

(3) 相鄰衝擊間隔時間：錘頭 1 至 2 的間隔時間介於 95.5ms-102.7ms 之間（平均值為 100.1ms）、錘頭 2 至 3 的間隔時間介於 93.0ms-98.7ms 之間（平均值為 96.3ms）、錘頭 3 至 4 的間隔時間介於 92.0ms-94.7ms 之間（平均值為 93.5ms）、錘頭 4 至 5 的間隔時間介於 103.8ms-106.8 ms 之間（平均值為 105.3ms）、錘頭 5 至 1 的間隔時間介於 101.5ms-105.9ms 之間（平均值為 103.8ms），結果整理如表 4.13 與圖 4.54。

表 4.13 B 衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果表

次數	Step No	Start Time (s)	End Time (s)	Duration (ms)	Mean Time (ms)
第一次	No1-2	0.311	0.412	100.6	100.1
第二次		0.810	0.912	101.4	
第三次		1.310	1.410	100.3	
第四次		1.810	1.906	95.5	
第五次		2.309	2.412	102.7	
第一次	No2-3	0.412	0.508	96.3	96.3
第二次		0.912	1.007	95.0	
第三次		1.410	1.509	98.7	
第四次		1.906	2.005	98.6	
第五次		2.412	2.505	93.0	
第一次	No3-4	0.508	0.602	93.8	93.5
第二次		1.007	1.100	93.2	
第三次		1.509	1.601	92.0	
第四次		2.005	2.098	93.9	
第五次		2.505	2.599	94.7	
第一次	No4-5	0.602	0.706	104.0	105.3
第二次		1.100	1.207	106.8	
第三次		1.601	1.705	103.8	
第四次		2.098	2.205	106.4	
第五次		2.599	2.705	105.3	
第一次	No5-1	0.706	0.810	104.5	103.8
第二次		1.207	1.310	102.9	
第三次		1.705	1.810	105.9	
第四次		2.205	2.309	104.1	
第五次		2.705	2.806	101.5	

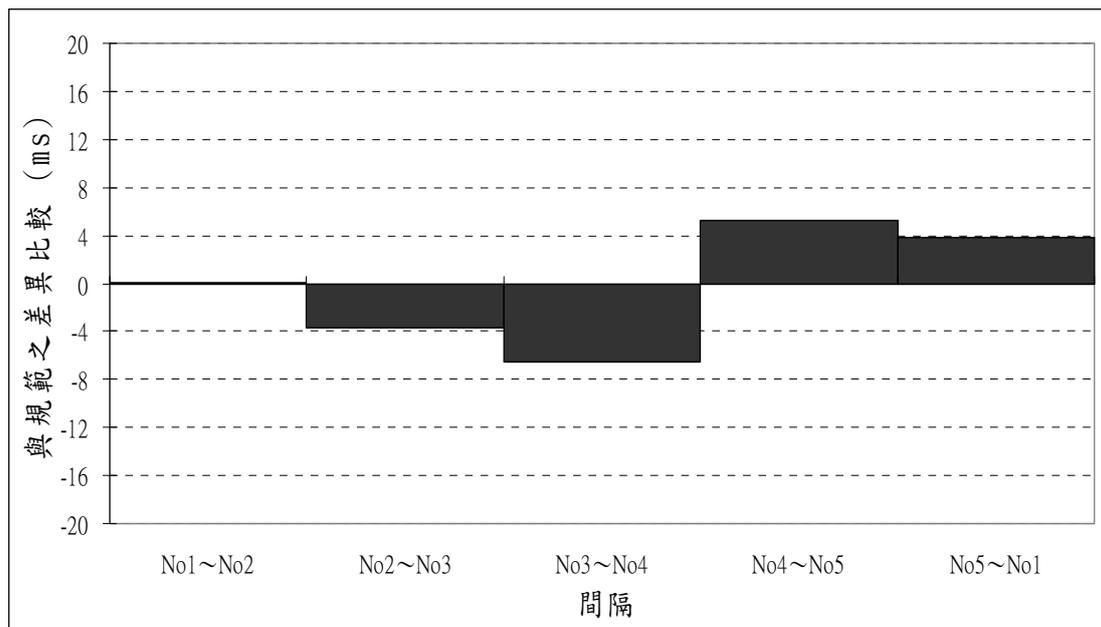


圖 4.54 B 衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果圖

二、C 衝擊源測試結果

(1) 衝擊速度：每個錘頭各測三次，錘頭一號測試結果介於 0.912- 0.931 m/s^2 (平均值為 0.922 m/s^2)；錘頭二號測試結果介於 0.827- 0.848 m/s^2 (平均值為 0.834 m/s^2)；錘頭三號測試結果介於 0.887- 0.917 m/s^2 (平均值為 0.901 m/s^2)；錘頭四號測試結果介於 0.883- 0.935 m/s^2 (平均值為 0.910 m/s^2)；錘頭五號測試結果介於 0.884- 0.927 m/s^2 (平均值為 0.903 m/s^2)，結果整理如表 4.14、圖 4.55 與圖 4.56。

表 4.14 C 衝擊源衝擊速度測試結果表

No	T1	T2	T3	平均值
1	0.924	0.912	0.931	0.922
2	0.827	0.848	0.828	0.834
3	0.899	0.887	0.917	0.901
4	0.935	0.912	0.883	0.910
5	0.927	0.884	0.897	0.903

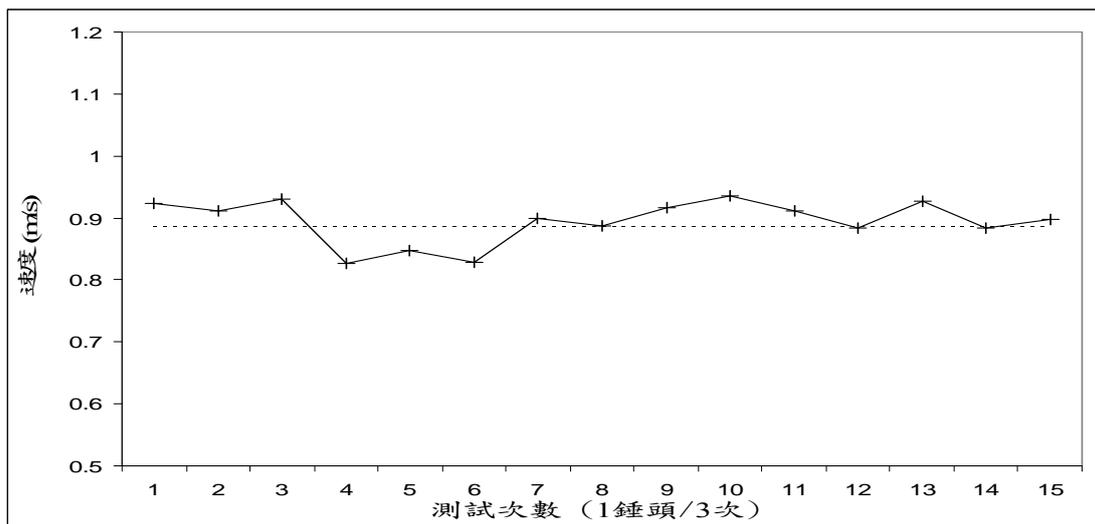


圖 4.55 C 衝擊源衝擊速度 (各錘頭量測三次) 測試結果圖

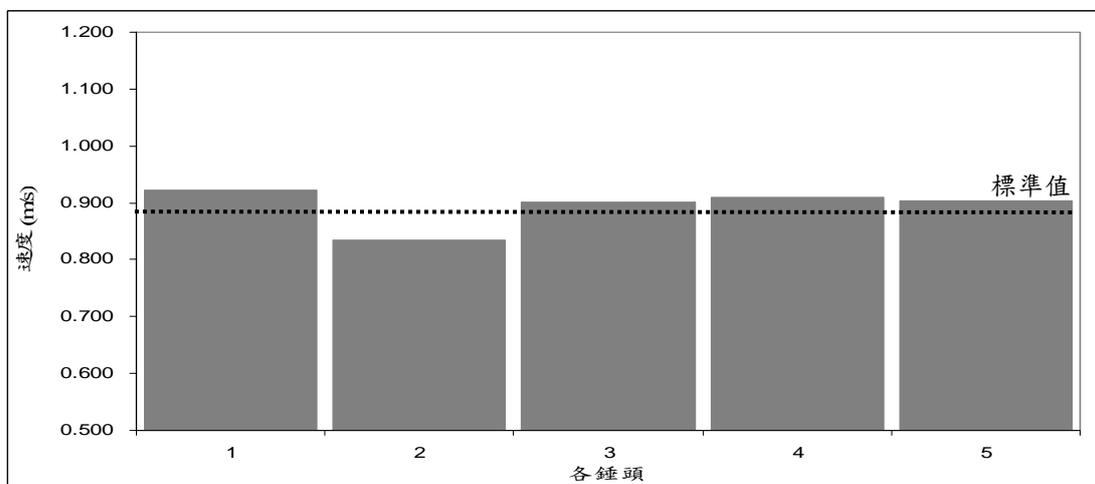


圖 4.56 C 衝擊源衝擊速度平均結果圖

(2) 衝擊間隔平均時間：錘頭 1 至 2 的間隔時間為 107.6ms、錘頭 2 至 3 的間隔時間為 90.1ms、錘頭 3 至 4 的間隔時間為 123.9ms、錘頭 4 至 5 的間隔時間為 72.2ms、錘頭 5 至 1 的間隔時間為 86.4ms，而 5 次紀錄平均值為 96.0 ms，此結果整理如表 4.15 與圖 4.57。

表 4.15 C 衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果表

Step No	Start Time (s)	End Time (s)	Duration (ms)	Mean Time (ms)
No1-2	0.384	0.491	107.6	96.0
No2-3	0.491	0.581	90.1	
No3-4	0.581	0.705	123.9	
No4-5	0.705	0.777	72.2	
No5-1	0.777	0.864	86.4	

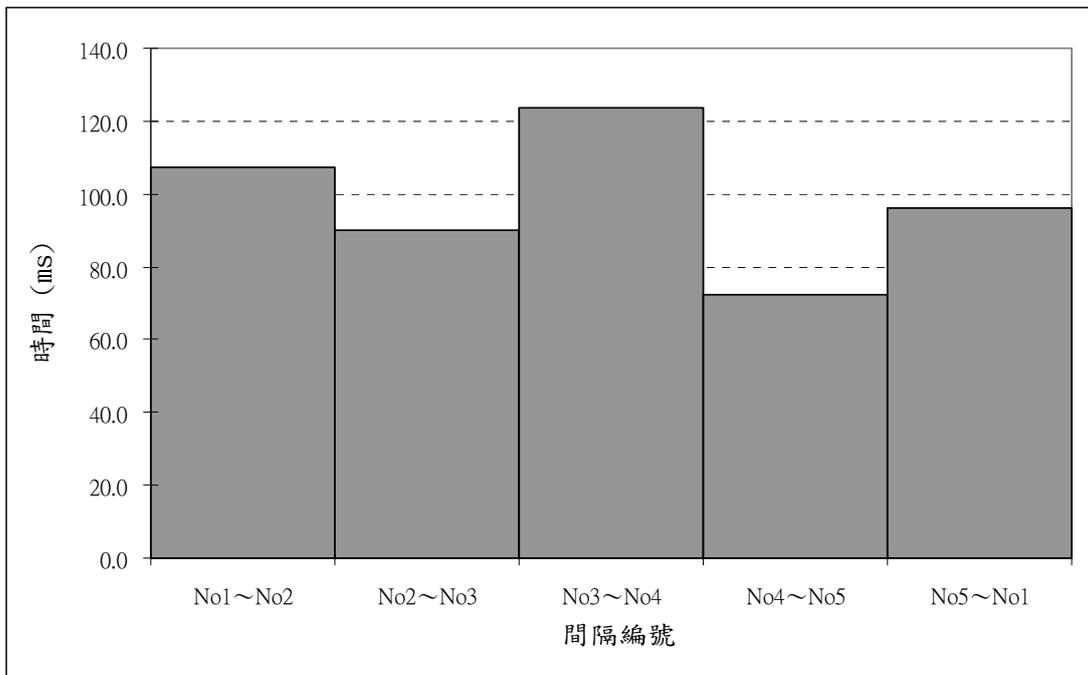


圖 4.57 C 衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果

(3) 相鄰衝擊間隔時間：錘頭 1 至 2 的間隔時間介於 106.3ms-109.2ms 之間（平均值為 107.7ms）、錘頭 2 至 3 的間隔時間介於 88.7ms-90.7ms 之間（平均值為 89.7ms）、錘頭 3 至 4 的間隔時間介於 123.9ms- 129.9ms 之間（平均值為 126.6ms）、錘頭 4 至 5 的間隔時間介於 62.0ms-72.2 ms 之間（平均值為 66.3ms）、錘頭 5 至 1 的間隔時間介於 86.4ms- 95.0ms 之間（平均值為 91.2ms），結果整理如表 4.16 與圖 4.58。

表 4.16 C 衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果表

次數	Step No	Start Time (s)	End Time (s)	Duration (ms)	Mean Time (ms)
第一次	No1-2	0.384	0.491	107.6	107.7
第二次		0.864	0.970	106.5	
第三次		1.346	1.455	109.2	
第四次		1.828	1.934	106.3	
第五次		2.309	2.418	109.1	
第一次	No2-3	0.491	0.581	90.1	89.7
第二次		0.970	1.059	89.0	
第三次		1.455	1.544	88.7	
第四次		1.934	2.025	90.7	
第五次		2.418	2.508	90.0	
第一次	No3-4	0.581	0.705	123.9	126.6
第二次		1.059	1.189	129.9	
第三次		1.544	1.672	128.3	
第四次		2.025	2.150	124.6	
第五次		2.508	2.635	126.4	
第一次	No4-5	0.705	0.777	72.2	66.3
第二次		1.189	1.251	62.0	
第三次		1.672	1.738	65.2	
第四次		2.150	2.216	66.7	
第五次		2.635	2.700	65.3	
第一次	No5-1	0.777	0.864	86.4	91.2
第二次		1.251	1.346	95.0	
第三次		1.738	1.828	90.3	
第四次		2.216	2.309	93.0	
第五次		2.700	2.791	91.4	

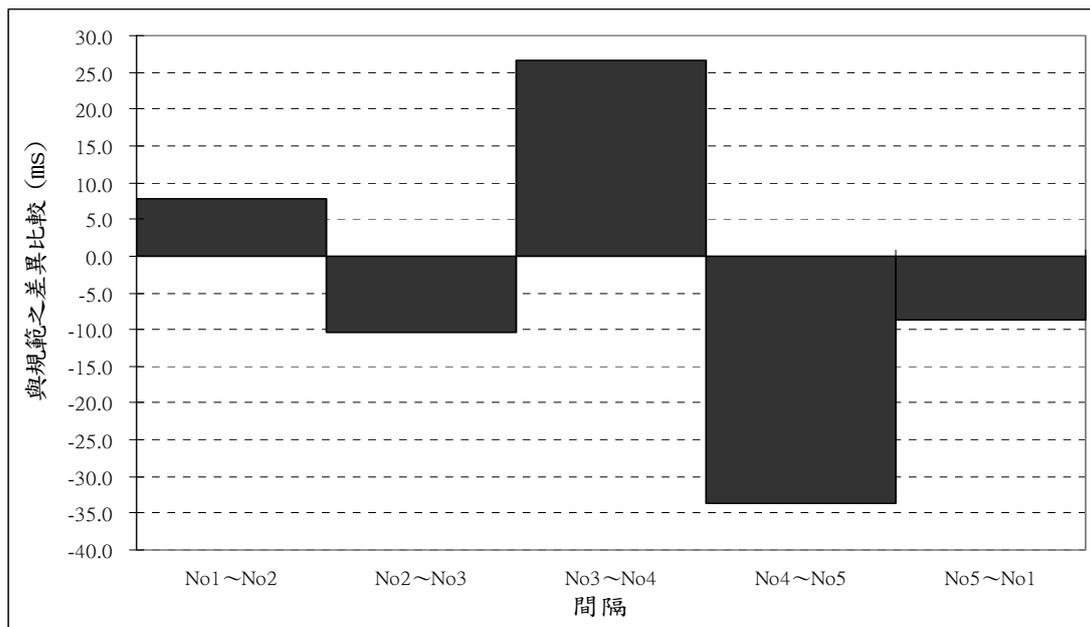


圖 4.58 C 衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果圖

三、D 衝擊源測試結果

(1) 衝擊速度：每個錘頭各測三次，錘頭一號測試結果介於 0.799-0.803m/s² (平均值為 0.814 m/s²)；錘頭二號測試結果介於 0.838-0.947m/s² (平均值為 0.880 m/s²)；錘頭三號測試結果介於 0.809-0.952m/s² (平均值為 0.837 m/s²)；錘頭四號測試結果介於 0.897-0.930m/s² (平均值為 0.915 m/s²)；錘頭五號測試結果介於 0.897-0.930m/s² (平均值為 0.915 m/s²)，結果整理如表 4.17、圖 4.59 與圖 4.60。

表 4.17 D 衝擊源衝擊速度測試結果表

No	T1	T2	T3	平均值
1	0.841	0.799	0.803	0.814
2	0.838	0.947	0.856	0.880
3	0.852	0.848	0.809	0.837
4	0.897	0.917	0.930	0.915
5	0.897	0.917	0.930	0.915

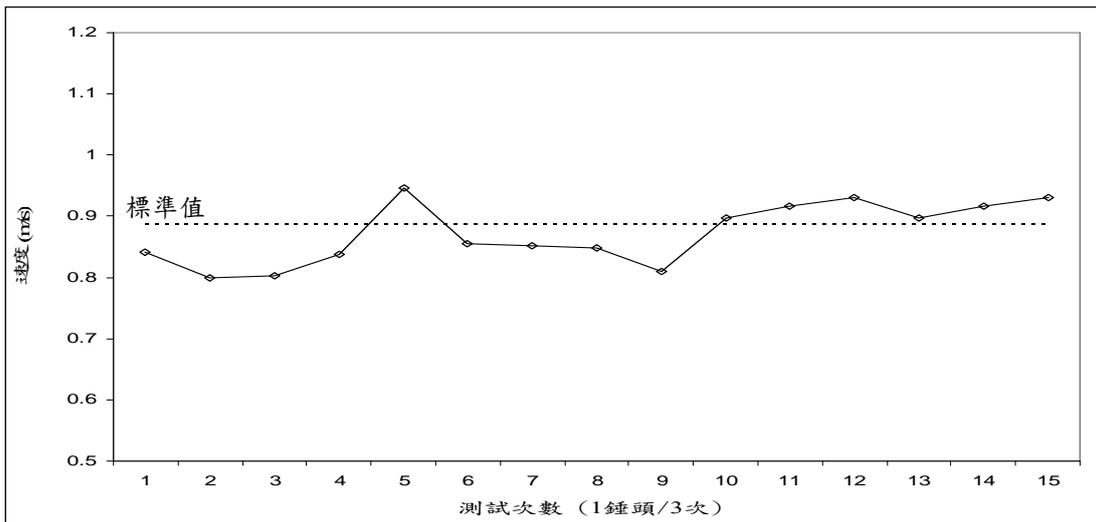


圖 4.59 D 衝擊源衝擊速度 (各錘頭量測三次) 測試結果圖

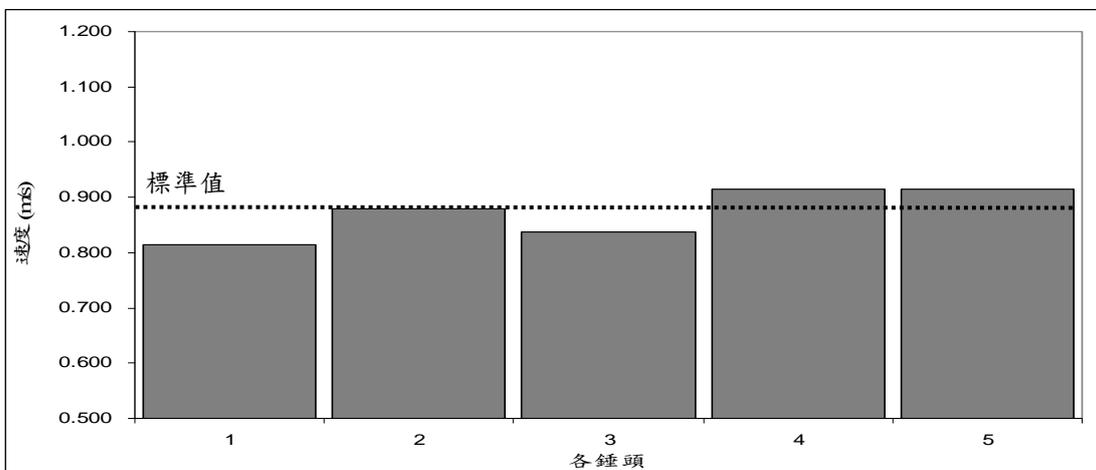


圖 4.60 D 衝擊源衝擊速度平均結果圖

(2) 衝擊間隔平均時間：錘頭 1 至 2 的間隔時間為 123.0 ms、錘頭 2 至 3 的間隔時間為 56.3 ms、錘頭 3 至 4 的間隔時間為 63.9 ms、錘頭 4 至 5 的間隔時間為 16.2 ms、錘頭 5 至 1 的間隔時間為 42.9 ms，而 5 次紀錄平均值為 60.5 ms，此結果整理如表 4.18 與圖 4.61。

表 4.18 D 衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果表

Step No	Start Time (s)	End Time (s)	Duration (ms)	Mean Time (ms)
No1-2	0.441	0.564	123.0	60.5
No2-3	0.564	0.621	56.3	
No3-4	0.621	0.685	63.9	
No4-5	0.685	0.701	16.2	
No5-1	0.701	0.744	43.1	

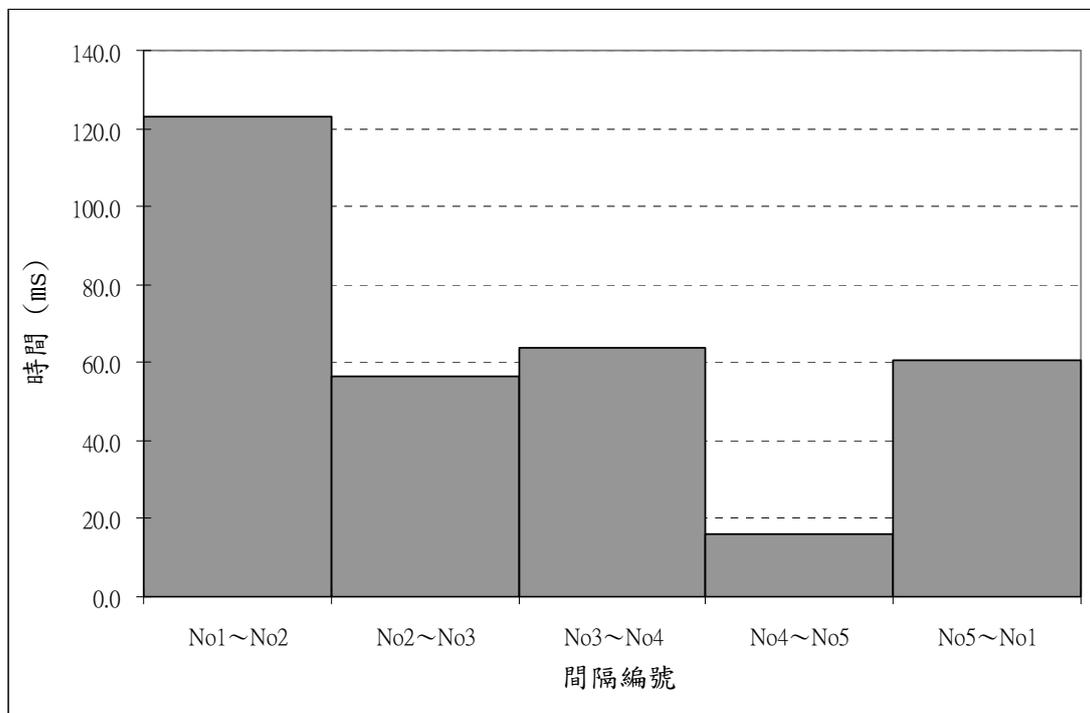


圖 4.61 D 衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果

(3) 相鄰衝擊間隔時間：錘頭 1 至 2 的間隔時間介於 118.8ms-123.7ms 之間（平均值為 121.6ms）、錘頭 2 至 3 的間隔時間介於 50.5ms-60.5ms 之間（平均值為 55.4ms）、錘頭 3 至 4 的間隔時間介於 63.7ms-69.0ms 之間（平均值為 65.7ms）、錘頭 4 至 5 的間隔時間介於 15.1ms-18.2 ms 之間（平均值為 16.6ms）、錘頭 5 至 1 的間隔時間介於 34.4ms-40.9ms 之間（平均值為 39.2ms），結果整理如表 4.19 與圖 4.62。

表 4.19 D 衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果表

次數	Step No	Start Time (s)	End Time (s)	Duration (ms)	Mean Time (ms)
第一次	No1-2	0.441	0.564	123.0	121.6
第二次		0.744	0.866	121.7	
第三次		1.036	1.154	118.8	
第四次		1.338	1.459	120.6	
第五次		1.628	1.752	123.7	
第一次	No2-3	0.564	0.621	56.3	55.4
第二次		0.866	0.916	50.5	
第三次		1.154	1.215	60.5	
第四次		1.459	1.515	55.7	
第五次		1.752	1.806	53.9	
第一次	No3-4	0.621	0.685	63.9	65.7
第二次		0.916	0.983	67.0	
第三次		1.215	1.280	64.9	
第四次		1.515	1.578	63.7	
第五次		1.806	1.875	69.0	
第一次	No4-5	0.685	0.701	16.2	16.6
第二次		0.983	0.998	15.1	
第三次		1.280	1.298	18.2	
第四次		1.578	1.594	15.3	
第五次		1.875	1.893	18.2	
第一次	No5-1	0.701	0.744	42.9	39.2
第二次		0.998	1.036	37.4	
第三次		1.298	1.338	40.3	
第四次		1.594	1.628	34.4	
第五次		1.893	1.934	40.9	

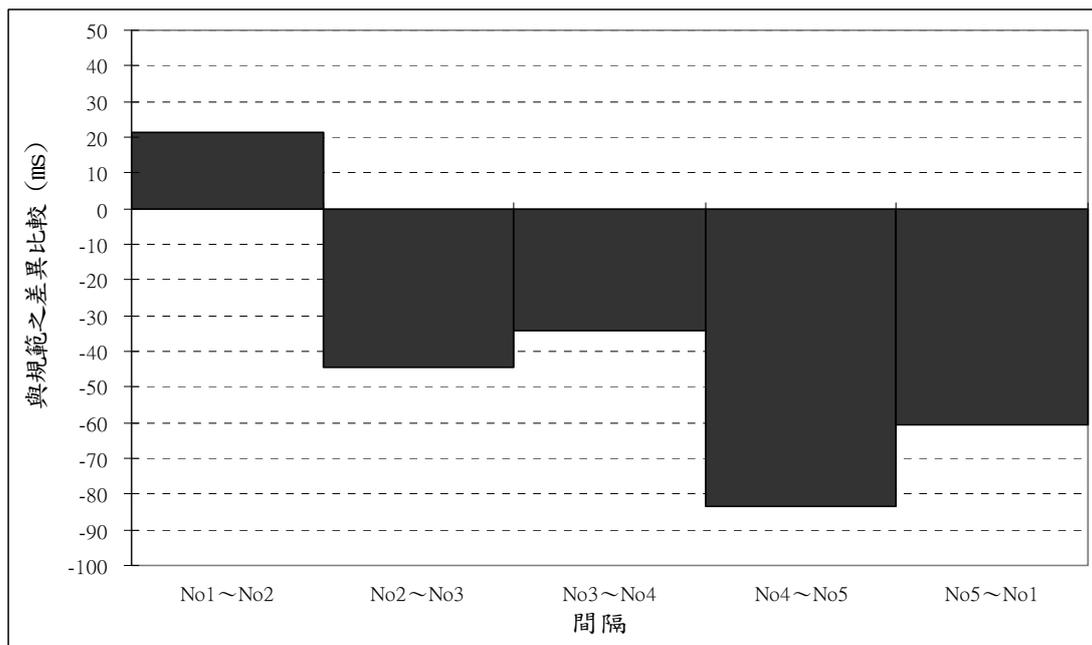


圖 4.62 D 衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果圖

四、測試結果綜合比較分析

本方法由其他三台衝擊源執行適用性驗證，本節將四台衝擊源測試結果進行綜整分析，結果說明如下：

(一) 衝擊速度測試結果分析

1. 介於 0.810-0.820m/s 之間共有 2 個錘頭。
2. 介於 0.830-0.840m/s 之間共有 2 個錘頭。
3. 介於 0.840-0.850m/s 之間僅有 1 個錘頭。
4. 介於 0.860-0.870m/s 之間共有 3 個錘頭。
5. 介於 0.870-0.880m/s 之間共有 3 個錘頭。
6. 介於 0.880-0.890m/s 之間共有 3 個錘頭。
7. 介於 0.900-0.910m/s 之間共有 2 個錘頭。
8. 介於 0.910-0.920m/s 之間僅有 1 個錘頭。
9. 介於 0.920-0.930m/s 之間共有 3 個錘頭。

每台衝擊源為 5 個錘頭，故上述錘頭數量合計共 20 個，結果整理如圖 4.63。

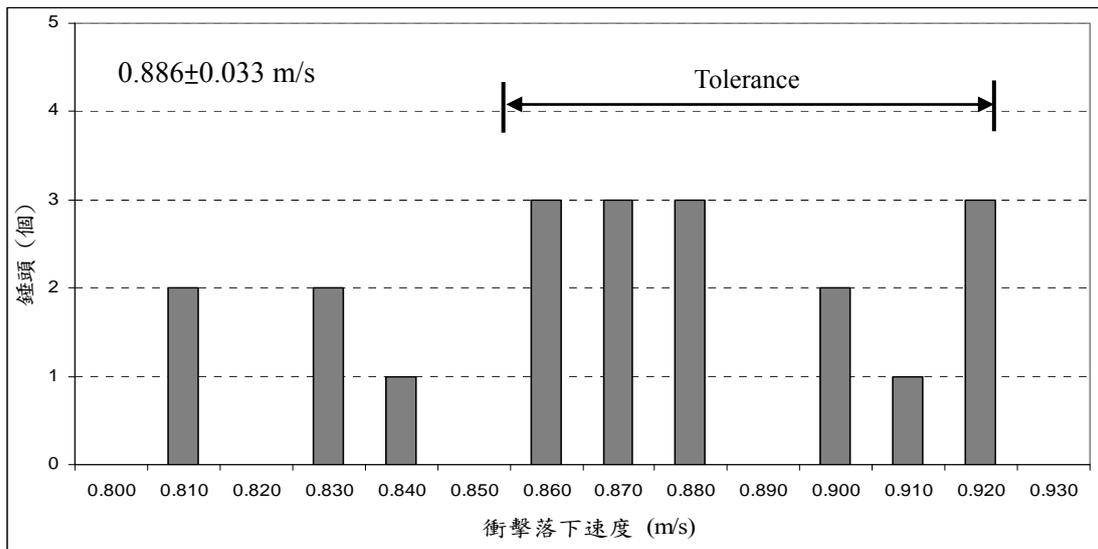


圖 4.63 四台衝擊源之衝擊速度測試結果圖

(二) 衝擊間隔平均時間測試結果分析

1. A 衝擊源衝擊間隔平均時間為 99.9 ms。
2. B 衝擊源衝擊間隔平均時間為 99.8 ms。
3. C 衝擊源衝擊間隔平均時間為 96.0 ms。
4. D 衝擊源衝擊間隔平均時間為 60.5 ms。

上述為計算五個錘頭各作動一次之時間間隔平均值，結果如圖 4.64。

(三) 相鄰衝擊間隔時間測試結果分析

1. 介於 10.0-20.0 ms 之間的相鄰衝擊間隔僅有 1 個。
2. 介於 30.0-40.0 ms 之間的相鄰衝擊間隔僅有 1 個。
3. 介於 50.0-60.0 ms 之間的相鄰衝擊間隔僅有 1 個。
4. 介於 60.0-70.0 ms 之間的相鄰衝擊間隔共有 2 個。
5. 介於 80.0-90.0 ms 之間的相鄰衝擊間隔僅有 1 個。
6. 介於 90.0-100.0 ms 之間的相鄰衝擊間隔共有 5 個。
7. 介於 100.0-110.0 ms 之間的相鄰衝擊間隔共有 7 個。
8. 介於 120.0-130.0 ms 之間的相鄰衝擊間隔共有 2 個。

上述為計算五個錘頭各作動五次之時間間隔平均值，每台衝擊源有 5 個平均值，故上述共計為 20 個平均值，結果如圖 4.65。

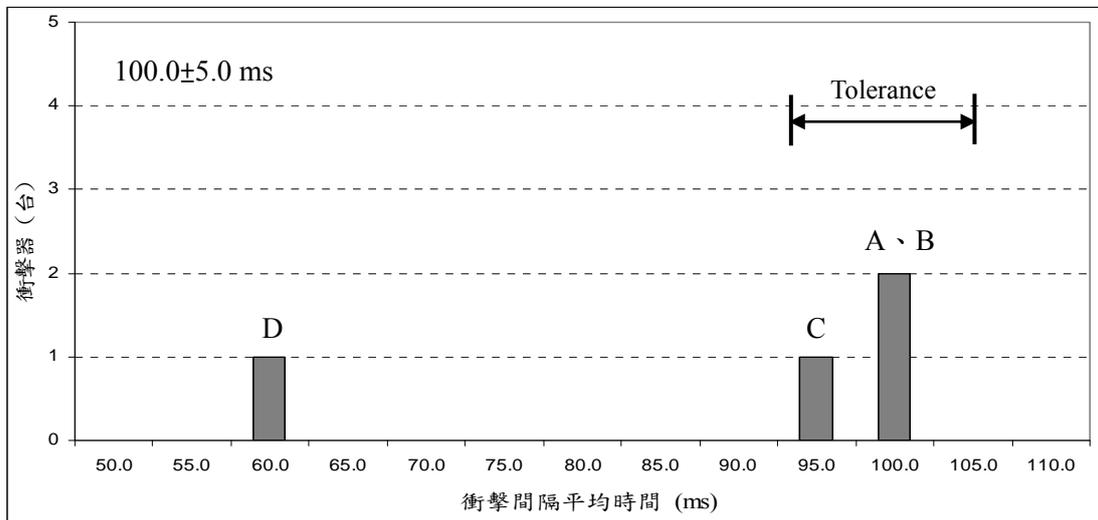


圖 4.64 四台衝擊源之衝擊間隔平均時間測試結果圖

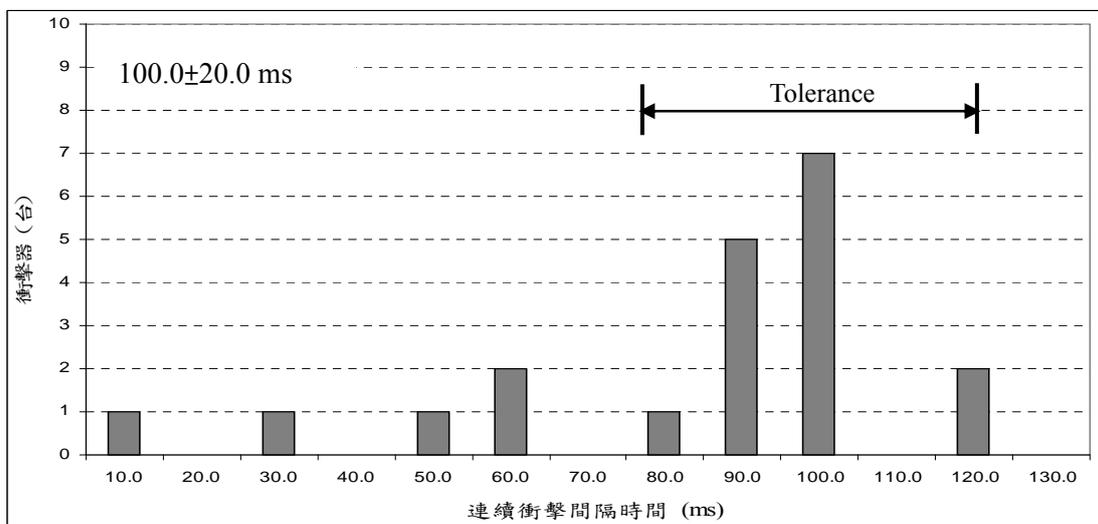


圖 4.65 四台衝擊源之相鄰衝擊間隔時間測試結果圖

4.4.14 樓板衝擊源接觸式性能測試技術標準

草案	樓板衝擊器接觸式性能測試技術標準	第二版
<p>The Test Technology Through Contact Method for Standard Floor Tapping Machine</p> <p>目錄</p>		
節次		頁次
1. 適用範圍		2
2. 參考標準		2
3. 定義		2
3.1 衝擊落下高度 (Impact height).....		2
3.2 衝擊落下速度 (Impact velocity).....		2
3.3 衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts).....		2
3.4 連續衝擊間隔時間 (Time between successive impacts).....		2
4. 設備		2
4.1 力感測器要求.....		2
4.2 受衝擊面要求.....		3
4.3 記錄器要求.....		3
4.4 測試平台要求.....		3
5. 測試程序及計算		3
5.1 一般規定		3
5.2 衝擊落下速度.....		3
5.3 衝擊間隔平均時間.....		4
5.4 連續衝擊間隔時間.....		5
6. 精確度 (Precision).....		6
7. 結果表示		6
8. 測試報告		7
附錄 A (規定) 測試平台要求.....		8
附錄 B (參考) 衝擊落下速度計算.....		9
附錄 C (參考) 衝擊間隔平均時間計算.....		10
附錄 D (參考) 連續衝擊間隔時間計算.....		11
附錄 E (參考) 測試報告範例.....		13
中英文名詞對照		19
(共 19 頁)		
1		

1. 適用範圍

本標準適用於檢測樓板衝擊音之隔音量測所需標準輕量衝擊器 (Standard Floor Tapping Machine) 的性能，量測項目包含：衝擊落下速度 (Impact velocity)、衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts) 與連續衝擊間隔時間 (Time between successive impacts) 等三項。

備註：輕量衝擊器性能要求定義於 CNS 15160-6 與 CNS 15160-7 之附錄 A。

2. 參考標準

CNS 15160-6 聲學 - 建築物及建築物構件之隔音量測法 - 樓板衝擊音隔音之實驗室量測

CNS 15160-7 聲學- 建築物及建築物構件之隔音量測法 - 樓板衝擊音隔音之現場量測方法

ISO 140-6 Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 6 : Laboratory measurements of impact sound insulation of floor

聲學 - 建築物及建築物構件之隔音量測法 - 樓板衝擊音隔音之實驗室量測

ISO 140-7 Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 7 : Field measurements of impact sound insulation of floor

聲學 - 建築物及建築物構件之隔音量測法 - 樓板衝擊音隔音之現場量測方法

3. 定義

3.1 衝擊落下高度 (Impact height)

錘頭底面至衝擊平台受衝擊面之距離定義為衝擊落下高度，其高度為 40mm。

3.2 衝擊落下速度 (Impact velocity)

以輕量衝擊器之質量 500g 的錘頭，依據 3.1 衝擊落下高度所測得之速度定義為衝擊落下速度，單位表示為 m/s。

3.3 衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts)

五個錘頭循環作動一次，並應紀錄 4 個間隔時間，再計算平均值。

3.4 連續衝擊間隔時間 (Time between successive impacts)

五個錘頭連續循環作動五次，各錘頭應紀錄 5 個間隔時間，再計算各錘頭之平均值。

4. 設備

4.1 力感測器要求

該設備量程範圍應在 6,000 至 10,000N 之間。

備註：

1. 所測得衝擊力若大於力感測器之最大量程範圍時，則會有訊號過載 (Overload) 或造成雜訊過高等情形，此現象會影響量測結果。

2. 依 CNS 15160-6 與 CNS 15160-7 之附錄 A 規範要求，衝擊力理論計算最大值為 5022.72N。

4.2 受衝擊面要求

受衝擊面之彈性率應依 CNS6483 3.8 章節彈性率試驗進行測試，建議可選用尼龍材質（彈性率範圍建議 0.6 ± 0.1 ）。受衝擊面尺寸須符合 CNS6483 3.8 章節彈性率試驗之試片大小（直徑約 29 mm）要求，厚度為 12.7 ± 0.13 mm。

4.3 記錄器要求

因衝擊脈衝時間短暫，單一通道取樣頻率至少為 500kHz 以上；記錄器之 A/D 解析度 16bit 以上。

4.4 測試平台要求

此平台面積應大於輕量衝擊器之最大水平面積，平台上用於裝設力感測器之位置須符合輕量衝擊器相鄰銼頭間隔距離的要求（ 100 ± 3 mm），鋼材厚度應為 15mm 以上，詳述請參照附錄 A。

5. 測試程序及計算

5.1 一般規定

本方法適用於檢測樓板衝擊音之隔音量測所需標準輕量衝擊器的性能，量測項目如第三章節 3.2、3.3 及 3.4 定義，其衝擊落下速度之表示單位為 m/s；間隔時間單位為毫秒 (ms)。

5.2 衝擊落下速度

5.2.1 測試說明

輕量衝擊器應固定於測試平台上（測試平台要求請參照 4.3 及附錄 A），以確保力感測器可精準紀錄錘頭落下衝擊狀態。此外若採用單一通道紀錄器進行量測時，則需分別記錄各錘頭量測資料。

有關該項其他量測要求請參照下列小節與附錄 B。

5.2.2 力感測器位置

1. 力感測器裝置於測試平台時，須處於同一直線上。
2. 裝設力感測器之孔徑中心點距離應為 100 ± 3 mm。

5.2.3 受衝擊面位置

1. 受衝擊面須設置於力感測器之上，並確定受衝擊面與錘頭底面之距離為 40mm。
2. 此裝置須與力感測器緊密相接，以確保正常紀錄錘頭落下之衝擊訊號。

5.2.4 量測程序

- (a) 確認輕量衝擊器之外觀完整性與適用性。
- (b) 輕量衝擊器進行量測作業前，須確認錘頭落下作動正常。
- (c) 確認測試平台外觀完整性是否皆有無異狀。
- (d) 確認受衝擊面水平性是否無異狀。
- (e) 確認受衝擊面與錘頭之間距離為 40mm。
- (f) 輕量衝擊器架設於測試平台之上，並確認螺絲是否已固定完成。
- (g) 確認量測相關硬體與軟體之完整性與設定。
- (h) 確認力感測器裝置已連接，且訊號接收無異狀。
- (i) 開始進行量測作業。
- (j) 完成量測作業，並停止輕量衝擊器作動。
- (k) 其他相關事項確認。

5.2.5 量測時間

量測至少須包含五個錘頭連續循環作動五次之時間，各錘頭應紀錄 5 個衝擊落下速度，再計算各錘頭之平均值。

5.2.6 量測計算

量測衝量組成包含錘頭質量、彈性率及衝擊落下速度（此處指 V_{\max} ），其如式（1）。

$$V_{\max} = \frac{I}{M(1 + \mu)} \quad (1)$$

其中：

I 為量測衝量，計算方式範例如附錄 A。

$F(t)$ 受衝擊面之受力，

μ 依據 CNS6483 3.8 章節定義：鐵棒打擊受衝擊面試片之反彈高度數值即為彈性率。

V_{\max} 為錘頭撞擊受衝擊面之速度。

關於衝擊落下速度計算詳述，附錄 B 提供一計算範例供參照。

5.3 衝擊間隔平均時間

5.3.1 測試說明

相同以力感測器配合記錄器通道數來執行量測，記錄衝擊響應的時間歷程（Time history）結果。輕量衝擊器固定要求如 5.2.1，其他量測要求請參照下列小節與附錄 C。

5.3.2 力感測器位置要求依 5.2.2 章節規定。

5.3.3 受衝擊面位置要求依 5.2.3 章節規定。

5.3.4 量測程序要求依 5.2.4 章節規定。

5.3.5 量測時間

量測至少須包含五個錘頭循環作動二次之時間，並應紀錄 5 個間隔時間，再計算平均值。

備註：以各別衝擊力波形之間峰值間隔時間來記錄

5.3.6 量測計算

以 5.3.5 所記錄 4 個間隔時間，由式 (2) 計算衝擊間隔平均時間。

$$\text{衝擊間隔平均時間} = \frac{(T_{1-2} + T_{2-3} + T_{3-4} + T_{4-5} + T_{5-1})}{5} \quad (2)$$

其中

T_{1-2} ：錘頭 1 至錘頭 2 之間隔時間，單位 ms。

T_{2-3} ：錘頭 2 至錘頭 3 之間隔時間，單位 ms。

T_{3-4} ：錘頭 3 至錘頭 4 之間隔時間，單位 ms。

T_{4-5} ：錘頭 4 至錘頭 5 之間隔時間，單位 ms。

T_{5-1} ：錘頭 5 至錘頭 1 之間隔時間，單位 ms。

關於衝擊間隔平均時間計算詳述，附錄 C 提供一計算範例供參照。

5.4 連續衝擊間隔時間

5.4.1 測試說明

相同以力感測器配合記錄器通道數來執行量測，記錄衝擊響應的時間歷程 (Time history) 結果。輕量衝擊器固定要求如 5.2.1，其他量測要求請參照下列小節與附錄 D。

5.4.2 力感測器位置要求依 5.2.2 章節規定。

5.4.3 受衝擊面位置要求依 5.2.3 章節規定。

5.4.4 量測程序要求依 5.2.4 章節規定。

5.4.5 量測時間

量測至少須包含五個錘頭連續循環作動五次之時間，且各錘頭應紀錄 5 個間隔時間，再計算各錘頭之平均值。

備註：以各別衝擊力波形之間峰值間隔時間來記錄

5.3.6 量測計算

5.4.5 所記錄各錘頭 5 個間隔時間，由式 (3) 至 (7) 計算衝擊間隔平均時間。

$$T_{no1_avg} = \frac{(1^{st} T_{1-2} + 2^{nd} T_{1-2} + 3^{rd} T_{1-2} + 4^{th} T_{1-2} + 5^{th} T_{1-2})}{5} \quad (3)$$

$$T_{no2_avg} = \frac{(1^{st} T_{2-3} + 2^{nd} T_{2-3} + 3^{rd} T_{2-3} + 4^{th} T_{2-3} + 5^{th} T_{2-3})}{5} \quad (4)$$

$$T_{no3_avg} = \frac{(1^{st} T_{3-4} + 2^{nd} T_{3-4} + 3^{rd} T_{3-4} + 4^{th} T_{3-4} + 5^{th} T_{3-4})}{5} \quad (5)$$

$$T_{no4_avg} = \frac{(1^{st} T_{4-5} + 2^{nd} T_{4-5} + 3^{rd} T_{4-5} + 4^{th} T_{4-5} + 5^{th} T_{4-5})}{5} \quad (6)$$

$$T_{no5_avg} = \frac{(1^{st} T_{5-1} + 2^{nd} T_{5-1} + 3^{rd} T_{5-1} + 4^{th} T_{5-1} + 5^{th} T_{5-1})}{5} \quad (7)$$

其中

T_{no1_avg} 至 T_{no5_avg} 分別表示 5 各錘頭之連續衝擊間隔時間計算結果

1st 至 5th 分別表示紀錄次數 (第一次至第五次)

T_{1-2} : 錘頭 1 至錘頭 2 之間隔時間, 單位 ms。

T_{2-3} : 錘頭 2 至錘頭 3 之間隔時間, 單位 ms。

T_{3-4} : 錘頭 3 至錘頭 4 之間隔時間, 單位 ms。

T_{4-5} : 錘頭 4 至錘頭 5 之間隔時間, 單位 ms。

T_{5-1} : 錘頭 5 至錘頭 1 之間隔時間, 單位 ms。

關於連續衝擊間隔時間計算詳述, 附錄 D 提供一計算範例供參照。

6. 精確度(Precision)

量測方式與設置依第 5 章節規定須可達到重複操作性, 以確保量測精確度。

7. 結果表示

輕量衝擊器接觸式性能測試項目包含：

- 衝擊落下速度, 以單位 m/s 表示之, 其數值計算至小數點以下 3 位, 測試報告之圖表須標示以 m/s 為單位之數值對應。
- 衝擊間隔平均時間, 以單位毫秒 (ms) 表示之, 其數值計算至小數點以下 1 位, 測試報告之圖表須標示以 ms 為單位之數值對應。
- 連續衝擊間隔時間, 以單位毫秒 (ms) 表示之, 其數值計算至小數點以下 1 位, 測試報告之圖表須標示以 ms 為單位之數值對應。

8.測試報告

測試報告須記載：

- (a) 量測標準；
- (b) 量測機構名稱與地址等相關資訊；
- (c) 顧客名稱、地址與連絡資訊
- (d) 接受與測試日期；
- (e) 測試程序；
- (f) 待測物名稱、廠牌、型號與規格等
- (g) 測試項目
- (h) 記錄器量測取樣頻率及 A/D 解析度
- (i) 受衝擊面彈性率
- (j) 量測衝量
- (k) 衝擊速度

附錄 A 測試平台要求

本標準適用於檢測樓板衝擊音之隔音量測所需標準輕量衝擊器 (Standard Floor Tapping Machine) 的性能，此測試平台為測試所需設備之一。其最低要求說明如下：

1. 此平台面積應大於輕量衝擊器之最大水平面積。
2. 平台上用於裝設力感測器之位置須符合輕量衝擊器相鄰錘頭間隔距離的要求 (100 ± 3 mm)。鋼材厚度至少為 15mm 以上。

下圖 1 與圖 2 為一測試平台範例，作為提供參考。

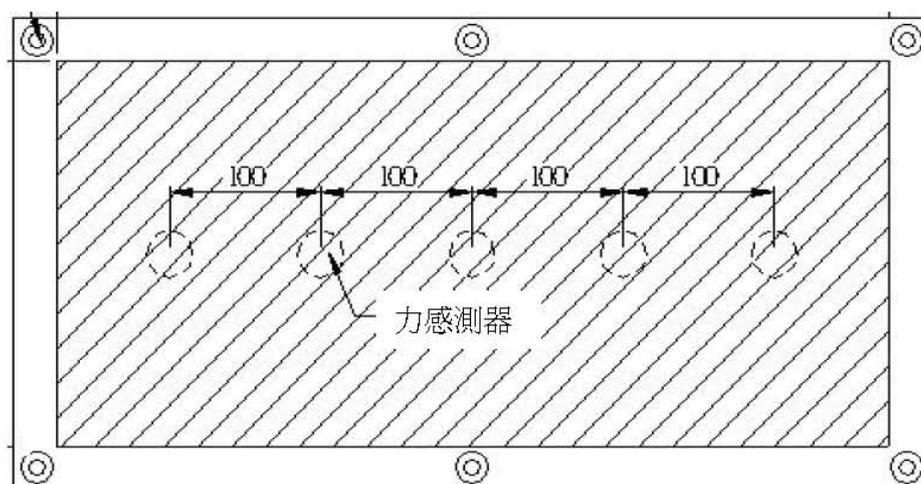


圖 1 測試平台平面圖 (參考範例)

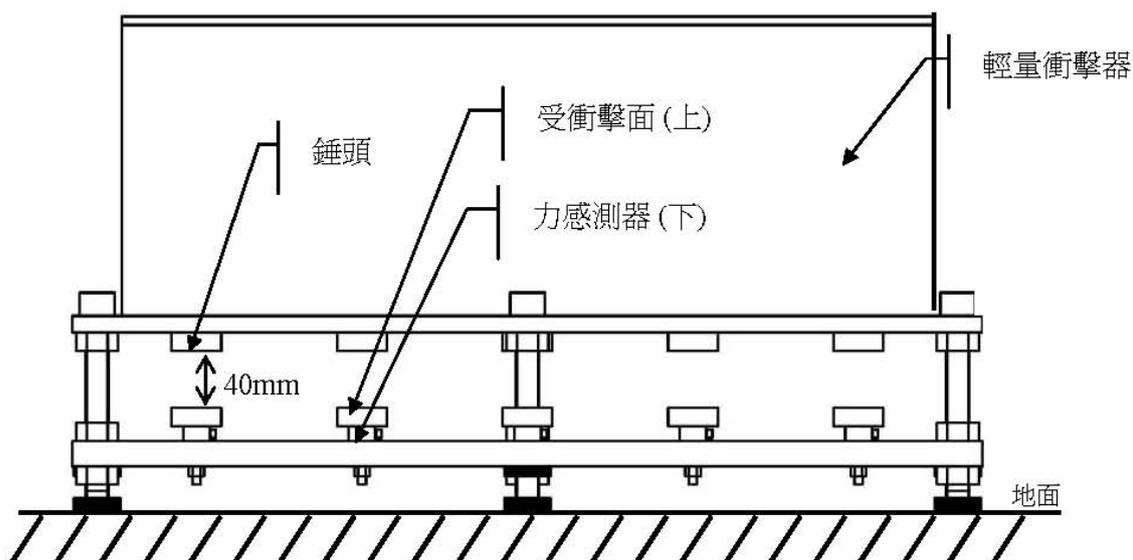


圖 2 測試平台側面圖 (參考範例)

附錄 B 衝擊落下速度計算

依規範第 5.2 章節之測試要求執行量測後，進行衝擊力波形積分，以求得量測衝量。積分方式說明範例如圖 3。於得知量測衝量結果，再以式 (1) 計算衝擊落下速度。

$$V_{\max} = \frac{I}{M(1+\mu)} \quad (1)$$

其中：

I 為量測衝量，計算方式範例如附錄 A。

$F(t)$ 受衝擊面之受力。

μ 依據 CNS 6483 3.8 章節定義：鐵棒打擊受衝擊面試片之反彈高度數值即為彈性率。

V_{\max} 為錘頭撞擊受衝擊面之速度。

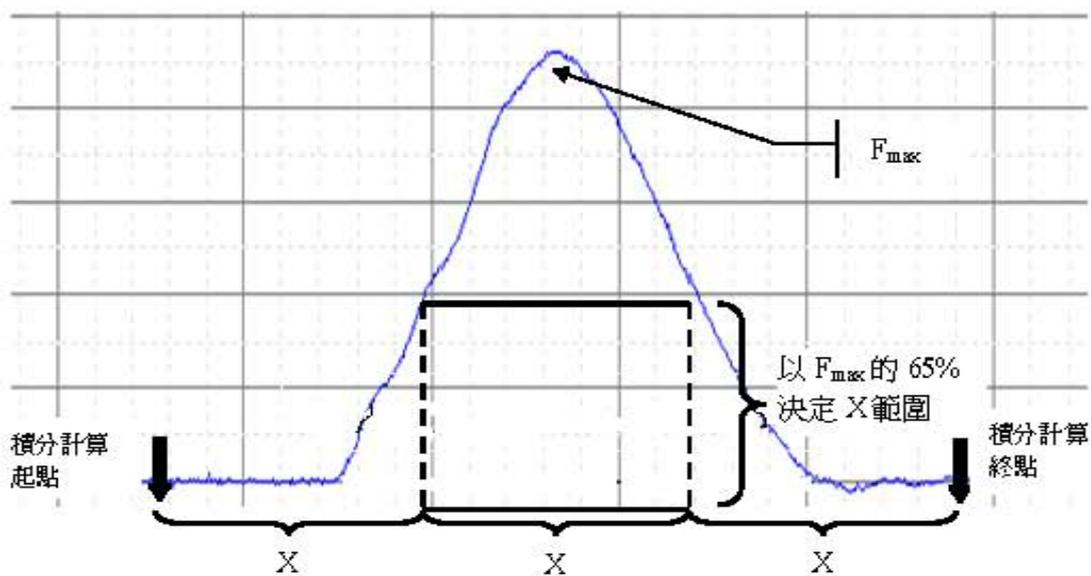


圖 3 衝擊力波形積分範例圖

計算範例：

假設以尼龍材質受衝擊面測試，依圖 3 衝擊力波形積分方式計算：

起始時間：0.07257 s ； 結束時間：0.07310 s

最大衝擊力：2750N ； 力積分結果：0.72875

依據式 (1) 計算衝擊落下速度

本範例受衝擊面之彈性率 μ 值為 0.64 (依測試報告結果)

則衝擊落下速度：0.889m/s

附錄 C 衝擊間隔平均時間計算

參照第 5.3 章節之測試要求執行量測後，將五個錘頭循環作動二次之 5 個間隔時間依式 (2) 取平均值計算之。

$$\text{衝擊間隔平均時間} = \frac{(T_{1-2} + T_{2-3} + T_{3-4} + T_{4-5} + T_{5-1})}{5} \quad (2)$$

其中

T_{1-2} : 錘頭 1 至 2 之間隔時間, 單位 ms。

T_{2-3} : 錘頭 2 至 3 之間隔時間, 單位 ms。

T_{3-4} : 錘頭 3 至 4 之間隔時間, 單位 ms。

T_{4-5} : 錘頭 4 至 5 之間隔時間, 單位 ms。

T_{5-1} : 錘頭 5 至 1 之間隔時間, 單位 ms。

下圖 4 為一衝擊間隔平均時間計算範例, 作為提供參考。

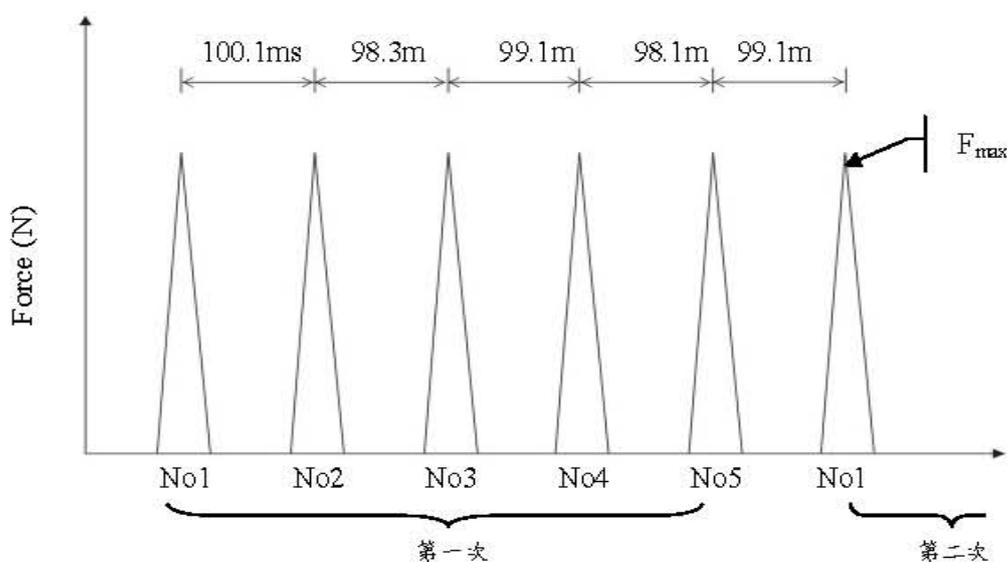


圖 4 衝擊間隔平均時間計算範例圖

依式 (2) 計算：

$$\text{衝擊間隔平均時間} = \frac{(100.1 + 98.3 + 99.1 + 98.1 + 99.1)}{5} = 98.9 \text{ (ms)}$$

此結果則符合 CNS 15160-6 與 CNS 15160-7 之附錄 A 衝擊間隔平均時間要求 (100±5 ms)。

附錄 D 連續衝擊間隔時間計算

參照第 5.4 章節之測試要求執行量測後，完成五個錘頭連續循環作動六次之測試，且各錘頭紀錄 5 個間隔時間後，依式 (3) 至 (7) 計算各錘頭平均值。

$$T_{no1_avg} = \frac{(1^{st} T_{1-2} + 2^{nd} T_{1-2} + 3^{rd} T_{1-2} + 4^{th} T_{1-2} + 5^{th} T_{1-2})}{5} \quad (3)$$

$$T_{no2_avg} = \frac{(1^{st} T_{2-3} + 2^{nd} T_{2-3} + 3^{rd} T_{2-3} + 4^{th} T_{2-3} + 5^{th} T_{2-3})}{5} \quad (4)$$

$$T_{no3_avg} = \frac{(1^{st} T_{3-4} + 2^{nd} T_{3-4} + 3^{rd} T_{3-4} + 4^{th} T_{3-4} + 5^{th} T_{3-4})}{5} \quad (5)$$

$$T_{no4_avg} = \frac{(1^{st} T_{4-5} + 2^{nd} T_{4-5} + 3^{rd} T_{4-5} + 4^{th} T_{4-5} + 5^{th} T_{4-5})}{5} \quad (6)$$

$$T_{no5_avg} = \frac{(1^{st} T_{5-1} + 2^{nd} T_{5-1} + 3^{rd} T_{5-1} + 4^{th} T_{5-1} + 5^{th} T_{5-1})}{5} \quad (7)$$

其中

T_{no1_avg} 至 T_{no5_avg} 分別表示 5 各錘頭之連續衝擊間隔時間計算結果

1st 至 5th 分別表示紀錄次數 (第一次至第五次)

T_{1-2} : 錘頭 1 至錘頭 2 之間隔時間, 單位 ms。

T_{2-3} : 錘頭 2 至錘頭 3 之間隔時間, 單位 ms。

T_{3-4} : 錘頭 3 至錘頭 4 之間隔時間, 單位 ms。

T_{4-5} : 錘頭 4 至錘頭 5 之間隔時間, 單位 ms。

T_{5-1} : 錘頭 5 至錘頭 1 之間隔時間, 單位 ms。

下圖 5 為一連續衝擊間隔時間計算範例，作為提供參考。

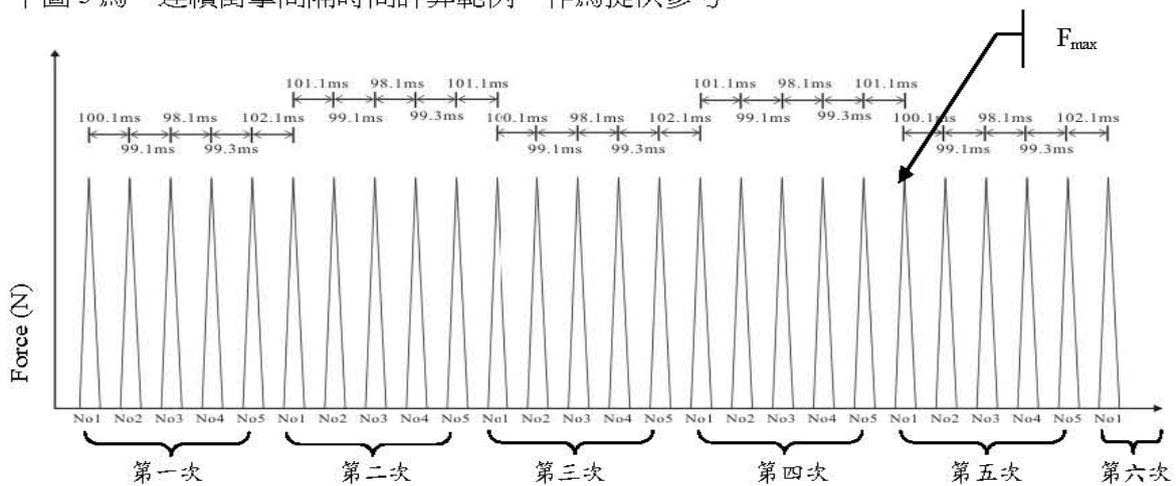


圖 5 連續衝擊間隔時間計算範例圖

依式 (3) 至 (7) 計算：

$$\text{第 1 個錘頭之連續衝擊間隔時間} = \frac{(100.1+101.1+100.1+101.1+100.1)}{5} = 100.5 \text{ (ms)}$$

$$\text{第 2 個錘頭之連續衝擊間隔時間} = \frac{(99.1+99.1+99.1+99.1+99.1)}{5} = 99.1 \text{ (ms)}$$

$$\text{第 3 個錘頭之連續衝擊間隔時間} = \frac{(98.1+98.1+98.1+98.1+98.1)}{5} = 98.1 \text{ (ms)}$$

$$\text{第 4 個錘頭之連續衝擊間隔時間} = \frac{(99.3+99.3+99.3+99.3+99.3)}{5} = 99.3 \text{ (ms)}$$

$$\text{第 5 個錘頭之連續衝擊間隔時間} = \frac{(102.1+101.1+102.1+101.1+102.1)}{5} = 101.7 \text{ (ms)}$$

此結果則符合 CNS 15160-6 與 CNS 15160-7 之附錄 A 連續衝擊間隔時間計算要求 (100±20 ms)。

附錄 E 測試報告範例

本附錄提供樓板衝擊器接觸式性能測試結果（含衝擊落下速度、衝擊間隔平均時間與連續衝擊間隔時間等三項）標示之參考報告格式。

樓板衝擊器接觸式性能測試報告

顧客資訊

名稱：	
地址：	
電話：	

待測物資訊

名稱：	
廠牌：	
型號：	
規格：	
製造日期：	

測試資訊

量測機構：	
機構地址：	
報告編號：	
量測標準：	
皆收日期：	
測試日期：	
測試程序：	
測試項目：	
量測取樣頻率：	

測試設備

力感測器：	
記錄器：	
測試平台描述：	

測試人員：

報告簽署人：



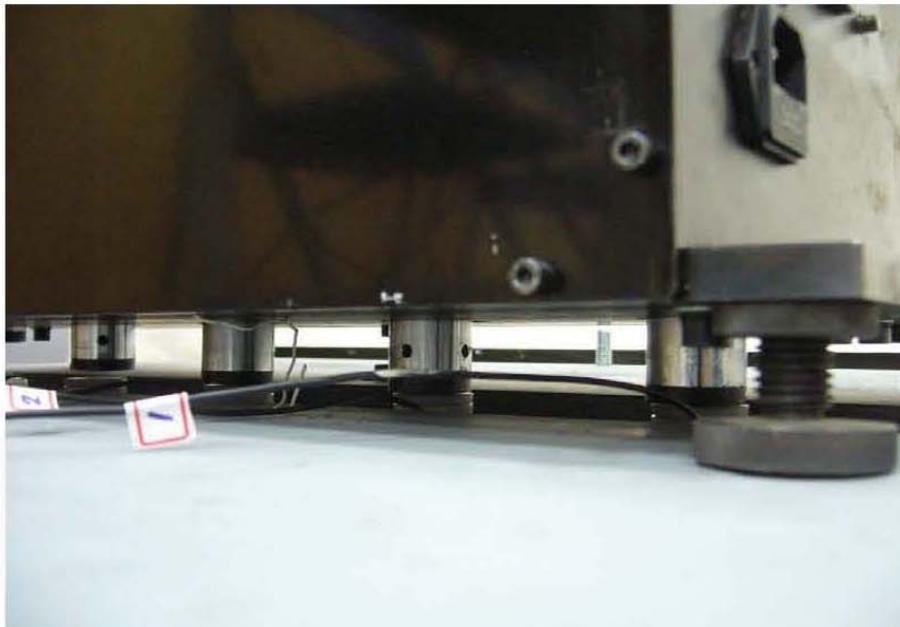
本報告僅對測試樣品負責。
本報告以紙本發行文主，電子檔案測試報告僅供參考。
本報告未經本公司書面同意，不可複製使用。
本報告5頁，分離使用無效。

頁碼:1/5

量測照片



圖X A衝擊器量測圖一



圖X A衝擊器量測圖二

本報告僅對測試樣品負責。
本報告以紙本發行文主，電子檔案測試報告僅供參考。
本報告未經本公司書面同意，不可複製使用。
本報告2頁，分離使用無效。

量測結果

表1 A 衝擊器量測衝量結果表

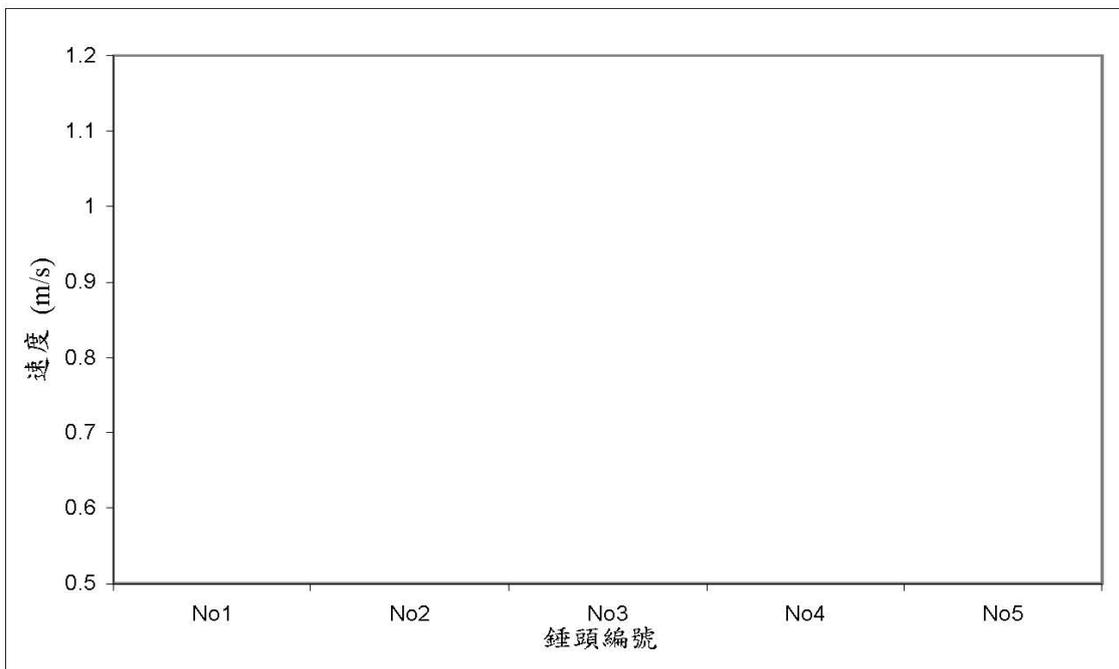
單位：m/s

錘頭編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	備註
No1							
No2							
No3							
No4							
No5							

表2 A 衝擊器落下速度量測結果表

單位：m/s

錘頭編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	備註
No1							
No2							
No3							
No4							
No5							



圖X A 衝擊器落下速度量測結果圖

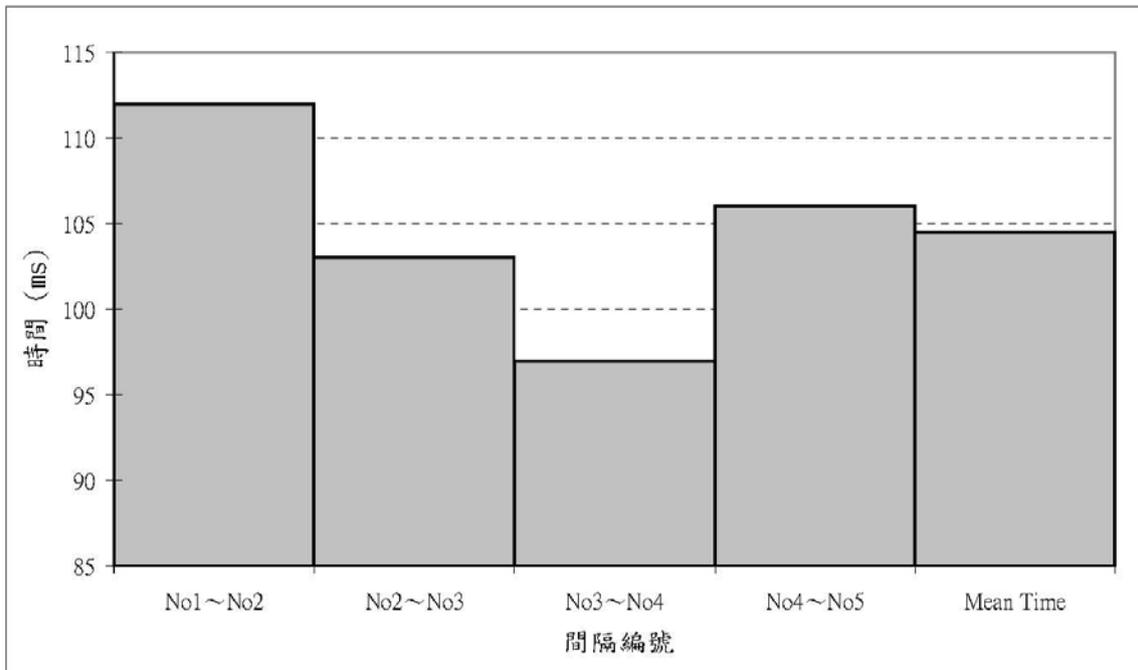
本報告僅對測試樣品負責。
 本報告以紙本發行文主，電子檔案測試報告僅供參考。
 本報告未經本公司書面同意，不可複製使用。
 本報告5頁，分離使用無效。

量測結果

表X A衝擊器衝擊間隔平均時間量測結果表

單位:ms

錘頭間隔	起始點	結束點	間隔	平均值
No1-No2				
No2-No3				
No3-No4				
No4-No5				
No5-No1				



圖X A衝擊器單一衝擊時間間隔量測結果圖

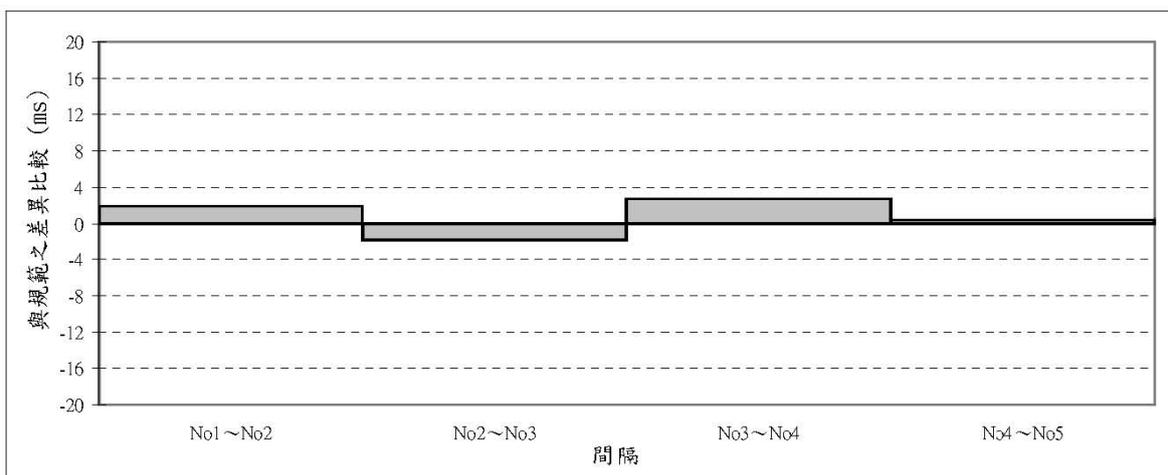
本報告僅對測試樣品負責。
 本報告以紙本發行文主，電子檔案測試報告僅供參考。
 本報告未經本公司書面同意，不可複製使用。
 本報告5頁，分離使用無效。

量測結果

表X A衝擊器連續衝擊間隔時間量測結果表

單位：ms

錘頭間隔	次數	起始點	結束點	間隔	平均值
No1-No2	第一次				
	第二次				
	第三次				
	第四次				
	第五次				
No2-No3	第一次				
	第二次				
	第三次				
	第四次				
	第五次				
No3-No4	第一次				
	第二次				
	第三次				
	第四次				
	第五次				
No4-No5	第一次				
	第二次				
	第三次				
	第四次				
	第五次				
No5-No1	第一次				
	第二次				
	第三次				
	第四次				
	第五次				



圖X A衝擊器連續衝擊時間間隔量測結果圖

本報告僅對測試樣品負責。
 本報告以紙本發行文主，電子檔案測試報告僅供參考。
 本報告未經本公司書面同意，不可複製使用。
 本報告5頁，分離使用無效。

中英文名詞對照

Impact height	衝擊落下高度
Impact velocity	衝擊落下速度
Mean time between impacts	衝擊間隔平均時間
Time between successive impacts	連續衝擊間隔時間
Standard Floor Tapping Machine	標準輕量衝擊器
Overload	過載
Time history	時間歷程

4.4.15 樓板衝擊源性能測試技術開發結論與建議

(一) 結論

本計劃完成所設定的工作項目，並達成開發測試衝擊源性能技術的目標，透過前述章節的 99 年初步測試成果、本年度改善測試階段與驗證階段等幾個程序的研究，其結果顯出本法之適用性並未有太大問題，並已將此測試標準草案擬定於 4.4.17 章節，內容包含：適用範圍、定義、設備、測試程序及計算、結果表示、測試報告及相關參考附錄等，此對於後續推動衝擊源性能測試標準化應具有相當的助益。此外就採用本法對三台衝擊源的測試結果而言，其中一台的衝擊速度、衝擊間隔平均時間與相鄰衝擊間隔時間等三項已不符合 CNS 15160-7 附錄 A 對衝擊源的要求。由此可知，衝擊源性能並非從原廠製造後即始終符合規範，對於造成不符合規範的情形歸納包含：(1) 人為使用操作不當、(2) 設備被摔落過、(3) 錘頭面長期使用或人為因素等而導致有損壞的情形、(4) 帶動衝擊源錘頭落下之轉軸歪曲變形及(5) 設備轉動馬達不正常等問題，因此衝擊源性能確實有必要於固定週期進行查核。

對於衝擊源性能測試應考量經濟價值與使用率，於內政部建築研究所推動樓板衝擊音相關法令層面問題研究課題之下，若此測試技術可於後續標準化，並成為測試標準，相信將有助於確保衝擊源的使用性能，以精進建築樓板之隔音測試的品質水準。於推動此性能測試初期階段，建議至少應每三年定期檢查一次，其測試項目至少包含衝擊速度、衝擊間隔平均時間與相鄰衝擊間隔時間等三個項目。

(二) 建議

擬訂「標準輕量衝擊源之性能量測法—接觸式量測方法」過程中，對於 CNS 15160-6 之附錄 A 或 CNS 15160-7 之附錄 A 內文中譯名詞用語，提出兩點建議：

- (1) 建議連續衝擊間隔時間 (Time between successive impacts) 修正為相鄰衝擊間隔時間。
- (2) 輕量衝擊源 (Tapping machine) 建議修正為輕量衝擊器。

五、 結論與建議

5.1 結論

本年度計畫為 99 年度之延伸計畫，99 年度計畫為執行過程之中間成果，若干結果與本年度結果有所不同，本年度報告之結果可能與 99 年度之結果略有不同，本報告結論以 100 年之結果為主，分述如下。

1. 由前述 NC/NR、殘響及心裡聲學參數研究，初步結論如下

- (1) 由 NC/NR 量測結果顯示，仿真人偶與二支麥克風於不同空間量聲音壓力位準 (SPL) 之量測結果顯示其分佈不同，表示二種量測儀器在物理聲學特性上不相同的。
 - (2) 當聲源經過室內空間迴響後之殘響時間，經由仿真人偶與麥克風量測發現二者不相同，即表示人耳的聽覺感受與使用麥克風量測而訂定之殘響時間標準是不一致的。
 - (3) 室內噪音管制經由 A 加權做為管制標準，而仿真人偶與麥克風在各個同空間所量測之噪音值經過 A 加權後，其分佈不相同，因此以 A 加權仍無法真實表現人耳的聽覺感受。
 - (4) 應用仿真人偶，量測出各個空間經 A 加權之噪音值其所相對應的響度及銳度，能建立更符合人耳聽感受之室內空間噪音標準值。
 - (5) 應用麥克風量測空間音響，如考慮人耳感覺，需以兩支麥克風模擬雙耳位置外，仍須考慮人因參數
2. 不同場所之量測比較聲學仿真人偶與麥克風量測結果，兩者呈現不同聲音心理聲學參數量測結果之差異，但反應到 A 加權噪音值時，兩者差異較小。
3. 本計畫分兩年完成 IEC 61672 及 IEC 61606 多通道輸入/分析模組 7 項檢校技術之研究，內容為

- (1) Level non-linearity,
- (2) Noise floor,
- (3) Dynamics range,
- (4) Frequency response,
- (5) Response to tone burst
- (6) Tolerance on frequency weighting characteristics
- (7) Cross talk

研究過程針對單體麥克風及聲學仿真人偶進行同時量測比較，結果摘要如下：

- (1) 聲學仿真人偶與麥克風的位準非線性度不同，麥克風的非線性度程度較小。
 - (2) 麥克風為物理量的量測，聲學仿真人偶有人因的加權，因此麥克風呈現較強的訊噪比。
 - (3) 在動態範圍上麥克風動態範圍略高，約高出 1dB。
 - (4) 頻率響應在 1kHz 以上仿真人耳與與麥克風有明顯差異。
 - (5) 在 tone burst 反應上量測結果呈現麥克風最大容許之輸入值較大。
 - (6) 頻率反應特性顯示，在 500Hz 以下麥克風比仿真人耳在大部分頻率都有略大的頻率響應，在 500Hz 以上，麥克風與仿真人偶頻率響應差異較明顯。顯示仿真人偶模仿人耳之耳道，500Hz 以上聲音在耳道空間的迴響與麥克風量測的聲場環境不同。
 - (7) 訊號通道間互擾量測結果顯示高頻有較大的干擾外，麥克風比仿真人耳在訊號通道間之 crosstalk attenuation 都很小。
4. 本計畫完成輕型樓板衝擊器性能檢校平台，測試速度與雷射都普勒位移計量測比較，衝擊鉅速度量測結果符合檢測標準。
 5. 本計畫完成衝擊式的輕型樓板衝擊器性能方法國家標準草案，量測項目包含：衝擊速度 (Impact velocity)、衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts) 與相鄰衝擊間隔時間 (Time between successive impacts) 等三項。
 6. 採用本法對三台衝擊器的測試結果，其中一台的衝擊速度、衝擊間隔平均時間與相鄰衝擊間隔時間等三項已不符合 CNS 15160-7 附錄 A 對衝擊器的要求。由此可知，衝擊器性能並非從原廠製造後即始終符合規範，對於造成不符合規範的原因可歸納如下：(1) 人為使用操作不當、(2) 設備被摔落過、(3) 錘頭面長期使用或人為因素等而導致有損壞的情形、(4) 帶動衝擊器錘頭落下之轉軸歪曲變形及 (5) 設備轉動馬達不正常等問題，因此衝擊器性能確實有必要於固定週期進行查核。
 7. 配合 Jury test 的執行，本計畫完成示範音源之錄製，讓受測者在測試前先行聆聽，讓受測者了解心理聲學特性的意義，如 Loudness、Sharpness、Roughness、Tonality、annoying、Stresses、loud/quite、powerful/weak 以及 cheap/expensive 等在 jury test 將出現的評價文字所代表的意義。
 8. 完成針對 jury test 的國內受測者使用軟體介面之中文化，在軟體設定的 display_file.jpg 裡面 display_file 的設定選項，可以載入 excel 檔，將此檔案的內容可以顯示中文。
 9. 本計畫之 jury test 重點在建立聲音品質與心理聲學的測試模式。本計畫選定 8 種

常見之家電產品：(1)按摩棒、(2)果汁機、(3)吹風機、(4)磨豆機、(5)吸塵器、(6)抽油煙機、(7)電扇與及(8)刮鬍刀等，在四種不同居住空間(1) 豪宅客廳、(2) 一般住宅客廳、(3) 小套房及(4) 中型會議室進行jury test 探討，旨在確定各種音源在不同空間，其頻譜與心理聲學參數的相互影響。常見之家電另有冰箱、冷氣機及洗衣機等，因其重量與安裝問題，不易移到不同場所進行錄製音源。

10. jury test 之實驗結果，結論如下：

- (1) Jury test 之配對比較法及分類判斷測試法之主觀的測試結果，對照客觀的量測分析結果，二者結果相符合，因此由噪音源的選擇、問卷設計內容、受測者的分配整體操作流程無誤。
- (2) 配對比較法之評價方法，可以正確的比較出單種音源在不同場所之聽覺感受，此種方法適合用於精確排序之情況。
- (3) 應用分類判斷測試法經由受測者之排列，可陳述數種不同的噪音源相對於受測的聽覺感受排序。
- (4) 語意區分測試法為表達聽覺感受之形容方法，確實可讓受測者以各種聽覺感受引起之心理情緒，以數個向度來呈現，也可清楚明白受測者對於噪音源的描述。
- (5) 在噪音源粗糙度的部分，縱使於測試前解說及製做示範音源，讓受測者試聽各個不同等級的粗糙度或是實際生活中的例子，但多數受測者仍無法反應該選項，因而憑藉主觀之聽覺印象選擇響度大的音源。

5.2 建議

人耳的聽覺感受，並非由單一的量測儀器如麥克風或噪音計所計量之值可以代替人耳的感受，也並非將噪音降低至管制標準即表示人耳聽覺上的舒適度，在聽覺的感受上仍需考慮心理因素。

透過仿真人耳測試流程，確實可以建立符合人耳聽覺感受的噪音標準，以 A 加權做為物理性參數的依據，再對照 jury test 的測試程序，建立各種不同的噪音源或是噪音法規標準的程序，可讓量測結果更接近人的聽覺，更進一步提昇智居聲音的舒適度品質。

仿真人偶模仿人耳之耳道，500Hz 以上聲音在耳道空間的迴響與與麥克風量測的聲場環境不同，仿真人偶價錢昂貴不易推廣，建議進一步進行雙耳量測技術、人頭頻率響應及心理聲學參數之研究，以達到相當程度類人耳功能研究，以利於聲音品質技術之推廣。

對於衝擊器性能測試應考量經濟價值與使用率，於內政部建築研究所推動樓板

衝擊音相關法令層面問題研究課題之下，若此測試技術可於後續標準化，並成為測試標準，相信將有助於確保衝擊器的使用性能，以精進建築樓板之隔音測試的品質水準。於推動此性能測試初期階段，建議至少應每三年定期檢查一次，其測試項目至少包含衝擊落下速度、衝擊間隔平均時間與連續衝擊間隔時間等三個項目。

研擬「標準輕量衝擊源之性能量測法－接觸式量測方法」與標準預審過程中，對於 CNS 15160-6 之附錄 A 或 CNS 15160-7 之附錄 A 內文中譯名詞用語，提出兩點建議：

- 連續衝擊間隔時間 (Time between successive impacts) 建議修正為相鄰衝擊間隔時間。
- 輕量衝擊源 (Tapping machine) 建議修正為輕量衝擊器。

六、參考資料

- [1] 經濟部標準檢驗局，智慧化居住空間產業介面整合與標準計畫(1/4)執行報告，工業技術研究院，經濟部計畫編號：97-1403-04-0304，98年1月。
- [2] 經濟部標準檢驗局，居住空間舒適性檢測標準整合與開發計畫(2/4)執行報告，工業技術研究院，經濟部計畫編號：98-1403-04-0304，99年1月。
- [3] 經濟部標準檢驗局，居住空間舒適性檢測標準整合與開發計畫(3/4)執行報告，工業技術研究院，經濟部計畫編號：98-1403-04-0304，99年12月。
- [4] Irwin, J. D. ; Graf, E.R., “*Industrial Noise and Vibration Control*”, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. (1979)
- [5] Kinsler, Lawrence E., “*Fundamentals of Acoustics*”, Third Edition, New York, John Wiley & Sons.
- [6] Cardozo, B. L. ; Van der Ven, k. G. ; “ Estimation of annoyance due to low level sound,” *Applied Acoustics* 0003-682X,1979,389-396.
- [7] Huang Yifan, Di Guoqing, Zhu Yiting, Hong Youpeng, Zhang Bangjun, “ Pair-wise comparison experiment on subjective annoyance rating of noise samples with different frequency spectrums but same A-weighted level,” *Applied Acoustics* 69 (2008) 1205–1211.
- [8] Walter M., VmBrock T., Malcolm J. Crocker, William. A. Cooper, “ Loudness evaluations of electric clock noise”, *Applied Acoustics* (8) (1975) 193-201.
- [9] Kuwano , S. ; Namba, S. ; Hashimoto, T. ; Berglund, B. ; DA Rur, Zheng ; Schick, A. ; Hoege, H. ; Florentine, M., “ Emotional expression of noise A cross-cultural study”, *Journal of Sound and Vibration* (1991) 151(3), 421-428.
- [10] Teik C. Lim, “ Correlations between deficiencies in power window systems influencing sound quality and some psychoacoustic metrics”, *Applied Acoustics* 62 (2001) 1025-1047.
- [11] Juhani Parmanen, “ A-weighted sound pressure level as a loudness/annoyance indicator for environmental sounds – Could it be improved?” *Applied Acoustics* 68 (2007) 58–70.
- [12] Etienne Parizet , Erald Guyader, Valery Nosulenko, “ Analysis of car door closing sound quality”, *Applied Acoustics* 69 (2008) 12–22.
- [13] Hugo Fastla, Florian Völk, Martin Straubinger, “ Standards for calculating loudness of stationary or timevarying sounds”, *INTER-NOISE 2009*, 2009 August 23-26
- [14] Shin, Su-Hyun ; Cheong, Cheolung, “Experimental characterization of instrument

- panel buzz, squeak and rattle (BSR) in a vehicle”, *Applied Acoustics* 71 (2010) 1162–1168.
- [15] Genuit, K., “ Standardization of Binaural Measurement Technique,” *Journal de physique* III, volume 2, 1992 405-407
- [16] Moller, Henrik, “Fundamentals of Binaural Technology,” *Applied Acoustics* 36 (1992) 171-218
- [17] Linkeov, Ivana, “Manufacturing an Artificial Human Head,” *Journal for Geometry and Graphics*, volume 7 (2003), No. 1, 89-99.
- [18] Genuit, Klaus, “The sound quality of vehicle interior noise: a challenge for the NVH-engineers,” *J. Vehicle Noise and vibration*, Vol.1 2004
- [19] Arne Nykänen , Roger Johnsson , Anna Sirkka , Örjan Johansson, “ Assessment of the change in similarity judgements of auralized engine sounds caused by changes in frequency resolution of transfer functions,” *Applied Acoustics* 72 (2011) 115–123
- [20] Fastl, H., “The Psychoacoustics of Sound-Quality Evaluation,” *ACUSTICA - acustica* Vol.83 (1997) 754-764.
- [21] Paul E. Green, Franlc J . Carmone, Yoram Wind, “ Subjective Evaluation Models and Conjoint Measurement,” *Behavioral Science*, Volume 17, 1972,288-299
- [22] Howard G. Latham, Stephen K. Tagg, “ The Measurement of Quality in Auditorium Acoustics by Subjective Scaling Methods--A Review of Developments in Theory and Practice,” *Applied Acoustics* 16 (1983) 257-278
- [23] Geers, W. ; Hojanb, E. ; Hojan-Jeziarska, D., “ Fitting of Hearing Aids with Loudness Scaling of Music and Environmental Sounds,” *Applied Acoustics*, Vol. 51, No. 2, pp. 199-209, 1997
- [24] Angelo Farina, “Acoustic Quality of Theatres: Correlations between Experimental Measures and Subjective Evaluations ,” *Applied Acoustics* 62 (2001) 889-916.
- [25] Wang, J.H. ; Pai, C.S., “ Subjective and objective verifications of the inverse functions of binaural room impulseresponses,” *Applied Acoustics* 64 (2003) 1141–1158
- [26] Miwa, Toshisuke ; yonekawa, yoshiharu, “ Evaluation Methods for Vibrations,” *Applied Acoustics* (7) ,1974,84-101
- [27] Giovanni B. Rossi, Francesco Crenna, Michele Codda, “M easurement of quantities depending upon perception by jury-test methods,” *Measurement* 34 (2003) 57–66
- [28] Richard H. Lyon, RH Lyon Corp, Cambridge, Massachusetts, “ Product Sound Quality from Perception to Design,” *Sound and Vibration*, March 2003, 18-22.
- [29] Jin Yong Jeon , Jin You, Ho Yeon Chang, “Sound radiation and sound quality

- characteristics of refrigerator noise in real living environments,” *Applied Acoustics* 68 (2007) 1118–1134
- [30] Arne Nykänen a, Anna Sirkka, “ Specification of component sound quality applied to automobile power windows,” *Applied Acoustics* 70 (2009) 813–820.
- [31] Miloudi Abdelhamid , Hamzaoui Nacer , Guyader Jean Louis, “ Subjective evaluations of sound radiated by impacted plates, using the design of experiments method,” *Applied Acoustics* 71 (2010) 531–538.
- [32] Schulte-Fortkamp, B. and Nitsch, W. “On Soundscapes and Their Meaning Regarding Noise Annoyance Measurement,” *Inter-noise* 99, 1999.
- [33] Genuit, K. “How to Evaluate Noise Impact,” *Euronoise Naples*, 2003.
- [34] Genuit, K. and Fiebig, A., “Psychoacoustics and its Benefit for the Soundscape Approach,” *Acta Acustica united with Acustica*, 2006.
- [35] IEC61606-1 (Audio and audiovisual equipment - Digital audio parts - Basic measurement methods of audio characteristics- Part 1 general , 2009.
- [36] IEC 61606-2 (Audio and audiovisual equipment - Digital audio parts - Basic measurement methods of audio characteristics – Part 2 Consumer use, 2009.
- [37] 山衛科技，<http://www.samwells.com/>, 2010
- [38] 鐘松晉，建築物輕量化樓版隔音性能之探討，成功大學，建築研究所碩士論文，82年。
- [39] 蔡香源，標準重量衝擊源《汽車輪胎》與《橡膠球》之樓板衝擊音相關性，雲林科技大學，空間設計系碩士論文，2007年。
- [40] 陳冠州，樓板衝擊音防止對策之研究—以小試體多種表面材之實驗檢討，成功大學，建築研究所碩士論文，1989年。
- [41] 黃彥學，高層集合住宅樓板衝擊音改善之研究，成功大學，建築研究所碩士論文，1994年。
- [42] 鐘松晉，台灣地區樓版衝擊音影響因子預測模式之研究，成功大學，建築研究所博士論文，1998年。
- [43] 李仁智，浮式構造地板改善樓板衝擊隔音性能之實驗研究，雲林科技大學，空間設計系碩士論文，2007年。
- [44] Hiramitsu, Atsuo , Floor impact sound insulation and vibration using standard heavy and soft impact sources in the wood-framed model building for experiments , *19th INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS* , 2007 .
- [45] Warnock, A.C.C. , Impact Sound Ratings : ASTM Versus ISO , *National Research Council Canada* , 2004 .

- [46] Jeon, Jin Yong , Object and Subject Evaluation of Floor Impact Noise , Journal of Temporal Design in Architecture and the Environment , Vol. 2 ; No.1 , 2002 。
- [47] Jeon, J.Y. , “Heavy-weight floor impact sound in reinforced concrete structures.” , Proceedings of ACOUSTIC , pp631-636 , 2004 。
- [48] Håkan Andersson, “verification of tapping machines,” Joint Baltic-Nordic Acoustics Meeting 2004, 8-10 June 2004, Mariehamn, Åland.
- [49] 蔡介峰、林信宏，建築音響樓板衝擊音之試驗研究，中華民國音響學會第十九屆學術研討會論文集，臺灣·台南 國立成功大，中華民國九十五年十一月二十四日。

附錄-A 四個空間之 NC/NR 曲線圖

在殘響時間的聲學特性量測上，預計與 NC/NR 曲線在相同的室內空間量測，本年度計畫採用四個不同空間：即專業聆聽室、迴響室、小劇場及中型音樂廳。實驗儀器部分使用 CASS 1 的麥克風，透過多通道的擷取器，和仿真人偶做比較，特別說明，使用麥克風量測室內殘響，其軟體計算的方法和噪音計相同，符合 ISO-3382-2-2008 之殘響量測計算。仿真人偶量測殘響時間，由多通道之擷取器量殘響資料，經由 ArtemiS 軟體進行公式計算即可計算出該空間之室內殘響時間，因此二支麥克風和仿真人偶可在殘響時間上進行儀器特性比較。

本年度於室內聲學指標之工作項目為：

1. NC/NR 量測:進行量測儀器性能驗證
2. 殘響時間量測及聲場均勻性探討
3. A-weighting 與心理聲學參數之關係

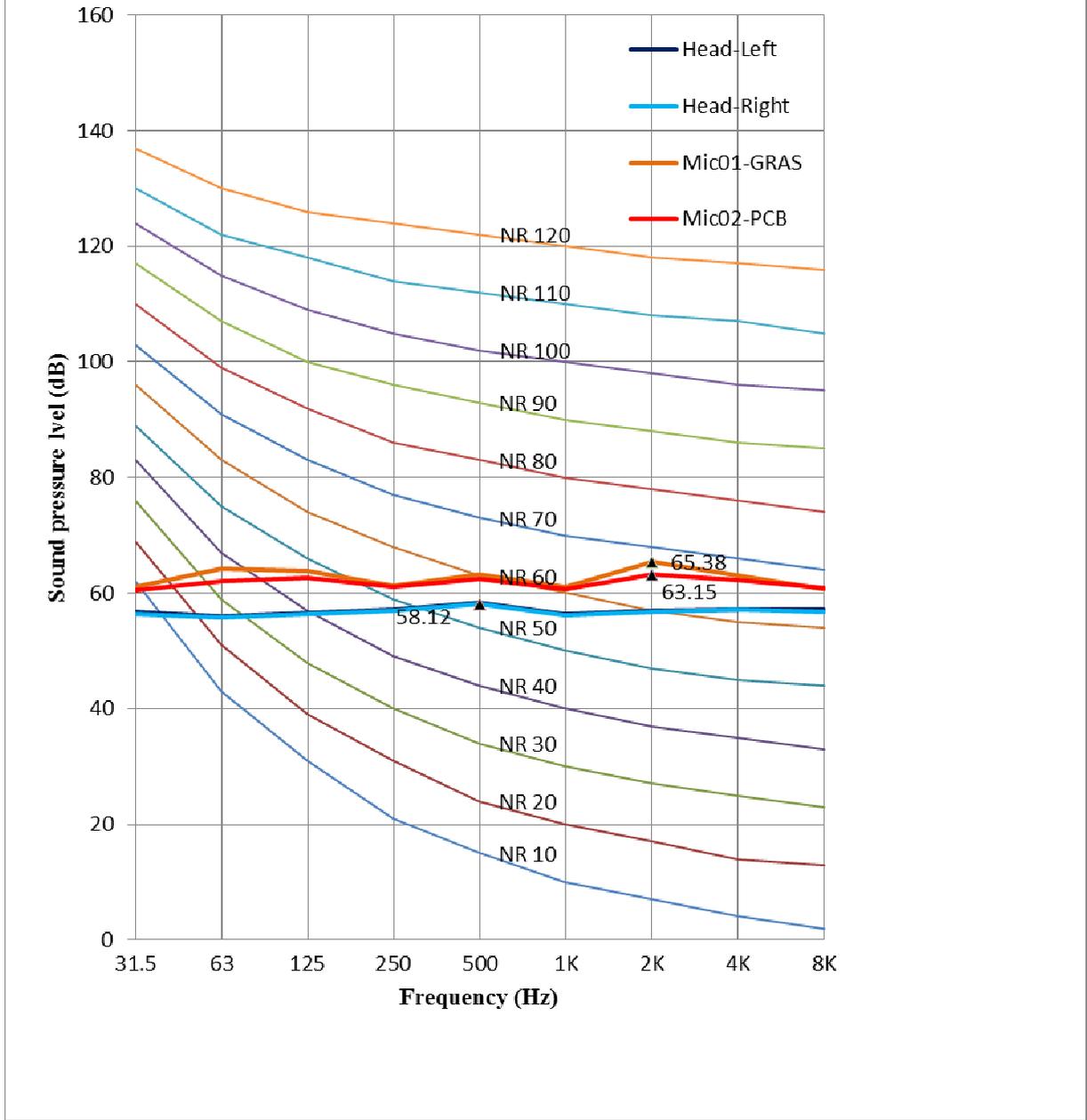
室內空間之完成工作如表 A1 所列。

表 A1 NC /NR 及殘響時間量測工作列表

編號		室內空間			
		NC 曲線	NR 曲線	殘響時間	A-weighting 與心理聲學
Room1	專業聆聽室	完成	完成	完成	完成
Room2	迴響室	完成	完成	完成	完成
Room3	台大小劇場	完成	完成	完成	完成
Room4	中型音樂廳	完成	完成	完成	完成

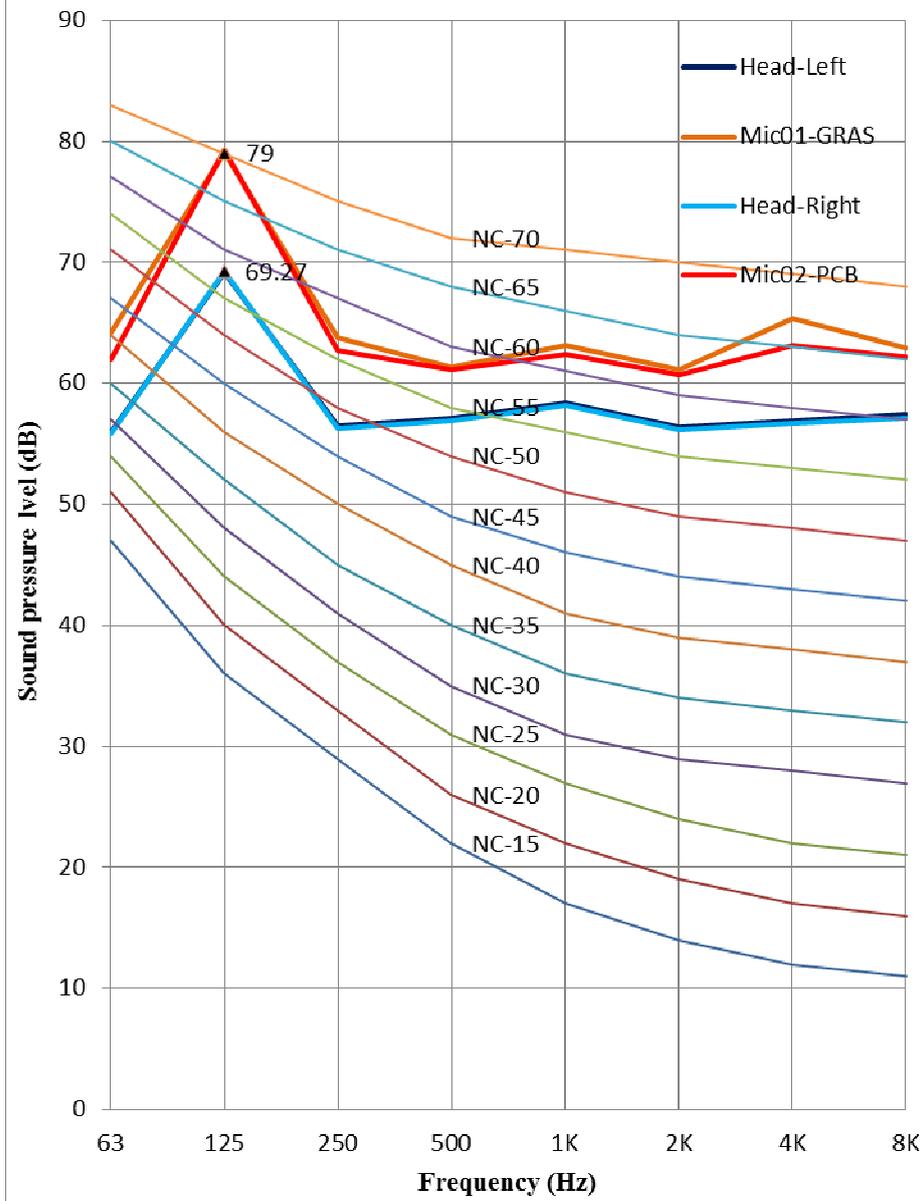
在四個空間中使用麥克風和仿真人偶對不同 NC/NR 狀況下之量測結果列於圖 A.1 到圖 A.29。

聆聽室NR 70曲線



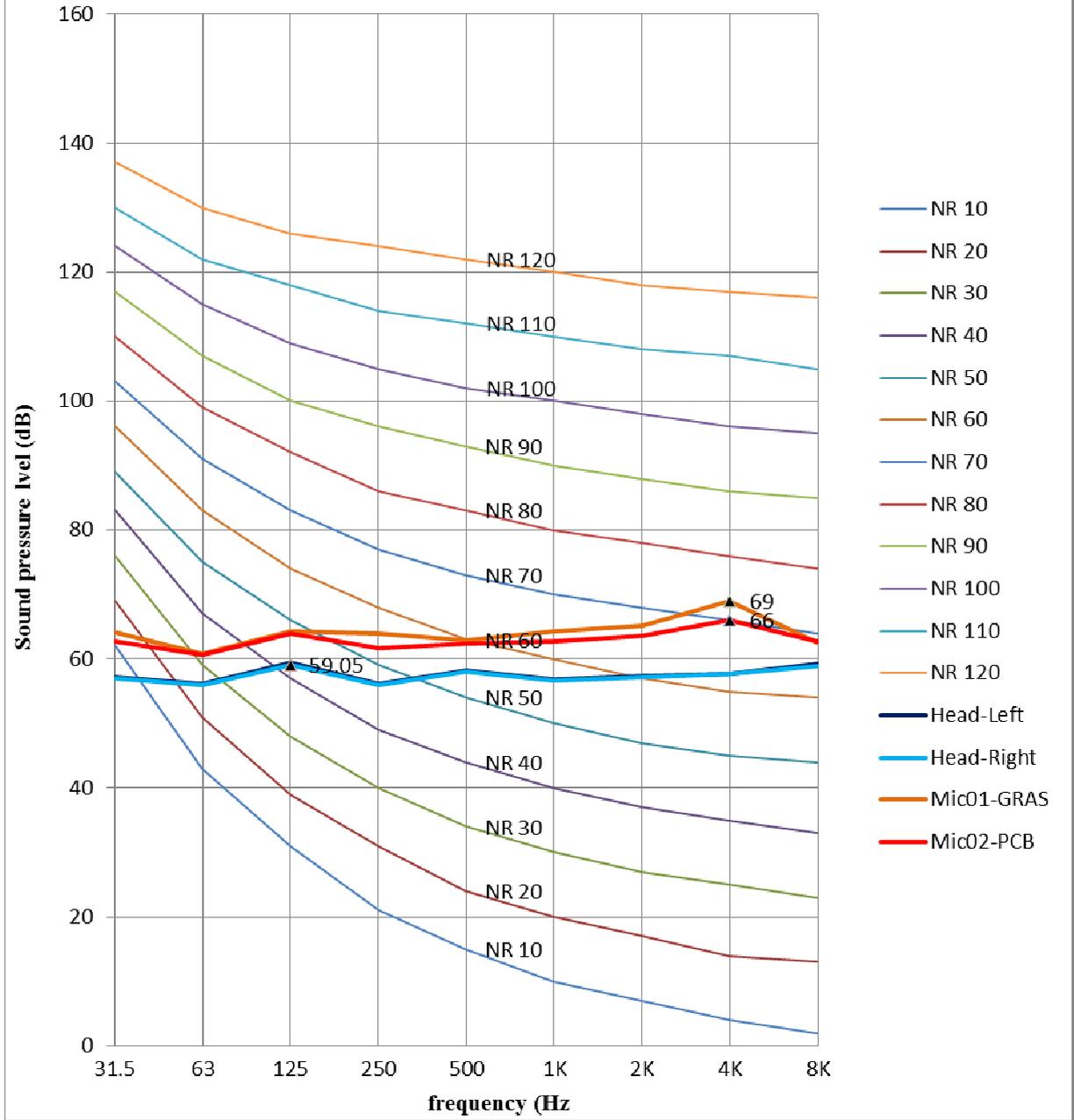
A.1 聆聽室之 NR 70 曲線圖

聆聽室NC70曲線

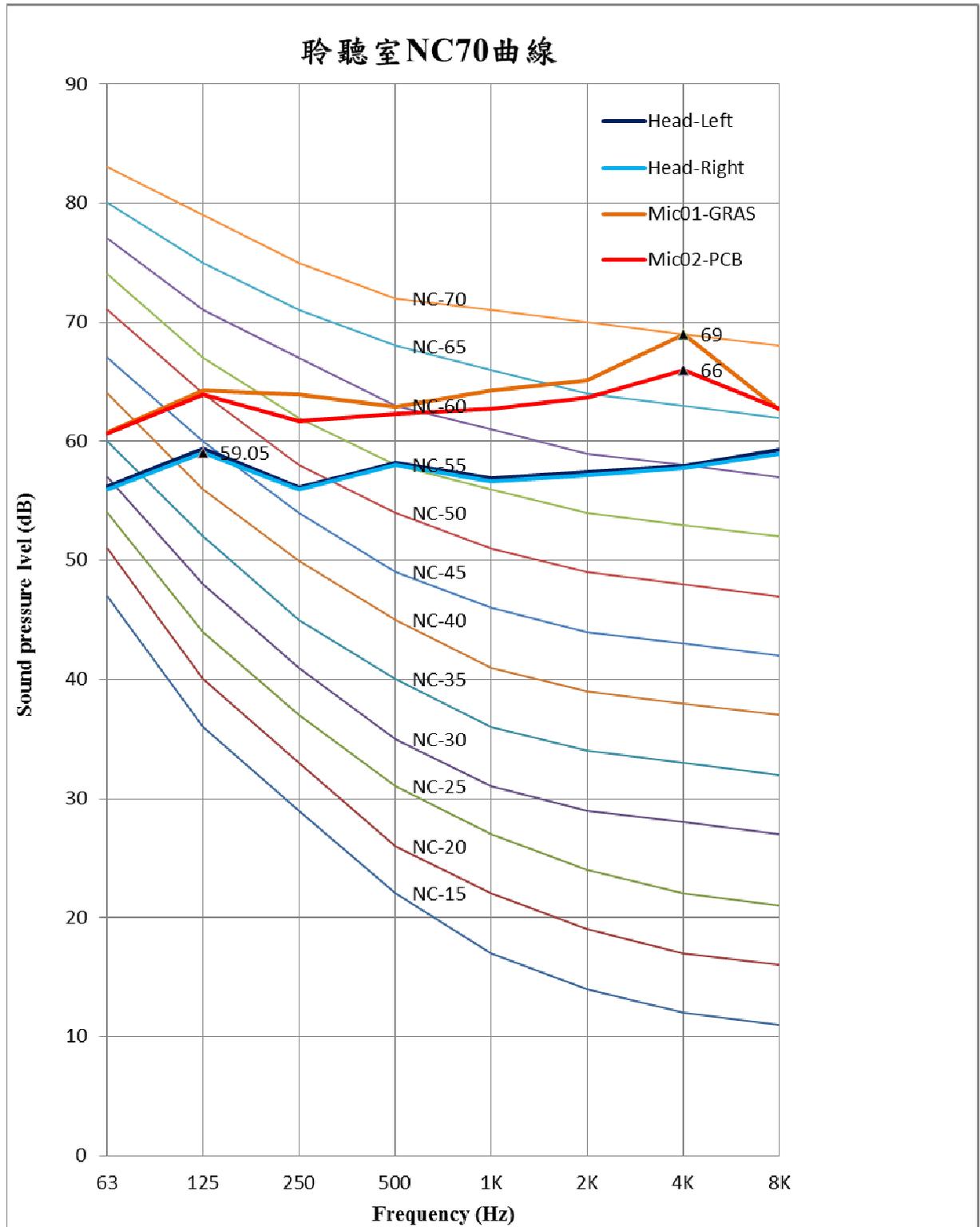


A.2 聆聽室之 NC 70 曲線圖

聆聽室NR 80曲線

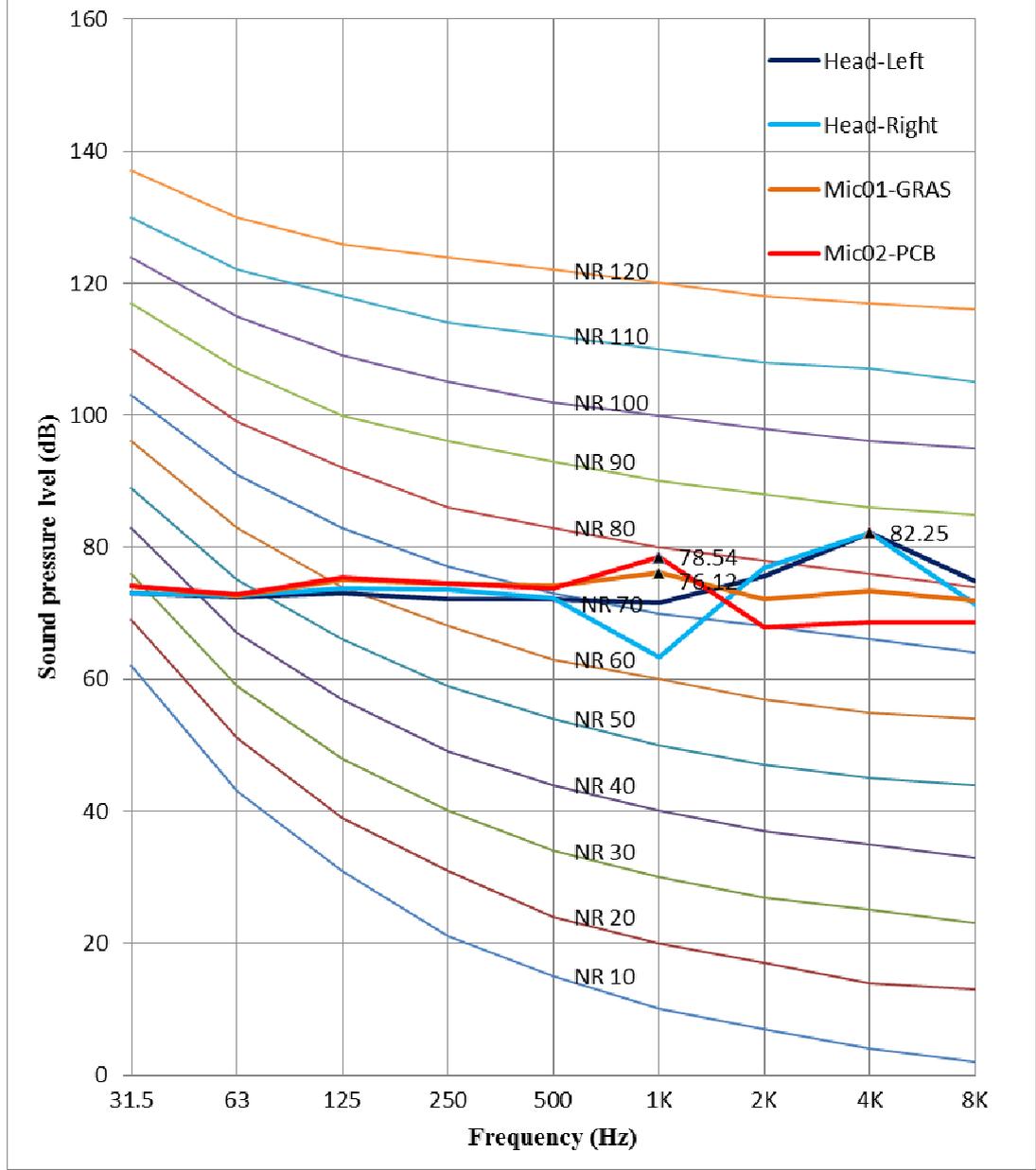


A.3 聆聽室之 NR 80 曲線圖



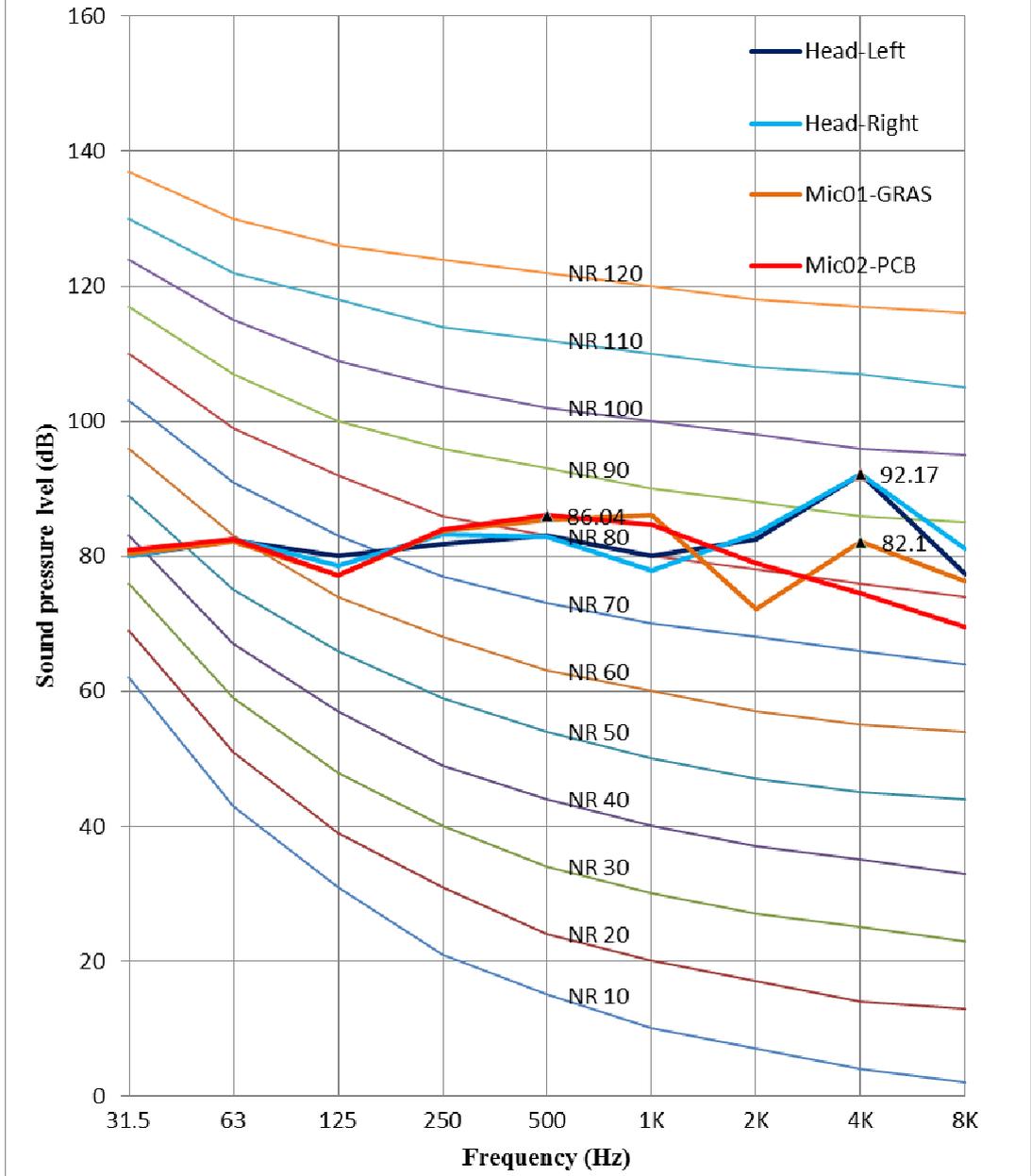
A.4 聆聽室之 NC 70 曲線圖

聆聽室NR90值



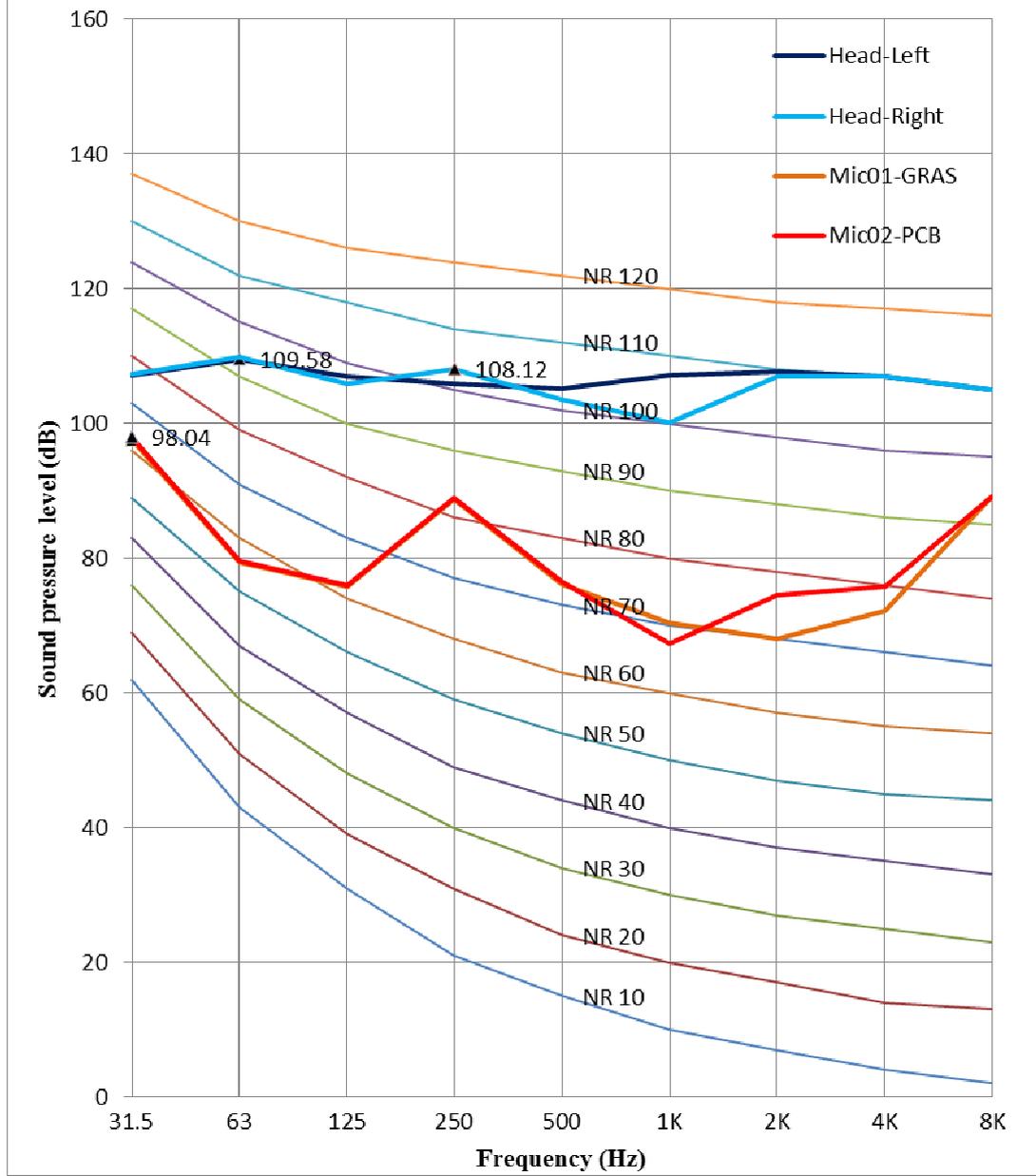
A.5 聆聽室之 NR 90 曲線圖

聆聽室NR100 值



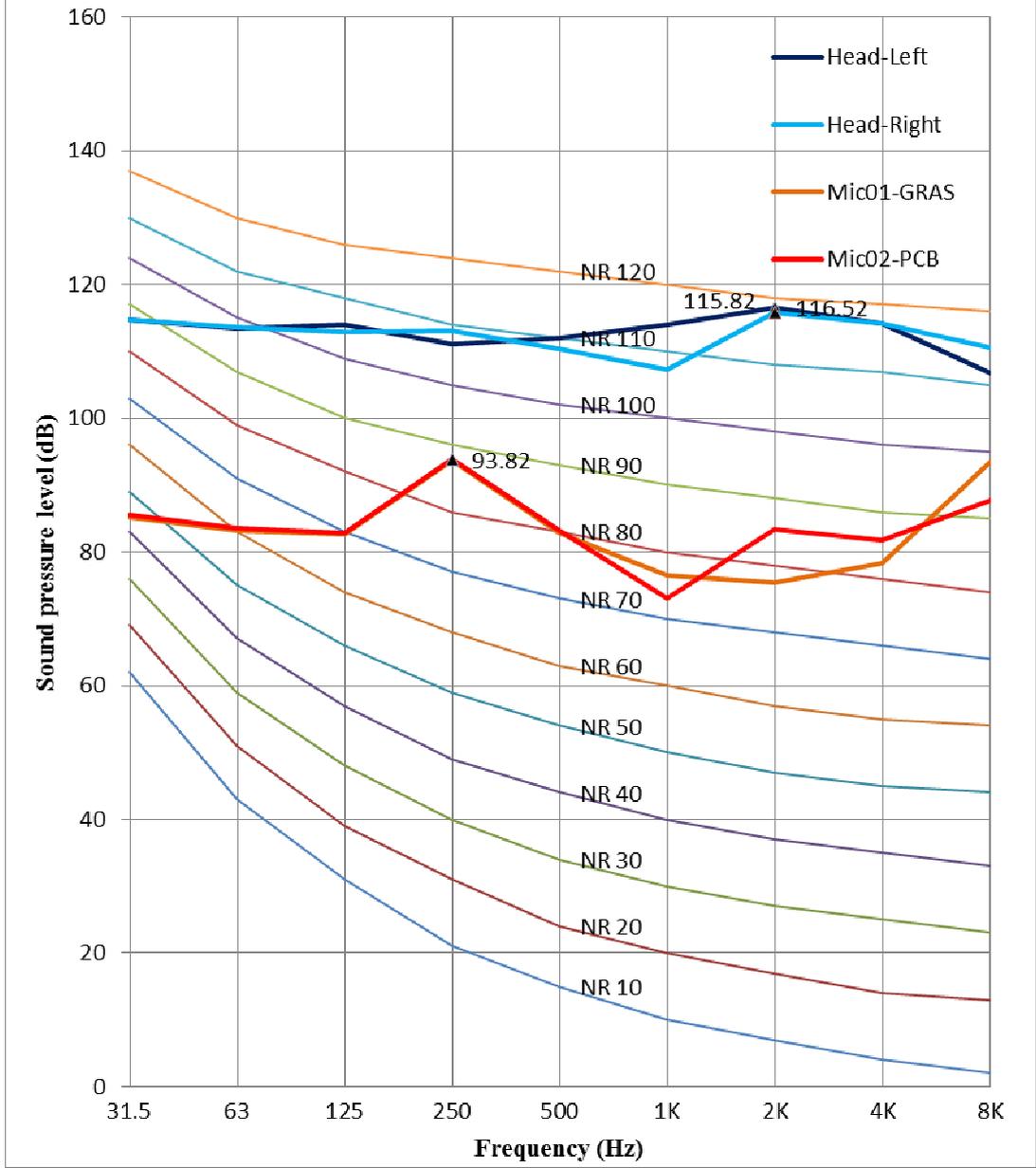
A.6 聆聽室之 NR 100 曲線圖

聆聽室NR 110值



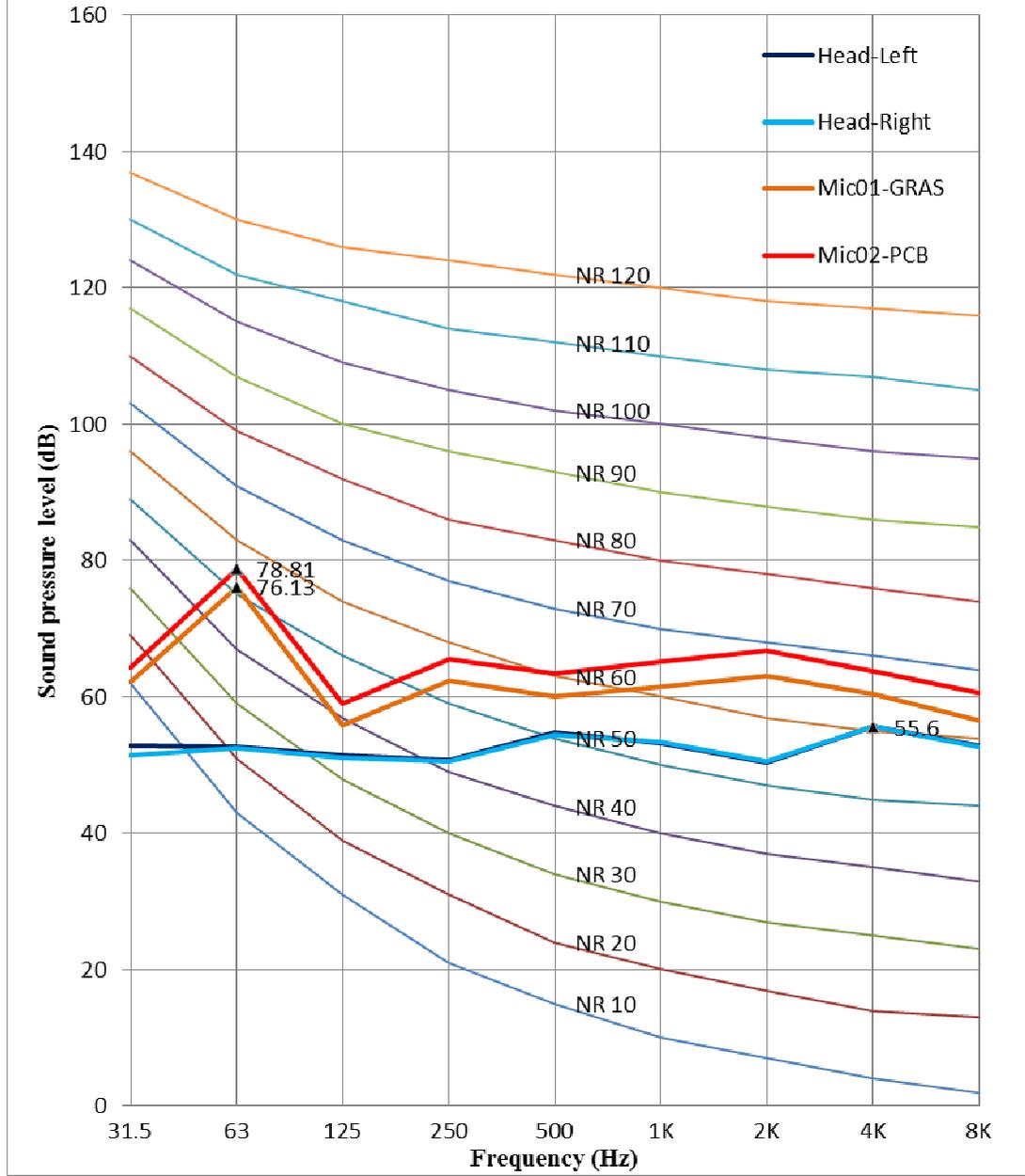
A.7 聆聽室之 NR110 曲線圖

聆聽室NR 120值



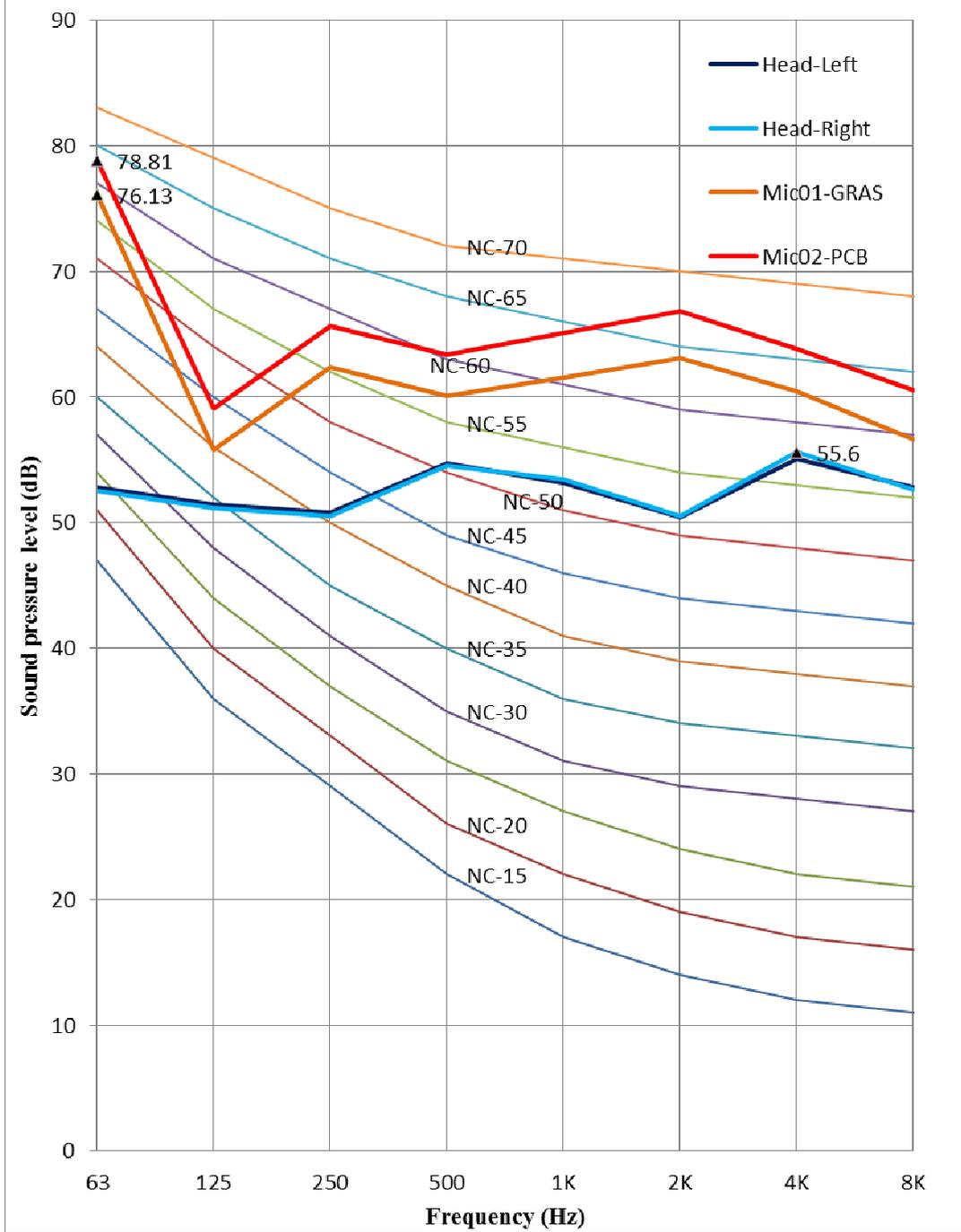
A.8 聆聽室之 NR 120 曲線圖

迴響室NR 70曲線



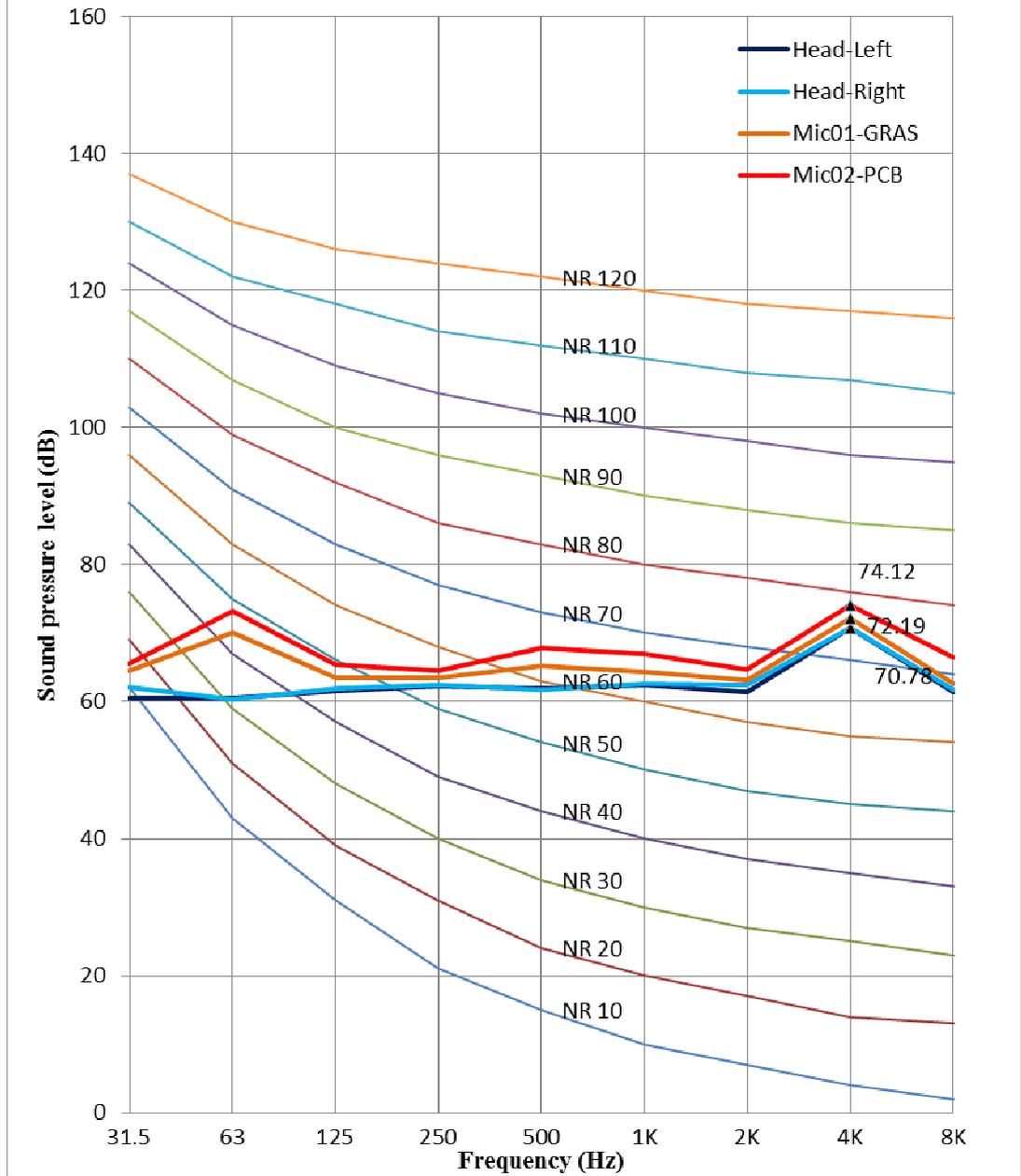
A.9 迴響室之 NR 70 曲線圖

迴響室NC70曲線



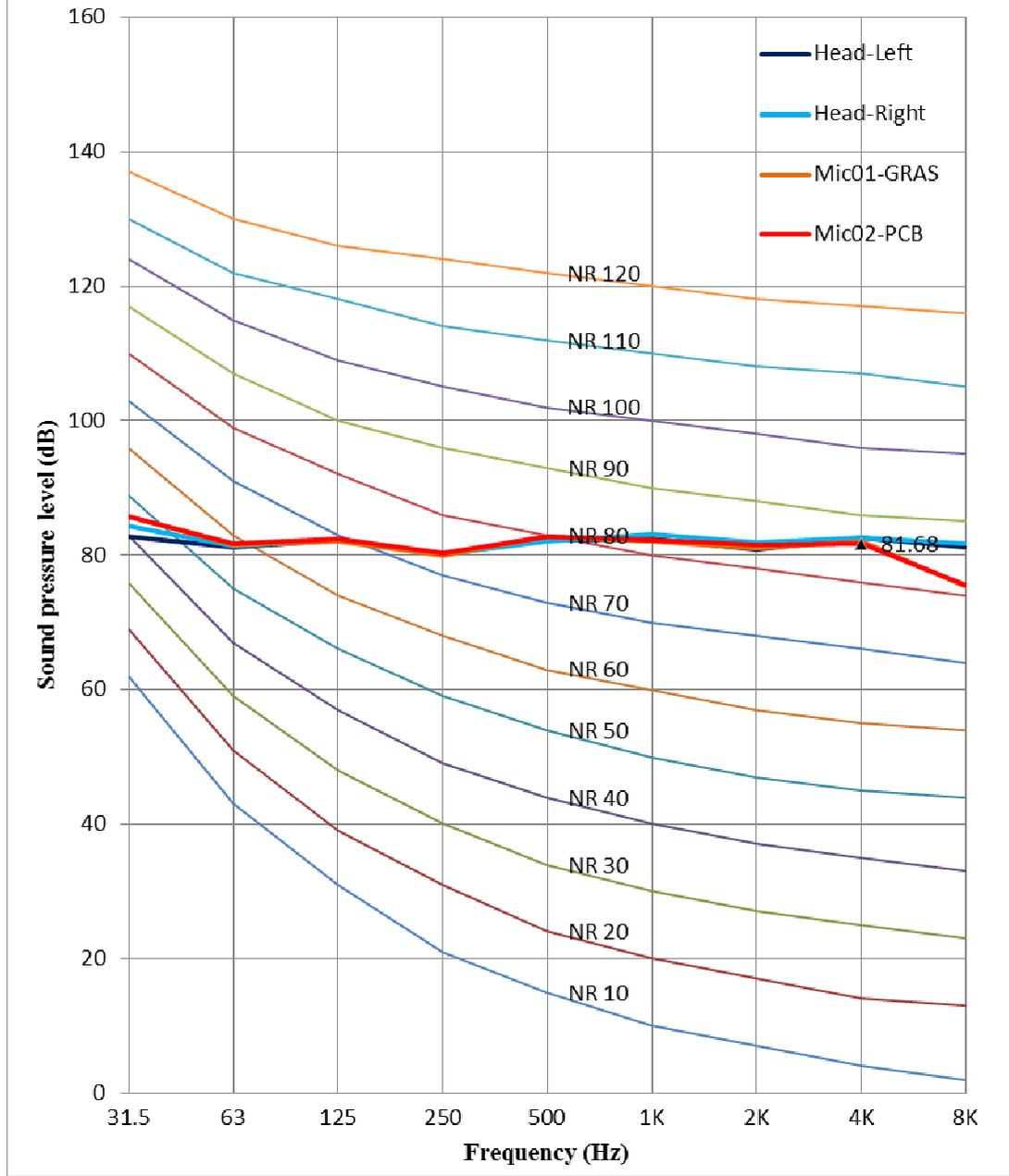
A.10 迴響室之 NC 70 曲線圖

迴響室NR 80曲線



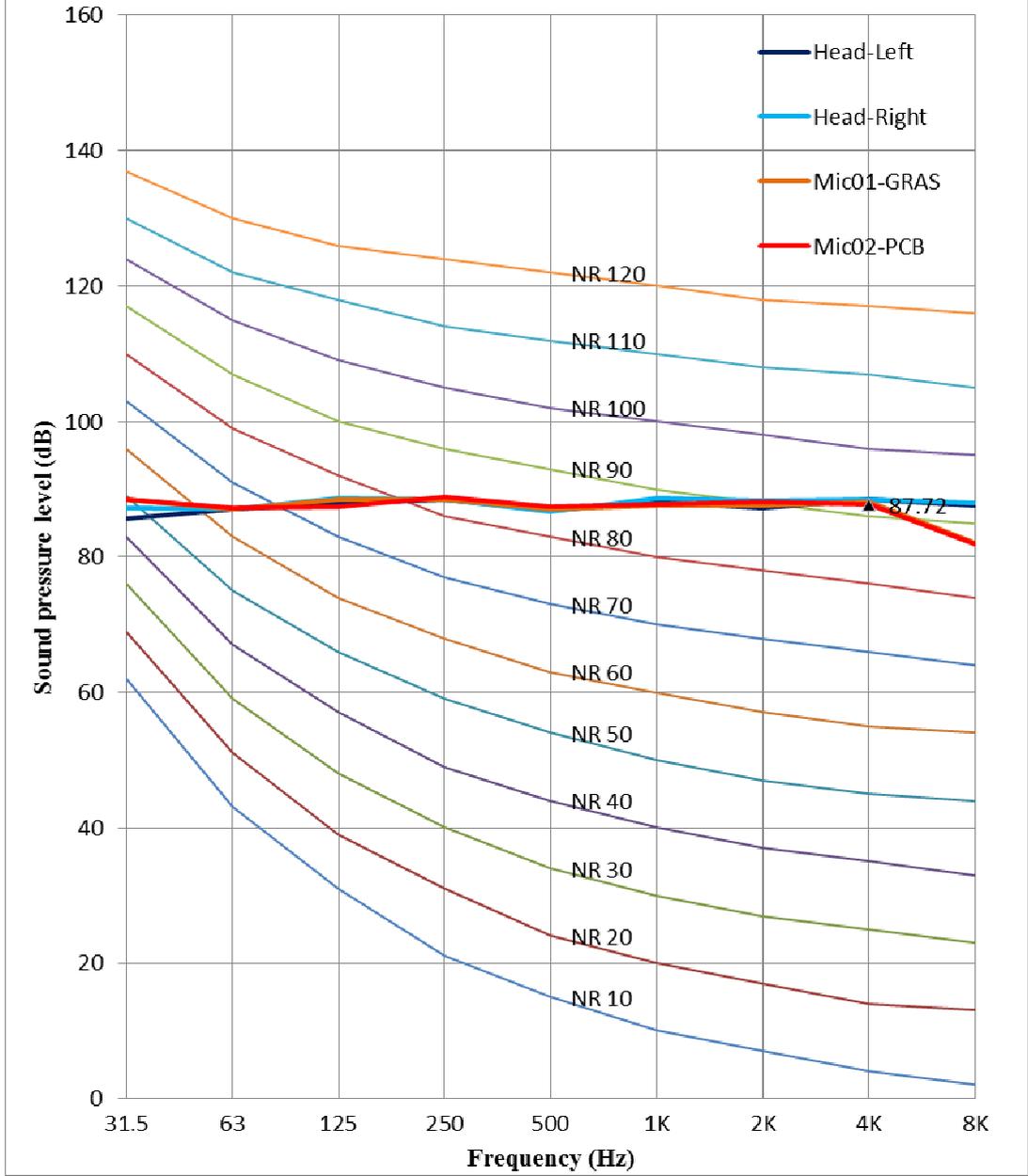
A.11 迴響室之 NR 80 曲線圖

迴響室NR 90曲線



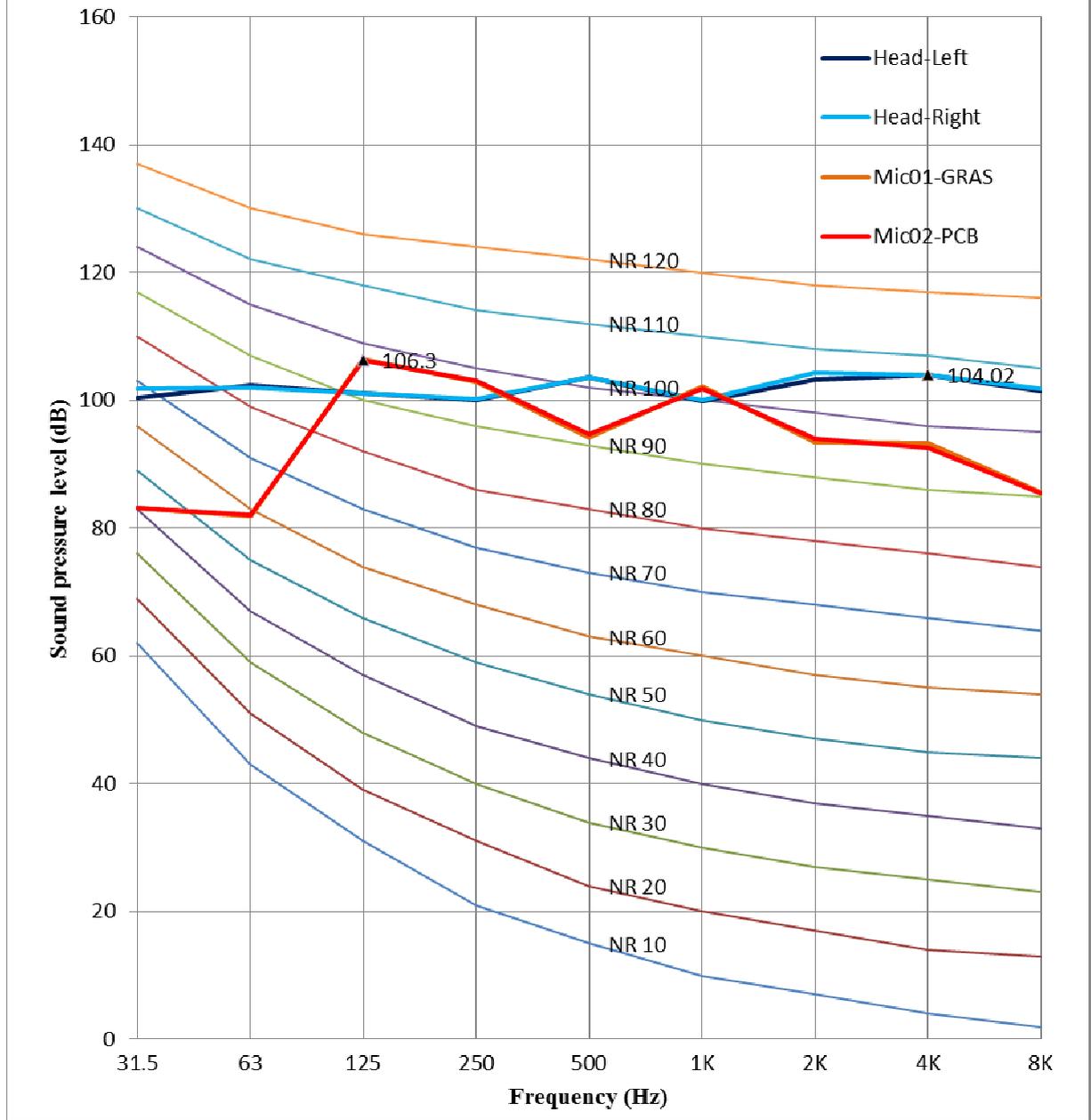
A.12 迴響室之 NR 90 曲線圖

迴響室NR 100曲線



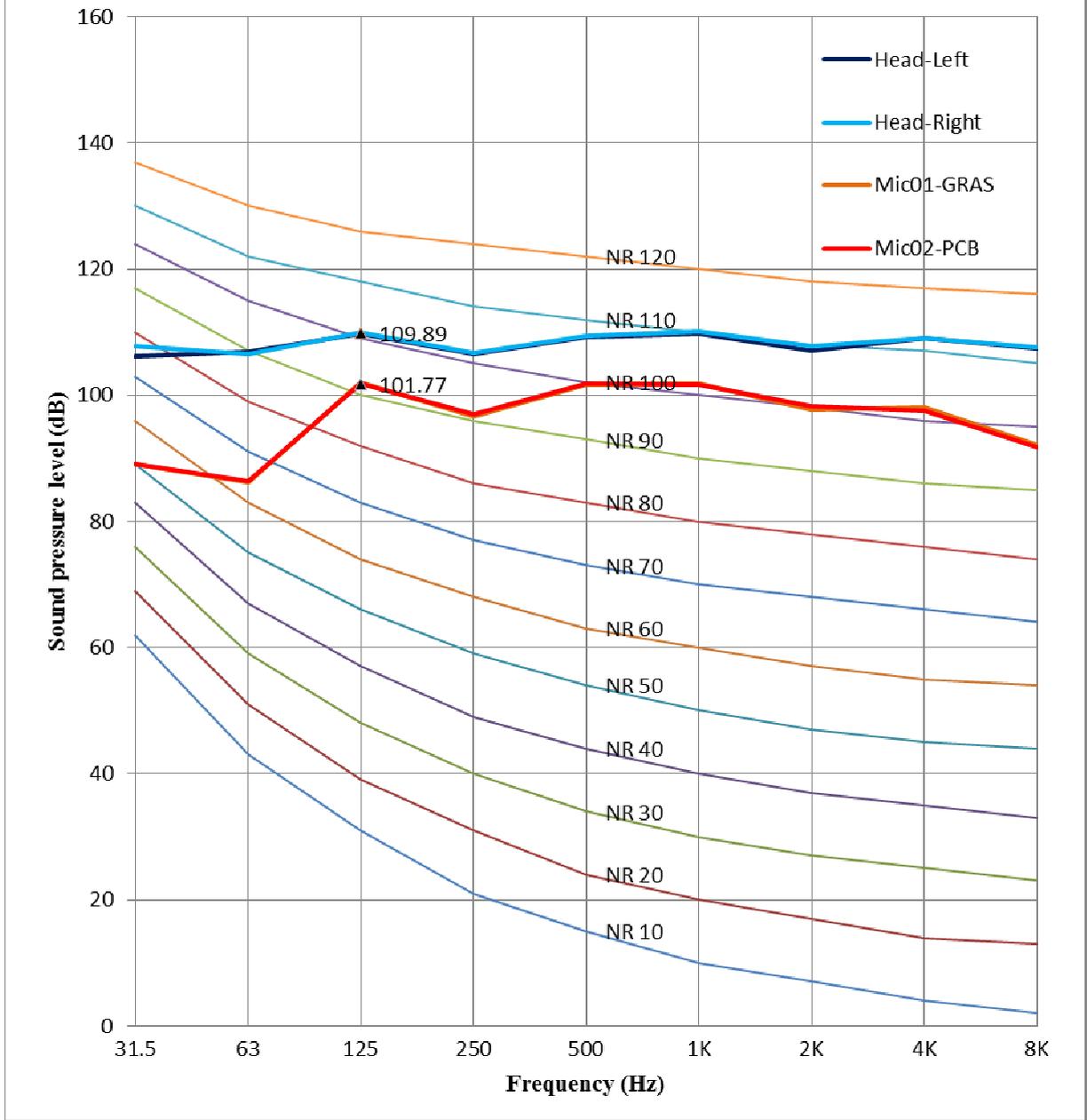
A.13 迴響室之 NR 100 曲線圖

迴響室NR 110曲線

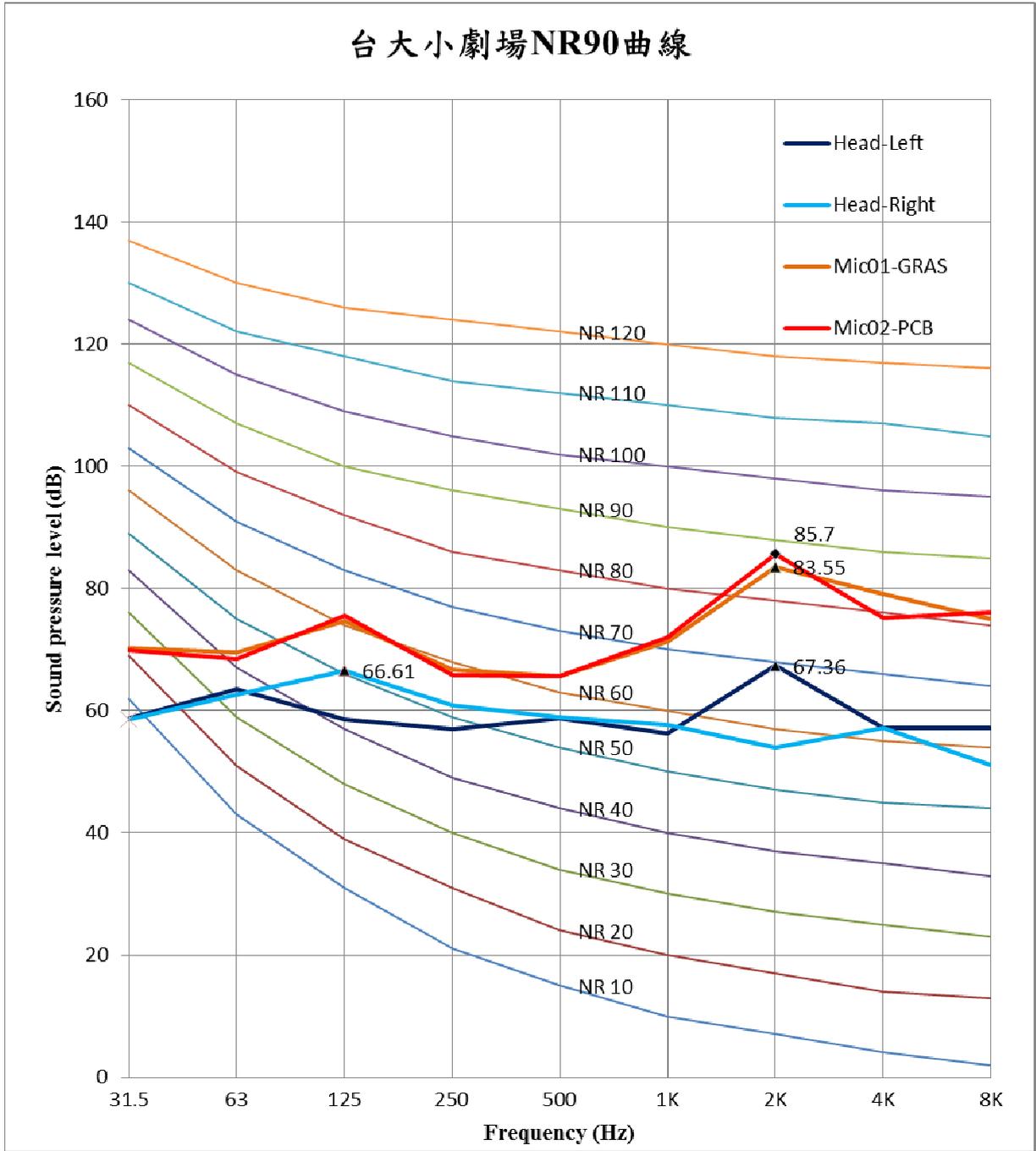


A.14 迴響室之 NR 110 曲線圖

迴響室NR 120曲線

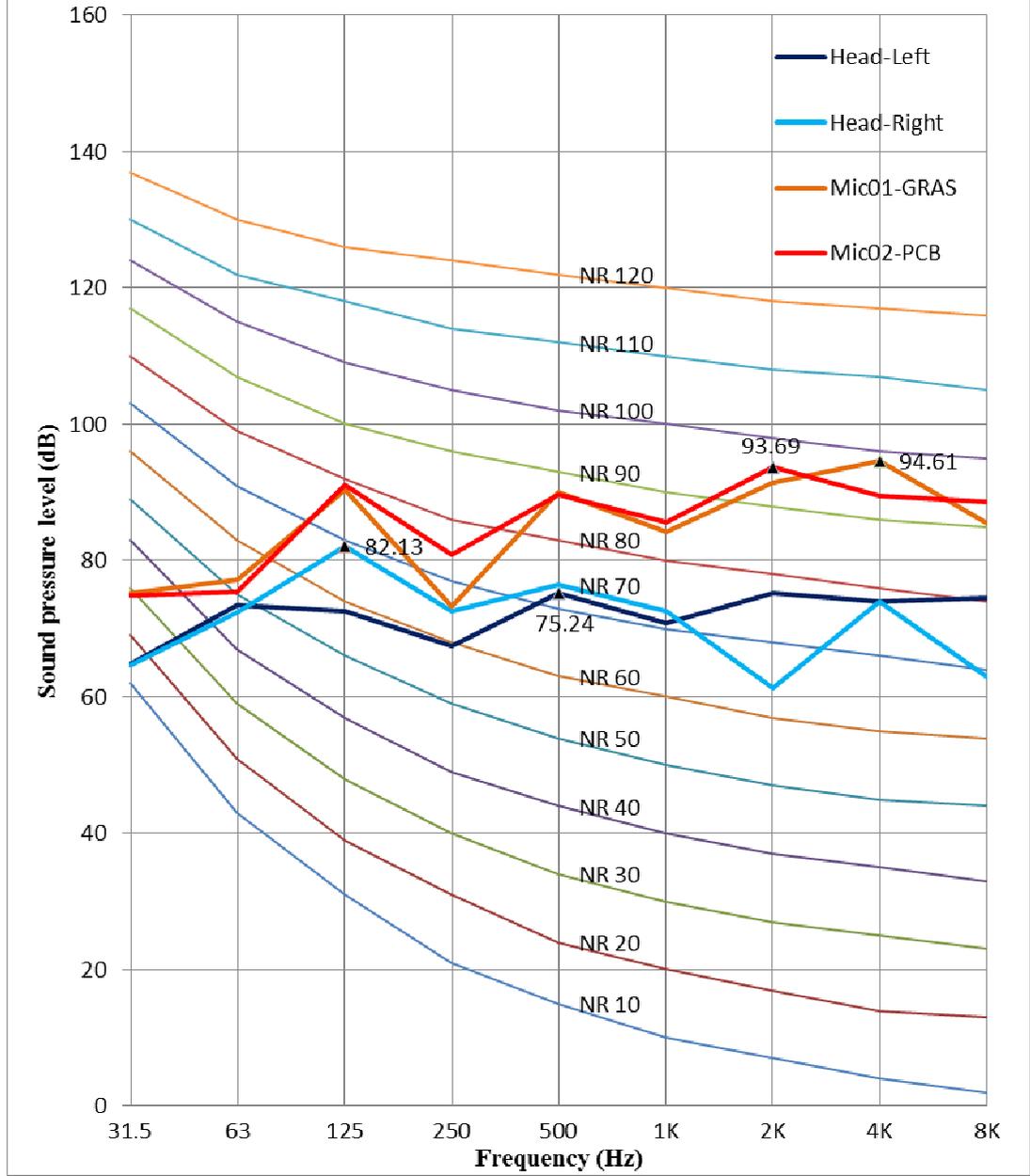


A.15 迴響室之 NR 120 曲線圖

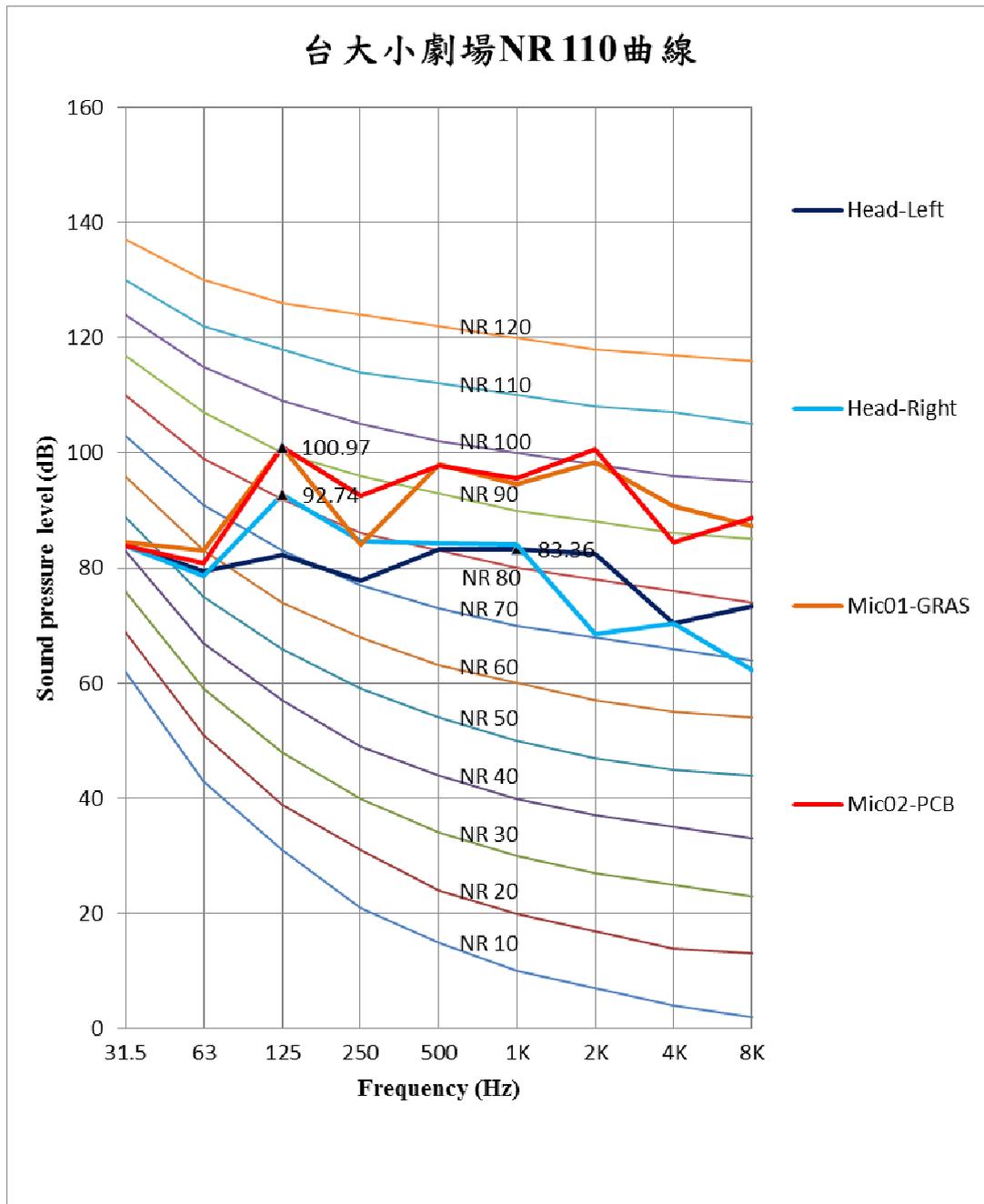


A.16 台大小劇場之 NR 90 曲線圖

台大小劇場NR100曲線

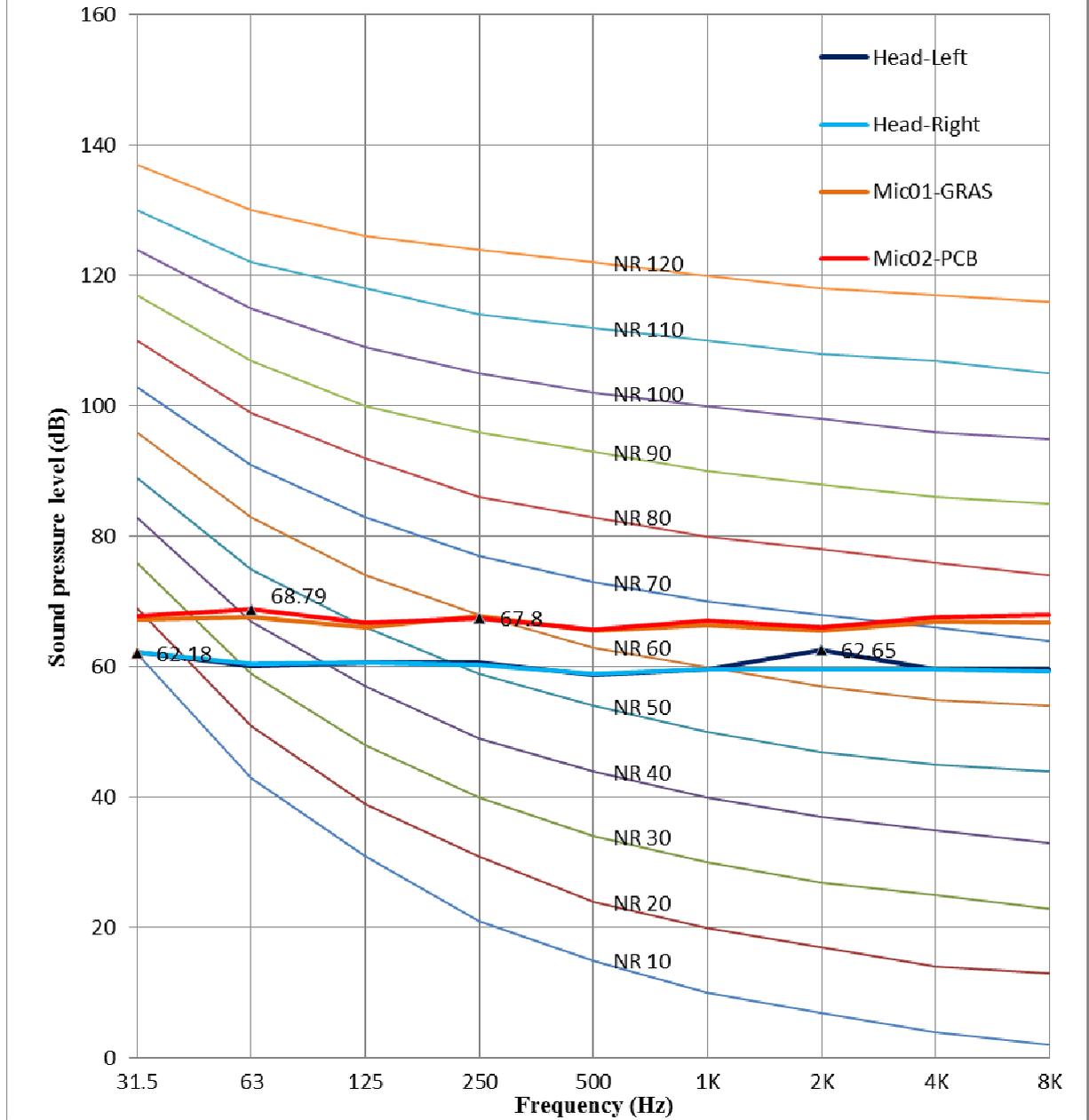


A.17 台大小劇場之 NR 100 曲線圖



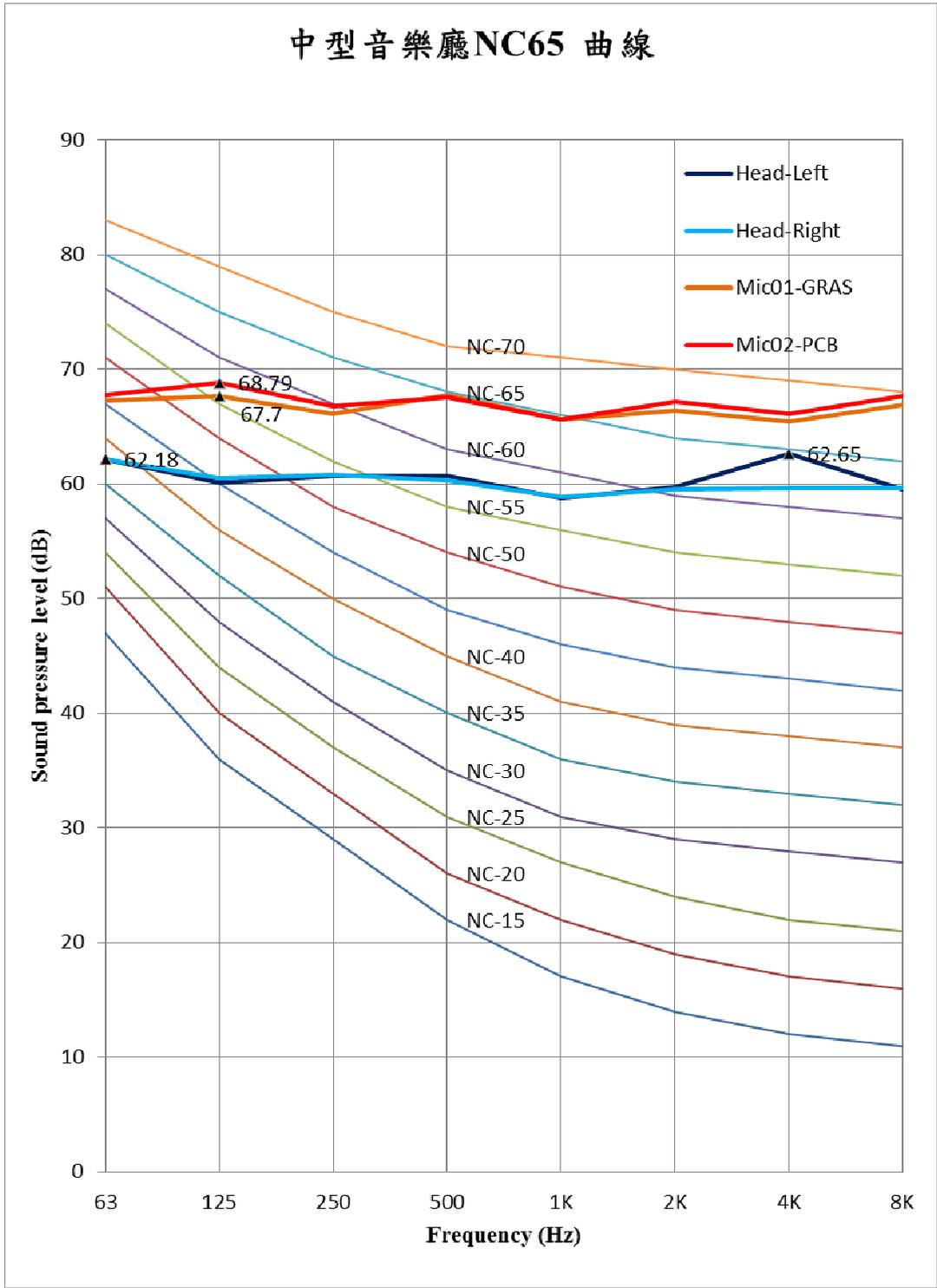
A.18 台大小劇場之 NR 110 曲線圖

中型音樂廳NR 80曲線



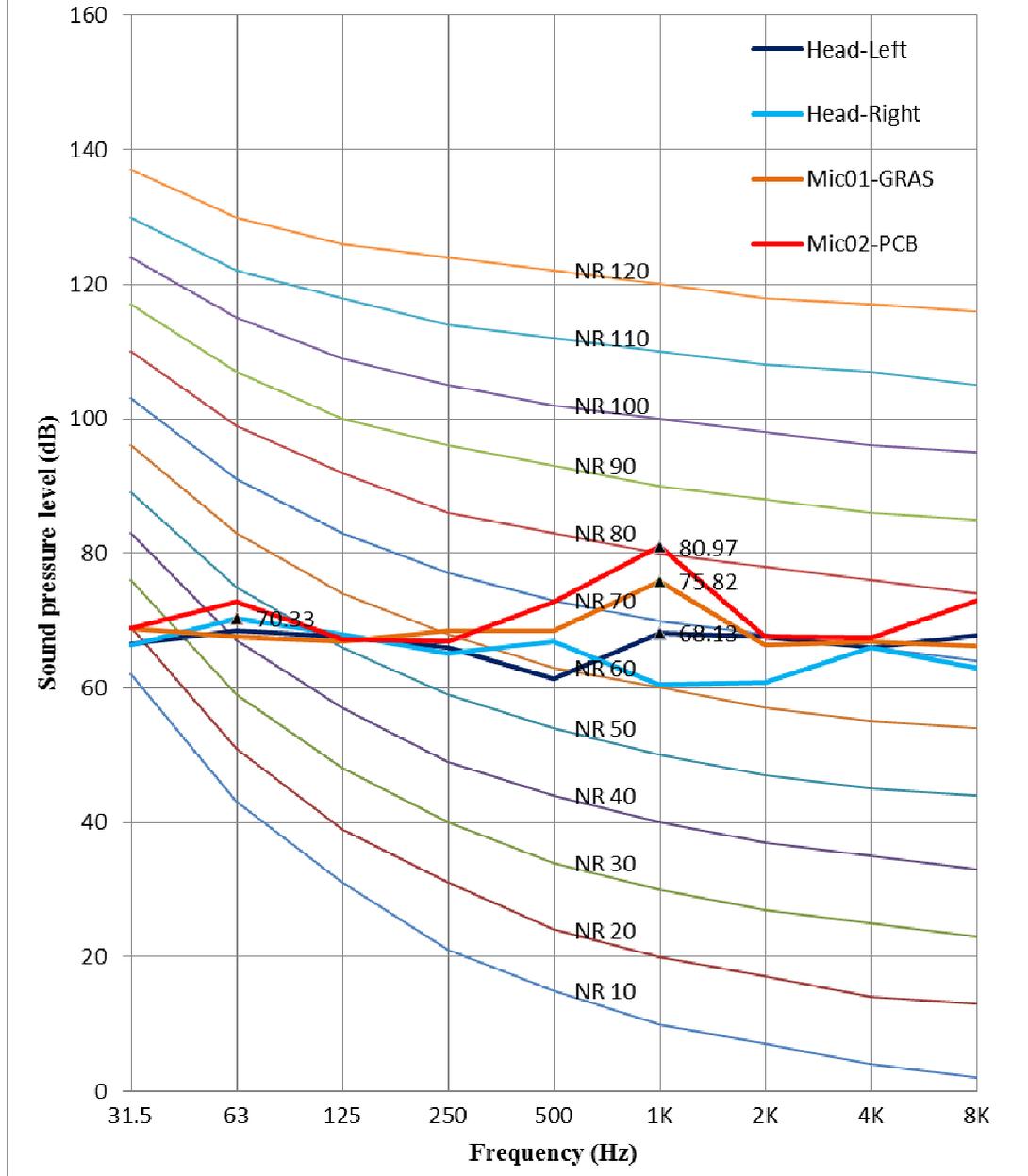
A.19 中型音樂廳之 NR 80 曲線圖

中型音樂廳NC65 曲線



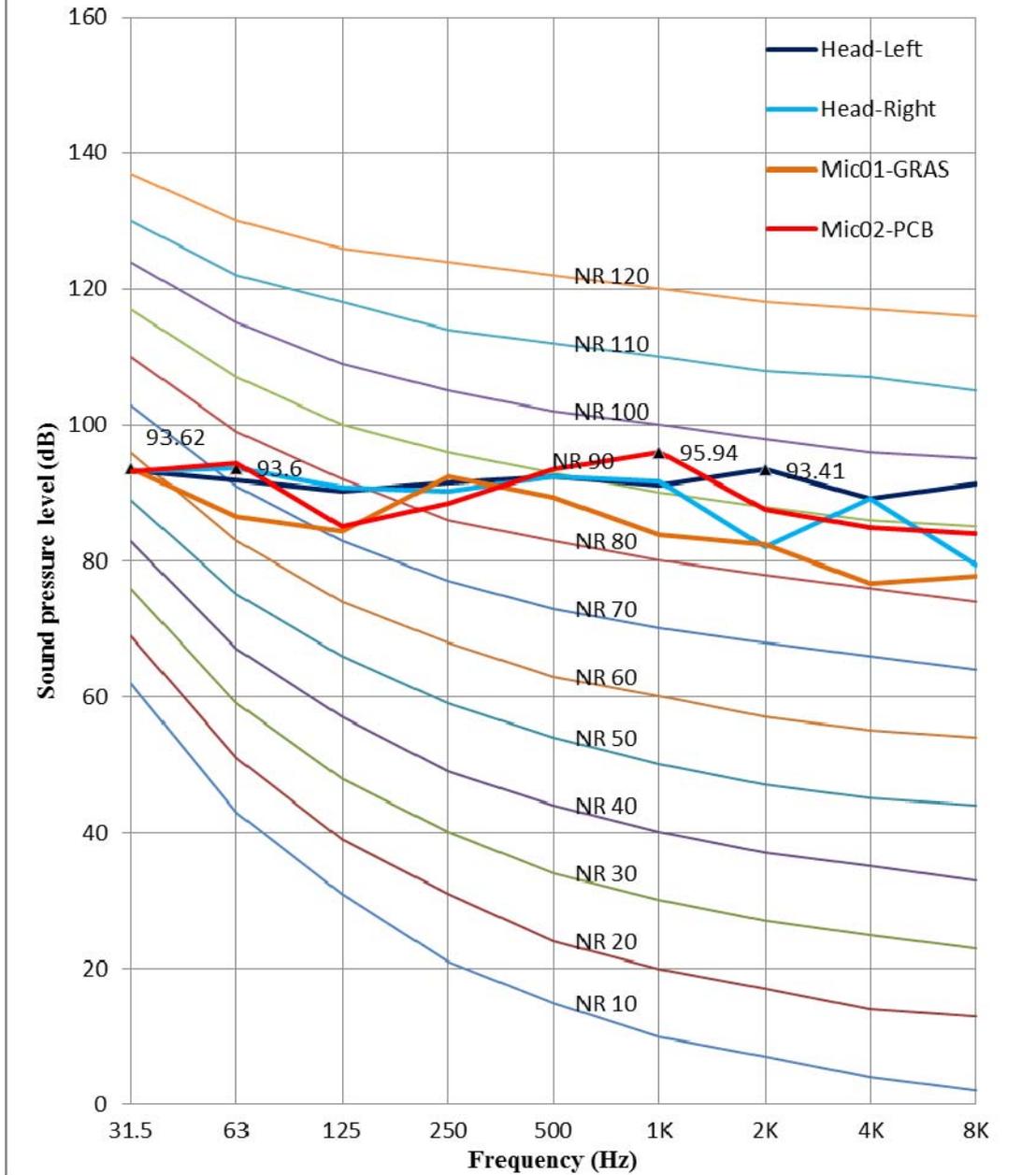
A.20 中型音樂廳之 NC 65 曲線圖

中型音樂廳NR90曲線



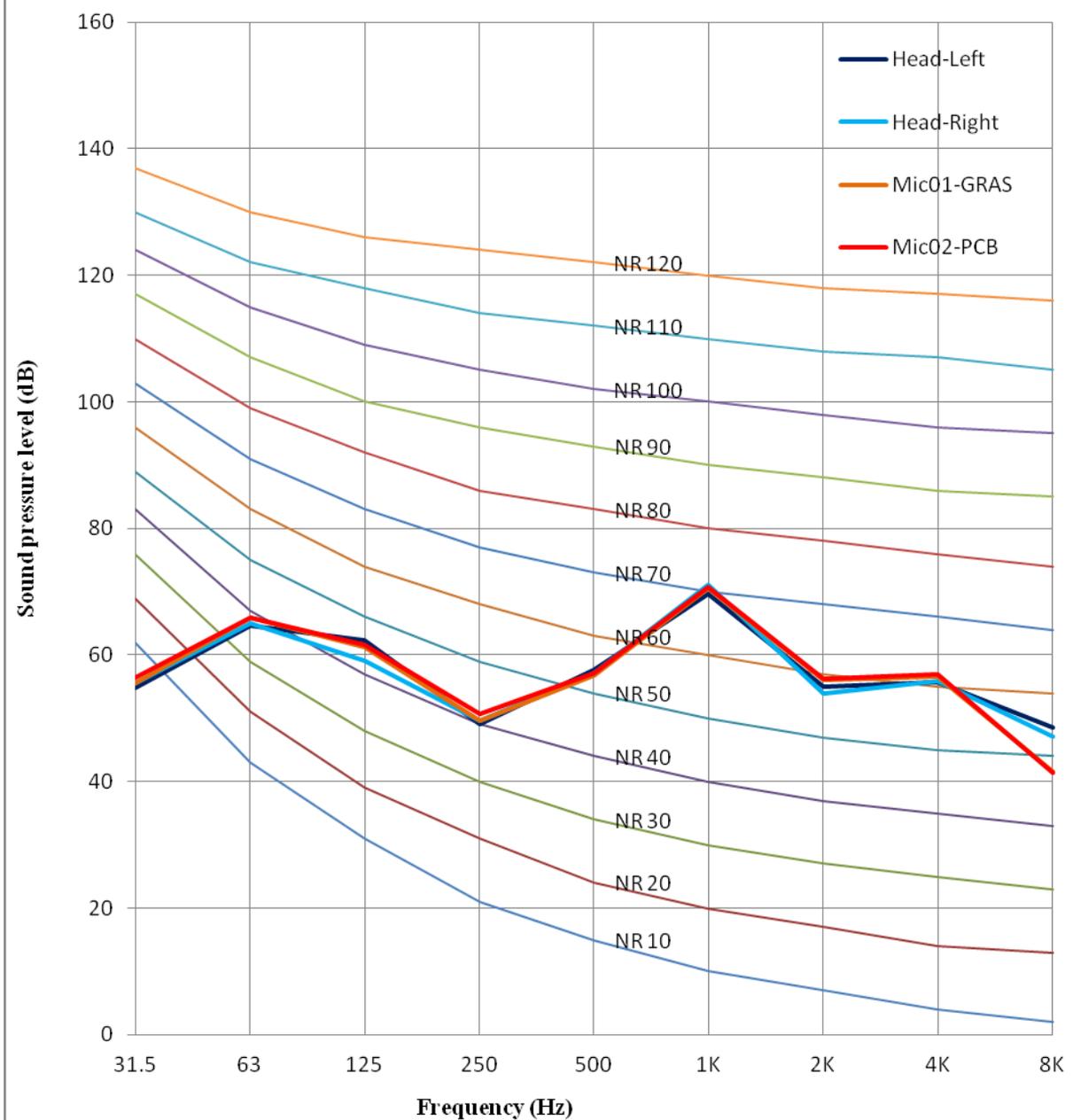
A.21 中型音樂廳之 NR 90 曲線圖

中型音樂廳NR100曲線

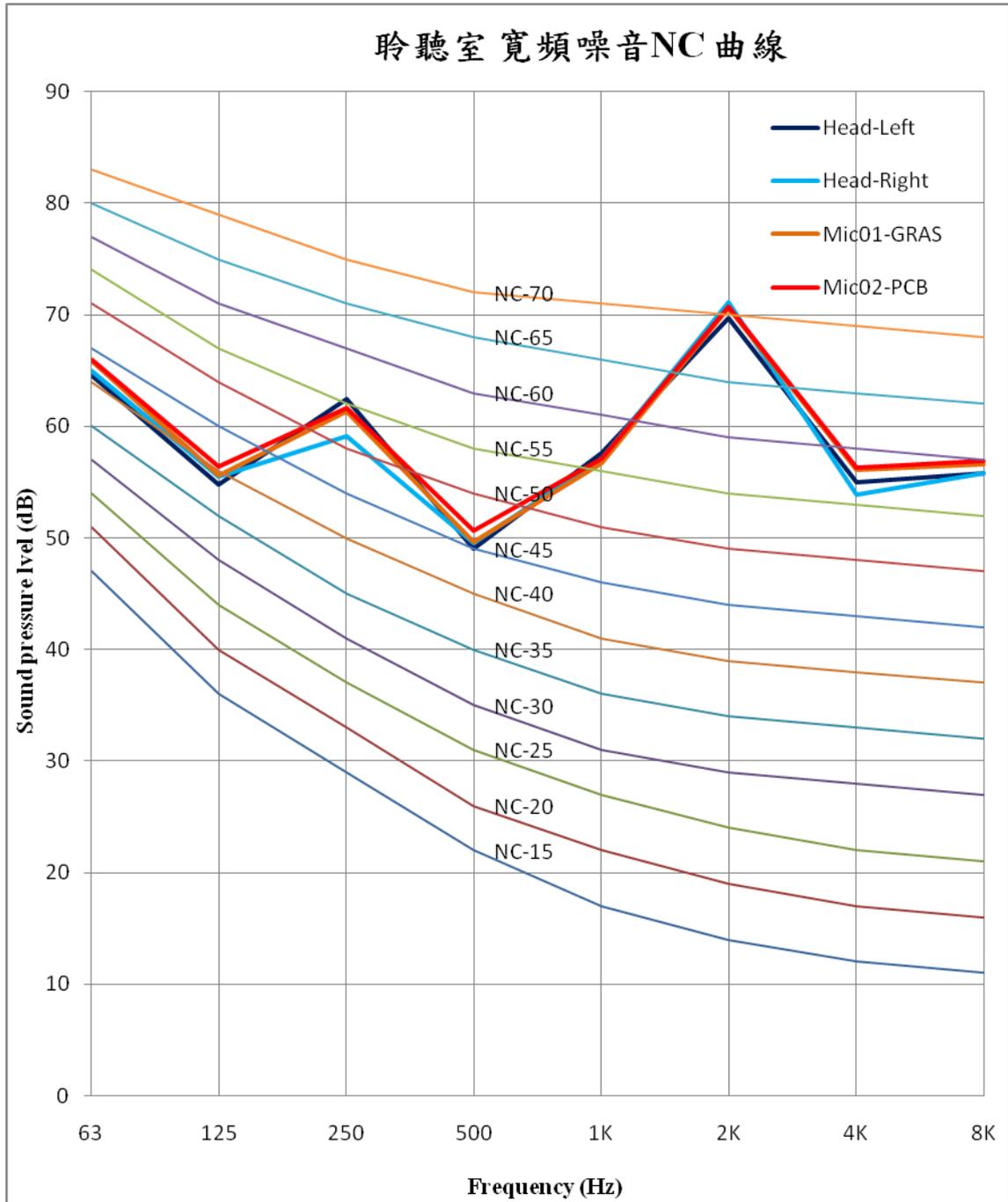


A.22 中型音樂廳之 NR 100 曲線圖

聆聽室寬頻噪音NR 80曲線

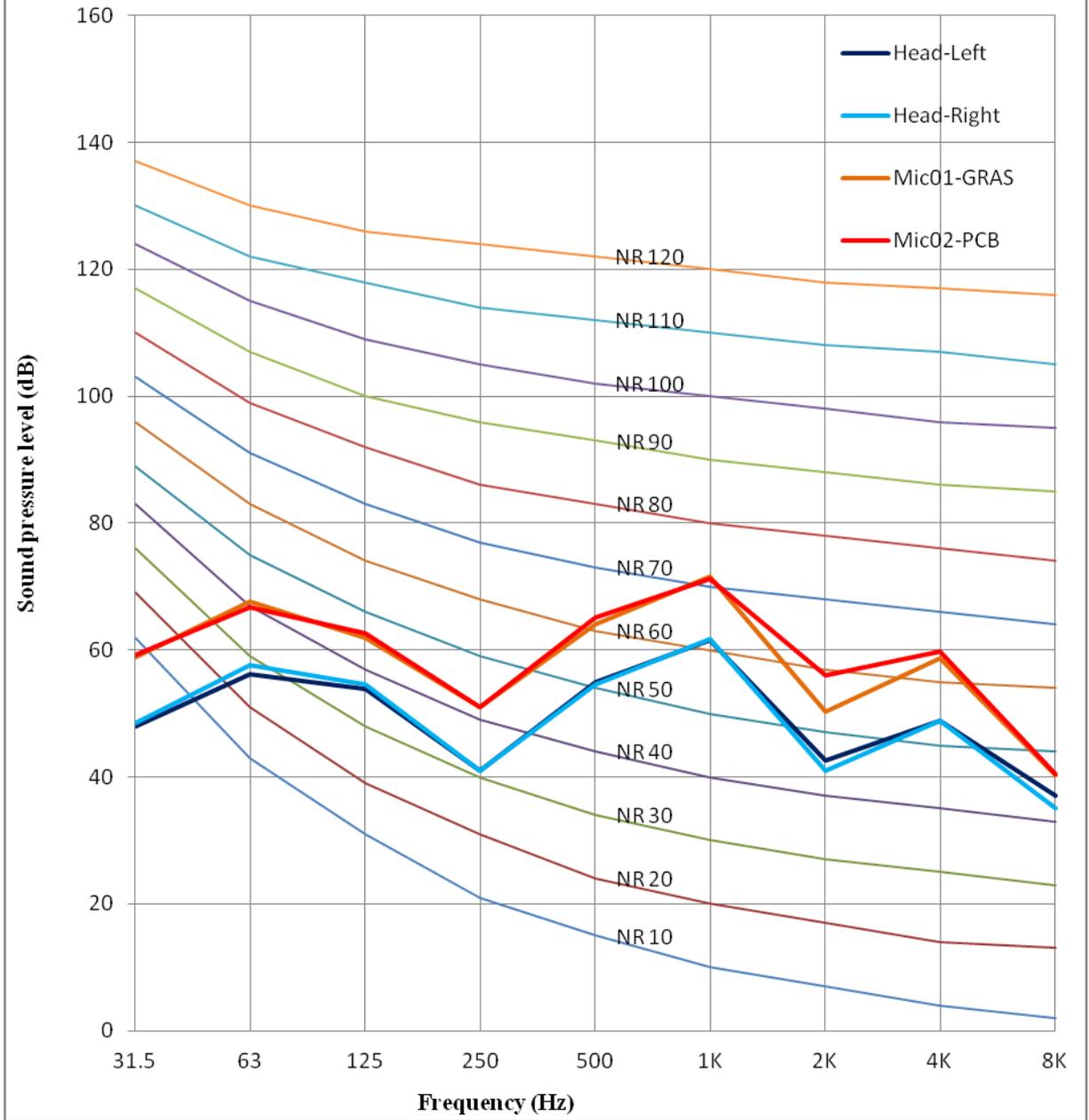


A.23 抽油煙機於聆聽室之 NR80 曲線

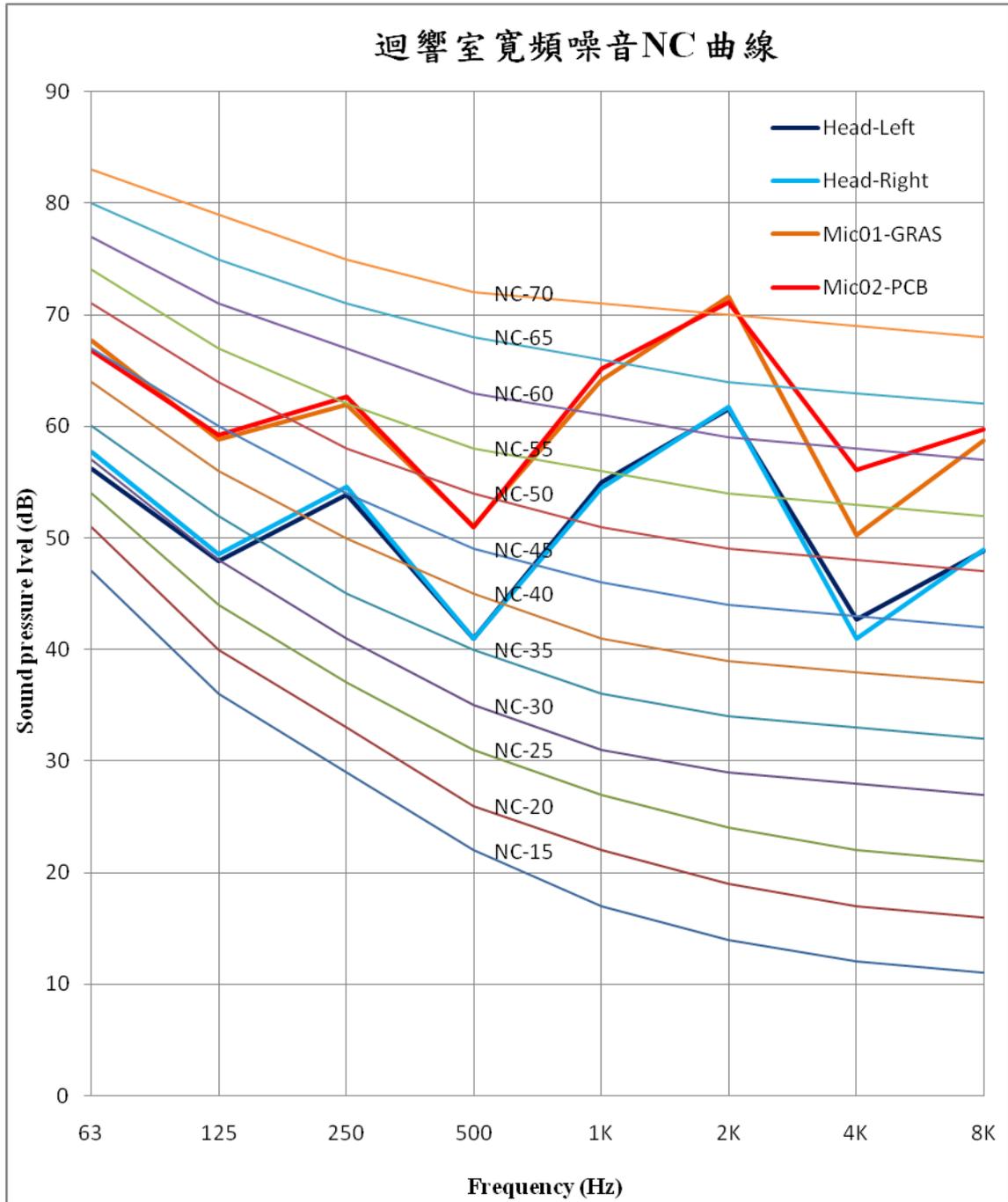


A.24 抽油煙機於聆聽室之 NC 曲線

迴響室寬頻噪音NR 80 曲線

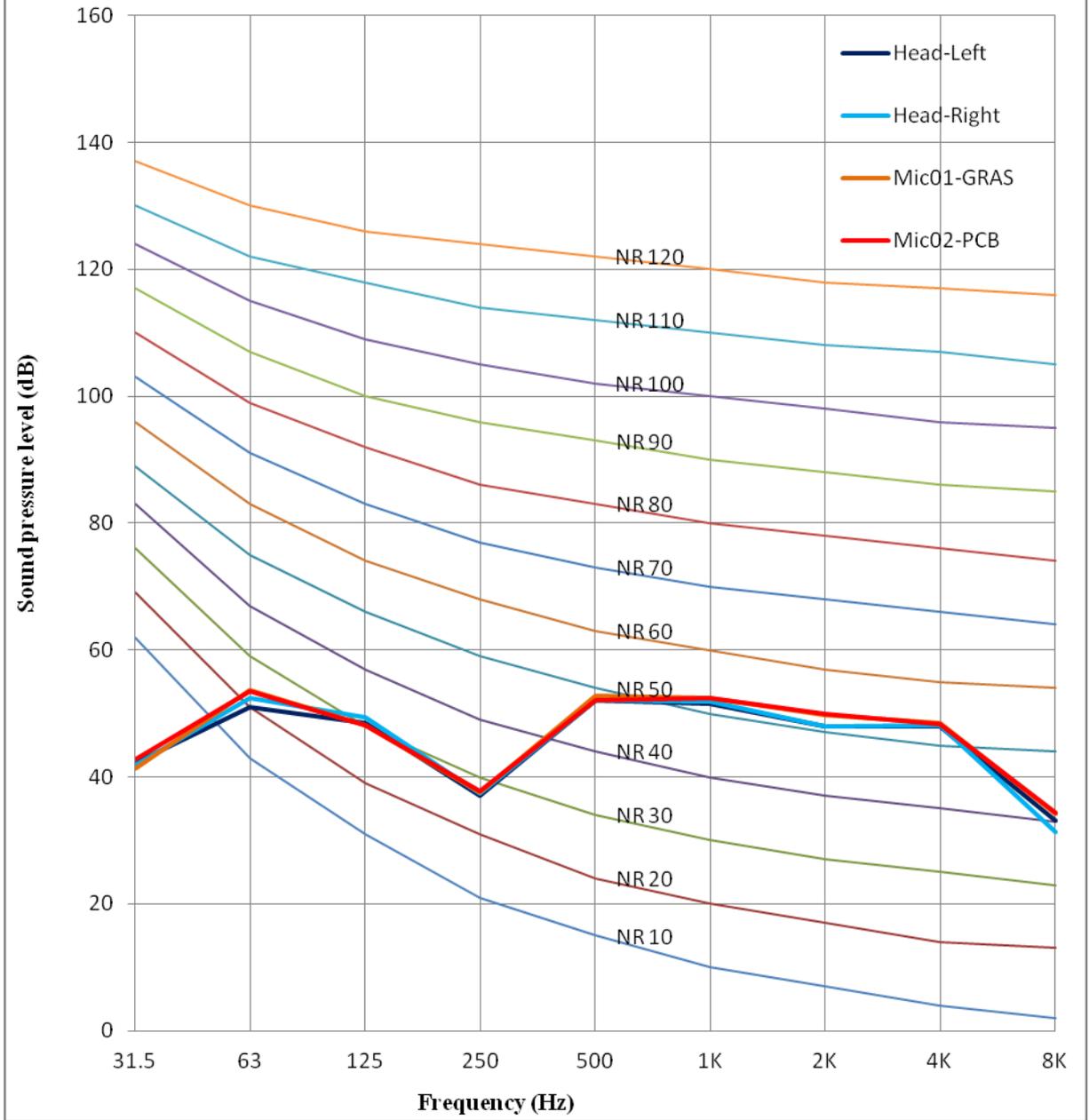


A.25 抽油煙機於迴響室之 NR80 曲線

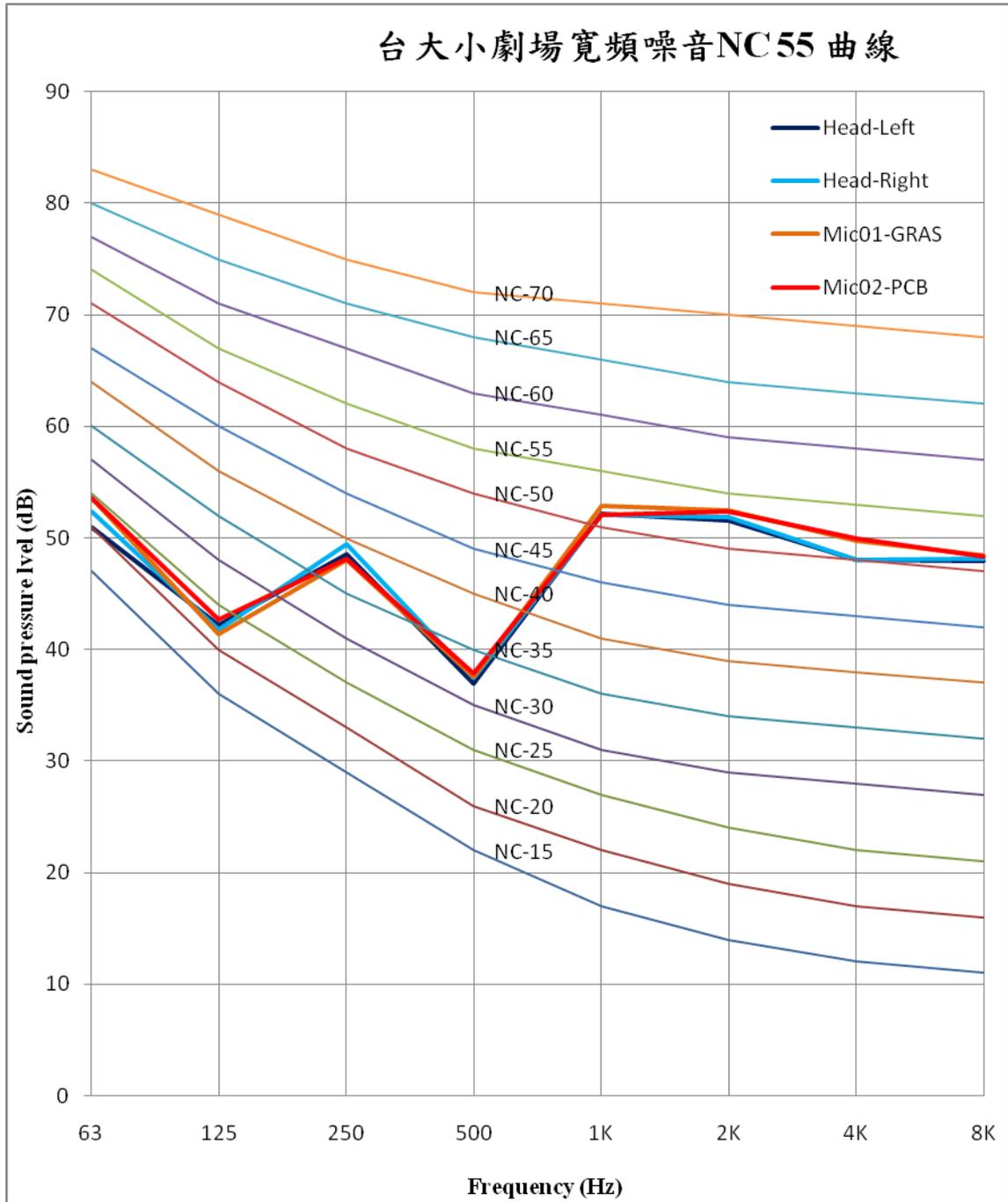


A.26 抽油煙機於迴響室之 NC 曲線

台大小劇場寬頻噪音NR 60曲線

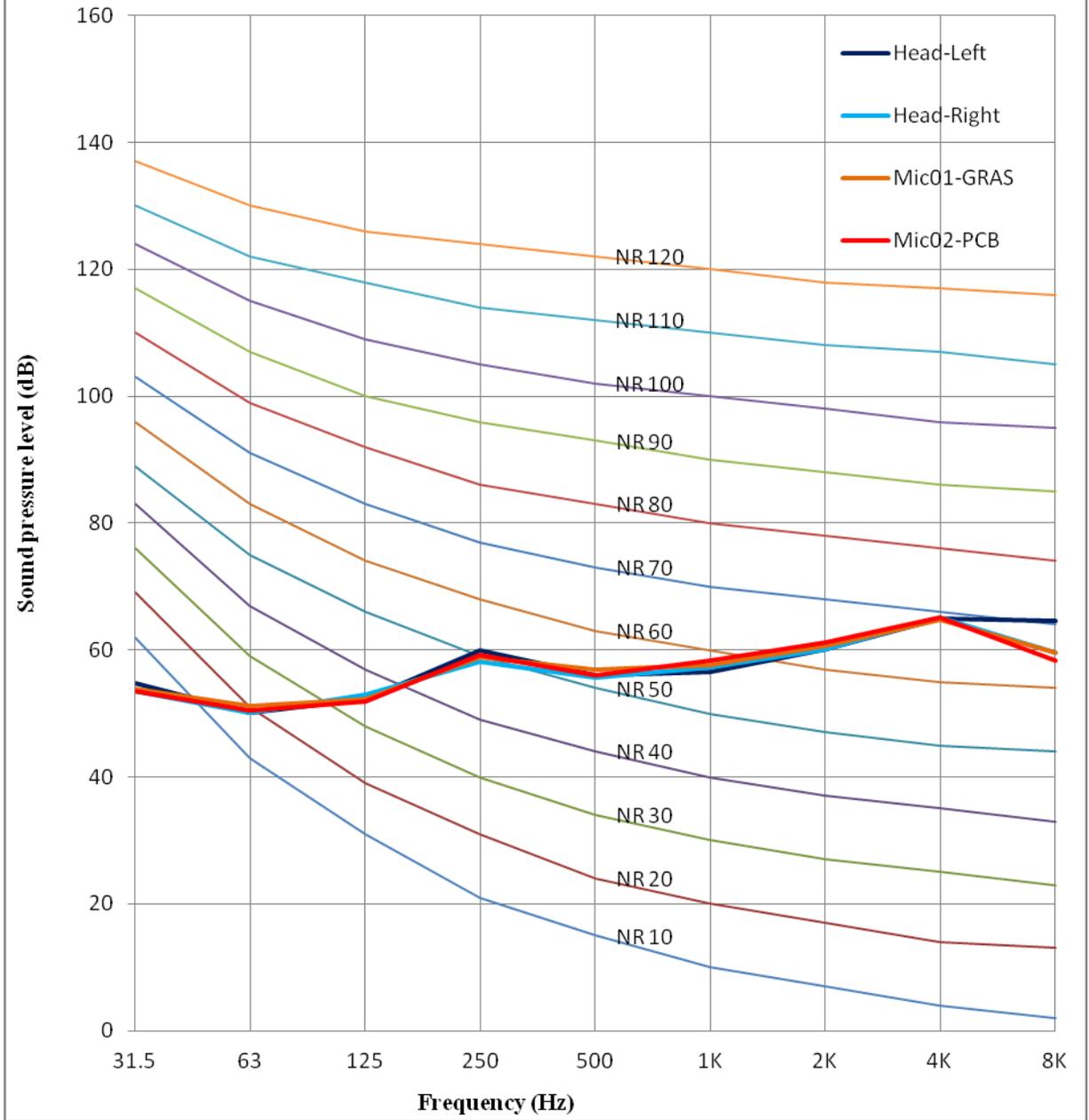


A.27 抽油煙機於台大小劇場之 NR60 曲線

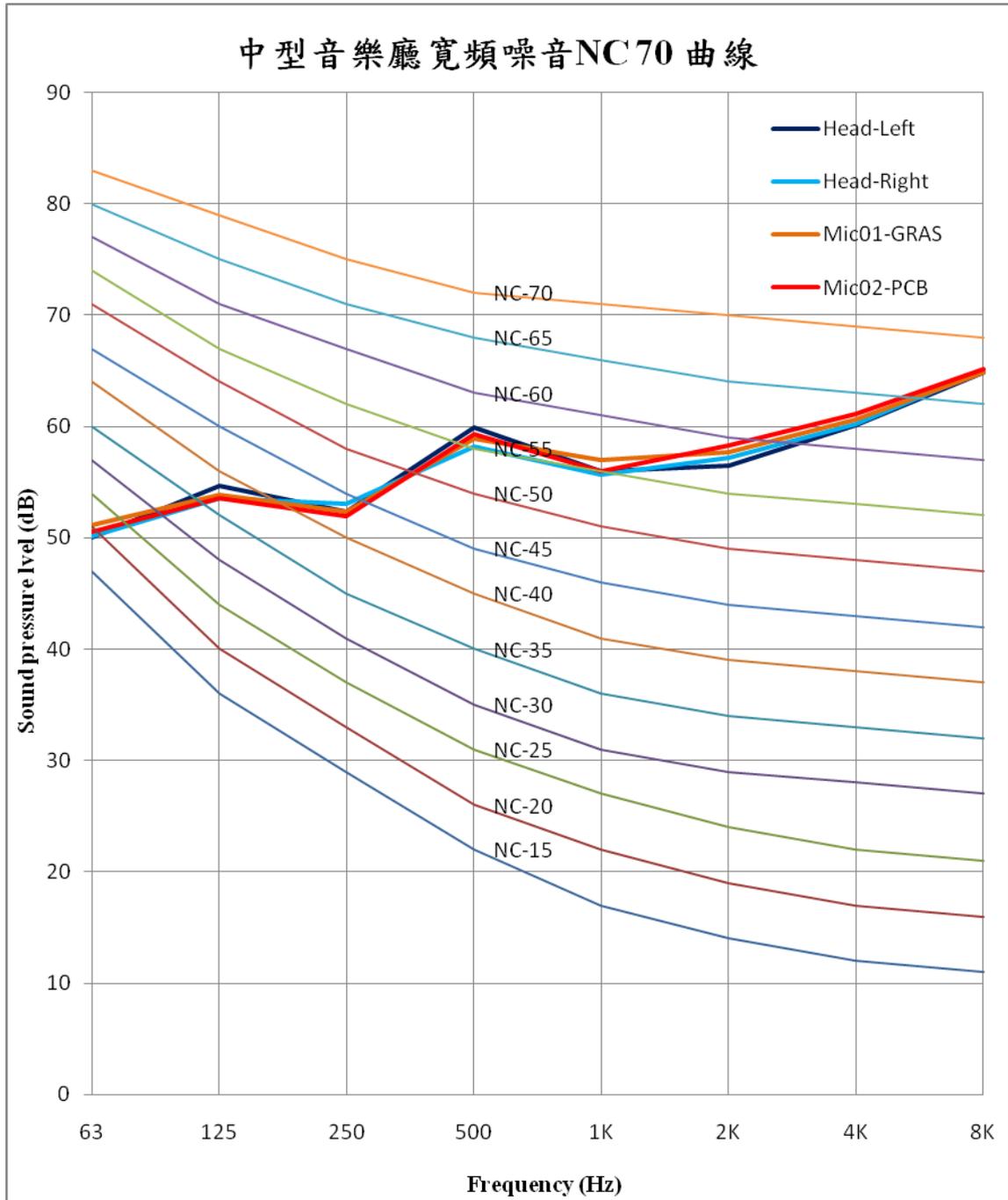


A.28 抽油煙機於台大小劇場之 NC55 曲線

中型音樂廳寬頻噪音NR 70曲線



A.28 抽油煙機於中型音樂廳之 NR70 曲線



A.29 抽油煙機於中型音樂廳之 NC70 曲線

附錄 B、四個空間之殘響時間量測結果

在殘響時間的聲學特性量測上，預計與 NC/NR 曲線在相同的室內空間量測，本年度計畫採用四個不同空間：即專業聆聽室、迴響室、小劇場及中型音樂廳。實驗儀器部分使用 CASS 1 的麥克風，透過多通道的擷取器，和仿真人偶做比較，特別說明，使用麥克風量測室內殘響，其軟體計算的方法和噪音計相同，符合 ISO-3382-2-2008 之殘響量測計算。仿真人偶量測殘響時間，由多通道之擷取器量殘響資料，經由 ArtemiS 軟體進行公式計算即可計算出該空間之室內殘響時間，因此二支麥克風和仿真人偶可在殘響時間上進行儀器特性比較。

本年度於室內聲學指標之工作項目為：

- 1.NC/NR 量測:進行量測儀器性能驗證
- 2.殘響時間量測及聲場均勻性探討
- 3.A-weighting 與心理聲學參數之關係

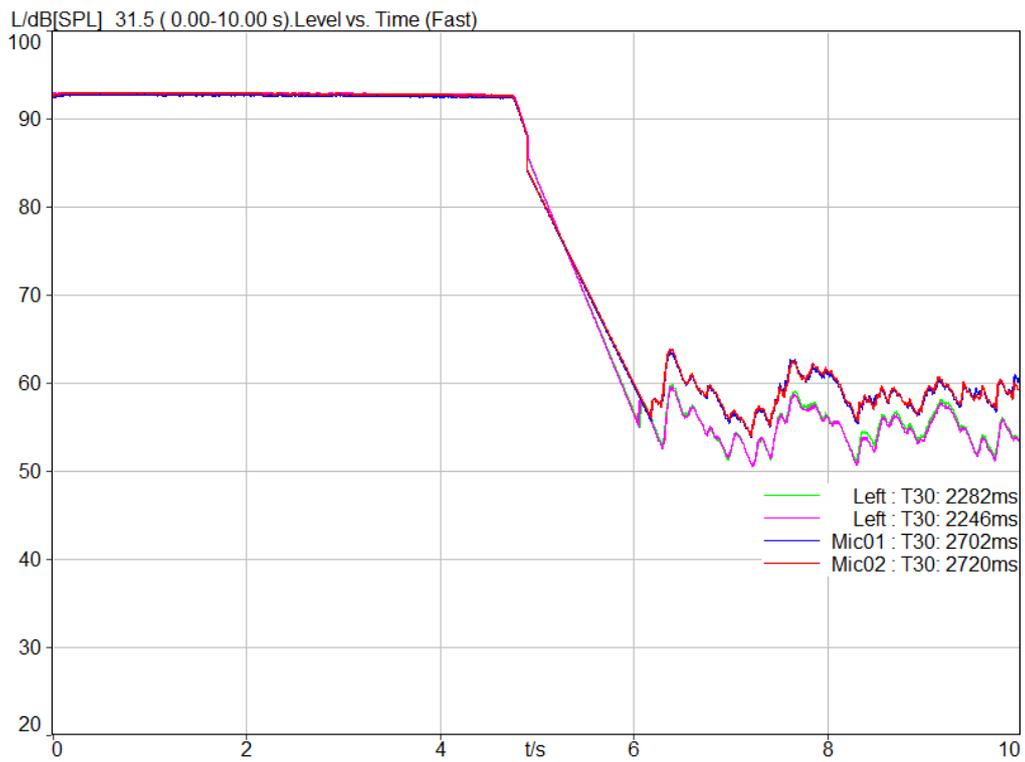
室內空間之完成工作如表 B1 所列。

表 B1 NC /NR 及殘響時間量測工作列表

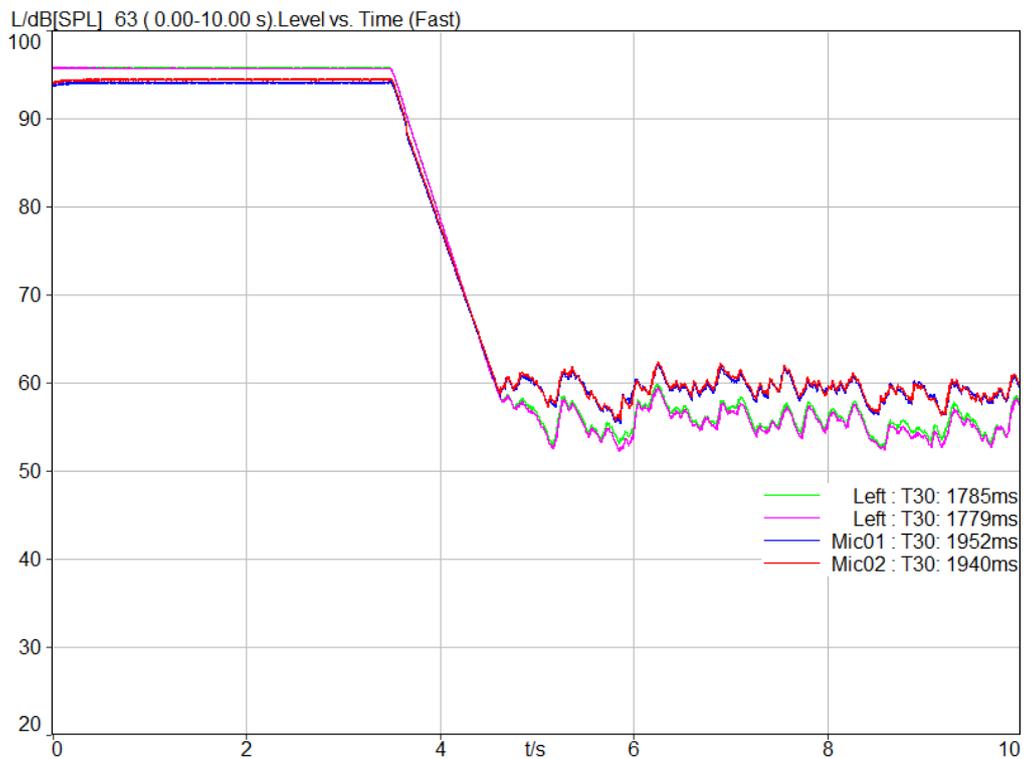
編號		室內空間			
		NC 曲線	NR 曲線	殘響時間	A-weighting 與心理聲學
Room1	專業聆聽室	完成	完成	完成	完成
Room2	迴響室	完成	完成	完成	完成
Room3	台大小劇場	完成	完成	完成	完成
Room4	中型音樂廳	完成	完成	完成	完成

在專業聆聽室、迴響室及中型音樂廳空間中使用麥克風和仿真人偶對不同頻率下之量測結果列於圖 B.1 到圖 B.29。

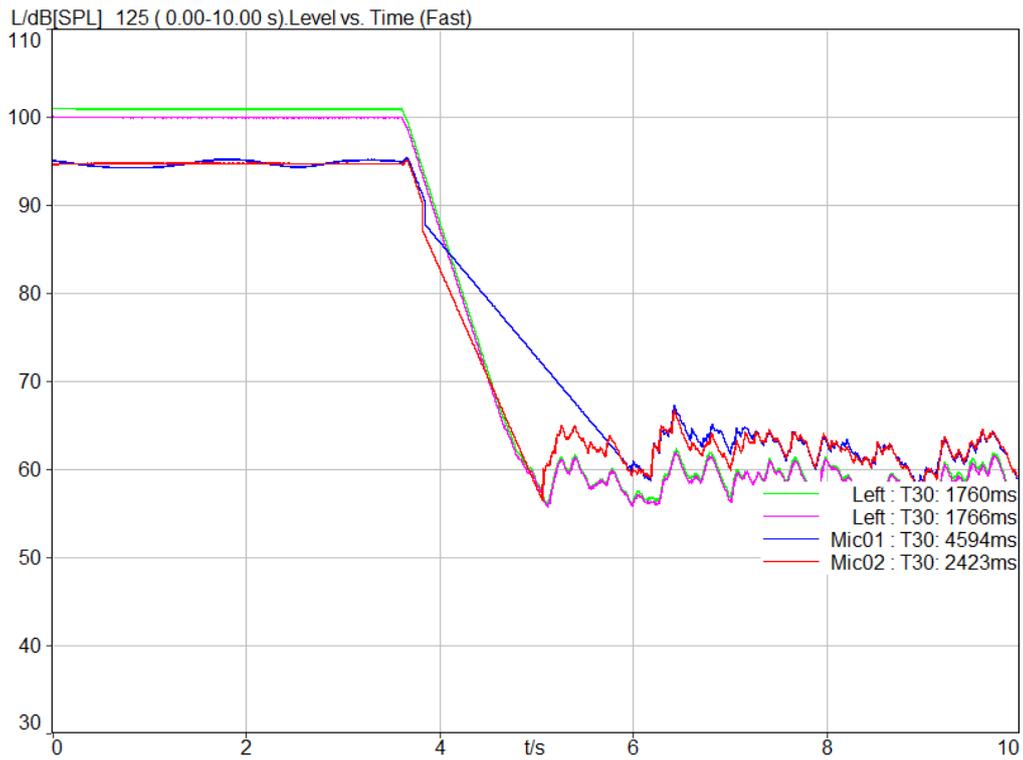
1. 聆聽室殘響時間



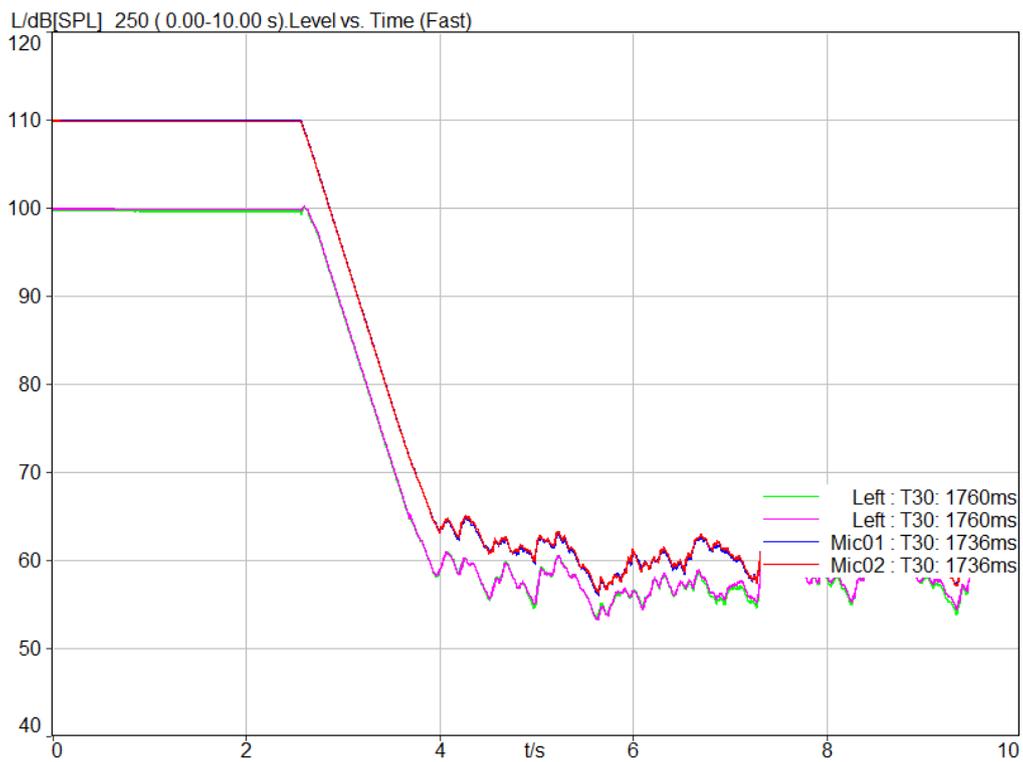
B.1 聆聽室於 31.5Hz 之殘響時間分佈圖



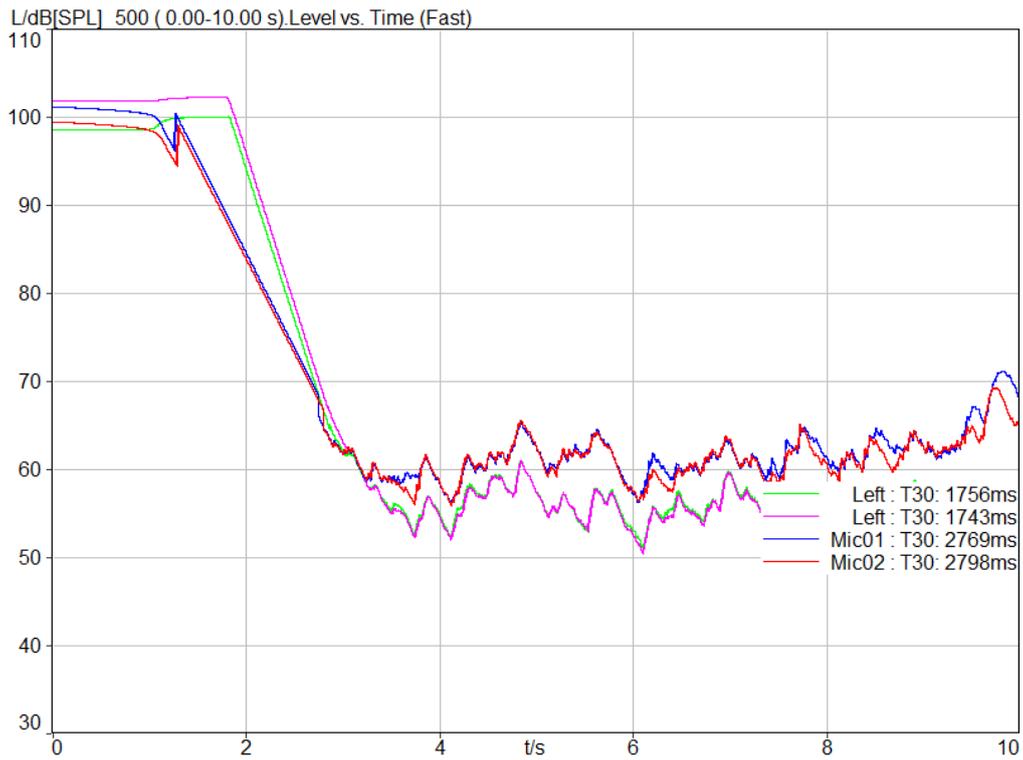
B.2 聆聽室於 63Hz 之殘響時間分佈圖



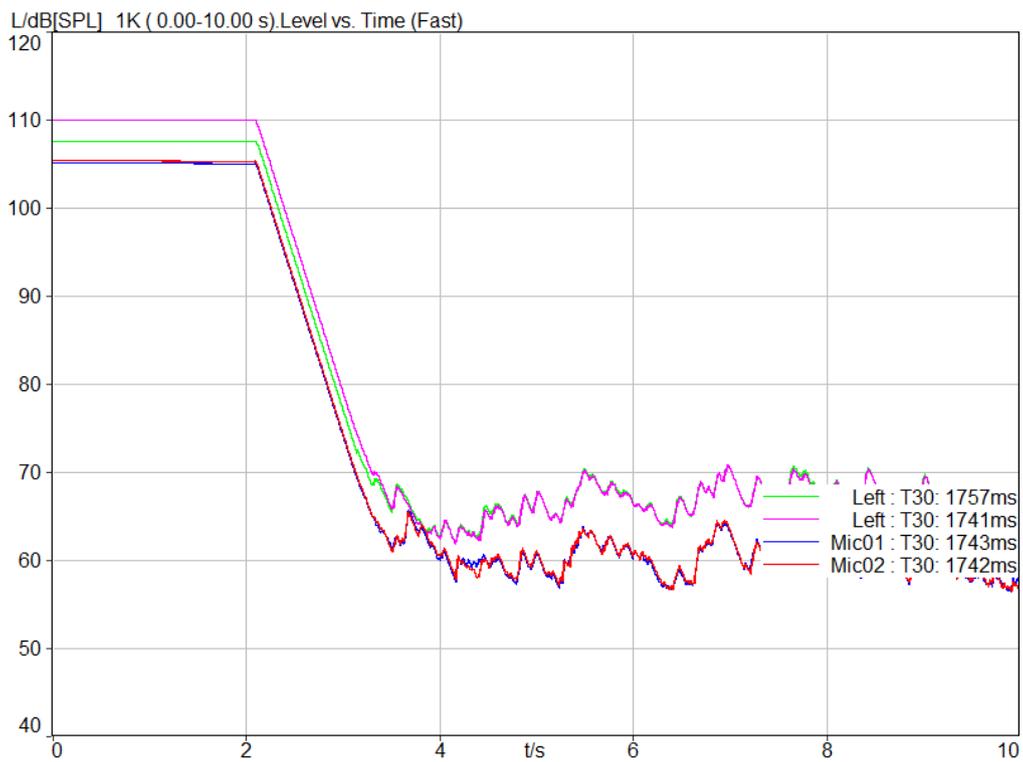
B.3 聆聽室於 125Hz 之殘響時間分佈圖



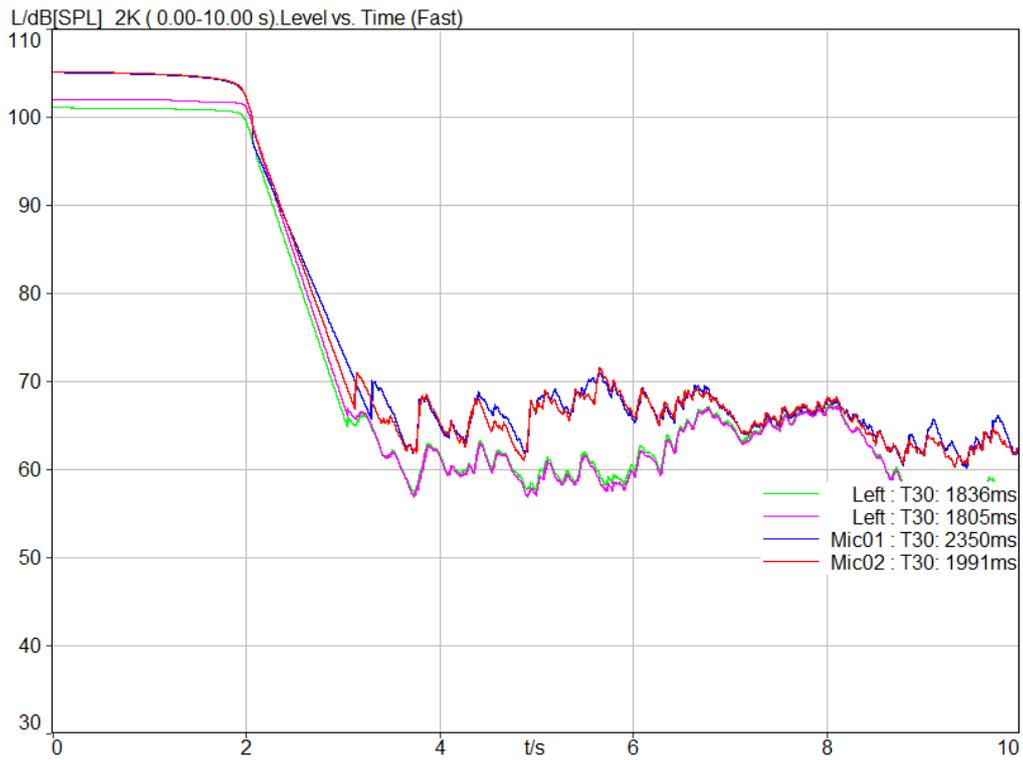
B.4 聆聽室於 250Hz 之殘響時間分佈圖



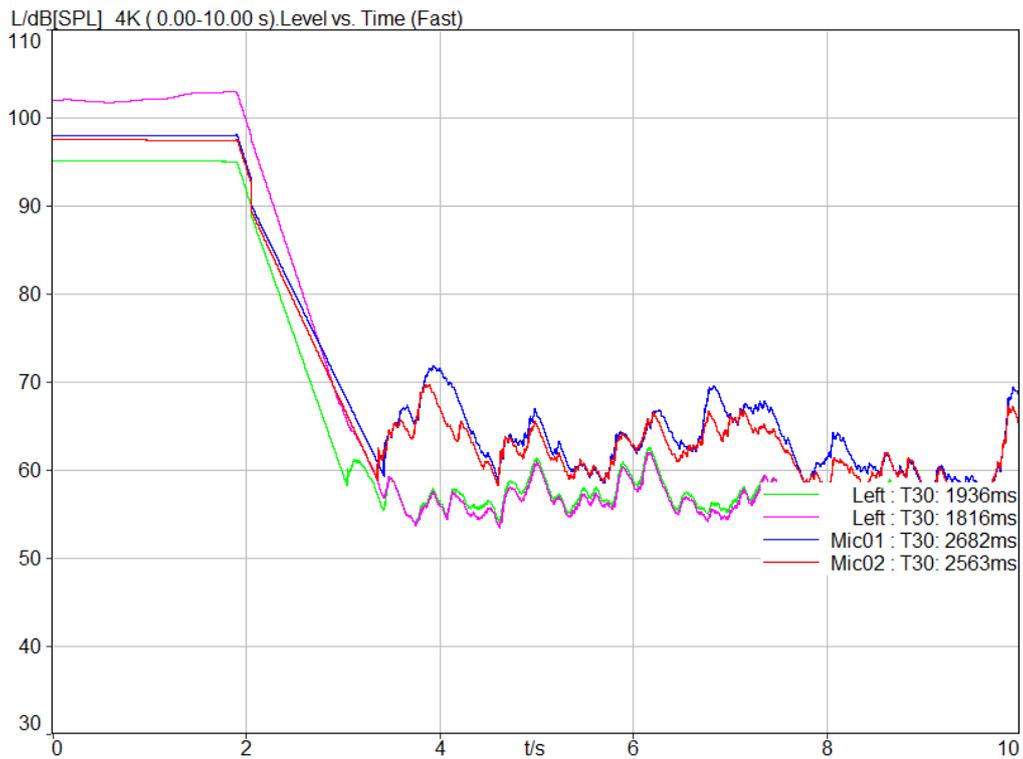
B.5 聆聽室於 500Hz 之殘響時間分佈圖



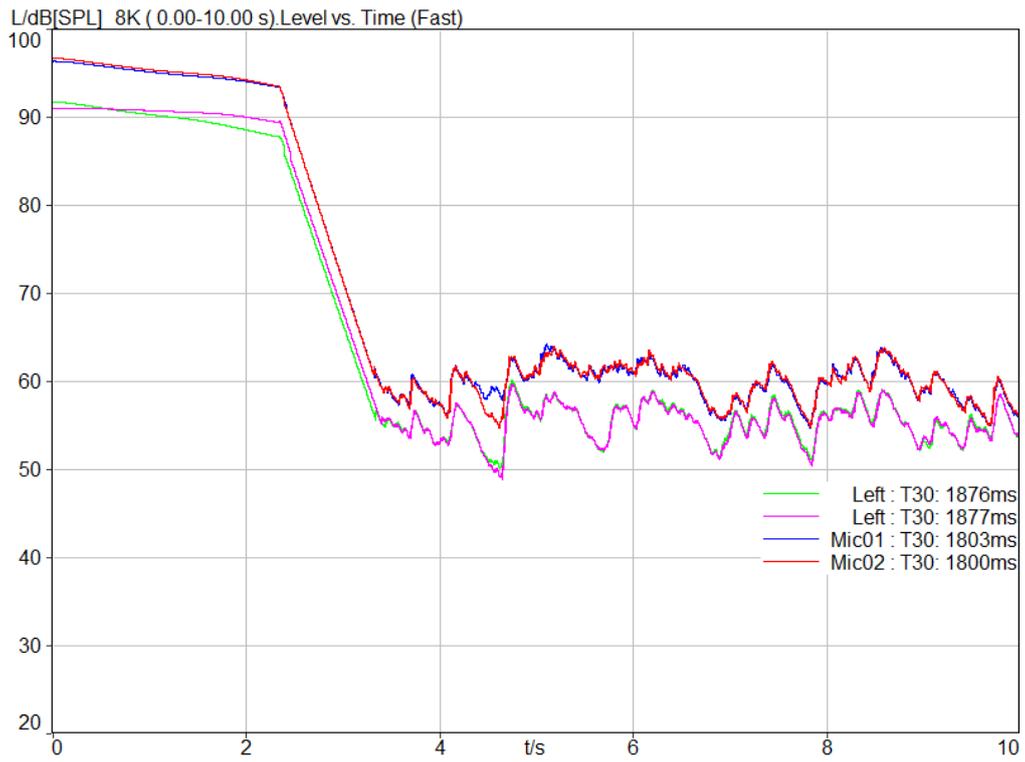
B.6 聆聽室於 1kHz 之殘響時間分佈圖



B.7 聆聽室於 2kHz 之殘響時間分佈圖

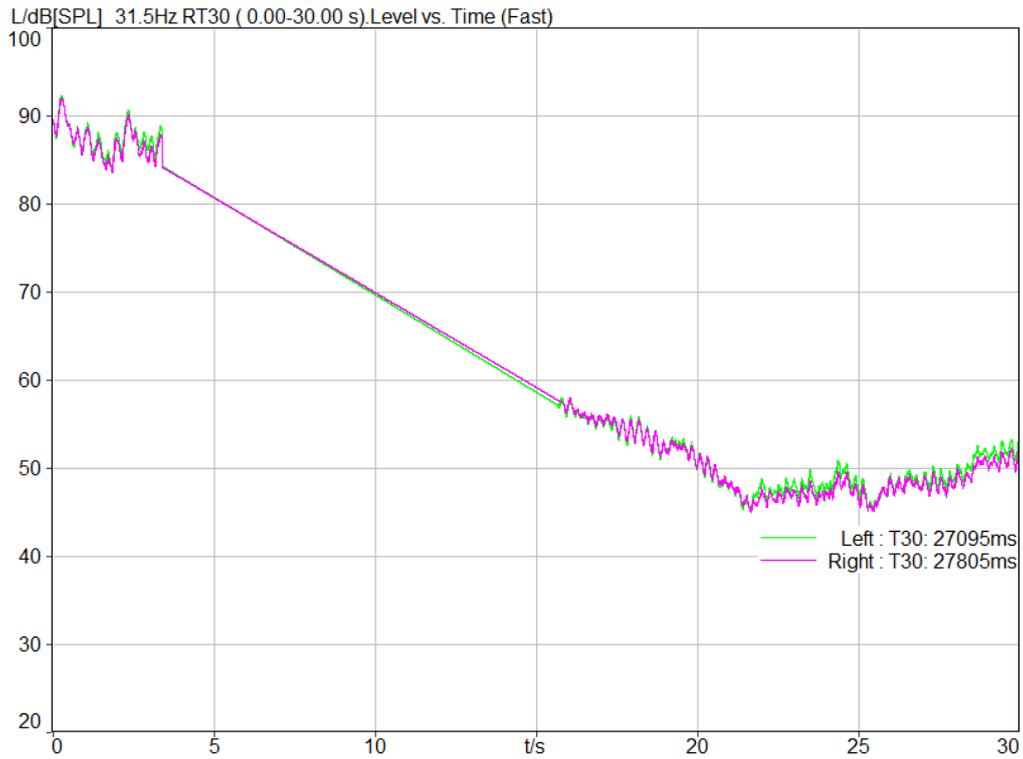


B.8 聆聽室於 4kHz 之殘響時間分佈圖

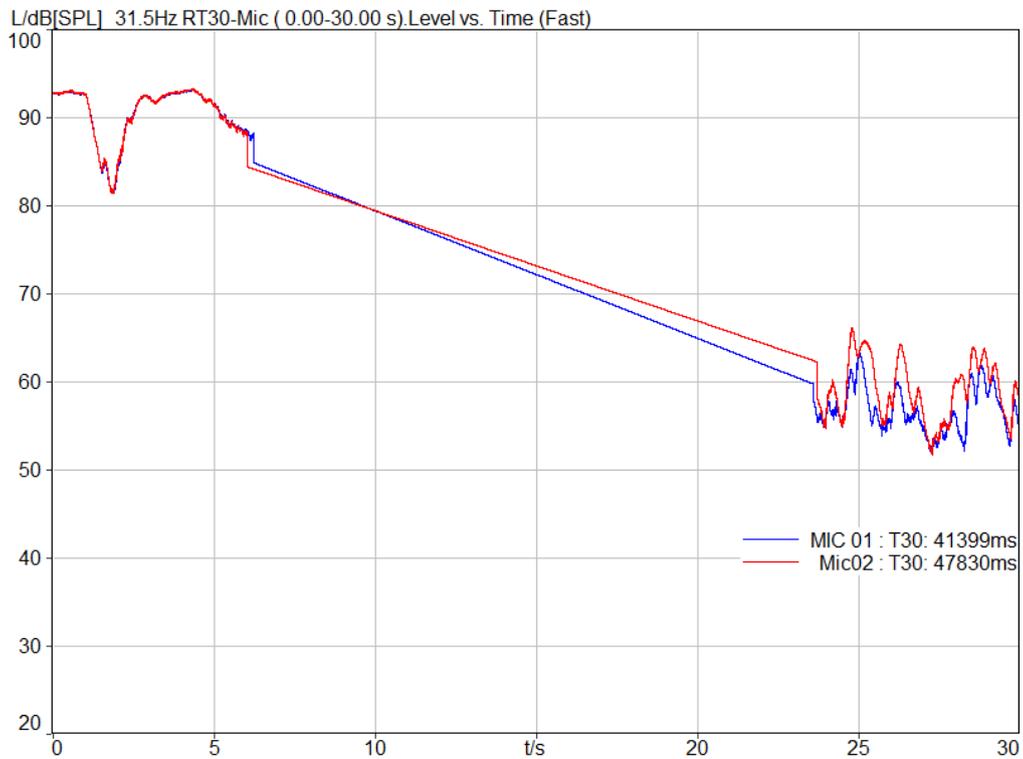


B.9 聆聽室於 8kHz 之殘響時間分佈圖

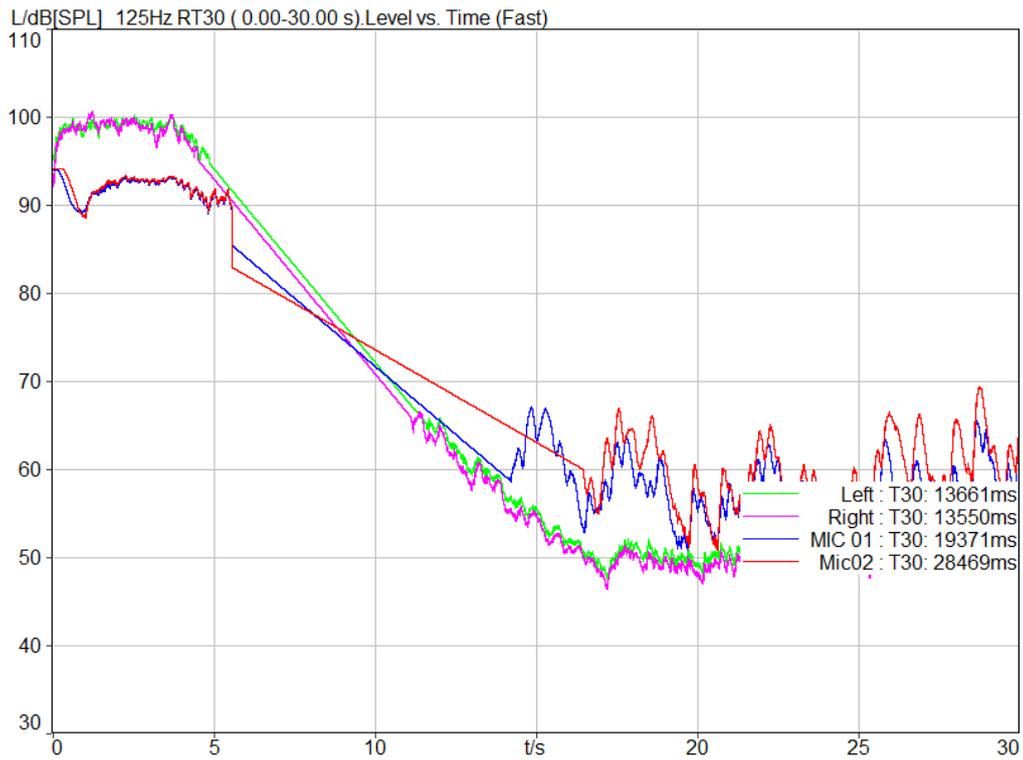
2.迴響室殘響時間



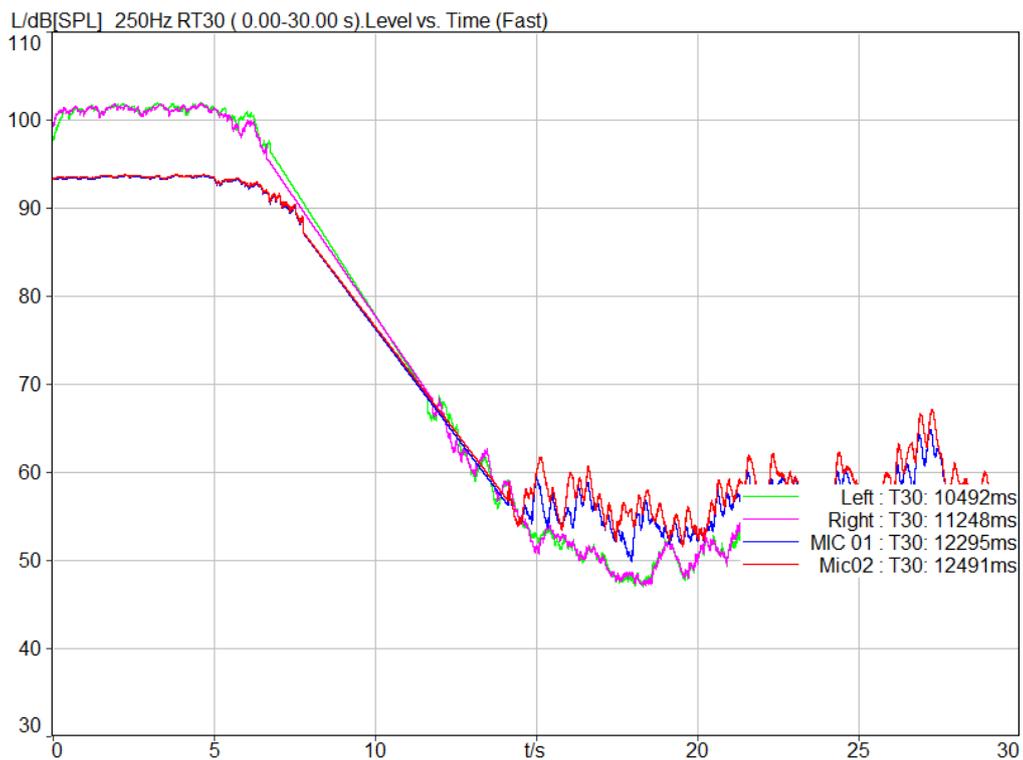
B.10 迴響室於 31.5Hz 之殘響時間分佈圖(仿真人偶)



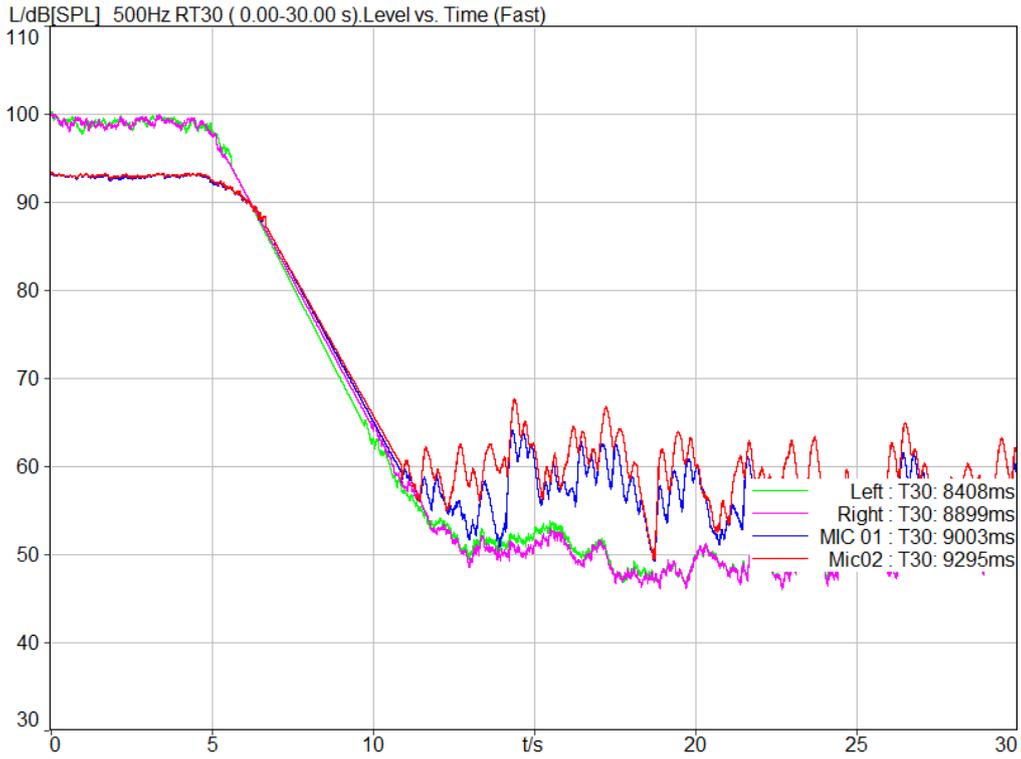
B.11 迴響室於 31.5Hz 之殘響時間分佈圖(二支麥克風)



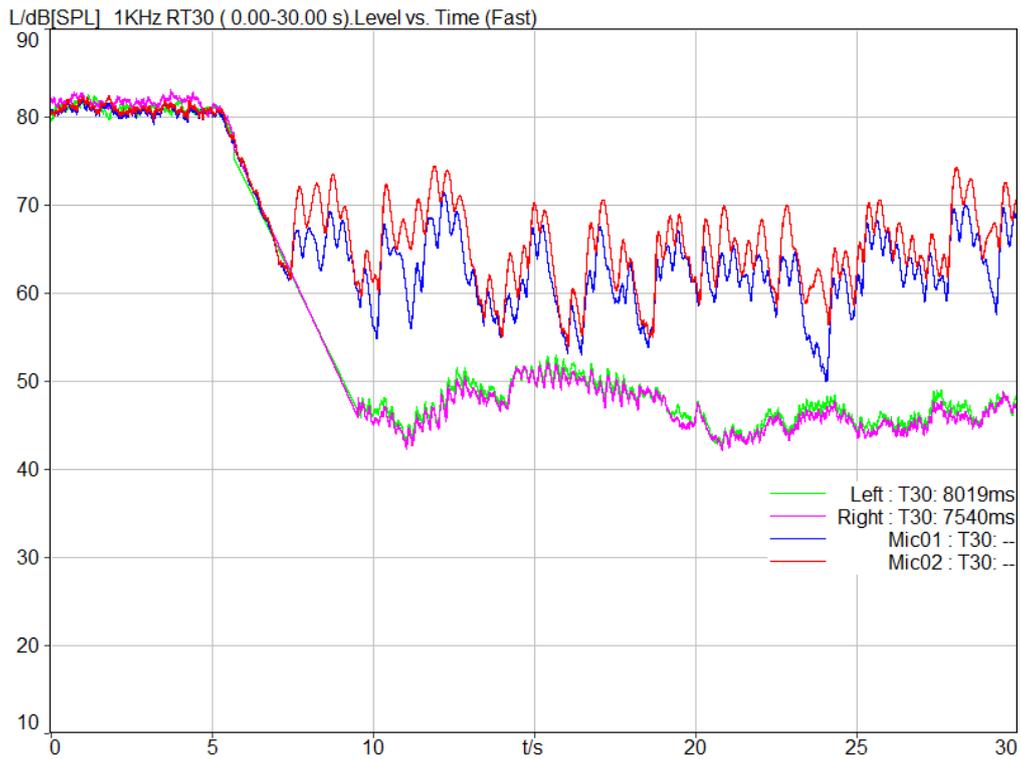
B.12 迴響室於 125Hz 之殘響時間分佈圖



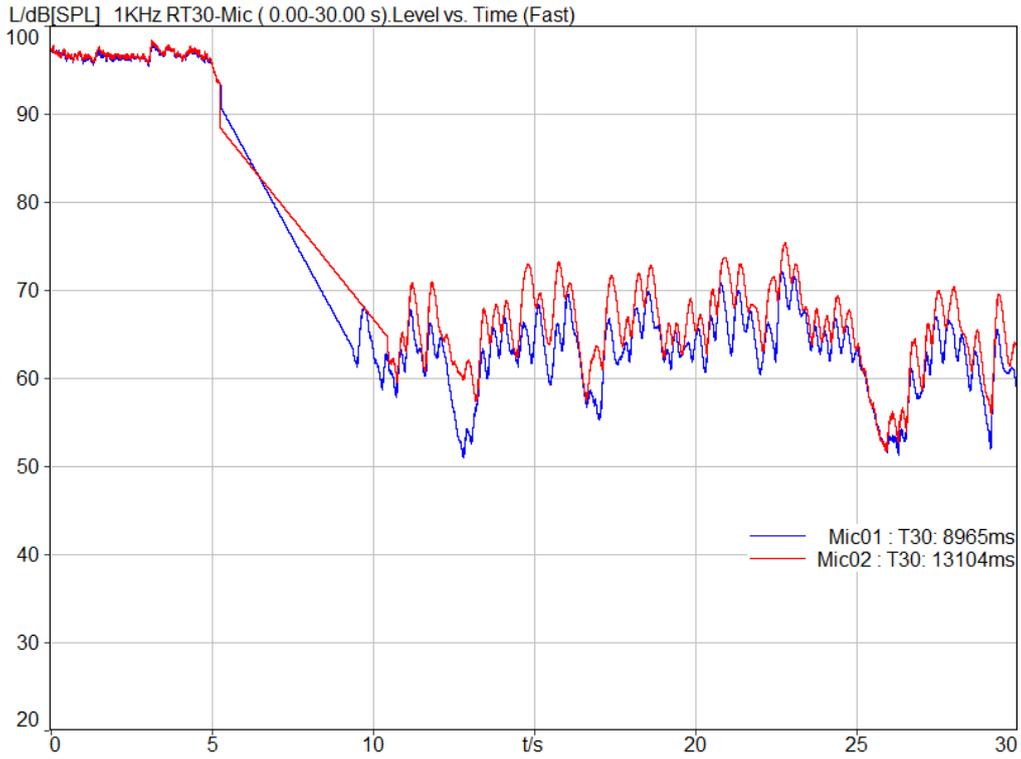
B.13 迴響室於 250Hz 之殘響時間分佈圖



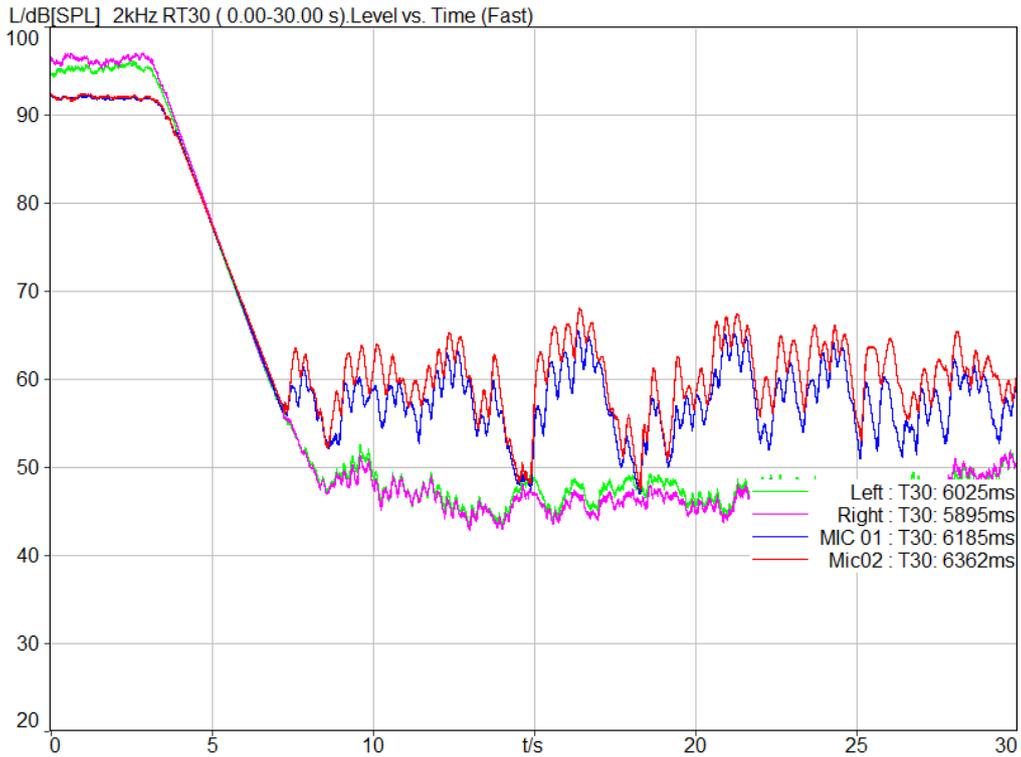
B.14 迴響室於 500Hz 之殘響時間分佈圖



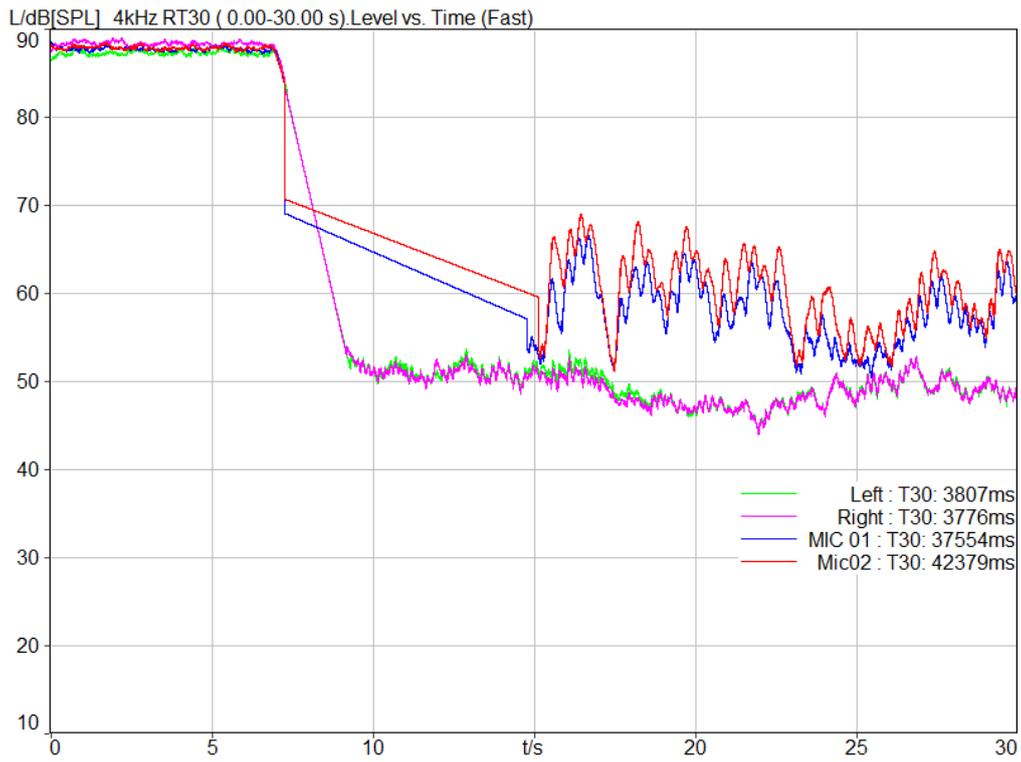
B.15 迴響室於 1kHz 之殘響時間分佈圖(仿真人偶)



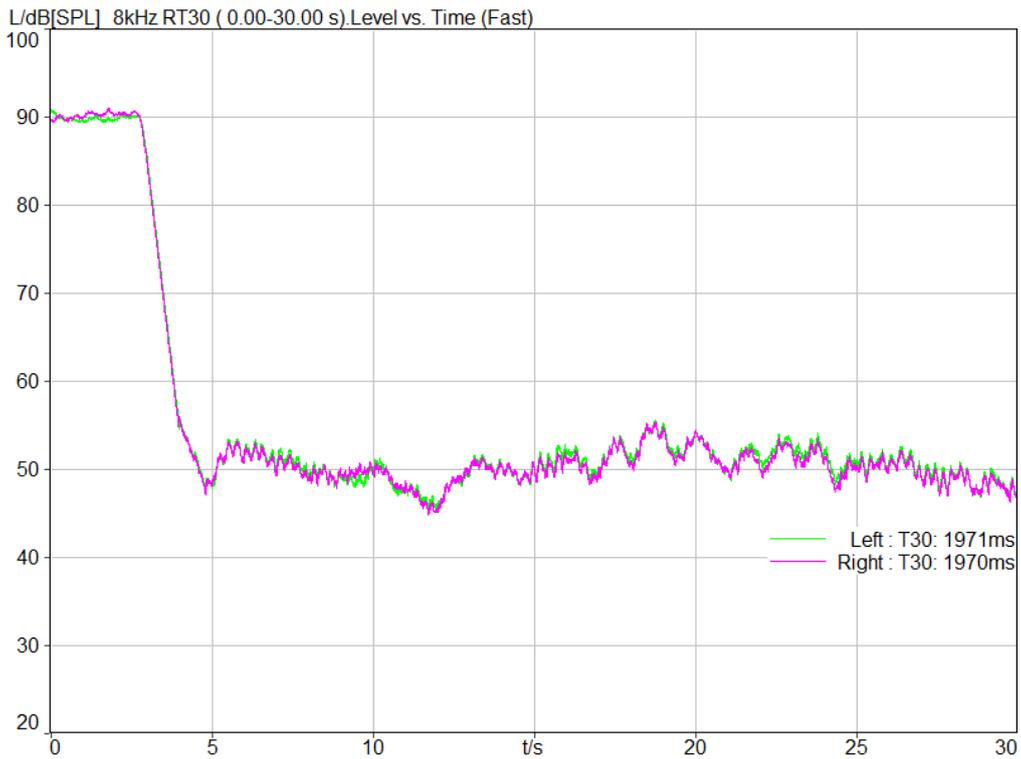
B.16 迴響室於 1kHz 之殘響時間分佈圖(二支麥克風)



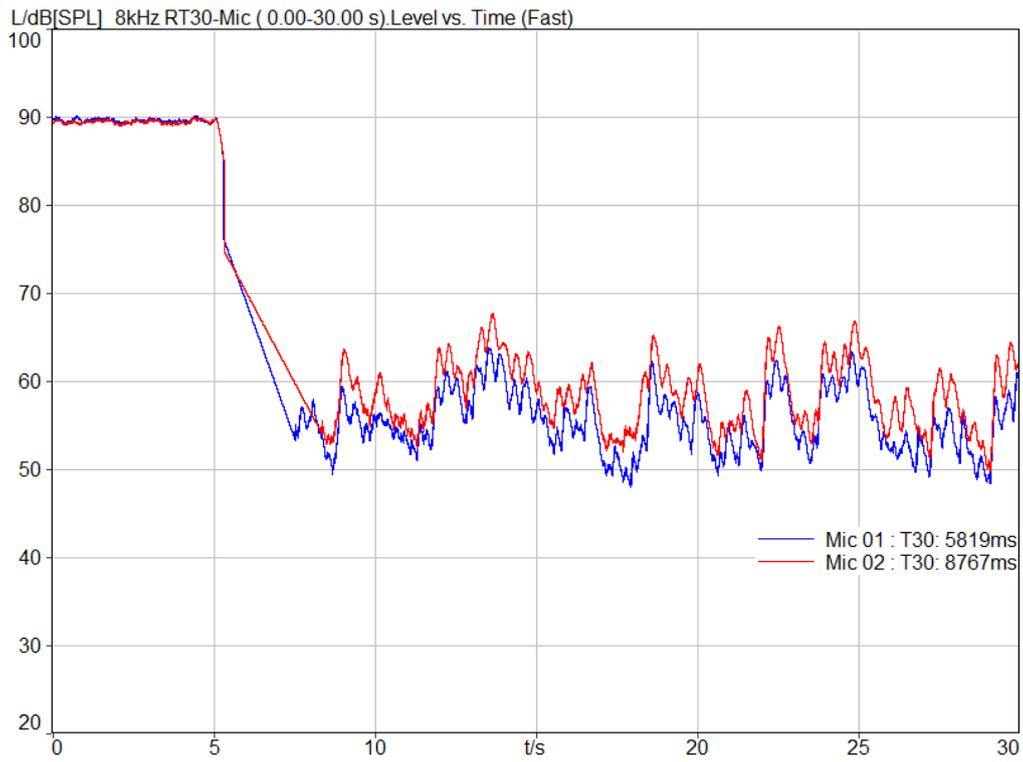
B.17 迴響室於 2kHz 之殘響時間分佈圖



B.18 迴響室於 4kHz 之殘響時間分佈圖

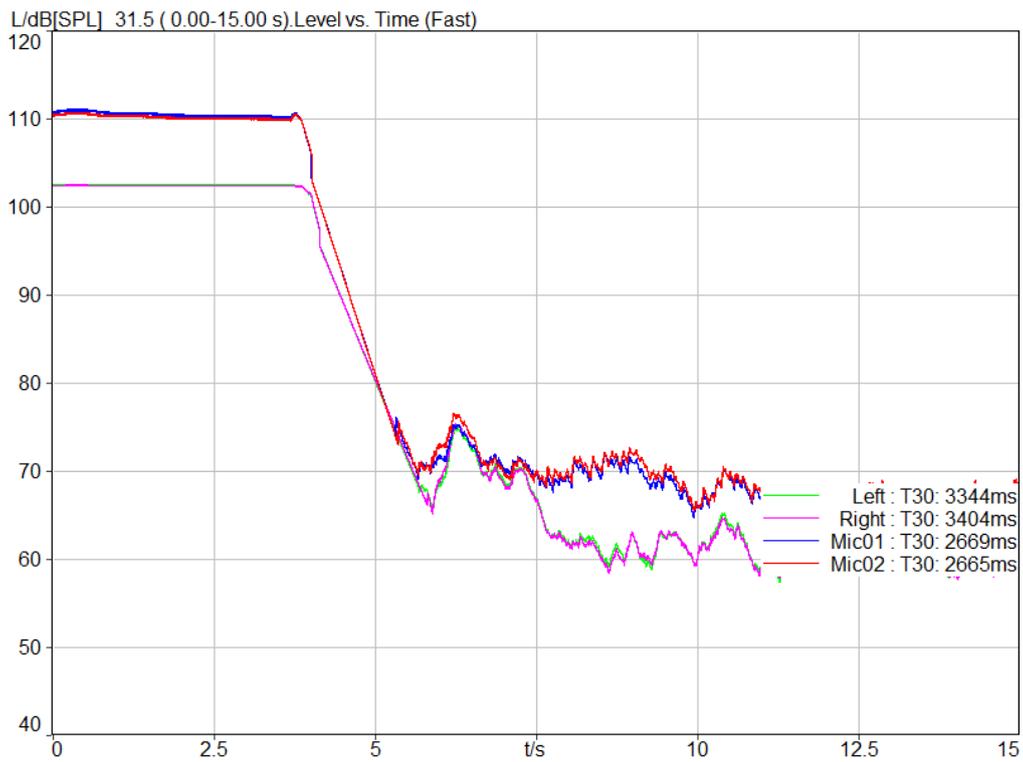


B.19 迴響室於 8kHz 之殘響時間分佈圖(仿真人偶)



B.20 迴響室於 8kHz 之殘響時間分佈圖(二支麥克風)

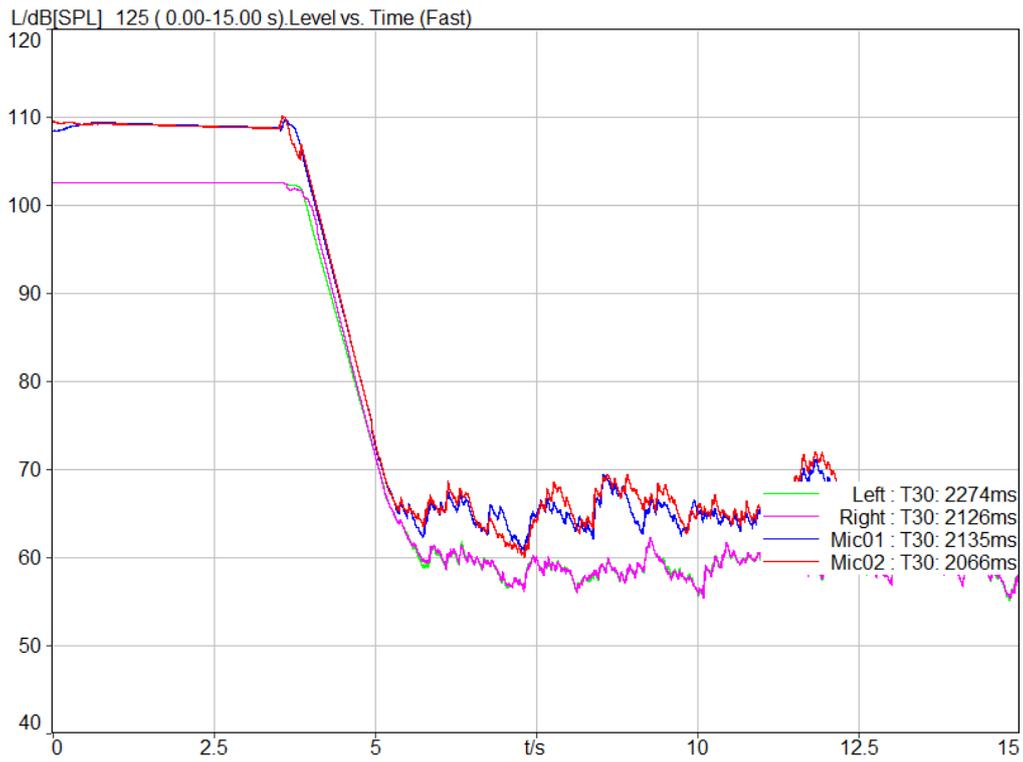
3. 中型音樂廳殘響時間



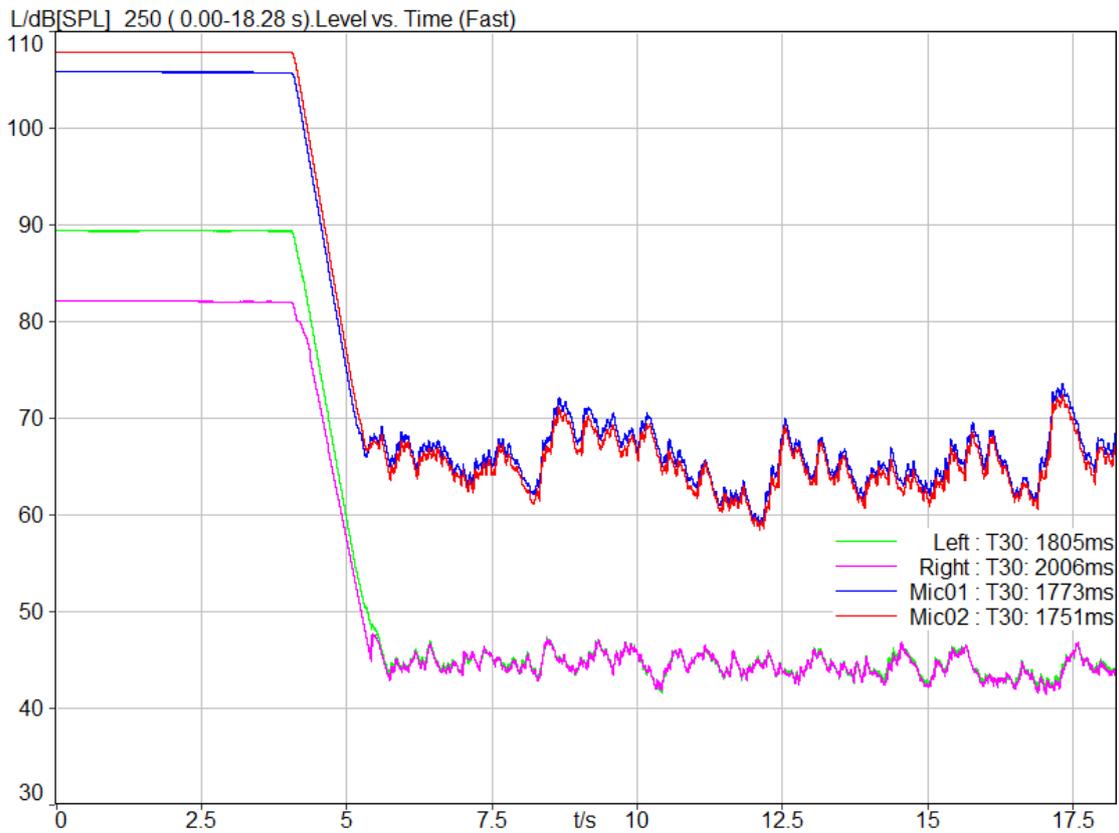
B.21 中型音樂廳於 31.5Hz 之殘響時間分佈圖



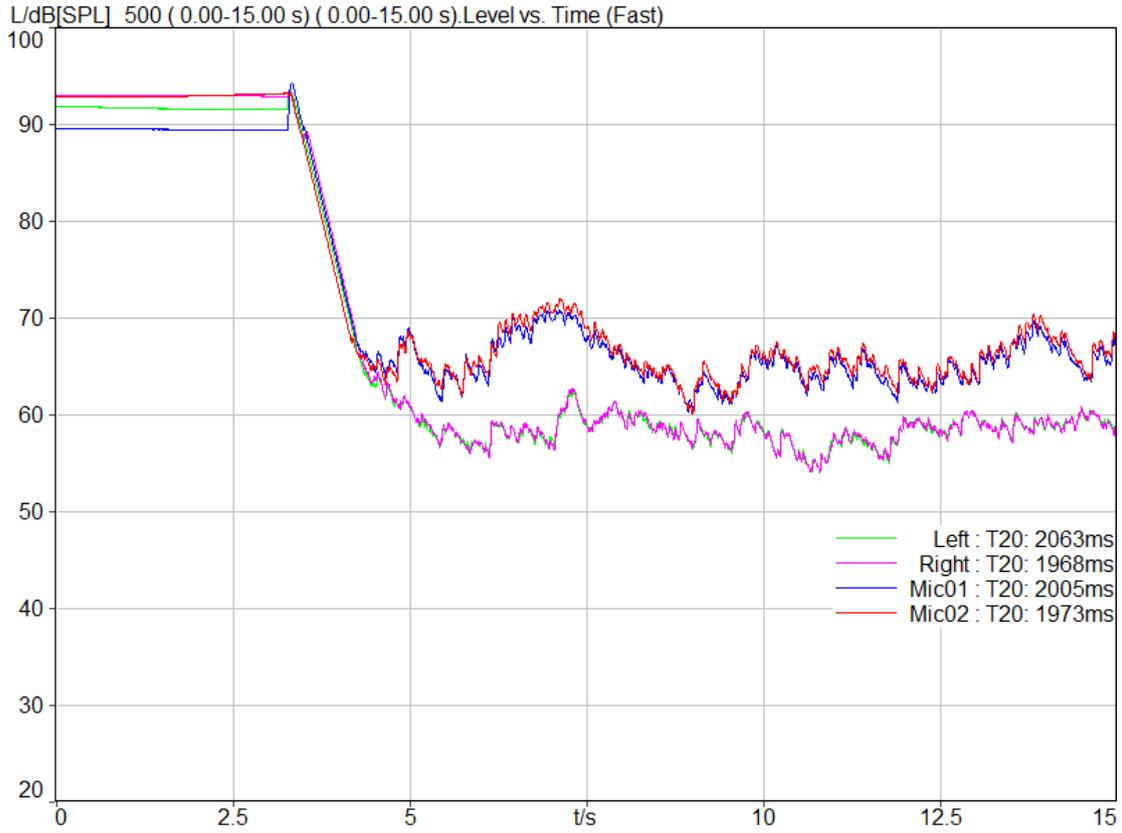
B.22 中型音樂廳於 63Hz 之殘響時間分佈圖



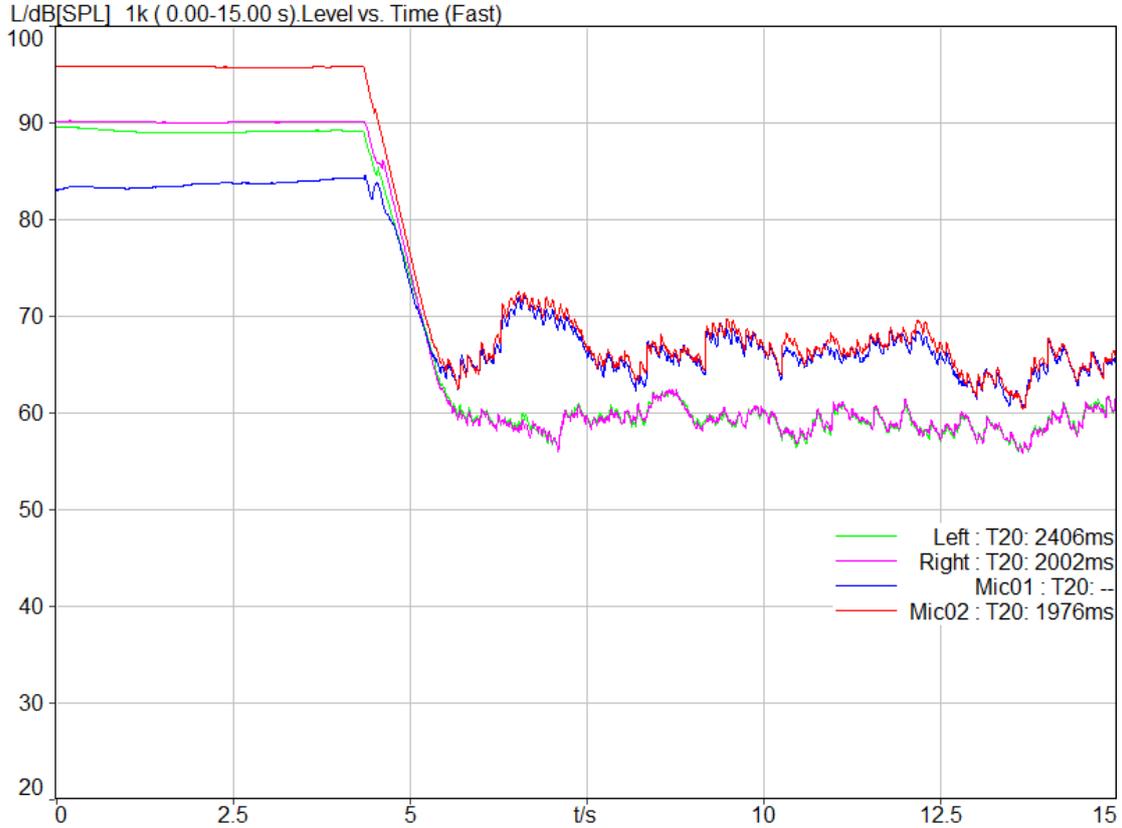
B.23 中型音樂廳於 125Hz 之殘響時間分佈圖



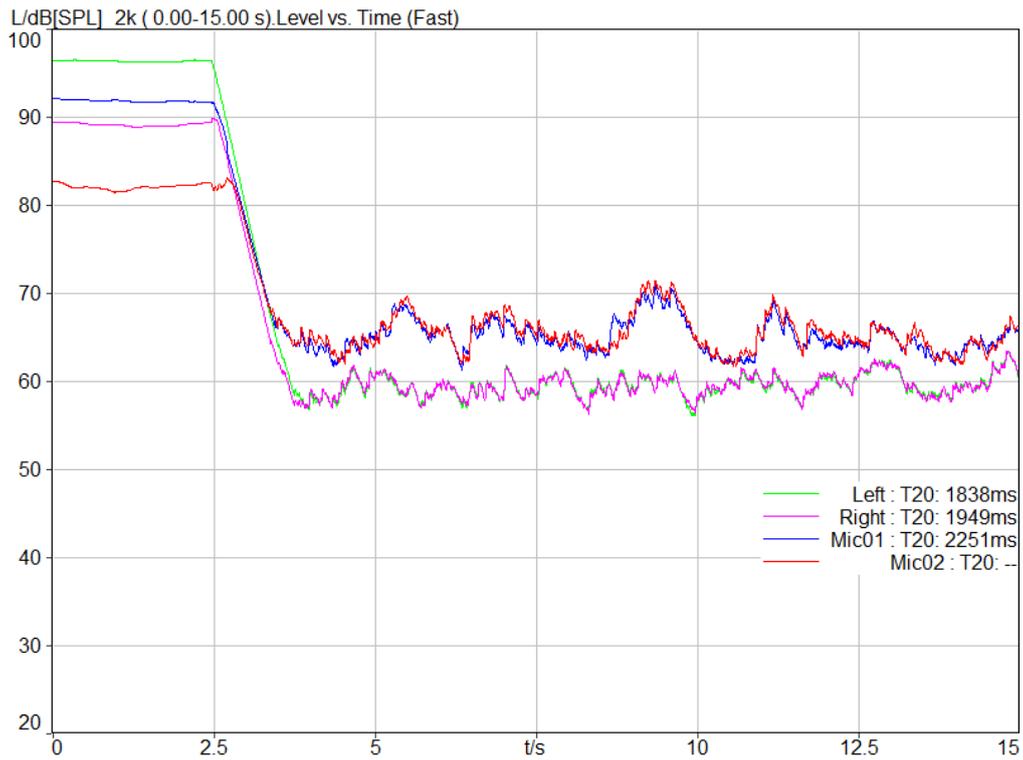
B.24 中型音樂廳於 250Hz 之殘響時間分佈圖



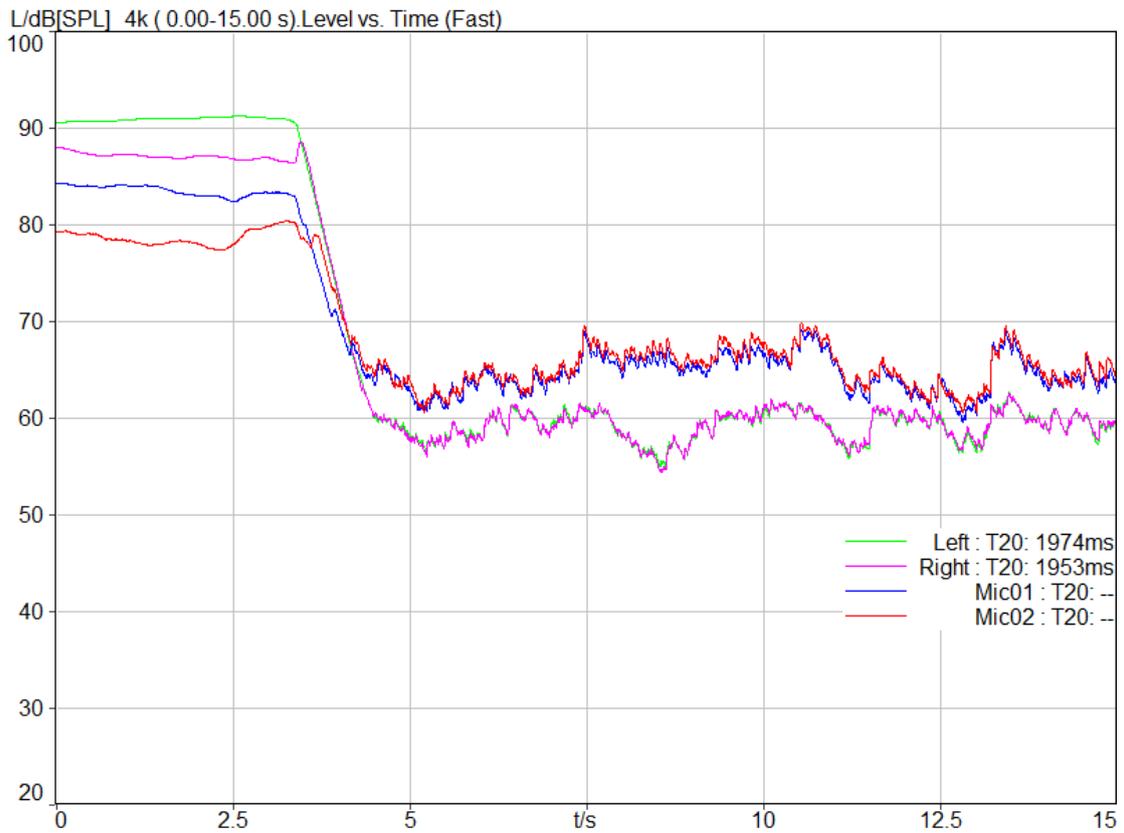
B.25 中型音樂廳於 500Hz 之殘響時間分佈圖



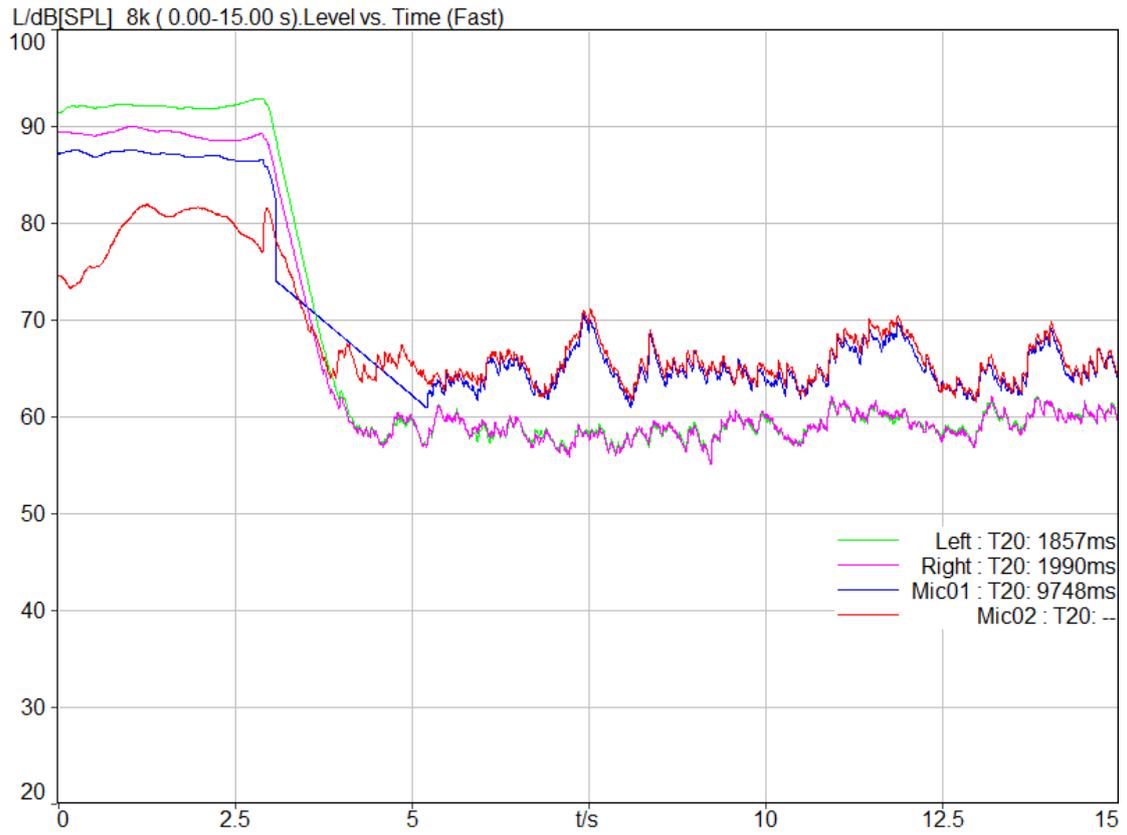
B.26 中型音樂廳於 1kHz 之殘響時間分佈圖



B.27 中型音樂廳於 2kHz 之殘響時間分佈圖



B.28 中型音樂廳於 4kHz 之殘響時間分佈圖



B.29 中型音樂廳於 8kHz 之殘響時間分佈圖

附錄 C、NC/NR 曲線相對應之 A 加權及心理聲學參數圖表

在量測 NC/NR 的同時，可針對室內之聲音壓力位準進行 A 加權，以符合現今於各種不同場所之噪音管制標準，並且更進一步的了解該 A-weighting 之下，所相對應的心理聲學參數的大小，於本計畫中選擇針對心理聲學參數中的響度及銳度進行比較，期望能建立除了以 A-weighting 為管制標準之外，更能符合人耳的聽覺感受。

實驗儀器部分使用 CASS 1 的麥克風，透過多通道的擷取器，和仿真人偶做比較，特別說明，使用麥克風量測室內殘響，其軟體計算的方法和噪音計相同，符合 ISO-3382-2-2008 之殘響量測計算。仿真人偶量測殘響時間，由多通道之擷取器量殘響資料，經由 ArtemiS 軟體進行公式計算即可計算出該空間之室內殘響時間，因此二支麥克風和仿真人偶可在殘響時間上進行儀器特性比較。室內空間之完成工作如下表所列。

NC /NR 及殘響時間量測工作列表

編號		室內空間			
		NC 曲線	NR 曲線	殘響時間	A-weighting 與心理聲學
Room1	專業聆聽室	完成	完成	完成	完成
Room2	迴響室	完成	完成	完成	完成
Room3	台大小劇場	完成	完成	完成	完成
Room4	中型音樂廳	完成	完成	完成	完成

在專業聆聽室、迴響室、小劇場及中型音樂廳等四種空間不同 NR 狀況之量測聲壓位準、A-weighting 及心理聲學參數（響度與尖銳度）量測結果列於表 1 到表 17 與圖 1 到圖 17 所示。

表 C-1 聆聽室 NR 70 之 A-weighting 及心理聲學參數表

聆聽室NR 70					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weight(dBA)	Loudness(sonesGF)	Sharpness(acum)
31.5	Artificial Head	63.1	31.2	0.906	1.21
	Microphone	67.7	32.2	1.09	1.47
63	Artificial Head	62.1	30	0.742	1.35
	Microphone	66.1	30.8	0.894	1.68
125	Artificial Head	65.2	32.5	1.12	1.17
	Microphone	69.3	33.2	1.27	1.41
250	Artificial Head	62.1	37.5	1.89	0.879
	Microphone	66.9	38.6	2.18	1.05
500	Artificial Head	64.1	33.6	1.38	1.09
	Microphone	67.6	34.6	1.62	1.28
1k	Artificial Head	62.8	33.5	1.29	1.25
	Microphone	67.6	33.7	1.36	1.42
2k	Artificial Head	63.3	41.3	2.16	3.01
	Microphone	68.5	40.5	2.17	2.84
4k	Artificial Head	63.8	38.9	2.22	4.76
	Microphone	70.5	35.4	1.97	4.07
8k	Artificial Head	65.2	34.1	1.42	4.3
	Microphone	68.3	33.8	1.43	3.44

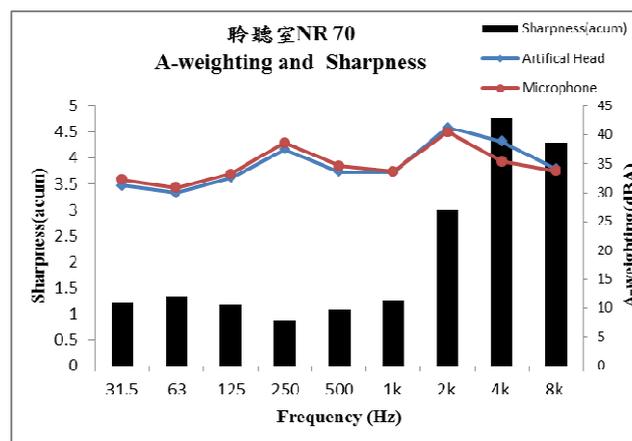
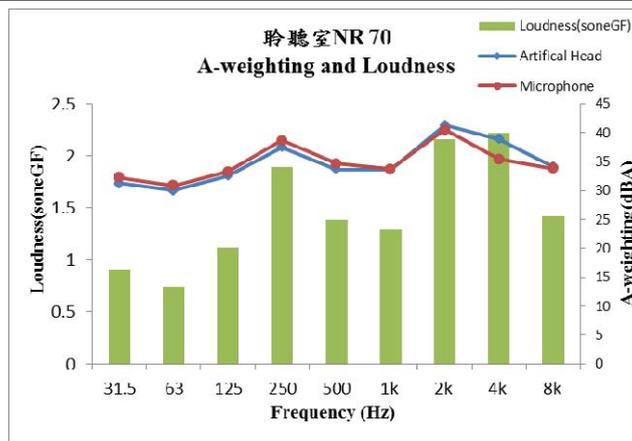


圖 C.1 聆聽室 NR 70 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-2 聆聽室 NR 80 之 A-weighting 及心理聲學參數表

聆聽室NR 80					
Frequency (Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness (soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	74.4	37.8	2	0.978
	Microphone	75.6	38.3		
63	Artificial Head	72.7	44.7	3.54	0.635
	Microphone	72.9	43.8		
125	Artificial Head	73.1	55	7.6	0.681
	Microphone	72.3	52.7		
250	Artificial Head	74.2	64.2	11.9	0.807
	Microphone	76	65.4		
500	Artificial Head	73.5	69.2	13.8	1.13
	Microphone	74.8	70.2		
1k	Artificial Head	69.3	68.1	10.4	1.94
	Microphone	78.7	78		
2k	Artificial Head	73.3	73.3	14.3	4.47
	Microphone	71.3	61.5		
4k	Artificial Head	69.8	69.6	12.9	9.18
	Microphone	68.6	62.8		
8k	Artificial Head	74.4	73.3	10.3	15.5
	Microphone	72.1	69.8		

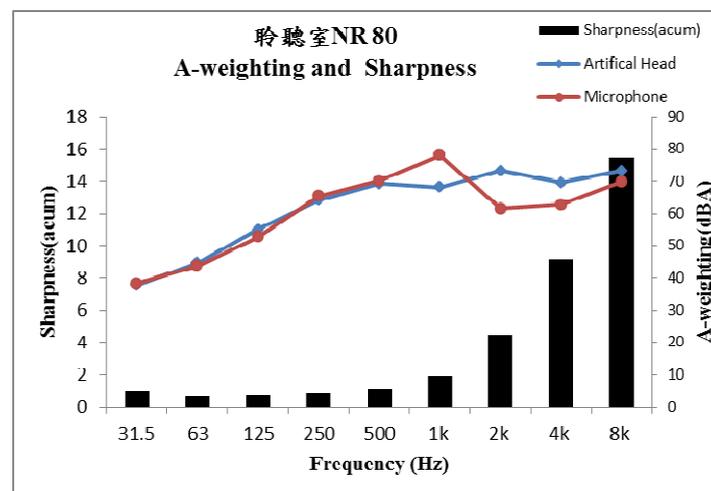
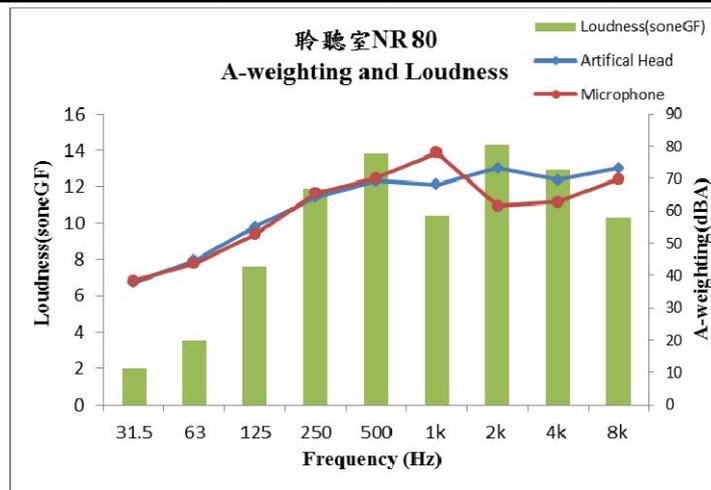


圖 C.2 聆聽室 NR 80 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-3 聆聽室 NR 90 之 A-weighting 及心理聲學參數表

聆聽室NR 90					
Frequency (Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness (soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	86.1	47.1	4.35	0.869
	Microphone	86.6	47.8		
63	Artificial Head	88.5	61	14.4	0.696
	Microphone	88.4	60.8		
125	Artificial Head	85.4	68	21	0.747
	Microphone	83.1	65.6		
250	Artificial Head	88.6	79	33.8	1
	Microphone	89.9	80.3		
500	Artificial Head	89	85.1	40	1.56
	Microphone	91.8	87.8		
1k	Artificial Head	85.1	84.7	32	2.62
	Microphone	91.4	91		
2k	Artificial Head	89	90.1	44.9	6.46
	Microphone	82	82.9		
4k	Artificial Head	94.7	95.8	74.3	16.7
	Microphone	85.1	86.1		
8k	Artificial Head	85.5	84.8	20.4	18.2
	Microphone	79.4	78.5		

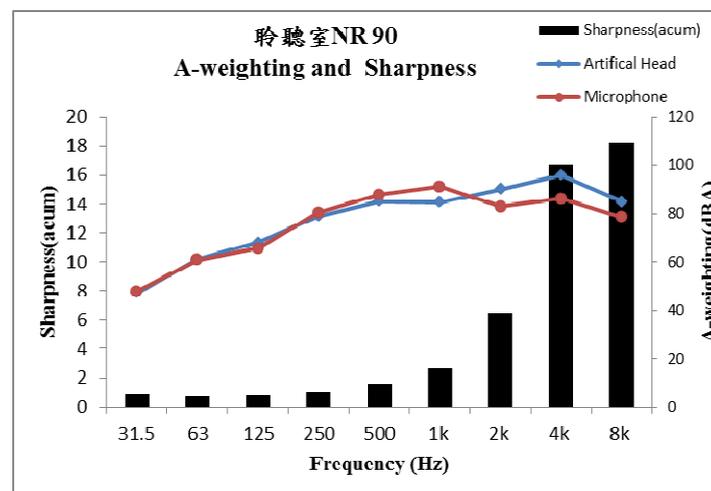
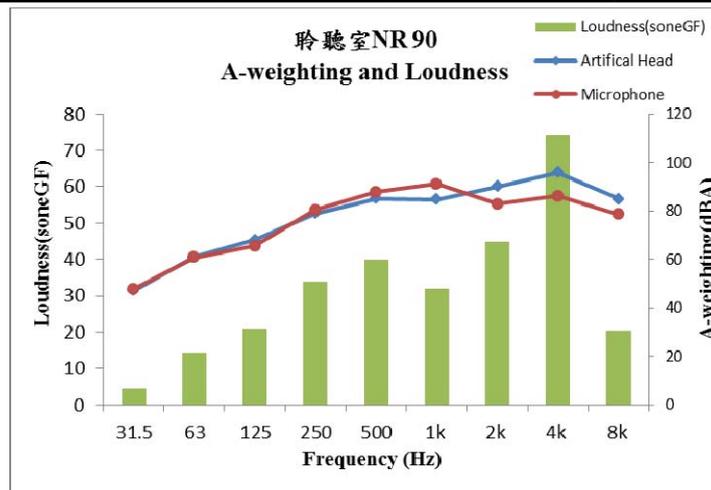


圖 C.-3 聆聽室 NR 90 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-4 聆聽室 NR 100 之 A-weighting 及心理聲學參數表

聆聽室NR 100					
Frequency (Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness (soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	113.3	86.9	90	1.48
	Microphone	103.8	77.6		
63	Artificial Head	115.7	88.1	141.7	2.25
	Microphone	85.5	57.9		
125	Artificial Head	112.4	95	147.5	2.43
	Microphone	81.9	64.3		
250	Artificial Head	113.1	103.5	186.8	2.61
	Microphone	94.8	85.2		
500	Artificial Head	110.4	106.5	185	3.87
	Microphone	82.3	78.3		
1k	Artificial Head	110.4	110	185.1	6.23
	Microphone	74.7	73.5		
2k	Artificial Head	113.3	114.4	245.8	15.7
	Microphone	77.5	78.2		
4k	Artificial Head	110.6	111.6	224.7	28
	Microphone	80.1	81		
8k	Artificial Head	111.8	111.1	105.4	30.4
	Microphone	95.1	94.5		

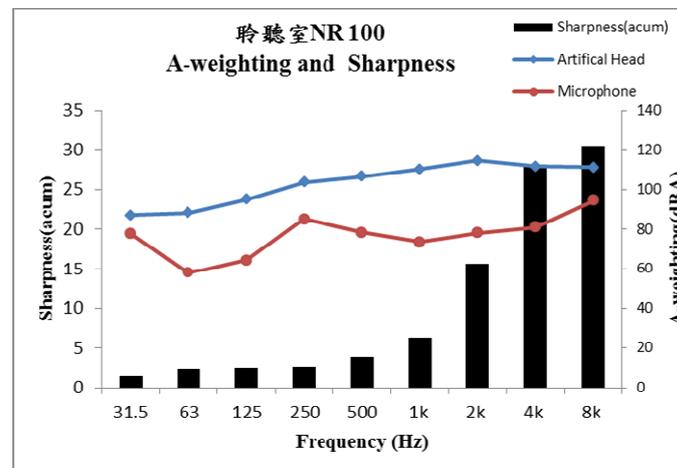
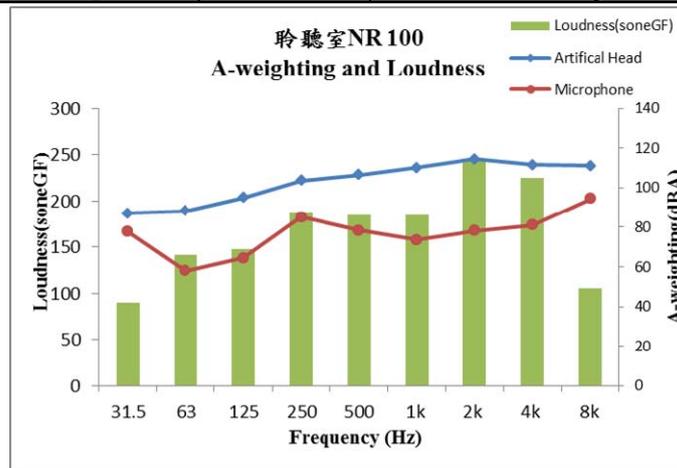


圖 C. 4 聆聽室 NR 100 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-5 聆聽室 NR 110 之 A-weighting 及心理聲學參數表

聆聽室NR 110					
Frequency (Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness (soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	120.8	81.2	104.9	2.26
	Microphone	91.4	51.8		
63	Artificial Head	119.6	92.1	182.1	2.37
	Microphone	89.4	61.9		
125	Artificial Head	119.4	102	241.2	2.89
	Microphone	88.8	71.4		
250	Artificial Head	118.2	108.5	279.7	3.39
	Microphone	99.7	90.1		
500	Artificial Head	117.2	113.3	284	5.01
	Microphone	89	85.1		
1k	Artificial Head	117.3	116.9	286	8.39
	Microphone	80.9	80.4		
2k	Artificial Head	122.2	123.3	443	24.6
	Microphone	86.3	87.4		
4k	Artificial Head	116.7	117.8	334	36.7
	Microphone	86.2	87.2		
8k	Artificial Head	114.9	114.2	137.6	32.7
	Microphone	97.1	96.4		

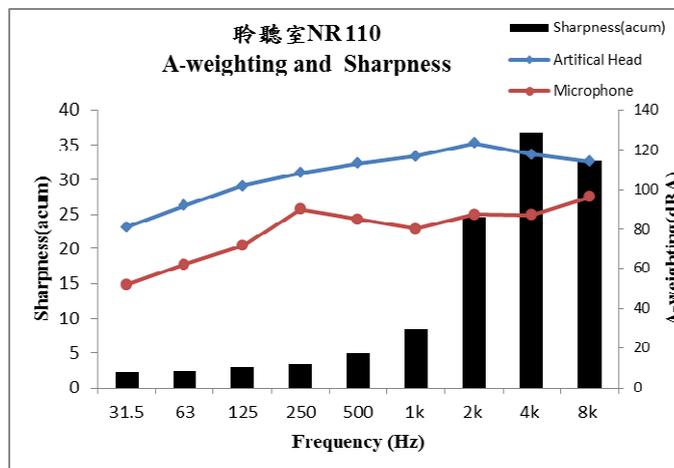
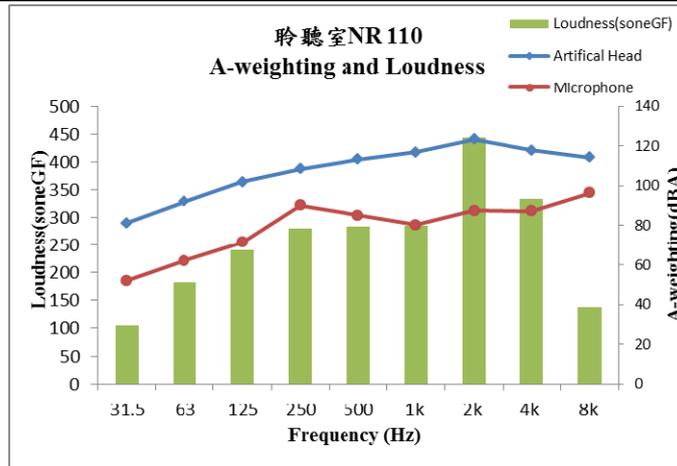


圖 C.5 聆聽室 NR 110 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-6 迴響室 NR 70 之 A-weighting 及心理聲學參數表

迴響室NR 70					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	58.2	35.1	1.76	1.53
	Microphone	65.2	34		
63	Artificial Head	58.7	41.4	3.55	1.97
	Microphone	79	41.2		
125	Artificial Head	57.3	42.1	3.41	1.23
	Microphone	60.6	42.1		
250	Artificial Head	56.7	50.7	6.28	1.66
	Microphone	66	50.8		
500	Artificial Head	60.7	56.4	6.23	1.15
	Microphone	64.8	56.9		
1k	Artificial Head	59.3	58.3	7.07	1.93
	Microphone	65.7	57.5		
2k	Artificial Head	56.5	52.5	6.32	2.92
	Microphone	67	52.5		
4k	Artificial Head	61.4	61.1	12.2	7
	Microphone	65.2	60.8		
8k	Artificial Head	58.7	54.8	7.34	8.83
	Microphone	61.7	49.4		

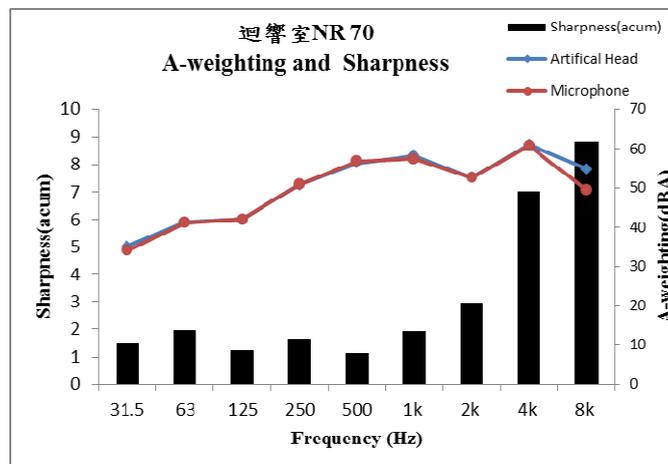
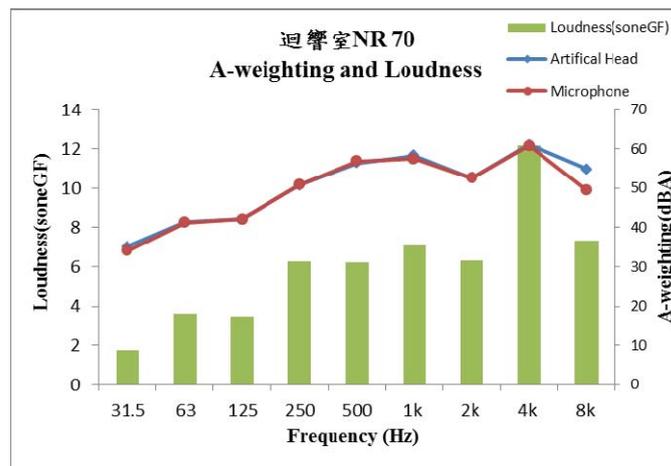


圖 C. 6 迴響室 NR 70 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-7 迴響室 NR 80 之 A-weighting 及心理聲學參數表

迴響室NR 80					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	67.4	45.6	4.53	0.96
	Microphone	70	47.5		
63	Artificial Head	66.5	45.5	5.45	1.46
	Microphone	73.8	45.6		
125	Artificial Head	67.8	52.1	6.23	0.816
	Microphone	68.9	52.4		
250	Artificial Head	68.3	60	10.2	1.22
	Microphone	69.3	60.5		
500	Artificial Head	67.8	64.2	10.3	1.15
	Microphone	70.5	64.8		
1k	Artificial Head	68.5	67.9	13.2	2.07
	Microphone	69.8	67.2		
2k	Artificial Head	67.9	68.9	14.3	3.9
	Microphone	68.7	68.9		
4k	Artificial Head	76.4	77.4	34.3	9.17
	Microphone	77.5	77.2		
8k	Artificial Head	67.5	66.1	14.2	10.5
	Microphone	67.1	60.2		

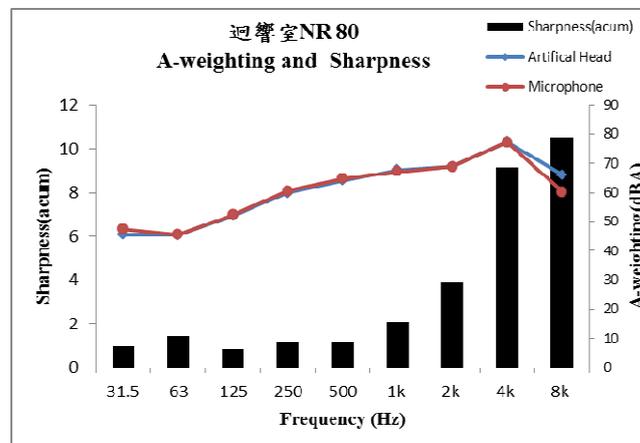
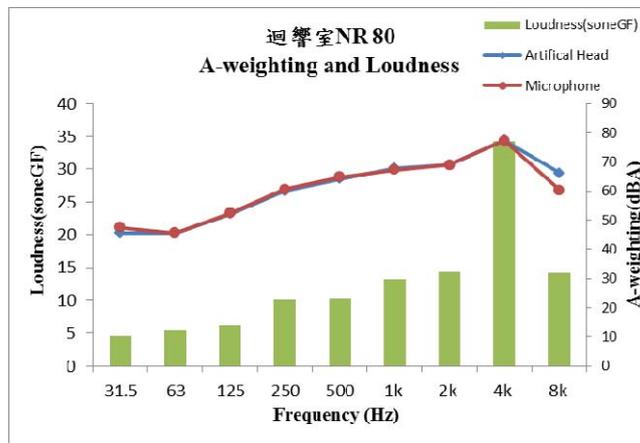


圖 C. 7 迴響室 NR 80 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-8 迴響室 NR 90 之 A-weighting 及心理聲學參數表

迴響室NR 90					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	89.6	67.8	20.7	0.733
	Microphone	91.7	69.8		
63	Artificial Head	87.3	62.8	15.8	0.887
	Microphone	87.6	63.4		
125	Artificial Head	88.3	72.6	27.8	0.869
	Microphone	88.2	72.8		
250	Artificial Head	86.1	77.6	29.8	1.18
	Microphone	86.2	77.8		
500	Artificial Head	88.1	84.7	41	1.59
	Microphone	88.6	85.2		
1k	Artificial Head	88.7	88.8	48.9	3
	Microphone	88.2	88		
2k	Artificial Head	87.3	88.5	50.8	5.56
	Microphone	87.3	88.5		
4k	Artificial Head	88.1	89.1	72.4	12.5
	Microphone	87.8	88.8		
8k	Artificial Head	87.3	86.2	44	15.7
	Microphone	81.3	80.2		

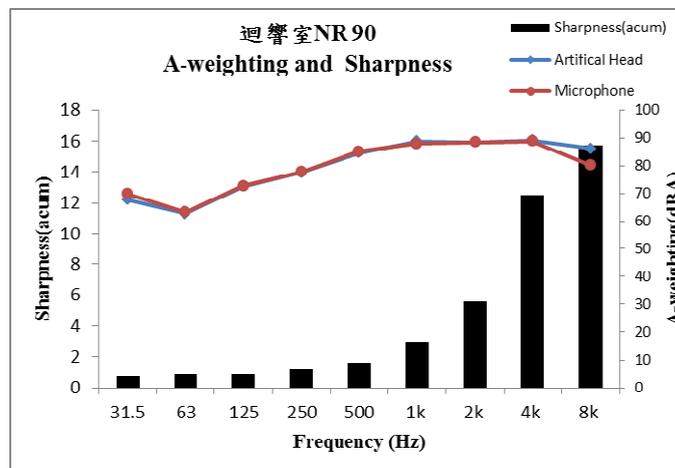
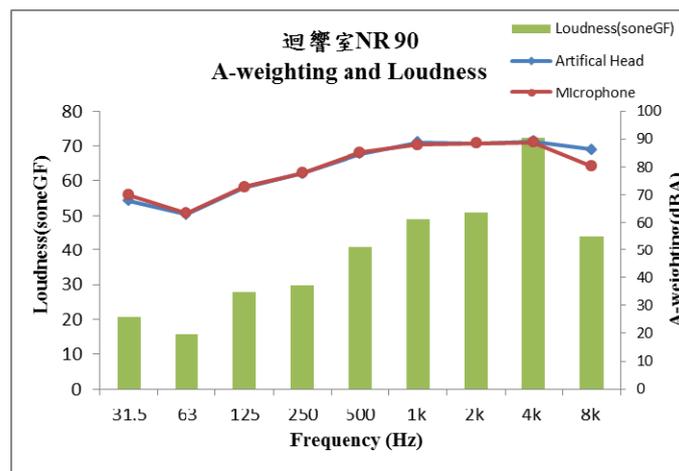


圖 C. 8 迴響室 NR 90 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-9 迴響室 NR 100 之 A-weighting 及心理聲學參數表

迴響室NR 100					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	92.6	70.5	25.4	0.751
	Microphone	94.6	72.4		
63	Artificial Head	93.1	68.5	25	1.13
	Microphone	93.2	68.7		
125	Artificial Head	94.3	78.6	43.4	0.978
	Microphone	94	78.5		
250	Artificial Head	94.4	85.9	50.7	1.23
	Microphone	94.6	86.2		
500	Artificial Head	92.8	89.4	56.3	1.79
	Microphone	93.3	90		
1k	Artificial Head	94.3	94.4	70	3.46
	Microphone	93.7	93.6		
2k	Artificial Head	93.7	94.9	77.3	6.71
	Microphone	93.8	94.9		
4k	Artificial Head	94	95	106.6	15.1
	Microphone	93.7	94.6		
8k	Artificial Head	93.7	92.6	63.5	18.3
	Microphone	87.7	86.5		

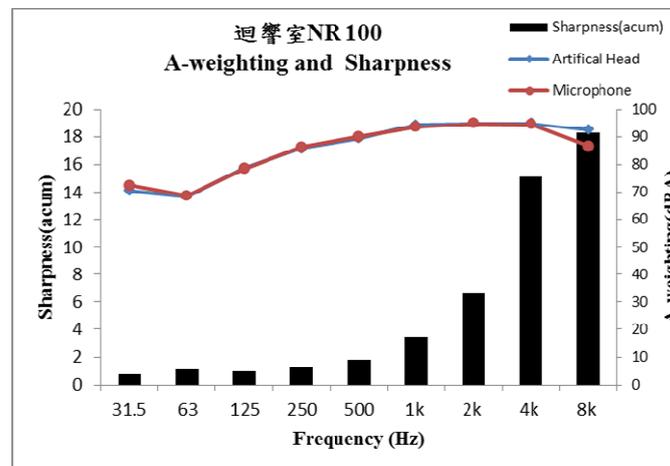
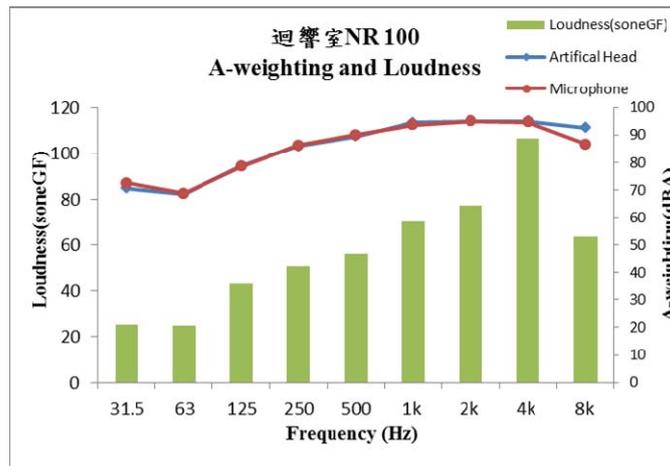


圖 C.9 迴響室 NR 100 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-10 迴響室 NR 110 之 A-weighting 及心理聲學參數表

迴響室NR 110					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	107.1	85.4	83.9	1.67
	Microphone	89.1	67.2		
63	Artificial Head	108.2	82.7	84.1	1.84
	Microphone	88	63		
125	Artificial Head	107.1	93.9	139.5	3.55
	Microphone	112.4	97.2		
250	Artificial Head	106.2	98.2	155.3	4.27
	Microphone	108.9	100.5		
500	Artificial Head	109.7	106.3	180.3	3.59
	Microphone	100.4	97		
1k	Artificial Head	106	106.1	202.2	10
	Microphone	108	107.9		
2k	Artificial Head	109.8	110.9	225.7	12.8
	Microphone	99.8	100.9		
4k	Artificial Head	109.4	110.3	290.4	26.2
	Microphone	98.9	99.9		
8k	Artificial Head	107.6	106.4	146.7	26.3
	Microphone	91.5	90.4		

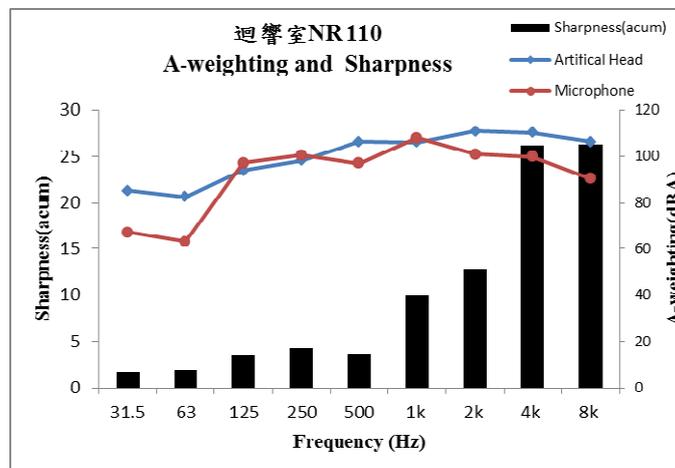
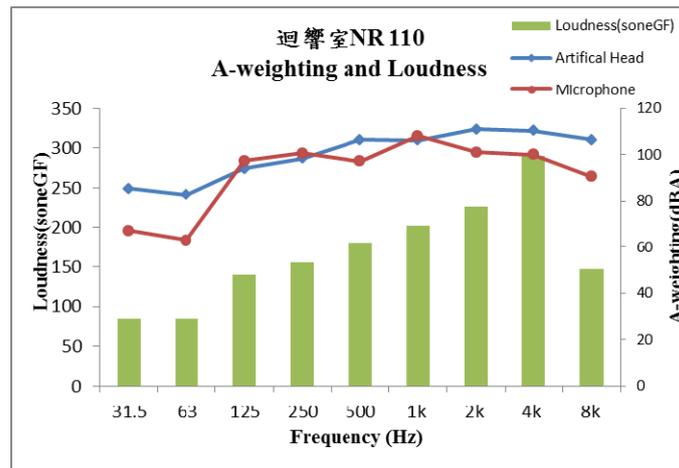


圖 C. 10 迴響室 NR 110 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-11 迴響室 NR 120 之 A-weighting 及心理聲學參數表

迴響室NR 120					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	113	91.2	123.9	1.78
	Microphone	95.1	73.2		
63	Artificial Head	112.7	88.3	123.9	2.38
	Microphone	92.3	68.1		
125	Artificial Head	115.9	101.2	218.1	3.92
	Microphone	107.9	92.4		
250	Artificial Head	112.6	104.2	190.5	3.34
	Microphone	102.9	94.5		
500	Artificial Head	115.3	112.1	319.6	8.16
	Microphone	107.8	104.4		
1k	Artificial Head	116	116.1	373.8	14.5
	Microphone	107.7	107.6		
2k	Artificial Head	113.4	114.5	301.8	17.1
	Microphone	103.9	105.1		
4k	Artificial Head	114.3	114	385.2	29.7
	Microphone	103.7	104.7		
8k	Artificial Head	113.4	112.3	213.7	31.4
	Microphone	97.9	96.8		

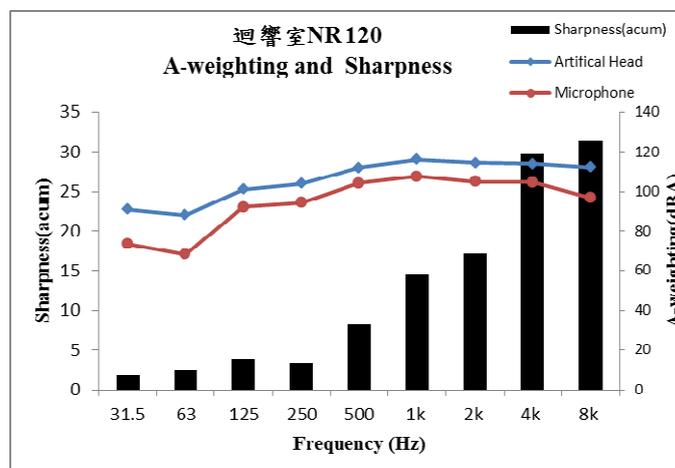
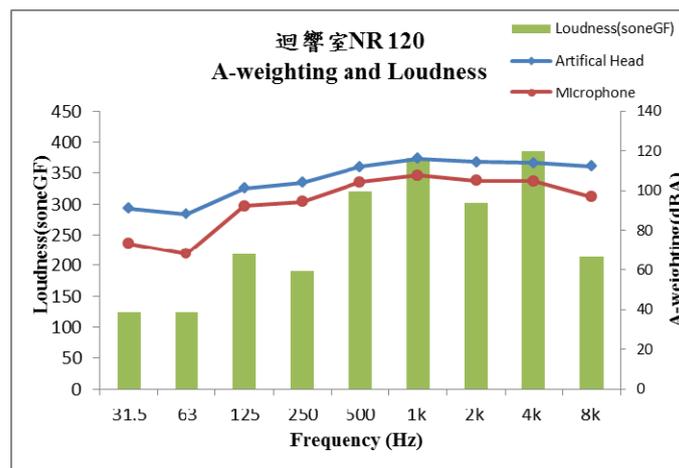


圖 C. 11 迴響室 NR 120 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-12 台大小劇場 NR 90 之 A-weighting 及心理聲學參數表

台大小劇場NR 90					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	64.7	31.5	0.903	0.924
	Microphone	75.6	41.1		
63	Artificial Head	69.1	43.4	3.32	0.689
	Microphone	74.4	48.4		
125	Artificial Head	69.5	69.4	9.21	2.05
	Microphone	80.9	80.5		
250	Artificial Head	65.1	66.2	8.17	4.16
	Microphone	70.7	66.4		
500	Artificial Head	64.8	45.7	4.24	1.3
	Microphone	69.9	49.7		
1k	Artificial Head	63.1	46.7	3.96	0.578
	Microphone	77.2	60.2		
2k	Artificial Head	69	60.3	8.05	0.704
	Microphone	90.7	82		
4k	Artificial Head	64.7	65.5	10.1	8.99
	Microphone	83.2	84.1		
8k	Artificial Head	60.6	58.8	4.15	13.4
	Microphone	81.4	80		

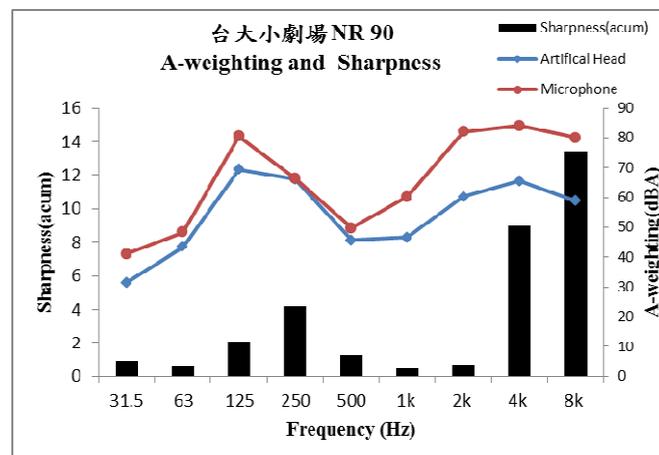
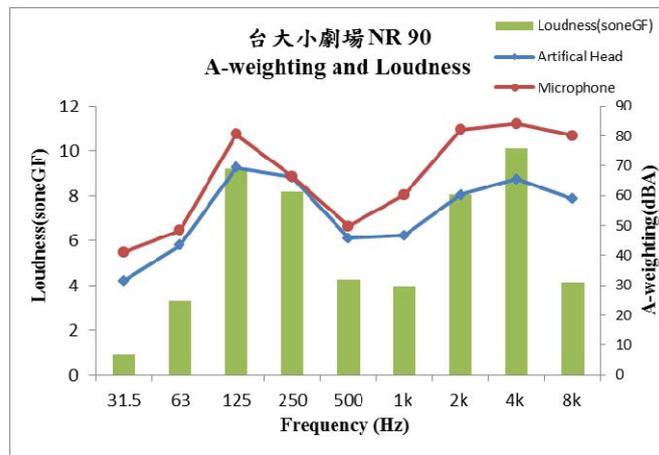


圖 C. 12 台大小劇場 NR 90 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-13 台大小劇場 NR 100 之 A-weighting 及心理聲學參數表

台大小劇場NR 100					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artifical Head	70.7	34.3	1.05	0.704
	Microphone	81	44.1		
63	Artifical Head	79	52.9	7.6	0.528
	Microphone	82.2	56		
125	Artifical Head	84.6	84.6	25.7	2.73
	Microphone	96.8	96.8		
250	Artifical Head	76.4	77.6	17.1	4.9
	Microphone	83.7	84.8		
500	Artifical Head	81.9	78.6	21.6	1.34
	Microphone	95.9	92.6		
1k	Artifical Head	77.8	61.7	12.4	1.07
	Microphone	91	74.8		
2k	Artifical Head	76.9	68.2	14.1	0.814
	Microphone	98.7	90		
4k	Artifical Head	80.3	81.3	29	11.7
	Microphone	98.4	99.4		
8k	Artifical Head	76.5	75.3	10.9	16.1
	Microphone	93.2	92.1		

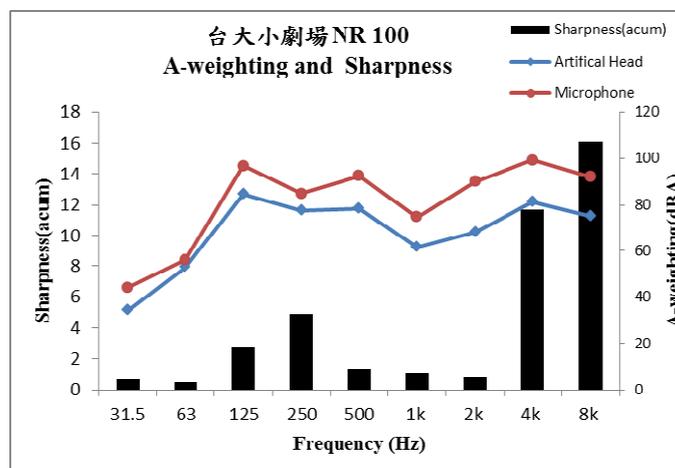
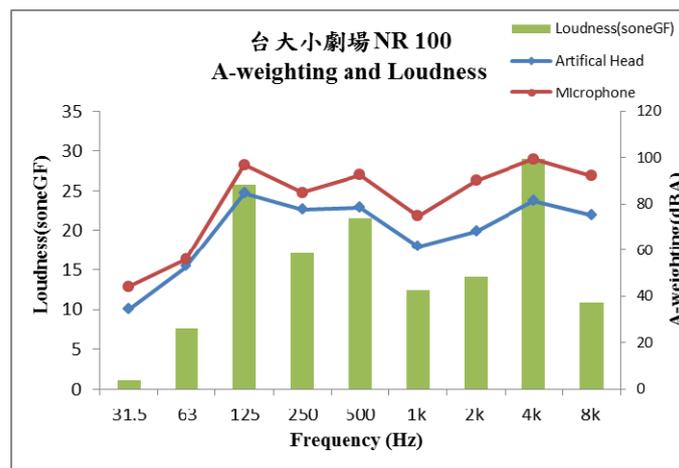


圖 C. 13 台大小劇場 NR 100 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-14 台大小劇場 NR 110 之 A-weighting 及心理聲學參數表

台大小劇場NR 110					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	89.9	52.1	6.85	0.969
	Microphone	90.1	52.2		
63	Artificial Head	85	58.9	12.7	0.908
	Microphone	88	61.9		
125	Artificial Head	95	95	52.9	3.59
	Microphone	107	107		
250	Artificial Head	87.9	89.1	37.9	6.48
	Microphone	95.3	96.5		
500	Artificial Head	89.8	86.6	38.5	1.67
	Microphone	103.9	100.7		
1k	Artificial Head	89.7	73.8	35.7	1.77
	Microphone	101.1	85.2		
2k	Artificial Head	84	75.3	24.7	1.19
	Microphone	105.5	96.9		
4k	Artificial Head	75.9	76.8	12.3	5.7
	Microphone	94.2	95.1		
8k	Artificial Head	75.5	74.3	9.88	15.6
	Microphone	94	92.9		

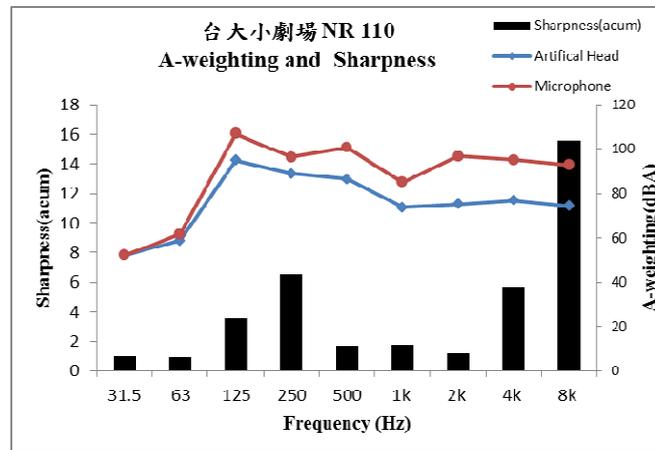
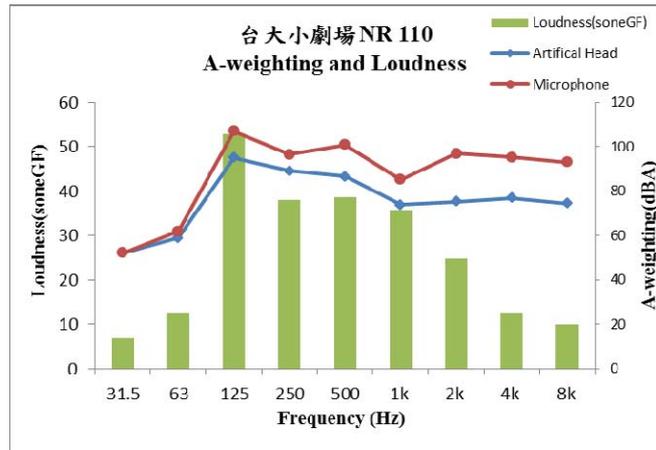


圖 C. 14 台大小劇場 NR 110 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-15 中型音樂廳 NR 80 之 A-weighting 及心理聲學參數表

中型音樂廳NR 80					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	40.1	40.1	2.77	1.28
	Microphone	40.1	40.3		
63	Artificial Head	50.9	50.9	7.24	1.28
	Microphone	50.4	50.4		
125	Artificial Head	57	57	9.34	0.861
	Microphone	51.1	51.1		
250	Artificial Head	61.9	61.9	10.7	0.926
	Microphone	61.7	61.7		
500	Artificial Head	65.4	65.4	10.2	1.28
	Microphone	71.3	71.3		
1k	Artificial Head	68.8	68.8	11.4	2.54
	Microphone	84.5	84.5		
2k	Artificial Head	70.3	70.3	12	3.88
	Microphone	64	64		
4k	Artificial Head	70.3	70.3	15.4	8.86
	Microphone	57.1	57.1		
8k	Artificial Head	69.2	69.2	10.7	11.7
	Microphone	72.6	72.6		

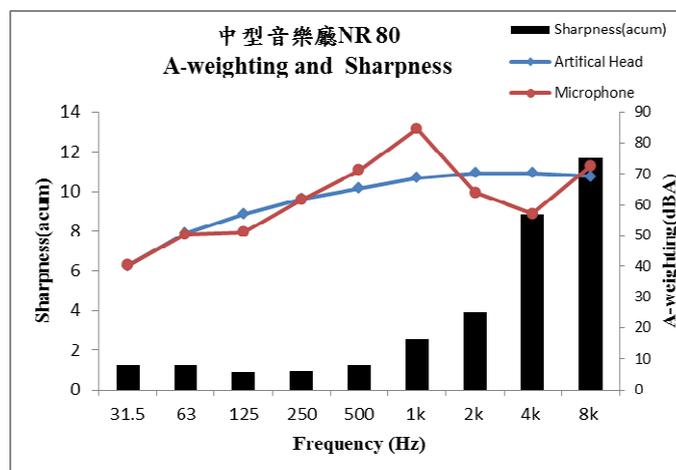
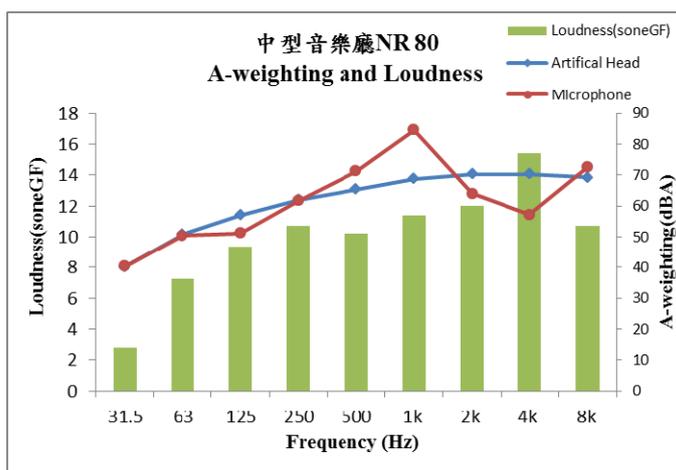


圖 C. 15 中型音樂廳 NR 80 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-16 中型音樂廳 NR 90 之 A-weighting 及心理聲學參數表

中型音樂廳NR 90					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	89.9	52.1	6.85	0.969
	Microphone	90.1	52.2		
63	Artificial Head	91.4	65.6	22.5	1.2
	Microphone	89.9	64.1		
125	Artificial Head	89.7	73.5	31.7	0.977
	Microphone	84.1	67.7		
250	Artificial Head	90	81.4	39.3	1.15
	Microphone	89.8	81.1		
500	Artificial Head	86.4	83.1	33.1	1.69
	Microphone	92.1	88.8		
1k	Artificial Head	90.3	90.3	47.2	4.19
	Microphone	95.5	95.5		
2k	Artificial Head	87.7	88.8	38.1	6.03
	Microphone	81	81.8		
4k	Artificial Head	91	92	70.1	14.5
	Microphone	82.3	83		
8k	Artificial Head	84.7	83.5	21.2	16.2
	Microphone	88	86.8		

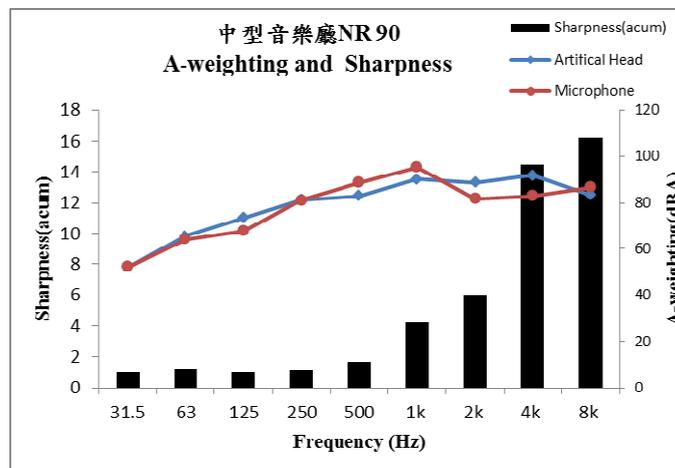
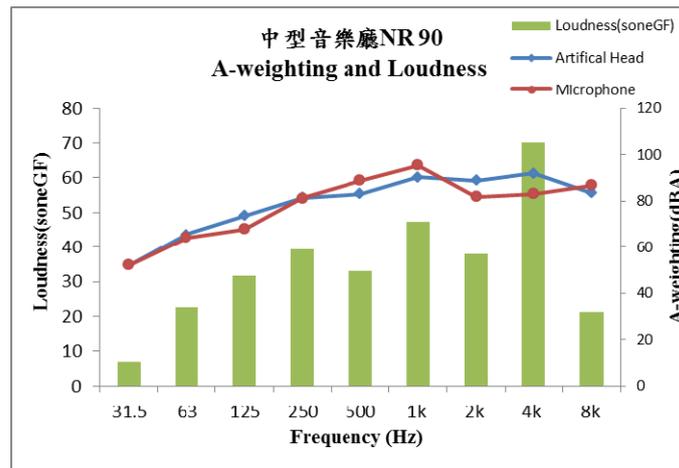


圖 C. 16 中型音樂廳 NR 90 A-weighting 對應之響度及銳度大小

表 C-17 中型音樂廳 NR 100 之 A-weighting 及心理聲學參數表

中型音樂廳NR 100					
Frequency(Hz)	Device	SPL -Average (dB)	A-weighting (dBA)	Loudness(soneGF)	Sharpness (acum)
31.5	Artificial Head	99.2	61.2	16.1	0.962
	Microphone	99.4	61.4		
63	Artificial Head	98.8	73.1	45.8	1.81
	Microphone	97.3	71.7		
125	Artificial Head	96.5	80.4	52.1	1.26
	Microphone	90.6	74.4		
250	Artificial Head	96.9	88.3	63.8	1.56
	Microphone	96.6	88		
500	Artificial Head	98.4	95.2	73.5	2.38
	Microphone	97.7	94.4		
1k	Artificial Head	97.4	97.4	69.6	4.38
	Microphone	97.8	97.8		
2k	Artificial Head	95.4	96.6	72.6	9.36
	Microphone	91.3	92.5		
4k	Artificial Head	94.1	95.1	84.3	16.2
	Microphone	87.6	88.5		
8k	Artificial Head	93.2	92.1	34.7	18.5
	Microphone	87.4	86.2		

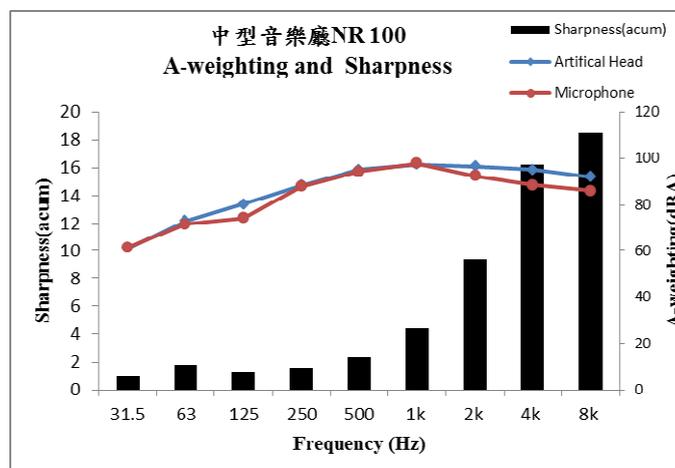
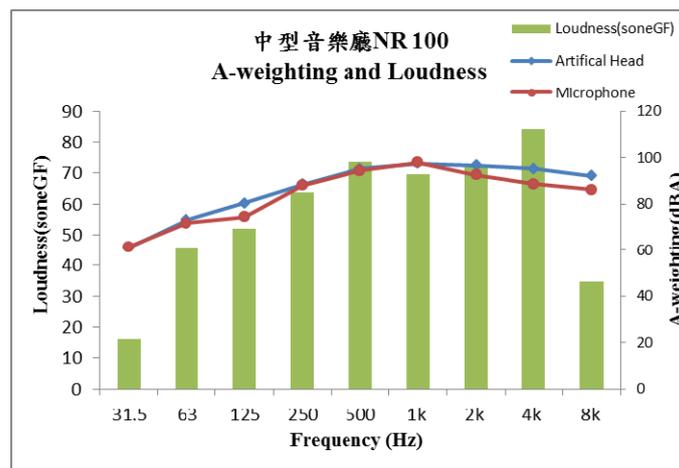


圖 C. 17 中型音樂廳 NR 100 A-weighting 對應之響度及銳度大小

附錄 D：

陪同審查試驗(Jury test)四個室內空間家電噪音量測頻譜圖

本計畫 jury test 工作在室內空間上的選擇為:1.豪宅、2.一般住宅、3.小套房、4.中型會議室，由於此 4 個空間在空間特性上並無重覆且各具特色，4 個室內空間之空間尺寸及量測位置如表 D1。

Jury test 噪音源量測的噪音源為 7 種，量測位置符合噪音管制法之量測條件，空間中距離牆面 1 公尺以上，離地面 1 公尺至 1.5 公尺之間位置，若空間允許預計選擇距離仿真人偶 1.5 公尺的固定距離，錄製地點則以日常活動最多的地點，例如客廳的沙發處為量測點，特別選擇 1.5 公尺為固定距離是欲使實驗量測條件固定，在相同的噪音源及相同的量測距離，才可比較出各個參數的不同。表 D2 列出空間編號、噪音源以及評價方法。

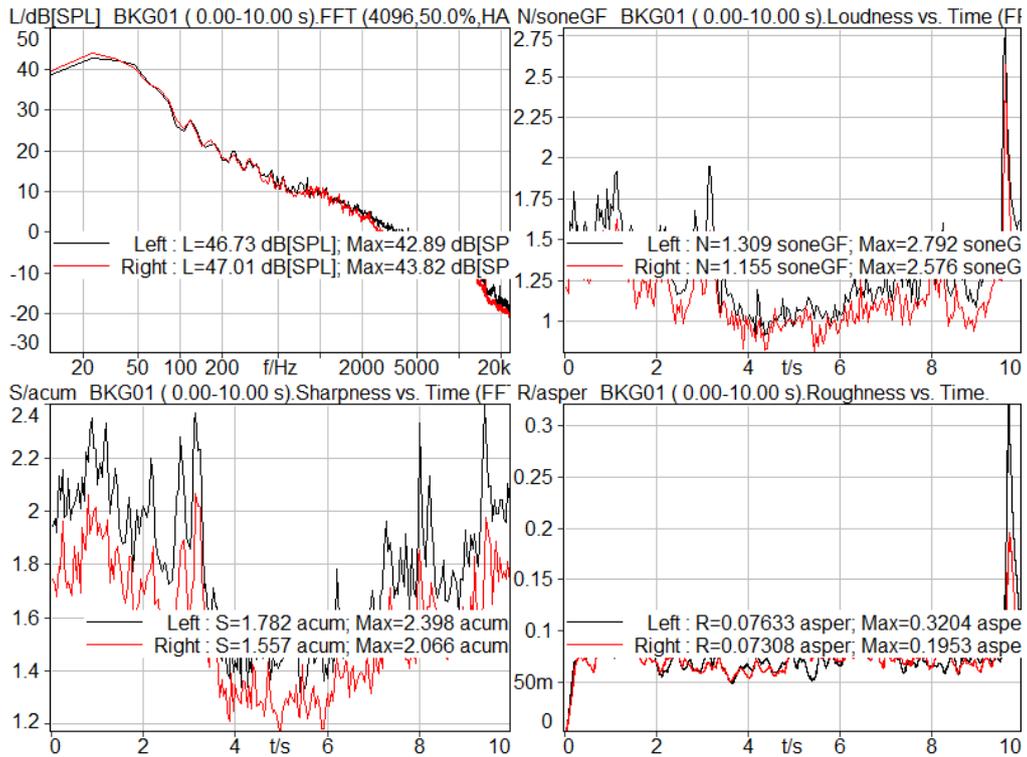
表 D1 空間尺寸及量測位置

空間編號	空間名稱	總坪數	尺寸 (m)	仿真人偶量測位置 (由門起算之座標)
Room-1	豪宅	70	10 * 23.1	6m*8.2m
Room-2	一般住宅	35	10.75 * 10.75	8.05m*6.4m
Room-3	小套房	8.4	5.8 * 4.8	3.4m*1.5m
Room-4	中型會議室	9	6.3 *4.8	3m*2.4m

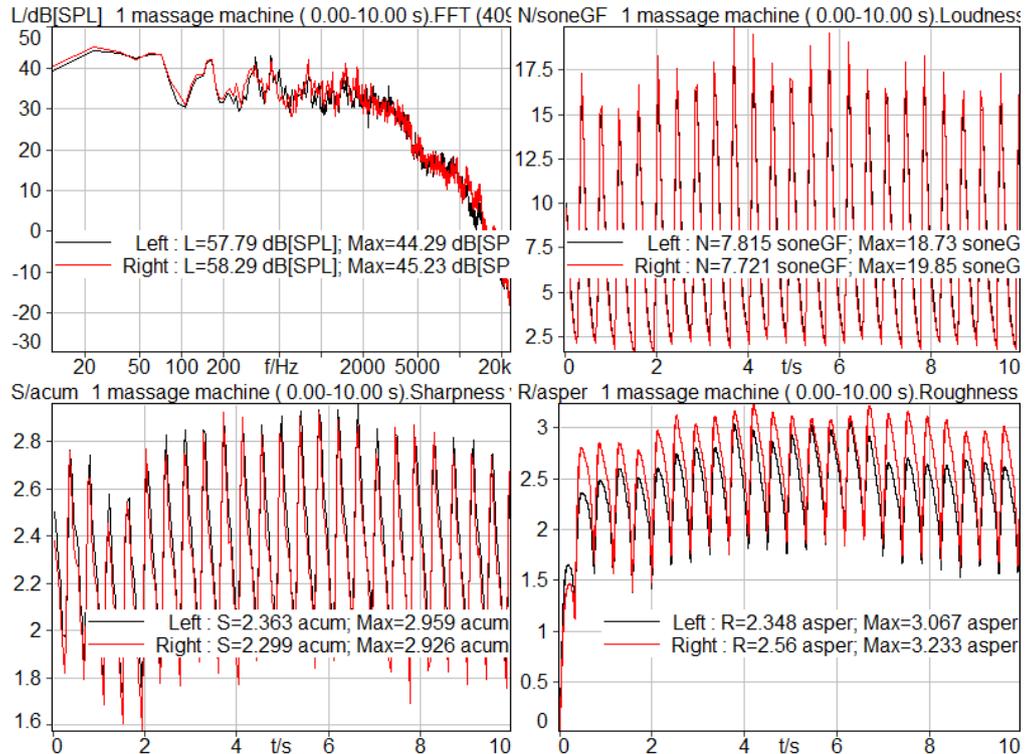
表 D2 空間編號及噪音源

空間及編號	噪音源	評價方法
A. high level house B. apartment C. suite D .meeting room	massage machine juice machine hair dryer vacuum cleaner kitchen machine electric fan bean grinder razor	配對比較法 分類判斷判斷法 意語區分法

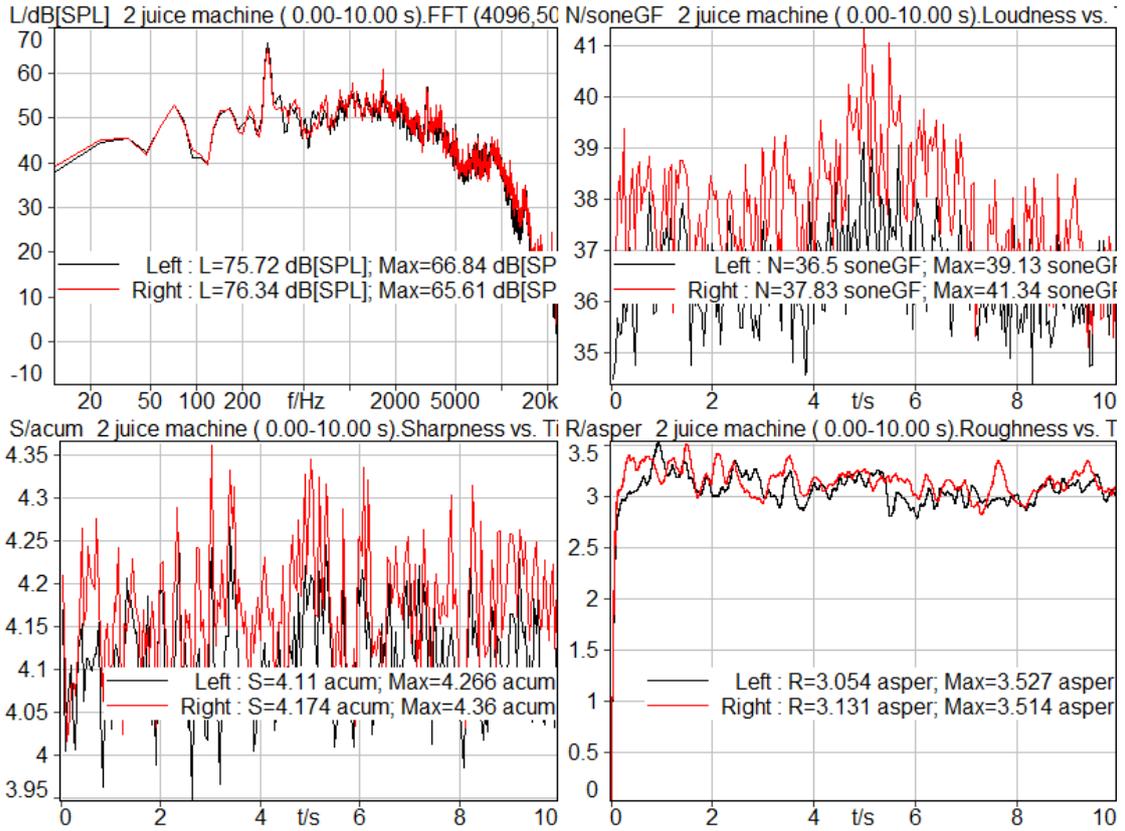
A. 豪宅



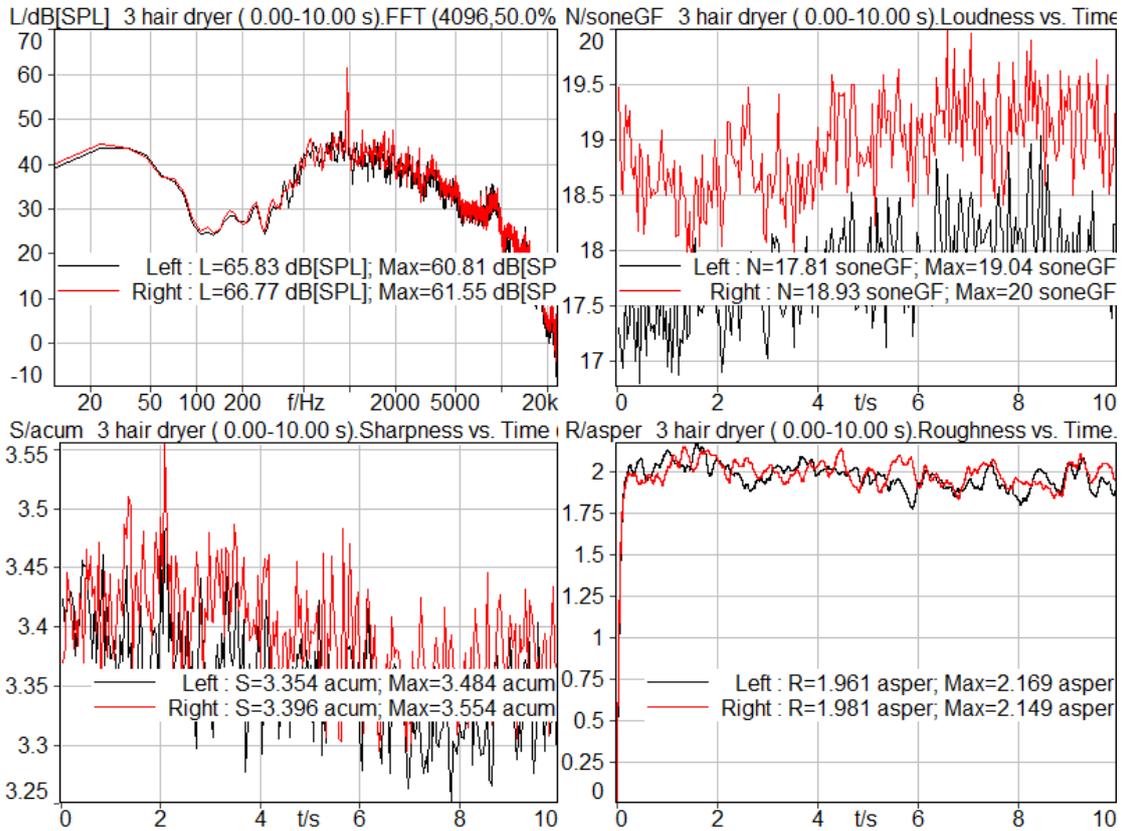
D.1 背景噪音之頻譜圖及心理聲學參數大小



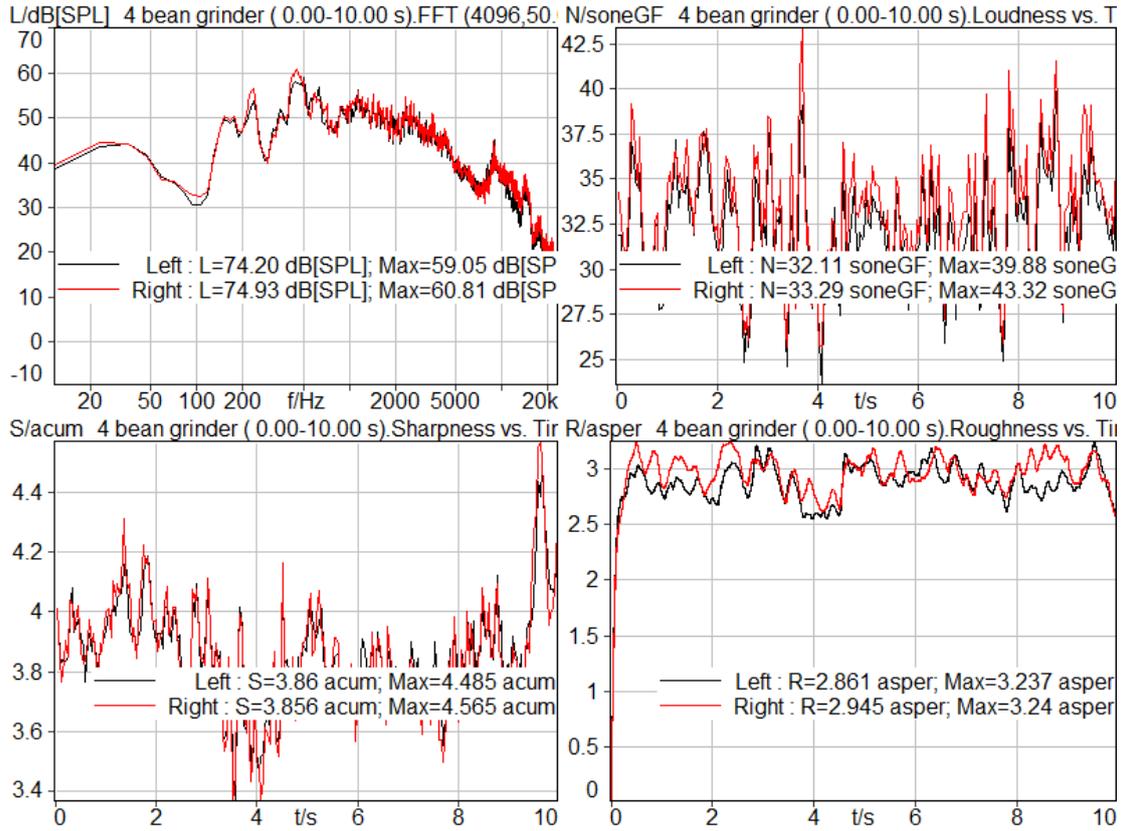
D.2 按摩棒之頻譜圖及心理聲學參數大小



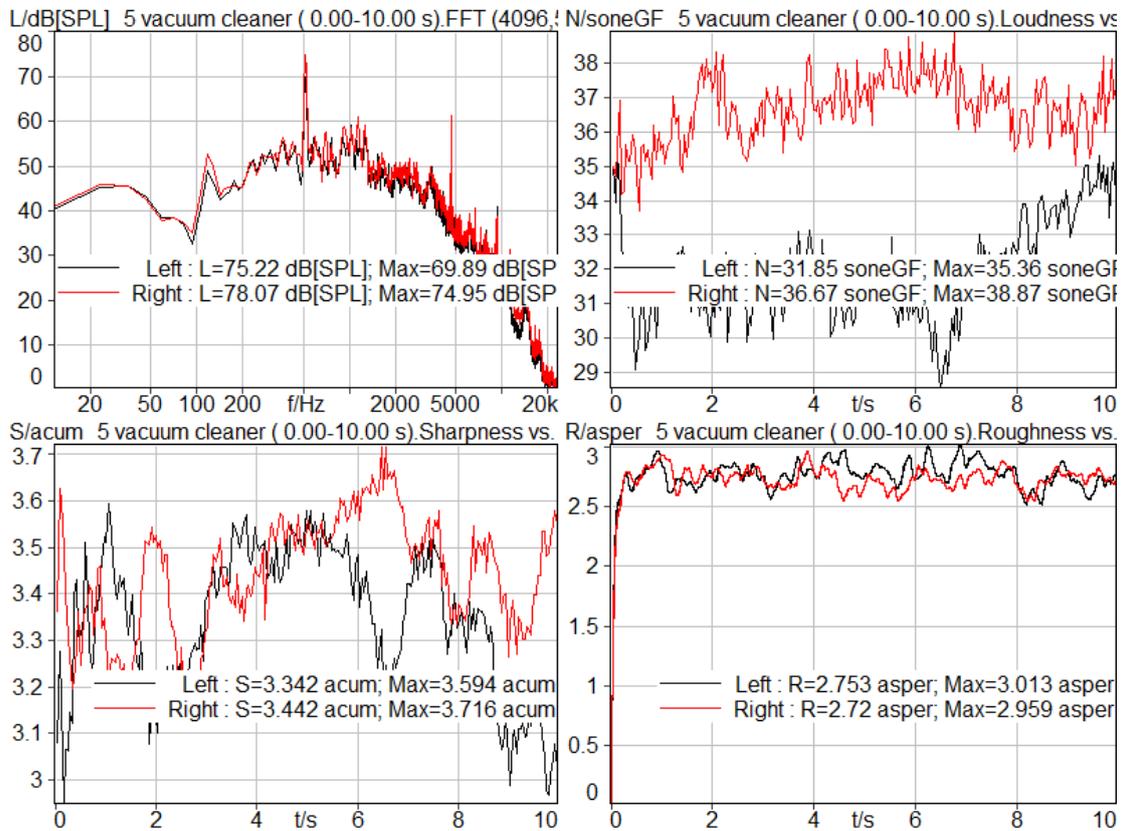
D.3 果汁機之頻譜圖及心理聲學參數大小



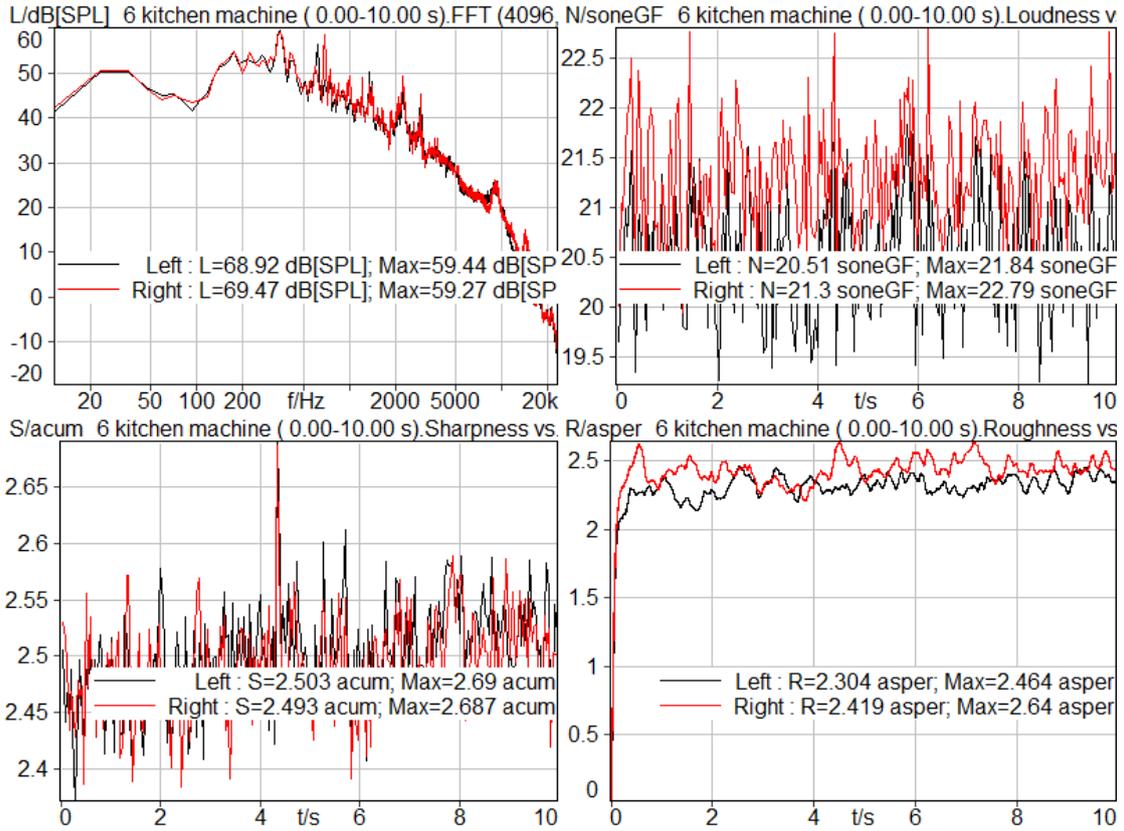
D.4 吹風機之頻譜圖及心理聲學參數大小



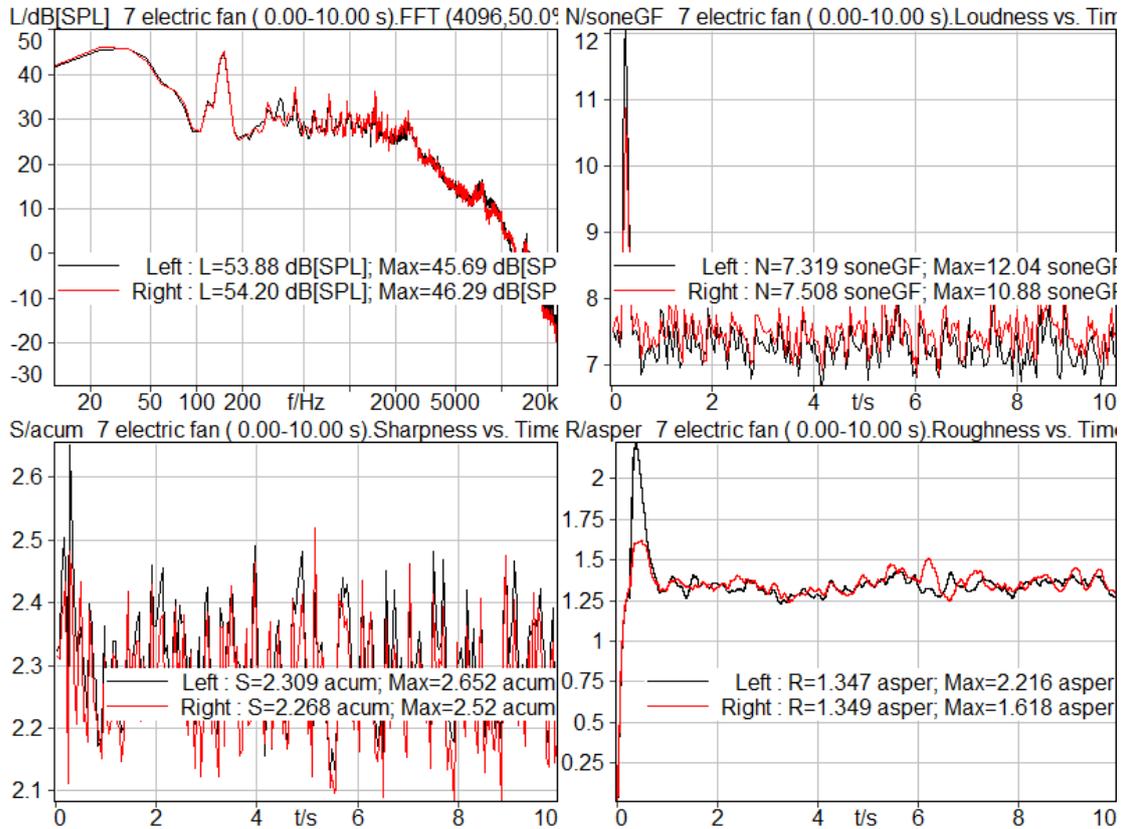
D.5 磨豆機之頻譜圖及心理聲學參數大小



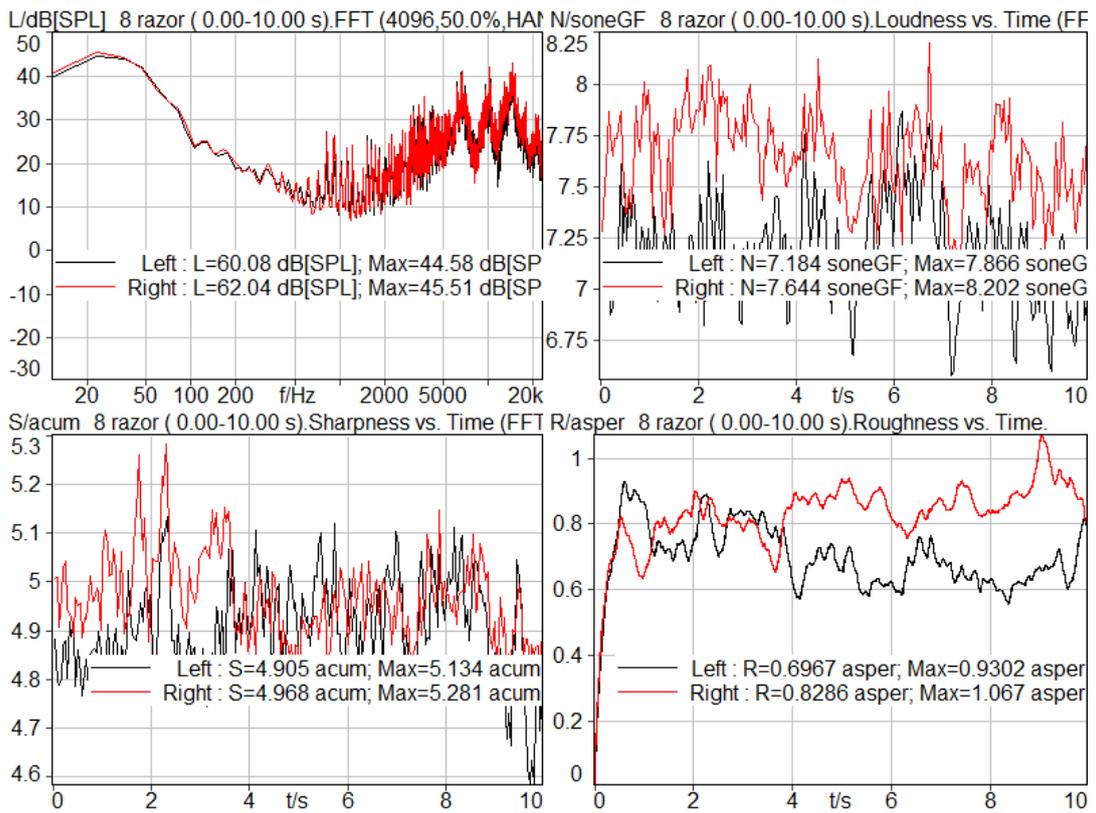
D.6 吸塵器之頻譜圖及心理聲學參數大小



D.7 抽油煙機之頻譜圖及心理聲學參數大小

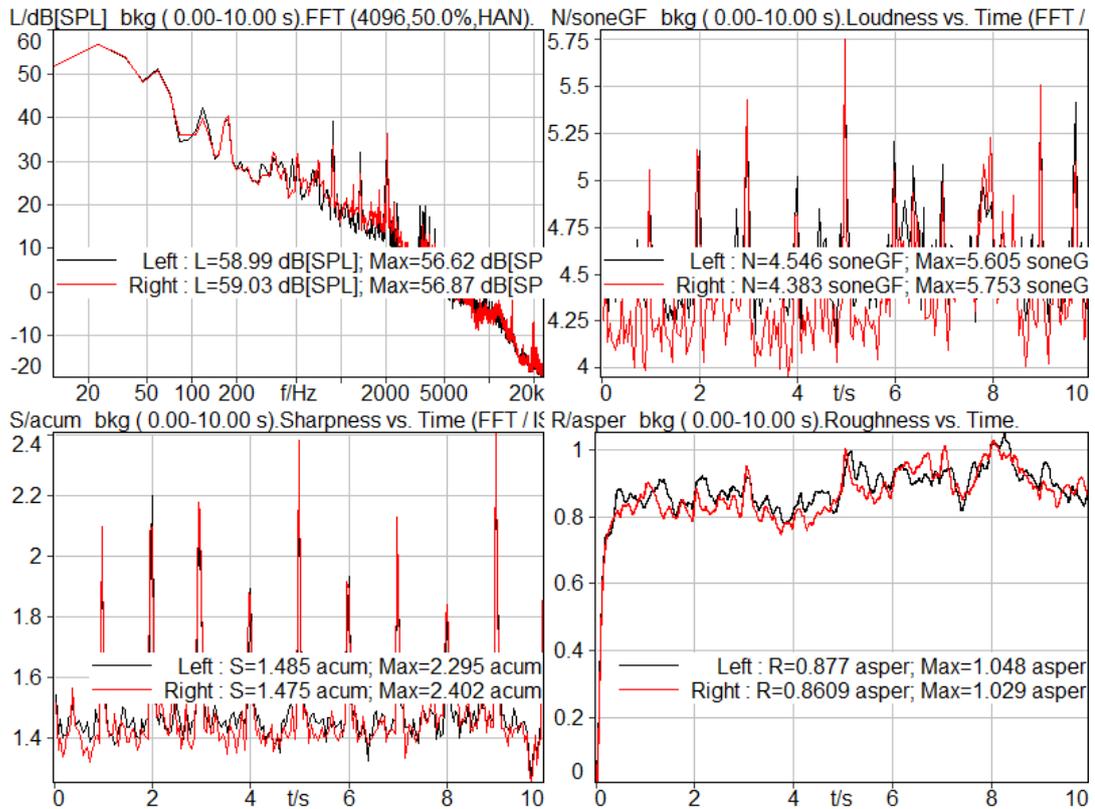


D.8 電風扇之頻譜圖及心理聲學參數大小

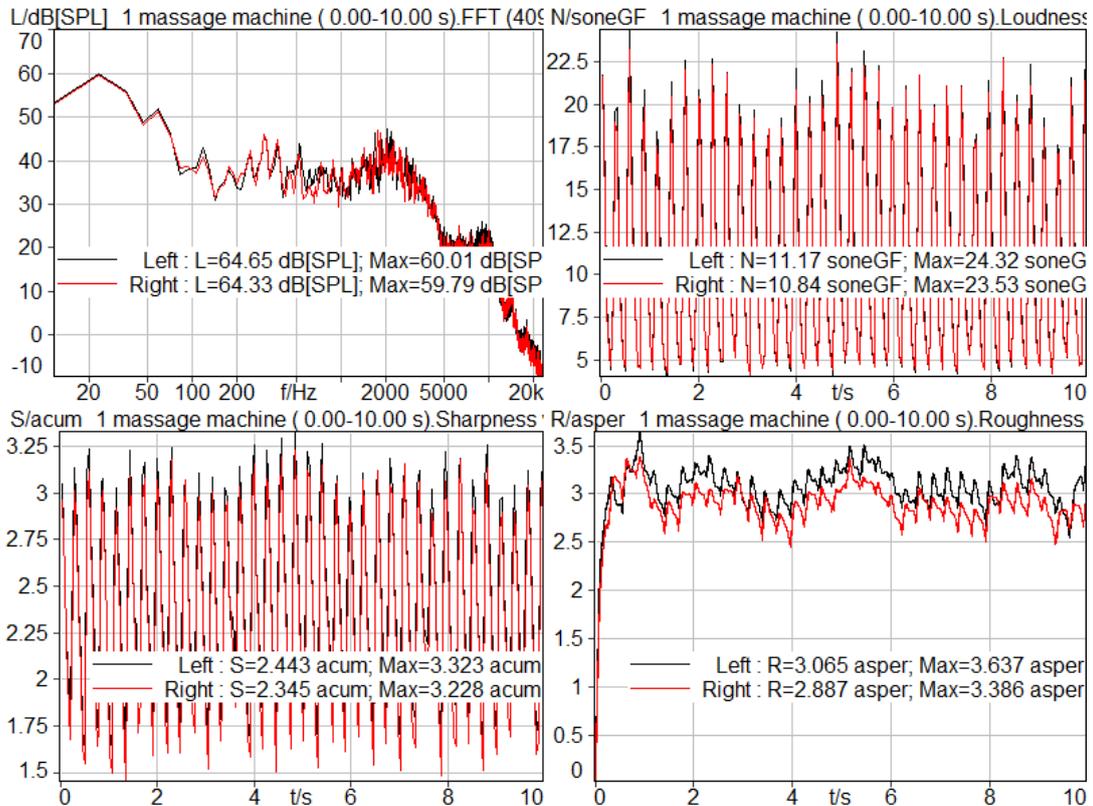


D.9 刮鬍刀之頻譜圖及心理聲學參數大小

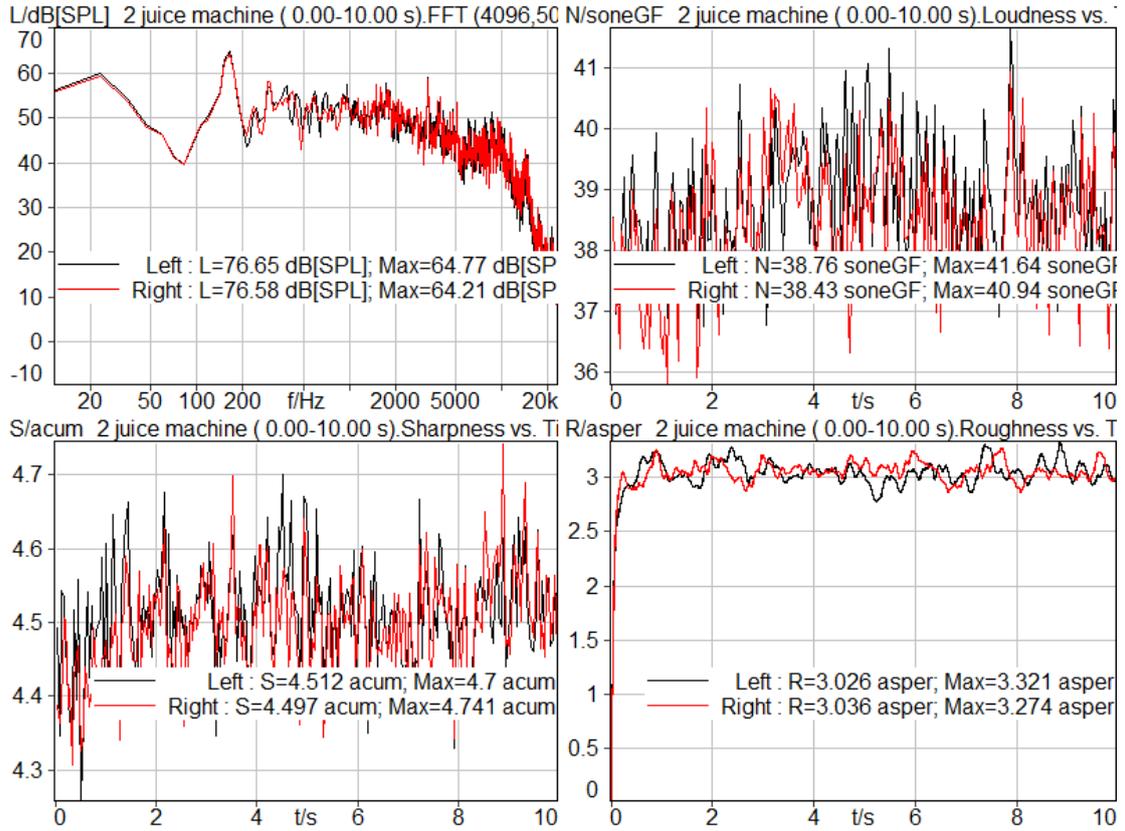
B. 一般住宅



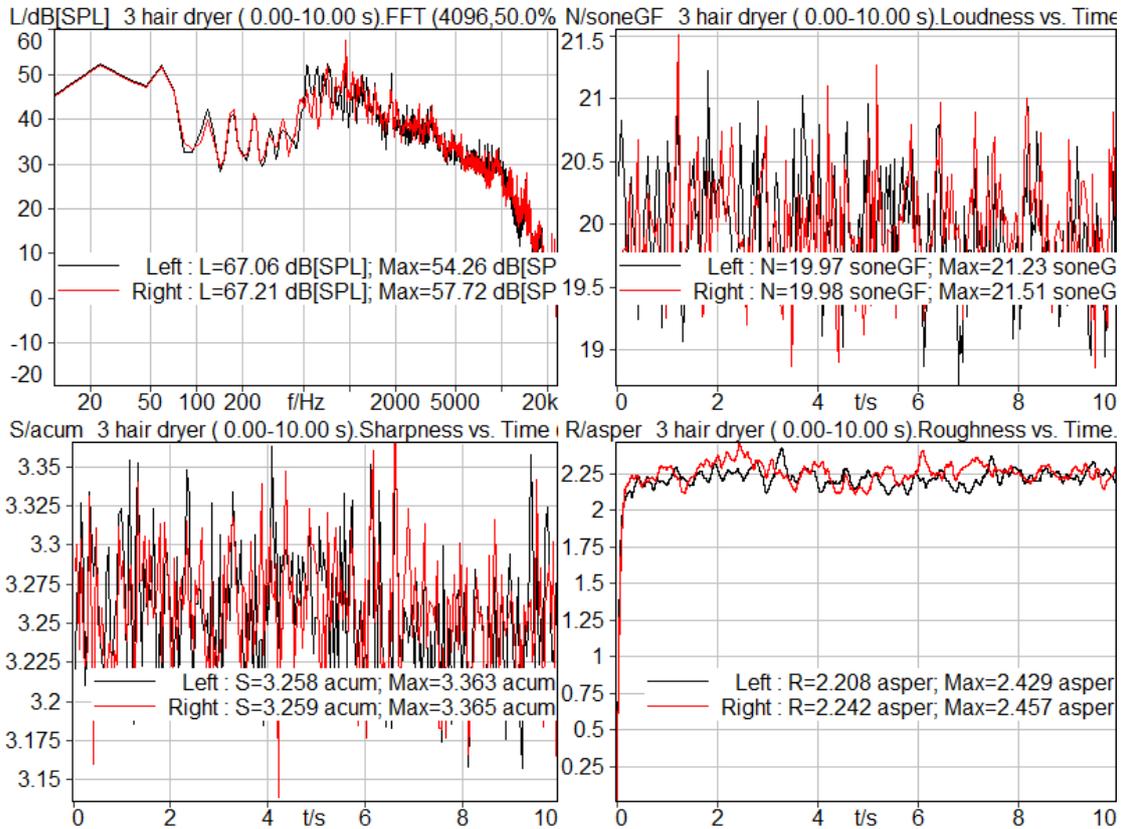
D.10 背景噪音之頻譜圖及心理聲學參數大小



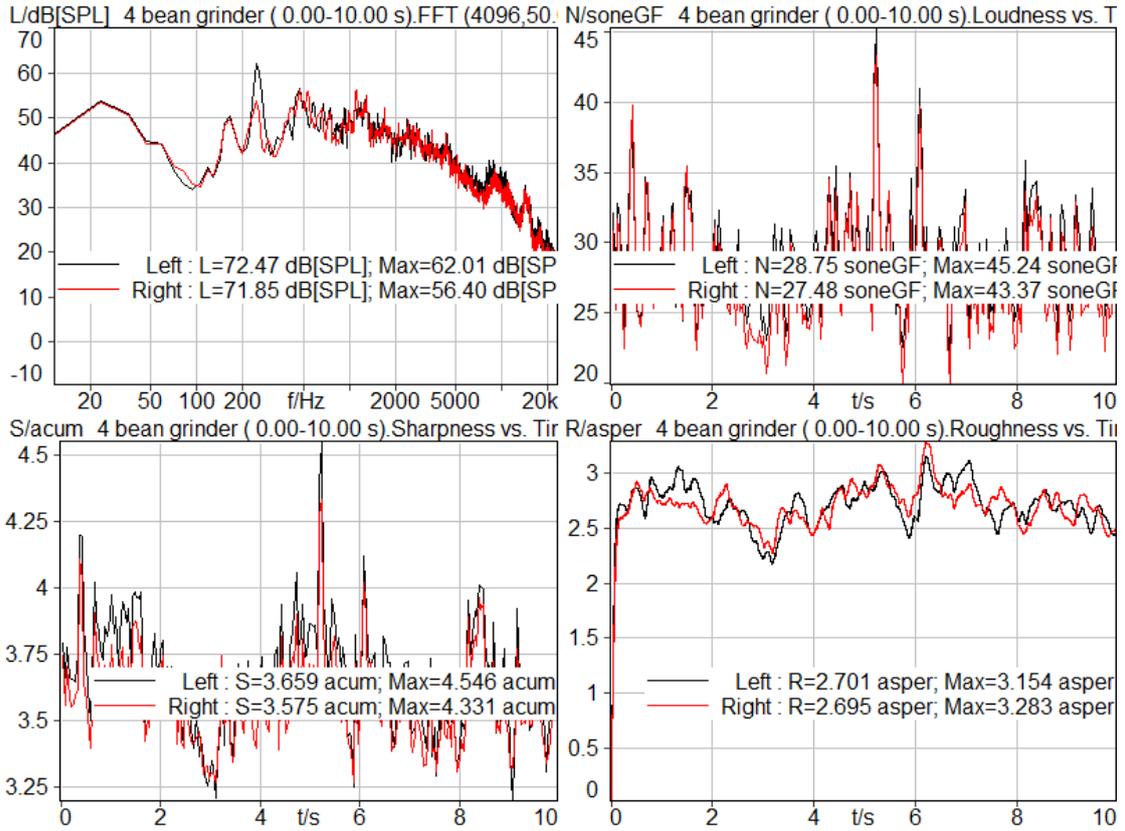
D.11 按摩棒之頻譜圖及心理聲學參數大小



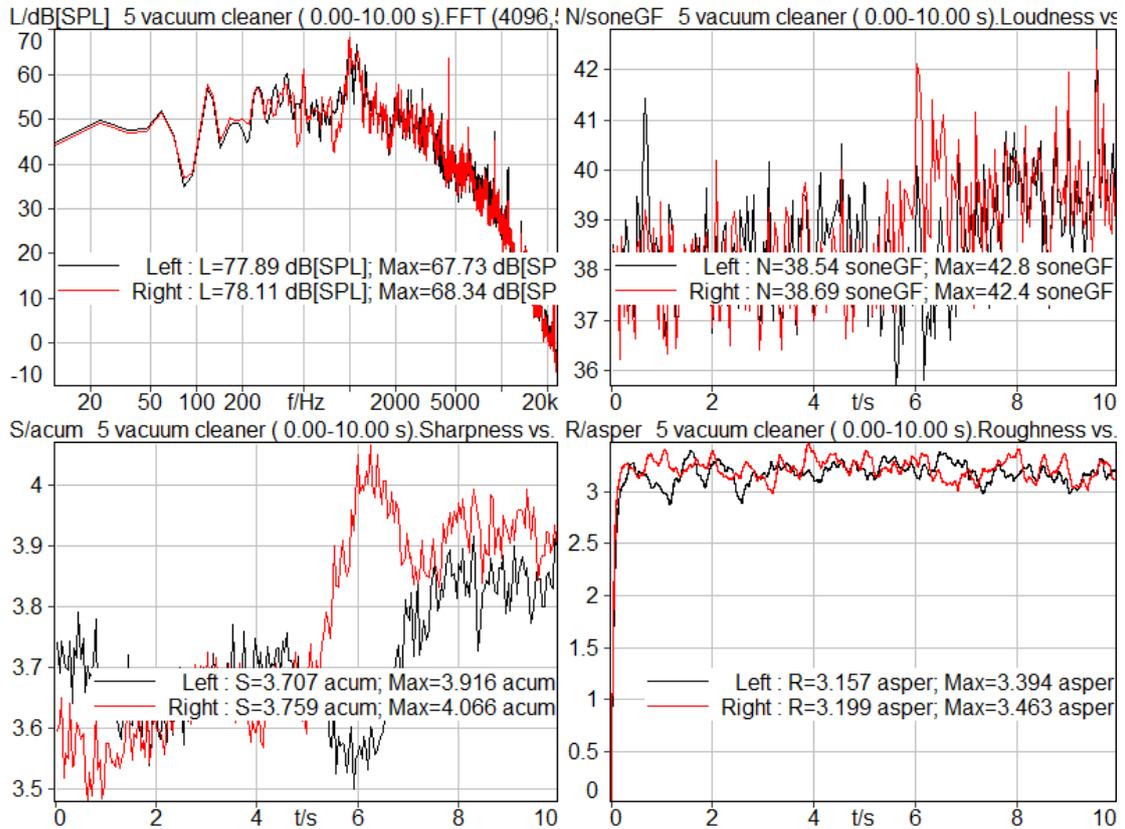
D.12 果汁機之頻譜圖及心理聲學參數大小



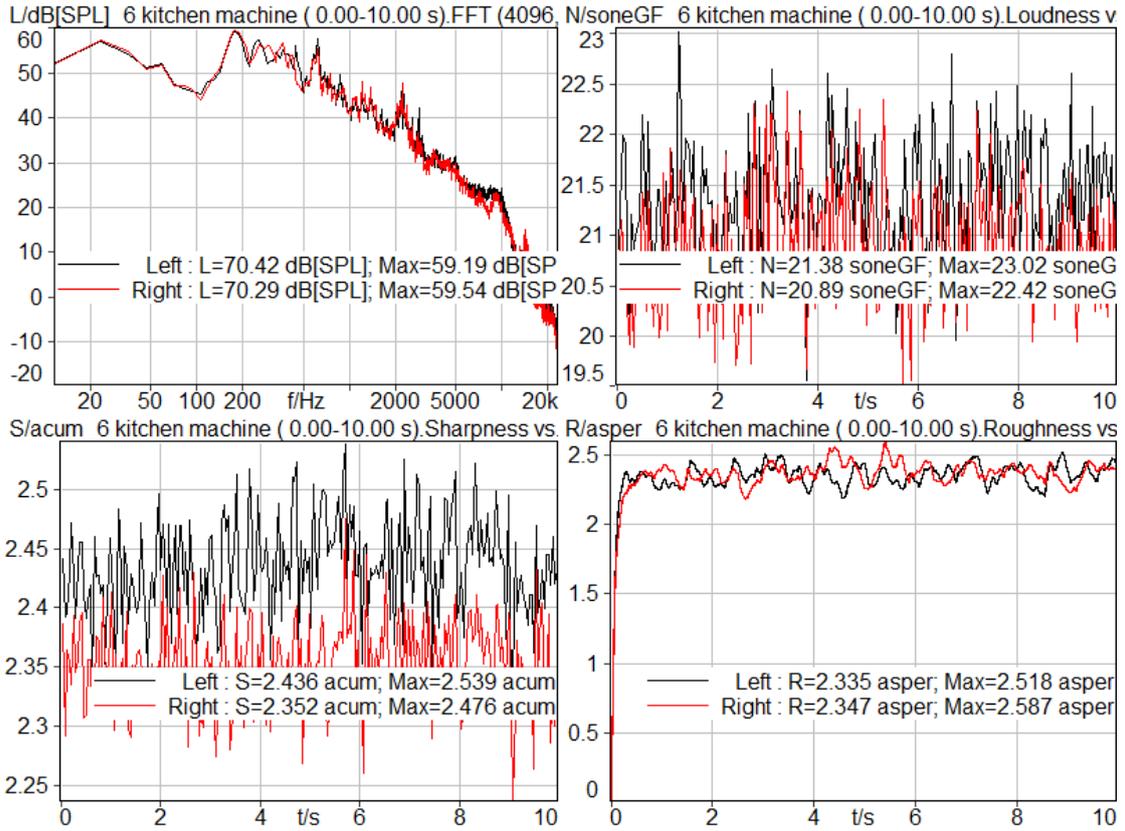
D.13 吹風機之頻譜圖及心理聲學參數大小



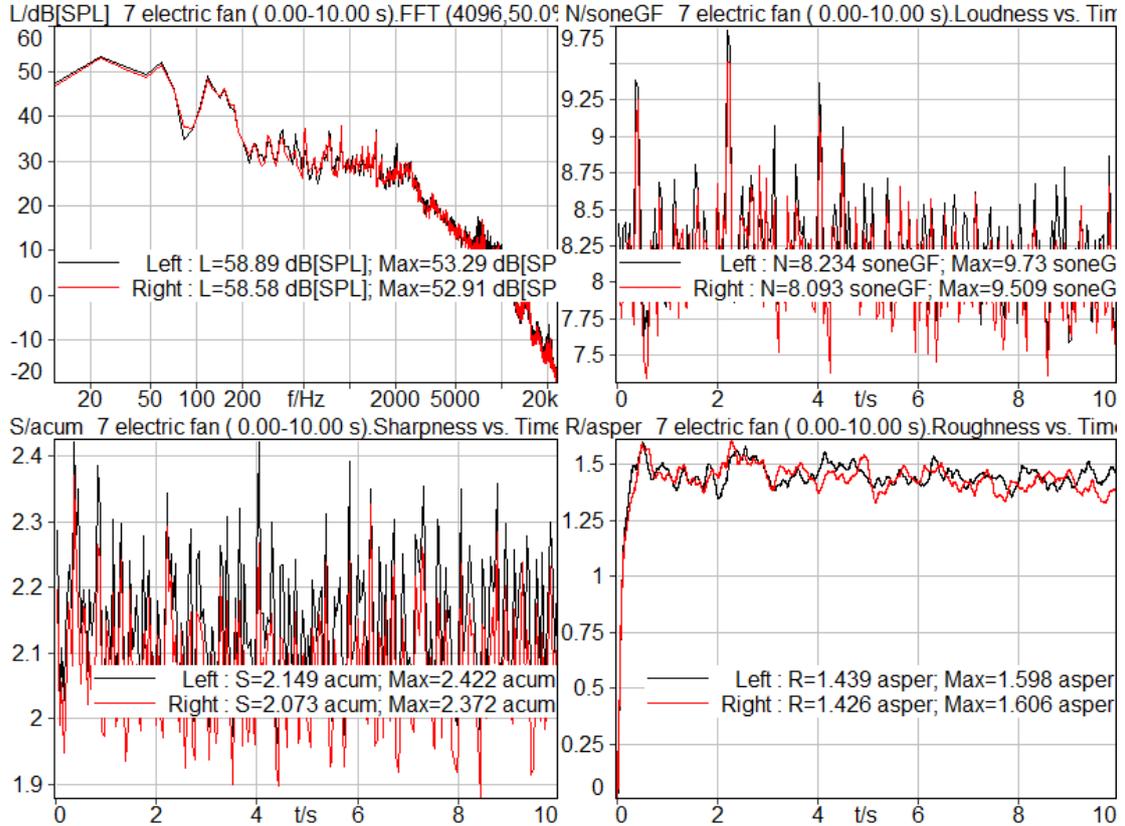
D.14 磨豆機之頻譜圖及心理聲學參數大小



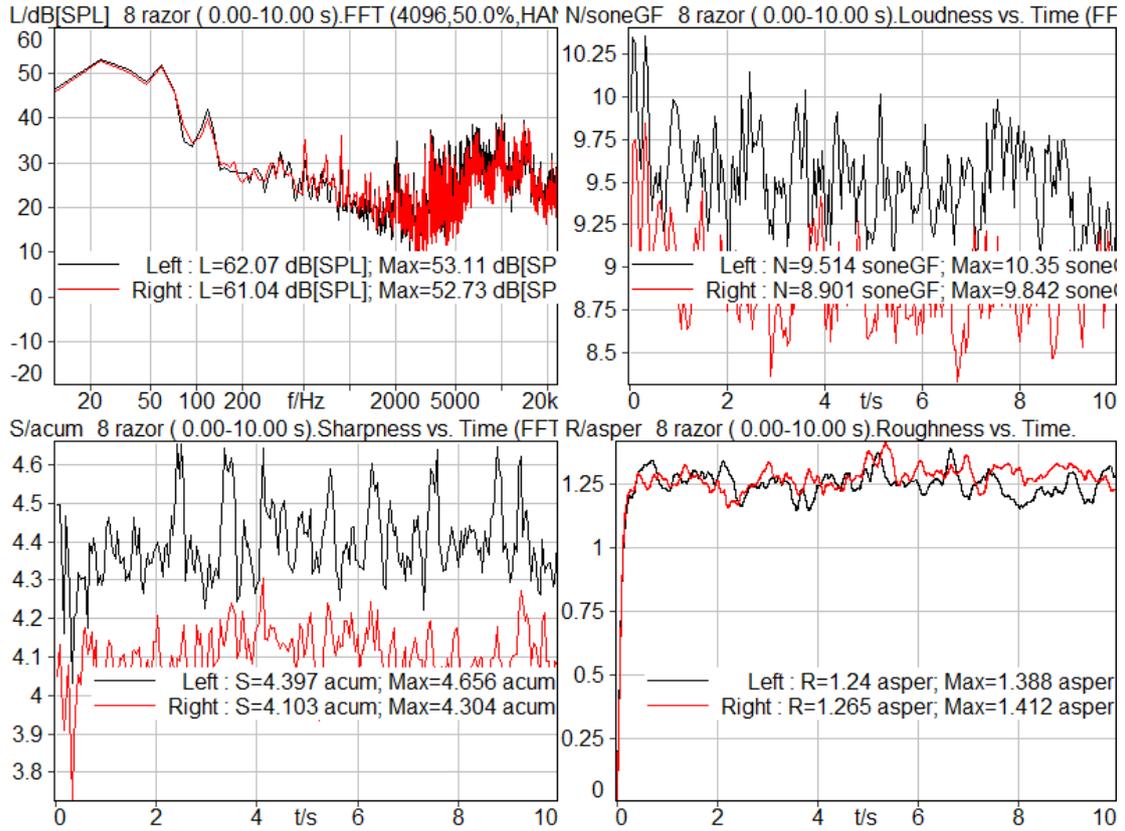
D.15 吸塵器之頻譜圖及心理聲學參數大小



D.16 抽油煙機之頻譜圖及心理聲學參數大小

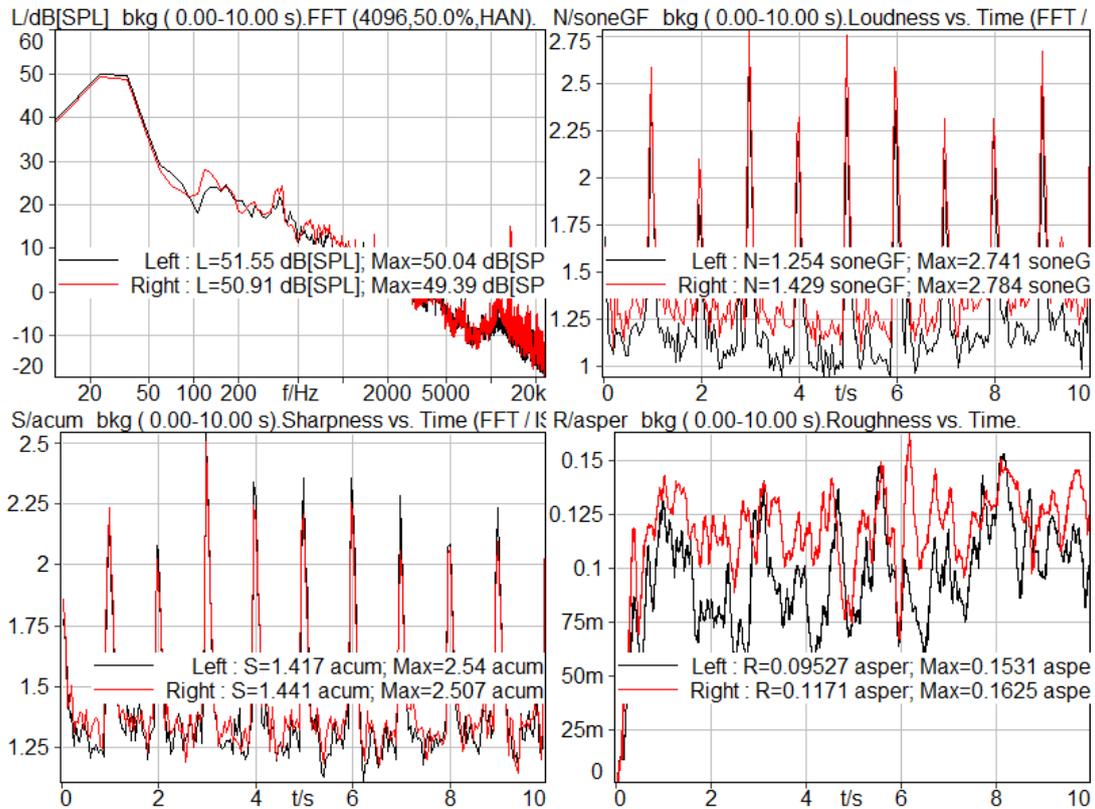


D.17 電風扇之頻譜圖及心理聲學參數大小

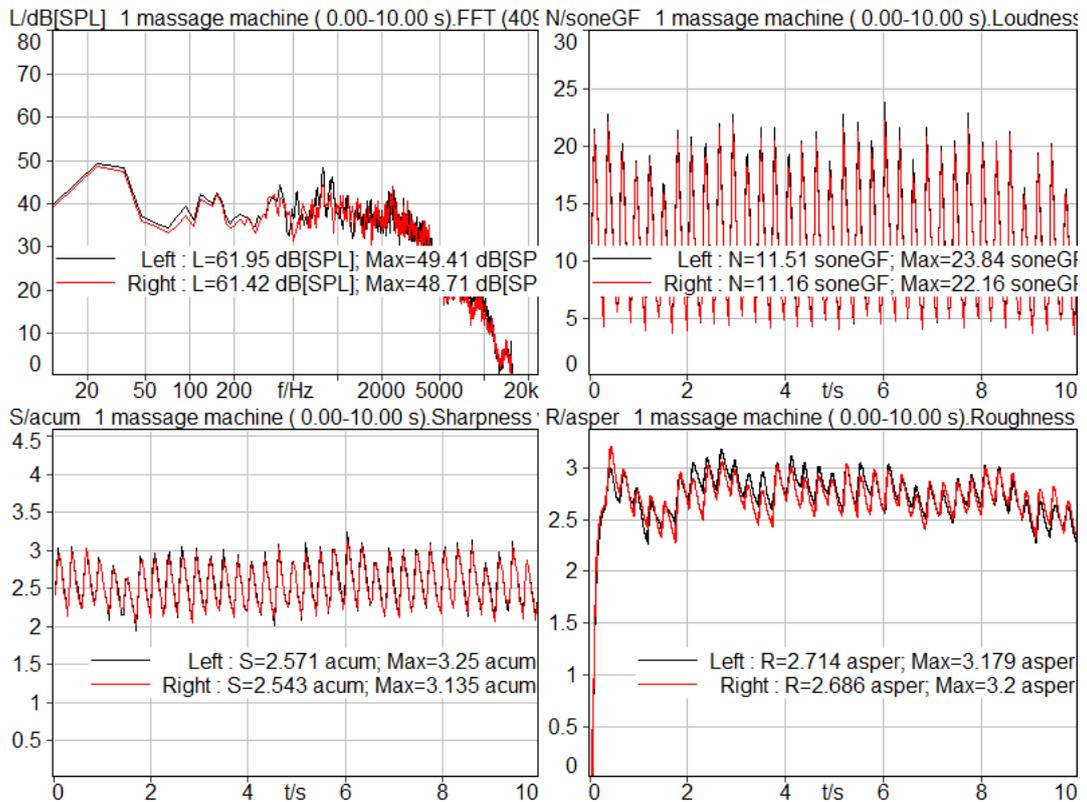


D.18 刮鬍刀之頻譜圖及心理聲學參數大小

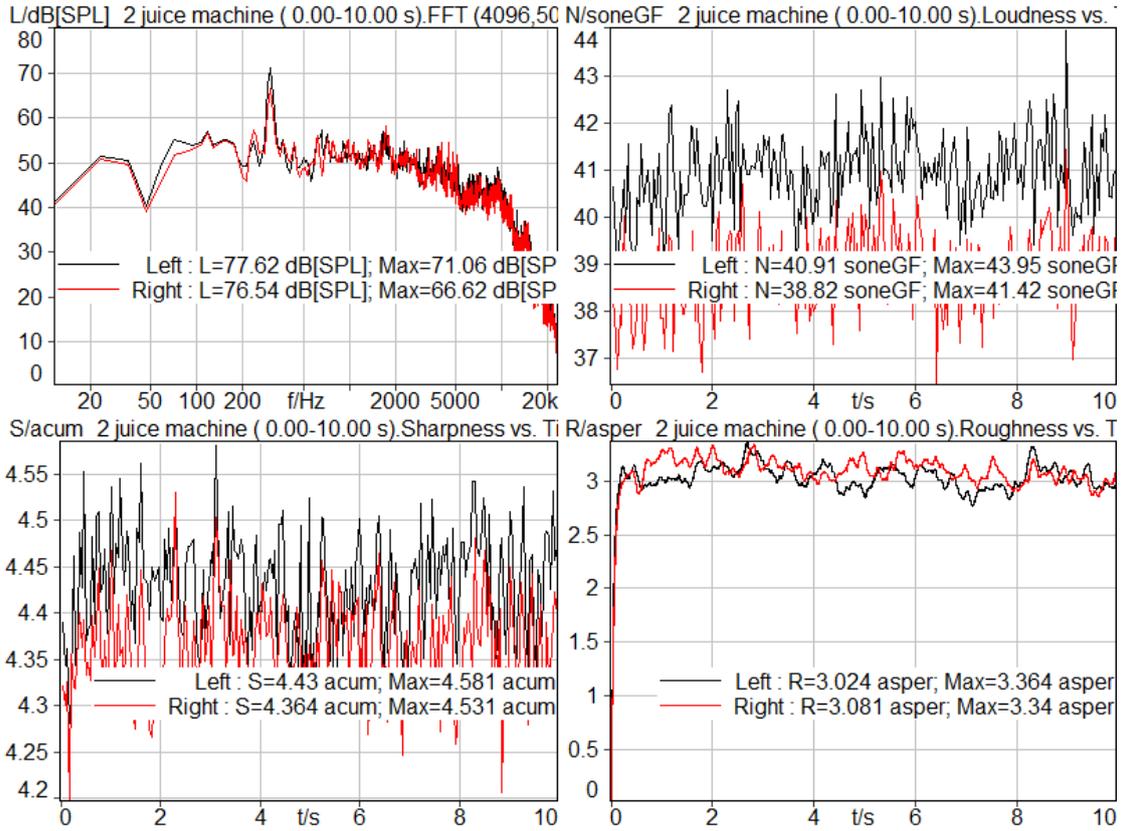
C. 小套房



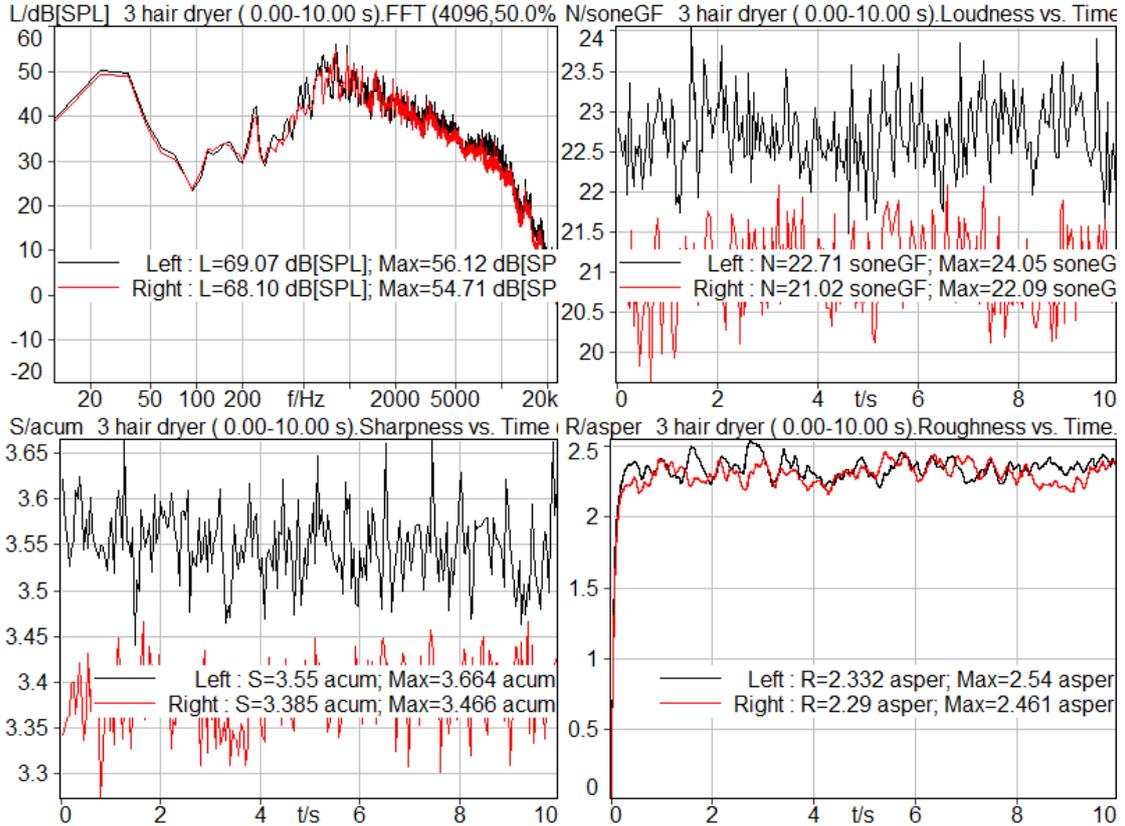
D.19 背景噪音之頻譜圖及心理聲學參數大小



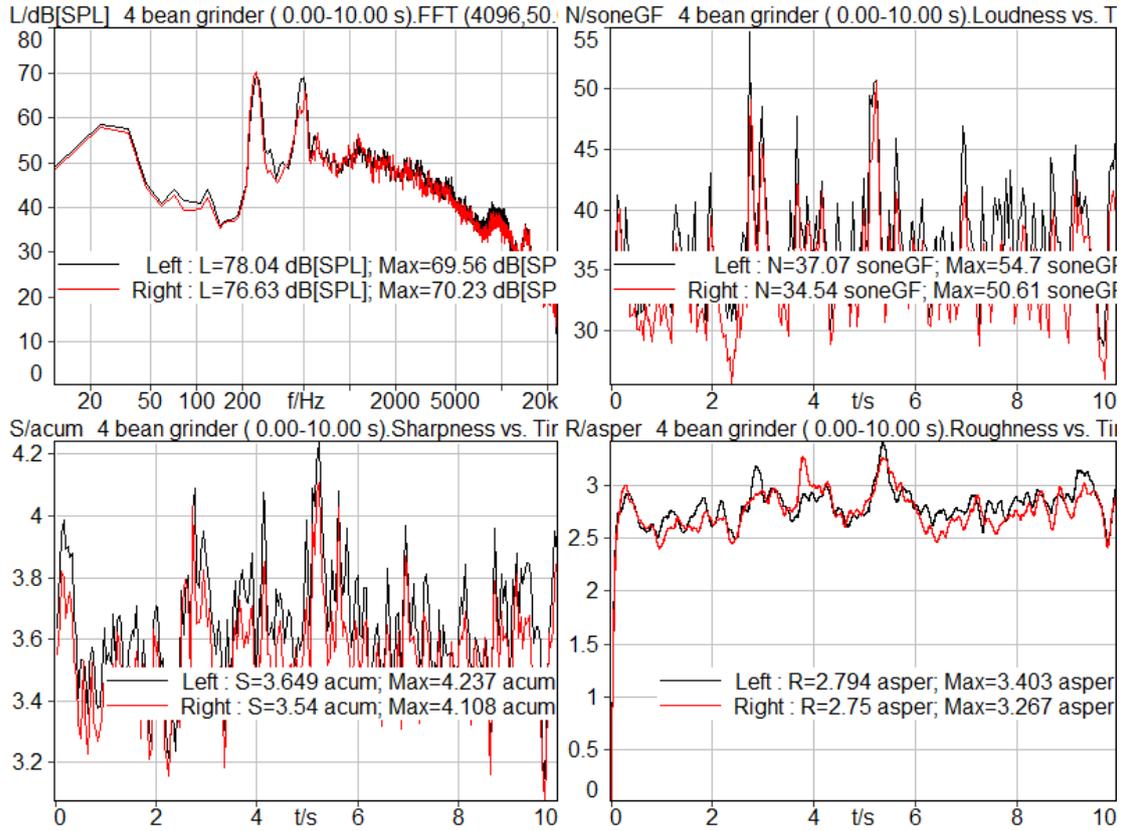
D.20 按摩棒之頻譜圖及心理聲學參數大小



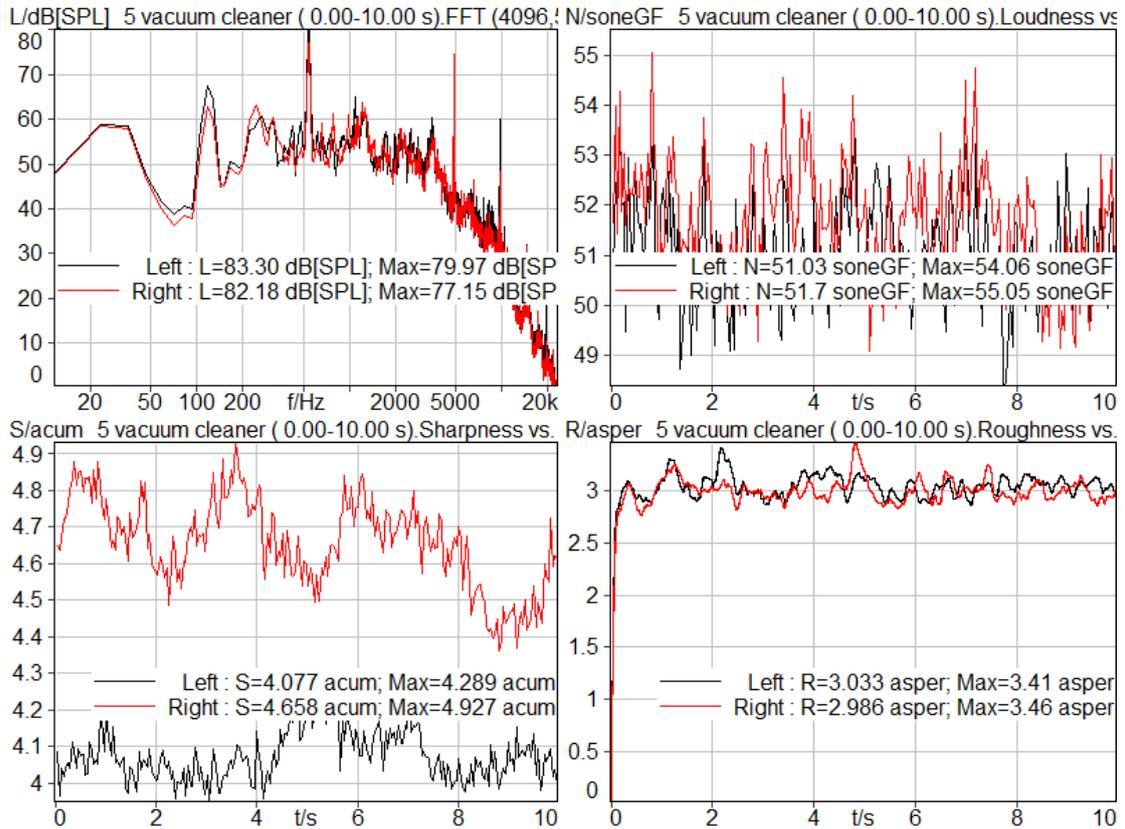
D.21 果汁機之頻譜圖及心理聲學參數大小



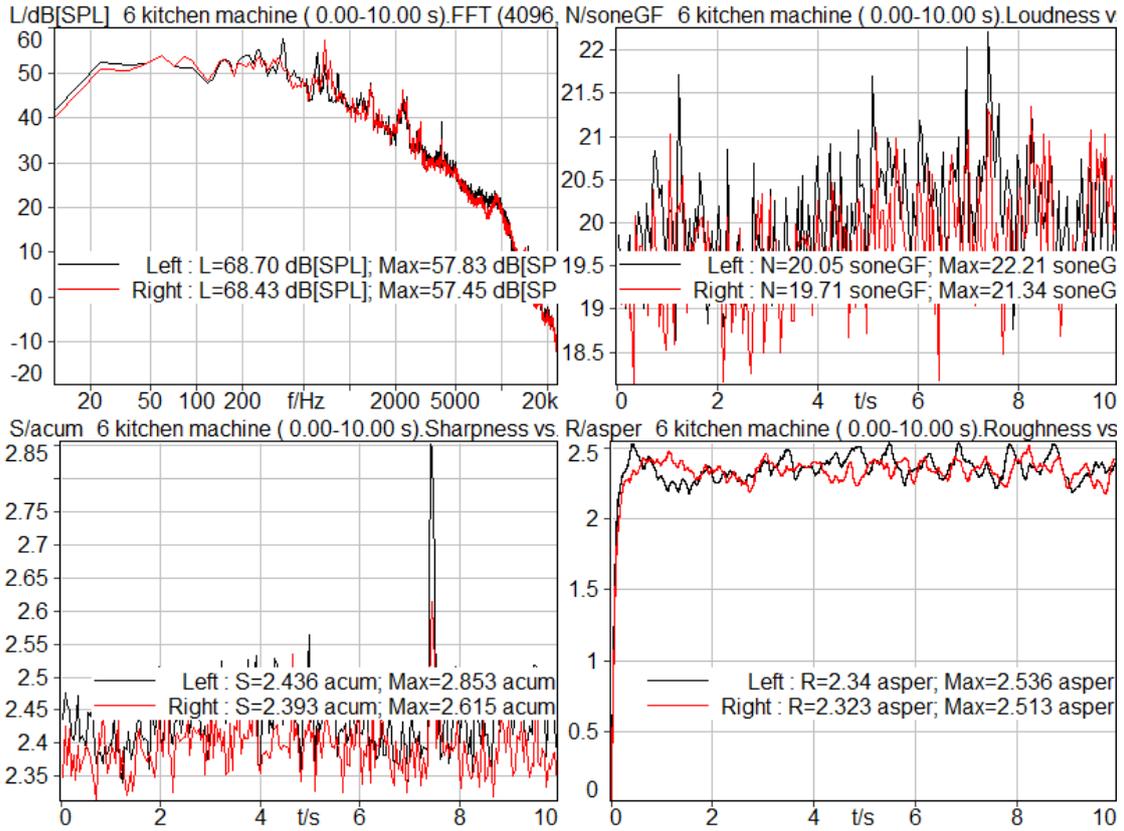
D.22 吹風機之頻譜圖及心理聲學參數大小



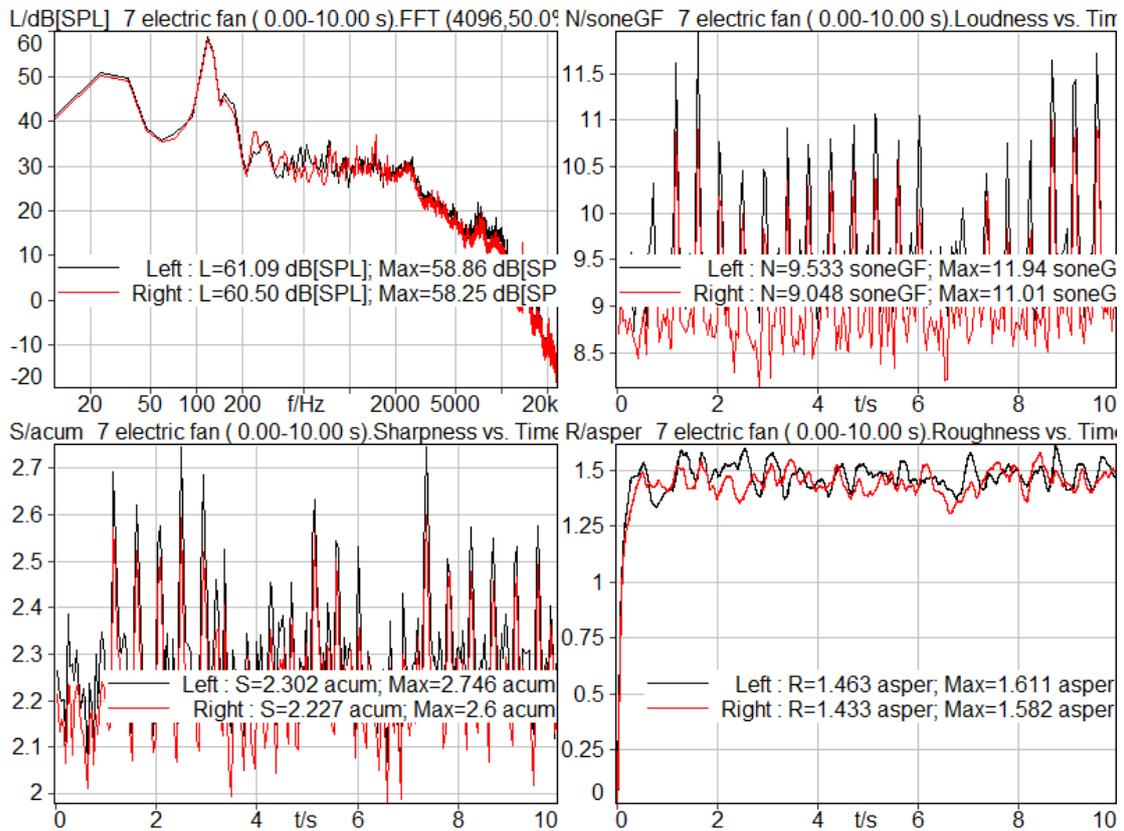
D.23 磨豆機之頻譜圖及心理聲學參數大小



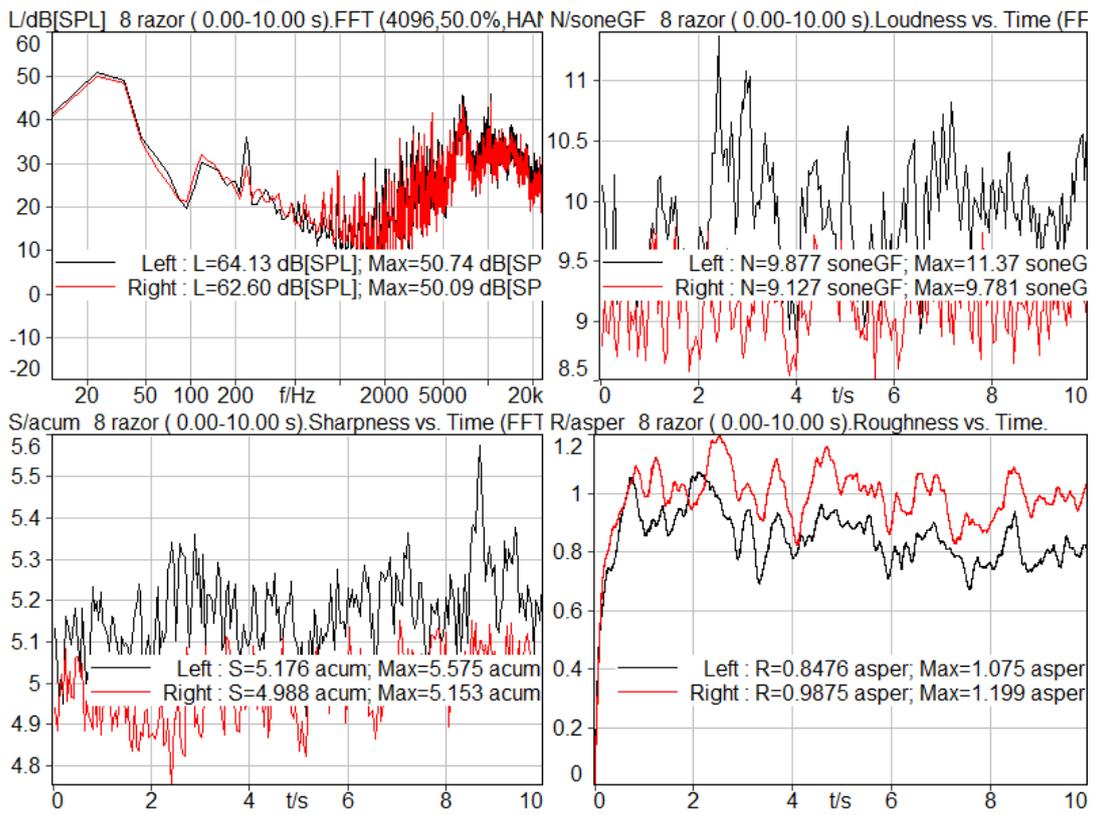
D.24 吸塵器之頻譜圖及心理聲學參數大小



D.25 抽油煙機之頻譜圖及心理聲學參數大小

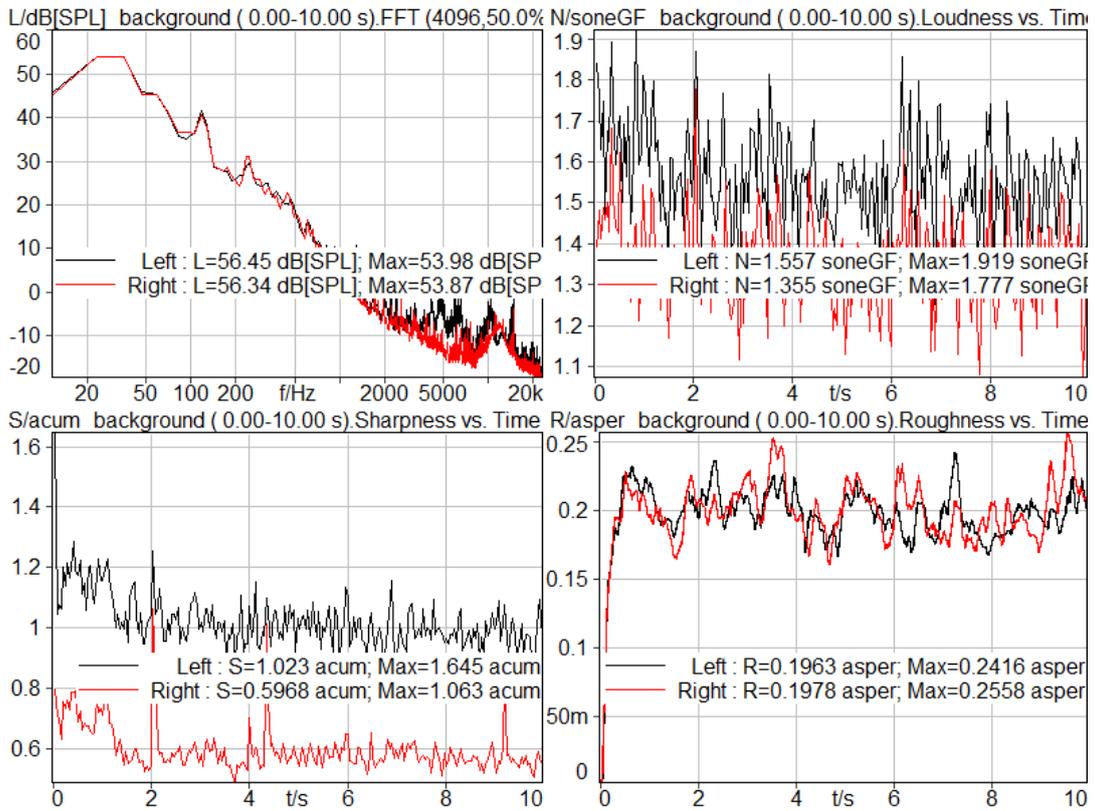


D.26 電風扇之頻譜圖及心理聲學參數大小

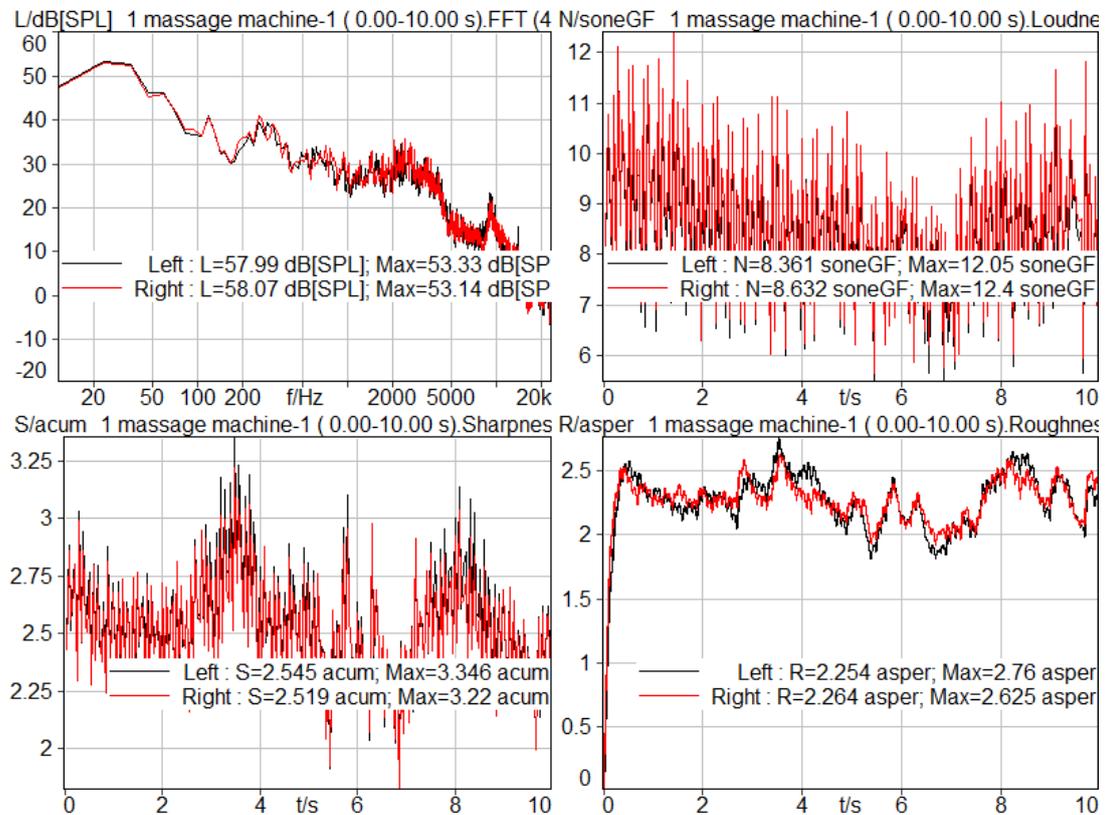


D.27 刮鬍刀之頻譜圖及心理聲學參數大小

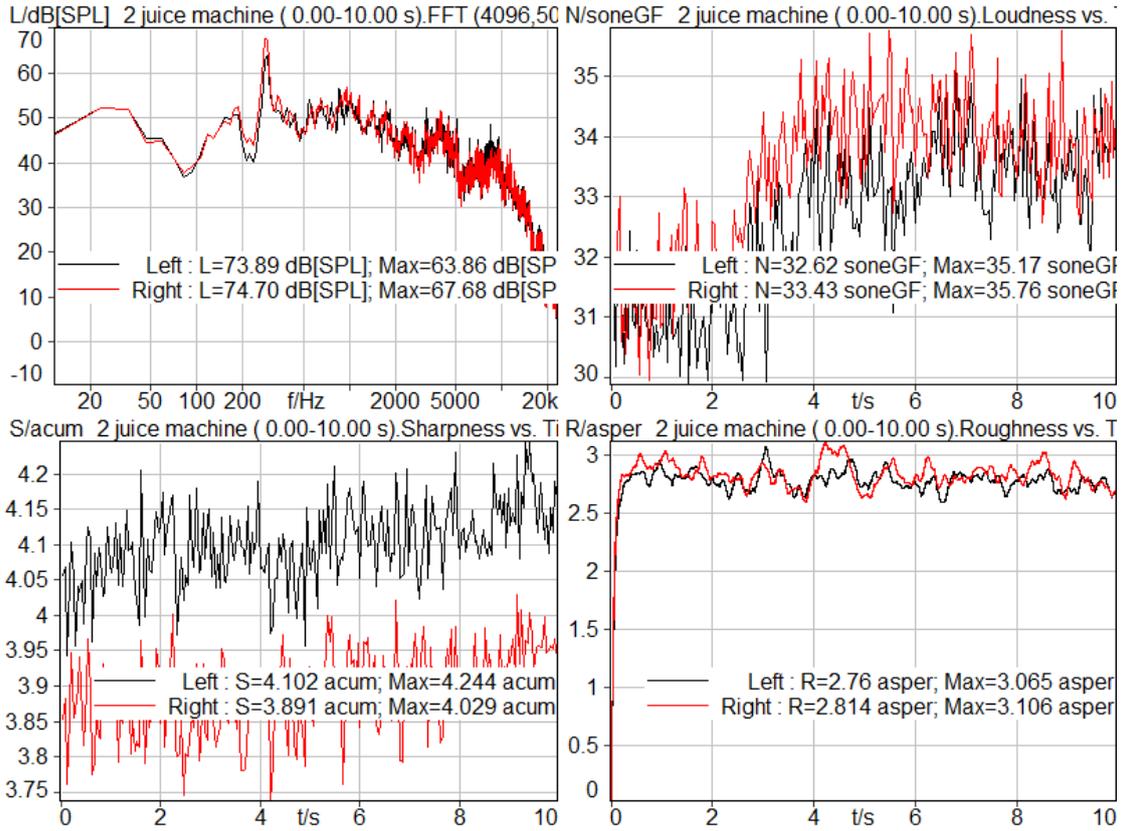
D. 中型會議室



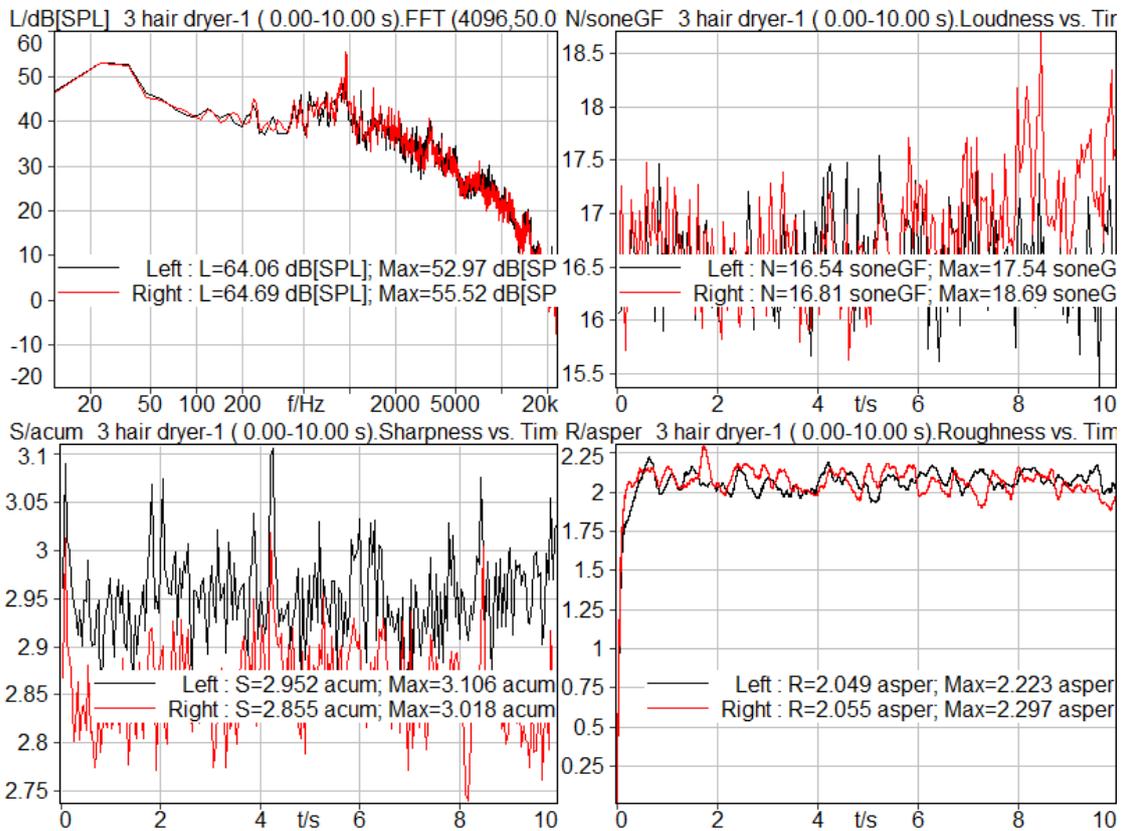
D.28 背景噪音之頻譜圖及心理聲學參數大小



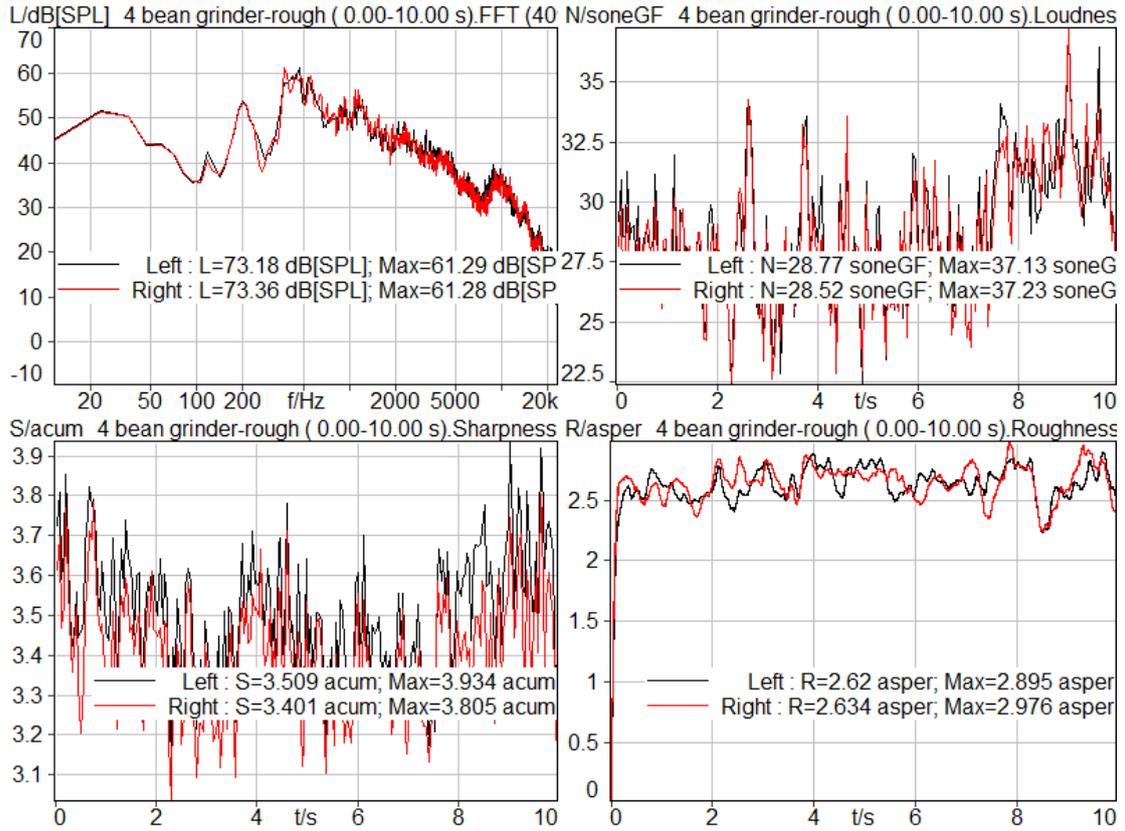
D.29 按摩棒之頻譜圖及心理聲學參數大小



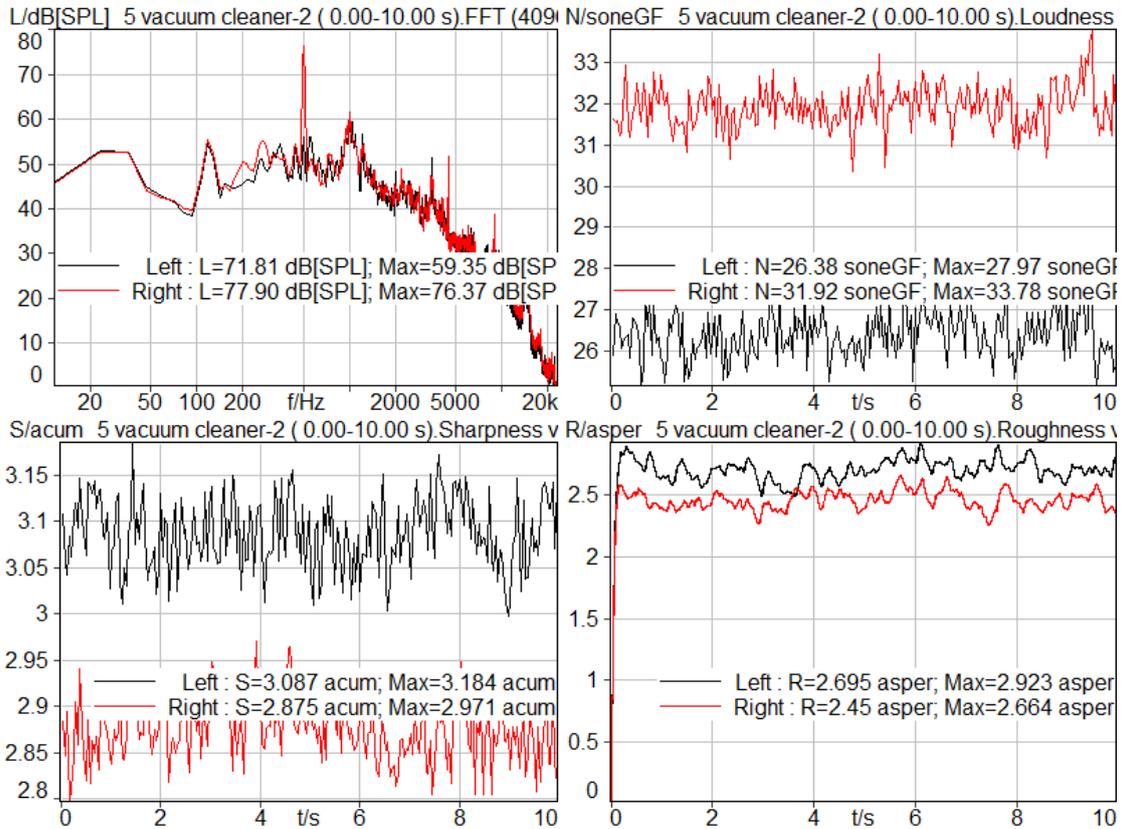
D.30 果汁機之頻譜圖及心理聲學參數大小



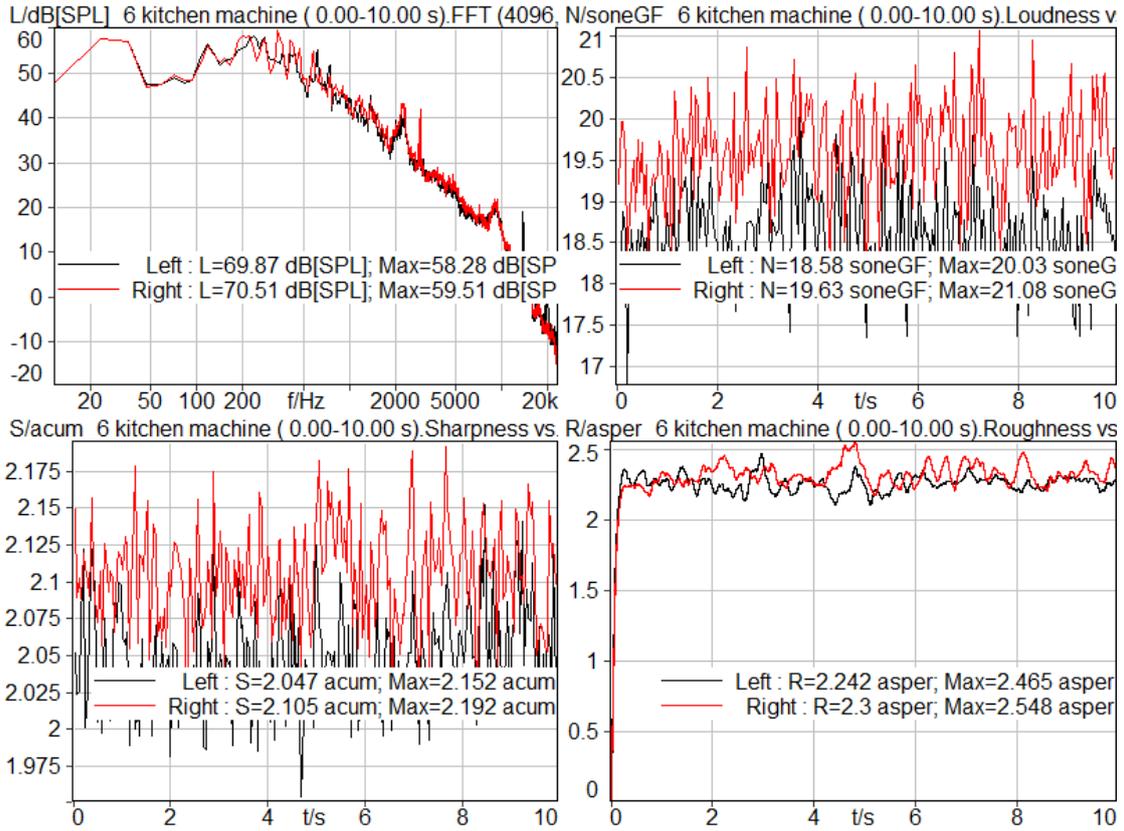
D.31 吹風機之頻譜圖及心理聲學參數大小



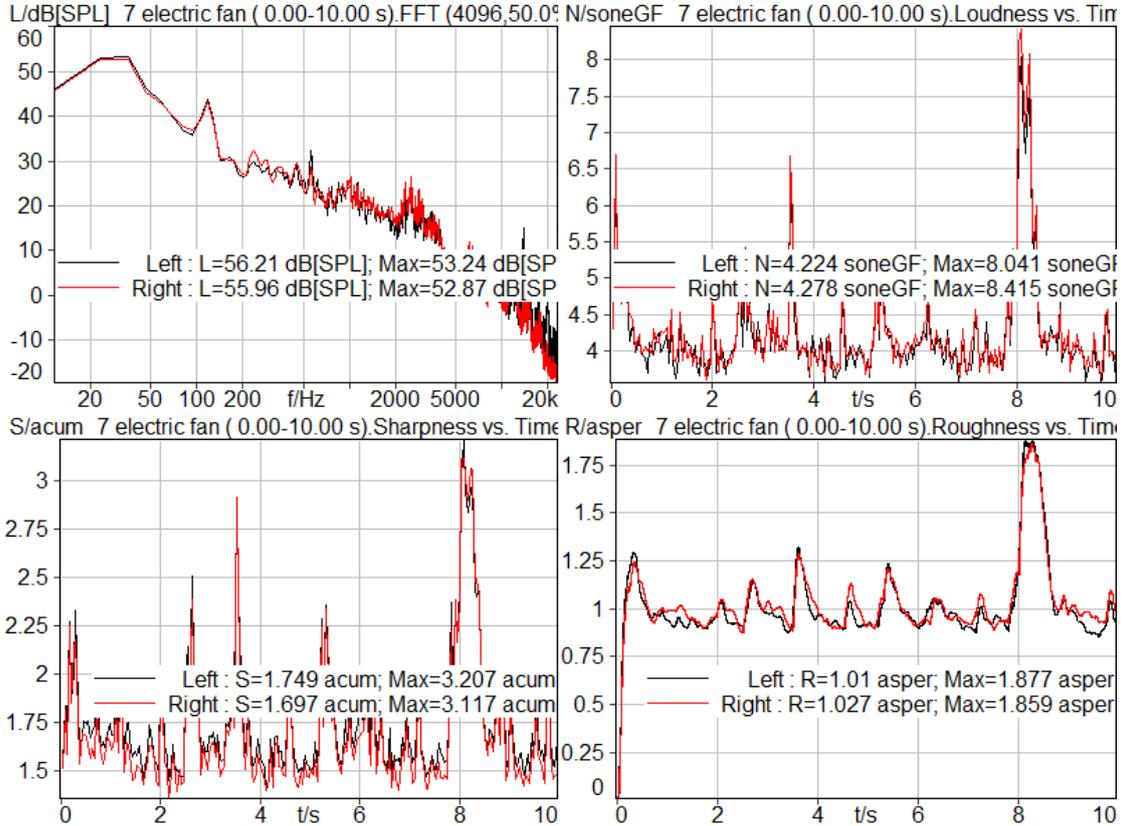
D.32 磨豆機之頻譜圖及心理聲學參數大小



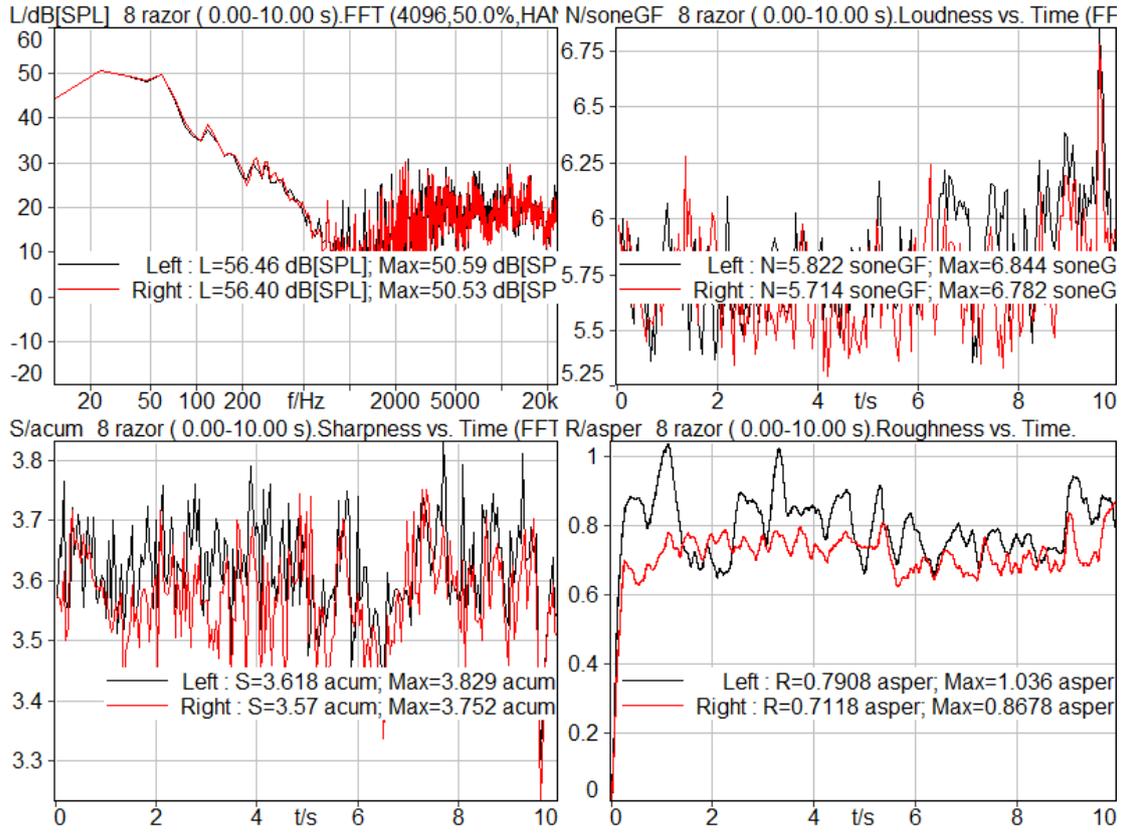
D.33 吸塵器之頻譜圖及心理聲學參數大小



D.34 抽油煙機之頻譜圖及心理聲學參數大小



D.35 電風扇之頻譜圖及心理聲學參數大小



D.36 刮鬍刀之頻譜圖及心理聲學參數大小

附件一、本年度歷次審查意見彙整表

1. 期末報告審查書面意見回覆與處理
2. 期末報告審查現場意見回覆與處理
3. 期中報告審查書面意見回覆與處理
4. 期中報告審查現場意見回覆與處理
5. 細部計畫審查書面意見回覆與處理
6. 細部計畫審查現場意見回覆與處理

1、 期末報告審查書面意見回覆與處理

審查意見彙整表

計畫名稱：居住空間舒適性檢測標準整合與開發(4/4)

100 年度 綱要計畫審查 期中報告 期末報告

建議事項	說明
A 委員	
1. 計畫執行進度大致與原計畫無差異，惟請說明期末報告第 10 頁中所載之工作項目比重、預定完成工作項目與實際完成工作項目之百分比在項目 2、3 中有些細項之百分比如 2a、2d、2e、3a、3b 不一致，其實際完成工作項目之百分比是否已達 100%？	在提交報告前（12 月 1 日）本計畫劃上有若干項目尚未完成，12 月 10 日（合約期限）以前已全部完成。
2. 期末報告第 11 頁中所載之實支金額為 2,396,000 元，與第 1 頁中所載之實支金額為 2,600 千元不一致。	11 頁中所載之實支金額為 2,396,000 元為提交報告前（12 月 1 日）之實支金額，12 月 10 日（合約期限）實支為 2,600 千元。將於修訂稿訂正。
3. 請說明期末報告第 203 頁中所載[1]~[3]文獻在報告中之何處被引用？	[1]~[3]文獻應於 p7 圖 2.1 之前引用，修訂稿將訂正。
4. 期末報告第 151 頁及第 152 頁圖 4.28 之上圖及圖 4.29 之上圖其標示之單位 (m/s) 明顯有誤，下圖之單位亦應為動量之單位。	將修訂稿依委員意見訂正圖中單位。
5. 請說明所完成論文之名稱及其摘要。	附件四有衝擊器等投稿論文或技術報告之名稱與摘要。
B 委員	
1. 本年度計畫執行進度與成果符合預期目標，計畫執行內容具詳細說明，值得肯定。	謝謝。
2. 計畫書報告摘要說明經費支用計 2600 仟元，支用率達 100%，唯實際支用經費為 2396 仟元，請再確認。	11 頁中所載之實支金額為 2,396,000 元為提交報告前（12 月 1 日）之實支金額，12 月 10 日（合約期限）實支為 2,600 千元。將於修訂稿訂正。
3. 本計劃所列之計畫完成工作，完成包括聲學功能儀器開發，建議宜詳細補充說明國際現行標準規範，以利評估所完成之檢測技術開發成果是否已達國際標準。	關於輕量衝擊器部分，目前國際並未有相關檢測標準，文獻蒐集得知最多只是國外實驗室內部自定測試方法。 對於本計劃標準草案研擬成果部份，此標準草案研擬是依據 CNS 編撰方式來執行，並藉由草案座談會與試審會的嚴謹討論來修訂草案內文，以符合草案條文與內容等用語標準化之原則。

建議事項	說明
4. 建議宜補充說明規畫未來本技術開發應用，以期提升本計畫執行之經濟效益。	依委員意見將於期末修正稿之第五章結論與建議補充說明。
C 委員	
1. 期末報告第三章的背景引言，部份地方的語氣有點像計劃書，例如 p.14 第二及第三段，可能是因從原來計劃書轉貼過來之故，建議應稍修改使其口吻較像總結整個計劃的期末報告。	感謝指正，並於報告中修正。
2. Jury test 部份有分一般受測人士及音樂專業人士兩個類別： <ul style="list-style-type: none"> ▲ 有關分類判斷之結果討論，僅包含響度與尖銳度的比較，粗糙度方面的比較為何？ ▲ 就語意區分測試法而言，一般受測人士及音樂專業人士兩個類別的測試結果是否吻合？ ▲ 兩個類別人士 Jury test 測試結果顯然有部份不相符，這是否意味相關的測試與受試者的訓練/專業有關，這現象對於本計畫希望建立一個國人聽覺感受與聲音品質主觀評價之數據資料庫是否有所衝突？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 問卷設計的概念因考量受測者聽過多噪音源必定會產生聽覺疲勞，因此經由比較配對法去比較各音源的不同容易有結果，但分類測試法一項須聽 12 個音源，2 項則要聽 24 個音源，受測者在聽覺上已非常有負擔，粗糙度更是難分辨的項目，再加上聽覺疲勞，且還有下一個語意區分需做答，基於此就選擇了響度及銳度做測試。 2. 語意的部分測試結果在各個向度是相符的，差別在於選項分數的高低差別，大致的選擇方向是相同的。 3. 在最主要的測試音源中，一般受測者與專業人士皆可選出最大最尖及最粗糙的，在主要選項部分是相符的結果，在建立資料庫部分應該建立不同族群的資料庫，在分類及受測人士都應該增加許多倍，也許數千人數萬人，分類更細等等考量，但在本計畫當中所建立的流程，已可以明確得到一些結果，足已說明本流程是可提供參考的流程。
3. p.150 第（四）點所建議後續工作的各事項，是否會在本計劃內完成，還是提出供委託單位參考。	該項目為本年度衝擊器性能測試作業項目之一，目前已完成該項作業，且整理於報告內文 p.167 4.4.13。
4. 有關樓板衝擊器部份的探討，報告中數處出現「鋼質」、「鋼性」等詞語（p.151-p.152），建議如相關材料為鋼，則直接稱之為鋼比較具體，用「鋼質」、「鋼性」稍嫌籠統。	依委員意見將文字用語統一，其內文「鋼質」或「鋼性」將修正為「鋼」。
5. p.165 提到尼龍彈性率之測試報告如附錄，但附錄中似乎漏去此一報告。	此點為期末報告製作疏失，將於期末修正稿附錄部份增加尼龍彈性率測試報告。
6. 期中審查意見曾提到報告中各圖如同時繪有數條曲線，不宜單用顏色區別，宜同時	附錄的各曲線色彩將在修訂稿中修正，謝謝。

建議事項	說明
採用不同線型以資區別，俾使用黑白印刷/影印時仍能清楚分辨，此點在期末報告中尚未修正（主要在附錄中之各圖）。	
7. 本研究開宗名義指出進行之一個重要目的為東西方人種體形與文化有顯著差異，不宜長期直接以國外之數據評估東方人之主觀感受性與接受性，本計劃完成收集了不少國人的數據，假如能針對此批數據與國外數據作一比較討論，說明差異何在及差異是否重要，對日後這方面的評估與研究應有莫大的幫助。	本計畫的實驗條件為智慧型居住空間內國人的聽覺感受測試，有其固定的實驗條件，若能有國外人士提供相關研究甚至建立和本計畫相同條件的實驗流程，定能有更精準及更具代表的數據，而本計畫的研究數據也只佔全體華人的極少數，期望能推動本流程，以取得更多的範本，建立出屬於華人的聽覺感受資料庫。
D 委員	
有關計畫內容問題與建議 1. 計畫團隊撰擬用心，對預定工作大多已完成。	謝謝！
2. 所提結論仿真人偶與麥克風經 A 加權仍無法真實表現人耳之室內空間標準值，是否可再研提較具體之建議以應實際需要，並可供未來實際量測之參考依據。	關於室內空間標準值採用仿真人偶推廣不易，建議進一步開發簡易類雙耳量測技術。
3. 結論 3-(6) 頻率反應特性顯示 500HZ 之反應描述，「有較大頻率響應」與後段「有明顯差異」所指事實為何？有何不同？	頻率反應特性顯示 500HZ 以下麥克風反應「有略大頻率響應」，500HZ 以上麥克風與仿真人偶頻率響應差異較明顯。文字將於修訂稿修順。
4. p.10 的表 2.2 項目 2，建築聲學量測儀器檢測技術研究有一個數字「36」未知有何實質意義？	抱歉，該數字為筆誤，應刪除。
5. 另 p.10 的表 2.2 項目 2 的工作內容 d 跟項目 3 的工作內容 a 實際完成比例都超出工作項目比重及預定完成，可加強說明超出之部分貢獻。	實際工作比預定工作多，不宜顯示於表，將於修訂稿訂正。
6. 建議在 p.30 的表 3.4 如可有一空間平面圖來表示空間、噪音源與仿真人偶及麥克風量測陳設位置三者間之關係，應可更容易了解。	謝謝！將於修訂稿納入。
7. 在 p.85 的 C 語意區分法部分，為何噪音源的選用語意區分內容為此六個，應可加以補充說明，以瞭解選用的意義。	在語意區分法選擇了 6 個向度，由 99 年度 20 人次的經驗可知，必須選擇語意清楚明白的選項，如緊張不緊張，粗還是鈍等等，如果使用貴或是便宜，易使受測者混淆，不知如何選擇，其次是必須考量受測者的疲勞感，由於語意為最後一個測試題目，大約為第 12 分鐘，受測者已感覺疲勞，因此不宜再增加

建議事項	說明
	選項。
<p>8.在 p.117 的四之計畫重點有兩點，一為聲學仿真人偶與聲學量測儀器規格功能測試技術研究開發，另一為樓板衝擊性能測試及檢校技術研究開發，建議於 4.3.1 節可以整理歸納提出第一點測試技術完整的研究開發成果敘述，另 4.4.16 節可以整理歸納提出第二點測試及檢校技術完整的研究開發成果敘述，以供後續想要進行延續或其他相關研究者，可清楚瞭解整個研究過程與實際成果之參考。</p>	<p>依委員意見將於期末報告修訂稿中整理歸納樓板衝擊性能測試及檢校技術研究開發成果。</p>
<p>一、有關報告書格式與撰寫誤繕問題與建議</p> <p>1. 報告書內容格式、錯別字與誤膳文字內容，請於結案報告修正，茲列舉部分如下：</p> <p>(1) 在目錄的 3.4、4.3.1、4.4.12、4.4.13 的字型大小設定較大，另附錄 A 的名稱 NCNR 曲線表應為「NC/NR.....」。</p> <p>(2) 在圖目錄的圖 4.29、4.31 名稱應為「尼龍.....」。</p> <p>(3) 在 p.11 第 2.4.2 的第 1 段文字中，建議後續應將文字修改為符合期末及結案的文字寫法，例如「由學會先行預支處理、預計於 11 月 25 日前.....」等。</p> <p>(4) 在 p.30 之 3.3.2.2 的第 1 段第 4 行，「...室內噪的來源」，應為「...室內噪音的來源」或「...室內噪音源」，另表 3.4 陳設欄之第二列「沙發處」應為「沙發處」。</p> <p>(5) 在 p.34 的(e)討論第 3 點第 2 行及第 6 點的「，」符號應為全型，另第 4 點第 5 行「由此可知在」應為「由此可知」，第 9 點第 1 行「語義測試...」應為「語意測試...」。</p> <p>(6) 在 p.36 的 3.4.1 之第 2 段第 6 行的「，」符號應為全型，另第 3 段第 4 行「因此預計於...」，因為期末或結案報告，建議「預計」可刪除。</p> <p>(7) 在 p.84 的 3.8.4 之第 1 段第 7 行的「；」符號應為全型。</p> <p>(8) 在 p.85 的 B.分類判斷法第 1 段第 2 行「噪音做心參數...」是否應為「噪音做心理聲學參數...」。</p>	<p>謝謝！</p> <p>將於修訂稿訂正。。</p>

建議事項	說明
<p>(9) 在 p.117 的 4.1 第 1 段第 2 行文字中，建議「本計畫將於 99 及 100 年內」刪除「將」，以符合期末及結案的文字寫法。</p> <p>(10) 在 p.131 的 4.3.1 結果摘要的第 1~5 點的文字，其字型大小有不一致之處。</p> <p>(11) 在 p.132 的 4.4.2 第 1 行及 p.180 的 4.4.16 第 1 行，本計畫之「計劃」應為「計畫」。</p> <p>(12) 在 p.200 的 5.1 結論的 1.，「心裡聲學參數」應為「心理聲學參數」。</p> <p>(13) 在 p.202 的 5.2 建議第 1 段文字，其字型大小與其他段落不一致。</p> <p>(14) 建議再次全面檢視報告書中的圖與表，如係為引用之資料請補充資料來源以尊重智慧財產權，例如圖 3.1、3.2、3.3、3.4、3.5、4.12、4.14、4.15、4.16... 及表 3.1、3.2、3.3... 等有些似乎為引用資料。</p>	
E 委員	
1. 計畫執行進度、成效良好值得肯定。	謝謝肯定。
2. 第 48~54 頁，4 個空間之「背景噪音」量測條件為何（音源、門窗開啟、量測時間、頻率範圍..等），背景噪音量測值均偏高，在迴響室 70dB、音樂廳 68dB，與第 46 頁所述吸塵器開啟狀況之音量相當，請補充說明。	背景噪音的量測都是在關窗關空調,使現場保持安靜的配置之下量測的，本數據表示為 SPL，若經 A-weighting 計算則該空間之噪音值為正常，表示在該空間中的低頻雜訊或交通噪音的影響很大。吸塵器是在小空間量測，且距離為 1.5 公尺，屬近距離的量測吸塵器直接的聲源。
3. 第 63 頁，迴響室時間 T_{30} 在 4 kHz Mic 測值達 37、42 秒，中型音樂廳在 8 kHz 達 9 秒，建議再行核對確認。	因該空間較大，空間中可能存在有許多雜訊使得量測系統在自動計算迴響時間誤判為音源訊號，本組量測資料將再確認。
4. 名詞建議依 CNS 標準，殘響時間→迴響時間；吸收係數→吸音係數。dBA→dB(A)。	謝謝指教，並依建議修正。
經濟部標準檢驗局第四組	
1. 截至 12 月 1 日止，本計畫之執行實際進度達 100%，年度經費 2,600 千元，實際支用 2,396 千元，經費實際支用比例 92.15%，執行成果符合預期目標。	謝謝！ 截至 12 月 10 日計畫截止日，出經費為 2,600 千元，經費實際支用比例 100%。
2. 本年度依契約之規定，請執行單位應提報本計畫全程成果效益報告及全程執行報告，並配合辦理全程績效評估審查。	本計畫全程成果效益報告及全程執行報告將另外提送。

建 議 事 項	說 明
3. 99 年度及本年度完成之 2 項國家標準草案於計畫結束後請續配合協助本局第一組國家標準制定相關作業程序。	本研究團隊將續配合協助第一組國家標準制定相關作業程序。
4. 期末報告中請補充說明本年度預定及實際完成工作成果之量化一覽表，並表列相關論文及報告之名稱及摘要。	遵囑，將補充說明本年度預定及實際完成工作成果之量化一覽表，並表列相關論文及報告之名稱及摘要。

2、 期末報告審查現場意見回覆與處理

<p>1. 尼龍材料之恢復係數與衝擊速度有關，以 CNS 6483 所測得 μ 值與本案衝擊計算之 μ 值可能有差異，因為兩者的落下條件並不相同，衝擊速度可能不同。</p>	<p>查詢 SGS 依 CNS 6483 所測得 μ 值之落下高度條件為 10 cm，經計算 4 cm 與 10 cm 兩者速度分別為 0.886 m/s 與 1.079 m/s，其差異值為 1.58 倍。就尼龍材料性質而言，因兩者條件所獲得之衝擊速度都屬於低衝擊速度，且在兩者差異值不大的情形下，其對 μ 值的影響並不會太大。</p>
<p>2. 根據報告書中說明麥克風及仿真人偶是有差異的，表示麥克風需要加上人因的考量，是否能就人因參數加以說明？</p>	<p>由實驗結果來看，麥克風和仿真人偶在各個空間進行量測的結果確實是不同的，因此在聲音品質量測上採用仿真人偶才能充分表現實況，唯仿真人偶價錢昂貴，不易普及。因此本團隊期望能開發出類雙耳量測技術，加上人因參數，取代部分仿真人偶功能。以提高量測品質。</p>
<p>3. 由頻率反應特性顯示 500Hz 之反應描述，500Hz 以下麥克風「有較大頻率響應」與 500Hz 以上麥克風與仿真人偶差異較大，應有說明。</p>	<p>仿真人偶模仿人耳之耳道，500Hz 以上聲音在耳道空間的迴響與自由聲場不同，500Hz 以上麥克風與仿真人偶量得之聲音頻譜差異較大。</p>
<p>4. 報告書中的實驗結果，在小套房和中型會議室幾乎室內空間坪數大小相同，但為何中型會議室的量測值明顯低了許多？</p>	<p>此二空間大小相似但其內部配置差很多。小套房的現場有家具，由報告書的圖中所示，現場有沙發電視及櫃子等等家具，屬擁擠的空間，因此聲源容易有反射，反射音的疊加，其聲壓值會較大。中型的會議室現場只有桌椅且其空間寬敞，在量測過程反射情況較小，其量測聲壓值較小。</p>
<p>5. 期末報告是 100 年期末報告或 99 年與 100 年期末報告應予以釐清。</p>	<p>本期末報告為 100 年期末報告，修訂稿將敘明。</p>
<p>6. 由回覆意見來看，研究團隊誤解了本委員的意思，意見中提到東西方人種體形與文化有顯著差異，不宜長期直接以國外之數據評估東方人之主觀感受性與接受性，並非要研究團隊找出外國人的數據來相互比較，而是希望能善用研究團隊量測出來的數據，假如能針對此批數據與國外數據作一比較討論，說明差異何在及差異是否重要，對日後這方面的評估與研究應有莫大的幫助。</p>	<p>有關聲音品質，在國內量測數據較少，業界皆引用國外數據。本研究為一開端，旨在建立 jury test 模式，開始逐漸建立華人的資料庫，未來還有許多工作必須完成。本計畫將嘗試找國外數據來作比較討論。</p>
<p>7. P.167 章節架構應有調整。</p>	<p>謝謝指教，並依建議修正。</p>
<p>5. 從 100 年度的期末報告書來看，本計畫全程計畫似乎失焦，在標檢局的立場應該是希</p>	<p>本計畫係延續工研院所擬定之四年計畫，略加以修訂，本團對並未被告知此種期待，如</p>

<p>望能建立一套量測標準與校正方法，以配合智居之聲、光、電、氣與噪音之感測與量測，重點應放在如何量測，如何追溯儀器校正等。</p>	<p>重點在量測方法與校正技術之開發，是較為單純，也較容易有成效。針對量測聲音品質而言，本計畫之研究內容仍為不可或缺。</p>
--	---

3、期中報告審查書面意見回覆與處理

期中報告審查意見處理

審查意見彙整表

計畫名稱：居住空間舒適性檢測標準整合與開發(4/4)

100 年度 綱要計畫審查 期中報告 期末報告

建議事項	說明
A 委員	
1. 報告中各圖如同時繪有數條曲線，原圖可能是以不同顏色作為區別，但在黑白的影印稿中，卻變成無法區別，建議除顏色外，同時採用不同之線型（如不同週期之曲線）以資辨別。	將於報告中更改線型以資區別
2. 3.6 節之重點在比較仿真人偶與麥克風量測值的差異，同時透過加權與心理學參數，以進一步準確地描述人耳感受，目前報告及附錄中詳細呈現了各種量測數據，顯示進行了非常詳細的探討，但作此探討的主要目的為何未能清楚交待，又經此探討後，得到的結論為何，亦應詳細說明，後者無法以所陳列的數據所取代。	針對各個量測數據，及實驗的目的及結果，將會加以詳細探討，並於後續的進度報告中新增各個說明。
3. P85 撞擊錘 $500g \pm 12g$ ，與前面附錄 A 之 $500 \pm 3g$ 及 $500 \pm 6g$ 不同，是否有誤？	1. 確認此處筆誤，將修正為 $500 \pm 3g$ 。 2. 附錄 A 之 $500 \pm 3g$ 及 $500 \pm 6g$ 對於衝擊速度允許偏差會有所不同，其 $500 \pm 3g$ 為 $0.886 \pm 0.22m/s$ ； $500 \pm 6g$ 為 $0.886 \pm 0.33m/s$ 。
4. P97 利用量測衝量推定落錘速度，其中需要一反彈係數 μ ，目前似乎未有準確方法量測此參數，然則如何以所提出的方法對衝擊源是否能符合 ISO 要	1. 反彈係數 μ 量測是依 CNS 6483 3.8 節反彈率試驗來進行，其進行檢驗單位為 SGS 材料實驗室。 2. 本法屬接觸式測試法，故此點將於衝擊

建議事項	說明
求？日後如要採用此一技術作為檢驗標準，要如何進行。	器性能簡易測試法草案中訂定受衝擊面之反彈係數 μ 值範圍，以利後續不同測試單位可在相同條件下進行檢測。
5. 4.4 節也如上述第 2 點只詳細陳述了各項實驗工作的結果，但針對當初規劃這些工作的目的，究竟達成了那些結論，建議應詳細說明。	4.4 節所描述之各項測試結果屬驗證本法之可行性與正確性等目的，其最終成果將研擬「樓板衝擊器簡易性能測試技術標準」，有關此點建議將於後續補充結論說明。
B 委員	
6. 計畫執行進度大致與原計畫無差異。	謝謝！
7. 期中報告中並未說明計畫預算支用情形。	將於報告中補充。
8. 請說明受衝擊面材反彈係數為何會影響測試所得之速度？	因本性能檢測方式是採取接觸式測試法，故錘頭落下撞擊受衝擊面時，於落下運動過程中會產生一反彈現象，影響此現象的因素來自於受衝擊面材。以規範 $0.886\pm 0.22\text{m/s}$ 而言，此數值是假設錘頭於 40mm 處自由落體而下時，其末速度的理論計算結果。承上述，故應用本法測試時，則需將此因素考量在內。
9. 期中報告第 14 頁圖 3.4、第 23 頁圖 3.6、3.7 所示之文字或數字過於模糊。	將於報告中改圖片,謝謝指教
C 委員	
1.本研究期中報告進度符合計畫目標值得肯定。	謝謝！
2.本研究應先定義何為「居住空間聲音健康舒適性」及國內外對應適用之評估指標為何。	將於報告中增加國內外對於居住空間聲音健康舒適性的評估指標做探討。
3. p.30 本研究探討室內聲學指標為 NC/NR、迴響時間，是否能代表室內	由於 NC/NR 為量測聲音壓力位準，而迴響時間則與室內吸音率及容積有相關，此

建議事項	說明
聲學性能。	二參數皆以物理聲學性質為基準，在人的聽覺感受上，應加上各項心理聲學參數做為評估標準之一，相信必能更貼切表示室內聲學性質對於人耳聽覺感受。
4. p.33 請補充建材吸音係數引用的資料來源。	引用之參考資料來源： http://www.sae.edu/reference_material/pages/Coefficient%20Chart.htm
10. 仿真人偶與麥克風量測之差異請再進一步說明。	將於報告中以 NC/NR、殘響時間及 A-weighting 與心理聲學參數進行二者差異的說明。
11. 進行實驗的空間，其聲源位置及量測位置建議以平面圖表示。	將於報告中增加量測聲源及量測位置之平面圖
12. 人的談話聲是否作為測試音源。	由於談話的聲源無法固定其聲壓位準及各項心理聲學參數，因此本計畫使用固定物理聲學性質及心理聲學參數的噪音源，以固定噪音源於不同的室內空間所產生的不同響應做為量測目的。
13. 3.7 本年度 Jury test 之 100 名受測者如何篩選，是否具代表性請補充說明。	100 名受測者將選擇 30% 的聲學及音樂專業領域人士，例如音樂系教授、鋼琴老師及聲學工程師，其餘 70% 則均勻分佈各年齡及職業例如行政人員、勞動工作者或是青少年皆為受測對象。
14. p.59 問題選項用語：極端的多、多... 建議再考慮斟酌。	謝謝指教，將於 jury test 問卷設計予以改進。
15. p.61 第 3 題、第 4 題及第 6 題，語意不清請說明或修正。	問卷為播放音源後，受測者根據當時感受做答，且將於測試當時，詳細對受測者做進一步說明。
16. 本研究人體生理量測系統為何，請補充說明。	人體生理量測系統以超出本研究範圍。
17. 本研究擬進行測試之三標準輕量衝擊源是否具有代表性，廠牌與出廠年	後續擬進行測試之三標準衝擊器之廠牌分別為 B&K*2 台與 BSWA*1 台，詳細

建議事項	說明
代是否影響測試結果，請說明。	資訊如下： 1. 商借單位為海洋大學振動噪音研究室，設備廠牌 BSWA TM002。 2. 商借單位為雲林科技大學室內設計系，設備廠牌 B&K 3204。 3. 商借單位為內政部建築研究所聲學實驗室，設備廠牌 B&K 3207。
18. 4.4.3 節與 4.4.5 節部分內容重覆建議修正。	謝謝指導！遵照辦理
19. 聲學名詞建議引用 CNS15160 系列標準，並於本研究中統一用語，例如迴響時間、聲壓位準等。	謝謝指教，將於報告中統一專用名詞用法
D 委員	
一、有關計畫內容問題與建議 8. p.3 計畫目標，並未看到本計畫今年度具體目標，只有列出工作內容，並與 p.4 第二章 2.1 之本年度工作內容相同。	謝謝指教，將於報告中補充。
9. 在 p.6 的 2.3 預定進度及查核點及執行狀況中，所附的表及 p.7 的查核點說明，時間跟完成內容與表格部分進度及時間難以對照。另在 p.7 完成工作項目狀況表中，工作內容編號有重複部分；並且在項目 2 部分，對照 p.6 的工作進度表，缺少一項「三種樓版衝擊器性能測試驗證」之狀況，建議應把 p.6 表、p.7 查核點說明及完成工作項目狀況表，三者重新對照整理。	謝謝指教，將於報告中修正。
10. 在 p.8 第三章的標題，「舒適居住空間舒適性能聲學特性測試標準-聲學仿真入偶於健康舒適音環境之應用技術研	謝謝指教，將於報告中修正。

建議事項	說明
<p>究開發」，與 p.3 及 p.5 工作內容（一）名稱「健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法（延續）」，其 1.1 為「聲學仿真人偶於健康舒適音環境之應用技術研究開發」，建議標題名稱一致化。</p>	
<p>11. 本計畫係為探討居住空間舒適性檢測標準整合與開發，因此在 p.34 之第 3.4.4 小節，實驗之室內空間選擇為專業聆聽室、迴響室、小劇場及中型音樂廳，這 4 個空間與居住空間之類型相差甚大，都非一般日常生活常接觸使用之空間，以此所測得之數值未來如應用在實際量測居住空間時，是否會有落差？僅在 p.34 說明選擇迴響室之用意，至於另選擇其他 3 種空間之用意，以及是否已充分考量小劇場及中型音樂廳本身音環境應經過設計處理，所量測之數值是否具代表性，建議應再加以說明。另為何不選擇實際居住空間常接觸使用之室內空間，亦請加以補充說明。</p>	<p>本計畫目的在探討麥克風及仿真人偶在儀器特性上的差異，故須先在麥克風及仿真人偶的差異上做探討，而專業的聆聽室為一般業界模擬各種聲場使用的場地，其具有固定的室內特性，例如固定的室內吸音率及容積，而展演空間也是經過設計的空間，且由台大小劇場或是中型音樂廳可提供該場地之殘響時間，且其室內的喇叭經過調整，整個聲場必定較其他室內空間均勻，因此使用已知條件較多的室內空間，才能驗證儀器的特性，而驗證的音源特性為單一音源及隨機音源的差異，唯有儀器特性的確認後，再進行下一階段的量測。</p> <p>在第二部分的 jury test 部分，目前選擇了高級豪宅、一般住宅、小套房及一間中型的會議室，皆為實際住宅空間，jury test 的量測也包含了物理性的參數如 dB、dBA 因此量測的範圍是廣泛的。</p>
<p>12. 另在 p.39 之 3.5.2 小節，亦在該 4 個空間中，也以抽油煙機作為室內空間的噪音源作為測試音源，在這些空間測試抽油煙機之音源，其意義及所測得之數據所代表為何？並且在 p.41 之 C.量測位置：「根據噪音管制標準，測量地點為</p>	<p>使用抽油煙機可代表室內噪音源之一亦可代表 random 的訊號，因為大多數的室內噪音皆非單頻音，因此必須量測 random 音源在室內空間的分佈為何。</p> <p>本實驗在量測時，仿真人偶及麥克風離地 1.2 公尺且噪音源亦選擇固定的距</p>

建議事項	說明
<p>室內時，聲音感應器應置於離地面或樓板 1.2 公尺至 1.5 公尺之間。於陳情人所指定其居住生活之室內地點測量，並應距離室內最近牆面線 1 公尺以上」，但在倒數第 2 行「...因此在實際測量時，仿真人偶位置距地面高度為 1.2 公尺，喇叭或抽油煙機應距離仿真人偶 1.5 公尺，離牆面要 1 公尺以上。」為何喇叭或抽油煙機訂定為 1.5 公尺？且規定指離室內最近牆面線 1 公尺以上應該是指聲音感應器（仿真人偶）而非噪音源，請再查明釐清。</p>	<p>離 1.5 公尺做為量測的統一標準，除了專業的聆聽室為 2.5 公尺乘 3 公尺為較小的空間，無法符合噪音源離牆面 1 公尺以上，其他的室的空間皆符合噪音源離牆面 1 公尺的規定，而噪音源選擇 1.5 公尺則是較為適合的距離，不致因離太近，有空氣流動產生的風速噪音，也不會因太遠而使量測的聲壓值太接近背景音，因此 1.5 公尺為最適合的位置。</p>
<p>13. 在 p.56 之 3.6.3 小節，台大小劇場及中型音樂廳，都因喇叭之最大輸出有限制，無法取得殘響時間的量測，因此是否會影響後續作業，亦應一併考量，並且全文未檢附台大小劇場的量測結果，請補充。</p>	<p>在台大小劇場及中型的音樂廳，因喇叭受限，及該場地之背景噪音值差距無法衰減 RT60 的 60dB 及衰減 30dB 的 RT30 的殘響時間，因此預計更改殘響時間的計算方法，將於台大小劇場進行 RT20 的殘響時間計算方法。</p>
<p>14. 在 p.58 之 3.7 節中，以預定進度來看，應完成 Jury test 之執行規劃，且有關問卷內容檢討與設計亦應已完成，但未附完整之問卷調查設計內容，無法判斷問卷內容之妥適性。</p>	<p>問卷設計於軟體中，將截錄畫面於報告頁中。</p>
<p>15. 在 p.89~p.90 之 4.4.5 小節，三段之文字內容多與 p.85 之 4.4.3 小節三段文字重複，建議此兩小節可加以整併，或 4.4.5 小節之原則應另行撰寫相關文字較為妥適。</p>	<p>謝謝指教，將於報告中整併。</p>
<p>二、有關報告書格式與撰寫誤繕問題與建議 2. 請於附錄檢附各階段之審查意見及執</p>	<p>謝謝指教，將於報告中列入。</p>

建議事項	說明
<p>行單位對於意見之回應與處理情形，俾利瞭解各階段所遭遇之問題及解決處理情形。</p>	
<p>3. 報告書內容錯別字與誤謄文字內容，請執行單位於下次審查報告產出時一併檢核修正，茲列舉部分如下：</p> <p>(15)在 p.3 工作內容（二）工作重點 a. 「...繼續下列三項技術之開發。」是否應列出該三項技術之名稱；另 c. 「繼續成樓版衝擊器性能測試...」，是要繼續或是完成？</p> <p>(16)在 p.7 表上方文字「...完成工作項目「如」狀況...」，多一個「如」。</p> <p>(17)在 p.9 到數第二段「關於 Jury Test，「將」先期將以群體...」，多了一個「將」字。</p> <p>(18)在 p.16 倒數第 4 及 2 行，簡體字之「銑」床，應為「銑」床。</p> <p>(19)在 p.19(5)建築聲學，前段倒數第 2 行「條件為「最著」最顯著...」，多了「最著」，倒數第 10 行「結「過」強調...」，應為「果」。</p> <p>(20)在 p.58 (a) 室內空間的選擇：「本年度 jury test 之工作內容在室內空間上的選擇預計為.....，故本年度預計沿用此 4 個室內空間。」是第一個「本年度」應為「99 年度」，或是「預計沿用」應為「預計採用」？</p> <p>(21)在 p.58(b)Jury test 之噪音源及量測位置，第三行「...離地面 1 公尺至 1.5 公尺之間位置...」，「1」公尺應為「1.2」公尺...。</p>	<p>謝謝指教，將於報告中修定。</p>

建議事項	說明
<p>(22)在 p.89 之(七)、(八)、(九),應為(六)、(七)、(八)。</p> <p>(23)在 p.96 之倒數第 2 行,本年度計劃,「計劃」應為「計畫」。</p> <p>(24)在 p.100 之第 1 行(如圖 4.32 與 4.35),應為(如圖) 4.33~4.35)。</p> <p>(25)在 p.105 之第 1、2 行,p.107 之第 3 行,在 p.109 之表 4.7、圖 4.37、4.38,本計劃,「計劃」應為「計畫」。</p> <p>(26)在 p.122 之 5.2 節下一階段主要工作項目,第一點跟第三點內容一樣,係重複置放。</p>	
<p>三、有關預定人力與經費需求部分之問題與建議</p> <p>1. 本次報告書中無檢附人力與經費需求之資料內容,因此無法瞭解有無問題與無法提供相關建議。</p>	<p>謝謝指教,將於增列於報告中。</p>
<p>E 委員</p>	
<p>1. 該計畫「居住空間舒適性檢測標準整合與開發計畫」,主要內容在健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法、環境物理與人體生理量測系統之介面整合、研擬標準草案等方面。預定執行進度 47%,實際執行進度 53%,計畫執行與原計畫大致相符。</p>	<p>謝謝!</p>
<p>2. 未附經費使用狀況,宜補充說明預算支用情形。</p>	<p>謝謝指教,將於增列於報告中。</p>
<p>3. 查核點宜具體量化。</p>	<p>謝謝指教,查核點宜以完成工作項目為清點對象。</p>
<p>4. 請說明對受試者是否有教育,如何分辨</p>	<p>為讓受試者了解,心理聲學參數的意義,</p>

建 議 事 項	說 明
P.61 問卷中每個形容詞的不同點。	將準備試錄資料，讓受試者在測試前先行聆聽，以掌握試驗問卷的意義。
5. 建議宜將開發技術擴散至各空間及行業。	本計畫執行過程與建築業、IC 及家電業有互動，預期本計畫可應用於相關產業。

4、期中報告審查現場意見回覆與處理

審查意見彙整表

計畫名稱：居住空間舒適性檢測標準整合與開發(4/4)

100 年度 綱要計畫審查 期中報告 期末報告

建議事項	說明
A 委員	
1. 本計畫中所使用的儀器是否符合校正規定與程序?	1. 關於儀器的校正在仿真人偶是每年固定於 11 月份的第二周，由德國原廠到台灣進行仿真人偶的校正，而麥克風則是國內就可進行校正，目前使用儀器皆在一年校正效期內。
2. 樓板衝擊器檢校過程所用的尼龍承受體經 SGS 校正資料，未見鋼承受體校正資料。	2. SGS 反彈係數測試之衝擊頭為鋼製，SGS 不接受鋼質材料之測試，本計畫考慮承受衝擊體的多樣選項，將另選比尼龍剛硬，但比剛體小的衝擊承受體材料。
B 委員	
在 jury test 中，受測者的認知會因為教育程度的不同，而作答會有不同，要如何正視這個問題?而 jury test 又要如何推廣到各個階層?	本計畫因經費及時間有限，因此訂定為 100 人次，而在受測者的分佈有 100 名受測者將選擇 30% 的聲學及音樂專業領域人士，例如音樂系教授、鋼琴老師及聲學工程師，其餘 70% 則均勻分佈各年齡及職業例如行政人員、勞動工作者或是青少年皆為受測對象。最重要的是如何建立 jury test 這個流程，一但流程固定，使用的儀器統一，將來要擴充範本是可行的，因此，在今年度，期望可完整建立整個的流程以利日後擴充到更多的受測者，更可大量的收集有效的受測樣本。
C 委員	
1. 本次簡報使用桌上型喇叭播放音源，請問是否考慮失真的問題?	1. 簡報使用桌上型喇叭播放音源只是表示聲音樣品，會有失真。在執行 jury test 過程之錄音回放則保持高度原音重現。錄音回放失真問題可以儀器上可以來克

建議事項	說明
	服。仿真人偶在收錄現場音源時，是依照人耳聽覺的感受去加權的，例如對仿真人偶施以極大的噪音如大聲敲銅鈸，當受測者戴上耳機進行原音重現時，肯定會受到震驚，因此在播放時已考慮到重現的問題。
2. 在 jury test 過程可否考慮聲音品質對於受試者心跳與脈搏等生理反應？	2. 聲音品質對於受試者心跳與脈搏等生理反應需再評估。
3. 樓板衝擊器簡易檢測方法，簡易之意義？	3. 簡易檢測方法之簡易指檢測方法中精密級、試驗室級、簡易級等分級中之簡易級。
D 委員	
1. 報告每個工作項目應將工作目標、工作內容與結果以及結論做完整呈現。	1. 謝謝指教，報告書將嘗試呈現每項工作之目標、成果及小結論。
2. 標準草案之目的與測試條件敘述應較精準呈現。	2. 謝謝指教，標準草案將對目的與測試條件敘述方式改寫。
E 委員	
1. 在本計畫中，台大小劇場及中型的音樂廳都有輸出上限的問題，此狀況是否會影響量測，而噪音源是否使用該場地的喇叭，還是自己帶去的喇叭？	1. 在台大小劇場是因為現場的喇叭受限，無法再提高播放的輸出音量，使得量測數據取得有困難，也因此才会有後者的中型音樂廳的量測，而中型音樂廳在建造過程已經過設計，包括殘響時間、喇叭輸出音源的均勻性，因此在中型的音樂廳可以取得完整且品質較好的數據，若為自行攜帶的喇叭在配置上恐不比現場的喇叭輸出功率，且位置的配置也不如音樂廳經過設計考慮的來的均勻。
2. Jury test 之空間應考慮一般生活空間，不應是特殊空間如劇場、劇院等。	2. 本計畫在心理聲學參數探討時，為凸顯不同場所聲音品質之特性，而選用特殊空間。在 jury test 所採用空間則為一般生活空間如住家客廳、辦公室等。
3. 室內噪音源建議考慮冰箱冷氣機等。	3. 謝謝指教，嘗試納入考慮。
經濟部標準檢驗局第四組	
1. 本計畫除了計畫中的標準化，也應考慮	1. 本計畫執行過程與建築業、IC 及家電

建 議 事 項	說 明
與其他單位與相關產業之互動。	業有互動，預期本計畫可應用於相關產業。
經濟部標準檢驗局第四組	
本計畫研究成果如能產出國家標準草案不用回到原執行單位（工研院）檢討，如有成果可與其他單位進一步接觸或合作者也可提出。	謝謝指教。

5、細部計畫審查書面意見回覆與處理

審查意見表

計畫名稱：100 年度「居住空間舒適性檢測標準整合與開發計畫」
 100 年度 細部計畫審查 期中報告 期末報告

委員書面審查意見

建 議 事 項	說 明
A 委員	
5. Jury test 之受測人員來源為何?希望不是只有研究生呼朋引伴,而應具有較廣泛的各年齡層及各階層之代表性	100 年度針對 jury test 受測者選擇，預計為 100 人次，其中 30 人為音樂系師生，屬音樂領域之專業人士，而在聲學領域則預計邀請 5 至 10 位的專家學者參與，其餘的受測者則選定各年齡階層與不同職業平均分佈。
6. 前期的 jury test 結果提到一些音源選擇不盡適當以致會結果有所侷限,本期計畫以方面是否有所改善,前後二期 jury test 結果要如何整合?	有鑑於 99 年度在音源上選擇及其配合的問卷試題語意的經驗,本年度在音源上的選擇必定進行嚴格的心理參數等級區分，語意的明確化，且根據音源特性設計適當的問卷試題。在正式測試前會製作示範音源,使得受測者明確了解各音源特性。 由於 99 年度及 100 年度之計畫具有相當的關聯性,可根據 99 年度 20 人次受測資訊對照 100 年度的測試結果，二期的測試結果皆屬重要,必定可整合出合理之結論。
6. P89 為預期成果,應不是指 99 年度	謝謝！此表格為抬頭誤植，計畫書將修定為 100 年度
B 委員	
一、有關計畫內容問題與建議 16. 計畫名稱為「居住空間舒適性檢	本計畫延續原為四年計畫之一部份，「居住空間舒適性檢測標準整合與開發計畫」

建議事項	說明
測標準整合與開發計畫」，今年計畫係延續前一年工作，只針對「聲音」的部分持續深入進行探討，不建計畫題目中之「檢測標準整合」。	標題加上(4/4)。
17. p.7 計畫目標中，工作內容第一項名稱與需求規範及 p.9 工作內容名稱不一致，且於 p.13 第三章章名名稱及 p.88 第七章預定完成工作項目之第 2、4 項名稱亦同樣有此情形，請檢視全文後一併修正，以符合需求規範書內容。	p.9 工作內容之名稱為 p.7 計畫目標下之本年度工作之子標題。相關之標題名稱將於計畫書修定稿訂正。
18. p.12 研究架構中，「標準草案」項下「室內環境聲音舒適度量測方法標準草案」是否進行研擬？請再確認。	原在「室內環境聲音舒適度量測方法標準草案」下分兩項，因經費刪減保留一項，該項標題將於計畫書修定稿訂正。
19. p.13 第三章計畫重點第 1 點，係探討聲學仿真人偶量測系統與單體麥克風對聲音評價之差異，但是在第三章之 3.1 節名稱不同，且僅在探討聲學仿真人偶，亦無探討單體麥克風以及探討兩者對聲音評價之差異等相關研究方向與內容。	針對麥克風和仿真人偶在聲音評價的比較，於 100 年度會以麥克風量測 SPL，而仿真人偶著重探討各個心理聲學參數，接著再共同探討，在何種的 NC/NR 等級下，SPL 大小再相對應心理聲學參數的大小，如此便可比較出麥克風的性能和仿真人偶量測心理參數在各自的特性上的對應性。
20. p.13 第三章計畫重點第 2 點名稱，建議 3.4 節名稱應一致，較容易對照與瞭解研究過程與內容。	謝謝指正，將於計畫書修定稿訂正。
21. p.43 第 3.5 節名稱與 p.13 第三章計畫重點第 3 點名稱也不同，但內容還是在進行 Jury test 研究且將會進行問卷調查，現有 3.5 節名稱較無法對應進行之研究內容。	謝謝指正，兩者將改為「聲學仿真人偶對國人聲音評價應用技術」
22. p.47 第四章計畫重點第 2 點，係探討樓板衝擊器規格功能測試技術研究開發，是否已含括檢校技術，因需	樓板衝擊器之檢校技術主要是對衝擊力或速度進行量測，以檢討是否符合 CNS 或 ISO 規範中針對衝擊器的機械性能規

建 議 事 項	說 明
<p>求規範書及 p.8 計畫目標、p.9 工作內容所提均為完成樓板衝擊器性能測試及檢校技術之開發，需再確認是否已有包含檢校技術開發，因於報告書 p.60~83 均與測試技術開發相關，未見檢校技術開發之內容。</p>	<p>定。故本計畫須擬定一套衝擊力或速度等參數之量測技術，並將其量測技術測得結果應用至 CNS 或 ISO 規範做比對，已期望達到對樓板衝擊器性能的檢校作用。本法旨在開發一簡易的衝擊器性能檢效方法，故檢效指標僅對衝擊力或速度等兩方面，並配合本法所提出之量測技術提出一份樓板衝擊器性能測試及檢校技術之文件。</p>
<p>23. 在 p.60 第 4.4 節名稱與 p.68 第 4.4.4 名稱一樣，如參照需求規範書及 p.8 計畫目標、p.9 工作內容，建議 4.4 節名稱調整修正為「樓板衝擊器性能測試及檢校技術之開發」。</p>	<p>遵照委員意見辦理，將 p.60 第 4.4 節名稱將改為「樓板衝擊器性能測試及檢校技術之開發」。</p>
<p>24. 在 p.83 第 4.4.8 名稱與內容一樣需參照需求規範書及 p.8 計畫目標、p.9 工作內容，調整名稱為「樓板衝擊器性能測試及檢校方法」標準，且內容可再依循研究過程與成果進行修正，並納入檢校方法。</p>	<p>遵照委員意見辦理，將 p.83 第 4.4.8 名稱改為樓板衝擊器性能測試及檢校方法」，此標準將依循本年度執行成果一併納入修正，並於樓板衝擊器性能測試及檢校技術之文件交代說明檢校指標的應用說明與檢校規範值。</p>
<p>25. 在 p.90 預定進度及查核點部分，建議工作項目應與 p.9 工作內容及 p.88 預定完成工作項目儘量一致，以利於計畫執行之參考及後續追蹤查核之對照。</p>	<p>謝謝指正，將於計畫修定本予以修正。</p>
<p>二、有關預定人力與經費需求部分之問題與建議</p> <p>2. 在 p.11 及 p.92 編列 2 名顧問，但在 p.93 工作分配中並無顧問資料，且於人事費部分僅編列顧問 1 人費用，請再確認。</p>	<p>計畫書修定稿將加入顧問資料，限於預算一位顧問同意不支薪。</p>
<p>3. 在 p.11 及 p.92 編列 2 名副研究員，但於人事費部分並無編列費用，請再</p>	<p>限於預算，兩名副研究員將由研究助理之預算支付，計畫書修定稿將予以訂正。</p>

建議事項	說明
確認。	
4. 在 p.11 及 p.92 編列 1 名行政秘書，但在 p.93 工作分配中並無行政秘書資料，且於人事費部分亦無編列費用，請再確認。	限於預算，行政秘書不編預算，將於本學會內部協商，由管理費支付。
5. 在 p.11 及 p.92 編列 4 名兼任研究生助理，但在 p.93 工作分配中並無研究生助理資料，且於人事費部分僅編列兼任研究助理 2 人費用，請再確認。	限於預算，只能編列兩位研究生，另兩位由其他計畫支應。
6. 在 p.11 及 p.92 編列 1 名研究助理，但在 p.93 工作分配中並無研究助理資料，請再確認。	限於預算，p.11 及 p.92 編列 1 名研究助理為其他計畫之助理，本計畫中協助辦理部份工作，不另支薪。
7. 在 p.11 及 p.92 出現研究助理、研究生（兼任）、研究生助理（兼任）等名詞，請確認後修正，並配合修正 p.93 工作分配及 p.94 預算之內容。	兼任助理或研究生將改為研究生助理，皆屬兼任，故以括弧註明。
8. 在 p.11 及 p.92 副研究員張淑華是否誤繕為陳淑華？另行政事務項下是否為兼任研究生助理誤繕為研究生？	陳淑華為張淑華之誤植，將於修正稿訂正。
9. 在 p.93 業務費總金額經加總後應為 1,165.5 千元非 1,195.5 千元；且項下 1. 聲學仿真人偶儀器設備租用，也非 40,000 元/月 x5 月之 400,000 元，40,000 元/月 x5 月應為 200,000 元，請再一併確認	經費編列部份錯誤將予以訂正。
三、有關報告書格式與撰寫誤繕問題與建議 4. 報告書內容錯別字與誤繕文字內容，請執行單位於各階段審查報告產出時，再行檢核修正。	謝謝指正。
5. p.41 倒數最後一行「本年」兩字重複；	謝謝指正，將於計畫修定本予以修正。

建議事項	說明
<p>p.43 第 3.5 節及第 3.5.2 名稱均多個「運」字；p.53 第 4.3 節名稱少個「量」字；p.81 第 4.4.7.6 之第一行，應為「如第 4.4.7.4 與 4.4.7.5 小節所述」等。</p>	
<p>6.p.63 第 4 篇參考文獻缺少作者姓名「黃彥學」。</p>	<p>謝謝指正，將於計畫修定本予以修正。</p>
<p>C 委員</p>	
<p>1. 本計畫擬採用力傳感器搭配阻抗變換器及雙積分電荷放大器之硬體配置來進行積分方式，或採用軟體積分方式，以獲取速度值測試結果。惟積分需先得知初始速度，且本計畫之衝擊面為尼龍，所量測之衝擊力可能包含黏滯阻尼力，亦即是否可由直接由衝擊力求得加速度？衝擊力與加速度是否為線性關係？請詳細說明本計畫如何由量測到之瞬間衝擊力得到速度。</p>	<p>1. 牛頓第二定律 $F=ma$ 可知，在質量一定的情况下，加速度與力兩者應成線性正比關係。其質量 m 實際上就是鉗頭的質量，則 m 是一固定值，所以只要測試 F，就可以知道 a，衝擊器的垂頭質量是 0.5kg，所以 $a=2F$。</p> <p>2. 論上衝擊器鉗頭落下假設是自由落體，但實際上量測衝擊力會受到衝擊器或衝擊面之阻尼干擾，因此造成量測多少有誤差。而 CNS 或 ISO 規範之衝擊速度 0.886 是一理論計算值，但實際上衝擊時多少會受到此兩因素的影響。</p> <p>3. 力傳感器測出衝擊力訊號 F，理論上加速度 $a=2F$，因此衝擊力訊號可視為加速度訊號，其數值是衝擊力訊號的 2 倍，且再通過電荷放大器的積分功能，對加速度求時間的一次積分即可得到速度值。</p>
<p>2. 請說明三種輕量標準衝擊器之機種為何？</p>	<p>擬訂商借單位及所使用設備，暫定：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 海洋大學振動噪音研究室，機種為 BSWA TM002。 ✓ 雲林科技大學室內設計系，機種為 B&K 3204。 ✓ 內政部建築研究所聲學實驗室，機種

建議事項	說明
	為 B&K 3207。
D 委員	
1. 本計畫臚列執行工作項目內容涵蓋需求規範書所要求之工作項目。	謝謝指正，將於計畫修定本予以修正。
2. 本計畫對應 3 各分項以 3 個研究小組展開工作，充分應用學界與業界能量展開對應工作項目，規劃頗為完整。	謝謝！
3. 計畫書第 89 頁 7.2 本年度計畫預期成果清單，其中所列年度為 99 年度，如有誤植應更正。	謝謝指正，將於計畫修定本予以修正。
4. 需求規範書中要求工作成果包括研究報告 2 篇，並列出完成兩篇報告包括「應用聲學仿真人偶於聲音品質評價之研究報告」與「樓板衝擊器性能測試及檢校技術報告」。請說明投標單位說明該兩篇研究報告是否即為上述列示之 2 篇報告。並請邀標單位確認是否與原規劃構想相同。	工作成果所列研究報告 2 篇為計畫書中列出完成兩篇技術報告包括「聲學仿真人偶應用於居住空間聲舒適度評價之研究報告」與「樓板衝擊器性能測試及檢校技術報告」。
5. 人在居住空間所處時段之背景聲音會有所不同，對居住環境聲音品質之要求也會不同，因此對於量測技術與方法之考量上是否會有所差異考量。	本計畫書規劃時尚未考慮，計畫執行過程將嘗試列入考慮。
6. 100 年度規劃進行 Jury test 人數為 100 人，為 99 年度之 20 人的 5 倍。為使測試具備代表性與有效性，在時間與經費允許下，應考量盡可能增加受測人數。	本計畫預計完成人數不止 100 人次，在時間與經費考量只能承諾 100 人次。
E 委員	
7. 國際標準之參考之重要性/方向/參考分類。CASE STUDY →REVIEW 過去之方向、方法。 →確定研究方法、流程正確。	本計畫提列多項衝擊器相關國際標準，並檢討衝擊器相關標準之量測方法與標準，再規劃開發衝擊器性能檢校技術的工作內容，並設計檢校系統，執行過程

建議事項	說明
	符合委員之建議。
<p>8. 建立國內與國外之評估不同/差異因素，如都市與農村之差異、工作、性別、年齡。CASE STUDY 參考耳科醫學專家建議。</p> <p>→P.115 用 US REVIEW 過去研究之結果。</p> <p>→背景噪音之差異(居住空間)。</p> <p>→樣品之正確性。</p> <p>→都市噪音/施工/卡車火車</p>	<p>噪音確實影響室內空間聲音品質。本計畫之 Jury test 之部份參數，如 tonality 已考慮部份背景噪音。但間噪音在每日不同階段，變動很大，如何納入 jury test 仍需進一步思考。</p> <p>本計畫原擬邀請醫學院聽覺專業教授協參與，但所提列建議部份之工作經費於本年度計畫預算無法支付，只能作簡易諮詢。</p> <p>考慮本計畫結束後，便於後續有志者可接續進行，本計畫對於 jury test 的規劃包括年齡、職業、身份及性別等比例之標準化，及測試方式的標準化，將有建議。</p>
<p>7. 震動是否能排除。</p>	<p>國內環保署對於低頻噪音管制已明確定義為 20Hz 到 200Hz，且本計畫採用之 class 1 麥克風之量測範圍從 3.5Hz 到 20Hz，低頻噪音與樓板振動有直接關係，在低頻噪音已考慮振動的影響。唯低於 20Hz 的振動特性，低頻噪音無法充分呈現，建議另進行專案研究。</p>
<p>8. P.60 樓板結構不同會影響結果，如何選定一種或數種樓板結構。</p> <p>高架地板（浮式構造），如：厚度、中空樓梯、天花板結構，都會有不同結構。</p>	<p>樓板結構不同其受衝擊或傳遞振動之振動與衍生之結構噪音頻譜與響度也不同，而影響室內空間聲音品質，本計畫重點在確保衝擊源之品質，室內聲學指標與聲音品質之評價方法，也為標檢局的任務，在本計畫完成之基礎上，可提供一般建築結構聲音品質之查驗工作，也可提供進一步探討結構型態對空間聲音舒適性之研究。</p>

6、細部計畫審查書面意見回覆與處理

審查意見表

計畫名稱：100 年度「居住空間舒適性檢測標準整合與開發計畫」
 100 年度 細部計畫審查 期中報告 期末報告

委員現場意見

建議事項	說明
何委員	
1. 本計畫需求規範書之主要標題為「健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法」與「量測系統之介面整合」與計畫書提出之工作內容有差異，計畫團隊應考慮業主需求。	計畫需求規範書之主標題「健康舒適環境性能驗證與標準檢測方法」與「量測系統之介面整合」，係四年計畫之整體主題，規範書之大標題下之小標題「聲學仿真人偶於健康舒適音環境之應用技術研究開發」與「建築聲學量測儀器檢測技術研究開發」為年度計畫之重點，亦為本計畫之工作重點，計畫書依此工作重點而規劃。
2. 計畫書人員之編列與預算編列不一致，未來會計審查恐有問題。	本計畫因經費之刪減，原訂計畫仍需執行，因此有部份工作人員在本計畫不支薪，或由其他計畫支援，在計畫書修定稿之經費預算表不支薪者將註明。
楊委員	
1. 計畫書人員之編列與預算編列建議考慮實際投入人力與入時間來編列。	將與本計畫承辦人再檢討合適的編列方式。
2. 本計畫比較聲學仿真人偶與單體麥克風之量測結果，應考慮部份麥克風量測過程加入加權參數的影響。	本計畫執行過程採用之麥克風本身無任何加權，量測後結果的比較，再依比較需要作不同加權。
3. 計畫書應考慮計畫執行結果所衍生之效益，尤其本計畫為四年計畫之最後一年，應考慮四年成果之綜合效益之呈現。	由於原工研院執行本 4 年計畫經費佔 75%，四年成果之綜合效益之呈現，不宜由本團隊獨自表述，本計畫在下半年將與工研院原執行本計畫人員共同整理四年成果之綜合效益。

建議事項	說明
4. Jury test 應考慮受測者的樣態分析，如年齡、職業、身份等之分佈。	本計畫第二年 jury test 之受測者不同年齡、職業與身份分布將呈現於報告。
董委員	
1. 本計畫的衝擊之性能校正系統，採用之力規規格之量程 0-5kN，小於簡報呈現之最高值，量測是否有效。	本計畫第一年執行衝擊器性能檢校研究過程，先選用力規規格，但未預期在剛質衝擊面之衝擊力達 6kN。本計畫力規規格之量程 0-5kN，實際有效範圍仍達 7kN，第二年將更換力規，並於量測報告呈現力規之特性曲線，確認量測的可靠性。
2. 簡報中之力規衝擊力呈現負值，應有說明。	力規呈現之負值，為量測後資料處理軟體雜訊而呈現的狀況，影響衝擊峰值影響很小，本年度量測將排除此種狀況。
3. 衝擊過程以積分方式從加速度得到速度，落錘達撞擊體前已有速度，只能得到速度變化值，如何得到速度值？	本計畫之衝擊器性能簡易檢校技術，旨在開發低價量測系統，以利於推廣室內樓板衝擊音品質量測。基於此想法，本計畫以衝擊力為主，速度量測則從間接量測作為輔助量測判定參考。國外有單位採用雷射測速儀，進行衝擊器性能檢校，成本太高，本計畫暫不考慮，但開發過程將以雷射測速儀量測速度，作為驗證比較。
薛委員	
9. 衝擊器：本計畫提列多項衝擊器相關國際標準。應先針對各標準進行檢討，再執行本計畫衝擊器之研究，才能確定研究方法、與正確工作流程。	本計畫提列多項衝擊器相關國際標準，旨在了解衝擊器相關標準之量測方法與標準，再規劃開發檢校技術的內容，符合委員之建議。
10. 本計畫之 Jury test 應考慮樣品的正確性，包括年齡、職業、性別等比例。且應考慮居住空間之背景噪音之差異。	噪音確實影響室內空間聲音品質。本計畫之 Jury test 之部份參數，如 tonality 已考慮部份背景噪音。但噪音在每日不同時段，變動很大，如何納入 jury test 仍需進一步思考。 考慮本計畫結束後，便於後續有志者可接續進行，本計畫對於 jury test 的規劃包括

建 議 事 項	說 明
	年齡、職業、身份及性別等比例之標準化，及測試方式的標準化，將有建議。
11. 室內空間之振動是否能影響噪音，應與已考慮。	國內環保署對於低頻噪音管制已明確定義為 20Hz 到 200Hz，且本計畫採用之 class 1 麥克風之量測範圍從 3.5Hz 到 20Hz，低頻噪音與樓板振動有直接關係，在低頻噪音已考慮振動的影響。唯低於 20Hz 的振動特性，低頻噪音無法充分呈現，建議另進行專案研究。
單委員	
1. Jury test 執行過程應考慮實務性的問題，如不同階層對於語意的理解程度，或在測試前之聲音提示訓練是否對受試者有不當的暗示。	謝謝提醒，本年度 jury test 之規劃將審慎考慮此技術問題，避免出現暗示使受測者意見受影響之現象。
2. 樓板衝擊器性能之校正對於標準規定落錘垂直落下過程，應保持±5°之規定是否有考慮。	謝謝提醒，樓板衝擊器性能之校正系統將考慮保持±5°之規定及其影響。
3. 本計畫檢定方法草案有關測試系統、衝擊源等應做合理規範，以便他人依規範製作檢教系統時能保持一致的品質。	謝謝提醒！本計畫檢定方法之國家標準草案對測試系統與衝擊源之搭配，將對於量測系統材料、元件型態、以及組裝之力學參數等將做合理規範，以便他人依規範製作檢校系統時可保持一致的量測品質。
12. 本計畫採用之儀器，需確認是否符合檢定標準。	本計畫採用之儀器，均符合檢定標準，未來在衝擊器性能檢校技術開發技術報告，將把採用儀器之檢校報告書列於附錄。
準標檢驗局第四組	
1. 100 年度計畫延續前一年計畫針對室內空間「音環境」、綠建築產業所使用之聲學相關量測儀器之規格與性能之評定技術及量測方法進行開發研究，本年	目前綠建築中室內品質包含通風換氣、隔音、採光、室內裝修、室內空氣品質，在聲音品質方面以隔音為主。本計畫中之樓板衝擊器性能檢校，即為配合室內隔音之需。居住空間品質相關技術及評估標準尚

建議事項	說明
<p>度為本計畫全程計畫之結束，請說明本計畫委託貴學會2年之重大成果效益及退場機制之規劃，並於計畫書中補充。</p>	<p>待進一步開發。本計畫進行室內聲學指標，與聲音品質評價，更進一步提供室內生活空間聲音品質之評估標準，可作為後續開發提升生活空間聲音品質技術開發之基礎。相關說明將於計畫書修定稿補充。</p>
<p>2. 本年度所建立的樓板衝擊器現場簡易查驗方法之研究開發，經實驗後是否實際用於一般居住環境之現場使用，請補充說明，計畫書內容以學術界研究為主，建議本年度可與建築業者合作並技術服務推廣成果以增加計畫之產業效益。</p>	<p>本計畫之樓板衝擊器現場簡易查驗方法之研究開發為應用性開發研究，但在本計畫中需給充分的學理上的確認，完成後將進行業界推廣。</p>
<p>3. 第 96 頁本年度預算分配表中，請依契約書之規定修改 10 月及 12 月之分配數分別為總經費之 30%及 20%。</p>	<p>謝謝指正，將依囑修定。</p>
<p>4. 第 9、10 頁中本年度「樓板衝擊器性能測試及檢校方法」標準草案之試審會請依需求規範書之規範訂定 4 場。</p>	<p>謝謝指正，將依囑修定。</p>
<p>5. 計畫書中有許多誤繕處舉例如下，請進一步仔細校閱修改以臻完善。 (1)第 I 頁標題「經濟部標準檢驗局 99 年度委辦計畫」應修改為「100 年度」。</p>	<p>謝謝指正，將依囑修定。</p>
<p>6. 依個人資料保護法規定，為避免個人資料外洩，計畫書中之個人身分證字號後四碼請以星號表示。</p>	<p>謝謝指正，將依囑修定。</p>

附件二、研討會

一、空間聲音品研討會

主辦單位：山衛公司

合辦單位：中華民國振動與噪音工程學會

時間：100年6月23日(星期四) 上午9:30~11:30

地點：台灣大學應力所國際會議廳

參加人數：105人

參加單位：54單位

二、空間聲音品質量測與標準研討會

主辦單位：經濟部標準檢驗局

執行單位：中華民國振動與噪音工程學會

協辦單位：台灣區電機電子工業同業公會

時間：100年11月4日(星期五) 上午09:00至17:00

地點：台灣大學應用力學研究所1樓國際會議廳(台北市羅斯福路4段1號)

參加人員：124人

參加單位：51單位

政府單位：3

民營單位：1

財團/社團法人、研究發展中心：3

電子、電腦、電機工業：23

工程顧問公司：3

噪音工程專業廠商：10

學校：7

其他：1



近年來，聲音品質及通訊品質的良窳是產業要爭取訂單及訂價高低的重要因素之一，過去十年來在台灣已引進數十套 HEAD acoustics 聲音品質測試系統導入 IT 產業，頂尖技術人員配合頂尖的工具，使得台灣所生產的 IT 產業產品持有世界一流的品質水準。



Dr. Klaus Genuit 是 HEAD acoustics 公司創辦人，也是頂尖的聲音品質專家，尤其擅長理論與實務的結合。

由於聲音品質的工具在過去十年來已在台灣相當普及，在操作上的 know-how 已有相當的基礎，因此，我們特別邀請頂尖的國際專家來台，本課程內容過去多只在歐、美舉行，此次山衛科技特別邀請 Dr. Genuit 來台主講。本研討會將介紹更深入的 know-why 及國際產業的先導性應用。這也延續山衛公司在台灣對於綠色產品、通訊語音品質、高加速壽命試驗、新車整體開發及 VRTC 整合精練技術的全方位推動工作。

本次研討會將主要介紹如何設計出一個好的產品聲音 (Sound Design)，以汽車的聲音品質設計為例，以 IT 產品的聲音品質設計為例，以家電產品的聲音品質為例，如何一步步務實地設計出好的聲音品質。並介紹聲景，環境聲音對聲音品質評價之重要影響，對居住之聲舒适度研究最新近況亦作精闢介紹。是聲音工程師之必修課程，是聲學愛好者不可錯過的饗宴，是聲學專家互相切磋之良機，機不可失！



主辦單位：山衛公司

合辦單位：中華民國振動與噪音工程學會



【講師介紹】：

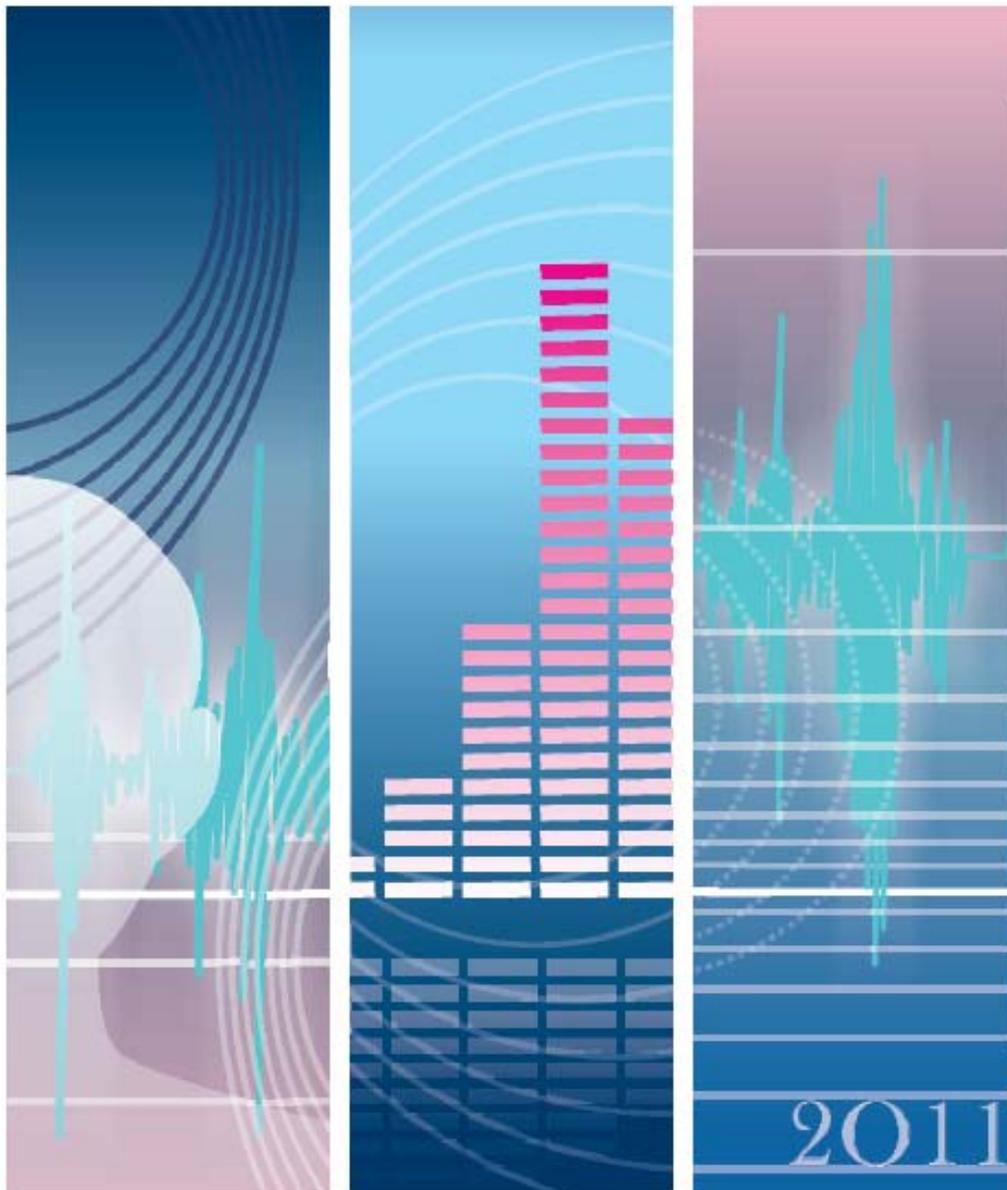
Prof. Dr.-Ing Klaus Genuit，1984年獲得博士學位，博士論文題目為“外部耳轉換函數的典型描述”。接下來的兩年，他領導德國 Aachen 電聲技術學會的心理聲學工作團隊，處理雙耳信號處理、語音清晰度、助聽器和電話系統。在與 Daimler Benz (Stuttgart) 合作時，他制定一套新的改良式仿真頭測量系統，從事聲音的診斷和分析。1986年，他創辦 HEAD acoustics 公司，為虛擬實境、NVH 分析、通信測量領域中的雙耳信號處理、分析的領導貢獻者。現在全世界大約有 150 位員工。

至今 Prof. Dr.-Ing Klaus Genuit 已經發表超過 200 多篇科學論文，並榮獲數項國家專利和國際專利，他也同時是許多重要協會的成員例如 AES、JAS、JSAE、SAE、DEGA、NTG、VDI 及 ASA，並於 2004 年當選為 ASA 的院士。此外，他領導並參與諸多工作團隊，致力於心理聲學參數與一般聲學參數標準之制定。自 2008 年以來 Prof. Dr.-Ing Klaus Genuit 為 Aachen 工業大學榮譽教授。

課程大綱

- 1.General Introduction Psychoacoustics: Sound-design
- 2.Vehicle Acoustics: Vehicle Interior Noise, Vehicle Exterior Noise, Electric Drives, Warning Signals
- 3.Office and Household Equipment
- 4.Environmental Sound, SoundScape
- 5.The meaning and Perception of Sound with Respect to Information Technology.

上課費用：	免費，由山衛科技贊助
上課時間：	6/23(星期四) AM 9:30~11:30
上課地點：	台灣大學應力所國際會議廳
報名方式：	1. 傳真報名表。(報名表下載) 2. 線上報名 (請使用 Outlook express)



空間聲音品質量測與標準研討會

- 主辦單位：  經濟部標準檢驗局
- 執行單位：  中華民國振動與噪音工程學會
- 協辦單位：台灣區電機電子工業同業公會
- 地點：台北市大安區羅斯福路四段1號
(台大應用力學研究所1樓國際會議廳)
- 日期：2011年11月4日



空間聲音品質量測與標準研討會

隨著人類文化層次的提昇與科技的進步，追求居住與生活空間舒適的需求，已是必然的趨勢。而聲舒適的要求在過去十多年間已經由先進國家率先導入做為產品競爭的指標，例如：車內聲舒適是決定車輛價值的重要關鍵，無論是關門聲與車內聲音品質，都已經是界定汽車等級的重要門檻。更有甚者，國際上主要知名的 IT 品牌產品，無不標榜其產品通過聲音品質評價，智慧型通訊產品亦以通訊品質、語音品質來衡量其價值。

居住品質與身心健康為生活需求的重要課題，以建築物為載具，維持室內環境在人體感受的舒適範圍內，必然也是未來居住環境品質管理與改善的重點之一。智慧居住空間若要掌握整體的舒適「聲環境」，則所牽涉的將不只是建物本身的設計及整體規劃（包括建築物及建築構件），也包括構成智慧能力之電腦系統、通訊設備、家電用品及馬達、空調等等任何音源或振動源的設備及內裝。

透過正確方法使用感測產品與智慧系統所需的標準驗證，以及智慧建築標章認證機制，讓居住在此環境的人們可以享有安全、健康、舒適及便利的居住生活品質，並且建構以人為本、環保永續的智慧化居住空間，進而促使相關產業及產值的全面提升。

本研討會特別邀請鄭傑元博士、張淑華博士及清華大學王志宏教授介紹室內空間聲音品質及其特性之探討；東南大學吳孝文助理教授介紹國內導入聲音品質技術及設備發展過程及未來展望；山衛科技吳孝三總經理從廣義的品質要求說明感質與標準之要點及全球最新的發展趨勢與對策；本次特邀請 Allied Environmental Consultants Ltd. 創辦人黃永豪博士介紹建築聲學範例；台灣科技大學江維華教授介紹幾種易於為人忽略的居室噪音與解決策略；並邀請奇鉞科技廖翊宏經理及山衛科技吳孝三總經理分享業界在聲音品質領域應用之經驗以及對未來趨勢與標準發展之看法。

本研討會希望透過專題演講的方式引領聲音品質應用於產業創新之導向，進而提供國人優質的生活品質，精竭誠歡迎各界人士共襄盛舉，參與這場知識的饗宴。

主辦單位： 經濟部標準檢驗局

執行單位： 中華民國振動與噪音工程學會

協辦單位：台灣區電機電子工業同業公會

空間聲音品質量測與標準研討會

時間：100 年 11 月 4 日（星期五） 上午 09：00 至 17：00

地點：台灣大學應用力學研究所 1 樓國際會議廳（台北市羅斯福路 4 段 1 號）

議程：

時 間	題 目	主講人
08:40 – 09:00	報 到	
09:00 – 09:20	聲音品質在居住空間舒適性及工業應用	洪振發教授 臺灣大學工科海洋系
09:20 – 10:10	室內空間聲音品質探討 ● 樓板衝擊音隔音標準 ● 應用仿真人偶技術及陪同評審人員測試法制定居住環境聲舒適度標準之研究	鄭傑元博士 海洋大學振動噪音工程研究中心 張淑華博士 臺灣大學工科海洋系
10:10 – 11:00	室內空間聲音特性之探討	王志宏教授 清華大學動力機械系
11:00 – 11:20	休 息	
11:20 – 12:10	導入聲音品質技術及設備發展過程及未來展望	吳孝文助理教授 東南科技大學電子工程系
12:10 – 13:00	午 餐 休 息	
13:00 – 13:30	感質與標準	吳孝三總經理 山衛科技股份有限公司
13:30 – 14:50	建築聲學 ● Basic theory ● Lambdoma Critical Listening Room Design ● The Acoustics Approach to New Towns and Buildings Planning	黃永豪博士 Allied Environmental Consultants Ltd.
14:50 – 15:10	休 息	
15:10 – 16:00	幾種易於為人忽略的居室噪音與解決策略	江維華教授 臺灣科技大學建築系
16:00 – 16:30	風扇的振動與噪音	廖翊宏經理 奇鋹科技股份有限公司
16:30 – 17:00	聲景及聲音品質在工業上的應用	吳孝三總經理 山衛科技股份有限公司
17:00	問 題 與 討 論	





附件三、 樓板衝擊器性能檢測標準作業

- 1、樓板衝擊器簡易性能測試技術標準說明會
- 2、「樓板衝擊器簡易性能測試技術」標準草案 第一場試審會修正草案（第三版）條文對照表
- 3、「樓板衝擊器簡易性能測試技術」標準草案 第二場試審會修正草案（第三版）條文對照表
- 4、「樓板衝擊器簡易性能測試技術」標準草案 第三場試審會修正草案（第三版）條文對照表
- 5、「樓板衝擊器簡易性能測試技術」標準草案 第四場試審會修正草案（第三版）條文對照表
- 6、標準輕量衝擊源之性能量測法－接觸式量測方法草案（第三版）

1、樓板衝擊器簡易性能測試技術標準說明會

100 年度「居住空間舒適性檢測標準合與開發」計畫

「樓板衝擊器簡易性能測試技術」標準草案座談會

時 間：100 年 11 月 16 日（星期三）上午 10 時 0 分

地 點：台灣大學工程科學及海洋工程學會 262 會議室

（台北市羅斯福路 4 段 1 號）

主 席：

單 位	出 席 人 員 簽 名
經濟部標準檢驗局第一組	何承亨
經濟部標準檢驗局第四組	王慕樺
成功大學建築系賴榮平教授	
成功大學建築系江哲銘教授	
海大系工系王偉輝教授	王偉輝
海大系工系劉德源副教授	
台科大建築系江維華教授	
台科大機械系楊條和教授	楊 條 和
內政部建築研究所何明錦院長	
朝陽科大建築系陳炯堯副教授	
雲科大創意生活設計系鍾松晉助理教授	
屏科大木材科學與設計系林芳銘教授	
工研院量測中心	海聰賢、李中
中華民國振動與噪音工程學會	謝曉亮、張亮瑞

王 瑋 珮

審查意見彙整表

計畫名稱：居住空間舒適性檢測標準整合與開發(4/4)

樓板衝擊器簡易性能測試技術標準說明會

時間：100 年 11 月 16 日上午 10 時 0 分

地點：台灣大學工程科學及海洋工程系 262 會議室

審查意見之回覆及處理

單位	內政部建築研究所		
發言人	何明錦所長		
節次	行	內容	回覆及處理
2	3	ISO140-6 Acoustics-Measurement...→建議 參考 CNS15160-6 格式，加入中 文翻譯名稱	謝謝，遵照辦理！
3.6	2	依據 3.6 連續衝擊週期之各錘頭 落下時間→依據 3.5 連續衝擊週 期之各錘頭落下時間	謝謝指正，遵照辦理！
4.2.2	1	可記錄衝擊測試之感測器（如： 力感測器）相關設備→此感測器 因為主要量測設備，建議敘明其 所需符合之國家標準規範與量 測精度需求範圍。	謝謝，遵照辦理！ 後續於草案中會將設備要 求內容進行補充，以利完 善。
5.2.1	1	標準輕量衝擊器固定於剛性構 件測試平台→文中剛性構件測 試平台之厚度、材質、尺寸或容 許之變形量等建議清楚說明，或 補充構造圖說，以利讀者遵循使 用。	謝謝，遵照辦理！ 後續於草案設備章節中會 將測試平台剛性等要求內 容進行補充，以利完善。
5.2.2	4	各感測器之中心點距離為 100 3mm→各感測器之中心點距離 為 100±3mm	謝謝指正，遵照辦理！
5.2.3	3	此裝置須與感測器緊密相接→ 受 衝擊面 須與感測器緊密相接	謝謝指正，遵照辦理！

5.2.3	4	受衝擊面之彈性係數範圍須符合 0.6 0.1→受衝擊面之彈性係數範圍須符合 0.6±0.1	謝謝指正，遵照辦理！
5.2.5	1	量測時間須至少為 5 個單一衝擊週期，一般建議量測時間為 5 秒→此處之建議量測時間 5 秒，建議說明量測對象為何？是否為速度值？以避免混淆。	謝謝，遵照辦理！ 該處量測項目為單一衝擊週期，後續將於草案中針對量測項目等內容詳加說明清楚。
6	1	量測方式與設置措施須達到可重複執行性→關於可重複執行性之內容，建議提供相關數值範圍或參考標準，以供依循。	謝謝，遵照辦理！
8	7	建議加列 1 項：(g) 測試結果	謝謝，遵照辦理！
		建議參考 CNS15160-6 附錄 E，於附錄增列結果表示範例。	謝謝，遵照辦理！
		建議參考 CNS15160-6，增列中英名詞對照。	謝謝，遵照辦理！

單位	海洋大學系工系		
發言人	王偉輝教授		
節次	頁	內容	回覆及處理
3	P2	第 3 章(P.2)名詞定期 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 均不夠明確精準，須加以修改。	謝謝指正，遵照辦理！
—	—	附註之名詞英文格式應統一（第一字大寫，其餘字就小寫）；同時英文名詞不應加冠詞。	謝謝指正，遵照辦理！
1	P2	第 1 章(P.2)第一句話即不通順：「...樓板衝擊音隔音之所需...」，改為「...樓板衝擊音之隔音量測所需...」。	謝謝指正，遵照辦理！
—	—	範例及參考量測數據，建議附在本標準附錄中，作為參考資料。	謝謝，遵照辦理！ 將量測範例等參考數據等納入標準附錄中。
1	P2	在 Chap 1(P.2)適要範圍應明確說明本標準之用處及特性。	謝謝指正，遵照辦理！
4	—	Chap. 4 設備中，測試平台應是重要項目之一，卻隻字未提。	謝謝，遵照辦理！ 後續於草案設備章節中會

			將測試平台剛性等要求內容進行補充，以利完善。
--	--	--	------------------------

單位	台灣科技大學		
發言人	楊條和教授		
節次	頁	內容	回覆及處理
—	—	文中輕量衝擊源“均應改為輕量衝擊器”。	謝謝指正，遵照辦理！
3.4	1	目錄 3.4 標題應為“連續衝擊週期”。	謝謝指正，遵照辦理！
3.5	1	目錄 3.5 標題應為“連續衝擊時間間隔”。	謝謝指正，遵照辦理！
6	1	目錄 6 標題應為“準確度”。	謝謝指正，遵照辦理！
附錄 A	8	附錄 A 倒數第 7 行之“4mm”應為“40mm”。	謝謝指正，遵照辦理！
附錄 A	8	附錄 A 最後一行水平度之單位漏掉。	謝謝指正，遵照辦理！
—	—	標準名稱中、英文不一致。	謝謝指正，遵照辦理！ 後續修正標準名稱時，會注意中英文用語之精確性與適切性。

單位	工研院量測中心		
發言人	涂聰賢博士、郭淑芬		
節次	頁	內容	回覆及處理
—	—	各計量單位前應空一格，例如： “500g”應為“500 g”； “100±3mm”應為(100 ± 3) mm。	謝謝指正，遵照辦理！
3.6	2	第 2 頁 3.6 中“依據 3.6 連續衝擊週期……”，應為“依據 3.5……”。	謝謝指正，遵照辦理！
5.3.2	5	第 5 頁 5.3.2“(b) 量測感測器與受衝擊面依規範 5.2.2 與 5.2.3 規定之。”建議說明為位置”，例如“(b) 量測感測器與受衝擊面位置依規範 5.2.2 與 5.2.3 規定之。”	謝謝指正，遵照辦理！
7	6	第 6 頁第 7 章中“衝擊落下速度，以單位 m/s 表示之，其數值計	謝謝指正，有關結果表示應修訂為“衝擊落下速

		算至小數點以下 1 位”，但依據附錄 A “衝擊速度應為 (0.886 ± 0.22) m/s”，因此上述的量測位數僅至小數點以下 1 位，是否有問題。	度，以單位 m/s 表示之，其數值計算至小數點以下 3 位”，以符合量測結果描述。
5.1	3	第 3 頁 5.1 中 “時間間隔單位為毫秒(ms)”是否為時間的計量單位表示，或是時間的最小解析單位。與第 6 頁 7 中其數值計算至小數點以下 1 位有否衝突。	時間間隔計量單位以毫秒(ms)表示，此結果呈現取至小數點以下 1 位即可，此點並不會對結果描述有衝突。
附錄 A	7	第 7 頁附錄 A 中 “臨”應為 “相鄰”。“須考慮錘頭操成之摩擦”應為 “須考慮錘頭造成之摩擦”。“每一錘之質量為”應為 “.....錘頭之質量為”。“衝擊速度應為 (0.886 ± 0.22) m/s”應為 “.... (0.886 ± 0.22) m/s”。“速度許可差可提高至最大不超過 ± 0.33 m/s”應為 “... ± 0.33 m/s”。“錘頭落下方向.....許可差在 $\pm 5^\circ$ 範圍內”應為 “..... $\pm 0.5^\circ$ 範圍內”。“水平度在 ± 0.10 範圍內”應為 “..... $\pm 0.1^\circ$ 範圍內”。	謝謝指正，遵照辦理！
4.1、4.2	3	第 3 頁 4.1 及 4.2 建議明確的指出待測設備及測試使用的設備。	謝謝指正，遵照辦理！後續於草案中會將設備要求內容進行補充，以利完善。
5	4	第 4 頁第 5 章中建議規範受衝擊面的尺寸大小。	受衝擊面建議與錘頭直徑相同，直徑為 30 ± 0.2 mm。
5.3.4	5	第 5 頁 “連續衝擊時間間隔，即各錘頭連續衝擊五次後，計算各錘頭落下之間的時間間隔，本指標各錘頭分別須紀錄 5 個時間間隔，再以平均值作為各錘頭最終量測結果”。建議敘述再明確一些。	謝謝，遵照辦理！後續將於草案中針對量測項目等內容詳加說明清楚。
—	—	其餘錘頭之質量、錘頭直徑及曲率等是否可進行檢測。	此方法可執行量測項目僅為落下速度與衝擊時間間隔，並未包含錘頭之

			質量、錘頭直徑及曲率等項目。
4	3	儀器設備之需求（解析度,時間響應...）	後續於草案中會將設備要求內容進行補充,以利清楚參考。
4	3	力規標準規範	後續於草案中會將設備要求內容進行補充,以利清楚參考。
5.2.2	3	5.2.2 ISO 140-6,7 → ISO 140-6 , ISO 140-7 。 CSN 15160-6,7 → ISO 15160-6 , ISO 15160-7 。	謝謝指正, 遵照辦理!
4.2	3	4.2 量測紀錄設備, 請明確定義儀器之需求、解析度、時間響應、恢復係數。	後續於草案中會將設備要求內容進行補充, 以利清楚參考。

單位	工研院量測中心		
發言人	陳興博士		
節次	頁	內容	回覆及處理
—	—	請再確認國際間是否有相關檢測標準, 特別是應詢問目前提供該設備的廠商。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 經詢問該類設備廠商, 其出廠報告僅為錘頭之質量、錘頭直徑及曲率等項目, 並未包含落下速度與衝擊時間間隔。 2. 目前衝擊器測試國際間並未有檢測標準, 僅得知瑞典 SP 實驗室、德國 PTB 實驗室與芬蘭 Nordtest 實驗室有執行檢測服務, 但方法仍為實驗室內部自訂方式。
—	—	到底是那一些項目需要檢測, 其要求標準為何? 應列表顯示。對於有衍伸計算的公式, 應明列並註記其來源。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 此草案訂定檢測項目為: 落下速度、衝擊間隔平均時間、連續衝擊間隔時間等三項。 2. 落下速度計算公式將於章節 5 補充說明。
5.2.3	4	圖 2, 其結構及材質應明列, 其	謝謝, 遵照辦理!

		影響也應說明。特別是恢復係數也與結構有關，與其計算最大速度都相關。	
—	—	圖示各計算的參數定義，以及其計算方法。	後續將於章節5補充圖式計算說明，以利清楚參考。
—	—	測試報告範例，可附於附錄中。	謝謝，遵照辦理！
—	1	草案名稱（中英文）宜再修訂。	謝謝指正，遵照辦理！
4	3	不同檢測方法需要的設備規格不同，宜將設備規格明列。	後續於草案中會將設備要求內容進行補充，以利清楚參考。

單位	臺灣大學		
發言人	洪振發 教授		
節次	頁	內容	回覆及處理
—	—	對於「簡易」性能測試技術，「簡易」定義討論。	後續於草案中會將標準名稱做適當修正，以符合簡易定義。
—	—	本草案指在提出接觸式量測方法，應明確表明接觸式量測及相關算式的計量精度要求。	1.依座談會討論，後續於草案中會將標準名稱修正為「樓板衝擊器接觸式性能測試技術標準」。 2.將於第5章節補充說明計量精度要求。
4.1 4.2.2		檢測設備應為檢測對象，及檢測目標。感測器之規範適用範圍。	後續於草案中會將設備要求內容進行補充，以利清楚參考。
		量測品質，量測結果重複呈現之精度應有規範。	將於第5章節補充說明計量精度要求，以符合量測品質要求精神。
—	—	名稱如 CNS 已有，請採用 CNS 之名稱。	謝謝，遵照辦理！

單位	中華民國振動與噪音工程學會		
發言人	鄭傑元 博士		
節次	頁	內容	回覆及處理
—	—	建議將落下速度，單一衝擊時間間隔，連續衝擊時間間隔，以公	後續將於章節5補充圖式計算說明，以利清楚參考。

		式或時域圖示方式予以定義或明確化這些檢測參數。	
4	3	採用之量測設備建議需定義如 Force sensor 的等級。	後續於草案中會將設備要求內容進行補充，以利清楚參考。
—	—	測試平台的材質與尺寸需敘明。	謝謝，遵照辦理！ 後續於草案設備章節中會將測試平台剛性等要求內容進行補充，以利完善。
—	—	量測設備之設定建議需敘明，如取樣時間設定，取樣頻率等。	後續於草案中會將設備要求內容進行補充，以利清楚參考。

2、「樓板衝擊器簡易性能測試技術」標準草案 第一場試審會修正草案（第三版）條文對照表

日期：100 年 11 月 29 日 上午 9:30 至 11:30

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
標題	<u>標準輕量衝擊源之性能量測法—接觸式量測方法</u> <u>Measurement of Standard Tapping Machine Performance — Contact Measurement Method</u>	<u>樓板衝擊器接觸式性能測試技術標準</u> <u>The Test Technology Through Contact Method for Standard Floor Tapping Machine</u>	(1)參照 CNS 名稱修正本標準。 (2)依修訂後中文名稱修改英文標題。
目錄	2. <u>引用標準</u> 3. 定義 3.1 衝擊高度 (Impact height) 3.2 衝擊速度 (Impact velocity) 3.3 衝擊週期 (Impact cycle) 3.4 衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts) 3.5 相鄰衝擊間隔時間 (Time between successive impacts)	2. <u>參考標準</u> 3. 定義 3.1 衝擊 落下 高度 (Impact height) 3.2 衝擊 落下 速度 (Impact velocity) 3.3 衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts) 3.4 連續 衝擊間隔時間 (Time between successive impacts)	參考更改為「引用」 (1)依據 CNS 15160-6 之附錄 A 或 CNS 15160-7 之附錄 A 中英文專業名詞用語修訂。 (2) 連續衝擊間隔時間配合英文用語修訂為相鄰衝擊間隔時間。 (3) 依委員意見新增衝擊週期定義。
	4. 設備 4.1 力感測器 4.2 受衝擊 墊 4.3 數據擷取器 4.4 測試平台	4. 設備 4.1 力感測器 要求 4.2 受衝擊 面要求 4.3 記錄器要求 4.4 測試平台 要求	(1)依據委員意見刪除「要求」。 (2)受衝擊面改為「受衝擊墊」。 (3)記錄器改為「數據擷取器」。
	5. 測試程序及計算 5.1 <u>通則</u> 5.2 衝擊速度 5.3 衝擊間隔平均時間 5.4 <u>相鄰</u> 衝擊間隔時間	5. 測試程序及計算 5.1 一般規定 5.2 衝擊 落下 速度 5.3 衝擊間隔平均時間 5.4 <u>連續</u> 衝擊間隔時間	(1)依據 CNS 15160-6 之附錄 A 或 CNS 15160-7 之附錄 A 中英文專業名詞用語修訂。 (2) 連續衝擊間隔時間配合英文用語修訂為相鄰衝擊間隔時

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
			間。 (3) 依第三場試審會委員意見，配合 5.2 至 5.4 之重複性描述內容修訂 5.1 通則，以免重複說明。
	刪除	6. 精確度 (Precision)	依第三場試審會委員回顧再討論後，決議刪除此節。
	6. 結果表示	7. 結果表示	第七節更改為第六節
	7. 測試報告	8. 測試報告	第八節更改為第七節
目錄	移除	新增附錄 A 測試平台要求	依委員建議將本附錄移至 4.4。
	<u>附錄 A 衡量積分時間決定方法 (規定)</u>	新增附錄 B 衝擊 落下 速度計算	依委員修訂附錄名稱
	<u>附錄 B 衝擊間隔平均時間計算 (參考)</u>	新增附錄 C 衝擊間隔平均時間計算	修訂附錄編號
	<u>附錄 C 相鄰衝擊間隔時間計算 (參考)</u>	新增附錄 D 連續 衝擊間隔時間計算	修訂附錄編號
	<u>附錄 D 測試報告範例 (參考)</u>	新增附錄 E 測試報告範例	修訂附錄編號
	中英文名詞對照	中英文名詞對照	依委員意見修訂
1.	<p>1. 適用範圍</p> <p>本方法適用於檢測樓板衝擊音之隔音量測所需輕量衝擊源 (Tapping Machine) 的性能，量測項目包含：衝擊速度 (Impact velocity)、衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts) 與<u>相鄰</u>衝擊間隔時間 (Time between successive impacts) 等三項。</p> <p>備考：輕量衝擊源性能要求定義於 CNS 15160-6 之<u>附錄 A</u> 或 CNS 15160-7 之附錄 A。</p>	<p>適用範圍</p> <p>本標準適用於檢測樓板衝擊音之隔音量測所需標準輕量衝擊器 (Standard Floor Tapping Machine) 的性能，量測項目包含：衝擊落下速度 (Impact velocity)、衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts) 與<u>連續</u>衝擊間隔時間 (Time between successive impacts) 等三項。</p> <p>備註：輕量衝擊器性能要求定義於 CNS 15160-6 與</p>	<p>(1) 本標準改為「本方法」。</p> <p>(2) 輕量衝擊器改為「輕量衝擊源」。</p> <p>(3) 依據 CNS 15160-6 之附錄 A 或 CNS 15160-7 之附錄 A 中英文專業名詞用語修訂。</p> <p>(4) 連續衝擊間隔時間配合英文用語修訂為相鄰衝擊間隔時間。</p> <p>(5) 備註改為「備考」</p>

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
		CNS 15160-7 之附錄 A。	
2.	<p>2.引用標準</p> <p>CNS 15160-6 聲學 - 建築物及建築物構件之隔音量測法 - 樓板衝擊音隔音之實驗室量測</p> <p>CNS 15160-7 聲學 - 建築物及建築物構件之隔音量測法 - 樓板衝擊音隔音之現場量測方法</p> <p><u>CNS 6483 聚胺酯運動場所用鋪設材料檢驗法</u></p>	<p>2.參考標準</p> <p>CNS 15160-6 聲學 - 建築物及建築物構件之隔音量測法 - 樓板衝擊音隔音之實驗室量測</p> <p>CNS 15160-7 聲學 - 建築物及建築物構件之隔音量測法 - 樓板衝擊音隔音之現場量測方法</p> <p>ISO 140-6 Acoustics— Measurement of sound-insulation in buildings and of building elements— Part 6: Laboratory— measurements of impact-sound insulation of floor</p> <p>聲學—建築物及建築物構件之隔音量測法—樓板衝擊音隔音之實驗室量測</p> <p>ISO 140-7 Acoustics— Measurement of sound-insulation in buildings and of building elements— Part 7: Field— measurements of impact-sound insulation of floor</p> <p>聲學—建築物及建築物構件之隔音量測法—樓板衝擊音隔音之現場量測方法</p>	<p>(1)參考標準改為「引用」標準</p> <p>(2)CNS 與 ISO 為相對應規範，故依委員意見刪除 ISO 規範。</p> <p>(3)依委員建議將 CNS 6483 納入引用標準。</p>
3.	<p>定義</p> <p>3.1 衝擊高度 (Impact height)</p> <p><u>輕量衝擊源錘頭底面至衝擊平台受衝擊面之距離</u>，其高度為 40 mm。</p> <p>3.2 衝擊速度 (Impact velocity)</p> <p><u>輕量衝擊源錘頭自由落下</u> 依據 3.1 衝擊高度所測得之</p>	<p>定義</p> <p>3.1 衝擊落下高度 (Impact height)</p> <p><u>錘頭底面至衝擊平台受衝擊面之距離定義為衝擊落下高度</u>，其高度為 40mm。</p> <p>3.2 衝擊落下速度 (Impact velocity)</p> <p><u>以輕量衝擊器之質量 500g 的錘頭，依據 3.1 衝擊落下</u></p>	<p>(1)衝擊高度定義內容修正。</p> <p>(2) 衝擊速度定義內容修正。</p> <p>(3) 衝擊間隔平均時間定義內容修正。</p> <p>(4) 相鄰衝擊間隔時間定義內容修正。</p> <p>(5) 依委員意見新增衝擊週期定義。</p>

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
	<p>速度，單位為 m/s。</p> <p>3.3 衝擊週期(Impact cycle) <u>同一錘頭相連二次落下之時間間隔。</u></p> <p>3.4 衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts) <u>輕量衝擊源進行一衝擊週期，其 5 個間隔時間之平均值。</u></p> <p>3.5 相鄰衝擊間隔時間 (Time between successive impacts) <u>輕量衝擊源進行五衝擊週期，在各週期中對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間之平均值。</u></p>	<p>高度所測得之速度定義為衝擊落下速度，單位表示為 m/s。</p> <p>3.3 衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts) <u>五個錘頭循環作動一次，並應紀錄 4 個間隔時間，再計算平均值。</u></p> <p>3.4 連續衝擊間隔時間 (Time between successive impacts) <u>五個錘頭連續循環作動五次，各錘頭應紀錄 5 個間隔時間，再計算各錘頭之平均值。</u></p>	<p>(6) 依委員意見單位符號皆需空一格。</p>

3、「樓板衝擊器簡易性能測試技術」標準草案 第二場修正草案（第三版）條文對照表

日期：100年11月29日 下午1:30至3:30

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
4.	<p>設備</p> <p>4.1 力感測器</p> <p><u>力感測器</u>量程範圍上限值應在 6,000N 以上，靈敏度應在 <u>0.2 mV/N 或 4.0 pC/N 以上</u>。</p> <p><u>備考</u>：</p> <p>1.所測得衝擊力若大於力感測器之最大量程範圍時，則會有訊號過載（Overload）情形，<u>此為無效量測結果</u>。</p> <p>2.依 CNS 15160-6 之<u>附錄 A 或 CNS 15160-7 之附錄 A 規範要求</u>，衝擊力理論計算最大值為 5022.72 N。</p> <p><u>4.2 記錄擷取器</u></p> <p>因衝擊脈衝時間短暫，單一通道取樣頻率至少為 500k Hz 以上；<u>數據擷取器</u>之 A/D 轉換器解析度在 16 bit 以上。</p> <p><u>4.3 受衝擊墊</u></p> <p>受衝擊<u>墊</u>彈性率應依 CNS 6483 3.8 彈性率試驗進行測試，彈性率範圍為 <u>0.5-0.7</u>，直徑約 29 mm，厚度為 12.7±0.13 mm。<u>建議可選用尼龍材料</u>。</p> <p>4.4 測試平台</p> <p><u>測試</u>平台面積應大於輕量衝擊<u>源</u>之最大水平面積，</p>	<p>設備</p> <p>4.1 力感測器<u>要求</u></p> <p><u>該設備</u>量程範圍應在 6000 <u>至 10000N 之間</u>。</p> <p><u>備註</u>：</p> <p>1.所測得衝擊力若大於力感測器之最大量程範圍時，則會有訊號過載（Overload）或造成雜訊過高等情形，<u>此現象會影響量測結果</u>。</p> <p>2.依 <u>CNS 15160-6 與 CNS 15160-7 之附錄 A 規範要求</u>，衝擊力理論計算最大值為 5022.72 N。</p> <p><u>4.2 受衝擊面要求</u></p> <p>受衝擊<u>面</u>之彈性率應依 CNS6483 3.8 章節彈性率試驗進行測試，<u>建議可選用尼龍材質</u>（彈性率範圍<u>建議 0.6±0.1</u>）受衝擊面尺寸須符合 CNS6483 3.8 章節<u>彈性率試驗之試片大小</u>（直徑約 29 mm）要求，厚度為 12.7±0.13 mm。</p> <p><u>4.3 記錄器要求</u></p> <p>因衝擊脈衝時間短暫，單一通道取樣頻率至少為 <u>500kHz 以上</u>；<u>記錄器至少為 A/D16bit 以上</u>。</p> <p>4.4 測試平台<u>要求</u></p> <p><u>此</u>平台面積應大於輕量衝</p>	<p>(1) 4.1 補充力感測器靈敏度要求</p> <p>(2) 備註改為「備考」</p> <p>(3) 記錄擷取器名詞用語統一化</p> <p>(4) 受衝擊墊名詞用語統一化</p> <p>(5) 測試平台內容修訂，補充平台剛性與變形量要求，並將附錄 A 圖例移至本節。</p> <p>(6) 依委員意見單位符號皆需空一格。</p>

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
	<p>平台上用於裝設力感測器之位置須符合輕量衝擊源相鄰鉗頭間隔距離的要求 (100±3 mm)，<u>測試平台質量應大於錘頭質量 30 倍以上，變形量不得大於 0.1mm。</u></p> <p><u>圖 1 與圖 2 為測試平台範例，提供參考。</u></p>	<p>擊器之最大水平面積，平台上用於裝設力感測器之位置須符合輕量衝擊器相鄰鉗頭間隔距離的要求 (100±3 mm)，鋼材厚度應為 15mm 以上，詳述請參照附錄 A。</p>	
5.1	<p>5. 測試程序及計算</p> <p>5.1 通則</p> <p>5.2.1 測試說明</p> <p>輕量衝擊源應固定於測試平台上，以確保力感測器可準確量測錘頭衝擊力。若採用單一通道數據擷取器進行量測時，則需分別記錄各錘頭衝擊力之量測資料。</p> <p>5.2.2 力感測器位置</p> <p>1. 所有力感測器裝置於測試平台時，須處於各錘頭正下方。</p> <p>2. 裝設力感測器時，其相鄰孔徑中心點距離應為 100±3 mm。</p> <p>5.2.3 受衝擊面位置</p> <p>1. 受衝擊墊須設置於力感測器上方，並確定受衝擊面與錘頭底面之距離為 40 mm。</p> <p>2. 受衝擊墊須與力感測器緊密相接，以確保正確量測錘頭落下時之衝擊力訊號。</p> <p>5.2.4 量測程序</p> <p>(a) 確認輕量衝擊源之外</p>	<p>5. 測試程序及計算</p> <p>5.1 一般規定</p> <p>本方法適用於檢測樓板衝擊音之隔音量測所需標準輕量衝擊器的性能，量測項目如第二章節 3.2、3.3 及 3.4 定義，其衝擊落下速度之表示單位為 m/s；間隔時間單位為毫秒(ms)。</p>	<p>(1) 依第三場試審會委員建議，將原先一般規定內容刪除，再將原先 5.2.1 至 5.2.4 內容移至本節，避免後續 5.3 與 5.4 中再重複描述相同內容。</p> <p>(2) 修正量測程序內文用語</p>

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
	<p>觀完整性與適用性。</p> <p>(b) 輕量衝擊源進行量測作業前，須確認錘頭落下作動正常。</p> <p>(c) 確認測試平台外觀完整性皆無異狀。</p> <p>(d) 確認受衝擊墊水平性無異狀。</p> <p>(e) 確認受衝擊墊與錘頭之間距離為 40 mm。</p> <p>(f) 輕量衝擊源架設於測試平台上，並確認螺絲已固定完成。</p> <p>(g) 確認量測相關硬體與軟體之完整性與設定。</p> <p>(h) 確認力感測器裝置已連接，且訊號接收無異狀。</p> <p>(i) 開始進行量測作業。</p> <p>(j) 完成量測作業，並停止輕量衝擊源作動。</p>		
5.2	<p>5.2 衝擊落下速度</p> <p>5.2.1 量測時間</p> <p>量測應記錄 5 個衝擊週期。</p>	<p>5.2 衝擊落下速度</p> <p>5.2.1 測試說明</p> <p>輕量衝擊器應固定於測試平台上(測試平台要求請參照 4.3 及附錄 A)，以確保力感測器可精準紀錄錘頭落下衝擊狀態。此外若採用單一通道紀錄器進行量測時，則需分別記錄各錘頭量測資料。有關該項其他量測要求請參照下列小節與附錄 B。</p> <p>5.2.2 力感測器位置</p> <p>1. 力感測器裝置於測試平台時，須處於同一線上。</p> <p>2. 裝設力感測器之孔徑中心點距離應為 100±3mm。</p>	<p>(1)5.2.1 至 5.2.4 測試內容移至 5.1 通則。</p> <p>(2) 記錄擷取器名詞用語統一化。</p> <p>(3) 受衝擊墊名詞用語統一化。</p> <p>(4)依委員意見單位符號皆需空一格。</p>

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
		<p>5.2.3 受衝擊面位置</p> <p>1.受衝擊面須設置於力感測器之上，並確定受衝擊面與錘頭底面之距離為40mm。</p> <p>2.此裝置須與力感測器緊密相接，以確保正常紀錄錘頭落下之衝擊訊號。</p> <p>5.2.4 量測程序</p> <p>(a) 確認輕量衝擊器之外觀完整性與適用性。</p> <p>(b) 輕量衝擊器進行量測作業前，須確認錘頭落下作動正常。</p> <p>(c) 確認測試平台外觀完整性是否皆無異狀。</p> <p>(d) 確認受衝擊面水平性是否無異狀。</p> <p>(e) 確認受衝擊面與錘頭之間距離為40mm。</p> <p>(f) 輕量衝擊器架設於測試平台之上，並確認螺絲是否已固定完成。</p> <p>(g) 確認量測相關硬體與軟體之完整性與設定。</p> <p>(h) 確認力感測器裝置已連接，且訊號接收無異狀。</p> <p>(i) 開始進行量測作業。</p> <p>(j) 完成量測作業，並停止輕量衝擊器作動。</p> <p>(k) 其他相關事項確認。</p> <p>5.2.5 量測時間</p> <p><u>量測至少須包含五個錘頭連續循環作動五次之時間，各錘頭應紀錄5個衝擊落下速度，再計算各錘頭之平均值。</u></p>	

4、「樓板衝擊器簡易性能測試技術」標準草案 第三場修正草案（第三版）條文對照表

日期：100 年 12 月 8 日 上午 10:00 至 12:00

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
5	<p>5.2.2 量測計算</p> <p>量測衡量組成包含錘頭質量、彈性率及衝擊速度（此處指 V_{max}），<u>衡量計算如式(1)，衝擊速度計算如式(2)。</u></p> $I = \int_{T_1}^{T_2} F(t) dt = M(1+\mu) V_{max} \text{ 式(1)}$ $V_{max} = \frac{I}{M(1+\mu)} \text{ 式(2)}$ <p>其中： I 為量測衡量 $F(t)$ 受衝擊墊之受力， μ 為依 CNS6483 所測得之<u>彈性率。</u> V_{max} 為錘頭撞擊受衝擊墊之速度。 M 為錘頭質量。 T_1 為積分開始時間，即衝擊力升達峰值 2% 的時間。 T_2 為積分結束時間，即衝擊力降至峰值 2% 的時間。</p>	<p>5.2.6 量測計算</p> <p>量測衡量組成包含錘頭質量、彈性率及衝擊落下速度（此處指 V_{max}），其如式(1)。</p> $V_{max} = \frac{I}{M(1+\mu)} \text{ 式(1)}$ <p>其中： I 為量測衡量，計算方式範例如附錄 A。 $F(t)$ 受衝擊面之受力， μ 依據 CNS6483 3.8 章節定義：鐵棒打擊受衝擊面試片之反彈高度數值即為彈性率。 V_{max} 為錘頭撞擊受衝擊面之速度。 關於衝擊落下速度計算詳述，附錄 B 提供一計算範例供參照。</p>	<p>(1) 補充式(1)。 (2) 修訂 μ 值說明。 (3) 補充 M 說明。 (4) 補充 T_1 與 T_2 說明。</p>
	<p>5.3 衝擊間隔平均時間</p> <p>5.3.1 量測時間</p> <p><u>量測應記錄 2 個衝擊週期。</u></p> <p>5.3.2 量測計算</p> <p><u>以 5.3.1 所記錄 5 個衝擊力尖峰值之間隔時間，</u>由式(3) 計算衝擊間隔平均時間。</p> <p>衝擊間隔平均時間 =</p>	<p>5.3 衝擊間隔平均時間</p> <p>5.3.1 測試說明</p> <p>相同以力感測器配合記錄器通道數來執行量測，記錄衝擊響應的時間歷程 (Time history) 結果。輕量衝擊器固定要求如 5.2.1，其他量測要求請參照下列小節與附錄 C。</p>	<p>(1) 依委員意見刪除 5.3.1 至 5.3.4 節之重複性內容。 (2) 修訂量測時間描述。 (3) 修訂量測計算描述。 (4) 計算公式符號說明修正。</p>

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
	<p>$\frac{(T_{1-2}+T_{2-3}+T_{3-4}+T_{4-5}+T_{5-1})}{5}$ 式 (3)</p> <p>其中</p> <p><u>T_{1-2}</u>: 衝擊次序 1 衝擊力尖峰值至衝擊次序 2 衝擊力尖峰值之間隔時間。</p> <p><u>T_{2-3}</u>: 衝擊次序 2 衝擊力尖峰值至衝擊次序 3 衝擊力尖峰值之間隔時間。</p> <p><u>T_{3-4}</u>: 衝擊次序 3 衝擊力尖峰值至衝擊次序 4 衝擊力尖峰值之間隔時間。</p> <p><u>T_{4-5}</u>: 衝擊次序 4 衝擊力尖峰值至衝擊次序 5 衝擊力尖峰值之間隔時間。</p> <p><u>T_{5-1}</u>: 衝擊次序 5 衝擊力尖峰值至衝擊次序 1 衝擊力尖峰值之間隔時間。</p>	<p>5.3.2 力感測器位置要求依 5.2.2 章節規定。</p> <p>5.3.3 受衝擊面位置要求依 5.2.3 章節規定。</p> <p>5.3.4 量測程序要求依 5.2.4 章節規定。</p> <p>5.3.5 量測時間</p> <p><u>量測至少須包含五個錘頭循環作動二次之時間，並應紀錄 5 個間隔時間，再計算平均值。</u></p> <p>備註：以各別衝擊力波形之間峰值間隔時間來記錄</p> <p>5.3.6 量測計算</p> <p><u>以 5.3.5 所記錄 4 個間隔時間，由式 (2) 計算衝擊間隔平均時間。</u></p> <p>衝擊間隔平均時間 =</p> $\frac{(T_{1-2}+T_{2-3}+T_{3-4}+T_{4-5}+T_{5-1})}{5}$ 式 (2) <p>其中</p> <p><u>T_{1-2}</u>: 錘頭 1 至錘頭 2 之間隔時間，單位 ms。</p> <p><u>T_{2-3}</u>: 錘頭 2 至錘頭 3 之間隔時間，單位 ms。</p> <p><u>T_{3-4}</u>: 錘頭 3 至錘頭 4 之間隔時間，單位 ms。</p> <p><u>T_{4-5}</u>: 錘頭 4 至錘頭 5 之間隔時間，單位 ms。</p> <p><u>T_{5-1}</u>: 錘頭 5 至錘頭 1 之間隔時間，單位 ms。</p> <p>關於衝擊間隔平均時間計算詳述，附錄 C 提供一計算範例供參照。</p>	
	<p>5.4 連續衝擊間隔時間</p> <p>5.4.1 量測時間</p> <p><u>量測應記錄 6 個衝擊週期。</u></p>	<p>5.4 連續衝擊間隔時間</p> <p>5.4.1 測試說明</p> <p>相同以力感測器配合記錄</p>	<p>(1) 依委員意見刪除 5.4.1 至 5.4.4 節之重複性內容。</p>

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
	<p>5.4.2 量測時間</p> <p>以 5.4.1 記錄各錘頭 5 個衝擊力尖峰值之間隔時間，由式 (4) 至式 (8) 計算衝擊間隔平均時間。</p> $T_{no1_avg} = \frac{(T_{1-2,1} + T_{1-2,2} + T_{1-2,3} + T_{1-2,4} + T_{1-2,5})}{5}$ <p>式 (4)</p> $T_{no2_avg} = \frac{(T_{2-3,1} + T_{2-3,2} + T_{2-3,3} + T_{2-3,4} + T_{2-3,5})}{5}$ <p>式 (5)</p> $T_{no3_avg} = \frac{(T_{3-4,1} + T_{3-4,2} + T_{3-4,3} + T_{3-4,4} + T_{3-4,5})}{5}$ <p>式 (6)</p> $T_{no4_avg} = \frac{(T_{4-5,1} + T_{4-5,2} + T_{4-5,3} + T_{4-5,4} + T_{4-5,5})}{5}$ <p>式 (7)</p> $T_{no5_avg} = \frac{(T_{5-1,1} + T_{5-1,2} + T_{5-1,3} + T_{5-1,4} + T_{5-1,5})}{5}$ <p>式 (8)</p> <p>其中</p> <p>T_{no1_avg} 至 T_{no5_avg} 分別表示 5 個衝擊週期之相鄰衝擊間隔時間計算結果</p> <p>$T_{1-2,1}$—$T_{1-2,5}$：衝擊次序 1 至衝擊次序 2 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間</p> <p>$T_{2-3,1}$—$T_{2-3,5}$：衝擊次序 2 至衝擊次序 3 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間</p> <p>$T_{3-4,1}$—$T_{3-4,5}$：衝擊次序 3 至衝擊次序 4 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間</p> <p>$T_{4-5,1}$—$T_{4-5,5}$：衝擊次序 4 至衝擊次序 5 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間</p> <p>$T_{5-1,1}$—$T_{5-1,5}$：衝擊次序 5 至衝擊</p>	<p>器通道數來執行量測，記錄衝擊響應的時間歷程 (Time history) 結果。輕量衝擊器固定要求如 5.2.1，其他量測要求請參照下列小節與附錄 D。</p> <p>5.4.2 力感測器位置要求依 5.2.2 章節規定。</p> <p>5.4.3 受衝擊面位置要求依 5.2.3 章節規定。</p> <p>5.4.4 量測程序要求依 5.2.4 章節規定。</p> <p>5.4.5 量測時間</p> <p>量測至少須包含五個錘頭連續循環作動五次之時間，且各錘頭應紀錄 5 個間隔時間，再計算各錘頭之平均值。</p> <p>備註：以各別衝擊力波形之間峰值間隔時間來記錄</p> <p>5.3.6 量測計算</p> <p>5.4.5 所記錄各錘頭 5 個間隔時間，由式 (3) 至 (7) 計算衝擊間隔平均時間。</p> $T_{no1_avg} = \frac{(T_{1-2,1} + T_{1-2,2} + T_{1-2,3} + T_{1-2,4} + T_{1-2,5})}{5}$ <p>式 (3)</p> $T_{no2_avg} = \frac{(T_{2-3,1} + T_{2-3,2} + T_{2-3,3} + T_{2-3,4} + T_{2-3,5})}{5}$ <p>式 (4)</p> $T_{no3_avg} = \frac{(T_{3-4,1} + T_{3-4,2} + T_{3-4,3} + T_{3-4,4} + T_{3-4,5})}{5}$ <p>式 (5)</p> $T_{no4_avg} = \frac{(T_{4-5,1} + T_{4-5,2} + T_{4-5,3} + T_{4-5,4} + T_{4-5,5})}{5}$ <p>式 (6)</p>	<p>(2) 修訂量測時間描述。</p> <p>(3) 修訂量測計算描述。</p> <p>(4) 計算公式符號說明修正。</p>

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
	<p><u>次序1之對應兩相鄰錘頭5次間隔時間</u></p>	$T_{no5_avg} = \frac{(T_{5-1,1} + T_{5-1,2} + T_{5-1,3} + T_{5-1,4} + T_{5-1,5})}{5}$ <p><u>式(7)</u></p> <p><u>其中</u></p> <p><u>T_{no1_avg}至T_{no5_avg}分別表示5各錘頭之連續衝擊間隔時間計算結果</u> 1st至5th分別表示紀錄次數(第一次至第五次)</p> <p><u>T_{1-2}:錘頭1至錘頭2之間隔時間,單位ms。</u></p> <p><u>T_{2-3}:錘頭2至錘頭3之間隔時間,單位ms。</u></p> <p><u>T_{3-4}:錘頭3至錘頭4之間隔時間,單位ms。</u></p> <p><u>T_{4-5}:錘頭4至錘頭5之間隔時間,單位ms。</u></p> <p><u>T_{5-1}:錘頭5至錘頭1之間隔時間,單位ms。</u></p> <p>關於連續衝擊間隔時間計算詳述,附錄D提供一計算範例供參照。</p>	
6	刪除	6. 精確度(Precision) 量測方式與設置依第5章節規定須可達到重複操作性,以確保量測精確度。	依委員意見決議刪除本條。
6	<p><u>6. 結果表示</u> 輕量衝擊器接觸式性能測試項目包含： — 衝擊速度單位以 <u>m/s 表示之</u>,其數值計算至小數點以下3位,測試報告之圖表須標示以 m/s 為單位之數值對應。 — 衝擊間隔平均時間單位以 <u>ms 表示之</u>,其數值計算至小數點以下1位,測試報告之圖表須標示以 ms 為單</p>	<p>7. 結果表示 輕量衝擊器接觸式性能測試項目包含： — 衝擊落下速度,以單位 <u>m/s 表示之</u>,其數值計算至小數點以下3位,測試報告之圖表須標示以 m/s 為單位之數值對應。 — 衝擊間隔平均時間,以單位 <u>毫秒 (ms) 表示之</u>,其數值計算至小數點以下1位,測試報告之圖表須標示</p>	修正單位表示描述。

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
	<p>位之數值對應。</p> <p>—相鄰衝擊間隔時間<u>單位</u> <u>以 ms 表示之</u>，其數值計算至小數點以下 1 位，測試報告之圖表須標示以 ms 為單位之數值對應。</p>	<p>以 ms 為單位之數值對應。</p> <p>—連續衝擊間隔時間，<u>以單位毫秒 (ms)表示之</u>，其數值計算至小數點以下 1 位，測試報告之圖表須標示以 ms 為單位之數值對應。</p>	
<p>7</p>	<p>7.測試報告</p> <p>測試報告須記載：</p> <p>(a) <u>測試依據</u>。</p> <p>(b) <u>測試</u>機構名稱與地址等相關資訊。</p> <p>(c) <u>送驗單位</u>名稱、地址與連絡資訊。</p> <p>(d) <u>收件</u>與測試日期。</p> <p>(e) <u>受測物</u>名稱、廠牌、型號與規格。</p> <p>(f) 數據擷取器量測取樣頻率及 A/D 轉換器之解析度。</p> <p>(g) 受衝擊墊彈性率。</p> <p>(h) 量測衡量。</p> <p>(i) <u>衝擊速度、衝擊間隔平均時間、相鄰衝擊間隔時間</u> <u>測試結果</u>。</p>	<p>8.測試報告</p> <p>測試報告須記載：</p> <p>(a) <u>量測標準</u>；</p> <p>(b) <u>量測</u>機構名稱與地址等相關資訊；</p> <p>(c) <u>顧客</u>名稱、地址與連絡資訊</p> <p>(d) <u>接受</u>與測試日期；</p> <p>(e) 測試程序；</p> <p>(f) <u>待測物</u>名稱、廠牌、型號與規格等</p> <p>(g) 測試項目</p> <p>(h) 記錄器量測取樣頻率及 A/D 解析度</p> <p>(i) 受衝擊面彈性率</p> <p>(j) 量測衡量</p> <p>(k) 衝擊速度</p>	<p>依委員意見修正文字用語。</p>

5、「樓板衝擊器簡易性能測試技術」標準草案 第四場修正草案（第三版）條文對照表

日期：100 年 12 月 8 日 下午 1:00 至 3:00

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
附錄 A	刪除	附錄 A 測試平台要求	依第二場試審會委員意見將本附錄內文移至 4.4。
附錄 A	<p><u>附錄 A 衡量積分時間決定方法（規定）</u></p> <p><u>式 (A.1) 為衡量定義式，此衡量積分計算是以衝擊力升達與降至峰值之 2% 為起始點與結束點（即 T1 與 T2）來執行，如圖 A.1。依式 (A.1) 計算衡量 I 值後，再以式 (A.2) 計算衝擊速度。</u></p> $I = \int_{T_1}^{T_2} F(t) dt = M(1 + \mu) V_{\max} \quad (A.1)$ $V_{\max} = \frac{I}{M(1 + \mu)} \quad (A.2)$ <p><u>計算範例：</u></p> <p><u>圖 A.1 為一衝擊力訊號，假設以尼龍材質受衝擊墊來測試，依式 (A.1) 計算衡量 I：</u></p> <p><u>T₁：0.069086 s（積分開始時間，即衝擊力升達峰值 2% 的時間。）</u></p> <p><u>T₂：0.069502 s（積分結束時間，即衝擊力降至峰值 2% 的時間。）</u></p> <p><u>T₁ 至 T₂ 期間：0.000416 s</u></p> <p><u>F(t)：受衝擊墊之受力</u></p> <p><u>衡量 I 計算結果為 0.720</u></p> <p><u>再依式 (A.2) 計算衝擊速度</u></p>	<p>附錄 B 衝擊落下速度計算</p> <p>依規範第 5.2 章節之測試要求執行量測後，進行衝擊力波形積分，以求得量測衡量。積分方式說明範例如圖 3。於得知量測衡量結果，再以式 (1) 計算衝擊落下速度。</p> $V_{\max} = \frac{I}{M(1 + \mu)} \quad (1)$ <p>其中：</p> <p>I 為量測衡量，計算方式範例如附錄 A。</p> <p>F(t) 受衝擊面之受力。</p> <p>依據 CNS 6483 3.8 章節定義：鐵棒打擊受衝擊面試片之反彈高度數值即為彈性率。</p> <p>V_{max} 為錘頭撞擊受衝擊面之速度。</p> <p>計算範例：</p> <p>假設以尼龍材質受衝擊面測試，依圖 3 衝擊力波形積分方式計算：</p> <p>起始時間：0.07257 s；</p> <p>結束時間：0.07310 s；</p> <p>最大衝擊力：2750N；</p> <p>力積分結果：0.72875</p> <p>依據式 (1) 計算衝擊落下速度</p> <p>本範例受衝擊面之彈性率</p>	<p>(1) 附錄名稱更改</p> <p>(2) 衡量積分起始點與結束點修正為「以衝擊力升達與降至峰值之 2%」。</p> <p>(3) 計算範例內容說明修改。</p>

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
	<p><u>本範例受衝擊墊之彈性率 μ 值為 0.64 (依測試報告結果)</u> <u>則衝擊速度為 0.878 m/s</u></p>	<p>值為 0.64 (依測試報告結果) 則衝擊落下速度：0.889m/s</p>	
<p>附錄 B</p>	<p>附錄 B 衝擊間隔平均時間計算 (參考) <u>圖 B.1 為一衝擊衝擊力時間歷程範例。</u> 衝擊間隔平均時間 = $\frac{(T_{1-2} + T_{2-3} + T_{3-4} + T_{4-5} + T_{5-1})}{5} \quad (B.1)$ 依式 (B.1) 計算： 衝擊間隔平均時間 $= \frac{(100.1 + 98.3 + 99.1 + 98.1 + 99.1)}{5}$ $= 98.9 \text{ (ms)}$ </p>	<p>附錄 C 衝擊間隔平均時間計算 參照第 5.3 章節之測試要求執行量測後，將五個錘頭循環作動二次之五個間隔時間依式 (2) 取平均值計算之。 衝擊間隔平均時間 = $\frac{(T_{1-2} + T_{2-3} + T_{3-4} + T_{4-5} + T_{5-1})}{5} = \text{式 (2)}$ 其中 T_{1-2}：錘頭 1 至錘頭 2 之間隔時間，單位 ms。 T_{2-3}：錘頭 2 至錘頭 3 之間隔時間，單位 ms。 T_{3-4}：錘頭 3 至錘頭 4 之間隔時間，單位 ms。 T_{4-5}：錘頭 4 至錘頭 5 之間隔時間，單位 ms。 T_{5-1}：錘頭 5 至錘頭 1 之間隔時間，單位 ms。 下圖 4 為一衝擊間隔平均時間計算範例，作為提供參考。 依式 (2) 計算： 衝擊間隔平均時間 $= \frac{(100.1 + 98.3 + 99.1 + 98.1 + 99.1)}{5}$ $= 98.9 \text{ (ms)}$ 此結果則符合 CNS 15160-6 與 CNS 15160-7 之附錄 A 衝擊間隔平均時間要求 (100±5 ms)。 </p>	<p>依委員意見刪除本文已有的內容，而不需重複再描述。</p>

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
附錄 C C	<p>附錄 C 連續衝擊間隔時間計算 (參考)</p> <p>圖 C.1 為一相鄰衝擊間隔時間計算範例。</p> $T_{no1_avg} = \frac{(T_{1-2,1} + T_{1-2,2} + T_{1-2,3} + T_{1-2,4} + T_{1-2,5})}{5}$ <p>式 (C.1)</p> $T_{no2_avg} = \frac{(T_{2-3,1} + T_{2-3,2} + T_{2-3,3} + T_{2-3,4} + T_{2-3,5})}{5}$ <p>式 (C.2)</p> $T_{no3_avg} = \frac{(T_{3-4,1} + T_{3-4,2} + T_{3-4,3} + T_{3-4,4} + T_{3-4,5})}{5}$ <p>式 (C.3)</p> $T_{no4_avg} = \frac{(T_{4-5,1} + T_{4-5,2} + T_{4-5,3} + T_{4-5,4} + T_{4-5,5})}{5}$ <p>式 (C.4)</p> $T_{no5_avg} = \frac{(T_{5-1,1} + T_{5-1,2} + T_{5-1,3} + T_{5-1,4} + T_{5-1,5})}{5}$ <p>式 (C.5)</p> <p>依式 (C.1) 至 (C.5) 計算：</p> <p>衝擊次序 1 至衝擊次序 2 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間計算</p> $= \frac{(100.1 + 101.1 + 100.1 + 101.1 + 100.1)}{5}$ <p>= 100.5 (ms)</p> <p>衝擊次序 2 至衝擊次序 3 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間計算</p> $= \frac{(99.1 + 99.1 + 99.1 + 99.1 + 99.1)}{5}$ <p>= 99.1 (ms)</p> <p>衝擊次序 3 至衝擊次序 4 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間計算</p> $= \frac{(98.1 + 98.1 + 98.1 + 98.1 + 98.1)}{5}$	<p>附錄 D 連續衝擊間隔時間計算</p> <p>參照第 5.4 章節之測試要求執行量測後，完成五個錘頭連續循環作動六次之測試，且各錘頭紀錄 5 個間隔時間後，依式 (3) 至 (7) 計算各錘頭平均值。</p> $T_{no1_avg} = \frac{(T_{1-2,1} + T_{1-2,2} + T_{1-2,3} + T_{1-2,4} + T_{1-2,5})}{5}$ <p>式 (3)</p> $T_{no2_avg} = \frac{(T_{2-3,1} + T_{2-3,2} + T_{2-3,3} + T_{2-3,4} + T_{2-3,5})}{5}$ <p>式 (4)</p> $T_{no3_avg} = \frac{(T_{3-4,1} + T_{3-4,2} + T_{3-4,3} + T_{3-4,4} + T_{3-4,5})}{5}$ <p>式 (5)</p> $T_{no4_avg} = \frac{(T_{4-5,1} + T_{4-5,2} + T_{4-5,3} + T_{4-5,4} + T_{4-5,5})}{5}$ <p>式 (6)</p> $T_{no5_avg} = \frac{(T_{5-1,1} + T_{5-1,2} + T_{5-1,3} + T_{5-1,4} + T_{5-1,5})}{5}$ <p>式 (7)</p> <p>其中</p> <p>T_{no1_avg} 至 T_{no5_avg} 分別表示 5 各錘頭之連續衝擊間隔時間計算結果</p> <p>1st 至 5th 分別表示紀錄次數 (第一次至第五次)</p> <p>T_{1-2} : 錘頭 1 至錘頭 2 之間隔時間，單位 ms。</p> <p>T_{2-3} : 錘頭 2 至錘頭 3 之間隔時間，單位 ms。</p> <p>T_{3-4} : 錘頭 3 至錘頭 4 之間隔時間，單位 ms。</p> <p>T_{4-5} : 錘頭 4 至錘頭 5 之間隔時間，單位 ms。</p> <p>T_{5-1} : 錘頭 5 至錘頭 1 之間隔時間</p>	<p>依委員意見刪除本文已有的內容，而不需重複再描述。</p>

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
	<p>= 98.1 (ms)</p> <p>衝擊次序 4 至衝擊次序 5 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間計算</p> $= \frac{(99.3+99.3+99.3+99.3+99.3)}{5}$ <p>= 99.3 (ms)</p> <p>衝擊次序 5 至衝擊次序 1 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間計算</p> $= \frac{(102.1+101.1+102.1+101.1+102.1)}{5}$ <p>= 101.7 (ms)</p>	<p>間，單位 ms。</p> <p>下圖 5 為一連續衝擊間隔時間計算範例，作為提供參考。</p> <p>依式 (3) 至 (7) 計算：</p> <p>第 1 個錘頭之連續衝擊間隔時間</p> $= \frac{(100.1+101.1+100.1+101.1+100.1)}{5}$ <p>= 100.5 (ms)</p> <p>第 2 個錘頭之連續衝擊間隔時間</p> $= \frac{(99.1+99.1+99.1+99.1+99.1)}{5}$ <p>= 99.1 (ms)</p> <p>第 3 個錘頭之連續衝擊間隔時間</p> $= \frac{(98.1+98.1+98.1+98.1+98.1)}{5}$ <p>= 98.1 (ms)</p> <p>第 4 個錘頭之連續衝擊間隔時間</p> $= \frac{(99.3+99.3+99.3+99.3+99.3)}{5}$ <p>= 99.3 (ms)</p> <p>第 5 個錘頭之連續衝擊間隔時間</p> $= \frac{(102.1+101.1+102.1+101.1+102.1)}{5}$ <p>= 101.7 (ms)</p> <p>此結果則符合 CNS 15160-6 與 CNS 15160-7 之附錄 A 連續衝擊間隔時間計算要求 (100±20 ms)。</p>	
附錄 D	附錄 D 測試報告範例 第一頁 受測物資訊	附錄 E 測試報告範例 本附錄提供樓板衝擊器接觸式性能測試結	(1) 圖或表格內容所採用之名詞皆修訂與本文相同。

章節	第三版草案修正條文	第二版草案修正條文	說明
	<p>測試資訊</p> <p>測試機構</p> <p>測試依據</p> <p>收件日期</p> <p>受衝擊墊彈性率</p> <p>測試設備</p> <p>資料擷取器型號與解析度</p> <p><u>第三頁</u></p> <p>測試結果</p> <p>表 X A 衝擊源衝量結果表</p> <p>表 X A 衝擊源衝擊速度結果表</p> <p>表</p> <p><u>第四頁</u></p> <p>測試結果</p> <p>表 X A 衝擊源源衝擊間隔平均時間結果表</p> <p><u>第五頁</u></p> <p>測試結果</p> <p>表 X A 衝擊源源相鄰衝擊間隔時間結果表</p>	<p>果(含衝擊速度、衝擊間隔平均時間與相鄰衝擊間隔時間等二項)標示之參考報告格式。</p>	<p>(2) 第三頁的圖例刪除。</p> <p>(3) 第四頁表格內容刪除起始點與結束點。</p> <p>(4) 第四頁的圖例刪除。</p> <p>(5) 第五頁表格內容刪除起始點與結束點。</p> <p>(6) 第五頁的圖例增加 CNS 15160-7 附錄 A 對相鄰衝擊間隔時間規範的上下限值。</p>

6、標準輕量衝擊源之性能量測法—接觸式量測 方法草案（第三版）

附件四：標準輕量衝擊源之性能量測法－接觸式量測方法(草案)

草案	標準輕量衝擊源之性能量測法－接觸式量測方法	第三版
----	-----------------------	-----

Measurement of Standard Tapping Machine Performance – Contact Measurement Method

目錄

節次	頁次
1. 適用範圍	2
2. 引用標準	2
3. 定義	2
3.1 衝擊高度 (Impact height).....	2
3.2 衝擊速度 (Impact velocity).....	2
3.3 衝擊週期 (Impact cycle)	2
3.4 衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts).....	2
3.5 相鄰衝擊間隔時間 (Time between successive impacts).....	2
4. 設備	2
4.1 力感測器.....	2
4.2 數據擷取器.....	2
4.3 受衝擊墊.....	3
4.4 測試平台.....	3
5. 測試程序及計算	4
5.1 通則.....	4
5.2 衝擊速度.....	4
5.3 衝擊間隔平均時間.....	5
5.4 相鄰衝擊間隔時間.....	5
6. 結果表示	6
7. 測試報告	6
附錄 A (規定) 衝量積分時間決定方法.....	7
附錄 B (參考) 衝擊間隔平均時間計算.....	8
附錄 C (參考) 相鄰衝擊間隔時間計算.....	9
附錄 D (參考) 測試報告範例.....	11
中英文名詞對照	15

(共 15 頁)

1. 適用範圍

本方法適用於檢測樓板衝擊音之隔音量測所需輕量衝擊源 (Tapping Machine) 的性能，量測項目包含：衝擊速度 (Impact velocity)、衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts) 與相鄰衝擊間隔時間 (Time between successive impacts) 等三項。

備考：輕量衝擊源性能要求定義於 CNS 15160-6 之附錄 A 或 CNS 15160-7 之附錄 A。

2. 引用標準

CNS 15160-6 聲學 - 建築物及建築物構件之隔音量測法 - 樓板衝擊音隔音之實驗室量測

CNS 15160-7 聲學- 建築物及建築物構件之隔音量測法 - 樓板衝擊音隔音之現場量測方法

CNS 6483 聚胺酯運動場所用鋪設材料檢驗法

3. 定義

3.1 衝擊高度 (Impact height)

輕量衝擊源之錘頭底面至衝擊平台受衝擊墊之距離，其高度為 40 mm。

3.2 衝擊速度 (Impact velocity)

輕量衝擊源之錘頭自由落下依據 3.1 衝擊高度所測得之速度，單位為 m/s。

3.3 衝擊週期 (Impact cycle)

同一錘頭相連二次落下之時間間隔。

3.4 衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts)

輕量衝擊源進行一衝擊週期，其 5 個間隔時間之平均值。

3.5 相鄰衝擊間隔時間 (Time between successive impacts)

輕量衝擊源進行五衝擊週期，在各週期中對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間之平均值。

4. 設備

4.1 力感測器

力感測器量程範圍上限值應在 6,000 N 以上，靈敏度應在 0.2 mV/N 或 4.0 pC/N 以上。

備考：

1. 所測得衝擊力若大於力感測器之最大量程範圍時，則會有訊號過載 (Overload) 情形，此為無效量測結果。

2. 依 CNS 15160-6 之附錄 A 或 CNS 15160-7 之附錄 A 規範要求，衝擊力理論計算最大值為 5022.72 N。

4.2 數據擷取器

因衝擊脈衝時間短暫，單一通道取樣頻率至少為 500k Hz 以上；數據擷取器之 A/D 轉換器解析度在 16 bit 以上。

4.3 受衝擊墊

受衝擊墊彈性率應依 CNS 6483 3.8 彈性率試驗進行測試，受衝擊墊彈性率範圍為 0.5-0.7，直徑約 29 mm，厚度為 12.7 ± 0.13 mm。建議可選用尼龍材料。

4.4 測試平台

測試平台面積應大於輕量衝擊源之最大水平面積，平台上用於裝設力感測器之位置須符合輕量衝擊源相鄰錘頭間隔距離的要求 (100 ± 3 mm)，測試平台質量應大於錘頭質量 30 倍以上，且變形量不得大於 0.1 mm。

圖 1 與圖 2 為測試平台範例，提供參考。

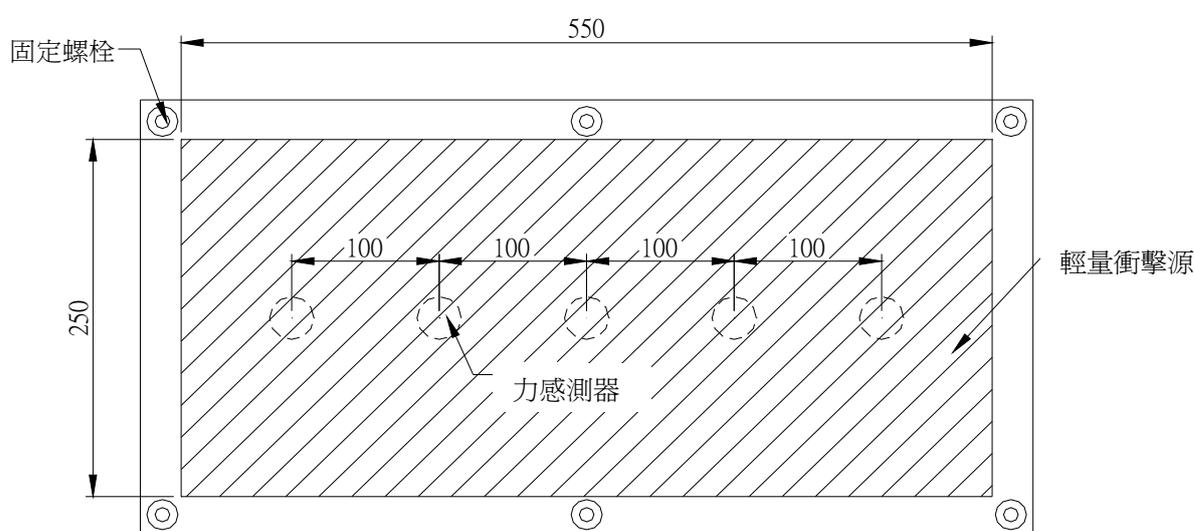


圖 1 測試平台平面圖 (參考範例)

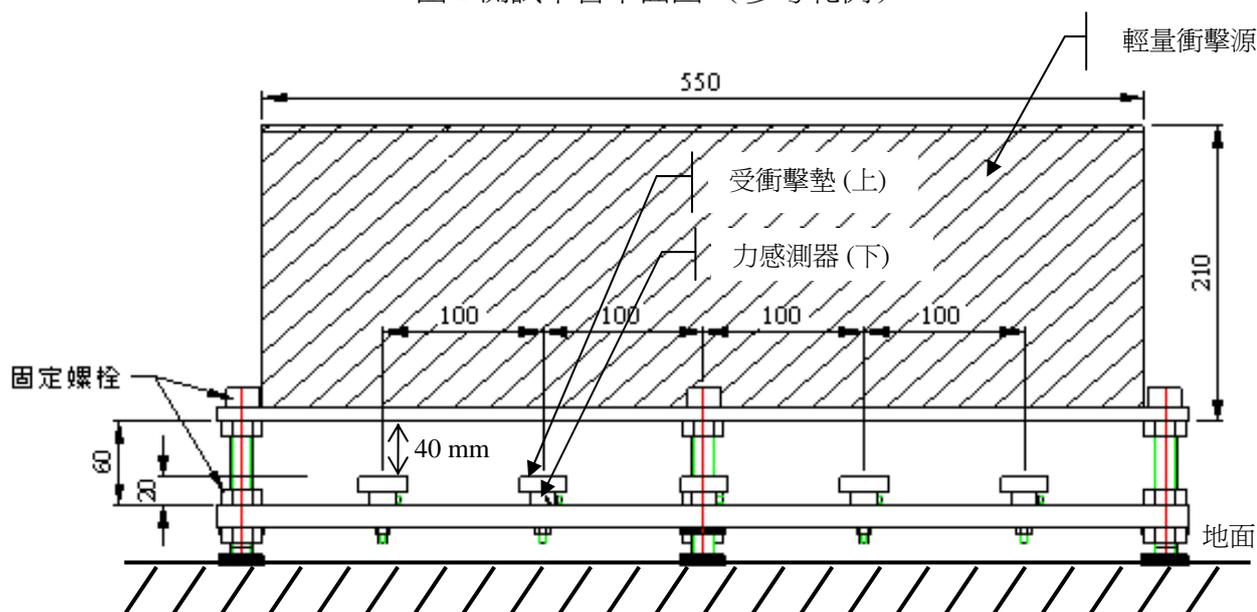


圖 2 測試平台側面圖 (參考範例)

5. 測試程序及計算

5.1 通則

5.1.1 量測說明

輕量衝擊源應固定於測試平台上，以確保力感測器可準確量測錘頭衝擊力。若採用單一通道數據擷取器進行量測時，則需分別記錄各錘頭衝擊力之量測資料。

5.1.2 力感測器位置

1. 所有力感測器裝置於測試平台時，須處於各錘頭正下方。
2. 裝設力感測器時，其相鄰孔徑中心點距離應為 100 ± 3 mm。

5.1.3 受衝擊墊位置

1. 受衝擊墊須設置於力感測器上方，並確定受衝擊墊與錘頭底面之距離為 40 mm。
2. 受衝擊墊須與力感測器緊密相接，以確保正確量測錘頭落下時之衝擊力訊號。

5.1.4 量測程序

- (a) 確認輕量衝擊源之外觀完整性與適用性。
- (b) 輕量衝擊源進行量測作業前，須確認錘頭落下作動正常。
- (c) 確認測試平台外觀完整性皆無異狀。
- (d) 確認受衝擊墊水平性無異狀。
- (e) 確認受衝擊墊與錘頭之間距離為 40 mm。
- (f) 輕量衝擊源架設於測試平台上，並確認螺絲已固定完成。
- (g) 確認量測相關硬體與軟體之完整性與設定。
- (h) 確認力感測器裝置已連接，且訊號接收無異狀。
- (i) 開始進行量測作業。
- (j) 完成量測作業，並停止輕量衝擊源作動。

5.2 衝擊速度

5.2.1 量測時間

量測應記錄 5 個衝擊週期。

5.2.2 量測計算

量測衝量組成包含錘頭質量、彈性率及衝擊速度（此處指 V_{max} ），衝量計算如式 (1)，衝擊速度計算如式 (2)。

$$I = \int_{T_1}^{T_2} F(t) dt = M(1 + \mu) V_{max} \quad \text{式 (1)}$$

$$V_{\max} = \frac{I}{M(1 + \mu)} \quad \text{式 (2)}$$

其中：

I 為量測衝量

$F(t)$ 受衝擊墊之受力，

μ 為依 CNS6483 所測得之彈性率。

V_{\max} 為錘頭撞擊受衝擊墊之速度。

M 為錘頭質量。

T_1 為積分開始時間，即衝擊力升達峰值 2% 的時間。

T_2 為積分結束時間，即衝擊力降至峰值 2% 的時間。

5.3 衝擊間隔平均時間

5.3.1 量測時間

量測應記錄 2 個衝擊週期。

5.3.2 量測計算

以 5.3.1 所記錄 6 個衝擊力尖峰值之間隔時間，由式 (3) 計算衝擊間隔平均時間。

$$\text{衝擊間隔平均時間} = \frac{(T_{1-2} + T_{2-3} + T_{3-4} + T_{4-5} + T_{5-1})}{5} \quad \text{式 (3)}$$

其中

T_{1-2} ：衝擊次序 1 衝擊力尖峰值至衝擊次序 2 衝擊力尖峰值之間隔時間

T_{2-3} ：衝擊次序 2 衝擊力尖峰值至衝擊次序 3 衝擊力尖峰值之間隔時間

T_{3-4} ：衝擊次序 3 衝擊力尖峰值至衝擊次序 4 衝擊力尖峰值之間隔時間

T_{4-5} ：衝擊次序 4 衝擊力尖峰值至衝擊次序 5 衝擊力尖峰值之間隔時間

T_{5-1} ：衝擊次序 5 衝擊力尖峰值至衝擊次序 1 衝擊力尖峰值之間隔時間

5.4 相鄰衝擊間隔時間

5.4.1 量測時間

量測應記錄 6 個衝擊週期。

5.4.2 量測計算

以 5.4.1 記錄各錘頭 5 個衝擊力尖峰值之間隔時間，由式 (4) 至式 (8) 計算衝擊間隔平均時間。

$$T_{no1_avg} = \frac{(T_{1-2,1} + T_{1-2,2} + T_{1-2,3} + T_{1-2,4} + T_{1-2,5})}{5} \quad \text{式 (4)}$$

$$T_{no2_avg} = \frac{(T_{2-3,1} + T_{2-3,2} + T_{2-3,3} + T_{2-3,4} + T_{2-3,5})}{5} \quad \text{式 (5)}$$

$$T_{no3_avg} = \frac{(T_{3-4,1} + T_{3-4,2} + T_{3-4,3} + T_{3-4,4} + T_{3-4,5})}{5} \quad \text{式(6)}$$

$$T_{no4_avg} = \frac{(T_{4-5,1} + T_{4-5,2} + T_{4-5,3} + T_{4-5,4} + T_{4-5,5})}{5} \quad \text{式(7)}$$

$$T_{no5_avg} = \frac{(T_{5-1,1} + T_{5-1,2} + T_{5-1,3} + T_{5-1,4} + T_{5-1,5})}{5} \quad \text{式(8)}$$

其中

T_{no1_avg} 至 T_{no5_avg} 分別表示 5 個衝擊週期之相鄰衝擊間隔時間計算結果

$T_{1-2,1} - T_{1-2,5}$ ：衝擊次序 1 至衝擊次序 2 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間

$T_{2-3,1} - T_{2-3,5}$ ：衝擊次序 2 至衝擊次序 3 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間

$T_{3-4,1} - T_{3-4,5}$ ：衝擊次序 3 至衝擊次序 4 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間

$T_{4-5,1} - T_{4-5,5}$ ：衝擊次序 4 至衝擊次序 5 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間

$T_{5-1,1} - T_{5-1,5}$ ：衝擊次序 5 至衝擊次序 1 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間

6. 結果表示

輕量衝擊源接觸式性能測試項目包含：

- 衝擊速度單位以 m/s 表示之，其數值計算至小數點以下 3 位，測試報告之圖表須標示以 m/s 為單位之數值對應。
- 衝擊間隔平均時間單位以 ms 表示之，其數值計算至小數點以下 1 位，測試報告之圖表須標示以 ms 為單位之數值對應。
- 相鄰衝擊間隔時間單位以 ms 表示之，其數值計算至小數點以下 1 位，測試報告之圖表須標示以 ms 為單位之數值對應。

7. 測試報告

測試報告須記載：

- (a) 測試依據。
- (b) 測試機構名稱與地址等相關資訊。
- (c) 送驗單位名稱、地址與連絡資訊。
- (d) 收件與測試日期。
- (e) 受測物名稱、廠牌、型號與規格。
- (f) 數據擷取器量測取樣頻率及 A/D 轉換器之解析度。
- (g) 受衝擊墊彈性率。
- (h) 量測衡量。
- (i) 衝擊速度、衝擊間隔平均時間、相鄰衝擊間隔時間測試結果。

附錄 A 衝量積分時間決定方法 (規定)

式 (A.1) 為衝量定義式，此衝量積分計算是以衝擊力升達與降至峰值之 2% 為起始點與結束點（即 T_1 與 T_2 ）來執行，如圖 A.1。依式 (A.1) 計算衝量 I 值後，再以式 (A.2) 計算衝擊速度。

$$I = \int_{T_1}^{T_2} F(t)dt = M(1 + \mu) V_{\max} \quad (\text{A.1})$$

$$V_{\max} = \frac{I}{M(1 + \mu)} \quad (\text{A.2})$$

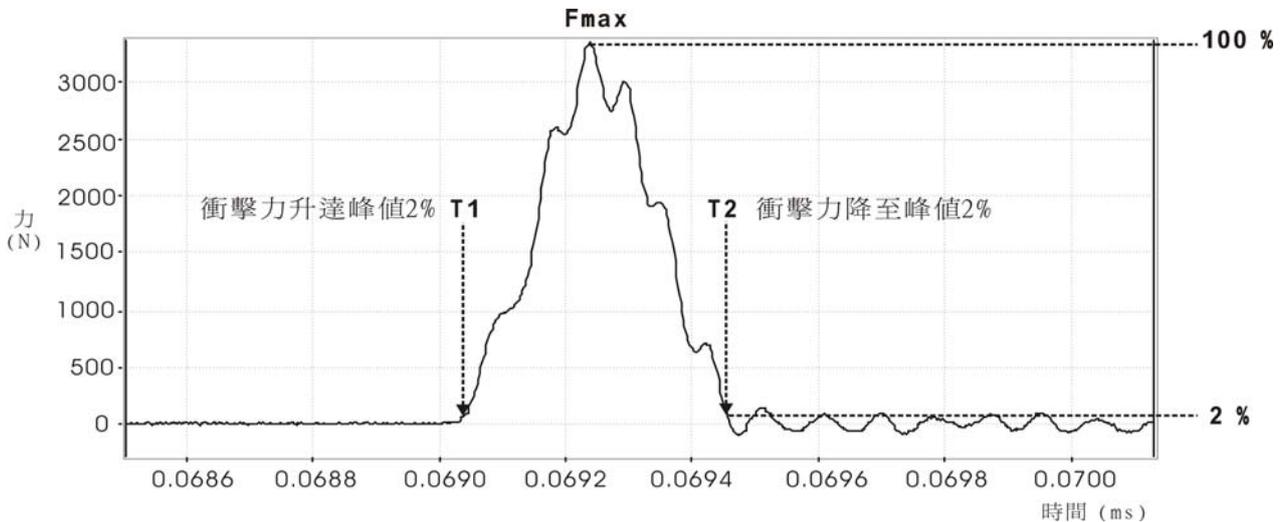


圖 A.1 衝擊力訊號之衝量積分範例

計算範例：

圖 A.1 為一衝擊力訊號，假設以尼龍材質受衝擊墊來測試，依式 (A.1) 計算衝量 I ：

T_1 ：0.069086 s（積分開始時間，即衝擊力升達峰值 2% 的時間。）

T_2 ：0.069502 s（積分結束時間，即衝擊力降至峰值 2% 的時間。）

T_1 至 T_2 期間：0.000416 s

$F(t)$ ：受衝擊墊之受力

衝量 I 計算結果為 0.720

再依式 (A.2) 計算衝擊速度

本範例受衝擊墊之彈性率 μ 值為 0.64（依測試報告結果）

則衝擊速度為 0.878 m/s

附錄 B 衝擊間隔平均時間計算範例 (參考)

圖 B.1 為一衝擊衝擊力時間歷程範例。

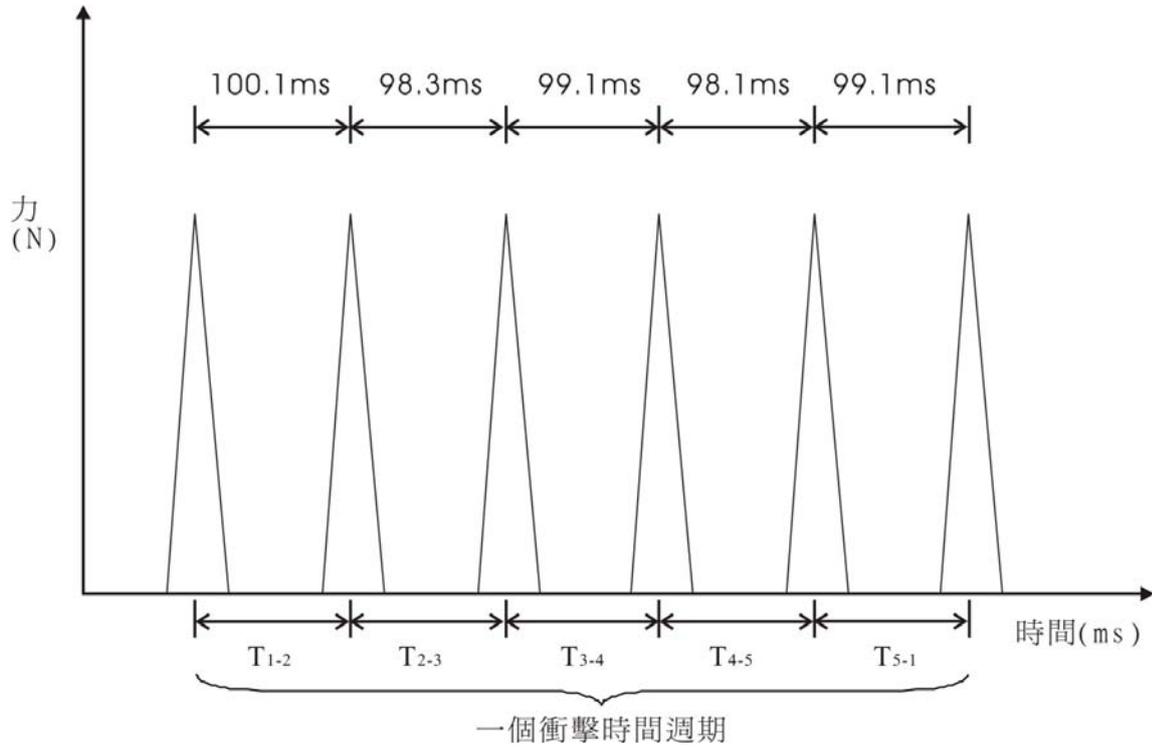


圖 B.1 衝擊力時間歷程

$$\text{衝擊間隔平均時間} = \frac{(T_{1-2} + T_{2-3} + T_{3-4} + T_{4-5} + T_{5-1})}{5} \quad (\text{B.1})$$

依式 (B.1) 計算：

$$\text{衝擊間隔平均時間} = \frac{(100.1 + 98.3 + 99.1 + 98.1 + 99.1)}{5} = 98.9 \text{ (ms)}$$

附錄 C 相鄰衝擊間隔時間計算 (參考)

圖 C.1 為一相鄰衝擊間隔時間計算範例，作為提供參考。

$$T_{no1_avg} = \frac{(T_{1-2,1} + T_{1-2,2} + T_{1-2,3} + T_{1-2,4} + T_{1-2,5})}{5} \quad (C.1)$$

$$T_{no2_avg} = \frac{(T_{2-3,1} + T_{2-3,2} + T_{2-3,3} + T_{2-3,4} + T_{2-3,5})}{5} \quad (C.2)$$

$$T_{no3_avg} = \frac{(T_{3-4,1} + T_{3-4,2} + T_{3-4,3} + T_{3-4,4} + T_{3-4,5})}{5} \quad (C.3)$$

$$T_{no4_avg} = \frac{(T_{4-5,1} + T_{4-5,2} + T_{4-5,3} + T_{4-5,4} + T_{4-5,5})}{5} \quad (C.4)$$

$$T_{no5_avg} = \frac{(T_{5-1,1} + T_{5-1,2} + T_{5-1,3} + T_{5-1,4} + T_{5-1,5})}{5} \quad (C.5)$$

依式 (C.1)至 (C.5) 計算：

衝擊次序 1 至衝擊次序 2 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間平均值

$$T_{no1_avg} = \frac{(100.1 + 101.1 + 100.1 + 101.1 + 100.1)}{5} = 100.5 \text{ (ms)}$$

衝擊次序 2 至衝擊次序 3 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間平均值

$$T_{no2_avg} = \frac{(99.1 + 99.1 + 99.1 + 99.1 + 99.1)}{5} = 99.1 \text{ (ms)}$$

衝擊次序 3 至衝擊次序 4 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間平均值

$$T_{no3_avg} = \frac{(98.1 + 98.1 + 98.1 + 98.1 + 98.1)}{5} = 98.1 \text{ (ms)}$$

衝擊次序 4 至衝擊次序 5 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間平均值

$$T_{no4_avg} = \frac{(99.3 + 99.3 + 99.3 + 99.3 + 99.3)}{5} = 99.3 \text{ (ms)}$$

衝擊次序 5 至衝擊次序 1 之對應兩相鄰錘頭 5 次間隔時間平均值

$$T_{no5_avg} = \frac{(102.1 + 101.1 + 102.1 + 101.1 + 102.1)}{5} = 101.7 \text{ (ms)}$$

附錄 D 測試報告範例 (參考)

XXXXXXXX 實驗室
台北市XXXXXXXXXXXXXXX
02-XXXXXXXX

報告編號:XXXXX
報告名稱:A衝擊器性能檢測報告

樓板衝擊源接觸式性能測試報告

顧客資訊

名稱：	
地址：	
電話：	

受測物資訊

名稱：	
廠牌：	
型號：	
規格：	
製造日期：	

測試資訊

測試機構：	
測試機構地址：	
報告編號：	
測試依據：	
收件日期：	
測試日期：	
測試項目：	
量測取樣頻率：	
受衝擊墊彈性率：	

測試設備

力感測器：	
資料擷取器型號 與解析度：	

測試人員：

報告簽署人：

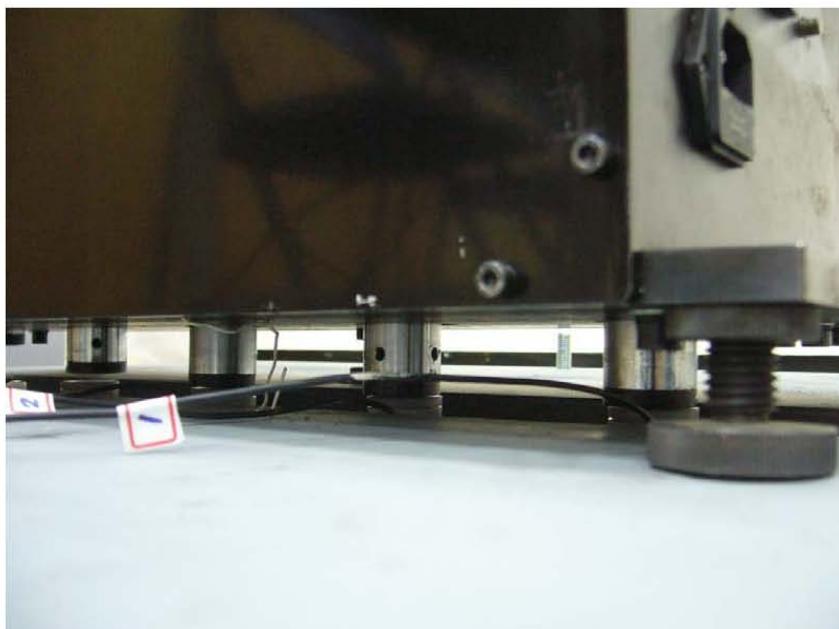


本報告僅對測試樣品負責。
本報告以紙本發行文主，電子檔案測試報告僅供參考。
本報告未經本公司書面同意，不可複製使用。
本報告4頁，分離使用無效。

測試照片



圖X A衝擊器測試圖一



圖X A衝擊器測試圖二

本報告僅對測試樣品負責。
本報告以紙本發行文主，電子檔案測試報告僅供參考。
本報告未經本公司書面同意，不可複製使用。
本報告4頁，分離使用無效。

測試結果

表1 A衝擊源衝量結果表

衝擊次序	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	備註
T ₁							
T ₂							
T ₃							
T ₄							
T ₅							

表2 A衝擊源衝擊速度結果表

單位：m/s

衝擊次序	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	備註
T ₁							
T ₂							
T ₃							
T ₄							
T ₅							

表3 A衝擊源衝擊間隔平均時間測試結果表

單位：ms

衝擊次序	間隔	平均值	備註
T ₁₋₂			
T ₂₋₃			
T ₃₋₄			
T ₄₋₅			
T ₅₋₁			

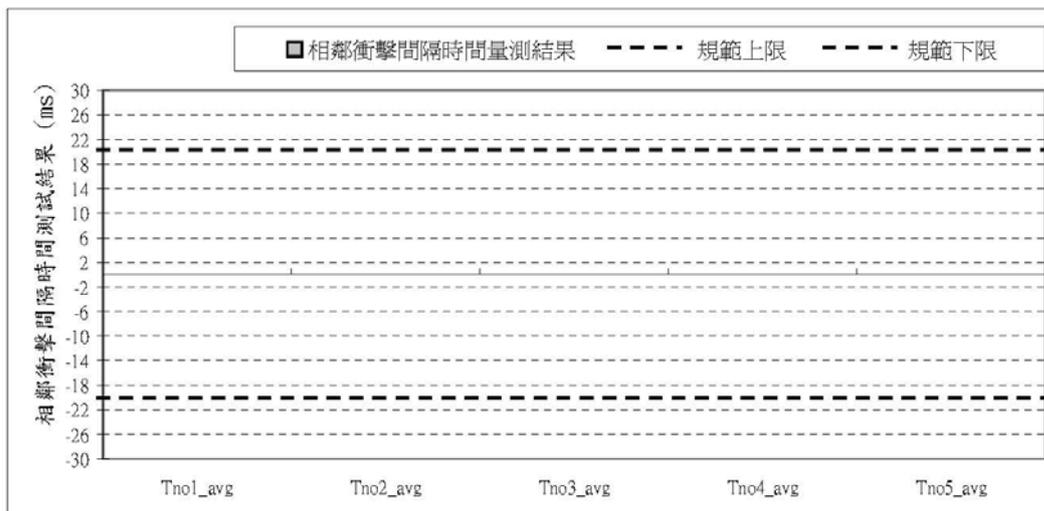
本報告僅對測試樣品負責。
 本報告以紙本發行文主，電子檔案測試報告僅供參考。
 本報告未經本公司書面同意，不可複製使用。
 本報告4頁，分離使用無效。

測試結果

表X A衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果表

單位:ms

相鄰衝擊間隔時間	衝擊次序	間隔	平均值	備註
T _{no1_avg}	T _{1-2,1}			
	T _{1-2,2}			
	T _{1-2,3}			
	T _{1-2,4}			
	T _{1-2,5}			
T _{no2_avg}	T _{2-3,1}			
	T _{2-3,2}			
	T _{2-3,3}			
	T _{2-3,4}			
	T _{2-3,5}			
T _{no3_avg}	T _{3-4,1}			
	T _{3-4,2}			
	T _{3-4,3}			
	T _{3-4,4}			
	T _{3-4,5}			
T _{no4_avg}	T _{4-5,1}			
	T _{4-5,2}			
	T _{4-5,3}			
	T _{4-5,4}			
	T _{4-5,5}			
T _{no5_avg}	T _{5-1,1}			
	T _{5-1,2}			
	T _{5-1,3}			
	T _{5-1,4}			
	T _{5-1,5}			



圖X A衝擊源相鄰衝擊間隔時間測試結果圖

本報告僅對測試樣品負責。
 本報告以紙本發行人主，電子檔案測試報告僅供參考。
 本報告未經本公司書面同意，不可複製使用。
 本報告4頁，分離使用無效。

中英文名詞對照

Impact height	衝擊高度
Impact velocity	衝擊速度
Impact cycle	衝擊週期
Mean time between impacts	衝擊間隔平均時間
Time between successive impacts	相鄰衝擊間隔時間
Tapping Machine	輕量衝擊源
Overload	過載
Time history	時間歷程

附件四、 100 年居住空間舒適性檢測標準整合與開發 -論文與報告摘要

1. 研討會論文一

論文名稱：樓板衝擊源簡易性能測試技術研究

The Calibration Technology for Standard Floor Tapping Machine

作者： 洪振發^{1,3}、余忠和^{2,3}、張瑞奕^{2,3}

¹ 國立臺灣大學工程科學及海洋工程系

² 凱鉅科技實業有限公司

³ 中華民國振動與噪音工程學會

發表會議：第十九屆中華民國振動與噪音工程學術研討會 大葉大學 中華民國一〇〇年六月二十五日

摘要：

本研究旨在檢討 ISO 140-6、7、8 附錄 A 之標準衝擊源要求(requirements for the standard tapping machine)，並研擬一簡易檢測法，以供檢定標準衝擊源性能之用。本文初步量測指標以受衝擊面(impact surface)之衝擊力、衝量(momentum)、衝擊間隔 (impact interval) 與衝擊速度等參數為主。研究過程設計一輕量衝擊器設置於測試平台，並藉由力規傳感器進行量測。研究初步結論為：(1)衝擊力因受衝擊面材料不同而有差異，當受衝擊面為鋼材時，衝擊力時域訊號之脈衝時間寬 (ΔT) 為 0.0002s，最大衝擊力為 5000N 至 5500N；受衝擊面為尼龍時，衝擊力時域訊號脈衝時間寬 (ΔT) 為 0.0005s，最大衝擊力為 2500N 至 3000N。(2)每次衝擊之衝量條件均等時，其鋼性與尼龍受衝擊面的速度值皆相近。(3)受衝擊面材料之差異並未導致推算速度值有明顯差異。(4)鋼性與尼龍受衝擊面之單一循環之衝擊時間 (The mean time between impacts of single cycle) 量測結果均在規範 $100\pm 5\text{ms}$ 規定內。(5)鋼性與尼龍衝擊面之連續衝擊時間 (The mean time between successive impacts' cycles) 結果均在規範 $100\pm 20\text{ms}$ 規定內。

關鍵詞： 標準衝擊源、衝擊動能、衝擊間隔、檢測方法

2. 研討會論文二

論文名稱：應用仿真人偶技術及陪同評審人員測試法制定居住環境聲舒適度標準之研究

A Study of Standardized Scales for the Assessment of Smart Room Interior Sound Quality by Using Artificial Head Technology and Jury Assessment Method

作者：洪振發^{1,3} 吳孝文^{2,3} 張淑華^{1,3}

¹ 國立臺灣大學工程科學及海洋工程系

² 東南科技大學電子工程學系

³ 中華民國振動與噪音工程學會

發表會議：第十九屆中華民國振動與噪音工程學術研討會 大葉大學 中華民國一〇〇年六月二十五日

摘要：

本文旨在以仿真人偶(artificial head)應用在陪同評審人員測試方法(jury test)中，針對居住環境做物理聲學及心理聲學的探討。應用仿真人偶系統，收錄不同室內空間之噪音，以心理聲學參數做為測試依據，探討人耳對於室內聲音品質的感受。本測試邀請了 20 位不同年齡、性別、職業等志願者進行聲音評價，統計不同人對於該聲音之感受指標。

本研究執行 jury test 過程中，選用的室內空間分別為屬住宅空間的一般住家、小套房及工作空間的小型辦公室及中型的會議室，陪同評審人員測試問卷則使用了配對比較法(paired comparison)、分類判斷法(category judgment)及語意區分測試法(semantic differential)，在心理聲學參數的評價包括響度(Loudness)、銳度(Sharpness)、變動(Fluctuation)、調度(Tonality)與粗糙度(Roughness)，以心理聲學參數完整表達人耳對聲音品質好壞的描述，更能建立較合理的聲音品質的評價模式。

實驗結果顯示：首先，在相同或是接近的聲音壓力位準(sound pressure level)下，因心理參數不同而使人耳有不同的聽覺感受，因此，聲音壓力位準(SPL)無法呈現人耳對於聲音的真實感受。第二點，Jury test 對噪音源的評價方法中，以比較配對法，較能使受測者選出符合聽覺感受之噪音。所得之結果，僅為初步的結果，用來做為模式檢討的基礎，以作為下階段大規模測試之準備。

關鍵詞： jury test、仿真人偶、心理聲學、聲音品質

3. 研討會論文三

論文名稱：Psychoacoustic Evaluation of Indoor Sound Quality of a Habitat Space by Head/Torso Simulator and Jury Test

作者： Wu Hsiaowen¹, Hung Cheng Far², Chang Shu Hwa², Wang Wei Hui³,
Cheng Chieh Yuan³

¹ Tong-Nan University <hwwu@mail.tnu.edu.tw >

² National Taiwan University <hungcf@ntu.edu.tw >

³ National Taiwan Ocean University <whwang@mail.ntou.edu.tw >

發表會議：inter.noise 2011 Osaka Japan, September 4-7

ABSTRACT：

Owing to the complexity of human audition, the hearing sensation cannot represent only by the sound level alone. Beside sound volume, the complete evaluation of an environmental sound quality still needs to cite some other psychoacoustic parameters such as loudness, sharpness, fluctuation, tonality and roughness etc. The assessment criterion of annoyance of an acoustic environment can be established by means of statistical analysis of the results of jury test for subjective hearing sensation. In this paper, the evaluation modeling of the indoors sound quality a number of habitat spaces, including a generic resident house, a small suite, a small office and a medium size conference room, is established by utilizing a binaural head/torso simulator and jury test. The head/torso simulator is used to measure and record the psychoacoustic parameters so as to reproduce the sound field, while the jury test is carried out on 20 examinees to listen several kinds of compound sound sources, such as noise combined of exhauster, fan, talk and knocking noise generated in the above-mentioned habitat spaces respectively. By means of the ranking process, paired comparison, category judgment and semantic differential test of the subjective jury test results, the range of psychoacoustic parameters regarding the various extent of annoyance has been attained. In addition, the countermeasure to improve the sound quality and the effectiveness of a specified exhauster are also discussed.

Keywords: psychoacoustic evaluation, sound quality, jury test

4. 研討會論文四

論文名稱： Modeling for Impact Sound insulation of Raised Access Floor

作者： Chieh-Yuan Cheng¹, Wei-Hui Wang², Der-Yuan Liou³

¹HanSound Technology, Inc. (Taiwan)

^{2,3}National Taiwan Ocean University

Department of System Engineering and Naval Architecture

發表會議： inter.noise 2011 Osaka Japan, September 4-7

ABSTRACT：

The prediction model of the impact noise insulation by using the experimental modal analysis(EMA) and the transfer mobility theory together with the four-pole parameter method is established in this paper. The raised floors can be decomposed into a number of resilient units arranged in series. The transfer mobility function from the force input end to the sound receiving end can be characterized by the mobility function of individual resilient unit. Thus, it is possible to utilize this model for selecting appropriate resilient units to reach the required FIIC at an early stage. A design application example of FIIC 72 raised floor is also illustrated and discussed.

Keywords: transfer mobility, Impact Sound insulation, FEM/BEM

5. 技術報告-1

報告名稱：國人聽覺感受研究 -陪同評審人員測試(Jury Test)模式研究

作者： 吳孝文¹、張淑華²、洪振發³、邱進東⁴

¹東南科技大學 電子工程系

²國立台灣大學工程科學及海洋工程學系

³國立台灣大學工程科學及海洋工程學系

⁴德霖技術學院機械工程系

摘要：

本研究配合建立智慧型生活空間之「舒適居住空間舒適性聲學特性測試標準」及「環境物理與人體生理量測系統之介面整合」，以供舒適音環境參考標準之目標。在國人聲音感覺測試採用Jury test，應用仿真人偶之收錄系統，收錄不同室內空間之噪音，再以心理聲學參數做為測試依據，測試過程使用回放系統，將仿真人偶收錄之聲音回放。邀請不同年齡、性別、職業等多位志願者進行聲音評價，統計不同人對於該聲音之感受指標。

本研究旨在建立jury test在聲音品質與心理聲學的測試模式。本計畫選定8種常見之家電產品：(1)按摩棒、(2)果汁機、(3)吹風機、(4)磨豆機、(5)吸塵器、(6)抽油煙機、(7)電扇與及(8)刮鬍刀等，考慮四種室內空間(1) 豪宅客廳、(2) 一般住宅客廳、(3) 小套房及(4) 中型會議室等室內空間之響度(Loudness)、尖銳度(Sharpness)、粗糙度(Roughness)、調性(tonality)、惱度(annoying)、緊張度(Stresses)、安靜/吵鬧(loud/quiete)與便宜/尊貴(cheap/expensive)等心理聲學參數，進行jury test，探討各種音源在不同空間，其頻譜與心理聲學參數的相互影響。本研究完成102位參試者之聽覺資料，作為模式檢討的依據。

關鍵詞： 仿真人偶、聲音感覺、jury test、心理聲學參數

6. 技術報告-2

報告名稱：接觸式清型樓板衝擊源性能測試技術開發

作者： 余忠和¹、張奕瑞²
¹中華民國振動與噪音工程學會 理事
²凱鉅科技實業股份有限公司 工程師

摘要：

雖然 CNS 或 ISO 對於標準樓板衝擊源的機構規格、動作等有所規範，同時對於樓板衝擊源之錘頭速度、錘頭直徑及曲率、錘頭落下方向及衝擊間隔時間要求定期進行校驗。但附錄中另列“若無修改輕量衝擊源，有些參數僅須量測一次即可，此涉及錘頭間隔距離、輕量衝擊源底座、錘之直徑、錘之質量(除非錘頭經過表面重新處理)、錘頭衝擊與舉起間及錘頭落下之最大可能高度”。即倘若使用者購入標準衝擊源後沒有拆卸、修改改標準衝擊源的狀態下，就僅錘頭之速度、錘頭撞擊間隔時間等兩項是需要做定期校驗。

本報告針對 CNS 15160 或 ISO 140 對樓板衝擊器之錘頭之速度、錘頭落下方向兩項規格，考慮樓板衝擊器定期測試的需要，由於錘頭落下的距離僅有 40mm，而且是在自由落體加速(非等速)的狀態下，要量測撞擊點的速度在技術上可能是有困難的，同時還要考慮錘頭垂直落下方向 - 許可差在 $\pm 5^\circ$ 的規定，而發展出簡易的性能測試技術。

本報告檢視 ISO 140 對樓板衝擊源的要求“500g 有效質量 (effective mass) 之每一個錘頭，由 40mm 高度自由落下，敲擊樓板產生動量，動量之公差限值須在 $\pm 5\%$ 範圍內”，開發簡易量測系統，測試錘頭撞擊的動量或力量以確保“錘頭敲擊樓板產生動量，動量之公差限值須在 $\pm 5\%$ 範圍內”，期能符合 ISO 140 對於樓板衝擊源性能的確認。

本研究完成衝擊式的輕型樓板衝擊器性能方法，量測項目包含：衝擊落下速度 (Impact velocity)、衝擊間隔平均時間 (Mean time between impacts) 與連續相鄰衝擊間隔時間 (Time between successive impacts) 等三項，並對三台不同衝擊器進行量測驗證。

關鍵詞：衝擊、樓板衝擊源、樓板噪音、衝擊源性能檢校、ISO 140

試驗報告

報告編號：KV-11-05732X
頁數：1 OF 2
報告日期：100年06月27日

凱鉅科技實業股份有限公司
臺北市長安東路一段48號7樓

本實驗室依照委託單位之要求,根據委託單位所提供之樣品敘述如下：

樣品名稱：尼龍塊
顏色：白色
供應廠商：聯能電子技術有限公司
送驗人員：凱鉅科技實業股份有限公司(張弈瑞)

本實驗室依照委託單位之要求,根據委託單位所提供之樣品進行試驗,結果如下：

委託試驗項目：(依照客戶提供之測試規格進行試驗，詳細內容請參照附頁。)
彈性率試驗

試驗方法：CNS 6483(1993) 聚氨酯運動場所用鋪設材料檢驗法

試驗結果：一如附頁所示

收件日期：100年06月23日

試驗日期：100年06月23日~100年06月27日

----- 1 -----

本報告若有提供規範值時,該規範要求值僅供參考,合格之判定以委託單位實際要求為準。

Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested. This test report cannot be reproduced, except in full, without prior written permission of the Company. 除非另有說明,此報告結果僅對測試之樣品負責。本報告未經本公司書面許可,不可部份複製。

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at www.sgs.com/terms_and_conditions.htm and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at www.sgs.com/terms_e-document.htm. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

王耀賢
報告簽署人

試驗報告

報告編號：KV-11-05732X
 頁數：2 OF 2
 報告日期：100年06月27日

試驗設備：

名稱	廠牌	型號	序號
反跳彈性試驗機	馬發彥	---	---

實驗室環境條件：

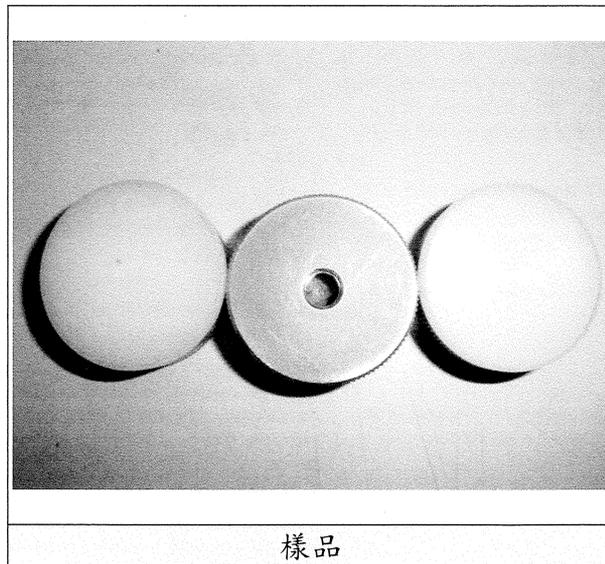
環境溫度：(23±2)°C
 相對濕度：(50±5)%

試驗結果：

試驗次數	1	2	3
反彈時高度之刻度	64	64	64
平均值	64		

※讀取每一顆第4次打擊時之反彈高度。

試驗圖片：



----- o o o -----

本報告若有提供規範值時，該規範要求值僅供參考，合格之判定以委託單位實際要求為準。

Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested. This test report cannot be reproduced, except in full, without prior written permission of the Company. 除非另有說明，此報告結果僅對測試之樣品負責。本報告未經本公司書面許可，不可部份複製。

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at www.sgs.com/terms_and_conditions.htm and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at www.sgs.com/terms_e-document.htm. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

王煥賢

報告簽署人

TWA 5039247