

靜電放電概論

第四部分—培訓及認證檢驗稽核

© 2014，靜電放電協會，紐約州羅馬市

您的靜電控制方案即將啓動。如何確定它是否是有效？如何確保員工會遵從？在第三部分，我們介紹了靜電控制方案的基本流程和材料。第四部分將集中討論 ESD 控制方案計畫中的兩項要求：培訓和認證檢驗稽核。依據 *ANSI/ESD S20.20* 和 *IEC61340-5-1*，ESD 控制計畫書需包括培訓計畫和認證檢驗計畫。

人員培訓

流程及材料均已上線，但 ESD 控制方案卻沒有出現預期效果。故障情形最初確有減少，現在卻反方向而行。或許只有一點改善。ESD 防護材料的進料檢驗報告上可能沒有明顯的解決方案，手腕帶的測試紀錄上也沒有。無論公司大小，ESD 控制方案中，培訓計畫是一個不可輕忽的角色。*ANSI/ESD S20.20* 和 *IEC 61340-5-1* ESD 控制方案標準指出，培訓是 ESD 控制方案中的基本管理要求。

很多證據顯示，培訓對方案的成功是有貢獻的。沒有適當焊接技術或知識的員工，不會被派到廠區操作自動插件設備。員工應具備與 ESD 控制方案流程相當的技術水平。

有效人員培訓方案的要素

雖然各公司的培訓計畫因需求不同而有些差異，成功的 ESD 控制方案仍有跡可循。

1.成功的培訓方案涵括所有受影響的員工

一般而言，受訓對象為線上員工，他們將學習如何處理 ESD 敏感設備、測試手腕帶、將成品放入防靜電包裝等；但部門負責人、高階管理層，以及執行人員等，也需納入培訓，因為他們負起每日監督、管理、領導、支持的責任。甚至連直接處理 ESD 敏感元件、子組件或產品的分包商和供應商等，都應考慮納入培訓計畫。

由於 ESD 控制方案牽涉多種工作技術和教育水準，須針對每個單位建立個別的培訓模組。例如管理、工程、裝配技術人員和現場服務組等，因彼此的日常工作範圍和負責內容有很大差異，故其培訓模組當然是不同的，另也應考量不同的教育背景和技能。

2.有效的培訓須具全面性及一貫性

培訓不僅涵蓋方案執行流程的講解，也包括問題本質和方案帶來的利益等介紹。如維持內容的一貫性（惟應配合文化差異適度調整），可減少不同群體、廠區，甚至國際間的

困擾，並幫助確保一致性。其他培訓內容尚包括靜電介紹、靜電放電基本原理、本單位負責執行的計畫內容，以及每個人在計畫中的角色.....等等主題。

3.利用各種培訓工具和技術

選擇各別單位最適用的方法。結合現場指導、訓練影片或互動式電腦教學程式。您可有自己的內部講師，或由外部公司邀請講師及收集培訓教材。您也可將產業研討會、講習和工作小組整合進方案中。不妨考量使用「靜電放電概論」系列文章。

有效的培訓計畫需由每個員工共同努力達成。可以實例演繹示範，強調 ESD 事件帶來的影響；亦可利用公佈欄、通訊報，以及海報等，作為隨時提醒及強調的媒介。

應設立一個 ESD 控制教材集存庫，這可協助員工保有最新資訊，或有能力解決正式培訓課程所未涵蓋到的問題。集存庫的教材可有以下幾種：

- 初訓和複訓課程材料
- 靜電放電協會的或內部的公告或通訊報
- DVD或CD
- 電腦化培訓教材
- 技術論文、研究報告、各種標準（如靜電放電協會、IEC、JEDEC所制訂）、測試方法和技術報告
- ESD控制材料和設備等產品的技術數據表

此外，見習生開始工作時，應由單位中找一位知識豐富的人來回答他們的疑問。

4.測試、驗證及複訓

應確保培訓的全面性、教材保存，並強調認真受訓的重要性。若正確實施，測試和認證可激勵及並建立員工的自豪感。複訓或進修是一個持續並進的過程，可強調及提醒自己，有機會實施新的或更佳的流程。應建立一個標示系統，提醒員工依時進行複訓、重新測試或重新認證。

5.反饋、認證檢驗、以及衡量

激勵並提供方案改進的機制。跟員工分享產品良率或生產率、品質，以及可靠度等數據，以表示經過大家努力配合後的方案是有效的。追蹤這些數據來檢視是否到了該複訓的時間，或培訓方案是否需要修改。

培訓計畫的「設計」和「提供」，跟「流程」及「教材」一樣重要。若無有效的人員培訓方案，ESD 材料的投資也是浪費的。衡量培訓計畫的績效目標，可確保員工對方案有所了解、計畫得以實施，進而獲得方案的成功。

檢視培訓成效的一個重要方法是：觀察 EPA 中的操作員有否遵從 ESD 控制流程及注意事項。不符合 ESD 控制方案的違規作業，應和其他違反公司紀律的事件一樣，接受同級的處分，包括口頭警告、複訓、書面警告，甚至是調轉部門或終止工作合約。

認證檢驗稽核

ESD 控制方案經建立後即可實施，但還需持續修訂、稽核、分析、反饋及改進。您需持續地確認方案可獲得財務投資上的回報及成本支出上的節約。科技的革新可不斷協助改進並修正方案。給員工和高層反饋很重要。管理層的委託則需要持續再確認。

就像培訓一樣，定期的方案認證檢驗和稽核是成功管理 ESD 控制方案的關鍵因素之一。單靠稽核程序就可激發方案流程的符合性。它有助於強化管理層的委託。方案認證檢驗報告可找出問題點並採取糾正措施，有助持續性的改進。

在 ESD 控制流程中，進行定期的方案認證檢驗有以下諸多優點：

- 防患於未然。
- 找出問題點並採取糾正措施。
- 確認方案弱點，提供持續改進所需的資訊。
- 有效利用有限資源。
- 確認員工是否需要接受複訓。
- 提高產品良率，生產效率和可靠度。
- 可將ESD方案的成功歸因於齊心努力的結果。

ESD 控制方案的認證檢驗稽核，是用以衡量計畫限制條件下的表現。一般上，我們認為 ESD 方案認證檢驗是指定期檢討和檢驗靜電保護區（EPA），包括驗證包裝材料的正確使用、佩戴手腕帶、遵從計畫流程等等。稽核範圍可從生產過程和廠區的非正式調查，到更正式的第三方稽核，如 ISO9000 或 *ANSI/ESD S20.20* 認證等。

有效的認證檢驗之要求

無論結構如何，有效的認證檢驗不外幾個因素。首先，一本周詳的 ESD 控制方案計畫，上面應詳載每一件 EPA 控制物體的規格條件。沒有工具，什麼都不能量。您或許會常聽到稽核員問：「有人說應在 EPA 低於 500 伏特的條件下測量，但也有人說是低於 100 伏特。進行廠區稽核時，我該聽哪一個的？」這個問題明顯指出他缺少一份明確規定的限制條件和測試流程的 ESD 控制方案計畫，故稽核是相對無效的。

第二，測量——一般指測量電阻並檢測電場是否存在，因此，您的**測試設備**至少要有：一個靜電場測量儀、一個高量程電阻測量儀、一個接地 AC 插座測試儀，以及適當的電極和相關配件。

第三，納入所有需進行 ESD 控制的範圍，也就是含有靜電放電敏感物體的（ESDS）的範圍，包括收貨區、檢驗區、儲藏室和倉庫、組裝區、測試和檢驗區、研發區、包裝區、現場服務維修、辦公室和實驗室，以及無塵室等。所有 ESD 控制方案計畫上所列區域均應進行認證檢驗。檢討計畫已排除的區域，確認未受保護的 ESDS 器件不在此進行處理

；萬一有此情形（如進入機械工程設計部門），則需以「不合格品」的機制因應。同樣地，ESD 控制方案的所有不同程序、材料和流程，包括人員、設備、手腕帶、地板、衣物、工作表面、連續監測器、座椅、培訓計畫和接地等，皆須進行稽核。

第四，經常定期進行符合性稽核。使用者須確定稽核頻率（若抽樣數恰當）。依據 **Compliance Verification ESD TR53 ANNEX A Test Frequency (認證檢驗之測試頻率)**：「定期測試流程（如本份文件所列）之目的在於確認 ESD 防護產品和材料的功能有否隨時間而明顯改變。本份文件並未限制測試頻率，用戶應依 ESD 敏感物體的關鍵特性，及 ESD 防護產品和材料的失敗風險，來建立屬於自己的一套驗證頻率。以下是幾個有關如何決定測試頻率的範例：

在一些實際應用上，手腕帶每日檢查即足夠，然而在其它作業中，為加強操作者的接地可靠度，應使用常態性的手腕帶監測。至於在包裝檢查部分，端視該種包裝方式的組合性及使用性。有些包裝的防靜電功能可能會隨使用時間而加速減弱，有些包裝則可能因受濕度影響而縮短其保存期限。

有些材料，如防靜電地板塗裝，因非屬永久性，故需要更頻繁的監測。其它材料，如防靜電膠皮地板，則不需頻繁監測。地板每次維護後都應進行測試。」

認證檢驗的實際稽核頻率取決於廠區設備和其所面對的 ESD 問題。專家建議，首次實施 ESD 控制方案稽核後，每個月（若可以）再進行一次部門稽核，每年最少六次。若您覺得頻率太高，請記住，只需針對每個部門的工作區域進行定期**抽樣**稽核，而**非每一個**工作站都稽核。方案進行一段時間後，稽核頻率可依歷次稽核結果決定，若發現其一致性和性能表現每次都保持一定水平，就可減少頻率和採樣。反之，若發現問題不斷，則需增加定期稽核頻率和抽樣數。

第五，將趨勢變化圖表和細節製成報告，這些有助確保計畫流程的正常進行。不管是為了提升品管、實施糾正措施，或是為了符合 ISO-9000 規定等，這些記錄都是必要的。

最後，認證檢驗稽核完成後若發現缺失，需採取糾正措施。追蹤和分析趨勢變化圖表，以利施行糾正措施，範圍包括人員複訓、規格文件或製程修訂，或廠區設備改良等。

幾種稽核型態

ESD 稽核類型有三種：**方案管理**稽核、**程序成效**查核，以及 **ESD 控制方案認證檢驗 (工作場所)** 稽核等。三種類型明顯不同，但都對 ESD 方案的成功與否至關重要。

方案管理之稽核，其目的在於評量某個方案是否受到良好控管，及管理層的影響力。方案管理稽核強調有效的實施計畫、務實的方案要求、培訓計畫、定期認證檢驗稽核，及其他重要因素等。典型來講，方案管理稽核就是調查這些因素，且不需至現場進行。稽核之結果可間接評量出工作場所的 ESD 方案符合性。無論是小型公司或大型跨國企業，這種自我評估方式尤為有效。

程序成效之查核則是應用統計品管技術，由操作員檢查 ESD 程序。這並不是一種定期的稽核，而是每日追蹤，確保方案持續有效。外部觀察和電氣檢查等方式，如針對手腕帶的測試，是爲了監測 ESD 的控制程序的成效，只需每日、每週或每月進行一次。

趨勢變化圖和細節記錄表有助程序改善和提出糾正措施，確保計畫流程定期（一般爲每月）進行，並得以將抽樣結果進行統計分析。不管是爲了提升品管、實施糾正措施，或是爲了符合 ISO-9000 規定等，這些記錄都是必要的。

ESD 控制方案認證檢驗之稽核，則是驗證方案的流程是否順利進行，ESD 防護材料和設備是否符合規格，或正常發揮功能。認證檢驗稽核應定期實施（一般爲每月），並將抽樣結果進行統計分析。開列詳細清單和委託單一稽核員，可確保所有項目均已含括，且稽核時間不會發生衝突。

基本稽核設備

進行 EPA 認證檢驗需要專用的測試設備，具體內容則視評量對象、所需精度，以及靜電控制與材料評估的計畫等是否完善而定。但是最起碼，您需要一個靜電場測量儀、一個高量程電阻測量儀、一個接地 AC 插座測試儀，以及適當的電極和相關配件。您可另外準備充電顯示器、防靜電鞋及手腕帶測試儀、圖表記錄儀／數據採集系統和定時裝置、放電模擬器，以及 ESD 事件偵測器等。

雖然測設備皆須有一定的精度，且應根據供應商的建議進行校準，但也不需像實驗室的儀器那樣複雜。認證檢驗稽核的目的是驗證防靜電設備或材料的基本功能，而不是進行品管。您需要的是正確的工具。就像買錘子來鋸木一樣，您不會買靜電計來測量生產線上的靜電壓。請記住，您可以選擇的測試設備中，很多都可作爲認證檢驗的指示器，但其精確度並不適用於材料評估。也請確認現場與實驗室的測量結果具相關性。若是根據規定的標準或測試方法進行測量，請確認這些設備滿足文件所列的各項要求。

手持式靜電場測量儀可測出廠區靜電場，在 ESD 控制方案的監測中找出問題點。這些儀器設備能測出帶電物體的靜電場。許多靜電場測量儀僅測量靜電場的總水平，只能作爲測量一般電荷和大約電勢水平的一般指示器。其他儀器可提供更精確的數據以利材料評估和比較。

對需要更高的精度的廠區設備測量或實驗室評估來說，充電顯示器是一件很有用的工具，它可以用在各方面，例如評估地板材料的性能表現，或測量補償電壓（或平衡電壓）和電離器的放電次數。

由於接地極爲重要，且電阻是評估防靜電材料的關鍵因素之一，故高量程電阻測量儀是必備工具。大多數電阻測量是使用 100 伏特或 10 伏特的測試電壓來進行。電阻表應能將這些電壓應用到測試中的材料上。此外，電阻表也應能測量 10^3 至 10^{12} 歐姆間的電阻。有適當的電極和電纜，您也能夠測量地板材料、工作表面、設備、家具、工作服，以及一些包裝材料等的電阻。

最後的測試工具是接地 AC 插座測試儀，它可用來測量 ESD 接地的持續性、檢查設備接地導線（交流電接地線）的阻抗，以及確認電源插座在 EPA 中的線路是否正確。

必須接受稽核的範圍、製程及材料

我們說過，「只要有未受保護的ESD敏感器件」，就必須有ESD保護措施。想當然爾，稽核需將這些符合的區域納入。表1列舉一些可能是ESD控制方案計畫的物理區域，應參與認證檢驗稽核。請記住，有些區域可能被排除在外，視該計畫規模。

表1為第三部分所提到的「典型需ESD防護的廠房區域」。

表1 典型需ESD防護的廠房區域
收貨區
測試和檢驗區
儲藏室和倉庫
組裝區
檢測區
研發區
包裝區
現場服務維修
辦公室和實驗室
無塵室

同樣的，針對 ESD 控制方案計畫要求的認證檢驗，各項典型稽核項目如表 2 所列。

表2 典型製程、材料和流程
人員
手腕帶
地板、地墊、地板塗裝
鞋、腳接地器、腳輪
工作服
移動設備（手推車，臺車，堆高機）
工作站
工作表面
包裝和材料處理
電離化
接地
連續監測器
座椅
生產設備
工具和設備（鉚鐵、夾具等）
標記
採購規格及申請單
ESD測量和測試設備
人員培訓

檢核清單

檢核清單是認證檢驗中一項非常有用的稽核工具。前提是，ESD 控制方案的各項要求必須詳列且容易取得，避免使檢核清單徒具形式。表 3 列出稽核檢核清單可涵蓋的各種問題和資訊類型。其它檢核清單可參考 *ESD TR20.20 (ESD 靜電放電手冊) 4.3.3 節*。當然，您的檢核清單是根據您的具體需要和方案要求。清單應符合您的實際 ESD 控制流程和規格，及 ISO 9000 的要求（若有）。若 ESD 控制方案是依 *ANSI/ESD S20.20* 之方法，獲得授權的各認證機構（或註冊單位）將使用由靜電放電協會所提供的正式檢核清單，來協助進行認證稽核。

除了檢核清單，您也可用各種形式來記錄測量數據，包括電阻、電壓產生等。部分認證檢驗稽核也包括廠區日誌（如手腕帶檢查）。

表3 部分稽核清單 ESD靜電控制方案			
功能／稽核區域：設備			
日期：			
紀錄者：			
稽核問題	Y	N	意見
1. 使用防靜電地板接地時，人員有否使用防靜電鞋？			
2. 使用防靜電地板和防靜電鞋接地時，人員進入EPA前有否檢查和記錄接地的持續性？			
3. 人員在防靜電工作站有否配戴接地的手腕帶（若必要）？			
4. 人員有否檢查手腕帶的接地持續性或使用連續監測器？			
5. 如無使用連續監測器，手腕帶有否經常定期檢查及記錄？			
6. 手腕帶檢驗器及連續監測器有否定期維護？			
7. 工作站人員是否配戴已檢查的手腕帶？			
8. 拋棄式腳接地器是否限一次性使用？			
9. 有否保存、維護手腕帶和腳接地器的檢測記錄？			
10. 是否正確穿著靜電防護工作服（若必要）？			
11. EPA中是否有不重要的個人物品？			
12. EPA的工作人員是否經過認證或解說？			
13. 是否強制EPA訪客需符合靜電控制要求？			

記錄報告和糾正措施

完成認證檢驗程序後，應撰寫稽核報告並定期分發。細節應完整紀錄以備配合 ISO-9000 或 *ANSI/ESD S20.20* 認證。跟所有稽核一樣，若發現缺失，即應採取糾正措施。最後，認證檢驗稽核完成後，若發現缺失，則需採取糾正措施。追蹤和分析趨勢變化以制訂糾正措施，包括人員複訓、規格文件或程序的修訂，或現有廠區設備的改良等。

結論

依據 *ANSI/ESD S20.20* 和 *IEC61340-5-1*，認證檢驗和人員培訓都是建立有效 ESD 控制方案的關鍵因素。這些措施可以確保 ESDS 處理流程獲得適當執行，且是使方案持續有效及獲得改善的管理工具。

進一步參考資訊：

- *ANSI/ESD 20.20—Electrostatic Discharge Control Program (靜電放電控制方案)*, ESD Association, Rome, NY
- *ESD TR20.20-2001, ESD Control Handbook*, ESD Association, Rome, NY.
- “An Effective ESD Awareness Training Program” (有效的靜電放電警覺意識培訓計畫), Owen J. McAteer, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1980, ESD Association, Rome, NY.
- “Facility Evaluation: Isolating Environmental ESD Issues” (廠區設備評估：找出環境的 ESD 課題), Stephen A. Halperin, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1980, ESD Association, Rome, NY.
- “The Production Operator: Weak Link or Warrior in the ESD Battle?” (生產操作者：ESD 戰鬥中的弱雞還是勇士?), G. E. Hansel, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1983, ESD Association, Rome, NY
- “A Realistic and Systematic ESD Control Plan” (實用性和系統性 ESD 控制計畫), G. T. Dangelmayer, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1984, ESD Association, Rome, NY.
- “Employee Training for Successful ESD Control” (使 ESD 控制成功的員工培訓), G. T. Dangelmayer, E. S. Jesby, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1985, ESD Association, Rome, NY
- “A Tailorable ESD Control Program for the Manufacturing Environment” (可打造的製造廠區 ESD 控制方案), Norman B. Fuqua, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1986, ESD Association, Rome, NY.
- “Internal Quality Auditing and ESD Control, ” (內部的品質稽核和 ESD 控制), D. H. Smith, C.D. Rier, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1986, ESD Association, Rome, NY
- “Developing and Maintaining an Effective ESD Training Program” (建立和維護有效的 ESD 培訓方案), F. Dinger, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1988, ESD Association, Rome, NY
- “Standardized Qualification and Verification Procedures for Electrostatic Discharge (ESD) Protective Materials” (標準化防靜電材料資格認證及驗證流程), Adrienne R. Kudlich, et al, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1988, ESD Association, Rome, NY.
- “Modular ESD Certification Training Program” (模組化 ESD 認證培訓方案), M. Berkowitz, B. Hamel, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1989, ESD Association, Rome, NY
- “Tracking Results of an ESD Control Program Within a Telecommunications Service Company” (在電信公司內追蹤 ESD 控制方案的成效), R. J. Zezulka, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1989, ESD Association, Rome, NY

- “Development of a Corporate Standardization Program for ESD Control Materials and Products at Hughes Aircraft Company and Delco Electronics” (企業建立ESD防護材料和產品的標準化方案—以休斯飛機公司和德科電子為例), J. L. Joyce, R. L. Johnson, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1991, ESD Association, Rome, NY.
- “Implementation of Computer-Based ESD Training: A Case Study Comparing the Computer Approach with Traditional Classroom Techniques” (電腦化ESD培訓的實施：電腦模擬方法和傳統課堂教學技術的個案研究), J. Woodward-Jack, H. Sommerfeld, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1991, ESD Association, Rome, NY
- “A Systematic ESD Program Revisited” (再論系統性ESD計畫), G. T. Dangelmayer, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1992, ESD Association, Rome, NY
- “You’ve Implemented An ESD Program – What’s Next?” (您已實施ESD計畫方案—下一步呢?), W. Y. McFarland, R. A. Brin, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1993, ESD Association, Rome, NY
- “A Successful ESD Training Program” (一個成功的ESD培訓方案), L. Snow, G. T. Dangelmayer, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1994, ESD Association, Rome, NY
- “Implementing an ESD Program in a Multi-National Company: A Cross-Cultural Experience” (在多國公司實施ESD流程：跨文化經驗), W. H. Tan, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1994, ESD Association, Rome, NY
- “Effectiveness of ESD Training Using Multimedia” (多媒體ESD培訓之成效), G. Smalanskas, J. Mason, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1995, ESD Association, Rome, NY
- “ESD Demonstrations to Increase Engineering and Manufacturing Awareness” (以ESD模擬提高工程製造業的警覺意識), G. Baumgartner, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1996, ESD Association, Rome, NY
- “ESD Program Auditing: The Auditor’s Perspective” (ESD方案稽核：稽核者觀點), T.L. Theis, et al, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1997, ESD Association, Rome, NY
- “Procedures For The Design, Analysis and Auditing of Static Control Flooring/Footwear Systems” (防靜電地板/鞋系統的設計、分析與稽核流程), L. Fromm, et al, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1997, ESD Association, Rome, NY
- “Continuous Voltage Monitoring Techniques for Improved ESD Auditing” (改善ESD稽核的連續電壓監測技術), A. Wallash, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 2003, ESD Association, Rome, NY
- “A Comparison of High-Frequency Voltage, Current and Field Probes and Implications for ESD/EOS/EMI Auditing” (高頻電壓、電流和磁場偵測的比較，及ESD / EOS / EMI稽核的意涵), A. Wallash, V. Kraz, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 2007, ESD Association, Rome, NY
- IEC 61340-5-1, ed. 1.0, “Electrostatics – Part 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), IEC, Geneva, Switzerland, 2007-08.