



香港添馬
添美道二號
政府總部西翼二十二樓

Government Secretariat
22/F, West Wing,
Central Government Offices
2 Tim Mei Avenue
Tamar, Hong Kong

本函檔號 Our Ref. :
來函檔號 Your Ref. :

電話號碼 Tel. No.: 2810 2087
傳真號碼 Fax No.: 2121 1468

香港中區立法會道 1 號
立法會綜合大樓
立法會秘書處
議會事務部
羅英偉先生

羅先生：

經濟發展事務委員會

2012 年 2 月 27 日會議的跟進事項

“昂坪 360 纜車在 2011 年 12 月及 2012 年 1 月發生的故障事件”

政府當局於 3 月 22 日按議員要求，就上述會議的跟進事項提供補充資料，並承諾待機電工程署(機電署)就昂坪 360 今年 1 月 25 日事故完成調查後，會提交調查報告予議員參閱。

機電署已完成有關調查，我們現夾附由機電署提供的調查報告於附件 1，報告亦已上載機電署網頁。此外，由昂坪 360 有限公司提供的綜合調查報告及改善措施的資料見附件 2。煩請將上述補充資料提交經濟發展事務委員會參閱。

商務及經濟發展局局長

(嚴吳志坤女士



代行)

2012 年 4 月 5 日

副本送：

商務及經濟發展局常任秘書長(工商及旅遊)

商務及經濟發展局局長政務助理

商務及經濟發展局局長新聞秘書

政府新聞處 (經辦人：首席新聞主任(工商及旅遊))

商務及經濟發展局高級行政主任

機電工程署署長 (經辦人：助理署長/氣體及一般法例 賴漢忠先生)

昂坪 360 有限公司董事總經理 邵信明先生

2012 年 1 月 25 日
昂坪 360 纜車事故
調查報告

機電工程署
2012 年 4 月 3 日

目錄

	頁
行政摘要	3
1. 目的	8
2. 2012 年 1 月 25 日事故的背景	8
3. 調查方向	8
4. 昂坪 360 纜車系統的技術資料	9
5. 觀察及調查發現	11
6. 昂坪 360 採取的補救行動	18
7. 2011 年 12 月昂坪 360 纜車的三宗服務中斷事故	19
8. 結論	19
附件一 事故序列	22
附件二 調查中檢查的文件列表	25
附件三 昂坪 360 纜車於 2011 年 12 月的停車事故	26

2012 年 1 月 25 日
昂坪 360 纜車事故
調查報告
行政摘要

1. 簡介

機電工程署就昂坪 360 纜車於 2012 年 1 月 25 日的停駛事故展開了獨立調查，以找出事故成因和建議改善措施，防止類似事故再次發生。

2. 調查方向

調查方向的概述如下：

- (i) 檢查、覆核及分析與事故相關的纜車組件，特別是 4 號回轉滑輪、其軸承及襯片；
- (ii) 透過獨立專家之協助，檢驗 4 號回轉滑輪的軸承和進行化驗測試，以及鑑於 4 號回轉滑輪的上軸承發現損蝕，而把其餘全部 6 個滑輪的軸承一併作出檢驗；
- (iii) 由在(ii) 段所述的獨立專家協助下分析 7 個滑輪軸承的潤滑油；
- (iv) 檢視和分析相關記錄，特別是肇事組件的保養記錄及故障記錄，以確定纜車的運作、維修和保養符合要求；
- (v) 實地檢查昂坪 360 的一些關鍵保養工作，以確定纜車的保養工作符合操作及維修手冊；和
- (vi) 就事件的詳情、先後序列和相關組件的保養工作，會見了 14 位昂坪 360 的員工，並收集了他們的陳述記錄。

3. 事件的背景

- 3.1 兩名技術員在下午約 1 時 45 分於機場島轉向站巡查期間，於 3 號及 4 號滑輪附近首先聽到有不正常的噪音。
- 3.2 技術人員在下午約 2 時確定噪音來源，並於 2 時 12 分通知主管。在下午 2 時 18 分至 2 時 35 分期間，助理維修經理、當值維修主管及合資格人員分別到場及檢視問題。
- 3.3 正當合資格人員和當值維修主管調查噪音的成因，纜車在下午 2 時 49 分因位置感應器被觸動而完全停頓。
- 3.4 經過檢查及為軸承添加潤滑油後，纜車於下午 3 時 22 分恢復減速運作，即由正常速度每秒 5 米減慢至每秒 1 至 2 米行駛，以疏散約 800 名在車廂上的乘客。疏散程序歷時 91 分鐘，至下午 4 時 53 分完結。

4. 事件的處理及報告

- 4.1 根據調查顯示，合資格人員在位置感應器被觸動時的差不多同一時間，向當值控制員發出“暫停上客”的指示。若該暫停上客之決定能夠及早作出，將有較少乘客受到影響，疏散時間亦可縮短。
- 4.2 當值控制員在約下午 3 時 40 分(即纜車停駛後約 51 分鐘)才致電通知機電工程署。這次報告並不符合已制訂之事故通報機制的要求。該機制規定，當纜車系統停駛超過 15 分鐘，昂坪 360 須於 30 分鐘內向機電工程署作出口頭通報。

5. 事件成因

- 5.1 昂坪 360 在 2012 年 1 月 25 日發生的事故，是由於位於機場島轉向站的 4 號滑輪發生震動，因而觸動滑輪旁邊的位置感應器而停止纜車運作。
- 5.2 促成滑輪震動主要有兩個因素。其中一個因素是 4 號滑輪的上軸承因潤滑失效而造成損蝕。另一個因素是 3 號與 4 號滑輪之間的牽引纜，因 4 號滑輪襯片的不均勻磨損和偏圓性而出現震動。

6 4 號滑輪的襯片

- 6.1 經檢查昂坪 360 的量度記錄後，發現襯片上一次日常量度於 2012 年 1 月 23 日(即事發前 2 天)進行。在 12 個量度位置中，有 3 個位置輕微超出了生產商建議的水平。昂坪 360 當時已按既定的程序安排更換襯片，但來不及在 2012 年 1 月 25 日事發前完成。
- 6.2 事件後 4 號滑輪襯片經現場量度，顯示約 45% 的襯片（87 件襯片部件中的 39 件）已超過磨損的極限。襯片的磨損亦不平均。
- 6.3 4 號滑輪軸承的磨蝕會構成滑輪運轉不暢順，而這不暢順的運轉會引致牽引纜間歇性的拉緊及放鬆，從而使 4 號滑輪的襯片產生不平均磨損導致滑輪的偏圓性，並於其後引致牽引纜和滑輪的震動。

7. 4 號滑輪的軸承

- 7.1 軸承的檢驗結果顯示：

- 損蝕只是出現在上軸承；

- 位於上軸承的內環，其底部滾道的低負載端發現由銹蝕而造成的棕色污點；另外，在頂部滾道的高負載端發現了嚴重的損蝕；
- 除了損蝕外，上軸承的頂部滾柱亦發現了嚴重的凹痕，估計是由損蝕產生的金屬碎片及頂部滾道的凹陷造成；以及
- 上軸承的外環於頂部滾柱和底部滾柱之間亦發現鐵銹。

7.2 潤滑油有較高的水份，使其潤滑效能降低，引致 4 號滑輪的上軸承出現損蝕。昂坪 360 並未採取足夠的預防措施保存未用過的潤滑油，以防止環境中的水份滲入。

7.3 滑輪的震動監測系統，未能對 4 號滑輪軸承之損蝕作出預先警報。現時震動監測所作的量度密度，並未足以確保昂坪 360 能預早識別軸承缺陷及採取適時的更換行動。

8 昂坪 360 採取的補救和改善措施

8.1 為避免同類事故再次發生，昂坪 360 在纜車服務恢復前，已採取了機電工程署建議之下列補救和改善措施：

- (i) 更換全部牽引纜滑輪的軸承；
- (ii) 改良所有牽引纜滑輪軸承的振動監測系統，令數據可持續地收集，並加密至每兩星期一次為數據進行分析；
- (iii) 每月為潤滑油進行水份及金屬成份分析，並根據結果調密加油次數；
- (iv) 妥善貯存及處理潤滑油以防水份滲入；
- (v) 為纜車系統內所有軸承檢查及加油；
- (vi) 加強牽引纜滑輪襯片磨損程度的檢查及更換程序；

8.2 除了上述的即時措施外，昂坪 360 更採取了以下改善措施，進一步加強纜車系統的可靠性，並完善了事故的處理及通報的表現：

- (i) 對整個纜車系統的保養程序進行全面檢討，並完成有關跟進項目；
- (ii) 加強緊急處理程序、事故通報機制及為纜車員工提供恆常培訓，以確保員工可迅速採取適當行動處理突發事情；及
- (iii) 進行纜車系統年度檢驗至滿意結果。

8.3 以上大部份措施均屬週期性，並需要昂坪 360 的員工在其管理層仔細及全面的監督下，以專業及勤奮的態度去執行。同時，昂坪 360 亦有必要定期外聘顧問，為以上的補救行動及改善措施作出審核。機電署會繼續密切監察纜車系統的運作及保養，以確保系統的安全。

**2012 年 1 月 25 日
昂坪 360 纜車事故
調查報告**

1. 目的

1.1 本文件旨在報告機電工程署(機電署) 調查昂坪 360 纜車於 2012 年 1 月 25 日停駛事故的結果，和昂坪 360 有限公司(昂坪 360) 必須採取的補救行動及改善措施，以防止類似事件再次發生。

1.2 本報告亦提供有關昂坪 360 在重開前，實施補救行動及改善措施以改善纜車可靠性的進度

1.3 因應公眾關注昂坪 360 纜車在 2011 年 12 月的三次服務中斷事故，本報告包含了這三宗事故的調查結果和改善措施。

2. 2012 年 1 月 25 日事故的背景

2.1 2012 年 1 月 25 日下午 2 時 49 分，位於機場島轉向站的 4 號滑輪之位置感應器被觸動，引致昂坪 360 纜車服務暫停。

2.2 纜車停駛後，昂坪 360 的合資格人員決定開始乘客疏散程序。纜車於 33 分鐘後重新啟動，並以減速行駛進行疏散乘客。

2.3 纜車的乘客疏散程序於同日下午 4 時 53 分結束，所有乘客安全運返東涌站及昂坪站。事故中並無接到任何乘客的受傷報告。

2.4 經過分析昂坪 360 員工的陳述記錄及其他相關資料後，事故的序列已在附件 1 列出。

3. 調查方向

3.1 機電工程署展開了獨立調查，以找出事故成因及建議改善措施，防止類似事故再次發生。

3.2 調查方向的概述如下：

- (i) 檢查、覆核及分析與事故相關的纜車組件，特別是 4 號回轉滑輪、其軸承及襯片；
- (ii) 透過獨立專家之協助，檢驗 4 號回轉滑輪的軸承和進行化驗測試，以及鑑於 4 號回轉滑輪的上軸承發現損蝕，而把其餘全部 6 個滑輪的軸承一併作出檢驗；
- (iii) 由在(ii) 段所述的獨立專家協助下分析 7 個滑輪軸承的潤滑油；
- (iv) 檢視和分析相關記錄，特別是肇事組件的保養記錄及故障記錄，以確定纜車的運作、維修和保養符合要求(調查中所檢查的文件在附件 2 列出)；
- (v) 實地檢查昂坪 360 的一些關鍵保養工作，以確定纜車的保養工作符合操作及維修手冊；和
- (vi) 就事件的詳情、先後序列和相關組件的保養工作，會見了 14 位昂坪 360 的員工(包括合資格人員、助理維修經理、維修主管、操作員和技術員)，並收集了他們的陳述記錄。

4. 昂坪 360 纜車系統的技術資料

4.1 昂坪 360 纜車採用雙纜式設計，即使用兩條纜索，名為導軌纜及牽引纜，分別於運作時發揮其獨特的作用。

4.2 導軌纜是固定纜索，直徑為 70 毫米，其作用是承載車廂重量，及提供暢順導向，令車廂朝運行方向移動。

4.3 牽引纜是會移動的纜索，直徑為 42 毫米。它位於導軌纜之下，通過可拆除式夾扣，牽引車廂沿導軌纜運行。當纜車抵達車站時，可拆除式夾扣會被自動打開，使車廂脫離牽引纜，並由車廂輸送系統推動車廂以慢速行駛，方便乘客在車站登車或下車。

4.4 纜車系統採用循環式路線，令車廂可同時雙向運載乘客。兩個纜車總站分別位於東涌和昂坪；而兩個轉向站則位於機場島及彌勒山。另外，在中途設有八個編號為 1、2A、2B、3、4、5、6 及 7 的支架，其中 1 號支架最接近東涌纜車總站。

4.5 纜車路徑總長 5.7 公里，並分為兩段，每段有其專用的驅動裝置、制動系統及獨立的纜索系統。

(i) 第一段 – 此段較短，由東涌纜車總站至機場島轉向站，全程約 0.6 公里；

(ii) 第二段 – 此段較長，由機場島轉向站至昂坪纜車總站，全程約 5.1 公里。

4.6 機場島轉向站配備驅動裝置及制動系統，並為纜車提供第一個轉向點。另一個轉向站位於彌勒山，為纜車抵達昂坪總站前提供第二個轉向點。

4.7 纜車系統一共有七個牽引纜滑輪(滑輪)，它們的直徑由 3.4 米至 4.492 米不等，用作驅動和引導第一段及第二段的牽引纜。每個滑輪透過兩個軸承(即上軸承和下軸承)連接滑輪和中軸(見圖 1)。在眾多確保纜車安全運作的保護裝置中，安裝於各滑輪附近的位置感應器，能夠使滑輪在出現異常震動時停止纜車運作。圖 2 為昂坪 360 纜車的示意圖。

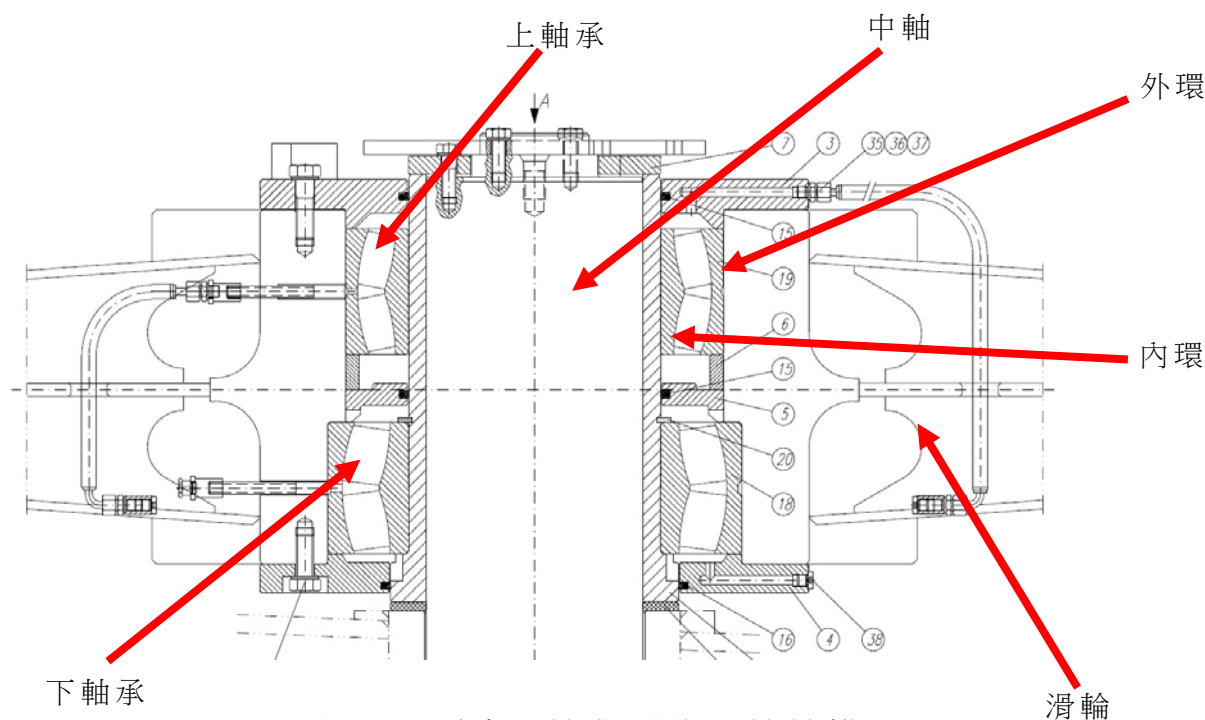


圖 1:昂坪 360 纜車滑輪典型的滑輪結構

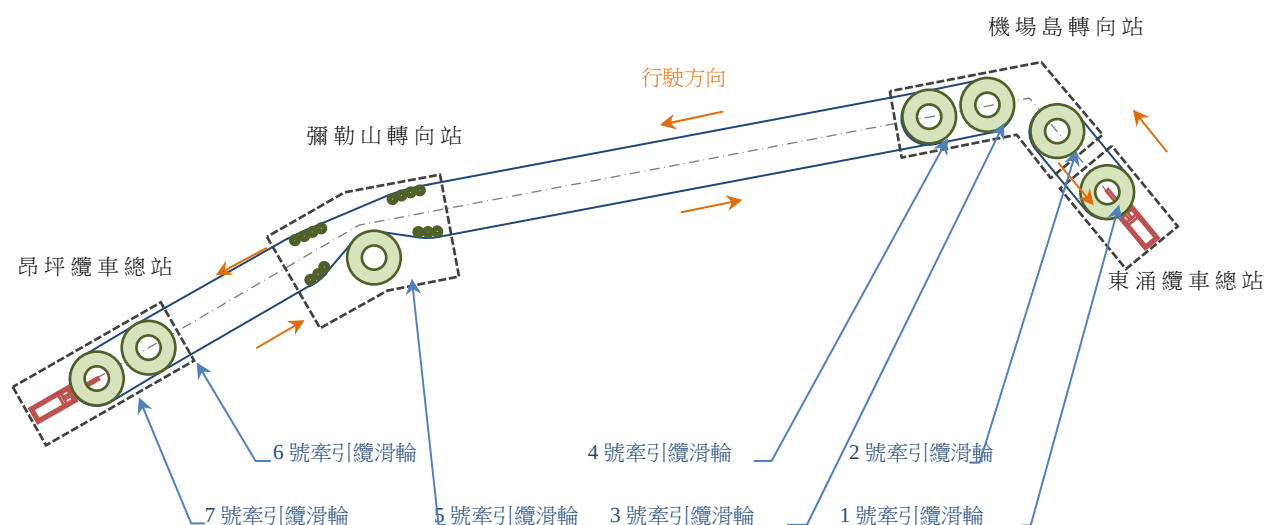


圖 2：昂坪 360 纜車的示意圖

5. 觀察及調查發現

事故處理及報告

5.1 根據昂坪 360 員工的陳述記錄，兩名技術員在下午約 1 時 45 分於機場島轉向站巡查期間，於 3 號及 4 號滑輪附近首先聽到有不正常的噪音。技術員在下午約 2 時找到噪音來源，並於 2 時 12 分通知主管。在下午 2 時 18 分至 2 時 35 分期間，助理維修經理、當值維修主管及合資格人員分別到場檢視問題。

5.2 正當合資格人員和當值維修主管調查噪音的成因，纜車在下午 2 時 49 分因位置感應器被觸動而完全停頓。

5.3 經過檢查及為軸承添加潤滑油後，纜車於下午 3 時 22 分恢復減速運作，即由正常速度每秒 5 米減慢至每秒 1 至 2 米行駛，以疏散約 800 名在車廂上的乘客。疏散程序歷時 91 分鐘，至下午 4 時 53 分完結。

5.4 根據合資格人員提供的資料，他在位置感應器被觸動的差不多同一時間，向當值控制員發出“暫停上客”的指示。若該暫停上客之決定能夠及早作出，將有較少乘客受到影響，疏散時間亦可縮短。

5.5 當值控制員在約下午 3 時 40 分(即纜車停駛後約 51 分鐘)才致電通知機電工程署。這次報告並不符合已制訂之事故通報機制的要求。該機制規定，當纜車系統停駛超過 15 分鐘，昂坪 360 須於 30 分鐘內向機電工程署作出口頭通報。

位置感應器被觸發的成因

5.6 根據合資格人員的陳述記錄，在 4 號滑輪的位置感應器被觸動前，除了發現有不正常的噪音外，3 號及 4 號滑輪之間的牽引纜亦有劇烈的震動(請參考圖 3 的牽引纜組態)。位置感應器觸動的原因，是由於 4 號滑輪劇烈的震動所致。

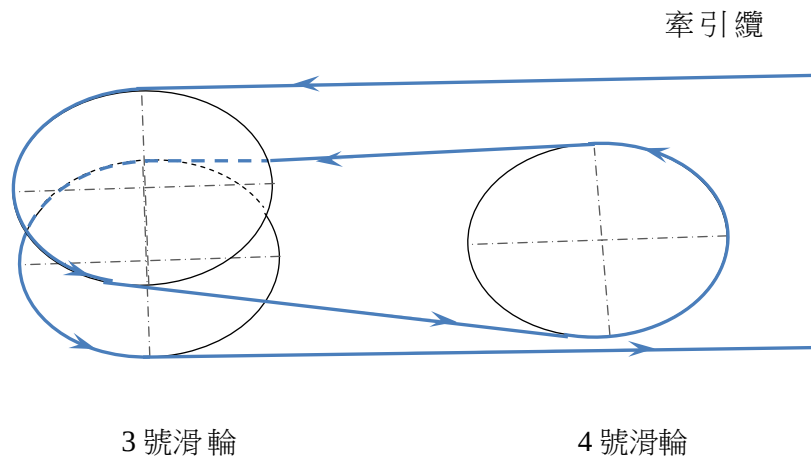


圖 3：捲繞著 3 號及 4 號滑輪的牽引纜

5.7 肇事的 4 號滑輪軸承被完全拆除後進行了詳細檢驗。軸承亦被送往化驗所進行分析金屬損毀的測試。此外，滑輪襯片亦經過仔細量度以確定磨蝕和損耗的幅度。從這些檢驗中顯示出以下兩個異常狀況是引致 4 號滑輪震動，後而觸動位置感應器及停駛的因素：

- (i) 4 號滑輪的襯片出現不均勻的磨損；和
- (ii) 4 號滑輪的上軸承有損蝕

4 號滑輪的襯片

5.8 襯片安裝在滑輪邊，形成滑輪和纜索之間的緩衝（見圖 4），會受到正常的磨損。滑輪的襯片物料有兩種類型 - 塑料和橡膠。襯片須根據既定的程序作定期量度，當達到預定磨損極限時便須更換。



圖 4：牽引纜圍繞在 4 號滑輪 襯片上

5.9 事件後 4 號滑輪的襯片經現場量度，顯示約 45% 的襯片（87 件襯片部件中的 39 件）已超過磨損的極限。襯片的磨損亦不平均。

5.10 4 號滑輪軸承的磨蝕(請參閱第 5.12 節)會構成滑輪運轉不暢順，而這不暢順的運轉會引致牽引纜間歇性的拉緊及放鬆，從而使 4 號滑輪的襯片產生不平均磨損導致滑輪的偏圓性，並於其後引致牽引纜和滑輪的震動。

5.11 經檢查昂坪 360 的量度記錄後，發現襯片上一次日常量度於 2012 年 1 月 23 日(即事發前 2 天)進行。在 12 個量度位置

中，有 3 個位置輕微超出了生產商建議的水平。昂坪 360 當時按既定程序安排更換襯片，但來不及在 2012 年 1 月 25 日事發前完成。調查估計襯片有可能是在這 3 天的操作中(即從 2012 年 1 月 23 日至 25 日)有異常快速的磨損，或在 1 月 23 日進行的襯片量度可能不徹底或不精確。調查結果還顯示，昂坪 360 應加強襯片更換的安排，並在日常測量中發現襯片有任何過度磨損時，儘早更換已磨損的襯片。

4 號滑輪的軸承

5.12 4 號滑輪軸承的檢驗顯示：

- (i) 損蝕只是出現在上軸承；
- (ii) 位於上軸承的內環，其底部滾道的低負載端發現由銹蝕而造成的棕色污點(見圖 6)；另外，在頂部滾道的高負載端發現了嚴重的損蝕 (見圖 5)；
- (iii) 除了損蝕外，上軸承的頂部滾柱亦發現了嚴重的凹痕，估計是由損蝕產生的金屬碎片及頂部滾道的凹陷造成(見圖 7)；以及
- (iv) 上軸承的外環於頂部滾柱和底部滾柱之間亦發現鐵銹(見圖 8)。



圖 5：上軸承內環的頂端滾道之損蝕

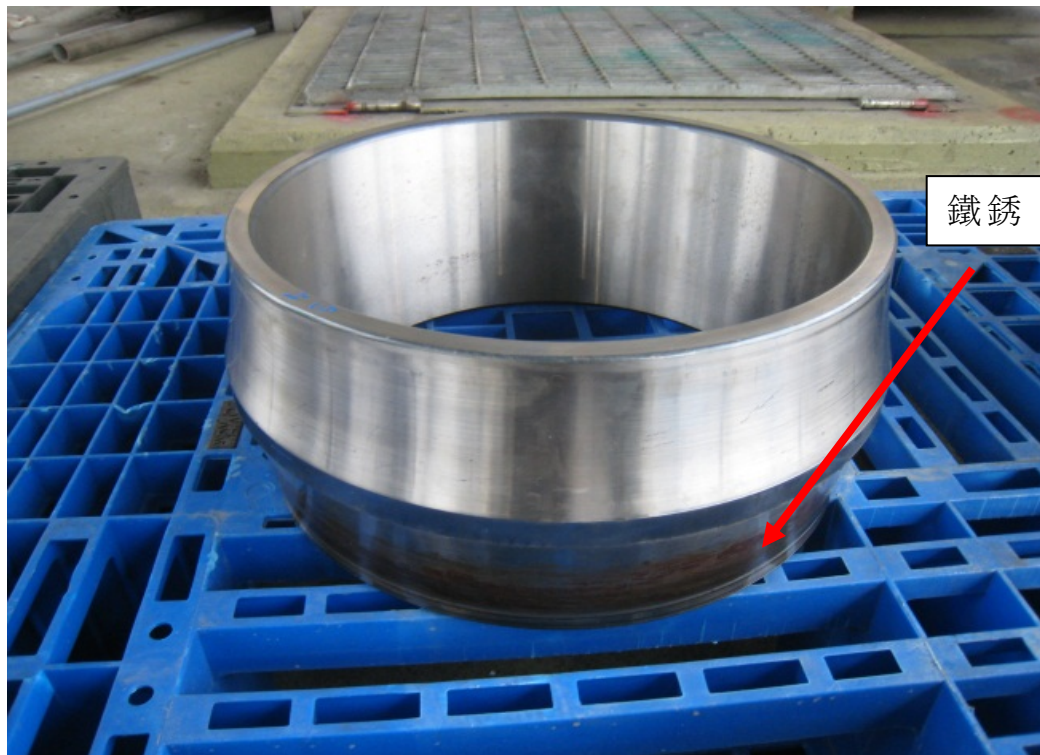


圖 6：上軸承內環的底部滾道的鐵銹



圖 7：上軸承的頂部滾柱的凹痕



圖 8：上軸承外環的鐵銹

5.13 在發現 4 號滑輪軸承的損蝕後，其餘 6 個滑輪的軸承亦一併作出檢驗。除了 7 號滑輪出現輕微的鐵銹外，這些滑輪沒有發現正常損耗外的損蝕。

5.14 軸承的定期潤滑油加添是不可缺少的保養程序，其目的在於提供潤滑和防止軸承生銹或損蝕。定期為軸承加添潤滑油的

程序和密度均在操作和保養手冊內規定。滑輪軸承的定期潤滑油加添須按照手冊於每月進行。

5.15 鑑於 4 號滑輪的上軸承有不正常的損蝕，滑輪軸承的潤滑油樣本亦被送往化驗所進行分析，結果顯示：

- (i) 已使用的潤滑油樣本，其主要化學成份與新的潤滑油比較，並沒有出現重大差異。(即已使用的潤滑油的化學成份沒有改變)
- (ii) 大多數潤滑油的測試樣本中，發現含有過多水份(由 1000 至 7000 ppm 不等)，超出正常的預算水平。高水份含量可以嚴重減低潤滑油的潤滑效能；和
- (iii) 部份潤滑油樣本呈現異常的棕褐色，經化驗所測試後，確定是因為積聚於潤滑油內的軸承磨蝕物所產生的微細氧化鐵粒子而成。這些氧化鐵粒子會影響潤滑油的潤滑效能和加速軸承損蝕。

5.16 化驗結果反映出軸承損蝕的主因，是由於潤滑油內的高水份導致潤滑效果減退。另外，潤滑油中的氧化鐵粒子可能進一步影響潤滑油的效能，並加速了軸承的損蝕。

5.17 從實地檢查獲悉，未使用的潤滑油會儲存在昂坪和東涌高濕度環境下的工作平台，直到下次添加潤滑油時才被使用(第 5.14 節說明添加潤滑油的工作於每月進行)。未使用的潤滑油儲存在不理想的環境中，再加上軸承於正常運作時滲入潤滑油中的水份，可能是引致軸承潤滑油水份含量高的因素。昂坪 360 沒有採取足夠措施防止水份從環境滲入至未使用的潤滑油中。

5.18 軸承因潤滑油效能不佳而產生之磨損，應展開了一段時間，並最終導致滑輪的震動，以及在 5.10 節所詳述之襯片不平均磨損。這襯片不平均磨損亦會反過來加速軸承的損蝕。為確保滑輪可靠運行的重要性，纜車設有監察系統，以監察滑輪軸承的震動。然而，昂坪 360 每四個月才進行一次滑輪軸承的震動分析，最近的震動監測數據於 2011 年 12 月 16 日被測量和收集後，縱使震動監測報告內，已顯示注意到震動水平和金屬磨損的上升趨勢，但震動監測小組覆核後，認為監測數據處於可接受水平。軸承磨損其後在約一個月內(2011 年 12 月 16 日至 2012 年 1 月 25 日)發展，並引起滑輪出現不能接受的震動。調查結果顯示，目前

的震動監測間距，是不能確保軸承缺陷被預早識別和作出及時更換。

6. 昂坪 360 採取的補救行動

6.1 針對以上調查結果，昂坪 360 已採取了機電工程署建議的以下措施，以防止類似事故再發生：

- (i) 由於其它滑輪軸承有機會於較後時間，同樣因為潤滑狀況不理想而引致損蝕，因此所有滑輪的軸承均需要更換；
- (ii) 提升所有牽引纜滑輪軸承的震動監測系統，使數據可持續地收集，並加密至每兩星期為數據進行分析；
- (iii) 每月為潤滑油進行水份及金屬成份之分析，並根據結果於需要時加密添加潤滑油次數；
- (iv) 妥善貯存及處理潤滑油以防止水份滲入；
- (v) 由於纜車系統中的軸承均採用同一種類的潤滑油，因此在纜車系統重開前，必須為所有軸承檢查及加油；
- (vi) 清楚列明滑輪襯片的量度程序及加強設備，包括襯片表面的磨損及偏圓程度，以確保能夠及時發現受磨損的襯片，及作出對應的更換工程及/或修正襯片曲率行動。

額外改善措施

6.2 除了上述的即時措施外，昂坪 360 更採取了以下機電工程署建議的改善措施，進一步加強纜車系統的可靠性，並完善了事故的處理及通報的表現：

- (i) 參考近期纜車事故及纜車技術的發展，昂坪 360 須對整個

纜車系統的保養事宜進行全面檢討和確定改善措施，以進一步消除任何導致纜車系統出現長時間停頓的因素；

- (ii) 昂坪 360 應加強緊急處理程序，以確保員工能於異常情況下，儘快作出暫停上客的決定；同時，昂坪 360 亦須為維修技術員提供重溫培訓，以確保他們能夠迅速採取適當行動處理突發事情；
- (iii) 昂坪 360 須嚴格執行事故通報機制，確保準時向機電工程署通報事故。

7. 2011 年 12 月昂坪 360 纜車的三宗服務中斷事故

7.1 鑑於公眾對昂坪 360 在 2011 年 12 月發生的三宗服務中斷事故表示關注，現把這些事故的調查發現，及昂坪 360 所採取的改善措施列於本報告的附件三內。

7.2 該三宗事故與 2012 年 1 月 25 日事故所涉及的部件並無關連。

7.3 除了採取附件三中提及的改善措施外，昂坪 360 在實行本報告第六部份的補救行動和改善措施後，亦可有效地提升涉及在 2011 年 12 月發生的三宗事故中的相關部件的可靠性。

8. 結論

8.1 昂坪 360 在 2012 年 1 月 25 日發生的事故，是由於位於機場島轉向站的 4 號滑輪發生震動，因而觸發滑輪旁邊的位置感應器而停止纜車運作。

8.2 促成滑輪震動有兩個因素。其中一個因素是 4 號滑輪的上軸承因潤滑失效而造成損蝕。另一個因素是 3 號與 4 號滑輪之間的牽引纜，因 4 號滑輪襯片的不均勻磨損和偏圓性而出現震動。

8.3 潤滑油有較高的水份，使其潤滑效能降低，引致 4 號滑輪的上軸承出現損蝕。昂坪 360 並未採取足夠的預防措施保存未用過的潤滑油，以防止環境中的水份滲入。

8.4 滑輪的震動監測系統，未能對 4 號滑輪軸承之損蝕作出預先警報。現時震動監測所作的量度密度，並未足以確保昂坪 360 能預早發現軸承的損蝕及採取適時的更換行動。

8.5 機電署已指示了昂坪 360 執行有關預防措施，以防止類似事故再次發生。昂坪 360 已經完成了本報告第六部份列明的補救行動及改善措施，以提升纜車系統的可靠性。除此之外，昂坪 360 已在 2012 年 2 月至 3 月纜車系統停駛期間，為系統進行年度檢驗，並於 2012 年 3 月 21 日完成。機電署已檢查並滿意年度檢驗的結果。總括而言，在纜車服務恢復前，昂坪 360 採取了以下的措施：

- (i) 更換了全部七組滑輪的軸承並符合要求；
- (ii) 提升了所有滑輪軸承的震動監測系統，令數據可持續地收集，並加密至每兩星期一次為數據進行分析；
- (iii) 每月為潤滑油進行水份及金屬成份分析，並根據結果於需要時加密添加潤滑油次數；
- (iv) 妥善貯存及處理潤滑油以防止水份滲入；
- (v) 為纜車系統中所有軸承檢查及加油；
- (vi) 清楚列明滑輪襯片的量度程序及加強設備，包括襯片表面的磨損及偏圓程度，以確保能夠及時發現受磨損的襯片，及作出對應的更換工程及/或修正襯片曲率行動；
- (vii) 昂坪 360 對整個纜車系統的保養事宜進行全面檢討，並實施顧問建議的改善措施；
- (viii) 加強昂坪 360 緊急處理程序，以確保員工能於異常情況下儘快作出暫停上客的決定；同時，亦已為維修技術員提供重溫培訓，以確保他們能夠迅速採取適當行動處理突發事情；

(ix) 進行纜車系統年度檢驗並取得滿意結果。

8.6 以上大部份措施均屬週期性，並需要昂坪 360 的員工在其管理層仔細及全面的監督下，以專業及勤奮的態度去執行。同時，昂坪 360 亦有必要定期外聘顧問，為以上的補救行動及改善措施作出審核。機電署會繼續密切監察纜車系統的運作及保養，以確保系統的安全。

機電工程署

2012 年 4 月 3 日

附件一
事件序列
2012 年 1 月 25 日
昂坪 360 纜車事故

確定事件序列

在調查 2012 年 1 月 25 日昂坪 360 纜車停車事故中，我們分析了在當日下午 2 時 49 分，當位置感應器被觸動時之前及之後所發生的事件序列。

2. 根據以下資料及檢查其一致性，我們把有關事故之事件序列歸納於下表：

- (i) 跟與事故有關之證人及員工會見時取得的資料；
- (ii) 操作及保養日誌記錄的資料；
- (iii) 由纜車的數據採集與監控系統(SCADA)所取得的資料，證明某些事件發生的時間，包括纜車操作人員到達現場和離開車廂的時間，及牽引纜滑輪位置感應器被觸動的時間。

時間 (大約)	事件詳情
下午 1 時 45 分	兩名技術員在機場島轉向站為設備進行例行巡查。 他們聽到 3 號及 4 號牽引纜滑輪附近有不正常噪音。他們繼續檢查並嘗試尋找噪音的來源。
下午 2 時	技術員確定噪音的來源。
下午 2 時 12 分	技術員向身處昂坪纜車總站的當值維修主管報告有關情況。 技術員亦向兩位身在機場島轉向站的纜車車廂內的助理維修經理報告有關情況。 由於沒有預先安排，兩位助理維修經理不

	能在機場島轉向站離開車廂。
下午 2 時 18 分 (由 SCADA 所記錄)	其中一名位助理維修經理坐著同一個車廂駛回機場島轉向站。 他開始與兩名技術員檢查設備。
下午 2 時 30 分	另一名助理維修經理於東涌纜車總站下車並用電話通知合資格人員。
下午 2 時 35 分	合資格人員到達現場。數分鐘後，當值維修主管到達現場。 合資格人員作出了以下的指示，以確認噪音是否從 4 號牽引纜滑輪發出： (i) 檢查重量感應器，以找出在 4 號牽引纜滑輪上牽引纜的張力； (ii) 檢查牽引纜及牽引纜滑輪的直線是否一致； (iii) 向 4 號牽引纜滑輪內膠襯片灑水，以檢查噪音有否轉變； (iv) 檢查 3 號及 4 號牽引纜滑輪的狀態。
下午 2 時 49 分 (由 SCADA 所記錄)	系統發現 4 號牽引纜滑輪位置出錯，立即停止纜車系統運作。 同時，合資格人員向當值控制員作出“停止上客”的指示。當值操作員其後命令停止乘客於東涌纜車總站及昂坪纜車總站登車。
下午 2 時 54 分	當值維修主管為 4 號牽引纜滑輪軸承加添潤滑油，為時約 5 分鐘。
下午 3 時 22 分	纜車系統恢復有限度的運作。 纜車減速，以每秒一米速度運行，以疏散乘客(讓乘客離開車廂)。 有些乘客根據指示，於機場島轉向站及彌勒山轉向站離開車廂。
下午 3 時 29 分	合資格人員指示把運作速度增至每秒 1.5

	米，並繼續疏散乘客。
下午 3 時 40 分	當值控制員用電話通知機電工程署有關纜車系統停止運作。
下午 4 時	合資格人員指示把運作速度增至每秒 2 米，並繼續疏散乘客。 於彌勒山轉向站下車的乘客由纜車接往昂坪纜車總站。
下午 4 時 53 分	全部乘客被送回總站，事件中並無受傷報告。

附件二

調查中檢查的文件列表

1. 由纜車監察系統取得的操作記錄(2011 年 12 月 8 日, 2011 年 12 月 18 日, 2011 年 12 月 22 日, 2012 年 1 月 25 日)
2. 2012 年 1 月 25 日的操作日誌記錄(手寫)
3. 由纜車監察系統取得的故障日誌記錄(2012 年 1 月 25 日)
4. 由 2008 年 5 月至 2011 年 12 月牽引纜滑輪軸承的狀態監測報告
5. 纜車系統設備預防性保養工作項目
6. 機場島轉向站牽引纜滑輪的保養記錄 (2010 年 12 月至 2011 年 12 月)
7. 昂坪纜車總站車廂調距器的保養記錄 (2010 年 12 月至 2011 年 12 月)
8. 東涌纜車總站軸承的保養記錄(2010 年 12 月至 2012 年 1 月)
9. 昂坪纜車總站牽引纜滑輪內膠襯片的保養記錄(2010 年 12 月至 2011 年 12 月)
10. 4 號牽引纜滑輪內膠襯片的保養記錄(2012 年 1 月)
11. 牽引纜滑輪軸承的保養手冊
12. 驅動及回轉滑輪的保養手冊
13. 驅動滑輪的軸承(連聯接器)的保養手冊
14. 牽引纜滑輪軸承的潤滑工序指示
15. 纜車系統的日常操作程序
16. 特別事故的操作程序
17. 製造商提供驅動設備的設計資料
18. 昂坪 360 的人力資源資料
19. 昂坪 360 的維修人員的值勤紀錄(2011 年 1 月至 2011 年 12 月)

附錄三
昂坪 360 纜車於 2011 年 12 月的停車事故

日期	停駛時間	故障原因	改善措施
2011 年 12 月 8 日	16:35 - 16:51 (16 分鐘) 纜車停駛進行檢查維修。 16:51 - 17:21 (30 分鐘) 停止上客，但纜車仍然繼續運作直至所有乘客離開車廂。 翌日纜車服務恢復正常。	昂坪站內牽引纜滑輪的襯片出現部份損蝕。 經檢驗後發現該襯片與滑輪接觸的表面，部份地方出現變形，顯示製造商所建議襯片需要更換的厚度標準，未能有效反映實際損蝕程度，因而未能及時作出更換。	這次事故反映襯片的維修指引有需要改善之處。昂坪 360 已就襯片問題作出改善，收緊襯片磨損的容限，以防類似事件再度發生。
2011 年 12 月 18 日	14:22 - 15:16 (54 分鐘)	東涌站內車廂運輸系統的小型滑輪軸承出現故障。	對於軸承受損原因，不能肯定究竟是因為軸承質量不足，抑或是安裝時出現偏差。雖然如此，為

日期	停駛時間	故障原因	改善措施
	停止上客，但纜車仍然繼續運作直至所有乘客離開車廂。 15:16 - 16:15 (59 分鐘) 纜車停止運作進行維修及測試。 16:15 起纜車服務恢復正常。	經檢驗後發現該滑輪的一個軸承損毀。損毀原因可能是軸承內在存有缺陷或軸承在安裝時出現偏差。 由於更換損毀軸承的工序和所涉及的器材相對簡單，昂坪 360 於當晚完成更換受損軸承。	了避免出現類似問題，昂坪360已更換全部同類型12組部件，並已檢討保養安排和縮短更換年期。
2011 年 12 月 22 日	16:40 - 16:53 (13 分鐘)	昂坪站內車廂調距器出現故障。	相信是上一次在 12 月 13 日進行的定期檢查車距調節

日期	停駛時間	故障原因	改善措施
	纜車停止運作進行檢查和維修。 16:53 - 18:07 (1 小時 14 分鐘) 停止上客，但纜車仍然繼續運作直至所有乘客離開車廂。 翌日纜車服務恢復正常。	經檢驗後發現該調距器的齒輪箱內有少量的鐵粉，齒輪箱的潤滑油份量亦偏少。	器時，未有留意到油量偏低的情況，事故可能與維修程序有關。機電署已於 2011 年 12 月 23 日指示昂坪 360 全面檢討纜車的預防性保養。 昂坪 360 亦已經為維修人員安排重溫培訓課程，並提醒他們檢查車距調節器時要注意的事項。



昂坪 360 於 2012 年 1 月 25 日纜車事故綜合調查報告及改善措施之跟進

1. 引言

此報告包含了有關昂坪 360 於 2012 年 1 月 25 日事故的調查報告，事故成因分析和相應的改善措施。

2. 2012 年 1 月 25 日事故概述及跟進

2.1 昂坪 360 纜車在今年 1 月 25 日暫停服務，是由於一組位於機場島轉向站的滑輪啤令內環出現不規則磨損，導致纜車運行不暢順而觸發自動監察系統暫停纜車系統，但對纜車系統不構成安全問題。

2.2 昂坪 360 已把事故滑輪啤令送交實驗室化驗分析。基於審慎考慮，昂坪 360 已更換全線 7 組滑輪啤令，以提高纜車運作的可靠性。

2.3 此外，昂坪 360 亦已委託獨立顧問，就纜車的維修保養制度作出全面檢討。

2.4 根據調查報告、獨立顧問專家和機電工程署所提出的多項改善建議，昂坪 360 均已一一落實，以提升纜車系統的可靠性。

3. 事故過程

3.1 於 2012 年 1 月 25 日下午 2 時 49 分，昂坪 360 的自動監察系統偵測到一個位於機場島轉向站的滑輪發出位置故障訊號，因而觸發自動監察系統發出停駛訊號，令整套纜車系統停止運作。該訊號顯示滑輪有異常震動。

3.2 合資格人員按既定程序，指示當值纜車控制主任停止於纜車站上客。合資格人員完成現場檢查後決定在慢速下進行清客程序。清客程序由下午 3 時 22 分開始至下午 4 時 53 分完成。大約 800 位乘客在安全及有秩序的情況下返回車站。事件中無人受傷。

4. 調查內容

事故發生後，昂坪 360 的工程師聯同纜車系統生產商、啤令生產商、與及獨立纜索專家，就纜車停駛事故展開調查。

4.1 觀察和發現

調查發現，除 4 號滑輪上啤令滾柱(即事故啤令)表面有碎屑脫落和安裝在滑輪周邊的膠邊有不平均磨損外，所有其他設備均屬正常。

4.1.1 4 號滑輪的上啤令滾柱表面有碎屑脫落

在內環的上滾槽（受壓部份）表面發現有碎屑脫落及在外環的上和下油坑發現鏽蝕表徵。

4.1.2 4 號滑輪的膠邊磨損

4 號滑輪膠邊發現有不平均磨損，這樣會令牽引纜震動和滑輪與牽引纜發生磨擦聲響。

5. 事故原因分析

事故的近因是由於牽引纜的震動，觸動了機場島轉向站 4 號滑輪的位置監察系統。

根據調查發現，由於事故俾令內環的潤滑油樣本的水份含量較高，減低了潤滑效果，隨着時間而導而致事故俾令出現不規則磨損，繼而加速了滑輪膠邊的不平均磨損，引發牽引纜震動，觸動纜車自動監察系統發出停駛訊號而導致是次事故。

故此，事故的原因是由於滑輪俾令內的潤滑油水份含量高，而導致事故俾令出現碎屑脫落。

潤滑油含水份的原因，相信是因為昂坪 360 處於高潮濕環境及與潤滑油的儲存有關。調查亦確定事故俾令的磨損對纜車系統不構成安全問題。

6. 改善建議

調查報告、獨立顧問專家及機電工程署所提出了多項改善建議，我們已一一落實，包括：

- 加密抽查潤滑油內的水份含量至定期每 4 星期一次
- 把「潤滑油」儲存在有濕度控制的物料倉
- 更換抗水性更強的「潤滑油」
- 提醒維修人員有關檢查維修保養注意事項，尤其是「潤滑油」防潮意識
- 全面檢查纜車系統所有俾令及打油
- 在 7 組滑輪上安裝監察儀器，可以透過電腦隨時提取震動數據作分析，加強滑輪俾令耗的監察工作，並加密滑輪俾令的震動測試至每兩星期一次
- 委託獨立顧問，就纜車的維修保養制度作出全面檢討，並落實其改善建議
- 提高滑輪膠邊的更換標準，增加每次檢查量度膠邊的位置
- 加強執行和機電工程署的通報機制
- 安排維修人員重溫培訓課程，令他們在纜車系統出現異常情況下能作出迅速對應

7. 事故應變及賓客服務改善措施

昂坪 360 汲取是次事故的經驗，已透過推出一系列的改善措施，提高事故應變及賓客服務，這些措施包括：

- 提升事故應變的指引，日後當值的員工會按實際情況，在有需要的時候作出停止上客的決定，減少在事故時逗留在車廂的賓客數目。亦會加強同事對緊急事故應變的培訓
- 在緊急情況下，靈活增加巴士班次到昂坪，協助接載賓客
- 在車廂內加裝實時廣播系統，在事故發生時可即時向賓客提供最新資訊
- 委託熱線服務中心，在事故發生時提供多條緊急熱線作支援，加速處理賓客的查詢
- 提升車廂內應急包設備，冬季期間提供保暖氈及暖包
- 在東涌及昂坪纜車站設立「賓客關懷站」，為受到服務暫停影響的賓客提供所需服務，包括休息地方、小食、飲品及行程資訊
- 邀請旅遊業界訂閱昂坪 360 的「簡易資訊聚合 (RSS Feed)」，以在事故發生時可以接收最新的服務資料摘要，從而改善昂坪 360 與旅行社、旅行團代理商及導遊之間的溝通。公眾人士亦可透過訂閱「簡易資訊聚合」，選擇接收昂坪 360 的即時服務資訊摘要

8. 年度檢查

為確保纜車系統達至服務水平，昂坪 360 提前進行年度檢查，並委託機電工程署認可的獨立纜車檢測員，就完成更換滑輪啤令及各項維修及改善工程後的系統，進行檢察、檢驗和測試。本來在 6 月進行的年度檢查及測試亦已於上個月全面完成。機電工程署代表亦有到場視察年度檢查的過程，昂坪 360 亦已把年度檢查報告呈交機電工程署。

9. 總結

事故的原因是由於滑輪啤令內的潤滑油水份含量高，令事故啤令產生不規則磨損，繼而加速滑輪膠邊的不平均磨損，引發牽引纜震動，最終觸發自動監察系統暫停纜車運作。「潤滑油」的水份含量較高，相信是因為昂坪 360 處於高潮濕環境及與潤滑油的儲存有關。調查亦確定事故啤令的磨損對纜車系統不構成安全問題。

昂坪 360 有限公司
2012 年 4 月 5 日