

汽車用伸縮型螺旋千斤頂舉升負載探討

張慧棟 ■ 臺南分局技正

壹 前言

千斤頂；台灣產業界術語”鐵人”表示可力舉千斤，使用一般人力操作，具有四兩破千斤能奈。隨工業化進步發展千斤頂已達萬斤需求，其用途涵蓋機械、土木、車輛、造船等工業。該產品型式及作動方式有多種，其目的便於人員舉升工作物負載之定位、安裝、施工及修護用，甚至可搬遷建築物；如舊式高雄火車站遷移古蹟保存。

針對汽車用千斤頂對使用者及維修者而言，作為舉升汽車執行底盤之檢修、保養、機油更換等工作，採用輪式千斤頂居多且具專業性。至於一般人代步用交通工具之汽車、休旅車，隨車皆備有供緊急修護或保養底盤、更換輪胎用千斤頂，中大型車使用油壓千斤頂，一般小型車使用螺旋千斤頂，且以使用伸縮型螺旋千斤頂較廣泛，而一般汽車廠商皆隨車附此修護工具供消費者備用，且於汽車使用手冊提供如何操作千斤頂揚升汽車底盤執行緊急維修及輪胎破損更換。

此產品雖是簡單機構，但在操作上未能正確使用，將造成人員及汽車的損傷。因此在配合汽車重量舉升高度時，選用適當負載規格、品質良好、結構強度高的千斤頂是很重要的。本局於八十三年八月一日起將汽車用輕便式千斤頂納入應施品目實施進口及出廠檢驗，以確保消費者使用安全。以下針對最廣泛使用於汽車之伸縮型螺旋千斤頂（又稱剪式千斤頂）舉升負載做為探討主題。

貳 汽車用千斤頂種類與作動型式

汽車用輕便式千斤頂國家標準主要有液壓及螺旋兩種不同構造之型式，針對不同車種、重量及用途執行汽車底盤、輪胎檢修之工作，至於大噸數之油壓千斤頂亦用在其它產業者很多，以下汽車用輕便式千斤頂作動原理介紹：

一、液壓機構傳動千斤頂：（圖1、2）

以液體作為傳遞力量的媒介，當前使用以油壓式為主，利用吧斯噶原理；在密閉容器內各點液體壓力均相同，使用操作桿操作唧筒泵活塞桿，當活塞桿往上，唧筒內產生真空，將外缸儲油室的油經由單向吸入閥吸入唧筒內，當活塞桿往下則將唧筒內油加壓經由另一單向吐出閥送出至中心部油壓缸內，逐漸舉升油壓缸內的滑塊使其揚升負載工作物。當工作物欲下降則打開油壓缸通往外缸通路的卸載閥。在舉升過程防止下降的自鎖性，係利用單向止回閥及卸載閥控制。油壓式千斤頂可設計用於大荷重的場合，且較其它螺旋式小型化，使用容易。操作方式一般採用人力，對於舉升大負載工作物採用動力輔助操作。

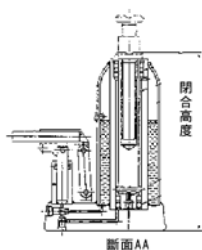


圖1 普通型油壓千斤頂

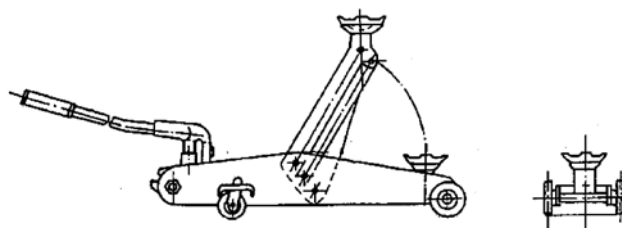


圖2 輪型液壓千斤頂

汽車用輕便式液壓千斤頂；國家標準CNS4074、5432之型式計：普通型、保險桿型、車體型油壓千斤頂及輪型液壓千斤頂。市面上該產品使用性以普通型為大宗，輪型次之，另兩型使用性較少。

二、連桿機構傳動的螺旋千斤頂：（圖3、4）

汽車用輕便式螺旋千斤頂利用轉動螺旋斜面原理執行負載升降，配合傘狀齒輪、棘齒輪、連桿機構等結合螺旋桿，以搖桿手動操作之，負載範圍較小。主要提供自用小客車隨車之修護工具，執行揚升底盤之簡易維修。

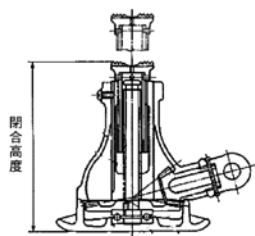


圖3 普通型螺旋千斤頂

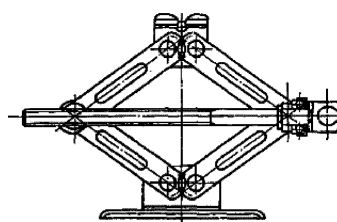


圖4 伸縮型螺旋千斤頂

汽車用輕便式螺旋千斤頂國家標準CNS4076之型式計：車體型螺旋千斤頂、保險桿型螺旋千斤頂、普通型螺旋千斤頂、伸縮型螺旋千斤頂，目前該產品以伸縮型為大宗，普通型次之。

有關伸縮型螺旋千斤頂主要零件名稱計：（圖5）

（1）螺桿（2）螺帽（3）臂（4）底座（5）止推軸承環座（6）止推軸承鋼珠（7）鞍座。

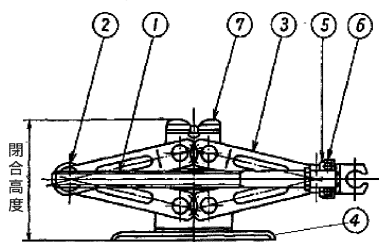


圖5 伸縮型螺旋千斤頂零件總圖

縮型螺旋千斤頂作動方式：以四支等臂長的連結桿臂銷接成菱形對稱結構，菱形右端兩支臂桿與插銷連結，菱形左端兩支臂桿銷接於螺帽上，導螺桿穿入右端插銷中並旋入左端螺帽，在導螺桿右端部設有止推軸承座並連結至操作耳，供使用者

以手柄操作。轉動導螺桿帶動螺帽線性左右移動並牽引連桿臂的擺動，頂部銷接鞍座供承載工作物，底部銷接底座供安置地面，鞍座隨連桿臂的擺動，而成上下線性的簡諧運動，達到舉卸重物的作用。

參 伸縮型螺旋千斤頂結構力之特性

伸縮型螺旋千斤頂其結構隨操作升程位置改變而產生不同大小的菱形狀，使用於汽車計有2點特性；1、於一定負載作用下該千斤頂各桿件亦隨菱形結構改變，受力亦產生不同變化，因此使用上該千斤頂升程結構有一定的限制位置。2、當使用於汽車底盤，千斤頂上下升程軌跡與汽車被舉升移動之弧度軌跡有差異非完全直線，加上使用場所地面是否水平堅固，所產生的傾斜性如過大，將影響使用的安全性。

一、桿件結構力分析：

伸縮型螺旋千斤頂於頂部鞍座上承受負載支撐汽車本體重量，此時千斤頂底座亦承受地面的反作用力。對千斤頂而言；此為外力作用，同時千斤頂各桿件及導螺桿結構件相對應所承受的力稱為內力。由於負載操作伸縮型螺旋千斤頂其各結構桿件成幾何菱形之變化，此時千斤頂升程及桿件揚角 θ 產生變化，使各桿件受力亦隨操作進給產生變化。

(一) 結構件力的分解圖：(圖6-8)

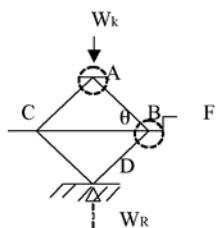


圖6 整體受力

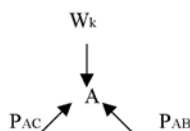


圖7 結構件A力的分解

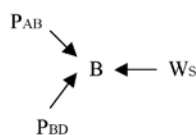


圖8 結構件B力的分解

臂桿長： $L_{AB}=L_{AC}=L_{BD}=L_{CD}$ θ ：臂桿與導螺桿揚角

W_k ：荷重 W_R ：反作用 W_s ：導螺桿承受力

P_{AB} 、 P_{BD} 、 P_{AC} 、 P_{CD} ：臂桿受力 F ：操作力

菱形結構件對稱，各點受力： $A=D$ ， $B=C$

(二) 力的計算公式：

※ 以 A 點力的分解：

$$\Sigma F_x = 0 \quad P_{AB} \cos\theta = P_{AC} \cos\theta \quad \text{故 } P_{AB} = P_{AC}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad W_k = P_{AB} \sin\theta + P_{AC} \sin\theta \quad \text{代入上式}$$

得 $W_k = 2P_{AB} \sin\theta$

故 $P_{AB} = \frac{W_k}{2\sin\theta}$ (桿臂承受力)

※ 以 B 點力的分解：

$$\Sigma F_x = 0 \quad P_{AB} \cos\theta + P_{BD} \cos\theta = W_s$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad P_{AB} \sin\theta = P_{BD} \sin\theta \quad \text{故 } P_{AB} = P_{BD} \quad \text{代入上式}$$

則 $W_s = 2P_{AB} \cos\theta$ ，由於 $P_{AB} = \frac{W_k}{2\sin\theta}$ 代入得

$$W_s = \frac{W_k}{\tan\theta} \quad \text{(導桿承受力與承載負荷的關係)}$$

二、伸縮型螺旋千斤頂之受力、進給及升程關係：

$$\text{升程：} H = 2L \sin\theta \quad \text{操作進給：} \delta = 2L(1 - \cos\theta) \quad \text{(表 1)}$$

θ 揚角	H 升程	P 臂桿受力	W_s 導螺桿受力	δ 操作進給
0°	0	∞	∞	0
5°	0.174L	$5.737W_k$	$11.430W_k$	0.008L
10°	0.347L	$2.879W_k$	$5.671W_k$	0.030L
15°	0.518L	$1.932W_k$	$3.732W_k$	0.068L
20°	0.684L	$1.462W_k$	$2.747W_k$	0.121L
25°	0.845L	$1.183W_k$	$2.145W_k$	0.187L

30°	L	1W _k	1.732W _k	0.268L
35°	1.147L	0.872W _k	1.428W _k	0.362L
40°	1.286L	0.788W _k	1.192W _k	0.468L
45°	1.414L	0.707W _k	1W _k	0.586L
50°	1.532L	0.653W _k	0.839W _k	0.714L
55°	1.638L	0.610W _k	0.700W _k	0.853L
60°	1.732L	0.577W _k	0.577W _k	1L
65°	1.813L	0.552W _k	0.466W _k	1.155L
70°	1.879L	0.532W _k	0.364W _k	1.316L
75°	1.932L	0.518W _k	0.268W _k	1.482L
80°	1.970L	0.508W _k	0.176W _k	1.653L
85°	1.992L	0.502W _k	0.087W _k	1.826L
90°	2L	0.5W _k	0	2L

由表1：

- (一) 此型結構體操作升程由0°~90°，其連結桿件形狀由水平的” — ” 轉成菱形的” ◇ ” 再轉成垂直的” | ” 字型
- (二) 伸縮型螺旋千斤頂於閉合位置0°承受負載，則導螺桿及臂桿受力趨於無限大∞，無法供人使用操作，隨操作升程結構件變形導螺桿及臂桿受力遞減，因此該型千斤頂僅適用一半行程位置起使用即30°~ 90°。

三、伸縮型螺旋千斤頂舉升工作負載W_k與導螺桿及臂桿受力曲線圖：（圖9）

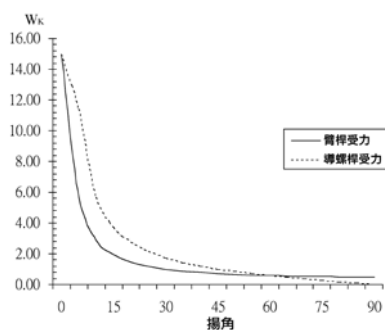


圖9 伸縮型螺旋千斤頂升程受力曲線圖

肆 檢驗標準與測試方式

一、檢驗規定：

經濟部於八十三年八月一日公告汽車用輕便式千斤頂為應施品目實施進口及出廠檢驗。計：

(一) 車用輕便液壓千斤頂(C.C.C.CODE84254200109)

(二) 其他車用輕便千斤頂(C.C.C.CODE 84254900102)

檢驗標準依據：CNS4074（汽車用輕便式液壓千斤頂）

CNS4076（汽車用輕便式螺旋千斤頂）

CNS5432（汽車用輕便式輪型液壓千斤頂）

CNS5433（汽車用輕便式輪型液壓千斤頂檢驗方法）

檢驗地點：標準檢驗局台南分局（嘉義辦事處）

檢驗型式：1、逐批檢驗。2、驗證登錄（89年4月1日實施）

二、測試方式：

汽車用輕便式螺旋千斤頂；依國家標準CNS4076在型式上計四種：普通型、車體型、保險桿型及伸縮型，除伸縮型結構使用導螺桿及菱形結構外，其它各型的作動方式係利用人力使用手柄旋轉操作，經一組傘狀齒輪傳動至螺桿的旋轉，經螺帽（溜塊）改變為直線運動，達成所需負載的升降的目的。CNS4076規定伸縮型的檢驗方式，依標稱負載額定值及揚升千斤頂鞍座於全升程一半位置起檢測，其它三型負載的檢測無此規定。汽車用輕便式螺旋千斤頂國家標準在標稱負載的等級、外觀及尺度構造上均列有規定值，使千斤頂產品之尺寸、規格能適用於各大小型汽車底盤之高度及車體重量所需，並規定最大閉合高度及最小的升程限度。在機械性能

檢驗方面訂有靜態及動態測試項目，且皆以垂直負載力的方式作為測試計：

- (一) 負載運作測試：以大於千斤頂本體標示負載容量的120%執行動態性操作。
- (二) 耐負載測試：係屬靜態性測試以產品標稱負載的150%執行測試。
- (三) 傾斜負載試驗：以標稱負載容量執行，且千斤頂置於6°的傾斜板上執行靜態測試。

三、試驗設備：

本局實驗室現行檢驗汽車用輕便式螺旋千斤頂設備計：（圖10、11）

- (1)、5噸靜荷重測試機
- (2)、5/10噸油壓測試機



圖10：5噸靜荷重試驗機



圖11：5/10噸油壓測試機

伍 舉升汽車試驗方式與結果分析

伸縮型螺旋千斤舉升汽車試驗方法及結果分析：

一、測試設備：（表2）

設備	名稱	規格
測試品	伸縮型螺旋千斤頂	700 kg、TW12
	汽車	1000cc、750 kg
夾治具	輪胎支撐板、磅秤墊板、六角轉接頭、板手。	
量具	鋼尺、角鋼尺、捲尺、游標卡尺、扭力計、卡鉗、磅秤、胎壓計	

二、測試作業流程：（圖12~15）

（一）量測汽車前、後輪支撐重量：

正常胎壓，於各輪底下使用支撐板及磅秤量測汽車前、後輪負荷重量。

（二）舉升汽車前輪千斤頂負載：

前輪洩壓，於前輪底盤處置千斤頂，底下置墊板及磅秤，調整千斤頂升程使無負載接觸底盤，量測輪胎中心距地高度及懸吊彈簧節距尺度。

（三）操作千斤頂：

以扭力計操作千斤頂手柄，每升程揚角 5° （ $H=2L\sin\theta$ ）為一測試點，量測千斤頂支撐底盤重量、彈簧節距、輪胎中心距地高，至最大升程位置。並記錄輪胎離地時的測試值。

（四）同上述作業方式，舉升汽車後輪千斤頂負載值及尺度。

備註：該測試品汽車底盤前輪為獨立懸吊式，後輪為整體懸吊式，車軸左右輪懸吊裝置相同。



圖12 左前輪獨立式懸吊彈簧



圖13 左後輪獨立式懸吊彈簧



圖14 以扭力計操作量測千斤頂



圖15 千斤頂最大升程

三、舉升汽車左前輪測試結果：（表3）

舉升左前輪測試值（獨立式懸吊裝置）						
揚角： θ (臂桿與螺桿 夾角)	升程 ($2L\sin\theta$) (mm)	操作扭矩 T(N·m)	千斤頂 支撐荷重 W_k (kg)	輪胎中心 距地高 (mm)	懸吊彈簧 節距 (mm)	備註
19.8	103	1	0	210	36.5	接觸底盤 操作始點
20	104	1	0	210	36.5	
25	128.5	3.5	85.5	210	40.5	
30	152	4.5	141.5	215	43.5	
35	174.4	5	207	230	45.5	
40	195.4	5	240	255	45.5	
45	215	4.5	255	280	45.5	
50	232.8	4.5	266	301	45.5	輪胎離地
55	249	4	266	320	45.5	
60	263.2	3.5	266	349	45.5	
65	275.5	3	266	350	45.5	
70	285.6	2.5	266	367	45.5	
75	293.6	2	266	378	45.5	
76.8	296	2	266	383	45.5	操作終點
備註：1、左前輪輪胎洩氣。 2、輪胎離地後，千斤頂支點最大荷重不變，彈簧已無變形量。 3、未量測前左前輪負載重214kg。						

四、舉升汽車左後輪測試結果：（表4）

舉升左後輪測試值（整體式懸吊裝置）						
揚角： θ (臂桿與螺桿 夾角)	升程 ($2L\sin\theta$) (mm)	操作扭矩 T(N·m)	千斤頂 支撐荷重 W_k (kg)	輪胎中心 距地高 (mm)	懸吊彈簧 節距 (mm)	備註
23.2	120	1	0	223	53.5	接觸底盤 操作始點
25	128.5	2	38	223	53.3	
30	152	3.5	106.5	226	56.5	
35	174.4	3.5	154	234	61.5	
40	195.4	4	201.5	246	62.5	
45	215	4.5	254.5	264	63.5	
50	232.8	4.5	264.5	284	59.5	輪胎離地
55	249	3.5	264.5	310	59.5	
60	263.2	3.5	267	330	59.5	
65	275.5	3	267.5	350	59.5	
70	285.6	2.5	268	365	59.5	
75	293.6	2.5	268	373	59.5	
76.8	296	2.5	268	380	59.5	操作終點

備註：1、左後輪輪胎洩氣。
2、輪胎離地後，千斤頂支點荷重，隨高度仍有增加。
3、未量測前左前輪負載重165.5kg。

五、舉升汽車左前輪負載操作曲線圖：（圖16）

負載曲線特性分析：

（一）由”負載-揚角”曲線：

- 1、升程揚角由 19.8° 開始至 35° ，彈簧變形量 $\delta = 45.5 - 36.5 = 9\text{mm}$ ，顯示彈簧與千斤頂共同支撐車體重量。

2、升程揚角 $35^{\circ} \rightarrow 50^{\circ}$ ，千斤頂支撐車體重 $207 \rightarrow 266\text{kg}$ ，此部份車體重量差之支撐，由輪胎受壓回復彈性及其它輪軸懸吊彈簧梯度有關。

3、升程揚角 $50^{\circ} \rightarrow 76.8^{\circ}$ 以後，彈簧變形量 $\delta=0$ ，輪胎離地，千斤頂完全支撐車體重 266kg 。

(二) 由” 扭矩-揚角” 曲線：

1、升程揚角 $19.8^{\circ} \rightarrow 35^{\circ}$ ，千斤頂操作扭矩由 $1 \rightarrow 5\text{N}\cdot\text{m}$ 漸增，顯示菱形結構一半行程以下需操作力愈大。

2、升程揚角 $40^{\circ} \rightarrow 76.8^{\circ}$ ，千斤頂操作扭矩由 $5 \rightarrow 2\text{N}\cdot\text{m}$ 漸減，顯示一半行程以上操作力則愈小。

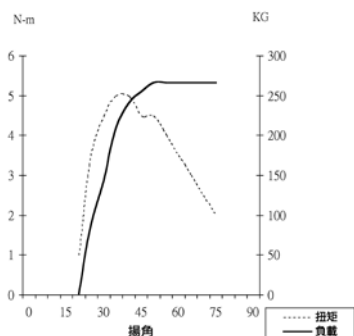


圖16 前輪負載操作曲線圖

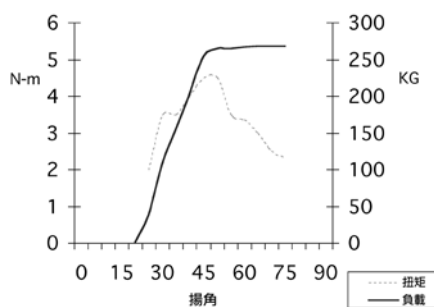


圖17 後輪負載操作曲線圖

六、舉升汽車後輪負載操作曲線圖：（圖17）

負載曲線特性分析：

(一) 由” 負載-揚角” 曲線：

1、升程揚角由 23.2° 開始至 45° ，千斤頂承擔荷重 $0 \rightarrow 254.5\text{kg}$ ，此行程彈簧與千斤頂共同支撐車體重。（彈簧變形量 $\delta=63.5-53.5=10\text{mm}$ ）

- 2、升程揚角 $45^{\circ} \rightarrow 50^{\circ}$ ，千斤頂支撐車體重量 $254.5 \rightarrow 264.5\text{kg}$ ，後輪整體式懸吊。（彈簧回復變形量 $63.5 - 59.5 = -4\text{mm}$ ）之消費意識。
- 3、升程揚角 $50^{\circ} \rightarrow 76.8^{\circ}$ ，輪胎離地，千斤頂支撐車體重量 $264.5 \rightarrow 268\text{kg}$ 。（彈簧變形量 $\delta = 59.5 - 59.5 = 0\text{mm}$ ）
- 4、本汽車測試品後輪軸高於前輪軸；千斤頂接觸前輪底盤揚角 19.8° ，接觸後輪底盤揚角 23.2° 。

（二）由” 扭矩-揚角” 曲線：

- 1、升程揚角 $23.2^{\circ} \rightarrow 50^{\circ}$ ，千斤頂操作扭矩由 $2 \rightarrow 4.5\text{N}\cdot\text{m}$ 漸增，顯示菱形結構一半行程以下需操作力愈大。
- 2、升程揚角 $50^{\circ} \rightarrow 76.8^{\circ}$ ，千斤頂操作扭矩由 $4.5 \rightarrow 2\text{N}\cdot\text{m}$ 漸減，顯示一半行程以上操作力則愈小。

陸 結論

千斤頂產業於民國70~80年曾是台灣十大外銷產品之一，近年來該傳統產業面臨勞力需求、工資成本及資源成本增加，使得千斤頂產業大量外移至中國大陸。目前國內汽車用千斤頂以進口為大宗，為確保產品品質及消費者使用安全，標準檢驗局於83年將汽車用輕便式千斤頂納入應施品目執行內銷檢驗。現每年受理約250批14萬台，其中以伸縮型螺旋千斤頂檢驗批量最多，此產品一般皆隨車置於汽車後車廂內連同備胎及拆卸輪胎之工具。由於千斤頂是舉升及支撐汽車重量，因此在舉升過程需穩固，避免歪斜傾倒，在支撐期間必需足夠強度防止斷裂落下，對此國家標準在檢驗項目內容包含靜態及動態強度穩定性之測試。

一、結構特性：

- 1、此型結構升程 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ，其桿件結構形狀由水平的”—”轉成菱形的”◇”再轉成垂直的”|”字型，其揚升愈高愈不穩定。因此作為汽車支撐及舉升軌跡不宜過高，避免負載鞍座傾斜超出底座面積外。
- 2、伸縮型螺旋千斤頂不適用揚角 30° 以下位置操作即 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，此範圍內各結構桿件在工作負載下，其受力成倍數之工作負載力，易造成千斤頂結構件斷裂。
- 3、國家標準在該產品檢驗規定，對於伸縮型螺旋千斤頂無論靜態或動態測試，需於一半行程位置起執行。此型千斤頂僅適用於汽車底盤暫行性支撐檢修用，不適用其它重載用途工作的舉升。
- 4、實驗室在檢驗方法以機器作動軸施力於千斤頂鞍座上，對千斤頂上下之受力點皆定位，此與千斤頂實際作用於汽車底盤其作用力點弧形活動軌跡略有不同。
- 5、伸縮型螺旋千斤頂揚升汽車支撐點位置不同，其負載重量不同，應參照汽車廠家提供的支撐位置使用。
- 6、該千斤頂結構件活動處所使用材質、表面粗糙度與摩擦值 μ 的大小有關，影響操作力，因此結構件及導螺桿維護很重要，應避免銹蝕、變形，影響結構及操作安全。

二、操作特性：

- 1、輪胎離地前及離地後，汽車底盤懸吊裝置的圈狀壓縮彈簧回復力的作用，對千斤頂的負荷重影響不同。離地前壓縮彈簧的回復力，降低千斤頂的承載荷重，離地後該彈簧已無回復力，千斤頂承載較大荷重。
- 2、對油壓或螺旋式直立狀千斤頂，在舉升過程如同伸展柱體，於全行程在 6° 傾斜板上，若其鞍座上垂直作用力超出底座面積範圍外，應予加強檢測。對此於國家標準可建議納入構造項目，執行傾斜度的比例測試，避免該產品行程高度與底座面積不成正比。

- 3、由於千斤頂使用人力操作舉升負載工作物，因此升程的快慢對千斤頂結構而言，增加額外的負載力。國家標準對動態升程測試，皆定有安全係數1.2或1.25倍工作負載執行測試，使消費者依標稱負載正常穩定的操作，可得到安全保障。
- 4、實驗室在力量設備的校正一般皆屬定位式荷重校正，對使用舉升屬自由落體式荷重砝碼執行產品測試之檢測設備，可考慮輔以動態行程校正，以確保檢測設備精度的符合性。

隨著汽車產銷的快速成長,車用千斤頂之需求亦增大，標準檢驗局在繼續推動此檢驗業務是有其必要性，展望未來；設備更新、提高設備負載容量、加強檢測安全、提升人員專業訓練、確保測試實驗室認證品質，擴大千斤頂市場產製與使用者需求服務範圍。

參考資料

- 1、千斤頂設計實務，復漢出版社
- 2、汽車用輕便式液壓千斤頂，CNS 4074
- 3、汽車用輕便式螺旋千斤頂，CNS 4076
- 4、汽車用輕便式輪型液壓千斤頂，CNS 5432
- 5、應用力學，全華圖書
- 6、機械工程設計，全華科技圖書有限公司
- 7、汽車學底盤篇，全華科技圖書有限公司