

# 静电放电概论

## 第六部分—ESD标准

© 2014, 静电放电协会, 纽约州罗马市

电子产业不断变革, 各种装置上的电路密度和技术也愈加复杂; 电子制造业比以前更仰赖外部资源。ESD 产业不顾一切跳进了这股漩涡中, ESD 控制方案也如雨后春笋冒出。绿、蓝、金色取代了黑色; 防静电屏蔽袋占领了仓库; 电离器与手腕带、接地线并存。早期那些在烟幕下故弄玄虚的魔术表演已成为过去。

今天, 降低 ESD 损害的挑战比以往来得更多更复杂, 不是单纯只靠信心就能打赢。用户在各家 ESD 竞争品牌、产品类型, 及防护策略等课题上, 需建立一套合理评估比较的方法。他们需要在客观上确认自己的 ESD 控制方案是有效的。契约制造商和 OEM 厂商需订定相互同意的 ESD 控制方案, 避免 ESD 控制过程重迭。

我们需要一套标准来建立有效的 ESD 控制方案。标准有助界定生产或使用中的产品之敏感度, 及定义 ESD 控制材料、设备和工具的性能表现要求。无论是制造、评估或选择 ESD 防护产品和方案, 「标准」在混乱的市场中有越来越吃重的份量。

### 是谁需要标准? 为何需要标准?

是哪些人在使用 ESD 标准? 就是 ESD 敏感设备及产品的制造商和使用者、ESD 控制产品的制造商和经销商、认证注册机构, 以及 ESD 控制产品的第三方测试单位。

为何采用 ESD 标准? 因为它们可确保一致性, 无论是在 ESD 敏感产品间, 或是在 ESD 控制产品和服务间。它们有助以客观角度评估和比较 ESD 竞争产品、减少 ESD 控制产品使用者和供货商之间的冲突, 以及建立、实施、稽核和认证 ESD 控制方案, 终止市场混乱。

在美国, 合约或买卖双方的采购协议中可加入标准, 但它是属于自愿性质的, 在其它使用标准的国家则多为强制规定。

### 关键性的标准和组织

25 年前, 可靠的 ESD 标准和 ESD 标准的制定组织相对较少。今天的 ESD 标准业界, 不仅见证了标准在数量上的增加, 还亲睹这些制定组织在合作关系上的提升。

今天的标准主要可分为三组。第一组是 ESD 计划的指导或要求, 如以下: *ANSI ESD S20.20 – Standard for the Development of an ESD Control Program* (**静电放电控制方案建立标准**), *IEC 61340-5-1 – 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**),

*ANSI/ESD S8.1 – Symbols-ESD Awareness (标章—ESD 警示)*，或 *ANSI/ESD TR20.20 – ESD Handbook (静电放电手册)*。

第二组是产品或流程的具体要求，如包装规格和接地。这组的典型标准是 *ANSI/ESD S6.1 – Grounding (接地)*，以及 *ANSI/ESD S541 –Packaging Materials for ESD Sensitive Items (静电放电敏感物体之包装材料)*。

第三组是评估产品和材料的标准化测试方法。过去电子产业严重依赖原本仅适用其它产业（甚至材料）的测试方法（如：*ASTM-257–DC Resistance or Conductance of Insulating Materials (直流电阻或绝缘材料的导电性)*）。但由于静电放电协会的积极作为，今天终于有了针对电子环境 ESD 测试方法所使用的标准。这些标准包括：*ANSI/ESDA-JEDEC JS-001– Device Testing, Human Body Model (静电放电敏感度测试—人体模型)*，以及 *ANSI/ESD STM7.1: Floor Materials – Resistive Characterization of Materials (地板材料—材料电阻特性)*。

## 谁制定标准？

标准是经过所有受标准影响的组织和个体通力合作后而制定的。以下是几个重要的 ESD 标准制定组织。

### 军用标准

过去是美国军方率先制定国内的 ESD 标准和规范。然而今天美国军方各机构仍多依赖已制定的商用标准，而非另行开发一套标准。例如静电放电协会完成的国防部委托案，系将 MIL-STD-1686 转换为商用标准，即 2000 年 7 月 7 日经美国国防部通过的 *ANSI/ESD S20.20*。

### 静电放电协会

近几年，静电放电协会一直是 ESD 标准的重要制定组织。该协会受 ANSI 认可，负责制定 ESD 标准和测试方法，也在「国际电工委员会 (IEC) 技术委员会 101—静电」中代表美国一席。

静电放电协会目前拥有 32 个标准文件及 30 个技术报告。这些 ESD 控制材料和产品的自愿性标准含括对材料要求、静电敏感度，及测试方法等方面的评估。除标准文件外，该协会也出版了若干咨询文件。咨询文件未来会转变为其它文件类型。

### 静电放电协会标准分类及定义

静电放电协会的标准文件有四种，各种均有明确定义。这四种文件类型与其它标准制定组织所订的类型是一致的，分别定义如下。

**标准 (Standard)**：指一项明确的规定，说明材料、产品、系统或程序等，各需满足的要求为何，及如何依流程确认每项要求均已获得满足。

**标准测试方法 (Standard Test Method)**：指一段确切的流程，用以辨认、测量及评估某件材料、产品、系统或程序具有哪些质量、类型或特性，并产生具重复性的测试结果。

**标准作业 (Standard Practice)**：指一段用于执行一个或多个操作功能的流程，未必产生测试结果。注意：如有测试结果，它在实验室之间也未必有重复性。

**技术报告 (Technical Report)**：指一个正式发表的技术数据或测试结果的集合，作为特定材料、产品、系统或程序的参考信息。

新文件通过审查并发布后会归入这四种类型之一。既有之文件皆已完成审查并重新授予分类。目前仍有数份咨询文件，将依其性质分别归入「**技术报告**」或「**标准作业**」。

## 国际标准

由欧洲国际电工委员会 (IEC) 领航的国际社会，也有制定并发布各种标准。IEC 技术委员会 101 已发布一系列名为 IEC61340 的文件。这些文件内容包括与静电有关的一般信息、标准测试方法、一般作业，以及技术上等同于 ANSI/ESD S20.20 的 ESD 控制方案制定标准 IEC61340-5-1。当然也有设施认证方案。全球性的跨国企业若愿意也可同时申请 ANSI/ESD S20.20 或 IEC61340-5-1 的认证。日本也针对自己国内的静电**标准**推出了建议版，其中有许多部分是参考欧洲和美国的文件。

## 组织型合作

在 ESD 标准的发展变迁中，各群体间的组织型合作较引人注目。例如静电放电协会和美国国防部合作，完成 ANSI/ESD S20.20 以接替原来的 MIL-STD-1686。再如静电放电协会和 JEDEC 合作，签订意向书后完成 2 份文件的制定，一是 2010 年联合发表的**人体模型**文件；另一份是将于 2014 年联合发表的**带电器件模型**文件。

国际上，欧洲标准制定组织和静电放电协会的合作关系让各种提案文件获得更广泛的检视、让资源投入更多，以及让冲击着国际电子产业界的标准可以有更紧密的协调性。

对 ESD 标准的使用者来说，合作关系的提升会带来显著影响。首先，由于有更多的投入，标准在技术层上不断提高；其次，不同标准间的冲突逐渐减少；最后，工作重迭的情形也将越来越少。

## 摘要

对电子产业界而言，ESD 标准的快速繁衍，及其周遭环境的持续变迁，意味着在建立有效 ESD 控制方案的课题上，将有更多技术性数据可资参考运用。而各种测试方法和规范则可帮助用户评估和挑选适合自己特定需求的 ESD 控制产品；以及引导 ESD 控制产品和材料的供货商，以研发出真正满足客户需求的产品。

标准将是持续推动国际产业界追求 ESD 革新的燃烧动力。

#### 各标准之数据来源:

ESD Association (静电放电协会) 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 (国际电工委员会), 3, rue de Varembe, Case postale 131, 1211 Geneva 20, Switzerland. Fax: 41-22-919-0300. Web Site: <http://www.iec.ch/>

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

JEDEC Solid State Technology Association (JEDEC固态技术协会), 3103 North 10th Street, Suite 240-S, Arlington, VA 22201-2107. Web Site: <http://www.jedec.org>

#### 主要ESD标准

##### 美国军方 / 国防部

*MIL-STD-1686: Electrostatic Discharge Control Program for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)*  
(电气和电子零件、装置及设备 (不包括电动引爆装置) 的保护)

本军用标准系规定ESD控制方案的要求条件。它适用美国的军事机构、承包商、分包商、供货商和贩卖方。它要求建立、实施和记载静电敏感器件的ESD控制方案, 但不指定或排除使用任何特定的ESD控制材料、产品或流程。本标准刻正由静电放电协会更新并转为商用标准。尽管美国国防部已同意改用新的ANSI/ESD S20.20文件, 但仍未采取行动撤销STD-1686。

*MIL-HBDK-263: Electrostatic Discharge Control Handbook for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)*  
(保护电气及电子零组件设备的静电放电控制手册 (不含电气启动爆炸装置))

本文件系作为指导, 非强制规定, 以建立和实施一个符合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, 静电放电 (ESD) 控制)*

本文件定义ESD防护性工作站的要求条件。

*MIL-PRF-81705—Barrier Materials, Flexible, Electrostatic Protective, Heat Sealable* (**屏障材料, 弹性, 静电防护性, 耐热封**)

本文件定义ESD防护性弹性包装材料的要求条件。

*MIL-STD-129—Marking for Shipment and Storage*  
(**装运和储存之标记**)

本文件涵括营销和标记ESD敏感物的流程。

**静电放电协会**

**标准文件**

*ANSI/ESD S1.1: Evaluation, Acceptance, and Functional Testing of Wrist Straps* (**手腕带的评估、验收和的功能测试**)

作为EOS/ESD S1.0的后继者, 本文件系针对手腕带的部分, 建立了多种测试方法来评估其电气和机械特性, 其中包括已改良的测试方法及各性能表现之极限值, 适用于手腕带的评估、验收及功能性测试。

*ANSI/ESD STM2.1: Resistance Test Method for Electrostatic Discharge Protective Garments*  
(**静电放电防护服性的测试方法**)

本文件提供了防静电工作服的电阻测量方法, 适用于衣袖到衣袖和点到点之间的电阻测试。

*ANSI/ESD STM3.1: Ionization* (**电离化**)

本标准测试方法和流程适用空气电离设备系统的评选。本文件建立了电离器测量技术, 适用于确认偏离电压离子平衡及放电中和时间。

*ANSI/ESD SP3.3: Periodic Verification of Air Ionizers* (**空气电离器的定期验证**)

本文件所提供的测试流程, 适用于定期验证空气电离设备系统(电离器)的性能表现。

*ANSI/ESD SP3.4 Periodic Verification of Air Ionizer Performance Using a Small Test Fixture*  
(**以测试夹具定期验证空气电离器**)

本文件所提供的测试夹具范例和流程, 适用于验证空气电离器在密闭空间的性能表现。但ANSI/ESD STM3.1或ANSI/ESD SP3.3所定义的测试夹具不适用于这些空间。

*ANSI/ESD S4.1: Worksurfaces – Resistance Measurements* (**工作表面 - 电阻测量**)

本文件建立了多种测试方法, 适用于测量工作站工作表面防静电材料的电阻。本文件亦包含评选材料的方法, 及测试新安装或已安装工作表面的方法。

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

本标准测试方法适用于测量防静电工作表面的消电特性。此流程是针对实验室环境而设计，适用于工作表面的合格检定、评估，或验收。

**ESDA-JEDEC JS-001: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Human Body Model (静电放电敏感度测试-人体模型)**

本标准测试方法依现有标准重新修订。它建立了一组流程，适用于测试、评估各种组件，及将各组件依其对「人体模型」(HBM)的ESD敏感度作分级。

**ANSI/ESD STM5.2: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing Machine Model (静电放电敏感度测试-机器模型)**

本文件建立了一组测试流程，适用于评估各种组件对「机器模型」(MM)的ESD敏感度。机器模型引起的组件损害与「人体模型」造成的损害相似，但它发生于显著明显较低的电压。

**ANSI/ESD STM5.3.1: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Charged Device Model – Non-Socketed Model (静电放电敏感度测试-带电器件模型-非嵌入式模式)**

本文件所提供的测试方法，适用于评估主动和被动组件对「带电器件模型」的ESD敏感度。

**ANSI/ESD SP5.3.2: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Socketed Device Method (SDM) – Component Level (静电放电敏感度测试-嵌入式器件模型(SDM)-组件级)**

本文件所提供的测试方法，是在组件集成电路(IC)设备上，生成一个「嵌入式器件模型」(SDM)的测试。

**ANSI/ESD STM5.5.1: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing-Transmission Line Pulse (TLP)-Component Level. (静电放电敏感度测试-传输线脉冲(TLP)-组件级。)**

本文件涉及半导体组件的传输线脉冲(TLP)测试技术。本文件目的是建立一种方法，来测试并记录「TLP测试」的关联信息。

**ANSI/ESD SP5.5.2: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Very Fast Transmission Line Pulse (VF-TLP)-Component Level (静电放电敏感度测试-极速传输线脉冲(VF-TLP)-组件级)**

本文件涉及半导体组件的极速传输线脉冲(VF-TLP)测试技术。它所建立的指导方针和标准作业，目前为多所大学和工业界的研发及可靠度工程师等所采纳，用以进行VF-TLP测试。本文件并介绍了一种测试和记录「TLP测试」关联信息的方法。

**ANSI/ESD SP5.6: Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Human Metal Model (HMM) – Component Level (静电放电敏感度测试-人体金属模型(HMM)-组件级)**

本文件建立了一组流程，适用于测试、评估各种组件，及将各组件依其对「人体金属模型」(HMM)的ESD敏感度作分级。

### ***ANSI/ESD S6.1: Grounding (接地)***

本文件建议了各种材料的参数、流程和类型，以建立一个ESD接地系统，保护电子硬件不受ESD损害。此系统适用于人员接地装置、工作表面、椅子、推车、地板，以及其它相关设备。

### ***ANSI ESD STM7.1: Floor Materials – Resistive Characterization of Materials (地板材料—材料电阻特性)***

本文件涵括各种地板材料的电阻测量，如地板覆盖物、地毯和地板涂装等。所提供的测试方法适用于地板材料于安装或涂布前的合格检定，及安装或涂布后的评估监测。

### ***ANSI ESD S8.1: ESD Awareness Symbols (ESD警示符号)***

本文件建立了三种ESD警示符号类型。第一种是使用在设备或组件上，以表明它对静电敏感。第二种是用于具保护作用的防静电物体和材料上。第三种则用于标示共同接地点。

### ***ANSI/ESD S9.1: Resistive Characterization of Footwear (鞋类电阻特性)***

本文件定义了一种测试方法，适用于测量防静电鞋在电子环境中的电阻。

### ***ESD SP9.2: Footwear – Foot Grounders Resistive Characterization (鞋类—脚接地器电阻特性)***

本文件提供了多种测试方法，适用于评估ESD控制方案中的人员脚接地器及脚接地系统。防静电鞋则是依ANSI / ESD STM9.1来测试。

### ***ANSI/ESD SP10.1: Automated Handling Equipment (自动取放设备)***

本文件提供了数种流程，适用于评估自动取放设备引起的静电环境。

### ***ANSI/ESD STM11.11: Surface Resistance Measurement of Static Dissipative Planar Materials (消电性平面材料的表面电阻测量)***

本文件定义了一个测量电阻的直流电测试方法。本标准是针对ESD敏感元器件的消电性平面包装材料而设计。

### ***ANSI/ESD STM11.12: Volume Resistance Measurement of Static Dissipative Planar Materials (消电性平面材料的体积电阻测量)***

本文件提供了多种测量体积电阻的测试方法，适用ESD敏感元器件的消电性平面包装材料。

### ***ANSI/ESD STM11.13: Two-Point Resistance Measurement (两点电阻测量)***

本文件提供了一种测试方法，适用于测量一个物体表面上的两点间电阻。

### ***ANSI ESD STM11.31: Evaluating the Performance of Electrostatic Discharge Shielding Bags (防静电屏蔽袋性能表现评估)***

本文件提供了一种测试方法，适用于测试和订定防静电屏蔽袋的屏蔽能力。

#### *ANSI/ESD S11.4: Static Control Bags (防静电袋)*

本文件建立了各种性能表现极限值，适用于电子制造产业的电子零件产品保护袋，使其在一般运输和储存时免受静电及潮湿损害。

#### *ANSI/ESD STM12.1: Seating-Resistive Characterization (座椅—电阻特性)*

本文件提供了多种测试方法，适用于测量防静电座椅的电阻，且可用于座椅的合格检定，及安装后的评估和监测。所有类型的座椅，包括椅子和凳子等，均含括在内。

#### *ANSI/ESD STM13.1: Electrical Soldering/Desoldering Hand Tools (电焊 / 电拆焊手持工具)*

本文件提供了电焊 / 电拆焊手持工具的测试方法，适用于测量漏电流及工作头到接地端的电阻；亦为安全的焊接提出了电疲劳 (EOS) 操作参数。

#### *ANSI/ESD SP15.1: Standard Practice for In-Use Testing of Gloves and Finger Cots (使用中手套和指套的电阻测量之标准操作)*

本文件提供了多种测试流程，适用于测量手套和指套的本身电阻，以及其与人员结合时之系统电阻。

#### *ANSI ESD S20.20: Standard for the Development of an ESD Control Program (静电放电控制方案之建立标准)*

本文件提供了管理和技术上的指引，以利建立、实施和维护ESD控制方案。

#### *ANSI/ESD STM97.1: Floor Materials and Footwear – Resistance in Combination with a Person. (地板材料和鞋类 - 与人员组合的电阻测量)*

本文件提供了电阻测量方法，适用于当地板材料、鞋类和人员结合为一系统时。

#### *ANSI/ESD STM97.2: Floor Materials and Footwear Voltage Measurement in Combination with a Person (地板材料和鞋类 - 与人员组合的电压测量)*

本文件提供了电压测量方法，适用于当地板材料、鞋类和人员结合为一系统时。

#### *ANSI/ESD S541: Packaging Materials for ESD Sensitive Items (静电放电敏感物体之包装材料)*

本文件描述了ESD敏感电子产品包装防护材料需具备的各种特性，并引用各种评估包装方式和包装材料特性的测试方法。本文件尽可能地提供性能表现极限值。此外，本文件也提供作为选择特定应用型防护包装时的指引，以及其它有关防护性包装的参考。

#### **咨询文件和技术报告**

咨询文件和技术报告不是「标准」，但可为ESD产业提供一般性的信息，或是其它有助了解协会标准的信息。

#### *ESD ADV1.0: Glossary of Terms (专有名词表)*



本文件涵盖了协会标准和各类文件中所使用的术语的定义及解释；亦包括ESD产业的其它常用术语。

#### *ESD ADV3.2: Selection and Acceptance of Air Ionizers (空气电离器的选择和验收)*

本咨询文件提供指引，让终端用户在选择空气电离系统时，能建立一套性能表现规格作为参考。本文件检视了四种空气电离器类型，并讨论各种应用程序、各种测试方法之参数，以及对设计、性能表现和安全性的一般要求。

#### *ESD ADV11.2: Triboelectric Charge Accumulation Testing (摩擦生电累积测试)*

本咨询文件讨论了摩擦生电的复杂现象，其中涵盖摩擦生电理论和效应，并针对评估摩擦生电特性的各种常用测试方法，检讨相关流程和课题。这些修订后的测试方法可指明电荷的总水平和极性，但在真实世界的情况不一定具有重复性。

#### *ESD TR5.4-04-13 Transient Latch-up Testing (瞬时栓锁测试)*

本文件定义了瞬时闭锁(TLU)状态中，瞬态过应力会造成低阻抗回路，原因可能是来自寄生晶闸管结构或双极结构的触发，或两者之组合。触发条件移除或停止后，至少会再暂时性地持续。这种造成TLU状态的瞬时过应力之上升时间短于5微秒。本文件所定义的TLU不包括功能性状态的变化，即使这些变化将导致低阻抗回路，及增加供电消耗量。

#### *ESD TR53: Compliance Verification of ESD Protective Equipment and Materials (静电放电保护设备和材料之达标验证)*

*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.*

本技术报告描述了测试流程和测试设备，适用于定期验证ESD防护设备和材料的性能表现。

#### *ESD TR20.20: ESD Handbook (静电放电手册)*

静电放电手册提供了详尽的指导原则，能够用于实施与ANSI/ESD S20.20相符合的ESD控制方案。