

NTC 熱敏電阻嘅一般技術信息

1. 乜嘢係 NTC 熱敏電阻?

NTC 係一種熱敏感電阻器，具有熱敏感電阻，隨著溫度嘅升高同電阻值嘅急劇下降。以錳、鎳、鈷、鐵、銅等金屬氧化物為主要原料嘅多晶半導體陶瓷。

一般來說，金屬嘅電阻值會隨著溫度嘅升高而增加，因為金屬原子嘅振動變得劇烈，自由電子嘅移動受到阻礙。另一方面，通過精確成分控制半導體化的 NTC 熱敏電阻在溫度升高時通過自由電子和電子空穴對具有活躍的跳躍導電性，這會降低電阻。NTC 熱敏電阻的導電性通常由能帶理論解釋。

2. 字符

NTC 熱敏電阻嘅電阻變化係由環境溫度變化和自加熱引起嘅。

當電流流經熱敏電阻時，焦耳熱會導致自加熱。當自加熱的影響足夠小且可以忽略不計時，特性稱為“無負載特性”。

2.1. 無負載 NTC 熱敏電阻

2.1.1. 電阻溫度特性

NTC 熱敏電阻嘅電阻值與絕對溫度之間嘅關係係工作溫度範圍附近近似於指數函數，如公式 1。

$$R_1 = R_2 \cdot \exp(B(1/T_1 - 1/T_2)) \quad (\text{公式 1})$$

- R_1 溫度 T_1 (K) 下嘅 NTC 電阻值 (Ω)
- R_2 參考溫度 T_2 (K) 下嘅 NTC 電阻值 (Ω)
- B B 常數 NTC 熱敏電阻嘅材料常數

但是，它實際上係工作溫度範圍內作為實際測量嘅電阻/溫度關係 (R/T 表) 畀出。

2.1.2. B 常數

B 常數由 NTC 材料肯定，表示為 R/T 曲線嘅斜率。B 常數由表達式 1 表示，如下所示：

$$B = (\ln R_1 - \ln R_2) / (1/T_1 - 1/T_2) \quad (\text{公式 2})$$

由於公式 1 係近似表達式，因此 B 常數實際上會根據溫度範圍稍有變化，儘管稱為“常數”。因此，25°C 緊同 85°C 下計算嘅 B 常數以 B25/85 表示，以明確表示溫度範圍。

典型 NTC 材料嘅 B 常數範圍為 3 000K 到 5000K。

圖 1 顯示咗 B 常數嘅 R/T 特性依賴性。

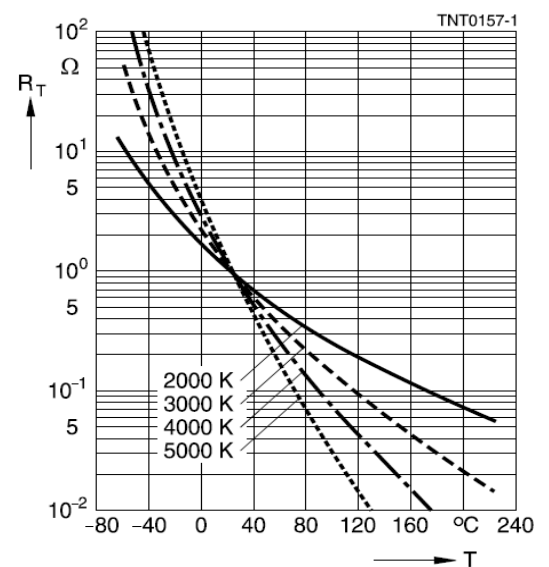


圖 1. 溫度- 電阻值特性 (參數: B 常數)

选择 B 常數是特定于应用的，在选择标称电阻和其他约束时必须平衡选择正确的 B 常數，因为并非所有 B 常數都适用于所有 NTC 封装和类型。

2.1.3. 溫度系數

電阻值的溫度系數由溫度變化引起的電阻值的相對變化定義。

$$\alpha = 1/R \cdot dR/dT \quad (\text{公式 3})$$

2.1.4. 公差

電阻值公差

NTC 熱敏電阻的電阻值公差在溫度 1 的進行標準化。通常為 25°C。可根據客戶要求在其他溫度下進行標準認證。

通常，電阻值容差由以下公式表示：

$$\Delta R_1 = \left| \frac{\partial R(T)}{\partial R_2} \right| \cdot \Delta R_2 + \left| \frac{\partial R(T)}{\partial B} \right| \cdot \Delta B + \left| \frac{\partial R(T)}{\partial T} \right| \cdot \Delta T \quad (\text{公式 4})$$

如果忽略公式 4 中的第 3 項，則可以簡化以下內容：

$$\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| = \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| + \left| \frac{\Delta R_B}{R_1} \right| \quad (\text{公式 5})$$

這呢度， ΔR_B 表示由於 B 常數的擴展而導致電阻值容差。換句話說，溫度下電阻值公差有兩個原因：參考電阻值的公差同 B 常數的變化。不同額定電阻容差 $\Delta R/R$ 的電阻容差特性如圖 2 所示。曲線以恒定值位移。圖 3 顯示了不同額定 B 常數容差對電阻容差特性的影響。較高的 B 意味著電阻容差曲線的斜率較高。

選擇 NTC 的容差是另一個決策點，因為許多客戶通常有一個目標精度窗口，需要與整個溫度功能範圍進行平衡。

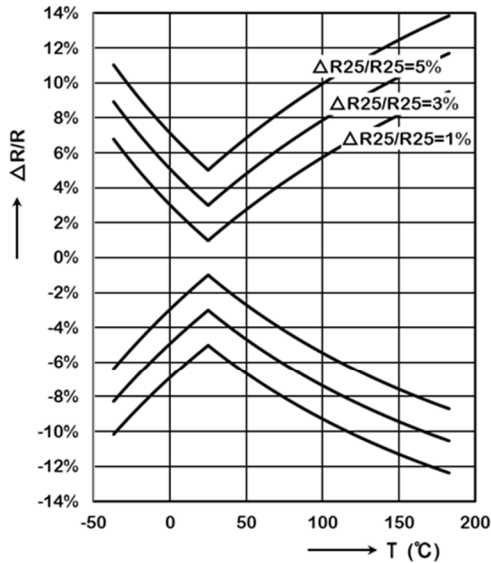


图 2. $\Delta R_{25}/R_{25}=1\%$ 、 3% 和 5% 时电阻容差的变化。(R₂₅=10kΩ, B定数=3400K, B定数公差 $\Delta B/B: 2\%$)

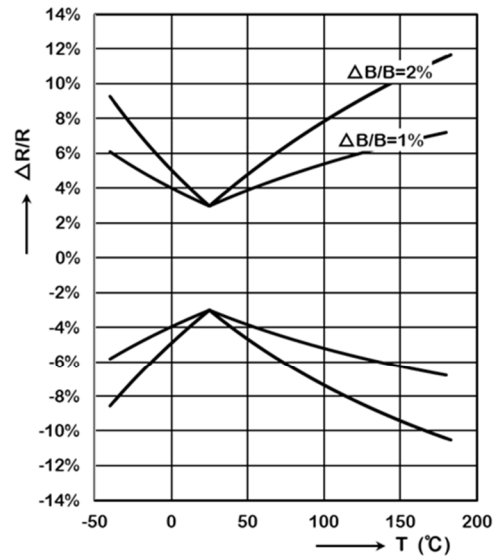


图 3. 电阻容差变化 $\Delta B/B=1\%$ 和 2% (R₂₅=10kΩ, B定数=3400K, 基準抵抗值公差 $\Delta R_{25}/R_{25}: 3\%$)

溫度公差

公式 3 以足夠細嘅溫度間隔計算溫度容差，如下所示：

$$\Delta T = 1/\alpha \cdot \Delta R/R \quad (\text{公式 6})$$

但是，建議喺實際應用程序中使用標準 R/T 表。

2.2. NTC 熱敏電阻嘅電氣負載

2.2.1. 熱耗散常數 δ_{th}

當電流流經熱敏電阻時，焦耳熱會使熱敏電阻本身發熱。呢種自加熱可以表示如下。

$$P_{el} = V \cdot I = \delta_{th} \cdot (T - T_A) \quad (\text{公式 7})$$

$$\delta_{th} = P_{el} / (T - T_A) = V \cdot I = R_T \cdot I^2 \quad (\text{公式 8})$$

- P_{el} 電源
- V 施加喺熱敏電阻上嘅電壓
- I 流經熱敏電阻嘅電流
- δ_{th} NTC 熱敏電阻嘅熱擴散常數
- T 熱平衡嘅溫度
- T_A 大氣溫度
- R_T 溫度 T 時熱敏電阻嘅電阻值

散熱常數 δ_{th} 係 mW/K 嘅一個單位，表示熱敏電阻本身靜止狀態嘅溫度升高 1K 嘅負載。高散熱常數使

熱敏電阻向周圍環境釋放更多的熱量。

使用 NTC 熱敏電阻時，熱敏電阻本身溫度升高總是導致誤差。為減少此大小，請儘可能減小電源。然而，由於熱敏電阻具有各種電阻值和電氣特性，因此有常見的最佳設計方法。另請注意，NTC 熱敏電阻的熱特性值係靜止空氣中的數值。例如，如果其他大氣條件（如攪拌空氣）在裝運後進行加工，則熱特性值可能會發生變化。

2.2.2. 電壓/電流特性

當熱敏電阻通電時，熱敏電阻的溫度會迅速升高，但變化會隨著時間的推移而減小。一段時間之後，它到達一個穩定狀態，其中電力被熱傳導或對流消耗。

熱平衡 $dT/dt = 0$

$$V \cdot I = \delta_{th} \cdot (T - T_A) \tag{公式 9}$$

歐姆定律 $V = R \cdot I$ 中的公式 11

$$I = \sqrt{(\delta_{th} \cdot (T - T_A) / R(T))} \tag{公式 10A}$$

或

$$V = \sqrt{(\delta_{th} \cdot (T - T_A) \cdot R(T))} \tag{公式 10b}$$

稱為 NTC 熱敏電阻溫度依賴性 $R(T)$ 電壓/電流特性參數表示法。您可以使用上述方程計算不同環境溫度的這些曲線。

透過把恒定溫度下獲得的電壓值繪製為電流的函數，可以獲得 NTC 熱敏電阻的電壓/電流特性。（圖 4）

雙對數刻度上恒定功率同恒定電阻曲線係直線。NTC 熱敏電阻的電壓/電流特性有四個區域。

1. 功耗呈線性上升的區域，僅產生很少的自加熱。

電壓和電流成正比。電阻值由大氣溫度決定。在此區域中，NTC 熱敏電阻用作溫度傳感器。→ ($dV/dI = R = \text{常量}$)

2. 非線性區域，直到電阻值已經下降的最大電壓→ ($R > dV/dI > 0$)

3. 最大電壓時電阻增加為零。→ ($dV/dI = 0$)

4. 電阻減少大於相對電流增加電阻下降區域。使用自加熱效應的 NTC 熱敏電阻（例如浪湧電流限制器、液位傳感器）的使用區域。→ ($dV/dI < 0$)

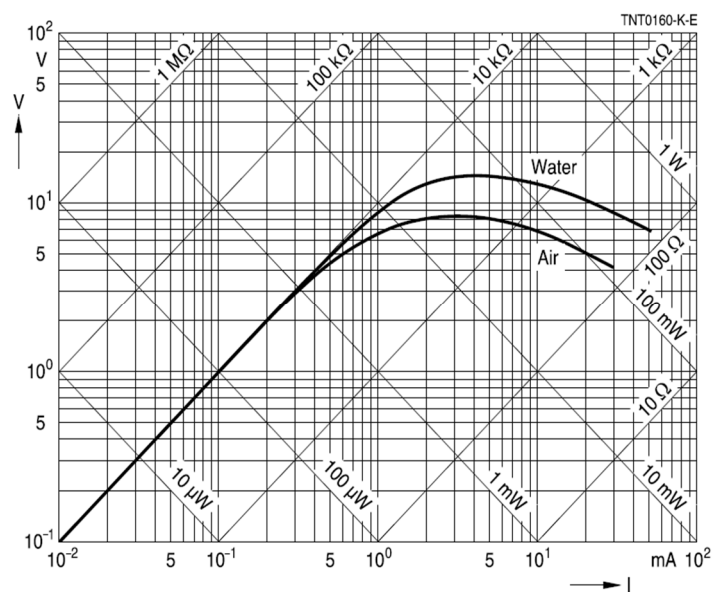


圖 4. 電流- 電沉積

2.2.3. 最大功率 P25

P25 係 NTC 熱敏電阻喺 25°C 環境溫度下嘅最大功率。 當最大功率 P25 提供畀 NTC 時，它在自加熱區域工作。除非在自熱部分直接有针对性地操作，否則應避免。 在大多數应用中，适当的电路设计允许 NTC 在其最大额定功率范围内良好运行。

2.2.4. 熱時間常數 τ

當溫度 T_1 溫度傳感器放置喺溫度 T_2 環境中（空氣中、水中）時，傳感器時間引起嘅溫度變化近似於指數函數。

$$T(t) = T_2 + (T_1 - T_2) \cdot e^{-t/\tau} \quad (\text{公式 11})$$

時間 t = 鐘頭，

$$T(\tau) = T_1 + (T_2 - T_1) \cdot (1 - 1/e) \quad (\text{參見圖 5})$$

即，時間 τ 時傳感器嘅溫度變化為溫差 $T_1 - T_2$ 嘅 $1 - 1/e = 63.2\%$ 。 將時間 τ 定義為熱時間常數。

熱時間常數 τ 係溫度傳感器選擇過程中不可或缺嘅參數，但主要受以下條件嘅影響：

- 設計（例如傳感器元件、傳感器殼體內元件的組件材料、接合方法、殼體）
- 搭載形態（例如浸入式、表面安裝式）
- 暴露于環境中（例如氣流、靜止空氣、液體）

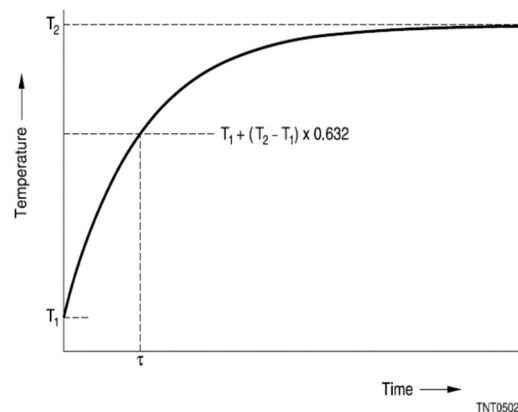


圖 5. 當外圍溫度由 T_1 上升到 T_2 時傳感器嘅溫度變化（指數近似值）