Keysight Technologies

電子測量儀器使用及維護建議

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

目錄

一、靜電的危害及防護 4
二、微波接頭的使用及養護嘗試 12
三、電子測量儀器及其系統的環境要求 16
附錄一：靜電放電（ESD）協會標準 20
1. 目的 21
2. 範圍 21
3. 參考出版物 21
4. 定義 22
5. 工作人員安全 22
6. 靜電放電之控制方案 22
6.0.1. 靜電放電控制方案的要求 22
6.0.2. 靜電放電控制方案的指導原則 22
6.0.3. 修正 22
6.1 靜電放電控制方案之行政要求 23
6.1.1. 靜電放電控制方案計劃 23
6.1.1.1. 靜電放電控制方案計劃之要求 23
6.1.1.2. 靜電放電控制方案計劃之指導原則 23
6.1.2. 培訓計劃 23
6.1.2.1. 培訓計劃要求 23
6.1.2.2. 培訓計劃指導原則 23
6.1.3. 驗證計劃 23
6.1.3.1. 驗證計劃之要求 23
6.1.3.2. 驗證計劃指導原則 23
6.2. 靜電放電控制方案之技術要求 24
6.2.1. 接地及連接系統 24
6.2.1.1. 接地及連接系統之要求 24
6.2.1.2. 接地及連接系統的指導原則 24
6.2.2. 人員接地 24
6.2.2.1. 人員接地的要求 24
6.2.2.2. 人員接地的指導原則 24
6.2.3. 被保護的區域 25
6.2.3.1. 被保護的區域之要求 25
6.2.3.2. 被保護區域的指導原則 25
6.2.4. 包裝 25
6.2.4.1. 包裝的要求 25
6.2.4.2. 包裝的指導原則 25
6.2.5. 標記 26
6.2.5.1 靜電放電敏感裝置和設備 26

6.2.5.2. 包裝 26
6.2.6. 設備 26
6.2.6.1. 交流電動工具 26
6.2.6.2. 電池作動力和氣體作動力的手持工具 26
6.2.6.3. 自動化取放機 26
6.2.7. 取放 26
6.2.7.1. 取放流程的需求 26
6.2.7.2. 取放流程的指導原則 26
7. 附錄 A – 敏感性測試 28
7.1. 靜電放電敏感性測試 28
7.1.1. 人體模型敏感度（HBM） 28
7.1.2. 機器模型敏感度（MM） 28
7.1.3. 帶電器件模型敏感度（CDM） 28
7.2. 裝置，設備和設計強化 29
7.2.1. 裝置，設備和設計強化指導原則： 29
7.2.2. 直接接觸，非操作裝置之身體 / 手指或手 / 金屬測試： 29
7.2.3. 直接接觸，操作中的設備之手 / 金屬測試： 29
7.2.4. 間接接觸，操作中的設備之家具模型測試： 29
8. 附錄 B – 相關文件 30
8.1. 軍事 / 美國政府文件： 30
8.2. 工業標準： 30

表格目錄

表 1. 靜電放電控制方案技術要求之概括 27
表 2. 器件的靜電放電敏感度之測量參考 28
表 3. 裝置和設備之靜電放電敏感性測試參考 29
附錄二：參考資料 31

一、靜電的危害及防護

靜電的危害

靜電是我們再熟悉不過的一種現象，除了偶而我們會遭遇到輕微電擊或討厭的靜電吸附外，對大多數人來講，靜電似乎並不是什麼了不起的問題。過去，許多從事電子工業的人也並不認為靜電放電是使電子元件，乃至整個電子設備損壞的一個主要原因。許多人不相信靜電放電的嚴重性，甚至懷疑它是否真正存在。這也難怪，因為要判斷或檢查 ESD（靜電放電簡稱 Electrostatic Discharge）所引起的失效比較困難，有些元件受到 ESD 損傷後往往還要經過一段時間後才失效，所以使人難於追蹤，並確定它是 ESD 引起的損壞。而且許多電子元件可以被遠低於人能感覺到的靜電放電所損傷。被動元件也和主動元件一樣對 ESD 敏感，損壞程度有從性能下降直到短路那樣嚴重的損壞。

許多人對自己身上帶有的可觀靜電以及受靜電放電電擊的現象習以為常。可是，您知道嗎？當你的手觸摸門把或水龍頭的瞬間，突然感受到電擊，甚至聽到「啪」的一聲時，你身上的靜電已高達 4000 V 至 5000 V 以上了。而且，在受電擊之前，你並沒有任何感覺。實際上，人的身體，衣服上經常帶有幾百伏到幾千伏的靜電。只要遇到通路，積累的靜電就會放電。由於在極短的時間內釋放出大量的能量，這種放電通常大大超過許多電路元件所能承受的限度，所以常常導致電路元件損壞。據測試，人感覺到「麻」時，靜電電壓已高達 3500 V 以上。高於 4500 V 的放電會發出響聲。5000 V 以上放電時可以見到火花。一般人感覺不到 3500 V 以下的靜電。現代許多高速超大型積體電路碰到僅幾十伏或更低的靜電就會遭到損壞。也就是說當你接觸這些電路時，你既沒有感覺到，又沒有看到，更沒有聽到靜電放電，而這塊電路就已經部分損傷或完全損壞了。

任何物質都是由原子組合而成，而原子的基本結構為質子、中子及電子。科學家們將質子定義為正電，中子不帶電，電子帶負電。在正常狀況下，一個原子的質子數與電子數相同，正負電平衡，所以對外表現出不帶電的現象。但是由於外界作用，如摩擦或以各種能量如動能、位能、熱能、化學能等的形式作用，會使原子的正負電不平衡。在日常生活中所說的摩擦實質上就是一種不斷接觸與分離的過程。當兩個物體作表面接觸，並再作相對運動分開後，就會在兩個個體表面留下可觀的電荷。非導體物質上一旦有電荷累積就不易放掉。塑膠包裝材料，塑膠地板，化纖織物和合成纖維地板，工作服，袖套，元件盒，泡沫塑料，儀器罩，香煙盒，複印紙等，都可能帶上相當可觀的靜電。另外，在有些情況下雖不摩擦也能產生靜電，如感應靜電起電，熱電和壓電起電、亥姆霍茲層、噴射起電等。

二、三十年前，沒有人會想到工程師要關心自己身體、衣服、鞋、搬運車、塑膠罩、封裝帶及諸如此類與 ESD 有關的問題。但今天，我們不得不認真考慮這些問題，因為實際情況比我們想像的要糟得多。當你漫不經心地用手去拿或摸印刷電路板和元件，特別是微波半導體元件，隨意把電路板或元件直接放入普通塑膠袋 / 尼龍布袋時，靜電將使它們受到致命的傷害。現在看來，加強防靜電知識的教育還是很有必要的，目的是使人們對 ESD 的危害有足夠的認識，包括從高階管理部門到基層包裝單位，作業部門從晶片製造到裝配測試，儀器使用及安裝和維修人員。任何帶靜電的人 (包括你自己！) 都是 ESD 產生危害的禍首之一。

問題的嚴重性

美國《電腦 / 電子維修新聞》雜誌早在 1982 年 10 月就報導過，僅僅由於 ESD 造成的元件損失每年高達五億美圓；據業內人士估計，每年由於 ESD 所造成的損失更高達 100 億美元之巨！由此可見，ESD 給電子工業造成的損失是何等的大。1980 年有人分析一批損壞的雙極型大型積體電路，指出約 77.5% 是由 ESD 引起的。1980 年 3 月，HP 公司的一個製造部門為了確定手的觸摸對沒有保護措施的 IC 之影響，他們對 87 個積體電路進行實驗。首先測試它們是好的，然後將其中的 40 個依平常的方式放入塑膠盒內，其餘 47 個放在防靜電泡沫塑料袋內。接著放在塑膠盒的元件經過積體電路部門的一些人觸摸後放回盒內，隨後對這 40 個元件再測試，結果有 31 個沒能通過電路板測試，只有 9 個通過測試。最後對放在防靜電泡沫塑料盒中的 47 個元件也進行測試，結果證明全部都還是好的。

是德科技（當時為 HP 公司）的另一個製造部門在 1980 年 8 月進行了一次非正式的試驗，以確定印刷電路板上的元件對 ESD 的敏感度，他們從成品中取出 10 塊電路板並先驗證是合格的。實驗人員使用一個靜電產生器透過靜電放電探頭接觸這些電路板的連接頭，所有電路板都被 650 V 到 1000 V 的靜電所損傷。把這些電路板裝回整機，結果證明 10 塊板都壞了。修理情況指明，低功率肖特基 TTL 電路是對靜電最敏感的元件。8080 和 TTL 電路也受到損傷但未失效。我們得到兩點有關 ESD 的重要結論：

1. 人體通常有可能帶 1000 到 5000 V 的靜電，但常感覺不到 3500 - 4000 V 以下的靜電。
2. 安裝在印刷電路板上的元件，因 ESD 引起損壞的危險性更大，因為每一根印刷線或是導線都是連接到幾個元件的通路，對這根線放電會立即同時影響到幾個，而不僅僅是一個元件。

1980 年，本公司電腦部門推出一套積極的 ESD 防護規範，以降低某系列產品高達 23% 的廠內損壞率，他們對雇員進行了有關 ESD 防護的培訓，在生產區配備了靜電防護安全工作臺。很快地在三個月內，故障率降低到 3% 以下。

這是一個真實的案例：90 年代中期，是德在上海的一個用戶是手機的維修中心，85024A 是其主要的維修設備，有一段時期，該用戶的 85024A 送修量非常大，且同一台重複維修的次數也較多，損壞元件均是 85024A 探頭前端的微信號放大器。為了瞭解設備損壞率居高不下的原因，維修部工程師專程拜訪用戶，瞭解現場使用情況，最終發現用戶的防靜電措施有紕漏，因此造成微波探頭在使用過程中受到極大的安全威脅。後來經過用戶的認真改善，85024A 損壞率迅速下降，恢復正常。這類案例也同樣發生在瀋陽的用戶上。

ESD 基本防護措施

一、建立靜電有害的牢固意識

ESD 防護的首要點是必須讓所有的工作人員從高層管理部門到基層裝配單位，及維修人員都要充分認識靜電的存在，和它危害的一面，而且要體認最普通的危害會出現在人體上和塑膠上所儲存和產生的靜電。

二、要把所有的電子元件，電路板看作是對 ESD 敏感的

1. 在接觸元件 / 電路板之前，要先帶上接地手環。若一時沒有手環，可以先用手觸摸一下接地的機殼或框架等金屬表面，以放掉人體上所帶的靜電。
2. 拿摸元件 / 電路板時，不得接觸引線、接線片和接線頭。
3. 不得在任何表面上滑動磨擦敏感元件。所有元件 / 電路板在使用前，都應保存在防靜電包裝袋子裡。

三、要在「靜電防護安全工作區」裡處理所有元件和電路板。

四、在攜帶、運輸及儲存元件 / 電路板時，必須有防靜電包裝，並貼上防靜電警示標誌，不得隨意打開。

有關 ESD 的錯誤觀念

A、只有金屬氧化物半導體元件（MOS）對 ESD 敏感？

MOS 元件的確對 ESD 極為敏感。然而，實驗證明其他種類的元件也同樣地對 ESD 敏感。下表列出了各類元件對 ESD 的敏感程度（注意：在第 1 類最敏感元件中有非 MOS 元件。）

表 1：典型元件對 ESD 之敏感度（根據 100 pF 電容通過 1.5 kΩ 放電的測試結果）。

第 1 類，非常敏感 0 - 1 kV

- 無保護電路的 MOS：場效電晶體（FET）和 IC，特別是超大型積體電路（VLSI）。
- MOS 電容器（運算放大器內補償用）。
- 結型場效電晶體和低電流可控矽整流器（SCR）- 0.15 A 以下。
- 微波和甚高頻（VHF）電晶體，IC，尤其是肖特基元件。
- 精密積體電路穩壓器 - 穩定度優於 0.5%。
- 精密薄膜電阻，0.1% 級以上。
- 低功率薄膜電阻，0.5 W 以上。
- 雙金屬超大型積體電路。

第 2 類，敏感度 1 - 4 kV。

- 帶保護電路的 MOS（CMOS，NMOS，PMOS）。
- 肖特基二極體。
- 高速雙極邏輯電路。
  - 射極耦合邏輯電路 (ECL)。
  - 低功率肖特基電晶體 - 電晶體邏輯電路 (LS-TTL)。
  - 肖特基電晶體 - 電晶體邏輯電路 (S-TTL)。
- 線性積體電路。

第 3 類，較不敏感，4 - 15 kV。

- 小信號二極體，1 W 以下。
- 低速雙極性邏輯電路（TTL），二極體，電晶體邏輯電路（DTL），高門限邏輯電路（Hight - Threshold TTL）。
- 石英、壓電晶體和發光二極體。

B、只有未安裝的元件對 ESD 敏感？

這種說法只有在以下情況下是正確的：電路的所有敏感點都有保護電路，尤其是那些連接到接頭的敏感元件的輸入端裝有保護電路。通常的情況是安裝在印刷板上的元件具有受到 ESD 損壞的更大危害性。因為一根印刷線連接到幾個元件，靜電可以一次同時擊中幾個，而不是僅僅一個元件。CMOS 電路加上電源時對於 ESD 有額外的危險，「鎖住」（Latch-up）是一種寄生的 PNPN 雪崩效應，它通常是由於電源電壓的輸入輸出「雜訊干擾」（glitch）所引起的。結果造成這個寄生元件被觸發導電，這時 CMOS 電路儘量將供電電源與公共點短路，因而引起本身過熱造成損傷。對於那些靠電池供電的低功率 CMOS，鎖住現象並不損壞元件本身，而是加大了電池的放電，結果是不得不提早更換電池。這兩種情況通常都不會想到是由 ESD 所導致的，因為問題似乎在其他方面。

C、ESD 只在低濕度乾燥環境下發生？

許多人認為高濕度時不存在靜電問題。的確，高濕度提高了表面的導電率，不易產生摩擦靜電，而且由於電荷分佈到較大面積上，降低了電場強度並易於洩漏到大地。但這種說法被廣泛相信的原因是由於一般人的感覺界限即 3 - 4 kV。事實是，當人體帶有這個數值的靜電電壓時，如果他的指尖或所持工具靠近一個導體表面，仍會產生可見可聞的電火花。

表 2 列出了某些典型 ESD 來源的靜電電壓值與相對濕度的關係。從表中可見，高濕度情況下電荷量是減少了，但仍處在不希望有的範圍內。

表 2：典型靜電電壓值與相對濕度的關係

靜電來源	ESD 值（kV）相對濕度	
	70% - 90%	10% - 20%
在聚乙烯地板走過	0.25	12
在合成纖維地毯上走過	1.5	35
坐在泡沫椅墊上	1.5	18
拿起普通塑膠包	0.6	20
在鋪有毯子的工作臺上滑動塑膠盒	1.5	18
從印刷板上拉下膠帶	1.5	12
用橡皮擦拭電路	1.0	12
啟動標準的吸錫口	1.0	8
用佛利昂 (FREON) 噴灑電路	5.0	15

靜電防護安全工作區

所有組裝人員、材料保管員、檢驗測試、維修人員，或與積體電路、其他 ESD 敏感元件 / 電路板接觸到的任何人員都必須經過靜電須知及相關操作規範的培訓，並且要在靜電防護安全區內完成他們的工作。

1. 安全工作區的定義是指在此區域內一些元件 / 組件 / 整機被處置、加工、裝配、測試或修理。它包括在這工作過程中所有的機器設備，以及操作者的空間。
2. 「靜電防護安全工作區」被定義為一工作區域，這個區域內之靜電電壓不得超過 100 V。
3. 「靜電防護安全工作區」必須具備以下規定：
   - 工作臺面鋪有防靜電桌墊並透過 1 MΩ 電阻接地，每個工作臺墊上須有兩個可轉動的接頭，用於連接防靜電腕帶。其中一個供操作人員使用，另一個供主管或是檢驗人員使用。
   - 腕帶應與皮膚直接接觸，並透過 1 MΩ 電阻與桌墊上的連接器相連，不得用鱷魚夾夾在桌墊上，他的接觸面太小，也不能接觸到內部導電層（連接器是貫穿墊子的）。因此，無法有效接地。
   - 所有設備都要接地：工作臺、機械、電氣設備、焊台、夾具、放元件的轉桌等等，都必須接地。
   - 任何一個工作區都要有一個公共接地點。接地良好的市電配電盤上的地線端是最好的接地點。設備和桌墊的接地線都與此接地端相連。
   - 工作區域內必須清除非導體，不應有一般塑膠、紙板、煙盒、化纖蓋布、電腦顯示器、滑鼠、鍵盤、合成墊或未接地的金屬板。地板上、工作臺面和架子上不得鋪毯子。
   - 穿上合乎標準的防靜電服。
   - 使用合適的儲存容器，如防靜電袋、防靜電碟盤、防靜電 IC 存放管。

敏感元件的保管

所有的印刷電路板、敏感元件均應放置在防靜電袋中，以便儲存和運輸。由於靜電屏蔽袋（黑塑膠）和防靜電袋（粉紅色或藍色聚合物）是用靜電防護材料製成的，其保護效果是由表面導電率決定的。儘管防靜電袋導電率略差，但這兩種袋均能防止產生靜電的危險。

以下諸項必須嚴格遵守

1. 對敏感元件或裝有敏感元件的印刷電路板，切勿把它們從防靜電的容器或袋子中移出來，除非是在靜電防護安全的工作臺上。此外，必須注意：清除工作區域內的靜電危險物，如普通塑膠袋、紙張、信封等；要連接腕帶 (必須佩戴得緊)；從容器中取元件時，須將容器放在防靜電桌墊上，以便放電。
2. 取自放靜電袋內或其他防靜電容器中的元件及電路板，應該放在防靜電桌墊上。
3. 衣物絕不允許與敏感元件接觸。因為腕帶並不能釋放衣物上的靜電。
4. 取元件時應拿元件的外殼。插拔及接觸印刷電路板時，應只接觸其邊緣，即使在已經接地的情況下，也應避免接觸引線或接頭。
5. 不應在上電的情況下插拔電路板或元件。
6. 被懷疑或拒收的元件、電路板都應把它們當作好的元件一樣地認真對待。否則可能造成進一步損壞，以致無法找出最初失效的原因。
7. 只有接了地的人才能拿電路板元件和其他敏感元件。如果被接收的電路板或元件未裝在防靜電袋中，是不能被使用的。應放回防靜電袋中並退回發料的部門。
8. 膠紙帶不允許用在印刷電路板邊緣連接器上。不允許用橡皮抹擦方式來清潔手指印。通常要用棉簽沾上酒精、水或清洗液來取代橡皮擦。
9. 要避免產生磨擦的動作，如穿 / 脱罩衣，擦腳和擦手等。這些動作都會產生靜電。
10. 養成在拿取靜電敏感元件前，首先接觸機殼或接地的桌墊表面的習慣，即使在已戴腕帶的情況下，這些注意事項也要遵守。

防靜電與人身安全

當與上電的儀器工作時（例如儀器維修工程師正在通電檢測），防止電流流過人身是絕對必要的，尤其是要防止致命電流流過。防靜電地板、桌墊和腕帶均透過 1 MΩ 電阻串接到大地，這是作為限流保護用的，一旦人身觸及市電電壓，不會產生什麼危險。當然如果人的肢體一部分觸及機殼接地而另一部分又觸及市電或其他電壓時，限流電阻就無法發揮保護作用了。這種情況要絕對避免。

下表列出當大小不同的電流流過人體時的危險程度（通常，通過人體的電流在 0.5 mA 以下是安全的）：

電流值（mA）		**感覺 / 危害**
AC 60 Hz	**DC**	
0 - 1	0 - 4	有知覺
1 - 4	4 - 15	吃一驚
4 - 21	15 - 80	有反射動作
21 - 40	80 - 160	肌肉痙攣
40 - 100	160 - 300	呼吸障礙
超過 100	> 300	通常會致命

二、微波接頭的使用及養護常識

現代電子測量技術的發展使得微波接頭養護和連接技術比以往重要。接頭的損傷增加了量測的誤差維修費用和停機時間，本段文章在幫助用戶使用同軸微波接頭時，得到最佳性能、改進共測量精度與重複性。學習使用什麼操作工具及如何清潔、檢查微波接頭，以保持其精密性和延長使用壽命。

微波接頭尺寸很小，機械公差極為嚴格。表面任何小的缺陷，損傷和污垢都可能顯著降低量測重複性和精度。最精密接頭的接合面是鍍金的銅鈹合金，對機械損傷十分敏感。

微波接頭在不使用時，應在接合面端蓋上塑膠護罩，絕不要在接觸端暴露的情況下存放。最好存放在有泡沫塑料凹槽排列的箱子中，應該避免觸摸接頭的接合面，不要將接頭的接合面朝下放在任何堅硬的表面上。自然的皮膚油脂和灰塵微粒極易粘到接合面且難於去除。最重要的是絕不要將接頭散放在盒子中，臺面上或者抽屜中，這樣很容易造成機械損傷。電纜存放時應保持它們使用時相同的形狀，不應該將它們拉直或小角度捲彎，另外，電纜接頭上也應蓋上塑膠護罩。

在檢查和清潔任何微波組件、儀器上的接頭時，請格外注意「靜電」！人體常帶有幾百伏乃至幾千伏的靜電，若觸及中心導體而放電時，可能直接損壞內部電路元件（如放大器、混頻器、檢波器等）。應當在靜電防護安全區內操作並戴好腕帶，檯面有防靜電墊並已接地。要養成在連接任何設備之前，首先用手摸一下測試埠的金屬外殼的習慣，以釋放身體上的靜電。微波網路的校準件和檢驗件、被測件等也可能攜帶靜電，應當把它們先放在防靜電桌墊上放掉靜電再用。

常用微波接頭的性能

接頭種類	最低頻段上限（GHz）	連接扭矩（N cm/in-lb）	母 / 公	精密級 [1]	普通級 [2]	生產用級 [3]
7 mm (APC-7*)	18	135/12	N	Y	Y	Y
Type N 50 ohm	18	135/12	Y	Y	Y	Y
Type N 75 ohm	18[4]	135/12	Y	Y[6]	Y	Y
3.5 mm	33	90/8	Y	Y	Y	Y[7]
2.92 mm (K*)	40	90/8	Y	N	Y	Y
2.4 mm	50	90/8	Y	Y	Y	Y
1.85 mm[5]	65	90/8	Y	Y[6]	Y	Y
1.0 mm	110	45/4[7]	Y	N	Y	Y
SMA	18[8]	56/5	Y	Y[9]	Y[9]	Y
TNC	11[10]	56/5	Y	N	N	Y
BNC	3	N/A	Y	N	N	Y
SMC	4	34-45/3-4	Y	N	N	Y
Type F (75 ohm)	1	168/15	Y	N	N	Y
Type FD	3[11]	168/15	Y	Y[6]	Y	Y
Type 7-16	7.5	226/20[12]	Y	N	Y	Y

註釋

1. 精密級接頭的連接屬於無縫隙連接，通過最緊密的聯接來達到其標稱的高性能指標。
2. 普通級接頭除了 7 mm 接頭外，均屬母頭定位的有間隙連接，聯接的緊密性也足以保證其性能的可靠。
3. 生產用級接頭屬於經濟型接頭，性能適中，多用於產品的生產中。
4. 理論上 N 型 75 Ω 接頭使用範圍最高可達 18 GHz，但是德的 85036B 之 N 型 75 Ω 校準件的指標只保證到 3GHz。
5. 1.85 mm 的接頭完全適用於 Wiltron V © 接頭。
6. 是德開發的與精密級接頭配合使用的元件僅限於內部測試使用，通常不對外銷售。
7. IEEE 287 規範是以 34N-cm 為準，但是德採用 45N-cm 以取得較佳之重複性。
8. 許多 SMA 接頭的頻率上限是 18 GHz，但某些廠家給其生產的 SMA 接頭標註達到 27 GHz 頻率上限。
9. SMA 接頭被認為是 3.5 mm 接頭的生產用級版本，正如 3.5mm 接頭可被認為是 SMA 接頭的精密級版本一樣。
10. TNC 接頭在 IEC 169-17 標準的描述中，其頻率上限不是 11 GHz 就是 16 GHz，但許多電纜接頭如果可以在 3 GHz 工作就足夠了。IEC 169-26 標準定義 TNC 的頻率上限達 18 GHz。
11. EIA-550 標準定義的 FD 型接頭的頻率上限是 1.5 GHz，但是 Keysight 85039A F 型校準件的頻率範圍可達到 3 GHz。
12. 226 N-cm 的扭矩扳手用於精密測量。CECC 22190 標準定義 7-16 型接頭連接時的扭矩應在 25 到 30 Nm 之間。

接頭的清洗

在每次連接之前，應仔細檢查所有的接頭，首先檢查接頭是否有明顯的缺陷或損傷，電鍍層是否已嚴重磨損，接合面是否有劃痕或壓痕。螺紋是否變形，中心導體是否彎曲、變形或折斷等，接合面尤其需要著重檢查是否受到污染，有無金屬或金屬屑附著。接合面上的污垢或金屬微粒可能是當接頭的接觸面被朝下放置時造成的，或是用手觸摸後留下油污沾上塵粒。金屬和金屬屑常常是來自接頭螺母上的螺紋。用髒的或受損的接頭會嚴重影響性能，甚至可能損壞兩個接頭。對於 APC-7mm 的接頭，應查看中心導體的彈簧套筒表面和邊緣有無變形或損傷，用圓頭的木棒或塑膠棒輕壓套筒是否有彈性。千萬不要用鉛筆芯或手指直接按壓。對於有極性的接頭特別是 3.5 mm 和 SMA 接頭，應該特別注意母接頭中心導體的接觸金屬環，它們極易彎曲或折斷。其損壞常常不易看出。接觸金屬環已損壞的話，接頭必須更換。

污染及損壞接頭的通常會造成測量的誤差，但實際上平時對它們的清洗並不費時。當然，最簡單的清洗方法就是避免它受污染。時時使用塑膠保護帽和避免在連接時接頭間的相對摩擦，是使其保持清潔並處於最佳狀態的最好方法。

認真清潔接頭是一項最易被忽視的動作，但它可以長期確保接頭的可靠。

接頭清理步驟

1. 在使用接頭對其他產品進行檢驗前，先使用 20 倍的顯微鏡對接頭表面進行檢查，看是否有灰塵，污垢，表面是否有溝槽及劃痕，中心導體是否有損傷， 首先使用壓縮空氣，它可以很容易除去微屑和塵粒而不損傷接頭，但要注意吹氣管嘴應接地以防靜電。
2. 對於無法用壓縮空氣去除的灰塵和油脂，必須用溶劑，用沾有異丙醇 (isopropyl alcohol) 的棉簽清潔接頭的接插導體表面及中心導體，當心切勿讓酒精接觸到絕緣介質層，否則會使絕緣層遭到破壞。當然，在擦拭過程中也不要用力過大，致使接插導體產生變形或位移損傷。要使用足夠細小的棉簽以便可以清潔到連接體的各個角落，不要忘記擦拭接頭的螺紋。
3. 要使用乾淨的壓縮空氣將酒精吹乾。但要注意，壓縮空氣可能導致接頭溫度大幅度降低，連接件的性能會受到很大的影響。如果使用該接頭進行精密測試，則需要在使用之前穩定其溫度。
4. 在顯微鏡下察看接頭導體，若接頭的插接體上附著有異物，要先將異物清除掉，否則會導致插接導體的不緊密連接。若母接頭的插槽導體齒向外撐開而不是向內緊縮，那麼請更換該接頭。同樣，當接頭與另一變形接頭可以緊密連接時，該接頭應同時更換。

清潔物

描述	Keysight 備件號	註釋
棉簽（100）	9301-1243	該種棉簽是最好的。
99.5% 酒精（30 ml）	8500-5344	酒精應保持清潔，遠離水，不要混入其他溶劑。
99.5% 酒精（8 oz）	8500-0559	
壓縮空氣（235 ml）	8500-6659	1，1，1，2 汽化四氟乙烯。 警告：該產品必須在專業指導下使用。
脫纖麻（one）	9310-4242	
接頭保養指南	08510-90360	

關於接頭量規的說明

微波接頭的機械指標很高，公差在萬分之幾英寸量級，它是其性能的基本保證，若是公差大，即使是完全清潔過，也仍會造成量測誤差，因此，在使用之前需用量規對它進行機械檢查。一般說來，當外觀檢查或其電氣性能指出由於接合面磨損或損壞而超出規格指標時，就要對接頭進行校準。對校準件和檢驗件上的接頭，每當被他人用過或在其他系統或設備上使用過後，也需要再進行校準。精密 3.5 mm 和 SMA 接頭應比其他接頭更經常地被校準，因為在分離其連接時，它的中心導體可能被牽拉而超出標準。

使用量規作校驗應該成為一件例行公事，在每 100 次的連接與分離使用之後，或多或少精確度總有變化，所以必須用量規校準一次。

三、電子測量儀器及其系統的環境要求

電子測量儀器的正確安裝和操作環境是否良好，直接影響到儀器的性能及壽命。對於大型的測試系統，如基板測試系統，工程師在安裝前需要勘測場地，同時將場地準備書交給最終顧客，與顧客一同討論場地的選擇與準備計劃，在顧客完成準備工作後，是德工程師再按照雙方約定的時間開始安裝工作，最後再進行各項查核，驗收設備。

電子測量儀器及系統的場地選擇

1. 場地的選擇應避免下列諸項外界因素：
   - 電磁場
   - 易燃物或易燃性氣體
   - 磁場
   - 爆炸物品
   - 電力雜訊
   - 濕氣
   - 腐蝕性氣體
   - 灰塵
2. 儀器設備安裝後，周邊應留有足夠的空間由操作或維修人員使用，同時設備前後左右也應有足夠的散熱空間。
3. 場地應保持清潔少塵。
4. 場地禁止鋪設地毯，儀器設備間的入口處應設置消除靜電的腳墊，操作人員在使用儀器時應佩戴防靜電腕帶。
5. 應避免陽光直接照射。
6. 儀器搬運路線有足夠的寬度與高度，容許儀器設備搬運至使用場地。
7. 任何無線電雜訊干擾 (RFI) 應低於使用手冊規定的標準。
8. 設備間地板的負載足以支撐儀器設備的重量。
9. 方便人員及設備的進出。
10. 有適合的緊急出口。

儀器設備的環境規劃

為了使是德的測試儀器及系統能夠發揮最大的效能，並減少儀器故障和保障設備的性能，良好的操作環境規劃是不可少的。環境的考慮因素包括場地的溫濕度、空氣的含塵量、場地的震動度、電磁場雜訊干擾度。

溫濕度

是德儀器的性能指標是在一定的環境下測定的。以 8563 系列頻譜分析儀為例：

存儲溫度：-51 °C 至 +71 °C
操作溫度：-10 °C 至 +55 °C
相對濕度：95%（在 40 °C 時保持 5 天）
儀器操作時，一般室溫以 23 °C，相對溼度以 50% 為參考中心。

注意：每台儀器的使用條件各不相同，有些適合野外作業，有些則適合實驗室使用，請仔細閱讀操作手冊，確保儀器在規定的溫濕度環境下工作。

濕度的改善

對於氣候乾燥的地區，建議使用加濕器。至於氣候潮濕的地區，建議用除濕器。對於野外使用的儀器，建議在儲存箱內放置乾燥劑以除濕。

空氣含塵量

操作環境應保持清潔少塵，空氣中大於 0.5 Micron 的微粒在每立方呎的空氣中不得多於 45000 個。空氣中含塵量過多很容易造成接觸不良和磁片讀寫錯誤，磁頭易毀壞。

場地震動度

使用場地震動度不得大於 0.5G，不應會與產生震動的機器放置在一起，因為震動將使儀器內的機械部分、接頭、面板及母板接觸部分產生鬆動而造成工作異常。

電磁場雜訊干擾

使用場地附近的無線電雜訊干擾應低於使用手冊規定的標準。如果場地附近有強力磁場或大型的微波發射機站，則應遷移使用場地，否則須將使用場地四周用金屬隔離遮罩，使干擾降至標準之下。

電源規則

安裝任何儀器及系統，電源為重要的考慮因素。電源品質（指電壓、頻率變化、濾波效果）愈優則使用效果愈佳。如果對電源品質存有疑慮，可用電源檢測器或示波器監測電源的變化情況，以便瞭解其可靠性。

1. 電壓、頻率允許變化規範
   電壓：單相 120 V，+5% - 10%（108 V - 126 V）
   頻率：60 Hz，±0.5 週
2. 瞬間變動電壓
   瞬間變動電壓不能超過 120 V 的 ±15%，並且必須在 30 個週期（0.5 秒）內恢復至 120 V。
3. 總諧波成分不得高於 5%
4. 瞬間衝擊電壓
   瞬間衝擊電壓若大於 100 V（高達 200 μs），將使設備產生問題。

注意：以上資料僅供參考，不同設備有不同的電源規範，請仔細閱讀操作手冊或場地準備手冊以確定電源規格。

設備所需電力

將所有設備所需電力相加，並至少增加 30% 以上為原則，以備將來擴充之需。

保險絲

儀器配合不同的電壓所使用的保險絲規格也不同。請參照儀器操作說明書所列規格更換。保險絲有快熔和慢熔之別，切勿變更規格。

接地系統

為了避免儀器設備受到外界電力干擾，同時顧及操作人員的安全，需有良好的接地系統，標準如下：

1. 接地線須與任何導線完全隔離及絕緣，且僅能在建築物的真正接地線處和電源中性線（零線）相接。
2. 接地線線徑至少為 8AWG 號線。
3. 接地線不是電源中性線（零線），必須與中性線分開來拉。
4. 接地阻抗在電源插座的中性線與接地線之間測量時，不得大於 1 Ω（使用接地阻抗測試器測量）。
5. 在電源輸出插座上所測得的中性線與地線間電壓不得大於 1.0 V，同時無論設備是否上電，電壓的變化量不得超過 1.0 V。
6. 不能用鐵管代替接地線。
7. 在接地線的接地端測得的接地電阻不大於 1 Ω。

是德儀器的機殼大都和儀器電源座上的地線相連，所以儀器接地不良的後果，會造成機殼帶電，這對於操作者和儀器自身都是潛在的危險。

顧客在使用儀器時，可能由於測試環境的要求而需要延伸電源線、增加電源接線板，很多情況下，由於採用劣質或不合要求的接線板，造成浮地或中性線與火線反接，因而機身有可能帶有 120 VAC 市電，這是致命的。當然，這些是比較極端的例子，如果當我們有嚴格按照接地規範施工操作的話，良好的接地保證是可以作到的。

電源導線

是德所提供的電源線在極性上與儀器設備上的電源插孔相匹配，但顧客所準備的電源插座在極性上必須與電源線一致方可使用，否則將可能有致命的電壓存在於機殼上，同時儀器也會受到嚴重損壞，請顧客務必注意電源插座的極性，以保障人員和設備的安全。

電源插座

一般每台儀器至少有一個電源插座（8566B、89441A 則需要二個插座）。有些儀器可能在其後面板上另外附加電源插座，該插座可供其他週邊設備使用，這樣就可減少外加的電源插座數量。

電源插座與插頭上 L、N、G 分別代表：

L：火線
N：中性線（零線）
G：接地線

電源選擇開關

為了適應不同國家的電源規定，是德儀器上附有電壓選擇開關（220 VAC 或 110 VAC），顧客在第一次驗收或使用儀器時必須確認儀器上的電源開關設定在電源規定上。否則會造成儀器的損壞。當然，目前越來越多的儀器採用自動適應的電源模組，再也不用為電源選擇開關的設置擔心了。

額定電流

如果要決定測試系統所需的額定電流，先將系統所包含的各種儀器設備所需電流列出，然後將所有設備電流之和乘以 2，即得出該系統所需的額定電流。該電流值足以容忍突發性的電流波動及供給偶爾添加的設備使用，配電施工時的導線線徑大小也是據此計算得出。

電源配線工程

電源配線工程施工時，請注意下列三點：

1. 使用專用的開關箱
2. 總開關的容量需大於分路上全部儀器設備容量的總和。
3. 空調系統不得和測試系統同一電源。

詳細的場地計劃及準備準則，請在裝機前，洽是德科技公司維修校驗中心諮詢。

附錄一：靜電放電（ESD）協會標準

建立一個靜電放電控制方案，保護電氣和電子零件、裝置和設備（不包括電動引爆裝置）

美國國家標準學會（ANSI）/ 靜電放電（ESD）協會標準

ANSI/ESD-S20.20-1999

LIMITATION OF LIABILITY

THIS DOCUMENT IS A TRANSLATION OF THE ENGLISH STANDARD ANSI/ESD S20.20 -1999. THE ESD ASSOCIATION, ITS OFFICERS, MEMBERS AND EMPLOYEES HAVE BEEN DILIGENT IN SECURING AND PROVIDING THIS TRANSLATED DOCUMENT BUT DO NOT GUARANTEE THE ACCURACY OF THE TRANSLATION. THE ESD ASSOCIATION, ITS OFFICERS, MEMBERS AND EMPLOYEES SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY CLAIMS AGAINST OR DAMAGES OR LOSSES (DIRECT OR INDIRECT, ACTUAL OR CONSEQUENTIAL) SUFFERED BY ANYONE DUE TO ERRORS OR MISTAKES IN TRANSLATION WHO RELIES ON THIS TRANSLATED VERSION OF THE STANDARD. IN THE CASE OF ANY CONFLICT BETWEEN THIS TRANSLATED DOCUMENT AND THE ENGLISH VERSION OF THE STANDARD, THE ENGLISH VERSION SHALL CONTROL.

靜電放電協會
7900 Turin Road, Bldg 3, Ste 2,
Rome, NY 13440 2029 .

美國國家標準學會
1999 年 8 月 4 日批准

1.目的

[1] 本標準的目的是提供行政和技術上的要求，以及建立，實施和維護靜電放電控制方案（文中稱「方案」）的指導。

2.範圍

本標準所適用的領域包括：製造，處理，裝配，安裝，包裝，標簽，服務，測試，檢驗以及其他除此之外，在處理電氣，電子零件，裝置和設備中，對靜電放電損害的敏感度超過或等於人體模型的 100 V。本標準不適用於電動引爆設備，易燃液體和粉末。

3.參考出版物

參考出版物 ESD DSP 10.1 保護靜電放電敏感事項的測試方法之靜電放電協會標準草案。自動式處置 [1] 除非特別指明，以下文獻的最新版本，修正或校正，構成本標準的一部分，作為特別擴充。

EOS/ESD ADV 1.0 ECIS/ 靜電放電協會專門名詞表 [1]

ESD S1.1 保護靜電放電敏感事項的測試方法之靜電放電協會標準 - 防靜電手腕帶 [1]

ESD ADV 11.2 保護靜電放電敏感事項之靜電放電協會咨詢文件，摩擦電荷積累測試 [1]

EOS/ESD ADV 2.0 保護靜電放電敏感事項的靜電放電協會諮詢文件，靜電放電手冊 [1]

ESD STM 2.1 保護靜電放電敏感事項的測試方法之靜電放電協會標準，工作服 [1]

ANSI EOS/ESD S3.1 保護靜電放電敏感事項之靜電放電協會標準，電離化 [1]

ESD S4.1 保護靜電放電敏感事項的測試方法之靜電放電協會標準，防靜電工作表面 - 電阻特性 [1]

ESD STM4.2 保護靜電放電敏感事項的測試方法之靜電放電協會標準，防靜電工作表面 - 消電的特性 [1]

ESD STM5.1 靜電放電（ESD）敏感性測試之靜電放電協會標準，元件級別上的人體模型（HBM）[1]

ESD STM5.2 靜電放電（ESD）敏感性測試之靜電放電協會標準，元件級別上的機器模型（MM）[1]

ESD DS 5.3.1 靜電放電（ESD）敏感性測試之靜電放電協會標準，元件級別上的帶電器件模型（CDM）[1]

EOS/ESD S 2.1 保護靜電放電敏感事項的測試方法之靜電放電協會標準，「接地」- 推薦做法 [1]

ANSI/ESD S 7.1 保護靜電放電敏感事項的測試方法之美國國家標準局及靜電放電協會標準 - 材料的電阻特性 - 地板材料 [1]

EOS/ESD S 8.1 靜電放電（ESD）敏感性測試之靜電放電協會標準，標誌 - 靜電放電之警告 [1]

ESD S9.1 保護靜電放電敏感事項的測試方法之靜電放電協會標準，鞋類 - 電阻特性

ESD DSP 10.1 保護靜電放電敏感事項的測試方法之靜電放電協會標準草案，自動式處置 [1]

ANSI/EOS/ESD S 11. 11 保護靜電放電敏感事項之靜電放電協會標準，消電平面材料的表面電阻測量 [1]

ESD DS 11.12 保護靜電放電敏感事項之靜電放電協會標準，消電平面材料的體電阻測量 [1]

ESD ADV 11.2 保護靜電放電敏感事項之靜電放電協會諮詢文件，摩擦電荷積累測試 [1]

ANSI/ESD S11.31 評估靜電放電保護性材料之功能的靜電放電協會標準，包裝袋 [1]

ESD STM12.1 保護靜電放電敏感事項的測試方法之靜電放電協會標準，座椅 - 電阻特性 [1]

ESD DS 13.1 焊接或拆焊手動工具中的電位之測量的靜電放電協會標準

ESD ADV53.1 保護靜電放電敏感事項之靜電放電協會諮詢文件，防靜電放電工作臺 [1]

ESD STM97.1 保護靜電放電敏感事項的測試方法之靜電放電協會標準，地板材料與鞋 - 人組合的電阻特性 [1]

ESD STM97.2 保護靜電放電敏感事項的測試方法之靜電放電協會標準，地板材料和鞋 - 測量在人體上的電壓 [1]

ANSI C23.12「靜電放電測試方法和電子設備標準的美國國家標準指南」

IEC 1000.4.2「工業生產過程測量及控制設備的電磁相容性，第二部分：靜電放電之需求」

IEEE STD C22.38「IEEE 之靜電放電指南 : 靜電放電承受能力的評估方法（電子設備次級組裝）」

MIL-STD-750 1020 方法軍方標準，半導體裝置及靜電放電敏感性（ESDS）分類之測試方法 [2]

MIL STD 883 3015 方法，國防部，測試方法標準：微型電路，靜電放電敏感性（ESDS）分類 [2]

MIL STD 2073 1 國防部，軍事包裝之標準操作 2MIL PRP 19500，功能規範，半導體裝置的一般規範 [2]

QML 19500 軍方規範 MIL PRPP19500，下的合格產品製造商名單，半導體的一般規範 [2]

MIL PRP 38535 功能規範，積體電路 (微型電路) 製造的一般規範 [2]

QML 38535 軍方規範 MIL PRP 38535 下的合格的先進微型電路製造商名單，微電路製造的一般要求 [2]

VZAP，靜電放電敏感性資料 [3]

4.定義

本文中所使用的用語與 EOS/ESD 協會的辭彙表，EOS/ESDADV 1.0，中的辭彙，是相符合的。

5.工作人員安全

文件中描述的工作流程以及設備，或許會導致操作人員暴露於有害的電氣環境。本文件的用戶應負責選擇符合相關法律，管理條例和內外部政策的設備。用戶要慎重地注意到，本標準不能替換或代替任何其他關於操作人員安全的要求。

無論在那裡，只要操作人員會與電源相接觸的地方，接地斷路器（GPCI）和其他安全保護措施應被採用。

減少電氣傷害的操作應進行演習，正確的機台接地指導必須遵從。

6.靜電放電之控制方案

6.0.1. 靜電放電控制方案的要求

如在此所描述的，該方案應包括行政和技術要求。根據這個方案，所處理的物體的最高敏感度被記錄下來。按照本文件的要求，使用單位應建立，記錄，實施，維護以及核實方案的遵守情況。

6.0.2. 靜電放電控制方案的指導原則

方案的主要宗旨是要提供連續的靜電放電保護。靜電控制和保護需要將方案的要求，實施在設計、生產、檢查、測試、存貯、發貨、安裝、使用、維護、替換及維修等環節。

6.0.3. 修正

本文件，或其中的部份，可能不適用於所有的應用。通過評估每個要求對各具體應用的適用性，來完成方案的修正工作。完成了這個評估，要求可以被增加，被修改或被刪除。對決議的修正，包括理論基礎，應記錄在靜電放電控制方案計劃 (此後稱為“計劃”) 中。

6.1. 靜電放電控制方案之行政要求

6.1.1. 靜電放電控制方案計劃

6.1.1.1. 靜電放電控制方案計劃之要求各單位應制定一個靜電放電控制方案計劃，將方案中的每一個要求都一一列出。這些要求是：計劃，培訓，符合驗證以及靜電放電控制方案計劃的技術要求。該計劃是實施和檢驗靜電放電控制方案主要文件。其目標是成為一個與內部質量系統要求相符合的，充分實施和整合了的方案。該計劃應指出，本文中所描述的要求，並應用於工作中的各個方面。該計劃還應包含各單位的具體要求，並隨著技術，工藝及流程的變化而提高。如果合約上有器件或裝配測試要求，確定靜電放電敏感性的選項還包括了 QPL 19500，QML 38535，VZAP …資料或製造商的資料表。努力辨認和消除缺陷，並防止缺陷的出現，是計劃的一個組成部分，以減少與靜電放電損害相關的成本和危險。

6.1.1.2. 靜電放電控制方案之指導原則該計劃應對方案的適用範圍、任務、行動以及為防護靜電放電敏感達到或超過一定具體程度的物件，所採用的必要措施進行描述。明確單位內部的任務和行動之責任。列出那些在方案中應用的指導性和支援性文件。該計劃還應列出，方案中所應用的靜電放電防護材料和設備的具體種類。一個實用的計劃的一個主要要素就是對零件、裝置、及設備的靜電放電敏感性和防護水平的評估。建立靜電放電敏感度的通用方法是，從三種用於描述靜電放電特性的放電模型中，及人體模型（HBM），機器模型（MM），帶電器件模型（CDM）（參見附錄 A），選用一種或多種模型。選擇具體的靜電放電控制流程或材料，取決於計劃的制定者，同時也取決於對危險的評估和零件，裝置及設備的靜電放電敏感度的確立。該計劃還應保證，靜電放電敏感物件的供應商和本單位，根據本標準建立和實施一個靜電放電控制方案。

6.1.2. 培訓計劃

6.1.2.1. 培訓計劃要求應對那些從事處理或接觸靜電放電敏感物件的工作人員提供初級和周期性的，有關靜電放電提示和預防的培訓。培訓計劃應為工作人員定下靜電放件培訓類型和頻率。培訓計劃要將每次培訓的過程，記錄在個人培訓文件檔案中。培訓的方法和具體技巧，由各單位選擇。被選擇的，還應包括一個客觀評價技術，以保證受訓人員理解並得到充分訓練。

6.1.2.2. 培訓計劃指導原則員工的周期性靜電放電培訓，是方案中不可缺少的部分。靜電放電培訓包括初級和周期性的培訓，以加強方案的要求並根據學期到的經驗作出修改。那些在檢討和審查中發現的缺點之修正及其方法，也應該是培訓過程的一部分。培訓的要求應該與單位的處置靜電放電敏感零件、裝置及設備的流程同時建立起來。

6.1.3. 驗證計劃

6.1.3.1. 驗證計劃之要求，驗證計劃的建立，是要確保單位能夠達到靜電放電方案計劃的要求。正式的審查或驗證應根據驗證計劃進行，該計劃要明確驗證的要求，驗證的次數。通過選用測試設備，來測量靜電放電方案計劃中的技術要求之特性。

6.1.3.2. 驗證計劃指導原則除了內部審查，為確保與計劃中的要求相符合，還應進行外部審查（由提供靜電放電敏感物件的機構及供應商來執行）。按靜電放電方案之計劃中的技術要求，進行的例行檢查應包含在驗證中。驗證檢查的頻率取決於控制物件的用途，它的耐久性及相關聯的失效風險。

6.2. 靜電放電控制方案之技術要求

表 1 確認和描述了在建立靜電放電控制方案和計劃過程中，所用到的關鍵技術要求。注意，對每一項技術要求，都有必要的和選擇的實施過程或方法（用「R」或「O」表示），以滿足該項技術要求。如果，對應一項技術要求，有一個必要實施的過程或方法，那麼，該實施的過程或方法就必須被採用。如果，還有一些附加的選擇項目，那麼，這些選擇專案可以被選入，也可以不被選入靜電放電控制方案的計劃中。如果，一項技術要求只含有一些選擇專案（由「O」表示），那至少必須選擇一項選擇專案，實施於靜電放電控制方案的計劃中。該計劃應包括測試方法，許可範圍和周期性測試的間隔時間。表 1 中的區域 1（Area 1.）被選作永久靜電放電控制範圍，譬如製造業，生產或分佈工場設施。區域 2（Area 2.）被選為臨時控制靜電放電防治區域，如現場服務區或通常不設防護裝備的遙遠偏僻的位置。若採用的測試方法與表 1 所列出的測試方法不同，應被記錄下來。其他指導原則能在 ESDADV 2.0 關於保護靜電放電敏感事項的靜電放電協會諮詢文件，靜電放電手冊中找到。

6.2.1. 接地及連接系統

6.2.1.1. 接地及連接系統之要求接地 / 連接系統應被使用，以保證靜電放電敏感物件、工作人員和所有其他導電體（如移動設備），處在同樣的電位。至少，靜電放電敏感物件、工作人員和其他相關導電體應相互連接或電氣互聯。

6.2.1.2 接地及連接系統的指導原則在大多數情況下，第三條導線（綠色的）交流設備接地 [4] 是接地的最優先選擇。當第三條交流設備接地導線不能用到或不適用時，工作人員應該通過腕帶或其他接地系統與靜電放電敏感物件的一個導電性元件相連接，以保證所有組件處在同樣電位。

6.2.2. 人員接地

6.2.2.1. 人員接地的要求當處理靜電放電敏感物件時，所有人員應與接地點或專用接地點相連接。當人員坐在有靜電放電防護的工作臺時，他們應通過腕帶系統被連接到共同接地點。注意：當接地人員在通電設備上工作時，單位必須知道當地的安全法律及章程。

6.2.2.2 人員接地的指導原則在所有個案中，人員接地系統包括人、控制物及與接地點的連接。紀錄表應該保存，以證實的工作人員已經測試過他們的個人接地裝置。處理靜電放電敏感產品之前，工作人員應該檢查固定的監測儀器（當被使用時）以保證他們有效及能夠操作。另外，固定的監測儀器應該定期地依照設計被檢查以保證其功能。靜電放電防護地板，與批准的鞋類一同使用，也能在站立式操作中，用作腕帶系統之外的一個選擇。鞋類包括腳接地器，鞋子或短襪。當設備接地或輔助接地系統不能使用時，互相連接或電氣連接（到專用接地）也能被使用。

6.2.3. 被保護的區域

6.2.3.1 被保護的區域之要求應在被保護的區域中，處理沒有防靜電覆蓋或包裝的靜電放電敏感零件，裝置和設備。表明被保護之區域的警告標誌應張貼在工作人員進入保護區域的入口之前，並且能清晰可見。在非保護的區域，靜電放電敏感物件應使用防護靜電包裝。只有完成了適當的靜電放電培訓的人員，才能進入保護區域。在保護區域裏，受過培訓的人員應帶領著未受過培訓的人員。所有非必要的絕緣體 , 譬如那些塑膠或紙製的（如咖啡杯子，食物封包和個人物品）必須從工作臺取走。若考慮到靜電場會構成威脅，電離或其他緩和電荷積累的技術，可用在工作臺上，以中和制程中所有必要的絕緣體上的靜電場（如靜電放電敏感機件零件、零件載體和專業工具）。

6.2.3.2 被保護區域的指導原則保護區域也許是一個工作臺（固定或移動式的），實驗室，房間，大廈或任何其他具有預先指定邊界的，包含限制靜電位元的材料和設備的區域。在靜電放電控制方案中，濕度控制也是一個關鍵要素。當濕度減少時，靜電的產生和積累的傾向相對增加。所有必要的絕緣體，如果帶有超出二千伏特的電場，應該與靜電放電敏感物件保持至少十二英吋的距離。二千伏特是指，在測量位置處測得的電場值，它並不直接地與這個物件的電位有關。靜電場的準確的測量，要求該測量的操作人員必須熟悉測量器材的操作。多數手持的計量器，要求在與物體有一固定的距離下取讀數。儀器製造商通常指定待測物體的最小的尺寸。如果物體比最小尺寸還小的話，也許不能提供準確讀數。關於保護區域的一些另外的指導原則可在 ESD ADV 2.0 中找到。

6.2.4. 包裝

6.2.4.1 包裝的要求防靜電包裝和包裝標誌應符合合同，採購訂單，圖紙或其他文獻。當合同，採購訂單，圖紙或其他文獻沒有界定防靜電包裝時，各單位應在靜電放電控制方案的計劃之內，定義靜電放電敏感物件的防靜電包裝要求。在保護區域內或是工作場所之間，所有移動材料的包裝也應被定義。

6.2.4.2. 包裝的指導原則防靜電包裝的技術範圍很廣泛。有些技術包括低帶電包裝袋和包裝材料，隔離材料，消電包裝材料，靜電遮罩，導電性分流器和 EMI/RPI 遮罩的使用。所有或一些包裝的類型，可以與另外一種類型結合使用，以達到綜合的保護的水平。如果用戶不知道所使用的物品之敏感度，可採用靜電遮罩包裝。典型的包裝材料包括了，聚乙烯板材和薄膜，具有特別波紋塗層的紙盒，含碳的塑膠，金屬化的塑膠薄膜和各種各樣的箔材。防靜電包裝的主要目標，是要防止靜電放電直接發生在所包裝的靜電放電敏感物件上，及將電荷通過外表面消散。另外，包裝應該將在靜電放電敏感物件上，因外部靜電場和摩擦生電而產生的電荷減到最小。用戶應該知道，一些包裝材料也許依賴濕度且壽命有限。它們也可因弄皺，刺破和折疊而失去防靜電特性。包裝材料也會因放氣，污染或帶來微粒，造成與生產相關的問題。重要的是，各單位應從制程，存貯和環境相容性出發，去評估防靜電包裝的材料。

6.2.5. 標記

6.2.5.1. 靜電放電敏感裝置和設備靜電放電敏感裝置和包含靜電放電敏感零件及裝置設備，應該標記著小心靜電放電的警告標誌（如：EOS/ESDS8.1）。該標誌應位於設備上，操作人員容易看得見的位置。此外，當一個靜電放電敏感裝置被組合到下一個比較高級的裝置時，該標誌也應該位於明顯易見的位置。

6.2.5.2 包裝防靜電包裝應根據 EOS/ESD S8.1 來進行標記。而在軍事應用領域，則應根據 MIL-STD-2073-1 來進行標記。

6.2.6. 設備

對於設備的進一步的指導原則，可在 ESD.ADV.2.0 中找到。

6.2.6.1. 交流電動工具交流電動工具的工作部件，應該能提供一個導電接地途徑。類似焊接電烙鐵的新式通電手持工具，從焊頭到接地的電阻應小於 1.0 Ω。注意：這電阻值可能隨著使用而增加，但應該以小於 20.0 Ω 作為驗證目標。

6.2.6.2. 電池作動力和氣體作動力的手持工具電池作動和氣體作動手持工具，當被拿著時，應該有小於 1×10^{12} Ω 的接地電阻。

6.2.6.3. 自動化取放機自動化取放機上，無論是在靜止或是移動狀態，都應給所有導電材料或消電材料製成的元件，提供一個連續的導電接地通路。這種設備，應該將被取放的靜電放電敏感物件所產生的電荷減到最小。在元件的取放途中，必須採用絕緣材料的零件時，這些零件需精心設計，使得在被取放元元件上，產生的電場和電荷最小。

6.2.7. 取放

6.2.7.1. 取放流程的要求防靜電的取放流程，應被建立，存檔及實施。在所有區域，只要有手工或機器取放靜電放電敏感物件的制程，就必須有防靜電的取放流程。在防護覆蓋物或包裝之外的靜電放電敏感物件，只能在被保護區域中取放。

6.2.7.2. 取放流程的指導原則取放流程應該指出所有的操作，以及在保護和非保護區內，靜電放電敏感物件將被取放的位置。

表 1：靜電放電控制方案技術要求之概括

（關於選擇測試方法的進一步的指導，請參閱 6.2 章節）

技術要求	參考章節	實施程式或方法	區域 1 製造區	區域 2 服務現場	測試方法，標準或諮詢	推薦範圍
接地 / 連接系統	6.2.1				ANSI EOS/ESD S 6.1	
		設備接地	R	0	ANSI EOS/ESD S 6.1	< 1.0 Ω，AC 阻抗
		輔助設備接地	0	0	ANSI EOS/ESD S 6.1	< 1.0 Ω，AC 阻抗
		同電位連接	0	0	ESD ADV 2.0	< 1.0×10^9 Ω [2]
		共同接地點	R	0	ANSI EOS/ESD S 6.1	< 1.0 Ω，AC 阻抗
人員接地	6.2.2	腕帶系統			ESD S 1.1	< 35×10^6 Ω [3]
		坐下操作	R	R		
		站立操作	0	0		
		地板 - 鞋面系統	0	0	ESD STM 97.1 Or ESD STM 97.2	< 35×10^6 Ω 或 < 100 V[2]
保護區域	6.2.3	工作臺面	0	0	ESD S 4.1 ESD STM 4.2	< 1×10^9 Ω，< 200 V[2]
		腕帶聯線	0	0	ESD S 1.1	0.8×10^6 至 1.2×10^6 Ω
		鞋類	0	0	ESD S 9.1	< 1×10^9 Ω [3]
		地板	0	0	ANSI ESD S 7.1	< 1×10^9 Ω [3]
		坐位	0	0	ESD STM 12.1	< 1×10^7 Ω [3]
		電離化（除房間系統之外）	0	0	ANSI EOS/ESD S 3.1	< ±50 伏特，偏至電位 [2]
		電離化（房間系統）	0	0	ANSI EOS/ESD S 3.1	< ±150 V，偏至電位 [1]
		貨架	0	0	ESD ADV 53.1	< 1×10^9 Ω [3]
		移動設備	0	0		< 1×10^9 Ω [2]
		連續顯示器			製造商規格	N/A
		標誌	R	0	N/A	
	6.2.4	靜電放電敏感物品的包裝	R		見靜電放電敏感物品包裝之要求	N/A
	6.2.6	設備			ESD ADV 2.0	
	6.2.6.1	交流電動工具	0	0	ESD DS 13.1	< 1.0 Ω [2]
	6.2.6.2	電池驅動和氣動手持工具	0	0		< 1×10^{12} Ω [2]
	6.2.6.3	自動化的取放器	0	0	ESD DSP 10.1	1×10^5 Ω 至 1×10^{11} Ω
		工作服	0	0	ESD STM 2.1	
		防護材料標誌	0	0	ESD S8.1	
		濕度			N/A	> 30% Rh > 70%[2]
靜電放電包裝	6.2.4	導電性	0	0	EOS/ESD S11.11	< 1×10^4 Ω
		消電性	0	0	EOS/ESD S11.11 ESD DS11.12	√ 1×10^4 Ω 至 < 1×10^{11} Ω
		遮罩	0	0	ESD S11.31	< 50 nJ[2]
		低帶電	0	0	ESD ADV 11.2	
		防護材料標誌	0	0	EOS/ESD S8.1	

[1] 推薦範圍中的數值是通過上表中所提供的測試方法，標準及諮詢所獲得。關於其他測試方法的進一步指導，請參閱 2.2 章節。

[2] 這只是一個建議值，沒有被任何標準所採用。

[3] 該數值與當前的標準值有所不同。協調工作正在進行。

R – 必須實施程式或方法。

O – 選擇性實施程式或方法。

7. 附錄 A - 敏感性測試

7.1. 靜電放電敏感性測試

靜電放電敏感性測試技術文獻和失效分析資料表明，靜電放電失效是由於一系列的、複雜的，相互關聯的作用。一些影響靜電放電敏感性的因素，包括了靜電放電電流和能量，靜電放電的上升時間，零件設計，製造技術和零件包裝樣式。能量敏感器件的損壞是由於，電流流過雙極連接點，保護電阻器，或金屬氧化物半導體的保護電晶體。電壓敏感器件的損壞是由於，電壓超過了擊穿電壓。電子器件的靜電放電敏感性測試，無論是採用帶電器件模型（CDM），機器模型（MM）還是人體模型（HBM)，都能提供一個靜電放電敏感度，使之可用特定的參量與其他器件進行比較。任何特定模型所確定的器件之靜電放電敏感性（以伏特定義），並不一定是在製造， 製程或使用中的實際損壞電位水平。表 2 為各種靜電放電敏感性測試的標準和測試方法提供了一個參考。

7.1.1. 人體模型敏感度（HBM）

依照由人體模型標準所作的模型，靜電放電損壞來源於帶電的人體。這個測試模型表示，放電從人體的指尖傳到器件上的導電接頭。該模型通過一個開關元件，將充了電的 100 pP 電容器，在待測器件和與之相串聯的一個 1500 Ω 電阻器上放電。放電本身有 2 - 10 納秒上升時間，和大約 150 納秒脈衝寬度的雙重指數信號波形。使用 1500 Ω 串聯電阻器，意味著這個模型接近一個電流源。所有器件都應該被視為 HBM 敏感。器件的人體模型靜電放電敏感度，能通過選用一個參考的測試方法去測試確定。人體模型敏感度可以在 RAC VZAP，合格製造商，產品列單（OML-19500）或合格的製造商名單（QML38535）中找到。

7.1.2. 機器模型敏感度（MM）

機器模型的損害主要來源，是能量迅速地從一個被充電的導電體傳輸到器件的導電接頭。這個靜電放電模型是 200 pP 電容直接對 500 nH 電感器放電，沒有串聯電阻。由於缺乏限制電流的串聯電阻器，這個模型接近一個電壓源。在現實中，這個模型代表了，物件之間的迅速放電，譬如帶電的電路板裝置，帶電的電線或一個自動測試的傳導手臂。放電本身具有 5 - 8 納秒（nS）上升時間和大約 80 納秒周期的正弦衰減波形。

7.1.3. 帶電器件模型敏感度（CDM）

帶電器件模型的損害主要來源，是能量從一個帶電器件迅速地釋放。靜電放電完全不受器件影響，但器件與地面的距離，卻能影響實際的失效水平。該模型假定，當帶電器件的導電接頭與具有不同電位的金屬表面接觸時，會發生迅速放電。帶電器件模型測試標準的準備過程中的一個主要問題，是如何找到適當儀器測量放電過程。信號波形的上升時間經常是少於 200 微微秒。整個過程可能發生在少於 2.0 納秒的時間裏。雖然時間非常短，放電時電流卻能達到幾十安培的水平。

表 2：器件的靜電放電敏感度之測量參考

靜電放電模型	器件的靜電放電敏感度之測試標準及方法
人體模型（HBM）	ESD STM5.1 MIL-STD-883 方法 3015 MIL-STD-750 方法 1020 MIL-PRP-19500 MIL-PRP-38535
機器模型（MM）	ESD-STM5.2
帶電器件模型（CDM）	ESD DS5.3.1

7.2. 裝置，設備和設計強化

7.2.1 裝置，設備和設計強化指導原則

裝置和設備應該有防護電路或技術，以達到所期待的設計目標。根據類比模型，或是實際測試，來確定在裝置及設備靜電放電的敏感性。表 3 提供一個與裝置和設備敏感性測試相關聯之各種測試方法的快速參考。

7.2.2. 直接接觸，非操作裝置之身體 / 手指或手 / 金屬測試：

該模型可用於，核實在非操作情況下，裝置不會因為直接接觸到輸入或輸出及過渡介面的接頭而遭損壞。而這種危險存在於所有類型的裝置，請看表 3。

7.2.3. 直接接觸操作中的設備之手 / 金屬測試：

該模型可用於，核實在正常維護過程下，操作中的設備，不會因為直接接觸到操作員可觸到的接觸點和暴露出來的表面，而被損壞 (或引起不可恢復性錯誤)。這種危險只限於，操作員正在進行調整或維護活動的，運轉設備之中，請看表 3。

7.2.4. 間接接觸 , 操作中的設備之家具模型測試：

該模型可用於，核實在正常工作時，家庭或辦公室環境中操作的設備，不會因為設備附近間接接觸而被損壞（或引起不可恢復性錯誤）。這種危險存在於所有家庭或辦公室環境裡的電子設備，請看表 3。

表 3：裝置和設備之靜電放電敏感性測試參考

靜電放電裝置 / 設備模型	靜電放電測試標准或方法
人體 / 手指之人體模型（HBM）	IEEE STD C22.38（次級裝置）
手 / 金屬之人體模型（HBM）	IEC 1000-4-2 ANSI C23.12（設備）
家具模型	ANSI C23.12（設備）

8. 附錄 B - 相關文件

以下列出的文件提供進一步的參考。有些文件也許已被取消。然而，這個目錄提供了所有在本標準的準備中作為參考的文件。

8.1. 軍事 / 美國政府文件

PED-STD-101：「聯邦測試方法標準」

MIL-B-1 17：「袋子，套管和管子內部包裝」

MIL-PRP-81705：「隔離材料，靈活的，無靜電的，加熱密封的」

MIL-E-17555：「電子和電氣設備，輔助配件，和臨時物件（維修件）：包裝」

MIL-HDBK-223：「保護電子和電氣零件，裝置，和設備（不包括電動引爆裝置）之靜電放電控制手冊」

MIL-M-38510：「軍用微型電路的一般規格」

MIL-P-82242：「塑膠膜，導電性的，加熱密封的，靈活的」

MIL-PRP-87893：「工作站，靜電放電（ESD）控制」

MIL-STD-129：「運貨和存貯標記」

MIL-STD-1285：「電子和電氣零件之標記」

MIL-STD-1282：「保護電子和電氣零件，裝置，和設備（不包括電動引爆裝置）之靜電放電控制方案」

MMA-1985-79：版本 3，「評估摩擦生電的產生和衰減的標準測試方法」

8.2. 工業標準

ANSIAEEE-STD-142：「IEEE 綠皮書（工業和商用電力系統之 IEEE 推薦的接地實踐方法）

ANSI/EIA-225：「處理靜電放電敏感（ESDS）器件的要求」

ANSI/EIA-541：「電子產品的運輸包裝」

ANSI/EIA-583：「濕氣敏感物件的包裝材料標準」

ESD-ADV3.2：「空氣電離器的選擇和採納」

ESDSIL：「可靠性分析中心（RAC）靜電放電敏感物件名單」

EIA-471：「靜電敏感器件的標誌和卷標’」

IEC 21340-5-1：「電子器件的靜電保護：一般規定」

EN 100015-1：「基本規範：靜電器件的保護 - 第一部分：一般規定」

中 - 英對照

Requirement – 要求	Contrived Ground – 專用接地
Program – 方案	Marking – 標記
Organization – 單位	Equipment – 設備
Plan – 計劃	Handler – 取放機
Sensitivity – 敏感性，敏感度	Bonding – 連接
Assembly – 裝置，裝配	Ionization – 電離化
Procedure – 流程	Susceptibility – 感受性，敏感性
Guidance – 指導原則	Componente – 組件
ESDS – 靜電放電敏感的	Device – 器件
Code – 章程	Contrived Ground – 專用接地

附錄二：參考資料

1. 台灣是德科技「技術服務回饋日研討會」講義 www.keysight.com.tw/find/handouts
2. 探討儀器接地的考量（5988-8513ZHA）
3. 談校正的六個構面（5988-8524ZHA）
4. Microwave Connector Care（08510-90064）
5. RF & Microwave Test Accessories Catelog（5968-4314EN）
6. 台灣是德科技場地規劃要求（5989-0074ZHA）
7. 台電屋內線路裝置規則（台灣電力公司印製）
8. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所 IOSH 安全資料表

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight
透過個人化頁面查看與您息息相關的資訊

www.axiestandard.org
AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test (AXIe) 是基於 AvancedTCA 標準的開放標準，將 AdvancedTCA 標準延伸到通用測試和半導體測試領域。是德科技為 AXI 聯盟的創始會員。ATCA®、AdvancedTCA® 和 ATCA 商標為 PCI 工業電腦製造商協會在美國的註冊商標。

www.lxistandard.org
LXI 是繼 GPIB 之後推出的區域網路 (LAN) 標準，可提供更快速、更有效率的網路連結方式。是德科技為 LXI 聯盟的創始會員。

www.pxisa.org
PCI eXtensions for Instrumentation (PXI) 模組化儀器提供堅固耐用的 PC 式高效能量測儀器與自動化系統。

三年保固

www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty
除了享有卓越產品規格外，還可獲得與眾不同的產品擁有體驗。是德科技是全球所有量測儀器廠商中，唯一保證所有儀器皆享 3 年保固的廠商。

是德科技保固保證方案

www.keysight.com/find/AssurancePlans
是德科技提供長達十年保固，以避免任何意外的維修費用，確保儀器能夠在規格範圍內運作，讓您能永遠信賴儀器提供的量測準確度。

www.keysight.com/quality
是德科技—DEKRA Certified ISO 9001:2008 品質管理系統。

是德科技銷售夥伴

www.keysight.com/find/channelpartners
兩全其美：是德科技專業的量測技術與齊備的產品，搭配是德科技銷售夥伴的服務與彈性價格。

有關是德科技電子量測產品、應用及服務的詳細資訊，可查詢我們的網站或來電洽詢

聯絡窗口查詢：
www.keysight.com.tw/find/contactus

台灣是德科技網站：
www.keysight.com.tw

台灣是德科技股份有限公司

免費客服專線：0800-047-866

104 台北市復興南路一段 2 號 7 樓
電話：(02) 8772-5888

324 桃園市平鎮區高雙路 20 號
電話：(03) 492-9666

802 高雄市四維三路 6 號 25 樓之 1
電話：(07) 535-5035

本文件中的產品規格及說明如有修改，恕不另行通知。
© Keysight Technologies, 2016
Published in USA, January 7, 2016
中文版：5989-0073ZHA
www.keysight.com.tw