

## 1.6 I/O 工管作業規範

作業步驟	順序	作業階段	策略	作業內容與目的	衝壓零件機能	成型零件機能	選鍍/滾鍍機能	裝配作業機能	測試設備機能	使用表單	備註	
一.新產品設計分析	DR1	開發可行性評估階段	準 7天	1.確定客戶開發需求及市場資料 2.產品功能需求及專利調查 3.各零件開發/檢驗技術可行性及投資效益分析.	. 電腦輔助分析： 1.FEA 彈性分析. 2.接觸阻抗分析. 3.插拔力分析. 4. 數字信號傳輸分析 (Insertion Loss, Cross Talk, Vswr 等)		---略---	---略---	---略---	. 開發申請單 . 工程可行性評估單		
	DR2	設計規劃審查階段	快 7天	1.設計規劃書擬定與審核. (含設計規格,職責分工,工程進度等) 2.設計定稿. 3.模治具(設備)段各開發規格書擬定						. 開發作業執行單 . 分析報告書		
二.Mock up sample for customer ref. (10 pcs)	DR3	設計與設計驗證審查階段	快 穩 7天	1.各零件細部設計作業驗證. 2.製造可行性,安規,製造成本,Mock up 模治具執行等設計驗證審查.	. 視需求選擇以下兩方式. (1)3D SLA. - 體式. (2)線割 工段模. a.局部 Insert-Molding + SLA. b.3D SLA.for 塑件		(不電鍍)	. 徒手 / 工具	---略---	. 模治具執行單		
三.Prototype sample for function. (100 pcs 以下) (功能實物驗證)	DR4	產品功能驗收審查階段	穩 14天	1.工程試產作業,模治具生產性驗證 2.零件及模治具功能驗證評估. 3.產品功能測試驗證檢討,改善.	. 線割下料 工段模.	. 塑模(ICAV).	1.選鍍:實驗室. 2.滾鍍:自製(委外).	. 手動治工具	1.機械特性測試. 2.電氣測試. 3.環境測試.	. 零件評估報告 . 產品評估報告		
四.小量生產(試產) (Pilot-run) (2K - 3K)	DR5	產品送樣及客戶認可審查階段	快 21天	1.小量試產作業. (產品生產性,製程,良率,成本等) 2.產品送樣確認. (送樣,承認,客戶量試,客訴回饋)	1.Forming M/C. 2.連續衝模.	. 正式模多 CAV 模座. 但只開 1CAV 使用.	1.選鍍:實驗室. 2.滾鍍:自製(委外).	1.合理化治工具. 2.Free Flow Line.			. 模治具結案單 . 製程量試報告 (或記錄)	
	DR6	製程改善檢討/移轉審查階段	穩 7天	1.產品移轉說明. (產品,零件,模治具(設備),備料,移轉作業等說明) 2.批量試產作業,製程改善,量產發行.							. 設備移轉驗收單 . 產品結案單	
五.大量生產 (此階段轉由亞洲製造基地生產)	DR7	結案檢討/大量生產規劃審查階段	穩 廉 28天	1.開發結案總檢討/正式結案. 2.大量生產規劃.	1.Forming M/C. 2.連續衝模.	. 正式模(多 CAV).	. 選鍍/滾鍍均自製	1.合理化治工具. 2.Free Flow Line.	---同上---			

## 1.7 產品開發作業主要人員工作責任分工

責任人員		工作事項(主要人員)	備註
產 品 開 發 段	產品工程師 (設計)	1 客戶規格確認	安裝、定位、固持尺寸及機械 / 電氣功能、使用環境等
		2 產品開發可行性評估與匯整	
		3 客戶資料初稿製作(客戶要求轉化為圖面)	
		4 設計方案提出、方案論證	零件配合關鍵尺寸鏈計算
		5 工程圖面製作	承擔 70%設計責任(公差配合復算、力學計算、產品功能計算、尺寸完整、視圖正確)
		6 模治具工作執行單之開立	
		7 模具評估、主導樣品製作	
		8 測試申請與測試結果評估	測試時異常數據現場分析
		9 量試主導及檢討、改善	
		10 開發案進度跟催 / 掌握	
		11 結案申請、建立開發履歷	
課級主管 (審核)	1 設計方案之研討與審核		
	2 產品開發可行性評估審核		
	3 模治具工作執行單審核		
	4 工程圖面審核	承擔 20%設計責任(對尺寸標註完整性、公差合理性、正確性負主要責任)	
	5 模具評估結果審核		
	6 課內開發案進度管控、結案核定		
處 / 部級主管 (核定)	1 產品開發可行性評估核定		
	2 特別需求案件之設計方案審定	產品功能及成本綜合考量	
	3 設計方案審核		
	4 模治具工作執行單審核		
	5 圖面完整性核定	承擔 10%審核責任(對整體結構方案成敗負主責)	
模 具 開 發 段	模具工程師 (設計)	1 模具開發及修改可行性評估	
		2 產品設計方案討論(零件製造性確認)	參與"設計方案論證"、檢討零件尺寸公差
		3 相關模具圖面 Review	
		4 模具設計方案擬定	
		5 模圖面設計	承擔 70%設計責任
		6 模具發包及跟催	
		7 組立、試模、檢驗、送樣	增"工程備忘"資料之建立,以作為 Design Guide
		8 個案進度掌握	
課級主管 (審核)	1 模具可行性評估審核		
	2 重要案件產品設計方案討論		
	3 零件設計圖面會簽確認		
	4 模具設計方案與圖面審核	承擔 20%審核責任、模具尺寸公差標註之完整性與合理性之確認	
	5 模具發包審核	含費用、交期等	
	6 課內開發案件進度管控與協調		
部級主管 (核定)	1 模具設計方案審核(重要設計方案之訂立)		
	2 模具圖面核定	承擔 10%審核責任(對模具成型零件之成敗負主責)	

## 第二章 基礎知識

### 2.1 電子連接器的作用及分類

電子連接器顧名思義是作為電路間、組件間、系統間電氣 / 電子傳輸連接部件，使功率或信號電流穩定可靠地流通，又便於組合及維修。它是通訊、電腦、家用電器、工業自動化、汽車、電站等電氣 / 電子裝置所不可缺少的重要機電元件。

電子連接器依結構形狀可分為：圓形連接器、矩形連接器、印刷配線板連接器等。

電子連接器依使用頻率可分為：高頻連接器、低頻連接器、視頻連接器等。

電子連接器依使用條件可分為：一般室內連接器、耐濕連接器、防水連接器、氣密連接器、耐火連接器、防爆連接器、耐輻照連接器等。

電子連接器依用途可分為：軍用連接器、商用連接器。

### 2.2 電腦連接器分層

電腦連接器依使用用途分為 6 層，詳見 2-01 圖所示。

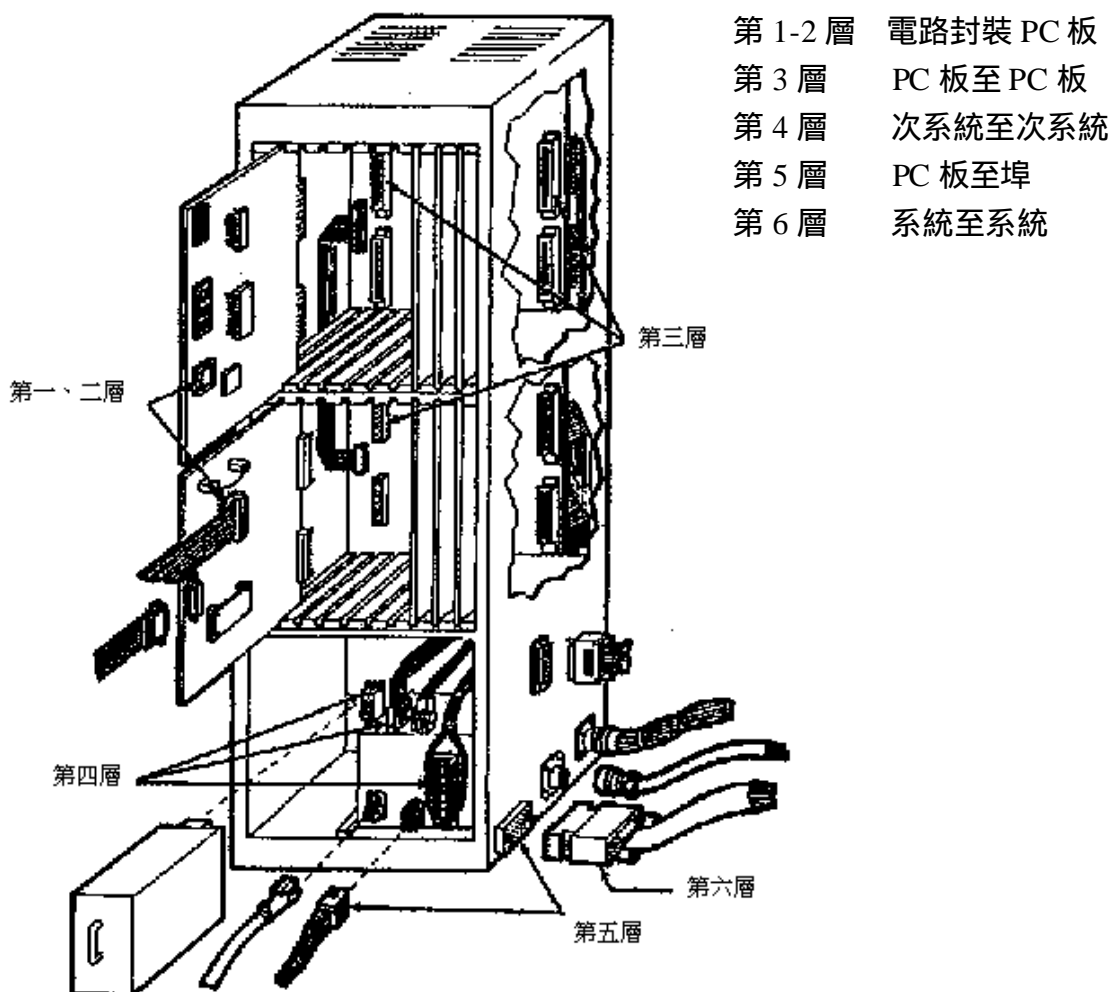


圖 2-01 電腦連接器

## 2.3 電子連接器主要功能指標

### 2.3.1 接觸電阻

接觸電阻是指兩接觸體相接觸時所形成的導體電阻、壓縮電阻、皮膜電阻總和，一般情況下在未形成表面氧化膜或其他有機膜之前，接觸狀況屬真金屬接觸，主要有導體電阻、壓縮電阻組成，但經長時間使用或在惡劣的環境條件下，在接觸區形成表面污染膜層後就完全不一樣了，尤其是氧化膜或有機膜層達到 100 以上，接觸滑動磨擦力不足以破壞膜層時，就會出現較嚴重的接觸不良或完全中斷信號傳輸。

接觸電阻的計算：

$$R_{\text{總}} = R_{\text{導}} + R_{\text{壓}} + R_{\text{皮}}$$

$$= r_0(1+\alpha) \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_i} + 0.89 r_m \left( \frac{\alpha H}{nF} \right)^{\frac{1}{2}} + r_1 \frac{\alpha H}{F} \quad (2-01)$$

其中，

- $r_0$  - 標準溫度 (20 ) 下，導體的電阻率， $\Omega \cdot m$ .
- $r_m$  - 金屬鍍層 (接觸材料) 的電阻率， $\Omega \cdot m$ .
- $r_1$  - 膜層單位面積的電阻 (隧道電阻率)， $\Omega \cdot m^2$ .
- $\alpha$  - 溫度系數， $^{-1}$ .
- $L_i$  - 部份接觸導體長度，m.
- $S_i$  - 部份接觸導體截面積， $m^2$ .
- $\beta$  - 壓力系數，(0.2 ~ 1.0) 一般取值 0.7.
- $H$  - 接觸材料 (鍍層) 硬度  $N/m^2$ .
- $F$  - 接觸壓力，N.
- $n$  - 接觸斑點數，一般取值 10.

接觸電阻測量：

接觸電阻的測量依照 MIL - STD - 1344 或 MIL - STD - 204 相應條款進行，一般用凱爾交雙臂電橋或接觸電阻測試儀進行測量，接觸電阻測量儀開路電壓 20mV、回路電流 100mA。這是一種直流測量，測量時，在接觸端子接觸區有膜層的情況下會有單向導電性(半導體效應)出現，因此，應注意電源極性，雙向分別測量，分別記錄相應數值。

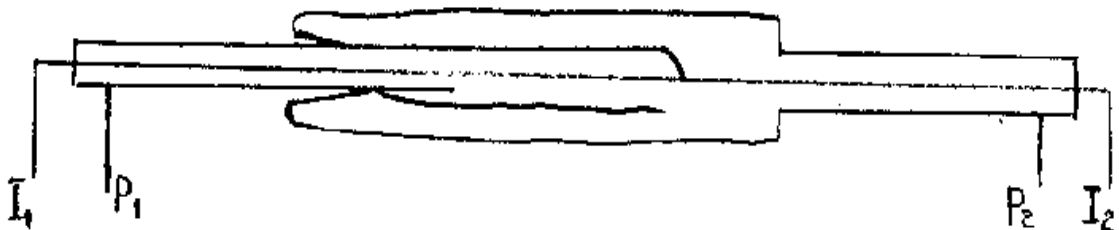


圖 2-02

圖 2-02 為低電平接觸電阻(LCR)測試外部接線示意圖，

其中，

$I_1, I_2$  電流端

這種接線方式稱為四端法。

### 2.3.2 絕緣電阻

絕緣電阻表示阻擋電流通的難易程度，分為表面電阻和體積電阻。

表面電阻定義為電壓與通過材料表面的濕氣或其他導電性雜質的電流間的比值，與材料的性質與表面乾淨度有關。

體積電阻定義為電壓與通過材料內部的電流間比值，設計者常用體積電阻作為設計準則。

電阻系數 ( Ω·cm) 定義為電位梯度與電流密度的比值。

電阻系數 = 電位梯度 / 電流密度

$$\begin{aligned} &= \frac{V/d}{I/A} \\ &= R(A/d) \end{aligned} \quad (2-02)$$

其中，

R - 電阻( Ω )

A - 電極面積(cm<sup>2</sup>)

d - 電極間隔(cm)

由上述，則可定義出表面電阻系數和體積電阻系數。

表面電阻系數：  $R_s(\Omega) = R_s(P/d)$ . (2-03)

體積電阻系數：  $R_v(\Omega \cdot \text{cm}) = R_v(A/L)$ . (2-04)

其中，

P - 電極長度

L - 試樣厚度

絕緣電阻的計算：

依兩接觸端子間距離之大小，考量表面電阻、體積電阻共同之效應，以絕緣最薄弱處的距離作為計算依據。

$$R = \sqrt{S} \quad (2-05)$$

其中，

$R_v$  - 體積電阻系數， Ω·cm

S - 兩接觸端子間最近距離， cm

絕緣電阻測量：

絕緣電阻測量分為材料的絕緣電阻測量和連接器產品的絕緣電阻測量。一般對材料的性能進行評價時，對絕緣材料的試樣進行測量，根據 ASTM D25 - 78 標準要求，測試原理如圖 2-03。

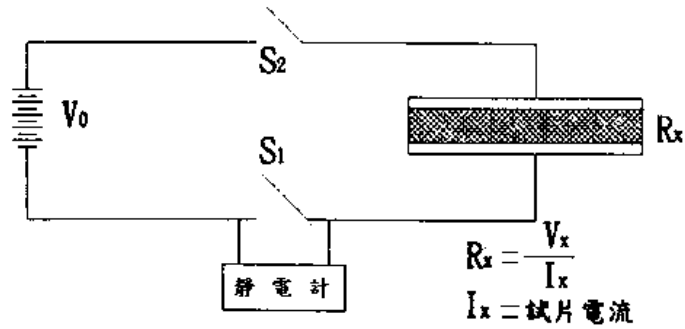
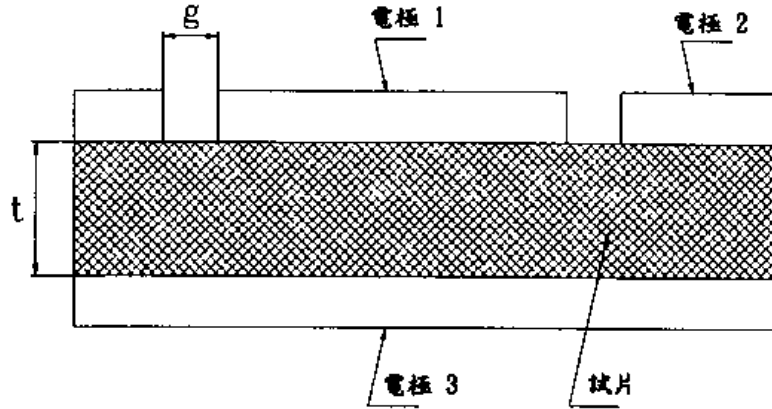


圖 2-03 直接測量電極間阻抗



體積阻抗係數  $g \cdot 2t$  表面阻抗係數

圖 2-04 將體積阻抗及表面阻抗分開測量的平板試片

表 2-01 一些聚合物的體積電阻係數

聚合物	體積電阻係數( $\Omega \cdot \text{cm}$ )
三聚胺樹脂(石綿填充)	$.2 \times 10^{12}$
Urea Formaldehyde	$10^{12} \sim 10^{13}$
酚樹脂(石綿填充)	$10^9 \sim 10^{13}$
酯類共聚合物	$10^{14}$
亞克力	$10^{14}$
環氧樹脂	$10^{14}$
聚苯乙烯(PS)	$10^{16}$
SAN	$10^{16}$
ABS	$5 \times 10^{16}$
聚碳酸酯	$2 \times 10^{16}$
柔軟性聚氯乙烯	$10^{11} \sim 10^{15}$
尼龍 6/6	$10^{14} \sim 10^{15}$
酯類均勻聚合物	$10^{15}$
剛性聚氯乙烯	$10^{15}$
聚乙烯	$10^{16}$
聚丙烯	$10^{16}$
熱塑性聚酯	$3 \times 10^{16}$
PPO	$10^{17}$
聚四氟乙烯(PTFE)	$10^{18}$
FEP	$2 \times 10^{18}$

體積電阻系數大者，絕緣性較佳。

溫度和濕度皆會影響至絕緣電阻，而較高的溫度和濕度，會使材料的絕緣電阻變低。

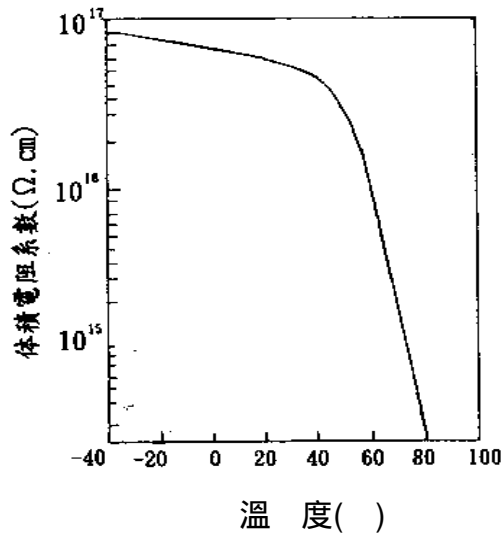


圖 2-05 PBT(玻璃纖維 30%)體積電阻系數的溫度依存性(施加電壓 500V)

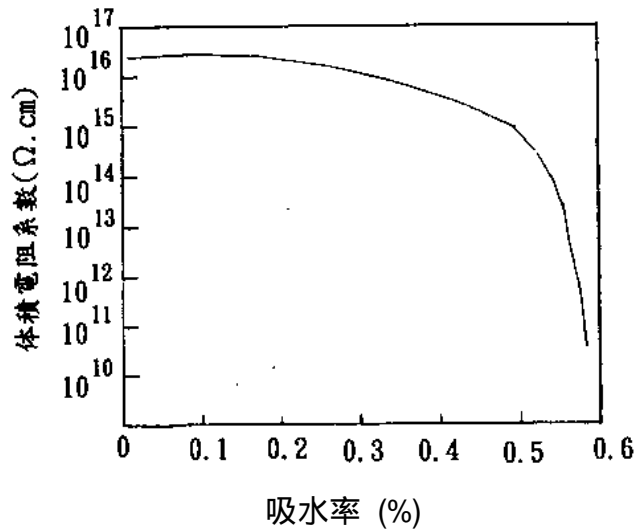


圖 2-06 PBT(玻璃纖維 30%)體積電阻系數的吸水率依存性

### 2.3.3 介電強度

介電強度亦稱抗電強度，即絕緣介質承受的電場強度。

絕緣材料在高電場作用下，在其失去絕緣性前所能忍受之最大電壓稱之為介電崩潰電壓，而介電強度等于介質崩潰電壓除以材料厚度之比值。

工程塑料絕緣材料的介電強度主要與三項因素相關。

- 1) 電路的特性；
- 2) 成品的形狀；
- 3) 成品的工作環境因素。

一般地說，介電強度是絕緣材料的交流電壓特性。交流(AC)電路的首要變數為電流頻率，電流頻率愈高絕緣材料的介電強度則隨之降低。

介電強度亦與產品結構及形狀有關，其中最主要的因素為產品端子間絕緣材料厚度。儘管介電強度的單為位 KV/mm，但介電強度隨著產品厚度的降低而急速增加。因厚度大時會積蓄熱能，容易發生熱破壞，但厚度變薄時，可有效散熱。

介電強度亦與環境有關，特別是溫度及濕氣，介電強度在低溫時呈現較大值，隨溫度升高而下降，當溫度高於玻璃轉移點(Tg)時，主鏈的微小布朗運動活潑，楊氏系數激減，介電常數增加，絕緣力驟降。

介電強度亦與測試電極尺寸大小、升壓速度、受壓時間及測試媒質(Surrounding media)有關。

表 2-02 一些聚合物的介電強度

聚 合 物	介電強度 V/mil
氟碳化合物(PFA)	2000
CPVC	1200 - 1500
剛性聚氯乙烯	800 - 1400
離子聚合體	1000
熱塑性聚酯	600 - 750
聚丙烯	650
耐衝擊聚苯乙烯	650
氟碳化合物(FEP)	600
尼龍	350 - 560
一般用途之聚苯乙烯	500
二甲基甲烷	500
聚四氟乙烯(PTFE)	500
PPO	500
聚硫化酚煙	490
聚乙烯(PE)	480
聚碳酸酯(PC)	450
ABS	415
酚樹脂	240 - 340
氟碳化合物(PVF2)	260

註：1mil=1/1000 英吋=0.0254 mm

絕緣破壞強度與試樣厚度/玻璃纖維量的關係如圖 2-07。

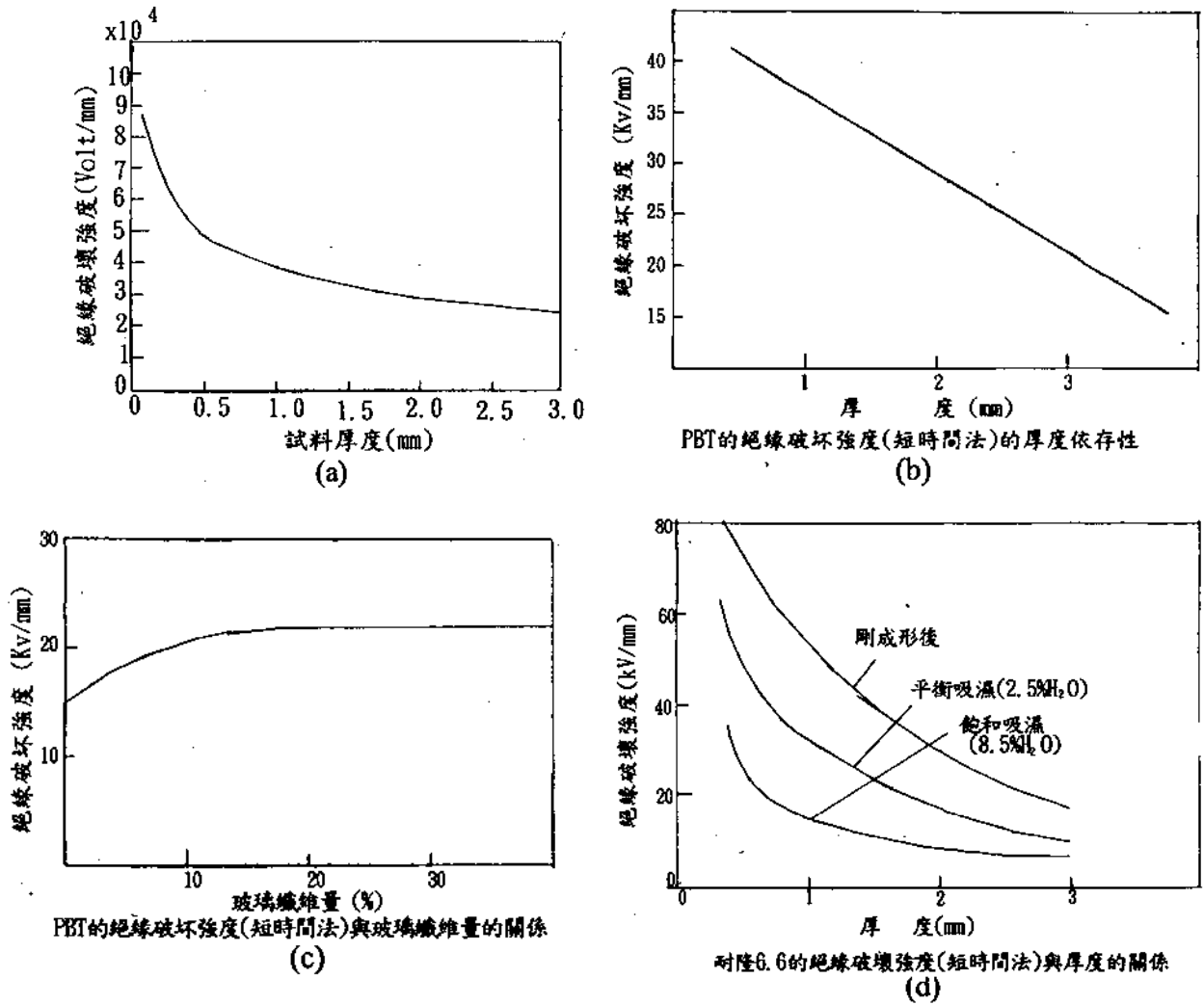


圖 2-07

- (a) 一般絕緣材料破壞強度與試樣厚度關係；
- (b) PBT 絕緣破壞強度(短時間法)的厚度依存性；
- (c) PBT 的絕緣破壞強度(短時間法)t=3sec.與玻璃纖維量的關係；
- (d) PBT 的絕緣破壞強度(短時間法)與厚度的關係。

介電強度的測試：

依據 ASTM-D149 規範來實施。介電強度測試的基本裝置如圖 2-08。

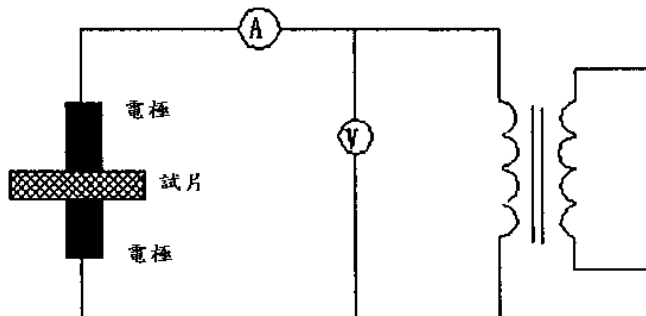


圖 2-08 介電強度測試基本裝置

由該裝置原理圖可知，它是使用一個可變變壓器(功率>0.5KVA)、一對電極及其相應測量計組成。若對絕緣材料測試時，測試試片厚度為 1/16 英寸(1.588 mm)。施加電壓的方法分為三種：

短時間測試法，即電壓增加速率定為定速，其值由零至崩潰值，通常上升速率為 100、500、1000 或 3000V/sec。

階梯測試法，即由短時間法測出的崩潰電壓的 50% 值作為起始電壓，然後以相等增量增加電壓，且維持一固定時間，測試至試片崩潰為止。

慢速率上升測試，即以所測出的崩潰電壓的 50% 值作為起始電壓，然後以一定速率加至測試片崩潰。

介電強度越大，表示絕緣性越好。

連接器測試採用短時測量法，且對測試電壓及頻率均有規定。

#### 2.3.4 介電常數

在 AC 電環境下的應用，需要良好的阻抗及低電能耗損，電能的耗損使效率降低，在理想狀態下，例如在真空中，電能不會因塑材分子的偶極作用而損失，然而在實際狀態下，則會因塑料的分子偶極作用，而損失電能，因此介電常數作為電能損失的指標就顯得特別重要。

介電容量為導電系統的性質。將絕緣器放置在二個導電金屬板間貯存電荷，單位電壓所貯存的電量，即定義為介電容量，介電常數(或稱為透電率)則定義成絕緣材料的介電容量與真空或空氣的介電容量之比值。通常，假設在所有頻率下，空氣或真空的介電容量為 1、則介電常數就等於絕緣材料的介電容量；簡單的說，介電常數指出了絕緣器儲存電量的能力。

測試方法很簡單，依據 ASTM-D150，將試片放在兩金屬板間，如圖 2-09 所示，測其介電容量，接著用空氣或真空取代試片，再作測試，則介電常數由這兩次測量值的比值而得，介電常數會受頻率、電壓、溫度、濕度等的影響，一般而言，介電常數越小，則絕緣性越好。

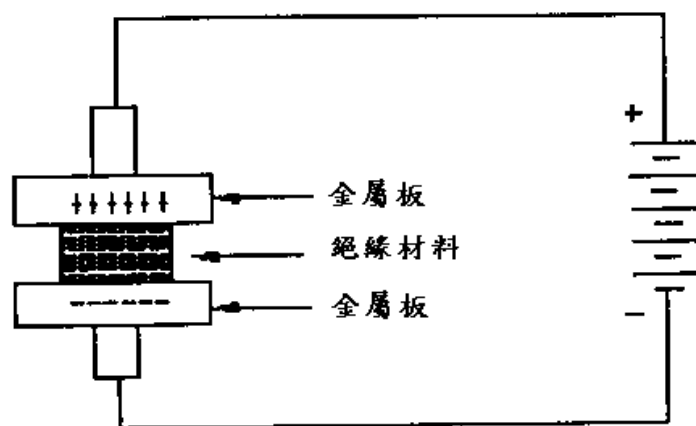


圖 2-09 介電常數測試簡圖

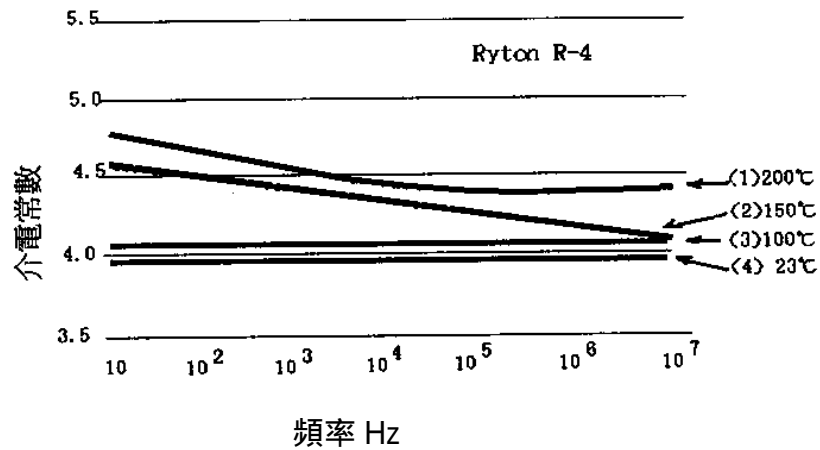


圖 2-10 PPS(Ryton R-4)在不同頻率溫度下之介電常數

介電常數為電路內部貯存能量的指標。儘管微小的電容量對整體電路的電能影響不大，但在低功率、頻率寬、訊號穩定的電路設計中，如通信器材的應用，介電常數要求其穩定性，更顯得重要。

表 2-03 一些聚合物的介電常數

材 料	介電常數
三聚胺樹脂	5.2 - 7.9
聚偏二氟乙烯(PVF2)	7.5
酚樹脂	3.0 - 7.0
百分之三十玻璃填充尼龍	4.0 - 7.0
環氧樹脂	3.5 - 5.4
熱固性聚酯	4.3 - 5.1
耐衝擊聚苯乙烯	4.7
酯類共聚合物(25%玻璃填充)	2.0 - 4.0
尼龍	3.9
二甲基甲烷	3.5 - 3.8
聚碳酸酯(30%玻璃填充)	3.7
熱塑性聚酯	3.48
ABS	3.2
SAN	3.2
一般用途的聚苯乙烯(PS)	3.0
氟碳化合物(PFA,FEP)	2.7
	2.1

影響連接器耐電壓的因素很多，設計時要多從實際工作面考量，比如理想狀態下絕緣性能會很好，但實際由於次料摻入時會帶來金屬雜質的混入，成型時另件的表面污染，成型參數的不合理性造成材料固化不充分等等，因此合理的絕緣特性設計應是：

- 1) 確定連接器端子間最薄弱點，即最短電通路長度(塑膠最薄)；
- 2) 依耐溫要求初選材料；
- 3) 查找相應塑膠電性能特性表。

例如： PBT 電阻系數： $5 \times 10^{16}$  . cm(體積電阻)

絕緣破壞強度：t=3 mm 時 23KV/mm

t=2 mm 時 22KV/mm

若材料厚度：0.1 mm，則

抗電強度：2200V

絕緣電阻： $5 \times 10^{16}(\text{cm})/0.01(\text{cm})=5 \times 10^{12}(\text{M})$ 。

一般地說，額定工作電壓依一定的現場經驗數據確定。例如，在低氣壓條件下：

$$\text{額定工作電壓 } V_R = \frac{\text{介質崩潰電壓} - 100V}{1.65}$$

連接器設計者常常依連接器實際工作環境下的工作電壓確定抗電強度試驗電壓。

當額定工作電壓 3000V 以上時，

抗電強度試驗電壓  $V_T=1.5 \times$  工作電壓；

當額定工作電壓 2000V 以上時，

抗電強度試驗電壓  $V_T=2 \times$  工作電壓；

當額定工作電壓 500V 以上時，

抗電強度試驗電壓  $V_T=3 \times$  工作電壓；

當額定工作電壓小於 500V 時，

抗電強度試驗電壓  $V_T=4 \times$  工作電壓。

### 2.3.5 電壓駐波比( $V_{SWR}$ )

同軸連接器或同軸電纜在傳輸電信號時，因傳輸線各段特性阻抗的不均一性造成駐波。傳輸線上波峰電壓與波節電壓的絕對振幅比稱之為電壓駐波比  $V_{SWR}$ 。

$$V_{SWR} = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1+|r_z|}{1-|r_z|} \quad (2-06)$$

其中：

$r_z$  - 反射系數

$V_{\max}$  - 波峰電壓絕對振幅

$V_{\min}$  - 波節電壓絕對振幅

傳輸線特性阻抗

$$Z_0 = \frac{\sqrt{R + j\omega L}}{\sqrt{G + j\omega C}} \quad (2-07)$$

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon}} \ln(D/d) \quad (2-08)$$

其中，

R - 傳輸線電阻

G - 傳輸線電導

- C - 傳輸線電容
- 傳輸線傳輸信號號角頻率
- D - 傳輸線外導體內徑
- d - 傳輸線內導體外徑

### 電壓駐波比測量

電壓駐波比的測量在 IEC169 - 1 和 GB/T11313 - 1996 中均有明確的規定，分為有誤差識別測試系統和無誤差識別系統。

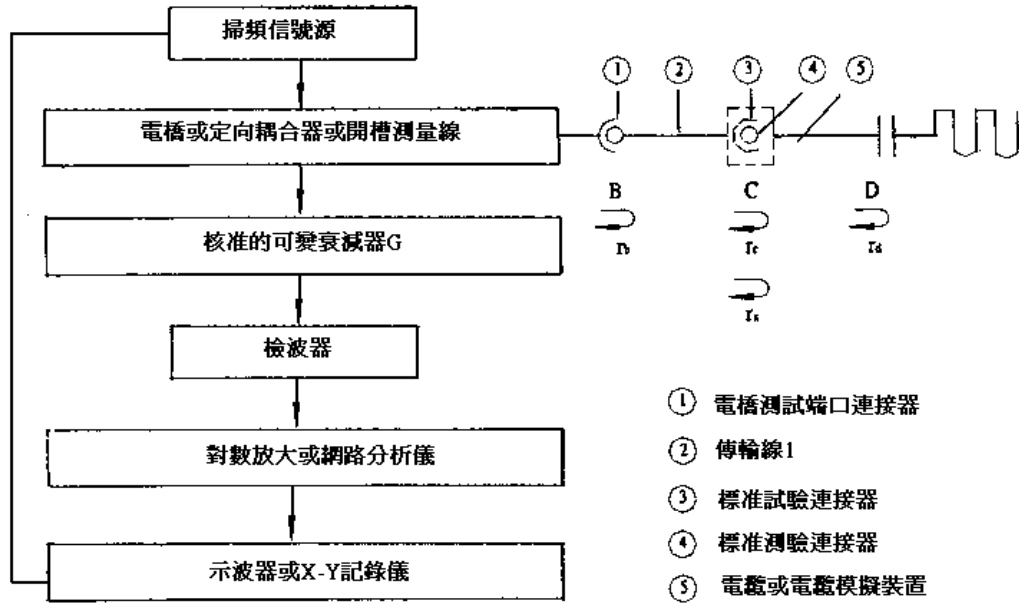


圖 2-11 電壓駐波比測量無誤差識別系統

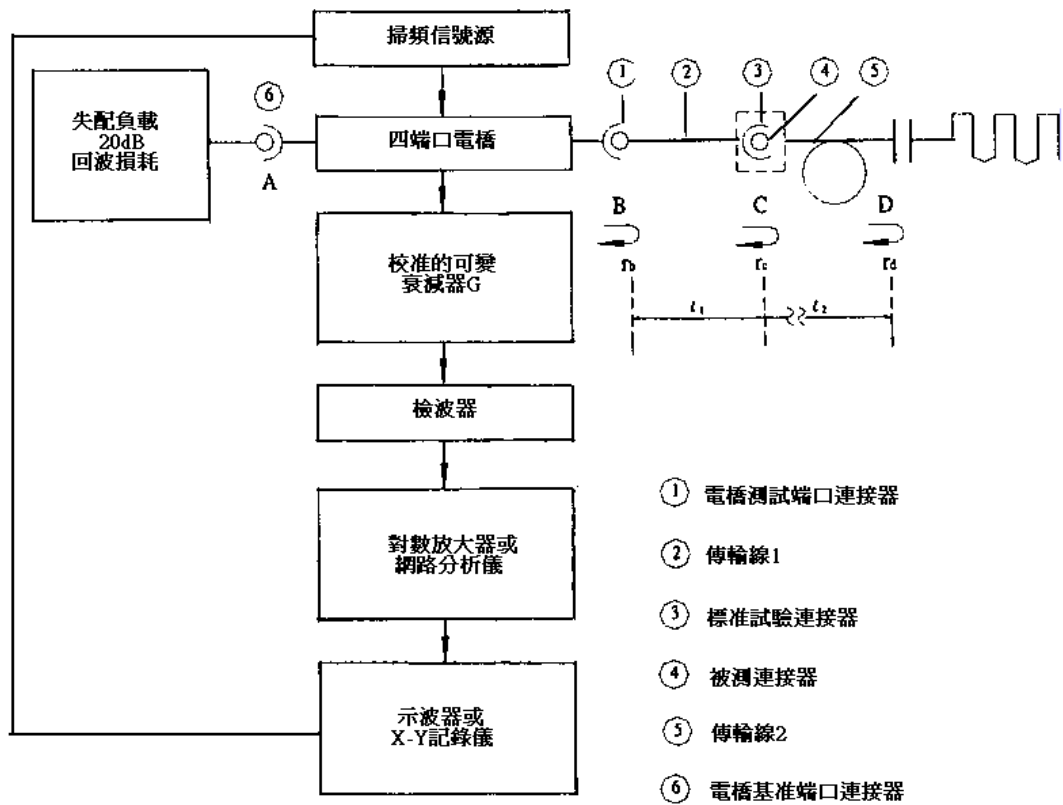


圖 2-12 電壓駐波比有誤差識別系統

### 2.3.6 插入損耗

在沒有連接器對的情況下從功率源輸送到負載(測量時為功率測試儀)的功率與功率源和負載間插入連接器對的情況下從功率源輸送到負載的功率之比。這個比值  $a_c$  一般用 dB 來表示。

$$a_c = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \quad (2-09)$$

其中，

P1 - 沒有接入連接器對的情況下輸送到負載的功率；

P2 - 接入連接器對的情況下輸送到負載的功率。

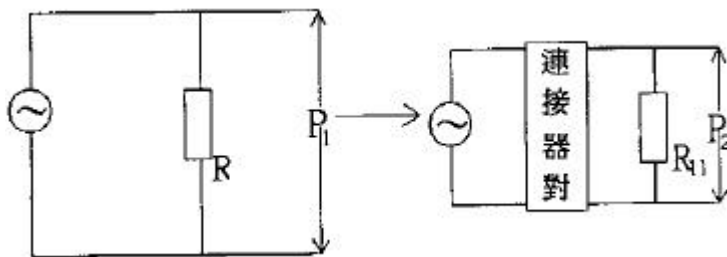
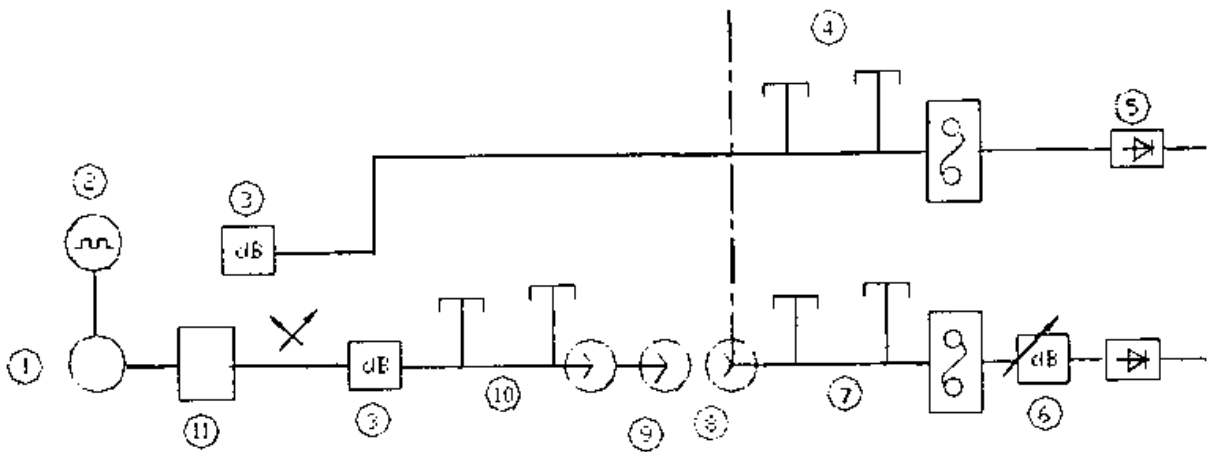


圖 2-13 插入損耗原理示意圖

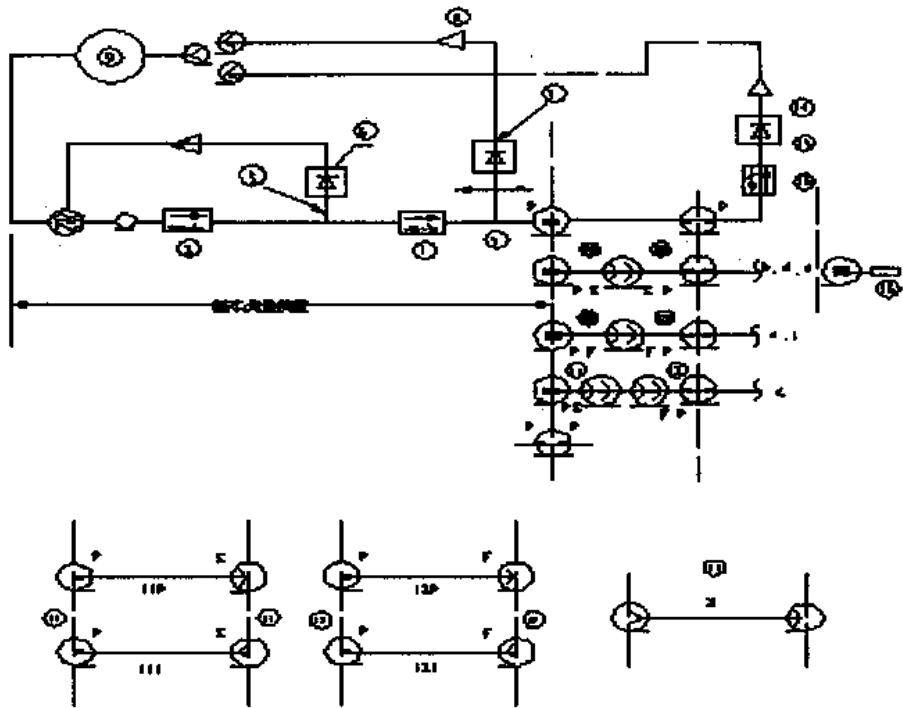
插入損耗的測量：

插入損耗的測量有雙通道測試系統和掃頻測試系統，具體測量方法參見相關標準。



圖中：1)射頻電源； 2)方波調制器(1000±1Hz)； 3)20dB 固定衰減器； 4)調配器 1； 5)差動平衡檢波器； 6)音頻標準衰減器； 7)調配器 3； 8)(1)和(2)的插入點； 9)開槽測量線(開槽測量線具有低剩余反射，並具有與調配器 3 輸入配的無極性輸出端，電壓駐波比小於 1.006+0.003 ( 的單位為 GHz)； 10)調配器 2； 11)隔離器(20dB min., VSWR 為 1.3 mm)。

圖 2-14 插入損耗雙通道測試系統



圖中：1)掃頻射頻信號源； 2)隔離器； 3)射頻探針或功率分配器； 4)隔離器； 5)具有精密無極性輸出連接器的開槽測量線； 6)檢波器號； 7)檢波量號； 8)放大器； 9)X-Y顯示器； 10)具有精密無極性連接器的匹配負載； 11)標準精密轉接器度標準精密轉接器的無極性界面可查閱 GB6644<<硬精密同軸線極及密連接器>>,標準試驗連接器的界面可查閱[GJ681的附錄 C, 最大 VSWR 由具體產品標準規定； 12]標準試驗夾具裝置之度外見[GJB976-90]“帶狀線和微帶傳輸線用射頻同軸連接器總規範”； 13)被測連接器； 14)放大器； 15)功率檢波器； 16)隔離器

圖 2-15 插入損耗掃頻測試系統

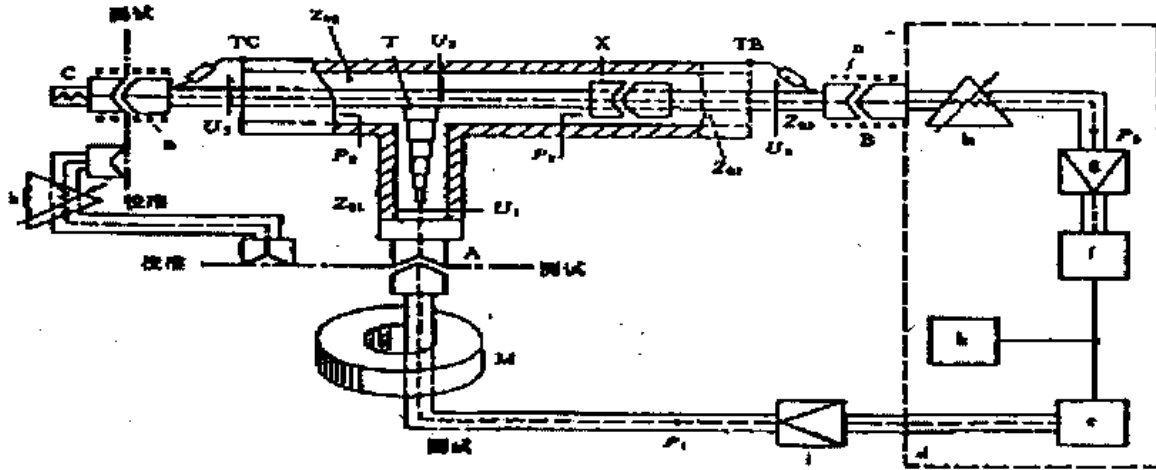
### 2.3.7 屏蔽效率

射頻傳輸系統的屏蔽效率表示其外導體保護傳輸線免受外界電磁場干擾的能力(即屏蔽效率)。反之，也是防止傳輸線上的電磁場干擾外界的能力(即射頻泄漏)。

同軸傳輸電纜或傳輸線的連接器組件有三種可能泄漏區域：

- A) 圍繞連接插合面的區域；
- B) 圍繞連接鎖緊機構的區域；
- C) 兩個電纜與組合結構件入口的區域。

連接器屏蔽效率的測量較復雜，一般採用三同軸裝置。



- A—功率输入连接；
- B、C—测试端口；
- X—波闸连接器对；
- B、TC—外同轴系统终端装置(阻抗  $Z_{02}$ )；
- T—匹配功率分配器的T型接头；
- M—铁氧体环；
- d—屏蔽室；
- e—承载信号发生器或合成信号发生器；
- f—衰减分析仪；
- g—低噪声前置放大器；
- h—校准过的可变衰减器；
- c—功率放大器；
- k—阻抗控制臂；
- n—附加的屏蔽铜编织层

圖 2-16 屏蔽效率三同軸測量系統

### 2.3.8 串音(CROSSTALK LOSS)

串音主要源自兩相鄰導體之間形成的互感和互容。串音分為近端串音和遠端串音。

近端串音(NEAR-END CROSSTALK LOSS 簡寫成 NEXT): 干擾對的輸入電壓與被干擾對輸入電壓的比較，一般用分貝(dB)表示。



(註：負載阻抗應是特性阻抗的  $\pm 1\%$ )

圖 2-17 串音網絡示意圖

$$X_E = \left| 20 \log_{10} \frac{V_2 N}{V_1 N} \right| \quad (2-10)$$

其中，

$V_1 N$  - 干擾對輸入電壓

$V_2 N$  - 被干擾對干擾輸入電壓

近端串音的振幅大小是由逆向串音系數  $K_b$  和干擾線的入射電壓  $V_{in}$  所決定。

近端逆向串音系數：

$$K_b = \frac{1}{2} \left( C_m E_0 + \frac{L_m}{Z_0} \right) \quad (2-11)$$

其中，

$C_m$  - 兩平行線間的互容

$L_m$  - 兩平行線間的互感

$Z_0$  - 干擾線的特性阻抗

特性阻抗與串音的關係

$$X = 20 \log_{10} \frac{4Z_0 Z}{(Z_0 + Z)^2} \quad (2-12)$$

其中，

$Z_0$  - 特性阻抗

$Z$  - 終端負載

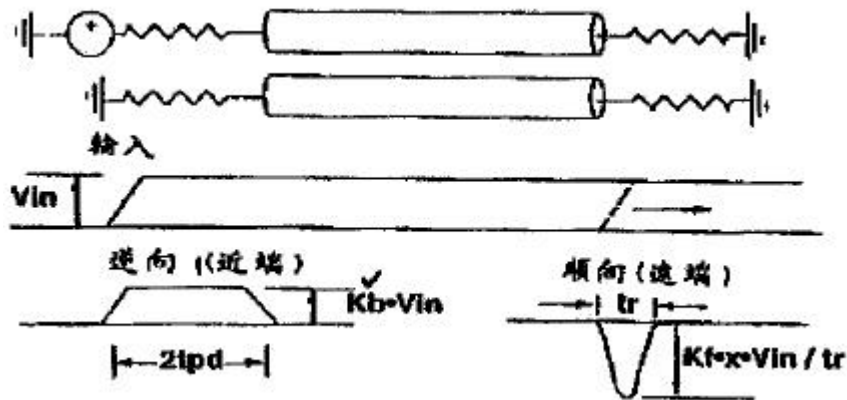


圖 2-18 近端 / 遠端串音的幾個決定因素

遠端串音(FAR-END CROSSTALK LOSS, 簡寫成 FEXT)：干擾對遠端輸出電壓與被干擾對遠端輸出電壓的比較，一般用分貝 dB 表示(圖 2-17)。

$$X_F = 20 \left| \log_{10} \frac{V_2 F}{V_1 F} \right| \quad (2-13)$$

其中，

$V_2 F$  - 被干擾對遠端輸出電壓

$V_1 F$  - 干擾對遠端輸出電壓

遠端串音的幅值大小正比於順向串音系數和干擾線 / 受擾線相互平行的線長 $l$ 以及干擾線的入射電壓 $V_{in}$ ，而與入射信號的上升時間成反比；遠端串音的脈衝寬度等於干擾線上入射信號的上升時間(圖 2-18)。

遠端順向串音係數：

$$K_f = \frac{1}{4t_{pd}} \left( C_m Z_0 - \frac{L_m}{Z_0} \right) \quad (2-14)$$

其中，

$C_m$  - 兩平行線間的互容

$L_m$  - 兩平行線間的互感

$Z_0$  - 干擾線的特性阻抗

$t_{pd}$  - 干擾線的傳輸延遲時間

容性串音：

$$X_c = \frac{Z_b \cdot C_m}{t_r} \quad (2-15)$$

其中，

$Z_b$  - 受擾線特性阻抗

$C_m$  - 兩平行線互容

$t_r$  - 輸入到干擾線的入射電壓之上升時間

電感性串音：

$$X_L = \frac{L_m}{Z_a t_r} \quad (2-16)$$

其中，

$Z_a$  - 干擾線的特性阻抗

$L_m$  - 兩平行線互感

$t_r$  - 輸入到干擾線的入射電壓之上升時間

改善串音的方法：

- 1)降低導線與接地板的距離；
- 2)增加導體間距離；
- 3)在兩信號間加上接地屏蔽道路以降低電容；
- 4)使信號上升及下降時間增長；
- 5)傳輸線長度要遠小於波長(當傳輸線長度接近 1/4 波長時，傳輸線有天線效應)；
- 6)減少介質的介電常數(  $\epsilon_r$  )；
- 7)CABLE 可製造成雙絞線形式；
- 8)相鄰層中走正交線，避免走平行線。

串音的測量：

串音的測量一般用一個信號發生器和電壓計或自動網路分析儀。實際長度下的測量值可以換算(或修正)到標準長度下的串音值以求與規格值進行比較。

$$X_N = X_0 - 10 \log_{10} \frac{1 - e^{4a \cdot l_x}}{1 - e^{4a \cdot l_0}} \quad (2-17)$$

其中，

- $X_N$  - 標準長度下的近端串音 dB / 1000 ft (305M)
- $X_0$  - 實際電纜長度的衰減
  - 近端電纜長度的衰減
- $l_x$  - 標準參考長度 (1000 ft)
- $l_0$  - 實際電纜長度
- $e$  - 2.71828

### 2.3.9 衰減(ATTENUATION)

衰減定義：

當某個信號通過一段網路線或電纜時所發生的信號強度減少稱為衰減。衰減受絕緣材料，導體及其幾何形狀尺寸的影響。

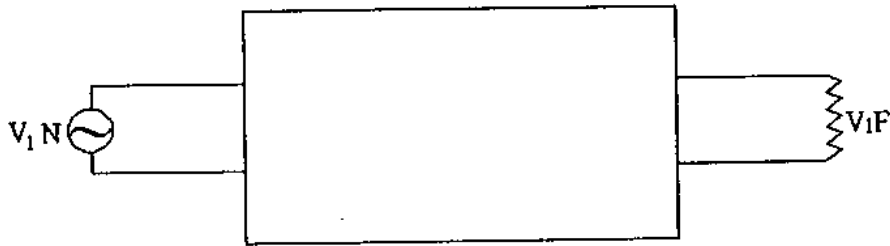


圖 2-19 衰減網絡示意圖

$$a = 20 \log_{10} \left[ \frac{V_1F}{V_1N} \right] \quad (2-18)$$

其中，

- 被測電纜 / 網絡衰減量；
- $V_1N$  - 輸入電壓 (強度)；
- $V_1F$  - 輸出電壓 (強度)。

衰減的測量：

衰減一般用信號發生器 / 電壓計或其他自動網絡分析儀進行測量。測量值一般應在標準溫度下進行，若不能達到標準 20 條件下測量時應進行換算(修正)。

$$a_{20} = \frac{a_T}{1 + 0.0022(T - 20)} \quad (2-19)$$

其中，

- $T$  - T 溫度下測得的衰減；
- $20$  - 20 標準條件下的衰減；
- $T$  - 實際測量時環境溫度。

## 2.4 電接觸傳導原理

接觸件(指電連接器的接觸件以及開關，繼電器的觸點的總稱)和連接件，其類型很多，如頻繁動作的轉換觸點、插入式插座，以及壓接、繞接、熔焊或錫焊等端接件。在電路和設備中，接觸件或連接件所占比例比其他元件都大。由於這些元件在電路中是串聯出現，即使每個元件的失效率很低，也能對設備(系統)的可靠性帶來很大的影響。所以，要確保接觸件在整個壽命期間有很高的接觸可靠性。

理想的接觸件應該是：在接通時是良導體，在斷開時就是很好的絕緣體。這種性能取決於所用材料的電氣和機械性能、熱及化學性能，以及電路所處的環境條件和電氣要求。例如，材料的特性決定著繼電器觸點在閉合時是否會斷開，在斷開時是否會閉合；大脈衝通過接觸件產生的壓縮熱效應會不會產生熔接等。接觸件的這些電傳導原理適用於各種類型的接觸件和連接件。

### 2.4.1 接觸件的電傳導原理

從微觀物理觀點來看，接觸介面不是面接觸而是一些小點接觸。圖 2-20 所示是拋光銅板在氯化鐵溶液中腐蝕後的表面狀況。由於表面的這種狀況，在電傳導中隨之帶來一系列特性。

用電壓-電流法測量具有一定接觸壓力的一對清潔接觸件的接觸電阻時，阻值往往很低，對系統中的電路幾乎沒有什麼影響。但是，實際使用中，在升高降低電壓(電流)時，或者形成阻擋層電壓時，接觸件的接觸電阻產生不穩定，並呈現非線性變化(不符合歐姆定律)，極化感應和不可逆變化，從而對電路產生影響。因此，需要對接觸件的傳導特性出定量分析並掌握控制其特性的原理，以便於選擇合適接觸件的材料、形狀和接觸力來確保在特定使用條件下接觸的可靠性。

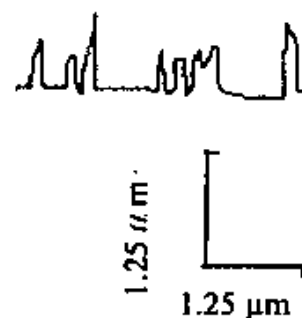


圖 2-20 接觸介面狀況

#### 1) 接觸件電傳導性

根據實驗，不同情況下的接觸件的電傳導特性如圖 2-21 所示。它說明了接觸件電壓對接觸件電流的關係。開始，電壓與電流成線性關係，即符合歐姆定律。而後當升高電壓而電流幾乎不增加，直到接觸處的薄膜擊穿為止，薄膜擊穿後，電阻降低，電流增加，在局部微小點上產生熱效應，引起該處的物理和化學變化。所以，無論是薄膜存在還是熱效應，都可以引起電壓-電流特性的非線性變化。這種非線性特性取決於接觸件的接觸介面特性。由於接觸介面出現上述變化，就會造成電路不穩定或失效。

簡單說來，圖 2-21 中，曲線 說明了相當清潔的接觸件接觸介面的特性。曲線 和 說明了接觸件介面處的不同結構薄膜的電傳導特性。伴隨主要物理現象及其接觸介面的非線性情況，說明了在電子系統中電路電壓和電流的實際範圍。

## 2)接觸件對電路的影響

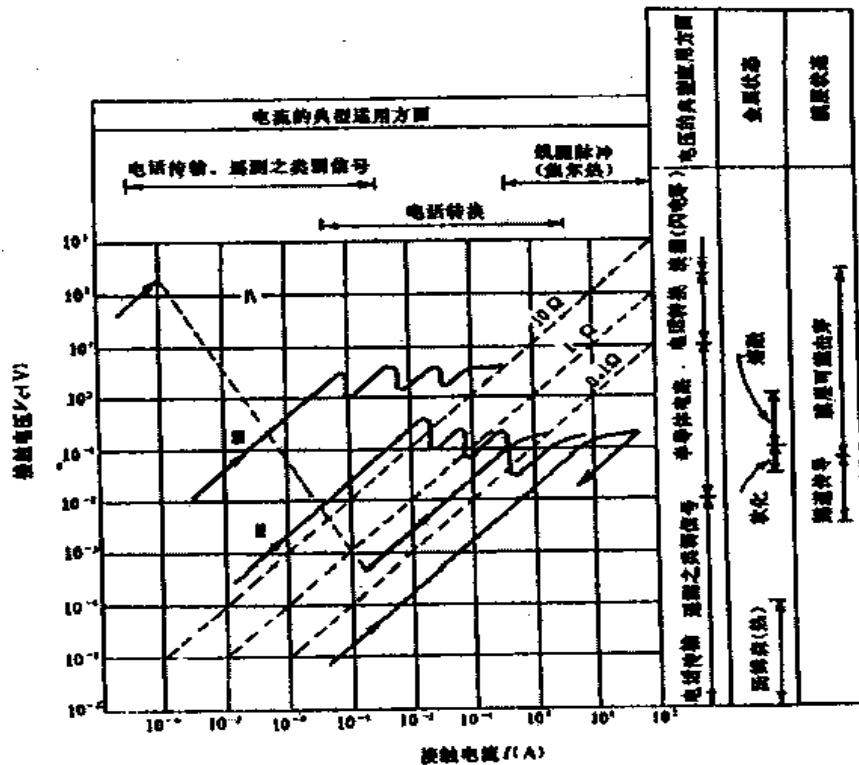


圖 2-21 接觸件電傳導情況

從一些使用問題出發，利用圖 2-21 所示關係，分析接觸件的電壓、電流、電阻變化及其它參數。

### 使用電壓

從圖 2-21 中可見，接觸件的膜厚要被擊穿，使其成為良導體，必須達到一定的閾值電壓。曲線 是銅接觸件受嚴重氧化後生成的膜層，其閾值電壓大於 100V。膜層被擊穿後，電阻迅速下降，但由於熱效應加速了膜層附近區域的化學反應，對膜層有一定修復作用，於是阻值呈現非線性。曲線 的特性為中等程度的膜層，在閾值電壓附近，電壓降的微小波動引起電流可能在二十倍或幾十倍範圍內變化，使接觸電阻發生很大變化；不瞭解  $V_0 - 1$  這種非線性關係，就會在測試和使用接觸件時產生錯誤。如果接觸件實際使用的電路電壓大於接觸件的閾值電壓 (也可稱為使用電壓)，絕不要測試這種接觸件的接觸電阻。

### 接觸件電流

當電流超過一定值時，在接觸件介面微小點處由於  $I^2R$  熱作用使金屬軟化或熔化、電阻降低，從而產生小的電壓波動；熱量可能損傷或熔焊接觸件。

### 接觸電阻變化與雜訊

在傳輸電路中，接觸件介面電阻的變化引起電壓變化  $V = I R$ 。  $V$  疊加在正常傳輸的信號上就形成電雜訊。所以，接觸件介面電阻的變化成為一種噪音源，直接影響電路傳輸質量水平。

從接觸介面特性來看，接觸件不僅要有良好的機械性能，即不能熔接、損傷或過度磨損，而且要有良好的  $V - I$  特性及正確的使用方法。

## 2.4.2 清潔接觸件的特性

金屬與金屬接觸時的電特性，包括串聯的兩個微小區域的特性：金屬本身的微小區域及其電傳導特性及金屬表面之間的膜層材料的微小區域及其電傳導特性。所謂清潔接觸件的特性，是指接觸件金屬本身的微小區域及其電傳導特性。

如圖 2-20 所示的金屬表面，把兩個清潔的接觸件壓在一起，電流通過接觸件的實際面積，往往小於重疊面積的 1%，使電流通路在介面處被壓縮得很窄。這種作用影響到接觸件的設計，為此，必須瞭解金屬的電阻性能、機械性能、熱性能及粘連性能。

### 1) 電阻性能

假設接觸件接觸介面處有  $n$  個微小圓點接觸，其間距小於直徑的三倍，正壓力為  $F$ ，兩接觸件材料相同，其電阻率為  $r$ ，材料表面硬度為  $H$ ，彈性模量為  $E$ ，接觸點小球直徑為  $D$ ，則得壓縮電阻為：

$$\text{塑性變形時} \quad R_c = 0.89 r \left( \frac{\pi H}{nF} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2-20)$$

$$\text{彈性變形時} \quad R_c = \frac{0.57 r}{\sqrt{n}} \left( \frac{E}{FD} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2-21)$$

實際情況是，兩接觸介面微小點接觸中，有的變形大(塑性)，有的很輕微(彈性)。因此，公式中引入修正系數(有時稱壓力係數)  $\alpha$ ，其值為 0.2 ~ 1.0，純塑性彎性為 1.0。通常取近似值為 0.7。

從(2-21)式中看出，壓縮電阻並不是與接觸微小點的接觸面積成反比關係，而是與其直徑周長成反比關係；同時取決於接觸材料的整個性能( $r\sqrt{H}$ )及其表面特徵。圖 2-22 表示出  $R_c$  與正壓力  $F$  的關係。

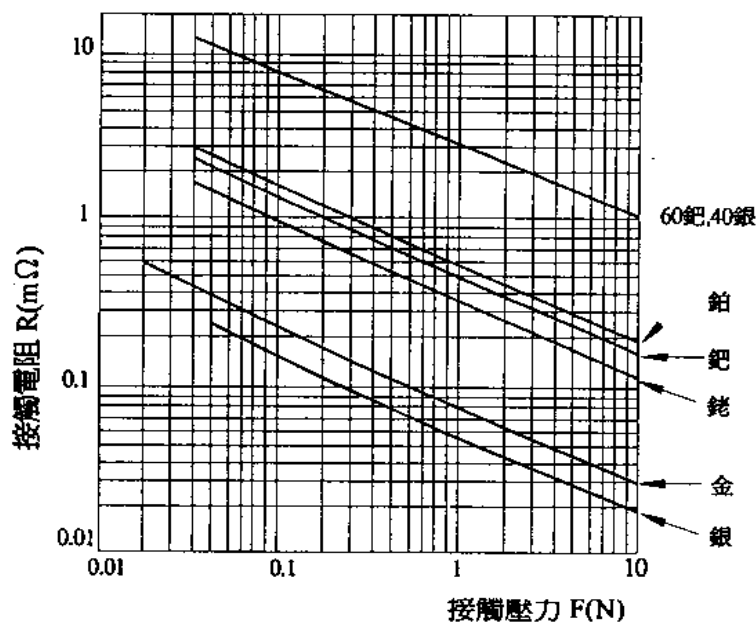


圖 2-22 清潔接觸件的接觸電阻與接觸壓力的關係

表2-04 常用接觸件金屬的物理常數

特 性 金 屬	機 械 性 能				電 氣 性 能			熱 性 能				
	屈服強度				電阻			熱傳導系數				
	布氏硬度 H (10 <sup>8</sup> N/m <sup>2</sup> )	彈性模數 E (10 <sup>8</sup> N/m <sup>2</sup> )	0.2%位移 v (10 <sup>8</sup> N/m <sup>2</sup> )	密度 (10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> )	電阻率 20 (10 <sup>-9</sup> . m)	溫度系數 0 100 (10 <sup>-6</sup> / )	表面電位 (V)	軟化 ( )	熔化 ( )	沸點 ( )	比熱容量 c (10 <sup>6</sup> J/m <sup>3</sup> . 度)	
貴金屬												
銀 Ag(純)	2.5	700	2.0	10.5	15.9	4100	4.73	418	180	960	2212	2.5
Ag(商業)	2.5	700	2.0	10.5	16.2	4000	4.73	418	180	960	2212	2.5
金 Au	2.5	800	2.1	19.3	23.5	3900	4.82	311	100	1063	2966	2.5
鈀 Pd(純)	3.6	1200	3.1	12.1	108	3800	4.97	76	-	1552	3112	2.7
Pd(商業)	4.5	1200	3.1	12.1	108	3800	4.97	76	-	1552	3112	2.7
鉑 Pt(純)	3.6	1300	1.6	21.4	106	3900	5.36	73	-	1769	3827	2.8
Pt(商業)	4.1	1300	1.6	21.4	130	3700	-	73	540	1769	3827	2.8
銠 Rh	11.8	2900	9.7	12.4	46.8	4600	4.80	90	-	1966	3727	3.2
貴金屬合金(%)												
Au,25Ag,6Pt	6.9	-	-	16.1	150	-	-	-	-	1030	1750	-
Au,30Ag	3.2	-	-	15.4	99	-	-	67	-	1025	-	-
Pd,40Ag	9.8	-	-	11.3	420	20	-	31	-	1290	2440	-
Pd,40Cu	13.9	-	-	10.5	350	320	-	-	-	1220	2190	-
					40	2200						
底金屬												
鋁 Al	1.8	690	1.1	2.7	27	4200	4.08	210	150	660	2467	2.4
鎘 Cd	3.4	590	0.7	8.6	75	4000	4.07	90	-	321	765	2.0
銅 Cu	3.9	1080	3.2	8.9	16.8	4000	4.46	380	190	1083	2595	3.4
鐵 Fe	5.9	1960	2.5	7.8	100	6500	4.7	60	500	1535	3000	3.6
鉬 Mo	13.7	2950	8.4	10.0	48	4500	4.20	140	900	2610	5560	2.6
鎳 Ni	6.9	1960	3.2	8.9	68	6800	5.01	70	520	1453	2732	3.9
銻 Re	29.5	2840	4.8	21.0	193	4000	5.1	71	-	3180	5627	-
錫 Sn	0.44	490	0.15	7.3	114	4500	4.4	64	100	232	2270	1.65
鎢 W	28.5	2950	18.1	19.3	55	3900	4.5	190	1000	3380	5927	2.7

用於接觸件的一些金屬的特性列在表 2-04 中。

按(2-21)式估算  $R_c$  舉例；金接觸件，正壓力  $F=0.1, n=10$ ，由表 1.1-2 查得  $H=2.5 \times 10^8 \text{N/m}^2$ ，

$$r = 23.5 \times 10^{-9} \Omega \cdot m, \text{ 則壓縮電阻為: } R_c = 0.89 r \left( \frac{xH}{nF} \right)^{\frac{1}{2}} = 2.77 \times 10^{-4} \Omega。$$

這一值可從圖 2-22 中的曲線上查到。

## (2)熱性能

電流通過接觸介面處的微小點容易產生局部發熱( $I^2R$ )，使其變軟甚至熔化；而微小點接觸處單位壓力常常超過金屬的抗壓強度，導致接觸件金屬粘接。所以，了解接觸件接觸區域產生壓縮電阻處的溫度變化，以及不產生鬆弛、熔焊等損傷的電流上限安全值，是十分重要的。

假設溫度和熱流的分佈與電位電流的分佈遵循同一模式，從而得到電流通過接觸件在接觸處產生的接觸電壓  $V_c$  為：

$$V_c^2 = 4L(T^2 - T_A^2) \quad \text{或} \quad T = \left( \frac{V_c^2}{4L} + T_A^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2-22)$$

式中， $T_A$  為整個材料的環境溫度(K)； $T$  為壓縮區的溫度(K)； $L$  為洛倫茲常數，從表 2-05 查得。

表 2-05 洛倫茲常數  $L$  ( $\times 10^{-8} \text{V}^2/\text{K}^2$ )

低電阻率純金屬	2.4	鎢(W)	3.6
鐵(Fe)和鎳(Ni)	2.0	熔化的金屬	3.0
鉑(Pt)	2.5		

從(2-22)式可知，如測得接觸壓縮區電壓  $V_c$  就可算出接觸介面處的溫度  $T$ ，判斷是否達到或超過金屬的軟化或熔化溫度；反之也可知道，不同金屬的接觸件所允許的接觸電壓的上限值。常用金屬軟化和熔化的接觸電壓和溫度的計算值和實驗值，如表 2-06 所示。

表 2-06 常用接觸件金屬軟化、熔化和沸點溫度  
及軟化、熔化和沸騰接觸電壓

金屬	軟化溫度 ( )	軟化接觸電壓(V)		熔化溫度 ( )	軟化接觸電壓(V)		沸點 ( )	沸點接觸電壓(V)	
		計算值	實驗值		計算值	實驗值		計算值	實驗值
金 Au	100	0.07	0.08	1063	0.40	0.43	2966	1.0	0.9
鋁 Al	150	0.09	0.10	660.1	0.26	0.30	2500	0.85	-
銀 Ag	180	0.11	0.09	960.8	0.37	0.37	2210	0.76	0.75
銅 Cu	190	0.11	0.12	1083	0.41	0.43	2580	0.88	0.75
鎳 Ni	520	0.21	0.22	1453	0.48	0.65	2732	0.85	-
鉑 Pt	540	0.24	0.25	1769	0.65	0.71	4530	1.5	1.3

\*：以環境溫度為 20 ( $T_A=293\text{K}$ )時的情況

由(2-21)式和(2-22)式可推導出下式

$$\frac{I^2}{F} = \frac{16L}{\rho} \cdot \frac{n}{x} \cdot \frac{(T^2 - T_A^2)}{r_A^2 \left[ 1 + \frac{2}{3} a(T - T_A) \right]^2 H} \quad (2-23)$$

這一公式中材料的常數在每種情況下都必須進行特定研究，所以是一種估算，但是仍說明了接觸件的結構設計(電流  $I$  和正壓力  $F$ )與材料性能和使用條件的關係。 $\frac{I^2}{F}$  表明材料耐熱能力的大小。

當接觸件明顯發熱，即  $T$  達到軟化或熔化溫度時，接觸微小點軟化合成一點  $n=1$ ，即屬於完全塑性變形， $\nu=1$ ，(2-23)式就成為：

$$\frac{I^2}{F} = \frac{16L(T^2 - T_A^2)}{\rho H r_A^2 \left[ 1 + \frac{2}{3} a(T - T_A) \right]^2} \quad (2-24)$$

在環境溫度  $T_A=20^\circ\text{C}=293\text{K}$  時，利用這一公式求出工業銀、金、鈀和鉛的耐熱能力限度值，如表 2-07 所示。

表 2-07 常用接觸件金屬的耐熱能力極限值

金屬	$I^2 / F \text{ (A}^2 / \text{N)}$	
	軟化	熔化
銀(Ag)	110000	220000
金(Au)	33300	108000
鈀(Pd)	-	3100
鉑(Pt)	1900	2500

由表 2-07 可知，銀的耐熱能力較強，不易產生粘接或熔焊。由(2-24)式也可知道，某一特定金屬的接觸件，在增大接觸力時可以有較高的額定電流通過接觸件而不會產生粘接或熔焊。

壓縮區域通過電流的發熱時間常數，大致在幾個微秒級能範圍內，接觸力和導體電導率越高，發熱時間常就越大。

例如，在繼電器或微動開中，一對金接觸件在 0.1N 壓力下  $10 \mu\text{s}$  內通 50A 的浪湧電流，是否會產生粘接現象？

$10 \mu\text{s}$  比壓縮區發熱時間常數略大一些。達到發熱穩定條件，按(2-24)式得：

$$\frac{I^2}{F} = \frac{50^2}{0.1} = 25000 \text{A}^2 / \text{N}$$

此值比表 2-07 中金(Au)在軟化時的耐熱能力  $33300 \text{A}^2 / \text{N}$  低，接觸件不會產生粘接而發生失效。但安全余量較小，應進一步在使用條件下進行試驗。

在考慮接觸件熱粘接問題時，應注意下列幾點：

- 1) 接觸時主要產生彈性變形而不是塑性變形時，金屬不易粘接。這與金屬表面條件和機械特性有關，光滑表面和硬的材料容易產生彈性接觸。
- 2) 具有明顯滑動的接觸件較易於產生粘接。這是因為粘接程度與滑動量成正比。
- 3) 在戶外或露天的接觸件比起密封的接觸件而言，不易產生粘接。這是因為露天接觸件容易生長膜層，減少了容易粘接的清潔金屬面積。

4)在密封情況下，貴金屬最容易產生粘接。這是因為金、銀之類的貴金屬較軟，比起那些較硬的金屬，容易產生粘接。

還要特別注意粘接引起接觸件的磨損現象。接觸件在每一次壓接在一起時，迫使微小區域產生緊密接觸，會有微量的粘接。接觸件在分離時，粘接被破壞，造成一對接觸件的一邊被折掉一些金屬。下次又在新區域接觸，使高低的微小點發生變形，漸漸改變了表面特性。當然，那些粗糙微小點偶然脫落變成磨損微粒，加速了接觸件的磨損。一般說來，較軟的材料容易被撕掉粘在較硬的材料上，更容易產生磨損。容易生長膜層的材料損失較少，因盡膜層起潤滑作用。如果膜層容易破裂露出清潔金屬，就會產生大量磨損。表 2-08 列出了常用接觸件金屬粘接磨損情況。

表 2-08 常用接觸件金屬的粘接磨損情況

金屬	硬度 H 108N/m <sup>2</sup>	在戶外膜層 生長趨向	粘接或磨損 程 度
金(Au)	2.45	低	最大
銀(Ag)	2.45	隨時間穩定生長	稍微
鉑(Pt)	3.63 ~ 4.11	低	稍微
鈀(Pd)	3.63 ~ 4.2	低	稍微
銅(Cu)	4 ~ 9	大	輕微
銠(Rh)	11.8	稍微	低
鉬(Mo)	13.7	大	低

### 2.4.3 接觸件膜層的電傳導特性

#### (1)膜層的生長

在實際中，即使最清潔的金屬表面(如金)也堆積著一個或兩個包圍著的氣體的原子層。一般情況，化合物是處於穩定狀態，純金屬是處於最不穩定的狀態。金屬的氧化物或硫化物之類的化合物存在於天然的礦石中，處於穩定狀態，通過冶煉、精制獲得純金屬。然需這種純金屬是很不穩定的，往往受空氣中的氧或硫化氫之類的氣體腐蝕形成穩定的化合物。所以，製造接觸件的金屬不可避免的受 O<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>S 的作用形成膜層。

金屬與氧的反應生成氧化膜，可分為以下幾種情況：

- 1)在金屬與氧化物接觸物接觸的界面處進行反應。
- 2)氧化物中的離子和電子向金屬擴散反應。
- 3)在氧化物與大氣接觸的界面處進行反應。

金屬銅生成氧化膜的厚度近似表示為：

$$d = \left(400 + t \times 10^{8.2-1310/T}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (2-25)$$

式中，d 是氧化膜厚度；t 是放置時間(h)；T 是環境溫度(K)。

生成的氧化膜厚度隨時間增加而加厚，一般有指數律和對數律以及線性關係。

剛清洗的金屬暴露在正常大氣條件和使用溫度中，經過零點幾秒就生成一層或兩層氧化物，隨著時間增加，膜層厚度逐漸達到飽和。黃金是生成氧化膜最少的一類金屬。通常是在

金的表面吸附一層氧，而第二層的氧化物也可能發生，但常常很弱，在輕微的接觸力作用下就能去掉這一層。

污染氣體與金屬的反應原理類似於氧與金屬的反應原理，即金屬原子通過氧化層向外擴散與大氣中氧結合。同時，氧或硫等雜質向金屬內擴散。影響膜層的生長因素有：溫度、金屬種類、環境中銹蝕媒介及擴散率。所以膜層生成厚度就不能用一個完整通用的公式來表示。

可以將膜層分為三類：

1)無機膜層

2)有機膜層

3)薄膜 由散發的煙霧和潤滑油的沉積物、微粒和纖維、或者在製造時潛入的油和工具磨損掉的物質之類的污染物等組成。

無機膜層和有機膜層主要是由物理和化學的鍵合產生的。第三類膜層中還是有機膜為主。事實上，所有這些膜是共存的。一些膜層(特別是硫化銀)是一種鬆軟結構，就容易保存落入的雜質。

對於半貴金屬(指銀以及銀與金、鉑或鈮之類的貴金屬的合金)，可以產生十分嚴重的硫化物。在銅、鎳、鎢或含有鋅或鉻之類金屬的合金的接觸件基體金屬上，膜層可能是不同金屬的氧化物或硫化物的混合物。

一般來說，在相同時間內，潮濕狀態下，膜層生長得快，膜層較軟和弱，接觸件接觸界面處壓縮區域，由於局部發熱( $I^2R_c$ )，又有助於膜層生長。

接觸件金屬為銀時，生成的硫化銀膜層厚度可近似表示為：

$$d = 22.4C^{0.45} \cdot t^{0.8} \cdot n \quad (2-26)$$

式中， $d$  是膜層厚度； $C$  是  $H_2S$  濃度； $t$  是放置時間； $n$  是與濕度有關的系數，相對濕度 90% 以上時， $n=1$ ；80% 以上時， $n=1/2$ ；70% 時， $n=1/3$ ；30% 時， $n=1/4$ 。

## (2)膜層電傳導

膜層電傳導的主要機理包括三種，即量子論的隧道傳導；某些膜層中存在的電解傳導；膜層擊穿特性。

### 1)隧道傳導特性

膜層單位面積的電阻稱為隧道電阻率( $r_i$ )， $r_i$  隨著膜層厚度的增加迅速增大。如圖 2-23 所示，圖中數據大體適用於具有絕緣膜層的所有接觸件，可以用來估計一些膜層的電阻。膜層

電阻可近似表示為： $R_r = \frac{r_i}{A}$ ，並可簡化推出膜層電阻的公式如下：

$$R_r = \frac{r_i \cdot H}{F} \quad (2-27)$$

### 2)電解傳導

有離子存在的膜層中，在加上電場時，這些離子能遷移，形成電解作用的離子傳導為主，當電極是不同材料時，由於隧道作用、電極之間金屬橋的生長以及極化作用，產生固態電解

作用以不同方式導致傳導比增大。

### 3) 膜層擊穿

在膜層厚度增加時，電阻迅速增加，隨之使膜層成為不良導體。但是，膜層可以發生機械擊穿或電擊穿，以及產生固態電解作用進行電傳導。膜層的擊穿是接觸特性非線性和不穩定的主要原因。

**機械擊穿：**接觸件的膜層被接觸壓力弄破或撞向一邊，在膜層裂縫或破裂處使清潔金屬之間接觸，發生壓縮機理傳導作用。例如，銅接觸件清潔處理後，在空氣中放置幾天後，其電阻值雖然近似於壓縮電阻的 5 倍，但仍然遠遠低於隧道電阻即膜層電阻值。

**電擊穿：**許多膜層，加上的接觸電壓須升高到足夠高以後才發生電傳導作用，這是由於電擊穿的原因所致。在產生電擊穿時，由於靜電吸引或其它過程吸引，使接觸件金屬穿過通道形成電流。膜層電擊穿的一般作用過程是：電流穿透膜層，金屬須延伸或向形成路徑的各區域擴大，在電流增加時它就增大，並使局部膜層減少，這種過程就稱為熔接作用。膜層耐受的電場強度約為  $10^9 \text{V/m}$ ，高於此值後，膜層會被擊穿。

### 4) 膜層電阻計算

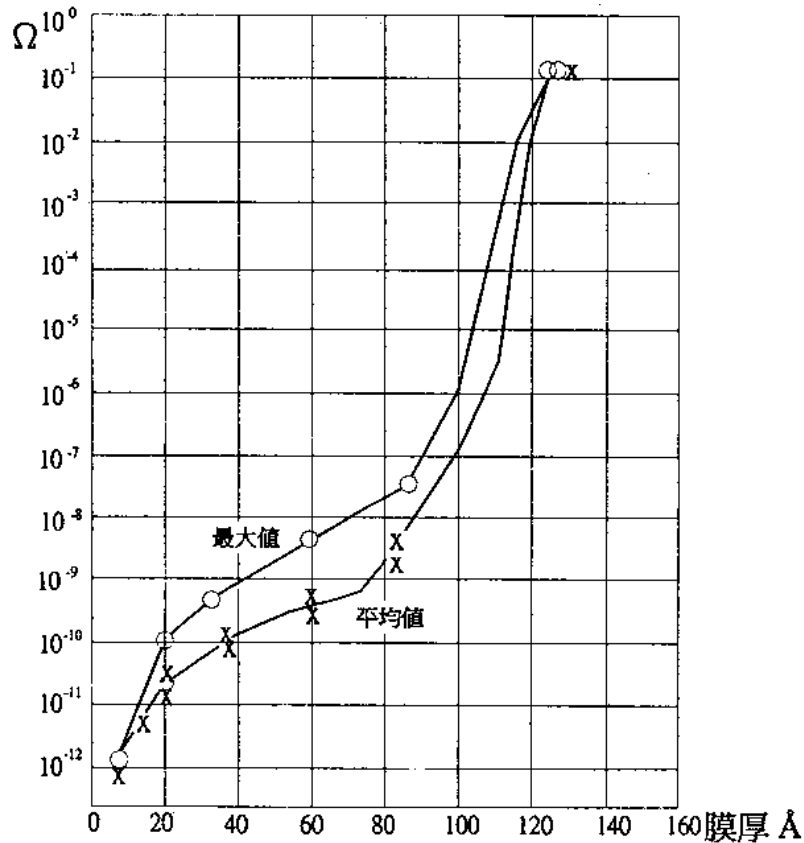


圖 2-23 膜層電阻與厚度關係

利用圖(2-23)和(2-27)式，可以估算膜層電阻值。例如，一對銀接觸件在 1N 壓力時接觸在一起，其間有 100 Å 厚的硫化銀膜層。最大膜層電阻的粗略估計如下：

$$R_r = \frac{r_f x H}{F} = \frac{10^{-6} \times 0.7 \times 2.5 \times 10^8}{1} = 175 \Omega$$

註：從圖 2-23 中查得最大值為  $10^{-6} \text{ } \Omega \cdot \text{m}^2$ ，H 從表 2-04 中查得， $H = 0.7$ 。

但由於存在固態電解作用或膜層擊穿，接觸件不可能保持這麼高的電阻。假如所處的介電強度(中等) $E_c=10^8\text{V/m}$ ，那麼擊穿這一膜層的極限電壓和電流是：

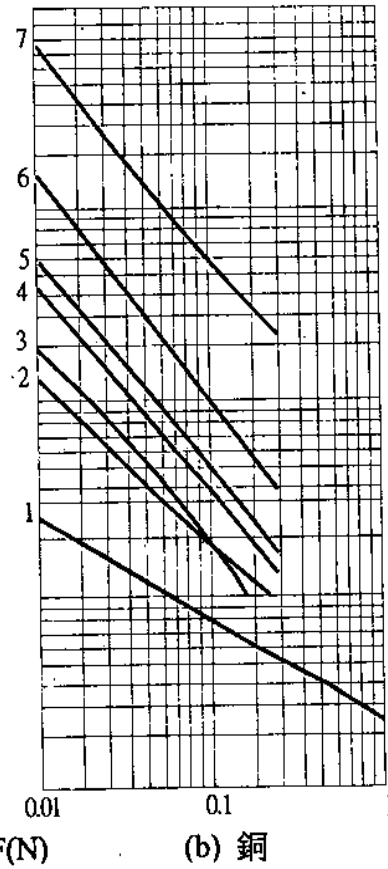
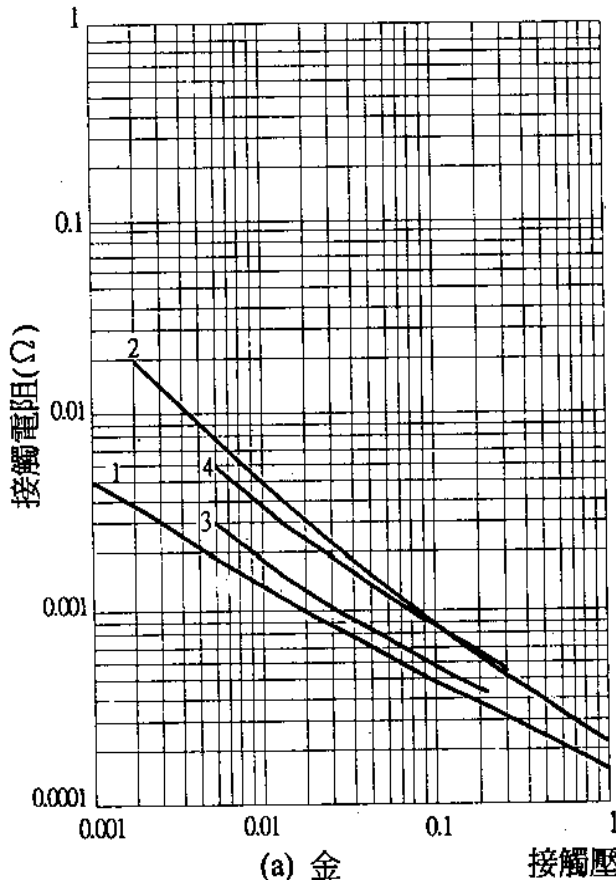
$$V_B = 10^8 \times 100 \times 10^{-10} = 1\text{V}$$

$$I_B = \frac{1}{175} = 6\text{mA}$$

顯然膜層容易擊穿，當然，膜層擊穿後，電阻迅速下降，並且呈非線性。

### (3) 實際接觸件的電特性

實際接觸件上總會有膜層存在，接觸件接觸在一起時，由於接觸壓力的作用造成膜層變軟、流動、滑動等情況，使較厚的膜層顯著地變薄。可見，接觸件的電特性取決於膜層生長情況和接觸力的影響。以及在使用中實際的運行情況。



(a) 曲線, 1—清潔的金接觸件的理論曲線

- 2—吸附了單層分子氧的清潔接觸件的理論曲線
- 3—在王水中清潔后立即測得的曲線
- 4—清潔金接觸件在清潔房間放置几小時后測得的曲線

(b) 曲線, 1—清潔銅接觸件的理論曲線

- 2—具有 2.5 埃膜層的銅接觸件的理論曲線
- 3—反復暴露后酸洗的銅接觸件
- 4—在空氣中暴露 20 分鐘后酸洗的銅接觸件
- 5—在空氣中暴露 2 小時后酸洗的銅接觸件
- 6—在空氣中暴露 30 小時后酸洗的銅接觸件
- 7—在空氣中暴露 192 小時后酸洗的銅接觸件

圖 2-24 清潔接觸件的接觸電阻與接觸壓力的關係

一對接觸件的兩接線端之間的接觸電阻( $R$ )包括金屬本身的電阻( $R_B$ )和接觸界面的電阻( $R_i$ )；界面電阻又由接觸件金屬的壓縮電阻( $R_C$ )和接觸區域的膜層電阻( $R_F$ )組成，則總電阻  $R = R_B + R_C + R_F$ 。式中， $R_B$  接觸件金屬本身的電阻； $R_C$  是壓縮電阻； $R_F$  是膜層電阻。

一般情況下，在膜層很薄時，界面處的總接觸電阻為：

$$R_i = R_C + R_F = 0.89 r \left( \frac{xH}{nF} \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{r_i xH}{F} \quad (2-28)$$

如果膜層很厚不能進行隧道傳導，界面處的電阻近似為：

$$R_i = \frac{V_F}{I} \quad (2-28)$$

式中， $V_F$  是金屬及其膜厚的電壓特性； $I$  是線路電流。

這說明具有一定電壓特性的接觸件的視在電阻不是單一值，與線路電流成反比例，隨時間變化而變化。

#### 1) 較清潔接觸件的接觸壓力與接觸電阻的關係

從(2-28)式可知，較清潔的接觸件的接觸電阻隨著接觸壓力的增加而減少。按(2-28)式計算時，取  $n=1$ 、 $r=0.5$ ，其結果如圖 2-24 曲線 1 和 2。其餘曲線是一對金接觸件和一對銅接觸件在不同暴露時間後每 10 組曲線的中值。

圖 2-24 說明，由(2-28)式計算的理論曲線與實際測量所得的曲線的變化規律一致。銅接觸件上膜層至少在 50~100 厚的範圍內，仍然符合歐姆傳導特性。膜層很薄的金接觸件與膜層顯著生長的銅接觸件的接觸電阻有顯著的不同。

#### 2) 接觸件長期暴露後電傳特性及相應金屬類別

接觸件長期暴露後，按生成膜層的厚度不同，其電氣傳導特性可大致分為四種類型，如表 2-09 所示。

表 2-09 接觸件膜層的電特性

類 型	擊穿前的阻值範圍 ( )	擊穿電壓範圍 (V)	近似的最終電壓水平 (V)
	< 1.0	-	< 0.2
	達到 10	0.1~10	0.05~1*
	達到 100	1~10	0.2~5*
	達到 10 <sup>6</sup>	10~100	0.2*

(\* 其值可能隨時間變化)

類：在不能擊穿膜層、不能有接觸變化以及要嚴格服從歐姆定律且可逆的使用條件下，所要求的接觸件膜層電傳導特性屬於第 種。

具備 類特性的接觸件金屬稱為 A 類，如黃金及極少量的合金。這類金屬由於相當軟、易粘附和磨損，為此需要加入鎳或鈷等，形成合金，使其變硬。

類：在使用中有足夠高的電壓擊穿初始膜厚的情況下，所要求的接觸件膜層電傳導特性屬於第 類。但是，在電壓擊穿區域可能引起電路中電阻波動，使電路電壓隨時間變化。如果電路噪聲是不允許的，就要避免這種電傳導特性的存在。

具有 類特性的接觸件金屬稱為 B 類，如鉑、鈮、鈳、其他鉑族金屬和銻。這類金屬生長相當少的膜層，而且適於日常經常使用。但是，在暴露了一段時間後，膜層將生長達到 100 埃。連續使用中生長的膜層少到幾個原子層厚。

類和 類：在日常使用情況下不希望有這類電特性。它只能允許用在高達 100V 的轉換應用中以及一些高電阻電路中。

具備 類傳導特性的接觸件金屬稱為 C 類，如銻、金銀合金(Au-25,Ag-6,Pt)、銀鈮合金、銀、銀銅合金等。這類金屬及合金的膜層生長量隨著銀的含量增高而增加，並在加入銅或鎳之類的基體金屬時更差。膜層特性大致與 B 類金屬差不多，但是，金或其他貴金屬含量為 70% 的情況例外。不過在簡單的轉換使用時還是很好的。

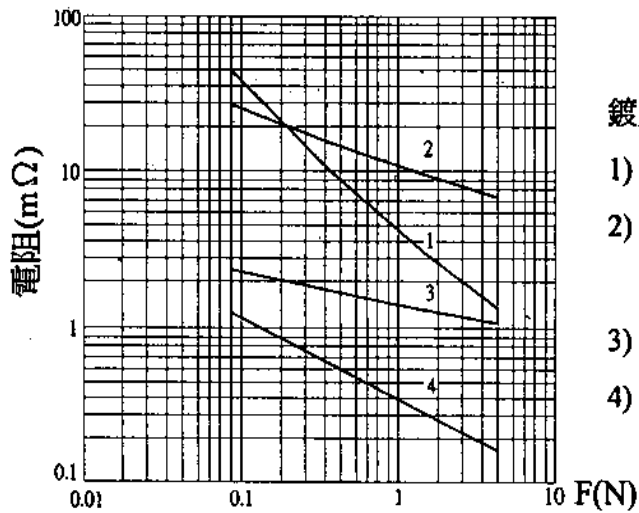
具備 類傳導特性的接觸件金屬稱為 D 類，如銅、鎳、鎢、黃銅、鎳銀(或鎳銅)合金、磷銅、鈹銅、鋁和錫。所有這些金屬生長厚而硬的膜層，需很大的力才能弄破。除了可能有極大的接觸力並能盡量避免環境影響的情況外，最好不用這些金屬。

值得注意的是，以上四類金屬在接觸壓力增加時，電特性逐漸改善，即由 類變成 類，類變成 類，類變成 類。

### 3) 有鍍層的接觸件

所有鍍層接觸件可以分為兩種情況：在高電導率基體金屬上鍍低電導率金屬如圖 2-25 中曲線 1 所示；在低電導率基體金屬上鍍上高電導率金，如曲線 3 所示。顯然，它們的斜率有很大區別。這不僅是由於彈性和性變形的不同，還主要是由於電位分佈和通過分層導電區域的電流所決定。對於極好的電導材料，如銀鎳基體金屬上鍍金，相對來說，接觸電阻是不取決於壓力的。

由前面(2-21)式可將接觸電阻與力的關係表示如下： $R_c = k / F^n$ ，式中  $n=1-2$ (塑性變形)或  $1-3$ (彈性變形)，可趨於 1，在一定意義上， $n$  是  $F$  函數，表 2-10 匯總了一些接觸件鍍後所具有的接觸電阻值。



鍍層厚度( $\mu\text{m}$ )和材料

1) 5.0CuSnZn 合金+0.5Rh(在銅上)

2) 5.0CuSnZn 合金+0.5Rh(在銀鍍  
上)

3) 5.0Au(在銀鍍上)

4) 5.0Au(在銅上)

圖 2-25 鍍後金屬的電阻與壓力關係

表 2-10 鍍後金屬的電阻

樣品(鍍層厚度 $\mu\text{m}$ )	$R = K / F^n$	
	$K(10^{-3}\Omega \cdot N^n)$	n
2.5 和 5.0Pt(在銅上)	3.52	1.0
7.5Ni+0.5Rh(在銅上)	0.321	0.89
7.5Ag+0.5Rh(在銅上)	0.510	0.845
2.5Au(在銅上鍍硬金)	0.318	0.83
7.5Ni+0.75Au(在銅上)	0.648	0.58
7.5Ag+0.5Rh(在銀鍍上)	0.961	0.58
0.75Au(在銅上)	0.502	0.485
5.0Sn(在銅上)	0.502	0.485
5.0Au(在銅上)	0.392	0.47
5.0Sn(在銀鍍上)	0.563	0.435
7.5Ni+0.5Rh(在銀鍍上)	4.18	0.415
2.5 和 5.0Pd(在銀鍍上)	5.91	0.37
2.5Au(在銀鍍上鍍硬金)	35.2	0.35
7.5Au(在銀鍍上)	4.93	0.23
7.5Ni+0.75Au(在銀鍍上)	2.70	0.22
5.0Au(在銀鍍上)	1.49	0.206

#### 2.4.4 在接觸件使用方面的實際考慮

接觸件在插拔時，首先是凸起的小丘碰上另一導體表面進入接觸狀態。在接觸時，由於接觸力的作用，局部壓力增大到足以使金屬變形，使小丘變平，接觸面積就增大，隨之壓強降低。當壓強變得太小以至不能產生進一步變形時，運動就停止。接觸面中大部份地方實際上是凹凸不平而保持分離的空隙。這些空隙中往往進入各種氣體、潮氣、塵埃。小丘間的接觸又存在局部過熱的作用。這些因素的綜合作用，影響著接觸電傳導特性。

##### (1) 潮氣的影響

潮氣在金屬表面產生冷凝水，與金屬表面吸附的塵埃(如碳粒、硫酸氨、各種氨鹽等)同基體金屬產生電解的作用，或與進入的硫化氫等氣體的綜合作用，引起金屬的電阻值變化，從而影響電傳導特性。金屬電阻變化如表 2-11 所示。

表 2-11 金屬在暴露 12 週前後的電阻值

金 屬	電阻值 ( )		金 屬	電阻值 ( )	
	初始	暴露後		初始	暴露後
鉑(Pt)	0.044	0.165	黃銅	0.013	4.2
銀(Ag)	0.0074	0.225	磷銅	0.021	25.5
錫(Sn)	0.028	0.123	銀鎳	0.071	28.6
銅(Cu)	0.075	1.72	鎳(Ni)	0.091	2740

從表 2-11 中看出，潮氣對銅、錫、銀的作用較小，而對鎳的作用較大。有的金屬的鏽蝕層吸水率特別小，氣對鏽蝕金屬的接觸電阻影響很小，例如潮氣對硫化銀不起作用，則銀的電阻穩定，如圖 2-26 所示。

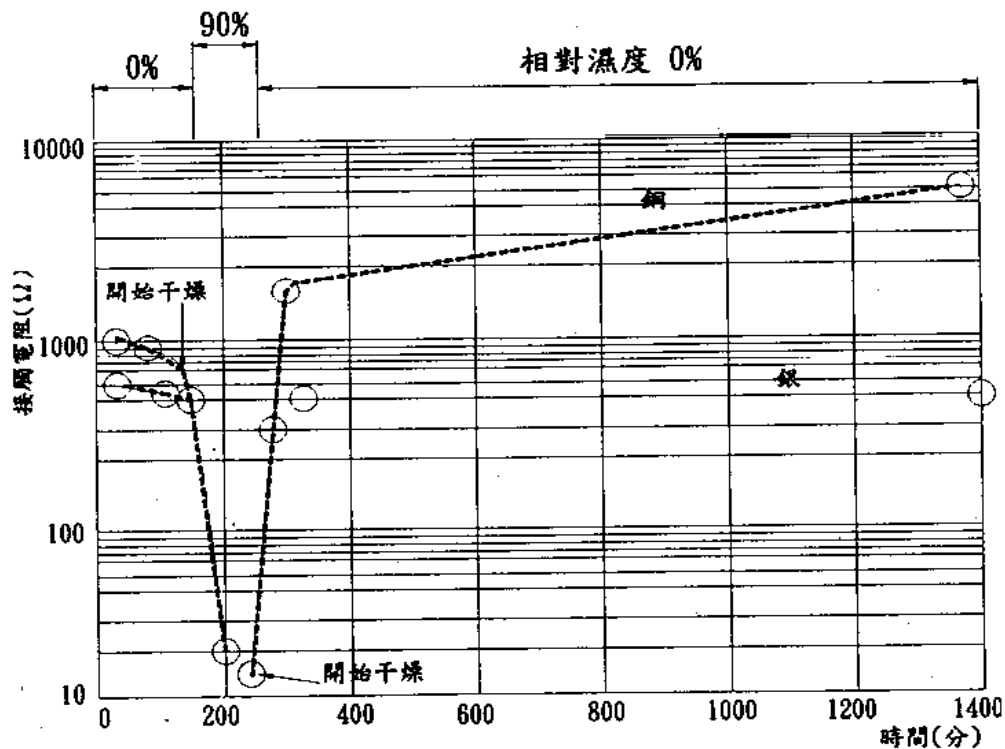


圖 2-26 潮氣對銹蝕銅和銀的接觸電阻的影響

### (2) 塵埃的影響

塵埃對接觸特性的影響除上面敘述的外，還對接觸特性產生嚴重影響。圖 2-27 是電磁繼電器觸點沾有塵埃時，測定接觸電阻的變化情況。另外，接觸件在鍍上貴金屬的過程中，塵埃的存在，也會使鍍層產生針孔，污染氣體通過針孔與底金屬反應，在金屬上產生污染膜層，使接觸特性惡化。

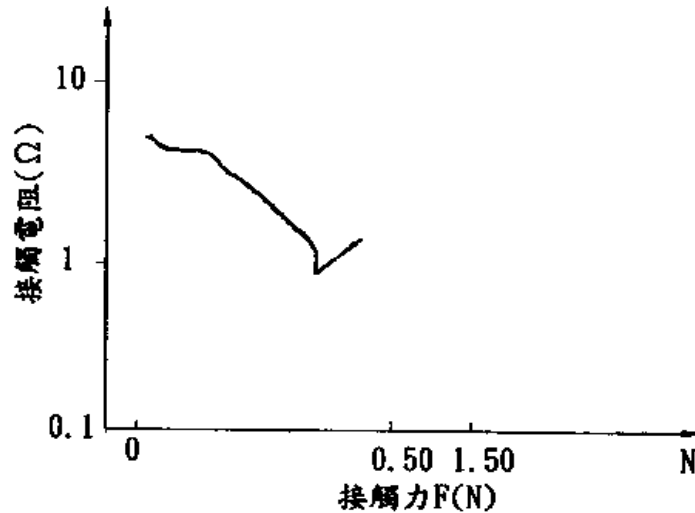


圖 2-27 塵埃對電磁繼電器接觸電阻的影響

由於接觸界面是凹凸不平，塵埃落入後存在著不同的狀態，分別對接觸界面產生機械磨損，使電接觸不良。塵埃對機電元件的可靠性和穩定性危害很大。從實驗可看出，機電元件所處的大氣環境以及對塵埃是否有防護，使電阻值的變化有很大區別，如表 2-12 所示。

表 2-12 金屬在不同大氣中暴露 1 年後測得的電阻值

金屬	大氣類別	電阻值( ) (20 個樣品中值)	金屬	大氣類別	電阻值( ) (20 個樣品中值)
銅(Cu)	工業	69~10400	黃銅	工業	3125~3760
	海洋	40		海洋	58
	鄉村	180		鄉村	9
	工業(有護罩)	0.62			
磷銀	工業	59	鎳(Ni)	工業	1190~10 <sup>6</sup> 以上
	海洋	14		海洋	65
	鄉村	2.8		鄉村	0.9
				工業(有護罩)	0.53
銀鎳合金	工業	33			
	海洋	74			
	鄉村	1.3			

### (3) 金屬機械性能的考慮

金屬不同，膜層的機械性能也不同。軟金屬生成的膜層在壓力下承受橫向應力，使膜層產生裂紋或破裂，使清潔金屬與清潔金屬之間接觸，接觸電阻大降低，改善了電傳導性。在接觸壓力減少時，暴露的金屬上又立即形成氧化物；由於第一次加力引起塑性變形，大大增大了接觸面積，所以，第二次加力時在膜層中產生較小的應力，產生的破裂程度較小，接觸電阻下降得沒有第一次加力時來得明顯，如圖 2-28 中所示的錫在力反復作用下接觸電阻變化

的曲線。除了錫外，銻、鉛也屬於軟金屬。這類金屬用於室內良好工作條件中的半永久性連接的接觸界面上，能達到要求的電傳導特性，如家用彩色電視接收機中的條形連器的接觸件就採用錫鉛合金鍍層，不但達到希望的電傳導特性，而且減少了貴金屬的使用，降低了成本。

從圖 2-28 中可見，銀在大工業城市的電話局的大氣中暴露的時間比錫暴露 3 個月的時間還長，但是，在接觸力增加後又減少力的作用，隨即又增加接觸物的作用，而始終保持很低的接觸電阻，而且很穩定。這是由於在銀上生成的膜層較軟，在接觸力作用下容易將膜層擠到一邊，不管是否被硫化，都使之有較大的清潔金屬表面積接觸，產生穩定的電傳導特性。

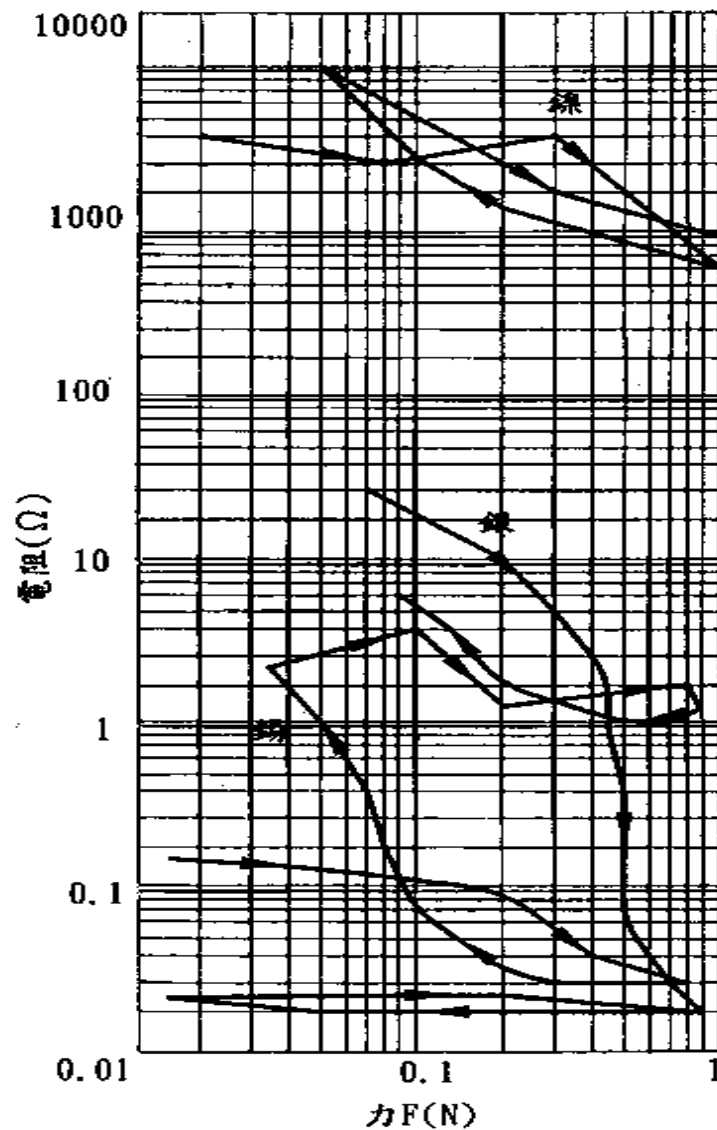
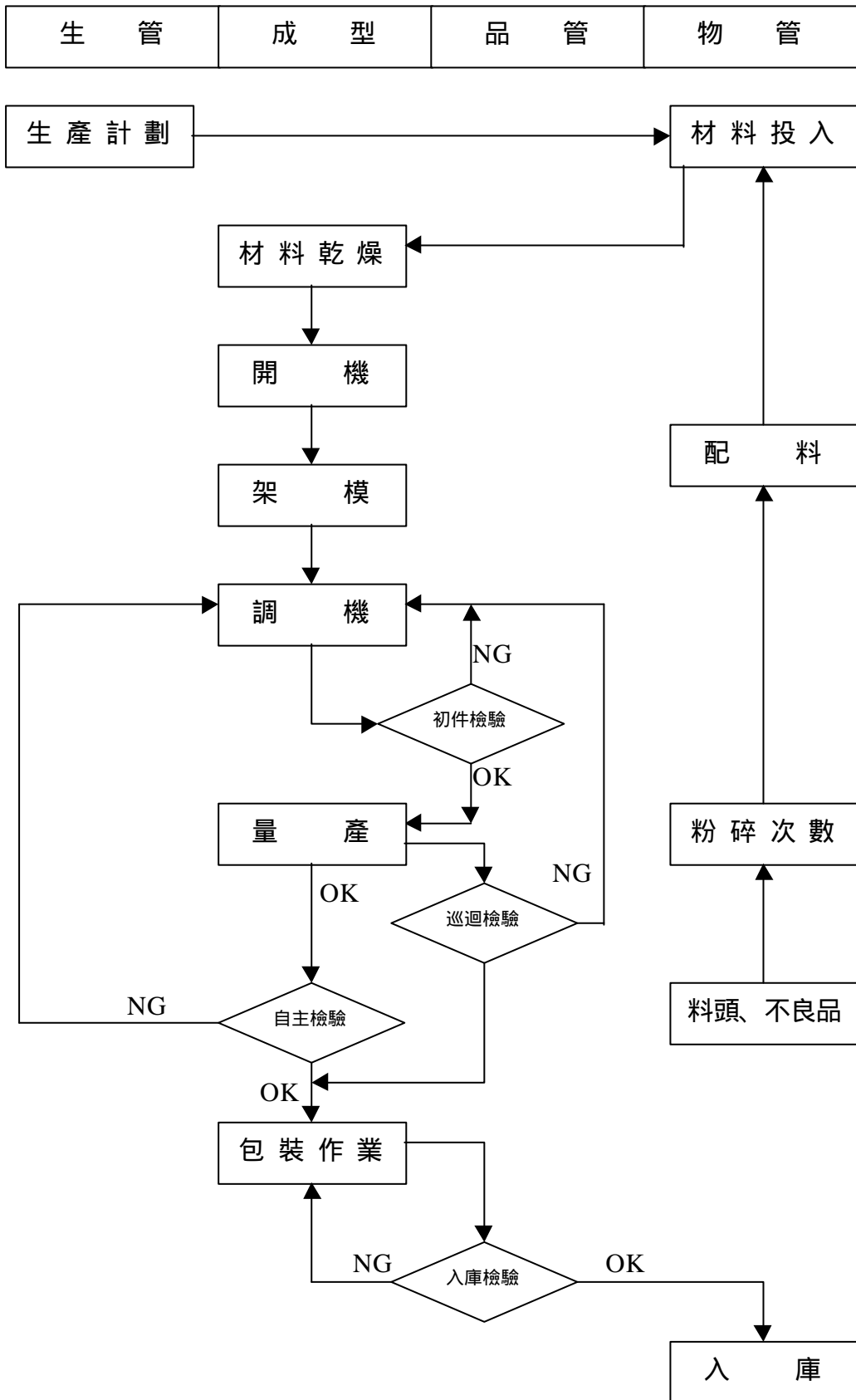


圖 2-28 銹蝕金屬的接觸電阻與力的關係

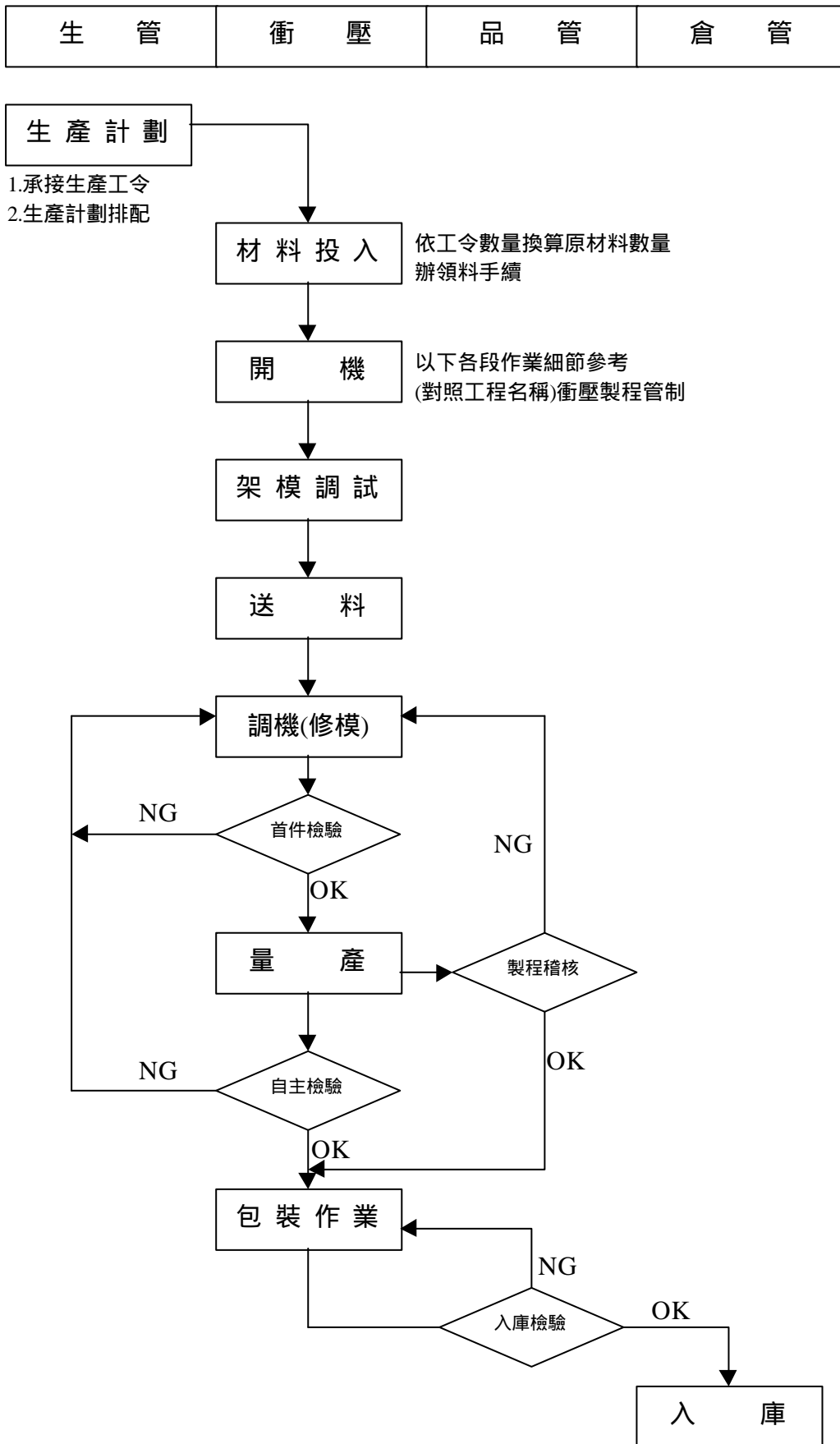
## 2.5 電連接器主要零件加工流程

電子連接器主要零件有塑膠(壓鑄)件、端子(五金)件、電鍍件、車制件，這些零件的加工，都需要專門的加工專業知識，多數工程師均已有一定了解，本手冊基礎知識部份僅對主要零件的加工流程作說明，後章節有針對材料、模具及電鍍作專門介紹。

2.5.1 成型加工流程

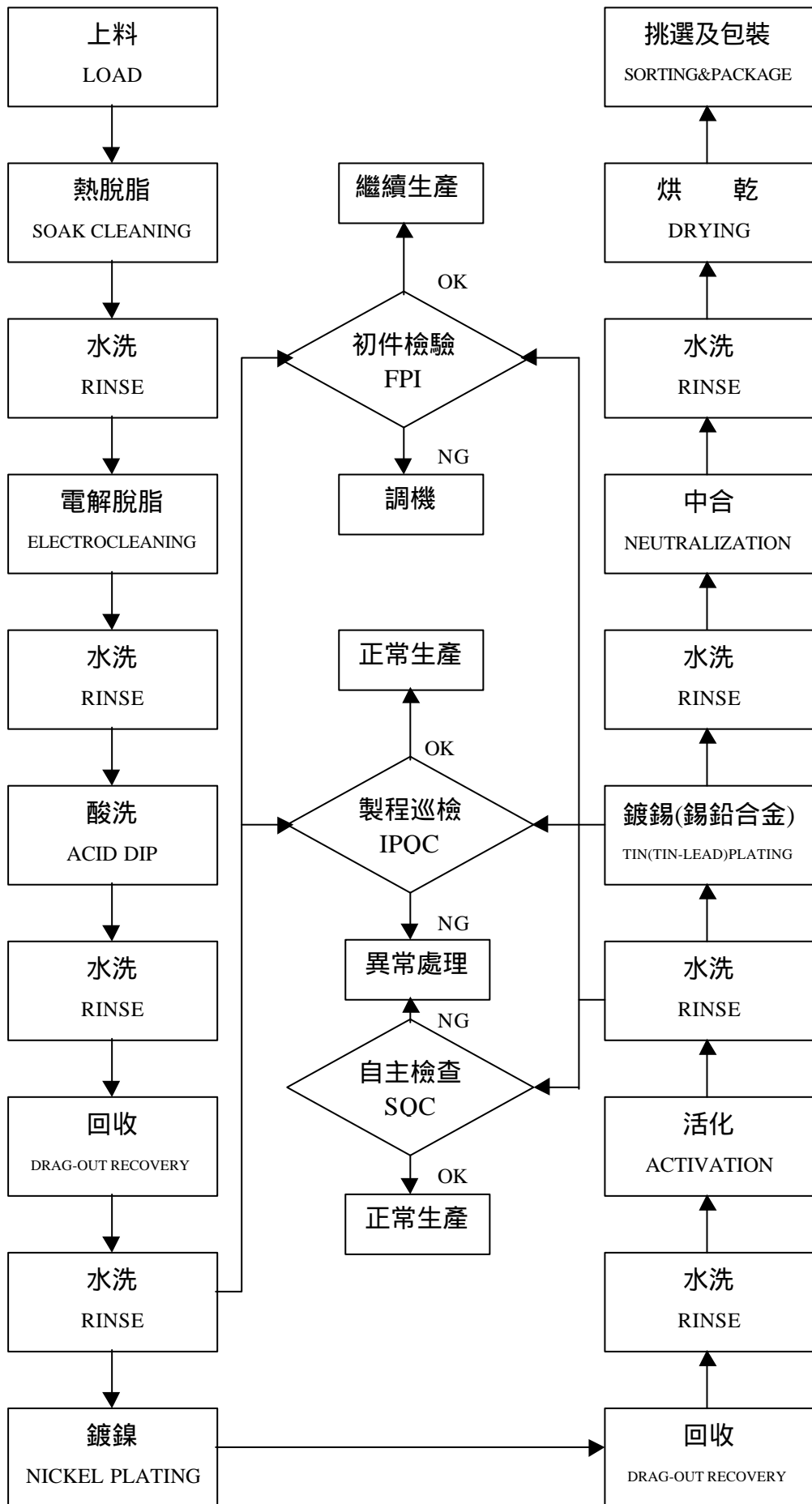


## 2.5.2 衝壓五金加工流程





2.5.4 五金滾鍍作業流程



## 2.6 車製件及車削加工

由於車製件有其特殊性，又是昆山廠新設的部門，因此在本節中對該部份較詳細地加以描述。

### 2.6.1 車製件主要加工方式

材料(棒材)旋轉作主運動，車刀作進給運動的切削加工方式，部份複雜零件尚需二次加工配合方能製造出完整之車製件，一般尚需施以適當之電鍍處理。

### 2.6.2 車製件功能與材料選用

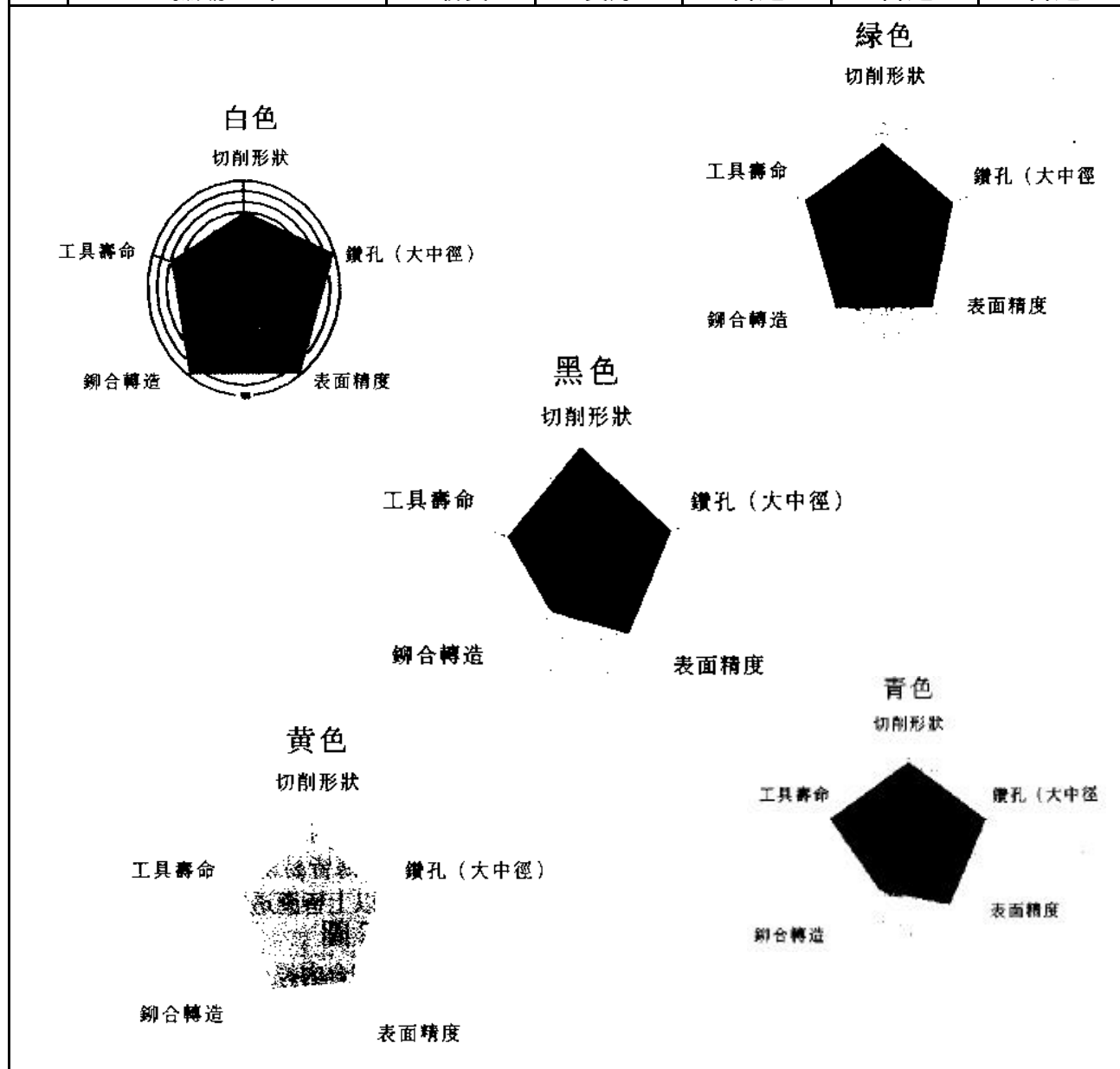
車製件依據使用之功能，一般性材料選用原則如下表所述：

表 2-13 材料選用 ( 常用 非常用 罕用)

NO.	類別	使用功能	材料(JIS)	電鍍	選用狀況
1	六角螺絲 (F.S.L)	陽螺紋鎖附於連接器上，陰螺紋用來承接用戶 I/O 端接頭上之鎖緊螺絲，使接插件公母配合後不易脫落以確保電氣傳輸作業不中斷。	C3604(快削銅)	Cu+Ni	
			SUM-24L (快削鋼)		
			SUS-303 (快削不銹鋼)		
2	螺母 (NUT)	一般鉚合於連接器上，用來供六角螺絲固定於連接器上。	C3602 (快削不銹鋼)	Cu+Sn Cu+Ni	
3	長桿螺絲 (Mounting Screw)	電腦週邊使用之 Cable 頭端連接器上有兩支長桿螺絲，用來將 Cable 上連接器緊固於電腦上的連接器	SUM-24L (快削鋼)	Cu+Ni	
			SUS-303 (快削不銹鋼)		
4	導引螺絲 (Guide Screw)	一般常用於 Notebook 與 Docking 連接時，為能順利使兩者連接器準確結合而設計具有導引孔之螺絲	C3604(快削銅)	Cu+Ni	
			SUM-24L (快削鋼)		
			SUS-303 (快削不銹鋼)		
5	插入螺絲 (PIN Screw)	一般與導引螺絲配合使用，導引螺絲為 Female 端，插入螺絲為 Male 端。	C3604(快削銅)	Cu+Ni	
			SUM-24L (快削鋼)		
			SUS-303 (快削不銹鋼)		
6	端子	以往當精密端子沖壓技術尚未成熟時，精密端子絕大部份以車製件製造，現今由於沖壓技術之精進，已大量取代車件端子，近來通訊產品發展迅速仍有許多極細小精密之端子需依賴精密車製技術來製造。			

表 2-14 常用材質特性表

快 削 銅	標示顏色	白色	綠色	黃色	青色	黑色	
	日立(合金)株式會社編號	SB	BB	MB	FNB	FKB	
	種類	JIS C 3602	JIS C 3604	JIS C 3604	JIS C 3605	JIS C 3604	
	車削加工	切屑形狀	長條狀	普通	細粒狀	微小	極微細
		切削阻力	最良	良好	大致良好	大致良好	普通
		表面精度加工	普通	最良	普通	最良	普通
		工具壽命	普通	最良	普通	最良	普通
	鑽孔性	大中徑	最良	普通	普通	最良	良好
		小徑	普通	普通	大致良好	最良	良好
	鉚合.轉造.彎曲.壓花加工	最良	良好	普通	稍微不足	不適	
電鍍加工性	最良	良好	普通	普通	普通		
螺紋加工性	最良	良好	普通	普通	普通		



材料規格	材料主要特性
SUM-24L (快削鋼)	含有較高能提高切削性之 S(硫)、Pb(鉛)成份，故一般極適合車製件使用
SUS-303 (快削不銹鋼)	在快削不銹鋼系列中含 S(硫)較高，切削性佳，最適合於自動車床使用。

### 2.6.3 材料形狀選用原則

材料總長度以自動車床送料機設定長 2.5 米為上限勿大於 2.5 米；材料截面形狀一般有等邊六角形、正方形、圓形，除外之特定截面形狀稱之為異形材。

材料截面形狀、大小一般取決於連接器上配合部件之形狀尺寸；由於 NUT 直接平貼鉚於連接器其他部件上，對材料截面形狀常有異形材之選用，此時應特別考慮儘可能選用與其他量產中另件相同之材料形狀、大小，以縮短車製件製樣、開發之時間及節省爾後大量生產時投入過多種類之夾具。

### 2.6.4 車製件設計參考原則

連接器設計工程師應盡量參考下表中原則，配合車製件生產單位以設計出適當之車製件。

表 2-15 車製件設計參考原則

NO.	考慮項目	影響範圍
1	材料標準化	採購備料、夾具備品管理、材料成本，異形材加工過程裝夾難易性。 注：一般異形材切削加工時材料抵抗刀具切削所產生之阻力(Cutting Force)最大，方料次之，六角料尚可，圓料最佳。
2	尺寸、公差之設定	檢驗困難度，裝配組裝驗證，刀具壽命(公差小、刀具壽命短)。
3	零件外觀形狀	滿足功能前提下之製程可行性、經濟性。例：儘可能於自動車床上一次加工完成，避免二次加工所耗用之製造成本。(圖 2-29)
4	基準面之設計	測量基準、裝配基準(相對位置)、輔助基準(專門設計定位面)。(圖 2-30)
5	鉚合尺寸	鉚合框口肉厚及鉚合高度對鉚裂之影響，肉厚過厚或過薄皆易鉚裂，鉚合高度不足車製件保持力不足，以上皆應透過實驗取得分析數據將之標準化。 (壁厚 鉚合內徑 ÷ 2 × 系數 0.125)
6	電鍍種類及膜厚	鍍鎳及膜厚過厚於鉚合 NUT 時易造成鉚裂及鍍層脫落，需鉚合之車製件一般以鍍錫鉛並施以適當膜厚之底銅為佳。

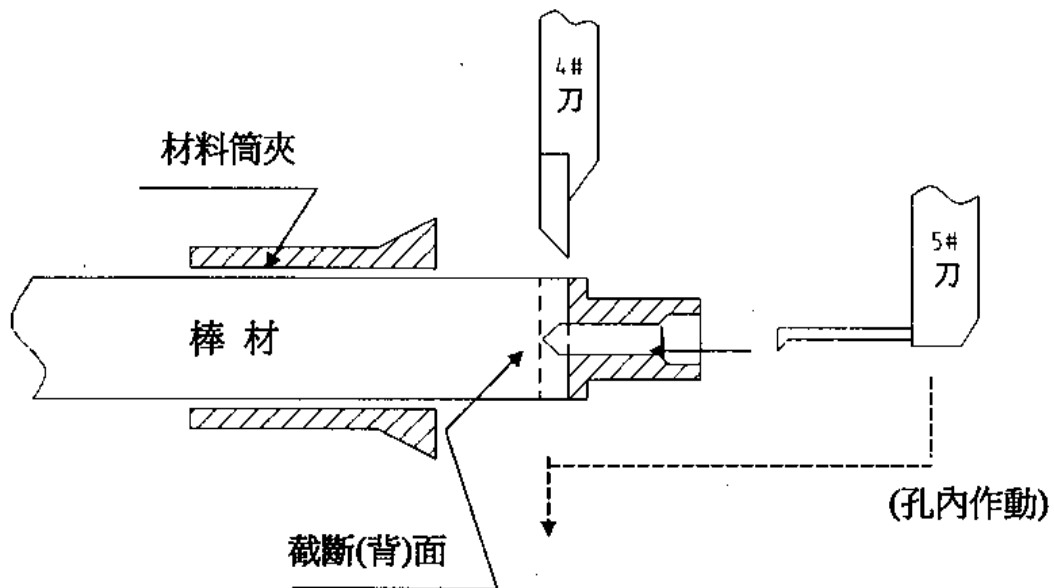


圖 2-29 車件加工示意圖

註：自動車床 5 把車刀中切斷刀(4#刀)之加工排序固定為零件完成前之最後一個動作，一般當零件完成、落下前是無法做截斷(背)面加工；但特殊情況：如少量多樣、二次加工夾持不易、急料生產無二次加工夾具備品等因素下，仍可以 5# 刀製作 90° 內搪孔或背面倒角之特殊刀具，此特殊刀具由於必須伸入車製作內孔中快速作動加工，其內孔徑愈小愈深，此刀具愈不易製作且不易調試，技術層次較高，相對成本亦提高許多。

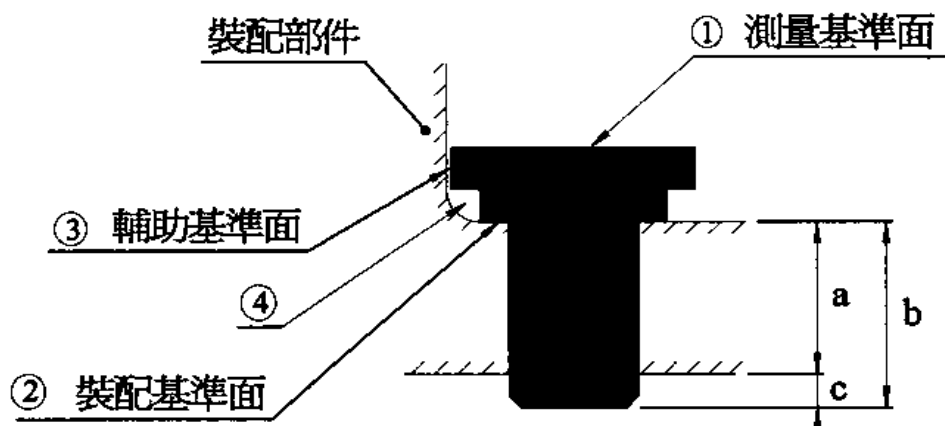


圖 2-30 基準面

1. 測量基準面：不影響連接器結構設計原則下，應朝寬面設計以利量具貼靠平穩。
2. 裝配基準面：裝配時車製件裝入連接器後平貼於其他部件之最大平面，此平面愈大，愈能確保圖示 a、b、c 相對位置之尺寸公差。
3. 輔助基準面：為能確保車製件鉚合後不旋轉影響功能，而設計與裝配基準面垂直且平貼於部件之平面；或 F.S.L 為配合裝配鎖入時使用之內六角套筒而設計成六角面皆可稱之為輔

助基準面。

4.為能避開裝配基準面於其他部件 90° 彎角處之 R 角無法緊貼，亦有工程師將 NUT 底座設計成台階狀，此設計即同時對裝配基準面及輔助基準面造成一定之影響。

### 2.6.5 車製件螺紋

目前一般連接器上使用 4-40(UNC)美製粗螺紋佔有相當之比例，下表所列為一般連接器常用之螺紋規格。

表 2-16 常用螺紋規格(Unit : mm)

規 格	標準徑	二級牙鑽孔徑		
		最 大	最 小	
公製粗螺紋	M2.0 × 0.4	1.60	1.679	1.567
	M2.5 × 0.45	2.10	2.138	2.013
	M2.6 × 0.45	2.20	2.238	2.113
	M3.0 × 0.5	2.50	2.599	2.459
	M3.5 × 0.6	2.90	3.010	2.850
	M4.0 × 0.7	3.30	3.422	3.242
	M5.0 × 0.8	4.20	4.334	4.134
英美統一製 粗螺紋 UNC	NO.2-56 (陽螺紋外徑 2.184)	1.80	1.871	1.695
	NO.4-40 (陽螺紋外徑 2.845)	2.30	2.385	2.157
	NO.6-32 (陽螺紋外徑 3.505)	2.80	2.895	2.642

### 2.6.6 車製件表面處理

為求耐蝕性或美觀，車製件依使用環境與期待壽命選擇電處理，壽命正比於電鍍的膜厚，但鍍後的螺紋精度成問題，增加鍍層會降低螺紋精度；電鍍時，鍍層容易附著端部、凸部，在滾桶鍍法等可管理的方式也是螺紋峰比谷易鍍著，螺紋端比頸部易鍍著，實在難以避免膜厚不均勻的產生，故在螺紋製造工藝上有採用電鍍前預留鍍層留量約 0.025~0.030 mm之加工方式來配合鍍後螺紋之精度需求。

表 2-17 車製件螺紋用表面處理

種 類	厚度(u)	JIS 記號 (舊記號)	適 用
電鍍鋅	2	MFZn (ZMC1)	鐵鋼材.一般用
光澤鉻酸鹽	5	MFZn (ZMC2)	(耐久消費材等.廣用)
電鍍鋅	2	MFZn -C (ZMC1,干涉色)	鐵鋼材.耐蝕用
有色鉻酸鹽	5	MFZn -C (ZMC2,干涉色)	(工業用機器等.廣用)
鍍鎳	2	MFCd (CM1)	高碳鋼.合金鋼等 (公害問題.幾不採用)
	5	MFCd (CM2)	
鍍鎳	3	MBNi (BNM1)	黃銅樣一般用
鍍黑鎳	2	MBNi(黑) (-----)	鐵鋼材.美觀用 (照相機.收音機等)
鍍鎳鉻	3	MFCr (FCrM1 A)	鐵鋼材.美觀用
	2	MFCr (FCrM1)	
鍍錫	3	MFSn (-----)	黃銅材導電用
	5	MFSn (-----)	
鍍銀	3	MBAg (-----)	鐵鋼材導電部用 鐵鋼材焊接部用
	5	MBAg (-----)	
氧化鐵覆膜	0.2~0.3	----- (-----)	鐵鋼熱處理品.簡易處理用 (六角孔螺栓.六角孔固定螺絲等)
磷酸鹽覆膜	0.5~1	----- (-----)	鐵鋼材一般簡易處理用
熔融鍍鋅	50	HDZ 35A (-----)	鐵鋼材屋外耐蝕用
	57	HDZ 40A (-----)	
熔融鍍鋁	60	HDA1 (-----)	鐵鋼材屋外耐蝕用. 美觀用