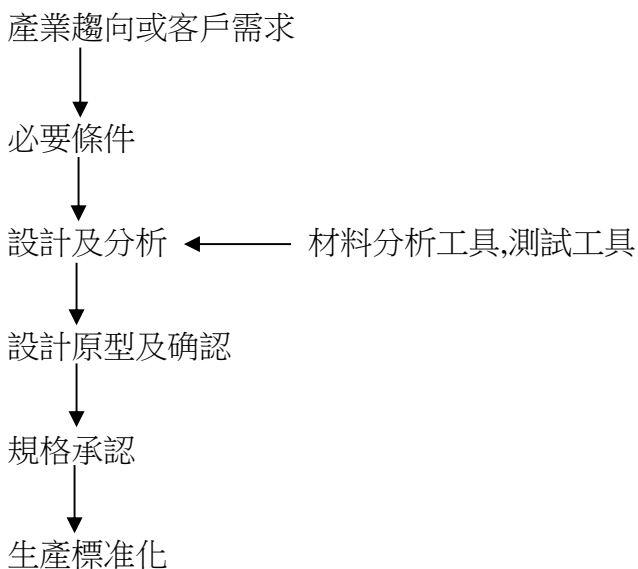


連接器可靠性設計及驗證

一.產品設計流程

1. 產品設計一般情況下有以下流程:



2. 產業趨向或客戶需求

指產業標準或客戶標準

3. 必要條件

由產業標準或客戶標準制訂的技術參數.

4. 設計及分析

對照必要條件設計產品結構,運用材料分析工具,測試工具計算和測試設計能否滿足必要條件.

5. 設計原型及確認

設計模型的建立及審查確認,樣品的制作及測試確認.

6. 規格承認

依客戶需求條件測試產品性能制作”規格承認書”送客戶承認.

7. 生產標準化

批量生產前制訂的作業標準,如SOP,SIP,BOM

二. 連接器設計中的常用參數

1. 低電壓電阻(Low level circuit resistance)

供應電壓電流不會改變物理接觸面的大小和接觸面的氧化物及薄膜的情況下,評估接觸系統的接觸電阻特性,測試最大電流為100mA,最大開路電壓為20mV.

2. 絕緣電阻(Insulation resistance)

當直流電位供應于相鄰的接觸點或供應于接觸點最接近的金屬之間時,檢測絕緣物質的電阻.

3. 耐電壓(Dielectric withstanding voltage)

當系統電壓突然增加或因為切換,產生瞬時超額電位時連接器能保持安全無損時能承受的電壓.

4. 正向力(Normal force)

接觸系統在正常使用的情況下,接觸點承受的與接觸面垂直的壓力.

5. 耐久性(Durability)

因接觸面在插拔時會有磨損,該磨損會降低連接器的機械和電氣性能,在設定的環境下,連接器插拔一次為一個循環,以連接器能承受的最小插拔循環次數來評估連接器的耐久性.

6. 插拔力(Insertion force and extraction force)

連接器在正常使用時的插入力和拔出力.

7. 振動(Vibration)

評估當機械力作用而引起的在接觸面上的微小變動,對於接觸系統的電氣特性定度之影響.

8. 機械沖擊(Mechanical shock)

檢測連接器的機械和電氣上的完整性,當連接器裝置作用于電子設備時可能會在處理,運輸等情況下受到的震動.

9. 冷熱沖擊(Thermal shock)

檢測當連接器暴露于極高溫和低溫時的電阻,或貯存,運輸,使用時最糟情況下的沖擊.

10. 溫度壽命(Temperature Life)

當暴露于一個因為溫度改變而使得機械性質失效的高溫環境中,評估這種環境對於電氣穩定性的沖擊.高溫會導致接觸而的氧化及降低端子正向力,使得電氣性能降低.

11. 溫濕循環(Thermal cycling with humidity)

當暴露于會產生高溫/潮濕而使得機械性質失效的環境中評估這種環境對接觸系統電氣穩定性造成的影響.

這些影響有濕氣加速接觸面氧化,接觸面間的微小粒子的氧化,底層金屬的氧化.氧化被膜將降低連接器的電性能.

三. 底電壓 電阻參數設計

1. 接觸電阻的計算

端子接觸面因污染或被氧化形成被膜電阻,接觸面的凹凸不平形成集中電阻,接觸電阻為被膜電阻與集中電阻之和:

$$R=R_c+R_f \quad 3.1$$

R=接觸電阻 R_c=集中電阻 R_f=被膜電阻

a. 集中電阻的計算:

$$R_c = \frac{P_1+P_2}{4r} \quad 3.2$$

P₁.P₂=接觸金屬固有抵抗,

r=接觸面半徑

b. 被膜電阻的計算

$$R_f = \frac{P_f \cdot d}{\pi r^2} \quad 3.3$$

P_f=被膜電阻抵抗率 d=被膜厚度

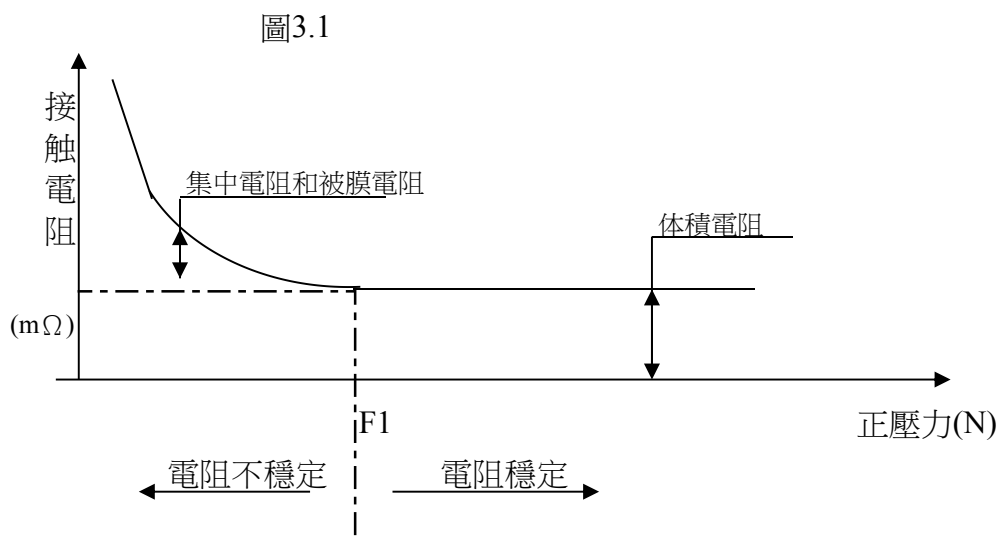
r=接觸面之半徑

表3.1被膜抵抗率

被膜厚度(A)	被膜抵抗率(Ω cm ²)
5	10 ⁻⁸
15	10 ⁻⁷
20	2*10 ⁻⁷ ~10 ⁻⁶
100	10 ⁻³ ~10 ⁻²

2. 接觸電阻與正壓力的關係

隨著端子接觸時正壓力的增大,接觸電阻會下降,如下圖所示:



接觸電阻在F1點達到最小值,當正壓力大於F1時接觸電阻穩定不變,此時的電阻由接觸系統

的体積電阻決定。

當正壓力小於F1時接觸電阻不穩定,隨著壓力的增加而下降,其原因是壓力的增大使接觸而發生變形,接觸面半徑減小,同時被膜厚度也減小,由公式:

$$R_c = \frac{P_1 + P_2}{4r}$$

$$R_f = \frac{P_f \cdot d}{\pi r^2}$$

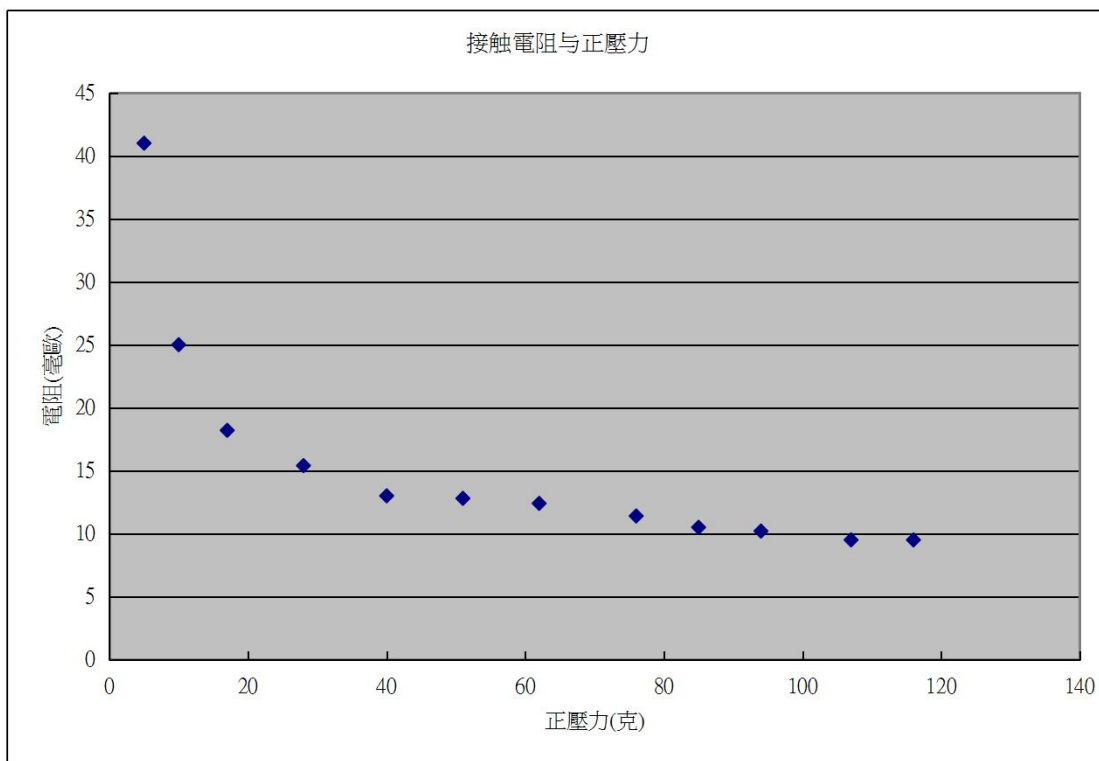
知d的減小和r的增大會減小Rc和Rf

表3.2是EDA 7T端子正壓力與電阻關係

表3.2

正壓力(克)	5	10	17	28	40	51	62	76	85	94	107	116
電阻(毫歐)	41	25	18.2	15.4	13	12.8	12.4	11.4	10.5	10.2	9.5	9.5

圖3.2



7T端子相關數據如下;

t=0.30

w=1.00

t=7.50

材質=磷銅C5191R-H

3.端子的額定電流

端子中有電流通過時會使端子的溫度上升,使整個連接系統發熱,為避免系統過熱,須規定連接器的最大電流,這個數值為額定電流.

額定電流與端子的材質和幾何形狀,端子的正壓力有關,端子用導電率高的金屬,增加端子的模截面積,增加端子的正壓力,增加端子接觸面積,能增加連接器的額定電流.

4. 端子橫截面的選擇

一定電流通過導體時產生的熱量如下:

$$Q=I^2Rt \quad 3.4$$

Q=導體產生的熱量

I=導體通過的電流

R=導體的電阻

t=通電時間

導體的電阻用以下公式計算:

$$R=\rho*L/S \quad 3.5$$

R=導體的電阻

ρ =導體的電阻率

S=導體的截面積

L=導體的長度

四. 絕緣電阻

1. 絕緣介質的體積電阻率

物體內自由電子在電壓的作用下產生的移動形成電流,導體內存在大量的自由電子所以電阻很小,相反,絕緣介質內自由電子很少,電阻很大.絕緣介質的絕緣性能用體積電阻率表示,表4.1為常用工程塑料的體積電阻率.通常表面電阻率比體積電阻率小1個數量級.

表4.1

名稱	PBT		PA6		MPPO		PC		POM		LCP	
	/	30%	/	30%	/	30%	/	30%	/	30%	/	30%
體積電阻率(Ω /mm)	10^{16}	10^{16}	10^{15}	10^{15}	10^{16}	10^{17}	10^{16}	10^{16}	10^{14}	10^{14}	10^{17}	10^{17}

2. 絕緣電阻的計算:

$$R=P*T$$

R=絕緣電阻(Ω)

P=體積電阻率(Ω /cm)

T=材料厚度(cm)

3. 計算實例:

某連接器端子的最小距離為0.20mm,所用塑膠為LCP求絕緣電阻:

$$R=PT=10^{17} \times 0.02 = 2 \times 10^{15} (\Omega) = 2 \times 10^9 M\Omega$$

通常連接器的絕緣電阻要求 $R > 10^8 M\Omega$, $2 \times 10^9 > 10^8$. 該設計滿足要求.

五.耐電壓參數

1. 連接器在電壓突然增加時,保持無損壞能承受的最低電壓稱為耐電壓.

例如某連接器耐電壓要求是在相鄰近的兩端子間加上500VAC 電壓通電1分鐘.

絕緣材料對電壓的承受能力用絕緣強度來表示.單位KV/mm.

常用塑膠的絕緣強度如下表4.2

表5.1

名稱	PBT		PA6		MPPO		PC		POM		LCP	
	/	30%	/	30%	/	30%	/	30%	/	30%	/	30%
絕緣強度(kv/mm)	17	25	20	19	16	22	16	24	20	23	29	29

2.耐電壓的計算:

$$V=K \cdot T$$

V=耐電壓值(kv)

K=絕緣強度(kv/mm)

T=材料厚度(mm)

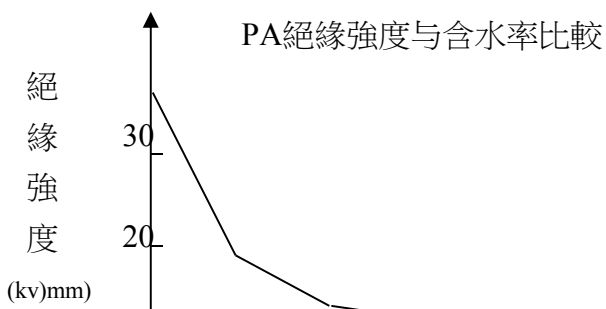
3.計算實例: 絕緣材料為PBT+30%GF,相鄰端子部的最小距離為0.15,求耐電壓值:

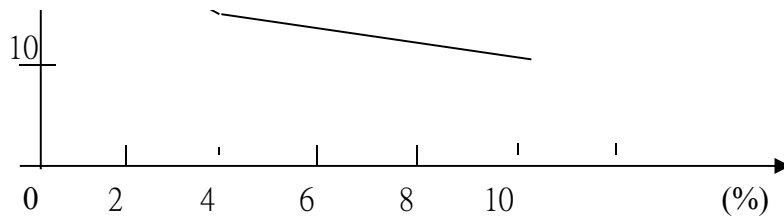
$$V=25 \times 0.15 = 3.75 \text{ kv} = 3750 \text{ (V)}$$

4.耐電壓与塑膠吸水率

塑膠在吸水后耐電壓大幅度降低,常用工程塑膠吸水率如表5.2

單位	PBT	PA6	MPPO	PC	POM
吸水率(%)	0.08	1.8	0.07	0.24	0.22





當PA吸水率達到8%時,絕緣強度由35kv/mm變化為10kv/mm.

六.正向力

端子在接觸點上受到與接觸面垂直的壓力稱為正向力.

1.端子正壓力的計算

端子正壓力在連接器設計中是個非常重要的參數,計算公式如下:

$$P = \frac{dEWt^3}{4L^3} \quad 6.1$$

P=正壓力

d=端子偏移距離

E=彈性系數

W=端子寬度

t=端子厚度

L=端子力臂長度

端子最大的正壓力可用以下公式計算:

$$P_{max} = \frac{\sigma_{min} W t^2}{6L} \quad 6.2$$

P_{max}=端子最大正壓力

σ_{min}=端子的彈性極限

W=端子寬度

L=端子力臂長度

表3.3端子常用銅材物性表

品名		黃銅				磷青銅			
		C2600R-L	C2600R-H	C2680R-L	C2680R-H	C5191R-H	C5191R-EH	C5210R-L	C5210-H
物理特性	比量(g/m ³)	8.53	8.53	8.47	8.47	8.83	8.83	8.8	8.8
	導電率 min(%IACS)	28	28	27	27	13	13	12	12
	彈性系數 min(kg/mm ²)	11000	11000	10500	10500	11000	11000	11000	12000
机械	抗拉強度 kg/mm ²	42~50	50~55	42~50	50~57	60~70	65~75	48~55	60~72

機械性質	伸長率min(%)	8	6	10	8	8	5	30	20
	硬度HV	105~155	155~175	105~155	155~175	170~200	185~210	140~170	175~210
	彈性係數 min(kg/mm ²)	27	32	27	32	45	49	25	36
化學性質	耐腐蝕性	好	好	好	好	好	好	好	好
	電鍍附著性	很好	很好	很好	很好	很好	很好	很好	很好
	濡濕性	好	好	好	好	好	好	好	好

6. 計算實例:

端子設計值如下:

$$W=0.60\text{mm}$$

$$T=0.30\text{mm}$$

$$L=4.80\text{mm}$$

材料為磷青銅C5191R-H

$$E=11000\text{kg/mm}^2$$

$$\sigma_{\min}=45$$

由公式62計算最大正壓力

$$P_{\max} = \frac{6\sigma_{\min}Wt^2}{6l} = \frac{45*0.6*0.3^2}{6*4.8} = 0.084\text{kg}$$

P_{\max} 代入公式6.1計算端子最大偏移量.

$$d = \frac{4PL^3}{EWT^3} = \frac{4*0.084*4.8^3}{11000*0.60*0.3^3} = 0.21(\text{mm})$$

七. 耐久性

連接器在正常使用時會有插入和拔出的過程,接觸系統會有磨損,其中包括端子接觸面的磨損,塑膠接觸面的磨損和外殼接觸面的磨損,這些磨損會降低連接器的機械性能和電氣性能.

在設定的環境下,連接器插拔一次為一個循環,以連接器能承受最小插拔循環次數來評估連接器的耐久性.

1. 端子電鍍對耐久性的影響

端子電鍍能大大提高連接器的耐久性,表7.1是端子電鍍金與未鍍端子性能比較:

表7.1端子鍍金與未鍍端子性能比較

	端子鍍金	端子未鍍
耐久性	100次以上	0~10次
電流	0~1A	0~1A

表7.2是USB10000次壽命測試中端子電鍍層的改變和接觸電壓電阻的變化。

表7.2壽命測試端子電鍍層的減小和接觸電阻的增大

PIN數	壽命測試前		壽命測試10000次后	
	Au電鍍厚度(u")	接觸阻制訂(Ω)	Au電鍍厚度(u")	接觸阻制訂(Ω)
1	31.2	30.9	17	33.2
2	32	32.1	20.4	35.8
3	31.5	34.1	21.3	36.1
4	32.1	31.8	21.9	35.6
5	31.8	36.3	21.4	36.8
6	31.6	34.5	20.8	36

2. 塑膠材料的選擇

選擇摩擦係數小的塑膠和玻璃纖維增強型塑膠能提高連接器的耐久性, 几种塑膠的摩擦係數如下表:

表7.3

塑膠	POM	PA66	PA6	PC
摩擦係數u	0.21	0.26	0.26	0.38

3. 正壓力与耐久性

一定正壓力是連接系統接觸良好的前提, 但并非正壓力越大越好. 第一是因為當正壓力達到50~100克力后, 系統的接觸電阻趨于穩定. 不再減小, 二是因為過大的正壓力將加重端子接觸面的磨損, 減小連接器的耐久性.

一般情況下正壓力設計為100克力左右.

4. 摩擦力与耐久性

摩擦力計算公式如下:

$$F=u \cdot N$$

F=摩擦力(g)

u=摩擦係數

N=正壓力(g)

摩擦力的存在會使連接器接觸部分磨損, 減小摩擦係數和降低正壓力能減小摩擦力, 從而提高連接器的耐久性.

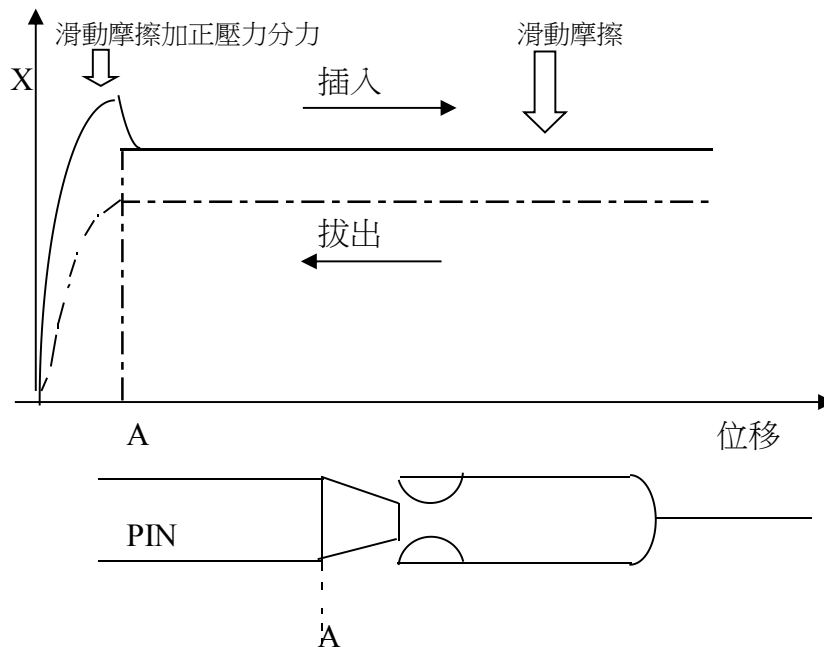
八.插拔力

連接器正常使用時的插入力和拔出力稱為插拔力.影響插拔力的因素有正壓力，摩擦系數，端子的構造，塑膠的構造等。

1.插入力的計算：

連接器公母對插時的插拔力如下圖示：

圖8.1插入力和拔出力



由上圖可見，插入力在A點達到最大值，端子的位移量未到A點時的插入力由兩部分組成，一部分是滑動摩擦力，另一部分是正壓力的徑向分力。

$$F=F_1+F_2 \quad 8.1$$

F=插入力

F₁=摩擦力

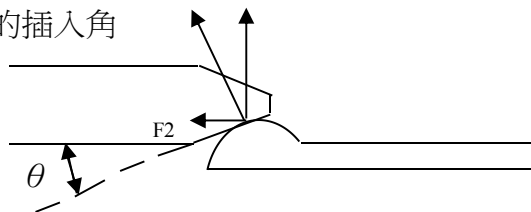
F₂=正壓力徑向分力

$$F_1=\mu N \quad \mu \text{ 為摩擦系數, } N \text{ 為正壓力} \quad 8.2$$

$$F_2=N \sin \theta \quad \theta \text{ 為插入角, } N \text{ 為正壓力} \quad 8.3$$

$$F_2=N \sin \theta \quad 8.3$$

圖8.2端子的插入角



當位移量超過A點后 $F_2=0$. $F=F_1$

2.拔出力的計算

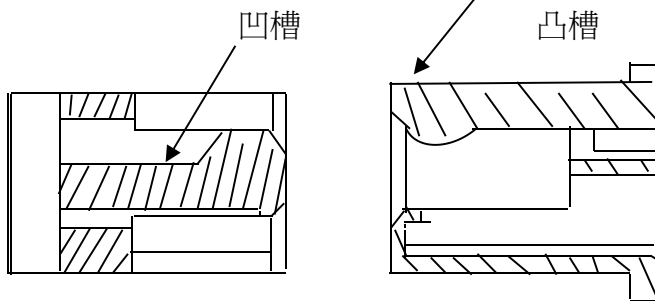
$$F = \mu N$$

F=拔出力， μ 為摩擦系數，N為正壓力

3.用塑膠倒鉤增加拔出力設計的計算。

在有些情況下為了防止松脫而增加連接器的拔出力，在塑膠上設計倒鉤，利用塑膠的倒鉤來增加拔出力。

圖8.3利用凹槽和凸點的干涉增加拔出力。



將如圖的塑膠本体看成一個筒支梁

$$P_{\max} = \frac{2 * \sigma_{\max} * w * t^2}{3l} \quad 8.4$$

$$P = \frac{dEwt^3}{l^3} \quad 8.5$$

九.振動

連接器因機械力作用在接觸面上的微小變動會導致電信號的中斷，在規定的環境下測試連接器因機械力作用而引起的微小變動，對於接觸系統電氣特征穩定之影響。

1.測試環境

頻率：10HZ~2000HZ~10HZ

振幅：3mm

時間：2小時(三個軸向上循環一次為1個循環)

2.滿足條件

無100ns以上的信號中斷

3.影響振動特性的原因

一定的正壓力，端子的保持力，端子的電鍍將影響連接器的振動特性。

十.機械沖擊

連接器在使用和運輸情況下會受到外力作用，所以應有足夠機械強度，能經受得住安裝，使用和運輸過程中出現的應力。

用机械冲击特性评估连接器受到外力作用时的机械和电气完整性。

对于质量等于或小于50g的连接器通过滚筒试验测试其机械冲击特性。连接器在滚筒中跌落的高度为500毫米。样品跌落50次，实验后样品不应有任何导致带电部件不能继续保持在位的破碎，开裂或变形。

对于质量大于50g的连接器，则用冲击试验进行测试，冲击元是个半径为10cm洛氏硬度为HR100的半圆球，其质量为150g,实验后样品不应有不符标准的损坏。

在设计连接器的机械冲击时，重点考虑塑料材料的机械强度，耐冲击，硬度等特性。

十一.冷熱冲击

检测连接器暴露于极高温度和低温时的性能，或在贮存、运输、使用连接器时类似情况交替出现时的电气和机械性能。

在温度突然升高或降低时因端子铜材与本体塑料热膨胀系数不同及铜材与塑料的热传递系数不同，端子与塑料膨胀或收缩的尺寸会有差别，温度上升时因金属的热膨胀系数大($18.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 左右)塑料的热膨胀系数小($5.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 左右)端子体积的增大，超大塑料体积的增大会产生应力，该应力可能对塑料有破坏作用。

$$\Delta L = \lambda L \Delta T \quad 11.1$$

ΔL =变化的长度

λ =热膨胀系数

L =材料的长度

ΔT =温度的变化

相反，温度的突然降低因端子体积缩小比塑料快，端子的保持力会下降会造成端子的松动或正压力下降。

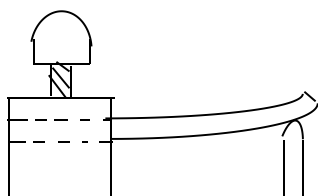
十二.溫度壽命

连接器在高温环境中的机械性能和电气性能随着时间的推移会有所变化，一般有以下情况：

- a.基底金属或电镀层的氧化.
- b.表面薄膜形式
- c.金属的应力松弛
- d.塑料的高温软化

1.高温会使端子的应力松弛加快，下图的实验能验证这种情况：

图12.1应力松弛实验



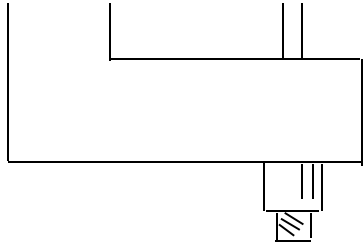


表12.1應力松馳与溫度關係.

銅材料號	調質	剩余應力% (100°C下1000小時)	剩余應力% (200°C下1000小時)
25	AT	96	70
	1/4HT	96	70
	12/HT	97	73
	HT	98	74
190	AM	97	67
	1/4HM	97	67
	1/2HM	98	67
	HM	98	68

2. 塑膠的熱變形溫度

將試片置于槽中，施以一定荷重在球體上，球體壓在試片上，油槽以一定的升溫速率升高溫度，當試片達到一定變形量時，所測量到的油溫即為該試片的熱變形溫度。

圖12.2熱變形溫度測量

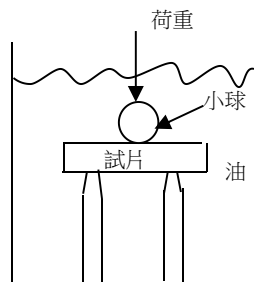


表12.2常用塑膠的熱變形溫度

名稱	破纖含量0%	玻纖含量30%
PBT	58°C	210°C
PET	80°C	220°C
PA6	63°C	190°C
PC	135°C	145°C
POM	123°C	163°C

3.溫度壽命的測試

將連接器在一定溫度下放量一定時間后再測量其的性能，觀測是否滿足所需條件。

十三 .溫濕循環(或鹽霧實驗)

1.將連接器暴露于高溫/潮濕而使得機械性質或電氣性質失效的環境中，評估這種環境對接觸系統電氣穩定性的影響叫溫濕循環測試。

這種環境的影響有：

- a.溫度的循環引發接觸面之間的微動，而濕氣加速氧化的速度。
- b.接觸面的微動造成磨損面的氧化。
- c.由貯存于接觸面上的微小粒子的氧化
- d.接觸面底基金屬的磨損和生鏽系統的氧化。

2.將連接器暴露于含有一定鹽份的潮濕水汽中一定時間后評估這種環境對接觸系統的電氣穩定性的影響叫鹽霧實驗。

這種環境對連接器的影響有：

- a.含鹽的水汽對端子接觸面電鍍層的氧化和腐蝕。
- b.對基底金屬的侵蝕和氧化。
- c.接觸面微小粒子對接觸電性能的改變。

十四 .實例說明

MULTIMEDIA CARD CONNECTORS(EDA P/N: 46L034S-33A)

1.GENERAL CHARACTERISTICS

Dimension 16.0Lx9.5Wx4.3Hmm

Standoff 0mm

Mounting system through hole type

2.FEATURES

Voltage Rating 250V rms AC

Current:Rating 0.5A

Contact Resistance 100m Ω Maximum

Insulation Resistance 1000 Ω M Minimum

Withstanding Voltage 500VAC/minute

Coplanarity: $\leq 0.10\text{mm}$
Mating Cycles: 10000 (office environment)
Solderability: $235 \pm 5^\circ\text{C}$, $3 \pm 0.5\text{s}$
Operating Temperature $-25^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$

3. MATERIAL/FINISH

Housing LCP UL94V-0
Terminal Phosphor Bronze
Underplate $50\mu\text{min}$. Ni. Overall
Contact area $10\mu\text{min}$. Au over Ni plate
Solder tail $100\mu\text{Sn/Pb min. over Ni plate}$

4. REQUIREMENT

4.1 Electrical

Items	Condition	Requirement
Dielectric Withstanding Voltage	500V AC between adjacent contacts for one minute	No physical damage
Contact Resistance	1mA test current and 20mV oper circuit voltage	Initial ----- $40\text{m}\Omega$ max After test ----- $60\text{m}\Omega$ max
Insulation Resistance	500V DC between adjacent contacts for one minute	Initial----- $1000\text{M}\Omega$ min After test ----- $1000\text{M}\Omega$ min

4.2 Mechanical

Items	Condition	Requirement
Insertion force and extraction force	At a rate of mm/s	Insertion force----- 1.0Kg max Extraction force----- 0.7Kg max
Vibration	Frequency ----- $10\text{HZ} \sim 2000\text{HZ} \sim 10\text{HZ}$ Amplitude ----- 3mm Time----- 1 cycle per 3axis (total 2hours)	No discontinuities of 100ns
Physical Shock	Acceleration----- 50g Wave type ----- sine wave Time----- 1ms Direction----- 2cycle per $\pm X, \pm Y, \pm Z$ Time ----- Total 12 times	No discontinuities of 100ns

4.3 Environmental

Items	Condition
Thermal Shock	Temperature -----20°C/25min~65°C/25min~25°C/5min as a cycle Time----- 5cycle total 5hours
High Temperature	Tempe ature----- 85°C Times----- 48 hours