



國家運輸安全調查委員會

重大運輸事故 事實資料報告

中華民國 114 年 6 月 16 日

1140616 大都會客運電動公車於臺北市松山區
敦化北路往北起火事故

報告編號：TTSB-HFR-26-01-001

報告日期：民國 115 年 1 月

本頁空白

目錄

目錄.....	i
圖目錄.....	iii
表目錄.....	v
常用中英（外）文名詞暨縮寫對照表	vi
第 1 章 事實資料.....	1
1.1 事故經過	1
1.2 人員傷害	4
1.3 車輛.....	4
1.3.1 事故車輛基本資料	4
1.3.2 事故車輛系統資料	5
1.3.3 事故車輛損害	12
1.4 其他損害情況	17
1.5 人員資料	17
1.5.1 事故駕駛員基本資料	17
1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動	18
1.6 保養、維修及定檢紀錄	18
1.6.1 保養維修及紀錄	19
1.6.2 定期檢驗紀錄	20
1.6.3 電池組維修	20
1.7 天氣資料	27
1.8 事故現場基本資料	27
1.9 紀錄器.....	28
1.9.1 道路 CCTV 影像.....	29
1.9.2 後車公車行車視野輔助系統影像	30
1.9.3 事故車輛內部資料數據	31
1.10 現場測量資料	41
1.11 醫療與病理	42

1.12 生還因素	42
1.13 測試與研究	42
1.14 組織與管理	45
1.14.1 運輸業者經營管理	45
1.14.2 主管機關管理作為	53
1.15 其他資料	54
1.15.1 訪談摘要	54
1.15.2 車輛安全審驗法規與審驗紀錄	60
1.15.3 中鹿客運電池組溫度異常事件	62
1.15.4 事件序	64
附錄 1 其他電池包 (A 至 K) 損害情形.....	66
附錄 2 作業指導書-L 包電池箱維修檢查.....	68
附錄 3 大都會車輛一級保養檢查表	71
附錄 4 事故駕駛員事故前 1 個月之出勤及駕車時間	73
附錄 5 市區公車路故處理流程圖	75
附錄 6 班車行車異常通報流程圖	76
附錄 7 電動公車場站危害辨識檢核表	77
附錄 8 訪談摘要 (事故車輛維修過程)	78
附錄 9 訪談摘要 (電池組功能及運作原理)	82
附錄 10 訪談摘要 (事故車輛充放電過程及程序)	91

圖目錄

圖 1.1-1 事故地點示意圖	1
圖 1.1-2 事故車輛起火燃燒狀況	3
圖 1.1-3 事故車輛火勢撲滅後狀況	3
圖 1.3-1 電池包配置圖	8
圖 1.3-2 電池包串聯線路簡圖	8
圖 1.3-3 電池包內之電芯模組示意圖	9
圖 1.3-4 車輛駕駛台儀表板	11
圖 1.3-5 HMI 畫面說明	12
圖 1.3-6 警示燈告警訊息	12
圖 1.3-7 事故車輛外側損害情形	13
圖 1.3-8 事故車輛內側損害情形	14
圖 1.3-9 事故車輛 L 電池包損害情形	15
圖 1.3-10 L 電池包內各電芯模組狀態	16
圖 1.6-1 事故前一日事故車輛 A、B、L 電池包電壓及溫度訊息	24
圖 1.6-2 事故當日華德維修技師於維修時拍攝之 HMI 畫面	25
圖 1.8-1 事故地點位置示意圖	28
圖 1.9-1 2041:09 時，事故駕駛員將事故車輛停靠路邊並請所有乘客下車	29
圖 1.9-2 2047:22 時事故車輛右後側冒出白煙	30
圖 1.9-3 2047:27 時事故車輛右後側開始起火燃燒	30
圖 1.9-4 事故車輛開始冒煙（紅圈處）	31
圖 1.9-5 事故車輛自右後側（箭頭所指紅圈處）發生爆炸	31
圖 1.9-6 華德電動大客車資料傳輸架構示意圖	32
圖 1.9-7 L 電池包 HMI 訊息畫面	34
圖 1.9-8 HMI 告警訊息畫面	35
圖 1.9-9 HMI 「大電系統警告」黃燈	35
圖 1.9-10 HMI 「大電系統異常」黃燈及「電池警告」黃燈	36
圖 1.9-11 HMI 「大電系統異常」紅燈及「電池警告」黃燈	36

圖 1.9-12 HMI 「大電系統異常」紅燈及「電池異常」紅燈	37
圖 1.9-13 圖左為 HMI 頁面，圖右為公路局管理平台之紀錄資料	38
圖 1.9-14 車速（左）及總電流（右）參數	39
圖 1.9-15 SOC（左）及總電壓（右）參數	39
圖 1.9-16 車外溫度（左）及車內溫度（右）參數	40
圖 1.9-17 第 3 趟勤務之事故車輛位置圖	41
圖 1.13-2 電池包測試之螺桿編號與溫度分區	43
圖 1.13-3 Zone 1-4 溫度變化.....	44
圖 1.13-4 Zone 5-6 溫度變化.....	44
圖 1.15-1 EAL-0696 車輛 L 電池包發現電極導片上方保護蓋融化	63

表目錄

表 1.2-1 傷亡統計表	4
表 1.3-1 事故車輛行照登錄資料	5
表 1.3-2 事故車輛設備規格表	5
表 1.3-3 系統諸元說明表	6
表 1.3-4 事故車輛胎紋深度及胎壓	14
表 1.6-1 事故車輛保養及維修紀錄	19
表 1.6-2 近 3 年事故車輛定期檢驗紀錄	20
表 1.6-3 事故車輛與電池組相關之維修紀錄	21
表 1.6-4 L 電池包維修履歷	27
表 1.14-1 大都會一般行車教育訓練涵蓋項目	48
表 1.14-2 大都會近 3 年實際辦理之教育訓練紀錄	49
表 1.14-3 華德駕駛長教育訓練內容	50
表 1.15-1 車輛安全檢測基準審查報告	62
表 1.15-2 事件時序表	64

常用中英（外）文名詞暨縮寫對照表

ACB	Active Cell Balance	主動元件平衡
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems	先進駕駛輔助系統
AMB	Active Module Balance	主動模組平衡
AMT	Automated Manual Transmission	自動手排變速箱
BMS	Battery Management System	電池管理系統
BSC	Battery SOC Converter	電池電量狀態轉換
BTMS	Battery Thermal Management System	電池熱能管理系統
CAN	Controller Area Network	車用控制器區域網路 (車用通訊協定)
CCTV	Closed-Circuit Television	閉路電視攝影機
CMU	Cell Monitor Unit	電芯監控單元
Charge ECU	Charge Electronic Control Unit, Charge	充電樁電子控制單元
GPS	Global Positioning System	全球衛星定位系統
HMI	Human Machine Interface	人機介面
HVIL	High Voltage Inter-lock	高壓互鎖
IP	Ingress Protection	防護等級
LKA	Lane Keeping Assistance	車道維持輔助
MCU	Micro Control Unit	微控制器
OMS	Operation Management System	營運管理系統
PDU	Power Distribution Unit	配電裝置
SOC	State Of Charge	電池電量狀態
SOH	State Of Health	電池健康狀態

UTC	Coordinated Universal Time	世界協調時
VCU	Vehicle Control Unit	車輛整車控制單元

本頁空白

第 1 章 事實資料

1.1 事故經過

民國 114 年 6 月 16 日約 2047 時¹，1 輛大都會汽車客運股份有限公司（以下簡稱大都會）所屬電動公車（以下簡稱事故車輛）執行 262 路線載客任務，車載 1 名駕駛員及 7 名乘客²，於臺北市松山區敦化北路往北之長庚醫院公車停靠站時起火燃燒，造成事故車輛全毀，起火燃燒前事故車輛駕駛員（以下簡稱事故駕駛員）及時疏散乘客，本案無人傷亡，事故地點如圖 1.1-1。



圖 1.1-1 事故地點示意圖

事故車輛為華德動能科技股份有限公司（以下簡稱華德）於民國 110 年 11 月出廠之電動公車，型式為 RAC-700-ELCB-2800。依據人員訪談紀錄、事故車輛全球衛星定位系統（Global Positioning System, GPS）資料及華德

¹ 除非特別註記，本報告所列時間皆為臺北時間，即世界協調時（Coordinated Universal Time, UTC）加 8 小時，採 24 小時制。

² 乘客數為事故駕駛員進行人員疏散時所統計。

維修表單紀錄，事故車輛於前一天因電池充電異常，大都會民生站站務員向華德報修，事故當日 1238 時華德檢修完成後未執行充電，1456 時大都會駕駛員 B 試車繞行結束返回站上發現儀表板上之人機介面(Human Machine Interface, HMI)「大電系統警告」燈號亮起黃燈，隨後再通知華德進行檢查，惟事故車輛停放一陣子後，燈號自行熄滅，華德技師告知該站務員車輛仍可運行，但若有持續亮黃燈須再回報。

1625 時事故駕駛員駕駛事故車輛自民生站執行第 2 趟勤務³，其在出車前檢查時發現 HMI 「大電系統警告」燈號亮起黃燈，並顯示 L 電池包異常⁴，事故駕駛員詢問並接獲民生站站務員後接獲指示後仍正常出車；然據事故駕駛員表示，該趟行駛過程中，「大電系統警告」燈號持續顯示黃燈且電量未有變動⁵，1856 時抵達四海站後將事故車輛重新發動 2 次，但燈號與電量仍維持相同狀態，事故駕駛員與中和站站務員討論是否將電源總開關重啟，惟該站務員擔心事故車輛可能會無法啟動而作罷。

1902 時事故駕駛員開始執行第 3 趟勤務，在行駛過程中(2036 時之前)另一「電池警告」燈號亮起黃燈⁶，之後又發現「大電系統警告」燈號由黃燈轉為「大電系統異常」紅燈，且車輛動力有明顯減弱情形，事故駕駛員於 2041 時將事故車輛停至敦化北路往北長庚醫院站，再將車上乘客疏散，並聯繫中和站站務員，聯繫完成後事故駕駛員返回車上拍攝 HMI 照片⁷，下車後再度電話聯繫處理乘客接駁事宜，中和站站務員則請事故駕駛員嘗試將車輛開回民生站。

³ 事故駕駛員第 1 趟執行勤務時，駕駛其他車輛。

⁴ 依據事故駕駛員於 1623 時拍照紀錄。

⁵ 然依據電動大客車營運數據監控管理平台資料顯示，事故車輛電量有持續下降之情形。

⁶ 依據事故駕駛員於 2036 時拍照紀錄，此時為「大電系統警告」及「電池警告」2 項黃燈。

⁷ 依據事故駕駛員於 2042 時拍照紀錄，此時為「大電系統異常」紅燈及「電池警告」黃燈。

另依據人員訪談紀錄及事故地點道路閉路電視攝影機（Closed-Circuit Television, CCTV）影像顯示，2045 時事故駕駛員返回車上，發現「電池警告」燈號從黃燈轉為「電池異常」紅燈⁸，認為不應該再繼續行駛，故下車再次聯繫中和站站務員確認，在通話過程中，2047:21 時事故車輛發出爆炸聲響，1 秒後車輛右後側開始冒出白煙，再 5 秒後冒出火光開始燃燒，2052 時消防人員抵達現場，火勢於 2101 時撲滅，事故現場如圖 1.1-2、圖 1.1-3。



圖 1.1-2 事故車輛起火燃燒狀況



圖 1.1-3 事故車輛火勢撲滅後狀況

⁸ 依據事故駕駛員於 2045 時拍照紀錄，此時為「大電系統異常」及「電池異常」2 項紅燈。

1.2 人員傷害

事故車輛共搭載 8 人，包含駕駛員 1 人及乘客 7 人。本事故無人傷亡，人員傷亡統計詳表 1.2-1。

表 1.2-1 傷亡統計表

傷亡情況	駕駛員	乘客	小計
死亡	0	0	0
重傷	0	0	0
輕傷	0	0	0
無傷	1	7	8
總人數	1	7	8

1.3 車輛

1.3.1 事故車輛基本資料

事故車輛登記於大都會汽車客運股份有限公司，車種為民營市區客運大客車，事故車輛之底盤車廠牌為華德動能科技股份有限公司⁹，車輛底盤型式 RAC-700-ELCB-2800 為前單軸後單軸之底盤車；車身由華德打造，交通部以安審（110）字第 2859 號車輛型式核發安全審驗合格證明，事故車輛行照登錄資料如表 1.3-1。

⁹ 事故車輛製造、販售及車輛維修保養相關事宜皆由華德處理相關事宜。

表 1.3-1 事故車輛行照登錄資料

項目	內容
牌照號碼	EAL-0128
車主	大都會汽車客運股份有限公司
領照日期	民國 110 年 12 月 23 日
出廠年月	民國 110 年 11 月
廠牌	華德
型式	RAC-700-ELCB-2800
車身號碼	RK0DAAAB9MA000017
載運人數	座 25 人，立 30 人
車重/載重/總重	12.31/ 3.04 / 15.35 公噸
車長/車寬/車高	1198/ 250 / 320.6 公分
軸距/前輪距/後輪距	580/ 209.6/ 183.6 公分
能源種類	電能
馬力	253HP/2300rpm
輪數	6 (前軸 2 輪、後軸 4 輪)
輪胎規格	275/ 70R22.5 ¹⁰

1.3.2 事故車輛系統資料

依據華德提供保養手冊及維修手冊，事故車輛設備規格表如表 1.3-2，系統諸元說明如表 1.3-3。

表 1.3-2 事故車輛設備規格表

項目	規格
動力馬達	廠商：東元電機 液冷式永磁同步磁阻輔助馬達 額定功率：174 kW 額定扭矩：730 Nm IP 等級：67 ¹¹ 冷卻方式：液冷

¹⁰ 其中 275 為輪胎寬度、70 為輪胎扁平比、R 表示輪胎為徑向層結構、22.5 為輪圈直徑。

¹¹ IP67 等級是國際電工委員會標準中對電子設備防塵和防水能力的評級，IP：表示「防護等級」(Ingress Protection)。6：表示完全防塵，無塵埃進入；7：表示可以在 1 米深的水中浸泡 30 分鐘而不受損。

項目	規格
動力馬達驅控器	廠商：東元電機 工作電壓範圍：500-850 V IP 等級：67 冷卻方式：液冷
變速箱	廠商：Eaton 6 速自手排變速箱
電門及煞車系統	廠商：WBACO 主煞車系統：四輪碟式煞車附 ABS（全氣壓雙迴路、前後碟式煞車） 輔助煞車系統：電子式回升煞車（驅動馬達輔助煞車） 手煞車系統：手動式彈簧煞車缸、制動後輪

表 1.3-3 系統諸元說明表

名稱	定義與功能說明
電控系統	負責整車的電子控制與管理，確保各項功能正常運作。
電機系統	涉及電動機的運作與控制，影響車輛的動力表現。
充電系統	負責車輛的充電過程，維持電池組的充電狀態。
變速箱系統	控制車輛的變速功能，影響行駛的平穩性。
車軸系統	涉及車輛的車軸與驅動，影響車輛的操控性。
懸吊系統	提供車輛的懸吊與舒適性，影響乘坐體驗。
空壓系統	控制空壓的運作。
煞車系統	涉及車輛的煞車系統，確保行駛安全。
充電機	負責電池組的充電，確保電池組維持良好狀態。
人機介面（Human Machine Interface, HMI） ¹²	提供人機交互的界面，提升使用體驗。
電池電量狀態（State Of Charge, SOC）	監控電池包的電量，確保車輛正常運行。
電池健康狀態（State Of Health, SOH）	監控電池包的健康狀態，確保安全性。
車輛整車控制單元（Vehicle	負責整車的控制，確保各系統協同運作。

¹² HMI 功能詳 1.9.2.1 節。

名稱	定義與功能說明
Control Unit, VCU) ¹³	
電池管理系統 (Battery Management System, BMS) ¹⁴	監控電池組的狀態與性能，確保安全性。
電池組 (Battery System)	電池組由 BMS、BTMS、電池包組等系統組成。
電池包 (Battery Pack)	由 14 個電芯模組經由串聯及並聯組成。
電芯模組 (Cell Module)	由 8 個電芯串聯及並聯組成，為電池組中所監控的最小單元。
電芯監控單元 (Cell Monitor Unit, CMU)	監控電池包的電壓及溫度等參數。
主動模組平衡 (Active Module Balance, AMB)	管理電池包的平衡，增強整體性能。
主動元件平衡 (Active Cell Balance, ACB)	確保電芯模組的平衡，延長壽命。
電池熱能管理系統 (Battery Thermal Management System, BTMS)	電池熱能管理系統，其主要功能是負責電池的散熱與溫度控制。
車用控制器區域網路 (車用通訊協定) (Controller Area Network, CAN)	一種串列通訊，協定主要用於汽車內部的電子設備之間進行通訊。

1.3.2.1 電池組

本案電動公車型號 RAC-700 配置鋰三元電池，電池組 (Battery System) 共 12 個電池包 (Battery Pack) (A 至 L 電池包)，每個電池包內含 14 個電芯模組 (Cell Module)，安裝於車輛電池箱內，如圖 1.3-1 和圖 1.3-2。各電池包透過串聯方式提供整車動力需求，並由 BMS 進行電壓、溫度與電流監控。

¹³ VCU 功能詳 1.3.2.3 節。

¹⁴ BMS 功能詳 1.3.2.2 節。

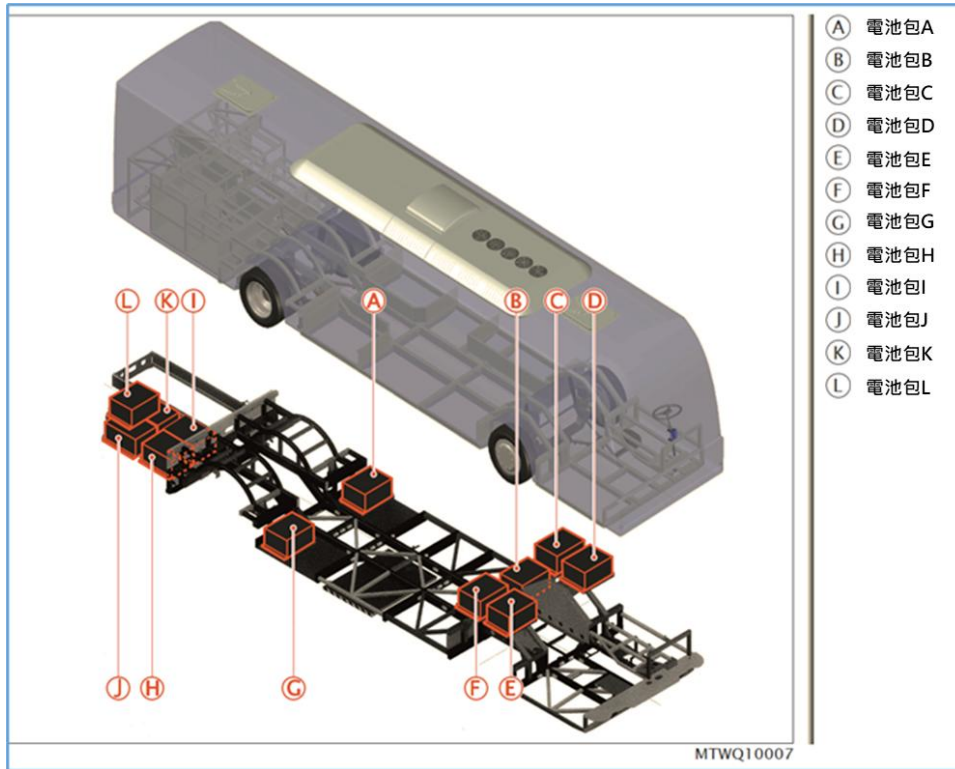


圖 1.3-1 電池包配置圖

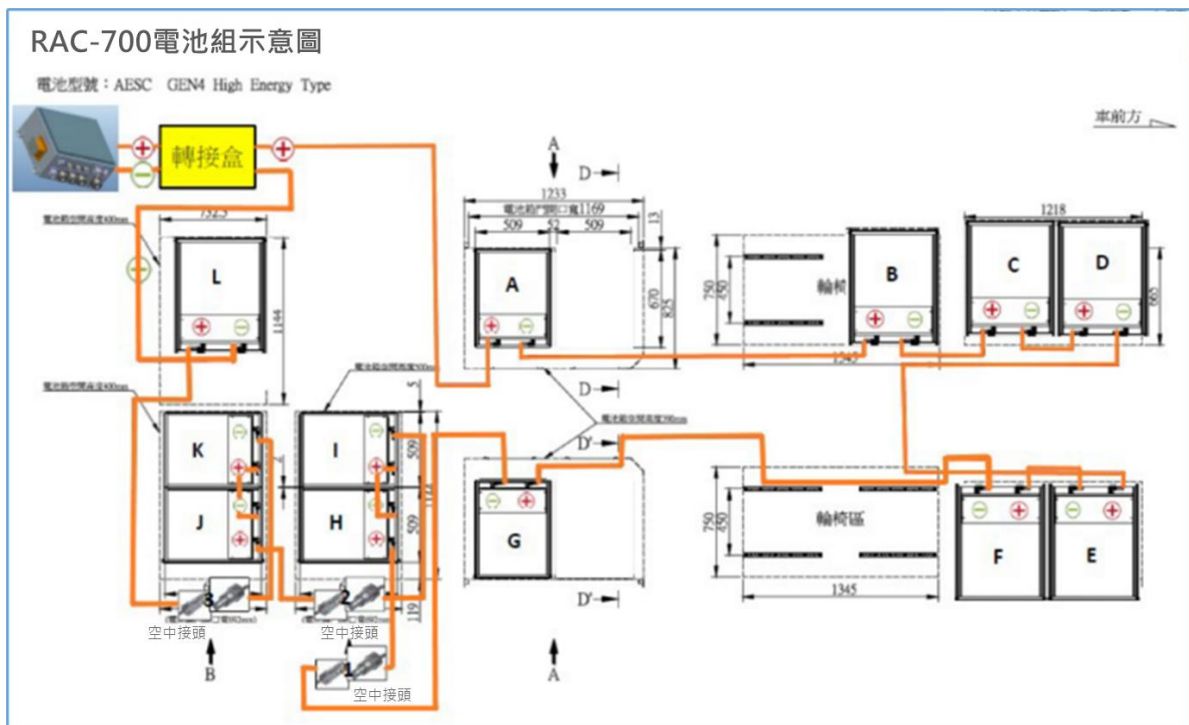


圖 1.3-2 電池包串聯線路簡圖

電池組主要透過 BMS 進行管理，主要功能包含電池包間的主動平衡、電池包狀態監控、漏電斷電保護功能及錯誤告警等，並利用 AMB 及 CMU 進行電池包之主動平衡。

在單一電池包的內部構造方面，每個電池包內含有 14 個電芯模組（如圖 1.3-3），並設有一個 CMU，負責偵測該包內的 14 個電芯模組電壓及溫度，並將數據傳送至 BMS，同時 BMS 可依據 CMU 進行電芯模組中的電芯的電壓主動平衡。AMB 進行平衡時，電流介於 0.3 安培至 1.2 安培；ACB 進行平衡時，電流為 0.5 安培。在所有 12 個電池包中，L 電池包未設置 AMB，但仍可透過相鄰之電池包（A 及 K 電池包）進行電壓平衡。

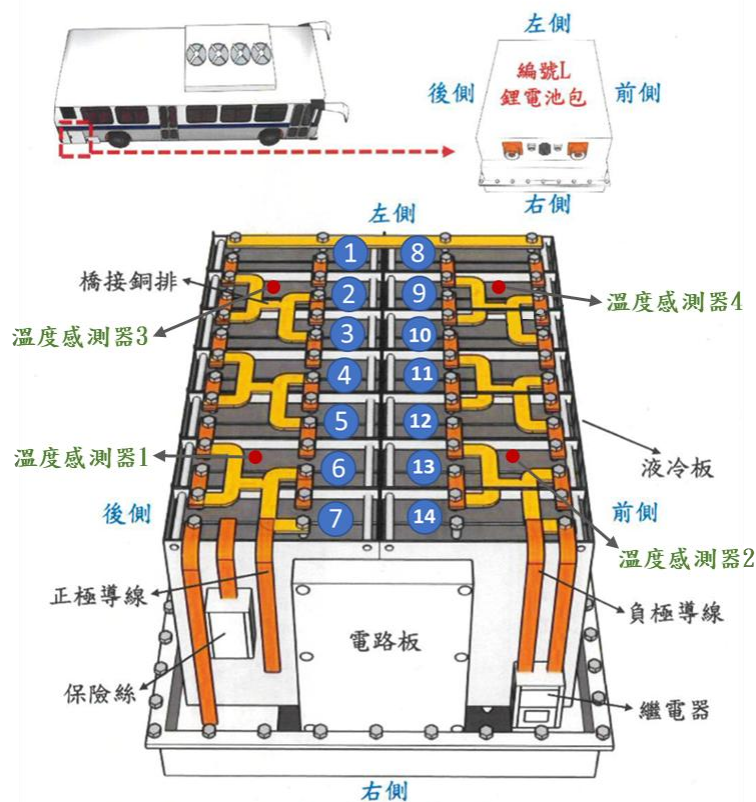


圖 1.3-3 電池包內之電芯模組示意圖

在事故車輛中配置的電池種類為鋰三元電池，整車共有 168 個電芯模組（12 個電池包×14 個電芯模組），單一電芯模組約為 4.167 伏特，電芯模組經過串並聯配置後，在滿電時總電壓約為 700 伏特，溫度監控方面，每

個電池包有 4 個溫度感測器（如圖 1.3-3）鎖固在電芯模組上方的銅排上，全車共計 48 個溫度感測器（12 個電池包×4 個溫度感測器）。

另由 BTMS 負責調節電池組溫度，確保電池組工作溫度在合適範圍內，以維持最佳狀態並防止熱失控。BTMS 透過 VCU 的 CAN 通訊指令，根據溫度啟動冷卻循環，利用冷卻液循環帶走熱量，減少電池組內溫度差異，提升一致性並延長壽命。

1.3.2.2 BMS 系統

BMS 是電池組的管理核心，負責監控和保護電池組，防止過充、過放及溫度異常，並進行電壓平衡以延長電池壽命。BMS 透過 CAN 匯流排將電池數據（如電壓、電流、溫度、SOC）及報警訊息傳送給 VCU，並由 BMS 直接管理電池組的充放電行為。BMS 設定的報警條件由車王電子股份有限公司¹⁵（以下簡稱車王電）與華德共同討論決定，例如單體¹⁶電壓過高或過低，以及壓差過大等，觸發報警時會通知 VCU。充電時，BMS 控制電流大小，當單體電壓接近 4.20 伏特時，充電樁將降低電流並進入涓流模式，直至完成充電。BMS 亦負責管理 AMB 和 ACB，進行各電池包之間及各電芯模組之間的電壓平衡。

1.3.2.3 VCU 系統

VCU 是整車控制的核心，負責統合來自各系統的資訊並執行車輛控制策略，但不直接控制電池組內部動作，而是依據 BMS 提供的數據進行決策。VCU 透過 CAN 匯流排接收 BMS 傳來的電池參數，包括電壓、溫度、SOC、充放電狀態及報警訊息，並將這些資料顯示於 HMI 介面上。針對電池包 SOC，VCU 依 SOC 大小逐步限制最大功率輸出，以避免電池包過放。當

¹⁵ 車王電主要負責提供華德 BMS、電池及伺服器管理及資料備份。

¹⁶ 單體即為電芯模組。

BMS 發出報警時，VCU 會執行一級或二級功率限制。依據華德訪談資料，對於單體電壓過高，VCU 會暫停回電以防過充，但不限制輸出功率，以便電壓透過放電下降。VCU 也會根據 BMS 警報執行其他對應動作，並在必要時啟動 BTMS 進行電池冷卻。

1.3.2.4 HMI 功能

事故車輛的 HMI（人機介面）為駕駛台上的儀表顯示系統，會把車輛與電池狀態（如 SOC、總電壓/電流、溫度、車速、里程等資訊）以及 BMS 的告警訊息直接呈現給駕駛員，HMI 有頁面功能選項，可供駕駛員或維修技師操作檢視，例如電池狀態、車輛告警等相關內容。

車輛駕駛台儀表板之 HMI 可顯示車輛和電池相關參數，包括 SOC、電壓、電流、溫度、車速、里程等，並呈現警示訊息，詳圖 1.3-4、圖 1.3-5。若電池管理系統有相關告警，亦會於該面板中顯示。其中有關電池溫度之資訊，主要透過安裝於電池包上之溫度感測器，各電池包皆裝有 4 個溫度感測器，整車共有 48 個感測器，惟 HMI 及上傳至公路局電動大客車營運數據監控管理平台之溫度參數為整車 48 個感測器之平均值。另 HMI 也支援駕駛員身分驗證及車輛狀態監控。



圖 1.3-4 車輛駕駛台儀表板

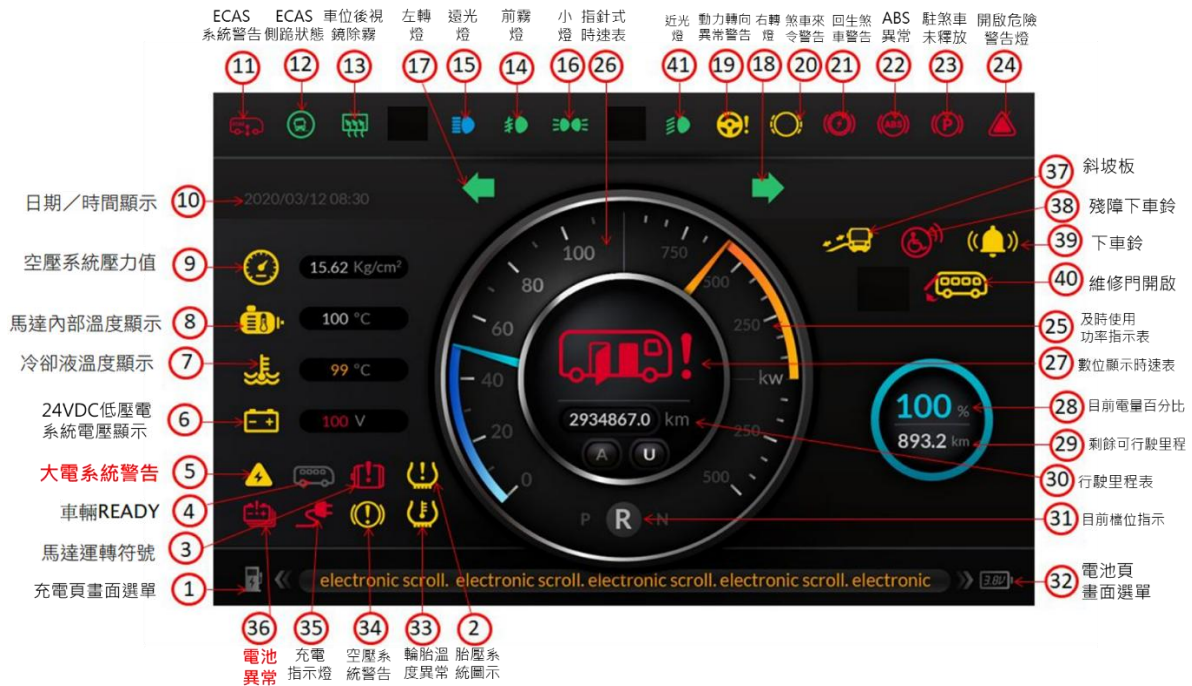


圖 1.3-5 HMI 畫面說明

HMI 中有關車輛高壓系統相關故障燈號，位於圖 1.3-5 中⑤與③⑥位置，每個位置各有兩個不同顏色的燈號，包含「大電系統警告」黃燈、「大電系統異常」紅燈、「電池警告」黃燈及「電池異常」紅燈，如圖 1.3-6。



圖 1.3-6 警示燈告警訊息

1.3.3 事故車輛損害

專案調查小組於民國 114 年 6 月 17 日至大都會內湖保養廠進行事故車輛內、外部損害狀況檢視。

車輛外部

依據專案調查小組現場勘查及臺北市政府消防局火災原因調查鑑定書（以下簡稱火調報告），事故車輛上半部均有受火燒毀情形，所有車窗均已受燒破裂。其中車身右後側受損嚴重，依據火調報告指出：「右側車身車殼在L電池包放置處受損最劇烈，且該處呈現以電池包放置處為低點的V形火流痕跡，而L電池包的箱蓋亦顯示該區域燃燒最為猛烈。」事故車輛外側損害情形詳圖 1.3-7。

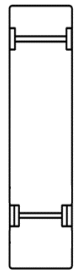


圖 1.3-7 事故車輛外側損害情形

輪胎

事故車輛除後左內側、後右內側輪胎因車輛受損無法量測外，其餘輪胎量測結果皆正常。相關紀錄如表 1.3-4。

表 1.3-4 事故車輛胎紋深度及胎壓

車號：EAL-0128				
車種：民營市區客運大客車，輪胎規格：275/70R22.5				
胎紋/胎壓（公釐/磅每平方英寸）				
前左輪			前右輪	
(13.8/125.5)			(9.13/126.3)	
後左輪			後右輪	
外側	內側		內側	外側
(14.58/125.5)	N/A	N/A	(14.58/119.8)	

車輛內部

依據火調報告指出：「車輛內殘存的金屬車體、車架，以及乘客站立區域的立位區扶手金屬支架，均呈現後側受燒燬較為嚴重的情形。座椅的殘存骨架以靠右後側窗戶處的座椅骨架受燒燬最為嚴重。而車頂及車身車殼的燃燒痕跡，均呈現上半部靠右後側受燒燬較嚴重的狀況。」事故車輛內側損害情形詳圖 1.3-8。



圖 1.3-8 事故車輛內側損害情形

電池組

事故後專案調查小組檢視 12 個電池包，L 電池包受損最為嚴重，經拆解檢視 L 電池包，金屬外殼靠右前側受燒爆裂、變形嚴重。其中以第 155 至 158 號電芯模組受燒變形較嚴重。其中第 157 號電芯模組內部的銅箔極板受燒最嚴重，且有銅箔極板受燒噴出的情形。事故車輛 L 電池包損害情形詳圖 1.3-9、圖 1.3-10。



圖 1.3-9 事故車輛 L 電池包損害情形¹⁷

¹⁷ 資料來源：臺北市政府消防局。



圖 1.3-10 L 電池包內各電芯模組狀態¹⁸

其餘電池包呈現不同程度受燒或煙燻痕跡。各電池包狀態彙整表列如下，圖片詳附錄 1：

電池包	外殼狀態	正負極／接頭狀態	變形／燒損特徵
A	完整，無燒痕	正負極與接頭正常	無變形
B	受燒變色	接頭有燒痕	無明顯結構變形
C	受燒變色	接頭有燒痕	無明顯結構變形
D	受燒變色	接頭有燒痕	無明顯結構變形
E	受燒變色	接頭有燒痕	無明顯結構變形
F	受燒變色	接頭有燒痕	無明顯結構變形
G	完整，無燒痕	正負極與接頭正常	無變形
H	外殼燒痕明顯	接頭受燒	外殼局部膨脹

¹⁸ 資料來源：臺北市政府消防局。

電池包	外殼狀態	正負極／接頭狀態	變形／燒損特徵
I	受燒變色	接頭有燒痕	無明顯結構變形
J	受燒變色	接頭有燒痕	無明顯結構變形
K	受燒變色	接頭有燒痕	無明顯結構變形
L	嚴重燒損	接頭燒熔、脫落	由內而外爆裂、膨脹變形

綜合上述對照結果，顯示 L 電池包為本次事故之起火核心，其餘電池包僅受延燒影響。

1.4 其他損害情況

無相關資料。

1.5 人員資料

1.5.1 事故駕駛員基本資料

事故駕駛員為 50 歲男性，最近一次交通部公路局（以下簡稱公路局）換發之職業大客車駕駛執照日期為民國 113 年 9 月 3 日，有效日期至民國 119 年 11 月 9 日；另於民國 113 年 11 月 5 日參加公路局公路人員訓練所辦理大客車職業駕駛人定期訓練，有效日期至民國 116 年 11 月 4 日。

事故駕駛員於民國 113 年 11 月 12 日入職大都會，並進行為期 4 天之職前教育訓練（詳 1.14.1 節），完成訓練後，便開始接受站務員排班，執行 262 路線勤務。

違規紀錄

依據公路局臺北市區監理所提供資料，查無事故駕駛員近 5 年違規紀錄；另依大都會所提供之數位行車紀錄器資料，事故發生前 2 個月內，事故駕駛員曾有 4 次超速行駛之紀錄¹⁹。

1.5.2 駕駛員事故前 72 小時活動

依據事故駕駛員出勤紀錄與訪談紀錄，其事故前 72 小時活動如下。

6 月 13 日：約 0530 時起床²⁰，分別於 0700 時至 0913 時、1200 時至 1410 時、1435 時至 1700 時、1745 時至 1950 時執行勤務。

6 月 14 日：約 0530 時起床，分別於 0700 時至 0858 時、1000 時至 1150 時、1636 時至 1848 時、1945 時至 2141 時執行勤務。

6 月 15 日：休假。

6 月 16 日：0630 時起床，0800 時、1625 時分別執行事故當日第 1 及第 2 趟勤務，1902 時執行當日第 3 趟勤務，2047 時於勤務途中發生本次事故。

1.6 保養、維修及定檢紀錄

依據華德所提供大都會之「華德動能維修手冊」，有關電池組的維修作業，內容包含電池包的漏電檢測、絕緣阻抗檢查及電池包的拆卸與組裝等維修程序。有關大電系統（含電池組等高壓系統）的維修程序，維修手冊僅

¹⁹ 臺北市之市區公車速限為 40 公里/小時；而「違反道路管理事件統一裁罰基準及處理細則」中，針對駕駛汽車行車速度超過規定之最高時速未逾 10 公里情況，考量並未嚴重危害交通安全、秩序且情節輕微因此免予舉發。

²⁰ 事故駕駛員於訪談時提及，由於其排班時間不固定，故不記得實際作息，此處所呈現之起床時間，為專案調查小組依其事故當日及平時作息時間呈現大致時間（詳 1.15.1 節訪談紀錄）。

說明大都會駕駛員及維修技師遭遇車輛故障時之緊急處理方式。有關電池組檢修與拆裝，除了參考上述維修手冊內容之外，華德維修技師另外有檢修儀器之操作 SOP 與電池系統線路圖等資料，作為電池維修作業之依據，詳如附錄 2「作業指導書-L 包電池箱維修檢查」資料。

1.6.1 保養維修及紀錄

依據大都會提供之車輛保養紀錄表，事故車輛之維修及保養作業皆在大都會內湖維修班辦理，事故前最後一次保養為民國 114 年 4 月 28 日辦理三級保養，進廠里程為 155,022 公里，保養項目包括空壓機芯、乾燥劑及方向機芯、方向機油、冷卻液、變速箱油、空壓機橡皮、後地軸螺絲等項目，事故車輛民國 113 年至 114 年保養及維修紀錄如表 1.6-1。

表 1.6-1 事故車輛保養及維修紀錄

項次	日期 (民國)	里程數 (公里)	備註
1	113 年 3 月 1 日	97,685	二級保養
2	113 年 5 月 2 日	106,272	二級保養、底盤潤滑及檢修
3	113 年 6 月 27 日	113,623	二級保養、底盤潤滑及檢修
4	113 年 8 月 27 日	131,726	三級保養、更換轉向機油、水箱精、右後內外輪胎、煞車來令片及感應線、煞車分泵軟管、底盤潤滑及檢修
5	113 年 9 月 13 日	N/A ²¹	前左右輪胎更換
6	113 年 11 月 6 日	130,581	路故 ²² —更換煞車分泵軟管
7	113 年 11 月 6 日	135,581	二級保養
8	114 年 1 月 7 日	139,761	二級保養
9	114 年 3 月 6 日	148,006	二級保養、煞車來令片及感應線、煞車分泵軟管
10	114 年 4 月 8 日	N/A	煞車故障—煞車來令片及感應線、後煞車分泵風管

²¹ 維修時，未登入里程數。

²² 路故：營運班車行駛途中因車輛機械故障而暫停營運者。

項次	日期 (民國)	里程數 (公里)	備註
11	114 年 4 月 28 日	155,022	三級保養—空壓機芯、乾燥劑及方向機芯、方向機油、冷卻液、變速箱油、空壓機橡皮、後地軸螺絲
12	114 年 4 月 28 日	N/A	車頭肇事損壞

1.6.2 定期檢驗紀錄

依據公路局提供之車輛定檢紀錄，事故車輛最後一次定期檢驗日期為民國 113 年 12 月 16 日，檢驗項目包含前輪定位、煞車測試、煞車效能、車身及底盤等項目，檢驗結果皆合格。

事故車輛近 3 年車輛定期檢驗紀錄如表 1.6-2，檢驗結果皆為正常。

表 1.6-2 近 3 年事故車輛定期檢驗紀錄

項次	驗車日期 (民國)	檢驗單位	檢驗結果
1	111 年 12 月 2 日	關渡汽車有限公司	定期檢驗合格
2	112 年 11 月 29 日	關渡汽車有限公司	定期檢驗合格
3	113 年 12 月 16 日	關渡汽車有限公司	定期檢驗合格

1.6.3 電池組維修

1.6.3.1 歷年維修紀錄

依據華德提供之車輛維修紀錄表，事故車輛與電池組相關之維修紀錄如表 1.6-3。

表 1.6-3 事故車輛與電池組相關之維修紀錄

項次	日期(民國)	里程數(公里)	備註 ²³
1	112年7月5日	64,231	液冷整改
2	112年7月13日	64,361	絕緣異常
3	112年7月27日	66,453	更換原車電池包
4	112年10月26日	80,330	DC-DC ²⁴ 異常
5	112年11月20日	83,687	後台通報 24V 電壓偏低(22V)
6	112年11月22日	83,923	高壓 PDU ²⁵ 互鎖異常
7	112年11月24日	84,096	後台通報 24V 電壓偏低(19V)
8	113年3月8日	98,770	安裝 12 號電池包 Z 型鐵架，後方空壓機銅管固定座
9	113年4月29日	105,978	故障顯示 HVIL ²⁶ 2 級異常，檢查及重插全車電池包高壓插頭後恢復正常
10	113年5月31日	110,319	螢幕顯示 HVIL 2 級、檢查各電池插頭、確認後恢復正常
11	113年6月7日	111,341	9 號電池包負接頭接觸不良導致有時顯示異常(HVIL 2 級)
12	113年7月19日	116,775	客戶反映螢幕顯示紅色三角形圖案
13	113年7月22日	117,151	9 號電池包絕緣異常
14	113年8月26日	121,606	BMS 警報 85-第 5 號電池包異常
15	113年10月17日	128,097	反應 BTMS 顯示液位不足亮黃色燈號
16	113年10月17日	128,097	電池溫度偏高、主驅支架斷裂
17	113年12月11日	135,708	電池壓差問題及 BTMS 主機異常
18	114年6月16日	158,134	客戶反映無法充滿電

²³ 備註內容為華德原廠維修紀錄之文字說明。

²⁴ 將高壓直流電轉換為 24V 低壓直流電並用來對蓄電池充電之轉換器。

²⁵ 配電裝置 (Power Distribution Unit, PDU)，主要將電池串高壓分配給主動力、空壓、油壓、空調、DC-DC 及充電迴路保護。

²⁶ 高壓互鎖 (High Voltage Inter-lock, HVIL)，針對高壓系統的安全偵測機制。

1.6.3.2 維修情形

依據華德與大都會提供資料及訪談紀錄，敘述如下：

日常報修方式

華德售後服務部（以下簡稱售服部）採用通訊軟體（LINE）維修群組²⁷進行報修管理。當駕駛員發現車輛故障時，會透過 LINE 站務群組²⁸向站務員反映故障情形，站務員再將訊息及照片傳送至與華德之間的 LINE 維修群組。華德售服部主管接收訊息後，依據故障紀錄、報修照片及車輛儀表警示燈號等資訊進行初步判斷。

售服部每日早會先檢討前一工作日維修結果，再依前日報修內容及項目安排分組，指派各組當日任務。維修技師針對維修項目準備相關料件，現場再依實際狀況調整。電池包更換至少須 2 人合作，完成更換後必須確認車輛 SOC 能否正常達到 100%，有時會讓駕駛員稍微行駛一小段路，確認 HMI 無任何異常燈號，所有數據正常才讓車輛重新上路。

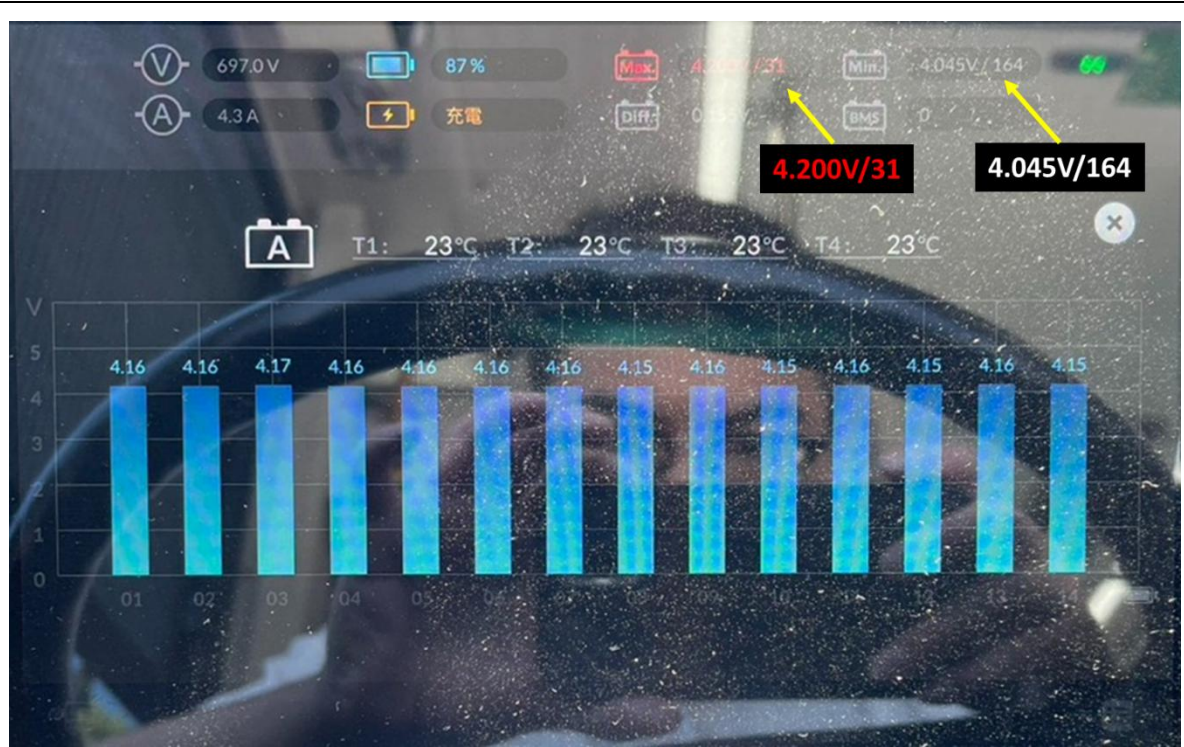
進行電池相關維修時，維修技師會依據報修照片上 HMI 顯示的最高、最低電芯模組所在位置及電壓值進行判斷。除非駕駛員報修內容與判斷有落差，才會查詢後台雲端資料作為輔助參考。

事故前一日報修及處置

大都會民生站站務員於事故前一日（6 月 15 日）透過 LINE 維修群組向華德通報事故車輛充電異常情形（只能充到 85%），華德售服部主管請該站務員拍攝 HMI 電池資訊頁面中之 A、B、L 電池包電壓及溫度訊息，詳圖 1.6-1。

²⁷ 本報告以「LINE 維修群組」指稱大都會站務員與華德維修技師之群組。

²⁸ 本報告以「LINE 站務群組」指稱大都會其駕駛員及站務員之群組。



A 電池包電壓及溫度訊息



B 電池包電壓及溫度訊息

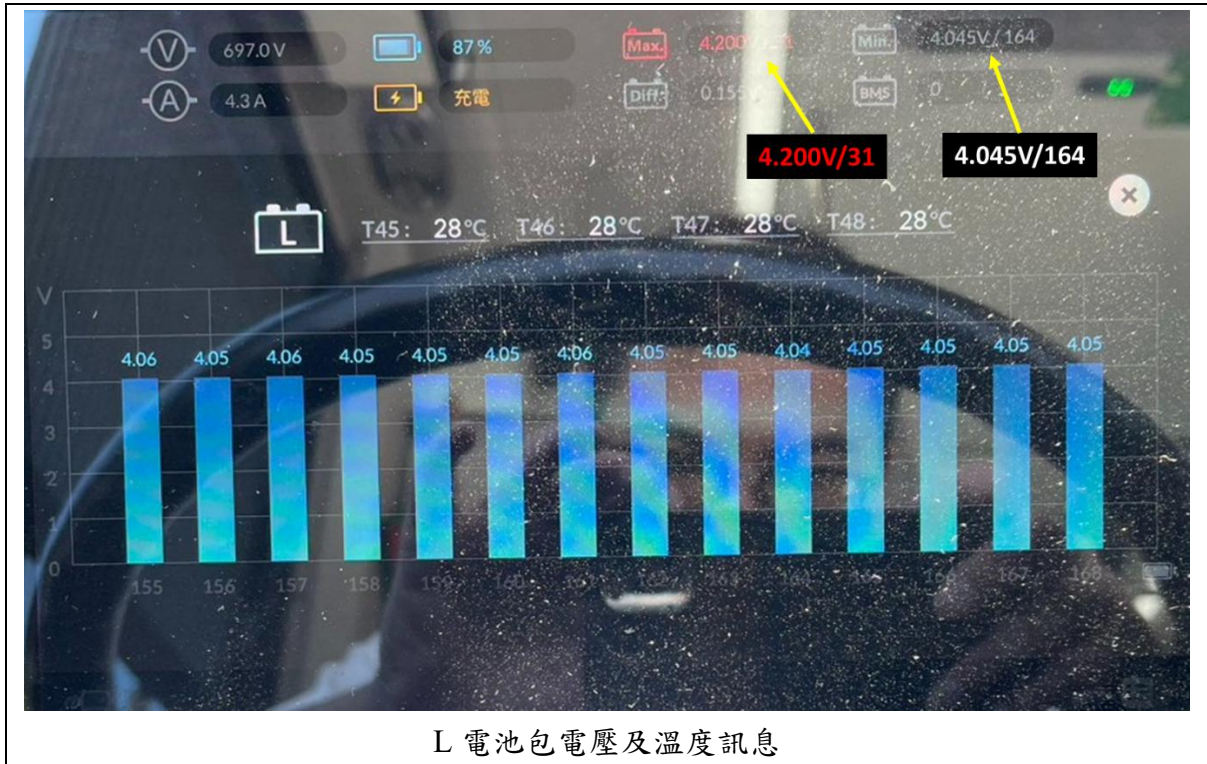


圖 1.6-1 事故前一日事故車輛 A、B、L 電池包電壓及溫度訊息

照片顯示 A 與 B 電池包的電芯模組電壓皆為 4.15 或 4.16 伏特，L 電池包僅為 4.05 或 4.06 伏特，單體電壓最高為第 31 號電芯模組（位於 C 電池包），電壓為 4.200 伏特，單體電壓最低為第 164 號電芯模組（位於 L 電池包），電壓為 4.045 伏特，兩者壓差為 0.155 伏特。依據訪談紀錄，華德維修技師說明依其經驗法則，當電芯模組電壓壓差達 0.1 伏特以上時，即不屬於合理範圍。

另依據華德售服部主管訪談紀錄，從上述照片資料進行初步判斷，顯示 L 電池包電壓低於其他電池包，判斷與其他電芯模組電壓壓差達 0.1 伏特以上，導致充電無法達到 100%，即判定須更換 L 電池包。因當日為假日僅有值班人員，安排於隔日執行維修作業。

事故當日維修狀況

華德售服部主管根據前一日報修內容安排分組，共指派 6 名維修技師分 3 組前往民生站進行處理，首批維修技師於 0953 時抵達民生站，開始對

事故車輛進行充電。第 2 批維修技師於 1030 時至 1100 時間抵達民生站後，因已確認 L 電池包異常，故對事故車輛停止充電。第 3 批維修技師從大園廠庫房攜帶已充飽電的備用電池包至民生站，於 1212 時執行 L 電池包更換作業。

期間華德維修技師進入事故車輛並拍攝 HMI 畫面（詳圖 1.6-2），照片顯示最高電壓 4.195 伏特、最低 4.041 伏特，最大壓差達 0.154 伏特，SOC 為 87%，再次確認 L 電池包異常須進行更換。



圖 1.6-2 事故當日華德維修技師於維修時拍攝之 HMI 畫面

L 電池包更換程序於 1238 時完成，並使用專用檢測儀器檢查電芯模組電壓、溫度及繼電器狀態後，開啟 24 伏特低壓系統檢查接線，無異常後再開啟高壓系統。依據訪談紀錄，華德維修技師判斷電芯模組最高電壓約 4.2 伏特，接近滿電狀態，因此維修完成後並未進行充電程序，此時 SOC 顯示回升至 88%至 89%。更換完成後進行車輛前進與後退的動態測試，確認開啟車輛電源（又稱上電）功能及行駛正常。關於維修單上記載「更換後有充電」的情況，華德維修技師澄清為誤植，實際上因 L 電池包電芯模組電壓已達 4.2 伏特，故未進行充電作業。

1400 時駕駛員 A 駕駛事故車輛出站執行載客任務，剛出車不久便發現前門開關異常，無法正常關閉，於是駕駛員 A 於 1406 時將事故車輛駛回民生站並關閉事故車輛電源（又稱下電）。仍在民生站之華德維修技師檢查後判斷為車門感應器故障，民生站站務員隨後於 1434 時指派另一位駕駛員 B 進行試車，但途中未發現異常狀況，於 1456 時將車輛駛回民生站後，1513 時事故車輛 HMI 亮起「大電系統警告」黃燈，同時警報訊息頁面出現「PACK#12²⁹單體電壓過高-行駛/停止-1 級」的告警訊息。隨後於 1517 時，駕駛員 B 將事故車輛下電，並立即向華德維修技師反映此情況。華德維修技師上車查看，發現警示係因更換 L 電池包電壓偏高所致，於是告知駕駛員 B 可以繼續營運，透過行駛耗電讓電壓下降，若警示燈持續亮起再進行報修。

L 電池包履歷

華德於民國 114 年 4 月 4 日處理欣欣客運 EAL-0116 車輛的 L 電池包報修案件，維修表單報修內容為「12 包壓差異異常」，故障原因為 CMU 異常，檢視維修紀錄，當時最高電芯模組電壓出現在 L 電池包，華德售服部後續即更換此 L 電池包後，於 4 月 17 日送回車王電（履歷如表 1.6-4），隨後於

²⁹ PACK#12 為 L 電池包。

4月18日華德向車王電提出維修申請，車王電維修工作於4月21日開始，期間車王電向華德領用全新之電芯模組進行維修作業。

根據車王電於5月29日的出貨檢驗紀錄，該L電池包經檢測總電壓為50.65伏特，SOC為30%，判定結果為合格(PASS)。該L電池包最終於6月6日返還予華德售服部，此電池包即為事故當天更換至事故車輛上之L電池包。

表 1.6-4 L 電池包維修履歷

送修日期	電池包序號	機型	工單/維修單號	維修內容
民國 114 年 4 月 17 日	LZKHAA0012450001	4824B22BC → 4824B33	TW250200	更換全部電芯

1.7 天氣資料

依據交通部中央氣象署提供事故地點附近松山氣象站（位於事故地點東南方約 880 公尺處）資料，事故當日 2000 至 2100 時，氣溫攝氏 30.4 度，降水量 0 毫米。另依據道路監視器畫面，事故當時視線良好。

1.8 事故現場基本資料

道路線形與標誌標線

事故地點位於臺北市松山區敦化北路（北向）之長庚醫院公車停靠站，詳圖 1.8-1，敦化北路之幾何條件與交通工程設施如下：

1. 公路等級分類：市區道路。
2. 行車速限：快車道 50 公里/小時，慢車道 30 公里/小時。

3. 敦化北路（北向）道路橫斷面³⁰：道路寬度 9 公尺，分別為 2 快車道及 1 慢車道，共 3 車道，車道寬度皆為 3 公尺，設有中央分隔島。
4. 線形：縱坡度 0.15%、超高（排水）3.02%至 3.08%。
5. 鋪面：瀝青混凝土。
6. 標線：快車道之間劃設白虛線，快慢車道之間劃設白實線；道路邊線外側為紅色緣石、內側為白實線；慢車道中劃設公車停靠區（長庚醫院站）。



圖 1.8-1 事故地點位置示意圖

1.9 紀錄器

事故車輛之紀錄器資料包含全球定位系統（Global Positioning System, GPS）、數位式行車紀錄器、行車視野輔助系統及車輛內部資料等裝置，惟上述所有裝置已於火災中燒燬，因此無法取得事故前之相關數據，以下就後車公車行車視野輔助系統影像、HMI 畫面紀錄、道路 CCTV 影像、GPS 紀錄，以及車輛內部資料傳輸方式與上傳雲端之數據資料進行敘述。

³⁰ 資料來源：臺北市政府工務局「106 年度敦化北路慢車道（民權東路-市民大道）路面更新工程」竣工圖。

1.9.1 道路 CCTV 影像

專案調查小組取得臺北市政府警察局松山分局提供之敦化北路 199 號中央分隔島 CCTV 影片，紀錄內容涵蓋事故車輛停靠長庚醫院公車站、事故駕駛疏散旅客、事故車輛開始冒煙、爆炸起火、消防人員抵達現場撲滅火勢、至事故車輛殘骸拖離現場之經過，如圖 1.9-1 至圖 1.9-3 所示。



圖 1.9-1 2041:09 時，事故駕駛員將事故車輛停靠路邊並請所有乘客下車



圖 1.9-2 2047:22 時事故車輛右後側冒出白煙

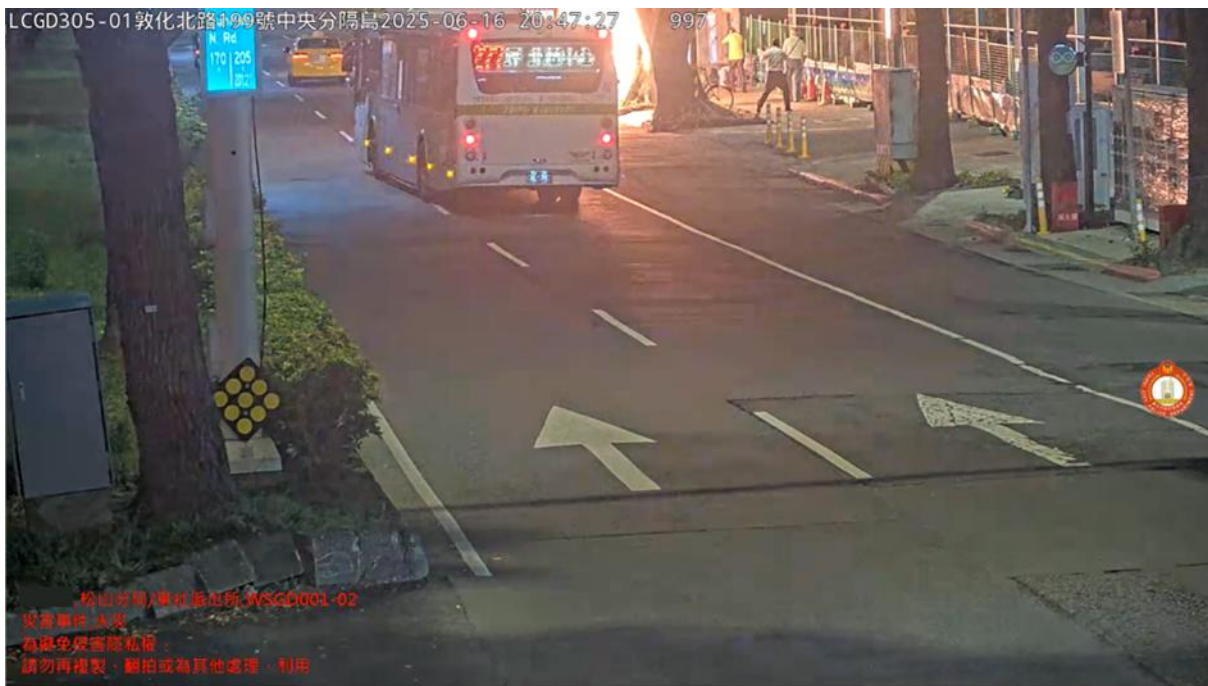


圖 1.9-3 2047:27 時事故車輛右後側開始起火燃燒

1.9.2 後車公車行車視野輔助系統影像

事故發生時，另外一輛由大都會所營運公車（車牌號碼 EAL-5917）亦

經過長庚醫院站，該車行車視野輔助系統記錄事故車輛開始冒煙至電池包發生爆炸的影像，如圖 1.9-4、圖 1.9-5 所示。

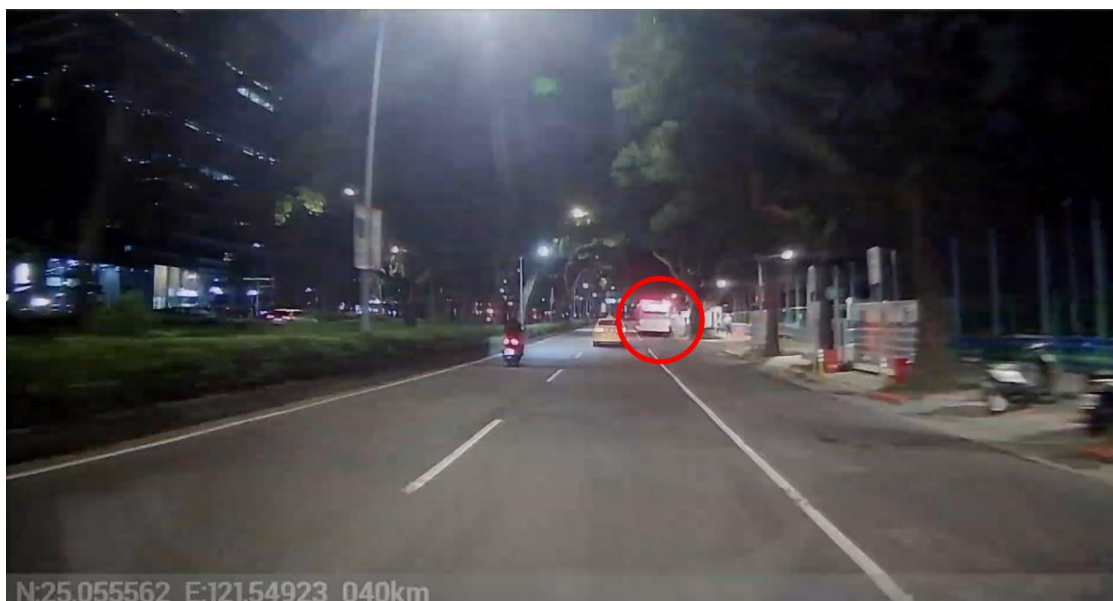


圖 1.9-4 事故車輛開始冒煙（紅圈處）



圖 1.9-5 事故車輛自右後側（箭頭所指紅圈處）發生爆炸

1.9.3 事故車輛內部資料數據

為確切掌握電動車輛運行狀態及提供監理單位使用，華德產製電動大客車車輛內部資料數據以接近即時方式分別傳送至華德車輛數據資料庫、

營運業者所屬縣市政府公車動態系統³¹，及公路局電動大客車營運數據監控管理平台。

傳送至華德車輛數據資料庫的車輛資料係透過 CAN 傳輸至佳世達科技股份有限公司（以下簡稱佳世達）設計製造的 HMI，由 HMI 擷取所需資料項目後，每 10 秒發送一筆資料，透過網路線傳送至立皓科技股份有限公司（以下簡稱立皓）的 4G 路由器（Router），再以行動網路傳送至華德；另縣市政府公車動態系統及公路局電動大客車營運數據監控管理平台所需資料同樣由立皓動態車機記錄資料，再透過 4G 路由器每 5 秒分別發送至前述監理單位，資料回傳架構示意圖如圖 1.9-6。

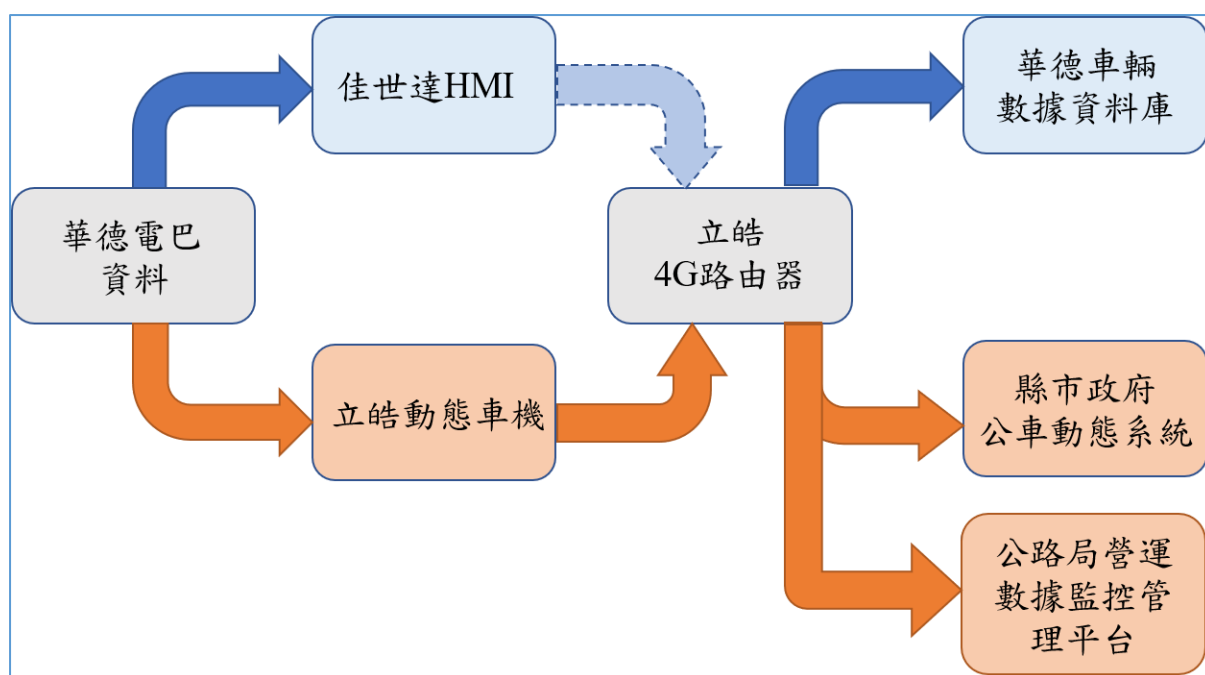


圖 1.9-6 華德電動大客車資料傳輸架構示意圖

1.9.3.1 華德車輛數據資料庫

華德之車輛數據資料庫後台可即時顯示車輛所回傳之資訊，其透過

³¹ 公車動態系統所記錄參數包含時間、GPS 經緯度、速度、車牌號碼等資訊。

HMI 介接 43 項紀錄參數如下：

編號	參數	編號	參數	編號	參數
1	資料 ID	16	24V 電池電壓值	31	低油壓泵控制器錯誤碼
2	車號	17	電池最低電壓值與位置	32	左測空調馬達故障碼
3	資料日期	18	電池最高電壓值與位置	33	右測空調馬達故障碼
4	車輛狀態碼	19	電池最高溫度與位置	34	DC/DC 故障碼
5	GPS 座標	20	電池平均溫度	35	車身溫感器最高溫位置
6	車外溫度	21	馬達冷卻系統溫度(入、出水溫度)	36	車身溫感器最高溫
7	總電壓	22	空調系統狀態	37	絕緣偵測值
8	總電流	23	馬達溫度	38	BTMS 液位值
9	車速	24	超速設定值	39	BTMS 入水溫度
10	車輛總里程	25	方位角	40	BTMS 出水溫度
11	SOC	26	資料時間-UTC 時間	41	BTMS 運作模式
12	剩餘電量 (kwh) (上限 282 度電)	27	資料傳時間-UTC 時間	42	BTMS 錯誤碼
13	剩餘電量 2 (未設定上限)	28	後台接收時間-UTC 時間	43	車輛能耗
14	空壓值	29	充電資訊 (充電時間/充電量/充電槍 ID)	-	-
15	車身訊號	30	高油壓泵控制器錯誤碼	-	-

惟本案經查並無事故車輛於事故當天及近期之任何紀錄，最後一筆後數據紀錄日期為民國 114 年 5 月 28 日，即事故發生前 20 天。

1.9.3.2 HMI 畫面紀錄

事故駕駛員於事故當日 1625 時駕駛事故車輛自民生站發車，出發前事故駕駛員曾拍攝 HMI 訊息，HMI 畫面如圖 1.9-7 至圖 1.9-9 所示。

圖 1.9-7 顯示，L 電池包中共計有 12 個電芯模組電壓達 4.21 伏特、SOC 為 88%、單體最高電壓 4.212 伏特發生在第 160 個電芯模組、單體最低電壓 4.062 伏特發生在第 113 個電芯模組、最高及最低電壓差為 0.15 伏特、第 45 組至第 48 組溫度感測器溫度皆為攝氏 31 度。



圖 1.9-7 L 電池包 HMI 訊息畫面

圖 1.9-8 顯示，1513:26 時、1621:30 時，曾出現「PACK#12 單體電壓過高-行駛/停止-1 級」告警訊息，1618:42 時，曾出現「BTMS 液位過低」告警訊息。

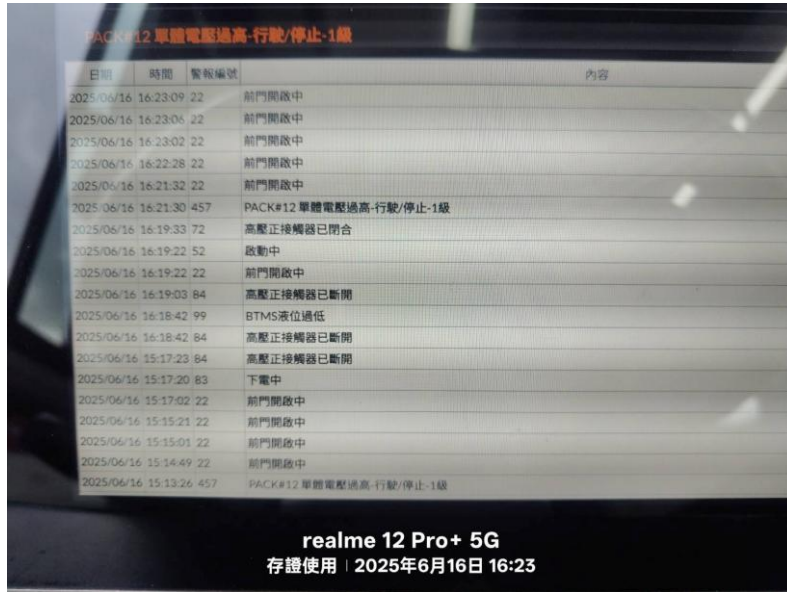


圖 1.9-8 HMI 告警訊息畫面

圖 1.9-9 顯示，1623 時，曾出現「大電系統警告」黃燈。



圖 1.9-9 HMI 「大電系統警告」黃燈

事故發生前，事故駕駛員曾拍攝 HMI 畫面，如圖 1.9-10 至圖 1.9-12，其中 2036 時顯示「大電系統警告」黃燈及「電池警告」黃燈，2042 時顯示「大電系統異常」紅燈及「電池警告」黃燈，2045 時顯示「大電系統異常」紅燈及「電池異常」紅燈。



圖 1.9-10 HMI 「大電系統異常」黃燈及「電池警告」黃燈



圖 1.9-11 HMI 「大電系統異常」紅燈及「電池警告」黃燈



圖 1.9-12 HMI「大電系統異常」紅燈及「電池異常」紅燈

1.9.3.3 公路局電動大客車營運數據監控管理平台

公路局電動大客車營運數據監控管理平台資料可經由4G路由器上傳。上傳平台之資料須符合 22 項規範³²，如車輛位置、SOC、電壓、車速、煞車與電門等，每 5 秒上傳一筆資料，共有 36 項參數。

溫度紀錄

依據回傳公路局平台紀錄資料，事故車輛電池組平均溫度於 2024:54 時升破前一區段之最高溫度攝氏 27.6 度，隨後持續上升，並於 2035:46 時達當天記錄之最高溫度攝氏 29 度。

充電紀錄

依據大都會民生站站務員訪談紀錄，大都會 262 路線起迄地點為四海站（新北市土城區）及民生站（臺北市松山區），該路線所使用之電動公車主要停放於冷水坑站（鄰近四海站）及民生站，並於上述場站進行充電作業。檢視大都會所提供之事故車輛於冷水坑站及民生站充電紀錄資料，事

³² 依據「電動大客車營運數據監控管理平台資料傳輸作業規範」。

故車輛自民國 114 年 6 月 9 日夜間停放於冷水坑站進行充電起，至事故發生當日止，其每次充電後之 SOC 最高為 88% 或 87%。檢視事故當天充電紀錄資料，1007:09 時開始充電，SOC 為 63%，1207:47 時停止充電，SOC 為 87%，此後未有充電紀錄。

SOC 紀錄

專案調查小組在比對事故前由事故駕駛員所拍攝之 HMI 頁面之 SOC 資訊及公路局電動大客車營運數據監控管理平台中所紀錄 SOC 資訊時，發現二者數值並不相同：於事故當日 1622 時，HMI 頁面中所顯示之 SOC 為 88%，而公路局電動大客車營運數據監控管理平台之紀錄則為 100%，如圖 1.9-13 所示。

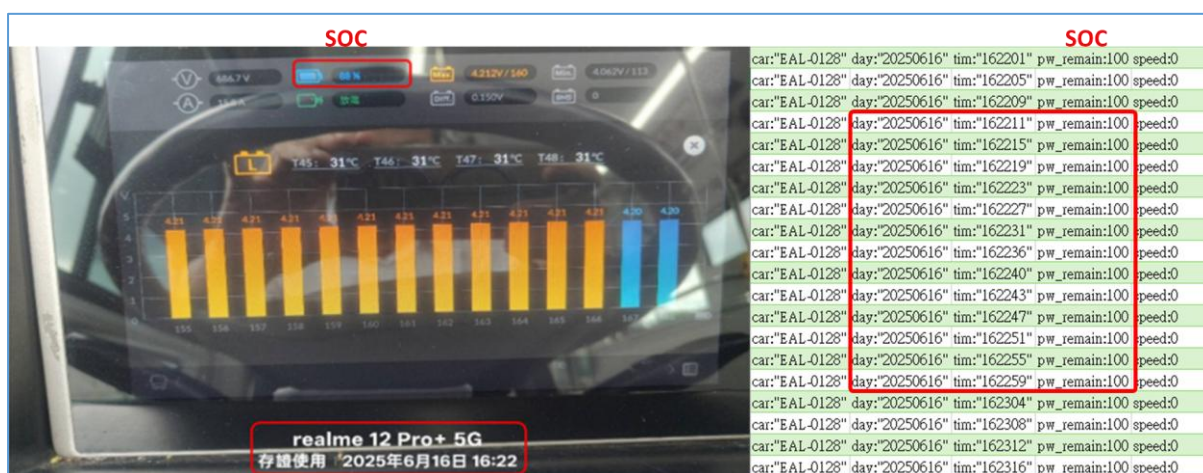


圖 1.9-13 圖左為 HMI 頁面，圖右為公路局管理平台之紀錄資料

營運及行駛紀錄

事故後專案調查小組取得事故車輛於民國 114 年 6 月 16 日當天上傳公路局平台之紀錄資料，可用參數包括：時間、SOC、車速、總電壓、經度、緯度、總電流、煞車踏板開關、電動馬達轉速、電池平均溫度、車外溫度、電門深度等參數，彙整事故車輛於事故當天之營運及行駛紀錄相關參數資料，如圖 1.9-14 至圖 1.9-16。

其中圖 1.9-14 顯示，車速介於 0 至 60 公里/小時之間，總電流約介於-60 至 200 安培之間。

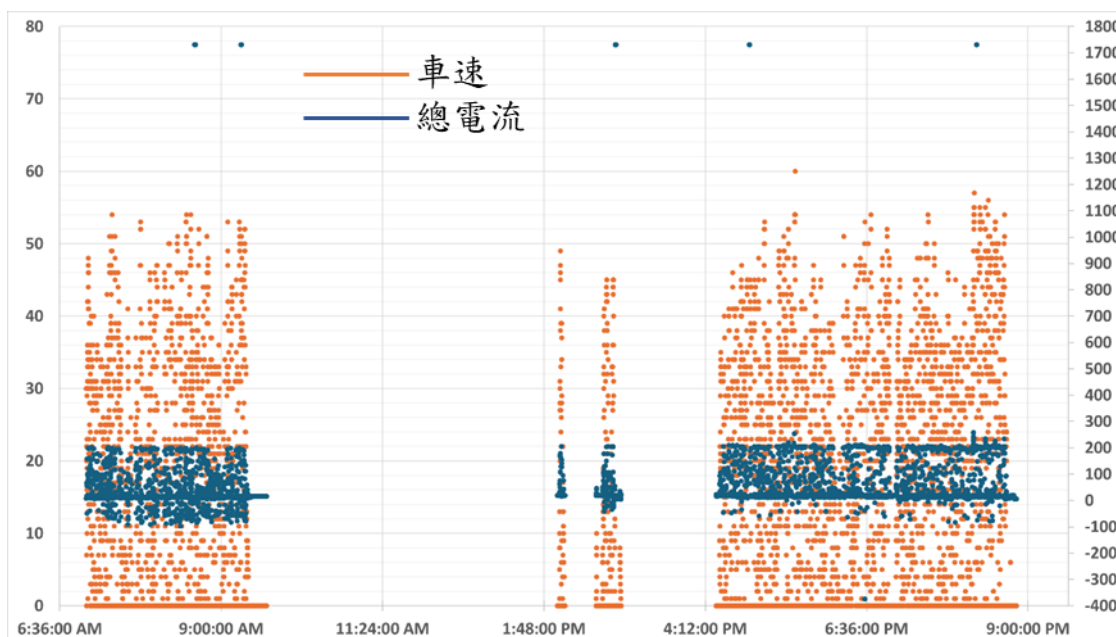


圖 1.9-14 車速（左）及總電流（右）參數

圖 1.9-15 顯示，事故趟次由 1621 時開始，SOC 為 100%，事故發生時 SOC 為 46%，總電壓由 695 伏特降至 617 伏特。

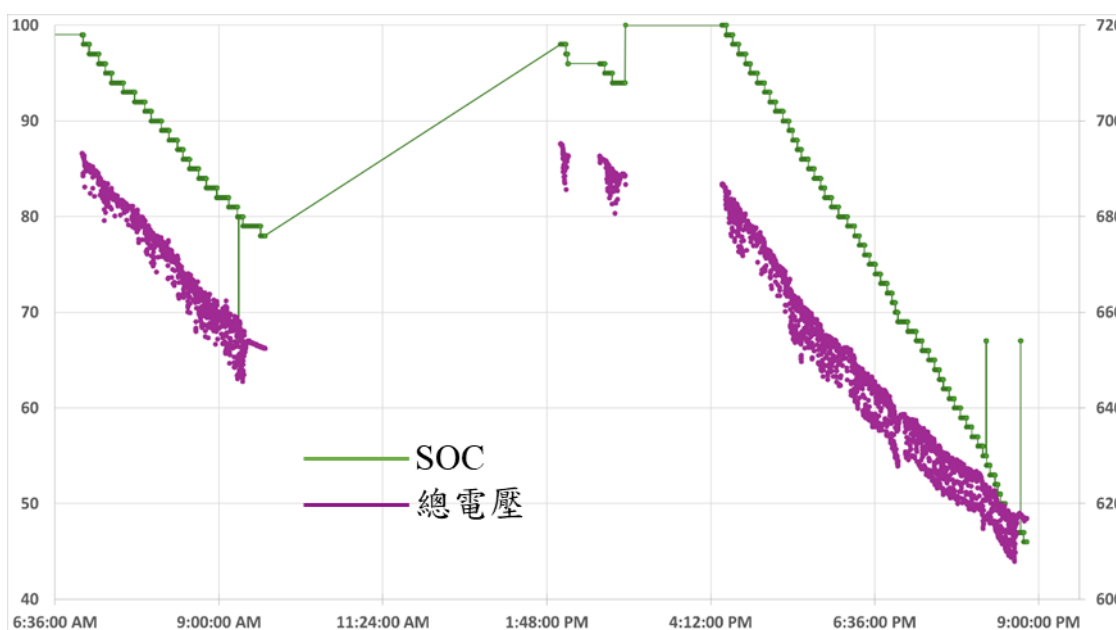


圖 1.9-15 SOC（左）及總電壓（右）參數

圖 1.9-16 顯示，在事故趟次中，車內溫度於 2011 時開始，由攝氏 26.5 度上升至最高 29 度。

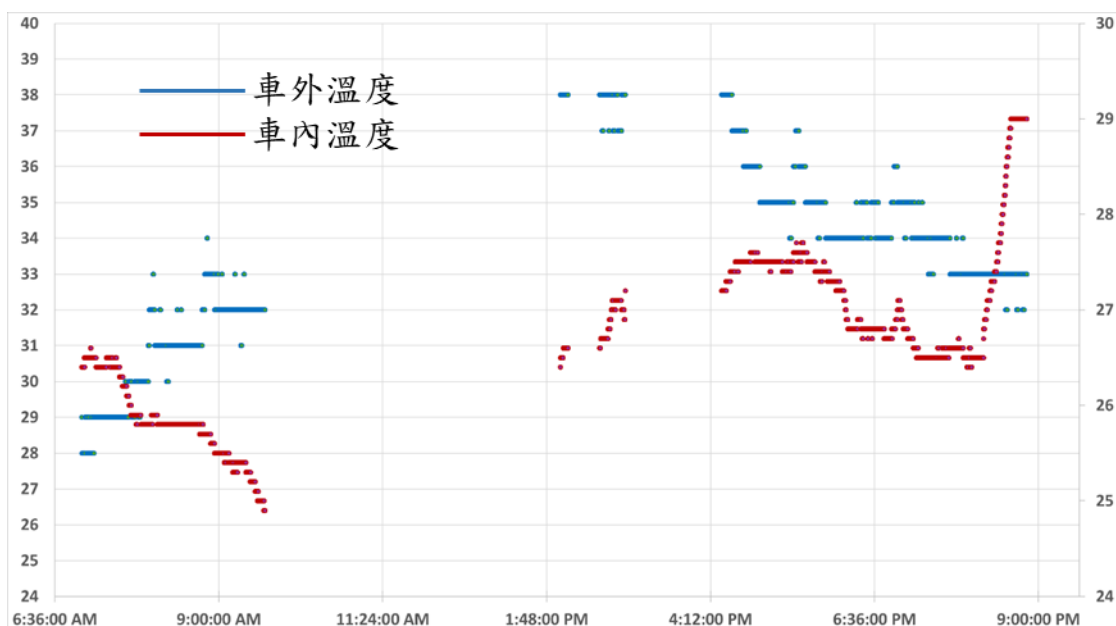


圖 1.9-16 車外溫度（左）及車內溫度（右）參數

車輛位置

依據回傳公路局平台紀錄資料，事故駕駛員於 1902 時進行第 3 趟勤務發車，專案調查小組將 GPS 紀錄軌跡以及 262 路線套疊，並標註 2036 時及 2041:09 時之車輛位置，如圖 1.9-17。

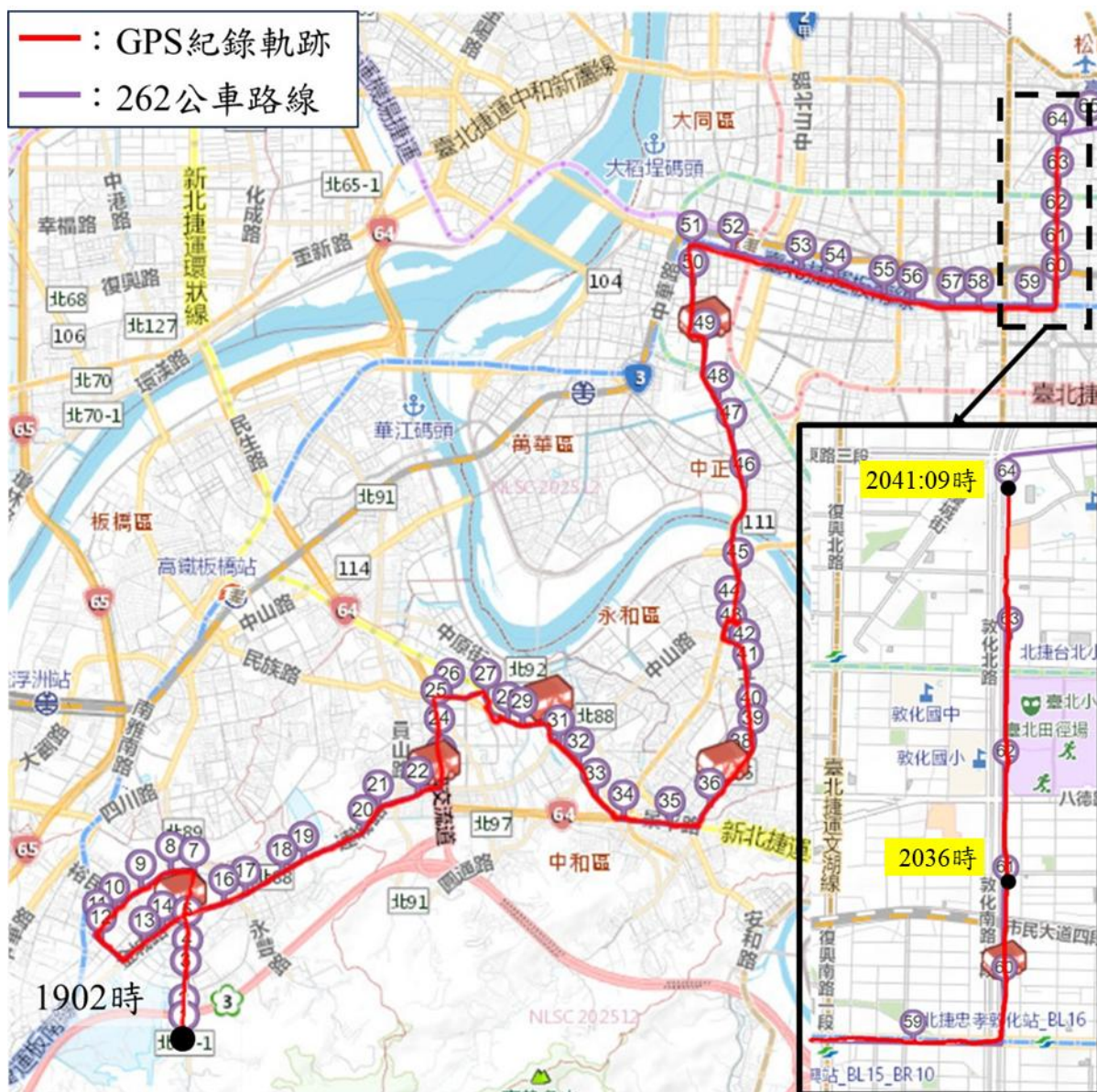


圖 1.9-17 第 3 趟勤務之事故車輛位置圖³³

1.10 現場測量資料

本次事故發生後，臺北市政府警察局未認定為交通事故（無道路交通事故現場圖）。專案調查小組人員抵達現場時，事故車輛已移置，因此本會未進行事故現場測量作業。

³³ 262 路線依據大臺北公車 Taipei eBus 網站。

1.11 醫療與病理

無相關議題。

1.12 生還因素

火災搶救

事故當日 2047 時臺北市政府消防局接獲民眾報案，立即派遣中崙、八德及松江 3 消防分隊人員前往現場救災。依據現場指揮官訪談紀錄，抵達事故現場時發現事故車輛已經全面燃燒，其車尾處有明顯之電動車標示，該局係依據民國 111 年所自訂之電動車火災搶救安全原則，對事故車輛進行電動車火災之相關處置。

消防人員部署水線射水，於 2101 時撲滅火災，因電動車輛鋰電池特性，火勢撲滅後雖然無火焰，仍有產生反應發出白煙。消防人員對公車駕駛座後側及車尾 2 處，共 3 個位置持續以水霧降溫，直到不再產生白煙且熱顯像儀顯示溫度約攝氏 40 度時停止出水。2338 時拖吊車將事故車輛殘骸拖離現場，消防分隊派遣 1 輛水箱車跟隨警戒至停放之保養場，移動過程中並無復燃情形。

1.13 測試與研究³⁴

電池組裝可能造成電池包失效，如導片虛接、螺栓扭力不足或過大，導致接觸電阻上升，並產生局部發熱，進而熱失控；依據車王電提供資料，電池包之鎖固步驟不良可能造成接點的接觸電阻異常³⁵，運行過程電池持續充

³⁴ 本節摘錄專案調查小組為執行事故調查所進行之測試與研究，目的係為確立事實，此部分內容之分析與結論屬於事實資料之一部分；本會另將於第 2、3 章中，綜合考量所有事證，提出本案整體性分析與結論。

³⁵ 依據車王電及華德說明，與事故同型之電池包已無生產，現有電池包有更換需求時使用的是整新電池包。整新電池包係使用全新的電芯模組與螺桿，與全新電池包組裝程序查無不同。

放電，偏高的電阻導致溫度異常上升，最後造成超溫。經查，中鹿客運曾於民國 112 年 12 月首次試運行時發生全新電池包過熱事件（詳 1.15.3 節），本案與中鹿客運電池溫度異常事件模式相似，為釐清本事故電池包失效原因，專案調查小組依據車王電提供之組裝程序資料，擬定電池包組裝方式測試。

電池包拆解與測試結果

專案調查小組於民國 114 年 12 月 10 日會同華德及車王電至臺中梧棲廠區，使用與本次事故同一機型之未使用整新電池包³⁶進行拆解與測試，檢測結果螺桿扭力無異常，且目視檢查螺桿與電極導片間無縫隙，但於特定螺桿位置存在電阻值偏高現象(本次測試為螺桿 48-50 號之阻值)，並以 300 安培持續進行 5 分鐘放電測試，測試後出現局部溫升顯著高於其他區域之情形，圖 1.13-2 為電池包測試之螺桿編號與溫度分區示意圖。

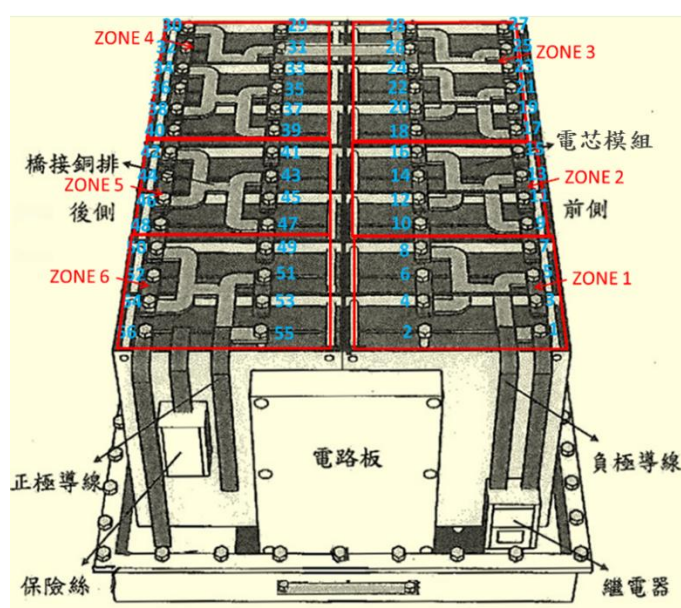


圖 1.13-2 電池包測試之螺桿編號與溫度分區

³⁶ 依據華德提供資料，與事故車輛使用相同鎖固方式之整新電池包共有 13 組，目前除事故燒毀 1 組外，1 組提供予本會進行測試，其餘 11 組已於本次事故發生後召回檢查，確認無異常。

圖 1.13-3 為 Zone 1-4 溫度變化，圖 1.13-3 左圖顯示測試前約攝氏 30 度，圖 1.13-3 右圖顯示放電後約攝氏 32 至 34 度。



圖 1.13-3 Zone 1-4 溫度變化

圖 1.13-4 為 Zone 5-6 溫度變化，圖 1.13-4 左圖顯示測試前約攝氏 30 至 32 度，圖 1.13-4 右圖顯示放電後約攝氏 50 度。



圖 1.13-4 Zone 5-6 溫度變化

鬆開電極導片後，並依改善之螺桿鎖固步驟，確保電極導片充分貼合，發現電阻值下降，溫升趨勢回復一致，顯示異常原因係源自於組裝後接觸阻抗問題。

1.14 組織與管理

1.14.1 運輸業者經營管理

1.14.1.1 一般營運管理規定

大都會為經濟部於民國 92 年 12 月 16 日核准設立，所營事業包含市區汽車客運業、公路汽車客運業等，事故發生時共轄有 999 輛車、1,073 位駕駛員，分屬 22 個車站，營運路線數共計 63 條。

大都會依 ISO 39001 管理系統將文件區分為機料管理程序、文件與紀錄管制程序、職業安全衛生管理程序、職業災害管理辦法、駕駛長³⁷勤前作業辦法等，並針對車輛保養維修作業、市區公車與國道車輛事故處理等作業建立相對應之流程圖，使相關業務執行皆有所依循；以下摘錄勤務管考、教育訓練、緊急應變規範等相關內容進行說明。

勤前檢查

駕駛員於每日晨間或第 1 趟出車前，須進行車輛一級³⁸保養檢查、駕駛長勤前檢查紀錄表（表單詳附錄 3）。若出車前檢查時車輛有異狀，或駕駛員酒測未過、精神、健康狀況不佳，一律禁止派車；中退車報到時，駕駛員亦須確認前述身心狀況。然而，車輛每日僅於第 1 趟發車前檢查，其餘趟次出車前，並不會另外再依照前述程序逐項檢查；而檢查表另包含行車前確認事項，如確認公車營運用之硬體設施，以及駕駛員攜帶駕照行照、配

³⁷ 指市區汽車客運業駕駛員，本報告以「駕駛長」指稱公運處、大都會所提供文件之摘錄內容，其餘則以「駕駛員」統稱受雇於運輸業者之駕駛人員。

³⁸ 車輛維修保養可大致分為 3 個層級。一級保養為駕駛員每日出車前檢查，執行地點為各調度站，內容詳附件 1；二級保養之保養里程為 8,000 公里（電動公車之保養里程為 5,000 至 8,000 公里），執行地點為修理廠或保養班；三級保養保養里程為 32,000 公里（電動公車之保養里程為 30,000 至 40,000 公里），執行地點為修理廠或保養班。而充電設備則透過比對後台資料、檢視充電電壓電流輸出是否正常等，另委外定期保養。

戴服務證等文件，最後表單由駕駛員與調度員簽章確認³⁹。

事故駕駛員當日於第 1 趟勤務前有填列車輛一級保養檢查表及駕駛長勤前檢查紀錄表，但下午第 2 趟勤務更換為事故車輛後，因事故車輛上午第 1 趟勤務已有其他駕駛員填列表單，依據該表單之填列原則，事故駕駛員無需再次填列上述表單，故未記錄到事故車輛維修後之異常狀態，僅有 LINE 站務群組內之通報車輛異常之訊息紀錄。

車輛異常報修

駕駛員出車前若車輛發現有不影響行車安全之項目（如路線 LED 燈、站名播報器、公車動態資訊系統等）發生異常，向站務員登記報修後可視狀況出車；其餘影響行車安全項目通報站務員後則不可出車，應由其通知檢修班或駐站技術員維修。

因事故車輛尚於保固期內，仍由車輛原廠（華德）負責檢修維護，由站務員上傳車輛異常情況至與華德維修技師之 LINE 維修群組，由華德派維修技師進行維修作業。

稽查管考

依據大都會民國 114 年 3 月 6 日配合臺北市公共運輸處（以下簡稱公運處）所辦理之「市區公車 114 年第 1 期行車安全業務檢查」之說明文件，大都會平時透過臺北市公車營運管理系統（Operation Management System, OMS）查核所屬車輛營運資料，如是否準點發車等。

車輛配備之數位式行車紀錄器資料則每日回傳，由站務員每日檢核並調閱相關影像，確認所屬駕駛員是否有超速情事；每月針對亦違規或肇事

³⁹ 大都會之車輛一級保養檢查表可分為 2 種不同表單格式，以事故車輛近 2 個月內之檢查表為例，43 份檢查表中，有 1 張最後須由站長及站務員查核確認，其餘 42 張則由調度員查核確認即可，然部分表單仍有查核人員簽章缺漏情形。

駕駛員抽調監視器查核，並派員定點或隨車稽查。另外，針對駕駛員之行車缺失，大都會亦建立案件列管制度，將常見違規項目（如過站不停、使用手機或耳機等）進行追蹤管理。

勤務管理

勞動基準法（以下簡稱勞基法）第 36 條第 1 項規定，勞工每 7 日應至少有 1 日例假，不得連續工作逾 6 日；汽車運輸業管理規則（以下簡稱運管規則）第 19-2 條則規範營業大客車駕駛人每日駕車時間 10 小時之上限，連續駕車 4 小時應至少休息 30 分鐘，且連續兩工作日之間應連續休息 10 小時以上。

依據大都會所提供之排班方式說明，以及其配合公運處辦理行車安全業務檢查之文件，大都會於其四海站及民生站各放置 10 輛車，每日中午前公告隔日勤務班表，每月 25 日前公告駕駛員隔月排休日，駕駛員每日約規劃行駛 4 個趟次（從大都會四海站駛往民生站算 1 次，反之亦同）；若車輛臨時有維修或充電需求，則可能更換車輛或調整班次時間。

依據事故駕駛員出勤紀錄，每日趟次數約 4 至 7 趟不等（均為 262 路線，包含空車調度行駛），平均每一趟駕駛時間為 1 小時 53 分鐘、單日趟次間之平均休息時間為 1 小時 2 分鐘；其事故發生前 1 個月內之工作天數均無異常，連續兩工作日之連續休息時間⁴⁰皆達 10 小時以上，然 5 月 31 日單日駕車時間達 10 小時以上，其勤務紀錄詳附錄 4。

教育訓練

依據前述大都會於行車安全業務檢查之說明文件，其辦理之一般行車教育訓練包含行安宣導、電動公車防災緊急應變等內容（詳表 1.14-1）。經檢視大都會民國 112 年至民國 114 年事故發生前所辦理之教育訓練紀錄，大都會每年均針對駕駛員或技術員辦理不同電動車廠牌之教育訓練，內容涵

⁴⁰ 以事故駕駛員當日第一趟勤務之發車時間與前一日最後一趟到達時間之間隔時數保守計算。

蓋消防急救、事故處理流程等，歷次教育訓練日期、內容、參訓人數詳表 1.14-2。

以事故車輛廠商華德為大都會所提供之教育訓練教材為例（內容詳表 1.14-3），其針對車輛設備與系統、與燃油車操作方式之差異、儀表台指示燈意涵、車輛出現異常狀況時之應變措施等，說明駕駛員實際操作上可能會面臨之情境、相對應之處理流程與注意事項等。

表 1.14-1 大都會一般行車教育訓練涵蓋項目

項目	內容	頻率
駕駛長職前教育	場站、車輛、各類規範與實習、性別平等與性騷擾防治	-
駕駛長在職教育	駕駛行車、機械常識再教育	未敘明
行安暨服務宣導	配合公運處之宣導事項、行車事故及緊急應變新聞報導，透過通訊軟體或影片宣導	每月
停讓行人優先通行	稽查員至轉彎路口查核指差確認	每月
交通事故行安宣導	交通事故影片宣導、行車事故公告	每月
防災緊急應變訓練	性騷擾處理、防汛及消防演練、乘客糾紛處理、無障礙設施操作等	半年
電動公車防災緊急應變	車輛電池、高壓電系統、緊急應變步驟、潛在危險說明等，另針對充電裝如遇突發狀況時，消防局、駕駛長、公司、車廠之相關處理流程	半年
專案教育-無障礙設施服務	透過實車演練提升無障礙服務應對技巧	半年
專案教育-速率感知及搖晃體驗	透過實車演練提升行車平穩度	每月
高風險違規再教育訓練	召回違規重大及易肇事駕駛長溝通輔導，並抽調監視器查核	每月

表 1.14-2 大都會近 3 年實際辦理之教育訓練紀錄

日期	對象	名稱	廠商	主辦單位	參訓人數
民國 112 年 6 月 16 日	駕駛長及 技術員 ⁴¹	電動公車事故搶救教育訓練	-	臺北市政府 消防局	6
民國 112 年 7 月 11 日	技術員	華德電動公車技工教育訓練	華德	大都會	43
民國 112 年 9 月 25 日	駕駛長	鴻華電動大客車駕駛教育訓練	鴻華	大都會	34
民國 112 年 10 月 04 日	技術員	鴻華牌電動大客車技工教育訓練	鴻華	大都會	43
民國 113 年 1 月 02 日	駕駛長	鴻華電動公車駕複訓教育訓練	鴻華	大都會	17
民國 113 年 1 月 03 日	駕駛長	成運電動公車駕駛新車教育訓練	成運	大都會	47
民國 113 年 2 月 29 日	技術員	充電樁維護保養技工在職教育訓練	飛宏	大都會	8
民國 113 年 4 月 18 日	技術員	電動公車空壓機技工教育訓練	阿特拉斯	大都會	4
民國 114 年 3 月 12 日	駕駛長及 技術員	華德電動公車駕駛長、技術員教育訓練	華德	大都會	38
民國 114 年 3 月 19 日	駕駛長及 技術員	鴻華電動車駕駛長、技術員車輛操作教育訓練	鴻華	大都會	47
民國 114 年 3 月 20 日	技術員	成運牌電動大客車技術人員教育訓練	成運	大都會	39
民國 114 年 3 月 24 日	駕駛長	成運電動公車駕駛教育訓練	成運	大都會	20
民國 114 年 4 月 21 日	駕駛長	華德電動公車駕駛長教育訓練	華德	大都會	68
民國 114 年 5 月 14 日	駕駛長	成運電動公車駕駛長教育訓練	成運	大都會	74
民國 114 年 5 月 21 日	駕駛長	成運電動公車駕駛長教育訓練	成運	大都會	25

⁴¹ 簽到單未見大都會駕駛長或技術員，大都會派訓人員均為管理職。

表 1.14-3 華德駕駛長教育訓練內容

項目	內容
車輛資訊	車輛尺寸、性能等資訊。
電動巴士介紹	柴油巴士與電動巴士之差異。
行前檢查及注意事項	<ol style="list-style-type: none"> 1. 上電前檢查項目，如充電機是否停止充電、充電槍是否拔除，以及胎壓、冷卻水、水箱水等。 2. 上電後之檢查項目，如空壓機運轉、水泵浦、方向機運轉是否正常，以及 24V 電壓、煞車系統、冷氣等。 3. 其他注意事項（以下僅摘錄舉例） <ol style="list-style-type: none"> (1) 當 HMI 顯示紅色符號時，請立即停靠路邊，並回報行控中心，嚴禁繼續行駛。 (2) 電池包內電芯模組電壓高低壓差超過 0.20 時，請通知維修人員檢查。 (3) 當 24V 小電電壓低於 20V 以下時，將無法上電，請通知維修人員。
司機儀表台介紹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 儀表台說明：包含各項車輛操作設備、指示燈等。 2. 車輛操作說明：包含緊急上電、緊急下電、按鈕開關、撥桿與啟動鈕、上電流程、下電程序。 3. HMI 螢幕說明：包含各項指示燈之位置、圖示、顏色，以及所代表之意涵等。
冷氣面板介紹	包含各項指示燈之位置、圖示、顏色，以及所代表之意涵等。
操作技巧與須知	<ol style="list-style-type: none"> 1. 針對自動手排變速箱（Automated Manual Transmission, AMT）、選檔面板等設備，以及行車、滑行、上下坡之操作方式。 2. 進站前與燃油車操作之差異。 3. 針對先進駕駛輔助系統如車道維持輔助（Lane Keeping Assistance, LKA）、防瞌睡系統之說明。
緊急應變措施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 警報訊息頁面、回報行控中心與技術人員之流程等。 2. 當車輛突然斷大電或失去動力時之操作程序及注意事項等。

事故駕駛員到職當日（民國 113 年 11 月 12 日），即接受由大都會安排之職前教育訓練，內容包含工作規則、職業安全衛生教育訓練、車輛操作及維修保養（含車輛檢查與報修）、出車前及行進間作業（含報到作業、收

票作業、行車服務、事故應變處理等)，並且另外接受 26 小時（約 3 天半）之 262 路線實習，而實車練習則以燃油車為主（詳 1.15.1 節）；此後至事故發生前，其表示並未另外接受過大都會辦理之其他教育訓練，惟大都會提供之訓練紀錄顯示，事故駕駛員有參與 5 月 27 日於民生站辦理之電動公車緊急應變暨消防教育訓練。

另外，依據大都會民生站站務員訪談紀錄，站務員主要仰賴公司教育訓練及相關訓練教材瞭解工作內容，並無原廠正式手冊可供所屬人員參考。

1.14.1.2 緊急應變處理程序

大都會訂有「行車異常處理程序」，內容包含通報、路故處理、肇事處理、其他狀況處理及乘客接駁等處理原則及相關規定事項，以下摘錄車輛路故及發生火災之處理流程。

車輛發生路故時，駕駛員須在不影響機件及行車安全狀況下，盡量將車輛停靠路邊或駛離公車專用道，並將故障標誌置於車後適當位置，確保車輛及人員安全後，主動告知乘客車輛發生行車異常無法續駛並協助乘客轉乘，再即時通報所屬調度站，詳述發生之異常情況並於現場等候及持續回報最新情形。站務員接獲通報後，應向駕駛員詢問必要資訊⁴²，即刻向調度站主管報告，並通知修理廠派員前往維修，路故情況應同時通報機務部協助車輛救濟作業及調派車輛接駁乘客，市區公車路故處理流程圖詳附錄 5。

而車輛發生火災時，駕駛員應立刻停靠路邊，立刻關閉所有電源，並疏散乘客至安全位置，再以車用滅火器嘗試滅火，如無法撲滅，應立即撥打 119。站務員接獲駕駛員通報時，應明確指示處理動作，並依班車行車異常

⁴² 依照大都會提供「站管人員處理行車異常通報須知」中規定，須向駕駛長詢問「肇事資料查詢」項目，包含：駕駛班車路線及牌照號碼、發生時間與地點、發生過程、去/返程、人員傷亡及送醫情形、我方及對方車損情形、是否報警、是否有媒體到場，以及告知駕駛長須每 20 分鐘定期回報後續狀況。

通報流程通報詳附錄 6，持續追蹤後續情形至狀況解除為止。

1.14.1.3 事故當日通報情形

本案車輛之調度係由民生站及中和站共同管理，0730 時至 1730 時由民生站負責，其餘時間則由中和站負責。民生站站務員下班前會將班表及異常事件訊息傳至 LINE 站務群組，包含車輛外觀、車輛充電問題、當日車輛故障報修等，並由中和站站務員接手調度和車輛處理。本次事故發生時間為 2047 時，事故通報及處置由中和站負責。

事故車輛於事故當日上午執行第 1 趟勤務（非事故駕駛員），勤務結束後因充電問題先停放於民生站等待維修，近中午維修完成後，1400 時駕駛員 A 出勤後立刻發現車門開關異常，故 1406 時再駛回民生站維修，再次維修完成後由駕駛員 B 進行試車，後由事故駕駛員於 1625 時改駕駛事故車輛執行第 2 趟勤務，惟於 1902 時執行第 3 趟勤務途中發生事故。

依據事故駕駛員訪談資料，在執行第 2 趟勤務出車前發現 HMI 上「大電系統警告」燈號亮起黃燈（警示燈告警訊息如圖 1.6-3），並發現 HMI 警報訊息頁面中有異常訊息，隨後於 LINE 站務群組通報事故車輛異常狀況，經民生站站務員同意後始出車，之後的駕駛期間內，「大電系統警告」燈號持續亮黃燈且 SOC 均未減低。

第 3 趟勤務行駛過程中，事故駕駛員發現 HMI 另一「電池警告」燈號亮起黃燈，之後「大電系統警告」燈號由黃燈轉為「大電系統異常」紅燈且有動力減弱情形，因此將事故車輛停靠至長庚醫院站，請乘客下車並致電中和站通報，中和站站務員確認安排乘客接駁後，請事故駕駛員將事故車輛駛回站上，然事故駕駛員返回車上又發現「電池警告」燈號由黃燈轉為「電池異常」紅燈（此時大電系統及電池兩燈號均為紅燈），隨即於 2045 時開啟事故車輛之危險告警燈，並再次致電向中和站回報車輛異常狀況，在通話過程中事故車輛於 2047:25 時起火，事故駕駛員隨即改撥打 119 報案。

1.14.2 主管機關管理作為

評鑑及行車安全業務檢查

依據公路法第 4 條，大都會屬臺北市之市區汽車客運業者，其營運管理之主管機關為臺北市公運處。公運處依據「臺北市市區汽車客運業營運與服務評鑑執行要點」及「臺北市市區公車營運與服務品質督導及評鑑委員會⁴³作業要點」，對所轄之市區汽車客運業者進行每年 2 次之營運與服務評鑑（以下簡稱評鑑）及行車安全業務檢查，民國 111 年至事故發生當月共計 5 次評鑑，大都會均取得優等（90 分以上）。

檢視民國 114 年第 1 期臺北市市區公車評鑑總體報告書，評鑑項目包含公車業者營運之場站管理、運具維護及安全管理、服務品質、無障礙服務及公司經營管理等 5 大面向、26 項指標，其中僅有 1 項指標為採購電動公車指標且為加分項，顯示電動公車與燃油公車之評鑑標準並無明顯差異。而在行車安全業務檢查中，公運處額外針對有使用電動公車營運之業者，檢視其電動公車緊急應變之教育訓練、車輛及充電設備定期保養紀錄、用電場所安全定期檢驗紀錄等。

另依據公運處民國 112 年 7 月 25 日召開「研商本市電動公車消防作為」會議，由公運處會同臺北市政府消防局對所轄之市區汽車客運業者進行每年 1 次電動公車場站危害辨識作業，檢核項目詳附錄 7。民國 114 年大都會所屬 8 處場站受檢結果均合格。

前述行車安全業務檢查及電動公車場站危害辨識結果，亦納入評鑑指標與計分項目中，作為評鑑結果評定及後續督導管理之依據。

⁴³ 委員會組成共 19 人，由臺北市政府交通局局长兼任召集人、副局长兼任副召集人，其餘組成代表為交通局、勞動局、法務局、研究發展考核委員會、公運處、交通部、臺北市公車聯營管理委員會、財團法人中華民國消費者文教基金會及身心障礙團體代表各 1 人、專家學者 5 人、臺北市民眾代表 3 人。

業者違規管理

大都會民國 114 至事故發生當月，共遭公運處發函 123 次，其中 64 次（約 52%）係與發車時間有關之投訴，其他案件亦多為駕駛員服務品質項目，如未善盡管理責任（含擅離駕駛座、未依 SOP 服務特殊需求乘客、過站不停）、車未停妥即開車門或車門未關妥即行駛等；針對駕車時間部分，大都會並無違規而遭公運處發函告警之紀錄。

勞動檢查情形

勞動監督檢查等相關業務之主管機關為臺北市勞動檢查處，事故發生前 2 年內，大都會並無違反勞動法令之紀錄。

1.15 其他資料

1.15.1 訪談摘要

為瞭解事故車輛維修過程，相關人員訪談摘要詳附錄 8；為瞭解事故車輛的電池組功能及運作原理，相關人員訪談摘要詳附錄 9；為瞭解事故車輛充放電過程及程序，相關人員訪談摘要詳附錄 10。

1.15.1.1 事故駕駛員

受訪者過往曾從物流業，約有 4 年駕駛 3.5 噸貨車之經驗。受訪者於民國 102 年取得職業大客車執照，民國 113 年 11 月進入大都會服務至今，入職前有完成大客車定期訓練，但至大都會任職後才開始有實際執行大客車勤務之經驗。

事故經過⁴⁴

受訪者事故當日 0630 時起床，約 0700 時自家中出發，約 0800 時從新

⁴⁴ 訪談所提及之時間皆為事故駕駛員口述，正確時間仍須以 GPS 或 CCTV 為主。

北市土城區四海站發車執行第 1 趟 262 路線駕駛勤務，約 1030 時抵達臺北市松山區民生站，至下午第 2 趟勤務前為休息時間（又稱中退），有吃飯及小睡約 30 分鐘。受訪者在第 2 趟勤務時受指派改駕駛事故車輛，約 1625 時從民生站發車，約 1900 時前到達四海站，1900 時繼續執行第 3 趟往民生站的勤務並於該趟勤務中發生本次事故。

第 2 趟勤務開始前，受訪者發現事故車輛 HMI 上三角形的大電燈號亮起黃燈，隨即與民生站站務員確認是否仍可繼續行駛，經該站務員與華德確認後，未說明為何會亮黃燈，但有回覆可繼續行駛，受訪者遂依指示開始執行勤務，一路上黃燈雖持續亮起，但車輛仍可正常行駛，該趟出車前及到站後 SOC 均為 88% 未有變化，受訪者有嘗試重新發動車輛 2 次但仍未改善，反映給中和站站務員討論是否重啟大電系統，惟該站務員顧慮車輛可能會無法重啟而作罷。

執行第 3 趟勤務約 2030 時行駛到長庚醫院站時，發現大電燈號由黃燈變為紅燈且感覺行駛動力減弱（未聽見任何警示音），判斷車輛不適合繼續行駛後就盡速停靠路旁，同時請乘客下車並致電中和站站務員通報車輛故障（路故）協助安排乘客轉乘，惟中和站站務員請受訪者嘗試將車輛開回站上；事故車輛當時並未熄火，仍怠速停在路旁時，受訪者有聞到塑膠燃燒的味道。

受訪者有清點乘客人數，總共為 7 人。乘客下車後，受訪者回到駕駛座拍攝 HMI 燈號照片，發現大電燈號下方另一個燈號也亮起紅燈，受訪者表示亮紅燈應屬嚴重的狀況，認為不應該再繼續駕駛，故再次下車並致電中和站站務員確認是否要開回站上，但在通話的過程中車輛即發生爆炸（共聽見 3 次爆炸聲），隨即改撥打 119 報案。

受訪者感覺起火點為從充電口附近，當時事發突然也不敢太靠近查看，只知道在短時間內整台車輛就全部燃燒了。另受訪者表示，知道車內有緊急斷電開關，惟不清楚使用時機，此外車輛左後上方還有一個大電的開關

可以關閉，惟事故車輛當時已起火，故無法操作。

對事故車輛之瞭解

受訪者並非事故車輛的主要駕駛人，實務上會以站務員安排為主，常因為充電等原因換不同車輛值勤，一天可能會駕駛到 3 台不同車輛，而 1 週內駕駛到事故車輛可能會有 1 至 2 次。

受訪者表示事故車輛當日早上在維修，但不清楚維修原因，也不清楚發車前是否在充電，車輛系統問題皆由站務員與廠商進行討論，故不清楚實際狀況。另事故車輛於 4 月 27 日有發生過追撞事故，受訪者表示知道有發生事故，但不清楚細節，也不了解車輛損壞的情形。

事故前精神狀況

受訪者於事故當日 0630 時起床後至執行第 1 趟駕駛勤務期間之精神狀況，自評為「3 精神狀況不錯，還算正常，足以應付任務」，執行完第 1 趟勤務後覺得已經完全有精神，自評「1 警覺力處於最佳狀態；完全清醒的；感覺活力充沛」；因第 2 趟執勤前已有充分休息，自評當時「2 精神狀態雖非最佳，然仍相當良好，對外界刺激能迅速反應」；執行第 3 趟時雖然中間沒有休息，但覺得精神狀況良好，自評疲勞程度為「2 精神狀態雖非最佳，然仍相當良好，對外界刺激能迅速反應」。

事故前 3 日勤務安排與作息

受訪者表示，一般而言會於第 1 趟勤務前 1 小時到達發車站所，約出門前 20 分鐘左右起床。6 月 15 日（事故前一日）為休假，6 月 14 日及 6 月 13 日皆有值勤，惟因排班時間不固定，故不記得實際作息。

身體狀況與睡眠

受訪者有定期服藥，表示藥物的副作用不會影響開車。平常的睡眠需求是 7 個小時左右，大約 30 分鐘內可以入睡。

公司教育訓練

入職後接受大都會為期 1 至 2 週之新人訓練。訓練項目包括：車輛保養、駕駛期間注意事項、電動車充電、緊急應變、電動車儀表圖示意義等，受訪者表示學科類的訓練感覺比重較少，多以術科等實車訓練及現場教學為主，實車練習以油車為主，訓練期間由班長帶領，班長會在旁確認駕駛期間需要注意的地方。最後完成訓練後，受訪者執行勤務為駕駛電動公車行駛 262 路線，往返民生站與四海站之間。除新人訓練之外，未有其他定期訓練。

受訪者表示，公司未提供類似本事故的應對處理訓練，本次事故的應對處理是依受訪者個人的經驗判斷：看到紅色燈號就應該立即停車。此外受訪者表示，雖然公司有提供電車相關訓練，但也無法確定公司提供的電車訓練是否足夠，同時認為公司對於電車訓練可能也很陌生，不確定提供給駕駛員的資訊是否充足。

公司勤務安排

受訪者表示自己固定星期日排休，公司會於前一日提供隔天第 1 趟勤務的時間段與駕駛車輛，各趟勤務不一定是同一台車，由站務員當日視情況調度，像事故當日直到 1620 時還不確定要駕駛哪一台車。一天基本會有 2 趟往返民生站及四海站之駕駛勤務（全程車），第 1 趟的時間從 0645 時至 0825 時之間不等，單程的駕車時間約 2.5 小時。站務員會考量車輛充電時間而彈性調度車輛，偶爾也會調派區間車的勤務，區間車的駕車時間約 2 小時，區間車勤務的頻率約每週 1 次。

依駕駛時段區分為早班、單班（會有中退）及晚班，早班約為 0530 時發車；晚班最晚可能會到隔日凌晨 0100 時左右。受訪者是屬於單班時段，依站務員排班，會有中退時間。

受訪者表示不清楚總共有幾位駕駛 262 路線的駕駛員，若有人請假也不會臨時被公司叫去支援，通常會提早溝通。

對於電動公車的瞭解與車輛異常回報

受訪者認為電車駕駛起來比油車輕鬆很多，在轉換駕駛電車上沒有感覺到困難的地方，只有多了充電的流程需要多加留意。充電的流程為回到站所後，於方向盤下方按 2 下關閉車輛電源，確認車輛電源關閉後即可使用充電樁充電，需要確認充電時有確實充入車輛中，有時會跳掉顯示充電結束，此時重插即可恢復充電，約有 5% 機率會發生這種情況。教育訓練時有教導過，需要確認電流有在變化而非看百分比，確認有在充電後才能離開。受訪者表示不清楚車上電池的數量，只知道大概的電池位置，也不清楚大電的伏特數，只知道 HMI 上有小電的伏特數。

依公司規定發車前會檢查車況，電動車的 HMI 中會有很多資訊，SOC、輪胎胎壓、電池放電情形、氣壓、水溫等，若有異常會亮燈號，此外也會檢查車內的攝影機是否正常。若車輛有異常的話，會由駕駛員通報至群組，據受訪者了解，公司應該沒有雲端等資料可以查詢，須仰賴駕駛人通報。

車輛的保養是由站務員負責通知，若里程數到達保養標準時，站務員會請駕駛員開回指定保養地點，或是開回民生站或四海站，由華德派員檢修。

相關建議

受訪者認為廠商在車輛維修上需要更加強，車輛經常需要進行維修，且認為頻率偏高，耳聞過的狀況如無法上電、無法充電、充電充不飽、燈號變黃等情形，會讓駕駛員對其沒有信心，應該要提升維修品質，才能保障行車安全。本次事故是受訪者第一次遇到的電車異常狀況。

1.15.1.2 大都會民生站駕駛員 A 訪談紀錄

受訪者表示事故當天約 1400 時駕駛事故車輛由民生站發車，發車後發現前門的感應器出現異常，HMI 上顯示前門未關閉，踩電門隨即失去反應，試著將車門重新開關，HMI 又恢復正常，但是後續接連發生兩三次，最終

只開 1 公里左右就返回民生站，並向民生站站務員反映後要求換車。受訪者表示出車前按照標準程序檢查 HMI 各項指示，包括溫度和壓力等，當時顯示皆正常，未有任何警示燈亮起，確認一切正常後才開始駕駛。

對於 HMI 警示系統的理解，受訪者表示黃色警示燈號代表大電異常，而紅色警示燈號則表示車輛完全無法行駛。若是遭遇黃色警示會立即通報給站務員，站務員會聯絡華德確認車輛是否可以繼續行駛，大部分情況下，華德都會回覆可以繼續行駛，並安排後續的檢查時間，並未遭遇紅色警示燈號亮起的狀況。

有關黃色警示燈號亮起是否會影響車輛操作之情況，受訪者表示控制車輛速度和各方面的操作都正常，雖然有大電異常的黃色警示，但經過站務員詢問華德確認沒有問題後就可正常行駛，不會影響到車輛操作。

1.15.1.3 大都會民生站駕駛員 B 訪談紀錄

事故車輛原於 1400 時左右由另一位駕駛員自民生站發車，但事故車輛發車後不久便發現前門存在感應不良的問題，因此決定返回民生站處理，當事故車輛返回民生站後，民生站站務員指示受訪者測試事故車輛的運行狀況，特別是要確認前門感應器的問題。

受訪者在接到指示後，立即對車輛進行測試，將事故車輛駛離民生站，整個測試過程大約持續了 20 分鐘，過程中車輛運行完全正常，包括門控系統、煞車系統以及動力系統等，未出現任何異常狀況或警示燈號。然而，當受訪者完成測試返回民生站時，車輛的電力系統突然出現黃色警示燈號。

當時，恰好華德維修技師正在民生站內進行車輛維修作業，受訪者便向他們反映事故車輛出現黃色警示燈的問題，維修技師在聽到受訪者描述後，立即上車進行檢查，經過檢查後，維修技師向受訪者說明可以繼續使用該車輛，如果隔天仍然出現相同的警示狀況，則會進行檢修。受訪者未向民生站站務員反映車輛出現黃色警示燈的狀況。

受訪者表示，依據公司的作業規範，黃色警示燈出現時，駕駛員可以繼續行駛，但必須立即回報站務員，並盡快將車輛開回站內，當黃色警示燈亮起時，有時車輛的動力輸出會受到限制，馬力會明顯下降，有時車輛的動力不受影響，如果出現紅色警示燈，代表車輛可能隨時會完全斷電，因此駕駛員必須立即停車，不能繼續行駛。

1.15.2 車輛安全審驗法規與審驗紀錄

車輛安全審驗法規

檢視車輛安全檢測基準 64、64-1 電動汽車之電器安全，民國 105 年 11 月 24 日發布之 64-1 項目中，提及有關車輛電氣安全之要求，內容如下：

4. 車輛電氣安全要求

申請者於申請認證測試時應至少提供一部代表車及車輛電氣規格基本特性資料至少包含表二，並納入實車安裝說明文件。

8. 動力裝置之可充電式電能儲存系統 (REESS) 安裝相關基本安全防護設計符合性聲明項目：

8.1 整車車體應有可充電式電能儲存系統 (REESS) 受外力破壞之防護設計，如受振動、熱衝擊、擠壓及機械衝擊，其設計功能應能達到避免爆裂、起火、電解液之洩漏、排氣及破裂等之防護。

8.2 其可充電式電能儲存系統 (REESS) 應有耐火、外部短路保護、過度充電 (Overcharge) 保護、過度放電 (Over-discharge) 保護、過熱保護、及絕緣電阻維持或滿足 IPXXB 保護等級等基本性能，達到避免爆裂、起火、電解液之洩漏、排氣及破裂等之防護。

民國 111 年 9 月 27 日最新發布之 64-1 項目中，提及有關車輛電氣安全之要求，內容如下：

4. 車輛電氣安全要求

申請者於申請認證測試時應至少提供一部代表車及車輛電氣規格基本特性資料（至少包含表二），或為符合 8. 之 REESS 可充電式電能儲存系統基本特性資料（至少包含表三），並納入實車安裝說明文件。

8. 動力裝置之可充電式電能儲存系統(REESS)安裝相關基本安全防護規定，申請者應檢附 REESS 依下列規定檢測合格之檢測報告作為證明文件。另亦得檢附取得交通部本項認可之檢測機構、聯合國 WP.29 1958 協定指定之 UN R100 技術服務機構或經審驗機構實地確認具測試能量之專業機構，依 UN R100 02 或 03 系列進行 REESS 測試之合格報告作為證明文件。

事故車輛相關車型車輛安全審驗紀錄

依據財團法人車輛安全審驗中心所提供事故車輛相關車型車輛安全檢測基準審查報告，RAC-700 共分為 6 種車輛型式，適用且通過車輛安全檢測基準 64 及 64-1，電池包分為鋰三元及磷酸鋰鐵 2 種型式。此外，依據不同版本之電動汽車之電器安全檢測基準，各車型檢測報告檢附對應各檢測基準之內容，以及 IP65 測試、振動測試、R100 02、R100 03 等相關合格報告，彙整各車型車輛安全檢測基準審查報告如表 1.15-1。

表 1.15-1 車輛安全檢測基準審查報告

報告時間	車輛型式	檢測基準	電池包型式	檢測報告中與電池相關之備註	表二 1.8 REESS合格報告
2015/07/14	RAC-700-ELCB-2710	64	N/A	N/A	N/A
2018/02/22	RAC-700-ELCB-2710	64	N/A	N/A	N/A
2019/09/10	RAC-700-ELCB-2740	64-1	N/A	含REESS安裝相關基本安全防护設計符合性聲明	N/A
2022/03/01	RAC-700-ELCB-2800	64-1	4824B30A 4824B30B (鋰三元NMC)	含表二、表三及REESS安裝相關基本安全防护設計符合性聲明	附IP65測試、振動測試計畫及報告
2022/12/07	RAC-700-ELCB-2802	64-1	4824B31 4824B32 (鋰三元NMC)	含表二、表三	附R100 02報告 附R100 02報告
2023/10/04	RAC-700-ELCB-2900	64-1	15335B04-C (磷酸鋰鐵)	含表二、表三 新增REESS符合UN R100 03測試證明文件	附R100 02報告
					附R100 03報告

1.15.3 中鹿客運電池組溫度異常事件

經查，中鹿客運於民國 112 年 12 月 9 日執行車牌號碼 EAL-0696 之車輛首次試運行。後台數據顯示，車輛於 0642 時上電開始行駛，經短暫停止怠速後再於 0828 時繼續行駛，於 1200 時 L 電池包溫度升至攝氏 45 度，後於 1240 時溫度升至攝氏 50 度，觸發動力電池溫度過高警報，車輛自動限制輸出功率，此時電池組平均溫度攝氏 25 度；1315 時溫度升至攝氏 55 度，觸發動力電池溫度超高警報，車輛輸出功率限制降至 0%，駕駛員靠邊停車並進行斷電處置，此時電池組平均溫度攝氏 25.5 度。後經華德維修技師檢修發現車輛電池組之 L 電池包於第 155 號電芯模組於組裝時，使用之鎖固程序為在螺桿尚未貼合導片前直接以高扭力鎖固，可能使螺桿歪斜、咬牙、滑牙，或導片壓傷、變形，造成負極導片虛接，接觸阻抗異常、通電後溫度異常升高，融化電極導片上方保護蓋（如圖 1.15-1）。



圖 1.15-1 EAL-0696 車輛 L 電池包發現電極導片上方保護蓋融化

1.15.4 事件序

本小節依事故地點 CCTV、事故車輛 HMI 顯示畫面及維修紀錄、GPS、相關人員訪談紀錄等資料彙整事件時序，詳表 1.15-2。

表 1.15-2 事件時序表

日期	時間	說明	資料來源
6 月 15 日	0849 時	民生站站務員向華德反映事故車輛至多僅可充電至 85%	大都會與華德通報紀錄
6 月 16 日	1212 時至 1238 時	華德維修技師更換事故車輛 L 電池包	華德維修表單
	1400 時至 1406 時	駕駛員 A 駕駛事故車輛出勤，發現前門開關異常，故再駛回民生站檢修	訪談紀錄、GPS
	1434 時至 1456 時	駕駛員 B 駕駛事故車輛試車，途中未發現異常狀況，但返回民生站後，HMI 出現「大電系統警告」黃燈	訪談紀錄、GPS
	1513 時	事故車輛出現「PACK#12 單體電壓過高-行駛/停止-1 級」訊息	HMI 警報訊息頁面
	1517 時	駕駛員 B 通報華德維修技師燈號狀況，華德維修技師告知可繼續駕駛，透過行駛耗電讓電壓下降即可	訪談紀錄
	1618 時	事故車輛出現「BTMS 液位過低」訊息	HMI 警報訊息頁面
	1621 時	事故車輛出現電「PACK#12 單體電壓過高-行駛/停止-1 級」訊息	HMI 警報訊息頁面
	1624 時	事故駕駛員在 LINE 站務群組內通報：事故車輛「大電系統警告」為黃燈以及 HMI 警報訊息頁面，民生站站務員指示可出車	大都會群組通報紀錄、事故駕駛員拍攝之事故車輛 HMI 畫面、訪談紀錄
	1625 時	事故駕駛員第 2 趟勤務發車	GPS
	1733 時	駕駛員 B 在群組內回覆：華德維修技師表示可繼續行駛，讓事故車輛放電	LINE 站務群組通報紀錄
	1856 時	事故駕駛員第 2 趟勤務結束	GPS

日期	時間	說明	資料來源
	1902 時	事故駕駛員第 3 趟勤務發車	GPS
	2036 時	事故駕駛員拍攝 HMI 照片：「電池警告」亮起黃燈、「大電系統警告」維持黃燈	事故駕駛員拍攝之事故車輛 HMI 畫面
	2041:09 時	事故駕駛員將事故車輛停靠路邊並請所有乘客下車，之後打電話通報中和站站務員	CCTV
	2042 時	事故駕駛員上車拍攝照片：「大電系統警告」由黃燈轉為「大電系統異常」紅燈、「電池警告」維持黃燈	事故駕駛員拍攝之事故車輛 HMI 畫面
	2042:55 時至 2044:52 時	事故駕駛員下車再次聯繫中和站站務員	CCTV、訪談紀錄
	約 2045:10 時	事故駕駛員返回車上，發現「電池警告」黃燈轉為「電池異常」紅燈、「大電系統異常」維持紅燈，並拍攝照片	事故駕駛員拍攝之事故車輛 HMI 畫面
	2045:12 時	事故車輛車後危險警告燈亮起	
	2045:18 時至 2046:40 時	事故駕駛員站至事故車輛右側後門邊操作手機	CCTV
	2047:12 時	事故駕駛員走至事故車輛後方，並再度電話聯繫中和站站務員	CCTV、訪談紀錄
	2047:21 時	事故駕駛員聽見爆炸聲響	訪談紀錄
	2047:22 時	事故車輛右後側冒出白煙	
	2047:27 時	事故車輛右後側開始起火燃燒	
	2047:54 時	事故車輛左側車窗冒出火焰	CCTV
	2051 時	警方抵達事故現場	
	2052 時	消防車抵達事故現場	
	2101 時	火勢撲滅	臺北市政府消防局 災害報告單

附錄 1 其他電池包 (A 至 K) 損害情形



圖 1 A、B 電池包

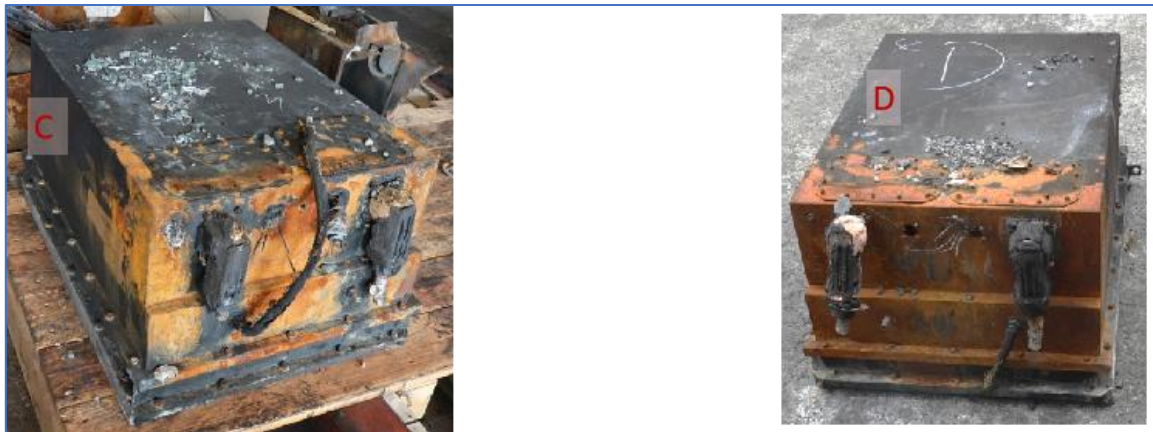


圖 2 C、D 電池包



圖 3 E、F 及 G 電池包

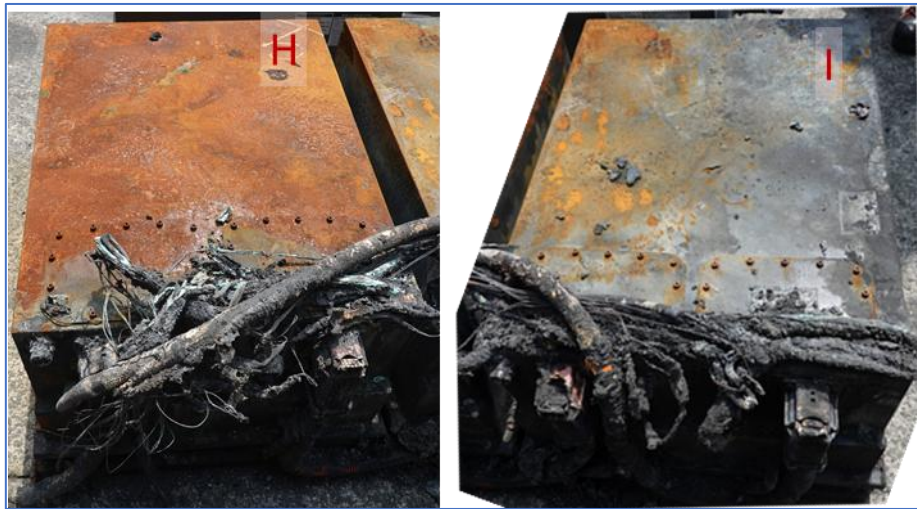


圖 4 H、I 電池包



圖 5 J、K 電池包

附錄 2 作業指導書-L 包電池箱維修檢查

華德動能科技股份有限公司		
作業指導書		
工作內容	電池包L 更換流程說明	頁次 1/5
1. 電池包安裝前，使用智能化電池系統診斷器檢測電池包電器性能是否正常		
名稱: 智能化電池系統診斷器		操作方式:
用途 1. 快速檢測車上大巴的電池管理系統，是否發生故障以及故障原因 2. 檢測單一電池包、BMS、CHG訊息(包含: 軟/硬體版本、電池芯電壓、溫度及其他額外訊息)		1. 檢測線束接到電池箱的CMU接頭 2. 將電池包上編號旋鈕轉至需要編號位置 3. 打開電源開關 4. 選取電池包檢測選項，並按下進入鍵
		
FH-PT-00-002-01		

華德動能科技股份有限公司		
作業指導書		
工作內容	電池包L 更換流程說明	頁次 2/5
1. 電池包安裝前，使用智能化電池系統診斷器檢測電池包電器性能是否正常		
檢測結果:		
電池芯電壓值- 共14顆電芯電壓值	電池箱溫度- 共4組溫度數據	
		
電池箱內部繼電器閉合測試	電池箱內部繼電器斷開測試	
		
FH-PT-00-002-01		

作業指導書

工作內容

電池包L更換流程說明

頁次 3/5

2. 電池包L 拆解與安裝說明

電池箱(型)四的拆卸與組裝

注意：

- 型式四為電池箱L，線束接頭朝車外側。
- 若有更換電池箱，需執行電池箱漏電檢測與高壓線束接頭絕緣阻檢查。請參閱「電池系統的“電池箱檢測方式”」。

拆卸方式

1. 拆開電池箱線束接頭○-○，與適當工具拆下電池箱滑軌固定螺絲○-○。



註：

- 使用適當工具撬開高壓線束接頭的固定扣○，再向下壓下固定扣○，再向外拔開高壓線束接頭。

2. 在電池箱前方放置適當的升降設備，再移出電池箱。

警告：

- 一個電池箱重量約160kg，移動電池時須注意安全，避免人員受傷，或造成元件和設備損壞。



3. 使用適當工具拆開電池箱固定座螺絲○(四邊共20顆固定螺絲)。

4. 使用吊掛設備吊起電池箱。

警告：

- 一個電池箱重量約160kg，移動電池時須注意安全，避免人員受傷，或造成元件和設備損壞。



組裝方式

1. 使用吊掛設備將電池箱放置在電池箱固定座上。

警告：

- 一個電池箱重量約160kg，移動電池時須注意安全，避免人員受傷，或造成元件和設備損壞。

- 電池箱L僅可安裝無內建AMB系統的電池箱。
- 無內建AMB系統的電池箱僅可使用於電池箱L，不可安裝於其他電池箱。



2. 使用適當工具鎖緊電池箱固定座螺絲○(四邊共20顆固定螺絲)。

3. 於電池箱滑軌接觸面○噴塗適當的潤滑油。



FW-PT-00-002-01

作業指導書

工作內容

電池包L更換流程說明

頁次 4/5

2. 電池包L 拆解與安裝說明

4. 使用適當的升降設備將電池箱抬升至適當位置，再電池箱推入至定位。

警告：

- 一個電池箱重量約160kg，移動電池時須注意安全，避免人員受傷，或造成元件和設備損壞。



5. 使用適當工具鎖緊電池箱滑軌固定螺絲○，並安裝電池箱線束接頭○。

注意：

- 請確實將線束接頭插入到底。



註：

- 向內插入高壓線束接頭，再壓入高壓線束接頭的固定扣○。



6. 旋轉電池箱的PACK ID旋鈕○至相對應的號碼。

註：

- 電池箱L PACK ID碼：12。



7. 將車輛上電，電源開關ON，檢查人機介面(HMI)的電池頁面，電池箱狀態是否皆正常。



FW-PT-00-002-01

附錄 3 大都會車輛一級保養檢查表

市區公車車輛一級保養檢查表

車號：_____

_____年_____月_____日

項次	檢查項目	檢查基準	手排	自排	電動車
1	引擎機油量	檢查機油尺油量刻度是否於中線至最高點間			X
2	水箱、水管	檢查主副水箱水量是否正常（不足加滿）、水箱、水管是否漏水			
3	各式皮帶	檢查皮帶鬆緊度及是否龜裂			X
4	轉向機油	檢查油量是否於最高位置			
5	煞車、離合器油	檢查油量是否足夠		X	X
6	離合器	檢查離合器高、低是否適當		X	X
7	輪胎氣壓及固定螺栓	檢查是否破胎、螺絲鬆動			
8	發動引擎	檢查有無異聲、漏水、漏機油、異常排煙			X
		檢查各項儀表、警示燈、方向燈、雨刷是否正常			
9	煞車氣壓	檢查空氣壓力錶氣壓是否正常			
10	電瓶	檢查電瓶接頭、固定電瓶架是否牢固			
11	車輛外部燈光	檢查車輛外部燈光是否正常			
12	安全門操作	檢查是否能正常開（關）、蜂鳴器是否正常			
13	先進駕駛輔助系統 (ADAS)	檢查是否防撞防偏移警示系統是否正常			
		檢查盲區偵測設備是否正常			
		檢查疲勞偵測設備是否正常			
14	<input type="checkbox"/> 全車安全帶 <input type="checkbox"/> 車窗擊破器 <input type="checkbox"/> 滅火器 <input type="checkbox"/> 三角故障牌 <input type="checkbox"/> 斜坡板 (低地板車輛)				正常：V 異常：X

說明 駕駛長於每日晨間或第一趟出車前應逐項檢查，車輛檢查有異狀時，應立即報修，停止出車。

駕駛長勤前檢查紀錄表						備註
項目	量測結果					
血壓、體溫	收縮壓(高)	舒張壓(低)	體溫	收縮壓(高)	舒張壓(低)	體溫
酒精檢測	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 異常		<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 異常			
精神狀況	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 異常		<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 異常			
健康狀況	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 異常		<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 異常			
近期服用藥物	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有_____		<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有_____			
駕、行照	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	定期訓練證明		<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有		

一、酒測未過及精神、健康狀況不佳者，一律禁止派車。
 二、駕駛長於晨間報到時應先完成左列檢查項目無誤後，方得派任勤務，中退車報到時亦同。
 三、駕照須注意審驗日期；定期訓練證明請注意回訓時間。

行車前確認事項

項目	路線LED燈 <input type="checkbox"/>	站名播報器 <input type="checkbox"/>	行車紀錄器 <input type="checkbox"/>	動態資訊系統 <input type="checkbox"/>	驗票機 (時間校對) <input type="checkbox"/>	正常：V 異常：X
	監視器 <input type="checkbox"/>					

站長簽章：_____

站務員簽章：_____

駕駛長簽章：_____

本表應保存一年

OP-1-02-05G

國道客運車輛一級保養檢查表

車號：_____

_____年____月____日

項次	檢查項目	檢查基準	正常	異常
1	引擎機油量	檢查機油尺油量刻度是否於中線至最高點間，添加_____公升		
2	水箱、水管	檢查主副水箱水量是否正常（不足時加滿），水箱、水管是否漏水		
3	各式皮帶	檢查皮帶鬆緊度及是否龜裂		
4	轉向機油	檢查油量是否於最高位置		
5	煞車、離合器油（自排車免）	檢查油量是否足夠		
6	輪胎氣壓及固定螺栓	檢查是否破胎、螺絲鬆動		
7	離合器（自排車免）	檢查離合器高、低是否適當		
8	發動引擎	檢查有無異聲、漏水、漏機油、異常排煙 檢查各項儀表、警示燈、方向燈、雨刷是否正常		
9	煞車氣壓	檢查空氣壓力錶氣壓是否正常		
10	車輛外部燈光	檢查車輛外部燈光是否正常		
11	空氣芯	檢查空氣芯髒污指示器是否正常		
12	安全門操作	檢查是否能正常開（關）、蜂鳴器是否正常		
13	引擎室自動滅火裝置	檢查壓力錶氣壓是否正常		
14	<input type="checkbox"/> 全車安全帶 <input type="checkbox"/> 車窗擊破器 <input type="checkbox"/> 滅火器 <input type="checkbox"/> 三角故障牌 <input type="checkbox"/> 輪椅升降設備 (大復康巴士)		正常：V	異常：X
說明	駕駛長於每日第一趟出車前應逐項檢查，車輛檢查有異狀時，應立即報修，停止出車。			

駕駛長勤前檢查紀錄表						備註																																
項目	量測結果					一、酒測未過及精神、健康狀況不佳者，一律禁止派車。 二、駕駛長於晨間報到時應先完成左列檢查項目無誤後，方得派任勤務，中退車報到時亦同。																																
血壓、體溫	舒張壓	收縮壓	體溫	舒張壓	收縮壓							體溫																										
酒精檢測	<input type="checkbox"/> 正常	<input type="checkbox"/> 異常	<input type="checkbox"/> 正常	<input type="checkbox"/> 異常	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>酒測</td> <td>第1趟</td> <td>第2趟</td> <td>第3趟</td> <td>第4趟</td> <td>第5趟</td> <td>第6趟</td> </tr> <tr> <td>結果</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>酒測</td> <td>第1趟</td> <td>第2趟</td> <td>第3趟</td> <td>第4趟</td> <td>第5趟</td> <td>第6趟</td> </tr> <tr> <td>結果</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						酒測	第1趟	第2趟	第3趟	第4趟	第5趟	第6趟	結果							酒測	第1趟	第2趟	第3趟	第4趟	第5趟	第6趟	結果						
酒測	第1趟	第2趟	第3趟	第4趟							第5趟	第6趟																										
結果																																						
酒測	第1趟	第2趟	第3趟	第4趟	第5趟	第6趟																																
結果																																						
精神狀況	<input type="checkbox"/> 正常	<input type="checkbox"/> 異常	<input type="checkbox"/> 正常	<input type="checkbox"/> 異常																																		
健康狀況	<input type="checkbox"/> 正常	<input type="checkbox"/> 異常	<input type="checkbox"/> 正常	<input type="checkbox"/> 異常																																		
近期服用藥物	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有_____		<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有_____																																			
駕、行照	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	定期訓練證明		<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有																																		

行車前確認事項						
項目	<input type="checkbox"/> 路線LED燈	<input type="checkbox"/> 站名播報器	<input type="checkbox"/> 行車紀錄器	<input type="checkbox"/> 動態資訊系統	<input type="checkbox"/> 驗票機	正常：V 異常：X

站長簽章：_____ 站務員簽章：_____ 駕駛長簽章：_____

本表應保存一年

OP-I-02-03E

附錄 4 事故駕駛員事故前 1 個月之出勤及駕車時間

日期	出勤起訖時間 ⁴⁵		總出勤時數	累計駕車時數 ⁴⁶	間隔休息時數 ⁴⁷	當日趟次數
5 月 15 日	-	-	-	-	-	-
5 月 16 日	0720 時	2000 時	12 小時 40 分鐘	09 小時 13 分鐘	-	4
5 月 17 日	0700 時	2130 時	14 小時 30 分鐘	08 小時 01 分鐘	11 小時 00 分鐘	4
5 月 18 日	-	-	-	-	-	-
5 月 19 日	0800 時	2027 時	12 小時 27 分鐘	08 小時 50 分鐘	-	4
5 月 20 日	0740 時	2020 時	12 小時 40 分鐘	08 小時 37 分鐘	11 小時 13 分鐘	4
5 月 21 日	0720 時	2000 時	12 小時 40 分鐘	08 小時 20 分鐘	11 小時 00 分鐘	4
5 月 22 日	0700 時	1944 時	12 小時 44 分鐘	08 小時 50 分鐘	11 小時 00 分鐘	4
5 月 23 日	0645 時	2020 時	13 小時 35 分鐘	09 小時 26 分鐘	11 小時 01 分鐘	6
5 月 24 日	0730 時	2236 時	15 小時 06 分鐘	07 小時 02 分鐘	11 小時 10 分鐘	4
5 月 25 日	-	-	-	-	-	-
5 月 26 日	0740 時	2007 時	12 小時 27 分鐘	09 小時 14 分鐘	-	4
5 月 27 日	0720 時	2010 時	12 小時 50 分鐘	08 小時 40 分鐘	11 小時 13 分鐘	4
5 月 28 日	0720 時	1945 時	12 小時 25 分鐘	06 小時 19 分鐘	11 小時 10 分鐘	4
5 月 29 日	0645 時	2124 時	14 小時 39 分鐘	09 小時 13 分鐘	11 小時 00 分鐘	5
5 月 30 日	0830 時	2013 時	11 小時 43 分鐘	07 小時 16 分鐘	11 小時 06 分鐘	4
5 月 31 日	0730 時	2307 時	15 小時 37 分鐘	10 小時 55 分鐘	11 小時 17 分鐘	6
6 月 1 日	-	-	-	-	-	-
6 月 2 日	0645 時	2102 時	14 小時 17 分鐘	08 小時 59 分鐘	-	4
6 月 3 日	0825 時	2042 時	12 小時 17 分鐘	08 小時 15 分鐘	11 小時 23 分鐘	5
6 月 4 日	0800 時	2035 時	12 小時 35 分鐘	05 小時 35 分鐘	11 小時 18 分鐘	4
6 月 5 日	0740 時	2014 時	12 小時 34 分鐘	08 小時 47 分鐘	11 小時 05 分鐘	4
6 月 6 日	0720 時	1913 時	11 小時 53 分鐘	08 小時 23 分鐘	11 小時 06 分鐘	4
6 月 7 日	0700 時	2215 時	15 小時 15 分鐘	07 小時 51 分鐘	11 小時 47 分鐘	4

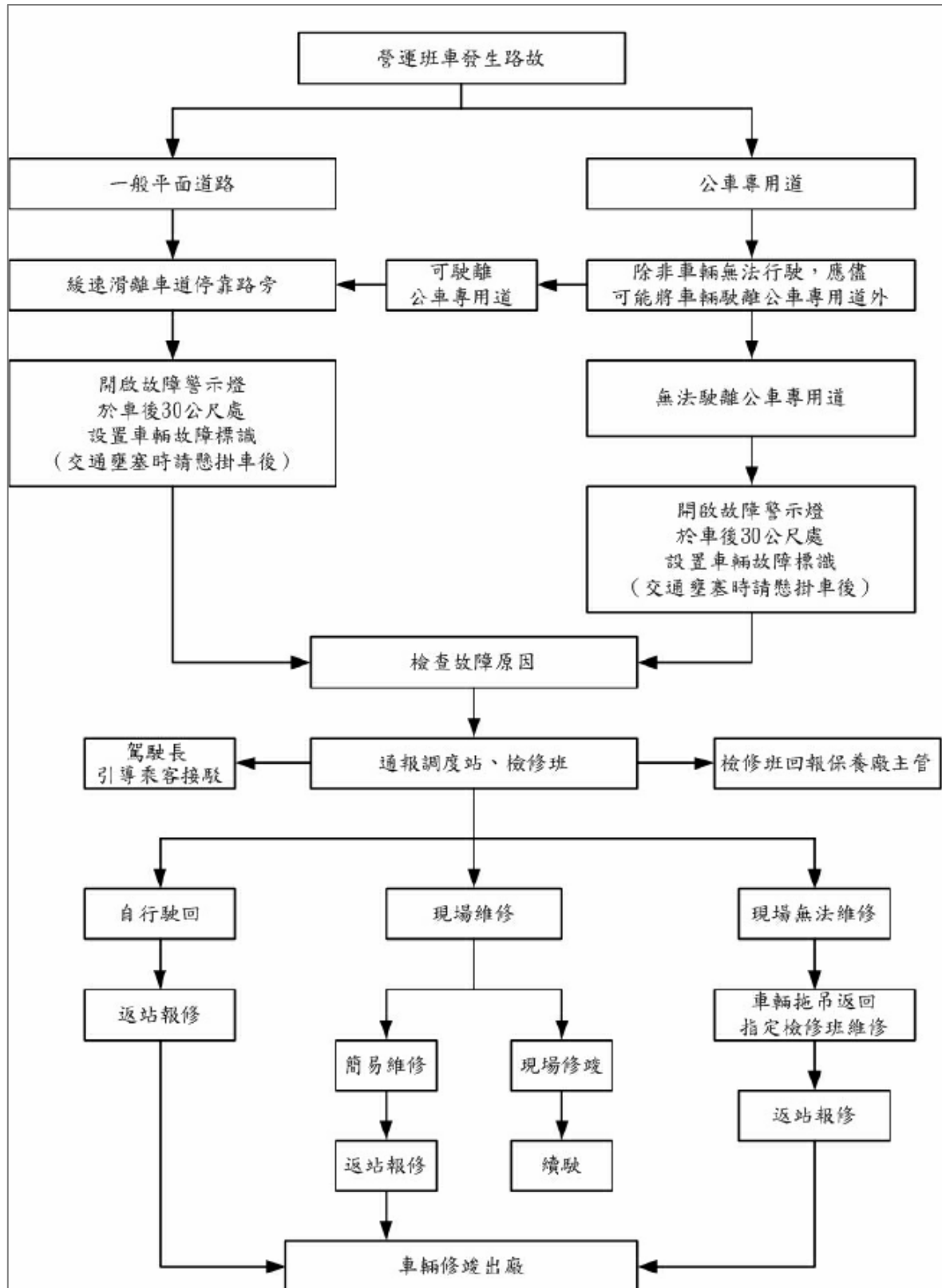
⁴⁵ 依大有提供之行車憑單，事故駕駛員當日第一趟勤務之發車時間至同一日最後一趟之到達時間，兩者區間範圍視為當日總出勤時數。

⁴⁶ 事故駕駛員當日每一趟勤務發車時間至到達時間之時數加總，考量車輛須時常停靠等待乘客上下車，故並未扣除車輛怠速時間。

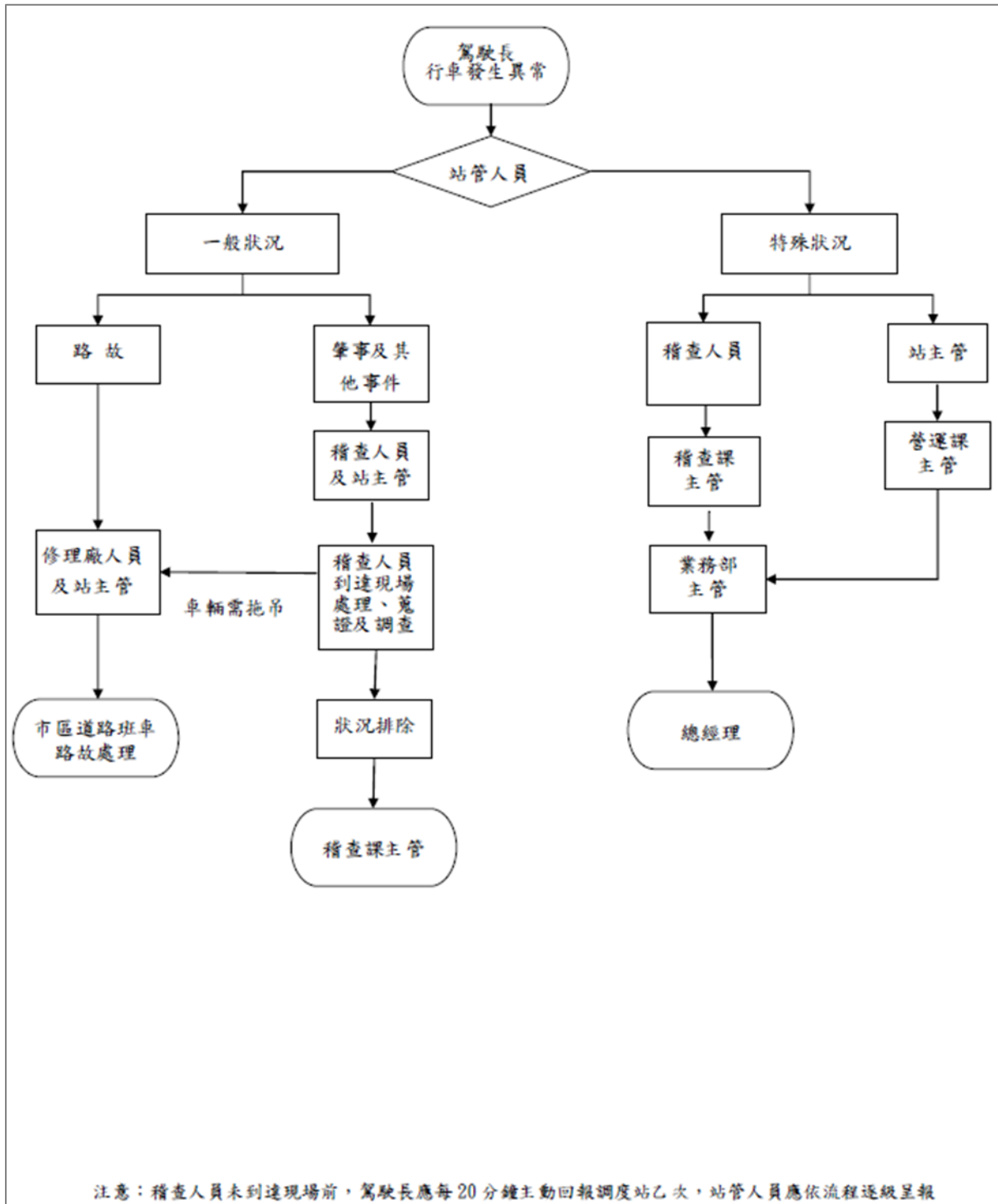
⁴⁷ 係指事故駕駛員當日第一趟勤務之發車時間與前一日最後一趟到達時間之間隔時數。

日期	出勤起訖時間 ⁴⁵		總出勤時數	累計駕車時數 ⁴⁶	間隔休息時數 ⁴⁷	當日趟次數
6月8日	-	-	-	-	-	-
6月9日	0850時	2051時	12小時01分鐘	09小時02分鐘	-	7
6月10日	0800時	2053時	12小時53分鐘	07小時08分鐘	11小時09分鐘	4
6月11日	0800時	2010時	12小時10分鐘	06小時03分鐘	11小時07分鐘	4
6月12日	0720時	1953時	12小時33分鐘	08小時41分鐘	11小時10分鐘	4
6月13日	0700時	1950時	12小時50分鐘	08小時53分鐘	11小時07分鐘	4
6月14日	0700時	2141時	14小時41分鐘	07小時56分鐘	11小時10分鐘	4
6月15日	-	-	-	-	-	-
6月16日	0800時	2050時	12小時50分鐘	06小時32分鐘	-	3
5月15日	-	-	-	-	-	-
5月16日	0720時	2000時	12小時40分鐘	09小時13分鐘	-	4
5月17日	0700時	2130時	14小時30分鐘	08小時01分鐘	11小時00分鐘	4
5月18日	-	-	-	-	-	-
5月19日	0800時	2027時	12小時27分鐘	08小時50分鐘	-	4
5月20日	0740時	2020時	12小時40分鐘	08小時37分鐘	11小時13分鐘	4
5月21日	0720時	2000時	12小時40分鐘	08小時20分鐘	11小時00分鐘	4
5月22日	0700時	1944時	12小時44分鐘	08小時50分鐘	11小時00分鐘	4
5月23日	0645時	2020時	13小時35分鐘	09小時26分鐘	11小時01分鐘	6
5月24日	0730時	2236時	15小時06分鐘	07小時02分鐘	11小時10分鐘	4
5月25日	-	-	-	-	-	-
5月26日	0740時	2007時	12小時27分鐘	09小時14分鐘	-	4
5月27日	0720時	2010時	12小時50分鐘	08小時40分鐘	11小時13分鐘	4

附錄 5 市區公車路故處理流程圖



附錄 6 班車行車異常通報流程圖



附錄 7 電動公車場站危害辨識檢核表

電動公車場站危害辨識檢核表

日期	公車業者	場站
年 月 日		

檢核項目	是否符合		備註
	是	否	
1. 安全措施設置情形			
1-1場站充電樁是否每2座至少配置1具，水滅火器或強化液滅火器			
1-2場站室內消防設備是否符合設置標準			
1-3抽檢在站電動公車車內滅火器設置數量是否符合道安規則（每車至少配置2具車用滅火器）			
1-4業者是否落實定期自主檢查（含駕駛員出車前車內外設備檢查、場站主管每週檢查每車1次、總公司每2週派員至場站檢查）。			
1-5業者是否依「用電場所及專任電氣技術人員管理規則」辦理定期檢驗，並應提報自主維護管理計畫，並依據自主管理計畫定期（每年至少1次）檢修及維護保養。			
1-6 業者是否設置視訊監控系統，充電專用停車格應完全處於視訊監控範圍內			
2. 充電樁設置情形			
2-1充電樁規格是否符合 CNS 規範			
2-2充電樁依原廠技術規範定期保養證明文件			
2-3高壓用電設備是否實施定期檢驗			
2-4充電槍是否歸位妥善			
2-5充電槍線路是否擺置允當			

附錄 8 訪談摘要（事故車輛維修過程）

8.1 大都會民生站站務員訪談紀錄

受訪者表示去（113）年 5 月到大都會民生站任職站務員，主要負責排班、安排電動車的調度，及處理行政事務。

有關車輛報修的流程，松德站旁邊有修理廠，車子有問題可以直接處理。民生站電動車的維修問題，會用 LINE 維修群組聯繫華德售服部門。如果是其他問題，如車門或者冷氣，就請駕駛員把車開到內湖站維修。

受訪者表示，如果車輛行駛時出現警示，比如大電異常的三角形符號，紅色警示一定要立刻停在路邊，等救援車來處理；如果是黃色警示，則可以先繼續營運，但必須馬上通報華德，華德會安排後續維修，華德的反應速度很快，通常一發訊息過去，對方馬上就會打電話來確認細節。

民國 114 年 6 月 15 日受訪者在 LINE 維修群組裡通報華德，說明事故車輛的 SOC 只能充到 85%，告知隔天 0900 時左右事故車輛會停在民生站。至 6 月 16 日當天，華德 4 至 5 名維修技師約於 1214 時抵到民生站，一到就直接開始更換電池，未與受訪者交談或互動，事故車輛維修完成後，維修技師請受訪者在手機上簽名確認，整個過程大概歷時 20 至 30 分鐘，維修技師大約於 1238 時離開。

有關事故當天的充電紀錄，資料顯示 1017 時開始充電，1207 時停止充電，SOC 最多只充到 87%。受訪者認為可能是華德維修技師在 1207 時停止充電。依據 GPS 紀錄，事故車輛在 1400 時有上電，然後在民生站外面繞了一小圈，大概 6 分鐘後關車，於 1435 時又上電一次，這次繞了一個大圈，歷時約 20 分鐘，受訪者表示應該是駕駛員反映前門感應器有問題，所以找其他駕駛員試車。

受訪者表示事故發生時已經下班，有聽說事故駕駛員於事故趟次中有

向中和站的站務員回報車上出現紅色警示，中和站站務員指示先讓乘客下車，改搭後面的班次，結果乘客剛下車不久，事故車輛就起火燃燒。

受訪者表示站務員主要藉由公司教育訓練了解工作內容，訓練時會看授課簡報資料，但沒有正式的手冊可以參考。民生站站務員下班後如果有什麼特殊狀況需要交接，受訪者會直接向中和站的站務員口頭說明，駕駛員在行駛過程中有問題也都是直接詢問中和站。

8.2 大都會中和站站務員訪談紀錄

受訪者表示在大都會中和站擔任站務員已近 3 年，工作內容包含排班調度、處理駕駛員出車時的突發狀況、接聽乘客的詢問電話與協助解答班次、服務應對，以及一般行政事務。中和站沒有電車充電設備，但站務員會輪流到民生站支援電車事務，因此對電車運作及維修報修流程相當熟悉，在必要時會處理與電車有關的情況。

有關電動公車維修規定和作業流程，受訪者表示，實際運作上，當電動車出現異常（例如黃色或紅色警示燈亮起），駕駛員通常會在 LINE 站務群組向站務員通報，站務員再將狀況通報至維修廠商華德的 LINE 維修群組。華德則會依據群組報修紀錄進行後續處置，如果遇到突發狀況，站務員亦可直接致電維修技師說明情況。日常操作中，如果是黃色警示燈亮起，華德會說明可以繼續營運，後續會派員維修；如果是紅色警示燈亮起，車輛就無法再繼續營運，需要將車子拖回進行維修；如果是與電池有關的，例如大電異常，通常會直接通報華德，由華德派員現場處理。

在事故當天，受訪者值班時間自 0700 時至隔日 0700 時，民生站站務員下班時間為 1730 時，1730 時之後由中和站接手 262 路線公車相關事宜。事故駕駛員於 1624 時，曾於群組上回報車輛出現黃色警示，依照分工，1600 時左右仍屬於民生站負責電車事務的時段，因此所有與電車相關的報修、訊息傳遞或異常狀況，都是由民生站站務員負責處理，中和站站務員在此時並不會主動參與或處理民生站的電車報修及回報事項。受訪者強調駕駛

員若發現車輛有異狀，除了在群組上貼照片、說明情況外，應主動打電話回報才便於即時處置。

受訪者查看事故當天駕駛員與站務員之通報群組中，1624 時事故駕駛員有傳送車輛出現黃色警示燈的訊息，但後續沒有人回應；站務員與華德之間的維修群組中，亦未見民生站站務員有將車輛出現黃色警示燈的訊息傳送給華德維修技師。

事故趟次中，事故駕駛員曾於晚上 2042 時致電受訪者反映 HMI 出現亮紅色警示燈情形，依照處理方式，需要立即報路故，停止營運下客並空車回站。事故駕駛員完成乘客接駁後，2049 時再度來電通知時車輛就發生爆炸，受訪者隨即聯絡華德維修技師反映最新狀況。

關於電車 HMI 出現警示燈之處理方式，受訪者表示在此次事故發生前，黃色警示燈依華德指引是可繼續運行，但仍須上傳 HMI 畫面給維修技師，出現黃色警示燈時不會影響車輛操作；紅色警示燈出現時，華德回報車輛可以開回去只是會限速，此時須立即開回站上，按 N 檔後下電，下電後車輛就無法再上電了。無論是出現何種警示燈號，華德後續皆會依照維修程序處理。

受訪者查看近期駕駛員與站務員之通報群組中，民國 114 年 6 月 10 日及 6 月 12 日皆有駕駛員反映車輛充電未達 100% 的現象，但後續站務員皆未將訊息再傳送到與華德維修技師的維修群組，可能因為此類充電異常不是立即有危險的狀況，所以未主動通報至華德。

8.3 臺北客運四海站站務員訪談紀錄

受訪者目前在臺北客運四海站擔任領組調度員，有 15 年從業經驗，主要負責協助站上的公車運作，包括安排出車時間、駕駛休假、調度車輛，以及協助電動公車的充電確認。

有關臺北客運四海站與大都會的關係，受訪者說明，大都會 262 路線

的土城總站位於臺北客運四海站附近，因此大都會的車輛於出車前會停放於臺北客運四海站，262 路線公車於夜間停止營運後，則會將車輛停至鄰近的大都會冷水坑站停車場。262 路線之班表由大都會民生站負責安排，但駕駛員早上會來四海站報到，臺北客運站務員則會依據大都會民生站提供之班表，協助安排出車。大都會的車輛如果有報修需求，仍須返回其所屬場站處理。

在充電管理方面，大都會的車輛如果有空檔時間需要充電，可以使用四海站的充電樁，晚上則多半回到冷水坑停車場充電。充電流程上駕駛員只要把車停好、插上充電槍，在允許充電的時間內就會自動開始充電，如果是在管制時間內則要使用專用卡片才能啟動充電。1600 時以後屬管制時間，插入充電槍後不會立即充電，會進入充電系統自動排程，等電價便宜的時段才自動開始充電。

受訪者提到，充電過程中如果遇到如充不飽電的異常現象，駕駛員會反映給調度員，調度員再通知檢修班或廠商來檢查。充電系統上有顯示各個充電樁的充電狀態、SOC、充電量等資訊，出現異常時會有紅燈提示，不一定會有詳細的文字說明，需要現場查看或請技工協助判斷。至於 BMS 自動停止的情況，受訪者解釋，這通常是因為電池充飽或偵測到異常，系統會自動斷電保護。

駕駛員平常下班後會自行插槍充電，若遇到排程或異常，站務員會協助處理，充電後通常是等到車輛要出車時再拔槍，若是自動充飽，BMS 會自動解除磁吸，駕駛員直接拔槍即可，不需再手動或用專用卡片停止。

附錄 9 訪談摘要（電池組功能及運作原理）

9.1 華德維修售服部主管訪談紀錄

受訪者為華德售服部北區課長，主要負責協調各客運業者維修及報修事宜，以及每日派遣售服維修技師執行現場維修工作。過去曾於華擎機械任職 16 年，專責納智傑汽車領域，於民國 109 年轉入華德，初期於底盤組裝部門，民國 110 年公司搬遷至臺中後調至售服部門至今約 4 年。

售服部採用 LINE 維修群組進行報修管理，駕駛員報修時須提供故障說明及照片，由站務員回傳至群組。售服部每日早上會先檢討前一工作日維修結果，受訪者會再依前日報修內容及項目安排分組，指派各組當日任務，維修技師針對維修項目準備相關料件，現場再依實際狀況調整。進行電池相關維修作業時，受訪者依據報修照片上 HMI 顯示的最高、最低電芯模組位置及電壓值進行初步判斷，指示維修技師攜帶電池包及料件前往車輛停放處進行維修。

事故車輛於事故發生前一日報修，因假日僅有值班人員，安排於隔日執行維修作業。受訪者依據民生站站務員上傳之照片資料進行初步判斷，當時照片顯示 L 電池包電壓低於 A 及 B 電池包，電壓壓差達 0.1 伏特以上，導致充電無法達到 100%，即判定需更換 L 電池包，無需再查詢後台雲端資料。一般而言，除非駕駛員報修內容與判斷有落差，才會查詢後台雲端資料作為輔助參考，若後台有回傳，即可查詢到車輛故障資訊。

事故當日，受訪者依據前日報修內容安排分組，指派人員攜帶所需料件前往現場處理，電池包更換至少須 2 人合作，維修技師攜帶準備好的電池包和工具，經現場檢測確認 L 電池包異常，其他部分正常後，故僅針對 L 電池包進行更換。維修技師完成更換後，必須充電，確認車輛 SOC 能否正常達到 100%。有時會讓駕駛員稍微行駛一小段路，確認 HMI 無任何異常燈號，所有數據正常無問題才讓車輛重新上路。

BMS 與 AMB 協同運作，電池組內共有 168 個電芯模組，充電時只要任一電芯模組達 4.20 伏特即定義為滿電，VCU 會向充電樁發送停止充電指令，以避免過充風險並確保安全。若電芯模組間壓差過大，AMB 的平衡效果有限，需將電池包拆卸回廠進行單獨充電，再送供應商檢查是否存在電芯模組效能衰退的狀況。

A 至 K 電池包均配置 AMB 模組，L 電池包在系統中被設計為暫存與分配電量的緩衝區，充電過程中，當 A 至 K 電池包中有電壓較高者，AMB 會將多餘電量傳送至 L 電池包暫存；若有電池包電壓較低者，則由 L 電池包釋放電量予以補充。

電池組僅在充電階段啟動平衡機制，放電過程不執行平衡，當 SOC 充電進行至約 95%或 90%時，AMB 模組開始運作，充電電流由 60 安培降至 10 安培，進入涓流充電階段，透過涓流方式調整各電池包電壓，使其趨於一致。

在警示訊息判讀方面，受訪者表示 HMI 上紅色、黃色三角形及電池符號分別代表不同警報等級。綠色顯示正常，黃色為一級警報，啟動限速但無立即危險，紅色為二級警報，車輛將自動下電。故障訊息同步回傳後台，維修技師可於辦公室即時查閱，初步判斷車輛異常情形，細部資料則需由後台管理人員調閱。後台資料每 10 秒回傳一次，故障訊息及溫度等參數均可查詢，但詳細數據需由後台管理單位提供。

針對事故原因，受訪者表示當日更換 L 電池包後曾進行動態測試，場內運行未見異常，於載客回程途中才發生問題。由於電子包內部組裝非維修技師專責，僅能就外部線路及更換流程進行判斷，詳細起火原因尚待相關單位進一步鑑定。

9.2 華德維修售服部維修技師 A 訪談紀錄

受訪者目前在華德售服部擔任維修技師，主要負責客運業者的外勤維

修工作，在華德資歷接近 8 年，先前曾在日產原廠擔任汽車維修技師約 10 年，工作經驗涵蓋傳統油車及電動車維修作業。維修工作均依據維修與保養手冊進行，手冊內含明確的標準作業程序 (SOP)，另有零件手冊，在客戶購車時都會提供。保固期間內的車輛維修一般不需客戶付費，而公司會統籌管理保固期間內的維修及物料更換，大電相關的零件維修由公司負責，更換時會另行報價工資。

有關報修及故障判斷的流程，受訪者表示一般客運駕駛會透過 LINE 向站務員反映故障情形，站務員再將訊息傳送至另一個與公司之間的報修群組反映狀況，主要由售服部課長與另一位經理接收並處理訊息，依訊息內容判斷故障狀況，並安排適當的派工。在日常工作中，課長會依據故障紀錄、報修照片及車輛儀表警示燈號等資訊，並結合後台雲端資料，判斷故障情形及準備零件，每日上午開會討論當日維修工作，指派維修技師至客戶端進行維修及零件更換作業。

針對事故車輛事故前一天的報修情形，大都會民生站站務員反映充電只能至 85%，並拍攝 HMI 上電池頁面訊息至報修群組，受訪者表示應該是電池包的電壓差太高，系統啟動保護模式而停止充電，實際上電池頁面也顯示 L 電池包電壓與其他電池包明顯差很多。為了比對電池包內電芯模組的電壓差，售服部課長指示駕駛員拍攝 A、B、L 電池包，比對內部電芯模組電壓後，判定 L 電池包電壓最低，可能有異常，因此判定需更換 L 電池包。

受訪者表示，拍攝電池包的頁面並不固定，例如這次選擇拍攝 A、B 與 L 包，但過去也可能選擇 C、D、E 或 F 電池包，主要是要找出異常電池包與正常電池包之間的差異。電池包由 A 到 L 共 12 包，每包有 14 個電芯模組，共計 168 個電芯模組，系統介面會顯示出異常的電芯模組編號，例如第 160 幾號，技術人員會依此換算出該電芯模組所屬的電池包（如 L 電池包），並進一步確認該包是否為異常來源。因此，一般會挑選 2 包電壓或狀態正常的電池包，與 1 包疑似異常的電池包進行拍攝與比對，觀察其電壓

落差數，以協助釐清異常原因與判定是否需要更換。

受訪者表示有看到 6 月 15 日至 16 日間 LINE 維修群組中的報修訊息，系統顯示異常電芯模組換算後位於第 12 包 (L 電池包)。比對顯示，A 與 B 電池包的電芯模組電壓皆為 4.1 幾伏特，L 電池包僅為 4.0 幾伏特，壓差已超過 0.1，遠高於正常充飽狀態下壓差應為小數點以下 2 位差異的合理範圍，亦認為 L 電池包有異常。

在維修作業模式方面，公司所有維修技師均從大園廠上下班，並於大園廠的庫房領取零件，一般自庫房領出的電池包皆是充飽電、電壓介於 57 至 58 伏特之間。事故當天有 6 位人員分成 3 組赴民生站進行維修作業，其中 1 組人員較早抵達而先將事故車輛充電，受訪者約於 1030 時至 1100 時之間抵達到民生站，先抵達之維修技師向受訪者說明事故車輛充電充不飽，受訪者向其說明因為有壓差，所以停止對事故車輛充電，以更換電池包，充電時間約為 1000 時至 1200 時。當時有 2 到 3 人協同完成電池包拆裝，過程包含拆卸電池架及螺絲、拆卸舊電池包及裝上充足電量的備用電池包，並用車王電專用的電池包檢測儀器檢查電芯模組電壓、溫度以及繼電器閉合狀態，例如 1 個電芯模組充飽電約 4.16 伏特，14 個電芯模組共約 57 至 58 伏特之間，故 1 個電池包充飽電約 57 至 58 伏特，確認正常後再開啟高壓系統電源。受訪者表示更換 L 電池包前有看到 HMI 顯示 L 電池包電壓較低、SOC 約為 85%，更換 L 電池包後再看 HMI 電池資訊，壓差顯示正常，差異僅在於小數點後第 2 位，跟其他電池包電壓相近。

有關於 HMI 上的警示燈號，受訪者表示若出現黃色三角警示燈，代表車輛會被限速行駛，通常限速 20 公里⁴⁸以維持安全；若警示為紅色三角警

⁴⁸ 依據華德於民國 115 年 1 月 18 日所提供資料，華德表示限速為 40 公里/小時左右。

示燈，則為嚴重故障，會切斷高壓系統電源⁴⁹，車輛需停止運行⁵⁰。電池包圖示的黃色代表電池預警，紅色則表明電池包異常，遇有這些警示時，駕駛員必須配合限速或停駛，並通報維修技師。

有關冰水機與絕緣短路的維修經驗，受訪者表示曾遇到多次電池包溫度過高的情形，通常會更換冰水機。冰水機若故障，會導致電池包內的液冷板無法正常作用，進而導致電池包過熱，造成車輛耗電量增加。當冰水機異常時，系統右下角會亮起代表冰水機異常的警示燈號，黃色表示冷卻水不足，紅色則可能為冰水機故障。至於溫度控制方面，有使用冰水機降溫的情況下，電池包工作溫度約維持在 33 度，多數不超過 40 度；早期氣冷設計時，夏季可能升至 50 度，冬季則降至 30 度左右。電池包本身在運作時會產熱，加上車內空間密閉及外部氣溫升高，皆會進一步加快氣溫升高速度。⁵¹

電池包內含電芯模組及銅板，為串聯結構，絕緣值設定合理範圍為 120 至 134，低至 0 或高達 250 都可能顯示絕緣阻抗異常，但異常不一定來自電池包本體，也可能為其他高壓設備問題。若絕緣值為 0，表示可能未作用或內部短路；若絕緣值為 250，則可能與氣體外漏導致對外殼短路有關，此氣體並非液冷板內的冷卻液洩漏，而是可能來自電芯模組內部的氣體釋放。

這些氣體可透過電池包設計的洩壓孔逸出，並附著在電池箱體內部，進而影響絕緣狀態，造成與外殼間產生短路迴路。實際操作中雖未直接目

⁴⁹ 依據華德於民國 115 年 1 月 18 日所提供資料，華德建議刪除以下文字「切斷高壓系統電源。」

⁵⁰ 依據華德於民國 115 年 1 月 18 日所提供資料，華德建議補充「駕駛須將車輛停靠路邊，拉起手剎車，並將檔位排至 N 檔，此時車輛會自動下電，或按下位於駕駛左側之緊急下電按鈕，車輛就會斷電停駛。」

⁵¹ 依據華德於民國 115 年 1 月 18 日所提供資料，因該事故車型有配置 BTMS 系統，華德建議刪除以下文字「早期氣冷設計時，夏季可能升至 50 度，冬季則降至 30 度左右。電池包本身在運作時會產熱，加上車內空間密閉及外部氣溫升高，皆會進一步加快氣溫升高速度。」

擊洩漏，但透過測量外殼電壓值，若異常偏高，可能顯示已有與外部形成不正常導通，這類情形也可能與其他高壓系統漏電有關，無法單憑表象判斷來源。不過根據經驗，當出現氣體異味或測得異常絕緣狀況時，多與電芯模組內部氣體釋放有關，而非液體滲漏。若出現絕緣異常，系統會在上電 3 至 5 秒內自動切斷高壓電源。

9.3 華德維修售服部維修技師 B 訪談紀錄

受訪者於公司任職約 10 年，目前在售服部擔任維修技師，主要負責處理電動巴士的異常維修。早期在公司製造部工作，負責車體與電控，加入公司前曾從事電路板相關產業與輸送帶系統設備維修。受訪者是大都會民生站的主要窗口。

6 月 15 日民生站站務員透過 LINE 維修群組報修事故車輛充電只能到 85%，受訪者表示當時是課長先回應並請該站務員拍攝電池電壓畫面，螢幕上顯示的單體電壓壓差 (Diff)、最小值 (Min) 及最大值 (Max) 畫面都能協助判斷異常電芯模組位置。受訪者表示，如果是他回應也會請站務員拍攝顯示異常電池包電壓值的畫面，並同時拍攝另 2 包正常電池包電壓值的畫面作為比對參考，這樣可以幫助維修技師判斷是哪個電芯模組出問題，並判斷需要更換的電池包。根據當時的螢幕顯示與電壓數據，受訪者判斷 L 電池包內 14 個電芯模組與其他 11 個電池包的單體電壓壓差過大，因此決定隔天更換 L 電池包。

事故當天，共有 6 名維修技師到場，大家分工合作，沒有特定誰做哪一項工作，主要是進行 L 電池包更換作業，包含斷開接頭與線路、拆卸原本的 L 電池包、安裝新的 L 電池包，並進行測試。受訪者負責拍照記錄更換前後的電池狀況，並在 APP 中登錄維修資料。拍照與登錄時間約在 1212 時，與維修作業同步進行，電池包更換後先上 24 伏特之小電，檢視接線與電池狀況，電芯模組電壓最高顯示約 4.2 伏特，確定沒異常後再上高壓電，並進行車輛前進與後退之動態測試，確認車輛上電功能正常且可正常行駛。

對於維修單上顯示更換電池包後有充電的情形，受訪者表示電池電壓最高已經是 4.2 伏特，實際上未對事故車輛進行充電，維修單上的充電為誤植。維修後 SOC 顯示從 87% 回升至大約 88%、89%，但未達 90%，換上去的電池最高是 4.2 伏特，如果進行充電，系統也會判斷電壓太高而充不進去，所以當下請駕駛員先營運等電壓全部掉下來再充電，看看 SOC 可不可以校正回來，SOC 係依據 BMS 主機中的 BSC-001，針對各個電池單體之容量及健康狀態是否達到正常值進行加減計算。

事故車輛維修完成後，第 1 位駕駛員出車後，於開車時發現前門開關異常，無法關閉，故隨即返回民生站。受訪者判斷是前門感應器的問題，屬於非電池組的故障，建議由客運公司技師處理，後來再確認時，發現門的反應是時好時壞，可能需要檢查線路或感應開關。之後民生站站務員請另一位駕駛員再度試車，前門恢復正常，但返回民生站時螢幕上出現黃色三角形警示，駕駛員向華德維修技師反映出現警示狀況，受訪者隨即上車查看，顯示電芯模組電壓偏高，顯示為紅燈 4.19 多伏特，所以亮起黃色警示燈號，後來事故車輛停在場站內，電壓有降下來，就沒亮黃色警示燈號。受訪者有向民生站站務員提醒，先讓車輛運行，如果有一直亮黃燈的情形就要回報，維修技師會再依據回報內容判斷當下是甚麼問題。

9.4 華德維修售服部維修技師 C 訪談紀錄

受訪者任職華德售服部，擔任大都會新莊站的維修窗口，原本在生產部工作 11 年，後轉調至售服部，至今已近 2 年。平時的工作內容包括車輛故障排除、電池檢測與更換等，並與其他維修技師協同作業。

事故當天受訪者與其他維修技師搭檔出勤，前往民生站處理 2 台車輛的問題。第 1 輛車（車尾號 0130）出現高壓互鎖異常狀況，經檢查發現是電池包接頭鬆動，導致 HMI 亮起黃色三角警示燈，透過加強束帶固定接頭後排除異常。接著與其他維修技師會合，進行事故車輛的電池包更換作業。該車因壓差過大導致充電失敗，判斷是 L 電池包異常，更換後恢復正常。

下午 0130 號車再次出現 J 電池包絕緣阻值異常，量測結果高達 36 伏特，屬於漏電狀況，也進行了電池包更換，整體作業約 1 小時完成。

受訪者說明，絕緣值的正常範圍約在 120 正負 5 之間，若超出此範圍，會依數值高低判斷異常電池的位置，高於正常值通常是後段電池（G 至 L 電池包），低於則是前段電池（A 至 F 電池包）。會再使用電表量測電池包電壓，若正極或負極對機殼的電壓超過 5 伏特，就會判定為絕緣異常。

在資訊系統方面，過去維修任務主要透過口頭指派與 LINE 聯繫，最近一個月開始使用 Discord 平台接收車輛異常資訊。維修技師無法直接查看後台監控資料，需由課長或資訊部門提供相關訊息，再依指示進行現場處理。此外，公司會定期安排課程，由研發部門介紹新型電池與維修方式，協助維修技師掌握最新技術與標準。

9.5 華德倉儲管理人員訪談紀錄

受訪者於華德售服部工作近四年，目前擔任售服部的行政專員，負責處理維修技師外出時開立的維修單，也為客戶提供物料報價。每月會進行請款以及處理保固物料的維修結單工作，並將內容提供給會計部門計算每月的維護成本。

電池包的維修作業，華德售服部與車王電之間有明確的分工，當有電池包需要維修時，會送回車王電處理。華德的維修技師會開立維修單，受訪者會根據維修單的內容，提供電池包的序號及形式給車王，同時會開立電子品質異常單，以管控該電池包的序號。電池包運送是由臺中供應鏈的車輛負責，將待維修的電池包載運至車王電，待車王電維修完畢後載回桃園，由售服部轉入倉庫。

車王電完成電池包維修作業後，會提供出貨檢驗報告以及用於序號確認的出貨單，並透過電子郵件告知華德所更換的電芯數量。其中出貨檢驗報告含有品保檢測的相關數值，電芯為華德購買並提供給車王電更換，屬

於客供物料，會在維修單上註記電池包更換電芯的數量，以作為結帳及保固成本計算的依據，其他更換電池相關的零組件屬於車王電的資產而不會有記錄。

華德內部會使用數位表單和系統進行管理，維修單由維修技師開立，並由售服部將該維修單號碼填入電子品質異常單中，資料連結到品管採購流程，品保部門可以同步查閱相關內容，當電池包修復後，品質異常單會由品保部門負責回復修復完成的資訊。電池包庫存管理是透過 ERP 系統進行管理，主要管理的是料號的數量，而非個別電池包的序號。例如，當 5 組電池包出庫時，會將它們入待修倉，而當 3 顆修好的電池包回來時，則會將它們移到維修良品倉，都是根據料號進行的庫別調整。儘管 ERP 系統不針對序號管理，但每個電池包上面都有獨特的序號，透過 Excel 表格對電池包的序號進行出入庫管理和追蹤，會記錄包含異常發生的日期、所屬車輛的車號、第幾號電池包、序號、電池包類型以及修復返回的日期。受訪者表示，每個電池包都有獨特的序號，具有唯一性，因此可透過這些資料，追溯電池包是從哪台車拆下、送至車王電維修的過程、車王電的出貨檢驗報告內容以及如何入庫和領料的紀錄。

維修技師在領料前會使用車王電提供的檢具對電池包進行檢測，可用於檢查電量、電壓、壓差、及例如閉合不全等基礎狀況，檢測結果僅供初步判斷，並不會做任何記錄，如有問題則會退回車王電再次檢修。現場維修時，維修技師也會攜帶檢具外出，目前北部有 3 台檢具，其中一組固定放在欣欣客運，另外兩套用於外出攜帶和場內運轉，中部有 1 台檢具，南部有兩台檢具，受訪者認為目前的檢具數量足夠使用，因為並非每次維修都需要更換電池包。

附錄 10 訪談摘要（事故車輛充放電過程及程序）

10.1 華德研發中心主管訪談紀錄

受訪者於民國 103 年進入華德動能，中間曾於 104 年離開一年，後於 106 年回任，從華德的系統部一路升任，到現在負責管理研發中心，主要工作項目是整車系統的規劃、配置與控制等方面。研發中心底下包含車輛設計部和系統部，而系統部又分為韌體組、智慧軟體組、電控組和法規組 4 個組。

有關於車王電之 BMS 與華德之 VCU 間的介面及通訊，受訪者表示主要需考量 3 個面向：首先是電池組的功率和電量能否滿足整車的動力及續航力需求；其次是如何控制電池組的上電和下電流程；第 3 是當 BMS 發出任何報警時，VCU 應如何對應。為達成這些目標，主要需仰賴包含通訊線、控制線、電力線等硬體介面和軟體方面之間預定的通訊協議及失效措施。VCU 會接收電池相關參數，包括電池電壓、溫度、SOC、電池充電/放電狀態以及 BMS 報警訊息等，並將上述資料顯示於 HMI 上。

受訪者表示 VCU 並不能像小型車輛那樣直接控制電池的輸出能力，而是由 BMS 負責管理電池組，VCU 會依據 SOC 大小，逐步限制最大功率輸出，以避免電池過放。

BMS 警報條件是由車王電及華德雙方討論決定 VCU 會接收到由 BMS 所傳送出來的各電池包內的 CMU 資訊，當 BMS 觸發報警條件時，BMS 會將報警傳送給 VCU。

有關於電池壓差過大的情況，受訪者說明電池組共有 12 個電池包，每個電池包內有 14 個電芯模組，當電池組內某個電芯模組的電壓與最高或最低電壓的差異過大時，例如 BMS 設定的壓差超過 0.3 伏特且持續超過 30 秒，就可能導致充電受限（因高電壓電池過高而停止充電，其他電池充不飽）或放電受限（因低電壓電池過低而停止放電）。對於維修技師常提到各

電芯模組壓差不應超過 0.1 伏特的狀況，受訪者認為這屬於他們的經驗法則，與系統設定的警報閾值 0.3 伏特不同，壓差大於 0.1 伏特與正常狀況不同，表示後續壓差可能逐漸變大。由於放電的時候 AMB 不會平衡電壓，且 AMB 在充電做平衡電壓的動作時，電流僅為毫安培等級，所以通常需要經過多次充電才可以把電壓平衡下來，但這是我個人的認知，實際運作邏輯仍以原廠說明為主。

有關於充電時的單體電壓過低問題，受訪者表示正常情況下，充電開始時單體電壓過低並不會影響充電，VCU 和 BMS 不會針對此條件進行監控。充電時主要擔心的是溫度過低，因為溫度過低會導致電流充不進去。

有關於充電時的單體電壓過高問題，受訪者表示一旦達到門檻值（例如 4.21 伏特），充電便會停止，此門檻值是電池廠商根據電池特性提供給 BMS 廠商的參數設定值，VCU 與 BMS 會設定一模一樣的條件，或 VCU 會設定更嚴格的標準。維修技師口語上常說 4.2 伏特停止充電，受訪者認為這僅是口頭習慣，實際閾值為 4.21 伏特，對維修技師而言 0.01 伏特的差異意義不大。另受訪者表示通常會先有單體電壓過高的情況發生，只要沒有任何單體電壓超過最高值，總電壓就不會超標，若真的發生總電壓過高，則需考慮電池是否異常或計算邏輯有誤。

有關於 AMB 的平衡功能，受訪者指出充電過程中在 SOC 達到末段時，AMB 會開始平衡電壓，即所謂的「涓流充電」，此時充電樁會維持小電流充電，讓 AMB 在 12 個電池包之間搬動電流以進行平衡。受訪者不清楚確切的涓流啟動數值，認為這屬於 BMS 的控制範圍，電池廠商會更清楚，VCU 僅是接收來自 BMS 的資訊，無法控制電池包內部的元件動作。

有關於放電時電池用電方式，受訪者表示 12 個電池包是串聯在一起，因此在放電時是同時放電，不會有先後順序，且 AMB 在放電時不會啟動平衡電壓的動作，但這是我個人的認知，實際運作邏輯仍以原廠說明為主。放電時單體電壓過低的警報條件是單體電壓小於 3.46 伏特且持續 120 秒，

VCU 收到此警報後會進行功率輸出限制，限制功率分為一級和二級，駕駛員可能因黃色燈號（一級警報）感覺車子沒力，但仍可開，若紅色燈號（二級警報）則限制功率更大。當單體電壓過低時，即便駕駛員停車下電再重啟，若條件仍存在，仍會再次限制功率，單體電壓過低常見於長時間行駛未補電，導致某電芯模組觸發低電壓條件，尤其是在電量不足時。

放電時單體電壓過高的警報條件是單體電壓大於 4.21 伏特且超過 10 秒，此時 VCU 的作動邏輯是暫停回電功能，而非限制輸出功率，因為此時已處於高電壓狀態，若再回電可能導致電池過充損壞，也因為是高電壓狀態，所以不會限制功率，而是希望電壓可以盡快因放電而下降。單體電壓在放電時過高情況很少見，除非是剛充飽電或在下坡持續回電時，若回電機制設計不良，高電流可能會使某些電芯模組電壓再次升高。受訪者表示放電時不會單獨參考總電壓，而是關注 SOC 或單體電壓，因為單體電壓才是更重要的參考依據。

關於燈號顯示與警報機制，受訪者表示部分警報一旦成立，在車輛上電的情況下是無法手動解除的，即使條件短暫消失，燈號仍會持續亮著，然而，車輛重新下電再上電後，若警報條件不再存在，燈號則會消失。受訪者表示事故後公司有對警報燈號進行調整，事故前，大電異常之三角形燈號會整合顯示包括大電系統（如電池、PDU、絕緣異常、高壓互鎖）、動力異常（如馬達、空壓機）等多種異常狀況；事故後，公司將燈號進行梳理，將大電異常的三角形燈號單純化，只顯示與大電系統相關的異常狀況，而將馬達等動力異常從此燈號中移除。

有關於充電樁電子控制單元（Charge Electronic Control Unit, Charge ECU）的功能，受訪者說明其作為充電樁與 BMS 之間的溝通介面，Charge ECU 負責將 BMS 的通訊資訊轉換成充電樁能理解的協議，並將充電樁提供給車端的資訊透過 Charge ECU 拋給 BMS。

有關於事故車輛起火的可能原因，受訪者認為電池芯自民國 109 年開

始使用，實際上電池良率很高，本身品質出問題的可能性較小。較擔心的是可能是否為組裝過程中的問題，例如電芯模組上的螺絲鎖附狀況不佳，導致接觸不良，形成單點電阻過大而蓄熱，最終引發燃燒。車輛設計有短路保護，例如 PDU 內部有保險絲，因此短路不至於導致起火，高壓護鎖機制可以偵測高壓接頭是否插好，若未插好車輛就無法上電。

此外，目前車輛⁵²VCU 收到 BMS 報警而採取自動斷電的動作，其設定條件是車速為 0、拉手煞車、入空檔才能自動斷電，但本次事故中的駕駛員並未將檔位排入空檔，導致未能符合自動斷電條件，所以事故車輛發生故障而停靠路旁時，車輛沒有自動斷電，可能會有約十幾安培的電流在流動。受訪者表示，未來可考慮修改程式，取消入空檔的限制，只要拉手煞車即斷電，以減少駕駛員操作步驟。受訪者也表示，BMS 作為最後一道防線，應具備在 VCU 失效時自行斷電的能力，以防範更高溫度的危險情況。但受訪者強調，即使車輛自動斷電，也不代表一定不會起火，斷電僅是事故當下唯一的應對措施⁵³。

10.2 華德韌體部主管訪談紀錄

受訪者曾在華創車電電動車部門任職 7 年、富智捷先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistance Systems, ADAS）任職 1 年半，目前在華德韌體部 4 年，主要負責整車控制器開發、儀表 ADAS 相關系統開發，以及新系統導入韌體對接及舊系統維護。

關於 BMS 與車端 VCU 對接機制，受訪者表示由於版本差異，他負責

⁵² 依據華德於民國 115 年 1 月 18 日所提供資料，華德建議刪除「此外，目前車輛」，並改為「該事故車型車輛發生重大異常警訊時，車速降為 0 公里/小時後，駕駛員即可壓下緊急下電按鈕，將大電關閉，此外」。

⁵³ 依據華德於民國 115 年 1 月 18 日所提供資料，華德建議刪除「也不代表一定不會起火，斷電僅是事故當下唯一的應對措施」，並改為「基本上可將電池之能量斷開停止輸出，有極大可能限制起火。若太晚按下緊急下電開關按鈕且電池已經起火，則不一定能滅火，但可限制能量」。

的新車型控制邏輯可能與事故車輛有所不同，但基本原則相同，其說明 BMS 與 VCU 主要透過 CAN 匯流排進行訊號對接，BMS 將電池的電壓、電流、溫度等資訊傳送給 VCU，同時 BMS 負責電池組診斷，若觸及報警條件則發出一級、二級警報，VCU 統合控制器收集各系統診斷結果，並執行車輛控制策略，VCU 不會幫 BMS 做診斷，主要是收診斷結果。VCU 會根據溫度和 SOC 數值透過溫度和 SOC 對應輸出功率之對應表 (Map) 對輸出功率進行線性控制。BMS 的報警條件由車王電提供，BMS 發出報警後，其建議車端 VCU 應採取的動作，與實際上 VCU 的設定沒有不同。另外在一般的日常運作下，客戶較常反映放寬部分保護條件，避免影響營運，例如動力大一點、門開快一點等。

充電控制機制方面，主要由 BMS 控制充電電流：先用較高電流充電，接近 4.2 伏特時，降低電流繼續充電至 4.2 伏特，重複此過程三次後判斷充電完成。受訪者認為正常充電過程中不太會觸發單體電壓過高警報，因為 BMS 會自動調節電流，一碰到高壓就會降電流或直接判斷充電結束。關於 AMB 平衡機制，受訪者說明 AMB 是主動平衡，對電壓較高或較低的電芯模組進行充放電調節，讓各電池包電壓較為平衡。

放電與功率控制主要由 VCU 負責並採用線性控制方式，由於 BMS 已經在充電階段就限制了最高電壓，並且有設定充電電流的上限，所以在正常放電行駛時，電壓過高的問題不太會發生。當放電時出現單體電壓過高時，會依據 BMS 建議 VCU 於車端採取的動作限制回充 (回生煞車) 功率，並不是限制馬達的輸出功率，因為電壓高時會希望盡快放電以降低電壓。回充控制機制為：充飽電時 (100% SOC) 完全不允許回充電，電壓太高時要避免把能量回充導致單體電壓更高，此限制在保護電池讓電壓維持在安全範圍內，等電量降到 98% SOC 開始允許少量回充電，90% SOC 恢復正常回充電功率，當單體電壓過低時 (3.7 伏特以下) 開始線性控制輸出功率，

低於 3.4 伏特後就沒有動力輸出⁵⁴。當 SOC 低於 50%時 VCU 開始調控輸出功率，當 SOC 降至 20%時約剩 70%動力輸出。受訪者補充，SOC 的限制是漸進式的，而單體電壓的保護則是快速且直接。如行駛中電壓異常、電池溫度異常、絕緣異常、高壓互鎖異常、SOC 歸零等，例如大電流負載或電芯模組漏電可能導致單體電壓過低，車輛最高速度將被限制，稱為跛行模式，如果是因為訊號干擾，下電重新上電後可能可以排除干擾的影響，受訪者表示因韌體版本不同，限速值可能是 40、20 或 15 公里/小時。

車上有 12 個電池包，各電池包內含 4 個溫度感測器，隨時監測溫度值，當溫度超過警報條件就會告警；上傳至公路局的雲端資料庫中之溫度參數為平均 48 個溫度感測器之溫度；最高溫度和最低溫度可在 HMI 介面顯示；新舊電池組差異方面，事故車輛使用舊版鋰三元電池組（總電壓約 700 伏特），新車型已改用鋰鐵電池（總電壓約 600 多伏特），且電芯模組電壓操作範圍也有所不同，從去年開始新車都使用鋰鐵電池。

10.3 華德系統部主管訪談紀錄

受訪者目前任職於華德動能系統部智慧軟體組，具 5 年相關經歷，曾任職於車王電，負責電動公車車輛資料的蒐集、傳送及運用，參與多項車輛資料管理及系統建置專案。工作內容涵蓋車輛行駛過程中的感測數據、車輛狀態及駕駛操作紀錄。資料管理需符合公路局法規，並確保資料正確回傳後台以供分析及後續應用。

車輛資料主要透過 CAN BUS 傳輸，佳世達 HMI 顯示資訊包括時速、SOC、里程等。HMI 每 10 秒回傳一筆資料至後台，並非即時收集所有 CAN BUS 封包，這樣的設計能減少資料量，降低系統負擔，提升穩定性。資料回傳需經由立皓 4G Router，HMI 連接網路線至 4G Router 後，再傳送到佳

⁵⁴ 依據華德於民國 115 年 1 月 18 日所提供資料，因事故車型無此控制條件，華德建議刪除以下文字「當單體電壓過低時（3.7 伏特以下）開始線性控制輸出功率，低於 3.4 伏特後就沒有動力輸出」。

世達 SATURN 系統，後台採用 Mongo DB 進行資料存儲。車上通訊設備及網路由客運業者指定，華德需配合業者的設備與通訊方式。若通訊設備能由華德驗證及主控，將能更有效追蹤斷線與連線紀錄，降低資料遺失的風險。

SATURN 平台包含設備 IMEI 註冊、駕駛員密碼驗證、資料呈現等功能。平台將 IMEI 與車號進行對應，駕駛員需在 HMI 上輸入密碼通過身份驗證才能啟動車輛。SATURN 平台能即時顯示車輛回傳資訊，包括車輛位置、運行狀態、警示訊息等。主檔資料包括車號與 IMEI 對應、車號與駕駛員對應，這些資料均儲存在 Mongo DB。而大都會客運未直接使用 SATURN 平台，原因在於平台邏輯（如能耗計算、報表生成等）與客運業者需求不同。SATURN 平台主要作為資料收集及車輛狀態判讀工具，後續營運報表解析由業者自行處理。

車王電主要角色是主機代管，主機資料每週備份一次，採 HA 架構，今年才建置。資料備份與主機管理由車王電負責，遇到車輛故障時，華德會分享資料請車王電協助解析，不會額外建立監控伺服器。這種代管模式主要考量成本效益，車王電具備專業機房設備及維護能力，華德可專注於軟體開發與資料分析。

HMI 介接車上參數包括剩餘電量、總電壓、總電流、電芯模組最高/最低電壓、最高/平均溫度、車速、GPS 座標、總行駛里程、今日行駛里程、空壓值、馬達溫度、水箱溫度、24 伏電壓（啟動電源）、耗電量、冷氣狀態、外部溫度、資料回傳時間、車身訊號碼等。警示訊息包括開門、關門、車輛啟動、安全門開啟、溫度過高、電壓過低、絕緣值、阻抗值等。異常訊號如電池過熱、過放、壓差過大、絕緣值異常等，均會回傳至後台進行記錄與分析。這些參數設定由華德與佳世達共同討論決定，主要依據公路局法規要求及車輛運行監控需求。

車輛資料上傳公路局由立皓動態車機負責，需符合 22 項規範，每 5 秒

上傳一筆。上傳內容包括路線、客運業者代碼、電量、車速、電壓、SOC、空調、煞車、電門等。公路局要求資料直接由車機傳送，法規規定動態資料需保存兩年，業者須保存備份，立皓也會自行備份。資料上傳內容由運研所訂定，業者只能依規範傳送，無法自行調整。

車輛資料上傳如發生斷訊狀況，公路局所需資料會以獨立方式上傳，不受影響。而通訊方式由客運業者指定，通訊主控權對資料品質管理很重要，目前被動配合業者，常造成設備問題追查困難，且資料均需真實呈現，作為事後判斷與改善依據。目前僅顯示基本參數，故障碼定義可向技術部門索取對照表。維修記錄與故障訊號有時間差，維修工單與系統資料需比對。系統功能設計時考量較為完整，但實際營運中發現部分功能使用頻率低，為降低維護成本而暫時關閉。

車上有 SD 卡儲存行車資料，可存 2 至 3 年，內容包含電池狀態、高低電壓、高低溫度等，主要作為緊急備份。若遇通訊中斷，資料無自動補回傳機制，進室內維修或設備燒毀則資料無法取得。當後台資料有疑慮時，可取出 SD 卡進行比對驗證，但實際操作上很少使用到這項功能。

BTMS 系統進水溫度、出水溫度等資料有回傳，但 UI 未顯示，需透過資料庫查詢。BTMS 資料主要用於判斷冷卻系統作動狀況，避免電池過熱，若溫度異常，可判斷冷卻系統故障。隨著功能增加，資料庫欄位持續擴充，部分新加資料未於 UI 呈現。資料回傳頻率為 10 秒一筆，與 CAN BUS 即時傳輸不同，故部分細微變化無法即時反映。

10.4 車王電開發部主管訪談紀錄

受訪者於於民國 93 年加入車王電公司，至今已服務超過 20 年，目前在電子事業部的電子研發處擔任專案管理課的主管。於公司早年負責開發內燃引擎的電壓調節器，曾任職品保部及開發部，於民國 113 年調任為專案管理課主管至今。

BMS 與 VCU 之關聯性

有關 BMS 與 VCU 的整合方式，車王電主要負責 BMS 和電池部分，而華德則負責車端的 VCU 控制，兩者之間的對接主要透過 CAN 報文進行，整車上總共有 5 路的 CAN，根據不同部位傳輸不同定義的報文，BMS 會透過 CAN 報文傳輸與電池相關的資料給 VCU，包括電壓、電流、溫度等。此外，BMS 的報警資料包含 SOC、充電樁、絕緣異常、高壓互鎖等參數。BMS 的目的是透過偵測電壓和溫度，防止電池過充過放，並進行平衡管理以延長電池壽命。絕緣偵測是針對高壓系統，以應對電池老化、劣化、漏液或外力影響等狀況；高壓互鎖則用於偵測電池包插頭是否插緊，若脫落則會發出報警。

受訪者表示車王電並不直接掌握相關雲端資料，而是由華德控制和收集，車王電的 BMS 會將資料傳輸給 VCU，再由 VCU 上傳至雲端伺服器，車王電僅在華德有需求時被動接收資料。若 BMS 或電池包出現問題時，華德會透過品質異常單系統向車王電提出問題，不會透過即時通訊群組報修。

BMS 系統設計緣由與主要元件功能

車王電發展 BMS 系統主要是基於客戶需求（例如華德）和電動車的時代趨勢，公司初期從內燃引擎的發電機調節器起家，之後陸續發展 TPMS（胎壓偵測系統）和 CCD（影像感測器）等車用安全零件。BMS 技術的發展是透過與學界與科研單位合作研究和學習而來。

BMS 作為主系統（Master），負責統管整個電池管理，接收來自 CMU 的資料並上傳給 VCU。

CMU 作為副系統（Slave），由於單一 BMS 難以有效管理大量電芯模組（例如事故車輛車型有 12 個電池包，每個電池包有 14 個電芯模組，共 168 個電芯模組），因此每個電池包會有一個 CMU 來管理其內部的電芯模組。CMU 負責監測每個電池包內的溫度和電壓等資料，並傳送給 BMS。

AMB 負責電池包與電池包之間的主動平衡，它會在充放電過程中執行平衡，透過比較相鄰電池包的電壓，將電量從較高電壓的電池包轉移到較低電壓的電池包，以達到平衡。AMB 執行平衡的涓流電流很小，約為幾百毫安培（mA）。平衡電流的大小取決於電芯材料類型（例如鋰三元、鈦酸鋰、磷酸鐵鋰）及其固有的特性，並非技術上的限制，而是需與電芯材料特性匹配。

ACB 負責單一電池包內部電芯模組的平衡，ACB 會主動偵測電芯模組電壓以進行平衡，並將資料傳送給 CMU。ACB 在充電和放電兩種情況下都會進行平衡，其控制電路是獨立的，位於 CMU 內部。

CHG（Charger）作為充電樁與車輛之間的溝通介面，負責確認充電連接，啟動充電，並透過 BMS 下達充電指令。

BMS 故障警報條件與 VCU 建議動作

BMS 故障警報條件是依據公司透過實驗，參考電芯模組規格書，同時考量電芯模組的容許低溫和高溫條件而設定。設計過程中會進行失效模式與影響分析（DFMEA），這是汽車業品質管理系統（IATF）規定中產品品質先期規劃（APQP）的一部分。警報條件設定是為了保護電池壽命，確保電池在安全的溫度和電壓範圍內運行。

對於 VCU 的建議動作，受訪者表示車王電作為 BMS 供應商會提供建議的 VCU 動作，但 VCU 的實際控制邏輯由車廠自行決定，因為 VCU 的程式碼是車廠的專業知識。車王電提供的警報條件建議值是為了避免極端情況，例如電池燒毀等嚴重問題，符合警報條件並不會導致意外事故。VCU 會接收 BMS 傳來的警報訊息，並在車機 HMI 螢幕上顯示，警報分為一級和二級，通常以黃燈和紅燈區分，紅燈表示嚴重且不可解除的告警。關於「不可解除」的警報是否會因為關機重啟而消失，受訪者表示如果達到警報條件，警報應該持續存在，這取決於 VCU 的控制邏輯而非 BMS，BMS 會持續監測，例如單體電壓過高需持續 10 秒才會發出警報，以避免瞬間波

動觸發。

充電相關議題

車輛進行充電時，當任一電芯模組電壓達到約 4.2 伏特時，BMS 會開始降低電流，亦稱為涓流，涓流過程中達到 4.2 伏特的電芯模組電壓將微幅下降，並再次上升，當 SOC 達到 100%，電芯模組在數次達到 4.2 伏後，BMS 將送出停止充電指令，最理想情況下，所有電芯模組都達到 4.2 伏特，總電壓約為 705.6 伏特。由於單體電壓達到閾值時，其他電芯模組電壓可能仍較低，因此總電壓通常不會超過 705.6 伏特。

充電過程中 AMB 會視需要主動對相鄰的電池包進行均衡電流，例如 2 號電池包會對 1 號及 3 號涓流；3 號電池包會對 2 號及 4 號涓流。對於 12 號電池包未配置 AMB 的狀況，受訪者表示 12 個電池包之間共有 11 個 AMB，配置在電池包之間，所以 12 號電池包仍然能與相鄰的電池包進行電量互流和平衡。

單體電壓過低主要原因通常為車輛行駛過程中，電池電量持續放電，導致電壓過低，代表車輛需要充電，而非不能充電。充電時，如果電池已經損壞，例如電壓極低到 1 至 2 伏特，則可能無法充電，而發出單體電壓過低報警。

充電時單體電壓過高閾值為 4.21 伏特，為一級警報；單體電壓超高閾值為 4.22 伏特，為二級警報。充電若發生單體電壓超高時，HMI 會顯示大電異常紅色警示，為嚴重且不可解除的告警，受訪者表示警報條件若持續存在，HMI 顯示之警示應不會因為關機重啟而消失。正常情況下充電時不會發生單體電壓過高的情形，因為 BMS 會在電壓達 4.2 伏時停止充電並進行涓流，若發生，可能是電池本身出現問題，例如內部短路或故障，而非電

池老化或內阻升高導致電壓突然升高⁵⁵。

因為 BMS 具有主動平衡的功能，維修更換電池包後，BMS 會自動調校電池組的 SOC，不需要進行「滿充滿放」的程序來校正 SOC。若只更換其中一個電池包，建議將新電池包的 SOC 調整至與整車其他電池包的 SOC 相近，以利平衡。

放電相關議題

受訪者表示車王電的 AMB 設計為主動平衡，在充放電過程中皆會執行平衡。

一般車輛在行駛中，若出現單體電壓低於 3.46 伏特時，則為單體電壓過低之一級警報狀況；若出現單體電壓低於 2.8 伏特時，則為單體電壓超低之二級警報狀況，這可能發生在 SOC 接近 0% 時。VCU 收到上述 BMS 通知後，車端會限制功率輸出，限制功率是為了減緩電池放電速度，保護電池，具體的降功率設定由車廠根據使用者體驗決定。單體電壓過低通常發生在車輛行駛過程中電池電量持續放電，而駕駛員無視警報持續行駛的情況。

若行駛中發生單體電壓過高時，VCU 建議動作包括 1.接收 BMS 通知後，車端採降功率對應。2.車輛停妥後，發送繼電器斷開通知 BMS。車輛行駛（放電）時，通常不會發生單體電壓過高，若發生，可能是瞬間大腳踩油門導致的反電動勢，使電壓瞬間升高，但通常不會持續超過 10 秒的警報閥值。VCU 建議動作與單體電壓過低相同，車端會限制功率輸出⁵⁶。

⁵⁵ 依據華德於民國 115 年 1 月 18 日所提供資料，因敘述有誤，華德建議刪除以下文字「正常情況下充電時不會發生單體電壓過高的情形，因為 BMS 會在電壓達 4.2 伏時停止充電並進行涓流，若發生，可能是電池本身出現問題，例如內部短路或故障，而非電池老化或內阻升高導致電壓突然升高」。

⁵⁶ 依據華德於民國 115 年 1 月 18 日所提供資料，因非設計單位故描述較不精確，華德建議刪除整段文字。

其他議題

BMS 主要監控單體電壓，總電壓是單體電壓的總和，因此對單體電壓的調控也間接影響總電壓，BMS 非直接調控總電壓。

CMU 會持續監控電池包溫度，若發生溫度過高或超高的現象，BMS 會依據設定條件發出警報，以保護電池壽命，與前面提到的電壓警報設定邏輯一致。

充電樁議題

有關於充電樁的設計規格，受訪者表示充電樁的電壓設定必須高於電池的電壓才能將電充入電池，以一個電池組為例，如果滿電時的電壓是 705.6 伏特，那麼充電樁的輸出電壓會設定得略高，以確保充電能夠進行。目前充電樁只有一種規格，即 120kW，120kW 充電樁的最大電流耐受度單槍可達 75 安培，但實際應用中，充電通常設定為 60 安培，直到電池的單體電壓達到 4.2 伏特時，充電樁就會開始進入涓流模式，此時電流會從 60 安培逐漸下降，涓流充電的電流為 10 安培或 5 安培，會依據客戶的設定條件而定，當所有電池單體的電壓都充飽時，將會停止充電。

在整個充電過程中，BMS 會持續偵測電池的單體電壓和溫度，進行管理與監控。BMS 是上位控制系統，控制充電樁執行相應的充電或停止動作，充電樁只會提供固定的電壓和電流，而是否進入涓流模式或停止充電，則是由 BMS 依據單體電壓達到設定值後，發出指令來控制電流下降或停止。

充電廠站設有「智慧充電系統」，具有智慧充電排程的功能，目的是為了避免因為同時為多輛車充電而超過與台電簽訂的契約容量。智慧充電系統會根據車輛的班表，例如明天最早出車的車輛，優先安排充電，在不超過契約容量的前提下，分配充電資源。

充電樁配有觸控面板，可供使用者進行基本操作，充電樁面板上會顯示充電槍的選擇（例如 A 槍或 B 槍）、充電時間、充電度數等紀錄，充電

樁可透過手動或感應卡感應，控制啟動及停止充電。如果 BMS 在充電過程中偵測到單體電壓過高、過低，或溫度過高、過低，都會觸發告警並停止充電，充電樁的面板也會顯示異常狀況，這些告警訊息會直接以中文顯示，並附帶一個對應的代碼。所顯示的文字和代碼與車輛端的 BMS 發出的訊息相同。受訪者表示在實際經驗中，很少看到因電壓、溫度過高或過低而停止充電的情況，因為充飽後充電樁就會自動停止。

充電樁具備雲端系統，系統會記錄充電量、充電時間以及 SOC 等資訊，若充電樁雲端資料顯示充電前後的 SOC 數值相同，例如都是 63% 或 90%，且充電在幾分鐘後就停止，這種情況可能是由於外部干擾，導致 CAN 報文傳輸錯誤，觸發了保護機制而停止充電，這就像充電槍有時候沒有插好而沒有反應，重新插好後就恢復正常的情形。

有關於事故車輛充電充不飽、SOC 至 87% 就停止的問題，受訪者表示這通常是電芯模組老化的現象，電芯模組老化會導致電池內阻增加，可用容量減少，即使充電樁將單體電壓充到 4.2 伏特的標準值，但由於電池容量已經衰退，實際的電量並未達到原有 100% 的水平，因此在 SOC 顯示上可能只達到 87%，受訪者以手機電池為例，電池老化的手機即使電量顯示 100%，實際使用時間也會縮短。若更換了老化的電芯模組，電池容量會有所提升，充電後顯示的 SOC 也會更高。這種老化現象是電池的固有特性，與使用者駕駛習慣和對電池的維護方式有密切關係，不良習慣會加速電池壽命損耗。

受訪者表示公司有提供相關的操作手冊和規格書給華德，規格書會說明充電樁的基本資料，例如長寬高、耗電量、AC 轉 DC 的轉換能力，以及最大電流支援能力，例如最大支援 75 安培，但規格書不會直接說明充電時間，因為充電時間會因使用者設定的電流大小而異，電流越大充電時間越短。

10.5 車王電研發處主管訪談紀錄

受訪者在汽車行業及電子產業服務，共有三十幾年的工作經驗，於民國 103 年加入車王電，至今已服務約 11 年，在車王電期間，持續在研發部門服務，未曾調動到其他部門，主要負責產品的設計開發以及技術發展。

有關於 L 電池包未設置 AMB 的狀況，受訪者表示這是基於系統設計的考量，基本上不需要也不能有 AMB，首先，事故車輛所用之電池組是採用雙向隔離型的 DC-DC Converter 技術；其次，若兩個有設置 AMB 的電池包同時啟動 AMB，一個要啟動放電，一個要啟動充電，在啟動瞬間由於 AMB 很難在同時開啟，會有個時間差，此時間差就會容易產生較大的突波 (Spark)，由於電池本身具有能量儲存的特性，能夠保持最小的電壓波動，故設計一個未配置 AMB 的電池包，作為其他 AMB 在啟動平衡時的能量緩衝 (Buffer)，可以將此電池包想像成一個無窮大的電容，具有抑制雜訊的功能，避免搬動電量的兩個電池包電壓瞬間彈跳太大而產生突波。

受訪者表示，AMB 搬運電流的能力約在 0.3A 到 1.2A 之間。若 L 電池包電量較高，例如需要轉移給 A 電池包時，只要將 A 電池包的接收功能打開，L 電池包的電量就會傳遞過去。

關於 AMB 的啟動時機或條件，受訪者表示，AMB 功能會被啟動，是當電池組電池包的最高與最低電池電壓兩者相差超過 100 毫伏特 (0.1 伏特) 時。AMB 只被動地遵守 BMS 的決定，執行 BMS 策略。當一個電池包需要能量時，可以允許複數個電池包對其進行補充。AMB 的主要目的是讓 12 個電池包的特性盡量趨於一致性，以延長電池壽命和最佳化行駛里程。

關於 BMS 對於單體電壓過高的調控，受訪者表示，若 BMS 發現某個電芯模組電壓大於 4.2 伏特時，BMS 會傳送這個警報給 VCU，BMS 也會給 VCU 指令，禁止執行回生充電，以避免電壓過高。

有關 BMS 系統報警表格中的「VCU 建議動作」欄位，受訪者表示，表格內容皆屬於電池組的規格，例如 1 級報警、2 級報警、報警條件、報警

解除條件等，但行駛中車輛要做甚麼事情是由 VCU 控制，BMS 就是提供報警給 VCU，由 VCU 判斷是否需要下電；在充電時，若遇報警亦須傳送給 VCU，再由 VCU 決定停止充電。

受訪者最後補充，隨著科技的演變及技術的迭代，公司一直持續精進電池包的技術，例如大幅減少電池包鎖固螺絲的數量，目標是讓整個電池組及車輛更安全。

10.6 車王電開發部主管訪談紀錄

受訪者為智能感知軟體課的主管，主要負責所有與微控制器 (Micro Control Unit, MCU) 相關的產品項目開發，一直服務於同一個部門，工作資歷約 14.5 年。

MCU 類似於功能較弱的中央處理器 (CPU)，是產品的控制單元，可編程的程式大小受限於硬體規格。有關 MCU 在車輛上電池管理的應用，受訪者表示 MCU 有兩部分，BMS 控制盒內有一個 MCU，另外在每一個電池包內部的控制盒也有一個 MCU，電池包內的控制盒稱作 CMU，CMU 功能涵蓋了電芯模組電壓量測、電芯模組溫度量測以及電池包內報警機制等控制邏輯。

有關於停止充電的邏輯，受訪者表示，正常的充電模式會經歷電流逐步降低的涓流模式，BMS 會讀取所有電池包中電芯模組的最高電壓，當最高電芯模組電壓達到 4.2 伏特時，例如從 100 安培開始充電，達到最高電芯模組電壓 4.2 伏特，就會進入涓流模式，電流開始慢慢下降，充電過程中若電芯模組電壓再次達到 4.2 伏特時，則會持續降低充電電流，直到降到最低電流，大約 5 到 10 安培左右，此時若電壓仍維持在 4.2 伏特，BMS 便會判斷電池已充滿電，並通知 CHG 向充電機要求停止充電。

受訪者說明當發生異常狀況時，例如電芯模組電壓達到 4.21 伏特並持續 10 秒後，就會被認定為單體電壓過高而停止充電，同時會觸發 BMS 2 級

報警。例如，CHG 與充電機的通訊出現問題，導致充電電流未能降到 BMS 要求的充電電流值，或過充使電芯模組電壓達到 4.21 伏特，此時 BMS 會通知有異常發生並停止充電。

有關於 AMB 的平衡邏輯，受訪者表示，AMB 的功能是用於平衡電池包之間的電壓差，此過程應稱為「電壓平衡」，而非涓流。AMB 的啟動邏輯，主要判斷的依據是電池包之間最高電壓與最低電壓壓差，當電壓差超過 100mV，BMS 就會啟動 AMB 平衡的功能，AMB 不論在充電或放電時都會執行平衡。受訪者說明，AMB 搬運的電流非常小（約 0.3A~1.2A）且固定，不會影響到 BMS 和充電機之間正常的充電電流控制。過去曾經做過 AMB 平衡的試驗，當單一電池包與其他電池包之間電壓差異約為 2 成的情況下，若車輛一天上電時間超過 12 小時，在廠內靜態測試下，大約需要一週時間有機率完成電池包的電壓平衡。

有關於 L 電池包內沒有 AMB 控制器的狀況，受訪者表示，L 電池包被視為「大水庫」的概念，它在 AMB 運作上處於被動狀態，只能接受其他電池包的放電或充電，無法主動移轉電量給其他電池包。然而，受訪者也提到，只要系統判斷電池包電壓壓差，電流就會自動流向電池包電壓低的電池包，因此仍可透過其他電池包的 AMB 功能開啟放電，L 號電池包能被動地被充電。此外，軟體邏輯允許電池包進行非鄰近的搬電，例如 A 電池包可以直接搬電給 C 電池包；也可以 2 包的電池包同時對 2 包電壓低的電池包充電。

有關於放電時 BMS 的控制邏輯，受訪者表示，在車輛正常行駛的放電模式下，AMB 仍會根據電池包間的電壓差異來進行電壓平衡。針對放電時出現單體電壓過高的情況，受訪者說明，可能發生在充電時已經出現單體電壓過高的情形，停止充電後再上電，觸發了報警條件而發出警報，BMS 的控制邏輯是發出 1 級報警給 VCU。如果是行駛放電階段，通常是在消耗電量，電芯模組電壓會持續下降而不會增加。

有關於更換新電池包後 SOC 校正的邏輯，受訪者表示，BMS 的軟體控制邏輯不會區分電池包的新舊，只會依據電池包電壓的差異來進行判斷，更換電池包後需要校正 SOC，只需進行一次完整的滿充程序（因為此款電池的特性，不需要放電），BMS 將 SOC 校正為 100%，即為顯示 HMI 上的 SOC 數值。然而，受訪者澄清，這個顯示的 SOC 100%與電池包內真正的容量（安培小時）可能存在脫鉤，因為即便存在電壓不一致的新舊電池包，只要完成滿充程序，都會顯示 100%。

有關於溫度過高時的 BMS 控制邏輯，受訪者表示，如果是在充電模式下，BMS 偵測到溫度超高時，BMS 有主導權可以停止充電。但在行駛模式下，如果溫度過高或超高，因為車輛行駛安全的考量，BMS 只是發送警報訊息給 VCU，由 VCU 決定處置方式，只有當 VCU 判斷車輛情況為安全時，才會發出指令要求 BMS 執行斷電。

報告結束