

政府科技發展中程個案計畫書  
科技發展類前瞻基礎建設計畫

審議編號：114-0210-04-20-01

中央研究院

「建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能  
產業發展計畫」

(核定本)

計畫全程：110年01月至114年08月

中華民國113年09月



## 前後期別計畫內容修正對照表(A011)

前期(112年-113年)計畫名稱及經費審核情形：

### 前期(112年-113年)審查意見

1. 本計畫主要目標為：a. 建立新世代綠色鋰電池材料研發，達成基礎學術達國際領先地位與協助產業技術接軌國際。b. 協助國內鋰電池相關材料產業發展方向與國際同步並提升產業鏈達國際化水平。c. 運用大容量散熱佳之單一電池芯組合模組應用於家庭用 10~15kWh 及工業用 50~100 kWh 電池系統之技術，可協助建立高效高安全性之家庭儲能系統及小型與大型區域型儲能系統，經由實際應用示範及推廣，進而朝向建置 MW 規模儲能系統之目標。d. 高安全性之單一電池芯組合模組技術可同時運用於電動載具與儲能，減少二氧化碳排放量，提升能源儲存使用效能及再生能源占比。以上計畫目標扣合政府重大綠能科技政策。
2. 計畫主軸是以高安全性的富鋰錳正極材料為核心，因此整合國內各大材料廠提供搭配適合的材料，製作成高安全性大容量的電池芯，在整合國內模組及系統商，建置成高安全性的家用、大樓、及分散式規模化的儲能系統，使得將從材料到電芯到系統，關鍵部件關鍵技術都能達到台灣自主的目標，目標明確。
3. 計畫在材料方面，電池芯所有相關材料已超越 80% 國產化之目標。相關廠商有中碳、榮炭、長興化工、碩禾、格斯科技及明碁材料。在系統廠商方面，如治維科技和利佳興業合作，計畫團隊與電池材料開發的源綠科技進行相關的技術合作，協助該公司的產品導入並符合實際業界需求。雖然技術授權內容及條件為廠商之機密性資料，雙方有簽屬保密協定，但是預期的成果以及預定商品化的時程應可以提供。
4. 對於目前企業宣示 2025 年新型固態電池可商業量產，國內 gogoro 也完成一顆固態電池展示模組的相關技術研發議題，計畫團隊提到輝能目前既有的產品還暫時無法滿足 Gogoro 的需求。半固態電池設計也許會比全固態電池較快商轉。對於本計畫的技術電芯容量提升是否有合適的解決方案，可以補充說明。

| 序號 | 原計畫<br>頁碼 | 前期(112年-113年)<br>計畫內容<br>(引原文或重點描述) | 修正處<br>頁碼 | 本期(114年)計畫內<br>容<br>(引原文或重點描述) | 修正原因 |
|----|-----------|-------------------------------------|-----------|--------------------------------|------|
|    |           | 無                                   |           |                                |      |
|    |           |                                     |           |                                |      |
|    |           |                                     |           |                                |      |
|    |           |                                     |           |                                |      |

附表、前期(112年-113年)計畫細部經費配置

112年

| 序號 | 細部計畫名稱                      | 法定數(千元) | 執行機構  |
|----|-----------------------------|---------|-------|
| 1  | 建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫 | 42,000  | 中央研究院 |

113年

| 序號 | 細部計畫名稱                      | 法定數(千元) | 執行機構  |
|----|-----------------------------|---------|-------|
| 1  | 建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫 | 43,000  | 中央研究院 |

## 政府科技發展計畫書修正對照表(A009)

審議編號：114-0210-04-20-01

計畫名稱：建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫

申請機關(單位)：中央研究院

| 序號 | 審查意見                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 計畫修正說明                | 修正處頁碼  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------|
| 1  | <p>本計畫所提之自我挑戰目標為：完成製作 1 顆容量 1Ah 以上新型膠固態鋰電池且充放電達 500 圈以上，在歐美，QuantumScape 的固態電池技術以氧化物陶瓷為核心特色，且其電池設計中無傳統意義上的負極，這些電池的能量密度可達 350 Wh/kg，並在 1000 次循環後仍能保持 80% 的容量，這些電池還具備 4C 倍率的快速充電能力。計畫團隊在半固態電池（LFP 系統），以 18650 規格製作的電芯，其能量密度達到 146 Wh/kg，這是市場現有產品的 1.3 倍。雖然有顯著的進步，但是仍應說明此目標與目前國際上在固態鋰電池的優勢。</p> | <p>於陸、自我挑戰內容加以說明。</p> | 第 73 頁 |

附表、計畫目標及預期關鍵成果之修正對照表

| 項目          | 送審版                                                                       | 核定版                                                                       |      |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------|
| 經費          | 送審數<br>114年：30,000千元                                                      | 核定數<br>114年：30,000千元                                                      | 修正說明 |
| 計畫目標及預期關鍵成果 | 目標 1：電池儲能系統發展<br>關鍵成果 1：優化儲能系統(中型工業、MWh 級)：提出軟硬體改善策略                      | 目標 1：電池儲能系統發展<br>關鍵成果 1：優化儲能系統(中型工業、MWh 級)：提出軟硬體改善策略                      | 無    |
| 計畫目標及預期關鍵成果 | 目標 2：電池基礎研究開發<br>關鍵成果 1：創新高容量、高安全性複合電極研發：可展示應用<br>關鍵成果 2：新型功能性隔離膜研發：可展示應用 | 目標 2：電池基礎研究開發<br>關鍵成果 1：創新高容量、高安全性複合電極研發：可展示應用<br>關鍵成果 2：新型功能性隔離膜研發：可展示應用 | 無    |

■請機關檢核確認業依審議通過之預算數及各項審查意見，妥適完成計畫內容修正(含計畫目標及預期關鍵成果修正)    是    否

## 目 錄

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 壹、基本資料及概述表(A003).....                                | 7   |
| 附錄 - 最終效益與各年度里程碑規劃表 .....                            | 13  |
| 貳、計畫緣起.....                                          | 17  |
| 一、 政策依據.....                                         | 17  |
| 二、 擬解決問題之釐清.....                                     | 17  |
| 三、 目前環境需求分析與未來環境預測說明 .....                           | 20  |
| 四、 本計畫對社會經濟、產業技術、生活品質、環境永續、學術研究、<br>人才培育等之影響說明 ..... | 28  |
| 參、計畫目標與執行方法.....                                     | 29  |
| 一、 目標說明.....                                         | 29  |
| 二、 執行策略及方法 .....                                     | 34  |
| 三、 達成目標之限制、執行時可能遭遇之困難、瓶頸與解決的方式或<br>對策 .....          | 52  |
| 四、 與以前年度差異說明.....                                    | 53  |
| 五、 跨部會署合作說明.....                                     | 53  |
| 六、 與本計畫相關之其他預算來源、經費及工作項目 .....                       | 53  |
| 肆、前期重要效益成果說明 .....                                   | 54  |
| 伍、預期效益及效益評估方式規劃.....                                 | 72  |
| 陸、自我挑戰目標 .....                                       | 73  |
| 柒、經費需求/經費分攤/槓桿外部資源 .....                             | 74  |
| 捌、儀器設備需求 .....                                       | 81  |
| 玖、就涉及公共政策事項，是否適時納入民眾參與機制之說明 .....                    | 83  |
| 拾、附錄.....                                            | 84  |
| 一、政府科技發展計畫自評結果(A007) .....                           | 84  |
| 二、中程個案計畫自評檢核表(請以正本掃描上傳) .....                        | 86  |
| 三、性別影響評估檢視表 .....                                    | 88  |
| 四、風險管理評估檢視表 .....                                    | 96  |
| 五、政府科技發展計畫審查意見回復表(A008).....                         | 101 |
| 六、資安經費投入自評表(A010).....                               | 108 |
| 七、其他補充資料.....                                        | 110 |

## 壹、基本資料及概述表(A003)

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |      |                                         |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------|-----------------------------------------|
| 審議編號                                 | 114-0210-04-20-01                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |      |                                         |
| 計畫名稱                                 | 建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             |      |                                         |
| 申請機關                                 | 中央研究院                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |      |                                         |
| 預定執行機關<br>(單位或機構)                    | 中央研究院                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |      |                                         |
| 預定<br>計畫主持人                          | 姓名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 吳茂昆         | 職稱   | 特聘研究員                                   |
|                                      | 服務機關                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 中央研究院物理研究所  |      |                                         |
|                                      | 電話                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 02-27896716 | 電子郵件 | mkwu@phys.sinica.edu.tw                 |
| 計畫摘要                                 | <p>(一)電池儲能系統發展</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 家用儲能系統(10-20 KWh)。</li> <li>2. 工業用中型儲能系統(50-100 KWh)。</li> <li>3. 分散式區域大型1MWh儲能系統製作與裝置。</li> </ol> <p>協助國內電池相關產業：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 確立國內材料發展方向與提供相關技術交流與協助。</li> <li>2. 推廣與確認國內自有優良材料，組織活絡並提供協助鋰電池材料、電池芯、電池組與系統組合廠商，讓產業透過串接使他們共同合作開發。</li> <li>3. 可實質結合國內風能、太陽能產業與儲能系統產業，做溝通橋樑與設計最終產品規範，性能，品質之測試與確認。</li> <li>4. 協助產業界快速發展與維持先進競爭力，並建立電池芯循環經濟模式達資源有效利用。</li> </ol> <p>(二)基礎學術研究</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 耐高電壓與半固態(膠態)電解質研發達國際領先水平。</li> <li>2. 新世代全固態電池開發達國際領先。</li> <li>3. 研發創新結合金屬氧化物與有機骨架的先進綠色鋰離子電池材料。</li> <li>4. 高電壓正極材料與高容量高安全性負極材料開發。</li> <li>5. 創新高容量、高安全性複合電極研發。</li> <li>6. 研發與應用設備協助建立高安全與高性能電池芯與電池模組。</li> <li>7. 持續建立臨場(in-situ)材料檢測設施電池相關材料臨場鑑定技術。</li> </ol> |             |      |                                         |
| 計畫目標、預期<br>關鍵成果及與部<br>會科技施政目標<br>之關聯 | 計畫目標及預期關鍵成果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             |      | 與部會科技施政<br>目標之關聯                        |
|                                      | 114 年度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |      |                                         |
|                                      | <p>目標 1：電池儲能系統發展</p> <p>關鍵成果 1：優化中型工業、MWh 級儲能系統，提出軟硬體改善策略</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |             |      | 中央研究院：2：<br>建構量子科技研<br>究基地及研發淨<br>零創新技術 |

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                 |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|          | 目標 2：電池基礎研究開發<br>關鍵成果 1：創新高容量、高安全性複合電極研發達可展示應用<br>關鍵成果 2：新型功能性隔離膜研發達可展示應用                                                                                                                                                                                                           | 中央研究院：2：<br>建構量子科技研究基地及研發淨零創新技術 |
| 預期效益     | 1. 建立新世代綠色鋰電池材料研發，達成基礎學術達國際領先地位與協助產業技術接軌國際。<br>2. 協助國內鋰電池相關材料產業發展方向與國際同步並提升產業鏈達國際化水平。<br>3. 運用高容量散熱佳之單一電池芯組合模組應用於家庭用10~15kWh及工業用50~100 KWh電池系統之技術，可協助建立高效高安全性之家庭儲能系統及小型與大型區域型儲能系統，經由實際應用示範及推廣，進而朝向建置MWGW規模儲能系統之目標。<br>4. 高安全性之單一電池芯組合模組技術可同時運用於電動載具與儲能，減少二氧化碳排放量，提升能源儲存使用效能及再生能源占比。 |                                 |
| 計畫群組及比重  | <input type="checkbox"/> 生命科技 ____ % <input checked="" type="checkbox"/> 環境科技 <u>30</u> % <input type="checkbox"/> 數位科技 ____ %<br><input checked="" type="checkbox"/> 工程科技 <u>70</u> % <input type="checkbox"/> 人文社會 ____ % <input type="checkbox"/> 科技創新 ____ %                    |                                 |
| 計畫類別     | <input checked="" type="checkbox"/> 前瞻基礎建設計畫                                                                                                                                                                                                                                        |                                 |
| 前瞻項目     | <input checked="" type="checkbox"/> 綠能建設 <input type="checkbox"/> 數位建設 <input type="checkbox"/> 人才培育促進就業之建設                                                                                                                                                                         |                                 |
| 推動 5G 發展 | <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否                                                                                                                                                                                                                    |                                 |
| 中長程個案計畫  | <input checked="" type="checkbox"/> 是，中長程個案計畫名稱：                                                                                                                                                                                                                                    |                                 |
| 資通訊建設計畫  | <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否                                                                                                                                                                                                                    |                                 |
| 政策依據     | 1. FIDP--20210102050000：前瞻基礎建設計畫(110年修訂版)：3.2.5建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫<br>2. PRESTSAIP-0105GR0302000000：綠能科技產業推動方案：(二)綠能科技示範場域：做為綠能科研成果的驗證及示範場域，包括原型製作、應用測試及系統驗證，有效結合科研與產業，達到「以產業需求帶動研發能量，以研發能量驅動產業發展」的發展目標。                                                                    |                                 |
| 計畫額度     | <input checked="" type="checkbox"/> 前瞻基礎建設額度                                                                                                                                                                                                                                        |                                 |
| 執行期間     | 114 年 01 月 01 日 至 114 年 8 月 31 日                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 |
| 全程期間     | 110 年 01 月 01 日 至 114 年 8 月 31 日                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 |
| 前一年度預算   | 年度                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 經費(千元)                          |
|          | 113                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 43,000                          |
| 資源投入     | 年度                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 經費(千元)                          |
|          | 110                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 69,000                          |

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                             |        |        |       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------|--------|-------|
|                  | 111                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 70,000                      |        |        |       |
|                  | 112                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 42,000                      |        |        |       |
|                  | 113                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 43,000                      |        |        |       |
|                  | 114                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 30,000                      |        |        |       |
|                  | 合計                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 254,000                     |        |        |       |
|                  | 114 年度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 人事費                         | 15,000 | 土地建築   | 0     |
|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 材料費                         | 6,342  | 儀器設備   | 5,000 |
|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 其他經常支出                      | 3,658  | 其他資本支出 | 0     |
|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 經常門小計                       | 25,000 | 資本門小計  | 5,000 |
|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 經費小計(千元)                    |        | 30,000 |       |
| 部會施政計畫關鍵策略目標     | 無                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                             |        |        |       |
| 本計畫在機關施政項目之定位及功能 | <p>本計畫內容主要配合綠能科技產業政策四大主軸之二的：儲能、系統整合，另外包含未來電池材料開發與國內自有電池與相關體系材料之落實應用推廣、整合之五年計畫。針對未來再生能源占比提高時，再生能源的不穩定性與間歇性發電的特性，必需要有好的儲能系統來穩定與平滑系統功率之變動、降低功率預測偏差、解決局部電壓控制問題與提高用電可靠性。針對電網儲能系統測試驗證場域進行電力系統穩定度、電力品質與輸出控制等多面向關鍵技術研發，以及建置適用於台灣未來高佔比再生能源併網時之國內自有發展之系統，結合先進預測評估技術達到多區域儲能系統之機組運轉調度能力實現，可望減緩未來台灣政府實施高佔比再生能源併網目標可能遭遇之阻力。本計畫之執行成果可做為電網升級及儲能設備未來大規模佈建之依據，藉此將政府整體於綠能能源的推動能量發揮最大化的效益。本計畫亦針對國內現有產業之發展優勢以及國際市場需求，選擇具產業競爭力的重點項目，以期使我國在短、中程內能在儲能相關市場，建立國際領先地位，帶動本國儲能及電力系統整合相關產能。新材料製造技術與國內電池相關大廠一起開發製造，搭配國內電池模組系統廠將對國內鋰電池產業有串聯的效益，此串聯效果預期可提升國內電池芯廠家的技術優勢，改變國內電池產業生態，達成主要材料皆是國內廠家製造，保有更大的技術與成本優勢。</p> |                             |        |        |       |
| 計畫架構說明           | 依細部計畫說明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                             |        |        |       |
|                  | 細部計畫 1 名稱                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫 |        |        |       |
|                  | 114 年度概估經費(千元)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 30,000                      | 計畫屬性   | 產業技術研發 |       |

|                  |                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------|
|                  | 主管機關                                                                                                                                                                                                      | 中央研究院                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 預定執行機構           | 中央研究院 |
|                  | 細部計畫<br>重點描述                                                                                                                                                                                              | (一)電池儲能系統發展<br>1. 高安全家用儲能系統(10-20 KWh)<br>2. 工業用高安全與高效中型儲能系統(50-100 KWh)<br>3. 分散式區域大型1MWh具調頻與儲存複合儲能系統完成製作與裝置<br>(二)基礎學術研究<br>1. 耐高電壓與半固態(膠態)、固態電解質研發達國際領先水平<br>2. 新世代全固態電池開發達國際領先<br>3. 高電壓正極材料與高容量高安全性負極材料開發<br>4. 創新高容量、高安全性複合電極研發<br>5. 研發與應用設備協助建立高安全與高性能電池芯與電池模組<br>6. 電池正負極與電解質之相關材料臨場鑑定技術 |                  |       |
|                  | 預期關鍵成果                                                                                                                                                                                                    | 114 年預期關鍵成果：<br>1. 優化中型工業、MWh 級儲能系統，提出軟硬體改善策略<br>2. 創新高容量、高安全性複合電極研發達可展示應用<br>3. 新型功能性隔離膜研發達可展示應用                                                                                                                                                                                                 |                  |       |
| 前一年計畫或相關之前期程計畫名稱 | 109-0210-04-20-01：中研院南部院區鋰電池儲能系統開發與新世代全固態電池材料研發計畫(2/2)<br>112-0210-04-20-01：建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫(3/5)<br>113-0210-04-20-01：建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫(4/5)                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |       |
| 前期主要績效           | 1. 複合型正極材料導入修正，2C/1C 充放 1,000 圈後維持率 94%。<br>2. 與核研所合作完成高電壓極片 AS200 與核能研究所膠固態電解質膜技術整合驗證，並完成 100mAh 電芯驗證。<br>3. 完成電池芯安全測試機制之建立。<br>4. 100%完成導入新型電芯建置具調頻與儲存複合功能之 MWh 大型儲能系統於中研院南部院區。<br>5. 完成與產業橋接合作案簽屬 4 份。 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |       |
| 跨部會署計畫           | <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |       |
|                  | 合作部會署 1                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 114 年度經費<br>(千元) |       |
|                  | 負責內容                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |       |

|        |                                                                                                                                                |            |      |                           |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|---------------------------|
| 中英文關鍵詞 | 綠能、鋰過量、電解質、富鋰錳、硫鋰正極、原位分析、軟包電芯<br>Green Energy, Lithium-rich, electrolyte, Li-Mn rich, Lithium-sulfide cathode,<br>in-situ analysis, pouch cell |            |      |                           |
| 計畫連絡人  | 姓名                                                                                                                                             | 周忠儀        | 職稱   | 助理                        |
|        | 服務機關                                                                                                                                           | 中央研究院物理研究所 |      |                           |
|        | 電話                                                                                                                                             | 0227896739 | 電子郵件 | cychow@gate.sinica.edu.tw |

附表、整體經費配置表

無

## 附錄 - 最終效益與各年度里程碑規劃表

| 最終效益(Endpoint)與里程碑(Milestone)規劃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 修正說明 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>最終效益：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電池儲能系統發展：建立國內領先全球市場之自有技術，使動力電池與儲能電池都能有自主技術。協助配合國內相關產業，建立 MW 規模與家庭儲能系統實際應用示範及推廣，以達到符合綠能前瞻基礎建設發展計畫的最終目標。</li> <li>2. 建立新世代固態電池基礎學術研究：與北科大及暨南大學合作，經由學校培育人才，達成技術擴散和人才培訓之目的。促使技術國際領先地位。在基礎研究取得領先之外，也配合國內產業鏈，以技術移轉、技術服務或先期參與等方式讓業者共同參與，協助產業界共同研發及測試，並由業者進行生產投資，加速產業化。以利建置國內新世代全固態電池研發與具量產應用能量。</li> </ol>                                                             | 無    |
| <p>110 年度里程碑：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 電池儲能系統發展： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 結合國內產、學、研之研發成果，建立國內自主材料的電芯及電池系統。充放達 1000 次。</li> <li>2. 新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發展示。</li> <li>3. 電池芯安全測試機制之建立-建置專業測試之實驗室-訂定安規測試項目 1 份。</li> <li>4. 發展製造一般與新型快充電芯-充放達 1000 次。</li> <li>5. 導入新型電芯開發 1 套具產業化中型工業(50 KWh 以上)儲能系統。</li> <li>6. 規格設定 1 套 MWh 儲能系統。</li> <li>7. 提出與產業橋接合作案 1 份。</li> </ol> </li> </ul> | 無    |

| 最終效益(Endpoint)與里程碑(Milestone)規劃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 修正說明 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● 電池基礎研究開發：</li> <li>1. 發表基礎研究論文(Quality 1) 7 篇。</li> <li>2. 提出專利申請 2 份。</li> <li>3. 固態電池所需相關材料之特性檢測。並就電容量與傳統液態電芯比對。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |
| <p>111 年度里程碑：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 電池儲能系統發展：</li> <li>1. 新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發可展示。電池芯安全測試機制之建立-建置專業測試之實驗室-提供測試報告 5 份。</li> <li>2. 發展調頻用高電壓型式之電芯。充放達 1000 次。</li> <li>3. 驗證具產業化中型工業儲能系統。試運行一個月以上。</li> <li>4. 100%完成導入新型電芯建置具調頻與儲存複合功能之 MWh 大型儲能系統於沙崙綠能園區。</li> <li>5. 提出與產業橋接合作案 1 份。</li> <li>● 電池基礎研究開發：</li> <li>1. 發表基礎研究論文(Quality 1) 7 篇。</li> <li>2. 提出專利申請 2 份。</li> <li>3. 進行固態電池組合測試。並就電芯壽命與傳統液態電芯比對。</li> </ul> | 無    |

| 最終效益(Endpoint)與里程碑(Milestone)規劃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 修正說明 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>112 年度里程碑：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 電池儲能系統發展：               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發。並與相關廠商洽談合作事宜。</li> <li>2. 快充與調頻用高壓新型電芯優化。能量密度達 200Wh/Kg 以上。</li> <li>3. 試運行與驗證 MWh 儲能系統 (繳交分析一個月以上數據)。</li> </ol> </li> <li>● 電池基礎研究開發：               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發表基礎研究論文(Quality 1) 7 篇。</li> <li>2. 提出專利申請 2 份。</li> </ol> </li> </ul>                                               | 無    |
| <p>113 年度里程碑：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 電池儲能系統發展：               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電動化之動力電池芯與模組達展示應用 3 套。並與相關廠商洽談合作事宜。</li> <li>2. 運行與驗證 MWh 大型儲能系統(繳交分析一年以上數據)。</li> </ol> </li> <li>● 電池基礎研究開發：               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 應用高電壓電解液於電芯上。</li> <li>2. 全固態電池開發達可展示應用。</li> <li>3. 電池材料鑑定技術發展：可展示。</li> <li>4. 以技術移轉、技術服務或先期參與等方式讓業者共同參與，協助產業界共同研發及測試，並由業者進行生產投資，加速產業化。</li> </ol> </li> </ul> | 無    |

| 最終效益(Endpoint)與里程碑(Milestone)規劃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 修正說明 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>114 年度(8 月)里程碑：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 電池儲能系統發展：               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 優化儲能系統(中型工業、MWh 級)：提出軟硬體改善策略。</li> </ol> </li> <li>● 電池基礎研究開發：               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 創新高容量、高安全性複合電極研發：可展示應用。</li> <li>2. 新型功能性隔離膜研發：可展示應用。</li> <li>3. 以技術移轉、技術服務或先期參與等方式讓業者共同參與，協助產業界共同研發及測試，並由業者進行生產投資，加速產業化。</li> </ol> </li> </ul> | 無    |

## 貳、計畫緣起

### 一、政策依據

本計畫政策依據如下：

- (一) 推動綠能科技產業推動方案，以創能、節能、儲能和系統整合四大主軸，支持產業發展所需，以提升綠能產業競爭力，接軌國際。其中之儲能主軸：提升鋰電池、燃料電池的工作效率並降低成本，以及開發新的大型儲能系統，進行有效綠能技術發展。
- (二) 本計畫為中研院與國內各大學相關專家合作之跨領域大型長遠計畫。針對國際減碳要求，由科技、社會、經濟之基礎研究出發，經由發展減碳技術及評估減碳途徑對社會、經濟、與環境之影響，研擬最適合我國國情的深度減碳途徑建議書予政府部門作為政策發展之參考。
- (三) 我國綠能科技相關政策規劃於二〇二五年再生能源要達成總發電量的兩成，為達成此一目標，經濟部能源局推動「區域性儲能設備技術示範驗證計畫」，目標未來八年內，裝置容量達到十五MW，在中南部地區先推動。本計畫與此儲能計畫緊密結合。

經由本計畫可整合國內鋰電池材料相關自製與電池芯之製造產業落實本土製造，將儲能電池芯與電池組、電力管理與控制技術的零組件及系統業者共同合作開發，提升國內材料及設備自製率。另外，先進能源管理系統開發，其核心技術包含適用於大型儲能之電力品質檢測、穩定度分析與最佳化調度等，可帶動國內綠色產業技術，提升產業國際競爭力創造國內產值。

### 二、擬解決問題之釐清

世界各國為維持自然環境永恆發展，積極推動各種再生能源項目，但受限於再生能源的不可調度性，如何滿足日常需求，尤其是因為新型的「電力結構」而生成的「智慧城市」，分散式能源及智能電網的需求極為重要，「儲能」的概念更是上述兩者重要的一環。觀察全球再生能源發電量，從2000年2,872TWh(十億千瓦時)，增至2018年6,673TWh，再生能源增長迅速，其中水力發電占再生能源發電比重，從2000年92.4%降至2018年62.8%，顯見水力發電受限地形，增長趨緩。而增加

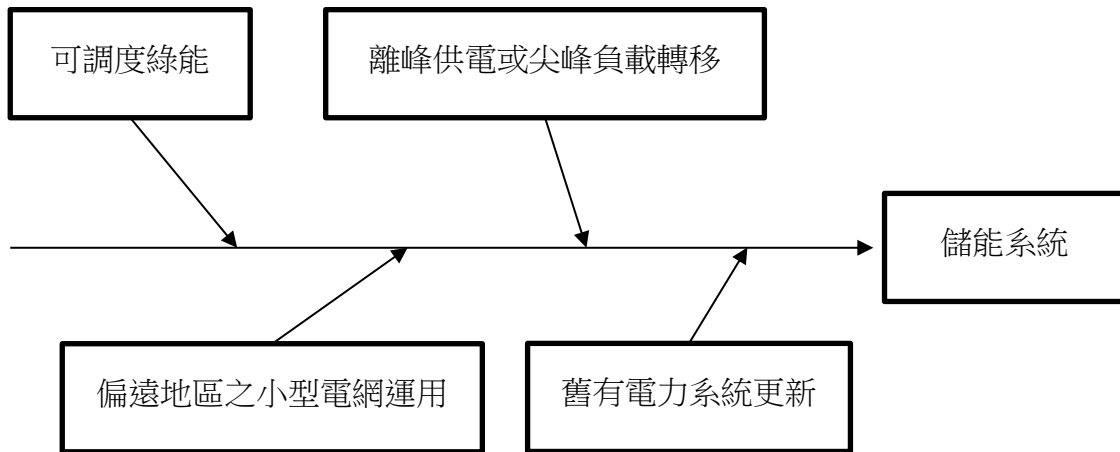
最快的為風能及太陽能，各成長 39 倍、56 倍，發電量達 1,269TWh、584TWh，對比全球 2016 年用電 23,032TWh，風能及太陽能發電成長雖快，但只占世界用電 8%，成長空間仍大。2015 年 4 月電動車廠特斯拉推出家用儲能系統 Power-Wall，除了可以供電給自家電動車使用外，還結合家庭電力調節系統以有效控制家庭用電。繼特斯拉後，德國 Daimler 也推出家用電池儲能產品，每顆電池模組容量為 2.5kWh，保固期長達 10 年，並可組合為 20kWh 的備用電力系統，滿足家用供電需求。2016 年日廠 Nissan 宣布與多元化動力管理公司伊頓 (Eaton) 合作，推出家用儲能電池系統「xStorage」，推出 xStorage 家用儲能系統，將被汰除的電動車電池轉化為家用儲電系統，除了可用於管理家庭電網的使用，並在離峰時段儲存電力，以供應家中尖峰時段的用電。此外，xStorage 還支援家用太陽能發電系統，可儲存家用太陽能發電系統的電力，在智慧型電網發展成熟的市場，還可將家用發電剩餘的電量售回提供電網服務的能源公司，降低對於大型發電廠的依賴。目前最為成功的大型案例為特斯拉 Tesla 在澳洲設置的 Powerpack 儲電系統已經運作六個月，開始展現它對當地能源市場的影響。一份新的報告指出它降低了電網服務的成本達 90%，並且已經擁有過半的市佔率。而特斯拉在南澳設置的 100MW/129MWh Powerpack 能夠提供更便宜、更快且零排放的相同服務。當有狀況發生或當電廠需要維護時，澳洲的能源公司便會需要使用「頻率調控與輔助服務」(frequency control and ancillary services, FCAS)，通常這會由巨大且昂貴的燃油發電機或是渦輪發電機來補充缺少的電力。這時電力成本可能會上漲至 14,000 美元(約 42 萬台幣或 11 萬港幣)每百萬瓦。在 2017 年 11 月世界上最大電池儲能系統在南澳省正式上線不到一個月，就已經展現了它的巨大價值——當位於澳洲南方的維多利亞省一座燃煤發電廠跳閘瞬間，特斯拉電池竟以破紀錄的 140 毫秒內向國家電網輸送了 100 MW 電力。南澳國家能源部長 Tom Koutsantonis 告訴當地媒體，全國運營商都對此感到極度震驚。若以我們台灣新竹為例，跳電一小時造成數十億元的經濟損失，2020 年，企業陸續回流台灣建廠，能源供給在發電量提升目標下，穩定供應更是重要課題，而電池儲能的快速穩定將是未來穩定送電的解方。近期隨著環保意識抬頭，各國政府將透過燃油車電動化等政策杜絕二氧化碳排放，帶動全球交通工具電動化趨勢，儲能商機也將被重視，目前全球一年電動機車銷售將突破 60 萬輛，東南亞目前約有 2.5 億輛機車，這都是潛在使用人口，未來充電站將開始大量建置，切入相關儲能供應鏈的台灣廠商將被特別注意。

因此國內發展建構自有大型儲能甚至動力系統電池能力是相當重要的，尤其是台灣在實現非核家園的同時，每當夏季尖峰用電時就會缺少的電力缺口即可以此大型儲電系統即刻補充不足！

雖然國內的水力發電可用水庫調節儲存電能，但成長飛快的風能、太陽能，受風力及太陽照射時間等限制，發電量不穩定，需搭配儲能設備才讓電力輸出穩定，過去由於原料成本偏高，大家對於原料的使用還有爭議。鋰電池具長壽命及能量密度高等特性，適用於儲能系統，過去因價格高，讓風能及太陽能投資成本極高。

目前應用上分類如下：

1. 可調度綠能：因太陽能、風力等綠能能源為非穩定之電力來電源，併入電網時會造成一定的衝擊傷害。運用儲能後，除了緩衝綠能能源電力進入電網的壓差衝擊性，也可將電網容納綠能能源的容量極大化，達到快速反應或調頻減緩電網與儲能系統衝擊，整合綠能能源導入擴大的效果。
2. 偏遠地區之小型電網運用：隨著綠能建置的加速擴大，電網傳統的發、輸、配、用電的架構逐漸轉變為區域自主式，外島運用或微電網環境都是可能的新應用。在這趨勢下，儲能系統也將扮演重要的電力調度及交易的角色。
3. 離峰供電或尖峰負載轉移：對於發電端或用電端，可能會有其尖峰及離峰時段，為能使其達到最佳的物理性或經濟性的平衡運用，導入儲能可有效地調度其時段，使得電力供需達到最佳的運用情況，搭配智慧電錶實施分區分段電價可提升電力使用的效率。
4. 舊有電力系統更新：在歐、美地區電力系統已逾百年，已呈老舊且尚待更新，而造成局部或整體性的電力傳輸問題。為解決此問題，除了加速電網更新建設外，我國亦可運用儲能也為一個新的選擇作法，協助更新時臨時電力供應。



此外，由於鋰鹽的昂貴與缺乏，相當多的研究能量用於尋找新的替代離子；例如鈉離子或者是鎂離子，但是直到目前都未得到可以應用的成果。困難的主要原因在於傳統層狀金屬氧化物的離子鍵結構中，難以避免鈉離子的高離子半徑或者是鎂離子的高價態所造成的結構不可逆相變。結合金屬氧化物與有機骨架的新型混成結構材料中，由於有機分子共價鍵結構可以承受較大程度電子雲變形，換言之較有可能降低不可逆相變的產生。本期研究中將研究各種型態的有機骨架(organic framework) 並將其與金屬氧化物結合，創造出適合高離子半徑或者是高電荷價態離子能夠自由進出的新型有機/無機混成結構物，開發能兼顧電池性能與製程永續的下一代二次電池材料。

### 三、目前環境需求分析與未來環境預測說明

《電池2030+(BATTERY2030+)》是一項大規模的歐洲長期研究計劃，為歐盟委員會提出的戰略能源技術計劃(SET-plan)的想法之一，旨在聯合歐洲整體解決未來電池研發過程中所面臨的各項挑戰，克服重重阻力達成宏大的既定的電池性能目標。研究內容以“化學中性途徑(chemistry neutral approach)”為導向，基於現有或未來多種不同類型的電池化學物質，通過縮小各自之間的差距來發揮其全部潛力以實現電池的實際能力和理論極限。理念上基於給歐洲電池企業乃至全球電池企業的價值鏈提供新的發展和支持，例如從原材料到先進材料的發展，到電池和電池包的設計製造，電池壽命終止後的回收利用和電池實際應用場景等。除此之外，《電池2030+》的長期發展路線圖也充分地彌補了歐洲電池內部的中期研究和創新工作-歐洲技術和創新平台(ETIP)。因此，歐盟希望藉助於《電池2030+》來推動歐洲為期10

年的大規模努力以促進電池領域的變革性發展。不斷提出新的研究方法和開拓新的創新領域，實現安全的超高性能電池開發，最終實現歐洲社會2050年前不再使用化石能源（如圖1所示）。2019年3月，歐盟啟動《電池2030+》協調和支持行動，以確定計劃的研發路線圖。本次發布的《電池2030+》研發路線圖第二版草案經討論修改後，已於2020年2月底提交給歐盟委員會。

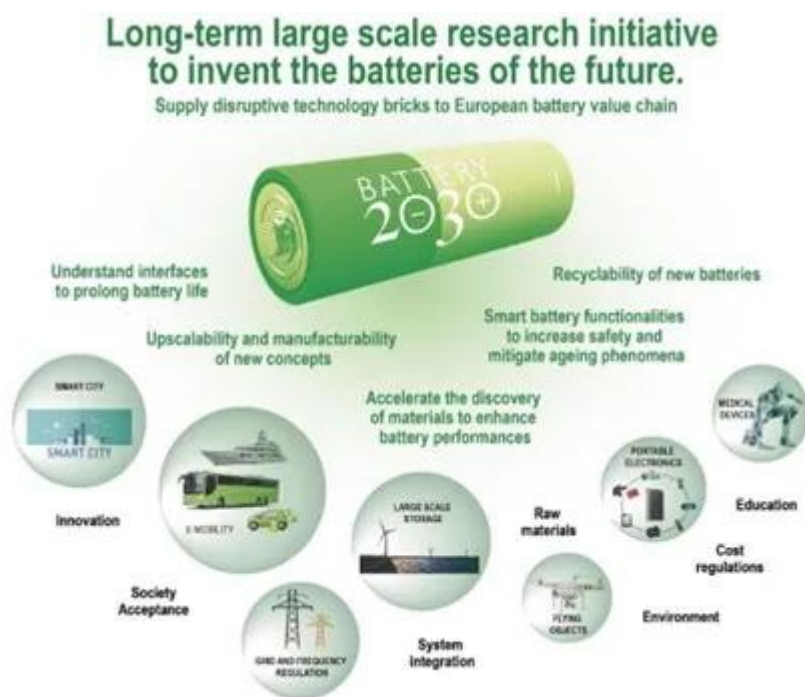


圖1. 《電池2030+》的長期願景及使命（資料來源：Battery 2030+）

《電池2030+》的總體目標是實現具有超高性能和智能化的可持續電池功能以適用於每個應用場景。所謂超高性能，是指能量和功率密度接近理論極限，出色的使用壽命和可靠性，增強安全性，環境可持續性和可擴展性，以實現具有競爭力成本的大規模化生產電池。第一個重要挑戰是達到最好的電池性能，因此發現新材料和新化學體系的開發過程必須加快。《電池2030+》提出電池界面基因組（BIG）-材料加速平台（MAP）計劃，將採用人工智能（AI）大幅減少電池材料的開發週期。第二個重要挑戰是延長單體電池和電池系統的使用壽命和安全性。壽命和安全都對未來電池的大小，成本和接受度具有關鍵性影響。為了實現第二個挑戰，《電池2030+》提出了兩種不同且互補的建議方案：開發直接在化學和電化學反應中可探測的傳感器，將新型傳感器嵌入電池中連續監控其“健康”和“安全狀態”。另一方面，通過使用自癒合功能來提高電池容量並提高電池性能。與目前最先進的電池

技術相比，《電池2030+》旨在提出並影響電池技術的未來發展（如圖2）：

- 將電池芯與模組實際性能（能量密度和功率密度）和理論性能之間的差距減少至少1/2。
- 至少將電池的耐用性和可靠性皆提高。
- 對於給定的電力組合，將電池的生命週期碳足跡減少至少1/5。
- 使電池的回收率達到至少75%，並實現關鍵的原材料回收率接近100%。

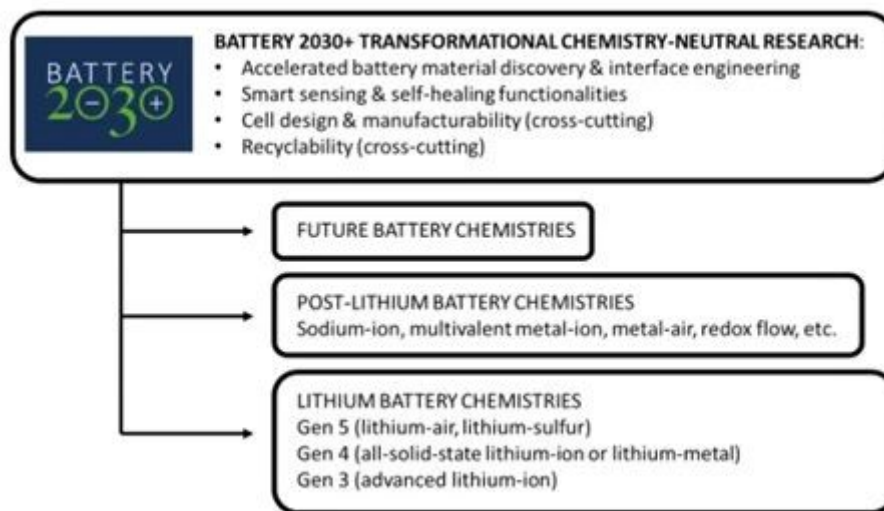


圖2.《電池2030+》對未來電化學存儲系統的最新技術展望（資料來源：Battery 2030+）

《電池2030+》路線圖將促進建立循環經濟社會，減少浪費，減少二氧化碳排放量並更明智地使用戰略資源作為長期願景。因此，發展高效電池拆解和回收技術是保證歐盟到2030年時，電池經濟長期且可持續性發展至關重要的保證。這就需要有針對性的開發新型，創新的，簡單的，低成本的和高效率的回收流程，以保證電池全生命週期的低碳足跡和經濟可行性。比如對活性材料採用直接方法回收，而不是經過多步驟的途徑。採用直接修復或重新調節電極的方式即可使電池重新達到可工作的狀態。基於此，《電池2030+》對材料層級，界面層級和單體電池層級都提出一些新的回收概念和整體流程(圖3)：(1) 整個生命週期可持續設計（包括生態設計和經濟設計）；(2) 電池及電池組拆解設計；(3) 回收設計方法。這個過程需要研究者，電池生產企業，材料供應商協同參與，並與回收商一起將回收策略及相關限制條件整合到新的電池設計中。



圖3. 未來的電池回收過程：直接回收與再利用過程 (資料來源：Battery 2030+)

### 回收策略重點計劃

- 電池組件及單體的重複可利用性：通過產品標籤、電池管理系統、內置和外置傳感器等相關數據的收集和分析，集成傳感器和電極自癒合功能，用於識別損壞/老化的組件並為重複利用做準備。同時在電池設計中盡可能延長壽命，並考慮重新校準、翻新以及二次使用和多次使用的可行性。
- 引入現代低碳足跡物流概念：包括分散式處理，開發產品可追溯性，特別是整個電池生命週期中關鍵原材料的可追溯性。以及開發對有價值關鍵材料的高效、低成本和可持續的一步回收處理策略，並將其“翻新”為電池可用活性材料，如果不能完全逆轉，則通過調整組成來合成活性材料前驅體或相關原材料。
- 自動化及選擇性回收：採用AI輔助技術及設備，實現電池自動分揀和評估，自動將電池組拆解到單體電池級別，自動拆解電池至最大的單個組件級別。同時藉助於大數據技術分析並尋求適用於所有電池及電池組的通用拆解過程，確保即使是像鋰金屬固態電池，鋰金屬-空氣電池等新型電池，也能最大程度地回收電池組件及其關鍵性組成材料。

### 回收策略研發計劃

- 短期計劃：實現電池系統可持續的發展和拆解，開發數據收集和分拆系統，用於電池組/模塊分揀和重複利用/再利用的技術，並開始開發自動化拆解電池。並用於快速電池表徵的新測試。

- 中期計劃：開發自動將電池分解成單個組件的方法，以及粉末及其成分的分類和回收，將其“修復翻新”為先進的新型電池活性材料的技術。在電池中測試回收的材料。將開發二次應用中材料再利用的預測和建模工具。顯著提高關鍵原材料的回收率（比如負極石墨，正極材料）並明顯改善對能源和資源的消耗。
- 長期計劃：開發和驗證完整的直接回收系統；系統在經濟上可行，安全且對環境友好，並且比目前的流程更低的碳排放量足跡，打造鋰電池循環經濟體系。從動力鋰電池循環體系進而運用到能源營運管理體系，並搭配鋰離子電池高值化循環利用技術，打造出完整鋰電池循環經濟體系，如圖4。配合歐盟各國所實施之新電池指令，規定生產者需負擔使用過後之電池回收、處理及循環的成本，降低整體碳排放量；落實台灣政府所推動的5+2方案中的綠能科技與循環經濟概念。面對每年逾十億顆鋰離子電池的廢棄量和電池廠產生日以噸計之廢料廢棄物，如不妥善回收處理，將造成環境生態的永久污染以及傷害。

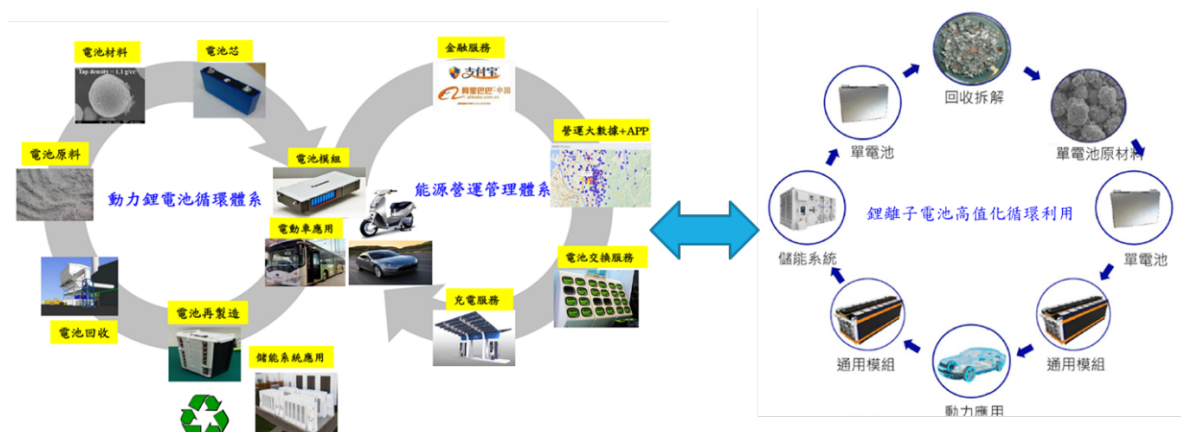


圖4.鋰電池循環經濟體系

除了歐洲的SET-PLAN計劃外，目前只有少數幾個國家有明確路線圖並為之長期努力。在這裡，簡短介紹來自中國，印度，日本和美國的電池路線圖，以更廣闊的視野來看待2030+電池的目標。

- 對岸(中國大陸)發展規劃：中國大陸現在是全球發表電池研究論文最多的國家。但同時在工業界也定義了兩個並行的研究和創新戰略：進化戰略和創新戰略。進化戰略專注於優化現有搭載新能源電池的車輛和能源動力總成系統，包括電池性能的提升（高安全，快速充電，低耗電量等）。而革命性戰略的目標是開發下一代電池化

學體系用於車輛動力總成系統。如圖5所示，可以比較2015年至2035年中國的電池發展目標與日本新能源產業的技術綜合開發機構（NEDO）的RISING計劃目標，以及美國能源部（DOE）的Battery 500計劃。

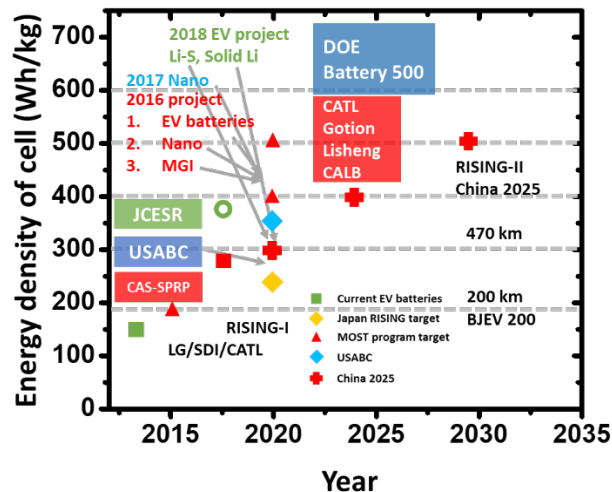


圖5. 各國2013年至2030年的國家新能源項目和戰略目標

- 印度發展規劃：印度最近也為汽車製造行業發布了路線圖，其中電池研發和製造被認為具有很高的戰略意義。但路線圖中並未展示達到目標需要何種關鍵性技術，只是明確表達了電池的重要性。
- 日本發展規劃：日本在某些關鍵領域一直有製定長期穩定研究計劃的傳統，電池就是其中之一。日本新能源產業的技術綜合開發機構（NEDO）的RISING-2項目就是一項長期的大規模計劃，始於2010年，計劃於2022年結束。它定義了兩個關鍵的電池性能目標（如圖5所示），其中對於純電動汽車，在2020年動力電池系統能量密度需達到250Wh/kg，2030年達到500Wh/kg。而對於插電混合動力汽車，在2020年動力電池系統能量密度需達到200Wh/kg。這是唯一可以嘗試與《電池2030+》提出目標相比較的國際研發計劃。

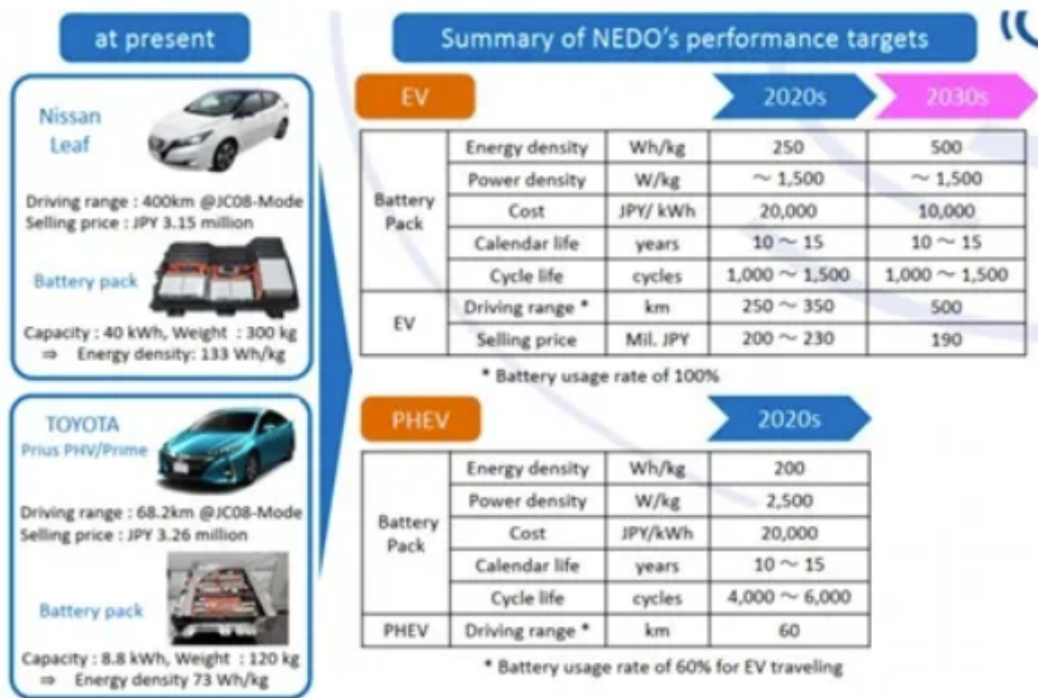


圖6. 日本NEDO的2020年和2030年電池性能目標 (資料來源：EnergyTrend)

- 美國發展規劃：美國能源部（DOE）於2016年主導了Battery 500項目，其聯合了六所大學，四個國家實驗室和IBM的科研實力。其總體目標是開發鋰金屬電池，相比目前電動汽車用電池組能量密度170-200Wh/Kg，使電池組能量密度達到500Wh/Kg。而且Battery 500將致力於開發體積更小，重量更輕，更便宜的電動汽車電池。

因未來能源安全、溫室氣體排放減量等挑戰，發展擴大分散式能源及再生能源創能及儲能供應與利用，已成為各國重要的能源政策，世界各國都積極投入綠能及再生能源的開發與運用。儲能系統是未來再生能源大規模併入智慧電網所需之重要前瞻技術。由於不穩定的再生能源如太陽光電或風力發電的發電占比快速成長，加上電動車輛預期逐漸落實於大眾生活，急需區域性儲能系統提供一個穩定的再生能源電網，以滿足未來再生能源極大化的需求。儲能技術的重要性，將可能使能源輸入國變成能源自主國，也可能將儲能技術成為新能源技術輸出。

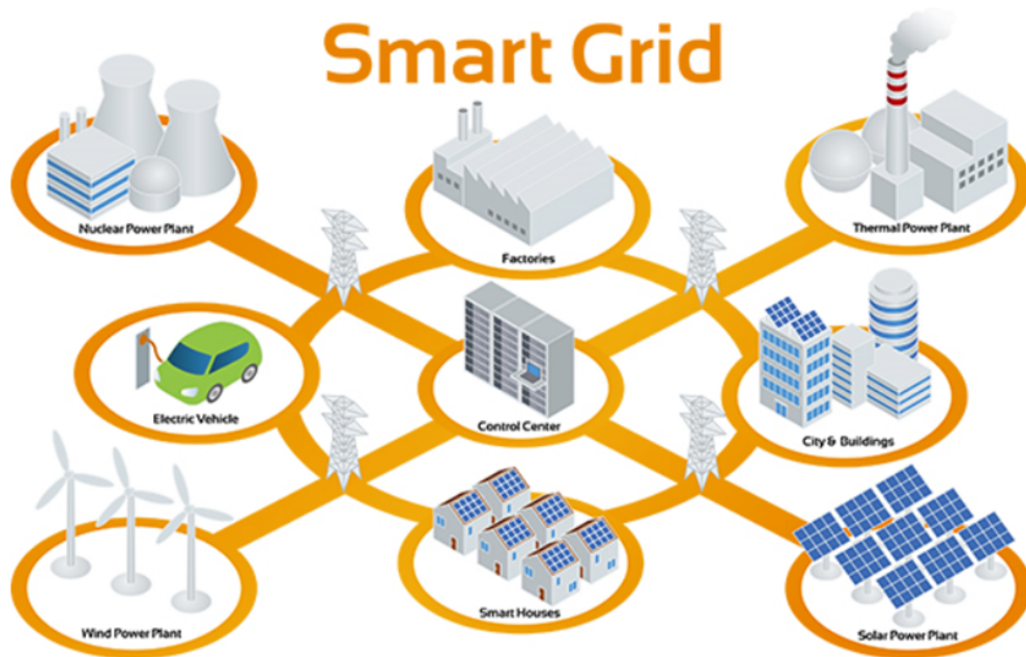


圖7. 分散式能源 (資料來源：工研院資通所)

針對再生能源的發電特性，其相對應的儲能系統可建置長短期兩種儲能系統作為互補，形成所謂多層級的儲存能力，美國商周甚至提及，「循環儲能容量將在2025年達18GWh」。長期儲能系統設計儲存大規模的能量，而短期儲能系統儲存較小量但可快速存取的能源。舉例而言，對於某些再生能源的間斷性發電，可搭配時間響應快，瞬間輸出功率高的飛輪系統、超級電容、超導磁能儲存系統予以穩定輸出，消除輸入電網電力的瞬間起伏，提高電網可靠度及穩定性。而針對較長時間的電力調度，例如：消除一日作息的供需失衡，則可利用抽蓄水力電廠、空氣壓縮儲能系統或化學電池，達到電網電力移峰填谷的作用。經濟有效的儲能系統對再生能源的助益包含：

- 調整改善綠能與再生能源上大電網的穩定性；系統能達快速反應、調頻與儲存
- 離峰儲能尖峰供電降低尖峰時的供電成本，進而降低電價，提供經濟效益；
- 替代投資新的傳輸線、配電線路、以及發電廠，降低系統成本；
- 提供有效的備載容量及電力品質改善(較發電機有更快的啟動速度)；
- 提供有效整體用電的負載管理機制；
- 改善系統的可靠度、穩定度，以及電力品質；

- 在電力市場中，大幅避免中斷能源交易，以及預測錯誤所帶來的損失，進而提供穩定的電價。
- 提供緊急況狀救災使用如颱風與地震所帶來災害時緊急民生供電所需。

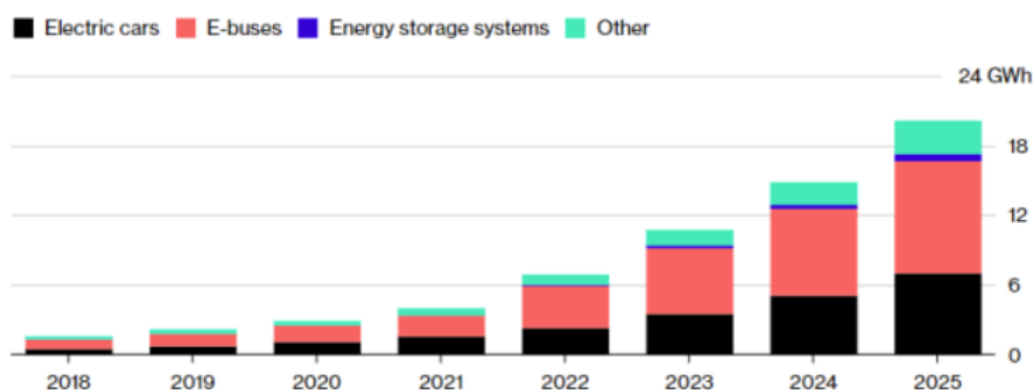


圖 8. 循環儲能產能預測 (資料來源：Circular Energy Storage)

#### 四、本計畫對社會經濟、產業技術、生活品質、環境永續、學術研究、人才培育等之影響說明

透過本計畫可整合國內鋰電池材料相關自製與電池芯之製造產業落實本土製造，將儲能電池、電力技術的零組件及系統業者共同合作開發，提升國內材料及設備自製率。另外，先進能源管理系統開發，其核心技術包含適用於大型儲能之電力品質檢測、穩定度分析與最佳化調度等，可帶動國內綠色產業技術，透過本計畫所建置對電池芯與電池組的安全測試規範建置，避免中國製造產品透過貼牌洗產地等方式混淆國內市場，可真正達提升產業國際競爭力創造國內產值。

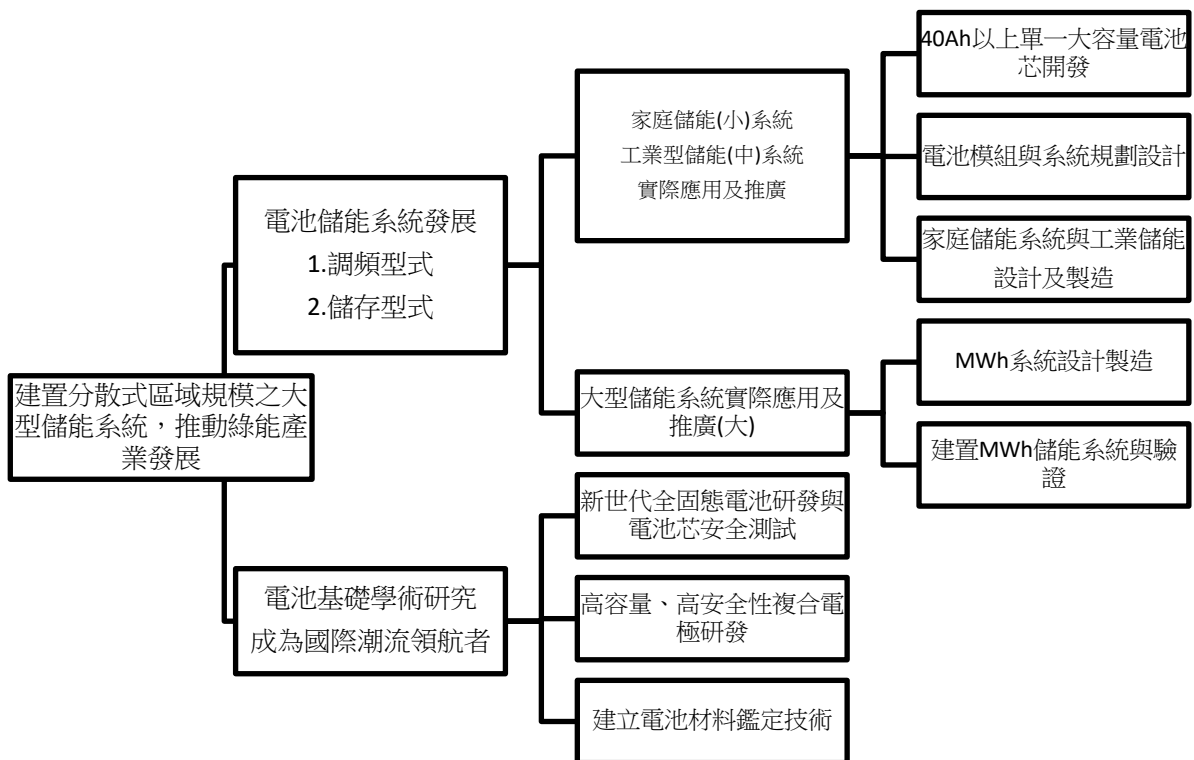
可培養國內相關材料製造與儲能技術人才並且建立研究能量，有助於未來國內儲能產業發展。本計畫實際驗證成果，作為後續儲能系統納入相關法規，包含儲能系統驗證及稽核規範、儲能系統與再生能源併網比例規定等參考依據。本計畫願景為利用區域性儲能設備示範，化身成為分散式、區域性的能源供應中心，不僅有助於民眾充分利用儲能系統之推廣，落實大眾使用也可以使得我國電力網路更為穩健、安全，達到環境永續的目標。

## 參、計畫目標與執行方法

### 一、目標說明

本計畫包含兩大主軸：第一個主軸為電池儲能系統發展，目標在於國內建立領先全球市場之自有技術，使動力電池與儲能電池都能有自主技術。並開創新型能源產業，產業根留台灣，創造就業機會，為國家創造具有「顯著效益」的能源產業。並且協助配合國內相關產業，建立MW規模與家庭儲能系統實際應用示範及推廣，以達到符合綠能前瞻基礎建設發展計畫的最終目標。除了將現階段技術推廣至國內廠商之外，為了因應未來全球全固態電池的技術走向，本計畫第二主軸為建立新世代固態電池基礎學術研究，期望達成技術國際領先地位。除了在基礎研究取得領先之外，也配合國內產業鏈，建置國內新世代全固態電池研發與具量產應用能量。

中研院電池研發團隊藉此政策發展規劃提出整合基礎研究與電池儲能系統開發的計畫，希望能在基礎研究方面：1)持續電池材料，包括正極、負極、電解質(將專注於固態電解質)的研發，發展高挑戰性的全固態電池；2)建立各種原位(in situ)解析鑑定技術,包含拉曼光譜、FT-IR、UV-Vis、X-ray、質譜等分析方法，結合同步輻射中心的先進設施進行結構與成分分析，達到實際操作下(Operando)的分析，取得最實際的顯微資訊。同時，我們期望透過鋰電池儲能系統開發及建置達成：1)建立國內領先全球市場之自有技術，使儲能電池與動力電池都能有自主技術，不受制於外國；2)建置國內新世代全固態電池研發與具量產應用能量；3)後續於沙崙綠能園區建置MW規模儲能系統實際應用示範；4)開創新型能源產業，產業根留台灣，創造就業機會，為國家創造具有「顯著效益」的能源產業。



計畫全程總目標(end point)

- (一) 電池儲能系統發展：建立國內領先全球市場之自有技術，使動力電池與儲能電池都能有自主技術。協助配合國內相關產業，建立MW規模與家庭儲能系統實際應用示範及推廣，以達到符合綠能前瞻基礎建設發展計畫的最終目標。
- (二) 建立新世代固態電池基礎學術研究，期望達成技術國際領先地位。除了在基礎研究取得領先之外，也配合國內產業鏈，建置國內新世代全固態電池研發與具量產應用能量。

里程碑(milestone)

| 年度     | 第一年<br>民 110 年                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 第二年<br>民 111 年                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 第三年<br>民 112 年                                                                                                                                                                                                                                                                            | 第四年<br>民 113 年                                                                                                                                                                                                                                                                     | 第四年<br>民 114 年<br>(8 月)                                                                                                                                                                                                                   |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 年度目標   | <p>(一)電池儲能系統應用</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發</li> <li>2. 電池芯安全測試機制之建立</li> <li>3. 發展一般(儲存用)與新型快充與高電壓型式之電芯(調頻用)</li> <li>4. 驗證具產業化中型工業(50~100 KWh)儲能系統</li> <li>5. 規劃建置具調頻與儲存複合功能之系統 MWh 儲能系統於沙崙綠能園區</li> </ol> <p>(二)電池基礎研究開發</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發表基礎研究論文</li> <li>2. 提出專利申請</li> <li>3. 持續開發固態電池所需相關材料</li> </ol> | <p>(一)電池儲能系統應用</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 新世代鋰電池正負極材料開發</li> <li>2. 新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發</li> <li>3. 發展一般(儲存用)與新型快充與高電壓型式之電芯(調頻用)</li> <li>4. 導入新型電芯建置 MWh 儲能系統於沙崙綠能園區</li> </ol> <p>(二) 電池基礎研究開發</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發表基礎研究論文</li> <li>2. 提出專利申請</li> <li>3. 進行固態電池組合測試</li> </ol> | <p>(一)電池儲能系統應用</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 新世代鋰電池正負極材料開發</li> <li>2. 新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發</li> <li>3. 發展一般(儲存用)與新型快充與高電壓型式之電芯(調頻用)</li> <li>4. 驗證具產業化大型儲能系統</li> </ol> <p>(二)電池基礎研究開發</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發表基礎研究論文</li> <li>2. 提出專利申請</li> </ol> | <p>(一)電池儲能系統發展</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電動化之動力電池芯與模組</li> <li>2. 優化 MWh 大型儲能系統</li> </ol> <p>(二)電池基礎研究開發</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發表基礎研究論文</li> <li>2. 提出專利申請</li> <li>3. 高電壓電解液研發</li> <li>4. 全固態電池開發</li> <li>5. 電池材料鑑定技術發展</li> </ol> | <p>(一)電池儲能系統發展</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 優化中大型儲能系統</li> </ol> <p>(二)電池基礎研究開發</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發表基礎研究論文</li> <li>2. 提出專利申請</li> <li>3. 創新高容量、高安全性複合電極研發</li> <li>4. 新型功能性隔離膜研發</li> </ol> |
| 預期關鍵成果 | <p>(一)電池儲能系統應用</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 結合國內產、學、研之研發成果，建立國內自主材料的電芯及電池系統。充放達 1000 次</li> <li>2. 新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發展示</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                              | <p>(一)電池儲能系統應用</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發可展示</li> <li>2. 電池芯安全測試機制之建立-建置專業測試之實驗室-提供測試報告 5 份</li> </ol>                                                                                                                                                                                   | <p>(一)電池儲能系統應用</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發</li> <li>2. 快充與調頻用高壓新型電芯優化。能量密度達 200Wh/Kg 以上</li> <li>3. 試運行與驗證 MWh 儲能系統於</li> </ol>                                                                                                                       | <p>(一)電池儲能系統發展</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電動化之動力電池芯與模組達展示應用 3 套</li> <li>2. 運行與驗證 MWh 大型儲能系統(至少一年)</li> </ol> <p>(二)電池基礎研究開發</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 應用高電壓電解</li> </ol>                                                                   | <p>(一)電池儲能系統發展</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 優化儲能系統(中型工業、MWh 級)：提出軟硬體改善策略</li> </ol> <p>(二)電池基礎研究開發</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 創新高容量、高安全性複合電極</li> </ol>                                               |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                |                                           |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                       | <p>3. 電池芯安全測試機制之建立-建置專業測試之實驗室-訂定安規測試項目 1 份</p> <p>4. 發展製造一般與新型快充電芯-充放達 1000 次</p> <p>5. 開發 1 套具產業化中型工業(50 KWh 以上)儲能系統。</p> <p>6. 規格設定 1 套 MWh 儲能系統</p> <p>(二)電池基礎研究開發</p> <p>1. 基礎研究論文 7 篇</p> <p>2. 提出專利申請 2 份</p> <p>3. 固態電池所需相關材料之特性檢測</p>                                    | <p>3. 發展調頻用高電壓型式之電芯。充放達 1000 次</p> <p>4. 驗證具產業化中型工業儲能系統。試運行至少一個月以上</p> <p>5. 100% 完成導入新型電芯建置具調頻與儲存複合功能之 MWh 大型儲能系統於沙崙綠能園區</p> <p>(二) 電池基礎研究開發</p> <p>1. 基礎研究論文 7 篇</p> <p>2. 提出專利申請 2 份</p> <p>3. 進行固態電池組合測試</p>                                        | <p>沙崙綠能園區(至少繳交分析一個月以上數據)</p> <p>(二) 電池基礎研究開發</p> <p>1. 發表基礎研究論文 7 篇</p> <p>2. 提出專利申請 2 份</p>                                                                                                                                                                        | <p>液於電芯上</p> <p>2.全固態電池開發達可展示應用</p> <p>3.電池材料鑑定技術發展達可展示。</p> <p>4.以技術移轉、技術服務或先期參與等方式讓業者共同參與，協助產業界共同研發及測試，並由業者進行生產投資，加速產業化。</p> | <p>研發：可展示應用</p> <p>2.新型功能性隔離膜研發：可展示應用</p> |
| <p>年度目標達成情形(重大效益)</p> | <p>1. 完成電池芯安全測試機制之建立-建置專業測試之實驗室。</p> <p>2. 完成發展製造一般與新型快充電芯-複合型正極材料導入電芯製作，2C 充 1C 放 1000 圈後維持率 94%。</p> <p>3. 完成開發 1 套具產業化中型工業 (50 KWh 以上) 儲能系統。</p> <p>4. 完成提出與產業橋接合作案。</p> <p>5. 達成結合國內產、學、研之研發成果，建立國內自主材料的電芯及電池系統-複合型正極材料，2C 充 1C 放 1000 圈後維持率 94%。</p> <p>6. 達成新世代鋰電池電解質並</p> | <p>1. 電池芯安全測試機制之建立</p> <p>2. 完成 5 項安規測試報告，分別為 (1)高溫充放、(2)低溫充放、(3)冷熱衝擊、(4)高空撞擊測試試驗和(5)穿刺試驗。</p> <p>3. 完成發展製造一般/調頻用高電壓型式之電芯</p> <p>4. 完成導入新型電芯建置具調頻與儲存複合功能之 MWh 大型儲能系統 1 套</p> <p>5. 完成提出與產業橋接合作案 3 案</p> <p>6. 完成 7 篇基礎研究論文發表</p> <p>7. 完成 2 份專利申請提出</p> | <p>1. 完成新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發</p> <p>(1)完成發展無氟鋰金屬電池用電解液且成功導入硫系鋰金屬電池。</p> <p>(2)完成鈮系氧化物負極材料全電池量測。510 圈後，電容保持率 95%。</p> <p>(3)構建 p-Si@C 負極材料。</p> <p>2. 完成快充與調頻用高壓新型電芯優化</p> <p>(1) 快充用高壓新型電芯能量密度 130Wh/Kg。與傳統快充相比已提升 1.7 倍。</p> <p>(2) 調頻用高壓新型電芯能量密度 330Wh/Kg。與主流市場相</p> | <p>1. 完成 2 篇基礎研究論文發表</p>                                                                                                       |                                           |

|  |                                                                |  |                                                                          |  |  |
|--|----------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  | 製作 100 mAh 膠固態全電池驗證。<br>7. 達成發表基礎研究論文 7 篇。<br>8. 達成提出專利申請 2 份。 |  | 比已提升 2.5 倍。<br>3. 完成與產業橋接合作案 1 案<br>4. 完成 7 篇基礎研究論文發表<br>5. 完成 2 份專利申請提出 |  |  |
|--|----------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------|--|--|

本計畫為研究導向，期望透過鼓勵女性參與，培養國內相關材料製造與儲能技術等相關工作領域之女性人才，以縮短性別落差，並營造性別友善工作環境：

1. 計畫執行期間以提升台灣女性工作人力比例達計畫全體人員 30% 為目標。積極尋找女性從業人員加入本案計畫，參與材料製造與儲能技術等相關工作。
2. 本計畫所使用之儀器設備，不同性別均可操作及使用。
3. 公共空間加強設置監視系統及 24 小時警衛，以維護環境安全。
4. 工作環境配置哺集乳室、女廁數量、安全警鈴、無障礙設施(如：室外通路、坡道及扶手、無障礙空間廁所...等性別及無障礙友善設施。

## 二、執行策略及方法

本計劃不分主、子計畫。參與計畫單位及負責人包括：中研院物理研究所吳茂昆特聘研究員，原子分子研究所：陳貴賢特聘研究員兼所長以及應用科學研究中心：朱治偉研究員兼副主任。此外，本計畫與暨南大學、台灣大學凝態中心、臺北科技大學以及原能會核研所物理組團隊進行合作。遴選此一團隊之主要原因是這些團隊已建立相關技術能量且有顯著研究成果。本計劃在五年內除了規劃的基礎研究之外，希望完成設計並建置國產 MW 規模與家庭儲能系統(分散式電源)於沙崙綠能園區與中央研究院院區示範，預期可衍生相關電池正負極原料廠、電池芯、儲能等新創公司產值可達數千億元規模。

### (一) MW 級儲能系統

#### 1. 建置後之運行維護工作

在電網級儲能系統整合與儲能發展方面，隨著裝機容量越來越大、系統布建數量越來越多，儲能系統相關運行維護管理方面的議題也受到重視，必須兼顧整個系統的性能與安全性問題。系統建置後的運行維護可以說是決定了整個系統的使用效益，運維得當不僅可以延長儲能系統的使用年限，亦可提升整個儲能系統運行的安全性、增加其所能發揮的效益。

儲能系統的運行維護不單是外觀與內部的安全巡檢，還必須收集與累積各項系統數據，進而調整校對控制參數，甚至是評估硬體設備的汰舊更新。在儲能系統運行維護方面，儲能系統建置的安全重點三個目標包括：

- 電氣安全、火災和煙霧危害檢測與緩解。
- 健康與環境危害、自然和人為災害。
- 通風和熱管理和系統控制。

上述皆是從系統開發設計初期、安裝、調校、操作和維護，直至系統退役或是翻修、重複利用過程中需一一聚焦解決的問題，方可期待系統安全無虞運行，目的皆是企求維護人身財產安全。

儲能系統容量以及設置環境地點等會對運維方面有不同的需求等級，因此目前全球各主要國家對於電流、電壓、電池充電狀態(SOC)等參數並未有一致性的規定，亦沒有相對應的設備檢修標準。目前儲能系統經常出現容量損失、循環壽命損失以及

內阻增大等進而引發安全性問題，一直是儲能產業的挑戰，電池也在相關儲能事故案件中成為眾矢之的，急需較為完善的系統運維相關依循準則。

## 2. 儲能系統運維可依循參考之國際安規標準建置現況

考量儲能系統的消防安全，降低風險的測試和安全規範標準建置至關重要，國際間儲能系統安全相關規範單位，如：國際法規理事會（International Code Council）之國際消防協會（International Fire Code, IFC）、美國消防協會（National Fire Protection Association）、美國相互保險公司（Factory mutual Global）、國際電工委員會（International Electrotechnical Commission）、韓國電氣安全公社（KEPCO）、美國保險商實驗室（Underwriters Laboratories Inc, UL）等皆在近幾年頻繁更新與調整內容，並且試圖提出系統運維相關之安全規範建議。

在上述安全規範標準強度方面，以 UL 最嚴格，其次依序為 NFPA、IEC 及各國地方標準，然而各項標準多為互相調和，規範內容日趨嚴格，有些廠商甚至表示現況難以適用，配合上有窒礙難行之處。然而，儲能系統的安全問題牽一髮而動全身，僅能先以嚴苛的標準檢視之。

表一、國際儲能設備技術安裝運維相關標準（資料來源：工研院產科國際所）

| 機構名稱                                             | 標準名稱                                        | 發布年<br>(最新版本)     | 主要內容           |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------|----------------|
| 國際法規理事會<br>(International Code Council)          | IFC Section 1206, 國際消防法規<br>1206 章節 電化學儲能系統 | 2018<br>(預計 2021) | ESS 安裝與<br>維護  |
| 美國消防協會<br>(National Fire Protection Association) | NFPA 855, 固定式儲能系統安<br>裝標準                   | 2020              | ESS 安裝與<br>維護  |
| 美國相互保險公司<br>(Factory mutual Global)              | FMDS 0533, 財產損失預防數據<br>表-電化學儲能系統            | 2017<br>(2020)    | ESS 安裝與<br>維護  |
| 國際電工委員會<br>(International Electrotechnical)      | IEC 62933-5-2, 電化學儲能系<br>統安全要求              | 2017<br>(2020)    | ESS 電氣安<br>全標準 |

|                                                           |                                    |                |                 |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------|-----------------|
| Commission)                                               |                                    |                |                 |
| 韓國電氣安全公社<br>(KEPCO)                                       | SPS-KESG-VI-M-14-7286，蓄電<br>設備檢查指南 | 2018<br>(2019) | ESS 檢驗標<br>準    |
| UL 美國保險商實驗<br>室 (Underwriters<br>Laboratories Inc，<br>UL) | UL9540A，評估電池儲能系統熱<br>失控之火災蔓延測試方法   | 2018<br>(2020) | ESS 熱失控<br>測試標準 |

從前述儲能系統安全相關標準中，依據工業技術研究院產科國際所之建議挑選出與儲能系統運維及監控相關之章節內容，進行比較後發現儲能系統的消防安全性是首要待解的隱患，然而定期運維檢測/巡視僅能滿足 ESS 設備基本性能要求，恐怕仍難以預防運行時突發的安全事故，考量各個場域所使用的產品規格不同，國際間儲能系統相關的安規標準主要建議「應依製造商使用手冊進行儲能系統/產品的運行與維護作業」，並針對電壓、電流、溫度等進行基本的監控，如檢測後發現異常應暫停系統運作並提出警告，整理如下表

表二、國際儲能系統安裝/運維監控技術標準內容比較(資料來源：工研院產科國際所)

|                    | IFC：2018 1206                               | NFPA 855                                          | FMDS 0533                                                 | IEC 62933-5-2                     | 韓國蓄電<br>裝置檢查指<br>南                                  |
|--------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>運維方式<br/>建議</b> | 依製造商說明                                      | 依製造商說明                                            | 依製造商說明<br>紅外線檢查                                           | 系統必須分開<br>進行維護                    | 外觀檢查<br>負荷檢查<br>操作檢查                                |
| <b>建議監控<br/>項目</b> | —電壓、電流、<br>溫度監控<br>—短路、溫度異<br>常、電壓異常時<br>報警 | —電壓、電<br>流、溫度監控<br>—工作狀態監<br>控<br>—檢測到異常<br>情況後暫停 | —電壓、電<br>流、溫度監控<br>—溫度異常，<br>短路、電壓異<br>常報警<br>—電池老化監<br>控 | —電壓、電<br>流、溫度監控<br>—充電狀態監<br>控和記錄 | —系統的測<br>量、控制、保<br>護、通訊和存<br>儲功能<br>—檢測到異常<br>情況後暫停 |

在系統業者移交儲能系統之前，應根據適用的操作安全標準對操作人員和負責人進行基本的人員操作和運維能力培訓，

並開放系統業者以及系統操作員的權限。以廠商所提供的運維手冊作為操作和維護的主要依循資料，其中應涵蓋儲能系統規範、軟體手冊、故障排除說明和維修相關資訊，並定期檢查是否有任何錯誤訊息警示，以確保系統安全操作。

### 3. 各國因地制宜進行儲能系統之運維監管

各國具有儲能系統管轄權的主管機關也會因地制宜依照各個場域需求參考建置、設計符合所需的規範，以便進行個別適用的管理與監控。如：美國加州政府提出《儲能系統指南安全規範與標準（Energy Storage System Guide for Compliance with Safety Codes and Standards）》，提供有關儲能技術的規範，標準和最佳實行作法，內容包括安裝、認證、防火以及與急救人員的聯繫方式等。該規範內容中表示儲能系統商必須提供運維手冊或類似手冊，包括說明已有依照消防規範要求進行維護、可視要求提供檢查、簡要說明進出口位置，並標示出消防部門人員方便進入的位置與建物說明書，若是作為「公用事業」的儲能系統應登記有案並特別標註。此外，紐約州政府提出《紐約州儲能系統指南（New York Battery Energy Guidebook）》，內文包含「電池儲能系統電氣確認表（Battery Energy Storage System Electrical Checklist）」等。韓國方面則有《SPS-KESG-VI-M-14-7286，蓄電設備檢查指南》提出檢查清單以及蓄電裝置檢查記錄表，可針對系統安裝環境、外觀檢查逐一進行問題缺陷檢查與現場狀況紀錄。

目前儲能系統的市場參與者仍積極不斷為更高的儲能容量需求而努力，監管機關僅能隨時滾動式修正與調整運維監管機制，諸多因素的不確定性仍高，使得國際間針對儲能相關的運維監管規則尚不明確也並未有統一做法。隨著對儲能系統的需求與運行經驗累積，相關標準制定單位亦持續更新與調整規範內容，現階段僅能隨時追蹤國際間規範之更新狀況，並視當地案場所需進行調整，相信基於中研院此次 MW 儲能電廠建置及運行之經驗將有利於政府未來針對儲能系統運維規範有更全面的保障與依循標的。

### 4. 新型快充與調頻用高電壓型式之電芯

儲能系統已漸漸成為能源基礎建設中的關鍵部分，支援各種電網應用。電池系統亦逐漸變成 ESS 的技術首選。為了支持不斷

成長且使用益發廣泛的電池系統，關鍵是事先評估系統在意圖採用的應用中的性能表現。相關電池系統特性與性能參數必須建立起來，並透過有著完善記錄系統且獲各方關鍵利害關係的測試計畫進行驗證。藉由穩健的計畫來評估電池系統，和該系統在 ESS 應用中提供目標性能的能力，將會是儲能產業能否在今日能源市場蓬勃發展的重要關鍵。我國能源政策目標於 2025 年再生能源裝置容量將達到 27GW，再生能源發電占比則需達到 20%，傳統電力系統將面臨大量再生能源併入電網後造成的不穩定性，電力公司需引進新興技術資源，以協助電網達到穩定供電之責任。儲能自動頻率控制(Automatic Frequency Control, AFC)調頻服務即是其中一項新興技術，因儲能系統具有快速充放電之特性，透過主動調整充放電動作調節電力系統頻率，可幫助維持電力系統因負載波動造成之頻率飄移，極適宜作為再生能源高佔比下之系統穩定因應方案。本團隊將基於先前大電芯製作技術的經驗上進行新型快充與調頻用高電壓型式之電芯開發以利國內首次導入之儲能自動頻率控制調頻技術發展。

此計畫目的在建立國內領先全球之自有電池儲能系統技術，使儲能電池與動力電池都能有自主技術，不受制於外國。同時建置國內新世代全固態電池研發與具量產應用能量。我們預期在沙崙綠能園區建置 MW 規模儲能系統實際應用示範，開創新型能源產業，產業根留台灣，創造就業機會，為國家創造具有「顯著效益」的能源產業。中央研究院團隊電池開發具有如下優勢：

優勢一：擁有國際專利之 AS-200 正極材料—

$\text{Li}_{1+x}(\text{Mn},\text{Co},\text{Ni})\text{O}_2$  此正極材料電比容量可以達到  $>200 \text{ mAh/g}$  以上，電比容量領先業界，我們也擁有超過  $1900 \text{ mAh/g}$  克容量之鋰硫化合物(Li-S compound)正極材料製作技術。

優勢二：創新負極材料—擁有創新鋰硼負極材料及碳矽混合負極材料其理論克容量可達  $405 \sim 500 \text{ mAh/g}$ ，並添加石墨烯(Graphene) 提高充放電速率(C-rate)。

優勢三：與國內產業技術合作開發單一電芯容量達  $40\text{Ah}$  以上之散熱佳與高安全性之電芯技術，每顆電池電容量  $40\text{Ah}$  以上，大幅降低電池管理系統的難度及成本。

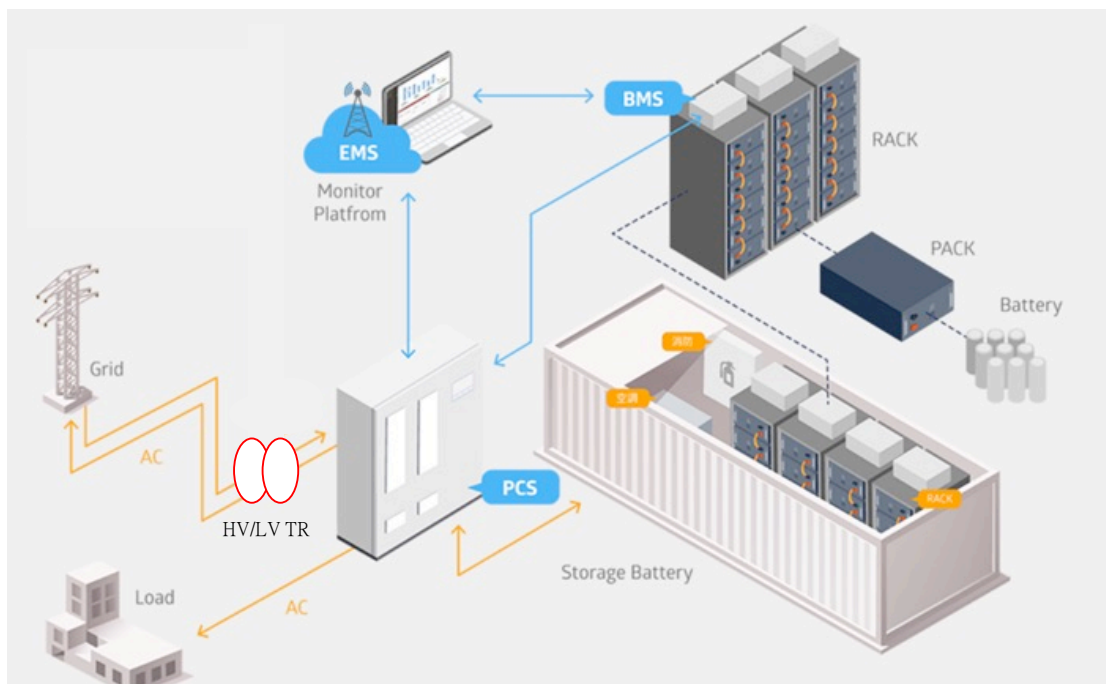
## 5. 適用鋰電池儲能系統之電能管理系統開發

本計畫擬開發 50-100kWh 及 1MWh 兩種容量之鋰電池儲能系統 (ESS)，為使儲能系統順利運作，將開發電能管理系統(Energy Management System, EMS)，如圖二所示，此電能管理系統將整合鋰電池之電池管理系統、電力轉換系統(Power Conversion System, PCS)，電能管理系統對內將以 CAN Bus 通訊協定與電池管理系統及電力轉換系統溝通，對外則以 IEC 61850 通訊協定與電力公司(utility company)之中央電能管理系統(Central Energy Management System, CEMS)溝通。此電能管理系統監控整體儲能系統之運作，並將相關監測訊號回傳至用戶之遠端控制中心，或接受電力公司調度時，依電力公司之 CEMS 調度需要，回傳相關電力監測訊號。EMS 之設計，將依據以下兩種儲能用途設計：

- (1) 儲能使用於用戶之負載改善：若用戶將裝設之 ESS 使用於用戶本身之負載改善，則 EMS 將設計以下功能：
  - (a) 改善電能不足：EMS 可同時檢測用戶之負載及購電量，若購入之電能不足，則可及時啟動 ESS，補足總電能。
  - (b) 削減尖峰負載：EMS 可設定用戶負載之門檻值，若超過此門檻值，則 ESS 可即時供電，使得用戶向電力公司購電之尖峰不致超過門檻值，避免用電超過契約容量而被電力公司罰款(超過部分將繳交一般電價之 2-3 倍)。
  - (c) 改善電力品質：用戶負載過高時，通常會產生電壓或頻率降低，EMS 將提供外部接點，用戶若有此需求，可另裝設相關設備監測用戶之電壓及(或)頻率，若此檢測設備檢測到此情形時，將以乾接點方式通知 EMS，即時啟動 ESS，使電壓及頻率回復到額定值，並維持穩定。
  - (d) 提供即時供電：ESS 於停電時可提供即時電力，將設計 EMS 檢測電力公司之供電，若停電狀況發生時，可即時啟動 ESS，對用戶之電力系統提供緊急電力。
- (2) 儲能使用於自動頻率控制(Automatic Frequency Control, AFC)：若儲能系統使用於台電目前實施中之「儲能自動頻率控制調頻備轉輔助服務」方案，則 EMS 之設計應符合台電該方案之所有軟硬體規格，EMS 協調功率調節器，應控制 ESS 在六段不同頻率範圍(59.50Hz、59.75Hz、59.98Hz、60.02Hz、60.25Hz 及 60.50Hz)

有符合台電規範之充放電反應策略。此外，相關 EMS 應以 IEC 61850 通訊協定，每 10 秒回傳運轉狀態至台電之 CEMS，運轉狀態之取樣頻率應為 100ms，回傳訊號應至少包含：每秒鐘瞬時電壓值、每秒鐘瞬時系統頻率、每秒鐘瞬時輸出/輸入功率、每秒鐘瞬時虛功率、每秒鐘瞬時功率因數、每秒鐘儲能系統瞬時儲能系統剩餘電量比例(State of Charge, SOC)、每秒鐘儲能系統狀態等訊號。

EMS 為鋰電池儲能系統之控制中樞，儲能系統可提供之功能、整體系統運轉狀態、與相關設備之協調控制、運轉相關狀態訊號之監測與儲存等，皆由 EMS 以符合電力公司相關規範之方式進行設計與運作，台北科技大學姚立德教授的研究團隊將負責協助設計此系統。北科大在智慧電網、再生能源與節能、電力品質、能源效率與儲能科技已深耕多年，同時也有協助產業轉型與升級的能量。北科大除了取得 IEC 61850 認證實驗室資格，也期望帶動低碳能源產業供應鏈發展，促成國際合作。透過此次雙方合作，不僅為人才培育提供更完善的教研環境，也能加強培育產業所需人才，為學界和業界建立雙贏關係。



圖二 鋰電池儲能系統電能管理系統架構圖（台北科技大學提供）

## (二) 基礎學術研究

### 1. 鋰電池退役規劃

隨著再生能源系統與電動車的市場近年的開發，預估到 2045 年後每年將有超過 15 萬噸廢鋰電池產出，然而，面對龐大的電池廢棄量，真正進入回收系統被回收為再生原料的電池僅不到 50%，未完整建立回收系統導致廢電池囤積、棄置與焚化等處置成為當前的主流，但由於廢鋰電池中所含高濃度的重金屬、有機溶劑等會在廢棄後逐漸釋出，並造成嚴重的環境汙染，因此，為減低二次汙染，各國開始提倡鋰電池封閉式循環經濟系統，普遍規劃中包含廢電池評估與分類系統、梯次應用、再資源化等環節，以達成更高資源再利用率與降低廢棄物產出為最終目標。

鑒於電池消費量快速成長，已開發國家於 2000 年起相繼制定一系列關於電池回收規範，以降低廢電池造成的環境汙染與達成資源循環目標。以歐盟 Battery Directive 2006/66/EC 規範為例，設定所有會員國須達成廢電池收集率大於 45 %、回收流程效率 50 % 以上的目標，為目前國際間最嚴格規定。因此，為了達成規範目標，許多歐洲國家開始針對鋰電池開發新型回收流程，以因應未來預期將由鋰電池主導的儲能市場局勢。

資源開發方面，鋰離子電池的蓬勃發展，使單位鋰離子電池的市場價格趨勢不斷下探，相反的，隨鋰電池生產量大增，關鍵原物料價格卻不斷飆漲，如何穩定取得鋰、鈷、鎳等礦產資源成為各鋰電池生產國的重要課題，其中尤以鈷礦資源問題最為嚴重，故當前的電極材料開發方向以低鈷或無鈷化目標進行，但針對鋰礦與鎳礦截至目前為止則未有明確的解決對策，但新材料的開發往往需要更長的時間周期，因此，高效率的回收系統被視為短期內紓解資源短缺的解決方案之一。

目前國內並無產出電池製造的礦產資源，主要以進口方式取得生產鋰電池關鍵原料，為了降低對外的資源依存度，回收取得的再生資源占比便顯得格外關鍵。

現行回收市場方面，各國的廢鋰電池回收模式仍以傳統的濕法與火法回收為主，經過多年廢金屬回收方面的經驗累積，目前的濕法與火法回收流程已經可以達到非常高的回收率，但仍有過於耗

能、大量廢氣與廢水產出、再資源化產品純度低、回收價值與成本不匹配等問題存在。傳統火法以高溫方式將電池內部有機物去化，並分解、還原內部金屬元素，最終以鐵、渣相分離相取得有價金屬，其中部分廠商會在製程最後加入純化步驟以增加最終產品價值，火法製程為目前在成本價值平衡最可能實現的大規模回收法，規模化也最為容易，但也由於製程特性，無法回收鋰金屬，且最終產品純度較低，不易達成封閉式循環經濟目標。常見濕法流程則以不同萃取劑與多次萃取組合分離、純化各類金屬化合物，通常經濕法流程後回收的產品純度高，搭配新的技術已經可以達到鋰電池原料級標準，然而因為過程中使用的大量溶劑，除了使回收的成本提高，也更容易造成二次污染，且萃取過程中許多步驟運用電化學反應平衡原理，導致濕法回收流程規模化不易，也限制回收產能，需要藉由補貼方式來運作回收系統，價值與成本間的平衡仍有待改進。

目前歐洲鋰電池回收先進技術大都是火法與濕法冶金整合，希望能擷長補短各製程的優缺點。例如：比利時的 Umicore 和德國的 Nickelhütte 是以熔煉還原和濕法冶金的結合，德國 REDUX 和 Accurec 則採用的熱解法與濕法冶金的結合。舉例來說 Umicore 利用電漿技術所產生的超高溫 (UHT) 製程，獲得 Co-Ni-Fe-Cu 合金，接著利用過氧化氫等溶劑，將 Co, Ni 和 Mn 化合物還原為具有較高溶解度的物質，再通過溶劑萃取過程和沈澱法回收純金屬合金中進行金屬的濕法冶金分離。

歐盟 BATTERY 2030 鋰電池計畫中也提出了完整的循環經濟規劃，串聯材料供應端、電池製造端、應用端與回收端整合成完整的循環產業，提出新電池的開發計畫，除了傳統的高效能、高安全性以外，需再加入永續環保、模組易拆解、易循環的設計，建立以回收為前提的新電池開發思維，其中電池循環計畫的短期目標即為永續環保與易拆解設計的整合與建立，設計更有利於回收的鋰電池與模組，中期目標則為電池的自動化分選、拆解為各成分、回用技術調整至電池級材料規格，為達成自動化的分選作業，必須將電池設計為更易拆解的結構，其中包含電池結構的再設計、黏合電極粉末與集電體的新材料開發等，再設計回收流程，針對不同種類金屬進行萃取，得到高品位之金屬原料，達到回收再利用與資源化之目標。

美國能源部成立的 Recell Center 集合阿貢國家實驗室與新創事

業 Farasis Energy 等單位提出廢電池正極材料直接回收製程 (Direct Cathode Recycling)，目標以高溫再鋰化製程將循環後失去活性的正極材料以高溫鑲嵌鋰的方式重新回復材料活性，然而研究顯示，若有殘留的黏結劑存在，則會讓材料活性回復效率大幅下降，如何在大規模製程中有效的移除黏合劑並分離活物粉末為該計畫目前最大的挑戰

為達成循環經濟主要目標，本計畫嘗試結合濕法與火法冶金流程，提出改良的混合回收流程方案，著眼於結合火法的高泛用性、低成本，與濕法的低能源消耗、高產品價值等優勢，並同時改善傳統火法大量能源與造渣劑消耗，傳統濕法的高溶劑消耗、高成本、大量廢液產出等缺點，以發展兼具經濟性、減少能源消費與降低二次污染的鋰電池回收製程為目標，並結合既有的鋰電池開發技術，嘗試開發新型的黏結劑，訴求可高效分解的同時維持電池高電化學效率，研究以再鋰化直接回收電極的可能性。

## 2. 新穎正極材料開發

高容量是鋰電池的發展方向之一，但當前的正極材料中磷酸鐵鋰的能量密度為 580Wh/L，鎳鈷錳酸鋰的能量密度為 750Wh/L，本團隊過去幾年開發之“鋰過量”(lithium excess)的非計量材料(non-stoichiometric material  $\text{Li}(\text{Li}_w\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ )獲得突破性成果，發現可在 4.6V 高操作電壓且具有大於 200 mAh/g 比電容量的新鋰離子電池正極材料，富鋰錳基的理論能量密度可達到 900Wh/L，極具發展潛力。其中少量的鈷用於穩定結構，但其具有毒性與污染問題及隨著國際情勢緊張使得鈷原料難以取得造成價格逐年升高，因此無鈷正極(Cobalt-free)作為電池正極為主要研究與商業化發展方向之一，目前作為無鈷材料正極之選為操作電壓為 3.4V 的磷酸鐵鋰以及操作電壓為 4V 鋰錳氧化物，本團隊由鋰錳氧化物進行改進開發出的  $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{O}_4$  無鈷正極材料具有接近 5V 高操作電壓用以高功率輸出系統，同時再透過過鍍金屬元素的參雜穩定結構提高循環壽命。

## 3. 新穎負極材料開發

具有良好循環壽命及倍率放電性能而使得鈦酸鋰(LTO)成為常見的負極材料，鈦酸鋰的工作電壓約在 1.5V，其理論比容量為 170mAh/g，對目前鋰離子電池能量密度的不斷提高來說是非常有限的。因此，我們進而研究出具有更高電容量及突出的倍率放電

性能的負極材料-鋁摻雜之鈦鈮氧化物。鈦鈮氧化物為近幾年人們相繼研究的對象，主要是其循環壽命良好以及工作電壓與鈦酸鋰負極相似，但其理論比容量卻高達 270mAh/g，較現有的鈦酸鋰負極多出接近一倍的電容量。基於現有的鈦鈮氧化物負極缺點為導電性不佳，在高倍率性能測試中並沒有特別突出的表現，因此，本團隊將利用自身材料開發之優勢以最簡單的方式在合成過程中摻雜鋁離子以製備出改質的鈦鈮氧化物，在鋁摻雜後可使得鈦鈮氧化物其導帶與價帶的差值變小故能改善其導電性不佳的問題，進而大大提升在高倍率性能上的表現，其高倍率性能測試(5C)下仍具有放電電容量約 150mAh/g，非常適合需要快充且穩定循環的電芯使用。

#### 4. 創新結合金屬氧化物與有機骨架的新型混成結構材料研發

現階段儲能或者是動力車輛所使用的電池多以二次鋰離子電池為應用設計基礎。而主流二次鋰離子電池所用的正極材料，其製備方式無論是  $\text{LiFePO}_4$ 、 $\text{Li}(\text{NiCoAl})\text{O}_2$  或是  $\text{Li}(\text{NiCoMn})\text{O}_2$  都是以金屬鹽類為起始物，經過化學造粒與高溫燒結方式得到產物，但同步產出陰離子廢棄物與消耗大量能源造成環境的負擔。至於使用後的二次鋰離子電池回收更是產業界不願面對的問題，必須使用大量的酸液溶解回收金屬氧化物，屬於高污染回收過程。此外金屬鋰鹽的地球存量有限，因此如果無法有效回收十年內鋰離子電池產業就必須面對鋰鹽短缺問題。

傳統鋰離子正極材料製程必須藉由高溫擴散鋰離子至層狀氧化物結構中，為了解決上述的問題我們在前期計畫裡面嘗試合成新型態的有機/無機混成結構材料，成功在室溫得到結合金屬氧化物 ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) 與有機骨架(melamine;  $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$ ) 的創新結構產物。在所得到的交疊有機/無機層狀結構物中，藉由有機分子共價鍵結層的協助，鋰離子可以在常溫以化學法或者是在低溫( $< 300^\circ\text{C}$ ) 燒結的方式完成鋰離子擴散至無機層狀氧化物結構中。所合成出來的材料電容量高達~180 mAh/g，成果已獲得台灣專利且發表於 J. of the Electrochemical Soc.，美國專利同時審核中。由於金屬氧化物( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) 與有機骨架分子(melamine;  $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$ ) 兩種起始物皆具有水溶性，因此合成溶劑為純水分子並不含有任何陰離子，室溫製程完全無污染。此外關於這種新型態的有機/無機混成結構材料回收，同樣可以以水分子溶解金屬氧化物與有機骨架分子，大量降低酸液的使用與環境負擔，是一先進的綠色製程。

由於鋰鹽的昂貴與缺乏，相當多的研究能量用於尋找新的替代離子；例如鈉離子或者是鎂離子，但是直到目前都未得到可以應用的成果。困難的主要原因在於傳統層狀金屬氧化物的離子鍵結構中，難以避免鈉離子的高離子半徑或者是鎂離子的高價態所造成的結構不可逆相變。結合金屬氧化物與有機骨架的新型混成結構材料中，由於有機分子共價鍵結構可以承受較大程度電子雲變形，換言之較有可能降低不可逆相變的產生。本期研究中將研究各種型態的有機骨架(organic framework) 並將其與金屬氧化物結合，創造出適合高離子半徑或者是高電荷價態離子能夠自由進出的新型有機/無機混成結構物，開發能兼顧電池性能與製程永續的下一代二次電池材料。

## 5. 「國造」全電池開發

本團隊開發之“鋰過量”(lithium excess)的非計量材料(non-stoichiometric material  $\text{Li}(\text{Li}_w\text{Ni}_k\text{Co}_y\text{Mn}_z)\text{O}_2$ ) 是已報導的比容量最高的鋰離子電池正極材料，比容量可達 250 ~ 300 mAh/g，工作電壓約為 3.7 V。以此材料為正極，石墨為負極的鋰離子電池的比能量可達 250 Wh/kg，然而，石墨在使用過程中也存在一些不足：電極反應發生後，負極的石墨成分的微觀結構排列方法發生了變化。石墨的層間距在反應發生後會造成石墨的層間距的變化，可能會導致負極的石墨會粉化並脫落，甚至使電池中的有機溶劑分解，循環穩定性不好。若以矽基材料為負極，則電池的比能量有望達到 350 Wh/kg。然而，矽電極在充放電過程中會發生循環性能下降和容量衰減，主要有兩大原因：矽與鋰生成  $\text{Li}_{4.4}\text{Si}$  合金時，體積膨脹劇烈，巨大的體積變化易導致活性物質從集流體中脫落，從而降低與集流體間的電接觸，如此一來，電芯的安全性會是一大考量。鈦酸鋰( $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ )是一種由金屬鋰和低電位過渡金屬鈦的複合氧化物，屬於  $\text{AB}_2\text{X}_4$  系列，可被描述成尖晶石固溶體。鈦酸鋰最大的特點就是其「零應變性」。本團隊基於先前全電池技術開發經驗上，將“鋰過量”正極材料與矽碳負極或鈦酸鋰負極材料進行搭配開發測試，遭遇到最大問題即為容量不匹配( $a/c < 1$ )，即便由改善材料負載，其結果還是會受 SEI 影響導致衰退。為解決此問題，本團隊在尖晶石型材料中導入高容量的第二正極材料(AS200)，在正極中形成微電池，減少了尖晶石型材料顆粒表面  $\text{Li}^+$  的聚集並抑制 Jahn-Teller 效應以保持晶體結構的完整，從而獲得比容量高、長循環壽命的鋰離子電池正極材料。其結果表明，複合型正極材料導入修正，2C 充 1C 放 1000 圈後維持率達到 94%。

可惜，該新型電池芯之標稱電壓較低，僅有 2.4V，該弱項不利於模組設計，本團隊未來將導入無鈷高壓正極材進行測試，嘗試將其標稱電壓提升至 3V 以上。該目標若有效落實，對於導入 AFC 儲能應用將是一大突破。

## 6. 半固態-全固態電池開發

目前鋰離子電池主要應用液態電解質，主要存在著以下幾方面問題：1、安全性：電解液易燃，是傳統鋰離子電池安全性較差的主要來源；2、重量：一個電芯的重量，電解液可能占 20-30% 左右。若能將電池的重量降低，電芯的能量密度就相應的增加；3、穩定性：電解液在高電壓下不穩定，導致電芯劣化甚至發生危險；4、環保：電解液成分主要是六氟磷酸鋰和一些酯類的有機化合物，具有相當的腐蝕性和環境毒害。比較而言，半固態(膠態)跟全固態鋰離子電池的能量密度會更高，安全性可以大幅提高，耐過充性能也會提升，而且基本無環境毒害,是未來鋰電池的發展主流方向。建立具有超高鋰離子固態擴散速度的固態電解質將是此研究重點。

### (1) 固態電解質材料的開發：

綜合考量現有固態電解質材料在常溫下的穩定性、導電度與寬廣的電化學窗口、製程成本、安全性、量產轉換難易度、未來可能發展與突破之潛力…等條件，選定具有石榴石 (Garnet) 結構的鋰鑛鋯氧  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_7$ , LLZO 與鈣鈦礦 (Perovskite) 結構的鋰鑛鈦氧  $\text{Li}_{10.5}\text{La}_{0.5}\text{TiO}_3$ , LLTO 兩種材料作為電解質，分別探討其材料配方與粉體合成條件對晶體結構的影響，並藉由摻雜 Al、Ga、Ta、Nb…等適當的金屬元素，提升強度、穩定性與鋰離子導電度，以達到高品質固態電解質，其為粒度均勻之次微米球型粉體，具有良好的結晶性，粉體材料燒成後其離子導電度大於  $2 \text{ mScm}^{-1}$ 。

### (2) 正極材料的開發：

開發可與電解質共燒的正極材料，將考慮其燒結匹配性，熱膨脹係數匹配性，化學匹配性及電性的匹配性。考慮的可能正極材料包含： $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ …等的混和物，並在其表面塗佈氧化物塗層進行表面改質，並加入已開發之電解質材料共同燒結；塗層可以防止直

接接觸電解質，也減少副反應和循環期間產生的熱量，有助於提升導電率。高品質的陰極粉末具有粉體尺寸一致，高電壓/高電量(比電容量大於 200mAh/g)及高循環穩定(全電池循環 500 圈 80% 維持率)之特性。

### (3) 負極材料的開發：

開發可與電解質共燒的負極材料，將考慮其燒結匹配性，熱膨脹係數匹配性，化學匹配性及電性的匹配性。考慮的可能負極材料包含鋰金屬、石墨及含鋰氧化物如  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ... 等的混和物，其表面可以通過溫和氧化和其他的碳塗層來改性，使負極的表面結構得到改善；重點是去除石墨表面上的反應點或缺陷來平滑活性邊緣表面，形成覆蓋的緻密氧化物層，也能防止石墨與電解質直接接觸。負極材料之特性為高電量 (大於 750 mAh $\text{cm}^{-3}$ ) 及高循環穩定 (全電池循環 500 圈 80% 維持率)。

### (4) 電池結構及製備之方式開發：

固態電解質與同為固體材料的陽極與陰極之間，必然會存在介面，其存在將形成高的接觸電阻 (Internal resistance)，嚴重影響鋰電子在電解質與電極之間的遷移，與充放電時的應力累積，電池循環性就會變差；為了減少介面的影響，採用積層陶瓷共燒製程來製備 ASSELIB，是有效的解決方式。共燒是在生產過程中直接將兩個或以上的電極與電解質一起燒結，使有效接觸面積最大化，達到元件小型、輕量化的高密度構裝訴求，精密控制生成的電極與電解質的厚度。研究預計建立厚膜積層生胚成形技術 (厚度：5 ~ 25  $\mu\text{m}$ )、導電電極印刷技術、疊層 (4 ~ 50 層以上) 技術、切割技術 (Knife cutting、Laser cutting、Sawing)、共燒 (匹配的電解質及金屬電極材料) 技術、綠色電鍍技術。實作封裝測試後之電池，期能達到電池能量密度 300 ~ 400 Wh  $\text{kg}^{-1}$  以上甚至更高、其電化學穩定窗口可達 5V 以上，以符合經濟效益、安全製造等基本要求。

## 7. 建立各式臨場 (in-situ) 材料檢測技術

近年來眾多研究聚焦在電池材料的開發，利用嘗試錯誤(trial and error)設計新材料會對材料的特性不易掌控而造成開發時程的落後，一般對電池材料的鑑定都侷限在傳統鑑定方式，也就是單純

鑑定材料自身的化學/物理特性，這種方法未能完全反應出材料在電池運轉時所產生的問題，所得到的資訊無法有效反饋給材料設計者。因此了解電池材料在電池元件運轉時表現出的化學/物理特性對發展前瞻電池尤其重要，這一類的鑑定材料方式稱之為臨場鑑定技術(in situ characterization techniques)。由於要了解電池材料實際運轉時所產生的各種問題，例如：材料晶向的變化，材料中元素價態變化的過程以及材料在電池運轉中因為分解電解液所造成的產氣問題。在此計畫中，我們主要負責發展各式臨場鑑定技術來研究這些問題，期待在這個平台上所提供的訊息可以加速材料設計的進程

以下我們規劃將建立的鑑定技術分析：1. 臨場 X 光繞射分析鑑定 (in situ XRD)：研究電池材料的結構變化；2. 臨場 X 光吸收光譜鑑定 (in situ XAS)：研究電池材料中元素價態及電子結構的變化；3. 臨場氣體分析鑑定 (on-line gas analysis)：研究電池材料本身以及對電解液反應後產生氣體的效應；4. 臨場振動光譜分析技術：研究電池材料介面上的反應現象；5. 臨場穆斯堡爾譜 (Mossbauer spectroscopy) 分析技術：探討過度金屬元素在電化學反應過程中的離子態。

目前臨場 X 光繞射分析鑑定以及 X 光吸收光譜鑑定已經用在分析此計畫所提出的 AS200 電池材料，包含(a)材料晶相的確定；(b)材料在鋰離子電池中進行反應時，鋰離子的嵌入/脫出所造成的結構變化；(c)在結構變化的同時，AS200 內部的元素價態及電子結構是如何變化，相關成果已完成整理並送審期刊。其中本團隊詳細描述 AS200 材料與一般富鋰材料不同的物理化學以及電化學特性。同時我們將會利用此平台對此計畫中有潛力的電池材料進行一連串的實驗驗證，藉此界定出兼顧材料效能及穩定性中的關鍵因素。我們也會開始發展可用在全固態電池的臨場鑑定技術，此外，受惠於此計畫的支持下，團隊順利完成建構臨場氣體分析鑑定，將會專注其他新穎電池材料在運轉時產生氣體的現象進行分析。

電解液與電池材料的相容性也是影響電池穩定性的重要因素，子計畫也會研究電解液在鋰離子電池以及新世代電池(鋰硫電池)的電池材料介面上降解過程，同時測定電解液對電池穩定性的影響。由於這是屬於在材料表面上的反應行為，因此臨場振動光譜分析技術將有相當的技術優勢，可以用來研究在材料表面上所生成的

物種。此子計畫主要專注在電池材料以及電解液上的基礎研究，在這研究的過程中訓練下一世代的材料鑑定人員，此研究所得到的資訊可以反饋給材料設計團隊，用來改善材料設計。過度金屬元素在電化學反應過程中的離子態是了解鋰離子電池材料的重要資訊，臨場穆斯堡爾譜（Mossbauer spectroscopy）分析技術將提供我們詳細的相關訊息。

此外，台灣女性理工科研發人力比例近十年平約數為 17.12%(2013-2022 平均值)，以往長期以來受到「男理工、女人文」性別刻板印象的影響，女性在科技領域之參與比例偏低。然而依據教育部調查顯示，女性選讀科技、科學領域科系的人數比例逐漸攀升，112 學年度女學生佔人數比例達 37.66%，是近十年來新高。主要原因為自然科學就業職缺多，選讀理工科系，能趕快出社會和職場接軌，以及女性刻板印象逐漸破除，女生不覺得自己輸男生一截。

表：2013 年-2022 年台灣理工科研究人員人數概況(資料來源：國科會)

| 年度   | 人數總計    | 男性研究人員  | 女性研究人員 | 女性比例   |
|------|---------|---------|--------|--------|
| 2013 | 140,676 | 118,074 | 22,602 | 16.07% |
| 2014 | 142,619 | 119,279 | 23,340 | 16.37% |
| 2015 | 144,202 | 120,446 | 23,756 | 16.47% |
| 2016 | 146,058 | 121,714 | 24,344 | 16.67% |
| 2017 | 148,331 | 123,191 | 25,140 | 16.95% |
| 2018 | 152,521 | 126,506 | 26,015 | 17.06% |
| 2019 | 158,419 | 130,829 | 27,590 | 17.42% |
| 2020 | 162,700 | 133,951 | 28,749 | 17.67% |
| 2021 | 166,914 | 136,921 | 29,993 | 17.97% |
| 2022 | 170,521 | 138,924 | 31,597 | 18.53% |

表：103-112 學年度台灣歷年大專校院科技類學生人數概況(資料來源：教育部)

| 學年度 | 人數總計    | 男性      | 女性      | 女性比例   |
|-----|---------|---------|---------|--------|
| 103 | 573,521 | 380,209 | 193,312 | 33.71% |
| 104 | 564,574 | 372,223 | 192,351 | 34.07% |
| 105 | 553,276 | 361,555 | 191,721 | 34.65% |
| 106 | 543,927 | 352,331 | 191,596 | 35.22% |
| 107 | 538,739 | 345,388 | 193,351 | 35.89% |
| 108 | 530,320 | 337,510 | 192,810 | 36.36% |
| 109 | 529,446 | 335,201 | 194,245 | 36.69% |
| 110 | 531,490 | 335,266 | 196,224 | 36.92% |
| 111 | 522,919 | 327,949 | 194,970 | 37.28% |
| 112 | 513,647 | 320,224 | 193,423 | 37.66% |

預期未來女生科學研發人力數量逐漸上升，本計畫為研究導向，期望透過鼓勵女性參與，培養國內相關材料製造與儲能技術等相關工作領域之女性人才，以縮短性別落差，並營造性別友善工作環境：

1. 計畫執行期間以提升台灣女性工作人力比例達計畫全體人員 30% 為目標，積極尋找女性加入本案計畫，參與材料合成研發製造及儲能技術等相關工作：
  - (1) 第一部份為內部徵求，由於本案主要工作地點為中央研究院，乃本國最高學術機構，藉由機構內部徵才系統及各實驗室學長姐介紹一同加入未來相當有前景之政策重點產業，可加速找到符合本案所需之女性工作人員，目前本計畫人才多來自此渠道；
  - (2) 另一部份則對外廣招人才，於機關網站、徵才網頁、社交網站及群組等網路媒體刊登，運用上開多元宣導方式，使不同性別人士均能獲得訊息，並以優良的學術環境、研究資源及重點產業為徵才背景之外，並宣傳本案工作地點之性別友善措施（例如哺（集）乳室、托兒所等）吸引女性從業人員前來應徵。
  - (3) 計畫的各種媒介宣傳上須注意圖像顯示，例如：勿落入傳統性別分工（例如工程師都以男性圖畫代替）與顏色（例如男生用藍色、女生用粉紅色）的模式等，進一步加深本領域現有性別落差。

## 2. 建構性別友善之職場環境：

- (1) 確保公共空間加強設置監視系統及 24 小時警衛，以維護環境安全。
- (2) 確保工作環境配置哺集乳室、女廁數量、安全警鈴、無障礙設施，如：室外通路、坡道及扶手、無障礙空間廁所...等性別及無障礙友善設施。
- (3) 要求廠商履約期間對於所僱用之人員，不得有歧視女性、跨性別、原住民或弱勢團體人士之情事，落實性別友善職場之觀念與作為。

與學校及民間單位合作（例如：科學營），辦理相關活動時訂定女性保障名額，以有效降低理工科研發領域性別隔離現象，並建立參與人員之性別統計資料以利做為人才培育分析，以期未來新血加入本領域之研究。

### 三、達成目標之限制、執行時可能遭遇之困難、瓶頸與解決的方式或對策

| SWOT 分析                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 優勢(Strength)                                                                                                                                                                                                                                                                    | 劣勢(Weakness)                                                                              |
| <p>優勢一：擁有國際專利之 AS-200 正極材料—<math>\text{Li}_{1+x}(\text{Mn},\text{Co},\text{Ni})\text{O}_2</math>；我們也擁有超過 1900 mAh/g 克容量之鋰硫化合物(Li-S compound)正極材料製作技術。</p> <p>優勢二：擁有創新鋰硼負極材料及碳矽混合負極材料其，並添加石墨烯(Graphene) 提高充放電速率(C-rate)。</p> <p>優勢三：與產業技術合作開發 40Ah 以上之電芯技術，大幅降低電池管理系統的難度及成本。</p> | <p>1.製作具商業化價值之電池生產技術仍待加強。</p> <p>2.國內內需市場充斥太多中國製低價產品，導致產業自製意願低能力落後，無產業誘因不願投入生產。</p>       |
| 機會(Opportunity)                                                                                                                                                                                                                                                                 | 威脅(Threat)                                                                                |
| <p>我國提出「溫室氣體排放管制行動方案」設定 2025 年再生能源發電量占比達 20%、低碳天然氣發電量占 50%及燃煤發電量占比降至 30%的目標。最近更政策決定 2030 年所有公家機關用車及公共汽車都只限用電池動力，2035 年將只限用電動機車，到 2040 年只限用電動汽車。</p>                                                                                                                             | <p>1. 必須與世界其他國家的電池產業競爭。</p> <p>2. 除了日韓高階產品壟斷高階應用市場外，中國製低階的低價產品氾濫，導致產業自製意願低能力落後，無產業誘因。</p> |

#### 四、與以前年度差異說明

| 年度<br>差異項目     | 112-113 年度                          | 114 年度                                                                           |
|----------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1MWh 儲能系統製作與裝置 | 運行 MW 儲能系統，並提供數據報告。                 | 優化儲能系統(中型工業、MWh 級)：提出軟硬體改善策略<br>基於 E-dreg 最新儲能系統進行設計。                            |
| 新世代鋰電池正負極材料開發  | 無鈷型正極材料開發，提升能量密度及標稱電壓。              | 創新高容量、高安全性複合電極研發：可展示應用<br>落實科研產業化，展示工業級成果<br>新型功能性隔離膜研發：可展示應用<br>落實科研產業化，展示工業級成果 |
| 鋰電池退役規劃        | 在大規模製程中有效的移除黏合劑並分離活物粉末，提出有效建議的回收方法。 | 可水解之黏結劑與電解質構成之全電池製作與驗證。                                                          |

#### 五、跨部會署合作說明

無

#### 六、與本計畫相關之其他預算來源、經費及工作項目

無

## 肆、前期重要效益成果說明

### 一、分年度重要執行成果

108 年

1. 達成產出國內外期刊論文 6 篇。

- Mitigating Metal Dendrite Formation in Lithium–Sulfur Batteries via Morphology-Tunable Graphene Oxide Interfaces
- A Lithium Passivated MoO<sub>3</sub> Nanobelt Decorated Polypropylene Separator for Fast-Charging Long-Life Li–S Batteries
- Electrochemistry and Rapid Electrochromism Control of MoO<sub>3</sub>/V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Hybrid Nanobilayers
- Modified Separators with Ultrathin Graphite Coating Simultaneously Mitigate the Issues of Metal Dendrites and Lithium Polysulfides to Provide Stable Lithium–Sulfur Batteries
- Voltage Fade Mitigation in the Cationic Dominant Lithium-Rich NCM Cathode
- Advanced Nanoporous Separators for Stable Lithium Metal Electrodeposition at Ultra-High Current Densities in Liquid Electrolytes

2. 達成申請國內外之發明專利 2 件。

- 用於鹼金屬電池正極的混成材料及其製備方法、鹼金屬電池正極及鹼金屬電池
- 高電壓(>5 伏特)鋰離子電池之電解質、黏著劑、與隔離膜高分子材料合成

3. 完成實驗室規模鈕扣與全電池量測系統測試



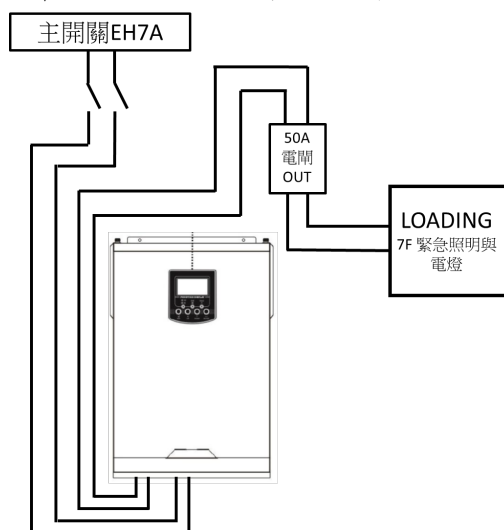
4. 完成開發 40Ah 電池芯規格與產品試製。



規格：

|                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| Model Number                   | AS-40Ah-0001           |
| Typical Capacity (Ah)/cell     | 40                     |
| Cathode material               | LiMnCoNiO <sub>2</sub> |
| Anode material                 | Graphite               |
| Dimension (mm)                 | 153.03 (W)305.03 (L)   |
| Thickness (mm)                 | 9.5 0.5                |
| Charge Voltage (V)             | 4.2-4.4                |
| Discharge Cutoff Voltage (V)   | 2.5                    |
| Nominal Voltage (V)            | 3.7                    |
| Max. Charge Rate               | 1C                     |
| Max. Continuous Discharge Rate | 3C                     |
| Max. Pulse Discharge Rate      | 5C                     |
| Operating Temperature (°C)     | -2050                  |
| Weight (g)                     | 800 50                 |
| Energy Density (Wh/Kg)         | >200                   |
| Application                    | EV, ESS                |

5. 完成高能高容量高穩定性之電芯應用於家庭用 13.5~16kWh 儲能系統設計並建置於中研院院部展示。



109 年

1. 達成產出國內外期刊論文 4 篇。

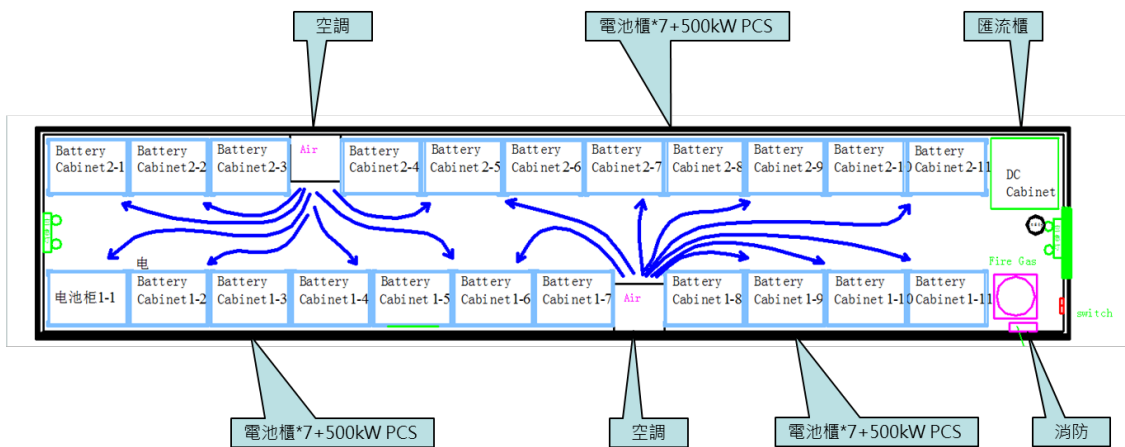
- Advanced nanoporous separators for stable lithium metal electrodeposition at ultra-high current densities in liquid electrolytes
- Long-lifespan lithium-metal batteries obtained using a perovskite intercalation layer to stabilize the lithium electrode.
- Generation of self-assembled 3D network in TPU by insertion of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/h-BN hybrid for thermal conductivity enhancement.
- Lithiation and delithiation induced magnetic switching and electrochemical studies in  $\alpha$ -LiFeO<sub>2</sub> based Li ion battery

2. 達成申請國內外之發明專利 2 件。

- 鋰離子電池負極材料之簡易製備核殼結構次微米多孔矽碳球
- 一種超高電容鋰合金電池負極材

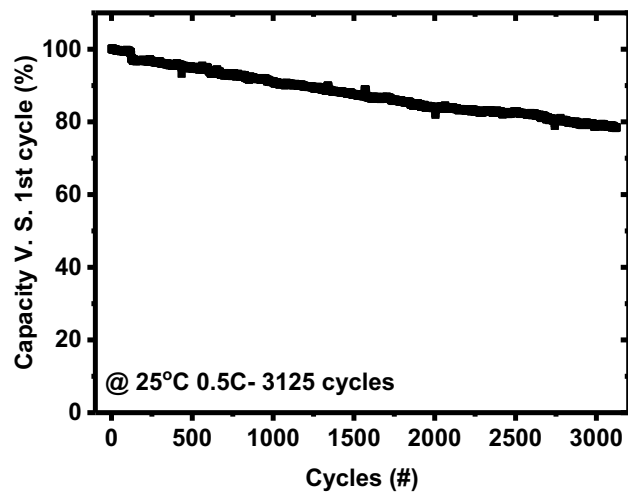
3. 完成 MWh 系統設計與製造進度安排達 100%。

### 40呎貨櫃內部結構圖



|            | 2021年 |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | 一月    | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 |
| 材料驗證       | ■     |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 40Ah電芯生產   |       | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |
| 電性測試       |       |    | ■  | ■  | ■  |    |    |    |    |
| UN38.3安規測試 |       |    |    | ■  | ■  |    |    |    |    |
| 模組組裝       |       |    |    | ■  | ■  | ■  |    |    |    |
| 模組測試       |       |    |    |    |    | ■  |    |    |    |
| 模組交付       |       |    |    |    |    |    | ■  |    |    |
| 系統安裝調適     |       |    |    |    |    |    | ■  | ■  | ■  |

4. 單電池芯的重量能量密度提升 10 以上%。
5. 充放電循環 2000 次後所剩電容量達 78%。
6. 40Ah 電池芯充放電次數達 3,125 次。



110 年

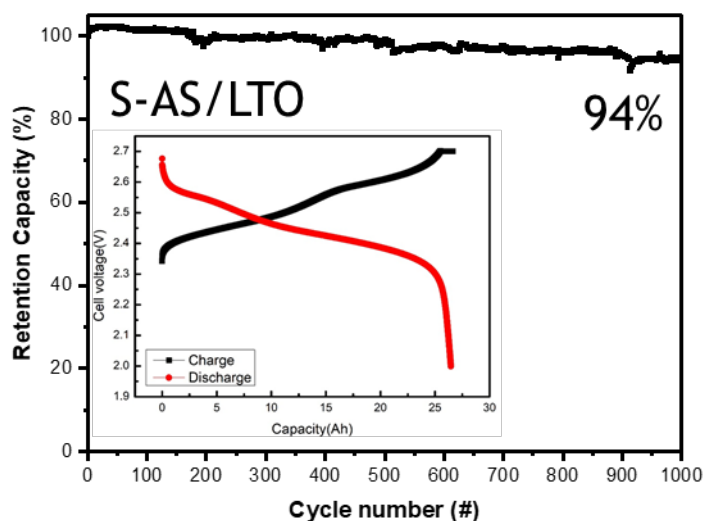
1. 完成電池芯安全測試機制之建立-建置專業測試之實驗室。



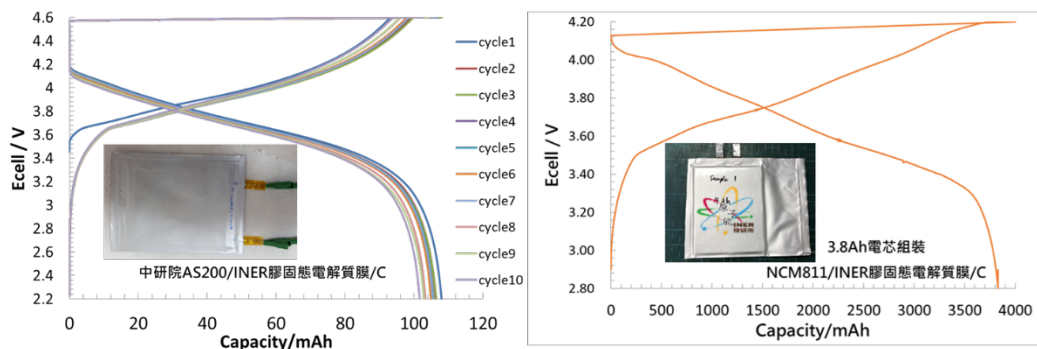
2. 完成開發 1 套具產業化中型工業(50 kWh 以上)儲能系統。



3. 完成提出與產業橋接合作案。
4. 完成發展製造一般與新型快充電芯-複合型正極材料導入電芯製作，2C 充 1C 放 1000 圈後維持率 94%。
5. 達成結合國內產、學、研之研發成果，建立國內自主材料的電芯及電池系統-複合型正極材料，2C 充 1C 放 1000 圈後維持率 94%。



6. 達成新世代鋰電池電解質並製作 100 mAh 膠固態全電池驗證。



7. 達成發表基礎研究論文 7 篇。

- Computation of Distribution of Relaxation Times by Tikhonov Regularization for Li ion batteries: Usage of L-curve method
- Regulated Li Electrodeposition Behavior through Mesoporous Silica Thin Film in Anode-free Lithium Metal Batteries
- Superior lithium-ion storage performance of hierarchical tin disulfide and carbon nanotube-carbon cloth composites
- Copper Zinc Tin Sulfide Anode Materials for Lithium-ion Batteries at Low Temperature

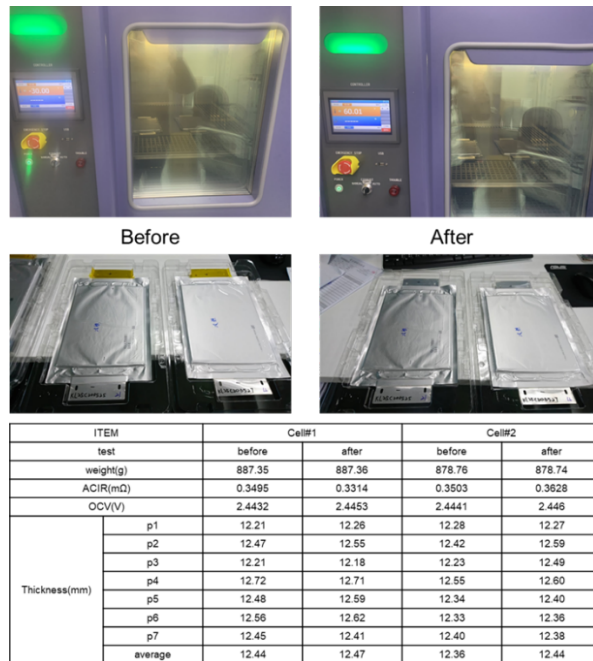
- Low-Temperature Planar Oxygen Generator with  $(\text{Bi}_{1.50}\text{Y}_{0.50})_{0.98}\text{Zr}_{0.04}\text{O}_{3+\delta}/\text{Bi}_{1.71}\text{Nb}_{0.25}\text{Ba}_{0.04}\text{O}_{3+\delta}$  Dual-Layer Electrolyte Membrane
- Design of a Metal–Organic Framework-Derived  $\text{Co}_9\text{S}_8/\text{S}$  Material for Achieving High Durability and High Performance of Lithium–Sulfur Batteries
- Electrochemical Performance of Orthorhombic  $\text{CsPbI}_3$  Perovskite in Li-ion batteries

8. 達成提出專利申請 2 份。

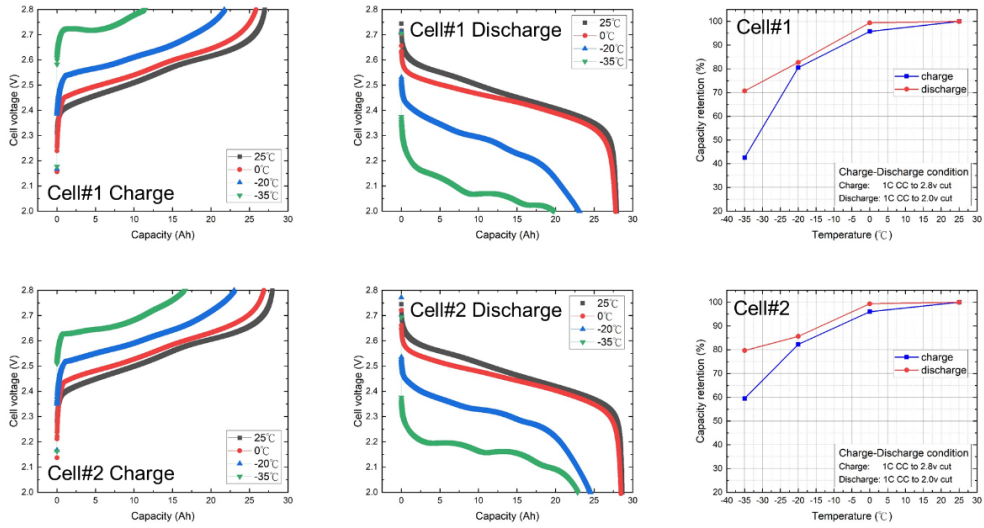
- Method for Making Vanadium Pentoxide-based Active Material for A Cathode of An Alkali Metal Ion Battery, The Vanadium Pentoxide-based Active Material, The Cathode, and The Alkali Metal Ion Battery
- 參雜改質鐵氧化物於鋰電池負極應用。
- 鋰離子二次電池之電極用生物性膠體黏結劑

111 年

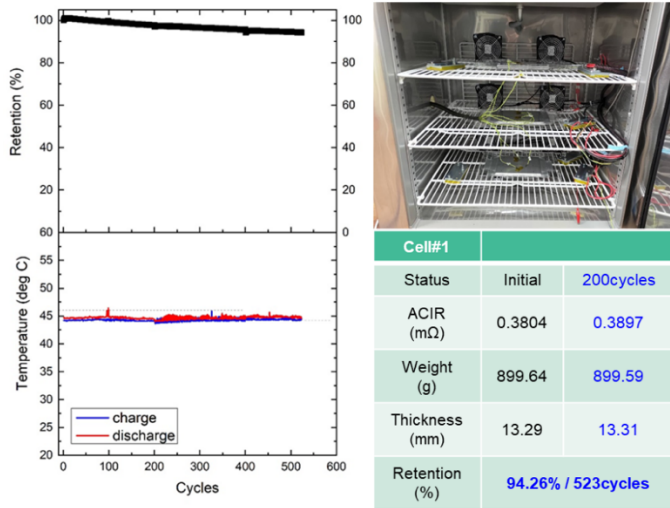
1. 完成電池芯安全測試機制之建立。完成 5 項安規測試報告，分別為(1)高溫充放、(2)低溫充放、(3)冷熱衝擊、(4)高空撞擊測試試驗和(5)穿刺試驗。



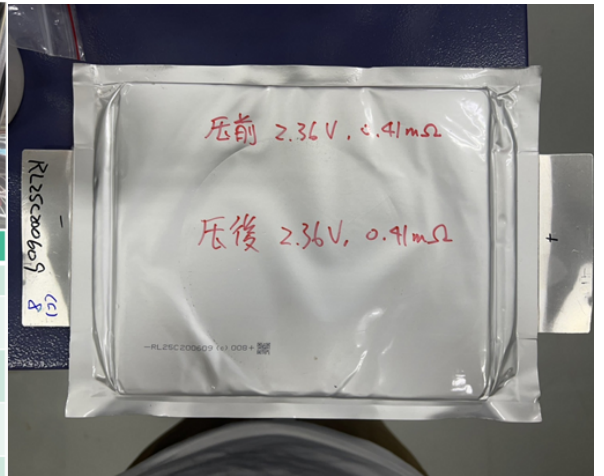
圖一、快充型電芯高低溫衝擊試驗



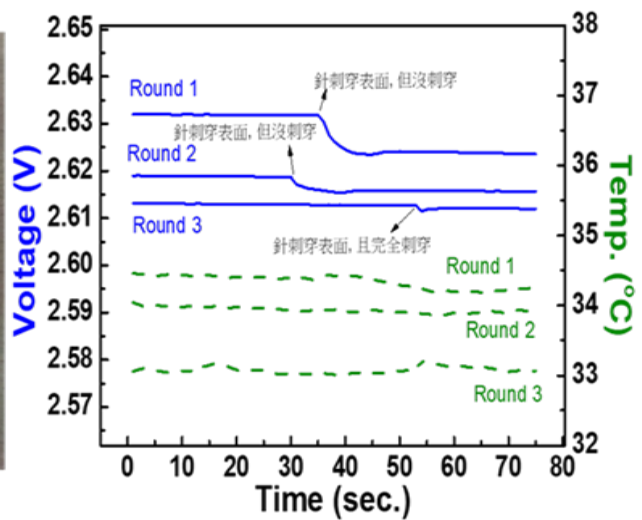
圖二、快充型電芯低溫充放電測試。



圖三、快充型電芯高溫循環測試

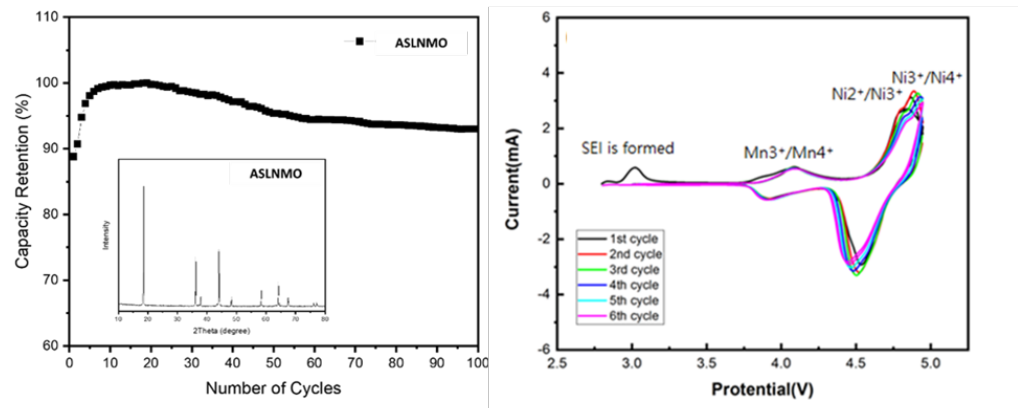


圖四、快充型電芯高空撞擊測試

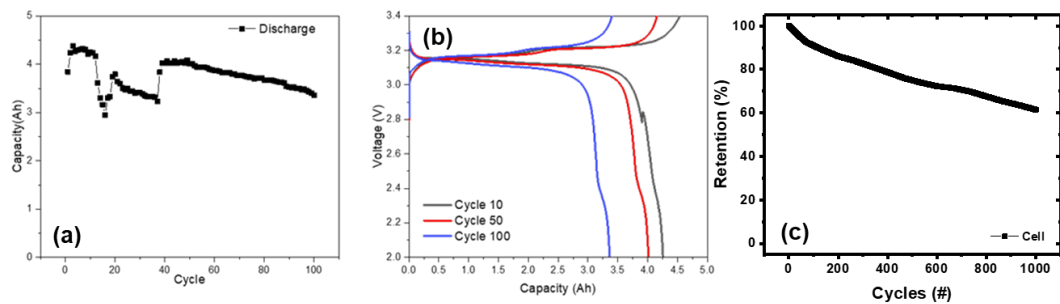


圖五、快充型電芯穿刺試驗。

2. 發展製造一般/調頻用高電壓型式之電芯-開發調頻用高電壓型式之電芯，1C 充放 1000 圈後電容保持率 61%



圖六、高壓無鈷正極材料製備與半電池測試。

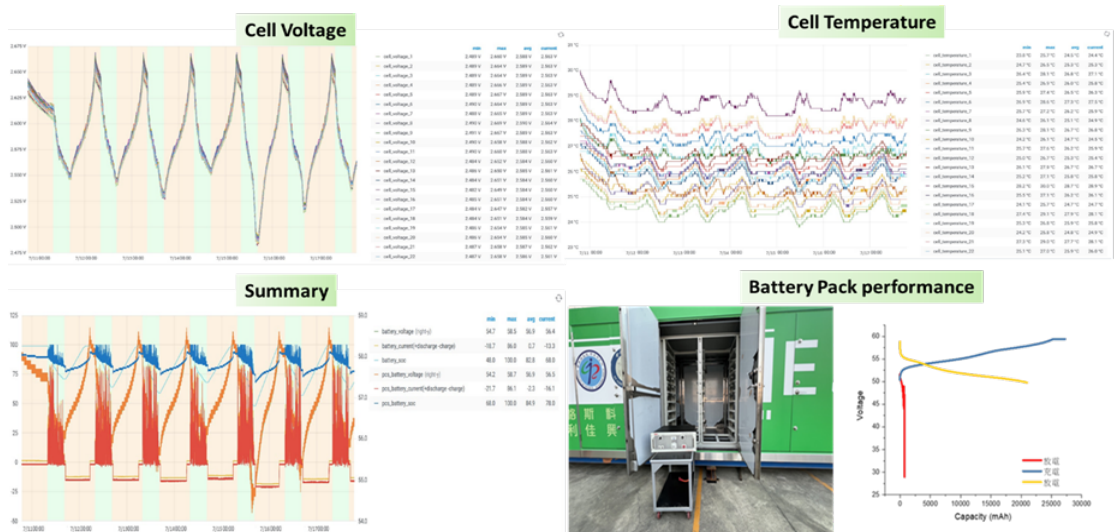


圖七、高壓無鈷正極材料/鈦酸鋰全電池測試。

3. 完成導入新型電芯建置具調頻與儲存複合功能之 MWh 大型儲能系統-導入新型電芯建置具調頻與儲存複合功能之 MWh 大型儲能系統於沙崙綠能園區如圖七。完成 PCS 及儲能貨櫃周邊硬體配置，且導入新型電芯開發之電池機櫃進行設計組裝並完成單一模組測試量測。



圖八、完成導入新型電芯建置具調頻與儲存複合功能之 MWh 大型儲能系統。



圖九、新型電芯模組測試。

#### 4. 提出與產業橋接合作案

- 與格斯科技完成” 鋰離子電池正極金屬氧化物材料、其製造方法及鋰離子電池” 為期兩年之技術非專屬授權。
- 完成米狄恩科技進行合作意願書簽屬。(固態電池治具開發)
- 完成源綠科技進行合作意願書簽屬。(快充負極材料驗證)

## 5. 基礎研究論文發表

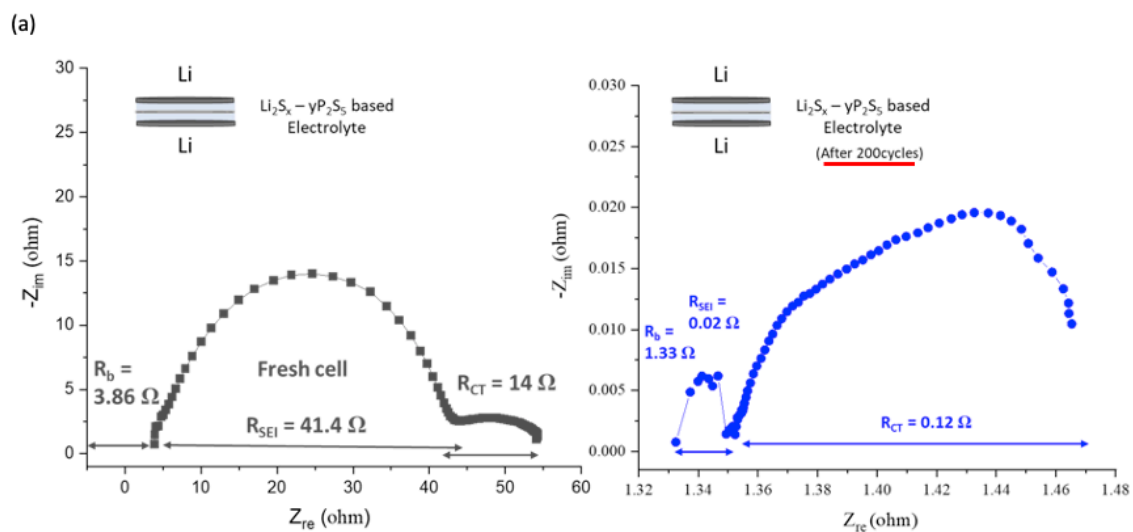
- 發表” Enhancing the Areal Capacity and Stability of  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  Anode Materials by Carbon Coating: Mechanistic and Structural Studies During Lithiation and Delithiation.” 於國際期刊 ACS Omega
- 發表” Modulating the voltage decay and cationic redox kinetics of Li-rich cathodes via controlling the local electronic structure.” 於國際期刊 Advanced Functional Materials
- 發表” A study on Ti-doped  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  anode for Li ion battery using machine learning, electrochemical and distribution function of relaxation times (DFRTs) analyses” 於國際期刊 Scientific Reports
- 發表” Vibrational and Electrochemical Studies of Pectin - A Candidate Towards Environmental Friendly Li-ion Battery Development” 於國際期刊 PNAS Nexus
- 發表” Interconnected microporous and mesoporous carbon derived from pitch for lithium-sulfur batteries” 於國際期刊 ACS Sustainable Chemistry & Engineering
- 發表” Intimate interaction of TFSI<sup>-</sup> anions with  $\text{MoO}_{3-x}$  oxygen vacancies boost ionic conductivity of cathode supported solid polymer electrolyte” 於國際期刊 Chemical Engineering Journal
- 發表” Influence of mineralizer in the preparation of  $\text{Bi}_2\text{CuO}_4$  sensor for the electrochemical evaluation of chlorogenic acid in various real-time samples” 於國際期刊 Materials Today Chemistry

## 6. 專利申請提出

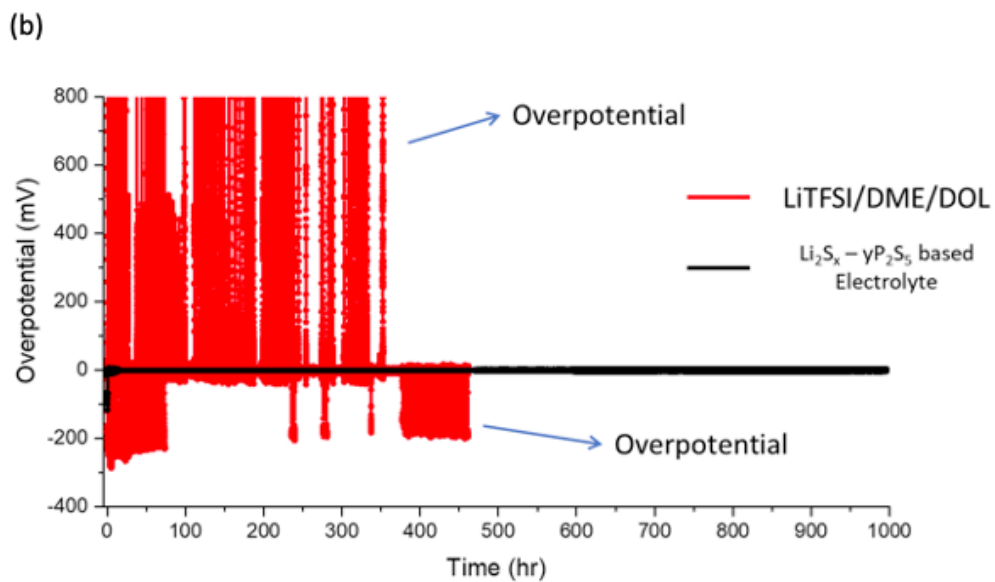
- 一種具有抑制鋰金屬電池中鋰枝晶形成功能的電解液
- 一種高容量、高充電速度且可再生鋰電池用鈎酸鋰電極

112 年

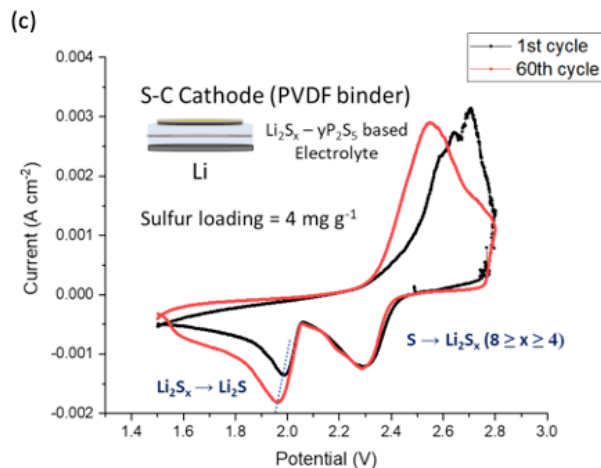
1. 新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發-完成發展無氟鋰金屬電池用電解液且成功導入硫系鋰金屬電池。



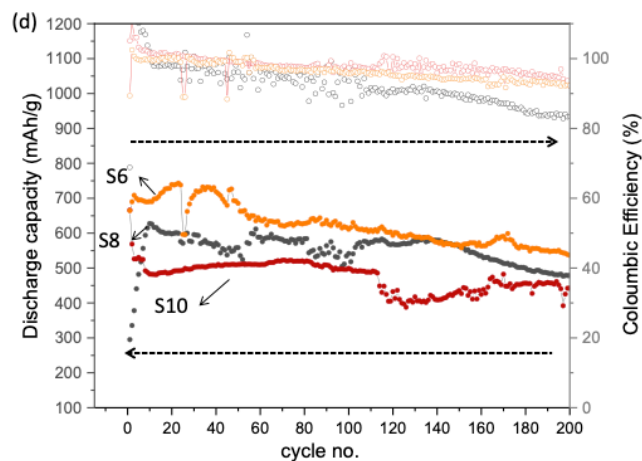
圖一、(a) 電化學阻抗譜



圖一、(b) Li剝離測試



圖一、(c) 循環伏安法

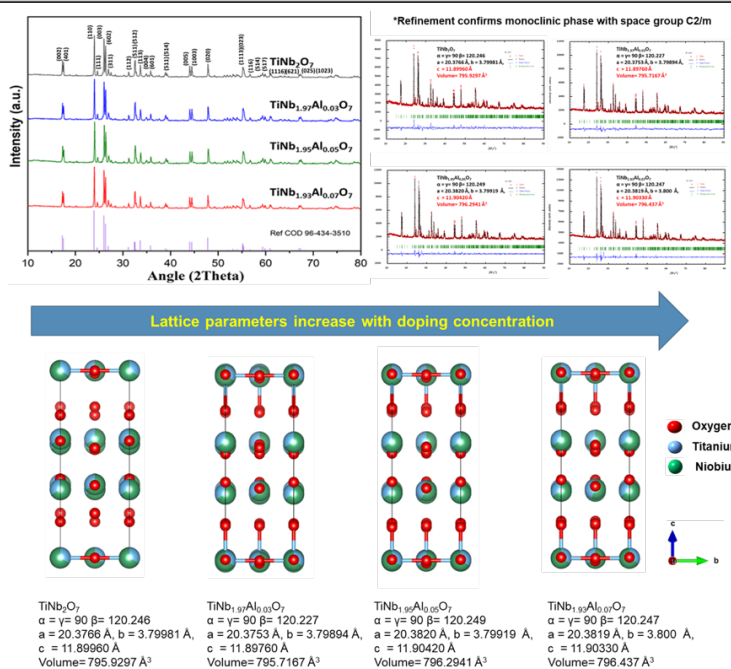


圖一、(d) 0.1C 充/放電循環測試

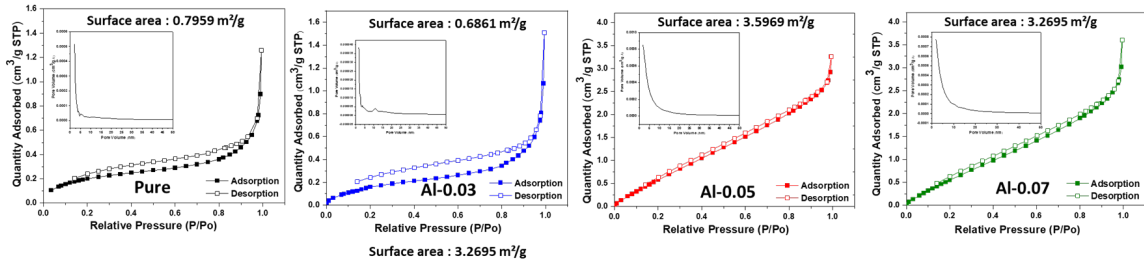
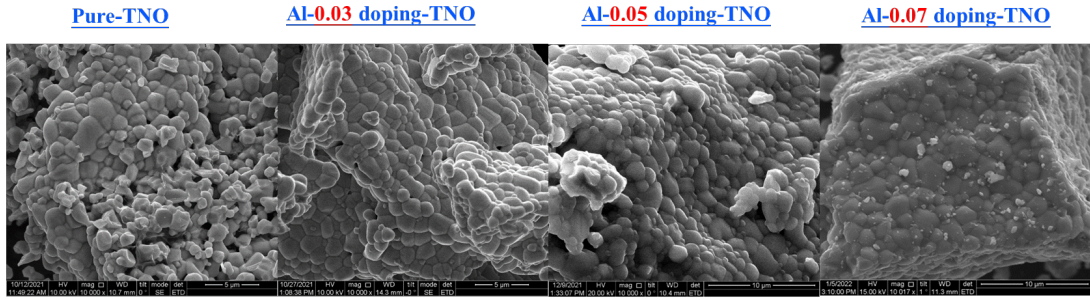
- 2 完成快充與調頻用高壓新型電芯優化-能量密度達 200Wh/Kg 以上
- (1) 快充用高壓新型電芯能量密度 130Wh/Kg。與傳統快充相比已提升 1.7 倍。
  - (2) 調頻用高壓新型電芯能量密度 330Wh/Kg。與主流市場相比已提升 2.5 倍。

表一、能量密度計算

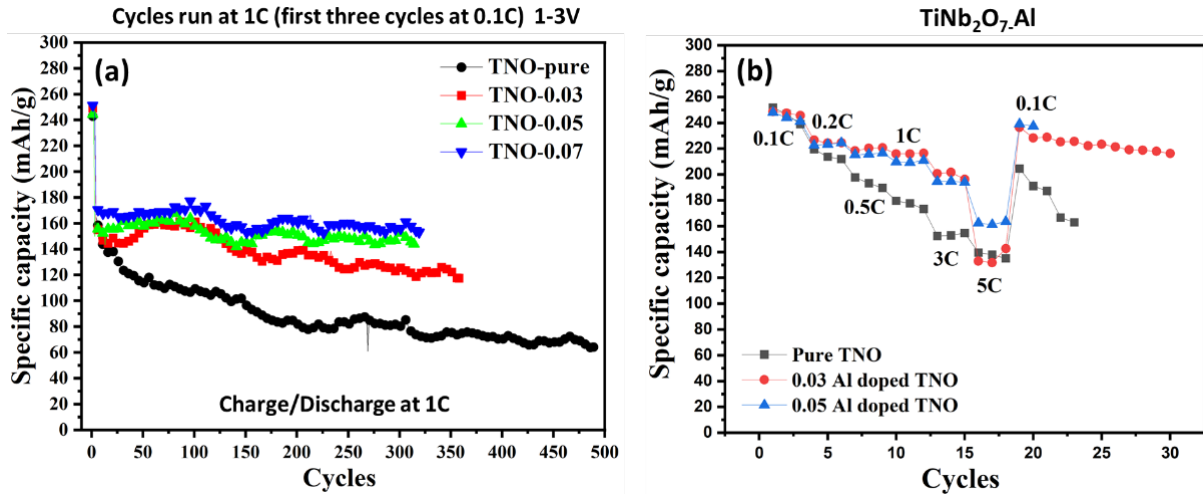
| Cell | Weight (Kg) | Volume (L) | Capacity (Ah) | Nominal Voltage (V) | Energy density (Wh/Kg) | Energy density (Wh/L) |
|------|-------------|------------|---------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| Si@C | 0.420       | 0.160      | 40            | 3.5                 | 333.3                  | 875                   |
| LTO  | 0.900       | 0.450      | 30            | 2.4                 | 75.7                   | 160                   |
| TNO  | 0.920       | 0.370      | 50            | 2.3                 | 130.4                  | 324.3                 |



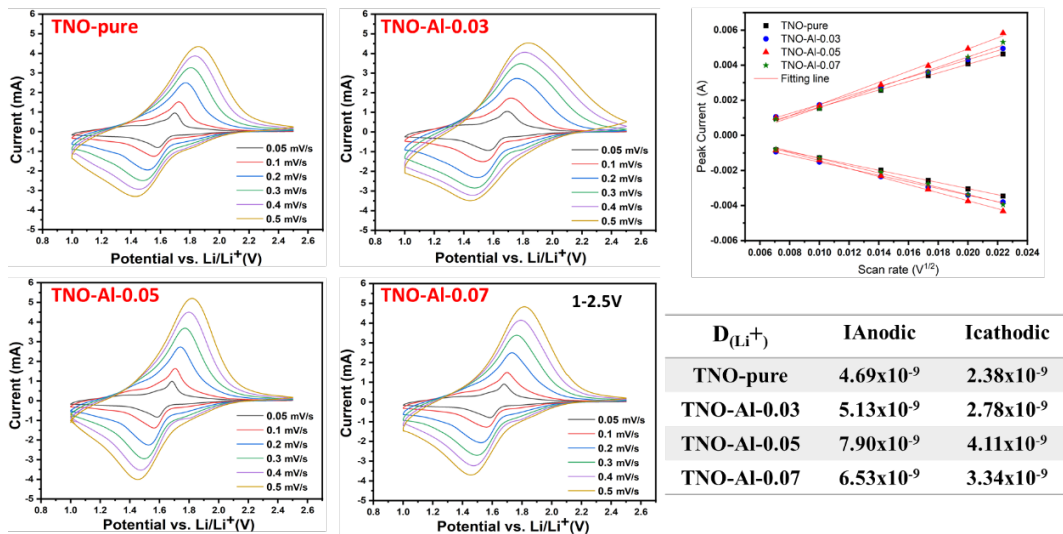
圖二、XRD refinement 與其晶體結構模擬圖。



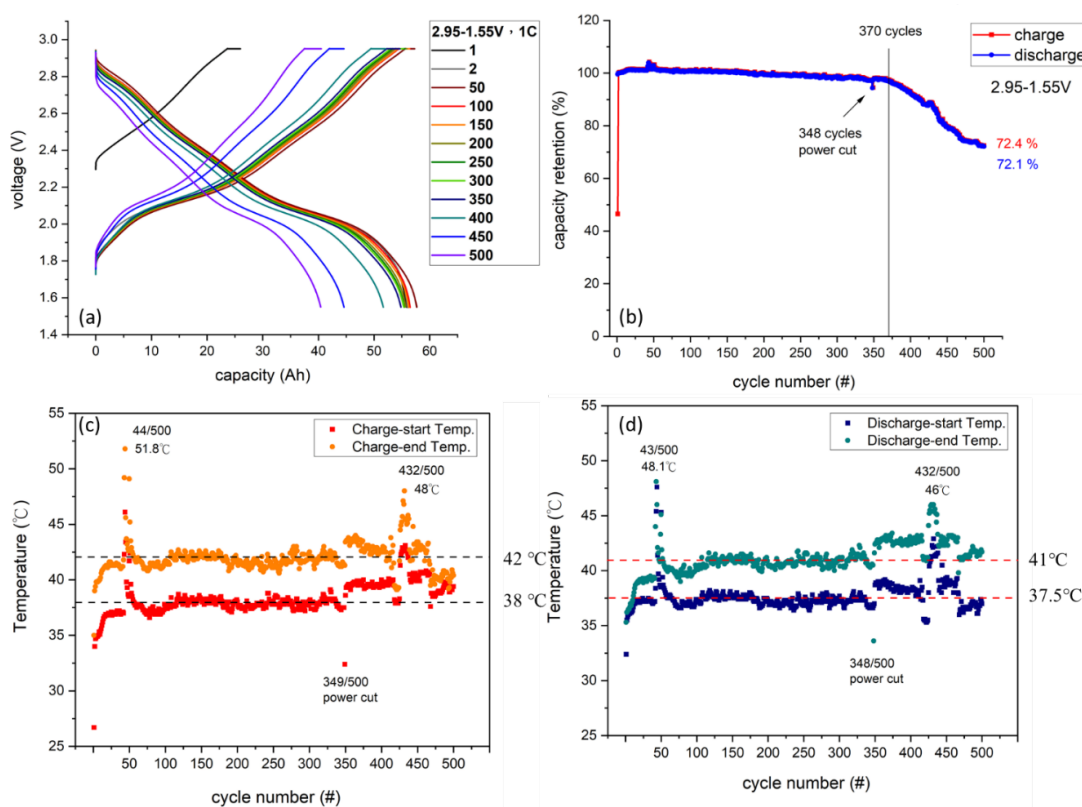
圖三、鈮系氧化物負極之SEM與BET分析。



圖四、(a)鈮系氧化物負極於工作電壓範圍1-3V和電流密度1C充/放電下進行長時間循環測試與(b)倍率電量測試。



圖五、鈮系氧化物負極之循環伏安測試圖。



圖六、鈮系氧化物負極全電池測試圖。(a)充放電曲線，(b) 工作電壓範圍1.55-3V 和電流密度1C充/放電下進行長時間循環測試。(c)和(d)為電芯溫度監控。

### 3. 提出與產業橋接合作案

與格斯科技完成 2 年合作研究案(新世代快充負極材料及高能量密度快充型鋰電池技術)簽屬。

### 4. 基礎研究論文發表

- 發表 "Integration of Bismuth sulfide/functionalized halloysite nanotube composite: An electrochemical tool for diethofencarb analysis" 於 Chemosphere 國際期刊上
- 發表 "Designing Hybrid Lanthanum Stannate/Functionalized Halloysite Nanotubes as Electrode Material for Electrochemical Detection of 4-(Methylamino)phenol (Metol) in Environmental Samples" 於 ACS Sustainable Chemistry & Engineering 國際期刊上
- 發表 "Si@C Core - Shell Nanostructure-Based Anode for Li-Ion Transport" 於 ACS Applied Nano Materials 國際期刊上
- 發表 "A green recyclable  $\text{Li}_3\text{VO}_4$ -pectin electrode exhibiting

pseudocapacitive effect as an advanced anode for lithium-ion battery”  
於 Journal of Energy Storage 國際期刊上

- 發表 “Structural and electrical studies of B<sup>3+</sup>-and-In<sup>3+</sup>-ion co-doped Li<sub>1.3</sub>Al<sub>0.3</sub>Ti<sub>1.7</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> solid electrolytes” 於 Solid State Ionics 國際期刊上
- 發表 “Description of Photodegradation Mechanisms and Structural Characteristics in Carbon@Titania Yolk-Shell Nanostructures by XAS” 於 Small 國際期刊上
- 發表 “Generic Stacked BMS Using Low-side MOSFET Control Architecture ” 於 2023 International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-Taiwan)上

#### 5. 專利申請提出

- 一種可修飾於電極且改善在高倍率下充放電電容具雙層結構的奈米塗層
- 鋁參雜之超高速充放銅鋯氧基鋰電池負極

### 113 年

#### 1. 完成基礎研究論文發表

- 發表 “Advanced TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Bilayer ALD Coatings for Improved Lithium-Rich Layered Oxide Electrodes ” 於 ACS Appl. Mater. Interfaces 國際期刊上
- 發表 “Influence of pulse parameters on microstructure and corrosion characteristics of electrodeposited Ni-W alloy coating” 於 Mater. Today Commun. 國際期刊上

## 二、 里程碑達成情形

- (一) 複合型正極材料導入修正，2C/1C 充放 1,000 圈後維持率 94%。
- (二) 完成設置 72kWh 中小型示範儲能系統於中研院物理所。
- (三) 與北科大合作完成開發 EMS 系統。
- (四) 與北科大合作完成開發新穎固態電解質鋰電池技術。
- (五) 與核研所合作完成高電壓極片 AS200 與核能研究所膠固態電解

質膜技術整合驗證，並完成 100mAh 電芯驗證。

- (六) 完成電池芯安全測試機制之建立。
- (七) 完成新世代鋰電池電解質及隔離膜材料開發。
- (八) 完成發展調頻用高電壓型式之電芯。充放達 1000 次。
- (九) 100%完成導入新型電芯建置具調頻與儲存複合功能之 MWh 大型儲能系統於中研院南部院區。
- (十) 完成與產業橋接合作案簽屬 4 份。

### 三、可量化經濟效益

112 年特別預算創造工作機會與帶動公民營企業投資

| 創造工作機會 | 帶動公民營企業投資(億元) |
|--------|---------------|
| 26(人)  | 2.00          |

#### (一)創造就業機會

本研究團隊由 108 年度本計畫之前期計畫的 21 人增減至 112 年底的 26 人次(含學生)。本屆畢業生四名，其中二名轉任本計畫研究人員，持續計畫戰鬥力；一名研究人員轉投入法人單位，另有二名研究人員繼續深造攻研博士學位。此計畫所有工作者於 112 之總工作天數為 6,500 工作天，則該計畫所創造之工作機會為 26 人年 (=6,500/250)。

#### (二)帶動公民營企業投資

團隊的鋰電池正極材料研究成果通過授權予以高鎳三元軟包鋰電池芯為核心專長的格斯科技，該公司在汐止擁有先進的軟包鋰電池芯生產設備和設施，同時在上游材料改質、調配、電池芯及模組製造、組裝技術等領域建立了重要專利。在鋰電池芯技術和產品發展方面，格斯科技逐漸展現出卓越的開發成果，使其在國內鋰電池芯產業中備受矚目。今年(112 年)4 月 26 日，格斯科技在桃園中壢工業區舉辦了廠區啟用典禮，總投資金額高達新台幣 40 億元，年產能可達 600 萬顆電池，並為當地創造了 300 個就業機會。格斯科技於 5 月 12 日成功登錄興櫃，公司表示，隨著儲能應用逐漸發展以及車用產品的小量貢獻，今年的營收預計將超越去年，創下歷史新高。預計在明年上半年進行上市櫃。

#### 四、不可量化經濟效益

##### (一) 確定發展方向並提供技術支援

透過電池芯的安全分析及效能檢測，團隊與業界新創鋰電池材料以及電池芯、電池模組公司進行合作，提供技術支援。這有助於國內優秀或新創的電芯製造商在高階電池芯領域具有國際競爭力。

##### (二) 協助推廣和開發國內自有優秀材料

本計畫團隊與核研所、北科大、源綠科技和米狄恩科技保持合作，共同結合政府、產業和學術界，支持國內鋰電池電芯、電池模組和系統組裝廠商，確立製程參數，為產業提供製程設計參考。透過政策引導，我們致力於吸引高階人才進入鋰電池產業，促進台灣鋰電池企業的創新發展，並將科研技術轉化為實際應用，促進產業發展。

##### (三) 串接國內風能、太陽能 and 儲能系統產業

利用已建立的電池芯安全分析機制，本計畫團隊作為中游與下游電池相關產業溝通橋樑，協助設計最終產品的規格、性能和品質測試示範。有助於開發複合型態的儲能產品，同時深入了解產業技術挑戰並協助解決，促進整體鋰電池相關產業鏈的協同發展，保持產業競爭力。

綜合以上，本團隊在產業支持下積極整合，該計畫中 MW 級儲能系統所使用的新型快充鋰電池組主要零組件供應商有 80% 以上來自國內廠商，並且已通過相關安規試驗。新型快充電芯的複合正極材料是由格斯科技與本團隊共同開發，佔電芯成本的 9% 的負極材料(LTO)由中油研擬導入。最終，新型快充電芯由國內的鋰電池芯和模組新創公司格斯科技股份有限公司 100% 生產，實現國產電芯的核心目標。

## 伍、預期效益及效益評估方式規劃

- (一) 導入自主研發之快充型鋰電池芯製作電池機櫃並應用致 MW 級儲能系統，藉此此示範案除了可以擴增再生能源裝置容量，同時可做為國內未來電網系統與儲能設施建置實施之依據。而電廠之實際運轉數據，將有利於變電站等級大規模儲能驗證的實施，同時透過此示範案提升我國於儲能領域之國際能見度。
- (二) 當前儲能系統之建置已在先進國家施行試驗性儲能運作與導入電力網系統，而本示範案例亦將儲能技術視為最具潛力性之部屬，秉藉著關鍵技術的研發以及相關專利布局，此技術將推動國內儲能相關產業之發展，並有助於建立應用系統及其周邊零組件之供應鏈，促進國產化儲能系統之供給，並作為本國大型儲能產業之基石。
- (三) 有效提升再生能源占比，減低傳統能源依賴，達成能源自主的目標，漸進轉型落實減碳政策。
- (四) 預計每年產出國內外期刊論文 7 篇，以建立新世代鋰電池材料研究，達成基礎學術達國際領先地位與協助產業技術接軌國際。
- (五) 每年提出國內外之發明專利申請 2 件，以協助國內鋰電池相關材料產業發展方向確認與提升產業鏈達國際化水平。
- (六) 本示範案將藉由系統性、整合性之技術；篩選評估最適切之電池材料設計，以提高電池領域前瞻技術執行之可行性，並交付政府做為計畫執行效益之參考，擴大產業化的機會。

## 陸、自我挑戰目標

114 年度

完成製作 1 顆容量 1Ah 以上新型膠固態鋰電池，該電池具備正/負極材料用水沖洗即可回收再利用之國際優勢，且該電池充放電達 500 圈以上。

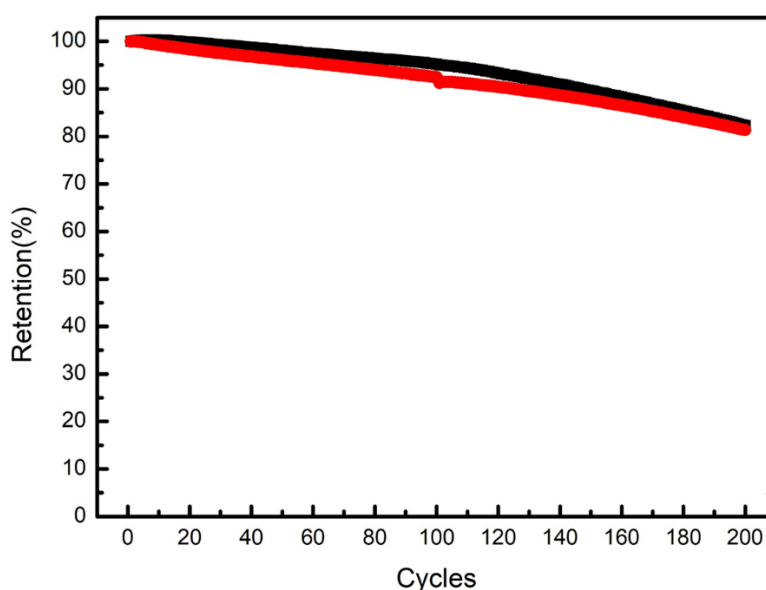
112 年度挑戰目標及達成情形

快充與調頻用高壓新型電芯優化，能量密度達 250Wh/Kg 以上：使用 Si@C 為負極，能量密度可達 333.3Wh/Kg。

| Cell | Weight (Kg) | Volume (L) | Capacity (Ah) | Nominal Voltage (V) | Energy density (Wh/Kg) | Energy density (Wh/L) |
|------|-------------|------------|---------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| Si@C | 0.420       | 0.160      | 40            | 3.5                 | 333.3                  | 875                   |
| LTO  | 0.900       | 0.450      | 30            | 2.4                 | 75.7                   | 160                   |
| TNO  | 0.920       | 0.370      | 50            | 2.3                 | 130.4                  | 324.3                 |

113 年度挑戰目標及達成情形

25Ah 大容量半固態新型電芯製作，充放電達 500 次以上：目前實驗達 200 圈。



## 柒、經費需求/經費分攤/槓桿外部資源

### 經費需求表(B005)

單位：千元

| 細部計畫名稱                      | 計畫屬性     | 114 年度(8 月) |        |       |
|-----------------------------|----------|-------------|--------|-------|
|                             |          | 小計          | 經常支出   | 資本支出  |
| 建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫 | E.產業技術研發 | 30,000      | 25,000 | 5,000 |
|                             |          |             |        |       |

- A. 組織維運/類業務：常態性支持與維運法人組織運作，或為支持科研發展衍生之常規性業務或研究等計畫。
- B. 資通訊建設：以資通訊設備建置為計畫核心，目的在於推動資訊化社會之建設，建構完善基礎環境，規劃資訊通信關鍵應用，以帶動資訊國力提升。
- C. 人才培育：計畫主軸係以人才培育為核心策略，以人力資本的投入帶動基礎研究、產業發展或轉型及公共民生之發展。
- D. 基礎研究：非以專門或特定應用/使用為目的，成果不特別強調與產業的連結性；或為目前已知或未來預期面臨之問題，但尚缺乏廣泛知識基礎而進行之研究。本屬性涵蓋基礎研究核心設施。
- E. 產業技術研發：進行與產業連結性高之相關技術研究與開發。
- F. 產業服務與應用：將科技研究與技術應用於產業，進而推動產業發展，包括技術及產品應用或產業輔導等。
- G. 環境永續與社會發展：具永續性或有助於民生及公共福祉之公共資源、公共服務、科技政策等，於短、中、長期可促進各類人民福祉之提升、環境之保全與安全之促進。

## 114 年度經費需求表

### 經費需求說明

一、 經費計畫基準：人事費含共 20 人之薪資、工作津貼(加班費)、勞/健保及勞退、年終獎金、資遣費等，共計 15,000 千元；材料費含研究用化學藥劑及實驗相關器具用品、文具紙張及會議、辦公事務用品、照明燈等緊急救護材料以及會議餐費等，共計 6,342 千元；儀器設備以預估單價及數量估算計 5,000 千元。

二、 經常支出其他費用：

1. 參與執行計畫學生研究獎助金博士生 6 人 x40 千元 x8 月、碩士生 2 人 x8 千元 x8 月，8 人之獎助金共計 2,048 千元。
2. 旅運費：a、赴國外旅費：參加國際學術會議並發表研究成果論文、專題演講或擔任會議主持人經費含交通食宿 5 日 100 千元 x1 人=100 千元、赴國外進行實驗、研究、田野調查、採集樣本、訪問經費含交通食宿 7 日 120 千元 x1 人=120 千元，共計 220 千元； b、邀請國內學研機構學人到院訪問費用及計畫人員赴國內各地區出差旅費計 50 千元；d、實驗用儀器設備及研究物品運送費用等計 30 千元。合計 300 千元。
3. 開會講義、海報及報告之印刷及裝訂費等計 30 千元。
4. 機械設備維護費 100 千元 x3 台=300 千元。
5. 專業服務費：a、講課鐘點、稿費、出席審查及查詢費等計 30 千元。b、人員訓練所需註冊費、報名費等計 30 千元。c、邀請專家、學者支付報酬及論文發表費等計 100 千元。共計 160 千元。
6. 機器租金：a、資料庫檢索、電腦使用費、電腦軟體租用費等計 30 千元。b、儀器設施使用費、測試費等計 350 千元。共計 380 千元。
7. 專利申請、維護等費用計 30 千元。
8. 實驗相關文件及樣品寄送之郵電費 30 千元。
9. 進口設備、耗材之倉租費、報關/驗關等服務費及報關行代辦手續費、貨款匯費、銀行手續費...等計 30 千元。
10. 設備簽證費、使用證照費及其他與本計畫相關執照等費用計 150 千元。
11. 水電費 200 千元。

三、 預計購買之儀器設備約 70%為國產及與國內廠商配合開發。

四、 槓桿外部資源說明：

計畫內容主要配合綠能科技產業政策四大主軸之二的：儲能、系統整合，另外包含未來電池材料開發與國內自有電池與相關體系材料之落實應用推廣、整合之五年計畫。針對未來再生能源占比提高時，再生能源的不穩定性與間歇性發電的特性，必需要

有好的儲能系統來穩定與平滑系統功率之變動、降低功率預測偏差、解決局部電壓控制問題與提高用電可靠性。針對電網儲能系統測試驗證場域進行電力系統穩定度，電力品質與輸出控制等多面向關鍵技術研發，以及建置適用於台灣未來高占比再生能源併網時之國內自有發展之系統，結合先進預測評估技術達到多區域儲能系統之機組運轉調度能力實現，可望減緩未來台灣政府實施高占比再生能源併網目標可能遭遇之阻力。本計畫之執行成果可做為電網升級及儲能設備未來大規模佈建之依據，藉此將政府整體於綠能能源的推動能量發揮最大化的效益。

本計畫亦針對國內現有產業之發展優勢配合台電內需以及國際市場需求，選擇具產業競爭力的重點項目，以期使我國在短、中程內能在儲能相關市場，建立國際領先地位，帶動本國儲能及電力系統整合相關產能。目前國內已有上市公司規模如康普、美琪瑪之原材料廠生產正極材料會用到的錳鈷鎳鹽類，其產品原料皆供應給日本作成正極材，負極材料廠家如中碳、榮碳等也是國內生產後外銷為主或是擴廠到中國大陸生產銷售，電解液開發台塑公司也視為其未來重要產品，隔離膜廠前瞻能源、隔離膜與鋁塑膜明基材料、中鋼鋁業的鋁箔、長春跟南亞銅箔等也列為重點產品。若新材料製造技術與國內這些大廠一起開發製造，搭配國內電池模組系統廠將對國內鋰電池產業有串聯的效益，國內生產的優質產品將無需痛苦地各別努力打進國際大品牌電芯、電池廠。也無需再向日本或韓國甚至是中國購買材料本身只做製造組裝的工作，此串聯效果預期提升國內電池廠家的技術優勢，改變國內電池產業生態，達成主要材料皆是國內廠家製造，保有更大的技術與成本優勢。利用新材料技術達成不僅是降低鋰電池之生產成本而已的效果，如此將可強化國內鋰電池產業之實質參與。

計畫中目標為協助國內電池產業，落實國內本土廠家所生產之鋰電池芯應用於動力及儲能系統電池所需：

(一) 確立發展方向與提供技術協助。

(二) 組織國內優良材料、電芯、電池組與系統組合廠商協助共同合作開發。

計畫中將結合國內三元電池產業鏈廠家如圖 1 所示：

上游：

負極廠： 中碳、光宇、中油、榮碳

正極廠： 鐵研、格斯、康普、美琪瑪…

中游：

電芯廠： 能元、有量、格斯、台達電…

下游

電池模組廠： 新普、順達、台達電、喬信、金山

(三) 結合國內風能、太陽能產業與儲能系統產業，做溝通橋樑與設計最終產品規範，性能，品質之測試與確認。

(四) 協助產業界快速發展與維持先進競爭力。





## 114 年度經費需求表

單位：千元

| 計畫名稱                                         | 細部計畫重點描述                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 預期關鍵成果                                                                            | 114 年度 |        |       |       |      |       |      |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------|-------|------|-------|------|
|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                   | 小計     | 經常支出   |       |       | 資本支出 |       |      |
|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                   |        | 人事費    | 材料費   | 其他費用  | 土地建築 | 儀器設備  | 其他費用 |
| <b>一、細部計畫</b><br>建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫 | <b>(一)電池儲能系統發展</b><br>1.高安全家用儲能系統(10-20 KWh)<br>2.工業用高安全與高效中型儲能系統(50-100 KWh)<br>3.分散式區域大型1MWh具調頻與儲存複合儲能系統完成製作與裝置<br><b>(二)基礎學術研究</b><br>1.耐高電壓與半固態(膠態)、固態電解質研發達國際領先水平<br>2.新世代全固態電池開發達國際領先<br>3.高電壓正極材料與高容量高安全性負極材料開發<br>4.創新高容量、高安全性複合電極研發<br>5.研發與應用設備協助建立高安全與高性能電池芯與電池模組<br>6.電池正負極與電解質之相關材料臨場鑑定技術 | 1. 優化儲能系統(中型工業、MWh級)：提出軟體改善策略<br>2. 創新高容量、高安全性複合電極研發：可展示應用<br>3. 新型功能性隔離膜研發：可展示應用 | 30,000 | 15,000 | 6,342 | 3,658 | 0    | 5,000 | 0    |

## 經費分攤表(B008)

114 年度

【無經費分攤】

| 跨部會<br>主提/合提機關<br>(含單位) | 細部計畫名稱 | 負責內容 | 預期關鍵成果 | 經費額度 |
|-------------------------|--------|------|--------|------|
|                         |        |      |        |      |
|                         |        |      |        |      |
|                         |        |      |        |      |
| 經費合計                    |        |      |        |      |

## 捌、儀器設備需求

【無 1000 萬元以上科學儀器設備需求】

(主管機關名稱)

申購單價新臺幣 1000 萬元以上科學儀器送審表(B007)

中華民國 114 年度

【無 1000 萬元以上科學儀器設備需求】

玖、就涉及公共政策事項，是否適時納入民眾參與機制之說明

無

## 拾、附錄

### 一、政府科技發展計畫自評結果(A007)

(一)計畫名稱：建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫

審議編號：114-0210-04-20-01

計畫類別：前瞻基礎建設計畫

(二)自評委員：陳洋元、唐宏怡

日期：113年05月23日

(三)審查意見及回復：


| 序號 | 審查意見                                                                                                                                                                                                                                                   | 回復說明                                                                                                                                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 本計畫承 110 至 113 年的優異研究成果，規劃了下一期的目標有優化中型工業、MWh 級儲能系統，提出軟硬體改善策略。創新高容量、高安全性複合電極研發達可展示應用。新型功能性隔離膜研發達可展示應用。規劃合理可行，推薦優先執行。本計畫提出之預算額度從 111 年 70,000(千)元開始，依計畫達成度逐年降低，本年度規劃 30,000(千)元，屬合理可行，符合一般計劃預算額度規劃。本計畫執行多年已建立堅實之學術基礎，建議逐年提高於應用端之發展比例，達到基礎研究為始，達成應用之經濟目標。 | 謝謝委員的建議。計畫應用端的成果已逐步從家用儲能系統（10-20 KWh）擴展至工業用中型儲能系統（50-100 KWh），並進一步推進至具備調頻和儲存功能的大型 1MWh 複合儲能系統。我們計畫在 114 年針對相關應用端的成果提出優化建議，以提供未來國家能源政策的參考。 |
| 2  | 高安全性電芯應用於儲能系統中的關鍵材料規格、配比、EMS 設計與應用之間的關係是環環相扣，需要長期配合並且共同參與實務應用才能有效解決問題。中研院擁有先進的分析與研究能力，已執行的計畫中證                                                                                                                                                         | 謝謝委員的建議。確實，在研發上持續投資、改進製造技術以及擴大供應鏈各環節的產能，將有助於在未來十年提升電池技術並降低成本。彭博新能源財經預計，下一代技術如矽和鋰金屬負極、固態電解質、新型                                             |

|                                                                                                                                                          |                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <p>明研究單位與產業強而有力鏈結，可以有效協助鋰離子電池產業獲得國內與國際信任，能培養出具有競爭力與全方位電池設計能力的產業。本年度執行計畫預算包含在前期基礎上進一步優化中型工業、MWh 級儲能系統，並開發高容量、高安全性複合電極與隔離膜。由於研究項目眾多與近期材料費用上漲，鑑請給予全額補助。</p> | <p>正極材料以及先進的電池芯製造技術，將進一步降低電池價格，從而確保台灣在國際市場上的競爭力。</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|

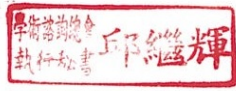
## 二、中程個案計畫自評檢核表

| 檢視項目        | 內容重點<br>(內容是否依下列原則撰擬)                                                                                       | 主辦機關 |   | 主管機關 |   | 備註                                           |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|------|---|----------------------------------------------|
|             |                                                                                                             | 是    | 否 | 是    | 否 |                                              |
| 1.計畫書格式     | (1)計畫內容應包括項目是否均已填列(「行政院所屬各機關中長程個案計畫編審要點」(以下簡稱編審要點)第5點、第12點)                                                 | ✓    |   | ✓    |   | (3)本案非公共建設計畫                                 |
|             | (2)延續性計畫是否辦理前期計畫執行成效評估,並提出總結評估報告(編審要點第5點、第13點)                                                              | ✓    |   | ✓    |   |                                              |
|             | (3)是否依據「跨域加值公共建設財務規劃方案」之精神提具相關財務策略規劃檢核表?並依據各類審查作業規定提具相關書件                                                   |      | ✓ |      | ✓ |                                              |
| 2.民間參與可行性評估 | 是否填寫「促參預評估檢核表」評估(依「公共建設促參預評估機制」)                                                                            |      | ✓ |      | ✓ | 本案非公共建設計畫                                    |
| 3.經濟及財務效益評估 | (1)是否研提選擇及替代方案之成本效益分析報告(「預算法」第34條)                                                                          |      | ✓ |      | ✓ | 本案非公共建設計畫                                    |
|             | (2)是否研提完整財務計畫                                                                                               |      | ✓ |      | ✓ |                                              |
| 4.財源籌措及資金運用 | (1)經費需求合理性(經費估算依據如單價、數量等計算內容)                                                                               | ✓    |   | ✓    |   | (2)本案非公共建設計畫<br>(3)本案為中央主辦計畫<br>(5)本案非公共建設計畫 |
|             | (2)資金籌措:依「跨域加值公共建設財務規劃方案」精神,將影響區域進行整合規劃,並將外部效益內部化                                                           |      | ✓ |      | ✓ |                                              |
|             | (3)經費負擔原則:<br>a.中央主辦計畫:中央主管相關法令規定<br>b.補助型計畫:中央對直轄市及縣(市)政府補助辦法、依「跨域加值公共建設財務規劃方案」之精神所擬訂各類審查及補助規定             | ✓    |   | ✓    |   |                                              |
|             | (4)年度預算之安排及能量估算:所需經費能否於中程歲出概算額度內容納加以檢討,如無法納編者,應檢討調減一定比率之舊有經費支應;如仍有不敷,須檢附以前年度預算執行、檢討不經濟支出及自行檢討調整結果等經費審查之相關文件 | ✓    |   | ✓    |   |                                              |
|             | (5)經資比1:2(「政府公共建設計畫先期作業實施要點」第2點)                                                                            |      | ✓ |      | ✓ |                                              |
|             | (6)屬具自償性者,是否透過基金協助資金調度                                                                                      |      | ✓ |      | ✓ |                                              |
| 5.人力運用      | (1)能否運用現有人力辦理                                                                                               | ✓    |   | ✓    |   | 以現有人力調動至本案,待計畫結束則回歸原單位。                      |
|             | (2)擬請增人力者,是否檢附下列資料:<br>a.現有人力運用情形<br>b.計畫結束後,請增人力之處理原則<br>c.請增人力之類別及進用方式<br>d.請增人力之經費來源                     |      | ✓ |      | ✓ |                                              |
| 6.營運管理計畫    | 是否具務實及合理性(或能否落實營運)                                                                                          | ✓    |   | ✓    |   |                                              |
| 7.土地取得      | (1)能否優先使用公有閒置土地房舍                                                                                           | ✓    |   | ✓    |   | (2)本                                         |

| 檢視項目            | 內容重點<br>(內容是否依下列原則撰擬) | 主辦機關 |   | 主管機關 |   | 備註                |
|-----------------|-----------------------|------|---|------|---|-------------------|
|                 |                       | 是    | 否 | 是    | 否 |                   |
|                 | (2)是否規劃採用綠建築或其他節能減碳措施 |      | ✓ |      | ✓ | 本案非<br>公共建<br>設計畫 |
|                 | (3)是否檢附相關說明文件         |      | ✓ |      | ✓ | 本案非<br>公共建<br>設計畫 |
| 17.資通安全防護<br>規劃 | 資訊系統是否辦理資通安全防護規劃      |      | ✓ | ✓    |   |                   |

主辦機關核章：承辦人 

主管部會核章：研考主管

  
學術諮詢總會  
執行秘書

單位主管  
會計主管



主計室  
主任 

首長  
首長

  
物理研究所  
所長

  
中央研究院  
院長

### 三、性別影響評估檢視表

#### 中長程個案計畫性別影響評估檢視表【一般表】

【第一部分】：本部分由機關人員填寫

| 計畫名稱：建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫                                                                                                                                           |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 主管機關                                                                                                                                                                       | 中央研究院 | 主辦機關（單位）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 中央研究院物理研究所 |
| 1. 看見性別：檢視本計畫與性別平等相關法規、政策之相關性，並運用性別統計及性別分析，「看見」本計畫之性別議題。                                                                                                                   |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |
| 評估項目                                                                                                                                                                       |       | 評估結果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
| <p><b>1-1【請說明本計畫與性別平等相關法規、政策之相關性】</b></p> <p>性別平等相關法規與政策包含憲法、法律、性別平等政策綱領及消除對婦女一切形式歧視公約（CEDAW）可參考行政院性別平等會網站（<a href="https://gec.ey.gov.tw">https://gec.ey.gov.tw</a>）。</p> |       | <p>本計畫涉及人才招聘及培育，與性別平等政策綱領「環境、能源與科技篇」，強調消除該領域的性別隔離及營造性別友善工作環境等重要議題相關。因應國際性別主流化潮流，從實務面落實推動性別平等政策綱領，主要推動目標包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 運用性別主流化工具，推動及營造性別友善環境。</li> <li>2. 落實重要中長程個案計畫及法律修訂進行性別影響評估，使機關施政政策及預算編列納入性別觀點。</li> <li>3. 加強從業人員性別平等意識，促進相關組織之性別平等。</li> <li>4. 建構性別友善職場環境，瞭解女性從業者需求，改善及提升從業人員性別權益。</li> <li>5. 廠商履約期間應遵照行政院性別平等政策綱領要求，落實性別友善職場之觀念與作為，對於所僱用之人員，不得有歧視女性、跨性別、原</li> </ol> |            |

| 評估項目                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 評估結果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1-2【請蒐集與本計畫相關之性別統計及性別分析（含前期或相關計畫之執行結果），並分析性別落差情形及原因】</b></p> <p>請依下列說明填寫評估結果：</p> <p>a.歡迎查閱行政院性別平等處建置之「性別平等研究文獻資源網」(<a href="https://www.gender ey.gov.tw/research/">https://www.gender ey.gov.tw/research/</a>)、「重要性別統計資料庫」(<a href="https://www.gender ey.gov.tw/gecdb/">https://www.gender ey.gov.tw/gecdb/</a>)（含性別分析專區）、各部會性別統計專區、我國婦女人權指標及「行政院性別平等會—性別分析」(<a href="https://gec ey.gov.tw/">https://gec ey.gov.tw/</a>)。</p> <p>b.性別統計及性別分析資料蒐集範圍應包含下列3類群體：</p> <p>①<b>政策規劃者</b>（例如：機關研擬與決策人員；外部諮詢人員）。</p> <p>②<b>服務提供者</b>（例如：機關執行人員、委外廠商人力）。</p> <p>③<b>受益者</b>（或使用者）。</p> <p>c.前項之性別統計與性別分析應盡量顧及不同性別、性傾向、性別特質及性別認同者，探究其處境或需求是否存在差異，及造成差異之原因；並宜與年齡、族群、地區、障礙情形等面向進行交叉分析（例如：高齡身障女性、偏遠地區新住民女性），探究在各因素交織影響下，是否加劇其處境之不利，並分析處境不利群體之需求。前述經分析所發現之處境不利群體及其需求與原因，應於後續【1-3 找出本計畫之性別議題】，及【貳、回應性別落差與需求】等項目進行評估說明。</p> <p>d.未有相關性別統計及性別分析資料時，請將「強化與本計畫相關的性別統計與性別分析」列入本計畫之性別目標（如 2-1 之 f）。</p> | <p>住民或弱勢團體人士之情事。</p> <p>本計畫蒐集相關計畫之性別統計及性別分析，分項說明如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 台灣女性理工科研發人力比例近十年平約數為 17.12%(國科會 20113-2022 平均值)，以往長期以來受到「男理工、女人文」性別刻板印象的影響，女性在科技領域之參與比例偏低。然而依據教育部調查顯示，女性選讀科技、科學領域科系的人數比例逐漸攀升，112 學年度女學生佔人數比例達 37.66%，是近十年來新高。主要因為自然科學就業職缺多，選讀理工科系，能趕快出社會，和職場接軌，以及女性刻板印象逐漸破除，女生不覺得自己輸男生一截。</li> <li>2. 本計畫研擬主要決策人員 3 人，其中男性 2 人(66.67%)，女性 1 人(33.33%)。</li> <li>3. 108 年 1 月至 112 年 12 月，依與本計畫相關之計畫從業人員計算，含已離職者共聘任 44 人，其中男性 33 人(75%)，女性 11 人(25%)；獎助學生共 23 人，其中男性 13 人(56.5%)，女性 10 人(43.5%)。</li> </ol> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4. 本計畫完成後推廣及商業化，受益對象為全體民眾，並不以特定性別、性傾向或性別認同者為受益對象。                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 評估項目                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 評估結果                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>1-3【請根據 1-1 及 1-2 的評估結果，找出本計畫之性別議題】</b></p> <p>性別議題舉例如次：</p> <p><b>a.參與人員</b></p> <p>政策規劃者或服務提供者之性別比例差距過大時，宜關注職場性別隔離（例如：某些職業的從業人員以特定性別為大宗、高階職位多由單一性別擔任）、職場性別友善性不足（例如：缺乏防治性騷擾措施；未設置哺集乳室；未顧及員工對於家庭照顧之需求，提供彈性工作安排等措施），及性別參與不足等問題。</p> <p><b>b.受益情形</b></p> <p>①受益者人數之性別比例差距過大，或偏離母體之性別比例，宜關注不同性別可能未有平等取得社會資源之機會（例如：獲得政府補助；參加人才培訓活動），或平等參與社會及公共事務之機會（例如：參加公聽會/說明會）。</p> <p>②受益者受益程度之性別差距過大時（例如：滿意度、社會保險給付金額），宜關注弱勢性別之需求與處境（例如：家庭照顧責任使女性未能連續就業，影響年金領取額度）。</p> <p><b>c.公共空間</b></p> <p>公共空間之規劃與設計，宜關注不同性別、性傾向、性別特質及性別認同者之空間使用性、安全性及友善性。</p> <p>①使用性：兼顧不同生理差異所產生的不同需求。</p> <p>②安全性：消除空間死角、相關安全設施。</p> <p>③友善性：兼顧性別、性傾向或性別認同者之特殊使用需求。</p> <p><b>d.展覽、演出或傳播內容</b></p> <p>藝術展覽或演出作品、文化禮俗儀典與觀念、文物史料、訓練教材、政令/活動宣導等內容，宜注意是否避免複製性別刻板印象、有助建立弱勢性別在公共領域之可見性與主體性。</p> <p><b>e.研究類計畫</b></p> <p>研究類計畫之參與者（例如：研究團隊）性別落差過大時，宜關注不同性別參與機會、職場性別友善性不足等問題；若以</p> | <p>本計畫關注及改善少數性別參與不足及職場友善環境等性別議題。</p> <p>依據 108 年 1 月至 112 年 12 月期間，與本計畫相關之計畫從業人員共聘任 44 人(含已離職者)，其中男性 33 人(75%)，女性 11 人(25%)；獎助學生共 23 人，其中男性 13 人(56.5%)，女性 10 人(43.5%)。男女從業人員比例依舊有差距，但可從 112 學年度女學生佔人數比例達 37.66%，是近十年來新高來看，女學生對於理工科不再排斥，就讀比例逐漸爬升，有利未來培養理工科女性從業人員進入相關職場。</p> |

| <p>「人」為研究對象，宜注意研究過程及結論與建議是否納入性別觀點。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>貳、回應性別落差與需求：</b>針對本計畫之性別議題，訂定性別目標、執行策略及編列相關預算。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>評估項目</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>評估結果</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>2-1【請訂定本計畫之性別目標、績效指標、衡量標準及目標值】</b></p> <p>請針對 1-3 的評估結果，擬訂本計畫之性別目標，並為衡量性別目標達成情形，請訂定相應之績效指標、衡量標準及目標值，並納入計畫書草案之計畫目標章節。性別目標宜具有下列效益：</p> <p><b>a.參與人員</b></p> <p>①促進弱勢性別參與本計畫規劃、決策及執行，納入不同性別經驗與意見。</p> <p>②加強培育弱勢性別人才，強化其領導與管理知能，以利進入決策階層。</p> <p>③營造性別友善職場，縮小職場性別隔離。</p> <p><b>b.受益情形</b></p> <p>① 回應不同性別需求，縮小不同性別滿意度落差。</p> <p>② 增進弱勢性別獲得社會資源之機會（例如：獲得政府補助；參加人才培訓活動）。</p> <p>③ 增進弱勢性別參與社會及公共事務之機會（例如：參加公聽會/說明會，表達意見與需求）。</p> <p><b>c.公共空間</b></p> <p>回應不同性別對公共空間使用性、安全性及友善性之意見與需求，打造性別友善之公共空間。</p> <p><b>d.展覽、演出或傳播內容</b></p> <p>① 消除傳統文化對不同性別之限制或僵化期待，形塑或推展性別平等觀念或文化。</p> <p>② 提升弱勢性別在公共領域之可見性與主體性（如作品展出或演出；參加運動競賽）。</p> <p><b>e.研究類計畫</b></p> <p>① 產出具性別觀點之研究報告。</p> <p>② 加強培育及延攬環境、能源及科技領域之女性研究人才，提升女性專業技術研發能力。</p> <p><b>f.強化與本計畫相關的性別統計與性別分析。</b></p> <p><b>g.其他有助促進性別平等之效益。</b></p> | <p>本計畫為研究導向，期望透過鼓勵女性參與，培養國內相關材料製造與儲能技術等相關工作領域之女性人才，以縮短性別落差，並營造性別友善工作環境：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計畫執行期間以提升台灣女性工作人力比例達計畫全體人員 30%為目標。積極尋找女性從業人員加入本案計畫，參與材料製造與儲能技術等相關工作。</li> <li>2. 本計畫所使用之儀器設備，不同性別均可操作及使用。</li> <li>3. 公共空間加強設置監視系統及 24 小時警衛，以維護環境安全。</li> <li>4. 工作環境配置哺集乳室、女廁數量、安全警鈴、無障礙設施(如：室外通路、坡道及扶手、無障礙空間廁所...等性別及無障礙友善設施。</li> </ol> <p>以上內容納於計畫書之計畫目標章節。</p> |

| 評估項目                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 評估結果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>2-2【請根據 2-1 本計畫所訂定之性別目標，訂定執行策略】</b></p> <p>請參考下列原則，設計有效的執行策略及其配套措施：</p> <p><b>a.參與人員</b></p> <p>① 本計畫研擬、決策及執行各階段之參與成員、組織或機制（如相關會議、審查委員會、專案辦公室成員或執行團隊）符合任一性別不少於三分之一原則。</p> <p>② 前項參與成員具備性別平等意識/有參加性別平等相關課程。</p> <p><b>b.宣導傳播</b></p> <p>① 針對不同背景的目標對象（如不諳本國語言者；不同年齡、族群或居住地民眾）採取不同傳播方法傳布訊息（例如：透過社區公布欄、鄰里活動、網路、報紙、宣傳單、APP、廣播、電視等多元管道公開訊息，或結合婦女團體、老人福利或身障等民間團體傳布訊息）。</p> <p>② 宣導傳播內容避免具性別刻板印象或性別歧視意味之語言、符號或案例。</p> <p>③ 與民眾溝通之內容如涉及高深專業知識，將以民眾較易理解之方式，進行口頭說明或提供書面資料。</p> <p><b>c.促進弱勢性別參與公共事務</b></p> <p>① 計畫內容若對人民之權益有重大影響，宜與民眾進行充分之政策溝通，並落實性別參與。</p> <p>② 規劃與民眾溝通之活動時，考量不同背景者之參與需求，採多元時段辦理多場次，並視需要提供交通接駁、臨時托育等友善服務。</p> <p>③ 辦理出席民眾之性別統計；如有性別落差過大情形，將提出加強蒐集弱勢性別意見之措施。</p> <p>④ 培力弱勢性別，形成組織、取得發言權或領導地位。</p> <p><b>d.培育專業人才</b></p> <p>① 規劃人才培訓活動時，納入鼓勵或促進弱勢性別參加之措施（例如：提供交通接駁、臨時托育等友善服務；優先保障名額；培訓活動之宣傳設計，強化歡迎或友善弱勢性別參與之訊息；結合相關機關、民間團體或組織，宣傳培訓活動）。</p> | <p>1. 計畫執行期間以提升台灣女性工作人力比例達計畫全體人員 30% 為目標，積極尋找女性加入本案計畫，參與材料製造與儲能技術等相關工作：</p> <p>(1) 第一部份為內部徵求，由於本案主要工作地點為中央研究院，乃本國最高學術機構，藉由機構內部徵才系統及各實驗室學長姐介紹一同加入未來相當有前景之政策重點產業，可加速找到符合本案所需之女性工作人員；</p> <p>(2) 另一部份則對外廣招人，於機關網站、徵才網頁、社交網站及群組等網路媒體刊登，運用上開多元宣導方式，使不同性別人士均能獲得訊息，並以優良的學術環境、研究資源及重點產業為徵才背景之外，並宣傳本案工作地點之性別友善措施（例如哺（集）乳室、托兒所等）吸引女性從業人員前來應徵。</p> <p>(3) 計畫的各種媒介宣傳上須注意圖像顯示，例如：勿落入傳統性別分工（例如工程師都以男性圖畫代替）與顏色（例如男生用藍色、女生用粉紅色）的</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>② 辦理參訓者人數及回饋意見之性別統計與性別分析，作為未來精進培訓活動之參考。</p> <p>③ 培訓內涵中融入性別平等教育或宣導，提升相關領域從業人員之性別敏感度。</p> <p>④ 辦理培訓活動之師資性別統計，作為未來師資邀請或師資培訓之參考。</p> <p><b>e.具性別平等精神之展覽、演出或傳播內容</b></p> <p>① 規劃展覽、演出或傳播內容時，避免複製性別刻板印象，並注意創作者、表演者之性別平衡。</p> <p>② 製作歷史文物、傳統藝術之導覽、介紹等影音或文字資料時，將納入現代性別平等觀點之詮釋內容。</p> <p>③ 規劃以性別平等為主題的展覽、演出或傳播內容（例如：女性的歷史貢獻、對多元性別之瞭解與尊重、移民女性之處境與貢獻、不同族群之性別文化）。</p> <p><b>f.建構性別友善之職場環境</b></p> <p>委託民間辦理業務時，推廣促進性別平等之積極性作法（例如：評選項目訂有友善家庭、企業托兒、彈性工時與工作安排等性別友善措施；鼓勵民間廠商拔擢弱勢性別優秀人才擔任管理職），以營造性別友善職場環境。</p> <p><b>g.具性別觀點之研究類計畫</b></p> <p>① 研究團隊成員符合任一性別不少於三分之一原則，並積極培育及延攬女性科技研究人才；積極鼓勵女性擔任環境、能源與科技領域研究類計畫之計畫主持人。</p> <p>② 以「人」為研究對象之研究，需進行性別分析，研究結論與建議亦需具性別觀點。</p> | <p>模式等，進一步加深本領域現有性別落差。</p> <p>2. 建構性別友善之職場環境：</p> <p>(1) 確保公共空間加強設置監視系統及 24 小時警衛，以維護環境安全。</p> <p>(2) 確保工作環境配置哺集乳室、女廁數量、安全警鈴、無障礙設施，如：室外通路、坡道及扶手、無障礙空間廁所...等性別及無障礙友善設施。</p> <p>(3) 要求廠商履約期間對於所僱用之人員，不得有歧視女性、跨性別、原住民或弱勢團體人士之情事，落實性別友善職場之觀念與作為。</p> <p>以上內容納於計畫目標章節之執行策略及方法。</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| 評估項目                                                                                                                                        | 評估結果                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>2-3【請根據 2-2 本計畫所訂定之執行策略，編列或調整相關經費配置】</b></p> <p>各機關於籌編年度概算時，請將本計畫所編列或調整之性別相關經費納入性別預算編列情形表，以確保性別相關事項有足夠經費及資源落實執行，以達成性別目標或回應性別差異需求。</p> | <p>1. 確保公共空間使用之安全性，針對供公眾使用建築物之公共空間，就安全維護照明、監視攝影、緊急救護、緊急求救、警戒探測等增設各項裝置。</p> <p>2. 重視公共空間之友善性，如無障礙設施、設置哺集乳室等。(由本計畫督促主辦機關落實設置)</p> |

|  |                                                        |
|--|--------------------------------------------------------|
|  | 3. 實驗樓層設置足夠之女性廁所，提供男女平等之工作環境，消除工作性別偏見。(由本計畫督促主辦機關落實設置) |
|--|--------------------------------------------------------|

**【注意】** 填完前開內容後，請先依「填表說明二之（一）」辦理【第二部分－程序參與】，再續填下列「參、評估結果」。

**參、評估結果**  
請機關填表人依據【第二部分－程序參與】性別平等專家學者之檢視意見，提出綜合說明及參採情形後通知程序參與者審閱。

|                 |                                                      |
|-----------------|------------------------------------------------------|
| <b>3-1 綜合說明</b> | 本計畫於執行時，將納入審查委員之意見，未來增加人才培育分析與策略，以鼓勵女性科研研究人才（非行政類別）。 |
|-----------------|------------------------------------------------------|

|                 |                           |                                                                                                       |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3-2 參採情形</b> | 3-2-1 說明採納意見後之計畫調整（請標註頁數） | 與學校及民間單位合作（例如：科學營），辦理相關活動時訂定女性保障名額，以有效降低理科研發領域性別隔離現象，並建立參與人員之性別統計資料以利做為人才培育分析，以期未來新血加入本領域之研究。(第 50 頁) |
|                 | 3-2-2 說明未參採之理由或替代規劃       |                                                                                                       |

**3-3 通知程序參與之專家學者本計畫之評估結果：**  
已於 2022 年 2 月 25 日將「評估結果」及「修正後之計畫書草案」通知程序參與者審閱。

- 填表人姓名：周忠儀 職稱：助理 電話：02-27896739 填表日期：2022年02月25日
  - 本案已於計畫研擬初期  徵詢性別諮詢員之意見，或  提報各部會性別平等專案小組（會議日期：2022年01月11日）
  - 性別諮詢員姓名：謝若蘭 服務單位及職稱：東華大學族群關係與文化學系教授 身分：符合中長程個案計畫性別影響評估作業說明第三點第 1 款（如提報各部會性別平等專案小組者，免填）
- （請提醒性別諮詢員恪遵保密義務，未經部會同意不得逕自對外公開計畫草案）

## 【第二部分—程序參與】：由性別平等專家學者填寫

程序參與之性別平等專家學者應符合下列資格之一：

- 1.現任臺灣國家婦女館網站「性別主流化人才資料庫」公、私部門之專家學者；其中公部門專家應非本機關及所屬機關之人員（人才資料庫網址：<http://www.taiwanwomencenter.org.tw/>）。
- 2.現任或曾任行政院性別平等會民間委員。
- 3.現任或曾任各部會性別平等專案小組民間委員。

### (一) 基本資料

|                       |                                                                                                            |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.程序參與期程或時間           | 2022年01月11日至2022年02月16日                                                                                    |
| 2.參與者姓名、職稱、服務單位及其專長領域 | 謝若蘭 / 東華大學族群關係與文化學系教授<br>性別與文化、族群關係、人權、轉型正義                                                                |
| 3.參與方式                | <input type="checkbox"/> 計畫研商會議 <input type="checkbox"/> 性別平等專案小組 <input checked="" type="checkbox"/> 書面意見 |

### (二) 主要意見（若參與方式為提報各部會性別平等專案小組，可附上會議發言要旨，免填4至10欄位，並請通知程序參與者恪遵保密義務）

|                       |                                                                                               |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.性別平等相關法規政策相關性評估之合宜性 | 與本案無直接關聯，但已經依據相關規定於人事聘任上進行相關規劃（性別人力、公共性別空間規劃等）                                                |
| 5.性別統計及性別分析之合宜性       | 與本案無直接關聯，但建議思考未來是否可以納入相關數據（包含進用人人力的比例增減與分析、已說明人力培育的具體成效）                                      |
| 6.本計畫性別議題之合宜性         | 目前與本案無直接關聯                                                                                    |
| 7.性別目標之合宜性            | 與本案無直接關聯，但已進行人力與空間之安排，以達到性別友善與人力培力之政策目標                                                       |
| 8.執行策略之合宜性            | 可                                                                                             |
| 9.經費編列或配置之合宜性         | 可                                                                                             |
| 10.綜合性檢視意見            | 本研究尚無直接性別影響關聯，目前已經針對人事聘任上的規劃（人力培育），以及性別友善空間的規劃妥善處理。建議未來於報告與規劃上增加人才培育分析與策略，以鼓勵女性科研研究人才（非行政類別）。 |

### (三) 參與時機及方式之合宜性

可

本人同意恪遵保密義務，未經部會同意不得逕自對外公開所評估之計畫草案。

（簽章，簽名或打字皆可）謝若蘭

#### 四、風險管理評估檢視表

##### 【第一部分】：計畫現有風險圖像

|             |                                    |                    |                                |
|-------------|------------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 嚴重<br>(3)   |                                    |                    | B2：疫情延宕執行進度<br>C2：地方審議機關要求變更設計 |
| 中度<br>(2)   | A1：因政策而改變方向<br>A2：事前未充分評估實際需求及執行量能 | B1：招標不順<br>C1：天然災害 |                                |
| 輕微<br>(1)   |                                    |                    |                                |
| 影響程度<br>可能性 | 不太可能<br>(1)                        | 可能<br>(2)          | 非常可能<br>(3)                    |

【第二部分】：計畫風險評估及處理彙總表

| 風險項目                 | 風險情境                                     | 現有風險對策               | 可能影響層面 | 現有風險等級     |         | 現有風險值<br>(R)=<br>(L)x(I) | 新增風險對策       | 殘餘風險等級     |         | 殘餘風險值<br>(R)=<br>(L)x(I) |
|----------------------|------------------------------------------|----------------------|--------|------------|---------|--------------------------|--------------|------------|---------|--------------------------|
|                      |                                          |                      |        | 可能性<br>(L) | 影響程度(I) |                          |              | 可能性<br>(L) | 影響程度(I) |                          |
| A1: 因政策而改變方向         | 受政策層面廣泛影響且具不確定性而改變路線                     | 與高層溝通                | 期程     | 1          | 2       | 2                        | 加強關係人溝通及協調   | 1          | 2       | 2                        |
| A2: 事前未充分評估實際需求及執行量能 | 執行前未充分評估實際需求及執行量能，或仍須協調相關機關取得執行共識，致延誤執行。 | 先行研析實際需求及執行量能，落實自我評估 | 期程     | 1          | 2       | 2                        | 加強關係人溝通及協調   | 1          | 2       | 2                        |
| B1: 招標不順             | 廠商低價搶標，降低有能力                             | 採行適當分標策略，使工程標        | 期程經費   | 2          | 2       | 4                        | 強化評估擇取履約能力較強 | 2          | 1       | 2                        |

| 風險項目         | 風險情境                             | 現有<br>風險對策         | 可能<br>影響<br>層面 | 現有風險等級     |             | 現有<br>風險值<br>(R)=<br>(L)x(I) | 新增<br>風險對策        | 殘餘風險等級     |             | 殘餘<br>風險值<br>(R)=<br>(L)x(I) |
|--------------|----------------------------------|--------------------|----------------|------------|-------------|------------------------------|-------------------|------------|-------------|------------------------------|
|              |                                  |                    |                | 可能性<br>(L) | 影響<br>程度(I) |                              |                   | 可能性<br>(L) | 影響<br>程度(I) |                              |
|              | 承攬廠商之投標意願，進而影響工程施工進度及品質          | 案較具規模，提高大型優良廠商投標意願 |                |            |             |                              | 之優良廠商             |            |             |                              |
| B2: 疫情延宕執行進度 | 受疫情因素，致施工進度緩慢                    | 契約清楚，施明定權責及逾期罰則    | 期程<br>經費       | 3          | 3           | 9                            | 強化評估擇取履約能力較強之優良廠商 | 2          | 3           | 6                            |
| C1: 天然災害     | 受天然災害影響致本計畫之儲能系統損害，因而增加經費及延宕執行進度 | 強化管理並擬定防護措施        | 期程<br>經費       | 2          | 2           | 4                            | 明定防護措施，據以加強管控     | 2          | 1           | 2                            |

| 風險項目                    | 風險情境                                                                                                        | 現有<br>風險對策                                                 | 可能<br>影響<br>層面 | 現有風險等級     |             | 現有<br>風險值<br>(R)=<br>(L)x(I) | 新增<br>風險對策                                                       | 殘餘風險等級     |             | 殘餘<br>風險值<br>(R)=<br>(L)x(I) |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|------------|-------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------|-------------|------------------------------|
|                         |                                                                                                             |                                                            |                | 可能性<br>(L) | 影響<br>程度(I) |                              |                                                                  | 可能性<br>(L) | 影響<br>程度(I) |                              |
| C2:地方審議<br>機關要求變<br>更設計 | 本計畫之<br>儲能系統<br>安置於中<br>研院南部<br>院區，因<br>南部院區<br>相關配置<br>尚在規劃<br>中，如審<br>議機關有<br>意見，將<br>造成工期<br>延後、經<br>費增加 | 設計階段<br>事先與中<br>央及地方<br>主管機關<br>溝通及協<br>調，以利<br>快速通過<br>審查 | 期程<br>經費       | 3          | 3           | 9                            | 高層出面<br>協調，並<br>就審議機<br>關意見快<br>速回應，<br>做成決<br>策，及進<br>行後續處<br>理 | 3          | 2           | 6                            |

**【第三部分】：計畫殘餘風險圖像**

|             |                                    |                    |                 |
|-------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|
| 嚴重<br>(3)   |                                    | B2：疫情延宕執行進度        |                 |
| 中度<br>(2)   | A1：因政策而改變方向<br>A2：事前未充分評估實際需求及執行量能 |                    | C2：地方審議機關要求變更設計 |
| 輕微<br>(1)   |                                    | B1：招標不順<br>C1：天然災害 |                 |
| 影響程度<br>可能性 | 不太可能<br>(1)                        | 可能<br>(2)          | 非常可能<br>(3)     |

極度風險： 0 項( 0 %)

高度風險： 2 項( 33 %)

中度風險： 0 項( 0 %)

低度風險： 4 項( 67 %)

## 五、政府科技發展計畫審查意見回復表(A008)

審議編號：114-0210-04-20-01

計畫名稱：建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫

申請機關(單位)：中央研究院

| 序號 | 審查意見                                                                                                                                                                                                                                 | 回復說明                            | 修正頁碼 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|
| 1  | <p>數位部資安署：</p> <p>本計畫內容如涉及資通系統開發、維運，建請依資通安全責任等級分級辦法附表九「資通系統防護需求分級原則」評估系統防護需求等級後，依所評估之系統防護需求等級規劃附表十「資通系統防護基準」各項控制措施；請於未來延續計畫及機關資安管理詳盡相應資通系統、防護需求等級清冊及資通安全管理事宜。</p>                                                                    | <p>謝謝委員的意見，本計畫未涉及資通系統開發及維運。</p> | 無    |
| 2  | <p>主計總處：</p> <p>一、本計畫主要係中研院為提升國內材料及設備自製率，研發動力電池與儲能電池之自主技術，並結合國內風能、太陽能產業與儲能系統產業，做溝通橋樑與設計最終產品規範、性能、品質之測試與確認。</p> <p>二、本計畫 114 年度需求數 3,000 萬元，較 113 年度減少 1,300 萬元，考量本計畫 114 年度辦理方式及內容與 113 年度大致相同，又 114 年度所報需求已較 113 年度檢討摺節，建議如數核列。</p> | <p>謝謝委員的意見。</p>                 | 無    |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 3 | <p>科技辦：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 符合 5+2 產業創新之綠能科技政策。</li> <li>2. 以開發鋰電池材料與 MW 級儲能系統為核心，並於台南沙崙智慧綠能科學城場域進行 MW 級儲能系統驗證，整體目標具合理性。</li> <li>3. 目標與關鍵成果與原規劃相符，無調整之建議。</li> </ol>                                                                                                                                                                                      | <p>謝謝委員的意見。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>無</p> |
| 4 | <p>專家學者：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫依據政府前瞻基礎建設計畫及綠能科技產業推動方案，研發目標包含電池儲能系統發展及電池基礎研究開發兩大方向，預期關鍵成果前者為優化中型工業 MWh 級儲能系統，提出軟硬體改善策略；後者則是創新高容量、高安全性複合電極研發達到可展示應用的目標，及新型功能性隔離膜研發達可展示應用的目標。計畫目標、架構與內容扣合政府政策方案，整體規劃與方向還算合理。</li> <li>2. 本計畫 114 年預期效益包含：優化儲能系統(中型工業、MWh 級)、創新高容量與高安全性複合電極研發、新型功能性隔離膜研發，在關鍵成果缺乏可衡量效益之量化指標，建議增列鋰電池與儲能系統的技術規格與場域驗證之相關量化目標值，並與目前國際指</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員的評估意見。</li> <li>2. 感謝委員的建議。我們深刻理解，研發成果的成功在於技術的場域驗證和市場導入。因此，在 114 年度，我們將重點放在兩個主要方向：場域驗證和鋰電池芯新型材料開發，在具可行性的條件下，呈現技術開發的前瞻性。首先，在場域驗證方面，我們不僅展示了應用標的-百萬瓦儲能系統，並將於結案提出軟硬體改善策略 1 份。其次，我們還特別關注如何將我們的研發技術貢獻於國家的需求。為此，我們積極與台灣電力公司建立聯繫，以進一步增強國家的研發能力，並為國家的技術發展提供支持。我們相信，通過這兩方面的努力，我們能夠確保技術的成功並推動產業的持續進步。(簡附台灣儲能系統技術規格比較表)</li> </ol> | <p>無</p> |

標比較，以呈現技術開發的前瞻性，同時也宜適當分析產品與技術導入市場的可行性。

3. 計畫名稱中包含“...推動綠能產業發展計畫”，依此名稱，除了以「分散式區域規模之大型儲能系統」為展示應用標的，也同時應該以技術移轉、技術服務等方式讓業者參與，以達到產業發展的目標。如果技術授權內容及條件為廠商之機密性資料，雙方有簽屬保密協定，但是技術移轉金額、預期成果以及預定商品化的時程應可以提供。

4. 外審意見中提到“國內gogoro也完成一顆固態電池展示模組的相關技術研發議題，計畫團隊也提到輝能目前既有的產品還暫時無法滿足Gogoro的需求。半固態電池設計也許會比全固態電池較快商轉，對於本計畫的技術電芯容量提升是否有合適的解決方案，請補充說明。

5. 本計畫所提之自我挑戰目標為：完成製作1顆容量1Ah以上新型膠固態鋰電池且充放電達500圈以上，請說明此目標與目前國際上在固態鋰電池的技術差異及其優勢。

6. 建議本計畫在最後一年能彙編鋰電池與儲能系統

3. 將遵照委員意見將技術移轉金額、預期成果以及預定商品化的時程納入114年結案報告內容。

4. 感謝委員的提問。針對目前本計畫所衍生的特色電芯，主要挑戰在於其能量密度較低（僅為75Wh/Kg），未能達到令人滿意的水平。在本計畫的支持下，我們首先集中力量在負極材料的開發上。近年來，鈮氧化物因其優越的循環壽命和與鈦酸鋰相似的工作電壓而引起了廣泛的研究興趣。更重要的是，鈮氧化物的理論比容量高達270mAh/g，幾乎是現有鈦酸鋰負極容量的兩倍，因此被視為鈦酸鋰的有力替代品。根據我們團隊的研究成果，採用鈮氧化物後，相比傳統的快充技術，能量密度已經提升了1.7倍。接下來，我們將逐步將重心轉向正極材料的開發，並結合我們團隊獨特的環保水系電解質和水系黏結劑技術，致力於創造出更加具備特色和意義的國產電芯。

5. 感謝委員的提問。根據德國Fraunhofer協會在《Solid-State Battery Roadmap 2035+》中的說法，半固態電池被視為在實現全固態電池製造技術突破前的理想過渡方案。因此，這一直是

國產化推動的政策建言，以作為政府未來推動相關工作的參考。

我們團隊開發和研究的重點方向。目前，日韓兩國在固態電池的研發上主要集中於硫化物固態電池。三星的團隊已經成功開發出一款 5.8 Ah 的小容量電芯，該產品的能量密度超過 400 Wh/kg，具備超過 1000 次的循環壽命，並且在 210°C 的熱失控測試中仍保持出色的安全性。在歐美，QuantumScape 的固態電池技術以氧化物陶瓷為核心特色，且其電池設計中無傳統意義上的負極。根據該公司在 2022 年 12 月 20 日的報告，QuantumScape 正在向其電動車客戶進行 A 樣測試。其產品展示材料顯示，這些電池的能量密度可達 350 Wh/kg，並在 1000 次循環後仍能保持 80% 的容量，這遠遠超過了商業化標準。此外，這些電池還具備 4C 倍率的快速充電能力。我們團隊在半固態電池（LFP 系統）方面的研發也取得了顯著進展。根據我們的估算，以 18650 規格製作的電芯，其能量密度達到 146 Wh/kg，這是市場現有產品的 1.3 倍。最令人驕傲的是，我們的半固態電池在功率密度上達到 4.1 kW/kg，這幾乎達到了液態電池的性能水平。

6. 將遵照委員意見彙編鋰

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                  |           |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 電池與儲能系統國產化推動的政策建言納入114年結案報告內容。                                                                                                                                                                   |           |
| 5 | <p>最終審查意見：</p> <p>1. 本計畫依據政府前瞻基礎建設計畫及綠能科技產業推動方案，研發目標包含電池儲能系統發展及電池基礎研究開發兩大方向，預期關鍵成果前者為優化中型工業 MWh 級儲能系統，提出軟硬體改善策略；後者則是創新高容量、高安全性複合電極研發達到可展示應用的目標，及新型功能性隔離膜研發達可展示應用的目標。計畫目標、架構與內容扣合政府政策方案，整體規劃與方向還算合理。</p> <p>2. 本計畫 114 年預期效益包含：優化儲能系統(中型工業、MWh 級)、創新高容量與高安全性複合電極研發、新型功能性隔離膜研發，建議增列鋰電池與儲能系統的技術規格與場域驗證之相關量化目標值，目前規劃應用標的-百萬瓦儲能系統，並將於結案提出軟硬體改善策略 1 份，並與台灣電力公司建立聯繫。雖然有提供台灣儲能系統技術規格比較，但是並未與目前國際指標比較，對於技術開發前瞻性，以及分析產品與技術導入市場的可行性仍有不足。</p> | <p>1. 謝謝委員的評估意見。</p> <p>2. 遵從委員意見辦理，並於期末報告中進行說明。</p> <p>3. 遵從委員意見辦理，將委員的建議納入114年結案報告內容。</p> <p>4. 謝謝委員的意見。</p> <p>5. 謝謝委員的意見，於自我挑戰內容加以說明。</p> <p>6. 將遵照委員意見彙編鋰電池與儲能系統國產化推動的政策建言納入114年結案報告內容。</p> | 5. 第 73 頁 |

3. 計畫名稱中包含“...推動綠能產業發展計畫”，依此名稱，除了以「分散式區域規模之大型儲能系統」為展示應用標的，也同時應該以技術移轉、技術服務等方式讓業者參與，以達到產業發展的目標。如果技術授權內容及條件為廠商之機密性資料，雙方有簽屬保密協定，請將技術移轉金額、預期成果以及預定商品化時程納入 114 年結案報告內容。

4. 外審意見中提到“國內 gogoro 也完成一顆固態電池展示模組的相關技術研發議題，計畫團隊也提到輝能目前既有的產品還暫時無法滿足 Gogoro 的需求。半固態電池設計也許會比全固態電池較快商轉。而在本計畫的支持下，在負極材料的開發上，由於鈮氧化物因其優越的循環壽命和與鈦酸鋰，相比傳統的快充技術，能量密度已經提升了 1.7 倍。接下來，將重心轉向正極材料的開發，並結合我們團隊獨特的環保水系電解質和水系黏結劑技術，致力於創造出更加具備特色和意義的國產電芯，請持續努力。

5. 本計畫所提之自我挑戰目標為：完成製作 1 顆容量 1Ah 以上新型膠固態鋰電池

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <p>且充放電達 500 圈以上，在歐美，QuantumScape 的固態電池技術以氧化物陶瓷為核心特色，且其電池設計中無傳統意義上的負極，這些電池的能量密度可達 350 Wh/kg，並在 1000 次循環後仍能保持 80% 的容量，這些電池還具備 4C 倍率的快速充電能力。計畫團隊在半固態電池(LFP 系統)，以 18650 規格製作的電芯，其能量密度達到 146 Wh/kg，這是市場現有產品的 1.3 倍。雖然有顯著的進步，但是仍應說明此目標與目前國際上在固態鋰電池的優勢。</p> <p>6. 建議本計畫在最後一年能彙編鋰電池與儲能系統國產化推動的政策建言，以作為政府未來推動相關工作的參考。</p> |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

## 六、資安經費投入自評表(A010)

| 部會                |                             | 單位                   |                                                                                                                         | 中央研究院        |             |                      |                       |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| 審議編號              | 計畫名稱                        | 期程(年)                | 總經費(千元)(A)                                                                                                              | 資訊總經費(千元)(B) | 資安經費(千元)(C) | 比例 <sup>註1</sup> (D) | 備註                    |
| 114-0210-04-20-01 | 建置分散式區域規模之大型儲能系統，推動綠能產業發展計畫 | 4.8                  | 254,000                                                                                                                 | 800          | 72          | 9.0%                 | 購買一般個人電腦以處理運算、文書及連結設備 |
| 資安經費投入項目          |                             |                      |                                                                                                                         |              |             |                      |                       |
| 項次                | 年度                          | 投入項目類別 <sup>註2</sup> | 投入項目                                                                                                                    |              |             |                      | 預估經費(千元)              |
| 1                 | 110                         | B1                   | 購買防毒軟體，加密儲存碟，備用硬碟，經授權之電腦軟體。如購買資通電訊(含軟體、硬體及服務)不得為中國品牌或中國製造。本計畫設置於中央研究院，使用本院防火牆網路設備連結外網以及使用中研院設置之郵件信箱，為防範網路駭客侵入多一層安全保護措施。 |              |             |                      | 14                    |
| 2                 | 111                         | B1                   | 購買防毒軟體，加密儲存碟，備用硬碟，經授權之電腦軟體。如購買資通電訊(含軟體、硬體及服務)不得為中國品牌或中國製造。本計畫設置於中央研究院，使用本院防火牆網路設備連結外網以及使用中研院設置之郵件信箱，為防範網路駭客侵入多一層安全保護措施。 |              |             |                      | 15                    |
| 3                 | 112                         | B1                   | 購買防毒軟體，加密儲存碟，備用硬碟，經授權之電腦軟體。如購買資通電訊(含軟體、硬體及服務)不得為中國品牌或中國製造。本計畫設置於中央研究院，使用本院防火牆網路設備連結外網以及使用中研院設置之郵件信箱，為防範網路駭客侵入多一層安全保護措施。 |              |             |                      | 16                    |
| 4                 | 113                         | B1                   | 購買防毒軟體，加密儲存碟，備用硬碟，經授權之電腦軟體。如購買資通電訊(含軟體、硬體及服務)不得為中國品牌或中國製造。本計畫設置於中央研究院，使用本院防火牆網路設備連結外網以及使用中研院設置之郵件信箱，另於                  |              |             |                      | 17                    |

|    |     |    |                                                                                                                                                                    |    |
|----|-----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|    |     |    | 本年度開始計畫執行單位中研院規定各處所內網域電腦皆需加裝 Xensor 端點防護軟體及 VANS 弱點通報系統，為防範網路駭客侵入多一層安全保護措施。                                                                                        |    |
| 5  | 114 | B1 | 本計畫第五年預計無資訊經費投入，然為維護以往之設備，故仍需購買防毒軟體，加密儲存碟，備用硬碟。本計畫設置於中央研究院，使用本院防火牆網路設備連結外網以及使用中研院設置之郵件信箱，另於 113 年度中研院規定各處所內網域電腦皆需加裝 Xensor 端點防護軟體及 VANS 弱點通報系統，為防範網路駭客侵入多一層安全保護措施。 | 10 |
| 總計 |     |    |                                                                                                                                                                    | 72 |

## 七、其他補充資料

無