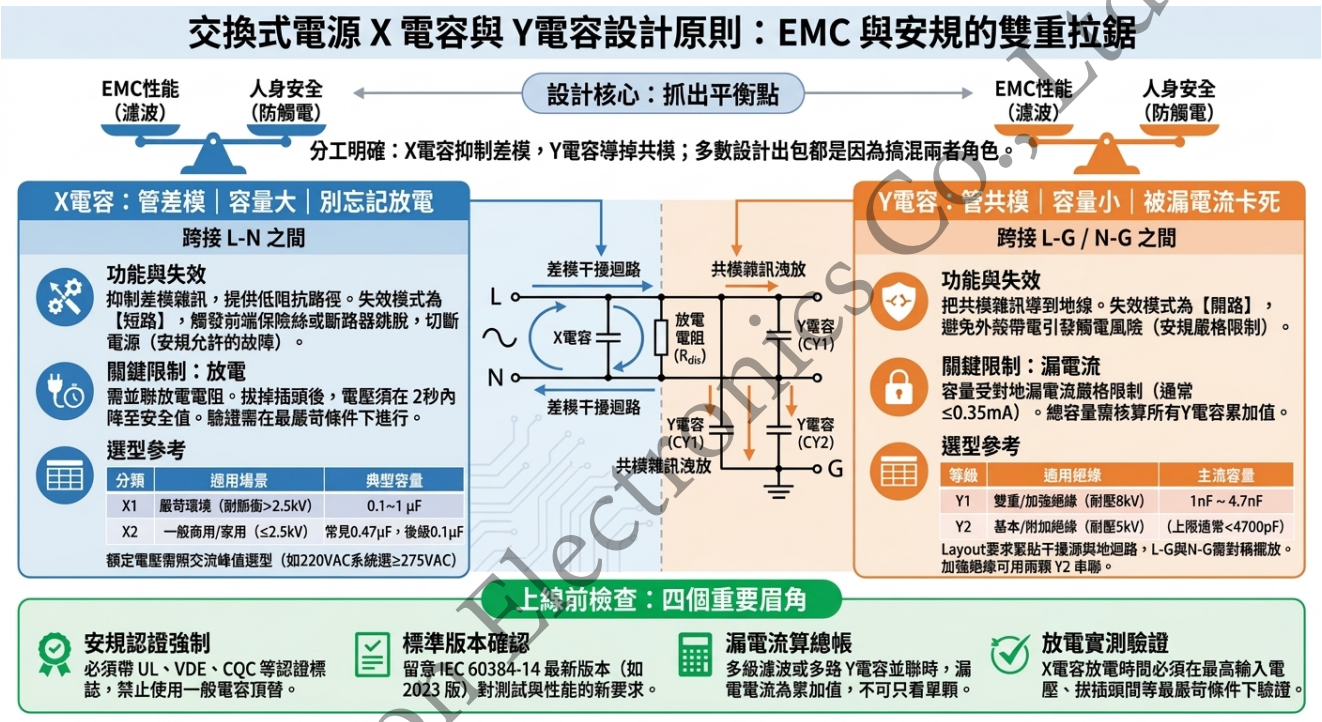
【鎮谷電子 CHIEFCON｜技術應用】

# 交換式電源 X 電容與 Y 電容設計原則

| 文件類別 | EMC 濾波與安規電容選型指南 | 適用產品 | 薄膜安規電容 / 陶瓷安規電容 |
|---|---|---|---|

**核心設計觀念：**在電源輸入端濾波電路中，X、Y 電容需同時兼顧「EMC 傳導干擾抑制」與「人員防觸電安全」。多數設計失誤並非參數算錯，而是把 EMC 濾波與安規防護兩件事混為一談。




## 一、先分清角色：X 電容管差模，Y 電容管共模

| 對比維度 | X 電容（差模抑制） | Y 電容（共模抑制） |
|---|---|---|
| 跨接位置 | 跨接在火線（L）與中性線（N）之間 | 跨接在 L–G 與 N–G（地線）之間 |
| 主要作用 | 為差模雜訊提供低阻抗迴路 | 將共模雜訊洩放到地線（GND） |
| 設計標準 | 符合 IEC 60384-14 定義之安規電容 | 符合 IEC 60384-14 定義之安規電容 |
| 失效模式 | 設計為失效短路，觸發前端保險絲或斷路器跳脫切斷電源 | 設計為失效開路，防止設備外殼帶電造成人員觸電 |
| 容量範圍 | 微法級（μF 級） | 奈法級（nF 級） |
| 短路風險 | 短路屬於安規可接受故障，容量設計自由度高 | 短路會引發嚴重觸電風險，容量受安規嚴格限制 |

Chiefcon Electronics Co., Ltd.

## 二、Y 電容選型：容量被「對地漏電流」卡死

| 類別 | 參數 / 要求 | 工程說明與選型建議 |
|---|---|---|
| **設計核心** | 小容量設計 | 容量越大共模抑制效果越好，但對地漏電流也會隨之飆高，必須取平衡點。 |
| **漏電流限制** | ≤ 0.35mA | 溫帶地區設備通用安規上限，此限制直接將 Y 電容總容量鎖死在 4700pF 以內。 |
| **主流容量** | 1nF ~ 4.7nF | 實務電源設計中最常採用的容量區間。 |
| **等級選型** | Y1 等級 | 脈衝峰值耐壓 8kV，額定電壓最高 500VAC，適用於「雙重絕緣」或「加強絕緣」場合。 |
| | Y2 等級 | 脈衝峰值耐壓 5kV，適用電壓 150 ~ 500VAC，適用於「基本絕緣」或「附加絕緣」場合。 |
| | Y3 等級 | 已被新版安規標準取代，新專案設計不建議選用。 |
| **加強絕緣方案** | 雙顆 Y2 串聯 | 初級側與次級側需加強絕緣時的常見作法，可節省空間並簡化插件製程（DIP 工序）。 |
| **PCB 佈局要求** | 1. 緊貼干擾源與地迴路<br>2. L–G 與 N–G 對稱擺放 | 佈線（Trace）應盡量縮短；若未對稱擺放或走線過長，共模抑制效果會明顯衰減。 |

## 三、X 電容選型：容量可以大，但別忘了放電設計

| 選型維度 | 分類 / 參數 | 規格說明 | 適用場景 |
|---|---|---|---|
| **耐脈衝電壓等級** | X1 等級 | 脈衝耐壓大於 2.5kV、不超過 4kV | 工業設備等嚴苛電磁環境 |
| | X2 等級 | 脈衝耐壓不超過 2.5kV | 一般家用電器與商用電子產品 |
| | X3 等級 | 自 IEC 60384-14:2013 版起已正式取消 | —（不適用） |
| **額定電壓** | AC 275V 及以上 | 220VAC 系統交流峰值約 310V，選型需依交流峰值評估，不可僅看有效值 | 220VAC / 全電壓輸入供電系統 |
| **常用容量** | 0.1 ~ 1 µF | 薄膜安規電容常見標準容量範圍 | 常規差模濾波電路 |
| | 0.47 µF | 單級 EMI 濾波最常選用的標準值 | 單級濾波電路 |
| | 前級 0.47 µF + 後級 0.1 µF | 兼顧低頻段差模抑制與高頻段雜訊旁路 | 雙級濾波電路 |

Chiefcon Electronics Co., Ltd.

| 選型維度 | 分類 / 參數 | 規格說明 | 適用場景 |
|---|---|---|---|
| **放電電阻** | 並聯於 X 電容兩端 | 確保插頭拔除後，殘餘電壓在 2 秒內降至安全值；阻值需兼顧待機功耗與放電速度，並符合高壓下的耐壓與沿面距離（Creepage）規範 | 所有配置 X 電容之安規電路 |

## 四、X 電容與 Y 電容設計要點總覽

| 比較項目 | X 電容 | Y 電容 |
|---|---|---|
| **跨接位置** | L–N 之間 | L–G、N–G 之間 |
| **抑制對象** | 差模干擾（DM） | 共模干擾（CM） |
| **失效模式** | 失效短路 → 燒斷保險絲切斷電源 | 失效開路 → 防止外殼帶電觸電 |
| **典型容量** | 0.1 ~ 1 μF | 1 ~ 4.7 nF |
| **常用等級** | X1、X2 | Y1、Y2 |
| **關鍵限制** | 放電電阻時間、額定交流耐壓 | 對地漏電流上限、絕緣等級 |

## 五、上線與選型前檢查清單（Checklist）

| 項次 | 檢查類別 | 具體執行與驗證要求 |
|---|---|---|
| **01** | 安規認證齊全 | X、Y 電容本體必須具備 UL、VDE、ENEC、CQC 等國際安規認證標誌，嚴禁使用一般非安規電容替代。 |
| **02** | 確認最新安規版本 | IEC 60384-14:2023 已正式發布並更新多項測試要求，新專案選型時請務必確認供應商證書對應的標準版本。 |
| **03** | 漏電流需計算總帳 | 多級濾波或多路 Y 電容並聯時，對地漏電流為「全部疊加計算」，不可只看單顆電容的參數。 |
| **04** | 放電時間需實測驗證 | X 電容放電時間必須在「最高輸入電壓」與「拔除插頭瞬間」等最嚴苛條件下實測通過，不可僅依賴理想公式推算。 |

Chiefcon Electronics Co., Ltd.