

静电放电概论

第四部分—培训及认证检验稽核

© 2014, 静电放电协会, 纽约州罗马市

您的静电控制方案即将启动。如何确定它是否是有效？如何确保员工会遵从？在第三部分，我们介绍了静电控制方案的基本流程和材料。第四部分将集中讨论 ESD 控制方案计划中的两项要求：培训和认证检验稽核。依据 *ANSI/ESD S20.20* 和 *IEC61340-5-1*，ESD 控制计划书需包括培训计划和认证检验计划。

人员培训

流程及材料均已上线，但 ESD 控制方案却没有出现预期效果。故障情形最初确有减少，现在却反方向而行。或许只有一点改善。ESD 防护材料的进料检验报告上可能没有明显的解决方案，手腕带的测试纪录上也没有。无论公司大小，ESD 控制方案中，培训计划是一个不可轻忽的角色。*ANSI/ESD S20.20* 和 *IEC 61340-5-1* ESD 控制方案标准指出，培训是 ESD 控制方案中的基本管理要求。

很多证据显示，培训对方案的成功是有贡献的。没有适当焊接技术或知识的员工，不会被派到厂区操作自动插件设备。员工应具备与 ESD 控制方案流程相当的技术水平。

有效人员培训方案的要素

虽然各公司的培训计划因需求不同而有些差异，成功的 ESD 控制方案仍有迹可循。

1.成功的培训方案涵括所有受影响的员工

一般而言，受训对象为在线员工，他们将学习如何处理 ESD 敏感设备、测试手腕带、将成品放入防静电包装等；但部门负责人、高阶管理层，以及执行人员等，也需纳入培训，因为他们负起每日监督、管理、领导、支持的责任。甚至连直接处理 ESD 敏感组件、子组件或产品的分包商和供货商等，都应考虑纳入培训计划。

由于 ESD 控制方案牵涉多种工作技术和教育水平，须针对每个单位建立个别的培训模块。例如管理、工程、装配技术人员和现场服务组等，因彼此的日常工作范围和负责内容有很大差异，故其培训模块当然是不同的，另也应考虑不同的教育背景和技能。

2.有效的培训须具全面性及一贯性

培训不仅涵盖方案执行流程的讲解，也包括问题本质和方案带来的利益等介绍。如维持内容的一贯性（惟应配合文化差异适度调整），可减少不同群体、厂区，甚至国际间的

困扰，并帮助确保一致性。其它培训内容尚包括静电介绍、静电放电基本原理、本单位负责执行的计划内容，以及每个人在计划中的角色.....等等主题。

3.利用各种培训工具和技术

选择各别单位最适用的方法。结合现场指导、训练影片或交互式计算机教学程序。您可有自己的内部讲师，或由外部公司邀请讲师及收集培训教材。您也可将产业研讨会、讲习和工作小组整合进方案中。不妨考虑使用「静电放电概论」系列文章。

有效的培训计划需由每个员工共同努力达成。可以实例演绎示范，强调 ESD 事件带来的影响；亦可利用公布栏、通讯报，以及海报等，作为随时提醒及强调的媒介。

应设立一个 ESD 控制教材集存库，这可协助员工保有最新信息，或有能力解决正式培训课程所未涵盖到的问题。集存库的教材可有以下几种：

- 初训和复训课程材料
- 静电放电协会的或内部的公告或通讯报
- DVD或CD
- 计算机化培训教材
- 技术论文、研究报告、各种标准（如静电放电协会、IEC、JEDEC所制订）、测试方法和技术报告
- ESD控制材料和设备等技术数据表

此外，见习生开始工作时，应由单位中找一位知识丰富的人来回答他们的疑问。

4.测试、验证及复训

应确保培训的全面性、教材保存，并强调认真受训的重要性。若正确实施，测试和认证可激励及并建立员工的自豪感。复训或进修是一个持续并进的过程，可强调及提醒自己，有机会实施新的或更佳的流程。应建立一个标示系统，提醒员工依时进行复训、重新测试或重新认证。

5.反馈、认证检验、以及衡量

激励并提供方案改进的机制。跟员工分享产品良率或生产率、质量，以及可靠度等数据，以表示经过大家努力配合后的方案是有效的。追踪这些数据来检视是否到了该复训的时间，或培训方案是否需要修改。

培训计划的「设计」和「提供」，跟「流程」及「教材」一样重要。若无有效的人员培训方案，ESD 材料的投资也是浪费的。衡量培训计划的绩效目标，可确保员工对方案有所了解、计划得以实施，进而获得方案的成功。

检视培训成效的一个重要方法是：观察 EPA 中的操作员有否遵从 ESD 控制流程及注意事项。不符合 ESD 控制方案的违规作业，应和其它违反公司纪律的事件一样，接受同级的处分，包括口头警告、复训、书面警告，甚至是调转部门或终止工作合约。

认证检验稽核

ESD 控制方案经建立后即可实施，但还需持续修订、稽核、分析、反馈及改进。您需持续地确认方案可获得财务投资上的回报及成本支出上的节约。科技的革新可不断协助改进并修正方案。给员工和高层反馈很重要。管理层的委托则需要持续再确认。

就像培训一样，定期的方案认证检验和稽核是成功管理 ESD 控制方案的关键因素之一。单靠稽核程序就可激发方案流程的符合性。它有助于强化管理层的委托。方案认证检验报告可找出问题点并采取纠正措施，有助持续性的改进。

在 ESD 控制流程中，进行定期的方案认证检验有以下诸多优点：

- 防患于未然。
- 找出问题点并采取纠正措施。
- 确认方案弱点，提供持续改进所需的信息。
- 有效利用有限资源。
- 确认员工是否需要接受复训。
- 提高产品良率，生产效率和可靠度。
- 可将ESD方案的成功归因于齐心努力的结果。

ESD 控制方案的认证检验稽核，是用以衡量计划限制条件下的表现。一般上，我们认为 ESD 方案认证检验是指定期检讨和检验静电保护区（EPA），包括验证包装材料的正确使用、佩戴手腕带、遵从计划流程等等。稽核范围可从生产过程和厂区的非正式调查，到更正式的第三方稽核，如 ISO9000 或 *ANSI/ESD S20.20* 认证等。

有效的认证检验之要求

无论结构如何，有效的认证检验不外几个因素。首先，一本周详的 ESD 控制方案计划，上面应详载每一件 EPA 控制物体的规格条件。没有工具，什么都不能量。您或许会常听到稽核员问：「有人说应在 EPA 低于 500 伏特的条件下测量，但也有人说是低于 100 伏特。进行厂区稽核时，我该听哪一个的？」这个问题明显指出他缺少一份明确规定的限制条件和测试流程的 ESD 控制方案计划，故稽核是相对无效的。

第二，测量——一般指测量电阻并检测电场是否存在，因此，您的**测试设备**至少要有：一个静电场测量仪、一个高量程电阻测量仪、一个接地 AC 插座测试仪，以及适当的电极和相关配件。

第三，纳入所有需进行 ESD 控制的范围，也就是含有静电放电敏感物体的（ESDS）的范围，包括收货区、检验区、储藏室和仓库、组装区、测试和检验区、研发区、包装区、现场服务维修、办公室和实验室，以及无尘室等。所有 ESD 控制方案计划上所列区域均应进行认证检验。检讨计划已排除的区域，确认未受保护的 ESDS 器件不在此进行处

理；万一有此情形（如进入机械工程设计部门），则需以「不合格品」的机制因应。同样地，ESD 控制方案的所有不同程序、材料和流程，包括人员、设备、手腕带、地板、衣物、工作表面、连续监测器、座椅、培训计划和接地等，皆须进行稽核。

第四，经常定期进行符合性稽核。使用者须确定稽核频率（若抽样数恰当）。依据 **Compliance Verification ESD TR53 ANNEX A Test Frequency（认证检验之测试频率）**：「定期测试流程（如本份文件所列）之目的在于确认 ESD 防护产品和材料的功能有否随时间而明显改变。本份文件并未限制测试频率，用户应依 ESD 敏感物体的关键特性，及 ESD 防护产品和材料的失败风险，来建立属于自己的一套验证频率。以下是几个有关如何决定测试频率的范例：

在一些实际应用上，手腕带每日检查即足够，然而在其它作业中，为加强操作者的接地可靠度，应使用常态性的手腕带监测。至于在包装检查部分，端视该种包装方式的组合性及使用性。有些包装的防静电功能可能会随使用时间而加速减弱，有些包装则可能因受湿度影响而缩短其保存期限。

有些材料，如防静电地板涂装，因非属永久性，故需要更频繁的监测。其它材料，如防静电胶皮地板，则不需频繁监测。地板每次维护后都应进行测试。」

认证检验的实际稽核频率取决于厂区设备和其所面对的 ESD 问题。专家建议，首次实施 ESD 控制方案稽核后，每个月（若可以）再进行一次部门稽核，每年最少六次。若您觉得频率太高，请记住，只需针对每个部门的工作区域进行定期**抽样**稽核，而**非每一个**工作站都稽核。方案进行一段时间后，稽核频率可依历次稽核结果决定，若发现其一致性和性能表现每次都保持一定水平，就可减少频率和采样。反之，若发现问题不断，则需增加定期稽核频率和抽样数。

第五，将趋势变化图表和细节制成报告，这些有助确保计划流程的正常进行。不管是为了提升品管、实施纠正措施，或是为了符合 ISO-9000 规定等，这些记录都是必要的。

最后，认证检验稽核完成后若发现缺失，需采取纠正措施。追踪和分析趋势变化图表，以利施行纠正措施，范围包括人员复训、规格文件或制程修订，或厂区设备改良等。

几种稽核型态

ESD 稽核类型有三种：**方案管理稽核**、**程序成效查核**，以及 **ESD 控制方案认证检验（工作场所）** 稽核等。三种类型明显不同，但都对 ESD 方案的成功与否至关重要。

方案管理之稽核，其目的在于评量某个方案是否受到良好控管，及管理层的影响力。方案管理稽核强调有效的实施计划、务实的方案要求、培训计划、定期认证检验稽核，及其它重要因素等。典型来讲，方案管理稽核就是调查这些因素，且不需至现场进行。稽核之结果可间接评量出工作场所的 ESD 方案符合性。无论是小型公司或大型跨国企业，这种自我评估方式尤为有效。

程序成效之查核则是应用统计品管技术，由操作员检查 ESD 程序。这并不是定期的一种稽核，而是每日追踪，确保方案持续有效。外部观察和电气检查等方式，如针对手腕带的测试，是为了监测 ESD 的控制程序的成效，只需每日、每周或每月进行一次。

趋势变化图和细节记录表有助程序改善和提出纠正措施，确保计划流程定期（一般为每月）进行，并得以将抽样结果进行统计分析。不管是为了提升品管、实施纠正措施，或是为了符合 ISO-9000 规定等，这些记录都是必要的。

ESD 控制方案认证检验之稽核，则是验证方案的流程是否顺利进行，ESD 防护材料和设备是否符合规格，或正常发挥功能。认证检验稽核应定期实施（一般为每月），并将抽样结果进行统计分析。开列详细清单和委托单一稽核员，可确保所有项目均已含括，且稽核时间不会发生冲突。

基本稽核设备

进行 EPA 认证检验需要专用的测试设备，具体内容则视评量对象、所需精度，以及静电控制与材料评估的计划等是否完善而定。但是最起码，您需要一个静电场测量仪、一个高量程电阻测量仪、一个接地 AC 插座测试仪，以及适当的电极和相关配件。您可另外准备充电显示器、防静电鞋及手腕带测试仪、图表记录仪 / 数据采集系统和定时装置、放电仿真器，以及 ESD 事件侦测器等。

虽然测设备皆须有一定的精度，且应根据供货商的建议进行校准，但也不需像实验室的仪器那样复杂。认证检验稽核的目的是验证防静电设备或材料的基本功能，而不是进行品管。您需要的是正确的工具。就像买锤子来锯木一样，您不会买静电计来测量生产在线的静电压。请记住，您可以选择的测试设备中，很多都可作为认证检验的指示器，但其精确度并不适用于材料评估。也请确认现场与实验室的测量结果具相关性。若是根据规定的标准或测试方法进行测量，请确认这些设备满足文件所列的各项要求。

手持式静电场测量仪可测出厂区静电场，在 ESD 控制方案的监测中找出问题点。这些仪器设备能测出带电物体的静电场。许多静电场测量仪仅测量静电场的总水平，只能作为测量一般电荷和大约电势水平的一般指示器。其它仪器可提供更精确的数据以利材料评估和比较。

对需要更高的精度的厂区设备测量或实验室评估来说，充电显示器是一件很有用的工具，它可以用在各方面，例如评估地板材料的性能表现，或测量补偿电压（或平衡电压）和电离器的放电次数。

由于接地极为重要，且电阻是评估防静电材料的关键因素之一，故高量程电阻测量仪是必备工具。大多数电阻测量是使用 100 伏特或 10 伏特的测试电压来进行。电阻表应能将电压应用到测试中的材料上。此外，电阻表也应能测量 10^3 至 10^{12} 欧姆间的电阻。有适当的电极和电缆，您也能够测量地板材料、工作表面、设备、家具、工作服，以及一些包装材料等的电阻。

最后的测试工具是接地 AC 插座测试仪，它可用来测量 ESD 接地的持续性、检查设备接地导线（交流电接地线）的阻抗，以及确认电源插座在 EPA 中的线路是否正确。

必须接受稽核的范围、制程及材料

我们说过，「只要有未受保护的ESD敏感器件」，就必须有ESD保护措施。想当然尔，稽核需将这些符合的区域纳入。表1列举一些可能是ESD控制方案计划的物理区域，应参与认证检验稽核。请记住，有些区域可能被排除在外，视该计划规模。

表1为第三部分所提到的「典型需ESD防护的厂房区域」。

表1 典型需ESD防护的厂房区域
收货区
测试和检验区
储藏室和仓库
组装区
检测区
研发区
包装区
现场服务维修
办公室和实验室
无尘室

同样的，针对 ESD 控制方案计划要求的认证检验，各项典型稽核项目如表 2 所列。

表2 典型制程、材料和流程
人员
手腕带
地板、地垫、地板涂装
鞋、脚接地器、脚轮
工作服
移动设备（手推车，台车，堆高机）
工作站
工作表面
包装和材料处理
电离化
接地
连续监测器
座椅
生产设备
工具和设备（焊铁、夹具等）
标记
采购规格及申请单
ESD测量和测试设备
人员培训

检核清单

检核清单是认证检验中一项非常有用的稽核工具。前提是，ESD 控制方案的各项要求必须详列且容易取得，避免使检核清单徒具形式。表 3 列出稽核检核清单可涵盖的各种问题和信息类型。其它检核清单可参考 *ESD TR20.20 (ESD 静电放电手册) 4.3.3 节*。当然，您的检核清单是根据您的具体需要和方案要求。清单应符合您的实际 ESD 控制流程和规格，及 ISO 9000 的要求（若有）。若 ESD 控制方案是依 *ANSI/ESD S20.20* 之方法，获得授权的各认证机构（或注册单位）将使用由静电放电协会所提供的正式检核清单，来协助进行认证稽核。

除了检核清单，您也可用各种形式来记录测量数据，包括电阻、电压产生等。部分认证检验稽核也包括厂区日志（如手腕带检查）。

表3 部分稽核清单 ESD静电控制方案			
功能 / 稽核区域: 设备			
日期:			
纪录者:			
稽核问题	Y	N	意见
1. 使用防静电地板接地时，人员有否使用防静电鞋？			
2. 使用防静电地板和防静电鞋接地时，人员进入EPA前有否检查和记录接地的持续性？			
3. 人员在防静电工作站有否配戴接地的手腕带（若必要）？			
4. 人员有否检查手腕带的接地持续性或使用连续监测器？			
5. 如无使用连续监测器，手腕带有否经常定期检查及记录？			
6. 手腕带检验器及连续监测器有否定期维护？			
7. 工作站人员是否配戴已检查的手腕带？			
8. 抛弃式脚接地器是否限一次性使用？			
9. 有否保存、维护手腕带和脚接地器的检测记录？			
10. 是否正确穿着静电防护工作服（若必要）？			
11. EPA中是否有不重要的个人物品？			
12. EPA的工作人员是否经过认证或解说？			
13. 是否强制EPA访客需符合静电控制要求？			

记录报告和纠正措施

完成认证检验程序后，应撰写稽核报告并定期分发。细节应完整纪录以备配合 ISO-9000 或 *ANSI/ESD S20.20* 认证。跟所有稽核一样，若发现缺失，即应采取纠正措施。最后，认证检验稽核完成后，若发现缺失，则需采取纠正措施。追踪和分析趋势变化以制订纠正措施，包括人员复训、规格文件或程序的修订，或现有厂区设备的改良等。

结论

依据 *ANSI/ESD S20.20* 和 *IEC61340-5-1*，认证检验和人员培训都是建立有效 ESD 控制方案的关键因素。这些措施可以确保 ESDS 处理流程获得适当执行，且是使方案持续有效及获得改善的管理工具。

进一步参考信息：

- *ANSI/ESD 20.20—Electrostatic Discharge Control Program (静电放电控制方案)*, ESD Association, Rome, NY
- *ESD TR20.20-2001, ESD Control Handbook*, ESD Association, Rome, NY.
- “An Effective ESD Awareness Training Program” (*有效的静电放电警觉意识培训计划*), Owen J. McAteer, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1980, ESD Association, Rome, NY.
- “Facility Evaluation: Isolating Environmental ESD Issues” (*厂区设备评估：找出环境的ESD课题*), Stephen A. Halperin, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1980, ESD Association, Rome, NY.
- “The Production Operator: Weak Link or Warrior in the ESD Battle?” (*生产操作者：ESD战斗中的弱鸡还是勇士?*), G. E. Hansel, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1983, ESD Association, Rome, NY
- “A Realistic and Systematic ESD Control Plan” (*实用性和系统性ESD控制计划*), G. T. Dangelmayer, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1984, ESD Association, Rome, NY.
- “Employee Training for Successful ESD Control” (*使ESD控制成功的员工培训*), G. T. Dangelmayer, E. S. Jesby, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1985, ESD Association, Rome, NY
- “A Tailorable ESD Control Program for the Manufacturing Environment” (*可打造的制造厂区ESD控制方案*), Norman B. Fuqua, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1986, ESD Association, Rome, NY.
- “Internal Quality Auditing and ESD Control, ” (*内部的质量稽核和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” (*建立和维护有效的ESD培训方案*), F. Dinger, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1988, ESD Association, Rome, NY
- “Standardized Qualification and Verification Procedures for Electrostatic Discharge (ESD) Protective Materials” (*标准化防静电材料资格认证及验证流程*), Adrienne R. Kudlich, et al, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1988, ESD Association, Rome, NY.
- “Modular ESD Certification Training Program” (*模块化ESD认证培训方案*), 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” (*在电信公司内追踪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” (企业建立ESD防护材料和产品的标准化方案—以休斯飞机公司和德科电子为例), 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” (计算机化ESD培训的实施: 计算机仿真方法和传统课堂教学技术的个案研究), J. Woodward-Jack, H. Sommerfeld, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1991, ESD Association, Rome, NY
- “A Systematic ESD Program Revisited” (再论系统性ESD计划), G. T. Dangelmayer, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1992, ESD Association, Rome, NY
- “You’ve Implemented An ESD Program -- What’s Next?” (您已实施ESD计划方案—下一步呢?), W. Y. McFarland, R. A. Brin, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1993, ESD Association, Rome, NY
- “A Successful ESD Training Program” (一个成功的ESD培训方案), 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” (在多国公司实施ESD流程: 跨文化经验), W. H. Tan, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1994, ESD Association, Rome, NY
- “Effectiveness of ESD Training Using Multimedia” (多媒体ESD培训之成效), G. Smalanskas, J. Mason, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1995, ESD Association, Rome, NY
- “ESD Demonstrations to Increase Engineering and Manufacturing Awareness” (以ESD仿真提高工程制造业的警觉意识), G. Baumgartner, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1996, ESD Association, Rome, NY
- “ESD Program Auditing: The Auditor’s Perspective” (ESD方案稽核: 稽核者观点), 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” (防静电地板/鞋系统的设计、分析与稽核流程), L. Fromm, et al, *EOS/ESD Symposium Proceedings*, 1997, ESD Association, Rome, NY
- “Continuous Voltage Monitoring Techniques for Improved ESD Auditing” (改善ESD稽核的连续电压监测技术), 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” (高频电压、电流和磁场侦测的比较, 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” (静电—第5.1部分: 电子设备的静电现象保护—一般规范), IEC, Geneva, Switzerland, 2007-08.