

中国防静电

JOURNAL OF CHINA ESD CONTROL

| 防 | 静 | 电 | 权 | 威 | 传 | 媒 |

中国电子仪器行业协会防静电装备分会主办



1 | 2022
总第116期

ISSN 2220-8186



中国防静电装备品牌企业展示

34 项国家专利
研发 | 生产 | 销售 | 施工

电盾科技

做世界领先的静电防护地材

智能车间

0533-6227500

山东淄博淄川经济开发区高新技术创业服务中心A座

www.diandunkeji.com sddiandun@163.com



江苏华静成立于1993年，
专业生产、设计、研发防静电
地面材料的专业化工厂，占地面
积6万平米。以精立业，以质取
胜，优质的产品，完善的售后
服务，与广大用户
携手并进。

- 中国防静电装备分会会员单位
- 《防静电贴面板通用技术规范》参编单位
- 中国防静电地板施工标准参编单位
- 中国防静电装备品牌企业
- 专业研发生产同透防静电地板30年
- 中国弹性地板行业十大品牌企业



同质透心防静电PVC卷材



同质透心防静电PVC块材



同质透心商用PVC卷材



江苏华静地板科技有限公司

电话：0519-88783211

手机：13901503201

中国弹性地板生产基地

地址：江苏省常州市横林镇西工业园

网址：www.floor.cn

1997 年创刊
2022 年第 1 期 (总第 116 期)
出版日期 2022 年 3 月 30 日

主管部门: 中国电子仪器行业协会
主办单位: 中国电子仪器行业协会
防静电装备分会
协办单位: 中国国际贸易促进委员会
电子信息行业分会
编辑出版: 《中国防静电》编辑部
名誉主任: 孙延林 项德才
特邀顾问: 孙可平 姜冠雄
主 任: 沙长涛
副 主 任: 董珂铭 吴秀婷
编 委 会: 孙可平 孙延林 王大千 欧阳吉庭
刘全桢 王晓东 李 庆 李 杰
王荣刚 胡 树 董珂铭 吴秀婷
主 编: 张海萍
编 辑: 董珂铭 吴秀婷 李 彬 孙 冰
美 编: 王洁莲 李 彬
编辑部地址: 北京市东城区安定门东大街
28 号雍和大厦 A 座 801 室
邮政编码: 100040
电 话: (010) 68647410
传 真: (010) 68647410
E-mail: zgfdtgc@126.com

国际标准刊号: ISSN 2220-8186
刊 期: 季刊
出刊日期: 每季度末

目 录

CONTENTS

协会动态

- 5 中国电子仪器行业协会防静电装备分会
2022-2023 年度《中国防静电装备品牌企业》获奖名单
- 6 2022 年新年线上论坛(静电防护方向)成功举办
- 7 关于缴纳 2022 年度会费的通知
- 7 关于中国电子仪器行业协会防静电装备分会办公地址
变更的通知
- 8 中国电子仪器行业协会防静电装备分会二〇二二年度
培训计划
- 9 会员单位需求调查问卷

学术探讨

- 11 CMOS 芯片的闩锁现象及其防护技术
蔡利花 孙可平
- 15 纳米尺度器件静电放电(ESD)特性研究
王荣刚 邓 飞
- 20 粒子与粒子沉积探究

技术应用

- 25 浅谈电子工业防静电地坪的选型及应用
刘维通

防静电测试

- 33 防静电服带电电荷量测试方法及影响因素
徐 明

标准园地

- 36 防静电不发火地面标准溯源
于会春 刘志刚
- 39 电子产品制造与应用系统防静电测试方法(报批稿)

会员之家

- 54 新会员单位介绍
- 55 会员单位介绍



新年贺词

伴随着浑厚的新年钟声,沐浴着冉冉升起的朝阳,在此岁序更迭、辞旧迎新之际,我谨代表中国电子仪器行业协会防静电装备分会全体员工,向全国防静电装备相关从业者朋友们致以诚挚的问候和衷心地感谢!祝大家新年快乐!

2020年伊始,一场突如其来的新冠肺炎疫情肆虐中华大地。这次疫情是新中国成立以来我国遭遇的传播速度最快、感染范围最广、防控难度最大的一次重大突发公共卫生事件,与此同时也给我们各行各业带来了不同程度的影响。面对种种变化和压力,举国上下共同抗击疫情,其成效令世界瞩目!

2021年,防静电协会顺利完成了工作交接,成立了新一届的秘书处班子。在此我代表协会的新班子向为协会无私奉献的老领导、老专家、老前辈们致以由衷的感谢!

随着国家提升产业基础高级化、产业链现代化水平,加快解决卡脖子难题、发展专精特新中小企业,牢固树立新发展理念,我们必须牢牢抓住这个历史机遇,持续创新,为整个行业的整体协调发展开拓更加广阔的空间。面对新形势、新机遇、新目标,我们要进一步转变思想观念、提升行业管理技能、丰富企业服务内容、勇于变革和创新。用新思维、新姿态、新举措,谋求新市场、新发展,促进协会与企业共同的跨越式发展。

新的一年,新的希望。面对国家昌隆、民族复兴的盛世良机,面对千帆竞渡、百舸争流的竞争态势,我们豪情满怀,信心百倍;新的一年,新的机遇,我们也将实现新的跨越;新的方向,新的希望,我们必将创造新的辉煌!最后,祝全国防静电装备相关从业者、新老朋友新年快乐,阖家幸福,身体健康,万事如意!

中国电子仪器行业协会防静电装备分会理事长 项道才

二〇二二年一月

POUSTO®

防静电在线监视仪
设备状态 阻抗
手环
台垫

POUSTO®

专业·定制·美观

中国防静电装备品牌企业展示

POUST ESD Overall Project

防静电系统厂家

专业厂家 追求品质



上海佰斯特电子工程有限公司成立于2002年，一直致力于静电防护技术及应用的研究，是从事防静电装备生产、销售、施工为一体的专业厂家！



佰斯特生产的防静电装备产品能让用户有效避免研发、生产过程中产生的静电给敏感器件带来的损伤，同时给用户带来舒适、安全、可靠的生产环境。



佰斯特系列产品性能具有人性化、智能化、柔性化等突出优势，是国内各大航空航天、军工、通讯制造、汽车、高校的首选制造商。



通过了ISO9001质量体系认证，ISO 140001环境体系认证，OHSAS 18001职业健康安全体系认证，佰斯特产品符合国军标GJB3007A-2009，SEFA 8M-2016实验室等级金属柜检测标准，航天电子产品静电防护技术要求GB T 32304-2015，SJT10694-2006，欧盟IEC61340防静电标准及美标ANSI-ESD-S20



佰斯特在北京、天津、沈阳、西安、成都、重庆、南京、合肥、郑州、武汉、长沙、深圳等城市均设有办事处，竭诚为您服务！



—— 专业生产厂家 进口石墨烯技术 ESD产品首选制造商 ——

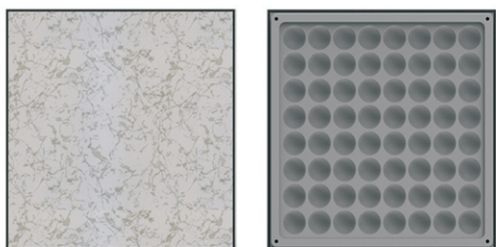
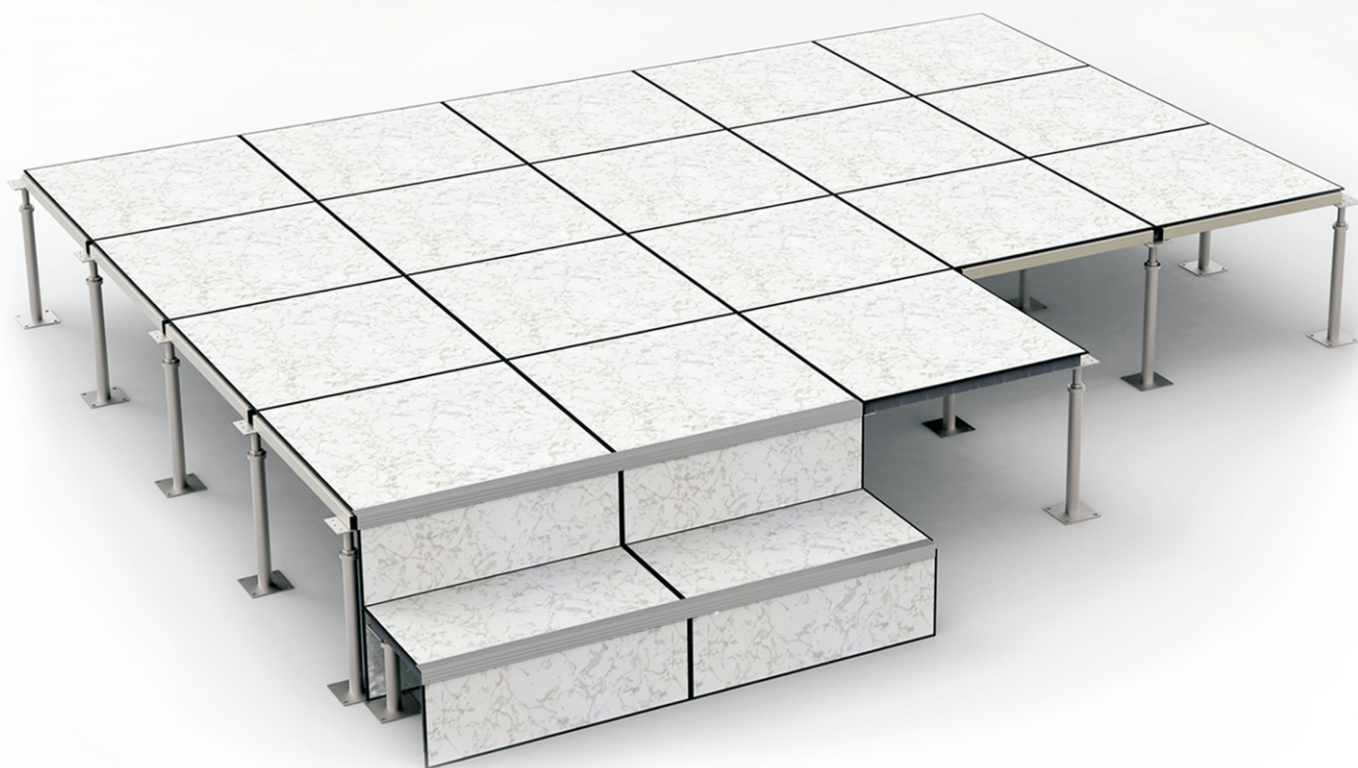
电话：021-61200133、13816559034

公司网址：www.pousto.net.cn

办公地址 上海市凯旋路3500号1幢 21楼

工厂地址：上海市青浦工业园新金路8号





江苏·佳辰地板常州有限公司

地址：江苏省常州市武进区横林镇长虹东路18号
总机：0519-88509690 传真0519-88500260
邮件：info@jiachencn.com.cn

中国电子仪器行业协会防静电装备分会 2022—2023 年度《中国防静电装备品牌企业》获奖名单

经中国电子仪器行业协会防静电装备分会组织评审，授予下列企业为 2022—2023 年度《中国防静电装备品牌企业》荣誉称号（排名不分先后）：

1. 浙江金华天开电子材料有限公司
2. 佳辰地板常州有限公司
3. 上海佰斯特电子工程有限公司
4. 江苏华静地板科技有限公司
5. 山东电盾科技股份有限公司
6. 上海安平静电科技有限公司
7. 沈阳沈飞民品工业有限公司
8. 上海阳森精细化工有限公司
9. 常州华通新立地板有限公司
10. 浙江三威防静电装备有限公司
11. 东莞市科园防静电设备有限公司
12. 江苏双奇地板有限公司
13. 江苏红日防静电地板有限公司
14. 江苏美新建材科技有限公司
15. 河北科华防静电地板制造有限公司
16. 莱州市华福机房材料有限公司
17. 江苏汇联活动地板股份有限公司
18. 苏州天华超净科技股份有限公司
19. 江苏华集新材料科技有限公司
20. 常州市华一防静电活动地板有限公司
21. 湖北天力奇新材料股份有限公司



2022 年新年线上论坛(静电防护方向)成功举办

本刊讯 为使广大静电研究同行更好的交流最新科研成果,让静电及静电防护研究被更多的受众所了解和重视,2022 年 2 月 12 日,由苏州天华超净科技股份有限公司、中国物理学会静电专业委员会、中国电子仪器行业协会防静电装备分会共同主办的“2022 年虎年新年线上论坛(静电防护方向)”通过腾讯会议顺利召开。

此次由中国物理学会静电专业委员会、中国电子仪器行业协会防静电装备分会和苏州天华超净科技股份有限公司共同主办的线上论坛,宗旨是希望搭建一个连接产业界和学术界的平台,为技术进步和产业赋能做出更大贡献。

本期的线上论坛共邀请了八位电子、石化和军工航天等领域的权威专家,分别从防静电技术和防护检测体系研究,静电技术标准研究,静电危害及防护应用研究等专业视角,分享了精彩的演讲报告。

防静电装备制造和工程建设,电子工业、微电子、新材料等行业的企业、高校 ESD 防护技术、管理及科研人员等 200 多人参加了线上论坛。

论坛由苏州天华超净科技股份有限公司研发总监王荣刚博士召集并主持。首先由中国物理学会静电专业委员会副主任委员、北京理工大学欧阳吉庭教授做开幕致辞。欧阳教授在致辞中指出随着技术发展迭代,器件的精密化制程趋势不可逆转,需要有良好的 ESD 防护和微污染控制手段方可保证其持续性。

华北电力大学罗广孝教授、514 所杨铭博士、中石化青岛安工院李义鹏高工、威讯联合半导体张亚龙高工、苏州天华超净科技股份有限公司邓飞经理、北京科技大学闻小龙教授、北京理工大学李鹏斐教授、胜科纳米张林华经理八位专家先后做了精彩的专题演讲报告。分别是:

华北电力大学 罗广孝博士的“IEC 61000-4-2 对真实人体金属放电场景的覆盖与不足”;

中国航天科技集团五院五一四所静电事业部

2022年中国物理学会静电专业委员会学术会议

虎年新年线上论坛
“静电放电(ESD)防护”专题

举办时间: 2022年2月12日 AM8:30-12:30

主办单位: 中国物理学会静电专业委员会
中国电子仪器行业协会防静电装备分会
苏州天华超净科技股份有限公司

杨铭博士的“电子器件静电敏感度测试标准与技术发展探究”;

中石化青岛安工院 李义鹏高级工程师的“石化行业静电危害与防控技术”;

威讯联合半导体(北京)有限公司 张亚龙高级工程师的“SMT 精密组装中的 ESD 管控案例分析”;

深圳金钥匙静电微污染工程咨询有限公司 邓飞经理的“20.20 新版解读”;

北京科技大学 闻小龙博士的“电场探测先进传感器技术及应用”;

北京理工大学 李鹏斐教授的“临近空间飞行器复合材料电荷转移特性”;

胜科纳米(苏州)股份有限公司 张林华经理的“半导体失效分析技术”。

专题演讲报告及论坛互动吸引了 200 多位专业听众的共同参与和热烈讨论,取得了良好的反响。

最后,中国物理学会静电专业委员会副主任委员、秘书长、大连理工大学李杰教授对此次线上论坛进行了总结。李教授对八位专家的精彩演讲和分享,以及与会的专业听众表示衷心地感谢!他希望大家的共同努力下,搭建好学术届与产业界的沟通桥梁。

2022 年新年线上论坛(静电防护方向)取得了圆满成功。

本文由苏州天华超净科技股份有限公司供稿

中国电子仪器行业协会防静电装备分会

关于缴纳 2022 年度会费的通知

会员单位：

根据中国电子仪器行业协会防静电装备分会章程和《关于会员单位缴纳会费的规定》的有关规定，2022 年度会费缴纳工作已开始办理，请未缴费的企业及时办理会费缴纳事宜。

届时，分会还将换发新的会员单位证书。

一、会费缴纳标准

1. 副理事长单位：15000 元 / 年
2. 理事单位：5000 元 / 年
3. 会员单位：2000 元 / 年

二、关于缓缴会费

若企业经营遇到暂时困难，可向分会提出书面缓缴会费的申请。

衷心感谢贵企业多年来对分会各项工作的大力

支持！

会费汇款信息如下

开户名：中国电子仪器行业协会

开户行：中国工商银行北京公主坟支行

账 号：0200004609014429220

款 项：会费、咨询费



关于中国电子仪器行业协会防静电装备分会 办公地址变更的通知

会员单位：

因业务工作需要，防静电装备分会的办公地址已由原北京市石景山区万达广场 CRD 银座 B-1429 室，变更为北京市东城区安定门东大街 28

号雍和大厦 A 座 801 室。

分会原固定电话号码不变：010-68647410

分会原银行账户、账号信息不变。

由于办公地址变更给大家带来的不便，敬请谅解！

中国电子仪器行业协会防静电装备分会 二〇二二年度培训计划

为推进电子行业静电防护科学知识的普及,促进行业发展与进步,壮大从事静电防护科技人员的队伍,迎接微电子相关技术的飞速发展,防静电装备分会 2022 年度的培训计划如下:

序号	课程名称	培训天数	培训地点	培训时间
1	ESD 工程师&内审员	3	苏州	2022 年 3 月
2	ESD 工程师&内审员	3	苏州	2022 年 6 月
3	ESD 工程师&内审员	3	苏州	2022 年 9 月
4	ESD 工程师&内审员	3	苏州	2022 年 11 月

序号	课程名称	培训天数	培训地点	培训时间
1	ESD 工程师&内审员	3	深圳	2022 年 3 月
2	ESD 工程师&内审员	3	深圳	2022 年 6 月
3	ESD 工程师&内审员	3	深圳	2022 年 9 月
4	ESD 工程师&内审员	3	深圳	2022 年 11 月



——会员单位需求调查问卷——

各会员单位：

为切实了解企业实际情况和需求,改进协会服务内容的多元化,更好地为会员单位提供有针对性的服务,使企业在生产经营中的实际问题与协会的服务工作更加紧密切合,特向贵单位提出需求调查问卷。我们将以此作为改进协会服务工作的参考。

望贵单位根据实际情况详细、认真填写以下的调查问卷信息,积极配合我们做好此次的需求调查工作。

调查问卷的电子版可从协会网站 (www.chinaesd.org.cn) 上下载。

调查问卷反馈接收邮箱:chinaesd@chinaesd.org.cn

联系人:孙冰

联系电话:(010) 68647410

感谢您的合作!



单位名称：

地址：

统一社会信用代码：

联系人：

联系电话：

邮箱：

1、企业类型：

- | | | | |
|---------|-----------|--------------|------------|
| A. 事业单位 | B. 社会团体 | C. 国有或国有控股公司 | D. 股份有限公司 |
| E. 民营企业 | F. 外商独资企业 | G. 中外合资企业 | H. 其他(请注明) |

2、所属领域：

- | | | | |
|------------|---------|--------------|---------|
| A. 航空航天 | B. 电子信息 | C. 生物医药与医疗器械 | D. 新材料 |
| E. 新能源与节能 | F. 农业 | G. 环保 | H. 应用技术 |
| I. 其他(请注明) | | | |

3、贵单位职工人数？单位主要产品是什么？共有多少项高新技术产品？

4、贵单位主要知识产权储备

专利：

商标：

著作权：

5、贵单位是否参与过国际、国内、行业、团体标准？

6、贵单位在知识产权或标准化工作方面是否获得了政府资金支持？

A. 是:2019 年(万元)

2020 年(万元)

2021 年(万元)

B.否

7、贵单位在其所属行业中有何优势？在其所属行业中的地位？在国际上的水平位置？

8、贵单位在目前的生产经营活动中遇到的难题？技术上是否存在“卡脖子”的问题？技术攻关是否存在难题？

9、贵单位对国家政策倾斜、政策奖励需求及建设性意见？在产业链方面是否存在问题及建议？

10、贵单位主要产品归类？主营产品应用场景描述。

11、贵单位是否需要在京科研机构技术协作与合作？

12、贵单位是否有意愿参与标准制定工作

A.愿意(希望参与标准是:a.国际标准 b.国家标准 c.行业标准 d.团体标准)； B.不愿意(不愿意参与的原因是:a.本单位的企业标准高于国家或行业标准 b.单位本项资金经费不足 c.人为参与标准制定不重要 d.市场竞争不激烈 e.缺乏标准化人员 f.缺乏标准制定的发言权 g.标准研究能力缺乏 h.缺少立项渠道)

13、贵单位认为目前在本单位所属领域中有无哪些关键技术或者产品急需制定相关标准？是否有哪些技术产品会影响本领域的发展方向？贵单位是否可以及时获取相关标准信息？获取渠道是什么？

14、贵单位遇到的法律问题及相关需求？

15、案例征集

投稿人：

作者：

投稿日期：

版权声明：☐原创 / ☐转载

调查问卷填写说明

* 此次“调查”不具其他商业行为性质，仅为协会工作及有关部门进行宏观管理和决策提供依据，并为接收调查的单位保守商业秘密。

* 此次案例征集稿的目的是为了扩大产业影响、促进产业发展、提高相关部门重视程度。现面向企业或个人征集“静电”现象在日常生产、经营、生活中所发生的真实案例，涉及内容可涵盖正面及负面的所有案例。

投稿单位或个人投送的案例一经采用，其投稿内容将刊登在《中国防静电》期刊上，协会支付相应的稿费给予投稿者。

CMOS 芯片的闩锁现象及其防护技术

蔡利花¹, 孙可平²

1. 中国电子技术标准化研究院, 2. 上海海事大学

【摘要】本文讨论了 CMOS 集成电路中的闩锁现象, 分析了形成这种现象的理论基础, 阐述了防止发生这种危害的技术措施, 特别是介绍了 EOS/ESD 保护环的设计基础。

【关键字】CMOS 器件; 集成电路; ESD 防护; CMOS 器件保护环

Latch up on CMOS IC and protective measures

Cai Lihua, Sun Keping

1. 引言

闩锁效应 (latch up) 是指 CMOS 电路中固有的寄生可控硅结构 (双极晶体管) 被触发导通, 在电源和地之间存在一个低阻抗大电流通路, 导致电路无法正常工作, 甚至烧毁电路。因此, 这是一种很凶险的 EOS/ESD 现象。各国均投入大量人力物力开展研究, 探索其发生机理, 寻求防护技术措施。

众所周知, 在 CMOS 集成电路中, 在电源 VDD 和地线 GND (VSS) 之间由于寄生的 PNP 和 NPN 双极性晶体管 (bipolar junction transistor, 简称为 BJT, 又称为双极结晶体管) 相互影响而产生的一低阻抗通路, 它的存在会使 VDD 和 GND 之间产生大电流, 而这种寄生现象又是工艺上不可避免的。这就增加了防护难度。而且, 随着 IC 制造工艺的发展, 封装密度和集成度越来越高, 产生 Latch up 的可能性会越来越大。一定程度上说, 如何防范闩锁 (latch up) 的发生是集成电路版图设计即 IC Layout 能否安全可靠的重要技术措施之一。

Latch up 最易产生在易受外部干扰的 I/O (input/output) 电路处, 也偶尔发生在内部电路。

2. 闩锁现象理论分析

闩锁形成的原理图参见图 1。

图 1 左边示意图 Q1 为垂直式 PNP BJT, 基极 (base) 是 n 型阱 (n well), 基极到集电极的增益可

达数百倍; Q2 是侧面式的 NPN BJT, 基极为 P 型基底 (P substrate), 到集电极的增益可达数十倍; Rwell 是 n well 的寄生电阻; Rsub 是基底 substrate 电阻。以上四元件构成可控硅 (SCR) 电路 (见图 1 右侧), 当无外界干扰引起触发时, 两个 BJT (可控硅结构) 处于截止状态, 集电极电流由 C-B 的反向漏电流构成, 电流增益非常小, 此时 Latch up 不会产生。当其中一个 BJT 的集电极电流受外部干扰突然增加到一定值时, 会反馈至另一个 BJT, 从而使两个 BJT 因触发而同时导通, VDD 至 GND 间形成低阻抗通路, 为大电流流通提供了条件, Latch up 由此产生。

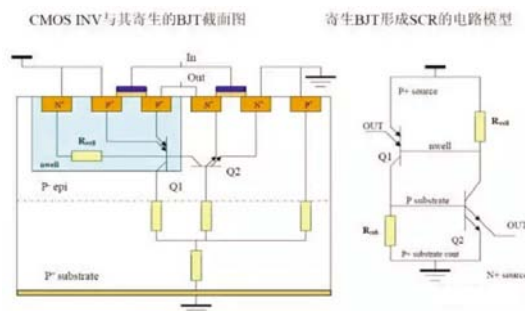


图 1 闩锁形成原理示意图

CMOS 电路由于输入太大的电流, 内部的电流急剧增大, 除非切断电源, 电流一直在增大这种效应就是锁定效应 (好像插上了门栓或上了锁)。当产生锁定效应时, CMOS 的内部电流能达到 40mA 以上,

很容易烧毁芯片。实际 IC 电路中 Latch up 产生主要出现在下列情况:

——芯片一开始工作时 VDD 变化导致 n well 和 P substrate 间寄生电容中产生足够的电流,当 VDD 变化率大到一定程度,将会引起 Latch up;

——当 I/O 的信号变化超出 VDD-GND (VSS) 的范围时,有大电流在芯片中产生,也会导致 SCR 的触发(信号过压导致门锁);

——ESD 如果发生,可能会从保护电路中引入少量带电载流子到 n well 或 substrate 中,也会引起 SCR 的触发(ESD 导致门锁,VDD 过压);

——当很多的驱动器同时动作,负载过大使 VDD 和 GND 突然变化,也有可能打开 SCR 的一个 BJT;

——n well 侧面漏电流过大。

3. Latch up 的通常防护措施

Latch up 的通常防护措施主要有:

——在基体(substrate)上改变金属的掺杂,降低 BJT 的增益;

——避免芯片中电源线 source 和 drain 的正向偏压;

——增加一个轻掺杂的 layer 在重掺杂的基体上,阻止侧面电流从垂直 BJT 到低阻基体上的通路;

——基底接触(Substrate contact)和阱接触(well contact)应尽量靠近 source,以降低 Rwell 和 Rsub 的阻值;使 NMOS 尽量靠近 GND,PMOS 尽量靠近 VDD,保持足够的距离在 PMOS 和 NMOS 之间,以降低触发 SCR 的可能;

——I/O 处尽量不使用 PMOS (n well)。

针对 CMOS 的门锁效应,可从版图级、工艺级、电路应用级几个方面采取相应的防御措施:

版图级设计

——在输入端和输出端加钳位电路,使输入和输出不超过规定电压,二极管通常选用导通压降较低的锗二极管或肖特基势垒二极管(参见图 2 中第 1、第 2 图);

——芯片的电源输入端加去耦电路,防止 VDD 端出现瞬间的高压(参见图 2 中第 3 图);

——在 VDD 和外电源之间加限流电阻,即使有大的电流也不让它进去,但这种方法降低了电源的利用率,在电流消耗较小的情况下使用;

——上电时序:当系统由几个电源分别供电时,开关要按下列顺序:开启时,先开启 COMS 电路的电源,再开启输入信号和负载的电源;关闭时,先关闭输入信号和负载的电源,再关闭 COMS 电路的电源。

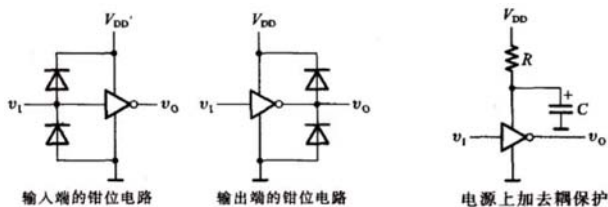


图 2 I/O 钳位电路与电源端去耦电路示意图

——加粗电源线和地线,合理布局电源接触孔,减小横向电流密度和串联电阻。

采用接衬底的环形 VDD 电源线,并尽可能将衬底背面接 VDD。增加电源 VDD 和 VSS 接触孔,并加大接触面积,对每一个接 VDD 的孔都要在相邻的阱中配以对应的 VSS 接触孔,以便增加并行的电流通路。尽量使 VDD 和 VSS 的接触孔的长边相互平行。接 VDD 的孔尽可能安排得离阱远些。接 VSS 的孔尽可能安排在 p 阱的周边上。

——加多子保护环或少子保护环。其中多子保护环主要可以减少 RSub 和 RWell。

工艺级

(1) 降低少数载流子的寿命可以减少寄生双极型晶体管的电流增益,一般使用金掺杂或中子辐射技术,但此方法不易控制且也会导致漏电流的增加。

(2) 倒转阱技术,可以减小寄生晶体管的阱电阻,防止寄生晶体管 EB 结导通。

电路应用级

(1) 要特别注意电源跳动。防止电感元件的反向感应电动势或电网噪声窜入 CMOS 电路,引起 CMOS 电路瞬时击穿而触发门锁效应。因此在电源线较长的地方,要注意电源退耦,此外还要注意对电火花箱位。

(2) 防止寄生晶体管的 EB 结正偏。输入信号不得超过电源电压,如果超过这个范围,应加限流电

阻。因为输入信号一旦超过电源电压,就可能使 EB 结正偏而使电路发生闩锁。输出端不宜接大电容,一般应小于 $0.01 \mu\text{F}$ 。

(3) 电流限制。CMOS 的功耗很低,所以在设计 CMOS 系统的电源时,系统实际需要多少电流就供给它多少电流,电源的输出电流能力不要太大。从寄生可控硅的击穿特性中可以看出,如果电源电流小于可控硅的维持电流,那么即使寄生可控硅有触发的机会,也不能维持闩锁,可通过加限流电阻来达到抑制闩锁的目的。

少子环可以预先收集少子,减小横向三极管的 β 值,从而达到减小闩锁效应的目的。

除了上述技术措施外,目前使用最广泛的防范措施,是 EOS/ESD 保护环,即 EOS/ESD Guard ring:P+ ring 环绕 NMOS 并接 GND;N+ ring 环绕 PMOS 并接 VDD,一方面可以降低 R_{well} 和 R_{sub} 的阻值,另一方面可阻止载流子到达 BJT 的基极。如果可能,可再增加两圈 ring。保护环的设计与应用,详见下述。

4. 保护环(guard ring)设计

EOS/ESD 保护环有两种基本结构。一种是在芯片内部某区域集成而成的保护环。如图 3 所示。另一种是一个单独区域集成的保护环,如图 4 所示。

图 3 中的保护环形状或结构,位于另一区域的外围或边沿,作为该区域参数输入、输出变化的边界。例如,图中 n+ 扩散区(n+diffusion)置放在另一个 n 型区域作为边界,以改变该 n 型区域的输出、输入。

第二种保护环结构见图 4。保护环是相互分离开来,形状也稍有差别。一个内部区域与一个外部区域相互进行了电隔离。

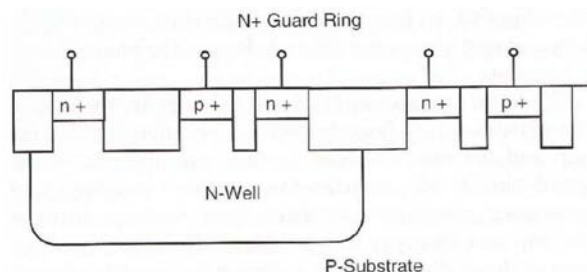


图 3 第一种 EOS/ESD 保护环结构示意图

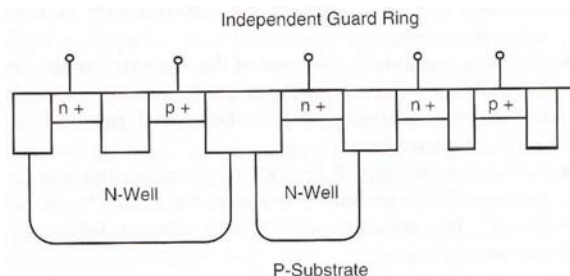


图 4 第二种 EOS/ESD 保护环结构示意图

在集成电路中,保护环通常放置在单个半导体器件的元件之间。目的在于不使它们相互作用。例如,在一个逆变器电路(inverter circuit)中 p- 沟道(p-channel)晶体管与一个 n- 沟道(n-channel)晶体管之间往往设置一个保护环,以避免两个晶体管之间发生 CMOS 闩锁事故。两个晶体管之间放置一个保护环的另一个原因,是为了避免在块状基片(a bulk substrate)与阱区域(well regions)、一个交叉耦合(a cross-coupled)的 pnp 与 npn 生成一个寄生 pnpn 晶体管。

在普通网络内部,电路之间也往往设置一个保护环。例如,在一个 CMOS 输入输出电路(CMOS I/O circuit)中,在片外驱动器(off-chip driver,简称 OCD)输出级(output stage)中,它的预驱动电路系统(pre-drive circuitry)、接收器(receiver)、它的镇流电阻器(ballast resistors)、ESD 防护网络(ESD networks)之间,都放置保护环。示意图见图 5。ESD 网络本身内部设置的保护环是为了隔离某些半导体器件。镇流电阻器也有一个保护环是用于阻止衬底注入(substrate injection)。输出级有一个 p 沟道和 n 沟道晶体管,都很大,能够经受住闩锁侵袭,也能够电气隔离噪声注入(noise injection)。

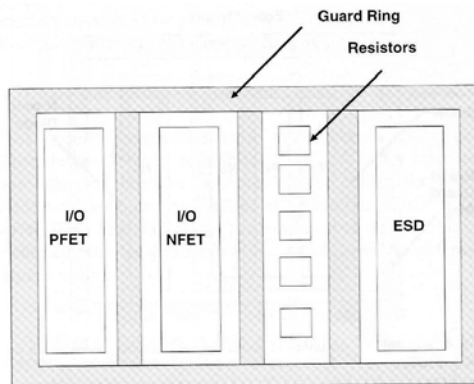


图 5 一个典型的片外驱动器(OCD)电路内保护环示意图

保护环还可以放置在不同功能电路之间。例如在混合电压应用领域 (mixed voltage application domains), 都使用保护环。诸如阵列或外围 I/O 电路区块 (array or peripheral I/O blocks), 核心逻辑电路 (core logic), 普通芯片中的存储区, 等等。在混合电压芯片中, 理想状态是高压区域在电气与空间上均须与低压区域 (low voltage regions)、核心电压区 (core voltage regions) 相隔离。这些高压芯片区域可能需要不同的设计接地规范 (ground rules)。其结果, 电气连接, 保护环, 物理间隔等等都属于芯片范围内单独的考虑内容。

在数模混合芯片中, 将保护环应用于逻辑电路系统、射频电路系统中的噪声注入最小化。在数模混合信号环境中, 将逻辑电路和射频电路设计安排在数字逻辑网络附近位置是不合理的, 这容易引起少数载流子 (minority carriers) 注入基底 (substrate)。这种注入能够影响衬底电位 (substrate potential)。因此, 应使用保护环将数字区、逻辑区、射频区加以隔离。

在 ESD 防护设计中, 保护环用来隔离 ESD 网络, 并将之作为 ESD 防护战略的一部分。在某些实例中, 保护环设置在 ESD 电路元件之间, 以避免相互作用。在其他实例中, 保护环用作为电流收集结构 (current-collecting structures), 并用作抑制“过电应力” (electrical overstress, 简称为 EOS)、ESD 侵袭、其他电流或电压干扰的工具之一。图 6 给出了环绕 ESD 网络的保护环的设计示意图。同时, 保护环还作为从 n- 阱二极管 (n-well diode) 向保护环自身泄放电流的方法之一。

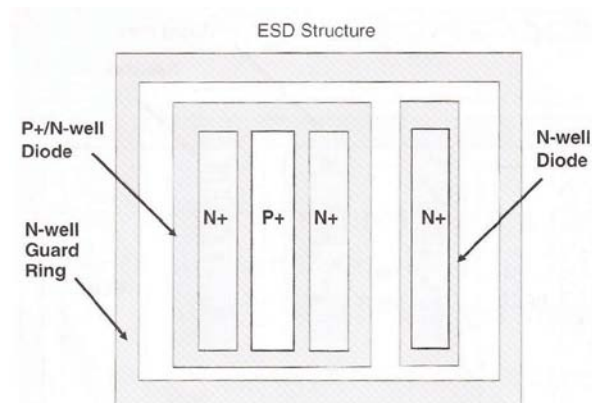


图 6 ESD 网络中保护环用于泄放电流的实例示意图

5. 结论

CMOS 电路具有其它电路无法比拟的低功耗的优点, 是在超大规模集成电路 (ULSI) 领域最有前途的电路结构。但传统 CMOS 电路的工艺技术会产生与生俱来的闩锁效应, 从而限制了它的应用。一般可以从版图设计、工艺过程及电路应用等方面采取各种技术措施, 尽可能地避免、降低或消除闩锁的形成, 从而为 CMOS 电路的广泛应用奠定基础。

版图设计时, 要尽量降低电路密度, 衬底和阱的串联电阻, 为收集极的引入, 可以切断形成闩锁的回路。设计工艺时, 可以采用适量的金掺杂, 深阱, 高能离子注入形成倒转阱, 低阻外延技术等来降低寄生晶体管的电流增益和串联电阻; 沟槽隔离基本上可以完全切断形成闩锁的回路; 更先进的 SOI (silicon-on-insulator) 技术可以完全消除闩锁的形成。电路应用时, 要尽量避免噪声的引入, 附加限流电阻等措施。

EOS/ESD 保护环技术是防范 CMOS 芯片闩锁现象的先进、成熟技术, 也是国际静电领域极力研究、开发、推广的创新之一。简言之, P+ ring 环绕 NMOS 并接 GND; N+ring 环绕 PMOS 并接 VDD, 一方面可以降低 Rwell 和 Rsub 的阻值, 另一方面可阻止载流子到达 BJT 的基极。如果可能, 可再增加两圈 ring。

在 ESD 防护设计中, 保护环用来隔离 ESD 网络, 并将之作为 ESD 防护战略的一部分。

参考文献

- [1] C.N. Perez, S. Voldman, Method of forming a gauss ring parameterized cell structure in a hierarchical parameterized cell design, Checking and Verification, US Patent Application 20040268284, December 30, 2004
- [2] M.D. Ker, S.F. Hsu, Evaluation on efficient measurement setup for transient-induced latch up with Bipolar trigger, in: Proceedings of the International Reliability Physics Symposium (IRPS), 2005, pp. 121-128

纳米尺度器件静电放电(ESD)特性研究

王荣刚, 邓飞

苏州天华超净科技股份有限公司, 苏州 215121

【摘要】本文通过对四个规格的纳米量级样品进行机器模型(MM)ESD放电模拟实验,获得了造成四个规格样品损伤的阈值电压。通过对四种规格样品的对比分析,得到了缺陷是造成同一规格离散性的主要原因,并获得了随着样品规格降低,其击穿电压也持续降低的规律,这说明在纳米量级介质薄膜的击穿过程中,场致发射是其主导机制。最后,文章利用空穴捕获模型对绝缘氧化层厚度减少造成击穿电压降低的机理进行了理论推导分析,对类似研究有比较好的借鉴意义。

1 引言

对于纳米尺度的器件而言,其特别容易在制程中受到静电放电ESD损伤。其击穿电压特性受到电极间隙距离、阴极曲率半径、外施电压波形等影响。电子产品中是超薄介质材料隔离居多,这些产品中,此类工业器件是所有电子元件中对ESD最敏感的。在这些设备中,大量的电、磁和空气动力学失效机理都会起作用。另外,其内部状态和电气电路的重大变化都是失效的体现。本文通过对已经封装好的磁头产品进行相应的静电击穿试验的方法,获取不同纳米尺度下的击穿电压,从而作为击穿电压阈值的参考。

2 试验方法及对象

本节选取了不同间隙尺寸的隧道式磁阻头样品进行机器模型(MM)放电试验,实验放电加测点位置位TMR两侧接触金属电极引线。记录其经历MM放电后的电阻变化,鉴于隧穿式磁头传感器的电阻变化较大,选择其电阻变化基础值的50%作为失效统计值。

2.1 隧道式磁头

磁隧道电阻TMR是基于磁隧道结MTJs在外磁场的控制下电阻的切换。磁隧道结MTJs是指在两块铁磁薄片之间夹一层极薄绝缘层,构成三明治结构元件。两个铁磁薄片一个为钉扎层,磁畴的方向不容易改变,另外一侧的铁磁薄片为自由层,一般自

有层的矫顽力较小,在外加磁场的作用下容易发生方向翻转,其结构如下图1所示:

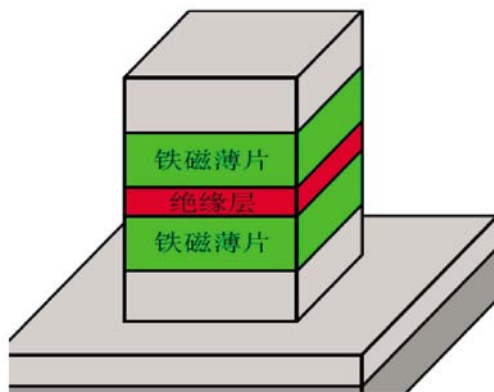


图1 磁头样本结构示意图

2.2 试验方法

此试验采用QST-2002静态测试仪作为试验测试设备,对选定的磁头样品进行机器模型(MM)放电试验,放电两端为两侧铁磁薄片引出线。试验的方法是采用步进式升压+测试电阻变化的方式进行,QST-2002静电测试仪的初始电压设置为100mv,按照20mv步进升压方式上升放电电压,每次测试完成中,测试其内部电阻变化,分别记录其内部电阻变化超过5%、10%和50%的电压数值。选取的磁头样品的深度规格为78nm、60nm、47nm和38nm,分别对应介质膜厚大致为2.2nm、1.6nm、1nm和0.9nm。测试的试验流程图如下图所示:

参照图2的试验流程图,可以观察隧道式磁阻

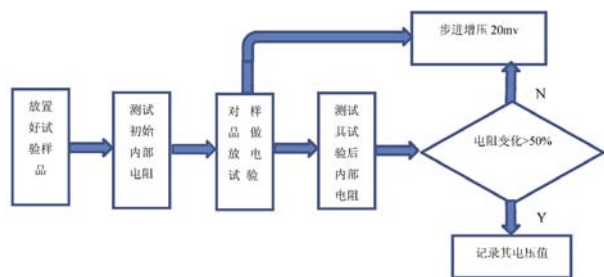
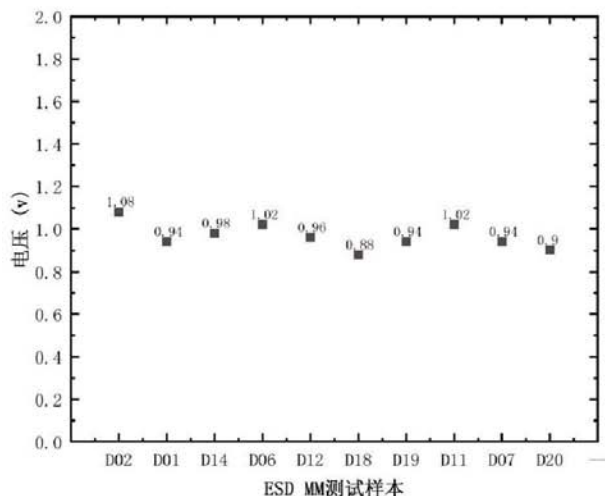


图2 试验流程图

磁头的机器模型放电击穿过程。通过不同间隙的击穿电压对比,可以清晰看出随着间隙的降低,电阻变化超过 50%的时候,其对应电压的变化。

3 试验结果

试验中,4 种间隙尺寸的隧道式磁阻磁头样品各 20 片,每种样品的 10 片用于正向放电试验,其他 10 片用于反向放电试验。为了更清晰的展示其 ESD 击穿规律,本文将正向放电试验的数据和反向放电



试验的数据详列如下。

3.1 78nm 样品击穿电压

表 1 78nm 样品初始电阻以及电阻变化 50% 的击穿电压

正向放电			反向放电		
No.	电阻 (W)	电阻变化 50% (v)	No.	电阻 (W)	电阻变化 50% (v)
D02	311.27	1.08	D16	336.59	0.94
D01	355.52	0.94	D13	337.00	-0.86
D14	354.07	0.98	D05	349.66	-1.08
D06	359.46	1.02	D04	355.60	-0.92
D12	362.44	0.96	D15	360.07	-1.02
D18	373.84	0.88	D03	377.18	-1.06
D19	377.48	0.94	D17	382.34	-1.00
D11	386.69	1.02	D10	387.95	-0.90
D07	401.26	0.94	D08	390.67	-0.96
D20	417.42	0.90	D09	401.96	-1.00

根据表 1,绘制 78nm 磁头内阻 50%降低的击穿电压图示如下图 3 所示。

综上所述可以看出,同样为 78nm 的隧道式磁阻磁

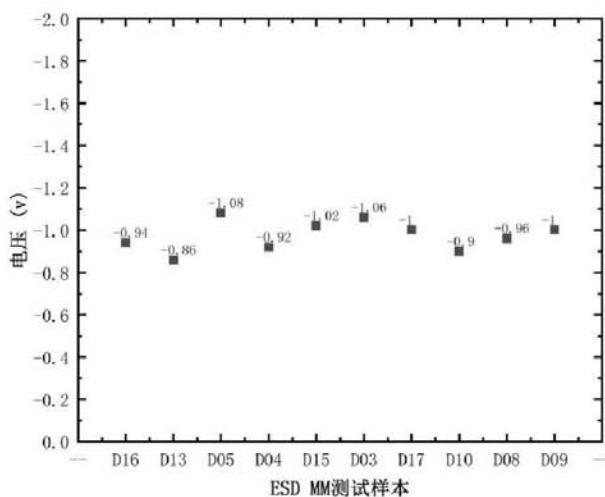


图3 引起 50%内阻降低的 ESD MM 电压值

头的电阻数值偏差较大,其中,最大值为 417.42Ω ,最小值为 337.00Ω ,电阻偏差率为 23.86%;引起电阻变化 50%的机器模型正向击穿电压最大值为 1.02v,最小值为 0.88v,电压偏差率为 15.91%;反向击穿电压最大值为 $-0.86v$,最小值为 $-1.08v$,电压偏差率为 25.58%;无论正向击穿还是反向击穿电压都和初始电阻无明显关联关系,但二者击穿场强分布在 $1.1 \sim 1.38 \times 10^7$ 。

3.2 60nm 样品击穿电压

根据表 2,绘制 60nm 磁头内阻 50%降低的击穿

表 2 60nm 样品初始电阻以及电阻变化 50% 的击穿电压

正向放电			反向放电		
No.	电阻 (W)	电阻变化 50% (v)	No.	电阻 (W)	电阻变化 50% (v)
D02	316.85	0.88	D24	336.35	-0.88
D28	335.47	0.86	D18	361.24	-0.82
D11	335.60	0.96	D16	335.17	-0.94
D13	344.86	0.88	D04	351.14	-0.94
D09	362.70	0.86	D22	353.85	-0.76
D12	364.58	0.88	D01	365.53	-0.96
D06	372.65	0.86	D20	390.86	-0.94
D07	389.57	0.84	D19	394.82	-0.82
D10	397.06	0.82	D26	410.86	-0.88
D25	409.99	0.82	D03	397.22	-0.86

电压图示如下图 4 所示。

综上,60nm 的样品情况与 78nm 的隧道式磁阻磁头类似,电阻数值偏差较大,其中,最大值为 410.86Ω ,最小值为 316.85Ω ,电阻偏差率为 29.67%;引起电阻变化 50%的机器模型正向击穿电压最大值

为 0.96v,最小值为 0.82v,电压偏差率为 17.07%;反向击穿电压最大值为 -0.76v ,最小值为 -0.96v ,电压偏差率为 26.31%;无论正向击穿还是反向击穿电压均和初始电阻无明显关联关系,二者击穿场强分布在 $1.26\sim 1.6\times 10^7$ 。

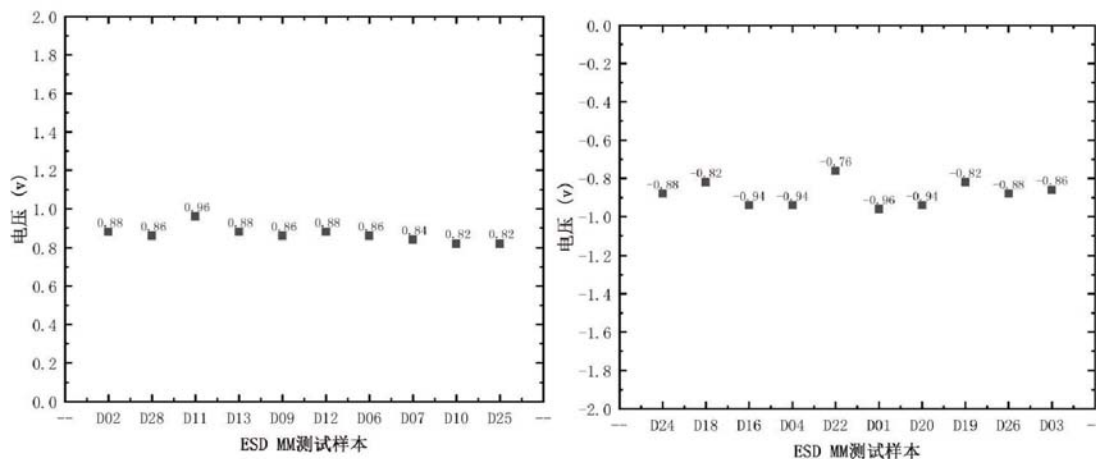


图 4 引起 50%内阻降低的 ESD MM 电压值

3.3 47nm 样品击穿电压

表 3 47nm 样品初始电阻以及电阻变化 50%的击穿电压

正向放电			反向放电		
No.	电阻 (Ω)	电阻变化 ³ 50% (v)	No.	电阻 (Ω)	电阻变化 ³ 50% (v)
D05	482.25	0.78	D04	515.76	-0.86
D17	487.95	0.76	D12	491.81	-0.82
D19	499.82	0.76	D15	472.68	-0.74
D22	480.38	0.84	D21	521.39	-0.66
D25	458.68	0.80	D24	502.39	-0.86
D27	502.18	0.80	D28	494.86	-0.86
D30	518.55	0.80	D29	462.53	-0.80
D32	471.93	0.80	D31	474.72	-0.80
D35	510.86	0.76	D34	480.56	-0.90
D36	482.31	0.80	D37	502.33	-0.86

根据表 3,绘制 47nm 磁头内阻 50%降低的击穿电压图示如下图 5 所示。

47nm 的样品情况与 60 和 78nm 隧道式磁阻磁头类似,电阻数值偏差较大,其中,最大值为 521.39Ω ,最小值为 458.68Ω ,电阻偏差率为 13.67%;但其最小电阻仍然大于 60nm 的最大电阻数值。引起电阻变化 50%的机器模型正向击穿电压最大值为 0.84v,最小值为 0.76v,电压偏差率为 10.52%;反向击穿电压最大值为 -0.74v ,最小值为 -0.90v ,电压偏差率为 21.62%;无论正向击穿还是反向击穿电压均和初始电阻无明显关联关系,但二者击

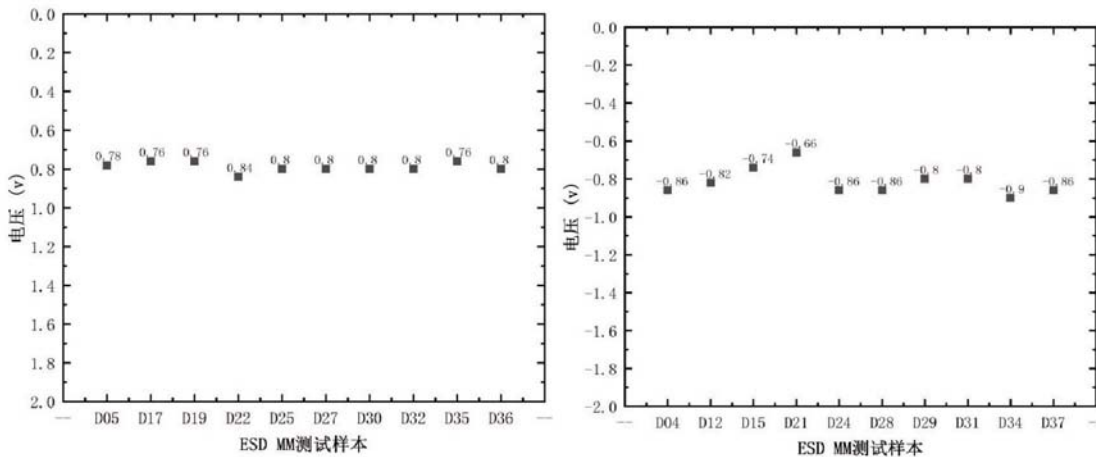


图 5 引起 50%内阻降低的 ESD MM 电压值

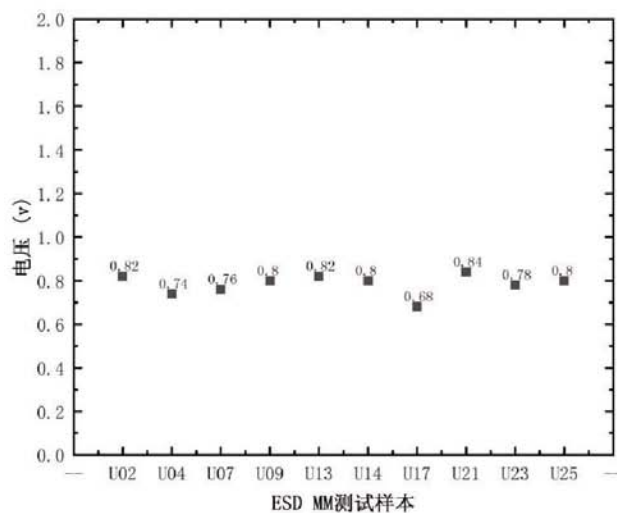
穿场强分布在 $1.57 \sim 1.9 \times 10^7$, 击穿场强有所提升。

3.4 38nm 样品击穿电压

表 4 38nm 样品初始电阻以及电阻变化 50% 的击穿电压

正向放电			反向放电		
No.	电阻 (Ω)	电阻变化 ³ 50% (v)	No.	电阻 (Ω)	电阻变化 ³ 50% (v)
U02	588.97	0.82	U01	584.28	-0.82
U04	530.56	0.74	U03	571.18	-0.88
U07	551.00	0.76	U06	461.30	-0.76
U09	531.72	0.80	U08	610.09	-0.82
U13	493.00	0.82	U12	528.45	-0.86
U14	629.53	0.80	U16	572.00	-0.78
U17	569.66	0.68	U19	548.10	-0.88
U21	474.20	0.84	U20	479.86	-0.72
U23	524.63	0.78	U22	471.99	-0.88
U25	440.99	0.80	U26	502.48	-0.88

根据表 4, 绘制 38nm 磁头内阻 50% 降低的击穿电压图示如下图 6 所示。



38nm 的样品情况仍然和之前三个隧道式磁阻磁头类似, 电阻数值偏差较大, 其中, 最大值为 629.53Ω , 最小值为 440.99Ω , 平均值为 553.2Ω , 最大最小电阻偏差率为 42.75%; 但其电阻仍呈现整体上升趋势。引起电阻变化 50% 的机器模型正向击穿电压最大值为 0.82v, 最小值为 0.68v, 电压偏差率为 20.59%; 反向击穿电压最大值为 -0.72v, 最小值为 -0.88v, 电压偏差率为 22.22%; 相比前三种间隙, 电压整体呈现下移趋势。无论正向击穿还是反向击穿电压均和初始电阻无明显关联关系, 但二者击穿场强分布在 $1.79 \sim 2.32 \times 10^7$, 击穿场强有所提升。

3.5 四种样品测试对比

汇总造成 4 种样本的 ESD MM 击穿损伤的最小、最大和平均值的数据如图 7 所示

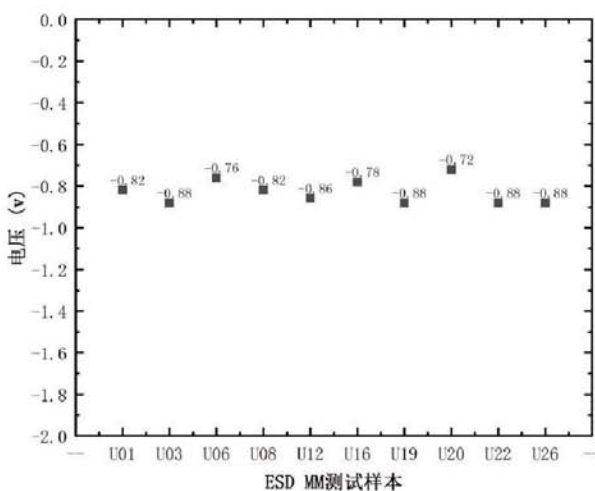


图 6 引起 50% 内阻降低的 ESD MM 电压值

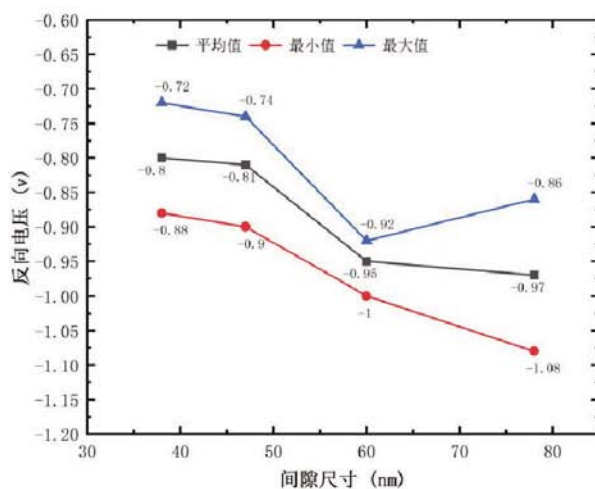
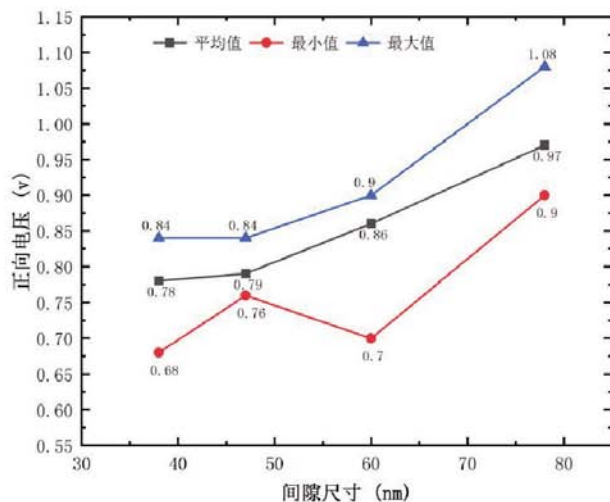


图 7 四种间隙样本引起 50% 内阻降低的 ESD MM 电压值分布

从上图可以看到,随着间隙尺寸的持续降低,无论是正向电压还是反向电压的绝对值,都呈现下降趋势。最高的击穿损伤电压也仅仅为 1v 左右,最低的击穿损伤电压为 0.68V,这对此类产品的静电防护提出了非常严苛的要求。

4 超薄绝缘层击穿机理分析

从以上实验研究中,我们可以清晰的看到超薄绝缘介质薄膜的 MM ESD 敏感性和厚度接近等比例缩小的问题。随着电子工业集成电路的发展和功能性性能要求的增加,绝缘氧化层薄膜厚度越来越小,根据相关研究,电解质击穿电压和 ESD 模型的二次击穿电压会越来越接近。

根据空穴捕获模型,氧化层击穿是由于空穴的产生与在负极区的局部薄弱区域的空穴捕获导致的。被捕获的空穴密度可以表示为:

$$Q_{ot}^+(t) \propto J(E_{ox})\alpha(E_{ox})t \quad (\text{式 } 1)$$

式 4.1 中, $Q_{ot}^+(t)$ 为被捕获空穴密度; $J(E_{ox})$ 为 Fowler-Nordheim 隧穿电流密度; $\alpha(E_{ox})$ 为空穴生成系数; t 为应力时间。

$$t \propto \frac{Q_{ot}^+(t)}{J(E_{ox})\alpha(E_{ox})} \quad (\text{式 } 2)$$

其中, Fowler-Nordheim 隧穿电流密度可表示为;

$$J(E_{ox}) \propto e^{-B/E_{ox}} \quad (\text{式 } 3)$$

空穴生成系数的指数项表示为:

$$\alpha(E_{ox}) \propto e^{-H_{eff}/E_{ox}} \quad (\text{式 } 4)$$

式 4.3 中, H_{eff} 是绝缘氧化层的函数。

当被捕获的空穴密度达到最大时发生击穿,此时的击穿时间 t 表示如下:

$$t_{BD} \propto \frac{Q_{ot}^+(t_{BD})}{J(E_{ox})\alpha(E_{ox})} \cong Q_{ot}^+(t_{BD}) \exp\{(B+H_{eff})/E_{ox}\} \quad (\text{式 } 5)$$

对于一个恒定的直流电场,由于空穴生成系数,不同的介质厚度将导致不同的时间变化击穿的相关性。由此,可以看出当绝缘材质确定时, Fowler-Nordheim 系数是近似一个常数。从而可将式 5 修改为以下经验表达式:

$$t_{BD} = C_1 \exp\{C_2/E_{ox}\} \quad (\text{式 } 6)$$

上式中, C_1 与被俘空穴密度和空穴产生率相关; C_2 与系数 B 和绝缘氧化层的函数 H_{eff} 有关。从上式可以看出, C_2 是 $\log(t_{BD})$ 与 $1/E_{ox}$ 曲线的斜率,且其截距与 C_1 高度相关。当对时间的积分大于 C_1 是,失效产生,可以用上式建立一个失效准则。即:

$$\int dt \exp\{-(C_2/E_{ox}(t))\} > C_1 \quad (\text{式 } 7)$$

由此,根据这个物理模型,可以清晰看出,随着介质厚度尺寸的缩小,击穿电压持续走低趋势。

5 结论

本文使用磁头读头产品做为测试样本,测试不同工艺路线间隙样品下的击穿规律,验证了在纳米间隙情况下,其击穿电压锐减的事实。具体内容如下:

1、通过对 78nm、60nm、47nm 和 38nm 的磁头样品做 ESD MM 击穿实验,通过观察造成其 50% 的电阻降低时电压数值,来确认其击穿损伤电压。发现随着尺寸降低,击穿规律偏离帕邢曲线左支。在 38nm 时,其最低击穿电压仅为 0.68V,在 78nm 时,最高击穿电压为 1.08V,电压非常低,需要非常良好的精密防护,才可能确保产品安全。对比 4 个尺寸规格样品,可以清晰看到其间隙越小,击穿电压持续明显走低趋势。

2、利用空穴捕获模型对绝缘氧化层厚度减少造成击穿电压降低的机理进行了理论推导分析。

粒子与粒子沉积探究

粒子是洁净室内污染控制的首要目标。粒子不仅仅存在于空气中,洁净室内的各种表面,如设备、人员、地面、产品等等的表面,都可以成为粒子的藏身之所、释放之所,成为不同于室内空气的污染源。表面上的粒子可以源于表面本身,也可源于空气中粒子的沉积,也可以由接触转移几经辗转从其他表面传来。粒子的特性、粒子向表面的沉积过程和机理、粒子的接触转移,都是洁净室污染控制的重要事项。特别是微电子、医疗器械、航天器等,尤其对表面污染有非常严格的要求。因为这些产品一旦受到污染,可能就不仅仅是良品率的问题,而可能会是人命关天或只能是望天兴叹了。

一、从粒子到分子

洁净室最主要的特征有两个:

1. 室内粒子浓度受控;
2. 粒子浓度按统一的国际(国内)标准分级。

粒子浓度受控并分级是我们这里讨论的洁净室的要义。没有这两个特征,即使房间内一尘不染,它也不属于我们这里从污染控制或洁净技术角度所讨论的洁净室。

根据上面的定义,不难得出这样的结论:粒子或称为颗粒物是洁净室需要控制的首要污染物,因为没有这项控制,就称不上是洁净室。什么是粒子呢?我们可以举出很多例子:尘埃、烟雾、皮屑、毛发、纤维断片,等等。粒子的形状千奇百怪,极少或没有完美球体的。见图1。

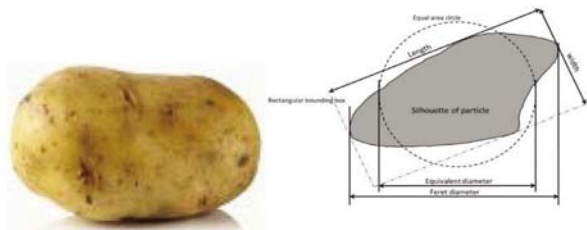


图1 粒子形状示例与粒径测量

右图中的黑影即粒子的轮廓,其中的虚线圆环

就是与该粒子轮廓等面积的圆,该圆的直径就是当量直径或等效直径。当粒子在光学粒子检测仪中给出的电讯号大小,与仪器标定所用基准球体气溶胶某个直径相同,即认为该基准球体的粒径就是该粒子的粒径。并且,仪器给出的粒径电讯号,还与粒子通过检测腔瞬间相对于光束的角度有关。所以,此粒径并不是该粒子的实际粒径,粒径的完整称谓是:光学当量(或等效)粒径,即:一个与所测粒子有相同指标并在传感仪表中产生相同反应的基准球体的直径。

唯有 ISO 14644-1/GB/T 25915.1 对粒子的定义,才是判断粒子的准则:有确定物理边界的微小物质。

这个定义也有两层含义,成为粒子必须是:

1. 微小物质;
2. 有确定的物理边界。

有确定物理边界自然应有清晰的粒径。粒径的完整称谓是:光学当量(或等效)粒径,即:一个与所测粒子有相同指标并在传感仪表中产生相同反应的基准球体的直径。洁净室空气洁净度分级的粒子浓度,是指粒径大于等于 $0.1\mu\text{m}$ 至大于等于 $5\mu\text{m}$ 的粒子。在此粒径范围的粒子自然全部符合上述粒子定义。所以,这个定义在这个粒径段上的应用没有任何问题。但是,随着科技的飞速发展,随着工艺要求越来越苛刻,对粒径的控制正从微小粒子到极微粒子而变得越来越小。从粒子数量的角度看,粒子数量与其粒径成反比。粒子尺度越小,在数量上就越多。详见图2:粒子粒径与数量的关系。有一项普遍认可的说法是,全部空气粒子中,99.9%的粒径小于 $1\mu\text{m}$ ($1/1000\text{mm}$)。随着科技特别是芯片技术的飞速发展,其生产环境中需要控制的颗粒污染物已经变得越来越微小。微小粒子已经成为对先进制造业和先进工艺有重大威胁的污染物。足见对微小粒子和极

微粒子控制的重要意义。

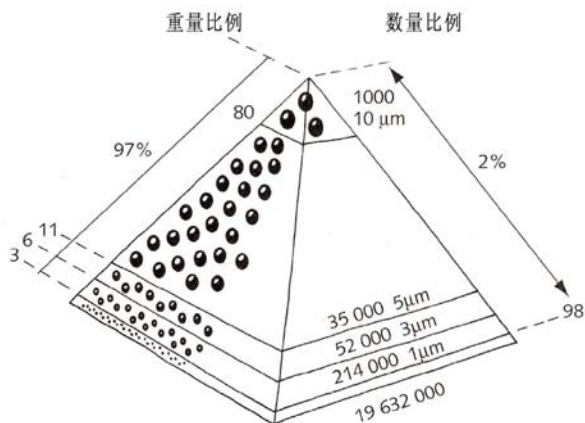


图2 粒子粒径与数量的关系

那么,当粒子尺度越来越小,甚至达到纳米尺度时,此粒子还是不是彼粒子?纳米尺度粒子的构造是怎样的?它有何特点?它是不是仍如我们通常意义上所说的粒子?粒子的特性有哪些变化?图3就是这个纳米尺度极微粒子的状况:

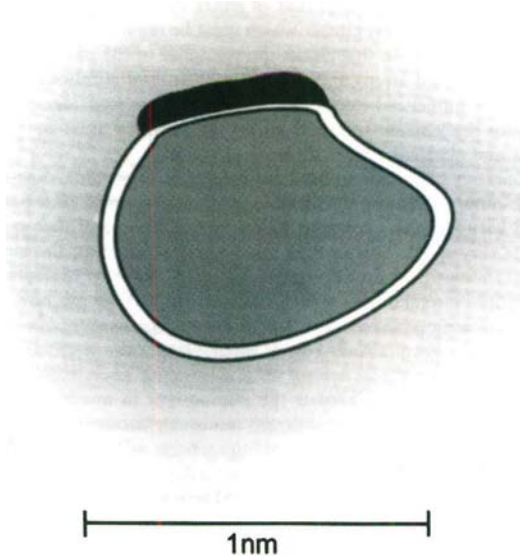


图3 极微小的粒子

宽约0.05纳米的白色环带说明了构成粒子分子的外层电子构造。其周围的云则是动态吸附的分子。其吸附时间段比通常的分子碰撞时间长,但比观测时长(时间尺度为几秒)短。黑色部分是被永久吸附的分子(二维凝聚)。

这颗纳米尺度粒子的粒径约有一个纳米。它有稳定的“核”。内核中可能有数十个属于这颗粒子的分子。但除了这个稳定“核”外,它的“核”外围还总是

吸附有不少分子。而这些分子不是稳态的,而是动态的,是在不断变化中的,这些分子被吸附时间以秒计,所以,随时随地,总是有分子处在吸附过程中。随时随地,总是有分子处在解吸过程中。

这个时候,有确定物理边界这样的粒子定义就很难再适用于这种极微小粒子。这颗粒子的边界处在不断变化的动态中,它没有一个准确、确定的物理边界。但它仍如粒子一样,是威胁先进工艺的污染物,这是确定无疑的。因为这样的粒子构造特殊,其特性既不同于颗粒物,又不同于气态分子。所以,有国外专家建议将其称为分子团,这个称谓可能更贴切。专家甚至建议称其为纳米态,因为它既不是固态的也不是液态的。这也表明,极微粒子已不再是我们通常概念中的粒子了。

这样的粒子如果能变得更小的话,就变成离散的分子。离散的分子就成为所谓的气态分子污染物。气态分子污染物已不再是固态颗粒物,高效、超高效过滤器对它丝毫不起作用。清除分子污染必须使用定制的、“量体裁衣”的化学过滤器才有效果。

需要指出的是,一定条件下,空气中的某些分子可以相互反应而生成颗粒物,空气中的分子也可能与洁净室内的表面反应生成表面化合物,等等。为对污染物追根寻源,这些由分子污染物反应所生成的颗粒物也称为气态分子污染物,尽管它们已不再是气体而是实实在在的固体了。

二、粒子的沉积

为滤除空气中的粒子、保持洁净室良好空气洁净度而采用的高效、超高效过滤系统以及室内良好的单向流、非单向流、混合流等气流组织形式,已能完全保证洁净室内空气洁净度并满足工艺要求,洁净技术在这些方面已相当成熟。

但是,粒子污染物总是有办法通过其他途径污染产品。这就是粒子沉积问题以及连带的污染物接触转移的问题。

粒子粒径与沉降速率表如下:

表1 粒子粒径与沉降速度(沉降速度与粒径平方成正比)

粒径 (μm)	沉降速度 (mm/sec)
0.08	0.0007
0.1	0.0009
0.15	0.0015
0.2	0.0023
0.3	0.0042
0.4	0.0068
0.5	0.0099
0.6	0.0137
0.8	0.0230
1	0.0348
1.5	0.0747
2	0.1300
3	0.2850
4	0.5000
5	0.7760
6	1.1100
8	1.9600
10	3.0600
15	6.8400
20	12.1000
30	27.2000
50	75.5000

从表中的粒子沉降速度可以算出,1 μm 的粒子,降落1米至少需要数个小时;5 μm 的粒子,降落1米所需时间约数十分钟,10 μm 的粒子,降落1米需数分钟。粒径越小,沉降速度越慢;粒径越大,沉降速度越快。所以,小于1 μm 的粒子会长久地漂浮在空气中,大于50 μm 的粒子沉降1米只需十几秒。

大体来说,洁净室内的洁净送风可将室内小于10 μm 左右的粒子带走并排出。但粒径大于等于10 μm ,粒子就不容易快速地由室内的洁净送风带走并排到室外。这种较大的粒子更容易在室内沉降下来,并可能沉积、吸附到洁净室的各种表面上(设备、人员、产品、地面等)。

粒子沉降到表面并被表面吸附的主要作用力有若干种:范德华力、静电力、结构力、重力、毛细力等。其中最主要的是范德华力和静电力。范德华力是分子间的力,所以它是无处不在的,静电则是由物体的相对运动而使物体获得或丢失电子而产生的,且不论这物体是固体还是液体,只要有相对运动,就会产生静电力。所以,它也是无处不在的,并在其作用力的作用距离相对于范德华力更远。静电力是如何在粒子沉降过程中使其被吸附到表面的呢?静电力

在表面粒子吸附过程中所起的作用,请见图4。图4(1)说的是带电粒子与表面电荷极性相反时,粒子向表面的吸附过程。此时,粒子在沉降过程中一旦进入粒子电荷与表面电荷的相互作用区,因为异性相吸,这颗粒子即吸附到表面上。这就是粒子与表面极性相反的吸附效果。

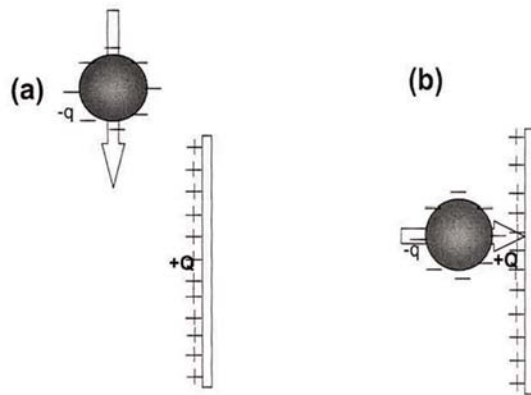


图4(1) 带电粒子与相反电荷表面之间的静电引力产生的粒子吸附

(a)带有负电荷的粒子在沉降过程中还未受到表面正电荷的

影响,它的运动是垂直向下的;

(b)粒子的垂直运动将其带入带正电表面周围的静电场中。

粒子的负静电和表面的正静电产生引力,使粒子产生朝

向表面的横向运动,并被吸附到表面。

粒子与表面电荷极性不同情况下,粒子仍可吸附到表面上,只是过程稍有不同。图3(2)讲的是带电粒子向中性表面的吸附过程。如图所示,带正电荷的粒子在沉降过程中,接近了电荷为中性的表面。这时,因为粒子的正电荷与表面的正电荷相斥,表面正电荷被斥离到稍远区域。表面与粒子相近的区域成为负电荷区域。这样诱导出了带负电的表面与粒子极性相反而使粒子和表面相吸。结果,粒子吸附到了表面上。

粒子不论因何种力被吸附到表面,它必须首先到达表面附近。粒子到达表面附近,即可能开始其吸附到表面的全过程。粒子通常是被空气带到表面附近的。在表面上贴近表面处存在一个数厘米厚、风速为零的边界层,见图5。这个风速为零的边界层,为粒子沉积创造了绝佳条件。粒子进入边界层后就不再受风的左右,它就更容易在其他作用力的影响下吸附到表面上。表面边界层与粒子进入边界层并被吸附到表面的示意图如下:

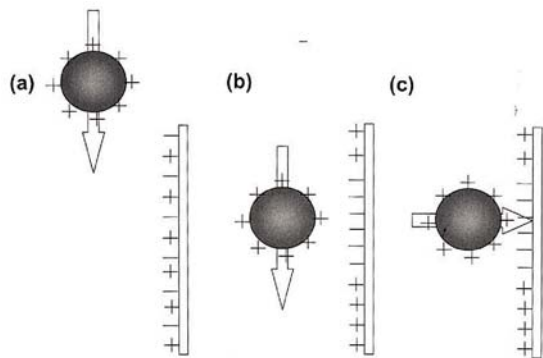


图 4(2) 带电粒子与中性绝缘表面之间的表面诱导起电与它产生的静电引力造成的粒子吸附过程。

- (a)带正电荷 $+q$ 的粒子接近一个中性表面;
(b)粒子的正电荷与表面的正电荷相斥,与表面的负电荷相吸,在表面诱导出局部的负电区域;
(c)带正电粒子受表面局部负电区域的吸引而向表面负电区域移动,并最终吸附到表面。

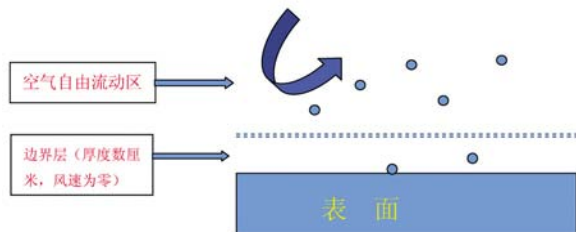


图 5(1) 粒子从空气中向表面的沉积过程示意图。

- (a)气流运动:气流通过表面时,在临近表面的地方速度降低,甚至达到零。为粒子沉积到表面创造了条件。
静电力会将接近表面的粒子吸附到表面。
(b)粒子运动:粒子被气流或紊流、重力、布朗运动带到边界层,边界层的风速为零;粒子因静电力而穿过边界层沉积到表面上。

如上面粒子向垂直表面吸附的例子所示,粒子并不是仅能在水平表面上才能沉积的。由于静电等作用力,粒子可以沉积在任何角度的表面上,见图 5(2)所示。受空气的扰动等影响,粒子可能被带到室内任何空间位置上。在它接近表面时,就可能进入边界层。此时,只要粒子与表面间有足够的作用力,它就能被吸附到表面上。即使是水平表面的底部,仍可能成为粒子的藏身之所。这已被英国的实验所证实。请看下面粒子吸附到垂直表面和水平表面底部的示意图:

从洁净室粒子沉积的规律,可以联想到人流物流的规划是保证洁净室环境重要的一环。运动的物体是重要的尘源,不论是走动的人还是运转的设备、推车等,都是如此。人在走动时,除了本身产生量会大大增加,还有可能将其所经之处虽然看不见但存

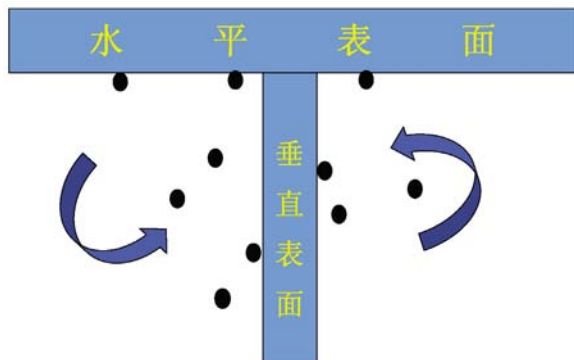


图 5(2) 粒子在垂直表面和水平表面底部沉积示意图。

空气的扰动可将粒子带到平台下部的空间。当粒子与垂直表面或水平表面足够近,就可吸附到表面上。即使是水平表面底部,仍可成为粒子吸附之所。

在地面尘埃带起来。这些粒子尘埃就会四处飘荡并可能沉降到其他地方,直至污染到产品。

所以,不论人流还是物流,路程应尽可能短。另外,人流物流应尽可能不交叉、少交叉。这不仅仅是为了提高工作效率,更是为了使粒子的产生和转移尽可能少。

沉积在表面的污染物还可能经由人体接触、物体搬运、器具拿放等行为动作,从一个表面转移到洁净室内其他各种表面上,并可能几经辗转最终转移到产品表面。因为接触转移最终可能威胁到产品、污染产品,所以,洁净室内污染物的接触转移是洁净室污染控制无法逾越的问题。

上面讨论的粒子和粒子沉积的内容,既包括死粒子,也包括活粒子。若不涉及粒子的毒性或传染性,死粒子与活粒子没有区别。在污染物的接触转移上,死粒子与活粒子也是没有区别的。现以活粒子——病毒为例,展示接触转移的效果。

这是日本的一项实验(见图 6),向人们展示了当一个被感染的人去餐厅就餐时,细菌和病毒是多么容易在餐馆里传播。该实验模拟了自助餐厅或游轮上的环境氛围。实验中,有 10 名参与者进入餐厅用餐,其中一个人模拟“感染者”,将“感染者”的手上涂满荧光材料,以此来模拟病毒在室内的传播过程。其他的每个参与者,在不考虑潜在污染的情况下,像往常一样就餐。请看下图:



图6 病毒接触转移实验

此外,刊载在英国《医院感染杂志》上、由英国伦敦大学学院进行的一项调查研究显示,在消毒措施不到位的情况下,一种普通病毒沾染到床单上后,不到10小时就能传染小半个病区,遍布床栏杆、门把手、候诊室扶手,甚至儿童游乐区的玩具和图书上。3天后,被污染地点的数量达到峰值。病毒在这些区域可以存活至少5天。而针对新冠病毒的研究发现,即使在专门设计的用于遏制传播风险的医院病房中,病毒也同样可以轻易传播到其他区域。

虽然这些接触转移示例中的污染物是病毒或细菌,但由于它们也是粒子,所以任何粒子的接触转移与此处所示效果没有什么不同。从这些例子中也可看出接触转移的危害有多么大。虽然在洁净室工作人员行为的规范,大大限制了接触转移的危害。但在实际工作中,这些规范常常得不到严格的遵守,这已经是屡见不鲜了。既使人员行为规范得到遵守,在工作中,工作人员的手需要摆放、触摸各种器具或设备,这些器具和设备又被其他人触碰、搬运等。这些动作仍可能造成污染物从一个表面向另一个表面的接触转移。所以,接触转移是普遍存在的。洁净室内良好的空气洁净度并不会影响接触转移的发生,但可能降低接触转移的污染物浓度。

防范接触转移的方法有很多,其中包括工艺设备的配置和选材、良好的洁净室设计、人员行为的良好规范,良好的人流物流规划,高质有效的保洁方法,等等。内容繁多,不一而足。

三、粒子与气溶胶

洁净室空气中悬浮粒子数量浓度的检测一般使用光学粒子计数器,简称粒子计数器。粒子计数器需要进行定期标定使其保持在规定的准确度。粒子计数器的标定通常是用气溶胶作为尘源。过滤器原位检漏也需要使用气溶胶作为尘源。

粒子与气溶胶既有关联又有区别。气溶胶是空气中液滴与固体颗粒物的悬浮体(液滴也可能有固体核)。其粒径通常在 $1\text{ }\mu\text{m}$ 至 $100\text{ }\mu\text{m}$ 的范围。也有将粒径 1 nm 到 $1\text{ }\mu\text{m}$ 的气溶胶称为极微气溶胶的。气溶胶与洁净技术所控制的粒子不完全相同。洁净技术中的粒子通常是指固体的颗粒物,即如前面定义所述:有确定物理边界的微小物质。

气溶胶除在洁净室过滤器检测、已安过滤器检漏、计数器标定等不可或缺外,它在疾病传播中扮演了什么角色,观点仍有分歧。但看了下面喷嚏气溶胶的影相,就不会怀疑了。一个传染病人的喷嚏中可含有几十万甚至更多的病菌,并可以传播出很远的距离。请见下面图6喷嚏的高速影相:

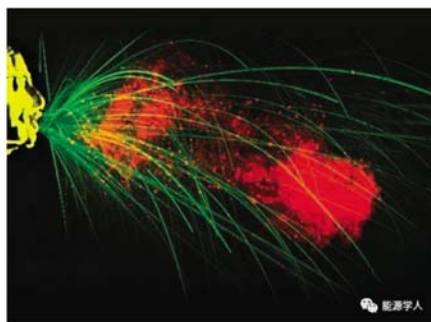


图7 高速摄像机捕捉到的喷嚏视频。打喷嚏时,较大的液滴(绿色)从口中喷出后,下落速度相对较快,传播距离较小,约一两米内即落地。雾状的液滴“云”即气溶胶(红色)在空中停留时间较长,随气流传播距离较远,可达十几米或更长。

所以,就预防传染病而言,口罩仍然是阻断气溶胶传染简单而有效的手段,口罩外层为疏水层,不易附着液滴。中间层才是隔离层。

四、展望

人类已经迈入了科技飞速发展的新时代。信息社会的到来,加速了信息技术的发展。信息技术的发展,推动了信息设备的小型化、微型化。生命科学的发展推动了新型、小微化医疗器械和体内植入装置的发展和应用。这些技术以及包括航天器在内的很多先进技术的实现和应用,都离不开并得益于表面粒子控制。良好的粒子控制效果,是这些技术得以安全应用的前提条件。在可预见的未来,粒子特性、粒子行为以及包括追根溯源在内的粒子控制研究,仍然属于污染控制或洁净技术的重要内容而会不断得到加强。期望这个领域能出现更多的实测结果及更深刻的理论解释,来推动粒子领域污染控制技术的发展。

浅谈电子工业防静电地坪的选型及应用

刘维通

苏州汇川技术有限公司, 苏州 215121

1、引言

电子工业制造车间的地面由于行业的特殊性,对使用的地坪要求需要满足相对洁净、防静电和美观的生产环境。因此,车间地坪的相关要求必须满足业务单位的技术需求。

地面和空气中产生的灰尘很容易粘附到产品 / 器件的缝隙里,导致产品或器件发生故障,既耽误工厂的生产进度或造成订单的延误 (遭到巨额的赔偿),同时又要产生高额的维修费用,对公司的损失是非常大的。因此,电子车间对地面的要求主要来自于防静电和防尘两个方面。在电子工业中选择一种合适的防静电地坪是保护器件、降低 ESD 失效的一种重要途径,也是决定直接成本投入和行业 ESD 的控制水平,满足客户的认可度等。本文围绕这一问题,以行业内常用防静电地坪的使用效果和场景能力作为论点,从产品应用和环境管控角度对防静电地坪选型进行了阐述,提出了防静电地坪的选型重要性以及从应用场景选型和应用的建议。

2、业内常用的防静电地坪对比

目前市场上常规的防静电地坪主要分为:防静电浇筑水磨石、防静电金属耐磨地坪(金刚砂)、防静电长效型贴面 PVC 地面 / 地板、防静电环氧树脂类自流坪等,其相关特点如表 1。

3、防静电地坪的应用环境、工艺流程及优缺点分析

3.1 防静电环氧树脂自流坪

3.1.1 简介

防静电环氧树脂自流坪是指在混凝土地面基层涂覆环氧树脂涂料,一般厚度为 0.5—5mm,形成一种密闭的有机物保护层,环氧树脂是有机物,视觉效果较好,同时环氧树脂具有良好的耐水性、耐油性、

表 1 常见地坪类型对比

序号	项目	防静电性能	物理性能
1	防静电现浇水磨石 (分青水泥、白石子、玻璃条及白水泥、白石子、铜条两种)	系统电阻: $1 \times 10^4 - 1 \times 10^9 \Omega$ 点对点电阻: $1 \times 10^4 - 1 \times 10^{10} \Omega$	抗压强度: Mpa 20~30 抗折强度: Mpa 4~8 光泽度: 度 35~45 角差度: mm 0.3
2	防静电金属耐磨地坪 (含 5 公分细石混凝土、金属骨料)	系统电阻: $1 \times 10^4 - 1 \times 10^9 \Omega$ 点对点电阻: $1 \times 10^4 - 1 \times 10^{10} \Omega$	抗压强度: 28d, Mpa ≥ 90 抗折强度: 28d, Mpa ≥ 13.5 耐磨度比: % ≥ 350 表面强度 (压痕直径): mm ≤ 3.1
3	防静电 PVC 地面 (因在工厂生产可分为导静电型和静电耗散型)	导静电型系统电阻: $1 \times 10^4 - 1 \times 10^6 \Omega$ 静电耗散型系统电阻: $1 \times 10^6 - 1 \times 10^9 \Omega$	磨耗量: $< 0.020 \text{g/cm}^2$, 阻燃性: I 发火性试验: 冲击, 摩擦不产生火花 邵氏硬度: 50~90
4	防静电环氧自流坪 防静电聚氨酯耐磨地坪	系统电阻: $1 \times 10^4 - 1 \times 10^9 \Omega$ 点对点电阻: $1 \times 10^4 - 1 \times 10^{10} \Omega$ 验收时: 导电层: $< 1 \times 10^5 \Omega$	磨耗值: < 0.30 毫克 抗压强度: Mpa ≥ 30 粘接强度: Mpa ≥ 3 铅笔硬度: H ≥ 1



图 1 防静电环氧自流坪类型

耐酸碱性能,且平坦无缝、易清洁、易维修保养,消除静电、防止电磁波产生是现代工业广为使用的地坪材料,广泛用于医药、食品 (无菌)、电子 (防静电)、化工等行业。

环氧树脂地坪按照物理特性分为:溶剂型和无溶剂型,电子制造类工厂的使用主要以无溶剂型为主,本文仅介绍无溶剂型 (无溶剂型环氧自流坪抗静电地坪涂料应选用低分子量的环氧树脂配上活性稀

释剂及非活性稀释剂与固化剂反应成膜)。掌握这种技术首先还是要先掌握不同地坪要求对不同导电材料的选择。选对材料是运用获得成功的第一步,也是最为重要的一步,企业在选择地坪的使用上应聚焦产品,适合自己才是最好的。

3.1.2 施工工艺

- ① 防水处理:一楼地面需要已做好防水处理;
- ② 素地处理:依据素地状况做好打磨、修补、除尘;
- ③ 环氧底漆:采用渗透性及附着力特强环氧底漆滚涂一道,增强表面附着力;
- ④ 环氧中涂:依据实际需要施工数道工艺,要求达到平整无孔洞,无明显刮刀印记及砂磨印为准;
- ⑤ 环氧面漆:无溶剂型环氧面漆或止滑面漆滚涂二道,完工后整体表面光亮洁净,颜色均匀,无空鼓;
- ⑥ 施工完成:24 小时后方可上人,72 小时后方可重压。(25℃ 为准,低温开放时间需适度延长);

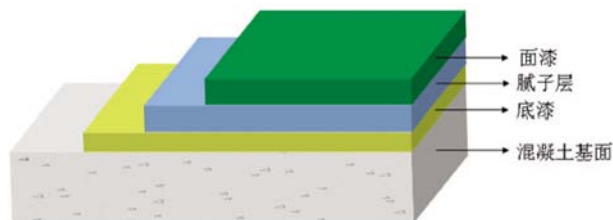


图2 环氧树脂工艺结构

3.1.3 环氧树脂地坪优缺点

(一) 优点

- 1) 色彩丰富,颜色鲜艳,观感效果很好;
- 2) 密封效果好,可用于有净化要求的空间。

(二) 缺点

1) 硬度和耐磨性:有机材料的物理性能不可能与无机材料相媲美,最坚硬树脂的莫氏硬度为 6H,国家规范规定的环氧地坪表面硬度只有 2H,也就是只有 2H 铅笔的硬度,环氧树脂耐磨度中等,表面硬度一般,需要重压的车间地面一般需要对地坪做耐磨层处理。最简单的验证办法是把环氧地坪样板放在地上,抓一把砂子,用脚一撮,表面马上出现很多划痕,面目全非。生产车间、停车场、制造业车间由于

有移动荷载且频繁使用,如汽车、叉车、移动小推车等,因此常规的环氧地面容易被严重划伤,引起脱壳、起皮等现象,这和施工工艺以及基层地面的处理也息息相关;

2) 施工环境:环氧对基层含水率及环境的洁净度要求很高,否则不能施工且不能达到理想效果,因为地下不可能没有一点潮气,所以一般的环氧地坪在 1-2 年内会出现脱皮、破损、起鼓等问题;聚氨酯地坪相对在环氧树脂里面属于较优的选择,实测验证硬度为 5H;

3) 使用寿命:在辐射、光照、温度等正常条件下,有机物分子链接会发生断裂,这就是人们常说的老化,因为环氧是有机物,所以环氧会发生老化,一般好的环氧地坪性能不超过五年,一般的环氧在 2-3 年内就会老化到损坏;

4) 耐紫外线:环氧耐紫外线能力非常差,太阳照到的地方,一般一周颜色就会有变化,长时间阳光照射表面会发生粉化;

5) 一般防静电环氧地坪质保是一年,一年后系统电阻会逐步失效,最终不防静电,防静电聚氨酯地坪在使用年限上有很大优化,使用年限是质保 5 年以上。

3.2 防静电水磨石地坪

3.2.1 简介



图3 防静电水磨石地坪

防静电水磨石地坪,是一种防静电水磨石地面,涉及室内建筑构件,用于有静电安全防护要求的电子产品生产的厂房。其特征垫层和凿平层之间

以及在隔断墙体和凿平层、面层的纵断面之间分别涂有绝缘隔离层,在地网网线上涂有耐碱蚀的防静电涂料,在接地干线与接地网之间连接一个附加电阻盒(内置电阻),其阻值可根据需要去调换。

防静电水磨石地面作为一种对静电的防范,以其可靠的防静电性及耐磨性,被广泛运用于各种电子产品、IT 设备等生产厂房。

3.2.2 施工工艺

本工艺采用的特制导电粘结剂为流质状水溶性环保材料,与水泥具有极高的相容性,两者的相互作用在水磨石内部全面构建导电网络,使地面整体都具有稳定持久的导静电性,因此降低了对导电地网布置的密度和规模的要求。导电地网采用热镀锌扁钢丝替代传统施工工艺所使用的钢筋网,使水磨石地面的防静电性能更有效和更有保证,同时简化了施工操作。

施工工艺流程详列如下:

防静电水磨石地面下列流程进行施工:抄平放线→基层处理→铺设导电地网→找平层铺设→接地安装→敷设装饰分格条→面层混合料拌制→面层铺设→试磨→粗磨→抹浆及养护→细磨→磨光→打蜡抛光及养护。

3.2.3 防静电水磨石地坪的优缺点

(一) 优点

- 1) 色彩柔和,斑点颜色可按照客户需求配比调和,视觉感较为柔和;
- 2) 防静电性能稳定,抗压、耐磨性和硬度较好;
- 3) 维修后色差较小。

(二) 缺点

- 1) 对建筑地面基层的水泥强度有要求,强度不够容易引发地坪空鼓,导致地面分层,碎裂等问题的发生;
- 2) 对整体建筑地面的沉降要求较高,一般需要厂房封顶后 6 个月以上带整体厂房建筑稳定了才能做防静电水磨石地坪的施工,否则容易引发地面的开裂破损;
- 3) 对洁净度有要求的车间慎用,10000 级以下

可以考虑选择此款地坪;

4) 不耐酸碱,具有渗透性的涂料(如墨水)或油污落入地面容易发生不可逆转的脏污,从而导致无法清洗干净;

5) 施工过程中会产生打磨的废水,需要做废液的收集,多楼层施工时要预防废液流入楼下车间造成污染;

6) 损坏区域的修补会影响车间生产,再生产状态,对地面修补,粉尘会影响产品造成车间粉尘污染。

3.3 永久性 / 长效型防静电 PVC 地板 (简称 PVC 地板)

3.3.1 简介



图 4 PVC 现场防静电地坪使用图

PVC 地板是以 PVC 塑料树脂为主体,有 PVC 颗粒表面裹有碳纤维,经硫化工艺,模压而成的半硬质片材,其表面碳纤维形成的网状花纹。它是一种永久性导静电体,也是同质透心的,从底到面的花纹材质都是一样的,如果这种地板表面被烧坏或被划破,可以用打磨机磨掉重新打蜡就如新的一样。防静电地板可根据电性能分以下 2 种

材质	电阻值范围
防静电耗散 PVC 地板	$1.0\text{E}+0^5 \sim 1.0\text{E}+0^9$
导静电 PVC 地板	$1.0\text{E}+0^4 \sim 1.0\text{E}+0^6$

PVC 地板具有大理石地板的自然美观结构,PVC 树脂本身具备防导静电作用,从而制造出来的地板也拥有很好的防静电功能特性。行业内常用的 PVC 地板按款式主要分有方形和条形。PVC 地板规格大小通常情况下都是由业主选定。它的厚度一般都是在 1.2 至 3 毫米之间,在选择时大家可以依据

自己的需求来选定。

PVC 地板适用于制造研发车间、实验室、计算机房、手术室、急救室、供电厂等来起到防静电的作用。如在计算机房里的设备可以在 PVC 地板自由的进行电器的连接,非常方便铺设和维修,可以使机房看起来整洁美观。PVC 地板的防静电功能可以保护各种电缆、电线、数据线及插座的外露导电,消除对人体的危害隐患。

3.3.2 施工工艺

施工程序:清扫地面—>铺接地导电网—>引出地线—>涂导电胶—>铺贴地板—>开 V 型槽—>铺设焊条—>热焊修整—>表面清洁—>检测性能。

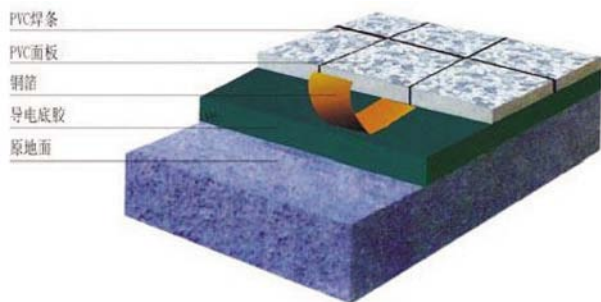


图 5 永久性防静电 PVC 地板

地坪大面积施工前,应先做样板,样板经质检部门认可,制定统一施工方案及质量验收标准,再依照样板和最终确定的施工方案进行施工。

3.3.3 PVC 地板优缺点

PVC 地板类的材料具有优良的防静电性能,但由于这些材料为有机材料,存在易收缩、耐老化性能差、不耐磨、抗污染能力差、防火性能不好等缺陷。在选用 PVC 地板作为工厂地面时,要按照国家《建筑地面工程施工质量验收规范》的要求去把关,尤其是加热尺寸变化了,系统电阻值,防火系数等级要重点关注,按照以往的经验,地板在出厂前一定要对批次内的地板做热胀冷缩的延时检验,避免客户使用后出现四季的尺寸变化。

(一) 优点

1) 色彩可选择性较强,颜色种类较多,可根据不同需求制作不同花纹;

2) 材质较轻,施工方便,防水防潮;

3) 施工要求低,不影响生产,有一定的阻燃隔热的特点。

(二) 缺点

1) 耐高温性不好,较热环境容易变形,起鼓;

2) 不耐油污,容易引发变色,不可逆的损伤;

3) 不耐重压和碾压,容易破损;

4) 加热尺寸变化率因品牌而异,在四季中变化较大,容易引发焊缝脱落;

5) 地面维修后的色差较为明显。

3.4 金刚砂耐磨防静电地坪

3.4.1 简介



图 6 金刚砂耐磨防静电地坪

金刚砂耐磨地坪是国内对耐磨硬化地坪的俗称,其耐磨地坪材料主要由特种水泥、骨料、颜料粉、添加剂等配比组成。除水泥原色外,还有红、黄、绿、灰等 4 种色彩可供消费者选择。在施工阶段,金刚砂是直接施工在初凝阶段的混凝土或水泥砂浆表面,经抹平后形成一层坚硬耐磨、无尘美观的硬化地板。

金刚砂地坪一般是由 425# 低碱普通硅酸盐水泥加入金刚砂,再按一定比例加入混凝土密封固化剂就可以实现。具有无缝防压,耐磨防滑,耐酸抗碱,防霉防水,清洁容易,保养简单,外观亮丽,颜色多样,施工简单,价格低廉等特点。附着力强、无缝耐磨、耐冲击、耐酸碱、耐油污、防尘防霉、防水防滑、可长期经受 30 吨汽车、叉车碾压。不仅增加了地面的硬度强度,让地面不在起砂,起灰,更利于打理维护。

广泛适用需要承受高人流量车辆行走、无腐蚀

性化学药品存在,经常有重物、尖锐物撞击、磨擦的各类工业、民用、商业场所,比如仓库、车间、码头等服装厂、印刷厂、玩具厂、纺织厂、电子厂、丝印厂、纸品厂等无重压地方。

3.4.2 施工工艺

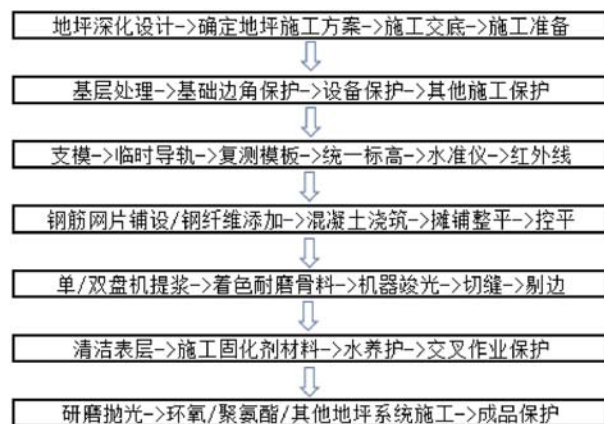


图7 地坪施工的工艺流程(变更图片)

3.4.3 金刚砂耐磨地坪优缺点

(一) 优点

- 1) 颜色可选,表面密实、不易起尘,易清洁;
- 2) 可与水泥地面一起施工,施工工期短;
- 3) 经济实惠,性价比高,使用寿命长;
- 4) 具有良好的耐磨性、抗冲击性和抗压性;
- 5) 实用耐用,无需费心保养,减少维护成本。

(二) 缺点

1) 颜色选择有一定的局限性:常用的颜色只有水泥原色、灰色、绿色、红色等;

2) 某些低质量的彩色(如绿色)耐磨地坪,时间长后就会褪色;

3) 即使是彩色耐磨地坪,其颜色也做不到像环氧地坪那样纯正、饱和;

4) 抗渗透性较差:耐磨地坪其实就是一种高强度混凝土,它的抗渗透性能远不及环氧地坪,针对某些经常有油污存在的车间如机加工车间等,油污很容易渗入地坪内部,造成无法彻底清洁;

5) 表面光洁度远不及环氧地坪,尤其是质量较差的耐磨地坪可能还会起灰,因此不适用于对洁净度要求较高的地坪;

6) 不能抵抗化学药品的腐蚀:无机硅酸盐为主

的化学成份,极易被酸、碱腐蚀。

4、各类防静电地坪常见使用问题收集及分析

4.1 防静电环氧树脂类地坪

4.1.1 ESD性能失效:环氧树脂类地坪在应用过程中最大的问题就是电阻值失效问题和静电压超标,其主要有以下原因:

1) 行业施工厂商鱼龙混杂,能力参差不齐,对于技术的理解和工艺的过程管控能力不足;

2) 施工材料的选型应用上使用较差的材料,短期内OK,长期就会出现,电阻值失效、静电压超标,起鼓,破损以及有毒有害物质的挥发等问题。

4.1.2 地坪表面起鼓破损常见问题如下:

1) 施工前的地面预处理未做好,比如基层与面层未清洗干净,表面有脏污或者含水率较高等;

2) 基层水泥标号不够(水泥标号 $\geq$ C25,切忌使用粉煤灰水泥和矿渣型水泥,水泥中若含粉煤灰,其占水泥成分的比例最大含量 $\leq$ 10%),水灰比不匹配(标准: $\leq$ 0.48),导致凿平层与面层分离或起鼓(如图8);



图8 起鼓破损

3) 本身材料的粘结度不够,或施工工艺的未把控好,比如导电层与面层之间的施工周期未把控好等。

4.1.3 不耐磨问题,容易引发划伤和使用破损,常见问题如下:

1) 技术选型时未做好充分选型确认,材料使用错误导致不耐磨;

2) 施工环节材料的自身的硬度不够,一般材料硬度在4H左右,聚氨酯罩面可以做到5H以上;

3) 施工过程中受环境湿度影响,材料搅拌后的

凝固时间不够。

4.2 防静电水磨石类地坪

4.2.1 防静电水磨石最大的优点就是电性能较为稳定,色泽较为柔和舒顺,最大的弊端就是不耐化学溶剂的腐蚀;地面容易空鼓开裂;地面会因为建筑的沉降等问题而开裂。

4.2.2 地面空鼓和开裂主要是以下问题导致

- 1) 施工前地面基层没有做表面处理;
- 2) 浇灌过程中搅拌不均匀导致的空鼓;
- 3) 受环境硬力影响,施工过程中温度过低,太潮都会导致以上问题;
- 4) 受厂房建筑主体结构影响,如果厂房有沉降就会导致地面开裂。

4.2.3 地面洁净度问题

- 1) 水磨石地面因为材质特性,本身不耐脏污,尤其是使用有颜色的化学品、墨汁、油污等都会导致地面渗透,容易导致地面的损伤;
- 2) 水磨石地面的清洁在新地面使用前最好做表面打蜡,将水泥基石子表面的毛细孔堵掉,可有效预防地面脏污在地面的残留;
- 3) 有洁净度的厂房在 100 万及以上不建议使用水磨石地坪,会发生粉尘污染问题。

4.3 长效型 PVC 防静电地坪

PVC 防静电地坪是行业防静电地坪里是占比最大的板块,也是使用问题最多的板块,

主要常见问题如下:

4.3.1 PVC 地坪脱胶鼓包问题主要有以下情况导致

- 1) 地面凿平层基础比较差,水灰比不够或者水泥浇灌前停滞时间过久,导致基层表面起灰,胶水脱胶;
- 2) 地面因为焊缝开裂,拖地时拖把太湿导致水渗透到基层是地面起鼓;
- 3) 重物碾压导致表面材质变形脱胶,如:重载叉车在拐弯半径中速度太快,太重等都会导致,一般 PVC 地坪单位面积最好控制在 2T 以内。

4.3.2 PVC 地坪表面开裂问题主要由以下情况导致

- 1) 地坪的开裂一般有两种情况,一种地坪自身脆化开裂,一种因为收缩比导致的焊缝开裂,业内一般焊缝开裂较多;
- 2) 地坪在出厂前的加热尺寸变化率为做好验证,行业内也有人称作为延时,此类 PVC 地坪就会出现四季尺寸变化(热胀冷缩较为明显)。

4.3.3 地面变色无法清洗问题

- 1) 防静电 PVC 地坪受材质影响对酸碱度,耐油污能力较差,使用设备的区域,特别是带加热功能的设备,如:SMT 回流炉等;
- 2) PVC 地板在使用过程中难免会出现因拖拽,物流运输等造成的表面损伤和脏污(如图 9 所示),很多是因为在使用过程中业务单位人员无意识损伤所致,比如栈板的运输过程叉车没有升起导致的地面划伤就会有脏污落入损伤的缝隙,从而地面越来越脏,最后无法清洗;
- 3) 针对无法清洗的地面要确认是新损伤还是原发性问题,需要先分析损伤或脏污地面的实际情况。对于新损伤和损伤不太久地坪的可以使用中性洗涤用品来做深度清洗或者使用亮净如果时间不久。



图 9 地面脏污

4.4 耐磨型金刚砂防静电地坪

4.4.1 金刚砂地坪表面空鼓,是该地坪最为常见的问题,空鼓常见的主要原因如下:

- 1) 源于地坪的施工,很多工艺方法与水磨石很

像,地坪在施工期间,一定要严格把控好相关的基本要求,这样基本上无空鼓发生;

2) 在水泥基层与凿平层的处理上,基层的地面清洁未做好,基层水灰比比不对,混凝土在运输过程中的时间停滞太久导致水泥提前凝固,水泥浇筑过程中搅拌不均匀。

4.4.2 金刚砂地坪开裂问题,常见问题如下:

1) 地坪的施工时间一定要把控好,不要在恶劣的环境下施工,如:低温,在环境温度低于 5°C 以下禁止施工,该条件下水泥硅酸盐凝固性较差,会延长水泥硅酸盐的凝固时间,影响地坪的使用强度,会出现地面容易碎裂、破损,断裂等;

2) 地面因厂房建筑结构的沉降导致的地面开裂,一般这种裂纹会比较明显,很多时候裂缝较大,缝隙长度较远,这种修补工程较大,这种地面最好待地坪整体裂缝稳定后,开裂不在变化再行修补(如图10)。



图10 变更图片

4.4.3 金刚砂地坪在使用过程中地坪破损问题如下:

1) 混凝土使用河水搅拌,入水口未使用过滤网过滤导致垃圾今天混凝土内;

2) 分隔缝切割后没有及时使用填缝剂修补导致地面在使用过程中,被运输或物品压碎;

3) 现场尖锐物品掉落导致的地坪表面扎破,随着使用破损会越来越大。

5、各类防静电地坪的应用建议

所有的建议仅供参考,以下结合我司的实际应

用对各类地坪的选用做一下总结。

1) 以电子制造业而言,随着科技的高速发展,器件的精密化和智能化越来越高,对防静电也越来越严,因此选择一款适合自己使用的地坪就越来越重要;

2) 在电子产品加工上尤其是有洁净度要求的领域,防静电地坪的选择上建议优先考虑PVC地坪和聚氨酯,千级以上的净化间一般优先考虑使用PVC地坪,特别是高架地板业内一般优先选择PVC地坪;

3) 涉及高压生产的区域,防静电地坪阻值的选择上要偏耗散型,电阻值在: $1.0\text{E}+06\Omega-1.0\text{E}+08\Omega$,起步电压在: $<\pm 100\text{V}$ (这个值取决于产品的要求);

4) 对防静电性能要求比较高的芯片厂防静电地板的电阻值一般选择 $<1.0\text{E}+07\Omega$ 以下;

5) 在工控领域,地坪的选择上要注意以下几点;

a) 防静电地坪的选择上要根据产品的特性考虑适合自己的地坪,如果区域内产品较重,防静电要求较高,建议优先考虑金刚砂工业地坪;

b) 如果区域内的生产有涉及化学品,酸碱溶剂或者有颜色的物品,建议在地坪的选择上优先考虑聚氨酯耐磨防静电地坪。

c) 工控领域如果选择使用金刚砂防静电地坪,以下为施工过程需要注意以下几点:

i. 水泥标号要在C25以上;金刚砂可以考虑使用锡钛合金的骨料,金属骨料用量 ≥ 5 公斤/平米,固化剂用量0.2公斤/平米;

ii. 钢筋网支撑架使用打膨胀螺丝焊接方式替代传统意义上的马蹄形钢筋支架,可有效降低地面的空鼓问题;

iii. 施工缝使用装铠缝技术可有效预防施工缝导致的地面开裂,混凝土脱落,以及线条美观等问题;

iv. 施工过程中在混凝土中加入钢纤维,可有效提升地面的抗裂性;

v. 金刚砂地坪空鼓要求按照国家标准GB50209-2010规定,地面空鼓 $\geq 400\text{m}^2$ 的地坪必须敲掉重

做;

vi. 按 GB50944—2013 标准规定,水泥类地坪导电地网应使用直径 4~6mm 钢筋(注:水泥类地坪所使用的商品混凝土含水率高,容易对铜箔造成锈蚀,以至铜箔断开,无法保证静电的泄放;同时因铜箔太薄、没强度,铺设施工时任何微小挂碰都会损坏铜箔地网,没有可操作性)。

6) 目前从防静电电阻和起步电压上来讲,防静电地坪最稳定的是金刚砂地坪,这和它的工艺结构以及使用金属骨料有关,电阻值可以几十年不变(地面不开裂的情况下);

7) 在需要静电泄放及防止静电火花的场合,建议防静电地坪的系统电阻应控制在 $10^6\sim 10^9\Omega\cdot m$ 。且在 $10^7\sim 10^8\Omega\cdot m$ 范围内最佳。

6、结语

在防静电地坪的使用上,如果从常规电子产品的角度分析,防静电地坪可选择的种类很多,此次调研的数据上还有很多不足,有一些接触不多的地坪

没有进行调研,比如,防静电瓷砖在此次调研数据内是没有进行论述。随着微小型器件的大量应用,电子行业对防静电地坪的需求也会越来越高,在工厂防静电地坪的选型上一定要慎之又慎,避免造成人力物力的不必要浪费。选型前应多做调研,先从大类上调研,针对自己的产品特性合理的选择地坪的类型,再根据应用类型和防静电需求等级选择适合自己的防静电地坪。

参考文献

- [1]《建筑地面工程施工质量验收规范》GB50209—2010
- [2]《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300—2013
- [3]《ESDA 协会防静电管理体系认证标准》ANSI/ESD S20.20 2014
- [4]《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107—2010
- [5]《防静电地坪涂料通用规范》SJ/T11294—2018
- [6]《电子产品制造与应用系统防静电检测通用规范》SJ/T10694—2006

防静电服带电电荷量测试方法及影响因素

徐明

北京市科学技术研究院城市安全与环境科学研究所, 北京 100000

【摘要】本文阐述了防静电服带电电荷量测试方法,并对测试过程影响因素进行分析。带电电荷量测试受环境、设备、人员等多种因素的影响,在测试该项目时应注意严格控制测试环境的温度和湿度,选定符合标准参数要求的滚筒摩擦设备,采用正确的洗涤程序,还应注意滚筒摩擦完毕之后导入法拉第筒的操作。

【关键字】防静电服;带电电荷量;影响因素;滚筒摩擦

防静电服是防护服装中重要的产品之一,也是目前使用范围最为广泛的躯干类个体防护装备。防静电服能有效降低面料摩擦起电能力,提高服装电荷传输效率,增加电荷衰减速度,从而起到降低静电积聚,避免静电放电和静电击穿引发火灾、爆炸以及电路和元器件失效事故。其中提高电荷传输效率主要使电荷更快传输至大地,而增加电荷衰减速度主要通过导电丝的电晕放电过程将电荷更快的耗散至空气中。由于防静电服这种特殊防护功能,其在石油、石化、电力、电子、航天、煤炭等工业领域广泛应用。

目前我国防静电服执行国家强制标准 GB 12014—2019《防护服装 防静电服》,该标准整合了 GB12014—2009《防静电服》和 GB 23464—2009《防护服装 防静电毛针织服》标准的内容,取消了防静电服分级,同时明确了防静电服带电电荷量和点对点电阻的测试细节和要求。该标准中与静电性能有关的两个指标为面料点对点电阻和服装防静电性能,其中带电电荷量为服装防静电性能中重要的技术要求。本文对其测试方法和影响因素进行阐述,以期该项目测试人员提供参考。

1. 带电电荷量测试意义

静电是一种普遍的物理现象,静电的作用力、放电和感应现象引起的危害时有发生,包括火灾或爆炸、点击、妨碍生产等,严重者造成生命财产安全事故。基于静电产生和耗散机理,为降低静电危害,在

上世纪初防静电服逐渐研究并应用起来。防静电服的静电防护机理包括静电耗散、电荷传输和静电屏蔽三种[1],而带电电荷量主要考察服装自身的静电耗散能力,即测试织物的电荷面密度。带电电荷量越大,防静电服起电能力越强,越不利于电荷耗散,从而影响服装的防静电性能,因此对服装带电电荷量进行限定和测试具有重要意义。

带电电荷量测试方法通常在试验室条件下,以摩擦形式判定服装带电荷后的静电特性。我国标准 GB 12014—2019《防护服装 防静电服》对服装带电电荷量测试方法参考了日本的防静电服标准 JIS T 8118:2001《working wears for preventing electrostatic hazards》,通过防静电服在滚筒摩擦机内滚动,模拟服装在穿着作业中的摩擦过程,测试服装起电性能和静电耗散能力。

2. 带电电荷量测试方法

2.1 试样要求

测试防静电服带电电荷量以套为单位,即整套衣服进行测试,应包括上衣和裤子,如服装为连体服,则使用一件连体服测试。

2.2 测试装置

带电电荷量测试装置由摩擦装置和带电量测试装置组成。摩擦装置即回转式滚筒摩擦机,为统一服装摩擦过程在 GB 12014—2019 标准中对该摩擦机滚筒的内径、深度、转速、口径、内衬材质、叶片数、风量等技术要求进行了明确。摩擦聚丙烯腈标准布应

满足标准 GB/T 7568.5《纺织品 色牢度试验 聚丙烯腈标准贴衬织物规格》的要求,标准布主要用来模拟防静电服在穿着过程中与其它服装面料摩擦起电的性能。带电量测试装置包括法拉第筒和静电电量测试仪两部分,其中静电电量测试仪测量范围在 $2\text{nC} \sim 2\mu\text{C}$ 之间,精度要求 $\pm 1\%$ 。同时标准对法拉第筒材质、规格尺寸及连接件技术要求进行规定。

2.3 洗涤和调湿要求

防静电服在测试前应经过洗涤和调湿处理,由于机织物和针织物洗涤特性不同,采用不同的洗涤条件和程序。在 GB 12014-2019 标准中附录 C 和附录 D 分别规定了两种织物服装的洗涤方法。洗涤采用的洗衣机为符合 GB/T 8629 中规定的 A2 型洗衣机,并用 pH 值为 $7 \sim 7.5$ 的中性洗涤剂。洗涤完成后样品须在 $(60 \pm 10)^\circ\text{C}$ 温度下干燥 1h,并在测试环境中放置 6h。

2.4 测试环境

通常防静电材料与环境温湿度有明显的相关性,因此,在评定防静电服的带电电荷量时应注意温湿度影响。我国防静电服测试环境条件为温度 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$,相对湿度为 $(35 \pm 5)\%$,在规定的温湿度下进行测试能更好体现防静电服带电电荷量测试的复现性。

2.5 测试程序

防静电服测试程序包括滚筒摩擦、导入法拉第筒、读数三个步骤,应注意滚筒摩擦运转时间为 15min,导入法拉第筒应迅速并绝缘。每次测试应重复 5 次,测试之间间隔 10min,且应对试样和滚筒内衬标准布进行消电处理。

2.6 结果评定

取 5 次测试的算数平均值为最终测试评定值,结果修约至 $0.01\mu\text{C}/\text{套}$ 。应注意带衬里的防静电服应将衬里翻转朝外并重复测试 5 次进行评定,而对于具有内胆的防静电服应拆除内胆测试。

3. 带电电荷量测试影响因素

3.1 测试环境温湿度

环境温湿度对材料的静电影响较大,就防静电服而言直接影响其电特性,因此应重视测试过程中温、湿度控制。通常温度升高,防静电服周围环境中的水蒸气增加,自由电荷流动性增大,其导电性增强。随着空气中的水分子含量增加,服装表明静电荷易通过电晕放电的方式耗散入空气中,从而影响服装的带电电荷量。国内外防静电服标准中对测试的温湿度均进行了规定,从表 1 可以看出我国温度略低于美国和欧盟要求,湿度介于欧盟和日本之间,不同地区确定温湿度时应综合考虑本地区温湿度总体平均情况,以最大程度表征防静电服在日常工作中的带电电荷量值。

表 1 不同标准测试环境温湿度要求

GB 12014-2019		JIS T 8118:2001		EN 1149-5		ANSI/ESD STM 2.1	
温度/ $^\circ\text{C}$	湿度/%RH	温度/ $^\circ\text{C}$	湿度/%RH	温度/ $^\circ\text{C}$	湿度/%RH	温度/ $^\circ\text{C}$	湿度/%RH
20 $\pm$ 5	35 $\pm$ 5	20 $\pm$ 5	40 $\pm$ 5	23 $\pm$ 1	25 $\pm$ 5	23 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3
						23 $\pm$ 3	50 $\pm$ 5

正是由于温湿度对静电性能影响较大,在测试时应重视环境温湿度控制,确保环境符合温度 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$,相对湿度为 $(35 \pm 5)\%$ 的条件,降低带电电荷量测试的波动性。

3.2 滚筒摩擦过程

有研究表明滚筒摩擦时间对电荷量有一定的影响[2],同时滚筒的规格尺寸也有影响[3]。防静电服随着摩擦时间的增加,面料相互接触摩擦较充分,带电

电荷量得以充分聚集,但随着时间的推移,可能部分电荷耗散空气中,反而有减少趋势。标准 GB 12014-2019 中规定摩擦时间为 15min,有研究认为摩擦时间对电荷量的影响变化不大,但认为 15min 的摩擦时间对应的电荷量均值最大。我国标准摩擦 15min 与日本标准 JIS T 8118:2001 相同,但日本标准要求滚筒内温度 $(60 \pm 10)^\circ\text{C}$ 。不少研究认为在滚筒内采用热风状态摩擦时,带电电荷量通常波动

较大,且不符合穿着者日常工作环境,因此采用室温的方式测试带电电荷量更为合理。此外,滚筒直径大小通常对电荷量是有影响的,滚筒直径小可能造成样品摩擦不充分,影响摩擦产生的电荷量值。

通过滚筒摩擦的影响可以看出,定制滚筒摩擦机时应严格依据标准规定的参数要求,在测试时应注意摩擦时间、转速、风速等的准确性,对这些参数应定期进行核查。

3.3 洗涤程序

防静电服在测试带电电荷量前应经洗涤和调湿度处理,模拟防静电服日常使用和洗涤后的静电防护性能。洗涤应区分机织和针织防静电面料,采取相应的洗涤程序。洗涤过程中会对服装静电丝产生一定的影响,控制不当可能会导致静电丝断裂而影响测试结果,为降低洗涤过程的影响应注意洗涤剂、洗涤液浓度、浴比和添加棉白布等因素。洗涤剂选择应注意其 pH 值为 7~7.5 之间,必要时可进行 pH 值测试,同时应注意洗涤液浓度的配比,降低洗涤剂可能对服装的损害。浴比为 1kg 布和水体积的比例,水量多少影响洗涤时服装相互的摩擦程度。还应注意对于质量低于 1kg 的服装,应添加棉白布,增加负荷使样品重量满足最小洗涤要求,从而增大服装洗涤摩擦的程度。

3.4 测试程序操作

带电电荷量测试操作程序对结果影响较大,在滚筒摩擦完毕之后,可采用试样直接从滚筒摩擦机中自动导入或手工投入,这两种方式均有一定的缺陷,在测试时应以注意。

采用自动导入样品方式时,应注意导入过程中服装与滚筒口或法拉第筒口和外壁接触的情况,同时,对于面料轻的防静电服在样品入筒的时间变长,增大了电荷量在空气中的耗散概率。

试验人员采用手工投样与操作熟练程度、佩戴和使用的器具、取样方式均有关。操作者手工投样熟练程度会对电荷量有影响,通常手工投样很难做到摩擦完立即将样品投入法拉第筒,熟练程度将影响服装暴露和入筒后测试的时间,从而影响带电电荷

量的数值。取样和投样佩戴和使用的器具对电荷量影响较大,标准要求佩戴绝缘电阻在 $10^{12}\Omega$ 以上的绝缘手套,绝缘手套的电阻随着使用时间老化,电阻有降低的趋势,电阻降低势必导致电荷量流失,此外有的实验室在购买绝缘手套时并未注意绝缘电阻这一要素,绝缘电阻低的手套直接影响带电电荷量测试结果。样品从滚筒摩擦试验机中取出方式也影响服装的电荷量。由于样品摩擦完成后不得碰到滚筒口或其他物体,取出样品时多采用将服装卷成团的方式取出。有研究表明在服装卷成团投入法拉第筒的带电电荷量会一定程度减小,其范围约在 $0\mu\text{C}/\text{件}$ ~ $0.20\mu\text{C}/\text{件}$ 之间[4]。

虽然两种投样方式均有不足之处,但采用自动导入的影响通常比手工投入影响可控,因此,在标准 GB 12014-2019 中规定仲裁检验时应使用自动导入法拉第筒的方式。

4. 小结

带电电荷量是防静电服重要的电性能指标,表征防静电服自身起电能力,采用模拟穿着者日常摩擦起电的方式进行带电电荷量测试并限定其最大指标,对静电防护具有重要现实意义。带电电荷量测试结果受环境、设备、人员等多种因素的影响,在测试该项目时应严格控制测试环境的温度和湿度,选定符合标准参数要求的滚筒摩擦设备,采用正确的洗涤程序,还应注意滚筒摩擦完毕之后的操作程序,以降低结果的波动性,真实反映防静电服带电电荷量。

参考文献

- [1] 杨文芬,刘基.防静电服防静电性能指标分析及讨论[J].安全,2015(7):51-54
- [2] 王艳良,童志明,龚增.滚筒摩擦实验条件对防静电服积累电荷量的影响[J].纺织学报,2014,35(2):84-88
- [3] 樊争科,丁丽.滚筒摩擦机参数对服装带电电荷量测试的影响[J].棉纺织技术,2012,40(10):636-638
- [4] 王博妮,周亚磊,周朝晖.试样选取和投样方式对防静电服带电电荷量检测结果的影响[J].中国纤检,2019(6):56-58

防静电不发火地面标准溯源

于会春, 刘志刚

北京安信三通防静电工程技术有限公司, 北京 102218

《中华人民共和国安全生产法》指出“安全生产应当坚持安全第一、预防为主、综合治理的方针,从源头上防范化解重大安全风险。”防静电不发火地面就是存放易燃易爆物品的甲类和乙类厂房仓库必备的化解安全风险、减少燃爆事故的有效措施。然而由于历史原因,在相关规范标准中,缺乏对防静电不发火地面完整的定义和阐述,需要联系上下文才能准确理解其真实涵义,这就给广大从业人员带来一定困惑。在实际工程中,常常断章取义,将防静电和不发火两个必备的功能割裂开来,只单纯强调了不发火地面,做成的地面只有防止摩擦撞击产生火花的功能,而没有防止静电火花的功能,造成了严重的安全隐患,无法进行工程验收和正常使用。

《导(防)静电地面设计规范》GB 50515-2010明确指出“静电积累产生的火花会点燃或引爆易燃易爆物质,造成国家财产和人身安全危害。凡室内有易燃易爆物质的场所均应全部采用不发火的导(防)静电地面”,这种地面在业内一般简称为防静电不发火地面(也称为防静电不发火地坪或者防爆地坪)。根据《建筑设计防火规范》GB50016-2014(2018年版)、《建筑内部装修设计防火规范》GB50222-2017和《建筑地面设计规范》GB50037-2013三个标准的要求,在设计防静电不发火地面时必须同时满足三个条件:

1. 面层必须采用不发生火花材料铺设;
2. 面层材料的燃烧性能必须是A级(不燃);
3. 必须采取防静电措施(含接地系统)。

在实际生产活动中,静电产生的火花出现的概率远远大于摩擦撞击产生的火花,不发生火花的地

面只是通过面层材料不发火性解除了摩擦撞击产生的火花的隐患,如果没有采取防静电措施,单纯铺设不发生火花的地面是无法起到真正作用的,换句话说,凡是不发生火花的地面都应同时具备防静电功能。但是很多国标中没有明确澄清两者之间的关系,甚至只片面地强调了不发生火花的地面,给从业人士带来了很大的困扰,下面将相关的标准条文罗列出来加以辨别,从中很容易看出问题所在。

《油田油气集输设计规范》GB50350-2015

“散发较空气重的可燃气体及可燃蒸气的有爆炸危险的甲、乙类厂房,地面应采用不发生火花的面层。当采用绝缘材料作整体面层时,应采取防静电措施。”“生产天然气凝液的工艺装置区和液化石油气的汽车装车场地,应采用不发生火花的混凝土面层。不发生火花的混凝土地面的作用如下:摩擦不发生火花。避免穿带铁钉的鞋在行走中或者避免搬运钢瓶与地面摩擦发生火花;避免一般铁制物件或者工具跌落到地面碰击摩擦时发生火花。有适合的硬度,减少被受撞击摩擦的机会。表面平滑无缝,便于冲洗落在地上的残液以及其他杂质。天然气凝液和液化石油气电阻率高,易产生静电,摩擦产生的电火花能将天然气凝液或液化石油气引燃或引爆。本条为强制性条文,必须严格执行。”

《石油化工企业设计防火标准》GB 50160-2008(2018年版)

“散发比空气重的甲类气体、有爆炸危险性粉尘或可燃纤维的封闭厂房应采用不发生火花的地面”;“灌瓶间和储瓶库的室内应采用不发生火花的地面”;“可能产生爆炸性混合气体或在空气中能形成粉尘、纤维等爆炸性混合物的仓库,应采用不发生火

花的地面。”

《石油库设计规范》GB 50074—2014

“输送液化石油气等甲 A 类液体的泵站，应采用不发生火花的地面。”

《石油储备库设计规范》GB 50737—2011

“位于防爆区域内的房间应采用不发火花地面。”

《液化石油气供应工程设计规范》GB51142—2015

“具有爆炸危险场所的地面面层应采用撞击时不产生火花材料。”

《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183—2004

“灌瓶间和储瓶库的地面，应采用不发生火花的表层”；“在经常泄漏液化石油气的灌瓶间，应铺设不发生火花的地面，避免因工具掉落、搬运气瓶与地面摩擦、撞击，产生火花引起火灾的危险。”

《燃气冷热电联供工程技术规范》GB51131—2016

“燃烧设备间和燃气增压间、调压间、计量间的地面应采用撞击时不会发生火花材料。”

《城镇燃气设计规范》GB50028—2006 (2020 年版)

“鼓风机房应作不发火花地面”；“地下调压站的室内地面应采用撞击时不产生火花材料。”

《城市综合管廊工程技术规范》GB50838—2015

“天然气管道舱室地面应采用撞击时不产生火花材料。”

《汽车加油加气加氢站技术标准》GB 50156—2021

“布置有 LPG 或 LNG 设备的房间的地坪应采用不发生火花地面”，“地坪应采用不发生火花地面是一项重要的防爆措施。”

《加氢站技术规范》GB 50516—2010 (2021 年版)

“有爆炸危险房间或区域内的地坪，应采用不发生火花地面。”

《人工制气厂站设计规范 GB51208—2016》

“煤气鼓风机室地面应设计为不发生火花地面。”

《地下及覆土火药炸药仓库设计安全规范》GB 50154—2009

“有可能洒落火药、炸药药粉的仓库，宜采用不

发生火花的地面”；“取样间应采用不发生火花的地面。”

《烟花爆竹工程设计安全规范》GB50161—2009

“对火花能引起危险品燃烧、爆炸的工作间，应采用不发生火花的地面”“运输中有可能撒落药粉的隧道地面，应采用不发生火花地面。”

《酒厂设计防火规范》GB 50694—2011

“甲、乙类生产、储存场所应采用不发火花地面。采用绝缘材料作整体面层时，应采取防静电措施。”

《物流建筑设计规范》GB 51157—2016

“对于物流建筑中储存有易爆和易燃危险品的房间，其地面应采用不发火地面”；“储存有易爆和易燃危险品的房间因对静电火花敏感，特规定采用不发火地面。”

《医药工业洁净厂房设计标准》GB 50457—2019

“有爆炸危险的甲类、乙类生产区，地面应有不发火、防静电措施。”

《电子工业洁净厂房设计规范》GB50472—2008

“易爆化学品储存、分配间，应采用不发生火花的防静电地面。”

《纺织工程设计防火规范》GB 50565—2010

“存在可燃粉尘的厂房或仓库应采用不发火花的楼地面。”

《工业建筑涂装设计规范》GB/T 51082—2015

“当环境有易燃易爆气体或液体介质时，地面应满足不发火花和防静电要求。”

《聚酯工厂设计规范》GB50492—2009

“存放袋装对苯二甲酸的原料仓库的地面，应采用不发火花的材料”“生产装置厂房内的地坑面层，应采用不发火花的材料。”“地坑内通风不畅，易聚积较空气重的可燃气体，其面层应采用不发生火花的材料。”

《发光二极管工厂设计规范》GB51209—2016

“易燃易爆化学品储存间、分配间，应采用不发火花的防静电地面。”

《电子工厂化学品系统工程技术规范》GB50781-2012

“溶剂房间应采用不发生火花的地面。”

《薄膜晶体管液晶显示器工厂设计规范》GB51136-2015

“易燃、易爆化学品储存间、配送间应采用不发生火花的防静电地面。”

《硅集成电路芯片工厂设计规范》GB50809-2012

“易燃易爆化学品储存间、分配间应采用不发生火花的防静电地面。”

《毛纺织工厂设计规范》GB 51052-2014

“气化室与相邻部位之间应采用防爆墙分隔,其耐火极限不应低于 3.0h,隔墙上应设置甲级防火门,外墙应有泄压设施,且应采用不发生火花地面。”

《锅炉房设计标准》GB50041-2020

“调压间的门窗应向外开启并不应直接通向锅炉间,地面应采用不产生火花地坪。”

《工业建筑涂装设计规范》GB/T51082-2015

“当环境有易燃易爆气体或液体介质时,地面应满足不发火花和防静电要求。”

从以上摘录的标准条文可以看出,各个标准的编制单位对不发生火花的地面的理解和表述是不同的,混淆了地面的“不发生火花”与“不发火性”的关系,“不发火性”是指在特定条件下摩擦不产生瞬时火花的一种性能指标。而“不发生火花”则是指地面要达成不产生火花的效果,除了具备不发火性,还应包括避免产生静电火花的防静电性能。由于静电无处不在,地面只有“不发火性”是无法杜绝静电火花

造成的燃爆安全隐患的。“不发火性”在国标《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209-2010 附录 A 中有明确的规定,即“即地面用直径为 150mm 的砂轮,转速最大为 1000r/min,压力最大为 20N 情况下摩擦不产生瞬时的火花”,防静电性能在国标《防静电工程施工与质量验收规范》GB50944-2013 也有明确的规定,即“即对地电阻和点对点电阻的范围在 $1.0 \times 10^4 - 1.0 \times 10^9 \Omega$ ”。

这个问题引起了工业和信息化部的重视,并已委托相关单位着手编制行业标准《不发火砂浆》和《防静电不发火地坪》,近期将出版发行。同样,在工程设计中普遍使用的《国家建筑标准设计图集》中也有类似问题,包括 05J909《工程做法》、08J907《洁净厂房建筑构造》、14J938《抗爆、泄爆门窗及屋盖、墙体建筑构造》、17GL201《现浇混凝土综合管廊》、18J811-1《建筑设计防火规范》图示、12J304《楼地面建筑构造》、19J305《重载及特殊重载、轨道楼地面》,这些图集的编制单位中国建筑标准设计研究院也已着手修订相关内容。

综上所述,考虑到众多标准规范中只提及了不发生火花的地面,如果全部重新修订,工作量大周期长,而且这么多年以来,业内人员已经习惯了这种表述方式,所以,不妨把不发火地面作为防静电不发火地面的简称,但要明确其同时具备不发火性和防静电性,只要修订一部国家标准《建筑地面工程施工质量验收规范》,重新进行明确,即可解决这个问题,在此抛砖引玉,希望国家相关部门予以重视,正本清源。

电子产品制造与应用系统防静电测试方法

(报批稿)

前言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 SJ/T 10694—2006《电子产品制造与应用系统防静电测试通用规范》。

本标准由工业和信息化部防静电标准工作组提出。

本标准由中国电子技术标准化研究院归口。

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这些专利的责任。

本标准起草单位：国家工业信息安全发展研究中心、苏州天华超净科技股份有限公司、深圳长城开发科技股份有限公司、中国电子技术标准化研究院、国家静电防护产品质量监督检验中心、深圳市亨达洋静电技术有限公司、上海阳森精细化工有限公司、浙江金华天开电子材料有限公司、上海佰斯特电子工程有限公司、山东电盾科技股份有限公司、浙江三威防静电装备有限公司、上海硕荣电子科技有限公司、佳辰地板常州有限公司、苏州辅朗光学材料有限公司。

本标准主要起草人：何小龙、孙思宇、王荣刚、张海贝、蔡利花、高志良、刘清松、陈辉、姜干、朱雪梅、乔栓虎、庄佐华、任光辉、沈明晖、司家林。

本标准与 SJ/T 10694—2006 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- a) 对标准名称进行了修改(见标准名称)；
- b) 增加了术语和定义(见第 3 章)；
- c) 修改了测试条件，增加了试样预处理(见 4.1 和 2006 年版的 4.1)；
- d) 增加了两点式测试探针电极(见 4.2.2.2.3 电极类型)；
- e) 删除了摩擦起电电压测试(见 2006 年版的 5)；
- f) 修改了电阻测试中施加电压 10V 下的测试参

数值(见 5.1.2 和 2006 年版的 6.1)；

g) 增加了腕环内、外表面电阻测试专用的装置(见 5.2.1.2)；

h) 增加了服装分类和点位测试(见 5.2.2.1)；

i) 修改了鞋电阻的测试(见 5.2.3 和 2006 年版的 10.6)；

j) 增加了穿戴状态下手、指套电阻的测试方法(见 5.2.6)；

k) 增加了防静电装备与产品点对可接地点电阻测试的方法；(见 5.2.7、5.2.8 等)；

l) 修改了地面的系统电阻的测试(见 5.2.11 和 2006 年版的 6.1)；

m) 增加了人/鞋/地系统电阻的测试(见 5.2.17)；

n) 增加了符合性验证测试的分类，并补充了电阻测试的项目(见 5.3)；

o) 增加了人/鞋系统电阻的测试(见 5.3.5)；

p) 增加了手持烙铁漏电压、漏电流测试(见 5.4)；

q) 增加了离子化静电消除器室内电离和层流罩测试(见 5.5)；

r) 增加了人体电压的测试(见 5.7)；

s) 增加了包装的静电放电屏蔽测试(见 5.9)。

1 范围

本标准规定了电子工业所用防静电装备与产品的防静电性能测试方法。

本标准适用于电子产品制造与应用系统中防静电工作区内的防静电接地系统、人员接地、工作台、座椅、存放柜、物流车、离子化静电消除器、工作服、包装材料及储存或周转运输包装等各类防静电防护装备与用品的防静电检验与测试。其它行业的相关测试可参照执行。

本标准规定的测试方法不适用于易燃、易爆环境中防静电系统、产品检验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 12014-2019 防护服装 防静电服

GB/T 15463-2018 静电安全名词术语

GB/T 31838.2-2019 固体绝缘材料 介电和电阻特性第2部分:电阻特性(DC方法)体积电阻和体积电阻率(IEC 62631-3-1:2016,IDT)

GB/T 31838.3-2019 固体绝缘材料 介电和电阻特性第3部分:电阻特性(DC方法)表面电阻和表面电阻率(IEC 62631-3-2:2015,IDT)

GB/T 31838.4-2019 固体绝缘材料 介电和电阻特性第4部分:电阻特性(DC方法)绝缘电阻(IEC 62631-3-3:2015,IDT)

GB/T 33375-2016 胶粘带静电性能的试验方法

FZ/T 80012-2012 洁净室服装 点对点测试方法

SJ/T 11294-2018 防静电地坪涂料通用规范

IEC 61340-4-8 静电学 第4-8部分:特定应用中的标准试验方法 静电放电屏蔽袋(Electrostatics-Part 4-8: Standard test methods for specific applications Electrostatic Discharge Shielding Bags)

ESD ADV1.0 静电放电术语词汇表(for Electrostatic Discharge Terminology Glossary)

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1 静电放电屏蔽 electrostatic discharge shielding

限制静电放电引起的电流通过或衰减静电放电引起的电磁场的阻隔。

[IEC 61340-4-8:2014 定义 3.1]

3.1.2 人体电压 body voltage

人体由于自行行动或与其他带电物体接触或接近而在人体上产生并积累静电,用人体电压来度量人体对地的电位。

[改写 SJ/T 11294-2018 定义 3.5]

3.1.3 人/鞋/地系统电阻 person/footwear/flooring system resistance

人体电阻、人体所穿的鞋、袜电阻、鞋(脚束)与地面或与接地线之间的电阻之和。

3.1.4 防静电工作区(EPA) electrostatic discharge protected area

配备各种防静电装备(用品)和设置接地系统(或等电位连接)、能限制静电电位、具有确定边界和专门标记的场所。

3.1.5 两点间电阻 two-point between resistance

使用指定配置的两点式探针电极测量的电阻。

3.1.6 对地电阻 resistance to ground

物体测试表面与接地系统接地连接点之间直流电阻。

3.1.7 对可接地点电阻 resistance to groundable point

物体测试点表面与该物体可以提供作为接地点使用的接地点之间电阻。

3.1.8 身体接触点(BCP) body contact point

服装中导电袖带或代替腕带或腕带式接地结构与测试对象的手腕接触的位置。

[ESD ADV1.0-2017 定义]

3.1.9 点对可接地点间电阻 resistance point to groundable point

放置在一个服装 1 表面上的电极与服装可接地点之间电阻。

[ESD ADV1.0-2017 定义]

注 1:这里指带可接地点服装。

3.1.10 静电消散 electrostatic dissipation

带电体上的电荷由于静电中和、静电泄漏、静电放电而使电荷部分或全部消失的过程。

3.1.11 符合性验证 compliance (periodic) verification

验证已通过测试的产品、工程测试项目的技术指标或有关要求是否符合要求的测试过程。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BCP——身体接触点(body contact point)

CPM——充电平板测试仪(charged plate monitor)

CAFE——恒定面积压力电极(constant area and force electrode)

EBP——接地连接点(earth bonding point)

EPA——接地连接点(electrostatic discharge protected area)

ESDS——静电放电敏感的(electro static discharge sensitive)

TP——测试点(test point)

4 一般要求

4.1 测试条件

4.1.1 测试温湿度

除另有要求,一般情况下应选择环境温度:23℃ $\pm$ 2℃,相对湿度:12% $\pm$ 3%或50% $\pm$ 5%的条件预处理和测试。

特殊要求时,可在测试环境温度:16~28℃,相对湿度12% $\pm$ 3%、25% $\pm$ 5%、50% $\pm$ 5%中任意选择一个范围条件预处理和测试试样。

4.1.2 试样预处理

除另有要求,试样应在测试环境条件下放置24h后进行测试。试样应未经化学、物理处理;试样在测试前不得加湿或做其它增加其导电性处理。

或由测试机构根据客户要求执行。

当本标准中测试项目有具体规定时,按具体条款规定执行。

4.1.3 其他要求

测试环境清洁度、试样表面的洁净度和环境电磁干扰不应影响测试。试样本体应标明清楚,以便鉴

别表面,直至测试完成再将试样移出预处理环境。

4.1.4 测试方式

测试方式分为产品测试和现场验证,其中测试方法包含产品测试和符合性验证。

4.2 测试仪器

测试仪器应满足在有效期内检定或校准,并进行核查及期间核查;测试电极宜定期选择相匹配的验证方法,以确保其满足有关性能指标的测试。

4.2.1 温湿度测试仪

建议选择下列范围以内的温湿度测量仪:

- a)量程:湿度10%~95%R.H,温度-20℃~+60℃;
- b)分辨率:0.1%R.H,0.1℃;
- c)精度: $\pm$ 3%R.H,误差: $\pm$ 0.8℃。

4.2.2 电阻测试仪器

4.2.2.1 仪器配置

各类电阻测试选择满足下列要求的电阻测试仪:

- a)测试线的绝缘电阻应大于 $1 \times 10^{12}\Omega$,测试仪表的输入阻抗应大于 $1 \times 10^{12}\Omega$;
- b)仪器的量程应在 $1 \times 10^3\Omega \sim 1 \times 10^{13}\Omega$ 。
- c)仪器线性误差应在 $\pm$ 5%以内、测试电压满足直流10V与100V。

如选择人体综合测试仪,开路电压值为直流9V和100V,量程应满足 $5 \times 10^4\Omega \sim 1 \times 10^9\Omega$;

4.2.2.2 测试电极类型

4.2.2.2.1 柱状电极

点对点电阻、对可接地点电阻、对地电阻及服装的点对可接地点间电阻测试所用电极柱状电极,电极结构如图1所示。柱电极直径63.5mm $\pm$ 1.0mm;电极材料为不锈钢或铜,电极接触端材料导电橡胶,邵氏A硬度60HA $\pm$ 10HA,厚度3.0mm $\pm$ 0.3mm,体积电阻小于 $1 \times 10^3\Omega$;电极单重2.5kg $\pm$ 0.25kg。

体积电阻使用的底部电极应为一个无锈、无腐蚀的(非铝)金属盘,并且足够大以支撑样品,并应装配一个永久性连接端子(如插孔、铆接的端子),不建

议使用鳄鱼夹。

单位为毫米

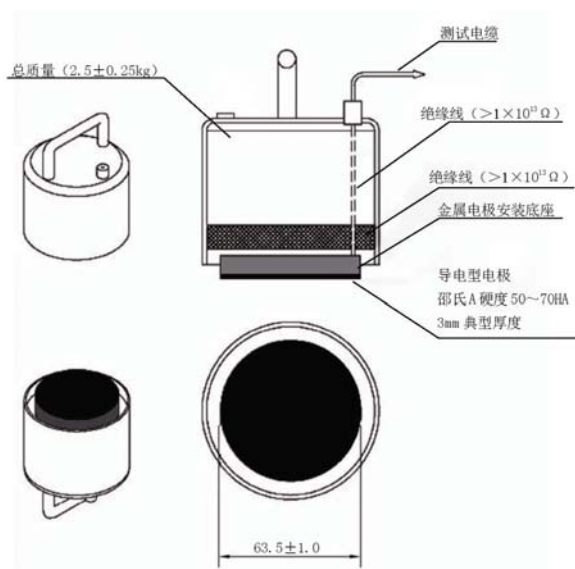


图 1 柱状电极示意图

4.2.2.2.2 同心环电极

该电极用于表面电阻及体积电阻测试,电极结构如图 2 所示。电极参数:导电橡胶邵氏硬度为 60HA $\pm$ 10HA、厚度 3.0mm $\pm$ 0.3mm,体积电阻小于 1 $\times$ 103 Ω ;重量 2.5kg $\pm$ 0.25kg;内柱状电极直径 f30.5mm $\pm$ 1.0mm、环状电极内径 f57.0mm $\pm$ 1.0mm、环状宽度 3.0mm $\pm$ 0.5mm。

单位为毫米

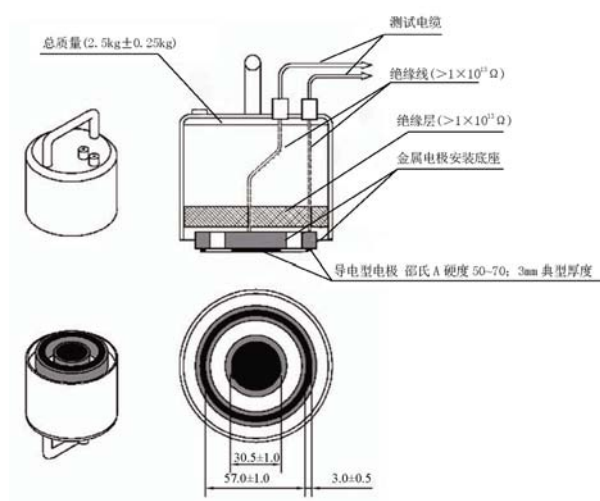


图 2 同心环电极示意图

4.2.2.2.3 两点式探针电极

该电极零件布置及制造构造参见图 3~图 4,电

极的材料见表 1,表内信息仅供参考。可以使用等效部件。

表 1 两点式探针电极材料参数表

材料项目	物理指标	示例
聚四氟乙烯绝缘体	长度约 25.4mm 直径约 12.7mm	—
电极护罩	金属管长约 31.8mm 直径 4.75mm	—
电极绝缘体	热收缩聚四氟乙烯绝缘体或其他绝缘体	—
销孔	插座-带焊罩	互连设备公司 R-5-SC
销体	弹簧销力为用 (4.3 $\pm$ 0.1) mm 行程达到 (4.6 $\pm$ 0.5) N 力;尖端工作以卡住电极	互连件公司 S-5-F-16.4-G
电极	电极长 (3.2 $\pm$ 0.1) mm, 导电材料直径 (3.2 $\pm$ 0.1) mm, 邵氏 A 硬度 50~70HA	VC-7815

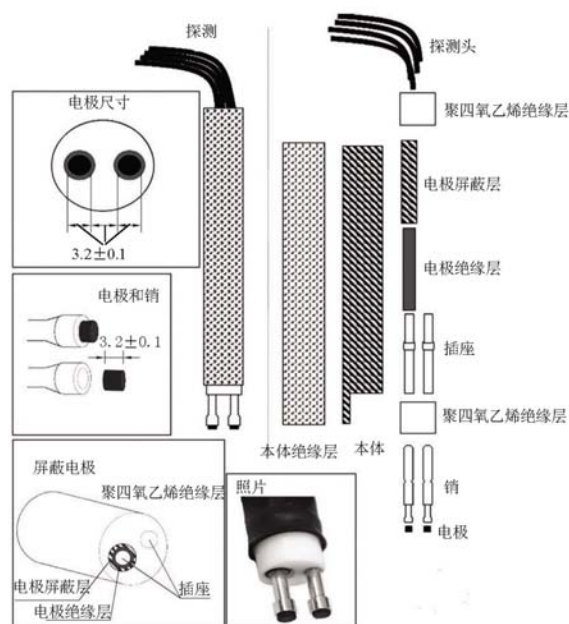


图 3 两点式探针电极构造示意图

4.2.2.2.4 手持电极

直径 25mm,长度 75mm 或更长的不锈钢、黄铜或镀铜圆形或管形把手,香蕉插接头或旋鈕螺丝连接到圆柱一端。

4.2.2.2.5 鳄鱼夹平板电极

电极材料应选用不锈钢或铜片或其它金属,制作成边长 25mm 的正方形片状电极,金属片厚度大于 0.5mm,牢固焊接在鳄鱼夹上,见下图 5。

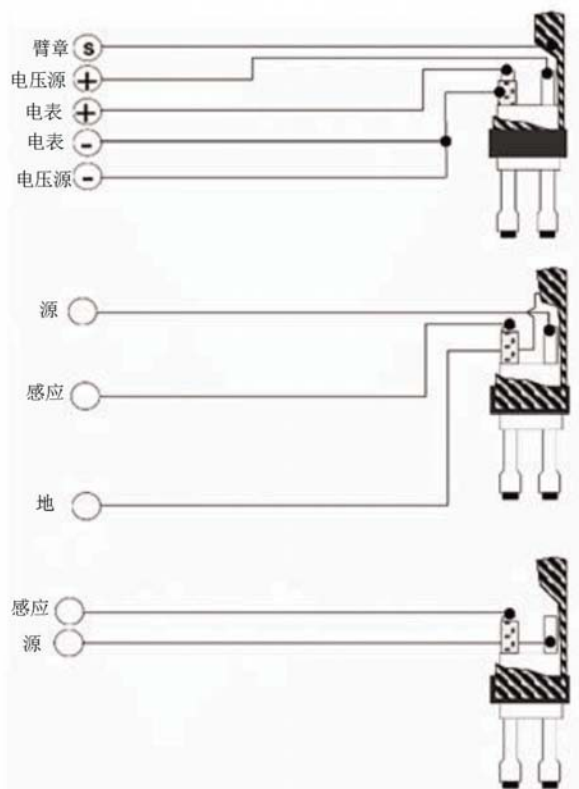


图4 两点式探针电极构造细节示意图

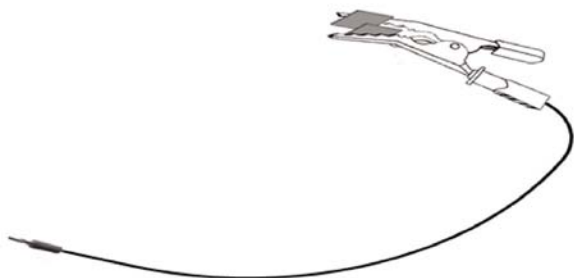


图5 鳄鱼夹平板电极示意图

4.2.2.2.6 条形电极

使用金属箔材料制成两个条形电极,电极尺寸:宽度5mm,长度100mm。两条形电极使用时应平行摆放,其间距应不大于100mm。见图6。

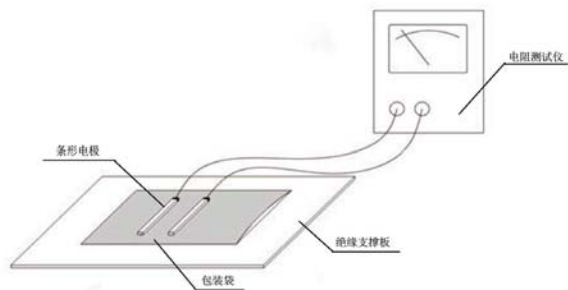


图6 条形电极结构连线示意图

4.2.2.2.7 恒定面积的压力电极

恒定面积的压力电极示意图如下图7,结构详见相关规定要求。

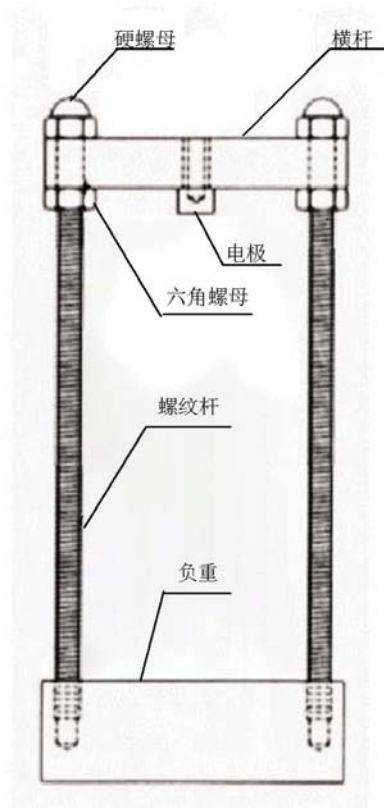


图7 恒定面积的压力电极示意图

4.2.2.2.8 接地电阻测试仪

量程0~4000Ω;误差±2%;分辨力0.01Ω;测试线,接地探针均应使用仪器自带的配套配件。对地电压满足:仪表量程0~200V(50/60Hz);误差±1%;分辨力0.1V。

如采用交流阻抗仪则量程应满足:阻抗0~6000Ω;电压0~600V(频率40/75Hz);电流0~120A。

4.2.2.2.9 带电量测试装置

带电量测试装置由法拉第筒和数字电量测试仪组成。

a)法拉第筒:内外筒绝缘电阻、静电电量表输入端对接地端电阻以及同轴电缆绝缘电阻均大于 $1 \times 10^{12}\Omega$;

b)数字电量测试仪:2nC~2μC,精度±1%;

c)绝缘支架:聚四氟乙烯绝缘电阻大于 $1 \times 10^{12}\Omega$ 。

4.2.2.2.10 充电平板测试仪

CPM 包含一个可收集离子的标准导体平板,充电平板电压范围 $0 \sim \pm 1100\text{V}$, MKII 电压表模式下电压 $0 \sim \pm 2000\text{V}$, 静电场强 $0 \sim \pm 200\text{kV/m}$ 。导体平板尺寸 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$, 接地面尺寸大于 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$, 极板对地电阻大于 $1 \times 10^{14}\Omega$, 平板电容 20pF 。组装示意图见图 8, 充电平板平面图见图 9。

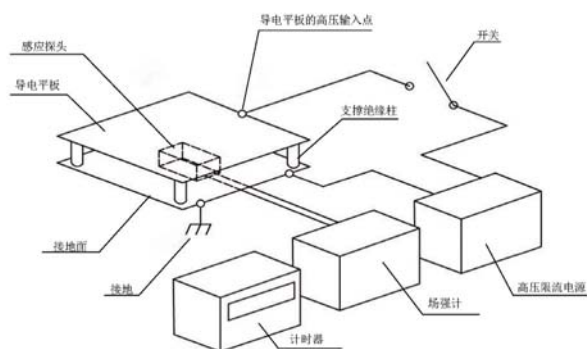


图 8 充电平板测试仪组装示意图

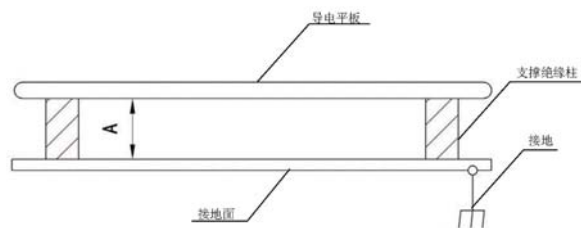


图 9 充电平板示意图

4.2.2.2.11 静电放电屏蔽测试仪器

静电放电屏蔽测试仪器由下列配置组成。

a) 静电放电模拟器 (HBM): 该模拟器等效电路由一个 100pF 无感电容与一个 $1.5\text{k}\Omega$ 高压无感电阻串联而成;

b) 数字存储示波器: 1) 带宽不小于 200MHz ; 2) 单次采样速率大于 500MSa/s ;

c) 电流钳: 响应频率不小于 500MHz , 测试线长不超过 1m , 电流测试范围 $1\text{mA} \sim 10\text{A}$, 最大允许误差 $\pm 3\%$;

d) 高压电阻: $500\Omega \pm 5\Omega$, 耐压 1kV , 低电感金属膜电阻;

e) 电容探极: 电容探极为平板结构形式, 电容值为 $8\text{pF} \pm 2\text{pF}$ 。结构如图 10。平板之间绝缘物质由聚

碳酸酯或丙烯酸等绝缘材料制成。绝缘介质的厚度随材料的不同而不同, 应根据实际制作情况而定;

f) 放电电极与地电极: 放电电极和地电极直径均为 $38\text{mm} \pm 0.25\text{mm}$, 由导体材料制成。

单位为毫米

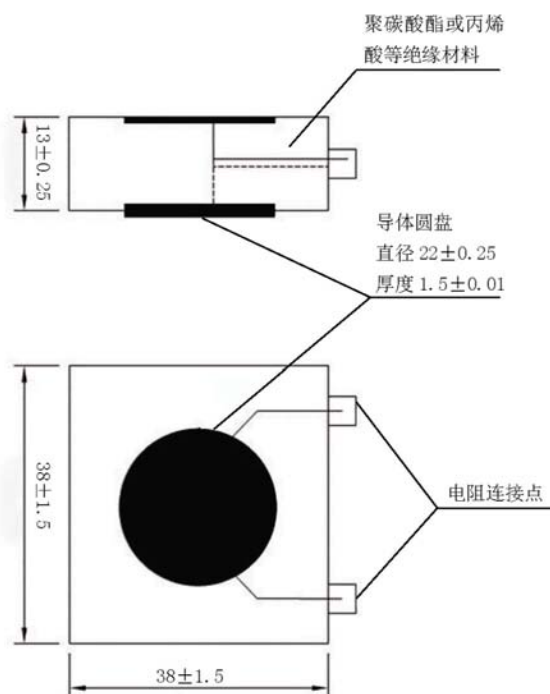


图 10 平行板电容电极

4.2.2.2.12 非接触式静电电压测试仪

量程不小于 $0 \sim \pm 20000\text{V}$, 线性误差不低于 $\pm 10\%$, 精度 $\pm 5\%$ 。

4.2.2.2.13 接触式静电电压测试仪

量程不小于 $0 \sim \pm 2000\text{V}$ DC 或峰值 AC, 精度 $\pm 1\%$, 输入电流小于 $1 \times 10^{-14}\text{A}$, 输入电阻大于 $1 \times 10^{14}\Omega$, 输入电容小于 $1 \times 10^{-14}\text{F}$ 。

4.2.2.2.14 数字万用表

a) 当使用直流电阻量程档为 $0 \sim 220\text{M}\Omega$ 时, 分辨率 $0.01\text{M}\Omega$, 精度 $\pm 1\%$;

b) 当使用交流电压量程档为 $0 \sim 220\text{mV}$ 时, 分辨率 0.001mV , 精度 $\pm 1\%$;

c) 当使用交流电流量程档为 $0 \sim 22\text{mA}$ 时, 分辨率 0.001mA , 精度 $\pm 0.5\%$ 。

4.2.2.2.15 手持烙铁漏电压与漏电流测试的金属板:

在单面或双面覆铜板(铜含量一般在 57g)或全铜板(厚度 1.6mm)上用锡涂覆一小块面积,用于手持烙铁头做接触。为保证测试数据的准确性,金属板上的导线应尽可能短。测试金属板平面示意图见图 11。

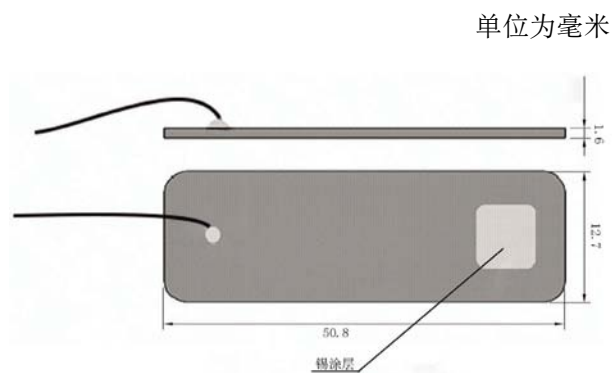


图 11 测试金属板示意图

5 测试方法

5.1 电阻测试一般要求

5.1.1 绝缘支撑板

绝缘支撑板要求采用一个光滑、平坦的表面,表面电阻和体积电阻测试值大于 $1 \times 10^{13} \Omega$,相对于试样尺寸而言,至少比试样长和宽大 100mm,厚度至少应 1mm。绝缘支撑板的表面电阻按 GB/T 31838.3-2019 标准中的试验方法 5,体积电阻按 GB/T 31838.2-2019 中的试验方法 5 测试;电阻测试除对地电阻项目外均需要使用绝缘支撑板。

5.1.2 测试电压

将电阻测试仪测试电压设置为 10V,测试值如果小于 $1 \times 10^6 \Omega$,15s 后读数;若读数大于或等于 $1 \times 10^6 \Omega$,则将电阻测试仪测试电压设置为 100V,15s 后读数;电极与地面之间的漏电流对仪表的读数不应有明显影响。电极与放置试样的平台之间应避免测试电流的泄漏而影响测试结果。

5.1.3 测试点要求

如无特殊要求每次测试上三个不同位置各测一次,取平均值。细小试样选一个位置测试一次。

5.2 产品电阻测试

5.2.1 腕带电阻测试

5.2.1.1 腕带连线电阻测试

使用电阻测试仪测量腕带连线两端之间电阻,示意图见图 12。

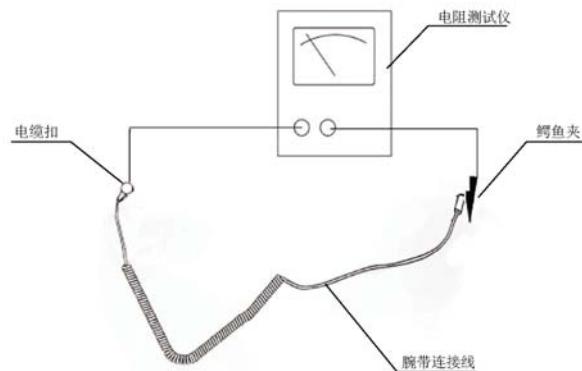
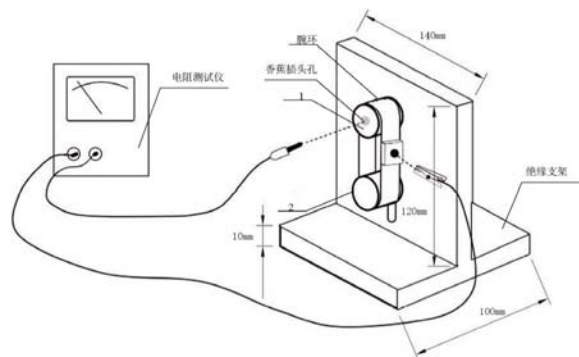


图 12 腕带连线电阻测试示意图

5.2.1.2 腕环内表面电阻与外表面电阻测试

该测试使用图 13 中所示的测试夹具,将腕环围绕圆柱放置,使腕环内部朝向圆柱,并且接地线连接器在右侧并平行于圆柱,并在圆柱之间均匀隔开。让圆柱体自由移动并张紧腕带。将接地线连接到腕环,将电阻测试仪连接到顶部圆柱体和接地线的接地连接器。测量并记录电阻值。该测试也可以通过连在电阻测试仪的两根测试线,一根通过鳄鱼夹平板电极(见图 5)紧密接触腕环内表面上任意位置,另一根测试线通过鳄鱼夹或香蕉插头与腕带扣紧密接触,测试腕环内表面电阻。

将腕环翻面,使用上述方法测试腕环外表面电阻。



说明:

- 1——固定式金属圆筒测试探头(直径 25mm)
- 2——可移动金属圆筒测试砝码(直径 25mm,质量为 0.11kg)

图 13 腕环内表面电阻测试示意图

5.2.2 服装电阻测试

5.2.2.1 服装分类与点位

服装分类及测试点的选择见下表 2。

表 2 服装测试点位表

测试项目	测试点位	服装	提供可接地点的服装	提供腕带及接地系统的服装
点对点电阻	左袖对左前襟 (LS~LFP)	●	●	●
	左袖对右前襟 (LS~RFP)	●	●	●
	左袖对左后襟 (LS~LBP)	●	●	●
	左袖对右后襟 (LS~RBP)	●	●	●
	左袖对右袖 (LS~RS)	●	●	●
	两身体接触点之间 (BCP~BCP)	—	○	●
点对可接地点间电阻	左前襟对可接地点 (LFP~Gp)	—	●	●
	右前襟对可接地点 (RFP~Gp)	—	●	●
	左后襟对可接地点 (LBP~Gp)	—	●	●
	右后襟对可接地点 (RBP~Gp)	—	●	●
	左袖对可接地点 (LS~Gp)	—	●	●
	右袖对可接地点 (RS~Gp)	—	●	●
	身体接触点对可接地点 (BCP~Gp)	—	—	●
服装系统	身体接触点对可接地点 (BCP~Gp)	—	—	●
	穿着状态下系统电阻 (人体穿着面~Gtp)	—	—	●

LS左袖; RS右袖; LFP左前襟; RFP右前襟; LBP左后襟; RBP右后襟; BCP身体接触点; Gp服装可接地点; Gtp服装接地线端子; 人体穿着面为穿着状态下接触部分。BCP~Gp区分左右侧。
●表示选择; ○表示建议选择; —表示不要求。服装各测试点示意图详见图14及图15。

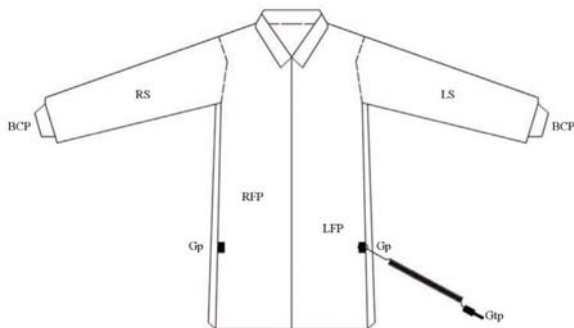


图 14 提供腕带线及接地系统的服装正面测试点示意图

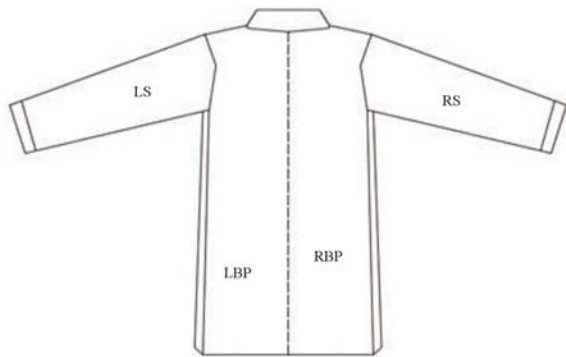


图 15 提供腕带线及接地系统的服装背面测试点示意图

5.2.2.2 服装点对点电阻测试

将服装平铺测试台表面;用测试线将电极和电阻测试仪连接好,并将电极分别放置于服装的两个袖子上;电极摆放位置处,服装上层面料与下层面料之间加垫绝缘片,绝缘垫的表面电阻要求阻值大于 $1 \times 10^{12} \Omega$ 。测试服装两个衣袖外表面的点对点电阻 (BCP~BCP),测试示意图见图 16。

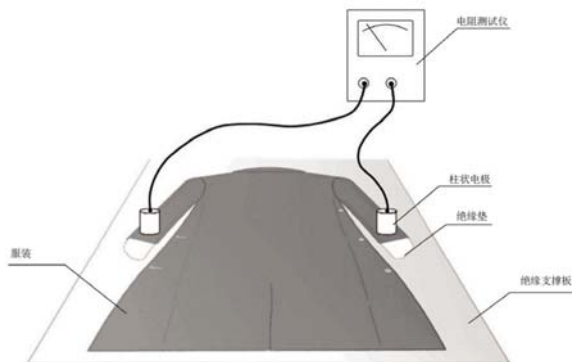


图 16 服装点对点电阻 (BCP~BCP) 测试示意图

5.2.2.3 提供接地点的服装对可接地点电阻测试

将服装袖口套在腕带测试夹具装置上,使用电阻测试仪,一端连接测试夹具装置,另一端连接服装可接地点进行测试,测试示意图见图 17。

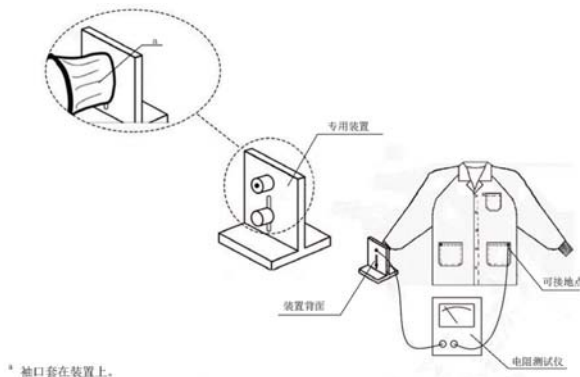


图 17 使用测试夹具测试提供可接地点的服装示意图

5.2.2.4 连体服电阻测试

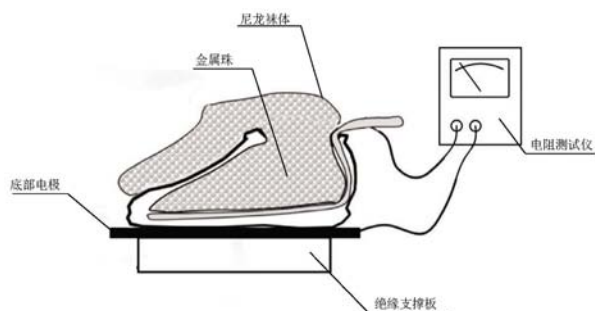
连体服依据 FZ/T 80012-2012 中的 7.2 要求测试。

5.2.3 鞋底电阻测试

测试鞋子的鞋底电阻所使用的绝缘支撑板除满足 5.1.1 的要求外,绝缘电阻测试值应大于 $1 \times 10^{13} \Omega$,按 GB/T 31838.4-2019 标准中的试验方法 5 测试。

用于测试的最少数量应为 1 双。施加在鞋上的电极负荷为 (10 ± 0.5) kg。可通过使用足够柔软的绝缘袋子或尼龙袜并填充 (10 ± 0.5) kg 金属珠 ($\Phi \leq 3$ mm) 作为电极荷载, 绝缘袋子或尼龙袜应与鞋底完全贴合。在鞋体 (或鞋垫) 的内侧上安装导电电极, 可以选择铝箔或铜箔电极, 长度不小于 400 mm, 宽度不小于 20 mm。并选择比鞋类更大的不锈钢板作为鞋外底部电极 (尺寸不小于 $150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$)。电极与鞋外底的接触电阻小于 500Ω , 将鞋放在不锈钢底部电极上, 测试示意图见图 18。

将鞋底的内表面的导电电极连接到电阻测试仪上, 测试仪器另一根导线连接到底部电极, 内电极放置方式见图 19。对鞋施加上述规定的电极荷载后, 使用电阻测试仪按照 5.1.2 要求测试鞋底电阻。



注 袜充满金属珠, 多余部分放置在外面。

图 18 鞋底电阻测试示意图

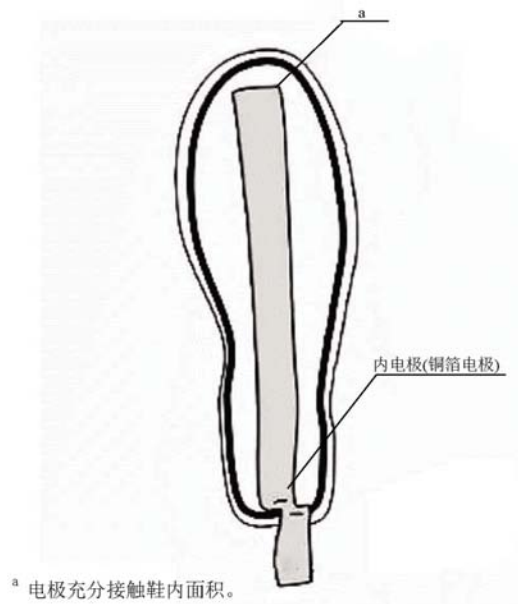


图 19 内电极示意图

5.2.4 鞋束电阻测试

鞋束的点对点电阻测试按照 5.1 中的相关要求测试, 见图 20。

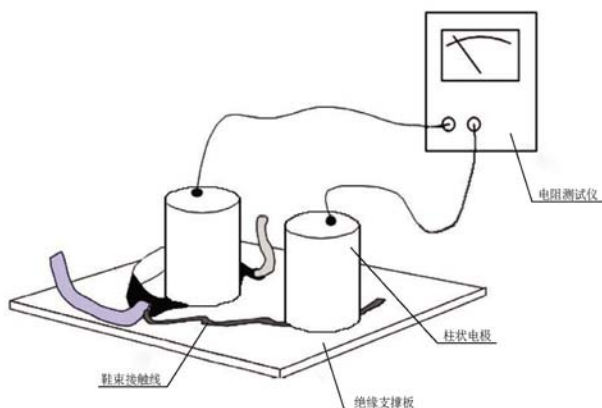


图 20 鞋束点对点电阻测试示意图

5.2.5 手套、指套两点间电阻测试

按照 5.2.18.1 中的要求使用两点式探针电极, 测试手套、指套外两点间电阻。

5.2.6 手套、指套穿戴状态下电阻测试

测试过程中应先对手腕带进行测试, 在符合指标的条件下正常佩戴手腕带后采用图 21 所示 CAFE 电极按照 5.1.2 要求测试。

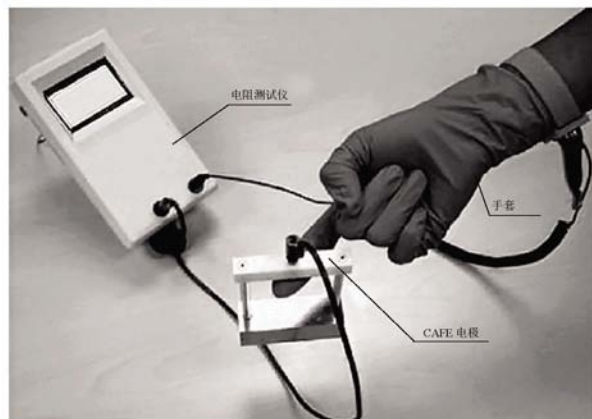


图 21 手套穿戴状态下电阻测试的示意图

5.2.7 地面覆盖物样块的电阻测试

在样块测试点对点电阻时: 两电极轴心距离至少 250 mm ~ 300 mm, 电极轴心距离样块边缘至少 50 mm。按照 5.1 中的相关要求测试, 见图 22。

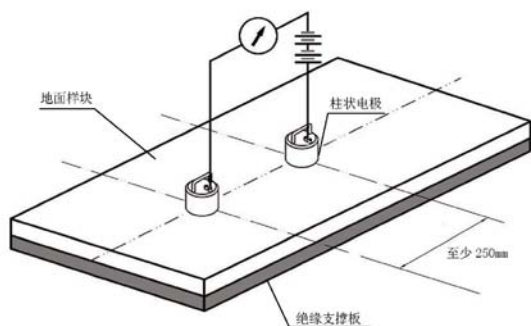


图 22 地面覆盖物样块的点对点电阻测试示意图

当样块测试对可接地点电阻时，将柱状电极放置于样块表面，距离试样边缘至少 50mm，另一测试连接线连接样块接地点，按照 5.1 中的相关要求测试，见图 23。

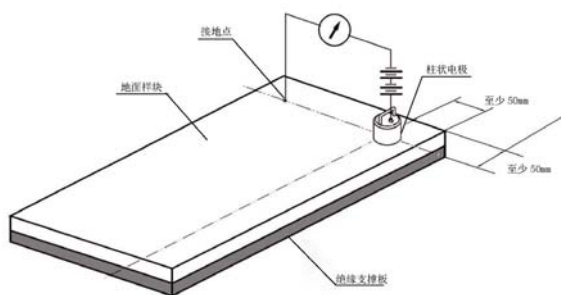


图 23 地面覆盖物样块的对可接地点电阻测试示意图

5.2.8 工作台电阻测试

当工作台测试点对点电阻，需要找到工作台的几何中心。按照分别按照图 24~图 27 分别摆放电极，按照横向、一侧对角线、竖向、另一侧对角线的电极位置依次测量点对点电阻；

注：点对点电阻测试的电极之间位置可在 250mm~300mm 范围内选取。

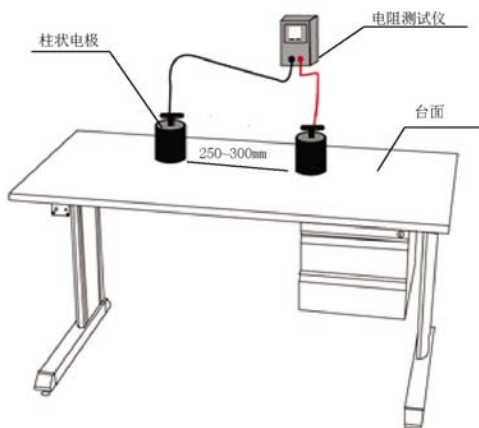


图 24 工作台台面点对点电阻(横向)测试示意图

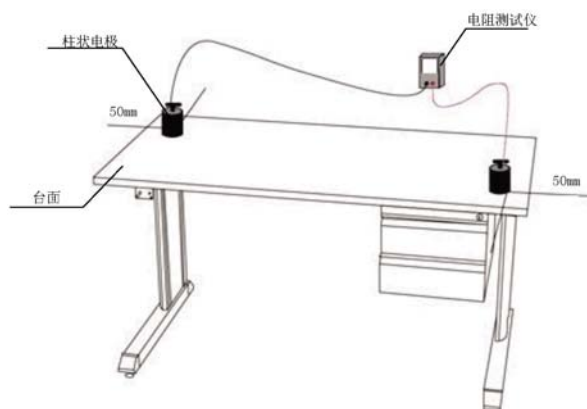


图 25 工作台台面点对点电阻(对角线)测试示意图



图 26 工作台台面点对点电阻(竖向)测试示意图

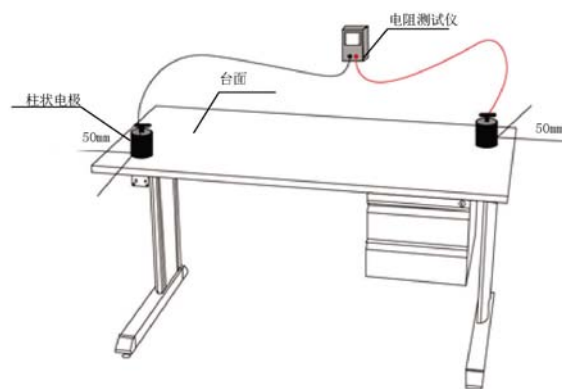


图 27 工作台台面点对点电阻(对角线)测试示意图

当工作台进行可接地点电阻的测试时，按照下图测试五个位置，五个测试位置分别位于工作台表面的四角和几何中心，电极边缘距离接地点和工作台面边缘符合以下规定：可接地点到电极边缘应大于 100mm，电极边缘距工作台面的边缘大于 100mm；对图 28 中的测量位置 2 至 5 依次测量；对

五个位置的测试数据取算术平均值作为测量结果；

如果被测工作台有多个可接地点，则对所有可接地点的应依次连接，按照前面步骤依次测量，并分别记录每个可接地点的测量结果。

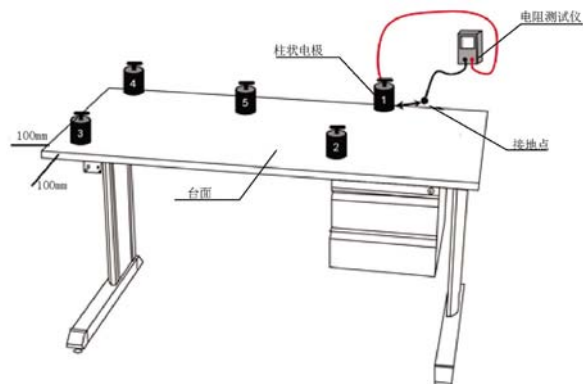


图 28 工作台台面对可接地点电阻测试示意图

5.2.9 存放架电阻测试

点对点电阻按照图 29 的标注位置摆放电极，按照 5.1.2 要求进行测试。

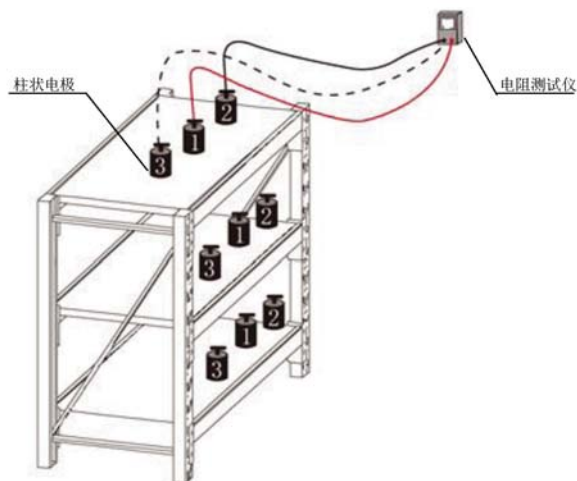


图 29 存放架台面点对点电阻测试示意图

带接地点的存放架的对可接地点电阻按照图 30 的标注位置测试，不带接地点的存放架的对可接地点电阻按照图 31 的标注位置测试。

5.2.10 座椅、运转车电阻测试

座椅的点对点电阻按 5.1.2 中的要求测试，见图 32，对可接地点电阻测试测试时，脚轮下放置一块 200mm × 200mm 金属支撑板并良好接触。一个电极与金属支撑板接触，另一个电极与椅面良好接

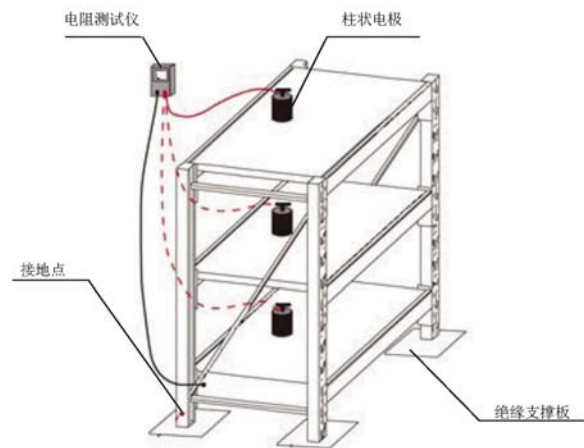


图 30 存放架台面对可接地点电阻测试(带接地点)示意图

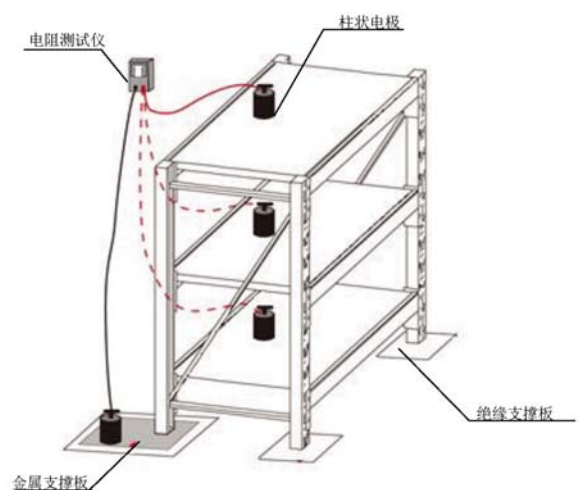


图 31 存放架台面对可接地点电阻测试(不带接地点)示意图

触，分别测试椅面、椅背任一点的对地电阻值，应至少测试 2 个脚轮。见图 33。

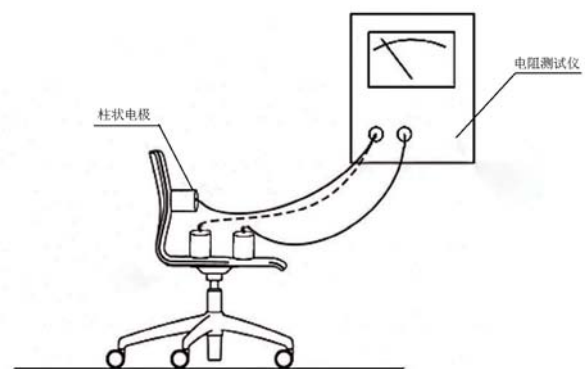


图 32 座椅点对点电阻测试示意图

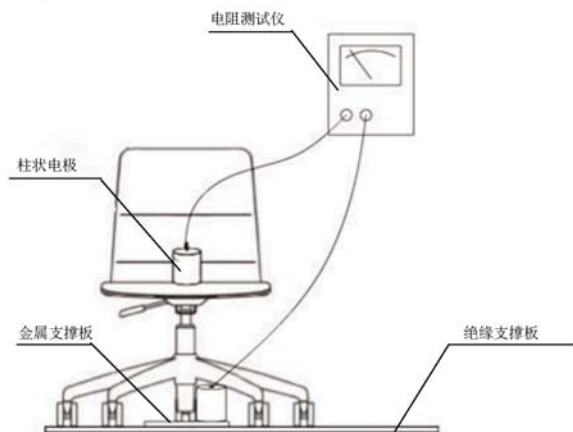


图 33 座椅面对可接地点电阻测试示意图

运转车的点对点电阻测试见图 34,对可接地点电阻测试见图 35,测试方法与座椅的测试相同。

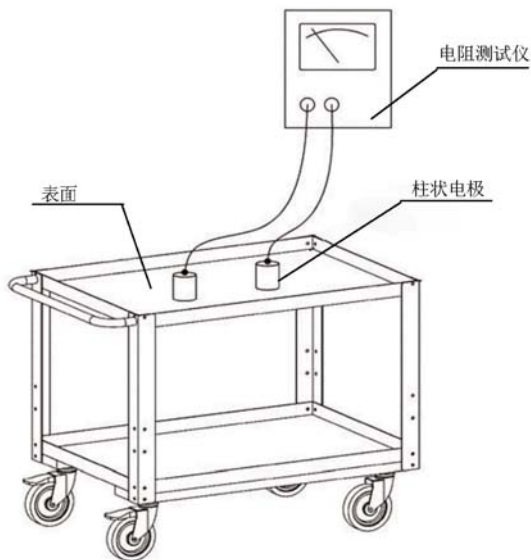


图 34 运转车台面点对点电阻测试示意图



图 35 运转车台面对可接地点电阻测试示意图

5.2.11 地面电阻测试

现场工程地面的对地电阻测试按照 5.1.2 的要求,连线可以选择就近防静电 EBP,将柱状电极放置于地面表面并测试,见图 36,不宜选取距离地面周边墙体、地面边缘或接地金属体不足 1m 的测点。

测试选点以网格划分,阵列方式选取,相邻两点间隔大于 100mm。

对面积不大于 10m^2 的房间,选择 3 个测点,对面积不大于 20m^2 的房间,总测点数应不少于 6 个,测点分布应均匀。

对面积大于 $20\text{m}^2 \sim 800\text{m}^2$ 的房间,每 $5\text{m}^2 \sim 10\text{m}^2$ 选取一个测点,测点数应不少于 6 个;

当面积在 $800\text{m}^2 \sim 1200\text{m}^2$,每 $10\text{m}^2 \sim 12\text{m}^2$ 选取一个测点,测点数应不少于 80 到 100 个;

当面积在 1200m^2 以上,每 $10\text{m}^2 \sim 12\text{m}^2$ 选取一个测点,测点数应不少于 120 个,不多于 200 个。

如果是活动地板的工程地面,测点应距离边缘 100mm 以上,并尽量选择跨接缝的测点;测试点对点电阻项目。

当一个测试空间由多部分空间组成,应考虑各分隔空间的温湿度差异可能对测试结果的影响,需在测试相关记录中予以体现。

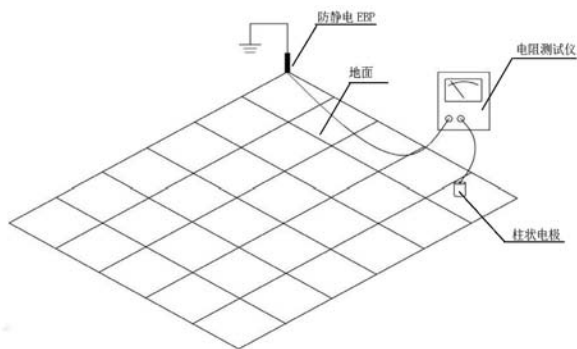


图 36 地面对地电阻测试示意图

5.2.12 墙面电阻测试

墙面的对地电阻见图 37 所示连线并摆放电极按照 5.2.11 要求选取测试点并测试。

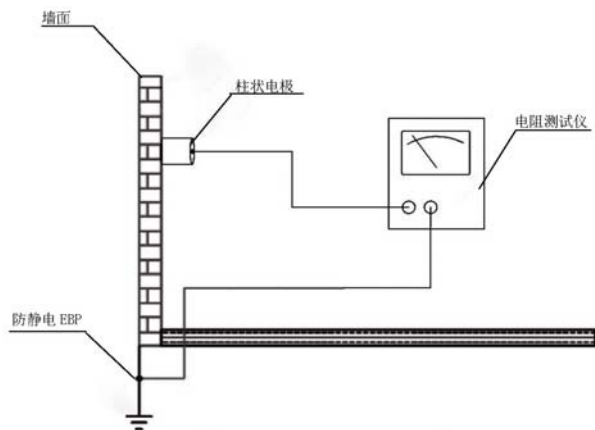


图 37 墙面对地电阻测试示意图

5.2.13 手持工具电阻测试

镊子、工具钳、毛刷等手持工具与电子产品接触表面对手持端之间的点对点电阻参照本标准 5.1.2 中要求测试，用两个鳄鱼夹平板电极连接工具接触 ESD 敏感设备的点与操作者的手接触的点，测试点对点电阻，见图 38。

测试毛刷的电阻时应测试毛刷面至毛刷柄两端间电阻。

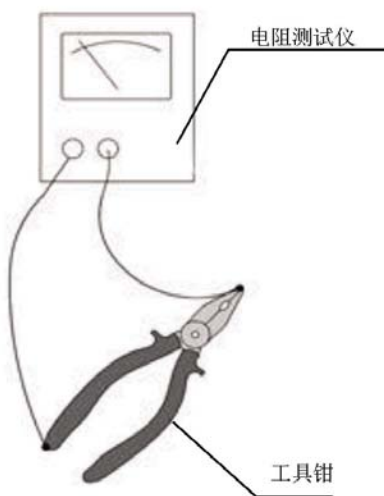


图 38 工具钳的点对点电阻测试

5.2.14 手持烙铁电阻测试

将万用表的一端表笔接到手持烙铁头插头的接地端，另一端表笔连接至手持烙铁的工具头部分，打开万用表电阻档测试出结果，见图 39。

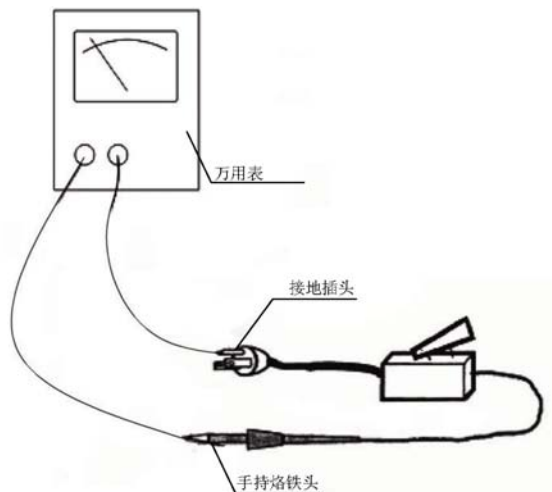


图 39 烙铁头对地电阻测试示意图

5.2.15 防静电蜡、剂电阻测试

将蜡、剂均匀涂敷在绝缘的基材上待干燥后测试蜡、剂的表面电阻，按 5.1.2 的要求测试。

5.2.16 台垫电阻测试

当测试表面电阻时，将台垫放置于绝缘支撑板上，面朝上；将同心环电极放置于台垫表面，距离试样边缘至少 10mm，按照 5.1.2 要求测试。

当测试体积电阻时，底部电极放置于绝缘支撑板上；将台垫放置于不小于试样面积大小的底部电极上，面朝上；将同心环电极放置在台垫上表面，底部电极放置在台垫下表面与同心环电极成同一轴向。

并按照 5.1.2 要求测试。

5.2.17 人/鞋/地系统电阻测试

该测试按照下图 40 连接好测试仪器，将电阻测量仪的一端引线连接到防静电 EBP。把另一端引线连接到手持电极。测试人员穿着防静电服装及防静电鞋 10 分钟后站立地板上，牢固握住手持电极。测试电压参照 5.1.2 要求执行。仅用左脚接触地板覆盖层，右脚抬起在高于地板覆盖层约 150mm 处，根据测试结果记录电阻值；仅用右脚接触地板覆盖层，左脚抬起在高于地板覆盖层约 150mm 处，根据测试结果记录电阻值，在地板选择其他位置重复上述步骤测试。

实验室测试试样不小于 1200mm × 1200mm，测

试过程中,电阻测试仪的一端引线连接到试样的接地端,在试样上至少选择均匀分布的3个不同测试位置按照上面步骤测试试样的人/鞋/地系统电阻。

该方法也可用于测试人/鞋束/地系统电阻值。



注:测试时单脚落地。

图 40 人/鞋/地系统电阻测试示意图

5.2.18 各类防静电包装测试

5.2.18.1 电阻测试

袋状包装形状应为片状、表面平坦的材料,样品尺寸不小于 100mm × 120mm,或直径不小于 110mm。细小尺寸包装试样表面单向尺寸应大于 20mm。

不同类型的防静电包装测试项目如下表 3 所示。

表 3 各类防静电包装测试项目表

产品类型	测试项目	图示
包装袋	表面电阻:包装内层、外层 体积电阻:包装内层对底部电极间	图 41
包装盒	表面电阻:盒内表面、盒外表面 体积电阻:盒内表面对底部电极间	图 42
泡棉	表面电阻:顶表面、底表面 体积电阻:顶表面对底部电极间	/
载带包装	两点间电阻:内腔、腔对腔 体积电阻:腔对底部电极间	/
热成型和注塑托盘	两点间电阻:内腔、腔对腔 体积电阻:腔对底部电极间	图 43
瓦楞纸板	表面电阻:包装内层、外层 体积电阻:包装内层对底部电极间	/

表面电阻、体积电阻按 5.2.16 中的方法测试,见图 41~图 42。

两点间电阻:测试电极接触物表面,并向试样方向下压至电极伸缩弹簧至一半行程。

电阻测试的步骤按照 5.1 要求执行,见图 43。

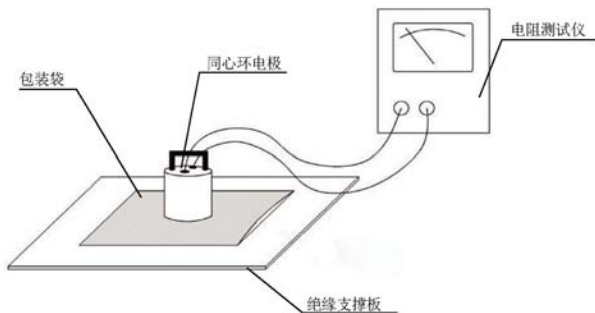


图 41 包装袋表面电阻测试示意图

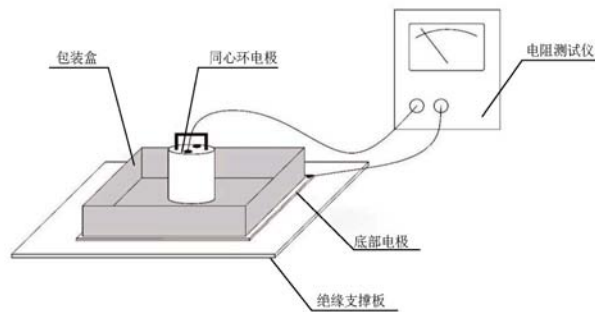


图 42 包装盒体积电阻测试示意图

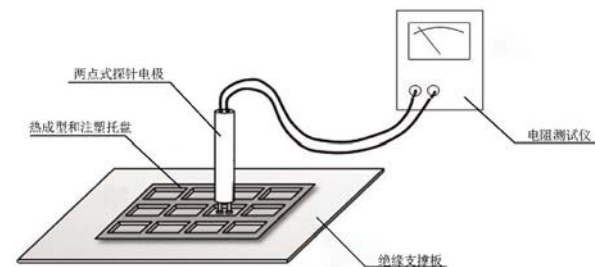


图 43 热成型和注塑托盘两点间电阻测试示意图

5.3 产品电阻符合性验证测试

5.3.1 腕带穿戴状态系统电阻测试

人员将手腕带按正常穿戴状态下佩戴好,保持腕带和皮肤接触良好;腕带的插头端和手持电极端分别和电阻测试仪连接好,读取电阻值,见图 44。

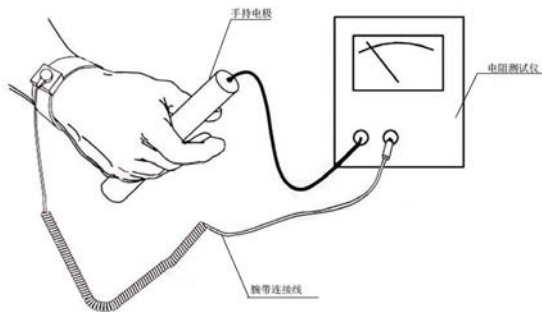
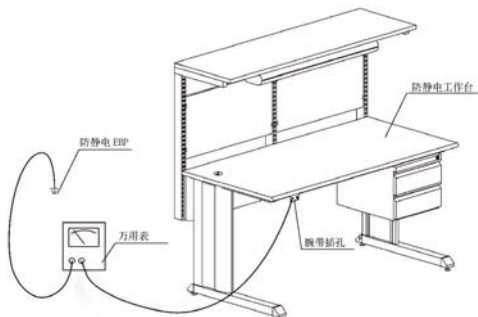


图 44 腕带穿戴状态系统电阻的测试示意图

5.3.2 腕带插孔对地电阻

使用万用表测试腕带插孔对防静电 EBP 之间电阻,连接方法见图 45。测试位置距离防静电 EBP 点较远时,可以使用辅助测试线,测试值减去辅助测试线的电阻值即为腕带插孔对地电阻。



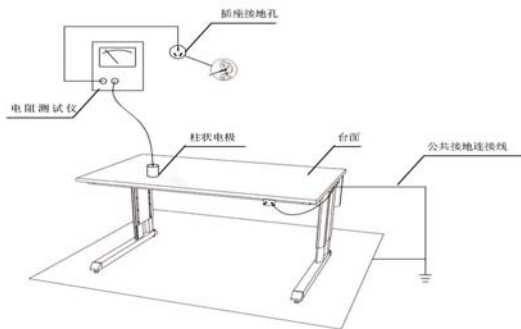
注:防静电工作台腕带插孔连接防静电 EBP。

图 45 腕带插孔对地点电阻测试示意图

5.3.3 等电位连接电阻测试

当 EPA 内其它防静电装备(如货架、座椅、推车、地坪、传输带等)均采用等电位连接方式连接时,使用电阻测试仪测试防静电装备和设备保护接地极之间等电位连接电阻。

工作台防静电接地与设备保护接地共用一个接地桩时,见图 46 所示连线并测试。



注:设备保护插座连接的安全保护接地与防静电接地共用接地极。

图 46 工作台等电位连接电阻测试示意图

5.3.4 带可接地点服装电阻测试

在测试前,测试人员应将服装至少穿戴 10 分钟后,将接地线和穿戴者的电阻作为系统总电阻的一部分进行测试,可以使用专有集成测试仪或电阻测试仪进行测试。使用接地线将衣服的接地点连接到测试仪,通过集成测试仪上的按钮或手持式电极与测试仪接触,施加测试电压并记录结果。测试示意图见图 47。

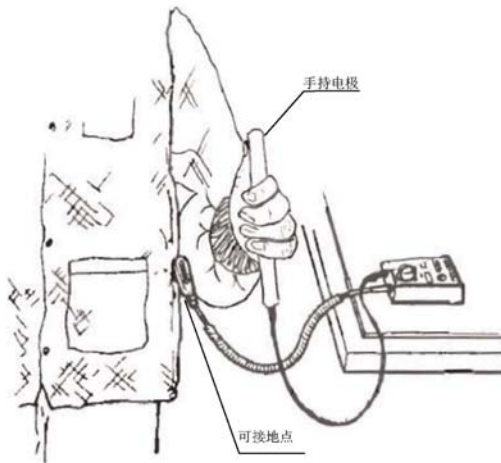


图 47 使用手持电极测试对可接地点电阻示意图

5.3.5 人/鞋系统电阻测试

测试人员穿好防静电鞋(鞋子和袜体、脚面皮肤接触良好),鞋底和金属支撑板接触良好,并与地面绝缘;手持电极和金属支撑板分别和电阻测试仪测试端连接好;人手持电极,单脚踩在金属支撑板上,打开电阻测试仪开关,测试电压参照 5.1.2 执行,并读取人/鞋系统电阻值;测试示意图见图 48,重复上述步骤测试另外一只脚的人/鞋系统电阻值。

当选择鞋束用于静电防护时,使用鞋束装配参照上述方法可测试人/鞋束系统电阻值。

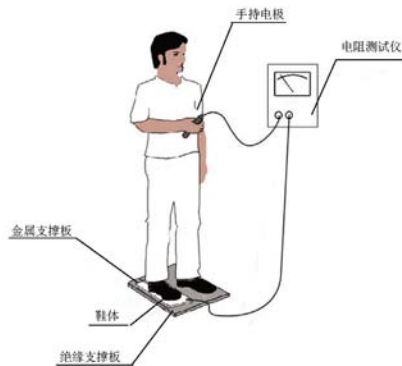


图 48 人/鞋系统电阻测试示意图

(未完待续)

新会员单位介绍

四川欣奇地板有限公司

四川欣奇地板有限公司是欣奇品牌静电地板在西南地区设立的生产厂区及销售中心。成都是西南地区的销售总部,提供销售、安装防静电地板的完整方案、从设计现场合理配置与选件的设定。在安装计划和管理方面,均由经验丰富的专业队伍执行,务求达到客户满意的效果。目前在职施工工程师 15 名,销售人员 20 名,业务遍及整个四川乃至西南地区。

公司是一家集专业研发、生产、营销于一体的防静电地板制造商。经过多年经营,现已成为西南地区较大的专业制造商。主要生产的品种为防静电全钢地板、防静电通风地板、防静电木基地板、防静电陶瓷地板、防静电硫酸钙地板、OA 网络地板。产品严格按照国家及行业标准进行生产,已广泛应用于高端写字楼、电信机房、电视台机房、石油石化控制中心、数据中心及大中院校等。

公司始终本着服务为先的精神,遵循用户至上的理念。专业技术、严格的制造工艺,使公司在行业内的地位被得到广泛确定。产品广泛用于电信、电力、气象、金融、铁路、航空、广播、电视等领域。

近年来,公司在生产、安装防静电地板的基础上,引进各类人才,大力发展计算机机房的设计与装修,网络工程智能楼宇自动化系统的专业设计与施工。经过众多项目的磨练,已经积累了深厚的底蕴,培育形成了新的核心竞争能力,复杂系统持续不断的技术创新能力,为客户提供安全的、高水平的个性化解决方案。

欣奇地板专业生产销售的全钢抗静电地板系列为:机房专用全钢抗静电活动地板、钢基陶瓷防静电地板、OA 新型带线槽网络地板、OA 智能网络高架活动地板、OA 架空线槽地板、HDG 抗静电全钢高架活动地板、铝合金木质地板、PVC 抗静电地板、磁

性 PVC 防静电地板、平铺型网络地板以及横梁、支架、吸盘、抗静电方块地毯、地板贴面等相关辅助配件产品。

地址:成都市青羊区东坡街道清波二组 238 号

电话:18908226330

邮编:610100

邮箱:2413533650@qq.com

网站:www.cdxqdb.com

上海拓伏电子工程有限公司

上海拓伏电子工程有限公司成立于 2006 年,是国内率先引进欧洲先进的工业品设计理念公司之一。也是一家以工业装备、实验室家具、防静电产品系列为主,为客户提供人性化、高品质的实验室整体解决方案的服务商。

公司自创立以来,一直坚持专注以“品质和服务”为公司的优势,持续为客户提供价值,与客户共同成长。赢得客户长期以来的支持,并形成一套完整的设计、安装、调试、维护一站式的服务体系。

公司在上海青浦设有 1 万平方米的生产车间。拓伏坚持严谨的制造工艺,快速响应客户的需求。以“技术创新及研发”为公司的核心竞争力,不断为客户提供更优质的产品和全方位的服务。

产品广销全国各地及东南亚、欧美等国家和地区,与众多世界 500 强企业、航空航天、电子部、军工兵器研究所、微电子研究所等单位建立了长期友好的合作关系。

地址:上海市闵行区罗锦路 55 号锦宏产业园 B 栋 401 室

邮编:200232

电话:021-51001772

手机:15800649063

传真:021-54111773

网址:www.shtofoo.com.cn

邮箱:sales@shtofoo.com.cn

会员单位介绍

天津捷瑞超净工程技术有限公司

天津捷瑞超净工程技术有限公司是天津新技术产业园区从事防静电、无尘系列产品开发、生产、销售及服务的高新技术企业。公司汇聚了一批专业技术人员为客户提供防静电、净化的方案设计和工程施工。

公司生产的防静电及净化室聚氨酯工作椅属于深受国内外广大用户欢迎的产品，畅销欧美及东南亚多个国家。公司拥有先进的工作椅和工作台的生产设备，严格的检测手段、先进的测量仪器，确保了产品的质量。同时，公司在台湾的合作公司生产系列静电检测仪和静电消除设备，并代理马来西亚及韩国的净化耗材，为客户提供包括咨询在内的全方位服务。

地址：天津市华苑产业园区竹苑路6号厂房D座301

邮编：300384

电话：13802076125

联系人：谢静

传真：86-022-83712375

邮箱：vendy2009@126.com，

jerry@protec-esd.com

网址：<http://www.protec-esd.com>

武汉敦荣防静电科技有限公司

武汉敦荣防静电科技有限公司是集防静电产品研发、销售、施工及技术指导为一体的专业化高科技化工建材企业，引进德国（BARO-FM）公司的技术。

公司主营产品包括 NFJ 金属骨料(防静电、不发火)地坪、NFJ 金属骨料重载防爆地坪、NFJ 金属骨

料防静电、不发火水泥砂浆等系列。

公司生产的 NFJ 金属骨料原材料，全部来自本公司自有工厂经冶炼、提炼、分筛成型，并在大量工程中得到应用。事实证明，公司的产品完全能够满足各类客户地面永久防静电、不发火的需求。能给客户带来“一次投入，永久受益”的高品质享受。

公司具有经验丰富的专业施工队伍，能满足全国各地客户的施工要求。本着“优质产品，完美施工”的服务原则，为广大客户提供专业、优质、完善的防爆地坪施工解决方案。

公司自创立之日起，本着“客户为先，服务搭桥”的服务宗旨，依靠稳定的产品质量以及良好的服务，并紧随防爆地坪市场的发展步伐，在业界树立起了良好的声誉和企业形象。

地址：武汉市汉阳区米粮村 5s 会馆 701-703 室

电话：027-84659909

手机：13886034332

邮箱：571823996@qq.com

北京东方悦博科技有限公司

北京东方悦博科技有限公司是一家致力于静电防护行业，集研发、生产、销售于一体的专业化公司。公司主导产品：“东悦”牌防静电 PVC 地板（卷材、片材）、“东悦”牌防静电全钢活动地板、“东悦”牌防静电铝合金活动地板（高压铸造）、“东悦”牌防静电工作台、“东悦”牌防静电工作椅。

公司在浙江、江苏建有大型的生产、研发基地，同时聚集了一批高素质、积极进取、诚信敬业、极具合作精神的专业人才团队，并且组建了一支经过专家严格专业培训、具备一定专业知识、技术成熟的施工队伍。这些优势使公司的产品咨询、设计理念、专业施工、妥善保养等方方面面，具备了能为广大用户提供全方位服务的实力和基础，并与其他企业区别化，差异化，从而保证东悦自身的优势。

公司所有防静电产品均采用优质永久性导电材

料,结合先进自动化生产线以及严格的质量控制,产品性能永久稳定、使用寿命达到二十年以上。多年来,公司产品广泛应用于电子、航天、军工、电信、广电等行业,深受中国电信、中国联通、中国移动、工业和信息化部、航天工业部、核工业部、总参、二炮等国家重点、重大工程以及摩托罗拉、索爱、三星、京东方等高科技电子公司等国内外上千客户的青睐。公司宗旨:质量第一、用户至上!

地址:北京市丰台区方庄南路 15 号方恒偶寓大厦 2 座 716

电话:13901219727 010-67617421

传真:010-56927728

邮箱:dfybkj@sina.com

网址:www.dfybesd.com

常州阿贝特机房设备有限公司

常州阿贝特机房设备有限公司坐落于风景秀丽的江南水乡——常州市横山桥宕里开发区,北靠沪宁、沿江高速,南临 312 国道,交通极为便利。

公司是从事防静电高架活动地板的制造商,集开发、生产、销售、安装于一体。致力于“阿贝特”硫酸钙防静电地板、木基防静电地板、陶瓷防静电活动地

板、全钢防静电活动地板、800*800 防静电地板、OA 网络活动地板、玻璃地板的生产与销售。经过多年的经营,阿贝特机房设备已成为较有影响力的品牌。公司年产量达 80 万平方,各项地板检测报告和资质齐全。

产品适用于学校,办公楼,实验室,计算机机房,机场,各种移动通信机房,各种发射控制室,中央控制室等。

公司产品通过 ISO9001 质量管理体系认证、ISO14001 环境管理体系认证、OHSAS18001 职业健康安全体系认证。坚持细节决定成败的可持续发展战略,本着以客户理念为中心的原则,不断创新建材产品和提供新的系统解决方案。

公司宗旨:用先进的制造技术创高质量产品,用国际化的经营理念创优质的服务,用上等的材料创优惠的价格。

地址:江苏省常州武进区横山桥镇朝阳村 108 号

电话:0519-86056270

手机:13601504463

传真:0519-86056270

邮箱:1570479336@qq.com

网址:www.czabeite.com

TKflor® 浙江金华天开电子材料有限公司

天开地材 ZheJiang Jinhua Tiankai Electronic Material Co.,Ltd

中国防静电装备品牌企业展示



企业简介:

浙江金华天开电子材料有限公司（以下简称“天开公司”）——创立于1985年，是中国最早生产PVC防静电地板的企业之一，弹性地板协会副会长，防静电协会副理事长单位，上海防静电工业协会副理事长单位，专业生产永久性防静电PVC地板（卷材）及商用同质透心碎花点PVC地板（卷材）。多年来公司坚持“科技兴厂、创新发展”的宗旨，集研发、生产于一体，产品品种、产品质量、技术水平、企业规模始终处于国内同行先进水平。

LEADER OF FLOORING INDUSTRY

中国最早的防静电地板制造商之一
电子行业防静电贴面板主编单位
中国防静电行业协会副理事长单位
中国防静电地板施工标准参编单位
中国大型的防静电环境工程产品制造商

企业先后通过了



ISO 9001



ISO 14001



FloorScore



OHSAS 18001



CE-Marking

产品系列： 商用同质透心PVC卷材 永久性防静电卷材/块材



联系方式：电话：0579-82387919，手机：13586979970
邮箱：tkesd@163.com，网址：www.tkflor.com
地址：浙江省金华市婺城区涌雪街630号

立足航天 服务国防 面向社会 着眼未来

国家静电防护产品质量检验检测中心(以下简称“中心”)是我国首个且唯一获得授权的国家级静电防护产品质量评价、检验、检测机构,同时也是工信部工业(静电防护)产品质量控制和技术评价实验室,具备国家资质认定(CMA\CAL)、国家\国防实验室认可(CNAS\DLAC)以及军用实验室认可(GJB2725A),为静电防护产品生产企业以及国防军工、电子信息、石油化工、装备制造、兵器船舶等行业提供高效、优质的产品检验检测、产品认证、特色计量以及静电防护与电磁兼容测试仪器产品/系统研发服务。

中心建立有“刘尚合院士北京市院士专家工作站”和国家主管部门授权的静电防护产品自愿性认证机构,同时也是国际静电防护技术标准化组织IEC\TC101中国专家支撑单位,以“立足航天、服务国防、面向社会、着眼未来”为发展愿景,以推动我国静电防护产品行业质量提升为行动指南,不断通过自身技术积累、技术创新及成果转化工作,发挥与静电防护产品生产行业、科研机构及用户单位间的桥梁纽带作用,推动静电防护产品生产行业质量升级,为静电防护民族工业的崛起发挥应有作用!



地址: 北京市海淀区友谊路104号院15号楼

电话: 010-68112004\2016\2048

传真: 010-68112010

邮编: 100094

网站: www.cast514.com



中国航天科技集团有限公司第五研究院五一四研究所
No.514 Institute of 5th Academy of China Aerospace Science and Technology Corporation