

ESD培训教材

（员工类）



华为技术有限公司**ESD**分会

前言

裸手接触单板，
单板不能工作了
怎么回事？？



这是静电放电（ESD）在作怪！！



前言

Ø 通信器件的ESD敏感度越来越高

3G、传输数据高端等部分器件静电敏感度降到100V以下
通过产品设计并不能完全对器件进行ESD防护

Ø 产品成本对ESD控制的要求越来越高

设计成本、销售成本、服务成本

Ø 产品销售国际化，对ESD防护提出了很高的要求

海外应用环境复杂，人员意识亟需提高，维护成本高

Ø 产品质量要求提高，客户要求提高

客户对设备故障的敏感度加强，操作规范性加强

内 容



- o 静电基础知识
 - o 静电控制
 - o 常见的不符合静电控制规范的实例
-

静电基础知识



- ❏ 基本概念
 - ❏ 静电的历史及影响
 - ❏ 静电的产生
 - ❏ 静电的特点
 - ❏ 静电的危害
 - ❏ 材料的电特性
 - ❏ 常见的防静电材料
 - ❏ 防静电标识
-

基本概念

- 静电：静电就是物体上多余的电荷。它所产生的效应包括带电体之间力的作用和电场。
 - 电荷：物质是由原子构成，原子是由电子、质子、中子构成。
 - 静电放电（**ESD—Electrostatic Discharge**）：带有不同静电电势的物体或表面之间的静电电荷转移。有两种形式：接触放电，电场击穿放电。
-

基本概念

- o 静电敏感度(**ESDS**—Electrostatic Discharge Sensitivity)
 - o 静电敏感器件(**ESSD**—Electrostatic Sensitive Devices)
 - o **EPA**:ESD Protect Area (ESD防护区域)
 - o **ECA**:ESD Control Area (ESD控制区域)
-

静电的历史及影响

- o 闪电
 - o **600BC-Thales**发现用毛皮摩擦过的橡胶可以吸起羽毛。
 - o 公元**1400**年，欧洲人在黑火药的生产过程中采用了静电控制。
 - o 公元**1600**年，**William Gilbert** 重复了**Thales** 的实验，并观察到干燥天气的影响。
-

静电的历史及影响

- o 公元**1700**年**Hauksbee** 发明了静电发生器、验电器，发现了电磁感应现象。
 - o 公元**1800**年
 - o --**Faraday** 发明了**法拉第笼**
(作用是形成静电屏蔽)
 - o --**Kelvin** 发明了静电测试仪，
 - o --造纸厂使用了接地技术，
 - o **Volta** 发明了电池。
-

静电的历史及影响

ü 正面！

- ✚ 复印机
- ✚ 环境控制(吸尘器)

ï 危害！

- 医院里麻醉蒸气爆炸
 - 飞行器在飞行过程充电影响了通信
 - 在**1960**年第一个**ESD**敏感器件诞生
现在计算机里的磁头是**ESD**最敏感的器件，敏感度约**20V**。
-

静电的产生

静电电压能够由
以下几种情况产
生：

- ▲ 摩擦剥离起电
- ▲ 感应起电
- ▲ 电容的改变

科学定理

1、库仑定理

同性排斥
异性吸引

2、 $V=Q/C$

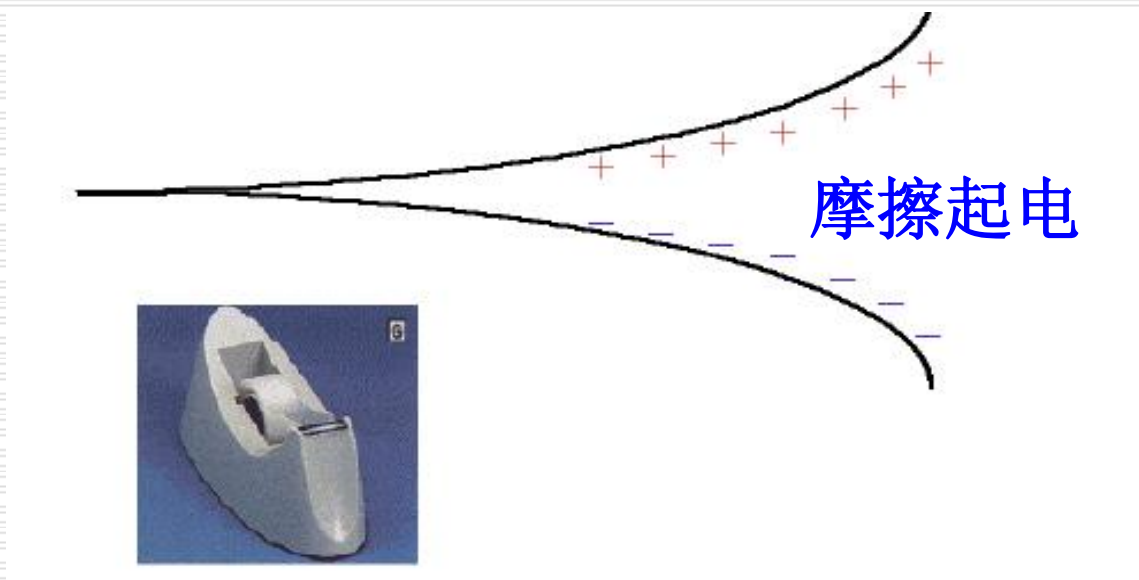
V =电压（伏特）

Q =电荷（库仑）

C =电容（法拉）

静电的产生

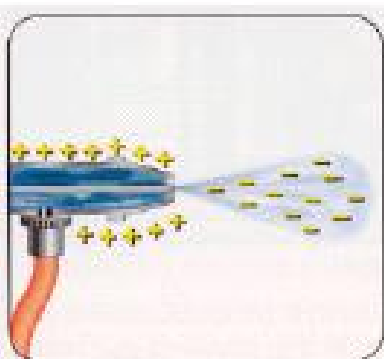
静电的产生



物质的结合和分离都会产生静电。

静电的产生

可见，那里有移动，那里就有摩擦起电。



静电的产生

空气
石棉
玻璃
云母
头发
尼龙
羊毛
毛皮
铅
丝
铝
纸



正电

钢
木头
琥珀
硬橡胶
铜银
硫磺
聚合物
特氟龙



负电

材料摩擦生电序列表

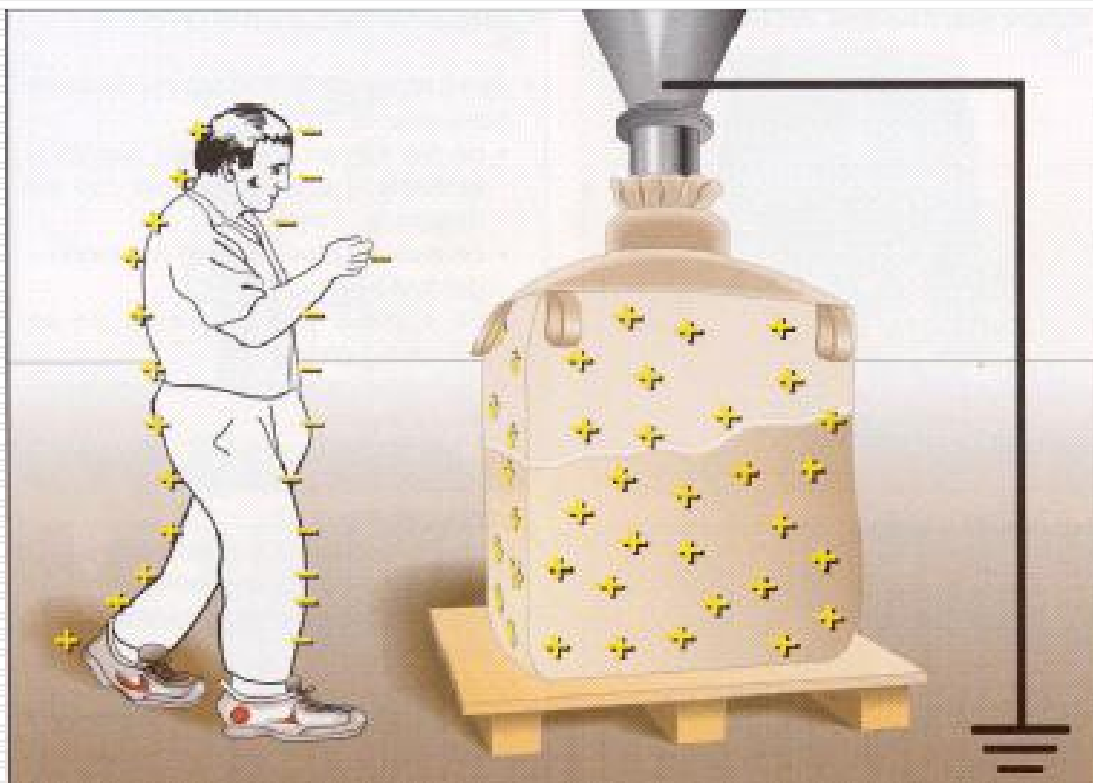
静电的产生

人体活动产生典型的静电电压 (V)

人体活动	静电势 (空气相对湿度10~20%)	静电势 (空气相对湿度65~90%)
在地毯上走动	35000	1500
在聚乙烯地板上走动	12000	250
在工作台上工作	6000	100
拿聚乙烯纤维包	7000	600
从工作台拿起聚乙烯衬垫	20000	1200
坐在填有聚氟脂泡膜的椅子上	18000	15000

干燥环境更易积累静电电荷

静电的产生



人体被感应起电了

感应起电

静电的特点

在**3000**伏时，你能
通过皮肤感知



在**5000**伏时，你能
听见



在**10000**伏时，你能
看见



人体对ESD的敏感



静电的特点

- Ø **高电位：**可达数万至数十万伏，操作时常达数百至数千伏（人通常对**3KV**以下静电不易感觉到）。
 - Ø **低电量：**静电流多为微安级（尖端瞬间放电例外）。
 - Ø **作用时间短：**微秒级。
 - Ø **受环境影响大：**特别是湿度，湿度上升则静电积累减少，静电压下降。
-

静电的危害

- r 通信产品故障
 - r 软件故障**30%**多
 - r 硬件故障中器件失效**30%**多、外应力（环境温湿、灰尘腐蚀、雷电、机械应力、包装等）导致产品故障约**30%**
 - r 器件失效中**EOS/ESD**失效率占**30~40%**，而高静电敏感的器件**EOS/ESD**失效率高达**60%**左右。
-

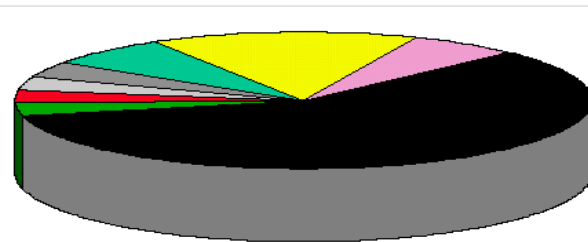
静电的危害

高静电敏感器件失效原因排序

- ▶ EOS/ESD 59%
- ▶ 电子测试 3%
- ▶ 氧化/钝化 3%
- ▶ 导体失效 3%
- ▶ 硅片断裂 4%
- ▶ 引脚短路/开路 7%
- ▶ 引脚连接 15%
- ▶ 其他 6%

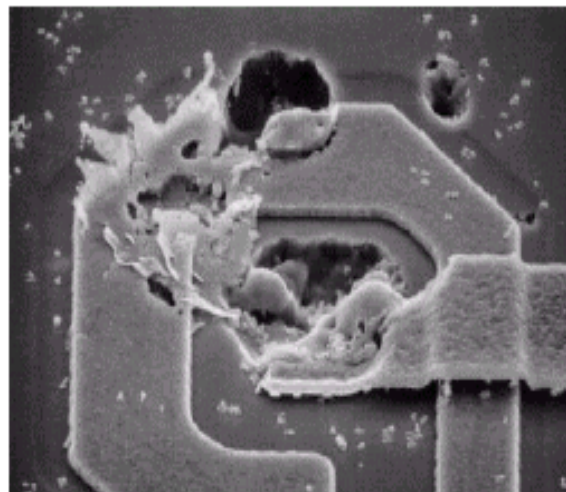
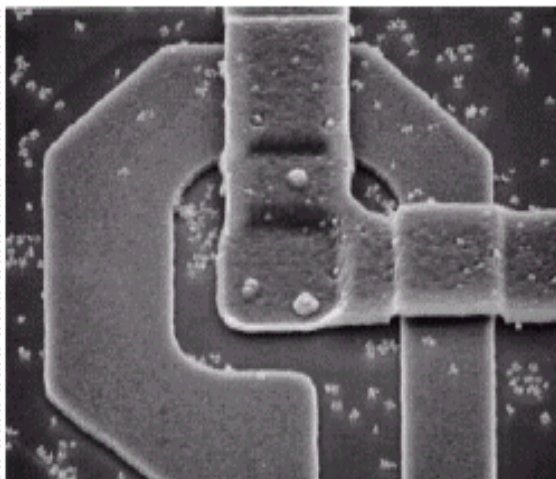


**EOS/ESD引起的失效
排在第一位**



静电的危害

ESD失效

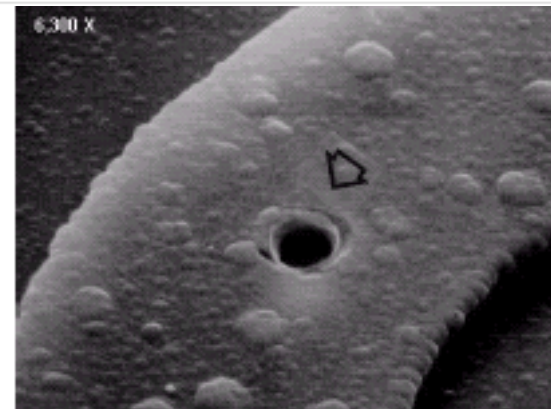
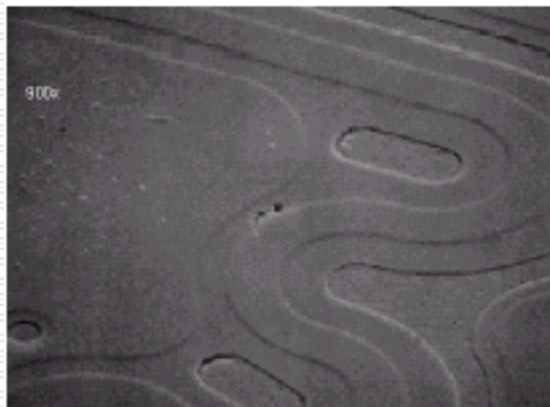
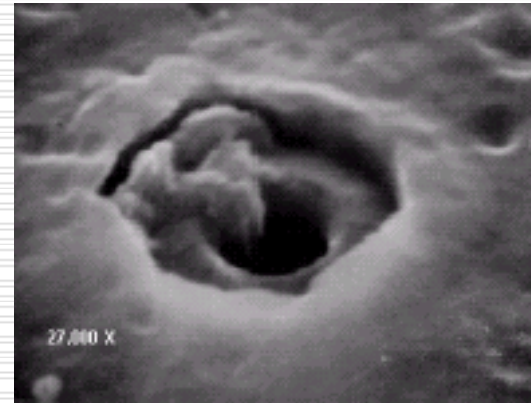


仿真人体带 **8000V** 静电放电
放电 **3** 次
放大 **3000** 倍

静电的危害

硬损伤：器件直接不能工作。

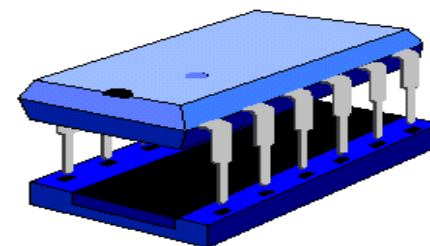
软损伤：ESD减弱了器件或单板的性能，但仍能通过测试。单板或器件的特性变差，最终失效。



附：各种常用器件的静电敏感性

<u>Device Type</u>	<u>Threshold Susceptivity</u> <u>(Volts)</u>
--------------------	---

- | | |
|---------------------|------------|
| • MOSFET | 10 - 100 |
| • VMOS | 30 - 1800 |
| • NMOS | 60 - 100 |
| • GaAsFET (Device) | 60 - 2000 |
| • EPROM | 100+ |
| • CMOS | 200 - 3000 |
| • GaAsFET (Wafer) | 25 - 50 |
| • JFET | 140-7000 |
| • SAW | 150-500 |
| • Op-AMP | 190-2500 |
| • Schottky Diodes | 300-2500 |
| • Film Resistors | 300-3000 |
| • Bipolar Resistors | 300-7000 |
| • ECL | 500+ |
| • SCR | 500-1000 |
| • Schottky TTL | 500-2500 |



人体静电可以损坏任何一个常用半导体器件

静电的危害

ESD失效带来的影响

+ 内部损失

金钱

时间

不可估计的

+ 外部损失

信誉

用服服务

顾客满意度

材料的电特性

- 绝缘体

- 导体

- 静电释放材料

材料的电特性

绝缘体特性

- 很大的体电阻，体电阻 $> 1 \times 10^{11} \Omega$
 - 很少有电子在物体中移动，在同一种物体上的不同地方可以保持正电荷和负电荷
 - 绝缘体的静电耗散只能通过环境，不能通过自己的表面接地耗散
-

材料的电特性

绝缘体



尼龙
纸板
木头
硬橡胶
聚和物
聚氟乙烯
特氟龙

注意：纸板和木头在湿度较高时因为吸水具有静电耗散性能，湿度较低（一般小于**50%**左右）时表现为绝缘性能。

材料的电特性

导体

- 体电阻 $< 1 \times 10^4 \Omega$
 - 电子能在导体表面和体内自由流动
 - 如果被接地，电荷能迅速被中和
-

材料的电特性

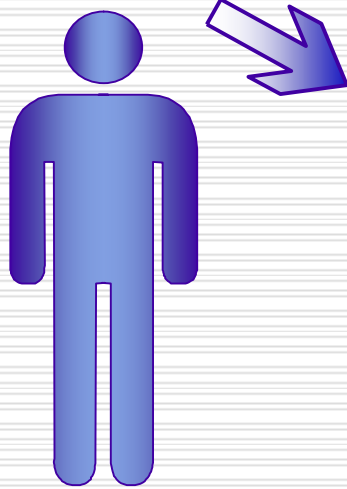
导体



铜
锡
钢
铝

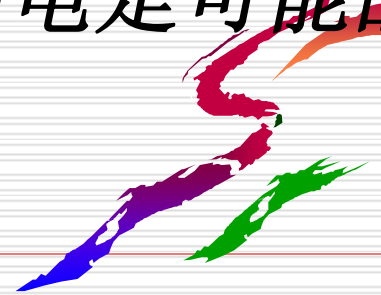
材料的电特性

人体



人可以活动

- | 人是导体，容易产生静电
- | 对地能储存电荷
- | 人在走动时更易产生静电
- 产生**15**千伏的静电很常见
- 产生**35**千伏的静电是可能的



材料的电特性

静电耗散材料

- 丨 体电阻 $\geq 1 \times 10^4$ $< 1 \times 10^{11} \Omega$
- 丨 电子在材料的表面可以自由移动，但移动的速率由于电阻而受到控制
- 丨 如果被接地，电荷将被缓慢的释放掉

防静电
工具

防静电包
装材料

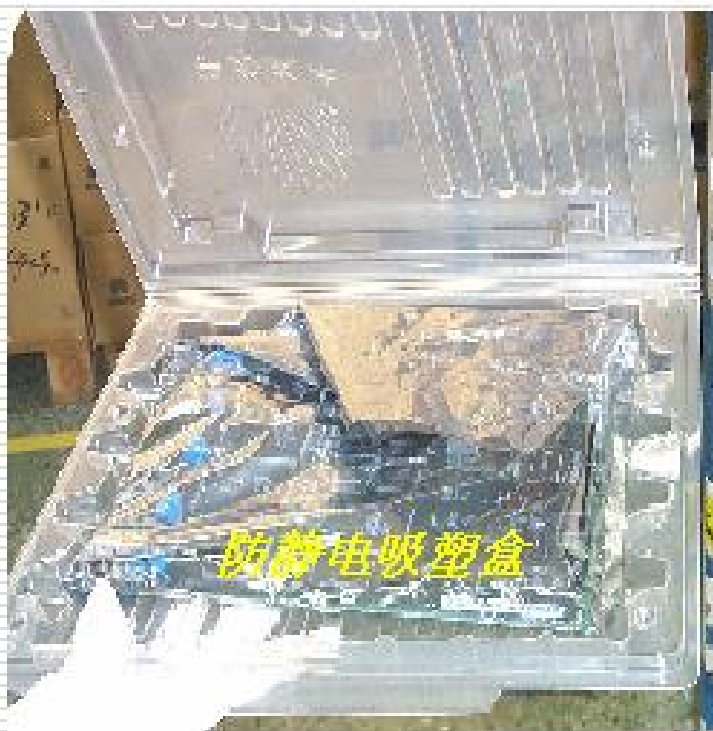
防静电材料的选择

**问题：为什么要选择静电耗散材料
作为防静电材料？**

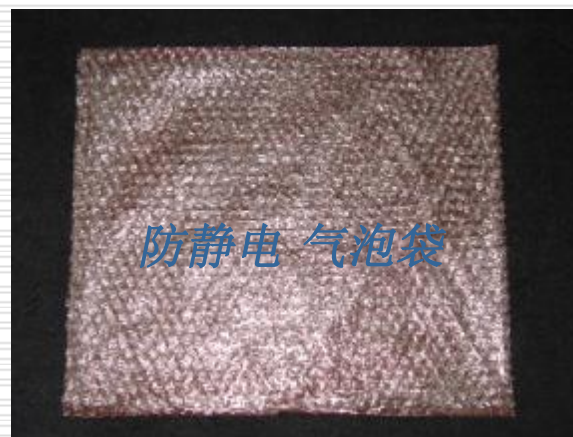
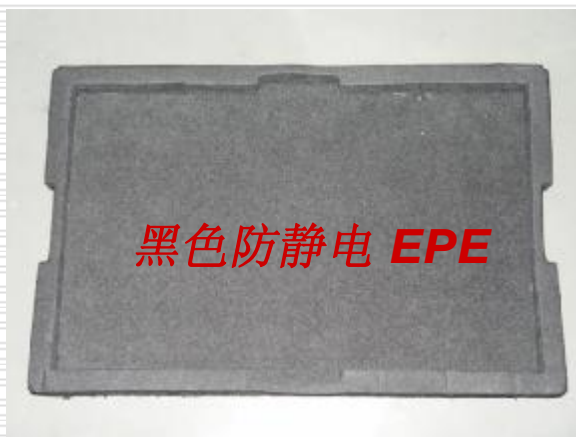
常见的防静电使用工具（防静电工具包）



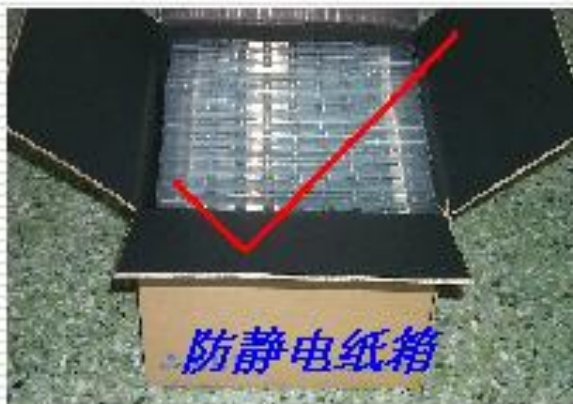
常见的防静电材料



常见的防静电材料

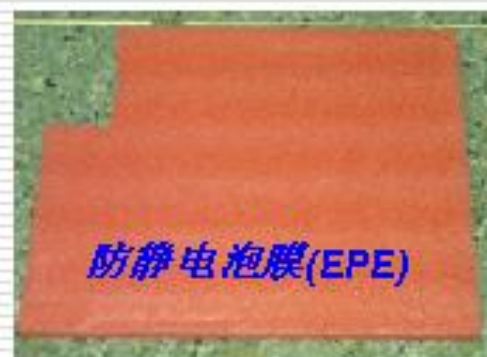
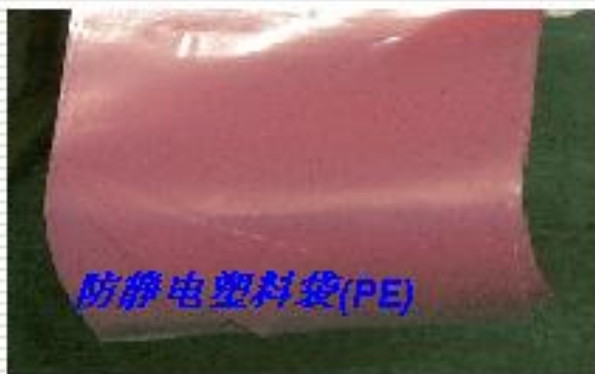


常见的防静电材料



该纸箱里面有涂炭层
起静电屏蔽的作用

一般纸箱为绝缘材料

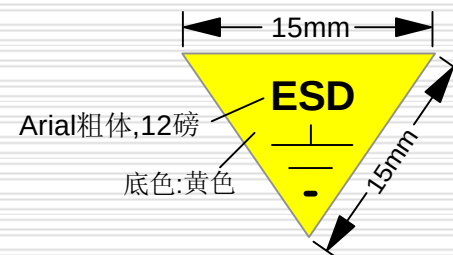
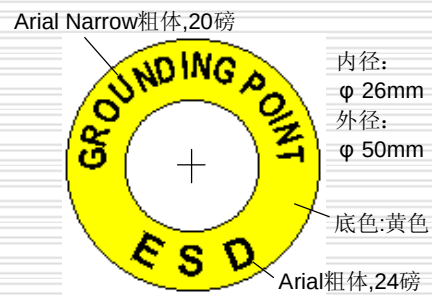
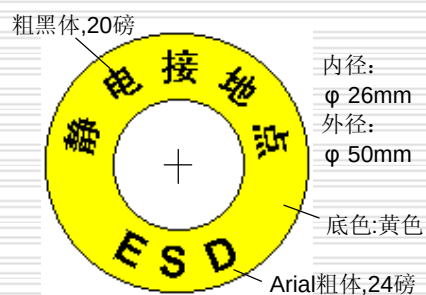
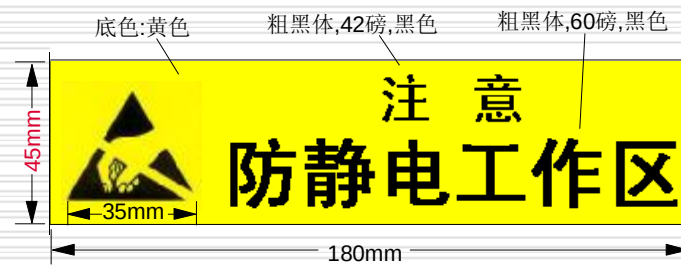
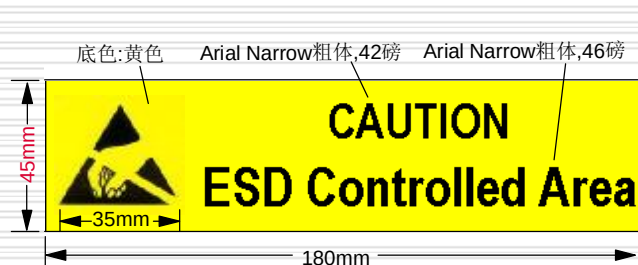


常见的防静电材料

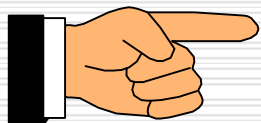
注意：外层泡膜袋没有防静电作用，而是易产生静电材料！



防静电标识



内容



- o 静电基础知识
 - o 静电控制
 - o 常见的不符合静电控制规范的实例
-

静电控制

- Ø 为什么要进行**ESD**控制（**Why**）
 - Ø 哪些人要参与进行**ESD**控制（**Who**）
 - Ø 在哪些地方需要进行**ESD**控制（**Where**）
 - Ø 控制什么（**WHAT**）
 - Ø 怎样进行**ESD**控制（**How**）
-

静电控制（**WHY**）

静电不能被消除，**只能被控制！**

内部损失

钱

时间

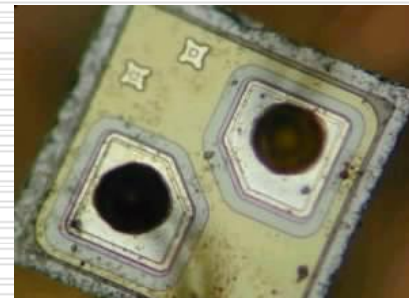
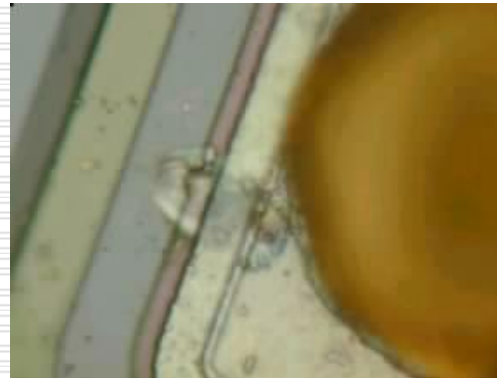
不可估计的损失

外部损失

信誉丧失

顾客满意度下降

WHY?



静电控制（**WHO**）

who?

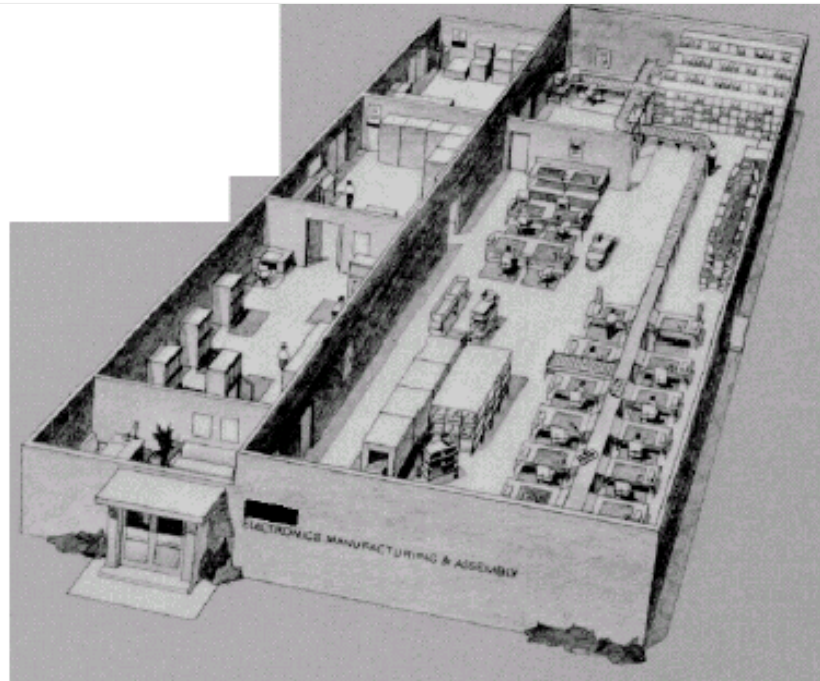
- 供应商
- 研发人员
- 采购
- 库房人员
- 生产及测试人员
- 包装人员
- 技术服务
- 客户



静电控制（**WHERE**）

WHERE?

供应商
实验室
IQC
仓储
生产线
装配和测试
理货和包装
客户现场
维修



静电控制（**WHAT**）

EPA(ESD PROTECTION AREA)

环境

地板
温湿度
工作台
工装夹具
.....

个人

个人物品
工衣
工鞋
接地
.....

材料

原材料
周转材料
包装材料
.....

另外还需要相应的 **流程制度** 来保证！！

静电控制（**HOW**）

静电控制的原则

- 在**EPA**控制区域操作所有静电敏感器件
- 存放、运输所有静电敏感器件要用
- 测试和监控整个静电控制流程

法拉第笼

如何理解？

静电控制（**HOW**）

EPA控制方法

- o 定义区域的防护水平（华为有两个级别）
 - o 区域明确定义和标识
 - o 对区域内的所有导体包括人员可靠接地
 - o 消除一切不必要的静电产生源
 - o 运用**12英寸(30cm)**原则
 - o **ESD**防护体系文件的建立
-

静电控制（**HOW**）

环境控制

温度和湿度：

■ 生产制造和维修区域属于静电高风险区域：

温度：**20~30℃**

相对湿度(RH)：**45~75%**

■ 其它防静电工作区环境的温湿度一般要求：

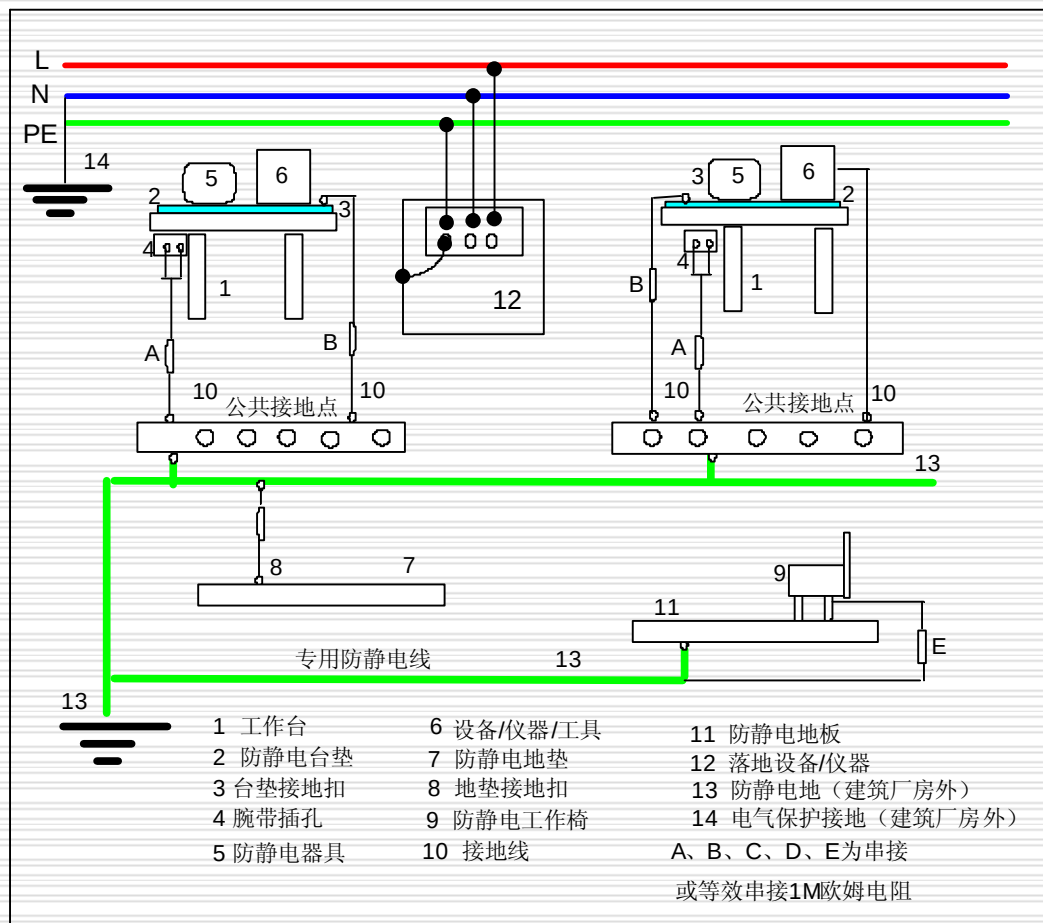
温度：**20~30℃**

相对湿度(RH)：**30~75%**

注：产品物料对环境温湿度有特殊要求时，应根据需要和实际条件采取相应的局部环境保证措施。

静电控制 (HOW)

典型的EPA接地系统



 硬接地
 软接地

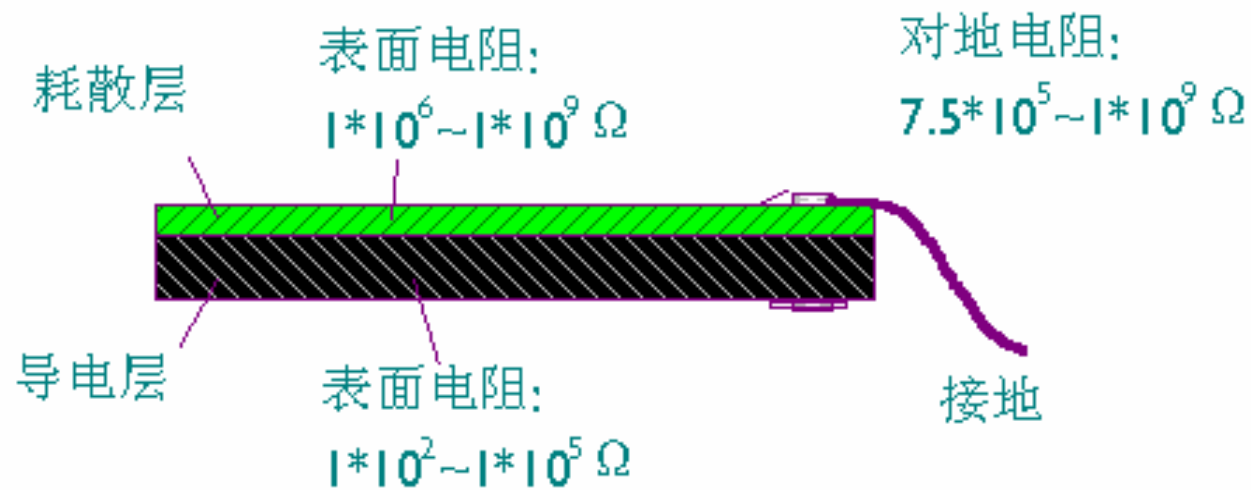
静电控制（**HOW**）

防静电工作台

- Ø 防静电台垫的尺寸应不小于工作台面的大小；
 - Ø 防静电台垫均须正面（即防静电面、耗散层）朝上、背面（即导电层）朝下铺设；
 - Ø 多个防静电工作台的接地线不能相互串接，应以并联方式与公共接地线连接，每块台垫（地垫）必须且只需接一根防静电地线。
-

静电控制（HOW）

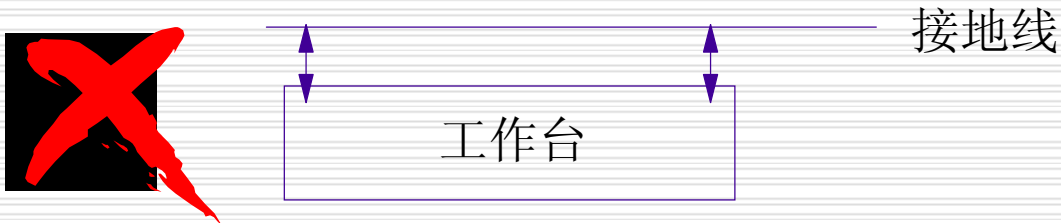
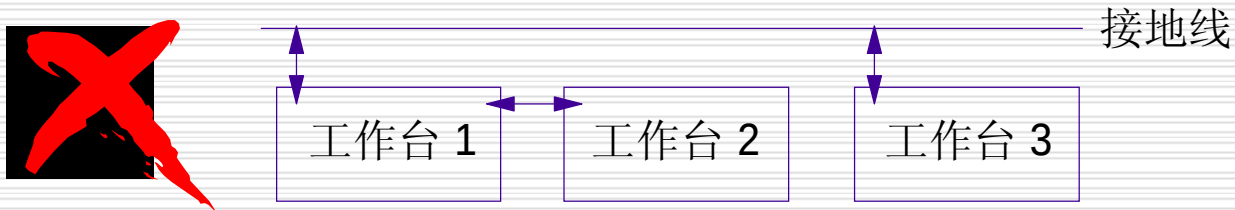
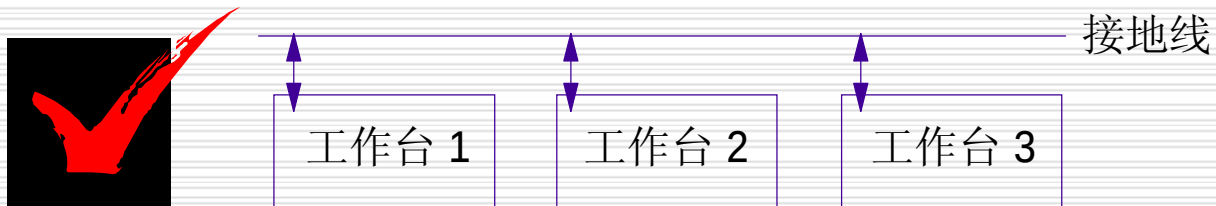
防静电工作台垫



防静电工作台垫起到释放静电的原理？

静电控制（HOW）

防静电工作台垫



公共接地点并联:

- 1、接地整洁有序
- 2、接地灵活方便
- 3、保持工作台上各设备的地电平一致
- 4、接地可靠

静电控制（**HOW**）

人员规范

防静电工作服、工作鞋操作指引

- Ø 所有人员进入防静电区域必须穿好防静电工作服、防静电工作鞋或防静电鞋套，已配发工作帽的还必须戴好工作帽。
 - Ø 工作服外部严禁携带除工卡和笔之外的金属物件，防静电鞋内不得垫鞋垫。
 - Ø 更换工作服应在指定地点进行，不允许在设备旁边穿、脱工作服。
-

静电控制（**HOW**）

人员规范

作业过程的防静电指引

- Ø 进入**EPA**区域前，测试腕带和人体电阻，测试通过并做好记录方可进入；
 - Ø 接触**ESSD**及组件之前应戴好防静电腕带，防静电腕带插入香蕉插孔中接地，要保证腕带与皮肤接触良好；
 - Ø 确认工作区域内的工具、设备和仪器安全、可靠接地，尤其对那些经常移动的设备要特别注意；
 - Ø 确认工作区内的静电源（例如：非防静电塑料袋、非防静电泡膜、橡胶等）远离**ESD**敏感器件和敏感单板（至少**30CM**）。
-

静电控制（**HOW**）

人员规范

在对单板、芯片、**端口**操作时，应穿防静电工作服，带防静电手腕且防静电手腕要可靠接地



静电控制（**HOW**）

人员规范

工程维护现场检查点：

- ü 设备、仪器的接地（包括计算机）
 - ü 便携式防静电操作台
 - ü 防静电工具（螺丝刀、毛刷、镊子等）
 - ü 腕带、手套、**工衣、工鞋**
 - ü 防静电包装材料
 - ü **物理接口**
接口保护套、电缆的放电处理
-

静电控制（**HOW**）

防静电包装、存储、转运

防静电存储

- 温度：**20~30℃**；相对湿度(**RH**)：**30%~75%**
 - 注意：对环境有特殊要求的，如潮湿敏感器件等，请遵照相应的专用操作指导书执行。
 - 存储器具：可用于直接存储静电敏感器件及组件的器具有一一防静电器件盒、**IC**管、防静电袋、防静电周转箱、单板周转车等。
-

静电控制（**HOW**）

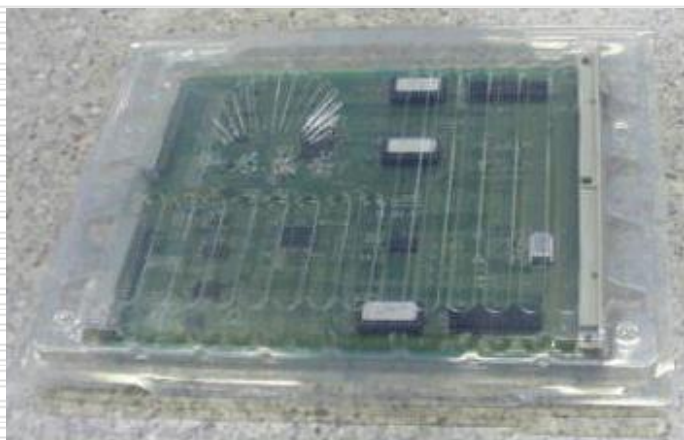
防静电包装、存储、转运

存储操作指引

- A** 静电敏感器件须使用防静电器件盒、屏蔽袋、防静电器件管包装存放，静电敏感单板和组件需使用屏蔽袋、防静电吸塑盒、周转箱、周转车包装存放。
 - B** 静电敏感器件尽量保持原包装状态，严禁随意拆封。
 - C** 用于静电敏感器件散装清点和发料的工作台必须铺设防静电台垫，并可靠接地。操作人员应佩带防静电手套、指套或将有绳防静电腕带接入防静电接地系统。
 - D** 静电敏感器件在储运过程中，勿靠近强静电、强电磁场，如电脑主机及其显示器上方、公共人行通道两侧等。
-

静电控制（**HOW**）

防静电包装、存储、转运



吸塑盒包装单板



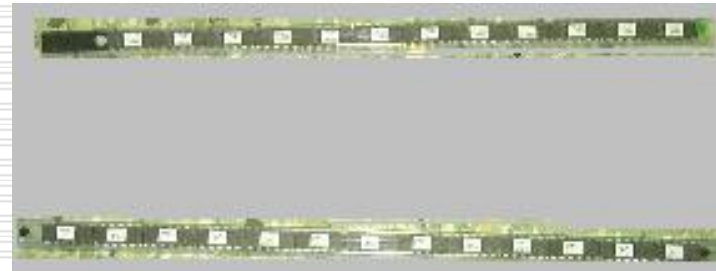
屏蔽袋包装单板

静电控制（**HOW**）

防静电包装、存储、转运



C芯片应存放在**IC**芯片专用的包装盒中或者套管中



在用户机房若没有**IC**芯片专用包装盒，也可用防静电袋包装，但芯片之间一定要隔离，避免混放在一起

静电控制（HOW）

❑ 防静电包装、存储、转运

通用的转运工具

防静电周转箱



防静电周转车



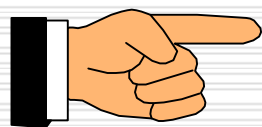
防静电运转车



内容

- o 静电基础知识

- o 静电控制

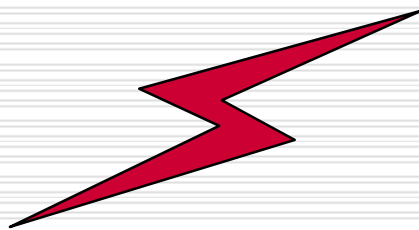


- o 常见的不符合静电控制规范的实例

常见的不符合静电控制规范的实例

拿取IC芯片时应带防静电手腕

未带防静电手腕



常见的不符合静电控制规范的实例



物料摆放乱，防静电和不防静电物料摆放在一起，既不符合ESD要求也不符合5S的要求。

常见的不符合静电控制规范的实例



这是一种常见的现象：用防静电屏蔽袋装着的和没装单板放在一块，再将不能防静电的白色泡沫放在里面，而且单板有横有竖，这样不但静电损坏器件而且容易将一些器件碰掉。

常见的不符合静电控制规范的实例



特别注意：白色气泡袋是不防静电的，而且还会产生很高的静电，对单板存在很大的静电隐患

常见的不符合静电控制规范的实例



如果防静电桌垫接地了的话，单板可以直接放在上面，但单板上面的文件夹和窗帘都可以产生很高的静电，放在单板上直接与元器件接触很容易损坏器件。

常见的不符合静电控制规范的实例



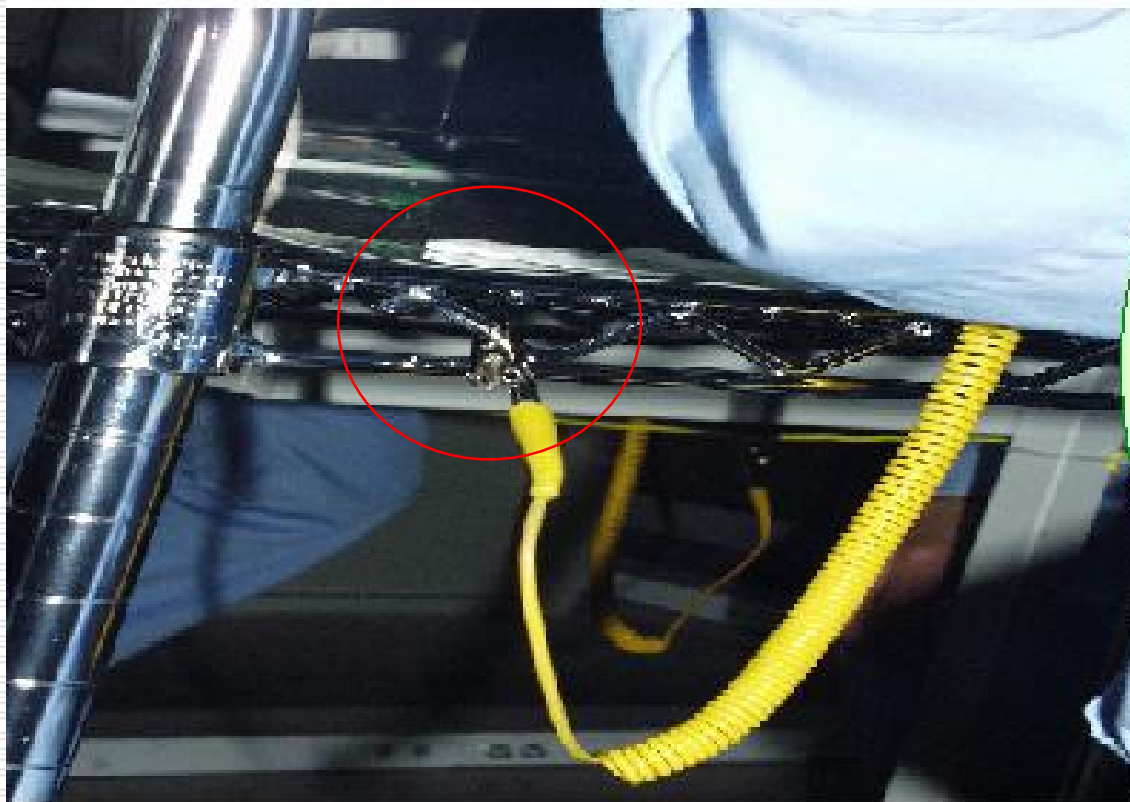
由于纸是一种特殊的材料只有湿度在一定范围时它才是静电耗散材料，所以单板一般不能裸放在纸箱上面，更何况放在纸箱上的胶带上面是万万不可的。

常见的不符合静电控制规范的实例



单板不能放在不防静电的椅子上。

常见的不符合静电控制规范的实例



手腕带不能夹在周转车上，而应插在防静电地线专用插孔中。

常见的不符合静电控制规范的实例



防静电袋
口应密封，形成
法拉第
笼，起到
对单板的
屏蔽

结束语

THE END

请大家提问题，谢谢！

