

CR2032 扣式電池組裝常見問題排查指南：從短路到漏液的完整解決方案

系統性解決 CR2032 扣式電池組裝中最常見的 8 大問題：短路、開路、漏液、內阻異常、容量偏低、循環性能差、電壓異常、組裝失敗。提供逐步排查流程、根本原因分析和實用預防措施。

最後更新: 2024-09-16 · 線上閱讀: <https://labcorematerials.com/zh-hant/resources/cr2032-assembly-troubleshooting-guide>

為什麼組裝問題如此常見?

CR2032 扣式電池組裝看似簡單，但實際上是一個對細節要求極高的過程。即使是經驗豐富的研究者，也可能遇到各種意外問題。

常見痛點：

- 組裝 10 顆電池，只有 3-4 顆能用
- 開路電壓正常，但一測試就短路
- 首次充放電正常，第二次循環就失效
- 明明按照標準流程操作，結果卻不穩定

本指南將幫你系統性地識別問題、定位根因、實施解決方案，把成功率從 30% 提升到 90% 以上。

問題 1：短路（電壓接近 0V）

症狀

- 組裝完成後測得電壓 $< 0.5V$
- 萬用表顯示電阻極低 ($< 10\Omega$)
- 電池發熱
- 放置一段時間電壓仍不回升

根本原因

最常見（80% 的短路）：隔膜破損或位置偏移

1. 隔膜尺寸不足：

- $\phi 16mm$ 隔膜用於 $\phi 16mm$ 電極 $\rightarrow$ 邊緣未完全覆蓋
- 正負極邊緣直接接觸

2. 隔膜破損：

- 組裝時鑷子戳破隔膜

- 電極表面有尖銳顆粒刺穿隔膜
- 隔膜本身有製造缺陷

3. 隔膜位置偏移：

- 注液後隔膜漂移
- 封口時電池殼錯位擠壓隔膜

其他原因：

- 金屬粉塵或導電顆粒污染
- 電極塗層脫落形成導電橋
- 封口力度過大導致內部結構變形

排查步驟

步驟 1：立即測量

開路電壓 $<0.5V$ → 確認短路

電阻 $<10\Omega$ → 低阻短路（隔膜破損）

電阻 $10-100\Omega$ → 高阻短路（污染或微短路）

步驟 2：拆解檢查（如果條件允許）

- 在手套箱中小心拆開電池
- 檢查隔膜是否有破洞、撕裂
- 觀察電極表面是否有金屬顆粒
- 確認隔膜位置是否覆蓋整個電極

步驟 3：回顧操作

- 隔膜尺寸是否大於電極 2-3mm？
- 是否用尖銳鑷子直接接觸隔膜？
- 注液量是否過多導致隔膜漂浮？

解決方案

立即行動：

✅ 更換更大尺寸隔膜：

- 電極 $\varnothing 16\text{mm}$ → 使用 $\varnothing 19\text{mm}$ 隔膜
- 確保隔膜邊緣至少超出電極 1.5mm

✅ 改進隔膜放置方法：

- 使用平頭鑷子夾取隔膜邊緣
- 放置隔膜時讓其自然下落，不要按壓
- 注液前用鑷子輕輕按壓隔膜中心固定位置

✓ 清潔工作環境：

- 在潔淨工作台或手套箱內操作
- 使用粘塵滾輪清理工作表面
- 戴無粉手套，避免纖維污染

✓ 優化注液順序：

- 先放隔膜 → 滴加少量電解液（20-30 μ L）浸潤 → 放置負極 → 補充電解液
- 避免大量電解液一次性注入

預防措施

- **每批次抽檢隔膜：**從包裝中隨機取出 5-10 片隔膜，用放大鏡檢查是否有缺陷
 - **標準化組裝流程：**制定 SOP，每次嚴格按照相同順序操作
 - **使用組裝夾具：**固定電池殼位置，減少手動操作誤差
 - **記錄問題電池編號：**追溯到具體操作步驟或材料批次
-

問題 2：開路（電壓不穩定或無法測量）

症狀

- 萬用表顯示電壓不斷跳變
- 電壓時有時無
- 接觸測試時電壓正常，拿開後立即消失
- 測試設備報告連接錯誤

根本原因

1. 接觸不良：

- 彈片未正確安裝或變形
- 墊片位置錯誤
- 電池殼封口不到位
- 電極片與電池殼接觸不良

2. 電解液不足：

- 注液量過少，離子傳輸通道未建立
- 電解液揮發（封口不及時）
- 隔膜未完全浸潤

3. 極片問題：

- 電極塗層與集流體接觸不良
- 極耳焊接點斷裂（如使用極耳設計）

排查步驟

步驟 1：檢查外部連接

用萬用表觸針輕壓電池殼 → 電壓穩定？

→ 是：封口問題或內部接觸不良

→ 否：檢查萬用表和測試線纜

步驟 2：聽聲音

- 輕輕搖晃電池
- 聽到「咔咔」聲 → 內部組件鬆動
- 聽到液體晃動聲 → 電解液過多或封口不良

步驟 3：重新壓緊

- 使用封口機再次壓緊電池（壓力 1-2 噸）
- 如果電壓恢復穩定 → 初次封口力度不足

解決方案

✅ **標準化組裝順序**（確保所有組件正確放置）：

1. 正極殼（凹面向上）
2. 彈片（凸面向下，與正極殼貼合）
3. 正極片（塗層面向上）
4. 隔膜（預浸潤）
5. 適量電解液（40-60 μ L for CR2032）
6. 負極片（塗層面向下）
7. 墊片（1-2 片，根據厚度調整）
8. 負極殼（平面，均勻壓緊）

✅ **檢查彈片狀態：**

- 彈片應保持弧形，凸起高度約 0.5-1mm
- 變形或壓扁的彈片需更換
- 彈片方向錯誤（凸面向上）會導致接觸不良

✅ **優化注液量：**

- CR2032 標準注液量：50-60 μ L
- 過少（<40 μ L）→ 開路或高阻
- 過多（>80 μ L）→ 漏液或短路

✅ **改進封口流程：**

- 注液後立即封口（<5 分鐘），減少揮發
- 封口力度：1000-2000 kg-f（根據設備和電極厚度調整）

- 封口後檢查電池邊緣是否完全壓合

預防措施

- **建立組裝檢查清單：**每次組裝前確認所有組件齊全且狀態良好
 - **批量操作流水化：**將組裝步驟分解，每次完成一個步驟後再進行下一步
 - **及時測試：**組裝完成後 10 分鐘內測量開路電壓，及早發現問題
-

問題 3：內阻異常 (>100Ω 或測試波動大)

症狀

- 交流阻抗譜顯示阻抗異常高
- 充放電曲線有明顯 IR drop
- 倍率性能差，高倍率下容量驟降
- 多次測試阻抗值不一致

根本原因

1. 隔膜浸潤不完全：

- 電解液粘度高（低溫或特殊配方）
- 隔膜孔隙率低
- 靜置時間不足

2. 電極與集流體接觸阻抗高：

- 電極表面氧化
- 粘結劑過多影響導電性
- 壓實密度不均勻

3. 組裝接觸問題：

- 彈片接觸不良
- 電解液分佈不均

排查步驟

步驟 1：對比標準樣

- 同批次電極組裝多顆電池
- 測量所有電池的阻抗
- 阻抗分佈 >50% 離散度 → 組裝問題
- 阻抗整體偏高 → 材料或配方問題

步驟 2：靜置後重測

- 組裝後靜置 24 小時再測阻抗

- 阻抗顯著下降 → 浸潤不完全
- 阻抗無變化 → 接觸或材料問題

解決方案

✓ 延長浸潤時間：

- 標準流程：注液後靜置 30 分鐘再封口
- 粘度高的電解液：靜置 1-2 小時
- 可在注液後輕敲電池殼，幫助電解液滲透

✓ 選擇合適隔膜：

- 常規鋰離子電池：Celgard 2325（孔隙率 41%）
- 粘度高的電解液：Celgard 2500（孔隙率 55%）
- 參考我們的[隔膜選型指南](#)

✓ 優化電極製備：

- 塗層乾燥充分，避免殘留溶劑
- 輥壓密度適中（過高導致孔隙率低，過低導致接觸不良）
- 極片裁切後在真空烘箱 80-120°C 烘乾 4-12 小時

✓ 改進封口質量：

- 確保彈片與正極殼緊密貼合
- 封口力度均勻，避免一側壓力過大
- 使用質量穩定的封口機

預防措施

- **標準化電解液注入**：使用移液器精確控制注液量（ $\pm 2\mu\text{L}$ ）
- **環境控制**：在溫度 20-25°C 的環境中組裝，避免低溫增加電解液粘度
- **建立阻抗基線**：每種材料體系首次使用時，記錄正常阻抗範圍

問題 4：容量偏低（<理論容量的 70%）

症狀

- 首次放電容量遠低於預期
- 充電過程提前達到截止電壓
- 放電平台短，快速掉壓

根本原因

1. **活性物質負載量不足**：
 - 極片面積計算錯誤

- 塗層厚度不均勻
- 極片未完全覆蓋集流體

2. 電解液量不足：

- 注液量過少
- 電解液揮發

3. 副反應消耗容量：

- SEI 膜形成過度
- 電解液分解
- 微短路導致自放電

4. 極化過大：

- 內阻高導致有效容量降低
- 倍率過高

排查步驟

步驟 1：檢查電極負載量

計算理論容量 = 活性物質質量 × 材料比容量 × 活性物質佔比

實測容量 / 理論容量 = ?

→ >90%：材料性能正常

→ 70-90%：可能是首次效率損失或極化

→ <70%：檢查活性物質質量或組裝問題

步驟 2：降低倍率重測

- 用 0.1C 或 0.05C 極低倍率充放電
- 容量顯著提升 → 內阻或極化問題
- 容量仍低 → 活性物質或電解液問題

步驟 3：對比同批次電池

- 同批次多顆電池容量一致性好 → 可能是材料本身性能
- 容量離散度大 → 組裝工藝不穩定

解決方案

✓ 精確計算活性物質質量：

- 塗布前稱重集流體
- 塗布乾燥後稱重
- 裁切後稱重單片極片
- 建立質量-容量數據庫

✓ 優化注液量：

- 根據電極孔隙率和厚度計算最佳注液量
- 薄電極 (<100 μ m)：50-60 μ L
- 厚電極 (>150 μ m)：60-80 μ L

✓ 控制首次循環條件：

- 首次充放電使用低倍率 (0.1C)
- 在適宜溫度 (25°C) 下進行
- 避免過充或過放

✓ 檢查正負極容量匹配：

- N/P 比 (負極容量/正極容量) 應在 1.05-1.2 之間
- 負極過量保證鋰不析出
- 正極過量會降低整體容量

預防措施

- **標準化極片製備：**使用自動塗布機，確保塗層均勻性
 - **批次記錄：**記錄每批極片的負載量、厚度、面密度
 - **首次化成：**組裝後進行標準化成 (如 0.1C 充放 3 次)，建立穩定 SEI
-

問題 5：循環性能差 (<50 次循環衰減 >20%)

症狀

- 首次循環正常，後續快速衰減
- 充電容量保持，放電容量下降
- 阻抗逐漸增大
- 電壓平台逐漸降低

根本原因

1. 隔膜降解：

- 機械強度不足，循環中破損
- 電解液腐蝕隔膜
- 高溫加速老化

2. 電解液乾涸：

- 初始注液量不足
- 封口不嚴密，揮發或漏液
- 電解液分解消耗

3. 活性物質脫落：

- 粘結劑不足
- 循環體積膨脹導致剝離

4. 副反應累積：

- 持續 SEI 生長消耗鋰
- 電解液分解
- 金屬溶解-沉積

排查步驟

步驟 1：分析容量衰減曲線

快速衰減（前 10 次）→ 組裝或材料缺陷

線性衰減（均勻下降）→ 正常老化

台階式衰減（突然掉容量）→ 隔膜破損或短路

步驟 2：檢查阻抗變化

- 每 10 次循環測一次 EIS
- 阻抗持續增大 → 界面問題（SEI、接觸）
- 阻抗突然增大 → 電解液乾涸或接觸失效

步驟 3：拆解失效電池

- 檢查隔膜完整性
- 觀察電極表面顏色變化（氧化、副反應）
- 檢查是否有鋰枝晶

解決方案

✓ 使用高強度隔膜：

- 長循環測試（>500 次）→ Celgard 2400
- 高溫循環（>60°C）→ 陶瓷塗覆隔膜

✓ 增加電解液量：

- 長循環測試適當增加注液量（+10-20%）
- 確保封口嚴密，減少揮發

✓ 優化電極配方：

- 增加粘結劑含量（從 5% 提升到 8-10%）
- 使用更柔韌的粘結劑（如 PAA、CMC-SBR）
- 降低壓實密度，留出膨脹空間

✓ 控制循環條件：

- 避免過充過放（保持在 20-80% SOC）
- 控制循環溫度（ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ）
- 降低充放電倍率（ $<1\text{C}$ ）

預防措施

- **加速老化測試：**新配方先做高溫或高倍率加速循環，快速驗證穩定性
 - **對照實驗：**同時組裝商業材料作為對照組，判斷是組裝問題還是材料問題
 - **定期監測：**每 10-20 次循環記錄容量、阻抗、電壓平台
-

問題 6：漏液

症狀

- 電池外殼有液體痕跡
- 電池殼邊緣有白色結晶（電解液鹽）
- 放置一段時間後容量下降
- 電池殼腐蝕

根本原因

1. **封口不嚴密：**
 - 封口力度不足
 - 電池殼變形或有瑕疵
 - 墊片數量不當
2. **注液量過多：**
 - 電解液溢出
 - 膨脹導致內部壓力增大
3. **電池殼質量問題：**
 - 材料缺陷
 - 厚度不均

解決方案

- ✓ **優化封口參數：**
 - 逐步增加封口力度，測試不同壓力下的密封性
 - 標準力度：1000-2000 kg·f
 - 封口後用紙巾擦拭電池殼，檢查是否有液體滲出
- ✓ **精確控制注液量：**
 - 使用移液器，嚴格控制在 50-60 μL

- 注液後觀察液面，不應溢出電極邊緣

✓ 選擇優質電池殼：

- 使用符合標準的 304 或 316 不銹鋼電池殼
- 檢查電池殼是否有劃痕、凹陷
- 參考[304 vs 316 不銹鋼對比](#)

預防措施

- **密封性測試：**組裝後放置 24 小時，擦拭電池殼檢查是否有滲液
 - **存儲條件：**避免高溫高濕環境，減少電池膨脹和腐蝕
-

問題 7：電壓異常（過高或過低）

症狀

- 開路電壓明顯偏離理論值（如鋰離子電池應在 3.0-3.7V）
- 充電電壓快速上升到截止電壓
- 放電電壓異常低或平台不明顯

根本原因

1. 電極材料狀態異常：

- 正極過度氧化
- 負極預鋰化程度不當
- 材料受潮或污染

2. 組裝順序錯誤：

- 正負極裝反
- 電極極性標記錯誤

3. 電解液問題：

- 電解液降解
- 電解液配方錯誤
- 水分超標

解決方案

✓ 確認正負極極性：

- 標記電極片正反面
- 正極通常塗在鋁箔上
- 負極通常塗在銅箔上
- 使用萬用表測試極片電位

✓ **檢查材料狀態：**

- 極片顏色正常？（如 LiFePO_4 應為黑色或深灰）
- 是否有受潮跡象（顏色變淺、表面白斑）？
- 材料儲存時間是否過長？

✓ **使用新鮮電解液：**

- 開封後的電解液在手套箱中儲存不超過 1 個月
- 檢查電解液透明度（渾濁或變色需更換）
- 嚴格控制水分（ $<20 \text{ ppm}$ ）

預防措施

- **材料標識：**明確標記每批材料的類型、極性、製備日期
 - **環境控制：**電極和電解液在乾燥環境（露點 $<-40^\circ\text{C}$ ）中儲存和使用
-

問題 8：組裝失敗（電池無法封口或封口後變形）

症狀

- 封口時電池殼崩裂
- 封口後電池鼓包
- 封口機無法壓緊
- 電池殼邊緣不齊整

根本原因

1. **內部組件過厚：**

- 電極太厚
- 墊片數量過多
- 隔膜層數錯誤

2. **封口力度不當：**

- 力度過大導致電池殼變形或破裂
- 力度不足無法完全密封

3. **電池殼質量問題：**

- 材料硬度不夠
- 壁厚不均

解決方案

✓ **計算總厚度：**

總厚度 = 正極殼 + 彈片 + 正極片 + 隔膜 + 負極片 + 墊片 + 負極殼

CR2032 標準厚度：3.2mm

可壓縮範圍：2.8-3.5mm

如果總厚度 >3.5mm：

- 減少墊片數量
- 使用更薄電極
- 更換更薄隔膜

✓ 調整封口參數：

- 從低壓力開始（800 kg-f）
- 逐步增加，找到最佳封口力度
- 觀察電池殼變形情況

✓ 使用優質電池殼：

- 選擇厚度均勻、硬度適中的電池殼
- 避免使用回收或翻新電池殼

預防措施

- **標準化組件：**每批次電極厚度控制在 $\pm 10\mu\text{m}$
- **預組裝測試：**新配方或新材料先做 1-2 顆測試，確認可封口
- **維護設備：**定期檢查封口機模具是否磨損

通用排查流程圖

組裝後立即檢查（0-10 分鐘）

1. 測量開路電壓

- 正常範圍（2.5-3.7V for Li-ion）？繼續
- <0.5V：短路 → 見問題 1
- 不穩定/無讀數：開路 → 見問題 2
- 異常值：電壓異常 → 見問題 7

2. 目視檢查

- 電池殼邊緣平整？
- 無液體滲出？
- 無變形鼓包？

3. 靜置 30 分鐘後複測電壓

- 電壓下降 <50mV：正常
- 電壓下降 >100mV：可能微短路

首次充放電（24-48 小時後）

1. 測量內阻（EIS 或 HPPC）

- 阻抗異常高？→ 見問題 3

2. 首次放電容量

- <70% 理論容量？→ 見問題 4

3. 充放電曲線形狀

- 平台明顯、電壓正常？通過
- 平台短或無平台？檢查材料和組裝

循環測試（10-50 次循環）

1. 容量保持率

- >80%（50 次循環）：正常
- <80%：循環性能差 → 見問題 5

2. 定期檢查

- 有無漏液？→ 見問題 6
- 阻抗變化趨勢？

成功率提升清單

★ 關鍵成功因素（影響最大的 5 項）

1. **隔膜尺寸正確**：大於電極直徑 2-3mm
2. **注液量精確**：50-60 μ L for CR2032，使用移液器
3. **靜置浸潤**：注液後至少靜置 30 分鐘再封口
4. **封口力度適中**：1000-2000 kg·f，逐步調試
5. **清潔環境**：手套箱或潔淨工作台，無粉塵污染

✅ 標準操作流程（SOP）

準備階段：

- 所有材料提前進手套箱平衡 24 小時
- 電極片 80-120°C 真空乾燥 4-12 小時
- 電解液、隔膜儲存在乾燥器中

組裝階段（嚴格按順序）：

1. 放置正極殼（凹面向上）
2. 放置彈片（凸面向下）
3. 放置正極片（塗層向上，居中）
4. 放置隔膜（確保完全覆蓋正極）
5. 滴加 20-30 μ L 電解液預浸潤
6. 放置負極片（塗層向下）
7. 補充電解液至總量 50-60 μ L
8. 靜置 30 分鐘
9. 放置墊片（1-2 片）
10. 放置負極殼
11. 封口（1000-2000 kg·f）

檢查階段：

- 封口後 5 分鐘內測量開路電壓
- 擦拭電池殼，檢查是否漏液
- 記錄電池編號、批次、測試參數



數據記錄模板

建議為每顆電池建立記錄表：

項目	記錄
電池編號	
組裝日期	
正極材料及批次	
負極材料及批次	
隔膜型號	
電解液配方	
注液量 (μL)	
封口壓力 (kg·f)	
初始開路電壓 (V)	
首次充電容量 (mAh)	
首次放電容量 (mAh)	
首次庫倫效率 (%)	
內阻 (Ω)	
備註 (問題、異常)	

何時需要外部幫助？

可以自行解決的問題

- 短路、開路、漏液（通過改進組裝工藝）
- 內阻略高（通過優化注液和浸潤）
- 容量略低（通過調整活性物質量和 N/P 比）

需要供應商支持

- 材料批次問題（同樣操作，不同批次材料表現差異大）
- 電池殼質量問題（多次封口失敗、漏液頻繁）
- 隔膜批次缺陷（頻繁短路）

需要專業實驗室分析

- 電極微觀結構問題（需 SEM/TEM）
- 副反應機理不明（需 XPS、FTIR、GC-MS）
- 失效模式複雜（需拆解分析）

總結：從 30% 到 90% 成功率的路徑

第 1 週：掌握基礎（成功率 30% → 60%）

- 嚴格按照標準流程操作
- 使用正確尺寸的隔膜
- 精確控制注液量
- 確保封口力度適中

第 2-4 週：優化細節（成功率 60% → 80%）

- 建立數據記錄習慣
- 分析失效電池，找出規律
- 調試封口參數
- 優化浸潤時間

第 2-3 月：穩定工藝（成功率 80% → 90%+）

- 標準化所有操作步驟
 - 建立組件質量檢查機制
 - 定期維護設備
 - 批次追溯和問題閉環
-

推薦資源

深入學習：

- [CR2032 組裝詳細指南](#)
- [隔膜選型指南](#)
- [304 vs 316 不銹鋼電池殼對比](#)

優質組件：

- [CR2032 扣式電池組件套裝](#)
- [電池隔膜圓片](#)
- [鎳極耳片](#)

技術支持：

- 遇到無法解決的問題？[聯繫我們的技術團隊](#)
 - 我們提供免費的組裝故障診斷和解決方案建議
-

詢價聯絡: business@labcorematerials.com · labcorematerials.com

本指南僅供科研參考。實際操作前請結合自有設備條件與安全規程核對全部參數。