

香港北角英皇道 478-480 號升降機事故

技術調查報告

機電工程署

2013 年 7 月

內容

	<u>頁</u>
摘要	3
1. 目的	4
2. 事故背景	4
3. 升降機的安全規管	4
4. 肇事升降機的技術資料	5
5. 調查方式	6
6. 觀察及調查結果	7
7. 結論	17
8. 加強升降機安全的規管的措施	17
附錄 I : 審閱的文件一覽表	19
附錄 II : 升降機的基本結構	20

摘要

在 2013 年 3 月 2 日，北角英皇道 478-480 號的 5 號升降機，載着 7 名乘客由地面層升至到達 1 樓時墜下，導致該 7 名乘客全部受傷。升降機 4 條懸吊纜索被發現全部斷裂，而安全鉗亦未有被啟動以阻止升降機下墜。

機電工程署（機電署）在獨立專家的協助下，完成技術調查以找出事故如何發生。調查顯示這是一宗極為罕見的事件。升降機 4 條懸吊纜索在升降機機廂由地面層上升至到達 1 樓時瞬間相繼斷裂，升降機機廂繼而開始下墜，雖然下墜速度超逾限速器所設定的啟動速度，但安全鉗並沒有被啟動把升降機制停或令升降機減速。

調查結果顯示，懸吊纜索的斷裂位置是在距離懸吊纜索與升降機機廂的連接點 12.5 米至 13.5 米處，纜索之斷裂是由於在一段相當長的時間內嚴重缺乏足夠潤滑所致。缺乏潤滑令懸吊纜索的纜股之間及纜股內部出現磨損，此外，纜索與曳引輪之間亦過度磨損，令懸吊纜索的直徑減少及使纜股個別鋼絲出現斷裂情況，因而削弱了懸吊纜索的強度。該 4 條懸吊纜索在最終斷裂前，已存在程度相近的嚴重損耗，纜面嚴重磨蝕及有紅色銹粉，以致纜索在瞬間相繼斷裂。

調查發現，在事故發生時，雖然肇事升降機已到達限速器的啟動速度，但限速器的棘爪卻未能與棘輪齒嚙合。調查亦發現，變了形的張力彈簧連接不當，以及棘爪的轉軸出現銹蝕，很可能是棘爪和棘輪未能完全嚙合的成因，從而導致限速器沒有被啟動。因此安全鉗也沒有被限速器啟動以阻止升降機的下墜。

香港北角英皇道 478-480 號升降機事故 技術調查報告

1. 目的

本文件載述機電工程署（機電署）就 2013 年 3 月 2 日在香港北角英皇道 478-480 號發生的升降機事故進行技術調查後的所得結果。

2. 事故背景

2.1 2013 年 3 月 2 日晚上約 8 時 23 分，機電署接獲消防處通訊中心報告，指香港北角英皇道 478-480 號 5 號升降機發生事故，有 7 名乘客被困於升降機內，由消防員救出，送院接受治療。機電署人員於同日晚上約 9 時 15 分抵達現場展開調查。

2.2 在現場進行的調查發現，升降機 4 條懸吊纜索全部斷裂，而安全鉗並沒有在事故中抓緊導軌和穩住機廂。因此，升降機機廂由 1 樓急墜至升降機井道底部，導致 7 名乘客全部受傷。

3. 升降機的安全規管

3.1 規管制度

《升降機及自動梯條例》(第 618 章)(「條例」)就升降機和自動梯的安全提供法律框架。根據該條例規定，只有註冊升降機承辦商、註冊升降機工程師和註冊工程人員才有資格進行包括建造、安裝及保養服務的升降機工程。而升降機的負責人須確保升降機及其所有相聯設備或機械保持於妥善維修狀況及安全操作狀態。負責人須安排註冊升降機承辦商每隔不超過一個月，為升降機進行定期保養工程。負責人也須聘請註冊升降機工程師每隔不超過 12 個月，為升降機進行定期檢驗。

3.2 審核巡查

機電署作為該條例的監管機構及註冊主任，備存合資格承辦商、工程師和工程人員的名冊，並對他們的表現進行監察，確保他們所提供的服務符合條例及升降機工程及自動梯工程實務守則(「實務守則」)的規定。機電署採用風險評估機制，安排對升降機和自動梯工程進行審核巡查，以查看有否任何不符合法例規定的地方。在風險評估機制下，抽選升降機和自動梯進行審核巡查的考慮因素，包括有關裝置的機齡和類別、投訴、事故、維修保養承辦商的轉換及所涉註冊承辦商的評級表現。審核巡查每年平均進行超過 9,000 次。

4. 肇事升降機的技術資料

4.1 升降機是由交流電雙速曳引機驅動，額定速度為每秒 1.0 米（米／秒），額定負載為 900 公斤（或 12 個人），為大廈地面層、1 樓、2 樓和 3 樓提供服務。升降機的總運行距離約為 12 米。

4.2 升降機由 4 條標稱直徑為 12 毫米的懸吊纜索吊起。升降機採用側吊型曳引纜索設計，即升降機曳引機是裝置於井道邊。折向滑輪把懸吊纜索分別導向機廂及對重鉛。圖 1 顯示肇事升降機曳引機／纜轆及折向滑輪的安裝安排。

4.3 5 號升降機的技術資料簡述如下：

製造商	： 三菱
類型	： 電動載客升降機
驅動控制	： 交流雙速電動機
機廂門控制	： 水平式中心開
額定速度	： 每秒 1.0 米
額定負載	： 900 公斤
纜索比率	： 1 比 1（位於機廂上方的側吊型曳引機）
服務樓層	： 地面層、1 樓、2 樓、3 樓
安裝年份	： 1974 年
註冊升降機工程師	
上一次的檢驗日期：	2012 年 11 月 21 日

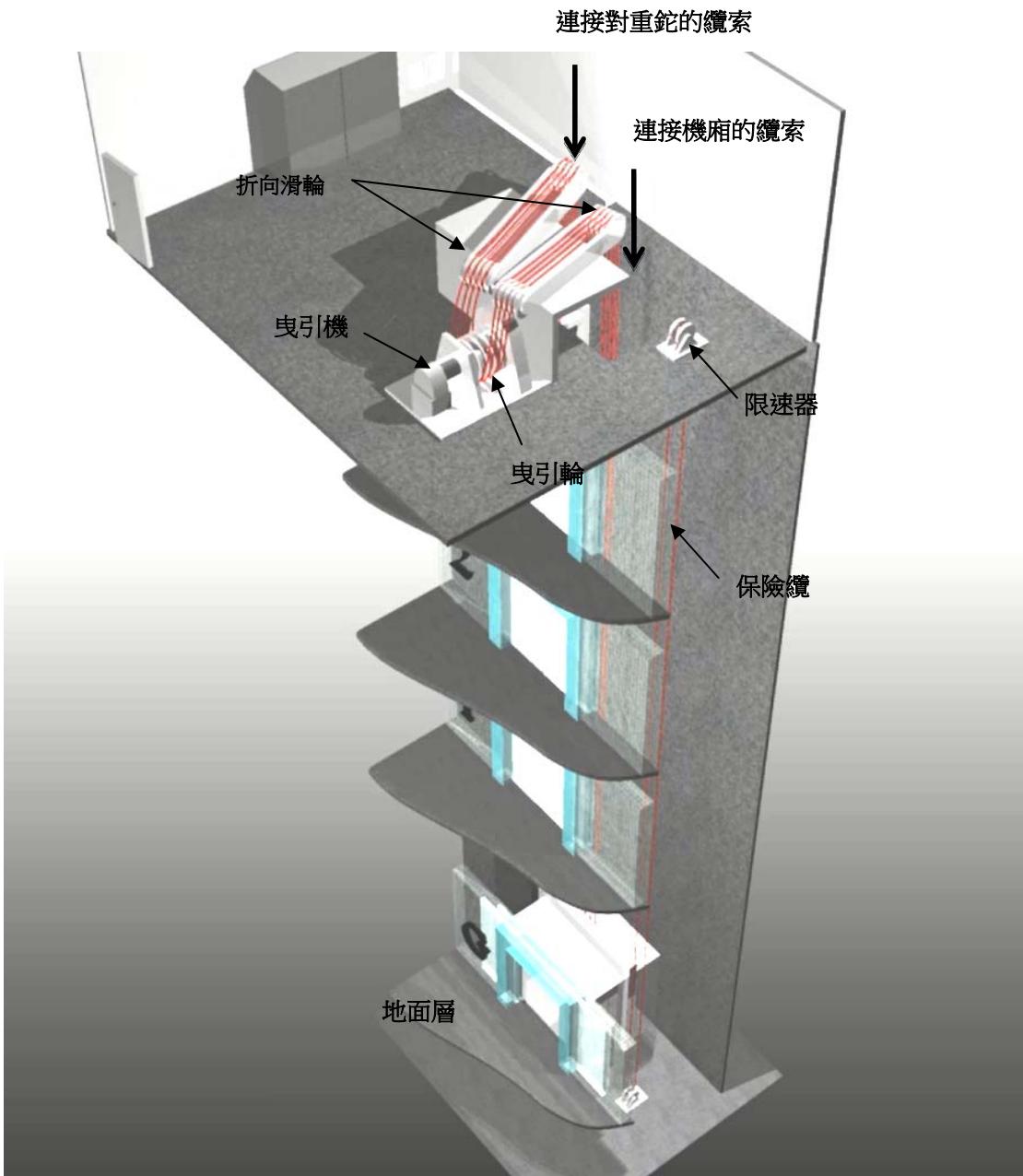


圖 1：升降機的結構圖。

5. 調查方式

5.1 機電署進行技術調查以找出事故成因，所採用的調查方式概述如下：

- (i) 檢視、檢查及分析事涉升降機的部件，包括斷裂的懸吊纜索、制動器、限速器、安全鉗、導軌、纜轆和緩衝器；
- (ii) 在獨立專家協助下進行下列測試和檢驗：
 - 徹底檢驗斷裂的懸吊纜索，並對有關的纜索部分進行拉力測試，以評估纜索的質量；
 - 檢驗升降機的關鍵部件，並進行實地模擬測試以核實升降機部

件的性能表現，包括制動器模擬測試、限速器的啓動速度測試及打滑拉力測試；以及

- 評估事故發生時機廂對緩衝器產生的撞擊速度。

(iii) 會見相關人士並錄取口供，以搜集與事故有關的資料。會見的人士包括：

- 信科工程有限公司（「信科」）5名維修保養工程人員和兩名董事；
- 在2012年11月21日為有關升降機進行法定年檢的註冊升降機工程師；
- 在2010年9月為升降機更換懸吊纜索的工程人員；
- 事故涉及的7名乘客；
- 升降機的兩名負責人；以及
- 大廈1樓和2樓的佔用人代表。

(iv) 審視和分析相關記錄，包括工作日誌、信科備存的維修保養記錄、懸吊纜索更換記錄、註冊升降機工程師所發出的測試和檢驗報告、信科提交的事故報告。所審視的記錄載列於附錄I。

6. 觀察及調查結果

可能導致事故的成因

6.1 根據升降機選層器的顯示，在發生下墜前，升降機機廂在1樓附近。而根據在升降機事故中受傷的其中一名乘客提供的資料，升降機在事故發生前正由地面層向上移動，並且已到達1樓。

6.2 根據現場觀察，我們發現升降機下墜至撞擊彈簧緩衝器。以下是可能導致這個結果的成因：

- (a) 升降機的制動器發生故障，而安全系統沒有發揮作用，機廂及乘客的重量令機廂下墜至井道底坑。平衡鉈因而向上衝，然後下墜，衝擊力令纜索斷裂；或
- (b) 纜索斷裂及安全系統沒有發揮作用。

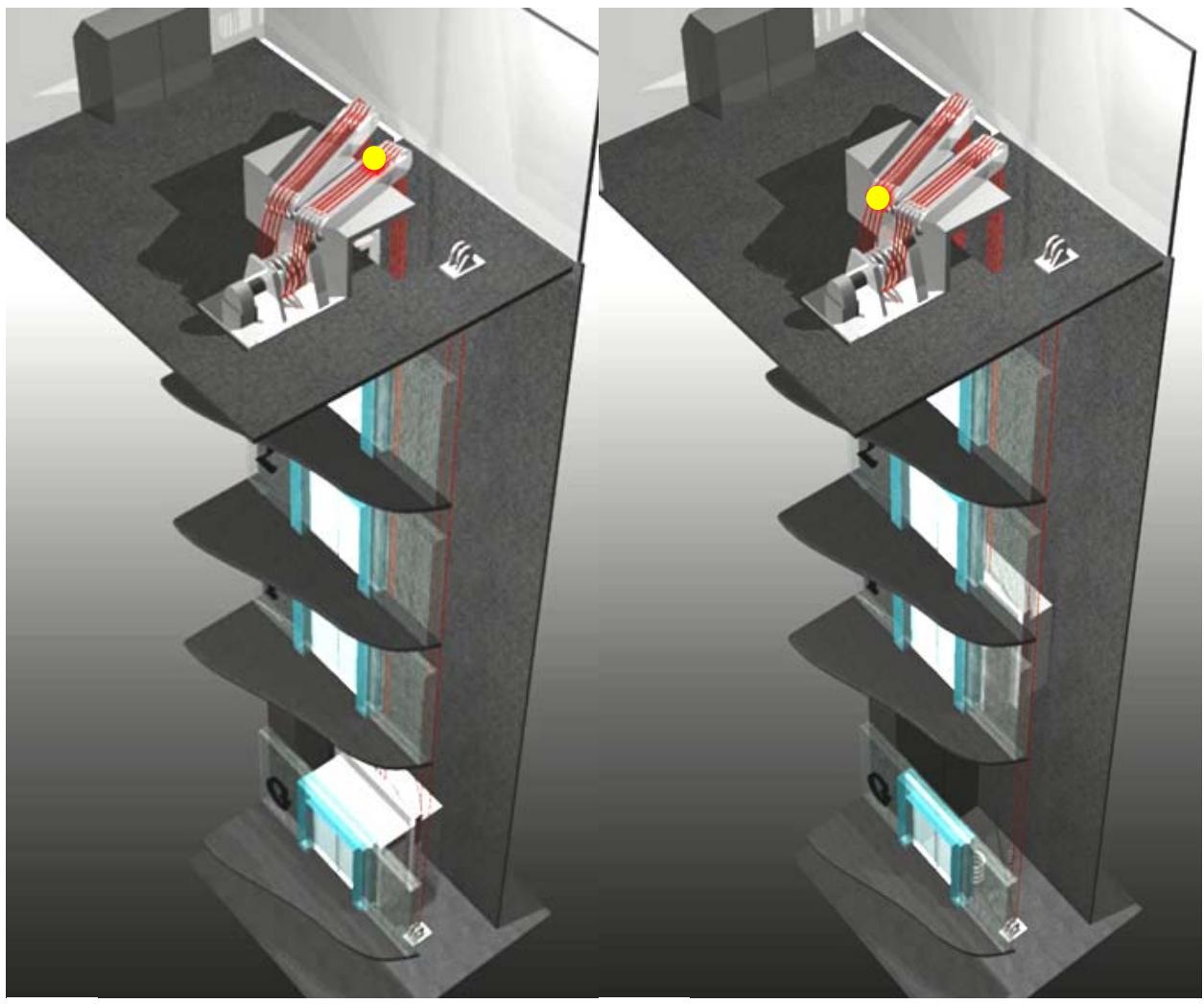
制動器

6.3 制動器的設計是用來穩住升降機。我們在2013年3月12日進行了制動器的測試，測試結果顯示制動器操作正常，操作時沒有任何不正常的延

遲。我們也檢查過制動器的襯片，發現襯片狀況尚好。因此升降機機廂下墜至井道底坑應並非如 6.2(a)所述因制動器失靈所致。

懸吊纜索

6.4 四條懸吊纜索是在距離纜索與升降機機廂的連接點 12.5 米至 13.5 米處斷裂，相等於當升降機在地面層時，懸吊纜索停留在折向滑輪的位置（見圖 2）。地面層是升降機停留次數最為頻密的樓層，故乘客進出升降機機廂時會引致這段懸吊纜索承受最大的負荷和卸荷壓力。



2a

2b

圖 2：此圖顯示與升降機機廂所處不同位置對應的懸吊纜索斷裂點位置（黃點）。左圖(2a)的升降機機廂是位於地面層，右圖(2b)的升降機機廂是位於 1 樓。

6.5 有幾個可引至纜索斷裂的原因，它們包括：

- (a) 超載；
- (b) 纜索的強度不足；
- (c) 升降機的運行停頓，引至升降機驅動機空轉及纜索磨損；及
- (d) 運作時的磨損減低纜索的抗拉強度。

操作狀況

6.6 事故發生時，機廂內有 7 名乘客，估計重量為 455 千克。這重量遠低於升降機的額定負載 900 千克，即 12 人。因此，纜索斷裂並非如 6.5(a) 段所述因超載所致。

更換懸吊纜索

6.7 信科於 2010 年 9 月更換升降機的懸吊纜索。根據信科提交的懸吊纜索證明書和提貨單，新更換的纜索是由日本一家纜索製造商製造，每條纜索由 8 組纜股構成，每組纜股有 19 條鋼絲(請參閱附錄 II 第 1 段)。纜索的標稱直徑是 12 毫米，纜索的規格與升降機製造商所指定的相同。此外，我們在斷裂的懸吊纜索的纜芯找到纜索生產商用以識別它們產品的標識帶。這個結果連同 6.15 段的調查結果顯示，纜索斷裂並非如 6.5(b)段所述因纜索的強度不足所致。

懸吊纜索的檢驗

6.8 經升降機專家詳細檢驗懸吊纜索後，並無發現燒焦的痕跡，因此，纜索的斷裂並非如 6.5(c)段所述，因靜止的纜索與轉動的纜轆互相摩擦而引致。

6.9 事涉的 4 條懸吊纜索都是在折向滑輪附近相若的位置斷裂。懸吊纜索上有明顯可見的磨損和紅色氧化鐵粉（又稱「錆粉」），特別是在接近斷裂點的地方。圖 3 展示一般纜索的截面圖。

6.10 在所有纜索的纜股斷口末端只發現主鋼絲和內部鋼絲，完全找不到纜芯和外部鋼絲（見圖 3a）。而在斷口附近，各纜股在纜索斷裂後張開。在徹底檢驗懸吊纜索後，我們發現纜索在這處並無纜芯，直至在距離斷口較遠的部分才找到纜芯。出現這情況，可能是因為鋼絲移動時將纜芯切成小塊，而這些小塊在纜索斷裂時掉落（見圖 3b）。此外，我們見到在纜股的外鋼絲上所形成的凹位，這表示纜股之間曾發生磨擦（見圖 3c）。

6.11 在斷口以外的懸吊纜索較為乾燥，而有一大段懸吊纜索的纜股之間的股坑有銹粉。此外，在所有纜索的大部分纜身，都可清楚看見外部鋼絲有磨損情況（見圖 4）。

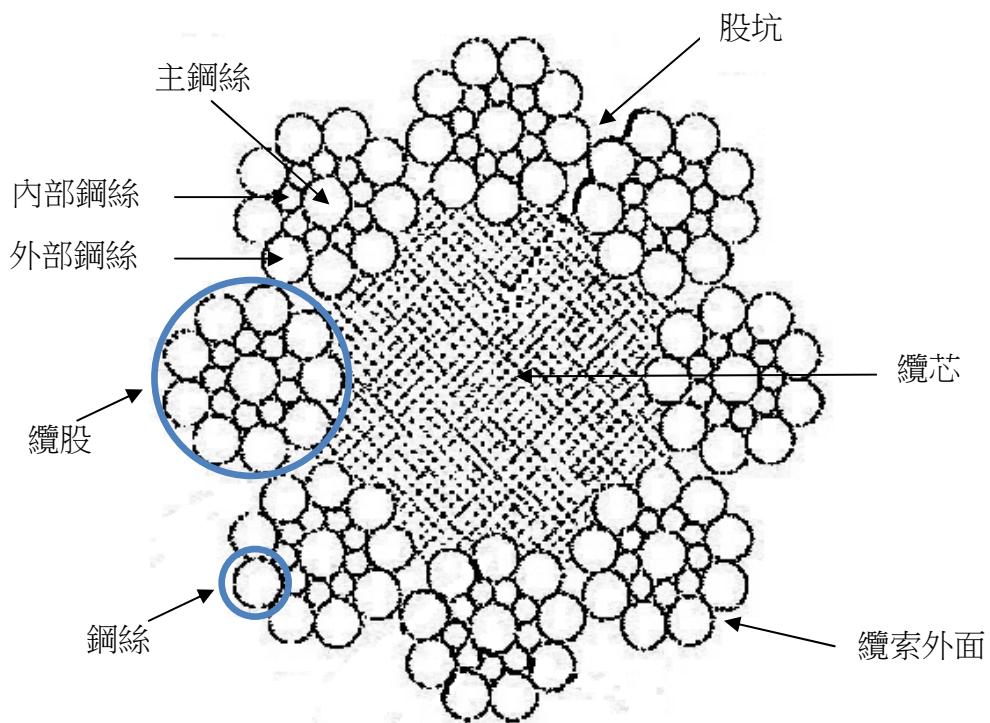


圖 3：纜索截面圖。



圖 3a：懸吊纜索斷口近觀。只留有內部鋼絲和主鋼絲。



圖 3b：在纜索斷口旁邊的一小段纜索並無纜芯。



圖 3c：因纜股間的磨蝕而形成的凹位。



圖 4：纜索外面已磨損（纜面磨損），纜股間的股坑有紅色氧化鐵粉（锈粉）。

曳引輪

6.12 我們檢查了曳引輪的纜坑。根據設計，纜坑有一個底切口，令懸吊纜索與纜坑之間的壓力增加（見圖 5）。這個設計有助增加纜索與纜坑之間的摩擦，以提供所需的曳引力，令升降機有效運作。

6.13 檢查發現 4 個與纜索接觸的纜坑已損蝕至底切口的底部（見圖 6）。這程度的損蝕可導致纜索的滑動，亦會加快纜索如圖 4 所示的磨蝕。

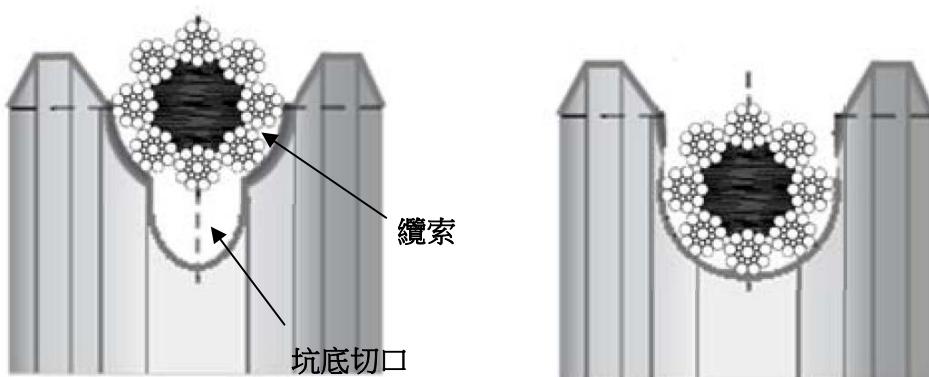


圖 5：纜坑的底切口

圖 6：纜坑的底切口已損蝕至底部

懸吊纜索的抗拉強度

6.14 懸吊纜索因為磨損而引致其抗拉強度減弱。我們從 4 條斷裂的懸吊纜索中切取 8 段樣本進行拉力測試，以評估抗拉強度被減低的程度，其中 3 段是從懸吊纜索固定點附近的位置切取，另外 5 段是在纜索斷口附近切取。

6.15 在纜索連接點附近切取的樣本不會經過纜轆，因此沒有磨損。測試樣本的平均破斷負荷為 69.8kN（懸吊纜索的證明書上所訂明的破斷負荷為 58.8kN）。測試結果顯示懸吊纜索的強度符合證明書上的規定。（見 6.7 段）

6.16 至於從斷口附近取得的樣本，測試得出的平均強度為 38.5kN，其中一個樣本的強度更低至 23.7kN。測試結果顯示該段懸吊纜索在使用期間出現嚴重磨損，有關磨損大大削弱了懸吊纜索的強度，令它減至只有設計強度的 34%左右。可以預期，纜索在斷口位置的強度已進一步被削弱，因這處是纜索最弱的一點。

纜索斷裂的可能成因

6.17 根據拉力測試及懸吊纜索的檢驗結果，纜索顯然是因為過度磨損而斷裂。自從在 2010 年 9 月被更換後，纜索在一段相當長的時間內嚴重缺乏足夠潤滑，令纜索的纜芯乾涸，未能為纜股提供必須的潤滑和徑向支承。纜股互相磨擦，導致纜股之間及纜股內部出現磨損。這情況令懸吊纜索的強度被嚴重削弱。在最終斷裂前，該 4 條懸吊纜索已存在程度相近的嚴重損耗。纜索剩餘的強度已不能再支撐升降機機廂及乘客的重量連同升降機到達 1 樓時所產生的動態負荷，以致纜索在瞬間相繼斷裂。

限速器及安全鉗

6.18 當升降機的速度高於某個限度時，限速器及安全鉗便會按設計發揮作用，安全鉗會被啟動，將升降機機廂穩住在導軌上，並在導軌表面留下夾痕。但在仔細檢驗導軌後，發現導軌上並沒有任何夾痕。有關結果顯示，在事故發生時安全鉗沒有被啟動。

6.19 以下是可能引致安全鉗沒有發揮作用的成因：

- (a) 升降機的下墜速度未達到限速器和安全鉗的設計啟動速度；或
- (b) 即使升降機的下墜速度已達啟動速度，限速器及/或安全鉗也沒有發揮作用。

機廂的下墜速度

6.20 懸吊纜索斷裂和安全鉗沒有啟動，令機廂下墜至井道底坑。圖 7 顯示機廂支架底部（「底架」）在事故後的情況。底架變形是因為其與井道底坑的彈簧緩衝器撞擊所致。

撞擊速度的估算

6.21 我們就機廂下墜時的撞擊速度進行了分析。有關分析顯示，載有 7 名乘客的機廂會以高於每秒 2.7 米的速度撞向彈簧緩衝器，這個速度大大高於升降機限速器的啟動速度（每秒 1.4 米），表示限速器在機廂接觸緩衝器前應已被啟動。



圖 7：已變形的機廂底架外觀

限速器測試

6.22 在 2013 年 3 月 2 日事故發生後立即進行的實地調查中，我們發現限速器的電器掣已被啟動，限速器的棘爪亦已打開，並接近棘輪兩齒之間的凹處，但並非處於完全嚙合的位置。這表示限速器已達到它的啓動速度。

圖 11 顯示棘爪如何運作

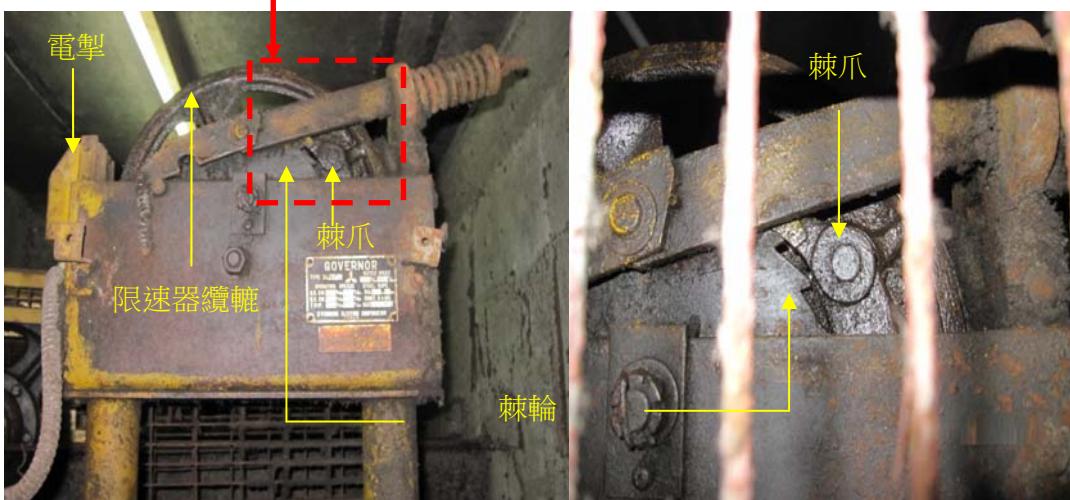


圖 8：升降機的限速器。左邊的照片顯示限速器的棘爪已被打開，並接近棘輪兩齒之間的凹處。

6.23 我們進行了另一項測試，目的是為了查證限速器的啓動速度設定是否正確。進行測試的方法是在保險纜脫離限速器纜轆時，利用變速器驅動限速器纜轆（見圖 9）。測試結果顯示啓動速度（電氣啓動速度是每秒 1.3 米而機械啓動速度是每秒 1.4 米）與限速器資料牌上顯示的速度相符，並且符合由機電署發出的《升降機及自動梯設計及構造實務守則》訂明的規定。



圖 9：限速器啟動速度測試安排－利用變速器驅動限速器纜繩。

6.24 雖然限速器的啓動速度設定正確，我們觀察到保險纜與限速器的制動蹄之間有空隙，表示限速器的制動蹄在事故中沒有緊扣保險纜（見圖 10）。

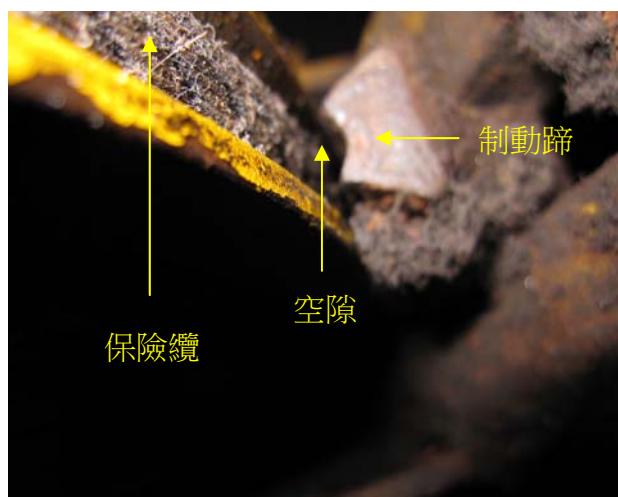


圖 10：限速器的制動蹄與保險纜之間的空隙，顯示限速器的制動蹄在事故中沒有緊扣保險纜。

6.25 我們在 6.22 段中曾提到，限速器的棘爪在事故發生時已被打開，並接近棘輪兩齒之間的凹處，但並非處於完全嚙合的位置。因為棘爪沒法與棘輪嚙合，未能啟動安全鉗。

棘爪

6.26 限速器的棘爪裝有彈簧，以確保當碰鎖打開時棘爪能與棘輪嚙合。圖 11 顯示棘爪和棘輪的操作。我們發現棘爪的張力彈簧與棘爪連接不當，而彈簧的連接端亦已變形（見圖 12）。

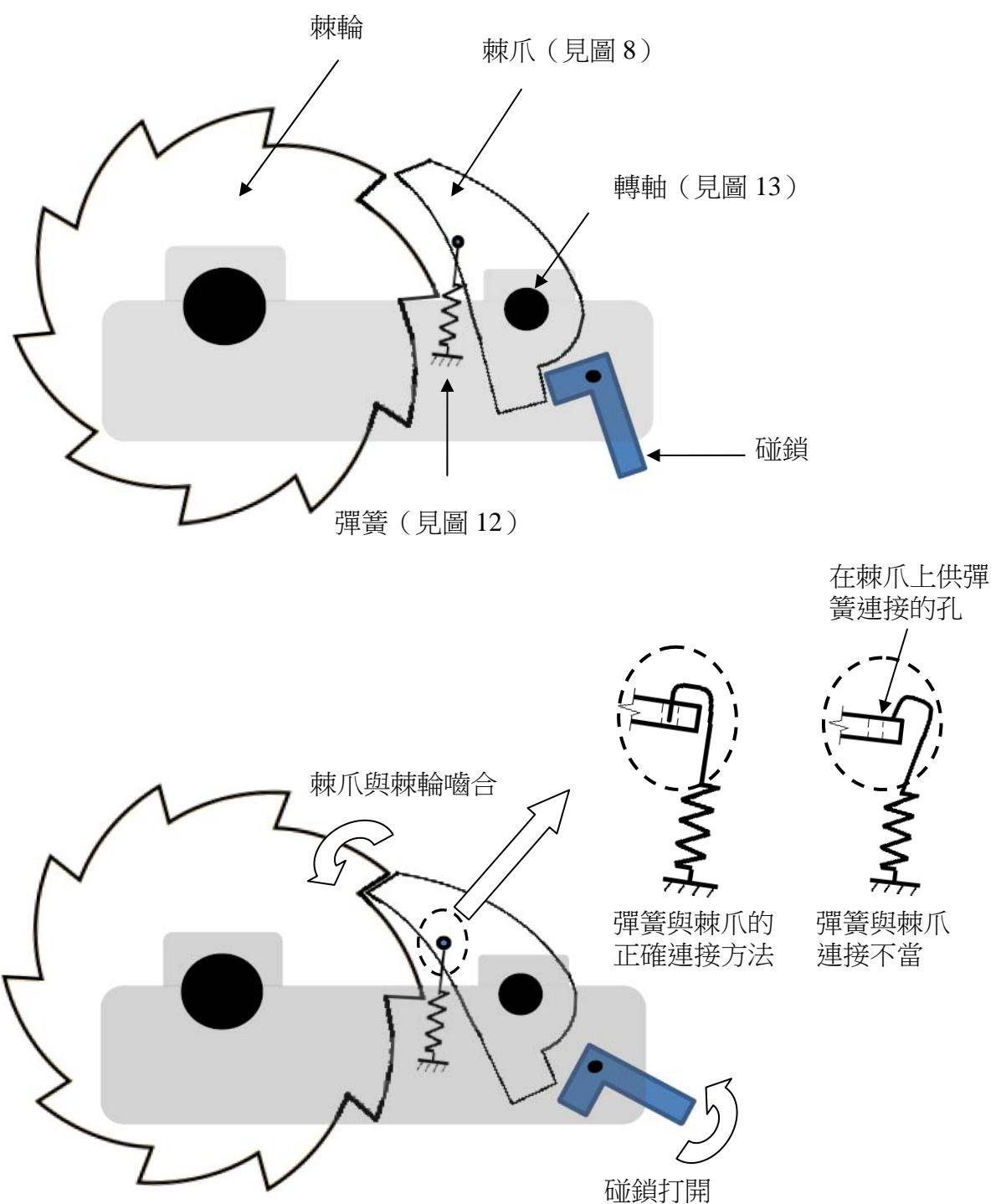


圖 11：上述兩圖顯示限速器棘爪和棘輪的操作。下圖顯示當碰鎖打開後，棘爪與棘輪嚙合的情況。



圖 12：照片顯示彈簧的尾端已變形。

6.27 我們拆開棘爪的轉軸(樞軸接頭)進行檢驗，發現轉軸表面有銹蝕(見圖 13)。銹蝕會令轉軸的摩擦力增加，削弱限速器棘爪的反應靈敏度。



圖 13：限速器棘爪的轉軸。

安全系統失靈的可能成因

6.28 根據第 6.22 段所述的觀察所得，在事故發生時，限速器棘爪的碰鎖雖然已在限速器達到機械啟動速度時打開，但棘爪卻未能完全與棘輪嚙合。張力彈簧連接不當，以及棘爪轉軸表面的銹蝕，可能是導致不能完全嚙合的原因。棘輪因而無法令限速器的制動蹄緊扣保險纜，因此沒有啟動安全鉗。

7. 結論

根據調查結果而得出的結論如下：

7.1 當肇事升降機載着 7 名乘客由地面層升至 1 樓時，全部 4 條懸吊纜索在瞬間相繼斷裂。升降機機廂繼而下墜，雖然下墜速度超逾限速器的啟動速度，但安全鉗並沒有被啟動以制停升降機或令升降機減速。

7.2 懸吊纜索斷裂的主要原因是磨損，因為在一段相當長的時間內嚴重缺乏足夠潤滑，令懸吊纜索在事故發生前已存在過度損蝕及出現锈粉，大幅削弱了纜索的強度，最終導致懸吊纜索在事故中全部斷裂。

7.3 限速器未能啟動安全鉗以把升降機制停在導軌上。在事故發生時，雖然已達到啟動速度，但限速器的棘爪卻沒有與棘輪嚙合，以致未能啟動升降機的安全鉗。棘爪的張力彈簧連接不當以及棘爪轉軸锈蝕，可能是導致限速器的棘爪與棘輪未能成功地嚙合的原因。

8. 加強升降機安全的規管措施

8.1 在事故發生後，機電署已採取即時行動，在 3 天內巡查所有由信科保養的升降機，以確其安全運作。

8.2 機電署署長作為《升降機及自動梯條例》下的註冊主任，信納信科作為保養該升降機的註冊承辦商，沒有妥善和安全地進行升降機工程，因而行使權力暫時吊銷其註冊六個月，並於五月一日開始生效。

8.3 機電署已提醒所有註冊升降機承辦商在進行升降機保養工作時，嚴格遵從實務守則中的要求。此外，對於在承辦商表現評級制度中獲評分相對較低的承辦商，機電署亦已加強巡查它們保養的升降機。

8.4 綜合上述調查結果，機電署已加強監管註冊升降機承辦商，包括：

i. 對於在承辦商表現評級制度中獲評分相對較低的承辦商，機電署會加強巡查其保養的升降機，並增加對其審查探訪的次數。

ii. 由於懸吊纜索是升降機的重要部件，機電署會要求註冊承辦商/工程師於升降機年檢後提交纜索檢驗的詳細報告。

iii. 另一方面，機電署會審慎檢視承辦商表現評級制度，並作出合理調整，以反映註冊承辦商的表現。

8.5 為了令負責人更了解自己在《升降機及自動梯條例》下的責任和職責，機電署會加強宣傳和公眾教育，通過為負責人舉辦更多研討會，以提升他們對升降機的日常管理，以及與註冊升降機承辦商簽訂保養合約方面的知識。

附錄 I

進行調查時所審閱的文件一覽表

1. 更換 5 號升降機（肇事升降機）吊纜的提貨單和報價單，日期為 2010 年 9 月 8 日，由信科向升降機擁有人發出
2. 信科在 2012 年 3 月至 2013 年 2 月期間就英皇道 480 號的 5 號、6 號、7 號升降機發出的「定期保養報告書」
3. 存放於機房的 5 號升降機電路圖
4. 5 號、6 號、7 號升降機的工作日誌
5. 註冊升降機工程師於 2012 年 11 月 21 日就 5 號升降機進行定期檢驗而發出的安全證書
6. 信科於 2012 年 11 月 21 日就 5 號升降機進行定期檢驗的「升降機試驗記錄」
7. 信科的「升降機定期保養項目表」（標準表格）
8. 信科代表升降機負責人呈交的日期為 2013 年 3 月 4 日的「升降機事故通知書」 - 表格 LE27
9. 信科呈交的調查報告
10. 信科的員工／工程人員訓練記錄表
11. 由信科發出，日期為 2007 年 10 月 11 日的「安全手冊」
12. 由信科發出，文件編號 V2-13 的「工作指令-升降機定期安全測試事項」
13. 5 號升降機生產商的代理所提供的技術資料、生產商的維修手冊／保養工作編程表
14. 5 號升降機懸吊纜索的生產商證明書

附錄 II

升降機的基本結構

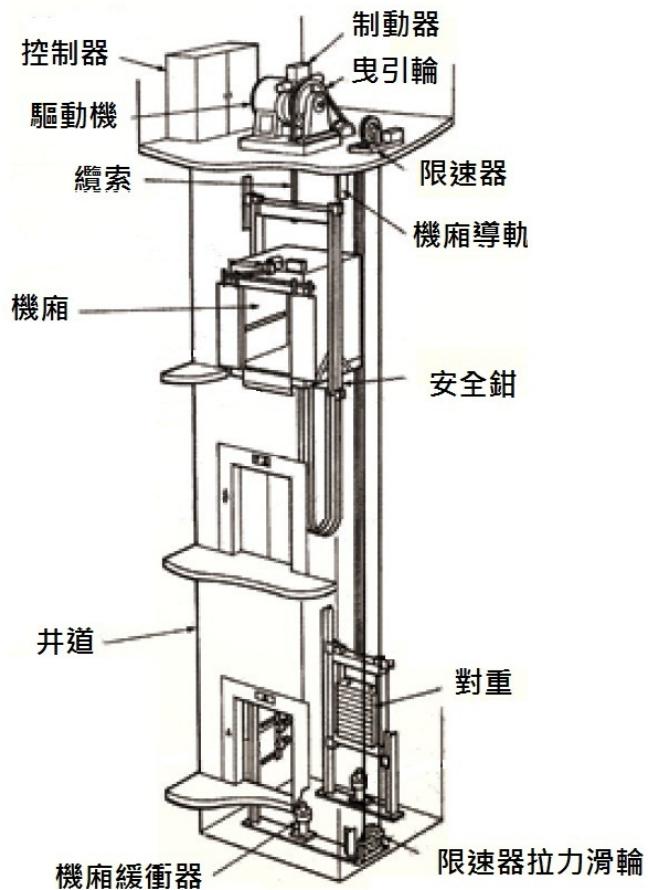
升降機的基本結構包括一條垂直的井道，而機廂則放置在井道內。井道裡面裝有導軌，限制機廂按調控向上和向下移動。

機廂由多條鋼纜（懸吊纜索）吊動。這些鋼纜由機房內的曳引機驅動，而機房則通常位於天台。懸吊纜索的一端連接機廂頂部，而另一端則連接對重鉈以作平衡。對重鉈的重量一般定為機廂重量再加上 45% 至 50% 的負載重量。當機廂移動時，對重鉈會向相反方向移動。曳引機裝有纜轆，而懸吊纜索則放置在纜轆上。懸吊纜索與纜坑接觸，由接觸面之間產生的摩擦力驅動。懸吊纜索及纜轆在升降機運作時會有損耗，因此需要定期檢查及更換，以避免纜索出現滑動或斷裂的情況。

懸吊纜索的拉力級別必須符合 ISO 4344 或其他相關國際標準的規定。懸吊纜索的安全系數（最低破斷載荷與纜索所承受的最高拉力之間的比率）至少必須為 12。

雖然具有高的安全系數，但懸吊纜索必須在斷裂前更換，以使升降機保持於安全操作狀態。當懸吊纜索的磨損程度已令纜索直徑減少一成以上，或已有過多鋼絲斷裂，便應立即更換。

曳引機的作用在於驅動纜轆以使其轉動，令升降機機廂向上或向下移動。曳引式升降機設有多個安全裝置，以便一旦設備發生故障時可穩住機廂，令機廂停留在安全位置。基本安全部件包括：機房內的限速器、機廂的安全鉗和對重鉈（如適用），以及井道底的緩衝器。如出現懸吊纜索斷裂這種極少機會發生的情況，令升降機機廂的行進速度超過設計速度，限速器便會啟動，驅使安全鉗夾緊導軌，把機廂或對重鉈制停並停留在安全位置。在井道底安裝的緩衝器，可作為緩減機廂最終下降速度的最後方法。以下段落是上述安全部件的詳情。



升降機的主要部件

1 懸吊纜索

圖 A 所示的懸吊纜索典型結構，與事涉升降機纜索的結構相類似。纜索由纜股繞着浸透了潤滑油的中央索心（纜芯）絞繞而成。每條纜股則由鋼絲絞繞而成。圖 B 為懸吊纜索的截面圖。鋼絲之間和纜股之間的相對滑動，令懸吊纜索能夠彎曲繞過纜轆／滑輪。

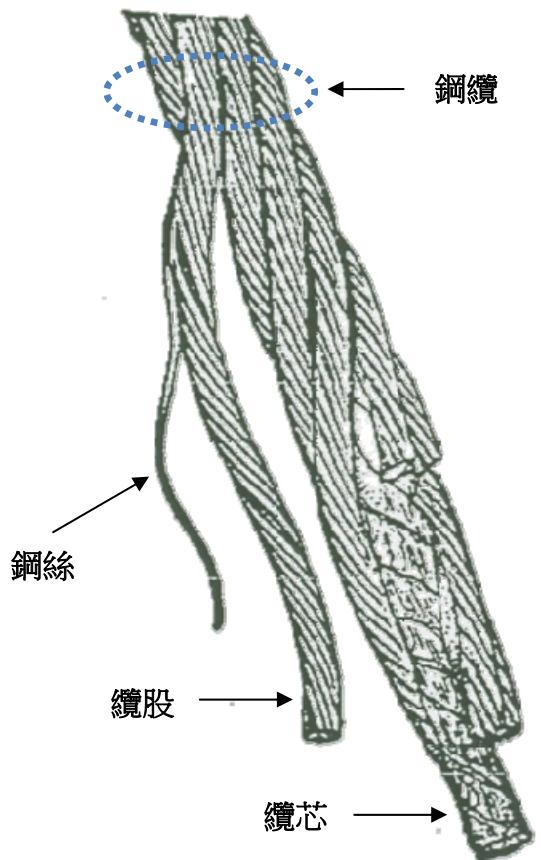


圖 A：懸吊纜索的典型結構

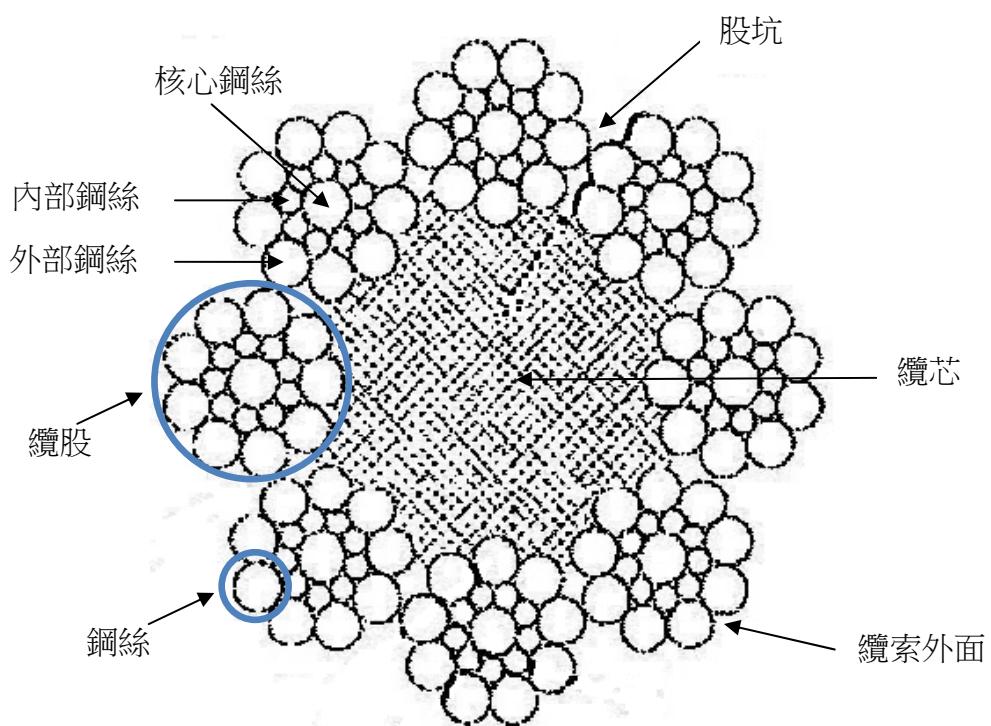


圖 B：纜索截面圖

懸吊纜索的鋼絲之間、纜股之間，以及懸吊纜索與纜轆／滑輪之間的相對移動，會對懸吊纜索以及滑輪／纜轆造成磨耗。磨耗會令纜索的直徑減少。鋼絲表面的微粒會被磨走，這些微粒的化學反應十分活躍，接觸到氧氣時很容易轉化為氧化鐵。氧化鐵的粒子極為微小，色紅如胭脂，稱為「錫粉」。

適當補給潤滑油，可將懸吊纜索的磨耗盡量減少。由於纜芯內的潤滑油會在纜索操作時流失，因此有需要為纜索維持補給潤滑油。纜索繞過滑輪／纜轆時會彎曲，這時纜芯的潤滑油會被擠壓出來，而當纜索繞過滑輪後伸直時，毛細作用會令潤滑油返回纜芯。部分潤滑油會在這個過程中流失。當纜芯油脂偏低或油脂已完全流失，金屬相互接觸的部分便會磨耗得較快，形成較多紅色錫粉。

進行日常保養時如發現錫粉，便應採取措施以防止纜索在操作期間斷裂。

2 限速器

限速器主要由兩個滑輪組成，兩個滑輪由井道內的一條小纜索連接起來。纜索兩端則連接至機廂下面的安全鉗。當機廂的下行速度達至預定值（啟動速度），限速器會被啟動，截斷驅動器的電力供應，並啟動安全鉗，制止機廂進一步超速或下墜。

圖 C 為升降機限速器系統的典型設計安排。限速器位於升降機機房內，包括一條保險纜，繞經限速器纜轆，下行至井道底坑的張緊滑輪，然後返回限速器纜轆。系統由機廂驅動，圖 C 第點為保險纜與機廂連繫的位置。

圖 D 為事涉限速器的構造圖。限速器有兩個樞軸離心錘(1)，由一支連接杆(2)連接起來以確保同時轉動，並由螺旋彈簧(3)固定位置。限速器纜轆(4)是垂直轉動的。當機廂速度到達電氣啟動速度時，離心錘會因離心力而外移，啟動電掣(5)截斷升降機發動機的電力供應。如機廂繼續加速行進，並到達機械啟動速度時，離心錘會再向外移，啟動碰鎖裝置。有關裝置的作用，是把裝有彈簧的棘爪(6)與棘輪(7)分開，而在正常操作情況下，棘輪是靜止不動，不會跟隨限速器纜轆轉動的。在碰鎖裝置啟動後，限速器的棘爪會打開，而張力彈簧會令棘爪降下。限速器纜轆在纜索曳引驅動下繼續轉動，令棘爪與棘輪完全嚙合。與棘輪連接的拉杆(8)跟着會被拉動，令限速器的制動蹄(9)夾緊保險纜。

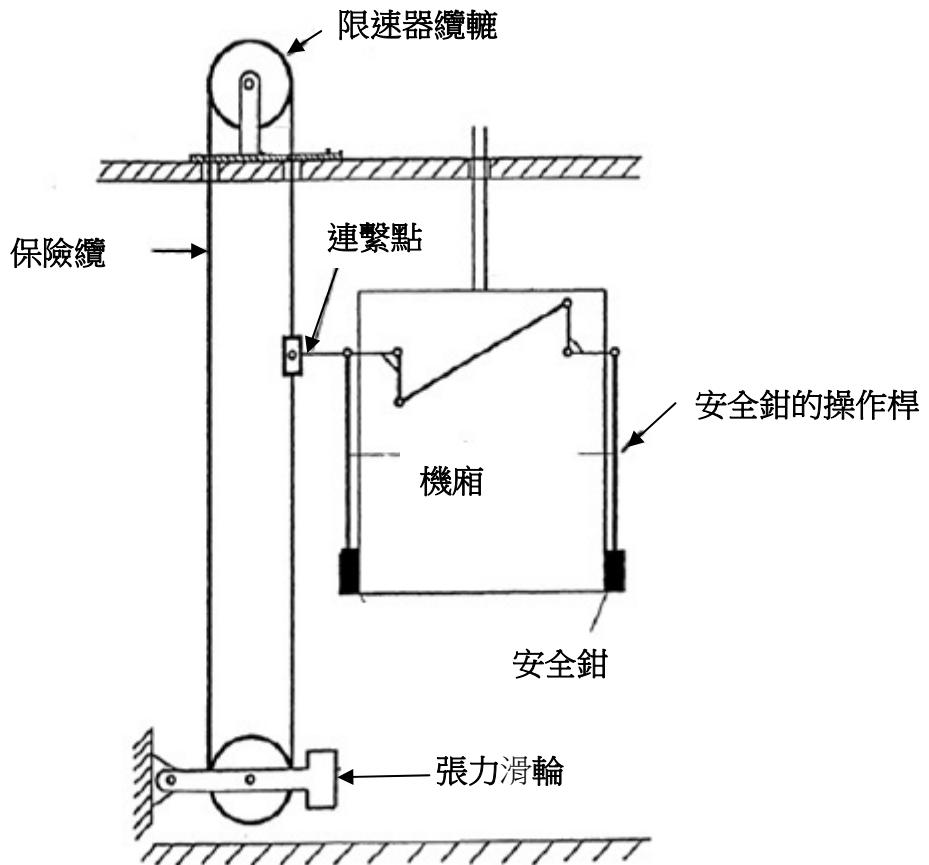


圖 C：升降機限速器系統的典型設計安排

- 1 : 離心錘
- 2 : 連接杆
- 3 : 離心錘的彈簧
- 4 : 限速器纜轆
- 5 : 電掣
- 6 : 棘爪
- 7 : 棘輪
- 8 : 拉杆
- 9 : 制動蹄 (摩擦墊)
- 10: 棘爪彈簧

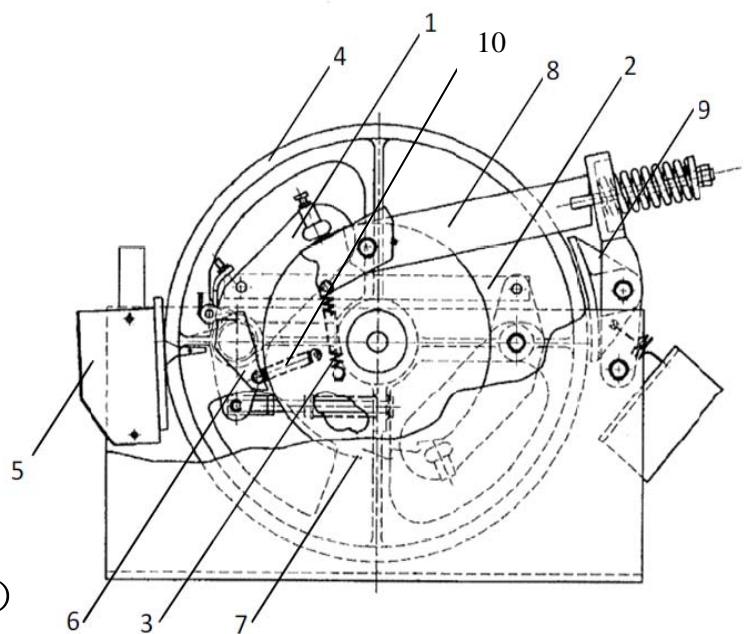


圖 D：升降機限速器繪圖

3 安全鉗

圖 E 為升降機機廂支架的典型設計安排。一對安全鉗(9)是安裝在支架底部。當保險纜(1)被限速器的制動蹄抓住時，升降機機廂如再向下移動，便會令樞軸接頭(3)上的槓杆臂(2)轉動，從而促動安全鉗的操作機件，以抓住導軌。連接杆(10)可確保一對安全鉗同時操作。事涉升降機的安全鉗系統在設計上與圖 E 所示的有些微分別，其槓杆臂和連接杆是安裝在支架底部的。圖 F 為事涉升降機的底架和安全鉗結構圖。

圖 G 所示的安全鉗設計圖，與事涉的安全鉗相類似。其組件包含兩個楔形楔塊(1)，這兩個楔塊由裝置於罩殼(3)內的金屬滾輪(2)移動，並沿夾緊爪(4)的軌道運行。安全鉗被限速器啟動時，楔塊會升起並與導軌接觸。楔塊對導軌所起的楔入作用會阻止升降機機廂進一步向下移動。

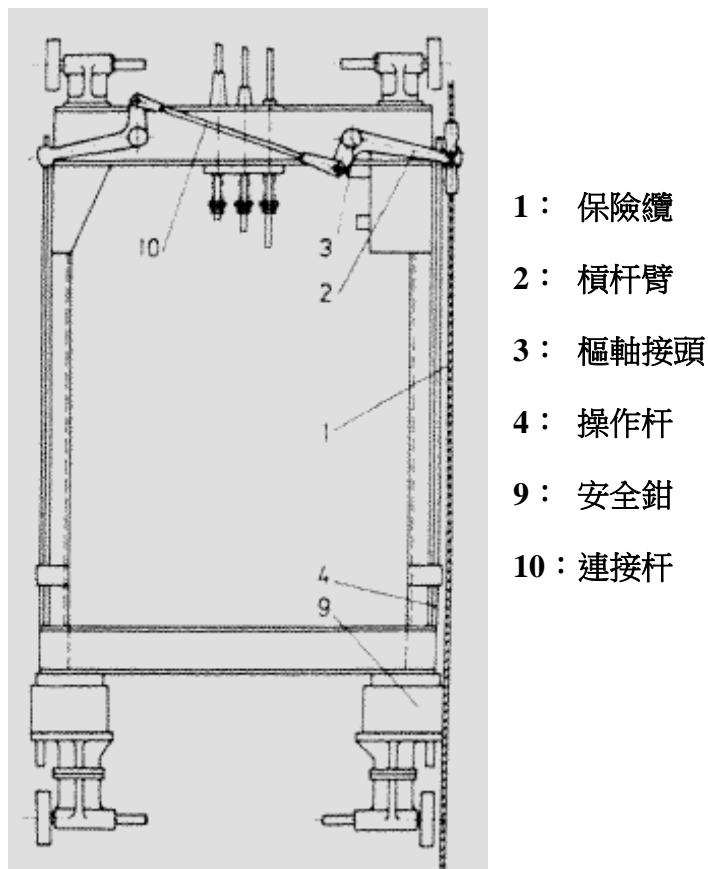


圖 E：機廂架的典型設計安排

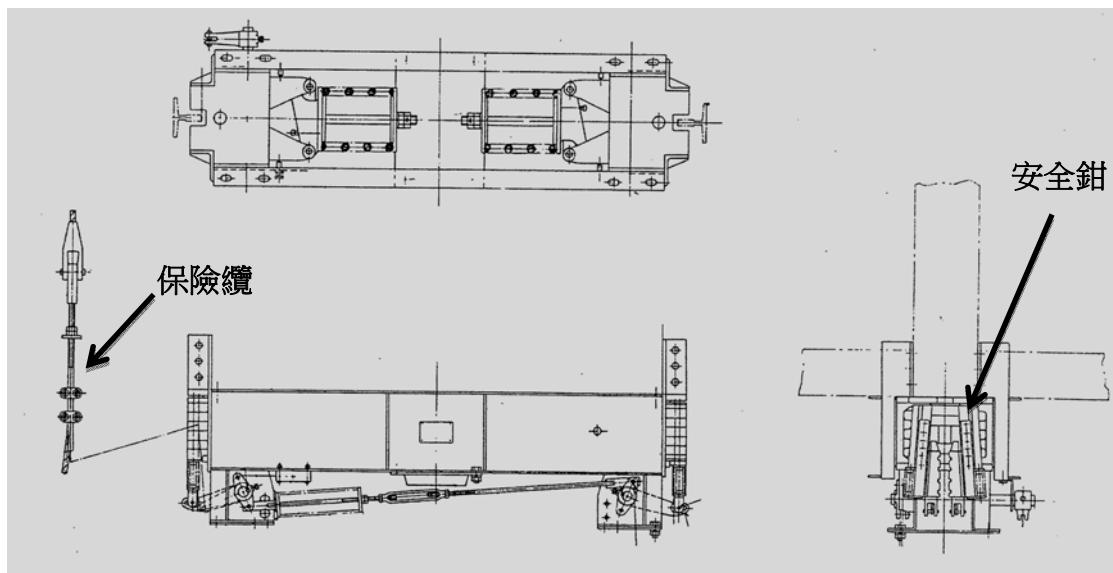


圖 F：5 號升降機的底架和安全鉗繪圖

楔塊在安全鉗
啟動後的移動方向

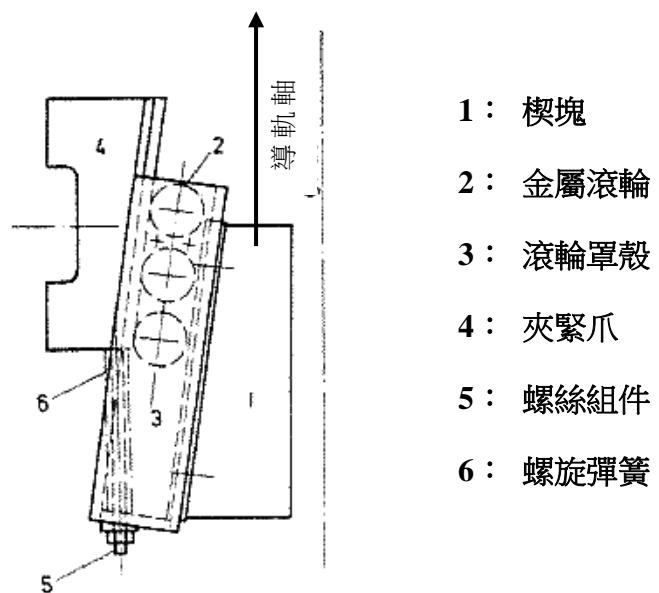


圖 G：安全鉗的設計

4 緩衝器

升降機必須在行程的下限位置，為機廂及對重鉅設置緩衝器，作為最終緊急裝置。當機廂／對重鉅超速下降，但速度低於安全鉗的啟動速度時，其撞擊力會被緩衝器所吸收。為肇事升降機機廂及對重鉅而設的圓形螺旋彈簧緩衝器是裝設於井道底坑內。這種緩衝器名為蓄能式緩衝器，可用於額定速度不超逾每秒 1 米的升降機。至於額定速度高於每秒 1 米的升降機，則必須使用耗能式緩衝器（油壓緩衝器）。圖 H 為升降機所使用的彈簧緩衝器。

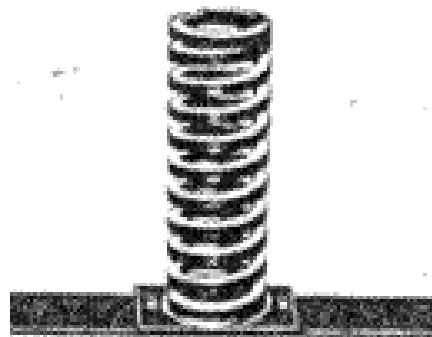


圖 H：升降機的彈簧緩衝器