

全志方案生产指南

之

EOS/ESD产生及其防护措施

修改日期	2021-6	文件版本	V2.0
------	--------	------	------

适用范围：适用于生产、测试、运输等涉及EOS/ESD的所有过程，可指导硬件、FAE、生产、工程技术、测试、品管等人员进行EOS/ESD的防护。

目录

一、防静电区域构成和要求

二、防静电系统的检测方法

三、管理制度建立与运行

附一、静电的基础知识

附二、静电对产品的危害

附三、静电防护及其原理

附四、EOS简介

一、防静电区域构成和要求

1、硬件构成

序号	构成环节	序号	构成环节
1	生产环境：温湿度等	8	离子静电消除设备
2	防静电接地系统	9	防静电工具：毛刷、镊子、吸锡器
3	人员安全及接地	10	防静电焊接工具
4	防静电地坪、地垫	11	防静电生产、测试设备
5	防静电桌椅、工作台、转运车、货架	12	静电泄放门帘
6	防静电着装：衣服、手套、手环、鞋	13	各类防静电标识
7	防静电耗散材料包装、屏蔽袋	14	防静电检测设备

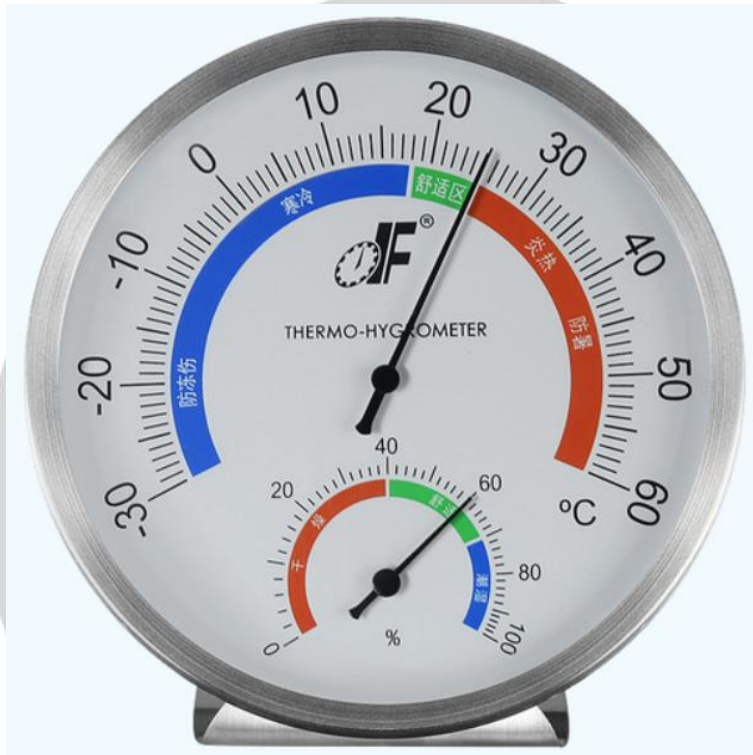
2、软件构成

序号	构成环节	序号	构成环节
1	质量控制目标	3	各硬件管理制度
2	各岗位管理制度	4	各环节检查条例

一、构成及要求

1、环境要求

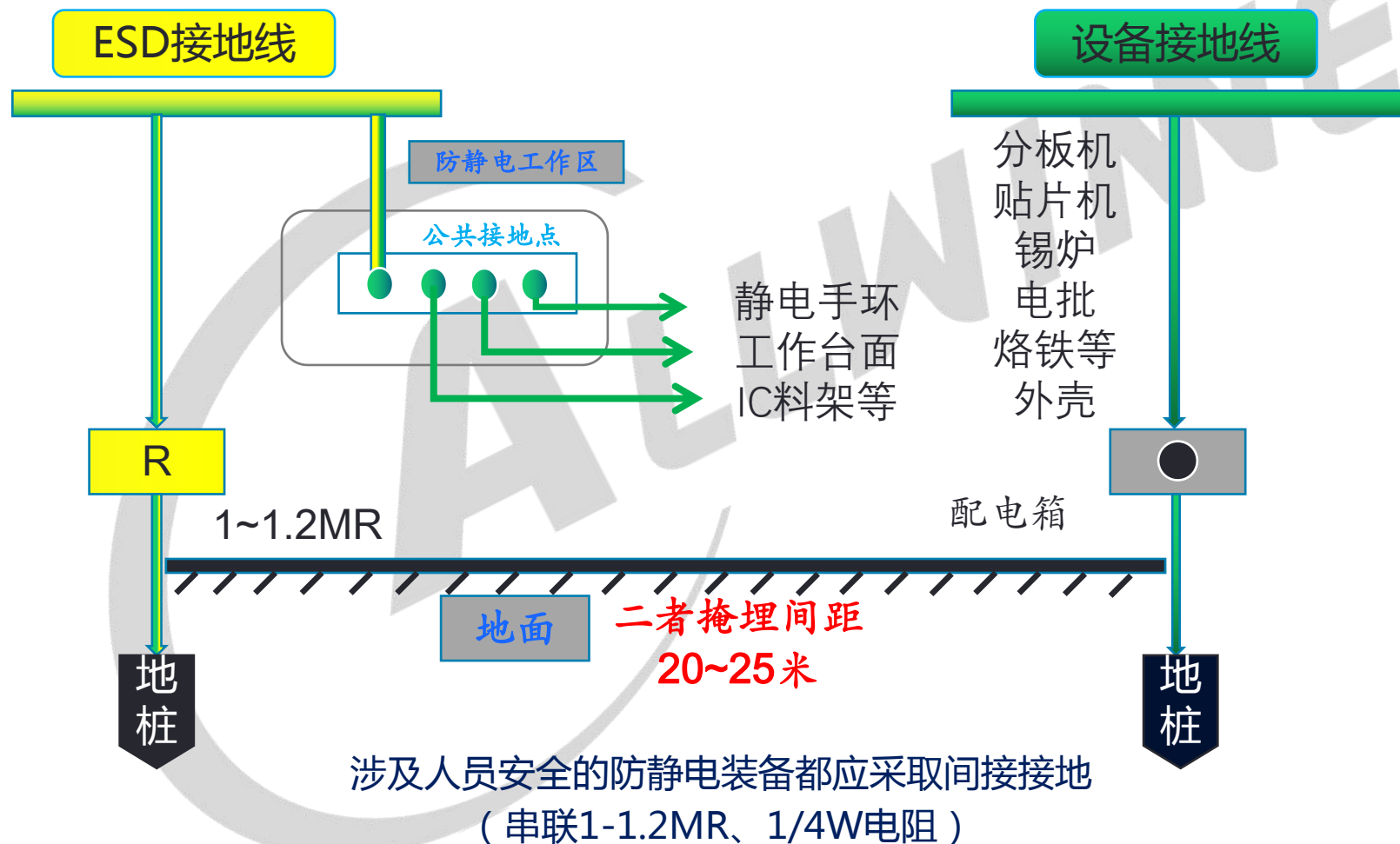
防护区域内应有环境温湿度控制系统，湿度保持在RH45%-75%为最佳；温湿度应符合企业规定要求（SMT车间一般要求 $23\pm 3^{\circ}\text{C}$ ），有记录表每日确认登记。



日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
温度																																
湿度																																
点检者																																
确认者																																
温 度	28°C																															
	26°C																															
	24°C																															
	22°C																															
	20°C																															
18°C																																
湿 度	80%																															
	70%																															
	60%																															
	50%																															
	40%																															

一、构成及要求

2、静电接地&设备接地



设备接地：是在公司接入市电后在公司附近地下三米以下埋入，接地铜块与市电的接地并联；

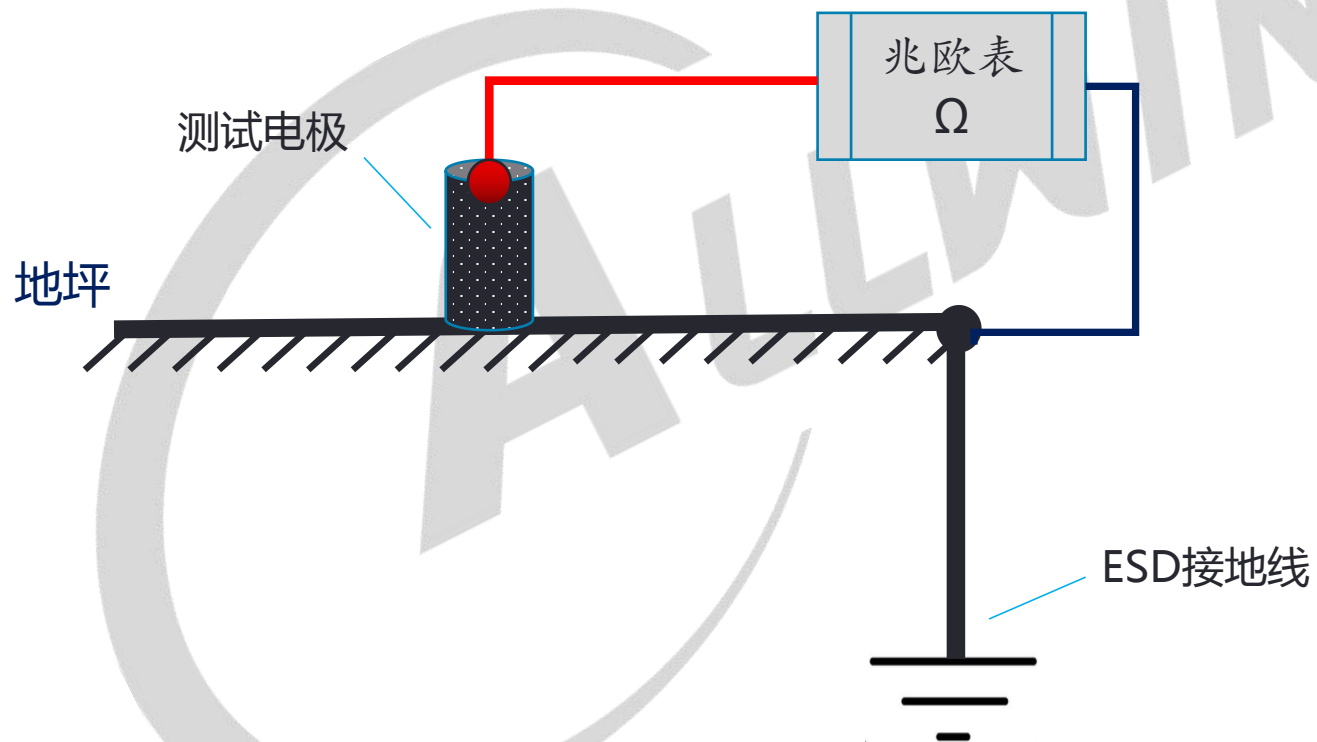
静电接地：是在公司附近地下三米处埋入接地铜块或1平方米的接地铜网，但必须与设备接地点相隔**20~25米左右**；

两个接地点这时候量测是联通的，因为最终都是回到大地，但是在生产线的联接过程是不能接在一起，这样会造成产线的员工安全问题。

一、构成及要求

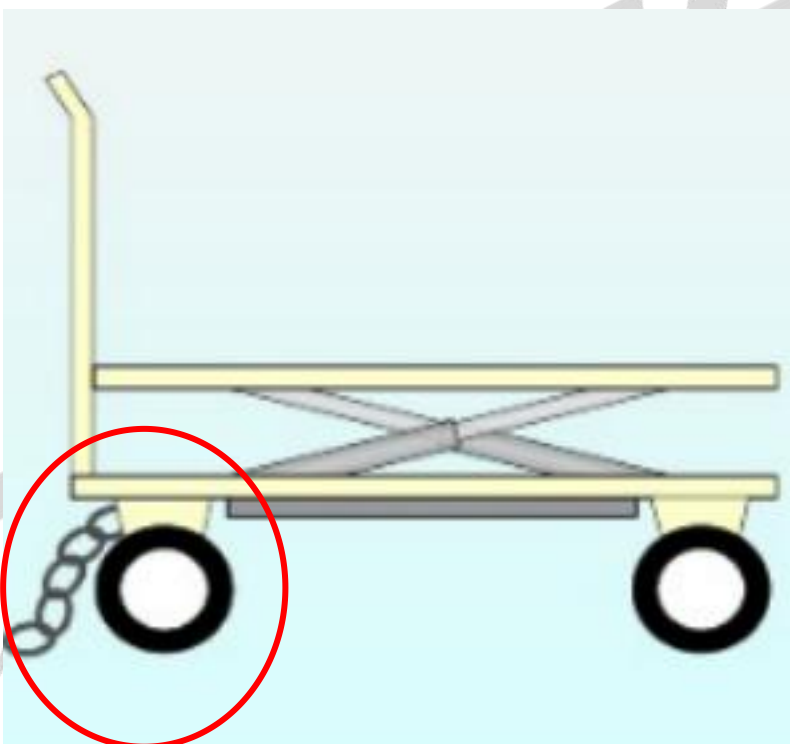
3、地坪接地

- 1) 地坪对地电阻应满足： $1 \times 10^5 \Omega \sim 1 \times 10^9 \Omega$ ；
- 2) 不可以使用金属地坪。



一、构成及要求

4、工作台面、小推车（静电车）、静电椅



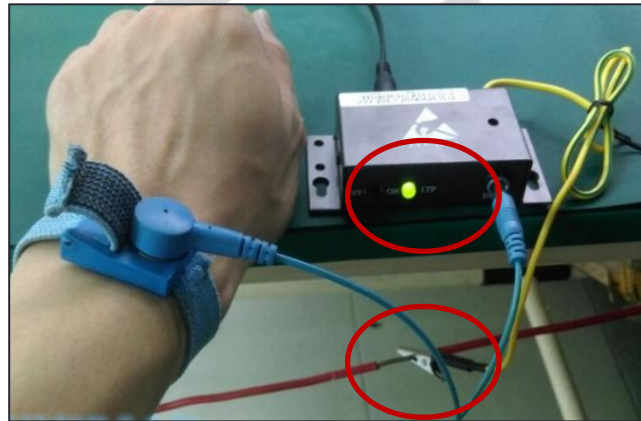
- 1) 表面对地电阻（静电泄放电阻）均应满足： $1 \times 10^5 \Omega \sim 1 \times 10^9 \Omega$ ；
- 2) 运行时表面静电电压应满足：**< 100V**

一、构成及要求

5.1 静电手环

接触 PCBA 的操作员必须**100%佩带静电手环**，**静电手环须软接地**。

- 1) 带内任一点对电缆扣电阻 $< 1 \times 10^5 \Omega$ ，带外电阻到电缆扣电阻 $> 1 \times 10^7 \Omega$
- 2) 腕带插头连接电阻 $< 2 \Omega$ ，穿戴时对地电阻 $< 3.5 \times 10^7 \Omega$ ；
- 3) 禁止使用无线手环。



手腕接触OK，
静电接地线连接正常，**绿灯亮**



手腕未接触，
静电接地线连接正常，**红灯亮**

一、构成及要求

5.2 静电手套



PU手套



尼龙手套



PVC手套

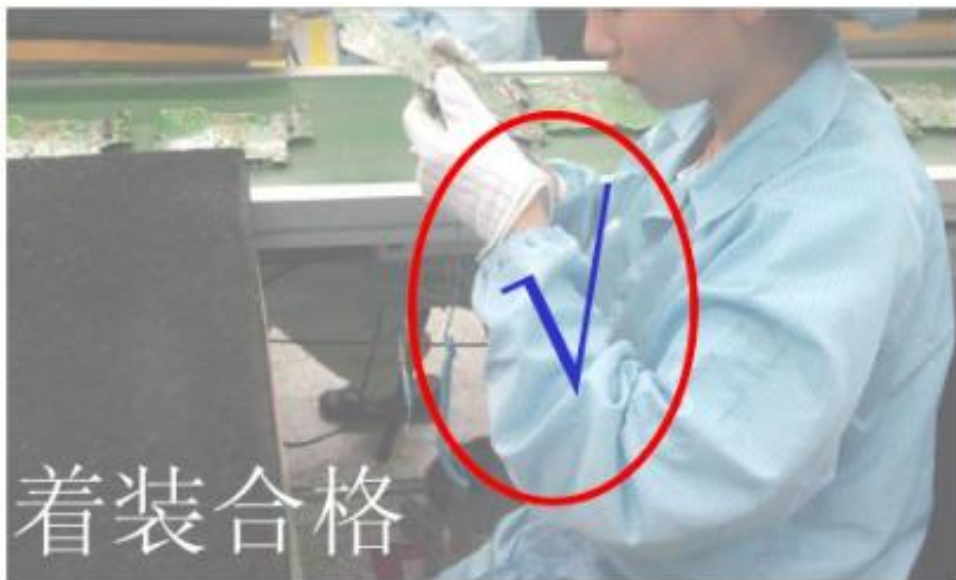
手套类型	防静电指标 (表面电阻 R_s)	使用场所
防静电PU手套	$1 \cdot 10^5 \Omega < R_s < 1 \cdot 10^{11} \Omega$	PCB、集成电路工厂 (1000~10000级洁净场所)
防静电尼龙手套	$1 \cdot 10^5 \Omega < R_s < 1 \cdot 10^{11} \Omega$	SSD生产、组装、操作
防静电PVC手套	$1 \cdot 10^5 \Omega < R_s < 1 \cdot 10^{11} \Omega$	SSD生产、组装等 (10~1000级洁净场所)

SSD：静电放电敏感器件

文件内所有标准参考来源：ANSI/ESD S20.20、IEC 61340

一、构成及要求

5.3 静电服



袖口及衣服
外漏

规格：表面点对点电阻范围 $1 \times 10^5 \Omega \sim 1 \times 10^{11} \Omega$

功能：防止服装的静电积累，宣泄人体与衣服摩擦时所产生的静电

清洗标准：中性水(水温 $< 30^\circ\text{C}$)配合中性洗洁剂轻揉后晾干严禁熨烫及用刷子刷衣服

一、构成及要求

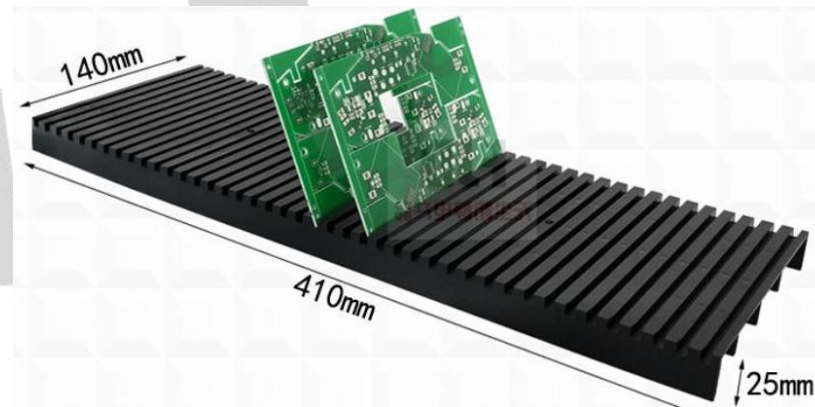
5.4 静电鞋、鞋套



要求：鞋底电阻范围 $1*10^5\Omega\sim 1*10^9\Omega$ ；穿上鞋后，鞋底内面与静电地坪表面间得电阻应不大月 $1*10^9\Omega$ ；鞋底不可附着绝缘物，建议穿薄丝袜和防静电袜；

一、构成及要求

6.1 防静电耗散材料



要求：表面/体积电阻范围 $1 \times 10^4 \Omega \sim 1 \times 10^{11} \Omega$ ；

一、构成及要求

6.2 防静电屏蔽包装

静电屏蔽是把静电对外的影响局限在屏蔽层内，从而消除静电对外的危害；同时屏蔽内层的物质也不会受到外电场的影响；



表面或体积电阻满足：

屏蔽层 $< 1 \times 10^3 \Omega$

内外表面 $1 \times 10^4 \Omega \sim 1 \times 10^{11} \Omega$

一、构成及要求

7、离子风机



- 1、台式离子风机应放置在工作台离作业距离区域30~45cm为佳，以保证有足够的覆盖范围和快速的静电消除；
- 2、离子风机出风口不能有异物阻挡；
- 3、离子风机耗电时间（从1000V中和至100V）应小于3秒。

一、构成及要求

8、防静电辅助工具



CT-1856



CT-1858



CT-1860



CT-1857

建议尽可能使用防静电镊子，在使用金属镊子时，如器件带静电，容易与低电阻镊子发生CDM效应，而损坏电子器件；
静电泄漏电阻满足： $< 1 \times 10^9 \Omega$

一、构成及要求

9、 焊接烙铁

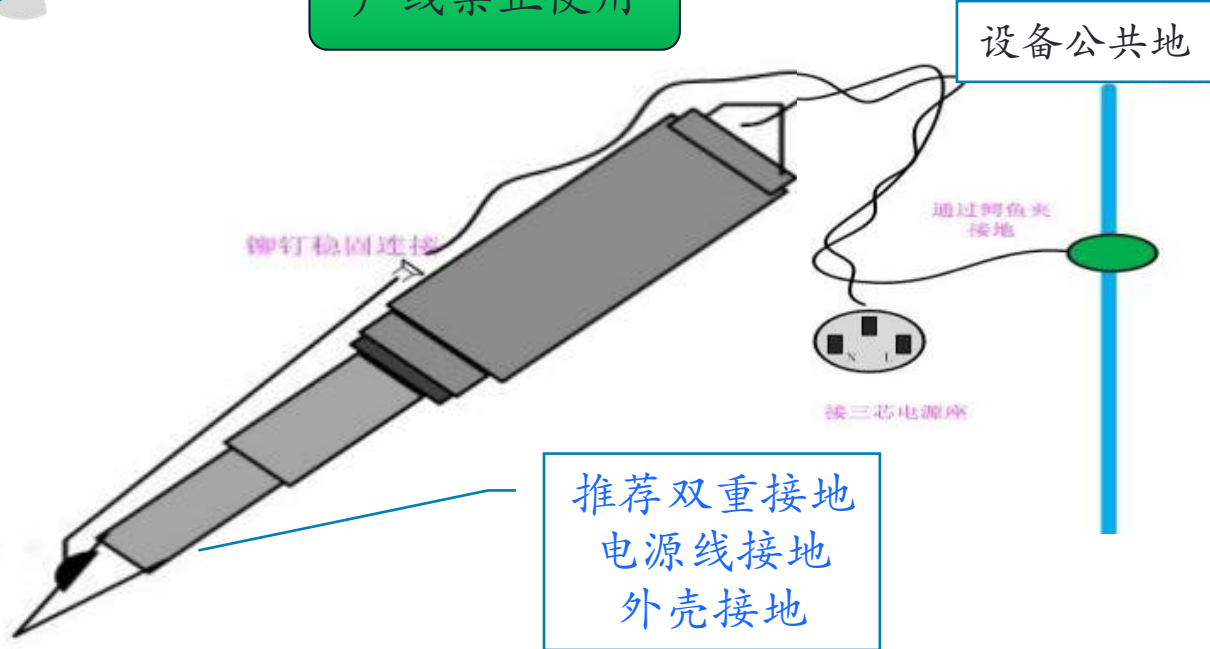
烙铁头对地电阻 $< 10\Omega$;
静电泄漏电阻满足 : $< 1 \times 10^9\Omega$



推荐SMT产线
使用烙铁



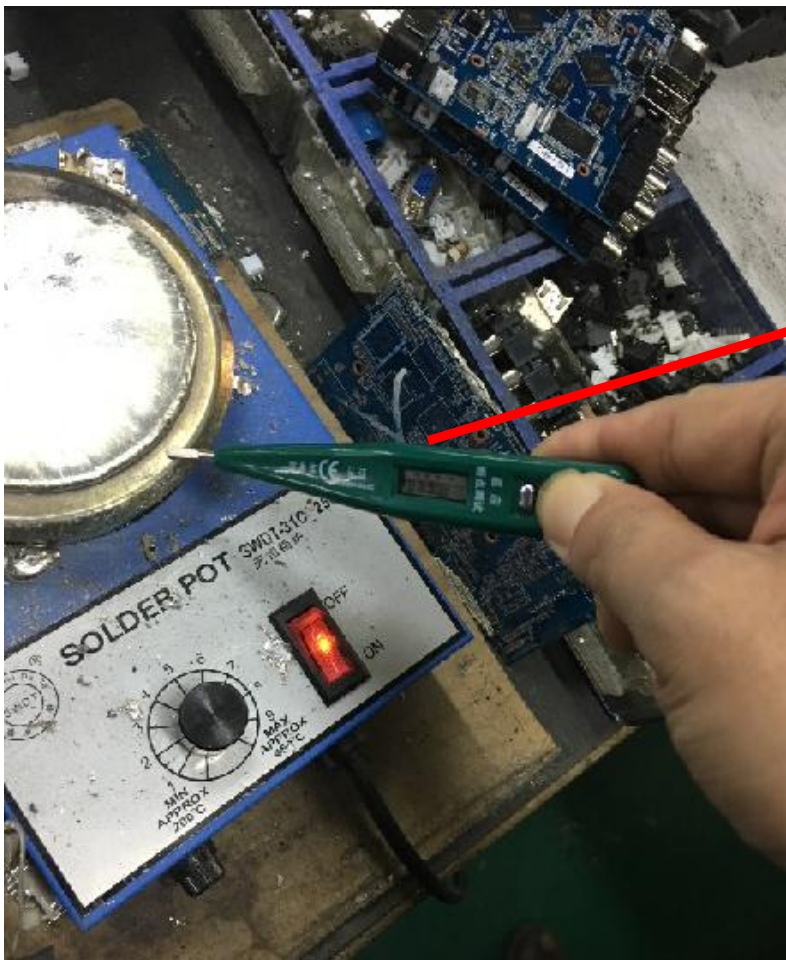
产线禁止使用



推荐双重接地
电源线接地
外壳接地

一、构成及要求

10.1 生产设备接地



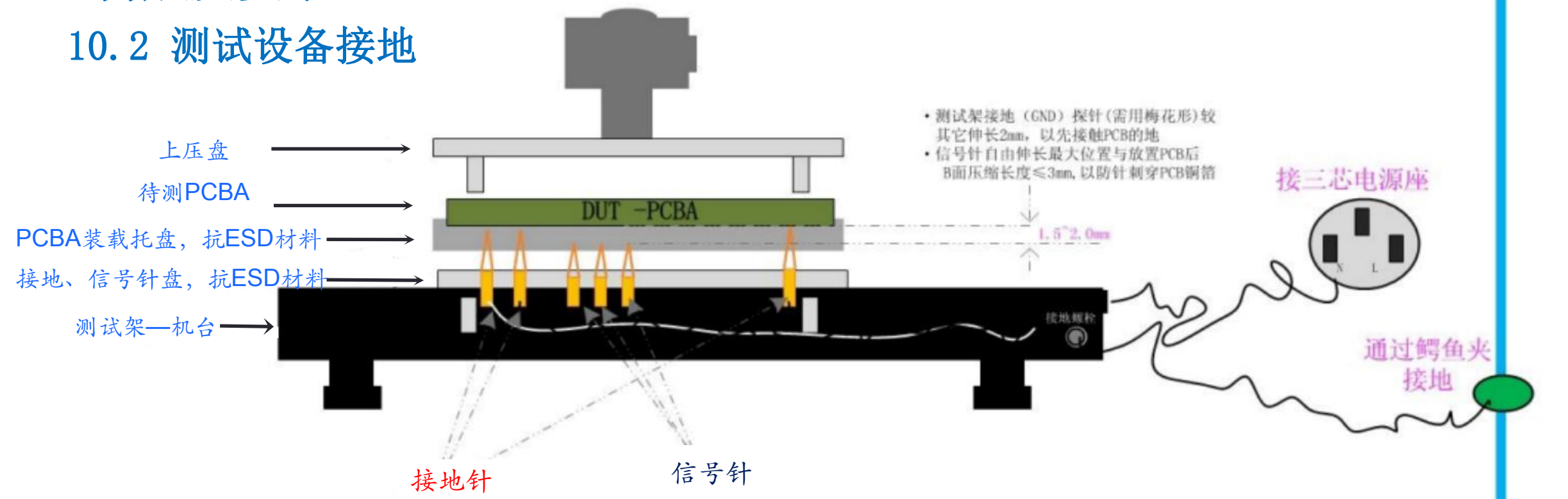
1、使用万用表：测量对地阻抗，各设备外壳与设备地线阻抗应 $< 10\Omega$ ；测量电位差 $< 2V$

2、使用测电笔：设备外壳交流感应电压携带量应 $< 12V$

上图不良：锡炉接地不良，外壳携带交流感应电压110V

一、构成及要求

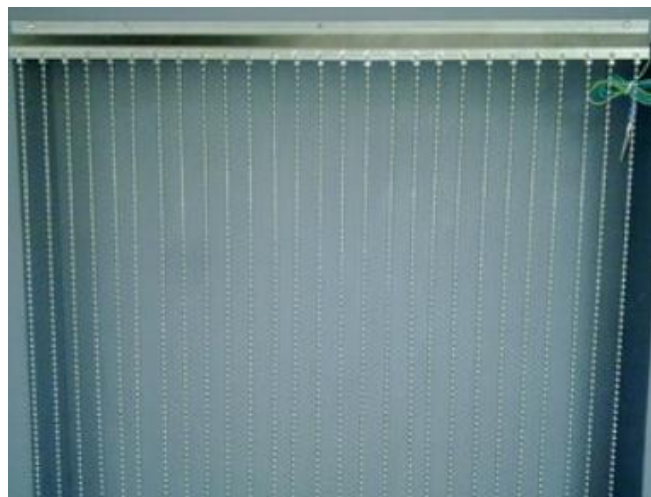
10.2 测试设备接地



- 1、注意顶针的可靠性，定期更换，避免测试时短路导致烧伤线路、器件；
- 2、GND顶针要长一些（见上图），以便保持顶针地最先接触、然后是信号、最后是电源的连接顺序；
- 3、多接一些GND顶针，通过多点接地，来增强系统GND的连接；
- 4、对治具做防呆机制，避免人为误操作，造成顶针带电测试；
- 5、建议使用延时继电器，延时上电和自动下电，是最安全的；

一、构成及要求

11、生产辅助设备



防静电绳可制做成防静电门帘，具有泄放静电的作用。在人员进出时与防静电绳接触，通过防静电绳把人体静电导走，从而消除人体静电，达到很好的防静电效果

一、构成及要求

12、防静电标识



对ESD敏感的标识



该物体已被防护



防静电保护区
ESD PROTECTED AREA

防静电保护区标识

一、构成及要求

13、其他生产测试要求

- 1) EPA区域内禁止停放易起电绝缘材料（包装盘、包装袋、泡沫板等），或采取以下措施：绝缘体与静电敏感器件距离保持在30cm以上；使用离子风扇等设备中和电荷；
- 2) 测试时保持接线~板卡正确的插入方向、正确的接口；
- 3) 定期检查设备的接地状况；
- 4) 选择接地可靠的DC电源、USB连接线；

一、构成及要求

14.1 常见检测设备

兆欧表



ACL-800



TREK152



FLUKE 15B+

一、构成及要求

14.2 常见检测设备

充电板监测仪

CPM-374



手持简易测试装备



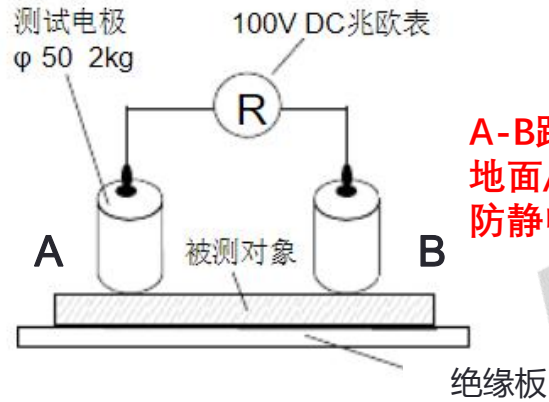
FMX-003



世达62601

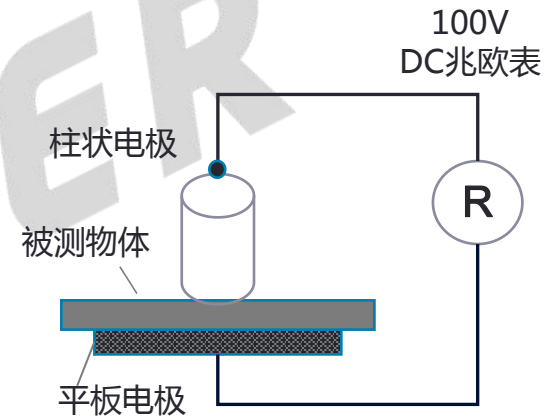
二、检测方法

1、常见电阻测试示意图

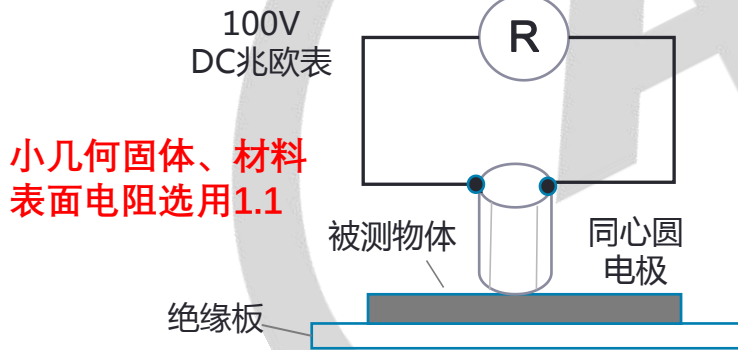


A-B距离
地面/地坪：90-100cm
防静电产品：30cm

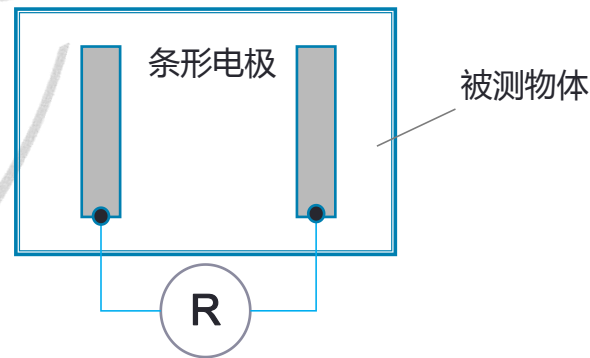
1、表面点对点电阻测试



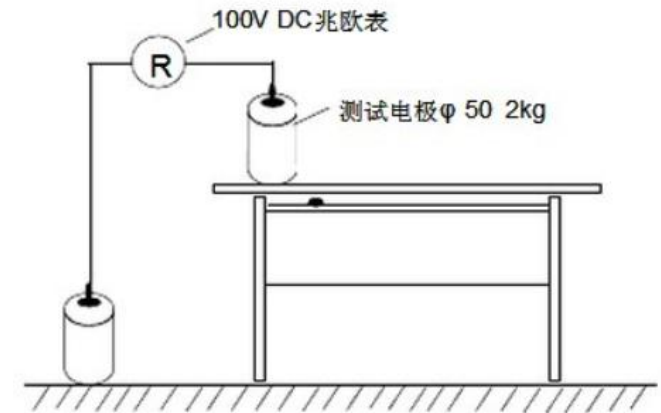
2、体积电阻测试



1.1 表面电阻测试



1.2 表面电阻测试



3、对地/泄露电阻测试

二、检测方法

1.1 穿戴类表面电阻测试方法



静电服表面阻抗量测
使用**方法1**：ABC、DE分属接缝两端，测试时两电极需要在两端分别取点测试，5组数据均值满足 $1.0 \times 10^5 \Omega \sim 1.0 \times 10^{11} \Omega$



静电帽表面阻抗量测
使用**方法1.2**：仪表背部有条形电极（上图右侧），可直接压测，阻值满足 $1.0 \times 10^5 \Omega \sim 1.0 \times 10^{11} \Omega$



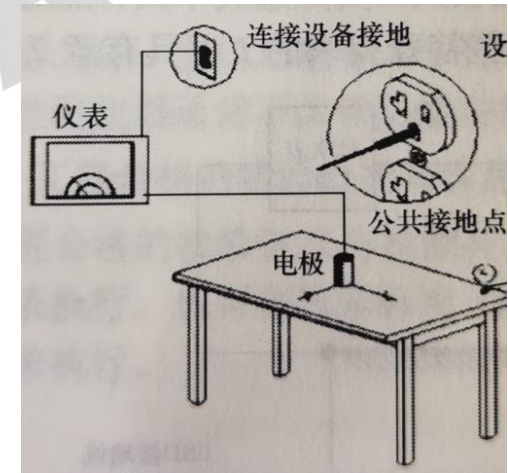
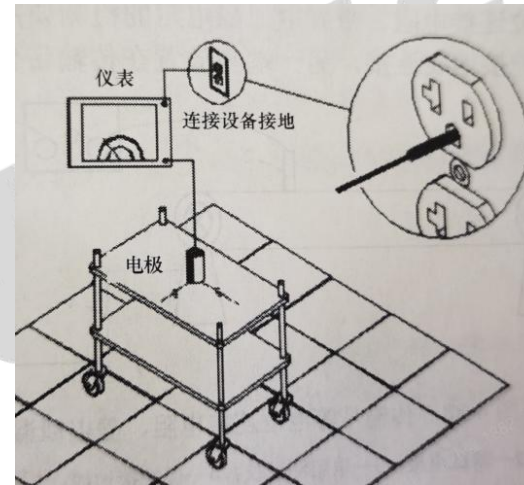
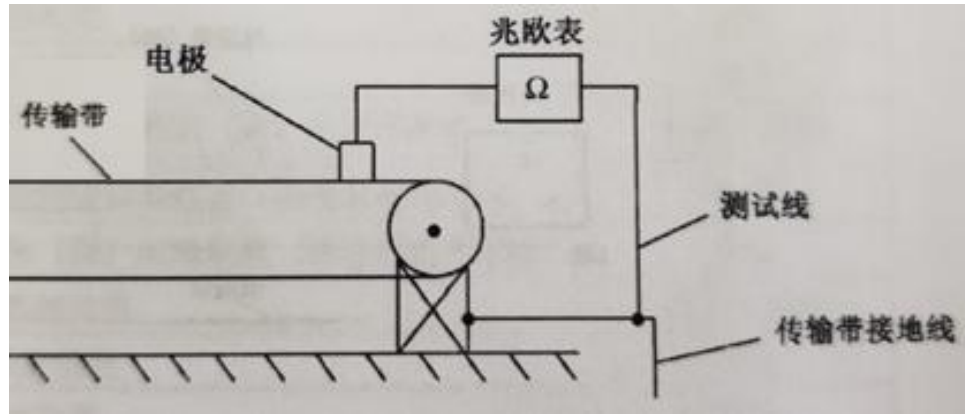
鞋底内面对地阻抗测试：
鞋底内面与静电地坪表面间得电阻应 $\leq 1 \times 10^9 \Omega$



腕带穿戴是对地阻抗测试：
人员每天进入EPA区域，故只需检测穿戴状态时对地电阻即可（ $< 3.5 \times 10^9 \Omega$ ）

二、检测方法

1.2 桌、台面对地电阻测试方法

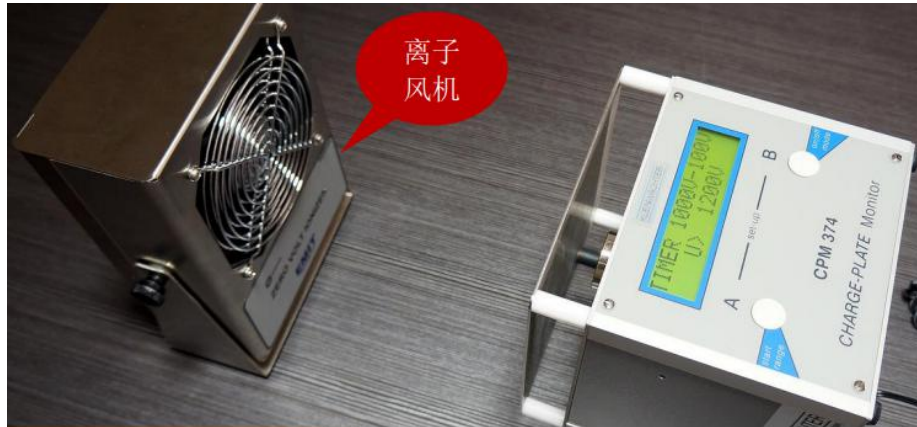


桌、台面对地阻抗量测

使用方法3：测量点对地组织应满足 $1.0 \times 10^5 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$

二、检测方法

2.1 静电消除器离子平衡度及散电时间测试



起始电压可设置为：1000V → 950V … → 550V → 500V
结束电压可设置为：0V → 50V … → 450V → 500V
离子平衡度测试时间可设置为：0s → 10s → … → 50s → 1min → 2min → … → 10min
测试模式可设置为：自动、只测正电压衰减、只测负电压衰减

离子风机耗电时间要求（从1000V中和至100V）
应小于3秒

2.2 常用防静电物品衰减时间测试



用防静电物品静电衰减时间要求（1000V-100V）：

- 静电台垫 < 2秒
- 手腕带 < 0.1秒
- 静电消散指套、手套 < 2秒
- 静电消散镊子、毛刷等工具 < 2秒
- 静电电阻大于 $1 \times 10^{11} \Omega$ 的工具 < 10秒
- 静电消散包装材料 < 2秒
- 静电消散座椅 < 2秒
- 静电消散工衣工帽 < 2秒

二、检测方法

3、手持测试仪



- 1) **测电笔** 主要检测产线静电接地线、烙铁外壳、及其它金属设备外壳接地状；
- 2) 表笔显示数据 $\leq 12V$ ，表示线路及外壳安全，接地良好。



- 1) **表面静电测试仪** 主要测试包材、静电屏蔽袋、托盘、桌面等表面静电荷附着情况；
- 2) 表面显示数据 $\leq 100V$ ，表示该物质/材料表面静电消散状况较好，较易适用于生产。

三、制度建立与运行

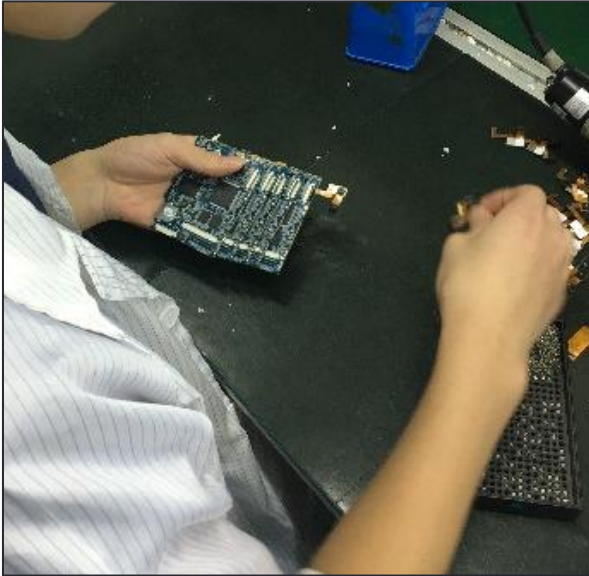
1、建立步骤

- 1) 确定企业涉及静电防护的部门；
- 2) 各部门的职能及职责：谁实施、谁维护、谁点检、谁培训、谁监督？
- 3) 划定防静电区域；
- 4) 各区域内防静电操作规程、要求、检查条例等；
- 5) 培训与考核，使目标可正确操作；
- 6) 运行与监督，保证系统满足要求。

三、制度建立与运行

2、常见不符合静电管控项

2.1 人员&设备接地类



- × 裸手拿板/IC
- √ 佩戴有线手环、正确穿着防静电衣



- × 手环接地线悬空
- √ 保持静电线夹和主线牢固接触



- × 未接交流地线或已经断开
- √ 检查断裂位置或重新配置地线

三、制度建立与运行

2、常见不符合静电管控项

2.2 生产辅助用品



- × 显微镜外壳为非防静电材质
- √ 使用静电材料包覆



- × 禁止使用非防静电吸锡枪
- √ 使用防静电吸锡枪



- × 工作台近距离置放SOP的普通塑胶文件袋
- √ 防止距离不小于30cm，或放置离子风机

三、制度建立与运行

2、常见不符合静电管控项

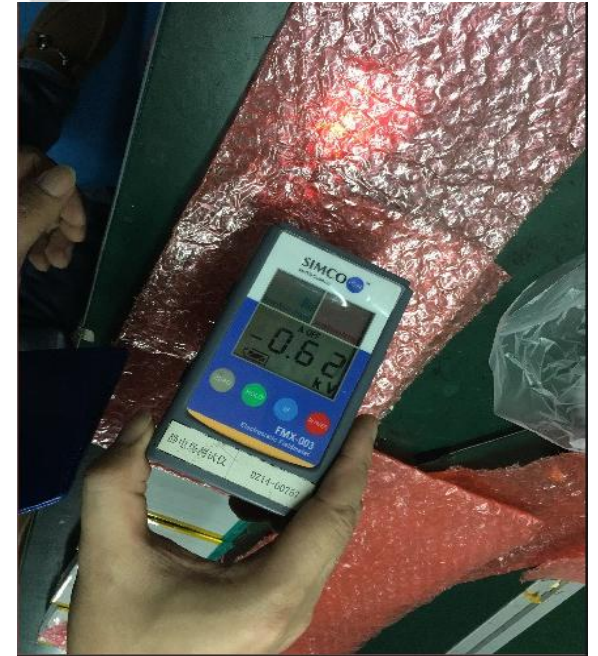
2.3 生产包装类



- × 装有单板的防静电箱不能直接用胶膜捆扎
- √ 取消常规打包膜捆扎，改用防静电材料



- × 使用非常规塑胶袋盛放器件
- √ 改用静电盒盛放

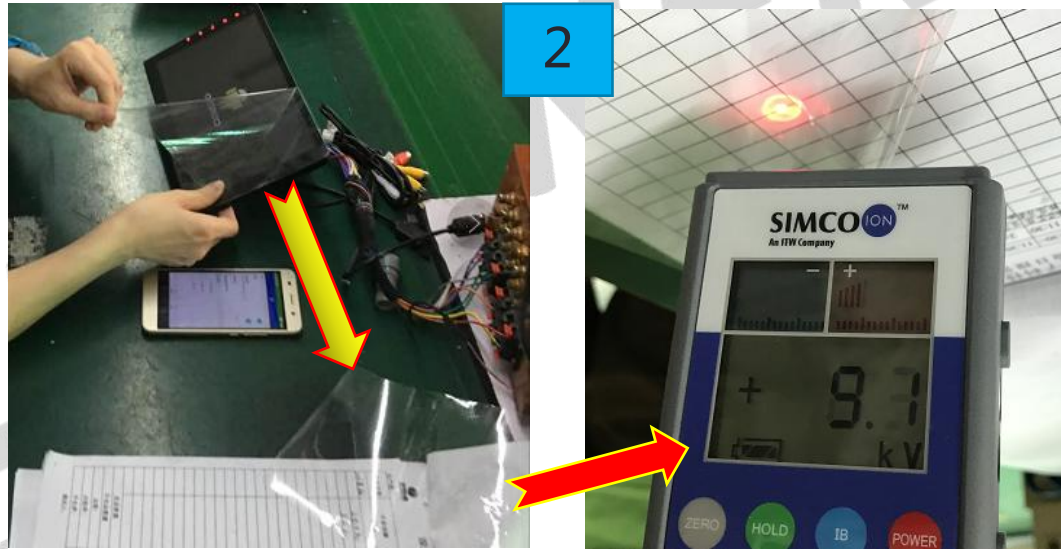
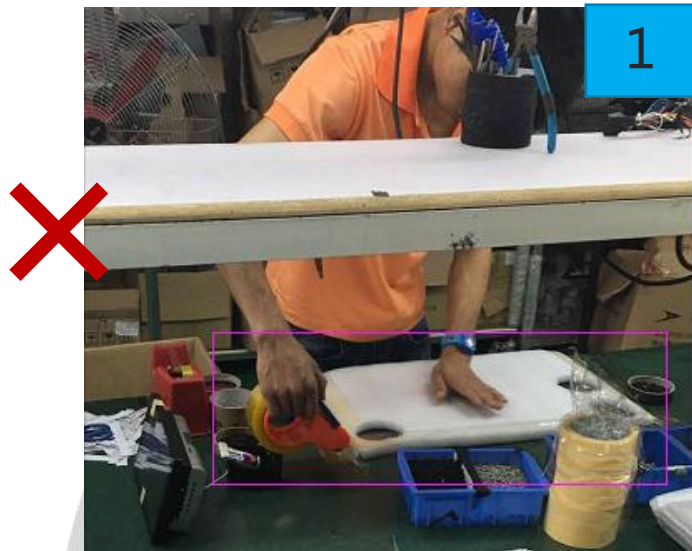


- × 产线禁止使用非防静电材料
- √ 改用防静电气泡袋

三、制度建立与运行

2、常见不符合静电管控项

2.4 操作过程



- 1) 图1动作瞬间可产生4-6KV静电，且存放于珍珠泡棉上，持久、不易消散；
 - A、建议禁止在产线撕扯胶带动作；
 - B、选用红色防静电泡棉/红色气泡袋，使用固体胶粘于底部并与桌面固定即可。
- 2) 图2 IP撕膜瞬间会产生4-15KV静电，存在ESD Damage 元器件隐患。
 - 建议选用质量较好的IP膜；
 - 避免产线测试时反复撕扯，既降低静电产生机率，又可提升生产效率。

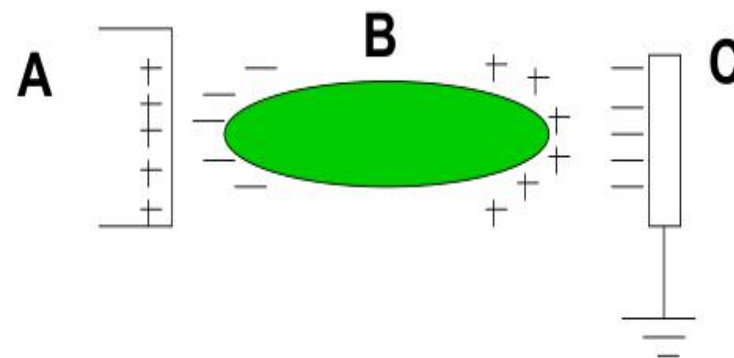
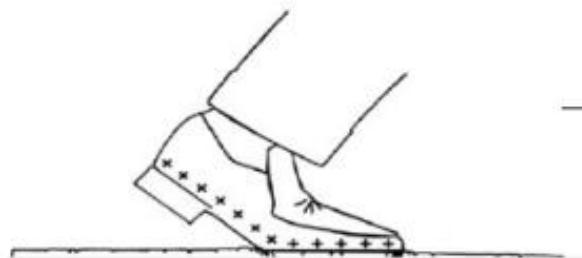
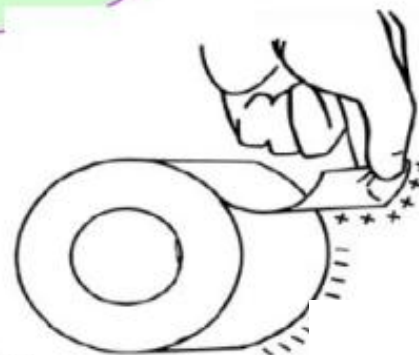
附一、静电的基础知识

1、静电的产生

☑ 静电就是静止的电荷，就是物体表面有多余的电荷（正电荷或负电荷）存在。

静电产生有三种方法：

- ✎ 摩擦
- ✎ 相接触的两个物体发生分离
- ✎ 静电感应产生静电



附一、静电的基础知识

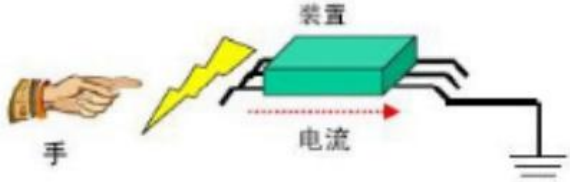

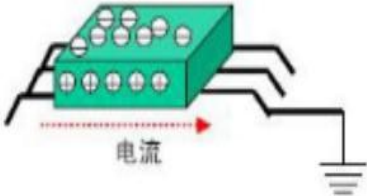
2、影响静电起电的因素__湿度

动作/场景 \ 电压	相对湿度	
	10-20%	65-90%
工作椅上的人员	6000	100
作业指导书塑料外壳	7000	600
聚乙烯地板上行走	12000	250
有泡沫垫的工作座椅	18000	1500
工作台面上拿起塑料袋	20000	1200
在地毯上行走	35000	1200

综上所述:环境越干燥越容易产生静电

附一、静电的基础知识

3、静电释放模式

HBM	MM	CDM
人体—器件—地	机器—器件—地	器件—金属—地
<p>①作业人员（从人体向装置放电） 人体带电模式（HBM）</p> 	<p>②装置类（从装置向装置放电） 机器模式（MM）</p> 	<p>③半导体元件（装置自身带电引起的破坏） 装置带电模式（CDM）</p> 

附一、静电的基础知识

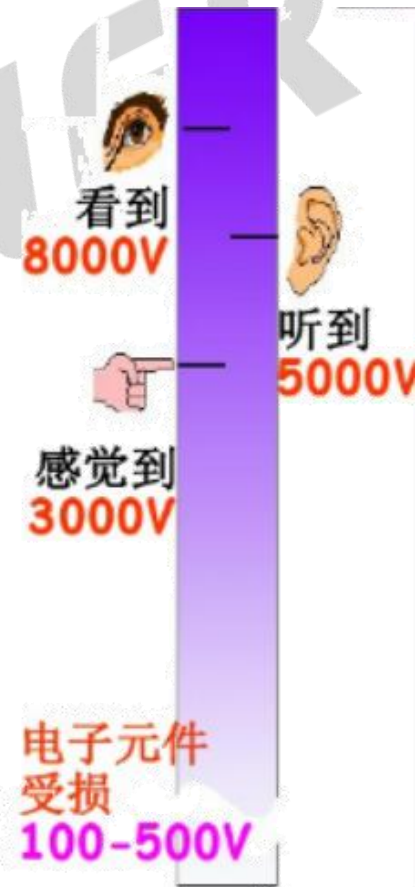
4、人体感知



各类型之晶体皆有其抗静电能力.实际上芯片在达到能承受静电压值的1/4以后,这些芯片就会产生“衰退”的现象.这些衰退的芯片在后续制程中或是在 PC 板组装时,如果再经静电影响将会提前失效.

电子界ESD的标准电压一般要求为：
+100volts以下

针对我们的 CPU（处理器）产品,安全静电电压是
< 100V!



附一、静电的基础知识

5、常见防静电标识



对ESD敏感的标识



该物体已被防护



防静电保护区标识

附二、静电的危害

1、常见半导体静电敏感电压

VMOS	30-1,800 (VOLTS)
MOSFET	100-200
Ga SFET	100-300
EPROM	100-
JFET	140-7,200
SAW	150-500
OP-AMP	190-2,500
CMOS (INPUT PROTECTED)	250-3,000

附二、静电的危害

2、静电产生过程

元器件从生产到使用的整体过程中都可能遭受静电损伤，依各阶段的可分为：

- (1) **元器件制造过程** 在这个过程，包含制造、切割、接线、检验到交货。
- (2) **印刷电路板生产过程** 收货、验收、储存、插入、焊接、品管、包装到出货。
- (3) **设备制造过程** 电路板验收、储存、装配、品管、出货。
- (4) **设备使用过程** 收货、安装、试验、使用及保养。
- (5) **设备维修过程**

所以，从元器件的制造，使用到维修的任一环节都有可能发生静电损害。

附二、静电的危害

3、静电导致的失效模式

1) 突变失效：

此类失效占静电损伤的**10%**.

表现现象：SMT/DIP测试位即出现无法开机、大电流、发烫等异常

2) 潜在性缓慢失效：

此类失效占静电损伤的**90%**.

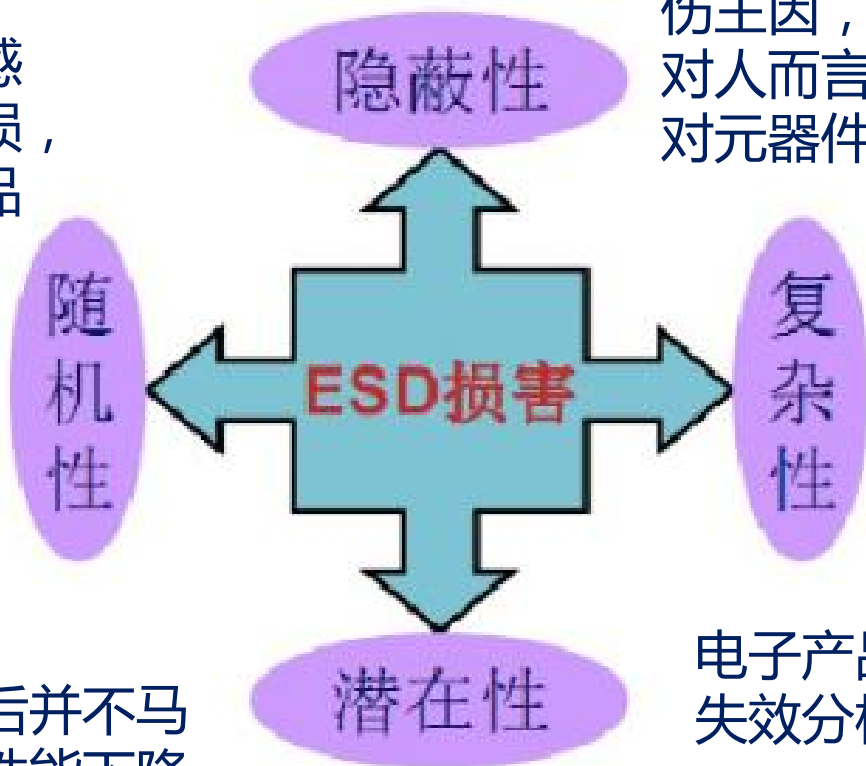
表现现象：受后段组装或终端应用时电流影响，出现无法开机、大电流、发烫、功能缺失等异常。

附二、静电的危害

4、电子产品静电损伤的特点

只要电压超过或接近静电敏感电压阈值，就可能发生静电损伤，在生产各个环节，包括成品运输等都可能产生ESD损伤。

人体带电是电子产品静电损伤主因，几KV的人体静电，对人而言放电感受几乎没有，对元器件却是致命的。



有些元器件在损伤后并不马上表现出来，只是性能下降，并不马上失效。

电子产品有精、细、小的特点，失效分析易于同其它损伤混淆。

附二、静电的危害

5、静电损害后果



产品失效/低可靠性



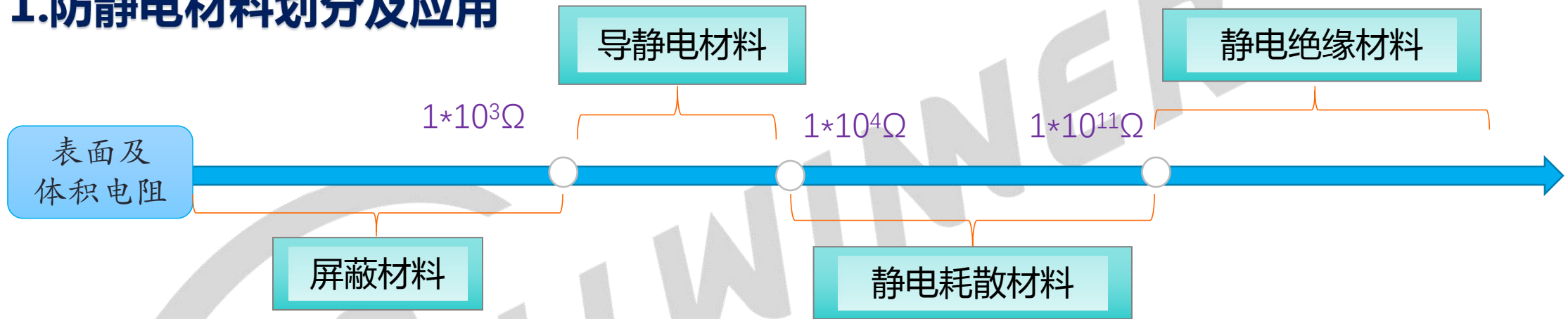
高退货率（高成本）



客户抱怨

附三、静电防护原理

1.防静电材料划分及应用



- 1、屏蔽材料：**用于EPA之前电子器件的包装和器件周边有较强电场（源）的屏蔽用品；导电性好，但存在CDM效应风险；一般作为屏蔽袋内层使用，不能直接接触电子器件；
- 2、导静电材料：**能够使电荷迅速耗散或对地泄漏的材料，用于不涉及人身安全场所的防静电制品设备，作为等电位连接用品使用（短路棒等）；
- 3、静电耗散材料：**用于涉及人身安全场所的各类防静电制品和材料，如：包装、地坪、工作台面、操作器具，该材料不会导致CDM效应；
- 4、静电绝缘材料：**此类材料通常在接触摩擦分离时，材料表面产生的静电荷很少，主要用于防静电包装、织物、工作表面等（纸箱、木栈板），不会产生CDM效应。

附三、静电防护原理

2、静电防护的方法

2.1 静电耗散、泄漏、等电位接地

2.2 静电中和

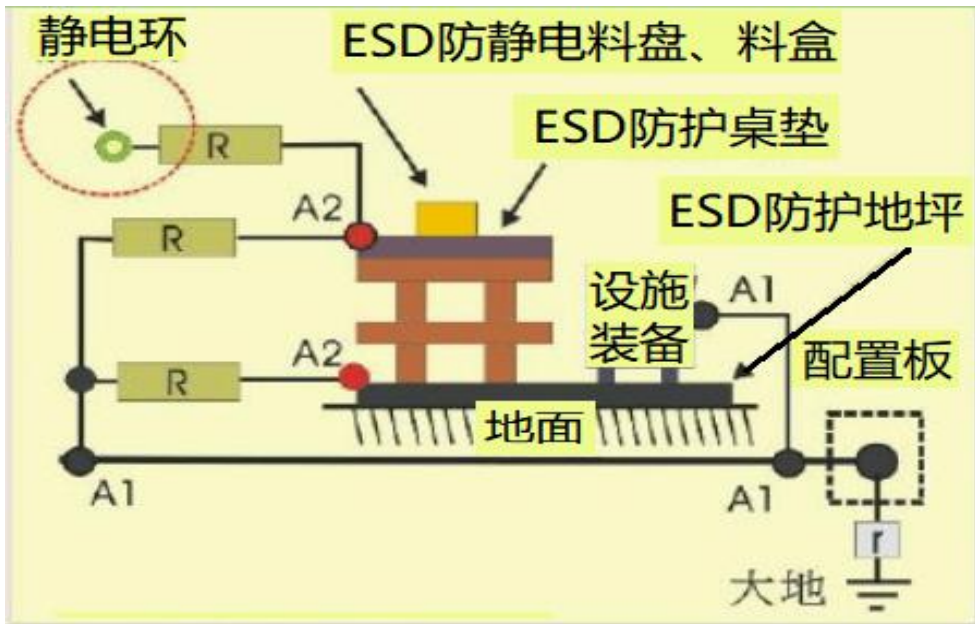
2.3 静电屏蔽与接地

2.4 环境增湿

2.5 电子产品ESD防护设计

附三、静电防护原理

2.1 静电防护 之静电耗散、泄漏之接地



A1 : 大地接地点 R : 泄放电阻 $\approx 1.2M\Omega$

A2 : 静电接地点 r : 接地阻抗 $< 100\Omega$

防静电接地的作用：耗散、泄漏静电，区域内防静电系统全部等电位。

定义：带电体上电荷通过内部或其表面等接地途径，使其全部消失的方法。

原理：将静电区域内所有需要管控的设备、仪器、人员等采取并联的方式接地；

软接地：也是间接接地，在接地电路中串接电阻，限制人体触电时的电流 ($< 5mA$)，以保护人身安全的一种接地方式 ($R \approx 1.2M\Omega$)；

硬接地：设备及其外壳直接通过地电阻金属/线与大地做导通性连接的一种方式 (R 越小越好)。

附三、静电防护原理

2.2 静电防护 之静电中和

定义：带电体上的表面电荷和外部相反属性的电荷（电子、离子）的复合而使所带表面电荷部分或全部消失的现象；

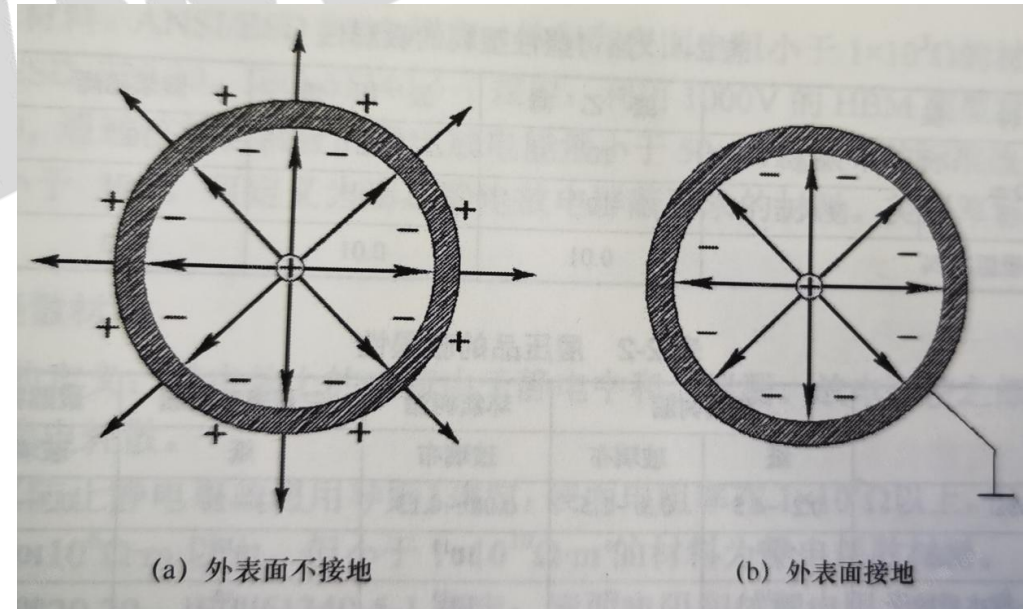
原理：利用空气电离原理产生正负离子与静电带电体的正、负电荷中和而消除带电体静电荷。

静电中和措施是生产中教常见，用于消除EPA内放置的绝缘体、某些工艺操作、对地绝缘的孤立导体静电的消除，是很重要的静电防护措施之一；常见应用于离子风扇/风机等。

附三、静电防护原理

2.3 静电防护 之静电屏蔽与接地

- 1) 静电屏蔽是通过将一个区域封闭起来的壳体实现的；壳体可以做成金属隔板式、盒式等形状。
- 2) 静电屏蔽的壳体不允许孔洞。
- 3) 静电屏蔽分为主动屏蔽 (b) 及被动屏蔽 (a) ；
- 4) 被动屏蔽的**典型应用**就是静电屏蔽袋及带封口的静电箱。



附三、静电防护原理

2.4 静电防护 之环境增湿

环境相对湿度越低，起电效果越明显，相对湿度越高，静电越容易耗散及泄漏；但随着环境湿度持续上升，可能会导致器件的生锈/腐蚀及人体不适；故建议湿度范围一般保持在RH45%-75%。

附三、静电防护原理

2.5 静电防护 之产品及线路的ESD防护设计

常规增强设计参考：

- 仪器和接口电路尽量选用静电不敏感器件；
- 与SSD电路连接的控制、开关及锁定装置，应设置通过机壳地线泄放静电的电路；
- 设备和仪表内设置的SSD要尽可能远离高压、火花放电、射频、电机等电路或部件；
- 对于SSD电路可采用接地的金属壳将其屏蔽；
- SSD放置位置应尽可能避免与有可能输入ESD脉冲或EOS点电路直接连接；
- 尽可能采用间接接触的方法，以增强抗EOS、ESD的能力；

附四、EOS的产生

1、EOS概念

- ✓ **EOS是指过电应力**，当外界电流或电压超过器件的最大规范条件时，器件性能会减弱甚至损坏
- ✓ EOS是一个非常广的概念，物理上可以看成是一种较长时间的低电压，大电流的能量脉冲（通常电压 $<100V$ ，电流大于 $10A$ ，大于 $1ms$ 的发生时间）。

附三、EOS的产生

2、EOS和ESD的区别

类型	ESD	EOS
成因	环境的干燥、人员未接地等 ESD属于EOS的特例	电源、设备接地不当/漏电等
特点	高电位、小电量、弱电流	低电位、大电量、强电流
损坏时长	ns	ns~ms
电性现象	VSS线路比较不会受到损坏	线路或VSS线路会有明显烧坏
	功能检测不良	功能检测不良
损坏现象	一般为元件MOS损坏	一般为元件MOS或金属线路均有损坏
	损坏处多为连线点或一条线	损坏处多为某一区域

附三、EOS的产生

3、EOS的产生

1. 人员不正确的动作程序

产品通电时，进行测试配备的插拔或遭外力移动

2. 配备：不良配备所造成的损坏

- (1) 治具, 烙铁, 电动起子未接地而漏电
- (2) 周边配备之金手指磨损所造成短路

3. 环境：电源不稳定

- (1) 电源接地不良（一般是插头松动）
- (2) AC电源的不稳定
- (3) 机台设备的外壳漏电

4. 设计：硬件设计不良

- (1) 零件周边线路设计不良
- (2) 零件耐压设计不良
- (3) 测试配备是否防呆

EOS成因很多，主要会出现：
在上下电瞬态过程，电流倒灌以及
过度的电压电流驱动（常说的过载）

附三、EOS的产生

4、EOS的控制

- 1) 接地：可靠接地并保证地线和零线连接正确；
- 2) 减小设备中接地回路的尺寸；
- 3) 确保内部接线方式的良好布局，以消除开关噪声耦合；
- 4) 执行生产环境的日常检查；
- 5) 培训和教育从事EOS/ESD相关生产人员；



The End