

# ESD 培训教材

制作:华阳通用公司

、培训背景：静电作为一种能量的存在形式，对日趋变小的电子元件的威胁越来越大，据有关资料显示美国的电子行业由于静电的破坏导致每年损失近50亿美元。

、培训目的：通过这次培训能使大家对防静电有个初步的认识，并能提高公司全体人员的防静电意识及能力，让公司全体人员都来参与我们公司的防静电工作，使公司的防静电能力能上一个新的台阶。

# 、培训内容

- 一、防静电相关名词定义
- 二、静电如何产生
- 三、影响静电大小因素
- 四、静电危害
- 五、静电失效机理
- 六、三种标准静电释放模式
- 七、防静电相关标准
- 八、防静电的几种方法
- 九、防静电安全工作区建立
- 十、公司防静电管制项目
- 十一、公司目前防静电存在的问题

### 三、培训内容：

#### 一.防静电相关名词定义

静电 (Electrostatic)荷：静止不动的电荷，一般存在于物体的表面，主要是由于物体正负电荷失去平衡的结果，静电荷是描述静电本质的物理量。

1库仑=  $10^6$ 微库      1微库=  $10^3$ 纳库

静电势:通常指带电体与大地之间的电势差.

ESD全称:Electrostatic discharge，中文意思是静电释放。

EOS全称 (Electrical over stress) 中文意思是过电应力，指元件承受的电流或电压超过其允许的范围。

**体电阻率**：指某材料单位厚度上的直流压降与单位面积上通过的电流之比，体电阻系数是材料基本参数之一，表示材料的导电性能，单位为欧姆/厘米。

**表面电阻率**：表面上单位长度的直流压降与单位宽度流过的电流之比，它指正方形两对边之间的电阻，只要面积远远大于薄膜厚度，则于正方形的大小无关，单位为欧姆。

**电阻**：从另一方面表示不同形状的电阻率的材料对电流的阻碍作用，它同时表明材料的表面或表面与大地之间的电路连通性以及物体的放电能力，单位欧姆。

**体电阻**：指材料两端之间的直流电压与通过的电流之比，单位欧姆。

**绝缘材料：**一般指材料的表面电阻系数在 $10^{12}$  欧姆以上，体电阻系数在 $10^{11}$  欧姆/厘米以上

**导电材料：**表面电阻率小于 $10^5$  欧姆或体电阻率小于 $10^4$  欧姆。

**耗散材料：**一般指表面电阻率大于 $10^5$  欧姆小于 $10^{12}$  欧姆，体电阻率大于 $10^4$  欧姆/厘米小于 $10^{11}$  欧姆/厘米的材料。

**屏蔽材料：**表面电阻率小于 $10^4$  欧姆，体电阻率小于 $10^3$  欧姆/厘米的材料。

## 二.静电的产生:有两种方式。

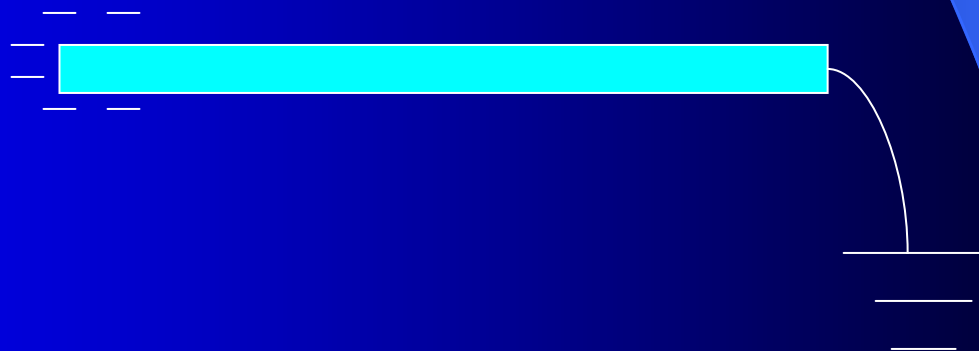
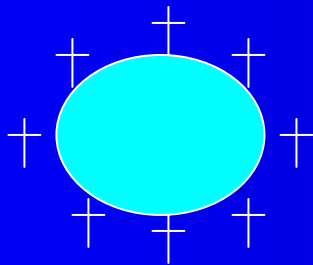
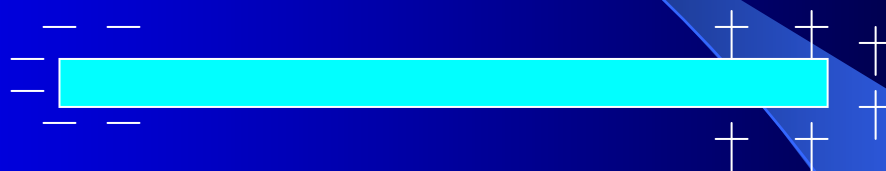
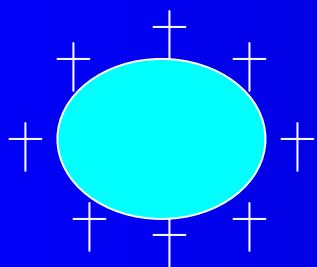
摩擦带电：当两种具有不同化学势的材料相互摩擦或接触时电子从化学势高的物体向化学势低的物体转移，当分开时总有一些电子来不及回到他们原来的材料，从而使产生了静电。

物体带电顺序表：正 负

序号	材料	序号	材料	序号	材料
1	空气	9	丝绸	17	镊、铜
2	人手	10	铝	18	黄铜、银
3	兔毛	11	纸	19	聚酯人造纤维
4	玻璃	12	棉布	20	聚乙烯
5	云母	13	钢	21	聚丙烯
6	头发	14	木材	22	PVC
7	尼龙	15	琥珀		
8	羊毛	16	硬橡皮		

## 感应带电：

导体靠近带电体时，由于在电场的作用下使导体出现局部带电，非导体不能产生感应带电。

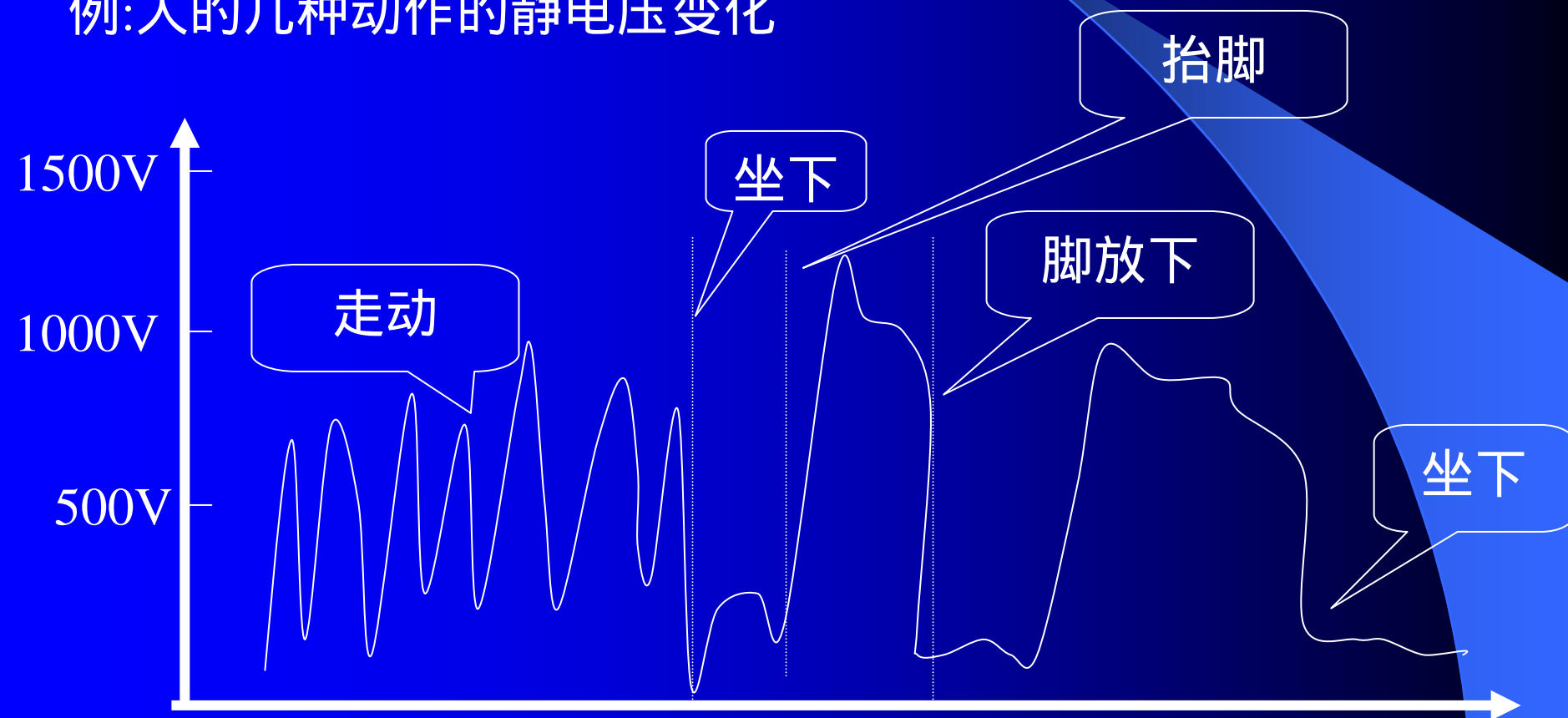




### 三、物体静电大小影响因素:

通常把带电体与地看成一个电容,带电体电量为 $Q$ ,电容为 $C$ ,介电常数为 $\epsilon$ ,两板间距离为 $d$ ,有效面积为 $A$ ,可推出静电电压: $V=Q*d/(A*\epsilon)$

例:人的几种动作的静电压变化



从中可以看出:当人走动时,抬腿时人体静电压升高,腿放下时,人体静电压降低,当人坐下时,整体与大地之间的距离减小,人体静电压减小,当坐在凳子上的人双腿抬起时,人体静电压又开始升高,总之物体带的电量一定时,物体与地的距离越小则物体的静电压越小,带电面积越大静电压越小.

环境湿度对静电影响:

静电的产生及其大小与环境湿度和空气中离子的浓度有密切的关系,在湿度较高环境中,物体表面吸附了一定数量的离子和水分子,形成弱导电的湿气薄层,提高了绝缘表面的导电率,可将电荷扩散到整个材料的表面,从而减低了静电压.

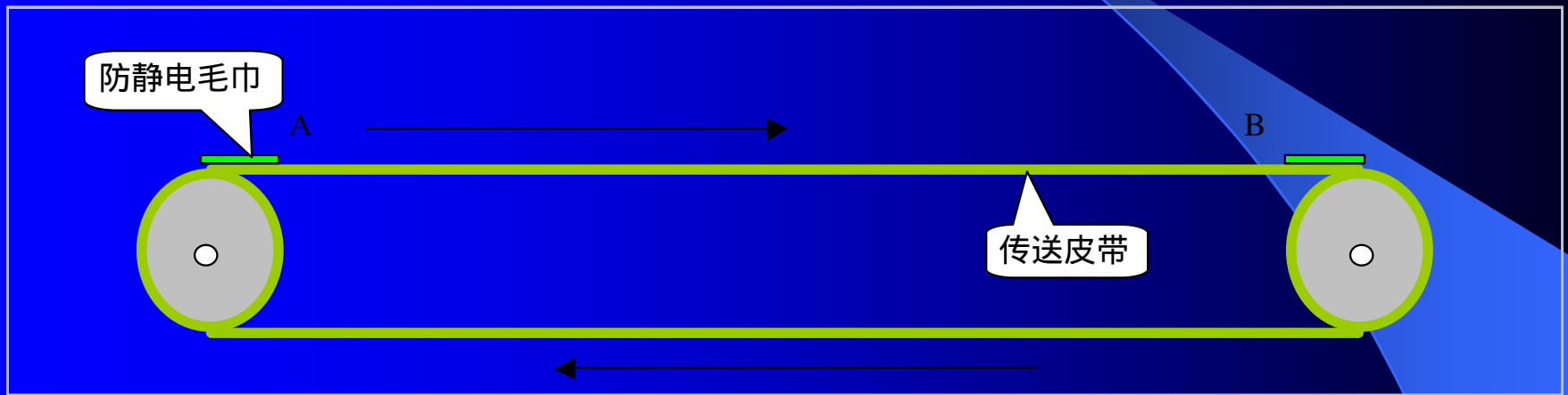
## 同一动作在不同湿度环境下产生的静电对比:

活动	产生的静电压		
	10%	40%	50%
走过乙稀地毯	12000	5000	3000
在工作椅上操作人员的移动	6000	800	400
将DIP封装的器件从塑料管中取出	2000	700	400
将PCB板装进泡沫包装盒中	21000	11000	5500

从中可以看出环境湿度对静电压的大小影响很大，湿度最好控制在40%到70%。

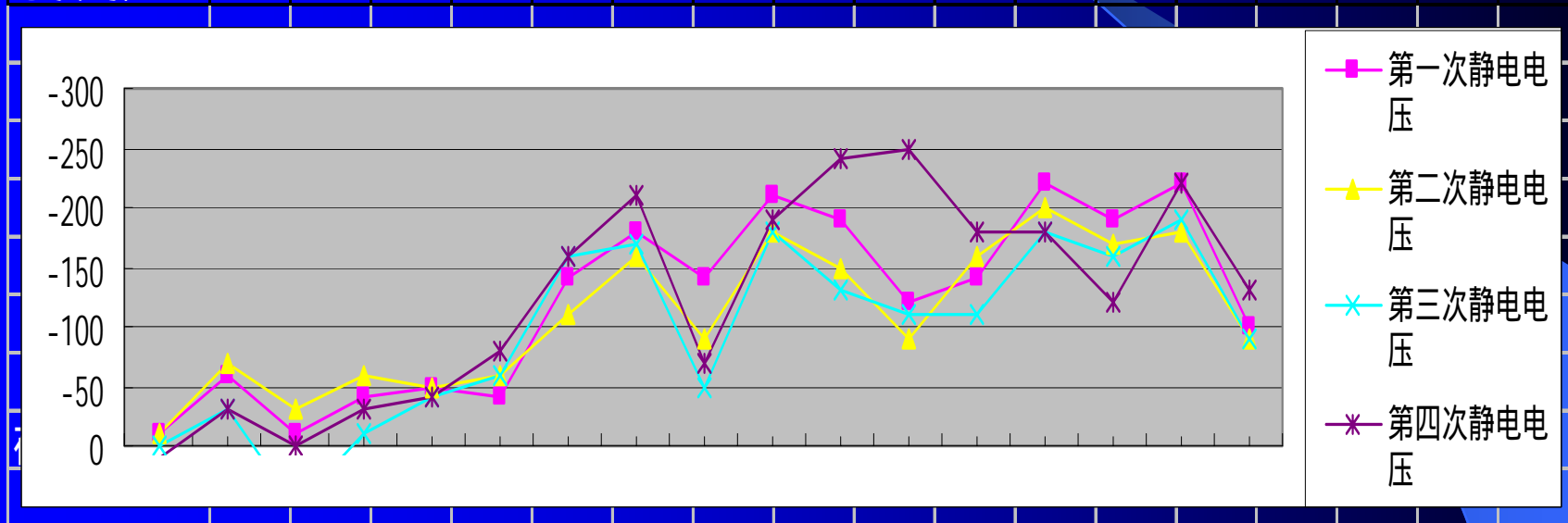
又如传送带采取用湿毛巾来加湿传送带，使传送带表面形成水膜，增加导电能力，从而达到释放静电。

以下是对6E/F线一条传送带的一个静电压测试实验：



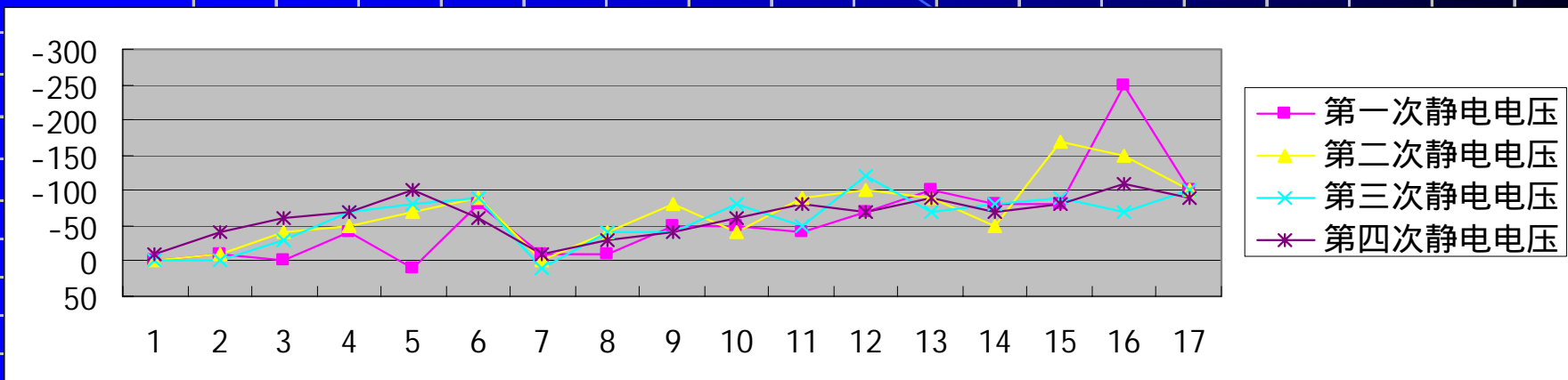
1. A处加湿毛巾，分别对A到 B湿度依次减少，对A到B的17个点的静电压进行测试，先后共测试了4次，从A到B，静电压依次增大，测试结果如下：

位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
第一次静电电压	-10	-60	-10	-40	-50	-40	-140	-180	-140	-210	-190	-120	-140	-220	-190	-220	-100
第二次静电电压	-10	-70	-30	-60	-50	-60	-110	-160	-90	-180	-150	-90	-160	-200	-170	-180	-90
第三次静电电压	0	-30	50	-10	-40	-60	-160	-170	-50	-180	-130	-110	-110	-180	-160	-190	-90
第四次静电电压	10	-30	0	-30	-40	-80	-160	-210	-70	-190	-240	-250	-180	-180	-120	-220	-130
绝对平均值	-7.5	-48	-23	-35	-45	-60	-143	-180	-88	-190	-178	-143	-148	-195	-160	-203	-103



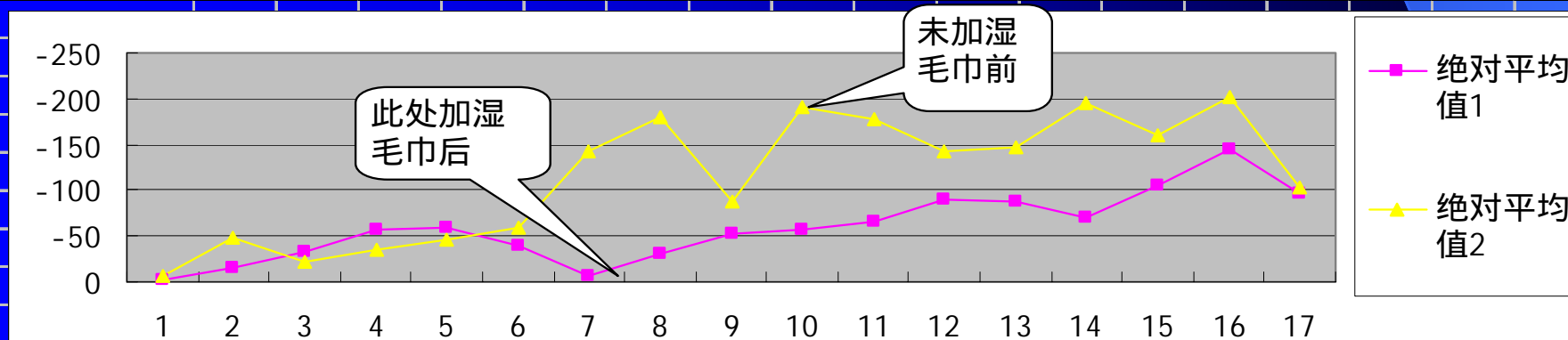
2. 由于从A到B的第7个测试点电压开始较大，四次测试结果从该点后所有的测试点均大于100v,所以在该点追加湿毛巾，并再次对该皮带进行测试，测试结果如下：

位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
第一次静电电压	0	-10	0	-40	10	-80	-10	-10	-50	-50	-40	-70	-100	-80	-80	-250	-100
第二次静电电压	0	-10	-40	-50	-70	-90	0	-40	-80	-40	-90	-100	-90	-50	-170	-150	-100
第三次静电电压	0	0	-30	-70	-80	-90	10	-40	-40	-80	-50	-120	-70	-80	-90	-70	-100
第四次静电电压	-10	-40	-60	-70	-100	-60	-10	-30	-40	-60	-80	-70	-90	-70	-80	-110	-90
绝对平均值	-2.5	-15	-33	-58	-60	-80	-7.5	-30	-53	-58	-65	-90	-88	-70	-105	-145	-98



### 加防静电毛巾前后对比：

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
绝对平均值1	-2.5	-15	-33	-58	-60	-40	-7.5	-30	-53	-58	-65	-90	-88	-70	-105	-145	-98
绝对平均值2	-7.5	-48	-23	-35	-45	-60	-143	-180	-88	-190	-178	-143	-148	-195	-160	-203	-103



## 四.静电的危害:

- a.静电吸附灰尘，降低元件绝缘电阻。
- b.静电放电破坏，造成电子元件损坏。
- c.静电放电产生电磁场幅度很大，频谱极宽，对电子元件产生干扰。

### 损坏特点：

- 1.隐蔽性：静电放电不易被发现，只有静电电压达到2-3kV时放电人体才能感觉的到。

潜在性和累积性：

有些电子元件受到静电损伤后性能没有明显的下降，但多次累加放电会给元件造成内伤形成隐患。

随机性和复杂性：

电子元件从其产生到损坏以前所有的过程均有可能受到静电的破坏，其受静电破坏有随机性，并且有些静电的损伤与其它原因造成的损伤很难区分，再加上电子元件的精、细、微小的特点，不易分析。



多数电子元件是静电敏感的器件，大部分在几百伏范围内，如MOS单管在100—200V，GaAsFET在100—300V之间，一些COMS IC采取了防静电设计只能达到2000—4000V，而实际环境的静电压常常上万伏。

一些静电敏感器件抗静电能力如下：

器件类型	实例	抗静电能力
MOSFET	3CO 3DO系列	100—200v
JFET	3CT系列	140---1000v
GaAs FET		100---300v
CMOS	C0000 CD400	250---2000v
HMOS	6800系列	50----500v
E/D MOS	Z80系列	200---1000v
VMOS		30-----1800v
石英及压电晶体		10000

## 五、静电失效机理：

静电失效机理有两种：过电压失效、过电流失效。

### (1)过电压失效

多发生于含有MOS管电路，过电压是指高阻抗的静电放电回路中，绝缘介质两端的电极因受了高静电放电电荷而呈高电压，有可能使电极之间的电场超过其介质的临界击穿电压，使介质发生击穿失效。

如：硅临界场强为  $(10^{-7}) * 10^6 \text{v/cm}$ 。

## (2) 过电流热致失效

过电流热致失效是由于较低阻抗的放电回路中，由于静电放电电流过大使局部区域温升超过材料的熔点，导致材料发生局部熔融使元器件失效。影响过流失效的主要因素是功率密度。

物体带静电表示它有一定的能量，单位时间释放的能量是功率。通过单位面积释放的功率是功率密度。我们研究静电放电过程中释放的能量、功率和功率密度与哪些因素有关。

### a. 静电放电过程中释放的能量

物体带静电电量为 $Q$ ，它与地电位差为 $V$ ，带静电物体的静电能是：

$$E=Q \times V \quad (13.4)$$

依据(13-1)式得：

$$E= Q^2 /C \quad (13.5)$$

从(13-5)式看出带静电物体的静电能与静电量的平方成正比与等效电容成反比。显然静电量越大对元器件造成ESD损伤的危险性越大。

影响ESD损伤的另一个因素是放电时间的长短

静电能量大，但如果释放的时间长，功率会很小，ESD损伤的程度就小。表征放电时间的长短的参量是放电时间常数又称弛豫时间。在放电回路中有： $\tau = R \times C$ 。

例如对人体放电，若电容为100pF；电阻为1500 $\Omega$ ，时间常数是150ns，显然，在静电放电电量不变时，元器件的放电回路中电阻、电容越大，功率就越小，静电的损伤性就越小。

### b.与静电放电功率有关的因素

静电放电的电流是指数衰减的，其表达式为：

$$i = I_p e^{-t/RC} \quad (1.6)$$

$I_p$ 为峰值电流， $t$ 是放电时间。

静电放电功率可表示为：

$$P(t) = i^2 R = R I_p^2 e^{-2t/RC} \quad (1.7)$$

因为在5倍的时间常数内，静电要释放掉99.3%。通常以5倍的时间常数计算其平均功率：

$$P_{av} = \frac{1}{5RC} \int_0^{5RC} RI_p^2 e^{-2t/RC} dt = \frac{RI_p^2}{10} (1 - e^{-10}) = \frac{RI_p^2}{10} = \frac{V^2}{10R} = \frac{Q^2}{10RC^2}$$

因为峰值电流 $I_p$ 为： $I_p = \frac{V}{R}$

静电放电的峰值功率为 $V^2/R$ 或  $\frac{Q^2}{RC^2}$ ，即静电放电功率与放电回路的串联电阻和电容的平方成反比，与静电量的平方或静电电压的平方成正比。增加放电回路的串联电阻和电容是减小ESD损伤的有效途径。

放电回路高阻区的横截面积为 $A$ ，则在高阻区放电的功率密度是 $\frac{Q^2}{ARC^2}$ 。所以增加放电回路高阻区的横截面积也是减小ESD损伤的重要途径。静电放电形成的是短时大电流，放电脉冲的时间常数远小于器件散热的时间常数。因此，当静电放电电流通过面积很小的pn结或肖特基结时，将产生很大的瞬间功率密度，形成局部过热，有可能使局部结温达到甚至超过材料的本征温度(如硅的熔点1415)，使结区局部或多处熔化导致pn结短路，器件彻底失效。

可以知道，反偏pn结比正偏pn结更容易发生热致失效，在反偏条件下使结损坏所需要的能量只有正偏条件下的十分之一左右。这是因为反偏时，大部分功率消耗在结区中心，而正偏时，则多消耗在结区外的体电阻上。对于双极器件，通常发射结的面积比其它结的面积都小，而且结面也比其它结更靠近表面，所以常常观察到的是发射结的退化。

此外，击穿电压高于100V或漏电流小于1nA的pn结(如JFET的栅结)，比类似尺寸的常规pn结对静电放电更加敏感。

## 五、静电来源及三种标准的静电释放模式

人体静电是静电的主要来源：1.人的接触范围广；2.人体与大地的电容低；3.人体的电阻低（手到脚的电阻只有几百欧，手指的接触电阻也只有几千欧），且人体在静电场中易感应带电。

人体静电的特点：

人体静电与人体接触的环境及活动方式有关。

人体静电与环境湿度有关

人体静电与所穿着的衣物材料有关，化纤和塑料制品更容易产生静电。

人体静电与人的操作速度有关。

人体各部分的静电大小是不一样的，一般认为手腕处静电最大。

## 仪器和设备的静电：

仪器和设备也会由于摩擦或感应而带上静电，如传输带在转动过程中由于与转轴的接触分离产生静电，或是接地不良的仪器外壳在电场中感应带电，仪器设备带电后与元件接触也会产生静电释放，并造成损伤元件。

## 器件本身的静电：

电子元件的外壳与绝缘材料相互摩擦，也会产生静电，器件外壳产生静电后，会通过某一接地管脚或外接引线释放静电，也会对器件造成静电损坏。



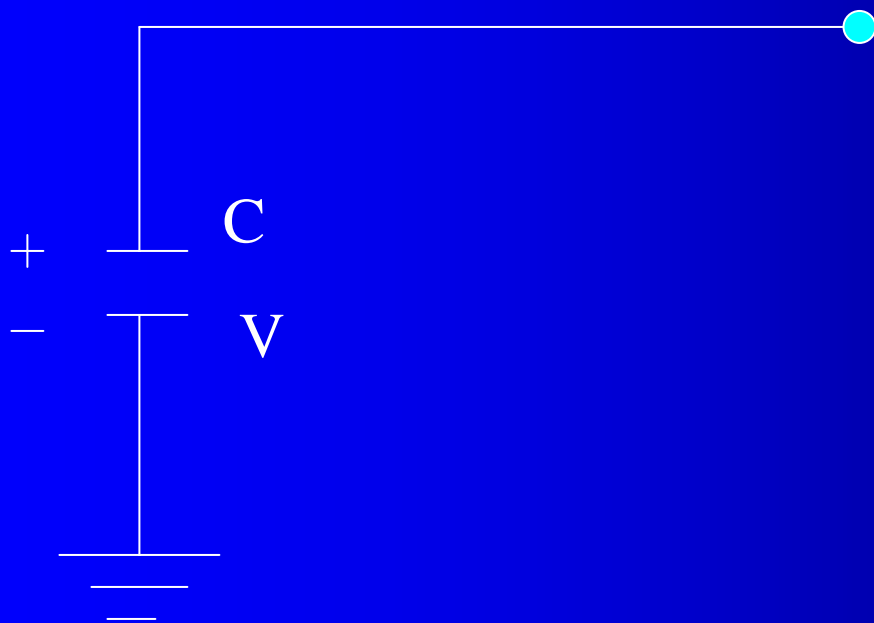
## 静电放电三种模式：

人体静电放电模式（HBM）：



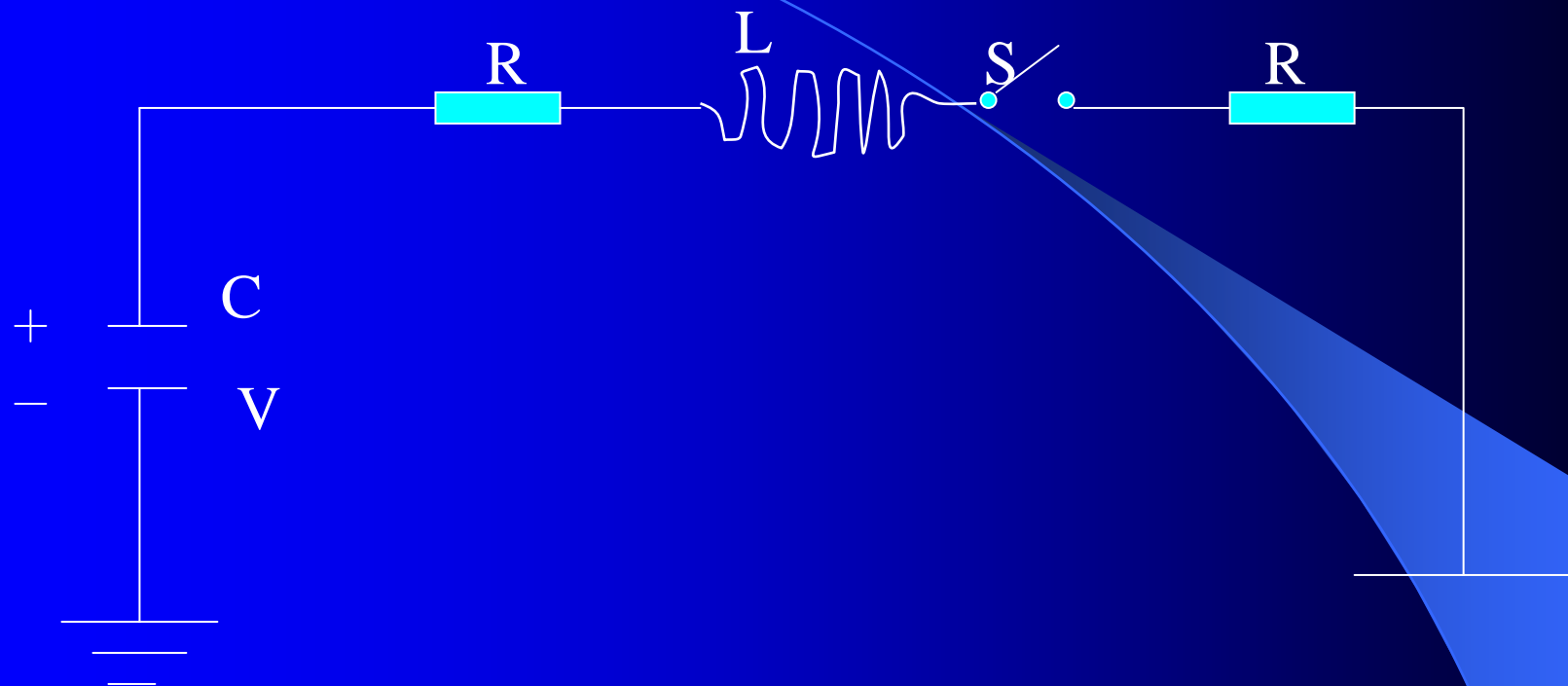
由于人体会与各种物体和元件接触、摩擦，据统计由于人体静电造成的元件破坏占总数的50%，人体电容 $C$ 一般为50—250pf，一般取100pf，人体与其它物体的接触电阻约100—100000欧，一般取1500欧， $V$ 为人体静电压。

## 带电机噐放电模式 (MM):



机器因为摩擦也会带电，带电机噐通过电子器件放电也会造成损伤，与人体放电模式相比机器没有电阻，电容相对要大，一般C取200PF。

# 带电器件放电模型 (CDM) :



上图为双极性器件静电放电模式。

## 六、静电检测标准：

序号	标准号	放电模式	放电次数	最小放电间隙	适用范围
1	JEDEC JESD22-A114-B	HBM	± 1	0.3S	电子元件
2	JEDEC JESD22-A115-A	MM	± 3		电子元件
3	JEDEC JESD22-C101-A ( 2000 )	CDM			电子元件
4	ESDA ESDSTM5.1	HBM	± 3	0.3S	电子元件
5	ESDA ESDSTM5.2-1999	MM	± 3	1S	电子元件
6	ESDA ESDSTM5.3.1	CDM			电子元件
7	AEC-Q100-002-REV-C	HBM	± 1	0.5S	汽车用件
8	AEC-Q100-003-REV-E	MM	± 1	1S	汽车用件
9	AEC-Q100-011-REV-A	CDM			汽车用件
10	MIL-STD-883E	HBM	± 3	1S	军用微电路
11	GJB548A-96	HBM	± 3	1S	军用微电路
12	Bellcore TR-NMT-00870	HBM	± 3	1S	光电器件
13	ISOTEC 10373:1993(E)6.4	HBM	± 1	5S	IC CARD

## HBM常用标准的ESD电压阈值分类

JESD22-A114-B&ESD STM5. 1	AEC-Q100-002-REV-C	MIL-STD-883E 3015. 7&GJB548A-96 3015	Bellcore TR-NWT-00870
CLASS0:<250V 1A:250TO500V 1B:500TO1000V C:1000TO2000V 2:2000TO4000V 3A:4000TO8000V 3B:>=8000V	>=2000V	CLASS1:0TO2000V 2000TO4000V 3:>=4000V	CLASS1:0TO100V 2:100TO500V 3:500TO2000V 4:2000TO4000V 5:>=4000V

## MM常用标准的ESD电压阈值分类

JESD22-A115-A(1997)	ESD STM5.2-1999	AEC-Q100-003-REV-E
CLASSA:<200V B:200TO400V C:>=400V	CLASS M1:<100V M2:100TO200V M3:200TO400V M4>=400V	>=200V

# CDM常用标准的ESD电压阈值分类

J JESD22-C101-A(2000)	ESD STM5.3.1	AEC-Q100-003-REV-E
CLASS1:<200V 2:200TO500V 3:500TO1000V 4:>=1000V	CLASS C1:<125V C2:125TO250V C3:250TO500V C4:500TO1000V C5:1000TO1500V C6:1500TO2000 C7:>=2000V	

## 八、静电防护目的和总的原则：

静电防护的根本目的是在电子元件、组件、设备的制造和使用过程中，通过各种防护、防止因静电放电产生可能的危害，或将这些危害限制在最小的程度，具体措施从控制静电的产生和控制静电的消散两方面进行，控制静电的产生主要是控制工艺过程和工艺过程材料的选择；控制静电的消散则主要是快速而安全的将静电泻放和中和，两者共同作用的结果就有可能将静电电压不超过规定的安全电压，达到静电防护的目的。

# 静电防护的基本方法：

## 1.工艺控制法：

指在生产过程中尽量减少产生静电荷，为此从工艺流程、材料选择、设备安装和操作管理方面采取措施，控制静电的产生和聚集，控制静电电位、提高静电释放的能力，使之不超过危害的程度。

## 2.泄露法

指在使静电通过泄露达到消除的目的，通常采用静电接地使电荷向大地泄漏，也有采用增大物体电导的方法使接地沿物体表面或通过内部泄漏，如添加防静电试剂或增湿，最常见的是工作人员带防静电手腕。



3.静电屏蔽法：根据静电屏蔽的原理，可分为内场屏蔽和外场屏蔽两种。具体措施是用接地的屏蔽罩把带电体与其它物体分离开来，这样带电体的电场将不会影响周围物体，有时也用屏蔽罩将被隔离的物体包围起来，使其免受外界电场的影响，如GaAs器件包装多采用金属盒包装。

4.复合中和法：指在使静电通过复合的办法，达到消除的目的，通常利用接地消除器产生带有异号电荷的离子与带电体上的电荷中和，一般说来，该办法用在绝缘体静电消散方面，绝缘体电子不能流动，接地不能达到放电的目的，必须通过产生异号的离子来中和绝缘体表面的电子。

整净措施：

指避免尖端放电的现象，应该尽可能使带电体及周围的物体的表面保持光滑和洁净，以减少尖端放电的可能性。

九、防静电安全区建立：构成一个完整的静电安全工作区，至少应包括有效的导电桌、地台垫、专用的接地线、防静电手腕，对于无法通过接地消除静电的绝缘物体必要时要使用静电消除器，中和物体表面的静电荷。

安全工作区静电泻放电阻大小确认：静电安全工作区有一个十分重要的参数就是静电泻放电阻 $R$ ，为了确保工作人员的安全，要给工作人员提供防电击的条件，根据人体遭到电击时，电流小于 $10\text{mA}$ 则人能脱离危险，而我们的工作电压一般为 $200$ 到 $380\text{V}$

因此得防止电击的临界 $R=u/I=4.4*10^4$  ----- $7.6*10^4$  欧姆

所以要确保人不被电击静电泻放电阻应该大于 $10^5$  欧姆

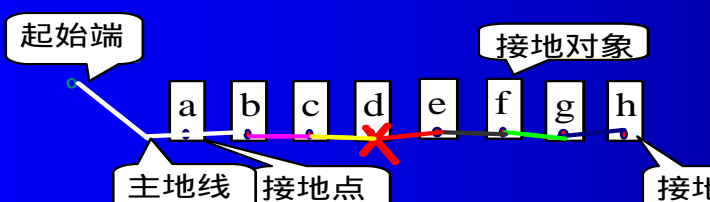
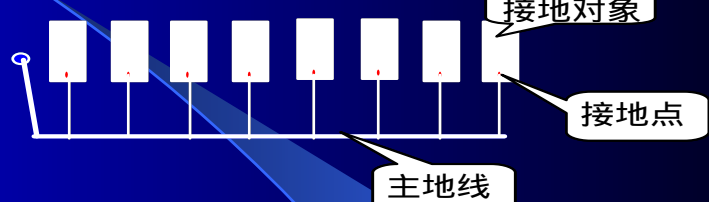
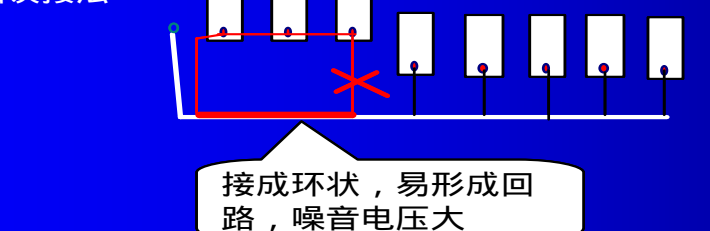
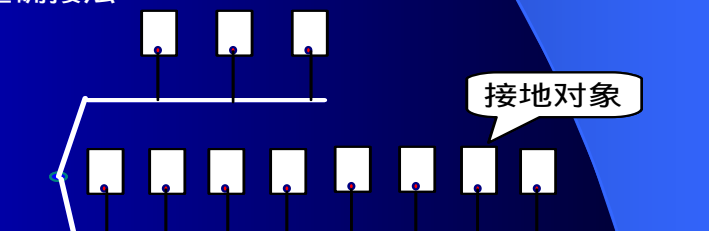
另一方面要限制静电泻放电阻，不能太大，太大静电泻放速度太慢，若泻放的速度小于静电产生的速度，则形成电荷积累，就可能静电压要超过安全工作区阈值电压，那么安全工作区上限电阻是如何确认？是由一秒钟内将5000 v静电压衰减到100v安全电压的最大容许电阻决定，根据 $U=U_0 e^{-t/RC}$  可得  
 $R=1.28* 10^9$  欧姆

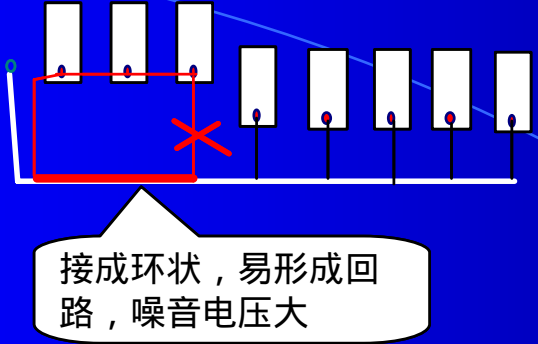
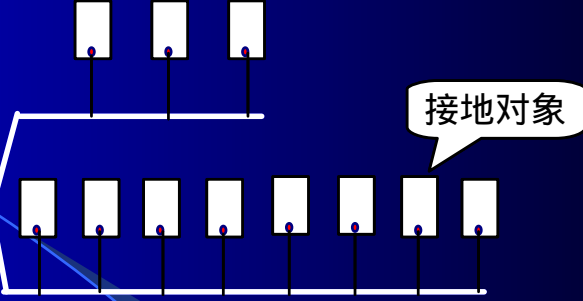
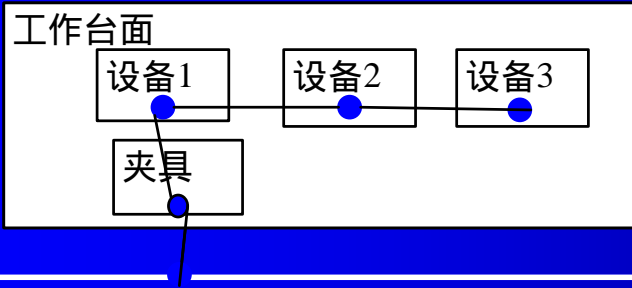
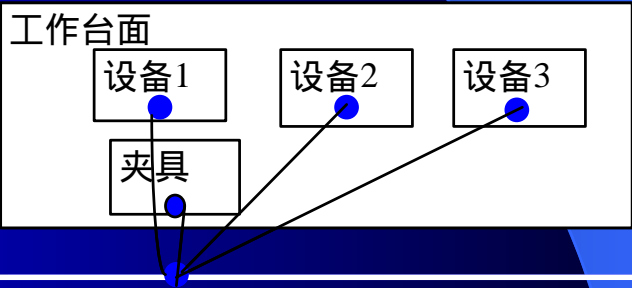
所以安全区静电泻放电阻要小于 $10^9$  欧姆

通过以上分析可知我们的静电安全工作区应该保证我们的静电泻放电阻要在 $10^5$  欧姆到 $10^9$  欧姆之间，可保证我们的作业人员不被电击，同时大大减少了我们的静电敏感元件被静电损坏的可能性。

# 防静电安全系统建立的具体措施：

1. 设置防静电接地系统：确保接地电阻 10欧姆，确保正确的接地方法，常见的错误接法及规范接法如下：

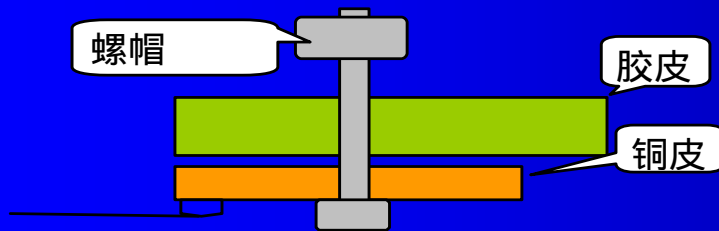
项目	常见错误的接地方法	规范的接地方法
主地线接地方法示意图	<p>错误接法1</p> 	<p>正确接法</p> 
文字说明	<p>错误接法说明：主地线链式连接，通过一根又一根电线将设备连接起来。</p> <p>弊端：1.若d与e的地线连接不好或断开，e、f、g、全部受影响。</p> <p>2.由于不能保证每个接地点接触良好，从a开始到后设备接地电阻会越来越大，f、g、h的电阻可能超标。</p>	<p>正确接法说明：通过主地线分支到各个对应的设备呈毛细血管状。</p> <p>益处：1.避免了链式连接的一损后段全损的弱点。</p> <p>2.避免从主地线的始端到地线末端的设备接地电阻越来越大的弊端，有效的确保了每个接地设备的接地电阻在规格范围内。</p>
主地线接地方法示意图	<p>错误接法2</p> 	<p>正确接法</p> 
文字说明	<p>错误接法说明：由于某些设备离主地线较远，为了省事接成环状。</p> <p>弊端：1.有链式连接的弊端。</p> <p>2.形成回路，若环型面积大，则环型面积内的磁通量的变化量也大，因此噪音电压也大。</p>	<p>正确接法说明：重新引出一根主地线，再分支到对应的设备。</p> <p>益处：1.避免错误接地法2的弊端，不会形成噪音电压。</p>

<p>主地线接地方法示意图</p>	<p>错误接法2</p>  <p>接成环状，易形成回路，噪音电压大</p>	<p>正确接法</p>  <p>接地对象</p>
<p>文字说明</p>	<p>错误接法说明：由于某些设备串接成环状。</p> <p>弊端：1.有链式连接的弊端。</p> <p>2.形成回路，若环型面积大，则环型面积内的磁通量的变化量也大，因此噪音电压也大。</p>	<p>正确接法说明：重新引出一根主地线，再分支到对应的设备。</p> <p>益处：1.避免错误接地法2的弊端，不会形成噪音电压。</p>
<p>单个工位接地方法示意图</p>	<p>错误接法3</p> 	<p>正确接法</p> 
<p>文字说明</p>	<p>错误接法说明：将工位上所有的设备用几根电线连接起来再接入地线。</p> <p>弊端：若夹具、设备1或设备2任何一个设备连接不好，后段的仪器也受影响，设备3的接地电阻会较大。</p>	<p>正确接法说明：从主地线一接地点发散式引出地线分别连接到各地线。</p> <p>益处：避免错误接法3的弊端，做到尽量确保每个设备接地效果。</p>

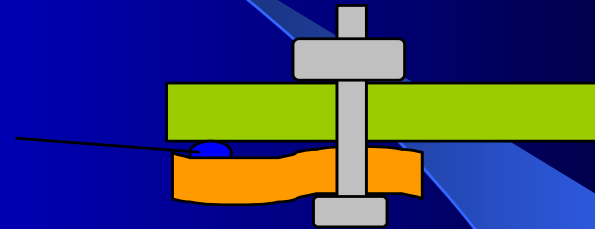
## 2. 铺设防静电地板和台垫，尽量少用非防静电物品：

在相关工位的作业台、地面、货架铺防静电胶皮，防静电胶皮的表面电阻率要小于 $10^{10}$ 欧姆，更为重要的是要保证有效的接地方式，确保胶皮的接地电阻小于 $10^9$  欧姆。如公司目前几种不良的胶皮接地方法：

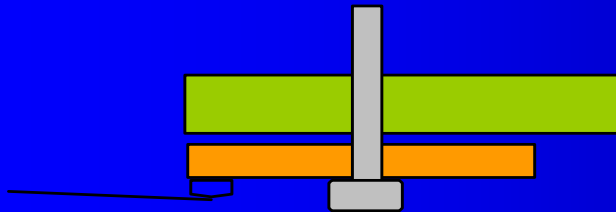
胶皮和铜皮只用螺钉固定，但螺帽没拧紧



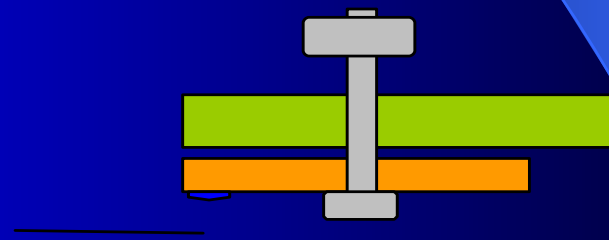
将焊接点定位在胶皮和铜皮间



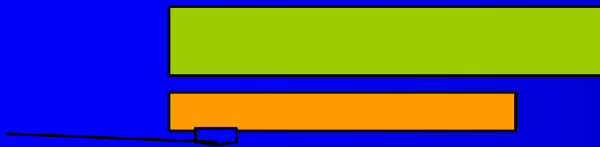
胶皮和铜皮只用螺钉固定，但没有螺帽固定



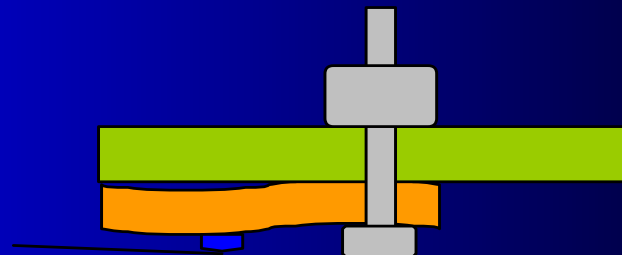
地线断或未接地胶皮数量



只将铜皮压在胶皮下



铜皮变形



# 车间常用物品一览表（仅作参考）

各生产物品表面电阻一览表						单位： /sq
NO	物品	第一次测试值	第二次测试值	第三次测试值	近似平均值	建议
1	非防静电胶箱	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	限制使用
2	黄色胶带	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	限制使用
3	装FPC盒子	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	限制使用
4	装ACT用盒子	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	限制使用
5	#型布料工衣	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	$10^{12}$ 以上	限制使用
6	白色胶板	$10^{11.9}$	$10^{12}$	$10^{11.8}$	$10^{11.9}$	限制使用
7	透明胶布	$10^{11.7}$	$10^{11.9}$	$10^{12}$	$10^{11.87}$	限制使用
8	地面油漆	$10^{11.7}$	$10^{11.8}$	$10^{11.9}$	$10^{11.8}$	限制使用
9	一般胶套	$10^{11.7}$	$10^{11.5}$	$10^{11.6}$	$10^{11.6}$	限制使用
10	装LD的包装纸	$10^{10.7}$	$10^{10.7}$	$10^{10.7}$	$10^{10.7}$	限制使用
11	普通用纸	$10^{10.3}$	$10^{10.6}$	$10^{10.6}$	$10^{10.5}$	限制使用
12	旧胶皮	$10^{10.5}$	$10^{10.3}$	$10^{10.3}$	$10^{10.37}$	限制使用
13	被油漆漆过的桌面	$10^{10.4}$	$10^{10.3}$	$10^{10.1}$	$10^{10.27}$	限制使用
14	普通玻璃	$10^{10.4}$	$10^{10.3}$	$10^{10.3}$	$10^{10.33}$	限制使用
15	光轴调整用铝合金钢板	$10^{9.8}$	$10^{9.7}$	$10^{9.6}$	$10^{9.7}$	建议使用
16	挂作业指导书防静电胶套	$10^{9.2}$	$10^{9.4}$	$10^{9.2}$	$10^{9.27}$	建议使用
17	普通木板（目前车间使用的）	$10^{8.7}$	$10^{8.8}$	$10^{8.7}$	$10^{8.73}$	建议使用
18	新胶皮	$10^{8.6}$	$10^{8.5}$	$10^{8.6}$	$10^{8.57}$	建议使用
19	#型布料工衣	$10^{6.6}$	$10^7$	$10^{6.9}$	$10^{6.83}$	建议使用
20	防尘盖	$10^{5.5}$	$10^{5.6}$	$10^{5.6}$	$10^{5.57}$	建议使用
21	产品盒	$10^{5.4}$	$10^{5.2}$	$10^{5.3}$	$10^{5.3}$	建议使用
22	新进防静电盒	$10^{4.3}$	$10^{4.4}$	$10^{4.4}$	$10^{4.37}$	建议使用
23	地面钢板	$10^{3.8}$	$10^{3.8}$	$10^{3.8}$	$10^{3.8}$	建议使用
24	铝铂	$10^{3.8}$	$10^{3.8}$	$10^{3.8}$	$10^{3.8}$	建议使用

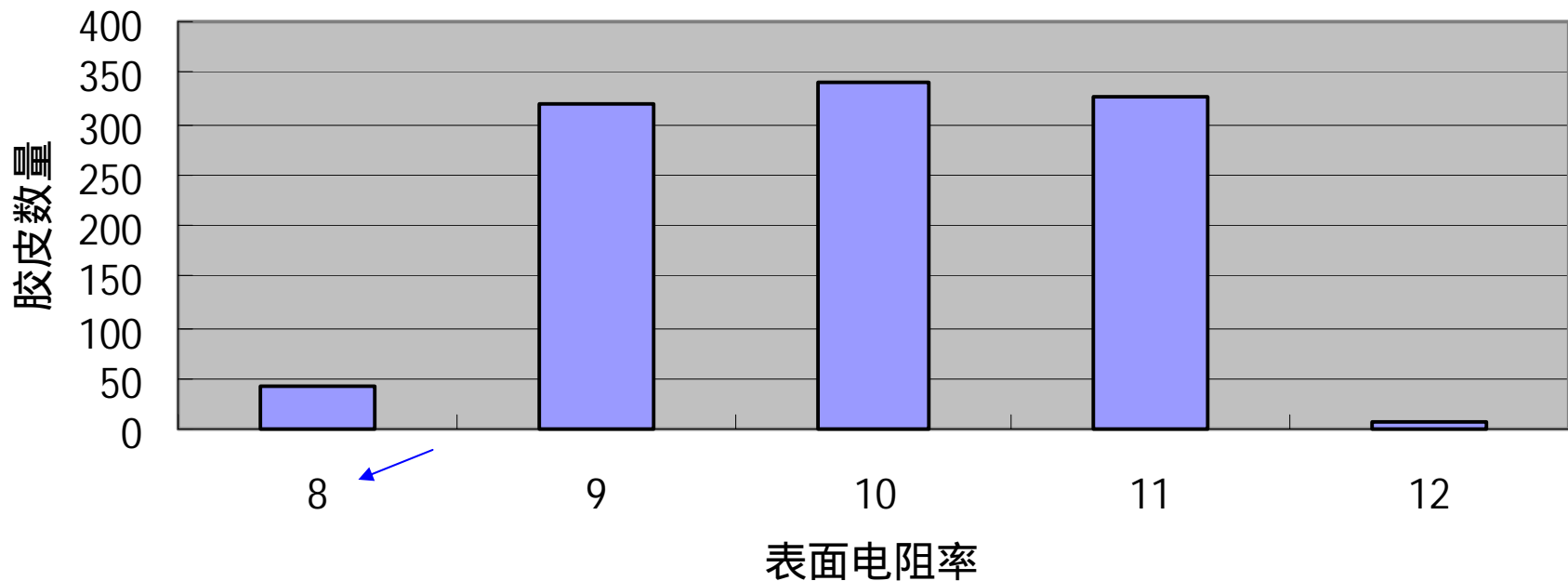
说明：1.限制使用的物品在非ESD工位尽量少用，应多考虑其它材料，在ESD工位要禁用（但一些标示可暂时保留）。

2.装LD用的包装纸由于在铝铂上有一层绝缘的塑料薄膜，所以LD包装纸表面电阻为 $10^{10.7}$  /sq。

3.表面电阻超过 $10^{10}$  /sq的物品为限制使用物品。

## 5 6楼部分胶皮表面电阻率分布：

### 5、6楼胶皮表面电阻率分布图



从以上胶皮的表面电阻率的分布情况来看，胶皮表面电阻率值整体上偏大。



3.安装静电消除器。

4.工作人员尤其是操作人员的静电防护，带防静电手腕、穿防静电服装。

5.正确的操作方法；拿器件时手不要碰到管脚、最后安装静电敏感元件、经常触摸接地柱，不做摩擦动作、防止人和人直接接触。

6.使用防静电器具：如防静电容器、工具。

7.控制防静电工作区的温度和湿度。

## 十、公司静电区域的管制项目：

项目	管理要求	检查频次
环境温湿度	环境温湿度要保持在40%以上	1次/小时
胶皮表面电阻率	胶皮表面电阻率 $10^{11}$	1次/半年
接地电阻	接地电阻要在10欧姆以下	1次/月
人体静电压	人体静电压要小于10V以下	1次/周
表面静电压	表面静电压要在100V以下	1次/周
表面净电荷	表面电荷要在2 nc以下	1次/周
胶皮设备制具接地电阻	全部接地	工序不定期检查
非防静电物品使用	表面电阻率大于 $10^{11}$ 禁用	工序不定期检查
烙铁漏电电压	烙铁漏电电压要小于2mv	1次/月
手腕的点检	手腕电阻要在 $10^9$ 欧姆以下	2次/天
胶皮接地检测	胶皮的接地电阻要在 $10^9$ 以下	1次/月

## 十一、公司目前在防静电方面存在的一些问题



部分夹具使用了非防静电材料，如上图QC sppqc夹具静电压在100到500伏左右。



皮带离防静电湿毛巾远端的部分超过20伏的较多。



工作区键盘的静电压常常有上千伏。



胶皮老化的较多，导致有30%左右的胶皮表面电阻率在 $10^{10}$  -  $10^{11}$  欧姆

## 射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训推荐课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/tuijian/>



### 射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

### 手机天线设计培训视频课程

该套课程全面讲授了当前手机天线相关设计技术,内容涵盖了早期的外置螺旋手机天线设计,最常用的几种手机内置天线类型——如 monopole 天线、PIFA 天线、Loop 天线和 FICA 天线的设计,以及当前高端智能手机中较常用的金属边框和全金属外壳手机天线的设计;通过该套课程的学习,可以帮助您快速、全面、系统地学习、了解和掌握各种类型的手机天线设计,以及天线及其匹配电路的设计和调试...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/133.html>



### WiFi 和蓝牙天线设计培训课程

该套课程是李明洋老师应邀给惠普 (HP) 公司工程师讲授的 3 天员工内训课程录像,课程内容是李明洋老师十多年工作经验积累和总结,主要讲解了 WiFi 天线设计、HFSS 天线设计软件的使用,匹配电路设计调试、矢量网络分析仪的使用操作、WiFi 射频电路和 PCB Layout 知识,以及 EMC 问题的分析解决思路等内容。对于正在从事射频设计和天线设计领域工作的您,绝对值得拥有和学习! ...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/134.html>



## CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



## HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

## ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



### 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

### 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>