

# 電阻器使用注意事項

正確的選擇和使用電子元器件是提高電子整機技術性、穩定性、可靠性、安全性重要條件。因此，在整機電路的設計過程中，一個關鍵環節就是元件的選擇，製造商千百家，選擇哪一家？元件千百類，選擇哪一類？元件標準數十種，選擇哪一種？元件性能參數繁多，如何選擇？如何簡捷規範清晰的提出採購清單？國內外的大量質量案例都反映出此環節工作的至關重要，一旦選用錯誤，將產生嚴重後果。

## ▶ 一、電阻器選用的三項基本原則

1. 選擇通過認證機構認證的生產線製造出的執行高水平標準的電阻器。
2. 選擇具備功能優勢、質量優勢、效率優勢、功能價格比優勢、服務優勢的製造商生產的電阻器。
3. 選擇能滿足上述要求的上型號目錄的製造商，並向其直接訂購電阻器。

## ▶ 二、在選用電阻器時應注意的幾個問題

### 1. 電阻器的電壓和電流限制

當施加到電阻器兩端的電壓增至一定數值時會發生擊穿現象，導致電阻值不可逆的增大或開路，因此必須對施加的電壓進行限制。電阻器的擊穿現象發生在兩引出線之間或螺旋槽之間，引出線之間的擊穿電壓取決於引出線之間的距離、形狀和環境大氣壓力的大小。電阻器槽間的擊穿電壓取決於槽寬、刻槽質量及塗敷絕緣材料的耐壓性能。根據額定功耗和標稱阻值確定的電流值為額定電流。
$$I_n = \sqrt{P_R / R}$$

從上式可以看出：額定功耗不變時，電阻值越小，額定電流越大，對於低阻電阻器，其接觸電阻所占比例很大，當電流通過時在此處耗散的功率越大，同時從接觸部份分析，由於此部位電流密度很大勢必造成局部過熱，最終導至早期老化。另外，電路中若有高壓電脈衝，應選用玻璃釉膜型電阻器。

## 2. 阻器的負荷功率

電阻器是能量轉換元件，在工作時將電能轉變成熱能，在此轉換過程中，自身溫度升高，周圍溫度也隨之增高，此過程引起電阻器性能的可逆性變化和不可逆性變化，所謂可逆性變化指的是當溫度變化後電阻值也發生了變化，當溫度恢復後電阻值也恢復到原值，此物理變化過程用溫度係數來描述。而不可逆變化指的是當溫度變化後電阻值也發生了變化，當溫度恢復後電阻值不能恢復原值，此物理過程用“老化”來描述。電阻器的溫度係數和老化在一定程度上反映出電阻器的穩定性和可靠性，因此，電阻器的電負荷性能取決於在長期工作時的容許發熱溫度。

### ■ 電阻體的不均勻發熱

上討論是假設電阻器各部均勻發熱的情況，實際上各部分發熱溫度是不均勻的，它與構成電阻器的基體、保護層、引出線結構及刻槽質量有關。這些因素的影響是很複雜的，對局部過熱的計算也是很困難的，下面對電阻器的各種不均勻發熱現象進行一些討論：

**軸向不均勻發熱：**小功率電阻器的熱傳導散熱起主要作用，而通過引出線傳導散熱卻是捷徑，從而造成接進引線的兩端溫度比電阻體中部的溫度低，對於低阻值電阻器，如果帽蓋與電阻膜的接觸電阻過大，則可能出現在帽蓋處功耗過大及電流密度大的物理現象產生，最終導致此部位過熱。

**徑向不均勻發熱：**電阻體產生的熱量首先沿半徑方向傳導，通過塗覆層向周圍環境散熱，薄膜型電阻器由於電阻膜和塗覆層的厚度薄，故內外溫差不大，但合成型電阻器內外溫差會很大。

**刻槽型電阻器的不均勻發熱：**在刻槽電阻器中，發熱主要集中在刻槽後的電阻膜，因此刻槽部分的長度、螺旋帶的均勻性、導電帶與槽的比例、刻槽的深度均為不均勻發熱的因素。

### ■ 電阻體結構不均勻發熱

各種類型的電阻器在製造過程中由於工藝因素或其它因素不可避免的在結構上產生不一緻性，比如：膜層厚度不均勻（基體表面狀態不均勻、鍍膜時轉動不均勻、鍍膜時基體過多、真空度不夠等因素均可造成膜層不均勻）將造成電阻值分布不均勻，導致負荷分布不均勻，形成局部過熱。電阻膜存在缺陷（基體表面存在孔洞、劃痕、污垢）將造成局部電阻值分布不均勻，導致負荷分布不均勻，形成局部過熱。在製造過程中如果膜受到衝擊也會形成缺陷，最終導致局部過熱。

## 降額

為了保證電阻器的正常工作，各種型號的電阻器都通過試驗確定了相應的降功耗曲線，因此在使用過程中，必須嚴格按照降功耗曲線使用電阻器。  
 額定溫度 ( $t_R$ )：容許施加額定功耗時的最高環境溫度，當環境溫度低於額定溫度時 ( $t < t_R$ )，可施加額定功耗。當環境溫度高於額定溫度時 ( $t > t_R$ ) 應施加降額功耗，

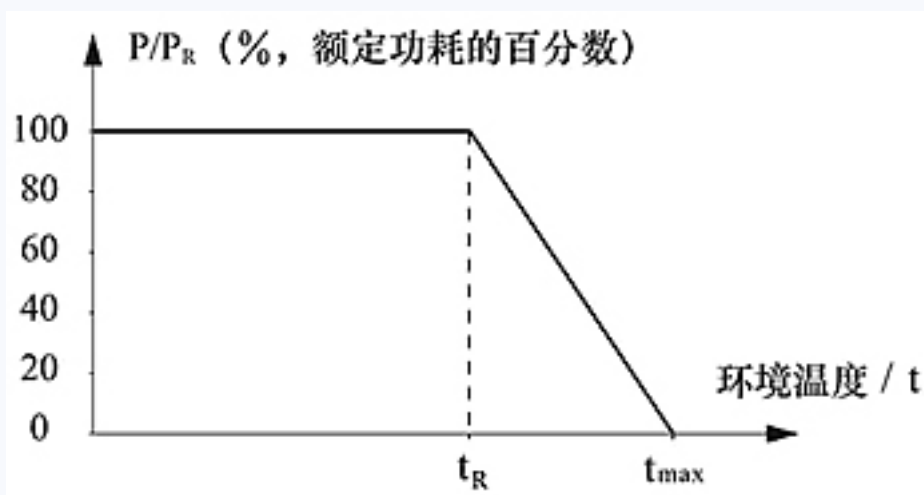
即： $P = P_R * (t_{max} - t) / (t_{max} - t_R)$  式中：

$P_R$ ：額定功耗，W；

$t_R$ ：額定環境溫度， $^{\circ}C$ ；

$t$ ：環境溫度， $^{\circ}C$ ；

$t_{max}$ ：零功耗時最高環境溫度， $^{\circ}C$ ；



除環境溫度高於額定溫度需要降額外，對於阻值允許偏差為 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 0.25\%$ 、 $\pm 0.1\%$ 的電阻器，當需要的穩定度與其阻值允許偏差在數值上相近時也應降額。

### 3. 電阻器的可靠性

可靠性是電阻器的一個重要指標，隨著尖端技術的發展一些複雜的系統需使用大量的電阻器，因此電阻器的可靠性是保證系統正常工作的重要因素。

#### ■ 技術性能與可靠性；

產品的技術性能與可靠性是兩個不同的概念。技術性能是指完成特定功能所具備能力，比如說：電阻器都具有額定功耗、阻值精度、溫度特性等基本特性，而可靠性是指發揮或者達到其技術性能把握的程度，應當這樣認為；不講產品的可靠性，其技術指標無從談起，產品的可靠性指標與產品的技術指標有重要的不同點，技術指標可以用儀器測試來檢查，而產品的可靠性不能用儀器檢查，而是通過對大量產品長時間的試驗後方可獲得。

#### ■ 可靠性的含義；

產品在規定的條件下和規定的時間內完成規定功能的能力稱為可靠性。所謂規定條件是指產品所處的環境條件和工作條件，同一產品在不同條件下工作其可靠性亦不同，環境條件包括氣候條件機械環境（衝擊、振動、離心等）工作條件包括負荷大小和工作方式（連續工作或間歇工作）。

#### ■ 失效率；

產品工作到某時刻後，單位時間內發生失效的概率稱失效率。

$$\lambda = n/T$$

n：為一定時間內失效的產品數。

T：樣品數量和試驗小時數的乘積即元件小時數。

比如：某電阻器失效率為 $2 \times 10^{-7}$ /元件小時，表示：1千萬只（107只）電阻器滿負荷工作1小時內有2只失效或者說1萬只電阻器工作（104只）電阻器工作1000小時（103小時）內有兩只失效。

■ 質量等級符號；

質量等級符號按下表用一個字母表示，不同的字母分別表示無可靠性指標、有可靠性指標或宇航級薄膜固定電阻器。GJB244A-2001所涉及的有可靠性指標的薄膜固定電阻器，其失效率等級範圍為 1.0%/1000h 至 0.001%/1000h。這些失效率等級是在60%緻信水平下，根據125°C壽命試驗定的。壽命實驗的條件是在額定溫度下，施加額定電壓，並以阻值變化±2%作為失效判據。

質量等級符號	失效率 %/1000h
C	無可靠性指標
M	1.0
P	0.1
R	0.01
S	0.001
T	宇航級

其他型號的有可靠性指標的電阻器的失效率定義與GJB244A-2001中的定義類似。對於電子元件失效率有試驗失效率和使用失效率之分，試驗失效率是指電子元件在規定的工作條件下進行工作或試驗時統計得到的數據，使用失效率是指在實際工作時統計得到的失效率，因此如果實際使用條件比額定工作條件優越，則使用的失效率將遠小於試驗失效率。

■ 失效規律；

許多電子元件曲線成浴盆形狀，可以分成三個階段。

早期階段：失效率高，由電阻器在設計生產過程中的隱患或產品內都存在著缺陷造成，通過質量控制、工藝篩選可以篩除。

偶然階段：失效的發生往往帶有隨機性。失效率低，良好的工作階段。

耗損階段：使用後期因老化失效率增加。

■ 提高電阻器可靠性的具體措施；

主要失效模式阻值漂移、開路、斷裂、掉帽、斷引線。

如何提高產品的可靠性呢，我公司經驗認為應從下述幾方面採取措施：

- 從電阻器的結構設計和工藝設計上考慮，比如對電阻器的兩個重要部件之一基體在設計時從物理性能、化學性能、表面狀態、外形尺寸四個環節提出嚴格的要求。如氧化鋁的含量RJ24、25型為80%、RJK型為96%，實心結構，以上指標決定了基體的優良結構及導熱特性。
- 嚴格的按照GJB546A進行過程控制及質量控制。對於重點工程用特殊電阻器在製造過程中逐個建立技術檔案，確保產品質量的可追溯性，嚴格對承製方進行體系評定。
- 嚴格按照國軍標進行質量一緻性檢查及可靠性試驗。

### ▶ 三、電阻器的測量要求

1. 環境溫度： $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 或 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。
2. 濕度：測試高阻時必須控制，一般應小於50%，儲存時相對濕度應小於80%。
3. 測試儀器的精度應不超過被測電阻器精度的1/10，比如：電阻器精度為 $\pm 1\%$ ，則測試儀器的精度不得低於 $\pm 0.1\%$ ；對於阻值的精度高於 $\pm 0.1\%$ 的電阻器，則測試儀器的精度允許為其精度的1/4，比如：電阻精度為 $\pm 0.1\%$ ，則測試儀器的精度應高於 $\pm 0.025\%$ 。在對高精度合金箔電阻器進行“直流電阻”測量時，建議使用不低於7 1/2位數字表，並採用四端法測量，以保證阻值測量的準確性。
4. 測試電壓應使用直流電壓，在保證靈敏度的情況下測試電壓應盡量低，時間應盡量短。
5. 對於高阻的電阻器測量必須注意周圍電磁場的影響，測試夾具中的支撐架要有良好的絕緣及屏蔽性能，測試儀器還應有良好的接地。
6. 對於低阻值電阻器的測量必須採用四端測量法。

#### ▶ 四、電阻器標準簡介

1. 國家軍用標準：由總規範、詳細規範和基礎標準組成。
2. 總規範：通常以一個或一係列產品為對象通過引用有關基礎標準或規範並對該類型產品的主要參數的技術要求、質量保證、試驗方法等做出普遍的技術規定。
3. 詳細規範：在總規範規定的範圍內,以具體產品為對象通過引用總規範對產品的共性及個性的要求、質量保證檢驗方法做出詳細而明確的規定。
4. 基礎標準：通常以專題為對象，適用面廣。比如試驗方法，抽樣方案，該標準為總規範引用，二者發生矛盾時應服從總規範，當總規範與詳細規範發生矛盾時應服從詳細規範。
5. 國家軍用標準：  
GJB244A 等效於美軍標準MIL-R-55182F  
GJB1929 等效於美軍標準MIL-R-10509  
企業、行業軍用標準及七專技術條件，均為我國目前執行的過度性標準，其標準水平低於國家軍用標準。  
國家標準：該標準只適用於民用整機，該標準和軍用標準相比有較大差距。

**▶ 五、台灣德鍵電阻器與中國，美國，俄國電阻器型號對照表**

名稱	台灣德鍵型號	美型號	俄型號	中國型號
金屬膜固定電阻器	RJ72、73、74、 16、17、18	RN RLR	OMJIT	RJ23、24、25、 57、58
高頻金屬膜固定電阻器	RJ72、73、74、 16、17、18	RN RLR	c2-10	RJ23、24、25、 57、58
高頻金屬膜固定電阻器	RJ72、73、74、 16、17、18	RN RLR RCR	c2-10A	RJ23、24、25、 57、58
高頻金屬膜固定電阻器	RJ72、73、74、 16、17、18	RN RLR RCR	c2-10Б	RJ23、24、25、 57、58
精密金屬膜固定電阻器	EE1/20~EE1/2	RN RNC	c2-14	RJK52~RJK56
RJ72、73、74、16、17、18				
RJ23、24、25、57、58				
通用金屬膜固定電阻器	RJ72、73、74、 16、17、18	RN RLR	c2-23	RJ23、24、25、 57、58
精密金屬膜固定電阻器	EE1/20~EE1/2	RNC	c2-29B	RJK52~RJK56
RJ711(RCK)				
金屬膜固定電阻器	RJ72、73、74、 16、17、18	RN RLR	c2-33	RJ23、24、25、 57、58
金屬膜固定電阻器	RJ72、73、74、 16、17、18	RN RLR RCR	c2-33H	RJ23、24、25、 57、58
高頻精密金屬膜固定電阻器	RJ72、73、74、 16、17、18	RN RLR	c2-36	RJ23、24

**▶ 六、大功率電阻器使用注意事項：**

1. 不燃性電阻器於首次通電使用時：會產生發煙情形，屬正常現象敬請安心使用。
2. 德鍵電子不燃性塗料符合美國UL-94不燃性試驗，V-0等級，燃燒繼續時間為0秒。
3. 耐清洗性，不燃性電阻器無法使用有機溶劑清洗。
4. 於油當中使用，不燃性電阻器無法在油當中使用。
5. 高頻機械使用，不燃性電阻器因線繞而產生電感，無法使用於高頻機械上，需另選用適當的電阻器，請與我們討論。
6. 瞬間增強(surge)電流脈衝(pulse)：需在短時間內印加超大負荷的話必須事先確認具有耐瞬間增強(surge)特性。
7. 實用負荷：為了防止象征電阻器壽命的電阻線產生疲勞，電力的使用範圍請保持在定格電壓減輕曲線內。
8. 最小負荷率：為了防止隨著時間增長產生氧化膜造成接觸不良，請使用定格電力1/10以上的電力。
9. 不燃性電阻器的塗布膜硬度雖然高於 3H 鉛筆硬度，但是請勿以螺絲起子等銳利的物體刻畫。
10. 不燃性電阻器使用於滿載額定值時，表面產生高溫約350°C-400°C，請勿以手處觸摸，為維持電阻器能夠長期使用，請保持電阻器的表面溫度上升在200°C以下。
11. 為抑制其溫度之上升，須要相當的容餘量，請勿使用剛好在滿載額定值上。長時間使用時為其安全顧慮、瓦特數須大於額定功率4倍以上，並請盡量使用於定格功率的25%以下。
12. 使用以及放置注意事項：有時卷線電阻器，會視不同的電阻使用線徑非常細(比毛發還細)的電阻線。環境中具有鹽害、多濕、塵埃、腐蝕性等因素時，往往容易造成線易斷裂，請避免在此種環境下使用。安裝時請注意不要讓折面容易積蓄塵埃。如有塵埃沾附會造成斷線或接觸不良。