

GO THE EXTRA MILE. SKY IS THE LIMIT.

NTURACING

EPSILON 4

CLOSURE REPORT
成車報告

NTURACING
TEAM FROM TAIWAN

臺大賽車隊 出品
2023/07

目錄

年度回顧

FSAE-AUSTRALASIA戰果分享

FSAE-AUSTRALASIA 賽事成績

總資源運用

季度結算

公關報告

EPSILON 4 設計總覽

賽事驗證

各組報告

底盤組

動力組

結構組

電系組

空力組

未來展望

結語

廠商致謝



年度回顧

臺大賽車隊創立至今即將邁入第六年，《Epsilon 4》計畫除了完成本隊的第四代學生方程式電動賽車外，我們也積極拓展各項活動以完善這項工程學習計畫，在達成造車夢想的道路上斬獲不少。



2022/03

Epsilon 3 發表會

2022/08

第二屆台灣盃學生方程式
聯賽 (FST) 第二名

2023/04

獲鴻海文教基金會邀請
參加2023車用電子展

2023/07

Epsilon 4 發表會

2021/09

第一屆台灣盃學生方程式
聯賽 (FST) 二等獎

2022/04

參加Acer Predator
虛擬賽車聯盟活動、
獲JPC Connectivity邀請於2022
車用電子展展出

2022/12

征戰澳洲賽
FSAE-Australasia

2023/07

第三屆台灣盃學生方程式
聯賽 (FST) 第一名



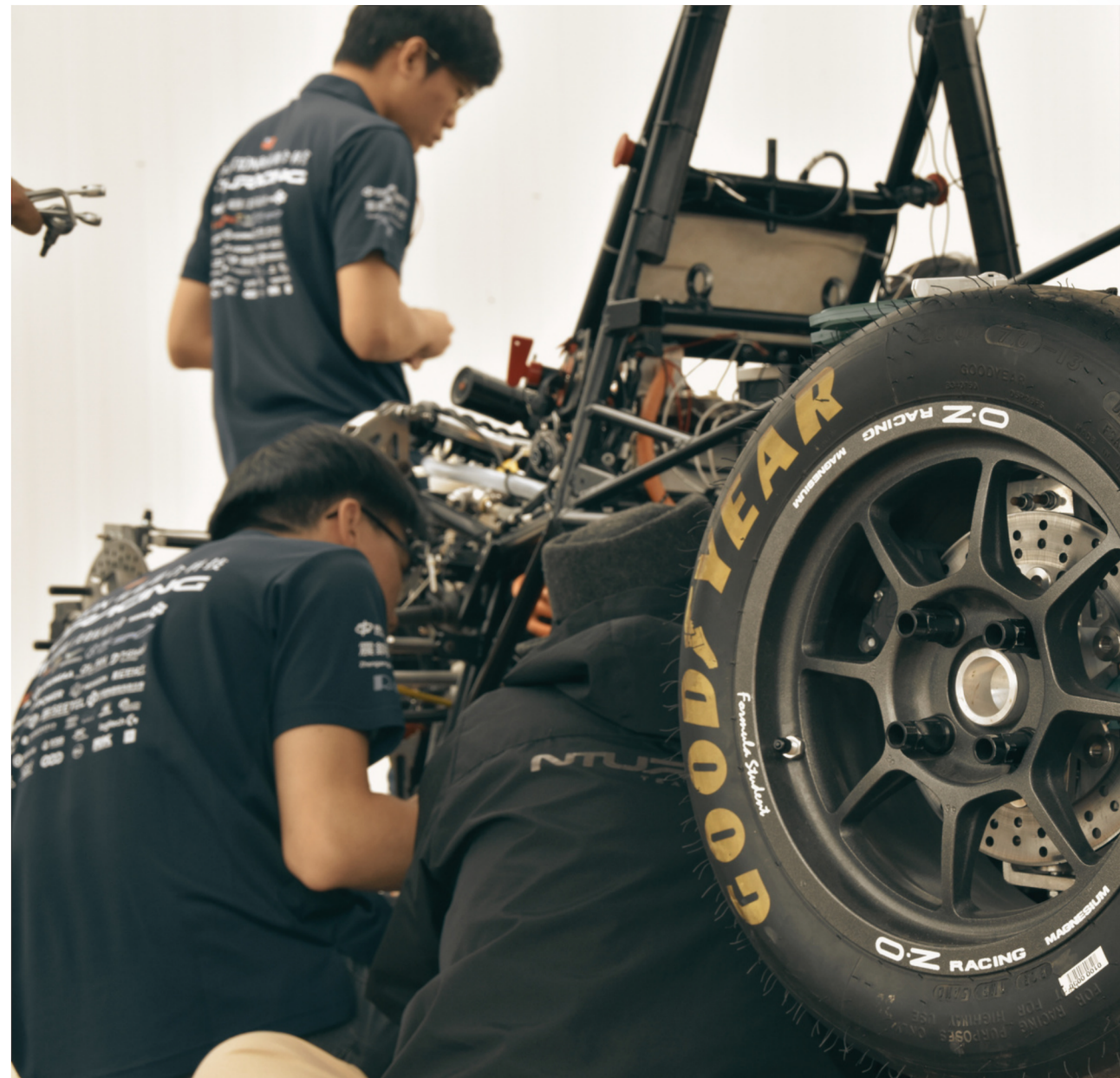
FSAE- Australasia 戰果分享

我們除在靜態賽的商業報告 (Business Presentation) 取得電車組第五名佳績，比賽期間也不放棄任何爭取通過檢查的機會，而獲特別獎 PACCAR - Most Impressive Student Award，仍舊是團隊達成的新里程碑，也是對持續努力參與臺大賽車隊的隊員的肯定。

完成賽事並取得佳績一直是臺大賽車隊的首要參賽目標，為此我們針對EV2未通過的項目逐項與評審和其他參賽隊伍討教潛在的解決方案，勢必將這次的挫折轉化為未來優化車輛設計的動力。

比賽過程

澳洲賽整體的氛圍相當良好，比賽期間經常可以看見來自各個隊伍的成員進出其他隊伍的 Pit 區，互相學習、討教彼此賽車的設計，也樂於提供其他隊伍協助，賽事期間經常可以看見隊伍間彼此的借用工具、零件備品的情景；評審群則在車輛檢查和靜態賽中給予許多具體的意見回饋供我們修正，讓本隊從此次澳洲賽過程中汲取許多經驗。



後續交流

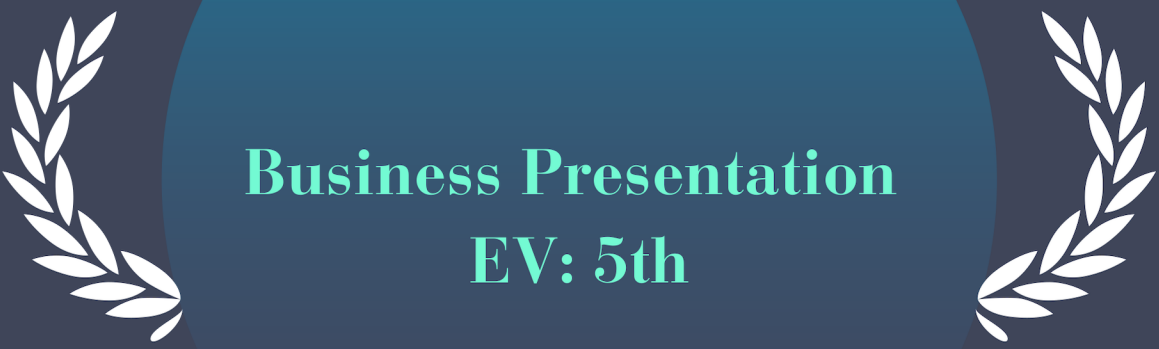
賽事結束後，有幸拜訪 Monash University、The University of Melbourne，以及 RMIT University 的車隊，了解澳洲頂尖大學如何經營一流的賽車團隊。不僅參觀了各隊伍的造車工廠，也在交流過程中學習到許多設計當中的巧思及團隊經營的要領。



FSAE- Australasia 賽事成績



**PACCAR - Most Impressive
Student Award**



**Business Presentation
EV: 5th**

總資源運用

參與 Formula SAE、維持團隊進行與車輛工程研發皆需耗費龐大資源，首先向持續支持臺大賽車隊的合作夥伴與提供協助的母校—**國立臺灣大學**致謝。

精進研發技術，提升車輛表現是臺大賽車隊致力的主要目標，為了將資源進行最有效的利用，這個賽季中，我們針對財務進行多項改革：

採購流程

每季度金錢流動皆超過台幣三百萬元，在龐大的金流下我們設計並導入更嚴格的採購流程，對於一定金額的經費開支進行三關審查，確保資金有效運用，並能運用在最急迫的需求上。

預算編列

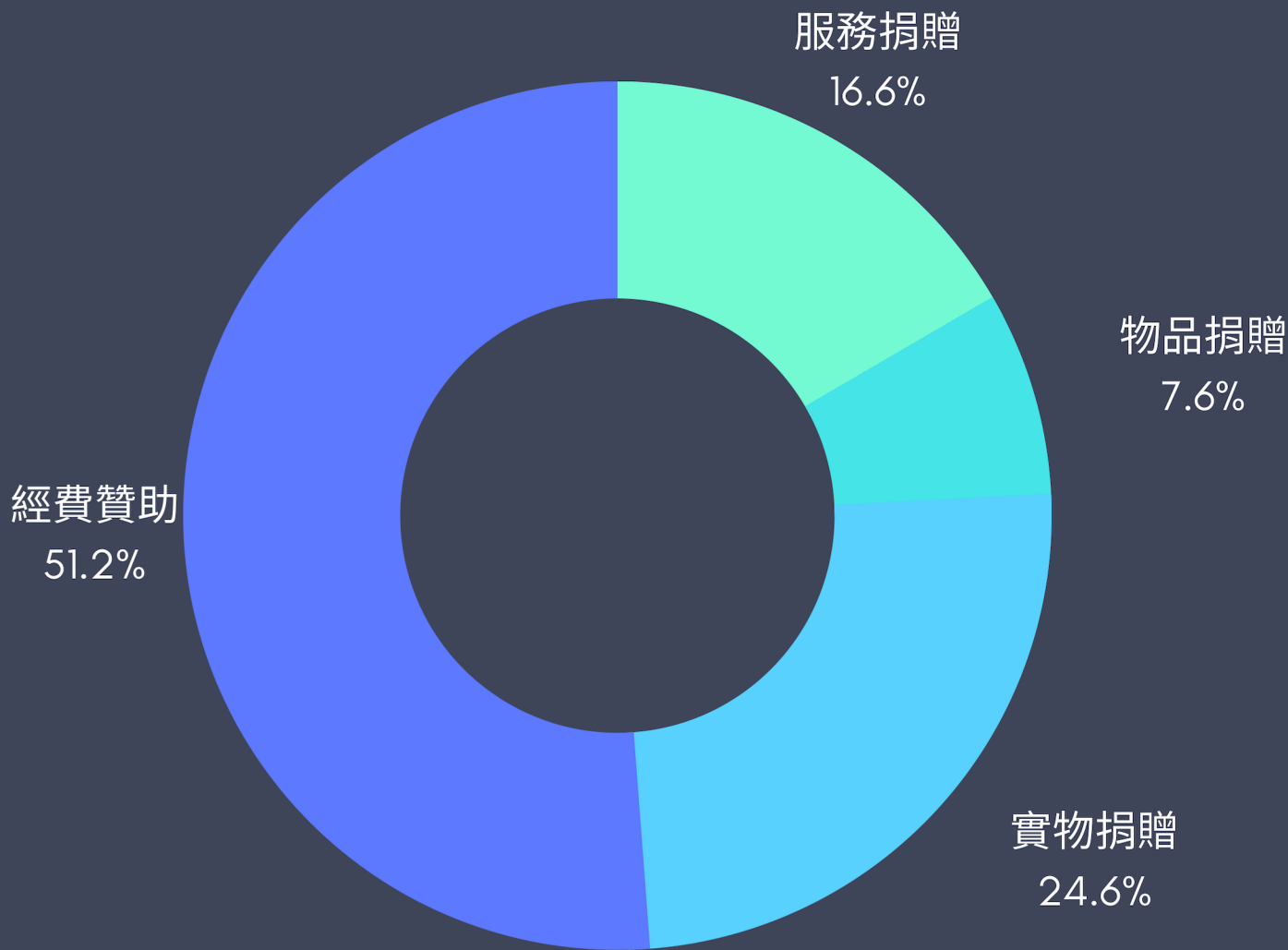
預算編列導入競賽文件，根據BOM所列的各系統、子系統、元件羅列必要開支項目，同時比對歷史採購資料，精簡非必須開支並確保支出金額的合理性。

財產管理

本賽季新增財產管理系統，能系統化的監控團隊中的加工器具及比賽用具等必需用品，更有效率地進行車隊財產的保存與維護。

季度結算

感謝這季度(2021/06-2022/12)對臺大賽車隊予以支持的合作夥伴，本賽季各類經費收入接近380萬元，並有支出334.8萬元。收入以經費補助為主，佔比約50%，剩餘則是實物捐贈、物品與服務性捐贈。支出仍以研發經費為主，另外今年由於赴澳洲參賽，有約100萬用於比賽支出。



收入

車輛研發	金額
金額贊助	193.7
實物捐贈	93.2
總額	286.9
財產與服務	金額
捐贈物品	28.7
捐贈服務	63.0
總額	91.7

支出

組別	金額
結構	20.8
底盤	68.6
空力	40.5
動力	117.2
電系	10.5
行政	13.7
比賽	100
總額	334.8

單位：萬元新台幣

公關報告

本年度著重於提升臺大賽車隊整體形象與曝光度，積極與各界廠商接洽、交流，期許深化廠商與車隊間的連結，並透過實體公開活動，加深民眾、學生對於臺大賽車隊的了解，也為合作廠商提供更多不同管道的曝光機會。

2022.04 JPC邀請參與車用電子展

隨著疫情趨緩，臺大賽車隊在業界邀請下出席眾多活動，透過實體展出、試乘體驗等方式推廣賽車工程教育，各項活動皆獲得各界的廣大迴響，更為贊助商創造曝光機會。



2022.11 於科教館展出第一代、第三代賽車，分享車隊經驗



最佳化易視性及連結性
主要資訊完整運用空間

未來感
精密的橢圓角

如疏密波的造型感
加強字腔對比

NTURACING

常用角度以利於日後延伸設計元素搭配
45度反斜線、30度斜線

現代感
少即是多

力量感
剛剛好的字重

速度感
極寬扁的結構

強化曝光，提升車隊識別度

社群的觸及群眾、追蹤人數皆穩定成長，自2022年初發表全新車隊視覺識別設計後，大幅提升臺大賽車隊的團隊識別度。

+21.2%
instagram
+71.4%
facebook

(來源：社群後台分析數據)

產學合作，深化學界與業界的交流

與多家廠商進行技術合作，舉辦企業參訪，從業界的角度汲取不同的觀點與視野，並有助於隊員提早了解產業環境。和碩聯合科技除在資金上大力支持外，亦在團隊發展方向上提供車隊具前瞻性的建言，並在車用電子領域給予專業的見解。



跨院系的團隊合作

臺大賽車隊發揮臺大校系多元的優勢，廣納不同系所的學生，從研發設計到形象包裝的過程中，學習跨領域、專業的溝通與合作。我們期許在團隊中培養具合作精神，並勇敢面對挑戰、處理問題的人才。管中閔前校長在一次的會談表示高度肯定臺大賽車隊的成員多元性，與勇於實踐夢想的熱情與衝勁。



企業回饋成果展示

本年度擴編攝影與影片剪輯的人員，讓臺大賽車隊在企業回饋上能為贊助廠商提供更高質量的照片、影片呈現，提升曝光效果；行銷與網頁設計人才的加入，提升車隊的網路經營成效，使我們在社群、網頁上能為廠商創造更佳的宣傳平台。

2022年12月份的FSAE-A澳洲賽事，以及隨疫情趨緩緊接而來的台灣賽，以及各大國際賽事，都有助於將贊助廠商的品牌推向國際舞台。Epsilon 4 上的贊助商 Logo，更是時刻提醒我們肩負的責任與期待，在此特別感謝支持車隊的所有贊助廠商。

未來期許

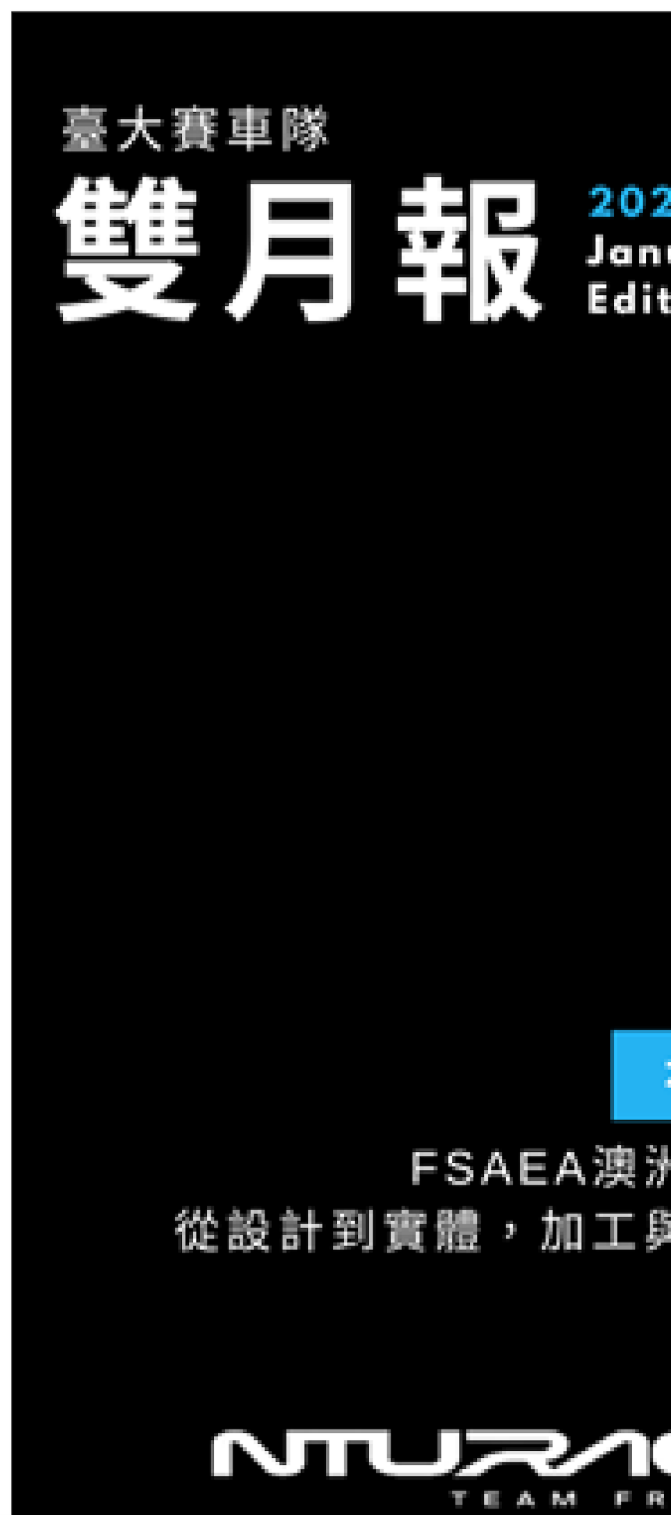
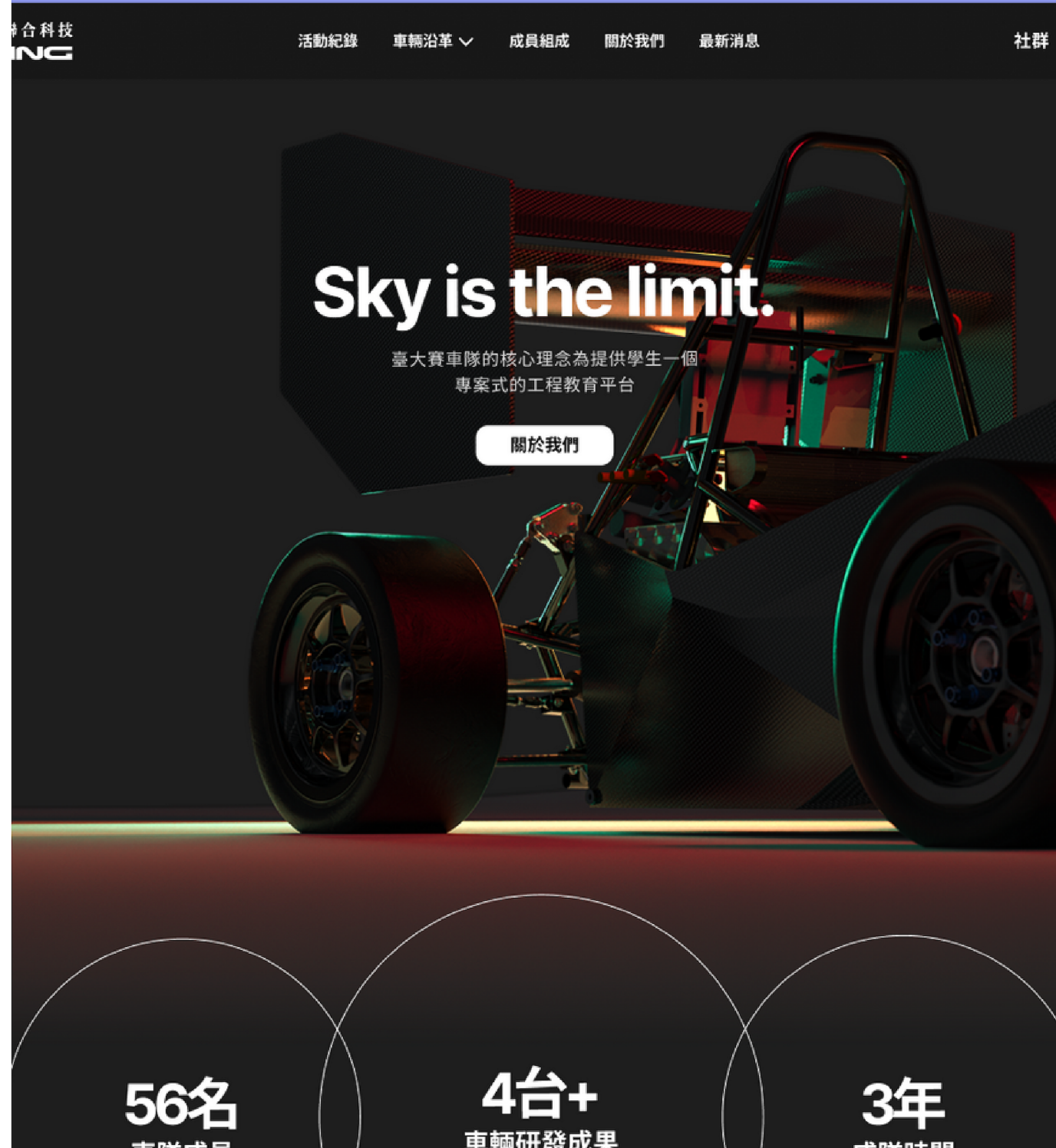
Epsilon 賽車的背後不只有對工程的堅持，更承載了隊員的熱情與夢想，以及一路伴隨車隊成長的廠商與師長。未來臺大賽車隊將以下列幾點為方向，為車隊與廠商創造更佳的平台，提升公關的行銷能力：

已著手架設車隊官方網站，傳遞車隊精神、記錄車隊活動，並刊登歷屆贊助廠商

架設車隊LinkedIn，增加學界與業界接軌機會，走向更專業化之工程平台

強化車隊國際性，培養國際視野與深化交流

擴編攝影、剪輯、視覺設計專業人才，提供更高品質、高效率的影音回饋



Epsilon 4 設計總覽

Epsilon 4 承襲一貫的設計風格，以簡潔可靠的方式精進設計，持續以輕量化為研發目標，延續鋼管車架搭配後置單馬達驅動的架構，著重提升電芯能量密度，增設懸吊防傾桿與空力套件底板加強車輛動態表現，並致力於提升軟體系統穩定系與運作速度。

與前代車 Epsilon 3 相比，Epsilon 4 在車重降低10%，能有效的優化車輛動態表現，重新設計的動力系統提升17.25%的穩定輸出。為了完整地分析車輛動態表現，輪胎更換為固特異的 D2704 20.0X7.0-13，使用被驗證過的輪胎資料進行模擬。

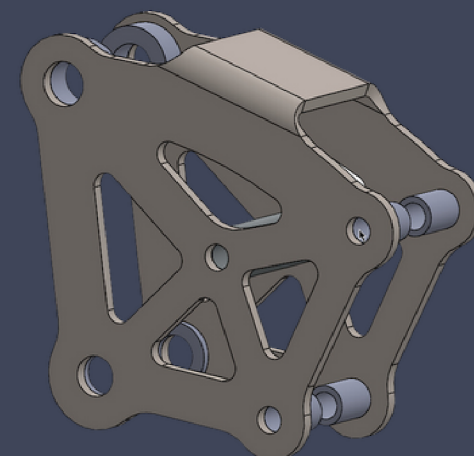
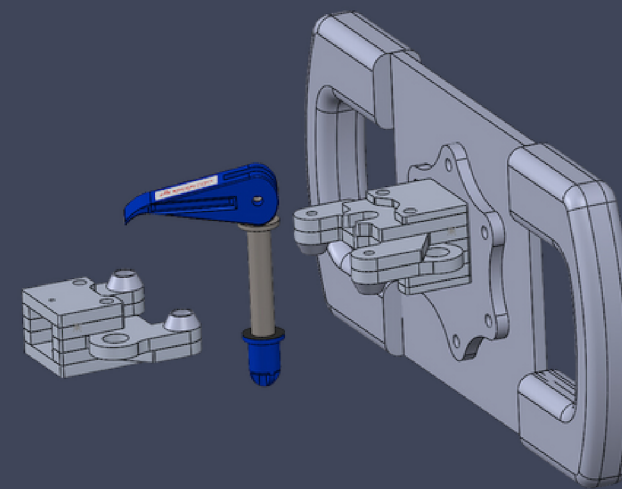
整車規格

車架 / 車身	鋼管車架 / 碳纖維
懸吊	雙A臂推桿式懸吊、前後獨立防傾桿
車身長 / 寬 / 高	3013 mm / 1460 mm / 1133 mm
軸距 / 前輪距 / 後輪距	1560 mm / 1250 mm / 1220 mm
空車重 / 前後配重比	290 kg / 46 : 54
離地高度	43.2 mm
輪框	13 inch OZ Formula Student Magnesium 4H wheel
輪胎	固特異 D2704 20.0X7.0-13
馬達種類 / 馬達編號 / 馬達數量	永磁同步無刷馬達 / EMRAX 228 / 單一
傳動形式 / 減速比	行星齒輪、鏈條傳動、F.C.C 限滑差速器 / 4.3:1
連續額定功率 / 峰值功率 / 最大扭矩	46.9 kW / 76.2 kW / 134 Nm
電芯種類 / 額定電壓 / 最高電壓 / 額定容量	Li-ion / 228.6 V / 327.6 V / 4.76 kWh
空力套件	前翼、底板、尾翼
剎車	Brembo 對向活塞卡鉗
特殊亮點	直線加速起步控制



比賽期間我們積極與其他參賽車隊交流，
互相學習優良的設計。

Epsilon 4 的方向盤快拆機構受到一致讚許，
成功利用簡單的機構取代市售品並具有了當
的功用。



Epsilon 4採用的懸吊 Rocker 也獲得不錯的
評價，使用白鐵鈹金成本較低，且因為使用
鈹金構型在側邊多了一塊肋，比一般使用兩
片金屬片、中間夾墊塊的設計堅固。

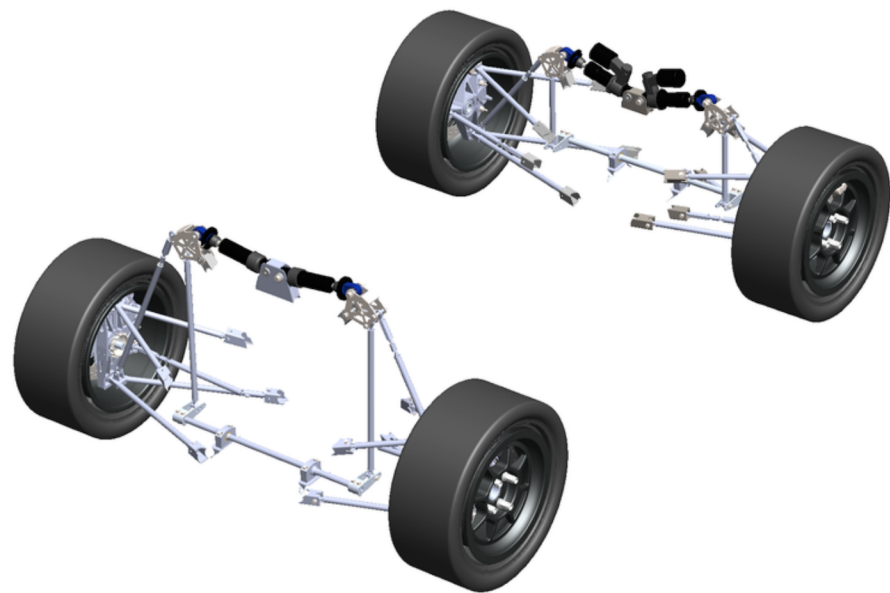
賽事驗證

Epsilon 4 完整通過FSAE-A的靜態機械檢查以及第一階段之電力檢查，在缺少比賽經驗的情形下，Epsilon 4 成功依照規則完整的設計與製造。

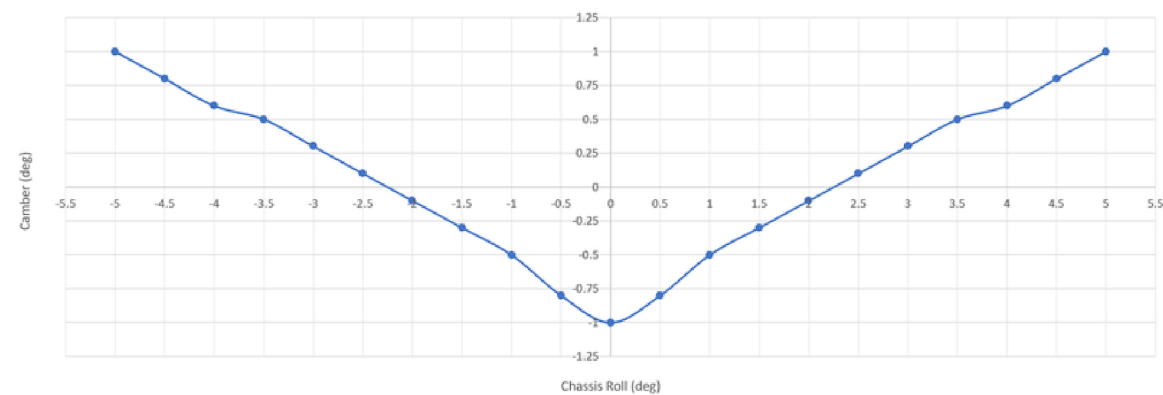
底盤組

懸吊

Epsilon 4 前後懸吊皆採用雙A臂與 Pushrod，並搭配防傾桿加強側傾剛度。在懸吊幾何上，後懸吊得益於車架後部縮窄的設計而得以降低 Camber gain，使車尾下沉時輪胎仍能保有一定的接觸面積，強化了車輛直線加速的動態，此外今年在保有 Anti dive/squat 的設計下，仍將避震系統的運動範圍維持在同一平面，且懸吊硬點皆設計於車架節點上，可避免產生多餘的力矩對避震以及車架造成負擔。



本隊使用 **MSC Software** 提供的 ADAMS 動力學模擬軟體優化懸吊幾何，模擬懸吊運動軌跡及其造成的側傾中心偏移，計算出車輛側傾及 Camber gain 之間的關係，以優化車輛在彎道的輪胎觸地面積。



各式懸吊連桿材質採用碳纖維，感謝**駿利新材料**提供輕量化高強度碳纖管。本隊設計了可快調式機構與之搭配，在車高以及輪胎束角上皆只需旋轉可調桿件即可快速完成調整，外傾角調整範圍也從原先的0~-2度增加至0~-4度。感謝**NT Racing 張啓睿學長**指導本隊如何快速根據不同賽場條件對車輛進行調整，面對不同情況都能擁有良好的動態表現。

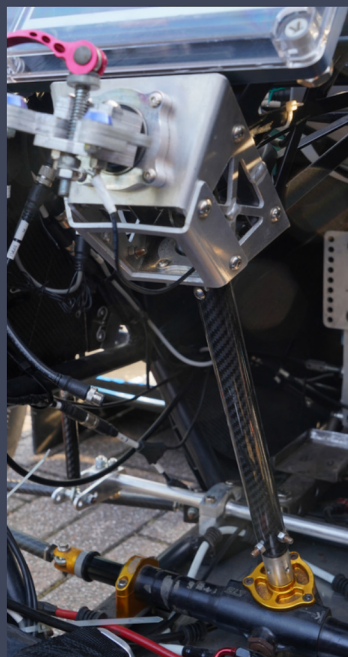




避震器

避震器方面，感謝 **Racing Bros 銳欣國際有限公司** 提供我們客製化避震器，並提供專業的技術指導，搭配今年採用的20.0吋輪胎提升車輛性能表現。

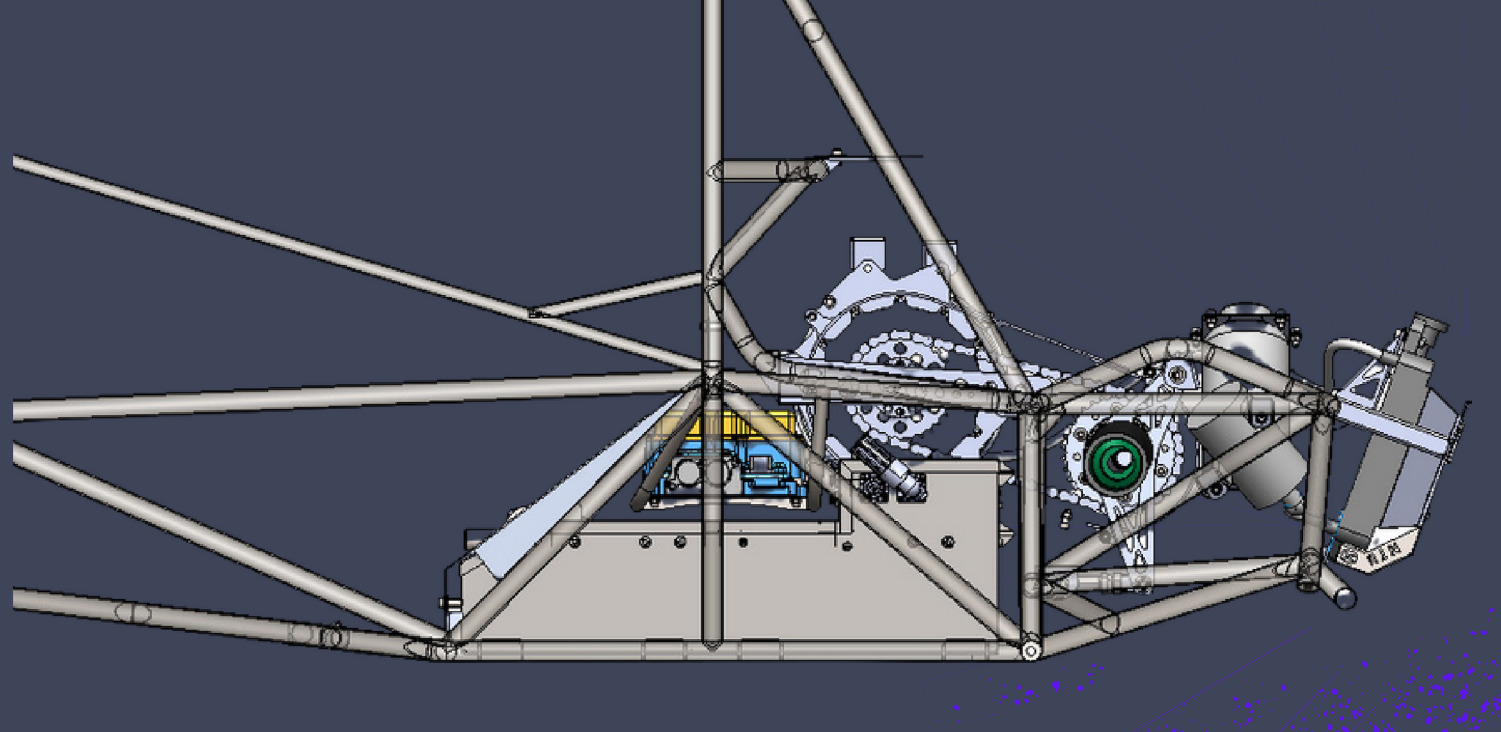
今年我們首次將皮托科技提供之COMSOL Multiphysics 固體力學分析模組的拓樸結果應用於懸吊零件設計上，平面上依據拓樸結果進行設計，並在立體設計上採用白鐵板金使加工成本大幅降低，其他零件如轉向節也在符合受力情況下在設計上進行了優化，使單一轉向節最大減重達124g。感謝震鋼精密科技股份有限公司贊助製造，提供高品質及精度的CNC零件，也感謝**SKF**贊助本隊多款軸承，運用在轉向和懸吊系統。



轉向

轉向機柱使用雙萬向接頭以減輕重量及節省成本，Epsilon 4 改進轉向柱及快拆內部零件並由**可比企業有限公司**協助進行CNC零件製造以減少方向盤餘隙，給車手帶來更清晰的路感回饋。轉向支架採用碳鋼鈹金為主體，搭配鋁製底部支架增強整體剛性並方便轉向機柱安裝。

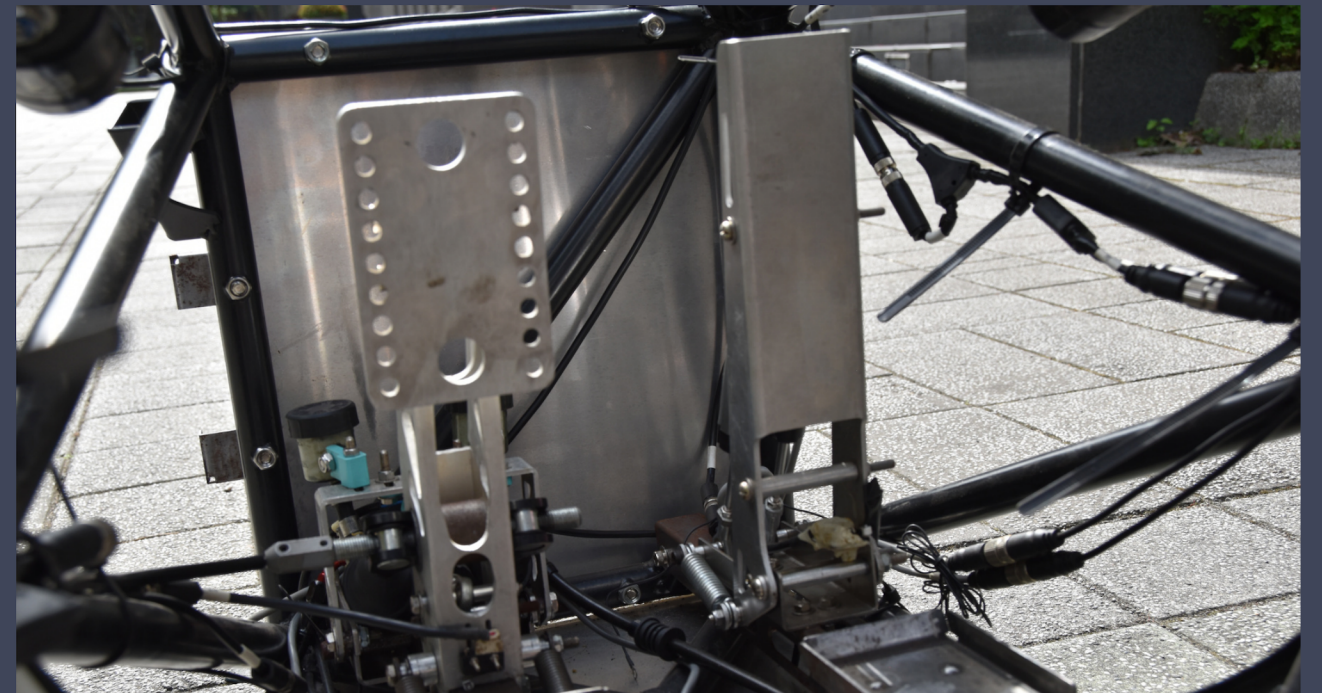
感謝**NT Racing 張智睿學長**贊助橡膠方向盤，兼具防水、耐用，符合人體工學並且美觀。



煞車

今年煞車同樣設定為駕駛施加400N即可鎖死，在換裝新式總泵並搭配**加祿達國際有限公司**贊助的油管及油管配件後，進一步縮小了輪轂，以及使用**Frando**贊助的對二卡鉗以及**暴力虎PBF**贊助製作的碟盤，使單輪簧下重量減輕了160g。

Epsilon 4 踏板箱為正踩直推式設計上，簡化踏板與總泵之間聯桿，並依據車手反饋優化踏板作動軌跡，整體行程接近水平，垂直位移量小於10mm。煞車以及電門各以一根碳鋼方管為底部主體減少加工成本，在分別輔以白鐵板金製作總泵底座提升強度，以及鋁製板金製作一體式電門底座方便拆卸，使之可快速依不同車手體型進行前後調整。踏板本體方面，煞車以鋁方管為本體進行雷射切割加工，同時兼顧低加工成本、輕量以及堅固三種特性；電門則以鋁板金搭配鋁製墊片，在增加踏板接觸面積同時減輕重量。



動力組

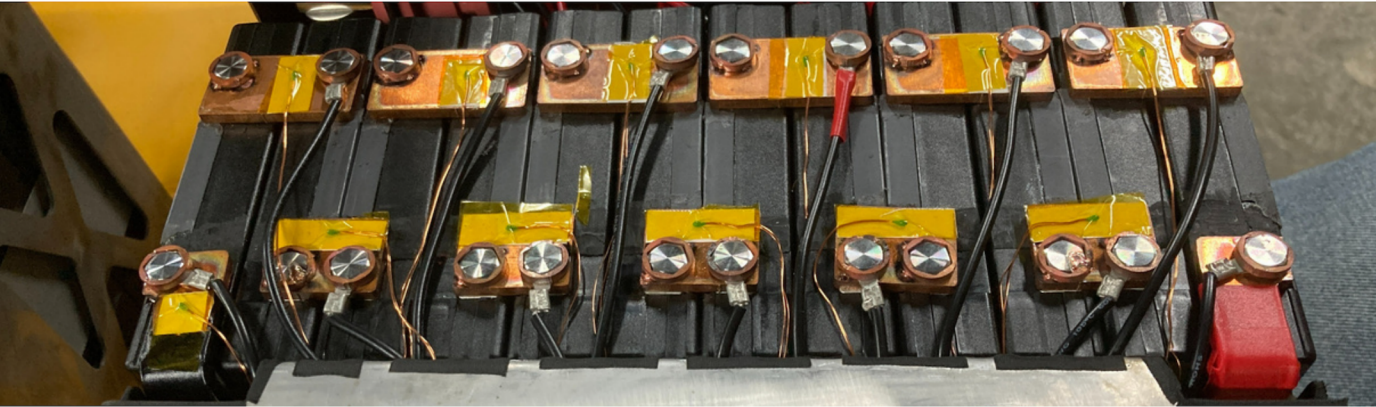
電池與傳動系統的自製比例大幅提升，Epsilon 4 首次採用學生設計之電池模組與電池管理系統；為了降低鏈盤傳動的減速比與準備未來使用四驅輪轂馬達進行傳動，Epsilon 4 使用一組行星齒輪與鏈盤傳動達成車輛所需的減速比。

動力系統的配置上，不同於前代車將馬達與馬達控制器放置在電池箱之後，Epsilon 4 採用扁平化設計降低重心，將馬達控制器、馬達、傳動系統等空間利用率較低之零件擺放在電池箱之上，降低整體重心並縮短動力系統佔據空間。

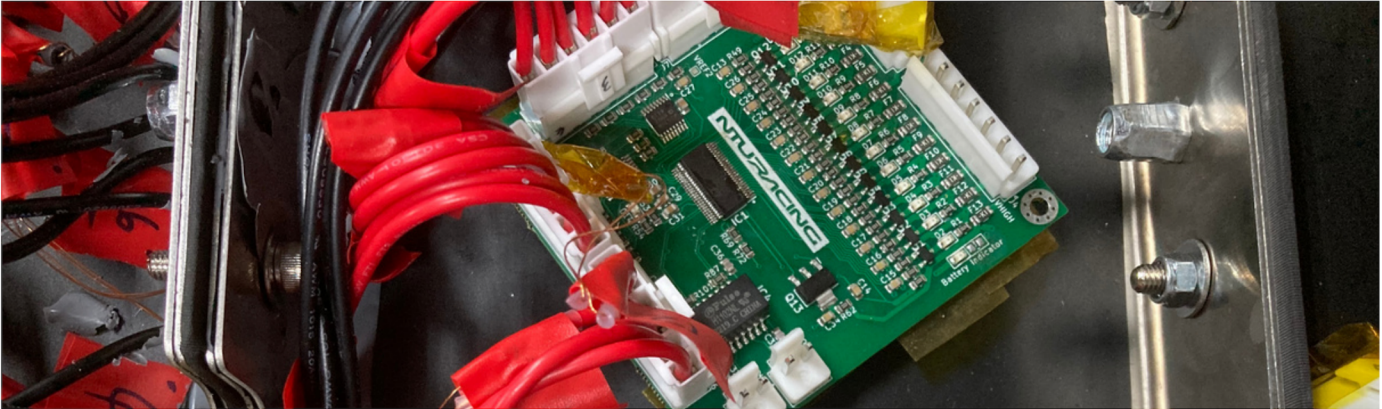
電池

感謝**有量科技**贊助5099130NRS鋰聚合物電池，配合**喬信電子**3並電芯模組與板金模組外殼製成。電池模組內部使用**高柏科技**贊助之導熱絕緣膠同時保護銅匯流排並達成散熱之效果。
未來動力組將持續精進與完善電池模組之設計，感謝**緯誠國際驗證股份有限公司**贊助電池安全驗證所需資金。

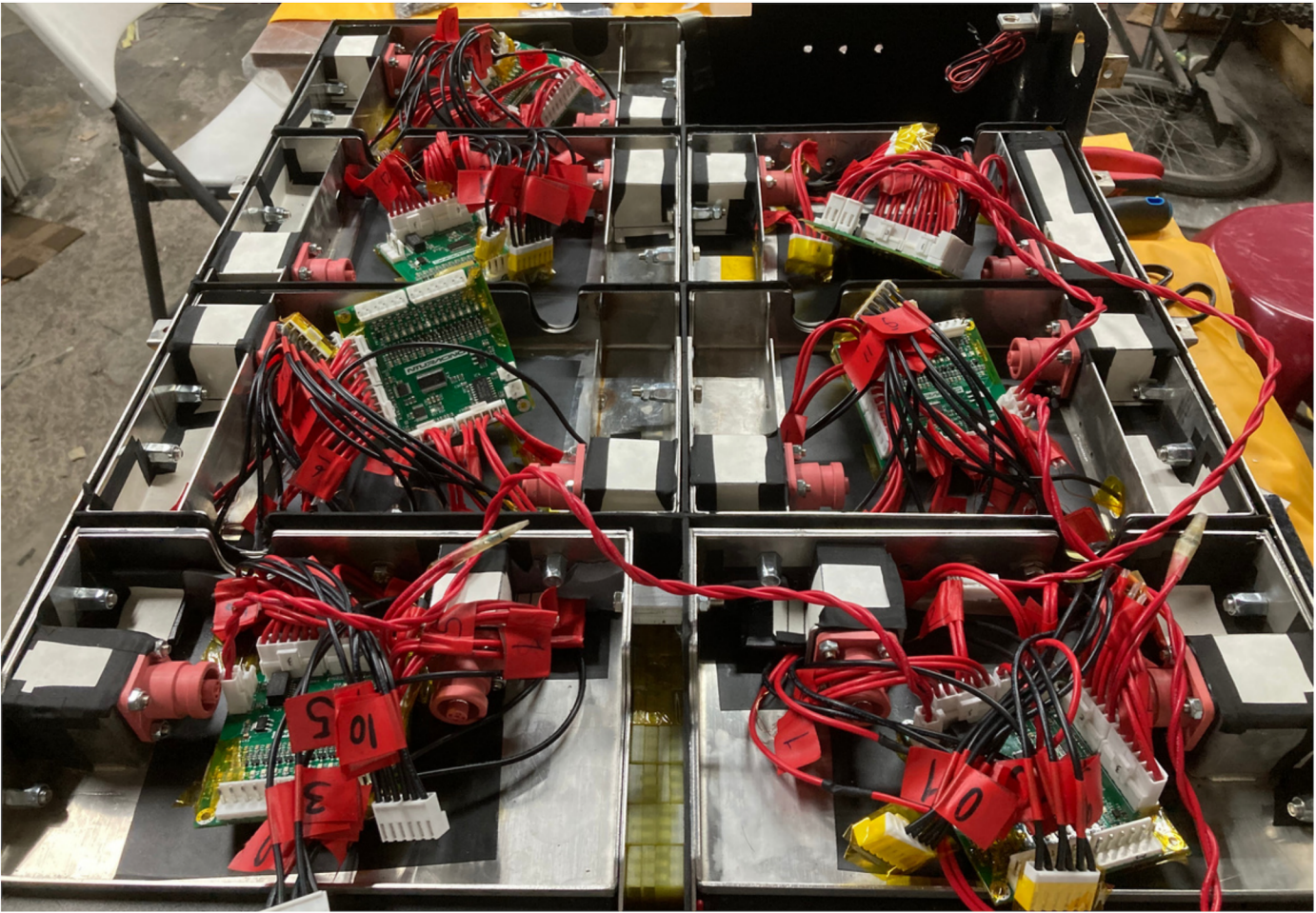
種類	標稱電壓	電量	最高電壓	重量
鋰聚合鋁包	3.7V	5.5Ah	4.2V	141g



額定電壓	電量	最高電壓	電芯數量
288.6V	4.7kWh	327.6V	78s3p



Epsilon 4 首次使用自行設計的電池管理系統，以LTC6811晶片作為電池模組溫度與電壓監測板。感謝**佳必琪國際**提供高壓電纜與安全接頭，也感謝**熙特爾新能源**提供電池模組與電池箱設計的技術諮詢。



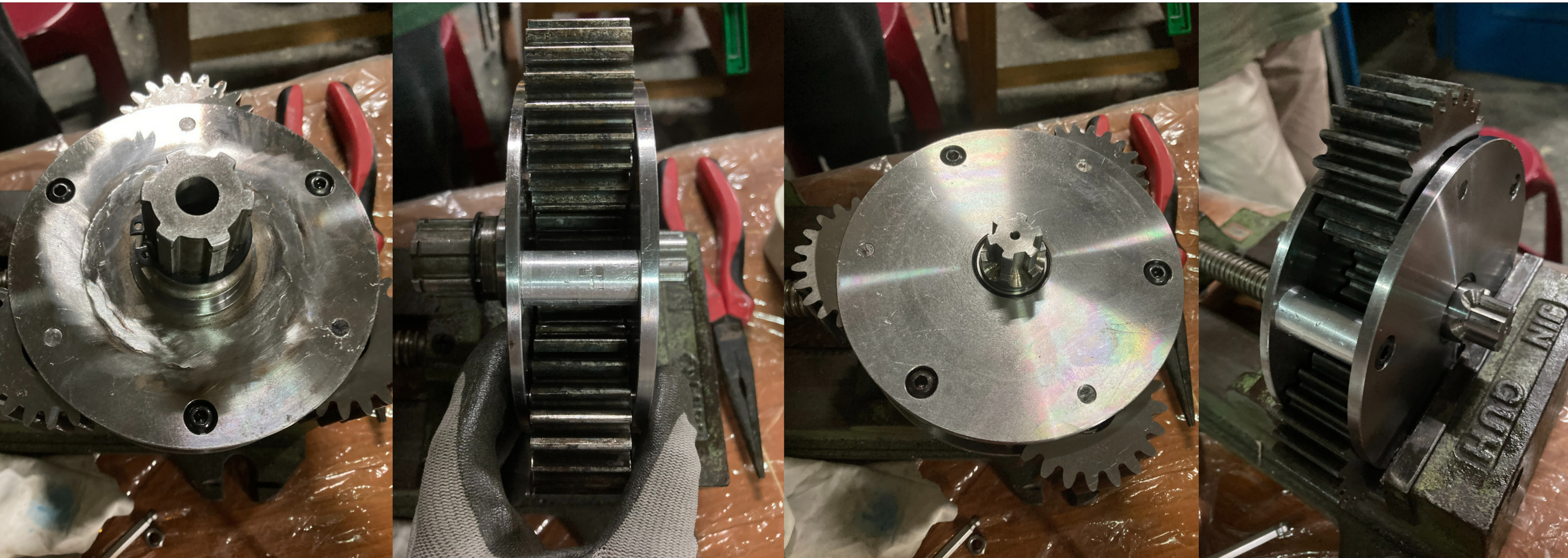
傳動系統

Epsilon 4 所採用之輪胎尺寸較前代車輛大，在相同馬達的配置之下，減速比必須相對應的增加，加上車隊規劃未來的車輛採用四輪傳動，因此希望事先累積行星齒輪組的製作經驗。Epsilon 4 採用一組行星齒輪搭配鏈條傳動達到理想的減速比最大化車輛的直線加速性能。

感謝**睿欣實業**協助製造行星齒輪組及**建祥國際股份有限公司**贊助RK鏈條，Epsilon 4 藉由齒輪組與鏈條搭配達成動力傳輸，選用該配置是為了建立之後設計四輪傳動時需要的知識基礎。

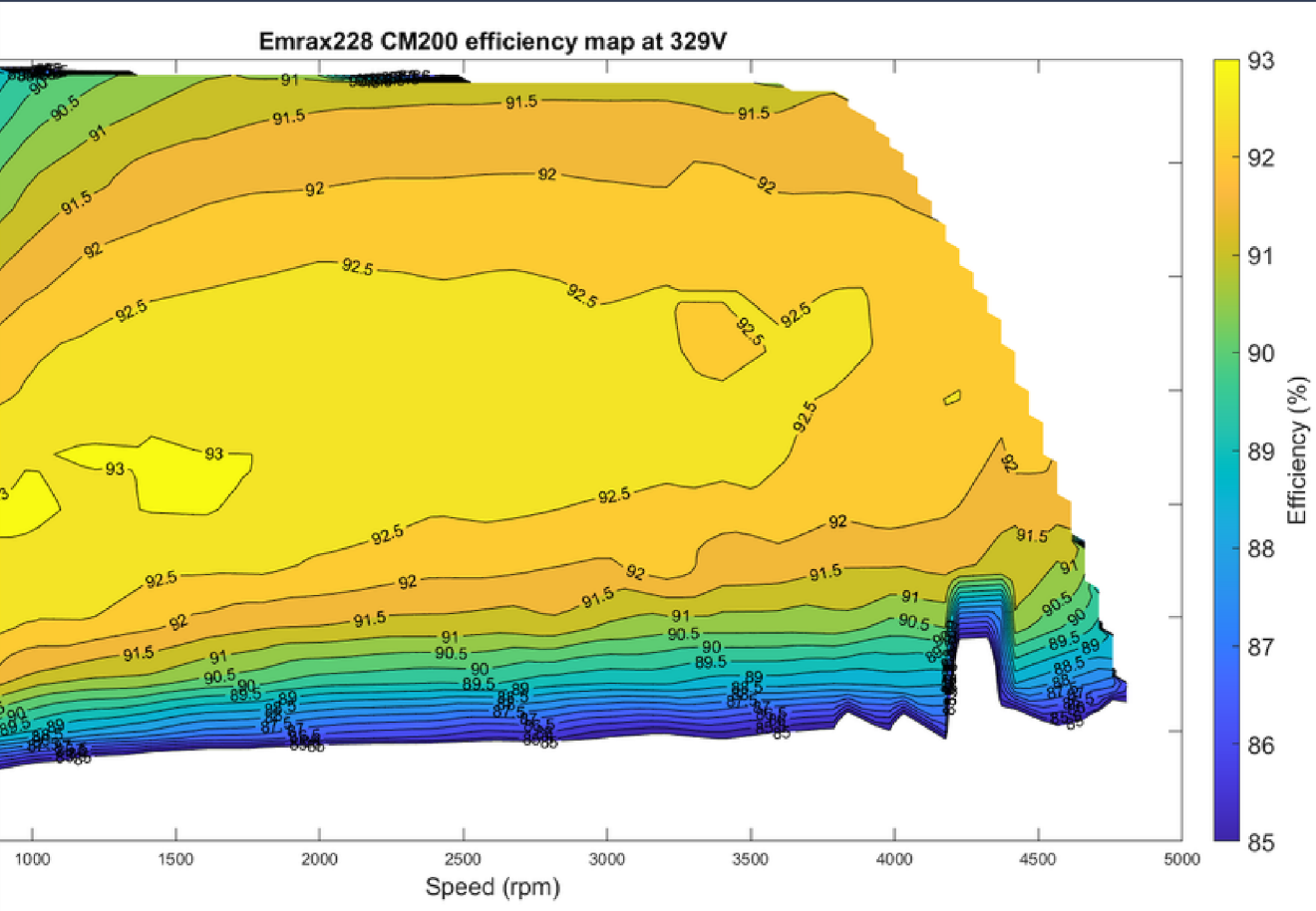
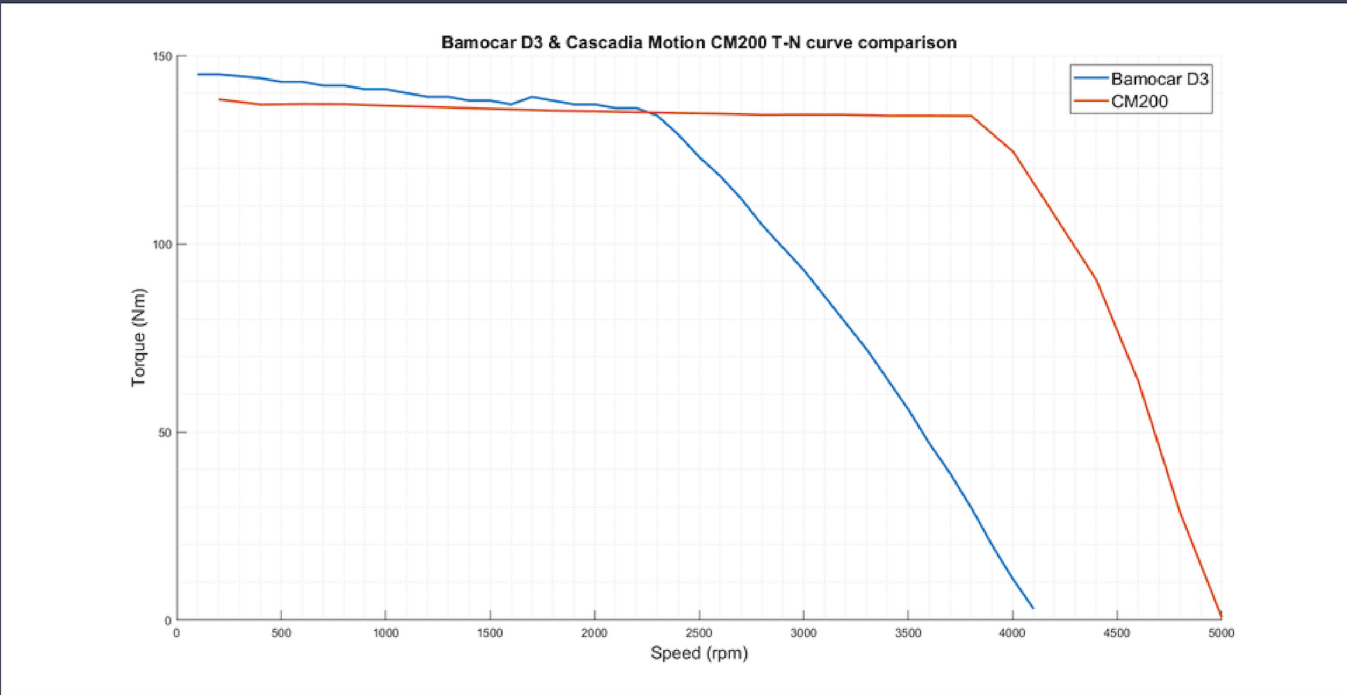
差速器使用 **FCC Taiwan 台灣富士離合器**贊助的FCC TRAC 限滑差速器，可提供 3.5：1 的扭矩偏置比，為我們的車輛帶來良好的過彎動態；傳動軸使用**台惟工業股份有限公司**贊助的等速傳動接頭零配件，中心軸部分則由本隊自行設計，其材質使用鉻鉬鋼且經過高週波熱處理，能夠應付賽車的激烈操駕。

行星齒輪		鏈條傳動		總傳動
減速比	配置	減速比	配置	減速比
3.9	太陽輪齒數 23	1.1	小齒盤齒數 30	4.3
	行星輪齒數 22		大齒盤齒數 33	
	環齒輪齒數 67			



馬達控制器

採用Cascadia Motion CM200DX馬達控制器。感謝致茂電子 **Chroma ATE**提供測試實驗室供我們進行效率測試與扭力校正，同時比較新舊控制器之間的性能差異。



馬達

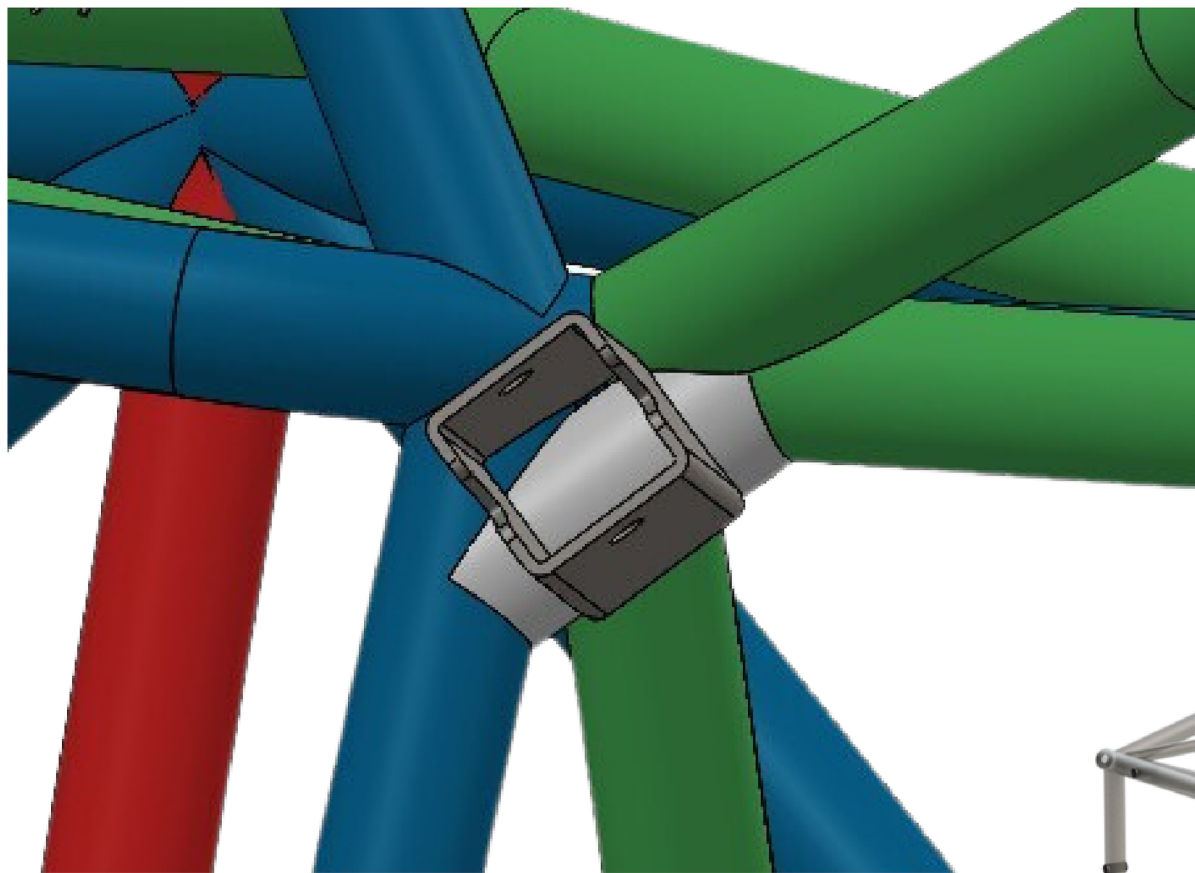
採用Emrax 228 MV軸向磁通馬達，配合車輛電壓最高扭力134Nm。在重量與功率之間是一個平衡的選擇。

水冷系統

依據過往車輛在夏天行駛時出現過熱現象的經驗，Epsilon 4 的水冷系統使用熱交換面積更大的水箱，並採用流量更大的風扇與遮罩，增加強制對流的空氣流量。

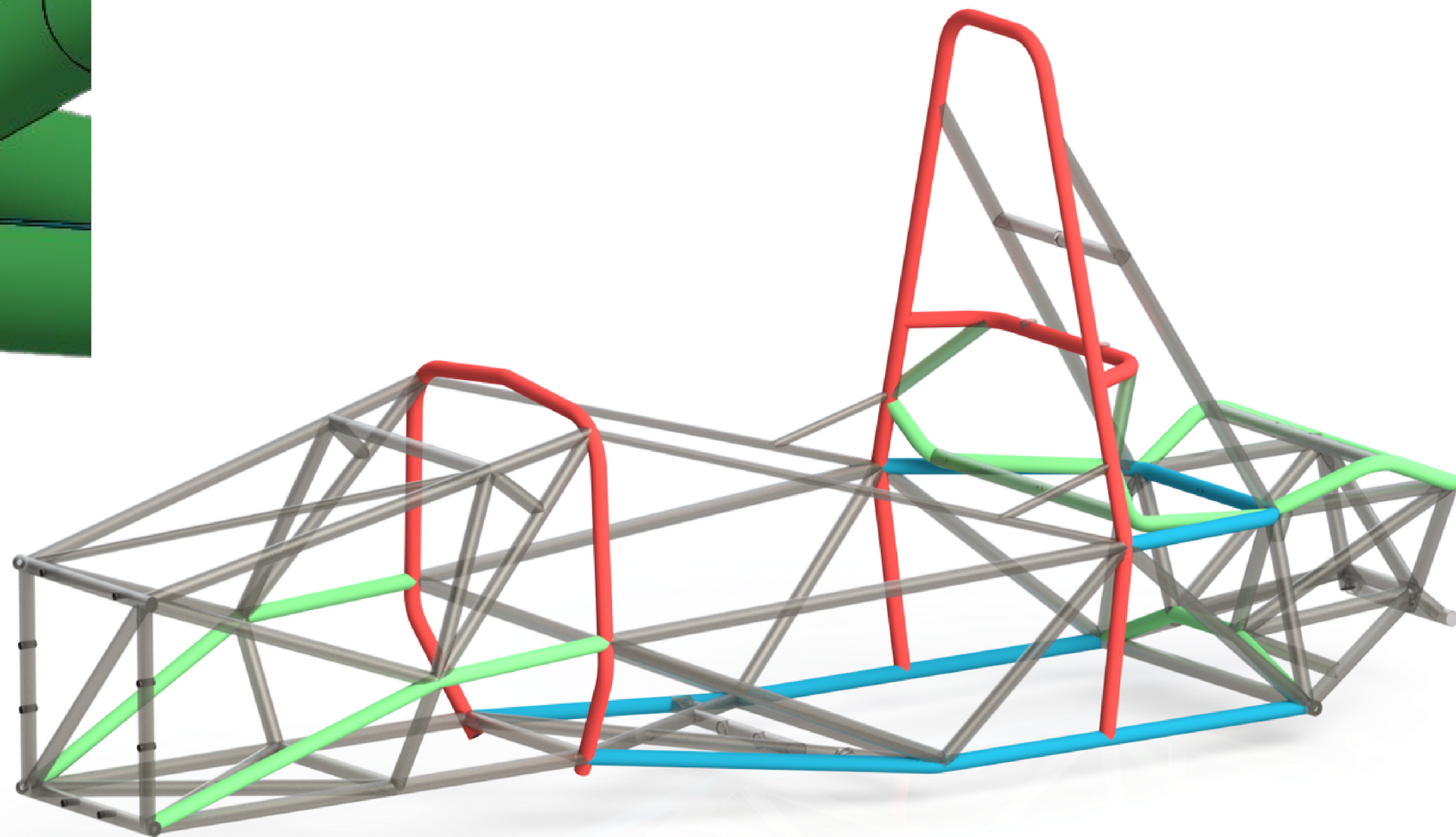
結構組

結構組的年度目標為提升整車整合度，預期在車架設計階段將各系統掛點位置和裝配方式納入考量，同時降低加工誤差和成本；此外也提高加工自主性，從治具的設計、搭建到車架滿焊皆由本組自行完成。感謝逢聯提供管件，協助完成後續 Epsilon 4 扭轉剛度測試。



在車架引入更多彎管設計，減少焊接工序和避免焊接熱變形，亦增加了強度和精度，並且減少治具的使用，進而降低加工成本。馬達掛點位置採用彎管，使力線連續提升車架強度，並盡量貼近鎖點增加強度。引入semi-node(半接點)的設計，為解決複雜坡口的問題與提升加工時的易修正度，以短圓管作為懸吊掛點方管和車架的轉接，下圖中灰色管件即為semi-node設計。

Epsilon 4 整車使用4130鉻鉬鋼管製成，車架純鋼管圖面總重37公斤，扭轉剛度1228N·m/deg。結構組提升車架與懸吊和動力系統的整合度，採寬車頭和窄車尾的設計，另外減少node(鋼管接點)數以達減重目標，同時提升強度和減少焊接造成的熱應力，也能縮減加工時間。





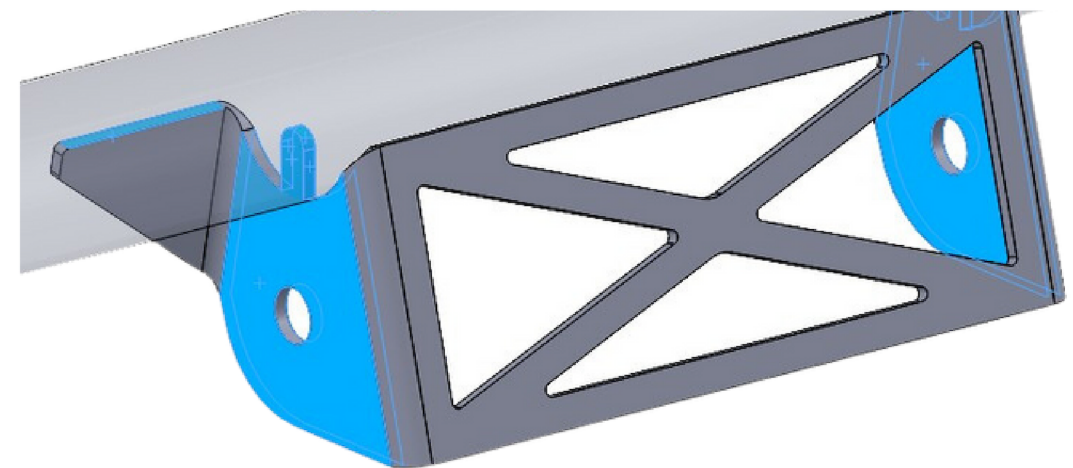
治具以標準圓管和方管為主，取代以往的鈹金治具，管類幾何不僅帶來更高的剛性也增加接觸面積，減少鈹金兩道工序累積的公差和變形的誤差，提升整體精度，此外也降低了加工時間和金錢成本。

除了金屬治具外，也搭配使用密集板治具，大幅降低加工成本並利用其強度特性吸收公差。車架的平面結構即是利用密集板搭配壓塊作為治具，懸吊掛點治具也以鈹金或方管搭配密集板構成，加工修正性相較以往使用鈹金和管材高出許多。

配合車架的彎管比例提升，由於製程上彎管的口是後磨，彎管坡口驗證為今年新研發的技術，挑選內徑略大於車架鋼管外徑的不鏽鋼管，以方管輔助定位，取一小段不鏽鋼直管套於彎管末端，比對其坡口一致性並加以修正。用於此部分的彎管檢具亦可作為車架治具的一部分，有效降低加工成本。

提升全車掛片整合，完善規劃各子系統位置，將裝配難易度納入考量，同時為避免厚板直接焊接於薄管，使用COMSOL Multiphysics 進行固體力學分析，透過設計適當幾何滿足強度要求，達到輕量化和確保焊接品質的效果。

對於部分受力較大的掛點，利用折邊幾何延長掛片焊道以提升強度。除了使用治具外，掛片也加入定位銷幾何於車架上開槽，有效輔助定位精確度。



座椅安裝方式使用定位銷以利拆裝，亦減少傳統鎖孔對碳纖維剪切之強度隱患特性。

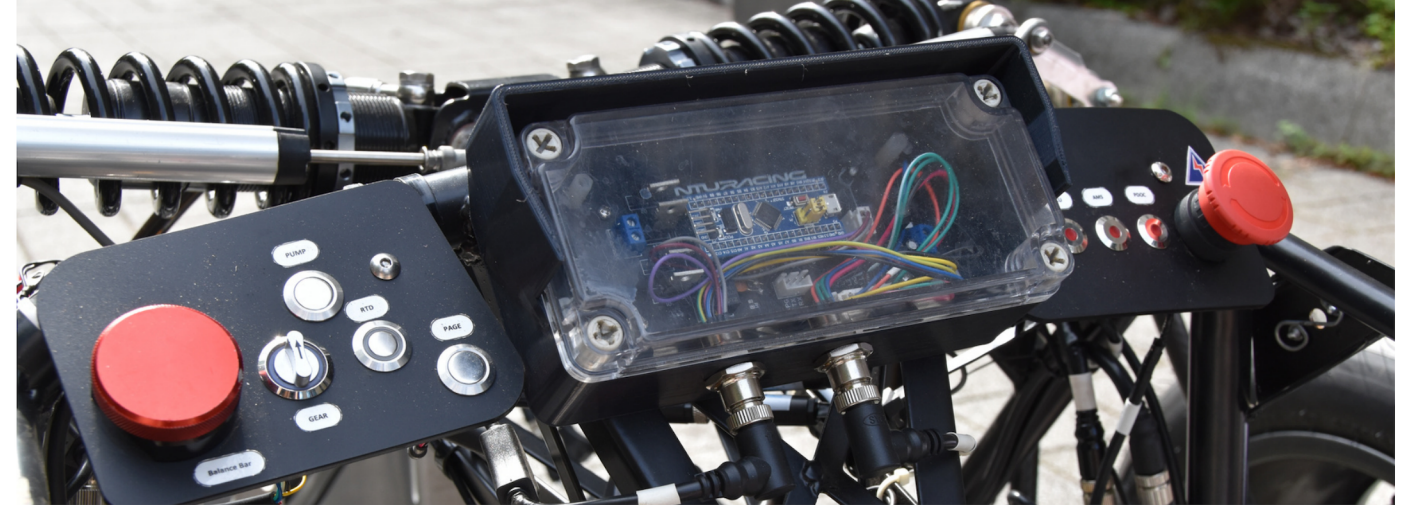
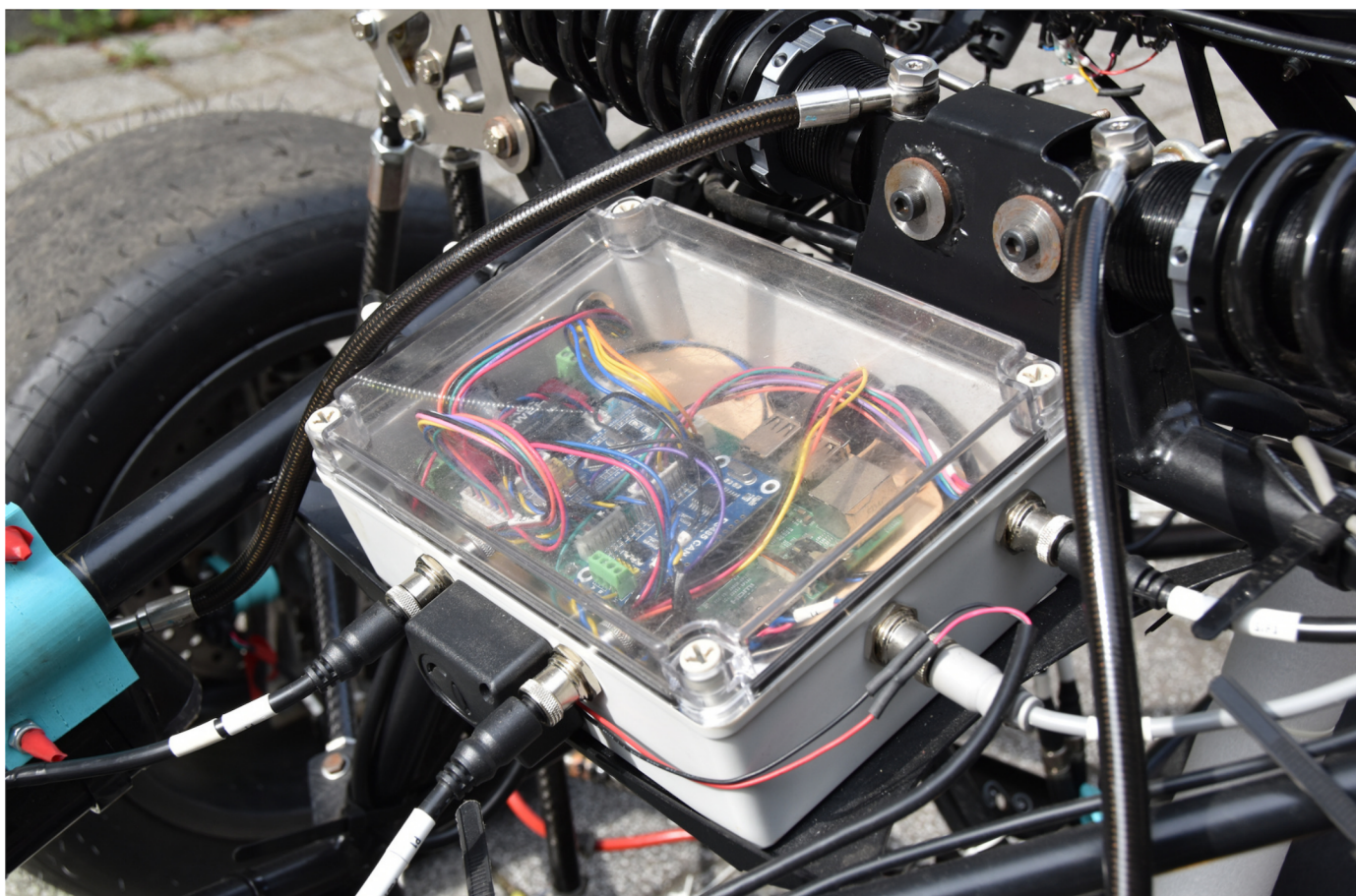


電系組

主控電腦與微處理器

Epsilon 4 使用**RICELEE**贊助的 RaspberryPi 作為車輛的主控電腦，RaspberryPi 的穩定性在整個賽季中發揮了關鍵作用，確保了訊號處理和資料收集的可靠性。

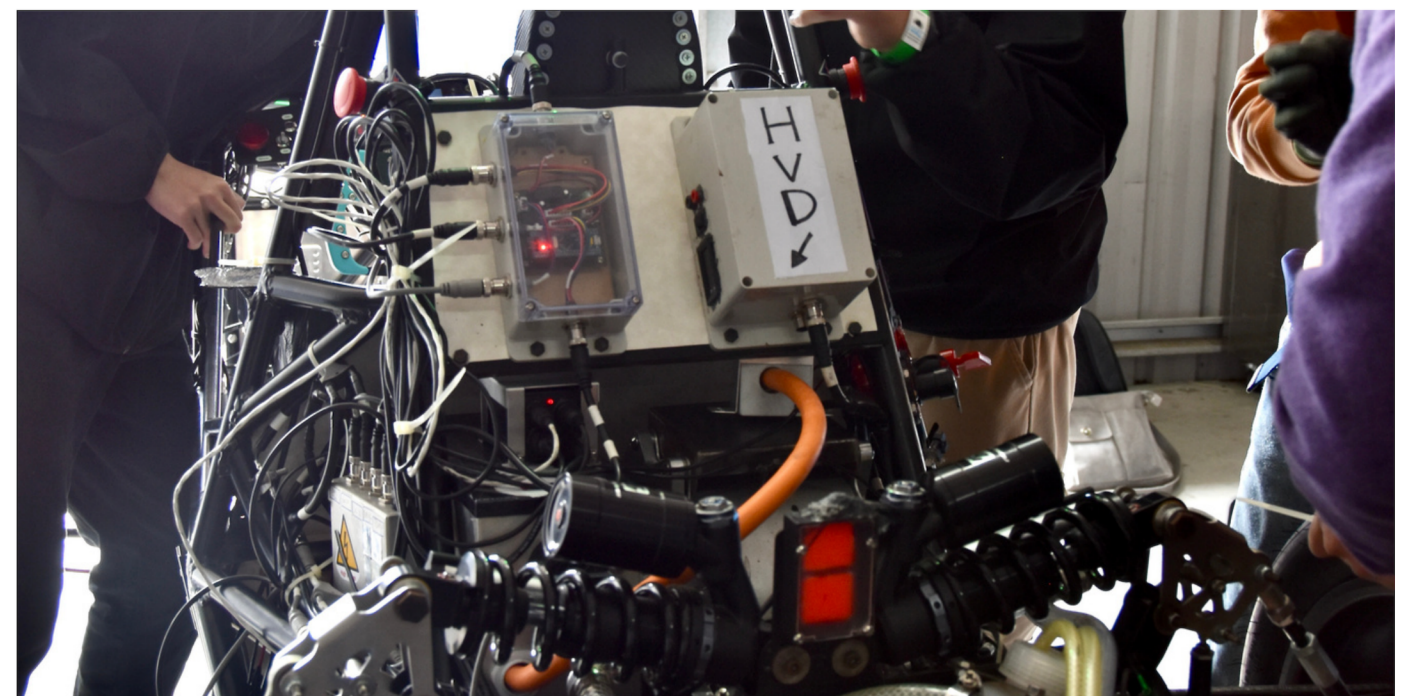
今年度採用了 Docker 容器操作和 GitHub 版本控制，大大提高了團隊成員的開發效率，並實現了開發環境的同步。藉由 Docker，電系組在去年模組化程式結構的思路基礎上，更進一步引入了 ROS 的應用，使得在 Raspberry Pi 上編譯 ROS 專案不再耗盡系統資源，同時將不同的功能以 package 為單位建構，能夠降低專案的維護難度並提高程式的可讀性。



在微處理器方面，選擇 STM32 Blue Pill 作為 Epsilon 4 的微處理器。這款微處理器在過去的一年中表現出穩定性，並且能夠勝任 Raspberry Pi 的部分任務，例如煞車燈的控制和APPS（Accelerator Pedal Position Sensor，電門踏板行程感測器）訊號的初步處理。

線路集成

維持前一年建立起來的工作流程，今年電系組繼續與**銀河製版印刷有限公司**以及**晟祥電子**保持密切的合作，致力於建立簡潔並穩定的線路架構。此外今年度電系組嘗試在線材由主纜線分支出去的位置獨立為單一元件，藉此降低對纜線除錯的難度，並且除錯時能夠輕易透過分岔點的接頭，檢查每一段線路的訊號狀態，若是某一段線路損壞也不需要更換整組纜線。



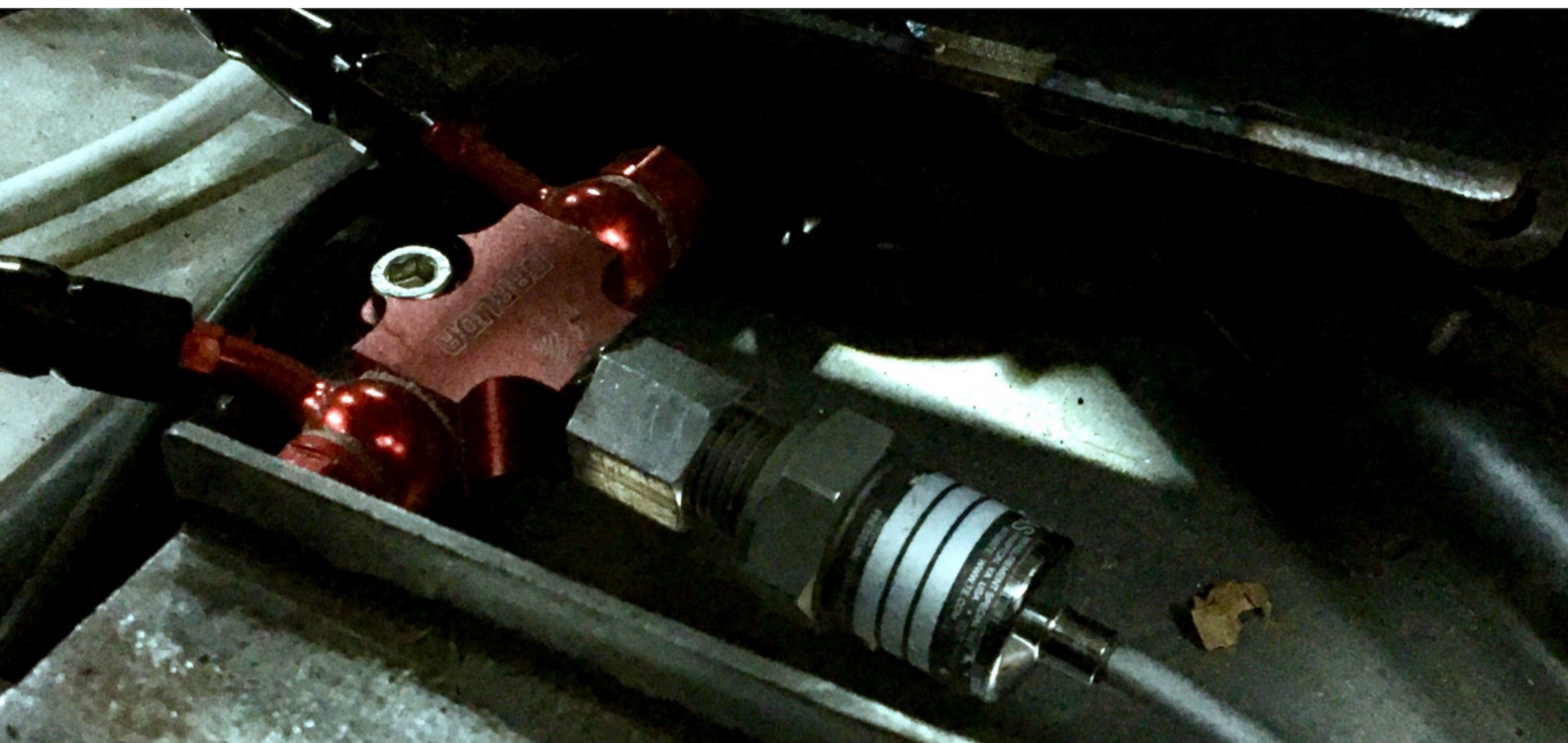
銀河製版印刷有限公司提供車隊品質優良可靠的印刷電路板（Printed Circuit Board, PCB），有效管理信號和電源的分佈，降低信號干擾，大大加速裝配以及保障了線路的可靠性。

晟祥電子提供車隊客製化的注塑線材以及防水接頭，並為 CAN 訊號提供具備隔離層的纜線，提升其抗干擾能力。得益於如此優良的防水性能，Epsilon 4 在澳洲賽毫無懸念的通過淋雨測試。

資料收集、處理能力

Epsilon 4 除了像往年一樣配備懸吊行程、踏板行程感測器、輪速感測器、方向盤轉動編碼器、九軸慣性測量單元（IMU）等感測器，為了研究車輛的煞車性能，今年度更新增了油壓感測器，以及用來檢測胎溫的紅外線溫度感測器。有助於實踐車輛動態的模型，協助分析賽車加速及過彎性能表現，甚至進一步分析車手操駕的過程以進行更進一步的訓練。Epsilon 4 在澳洲賽時也透過油壓感測器加速底盤組對煞車系統的調校。

配合踏板箱的機構設計，踏板行程感測器選用與懸吊行程感測器同樣型號的類比線性編碼器，加強了車輛零件模組化的程度。IMU 則是選擇已經完成防水封包的模組，可以直接透過防水接頭供電並連接 CAN Bus，節省了額外的防水盒空間與重量。

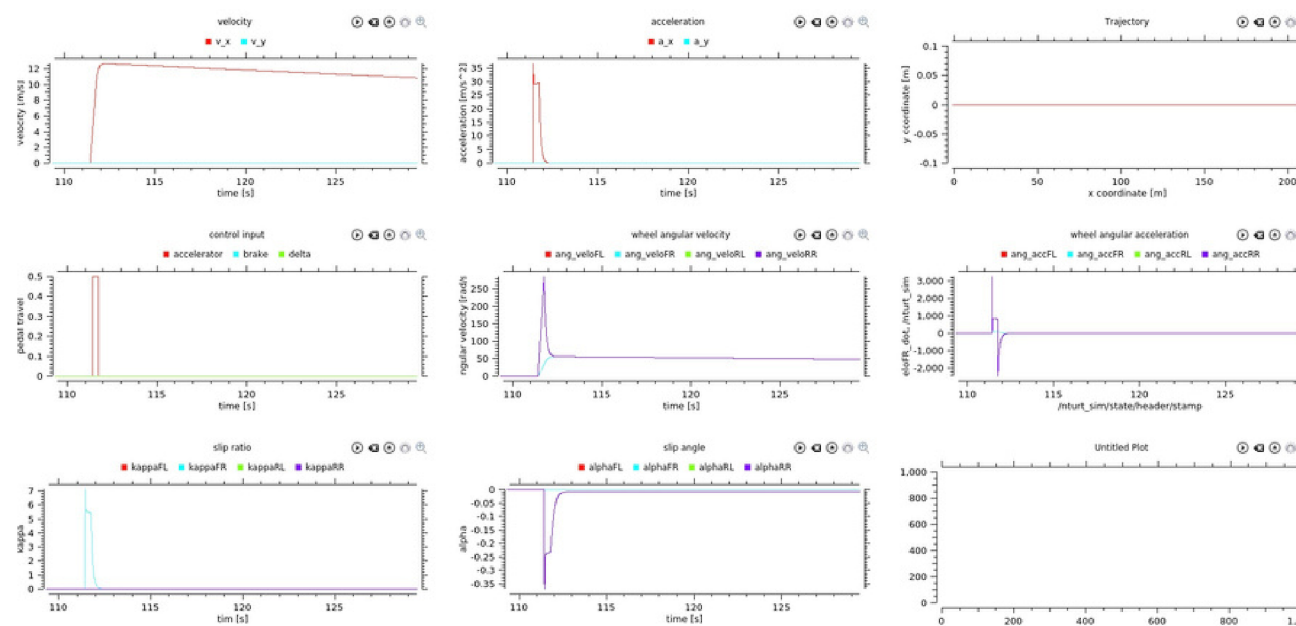


模擬環境架設

本組借助 ROS 豐富的軟體生態環境，在 Gazebo 上建設 Epsilon 4 的虛擬模型。透過定製 Gazebo 環境中的插件，能夠建構車輛的物理特徵，如輪胎模型和空氣動力學等。同時在 Gazebo 環境中能夠像車輛實體一般使用 ROS 通訊，並使用 ROS 中的 rqt_multiplot 套件監控虛擬環境中的車輛狀態。



今年度基於 AMZ 於2021年開發的 FSSIM 環境為基礎進行修改，目標是將環境與車隊的賽車模擬器集成，並以 Epsilon 4 上的感測器訊號格式進行通訊，並且根據 rqt_multiplot 套件生成的日誌文件來調整和改進車輛模型。





儀表板介面

考慮到感測器種類的增加，單純使用燈條作為儀表顯示已經不足以滿足需求，因此今年度 Epsilon 4 重新配備了儀表顯示螢幕。

和往年不同的是，今年使用的螢幕並非規格化的產品，而是使用意法半導體制造的「STM32F469 Discovery kit」搭配其前端設計軟體「Touch GFX designer」進行開發。這款螢幕具有理想的尺寸，且使用軟體開發工具可節省驅動軟體的開發時間，使我們能夠自由設計需要顯示的資訊。

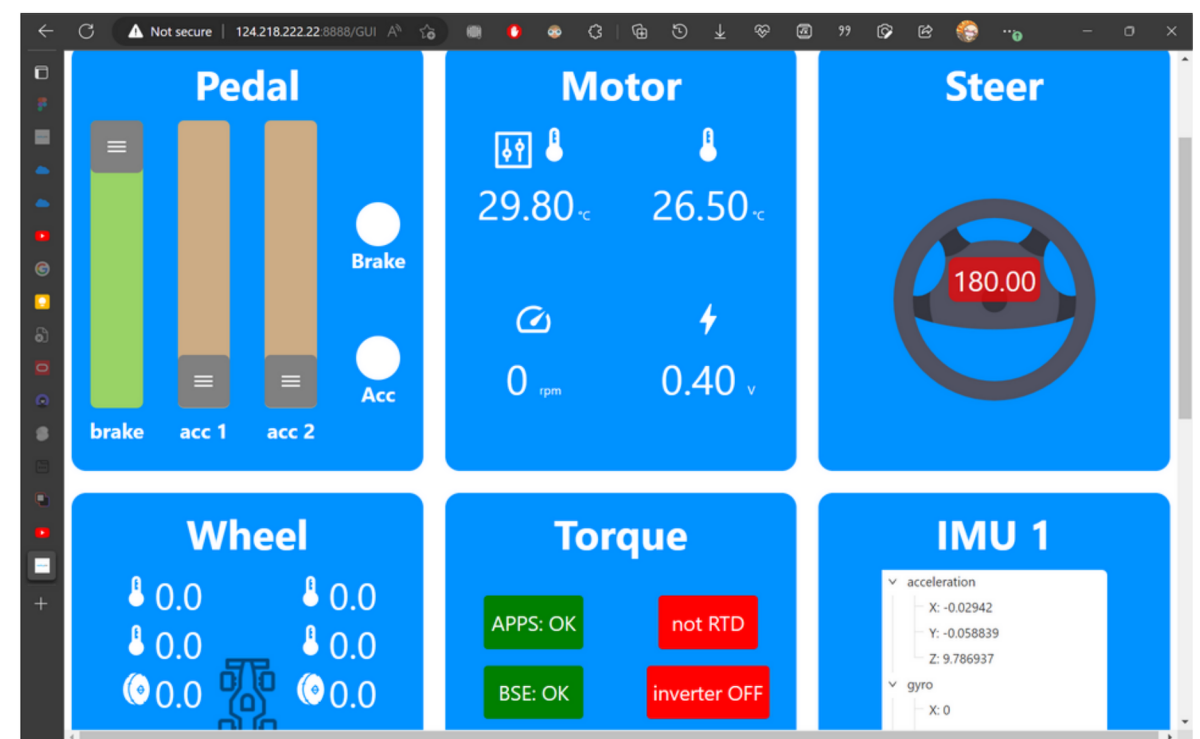
Epsilon 4 搭配座艙中安裝的按鍵為顯示器設計「駕駛模式」以及「工程師模式」，分別提供駕駛和維修人員使用。「駕駛模式」讓駕駛在操駕時能夠清楚的看到車輛速度以及電門、煞車兩個踏板的狀態；「工程師模式」則提供維修人員在 pit 區檢測油壓、胎溫等感測器狀態的功能。

遠端塔台

隨著搭載感測器數量的增加，在車輛運作時檢視各個感測器的數值對了解車輛表現有極大的幫助，因此我們架設了基於網路通訊的遠端塔台系統。塔台系統主要由三個部分組成：車輛上的ROS節點、伺服器和塔台終端。

塔台終端以網頁呈現，主要是因為網頁可以在各個裝置上展示，這對塔台來說是非常重要的特性，讓隊員能夠快速容易的觀測到車輛狀態。塔台終端的用戶界面大致如下圖所示。

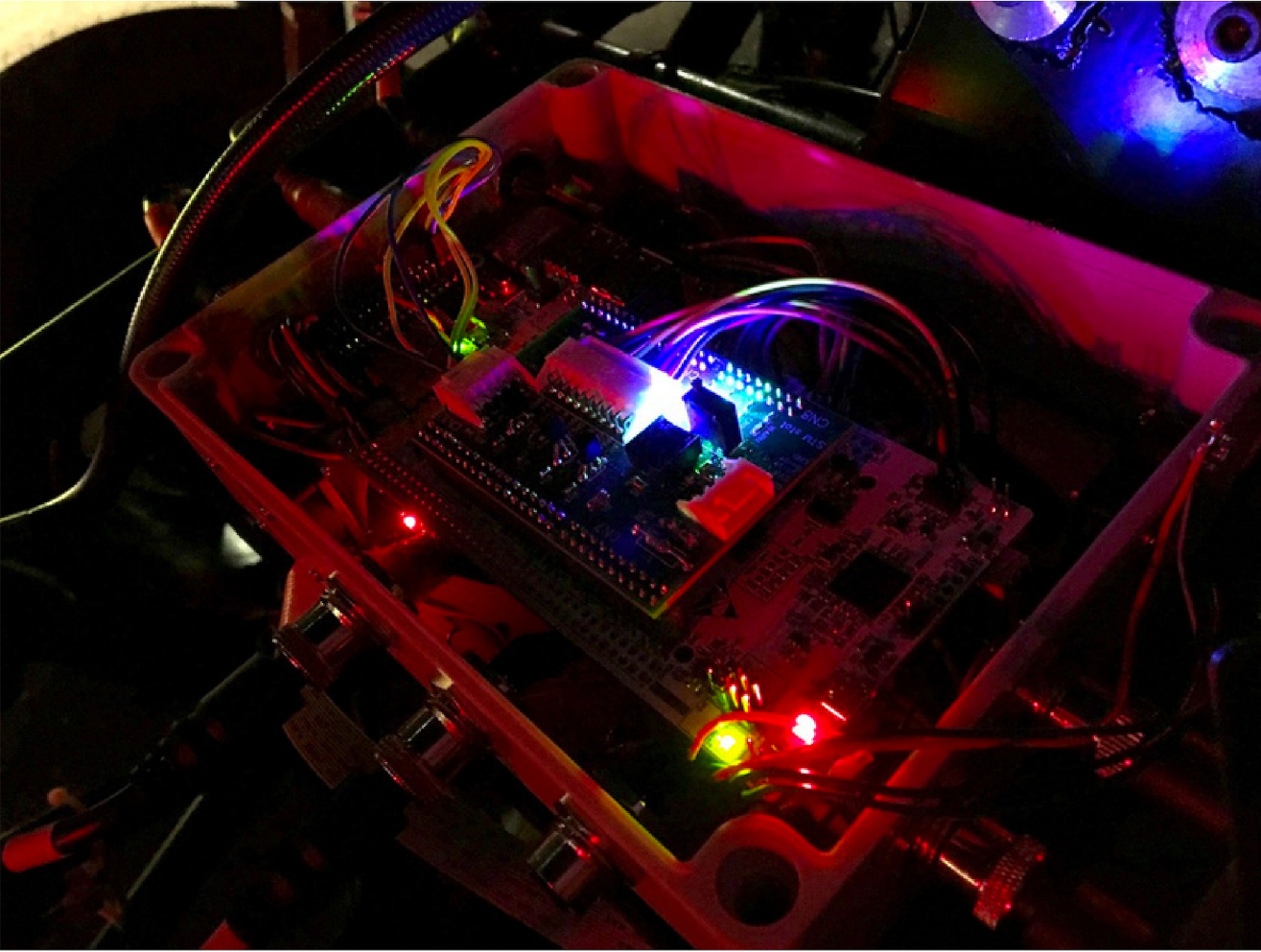
該系統的基本元素是Websocket，Websocket是一種網絡通信協議，其優勢在於良好的雙向通信。我們的伺服器扮演著簡單的角色，每當它接收到一個封包時，就會原封不動地轉發給塔台終端。車上的程式作為Websocket終端之一，只要將數據傳送到伺服器，伺服器就會即時將所有數據傳輸到每個塔台終端。遠端塔台的設計為我們提供了一個強大的工具，以實時監控和控制車輛狀態。透過遠端塔台，我們可以輕鬆地檢視車輛的數據，並利用這些數據進行分析和優化，大大節省了時間和人力成本。



隨著2023賽季的到來，電系組基於澳洲賽的經驗繼續優化系統，以追求在接下來的賽事中有更高的競爭力。本章節介紹2023賽季優化的關鍵更新，包括主控電腦和儀表板介面的更換——將控制系統移至 STM32 微控制器，以及 Raspberry Pi 在數據記錄和螢幕輸出方面的新角色。這些優化措施將使賽車更有競爭力並為我們的車輛帶來更好的性能。

首先，因為原先以 Raspberry Pi 和 STM32 Blue Pill 互相協作的控制系統架構會因訊號來回溝通而加長控制的延遲，不利於車輛操控性能。STM32 H723 具有相較於 Raspberry Pi 更快的反應速度，通過將控制系統轉移到 STM32 上，我們能夠大幅縮短控制系統的響應時間，使車輛在賽道上表現更出色。也因 STM32 H723 豐富的外設接口，非常適合用於取代原本的螢幕控制板的功能，讓我們可以移除螢幕板並降低系統複雜度。

其次，我們對 Raspberry Pi 的角色進行了調整。在過去的賽季中，Raspberry Pi 主要負責與馬達控制器溝通控制馬達輸出以及記錄數據。然而，在2023賽季中，我們將控制馬達這項需要高反應速度的任務交由 STM32 微控制器處理，留下數據記錄、傳送遠端訊號和螢幕輸出等需要高計算能力的功能，有效利用 Raspberry Pi 高運算效能的優勢。



空力組

Epsilon 4 的車殼、翼面與底板材料皆以勝鵬提供的碳纖維布與大格化學提供之環氧樹脂，配合南寶樹脂的RTM碳纖成型製程指導完成。

車殼

車身採用低阻力流線型設計，在車速約 11 m/s 下中僅產生 18.5 N 之阻力，並首次採用快拆螺絲方便裝卸調整。另外新增 Duct 設計幫助電池與馬達散熱以避免過熱。

材料方面以勝鵬提供的碳纖維布與大格化學提供之環氧樹脂，配合南寶樹脂的RTM碳纖成型製程指導，成功較 Epsilon 3 減輕15%重量並提升強度及外觀。此外以統成蜂巢贊助的蜂巢鋁作為吸收前方撞擊力之撞擊吸收塊，有效減少體積及重量，增加車殼設計空間。



前翼

透過**皮托科技**贊助的 Comsol CFD 模擬所得升阻比作為最佳化參考，自行設計符合賽道條件的翼型，在彎中車速約 11m/s 下可提供 96.4N 之下壓力並僅產生 11.1N 之阻力，相較 Epsilon 3 提升約 20% 下壓力。首次採用複曲面設計，整理接觸車頭之氣流。

材料結構使用碳纖板（由**南寶樹脂**贊助），以及結構膠（由**長興材料**贊助）黏合作為一體式翼肋與支架，提升強度且方便裝卸。



底板

首次新增底板設計以利用地面效應產生下壓力，利用**勢流科技**提供之starccm+ CFD找出最佳離地高度為 60mm。

底板以**統成蜂巢**所提供之蜂巢鋁作為三明治結構之夾心以增加其強度。

時程調整

強化傳承

整車設計更新

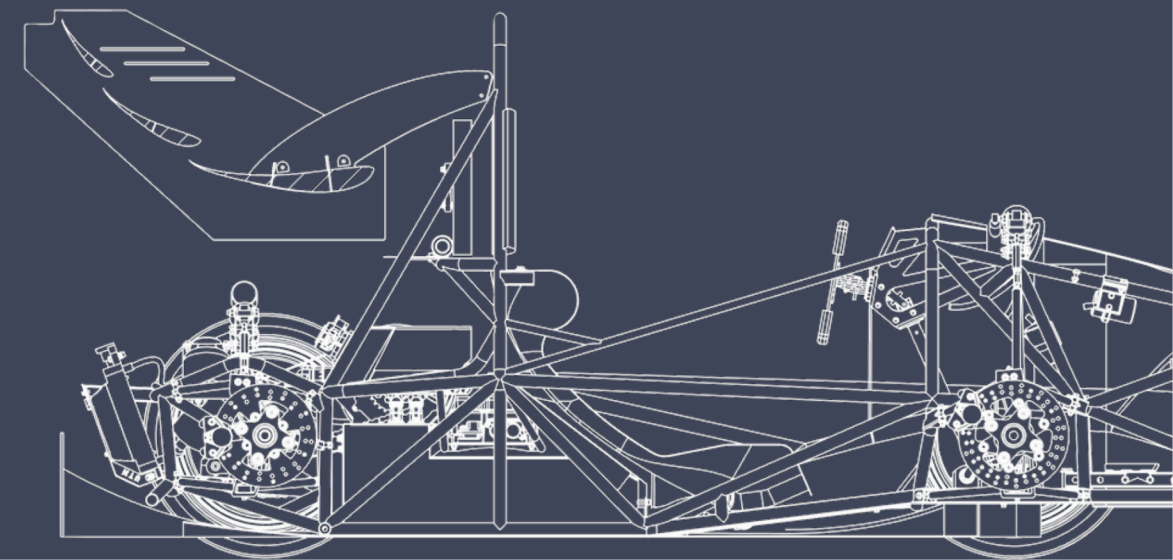
試車規劃

未來展望

整體計畫的時程調整有所斬獲，於2022年三月份推出Epsilon 3後隨即在同年八月底的聯賽推出Epsilon 4，惟因聯賽前電池模組設計經驗不足，基於安全性考量而重新設計；在傳承方面，研發日誌紀錄每一項零件設計或選擇市售品的思路，供未來成員作為設計參考，也成為比賽文件的重要資料來源；針對設計更新驗證，經由聯賽數次的機械檢查、電力檢查獲得了許多回饋，我們依據評審的建議對車輛進行相應的調整，已使其充分合乎比賽設計規範；試車規劃因前述模組設計問題、澳洲賽海運規劃，尚未能進行動態測試。但原先面臨的場地問題已順利解決，感謝永安卡丁車場以優惠價格提供我們場地使用。

在未來，團隊的核心目標將持續著重於驗證和傳承兩大部分，進一步提升賽車隊對於電動車輛的了解，以及持續保持研發量能。我們將根據Epsilon 4 在自我測試的表現，作為未來車輛設計的參考之一，並加入Notion作為技術傳承文件紀錄的平台，使紀錄和閱讀都更加方便。

未來近年度的參賽目標將重新著眼於FSAEJ日本賽事，在2023 FST臺灣聯賽推出現行Epsilon 4的升級版，並計畫2024FSAEJ日本賽使用新設計之第五代賽車Epsilon 5。Epsilon 4 升級版根據2022年澳洲賽經驗、試車回饋後重新調整設計，Epsilon 5則將進一步Epsilon 4 實車驗證來制定研發目標。另外重新調整車輛動態組的人員組成，將招收專職研究車輛動態的組員，而非現行的現任研發組員同時兼任，使該領域知識得以更深入研究。最後根據以上目標，重新開立計畫總預算和贊助方式。





NTU RACING

Go the extra mile.
Sky is the limit.

臺大賽車隊已成立五年，在團隊成立並首度參加 2019 Formula SAE Japan 後，隨即因疫情接連失去參加國際賽事的機會。種種因Covid-19帶起的航運問題、產業困境等都著實影響了賽車隊的研發計畫，儘管無法出國參賽對團隊士氣帶來不小的挫折，但我們未曾想過停下腳步，把握這段時間精進並提升研發技術，接連完成Epsilon 2、Epsilon 3 兩台賽車。如今我們成功打造出第四代賽車Epsilon 4，建立在過去的知識基礎上改善所有因賽事規則修改而不合格的設計，提升安全意識與相關措施。

參加澳洲賽的經驗對我們而言影響甚深。澳洲賽期間，各參賽隊伍間不僅樂於幫助彼此，更不吝於分享其研發經驗予其他隊伍，同時裁判也給予諸多指引，幫助我們調整車輛以達賽事要求。雖是疫情後的首次參賽，卻讓我們在異地切實感受到溫暖和學生方程式的精神，更體認到參賽並非我們的旅途終點，而是賽車隊屢屢達成自我實現的檢驗階段。儘管前方尚有許多未知，我們仍會堅定造車的夢想並持續拚搏，打造出臺大人獨一無二的工程團隊。

冠名贊助/ PEGATRON 和碩聯合科技

特別致謝/ 國立臺灣大學 嚴慶齡工業發展基金會 財團法人張榮發基金會
中鋼集團教育基金會 雅克運動行銷 永安卡丁賽車場

TopTime 極速時刻賽車模擬器 Mouser 貿澤電子 LOCTITE
JONNESWAY Milwaukee KSS 凱士士

EPSILON 4廠商致謝

PEGATRON

和碩聯合科技



國立臺灣大學

National Taiwan University

Jacques Sport Driving Center



NTUMEAA



緯誠國際驗證股份有限公司



中鐳集團教育基金會 CSC GROUP EDUCATION FOUNDATION



震鋼精密科技

Zhengang Precision Technology



MOUSER ELECTRONICS

NTU



Amita Technologies Inc.

嚴慶齡工業發展基金會



財團法人張榮發基金會 CHANG YUNG-FA FOUNDATION



永安卡丁賽車場

