IOSH97-S305

電子業之靜電危害預防管理技術

The Management of Electrostatic Hazard Prevention in the Electronic Industries

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

IOSH97-S305

電子業之靜電危害預防管理技術
The Management of Electrostatic Hazard Prevention in the Electronic Industries

研究主持人：蘇文源、葉芳俊
計畫主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
研究期間：中華民國 **97** 年 **2** 月 **1** 日至 **97** 年 **11** 月 **30** 日

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
中華民國 **98** 年 **3** 月

摘　要

電子產品在製造、測試及運送等過程中，均可能因操作不當，而產生高壓靜電放電(ESD)，其將造成(1)人員靜電電擊、(2)火災及爆炸、(3)產品品質不良、(4)設備絕緣破壞等影響。隨著國內的電子資訊產業蓬勃發展，對於靜電敏感性元件之製造環境亦日趨嚴格。國內業者對於靜電對電子元件所造成之損害更是越來越重視，並且期盼能建立一套有效之靜電危害預防管理技術，以在電子產品生產過程中提供一最大程度之靜電防護環境。本計畫藉以導入國際電工委員會(IEC)之 IEC 61340-5-1 標準及美國靜電放電協會(ESDA)之 ANSI/ESD S20.20 標準爲基礎，而建立一整合性之『電子業之靜電危害預防管理技術』指引。

研究發現：（1）有關 ANSI/ESD S20.20 或 IEC 61340-5-1 標準之靜電放電防護方案，與其他常見之 ISO 9001、ISO 14001 或 OSHAS 18001 相比較，除應有之行政規定外，還包括一系列之技術規定。（2）ESDA 公布之相關標準較 IEC 完善，而 IEC 公布之相關標準雖層級較高，但較不完全，甚至多所引用 ESDA 協會標準。然依最新之 2007 年版 IEC 61340-5-1 已與 ANSI/ESD S20.20 已漸趨於一致。（3）ANSI/ESD S20.20 及其相關標準爲目前較被電子業界引用之防護與驗證標準，但基於 IEC 標準係爲國際標準，且向來多爲歐洲、亞洲國家（日本、韓國及大陸等）所採用，因此事業單位在建置防護方案時，仍可同時考量該兩標準之技術要求。

本計畫所建立之技術指引，係融合 ANSI/ESD S20.20 與 IEC 61340-5-1 標準，主要包括靜電防制計畫之建立通則、靜電防制品與設備、定期符合性驗證與稽查測試及靜電放電(ESD)防護系統驗證制度。在技術要求之項目上採兩者之聯集，而限制值上採其交集範圍，同時符合該兩類標準之技術要求。可提供電子業事業單位及檢查機構等參採，使生產過程中之靜電潛在危害降至最低，以減少工安事故與生產損失。

關鍵詞：靜電危害、靜電放電、管理

Abstract

During these manufacturing, testing and transporting processes of electronic product, electrostatic discharge (ESD) of high voltage may happen, because of the improper operation. It will cause: (1) An electric shock of person; (2) A fire and explosion accident; (3) The quality of the product go down; (4) Electrical insulation of the equipment is damaged, or influenced, etc.

As the rapid development of domestic electronic industries, the demand of a strict manufacturing environment for electrostatic discharge sensitive items (ESDS) is increasing. The damage of electrostatic in electronic components was deeply concerned in the domestic industries, and they have been looked forward to establish a management technique of electrostatic hazard prevention. Besides, few information and professional references have been available so far in Taiwan. Thus, to establish the related standards and documents, or to introduce the information of advanced countries, is important and helpful to the industries.

For this sake, we conduct to analyze and compile two standards for the control program of electrostatic hazard prevention in the electronic industries, including the IEC61340-5-1 edited by International Electrotechnical Commission (IEC) and ANSI/ESD S20.20 edited by Electrostatic Discharge Association (ESDA). Moreover, a technical guidance is established.

The study conclude：(1)The two standards have additional technical requirements than the general management systems, such as ISO 9001, 14001 and OHSAS 18001. (2)The ANSI/ESD S20.20 is perfect than the IEC 61340-5-1, but the two standards are harmonizing. (3)Currently，the ANSI/ESD S20.20 is adopted by more industries, but the IEC standards are adopted by the Europe and Asia ,so far. The proposed guidance has integreted the two standards, including the control program, equipments, materials, compliance verification, audit and certification.

Key words：Electrostatic hazard, Electrostatic discharge, Management

目錄

摘　要.....i
Abstract.....ii
目錄.....iii
圖目錄.....v
表目錄.....vi
第一章 計畫概述.....1
第一節 研究動機.....1
第二節 研究內容與方法.....3
第二章 靜電防制計畫之建立通則.....4
第一節 靜電對電子製造業之危害.....4
第二節 靜電防護計畫之建立.....6
第三節 靜電放電防護區 (EPA).....8
第四節 ESD 控制方案之行政要求.....11
第五節 ESD 控制方案計畫之技術要求.....15
第三章 靜電防制品與設備.....23
第一節 人員接地用手腕帶.....23
第二節 人員接地用鞋環.....25
第三節 防靜電鞋.....26
第四節 手套與手指套.....28
第五節 防靜電服裝.....28
第六節 防靜電包裝（袋）.....30
第七節 防靜電地板.....32
第八節 防靜電設備(機器、工具等).....33
第九節 防靜電工作表面（椅）.....34
第十節 棚/貨架 (存放架).....37
第十一節 可移動式設備(手堆車等).....38
第十二節 標示.....39
第十三節 環境濕度.....40

第十四節 防靜電手腕帶接地效能監測器.....41
第十五節 靜電消除器.....41
第四章 定期符合性驗證與稽查測試.....44
第一節 接地/搭接系統符合性驗證.....45
第二節 工作台面符合性驗證.....48
第三節 防靜電手腕帶符合性驗證.....50
第四節 防靜電手腕帶接地即時監測器符合性驗證.....52
第五節 防靜電鞋符合性驗證.....52
第六節 防靜電地板符合性驗證.....54
第七節 以防靜電裝服進行人員接地之符合性驗證.....56
第八節 防靜電服裝之符合性驗證.....57
第九節 防靜電座椅之符合性驗證.....59
第十節 防靜電移動式設備(手推車)之符合性驗證.....60
第十一節 靜電消除器（離子風扇）之符合性驗證.....61
第十二節 防靜電包裝材料之符合性驗證.....62
第五章 靜電放電防護系統驗證制度.....63
第一節 ESD 防護驗證之必要性.....63
第二節 國際 ESD 防護驗證標準.....64
第六章 結論與建議.....69
第一節 結論.....69
第二節 建議.....69
誌謝.....71
參考文獻.....72
附錄一 電子業之靜電危害預防管理技術指引.....74

圖目錄

圖 1　靜電危害預防管理技術工作架構.....3
圖 2　建立靜電 ESD 防護計畫流程圖.....7
圖 3　靜電防護計畫.....7
圖 4　EPA 區域範圍 (電子廠範例).....9
圖 5　配電系統 TN-S 接線方式下之防靜電接地方式.....17
圖 6　典型之單一ＥＳＤ防護工作站.....18
圖 7　常見 EPA 區域內之單一用電設備與 CPG 接點間之關係.....19
圖 8　常見 EPA 區域內之電源插座與 CPG 接點間之關係.....19
圖 9　EPA 區域內 CPG 接點之 ESD 防護工作桌.....20
圖 10　EPA 區域內之人員接地概要配置示例圖.....21
圖 11　防靜電手腕帶.....24
圖 12　防靜電鞋環.....26
圖 13　防靜電鞋之形式與種類(電子製造業).....26
圖 14　EPA 區域內工作桌並聯接地方式(建議方式).....36
圖 15　EPA 區域內工作桌串聯接地方式(不建議方式).....37
圖 16　EPA 區注意標示.....40
圖 17　ESDS 組件及設備之 ESD 注意標示.....40
圖 18　軍事領域之 ESD 防護包裝注意標示.....40
圖 19　交流電插座分析器.....46
圖 20　交流電電路測試器(阻抗計).....46
圖 21 接地/搭接系統符合性驗證示意圖.....47
圖 22　ESD 防護工作台面符合性驗證示意圖.....49
圖 23　靜電手腕帶符合性驗證(方法一).....50
圖 24　靜電手腕帶符合性驗證(方法二).....51
圖 25　防靜電鞋系統性電阻符合性驗證.....54
圖 26　防靜電地板符合性驗證.....55
圖 27 以防靜電裝服進行人員接地之符合性驗證.....57
圖 28　防靜電裝服(袖口對袖口)符合性驗證.....58
圖 29　防靜電座椅符合性驗證.....60
圖 30　靜電放電防護驗證程序.....64

表目錄

表 1 EPA 區域範圍 8
表 2 ESDS 物件敏感度 HBM 等級分類 10
表 3 ESDS 物件敏感度 MM 等級分類 10
表 4 ESDS 物件敏感度 CDM 等級分類 10
表 5 ESD 人員訓練計畫 12
表 6 ESD 符合性稽核查檢表 13
表 7 EPA 區域內 ESD 控制物品或方法 15
表 8 EPA 內之接地/等電位電阻要求 17
表 9 靜電防護區域(EPA)內人員接地電阻值要求 22
表 10 防靜電手腕帶之標準要求 25
表 11 人員/鞋/地板系統之標準要求 27
表 12 防靜電鞋及足部接地裝置之標準要求 28
表 13 防靜電服裝之標準要求 29
表 14 靜電防護包裝之測試方法（ANSI/ESD S541） 31
表 15 靜電防護包裝之測試方法 31
表 16 防靜電地板之標準要求 32
表 17 地板材質選用評估方式 33
表 18 防靜電工作表面之標準要求 35
表 19 防靜電座椅之標準要求 36
表 20 棚/貨架(存放架)之標準要求 38
表 21 可移動式設備(層板表面)之標準要求 39
表 22 靜電手腕帶接地監測器(連續性監控)之標準要求 41
表 23 靜電消除器之形式種類 42
表 24 靜電消除器選用考量要點 43
表 25 靜電消除器之標準要求 43
表 26 ESD 控制物品檢測頻率與方式 44
表 27 ESD 控制物品檢測頻率與方式 45
表 28 ESDA 協會對 ESD S20.20 標準之工廠驗證檢核表 67

第一章 計畫概述

第一節 研究動機

根據本所在民國 94 年期間進行過『工廠靜電危害成因分析』計畫，所完成之整體性工廠潛在性之靜電危害探討。經分析結果發現靜電危害事故以靜電所造成之火災爆炸惡性危害事故與產品設備損傷之劣性危害事故爲主；其中又以靜電放電(ESD, electrostatic discharge)對電子工業所造成之損失爲最嚴重。電子產品在製造、測試及運送等過程中，均可能因操作不當，而產生高壓靜電放電(ESD)，其將造成(1)人員靜電電擊、(2)火災及爆炸、(3)產品品質不良、(4) 設備絕緣破壞等影響。當接觸靜電放電敏感性零組件(ESD sensitive items)前未妥善接地時，則累積在人體、設備或產品上之靜電荷便可能經由產品進行放電。其所發生之危害除影響到產品的可靠度外，將可能間接使人員產生靜電電擊發生驚嚇引起二次危害，嚴重的話亦將引燃周遭作業製程所需之易燃性物質，引起火災或爆炸，因此靜電已爲電子工業中的一個隱形殺手。

另隨著科技的進展，半導體元件的奈米尺寸微縮化與電子產品功能的細密化，科學家們逐漸發現，電子設備裝置無故損傷或失效，是由於 ESD 所造成。無論是靜電電場或是靜電電流，均可能造成致命的危害或是潛在性的損傷。所以 ESD 問題爲目前電子工業最花代價的損害事故原因之一，根據美國靜電放電協會(ESDA)之資料，專家估計 ESD 對於美國電子工業的損害所造成之實際成本每年即高達數十億美金，此亦未包括潛在性的損失在內。據其他相關估計，由於 ESD 的產品損失範圍約爲工廠生產成本的 8～33%。而國內電子製造業發展蓬勃，對於靜電對電子元件所造成之損害更是越來越重視。因此，如何建立一套有效之靜電危害預防管理技術，以在電子產品生產過程中提供一最大程度之靜電防護環境，將是電子業界必須面臨的一大難題。

由於電子業產品設計的元件變得越來越精密且複雜，並對於 ESD 敏感性亦日漸升高，但由於靜電是無處不在，且靜電放電是不可預期的，對於靜電敏感性元件所造成之危害更是不可估測的，因此，在電子產品組裝技術中採取靜電防護措施，控制與消除靜電的產生將是確保電子組裝產品之品質與可靠性的必要手段。

但根據 94 年『工廠靜電危害成因分析』計畫所進行過的統計顯示，目前國內工業界絕大多數企業與勞工對於靜電防護的觀念與知識相當薄弱陌生，並且由於國內並無一套靜電防護之規範與標準可循。僅有部分國內電子業者開始逐漸採納國際慣用之 ESD 標準進行企業內部之靜電防護措施，以降低製造與使用過程中之生產災害與產品之故障率。在近 10 年以來，雖然國內電子製造業早已意識到施行 ESD 防護的重要性，但多僅對於製造及測試程序進行一些控制方面的修補工作。並未完整性對整個作業程業程序及環境進行控制與管理，因此要求採取對 ESD 的控制及適當之流程管理，並制定一套具整合性之靜電危害預防管理技術指引，以供業界參採，確保生產之安全性與產品之高良率及高可靠性等特點，即相當重要。

國內外對於建立靜電危害預防管理技術之相關規範及標準，應以國際電工委員會(IEC) 於 1998 年通過，2007 年修訂版之 IEC61340-5-1 標準、61340-5-2 使用指引；以及美國靜電放電協會(ESDA)於 1999 年通過，2007 年修訂版之 ANSI/ESD S20.20 標準/手冊，兩者最爲完整與權威。其 IEC 其標準位階最高，並受許多國家標準所採用及轉化。而另 ESDA 協會所制訂之靜電標準則最爲多元，其中包含了以靜電防護標準爲主體，並導入了 ESD 防制技術之施行、管理與檢驗等技術，其係爲一整合性且簡要式之靜電危害預防管理標準，且亦爲國際間大廠所廣爲採用的靜電防護標準。

因此，爲符合國際上之靜電防護標準，本計畫希藉以導入 IEC61340-5-1 及 ANSI/ESD S20.20-2007 兩大標準，建立一套具整合性之『靜電危害預防管理技術』，透過對電子產品、設備與材料等之靜電防護項目管理，及結合一套系統性之 ESD 防制技術之施行、管理與檢驗等技術，並制訂一技術指引以供業者參考，進而藉此針對個別工廠環境，研議出該公司所符合標準之靜電危害預防管理作業標準，並制訂標準作業程序(SOP)嚴格執行，使在生產過程中之靜電潛在危害降至最低，以減少靜電所引起工安事故與生產損失。除落實工廠安全外，更可提高我國產業的競爭力，進而達到保障勞工作業安全之目的。

第二節 研究內容與方法

本計畫將以美國靜電放電協會之 ANSI/ESD S20.20 標準爲基礎，並同時參採國際電工委員會 IEC61340-5-1 標準之相關技術規定，建立一套電子業之靜電危害預防管理技術指引，研究方法流程如圖 1 所示。工作項目分別如下所示：

（1）彙整美國靜電放電協會 ANSI/ESD S20.20 及國際電工委員會 IEC61340-5-1 之標準與指導手冊。

（2）建立電子業之靜電危害防制區域(EPA)的建置、管理及檢驗技術。

其包括『接地/搭接系統』、『靜電危害防制品與設備』及『靜電放電敏感性產品包裝』等技術要求。

(A) 接地/搭接系統：包括靜電防制區域內之固定式、移動式等設備器具之靜電接地與等電位搭接系統及人員接地。

(B) 靜電危害防制品與設備之採用與檢測技術：內容包括人員接地用手腕帶、鞋環、防靜電用工作服裝、防護鞋、包裝材料、手持工具、地板、工作桌、椅及離子靜電消除器等靜電危害防制品與設備。

(C) 靜電放電敏感性產品包裝材料之採用與檢測技術。

（3）建立一套電子業之靜電危害預防管理技術指引。

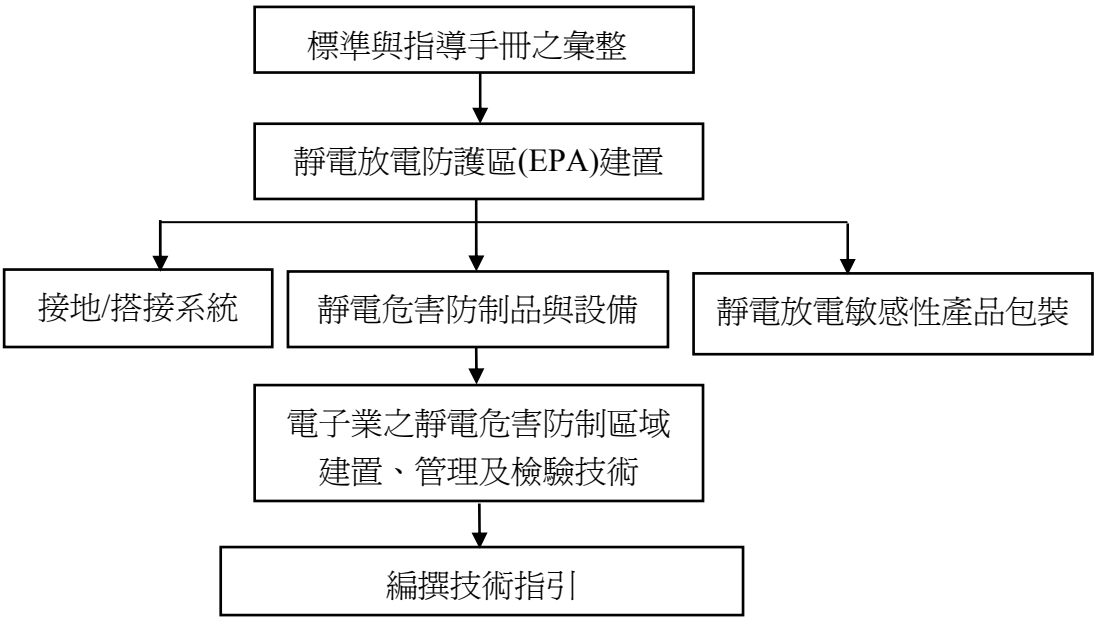

圖 1　靜電危害預防管理技術工作架構

第二章 靜電防制計畫之建立通則

隨著科技的進度，半導體元件的奈米尺寸微縮化與電子產品功能的細密化，科學家們逐漸發現，電子設備裝置無故損傷或失效，是由於靜電放電(ESD)所造成。無論是靜電電場，或是靜電電流，均可能造成致命的危害或是潛在性的損傷。

靜電在各種高科技產業中造成生產上的危害。所引發之靜電危害的原因是形成於電荷四周的電場所造成的。在電場中的帶電體會產生庫倫力、電場力及梯度力等作用，將造成灰塵附著、產品對機械附著或反彈等危害。當電場變強時，則會造成靜電放電而引發觸電、可燃性氣體爆炸、半導體 IC 等的破壞、電磁破壞及放電痕跡等的危害。

在這幾種效應中，靜電的放電效應所造成之危害最爲嚴重，此種放電導致電子元件的擊穿破壞，或對系統造成破壞，導致無法正常運作，一般稱爲 ESD 損害[2]。

因此對於製造生產靜電敏感性產品之作業製程或工廠，應建立有效的靜電防制對策或防護措施。例如工廠設備進行接地、降低生產速度或安裝靜電消除裝置等防制措施，並於靜電敏感區域設置靜電放電防護區(EPA)，使在生產過程中之靜電危害降至最低，以減少靜電所引起的工安事故或經濟損失。

第一節 靜電對電子製造業之危害

靜電主要之三種(放電、感應及靜電力)危害形式均會造成電子裝置設備、元件等的故障與損壞，靜電對電子產品的損壞可分爲[3][4]：

(1)靜電吸附力的污染：在靜電力的作用下，靜電對灰塵所產生的的吸附現象，會使半導體及 LCD 生產過程中造成產品污染，而導致不良率的增加。降低 IC 積體電路的質量，甚至造成積體電路和 IC 的損壞。

(2)訊號失真或元件損壞：在微處理器或其他電子電路元件上，可能透過電力平面或是訊號線，將靜電放電釋放的暫態能量耦合至內部電路，造成訊號判讀錯誤或電路上的元件損壞。

(3)熱效應：對 MOS、BJT 元件而言，可能會因所流過的暫態電流擊穿 P-N 接面，或因暫態電流在 P-N 接面造成熱效應而形成”熱崩潰”，對元件整體造成

損傷。

(4)電磁輻射干擾(Electromagnetic interference；EMI)：伴隨靜電放電所產生的電磁場，對於電子設備將產生部分或完全性損壞，降低元件之可靠度；電場方面可能造成：

(A) MOS FET 氧化層崩潰

(B)多層板的介電質崩潰，使得電路短路或斷路

(C)減少 IC 壽命或直接損壞 等

磁場方面則會使得兩金屬或傳輸線間，因磁通產生互感效應，直接影響訊號的完整性。

(5)製作過程損壞：當零件在生產線製造時，如遇靜電放電，有可能因而生產出瑕疵品，一般而言，若半導體設備並無進行相關之靜電放電防護措施，通常無法承受超過 300V 的瞬間電壓。

(6)火災或爆炸：一些易燃液體或氣體，若無做好靜電放電防護措施，可能在製造或運送過程中，產生靜電放電所造成之燃燒或爆炸等災害。

(7)物理性傷害：靜電放電(ESD)會對次微米半導體元件會造成破壞。靜電放電會產生燒毀、打穿、劣化半導體金屬層或發生潛在性失效等現象。ESD 對電子元件所造成的損害，其主要以兩種物理性傷害的形式：可分成硬性或軟性損害。

(A)硬性損害：又稱永久性失效或直接性物理傷害，其爲一次性造成元件介質擊穿、燒毀。其破壞性的不可自然的恢復其使用功能，造成的損壞會形成電子元件的直接性及永久性的損壞。

(B)軟性損害：又稱暫態性失效或潛在性物理傷害，其造成設備裝置的性能劣化或參數指標下降，電子元件存在間斷性的不良但會自行修復或性能不穩定。元件可能在短期間仍可使用，但對於抗靜電能力下降，幾次使用後將完全損壞。軟性損害不易察覺，具有潛在隱蔽之特性，危害更大。

硬性損害的特徵較明顯，一般而言，可以在設備裝置組裝或插套件板出廠交貨前檢查出來。當靜電放電能量達到一定量時，將導致積體電路的爆炸，並造成晶片完全燒毀裸露、人員傷害、設備故障、成本增加。軟性損害通常在最後質量檢驗中很難被發現。在使用時，靜電造成的電路潛在性損傷，將會使其參數變化、品質劣化、壽命降低，當設備運作一段時間後，將

隨著溫度、時間或電壓的變化，出現各種故障現象，導致無法正常工作。

如果受損的 IC 晶片是屬於一些重要的控制系統，如網路中心控制系統、自動控制系統、生產調度控制中心、電子作戰指揮系統、自動導航系統、火箭發射控制系統，其所造成的危害將是難以預料的，這樣的潛在性損傷，實際上將具有更大危害，造成的直接和間接性損失更爲嚴重。

另外靜電感應和靜電放電時所產生之電磁脈衝亦具有一定危害，靜電放電一般會將伴隨著產生一暫態性，頻寬爲數百 KHz 至數十 MHz，電位高達數十 mV 的高電壓、電流、電場、寬頻電磁脈衝干擾，即可使靜電放電敏感元件(Electrostatic Discharge Sensitive：ESDS)破壞。這亦將可能對許多設備及人體均會造成影響。

在靜電危害的幾種類型中，以 ESD 損害最爲突出，其特點爲隨機性與不易察覺性。根據相關文獻指出，ESD 所引起之元件損傷，90%爲潛在性的軟性損害，10%則爲立即性失效的硬性損害損傷類型。

電子產品在生產製造、加工、組裝、運送、使用等過程中，整個流程都飽受靜電放電(ESD)的威脅，若無適當的防護措施，將導致產品受到破壞而無法銷售。目前靜電放電引起的元設備裝置擊穿損害爲電子工業最普遍、最嚴重的靜電危害。根據相關資料證實，現今電子產業生產過程中，半導體的損壞的有 59%是因爲靜電的防護不當造成的損壞損壞電子元件。因此除了在電子元件的設計上，加入靜電放電保護電路外。因此對於易產生靜電危害之作業製程或工廠，應建立有效的靜電防制對策或防護措施。

第二節 靜電防護計畫之建立

進行工廠靜電防護的第一步，即爲成立 ESD 防護小組，藉以評定該公司、工廠或流程內部因靜電所造成之損失，制訂靜電防護計畫。並藉由該計畫，逐步建立、落實及稽核各項防護措施，其程序如圖 2。該計畫應分爲技術面及行政管理面，其中應包括三方面：施行範圍、作業、活動、流程及程序等內容，主要應具有四大目標：環境控制、人員控制、包裝材料控制及人員訓練等，如圖 3 所示。藉由靜電防護計畫，將可有效達到下列成效[6]：

(1) 可避免產品受到靜電放電(ESD)或電氣過壓(EOS)直接性損害。

(2) 避免基礎性設備因 ESD 而故障。

(3) 避免在產品生產操作過程中，因靜電使操作受到阻礙。經由靜電控制，間接將可增加產品生產速度及穩定性。

(4) 在重要的產品表面上，可防止因靜電吸引微塵浮粒污染產品。

(5) 在某些生產環境中，可減少空間中之微塵浮粒(例如：無塵室)。

(6) 降低因靜電放電所造成之人員損傷風險。

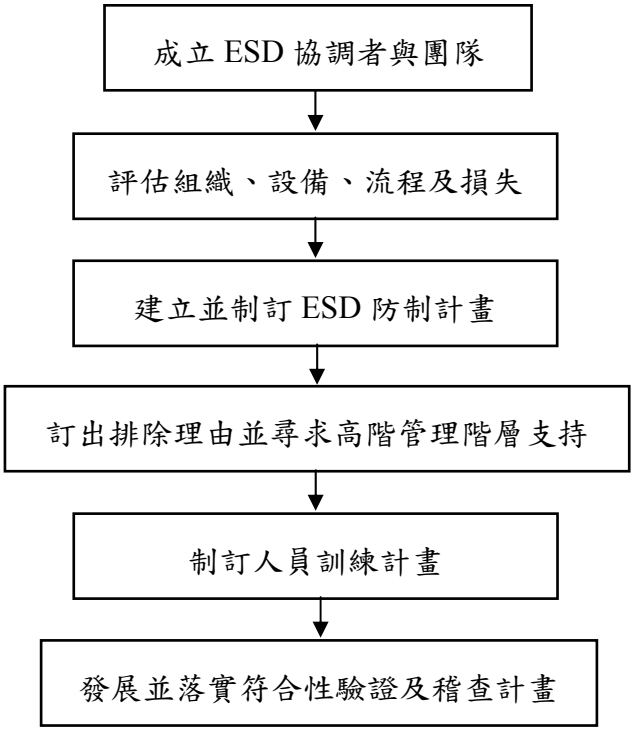

圖 2　建立靜電 ESD 防護計畫流程圖

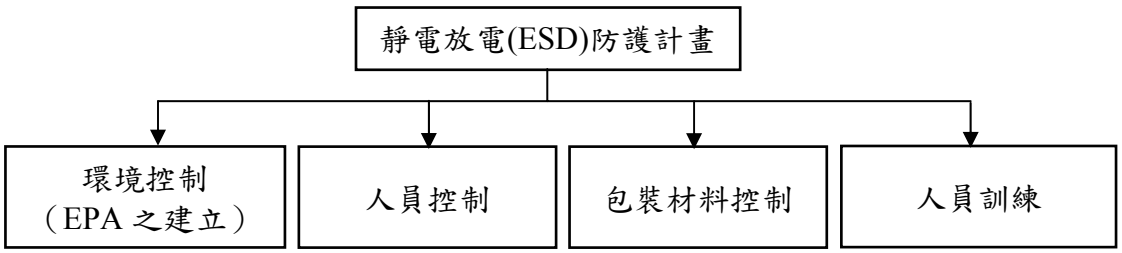

圖 3　靜電防護計畫

第三節 靜電放電防護區 (EPA)

靜電放電防護區(ESD proected area；EPA)，係指具有能力處理靜電放電敏感性(ESDS)產品之工作區域，該區域將受到靜電場或靜電放電損害並提供防護之區域；在搬運或處理 ESDS 零組件之區域或需施行接地的導電/靜電消散材料(含人員)等區域。凡 ESDS 物料流(設計、生產、檢測、測試、儲存、出貨、安裝、使用、維修、換修等階段)動線區域均應涵蓋在 EPA 工作區域內，其範圍包括：組裝生產線、測試檢測區等，如表 1。EPA 區域可以是由一個工作台、整個房間或整棟建築物所組成。如圖 4 所示[5]。區域內之所有導體(包括人員)均應被搭接或電性連接至大地或同一共同接地點，以確保所有物件與人員均處於同一電位。當維持等電位時，儘管電位值大於零電位，仍可達到靜電防護之功效。但區域內之非導電物體，並無法藉由接地洩散電荷，因此應採適當之措施(如裝置電離子產生器)，降低必須要性非導體所可能產生之靜電危害風險。

此外，保護區域之警告標示應張貼於工作人員進入保護區域之入口處，並且須清晰可見。唯有完成適當之 ESD 訓練的人員，方能進入 EPA 區域內，未受過訓練的人員需進入 EPA 區域時，應由已受過訓練之人員陪同。

表 1　EPA 區域範圍

EPA	收料區
	進料檢驗區
	儲藏室、倉庫
	組裝生產線
	測試及檢測區
	研發室
	包裝區
	現場維修區
	實驗室
	潔淨室/無塵室

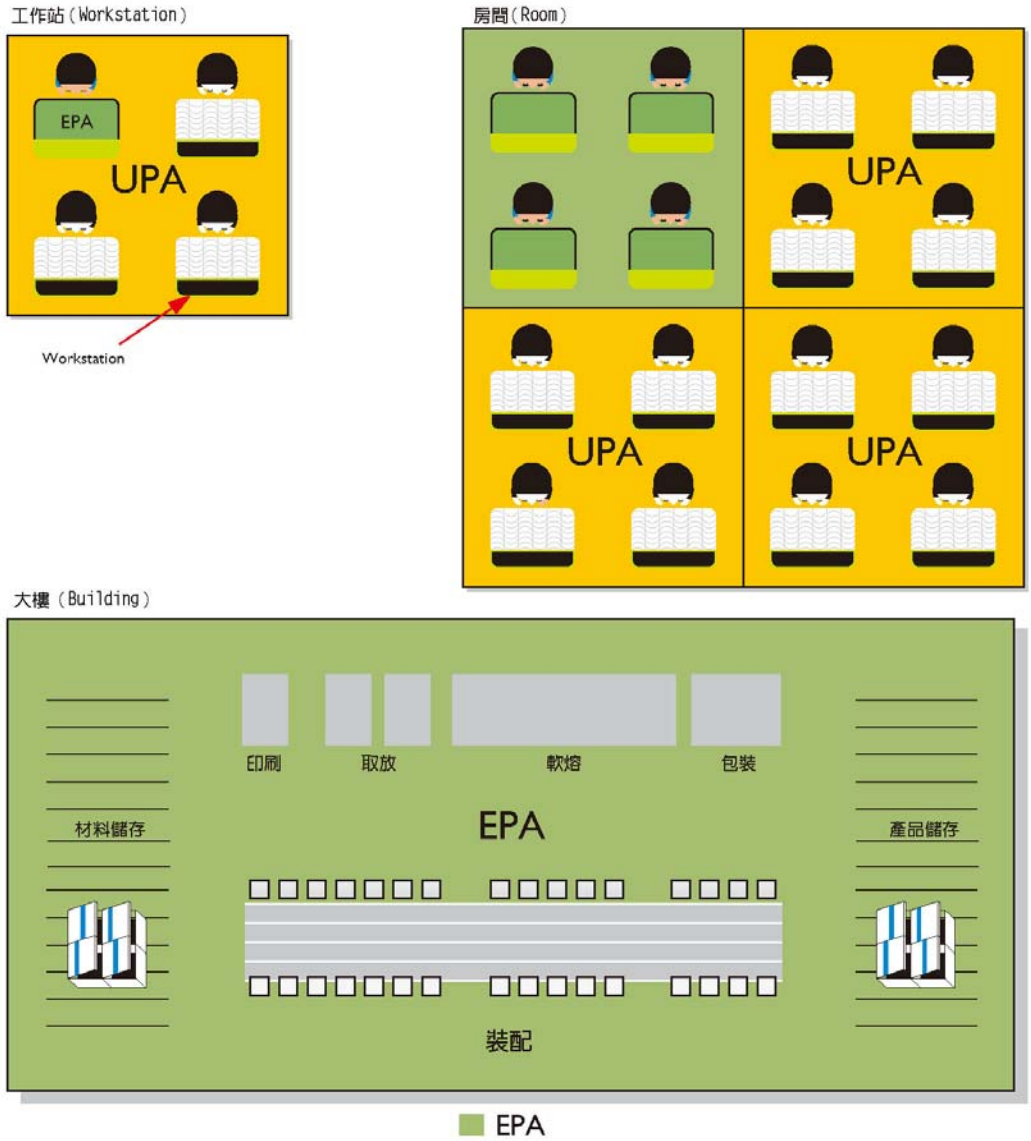

圖 4　EPA 區域範圍 (電子廠範例)

電子工廠應根據其所生產製造之靜電敏感裝置/元件(ESDS)之靜電防護要求，設置爲標準之 EPA。因此確認產品的靜電放電敏感度是建置 ESD 控制方案的重要關鍵。唯有充分掌控了 ESDS 物品之敏感程度，才能有效制訂 ESD 控制方案與採取合理的科學防制措施，選擇具體的靜電放電控制流程與材料。ESDS 零組件之敏感度分類，其限制資料來源可藉由元件製造商或供應商所提供；若爲特定規格則需自行制訂 ESDS 測試程序進行分析測試。其分類包括：人體模型(Human Body Model；HBM)(如表 2 所示) [7]、機械模型(Machine Model；MM)(如表 3 所示) [8]、充電元件模型(Charged Device Model；CDM) (如表 4 所示) [9]等。由於各元件之靜電敏感度之不同，其所必須採取之靜電防護

等級亦應不同。一般而言，當元件/零件越小型化時，其本身對 ESD 敏感度亦越高。

表 2　ESDS 物件敏感度 HBM 等級分類

等級	電壓限值(V)
Class　0	<250
Class　1A	250~500
Class　1B	500~1000
Class　1C	1000~2000
Class　2	2000~4000
Class　3A	4000~8000
Class　3B	≧8000

表 3　ESDS 物件敏感度 MM 等級分類

等級	電壓限值(V)
Class　M1	<100
Class　M2	100~200
Class　M3	200~400
Class　M4	≧400

表 4　ESDS 物件敏感度 CDM 等級分類

等級	電壓限值(V)
Class　C1	<125
Class　C2	125~250
Class　C3	250~500
Class　C4	500~1000
Class　C5	500~1500
Class　C6	1500~2000
Class　C7	≧2000

爲減少感應電場 CDM 的危害，ESD 方案應包括處理過程中必要之絕緣體的防制措施。若靜電場操過 2kV/inch 時，必須採取下列之一的措施：

(1)將絕緣體與 ESD 敏感性裝置相隔離 30cm (12 inches)的距離。

(2)使用靜電消除器或其他減少帶電之技術來中和電荷。

所有非必要的絕緣體，例如：咖啡杯、食品包裝袋、個人用品等，均不應出現於 EPA 作業區域內，並且不可靠近被操作而並無 ESD 防護的 ESDS 物件。

第四節 ESD 控制方案之行政要求

ESD 控制方案，係指企業內部應建立、實施並維持一個或多個 ESD 控制方案，方案應包括各相關部門與階層爲達 ESD 控制目標之責任分派；及達到目的之方法與時程。其內容應包括行政與技術要求。將須處理敏感性高之物體，根據此方案予以文件化。並依照此方案要求組織應建立、文件、實施、維持及查核方案之符合性。

企業組織內部應指派一位或一團隊爲 ESD 控制方案的經理或協調者，其應依據標準之要求，定期查證該方案之符合性。

由於 ASNI/ESD S20.20 標準[11]或 IEC 661241-5-1 標準[13]，可能不完全適用於所有應用，因此企業依據標準制訂 ESD 控制方案時，必須經由實際評估應用的每項要求之適用性。並根據評估結果，視需求增加、修改或刪除方案。

一個完善的 ESD 控制方案，應將方案中各項要求逐一列出，其中包括：人員訓練計畫；防制品與設備之符合性查證；接地及等電位搭接系統；人員接地；EPA 區域要求；ESDS 產品包裝及標示等。

另 ESD 控制方案係屬實施與查驗方案之指導文件。ESD 控制方案可依據組織內部之品質管理系統(例如：ISO 9001 等)建立相符合之管理文件與程序，僅需額外增加 ESD 技術性控制即可。

此外，根據 ASNI/ESD S20.20 中規定，對於進行 ESD 防制時，公司內部各級單位均應制訂一套『靜電放電控制方案計畫』。並且該靜電放電控制方案係屬 ESD 防制驗證審核的重要內容，缺此項者，稽查員將判定爲嚴重缺失，不准給予通過驗證審查。

(1)人員訓練計畫

訓練計畫應對於從事處理或接觸 ESDS 物品的所有工作人員，提供有關靜電認知之職前和週期性(每月或每季)訓練。針對需處理 ESDS 物品的人員應提前施行職前訓練。在訓練計畫中應明確規定對於人員實施各類型及週期性的 ESD 訓練。所有的訓練頻率、形式及程序均應將文件化，並將此訓練登錄於每位受訓人之個人在職訓練履歷中。訓練方式及施行步驟等，可由組織內部自行考量。訓練計畫應包含組織所選用的成效評鑑方式，以查核受

訓人員之理解與訓練之適當性。

表 5　ESD 人員訓練計畫

訓練計畫	性質	內容	訓練重點
職前訓練	初訓	係指從事ESD工作前的職前訓練	ESD 認知及防制知識
週期性訓練(在職訓練)	複訓	係對 ESD 工作給予定期復訓	對於當前作業的檢討、工作重點的提示及新 ESD 知識

(2)符合性查證計畫

爲確保組織履行 ESD 控制方案計畫的技術要求，應於在 ESD 控制方案計畫之行政要求中，建立符合性查證計畫。根據此查證計畫的技術要求，將查證實施與監督(量測)過程，及量測方法、步驟、限制與頻率等資料文件化。並且爲確保稽核的一致性，應建立 ESD 防護符合性稽查查核表，如表 6 所示。查證計畫應包含技術要求的例行性檢查，其檢查頻率須取決於管制對象的用途、耐久性及相關失效風險等因素。另應建立定性或定量歷史資料，以利於趨勢分析，並可作爲建立稽核頻率及矯正措施計畫參採。

此外，若組織使用之測試方法爲引用控制方案計畫以外之任一參考標準資料，均必須制訂說明文件並且納入 ESD 控制方案計畫內。符合性查證記錄應建立並維持提供證明符合技術要求。選用之檢測設備應符合標準規定，並定期校正，校正報告亦應納入 ESD 控制方案記錄中。

表 6　ESD 符合性稽核查檢表

NO	稽　核　項　目	Y	N	備 註
設施				
1	若溼度爲 ESD 管制方案的管制項目，紀錄上顯示其符合要求嗎？			
2	監視溼度的設備具有效校正指示嗎？			
3	如果溼度超出範圍，作業人員知道程序上對此的要求嗎？			
4	ESDS 作業區域清楚標示限制進入 ESD 管制區者只有 ESD 驗證過的人員及排除訪客？			
5	已鑑別所有 ESD 保護工作站？			
6	所有 ESD 保護工作站已正確接地？			
7	在所有 ESD 保護工作站有書面要求佩帶靜電環和設備接地？			
8	當使用 ESD 保護地板材料時，正確接地？			
9	所有設施的人員已經依 ESD 管制程序訓練？			
工具和設備				
1	在流程設備(如：波焊爐、自動插件機…)上的金屬機箱接地？			
2	已安裝並正確鑑別靜電環接地點於製程設備上？			
3	定期依據 ESD 管制方案計畫測試離子風扇的輸出及平衡？			
4	測試烙鐵，從焊頭到共同接地電阻，以防止 EOS 損及零件？			
5	由靜電消散材料製程的夾具，能阻止磨擦放電？			
6	用到 CRT 的設備(如：示波器、終端機)有保護 ESDS 硬體？			
ESD 保護工作站及管制區				
1	已鑑別出所有 ESD 保護工作站？			
2	對所有 ESD 保護工作站的驗證是否有效並可見？			
3	ESD 管制區清楚地鑑別出給所有人員？			
4	在 ESD 管制方案計畫內規定使用必要的靜電產生材料(如：塑膠測試設備外殼、安全外罩、放大鏡…) ？			
5	是否有非必要的靜電產生物料在工作站或在工作區內？			
6	離子風扇是否已除去會產生靜電的 tape(如：波焊用)？			
7	所有 ESD 保護工作站正確接地？			
8	所有接地連接點接到相同的共同接地點？			
9	共同接地點清楚鑑別出來？			
10	靜電環接地於在 ESD 保護工作站上的連接點清楚鑑別出來？			
人員				
1	當使用 ESD 保護地板時，是否穿戴足部接地裝置或導電鞋？			
2	當使用 ESD 保護地板或鞋時，人員是否依既定排程檢查持續接地狀況？			
3	坐著的人員所戴的靜電環是否接地於 ESD 保護工作站？			
4	當連續接地監測器未被使用，是否定期檢查靜電環並追蹤？			
5	靜電環檢查器及連續接地監測器是否定期檢查並維持？			
6	拋棄式足部接地器是否限制只使用一次？			
7	是否維持靜電環及足部接地器的測試紀錄？			
8	當要求穿靜電保護衣時，是否正確穿著？			
9	非必要的人員物品遠離 ESD 管制區？			
10	是否在 ESD 管制區的所有工作人員都已經通過驗證或有合格人員陪同？			
11	進入到 ESD 管制所有的人員是否都受過訓？			

(續上表)

NO	稽　核　項　目	Y	N	備註
人員				
1	當使用 ESD 保護地板時，是否穿戴足部接地裝置或導電鞋？			
2	當使用 ESD 保護地板或鞋時，人員是否依既定排程檢查持續接地狀況？			
3	坐著的人員所戴的靜電環是否接地於 ESD 保護工作站？			
4	當連續接地監測器未被使用，是否定期檢查靜電環並追蹤？			
5	靜電環檢查器及連續接地監測器是否定期檢查並維持？			
6	拋棄式足部接地器是否限制只使用一次？			
7	是否維持靜電環及足部接地器的測試紀錄？			
8	當要求穿靜電保護衣時，是否正確穿著？			
9	非必要的人員物品遠離 ESD 管制區？			
10	是否在 ESD 管制區的所有工作人員都已經通過驗證或有合格人員陪同？			
11	進入到 ESD 管制所有的人員是否都受過訓？			
ESD 包裝材質				
1	從 ESD 保護工作站移動所有 ESDS 物件時,是否都放置於 ESD 保護包裝或容器內？			
2	當從一地轉移至另一地時， ESDS 硬體的保護是否足夠？(從波焊機至清洗機)			
3	是否所有零件在 ESD 保護工作站用桶裝方式作爲組裝製程之用，皆以 ESD 保護材料包裝？			
4	是否包含 ESD 物件的 ESD 保護包裝材料正確標示？			
5	ESD 保護包裝材料是否正確封包？			
6	ESD 保護包裝材料在是否在重複使用前測試過？			
收料和檢驗				
1	當需要時，供應商是否在出貨包裝上鑑別出 ESDS 物料？			
2	當需要時，在收料資料上註記：鑑別 ESDS 物料？			
3	當需要時，爲確保正確標示及處理/運送，是否有料號讓人員鑑別 ESDS 物料？			
4	是否處理/運送 ESDS 物料，藉由檢查身份及勿須解開包裝的最起碼的方式進行？			
5	是否所有收料及進料檢驗的人員都經過驗證合格，才處理/運送 ESDS 物件？			
6	當 ESDS 物件離開 ESD 保護工作站前，是否對其正確鑑別及包裝？			
7	當 ESDS 物件必須打開，是否由在 ESD 保護工作站內且經驗證合格的人員打開？			
採購				
1	是否 ESDS 敏感零組件訂出於採購規格文件內？			
2	是否要求採購人員通過 ESD 驗證或訓練過？			
3	是否對 ESDS 的協力廠商及供應商要求 ESD 管制方案並定期稽核他們？			

第五節 ESD 控制方案計畫之技術要求

ESD 控制方案所需之各項技術要求應符合 ASNI/ESD S20.20 或 IEC 61340-5-1 之技術要求規定，如表 7 所示即為 ASNI/ESD S20.20 對 EPA 區域內之技術要求。對 EPA 區域內之靜電防護品及設備均必須經過事先核准與檢測。而有關接地與等電位搭接之要求如下：

表 7 EPA 區域內 ESD 控制物品或方法

規範層面	ESD 控制項目		產品規格[1]		符合性檢測	
			測試方法	必要管制值	測試方法	必要管制值
EPA	工作檯面		ANSI/ESD S4.1	<1.0 x $10^9\Omega$	ESD TR53 工作檯面	<1.0 x $10^9\Omega$ 對地電阻
			ANSI/ESD STM4.2	< 200 V		
	靜電腕帶	腕帶接地連接導線	ANSI/ESD S1.1	0.8 x $10^6\Omega$ ～ 1.2 x $10^6\Omega$	腕帶系統符合性檢測，請參閱表 9。	
		環帶	ANSI/ESD S1.1	< 1 x $10^5\Omega$ (內面)		
				> 1 x $10^7\Omega$ (外面)		
		使用壽命	ANSI/ESD S1.1	>16,000(次)		
	鞋具(類)		ANSI/ESD STM 9.1	<1.0 x $10^9\Omega$	請參閱表 9	請參閱表 9
	足部接地器 (鞋環帶)		ESD SP9.2	<1.0 x $10^9\Omega$	請參閱表 9	請參閱表 9
	地板		ANSI/ESD S7.1	<1.0 x $10^9\Omega$	請參閱表 9	請參閱表 9
	座椅		ANSI/ESD STM12.1	<1.0 x $10^9\Omega$	ESD TR53 座椅	<1.0 x $10^9\Omega$ 對地電阻
	靜電消除器 (非房間系統)		ANSI/ESD STM3.1 -放電時間 -殘餘電壓	使用者自行定義 < ±50 V	ESD TR53[3] -放電時間 -殘餘電壓	使用者自行定義 < ±50 V
	靜電消除器 (房間系統)		ANSI/ESD STM3.1 -放電時間 -殘餘電壓	使用者自行定義 < ±50 V	ESD TR53[3] -放電時間 -殘餘電壓	使用者自行定義 < ±50 V
	貨架(存放架)		ANSI/ESD S4.1	<1.0 x $10^9\Omega$	ESD TR53 (工作檯表面)	<1.0 x $10^9\Omega$ 對地電阻
	移動式設備 (工作檯表面)		ANSI/ESD S4.1	<1.0 x $10^9\Omega$	ESD TR53 (移動式設備)	<1.0 x $10^9\Omega$ 對地電阻
	連續性監測器		使用者自行定義	使用者自行定義	ESD TR53 監測器(持續監控)	製造廠商訂定
	工作服裝		靜電控制防護衣 ANSI/ESD STM2.1	<1.0 x $10^{11}\Omega$	ESD TR53 工作服	<1.0 x $10^{11}\Omega$
			靜電控制防護衣 (可接地型) ANSI/ESD STM2.1	<1.0 x $10^9\Omega$	ESD TR53 工作服	<1.0 x $10^9\Omega$
			靜電控制防護衣系統(可接地型) ANSI/ESD STM2.1	<3.5 x $10^7\Omega$	ESD TR53 工作服	<3.5 x $10^7\Omega$

1. 當首次選擇 ESD 管制產品與材料時，通常需先檢驗產品的品質。可以使用下列方法來進行：檢查產品規格、利用獨立實驗室作評估、或利用內部實驗室作評估。
2. 這些管制值適用於多電阻測試方法
3. 有關靜電消除器定期測試的詳細資訊，請參閱 ANSI/ESD SP3.3。

(1)EPA 區域內之接地與等電位搭接系統

一般情況下，物體在起電過程中，總伴隨著靜電的消散現象(若不發生空氣放電，則消散的主要方式即爲洩漏)。當起電電流與洩漏電流(放電電流)達到動態平衡時，此時，物體之靜電電位即達到穩定值。當施行靜電危害之防制時，應將被絕緣之金屬設備/元件等導電性物件施行接地，以保持導體具有低接地洩漏阻抗、低靜電電位及存在有極小之帶電量，避免產生靜電放電危害事故。

防靜電接地系統之設備與採用即爲避免靜電累積及消除靜電危害之關鍵措施之一，亦爲有效地解決靜電防護接地與其他接地系統間之有效與安全性問題。

電子生產場所中，當某一帶靜電體對大地靜電電位高於周遭物體對大地靜電電位時，當其電位差達到某一限值，高電位體即可向周遭低電位物體產生靜電放電現象。爲避免此情況發生，應將靜電防護區(EPA)區域內之設備、金屬導體、工作器具、人員及各類防靜電裝備(用品)等，進行等電位搭接，以解決靜電放電之問題。

靜電接地之電阻值其須針對每一個具體之危險場所、危險物質之最小點火能量大小、允許存在之最高靜電電壓及靜電起電電流等因素綜合考慮後方能確定。然而一般可歸納如下：(a)靜電接地所要求之電阻值，於各標準間雖大同小異。但以靜電危害防制爲目的時，應在 1MΩ 等級。另在靜電領域內所提之「接地電阻」應係指接地電極之接地電阻，一般情況下，該值應小於 1kΩ。(b)若採靜電接地和其他目的(如低壓配電接地系統等)之接地系統，共存於同一建築物時，建議可共用同一接地電極接線方式。並且其接地電阻應取其中之最低電阻要求值，一般爲小於 10Ω。一般性生產作業場所，當靜電接地系統與工業用低壓配電接地系統採用共接同一接地電極之接線方式時，若無其他特殊要求時，則建議採用『TN-S 配電系統』之接線方式(見圖 5)。

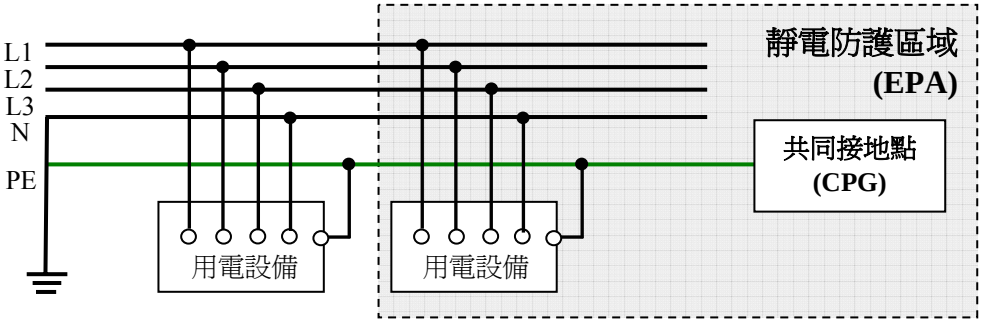

圖 5　配電系統 TN-S 接線方式下之防靜電接地方式

根據美國靜電放電協會(ESDA)標準 ESD S6.1[10]及 ESD 20.20 要求，爲確保 EPA 區域內之 ESDS 零組件、人員及相關導體(如：移動式設備)均處於同電位之狀態，並連接至設備接地。參酌表 8 選擇適當之接地/搭接建置方式。另任何於區域內所採用之輔助接地(水管、建築鋼構、地樁等)，亦應搭接至設備接地點，藉使輔助接地與設備接地搭接在一起，以降低兩者間之電位差。若使用環境中無法使用設備性或輔助性接地時，則應採取等電位搭接系統。此外，EPA 區域內之施行接地(見圖 6)時，亦應注意下列事項：

(A) G1(主要電源配電盤之大地接地電極)或 G2(設備或輔助接地)均可作爲 ESD 接地方式，但同時採用 G1 與 G2 時，兩者應施行搭接。

(B) 所有防靜電手腕帶，均應串連一限流電阻 R1，通常爲 1MΩ。

(C) 採用高導電性工作台面(例如：不鏽鋼) 應避免 R2 電阻，並直接連接至設備或輔助接地，但於供電系統中應考慮加裝漏電斷路器(。

(D) 是否使用 R2 電阻(適用於靜電消散工作平面)及 R3 電阻(適用於 ESD 防護地墊)應由使用者自行決定。若使用 R2 或 R3 時，其電阻值建議由 ESD 防護設備製造商制定。但若採用 ESD 防護地板時，則不需 R3，應直接與設備或輔助接地等相接。

表 8　EPA 內之接地/等電位電阻要求

	執行程序	必要限制值
接地/搭接系統 (自 CPG 點)	設備接地導線 (線阻抗)	<1.0Ω (AC 阻抗)
	輔助接地系統	<25Ω (至設備接地導線)
	等電位搭接	$1.0\times10^{9}\Omega$[1]

1.ESD 防護技術元件與共同地點間之最大電阻

原則上，交流電源中第三條導線(綠色線)之設備接地，可作爲接地方式的第一選擇，如圖 7、圖 8。若因其他限定條件，無法採用此方式時，作業人員應透過防靜電腕帶或其他接地措施，與 ESD 敏感性物件中任一導電元件相連結，以確保所有元件均應處於同一電位之狀態。

另 EPA 區域內之共同接地點(CPG)應與 AC 低壓供電接地系統共接，如圖 6～圖 9 所示。自『桌邊腕帶插孔』至『CPG 共同接地點』間，其線路間電阻(R_{dc})應小於 1Ω，自『CPG 共同接地點』至『AC 設備接地點』間，其線路間電阻(R_{dc})應小於 1Ω，自『AC 設備接地點』至『主配電箱中性線匯流排』間，其線路間阻抗(Z_{ac})應小於 1Ω。此外，若除設備接地外，亦採用分離式輔助接地方式，其兩者間應施行搭接，以降低電位差。

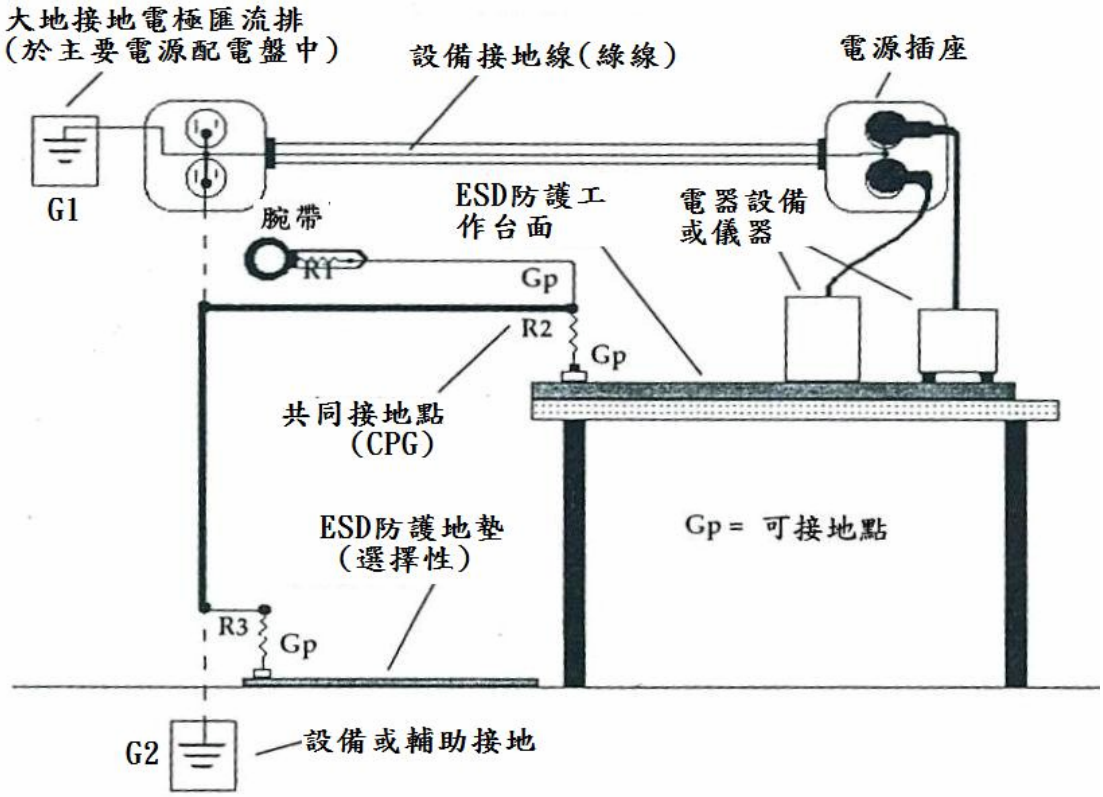

圖 6　典型之單一ＥＳＤ防護工作站

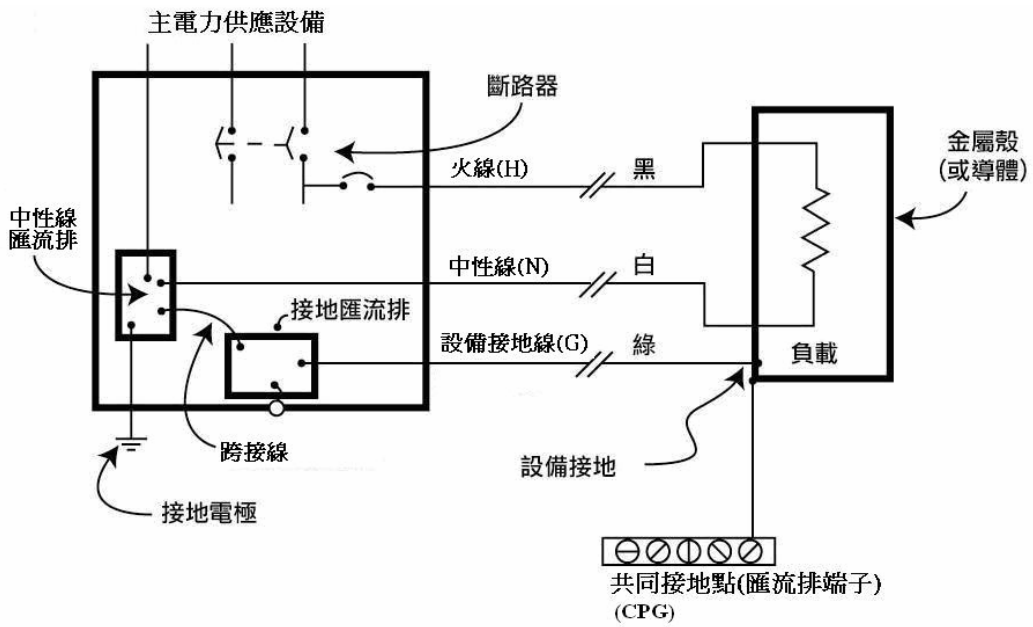

圖 7　常見 EPA 區域內之單一用電設備與 CPG 接點間之關係

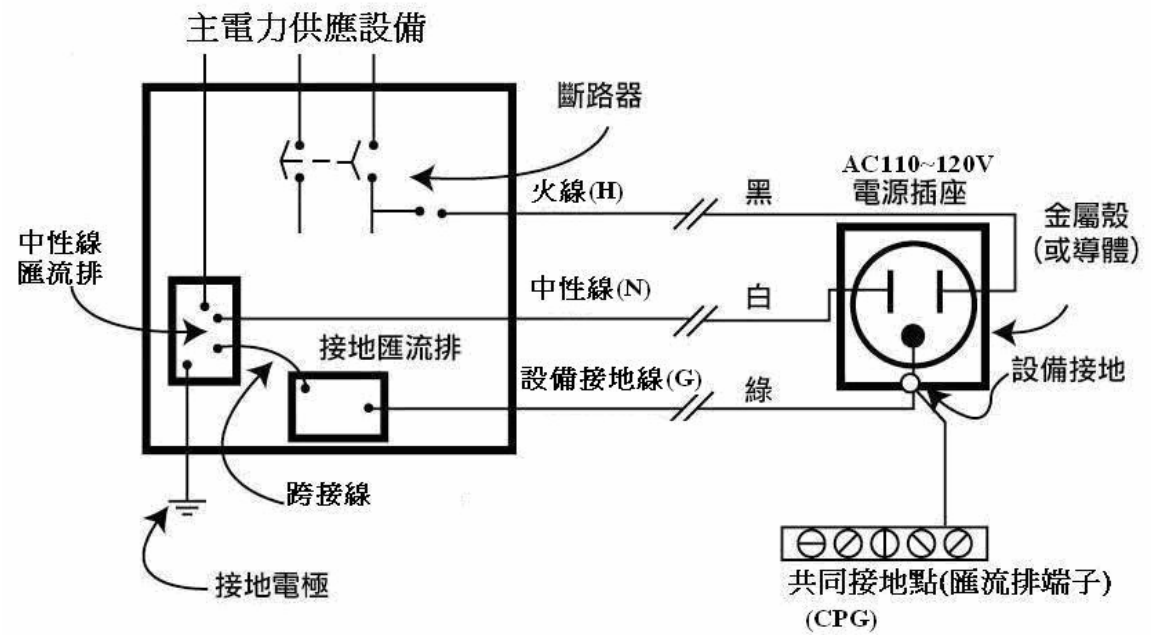

圖 8　常見 EPA 區域內之電源插座與 CPG 接點間之關係

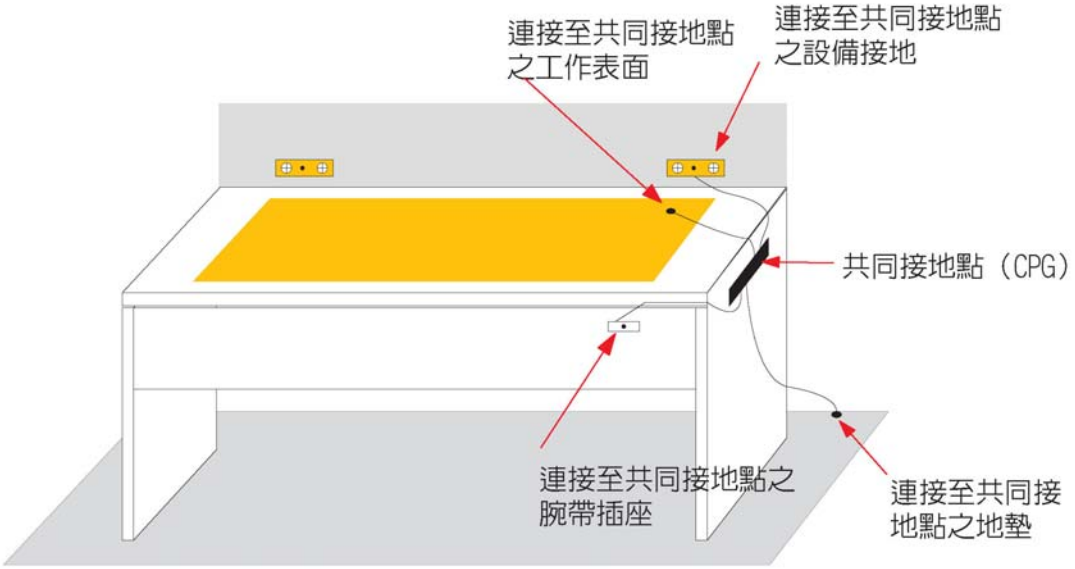

圖 9　EPA 區域內 CPG 接點之 ESD 防護工作桌

(2)人員接地

由於作業人員頻繁進出 EPA 區域，，因此 EPA 區域內之任何人員均應經過訓練，並且穿著適當的防護具，例如：防靜電手腕帶、鞋/地板等，以限制人體電壓(HBM)應小於 100V。

當作業人員正進行處理 ESD 敏感性物件，人員應透過導線搭接或連接等方式(見表 9)，與接地/等電位搭接系統相結合，以達到人員接地之目的。若採用靜電防護服裝進行人員接地時，應於 ESD 控制方案中註明。此外，防護衣自一端袖口至另一端袖口必須爲導電性，並符合表 9 註 2 中所規定之系統電阻值(總電阻＜$3.5\times10^{7}\Omega$)。

註：根據國際電工委員會(IEC)研究，若欲使限制人體電壓在 100V 以下，則電阻值應必須小於 4.0×107Ω。根據 ANSI/ESD S20.20 設定安全電阻爲 $3.5\times10^{7}\Omega$。

人員接地系統包括：人員、控制物及對地連接器等三部分。並爲證明作業人員之個人接地裝置通過測試，其測試記錄應被保存下來。並在進行處理 ESD 敏感性物品前，作業人員應檢查固定式人員接地監測儀器正常運作，並可持續性監測。

(A)所有進入 EPA 之工作人員均應穿著防靜電工作服、防靜電鞋/腳環帶、

手套等防護具落實人員靜電接地，並維持與 EPA 區域之間呈等電位，以防止人體靜電荷之累積。

(B)於入口處外側，裝設金屬接地棒/板並配合人員接地檢測系統，供人員進入時徒手接處，以確切消除人體自外界所帶之靜電。

(C)若當人員在 EPA 區域坐著工作時，其必須藉由手腕上配戴具有接地線之靜電手腕帶，施行人體接地，如圖 10 所示。

圖 10　EPA 區域內之人員接地概要配置示例圖

(D)若當人員在 EPA 區域內站著工作時，其必須藉由手腕上配戴具有接地線之靜電手腕帶或藉由穿著防靜電鞋站立於防靜電地板間，施行人體接地。當使用地板－鞋系統時，應該符合下列條件[11]：

(a)當系統總電阻(從人員－鞋具－地板－接地/等電位接地系統)＜$3.5\times10^{7}\Omega$，應該遵守檢測標準 1 之要求(見表 9) 。

(b)當系統總電阻(從人員－鞋具－地板－接地/等電位接地系統)＞$3.5\times10^{7}\Omega$，且＜$1\times10^{9}\Omega$，應該檢測標準 2 之要求(見表 9) 。

(c)不論採上述兩者方式之任一種，評估地板/鞋具系統是否合格，均應

確保人員電位值維持於 HBM 100V 標準值以下。

表 9　靜電防護區域(EPA)內人員接地電阻值要求

<table>
<tr><th>人員接地方式</th><th>產品(新品)管制[1]
之必要管制值[2]</th><th colspan="2">產品(舊品)合格驗證
之必要管制值</th></tr>
<tr><td>手腕帶系統</td><td>$<3.5\times10^{7}\Omega$[6]</td><td colspan="2">$<3.5\times10^{7}\Omega$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地板—鞋系統
(檢測標準 1)[4]</td><td rowspan="2">$<3.5\times10^{7}\Omega$</td><td>地板</td><td>$<3.5\times10^{7}\Omega$</td></tr>
<tr><td>鞋系統</td><td>$<3.5\times10^{7}\Omega$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地板—鞋系統
(檢測標準 2)[5]</td><td>$<1.0\times10^{9}\Omega$</td><td>地板</td><td>$<1.0\times10^{9}\Omega$</td></tr>
<tr><td>$<100V$</td><td>鞋系統[3]</td><td>$<1.0\times10^{9}\Omega$</td></tr>
</table>

1. 當首次選擇 ESD 管制產品與材料時，通常需要實施檢視產品規範。其適用情況包括 ：產品規範檢討、獨立實驗室評估或內部實驗室評估。
2. 當使用 ESD 防護衣做爲手腕帶接地路徑時，總系統電阻應該包含人員、防護衣、接地線，其總電阻$<3.5\times10^{7}\Omega$。
3. 鞋系統應包括：足部接地器、鞋、短襪。
4. 根據 ESD STM 97.1 規定，包括人員在內，利用電阻值量測，進行評估地板/鞋具系統是否合格。
5. 根據 ESD STM 97.2 規定，包括人員在內，利用電壓值量測，進行評估地板/鞋具系統是否合格。
6. 根據 ESD S20.20:2007 公布更正。

第三章 靜電防制品與設備

靜電防制工作是一項系統工程，其涉及敏感性物品的製造、裝配、處理、檢查、試驗、維修、包裝、運輸、貯存、使用等各個環節，而且是一種串聯模式，任一環節上的失誤，都將導致整個防護工作的失敗；同時，它又與敏感物品所處的環境(接觸的物品、空氣氣流、濕度、地面、工作台、椅、加工設備、工具等)和操作人員的衣著(包括穿戴的衣物、帽子、鞋、手套、腕帶等)有直接關系，任一方面的疏漏或失誤，皆導致靜電防制工作的失敗。

靜電防制品亦可稱爲防靜電製品，其係利用導電性物質、靜電消散劑或是摻入導電纖維等，以提高導電性橡膠、塑膠及布、絲等材料所製成之物品。其包括靜電手腕帶、鞋環、防靜電服、防靜電鞋、防靜電桌/腳踏墊及防靜電運送包裝材料等。靜電防制設備則包括防靜電地面、防靜電手/自動工具、工作台及靜電消除器等設備。其皆爲實施工廠靜電防護對策中，不可或缺的物品及設施。

第一節 人員接地用手腕帶

配戴防靜電腕帶或鞋環是解決人體帶電最直接且有效的方式。因此在 ESD 防護工作台面附近，應配置供腕帶接地用之插孔(即 EBP：Earth Bonding Point)，以供操作人員及相關人員使用。並且於投入作業操作前，當人體配戴防靜電腕帶後應當首先進行合格測試。若在操作者作業移動性較高時，使用腕帶不方便的情況下，亦可使用防靜電鞋 (鞋子、足部接地裝置)等進行人體防護接地。

在工廠生產環境中，人體爲最大的靜電產生源之一，因此藉由配戴防靜電手腕帶與人體皮膚直接接觸，將人體皮膚上的靜電荷透過連接導線傳導消散至大地，如圖 11，係爲解決人體帶電最直接且有效之方式。當人員身體帶有靜電荷時，其所累積之電能將傳導至附近導電物件上(例如：門把、電路板等)。此電荷轉移過程即爲「靜電放電」，有時靜電放電會產生肉眼可見的火光。但大多數的放電，皆爲人體所察覺不到(<2kV)，但已足以損傷 ESDS 物件。因此使用腕帶可藉使人員、ESDS 物件、大地之間形成相同電位。

腕帶之構造係由鬆緊圈和接地組件所組成。其中，鬆緊圈可由多種導靜電之複合材料所製作而成之編織物。而接地組件則爲具有一定數值之限流電阻

(工程上實用值爲 1MΩ)具延展伸縮性之導線，以確保操作人員在意外情況下觸及電源電壓時不致發生人員感電事故。其手腕帶形式種類眾多，使用者應自行考量需求及特性選用。另在手腕帶之選用與評估時，亦應考量下列事項[6]：舒適性、耐用性、接地線長度、接地線延展性、鈕釦(接合件)形式及可靠度等。

防靜電手腕帶應定期檢測，並針對其可能失效狀況進行分類與分析，其失效種類可能包括：與皮膚接觸不良、接地線或接合具失效等。藉由定期資料收集，以供日後採購參採。使用時應注意下列事項[6]：

(1) 使用手腕帶可藉使人員與大地及操作中之物件維持於等電位，因此當帶有手腕帶之人員接觸 ESDS 物件時，仍不會產生靜電放電現象。

(2) 在手腕帶接地線與環帶接合處，接地線上應配有一限流電阻(1MΩ/250V)。

(3) 當接地線兩端皆具有扣式接合具時，兩端皆具有一限流電阻(MΩ)，若人員存在有處及 250V 電壓之危險時，即不可穿戴手環帶。

(4) 於手腕帶接地線與環帶接合處，應設計具可快速分離功能之接合具，以確保人員不會一直被工作站所牽絆。

(5) 應確保手腕帶中環帶部分與人員皮膚服貼，但亦不致使穿戴工作人員感到不適。

(6) 應將手腕帶接地線連接至可接地點或等電位搭接點，除非靜電消散桌墊上之扣具爲桌墊之可接地點，否則不可將接地線連接至桌墊扣具上，或將腕帶夾至桌墊邊緣，作爲連接。

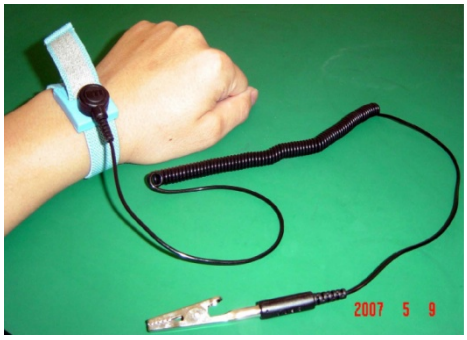

圖 11　防靜電手腕帶

此外，根據 IEC 61340-5-1[13]與 ANSI/ESD S20.20[11]標準之防靜電手腕帶新品規格及符合性檢測要求與比較，詳如表 10 所示。

表 10　防靜電手腕帶之標準要求

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">規範項目</th><th colspan="2">IEC 61340-5-1</th><th colspan="2">ANSI/ESD S20.20</th></tr>
<tr><th>測試依據標準</th><th>限制值</th><th>測試依據標準</th><th>限制值</th></tr>
<tr><td rowspan="2">腕帶系統</td><td>產品新品規格</td><td colspan="2">不適用</td><td>ANSI/ESD S1.1</td><td>$<3.5\times10^{7}\Omega$</td></tr>
<tr><td>符合性檢測</td><td>IEC 61340-5-1 A.1 腕帶測試方法</td><td>$< 3.5\times10^{7}\Omega$</td><td>ESD TR53 腕帶系統</td><td>$<3.5\times10^{7}\Omega$</td></tr>
<tr><td rowspan="3">腕帶本身</td><td rowspan="2">產品新品規格</td><td rowspan="2">ANSI/ESD S1.1</td><td>腕帶內部：$\leqq1\times10^{5}\Omega$</td><td rowspan="2">ANSI/ESD S1.1</td><td>腕帶內部：$< 1\times10^{5}\Omega$</td></tr>
<tr><td>腕帶外部：$>1\times10^{7}\Omega$</td><td>腕帶外部：$>1\times10^{7}\Omega$</td></tr>
<tr><td>符合性檢測</td><td colspan="2">不適用</td><td colspan="2">見腕帶系統</td></tr>
<tr><td rowspan="2">腕帶導線</td><td>產品新品規格</td><td>ANSI/ESD S1.1</td><td>$<5\times10^{6}\Omega$或使用者自訂</td><td>ANSI/ESD S1.1</td><td>$0.8\times10^{6}\Omega$至 $1.2\times10^{6}\Omega$</td></tr>
<tr><td>符合性檢測</td><td colspan="2">見腕帶系統</td><td colspan="2">見腕帶系統</td></tr>
<tr><td rowspan="2">腕帶線搭接壽命</td><td>產品新品規格</td><td colspan="2">未定</td><td>ANSI/ESD S1.1</td><td>>16,000 次</td></tr>
<tr><td>符合性檢測</td><td colspan="2">未定</td><td colspan="2">見腕帶系統</td></tr>
</table>

第二節 人員接地用鞋環

防靜電鞋環(Heel Grounders 亦稱爲腳跟接地套或腳束)，其運用在若作業人員工作之流動性較大之作業場所時，腕帶的使用將較不方便。在此情況下，使用防靜電鞋環，如圖 12 所示，亦可藉由防靜電鞋環從人體腳部經由導靜電的材料將靜電消散至大地。

此外，在 EPA 區域內，員工及訪客皆可使用防靜電鞋環，但若未正確穿戴，此接地裝置將無法正常發揮功效。可拋式防靜電鞋環(鞋套)雖可快速自鞋上移除，但因此需較其他種類足部接地裝置注意使用時之連接狀況。

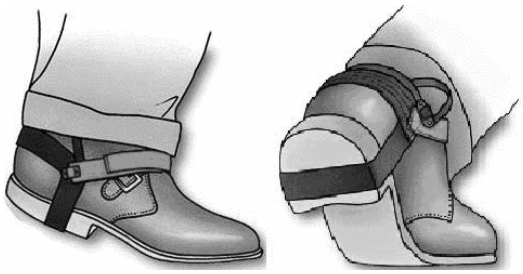

圖 12　防靜電鞋環

第三節 防靜電鞋

防靜電鞋亦爲提供人體靜電荷消散通道的主要措施，並且能在一旦腕帶發生問題(例如斷線)時或在不可能使用腕帶的情況下，作爲一種最基本的人體與大地間的連接方式。圖 13 爲電子製造業常見之防靜電鞋之形式與種類。在選用防靜電鞋時，應注意是否適用於該作業場所。並且許多防靜電鞋外觀與一般鞋子無異，因此應可選用具有標籤或標示之鞋具，以便控管。

此外，根據 IEC 61340-5-1[13]與 ANSI/ESD S20.20[11]標準之防靜電鞋及與人員、地板間之新品規格及符合性檢測要求與比較，詳如表 11、12 所示。

圖 13　防靜電鞋之形式與種類(電子製造業)

表 11　人員/鞋/地板系統之標準要求

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">規範項目</th><th colspan="2">IEC 61340-5-1</th><th colspan="2">ANSI/ESD S20.20-2007</th></tr>
<tr><th>測試依據標準</th><th>限制值</th><th>測試依據標準</th><th>限制值</th></tr>
<tr><td rowspan="3">人員／鞋／地板系統</td><td>產品新品規格</td><td>IEC 61340-4-5</td><td>Rg<3.5×10^{7}Ω
或
Rg<1.0×10^{9}Ω
且人體電壓
<100 V
(5 次最大尖峰值之平均值)</td><td>ANSI/ESD STM97.1
或
ANSI/ESD STM97.1
ANSI/ESD STM97.2</td><td>Rg < 3.5×10^{7}Ω
或
Rg <1×10^{9}Ω
電壓<100V</td></tr>
<tr><td rowspan="2">符合性檢測</td><td colspan="2" rowspan="2">見人員／鞋系統</td><td>ESD TR 53
地板</td><td>Rg < 3.5×10^{7}Ω
或
Rg <1×10^{9}Ω
（電壓<100V）</td></tr>
<tr><td>ESD TR53
鞋</td><td>R < 3.5×10^{7}Ω
或
R<10^{9}Ω
（電壓<100V）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">人員／鞋系統</td><td>產品新品規格</td><td colspan="2">不適用</td><td colspan="2">未定</td></tr>
<tr><td>符合性檢測</td><td>IEC 61340-5-1
A.2
鞋的測試程序”</td><td>R<3.5×10^{7}Ω</td><td colspan="2">未定</td></tr>
</table>

註　Rg：對地電阻

表 12　防靜電鞋及足部接地裝置之標準要求

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">規範項目</th><th colspan="2">IEC 61340-5-1</th><th colspan="2">ANSI/ESD S20.20-2007</th></tr>
<tr><th>測試依據標準</th><th>限制值</th><th>測試依據標準</th><th>限制值</th></tr>
<tr><td rowspan="2">鞋</td><td rowspan="2">產品新品規格</td><td rowspan="2">IEC 61340-4-3</td><td>導電鞋
$<1\times10^5\Omega$</td><td rowspan="2">ANSI/ESD STM9.1</td><td rowspan="2">$< 1\times10^9\Omega$</td></tr>
<tr><td>消散鞋
$1\times10^5\Omega \leqq R \leqq 1\times10^8\Omega$</td></tr>
<tr><td></td><td>符合性檢測</td><td colspan="2">見表 11 之
人員／鞋系統</td><td colspan="2">見表 11 之
人員／鞋 ／地板系統</td></tr>
<tr><td rowspan="2">足部接地裝置(鞋套、鞋環等)</td><td>產品新品規格</td><td colspan="2">未定</td><td>ESD SP9.2</td><td>$< 1\times10^9\Omega$</td></tr>
<tr><td>符合性檢測</td><td colspan="2">未定</td><td colspan="2">見表 11 之
人員／鞋 ／地板系統</td></tr>
</table>

第四節 手套與手指套

在生產積體電路的無塵室或高精密電子產品組裝工廠中，對於產品的靜電防護要求，均要求作業人員戴用防靜電用之手套或指套。其主要係爲防靜電布料、導電纖維或導電橡膠等材料所製成。

由於在進行操作時，防靜電手套、指套的外面係直接與工作元件相接觸，並透過其套壁面使人體消散電荷，故必須具有消散靜電之功能，但其消散速率亦不可過高，以防止突發性放電。因此其在穿戴的情況下，應具有適當之對地電阻。

第五節 防靜電服裝

防靜電服裝係指爲防止衣物的靜電積聚，利用防靜電織物爲材料所縫製的工作服。防靜電織物是在紡織時，大致等間距地或均勻地混入導電纖維或防靜電合成纖維或兩者混合交織而成的織物。防靜電服其原理是利用電荷的消散

與中和兩大特性。當接地時，工作服的內外層表面應能使人體作業時，因摩擦等動作所產生的靜電荷除因導電纖維的電量放電被中和外，還可利用導電纖維將電荷傳導至人體皮膚表面，並最後經由防靜電腕帶、鞋等物品消散至大地。當不接地時，則可藉助導電纖維的微弱的電量放電而消除靜電。ESD 防護衣物其特性可分：使用壽命有限(可拋棄式)、外層是否可清潔式、本身是否具靜電消散特性及是否具有可接地性等特點。另為確保防護衣防護功能，於產品採用前應進行下列檢試：靜電消散功能、衣料特性、衣物結構、洗滌方法、服裝特性(舒適性、耐穿性、功能、接地、外觀及 ESD 特性等)、電性特性及標籤持久性。

此外，根據 IEC 61340-5-1[13]與 ANSI/ESD S20.20[11]標準之防靜電服裝系統(可接地式)及防靜電服裝之新品規格及符合性檢測要求與比較，詳如表 13。

表 13　防靜電服裝之標準要求

規範項目		IEC 61340-5-1		ANSI/ESD S20.20-2007	
		測試依據標準	限制值	測試依據標準	限制值
防靜電服裝系統(可接地式)	產品新品規格	未定		ANSI/ESD STM 2.1	$<3.5\times10^{7}\Omega$
	符合性檢測	未定		ESD TR 53 服裝	$<3.5\times10^{7}\Omega$
防靜電服裝	產品新品規格	ANSI/ESD STM 2.1	可接地式：$R_{pp}<1\times10^{9}\Omega$	ANSI/ESD STM 2.1	可接地式：$<1\times10^{9}\Omega$
			非可接地式：$R_{pp}<1\times10^{12}\Omega$		非可接地式：$<1\times10^{11}\Omega$
	符合性檢測	ANSI/ESD STM 2.1	可接地式：$R_{pp}<1\times10^{9}\Omega$	ESD TR 53 工作服	可接地式：$<1\times10^{9}\Omega$
			非可接地式：$R_{pp}<1\times10^{12}\Omega$		非可接地式：$<1\times10^{11}\Omega$

註　Rpp：點對點電阻

第六節 防靜電包裝（袋）

防靜電包裝袋(箱)係用於靜電放電敏感性產品(ESDS)之防護包裝，例如一般電子產品或積體電路元件之包裝。每種 ESDS 產品，依其本身設計應具有一定之靜電放電敏感電壓承受值，但當周遭環境之靜電電壓超過此值時，極可能造成產品之損害。因此，藉由防靜電包裝材料，方使免於受包裝外部靜電之影響。靜電防護包裝，除應具有一般包裝功能外，還應須具低起電率(Low charging)、靜電消散能力及對靜電場及靜電放電應具有效的屏蔽效果等靜電防護性能。

包裝材料的靜電性能，亦與材料本身摩擦帶電特性、導電率(電阻率)和衰減時間等特性相關。因此運輸靜電敏感產品所需包裝應滿足運輸和儲存過程中之靜電防護等級。對於防靜電包裝材料之靜電性能要求如下：

(A)與 ESDS 產品直接接觸之內包裝材料(包括填充物)，應當採用不會產生靜電或是能夠消散靜電之材料。

(B)在運輸或儲存之過程中，能具有靜電屏蔽之功能，其能使外界靜電場得到衰減，進而使其被包裝保護之敏感產品免於受靜電場滲透造成損害。

另 ESDS 產品在傳遞、包裝、儲存和運輸階段，所使用或重複利用之防靜電包裝材料，依據 ANSI/ESD S541:2003[5]應定期性進行之檢測包括靜電消散性能、屏蔽性能和磨擦起電性等防靜電性能，使其應維持一定之功效，如表 14[5]所示。其中靜電屏蔽性測試係用於評估材料對靜電場或靜電放電所產生電磁脈衝之屏蔽能力。另根據 IEC 61340-5-1[13]對於靜電防護包裝產品新品規格要求，靜電消散材質之包裝其表面電阻應大於 $1\times10^{5}\Omega$，並小於 $1\times10^{11}\Omega$；導電材質之包裝其表面電阻應大於 $1\times10^{2}\Omega$，並小於 $1\times10^{5}\Omega$；絕緣材質之包裝其表面電阻應大於 $1\times10^{11}\Omega$；而具靜電屏蔽特性之包裝袋，則其防護功效應小於 50nJ，見表 15。根據 ANSI/ESD S20.20[11]對於靜電防護包裝新品規格，應依契約、採購單或其他文件決定，若未定者可依 ANSI/ESD S541:2003 訂定規格。

此外，在開發 ESD 防護包裝系統時，應遵循下列五個步驟之指引[6]：

(1) 瞭解產品易受 ESD 影響程度；

(2) 判定被包裝產品所在配送環境；

(3) 決定採用何種包裝系統(例如：可重複使用式、可拋式等) ；

(4) 選用包裝材質；

(5) 根據上述(1)至(5)資訊，設計合適包裝系統；

(6) 測試最終包裝設計之有效性及可靠度。

表 14　靜電防護包裝之測試方法（ANSI/ESD S541）

材質特性	低起電性	電阻性						屏蔽性
測試方法	摩擦起電性能	表面電阻	表面電阻	體積電阻	體積電阻	表面電阻(RTT)	鬆散填充(loose fill)電阻	袋子ESD屏蔽性
限制	使用者自定	$<10^4\Omega$	10^4 ～ $10^{11}\Omega$	$<10^4\Omega$	10^4 ～ $10^{11}\Omega$	10^4 ～ $10^{11}\Omega$	10^4 ～ $10^{11}\Omega$	<50nJ
材料範圍		導電性	消散性	導電性	消散性	消散性	消散性	

表 15　靜電防護包裝之測試方法

規範項目		IEC 61340-5-1		ANSI/ESD S20.20	
		測試依據標準	限制值	測試依據標準	限制值
包裝	產品新品規格	IEC 61340-2-3	靜電消散材質：$1\times10^5\Omega\leq Rs\leq1\times10^{11}\Omega$	規範未限定	
			導電材質：$1\times10^2\Omega\leq Rs\leq1\times10^5\Omega$		
			絕緣體：$Rs\geq1\times10^{11}\Omega$		
		ANSI/ESD STM11.31	靜電屏蔽防護罩(袋)：<50 nJ		
	符合性檢測	未定		依契約、採購單或其他文件，若未定者可依 ANSI/ESD S541	

註 1　Rs：表面電阻

註 2　測試環境條件爲相對溼度 12%及攝氏 23 度

第七節 防靜電地板

防靜電地板係指具消散地板上人員、設備或其他物品上所具之靜電荷之地板材料；或可控制靜電荷生成或累積之地板材料。因此，為有效使人體靜電能透過地板儘快消散於大地，其先決條件是地板應具一定之導電性能。相較於一般的地板材料，防靜電地板具有電阻率較低之特性。

防靜電地板性能參數之確立須依據兩個原則：既可保證在較短時間內放電至安全電壓，亦可保證操作人員之安全。一般而言，地板材料之電阻率越低，地板及置於其上之導體越不易帶電，但相對於被絕緣的導體(例如人體)則越容易產生靜電。因此，防靜電地板應具有一定程度之電阻率。此外，根據 IEC 61340-5-1[13]，防靜電地板新品規格應要求地板表面至可接地點間之電阻小於 $1\times10^{9}\Omega$，及符合性檢測要求地板表面對地電阻應小於 $1\times10^{9}\Omega$(見表 16)。另根據 ANSI/ESD S20.20[11]，防靜電地板新品規格，地板表面對可接地點之電阻應大於 $1\times10^{6}\Omega$，並小於 $1\times10^{9}\ \Omega$；而符合性檢測時，則要求符合表 11 之人員／鞋 ／地板系統電阻值(見表 16)。

另靜電控制地板材質原則上適用於大部分作業場所之靜電防護，特別是人員需大量移動或無法使用手腕帶進行防護之區域，更具重要性。地板材質依其耐用性分為永久性、半永久性及非永久性。使用者應根據工作場所考量自行參採，其選用評估方式，見表 17[6]。

表 16　防靜電地板之標準要求

規範項目		IEC 61340-5-1		ANSI/ESD S20.20	
		測試依據標準	限制值	測試依據標準	限制值
防靜電地板	產品新品規格	IEC 61340-4-1	$R_{gp}<1\times10^{9}\ \Omega$	ANSI/ESD S7.1	$R_{gp}<1\times10^{9}\ \Omega$
	符合性檢測	IEC 61340-4-1	$R_{g}<1\times10^{9}\ \Omega$	見表 11 之 人員／鞋 ／地板系統	

註 1　Rg：對地電阻
註 2　Rgp：至可接地點的電阻

表 17　地板材質選用評估方式

特性考量	地板材質之評估準則
電氣特性	電阻值特性、電荷消散特性
物理及機械特性	化學特性(耐酸蝕性)、耐久用性、防滑性、耐磨性、氣體化洩、濕度依賴性、抗焊損性、易受水氣影響程度、耐重壓性
應用及裝置考量	作業種類、區域大小、人員移動頻率及動作模式、無塵室(潔淨室)、地板隆起、電氣安全、負載物(人員、推車、起重卡車)、現存地板種類及狀況、廠房廠齡及產權歸屬、廠房結構(新建置、現存設備)、元件及產品易受影響的程度
安裝考量	是否加置於現存地板上、生產作業需停擺、裝置人員(外部廠商、公司內部人員)、重鋪(或重塗)頻率、安裝或應用工時之規定、安裝或應用程序之重要性、安裝成本
安全考量	電氣滑動(slip)及錯誤
維護考量	裝置人員(外部廠商、公司內部人員)、外觀規定、維護程序及頻率、維護成本
成本考量	最初購買成本、建置成本、維護成本、替換成本、監測成本、資本投資費用、長期/短期、成本／效益分析
性能監測	測試方法、設備、頻率

第八節 防靜電設備(機器、工具等)

在工廠生產過程中，許多設備及裝置係作爲進行 ESDS 物件作業，不論是自動搬運設備、作業加工設備及試驗用設備等，每一種設備都具有獨特性，但自 ESD 防制觀點來看，其仍具有共同性可遵循。凡將與 ESDS 物件接觸之具導電性、靜電消散性等材料均應施行接地，且對地電阻應小於 $10^9\Omega$。

防靜電手持工具之電阻測試方法。標準建議電阻值應爲小於 $10^9\Omega$。此外，防靜電電烙鐵手持工具性能(此性能可適用於交流電動工具之性能要求) [14]。標準建議自烙鐵尖端部位與接地點之間電阻值，通電熱狀態下時電阻值應小於 2.0Ω(或電壓低於 2mV)；未通電冷狀態下時，電阻值應小於 2.0Ω。烙鐵尖端電壓測量及消散電流測試時，所測得之尖端電壓應小於 AC/DC 20 mV，消散電流應小於 10 mA。並且應每日或定期檢測消散電流及電阻值，以確保尖端電壓應小於 20 mV。

交流電動工具(此性能可適用於交流機器之性能要求)應能提供一個導電的接地途徑。例如焊接用之電烙鐵新品，其自焊頭至接地點的電阻值應小於 1.0Ω。此電阻值亦可能隨使用而增加，但應該以小於 20.0Ω 作爲驗證之基準。

電池驅動式或氣動式手持工具電阻值應小於 $1.0\times10^{12}\Omega$。另自動化處理設備(搬運機)，無論在靜止或移動狀態，其機具上均應爲所有導電材料或靜電消散材料製成之元件提供一連續性導電接地之通路。而此設備應該將取放之 ESDS 物件途中，其所產生的電荷降到最小。在元件的取放途中，必須採用絕緣材料的零件，此零件必須經設計。使得取放元件的過程中，所產生之電場和電荷達到最小。此外，在操作 ESDS 物件作業時，應避免使用雙重絕緣工具。

第九節 防靜電工作表面（椅）

(1) 防靜電工作表面

在設計或建置 EPA 區域時，工作表面平台其爲關鍵，其應包括生產區、維修區及機械操作區域內之工作台。不論所在區域爲製程中那一部份。其僅需進行操作、維修或測試 ESDS 裝置、零件或組件等，便均需使用具靜電消散材質之工作表面平台。工作表面平台，應爲僅次於人員接地以外，次重要之 ESD 防護措施。其可確保被使用之物件及工作區域均爲等電位，亦應具有下列功能[6]：

(A) ESD 防護工作表面平台可提供對大地之電性接地途徑，藉使非絕緣性物質在管制範圍內，將靜電荷消散於大地。

(B) 工作表面平台可作爲定義 ESD 工作區域之區域邊界，在該區域內，可操作未經保護的 ESDS 物件。

另進行選擇工作表面時，亦考量下列要素[6]：工作表面上從事之活動種類、工作區域存在之永久性、實體材質考量、化學考量、安全考量及材質維持狀況等。其中最重要功能考量爲電性安全考量。應注意在工作表面所可能進行之 ESDS 物件之充電元件放電(CDM)損害。若存在有上述顧慮時，其自平台表面上端至可接地點間之電阻值，取較低之電阻值上限以策安全，通常爲大於 $1.0\text{x}10^{6}\Omega$，但應小於 $1.0\text{x}10^{9}\Omega$。若不易獲得工作表面接地點時，可在未經污染物質覆蓋之表面，藉由量測兩點間之表面電阻以驗證工作表面之電性途徑。爲確保工作表面之電氣特性功效，應定期維護與清潔工作表面。並至少每季進行一次定期驗證測試。

此外，根據 IEC 61340-5-1[13]，防靜電工作表面新品規格，應要求防靜電工作表面任一點至可接地點間之電阻應小於 $10^{9}\Omega$，且表面點對點間之電阻

應小於 $10^9\Omega$，及符合性檢測要求對地電阻應小於 $10^9\Omega$。另根據 ANSI/ESD S20.20[11]，防靜電工作表面新品規格及符合性檢測，應要求防靜電工作表面任一點對地電阻小於 $10^9\Omega$，及/或電壓小於 200V(見表 18)。

表 18　防靜電工作表面之標準要求

規範項目		IEC 61340-5-1		ANSI/ESD S20.20	
		測試依據標準	限制值	測試依據標準	限制值
工作表面	產品新品規格	IEC 61340-2-3	$1\times10^4\Omega<R_{gp}<1\times10^9\Omega$ 及 $1\times10^4\Omega<R_{pp}<1\times10^9\Omega$	ANSI/ESD S4.1 及/或 ANSI/ESD STM4.2	$<1\times10^9\Omega$ 及/或 <200V
	符合性檢測	IEC 61340-2-3	$R_g<1\times10^9\Omega$	ESD TR53 工作表面	$R_g<1\times10^9\Omega$

註 1　Rg：對地電阻
註 2　Rpp：點對點電阻
註 3　Rgp：至可接地點的電阻

(2) 防靜電工作椅

防靜電工作椅係作爲人員乘坐時，提供人員經由座椅至大地間的電性途徑，藉以消散人員身上之電荷。呈如地板/鞋具系統一樣，人員與座椅墊經椅腳(椅輪)至大地間之接觸面必須有效導電，此接地系統才爲有效。並且座椅必須與靜電防護地板同時搭配使用，並且自人員至地板系統間之最大系統電阻應小於 35MΩ[6]。但由於座椅本身包含了許多材質、零件等增加了許多產生高電阻的機會。因此，不建議單僅以防靜電工作椅作爲人員靜電防護接地措施，其僅應可作爲人員輔助接地措施選擇之一。座椅其種類形式繁多，使用者應自行考量需求及特性選用。

此外，根據 IEC 61340-5-1[13]，防靜電座椅產品新品規格，應要求防靜電座椅表面任一點至可接地點間之電阻應小於 $10^{10}\Omega$，及符合性檢測要求對地電阻應小於 $10^{10}\Omega$。另根據 ANSI/ESD S20.20[11]，防靜電座椅

產品新品規格，應要求防靜電座椅表面任一點至可接地點間之電阻應小於 $10^9\Omega$，及符合性檢測要求對地電阻應小於 $10^9\Omega$(見表 19)。

表 19　防靜電座椅之標準要求

規範項目		IEC 61340-5-1		ANSI/ESD S20.20	
		測試依據標準	限制值	測試依據標準	限制值
座椅	產品新品規格	IEC 61340-2-3	$R_{gp}<1\times10^{10}\Omega$	ANSI/ESD STM 12.1	$R_{gp}<1\times10^{9}\Omega$
	符合性檢測	IEC 61340-2-3	$R_g<1\times10^{10}\Omega$	ESD TR 53 座椅	$R_g<1\times10^{9}\Omega$

註 1　Rg：對地電阻
註 2　Rgp：至可接地點的電阻

此外，在 EPA 區域內，工作桌應個別施行接地。其方式如圖 14、圖 15[]所示。

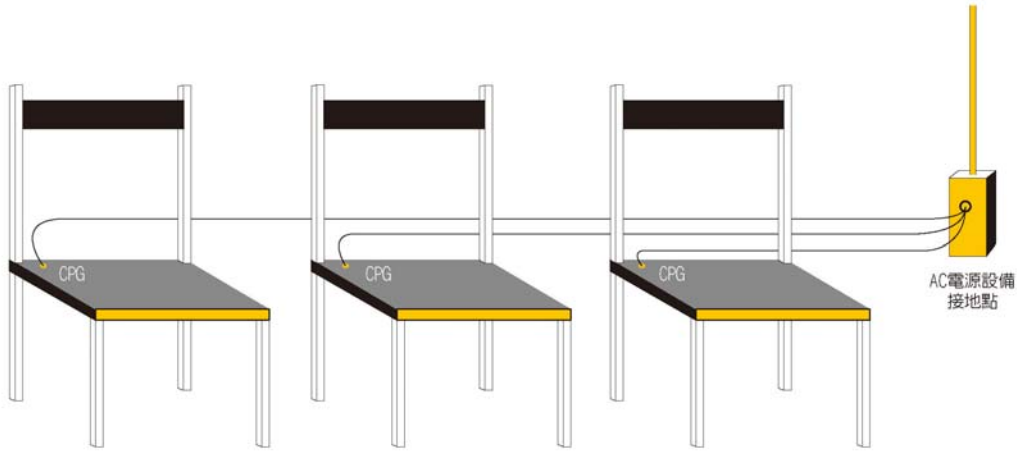

圖 14　EPA 區域內工作桌並聯接地方式(建議方式)

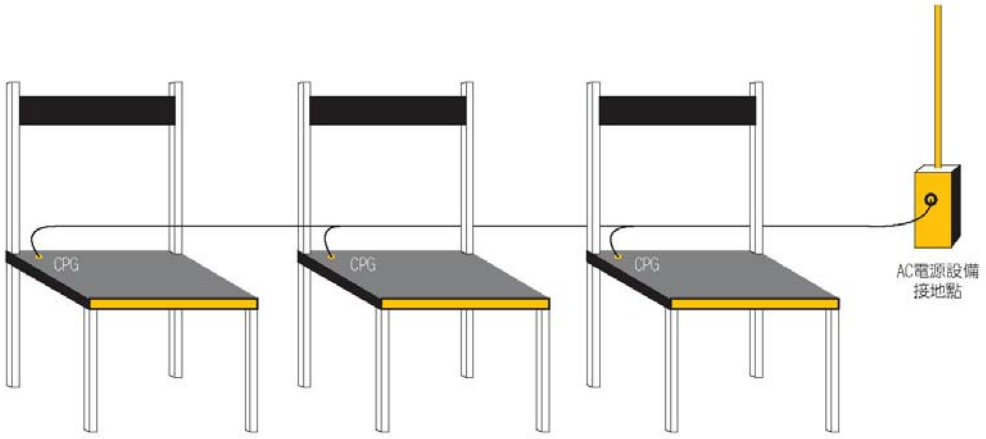

圖 15　EPA 區域內工作桌串聯接地方式(不建議方式)

第十節 棚/貨架 (存放架)

棚/貨架(存放架)係用來儲放產品或材料用。其形式多元，此僅討論兩種一般棚/貨架[6]。

(1) 工作站內棚/貨架

棚/貨架常為 EPA 區域中的一部份，其主要用來儲放易受 ESD 影響之產品(包括包裝或未包裝)、文件、生產器具、電腦及測試設備等。其工作棚架應視為等同 ESD 工作表面，並施以適當接地，使具靜電消散能力。然而在工廠各階段製程中之棚架應用均有所不同，部分棚架具 ESD 防護功效，而部分沒有。為避免人員混淆，在進行靜電防護工程時，對於所有棚架均應施加接地並覆有 ESD 防護材質。若未採取上述措施，則應明確標示。

(2) 儲存區域內棚/貨架(如：倉庫、工具箱等)

另一棚/貨架係用於儲存倉儲中或工具區中零件，其具有多層，且固定於地板或桌面之棚/貨架，亦為工程常見之一種棚/貨架系統。使用者可自行決定是否需具有棚架外覆 ESD 防護表層及接地。

此外，根據 IEC 61340-5-1[13]對於棚/貨架(存放架)的產品新品規格應要求防靜電表面任一點至可接地點間之電阻應小於 $10^9\Omega$，且表面點對點間之電阻應小於 $10^9\Omega$，及符合性檢測要求對地電阻應小於 $10^9\Omega$。另根據 ANSI/ESD

S20.20[11]，棚/貨架(存放架)於產品新品規格及符合性檢測時，對地電阻應小於 $1.0x10^9\Omega$，見表 20 所示。

表 20　棚/貨架(存放架)之標準要求

規範項目		IEC 61340-5-1		ANSI/ESD S20.20	
		測試依據標準	限制值	測試依據標準	限制值
棚/貨架	產品新品規格	IEC 61340-2-3	$1\times10^4\Omega<R_{gp}<1\times10^9\Omega$ 及 $1\times10^4\Omega<R_{pp}<1\times10^9\Omega$	ANSI/ESD S4.1	$<1\times10^9\Omega$
	符合性檢測	IEC 61340-2-3	$R_g<1\times10^9\Omega$	ESD TR53 工作表面	$R_g<1\times10^9\Omega$

註 1　Rg：對地電阻
註 2　Rpp：點對點電阻
註 3　Rgp：至可接地點的電阻

第十一節 可移動式設備(手堆車等)

當製程中，由某一階段程序移至另一階段程序，則需利用移動式裝置進行搬運。使用移動式設備輸送未經包裝且 ESDS 物品時，當進行裝卸作業時，移動式裝置必須施加接地。當移動式設備處於未接地狀態時(例如：於 EPA 區域內)，除非將有須進行處理 ESDS 物品之人員、產品及移動式設備等搭接至等電位，否則不允許人員處理該產品。

若 ESD 防制計畫中未應用 ESD 防護地板材料時，移動式設備仍可有效運送 ESDS 物品，僅需在產品被裝卸前，將移動式設備與 ESD 接地系統完成電性連接即可。根據 ESD S20.20 建議，需將移動式設備連接至 AC 電源系統中之接地極。此外，不論是否使用 ESD 防護地板材料，移動式設備中所有裝置元件均應定期檢測。

根據 IEC 61340-5-1[13]對於可移動式設備的的產品新品規格要求防靜電

表面任一點至可接地點間之電阻應小於 $10^9\Omega$，且表面點對點間之電阻應小於 $10^9\Omega$，及符合性檢測要求對地電阻應小於 $10^9\Omega$。另根據 ANSI/ESD S20.20[11] 可移動式設備於產品新品規格及符合性檢測時，對地電阻應小於 $1.0x10^9\Omega$[6]，見表 21 所示。

表 21　可移動式設備(層板表面)之標準要求

規範項目		IEC 61340-5-1		ANSI/ESD S20.20	
		測試依據標準	限制值	測試依據標準	限制值
可移動式設備(層板表面)	產品新品規格	IEC 61340-2-3	$1\times10^4\Omega<R_{gp}<1\times10^9\Omega$ 及 $1\times10^4\Omega<R_{pp}<1\times10^9\Omega$	ANSI/ESD S4.1	$<1\times10^9\Omega$
	符合性檢測	IEC 61340-2-3	$R_g<1\times10^9\Omega$	ESD TR53 可移動式設備	$R_g<1\times10^9\Omega$

註 1　Rg：對地電阻
註 2　Rpp：點對點電阻
註 3　Rgp：至可接地點的電阻

第十二節 標示

進出 EPA 區之門口應張貼有『注意靜電放電防護區（EPA），應採用靜電放電防護處理措施』等 ESD 注意標示(如圖 16 所示)，以明確表示該區域之靜電防護的重要性。

此外，ESDS 組件、系統或包裝等標示應依據用戶合約、訂貨單/工程圖或其他文件標示。若無其他外部要求時，企業組織內部應自行決定標示之必要性，並記錄於 ESD 管制方案。當 ESDS 組件被安裝至更高階組裝系統時，亦應標示於人員易見之處。ESD 防護包裝標示亦可於標示圖中加註文字說明(如圖 17 所示)。此外，若靜電防護包裝材料係應用於軍事領域，則應採用圖 18 之標示。

圖 16　EPA 區注意標示

圖 17　ESDS 組件及設備之 ESD 注意標示

圖 18　軍事領域之 ESD 防護包裝注意標示

第十三節 環境濕度

在 EPA 區域中，理想相對濕度應高於 30%。對於電子產品及物件中的金屬，一般而言，相對濕度超過 70%，金屬材質將會容易產生鏽蝕現象。在乾燥

的環境中除易產生靜電荷外，許多 ESD 防護材料性能亦可能因此降低，或甚至可能完全失效或成爲靜電荷產生源。因此爲解決此困擾，在 ESD 防制品及設備選用評估過程中，即應針對可能發生最低相對濕度下，評估 ESD 控制材料之特性表現。

第十四節 防靜電手腕帶接地效能監測器

在工作場所中，人員往往爲最主要的靜電產生源，因此在 EPA 區域內將人員接地顯得格外重要。一般普遍使用防靜電手腕帶進行人員接地，故監視手腕帶的使用效果，成爲進行 ESD 控制時，其中一項非常重要的任務。

腕帶效能監測器係用來測試腕帶系統(包括腕環、接地線及與人體皮膚接觸之電性路徑)是否具有良好運作效能之主要工具。監視使用時機應爲週期性，而非隨機性。其種類依可靠度可分：單一導線式及雙導線式監視測器。依檢測方式可分電阻式、電壓式及電容感應式等。使用者應根據自行需求考量選用。然而，大多數的檢監視並未具有自行校正功能，使用者在進行監測器驗證時，應遵守製造商指示進行。此外，IEC 61340-5-1[13]及 ANSI/ESD S20.20[11]對於靜電手腕帶接地監測器的產品新品規格及符合性檢測並未規定，建議由使用者自行決定，見表 22 所示。

表 22 靜電手腕帶接地監測器(連續性監控)之標準要求

規範項目		IEC 61340-5-1		ANSI/ESD S20.20	
		測試依據標準	限制值	測試依據標準	限制值
靜電手腕帶接地監測器(連續性)	產品新品規格	未定		使用者自訂	使用者自訂
	符合性檢測	未定		ESD TR53 監測器 (連續性監測)	製造商訂定

第十五節 靜電消除器

在 EPA 區域內，所有物體並非均爲導電體，皆可藉由接地方式，消除靜電荷。若 EPA 區域內若存在有必要性的非導電體材料或物件時，則應藉由靜電消除器，消除靜電荷。

因此，在防靜電區域工作台面上方之適當位置或其他必要之地方，應裝設靜電消除器，以消除未打開之包裝袋上的靜電荷和在操作過程中因人體、工具或其他物品相互摩擦，而在工件上所產生的靜電荷。靜電消除器係利用某一特定方式(例如高壓電場電暈方式，電場強度應大於 3MV/m)，藉使空氣中離子游離，產生某一極性離子(正離子、負離子或兩者間接性產生)，藉以中和帶電物件上之電荷，其電荷中和能力係作爲評估靜電消除器消除能力的主要參數。靜電消除器種類眾多，其產生方式可分：核種電離式、AC 電離式、穩態 DC 電離式、脈衝 DC 電離式及 X 射線電離式等產生器。依適用環境可分：空間式、層流式、工作台面式及局部氣噴式等，見表 23 所示。使用者應依據工作區域大小及種類，選用適當之電離器，其參考要點如表 24[6]所示。此外，根據 IEC 61340-5-1[13]建議靜電消除器於產品新品規格及符合性檢測時，性能要求應從 1000V 衰竭至 100V 時，需小於 20 秒或殘餘電壓小於±50 V。另根據 ANSI/ESD S20.20[11]建議靜電消除器於產品新品規格及符合性檢測時，非空間式系統其性能要求可使用者自訂，但殘餘電壓小於±50V。空間式系統其性能要求亦可使用者自訂，但殘餘電壓小於±150 V，見表 25 所示。

然而，電離法並不能足以取代接地靜電防制措施，其應僅爲完整 ESD 控制方案中的一個項目，僅只限於無法完整藉由接地方式進行靜電消散，方可輔以電離方法。

表 23　靜電消除器之形式種類

設備種類	
空間電離式	AC(交流)網柵式系統
	DC(直流)棒式系統
	單極發射器
	雙直流線系統
	脈衝直流發射器
層流式	垂直層流式
	水平層流式
工作桌台面式	桌面式
	懸掛式
局部氣噴式(氣體壓縮式)	噴槍及噴嘴

表 24　靜電消除器選用考量要點

特性	電荷的中和	環境考量	安裝考量	操作	成本
項目	1.放電時間 2.離子平衡(殘餘電壓) 3.產品 ESD 敏感性 4.靜電困擾解決方式	1.空氣流量 2.實體尺寸	1.安全規範 2.電源配置 3.動作控制 4.壓縮氣體需求 5.擴充之可能性 6.和無塵室之相容性	1.維護規範 2.可靠性 3.設備性能 4.臭氧、EMI 及懸浮微粒灑	1.設備成本 2.安裝成本 4.操作及維護成本

表 25　靜電消除器之標準要求

規範項目		IEC 61340-5-1		ANSI/ESD S20.20	
		測試依據標準	限制值	測試依據標準	限制值
靜電消除器	產品新品規格	ANSI/ESD STM 3.1	從 1000V 衰減至 100V 時，需<20s 及殘餘電壓<±50 V。	ANSI/ESD STM 3.1	非空間式系統：衰減時間使用者自訂，但殘餘電壓＜±50 V。 空間式系統：衰減時間使用者自訂，但殘餘電壓＜±150 V。
	符合性檢測	ANSI/ESD STM 3.1	從 1000V 衰減至 100V 時，需<20s 及殘餘電壓<±50 V。	ESD TR53	非空間式系統：衰減時間使用者自訂，但殘餘電壓＜±50 V。 空間式系統：衰減時間使用者自訂，但殘餘電壓＜±150 V。

第四章 定期符合性驗證與稽查測試

靜電防制品與設備及材料等防護特性可能隨時間長短，而產生物理性或化學性的變化，間接使得性能及功效衰減。因此，靜電防制品與設備應定期接受性能檢驗，透過所進行之功能測試，作爲評估靜電防護措施的性能，用來確認其是否需更換或維護。檢查頻率應取決於不同稽查項目與程序，在ANSI/ESD S20.20，建議可根據稽查之歷史數據來訂定，另可參照根據 IEC/TR 61340-5-2[14]技術報告(如表 26)；或依據 JEDEC 625-A[16] (如表 27)定期進行 ESD 控制物品檢測，並每年應進行一次整體性 ESD 稽核工作。

然而並非每個使用環境條件皆相同，因此使用者應基於持有之靜電防護物品的關鍵性質，及故障風險等，自行規劃適合該公司、製程的靜電防制品等驗證頻率計畫。下列列舉考量驗證頻率的方法[15]：

(1) 於某些應用情況下，手腕帶每日檢查即可，但在其他某些作業下，可能需採用固定式腕帶監測器，藉以增加操作人員接地的可靠度。

(2) 包裝材料檢測可能依包裝材料的組成及用途等不同，而有所差異。部分包裝材料之靜電控制特性，可能會隨時間及使用而快速退化，因此靜電消除速度較快，而有些包裝材料可能視濕度並可能有保存期限之限制。

(3) 部分材質(如防靜電地板表層)因缺乏耐久性，可能須要求更爲頻繁的監測。其他材料(如乙烯材質的防靜電地板表層)，因具耐磨損性，則可能較不需要頻繁監測。另在完成地板維護工作後，也應考量執行地板的檢測。

表 26　ESD 控制物品檢測頻率與方式

規範項目	限制範圍	測試方法	頻率	檢驗者
手腕帶 (系統測試)	$R<3.5x10^7\Omega$	量測	每日 1 次 (使用前)	操作人員
工作桌面	$Rg<1.0\times10^9\Omega$	量測	每季一次	ESD 管理者
手腕帶 連接點	$Rg<1\Omega$	量測	每季一次	品管部門
靜電產生者 (絕緣體)	<10,000V/m	量測	每季一次	品管部門
屏蔽包裝袋	可見之損壞跡象	目視	每季一次	品管部門

Rg：表示對地電阻

表 27　ESD 控制物品檢測頻率與方式

頻率	規範項目
每日	手腕帶、鞋環(防靜電鞋)之檢測、服裝著裝之目視檢查。
每週	工作桌面及地墊之清潔、ESD 接地連接之目視檢查。
每月	ESD 防護區內之靜電量測。
每季	工作桌面及地板至接地之電阻、ESD 接地之導通性、手環測試器檢測。
每半年	靜電消除器(離子風扇)之離子平衡與電荷衰減
每年	全系統性之稽核

此外，根據 ASNI/S20.20：2007[11]標準及 ESD TR53-01：2006[15]技術報告，建議下列所述之靜電放電防護品、材料及設備等應定期接受功能性驗證檢測：接地/搭接系統、工作台面、手腕帶、手腕帶性能測試器、防靜電鞋、地板材質、服裝、座椅、移動式設備(手推車)、包裝、靜電消除器及人員接地系統等。

第一節 接地/搭接系統符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證 EPA 區域(或工作站)內之各種接地/搭接系統等電阻均應保持於標準允許範圍內。

EPA 工作站內所有之工作台面、固定式裝置、首持式裝置及人員接地裝置等均應連接至共同接地點(Common point ground；CPG)。共同接地點再行連接至 ESD 接地/搭接參考點。一般而言，ESD 接地/搭接參考點應為交流電(AC)設備接地點。若採用輔助接地時，亦應搭接至交流電(AC)設備接地。

(1) 檢測設備：

(A) 直流歐姆計：可量測範圍應為 0.1～1MΩ，精確度應為±10%。

(B) 交流電插座分析器：係藉以指示設備接地導線是否存在(圖 19)。注意：部分交流電輸出分析器可能無法區別接地線與中性線、火線與中性線及火線與接地線是否裝置顛倒或確定設備接地線之阻抗符合規範要求。

(C) 交流電電路測試器(阻抗計)：係藉以量測設備接地導體自電源插座至主電源控制盤中性搭接點間之阻抗值，該阻抗計亦應具可檢測接線正確性

功能 (圖 20) 。

(D)兩條適當長度之檢測連接導線。

圖 19　交流電插座分析器

圖 20　交流電電路測試器(阻抗計)

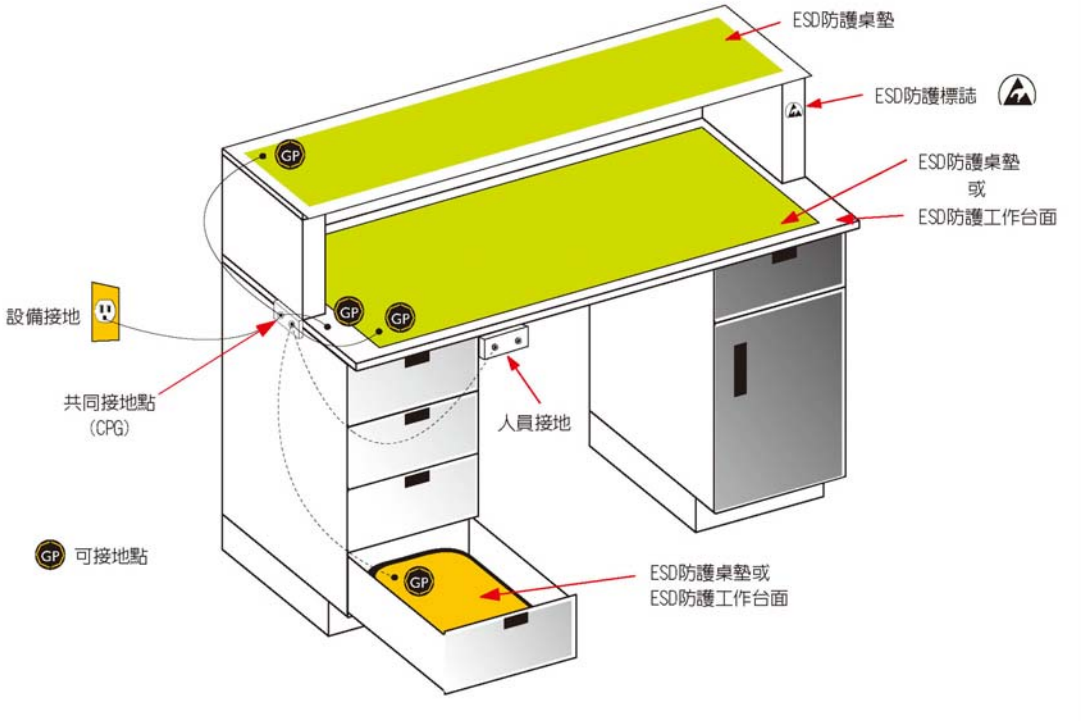

圖 21 接地/搭接系統符合性驗證示意圖

(2) 檢測程序：

(A) 電源插座：

(a) 接地程序必須符合國內電工法規及其他適用規範之要求。電源插座驗證檢測目的係主要檢視靜電接地/搭接參考點所採用之接地設備導線接線方式是否正確與恰當。。

(b) 使用交流電插座分析器檢驗設備接地導線是否存在。

(c) 使用交流電電路測試器檢驗電路接線之完整性是否符合要求。

(i) 將測試器連接至交流電源插座，或包含以設備接地線作爲靜電接地/搭皆參考點之插座或連接設備。

(ii)驗證下列情形：

- 中性線與設備接地導線併存，並且於插座盒內部(插孔)無相互連接。
- 火線與中性線並無反接。
- 火線與設備接地線並無反接。
- 設備接地線阻抗小於 1.0Ω。

(B) 人員可接地點：

(a) 依據儀器操作手冊指示操作直流(DC)歐姆計。

(b) 將兩條檢測導線連接至歐姆計。

(c) 將其中一條檢測導線連接或放置於人員可接地點，另一條則連接至接地參考點。

(d) 檢驗電阻值，並持續一段時間。

第二節　工作台面符合性驗證

本定期檢測程序之目的爲驗證 ESD 防護工作台面是否搭接至接地/搭接參考點。並且其電阻是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

本定期檢測程序亦可適用於檢測架子、抽屜及其他 ESD 防護儲存設備表面。

(1) 檢測設備：

(A) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍至少爲 $1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並且其開路測試電壓爲 DC 10 V 與 100V(±10%)之儀器組合。

(B) 圓柱電極：應符合 ANSI/EOS/ESD4.1 規定。重量爲 2.27±0.06kg (5lb±2oz)、半徑 63.5±0.25mm (2.5±0.1 in)之體積圓柱、導電接觸材料硬度等級應爲 Shore A：50-70。當選用 10V 測試電壓，量測金屬表面時，其兩電極間之電阻應小於 $1.0\times10^{3}\Omega$。

(C) 直流(DC)歐姆計：可量測範圍應爲 0.1～1MΩ，精確度應爲±10%。

(D) 兩條適當長度之檢測連接導線。

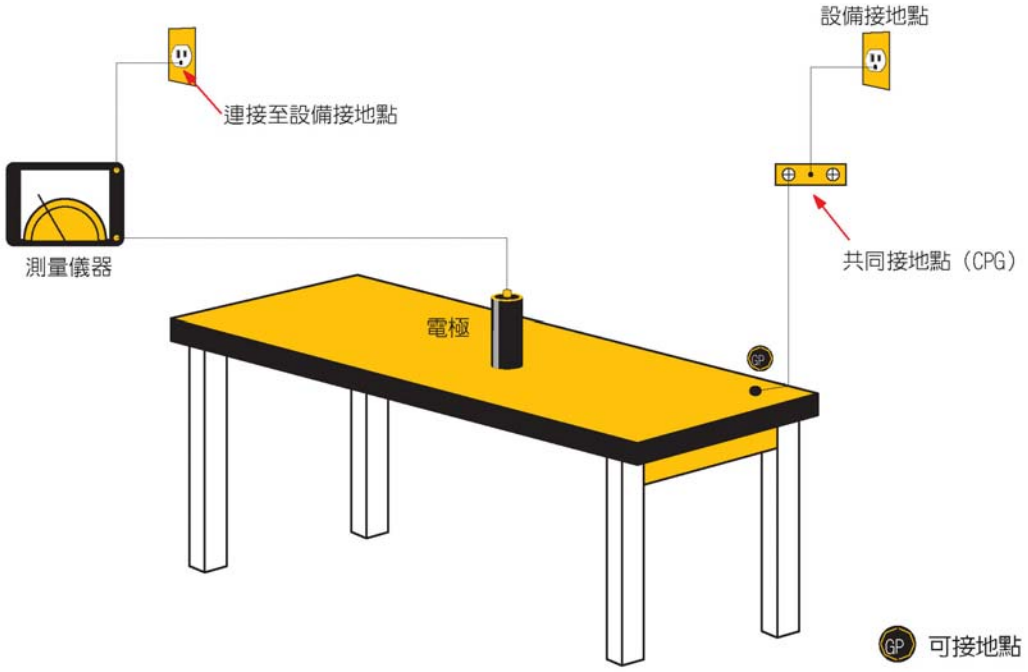

圖 22　ESD 防護工作台面符合性驗證示意圖

(2) 檢測程序：

(A) 驗證程序前，請勿立即清潔 ESD 防護工作台面。

(B) 將所有 ESDS 物件自工作台面移除。

(C) 工作台面上之導電性物品及具獨立接地途徑之交流電氣設備等仍維持連接至接地點。

(D) 將一條檢測導線一端連接至電極，另一端連接至整合性電阻測試器。

(E) 將另一條檢測導線一端連接至整合性電阻測試器，另一端連接至接地參考點。

(F) 將電極置於工作台面正中央，測試電壓設定為 10V，經一段適當之測試時間或待讀值穩定。

(G) 若指示電阻小於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則再行繼續測試。

(H) 若指示電阻等於或大於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則將測試電壓改設定為 100V，再行重新測試工作表面。

(I) 檢測應包括 ESD 防護工作台上易磨損處或具明顯髒污處。

第三節　防靜電手腕帶符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證 ESD 防護手腕帶系統，整體電阻是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

(1) 檢測設備：

(A) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍至少為 $1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並其開路測試電壓為 DC 10 V 與 100V(±10%)。

(B) 手持式電極：不鏽鋼圓柱棒、長度為 75mm(3inches)或以上，直徑為 25mm (1 inches)、鋼棒一端連接具香蕉插頭或螺紋端子之連接測試導線。

(C) 一條適當長度之檢測連接導線。

(2) 檢測程序：

(A) 靜電手腕帶/鞋具整合性電阻性能測試器(Integrated Checker)：

(a) 根據公司規定穿戴程序，將防靜電手腕帶配戴於手腕，並連接人體接地導線。必要時調整腕帶鬆緊度至適當大小。

(b) 將手腕帶/鞋具整合性測試器切換至腕帶設定。

(c) 將接地線具香蕉接頭的一端插至測試器。

(d) 以帶有腕帶之手按住金屬接觸測試板，直到通過/失敗燈亮起並持續亮燈，見圖 23 所示。

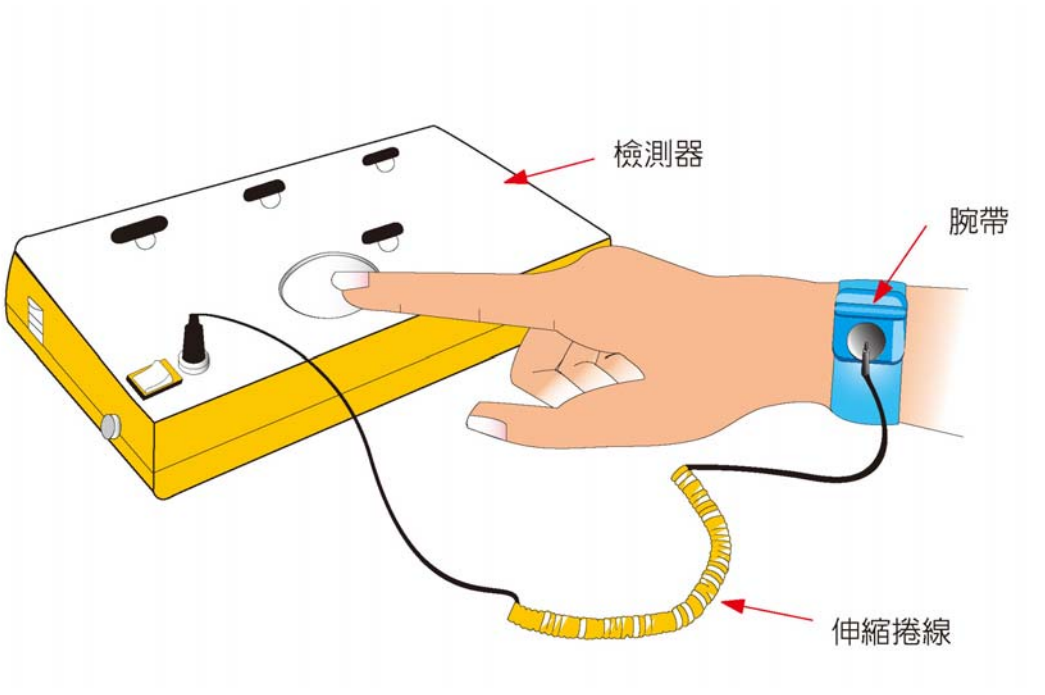

圖 23　靜電手腕帶符合性驗證(方法一)

(B) 靜電手腕帶電阻測試器

(a) 將防靜電手腕帶配戴於手腕，並連接人體接地導線。必要時調整腕帶鬆緊度至適當大小。

(b) 將手腕帶上所附之接地導線連接至電阻測量器之負極連接端子(-)。

(c) 將手持式電極連接至另一條測試連接線，並將連接線另一端連接至電阻測量器的的正極連接端子(+)。

(d) 以帶有腕帶的一手握持住手持式電極，見圖 24 所示。

(e) 設定電阻測試器測試電壓爲 10V，等待量測讀值穩定。

(f) 測量腕帶之環帶(cuff)部與接地線系統間電阻值。

(g) 當使用布製鬆緊帶(cloth cuff)時，建議將腕帶扣件拆除，單獨進行進行環帶檢測工作，以量測布料之電性持續性。

(h) 防靜電手腕帶電阻測試器進行系統電阻測試時，其系統電阻應大於 1MΩ，小於 10 MΩ。

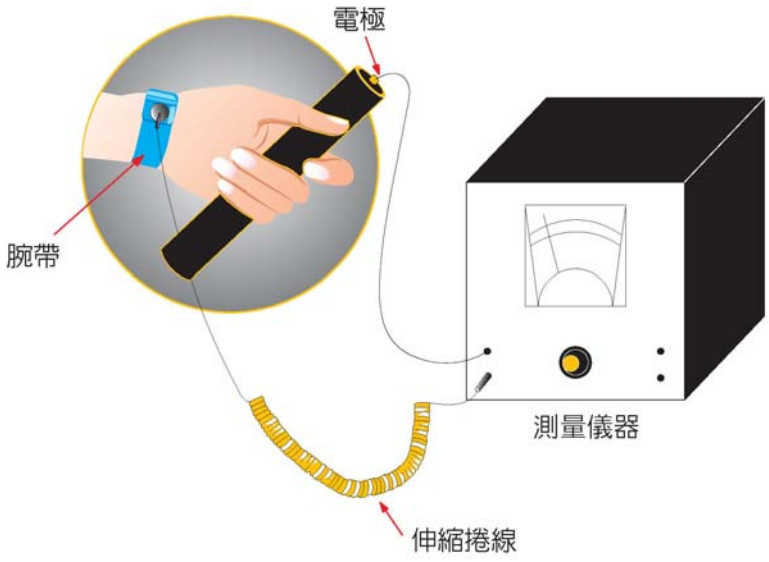

圖 24　靜電手腕帶符合性驗證(方法二)

第四節　防靜電手腕帶接地即時監測器符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證 ESD 防護手腕帶接地即時(連續性)監測器是否依設計目的運作。

手腕帶接地即時監測器之目的，係在於提供手腕帶接地系統連續性檢測，儘管市面上採用之技術種類不同，但其目標均為一致：主要檢測接地點、接地線、手腕帶與人體(或持有易產生 ESD 物品者)間之電性連接。即時監測器亦可提供 ESD 防護工作台面連接至接地參考點間之電路監測。

(1) 檢測設備：

(A) 即時監測器之符合性驗證，應確保監測器在操作限制參數下正常運作。

(B) 透過即時監測器儀器製造商提供之驗證設備，可於工作區域內進行監測器功能驗證。

(2) 檢測程序：

即時監測器之符合性驗證應參照儀器製造商指示。

第五節　防靜電鞋符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證 ESD 防護工作鞋系統(僅包括人員與防靜電鞋)間，整體電阻是否符合建議標準之最大值及最小值間之允許範圍內。

防靜電鞋具包括鞋子、足部接地裝置(鞋環帶)及靴子等形式。

(1) 檢測設備：

(A) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍為 5.0×10^{4}～$1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並其開路測試電壓為 DC 7～30V。部分整合性電阻測試器可手動選取電阻量測範圍。

(B) 手持式電極：不鏽鋼圓柱棒、長度為 75mm(3inches)或以上，直徑為 25mm (1 inches)、鋼棒一端連接具香蕉插頭或螺紋端子之連接測試導線。

(C) 足部電極：導電金屬板，$305mm^2$($12inches^2$)。

(D) 兩條適當長度之檢測連接導線。

(2) 檢測程序：

(A) 靜電手腕帶/鞋整合性電阻測試器(Integrated Checker)：

(a) 根據公司規定穿戴程序，兩腳同時穿上防靜電鞋，若使用人體接觸

式接地裝置(鞋環帶)，須將該裝置放置於人體皮膚與襪子之間，與人體皮膚密切接觸。

(b) 將一隻腳放置於測試器之足部電極上，並確保另一隻腳未接觸足部電極或相鄰的防靜電地面。部分整合性電阻測試器可使用雙足部電極來分別檢測雙腳的電阻。

(c) 將任一手按住整合性電阻測試器之金屬接觸測試板，直到通過/失敗燈亮起並持續亮燈。

(d) 必要時，換另一腳並重複相同程序。

(B) 防靜電鞋電阻測試器

(a) 根據公司規定穿戴程序，兩腳同時穿上防靜電鞋，若使用人體接觸式接地裝置(鞋環帶)，須將該裝置放置於人體皮膚與襪子之間，與人體皮膚密切接觸。

(b) 將一條測試連接線的一端連接至手持式電極，再將該測試連接線的另一端連接致電阻測量器之正極連接端子(+)。

(c) 將另一條測試連接線的一端連接至電阻測量器之負極連接端子(-)，再將該測試連接線的另一端連接至足部電極。

(d) 以任一手握持住手持式電極，見圖 25 所示。

(e) 設定電阻測試器測試電壓爲 10V，等待量測讀值穩定。

(f) 測量 ESD 防靜電鞋系統的電阻值。

(g) 必要時，換另一隻腳並重複相同程序。

圖 25　防靜電鞋系統性電阻符合性驗證

第六節　防靜電地板符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證 ESD 防護地板系統電阻是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

防靜電地板包括永久性裝置地板，及具 ESD 防護被覆、塗佈、油漆或襯墊之地板。

(1) 檢測設備：

(A) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍至少為 $1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並且其開路測試電壓為 DC 10 V 與 100V(±10%)之儀器組合。

(B) 圓柱電極：應符合 ANSI/EOS/ESD4.1 規定。重量為 2.27±0.06kg (5lb±2oz)、半徑 63.5±0.25mm (2.5±0.1 in)之體積圓柱、導電接觸材料硬度等級應為 Shore A：50-70。當選用 10V 測試電壓，量測金屬表面時，其兩電極間之電阻應小於 $1.0\times10^{3}\Omega$。

(C) 兩條適當長度之檢測連接導線。

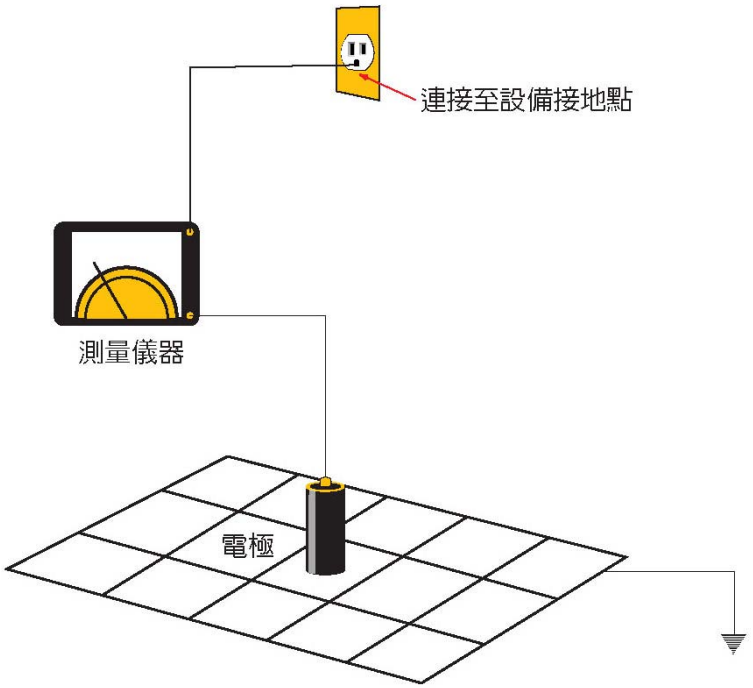

圖 26　防靜電地板符合性驗證

(2) 檢測程序：

(A) 點對地電阻：

(a) 驗證程序前，請勿立即清潔防靜電地板。

(b) 將一條檢測導線一端連接至電極，另一端連接至整合性電阻測試器。

(c) 將另一條檢測導線一端連接至整合性電阻測試器，另一端連接至接地參考點。

(d) 將電極置於防靜電地板表面，測試電壓設定為 10V，經一段適當之測試時間或待讀值穩定。若為測試環境為中濕度情況下，測試電壓應先設定為 10V，若為低濕度情況下，測試電壓應先設定為 100V。

(e) 若指示電阻小於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則再行繼續測試。

(f) 若指示電阻等於或大於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則將測試電壓改設定為 100V(低濕度下)，再行重新測試工作地板表面。

(g) 檢測應包括 ESD 防護地板表面上易磨損處或具明顯髒污處。

第七節　以防靜電裝服進行人員接地之符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證人員經由接地型防靜電服裝系統施行接地，其整體系統電阻是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

防靜電服裝包括無塵室實驗服(或工作服)、實驗室外套、夾克及工作服。

(1) 檢測設備：

(A) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍為 5.0×10^{4}～$1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並其開路測試電壓為 DC 7～30V。部分整合性電阻測試器可手動選取電阻量測範圍。

(B) 手持式電極：不鏽鋼圓柱棒、長度為 75mm(3inches)或以上，直徑為 25mm (1 inches)、鋼棒一端連接具香蕉插頭或螺紋端子之連接測試導線。

(C) 兩條適當長度之檢測連接導線。

(2) 檢測程序：

(A) 整合性電阻測試器(Integrated Checker)：

(a) 根據公司規定穿戴程序穿上服裝並正確扣好，並確保手袖腕帶緊貼皮膚。若使用可調整式腕帶，應加以調整並使其與人體皮膚密切接觸。

(b) 將接地線一端與服裝接地線接頭相連接。

(c) 將腕帶/鞋整合性電阻測試器切換至腕帶測量模式。

(d) 將服裝接地線另一端插入(連接)至電阻測試器。

(e) 將任一手按住整合性電阻測試器之金屬接觸測試板，直到通過/失敗燈亮起並持續亮燈，見圖 27 所示。

(B) 防靜電鞋電阻測試器

(a) 根據公司規定穿戴程序穿上服裝並正確扣好，並確保手袖腕帶緊貼皮膚。若使用可調整式腕帶，應加以調整並使其與人體皮膚密切接觸。

(b) 將接地線一端與服裝接地線接頭相連接。

(c) 將接地線的另一端連接至電阻測量器之負極連接端子(-)，

(d) 將一條測試連接線的一端連接至手持式電極，再將該測試連接線的另一端連接致電阻測量器之正極連接端子(+)。

(e) 以任一手握持住手持式電極。

(f) 設定電阻測試器測試電壓爲 10V，等待量測讀值穩定。

(g) 測量人員接地與服裝系統間的電阻值。

圖 27 以防靜電裝服進行人員接地之符合性驗證

第八節 防靜電服裝之符合性驗證

本定期檢測程序之目的爲驗證防靜電服裝的兩袖間(或袖口與袖口間)電阻，是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

防靜電服裝包括無塵室實驗服(或工作服)、實驗室外套、夾克及工作服。

(1) 檢測設備：

(A) 整合性電阻(率)測試器：其開路測試電壓爲 DC 100V(±10%)，測讀值範圍至少爲 $1.0\times10^{12}\Omega$ 之單一量測儀器或儀器組合。

(B) 兩圓柱電極：應符合 ANSI/EOS/ESD4.1 規定。重量爲 2.27±0.06kg

(5lb±2oz)、半徑 63.5±0.25mm (2.5±0.1 in)之體積圓柱、導電接觸材料硬度等級應爲 Shore A：50-70。當選用 10V 測試電壓，其兩電極間之電阻應小於 $1.0\times10^{3}\Omega$。

(C) 兩條適當長度之檢測連接導線。兩條適當長度之檢測連接導線。

(D) 絕緣支撐板：平坦絕緣板，其大小應足以支撐進行 ESD 防護設備或材料之檢測工作。應符合 ASTM D-257 規定，絕緣板表面電阻應大於 $1.0\times10^{13}\Omega/sq$。

(2) 檢測程序：

(A) 將兩電極連接至分別測試連接線，並將測試連接線另一端連接至整合性電阻測試器。

(B) 將待測服裝置於絕緣支撐板表面上。

(C) 將兩電極分別置於服裝的兩袖子(袖口)上。並確保袖子與衣服主體部分分開，見圖 28 所示。

(D) 設定電阻測試器測試電壓爲 100V，等待量測讀值穩定。

(E) 測量服裝的表面電阻值。

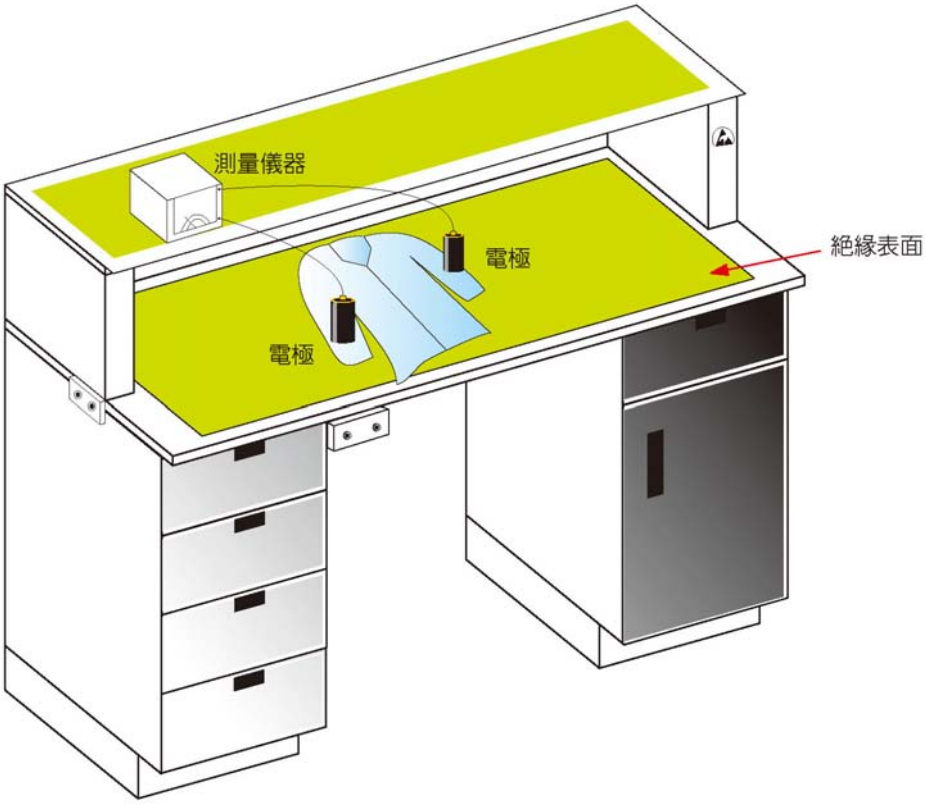

圖 28　防靜電裝服(袖口對袖口)符合性驗證

第九節　防靜電座椅之符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證防靜電工作座椅接地系統(經防靜電地板接地之座椅)的電阻，是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

(1) 檢測設備：

(A) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍至少為 $1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並且其開路測試電壓為 DC 10 V 與 100V(±10%)之儀器組合。

(B) 圓柱電極：應符合 ANSI/EOS/ESD4.1 規定。重量為 2.27±0.06kg (5lb±2oz)、半徑 63.5±0.25mm (2.5±0.1 in)之體積圓柱、導電接觸材料硬度等級應為 Shore A：50-70。當選用 10V 測試電壓，量測金屬表面時，其兩電極間之電阻應小於 $1.0\times10^{3}\Omega$。

(C) 兩條適當長度之檢測連接導線。

(2) 檢測程序：

(A) 將防靜電座椅放置於已安裝有防靜電功能之地板上。驗證程序前，請勿立即清潔防靜電地板。

(B) 將一條檢測導線一端連接至電極，另一端連接至整合性電阻測試器。

(C) 將另一條檢測導線一端連接至整合性電阻測試器，另一端連接至接地參考點。

(D) 將電擊置放於下述座椅位置(將電極置放於任一破損處)，測試電壓設定為 10V，經一段適當之測試時間或待讀值穩定，見圖 29 所示。

(a) 椅面中央

(b) 椅背中央

(c) 椅腳輪(若裝置有此零件時)

(E) 若指示電阻小於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則再行繼續測試。

(F) 若指示電阻等於或大於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則將測試電壓改設定為 100V，再行重新防靜電座椅。

(G) 檢測應包括 ESD 防護座椅易磨損處或具明顯髒污處。

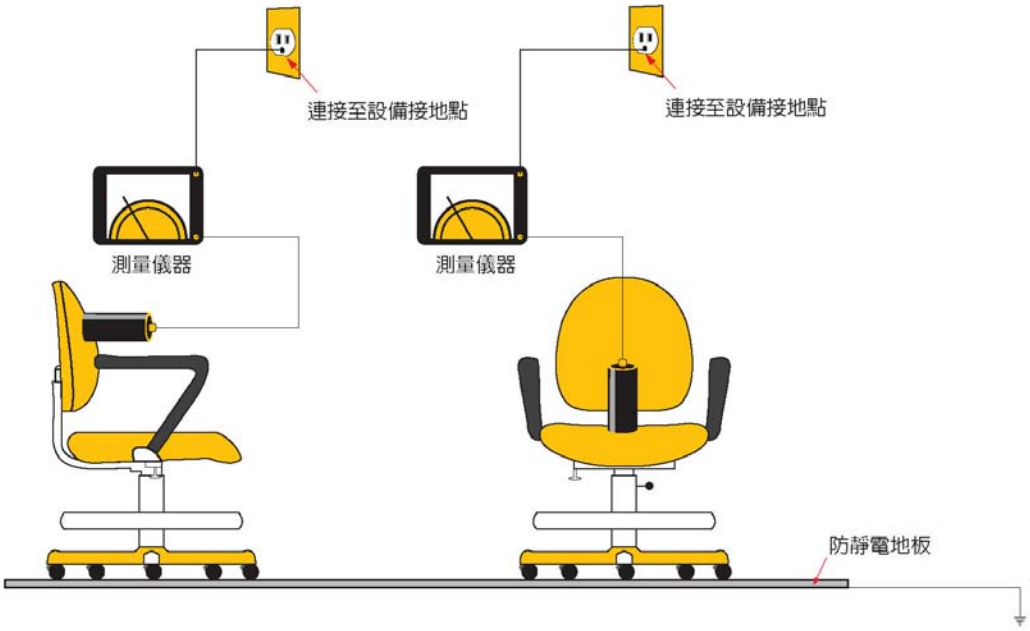

圖 29　防靜電座椅符合性驗證

第十節 防靜電移動式設備(手推車)之符合性驗證

本定期檢測程序之目的爲驗證防靜電移動式設備(例如：手推車)接地系統(經防靜電地板接地)的電阻，是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

(1) 檢測設備：

(A) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍至少爲 $1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並且其開路測試電壓爲 DC 10 V 與 100V(±10%)之儀器組合。

(B) 圓柱電極：應符合 ANSI/EOS/ESD4.1 規定。重量爲 2.27±0.06kg (5lb±2oz)、半徑 63.5±0.25mm (2.5±0.1 in)之體積圓柱、導電接觸材料硬度等級應爲 Shore A：50-70。當選用 10V 測試電壓，量測金屬表面時，其兩電極間之電阻應小於 $1.0\times10^{3}\Omega$。

(C) 兩條適當長度之檢測連接導線。

(2) 檢測程序：

(A) 將防靜電手推車放置於已安裝有防靜電功能之地板上。驗證程序前，請勿立即清潔防靜電地板。

(B) 將推車上所有 ESDS 物件移除。

(C) 將一條檢測導線一端連接至電極，另一端連接至整合性電阻測試器。

(D) 將另一條檢測導線一端連接至整合性電阻測試器，另一端連接至接地參考點。

(E) 將電極置於手推車上層台表面中央，測試電壓設定爲 10V，經一段適當之測試時間或待讀值穩定。

(F) 若指示電阻小於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則再行繼續測試手推車上其他層架。

(G) 若指示電阻等於或大於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則將測試電壓改設定爲 100V，再行重新測試手推車上其他層架。

(H) 檢測應包括手推車台表面上易磨損處或具明顯髒污處。

第十一節　靜電消除器（離子風扇）之符合性驗證

本定期檢測程序之目的爲驗證靜電消除器(例如：離子風扇)之放電時間與殘餘電壓(offset voltage)(剩餘離子數量)是否符合建議標準規範之允許範圍內。

本定期檢測程序之檢測步驟亦適用於下列靜電消除裝置類別：空間式、層流式、工作台面式及壓縮氣體式(噴槍或噴嘴等)。

(1) 檢測設備：

(A) 充電板監測器(CPM：charge plate moniter)：應符合 ANSI/ESD STM3.1 規定；或可攜式驗證工具組：應符合 ESD SP3.3 要求。可攜式驗證工具組應包括下列組成：電場計、可拆式(隔離導電)平板、平板充電器及接地線等零組件。

(B) 碼表或其他適當量測放電時間之工具。

(C) 測量尺。

(2) 檢測程序：

(A) 初始檢測設定：

(a) 測量工作應於 ESDS 物件離子化的位置進行。

(b) 靜電消除風扇若含有加熱器及空氣過濾器等設備時，檢測時應確保該裝置均處於正常狀態。

(B) 放電時間(衰減時間)試驗：

(a) 啓動檢測設備，並依照製造商建議予以設備置於穩定狀態。

(b) 將檢測平板短暫性接地，並設定(或驗證)爲零電壓值。

(c) 請勿於離子化氣流場內，將可攜式驗證儀器進行歸零(或進行充電)動作。

(d) 將檢測平板充電至超過各電極初始檢測電壓之適當伏特數(例如1200～1500V)。

(e) 將檢測板面向靜電消除風扇的氣流方向。

(f) 放電時間量測始於檢測板電壓衰減至初始測試電壓(例如 1000V)時，並停止於檢測板電壓衰減至最終測試電壓(例如 100V)。

(g) 針對另一電極重複上述程序。

(h) 記錄各電極放電時間(秒)。

(C) 殘餘電壓(offset voltage)(剩餘離子數量)試驗：

(a) 啓動檢測設備，並依照製造商建議予以設備置於穩定狀態。

(b) 將檢測平板短暫性接地，並設定(或驗證)爲零電壓值。

(c) 請勿於離子化氣流場內，將可攜式驗證儀器進行歸零(或進行充電)動作。

(d) 將檢測板面向靜電消除風扇的氣流方向。

(e) 等待使用者規範之時間。

(f) 紀錄檢測板上之殘餘電壓(offset voltage)(或剩餘離子數量)。

第十二節 防靜電包裝材料之符合性驗證

參照 ANSI/ESD S541[5ESDS 物品之包裝材料)之定期檢測程序，可作爲定期驗證包裝材質。但基於實際採用之包裝材質有廣泛差異性，因此建議使用者針對所採用之包裝材料，發展出適當之符合性驗證計畫。

第五章　靜電放電防護系統驗證制度

現今國際電子業對於產品要求不斷提升，電子產品的積體度越來越高，相對的其靜電放電敏感度亦相對增加，靜電放電所造成之損傷隨機性高，並具隱蔽性。根據美國 ESDA 協會研究：電子業每年因 ESD 所造成產品的損耗達數十億美元，其約佔總製造成本 8%~30%[17]。因此，建立 ESD 防護與控制對於電子製造業而言，更深具重要性。目前主流解決方案，包括於產品上採用 ESD 保護電路設計，及內部生產製程管理措施中建置 ESD 防護系統，或採兩者兼具等方案。[18][19]

第一節 ESD 防護驗證之必要性

靜電防護與控制係屬於一門極為專業的技術，其不單僅為防靜電用品及設備的問題，而是一個需系統性評估與整合性建置的技術工作。其涉及 ESDS 產品的生產製造的各環節，並且與所處的環境和操作人員之著裝等有關，任何防護疏失均可能導致 ESD 防護工作失效，其工作層面涉及各部門。一個工廠的防護水準足以代表其對產品品質要求水準。因此，系統化、標準化、規範化的 ESD 控制方案已成為目前電子業中普遍性要求，並須經由特定驗證單位(例如美國 ESDA 協會)資格認可之專業稽核人員進行驗證，其驗證程序如圖 30 所示[17]。ESD 防護驗證除應掌控國內外最新靜電防護標準要求與測試方法，此外，整體系統性的工廠靜電防護系統，亦可深入瞭解生產過程中所潛在性之靜電危害，降低因靜電所導致之產品不良率，並提高產品可靠度。藉以符合國際 ESD 防護驗證要求，並提升客戶之滿意度及商譽。[18][19]

目前宜施行 ESD 驗證的企業大致可分三類：一為具靜電控制要求的電子製造生產業者；二為知名跨國公司旗下企業；三為承接上述業者業務之企業。目前許多國際電子電器大廠均紛紛要求自家 ESDS 零件之供應商應通過 ESD 驗證，以確保產品品質與降低損失。

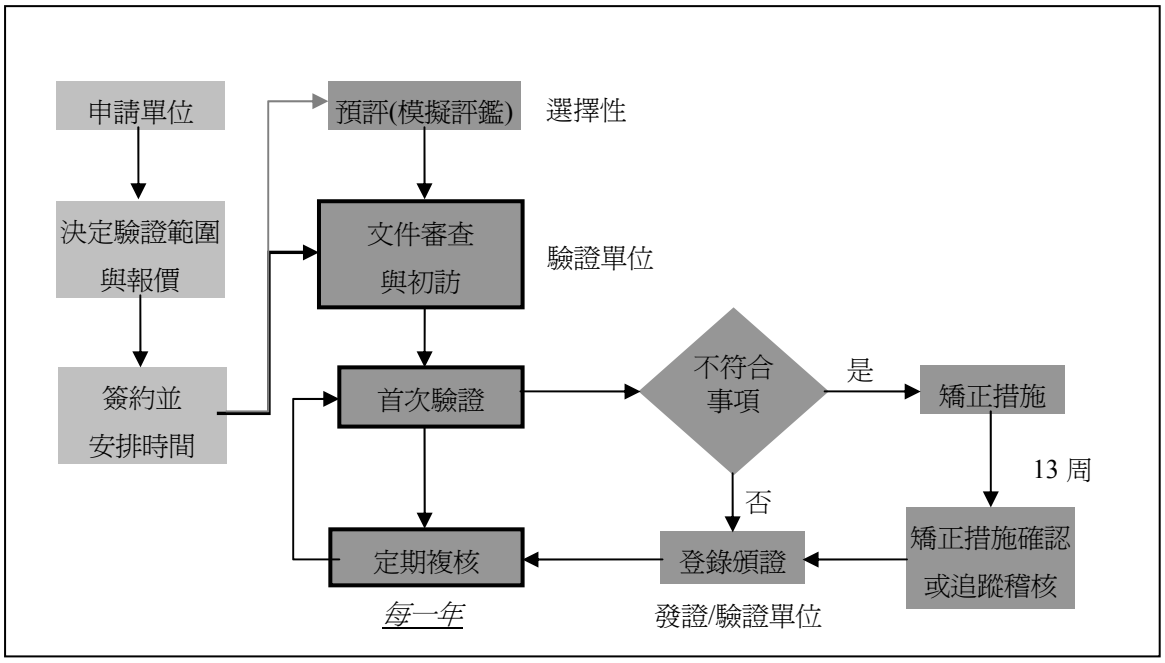

圖 30　靜電放電防護驗證程序

第二節 國際 ESD 防護驗證標準

ESD 防護措施應用及測試標準：主要規範有手腕帶、服裝、鞋、桌面、地板、包裝、靜電消除器、手推車及工具等靜電防制品與設備、材料等之功能要求、技術標準及測試方法。由於 ESD 防護措施要求多屬系統性技術指標，其中亦包括系統電阻或系統電壓等測試方法。應用性標準不單僅作爲靜電防制品與材料之技術標準使用，其亦屬於 ESD 防護驗證系統標準之附屬配套標準。此外，業界所使用之 ESD 儀器亦依據此類標準所設計。

目前靜電相關規範與標準包括：ESDA、IEC、EN、ANSI、ASTM、BSI、IEEE、JEDEC/EIA、IPC、JISC 及 MIL 等，並且其標準均有使用者與追隨者。而國際間所流行採用之靜電放電標準體系有 IEC、EIA、ESDA 及 IPC 四大類，其中 IPC 的靜電標準實際上爲 ESDA 與 EIA 標準之引用，所以嚴格來說流行採用的體系爲三類。目前仍以 ESDA 及 IEC 的標準爲最具權威，其內容亦爲最具全面性，而 EIA 標準則多爲防靜電產品與儀器製造商或供應商設計之基本依據。但就工廠 ESD 防護驗證系統而論，仍以 IEC 及 ESDA 兩大主流爲主，而其他許多國家或行業別在制訂工廠 ESD 防護驗證等相關標準時，亦主要轉

化或是引用這兩個主要標準規範。

(1) ANSI/ESD S20.20：2007

此標準發佈者爲美國靜電放電協會(ESD Associatin；ESDA)，並經美國標準協會（ANSI）採用，ESDA 由多個知名電子、電氣、通訊業者所共同組織成立，其旨在於建立完備和統一 ESD 防護標準之全球性非營利性機構。ESDA 協會雖成立時間較 IEC 與 EIA 晚，且機構規模相較之下亦小。但由於其主要僅專注於 ESD 技術和標準的發展。因此具有不可替代性的優勢，發佈標準廣爲各方接受，以致於其他體系之標準所引用之實施標準亦多參採其標準，因此，ANSI/ESD S20.20 雖標準位階較低於 IEC 標準，仍廣受全球電子業所引用作爲靜電防護標準，其目前 ESDA 驗證證書的發證量已達數百家，並年增速度超過 5 倍，許多業界巨頭亦已將 ESD 驗證作爲其供應商選擇的基本條件之一。

另一個 ANSI/ESD S20.20 廣受歡迎的原因，係因其可透過建立於 ISO9001 的基礎上，再行建置 ESD 防護控制系統之特定要求。其於 2007 年 3 月發佈 2007 版，規定 2008 年開始適用於驗證審查，並於 2009 年全面取代 1999 版，其主標準雖然內容簡單，但其配套引用標準多達 35 個。該標準系統之建立與實施應全面性理解與遵照引用標準，因此就總體性而言，該標準相較於其他標準而言更爲嚴謹。此外，該標準更要求受驗證企業應接受 ESDA 協會認可之第三方審查機構定期稽核或複查等服務。表 28 爲 ESDA 協會對 ESD S20.20 標準之工廠驗證檢核表。

(2) IEC 61340-5-1

IEC 61340-5-1 標準與 ESD S20.20 同樣具有稽核與驗證之功能與要求，其主標準議參考一系列之 IEC 61340 標準與指引。於標準層級上國際電機電子委員會 IEC 61340-5-1 較美國國家標準 ESD S20.20 應具有更高層次，其影響亦較寬廣，因此在歐洲和亞洲(如日本、韓國、大陸)部分國家常較偏向施行 IEC 標準。但目前通過該系統標準驗證之企業較少。61340-5-1 標準及 61340-5-2 指引於 2007 年 8 月發佈 2007 版，其中並大量參採 ESD S20.20 標準要求。

(3) ESD 防護標準系統之特點[19]

ANSI/ESD S20.20 與 IEC 61340-5-1 兩標準自 2007 年間先後發佈新的公佈標準，就新系統標準而言，呈現具有下列特點：基本架構已獲得普遍認可；加強管理與持續改善機制；除技術原理外，技術處理方式更具靈活性；測試方法更爲明確；檢測方法更爲嚴謹等。

表 28　ESDA 協會對 ESD S20.20 標準之工廠驗證檢核表

靜電放電(ESD)防護認證程序列表					
序號	問　題(參考 S20.20)		是	否	備 註 說 明
1	ESD 控制方案計畫是否有文件載明靜電放電控制條件？				
2	ESD 控制方案計畫	(A) 內容是否包含必需的行政和技術要求？			
		(B) 是否以文件中載明計畫中 ESD 敏感物品的敏感程度？			
		(C) 是否包含修訂計畫的決策和理論基礎？			
		(D) 是否包含該公司已公告之防護措施修訂資料？			
		(E) 是否爲標準所提排除之特殊性工作場所和作業程序？			
3	控制方案計畫中是否包含人員訓練計畫？				
4	人員訓練計畫	(A) 處理 ESDS 物品之作業人員是否已具初步 ESD 知識和接受防護訓練？			
		(B) 處理 ESDS 物品之作業人員是否具週期性接受 ESD 知識和防護訓練？			
		(C) 人員訓練計畫是否包含規定之訓練頻率及形式？			
		(D) 人員訓練計畫是否包括測試或其他評估方式，以確保訓練之成效性？			
		(E) 人員訓練計畫是否包括訓練紀錄之要求？			
		(F) 人員訓練計畫是否規定訓練紀錄存放之的方式及資料位置？			
5	ESD 控制方案計畫文件是否包括符合性性驗證規劃？				
6	合格性驗證規劃	(A) 是否符合正式之製程檢查或驗證？			
		(B) 是否規範需查核之計畫技術元件？			
		(C) 是否規定每個技術元件的驗證頻率？			
		(D) 是否包括檢測方式？			
		(E) 是否包括防護品及設備材料之合格性驗收測試規範要求？			
		(F) 檢測儀器是否符合驗證規劃中規範之設備要求？			

	(G) 測試方式是否符合合規性驗證規劃的製程			
7	爲保護 ESDS 物件，人員與其他導體設備材料是否與接地/搭接系統爲等電位？			
8	當進行 ESDS 物件作業時，所有人員是否均與大地間搭接，維持等電位狀態？			
9	當作業人員採坐姿工作時，是否正確穿戴有防靜電手腕帶，並確實連接至共同接地點(CPG)？			
10	該公司是否允許於 EPA 區域內，ESDS 物件無須經由防靜電包裝材料提供保護？			
11	ESD 保護區域內外是否具有可明顯辨認之適當警告標誌？			
12	於 ESD 保護區外時，ESDS 物品是否具免受 ESD 損害之保護？			
13	是否限制已受訓的人員才能進入 EPA 保護區域？			
14	所有未受 ESD 訓練人員或訪客，均需經由已完成訓練人員陪同才准予進入 ESD 保護區域內。			
15	是否已經去除 ESD 保護工作站內所有非必要性絶緣體？			
16	若 ESD 保護區域內存有有任一絶緣體威脅時，該公司是否已建立一個應對之防護計畫？			
17	該公司內的 ESD 保護包裝是否符合客戶合約要求，並提供 ESD 防護標示以供辨識？			
18	若無合約要求，該公司內部是否有 ESDS 物品包裝計畫。			
19	該公司是否掌握 ESD 保護區內外的 ESDS 包裹與產品動向？			
20	於公司內部所有 ESDS 物品製程(包括人工或機械製造)的區域，是否使用 ESD 防護處理程序？			
21	該公司是否具有 ESD 相關測試儀器，藉以量測各種技術製程環境因素？			
22	是否於規定的間隔時間內(或於使用前)，進行量測設備之驗證及調校，以符合標準之規範？			
23	若無相關 ESD 標準規範處，該公司是否具有其他基準依據。			
24	檢測儀器設備是否具有適當的顯示或紀錄等，以表示量測結果。			
25	檢測儀器是否具有適當性應用？ (功能顯示顯示、稽核，實驗室評估等工作)			
26	是否具有 ESD 缺陷產品安全處理書面程序書？			
27	ESD 缺陷產品是否經鑑定？			
28	是否以 ESD 缺陷產品處理方式，作爲 ESD 事件持續性保護措施？			
29	是否針對重大的缺陷情形制定更正動作計畫？			

第六章　結論與建議

第一節　結論

長久以來，國內對於電子業之靜電危害防制著重於電子產品防制之研究，而對於環境靜電預防管理技術等則較少，相較於歐美標準於靜電危害預防管理技術上已進行了許多基礎性的研究，實遠遠落後於其他工業發達之國家。因此，唯有消化吸收國外先進之靜電危害預防管理技術標準，方爲提升我國靜電防護水準之捷徑。

1.雖有關 ANSI/ESD S20.20 或 IEC 61340-5-1 標準之靜電放電防護方案，與其他常見之 ISO 9001、ISO 14001 或 OSHAS 18001 相比較，除應有之行政規定外，還包括一系列之技術規定。但企業仍可依據組織內部之品質管理系統(例如：ISO 9001) 等建立相符合之管理文件與程序，僅需額外增加有關 ESD 技術性控制部分即可。

2.一個完善的 ESD 控制方案，應將方案中各項要求逐一列出，其中包括：人員訓練計畫；防制品與設備之符合性查證；接地及等電位搭接系統；人員接地；EPA 區域要求；ESDS 產品包裝及標示等。

3.因 ESDA 協會係專注於 ESD 防護技術與標準之發展，其公布之相關標準較 IEC 完善，故其公布之 ANSI/ESD S20.20 標準爲目前電子業界較常採用之防護與驗證標準。而 IEC 公布之 IEC 61340-5-1 標準雖層級較高，但較不完全，甚至多所引用 ESDA 協會標準。然依最新之 2007 年版 IEC 61340-5-1 已與 ANSI/ESD S20.20 有漸趨於一致之趨勢。

4.本報告編制之「電子業之靜電危害預防管理技術指引」（附錄一），係融合 ANSI/ESD S20.20 與 IEC 61340-5-1 標準，在技術要求之項目上採兩者之聯集，而限制值上採其交集範圍，因此依循本指引，在技術規範上應可同時符合該兩類標準之技術要求。

第二節　建議

1.雖 ANSI/ESD S20.20 及其相關標準爲目前較被電子業界引用之防護與驗證標準，但基於 IEC 標準係爲國際標準，且向來多爲歐洲、亞洲國家（日本、韓國

及大陸等）所採用，幸 IEC61340-5-1 及 ANSI/ESD S20.20 兩大標準已漸調和，但建議業界目前在建置防護方案時，仍可同時考量該兩標準之技術要求。

2.若業界爲同時取得符合 IEC61340-5-1 及 ANSI/ESD S20.20 兩大標準之技術要求時，建議可參採本計畫調和該兩大主流之靜電危害預防管理技術標準，所建立之「電子業之靜電危害預防管理技術指引」。

3.因 ASNI/ESD S20.20 標準或 IEC 661241-5-1 標準，可能不完全適用於所有應用，故企業依據標準制訂 ESD 控制方案時，還必須經由實際評估應用每項要求之適用性，並根據評估結果，視需求增加、修改或刪除方案，研議出該公司所符合標準之靜電危害預防管理作業標準，並制訂標準作業程序(SOP)嚴格執行，使在生產過程中之靜電潛在危害降至最低，以減少工安事故與生產損失。

誌謝

本研究計畫感謝財團法人工業技術研究院能環所賴博士加勳與高雄第一科技大學環安系許教授宏德協助審查並提供意見，謹此敬表謝忱。

參考文獻

[1] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ESD-ADV-1.0:For electrostatic terminology-Glossary of terms. USA; 2004.

[2] 蘇文源，葉芳俊：工廠靜電危害案例之成因分析。行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所研究報告；2005。

[3] 張一岑：防火與防爆。台北，揚智出版社；1999。

[4] 日本労働省產業安全研究所。新・工場電気設備防爆指針。東京；1985。

[5] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ANSI /ESD –S541: Packaging materials for ESD sensitive items . USA; 2003.

[6] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ESD TR20.20: Handbook for the Development of an Electrostatic Discharge Control Program for the Protection of Electronic Parts Assmblies and Equipment. USA; 2000.

[7] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ANSI /ESD –STM5.1: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing-Human Body Model(HBM) Component Level. USA; 2007.

[8] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ANSI /ESD –STM5.2: ESD Association Standard for Electrostatic Discharge Sensitivity Testing - Machine Model (MM) Component Level. USA; 1999.

[9] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association.ANSI /ESD –STM5.3.1: Charged Device Model (CDM) -Component Level. USA; 1999.

[10] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ESD-S6.1: ESD Association Standard for Protection of Electrostatic Discharge Susceptible Item：Grounding-Recommended practice.USA;2005.

[11]Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ANSI /ESD -S20.20: Standard for the development of an ESD control program. USA; 2007.

[12]Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ANSI /ESD -S20.20: Standard for the development of an ESD control program. USA; 1999.

[13]International Electrotechnical Commission. IEC 61340-5-1：Electrostatic- Part 5-1：Protection of electronic devices from electrostatic phenomena- General requirements. Swiss; 2007.

[14]International Electrotechnical Commission. IEC/TR 61340-5-2：Electrostatic- Part 5-2：Protection of electronic devices from electrostatic phenomena- User guide.

Swiss; 2007.

[15]Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ESD TR-53-01: Technical report for the protection of electrostatic discharge susceptible items-Compliance verification of ESD protective equipment and materials. USA; 1999.

[16]JEDEC Solid State Technology Association. JEDEC Standard No. 625-A: Requirements for Handling Electrostatic-Discharge-Sensitive(ESDS) Devices. USA; 1999.

[17]美國靜電放電協會網站；www.esda.org。

[18]孫延林：電子工業靜電防護指南。第一版，北京，電子工業出版社；2006。

[19]中國靜電信息網網站；www.esd-china.net。

附錄一 電子業之靜電危害預防管理技術指引

電子業之靜電危害預防管理技術指引

The Management Guideline of Electrostatic Hazard Prevention in the Electronic Industries

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

電子業之靜電危害預防管理技術指引

The Management Guideline of Electrostatic Hazard Prevention in the Electronic Industries

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
中華民國 **98** 年 3 月

目錄

目錄.....i
圖目錄.....ii
表目錄.....iii
一、序言.....1
二、適用範圍.....2
三、名詞定義.....3
四、靜電防制計畫之建立通則.....12
五、靜電防制品與設備.....29
六、定期符合性驗證與稽查測試.....49
七、靜電放電(ESD)防護系統驗證制度.....68
參考文獻.....73

圖目錄

圖 1　共同接地點(CPG)圖示 3
圖 2　靜電放電防護標示 5
圖 3　靜電放電敏感性產品標誌 5
圖 4　建立靜電 ESD 防護計畫流程圖 13
圖 5　靜電防護計畫 13
圖 6　EPA 區域範圍 (電子廠範例 1) 15
圖 7　配電系統 TN-S 接線方式下之防靜電接地方式 23
圖 8　典型之單一ＥＳＤ防護工作站 24
圖 9　常見 EPA 區域內之單一用電設備與 CPG 接點間之關係 25
圖 10　常見 EPA 區域內之電源插座與 CPG 接點間之關係 25
圖 11　EPA 區域內 CPG 接點之 ESD 防護工作桌 26
圖 12　EPA 區域內之人員接地概要配置示例圖 27
圖 13　防靜電手腕帶 30
圖 14　防靜電鞋環 32
圖 15　防靜電鞋之形式與種類(電子製造業) 32
圖 16　EPA 區域內工作桌並聯接地方式(建議方式) 42
圖 17　EPA 區域內工作桌串聯接地方式(不建議方式) 42
圖 18　EPA 區注意標示 44
圖 19　ESDS 組件及設備之 ESD 注意標示 45
圖 20　軍事領域之 ESD 防護包裝注意標示 45
圖 21　交流電插座分析器 51
圖 22　交流電電路測試器(阻抗計) 51
圖 23 接地/搭接系統符合性驗證示意圖 52
圖 24　ESD 防護工作台面符合性驗證示意圖 54
圖 25　靜電手腕帶符合性驗證(方法一) 55
圖 26　靜電手腕帶符合性驗證(方法二) 56
圖 27　防靜電鞋系統性電阻符合性驗證 59
圖 28　防靜電地板符合性驗證 60
圖 29 以防靜電裝服進行人員接地之符合性驗證 62
圖 30　防靜電裝服(袖口對袖口)符合性驗證 63
圖 31　防靜電座椅符合性驗證 65
圖 32　靜電防護(ESD)認證程序 70

表目錄

表 1　EPA 區域範圍 14
表 2　ESDS 物件敏感度 HBM 等級分類 16
表 3　ESDS 物件敏感度 MM 等級分類 16
表 4　ESDS 物件敏感度 CDM 等級分類 16
表 5　ESD 人員訓練計畫 18
表 6　ESD 符合性稽核查檢表 19
表 7　EPA 區域內 ESD 控制物品或方法 21
表 8　EPA 內之接地/等電位電阻要求 23
表 9　靜電防護區域(EPA)內人員接地電阻值要求 28
表 10　防靜電手腕帶之標準要求 31
表 11　人員/鞋/地板系統之標準要求 33
表 12　防靜電鞋及足部接地裝置之標準要求 34
表 13　防靜電服裝之標準要求 35
表 14　靜電防護包裝之測試方法（ANSI/ESD S541） 37
表 15　靜電防護包裝之測試方法 37
表 16　防靜電地板之標準要求 38
表 17　地板材質選用評估方式 38
表 18　防靜電工作表面之標準要求 41
表 19　防靜電座椅之標準要求 41
表 20　棚/貨架系統(存放架)之標準要求 43
表 21　可移動式設備(層板表面)之標準要求 44
表 22　靜電手腕帶接地監測器(連續性監控)之標準要求 46
表 23　靜電消除器之形式種類 47
表 24　靜電消除器選用考量要點 47
表 25　靜電消除器之標準要求 48
表 26　ESD 控制物品檢測頻率與方式 49
表 27　ESD 控制物品檢測頻率與方式 50
表 28　ESD S20.20 之靜電放電(ESD)防護認證程序列表 71

一、序言

電子產品在製造、測試及運送等過程中，均可能因操作不當，而產生高壓靜電放電(ESD)，其將造成(1)人員靜電電擊、(2)火災及爆炸、(3)產品品質不良、(4)設備絕緣破壞等影響。隨著國內的電子資訊產業蓬勃發展，對於靜電敏感性元件之製造環境亦日趨嚴格。國內業者對於靜電對電子元件所造成之損害更是越來越重視，並且期盼能建立一套有效之靜電危害預防管理技術，以在電子產品生產過程中提供一最大程度之靜電防護環境。因此，有效地制定一套完整之靜電危害預防管理技術，實屬重要。

目前靜電放電防護相關標準包括：ESDA、IEC、EN、ANSI、ASTM、BSI、IEEE、JEDEC/EIA、IPC、JISC 及 MIL 等，並且其標準均有使用者與追隨者。而國際間所流行採用之靜電放電標準體系有 IEC、EIA、ESDA 及 IPC 四大類，其中 IPC 的靜電標準實際上爲 ESDA 與 EIA 標準之引用，所以嚴格來說流行採用的體系爲三類。目前仍以 ESDA 及 IEC 的標準爲最具權威，其內容亦爲最具全面性，而 EIA 標準則多爲防靜電產品與儀器製造商或供應商設計之基本依據。但就工廠 ESD 防護驗證系統而論，仍以 IEC 及 ESDA 兩大主流爲主，而其他許多國家或行業別在制訂工廠 ESD 防護驗證等相關標準時，亦主要轉化或是引用這兩個主要標準規範。

有鑑於此，本指引融合 ANSI/ESD S20.20 與 IEC 61340-5-1 兩主要標準，而在技術限制值上採其交集範圍，因此依循本指引，在技術規範上應可同時符合該兩標準之技術要求，以提供製造、封裝、測試、組裝及運輸等業者制訂靜電放電防制計畫之參採。期透過對電子產品、設備及材料等之靜電防護項目管理，及結合一套系統性之靜電放電防制技術之施行、管理與檢驗等技術，以降低生產製造與運送過程中所引起的靜電放電問題，進而達到生產之安全性與產品之可靠度及競爭力的提升。因 ASNI/ESD S20.20 標準或 IEC 661241-5-1 標準，可能不完全適用於所有應用，故企業依據標準制訂 ESD 控制方案時，還必須經由實際評估應用每項要求之適用性，並根據評估結果，視需求增加、修改或刪除方案，研議出該公司所符合標準之靜電危害預防管理作業標準，並制訂標準作業程序(SOP)嚴格執行，使在生產過程中之靜電潛在危害降至最低，以減少工安事故與生產損失。

二、適用範圍

1.本指引適用於防靜電放電工作區域。

2.本指引適用區域爲：製造、裝配、包裝、標示、測試、檢修及運送具靜電敏感性之電機電子零件、組件和儀器設備等作業程序區域內，其中靜電敏感性係指易受靜電人體放電模型 HBM 電壓大於或等於 100V 之損傷。

3.若靜電敏感性之零件、組件和儀器設備爲小於 HBM 電壓 100V 等級，則可能需額外控制元素或調整限制。

4.本指引包括『靜電防護區』、『接地/搭接系統』、『人員接地』及『靜電放電敏感性產品包裝』等技術要求之概述，並建立靜電防制管理方案、施行技術及驗證等技術等規範。

5.本指引並未包括對於檢測及作業人員安全之要求，文件中描述之測試流程和設備，或許會導致人員暴露危險之電氣環境。因此本指引之採用者應在所有相關方面均須遵守國家法令對於任何場所工作之任何人身安全與健康方面的規定。本指引提供之資料不能替換或代替其他相關操作人員安全的要求。另無論哪裡，只要操作人員可能會與電源接觸之地方，均需採用漏電斷路器和其他安全保護措施，並於事前演練減少電氣傷害之操作，機械設備亦必須正確接地。

6.本指引不適用於具電動引爆裝置、易燃之液體和粉末等工作區域。

三、名詞定義

本指引中所採用之專業名詞係參考美國靜電放電協會出版之 ESD-ADV1.0[1]靜電專業名詞術語詞彙。

1.抗靜電(Anistatic)：通常指材料抑制摩擦起電之特性。

註：材料的抗靜電特徵，並不一定與其本身具有之阻抗或電阻相關。

2.輔助接地(Auxiliary ground)：指單獨之補充接地導體，不同於常規使用之接地裝置。

3.搭接(Bond or Bonding)：利用金屬零組件進行永久性連接，形成一個電氣傳導之通路，以強制保證電氣之連續性與安全地傳導任何電流之能力。

4.電荷衰減(Charge decay)：一個殘餘電荷之減少及(或)中和。

5.帶電裝置模型(Charged device model)：當一個與地絕緣之裝置先行充電後接地時，能顯示所產生之靜電放電特性之規定電路。

6.充電板監視器(Charge plate monitor ,CPM)：一種用於測量離子化設備之電荷中和性特性之儀器。

7.共同接地點(Common point ground；CPG)：

定義(1)：指連接兩個(或以上)導體的一個接地裝置。如圖 1 所示。

定義(2)：爲了連接兩個(或以上)之接地導體至同一電位的系統(或方法)。

圖 31　共同接地點(CPG)圖示

8.元件(Component)：一個成品。如：電阻、真空管、電晶體、積體電路及混合電路。

9.導電材料(Conductive materials)：材料之表面電阻小於 1×10E4Ω 或體積電阻小於 1×10E4Ω。

10.導電率(Conductivity)：

定義(1)：材料在電場中，每單位面積的電流比(電流密度)，導電率單位以”S/m”表示。

定義(2)：使用於非技術專門用語時，習慣係指爲傳導電流的能力。

11.腕帶(Cuff)：靜電腕帶之一部分係扣搭於手腕上，腕帶保持與人體皮膚電性接觸之特性。

12.限流電阻(Current Limiting Resistance)：與腕帶串連之電氣接地電阻之總和。若當使用者意外與高電位接觸時，此電阻將限制通過接地線的電流。

13.衰減率(Decay rate)：每單位時間內，電荷或電壓減少量。

14.衰減時間(Decay time)：使靜電電位減少至其初始值所設定百分比數時(通常爲 10 %)，所需的時間，(見靜態衰減測試(Static Decay Test))。

15.消散材料(Dissipative Materials)：表面電阻大於或等於 1×10E4Ω 但小於 1×10E11Ω，或體積電阻大於或等於 1×10E4Ω 但小於 1×10E11Ω 的材料。

16.放電時間(Discharge time)：讓一電壓自初始值衰減至某一指定終值所必需的時間。

17.電場屏蔽材料(Electric Field Shielding Materials)：表面電阻或體積電阻小於 1×10E3Ω 的材料。

18.電氣過壓(Electrical Overstress, EOS)：亦稱「過度電性應力」或「電性過壓」，一個物體或元件施加之電流或電壓超過其最大額定值之暴露現象。此現象可能(或不能)造成嚴重的故障。

19.靜電放電(Electrostatic discharge; ESD)：由於一個高電場的影響，導致靜電荷迅速且自發性轉移；或因帶電荷物體所形成之電場，造成附近之氣體電離所產生之放電現象。

註：通常當兩個不同靜電位的物體互相接近時，將產生火花並具電流流動現象。

20.靜電放電防護區(Electrostatic discharge protected area; EPA)：一個擁有限制靜電電位材料及設備之特定環境場所。

21.靜電放電防護性(Electrostatic discharge protective)：材料之特性具有下列一項或多項能力：減少靜電生成量、消散靜電荷、屏蔽靜電放電或遮罩靜電場干擾。

22.靜電放電防護標示(Electrostatic discharge protective symbol)：用以辨別提供具靜電放電防護區域或產品之特殊設計圖形標示，如圖 2 所示。

圖 32　靜電放電防護標示

23.靜電放電防護工作站(Electrostatic discharge protective workstation)：一個利用有必需之防護材料、物品和設備，以限制在其中對靜電放電敏感性產品損害之工作區域。

24.靜電放電防護工作面(Electrostatic discharge protective worksurface)：一個工作表面，由放置在表面上之材料或由表面本身自行消散靜電荷。

25.靜電放電敏感度(Electrostatic discharge sensitivity; ESDS)：引起元件或器具失效之 ESD 級別(註：參閱「靜電放電敏感性(Electrostatic discharge susceptibility)」)。

26.靜電放電屏蔽(Electrostatic discharge shield)：一個屏障或外罩，足以用來限制電流通過量或衰減由靜電放電所產生之電磁場。

27.靜電放電敏感性(Electro Static discharge susceptibility; ESDS)：被靜電放電損害的傾向。(參閱「靜電放電敏感性(Electrostatic discharge sensitivity)」)。

28.靜電放電敏感性分級(Electrostatic discharge susceptibility classification)：產品依據靜電放電敏感性之電壓值等級排列。註：此分類多種不同分級方式。

29.靜電放電敏感性標示(Electrostatic discharge susceptibility symbol)：爲識別靜電放電敏感性產品，而放置於硬體、組件及文件檔案之標記圖案，如圖 3 所示。

圖 33　靜電放電敏感性產品標誌

30.靜電放電敏感性的產品(Electrostatic discharge susceptible item)：具有靜電放

電敏感級別之電氣或電子零件、裝置、元件、組件或設備。

31.靜電場(electrostatic field)：由於靜電荷的存在，在空間所產生之相吸或相斥力量。

32.靜電感應(electrostatic Induction)：由於具帶電荷物體在鄰近物體上所造成之電荷分離現象。

33.靜電消除器(Electrostatic Neutralizer)：足以產生游離空氣以中和物質中之電荷或提供一路徑引導電荷至大地之設備。

34.靜電位(electrostatic potential)：某一點與一基準點間的電壓差

35.靜電屏蔽(electrostatic shield)：能夠限制靜電場穿透力的屏障物或封裝外殼。

36.電氣過載(EOS)：見「靜電過壓(Electrical Overstress)」。

37.設備接地(Equipment ground)

定義(1)：設備接地的接地點在設備導體末端的任一部位。
定義(2)：電源插座中第三條(綠色)電線接線端。
定義(3)：從電氣設備至一硬式接地電極的整個低阻抗之路徑。

38.ESD：靜電放電的縮寫(見「靜電放電(Electrical Discharge)」)。

39.ESD 接地(ESD Ground)：自靜電帶電人員或物件對地形成接地路徑，其中包括點、電極、滙流排、金屬帶或其他導體系統。

40.ESD 防護 (ESD protective)：具有以下(一項或多項)能力之材料特性：防止靜電荷之產生、使靜電荷在其表面或體積上消散、或提供對 ESD 或靜電場屏蔽。

41.ESD 敏感度(ESD sensitivity)：見「靜電放電敏感度(Electrical discharge sensitivity)及「靜電放電敏感性(Electrical discharge susceptibility)。

42.ESDS：靜電放電敏感性(ESD susceptible)縮寫。(見「靜電放電敏感度(Electrical discharge sensitivity)及「靜電放電敏感性(Electrical discharge susceptibility))。

43.足部接地裝置(Foot grounder)：置於鞋具上的人員接地裝置。

44.接地(Ground)：

定義(1)：一個電路或設備，與大地或某些替代大地位置之傳導性物體間之傳導連接(不論是否具刻意性或偶然性)。

定義(2)：此位置或部分對地爲零電位。

定義(3)：一個類似於大地具有作爲電流返回路徑及任意之零電位參考點的導電物體，例如：鋼船外殼。

45.接地導線(Ground cord)：靜電腕帶的一部份，具有可移動的繞性，作爲腕套與大地間的電氣連接，並確保動作之靈活性。

46.漏電斷路器(Ground fault circuit interrupter; GFCI)：作爲確保人員安全之裝置，其功能在某一限定時間內，延遲接通一個電路或一部份電路。當電源中性線與火線間之電流差達到某欲設定值，此設備立即啓動。此電流差通常係由接地電流引起。

47.接地參考點(Ground reference point)：接地參考點係指設備接地線上之叉狀物，可利用手工焊接至一個工作站接地點。例如：(a) AC 電源線之接地插頭，(b)接地線的香蕉插頭，(c)接地跳線上之 O 型或 Y 型接線端子。

48.可接地點(Groundable point)：一個特定的連接位置或組合體，可作爲靜電放電防護材料或設備，提供一適當之電氣接地。

49.接地用導體(Grounding conductor)：

定義(1)：用於連接設備至接地電極或接地電極組的導體。

定義(2)：用於連接一個佈線系統之接地電路至接地電極或接地電極組的導體。

50.接地電阻(Grounding resistance)：自一條導電路徑上之任意一點至接地電極間的電阻值總和。

54.人體模型(Human body model)：符合一個靜電放電電路模型，其類比資料須符合標準 ESD-S5.1 的波形條件，表現一個典型的自人體手指尖放電之特性。

52.阻抗(Impedance)：一個電路對交流電流流動時所產生之總阻力(即：電阻或電抗)，以 Ω 爲單位。歐姆值愈低，導體的導電性愈佳。

53.阻抗符號 Z(Impedance n. Symbol z)：在交流電電路中，電流流動總阻抗的量測；阻抗包括電阻與電抗。通常以 Z=R+iX 表示，其中 R 爲歐姆電阻，X 是電抗。阻抗表示單位爲 Ω。

54.絕緣材料(Insulative material)：表面電阻或體積電阻大於或等於 1×10E11Ω 的材料。

55.游離化(Ionization)：自一個電中性的原子或分子獲得正或負電荷的過程；或空氣分子在電場中出現電子離開分子，所造成正電荷分子與負電荷電子同時存在的現象。

56.離子產生器(Ionizer)：產生正(或)負空氣離子的裝置。

57.機器模型(Machine model; MM)：一種靜電放電的模擬測試，係基於一個 200 pf 之電容及一個 0Ω 之串聯電阻組成之放電網路。實際串聯電阻值和電感值是由通過一個短金屬絲的電流波形所決定。此模擬測試係近似於一個機器的靜電放電。

58.機器模型靜電放電(Machine model; MM electrostatic discharge)：符合標準規定的 ESD 現象。

59.主搭接線(Main bonding jumper)：由在接地電路導體與設備接地導體間提供之連接。

60.充電板監測器(Monitor, charge(d) plate)：用來測量離子化設備的電荷中和性的儀器。

61.中和(Neutralize)：透過重新組合正、負電荷，或傳導任一種電荷到大地，或引入等值的相反電荷，藉以消除一靜電電場。

62.核種離子產生器(Nuclear ionizer)：通常藉由 α 放射線自氣體分子剝奪電子，直到氣體中形成相等數量之正負離子的一種離子生成設備。

63.殘餘電壓(Offset voltage)：自放置於離子化環境內的充電板監測器，絕緣之導電板所監測到之電壓。

64.電源插座(Outlet)：

定義(1)：連接至電源且具有插座的容器。

定義(2)：配電系統中的一個連接點，給應用設備提供電源電流。

65.定期驗證(Periodic verification)：爲確認空氣離子產生器的性能數值，仍在上下限值範圍內的試驗。

66.人員接地裝置(Personnel grounding device)：將人體上所累積的任何靜電荷洩放至大地的靜電放電防護裝置。

註：人員接地裝置的對地阻抗大小必須達到足以避免引起電氣事故。

67.點對點電阻(point-to-point resistance)：從放置在任何表面上的兩個電極間，所量測得之電阻值，表示單位爲 Ω。

68.點對點電阻(服裝)(point-to-point resistance)(Garments)：在同一布塊的表面上，或在一件衣服的任兩個不同布塊上，自一點到另一點所測得之電阻值，表示單位爲 Ω。

69.對地電阻(Resistance to ground)：放置於表面上的一個電極與大地間所量測得

之電阻值，表示單位爲 Ω。

70.對接地點之電阻(Resistance to groundable point)：放置於表面上的一個電極與一個可接地點間所量測的電阻值，表示單位爲 Ω。

71.空間電離子化(Room ionization)：藉由夠釋放大量空氣離子，達到大規模區域的電離子化系統。

72.袖對袖間電阻(Sleeve-to-Sleeve Resistance)：在同一件衣服上，從一端袖口至另一端袖口所量測得之電阻值，表示單位爲 Ω。

73.靜電控制地板(Static control floor)：透過已連接至大地之永久安裝的地面材料，藉使人員、設備或其他物體消散靜電荷，或控制與地板材料相關之靜電荷的產生與積聚。例如：磁磚、地毯、聚合物、環氧樹脂或片撞地板等。

74.靜電控制地面塗佈層(static control floor finish)：定期應用於普通地面表面之非永久性塗層，藉使人員、設備或其他物體消散靜電荷，或控制與地板材料相關之靜電荷的產生與積聚。例如：導電蠟。

75.靜電控制地墊(Static control floor mat)：一個可移動的島狀材料放置於現有之地板上，藉使人員、設備或其他物體消散靜電荷，或控制與地板材料相關之靜電荷的產生與積聚。例如：磁磚、地毯、聚合物、環氧樹脂或片撞地板等。

76.靜電控制地板材料(Static control floor material)：能夠逸散接地人員、設備或與地面相觸物體，其上靜電荷之耐久性地面材料，例如：磁磚、地毯、聚合物、環氧樹脂、片狀覆地物，亦或能夠控制地面靜電生成的耐久性材料。

77.靜電控制鞋具(鞋類)(Static control footwear)(footwear)：爲一種足部包覆物，當其與本標準中所定義的靜電控制地板或地面接觸時，具有消散靜電荷之特性。

78.靜電控制鞋具(其他裝置)(Static control footwear)(other devices)：與足部相接的裝置(鞋除外)，例如：鞋帶、具接地特性之鞋尖、靴、或其它電氣連接器；當其與靜電控制地板或地面塗層或地墊等接觸時，將使能控制靜電荷的積聚。

79.靜電控制鞋具(鞋)(Static control footwear)(shoes)：爲一種足部包覆物；當其與靜電控制地板或地面塗層或地墊等接觸時，將使能控制靜電荷的積聚。

80.靜電控制防護服裝(Static control garments)：爲控制靜電荷所設計之人員服裝。

81.靜電控制座椅(Static control seating)：與靜電控制地板或地墊等物品搭配使用之座椅。當人員乘坐時，藉以控制靜電荷的產生、積聚和消散所設計的座椅。

82.靜電消散性(Static dissipative)：當某一材料的表面電阻率介於 1×10E5 Ω/sq 及 1×10E12 Ω/sq；或體積電阻率介於 1×10E4 Ω-cm 及 1×10E11Ω-cm 時，則稱此材料具靜電逸散特性。

83.靜電接地(Static grounding)：爲導引物體中之電荷至大地中，以避免因電荷累積所施行之接地。

84.靜電(Static electricity)：見「靜電荷(Electrostatic Charge)」。

85.表面電阻(Surface resistance)：接觸材料在同一連續面上，所量測的兩電極間流動電流與施加 DC 電壓之比率，表示單位爲 Ω。

86.表面電阻率(Surface resistivity)：因電流係在整個表面流動，每單位長度的 DC 壓降與每單位寬度表面電流之比。實質上，表面電阻率是某一平方形表面，兩相對稱邊之間的電阻。但其比率與平方形面積大小或空間單位等均無關。表示單位爲 Ω/sq 或 Ω/□。

87.摩擦帶電(Triboelectric charging)：當兩種材料相接觸或相互摩擦後，立刻分離時，立即產生的靜電荷(見「摩擦靜電序列表(Triboelectric series)」)。

88.摩擦靜電序列表(Triboelectric series)：**爲一個材料的排列序列。**當某一材料與序列下面更遠端的另一材料分離時，將會帶正電荷；或與序列上面更遠端的另一材料分離時，將會帶負電荷。

註：此序列的主要用於辨別在發生摩擦帶電後，所可能產生之電荷極性然而，此序列是在非常特定狀況下，經嚴格控制條件下，所測量之結果。在一般環境下，當一材料與摩擦系列相鄰之另一材料相摩擦後，預期將產生彼此極性相反之電荷。但亦可能產生不同之實驗結果。此系列表僅供參考。

89.靜電消散材料之體積電阻(Volume resistance of static dissipative materials)：在兩電極間，或某一特定之結構下，接地材料或物體之相對兩側，所測量得之測試規定 DC 電壓值與通過之電流值之比。表示單位爲 Ω。

90.體積電阻率(Volume resistivity)：材料每單位厚度下，DC 電壓值與通過之電流值之比。表示單位爲 Ω-cm。

91.工作面可接地點(Worksurfaces groundable point)：**爲**工作表面上的一點，係用來使工作表面與適當之電氣地面間，提供一個電氣連接。

92.工作面電離化(舊稱桌面電離化)(Worksurface ionization(formerly tabletop

ionization))：係用在可控制工作站上靜電荷的電離子化裝置或系統。

註：這類包括有：長工作台頂端離子產生器、工作台表面之高架式離子產生器和層流罩式離子產生器。

93.腕帶(Wrist strap)：為一組合物件裝置，包含一個腕套與提供人體皮膚至大地相連接之接地軟線。

94.腕帶系統(Wrist strap system)：當人員配帶腕帶時，其人體、腕套與接地軟線間，三者形成完整的電氣通路系統。

四、靜電防制計畫之建立通則

隨著科技的進度，半導體元件的奈米尺寸微縮化與電子產品功能的細密化，科學家們逐漸發現，電子設備裝置無故損傷或失效，是由於靜電放電(ESD)所造成。無論是靜電電場，或是靜電電流，均可能造成致命的危害或是潛在性的損傷。

靜電在各種高科技產業中造成生產上的危害。所引發之靜電危害的原因是形成於電荷四周的電場所造成的。在電場中的帶電體會產生庫倫力、電場力及梯度力等作用，將造成灰塵附著、產品對機械附著或反彈等危害。當電場變強時，則會造成靜電放電而引發觸電、可燃性氣體爆炸、半導體 IC 等的破壞、電磁破壞及放電痕跡等的危害。

在這幾種效應中，靜電的放電效應所造成之危害最爲嚴重，此種放電導致電子元件的擊穿破壞，或對系統造成破壞，導致無法正常運作，一般稱爲 ESD 損害[2]。

因此對於製造生產靜電敏感性產品之作業製程或工廠，應建立有效的靜電防制對策或防護措施。例如工廠設備進行接地、降低生產速度或安裝靜電消除裝置等防制措施，並於靜電敏感區域設置靜電放電防護區(EPA)，使在生產過程中之靜電危害降至最低，以減少靜電所引起的工安事故或經濟損失。

1. 靜電防護計畫之建立

進行工廠靜電防護的第一步，即爲成立 ESD 防護小組，藉以評定該公司、工廠或流程內部因靜電所造成之損失，制訂靜電防護計畫。並藉由該計畫，逐步建立、落實及稽核各項防護措施，其程序如圖 4。該計畫應分爲技術面及行政管理面，其中應包括三方面：施行範圍、作業、活動、流程及程序等內容，主要應具有四大目標：環境控制、人員控制、包裝材料控制及人員訓練等，如圖 5 所示。藉由靜電防護計畫，將可有效達到下列成效[4]：

(7) 可避免產品受到靜電放電(ESD)或電氣過載(EOS)直接性損害。

(8) 避免基礎性設備因 ESD 而故障。

(9) 避免在產品生產操作過程中，因靜電使操作受到阻礙。經由靜電控制，間接將可增加產品生產速度及穩定性。

(10) 在重要的產品表面上，可防止因靜電吸引微塵浮粒污染產品。

(11) 在某些生產環境中，可減少空間中之微塵浮粒(例如：無塵室)。

(12) 降低因靜電放電所造成之人員損傷風險。

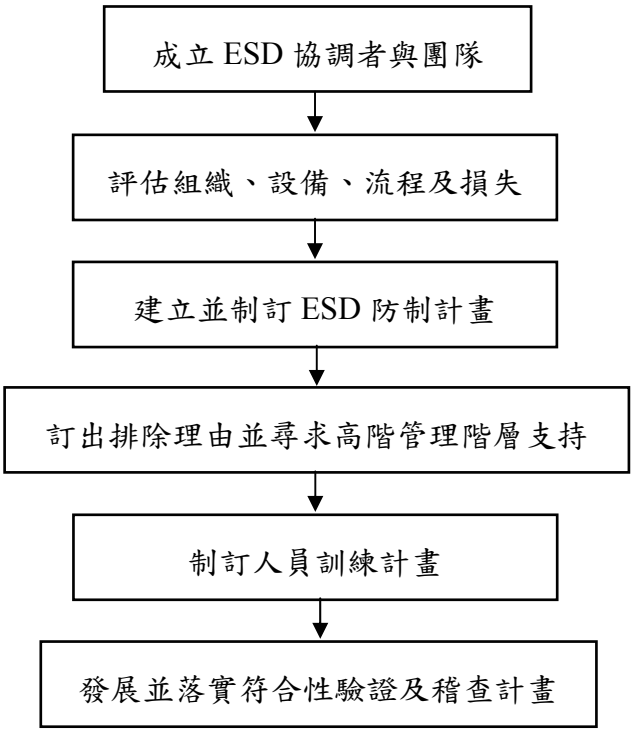

圖 34　建立靜電 ESD 防護計畫流程圖

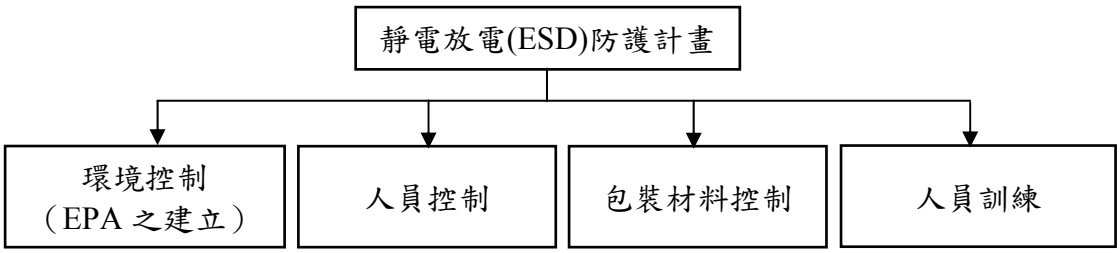

圖 35　靜電防護計畫

2. 靜電放電防護區(EPA)

ESD 防護區(ESD proected area；EPA)，係指具有能力處理靜電放電敏感性(ESDS)產品之工作區域，該區域將受到靜電場或靜電放電損害並提供防護之

區域；在搬運或處理 ESDS 零組件之區域或需施行接地的導電/靜電消散材料(含人員)等區域。凡 ESDS 物料流(設計、生產、檢測、測試、儲存、出貨、安裝、使用、維修、換修等階段)動線區域均應涵蓋在 EPA 工作區域內，其範圍包括：組裝生產線、測試檢測區等，如表 1。EPA 區域可以是由一個工作台、整個房間或整棟建築物所組成。如圖 6 所示[3]。區域內之所有導體(包括人員)均應被搭接或電性連接至大地或同一共同接地點，以確保所有物件與人員均處於同一電位。當維持等電位時，儘管電位值大於零電位，仍可達到靜電防護之功效。但區域內之非導電物體，並無法藉由接地洩散電荷，因此應採適當之措施(如裝置電離子產生器)，降低所存在之必須性非導體可能產生之靜電危害風險。

此外，保護區域之警告標示應張貼於工作人員進入保護區域之入口處，並且須清晰可見。唯有完成適當之 ESD 訓練的人員，方能進入 EPA 區域內，未受過訓練的人員需進入 EPA 區域時，應由已受過訓練之人員陪同。

表 29　EPA 區域範圍

EPA	收料區
	進料檢驗區
	儲藏室、倉庫
	組裝生產線
	測試及檢測區
	研發室
	包裝區
	現場維修區
	實驗室
	潔淨室/無塵室

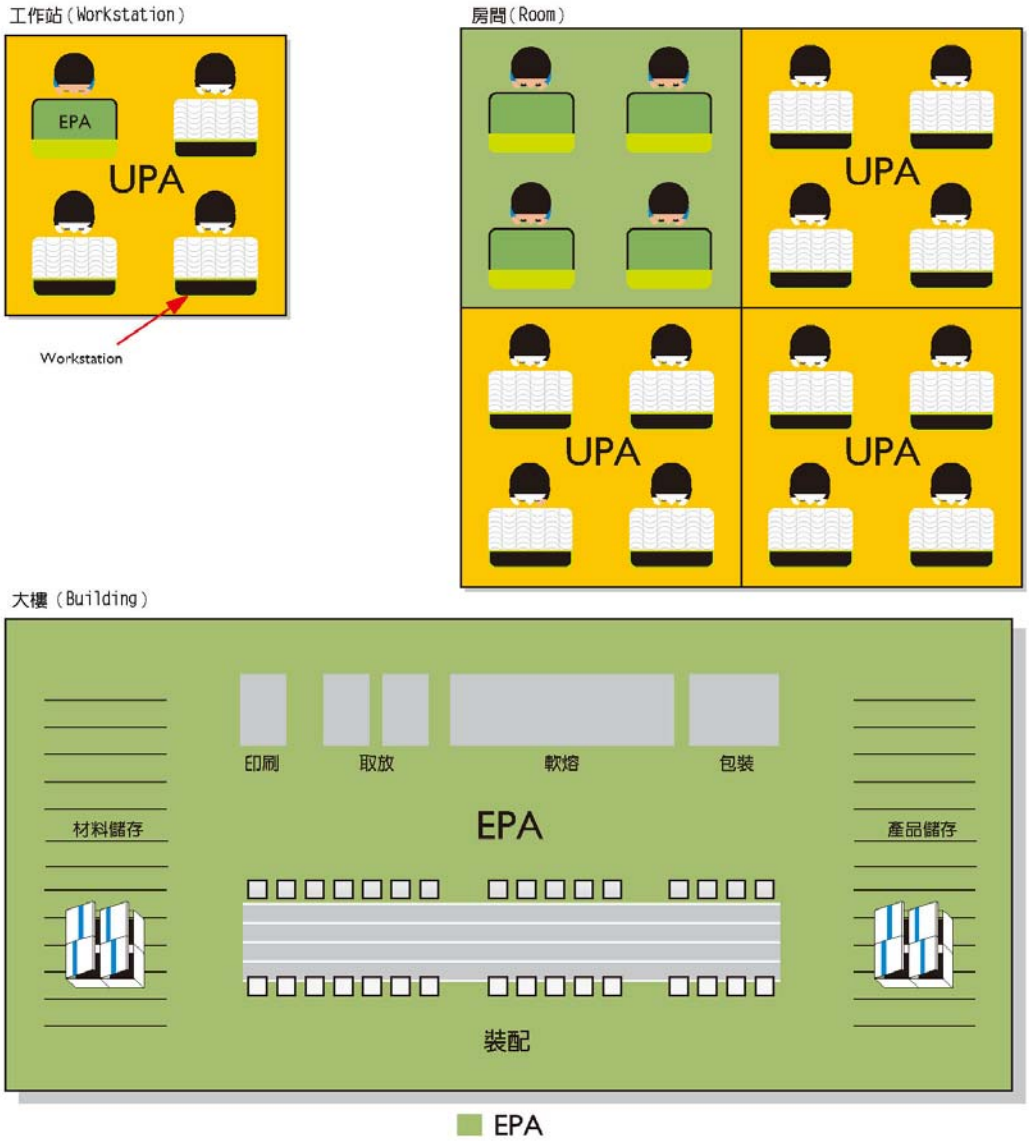

圖 36　EPA 區域範圍 (電子廠範例 1)

電子工廠應根據其所生產製造之靜電敏感裝置/元件(ESDS)之靜電防護要求，設置爲標準之 EPA。因此確認產品的靜電放電敏感度是建置 ESD 控制方案的重要關鍵。唯有充分掌控了 ESDS 物品之敏感程度，才能有效制訂 ESD 控制方案與採取合理的科學防制措施，選擇具體的靜電放電控制流程與材料。ESDS 零組件之敏感度分類，其限制資料來源可藉由元件製造商或供應商所提供；若爲特定規格則需自行制訂 ESDS 測試程序進行分析測試。其分類包括：人體模型(Human Body Model；HBM)(如表 2 所示) [5]、機械模型(Machine Model；MM)(如表 3 所示)[6]、充電元件模型(Charged Device Model；CDM) (如表 4 所示)[7]等。由於各元件之靜電敏感度之不同，其所必須採取之靜電防護

等級亦應不同。一般而言，當元件/零件越小型化時，其本身對 ESD 敏感度亦越高。

表 30　ESDS 物件敏感度 HBM 等級分類

等級	電壓限值(V)
Class　0	<250
Class　1A	250~500
Class　1B	500~1000
Class　1C	1000~2000
Class　2	2000~4000
Class　3A	4000~8000
Class　3B	≧8000

表 31　ESDS 物件敏感度 MM 等級分類

等級	電壓限值(V)
Class　M1	<100
Class　M2	100~200
Class　M3	200~400
Class　M4	≧400

表 32　ESDS 物件敏感度 CDM 等級分類

等級	電壓限值(V)
Class　C1	<125
Class　C2	125~250
Class　C3	250~500
Class　C4	500~1000
Class　C5	500~1500
Class　C6	1500~2000
Class　C7	≧2000

根據美國靜電放電協會(ESDA)標準 ASNI/ESD S20.20：1999[12]規定，標準 EPA 區域之組成，包含一般防制工作區域(服務現場)及重點防制工作區域(製造區域)，重點防制工作區域係指經常容易接觸 ESDS 物品之工作場所，例如製造及裝配工作區域。一般防制工作區域則爲間接性處理(如搬運等)ESDS 裝置或組件之工作場所或爲臨時性 ESD 管制區域，例如客戶現場等。須依據其限制要求進行防制措施。

此外，爲減少感應電場 CDM 的危害，ESD 方案應包括處理過程中必要之絕緣體的防制措施。若靜電場操過 2kV/inch 時，必須採取下列之一的措施：

(1)將絕緣體與 ESD 敏感性裝置相隔離 30cm (12 inches)的距離。

(2)使用電離子化或其他減少帶電之技術來中和電荷。

註：靜電量測時，應由經訓練或熟悉該量測設備操作之人員才准予進行。並且爲確保量測數值之準確性，當採用手提式量測儀器時，與量測物之間應保持一恰當距離，量測物亦須達最小量測尺寸要求。

所有非必要的絕緣體，例如：咖啡杯、食品包裝袋、個人用品等，均不應出現於 EPA 作業區域內，並且不可靠近被操作並無 ESD 防護的 ESDS 物件。

3. ESD 控制方案之行政要求

ESD 控制方案，係指企業內部應建立、實施並維持一個或多個 ESD 控制方案，方案應包括各相關部門與階層爲達 ESD 控制目標之責任分派；及達到目的之方法與時程。其內容應包括行政與技術要求。將須處理敏感性高之物體，根據此方案予以文件化。並依照此方案要求組織應建立、文件、實施、維持及查核方案之符合性。

企業組織內部應指派一位或一團隊爲 ESD 控制方案的經理或協調者，其應依據標準之要求，定期查證該方案之符合性。

由於 ASNI/ESD S20.20 標準[9]或 IEC 661241-5-1 標準[11]，可能不完全適用於所有應用，因此企業依據標準制訂 ESD 控制方案時，必須經由實際評估應用的每項要求之適用性。並根據評估結果，視需求增加、修改或刪除方案。

一個完善的 ESD 控制方案，應將方案中各項要求逐一列出，其中包括：人員訓練計畫；防制品與設備之符合性查證；接地及等電位搭接系統；人員接地；EPA 區域要求；ESDS 產品包裝及標示等。

另 ESD 控制方案係屬實施與查驗方案之指導文件。ESD 控制方案可依據組織內部之品質管理系統(例如：ISO 9001 等)建立相符合之管理文件與程序，僅需額外增加 ESD 技術性控制即可。

此外，根據 ASNI/ESD S20.20 中規定，對於進行 ESD 防制時，公司內部各級單位均應制訂一套『靜電放電控制方案計畫』。並且該靜電放電控制方案係屬 ESD 防制驗證審核的重要內容，缺此項者，稽查員將判定爲嚴重缺失，不准給予通過驗證審查。

(1)人員訓練計畫

訓練計畫應對於從事處理或接觸 ESDS 物品的所有工作人員，提供有關靜電認知之職前和週期性(每月或每季)訓練。針對需處理 ESDS 物品的人員應提前施行職前訓練。在訓練計畫中應明確規定對於人員實施各類型及週期性的 ESD 訓練。所有的訓練頻率、形式及程序均應將文件化，並將此訓練登錄於每位受訓人之個人在職訓練履歷中。訓練方式及施行步驟等，可由組織內部自行考量。訓練計畫應包含組織所選用的成效評鑑方式，以查核受訓人員之理解與訓練之適當性。

表 33　ESD 人員訓練計畫

訓練計畫	性質	內容	訓練重點
職前訓練	初訓	係指從事ESD工作前的職前訓練	ESD 認知及防制知識
週期性訓練(在職訓練)	複訓	係對 ESD 工作給予定期復訓	對於當前作業的檢討、工作重點的提示及新 ESD 知識

(2)符合性查證計畫

爲確保組織履行 ESD 控制方案計畫的技術要求，應於在 ESD 控制方案計畫之行政要求中，建立符合性查證計畫。根據此查證計畫的技術要求，將查證實施與監督(量測)過程，及量測方法、步驟、限制與頻率等資料文件化。並且爲確保稽核的一致性，應建立 ESD 防護符合性稽查查核表，如表 5 所示。查證計畫應包含技術要求的例行性檢查，其檢查頻率須取決於管制對象的用途、耐久性及相關失效風險等因素。另應建立定性或定量歷史資料，以利於趨勢分析，並可作爲建立稽核頻率及矯正措施計畫參採。

此外，若組織使用之測試方法爲引用控制方案計畫以外之任一參考標準資料，均必須制訂說明文件並且納入 ESD 控制方案計畫內。符合性查證記錄應建立並維持提供證明符合技術要求。選用之檢測設備應符合標準規定，並定期校正，校正報告亦應納入 ESD 控制方案記錄中。

表 34　ESD 符合性稽核查檢表

NO	稽　核　項　目	Y	N	備 註
設施				
1	若溼度爲 ESD 管制方案的管制項目，紀錄上顯示其符合要求嗎？			
2	監視溼度的設備具有效校正指示嗎？			
3	如果溼度超出範圍，作業人員知道程序上對此的要求嗎？			
4	ESDS 作業區域清楚標示限制進入 ESD 管制區者只有 ESD 驗證過的人員及排除訪客？			
5	已鑑別所有 ESD 保護工作站？			
6	所有 ESD 保護工作站已正確接地？			
7	在所有 ESD 保護工作站有書面要求佩帶靜電環和設備接地？			
8	當使用 ESD 保護地板材料時，正確接地？			
9	所有設施的人員已經依 ESD 管制程序訓練？			
工具和設備				
1	在流程設備(如：波焊爐、自動插件機…)上的金屬機箱接地？			
2	已安裝並正確鑑別靜電環接地點於製程設備上？			
3	定期依據 ESD 管制方案計畫測試離子風扇的輸出及平衡？			
4	測試烙鐵，從焊頭到共同接地電阻，以防止 EOS 損及零件？			
5	由靜電消散材料製程的夾具，能阻止磨擦放電？			
6	用到 CRT 的設備(如：示波器、終端機)有保護 ESDS 硬體？			
ESD 保護工作站及管制區				
1	已鑑別出所有 ESD 保護工作站？			
2	對所有 ESD 保護工作站的驗證是否有效並可見？			
3	ESD 管制區清楚地鑑別出給所有人員？			
4	在 ESD 管制方案計畫內規定使用必要的靜電產生材料(如：塑膠測試設備外殼、安全外罩、放大鏡…) ？			
5	是否有非必要的靜電產生物料在工作站或在工作區內？			
6	離子風扇是否已除去會產生靜電的 tape(如：波焊用)？			
7	所有 ESD 保護工作站正確接地？			
8	所有接地連接點接到相同的共同接地點？			
9	共同接地點清楚鑑別出來？			
10	靜電環接地於在 ESD 保護工作站上的連接點清楚鑑別出來？			
人員				
1	當使用 ESD 保護地板時，是否穿戴足部接地裝置或導電鞋？			
2	當使用 ESD 保護地板或鞋時，人員是否依既定排程檢查持續接地狀況？			
3	坐著的人員所戴的靜電環是否接地於 ESD 保護工作站？			
4	當連續接地監視器未被使用，是否定期檢查靜電環並追蹤？			
5	靜電環檢查器及連續接地監視器是否定期檢查並維持？			
6	拋棄式足部接地器是否限制只使用一次？			
7	是否維持靜電環及足部接地器的測試紀錄？			
8	當要求穿靜電保護衣時，是否正確穿著？			
9	非必要的人員物品遠離 ESD 管制區？			
10	是否在 ESD 管制區的所有工作人員都已經通過驗證或有合格人員陪同？			
11	進入到 ESD 管制所有的人員是否都受過訓？			

(續上表)

NO	稽　核　項　目	Y	N	備註
ESD 包裝材質				
1	從 ESD 保護工作站移動所有 ESDS 物件時，是否都放置於 ESD 保護包裝或容器內？			
2	當從一地轉移至另一地時， ESDS 硬體的保護是否足夠？(從波焊機至清洗機)			
3	是否所有零件在 ESD 保護工作站用桶裝方式作爲組裝製程之用，皆以 ESD 保護材料包裝？			
4	是否包含 ESD 物件的 ESD 保護包裝材料正確標示？			
5	ESD 保護包裝材料是否正確封包？			
6	ESD 保護包裝材料在是否在重複使用前測試過？			
收料和檢驗				
1	當需要時，供應商是否在出貨包裝上鑑別出 ESDS 物料？			
2	當需要時，在收料資料上註記：鑑別 ESDS 物料？			
3	當需要時，爲確保正確標示及處理/運送，是否有料號讓人員鑑別 ESDS 物料？			
4	是否處理/運送 ESDS 物料，藉由檢查身份及勿須解開包裝的最起碼的方式進行？			
5	是否所有收料及進料檢驗的人員都經過驗證合格，才處理/運送 ESDS 物件？			
6	當 ESDS 物件離開 ESD 保護工作站前，是否對其正確鑑別及包裝？			
7	當 ESDS 物件必須打開，是否由在 ESD 保護工作站內且經驗證合格的人員打開？			
採購				
1	是否 ESDS 敏感零組件訂出於採購規格文件內？			
2	是否要求採購人員通過 ESD 驗證或訓練過？			
3	是否對 ESDS 的協力廠商及供應商要求 ESD 管制方案並定期稽核他們？			

4. ESD 控制方案之技術要求

ESD 控制方案所需之各項技術要求應符合 ASNI/ESD S20.20 或 IEC 61340-5-1 之技術要求規定，如表 7 所示即爲 ASNI/ESD S20.20 對 EPA 區域內之技術要求。對 EPA 區域內之靜電防護品及設備均必須經過事先核准與檢測。而有關接地與等電位搭接之要求如下：

表 35　EPA 區域內 ESD 控制物品或方法

規範層面	ESD 控制項目		產品規格 [1]		符合性檢測	
			測試方法	必要管制值	測試方法	必要管制值
EPA	工作檯面		ANSI/ESD S4.1	<1.0 x $10^9\Omega$	ESD TR53 工作檯面	<1.0 x $10^9\Omega$ 對地電阻
			ANSI/ESD STM4.2	< 200 V		
	靜電腕帶	腕帶接地連接導線	ANSI/ESD S1.1	0.8 x $10^6\Omega$ ～ 1.2 x $10^6\Omega$	腕帶系統符合性檢測，請參閱表 9。	
		環帶	ANSI/ESD S1.1	< 1 x $10^5\Omega$ (內面)		
				> 1 x $10^7\Omega$ (外面)		
		使用壽命	ANSI/ESD S1.1	>16,000(次)		
	鞋具(類)		ANSI/ESD STM 9.1	<1.0 x $10^9\Omega$	請參閱表 9	請參閱表 9
	足部接地器 (鞋環帶)		ESD SP9.2	<1.0 x $10^9\Omega$	請參閱表 9	請參閱表 9
	地板		ANSI/ESD S7.1	<1.0 x $10^9\Omega$	請參閱表 9	請參閱表 9
	座椅		ANSI/ESD STM12.1	<1.0 x $10^9\Omega$	ESD TR53 座椅	<1.0 x $10^9\Omega$ 對地電阻
	靜電消除器 (非房間系統)		ANSI/ESD STM3.1 -放電時間 -殘餘電壓	使用者自行定義 < ±50 V	ESD TR53[3] -放電時間 -殘餘電壓	使用者自行定義 < ±50 V
	靜電消除器 (房間系統)		ANSI/ESD STM3.1 -放電時間 -殘餘電壓	使用者自行定義 < ±50 V	ESD TR53[3] -放電時間 -殘餘電壓	使用者自行定義 < ±50 V
	貨架(存放架)		ANSI/ESD S4.1	<1.0 x $10^9\Omega$	ESD TR53 (工作檯表面)	<1.0 x $10^9\Omega$ 對地電阻
	移動式設備 (工作檯表面)		ANSI/ESD S4.1	<1.0 x $10^9\Omega$	ESD TR53 (移動式設備)	<1.0 x $10^9\Omega$ 對地電阻
	連續性監測器		使用者自行定義	使用者自行定義	ESD TR53 監測器(持續監控)	製造廠商訂定
	工作服裝		靜電控制防護衣 ANSI/ESD STM2.1	<1.0 x $10^{11}\Omega$	ESD TR53 工作服	<1.0 x $10^{11}\Omega$
			靜電控制防護衣 (可接地型) ANSI/ESD STM2.1	<1.0 x $10^9\Omega$	ESD TR53 工作服	<1.0 x $10^9\Omega$
			靜電控制防護衣系統(可接地型) ANSI/ESD STM2.1	<3.5 x $10^7\Omega$	ESD TR53 工作服	<3.5 x $10^7\Omega$

4. 當首次選擇 ESD 管制產品與材料時，通常需先檢驗產品的品質。可以使用下列方法來進行：檢查產品規格、利用獨立實驗室作評估、或利用內部實驗室作評估。
5. 這些管制值適用於多電阻測試方法
6. 有關靜電消除器定期測試的詳細資訊，請參閱 ANSI/ESD SP3.3。

(1) EPA 區域內之接地與等電位搭接系統

一般情況下，物體在起電過程中，總伴隨著靜電的消散現象(若不發生空氣放電，則消散的主要方式即爲洩漏)。當起電電流與洩漏電流(放電電流)達到動態平衡時，此時，物體之靜電電位即達到穩定值。當施行靜電危害之防制時，應將被絕緣之金屬設備/元件等導電性物件施行接地，以保持導體具有低接地洩漏阻抗、低靜電電位及存在有極小之帶電量，避免產生靜電放電危害事故。

防靜電接地系統之設備與採用即爲避免靜電累積及消除靜電危害之關鍵措施之一，亦爲有效地解決靜電防護接地與其他接地系統間之有效與安全性問題。

電子生產場所中，當某一帶靜電體對大地靜電電位高於周遭物體對大地靜電電位時，當其電位差達到某一限值，高電位體即可向周遭低電位物體產生靜電放電現象。爲避免此情況發生，應將靜電防護區(EPA)區域內之設備、金屬導體、工作器具、人員及各類防靜電裝備(用品)等，進行等電位搭接，以解決靜電放電之問題。

靜電接地之電阻值其須針對每一個具體之危險場所、危險物質之最小點火能量大小、允許存在之最高靜電電壓及靜電起電電流等因素綜合考慮後方能確定。然而一般可歸納如下：(a)靜電接地所要求之電阻值，於各標準間雖大同小異。但以靜電危害防制爲目的時，應在 1MΩ 等級。另在靜電領域內所提之「接地電阻」應係指接地電極之接地電阻，一般情況下，該值應小於 1kΩ。(b)若採靜電接地和其他目的(如低壓配電接地系統等)之接地系統，共存於同一建築物時，建議可共用同一接地電極接線方式。並且其接地電阻應取其中之最低電阻要求值，一般爲小於 10Ω。一般性生產作業場所，當靜電接地系統與工業用低壓配電接地系統採用共接同一接地電極之接線方式時，若無其他特殊要求時，則建議採用『TN-S 配電系統』之接線方式(圖 7)。

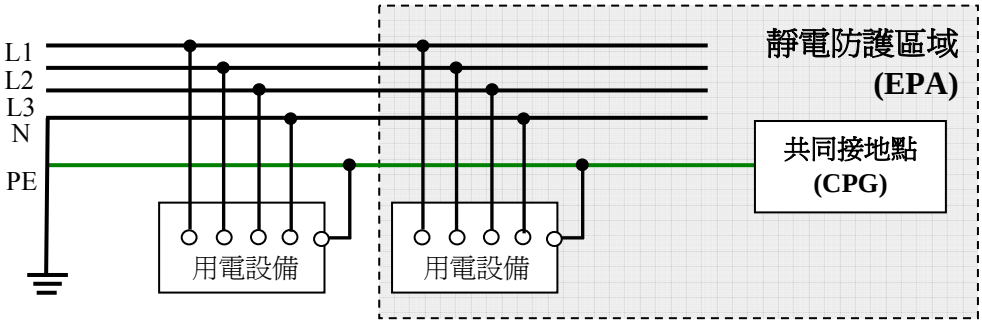

圖 37　配電系統 TN-S 接線方式下之防靜電接地方式

根據美國靜電放電協會(ESDA)標準 ESD S6.1[8]及 ESD 20.20 要求，爲確保 EPA 區域內之 ESDS 零組件、人員及相關導體(如：移動式設備)均處於同電位之狀態，並連接至設備接地。參酌表 8 選擇適當之接地/搭接建置方式。另任何於區域內所採用之輔助接地(水管、建築鋼構、地樁等)，亦應搭接至設備接地點，藉使輔助接地與設備接地搭接在一起，以降低兩者間之電位差。若使用環境中無法使用設備性或輔助性接地時，則應採取等電位搭接系統。此外，EPA 區域內之施行接地(見圖 8)時，亦應注意下列事項：

(A) G1(主要電源配電盤之大地接地電極)或 G2(設備或輔助接地)均可作爲 ESD 接地方式，但同時採用 G1 與 G2 時，兩者應施行搭接。

(B) 所有防靜電手腕帶，均應串連一限流電阻 R1，通常爲 1MΩ。

(C) 採用高導電性工作台面(例如：不鏽鋼) 應避免 R2 電阻，並直接連接至設備或輔助接地，但於供電系統中應考慮加裝漏電斷路器(。

(D) 是否使用 R2 電阻(適用於靜電消散工作平面)及 R3 電阻(適用於 ESD 防護地墊)應由使用者自行決定。若使用 R2 或 R3 時，其電阻值建議由 ESD 防護設備製造商制定。但若採用 ESD 防護地板時，則不需 R3，應直接與設備或輔助接地等相接。

表 36　EPA 內之接地/等電位電阻要求

	執行程序	必要限制值
接地/搭接系統 (自 CPG 點)	設備接地導線 (線阻抗)	<1.0Ω (AC 阻抗)
	輔助接地系統	<25Ω (至設備接地導線)
	等電位搭接	$1.0\times10^{9}\Omega$[1]

1.ESD 防護技術元件與共同地點間之最大電阻

原則上，交流電源中第三條導線(綠色線)之設備接地，可作爲接地方式

的第一選擇，如圖 9、圖 10。若因其他限定條件，無法採用此方式時，作業人員應透過防靜電腕帶或其他接地措施，與 ESD 敏感性物件中任一導電元件相連結，以確保所有元件均應處於同一電位之狀態。

另 EPA 區域內之共同接地點(CPG)應與 AC 低壓供電接地系統共接，如圖 8～圖 11 所示。自『桌邊腕帶插孔』至『CPG 共同接地點』間，其線路間電阻(R_{dc})應小於 1Ω，自『CPG 共同接地點』至『AC 設備接地點』間，其線路間電阻(R_{dc})應小於 1Ω，自『AC 設備接地點』至『主配電箱中性線匯流排』間，其線路間阻抗(Z_{ac})應小於 1Ω。此外，若除設備接地外，亦採用分離式輔助接地方式，其兩者間應施行搭接，以降低電位差。

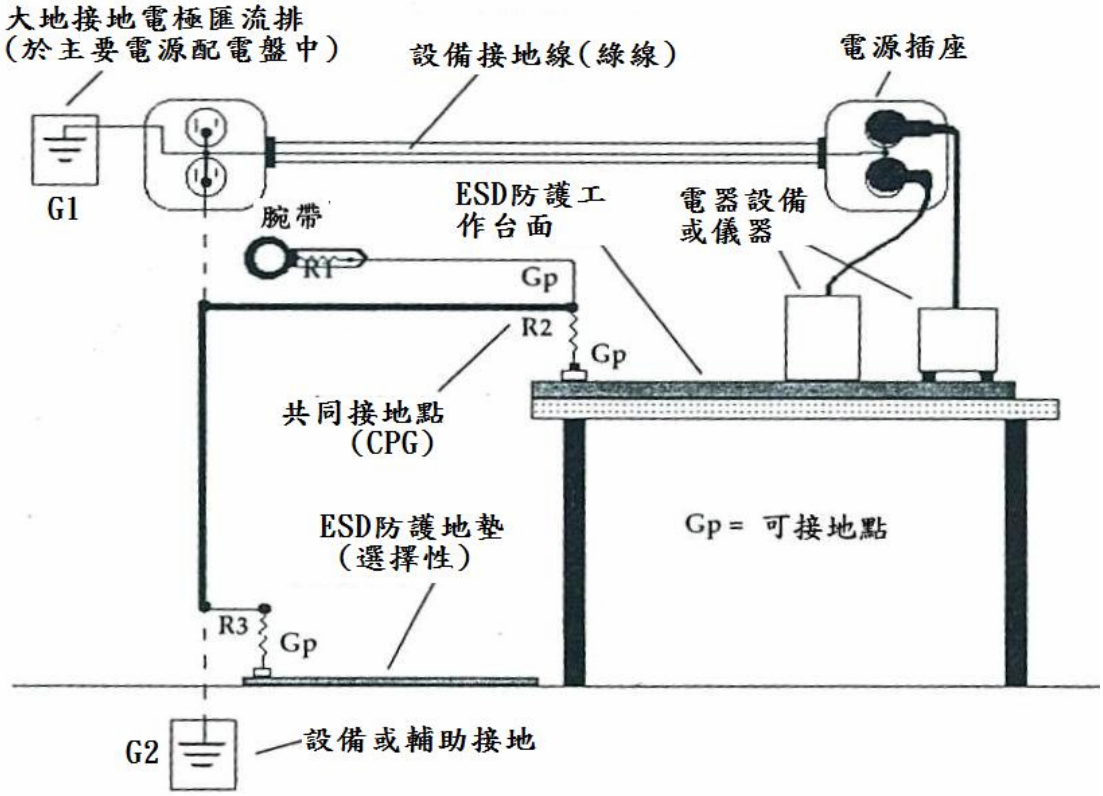

圖 38　典型之單一ＥＳＤ防護工作站

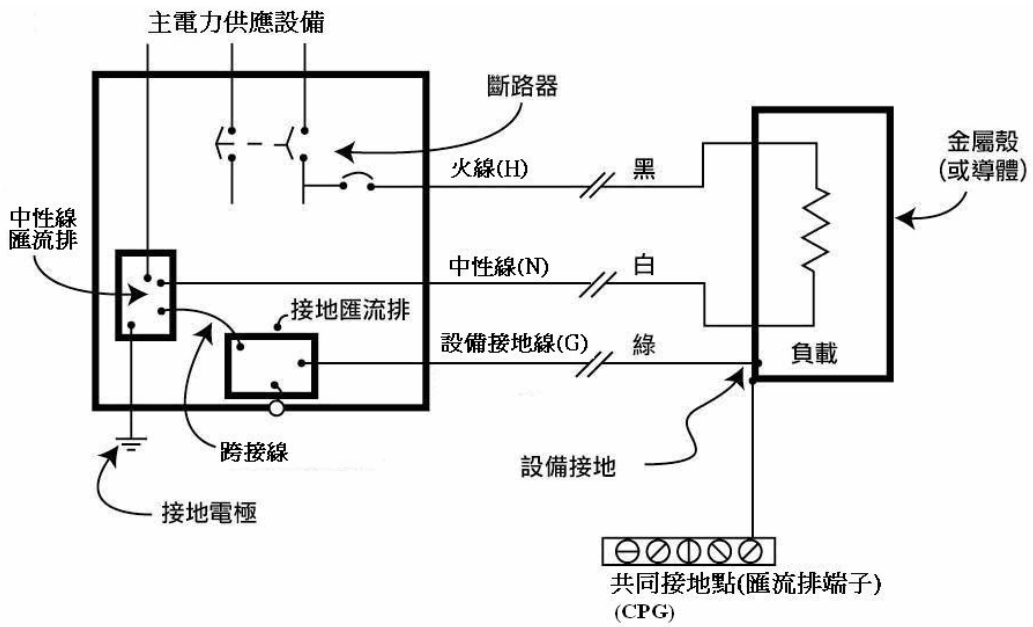

圖 39　常見 EPA 區域內之單一用電設備與 CPG 接點間之關係

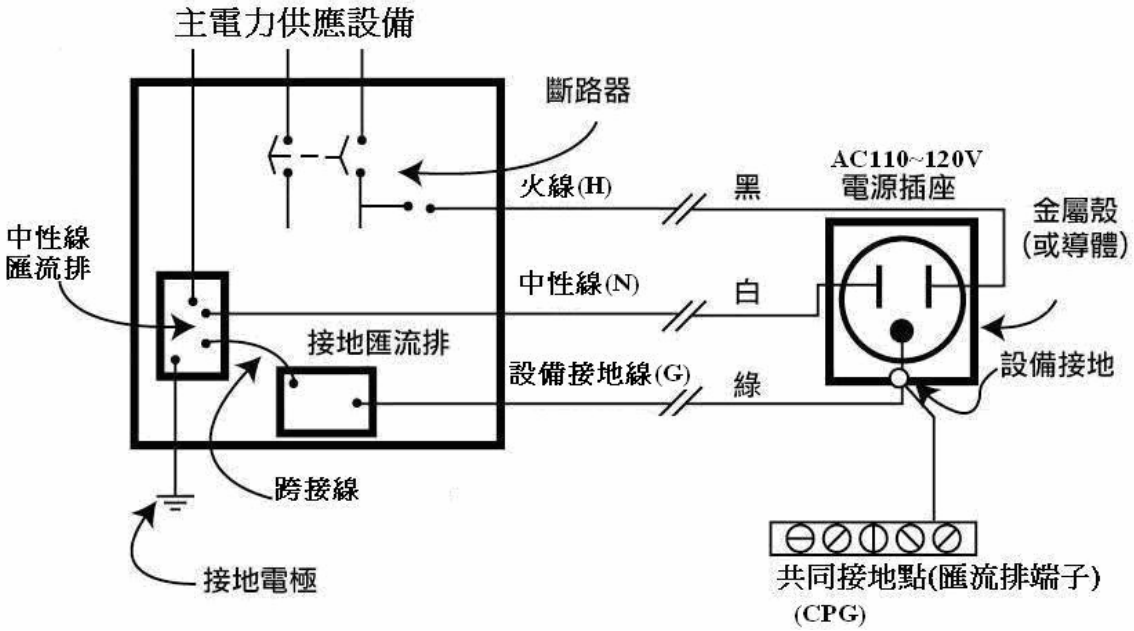

圖 40　常見 EPA 區域內之電源插座與 CPG 接點間之關係

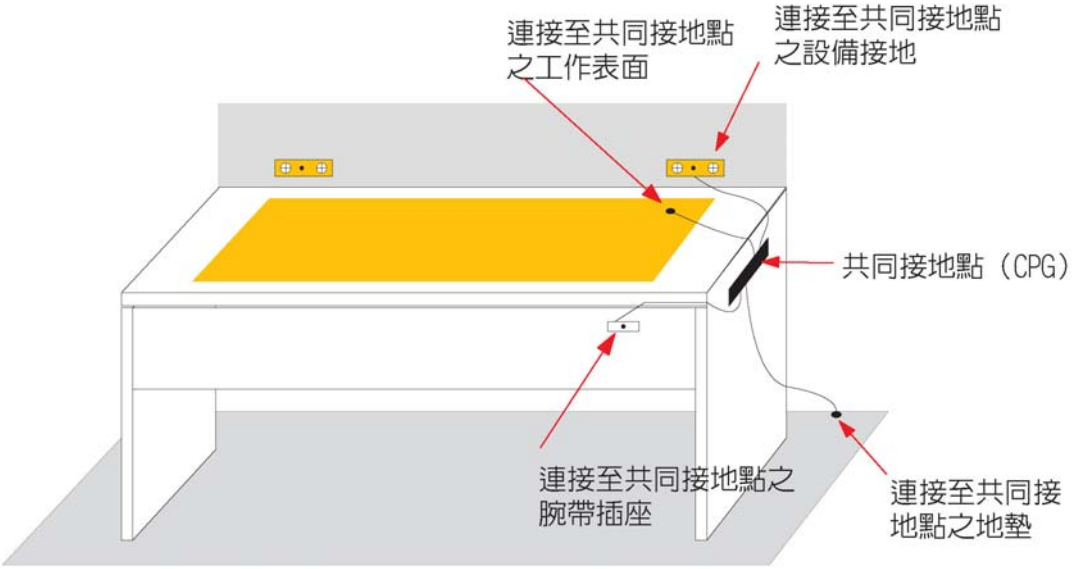

圖 41　EPA 區域內 CPG 接點之 ESD 防護工作桌

(2)人員接地

由於作業人員頻繁進出 EPA 區域，，因此 EPA 區域內之任何人員均應經過訓練，並且穿著適當的防護具，例如：防靜電手腕帶、鞋/地板等，以限制人體電壓(HBM)應小於 100V。

當作業人員正進行處理 ESD 敏感性物件，人員應透過導線搭接或連接等方式(見表 8)，與接地/等電位搭接系統相結合，以達到人員接地之目的。若採用靜電防護服裝進行人員接地時，應於 ESD 控制方案中註明。此外，防護衣自一端袖口至另一端袖口必須爲導電性，並符合表 9 註 2 中所規定之系統電阻值(總電阻＜$3.5\times10^{7}\Omega$)。

註：根據國際電工委員會(IEC)研究，若欲使限制人體電壓在 100V 以下，則電阻值應必須小於 4.0×107Ω。根據 ANSI/ESD S20.20 設定安全電阻爲 $3.5\times10^{7}\Omega$。

人員接地系統包括：人員、控制物及對地連接器等三部分。並爲證明作業人員之個人接地裝置通過測試，其測試記錄應被保存下來。並在進行處理 ESD 敏感性物品前，作業人員應檢查固定式人員接地監測儀器正常運作，並可持續性監測。

(A)所有進入 EPA 之工作人員均應穿著防靜電工作服、防靜電鞋/腳環帶、

手套等防護具落實人員靜電接地，並維持與 EPA 區域之間呈等電位，以防止人體靜電荷之累積。

(B)於入口處外側，裝設金屬接地棒/板並配合人員接地檢測系統，供人員進入時徒手接處，以確切消除人體自外界所帶之靜電。

(C)若當人員在 EPA 區域坐著工作時，其必須藉由手腕上配戴具有接地線之靜電手腕帶，施行人體接地，如圖 12 所示。

圖 42　EPA 區域內之人員接地概要配置示例圖

(D)若當人員在 EPA 區域內站著工作時，其必須藉由手腕上配戴具有接地線之靜電手腕帶或藉由穿著防靜電鞋站立於防靜電地板間，施行人體接地。當使用地板－鞋系統時，應該符合下列條件[9]：

(a)當系統總電阻(從人員－鞋具－地板－接地/等電位接地系統)＜$3.5\times10^{7}\Omega$，應該遵守檢測標準 1 之要求(見表 9) 。

(b)當系統總電阻(從人員－鞋具－地板－接地/等電位接地系統)＞$3.5\times10^{7}\Omega$，且＜$1\times10^{9}\Omega$，應該檢測標準 2 之要求(見表 9) 。

(c)不論採上述兩者方式之任一種，評估地板/鞋具系統是否合格，均應

確保人員電位值維持於 HBM 100V 標準值以下。

表 37　靜電防護區域(EPA)內人員接地電阻值要求

<table>
<tr><th>人員接地方式</th><th>產品(新品)管制[1]
之必要管制值[2]</th><th colspan="2">產品(舊品)合格驗證
之必要管制值</th></tr>
<tr><td>手腕帶系統</td><td>$<3.5\times10^{7}\Omega$[6]</td><td colspan="2">$<3.5\times10^{7}\Omega$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地板—鞋系統
(檢測標準 1)[4]</td><td rowspan="2">$<3.5\times10^{7}\Omega$</td><td>地板</td><td>$<3.5\times10^{7}\Omega$</td></tr>
<tr><td>鞋系統</td><td>$<3.5\times10^{7}\Omega$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地板—鞋系統
(檢測標準 2)[5]</td><td>$<1.0\times10^{9}\Omega$</td><td>地板</td><td>$<1.0\times10^{9}\Omega$</td></tr>
<tr><td>$<100V$</td><td>鞋系統[3]</td><td>$<1.0\times10^{9}\Omega$</td></tr>
</table>

7. 當首次選擇 ESD 管制產品與材料時，通常需要實施檢視產品規範。其適用情況包括 ：產品規範檢討、獨立實驗室評估或內部實驗室評估。
8. 當使用 ESD 防護衣做爲手腕帶接地路徑時，總系統電阻應該包含人員、防護衣、接地線，其總電阻$<3.5\times10^{7}\Omega$。
9. 鞋系統應包括：足部接地裝置、鞋、短襪。
10. 根據 ESD STM 97.1 規定，包括人員在內，利用電阻值量測，進行評估地板/鞋具系統是否合格。
11. 根據 ESD STM 97.2 規定，包括人員在內，利用電壓值量測，進行評估地板/鞋具系統是否合格。
12. 根據 ESD S20.20:2007 公布更正。

五、靜電防制品與設備

靜電防制工作是一項系統工程，其涉及敏感性物品的製造、裝配、處理、檢查、試驗、維修、包裝、運輸、貯存、使用等各個環節，而且是一種串聯模式，任一環節上的失誤，都將導致整個防護工作的失敗；同時，它又與敏感物品所處的環境(接觸的物品、空氣氣流、濕度、地面、工作台、椅、加工設備、工具等)和操作人員的衣著(包括穿戴的衣物、帽子、鞋、手套、腕帶等)有直接關系，任一方面的疏漏或失誤，皆導致靜電防制工作的失敗。

靜電防制品亦可稱爲防靜電製品，其係利用導電性物質、靜電消散劑或是摻入導電纖維等，以提高橡膠、塑膠及布、絲等材料所製成之物品導電率。其包括靜電手腕帶、鞋環、防靜電服、防靜電鞋、防靜電桌/腳踏墊及防靜電運送包裝材料等。靜電防制設備則包括防靜電地面、防靜電手/自動工具、工作台及靜電消除器等設備。其皆爲實施工廠靜電防護對策中，不可或缺的物品及設施。

1.人員接地用手腕帶

配戴防靜電腕帶或鞋環是解決人體帶電最直接且有效的方式。因此在 ESD 防護工作台面附近，應配置供腕帶接地用之插孔(即 EBP：Earth Bonding Point)，以供操作人員及相關人員使用。並且於投入作業操作前，當人體配戴防靜電腕帶後應當首先進行合格測試。若在操作者作業移動性較高時，使用腕帶不方便的情況下，亦可使用防靜電鞋具(鞋子、足部接地器或其他裝置)等進行人體防護接地。

在工廠生產環境中，人體爲最大的靜電產生源之一，因此藉由配戴防靜電手腕帶與人體皮膚直接接觸，將人體皮膚上的靜電荷透過連接導線傳導消散至大地，如圖 13，係爲解決人體帶電最直接且有效之方式。當人員身體帶有靜電荷時，其所累積之電能將傳導至附近導電物件上(例如：門把、電路板等)。此電荷轉移過程即爲「靜電放電」，有時靜電放電會產生肉眼可見的火光。但大多數的放電，皆爲人體所察覺不到(<2kV)，但已足以損傷 ESDS 物件。因此使用腕帶可藉使人員、ESDS 物件、大地之間形成相同電位。

腕帶之構造係由鬆緊圈和接地組件所組成。其中，鬆緊圈可由多種導靜電之複合材料所製作而成之編織物。而接地組件則爲具有一定數值之限流電阻

(工程上實用值為 1MΩ)具延展伸縮性之導線，以確保操作人員在意外情況下觸及電源電壓時不致發生人員感電事故。其手腕帶形式種類眾多，使用者應自行考量需求及特性選用。另在手腕帶之選用與評估時，亦應考量下列事項[4]：舒適性、耐用性、接地線長度、接地線延展性、鈕釦(接合件)形式及可靠度等。

防靜電手腕帶應定期檢測，並針對其可能失效狀況進行分類與分析，其失效種類可能包括：與皮膚接觸不良、接地線或接合具失效等。藉由定期資料收集，以供日後採購參採。使用時應注意下列事項[4]：

(7) 使用手腕帶可藉使人員與大地及操作中之物件維持於等電位，因此當帶有手腕帶之人員接觸 ESDS 物件時，仍不會產生靜電放電現象。

(8) 在手腕帶接地線與環帶接合處，接地線上應配有一限流電阻(1MΩ/250V)。

(9) 當接地線兩端皆具有扣式接合具時，兩端皆具有一限流電阻(MΩ)，若人員存在有處及 250V 電壓之危險時，即不可穿戴手環帶。

(10) 於手腕帶接地線與環帶接合處，應設計具可快速分離功能之接合具，以確保人員不會一直被工作站所牽絆。

(11) 應確保手腕帶中環帶部分與人員皮膚服貼，但亦不致使穿戴工作人員感到不適。

(12) 應將手腕帶接地線連接至可接地點或等電位搭接點，除非靜電消散桌墊上之扣具為桌墊之可接地點，否則不可將接地線連接至桌墊扣具上，或將腕帶夾至桌墊邊緣，作為連接。

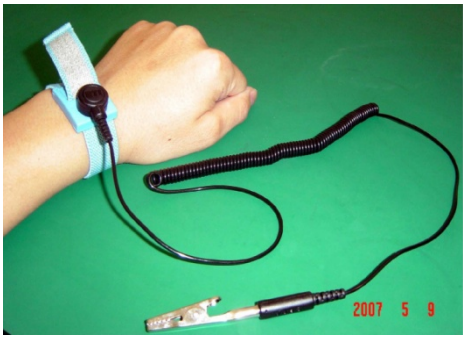

圖 43　防靜電手腕帶

防靜電手腕帶之新品規格及符合性檢測要求，詳如表 10。

表 38　防靜電手腕帶之標準要求

規範項目		測試依據標準	限制值
整個腕帶系統	產品新品規格	ANSI/ESD S1.1	$<3.5\times10^{7}\Omega$
	符合性檢測	ESD TR53 腕帶系統	$< 3.5\times10^{7}\Omega$
腕帶本身	產品新品規格	ANSI/ESD S1.1	腕帶內部：$\leqq1\times10^{5}\Omega$
			腕帶外部：$>1\times10^{7}\Omega$
	符合性檢測	見 ESD TR53 腕帶系統	
腕帶導線	產品新品規格	ANSI/ESD S1.1	$0.8\times10^{6}\Omega$至 $1.2\times10^{6}\Omega$
	符合性檢測	見 ESD TR53 腕帶系統	
腕帶線搭接壽命	產品新品規格	ANSI/ESD S1.1	>16,000 次
	符合性檢測	見 ESD TR53 腕帶系統	

2.人員接地用鞋環

防靜電鞋環(Heel Grounders 亦稱爲腳跟接地套或腳束)，其運用在若作業人員工作之流動性較大之作業場所時，腕帶的使用將較不方便。在此情況下，使用防靜電鞋環，如圖 14 所示，亦可藉由防靜電鞋環從人體腳部經由導靜電的材料將靜電消散至大地。

此外，在 EPA 區域內，員工及訪客皆可使用防靜電鞋環，但若未正確穿戴，此接地裝置將無法正常發揮功效。可拋式防靜電鞋環(鞋套)雖可快速自鞋上移除，但因此需較其他種類足部接地裝置注意使用時之連接狀況。

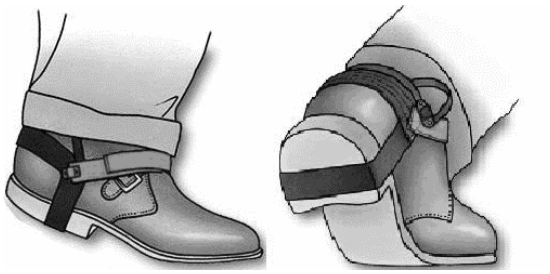

圖 44　防靜電鞋環

3.防靜電鞋

防靜電鞋亦爲提供人體靜電荷消散通道的主要措施，並且能在一旦腕帶發生問題(例如斷線)時或在不可能使用腕帶的情況下，作爲一種最基本的人體與大地間的連接方式。圖 15 爲電子製造業常見之防靜電鞋之形式與種類。在選用防靜電鞋時，應注意是否適用於該作業場所。並且許多防靜電鞋外觀與一般鞋子無異，因此應可選用具有標籤或標示之鞋具，以便控管。

防靜電鞋及與人員、地板間之新品規格及符合性檢測要求，詳如表 11、12 所示。

圖 45　防靜電鞋之形式與種類(電子製造業)

表 39　人員/鞋/地板系統之標準要求

<table>
<tr><th colspan="2">規範項目</th><th>測試依據標準</th><th>限制值</th></tr>
<tr><td rowspan="3">人員／鞋／地板系統</td><td>產品新品規格</td><td>ANSI/ESD STM97.1
或
ANSI/ESD STM97.1
ANSI/ESD STM97.2</td><td>Rg < $3.5\times10^{7}\Omega$
或
Rg <$1\times10^{9}\Omega$
電壓<100V</td></tr>
<tr><td rowspan="2">符合性檢測</td><td>ESD TR 53
地板</td><td>Rg < $3.5\times10^{7}\Omega$
或
Rg <$1\times10^{9}\Omega$
（電壓<100V）</td></tr>
<tr><td>ESD TR53
鞋</td><td>R < $3.5\times10^{7}\Omega$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">人員／鞋系統</td><td>產品新品規格</td><td colspan="2">未定</td></tr>
<tr><td>符合性檢測</td><td>ESD TR53
鞋</td><td>R < $3.5\times10^{7}\Omega$</td></tr>
</table>

註　Rg：對地電阻

表 40　防靜電鞋及足部接地裝置之標準要求

規範項目		測試依據標準	限制值
鞋	產品新品規格	IEC 61340-4-3	導電鞋 $<1\times10^{5}\Omega$
			消散鞋 $1\times10^{5}\Omega \leqq R \leqq 1\times10^{8}\Omega$
	符合性檢測	ESD TR 53 地板	$Rg < 3.5\times10^{7}\Omega$ 或 $Rg <1\times10^{9}\Omega$（電壓<100V）
		ESD TR53 鞋	$R < 3.5\times10^{7}\Omega$
足部接地裝置(鞋套、鞋環等)	產品新品規格	ESD SP9.2	$< 1\times10^{9}\Omega$
	符合性檢測	ESD TR 53 地板	$Rg < 3.5\times10^{7}\Omega$ 或 $Rg <1\times10^{9}\Omega$（電壓<100V）
		ESD TR53 鞋	$R < 3.5\times10^{7}\Omega$

註　Rg：對地電阻

4.手套與手指套

在生產積體電路的無塵室或高精密電子產品組裝工廠中，對於產品的靜電防護要求，均要求作業人員戴用防靜電用之手套或指套。其主要係爲防靜電布料、導電纖維或導電橡膠等材料所製成。

由於在進行操作時，防靜電手套、指套的外面係直接與工作元件相接觸，並透過其套壁面使人體消散電荷，故必須具有消散靜電之功能，但其消散速率亦不可過高，以防止突發性放電。因此其在穿戴的情況下，應具有適當之對地電阻。

5.防靜電服裝

防靜電服裝係指爲防止衣物的靜電積聚，利用防靜電織物爲材料所縫製

的工作服。防靜電織物是在紡織時，大致等間距地或均勻地混入導電纖維或防靜電合成纖維或兩者混合交織而成的織物。防靜電服其原理是利用電荷的消散與中和兩大特性。當接地時，工作服的內外層表面應能使人體作業時，因摩擦等動作所產生的靜電荷除因導電纖維的電量放電被中和外，還可利用導電纖維將電荷傳導至人體皮膚表面，並最後經由防靜電腕帶、鞋等物品消散至大地。當不接地時，則可藉助導電纖維的微弱的電量放電而消除靜電。ESD 防護衣物其特性可分：使用壽命有限(可拋棄式)、外層是否可清潔式、本身是否具靜電消散特性及是否具有可接地性等特點。另爲確保防護衣防護功能，於產品採用前應進行下列檢試：靜電消散功能、衣料特性、衣物結構、洗滌方法、服裝特性(舒適性、耐穿性、功能、接地、外觀及 ESD 特性等)、電性特性及標籤持久性。

防靜電服裝系統(可接地式)及防靜電服裝之新品規格及符合性檢測要求，詳如表 13。

表 41　防靜電服裝之標準要求

規範項目		測試依據標準	限制值
防靜電服裝系統(可接地式)	產品新品規格	ANSI/ESD STM 2.1	$<3.5\times10^{7}\Omega$
	符合性檢測	ESD TR 53 工作服	$<3.5\times10^{7}\Omega$
防靜電服裝	產品新品規格	ANSI/ESD STM 2.1	可接地式：$R_{pp}<1\times10^{9}\Omega$
			非可接地式：$R_{pp}<1\times10^{11}\Omega$
	符合性檢測	ESD TR 53 工作服	可接地式：$R_{pp}<1\times10^{9}\Omega$
			非可接地式：$R_{pp}<1\times10^{11}\Omega$

註　R_{pp}：點對點電阻

6.防靜電包裝（袋）

防靜電包裝袋(箱)係用於靜電放電敏感性產品(ESDS)之防護包裝，例如一般電子產品或積體電路元件之包裝。每種 ESDS 產品，依其本身設計應具有一定之靜電放電敏感電壓承受值，但當周遭環境之靜電電壓超過此值時，極可能造成產品之損害。因此，藉由防靜電包裝材料，方使免於受包裝外部靜電之影響。靜電防護包裝，除應具有一般包裝功能外，還應須具低起電率(Low charging)、靜電消散能力及對靜電場及靜電放電應具有效的屏蔽效果等靜電防護性能。

包裝材料的靜電性能，亦與材料本身摩擦帶電特性、導電率(電阻率)和衰減時間等特性相關。因此運輸靜電敏感產品所需包裝應滿足運輸和儲存過程中之靜電防護等級。對於防靜電包裝材料之靜電性能要求如下：

(A)與 ESDS 產品直接接觸之內包裝材料(包括填充物)，應當採用不會產生靜電或是能夠消散靜電之材料。

(B)在運輸或儲存之過程中，能具有靜電屏蔽之功能，其能使外界靜電場得到衰減，進而使其被包裝保護之敏感產品免於受靜電場滲透造成損害。

另 ESDS 產品在傳遞、包裝、儲存和運輸階段，所使用或重複利用之防靜電包裝材料，依據 ANSI/ESD S541:2003[3]應定期性進行之檢測包括靜電消散性能、屏蔽性能和磨擦起電性等防靜電性能，使其應維持一定之功效，如表 14[3]所示。其中靜電屏蔽性測試係用於評估材料對靜電場或靜電放電所產生電磁脈衝之屏蔽能力。另根據 IEC 61340-5-1[11]對於靜電防護包裝產品新品規格要求，靜電消散材質之包裝其表面電阻應大於 $1\times10^{5}\Omega$，並小於 $1\times10^{11}\Omega$；導電材質之包裝其表面電阻應大於 $1\times10^{2}\Omega$，並小於 $1\times10^{5}\Omega$；絕緣材質之包裝其表面電阻應大於 $1\times10^{11}\Omega$；而具靜電屏蔽特性之包裝袋，則其防護功效應小於 50nJ，見表 15。根據 ANSI/ESD S20.20[9]對於靜電防護包裝新品規格，應依契約、採購單或其他文件決定，若未定者可依 ANSI/ESD S541:2003 訂定規格。

此外，在開發 ESD 防護包裝系統時，應遵循下列五個步驟之指引[6]：

(7) 瞭解產品易受 ESD 影響程度；

(8) 判定被包裝產品所在配送環境；

(9) 決定採用何種包裝系統(例如：可重複使用式、可拋式等) ；

(10) 選用包裝材質；

(11) 根據上述(1)至(5)資訊，設計合適包裝系統；

(12) 測試最終包裝設計之有效性及可靠度。

表 42 靜電防護包裝之測試方法（ANSI/ESD S541）

材質特性	低起電性	電阻性						屏蔽性
測試方法	摩擦起電性能	表面電阻	表面電阻	體積電阻	體積電阻	表面電阻(RTT)	鬆散填充(loose fill)電阻	袋子ESD屏蔽性
限制	使用者自定	$<10^4\Omega$	10^4 ～ $10^{11}\Omega$	$<10^4\Omega$	10^4 ～ $10^{11}\Omega$	10^4 ～ $10^{11}\Omega$	10^4 ～ $10^{11}\Omega$	<50nJ
材料範圍		導電性	消散性	導電性	消散性	消散性	消散性	

表 43 靜電防護包裝之測試方法

規範項目		測試依據標準	限制值
包裝	產品新品規格	IEC 61340-2-3	靜電消散材質：$1\times10^5\Omega\leq Rs\leq1\times10^{11}\Omega$
			導電材質：$1\times10^2\Omega\leq Rs\leq1\times10^5\Omega$
			絕緣體：$Rs\geq1\times10^{11}\Omega$
		ANSI/ESD STM11.31	靜電屏蔽防護罩(袋)：<50 nJ
	符合性檢測	規範未限定依契約、採購單或其他文件，若未定者可依 ANSI/ESD S541	

註 1 Rs：表面電阻
註 2 測試環境條件爲相對溼度 12%及攝氏 23 度

7.防靜電地板

防靜電地板係指具消散地板上人員、設備或其他物品上所具之靜電荷之地板材料；或可控制靜電荷生成或累積之地板材料。因此，爲有效使人體靜電能透過地板儘快消散於大地，其先決條件是地板應具一定之導電性能。相較於一般的地板材料，防靜電地板具有電阻率較低之特性。

防靜電地板性能參數之確立須依據兩個原則：既可保證在較短時間內放電至安全電壓，亦可保證操作人員之安全。一般而言，地板材料之電阻率越低，地板及置於其上之導體越不易帶電，但相對於被絕緣的導體(例如人體)則越容易產生靜電。因此，防靜電地板應具有一定程度之電阻率，防靜電地板之新品規格及符合性檢測要求，詳如表 13。

另靜電控制地板材質原則上適用於大部分作業場所之靜電防護，特別是人員需大量移動或無法使用手腕帶進行防護之區域，更具重要性。地板材質依其耐用性分爲永久性、半永久性及非永久性。使用者應根據工作場所考量自行參採，其選用評估方式，見表 17[4]。

表 44　防靜電地板之標準要求

規範項目		測試依據標準	限制值
防靜電地板	產品新品規格	ANSI/ESD S7.1	$R_{gp}<1\times10^{9}\ \Omega$
	符合性檢測	ESD TR 53 地板	$Rg < 3.5\times10^{7}\Omega$ 或 $Rg <1\times10^{9}\Omega$ （電壓<100V）
		ESD TR53 鞋	$R < 3.5\times10^{7}\Omega$ 或 $R<10^{9}\Omega$ （電壓<100V）

註 1　Rg：對地電阻
註 2　Rgp：至可接地點的電阻

表 45　地板材質選用評估方式

特性考量	地板材質之評估準則
電氣特性	電阻值特性、電荷消散特性
物理及機械特性	化學特性(耐酸蝕性)、耐久用性、防滑性、耐磨性、氣體化洩、溼度依賴性、抗焊損性、易受水氣影響程度、耐重壓性
應用及裝置考量	作業種類、區域大小、人員移動頻率及動作模式、無塵室(潔淨室)、地板隆起、電氣安全、負載物(人員、推車、起重卡車)、現存地板種類及狀況、廠房廠齡及產權歸屬、廠房結構(新建

	置、現存設備)、元件及產品易受影響的程度
安裝考量	是否加置於現存地板上、生產作業需停擺、裝置人員(外部廠商、公司內部人員)、重鋪(或重塗)頻率、安裝或應用工時之規定、安裝或應用程序之重要性、安裝成本
安全考量	電氣滑動(slip)及錯誤
維護考量	裝置人員(外部廠商、公司內部人員)、外觀規定、維護程序及頻率、維護成本
成本考量	最初購買成本、建置成本、維護成本、替換成本、監測成本、資本投資費用、長期/短期、成本／效益分析
性能監測	測試方法、設備、頻率

另靜電控制地板材質原則上適用於大部分作業場所之靜電防護，特別是人員需大量移動或無法使用手腕帶進行防護之區域，更具重要性。地板材質依其耐用性分爲永久性、半永久性及非永久性。使用者應根據工作場所考量自行參採，其選用評估方式，參考表 17[4]。

8.防靜電設備(機器、工具等)

在工廠生產過程中，許多設備及裝置係作爲進行 ESDS 物件作業，不論是自動搬運設備、作業加工設備及試驗用設備等，每一種設備都具有獨特性，但自 ESD 防制觀點來看，其仍具有共同性可遵循。凡將與 ESDS 物件接觸之具導電性、靜電消散性等材料均應施行接地，且對地電阻應小於 $10^9\Omega$。

防靜電手持工具之電阻測試方法。標準建議電阻值應爲小於 $10^9\Omega$。此外，防靜電電烙鐵手持工具性能(此性能可適用於交流電動工具之性能要求) [14]。標準建議自烙鐵尖端部位與接地點之間電阻值，通電熱狀態下時電阻值應小於 2.0Ω(或電壓低於 2mV)；未通電冷狀態下時，電阻值應小於 2.0Ω。烙鐵尖端電壓測量及消散電流測試時，所測得之尖端電壓應小於 AC/DC 20 mV，消散電流應小於 10 mA。並且應每日或定期檢測消散電流及電阻值，以確保尖端電壓應小於 20 mV。

交流電動工具(此性能可適用於交流機器之性能要求)應能提供一個導電的接地途徑。例如焊接用之電烙鐵新品，其自焊頭至接地點的電阻值應小於 1.0Ω。此電阻值亦可能隨使用而增加，但應該以小於 20.0Ω 作爲驗證之基準。電池驅動式或氣動式手持工具電阻值應小於 $1.0\times10^{12}\Omega$。另自動化處理設備(搬運機)，無論在靜止或移動狀態，其機具上均應爲所有導電材料或靜電消散材

料製成之元件提供一連續性導電接地之通路。而此設備應該將取放之 ESDS 物件途中，其所產生的電荷降到最小。在元件的取放途中，必須採用絕緣材料的零件，此零件必須經設計。使得取放元件的過程中，所產生之電場和電荷達到最小。此外，在操作 ESDS 物件作業時，應避免使用雙重絕緣工具。

9.防靜電工作表面（椅）

(3) 防靜電工作表面

在設計或建置 EPA 區域時，工作表面平台其爲關鍵，其應包括生產區、維修區及機械操作區域內之工作台。不論所在區域爲製程中那一部份。其僅需進行操作、維修或測試 ESDS 裝置、零件或組件等，便均需使用具靜電消散材質之工作表面平台。工作表面平台，應爲僅次於人員接地以外，次重要之 ESD 防護措施。其可確保被使用之物件及工作區域均爲等電位，亦應具有下列功能[4]：

(C) ESD 防護工作表面平台可提供對大地之電性接地途徑，藉使非絕緣性物質在管制範圍內，將靜電荷消散於大地。

(D) 工作表面平台可作爲定義 ESD 工作區域之區域邊界，在該區域內，可操作未經保護的 ESDS 物件。

另進行選擇工作表面時，亦考量下列要素[4]：工作表面上從事之活動種類、工作區域存在之永久性、實體材質考量、化學考量、安全考量及材質維持狀況等。其中最重要功能考量爲電性安全考量。應注意在工作表面所可能進行之 ESDS 物件之充電元件放電(CDM)損害。若存在有上述顧慮時，其自平台表面上端至可接地點間之電阻值，取較低之電阻值上限以策安全，通常爲大於 $1.0x10^6\Omega$，但應小於 $1.0x10^9\Omega$。若不易獲得工作表面接地點時，可在未經污染物質覆蓋之表面，藉由量測兩點間之表面電阻以驗證工作表面之電性途徑。爲確保工作表面之電氣特性功效，應定期維護與清潔工作表面。並至少每季進行一次定期驗證測試，防靜電工作表面之新品規格及符合性檢測要求，詳如表 18。

表 46　防靜電工作表面之標準要求

規範項目		測試依據標準	限制值
工作表面	產品新品規格	IEC 61340-2-3	$1\times10^{6}\Omega<R_{gp}<1\times10^{9}\Omega$ 及 $1\times10^{6}\Omega<R_{pp}<1\times10^{9}\Omega$
	符合性檢測	ESD TR53 工作表面	$R_g<1\times10^{9}\Omega$

註 1　Rg：對地電阻(RTG)
註 2　Rpp：點對點電阻(RTT)
註 3　Rgp：至可接地點的電阻

（2）防靜電工作椅

防靜電工作椅係作爲人員乘坐時，提供人員經由座椅至大地間的電性途徑，藉以消散人員身上之電荷。呈如地板/鞋具系統一樣，人員與座椅墊經椅腳(椅輪)至大地間之接觸面必須有效導電，此接地系統才爲有效。並且座椅必須與靜電防護地板同時搭配使用，並且自人員至地板系統間之最大系統電阻應小於 35MΩ[4]。但由於座椅本身包含了許多材質、零件等增加了許多產生高電阻的機會。因此，不建議單僅以防靜電工作椅作爲人員靜電防護接地措施，其僅應可作爲人員輔助接地措施選擇之一。座椅其種類形式繁多，使用者應自行考量需求及特性選用，此外，防靜電座椅之新品規格及符合性檢測要求，詳如表 19。

表 47　防靜電座椅之標準要求

規範項目		測試依據標準	限制值
座椅	產品新品規格	ANSI/ESD STM 12.1	$R_{gp}<1\times10^{9}\Omega$
	符合性檢測	ESD TR 53 座椅	$R_g<1\times10^{9}\Omega$

註 1　Rg：對地電阻
註 2　Rgp：至可接地點的電阻

此外，在 EPA 區域內，工作桌應個別施行接地。其方式如圖 16、圖 17[12]所示。

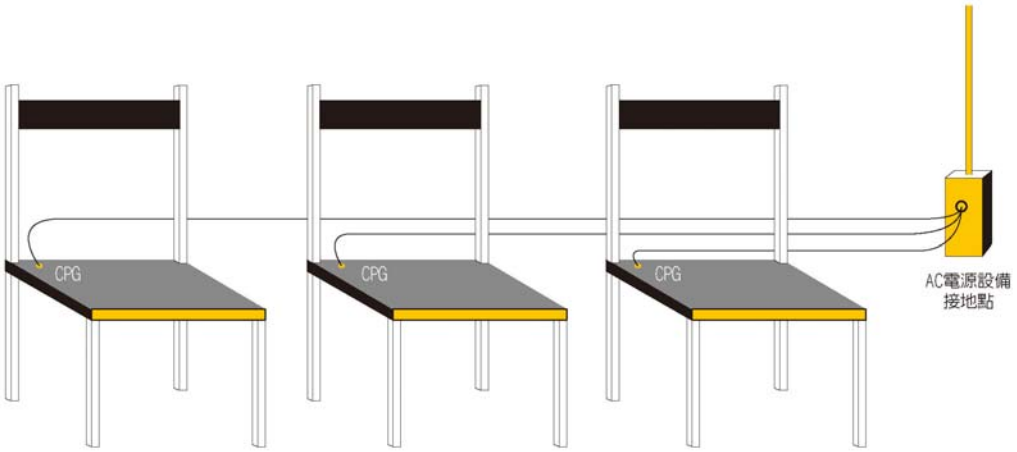

圖 46　EPA 區域內工作桌並聯接地方式(建議方式)

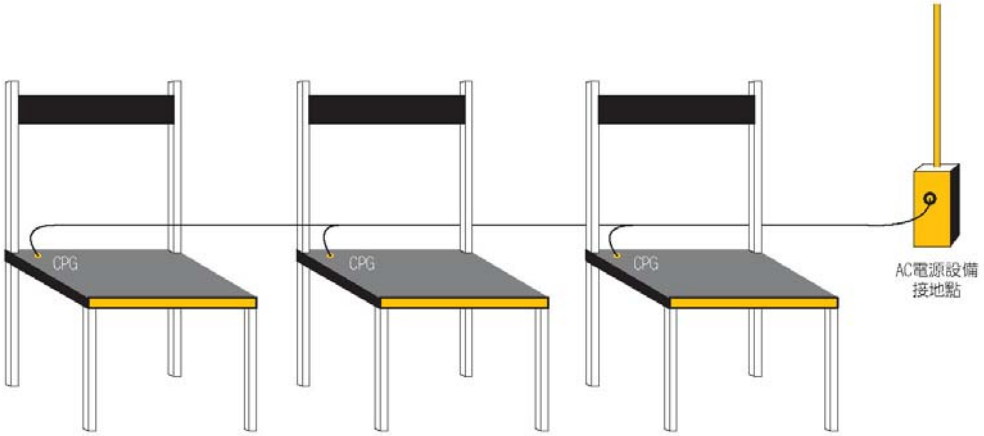

圖 47　EPA 區域內工作桌串聯接地方式(不建議方式)

10.棚/貨架系統(存放架)

棚/貨架系統(存放架)係用來儲放產品或材料用。其形式多元，此僅討論兩種一般棚/貨架[4]。

(3) 工作站內棚/貨架

棚/貨架常為 EPA 區域中的一部份，其主要用來儲放易受 ESD 影響之產品(包括包裝或未包裝)、文件、生產器具、電腦及測試設備等。其工作棚架應視為等同 ESD 工作表面，並施以適當接地，使具靜電消散能力。

然而在工廠各階段製程中之棚架應用均有所不同，部分棚架具 ESD 防護功效，而部分沒有。爲避免人員混淆，在進行靜電防護工程時，對於所有棚架均應施加接地並覆有 ESD 防護材質。若未採取上述措施，則應明確標示。

(4) 儲存區域內棚/貨架(如：倉庫、工具箱等)

另一棚/貨架係用於儲存倉儲中或工具區中零件，其具有多層，且固定於地板或桌面之棚/貨架，亦爲工程常見之一種棚/貨架系統。使用者可自行決定是否需具有棚架外覆 ESD 防護表層及接地。

此外，棚/貨架系統(存放架) 之新品規格及符合性檢測要求，詳如表 20。

表 48　棚/貨架系統(存放架)之標準要求

規範項目		測試依據標準	限制值
棚/貨架	產品新品規格	IEC 61340-2-3	$1\times10^4\Omega<R_{gp}<1\times10^9\Omega$ 及 $1\times10^4\Omega<R_{pp}<1\times10^9\Omega$
	符合性檢測	ESD TR53 工作表面	$R_g<1\times10^9\Omega$

註 1　Rg：對地電阻
註 2　Rpp：點對點電阻
註 3　Rgp：至可接地點的電阻

11.可移動式設備(例如手堆車等)

當製程中，由某一階段程序移至另一階段程序，則需利用移動式裝置進行搬運。使用移動式設備輸送未經包裝且 ESDS 物品時，當進行裝卸作業時，移動式裝置必須施加接地。當移動式設備處於未接地狀態時(例如：於 EPA 區域內)，除非將有須進行處理 ESDS 物品之人員、產品及移動式設備等搭接至等電位，否則不允許人員處理該產品。

若 ESD 防制計畫中未應用 ESD 防護地板材料時，移動式設備仍可有效運送 ESDS 物品，僅需在產品被裝卸前，將移動式設備與 ESD 接地系統完成電性連接即可。根據 ESD S20.20 建議，需將移動式設備連接至 AC 電源系統中之接地極。此外，不論是否使用 ESD 防護地板材料，移動式設備中所有裝置

元件均應定期檢測。可移動式設備之新品規格及符合性檢測要求，詳如表 21。

表 49　可移動式設備(層板表面)之標準要求

規範項目		測試依據標準	限制值
可移動式設備(層板表面)	產品新品規格	IEC 61340-2-3	$1\times10^4\Omega<R_{gp}<1\times10^9\Omega$ 及 $1\times10^4\Omega<R_{pp}<1\times10^9\Omega$
	符合性檢測	ESD TR 53 可移動式設備	$R_g<1\times10^9\Omega$

註 1　Rg：對地電阻
註 2　Rpp：點對點電阻
註 3　Rgp：至可接地點的電阻

12.標示

進出 EPA 區之門口應張貼有『注意靜電放電防護區（EPA），應採用靜電放電防護處理措施』等 ESD 注意標示(如圖 18 所示)，以明確表示該區域之靜電防護的重要性。

此外，ESDS 組件、系統或包裝等標示應依據用戶合約、訂貨單/工程圖或其他文件標示。若無其他外部要求時，企業組織內部應自行決定標示之必要性，並記錄於 ESD 管制方案。當 ESDS 組件被安裝至更高階組裝系統時，亦應標示於人員易見之處。ESD 防護包裝標示亦可於標示圖中加註文字說明(如圖 19 所示)。此外，若靜電防護包裝材料係應用於軍事領域，則應採用圖 20 之標示。

圖 48　EPA 區注意標示

圖 49　ESDS 組件及設備之 ESD 注意標示

圖 50　軍事領域之 ESD 防護包裝注意標示

13.環境濕度

在 EPA 區域中，理想相對濕度應高於 30%。對於電子產品及物件中的金屬，一般而言，相對濕度超過 70%，金屬材質將會容易產生鏽蝕現象。在乾燥的環境中除易產生靜電荷外，許多 ESD 防護材料性能亦可能因此降低，或甚至可能完全失效或成爲靜電荷產生源。因此爲解決此困擾，在 ESD 防制品及設備選用評估過程中，即應針對可能發生最低相對濕度下，評估 ESD 控制材料之特性表現。

14.防靜電手腕帶接地效能監測器

在工作場所中，人員往往爲最主要的靜電產生源，因此在 EPA 區域內將人員接地顯得格外重要。一般普遍使用防靜電手腕帶進行人員接地，故監視手腕帶的使用效果，成爲進行 ESD 控制時，其中一項非常重要的任務。

腕帶效能監測器係用來測試腕帶系統(包括腕環、接地線及與人體皮膚接觸之電性路徑)是否具有良好運作效能之主要工具。監視使用時機應爲週期性，

而非隨機性。其種類依可靠度可分：單一導線式及雙導線式監視測器。依檢測方式可分電阻式、電壓式及電容感應式等。使用者應根據自行需求考量選用。然而，大多數的檢監視並未具有自行校正功能，使用者在進行監測器驗證時，應遵守製造商指示進行。對於靜電手腕帶接地檢測器之新品規格及符合性檢測要求，詳如表 22。

表 50　靜電手腕帶接地監測器(連續性監控)之標準要求

規範項目		測試依據標準	限制值
靜電手腕帶接地監測器(連續性)	產品新品規格	使用者自訂	使用者自訂
	符合性檢測	ESD TR53 監測器 (連續性監測)	製造商訂定

15.靜電消除器

在 EPA 區域內，所有物體並非均爲導電體，皆可藉由接地方式，消除靜電荷。若 EPA 區域內若存在有必要性的非導電體材料或物件時，則應藉由靜電消除器，消除靜電荷。

因此，在防靜電區域工作台面上方之適當位置或其他必要之地方，應裝設靜電消除器，以消除未打開之包裝袋上的靜電荷和在操作過程中因人體、工具或其他物品相互摩擦，而在工件上所產生的靜電荷。靜電消除器係利用某一特定方式(例如高壓電場電暈方式，電場強度應大於 3MV/m)，藉使空氣中離子游離，產生某一極性離子(正離子、負離子或兩者間接性產生)，藉以中和帶電物件上之電荷，其電荷中和能力係作爲評估靜電消除器消除能力的主要參數。靜電消除器種類眾多，其產生方式可分：核種電離式、AC 電離式、穩態 DC 電離式、脈衝 DC 電離式及 X 射線電離式等產生器。依適用環境可分：空間式、層流式、工作台面式及局部氣噴式等，見表 23 所示。使用者應依據工作區域大小及種類，選用適當之電離器，其參考要點如表 24[4]所示。靜電消除器之新品規格及符合性檢測要求，詳如表 25。

然而，電離法並不能足以取代接地靜電防制措施，其應僅爲完整 ESD 控制方案中的一個項目，僅只限於無法完整藉由接地方式進行靜電消散，方可

輔以電離方法。

表 51　靜電消除器之形式種類

設備種類	
空間電離式	AC(交流)網柵式系統
	DC(直流)棒式系統
	單極發射器
	雙直流線系統
	脈衝直流發射器
層流式	垂直層流式
	水平層流式
工作桌台面式	桌面式
	懸掛式
局部氣噴式 (氣體壓縮式)	噴槍及噴嘴

表 52　靜電消除器選用考量要點

特性	電荷的中和	環境考量	安裝考量	操作	成本
項目	1.放電時間 2.離子平衡 (殘餘電壓) 3.產品 ESD 敏感性 4.靜電困擾解決方式	1.空氣流量 2.實體尺寸	1.安全規範 2.電源配置 3.動作控制 4.壓縮氣體需求 5.擴充之可能性 6.和無塵室之相容性	1.維護規範 2.可靠性 3.設備性能 4.臭氧、EMI 及懸浮微粒灑	1.設備成本 2.安裝成本 4.操作及維護成本

表 53　靜電消除器之標準要求

<table>
<tr><th colspan="2">規範項目</th><th>測試依據標準</th><th>限制值</th></tr>
<tr><td rowspan="4">靜
電
消
除
器</td><td rowspan="2">產品新品規格</td><td rowspan="2">ANSI/ESD STM 3.1</td><td>非空間式系統：
從 1000V 衰減至 100V 時，
需<20s
及
殘餘電壓
<±50 V。</td></tr>
<tr><td>空間式系統：
衰減時間使用者自訂
，但殘餘電壓
＜±150 V。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">符合性檢測</td><td rowspan="2">ESD TR53</td><td>非空間式系統：
從 1000V 衰減至 100V 時，
需<20s
及
殘餘電壓
<±50 V。</td></tr>
<tr><td>空間式系統：
衰減時間使用者自訂
，但殘餘電壓
＜±150 V。</td></tr>
</table>

六、定期符合性驗證與稽查測試

靜電防制品與設備及材料等防護特性可能隨時間長短，而產生物理性或化學性的變化，間接使得性能及功效衰減。因此，靜電防制品與設備應定期接受性能檢驗，透過所進行之功能測試，作爲評估靜電防護措施的性能，用來確認其是否需更換或維護。檢查頻率應取決於不同稽查項目與程序，在 ANSI/ESD S20.20，建議可根據稽查之歷史數據來訂定，另可參照根據 IEC/TR 61340-5-2[12] 技術報告(如表 26)；或依據 JEDEC 625-A[14] (如表 27)定期進行 ESD 控制物品檢測，並每年應進行一次整體性 ESD 稽核工作。

然而並非每個使用環境條件皆相同，因此使用者應基於持有之靜電防護物品的關鍵性質，及故障風險等，自行規劃適合該公司、製程的靜電防制品等驗證頻率計畫。下列列舉考量驗證頻率的方法[13]：

(4) 於某些應用情況下，手腕帶每日檢查即可，但在其他某些作業下，可能需採用固定式腕帶監測器，藉以增加操作人員接地的可靠度。

(5) 包裝材料檢測可能依包裝材料的組成及用途等不同，而有所差異。部分包裝材料之靜電控制特性，可能會隨時間及使用而快速退化，因此靜電消除速度較快，而有些包裝材料可能視濕度並可能有保存期限之限制。

(6) 部分材質(如防靜電地板表層)因缺乏耐久性，可能須要求更爲頻繁的監測。其他材料(如乙烯材質的防靜電地板表層)，因具耐磨損性，則可能較不需要頻繁監測。另在完成地板維護工作後，也應考量執行地板的檢測。

表 54　ESD 控制物品檢測頻率與方式

規範項目	限制範圍	測試方法	頻率	檢驗者
手腕帶 (系統測試)	$R<3.5x10^7\Omega$	量測	每日 1 次 (使用前)	操作人員
工作桌面	$Rg<1.0\times10^9\Omega$	量測	每季一次	ESD 管理者
手腕帶 連接點	$Rg<1\Omega$	量測	每季一次	品管部門
靜電產生者 (絕緣體)	<10,000V/m	量測	每季一次	品管部門
屏蔽包裝袋	可見之損壞跡象	目視	每季一次	品管部門

Rg：表示對地電阻

表 55　ESD 控制物品檢測頻率與方式

頻率	規範項目
每日	手腕帶、鞋環(防靜電鞋)之檢測、服裝著裝之目視檢查。
每週	工作桌面及地墊之清潔、ESD 接地連接之目視檢查。
每月	ESD 防護區內之靜電量測。
每季	工作桌面及地板至接地之電阻、ESD 接地之導通性、手環測試器檢測。
每半年	靜電消除器(離子風扇)之離子平衡與電荷衰減
每年	全系統性之稽核

此外，根據 ASNI/S20.20：2007[9]標準及 ESD TR53-01：2006[13]技術報告，建議下列所述之靜電放電防護品、材料及設備等應定期接受功能性驗證檢測：接地/搭接系統、工作台面、手腕帶、手腕帶性能測試器、防靜電鞋、地板材質、服裝、座椅、移動式設備(手推車)、包裝、靜電消除器及人員接地系統等。

1.接地/搭接系統之符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證 EPA 區域(或工作站)內之各種接地/搭接系統等電阻均應保持於標準允許範圍內。

EPA 工作站內所有之工作台面、固定式裝置、首持式裝置及人員接地裝置等均應連接至共同接地點(Common point ground；CPG)。共同接地點再行連接至 ESD 接地/搭接參考點。一般而言，ESD 接地/搭接參考點應為交流電(AC)設備接地點。若採用輔助接地時，亦應搭接至交流電(AC)設備接地。

(3) 檢測設備：

(E) 直流歐姆計：可量測範圍應為 0.1～1MΩ，精確度應為±10%。

(F) 交流電插座分析器：係藉以指示設備接地導線是否存在(圖 21)。注意：部分交流電輸出分析器可能無法區別接地線與中性線、火線與中性線及火線與接地線是否裝置顛倒或確定設備接地線之阻抗符合規範要求。

(G) 交流電電路測試器(阻抗計)：係藉以量測設備接地導體自電源插座至主電源控制盤中性搭接點間之阻抗值，該阻抗計亦應具可檢測接線正確性

功能 (圖 22) 。

(H) 兩條適當長度之檢測連接導線。

圖 51　交流電插座分析器

圖 52　交流電電路測試器(阻抗計)

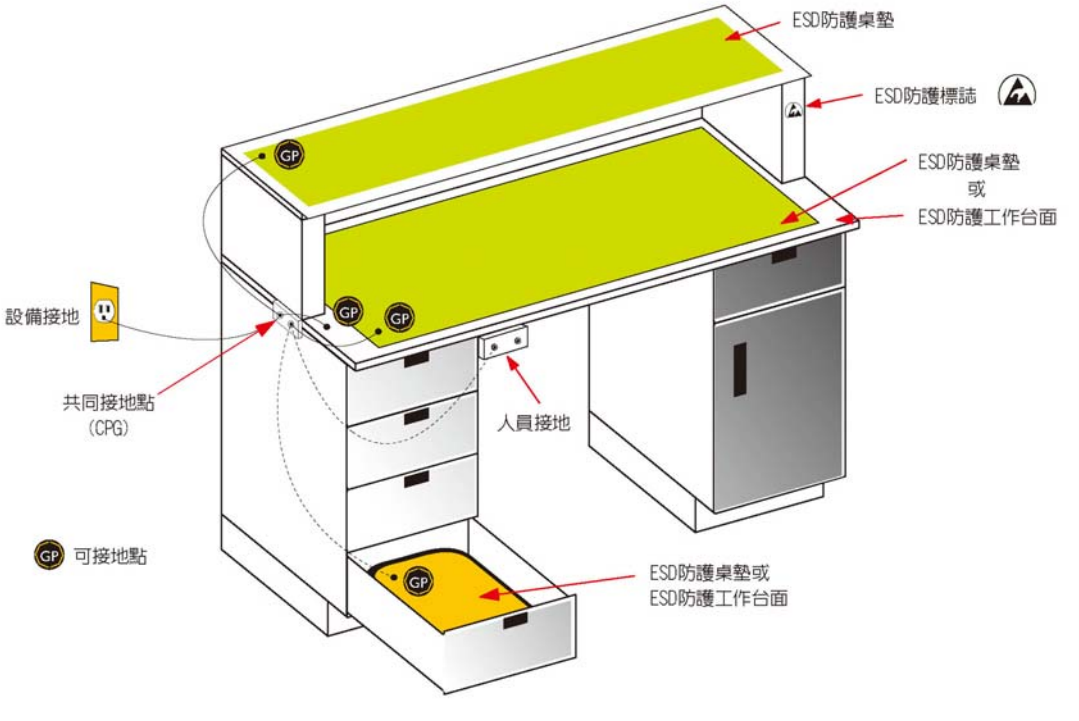

圖 53 接地/搭接系統符合性驗證示意圖

(4) 檢測程序：

(C) 電源插座：

(d) 接地程序必須符合國內電工法規及其他適用規範之要求。電源插座驗證檢測目的係主要檢視靜電接地/搭接參考點所採用之接地設備導線接線方式是否正確與恰當。。

(e) 使用交流電插座分析器檢驗設備接地導線是否存在。

(f) 使用交流電電路測試器檢驗電路接線之完整性是否符合要求。

(i) 將測試器連接至交流電源插座，或包含以設備接地線作爲靜電接地/搭皆參考點之插座或連接設備。

(ii)驗證下列情形：

- 中性線與設備接地導線併存，並且於插座盒內部(插孔)無相互連接。
- 火線與中性線並無反接。
- 火線與設備接地線並無反接。
- 設備接地線阻抗小於 1.0Ω。

(D) 人員可接地點：

(e) 依據儀器操作手冊指示操作直流(DC)歐姆計。

(f) 將兩條檢測導線連接至歐姆計。

(g) 將其中一條檢測導線連接或放置於人員可接地點，另一條則連接至接地參考點。

(h) 檢驗電阻值，並持續一段時間。

2.工作台面之符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證 ESD 防護工作台面是否搭接至接地/搭接參考點。並且其電阻是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

本定期檢測程序亦可適用於檢測架子、抽屜及其他 ESD 防護儲存設備表面。

(3) 檢測設備：

(E) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍至少為 $1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並且其開路測試電壓為 DC 10 V 與 100V(±10%)之儀器組合。

(F) 圓柱電極：應符合 ANSI/EOS/ESD4.1 規定。重量為 2.27±0.06kg (5lb±2oz)、半徑 63.5±0.25mm (2.5±0.1 in)之體積圓柱、導電接觸材料硬度等級應為 Shore A：50-70。當選用 10V 測試電壓，量測金屬表面時，其兩電極間之電阻應小於 $1.0\times10^{3}\Omega$。

(G) 直流(DC)歐姆計：可量測範圍應為 0.1～1MΩ，精確度應為±10%。

(H) 兩條適當長度之檢測連接導線。

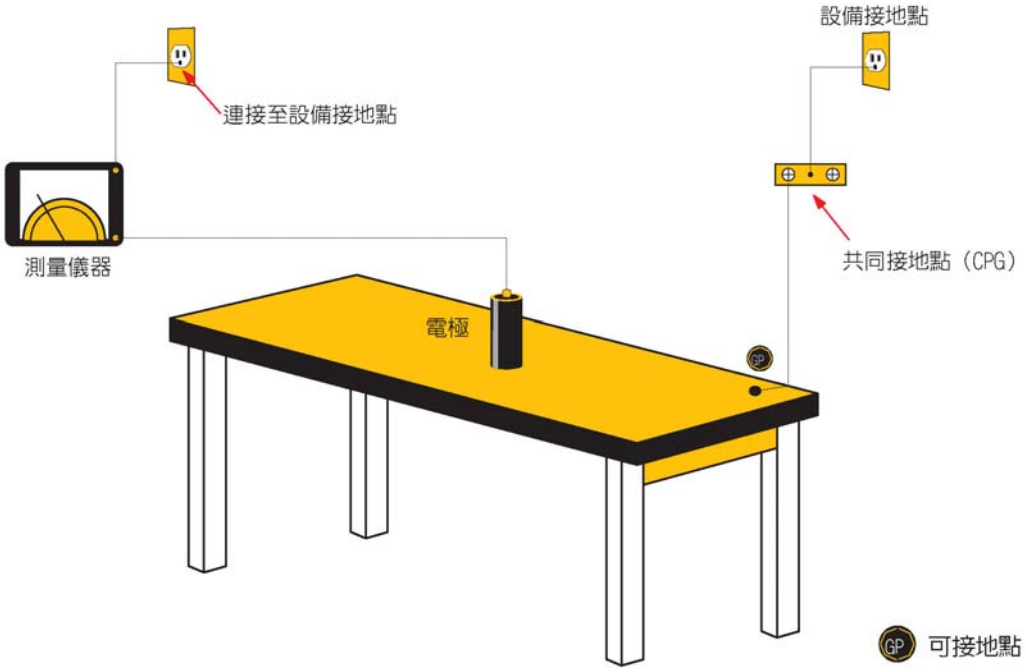

圖 54　ESD 防護工作台面符合性驗證示意圖

(4) 檢測程序：

(J) 驗證程序前，請勿立即清潔 ESD 防護工作台面。

(K) 將所有 ESDS 物件自工作台面移除。

(L) 工作台面上之導電性物品及具獨立接地途徑之交流電氣設備等仍維持連接至接地點。

(M) 將一條檢測導線一端連接至電極，另一端連接至整合性電阻測試器。

(N) 將另一條檢測導線一端連接至整合性電阻測試器，另一端連接至接地參考點。

(O) 將電極置於工作台面正中央，測試電壓設定為 10V，經一段適當之測試時間或待讀值穩定。

(P) 若指示電阻小於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則再行繼續測試。

(Q) 若指示電阻等於或大於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則將測試電壓改設定為 100V，再行重新測試工作表面。

(R) 檢測應包括 ESD 防護工作台上易磨損處或具明顯髒污處。

3.防靜電手腕帶之符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證 ESD 防護手腕帶系統，整體電阻是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

(3) 檢測設備：

(D) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍至少為 $1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並其開路測試電壓為 DC 10 V 與 100V(±10%)。

(E) 手持式電極：不鏽鋼圓柱棒、長度為 75mm(3inches)或以上，直徑為 25mm (1 inches)、鋼棒一端連接具香蕉插頭或螺紋端子之連接測試導線。

(F) 一條適當長度之檢測連接導線。

(4) 檢測程序：

(C) 靜電手腕帶/鞋具整合性電阻性能測試器(Integrated Checker)：

(e) 根據公司規定穿戴程序，將防靜電手腕帶配戴於手腕，並連接人體接地導線。必要時調整腕帶鬆緊度至適當大小。

(f) 將手腕帶/鞋具整合性測試器切換至腕帶設定。

(g) 將接地線具香蕉接頭的一端插至測試器。

(h) 以帶有腕帶之手按住金屬接觸測試板，直到通過/失敗燈亮起並持續亮燈，見圖 25 所示。

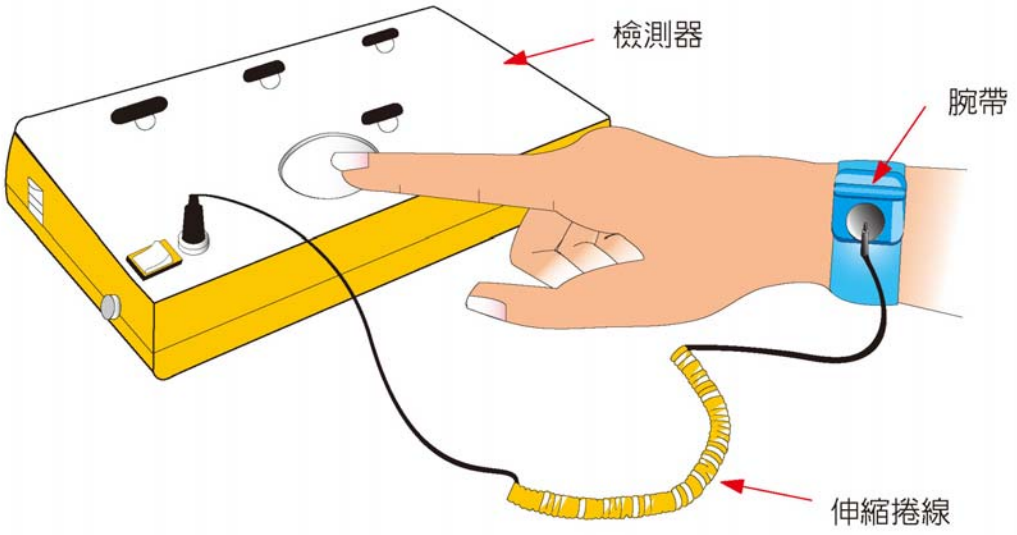

圖 55　靜電手腕帶符合性驗證(方法一)

(D) 靜電手腕帶電阻測試器

(i) 將防靜電手腕帶配戴於手腕，並連接人體接地導線。必要時調整腕帶鬆緊度至適當大小。

(j) 將手腕帶上所附之接地導線連接至電阻測量器之負極連接端子(-)。

(k) 將手持式電極連接至另一條測試連接線，並將連接線另一端連接至電阻測量器的的正極連接端子(+)。

(l) 以帶有腕帶的一手握持住手持式電極，見圖 26 所示。

(m)設定電阻測試器測試電壓爲 10V，等待量測讀值穩定。

(n) 測量腕帶之環帶(cuff)部與接地線系統間電阻值。

(o) 當使用布製鬆緊帶(cloth cuff)時，建議將腕帶扣件拆除，單獨進行進行環帶檢測工作，以量測布料之電性持續性。

(p) 防靜電手腕帶電阻測試器進行系統電阻測試時，其系統電阻應大於 1MΩ，小於 10 MΩ。

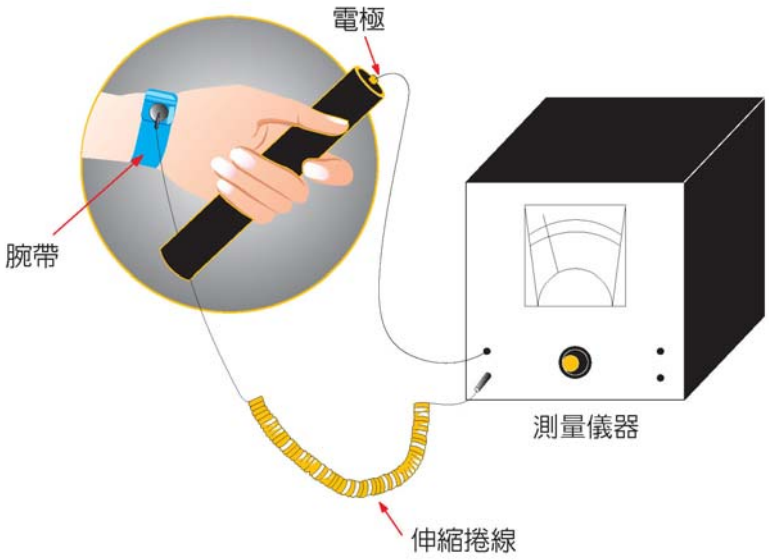

圖 56　靜電手腕帶符合性驗證(方法二)

4.防靜電手腕帶接地即時(連續性)監測器之符合性驗證

本定期檢測程序之目的爲驗證 ESD 防護手腕帶接地即時(連續性)監測器是否依設計目的運作。

手腕帶接地即時監測器之目的，係在於提供手腕帶接地系統連續性檢測，儘管市面上採用之技術種類不同，但其目標均爲一致：主要檢測接地點、

接地線、手腕帶與人體(或持有易產生 ESD 物品者)間之電性連接。即時監測器亦可提供 ESD 防護工作台面連接至接地參考點間之電路監測。

(3) 檢測設備：

(C) 即時監測器之符合性驗證，應確保監測器在操作限制參數下正常運作。

(D) 透過即時監測器儀器製造商提供之驗證設備，可於工作區域內進行監測器功能驗證。

(4) 檢測程序：

即時監測器之符合性驗證應參照儀器製造商指示。

5.防靜電鞋之符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證 ESD 防護工作鞋系統(僅包括人員與防靜電鞋)間，整體電阻是否符合建議標準之最大值及最小值間之允許範圍內。

防靜電鞋具包括鞋子、足部接地裝置(鞋環帶)及靴子等形式。

(3) 檢測設備：

(E) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍為 5.0×10^{4}～$1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並其開路測試電壓為 DC 7～30V。部分整合性電阻測試器可手動選取電阻量測範圍。

(F) 手持式電極：不鏽鋼圓柱棒、長度為 75mm(3inches)或以上，直徑為 25mm (1 inches)、鋼棒一端連接具香蕉插頭或螺紋端子之連接測試導線。

(G) 足部電極：導電金屬板，$305mm^2$($12inches^2$)。

(H) 兩條適當長度之檢測連接導線。

(4) 檢測程序：

(C) 靜電手腕帶/鞋整合性電阻測試器(Integrated Checker)：

(e) 根據公司規定穿戴程序，兩腳同時穿上防靜電鞋，若使用人體接觸式接地裝置(鞋環帶)，須將該裝置放置於人體皮膚與襪子之間，與人體皮膚密切接觸。

(f) 將一隻腳放置於測試器之足部電極上，並確保另一隻腳未接觸足部電極或相鄰的防靜電地面。部分整合性電阻測試器可使用雙足部電極來分別檢測雙腳的電阻。

(g) 將任一手按住整合性電阻測試器之金屬接觸測試板，直到通過/失敗

燈亮起並持續亮燈。

(h) 必要時，換另一腳並重複相同程序。

(D)防靜電鞋電阻測試器

(h) 根據公司規定穿戴程序，兩腳同時穿上防靜電鞋，若使用人體接觸式接地裝置(鞋環帶)，須將該裝置放置於人體皮膚與襪子之間，與人體皮膚密切接觸。

(i) 將一條測試連接線的一端連接至手持式電極，再將該測試連接線的另一端連接致電阻測量器之正極連接端子(+)。

(j) 將另一條測試連接線的一端連接至電阻測量器之負極連接端子(-)，再將該測試連接線的另一端連接至足部電極。

(k) 以任一手握持住手持式電極，見圖 27 所示。

(l) 設定電阻測試器測試電壓爲 10V，等待量測讀值穩定。

(m)測量 ESD 防靜電鞋系統的電阻值。

(n) 必要時，換另一隻腳並重複相同程序。

圖 57　防靜電鞋系統性電阻符合性驗證

6.防靜電地板之符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證 ESD 防護地板系統電阻是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

防靜電地板包括永久性裝置地板，及具 ESD 防護被覆、塗佈、油漆或襯墊之地板。

(3) 檢測設備：

(D) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍至少為 $1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並且其開路測試電壓為 DC 10 V 與 100V(±10%)之儀器組合。

(E) 圓柱電極：應符合 ANSI/EOS/ESD4.1 規定。重量為 2.27±0.06kg (5lb±2oz)、半徑 63.5±0.25mm (2.5±0.1 in)之體積圓柱、導電接觸材料硬度等級應為 Shore A：50-70。當選用 10V 測試電壓，量測金屬表面時，其兩電極間之電阻應小於 $1.0\times10^{3}\Omega$。

(F) 兩條適當長度之檢測連接導線。

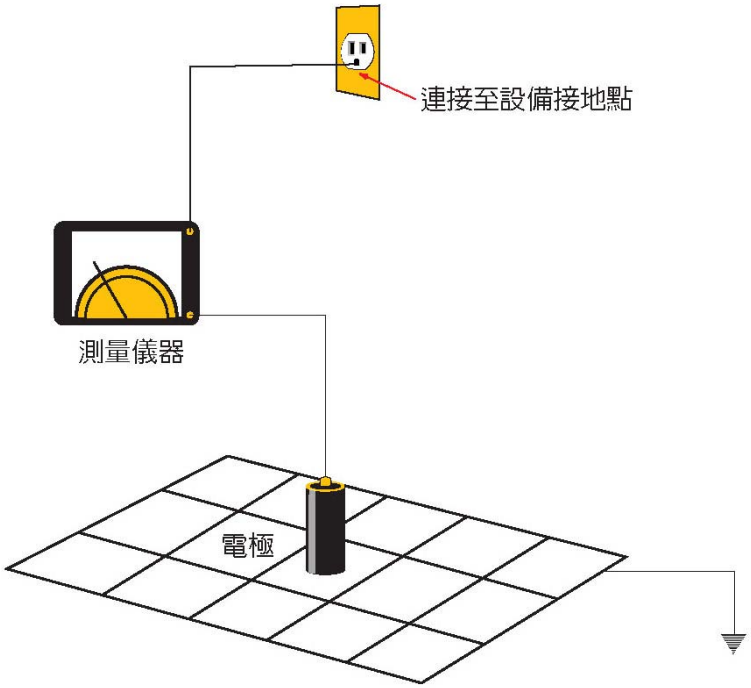

圖 58　防靜電地板符合性驗證

(4) 檢測程序：

(B) 點對地電阻：

(h) 驗證程序前，請勿立即清潔防靜電地板。

(i) 將一條檢測導線一端連接至電極，另一端連接至整合性電阻測試器。

(j) 將另一條檢測導線一端連接至整合性電阻測試器，另一端連接至接地參考點。

(k) 將電極置於防靜電地板表面，測試電壓設定為 10V，經一段適當之測試時間或待讀值穩定。若為測試環境為中濕度情況下，測試電壓應先設定為 10V，若為低濕度情況下，測試電壓應先設定為 100V。

(l) 若指示電阻小於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則再行繼續測試。

(m) 若指示電阻等於或大於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則將測試電壓改設定為 100V(低濕度下)，再行重新測試工作地板表面。

(n) 檢測應包括 ESD 防護地板表面上易磨損處或具明顯髒污處。

7.以防靜電裝服進行人員接地之符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證人員經由接地型防靜電服裝系統施行接地，其整體系統電阻是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

防靜電服裝包括無塵室實驗服(或工作服)、實驗室外套、夾克及工作服。

(3) 檢測設備：

(D) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍為 5.0×10^{4}～$1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並其開路測試電壓為 DC 7～30V。部分整合性電阻測試器可手動選取電阻量測範圍。

(E) 手持式電極：不鏽鋼圓柱棒、長度為 75mm(3inches)或以上，直徑為 25mm (1 inches)、鋼棒一端連接具香蕉插頭或螺紋端子之連接測試導線。

(F) 兩條適當長度之檢測連接導線。

(4) 檢測程序：

(C) 整合性電阻測試器(Integrated Checker)：

(f) 根據公司規定穿戴程序穿上服裝並正確扣好，並確保手袖腕帶緊貼皮膚。若使用可調整式腕帶，應加以調整並使其與人體皮膚密切接觸。

(g) 將接地線一端與服裝接地線接頭相連接。

(h) 將腕帶/鞋整合性電阻測試器切換至腕帶測量模式。

(i) 將服裝接地線另一端插入(連接)至電阻測試器。

(j) 將任一手按住整合性電阻測試器之金屬接觸測試板，直到通過/失敗燈亮起並持續亮燈，見圖 29 所示。

(D) 防靜電鞋電阻測試器

(h) 根據公司規定穿戴程序穿上服裝並正確扣好，並確保手袖腕帶緊貼皮膚。若使用可調整式腕帶，應加以調整並使其與人體皮膚密切接觸。

(i) 將接地線一端與服裝接地線接頭相連接。

(j) 將接地線的另一端連接至電阻測量器之負極連接端子(-)，

(k) 將一條測試連接線的一端連接至手持式電極，再將該測試連接線的另一端連接致電阻測量器之正極連接端子(+)。

(l) 以任一手握持住手持式電極。

(m) 設定電阻測試器測試電壓爲 10V，等待量測讀值穩定。

(n) 測量人員接地與服裝系統間的電阻值。

圖 59 以防靜電裝服進行人員接地之符合性驗證

8.防靜電服裝之符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證防靜電服裝的兩袖間(或袖口與袖口間)電阻，是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

防靜電服裝包括無塵室實驗服(或工作服)、實驗室外套、夾克及工作服。

(3) 檢測設備：

(E) 整合性電阻(率)測試器：其開路測試電壓為 DC 100V(±10%)，測讀值範圍至少為 $1.0\times10^{12}\Omega$ 之單一量測儀器或儀器組合。

(F) 兩圓柱電極：應符合 ANSI/EOS/ESD4.1 規定。重量為 2.27±0.06kg (5lb±2oz)、半徑 63.5±0.25mm (2.5±0.1 in)之體積圓柱、導電接觸材料硬度等級應為 Shore A：50-70。當選用 10V 測試電壓，其兩電極間之電阻應小於 $1.0\times10^{3}\Omega$。

(G) 兩條適當長度之檢測連接導線。兩條適當長度之檢測連接導線。

(H) 絕緣支撐板：平坦絕緣板，其大小應足以支撐進行 ESD 防護設備或材料之檢測工作。應符合 ASTM D-257 規定，絕緣板表面電阻應大於

$1.0\times10^{13}\Omega/sq$。

(4) 檢測程序：

(F) 將兩電極連接至分別測試連接線，並將測試連接線另一端連接至整合性電阻測試器。

(G) 將待測服裝置於絕緣支撐板表面上。

(H) 將兩電極分別置於服裝的兩袖子(袖口)上。並確保袖子與衣服主體部分分開，見圖 30 所示。

(I) 設定電阻測試器測試電壓爲 100V，等待量測讀值穩定。

(J) 測量服裝的表面電阻值。

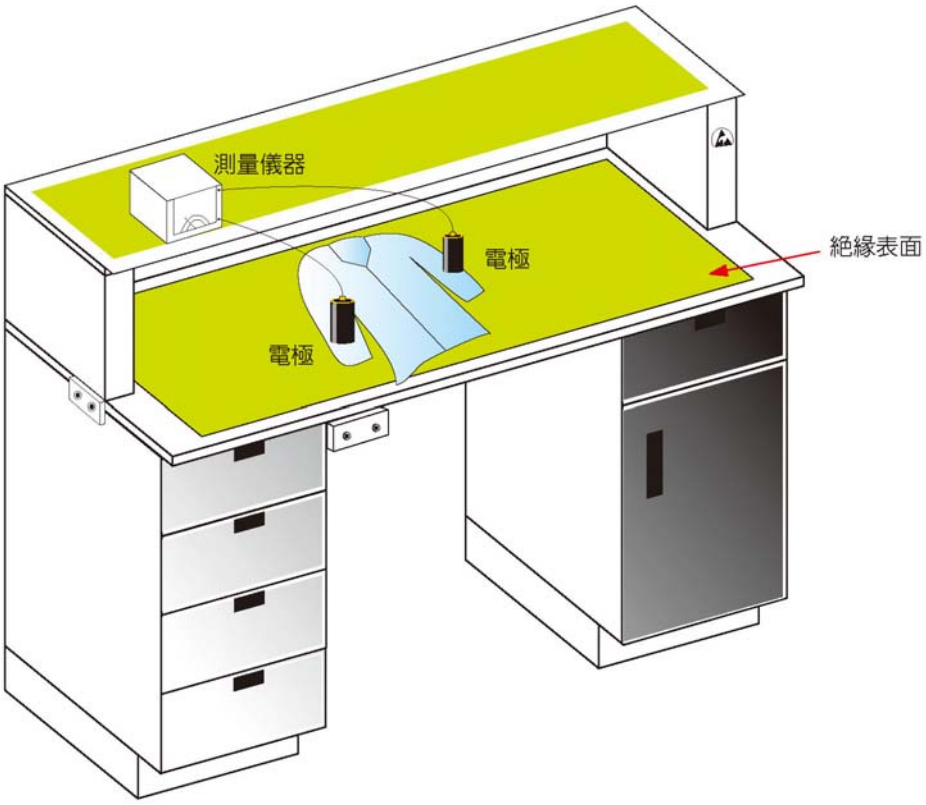

圖 60　防靜電裝服(袖口對袖口)符合性驗證

9.防靜電座椅之符合性驗證

本定期檢測程序之目的爲驗證防靜電工作座椅接地系統(經防靜電地板接地之座椅)的電阻，是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

(3) 檢測設備：

(D) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍至少為 $1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並且其開路測試電壓為 DC 10 V 與 100V(±10%)之儀器組合。

(E) 圓柱電極：應符合 ANSI/EOS/ESD4.1 規定。重量為 2.27±0.06kg (5lb±2oz)、半徑 63.5±0.25mm (2.5±0.1 in)之體積圓柱、導電接觸材料硬度等級應為 Shore A：50-70。當選用 10V 測試電壓，量測金屬表面時，其兩電極間之電阻應小於 $1.0\times10^{3}\Omega$。

(F) 兩條適當長度之檢測連接導線。

(4) 檢測程序：

(H) 將防靜電座椅放置於已安裝有防靜電功能之地板上。驗證程序前，請勿立即清潔防靜電地板。

(I) 將一條檢測導線一端連接至電極，另一端連接至整合性電阻測試器。

(J) 將另一條檢測導線一端連接至整合性電阻測試器，另一端連接至接地參考點。

(K) 將電擊置放於下述座椅位置(將電極置放於任一破損處)，測試電壓設定為 10V，經一段適當之測試時間或待讀值穩定，見圖 31 所示。

(d) 椅面中央

(e) 椅背中央

(f) 椅腳輪(若裝置有此零件時)

(L) 若指示電阻小於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則再行繼續測試。

(M) 若指示電阻等於或大於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則將測試電壓改設定為 100V，再行重新防靜電座椅。

(N) 檢測應包括 ESD 防護座椅易磨損處或具明顯髒污處。

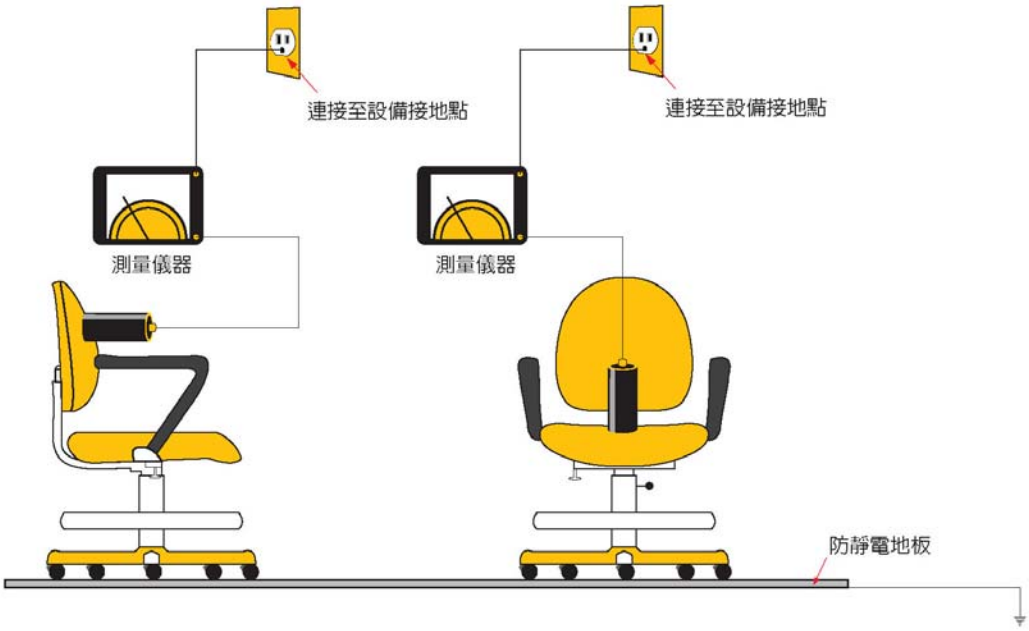

圖 61　防靜電座椅符合性驗證

10.防靜電移動式設備(手推車)之符合性驗證

本定期檢測程序之目的為驗證防靜電移動式設備(例如：手推車)接地系統(經防靜電地板接地)的電阻，是否符合建議標準規範之最大值及最小值間之允許範圍內。

(3) 檢測設備：

(D) 整合性電阻(率)測試器：其應具有一量測讀值範圍至少為 $1.0\times10^{10}\Omega$ 之歐姆計，並且其開路測試電壓為 DC 10 V 與 100V(±10%)之儀器組合。

(E) 圓柱電極：應符合 ANSI/EOS/ESD4.1 規定。重量為 2.27±0.06kg (5lb±2oz)、半徑 63.5±0.25mm (2.5±0.1 in)之體積圓柱、導電接觸材料硬度等級應為 Shore A：50-70。當選用 10V 測試電壓，量測金屬表面時，其兩電極間之電阻應小於 $1.0\times10^{3}\Omega$。

(F) 兩條適當長度之檢測連接導線。

(4) 檢測程序：

(I) 將防靜電手推車放置於已安裝有防靜電功能之地板上。驗證程序前，請勿立即清潔防靜電地板。

(J) 將推車上所有 ESDS 物件移除。

(K) 將一條檢測導線一端連接至電極，另一端連接至整合性電阻測試器。

(L) 將另一條檢測導線一端連接至整合性電阻測試器，另一端連接至接地參考點。

(M) 將電極置於手推車上層台表面中央，測試電壓設定爲 10V，經一段適當之測試時間或待讀值穩定。

(N) 若指示電阻小於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則再行繼續測試手推車上其他層架。

(O) 若指示電阻等於或大於 $1.0\times10^{6}\Omega$，則將測試電壓改設定爲 100V，再行重新測試手推車上其他層架。

(P) 檢測應包括手推車台表面上易磨損處或具明顯髒污處。

11.靜電消除器（離子風扇）之符合性驗證

本定期檢測程序之目的爲驗證靜電消除器(例如：離子風扇)之放電時間與殘餘電壓(offset voltage)(剩餘離子數量)是否符合建議標準規範之允許範圍內。

本定期檢測程序之檢測步驟亦適用於下列靜電消除裝置類別：空間式、層流式、工作台面式及壓縮氣體式(噴槍或噴嘴等)。

(3) 檢測設備：

(D) 充電板監測器(CPM：charge plate moniter)：應符合 ANSI/ESD STM3.1 規定；或可攜式驗證工具組：應符合 ESD SP3.3 要求。可攜式驗證工具組應包括下列組成：電場計、可拆式(隔離導電)平板、平板充電器及接地線等零組件。

(E) 碼表或其他適當量測放電時間之工具。

(F) 測量尺。

(4) 檢測程序：

(D) 初始檢測設定：

(c) 測量工作應於 ESDS 物件離子化的位置進行。

(d) 靜電消除風扇若含有加熱器及空氣過濾器等設備時，檢測時應確保該裝置均處於正常狀態。

(E) 放電時間(衰減時間)試驗：

(i) 啓動檢測設備，並依照製造商建議予以設備置於穩定狀態。

(j) 將檢測平板短暫性接地，並設定(或驗證)爲零電壓值。

(k) 請勿於離子化氣流場內，將可攜式驗證儀器進行歸零(或進行充電)動作。

(l) 將檢測平板充電至超過各電極初始檢測電壓之適當伏特數(例如1200～1500V)。

(m)將檢測板面向靜電消除風扇的氣流方向。

(n) 放電時間量測始於檢測板電壓衰減至初始測試電壓(例如 1000V)時，並停止於檢測板電壓衰減至最終測試電壓(例如 100V)。

(o) 針對另一電極重複上述程序。

(p) 記錄各電極放電時間(秒)。

(F) 殘餘電壓(offset voltage)(剩餘離子數量)試驗：

(g) 啓動檢測設備，並依照製造商建議予以設備置於穩定狀態。

(h) 將檢測平板短暫性接地，並設定(或驗證)爲零電壓值。

(i) 請勿於離子化氣流場內，將可攜式驗證儀器進行歸零(或進行充電)動作。

(j) 將檢測板面向靜電消除風扇的氣流方向。

(k) 等待使用者規範之時間。

(l) 紀錄檢測板上之殘餘電壓(offset voltage)(或剩餘離子數量)。

12.防靜電包裝材料之符合性驗證

參照 ANSI/ESD S541[5](ESDS 物品之包裝材料)之定期檢測程序，可作爲定期驗證包裝材質。但基於實際採用之包裝材質有廣泛差異性，因此建議使用者針對所採用之包裝材料，發展出適當之符合性驗證計畫。

七、靜電放電(ESD)防護系統驗證制度

靜電防護與控制係屬於一門極為專業的技術，其不單僅為防靜電用品及設備的問題，而是一個需系統性評估與整合性建置的技術工作。其涉及 ESDS 產品的生產製造的各環節，並且與所處的環境和操作人員之著裝等有關，任何防護疏失均可能導致 ESD 防護工作失效，其工作層面涉及各部門。一個工廠的防護水準足以代表其對產品品質要求水準。因此，系統化、標準化、規範化的 ESD 控制方案已成為目前電子業中普遍性要求，並須經由特定驗證單位(例如美國 ESDA 協會)資格認可之專業稽核人員進行驗證，其驗證程序如圖 32 所示[15]。

目前宜施行 ESD 驗證的企業大致可分三類：一為具靜電控制要求的電子製造生產業者；二為知名跨國公司旗下企業；三為承接上述業者業務之企業。目前許多國際電子電器大廠均紛紛要求自家 ESDS 零件之供應商應通過 ESD 驗證，以確保產品品質與降低損失。

就工廠 ESD 防護驗證系統而論，目前係以 IEC 及 ESDA 兩大主流為主，而其他許多國家或行業別在制訂工廠 ESD 防護驗證等相關標準時，亦主要轉化或是引用這兩個主要標準規範。

(4) ANSI/ESD S20.20：2007

此標準發佈者為美國靜電放電協會(ESD Associatin；ESDA)，並經美國標準協會（ANSI）採用，ESDA 由多個知名電子、電氣、通訊業者所共同組織成立，其旨在於建立完備和統一 ESD 防護標準之全球性非營利性機構。ESDA 協會雖成立時間較 IEC 與 EIA 晚，且機構規模相較之下亦小。但由於其主要僅專注於 ESD 技術和標準的發展。因此具有不可替代性的優勢，發佈標準廣為各方接受，以致於其他體系之標準所引用之實施標準亦多參採其標準，因此，ANSI/ESD S20.20 雖標準位階較低於 IEC 標準，仍廣受全球電子業所引用作為靜電防護標準，其目前 ESDA 驗證證書的發證量已達數百家，並年增速度超過 5 倍，許多業界巨頭亦已將 ESD 驗證作為其供應商選擇的基本條件之一。

另 ANSI/ESD S20.20 廣受歡迎的原因，係因其可透過建立於 ISO9001 的基礎上，再行建置 ESD 防護控制系統之特定要求。其於 2007 年 3 月發佈

2007 版，規定 2008 年開始適用於驗證審查，並於 2009 年全面取代 1999 版，其主標準雖然內容簡單，但其配套引用標準多達 35 個。該標準系統之建立與實施應全面性理解與遵照引用標準，因此就總體性而言，該標準相較於其他標準而言更爲嚴謹。此外，該標準更要求受驗證企業應接受 ESDA 協會認可之第三方審查機構定期稽核或複查等服務。表 28 爲 ESDA 協會對 ESD S20.20 標準之工廠驗證檢核表。

(5) IEC 61340-5-1

IEC 61340-5-1 標準與 ESD S20.20 同樣具有稽核與驗證之功能與要求，其主標準議參考一系列之 IEC 61340 標準與指引。於標準層級上國際電機電子委員會 IEC 61340-5-1 較美國國家標準 ESD S20.20 應具有更高層次，其影響亦較寬廣，因此在歐洲和亞洲(如日本、韓國、大陸)部分國家常較偏向施行 IEC 標準。但目前通過該系統標準驗證之企業較少。61340-5-1 標準及 61340-5-2 指引於 2007 年 8 月發佈 2007 版，其中並大量參採 ESD S20.20 標準要求。

(6) ESD 防護標準系統之特點[16]

ANSI/ESD S20.20 與 IEC 61340-5-1 兩標準自 2007 年間先後發佈新的公佈標準，就新系統標準而言，呈現具有下列特點：基本架構已獲得普遍認可；加強管理與持續改善機制；除技術原理外，技術處理方式更具靈活性；測試方法更爲明確；檢測方法更爲嚴謹等。

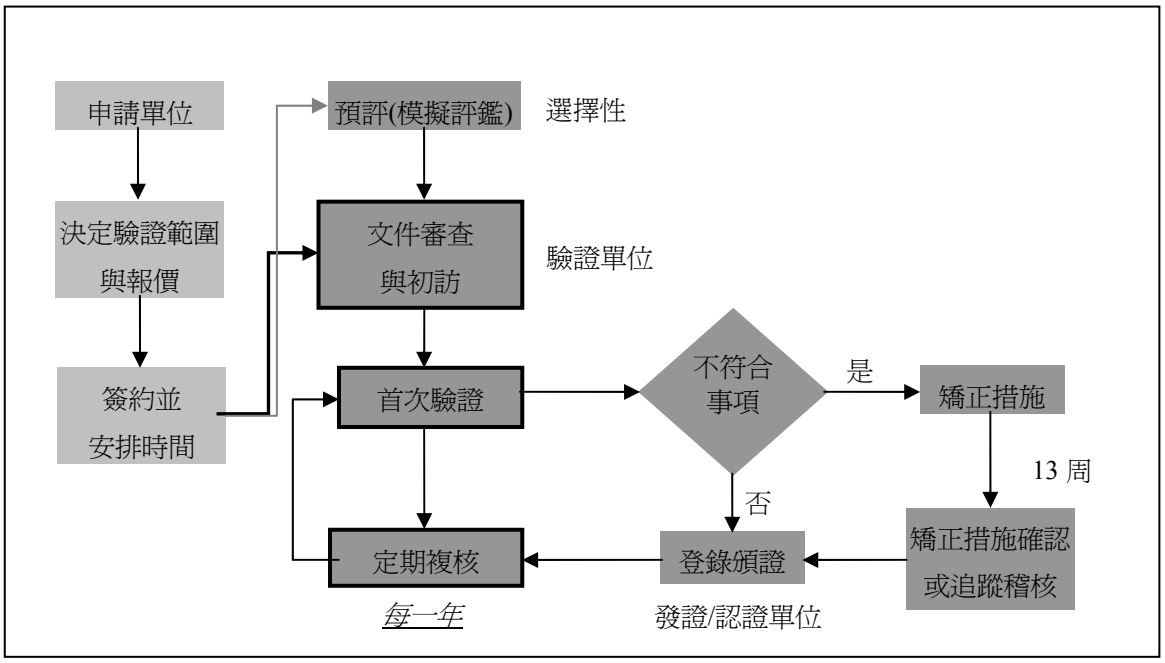

圖 62　靜電防護(ESD)認證程序

表 56　ESD S20.20 之靜電放電(ESD)防護認證程序列表

靜電放電(ESD)防護認證程序列表					
序號	問　題(參考 S20.20)		是	否	備 註 說 明
1	ESD 控制方案計畫是否有文件載明靜電放電控制條件？				
2	ESD 控制方案計畫	(A) 內容是否包含必需的行政和技術要求？			
		(B) 是否以文件中載明計畫中 ESD 敏感物品的敏感程度？			
		(C) 是否包含修訂計畫的決策和理論基礎？			
		(D) 是否包含該公司已公告之防護措施修訂資料？			
		(E) 是否爲標準所提排除之特殊性工作場所和作業程序？			
3	控制方案計畫中是否包含人員訓練計畫？				
4	人員訓練計畫	(A) 處理 ESDS 物品之作業人員是否已具初步 ESD 知識和接受防護訓練？			
		(B) 處理 ESDS 物品之作業人員是否具週期性接受 ESD 知識和防護訓練？			
		(C) 人員訓練計畫是否包含規定之訓練頻率及形式？			
		(D) 人員訓練計畫是否包括測試或其他評估方式，以確保訓練之成效性？			
		(E) 人員訓練計畫是否包括訓練紀錄之要求？			
		(F) 人員訓練計畫是否規定訓練紀錄存放之的方式及資料位置？			
5	ESD 控制方案計畫文件是否包括符合性性驗證規劃？				
6	合格性驗證規劃	(A) 是否符合正式之製程檢查或驗證？			
		(B) 是否規範需查核之計畫技術元件？			
		(C) 是否規定每個技術元件的驗證頻率？			
		(D) 是否包括檢測方式？			
		(E) 是否包括防護品及設備材料之合格性驗收測試規範要求？			
		(F) 檢測儀器是否符合驗證規劃中規範之設備要求？			

		(G) 測試方式是否符合合規性驗證規劃的製程			
7	爲保護 ESDS 物件，人員與其他導體設備材料是否與接地/搭接系統爲等電位？				
8	當進行 ESDS 物件作業時，所有人員是否均與大地間搭接，維持等電位狀態？				
9	當作業人員採坐姿工作時，是否正確穿戴有防靜電手腕帶，並確實連接至共同接地點(CPG)？				
10	該公司是否允許於 EPA 區域內，ESDS 物件無須經由防靜電包裝材料提供保護？				
11	ESD 保護區域內外是否具有可明顯辨認之適當警告標誌？				
12	於 ESD 保護區外時，ESDS 物品是否具免受 ESD 損害之保護？				
13	是否限制已受訓的人員才能進入 EPA 保護區域？				
14	所有未受 ESD 訓練人員或訪客，均需經由已完成訓練人員陪同才准予進入 ESD 保護區域內。				
15	是否已經去除 ESD 保護工作站內所有非必要性絶緣體？				
16	若 ESD 保護區域內存有有任一絶緣體威脅時，該公司是否已建立一個應對之防護計畫？				
17	該公司內的 ESD 保護包裝是否符合客戶合約要求，並提供 ESD 防護標示以供辨識？				
18	若無合約要求，該公司內部是否有 ESDS 物品包裝計畫。				
19	該公司是否掌握 ESD 保護區內外的 ESDS 包裹與產品動向？				
20	於公司內部所有 ESDS 物品製程(包括人工或機械製造)的區域，是否使用 ESD 防護處理程序？				
21	該公司是否具有 ESD 相關測試儀器，藉以量測各種技術製程環境因素？				
22	是否於規定的間隔時間內(或於使用前)，進行量測設備之驗證及調校，以符合標準之規範？				
23	若無相關 ESD 標準規範處，該公司是否具有其他基準依據。				
24	檢測儀器設備是否具有適當的顯示或紀錄等，以表示量測結果。				
25	檢測儀器是否具有適當性應用？ (功能顯示顯示、稽核，實驗室評估等工作)				
26	是否具有 ESD 缺陷產品安全處理書面程序書？				
27	ESD 缺陷產品是否經鑑定？				
28	是否以 ESD 缺陷產品處理方式，作爲 ESD 事件持續性保護措施？				
29	是否針對重大的缺陷情形制定更正動作計畫？				

參考文獻

[1] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ESD-ADV-1.0:For electrostatic terminology-Glossary of terms. USA; 2004.。

[2] 蘇文源，葉芳俊：工廠靜電危害案例之成因分析。行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所研究報告；2005。

[3] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ANSI /ESD –S541: Packaging materials for ESD sensitive items . USA; 2003.

[4] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ESD TR20.20: Handbook for the Development of an Electrostatic Discharge Control Program for the Protection of Electronic Parts Assmblies and Equipment. USA; 2000.

[5] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ANSI /ESD –STM5.1: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing-Human Body Model(HBM) Component Level. USA; 2007.

[6] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ANSI /ESD –STM5.2: ESD Association Standard for Electrostatic Discharge Sensitivity Testing - Machine Model (MM) Component Level. USA; 1999.

[7] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association.ANSI /ESD –STM5.3.1: Charged Device Model (CDM) -Component Level. USA; 1999.

[8] Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ESD-S6.1: ESD Association Standard for Protection of Electrostatic Discharge Susceptible Item：Grounding-Recommended practice.USA;2005.

[9]Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ANSI /ESD -S20.20: Standard for the development of an ESD control program. USA; 2007.

[10]Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ANSI /ESD -S20.20: Standard for the development of an ESD control program. USA; 1999.

[11]International Electrotechnical Commission. IEC 61340-5-1：Electrostatic- Part 5-1：Prorection of electronic devices from electrostatic phenomena- General requirements.

[12]International Electrotechnical Commission. IEC/TR 61340-5-2：Electrostatic- Part 5-1：Prorection of electronic devices from electrostatic phenomena- User guide.

[13]Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Association. ESD TR-53-01: Technical report for the protection of electrostatic discharge susceptible items-

Compliance verification of ESD protective equipment and materials. USA; 1999.

[14]JEDEC Solid State Technology Association. JEDEC Standard No. 625-A: Requirements for Handling Electrostatic-Discharge-Sensitive(ESDS) Devices. USA; 1999.

[15]美國靜電放電協會網站；www.esda.org。

[16]中國靜電信息網網站；www.esd-china.net。

電子業之靜電危害預防管理技術
著（編、譯）者：蘇文源、葉芳俊

出版機關：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
221 台北縣汐止市橫科路 407 巷 99 號
電話：02-26607600　　http://www.iosh.gov.tw/
出版年月：中華民國 98 年 3 月
版（刷）次：一版一刷
定價：250 元
展售處：

五南文化廣場
台中市中區中山路 6 號
電話：04-22260330

國家書店松江門市
台北市松江路 209 號 1 樓
電話：02-25180207

- 本書同時登載於本所網站之「出版中心」，網址為 http://www.iosh.gov.tw/。
- 本所保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所同意或書面授權。

【版權所有，翻印必究】

GPN: 1009800534