

磷酸鐵鋰 (LFP) 與其他鋰電池及汽油安全性比較報告

2025 年 11 月 10 日

磷酸鐵鋰 (LFP) 電池在鋰電池家族中以安全、穩定與長壽命著稱。相較於含鎳、鈷的 NCM 與 NCA 系統，LFP 雖能量密度略低，但具備極佳的熱穩定性、低成本與環境友善性。LFP 電池特別適用於儲能系統、電動巴士及工業用途，能在長期高頻充放電中維持性能。以下各表彙整不同鋰電池系統的主要差異與特性，並於最後以表格比較靜置狀態下鋰電池與汽油的安全表現。

表 1 主要化學系統比較

電池種類	正極材料	常見應用	特性摘要
LFP (LiFePO_4)	磷酸鐵鋰	儲能系統、電動巴士、商用車	安全穩定、壽命長、成本低
NCM (LiNiCoMnO_2)	鎳鈷錳氧化物	高端乘用車電池	能量高但熱穩定性差
NCA (LiNiCoAlO_2)	鎳鈷鋁氧化物	特斯拉早期車款	高能量密度、成本高
LCO (LiCoO_2)	鈷酸鋰	筆電、手機	高能量但壽命短、熱穩定性差

表 2 安全性與熱穩定性比較

項目	LFP	NCM / NCA	LCO
熱穩定性	★★★★★ ($>270^\circ\text{C}$)	★★☆☆☆ ($180\text{--}210^\circ\text{C}$)	★★☆☆☆ (約 200°C)
熱失控機率	極低	中高	高
氧釋放	幾乎無 (不助燃)	有 (助燃)	有 (助燃)
火災蔓延性	低	高	高
毒性產物	少量 CO、HF	較多 CO、HF	較多 CO、HF

鑫應材股份有限公司 · 竹北市 302 自強南路 8 號 5 樓之 10 · (03) 522-7900

表 3 性能與能量密度比較

項目	LFP	NCM / NCA	LCO
能量密度 (Wh/kg)	160–200	220–300	180–250
電壓平台 (V)	3.2	3.6–3.7	3.7
輸出功率密度	中高	高	中
低溫性能	稍差 (<0°C 容量降)	較佳	一般

表 4 壽命與循環性能比較

項目	LFP	NCM / NCA	LCO
循環壽命 (80%容量)	3000–6000 次	800–1500 次	500–1000 次
容量衰退速度	緩慢	中等	快速
高溫壽命表現	優秀	一般	差

表 5 成本與資源依賴比較

項目	LFP	NCM / NCA	LCO
原料成本	低 (鐵、磷)	高 (鎳、鈷)	很高 (高鈷)
供應風險	低	高	高
製造成本 (\$/kWh)	70–90	100–130	120–150

表 6 應用差異比較

應用領域	LFP	NCM / NCA	LCO
儲能系統 (ESS)	優秀 (安全壽命長)	一般	不適用
巴士/商用車	優秀 (穩定)	中等	不適用
乘用車	一般 (續航略低)	優秀 (能量高)	不適用
筆電/手機	不佳	佳	最適用
高溫/震動環境	穩定可靠	較敏感	較敏感

表 7 整體比較總覽

項目	LFP	NCM / NCA	LCO
安全性	★★★★★	★★☆☆☆	★★☆☆☆
能量密度	★★☆☆☆	★★★★★	★★★★☆
循環壽命	★★★★★	★★☆☆☆	★★☆☆☆
成本	★★★★★	★★☆☆☆	★★☆☆☆
溫度穩定性	★★★★★	★★☆☆☆	★★☆☆☆
綜合評價	適合安全與長壽命應用	適合高能量需求應用	限消費電子使用

在靜止狀態下，鋰電池與汽油的安全性存在根本差異。LFP 為固態封裝系統，不具揮發性，除非受到嚴重外力或電氣異常，否則不會自燃或爆炸；相反地，汽油為揮發性液體，蒸氣極易被火源點燃。因此在儲存、運輸及靜置環境中，LFP 的安全性遠高於汽油，代表未來能源系統向電化與低碳轉型的重要優勢。

表 8 靜止狀態下鋰電池與汽油安全性比較

項目	鋰電池（特別是 LFP）	汽油
能量密度（Wh/kg）	200–300	約 12,000
閃火點	無（固態材料）	約 –40°C
自燃溫度	約 130–250°C（內短路時）	約 280°C（蒸氣點燃）
主要危險來源	過充、內短路、外力損傷	蒸氣揮發、靜電或火源點燃
靜止安全性	極高（無燃燒條件）	低（蒸氣隨時可燃）
洩漏風險	幾乎無	高（液體易揮發）
結論	靜止狀態下極為安全	靜止時仍具高燃爆風險