

靜電放電概論

第六部分—ESD標準

© 2014，靜電放電協會，紐約州羅馬市

電子產業不斷變革，各種裝置上的電路密度和技術也愈加複雜；電子製造業比以前更仰賴外部資源。ESD 產業不顧一切跳進了這股漩渦中，ESD 控制方案也如雨後春筍冒出。綠、藍、金色取代了黑色；防靜電屏蔽袋佔領了倉庫；電離器與手腕帶、接地線伴存。早期那些在煙幕下故弄玄虛的魔術表演已成爲過去。

今天，降低 ESD 損害的挑戰比以往來得更多更複雜，不是單純只靠信心就能打贏。用戶在各家 ESD 競爭品牌、產品類型，及防護策略等課題上，需建立一套合理評估比較的方法。他們需要在客觀上確認自己的 ESD 控制方案是有效的。契約製造商和 OEM 廠商需訂定相互同意的 ESD 控制方案，避免 ESD 控制過程重疊。

我們需要一套標準來建立有效的 ESD 控制方案。標準有助界定生產或使用中的產品之敏感度，及定義 ESD 控制材料、設備和工具的性能表現要求。無論是製造、評估或選擇 ESD 防護產品和方案，「標準」在混亂的市場中有越來越吃重的份量。

是誰需要標準？爲何需要標準？

是哪些人在使用 ESD 標準？就是 ESD 敏感設備及產品的製造商和使用者、ESD 控制產品的製造商和經銷商、認證註冊機構，以及 ESD 控制產品的第三方測試單位。

爲何採用 ESD 標準？因爲它們可確保一致性，無論是在 ESD 敏感產品間，或是在 ESD 控制產品和服務間。它們有助以客觀角度評估和比較 ESD 競爭產品、減少 ESD 控制產品使用者和供應商之間的衝突，以及建立、實施、稽核和認證 ESD 控制方案，終止市場混亂。

在美國，合約或買賣雙方間的採購協議中可加入標準，但它是屬於自願性質的，在其他使用標準的國家則多爲強制規定。

關鍵性的標準和組織

25 年前，可靠的 ESD 標準和 ESD 標準的制定組織相對較少。今天的 ESD 標準業界，不僅見證了標準在數量上的增加，還親睹這些制定組織在合作關係上的提升。

今天的標準主要可分爲三組。第一組是 ESD 計畫的指導或要求，如以下：*ANSI ESD S20.20 – Standard for the Development of an ESD Control Program*（靜電放電控制方案建立標準），*IEC 61340-5-1 – Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – General requirements*（靜電—第 5.1 部分：電子設備的靜電現象保護—一般規範），

ANSI/ESD S8.1 – Symbols-ESD Awareness (標章—ESD 警示)，或 *ANSI/ESD TR20.20 – ESD Handbook (靜電放電手冊)*。

第二組是產品或流程的具體要求，如包裝規格和接地。這組的典型標準是 *ANSI/ESD S6.1 – Grounding (接地)*，以及 *ANSI/ESD S541 –Packaging Materials for ESD Sensitive Items (靜電放電敏感物體之包裝材料)*。

第三組是評估產品和材料的標準化測試方法。過去電子產業嚴重依賴原本僅適用其他產業（甚至材料）的測試方法（如：*ASTM-257–DC Resistance or Conductance of Insulating Materials (直流電阻或絕緣材料的導電性)*）。但由於靜電放電協會的積極作為，今天終於有了針對電子環境 ESD 測試方法所使用的標準。這些標準包括：*ANSI/ESDA-JEDEC JS-001– Device Testing, Human Body Model (靜電放電敏感度測試—人體模型)*，以及 *ANSI/ESD STM7.1: Floor Materials – Resistive Characterization of Materials (地板材料—材料電阻特性)*。

誰制定標準？

標準是經過所有受標準影響的組織和個體通力合作後而制定的。以下是幾個重要的 ESD 標準制定組織。

軍用標準

過去是美國軍方率先制定國內的 ESD 標準和規範。然而今天美國軍方各機構仍多依賴已制定的商用標準，而非另行開發一套標準。例如靜電放電協會完成的國防部委託案，係將 MIL-STD-1686 轉換為商用標準，即 2000 年 7 月 7 日經美國國防部通過的 *ANSI/ESD S20.20*。

靜電放電協會

近幾年，靜電放電協會一直是 ESD 標準的重要制定組織。該協會受 ANSI 認可，負責制定 ESD 標準和測試方法，也在「國際電工委員會 (IEC) 技術委員會 101—靜電」中代表美國一席。

靜電放電協會目前擁有 32 個標準文件及 30 個技術報告。這些 ESD 控制材料和產品的自願性標準含括對材料要求、靜電敏感度，及測試方法等方面的評估。除標準文件外，該協會也出版了若干諮詢文件。諮詢文件未來會轉變為其他文件類型。

靜電放電協會標準分類及定義

靜電放電協會的標準文件有四種，各種均有明確定義。這四種文件類型與其他標準制定組織所訂的類型是一致的，分別定義如下。

標準 (Standard)：指一項明確的規定，說明材料、產品、系統或程序等，各需滿足的要求為何，及如何依流程確認每項要求均已獲得滿足。

標準測試方法 (Standard Test Method)：指一段確切的流程，用以辨認、測量及評估某件材料、產品、系統或程序具有哪些品質、類型或特性，並產生具重複性的測試結果。

標準作業 (Standard Practice)：指一段用於執行一個或多個操作功能的流程，未必產生測試結果。注意：如有測試結果，它在實驗室之間也未必有重複性。

技術報告 (Technical Report)：指一個正式發表的技術數據或測試結果的集合，作為特定材料、產品、系統或程序的參考資訊。

新文件通過審查並發布後會歸入這四種類型之一。既有之文件皆已完成審查並重新授予分類。目前仍有數份諮詢文件，將依其性質分別歸入「**技術報告**」或「**標準作業**」。

國際標準

由歐洲國際電工委員會 (IEC) 領航的國際社會，也有制定並發布各種標準。IEC 技術委員會 101 已發布一系列名為 IEC61340 的文件。這些文件內容包括與靜電有關的一般資訊、標準測試方法、一般作業，以及技術上等同於 ANSI/ESD S20.20 的 ESD 控制方案制定標準 IEC61340-5-1。當然也有設施認證方案。全球性的跨國企業若願意也可同時申請 ANSI/ESD S20.20 或 IEC61340-5-1 的認證。日本也針對自己國內的靜電標準推出了建議版，其中有許多部分是參考歐洲和美國的文件。

組織型合作

在 ESD 標準的發展變遷中，各群體間的組織型合作較引人注目。例如靜電放電協會和美國國防部合作，完成 ANSI/ESD S20.20 以接替原來的 MIL-STD-1686。再如靜電放電協會和 JEDEC 合作，簽訂意向書後完成 2 份文件的制定，一是 2010 年聯合發表的**人體模型**文件；另一份是將於 2014 年聯合發表的**帶電器件模型**文件。

國際上，歐洲標準制定組織和靜電放電協會的合作關係讓各種提案文件獲得更廣泛的檢視、讓資源投入更多，以及讓衝擊著國際電子產業界的標準可以有更緊密的協調性。

對 ESD 標準的使用者來說，合作關係的提升會帶來顯著影響。首先，由於有更多的投入，標準在技術層上不斷提高；其次，不同標準間的衝突逐漸減少；最後，工作重疊的情形也將越來越少。

摘要

對電子產業界而言，ESD 標準的快速繁衍，及其周遭環境的持續變遷，意味著在建立有效 ESD 控制方案的課題上，將有更多技術性資料可資參考運用。而各種測試方法和規範則可幫助用戶評估和挑選適合自己特定需求的 ESD 控制產品；以及引導 ESD 控制產品和材料的供應商，以研發出真正滿足客戶需求的產品。

標準將是持續推動國際產業界追求 ESD 革新的燃燒動力。

各標準之資料來源：

ESD Association (靜電放電協會) 7900 Turin Road, Building 3, Rome, NY 13440. Phone: 315-339-6937. Fax: 315-339-6793. Web Site: <http://www.ESDA.org>

IHS Global Engineering Documents (HIS全球工程文件), 15 Inverness Way East, Englewood, CO 80112. Phone: 800-854-7179. Fax: 303-397-2740. Web Site: <http://global.ihs.com>

International Electrotechnical Commission (國際電工委員會), 3, rue de Varembe, Case postale 131, 1211 Geneva 20, Switzerland. Fax: 41-22-919-0300. Web Site: <http://www.iec.ch/>

Military Standards (軍用標準), Naval Publications and Forms Center, 5801 Tabor Avenue, Philadelphia, PA 19120. Web Site: <https://assist.dla.mil>.

JEDEC Solid State Technology Association (JEDEC固態技術協會), 3103 North 10th Street, Suite 240-S, Arlington, VA 22201-2107. Web Site: <http://www.jedec.org>

主要ESD標準

美國軍方 / 國防部

MIL-STD-1686: Electrostatic Discharge Control Program for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)
(電氣和電子零件、裝置及設備 (不包括電動引爆裝置) 的保護)

本軍用標準係規定ESD控制方案的要求條件。它適用美國的軍事機構、承包商、分包商、供應商和販售方。它要求建立、實施和記載靜電敏感器件的ESD控制方案，但不指定或排除使用任何特定的ESD控制材料、產品或流程。本標準刻正由靜電放電協會更新並轉為商用標準。儘管美國國防部已同意改用新的ANSI/ESD S20.20文件，但仍未採取行動撤銷STD-1686。

MIL-HBDK-263: Electrostatic Discharge Control Handbook for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)
(保護電氣及電子零組件設備的靜電放電控制手冊 (不含電氣啟動爆炸裝置))

本文件係作為指導，非強制規定，以建立和實施一個符合MIL-STD-1686要求的敏感器件ESD控制方案。

MIL-PRF 87893 — Workstation, Electrostatic Discharge (ESD) Control (工作站，靜電放電 (ESD) 控制)

本文件定義ESD防護性工作站的要求條件。

MIL-PRF-81705—Barrier Materials, Flexible, Electrostatic Protective, Heat Sealable (屏障材料，彈性，靜電防護性，耐熱封)

本文件定義ESD防護性彈性包裝材料的要求條件。

MIL-STD-129—Marking for Shipment and Storage
(裝運和儲存之標記)

本文件涵括行銷和標記ESD敏感物的流程。

靜電放電協會

標準文件

ANSI/ESD S1.1: Evaluation, Acceptance, and Functional Testing of Wrist Straps (手腕帶的評估、驗收和的功能測試)

作為EOS/ESD S1.0的後繼者，本文件係針對手腕帶的部分，建立了多種測試方法來評估其電氣和機械特性，其中包括已改良的測試方法及各性能表現之極限值，適用於手腕帶的評估、驗收及功能性測試。

ANSI/ESD STM2.1: Resistance Test Method for Electrostatic Discharge Protective Garments (靜電放電防護服性的測試方法)

本文件提供了防靜電工作服的電阻測量方法，適用於衣袖到衣袖和點到點之間的電阻測試。

ANSI/ESD STM3.1: Ionization (電離化)

本標準測試方法和流程適用空氣電離設備系統的評選。本文件建立了電離器測量技術，適用於確認偏離電壓離子平衡及放電中和時間。

ANSI/ESD SP3.3: Periodic Verification of Air Ionizers (空氣電離器的定期驗證)

本文件所提供的測試流程，適用於定期驗證空氣電離設備系統（電離器）的性能表現。

ANSI/ESD SP3.4 Periodic Verification of Air Ionizer Performance Using a Small Test Fixture (以測試夾具定期驗證空氣電離器)

本文件所提供的測試夾具範例和流程，適用於驗證空氣電離器在密閉空間的性能表現。但ANSI/ESD STM3.1或ANSI/ESD SP3.3所定義的測試夾具不適用於這些空間。

ANSI/ESD S4.1: Worksurfaces – Resistance Measurements (工作表面 - 電阻測量)

本文件建立了多種測試方法，適用於測量工作站工作表面防靜電材料的電阻。本文件亦包含評選材料的方法，及測試新安裝或已安裝工作表面的方法。

ANSI/ESD STM4.2: Worksurfaces – Charge Dissipation Characteristics (工作表面-消電的特性)

本標準測試方法適用於測量防靜電工作表面的消電特性。此流程是針對實驗室環境而設計，適用於工作表面的合格檢定、評估，或驗收。

ESDA-JEDEC JS-001: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Human Body Model (靜電放電敏感度測試-人體模型)

本標準測試方法依現有標準重新修訂。它建立了一組流程，適用於測試、評估各種元件，及將各元件依其對「人體模型」(HBM)的ESD敏感度作分級。

ANSI/ESD STM5.2: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing Machine Model (靜電放電敏感度測試-機器模型)

本文件建立了一組測試流程，適用於評估各種元件對「機器模型」(MM)的ESD敏感度。機器模型引起的元件損害與「人體模型」造成的損害相似，但它發生於顯著明顯較低的電壓。

ANSI/ESD STM5.3.1: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Charged Device Model – Non-Socketed Model (靜電放電敏感度測試-帶電器件模型-非嵌入式模式)

本文件所提供的測試方法，適用於評估主動和被動元件對「帶電器件模型」的ESD敏感度。

ANSI/ESD SP5.3.2: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Socketed Device Method (SDM) – Component Level (靜電放電敏感度測試-嵌入式器件模型(SDM)-組件級)

本文件所提供的測試方法，是在元件積體電路(IC)設備上，生成一個「嵌入式器件模型」(SDM)的測試。

ANSI/ESD STM5.5.1: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing-Transmission Line Pulse (TLP)-Component Level. (靜電放電敏感度測試-傳輸線脈衝(TLP)-組件級。)

本文件涉及半導體元件的傳輸線脈衝(TLP)測試技術。本文件目的是建立一種方法，來測試並記錄「TLP測試」的關聯資訊。

ANSI/ESD SP5.5.2: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Very Fast Transmission Line Pulse (VF-TLP)-Component Level (靜電放電敏感度測試-極速傳輸線脈衝(VF-TLP)-元件級)

本文件涉及半導體元件的極速傳輸線脈衝(VF-TLP)測試技術。它所建立的指導方針和標準作業，目前為多所大學和工業界的研發及可靠度工程師等所採納，用以進行VF-TLP測試。本文件並介紹了一種測試和記錄「TLP測試」關聯資訊的方法。

ANSI/ESD SP5.6: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Human Metal Model (HMM) – Component Level (靜電放電敏感度測試-人體金屬模型(HMM)-元件級)

本文件建立了一組流程，適用於測試、評估各種元件，及將各元件依其對「人體金屬模型」(HMM)的ESD敏感度作分級。

ANSI/ESD S6.1: Grounding (接地)

本文件建議了各種材料的參數、流程和類型，以建立一個ESD接地系統，保護電子硬體不受ESD損害。此系統適用於人員接地裝置、工作表面、椅子、推車、地板，以及其它相關設備。

ANSI ESD STM7.1: Floor Materials – Resistive Characterization of Materials (地板材料—材料電阻特性)

本文件涵括各種地板材料的電阻測量，如地板覆蓋物、地毯和地板塗裝等。所提供的測試方法適用於地板材料於安裝或塗布前的合格檢定，及安裝或塗布後的評估監測。

ANSI ESD S8.1: ESD Awareness Symbols (ESD警示符號)

本文件建立了三種ESD警示符號類型。第一種是使用在設備或組件上，以表明它對靜電敏感。第二種是使用於具保護作用的防靜電物體和材料上。第三種則用於標示共同接地點。

ANSI/ESD S9.1: Resistive Characterization of Footwear (鞋類電阻特性)

本文件定義了一種測試方法，適用於測量防靜電鞋在電子環境中的電阻。

ESD SP9.2: Footwear – Foot Grounders Resistive Characterization (鞋類—腳接地器電阻特性)

本文件提供了多種測試方法，適用於評估ESD控制方案中的人員腳接地器及腳接地系統。防靜電鞋則是依ANSI / ESD STM9.1來測試。

ANSI/ESD SP10.1: Automated Handling Equipment (自動取放設備)

本文件提供了數種流程，適用於評估自動取放設備引起的靜電環境。

ANSI/ESD STM11.11: Surface Resistance Measurement of Static Dissipative Planar Materials (消電性平面材料的表面電阻測量)

本文件定義了一個測量電阻的直流電測試方法。本標準是針對ESD敏感元器件的消電性平面包裝材料而設計。

ANSI/ESD STM11.12: Volume Resistance Measurement of Static Dissipative Planar Materials (消電性平面材料的體積電阻測量)

本文件提供了多種測量體積電阻的測試方法，適用ESD敏感元器件的消電性平面包裝材料。

ANSI/ESD STM11.13: Two-Point Resistance Measurement (兩點電阻測量)

本文件提供了一種測試方法，適用於測量一個物體表面上的兩點間電阻。

ANSI ESD STM11.31: Evaluating the Performance of Electrostatic Discharge Shielding Bags (防靜電屏蔽袋性能表現評估)

本文件提供了一種測試方法，適用於測試和訂定防靜電屏蔽袋的屏蔽能力。

ANSI/ESD S11.4: Static Control Bags (防靜電袋)

本文件建立了各種性能表現極限值，適用於電子製造產業的電子零件產品保護袋，使其在一般運輸和儲存時免受靜電及潮濕損害。

ANSI/ESD STM12.1: Seating-Resistive Characterization (座椅－電阻特性)

本文件提供了多種測試方法，適用於測量防靜電座椅的電阻，且可用於座椅的合格檢定，及安裝後的評估和監測。所有類型的座椅，包括椅子和凳子等，均含括在內。

ANSI/ESD STM13.1: Electrical Soldering/Desoldering Hand Tools (電焊／電拆焊手持工具)

本文件提供了電焊／電拆焊手持工具的測試方法，適用於測量漏電流及工作頭到接地端的電阻；亦為安全的焊接提出了電疲勞（EOS）操作參數。

ANSI/ESD SP15.1: Standard Practice for In-Use Testing of Gloves and Finger Cots (使用中手套和指套的電阻測量之標準操作)

本文件提供了多種測試流程，適用於測量手套和指套的本身電阻，以及其與人員結合時之系統電阻。

ANSI ESD S20.20: Standard for the Development of an ESD Control Program (靜電放電控制方案之建立標準)

本文件提供了管理和技術上的指引，以利建立、實施和維護ESD控制方案。

ANSI/ESD STM97.1: Floor Materials and Footwear – Resistance in Combination with a Person. (地板材料和鞋類 - 與人員組合的電阻測量)

本文件提供了電阻測量方法，適用於當地板材料、鞋類和人員結合為一系統時。

ANSI/ESD STM97.2: Floor Materials and Footwear Voltage Measurement in Combination with a Person (地板材料和鞋類 - 與人員組合的電壓測量)

本文件提供了電壓測量方法，適用於當地板材料、鞋類和人員結合為一系統時。

ANSI/ESD S541: Packaging Materials for ESD Sensitive Items (靜電放電敏感物體之包裝材料)

本文件描述了ESD敏感電子產品包裝防護材料需具備的各種特性，並引用各種評估包裝方式和包裝材料特性的測試方法。本文件盡可能地提供性能表現極限值。此外，本文件也提供作為選擇特定應用型防護包裝時的指引，以及其他有關防護性包裝的參考。

諮詢文件和技术報告

諮詢文件和技术報告不是「標準」，但可為ESD產業提供一般性的資訊，或是其他有助瞭解協會標準的資訊。

ESD ADV1.0: Glossary of Terms (專有名詞表)

本文件涵蓋了協會標準和各類文件中所使用的術語的定義及解釋；亦包括ESD產業的其他常用術語。

ESD ADV3.2: Selection and Acceptance of Air Ionizers (空氣電離器的選擇和驗收)

本諮詢文件提供指引，讓終端用戶在選擇空氣電離系統時，能建立一套性能表現規格作為參考。本文件檢視了四種空氣電離器類型，並討論各種應用程序、各種測試方法之參據，以及對設計、性能表現和安全性的一般要求。

ESD ADV11.2: Triboelectric Charge Accumulation Testing (摩擦生電累積測試)

本諮詢文件討論了摩擦生電的複雜現象，其中涵蓋摩擦生電理論和效應，並針對評估摩擦生電特性的各種常用測試方法，檢討相關流程和課題。這些修訂後的測試方法可指明電荷的總水平和極性，但在真實世界的情況不一定具有重複性。

ESD TR5.4-04-13 Transient Latch-up Testing (暫態栓鎖測試)

本文件定義了在暫態閉鎖（TLU）狀態中，瞬態過應力會造成低阻抗回路，原因可能是來自寄生晶閘管結構或雙極結構的觸發，或兩者之組合。觸發條件移除或停止後，至少會再暫時性地持續。這種造成TLU狀態的暫態過應力之上升時間短於5微秒。本文件所定義的TLU不包括功能性狀態的變化，即使這些變化將導致低阻抗回路，及增加供電消耗量。

ESD TR53: Compliance Verification of ESD Protective Equipment and Materials (靜電放電保護設備和材料之達標驗證)

This technical report describes the test procedures and test equipment that can be used to periodically verify the performance of ESD protective equipment and materials.

本技術報告描述了測試流程和測試設備，適用於定期驗證ESD防護設備和材料的性能表現。

ESD TR20.20: ESD Handbook (靜電放電手冊)

靜電放電手冊提供了詳盡的指導原則，能夠用於實施與ANSI/ESD S20.20相符合的ESD控制方案。