

**Technical Investigation Report on
Lift Incident at Paris Court,
Sheung Shui Town Centre, New Territories**

新界上水名都巴黎閣
升降機事故
技術調查報告

Date of Incident: 11 May 2018
事故日期：2018年5月11日

Chinese Version
中文版

Date of Issue: 20 August 2018
出版日期：2018年8月20日

機電工程署  **EMSD**

目錄

	頁
摘要	2
1. 目的	3
2. 事故背景	3
3. 肇事升降機的技術資料	3
4. 調查方式	5
5. 技術調查結果	6
5.1 升降機專家的調查結果	6
5.2 機械工程專家的調查結果	8
5.3 電機工程專家的調查結果	11
6. 根本成因分析	12
7. 總結	13
8. 事故後採取的措施	14
附錄I：電動牽引式升降機的基本構造	15

摘要

2018 年 5 月 11 日下午 12 時 46 分，新界上水智昌路 9 號上水名都巴黎閣的 5 號升降機於 7 樓在機門開啟的情況下發生非預定上移事故，導致一名 64 歲的女士死亡。

機電工程署(機電署)的調查小組於事發後迅速到達現場進行調查，調查中發現所有安全開關掣及控制線路均狀態正常。然而，升降機制動柱塞被發現長期缺乏潤滑及間歇未能暢順地運作，因此當升降機運行時，制動襯片(俗稱「迫力皮」)與制動鼓持續地磨擦，導致制動襯片出現過熱情況及令制動力顯著地減少；而制動襯片與制動鼓磨擦時所產生的震動使制動襯片的其中一顆固定螺絲鬆脫，並突出於襯片表面上，令制動襯片與制動鼓之間的接觸表面面積減少，進一步降低了制動力。結果，總制動力因以上原因，出現不足以制停移動中的升降機的情況。

當肇事升降機從地面層上移及抵達 7 樓以接應升降機召喚時，升降機打開機門，受害人進入機廂。然而，由於制動力出現不足的情況，升降機未能完全停定並繼續向上移動。受害人嘗試進入升降機機廂，卻被夾於層站門楣及升降機機門門坎之間；受害人嘗試逃脫，但最後跌落升降機井底坑死亡。

機電署非常重視升降機的安全。在事故發生後，為了確保公眾安全，多個註冊升降機承辦商已為其下所有「廣日」牌升降機進行特別檢查，而負責保養肇事升降機的註冊升降機承辦商亦已為其負責保養的所有升降機進行特別檢查，當中未有發現不正常的地方。機電署亦已增加抽查這些升降機的次數。此外，機電署已於 2018 年 7 月 9 日發出第 6/2018 號通告，提醒所有註冊升降機承辦商應根據生產商的建議，妥善地為升降機的制動系統進行大修工作。

2018年5月11日新界上水名都巴黎閣 升降機事故技術調查報告

1. 目的

1.1 是次技術調查的目的，是找出 2018 年 5 月 11 日在新界上水名都巴黎閣 5 號升降機(「肇事升降機」)發生的升降機事故的成因。本報告載述機電署對事故進行深入技術調查後所得的結果。

2. 事故背景

2.1 事故發生於 2018 年 5 月 11 日下午 12 時 46 分。事發時，空載的肇事升降機於地面層收到 7 樓發出的召喚後上移至 7 樓。雖然相關馬達驅動器已停止運作，但升降機機廂在未完全停定的情況下打開了機門。當一名 64 歲的女士(受害人)正在 7 樓進入升降機機廂時，肇事升降機在機廂門及層站門均仍然打開的情況下繼續向上移動。當升降機機廂在升至機門開啟上方限位位置後，機門隨即開始關上並夾着受害人。受害人嘗試進入升降機機廂，卻被夾於層站門楣及升降機機門門坎之間。受害人嘗試逃脫，但最後跌落升降機井底坑死亡。升降機最後在大約 12 樓的位置停下。

3. 肇事升降機的技術資料

3.1 表一載列肇事升降機的規格。至於電動牽引式升降機的基本構造，請參閱附錄 I。

升降機編號	5
升降機類型	電動牽引式載客升降機
製造商	廣州廣日電梯工業有限公司(俗稱「廣日」牌)
生產地	中國
額定負載	1 000 公斤
額定速度	每秒 1.75 米
變速器	螺旋齒輪
纜索比率	1 比 1
電動機	三相交流式感應電動機
制動系統	附有單壓縮彈簧的鼓式制動器
懸吊纜索標稱直徑	12 毫米
懸吊纜索數量	5
服務樓層	地面、1 樓、3 樓、5 樓、7 樓、9 樓、11 樓、13 樓、15 樓、17 樓、19 樓、21 樓、23 樓及 25 樓

負責升降機保養的註冊升降機承辦商	耀天工程有限公司(註冊升降機承辦商編號：RLC03002)
發生事故前最後一次由註冊升降機工程師進行檢驗的日期	2018年3月2日
升降機工作日誌所記錄發生事故前最後一次由註冊升降機工程人員進行例行保養的日期	2018年5月9日

表一

3.2 圖1至4說明肇事升降機的機電制動系統的構造及運作：

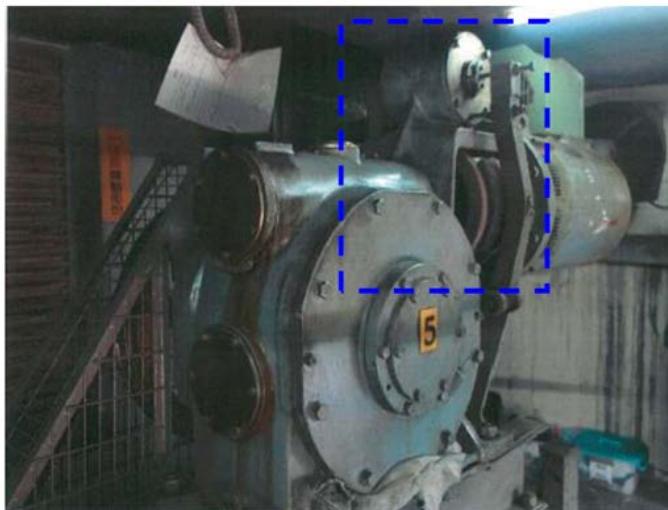


圖1：升降機牽引機照片
(機電制動器系統以藍色虛線顯示)

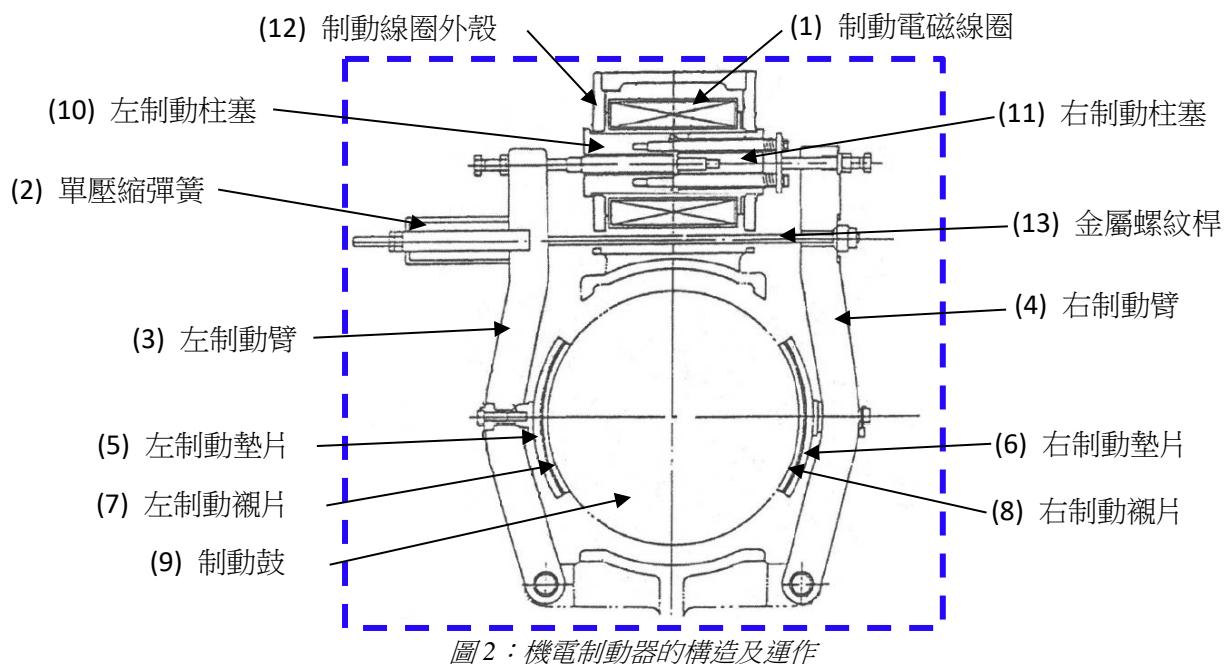


圖2：機電制動器的構造及運作

要制停升降機，應截斷制動電磁線圈(1)的電力供應，令磁場無法產生。單壓縮彈簧(2)便會透過金屬螺紋桿(13)，把左制動臂(3)向右推及把右制動臂(4)向左拉。分別由左制動襯片及右制動襯片(7 及 8)組成的左制動墊片及右制動墊片(5 及 6)會壓向連接到升降機馬達的制動鼓(9)，以制停升降機機廂的移動(圖 3)。

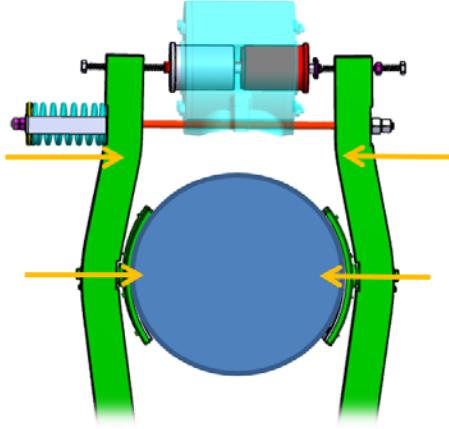


圖 3：制動器閉合

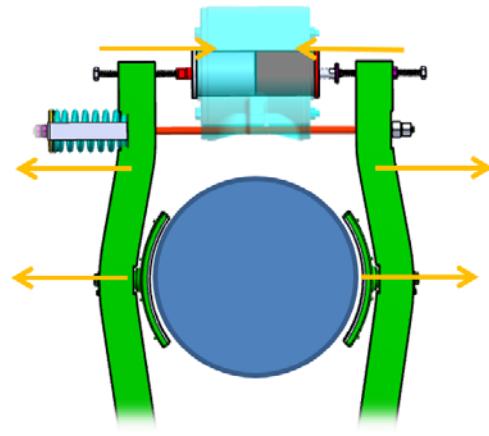


圖 4：制動器開啟

當升降機收到運行召喚時，升降機控制板會令制動電磁線圈(1)通電，從而在制動線圈外殼(12)內建立磁場。位於制動線圈外殼(12)內的左制動柱塞及右制動柱塞(10 及 11)會被磁化，並移向對方。左制動臂及右制動臂(3 及 4)，以及裝設於制動臂上的左制動墊片及右制動墊片(5 及 6)會移離制動鼓(9)，代表制動器被鬆開，讓升降機馬達可以自由轉動；而升降機控制板會為升降機馬達提供電能，並根據升降機運作需要，令升降機向上或向下移動(圖 4)。

4. 調查方式

4.1 機電署就是次事故與警方進行聯合調查，期間曾經：

- 檢查肇事升降機的工作日誌；
- 檢視事故發生前一天及事故發生期間超過 12 小時涉及肇事升降機的閉路電視片段；
- 會見 25 名人士，並為相關人士，包括巴黎閣住戶、物業管理公司職員、註冊升降機工程人員、註冊升降機工程師、註冊升降機承辦商及主要生產商(即廣州廣日電梯工業有限公司)錄取口供；
- 審閱超過 200 份涉及 20 個不同類別的文件；以及
- 聘請四名獨立專家，為制動襯片、制動線圈、制動柱塞及其相關組件進行實地模擬測試及多項實驗室測試，以就升降機事故的成因提供專業意見。

5. 技術調查結果

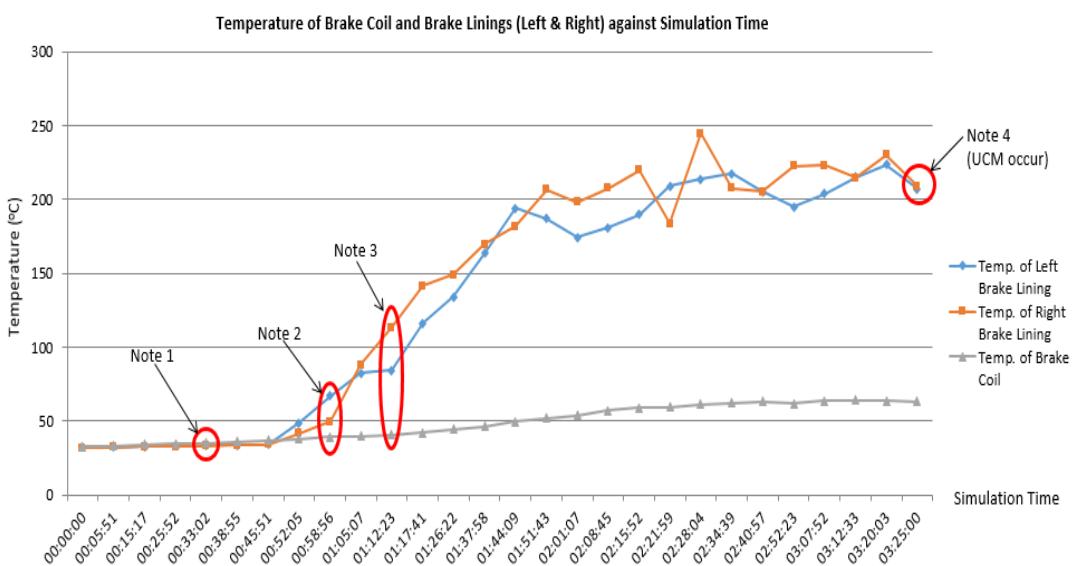
機電署的調查小組於 2018 年 5 月 11 日獲通知有關事故後，隨即前往現場，並進行初步測試，發現所有安全開關掣及控制線路均狀態正常，而所有懸吊纜索則完好。其後，機電署迅即委聘四名獨立專家加入調查小組，並有以下發現：

5.1 升降機專家的調查結果

- a) 肇事升降機的所有安全開關掣經檢查、測試及查驗後，發現運作正常。
- b) 從閉路電視片段所見，肇事升降機於事發前的上午，曾發生四次非預定上移，期間沒有乘客受傷，管理公司亦沒有收到相關不正常運作的報告。
- c) 受害人於事發時正在 7 樓進入升降機機廂，制動器未有於 7 樓制停肇事升降機機廂，但機廂最終在大約 12 樓的位置停下。
- d) 升降機於事故發生前的運行模式均被記錄，用以完整地模擬升降機的運作過程，並運用了熱能探測器(圖 5)記錄制動線圈及制動襯片的溫度。有關結果載於圖 6。模擬測試於 00:00:00(時時:分分:秒秒)開始。升降機依照事發前的運行模式運行，當左制動柱塞及右制動柱塞運行至測試時間 00:33:02 時，開始出現運作異步及遲緩(滯後約 1 秒)。模擬測試繼續進行，發現制動柱塞開始停止移動，導致制動臂及其制動襯片未能於測試時間 01:12:23 打開。由於制動柱塞未能移動，即使升降機馬達及制動鼓正在運作中，制動襯片(包括左右兩邊)仍然持續地被壓向制動鼓。因此，左制動襯片及右制動襯片的溫度開始持續地上升至大約 220°C。最後，於測試時間 03:25:00 時，縱使升降機層站門仍然處於開啟的狀態，機廂出現非預定移動的情況。



圖 5 – 热能探测器



附註：

1. 制動柱塞開始運作遲緩。
2. 制動柱塞開始近乎停止移動，導致制動襯片(包括左右兩邊)即使在升降機馬達及制動鼓正在運作中，仍持續壓向制動鼓，導致左右制動襯片的溫度開始上升。
3. 制動柱塞開始停止移動，即使升降機馬達及制動鼓正在運作中，制動襯片(包括左右兩邊)仍持續壓向制動鼓，令左右制動襯片的溫度繼續上升。
4. 機廂出現非預定移動的情況。

圖 6：實地模擬測試結果

- e) 調查中，在拆卸制動系統後，發現制動線圈外殼及制動柱塞由於長期缺乏潤滑，以致它們的表面附有深色和已乾涸的潤滑劑。圖 7、8 及 9 分別展示制動線圈外殼內部，以及左制動柱塞和右制動柱塞的情況，顯示制動線圈外殼及柱塞表面沒有潤滑劑，因此而產生的摩擦力間歇妨礙制動柱塞的正常和暢順運作。



圖 7：
制動線圈外殼

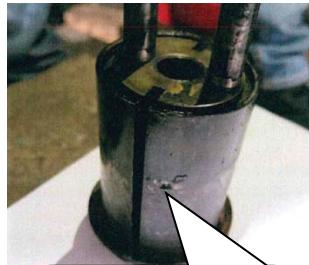


圖 8：左制動柱塞的情況
(發現深色及已乾涸的
潤滑劑)



圖 9：右制動柱塞的情況
(並無發現潤滑劑)

- f) 另一次實地模擬測試發現，如果左右任何一邊的制動襯片處於良好狀態，襯片便能夠制停升降機。

5.2 機械工程專家的調查結果

- a) 肇事升降機在左制動襯片上應共有十顆不銹鋼螺絲，用以在制動墊片上固定襯片，其中一顆螺絲(螺絲甲)的釘頭已嚴重磨損，另有一顆螺絲已經遺失(螺絲乙)(圖 10)。然而，右制動襯片上用以固定制動襯片於制動墊片上所有十顆不銹鋼螺絲則被發現完好(圖 11)。由左制動墊片一顆未有磨損的螺絲的橫切面(圖 12)可見，已磨損螺絲(螺絲甲)的釘頭應有約 3 毫米的損蝕。

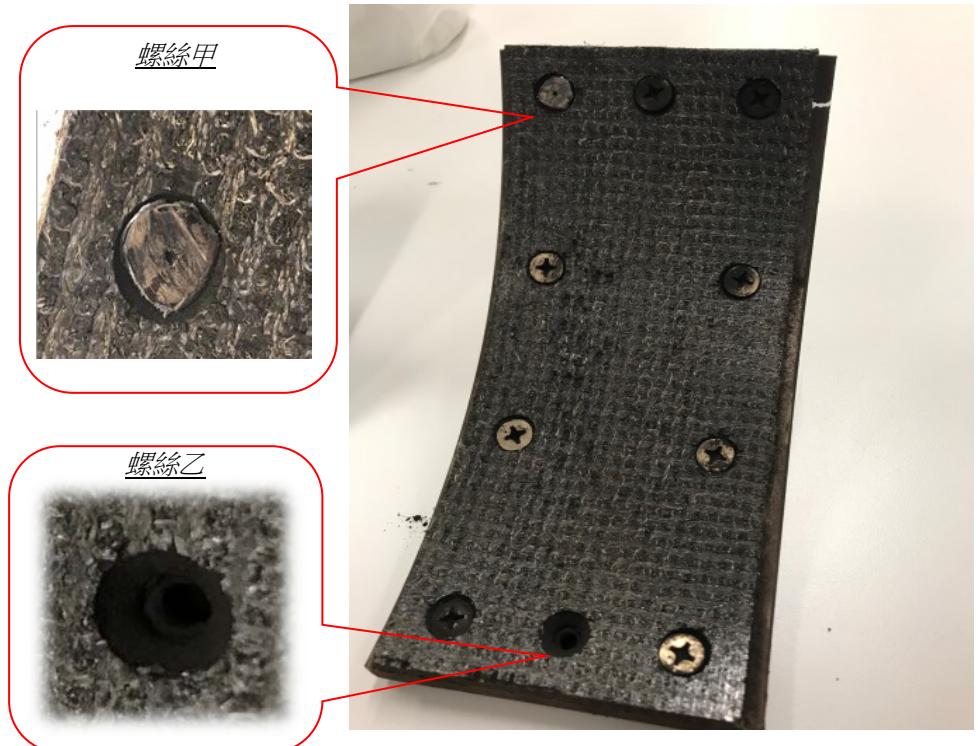


圖10：左制動襯片 - 螺絲甲的釘頭已嚴重磨損，
而螺絲乙已經遺失

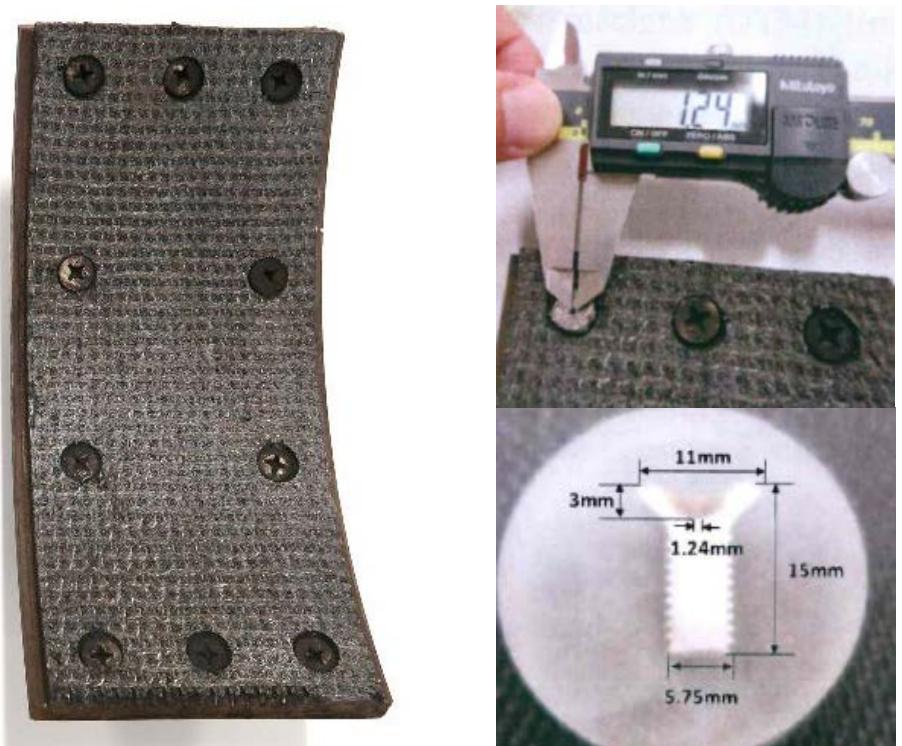


圖11：右制動襯片展示共有十顆
固定螺絲

圖12：未有損蝕的
螺絲的橫切面

b) 於制動鼓上發現兩組不同的刮痕(圖 13)。這些刮痕與上文 5.2(a)段所提及左制動襯片的螺絲甲及螺絲乙的安裝位置吻合，相信螺絲甲曾經有一段時間刮向制動鼓，導致螺絲甲的釘頭嚴重損蝕；而與螺絲乙相對應的刮痕則顯示螺絲乙亦曾經刮向制動鼓。

c) 就肇事升降機的制動襯片及使用與該升降機制動襯片相同的物料製成的全新制動襯片進行的摩擦學測試發現，肇事制動襯片的摩擦系數較全新襯片為低。圖 14 展示實驗結果。



圖 13：於制動鼓上螺絲甲及螺絲乙的相應位置發現的刮痕

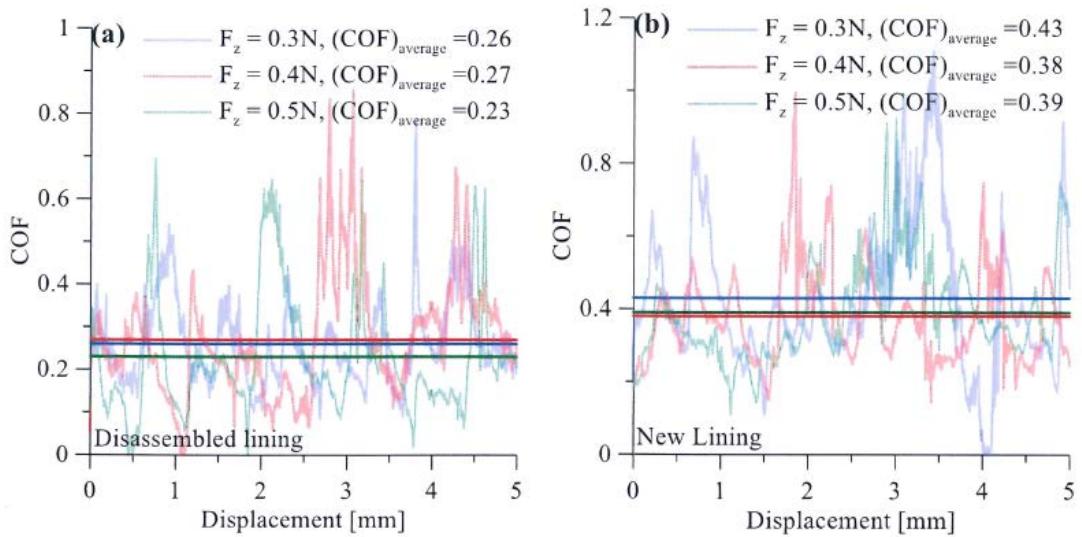


圖 14：肇事制動襯片(左圖)和新制動襯片(右圖)的實驗結果

d) 就使用與肇事升降機制動襯片相同的物料製造成的新制動襯片進行的壓力測試發現，與正常室溫的情況相比，為維持恆定壓縮(0.5 毫米)而施加於制動襯片表面的垂直力，於高溫(約 220 °C)下顯著下降(圖 15)。這代表制動襯片的制動力在高溫(約 220 °C)下顯著減低。

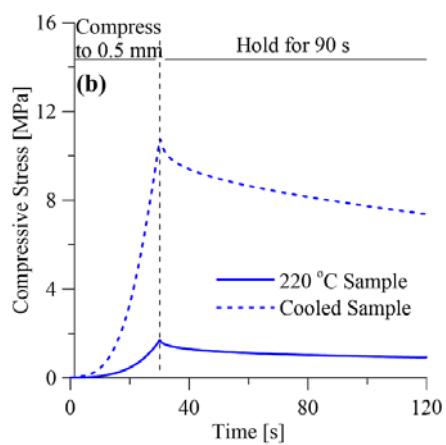


圖 15：新制動襯片於 220°C 和冷卻至室溫後的壓力測試結果

5.3 電機工程專家的調查結果

- a) 為制動柱塞進行磁滯迴線測試，以檢查是否有可導致柱塞運作異常的磁力飽和問題，並以新的制動線圈及柱塞與肇事升降機的制動線圈及柱塞進行測試及比較。實驗結果顯示，肇事升降機的制動柱塞並無發現磁力飽和問題。

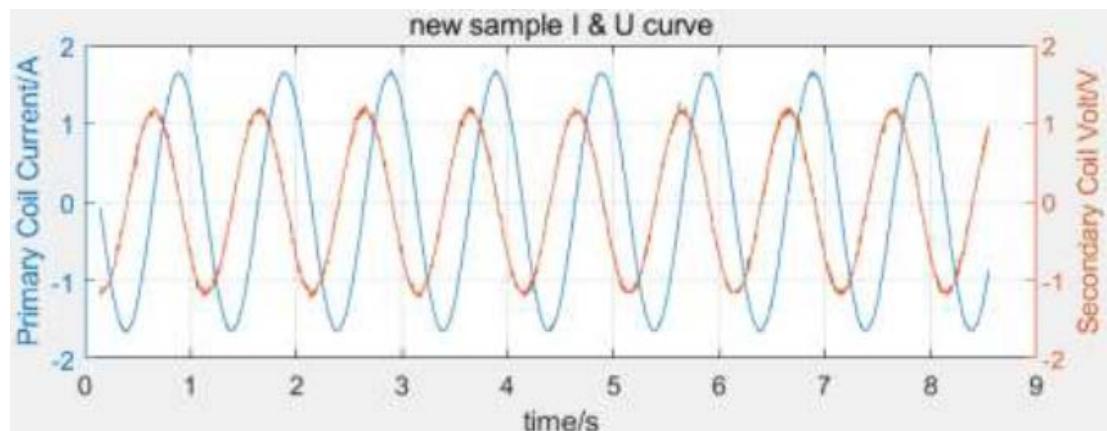


圖 16：在新制動線圈和柱塞的相位相差 90 度的情況下
初級線圈電流與次級線圈電壓之間的關係

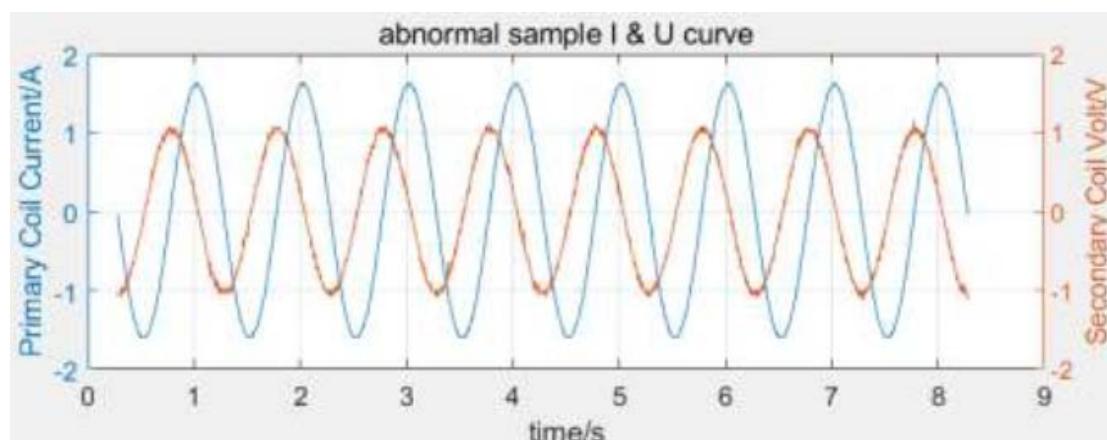


圖 17：肇事升降機制動線圈和柱塞的相位相差 90 度的情況下
初級線圈電流與次級線圈電壓之間的關係

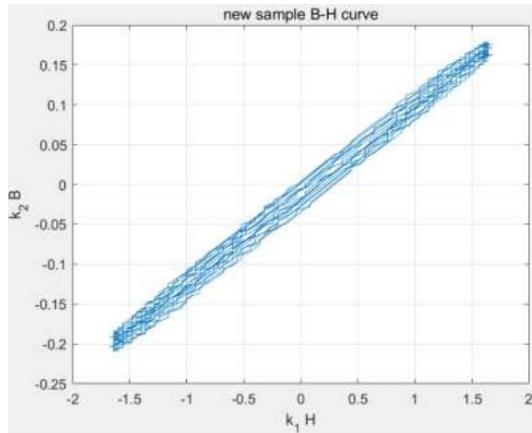


圖 18：新制動線圈和柱塞的 B-H 曲線

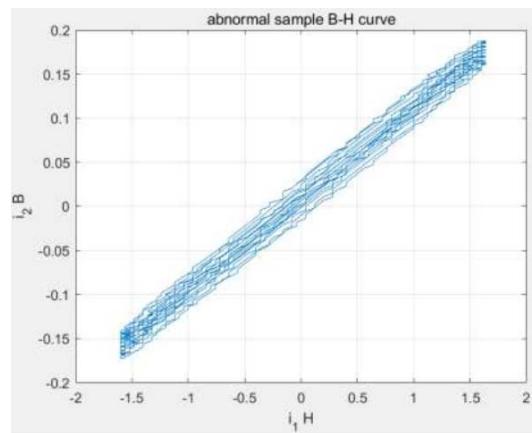


圖 19：肇事升降機制動線圈和柱塞的 B-H 曲線

- b) 包括制動電磁線圈在內的相關電力組件經檢查、測試及查驗後，發現運作正常。由此可見，肇事制動線圈及其電源均處於正常狀態，沒有證據顯示制動線圈及其電源引致事故發生。

6. 根本成因分析

6.1 根據以上調查結果，所有安全開關掣及控制線路和相關電力組件(包括制動電磁線圈)均已予測試，發現狀態正常。

6.2 升降機專家發現制動柱塞運作不暢順，其移動情況於實地模擬測試時最終受阻。制動線圈外殼及制動柱塞的表面發現深色及已乾涸的潤滑劑，證明了制動柱塞及制動線圈外殼滑動表面之間長期缺乏潤滑。當滑動表面的摩擦力過大，柱塞的移動便會間歇受阻。在肇事升降機運行時，有關情況將會導致制動臂未能完全打開，令制動襯片與制動鼓表面持續接觸及磨擦，因而使制動襯片過熱(圖 20)。根據機械工程專家進行的上述實驗室測試，當制動襯片過熱時，其制動力將會顯著地減低。

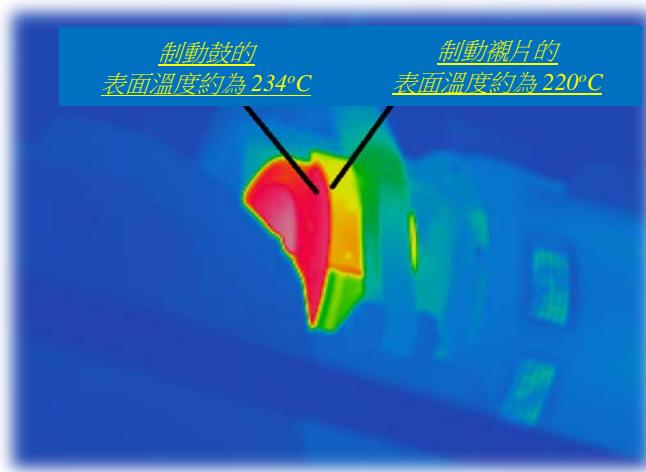


圖 20：制動襯片過熱情況

6.3 制動襯片與制動鼓磨擦時所產生的震動使左制動襯片的固定螺絲鬆脫，導致其中一顆螺絲(即螺絲乙)遺失，而另一顆螺絲(即螺絲甲)則突出於制動襯片上及刮向制動鼓表面；而突出的螺絲減少了制動襯片和制動鼓之間的接觸面積，因而進一步降低用以制停升降機的制動力(圖 21)。結果，當升降機於地面層收到 7 樓發出的召喚後上移至 7 樓及打開升降機機門時，制動力不足以制停上升的升降機。由於機廂內只有一名乘客(即受害人)，對重裝置比只有一名升降機乘客的升降機機廂重，故導致機廂非預定上移的情況。

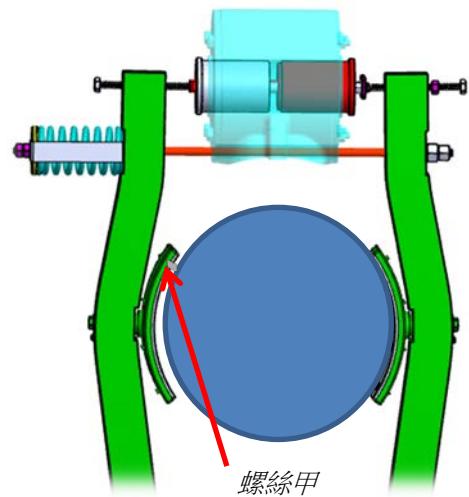


圖 21：螺絲甲突出及刮向制動鼓的表面，
制動襯片與制動鼓之間接觸面積的減少
進一步降低了制動力

6.4 從閉路電視片段所見，肇事升降機於事發前曾發生四次非預定移動，相信左制動襯片上這顆鬆脫及突出的螺絲於這些情況下亦已經出現磨損及正刮向轉動中的制動鼓。事故發生時，這顆鬆脫及突出的螺絲經過與制動鼓持續磨損，令釘頭磨至與制動襯片齊平，最後使左制動襯片得以壓向制動鼓而制停升降機。

7. 總結

根據技術調查結果，機電署總結於 2018 年 5 月 11 日在新界上水名都巴黎閣發生的升降機事故，是肇事升降機的制動系統因以下原因而失效所致：

- a) 制動線圈外殼內長期缺乏潤滑，使制動柱塞的移動間歇受阻；
- b) 制動柱塞移動受阻，以及制動墊片未能完全打開，導致制動襯片因與制動鼓磨擦而出現過熱情況；以及
- c) 制動襯片與制動鼓磨擦時所產生的震動使左制動襯片的固定螺絲(即螺絲甲)出現鬆脫，並突出於制動墊片上及壓向制動鼓表面，因而減低了有效制動面積及制動力；加上右制動襯片過熱，導致沒有足夠制動力把升降機制停於 7 樓。

8. 事故後採取的措施

8.1 事發後，為審慎起見，機電署已要求為「廣日」牌升降機(除肇事升降機外，共 91 部)進行保養的所有註冊升降機承辦商進行特別檢查，而有關特別檢查已於事故後兩星期內完成，當中未有發現異常情況。機電署還要求負責肇事升降機保養工作的註冊升降機承辦商為其負責保養的 389 部升降機進行特別檢查，而有關特別檢查已完成，當中未有發現異常情況。

8.2 機電署已於 2018 年 7 月 9 日發出第 6/2018 號通告，提醒所有註冊升降機承辦商應根據生產商的建議，妥善地為升降機的制動系統進行大修工作。所有「廣日」牌升降機的制動系統已完成大修，其後由機電署作出檢查，並沒有發現異常情況。

8.3 機電署會繼續就此個案進行刑事調查，調查期間如發現違反《升降機及自動梯條例》(第 618 章)的情況，便會考慮對有關的註冊升降機承辦商、註冊升降機工程師及／或註冊升降機工程人員採取檢控／紀律行動。

~報告完~

附錄 I - 電動牽引式升降機的基本構造

