

儲能系統全生命週期風險控管檢查表

項目名稱: _____

項目地點: _____

評估日期: _____

評估人員: _____

檢查者簽名: _____

第一階段：設計階段

1.1 電池類型選擇

- 已進行電池類型安全性比較(LFP/NMC/LTO)
- 優先選用LFP或LTO電池(相對安全)
- 若必須使用NMC電池,已制定額外防護措施
- 電池供應商提供安全認證文件(UL/CE等)
- 電池熱失控特性已進行技術評估

1.2 热管理系統設計

- 冷卻系統採用N+1冗餘設計
- 冷卻系統容量足以應對最大發熱負荷
- 冷卻系統故障時有自動預警機制
- 冷卻系統與BMS整合,可自動調節
- 已進行熱失控模擬測試

1.3 防火區劃與間距

- 儲能系統獨立區劃,防火時效 ≥ 1 小時
- 戶外設置距離公共道路 ≥ 8 米

- 戶外設置距離建築物 ≥ 8 米
- 相鄰機櫃間距 ≥ 0.5 米
- 防火材料選用符合規範(耐溫 $\geq 1260^{\circ}\text{C}$)

1.4 BMS與消防系統整合設計

- BMS具備多層次保護功能(過充/過放/過溫/短路)
- BMS與PCS(功率轉換系統)通訊正常
- BMS與消防系統聯動設計完成
- 異常狀態下自動斷電保護機制已設計
- 遠端監控平台架構已規劃

1.5 標準合規性

- 設計符合NFPA 855標準
- 設計符合國家相關法規
- 已進行第三方安全審查
- 審查意見已納入設計修改

設計階段評估結論: 合格 需改進 不合格

第二階段：製造階段

2.1 原材料品質控制

- 原材料供應商已認證
- 原材料進廠檢驗記錄完整
- 隔離膜、電解液等關鍵材料有批次追溯
- 不良原材料已隔離與退貨

2.2 生產環境控制

- 生產車間溫度控制在 $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$

- 生產車間相對濕度控制在30-70%
- 生產車間潔淨度符合要求
- 靜電防護措施已實施
- 生產環境監測記錄完整

2.3 電芯一致性篩選

- 100%出廠電性能測試已進行
- 電芯電壓偏差 $\leq 50\text{mV}$
- 電芯容量偏差 $\leq 3\%$
- 內阻偏差 $\leq 10\%$
- 不符合規範的電芯已篩除

2.4 隔離膜完整性檢測

- 隔離膜厚度檢測已進行
- 隔離膜孔隙率檢測已進行
- 隔離膜強度測試已進行
- 隔離膜缺陷檢測已進行
- 檢測不合格的電芯已篩除

2.5 製程品質管理

- ISO 9001品質管理系統已實施
- 製程追溯系統已建立(批次管理)
- 不良品分析與改善機制已建立
- 製程能力指數(C_{pk}) ≥ 1.33
- 出廠不良率 $\leq 0.1\%$

製造階段評估結論: 合格 需改進 不合格

第三階段：運輸與安裝階段

3.1 防震包裝設計

- 包裝設計已進行跌落測試
- 包裝材料具備減震功能
- 包裝內部固定措施完善
- 包裝標識清晰(易碎、防潮等)
- 包裝符合UN38.3運輸標準

3.2 運輸環境監控

- 運輸工具配備溫度記錄儀
- 運輸過程溫度控制在-10~45°C
- 運輸過程相對濕度控制在20-80%
- 運輸過程震動監測已進行
- 運輸記錄完整

3.3 吊裝作業安全

- 吊裝作業人員已接受培訓
- 吊裝設備檢驗合格
- 吊裝過程有專業監督
- 吊裝過程無碰撞或摔落
- 吊裝作業記錄完整

3.4 電氣連接正確性

- 電氣連接圖紙已核對
- 正負極連接無誤
- 接線柱緊固力矩符合規範
- 絝緣檢測已進行

- 接地電阻測試已進行

3.5 到貨檢查

- 外觀檢查無損傷
- 電性能復測已進行
- 電壓、容量、內阻符合規範
- 安全功能測試已進行
- 檢查記錄完整

運輸與安裝階段評估結論: 合格 需改進 不合格

第四階段：調試階段 (高風險期)

4.1 BMS參數設定與校準

- BMS軟體版本確認無誤
- BMS參數已根據電池型號設定
- 過充保護閾值設定正確
- 過放保護閾值設定正確
- 過溫保護閾值設定正確(分級)

4.2 首次充電曲線監控

- 首次充電採用小電流(C/10以下)
- 充電過程24小時現場監控
- 溫度上升速率監測(不超過1°C/分鐘)
- 充電曲線記錄完整
- 異常情況立即停止並調查

4.3 消防系統聯動測試

- 火災偵測器功能測試

- 自動滅火系統噴放測試(空載)
- 消防系統與BMS通訊測試
- 應急停止按鈕功能測試
- 警報系統功能測試

4.4 異常狀態模擬測試

- 過充模擬測試(BMS應自動保護)
- 過放模擬測試(BMS應自動保護)
- 過溫模擬測試(BMS應自動保護)
- 短路模擬測試(保護裝置應動作)
- 電源故障模擬測試

4.5 調試階段安全措施

- 消防隊已待命現場
- 應急醫療人員已到位
- 應急撤離路線已標示
- 相關人員已接受安全培訓
- 應急預案已制定並演練

4.6 調試記錄與驗收

- 所有測試數據已記錄
- 異常情況已記錄並改善
- 調試報告已編制
- 第三方驗收已進行
- 驗收合格證書已取得

調試階段評估結論: 合格 需改進 不合格

第五階段：運行階段

5.1 實時監控系統

- 遠端監控中心已建立(7×24)
- 溫度監測點≥每個電池模組1個
- 電壓、電流、SOC實時監測
- 監控數據存儲≥1年
- 監控系統備份機制已建立

5.2 充放電策略優化

- 充電電流不超過電池額定值
- 放電電流不超過電池額定值
- SOC運行範圍設定在20-80%
- 充放電溫度限制已設定
- 充放電速率已優化(避免快速充放)

5.3 電池老化趨勢分析

- 容量衰減監測已進行
- 內阻增加趨勢已監測
- 老化曲線已建立
- 預計使用壽命已評估
- 更換計畫已制定

5.4 異常事件記錄與分析

- 所有告警事件已記錄
- 告警原因已分析
- 改善措施已實施
- 改善效果已驗證

- 改善記錄已存檔

5.5 定期巡檢

- 日巡檢已進行(檢查外觀、聲音、氣味)
- 週巡檢已進行(檢查連接、溫度、濕度)
- 月巡檢已進行(檢查消防設備、通風系統)
- 季度巡檢已進行(檢查電氣安全、絕緣)
- 巡檢記錄完整

5.6 應變演練

- 應變計畫已制定
- 應變演練已進行(至少季度1次)
- 消防隊已參與演練
- 演練發現的問題已改善
- 演練記錄完整

運行階段評估結論: 合格 需改進 不合格

第六階段：維護階段

6.1 冷卻系統維護

- 冷卻風扇清潔(月1次)
- 冷卻管道檢查(季度1次)
- 冷卻液更換(年1次)
- 冷卻系統壓力測試(年1次)
- 冷卻系統備件已備妥

6.2 電氣連接檢查

- 接線柱緊固力矩檢查(季度1次)

- 接線柱接觸電阻測試(年1次)
- 絶緣檢測(年1次)
- 接地電阻測試(年1次)
- 接線柱腐蝕情況檢查(季度1次)

6.3 消防設備功能測試

- 火災偵測器功能測試(季度1次)
- 自動滅火系統壓力檢查(月1次)
- 自動滅火系統噴放測試(年1次,空載)
- 警報系統功能測試(季度1次)
- 應急停止按鈕功能測試(季度1次)

6.4 電池容量衰減評估

- 容量測試(年1次)
- 內阻測試(年1次)
- 衰減趨勢分析
- 更換時機評估
- 更換計畫調整

6.5 預防性維護計畫

- 年度維護計畫已制定
- 維護工作已排程
- 維護人員已培訓
- 備品備件已準備
- 維護記錄已數位化

6.6 維護記錄管理

- 所有維護工作已記錄
- 維護人員簽名確認

- 維護記錄已存檔
- 維護成本已統計
- 維護趨勢已分析

維護階段評估結論: 合格 需改進 不合格

第七階段：退役階段

7.1 電池殘餘能量評估

- 電池容量測試已進行
- 電池內阻測試已進行
- 梯次利用可行性已評估
- 梯次利用應用場景已確定
- 若無梯次利用,回收計畫已制定

7.2 拆卸作業安全

- 拆卸人員已接受培訓
- 電池已完全放電
- 拆卸過程有專業監督
- 靜電防護措施已實施
- 拆卸過程無損傷

7.3 梯次利用或回收決策

- 若梯次利用,新應用場景已評估安全性
- 若回收,回收商已認證(符合環保法規)
- 回收合同已簽署
- 回收過程監督計畫已制定
- 回收完成證明已取得

7.4 環境污染防治

- 拆卸過程廢液已收集
- 廢液已送至合格處理機構
- 廢氣排放符合環保標準
- 廢渣處理符合環保標準
- 環保驗收已通過

7.5 退役記錄

- 退役計畫已制定
- 拆卸過程已記錄
- 梯次利用或回收記錄已存檔
- 環保驗收報告已取得
- 退役完成報告已編制

退役階段評估結論: 合格 需改進 不合格

總體評估

整體風險等級評估

根據各階段評估結果,判定整體風險等級:

- 低風險** - 所有階段均合格,系統安全性優良
- 中風險** - 大部分階段合格,存在需改進項目
- 高風險** - 存在不合格項目,需立即改善

需改進項目清單

項目	風險等級	改善措施	責任人	完成期限	完成狀態

簽核

評估負責人: _____ 簽名: _____ 日期: _____

審核人: _____ 簽名: _____ 日期: _____

備註

- 本檢查表應至少每年進行一次完整評估
- 發生異常事件後應立即進行相關階段的評估
- 所有評估記錄應妥善保存,作為安全管理的證明
- 評估發現的問題應建立改善追蹤機制,直至完成改善