

中华人民共和国国家标准

工业过程测量和控制装置的电磁兼容性 静电放电要求

GB/T 13926.2-92

Electromagnetic compatibility for industrial-
process measurement and control equipment
—Electrostatic discharge requirements

本标准等效采用 IEC 801-2《工业过程测量和控制装置的电磁兼容性第 2 部分:静电放电要求》(1984 年版)。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了工业过程测量和控制装置对由于操作者触摸该类装置而产生的和在装置附近的物体间产生的静电放电的敏感性试验的严酷等级和试验方法。

本标准适用于评定工业过程测量和控制装置对静电放电的敏感性。

2 术语

2.1 性能下降 degradation

在敏感性试验中,由于电磁干扰造成试验样品工作性能发生非期望的变化。但这并不一定意味着工作不正常或严重故障。

2.2 储能电容器 energy storage capacitor

静电放电发生器中代表人体带电达到试验电压值的能力的电容器。

2.3 参考接地平板 earth reference plane

用作被试装置、静电放电发生器和辅助设备的公共参考点的金属薄片或金属板。

2.4 保持时间 holding time

放电前漏电所造成的在试验枪端部测得的输出电压下降不大于 10% 的这一段期间隔。

2.5 静电放电 electrostatic discharge (E. S. D.), static electricity discharge (S. E. D.)

静电电势不同的各种物体之间静电电荷的迁移。

3 严酷等级

静电放电试验应采用下列严酷等级:

等 级	试验电压 kV(±10%)
1	2
2	4
3	8
4	15

国家技术监督局 1992-12-17 批准

1993-06-04 实施

注：附录 A 列出了能影响人体带电电压等级的各种参数细节。附录还例举了与环境(安装)等级有关的严酷等级的应用实例。

4 静电放电发生器

静电放电发生器的主要部件包括：充电电阻、储能电容、放电电阻和供电单元。

静电放电发生器的简图如图 1 所示。

发生静电放电时产生的脉冲波形并非是在放电之前在发生器内形成的，而是取决于负载的种类。

经电阻负载产生的放电电流的特性由 4.2 条加以说明。

4.1 静电放电发生器的性能特性

4.1.1 储能电容器(C_s): $150\text{ pF}\pm 10\%$ 。

4.1.2 放电电阻(R_d): $150\ \Omega\pm 5\%$ 。

4.1.3 充电电阻(R_{ch}): $100\text{ M}\Omega\pm 10\%$ 。

4.1.4 输出电压: $2\sim 16.5\text{ kV}$ (在放电储能电容器上测量的开路电压)。

4.1.5 输出电压极性:正极。

4.1.6 保持时间: 5 s 。

4.1.7 放电方式:单次放电(相邻两次放电间隔时间 $\geq 1\text{ s}$)。

注：为了进行研究，发生器应能以每秒 20 次的重复率产生放电。

4.1.8 放电电流上升时间:见 4.2 条。

4.1.9 放电电流的脉冲持续时间(50%):见 4.2 条。

4.1.10 放电电流峰值:见 4.2 条。

发生器必须具有防止经过发生器电源线传输的脉冲型或连续型传导干扰的能力，以免干扰被试样品。储能电容器和放电电阻应尽量放置得接近放电电极。放电电极的尺寸如图 4 所示。

静电放电发生器的接地电缆应采用绝缘的软性铜带，其尺寸如下：

长度:约 $2\ 000\text{ mm}$ ；

宽度:约 20 mm ；

厚度:约 0.1 mm 。

注：可以用按上述规定宽度的标准扁形电缆(所有导线并联连接)取代铜带。如果使用圆形导线，则导线的最小线径约为 0.7 mm 。

4.2 静电放电发生器性能特性的校验

为了能对使用不同试验发生器得出的试验结果作出比较，必须校验下列性能特性：

4.2.1 放电电流的上升时间: $5\text{ ns}\pm 30\%$ (放电电压 4 kV)。

4.2.2 放电电流持续时间: $30\text{ ns}\pm 30\%$ (放电电压 4 kV ，在放电电流波形图上幅值为 50%时)。

4.2.3 放电电流峰值: 2 kV 时 $9\text{ A}\pm 30\%$ ， 4 kV 时 $18\text{ A}\pm 30\%$ ， 8 kV 时 $37\text{ A}\pm 30\%$ ， 15 kV 时 $70\text{ A}\pm 30\%$ 。

静电放电发生器应向 $2\ \Omega$ 或小于 $2\ \Omega$ 的电阻负载放电。放电电极应接近负载直至放电发生。放电电路，包括接地连接线应尽量短。

负载至少由 5 个无感电阻(碳型电阻，额定功率不小于 1 W)组成，电阻并联连接构成一个环阵。这一组电阻应该与测量线路阻抗匹配的电阻器同轴。

本标准推荐的校验静电放电发生器性能特性用的电阻负载的结构排列如图 2 所示。

校验程序中发生器输出电流的典型波形如图 3 所示。

注：放电电流的参数值应选用带宽 400 MHz 的测量仪表测试。

5 试验配置

试验配置由静电放电发生器、被试装置和进行下列试验所必需的辅助仪表装置组成：

- a. 直接对被试装置放电；
- b. 模拟放置或安装在被试装置附近的物体之间的放电。

5.1 直接对被试装置放电的试验配置

根据有关环境,试验可分为两种类型:

- a. 实验室内进行的试验;
- b. 在最后安装好的状态下对设备进行的现场试验。

5.1.1 实验室内进行试验的试验配置

下列要求适用于实验室内在 6.1 条规定的环境条件下进行的试验。

被试装置应放置在参考接地平板上,用一个约 0.1 m 厚的绝缘支架使之与平板绝缘。

参考接地平板是块最小厚度为 0.25 mm 的金属板(铜或铝),放在被试装置下面。也可以使用其他的金属材料,但厚度至少为 0.65 mm。平板的最小面积为 1 m²,最终面积取决于被试装置的大小。参考接地平板的四周应大出被试装置至少 0.1 m。参考接地平板应连接到接地系统的安全接地线上。

被试装置应根据其功能要求进行配置和连接。机箱、被试装置或被试系统与实验室四壁和其他金属结构之间必须留出至少 1 m 的间距。

被试装置应根据制造厂的安装规范连接接地系统,不允许再有其他的附加接地线。

静电放电发生器的接地电缆应连接参考接地平板,此电缆的总长度始终是 2 m。

如果这一长度超出了对选定的试验点放电所需的长度,可将超长部分捆扎在底板上,以避免试验线路中出现附加回路。

接地电缆与参考接地平板和所有搭接处的连接阻抗应很低,例如在高频率应用时应采用夹紧装置。

不同装置的附加技术要求如下:

5.1.1.1 台式装置

当被试装置本身或其附近无接地端子时,应借助于与最近的主电源引出线连接的接线盒使参考接地平板接地。

静电放电发生器接地电缆的超长部分不必捆扎在底板上。

台式装置试验配置的实例如图 5 所示。

5.1.1.2 柜式装置

被试装置应尽量以最短的路线直接连接接地系统的安全接地线。

顶部有专用接地端子的机箱应用一条绝缘导线把接地端子与接地系统的安全接地线相连。

柜式装置试验配置的实例如图 6 所示。

5.1.1.3 系统

如果机柜和外部设备组成一个系统,而其中只有一个单元直接接地,则根据制造厂的技术要求,间接接地的各单元应与参考接地平板绝缘。

连接系统各单元的接地导线和信号线应与地面和参考接地平板保持 0.1 m 的间距。

注:被试系统的各个机柜可分别放在各个参考接地平板上,应再利用铜带将各参考接地平板互联,如图 7 所示。

5.1.2 现场试验用试验配置

装置和系统应在最后安装好的状态下进行试验。各种类型装置的附加规定有:

5.1.2.1 台式装置

不应使用参考接地平板。

静电放电发生器的接地电缆应连接到最近的接地端子,例如连接到电源输出端的安全接地线上(例如如图 8 所示经由一个接线盒连接到主电源输出端的接地端子)。

5.1.2.2 机柜

不使用参考接地平板。

静电放电发生器的接地电缆应连接到最近的接地端子,最好连接机柜的专用接地端子。

注：如果被试装置上无接地端子，应使用一个如图 8 所示的分线盒。机柜的试验配置实例如图 9 所示。

5.1.2.3 系统

有若干机柜和外部设备组成的系统，根据制造厂的规定，其各个机柜为直接接地的情况时，属于 5.1.2.2 条的范畴。

有若干机柜和外部设备组成的系统，在其中仅有一个装置直接接地的情况下，应在各个机柜前放一块参考接地平板。

注：参考接地平板可以是一条厚 0.3 mm，宽 300 mm 的铜带。

参考接地平板应连接到被试系统的接地端子。

静电放电发生器的接地电缆应连接到靠近单个被试装置的参考接地平板上。

系统的试验配置实例如图 10 所示。

5.2 模拟被试装置附近物体之间放电的试验配置

该试验配置应用于外壳不导电，不能直接施加放电的被试装置。该配置还可用于试验被试装置附近产生放电的影响。

参考接地平板的使用和排列方法同 5.1.1 条所述。参考接地平板仅用于型式试验和 5.1.2.3 条所述系统的现场试验。

6 试验程序

试验程序包括下列各项：实验室环境条件的准备、静电放电的施加和试验结果的评定。

6.1 实验室环境条件

为了使环境参数对试验结果的影响减至最小，试验应在 6.1.1 条和 6.1.2 条规定的大气和电磁环境条件下进行。

6.1.1 大气条件

大气条件应符合下列要求：

温度：15~35℃；

相对湿度：45%~75%；

大气压力：68~106 kPa。

6.1.2 电磁条件

实验室的电磁环境应不影响试验结果。

6.2 静电放电的施加

6.2.1 直接对被试装置施加放电

静电放电仅施加在操作人员通常可接触到的被试装置的点上和表面上。

除非经制造厂和用户同意，不得对装置上仅在维修时才接触到的任何点上施加放电。

静电放电的电压应设定在相应于所选严酷等级（见第 3 条）的值上。

为了防止损坏装置，幅值逐渐从最小值增大到最大值，并应不超过有关标准规定的值。

试验以单次放电方式进行。

在预先选定的各点上至少应施加 10 次单次放电。相邻两次放电的时间间隔应至少 1 s。

注：应施加放电的各个点可以通过重复率为每秒 20 次的放电进行探测加以选择。

放电电极应接近被试装置，直至放电发生。

每次放电后应从被试装置移开静电放电发生器（放电电极）。然后发生器重新触发，进行下一次单次放电。重复该过程，直至完成 10 次放电。

静电放电发生器应垂直于施加放电的表面。

施加放电时，发生器的接地电缆应与被试装置保持至少 0.1 m 的间距。

6.2.2 模拟对被试装置附近的物体放电

应采用静电放电发生器对参考接地平板施加放电来模拟对放置或安装在被试装置附近物体的放电。

除 6.2.1 条所述的试验程序外,还应满足下列要求:

- a. 静电放电发生器应放在距被试装置 0.1 m 处,放电电极指向参考接地平板;
- b. 在被试装置的每个可接触到的平面上对参考接地平板至少应进行 10 次单独快速放电。

6.3 试验结果的评定

被试装置和系统的种类繁多,差异很大。因此,很难为评定静电放电对装置和系统的影响制订一个通用的评定准则。

试验结果可根据被试装置的工作条件和功能规范按下列性能准则加以分类:

- a. 在规范极限内性能正常;
- b. 功能或性能暂时降低或丧失,但能自行恢复;
- c. 功能或性能暂时降低或丧失,但需操作者干预或系统复位;
- d. 因装置(元件)损坏而造成不可恢复的功能或性能降低或丧失。

对于验收试验、试验大纲和试验结果的分析应符合有关标准或文件的规定。

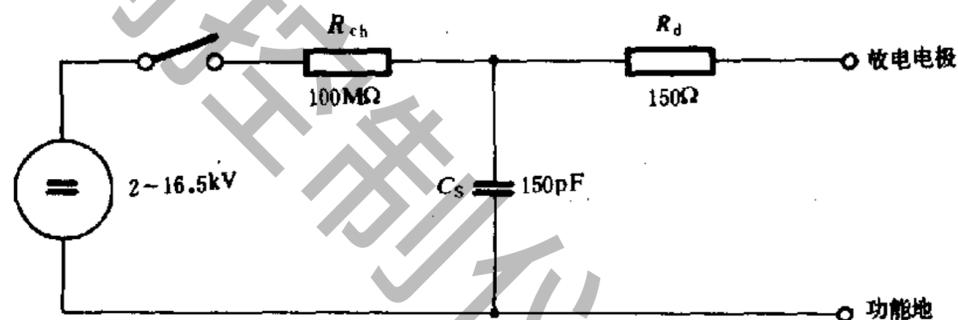


图 1 静电放电发生器简图

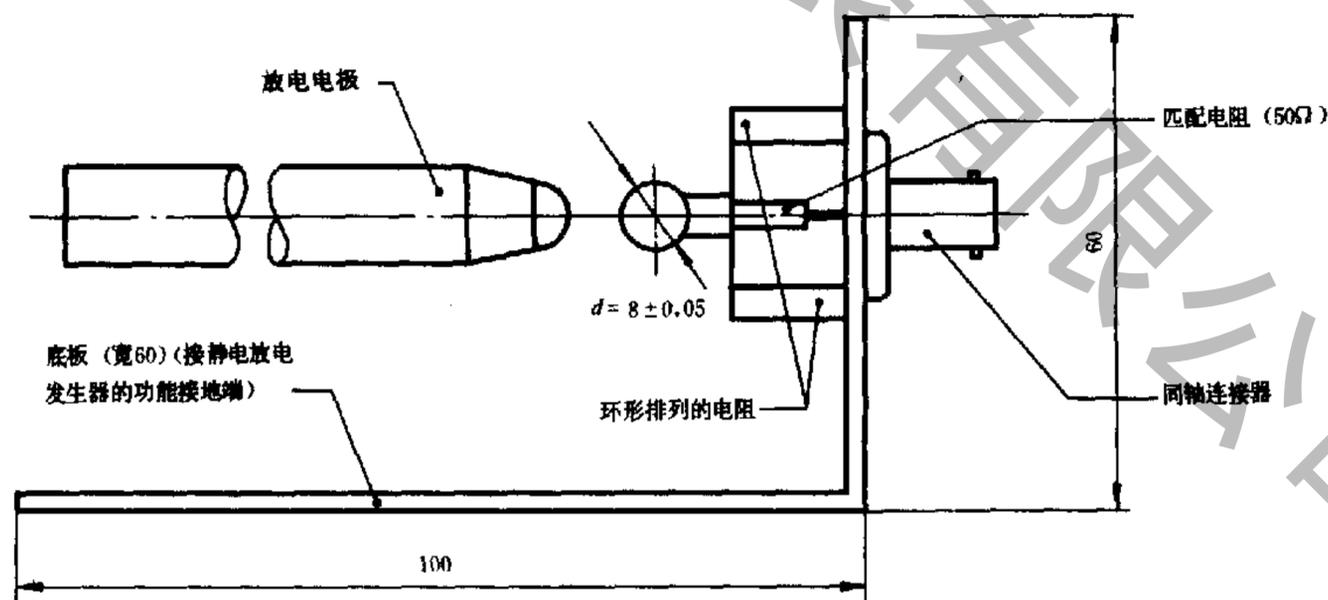


图 2 推荐用于校验静电放电发生器性能的电负载的排列

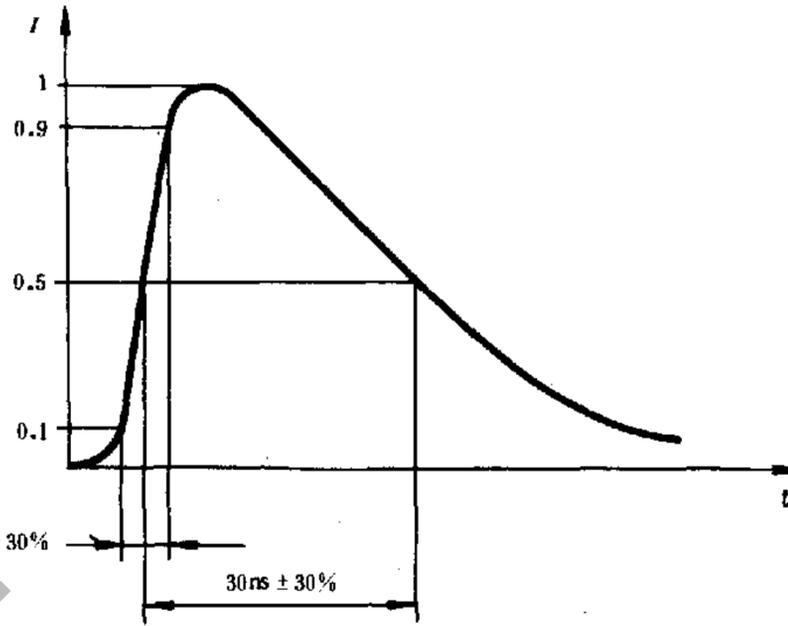


图 3 静电放电发生器输出电流的典型波形

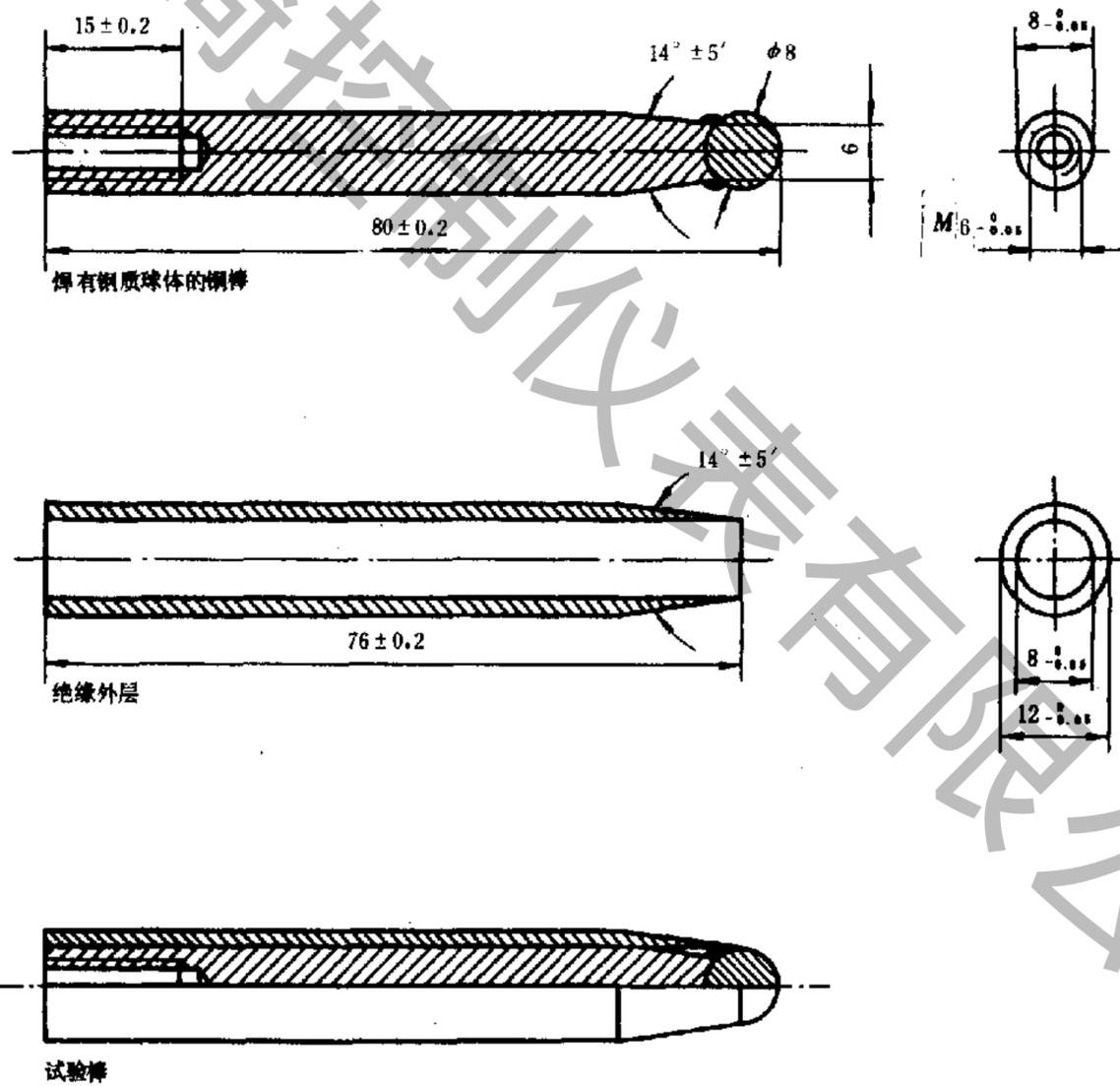


图 4 静电放电的放电电极

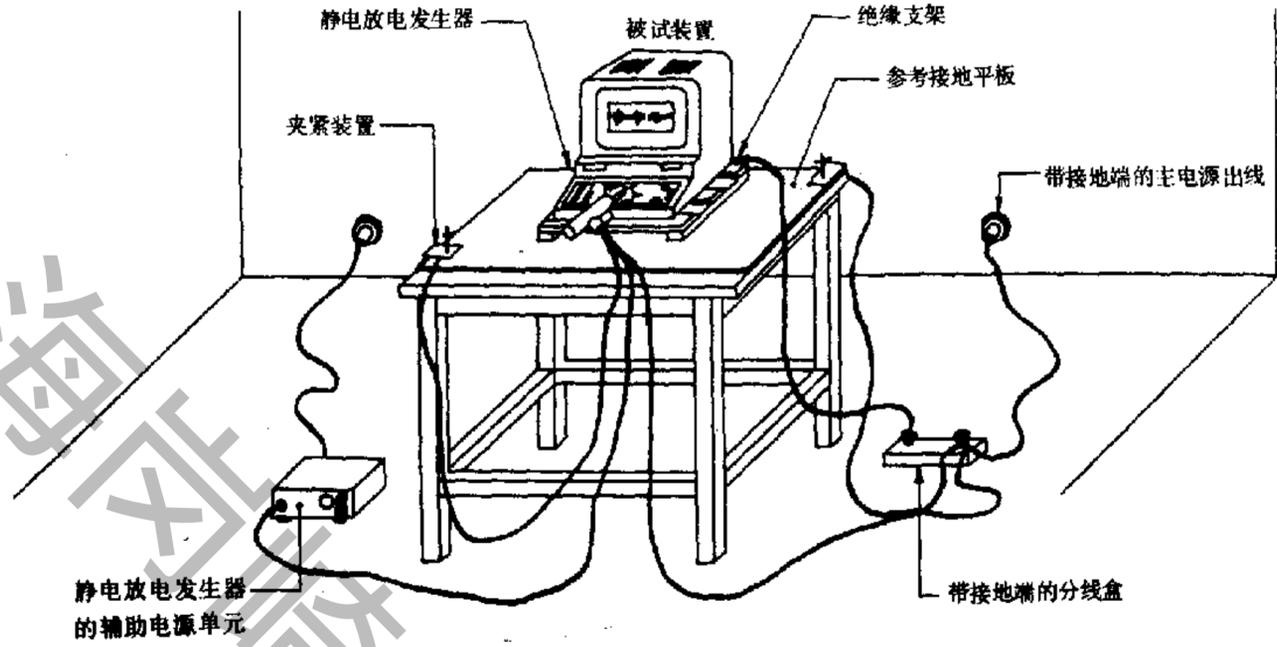


图5 台式装置试验配置(实验室试验用)

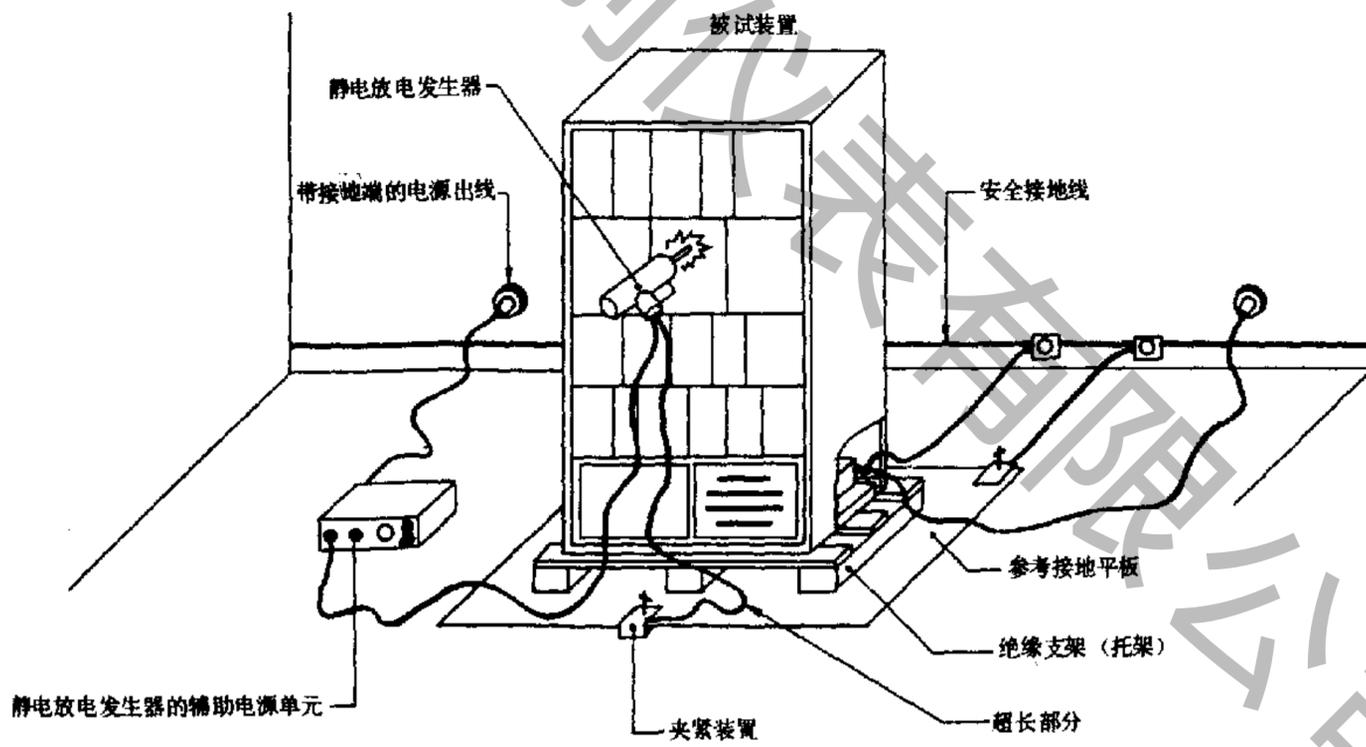


图6 机柜的试验配置(实验室试验用)

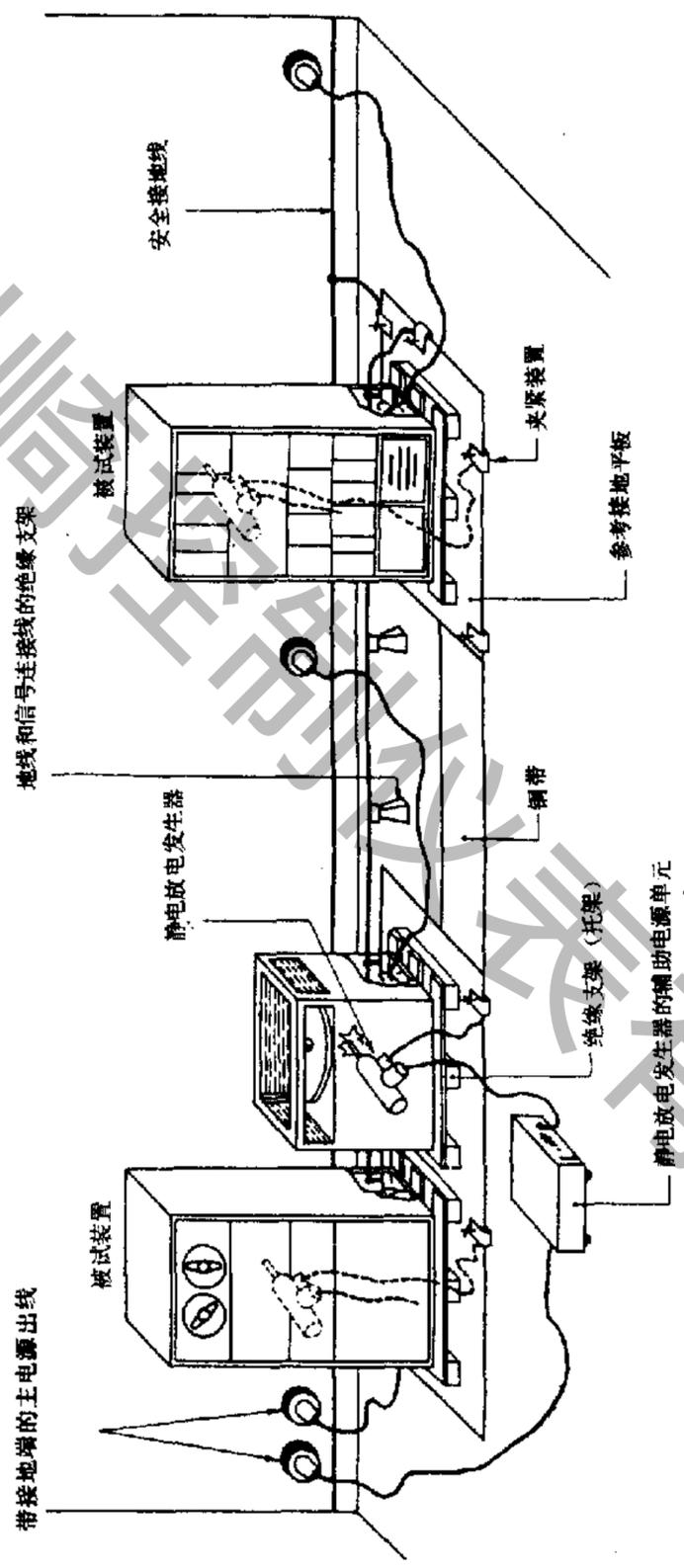


图7 仅有一个机柜接地的系统的试验配置(实验室试验用)

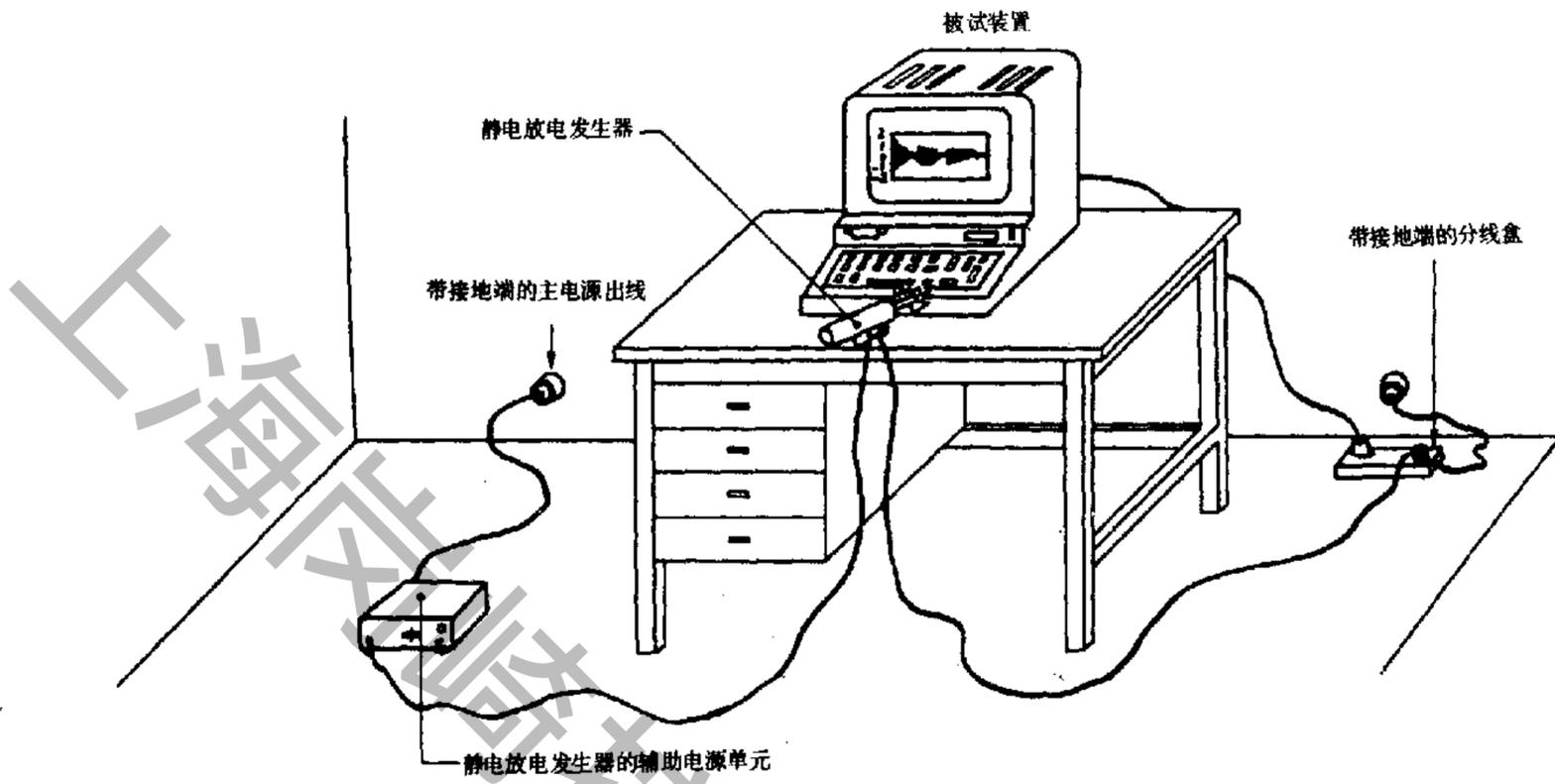


图 8 台式装置试验配置(现场试验用)

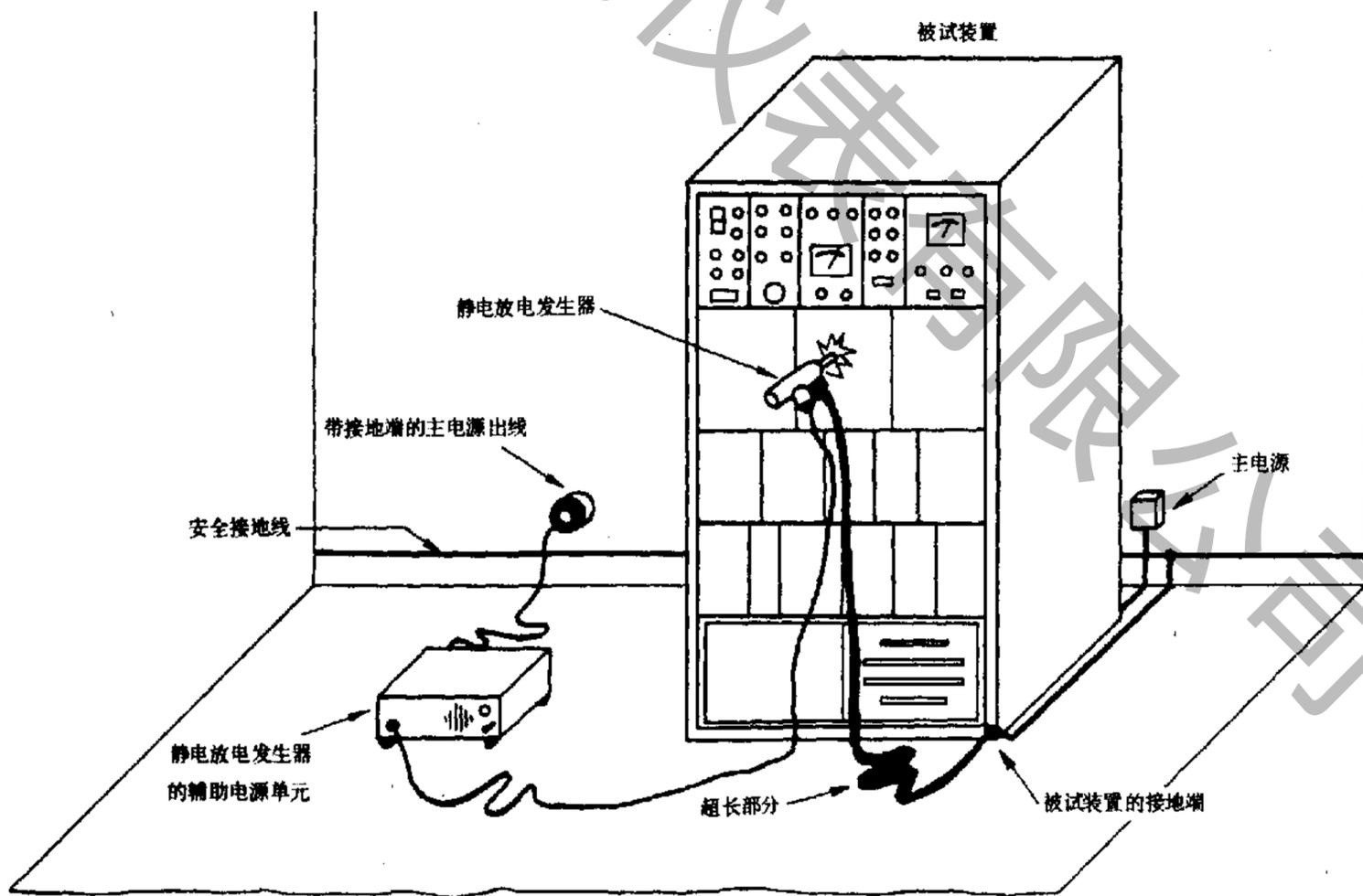


图 9 带可接近接地端的机柜的试验配置(现场试验用)

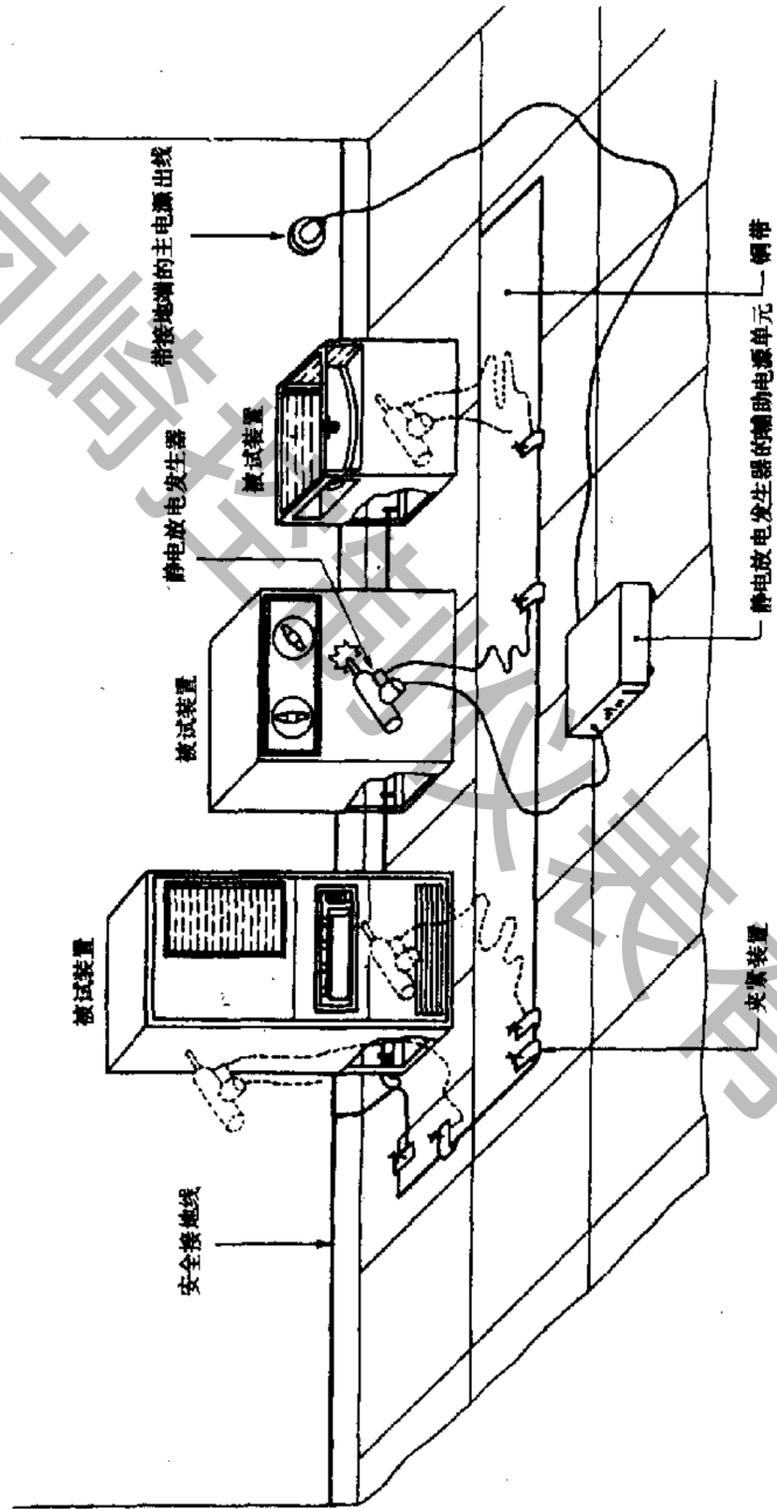


图 10 仅有一个机柜直接接地的系统的试验配置(现场试验用)

附录 A

说 明

(参考件)

A1 综述

由于环境和安装等原因,诸如相对湿度低、使用低导电率(人造纤维)地毯、乙烯基外衣等,使系统、子系统和外部设备处于静电放电环境。因此保护工业过程测量和控制装置不受静电放电的危害,无论对制造厂还是用户都是一个极为重要的问题。这类设备在广泛采用电子元件以后,迫切需要确定这一问题的各种因素。寻求一种解决办法,以提高产品/系统的可靠性。静电积聚及随后产生放电这一问题由于对环境不加控制及各种工厂企业中各种装置和系统的广泛应用而变得更加令人关切。

合成纤维与干燥的空气相结合,更促使静电电荷的产生。充电的过程千差万别,其中最常见的一种是操作人员在地毯上走动,每一步都将其身上的电子传给化纤织物。操作人员身上穿的衣服与座椅摩擦也能造成电荷的交换。操作人员的身体可能直接带电,或者经静电感应而带电。在静电感应带电的情况下,除非操作人员与地毯适当接地,否则导电的地毯就起不了保护作用。

图 A1 表示了各种化纤织物依据大气相对湿度可能带电的电压值。

装置可能会直接经受电压高达千伏级的放电。这取决于化纤织物的种类和环境的相对湿度。

当装置附近的金属物体,如桌椅之间放电时,装置也可能受到电磁能量。

操作人员放电产生的影响可能使装置发生一般性的运转故障,或损坏某些电子元件。主要影响与放电电流的各种参数有关(上升时间,持续时间等)。

最常见的放电现象可说明如下:

a. 如果装置同导电地面接地良好,则放电就会根据电源的能量和电阻所决定的方式,经外壳直接传入大地。在接地通路为低电感时,会产生一个数量级为几毫微秒、很陡的波阵面,和一个数十毫微秒的阻尼波尾;

b. 对于外壳不直接接地或接地不良的装置,放电经主电源线传入大地,由电感产生的上升时间的幅度比前例高一个数量级,波尾类似阻尼振荡波;

c. 当大量的放电电流经金属件或主电源线流入大地时,线路元件将承受感应耦合或辐射的影响;

d. 当放电电流沿连接电缆从一个机柜流向另一机柜时,信号可受到干扰的极大影响。

本标准所述的试验方法的目的是评估静电放电对工厂企业和其他环境中使用的装置、系统和仪表造成的不良影响。

A2 静电放电发生器输出特性的校验

为了消除各种试验发生器的分散特性可能产生的不定性,必须有一个标准的校正或试验程序。在对标准化电阻负载(本标准所述的)施行静电放电时,要测量试验发生器的有关特性。其主要特性有:

a. 上升时间;

b. 脉冲持续时间(50%);

c. 流经标准负载的放电电流的峰值。

放电之前,试验发生器的放电电极与标准负载间形成的寄生电容,产生一个小的“预放电”。这个寄生电容估计为 5 pF。

试验程序不测量也不评定“预放电”的上升时间和放电电流。

A3 试验严酷等级的选择

试验严酷等级应根据最切合实际的安装条件和环境条件加以选择。

本标准推荐的安装和环境等级与本标准第3章列出的严酷等级有关。

等级	最低相对湿度, %	抗静电织物	人造纤维	最大电压, kV
1	35	x		2
2	10	x		4
3	50		x	8
4	10		x	15

对于其他物质,如木材、混凝土、陶瓷、乙烯树脂和金属等,其等级可能不会大于2级。

注: 抗静电织物其表面电阻率大于每平方 $10^9 \Omega$, 但小于 $10^{14} \Omega$ 。

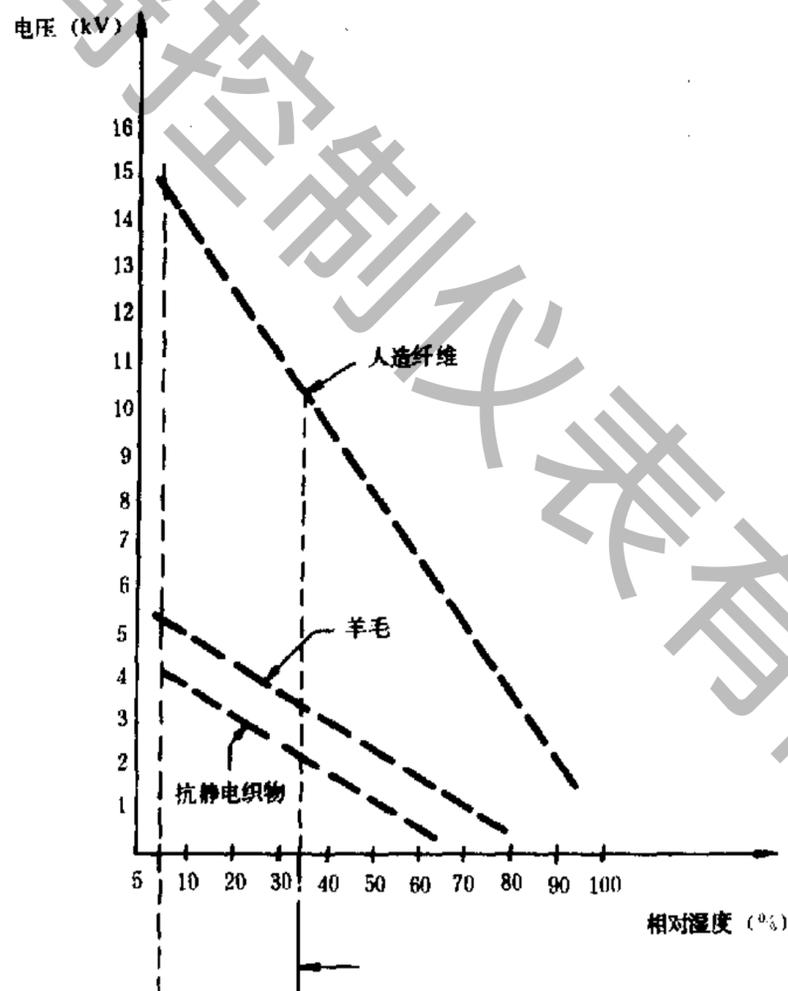


图 A1 操作人员在接触 A3 条提及的材料时可能带上静电电压的最大值

附加说明:

本标准由全国无线电干扰标准化技术委员会提出并归口。

本标准由机械电子工业部上海工业自动化仪表研究所起草。

本标准主要起草人程国钧、邱云林、郑家模、洪济晔、蒋春宝。