



公用氣體與油料管線、輸電 線路災害防救業務研討會

儲能技術與安全管理

報告人：吳錦貞 龍華科大助理教授

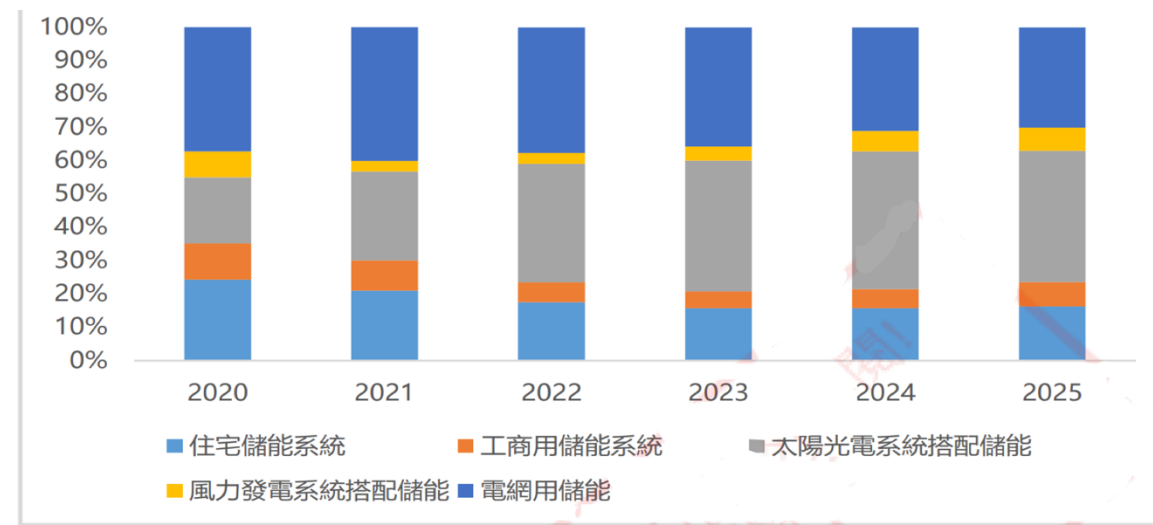
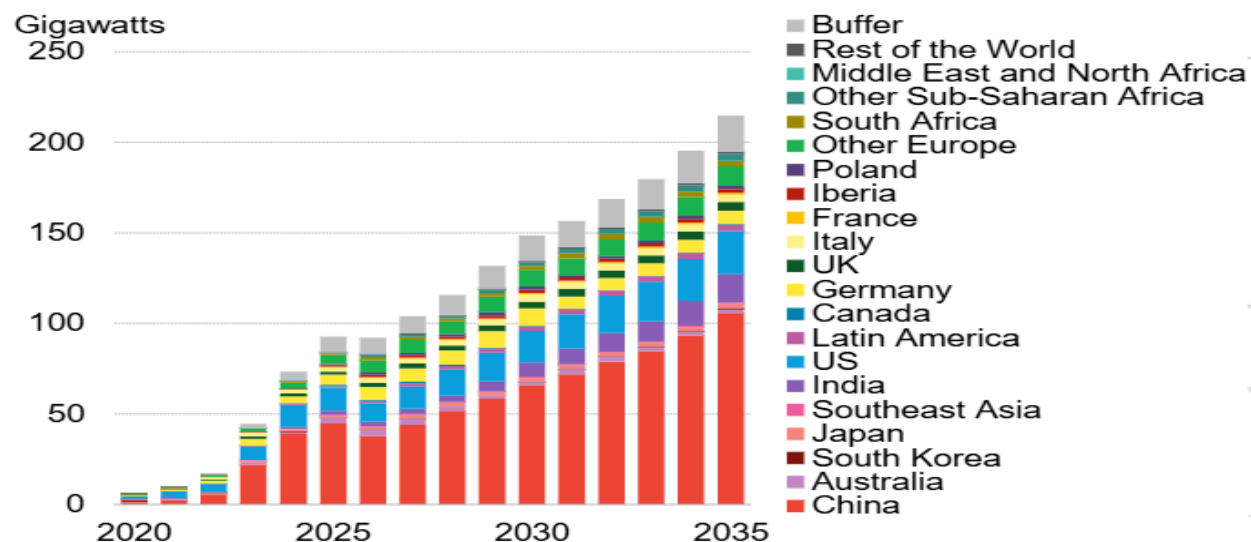
2026.09.15

大綱

- 一、國際儲能市場現況
- 二、儲能技術發展現況
- 三、國內外儲能應用情境與商機
- 四、儲能安全機構設計與發展方向
- 五、鋰電池回收

國際儲能市場發展趨勢

- **全球減碳需求刺激**再生能源與儲能成長，2025年全球儲能累計裝置量達**617GWh**，相較2024年成長**67%**。BNEF預估**2035年**全球累積儲能裝置量將達**220GW/927GWh**，其中以**電網儲能(能源轉移)**為最大市場。**儲能市場以光儲為最大市場**，其次為**電網用儲能及住宅儲能**。
- 為因應未來國際**淨零碳排目標**，儲能市場將以**導入長時間儲能技術**，具有實質減碳效應，**長時間儲能可用於移轉再生能源電力**，至負載需求尖峰時段或再生能源無法發電時刻加以使用。
- **長時間儲能潛在需求：**
 - 美國Long Duration Storage Shot：四個研發項目提供**1,790**萬美元的資金，以**擴大美國液流電池和長時間儲存系統**的製造規模，資助**長時間儲能商業化發展**，目標**十年內成本下降90%**、達**US\$0.05/kWh.cycle**，以實現**持續時間超過 10 小時**的系統，如此，儲能才具有加速電網全面脫碳的潛力。
 - 英國淨零創新投資組合：提供**6,800**萬英鎊資金，支持長時間儲能**技術研發原型演示與示範驗證計畫**。

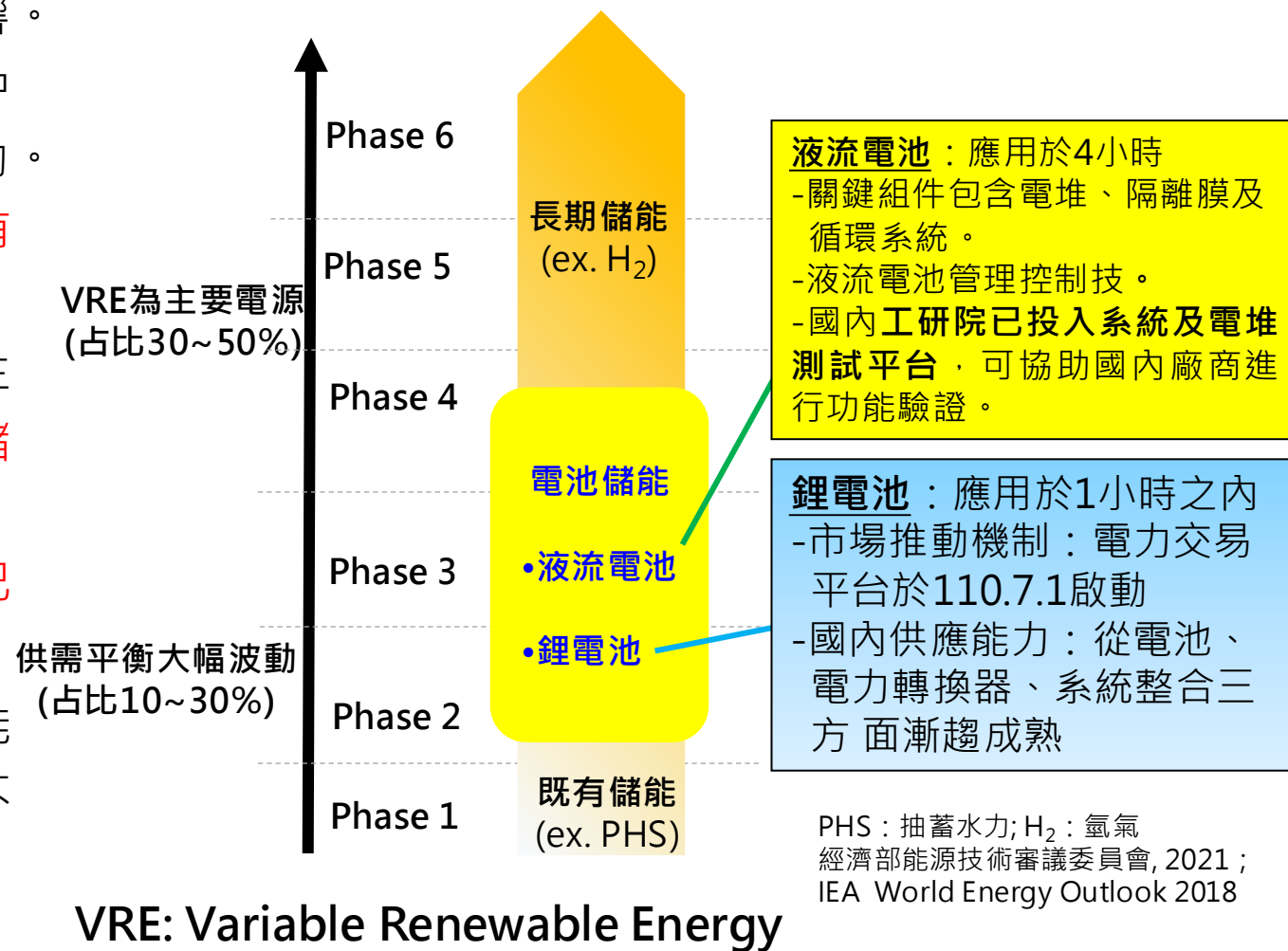


資料來源：工研院產科國際所

國際儲能市場未來發展趨勢

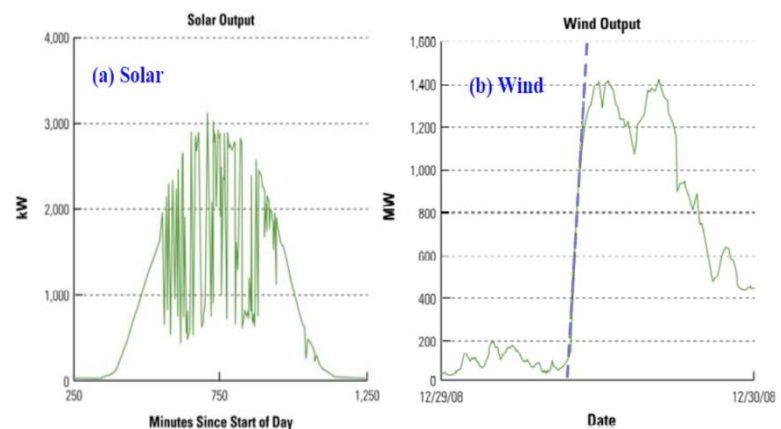
國際能源署(International Energy Agency, IEA)指出依據發電、輸配電網、需求面資源、儲能以及法規與市場等五大面向，將電力系統發展分成六個階段。

- ✓第一階段RE占比低於**5%**，對系統與電網設備無影響。
- ✓第二階段RE占比達 **5 ~ 10 %**，對系統調度微小至中度的影響，以既有電網設備可應付再生能源的變動。
- ✓第三階段RE占比達**10 ~ 20 %**，對系統供需平衡已有明顯影響。
- ✓第四階段RE占比達**20 ~ 50 %**，再生能源已是供電主力，電力系統需升級才能維持電網穩定，**可增加儲能裝置或需量反應的容量**。
- ✓第五階段RE占比已達 **50 ~ 80 %**，再生能源供給已有剩餘。
- ✓第六階段RE占比**80 %**以上，需要季節性長時間儲能以因應低風力與太陽光電變動性，需提供一年中不同季節的能源供應調度。



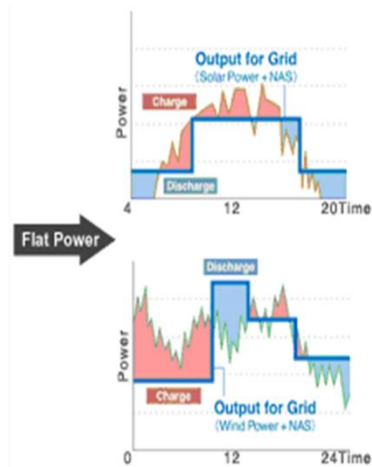
儲能電池的功能

第一類儲能：消除輸入電網電力的瞬間起伏，提高電網可靠度及穩定性。此調節儲能系統佔再生能源併網容量 8%~15% (US DOE, 2012)



太陽光電易受
氣候變化影響

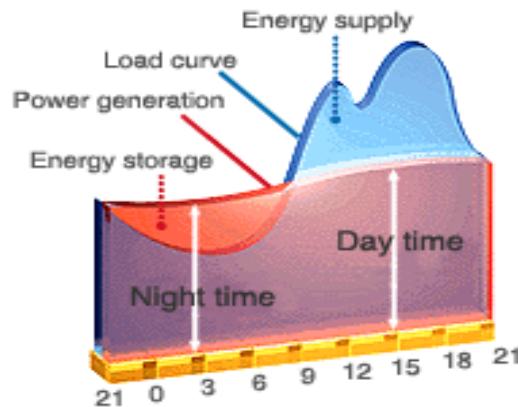
大型風場變化率(ramp)
達到 ~ MW/min



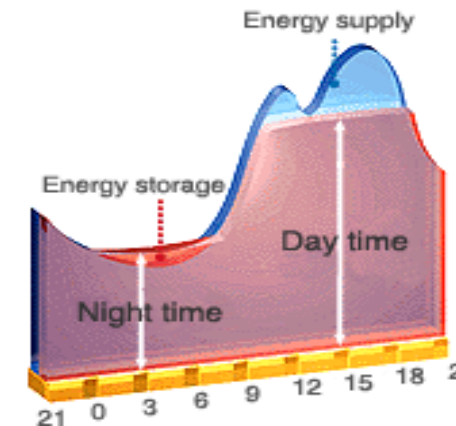
第二類儲能：電網電力儲存及控制，削峰填谷，譬如抽蓄式水力電廠。儲能系統容量視能量調節多寡而定。

我國抽蓄水電
可應付第二類儲能
•大觀 1GW
•明潭 1.6 GW

● Load leveling



● Peak shaving



- 太陽光電主要為日間發電，並無須削峰填谷，除非太陽光電與市電同價或是該區域無法併聯上網，即可依靠儲能達到自發自用。
- 風力發電在夜間發電強盛，可依靠抽蓄水力達到能量轉移。

第一類與第二類之基本量化規格

- 實際應用上，將會視**應用場合與儲能系統特性進行調整**。

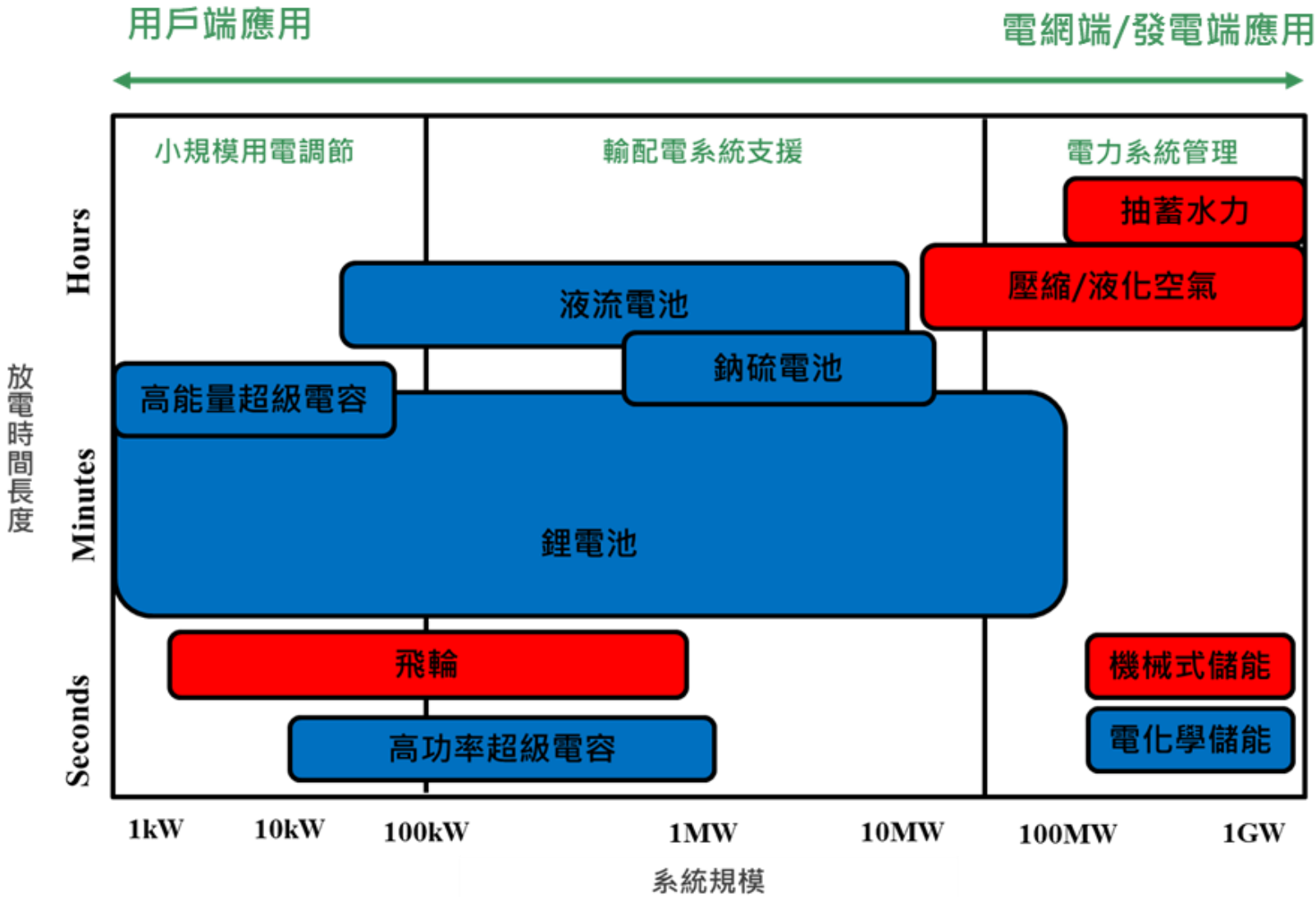
項目	第一類基本量化規格	第二類基本量化規格
儲能成本	新臺幣0.75元 (\$0.025)/kWh/cycle)	新臺幣0.75元 (\$0.025)/kWh/cycle)
儲能設備期初設置成本	新臺幣13,500元(\$450)/kWh	新臺幣3,000元(\$100)/kWh
充放電之循環壽命	20,000次	5,000次
充放電效率	90%	80%
系統模組化能力	達到MW級	達到MW級
自放電損失	--	24小時損失5%
安全性	輸配電級使用，無需人員值班控管	輸配電級使用，無需人員值班控管
使用壽命	10年	10年

儲能系統應用分類

儲能系統可應用於電力系統「發、輸、配、用」各階段，政策驅動之示範應用居多，發展較早的美國與歐洲先進國家近年逐漸走上商業化。

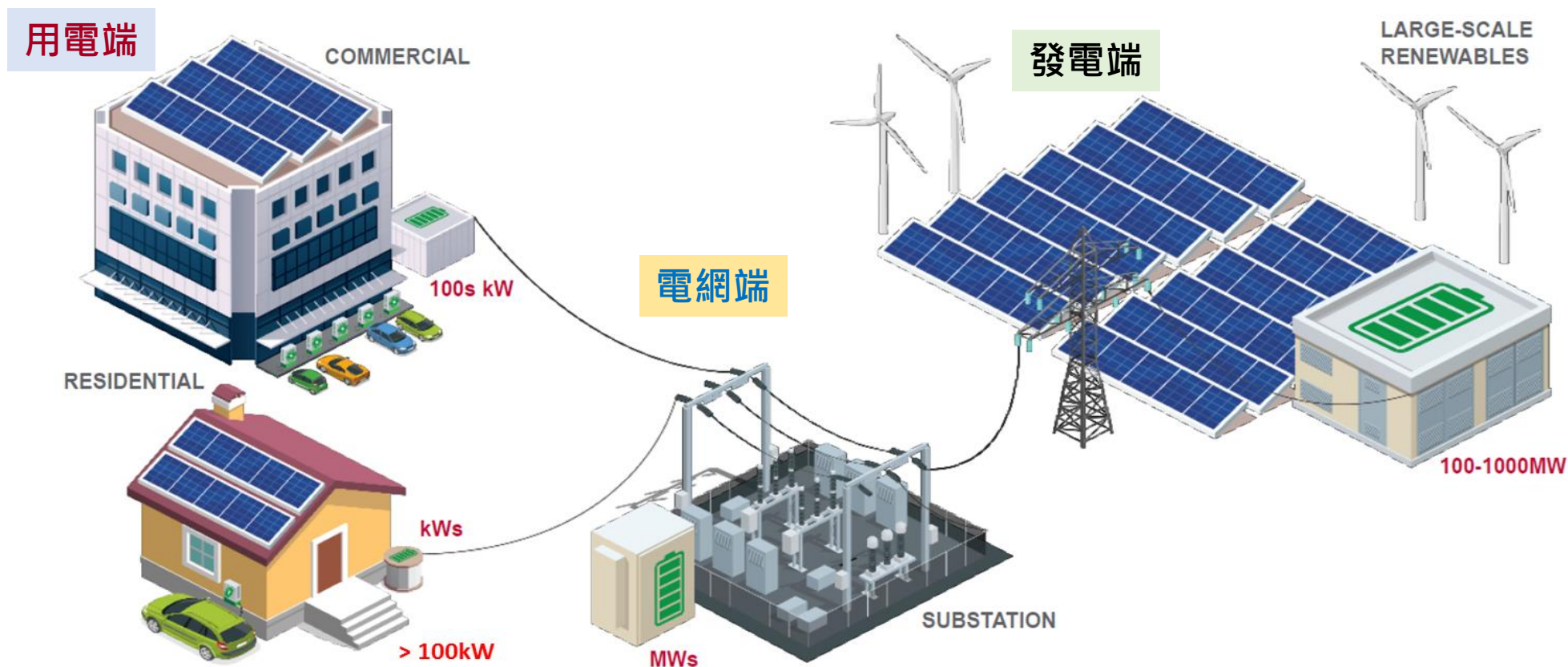
應用分類	功能	功率	放電時間
再生能源整合應用 (如日本、韓國、美國)	再生能源平滑化	PV容量70~100% 風電容量50~100%	10分~3小時
	再生能源電能時間移轉	PV容量70~100% 風電容量50~100%	4~8小時
輔助服務應用 (如美國、英國)	頻率調節	1MW~數十MW	15分鐘~數十分鐘
	備轉容量	數10MW	數十分鐘~1小時
	電壓補償/支援	1MW~10MW	15分鐘~1小時
	其他輔助服務	1+MW	10分鐘~2小時
發電系統應用 (如英國、美國)	削峰填谷、電能時間移轉 (能源套利)	1MW~1GW	1~8小時
	尖峰容量滿足、備用容量	1MW~1GW	4~6小時
輸配電網系統應用 (如美國、日本北海道)	輸電壅塞緩解	1MW~100MW	3~6小時
	輸配電系統升級遲延	數百kW~數十MW	1~6小時
	輸配電系統即時負載平衡	10+MW	數秒~分鐘

各式儲能額定功率及放電時間



儲能的各類應用情境

- **發電端**：調節尖離峰用電量、降低尖峰供電需求、平滑再生能源輸出。
- **輸電與配電端**：減少輸電與配電系統容量升級所需設備成本、電壓/頻率調節改善電力品質。
- **用電端**：降低用戶契約容量、尖離峰負載調節、電動車併網(Vehicle to grid, V2G)。

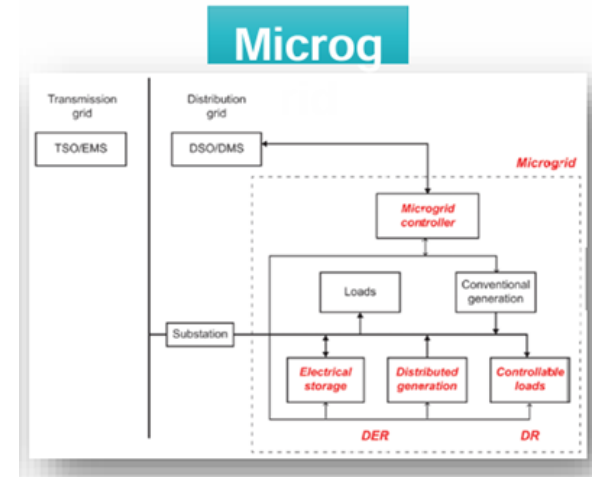
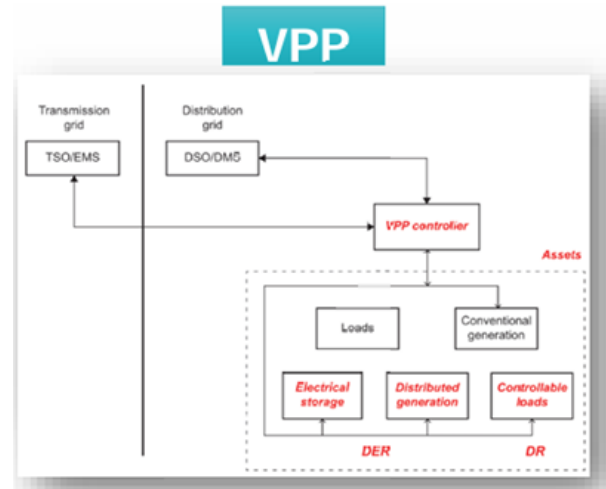
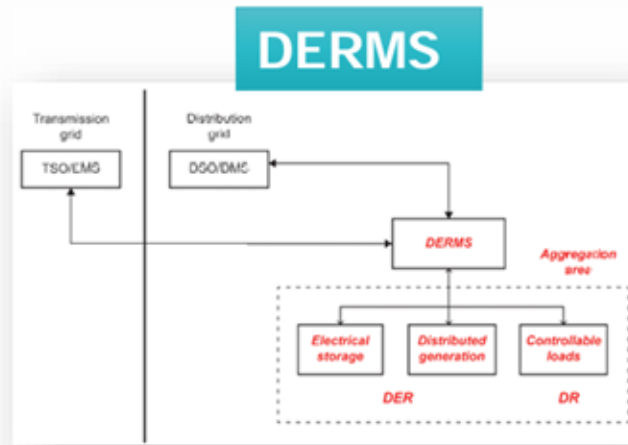


儲能應用情境(1/2)

應用場域	定義與用途	功率	放電時間
	太陽能電廠配儲能系統 (電錶前) - 輸出平滑化 - 電力時間轉移、計畫性運轉	PV容量之70~100%	- 平滑化10分~2小時 - 計畫性運轉4~8小時
	風力發電配儲能系統 (電錶前) - 輸出平滑化 - 電力時間轉移 - Cut-out 應變	風電容量之10~50%	- 平滑化10分~3小時 - 時間轉移4~8小時 - Cut-out 應變10~30分
	電網用儲能系統 (電錶前) - 再生能源時間移轉、系統穩定、區域電力供需管理 - 電網調節、輔助服務 - 尖峰負載火力發電替代	數十KW~100MW	- 電力供需管理1~10小時 - 輔助服務10分~2小時 - 尖峰負載10分~4小時
	住宅儲能系統 (電錶後) - 獨棟住宅或集合住宅使用 - 備用電源，或搭配太陽能負載調控 搭配電動車V2G或V2X之應用情境 住宅PV+儲能電池應用	1~3KW	- PV搭配2~8小時 - 備用電源1~24小時
	工商用儲能系統 (電錶後) 備用電源(>2hr) - 再生能源自發自用 尖峰轉移、負載平滑化 - 電網輔助服務	數十KW~數MW	- 備用電源1~24小時 - 尖峰轉移1~6小時 - 輔助服務10分~數小時

儲能應用情境(2/2)

分散式能源管理系統/虛擬電廠/微電網



管理資源的差異

- 簡單的 DERMS 為聚合區域，不考慮其他負載(Loads)
- VPP與微電網可能包括儲能系統或傳統發電機

特性	VPP	微電網
主要目的	參與電力市場，提供電網服務	為特定區域提供可靠的電力供應
運作模式	與主電網連接，根據市場價格和電網需求調整輸出	可以獨立運作(不強調與TSO 的連結)
電網互動	主要透過電力交易市場與電網互動	可以透過電力交易市場或直接與電網營運商協調互動(透過substation協調)
規模	通常較大，聚合大量分散式資源	規模較小，通常服務於特定區域

儲能未來需求市場

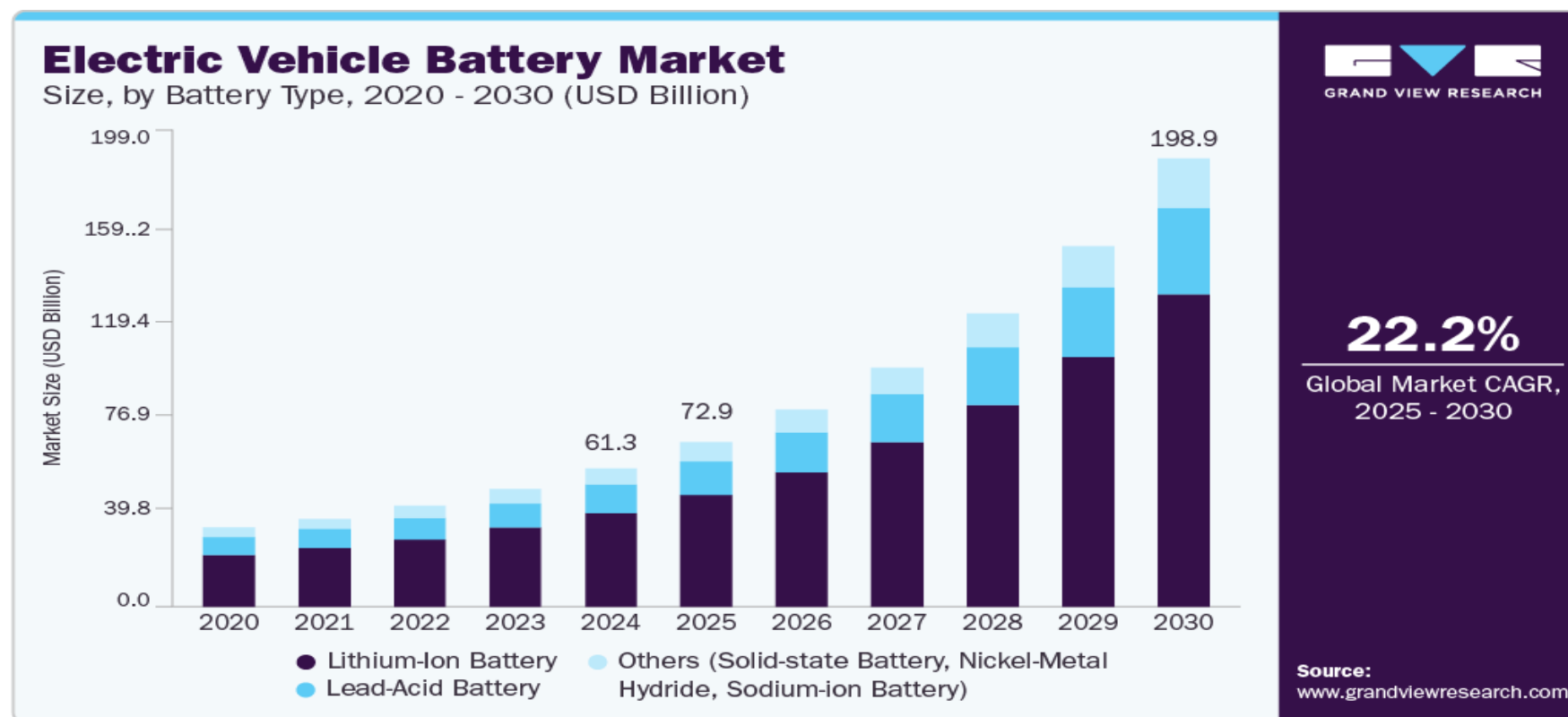
- 根據麥肯錫 (McKinsey & Company) 最新發布的2026年報告預估，為了滿足龐大的算力需求，全球在2030年前需要挹注高達7兆美元的資料中心相關投資，其中極大比例將直接流向發電與冷卻等能源基礎建設，基礎建設基金與私募基金也開始直接投資發電廠或大舉併購綠能專案。在美國愈來愈多超大規模雲端供應商為了取得穩定供電，已開始考慮自建發電和儲能系統。
- 為因應AI資料中心帶來的龐大電力需求，美國正全面展開電網擴張與現代化工程。在聯邦與州政府計畫的支持下，美國公用事業正積極導入先進讀表基礎建設 (AMI)、AI分析系統、電池儲能系統 (BESS) 以及分散式能源管理系統 (DERMS)。
- 因應 AI 資料中心及電子業大型用戶用電需求增加，經濟部於8/24日表示，《能源管理法》部分條文修正案已三讀通過，未來新設或增設達規定容量的能源大用戶，須設置自用發電或儲能設備，強化企業能源自給能力，降低對公共電網的負荷及依賴。



AI電力基金涵蓋發電、電網、儲能與終端設備，接近完整的電力生態系

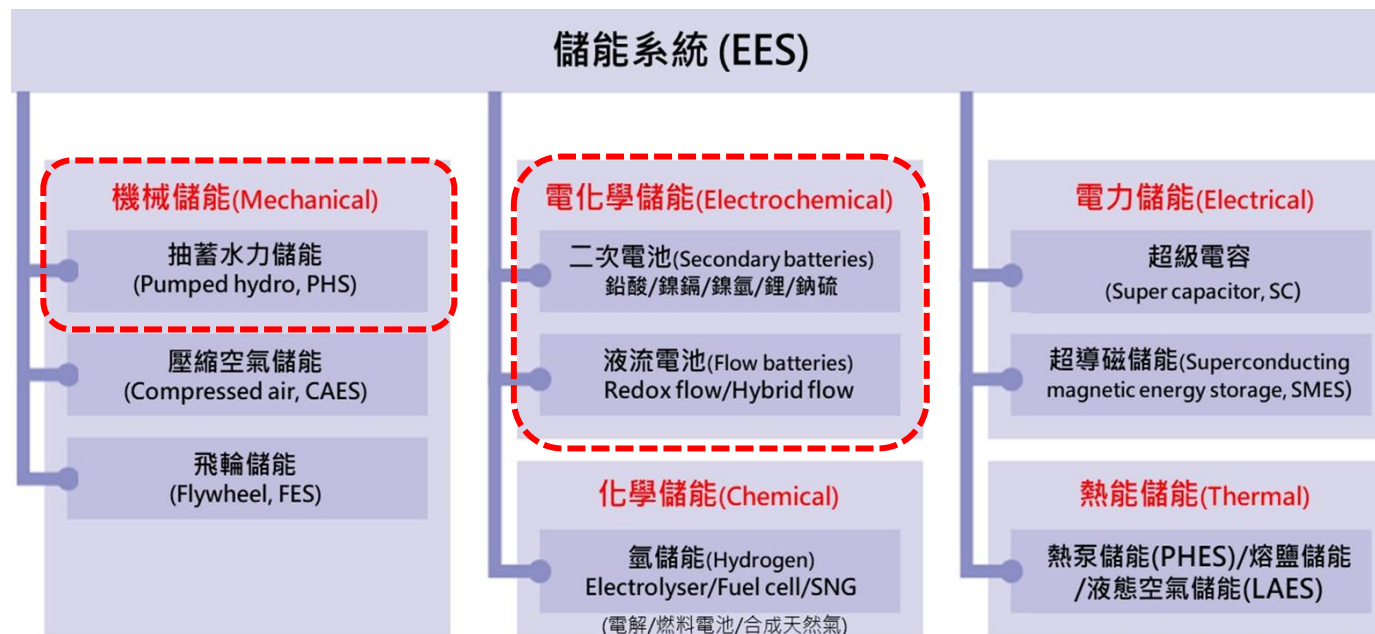
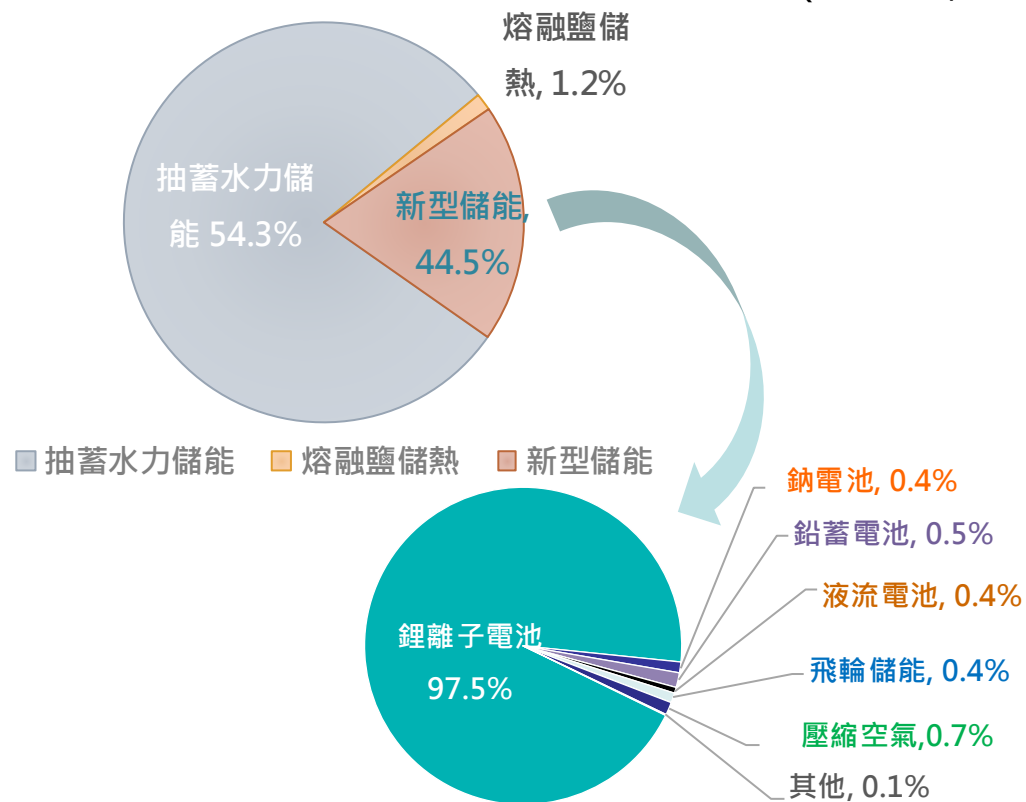
國際電動車電池市場需求

- 全球電動車電池市場規模估計為2024年613.1億美元，到2030年，全球電動車（EV）市場將迎來爆發性成長。國際能源總署（IEA）預測，全球新車市場中電動車的佔比將達到35%至40%；整體產值預計在2025至2030年間成長至5,214億美元，屆時全球電動車總數將突破 2 億台。
- 其中以鋰離子電池應用於電動車市場，在2024年佔比最大達67.4%，預估至2030年市場需求達美金1.98億。其他(固態電池、鎳氫化物、鈉離子電池)市場預計在預測期內將以顯著的年複合成長率成長。



儲能技術分類

- 至2024年底，全球已投運之電力儲能**累計裝置規模達372GW**，**年增長率達28.6%**，抽蓄水力累計裝機占比低於60%。
- 新型儲能技術，累計**裝機量達165.4 GW**，首次突破百GW。
- 全球電力儲能市場累計裝機規模(MW%, 2019~2024)



https://www.moea.gov.tw/MNS/doit/industrytech/IndustryTech.aspx?menu_id=13545&it_id=234

儲能技術/水力儲能

- 目前PHS為應用最廣泛之大型儲能系統，利用**不同海拔之水庫池**，搭配水渦輪機進行發電，離峰時利用水幫浦將水由低處抽至高水庫池，用電高峰時，利用**勢能轉換為電能**，**效率約71~85%**，**可供電1~24小時**。
- **臺灣抽蓄水力開發現況**：現階段台電有兩案將進入開發階段
 1. **大甲溪光明抽蓄水力發電計畫**：2024年6月7日辦理二階環評，期望於年底通過環評、**2034年商轉**，**裝置容量達368MW**。
 2. **石門抽蓄水力發電計畫**：2023年通過一階環評後即動工，**2032年商轉**，**總裝置容量約47MW以下**。



我國抽蓄水電
可應付第二類儲能
•大觀 1GW
•明潭 1.6 GW

<https://e-info.org.tw/node/235604>

儲能技術/空氣壓縮儲能系統

- 利用離峰電力將空氣壓縮灌入人造地下高壓空氣儲存槽(典型壓力約4-8 MPa)。
- 負載處於尖峰時，系統釋放高壓空氣，與燃料（一般為天然氣）混合燃燒產生蒸氣推動發電機發電。高壓空氣可節省約一般天然氣發電用量的三分之二，大幅降低發電成本。

空氣壓縮儲能系統(中儲國能)

- 中國中儲國能於山東省肥城利用天然地底鹽洞建置全世界最大之壓縮空氣儲能（CAES）系統。
- 容量為300 MW/1,800 MWh，占地約10萬m³，地下鹽洞井達1,000m，儲氣量≥50萬m³，耗資約2億美元，整體效率達72%。根據中儲國能資料顯示，可供6小時電力，20~30 萬家庭尖峰時段之電力需求。



液態空氣壓縮儲能(Highview Power公司)

- 2022年於英國曼徹斯特建造50MW/250MWh液態空氣儲能系統，耗資約台幣31億元，壽命約30至40年。
- 將空氣加壓至20大氣壓、冷卻至攝氏零下196度以下，將空氣以液態型態採低壓絕熱罐儲存。有需求時液態空氣汽化後，進行加壓、加熱膨脹氣體推動渦輪機發電。
- 液態空氣儲能轉換效率（不含BOP）約60%~70%，結合廢熱/冷回收利用可提升至80%。



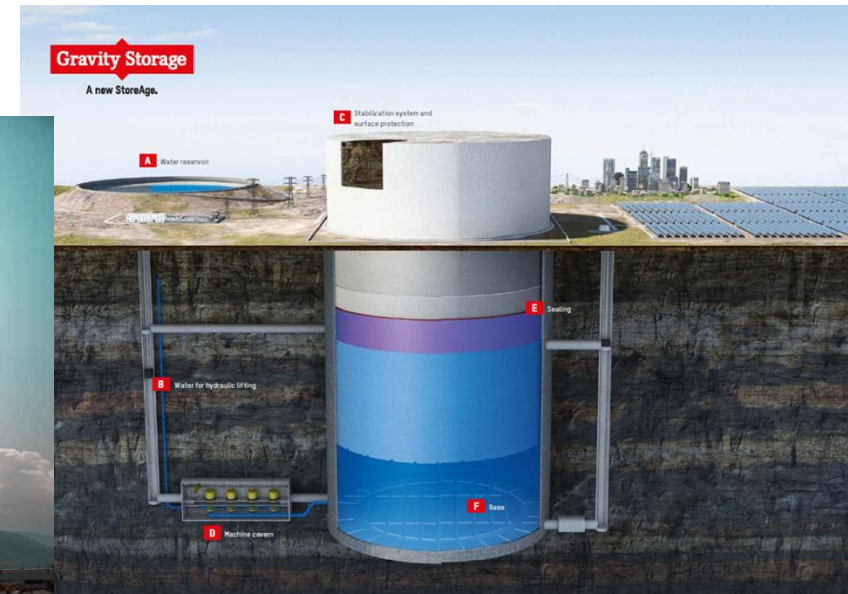
<https://highviewpower.com/>

儲能技術/機械儲能

■ 水泥重力儲能

- Energy Vault (瑞士)
 - 5MW /10-35MWh(2到7小時)
 - 宣稱壽命30-40年、700萬-800萬美元
- ✓ 利用重力位能轉換為電力，不須用到化學材料，不會有電量衰退、後續電池回收問題。
- ✓ 利用到地型高低落差，目前國外有透過既有的廢棄礦井進行，亦有另行興建儲能高塔。
- ✓ 需建置於無颱風及地震之區域及如何有效的連續讓水泥塊落下進行發電。

電量消耗過程，最左方為電量全滿，最右方代表電量所剩無幾

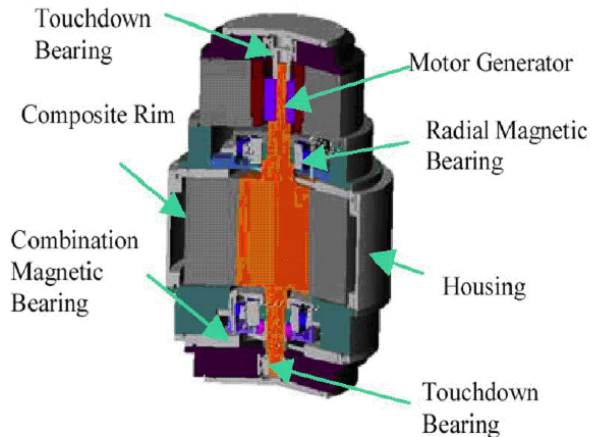


Ref: <https://gravity-storage.com/>

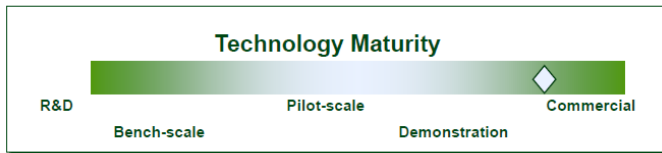


儲能技術/飛輪

- 美國Beacon具備20MW示範作為電網調頻用途



Cross-Section Of A Flywheel Module
(Courtesy NASA Glenn Research Center)



Description
• Flywheels store energy mechanically (kinetic)
• High cycle life (100,000+ cycles) ideal for frequent charge/discharge of power.
• Power and energy scale independently, but there are practical limit to energy density: • Higher Moment of Inertia Materials • Low Cost Structures
• Commercial plants are on-line providing frequency regulation: 3MW in Massachusetts, 20MW planned in New York and Illinois

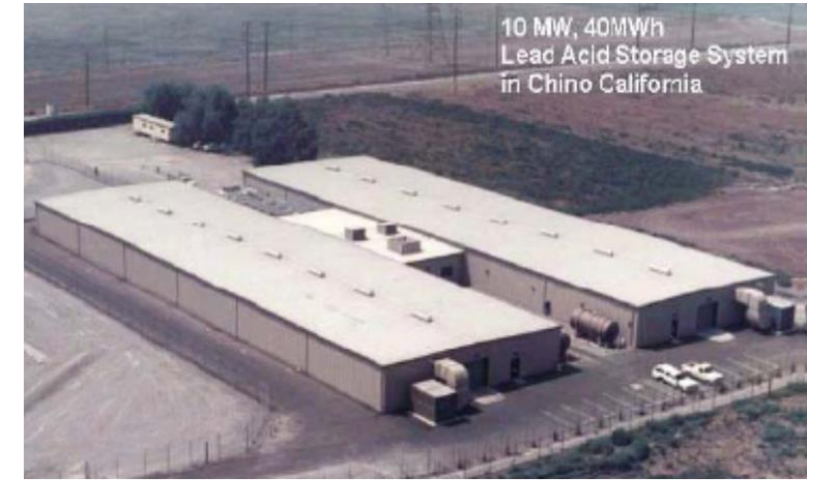


Source: I. Gyuk, Grid-scale energy storage, ARPA-E Pre-summit workshop, March 1, 2010

儲能技術/鉛酸及鎳鎘電池



- Description**
- Oldest and most developed battery technology
 - Energy management applications have been installed (California, Hawaii, Puerto Rico, and Germany) with power from 3 to 10 MW
 - Highly-sensitive to operating temperature and charge profiles; corrosion, sulfation, and active material shedding as traditional issues
 - New Areas in 200 Year Old Technology:
 - Innovative Lead-carbon Electrodes
 - Advanced Power Conditioning Systems



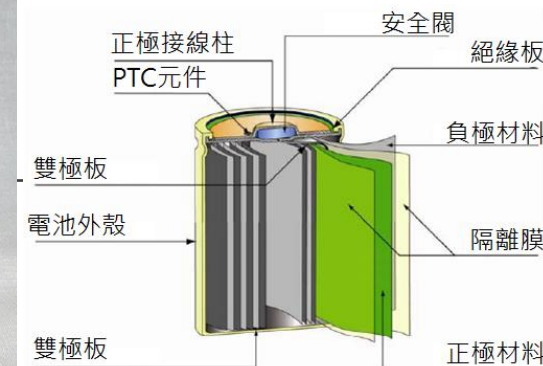
10 MW/40 MWh in Chino, California



40 MW in Fairbanks, Alaska

鋰電池技術

- 原理:充電時，電池的正極生成鋰離子，鋰離子經過電解液到負極，放電時，嵌在負極碳層中的離子脫出，回到正極
- 鋰電池依正極材料不同，分為鋰鈷氧化物(LiCoO_2)/LTO、磷酸鋰鐵(LiFePO_4)/LFP、鎳鈷錳酸鋰($\text{Li}(\text{NiCoMn})\text{O}_2$)/NCM。
- 優點：(1)電壓高(高達3.9V)，是傳統乾電池的2倍；(2)能量密度高，適用於攜帶電子產品或電動車；(3)適用溫度範圍廣(-40~70℃)

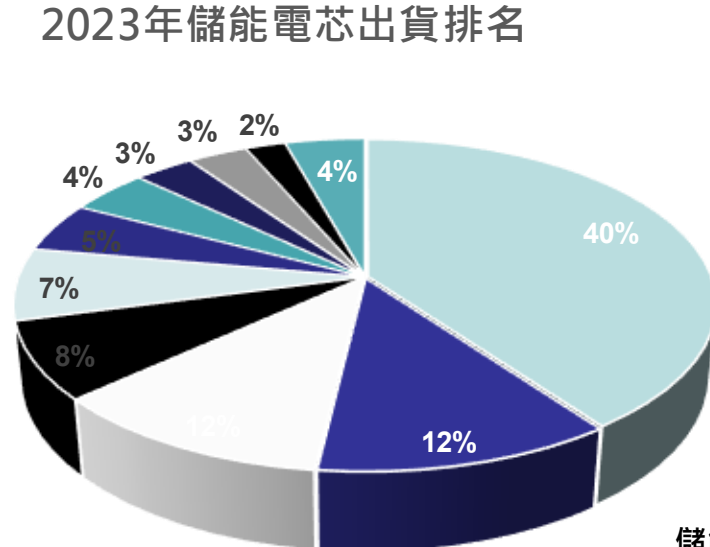


資料來源: 科學發展, 2019年2月

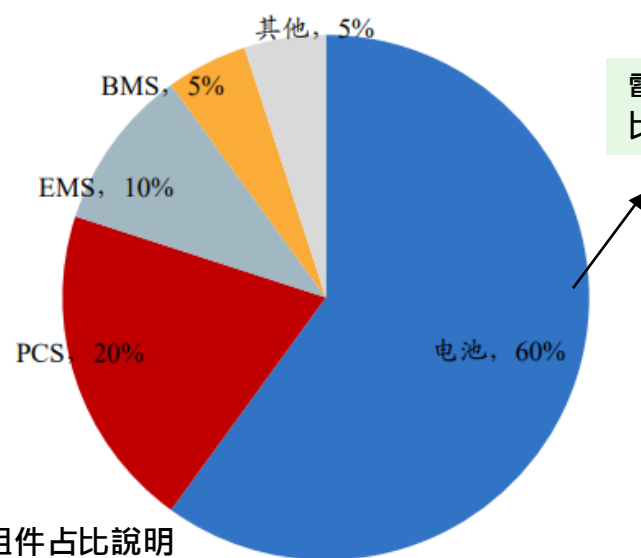
- 2024 年電芯總出貨量 (包含動力與儲能) 接近 1.3 TWh (1299 GWh)。Top 5 企業為寧德時代出貨超 491GWh 穩坐龍頭外，位居二、三名的比亞迪(192GWh)、LG新能源(128 GWh)，位居四、五的億緯鋰能(68GWh)和中創新航 (CALB)。

2023年儲能電芯出貨排名

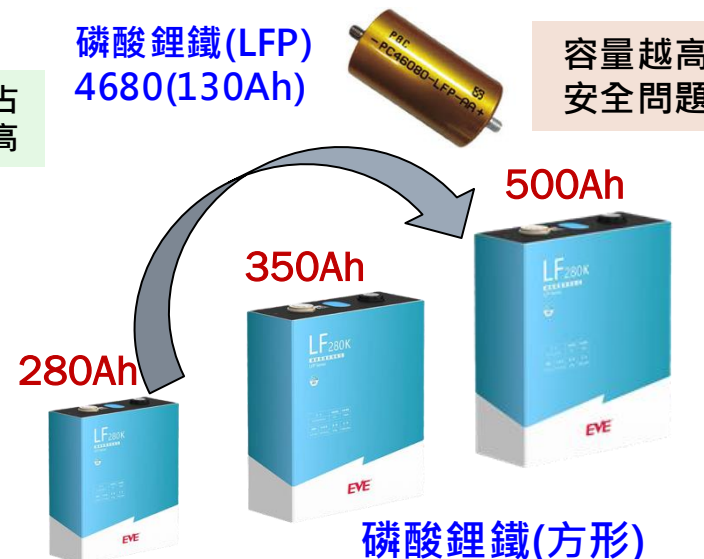
- 寧德時代
- 比亞迪
- 億緯鋰能
- 瑞浦蘭鈞
- 海辰
- 三星SDI
- LG
- 鵬輝能源
- 國軒高科
- 中創新航
- 其他



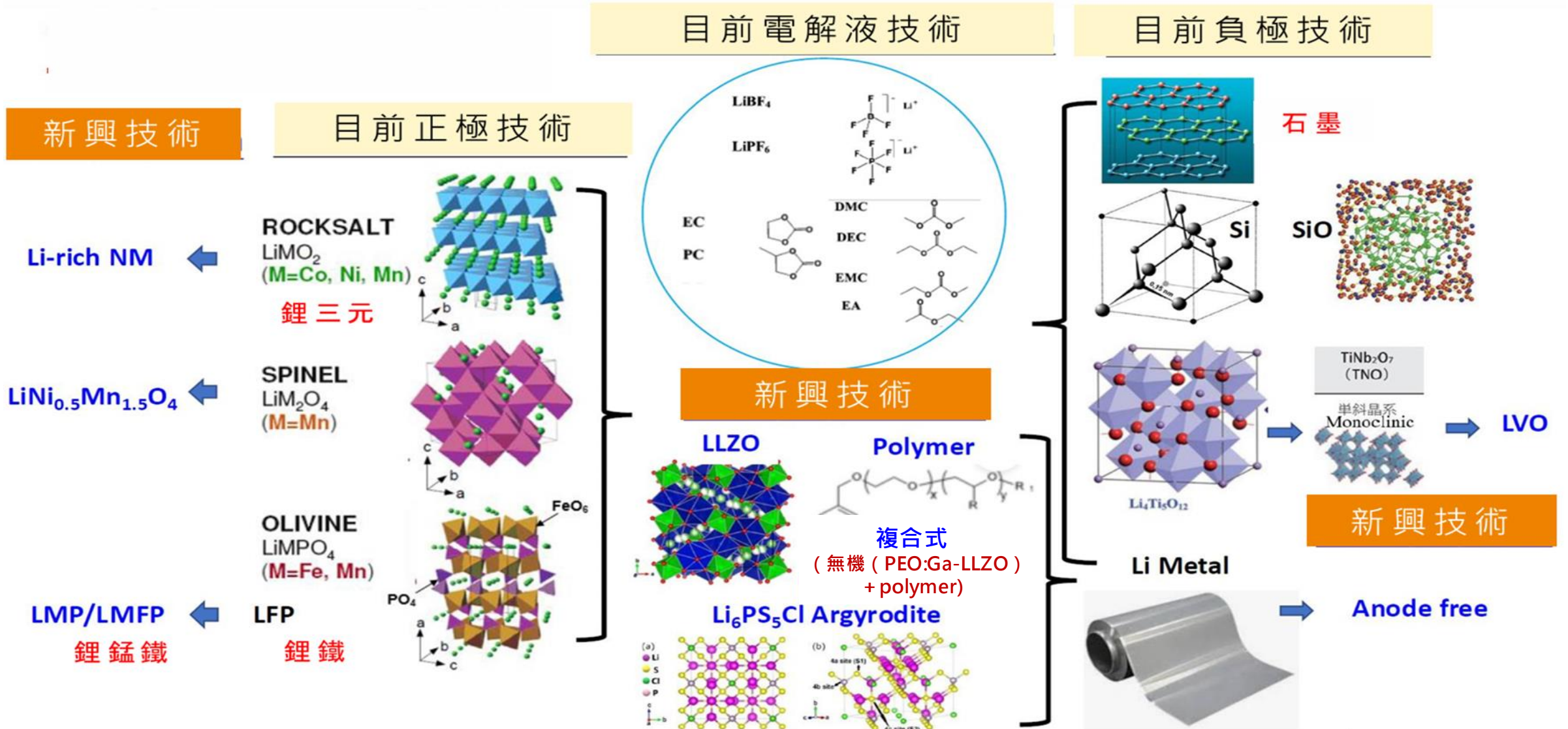
儲能系統各組件占比說明



電池占比最高



鋰電池技術發展



鋰電池

	NCA 鎳鈷鋁酸三元鋰	NCM/NMC 鎳鈷錳酸三元鋰	LFP 磷酸鐵鋰電池	LTO 鈦酸鋰
正極	$\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$	$\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$	LiFePO_4	LiMn_2O_4 (負)
額定電壓	3.6~3.7V	3.6~3.7V	3.2~3.3V	1.5V
特色	能量密度高	能量密度高	耐溫性好 (高溫)	壽命比較長
用途	動力用	動力用	動力用	高充放電C數
供應商	Panasonic, Samsung SDI	LG Chem, Samsung SDI	A123, BYD, CATL, Saft	Toshiba, 格斯



松下18650
3.35Ah



昇陽磷酸鐵鋰
15~20Ah



CATL 磷酸鐵鋰
50~314Ah



三星鋰三元
60~145Ah



有量鋰三元
11.7~54Ah



25 Ah

固態電解質種類及優缺點與改質技術

電解質體系	主要代表材料	優點 (Advantages)	缺點與主要失效機制	關鍵改質與界面解決方案
氧化物型 (Oxide-type)	NASICON型 ($\text{Na}_3\text{Zr}_2\text{Si}_2\text{PO}_{12}$) ; 石榴石型 (如 LLZO)	1. 化學與空氣環境穩定性極佳 (如 LAGP) 2. 熱穩定性高且具備優異的理論離子導電率 (如 LLZO)。 3. 機械強度與硬度高。	1. 界面阻抗極大：材料硬度高易碎裂，與電極微觀接觸差，阻礙離子遷移。 2. 鋰枝晶穿刺與副反應。 3. LAGP之 Ge^{4+} 易被鋰還原成低價態離子或金屬 Ge，提高電子導電率並加速界面劣化與結構碎裂。 4. LLZO 與鋰金屬濕潤性差。	1. LAGP 改質：塗覆柔性聚合物或塑料晶體電解質，阻絕直接接觸。 2. LLZO 改質：元素摻雜 (如 Al、Ga) 穩定立方相；ALD 表面修飾；利用吉布斯自由能與鋰自發反應合金化 (如 Au、Pt、C、Zn)；導入 GaN (氮化鎵) 原位反應生成 Li_3N 與 LiGa 合金，可使界面阻抗驟降 28 倍。
硫化物型 (Sulfide-type)	$\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ 、LGPS	1. 離子導電率極高 (高達 0.01 S/cm)，可媲美傳統液態電解液。 2. 固-固接觸緊密：具備優異的彈性與可加工塑性，可透過簡單的輾壓製程與電極緊密貼合。	1. 環境極度敏感與化學毒性：對水氣與濕度極敏感，易水解釋放有毒的氫硫酸 (H_2S) 氣體。 2. 材料本體微觀機械強度仍不足。	1. 複合化設計：添加微量聚合物黏結劑 (如 PVDF、NBR) 製備柔性電解質薄膜，提升加工韌性並緩衝循環時的體積膨脹。
聚合物型 (Polymer-type)	SPE (如 PEO+鋰鹽)、PCE (如丁二腈基塑料晶體電解質)	1. 柔韌性與力學彈性極佳，可藉由溶液鑄膜或擠壓成型，高度相容卷繞 (Roll-to-Roll) 製程。 2. 安全性能高且具備結構支撐特性。	1. 室溫離子導電率普遍偏低 2. PEO：必須在 $60^\circ\text{C}\sim 80^\circ\text{C}$ 的高溫環境下運行才具備實用的導電率。 3. 丁二腈 (SN)：機械強度差，且易被鋰金屬催化引起腈聚合等副反應。	1. 無機填料改質：在 PEO 基質中引入無機陶瓷填料 2. 共混：如 PCE (SN-LiTFSI:PEO:FEC = 88:5:7 重量比)，藉由 FEC 提高對鋰穩定性，並利用 PEO 高分子提升整體機械性能。
複合式 (CSE) (Composite)	聚合物基質 + 無機填料 (如 PEO:Ga-LLZO)	1. 結合聚合物提高無機陶瓷的高電導度，在性能、強度與製程相容性間取得平衡。 2. 結晶度調控可降低結晶度、增加非晶態比例，建構出連續三維快速傳導通道。 3. 相交界面形成約 3 nm 的空間電荷區，重組鋰離子並顯著降低遷移活化能。 4. 能有效緩衝充放電體積膨脹，避免物理脫層。		

固態鋰電池

- 固態鋰電池**高能量、高安全優勢**，被視為鋰電池下一代技術。預計**2030 年**需求達 **56.3GWh**。
- 國際大廠：**Toyota**、**Solid Power**、**quantum Scape**等，紛紛釋出**研發及試量產規劃**，目標能量密度**>300 Wh/kg**。
- 臺灣業者：僅**輝能科技**已完成原型品開發及有量產驗證基地。其餘如**芯量科技**等處於**實驗室研發階段**。
- 大陸廣汽集團已建成首條大容量全固態電池產線，目前正在小量測試生產，計劃2026年可以進行小批量的裝車實驗，2027年到2030年逐步地進行批量生產，顯示全固態電池面世腳步越來越近。

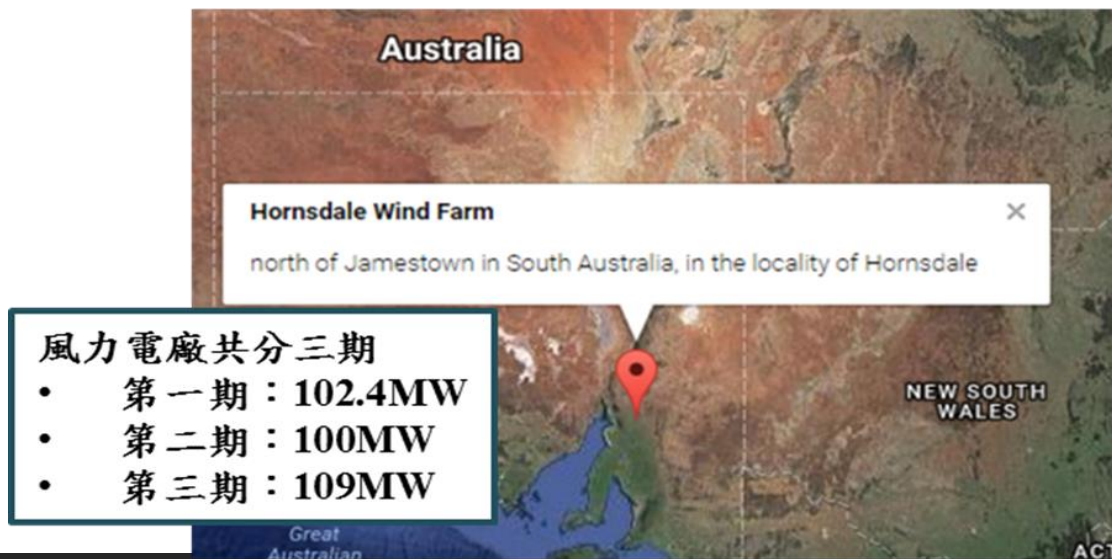
	 TOYOTA	 Solid Power	 ProLogium	 Quantum Scape	 solid energy
主要關鍵問題解方-負極材料/鋰枝晶問題	矽負極為主，下一步導入鋰金屬	宣稱已有解方與專利	矽負極為主，下一步導入鋰金屬	宣稱已有解方與專利	鋰金屬為主，表面進行塗層抑制
製程成熟度	★★★★ (已有試量產線)	★★★★ (已有試量產線) 22層/2Ah樣品&20Ah樣品	★★★★ (已有試量產線)	★ (2022公告24層技術)	★★★★ (已有試量產線)
建廠時間規劃	2025年 (與Panasonic合作)	2025年	2023年	2022年試量產線 2024年GWh等級規模	2025年1GWh產能建置
量產/上車規劃	2021年東奧期間發表原型車	已交由BMW測試	3GWh量產規劃	已交由VW測試	已交由GM測試
大廠投資/導入意向	Panasonic合作	Ford、BMW	Daimler、蔚來、越南Vin Group	VW	GM、鴻海(富士康)

國際指標大廠固態電池技術

國際大廠	電解質體系與技術路線	正極與界面改質策略 (Catholyte)	負極設計與界面改質 (Anolyte)	關鍵技術特徵與優勢	商業化與量產應用進展
QuantumScape (QS)	氧化物/陶瓷固態電解質體系。	正極內注入固態電解質 (Catholyte)，填補微觀孔隙，提供三維離子傳導路徑	無負極 (Anode-free) 設計，在充電循環中直接於集流體析出金屬鋰。	透過 Catholyte 緩衝正極充放電時的體積脹縮應力，避免顆粒間因物理失聯而導致容量衰減。其陶瓷隔膜具備高抗枝晶穿刺能力。	專注於降低固-固界面阻抗，與福斯汽車 (VW) 開展商業化合作，技術可兼容多種正極材料。
Samsung SDI	硫化物/固態電解質體系。	採用具備硫銀鍍礦結構的 $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ ，均勻分布於高鎳 NMC 正極中作為 Catholyte	採用銀碳納米複合層 (Ag-C Nanocomposite Layer)。	利用 $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ 優異的彈性與加工特性，透過輥壓製程形成緊密的固-固接觸界面；全固態設計可避免電解液在高電壓下氧化分解。	實現全固態的高電壓正極整合，支持高能量密度正極材料長期穩定運行。
24M Technologies	半固態/漿料電極系統。	將活性物質、導電添加劑與電解液直接混合，形成無黏結劑的濃稠「漿料電極」。	負極端同樣採用流動性的漿料電極，使用厚極片製程。	引入專有的 24M Eternal-Lyte™ 系統隔離膜阻隔高活性漿料並防止枝晶穿透，省去繁瑣的塗佈、乾燥與壓延工序，兼顧液態優異浸潤性與高安全性。	透過漿料電極的流動性大幅降低製造過程的資本投資與製程成本。
Blue Solutions	全聚合物/固態電解質體系。	以聚乙二醇 (PEO) 為基礎的聚合物電解質包覆在磷酸鐵鋰 (LFP) 正極顆粒周圍建立連續離子路徑。	採用金屬鋰 (Lithium Metal) 負極。	系統須在高溫 (約 $60^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$) 下運行以展現優異的離子傳導，其 PEO 高化學穩定性可支持金屬鋰的穩定循環，且安全性極高。	已實現大規模商業化應用，主要應用於電動巴士與商用車輛。
衛藍新能源	固液混合技術路徑。	正極端採用「原位固化」技術，在正極複合層引入帶有陰極電解液、固態電解質與鋰鹽聚合物的混合體。	導入高活性正極與高能量負極 (或鋰金屬負極) 。	透過膠態界面層在正極 (如 NMC) 表面形成穩定的正極電解質界面膜 (CEI) 抑制高電壓副反應並大幅降低純固態阻抗過高的瓶頸。	量產產品已成功實際落地應用於蔚來汽車 (NIO) 的 150 kWh 電池系統中。

澳洲：全球最大Tesla鋰電池儲能站

- 南澳洲2016年劇烈暴風雨，連外電網跳脫頓時成為孤島，發生全州大停電，因此政府積極尋求解決方案，提升當地電力系統穩定性與緊急應變能力。
- 2017年11月底完工。Tesla創辦人Elon Musk宣稱百日內辦不到，則免費供應。
- 結合當地 Hornsdale 風場 (311MW) 與 Powerpack 鋰電池 (Samsung SDI生產)，總容量為 100MW/129MWh (全球最大單一蓄電站)
- 實際功能：
 - 提供南澳3.3%的尖峰負載用電。
 - 可平滑/強化Hornsdale風場之電力輸出。
 - 可直接參與能源競價、頻率控制及附加服務市場。



輝能科技-超流體化無機固態鋰陶瓷電池

- 輝能科技成立時間於2006年，原始股東包括軟銀中國與丹豐、春華資本等，近期則取得包括**戴姆勒-賓士集團**、南韓**浦項鋼鐵集團**、越南**VinGroup**集團等投資。
- 輝能科技**2020年開發全球第一款固態鋰陶瓷電池**，宣稱其質量能量密度高達383Wh/kg，體積能量密度為1,025Wh/L，循環可做到500次。2022年3月，宣布與Gogoro 合作，共同打造全球第一顆交換式電動機車固態電池原型，採用固態鋰陶瓷電池設計，其容量相較鋰電池提升140%，增加至2.5kWh。
- 已跨過**實驗室階段**、進入 **GWh 級量產驗證**，正由電動車電池向**儲能**、**AI 資料中心**及其他高安全應用擴張的固態電池公司。
- **2026 年 2 月 10 日**，輝能在**法國敦克爾克**正式舉行 **Gigafactory 動土典禮**，輝能計畫規模將達52億歐元（約新台幣1948億元），預計創造3000個就業機會，間接工作機會更達1萬2000個。輝能 2026 年 7 月又宣布與 **TDAC** 取得**5,000 萬美元領投增資承諾**，顯示公司目前仍在積極籌資與推進全球商業化布局。



- **設廠地點**：桃園**觀音**科學園區
- **生產產品**：軟包型**鋰三元**電池
- **規劃產能**：**3GWh/年**

2022年雙方簽訂**技術合作**協議，共同發展次世代電池技術，規劃將輝能固態電池應用於賓士**電動測試車**。獲得賓士母公司Daimler（戴姆勒）集團**近億歐元**之**投資**，並取得輝能**一席董事**。

2026 年 2 月 10 日，輝能在**法國敦克爾克**正式舉行 **Gigafactory 動土典禮**，目標是在2028年達到第4代電池產能達0.8 GWh（吉瓦時），2030年達到4 GWh，2032年達到12 GWh，並持續擴展至48 GWh。

國內儲能產業鏈

□ 台灣目前現有之儲能產業

1. 我國投入之儲能技術：民間廠商以鉛酸電池、鋰離子電池為主，研發單位(工研院、核研所及中科院)主要開發先進之鈉電池、鈳液流電池、鋰電池、氫氣燃料電池等
2. 電池組(含電芯、模組)及電力轉換器廠商多，部份已具供應國產化零組件能力
3. 系統整合廠商較少，發展時間也較短，相對競爭能力偏低

前瞻電池技術開發

- 工研院 (鈉電池、液流電池、鈳酸鋰電池、燃料電池)
- 核研所 (液流電池、燃料電池)
- 中科院 (汰役車用電池重整再利用)



電池組 (電池芯、模組、電池管理系統)

- 台達電
- 昇陽半導體
- 能元
- 有量
- 蘭陽能源
- 長利
- 廣隆、神戶、湯淺、傑士
- 電池模組/BMS：新普，順達，加百裕，新盛力，群力電能，台達電，達芳電子，銓陽



電力轉換器

- 台達電
- 明緯
- 利佳
- 亞力
- 華城電機
- 光寶
- 康舒
- 東元
- 敦陽
- 致茂



系統整合廠

- 台達電
- 大同
- 中興電工



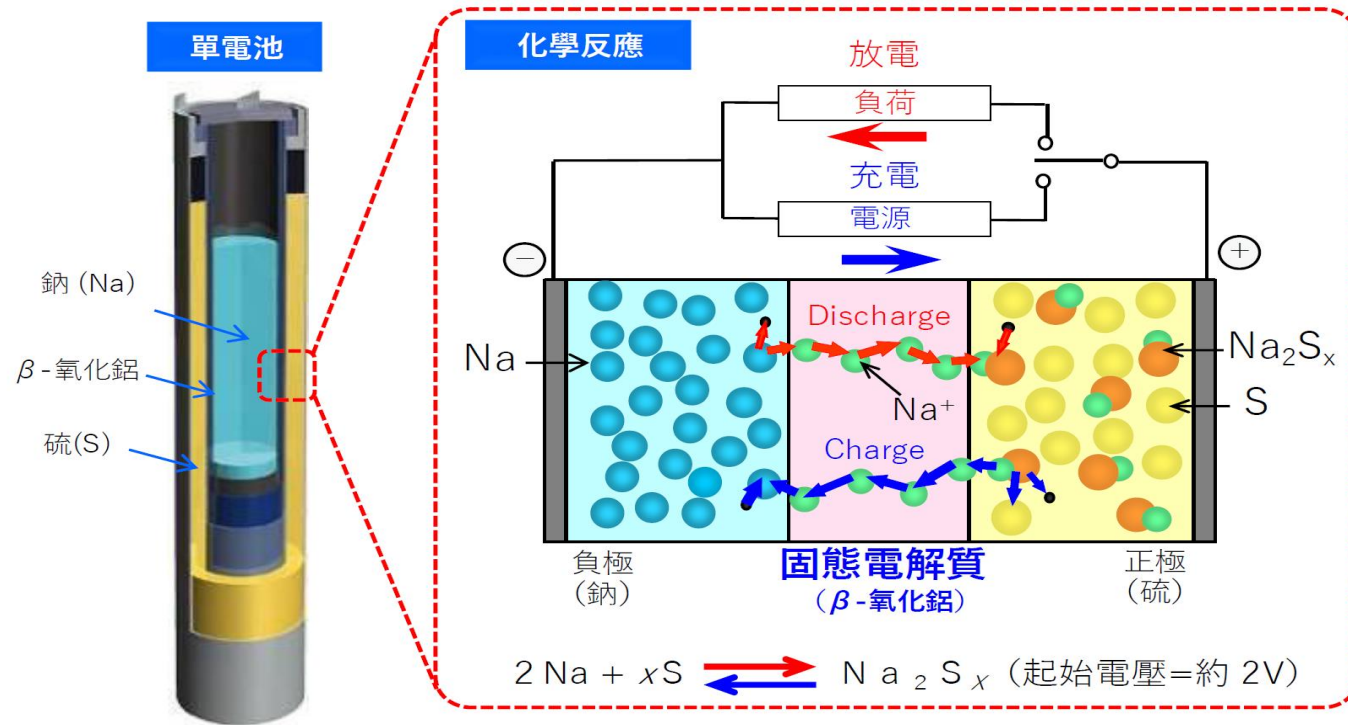
國內電芯廠

編號	廠商	電芯種類	電芯規格(形式/容量/使用材料)	年產能
1	台塑新智能 (彰濱崙尾工業區)	磷酸鋰鐵	電芯形式:方罐型 單電芯容量:67Ah(能量型)、50Ah(功率型) 電芯材料:正極:鋰鐵系材料;負級:石墨	目前:2.3GWh (2025) 未來擴產計畫:5GWh (2027Q2二期)
2	長庚國際 新北市樹林廠(+觀音廠)	磷酸鋰鐵	電芯形式:軟包型 單電芯容量:57Ah 電芯材料:正極:鋰鐵系材料;負級:石墨	目前:0.35GWh (2024年) 未來擴產計畫: 1.5GWh (2027年,長庚觀音廠)
3	能元科技 (台泥/台南南科廠)	鋰三元	電芯形式:圓柱型(21700、18650) 單電芯容量:2.2Ah~6.5Ah(功率型、能量型) 電芯材料:正極:三元系材料;負級:石墨/矽材	1.5GWh
4	三元能源科技(台泥) (高雄小港廠) (202507停工中)	鋰三元	電芯形式:圓柱型(21700、18650) 單電芯容量:2.2Ah~6.5Ah(功率型、能量型) 電芯材料:正極:三元系材料;負級:石墨/矽材	1.8GWh (2023年啟用) (202507停工中)
5	鴻海 (高雄和發工業區)	磷酸鋰鐵	電芯形式:方罐型 單電芯容量:120Ah、230Ah、320Ah、350Ah(功率型、能量型) 電芯材料:正極:鋰鐵系材料;負級:石墨	目前:0.5GWh (2025年3月) 未來擴產計畫:1GWh
6	格斯 (桃園中壢)	鈦酸鋰	電芯形式:軟包型 單電芯容量:25Ah 電芯材料:正極:鋰錳氧化物(LMO)材料;負級:鈦酸鋰(LTO)	目前:0.54GWh (2024年底) 未來擴產計畫: 1.04GWh (2025 Q4)
7	長利科技 (台南永康區)	磷酸鋰鐵	電芯形式:方罐型、圓柱型(40138) 單電芯容量:20Ah(能量型)、50Ah(能量型)、15Ah(功率型) 電芯材料:正極:鋰鐵系材料;負級:石墨	0.12GWh
8	昇陽電池 (苗栗銅鑼)	磷酸鋰鐵	電芯形式:圓柱型(40138、40155) 單電芯容量:10Ah、15Ah、17Ah、20Ah (功率型、能量型) 電芯材料:正極:鋰鐵系材料;負級:石墨	0.35GWh (2025年3月完成遷移銅鑼新總部工廠)

儲能技術/鈉硫電池

□ 原理

- NAS電池為高溫運作型蓄電池、工作溫度約為300~340°C
- 不使用稀有金屬、使用**蘊藏量大的鈉 (Na) 與硫 (S)**
- 關鍵材料為具鈉離子傳導性的固態電解質： β -氧化鋁陶瓷



固態電解質



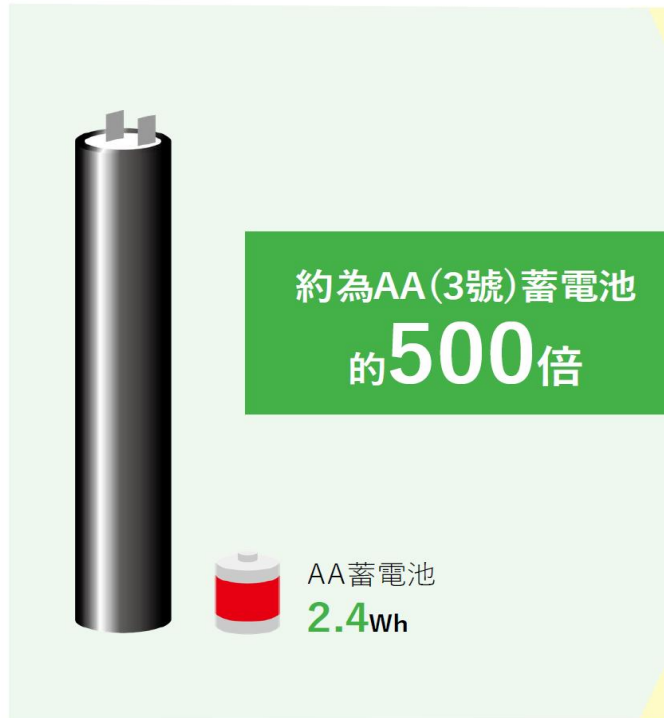
具有鈉離子傳導性
層狀結構多晶燒結體

透過Na離子在 β -氧化鋁陶瓷中的遷移進行充放電

儲能技術/鈉硫電池

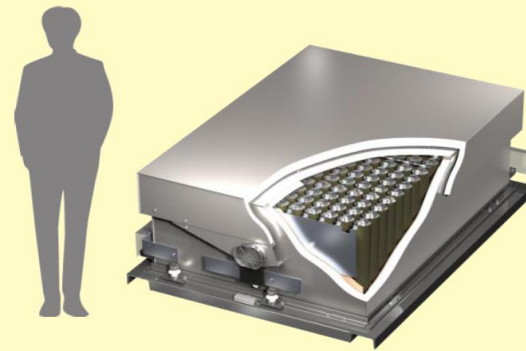
□ 電池結構

單電池



單電池尺寸
直徑90mm × 高540mm

電池模組



單電池：192顆
輸出功率：33kw/個
長2m × 寬1.5m × 高0.8m

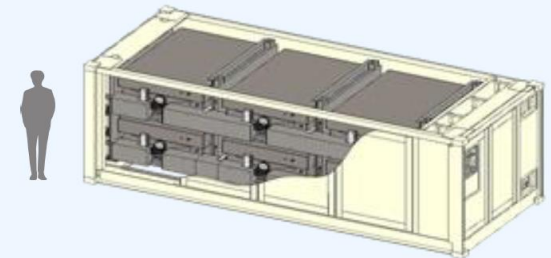
電池貨櫃

電池容量**1450kWh**(初期)

可供**145**
家戶一天使用



家戶每天使用電量約10kWh



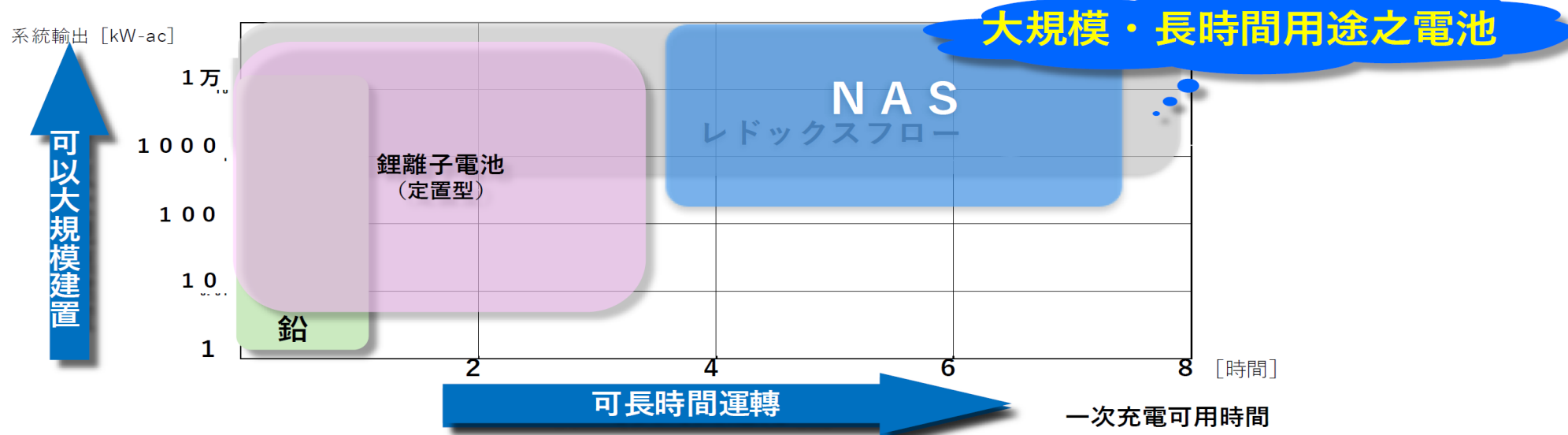
電池模組：6個
輸出功率：200kw/貨櫃
長6m × 寬2.5m × 高2.6m

儲能技術/鈉硫電池

□ Na-S電池特性

- 於 1980 年代與東京電力公司共同開發，並於 2002 年商業化
- 具備大規模・長時間蓄電優勢，且可以雙層堆疊的儲能系統。

大容量	✓ 長時間運轉（約6小時容量） ✓ 適合多種用途（多功能應用） ✓ 低成本（以kWh計算）	可靠性	✓ 720MW / 5000MWh 的出貨實績 ✓ 超過20年的運轉實績（2002年~）
長壽命	✓ 20年 或 7,300次充放電循環週期 ✓ 因深度放電引起的老化少（DOD 0~100%充放電效能幾乎無下降）	耐用性	✓ 可裝置在嚴苛溫度的環境 ✓ 高耐候性（無須空調、建物） ※鋰電池需要空調管理



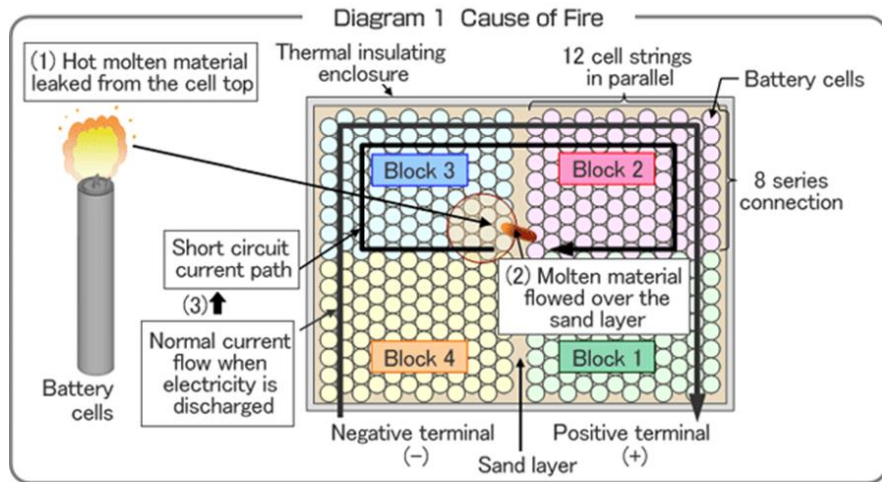
儲能技術/鈉硫電池

□ 優點

- ✓ MW級，可提供數小時的儲能，用於再生能源和微電網整合。
- ✓ 壽命高達15 years (4500 to 90% or 2500 to 100% DOD cycles)。
- ✓ 高能量效率(~85%)。

□ 缺點

- ✓ 安全性較差。
- ✓ 高溫運行，工作溫度在300-350°C之間，電池工作時需要額外加熱保溫。



2011年9月21日，設置於三菱材料築波製作所內的NaS電池起火引發火災，直到同年10月5日才被撲滅。



Na-S儲能國際示範場域(2023年底)

- ✓ NAS電池能有效地將再生能源系統引入原有的供電網，使供電品質穩定。
- ✓ NAS電池在供電網裡扮演重要的角色，能讓每個發電系統正常運轉並增加能源的安全性 (無地點和時間限制)。

✓ 全球最大案場：日本經產省50MW/300MWh九州電力公司

全球總蓄電量約680MW/4,800MWh



■ 從2008年8月1日起運行的 NAS電池34MW，用於調節夜間風場。

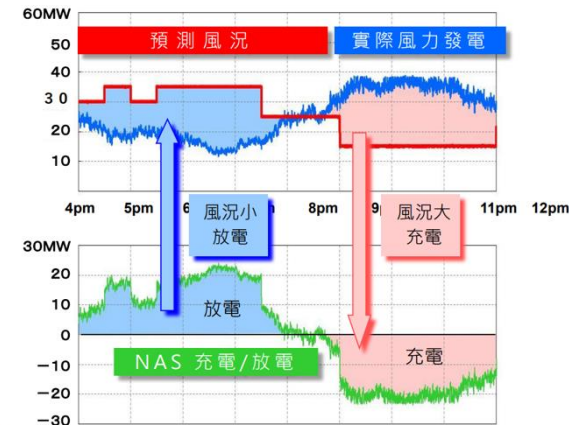
Futamata 風力發電站
51MW (1.5MW 風力發電機 X 34)



34MW (224MWh)
NAS電池系統

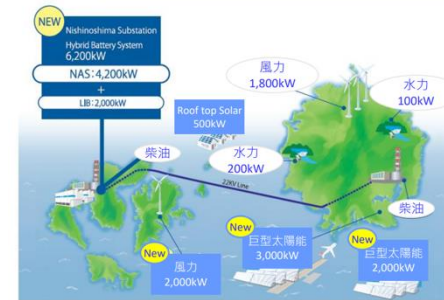


每個電池單元2MW / 17個電池組

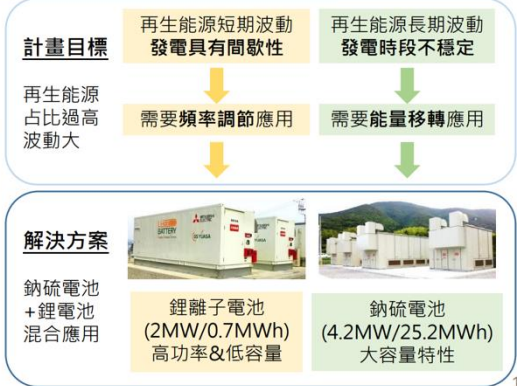


■ 混合儲能系統NAS電池與鋰電池搭配8MW的再生能源使用能各司其職，有效降低太陽能發電及風力發電所引起的波動。

有效節省
建置成本



計畫時間：2015年九月起
位置：島根半島北邊50km
面積：346km²
人口：25,000人



Na-S電池儲能示範案場

- 一. 全球最大案場：日本經產省示範計畫 50MW/300MWh於九州電力公司。
- 二. 台灣案場：台電於金門夏興電廠完成一套1.8MW/10.8MWh電池設備。

■ 金門夏興電廠完成一套1.8MW/10.8MWh (6小時)

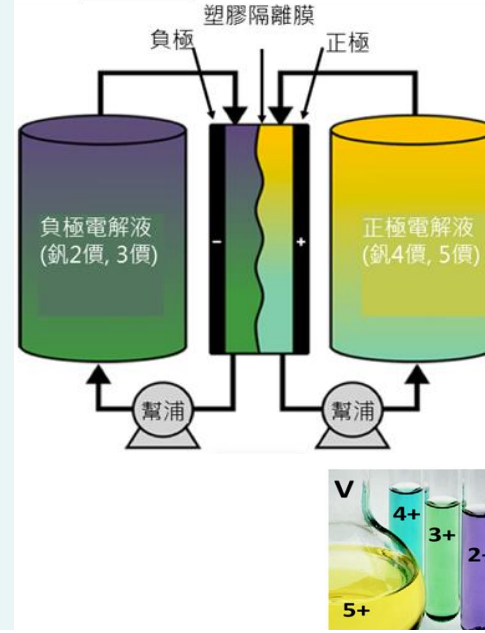
- 現有4MW風機，冬季17MW負載時，再生能源佔比20%以上。
- 電網衝擊導致低頻卸載，台電評估建置2 MW 儲能，可避免限電。
- 2020年台電完成兩座儲能設備：鋰電池2MW/1MWh (30分鐘放電)、鈉硫電池1.8MW/10.8MWh (6小時放電)



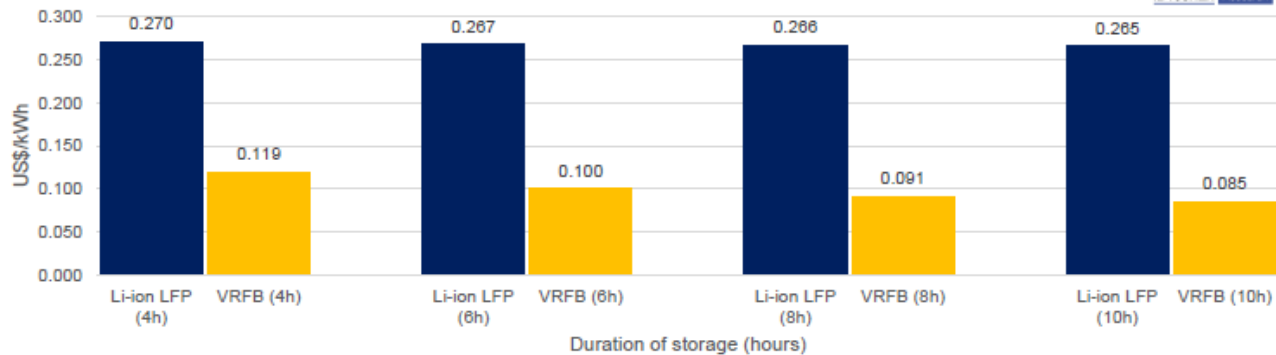
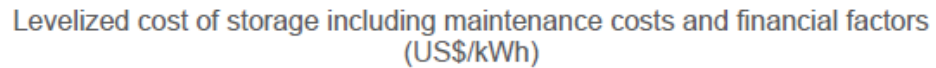
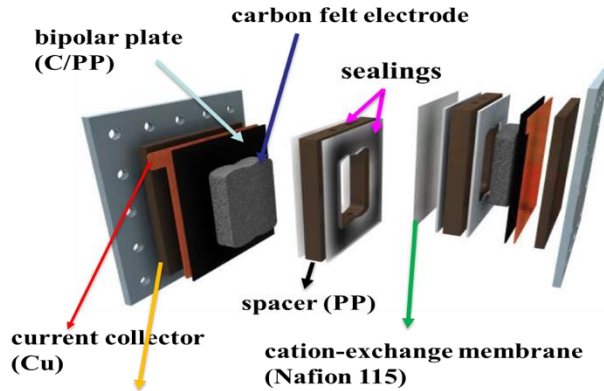
日本經產省-50MW/300MWh

儲能技術/液流電池

- 全鈇液流電池儲能系統包含：能源智慧管理系統、電池系統、電力轉換系統、電解質及循環系統等。
- 透過鈇本身四種價態(正極: V^{+5} , V^{+4} , 負極: V^{+3} , V^{+2})轉換，於硫酸水溶液進行氧化還原反應，達到充放電功能
- 高安全性(水性電解液)、環保(使用回收觸媒製作電解液及長壽命(電解液不會參與反應)，儲能功率與容量可彈性調配，**適合應用於長時間儲能**，譬如削峰填谷或能量調度。
- 正負極使用相同水系電解質，具有高安全與長壽命之特性。
- 國際領導廠商包含日本住友電工、英國Invinity、韓國H2及大陸融科。依據IDTechEx報導指出以VRB四小時以上之LCOS約為USD 0.085-0.119/kWh(鋰電池~USD 0.27/kWh)。



■ 電堆結構



																		13	14	15	16	17	18																										
																		3A	4A	5A	6A	7A	8A																										
																		B	C	N	O	F	Ne																										
																		13Al	14Si	15P	16S	17Cl	18Ar																										
																		39K	40Ca	41Sc	42Ti	43V	44Cr	45Mn	46Fe	47Co	48Ni	49Cu	50Zn	51Ga	52Ge	53As	54Se	55Br	56Kr														
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		55Cs	56Ba	57La	58Ce	59Pr	60Nd	61Pm	62Sm	63Eu	64Gd	65Tb	66Dy	67Ho	68Er	69Tm	70Yb	71Lu	72Hf	73Ta	74W	75Re	76Os	77Ir	78Pt	79Au	80Hg	81Tl	82Pb	83Bi	84Po	85At	86Rn
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb	92Mo	93Tc	94Ru	95Rh	96Pd	97Ag	98Pt	99Au	100Hg	101Tl	102Pb	103Bi	104Po	105At	106Rn												
																		87Rb	88Sr	89Y	90Zr	91Nb																											

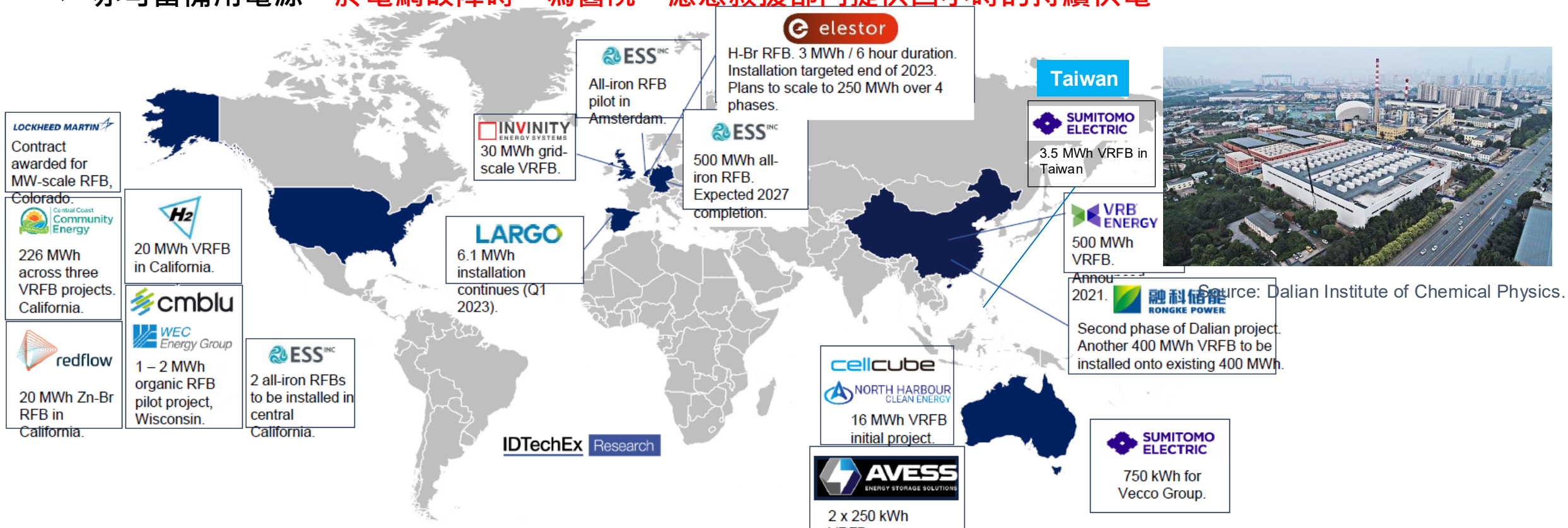
argon					Ar							
potassium			-1	K	+1							
calcium				Ca	+1	+2						
scandium				Sc	+1	+2	+3					
titanium			-1	Ti	+1	+2	+3	+4				
vanadium			-1	V	+1	+2	+3	+4	+5			
chromium		-2	-1	Cr	+1	+2	+3	+4	+5	+6		
manganese	-3	-2	-1	Mn	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	
iron		-2	-1	Fe	+1	+2	+3	+4	+5	+6		
cobalt			-1	Co	+1	+2	+3	+4	+5			
Nickel				Ni	+1	+2	+3	+4				
Copper				Cu	+1	+2	+3	+4				
Zinc				Zn	+1	+2						

Source:

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_oxidation_states_of_the_elements

液流電池國際示範場域(2023)

- 全球 RFB所有項目累計**設置量約 2 GWh**，比 2022 年底現有累計增加 240%
- 大連融科電力於大連設置100 MW / 400 MWh 系統，**為全球最大的 RFB案場**
 - ✓ 利用消峰填谷特性提高電網調峰能力，擴大對再生能源吸納容量
 - ✓ 可全黑啟動，提供給發電機組，幫助電網恢復，保障電網安全性與穩定性
 - ✓ 亦可當備用電源，**於電網故障時，為醫院、應急救援部門提供四小時的持續供電**



全鈳液流電池國際指標性案場

- **英國牛津市與鋰離子電池的互補混合應用示範計畫：**
 - 為 **全球最大的鋰鈳混合電池儲能系統** 測試場域，其儲能容量55MWh（48MW/50MWh鋰離子電池/ 2MW/5MWh鈳液流電池）。
 - 期望藉由創新的混合電池系統提供商業和電網輔助服務市場的多功能性服務，**透過能源交易讓牛津市加速實現零碳城市的目標。**
- **全球最大鈳液流電池儲能-大連液流電池儲能調峰電站：**
 - 大連液流電池儲能調峰電站位于大連市沙河口區，建築面積7.13萬平方米。採用多層佈置：一樓布置電解液罐，二樓布置電池電堆，**現已完成100MW/400MWh布建。**
 - 利用消峰填谷特性提高電網調峰能力，擴大對再生能源的吸納容量，於特殊條件下，**利用黑啟動，提供給發電機組，幫助電網恢復**，保障電網安全性與穩定性。亦可當備用電源，**於電網故障時，為醫院、應急救援部門提供四小時的持續供電。**
- **日本北海道南早來變電站之液流電池：**
 - 由北海道電力和住友電工共同開發進行示範驗證：15 MW/60 MW與17MW/51MWh。
 - **進行大型儲能系統性能評估、系統效率評估等；開發將儲能電池作為電源的頻率波動抑制控制方法的頻率調整用電源：與既有之火力發電和水力發電處理的頻率調節功能與大型儲電系統結合，驗證其對頻率調節能力的影響。**



全鈦液流電池國內設置狀況

■ 台灣設置案例：

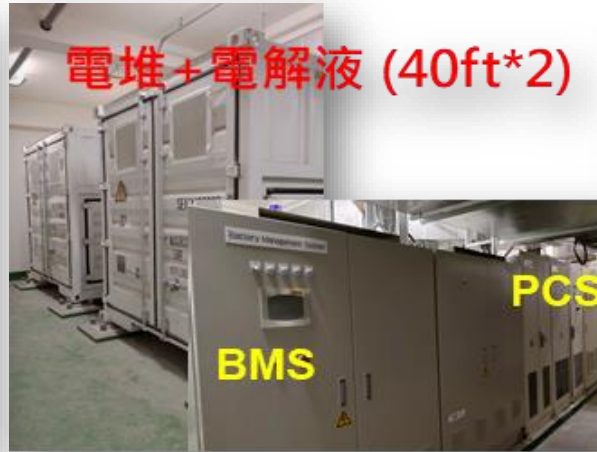
- (1) 中油台南前鋒加油站20kW/100kWh (工研院/2019/地下室)
- (2) 科技部於台南一期250kW/750kWh (住友/2019/室內)
- (3) 科技部於台南二期390kW/1100kWh (Invinity /建置中/室內)
- (4) 工研院沙崙智慧科學城40kW/200kWh(工研院/2020/室內)
- (5) 高雄家樂福78 kW/220 kWh (Invinity/2021)
- (6) 工研院六甲院區 1000kW/2000kWh (2024/10)



工研院/六甲(2024.10完工)



中油/台南前鋒加油站



科技部/台南



高雄家樂福



工研院/沙崙

主流儲能技術比較

一. 鋰電池系統：主流技術(>13GW)，但有資源(鈷、鎳、鋰)和安全疑慮

二. 液流電池系統：使用水溶液電解液最安全，但須持續降低成本

三. 鈉硫電池系統：不用稀少金屬，為全球獨家技術(日本NGK)，中溫操作仍有安全問題

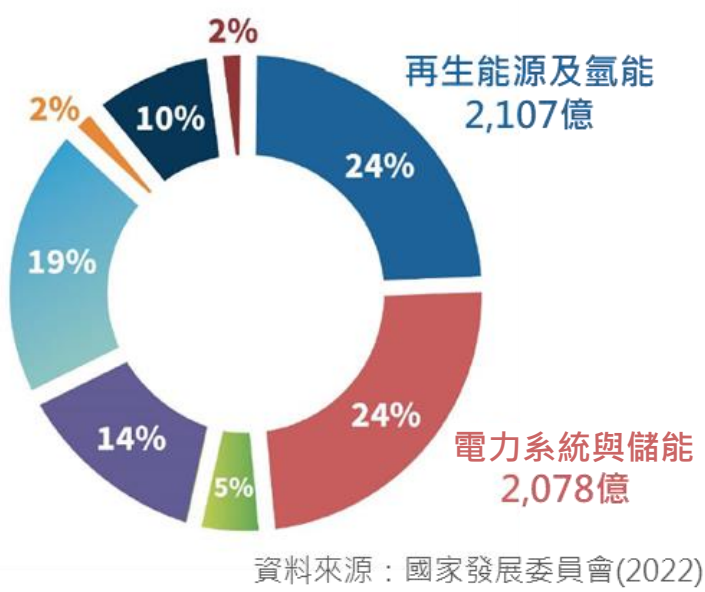
電池技術	鋰電池系統	液流電池系統	鈉硫電池系統
技術成熟度TRL	9-10	9-10	9-10
優點	1.充放電效率高 2.供應鏈完整、設置 成本低	1.最安全 (使用水溶液) 2.充放電循環壽命長	1.無使用稀土金屬 2.設置成本中等
缺點	1.具有安全疑慮 2.鋰、鈷、鎳資源取得不易	1.鈳資源取得不易 2.設置成本高於鋰電池近45-70%	1.具有安全疑慮 (鈉金屬易燃) 2.日本獨家供應，來源受限
台灣發展理由	1.已具備系統供應能量，布建快速。 2.帶動關鍵組件供應。	1.鈳來自中油、台塑廢觸媒回收再利用，具發展利基。 2.安全性高，降低設置風險。	國內無產學研經驗及布局，建議產品直接引進。 (備註: 美國DOE及PNNL國家實驗室，並不預測鈉硫電池成本趨勢)
台灣既有系統 (政府)	台電自建中及採購服務，合計已達 1.5GW以上 。	示範系統 • 台電125kW/750kWh(日本) • 科技部250kW/750kWh(日本) • 沙崙40kW/200kWh(國產) • 六甲1000kW/2000kWh(日本)	台電金門夏興電廠1.8MW/10.8MWh電池設備

國內儲能政策布局

- 儲能為淨零12項關鍵戰略之一：促進再生能源導入，提升電力系統韌性
- 我國2050儲能技術科技布局：系統整合能力強化、系統效能提升、電池科技突破
- 我國儲能目標建置：
 - 電網端：強化電網**韌性與彈性**，用於調頻及備轉容量
 - 發電端：結合**再生能源**，供應夜尖峰及電網穩定
 - 用戶端：規範**用電大戶**設置儲能，提供自用及防災需求

我國初估 2050淨零轉型
主要計畫預算來源(新台幣)

單位：MW



	2025年
電網端 強化 電網韌性及彈性 ，用於調頻及備轉容量	1,000
發電端 增加饋線容量利用率，結合 再生能源案場 ，供應夜尖峰及電網穩定	500
用戶端 配合 防災避難中心 緊急用電需求、 用電大戶 穩定供電、 公共設施 持續運作	依防災避難中心、用電大戶(工廠...)、公共設施(交通號誌、電信基地台...)盤點估算

國內電力交易平台項目

- **2025年政策目標1,500MW**，以發展電網端儲能(1,000MW)及發電端儲能(500MW)。迄今新增電池儲能系統，包含台電AFC雙邊合約及採購輔助服務等，共計**1.5MW已併聯運轉**，於2023年7月已停止廠商申請，目前dReg、sReg及E-dReg市場已滿，鼓勵業者**投入光儲的市場**。

■ 現況說明-併網申請容量

商品項目	調頻備轉容量		電能移轉複合 動態調節備轉容量 E-dReg	即時備轉容量	補充備轉容量
	dReg	sReg			
服務目的	透過自動頻率控制（AFC）或自動發電控制（AGC），輸出或輸入電能以修正系統頻率偏差	透過自動頻率控制（AFC），抑低負載以修正系統頻率偏差	因應再生能源滲透率漸增及系統尖峰移轉需求，利用儲能設備可快速充放電及大量儲存電能的特性，以增進電力調度彈性	因應機組跳機或負載突增等偶發事件，其功能以安全性容量待命為主，於調度指令下達後配合抑低負載	因應系統負載突增或供需預測誤差，並依電能成本排序進行經濟調度。其功能以安全性容量待命為主，於調度指令下達後配合抑低負載
反應時間	≤ 1秒	≤ 10秒	≤ 1秒	≤ 10分鐘	≤ 30分鐘
持續時間	連續		連續	1小時	2小時
適合資源	發電機組 功率型儲能	需量反應	能量型儲能	發電機組 自用發電設備 需量反應	發電機組 自用發電設備 需量反應
2025年 市場需求量	500MW		500MW	500MW	1,000MW

項次		件數	提報申請容量總計(不含已中止/未通過審查的容量)
參與電力交易平台服務案件(含雙邊合約參與容量13MW)		213件	約1458.6MW(已完成) (dReg : 817.6MW、E-dReg : 584MW、sReg : 57MW)
配電級	審查中案件	3件	約17.4MW (dReg : 7.4MW、E-dReg : 10MW)
	已通過審查案件	47件	約160.6MW (dReg : 122.2MW、E-dReg : 34.4MW、sReg : 4MW)
輸電級	審查中案件	0件	-
	已通過審查案件	43件	約3350MW (dReg : 169.9MW、E-dReg : 3177.6MW、sReg : 2.5MW)
合計 (3528MW)	審查中案件	3件	約17.4MW (dReg : 7.4MW、E-dReg : 10MW)
	已通過審查案件	90件	約3510.6MW (dReg : 292.1MW、E-dReg : 3212MW、sReg : 6.5MW)

導引往「光儲合一」申請

註：統計至114年4月下旬

Source: 台電

國內光儲市場

- 為使太陽光電之電能經儲存後得依排程放電或用以執行調度指令，從而促進饋線利用率最大化及提升太陽光電發電設備建置量，於2023年6月20日訂定「儲能系統結合太陽光電發電設備中華民國一百二十二年度競標及容量分配作業要點」。
- 目前得標廠商為21家，得標之儲能容量為198.619MW；另114年度第一期競標已於9/26開標，共有3家廠商得標，分配儲能容量共49MW，得標費率為6.66元至6.6666元，底價為6.76元。
- 國內光儲目前共六期(2023年第二期流標)：
 - 2022年第一期共七家廠商得標，儲能系統容量合計達70.6MW，得標價格為每度新臺幣9.59。(有五家併網/兩家廢止)
 - 2022年第二期共二家廠商得標，儲能系統容量合計達6.97MW，得標價格為每度新臺幣9.39。(一家未完工併網/一家廢止)
 - 2023年第一期共有四家業者得標，儲能系統容量合計達45.58MW，得標費率為每度新臺幣9.21元。(一家併網/其他尚未併網)
 - 2024年第一期共有五家業者得標，儲能系統容量合計達26.469MW，得標費率為每度新臺幣7.35元。(皆尚未併網)
 - 2025年第一期共有三家業者得標，儲能系統容量合計達49MW，得標費率為每度新臺幣6.66元。(皆尚未併網)

資格條件與承諾事項	申請資格	經營與儲能結合之光電案場之太陽光電發電業				
	案件規劃	光電	1. 第一型 2. 1MW以上		儲能	應置於室外，並符合儲能設置安全要求及台電之儲能及通訊設備相關規定。
		光儲配比	儲能功率 (MW)	電池容量 (MWh)	二擇一	
	承諾事項		1.0	≥2.61	下修饋線容量 (MW)	增設光電容量 (MW)
				1.5	≥1.5	
	完工併網期限	儲能15月		計畫書內容重要變更應報請能源局同意		
	押標金暨保證金	儲能系統標稱能量 1000元/1kWh		工程與財務能力、系統設計與設置、其他足以影響執行能力者		
				得標後與台電簽訂或修正購售電契約		
				以電能費率及電池容量費率售電，期限不逾光電可躉售期間		

至目前為止，儲能系統共198.619MW/699.4255MWh

國內用電大戶市場

- 經濟部「用電大戶條款」已於**2021年1月1日正式上路**。契約容量5,000瓩以上的電力用戶(**506戶/300家企業以上**)，要求安裝：1.再生能源、2.儲能設備、3.購買綠電憑證或4.繳納代金。現階段用電大戶義務履行方式，主要以**購買再生能源電力及憑證最多(495.0 MW)**，其次為設置再生能源發電設備(196.3 MW)、**設置儲能設備(5.2 MW)**再次之，已活絡約0.7 GW 再生能源交易市場(20250103)。
- 台電公告增訂於2023/11/01起實施「高壓及特高壓電力批次生產時間電價」，將**離峰時間從9小時拉長到18小時**，**尖峰時間則縮短為6小時**，拉高尖離峰費率價差。
- 避免電力資源閒置，2024年「義務儲能設備參與需量反應措施」，既有儲能設備可在週一至週五(離峰日除外)，每日**下午6時至10時間連續放電4小時以抵減電費**。



用電大戶條款上路選項		
選項	說明	效期
自建綠電	● 須建置10%、亦即500瓩的綠電 ● 若已有土地、自建太陽光電為例，須投入3,000萬元建置	20年
設置儲能裝置	500瓩義務容量，須儲能二小時	十年
購買綠電憑證	● 須買足125萬度綠電憑證 ● 價格市場決定	一年
繳納代金	● 500瓩X2,500度X每度4.06元代金 ● 須繳507萬元	一年

註：「用電大戶」定義採以與台電簽定契約容量5,000瓩為門檻，須建置10%綠電，亦即500瓩為義務容量

資料來源：採訪整理

江齊智 / 製表

國內儲能應用情境-時間電價

➤ 近兩年電費調漲約18%，未來有機會再調升??

- 利用夏季(三段式電價)，非夏季(二段式電價)，不同時段的電價差，以賺取價差，而獲利。
- 其中以**高壓供電用戶**，於夏季的尖離峰價差可高達每度電6元。

二段式

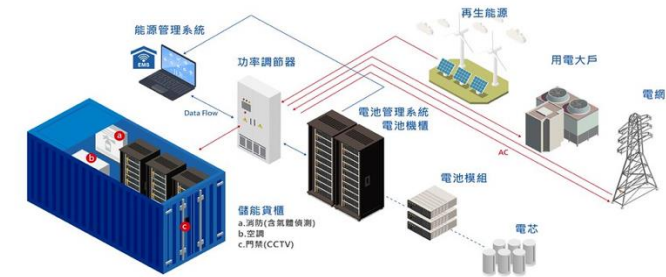
分 類					高壓供電		特高壓供電		
					夏 月 (5月16日至 10月15日)	非夏月 (夏月以 外時間)	夏 月 (5月16日至 10月15日)	非夏月 (夏月以 外時間)	
基本 電費	經 常 契 約				每 戶 每 月	223.60	166.90	217.30	160.60
	非 夏 月 契 約					—	166.90	—	160.60
	週 六 半 尖 峰 契 約					44.70	33.30	43.40	32.10
	離 峰 契 約					44.70	33.30	43.40	32.10
流動 電費	週一至 週五	尖峰 時間	夏 月	09:00~24:00	每 度	6.75	—	6.17	—
			非夏月	06:00~11:00 14:00~24:00		—	6.37	—	5.79
		離峰 時間	夏 月	00:00~09:00		2.71	—	2.55	—
			非夏月	00:00~06:00 11:00~14:00		—	2.46	—	2.28
	週六	半尖峰 時間	夏 月	09:00~24:00		2.77	—	2.73	—
			非夏月	06:00~11:00 14:00~24:00		—	2.54	—	2.48
		離峰 時間	夏 月	00:00~09:00		2.71	—	2.55	—
			非夏月	00:00~06:00 11:00~14:00		—	2.46	—	2.28
	週日及 離峰日		離峰 時間	全 日		2.71	2.46	2.55	2.28

三段式

分 類					高壓供電		特高壓供電	
					夏 月 (5月16日至 10月15日)	非夏月 (夏月以 外時間)	夏 月 (5月16日至 10月15日)	非夏月 (夏月以 外時間)
基本 電費	經 常 契 約				223.60	166.90	217.30	160.60
	半 尖 峰 契 約				166.90	166.90	160.60	160.60
	週 六 半 尖 峰 契 約				44.70	33.30	43.40	32.10
	離 峰 契 約				44.70	33.30	43.40	32.10
流動 電費 (尖峰時間固定)	週一至週五	尖峰時間	夏 月	16:00~22:00	9.39	—	8.69	—
			非夏月	09:00~16:00 22:00~24:00	5.85	—	5.38	—
		半尖峰時間	夏 月	09:00~16:00 22:00~24:00	—	5.47	—	5.03
			非夏月	06:00~11:00 14:00~24:00	—	5.47	—	5.03
	週六	離峰時間	夏 月	00:00~09:00	2.53	—	2.40	—
			非夏月	00:00~06:00 11:00~14:00	—	2.32	—	2.18
		半尖峰時間	夏 月	09:00~24:00	2.60	—	2.50	—
			非夏月	06:00~11:00 14:00~24:00	—	2.41	—	2.31
	週日及離峰日	離峰時間	夏 月	00:00~09:00	2.53	—	2.40	—
			非夏月	00:00~06:00 11:00~14:00	—	2.32	—	2.18
		全 日	全 日		2.53	2.32	2.40	2.18
			全 日		2.53	2.32	2.40	2.18

註:高壓用戶電價價差較大

工商業儲能主要應用場景



工廠儲能



光儲

微電網 微電網技術屬於智慧電網的一環，透過微電網整合分散式的再生能源，依據用戶的負載進行協調運轉，能夠使電網的整體運作更有效率。



工研院微電網

應用場景分類

說明

單配置儲能

- 工商業使用者單獨配置儲能主要有兩個考慮：
 1. **透過削峰填谷**為企業**節約用電**費用。
 2. 將**儲能作為備用電源**使用，以備不時之需。

光儲(充)一體化

- 整合PV發電、儲能、充電等功能，通過太陽能屋頂系統將太陽能轉變為電能，並將電能儲存起來。
- **用於電動車的日常充電**。
- 儲能的應用使得**用戶側自發自用**成為可能，提高了分散式光伏的自發自用率，還能**緩解充電樁大電流**充電對**區域電網的衝擊**。

微電網

- 具有**自身發電能力**的在地化**小型發輸配電系統**。
- 以工業園區微網、海島微網、偏遠地區微網居多。
- 微電網分既可**獨立於主網運行**，也可和主網**協同運行**。
- 對獨立於主網運行的微電網，儲能**可平滑再生能源發電**和做**備用電源**使用。
- 對併網型微電網，儲能**可實現能源優化和節能減排**。

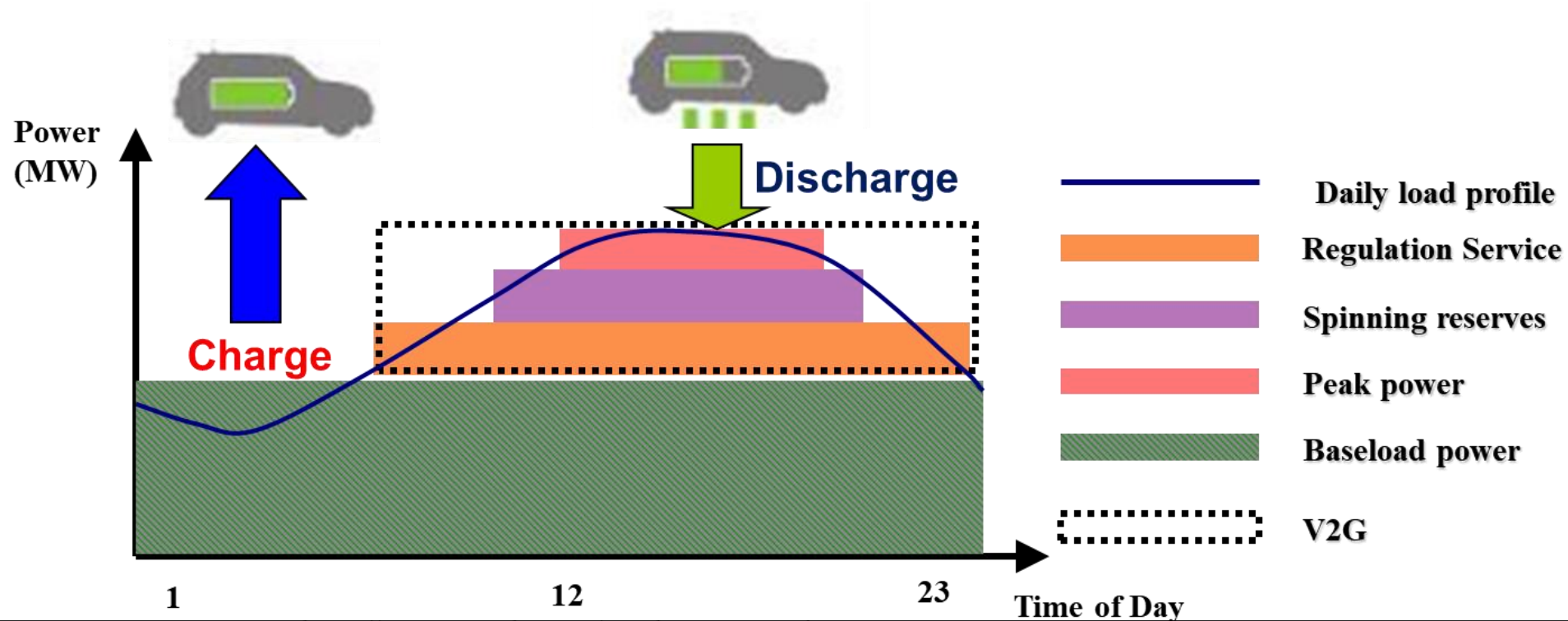
用戶表後儲能系統參加電力交易平台

參與商品	合格交易者	用戶	參與容量 (MW)	表後態樣
調頻 (sReg)	台達電子	群創電子	40	儲能電池，碰到觸動頻率進行放電
	義電	Gogoro	10.5	碰到觸動頻率停止充電
	匯智	彰濱秀傳醫院	1.2	儲能電池，碰到觸動頻率進行放電
	能元超商	三元能源	4	儲能電池，碰到觸動頻率進行放電
		台泥儲能科技	0.05*2	充電樁+儲能電池，碰到觸動頻率進行放電/停止充電
	台塑生醫	台塑生醫	1.2	儲能電池，碰到觸動頻率進行放電
即時	中華電信	中華電信各地營運機房	1.4	UPS供電，接獲指令進行放電
	能元超商	能元科技	1.2	儲能電池，接獲指令進行放電
補充	安瑟樂威	漢程客運金獅湖站	0.6	電動巴士站，接獲指令停止充電
		大都會客運萬芳站	0.3	電動巴士站，接獲指令停止充電

電車上網 Vehicle to Grid (V2G)應用情境

■ 互利双贏的商業模式

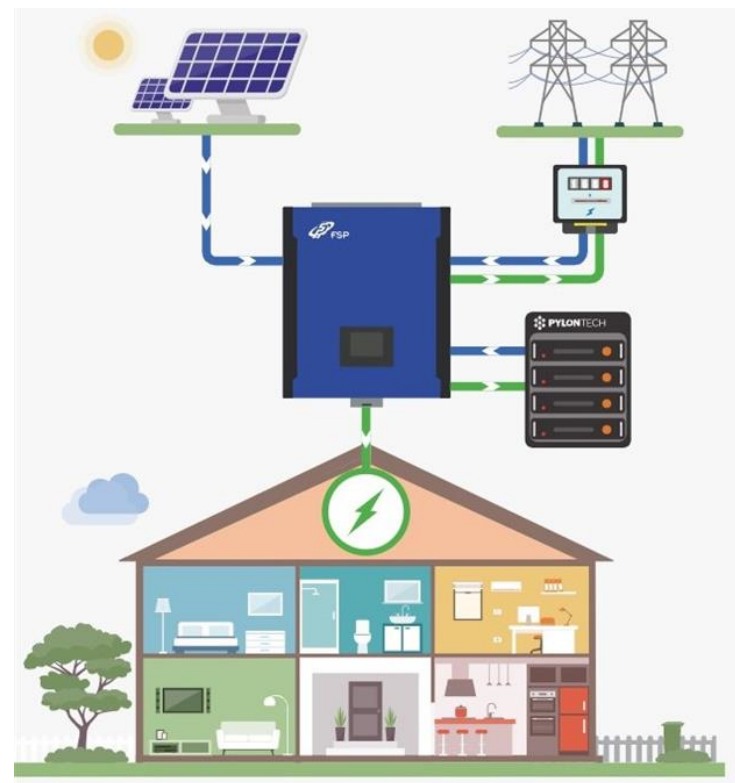
- ✓ 夜間利用大量的**電動車電池進行充電**，穩抑再生能源電網，進行尖離峰電力調度。
- ✓ 日間利用**不使用的電動車電池對電網進行放電**，平衡間歇性發電。
- ✓ **雲端能源公司管理調度**，電力公司得到便宜的備載電力，車主得到售電回饋。



家庭儲能應用情境

住宅儲能發展需求:

- 提供**緊急備用電源**，提供緊急用電，使用工作或生活不間斷。
- 可接納屋頂PV電池產生電力並進行儲存，**高效利用太陽能**。在電力自由化的市場(日本、德國)，可在**夜間電力低價時儲存電力**，在白天電力高價時自用或出售給電力公司，產生差價收益。
- 案例：德國市電價格高於PV躉購費率，**電池搭配太陽能自發自用**，且中午PV衝擊電網，無法併聯。



儲能系統市場應用範圍與分類定義

依電池容量，可將ESS區分為：大型、中型、小型。中小型又可分為商用與家用ESS

以電池容量100kWh作為區分點：中型商用ESS主要為100kWh ~1MWh；小型家用ESS通常會以為<10 kWh為探討對象

- 電網端/發電端ESS主要由政府帶頭示範運行，累積平滑發電輸出、調峰調頻等操作運行實績後，隨著需求擴大進展到表後工商業ESS的穩壓、調峰調頻以減少變動性。
- 用戶端商用/公共設施/通訊基地台用ESS係指與商用設施、產業設施、公共設施併設的ESS，包含通訊基地台備用電源、不斷電裝置 (UPS) 等所使用之電池，則可提供備援、需量反應等。
- 用戶端小型家用 (或稱住宅型，Residential) ESS，主要用於分散式微電網、自發自用與備援、緊急供電應用。

應用範圍定義		應用對象		應用服務項目
定置型儲能系統	電網端/發電端	(再生能源併網)電力系統用	用於使系統穩定、頻率調節等與系統直接連接或是與系統設備併設之儲能系統。如：太陽光電或是風力發電等再生能源發電場併設之儲能系統。電力公司、再生能源發電業者。	平滑再生能源發電輸出變動、調頻。
	用戶端	通訊基地台備用電源	無線傳輸訊號之通訊基地台。	小型不可調整，分散式微電網、備援、需量反應。
		與商用設施、產業設施、公共設施併設	與商用設施、商辦屋頂、產業設施、公共設施併設之儲能系統。	
		家用	搭配獨棟住宅、集合住宅(公寓、大樓等)之系統連接型儲能系統。	

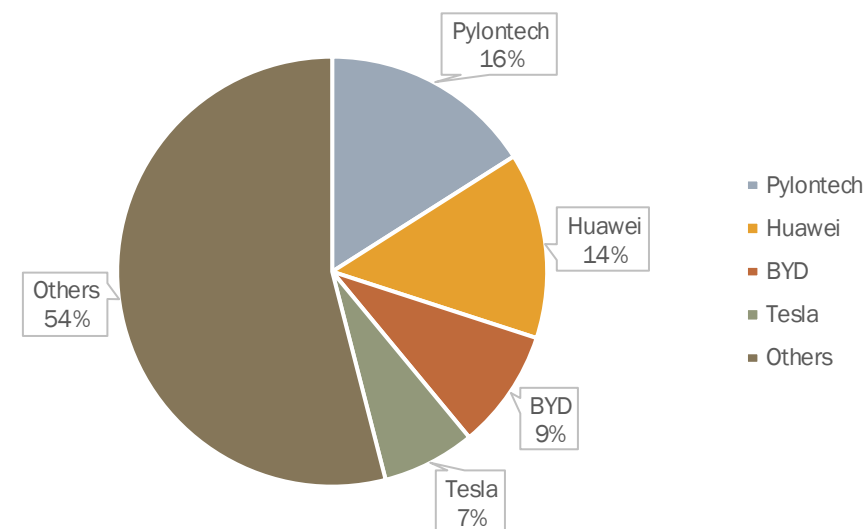
全球小型家用儲能廠商市占現況

2022年較具代表性的小型家用ESS廠商有Tesla（美）、Enphase Energy（美國）、Sonnen（德）、LG Energy（韓）、Pylon Tech（中）、Panasonic（日）等。

Tesla小型家用儲能產品「powerwall」在美國市場具有較強的競爭力，2021年，Tesla、Enphase Energy、LG Energy分別占美國小型家用ESS市場的33%、31%以及21%。時至2022年Tesla Powerwall在美市占率約五成。

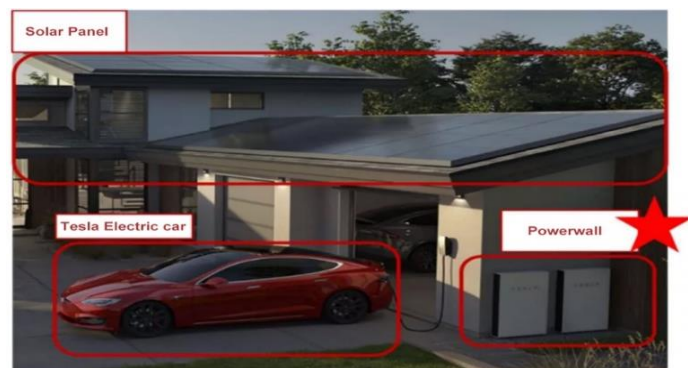
全球方面，2022年則以Pylon Tech(派能科技) 為首，依序為Huawei、BYD，由中國大陸廠商取得全球前三大市占率領先地位。

2022 全球家用儲能供應商市占率



Source: S&P Global Commodity Insights, 2023.04

Tesla Powerwall小型家用儲能安裝示意圖



比亞迪(BYD)小型家用儲能安裝示意圖



國際家用儲能系統產品發展現況－電池技術·容量與售價

國家	公司名稱	產品類型	電池技術	小型家用儲能系統發展現況	售價 (不含PV板)
美國	Tesla	All in one	NMC	Power wall電池容量為9-13.5kWh，最多可併接10個模組，目前在美國市場市占第一，2020年起開始在亞洲國家販售。可搭配屋頂PV板儲存電力、偵測電力，在電網發生故障時自動供電。保固10年。	約26萬NTD
	Enphase Energy	All in one	LFP	Enphase IQ 分別有3.3kwh以及10kWh兩種規格，最多可併接4個模組。購買10kWh電池和5年延長保修期，可享15年保固期，並提供全天候技術服務。	N/A
	Generac	All in one	NMC	PWRcell PV家庭儲能產品系統，容量為9-18 kWh。	約39-73萬NTD
德國	SMA	逆變器		Sunny Boy，可用儲存能量約3.8-6.0kWh。	約4.5萬NTD
	Sonnen	All in one	LFP	Sonnen ecoLinx PV + 12 kWh ESS，搭配ecosmart天氣預報系統可檢測惡劣天氣並自動增加電池中存儲的能量用於備份電力、滿足高峰期的電力需求、調度PV發電。產品容量有8kW/12kWh。	約30萬NTD
	Senec	All in one	LFP	有多項產品可依需求組合如：SENEC .Home、SENEC.Solar、SENEC .Wallbox SENEK.360、SENEC.App，可用儲存能量約4.5-9 kWh。	N/A
	E3/DC	All in one	LFP	帶有PV逆變器、能源管理和電池的一體化存儲系統，有多個產品系列，分別為S10 MINI (2.9-5.8kWh)、S10 E (5.8或8.75 kWh /D10X (17.4 kWh和23.2 kWh) 以及可以做為家用發電站的S10 E PRO。皆提供10年保固。	N/A

韓國	LG Energy	All in one	NMC	目前RESU的家用儲能系列產品有：LG RESU Prime (7kW/16kWh)、LG RESU Flex (6kW/9.6kWh)、LG RESU 10H (7kW/9.8kWh) 等，最多可併接最多2個模組。2023年第一季預計會有新款，經組裝後容量可達35.4 kWh。	約18-23萬NTD
	韓華 HanWha	All in one 逆變器	NMC	Q Cells產品有6.8-20.5kWh。15年產品保固，以及10年後電池壽命至少維持在80%的性能保固。	N/A
中國大陸	派能 Pylon Tech	可堆疊電池	LFP	Force & Pelio Specs之小型家用儲能業務主要集中於德、義、英、西、南非等國家正積極拓展北美、亞太、荷比盧等市場。產品容量為5.12-102.4kWh。	約5-93萬NTD
	CATL-KSTAR	All in one	LFP	BluE 系列 產品 容 量 5.12-10.2415kwh (40.96 MAX)	約22萬NTD
	沃太能源	All in one	LFP	為中國大陸最早專注於小型家用儲能的企業，從可攜式/移動式至固定式的產品皆有生產。SMILE系列產品容量為2.9 – 49.2 kWh。	約22-25萬NTD
	華為	可堆疊電池	LFP	LUNA2000 系列 可 選 擇 5kw、10kw、15kw。	約15萬
日本	BYD	All in one	LFP	Energy Pod系列有7.2-14.4kWh Mini ES系列有3kWh至12kWh可供選擇。	約15-20萬NTD
	Panasonic	All in one	NMC	EverVolt小型家用儲能產品，可併接到6個模組，容量可達約34kWh。提供10到15年產品保固。	約30-38萬NTD

資料來源：網路公開資訊整理。

註：電池容量與價格係以截至2022年12月之網路公開資訊整理，可能因各地安裝成本或代理商定價、選型而有所不同。

小型家用儲能安裝相關規範與標準

現階段可參照國際住宅法規與消防法規

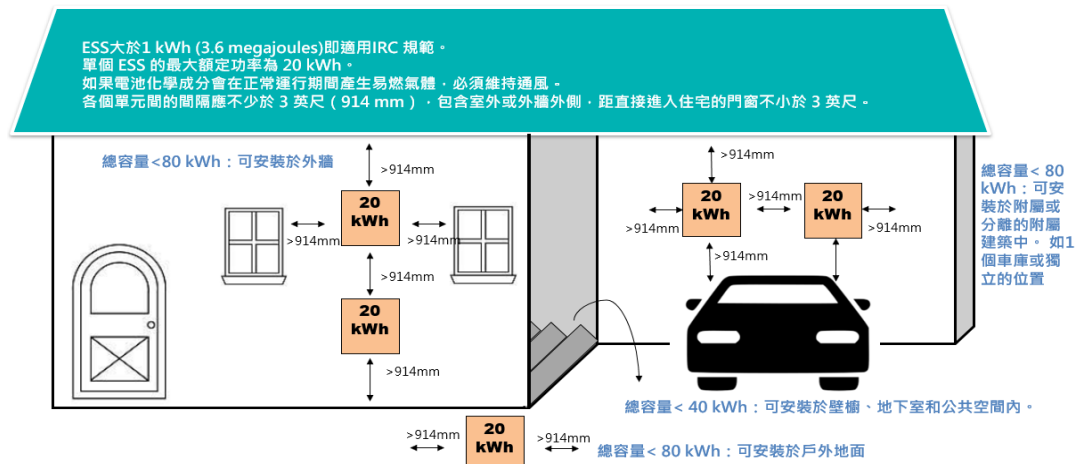
國際住宅規範 (IRC) 於2018年之後才開始正式對ESS有所要求，增設第R328.11.章節針對ESS提出相關描述。

在安裝距離方面，與其他物品的間隔不應少於3英尺 (914mm)，避免安裝於可能會受到車輛撞擊的位置，ESS 不得安裝在臥室、壁櫥或直接通向房間的空間中，應安裝於室外通風空間。

依IRC規定ESS僅可安裝在以下位置，並有最大額定功率限制，如圖所示：

1. 獨立車庫或獨立附屬結構。
2. 根據第 R302.6 節與住宅單元居住空間分開的附屬車庫。
3. 室外或外牆外側，距直接進入住宅單元的門窗不小於 3 英尺 (914mm)。
4. 住宅內的封閉式壁櫥、地下室、儲藏室或公用空間，牆壁和天花板須為不可燃材質。

IRC針對家用儲能系統安裝要求示意圖

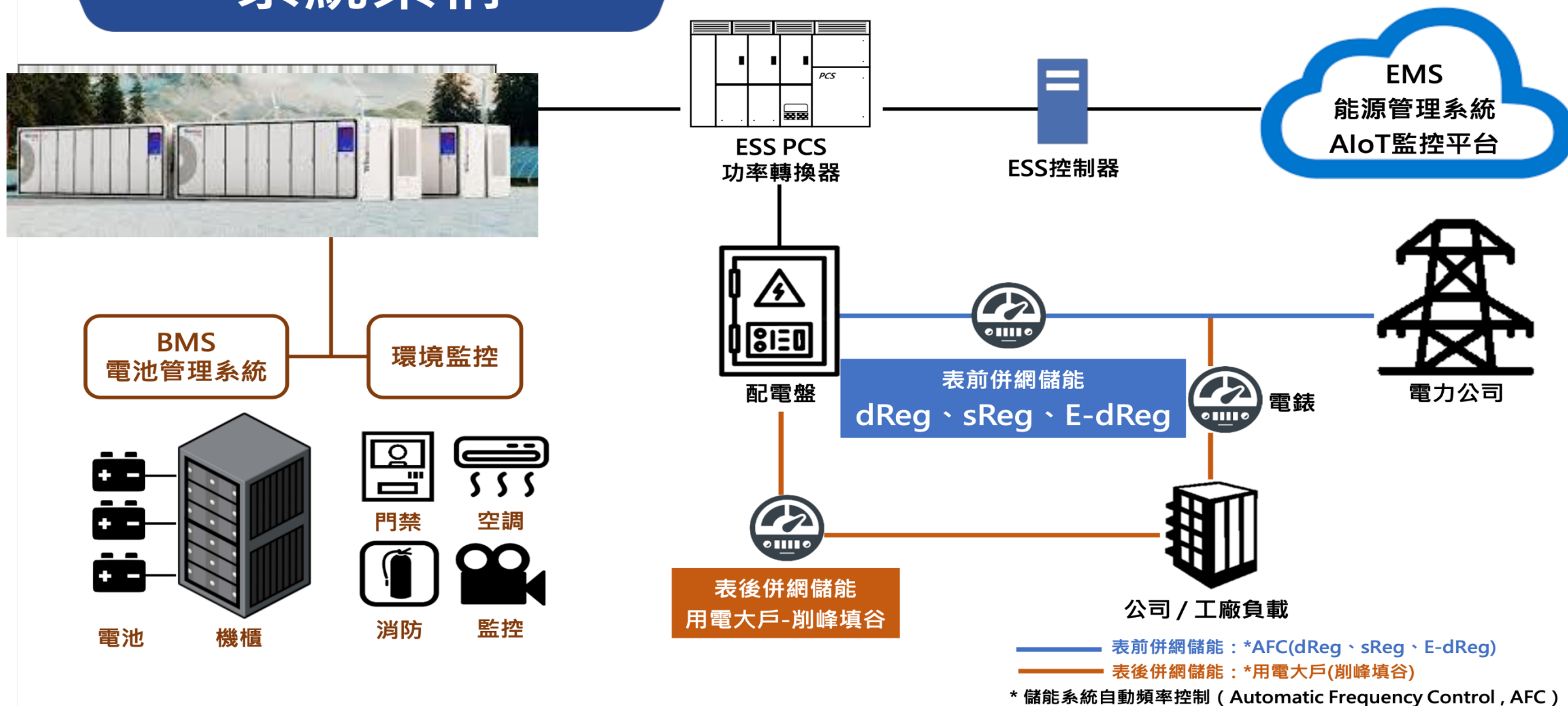


單個 ESS 單元的最大額定功率為 20 kWh，且於住宅各處安裝ESS 有以下限制：

- 40 kWh：可安裝於壁櫥、地下室和存儲或公用空間內。
- 80 kWh：可安裝於附屬或分離的附屬結構中。如1個車庫和獨立的位置。
- 80 kWh：可安裝於外牆。
- 80 kWh：可安裝於戶外地面。

儲能系統組成

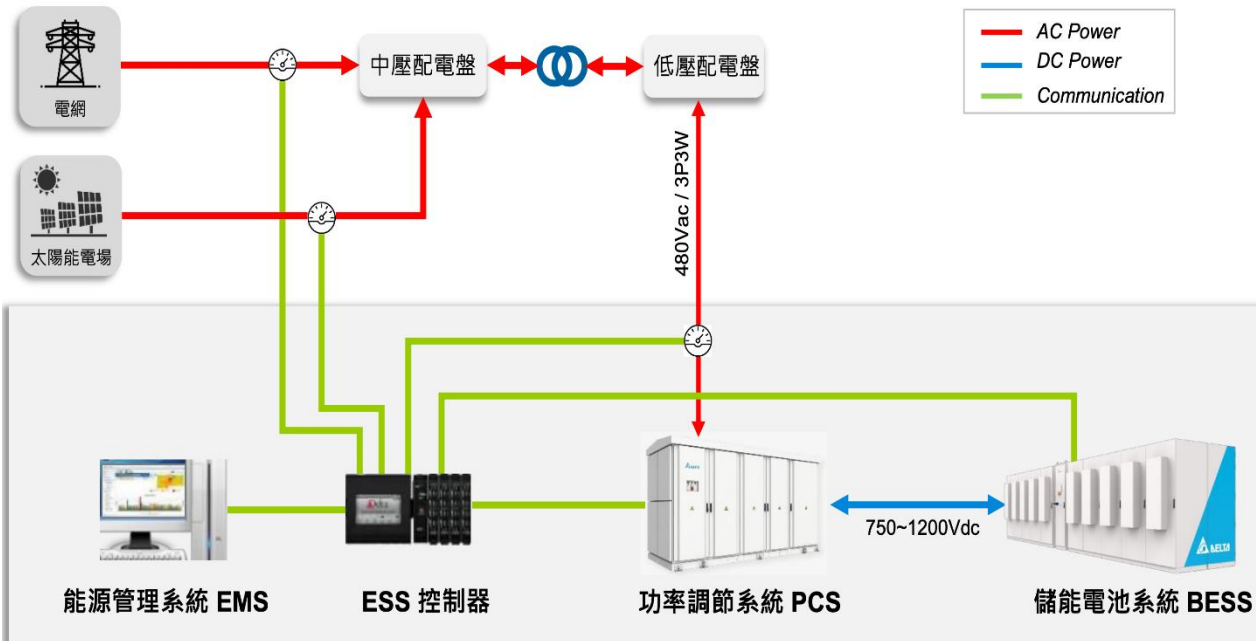
系統架構



儲能系統設置方式

■ 併網型儲能系統(表前)

應用：電廠補助、太陽能光電場、電力交易平台
以戶外設置為主，相關消防安全「**提升儲能系統消防安全管理指引**」及「**戶外電池儲能系統案場**」自願性驗證制度認證機制(VPC)較完整。



■ 儲能系統推動中(表後)

應用：科學園區、工商業、家用

為加速布建表後儲能設置量，以進行**電力系統尖離峰期間的電力移轉**；規劃擴大推動科技儲能，研議給予適當誘因，以減少推動阻礙。首先規劃以工業區及科學園區內高壓以上之產業用戶。

主要面臨困難

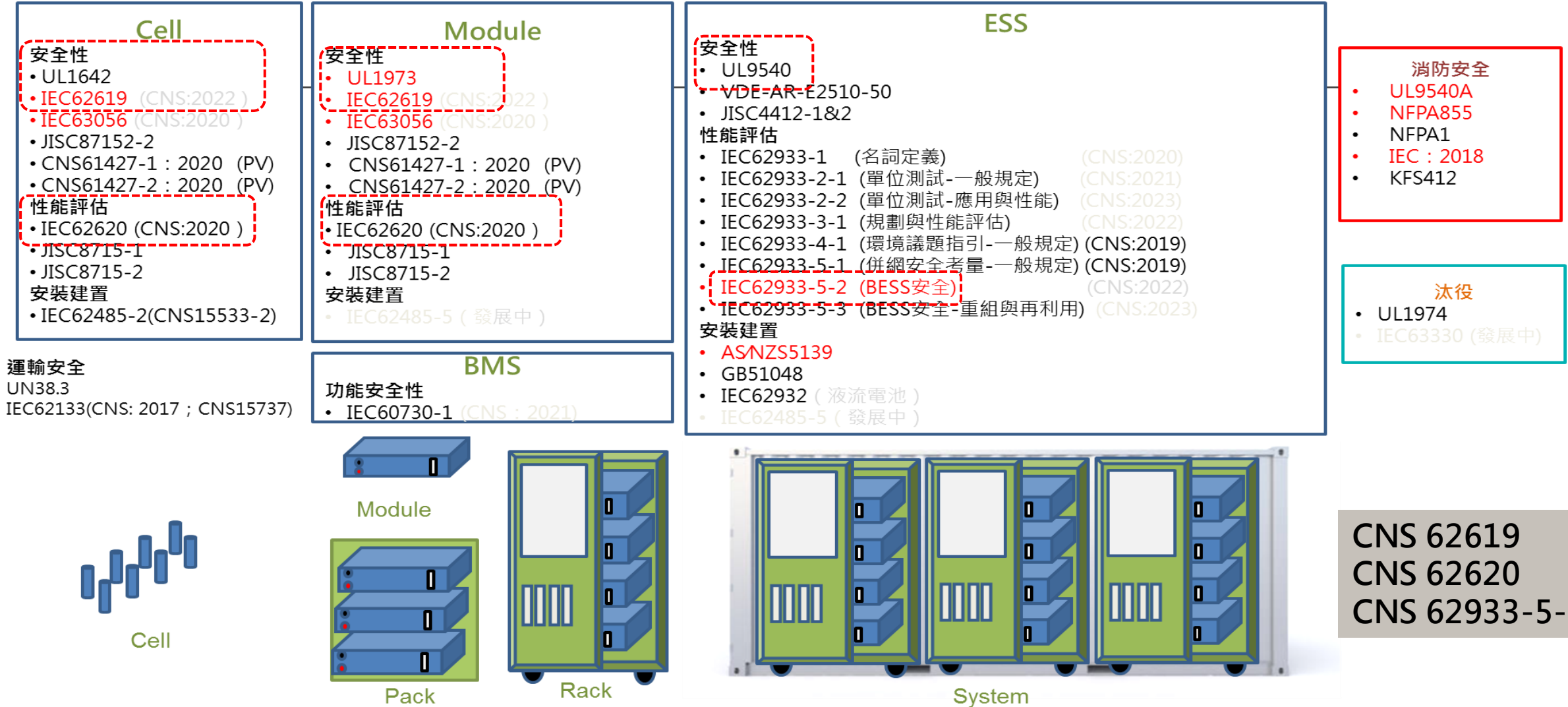
- 成本無法回收**
現況收益尚不足以回收儲能投資成本
- 廠商對安全疑慮**
欠缺明確的消防安全規定
- 廠內缺乏適當空間**
現行廠房利用率高，無適當空間

規劃推動作法

- 提高投入誘因**
規劃提升表後儲能應用效益
- 完善安全規範**
規劃表後儲能消防安全規範
- 擴大設置空間**
推動廠外聯合設置模式

儲能產品安全規範標準

■ 為確保安全前提下發展儲能，針對電芯、模組、系統制定相關安全規範並滾動檢討



儲能系統設置-地目限制

■ 併網型儲能系統設置區域

設置區域		設置要求
工業區內之廠區範圍內		工業區內營運中且領有合格工廠登記證之既有廠商空間增設時，得 檢具合法之工廠登記文件 向台電公司申請併聯。
工業區內進駐設置	編訂工業區	併網型儲能設施屬「電力燃氣供應業」，應依「工業園區各種用地用途及使用規範辦法」之規定申請進駐
	科技產業園區	依據「科技產業園區設置管理條例」，經主管機關經濟部核定之相關事業， 且符合都市計畫工業區規定 ，得申請進駐設置
	都市計畫工業區	併網型儲能設施具有「 公共服務設施 」或「 工廠必要附屬設施 」之性質，併網型儲能設置者需向土地管理機關確認土地使用規範，遵守地方政府之審查原則、規定或計畫
工業區外之非都市丁種建築用地得於廠區範圍增設		工業區以外 丁建建築用地內營運中之合法登記工廠 （不含臨時登記或特定工廠登記）內設置附屬併網型儲能設施，得認定屬非都市土地使用管制規則附表一丁種建築用地容許使用項目「其他工業設施」。為 免經申請許可 之容許項目，原則上得 檢具合法之工廠登記文件 向台電公司申請併聯。

註：僅適用於戶外型鋰離子電池儲能系統

儲能系統驗證審查制度規範(VPC)

- 經濟部標檢局參考國際標準IEC 62933-5-2規劃「**戶外電池儲能系統案場**」自願性驗證制度與技術規範草案，規範該驗證制度與運維要求。

A設計審查

新設案場於建置前申請設計審查，符合後始得施工。

B案場審查

新設案場竣工後執行案場審查(包含現場驗收試驗)，確認案場符合原設計安全要求者，核發VPC證書。

C運維審查

取得VPC證書後每2年執行1次現場驗收試驗(定期試驗)，符合者始得延續證書。

需設置場址落地號及建號、土地分區使用及消防設備師簽證使得申請

僅首次執行

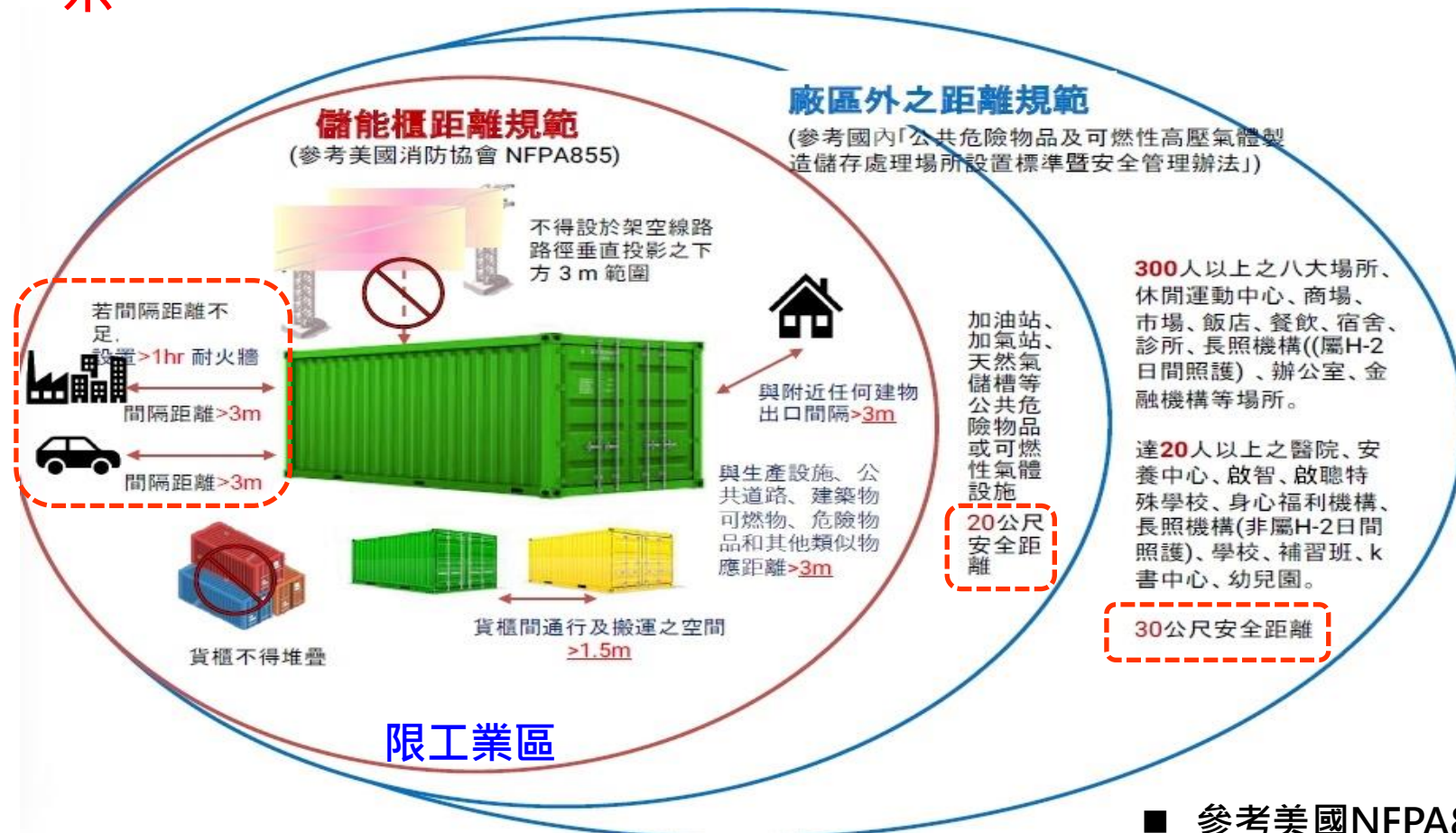
每兩年執行現場驗收試驗



*業者應先委託本局同意之驗證機構執行案場驗證後，提送驗證文件予標準局審查。

國內儲能設置安全規範考量：消防安全

- 為配合淨零排放政策之能源轉型，消防署訂定「**提升儲能系統消防安全管理指引**」，以降低災害損失，確保人民生命財產安全。**2.0版本已將有設置防火牆之安全距離由3米修正為1.5米。**



提升儲能系統消防安全管理指引

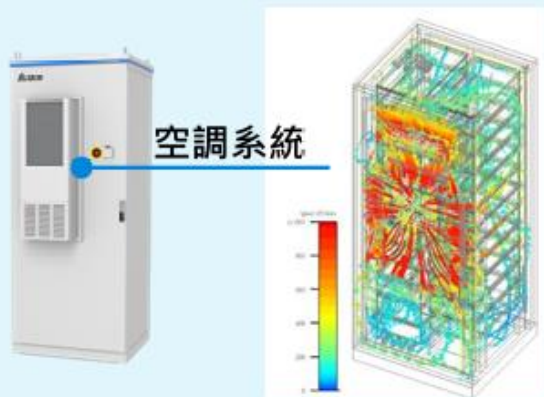
- 為因應儲能系統之發展，提升儲能系統消防安全管理，以降低災害損失，保障人員安全，特訂定本指引。
- 本指引適用對象為裝置容量達 20kWh 以上之併網型儲能系統（以下簡稱儲能系統）。
本指引用詞，依用戶用電設備裝置規則、建築技術規則及各類場所消防安全設備設置標準（以下簡稱設置標準）用詞定義之規定。
- 設置儲能系統應評估及分析下列資料，並據以製作火災風險評估報告：
 - 儲能系統安裝位置、設施布局及其周圍建築物、停車場、公共道路、公共危險物品或可燃性高壓氣體製造或儲存場所之設置情形。
 - 儲能系統數量、類型及驗證安全標準。
 - 儲能系統專用貨櫃或其他構造形式空間等防護設施之防火時效。
 - 儲能系統相關設備管理監控作業流程。
 - 消防人員與車輛作業空間及水源容量。前項火災風險評估報告，包括下列內容：
 - 場所危害界定：評估可能之起火源、構造材料、可燃物質、使用情形，並說明其火載量，包括在正常充電、放電與操作過程中釋放之有毒及劇毒氣體，未超過儲能系統空間之燃燒下限濃度等。
 - 潛在火災樣態設計：評估起火點、火災規模等火災設計之運用，與分析存在或不存在之依據、假設及限制，包括儲能系統單一模組或電池櫃之熱失控條件等。
 - 評估火災情境：分析各種可能發生之火災過程，說明其依據、假設及限制，包括自動撤水設備、火警自動警報設備等設備失效條件等。
 - 規劃防火概念設計：評估消防安全設備設計概念及其他強化防火方法，建立多重防火策略。
- 儲能系統應設置自動撤水設備，其設置指引如下：
 - 設置密閉濕式或預動式。

■ 參考美國NFPA855

電池櫃安全防護設計

熱管理

- 以機櫃為最單位，有效管理控制
- 機櫃均配置空調，冷卻條件一致
- 氣流引導達到均溫效果



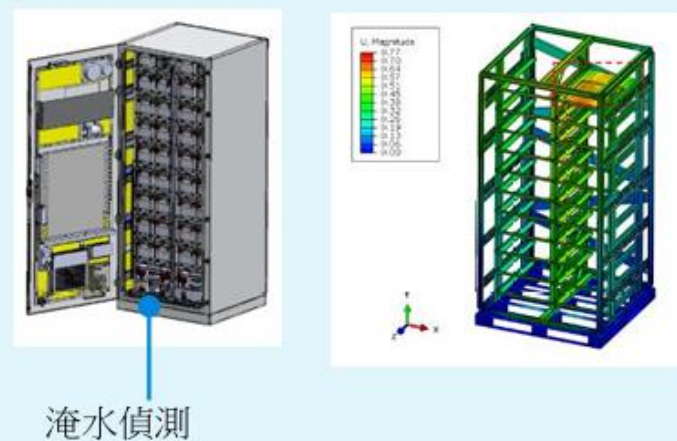
防延燒設計

- 告警：溫度與煙霧感測器
- 抑制：內設防火陶瓷纖維層，抑制熱源與火勢蔓延
- 自動滅火設施



防護設計

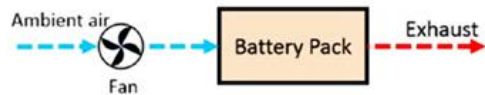
- 淹水偵測
- 防震設計 GR63 Zone-4



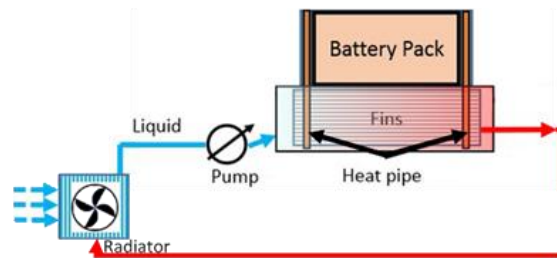
熱能管理系統比較

- 現有熱管理技術(a)氣冷(對流氣冷)、(b)熱管液冷(散熱器)、(c)PCM液冷(散熱器)及(d)浸沒液冷(散熱器)。
- 多數研究是從正常情況下的溫度控制進行，鮮少針對均溫絕緣及熱失控蔓延抑制的探討。目前熱管理方法中，浸沒液冷及相變冷卻有效達成均溫絕緣及熱失控蔓延抑制的方法。
- 可選擇液冷或浸沒式液冷技術投入符合高性能鋰電池儲能機櫃之高散熱率及低耗能需求，同時具均溫絕緣及熱失控蔓延抑制能力。

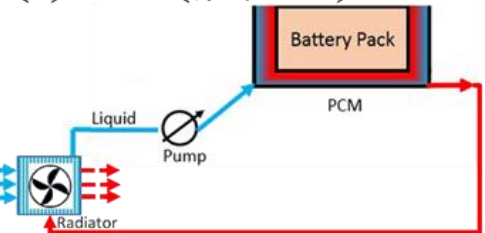
(a)氣冷(對流氣冷)



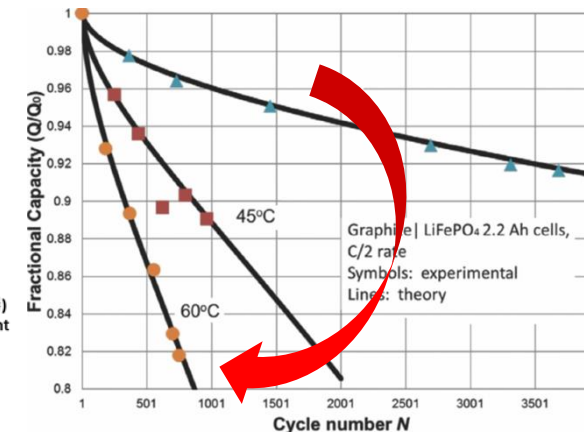
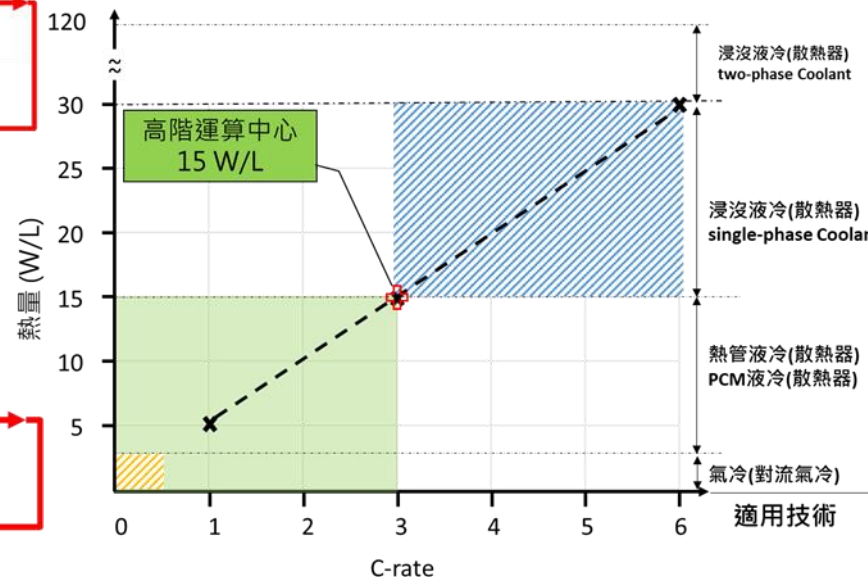
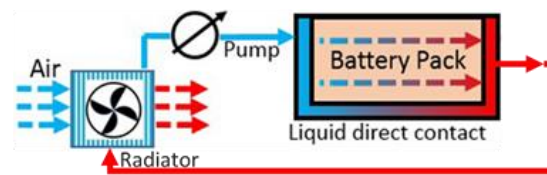
(b)熱管(散熱器)



(c)PCM(散熱器)



(d)浸沒液冷(散熱器)



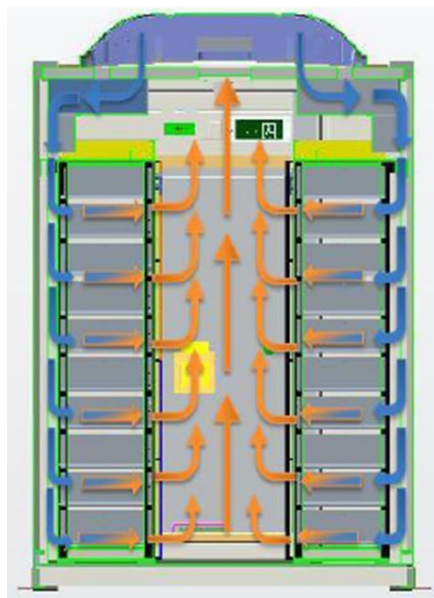
溫度越高，電池
壽命衰退越快

散熱模式說明

■ 風冷散熱

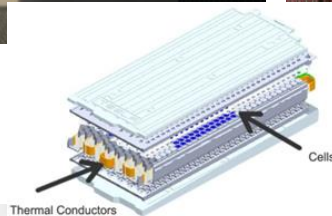


電池模組風道設計



貨櫃風道設計

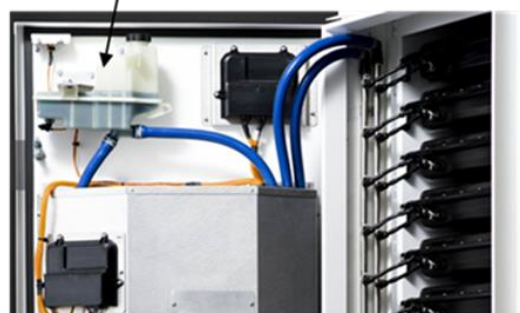
■ 水冷散熱



風扇在機櫃門

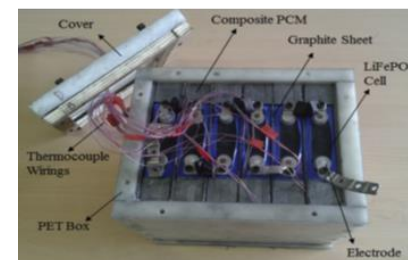
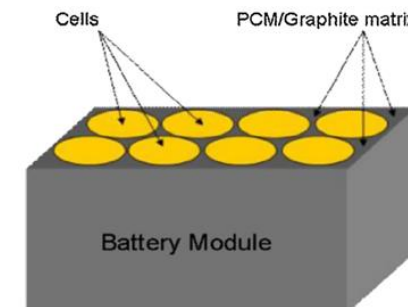


冷卻水儲槽



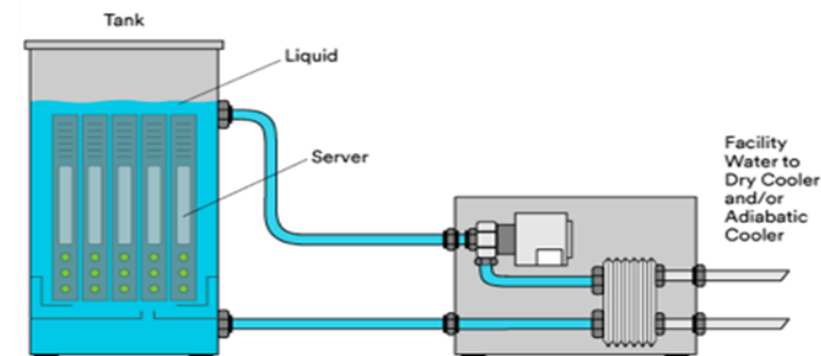
Tesla Power pack 水冷卻設計

■ 相變材(PCM)



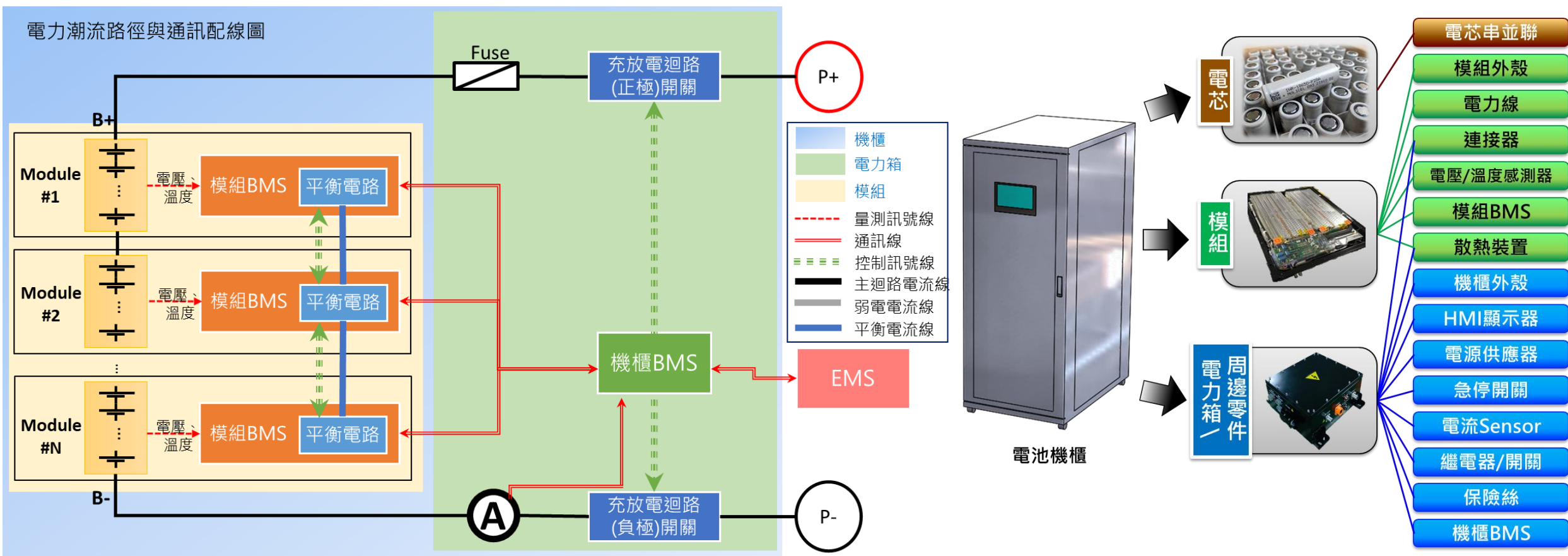
■ 浸沒式散熱

單相浸沒式冷卻技術



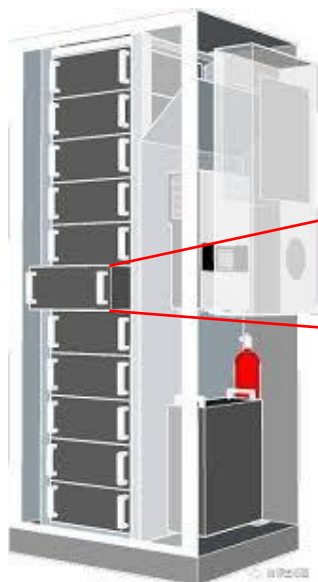
電池儲能機櫃架構

- 儲能機櫃由電芯、模組、電力箱3個主要元件與BMS控制元件組成。
- 機櫃BMS接受EMS指令，控制電力轉換器(PCS)透過對電池機櫃充放電。

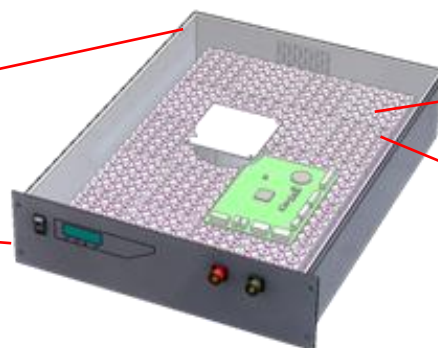


機櫃/模組的分層結構設計

鋰電池機櫃

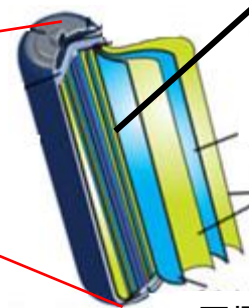


鋰電池模組



鋰電池芯

電解液:碳酸乙烯酯, 碳酸丙烯酯等



負極: 石墨

隔膜膜:
聚乙烯
或聚丙烯等

正極: 氧化物



- ✓ 防護隔離艙、水霧消防，頂部噴灑，快速滅火，抑制蔓延
- ✓ 二次消防灑水系統

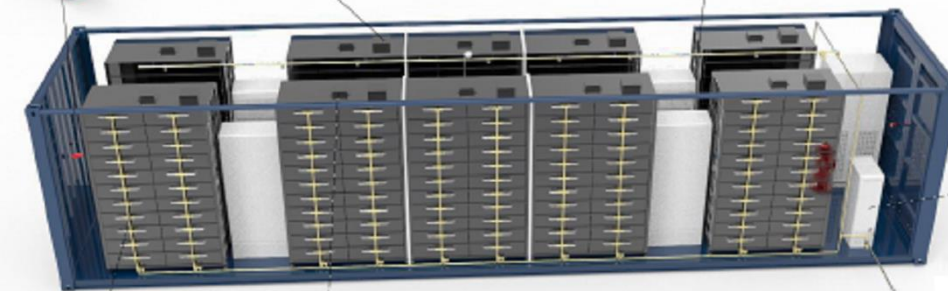
紅外線/可見光
火災警報器



環境監測模組



貨櫃噴灑管道



消防主機

溫度採集器



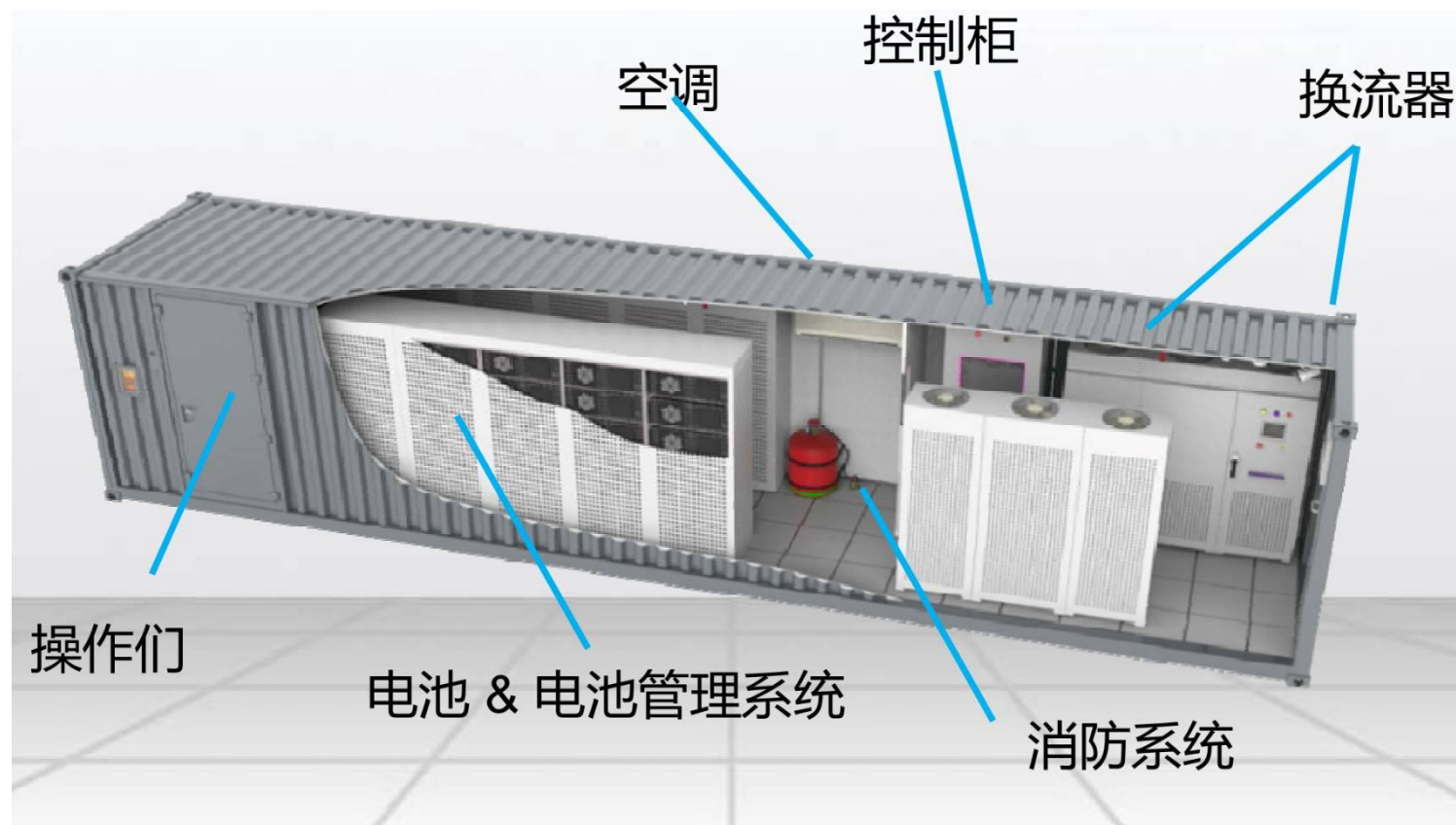
二次消防灑水系統



機櫃噴灑管道



機櫃/貨櫃的結構設計



國際儲能失火事故分析

- 鋰電池具有**高能量密度**、**低自放電率**及**工作溫度範圍大**等優點，普遍應用於3C、電動車及儲能系統。
- 韓國2017年大量補助設置儲能，**迄今已發生41起失火事故**；20249月於美國加州Escondido市30MW/120MWh發生失火事故；20250116 加州蒙特雷郡大型儲能設施火災(400MW/1,600MWh)；20250714 高雄小港區(三元能源)鋰電池工廠發生火災。
- 國際大廠事故包含:美國Tesla、美國Fluence、韓國LG、三星等，非單一事件。失火原因：除了系統安全與管理技術不足外，主要為電池內部為**高活性鋰金屬**與**有機電解液**(鋰鹽加有機溶劑構成，具有高揮發性、閃點低及易燃燒等特性)，當**內部發生短路**，容易熱失控，而發生失火。

USA, 2019



4/26美國亞利桑那州瑟普賴斯市，2MW鋰電池儲能系統廠冒煙後起火爆炸。

South Korea, 2019



韓國江原平昌郡美炭面平安里

2019/09/24風力發電站儲能系統，此系統位於414.3m²室內，造成2700個鋰離子電池與一個PCS燒毀，無人員傷亡。



20250714 高雄小港區(三元能源)鋰電池工廠發生火災

Multiple agencies fight battery storage fire at Glendale-Peoria border



The Salt River Project, known as SRP, is aware of the fire at its 25-megawatt battery system at its Bolster substation. Stephanie Duprey reports.

20251002於美國亞利桑那州鹽河計畫 (SRP) 於博爾斯特變電站的25MW電池系統發生火災。



20250116 加州蒙特雷郡大型儲能設施火災(400MW/1,600MWh)

國際電動載具發生火災案例說明

電動車(含電動機車、自行車、汽車及貨運車)發生火災，多因鋰電池熱失控引起，常見於充電過充、碰撞、或線路老化造成。鋰電池具有「燃燒速度快、溫度極高、易復燃」特性。台灣近期案例顯示，電動機車及自行車自燃頻傳，多發生在室內充電或停放時，電動汽車火災通常由鋰電池「熱失控」引起，案例多發生在充電時、碰撞後或報廢車輛自燃，燃燒猛烈且難以撲滅。以下為近幾年，電動車發生火災案例說明：

- 停車場充電自燃：2026年5月，韓國仁川一輛賓士EQE在地下停車場起火，導致周邊約140輛汽車被波及；另有現代電動車在停車場充電時起火，燒毀其他車輛。
- 行駛中/碰撞後火災：2024年8月26日於中國大陸長安深藍SL03電動車，車輛於行駛過程中撞擊凸起路面的石塊，造成底盤立刻發生起火，可能原因為鋰電池穿刺引起劇烈爆炸。
- 報廢/維修車輛自燃：2025年4月，新北新莊一輛曾自燃過的電動車，停在機車行前再次復燃，燒毀8輛車。
- 電動自行車/充電火災：民眾將機車電瓶帶至樓上(室內)充電引起電池爆炸。



ESS火災事故原因調查與分析

事故原因

- ✓ 電池保護系統不足
因**接地和短路造成的電力衝擊**(過電壓過電流)引入電池系統，發生短路失火。
- ✓ 操作環境管理不周
日夜溫差大產生**結露、暴露粉塵**中，**影響電池和模組的絕緣性**，引發火災的可能性提高。
- ✓ 整合保護與管理系統不足
不同製造商的EMS、PMS、BMS，無法和SI公司的產品**能有效連接與運作**。
- ✓ 電池系統缺陷
在電池缺陷的情況下，**充放電幅度大，在充滿電後仍持續充電時**，內部短路引發火災的可能性會提高。
- ✓ 針對電力衝擊的保護機制不足。

改善作法

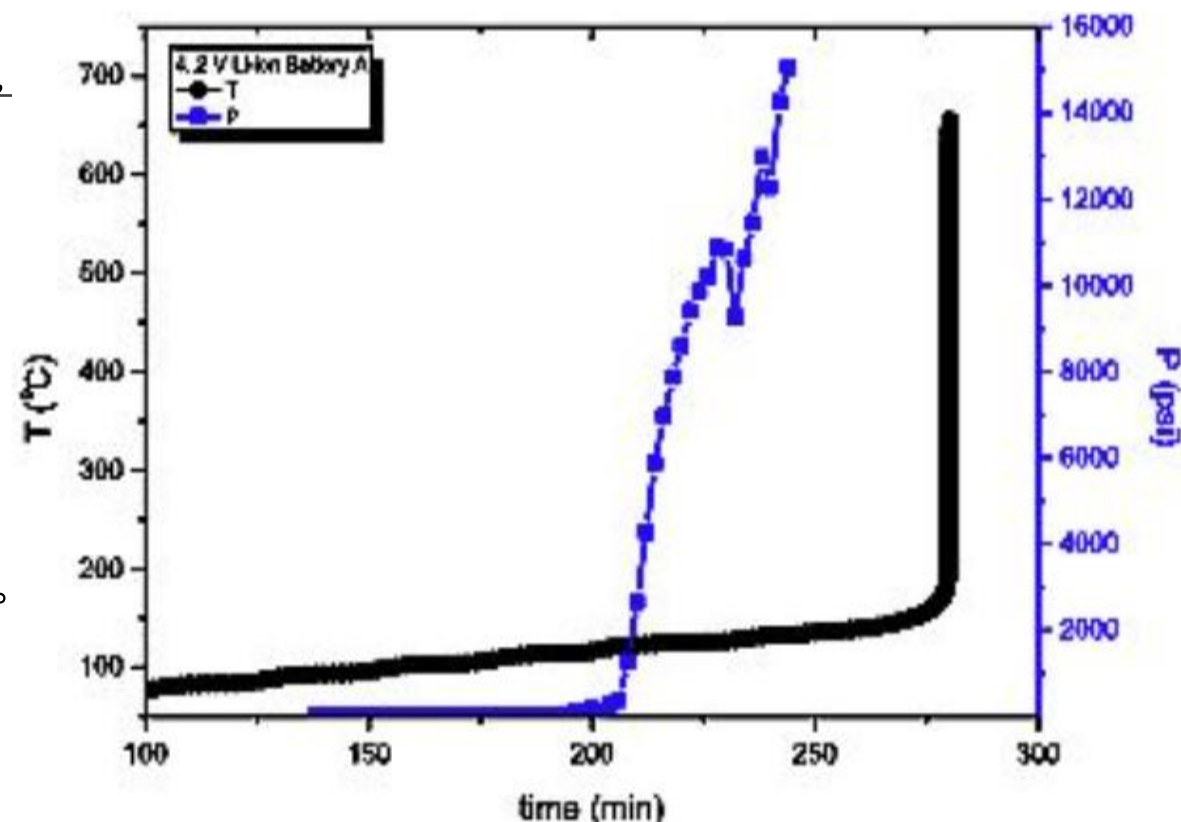
- ✓ 建立製造標準
 1. 導入**國際ESS安全標準**。
 2. 強化電池、PCS等**重要元件認證**。
 3. 建立**電池保護裝置及整合控制草案**等細部標準。
- ✓ 建立安裝標準
 1. **強制安裝保護裝置**。
 2. 設立**監視系統及緊急停止措施**。
- ✓ 建立操作管理標準
 1. **嚴格管制溫度、濕度與粉塵**。
 2. **縮短法定檢查週期**(4年→1~2年)。
 3. 實施任意改裝**處罰條例規章**。
- ✓ 建立消防標準
 1. 制定**ESS適用的火災處理SOP**。
 2. 制定**ESS適用的消防安全標準**。

鋰電池芯失火原因探討

鋰電池最主要的失火原因來自於**熱失控 (Thermal Runaway)**，導致熱失控的原因可能是**高溫導致使電池內隔離膜受損，進而造成短路**；又或是線路、線材或其他機械瑕疵，造成外部短路。又或者是軟體瑕疵，造成電池內溫度過高，無論原因是什麼，都會造成電池熱失控，內部溫度持續升高。

研究顯示，

1. 當**鋰電池溫度達到攝氏60度以上**，就進入熱失控警示範圍，
2. 一旦溫度超過90度，電池內的**SEI層**(固體電解質界面膜)會初步分解，導致電解液與負極產生「還原」反應，並釋放出甲烷、乙烯、氫氣等多種易燃氣體。這些氣體和化學反應會加速熱失控，
3. 當溫度超過120度，**隔離膜會熔解**，造成電池內部短路，引起大量電流而放熱，通常在這個階段，會因為短路而造成電弧火花，進而出現燃燒現象。
4. 而當電池溫度超過140度，氧化鋰也會開始分解，釋放出氧氣。



鋰電池模組精進做法（從電池源頭改善避免熱失控）

鋰電池滅火方式起火務上最常使用的還是必須靠大量灌水，正在逐漸推廣的滅火手段是防火毯，通常用於室內停車場使用「水幕式」防火設置，溫度積極的做法則是從電池源頭避免熱失控。目前有多種材料方案，都已經進入量產，如下所示。

- **氣凝膠**：特斯拉自行開發的4680電池，在每顆電芯之間填充了氣凝膠(Silica Aerogel)，它的導熱效率極低(0.02 W/m·K)，耐溫高達600 °C ~ 1,000 °C，可以防止單顆電芯熱失控後傳導至整個電池組。
- **陶瓷纖維**：寧德時代在電池組內襯覆蓋一層陶瓷紙，也有部分產品是用陶瓷紙包覆電池模組，它可以抵擋1,200°C ~ 1,600°C高溫，能夠成為電池內的熱屏障，還能直接抵擋火焰，而減少熱失控。
- **雲母**：比亞迪刀鋒電池使用雲母襯墊，做為電池組頂部與結構熱屏障，雲母耐熱可達到900°C ~ 1,000°C，同樣可以成為熱絕緣屏障，是CP值較高的防火材料。

車廠 / 模組供應商	應用實例	使用材料
Tesla 4680 模組	電芯之間填充氣凝膠纖維墊層	氣凝膠 + 彈性導熱矽膠
CATL 大容量模組	模組箱內設陶瓷複合纖維隔層	陶瓷紙 + 鋁複合層
BYD Blade 電池	雲母襯墊作為模組頂部與結構熱阻層	雲母墊層 + 石墨導熱片

電池高安全性提升發展演變

1. 全球趨勢：建立安全標準與供應鏈重組

國際電動車市場總體持續成長，電池技術持續進步(如固態電池開發)與製造成本下降，進一步提升平價電動車的普及率。電動車市場已從單純追求「高續航力」轉向追求「高安全度」。歐盟近期通過的《電池法》(EU Battery Regulation)不僅要求碳足跡透明，更強調電池全生命週期的安全監控。同時，受地緣政治影響，歐美日車廠正積極建構「非紅供應鏈」，並針對關鍵零組件的來源與國內產製之比例要求日益嚴苛。

2. 技術創新：預警系統從被動到主動的防護變革

目前國際技術已開始導入預測式維護(Predictive Maintenance)。傳統BMS僅能在故障發生時進行斷路，而目前先進方案則結合AI演算法，針對電池初期的微小電壓浮動或溫度異常進行「即早期預警系統開發」。此外，針對熱失控的防護材料，也從傳統的防火棉進化至具備奈米孔徑、高絕熱性能的氣凝膠(Aerogel)難燃隔熱材料，以達成零延燒(No Thermal Propagation)之目標。

3. 台灣市場挑戰：從電池源頭限制，以改善進口劣質產品之威脅

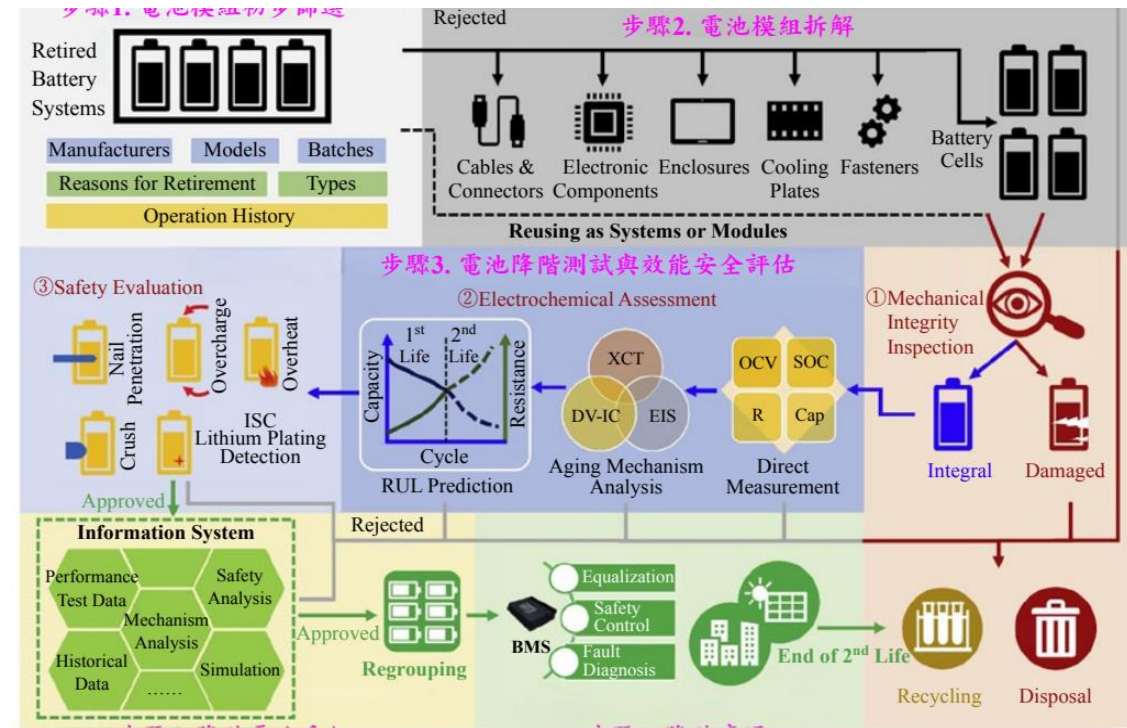
在台灣市場，由於相關法規仍持續完善中，市場上充斥大量來自中國大陸之低價、劣質電池模組。這些產品往往缺乏完整的保護控制邏輯與資安防護，且多採用二手拆解之電池芯。其惡性價格競爭，而導致國內優質廠商生存壓力劇增。一旦發生公共安全問題，往往禍及整體產業名譽，易造成「劣幣驅逐良幣」的困境。

鋰電池的回收定義

- 隨著科技進步與環保意識抬頭，鋰電池為生活中不可或缺的電力設備。從手機、平板到電動車，鋰電池的應用範圍日益廣泛。然而，在享受便利的同時，也面臨著一個嚴峻的挑戰如何處理大量廢棄鋰電池。理論上，鋰電池壽命可達 8 至 10 年，因此無論是資訊科技、電動車或儲能系統使用的鋰電池，預計未來 2 至 3 年將陸續進入報廢期。政府預估到2034年，台灣廢鋰電池數量將突破3萬公噸。而汰役鋰電池中的鎳、鈷、鋰等稀有金屬的總回收再處理價值，將大增至42億元。
- 依不同正極材料，鋰電池可分為磷酸鋰鐵電池、鋰鈷氧電池、鋰錳氧電池、鋰鎳鈷錳三元電池及鋰鎳鈷鋁二元電池，目前以磷酸鋰鐵及鋰三元兩種電池為全球電動車產業主流趨勢。鋰三元與磷酸鋰鐵電池在 2020 年分別占總容量 73% 及 27%，磷酸鋰鐵電池憑藉性價比優勢，目前在全球動力電池市場裝機量占比將超過 60%。因電動車興起，其電池得符合高功率、快速充放電的嚴苛標準，一旦電池衰老，容量降至80%以下就得淘汰。鋰電池的回收處理方式：
 1. 梯次利用成為汰役電池再次利用的一部份，目前是市場上提出將更換下的電池用於儲能系統、UPS、低速電動車。
 2. 回收廠處理，大部分處理方式主要為火法冶金及濕法冶金，但高溫處理及強酸鹼溶劑使用下不但經濟效益低，更加造成環境二次汙染。

汰役電池再次利用

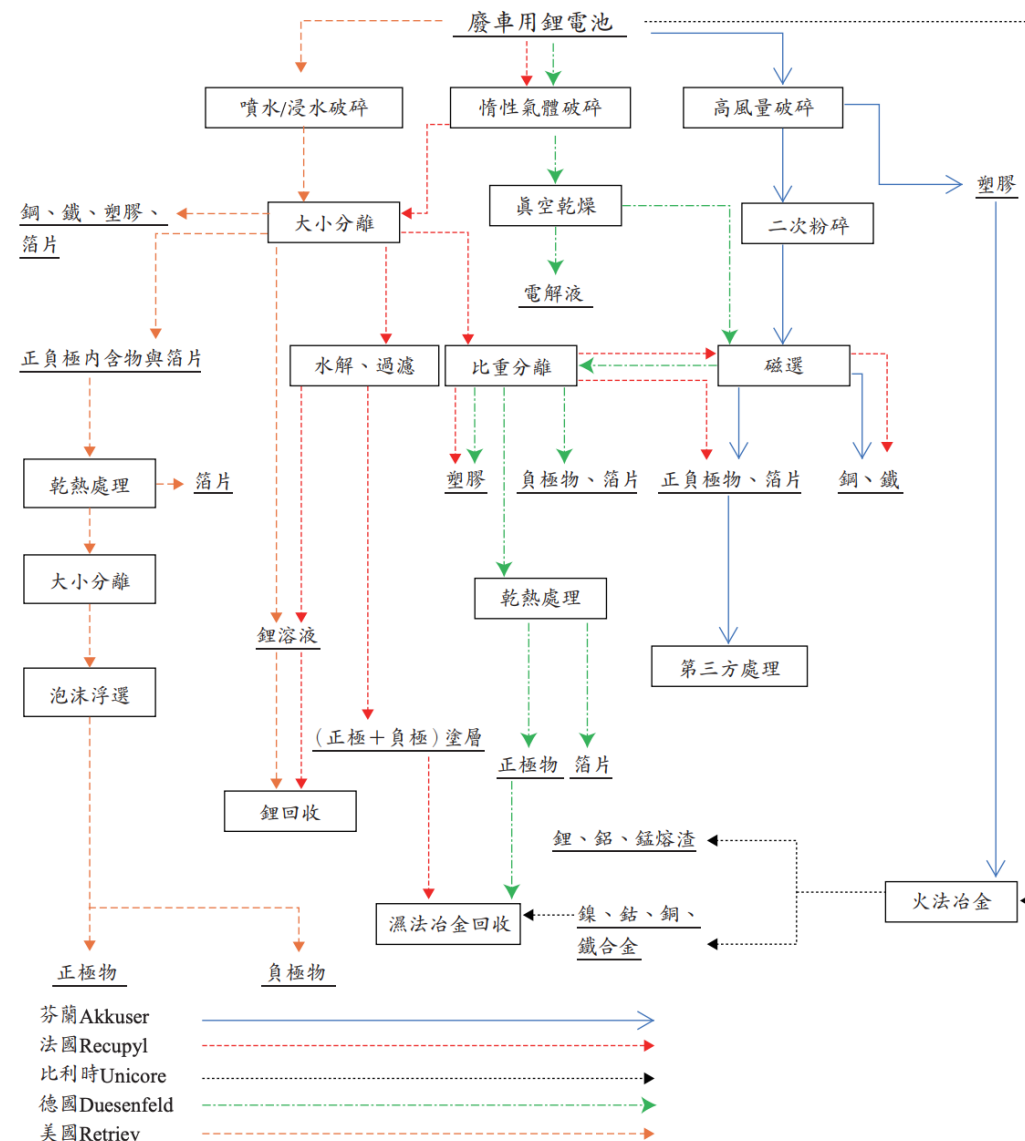
- 目前合理的汰役鋰電池處置方式，應以降階優先考量，發揮汰役電池最大價值。降階是指從第一次使用生命週期汰換下來，轉而用於較低階的第二次生命週期領域，左圖為汰役鋰電池可降階使用包括：家庭用電、儲能系統、通訊基站、5G基地台、低階EV與再生能源系統等。
- 右圖為降階使用篩選與檢測流程分為五個步驟。步驟一為記錄汰役電池的相關資訊；步驟二則將電池模組內部組成部件拆解；步驟三是將鋰電池模組或單體，進行一連串的檢測及試驗；步驟四根據前一步驟所得之檢測結果，將電池狀況較佳者，進行重組；最後整合不同之電池模組，為不同需求之儲能設備組成特定的能源管理系統，以降低降階電池二次使用的風險。



回收廠處理火法冶金及濕法冶金

右圖為彙整國外五家廢鋰電池處理廠的回收流程，呈現各廠的不同回收處理方式。該圖顯示國外的廢鋰電池回收處理主要分為三個階段：

- 1) 首先是對廢鋰電池進行初步破碎，其次是破碎產物的物理分選過程，最後則是對所分選出含有價金屬的物料，透過濕法冶金或火法冶金進行金屬回收。
- 2) 為了降低鋰電池於破碎時的爆炸風險，通常會在破碎過程中添加惰性氣體，如氮氣、二氧化碳等。另有些公司會採用加水噴霧或高風速等技術來進行破碎，同樣是為了減少爆炸的可能性和威力。
- 3) 經破碎後，這些處理廠通常會進行一系列的物理分離工作，比如根據破碎物的物理性質（如感磁性、尺寸、比重等），利用磁選、篩分、風選等方法將鐵金屬外殼與其他非金屬物質分離，以得到含有鋰、鈷、鎳、錳、銅、鋁、鐵等金屬材質之黑色粉末，再透過濕法冶金或火法冶金來進行各金屬之回收。



電池列管範圍

(一) 鋰電池列管範圍

公告應回收廢棄物乾電池定義及種類



化學能直接轉換成電能



單只 (cell) 重量 < 1kg
*二次鋰電池不受此限



密閉式小型電池



包含：一次 (primary) 電池、二次 (rechargeable) 電池



排除：鉛蓄電池、需另加電解液者



筒型
(圓筒、方筒)



鈕釦型
(button cell)



組裝型
(battery pack)

特定鋰電池列管範圍



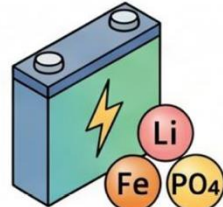
一次鋰電池



二次鋰電池



鋰三元電池



磷酸鋰鐵電池

(二) 鋰電池主要用途



1. 3C用品使用

智慧型手機、平板、筆電、穿戴裝置、無線耳機等消費性電子

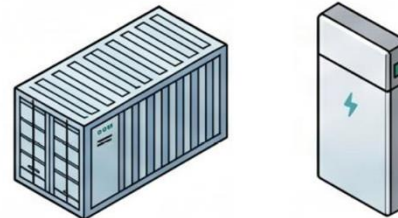
2. 電動汽機車使用



電動汽機電車

電動汽車、電動摩托車
電動巴士

3. 儲能使用



大型電網儲能、家用儲能系統

電池列管範圍

- ✎ 因應「單只電芯重量大於1公斤以上二次鋰電池」，大量應用於電動運具及儲能系統，113年11月12日公告修正「物品或其包裝容器及其應負回收清除處理責任之業者範圍」，納為公告應回收「乾電池」範圍，並自114年7月1日生效。



政策實施前後對比

	政策實施前 (114 年 6 月 30 日前)	政策實施後 (114 年 7 月 1 日起)
納管對象	僅限 < 1 公斤 二次鋰電池	全面納管 二次鋰電池
產品範疇	手機、筆電、行動電源、 電動汽（機）車等	儲能系統電池、備援電 源、大型電動工具等
環境效益	難掌握大型鋰電池 最終流向	全面追蹤流向



順應市場與減碳需求

大型儲能與電動運具普及，
未來大型廢二次鋰電池數量攀升



推動資源循環與稀有金屬回收

確保高價值的戰略金屬（鋰、鈷、
鎳等）進入回收體系提煉，落實
循環經濟。

回收處理管道

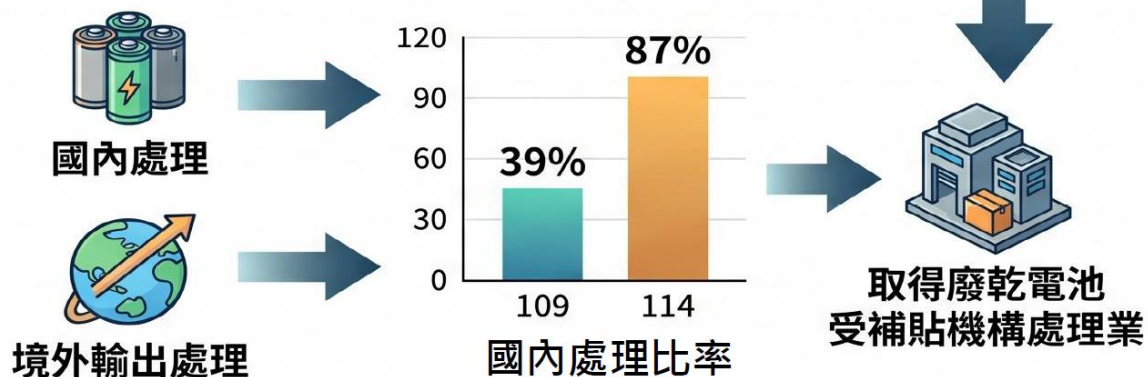
廢二次鋰電池回收處理管道

(一) 回收處理管道

1. 回收管道

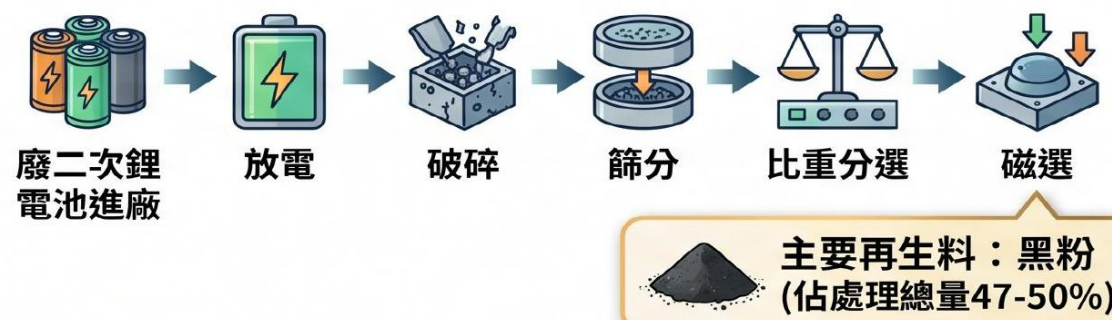


2. 處理管道



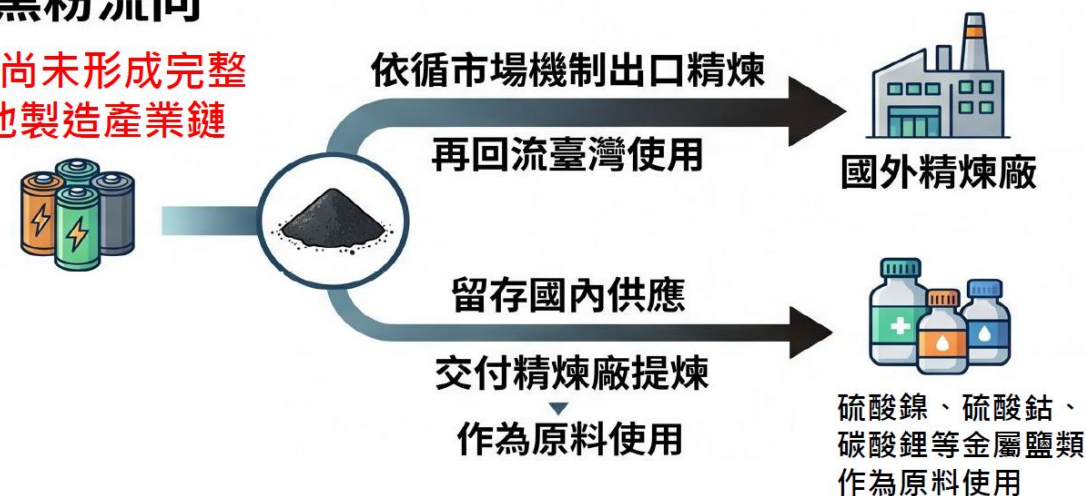
(二) 處理產出與流向

1. 處理產出：



2. 黑粉流向

國內尚未形成完整電池製造產業鏈



回收處理管道

資源
回收網



公告應回收廢棄物納管前、後處理方式對照

未納管 (114/7/1起)

認定基準：「製造或輸入之單只電芯重量是否達1公斤」

身份 為「事業廢棄物」管理 (E-0217) 。

回收管道 ◆ 自行或委託經許可之公民營廢棄物清除處理機構清理。
◆ 交付廢乾電池 (含二次鋰電池) 回收或處理業。

費用 ◆ 事業單位「自行付費處理」

納管後 (114/7/1起)

身份 ◆ 公告應回收廢棄物「乾電池」範圍

回收管道 ◆ 交付廢乾電池 (含二次鋰電池) 回收或處理業。

費用 ◆ 由責任業者繳交「回收清除處理費」

註：報廢時提供來源證明及繳費資料。

國內廢乾電池處理業

國內處理

名仁(高雄)

三大(屏東)

盛特(彰化)

境外輸出

永續(桃園)

東睿(桃園)

永莊(台中)

昱蓊(台中)

邦友(高雄)

Thanks !!

Have any question??