

行政院及所屬機關出國報告
(出國類別：考察)

赴美國消費商品安全委員會(CPSC)進
行有關商品安全資訊與事故調查鑑定
技術交流活動工作報告

出國人服務機關：經濟部標準檢驗局
職稱姓名：陳技正榮志、朱技士育民
派赴國家：美國
出國日期：108年10月20日至108年10月27日
報告日期：109年1月13日

摘要

經濟部標準檢驗局與美國消費商品安全委員會 CPSC (Consumer Product Safety Committee) 訂有合作備忘錄(MoU)，雙方密切進行有關商品安全資訊與事故調查鑑定技術交流活動，本次將與 CPSC 進行商品安全評估與檢測技術交流，內容包含二次鋰電池、平衡車檢驗與回收問題、電動手工具鋰電池之串聯充電無分壓平衡管理之風險、即熱式電熱水器安裝錯誤的風險評估、冰箱之熱排設計不良討論、手持式雷射產品使用上的安全評估與檢測技術交流及發生事故機率高之商品安全與事故鑑定技術交流。

本次交流活動規劃赴美國 CPSC 進行電器商品檢測、事故案件調查與鑑定技術交流研究，並瞭解美國商品事故案件處理流程與試驗室設備相關建置情形，主要參訪地點為 CPSC 位於馬里蘭州 Rockville 的 NPTEC (National Product Testing & Evaluation Center) 實驗室。

CPSC 是美國一個獨立聯邦政府機構，創建於 1972 年，主要職責是對消費產品使用的安全性制定標準和法規並監督執行，並維護公共衛生和安全使命是保護公眾免受消費品造成傷害或死亡的不合理風險，委員會由 5 名專員組成，由總統任命，經參議院確認，主席是委員會的首要行政官。

在美國，大多數消費品是被產業共識標準約束，並非由強制性的技術法規約束，CPSC 在評估一種產品是否存在危險的過程中，相關產業共識標準是非常有用的工具，且產業界和消費品安全委員會都有共同的了解，美國進口商/零售商可以通過合約要求供應商達到特定的產業共識標準。

CPSC 目前大約管理著 15000 種不同的產品，CPSC 規範是收集產品的安全數據、提示消費者產品的危險性以及降低危害的途徑。美國消費品生產商、進口商、分銷商或零售商在法律上有義務立即向消費品

安全委員會報告某些類型的有關潛在危險產品的資訊。即使最初合乎規定或標準的產品也可能應該報告。不報告可能受到處罰，只有獲得安全標誌的產品才准許進入市場。

目錄

頁次

摘要	ii
圖目錄	v
壹、前言與目的	1
貳、參訪行程內容	1
一、行程說明	1
二、CPSC 消費商品檢測實驗室設備簡介	3
(一) 電動滑板車(平衡車)測試平台	3
(二) 耐燃測試實驗室：	5
(三) 事故商品非破壞性分析：	7
(四) 其他實驗室	8
參、消費性產品安全與檢測技術交流	11
一、電動平衡車(滑板車)議題	11
二、冰箱事故案例	18
三、CPSC 所提供之分析報告與建議	21
四、雷射產品(雷射筆等)使用安全評估	28
五、電動手工具鋰電池組直接串連充電	30
六、即熱式電熱水器事故案件	32
肆、心得與建議	41

圖目錄

圖 1 平衡車與滑板車測試平台.....	4
圖 2 CPSC 人員講解如何測試電動滑板車.....	4
圖 3 與 CPSC 人員討論滑板車使用上的潛在風險.....	5
圖 4 大型物件耐燃測試平台.....	5
圖 5 彈簧床耐燃測試前準備工作.....	5
圖 6 彈簧床耐燃測試過程.....	6
圖 7 烘衣機模擬內部衣物起火耐燃測試(點火).....	6
圖 8 烘衣機模擬內部衣物起火耐燃測試(測試過程).....	6
圖 9 烘衣機模擬內部衣物起火耐燃測試結果(1/2).....	6
圖 10 烘衣機模擬內部衣物起火耐燃測試結果(2/2).....	6
圖 11 電子壁爐異常測試發生自燃之實況及各點溫度曲線.....	7
圖 12 使用 3D X-ray CT 取得事故電池芯內部圖像.....	7
圖 13 操作與講解 3D X-ray CT.....	8
圖 14 本局人員親自操作 3D X-ray CT.....	8
圖 15 嬰兒用品測試設備.....	8
圖 16 煙火爆竹測試實驗室.....	9
圖 17 講解 4 輪越野沙灘車測試方法.....	9
圖 18 游泳池排水孔測試用假髮.....	10
圖 19 游泳池排水孔測試用水池.....	10
圖 20 電動平衡車在美國造成的自燃事故.....	11
圖 21 電動平衡車及其內部結構.....	12
圖 22 CPSC 商品安全的通報體系 5 種數據庫資料.....	12
圖 23 對鋰電池組要加熱隔離裝置及溫度感應器.....	17
圖 24 電冰箱事故商品正面及細部.....	18
圖 25 事故商品照片.....	19
圖 26 第 1 起事故案件起火源.....	19
圖 27 第 2 起事故案件起火源.....	19
圖 28 第 2 起事故案件之蔽極式馬達.....	20
圖 29 與事故商品相同之蔽極式馬達.....	20
圖 30 原廠蔽極式馬達分析報告.....	20
圖 31 換氣扇事故商品外觀.....	22
圖 32 美軍軍事基地汰換之換氣扇(同形式之事故商品).....	22
圖 33 美軍軍事基地汰換之換氣扇規格標示(同形式之事故商品).....	22
圖 34 蔽極式馬達內部的溫度保護元件.....	23
圖 35 溫度保護元件內部熱熔合金結構(1/2).....	23
圖 36 溫度保護元件內部熱熔合金結構(2/2).....	23

圖 37	蔽極式馬達堵轉溫升曲線圖	24
圖 38	溫度保護元件內部熱熔斷合金結構(1/2)	24
圖 39	溫度保護元件內部熱熔斷合金結構(2/2)	24
圖 40	TCO 短路對換氣扇執行堵轉試驗(第 3 次).....	25
圖 41	TCO 短路對換氣扇執行堵轉試驗溫升曲線圖.....	25
圖 42	14 個換氣扇於 105 °C 下調適時間表	26
圖 43	第 41 號樣品換氣扇執行堵轉試驗溫升曲線圖	26
圖 44	使用 3D X-ray CT 掃描第 41 號樣品換氣扇 TCO.....	27
圖 45	CPSC/NEISS 雷射筆傷害報告網站.....	29
圖 46	美國 2017 年 CPSC/NEISS 雷射筆傷害報告共 5 件	29
圖 47	電動手工具電池組電路圖及樣品	30
圖 48	示範使用 X-ray CT 對鋰電池組進行非破壞性檢測	31
圖 49	交流團員親自操作設備以取得樣品內部結構數據	31
圖 50	事故樣品組合示意圖	32
圖 51	熱水膽爆裂處(內側)	32
圖 52	溫控器功能測試	33
圖 53	水盤開關功能測試	34
圖 54	水盤開關注水推動接點導通	34
圖 55	水盤開關耐壓測試(10kg/cm ²)	34
圖 56	接點開關老化(金屬片因高溫產生色階與變形)	35
圖 57	全新接點開關(表面光滑與平整)	35
圖 58	事故樣品之接點開關接觸電阻值	35
圖 59	全新樣品之接點開關接觸電阻值	35
圖 60	嚴重老化接點開關使用中(紅外線熱像圖)	36
圖 61	事故商品接點開關再現試驗	37
圖 62	事故商品接點開關熔接照片	38
圖 63	事故商品接點開關產生電弧瞬間	38

壹、前言與目的

本次交流活動規劃赴美國 CPSC 進行電氣商品檢測、事故案件調查與鑑定技術交流研究，並瞭解美國商品事故案件處理流程與試驗室設備相關建置情形，主要參訪地點為 CPSC 位於馬里蘭州 Rockville 的 NPTEC (National Product Testing & Evaluation Center) 實驗室。

本局與美國消費商品安全委員會 CPSC (Consumer Product Safety Committee) 訂有合作備忘錄(MoU)，雙方密切進行有關商品安全資訊與事故調查鑑定技術交流活動，本次將與 CPSC 進行商品安全評估與檢測技術交流，內容包含二次鋰電池、平衡車檢驗與回收問題、電動手工具鋰電池之串聯充電無分壓平衡管理之風險、即熱式電熱水器安裝錯誤的風險評估、冰箱之熱排設計不良討論、手持式雷射產品使用上的安全評估與檢測技術交流，及發生事故機率高之商品安全與事故鑑定技術交流。

貳、參訪行程內容

一、行程說明

本次技術交流參訪成員由標準檢驗局第六組技士朱育民、臺中分局技正陳榮志及楊明崎專案經理 (財團法人精密機械研究發展中心 PMC) 組成，地點為消費商品安全委員會(CPSC)所屬位於馬里蘭州 Rockville 的試驗室 NPTEC (National Product Testing & Evaluation Center)，行程表如下表所示。

日期	地點	工作紀要
108年10月20日	台灣桃園-華盛頓特區	搭機去程
108年10月21日	CPSC (National Product Testing & Evaluation Center, NPTEC)	● CPSC 實驗室參訪 ● CPSC 介紹 ● U.S. CONSUMER PRODUCT SAFETY

		<p>COMMISSION</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Selling Safe Electrical Products in the U.S. ● Overview- U.S. Consumer Product Safety Framework
108年10月22日	CPSC (National Product Testing & Evaluation Center, NPTEC)	<ul style="list-style-type: none"> ● 二次鋰電池之串聯充電，無分壓平衡管理之風險、鋰電池、行動電源檢驗相關法規探討。 ● Mitigating Risks with Battery Powered Consumer Products ● 即熱式電熱水器安裝錯誤的風險評估。
108年10月23日	CPSC (National Product Testing & Evaluation Center, NPTEC)	<p>討論內容：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 參加 CPSC 內部研討會 (有關 3D 列印材料於防火要求之研究) ● 冰箱之熱排設計不良討論。 ● CPSC Staff Assessment on Eutectic-Type Thermal-Cutoff Fuse Failures in Shaded-Pole Motors Used in Exhaust Fans
108年10月24日	CPSC (National Product Testing & Evaluation Center, NPTEC)	<p>討論內容：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 平衡車之事故通報、檢驗方法與回收情形 ● 雷射產品(雷射筆、雕刻機等)使用安全評估、現況與檢測技術交流。 ● 對本局檢測設備規劃之建議及未來合作項目之探討
108年10月25~27日	華盛頓特區-台灣桃園	搭機回程

二、 CPSC 消費商品檢測實驗室設備簡介

本交流團員於 10 月 21 日前往 CPSC 的實驗室(NPTEC)，並由本次技術交流活動 CPSC 聯絡窗口 Syliva C. Chen 小姐(Program manager for east and pacific)引見電氣與火災工程科學處長 Andrew M. Trotta 先生(Director division of electrical engineering and fire sciences directorate for engineering sciences)與資深工程師 Arthur Lee 先生(Electrical engineer division of electrical engineering and fire sciences directorate for engineering sciences)，並由 Arthur Lee 先生陪同參觀實驗室與解說，其實驗室主要測試設備簡述說明如下：

(一) 電動滑板車(平衡車)測試平台

美國消費者委員會(CPSC)自 2017 年 2 月開始，要求所有銷售至美國的電動滑板車皆須通過 UL 2272 個人電動載具電氣系統標準。

UL 2272 標準為 UL 2271 battery for LEV application (輕型電動交通工具之電池)所演變而來，一般電動腳踏車、機車、高爾夫球車、代步車等的電池皆屬於 UL 2271 的範疇。UL 2272 則針對需要自我平衡的滑板車、其充電器、電池到整體電氣系統之安全性做規範。要符合 UL 2272 的電動滑板車需要注意的要點如下：

- 外殼與結構：要符合撞擊、碾壓、震動測試。
- 塑料外殼的防火要 V-1 或以上的等級。
- 防塵防水： IP34 或以上等級。
- 擠壓測試為仍在評估中的測項。
- 充電端子需有防止電極反接設計。
- 危險電壓的界定同 UL 60950-1 資通訊產品之要求。
- 充電器需符合 UL1310, UL 1012 或 UL 60950-1。
- 電池芯、電池組：需符合 UL 2580 及 UL 2271。

- 馬達：依 UL 1004 評估。
- 電子保護線路與軟體安全：依據 UL 991, UL 1998 評估。

符合 UL 2272 的電動滑板車因為只符合產品的電氣安全，但沒有針對機械性安全做評估，因此目前 CPSC 正在研議評估新標準與測試方法，相關測試設備如下：

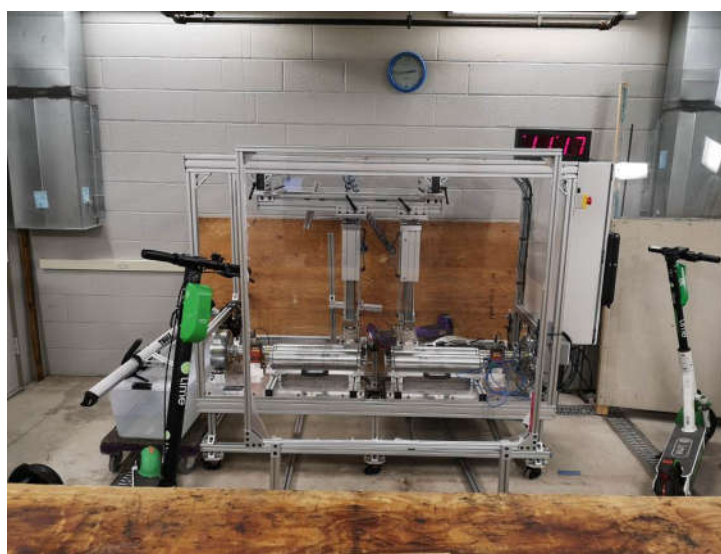


圖 1 平衡車與滑板車測試平台



圖 2 CPSC 人員講解如何測試電動滑板車



圖 3 與 CPSC 人員討論滑板車使用上的潛在風險

(二)耐燃測試實驗室：

該試驗室主要是針對大型物件在消費者合理使用或誤用的情況下，可能產生的燃燒風險，例如以彈簧床為例，材質需添加適當的阻燃劑，以避免消費者因菸蒂放置不慎點燃彈簧床。



圖 4 大型物件耐燃測試平台



圖 5 彈簧床耐燃測試前準備工作



圖 6 彈簧床耐燃測試過程

另以烘衣機為例，必須要模擬烘衣過程中，內部衣物因材質或使用時間過長產生燃燒，須經過耐燃測試後才能於市場上銷售。



圖 7 烘衣機模擬內部衣物起火耐燃測試(點火)



圖 8 烘衣機模擬內部衣物起火耐燃測試(測試過程)



圖 9 烘衣機模擬內部衣物起火耐燃測試結果(1/2)



圖 10 烘衣機模擬內部衣物起火耐燃測試結果(2/2)

另該實驗室也可以模擬其他消費商品事故自燃案件，例如：電子式壁爐，該消費商品在亞熱帶地區的臺灣很少見，但溫帶地區的美國卻是常用的居家商品，該商品主要功能為電暖器，但中間有一視窗可以產生人造火焰的影像(LED 仿真火焰氣氛燈)，但在散熱不良或安裝錯誤的情況下會產生自燃。

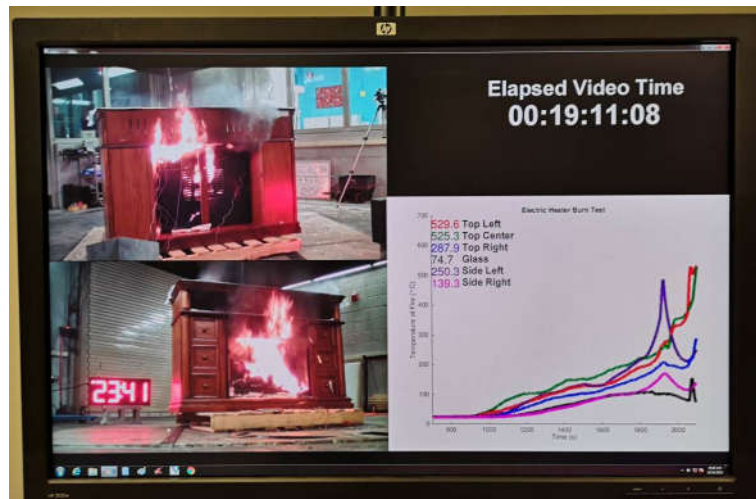


圖 11 電子壁爐異常測試發生自燃之實況及各點溫度曲線

(三)事故商品非破壞性分析：

該實驗室主要使用 3D X-ray CT(3D 電腦斷層掃描設備)執行非壞性檢測，由 Arthur Lee 先生介紹如何使用該設備對事故商品進行掃描，之後改由本局同仁親自操作該設備，待測物件為由本局自行攜帶至美國 CPSC 的電動手工具用之鋰電池組，後續並與相關測試人員討論該鋰電池組在無任何分壓保護的情況下執行串聯充電所產生的風險。

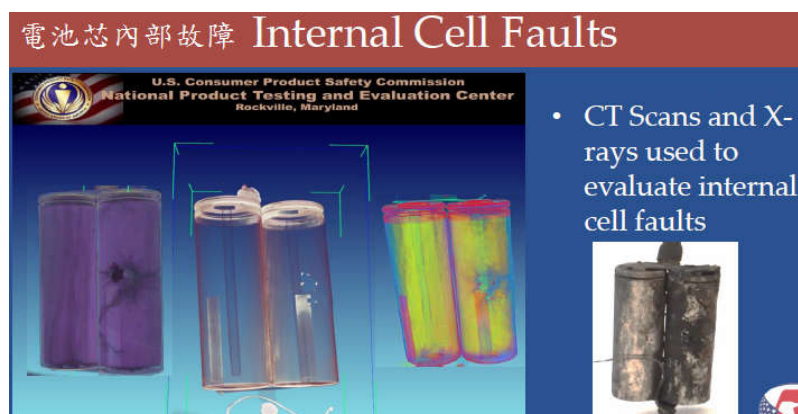


圖 12 使用 3D X-ray CT 取得事故電池芯內部圖像(摘自 CPSC 簡報內容)

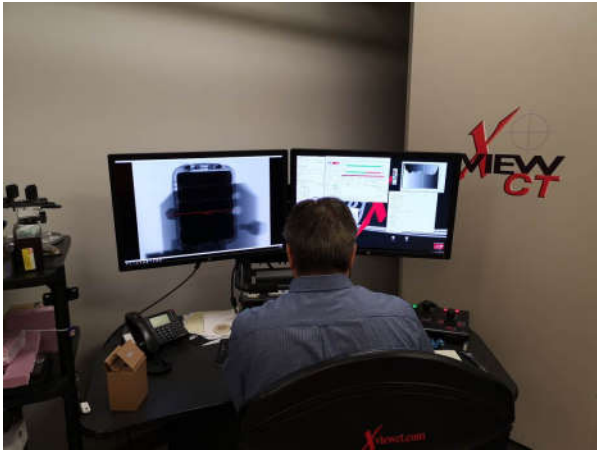


圖 13 操作與講解 3D X-ray CT



圖 14 本局人員親自操作 3D X-ray CT

(四)其他實驗室

如嬰兒用品測試實驗室、煙火爆炸測試實驗室，4 輪越野沙灘車(ATV)測試實驗室，泳池排水孔測試實驗室等。

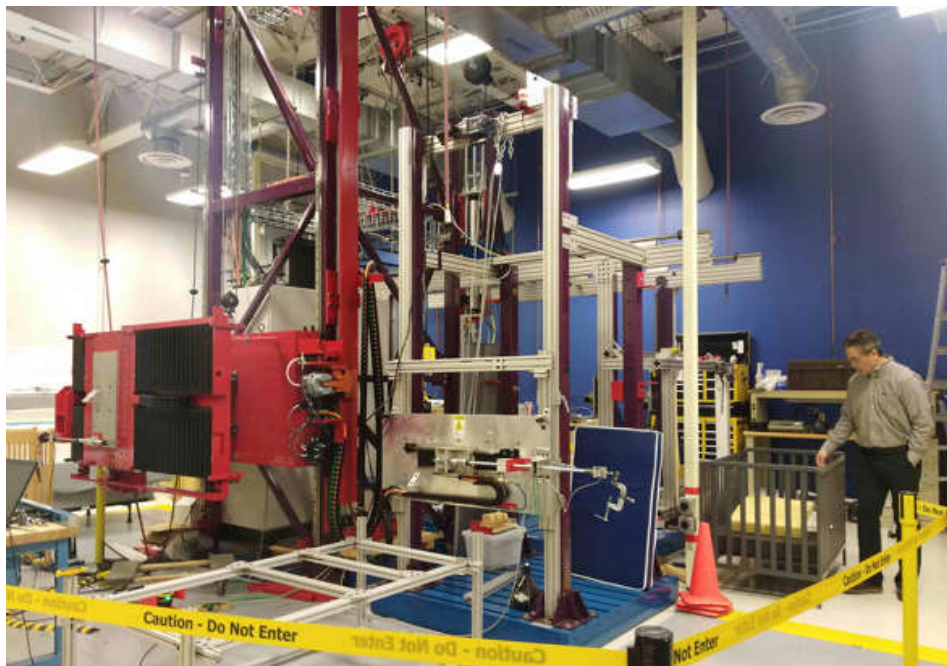


圖 15 嬰兒用品測試設備



圖 16 煙火爆竹測試實驗室



圖 17 講解 4 輪越野沙灘車測試方法

泳池排水孔測試實驗室，該實驗室主要是模擬泳池排水孔在排水時，是否會產生巨大渦流將模擬人體假髮捲入，主要是要避免民眾在靠近游泳池排水口時，不會因為被吸住無法脫身而造成溺水。



圖 18 游泳池排水孔測試用假髮



圖 19 游泳池排水孔測試用水池

參、消費性產品安全與檢測技術交流

本次參訪預定就幾項電性領域消費性產品的安全及檢測技術相互交流，包含電動平衡車、二次鋰電池及充電系統、家電、手池式雷射產品等，其中雷射產品因為在美國的主管機關是美國聯邦食品藥物管理局 (FDA)，因此並未深入探討，各項議題的交流情形簡述如下：

一、電動平衡車(滑板車)議題

近年來平衡車與電動滑板車商品在美國熱賣，陸續發生產品自燃，根據統計在美國光是在 2015 年 1 月至 2016 年 2 月間，便收到 52 件電動滑板車爆炸報告，造成 200 萬美元的財產損失，因此引起美國政府的關注，並委由 UL 統籌制定安全標準，並於 2016 年 1 月 29 日發行 UL 2272 Outline of Investigation for Electrical Systems for Self-Balancing Scooters (或稱平衡滑板車、懸浮滑板車 Self-balancing scooter, Hoverboard)，美國消費者委員會(CPSC)也要求自 2017 年開始，所有銷售至美國的電動滑板車皆須通過 UL 2272 個人電動載具電氣系統標準，標準檢驗局也制定 CNS 15979「電動自主平衡車(滑板車)之電氣系統安全要求」國家標準。

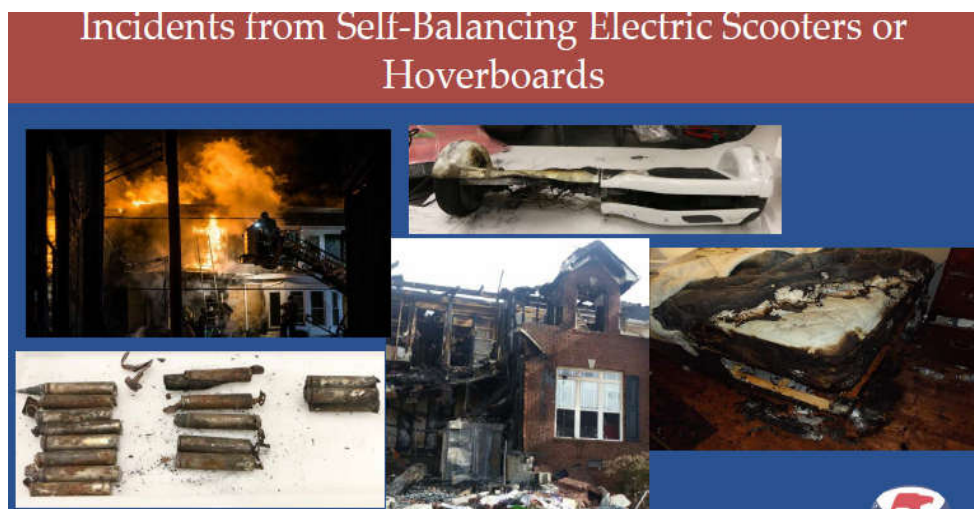


圖 20 電動平衡車在美國造成的自燃事故(摘自 CPSC 簡報內容)



圖 21 電動平衡車及其內部結構(摘自 CPSC 簡報內容)

本次交流希望藉該產品了解 CPSC 關於此類產品的通報機制及回收情形，以及相關檢測技術要求。

有關 CPSC 對商品安全的通報體系，主要有 5 種途徑(數據資料庫)，分別是受傷或潛在受傷數據、確認死亡、經調查後通報、國家電氣傷害監管系統及火災通報系統，比較特別的是”潛在受傷”這一項是只要有造成傷害的懷疑就要通報，所以可以發揮預防傷害發生的功能。

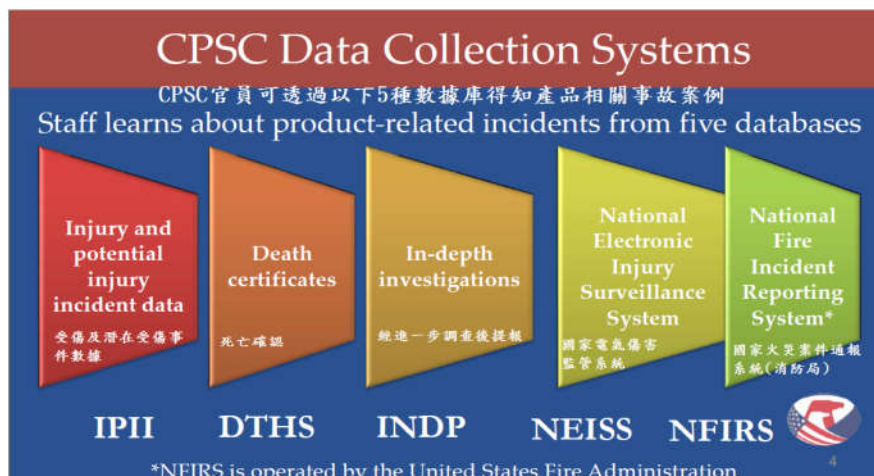


圖 22 CPSC 商品安全的通報體系 5 種數據庫資料(摘自 CPSC 簡報內容)

電動平衡車(滑板車)使用過程中通常起因於電氣系統發生危害，平衡車(滑板車)構造粗估包括電池組、電源電路、傾斜器、伺服器、主控制板、輪圈馬達、陀螺儀(滑板車不適用)、馬達驅動電路、整車機械結構、輪胎、軟體程式控制等。

有關其檢測大體上可分為關鍵零組件與整車安全方面，前者針對鋰電池進行過度充電、不平衡充電及短路等電性試驗，後者則以整車安全性考量進行振動、衝擊、擠壓、落下、涉水及部分浸水等試驗，以確保車體結構足以防護內部之電氣系統，消除電氣系統因外在因素故障而影響使用安全之可能性。

檢驗依據標準 UL 2272 Outline of Investigation for Electrical Systems for Self-Balancing Scooters。依據 UL 2272 標準主要分電性試驗(過度充電、短路、過度放電、溫度、不平衡充電、耐電壓、絕緣阻抗)、機械試驗 (振動、衝擊、擠壓、落下、模具壓力釋放、馬達過載、馬達鎖住轉軸、應力消除)、環境試驗、材料試驗等。

標準內容中有關過度充電、外部短路和過度放電測試項目，需要分別在保護功能無故障和保護功能單一失效模式下分別進行測試，這是為了要求保護功能的整體安全性，並加強驗證其他保護功能是否達成人員安全部分要求。這意謂著製造商須對電動平衡車(滑板車)電池的保護系統，在產品設計階段就需對電池的外部保護電路的性能與納入評估與驗證，以下簡單介紹相關標準中電性部分主要試驗程序以及 CPSC 處理該項產品的總結經驗：

(一) 電性測試試驗：

1. 過度充電試驗：

先將待測件充滿電，接著以 0.2C 放電率或製造廠商允許較高放電率放電至規定截止電壓(EODV)，然後在單一故障情形下，依製造商充電器的最高輸出電流進行定電流充電，評估待測件於過度充電下的耐受能力。

保護裝置可保留在原電路上，當溫度可能在最高值時，在電芯或模組溫度應被監控非故障狀況下，電芯電壓須監控以確認未超過電芯充電電壓規格限制值，並持續測試直到下述條件發生：

當電壓已達最大規格限制值或因保護線路動作，導致無法達到 110% 之最大規格限值時；以最大可達到電壓及監控溫度至環境溫度穩態或已過額外 2 小時發生爆炸或起火。若測試後待測件仍可運作時，須依製造商指定的最大值執行一次充電/放電循環測試。觀察期結束後，待測件帶有高危險電壓電路應進行耐壓測試或絕緣阻抗測試。若線路保護裝置跳脫，在保護裝置臨界值之 90% 或容許充電至少 10 min 之跳脫點百分率下，重複進行試驗，並量測待測件的溫度。

2. 外部短路試驗：

將充滿電之待測件電池正負極間總電阻在 20 mΩ 以下的電路負載施加外部短路，測試前對電池負載側保護裝置予以跨接之單一故障，在電路中保留保護裝置用來判定接負載下之待測件可靠度，直到：a. 恢復到室溫或 b. 發生起火或爆炸，待測件溫度需量測。若測試後待測件仍可運作時，須依製造商指定的最大值執行一次充電/放電循環測試，上述測試伴隨著觀察期結束即冷卻至室溫後，待測件帶有高危險電壓電路應進行耐壓測試或絕緣阻抗測試(無溼度條件)。若線路保護裝置跳脫，在保護裝置臨界值之 90% 或容許充電至少 10 min 之跳脫點百分率下，重複進行試驗，並量測待測件的溫度。

3. 不平衡充電試驗：

原已充飽電之待測件，將選定任一電池芯/組將其放電至截止電壓，其餘所有電池芯則完全充電。未放電的單電池放電至充滿電量之 50%，以使待測件內各電池組間處於一個不平衡電量狀態，隨後此待測件再依製造商規格條件下進行充電程序。

前述部分充電之電池芯之電壓於充滿電過程時應被監控，以確認不超過電芯電壓限制值。若測試後待測件仍可運作時，須依製造商指定的最大值執行一次充電/放電循環測試。

觀察週期結束後，待測件進行絕緣電阻測試或耐電壓測試。

4. 絕緣電阻試驗：

待測件可被接觸部位與在正極和待測件上可被接觸金屬表面部分之間串接，作絕緣電阻試驗。若待測件可被接觸部位為絕緣材質外殼，其在絕緣失效情況下將變成帶電狀態，然後測試電壓被加在每一帶電部分及可被接觸部件接觸之金屬表面之間。採用高阻計產生一 500 Vdc 對試驗位置持續作用至少 60 秒後量測絕緣電阻值。

5. 耐電壓試驗：

本測試用以評估待測件中之絕緣距離及絕緣性能。測試電壓於作用期間電芯不連接，並持續作用至少 1 分鐘。應用在測試電壓時，易於損壞之半導體或類似電子元件予以繞過或不連接。將測試電壓應用在待測件危險電壓電路與可觸及非載流導體部件之間，其結果應不發生絕緣崩潰。測試使用之設備由 500VA 或較大容量的變壓器所構成，而輸出電壓則是若以一般正弦 AC 測試方法則為可變電壓，若用 DC 測試方法則為 DC 輸出。

(二) 電動機測試：

1. 馬達過載試驗：

馬達置於平衡車內測試，線圈溫度應監控，馬達首先以正常使用狀態之最大負載值運作。使供應電壓保持初始值並將負載以適當逐步增量。溫度達穩定時，再次增加負載，因此負載以適當步驟逐步增加至過載保護裝置運作或馬達線圈過熱保護裝置開路為止。

在每一穩定週期以熱電偶判定馬達線圈溫度，判定比較以不超過標準規定之最高溫度值。若受到馬達設計或大小限制線圈溫度測量，可從平衡車內取出馬達，並覆蓋單層棉紙，而待測件覆蓋 1 層紗布並於待測件之支撐面上鋪 1 層棉紙，以替代溫度量測方式。若待測件含有危險電壓電路，則進行耐電壓測試及絕緣電阻測試(無溼度條件)。

2. 馬達鎖住轉軸試驗：

提供平衡車電源使馬達運轉，並用它的轉軸堵住長達 7 小時或直至穩定條件成立時，取時間較久者。平衡車馬達之測試線圈溫度須監控。

(三) CPSC 對電動平衡車從系統觀點的經驗總結

CPSC 在處理平衡車事故的評估結果：

- 不適當的電池管理系統(BMS: Battery Management System)
- 與負載不匹配的電池組
- 採用未獲登錄的電池芯
- 充電器未經合適的標準驗證
- 配線在轉動軸內未經妥善的確保與保護

對鋰電池應用在電壓、電流及溫度方面的要求(具體數據會依電池芯及內部材料調整)：

- 最大充電電壓 < 4.2V
- 最小放電電壓約 ~2.75V
- 最大充電電 C-容量以電流 A 表示
- 最大放電電流 2C
- 充電時溫度限制- 0 °C 到 45°C
- 使用時溫度限制- 0 °C 到 60 °C

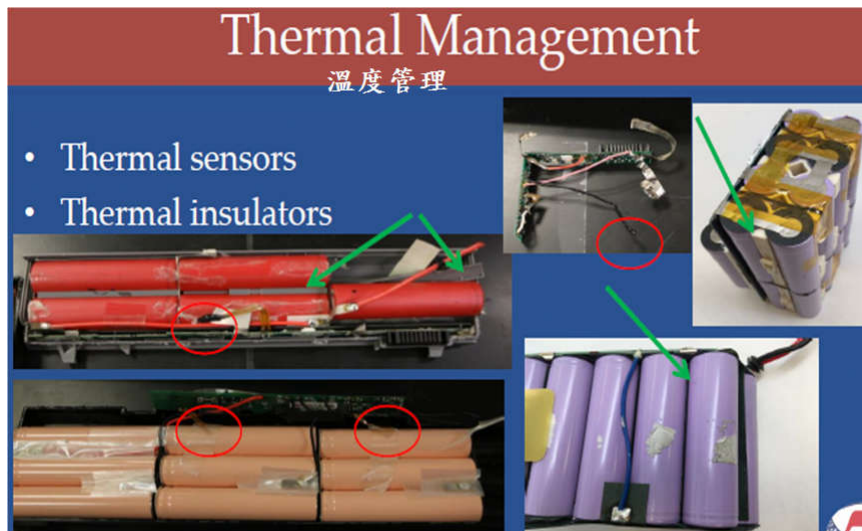


圖 23 對鋰電池組要加熱隔離裝置及溫度感應器(摘自 CPSC 簡報內容)

除上述參數以外，對充電時額外參數的管控要求：

- 在多電池芯應用(電池組)時要維持各電池芯的電壓平衡
- 電池表面溫度 $> 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 時，應停止充電
- 電池芯電壓低於 3V 時，不允許充電或初始預充電
- 當充電電流小於 0.05C 時，應停止充電

二、冰箱事故案例

事故案件發生於 2016 年 10 月，事故商品產製日期為 2003 年，事故商品大約使用 13 年，外觀照片如圖 24 所示，由以上照片看出冰箱後方右下處燃燒最為嚴重，研判當火苗產生時，火焰與高溫向上延燒，導致冰箱後方右側整個被燻黑，且越往右下方處越嚴重，將冰箱門開啟可以看到靠近冰箱背面右下方處，已因為高溫被燒熔了一個洞，查看電源線外觀良好，其他地方並無明顯異樣，由以上事證可說明起火源應是電冰箱背面右下方處。



圖 24 電冰箱事故商品正面及細部

事故冰箱設計為達到急速冷凍與提高冰箱效能之目的，除了在冰箱右側、左側與背面內部有冷凝器(以下簡稱熱排)設計外，在冰箱背面下方處還有一組熱排靠風扇來散熱，起火源應該是由冰箱背面右下方處內部的散熱風扇所致，當壓縮機運轉時，此風扇會同步運轉，此風扇與熱排無溫度保護設計，事故商品原始照片如圖 25 所示。



圖 25 事故商品照片

經查本局資料庫歷年電冰箱事故通報統計表，與本次事故商品構造相同，僅型號不同之商品有 2 件事務案，縱觀 3 起事故案件分別發生在台灣的南部與中部地區，發生季節夏末，初步研判應與地區差無太大的關連性，發生的季節都是在炎熱的夏季。



圖 26 第 1 起事故案件起火源 圖 27 第 2 起事故案件起火源

另查 3 起事故案件所使用之熱排風扇馬達，由外觀研判應為交流蔽極式馬達(shaded-pole motor)，如圖 28 所示，此馬達的特點是構造簡單，成本低廉，扭力小，廠商也表示事故商品是使用交流 115VAC 馬達，如圖 29 所示，此馬達由本局向廠商購買測試用，堵轉測試結果顯示，溫度大約由 25 °C 升至 71 °C，溫升約 46°C，馬達內部無溫度保護元件，因額定消耗功率只有 12.8 W，功率不高，所產生的熱量也不多，

因此堵轉測試不需安裝溫度保護元件可以低於溫升限制值 150 °C，廠商於第 2 起事故案件中提供原廠測試報告如圖 30 所示，報告內容說明馬達無鎖死、無過熱跡象、也無絕緣破損的電弧痕跡，研判馬達並非起火源。

綜合以上說明，研判造成此商品事故最有可能的原因，應是熱排散熱馬達故障不運轉或是因外部因素將散熱葉片卡住，導致熱排積熱無法排出，再加上壓縮機與馬達也是熱源，事故電冰箱並設計了一個金屬外蓋將 3 個熱源包覆住，更加提高內部溫度，最後高溫造成馬達電源導線絕緣破壞產生短路自燃造成這起事故案件。

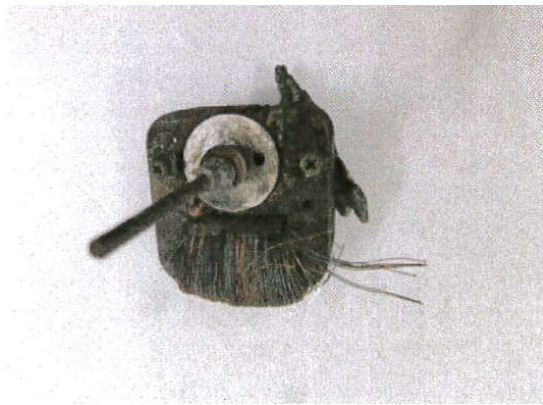


圖 28 第 2 起事故案件之蔽極式馬達



圖 29 與事故商品相同之蔽極式馬達

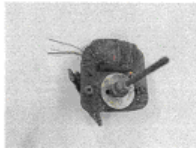
Analysis Report – AC Fan motor

□ Claim description

- Model : 212KR00035
- S/No. : 212KR00035
- Country : Taiwan
- Fire damage in machine room and wall of Ref.'s backside.

□ Analysis result

- Analysis date : '15.09.02
- Result : AC Motor returned is not a fire origin.
 - Shaft is still moving. → Motor was not overheated by shaft locking.
 - There is no acring damage on coil wire.



No locking of armature



No damage on motor coil

□ Conclusion

- Fire pattern of the product can be supposed that a fire was started from right side in machine room.
- But AC motor couldn't find any suspicion to make a fire after analysis.
- So, lead wire or connector of AC motor is supposed a fire origin.

圖 30 原廠蔽極式馬達分析報告

三、CPSC 所提供之分析報告與建議

經查閱 CPSC 資料庫中，並無類似案例，但有相關排氣扇(換氣扇或浴室通風扇)使用交流蔽極式馬達事故案例可以參考，CPSC 人員提供相關測試報告節錄部分說明如下：

CPSC 在傷害事故 (IPII) 數據庫中發現從 1997 年 1 月 1 日至 2017 年 9 月 21 日的 20 年中，共發生了 494 起與排氣扇有關的事故案件。CPSC 在 2017 年從軍事基地房屋管理局收集了 100 個已汰換的換氣扇，這些換氣扇所使用的馬達為蔽極式馬達，馬達內部線圈有一個溫度保險絲 (Thermal cutoffs, TCO)。CPSC 進行了額外的測試與研究，在特殊的條件下可能導致 TCO 無法啟動的因素。如果在轉子堵轉的條件下，馬達中的 TCO 無法產生斷路，則馬達可能會過熱並著火。

如下表所示，超過 75% 的已知事件發生在浴室或洗手間。在這些情況下，最可能的事件起因是排氣扇。事故的嚴重程度從輕微煙霧到整個建築物蔓延不等。在浴室或洗手間發生的 318 起事件中，幾乎 80% 在住宅發生。“住所”定義為單戶或多戶住宅、公寓、共管公寓、老年人居住設施和宿舍。在浴室/洗手間發生的 318 起事件中，幾乎 19% 的事件發生在商業建築中。

換氣扇事故案件發生地點分類表

Incident Categories by Location	Count	Percent of Known
Bathroom/Restroom	318	75.18%
Kitchen	54	12.77%
Attic	27	6.38%
Laundry	8	1.89%
General	16	3.78%
Known incidents only	423	100%
Unknown	71	
Total Incidents related to exhaust fans	494	

事故樣品外觀如圖 31 所示，同事故樣品由軍事基地汰換下之測試

樣品如圖 32，規格標示如圖 33 所示，額定消耗功率約在 84 W ~ 105.6 W 之間，該商品之蔽極式馬達內部皆使用 TCO 作為溫度異常保護元件，如圖 34 所示，切斷溫度 136 °C，規格 250V 3A。



圖 31 換氣扇事故商品外觀

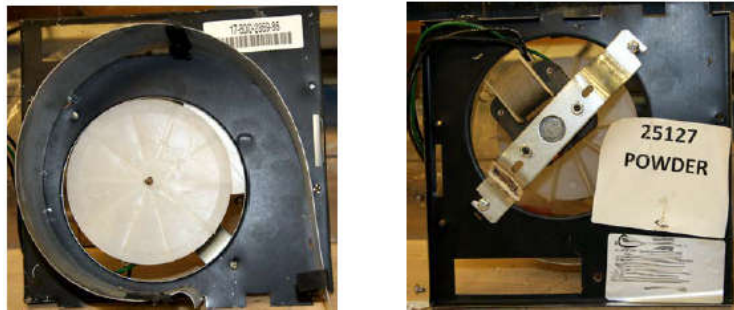


圖 32 美軍軍事基地汰換之換氣扇(同形式之事故商品)



圖 33 美軍軍事基地汰換之換氣扇規格標示(同形式之事故商品)



圖 34 蔽極式馬達內部的溫度保護元件

使用 3D X-ray CT 對排風扇中的所有 100 個 TCO 進行掃描。如圖 35 及圖 36 所示。TCO 內部的可熱熔合金結構並不一致，無法得知這些結構性的變化是經過長時間使用所造成的，還是原本製造的結構。

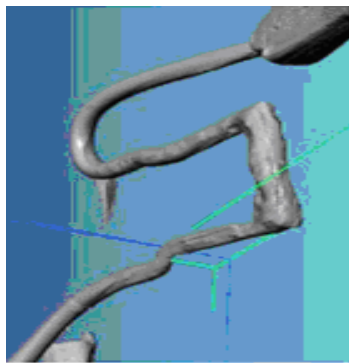
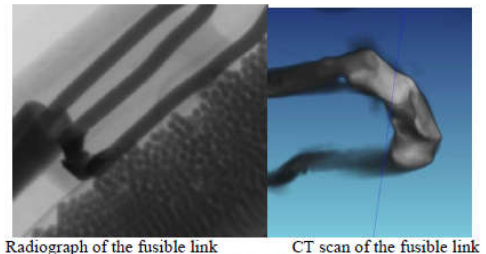
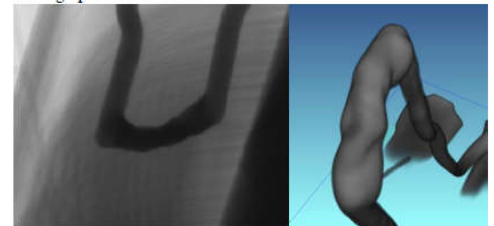


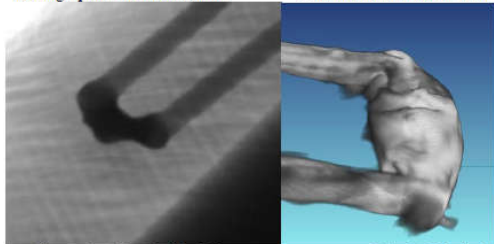
圖 35 溫度保護元件內部熱熔合金結構(1/2)



Radiograph of the fusible link CT scan of the fusible link



Radiograph of the fusible link CT scan of the fusible link



Radiograph of the fusible link CT scan of the fusible link

圖 36 溫度保護元件內部熱熔合金結構(2/2)

將蔽極式馬達進行在堵轉測試，大約經過 20 分鐘 TCO 產生熱熔斷開，溫升曲線如圖 37 所示，藍色曲線為馬達側邊溫度、紅色曲線為馬達底部溫度、綠色曲線為馬達上方溫度、紫色曲線為 TCO 內部溫度，大約在 142 °C 產生熔斷，與規格標示 136 °C 接近。斷開後的 TCO 再次進行 3D X-ray CT 掃描，如圖 38 及圖 39 所示，其內部斷開後的結構

均不相同，這表明其他因素可能會影響鍵的熱熔特性。

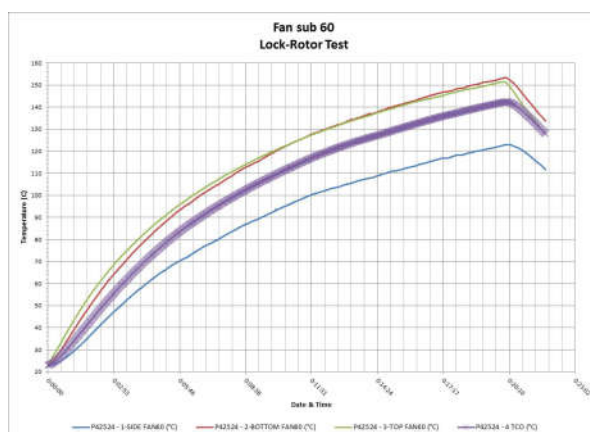


圖 37 蔽極式馬達堵轉溫升曲線圖

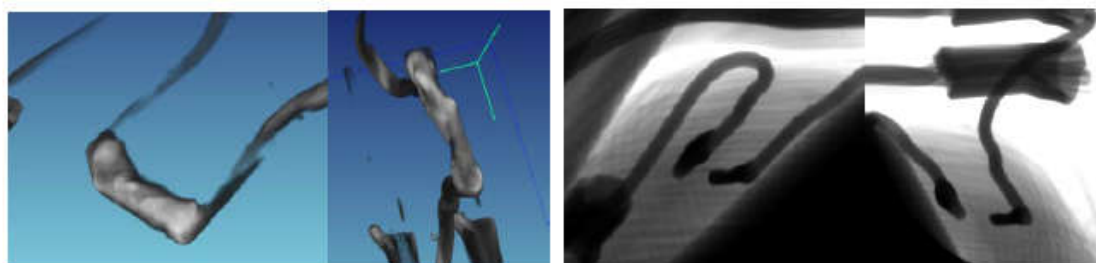


圖 38 溫度保護元件內部熱熔斷合金結構(1/2)

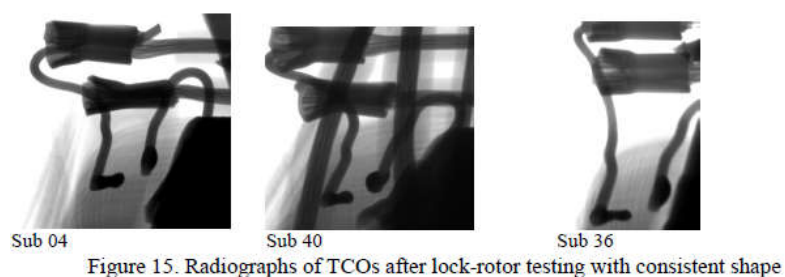


Figure 15. Radiographs of TCOs after lock-rotor testing with consistent shape



圖 39 溫度保護元件內部熱熔斷合金結構(2/2)

將 TCO 短路對換氣扇執行 3 次堵轉試驗，主要是模擬換氣扇堵轉且 TCO 失效，使用者並未察覺依然正常使用的情況下，換氣扇是否會產生

事故或起火。

第一次測試持續了 2 個小時停止供電，繞組溫度達到了 160 °C 的穩態溫度。第二測試前將風扇冷卻至室溫，測試時間為 2 小時。繞組達到了 200 °C 的穩態溫度。在第三次測大約 30 分鐘後，溫度迅速升高，從而導致冒煙和起火，測試結果如圖 40，溫升曲線如圖 41 所示，總測試時間約為 4.5 小時（時段 1 + 時段 2 + 時段 3）。



圖 40 TCO 短路對換氣扇執行堵轉試驗(第 3 次)

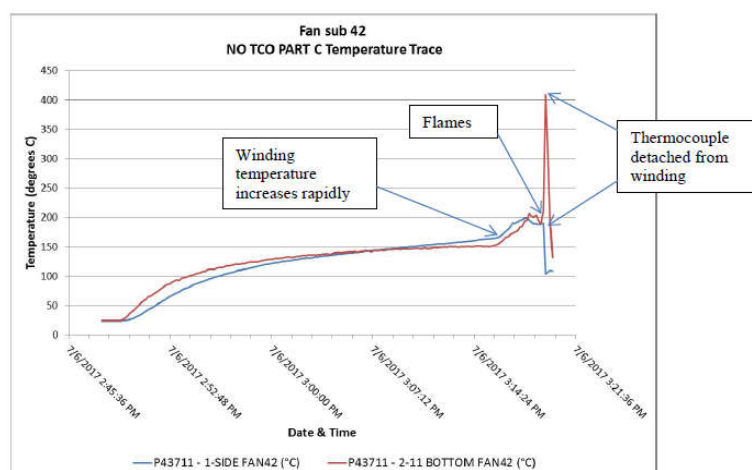


圖 41 TCO 短路對換氣扇執行堵轉試驗溫升曲線圖

再取 14 個換氣扇執行堵轉溫升測試，繞組溫升約在 110 °C~151 °C (平均溫度約 123 °C) 時 TCO 會產生熔斷，熔斷時間約 20~50 分鐘後，假設 TCO 溫度應比繞組溫度約高 20 °C。故 TCO 時平均約在 143 °C 產生熔斷。最後將 14 個換氣扇放入烘箱維持 105 °C 維持 64.3 至 305 小

時，再將換氣扇執行堵轉測試，測試結果如圖 42 所示，平均熔斷時間約延後 20 分鐘，其中第 41 號樣品 TCO 未產生熔斷，溫升曲線如圖 43 所示，測試結果如圖 44 所示。

Sub	Condition Period (hh:mm)	Max. Temp. at side (°C)	Calculated Functioning Temperature (°C)	Max. Temp. at bottom (°C)	Elapsed Time to Trip (hh:mm:ss)	TCO Open or Activated	Smoke or Fire	Failed to Trip at 136°C
42	64:30	111.9	~132	Loose thermocouple	0:19:30	Yes	No	No
10	64:30	127.5	~148	181.6	0:52:00	Yes	No	Yes
63	113:00	109.0	~129	Loose thermocouple	0:22:00	Yes	No	No
5	113:00	131.0	~151	141.9	0:18:00	Yes	No	Yes
19	232:30	138.6	~159	127.2	0:54:00	Yes	No	Yes
41	232:30	209.8	N/A	302.0	2:40:00	No	Yes	Yes
64	280:00	155.8	~176	203.8	3:26:00	Yes	No	Yes
75	282:00	128.8	~149	157.5	0:24:00	Yes	No	Yes
99	288:00	151.6	~172	183.2	4:00:00	Yes	No	Yes
71	288:00	116.4	~136	146.4	0:19:00	Yes	No	No
39	305:00	111.9	~132	153.4	0:18:00	Yes	No	No
3	305:00	109.4	~121	140.2	0:22:00	Yes	No	No
30	305:00	158.5	~179	213.4	1:37:00	Yes	No	Yes

圖 42 14 個換氣扇於 105 °C 下調適時間表

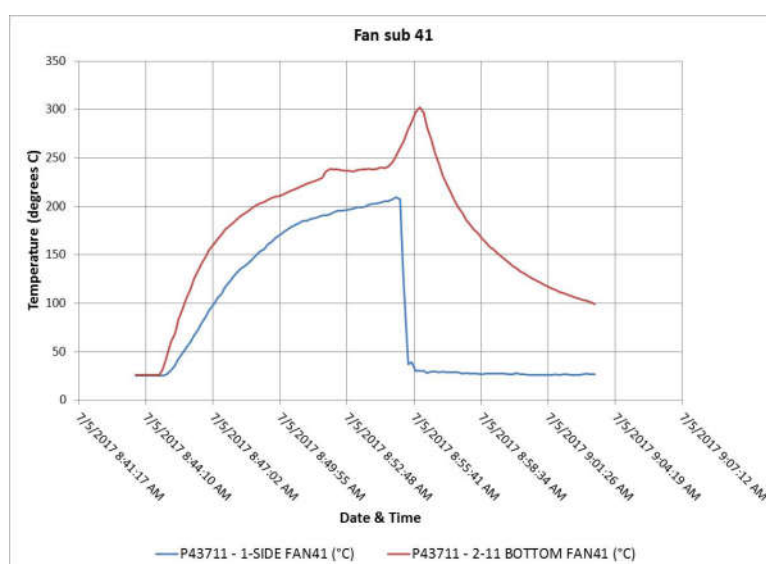


圖 43 第 41 號樣品換氣扇執行堵轉試驗溫升曲線圖



圖 44 使用 3D X-ray CT 掃描第 41 號樣品換氣扇 TCO

儘管經過測試的電動機符合 UL 自願性標準，但是電動機在熱老化過程會導致 TCO 失效。導致故障的因素可能是 TCO 導線彎曲不當以及導線周圍的環氧樹脂密封層破裂。在熱老化過程中，焊點和 TCO 中特殊化合物的熔化特性可能會發生變化，這可能會導致 TCO 熔斷延遲，並且在某些情況下會導致熔斷失敗。如果在鎖定轉子條件下，電動機中的 TCO 無法打開，則電動機可能會過熱並著火。

討論結果：

雖然電冰箱事故案件所使用的蔽極式馬達因消耗功率小，內部未安裝溫度保護元件，在堵轉測試過程中不至於產生高溫產生起火事故，與 CPSC 所提供之換氣扇事故案例不同，但在此案例中得知溫度保護元件在熱老化的過程或安裝錯誤，會產生延遲熔斷或失效，進而產生事故案件，可將此訊息轉知國內會使用到相關保護元件製造商(電風扇、吊扇、排油煙機等等)，來避免類似事故案件發生。

四、雷射產品(雷射筆等)使用安全評估

雷射係一種能量高度集中的光束，具有良好的指向性，由光束的可見與否可分為可見光(400nm~700nm)及不可見光雷射，對於工業上使用的雷射設備，一般多由專業人員於管制場所操作，對一般消費者危害風險較小，但考量雷射筆、雕刻機(特定使用訴求)是一般消費者會使用的，其可能造成危害(眼睛或皮膚)之風險較大。

標準檢驗局將於 109 年 1 月 1 日起，針對「可攜式雷射指示器」實施應施檢驗（針對觀星用途則不受限），依據標準 CNS 15527 文具標準條文第 3.1.3 節與第 5 章的規定，雷射測試分級是依據 CNS 15016-1（調和自 IEC 60825-1）雷射產品安全 - 第一部 設備分級與要求，原定共同探討以下議題：

1. 兩國對雷射筆檢測規範要求及差異
2. 美國在現有管制條件下的雷射筆的使用情形
3. 美國曾經發生的消費者傷害案例(使用雷射筆)

惟在美國雷射產品的主管機關是美國聯邦食品藥物管理局(FDA)，因此本次在 CPSC 的技術交流並沒有深入的探討，主要是 CPSC(NPTEC)並沒有雷射相關實驗室，因此也沒有能夠取得手持雷射產品測試方法(SOP)的相關資料。

有關美國民眾因使用雷射筆的傷害通報案例，可由 CPSC 體系下的國家電氣傷害監管系統建立的數據庫(NEISS, National Electronic Injury Surveillance System)之 U.S. CPSC NEISS laser pointer reports 雷射筆傷害報告(如圖 45)等公開資訊加以了解。

U.S. CPSC NEISS laser pointer reports

The Consumer Product Safety Commission operates the National Electronic Injury Surveillance System (NEISS). This is a national probability sample of roughly 100 hospitals. For each of these hospitals, patient information is collected for every emergency visit that involves an injury associated with a consumer product. If the number of collected samples is large enough, the total number of product-related injuries treated in all U.S. hospital emergency rooms nationwide can be estimated.

圖 45 CPSC/NEISS 雷射筆傷害報告網站

經初步檢視美國 2017 年 CPSC/NEISS 雷射筆傷害報告共 5 件通報(如圖 46)，其中與雷射光照射相關的傷害通報為 2 件，其中 1 件民眾主訴被朋友的紅光雷射筆照到眼睛，造成視力模糊、眼睛痛，但消費者並沒就醫；另 1 件民眾主訴於上課時被雷射照到眼睛，造成眼睛痛；大致上來說，2017 年在美國並沒有因雷射筆照射引起的嚴重傷害情形發生。

CPSC/NEISS laser pointer reports

2017: Two eye complaints out of 5 reports

- **Male, 46, with blurry vision after his friend was "messing with" a red laser pointer.** Diagnosis: Eye pain. Patient left without being seen or without medical advice. Case 170254282
- **Male, 18, Looked at laser in class and injured his eye.** Diagnosis: Eye pain. Case 171162113.
- Female, 12, was playing laser tag; jumped and injured ankle. Case 171159647
- Female, 5, was playing with playmate who was "slinging a handheld pointer around" when the end came off and struck her in the head, causing a contusion. Case 171203695.
- One battery ingestion case, 170124169.

圖 46 美國 2017 年 CPSC/NEISS 雷射筆傷害報告共 5 件

五、電動手工具鋰電池組直接串聯充電

因鋰電池過度充電會產生爆炸，在充電過程中會有電壓管理的元件以避免鋰電池過度充電，故一般串聯的鋰電池組，在每一個單電池會有個別的電壓管理元件，但在本局審查的案件中，有發現電動手工具鋰電池組直接串聯充電，雖有電流和溫度管理員元件，但無針對各別電池單元之電壓管理元件，經與 CPSC 人員討論後，若每一個電芯的電器特性與品質均相等，且溫度開關功能正常，直接串聯充電式是可行的，但是若經過多次充放電後，其中若有一顆電芯老化速度較其他電芯快時，會造成電芯間的電壓不平衡，若溫度開關功能異常，有過度充電導致電芯爆炸的疑慮。

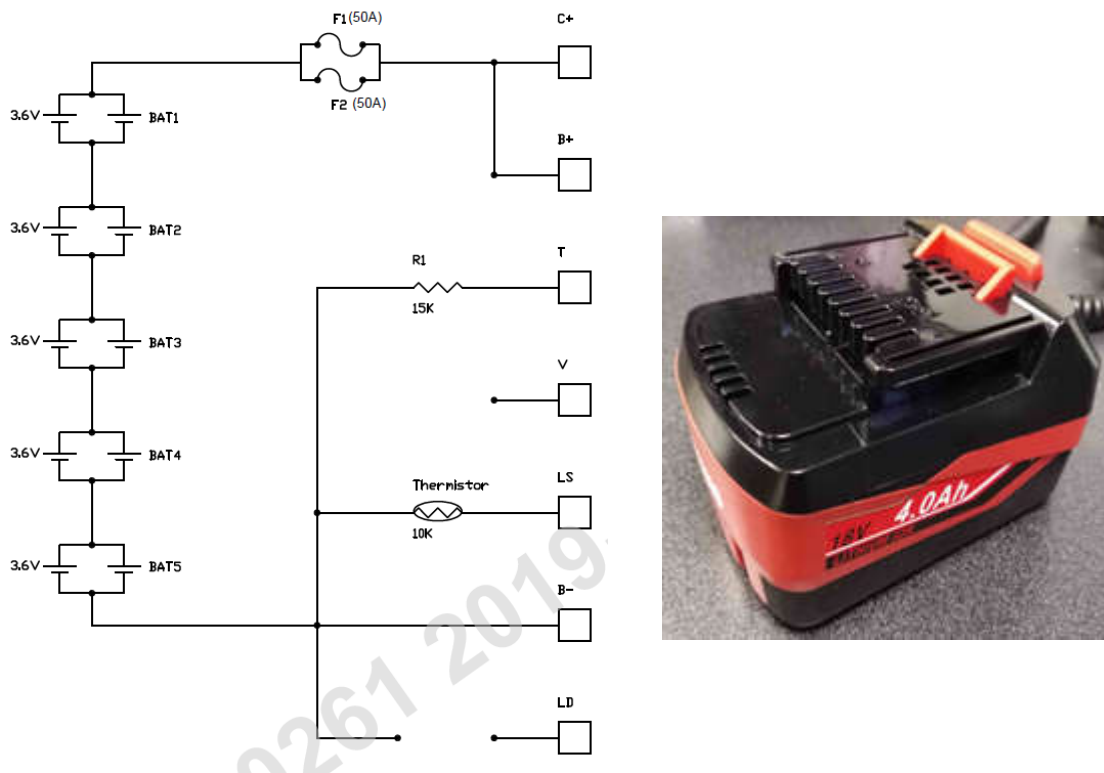


圖 47 電動手工具電池組電路圖及樣品

CPSC 資深工程師 Arthur Lee 先生以本局攜帶至過去的同型式電動手工具用之鋰電池組樣品為例，示範該實驗室如何利用 3D X-ray CT(3D 電腦斷層掃描)執行非破壞性檢測，以檢視電池組內部結構，評估可能具有安全風險的地方，後續由本局同仁親自操作該設備以取得

樣品內部結構相關數據。



圖 48 示範使用 X-ray CT 對鋰電池組進行非破壞性檢測

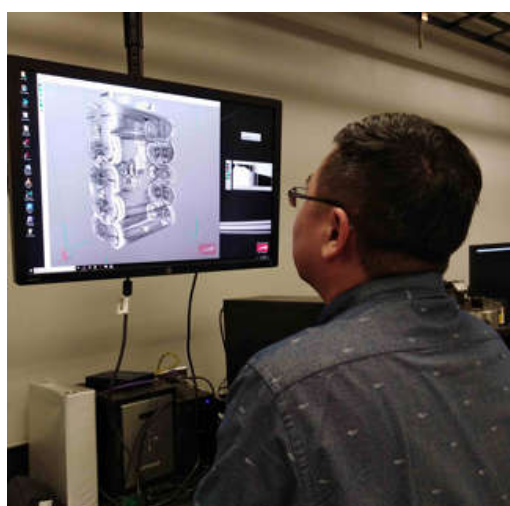


圖 49 交流團員親自操作設備以取得樣品內部結構數據

經相關測試人員討論該鋰電池組在無任何分壓保護的情況下執行串聯充電所產生的風險，由 3D X-ray CT 下觀察得到的結果，這鋰電池組內的電芯大致上沒甚麼問題，若每一個電芯的電器特性與品質均相等，且溫度開關功能正常，直接串聯充電式是可行的，但若經過多次充放電後，其中若有一顆電芯老化速度較其他電芯快時，會造成電芯間的電壓不平衡，若溫度開關功能異常，有過度充電導致電芯爆炸的疑慮，但目前在臺灣和美國還沒有類似的案例發生。

六、即熱式電熱水器事故案件

案例說明：

事故發生於 2011 年 8 月，地點：台灣高雄市，使用約 7 年，事故樣品外觀如圖 50、圖 51 所示，由樣品外觀研判應是熱水膽爆裂引發這起事故案件，由消費者所提供之事故照片研判，該商品安裝方式為封閉式安裝法，當時檢測標準並無區分該商品為封閉型或開放型即熱式電熱水器(控水端在出水口(經由迴路接至水龍頭)，稱封閉式安裝法，控水端在進水口，出水口直接取水使用(蓮蓬頭)，稱開放式安裝法)。

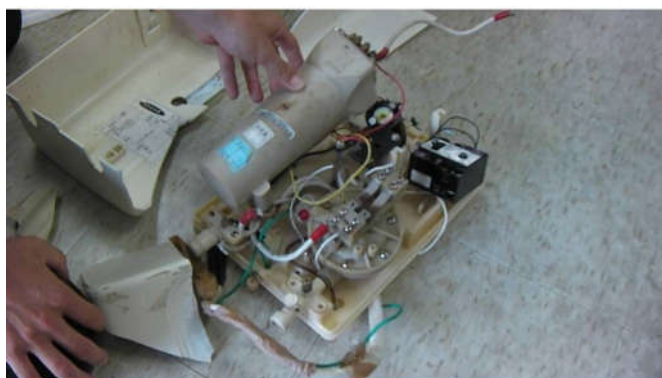


圖 50 事故樣品組合示意圖



圖 51 熱水膽爆裂處(內側)

溫控器測試：

熱水膽爆裂主因為內部壓力過大所致，將加熱器與熱水膽拆解，加熱器放入熱水桶中模擬使用狀態，如圖 51 所示，測試溫度保護元件功能是否正常，測試說明與結果如下：

將整支加熱器進入水中，水面高度覆蓋整枝加熱管，但不觸及到加熱器外部與溫控器，本測試一共執行 5 次，取平均值數據。

大約經過 2120 秒後，水溫約在 79°C，溫控器表面溫度約在 73°C，溫控器跳脫，將整組加熱器取出放入冷水中，溫控器約在 39°C 復歸，研判故障當時該元件功能正常。



圖 52 溫控器功能測試

水盤開關測試：

水盤開關功能性測試如圖 53 所示，將壓力計入水口連接自來水管線迴路，出水口連接至水盤開關，供給一般自來水供給水壓 $1\sim 2\text{kg}/\text{cm}^2$ 如圖 54 所示，壓力計入水口開起將整個迴路注滿水後，水盤開關出水口封閉，測試結果水盤開關功能正常，水盤開關出水口開啟，水流導通將金屬導片上推。

水盤開關耐壓測試如圖 55 所示。將入水壓力增加至約 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ 並維持 1 分鐘（當時檢測標準並未有此項測試，產品本體標示 $0.3\sim 6\text{kg}/\text{cm}^2$ ），未發現有漏水現象。將入水壓力增加至約 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 並維持 1 分鐘，發現在接縫處有些許的滲漏，研判該水盤開關在事故當時，應無漏水現象。

說明：水盤開關動作原理，當水流經水盤開關流量大於 $3\text{L}/\text{min}$ 時，水盤開關中間會有一根撞針將金屬片上推，接點開關將會呈現導通狀態，流量越大時，上推力量越大，接觸電阻越小，將出水口封閉施加水壓，水盤開關並部會有任何動作，當施加水壓超過耐壓時，水盤開關的接合處將會出現漏水現象。



圖 53 水盤開關功能測試



圖 54 水盤開關注水推動接點導通



圖 55 水盤開關耐壓測試(10kg/cm²)

接點開關測試：

仔細觀察圖 56 可以很清楚的發現，該接點已嚴重碳化、銹蝕與變形，與一組相同規格之全新接點開關作比較，如圖 57 所示，接點表面已呈現焦黑、氧化、粗糙、不平整，而該熱水器工作原理在於水流通過水盤開關時，水盤開關將金屬導片往上推與上方接點接觸並導通，該元件特性是當水流量越大時，向上推力越大，接觸電阻越小，當水流量界於臨界值(3L/min)時，向上推力最小，接觸電阻最大，接點老化越快。

接點開關接觸電阻測試，分別測試兩端接點之電阻值約為 18mΩ、17mΩ，如圖 56 與圖 57 所示，再取一個相同規格之全新接點開關作測試，分別測試兩端接點之電阻值約為 2mΩ、2mΩ，如圖 58 與圖 59 所示，壓降功率計算如下：

功率輸出調整至最高 45A，全新接點開關壓降功率：

$P=I^2*R=45^2*(0.002//0.002)=2.025W$ ，單一接點之壓降功率約 1W。

功率輸出調整至最高 45A，嚴重老化接點開關壓降功率：

$P=I^2*R=45^2*(0.018//0.017)=17.704W$ ，單一接點之壓降功率約 8.852W。

由以上的測試可以得知嚴重老化的接點開關所產生之壓降功率約是新的 8 倍多，使用紅外線熱像儀測得使用中接點處最高溫度約為 315℃，如圖 60 所示，使用接地電阻計輸出 40A 交流有效值 60Hz 之電流，由接點開關側面拍攝。

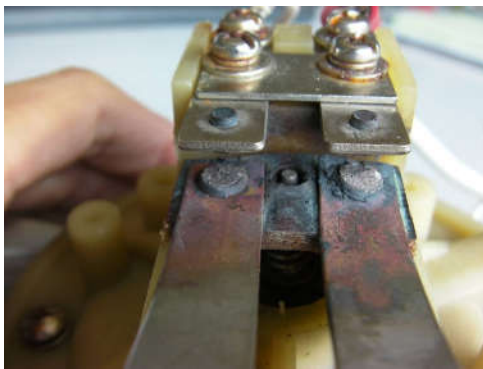


圖 56 接點開關老化(金屬片因高溫產生色階與變形)

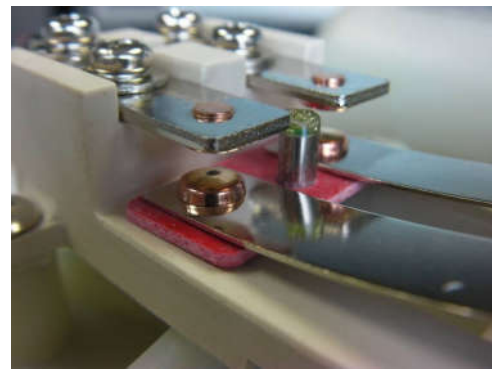


圖 57 全新接點開關(表面光滑與平整)



圖 58 事故樣品之接點開關接觸電阻值



圖 59 全新樣品之接點開關接觸電阻值

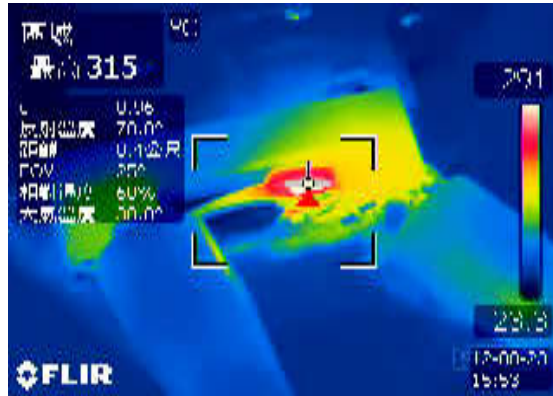


圖 60 嚴重老化接點開關使用中(紅外線熱像圖)

再現試驗：

本試驗主要目的是為了嘗試還原當時使用情況，並證明該事故案件主因是由接點開關熔接所造成，並非要使即熱式電熱水器產生爆裂，故本試驗之即熱式電熱水器採開放式安裝法，以降低試驗風險與危險性，再現試驗如圖 61 所示，測試方法如下：

使用一全新規格相近(不同品牌)之即熱式電熱水器(220VAC 60Hz 9.9kW)作為負載，並將其接點開關短路，模擬以事故商品之水盤開關與接點開關作為全新即熱式電熱水器之水盤開關與接點開關。

自來水迴路先對事故商品之水盤開關供水，出水口再對即熱式電熱水器供水，220VAC 電源線 L1 連接至即熱式電熱水器，L2 連接至事故商品之接點開關，再連接至即熱式電熱水器(事故商品接點開關與全新即熱式電熱水器串聯)。

共偵測 6 點物理量，電磁閥開啟時間 15s，關閉時間約 5s，工作週期 20s，出水溫度感應元件安裝在即熱式電熱水器出水口處，進水感溫元件安裝在即熱式電熱水器進水口處，壓力計與流量計安裝在電磁閥與待測物之間，故當電磁閥關閉時，壓力與流量物理量會顯示為 0，因流量計的取樣速度與演算較慢，故無法即時顯示流量值，但可顯示出水流量的參考值(數據會延遲顯示)，壓力計可即時輸出壓力值，故以壓力計所輸出的物理量作參考值。

電壓：紫色，供給約 220 VAC(60Hz 正弦波)。

電流：淺藍色，全功率輸出約 43 A。

進水溫度：深藍色，約 28.5°C，感溫元件安裝在即熱式電熱水器進水口處。

進水壓力：綠色，通水狀態下約 1.7 kg/cm²。

出水溫度：紅色，通水狀態下約 47~48 °C，感溫元件安裝在即熱式電熱水器進水口處。

流量：通水狀態下約 7.12 L/min，橘色。



圖 61 事故商品接點開關再現試驗

其測試結果事故商品接點開關功能測試狀態擷取部份，1~4 個週期接點開關可以正常工作，到第 5 個工作週期產生熔接，當電磁閥關閉時，壓力計立即顯示為 0，電壓無負載效應的變化，電流維持在 43A 左右，表示此時接點開關已產生熔接，但出水溫度並未立即上升，主要原因是無水流出至出水的溫度感溫元件，但當下次供水週期再發生時，可以看到出水溫度有明顯增加，主要原因是前次的停水週期(5s)熱水膽內的加熱器依舊持續加熱中，等到第 6 個供水週期發生時，熱水膽內的熱水被送出，出水溫度有明顯增加，但不久後又因冷熱水混合，溫度又有明顯的下降，此為事故商品接點開關熔接後狀態，出水溫度產生類似波浪波形的變化。

接點熔接照片如圖 62 所示，左邊的接點已產生熔接，右邊接點未產生熔接，使用攝影機擷取瞬間電弧照片如圖 63 所示，可以很清楚的

看到該事故接點開關接合瞬間的確會產生電弧(火花)，在試驗的過程中，該接點開關在產生熔接後經過一段時間，又會自動分離，此為該接點開關試驗狀態圖之部分擷取，研判最大原因有可能是因電弧產生瞬間高溫而熔接，在穩態工作後，接點表面溫度下降(比電弧產生時的溫度低)又自動產生分離，表示接點熔接的結合力並不是很大，只要溫度下降或些許的震動，接點就會自動分離，這也就是為什麼收到的事故樣品接點都是分離的。



圖 62 事故商品接點開關熔接照片

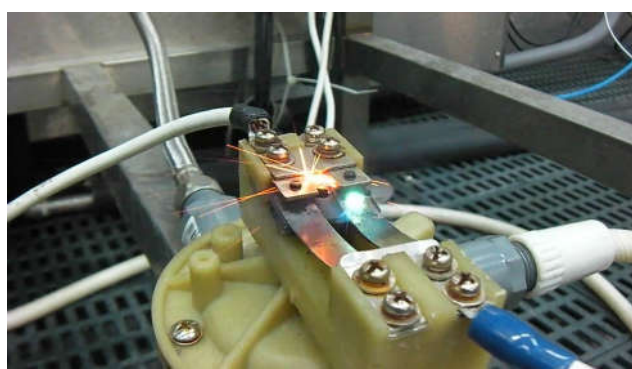


圖 63 事故商品接點開關產生電弧瞬間

事故原因初步判斷：

綜合以上結論，研判造成此事故最大主因，應該是接點開關因長年使用後產生老化，因接點啟閉瞬間產生電弧(火花)，造成接點表面氧化、碳化、變形，表面接觸電阻升高(接點表面在高溫與高濕的環境下，吸附即熱式電熱水器內部有機揮發物形成有機膜，接點電熱效應形成碳膜)，接觸電阻增加進而導致表面溫度增加，因金屬材質電阻值為正溫度係數，故溫度增加電阻值也隨之增加，在惡性循環下，高溫與電弧產生接點熔接，當出水口關閉時，水盤關雖已縮回，但接點依然熔接或延遲分離，造成加熱器持續加熱，膽內水溫與壓力快速增加，而熱水膽也因長年在高低溫交替的環境下產生老化、硬化與脆化，在溫控保護器還來不及反應時，熱水膽因無法承受內部熱水的高溫與高壓，從最脆弱的地方爆裂開來。

說明：在試驗室所執行的即熱式電熱水器異常試驗，皆為驗證登錄

取樣或市場購樣之新品，熱水膽材質未產生老化、硬化與脆化，故未發生爆裂現象，此為使用溫控器作為異常保護元件之即熱式電熱水器，在執行完異常測試後，加熱器與熱水膽接合處會產生些許的溶出物，但不會產生爆裂與滲漏。

CPSC 案例探討與分析：

經查閱 CPSC 資料庫，有關即熱式電熱水器有一起相關回收案例，發生於 1994 年 8 月，該商品約 1980 年代後期由佛羅里達州達尼亞市的 Pecbras 進口的；並分別於 1989 年和 1990 年由加州 Laquana Hills 的 Host Products Inc. 公司出售。兩家公司均已倒閉。該商品主要出售給維爾京群島聖克魯斯的 GAR Services； GC。 N.H. Belmont 的企業以及個人消費者。大多數直接從進口商購買加熱器的消費者居住在美國東南部或維爾京群島。

該商發生事故主要原因為壓力開關設計有缺陷，可能導致這些加熱器爆炸並著火。迄今沒有受傷報告。進口這些熱水器的兩家公司都停業了，因此，沒有退款或維修計畫。應立即停止使用這些熱水器或更換。該商品若繼續使用有極高的危險，無法修理。

因上述案件發生約 24 年前，並無事故商品規格書與照片資料，很難去探究實際發生原因，推估應該是壓力開關長時間使用後因水垢造成阻塞或功能性失效，當接點開關長時間使用後故障，在停止用水後無法即時斷電，就會有爆炸的風險。

但此類型之即熱式電熱水器在美國本土很少見，主要因素在於美國本土緯度較台灣高，冬天低溫有可能在 0 °C 以下，該熱水器規格為 220 V、60 Hz、10 kW，10 kW 已經到 220 V 能夠供給的最大功率，已轉換效率 100 %計算水流量 6 L/min(一般人可以接受的最低流量)，能夠將水溫提升 23.9 °C，若入水溫度 10 °C，出水溫度只有 33.9 °C，當

把水流量降至 5 L/min(最低可以啟動的流量)，能夠將水溫提升 28.7 °C，若入水溫度 10 °C，出水溫度只有 38.7 °C，以最美國南端的邁阿密緯度 25.47 相較於基隆緯度 25.08 而言，就可以知道此類商品在美國本土並不太適用。

10 kWh = 143403 分卡，純水比熱：1

流量 6 L/min，溫升=143403/6000=23.9 °C

流量 5 L/min，溫升=143403/5000=28.7 °C

肆、心得與建議

本次赴 CPSC 交流多項商品安全及檢測技術，雖然因為國情不同，以及民眾對於電氣商品的使用習慣各異，CPSC 的研究成果不一定能直接套用到我國的電氣商品的安全分析及事故調查技術，但從 CPSC 實驗室對於事故案件原因的探討過程中，我們可以了解其通過對問題深入研究後進行系統化分析，最終建立事故原因的模型，可以作為後續事故案件原因的初步推論依據，並進而作為訂定安全規範時的根據，這樣一套處理問題的思維及體系，是可以作為我們的借鏡。

對於個別消費商品安全而言，當我們回顧過去十多年來 3C 產品應用的飛速發展，其中一個主要歸功於鋰離子電池的發明，展望未來十年，由於電動車對鋰電池的需求還難以被取代，鋰電池的重要性看來只會提升不會減少，但是鋰電池可能自燃的威脅也還有待克服，也仍然被產學研各界積極研究中，CPSC 在處理電動平衡車事故過程中，對鋰電池應用在電壓、電流及溫度方面總結的經驗，也許可以作為相關鋰電池安全要求的參考，經整理如下(具體數據會依電池芯及內部材料調整)：

- 最大充電電壓 < 4.2V
- 最小放電電壓約 ~2.75V
- 最大充電電 C-容量以電流A表示
- 最大放電電流2C
- 充電時溫度限制- 0 °C 到 45°C
- 使用時溫度限制- 0 °C 到 60 °C

除上述參數以外，對充電時額外參數的管控要求：

- 在多電池芯應用(電池組)時要維持各電池芯的電壓平衡

- 電池表面溫度 $> 45^{\circ}\text{C}$ 時，應停止充電
- 電池芯電壓低於3V時，不允許充電或初始預充電
- 當充電電流小於0.05C時，應停止充電

有關 CPSC 實驗室後續規劃的情形，以及未來與我國的合作議題的建議如下：

- CPSC目前正在規劃建立鋰電池實驗室，預定2020年完成
- CPSC表示，未來臺灣方面如果有大型的鋰電池相關研究案或是研討會，CPSC很樂意參加。

建議後續與 CPSC 實驗室(NPTEC)進行技術交流時，可將電氣類以外的檢測技術領域納入，以擴大技術交流涵蓋面，如要持續進行電氣類的技術交流，則建議加強鋰電池相關檢測技術的研究。