



中华人民共和国国家标准

GB/T 33555—2025

代替 GB/T 33555—2017

洁净室及相关受控环境 静电控制技术要求

Cleanrooms and associated controlled environments—
Technical requirements of electrostatic control

2025-04-25 发布

2025-11-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 静电来源和危害 3

5 技术要求 4

附录 A（资料性） 静电来源与控制要素 8

附录 B（资料性） 技术措施 10

附录 C（资料性） 防静电地面类型 13

附录 D（资料性） EPA 分级或分类 14

附录 E（资料性） 防静电设备和工具性能 15

参考文献 16



前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 33555—2017《洁净室及相关受控环境静电控制技术指南》，与 GB/T 33555—2017 相比，除结构性调整和编辑性改动外，主要技术内容变化如下：

- a) 更改了适用范围(见第1章,2017年版的第1章)；
- b) 更改了术语“静电控制”“静电放电”“静电耗散材料”的定义(见3.1、3.4和3.13,2017年版的3.4、3.5和3.1)；
- c) 删除了静电场等术语(见2017年版的3.2、3.3、3.6和3.7)；
- d) 增加了术语“静电放电敏感(的)”“静电吸引”“防静电工作区”“静电感应”“静电起电”“孤立导体”“工作表面”“洁净室适用性”“围护结构”“离子化静电消除器”“等电位联结”的定义(见3.2、3.3、3.5、3.6、3.7、3.8、3.9、3.10、3.11、3.12、3.14)；
- e) 更改“静电控制”为“静电来源和危害”(见第4章,2017年版的第4章)；
- f) 更改了“静电来源、危害及监测”中有关内容(见4.1、4.2,2017年版的4.1)；
- g) 删除了“控制”(见2017年版的4.2)；
- h) 删除了“控制措施”(见2017年版的4.3)；
- i) 更改“培训与规范”为“技术要求”(见第5章,2017年版的第5章)；
- j) 更改5.1、5.2、5.3、5.4为“一般要求”“人员”“工作表面”“环境和区域”(见5.1、5.2、5.3、5.4,2017年版的5.1、5.2、5.3、5.4)；
- k) 增加了“设备及工具”“ESDS产品包装、转运和储存”“监测和检测”(见5.5、5.6、5.7)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国洁净室及相关受控环境标准化技术委员会(SAC/TC 319)提出并归口。

本文件起草单位：中国电子工程设计院股份有限公司、中冶天工集团有限公司、深圳市中测计量检测技术有限公司、深圳市中明科技股份有限公司、中国标准化协会、中电投工程研究检测评定中心有限公司、中国电子技术标准化研究院、深圳凯仕德科技有限公司、北京东方计量测试研究所、中国电子系统工程第二建设有限公司、中国电子系统工程第四建设有限公司、北京戴纳实验科技股份有限公司、中国电子系统工程第三建设有限公司、亚翔系统集成科技(苏州)股份有限公司、厦门永平堂建筑材料有限公司、北京中邦兴业科技有限公司、河北科华防静电地板制造有限公司、惠瑞净化科技(江苏)有限公司、柏诚系统科技股份有限公司、仲恺农业工程学院、TCL华星光电技术有限公司、合肥晶合集成电路股份有限公司、长鑫集电(北京)存储技术有限公司。

本文件主要起草人：谭军、王天羿、杨光明、孙思宇、高志良、郝胤博、马全丽、郭凯、徐巍巍、张志坚、丁力行、奚晓鹏、青曙萍、许京哲、霍金鹏、韩辉、修东升、孙硕、韩金贵、韩玲玲、向炜、吕光帅、杨楚鹏、叶为、张志麒、黄家洋。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2017年首次发布为 GB/T 33555—2017；

——本次为第一次修订。

引 言

静电是洁净室及相关受控环境中常见污染源之一。静电吸引可造成污染物集聚,污染洁净环境,影响产品质量和人员健康;静电放电会对洁净环境中静电敏感设备、产品造成危害,并且给电气安全、消防安全及人员健康造成隐患;静电控制措施不当不仅会影响洁净室的气流组织、洁净度,还会影响电气及消防安全。本文件针对洁净室中静电来源和危害的特点,规定了符合洁净室设计、运行特点的静电控制技术要求,以控制洁净室内的静电影响。

洁净室及相关受控环境 静电控制技术要求

1 范围

本文件给出了洁净室及相关受控环境中的静电来源和危害,规定了洁净室及相关受控环境中适用的静电控制技术要求。

本文件适用于洁净室及相关受控环境中的静电控制。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 15982 医院消毒卫生标准

GB/T 16895.10 低压电气装置 第4-44部分:安全防护 电压骚扰和电磁骚扰防护

GB/T 25915.3 洁净室及相关受控环境 第3部分:检测方法

GB/T 25915.4 洁净室及相关受控环境 第4部分:设计、建造、启动

GB/T 25915.13 洁净室及相关受控环境 第13部分:达到粒子和化学洁净度要求的表面清洁

GB/T 25915.14 洁净室及相关受控环境 第14部分:按粒子浓度评估设备适用性

GB/T 25915.15 洁净室及相关受控环境 第15部分:按气态化学物浓度评定设备及材料的适用性

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

静电控制 electrostatic control

对于给定环境、产品或工艺,将静电效应控制在允许限度之内的活动。

3.2

静电放电敏感(的) electrostatic discharge sensitive;ESDS

易受到静电场或静电放电影响而产生故障或破坏(的)。

3.3

静电吸引 electrostatic attraction;ESA

两个或多个带相反电荷的物体之间的相互作用,导致粒子在带电体表面上的沉积速率增加或带电粒子的运动。

3.4

静电放电 electrostatic discharge;ESD

具有不同静电电位的物体之间,由于直接接触或静电场感应引起两物体间的静电电荷的快速转移。

3.5

防静电工作区 electrostatic discharge protected area; EPA

为将静电放电或静电损害的风险控制到可接受的程度而设立的操作静电放电敏感(ESDS)产品的场所。

注 1: 此术语仅在洁净室及相关受控环境内操作静电放电敏感(ESDS)产品的场所使用。

注 2: 静电放电敏感产品指易被静电场或静电放电损坏的敏感器件、集成电路或组件。

[来源:GB/T 37977.51—2023,3.7,有修改]

3.6

静电感应 electrostatic induction; ESI

在静电场影响下引起导体上电荷重新分布,并在其表面产生电荷的现象。

[来源:GB/T 15463—2018,2.27]

3.7

静电起电 electrostatic charge; ESC

由于物体的接触分离、静电感应、介质极化和带电微粒的附着等原因,使物体正负电荷失去平衡或电荷分布不均,在宏观上呈现带电的过程。

[来源:GB/T 15463—2018,3.1]



3.8

孤立导体 isolated conductor

防静电工作区中对地绝缘的导体。

注: 对地电阻大于或等于 $1.0 \times 10^{11} \Omega$ 的导体。

3.9

工作表面 work surface

任一类型可用于进行没有静电防护的静电放电敏感工作或处理的表面。

注 1: 包括人员操作表面和设备工作表面。

注 2: 人员操作表面指人员在洁净室及相关受控环境中处置静电敏感物的接触面。

注 3: 设备工作表面指设备在洁净室及相关受控环境中与静电敏感物的接触面。

3.10

洁净室适用性 cleanroom suitability

对目标洁净室(区),维持关键受控参数或工况的能力。

注: 本定义是指设备和材料的使用。

[来源:GB/T 25915.15—2022,3.7,有修改]

3.11

围护结构 envelope structure

以框架为支撑的内装部分的总称。

注: 包括吊顶、墙体、地面、门窗及其相关装置、各种接口及密封等。

[来源:GB/T 36372—2018,3.3,有修改]

3.12

离子化静电消除器 ionizing electrostatic eliminator

将空气电离进而产生正、负离子,以中和带电物体表面静电荷的装置。

注: 包括离子风机、离子风枪、离子棒、离子风嘴、空间离子棒、除静电风机过滤单元、光离子型静电消除器等。

3.13

静电耗散材料 electrostatic dissipative material

点对点电阻在 $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^{11} \Omega$ 的范围的材料。

3.14

等电位联结 equipotential bonding

为了达到等电位,多个可导电部分间的电连接。

4 静电来源和危害

4.1 来源

4.1.1 洁净室及相关受控环境中静电起电的主要方式如下:

- 摩擦起电:不同物体或介质接触后因出现相对位移产生静电;
- 感应起电:在静电场作用下,导体内电荷重新分布产生带电现象;
- 吸附起电:通过吸附带电微粒带电;
- 传导起电:通过与带电物体接触带电。

4.1.2 洁净室及相关受控环境中常见的静电来源与静电控制要素见附录 A。

4.1.3 洁净室及相关受控环境中影响静电控制的环境要素见表 1。

表 1 影响静电控制的环境要素

环境要素	影响
相对湿度	影响静电起电(ESC)的电压,同等条件下相对湿度越低 ESC 电压越高
粒子	悬浮粒子和表面粒子会造成摩擦起电和传导起电,也是吸附带电的载体
气体流速	气体流速会影响摩擦起电的起电量和带电微粒的移动速度
电磁辐射和电离辐射	电磁感应和电离效应会造成感应起电

4.2 危害

4.2.1 洁净室及相关受控环境中的静电危害主要由静电吸引(ESA)、静电放电(ESD)和静电感应(ESI)造成。

4.2.2 ESA 造成粒子、微生物等聚集,形成带电污染物。带电污染物接触到对表面洁净度或静电放电敏感(ESDS)产品、材料、设备和人员时会造成静电危害:

- 造成 ESDS 产品短路、性能下降等;
- 污染 ESDS 材料;
- 造成 ESDS 设备的功能性部件污染、性能下降;
- 造成防静电工作区(EPA)消防隐患和人员安全隐患。

4.2.3 ESD 及 ESI 的危害对象主要是 ESDS 产品、ESDS 设备和人员。ESD 及静电感应造成 ESDS 产品击穿、失效、性能下降,造成 ESDS 设备控制或测量精度下降、设备功能损失。ESD 还会造成人体静电冲击,且在涉及易燃易爆物品时,ESD 产生的火花可能引起火灾或爆炸。洁净室内的 ESD 方式如下所述。

- 人体放电。人员活动或工作时,接触 ESDS 产品或设备产生 ESD。
- 带电器件放电。带电器件接近具有不同静电电位的物体时产生 ESD。
- 机器设备带电放电。生产、转运设备或工具接触 ESDS 产品时产生 ESD。
- 线缆放电。存在电荷积聚的线缆接近具有不同静电电位的物体时产生 ESD。
- 其他。工艺活动、电磁或电离辐射等产生 ESD。

4.2.4 静电控制采取不当措施时,可能影响洁净室环境性能、设备设施性能、产品质量,并带来人员安全和电气安全隐患:

- 使用不符合洁净室适用性要求和工艺要求的防静电材料或设备、设施;
- 离子化静电消除器选型、安装位置或屏蔽措施不当;
- 接地及等电位联结措施不当。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 洁净室及相关受控环境中的电气装置安全防护应符合 GB/T 16895.10 中的相关要求。

5.1.2 洁净室及相关受控环境中的接地系统要求如下所述。

- 洁净室所在建筑防静电接地干线对地电阻抗应小于或等于 $10\ \Omega$,洁净室防静电接地系统各连接部位(接地支线、接地端子板、接地网格、接地装置)与接地干线之间的电阻值应小于或等于 $4\ \Omega$ 。
- 洁净室 EPA 的围护结构,通风净化空调系统(送风口、回风口、风管、风机过滤单元等末端装置)、金属桥架、穿过洁净室且输配易燃易爆介质的工艺管道、洁净室内的工艺设备及其防爆柜均应接地,接地方式应采用焊接或机械连接方式,其中管道法兰应跨接。
- 严于(含)ISO 5 级的洁净室或使用活动地板的洁净室,防静电接地系统各连接部位宜设置在下夹层或活动地板下方。

注: ISO 等级见 GB/T 25915.1—2021 中 4.3。

- 洁净室内由 TN 交流配电系统供电时应采用 TN-S 或 TN-C-S 系统的接地方式,爆炸性环境配电系统应采用 TN-S 系统接地方式。防静电等电位联结导体选用方式见附录 B 的表 B.1。
- 使用活动地板的洁净室防静电接地系统可利用支架系统构成框架联结网络,接地连接导线应选用有绝缘保护的软铜线,截面积不应小于 $2.5\ \text{mm}^2$ 。
- 洁净室中易燃易爆介质储存容器,容易产生静电的设备、仪器,以及对静电敏感的仪器应采取单独接地措施。

5.1.3 洁净室 EPA 区域内宜避免存在孤立导体。无法避免时,孤立导体与 ESDS 产品、设备或接地点间的电位差应按照工艺要求进行控制。

5.1.4 ESDS 产品 300 mm 范围内存在绝缘物体时,应按照工艺要求布置离子化静电消除设备。同时应制定绝缘物体管控清单,并根据工艺和风险评估确定其静电电压监控要求。

5.2 人员

5.2.1 从事处置或直接接触 ESDS 物品的人员应接受专门培训。

5.2.2 人员与 ESDS 产品、材料和设备的接触面应通过等电位联结处于相同电位。

5.2.3 人员在洁净室内活动的着装及其他防静电设施佩戴应满足各行业工艺或技术活动的相关要求。

5.2.4 人员在严于(含)ISO 5 级的洁净室内应穿着连体式防静电无尘服及防静电鞋,连体式防静电无尘服及防静电鞋的各部分应具有电气连续性,在其他等级洁净室可穿着分体式防静电无尘服或根据工艺及使用要求选择防静电无尘服。防静电无尘服性能指标见表 B.2。

5.2.5 人员在洁净室内穿着分体式防静电无尘服活动时,应穿防静电鞋(套)实现人员等电位联结,人员对地电阻应在 $1.0 \times 10^5\ \Omega \sim 1.0 \times 10^9\ \Omega$ 范围,人体电压绝对值应小于或等于 100 V。

5.2.6 人员在洁净室内固定位置接触 ESDS 产品时,宜通过防静电手腕带进行等电位联结,人员穿戴

手腕带时对地电阻应在 $1 \times 10^5 \Omega \sim 3.5 \times 10^7 \Omega$ 范围。

5.2.7 通过防静电无尘服、防静电鞋(套)实现人员等电位联结时,人员进入洁净室 EPA 区域前,宜使用人体静电综合电压测试仪检验人体对地电阻或通过静电泄放装置泄放人体静电。

5.3 工作表面

5.3.1 洁净室内与 ESDS 产品接触的人员操作表面和设备工作表面应控制 ESC、ESA、ESD 和静电感应。

5.3.2 洁净室内工作表面的静电控制措施要求如下:

- 工作表面的点对点电阻值应小于 $1.0 \times 10^9 \Omega$;
- 工作表面的材料应根据 GB/T 25915.15 评估其洁净室适用性;
- 工作表面应按 GB/T 25915.13 的要求进行清洁,有生物污染控制要求的工作表面清洁消毒应符合 GB 15982 的要求;
- 工作表面应进行等电位联结,工作表面对地电阻应小于 $1.0 \times 10^9 \Omega$;
- 工作表面宜进行对地电阻和静电电压监测;
- 人员操作表面的截面风速宜小于或等于 0.2 m/s ;
- 设备工作表面无法通过设备外壳接地时,应单独接地或配置离子化静电消除器,接地时设备工作表面对地电阻值应小于 $1.0 \times 10^9 \Omega$ 。

注:进行高压操作及绝缘和耐压测试的工作表面除外。

5.4 环境和区域

5.4.1 洁净室内应控制围护结构、通风净化空调系统、穿过洁净室工艺管道的 ESC、ESA、ESD 和静电感应,以及气流中的带电污染物。

5.4.2 洁净室 EPA 围护结构的静电控制要求如下所述。

- 洁净室 EPA 围护结构材料,应根据 GB/T 25915.4 评估其可清洁性和 GB/T 25915.15 评估其  洁净室适用性。
- 洁净室 EPA 围护结构应按 GB/T 25915.13 的要求进行清洁,有生物污染控制要求的洁净室 EPA 围护结构的清洁消毒应符合 GB 15982 的要求。
- 洁净室 EPA 内防静电地面的点对点电阻应在 $1.0 \times 10^5 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 之间,吊顶、墙体、门、窗面层宜涂覆静电耗散材料;严于(含)ISO 5 级的洁净室 EPA 内吊顶、墙体宜选用涂覆静电耗散材料面层的金属板材。
- 洁净室围护结构应进行等电位联结,并通过公共接地点接地,围护结构对地电阻值应小于 $1.0 \times 10^9 \Omega$ 。
- 洁净室回风夹道及活动地板等双面接触循环气流的构件,宜根据工艺和设计要求选用通体防静电材料或双面涂覆静电耗散材料。
- 洁净室应根据工艺要求合理选用防静电地面,活动地板开孔率除宜考虑气流组织外,还宜考虑开孔率对点对点电阻的影响。防静电地面类型见附录 C。
- 洁净室活动地板下方的楼板或华夫板等构件表面,应涂覆静电耗散材料。
- 洁净室内使用 PVC 隔断帘时,PVC 隔断帘应选用静电耗散材料。

5.4.3 洁净室通风净化空调系统的静电控制要求如下:

- 风机过滤单元、末端过滤系统宜具备容尘、容污报警功能;
- 过滤材料点对点电阻宜小于 $1.0 \times 10^9 \Omega$;
- 洁净室通风净化空调系统的送风口、回风口、风管、风机过滤单元或末端装置外壳表面宜涂覆静电耗散材料,对地或等电位联结电阻应小于 $1.0 \times 10^9 \Omega$;

——垂直单向流洁净室通风净化空调系统末端设备宜根据工艺要求配备离子棒或空间离子棒。

5.4.4 穿过洁净室的工艺管道静电控制要求如下：

——工艺管道点对点电阻应小于 $1.0 \times 10^9 \Omega$ ；

——输配易燃易爆介质的工艺管道接地应满足 5.1.1 和 5.1.2 的要求。

5.4.5 洁净室气流中的游离电荷控制要求如下所述。

——气流组织、风口风速和工作面截面风速应符合洁净室设计要求。

——洁净室 EPA 区域内、有工艺要求的设备舱体内，应根据控制电压、静电消散时间、洁净度和工艺要求布置离子化静电消除器。离子化静电消除器性能指标见表 B.3，不同场景下离子化静电消除器配置见表 B.4。

——单向流洁净室及洁净工作台、设备舱体等工艺对气流稳定性有要求的洁净微环境，不应使用离子风机、离子风枪等静电消除器。

注：微环境指洁净室 EPA 区域内的局部环境，以及有防静电要求的洁净工作台、设备舱体等。

5.4.6 洁净室及相关受控环境中的 EPA 宜按照工艺和功能要求进行分级或分类，见附录 D。

5.5 设备及工具

5.5.1 使用交流电的工艺设备和工具与 ESDS 产品接触表面的接地电阻应小于或等于 10Ω ，其金属机壳应通过电源保护地线接地。设备线缆距离 ESDS 产品小于 300 mm 时应包裹具备防静电性能的保护外皮。

5.5.2 不使用交流电的工艺设备和工具，宜通过人员、工作台面、地面或直接与保护地连接的方式实现接地。

5.5.3 离子化静电消除器的使用和配置除应符合 5.4.5 外，还应满足其设备外壳材质、驱动气体洁净度、风速、工作噪声、臭氧及化学污染物释放、电磁干扰特性和电离辐射防护等相关要求。在爆炸性环境中选用离子化静电消除器时，其防爆性能应满足国家、行业现行标准规范要求。

5.5.4 洁净室 EPA 区域常见防静电设备和工具性能指标见附录 E。

5.6 ESDS 产品包装、转运和储存

5.6.1 ESDS 产品在包装、转运和储存过程中，应控制包装容器表面、接触表面的 ESC，以及 EPA 区域内转运、储存设备设施与地面的电位差。

5.6.2 ESDS 产品的包装容器、转运和储存设备设施应根据 GB/T 25915.14 和 GB/T 25915.15 进行洁净室适用性评估，并应按照 GB/T 25915.13 的要求进行清洁。

5.6.3 洁净室 ESDS 产品包装静电控制符合以下要求：

——与 ESDS 产品直接接触的包装制品点对点电阻应在 $1.0 \times 10^5 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 之间；

——ESDS 产品转运至非静电防护区时，其包装制品应具备静电屏蔽性能。

5.6.4 ESDS 产品转运设备点对点电阻应在 $1.0 \times 10^5 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 之间，产品在洁净室 EPA 区域内、不同等级或类型 EPA 区域之间转运时转运设备应与地面应处于等电位。转运设备进入洁净度等级要求更严的区域时，应进行表面清洁处理。

5.6.5 ESDS 产品存储容器、设施应具备静电屏蔽性能。

5.6.6 使用自动化传输设备运输 ESDS 产品时，宜监测 ESDS 产品处置过程中的静电电压。

5.7 监测和检测

5.7.1 洁净室静电监测和检测设备、设施、仪表应符合洁净室适用性要求，且应进行周期性计量。

5.7.2 洁净室静电监测和检测宜按照表 2 和 GB/T 25915.3 中相关规定执行。

表 2 洁净室静电监测和检测

监测和检测对象		周期				
		连续	每次	每月	半年	一年
工作表面	对地电阻 ^a			√		
	对可接地点电阻 ^a					√
	电压	√				
	截面风速			√		
佩戴腕带情况下人体对地连接(即腕带穿戴状态对地电阻)			√ ^d			
人/鞋/地对地电阻			√ ^d			
人体电压绝对值			√ ^d			
工作凳、椅对可接地点电阻 ^a					√	
地板、地垫	对地电阻 ^a			√		
	对可接地点电阻 ^a				√	
离子化静电消除设备性能 ^a						√
移动设备(手推车、搬运车、吊车等)	点对点电阻				√	
	对可接地点电阻 ^a				√	
静电接地线路 ^b	连续性、完整性			√		
	公共接地点对电源保护地电阻 ^a			√		
	交流设备导体阻抗 ^a					√
	专用地线接地电阻 ^a					√
(连续)静电监测仪	工作状态		√ ^d			
	技术性能 ^a					√
防静电无尘服	个人着装情况		√ ^d			
	点对点电阻或点对可接地点电阻 ^a		√ ^e			
周转容器表面点对点电阻 ^a						√
防静电屏蔽包装表面点对点电阻、静电放电屏蔽能量 ^a			√ ^d			
电烙铁对地电阻 ^a			√ ^d			
储存架	点对点电阻 ^a					√
	对地电阻 ^a					√
环境温度、相对湿度 ^c		√				
^a 需要某种形式的测试标识,如标签、标牌或记录表格等。 ^b 接地线路电阻(接地体与大地间的电阻)每年测试一次。 ^c 洁净室 EPA 区域内温度、相对湿度没有条件实现连续记录的,每日定时记录。 ^d 穿戴或使用防静电设施时进行监测和检测。 ^e 每次清洗后测量。						

附 录 A
(资料性)
静电来源与控制要素

洁净室及相关受控环境中常见的静电来源见表 A.1。

表 A.1 洁净室及相关受控环境中常见静电来源

类型	具体来源
气流	洁净室内气流
洁净室围护结构	吊顶、墙体、地面、门窗及其相关装置、各种接口及密封等
洁净空调系统	送风口、回风口、排风口、风管、风机过滤单元、高效过滤器等
穿过洁净室的工艺管道	气体、化学品管道,以及进出洁净室的密封材料等
人员活动	人员行走、站起、坐下等; 生产、科研等操作; 人员接触台面、台垫、座椅、脚踏、高压工位绝缘垫等表面
设备及工具	贴片机、插装机、光栅刻线机等设备外壳和设备工作表面,设备线缆等; 镊子、螺丝刀、电烙铁、热风枪等工具
包装和转运材料	塑料袋、包装纸等; 气泡包装、泡沫塑料等; 塑料托盘,塑料包装箱,小瓶和零件箱等; 胶带(密封、加固缠绕等)等; 自动传输系统

不同应用领域洁净室静电控制要素见表 A.2。

表 A.2 不同应用领域洁净室静电控制要素

控制要素		应用领域					
		电子	医药	医疗	航空航天	食品	其他
人员	腕带穿戴状态对地电阻	√	*	*	√	*	*
	人/鞋/地对地电阻	√	√	*	√	√	*
	人/鞋对地电阻	√	√	*	√	√	*
工作表面	点对点电阻	√	*	*	√	*	*
	对地电阻	√	*	*	√	*	*
	接地及等电位联结	√	√	√	√	√	*

表 A.2 不同应用领域洁净室静电控制要素（续）

控制要素		应用领域					
		电子	医药	医疗	航空航天	食品	其他
环境和区域	地面对地电阻	√	√	√	√	√	*
	地面不发火特性	*	*	*	*	*	*
	吊顶、墙体、门窗等对地电阻	√	—	—	—	—	*
	洁净空调系统	√	√	√	√	√	*
	工艺管道	*	*	*	*	*	*
设备及工具	对地电阻	√	√	√	√	√	*
	点对点电阻	√	*	*	√	*	*
	电磁骚扰特性	*	*	*	*	*	*
ESDS 产品包装、 转运和存储	移动设备(推车等)对地电阻	√	*	*	√	—	*
	包装、容器表面电阻	√	*	*	√	—	*
注：“√”为常规控制项目；“*”为选择控制项目,根据行业和工艺要求进行控制；“—”为非控制项目。							

附录 B
(资料性)
技术措施

洁净室 EPA 内等电位联结导体和最小截面积见表 B.1。

表 B.1 洁净室 EPA 区域防静电等电位联结导体线选用

名称	材料	最小截面积/mm ²
防静电门、窗联结导体	多股铜芯导线或编织线	2.5
防静电工作台联结导体	多股铜芯导线或编织线	6
防静电地坪、墙面、柱面等电位联结网络之间的联结导体	多股铜芯导线或编织线	10
防静电水泥类地面、瓷砖地面等电位联结网络之间的联结导体	多股铜芯导线或编织线	10
金属导体接地线 (隔断、金属台架、风管、管道等)	多股铜芯导线或编织线	6
防静电接地干线端子排	镀锌扁钢(厚度≥4)	100
	铜带	95
防静电接地汇流母排	镀锌扁钢(厚度≥4)	120
	铜带(厚度≥4)	100

洁净室 EPA 内使用的防静电无尘服性能指标见表 B.2。

表 B.2 防静电无尘服性能指标

项目 ^a		指标		
指标	粒子直径	一级防静电无尘服	二级防静电无尘服	三级防静电无尘服
发尘率 ^b /[个/(分·套)]	≥0.3 μm	<2 000	<20 000	<200 000
空气粒子过滤效率 ^c /%	≥0.5 μm	≥50	≥35	≥20
易脱落大微粒 ^d /(个/m ²)	≥5 μm	<9 990	≤99 990	≤250 000
	纤维	≤100	≤500	≤1 750
摩擦带电压 ^e /V		<200	≤1 000	≤2 500
服装点对点电阻 $R_{\text{服装}}^{\text{e}}/\Omega$		$1.0\times10^5<R_{\text{服装}}<1.0\times10^9$	$1.0\times10^6\leq R_{\text{服装}}<1.0\times10^{11}$	
带电电荷量/μC		≤0.6		

^a 各项目检测方法见 FZ/T 80014。

^b 不涉及非织造布产品。

^c 仅涉及机织产品,不涉及洁净室内衣产品。

^d 仅涉及对有大微粒控制需求的领域穿用的产品。

^e 仅涉及用于防止 ESD 造成电子元器件损伤的产品,不涉及洁净室内衣产品。



洁净室 EPA 内使用的离子化静电消除设备性能指标见表 B.3。

表 B.3 离子化静电消除器性能指标

类型	性能指标
离子风机	残余电压 ^a 绝对值≤35 V 风量:2 m ³ /min~5 m ³ /min 消散时间 ^b <2 s(300 mm)
离子棒	残余电压绝对值≤30 V(AVG) 空气供给压力:0.1 MPa~0.5 MPa 消散时间≤1 s(300 mm,0.4 MPa) 单位长度气耗:≤65 L/m
离子风枪	残余电压绝对值≤20 V 空气供给压力:0.1 MPa~0.5 MPa 消散时间<2 s(300 mm,0.2 MPa)
离子风嘴	残余电压绝对值≤30 V(AVG) 空气供给压力:0.1 MPa~0.5 MPa 消散时间≤1 s(300 mm,0.4 MPa)
空间离子棒	残余电压绝对值≤150 V 消散时间<60 s(1.60 m,中心风速 0.45 m/s)
除静电风机过滤单元	残余电压绝对值≤100 V 消散时间<60 s
光离子型静电消除器	残余电压绝对值≤5 V 消散时间<2 s(300 mm)
注 1: 离子化静电消除器的电磁抗扰度要求见 GB/T 17799.2—2023 或工艺要求,电磁发射限值要求见 GB 17799.4—2022 中第 9 章或工艺要求。	
注 2: 光离子型静电消除器产生的电离辐射要求见 GB 18871—2002 中 B.1、GB 4793—2024 中 12.2.1.2。	
^a 残余电压,放置在电离环境中的充电板监测仪(CPM)的绝缘充电极板上观察到的电压。	
^b 消散时间,指充电板监测仪测得的静电电压(由静电电荷引起)从 1 000 V 衰减到设定的终止值 100 V 所需的时间,反映静电消除器消除静电的速度。	

洁净室 EPA 内不同场景下离子化静电消除器配置见表 B.4。

表 B.4 不同场景下离子化静电消除器配置

环境静电场强度 E_a V/cm	产品工艺制程	离子化静电消除器配置		
		类型	消散时间	残余电压绝对值
$E_a \leq 100$	对静电敏感,需要对人流、物流通道、高耗散材料等区域进行严格管控的区域	空间离子棒、除静电风机过滤单元	≤ 60 s	≤ 100 V
	ESDS 部品及需要进行严格控制静电及消散时间的区域	离子风机、离子棒、离子风枪	≤ 2 s	≤ 10 V
	无法使用电晕放电,并且需要快速进行静电消除的无人区域	光离子型静电消除器	≤ 2 s	≤ 5 V

表 B.4 不同场景下离子化静电消除器配置 (续)

环境静电场强度 E_a V/cm	产品工艺制程	离子化静电消除器配置		
		类型	消散时间	残余电压绝对值
$100 < E_a \leq 200$	对静电敏感,需要对人流、物流通道、高耗散材料等区域进行管控的区域	空间离子棒、除静电风机过滤单元	≤ 60 s	≤ 150 V
	ESDS 部品及需要进行严格控制静电及消散时间的区域	离子风机、离子棒、离子风枪	≤ 2 s	≤ 20 V
	无法使用电晕放电,并且需要快速进行静电消除的无人区域	光离子型静电消除器	≤ 2 s	≤ 5 V
$200 < E_a \leq 400$	ESDS 部品及需要进行严格控制静电及消散时间的区域	离子风机、离子棒、离子风枪	≤ 2 s	≤ 35 V
	无法使用电晕放电,并且需要快速进行静电消除的无人区域	光离子型静电消除器	≤ 2 s	≤ 5 V
$400 < E_a \leq 4\,000$	ESDS 部品及需要进行静电管控的区域	离子风机、离子棒、离子风枪	—	—
注: 离子化静电消除器残余电压和消散时间的测试参考条件:温度为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$,相对湿度为40%~60%,充电板尺寸为150 mm×150 mm,测试电路总电容为 (20 ± 2) pF,测试距离为300 mm。				

附录 C
(资料性)
防静电地面类型

防静电地面类型选用见表 C.1,其他领域洁净室防静电地面类型参考选用。

表 C.1 防静电地面类型选用

地面类型	电子			航天		医疗			医药			
	一级	二级	三级	I 类	II 类	0 类	1 类	2 类	A 级	B 级	C 级	D 级
活动地板	√	√	○	√	○	○	√	—	—	—	—	—
贴面地板	○	○	√	○	√	√	○	√	○	○	○	—
涂覆自流平	○	○	√	○	√	√	○	○	√	√	√	○
水磨石地面	—	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○
水泥基地面	—	—	○	—	○	○	—	—	—	—	—	√
注 1：表中“√”为推荐使用,“○”为可以使用,“—”为不要求。												
注 2：医药洁净室 A 级、B 级、C 级、D 级按空气洁净度等级划分。												



附 录 D
(资料性)
EPA 分级或分类

D.1 电子行业 EPA 根据静电电压控制要求分为三级：

- 一级区域：控制静电电压绝对值不大于 100 V；
- 二级区域：控制静电电压绝对值不大于 200 V；
- 三级区域：控制静电电压绝对值不大于 1 000 V。

D.2 航天电子产品 EPA 区域根据使用功能，将 EPA 区域按照静电控制要求由高到低分为 I 类和 II 类：

- I 类：直接或间接接触、处置 ESDS 元器件、组件的区域，如库房、元器件筛选、老化和测试、电装、电路板调试、单机调试及与 ESDS 单机直接相连的电缆所处区域等；
- II 类：处置 ESDS 单机设备的区域，如单机环境试验、单机老化、单机库房和 ESDS 产品装配区域等。

D.3 医疗卫生行业参考 GB/T 16895.24 中的划分示例作为指导原则，将医疗场所静电控制要求由低到高分 0 类场所、1 类场所和 2 类场所。

- 0 类场所，典型场所有诊疗室和住院病房。建议采用静电控制措施，将静电吸附的污染、点燃事故、预期外的静电电击和 ESD 引起的数据错误降低到可接受的水平。
- 1 类场所，典型场所有内窥镜检查室、心电图室 (ECG)、脑电图室 (EEG) 和彩超室 (EHG)、CT 室、婴儿保育室、泌尿外科和核医学室。建议采用静电控制措施，以将静电吸附的污染、点燃事故、预期外的静电电击和 ESD 引起的数据错误降低到可接受的水平。
- 2 类场所，典型场所有手术室套间、手术准备室、手术室、术后复苏室、心导管室、冠状动脉监护室和重症监护病房。要求采用静电控制措施，此类场所的医疗设备暂时失去功能会对患者的生命构成重大风险。

附 录 E
(资料性)
防静电设备和工具性能

洁净室 EPA 区域常见防静电设备和工具性能指标见表 E.1。

表 E.1 洁净室 EPA 区域常见防静电设备和工具性能指标

序号	防静电设备和工具	性能指标	指标限值
1	腕带	腕带线缆端对端电阻 R_a	$0.8 \times 10^6 \, \Omega \leq R_a < 1.2 \times 10^6 \, \Omega$
		腕带套内表面对电缆扣电阻 R_b	$R_b < 1.0 \times 10^5 \, \Omega$
		腕带套外表面对地电阻 R_c	$R_c > 1.0 \times 10^7 \, \Omega$
2	腕带插孔	腕带插孔对接地点电阻 R_d	$R_d < 2 \, \Omega$
3	防静电鞋	鞋底导电带电阻 R_e	$1.0 \times 10^5 \, \Omega \leq R_e < 1.0 \times 10^8 \, \Omega$
		内底面与鞋底点对点电阻 R_f	$1.0 \times 10^5 \, \Omega \leq R_f < 1.0 \times 10^8 \, \Omega$
4	防静电手套、指套	内表面与外表面点对点电阻 R_g	$1.0 \times 10^5 \, \Omega \leq R_g < 1.0 \times 10^9 \, \Omega$
5	防静电椅	对地电阻 R_h	$1.0 \times 10^5 \, \Omega \leq R_h < 1.0 \times 10^9 \, \Omega$
		点对点电阻 R_i	$1.0 \times 10^5 \, \Omega \leq R_i < 1.0 \times 10^9 \, \Omega$
6	防静电移动设备	对地电阻 R_j	$1.0 \times 10^5 \, \Omega \leq R_j < 1.0 \times 10^9 \, \Omega$
		点对点电阻 R_k	$1.0 \times 10^5 \, \Omega \leq R_k < 1.0 \times 10^9 \, \Omega$
7	周转容器(周转箱、包装袋、 转运盒等)	点对点电阻(含内表面对外表面) R_l	$R_l < 1.0 \times 10^{10} \, \Omega$
		防静电屏蔽包装袋内感应能量 E_b	$E_b < 50 \, \text{nJ}$
		衰减期 T_a	$T_a < 2 \, \text{s}$
注：未在本表体现的防静电配套设施性能参考行业要求。			

参 考 文 献

- [1] GB 4793—2024 测量、控制和实验室用电气设备安全技术规范
- [2] GB 4824 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法
- [3] GB/T 15463 静电安全术语
- [4] GB/T 16895.24 低压电气装置 第 7-710 部分:特殊装置或场所的要求 医疗场所
- [5] GB/T 17799.2—2023 电磁兼容 通用标准 第 2 部分:工业环境中的抗扰度标准
- [6] GB 17799.4—2022 电磁兼容 通用标准 第 4 部分:工业环境中的发射
- [7] GB/T 18202 室内空气中臭氧卫生标准
- [8] GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- [9] GB 19082 医用一次性防护服
- [10] GB/T 25915.1—2021 洁净室及相关受控环境 第 1 部分:按粒子浓度划分空气洁净度等级
- [11] GB/T 25915.2 洁净室及相关受控环境 第 2 部分:洁净室空气粒子浓度的监测
- [12] GB/T 25915.5 洁净室及相关受控环境 第 5 部分:运行
- [13] GB/T 25915.7 洁净室及相关受控环境 第 7 部分:隔离装置(洁净风罩、手套箱、隔离器、微环境)
- [14] GB/T 36372 洁净室及相关受控环境 组合式围护结构通用技术要求
- [15] GB/T 37977.51 静电学 第 5-1 部分:电子器件的静电防护 通用要求
- [16] GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- [17] GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- [18] GB 50174 数据中心设计规范
- [19] GB 50457 医药工业洁净厂房设计标准
- [20] GB 50611 电子工程防静电设计规范
- [21] GB 50646 特种气体系统工程技术标准
- [22] FZ/T 80014 洁净室服装 通用技术规范
- [23] GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素
- [24] SJ/T 10694 电子产品制造与应用系统防静电测试方法
- [25] SJ/T 11446 离子化静电消除器通用规范
- [26] IEC TR 61340-5-2 Electrostatics—Part 5-2:Protection of electronic devices from electrostatic phenomena—User guide
- [27] IEC 61340-5-3 Electrostatics—Part 5-3:Protection of electronic devices from electrostatic phenomena—Properties and requirements classification for packaging intended for electrostatic discharge sensitive devices
- [28] IEC TS 61340-5-4 Electrostatics—Part 5-4:Protection of electronic devices from electrostatic phenomena—Compliance verification
- [29] IEC 61340-6-1 Electrostatics—Part 6-1:Electrostatic control for healthcare—General requirements for facilities
- [30] IEST-RP-CC052.1 Understanding, identifying, and controlling electrostatic charge in cleanrooms and other controlled environments

