

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



2 | 2025
总第129期

ISSN 2220-8186



浙江金华天开电子材料有限公司

40

余年

天开地材

专注PVC弹性地板

我们只求做精、做细、做稳

Leader Of Flooring Industry

中国弹性地板行业十大品牌



☎ 0579-82387919

☎ 13586979970

✉ tkesd@163.com

🌐 www.tkflor.com

📍 浙江省金华市婺城区涌雪街630号

国家高新技术企业
金华市开发区政府质量奖
中国防静电装备品牌企业
通过BOIMTCC产品认证
《防静电贴面板通用技术规范》主编单位



江苏华静地板科技有限公司 江苏丰树新材料科技股份有限公司

中国防静电装备品牌企业展示

江苏华静地板成立于1993年，专业研发、设计、生产、销售防静电PVC地面材料。工厂位于江苏常州，自有厂房车间8万余平米。以精立业，以质取胜，以优质的产品，完善的售后服务，与广大用户携手并进。



中国弹性地板生产基地

中国防静电装备品牌企业

- 中国防静电装备品牌企业
- 中国防静电装备分会会员理事单位
- 专业研发生产同透防静电地板30年
- 《防静电贴面板通用技术规范》参编单位
- 中国弹性地板行业十大品牌企业
- 中国防静电地板施工标准参编单位
- 江苏省专精特新中小企业
- 国家高新技术企业



地址:江苏省常州市横林镇西工业园
网址: www.floor.cn

手机: 139 0150 3201
电话: 0519-88783211



中国防静电

JOURNAL OF CHINA ESD CONTROL

1997 年创刊

2025 年第 2 期 (总第 129 期)

出版日期 2025 年 6 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 项道才

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 B 座 502 室

邮政编码: 100040

电 话: (010) 68647410

传 真: (010) 68647410

E-mail: zgfdtgx@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

新书推荐

- 8 洁净无尘, 守护未来——《洁净室检测和监测》
从理论到实践的全方位指南!

协会动态

- 10 标准化工作突出成就获奖名单
10 突出贡献个人获奖名单
11 启航智能制造新篇章 新虹元科技(江苏)有限公司盛大开业典礼
12 《离子化静电消除器通用规范》专家审查会在北京召开
13 防静电装备分会领导应邀出席石化行业静电防护技术产学研交流研讨会议
13 防静电装备分会领导应邀参加“2025 电子展及第二届中国静电防护产业展”

学术探讨

- 14 氮气环境中针—平面型离子发生器试验研究
(三) 李雨函 李学文 梁合鹏 等
17 压差测量与微生物采样洁净室检测和监测
(威廉·怀特著) 译文节选 王大千

技术应用

- 25 防静电产品电阻测量方法的探讨
孙延林
30 储罐雷击精确定位监测和报警系统研究
姜仁杰 张诗博 邹宜颖等

标准园地

- 36 锂离子电池生产静电防护要求(报批稿)

标准解读

- 44 推动静电防护升级, 助力电子产业高质量发展
庄晓荣
50 离子化静电消除器测试标准测试环境要求
解读 孙玉荣 王荣刚

会员之家

- 54 新会员单位介绍
54 会员单位介绍

山东电盾科技股份有限公司



电盾股份创立于2011年，先后获批院士工作站、山东省防静电陶瓷工程技术研究中心、山东省防静电功能陶瓷工程研究中心、山东省企业技术中心、一企一技术研发中心、高新技术企业、山东名牌、山东省制造业单项冠军。主导及参与起草国家标准16项，拥有各类专利41项，荣获中国专利优秀奖。

主要产品有：防静电陶瓷砖、新型OA网络地板、全品饰面架空地板、防静电活动地板、不发火防静电地坪，抗菌陶瓷瓷板；

自成立以来，电盾股份始终坚持“科技引领、节能环保、安全健康”的创新发展理念，秉持“诚信、创新、奉献、共赢”的价值观，积极促进科技成果转化，推动产业可持续、高质量发展。

目前部分代表工程有：

国防工程：921工程（神州7号、8号航天飞船控制装配中心）、中国国家第四卫星发射基地（文昌卫星发射基地）、中国航空火箭技术研究仿真楼、西安国家民用航天基地7171厂、中国空间技术研究院、中国人民解放军海军航母基地（青岛、葫芦岛）；

移动通讯：湖南移动怀化公司、遵义联通机房、中国人民解放军57通信中心、河南省濮阳移动公司、佛山联通公司；

化工制药：华北制药、博腾药业、康龙化成、合全药业、四川青木制药；

石油石化：印尼国家石油公司、青岛炼化、齐鲁石化等；

微电子：中国电子科技集团第五十四研究所、第十三所、第二十二所、中船重工七一六所、海康威视、海信研发中心、西安天宏硅业；

电力系统：国家电网济南分公司、苏州供电局、渭南电厂、赤峰电力实验室、郑州电网中控机房、福建福州电力大厦、广东惠州稔山变电站、四川德阳变电站；

教育：解放军信息工程大学、北京林业大学、淄博中学、淄博实验中学、河南省濮阳市第七中学等；

矿业：枣庄荣信焦化、呼市金矿、济宁薛城煤矿等；

金融：浦发银行、建设银行、淄博农信等；

医疗卫生：四川省绵竹市疾病预防控制中心；

公共安全：中国驻几内亚、苏丹、喀麦隆、加蓬大使馆，中共中央机要局、淄博公安局、大连应急救援指挥中心；

交通运输：肯尼亚蒙内铁路、青岛地铁、深圳地铁、广州地铁、牡丹江高铁、沈阳高铁、长春高铁、济南机场。



东莞市科园防静电设备有限公司



王春元

137 9052 8816

东莞市厚街镇华伟路6号智和兴智能产业园3栋6楼



kapper卡帕尔

东莞市科园防静电设备有限公司一直致力于除静电产品研发，是国内先进除静电设备制造商，集研发、生产、销售、创新、服务为一体的综合性防静电国家级高新技术企业。产品均已通过ISO、CE、ROHS及第三方高品检测技术服务机构的认可，获得外观、实用新型、发明100多项科研专利，先后荣获“民营科技企业”、“中国防静电行业理事长单位”、“清华大学东莞博商最美企业”、“中国创新创业大赛珠江天使杯企业”、“高新入库企业”、“国家级高新技术企业”、“东莞科技创新先进单位”、“广东省科技企业”、“科技型中小企业”、“防静电行业标准参编单位”“中国防静电装备品牌企业”等多项荣誉称号。

科园在除静电设备领域拥有资源、人才、网络、规模、经验的巨大优势和影响力，现已成功由产品机械化转向产品智能化，工业4.0静电在线监控！将引领静电设备行业进入智能化、数据化、网络化同时，也将“kapper卡帕尔”打造成中国智造对外交流的新名片，让全世界从全新的视角重新认识中国智造，认识“kapper卡帕尔”，向全球用户彰显中国品牌力量。

卡帕尔荣誉



部分合作客户

ZTE中兴

oppo

Midea
美的

BYD

KONKA康佳

vivo
Hi-Fi & Smart

Skyworth
创维

TCL

DJN 帝晶光电

京东方
BOE

FOXCONN
富士康

步步高

卡帕尔静电消除器

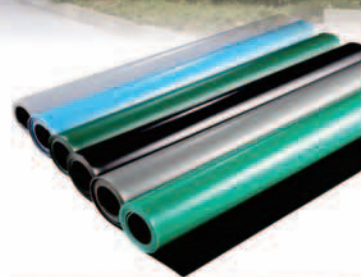




湖北天力奇新材料股份有限公司
Hubei Tianliqi New Materials Co., Ltd.



湖北天力奇新材料股份有限公司是专业生产橡胶制品的大型民营企业，公司为汽车、电子、军工、民爆、航空航天行业提供优质的产品及服务，主要用户有东风汽车集团、美国康明斯公司、武昌船舶重工集团有限公司、厦门船舶重工股份有限公司、武汉华星光电技术有限公司等。公司致力于生产研究导、防静电橡胶已有数十年，积累了丰富的导、防静电橡胶板使用、研发的经验。公司获得 IATF16949、ISO14001、ISO45001 证书，并取得中国船级社工厂认可证书等系列认证，是中国防静电装备品牌企业，主营产品有导、防静电橡胶板及其特殊场景（耐高温、耐酸碱、无卤素、无硫、阻燃、防滑）防静电橡胶板。



地址：湖北省襄阳市高新技术开发区汽车工业园拓新路一号
电话：0710-3223872 15071225370 13339829226



公司简介

COMPANY PROFILE

双奇地板 双倍放心

江苏双奇地板有限公司是一家集高新技术产品研发、生产、销售、施工为一体的专业性地板企业。公司始创于1985年，位于中国最具活力的长江三角洲的腹地、全球知名的中国地板之都—江苏常州，占地面积11万平方米。

公司主要生产和销售全钢架空活动地板、硫酸钙架空地板、强化木地板、多层实木地板。公司拥有一流的全自动德国豪迈、威力等地板先进流水线设备。

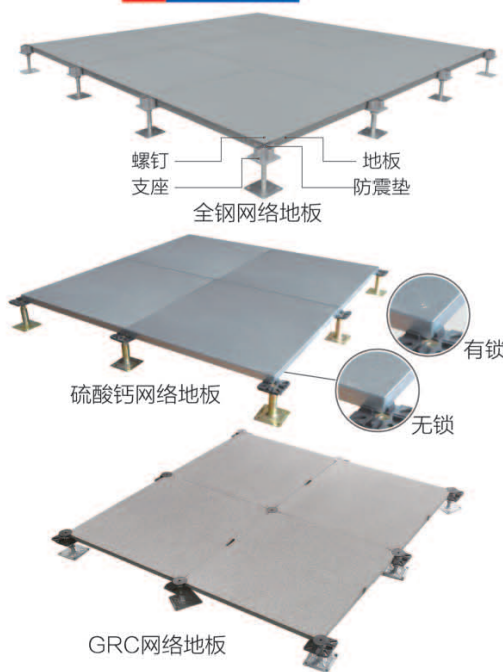
公司拥有进出口自主权、自主研发中心，对产品的设计和工艺进行不断地开发和创新。与国内外多个企业形成战略合作伙伴，具有年产300万平方米架空地板系列、1000万平方米强化地板系列等生产能力。拥有高效严谨的管理体系，严格的质量监控和完善的售后服务体系。

公司专业化的生产、高品质的管理使企业通过ISO9001质量管理体系认证、ISO14001环境管理体系认证、ISO45001职业健康管理体系认证、商品售后服务认证及LEED认证、欧洲CE产品认证等，获得行业协会的生产、销售、施工资格认定，产品质量经权威部门检测完全满足国标标准。

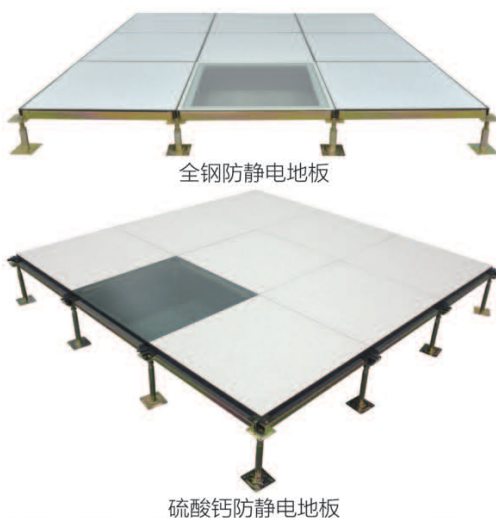
公司具备建筑装修装饰工程专业承包贰级资质、建筑施工安全生产许可证、获取中国防静电装备品牌企业、中国防静电机房工程专家工作站驻站企业、中国计算机用户协会机房设备应用分会理事单位、中国电子仪器行业协会防静电装备分会理事单位，并连续4年荣获中国数据中心颁发的“国产十佳地坪地面奖”、“专家推荐十佳地坪地面品牌”等殊荣。

公司服务宗旨：高标准的质量、国际化的管理、人性化的服务、诚信永续的经营。

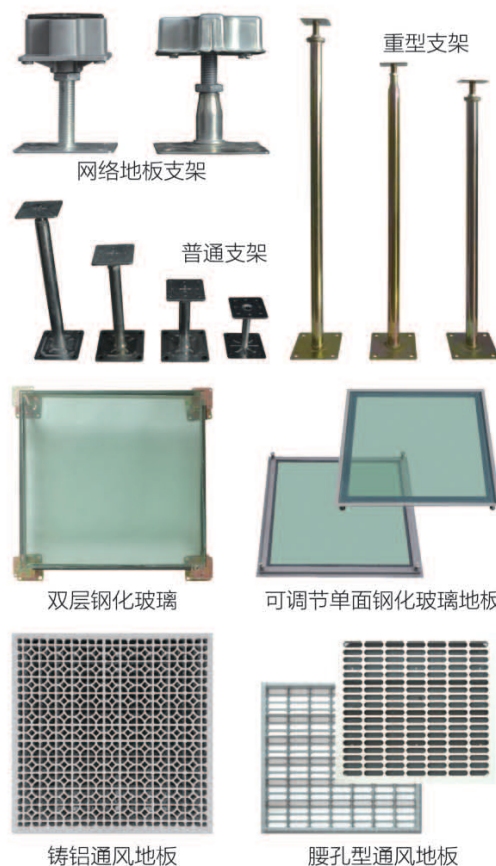
01 网络地板



02 防静电地板



03 地板配件



让您的生活与办公与众不同！

网址: <http://www.sqfloor.cn>

电话: 0519-88501571

传真: 0519-88507818

邮箱: ssqi@ssqfloor.com 邮编: 213013

地址: 江苏省常州市横林镇崔桥东环南路5号



双奇地板官网



常州市华一地板股份有限公司

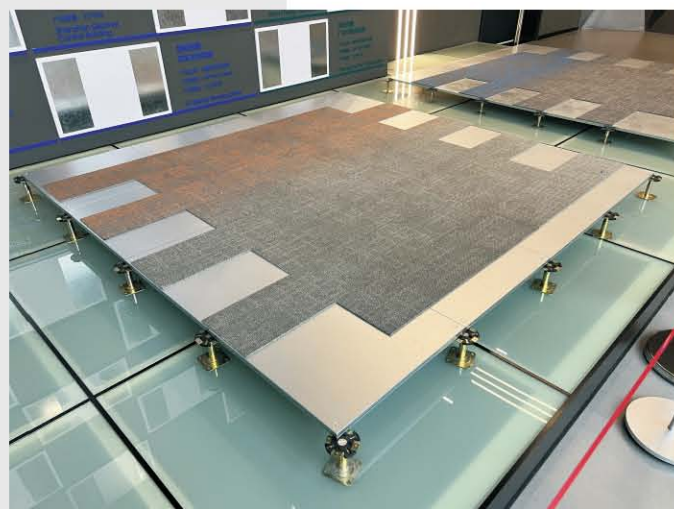
Changzhou Huayi Floor CO., LTD

企业简介：常州市华一地板股份有限公司（原常州市华一防静电活动地板有限公司）成立于2001年，公司总投资6亿元，厂区面积83000平米，是一家专注于架空地板领域的创新型企业，致力于为客户提供高品质，低碳，环保，智能，舒适，高性能架空地板解决方案。

主要产品有：防静电全钢地板，铝合金地板，硫酸钙地板，GRC地板，OA网络地板，无机质地板。

公司引进德国，意大利，韩国，日本先进的技术，严格遵循国际，国内标准进行生产，确保每一片架空地板都具备卓越的品质和可靠的稳定性，架空地板产品涵盖多种类型，以满足客户在甲级商务楼，数据中心，机房，办公室，洁净室等众多领域不同场景下的需求。

我们的服务贯穿售前，售中，售后全过程，公司有200人以上的施工团队确保安装质量与速度，公司管理运用人工智改数管理，企业云端管理，高端的品质成为国内外多家知名企业架空地板的战略首选合作伙伴，有自营进出口证，并布局多家海外市场，成为国家高新技术企业，纳税大户与国家标准技术起草单位。



📍 江苏省常州市经开区横林镇夏家路90号

☎ 电话: 0519- 88500988 88506060 13901501111 13906121111

✉ 邮箱: huayi@czhuayi.com

🌐 网址: www.czhuayi.com





深圳市闪电实业有限公司
广东卡普诺静电科技有限公司

闪电除静电方案解决商

■ 专注静电研发生产 经验丰富值得信赖 ■

公司产品通过

CE/ROHS 认证

ISO9001 认证

第三方检测认可

主要研发生产：

防静电离子风机、离子风棒、
离子风嘴、离子风蛇、离子发
生器、静电测试仪等防静电产
品。

企业简介：

广东卡普诺静电科技有限公司是
一家高新技术型企业，卡普诺
KAPOOR 品牌成立于 2014 年，集
研发、生产、销售为一体；公司
工厂主要设立在东莞，深圳与江
西萍乡均设有公司为客户服务。
卡普诺始终坚持以“科技创新，
诚实守信，客户至上”为企业宗
旨与经营理念，力求做到精益求精。



联系方式：158-1729-8698（刘先生） 网址：www.kapoor.cn 邮箱：sanesd@foxmail.com
东莞地址：东莞市厚街镇古坑运河西路5号7楼 江西地址：江西省萍乡市莲花县荷塘乡

洁净无尘,守护未来

——《洁净室检测和监测》从理论到实践的全方位指南!

你是否想过,一粒微小的尘埃,一个看不见的微生物,可能会影响芯片的性能,甚至危及患者的生命?在科技飞速发展的今天,洁净室已成为众多行业不可或缺的“守护神”。而洁净室的“健康”状况,则直接关系到产品质量和生产安全。在现代工业生产中,洁净室已成为许多行业不可或缺的核心设施。无论是半导体制造、生物制药,还是食品加工,洁净室的环境质量直接关系到产品的质量和安全性。然而,如何确保洁净室的高效运行?如何通过科学的检测和监测手段,保障洁净室的洁净度?这些问题在《洁净室检测和监测》一书中得到了全面而深入的解答。



洁净室检测和监测(全彩印刷)

[英]威廉·怀特 著;王大千 史汉夫 译

ISBN:978-7-122-46878-9

定价:98.00 元

本书的内容特色:

1. 洁净室的基础知识:从类型到测试原理

本书开篇从洁净室的基本概念入手,详细介绍了洁净室的类型、测试原理以及测试方法。无论是初次接触洁净室的新手,还是经验丰富的从业者,都能从中找到清晰的理论框架和实践指导。

2. 洁净室设计与通风:打造高效空气循环系统

洁净室的设计与通风系统是其高效运行的核心。书中深入探讨了空调机组的组成、高效空气过滤器的构造与安装,以及如何通过科学的设计确保空气的洁净度。这些内容为洁净室的设计和施工提供了宝贵的参考。

3. 污染控制与测试标准:国际标准与行业实践

洁净室的分级标准和检测方法是确保其符合国际规范的关键。本书详细解读了ISO标准、制药洁净室的分级与检测要求,帮助读者掌握全球通用的洁净室管理规范。

4. 风速、风量与压差测量:精准控制环境参数

洁净室的环境参数控制至关重要。书中介绍了风速测量、送风量和排风量的测量

方法,以及压差的测量与控制。这些内容为洁净室的日常运维提供了实用的技术指导。

5. 过滤器检漏与隔离测试:确保洁净室的无尘环境

高效过滤器的检漏和隔离测试是洁净室管理的重要环节。本书详细讲解了光度计法检漏、隔离构筑物与风幔的测试方法,帮助读者有效控制污染源,确保洁净室的无尘环境。

6. 气流可视化与自净性能:提升洁净室运行效率

洁净室的气流分布和自净性能直接影响其运行效率。书中通过空气运动可视化、自净性能测试等内容,帮助读者优化洁净室的通风系统,提升其运行效率。

7. 粒子计数与微生物采样:全面监测洁净室环境

洁净室的洁净度不仅体现在空气中,还涉及微生物的控制。本书详细介绍了光散射空气粒子计数器的工作原理、ISO 14644-1 标准下的洁净度分级方法,以及微生物采样的基础技术,为读者提供了全面的环境监测方案。

8. 洁净室行为与纪律:人员管理的核心要素

洁净室的管理不仅依赖于设备和技术,人员的行为规范同样重要。本书从洁净服的选择、入室更衣步骤到洁净室纪律,详细讲解了如何通过严格的人员管理,确保洁净室的环境质量。

《洁净室检测和监测》立足于当前洁净室和洁净行业的发展趋势,是一本理论与实践相结合的权威指南,涵盖了洁净室设计、检测、监测和管理的方方面面,可作为洁

净技术的浓缩易懂的百科全书。无论您是洁净室的设计者、施工人员,还是运维管理者,这本书都将成为您不可或缺的参考工具。

洁净室,洁净未来 让我们一起通过科学的检测和监测,守护每一个洁净室的高效运行!

本书作者

[英]威廉·怀特(William Bill Whyte)博士是英国格拉斯哥大学的名誉研究员,获微生物学学士和机械工程学士学位,50多年来一直在研究洁净室和医院手术室的设计、测试、运行。怀特先生是苏格兰污染控制学会和国际洁净室测试认证委员会两会的创办人及前任主席,是负责编写洁净室标准的英国标准协会(BSI)与国际标准化组织(ISO)工作组成员。怀特作为工业顾问和洁净室教育课程的主讲人,有丰富的经验。

译者王大千

毕业于中国人民大学计划统计学专业,从事洁净技术工作二十余载。历年代表中国参加国际污染控制学会联盟大会及ISO工作会议,是ISO国际标准制定多个工作组成员。曾任国际污染控制学会联盟执行主席、执委,国际洁净室教育委员会主席,ISO/TC 209 洁净室及相关受控环境战略小组成员。

译者史汉夫

北京大学材料科学与工程学院前沿工程博士生,硕士研究生毕业于美国北卡罗莱纳大学教堂山分校公共卫生学院公共卫生领导力专业,现就职于国家发展和改革委员会宏观经济研究院。

洁净室,洁净未来 让我们一起通过科学的检测和监测,守护每一个洁净室的高效运行!

光荣榜

标准化工作突出成就奖获奖名单

浙江三威防静电装备有限公司	深圳市盛元防静电设备有限公司
北京东方计量测试研究所	深圳市中明科技股份有限公司
广东优科检测认证有限公司	广州赛西标准检测研究院有限公司
苏州仕通电子科技有限公司	安徽辅朗光学材料有限公司
深圳市亨达洋静电技术有限公司	中兴通讯股份有限公司
武汉新兴惠科静电科技有限公司	北京科技大学
东莞市德诚塑化科技有限公司	信息产业防静电产品质量监督检验中心
湖北天力奇新材料股份有限公司	苏州汇川技术有限公司
深圳市品创源实业有限公司	深圳赛西信息技术有限公司
苏州天华新能源科技股份有限公司	上海防静电工业协会
上海安平静电科技有限公司	合肥国轩高科动力能源有限公司
无锡研平电子科技有限公司	北京中科航建环境工程技术有限公司
东莞市科园防静电设备有限公司	苏州亨达洋静电技术有限公司

突出贡献个人奖获奖名单

冯文宣	王剑锋	高志良	程学峰	马 涛	刘 洋	是凤娣	陈 永
唐明华	刘志刚	关 蓉	孙可平	范通川	马敏生	刘清松	张益渊
王荣刚	王春元	宋艳春	孙新福	朱雪梅			

启航智能制造新篇章 新虹元科技(江苏)有限公司盛大开业典礼



本刊讯 2025年5月16日上午,新虹元科技(江苏)有限公司开业典礼在江苏常州金坛隆重举行。政府代表、行业协会领导、金融机构负责人及企业合作伙伴等近二百多位嘉宾齐聚一堂,共同见证这一重要时刻。典礼盛况高朋满座,共襄盛举。

上午9时,与会嘉宾陆续抵达主会场现场,在迎宾墙前签名留念并参观了办公楼。10时整,开业典礼正式拉开帷幕。主持人以激昂的开场词欢迎出席开业典礼的各位嘉宾。



中国电子仪器行业协会防静电装备分会项道才理事长,理事长助理董珂铭,副秘书长吴秀婷出席了开业典礼。新虹元科技(江苏)有限公司董事长陈仕平在典礼上致辞。陈董事长在致辞中表示:新虹元科技将以“创新驱动、智造未来”为核心,聚焦高端制造与智能装备领域。依托金坛的产业优势,打造长三角地区智能制造标杆企业。陈董事长的致辞展现了公司立足技术突破、服务产业升级的雄心。

出席典礼仪式的九位嘉宾领导在礼炮齐鸣,红绸落彩及热烈的掌声中,共同为开业仪式剪彩。随着礼炮鸣响,彩烟纷飞,象征吉祥如意的红绸应声而落,宣告新虹元科技正式启航。现场气氛达到了高潮,嘉宾纷纷驻足拍摄。

典礼结束后,陈仕平董事长带领嘉宾从观摩专用通道参观智能化产线。高度自动化的设备、精密检测工艺及数字化管理系统,

展现了公司在精密制造与工业互联网领域的核心竞争力。新虹元的产线设计兼具效率与品质,为产业链的协同提供了新范式。

中午,嘉宾移步金坛万豪国际酒店参加午宴。陈仕平董事长再次致辞,感谢各界同仁的支持,并强调“以开放合作赋能行业生态”。席间,企业与政府、金融机构及行业协会代表深入洽谈,聚力同行,共谋发展,就技

术合作、产业投资等达成了多项合作意向。

展望未来,新虹元科技的开业,标志着金坛智能制造产业再添生力军。企业将依托长三角一体化战略机遇,深化产学研合作,加速技术迭代与市场拓展,助力中国高端装备制造迈向国际舞台。

本文由新虹元科技(江苏)有限公司提供

《离子化静电消除器通用规范》 专家审查会在北京召开

本刊讯 2025年4月16-17日,中国电子仪器行业协会防静电装备分会在北京组织召开了《离子化静电消除器通用规范(计划号:2024-0304T-SJ)》专家审查会。出席会议的专家分别来自企业、高校、科研院所及全国静电标委会,他们分别是:孙可平、孙延林、欧阳吉庭、杨文芬、王晓东、李舒平、来萍、刘清松、闻小龙、庄晓荣、张广洲、李杰、廖志坚、张卫红、蔡利花共计15位专家。由15位专家组成了专家评审组,孙可平教授任专家组组长。专家组成员的构成与数量符合标准管理部门的相关要求。

会议内容主要围绕审核《离子化静电消除器通用规范》标准送审稿及相关送审材料。专家们经过审核和讨论,达成了一致的



审核意见,认为该标准达到了报批的要求,并形成了“专家审查会议纪要及专家审核意见”。

专家组一致建议标准编制工作组尽快组织报批的各项工作。

防静电装备分会领导应邀出席石化行业静电防护技术产学研交流研讨会议

本刊讯 2025年4月18日,中国电子仪器行业协会防静电装备分会理事长助理董珂铭,应邀参加“应急管理部重点研发计划可燃液体气体静电灾害成因与安全控制关键技术研发”研讨会暨“石化行业静电防护技术产学研交流”会议。

会议就项目的总体情况及进展展开了深入的探讨,并就石化行业静电防护技术产学研“产、学、研、用”展开了深度的交流。

会议最后由来自北京理工大学的欧阳



吉庭教授对会议进行了总结,本次研讨会取得了预期的成果。

防静电装备分会领导应邀参加“2025 电子展及第二届中国静电防护产业展”

本刊讯 2025年4月22-24日,中国电子仪器行业协会防静电装备分会理事长助理董珂铭应邀参加“NEPCON China 2025 电子展及第二届中国静电防护产业展”。本届展会吸引了全国多家防静电领域专业供应商齐聚展会。展会集中呈现了设

备、材料、器具、工程及服务全产业链的前沿技术与创新成果。

展会期间同步进行了上海防静电工业协会成立20周年庆典活动。董珂铭助理代表防静电装备分会,向上海防静电工业协会表示祝贺,并送去了祝福。



氮气环境中针—平面型离子发生器 试验研究(三)

¹李雨函,¹李学文,²梁合鹃,²郭鑫,¹孙可平

¹上海海事大学,²海军军医大学(原第二军医大学)

【摘要】本文就针—、针—平面、针—管3种电极结构的离子静电消除器,对静电消除时的应用进行评估。评估范围涉及:温度升高到433K(160℃)过程中的消电性能;温度降到213K(-60℃)过程中的消电性能(降温是靠液态氮蒸发来实现)。在整个温度范围内,依靠控制正电压针排发射与负电压针排发射的电压比率,在氮气环境下允许大量自由电子发自负极针排等技术,来实现平衡式的静电消除。该消电器的电荷衰减时间连续的通过氮气—空气输送来实现,电荷衰减时间与温度的关系为 $\exp(\text{常数}/kT)$ 。

【关键词】静电技术;静电消除器;静电防护

Design & experiments on static eliminators In nitrogen environment

Li Yuhan, Li Xuwen, Liang Hejuan, Guo Xin, Sun Keping

1. 室温和提升温度时的试验数据

针—平面型离子发生器示意图见图1。

在针—平面型离子发射器中,对改进隔离结构进行了改进。当这种改进发生作用时,对于正载流子来说,传递的更多些。

负压针排在下、正压针排在上,当正极性发射器的电压和电流高于负极性发射器时,离子平衡就能实现。典型的正负极性电流比为 $I+/I-=4.2$ 。当发射器装置极性反转时,正极性发射器电流必须高于负极性发射器电流,方能实现靶电极所需要的离子平衡。这时典型的电流比率变为 $I-/I+=4.2$,请注意该比率已经发生改变。这里有另一个范例,结构屏幕能阻止从上部的发射

器的离子到达目标靶。为了实现离子平衡,控制正极性、负极性载流子的产生,是最基本的技术措施。

图2和图3分别示出了离子平衡与电压和电流比的敏感关系曲线。尽管由于上述提到的隔离屏的作用,这种敏感度发生了位移,但控制因子仍然保持一样。该例子的数据是在室温收集的,处理室内仅有一台风扇工作。

正如室温下针—穴型离子发生器那样,目标靶上正电荷的衰减快于负电荷的衰减。该结果并不取决于上部发射器针排是什么极性。但是,当正极性在上、负极性在下时,两种极性的电荷衰减时间更长些。这

种发现可以这样解释：当负极性发射器在上、正极性发射器在下时，更高的电流被负极性发射器所形成、所控制。

使用 3 个风扇在室温环境中进行了试验。增加了的气流减少了电荷衰减时间大约 32% (对于负目标靶) 和大约 22.3% (对于正目标靶)，但并未显著影响电压—电流曲线 (I — V 曲线)。这种平衡敏感度的修正，正如图 2 和图 3 所示，并未发生变化。

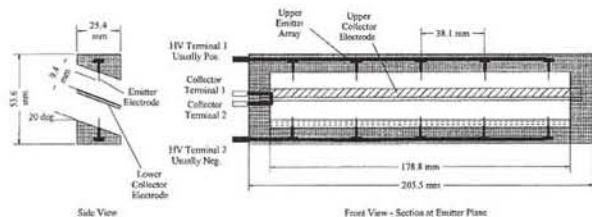


图 1 针—平面型离子发生器示意图

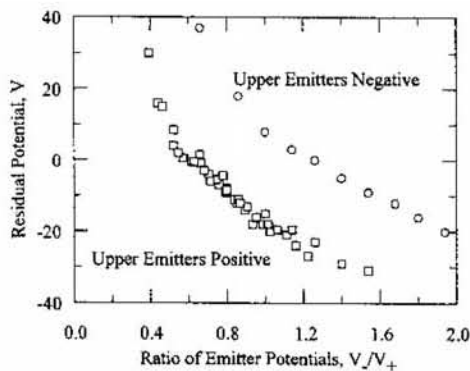


图 2 电压比率对残余电压的影响
($V_+ = 5.0 - 8.5 \text{ kV}$, $T = 300 \text{ K}$)

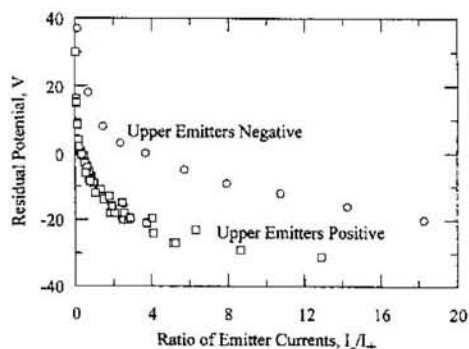


图 3 电流比率对残余电压的影响
($V_+ = 5.0 - 8.5 \text{ kV}$, $T = 300 \text{ K}$)

使用 3 个风扇对处理室加热期间，正发射器电流稍微减少，而负发射器电流增加，

且增加很快，参见图 4。这可以解释对电极的某些弯曲。但是，发射器的极性反转的效应并未发生变化。一种可能的解释是在提升温度时来自负极性载流子增加了电子吸附。正极性电流的下降可能是发射器之间离子传递的结果或者是离子重新复合的结果。并未观测到 M. Hara 提到的分离的电晕放电 (separate corona)。

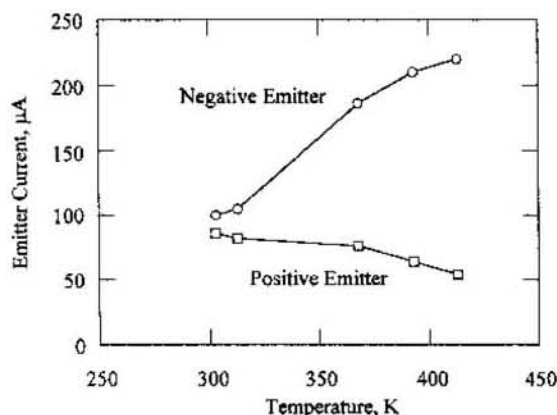


图 4 温度对发射器电流的影响 (发射器电压 7.5 kV)

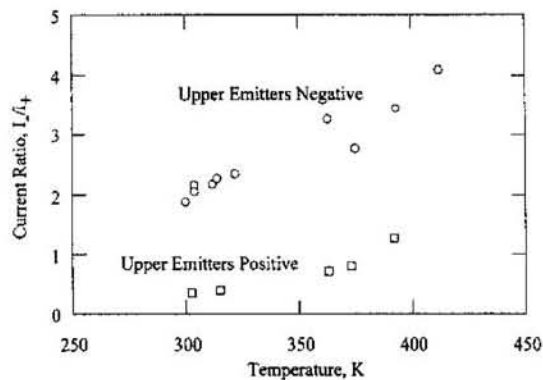


图 5 达到离子平衡式静电消除所需要的电流比率 (针—平面型电离器, $V_+ = 7.5 \text{ kV}$)

参见图 5，离子平衡得以维持，需要正极性发射器针排 7.5 kV 的电压，以增加离子电流比率。针—平面型电离器的电荷衰减时间随温度的升高而增加，正如针—穴型电离器那样。但是，在相同条件下电荷衰减时间却延长了 2 到 3 倍。较长的电荷衰减时间，与发射器的导向变化有关，即从平行

于气流到垂直于气流的变化相关联。

离子平衡的稳定条件还取决于温度。在更高温度下,曲线变得更低,电离器性能随电离器针排的极性反转引起的变化,变得更小,把图 2、图 3 与图 6、7 比较一下即可明白。

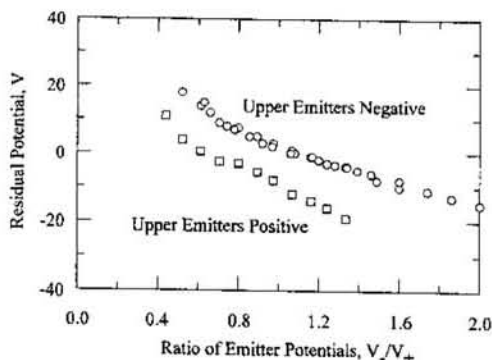


图 6 电压比率对残余电压的影响
($V_+ = 5.0 - 7.5 \text{ kV}$, $T = 363 \text{ K}$)

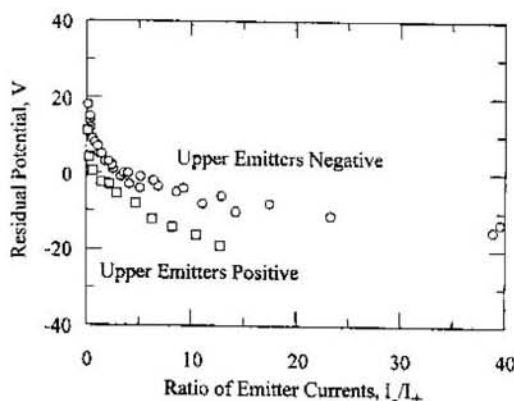


图 7 电流比率对残余电压的影响
($V_+ = 5.0 - 7.5 \text{ kV}$, $T = 363 \text{ K}$)

2. 降低温度时的试验数据

离子平衡敏感度在冷氮环境中保持稳定。曲线的倾斜度比升温时和室温时有所增加。图 8、图 9 摘要给出了这些试验数据。试验装置中,上部发射针排为正极性。

特别重要的是,离子平衡静电消除能够实现,尽管温度降至 213K (-60°C)。以电极电压比率表达的离子平衡条件在整个温度

范围内 (213—433K, 即 $-60 - 160^\circ\text{C}$) 没有很大改变。发生很大改变的是负极性发射电流,这起因于负电荷载流子的高迁移率。表 1 摘要给出了温度范围 213—433K 内的离子平衡条件。当实现平衡时,电荷衰减时间的比率并不像其他研究者所报道的那样大,并且电荷衰减时间在低温变得更长。

适当地选择电源和控制电极电压比率能够保证离子平衡,并维持整个温度范围内 (213—433K) 的电荷衰减时间保持类似。应该注意:这种电离器所使用的电源的起始电压接近 3.1kV。这对正极性发射器电压几乎没有影响,但对负极性电源在最低温时的最小工作电压有影响。这种结果的原因是,低温时的正、负电荷衰减时间有差别。

在完成这些试验时,在铜质对电极上的集尘效应以及在表面的相互作用,观测到铜质电极上的褪色图斑。这些分布在负极性针排的对电极上的褪色斑点位于发射器下方,而在正电极上的斑点则呈现扩散状并延伸到对电极的边沿。为何在负极性电晕下斑点更窄而正极性处较宽,可能的解释为:伴随更高的负极性载流子迁移率(包括自由电子),其分布本身就较窄。

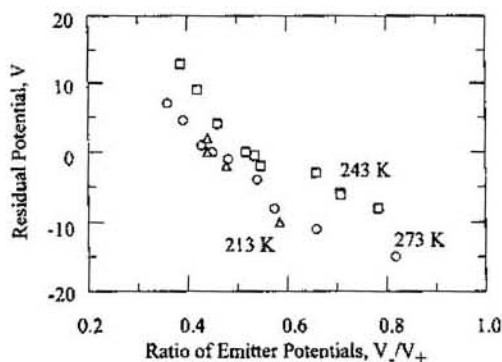


图 8 电压比率对残余电压的影响

(下转第 24 页)

压差测量与微生物采样 洁净室检测和监测(威廉·怀特著)译文节选

王大千

中国电子学会洁净技术分会,北京 100000

1. 压差测量

空气经过滤后被输送到洁净室,以使房间内达到室内工作所需的正确空气洁净度。但是,送入的空气也用来确保洁净室相对于周围区域处于正压。这样可以确保空气总是流出洁净室,并防止空气污染物从房间不那么洁净的周围区域进入房间。本章将讨论这个主题,另外还讨论了这些压差测量仪器的类型,以及洁净室中与压力有关的其他要求。

1.1 洁净室所需的压差

已撤销的英国标准 BS 5295 建议,当洁净室的门关闭时,洁净区与洁净度差些的洁净区之间的 10 Pa 的压差、洁净区与无洁净度分级区域之间 15 Pa 的压差是合适的。FDA 指南^[14]建议压差至少为 10 Pa 至 15 Pa。这些压差多年来一直实行良好。ISO 标准 14644-4:2001^[19]建议需要 5 Pa 至 20 Pa 的压差来确保正确的气流。这种 5Pa 的较低压差可用在实现较高压差方面存在实际困难的情况下,例如连接两个区域的产品供应通道。但是,当采用 5 Pa 的压差时,应证明没有空气从不太洁净的区域渗入洁净室;这可以通过第 10 章中描述的气

流可视化测试和第 9 章中描述的隔离测试来检查。

通常认为相同 ISO 洁净度等级的洁净室之间不需要压差,但这种做法并不总是被认可的。FDA 指南(2004 年)建议:“不同等级的相邻房间之间(门关闭时)应至少保持 10 Pa~15 Pa 的正压差。某些情况下,无菌处理室和相邻的洁净室有相同的分级。保持无菌处理室和这些相邻房间之间的压差(门关闭时)可以达到有益的隔离效果。在任何设施设计中有无菌加工室与未分级房间相邻的,无菌加工室应始终保持相当大的正压(例如,至少 12.5 Pa)。”

在洁净室的使用寿命期间,空气过滤器会慢慢被尘埃堵塞,整个过滤器的压力会增加,送风量会下降。必须调整空调设备中的风机以弥补这一点。这种调整既可以手动进行,也可以用洁净室设施监控系统进行。该系统监控洁净室之间的压差并自动调整空气供应以保持在规定的压差。但最终还是必须要安装新的过滤器。由于空气供应量的下降,给出些额外的压差帕斯卡来实现一定的“安全系数”是有用的。然而,如果压差过大,则会产生额外的能源成本。

并且,某些整体洁净室的布置可能在开关门时遇到些问题,还有缝隙的“吹口哨”。

1.2 整体洁净室中的压差

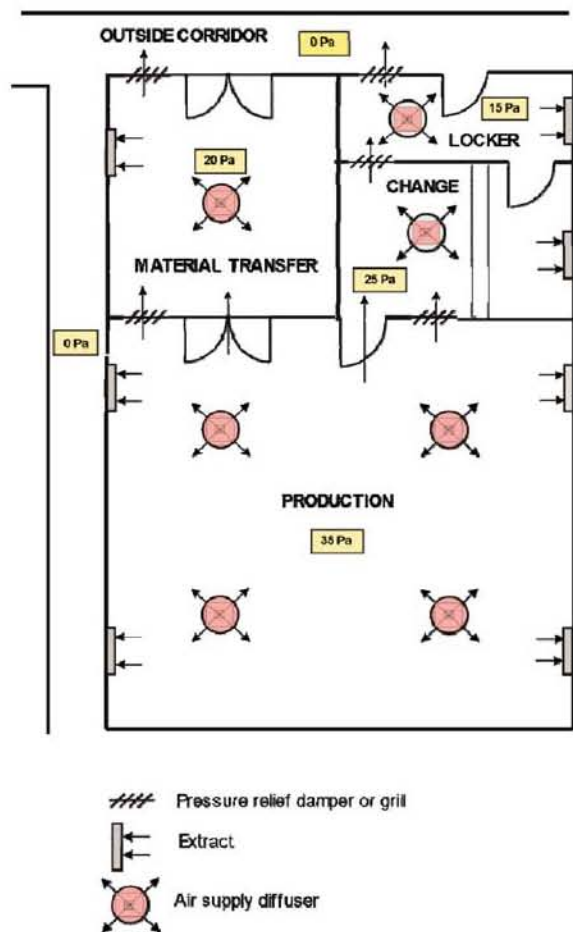


图 1.1 整体洁净室(显示了各房间、区域之间压力和气流)

图 1.1 是前面第 2 章中显示的常见连排洁净室的平面图,其中包含每个房间的设计压力。生产间是最洁净的区域。其与外面通道的压差设置为 35 Pa,这是必要的。因为生产间和更衣室之间有 10 Pa 的压差,更衣室和更衣室之间有 10 Pa 的压差,更衣室和外面的走廊通道之间有 15 Pa 的压差(这是一个未分级区域),这即给出了 35 Pa 的总压力差。由于生产间和外部走廊之间需要 35 Pa 的压差,因此必须在只有一个房

间的物料传输区域施加相同的压差。因此,材料转移区域可以比生产区域小 15 Pa,比外部走廊大 20 Pa;这些压差大于要求,但是可行的。

1.3 压力测量方法

测量洁净室气压的仪器称为压力计或压力表。人们常常认为,用液体柱的位移来测量压力的称为压力计,而其他类型的仪器称为压力表。这些都是在本书中使用的术语。

压力的基本 S.I. 单位是帕斯卡 (Pa), 尽管较旧的单位如“英寸水头表”和“微米水头表”仍在使使用。这些单位之间的换算方法如下:

$$250 \text{ 帕斯卡} = 25.5 \text{ mm 水头} = 1.004 \text{ 英寸水头}$$

压力表和压力计在洁净室中用于测量以下各项:

- 1、整体洁净室中不同区域之间以及整体洁净室与外部未分级区域之间的压力差,以确保空气始终从洁净区域移动到不太洁净的区域,而非相反。

- 2、空气过滤器的压降,以获取何时需要更换过滤器的信息。

- 3、由皮托管测量的送风管道或排风管道内的速度压力。然后从速度压力获得空气速度,在根据风道的横截面积,计算空气供应量或排风量。该方法已在第 5 章和第 6 章中做了说明。

1.3.1 洁净室压力差测量仪

洁净室中使用的主要是如下几种类型的压差测量仪:

● 液柱压力计

● 隔膜压力计

● 电子压力表

液柱压力计:U 型管液柱压力计如图 1.2 所示。这是最简单的压力计,即在 U 型的玻璃或塑料管中灌装一半的液体。图中显示的第一条横线是在没有施加压力时液体位置的基准线。如果将压力 P_1 施加在该压力计管子的一端,因管子的另一端与大气相通,则液柱会发生位移,压力表示为两液柱之间的距离(h)。如果要两个压力之间的差值,则将两个压力分别施加到管子两端,两个液柱之间的长度差给出了它们的压差。

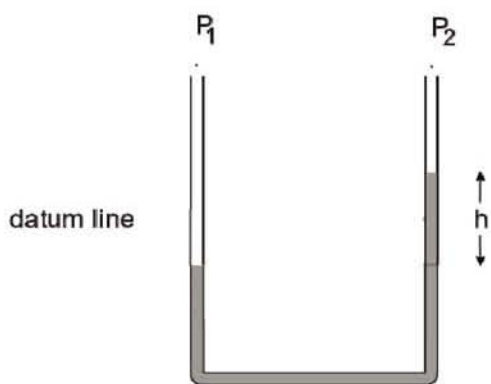


图 1.2 U 型管压力计

在洁净室中测量的压差读数通常太小无法通过 U 型管压力计测量。为了提高灵敏度,其中一根管子是倾斜的(见图 1.3),这样在相同的压力差下,柱子中液体移动的距离更长。

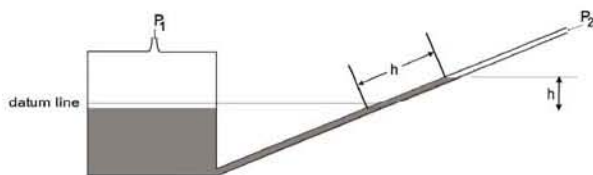


图 1.3 斜管压力计

图 1.4 是便携式斜管压力计的图片。这

种类型的压力计是一种较旧的仪器,大部分已被更紧凑的电子压力计取代(电子压力计稍后讨论)。但它是种坚固可靠的仪器,适用于空气中含有爆炸性混合物且不能使用电气设备的洁净室。



图 1.4 斜管压力计

图 1.5 所示的斜直管压力计是个双用途仪器的示例,它既可以永久连接到洁净室墙壁上以测量该房间与相邻区域之间的压差,也可以连接到空调设备的外部以测出空气过滤器的压差。它既可以用管子下部倾斜的部分测量约至 60 Pa 的洁净室之间的小压差,也可用管子的垂直部分测量空气过滤器的达 600 Pa 的较大压差。



图 1.5 斜直管压力计

隔膜压力计:薄(隔)膜式压力计的一般原理如图 1.6 所示。一个薄的柔性隔膜将

测量压力 P_1 和 P_2 的两个密封腔隔开。施加在这两个腔室上的压力之差使隔膜移动，与隔膜连接的指示器显示出压力差。

图 1.7 所示的磁螺旋压差表是由作用在隔膜上的压力使指针移动来工作的。这种移动是由磁性连杆机构传递的，它避免了连杆机构中的摩擦导致读数不可靠的问题。图 1.7 所示压力表的量程在 0 到 60 Pa 之间，也有适合不同压差范围的其他压力测量表。而且，指针读数也备有数字读数的输出。此外，压力值可以电子方式从这类压力表传递到洁净室设施管理系统。

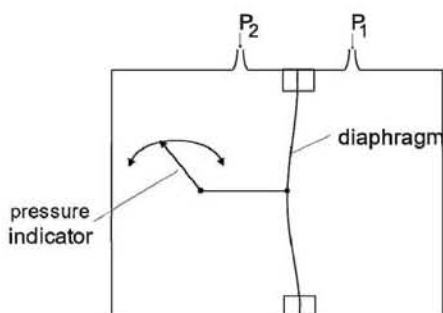


图 1.6 隔膜压力计工作原理图



图 1.7 测螺旋压力表

电子压力计：电子压力计的工作方式多种多样，但它们与前面所述的各类仪器不同。电子压力计是便携式的并且可以数字方式读出压力。其结构紧凑，便于现场测量。常见的电子压力计如图 1.8 所示。



图 1.8 电子微压计

1.3.2 压力表或压力计的应用

测量洁净室之间的压差：洁净室之间的压差可低至 5 Pa，因此洁净室中使用的仪器必须能够准确测量低压。

为了检查洁净室各区域之间的压力差，通风系统应已正确地平衡，进出洁净室的空气量正确。整体洁净室中的所有门都必须关闭。为了手动检查压力差，压力表中的一根管子，从门下穿过或经由打开的旁通格栅或风门进入相邻的房间。管子的末端应该远离门，这样就不会测到门下方间隙中空气运动所产生的压力。然后，读取压力差。

在洁净室外部，通常永久性地安装有一系列压力表，以便人员对其进行定期查看，或由洁净室管理系统进行监控。这种情况下，房间内的压力通常是相对于一个参考点来测量的，例如是接近大气压的外部走廊。通过比较洁净室和外部走廊的读数来获得两个房间之间的压力差。

测量空气过滤器的压差：随着空气过滤器从气流中不断除滤尘埃，它们就会慢慢变脏。整个过滤器的压阻力上升，通过过滤

器的空气供应量就会缓慢下降。这种空气供应量的下降可能会导致整体洁净室中的压差下降。这种情况下,会使用仪表来测量空调设备内初效和中效过滤器的压差,还可监测末端高效空气过滤器的压差。对末端高效过滤器,既可以测量每个过滤器的压差,也可以测量洁净室中所有过滤器送风管中的压力增加情况。可以手动或使用洁净室管理系统提高空调风机的速度来克服过滤器上游压力的增加。但是,将来会在某个时刻达到这样一个点:风机已无法克服上游压力,过滤器需要更换。

新高效空气过滤器的压降原本就很大,随着过滤器变脏,压降会显著增加。新高效过滤器的压降可在 50 Pa 到 350 Pa 之间。通常建议高效过滤器的压降增加到 2 到 3 倍时予以更换。然而,这个建议只是一个建议指标,因为它不能用于初始压降高的过滤器,这些过滤器需要提前更换。这还取决于空气处理设备,该设备可能无法应对过滤器上游压力的大幅增加。记录空气供应量和空气过滤器压差随时间的变化是有用的。这可确定过滤器需要更换的时间,也有助于预测未来更换过滤器的时间,并且可以将这个时间纳入维护计划中。

2. 微生物采样基础

制药和医疗器械制造商使用的洁净室和洁净区,必须控制其中的微生物数量,以确保其浓度不超过规定水平。EU GMP 附件 1 (见表 4.4) 和 FDA 指南 (见表 4.5) 等文件规定了洁净室中不应超过的微生物浓度;本书第 4 章也讨论了这两个文件。

洁净室供应的是不含微生物的空气并相对于毗邻区域呈正压,因此人员很可能是微生物的主要来源。在“空态”或“静态”情况下,人员不在场,微生物检测的用途有限。然而,当洁净室完全投入使用并被占用时,微生物会不断地从房间内人员身体上散发出来。因此,有必要对洁净室进行测试,以证明微生物没有超过规定浓度。在 (a) 空气中、(b) 洁净室表面和 (c) 在洁净室工作的人员身上采集微生物属正常测试。

本章概述了对洁净室中微生物进行采样和测量的方法。如果需要更全面的信息,可以参考附录 I 和 J。

2.1 体积式空气采样

可用于对洁净室空气中携带微生物颗粒 (microbe-carrying particle, MCP) 的浓度进行采样的仪器有几种类型。这些采样器通常被称为“体积式”空气采样器,因为它们对给定体积的空气进行采样,从而与沉降盘采样区别开来。在沉降盘采样中, MCP 主要通过重力沉积到琼脂盘上。体积式采样也称为“有源”采样。

已经发明了许多类型的采样器来对空气中的 MCP 进行采样。在洁净室中,最流行的类型是将 MCP 撞击到琼脂上的撞击式采样器。撞击采样器采用以下技术从空气中收集 MCP:

- 惯性撞击,
- 离心力撞击。

在这两种采样方法中, MCP 都被撞击到琼脂培养基的表面上。琼脂是一种果冻型物质 (琼脂), 其中添加了支撑微生物生

长的营养物质。落在琼脂表面上的 MCP 会繁殖。如果在合适的温度下放置足够长的时间,颗粒上的微生物就会繁殖并发展成所称的“菌落”。这些菌落通常直径是几毫米,并且可以被看到并进行计数。琼脂盘通常在 $30^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 下培养 3 天,因为这是细菌生长的适宜时间和温度,而且细菌是洁净室中微生物的主要类型。如果要计算霉菌和酵母菌的菌落,则需要在 $20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 下培养 4 天,因为这些条件能更有效地促进霉菌和酵母菌的生长。计算出菌落总数,知道采样器的空气采样速率,就可以得出空气中 MCP 的浓度,并以每 m^3 的数量报出。惯性采样器依据其不同的类型,通常每分钟采集洁净室空气样本 30 升到 200 升。欧盟 GGMP 附件 1 要求制药洁净室中最洁净区域的空气中微生物浓度不高于 $1/\text{m}^3$ 。因此,具有较高体流量的空气采样器有助于防止采样时间过长。

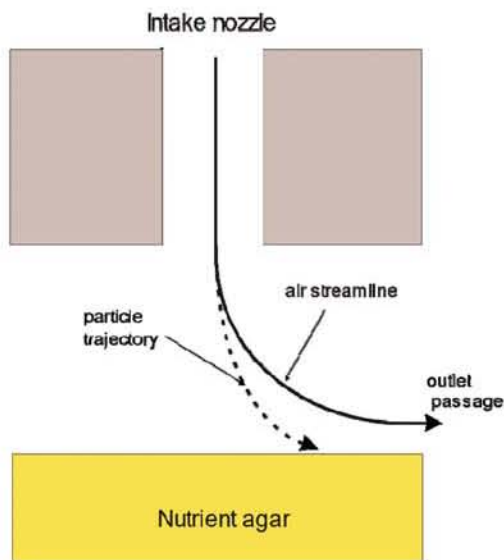


图 2.1 惯性微生物空气采样器内的气流
惯性撞击采样器的工作原理如图 2.1

所示。采样空气通过采样口时被加速到约 20 m/s 到 30 m/s 的速度。该速度将确保空气以直角转弯时, MCP 的惯性将使其离开气流并撞击到琼脂表面。一些撞击采样器通过窄缝吸入空气,这被称为“窄缝采样器”。其他类型通过单孔或多孔吸入空气,被称为“筛式采样器”。筛是采样器的示例如图 2.2 所示。



图 2.2 惯性撞击式空气采样器,前部筛子
分离后显示出内部的琼脂盘

离心式采样器在洁净室中也很受欢迎,这些采样器通过旋转叶片将空气吸入采样器。被从离心力气流中甩出的 MCP 最终落在琼脂表面上。空气中 MCP 的数量可以在培养后由琼脂上形成的菌落数量来确定。附录 I 中对此类仪器进行了描述。

2.2 沉降盘空气采样

本章前一节已经描述了体积式微生物采样。然而,空气中微生物的体积式采样,是对微生物沉积在或接触到洁净室生产的产品的可能性的间接测量。体积式采样测量的是在空气中移动的 MCP 的数量,但沉降盘采样确定了在已知时间内实际沉积在关键表面上的 MCP 的数量。

在沉降盘采样中,将含有琼脂培养基的培养皿打开并暴露给定的时长,以使MCP沉积在其上。常用的是直径90 mm(内部面积64 cm²)的培养皿。但在高质量的洁净室中,只有较低的空气污染,更大的140 mm(内部面积154 cm²)培养皿更适合。在规定的暴露小时数内沉积在琼脂培养基皿表面上的MCP的数量,是通过培养沉降盘并计算其上形成的微生物菌落的数量来确定的。图2.3中显示的是经培养后的沉降盘。

沉降盘的实用暴露时间是4h,因为a)与人员在洁净室的时间相同,b)可以连续监控生产工艺过程,c)因空气流动使琼脂脱水(干燥)造成的微生物存活率降低几乎不存在。

培养皿中应该放有大约2/3~3/4的琼脂,以尽量减少脱水。沉积可以报告为在给定时间内沉积在培养皿面积上的微生物数量。然而,将该速率报告为微生物沉积速度(MDR)可能更科学,即每平方米琼脂表面每小时沉积的MCP数量。



图 2.3 培养出约 25 个微生物菌落后的沉降盘琼脂表面

2.3 表面微生物采样

洁净室表面上的微生物浓度测量有几种方法,但洁净室中通常使用两种方法。这些采样方法是接触采样或擦拭采样,其他方法在附录J中描述。

表面接触采样

在对相对平坦的洁净室表面进行采样时使用接触盘或接触条。经常使用图2.4所示类型的RODAC(复制生物检测和计数)培养皿(接触盘)。这些盘子的直径通常为55 mm,内盘充满琼脂培养基,使用前由盖子在边缘上扣住起到保护作用。将15.5 mL~16 mL的琼脂培养基倒入空腔中,使其充满,并形成从边缘稍有弧形竖起的琼脂。也由结构相似但形状为矩形的接触条。

将暴露的琼脂在洁净室表面上滚动以进行采样,微生物就会粘附在琼脂上。培养皿在合适的温度下培养合适的时间后,微生物会长成可计数的菌落。然后将微生物浓度报告为每个接触表面面积的数量,但报告每平方米的浓度更科学正确。

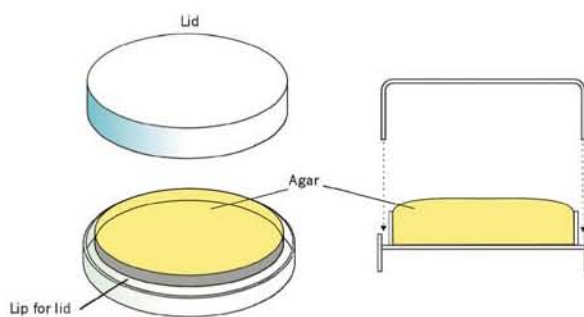


图 2.4 接触盘

擦拭

洁净室中不平坦或难以触及的表面的采样,最普通的方法是使用图2.5所示类

型的拭子。最简单的方法是用干燥的无菌拭子随机擦拭洁净室表面进行采样，然后再用其擦拭琼脂盘，使拭子上的微生物涂沫到盘上。再培养琼脂盘并确定其上的微生物计数。为了提高效率和再现性，拭子应该用无菌液体(例如盐水)润湿且采样表面积已知。然后，就可以按每平方米微生物的数量给出表面微生物的浓度。

2.4 对人员的采样

人员是洁净室中微生物的主要来源。人员一般会受到常规监测，以确保他们没有携带可能导致微生物污染的高浓度微生物。当在空气中、表面上或产品上发现异常高浓度的微生物时，可能必须寻根溯源找到该源头人员。常用的方法有：



图 2.5 用拭子擦拭过滤器护网进行采样

(不得触碰过滤介质)

●手指按压。人员将其指尖或戴着手套的手压在琼脂盘上，其后计算微生物的数量。

●表面接触采样。用接触盘对人员的服装采样。

(上接第 16 页)

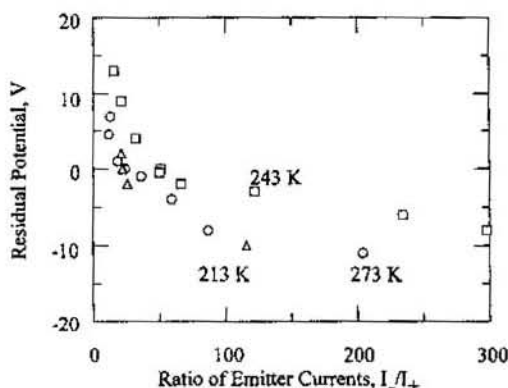


图 9 电流比率对残余电压的影响

主要参考文献：

(篇幅限制，此处从略)

表 1 空气和氮气环境中的电荷衰减时间

T (K)	V ₊ (kV)	V/V ₊	I _e (μA)	I/I _e	CDT, (s)	CDT/ CDT ₊
213	7.5	0.44	29	22.2	20.2	1.15
243	5.6	0.52	13	50.9	16.8	1.15
273	6.0	0.45	27	24.0	13.0	1.24
300	6.3	0.66	39	0.29	14.8	1.3
315	7.5	0.67	81	0.40	6.8	1.4
323	7.5	0.67	86	0.40	6.2	1.5
362	7.5	0.67	84	0.71	3.4	1.1
373	7.5	0.67	80	0.80	2.6	1.0
393	7.5	0.67	54	0.77	1.8	0.9

防静电产品电阻测量方法的探讨

孙延林

中国电子仪器行业协会防静电装备分会,北京,100000

(接 2025 年第 1 期)



图 5 表面点对点电阻、对地电阻
(静电泄漏电阻)测试电极

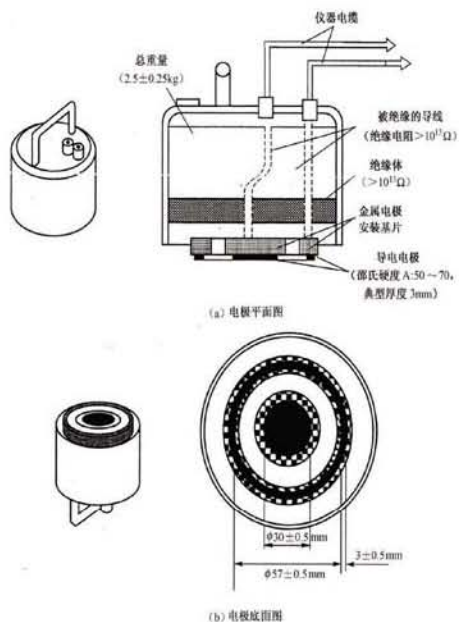


图 6 表面电阻测试电极

表 5 同一块桌垫使用万用表探针

和 IEC 柱状电极测试结果

电阻参数	点对点电阻 (Ω)	对地电阻 (Ω)
测试探针	2.32×10^{11}	5.62×10^9
IEC 电极	3.15×10^7	1.15×10^6

注:测试仪器为同一台电阻测试仪,施加电压相同,测试条件相同。

因此在测试结构尺寸较小的防静电器具(镊子、毛刷、改锥、棍状物品等)时,如果不是导电金属制品,则必须使用有一定接触面积的电极,其接触面积不宜低于 0.5 cm^2 。对于面积较大物品(包装、地坪、桌垫、椅子等等)应使用图 5、图 6 规定的电极。

在实际工作中,有很多企业采用金属柱状电极(在接触面没有使用导静电橡胶、橡塑等有柔性的材料)测试地坪或表面平整度不好的物品,由于接触不好使接触面积变小,检测出现较大误差(见表 6),因此国际标准将电极接触面材料和硬度做了专门规定:使用材料为导静电橡胶、橡塑,邵氏硬度 A 50~70°,厚度 3 mm,体积电阻 $< 1 \times 10^3 \Omega$ 。即使使用电极接触面积较小的电极(测试镊子、毛刷等小工具),接触面也应使用有一定柔性的导静电橡胶等,以便接触良好。

如果使用金属电极(接触面无导电橡胶、橡塑)测试表面平整度不良的物品时,为保证测试结果的准确性,则应在接触面涂覆导静电胶,以保证电极表面与被测物表面接触良好。特别需要注意:不能使用湿

滤纸、布等作垫层改善电极与被测物表面的接触。因为水对测试表面有一定浸润作用,会使测试结果有较大偏移。

表 6 使用不同电极测试地坪的结果

电阻参数	点对点电阻(Ω)	对地电阻(Ω)
金属柱状电极	3.65×10^5	1.32×10^5
IEC 柱状电极	1.25×10^7	2.64×10^7

注:测试环境条件相同,测试位置相同,测试仪器相同。

1) 电极接触面洁净度和电极重量影响

国际标准和 SJ/T10694 对电阻测试时所用电极重量和被测物品表面清洁度都有规定,重量太轻会使电极接触被测表面的密实度降低,出现测试结果偏移。标准规定电极重量在 5 英镑 ($2.5 \pm 0.25\text{Kg}$) 左右。现在很多企业使用的电极 0.5–1Kg 左右的柱状金属电极,由于接触压力小,接触密实度不够,使测试出现偏差。因此采用重量较轻的电极,则应考虑电极与被测物品使用柔性导静电橡胶、橡塑之类垫材使之接触良好,以减少测试误差。另外现在常使用的一些表面电阻测试仪(使用双条状电极,见图 7),由于仪器重量轻(0.2Kg 左右),在测试时常因为手按压力不同,使电极与被测物接触不良或过于紧密,使测试结果出现 $1 \times 10^2 \Omega$ 及以上的偏差。国际标准为了减少测试误差,对电极接触压力或条状电极接触压力规定在 5 英镑左右或如图 5、图 6 所示。

测试电阻时应保证测试表面清洁和不要被胶、油污、尘土等覆盖,如有则应清理干净后再进行测试。清理时如果用水等介质,要防止水浸润被测物体表面对测试的影响。表 7 示出了有、无尘土的同一地坪电阻测试结果。



图 7 表面电阻测试仪(使用条状电极)

表 7 地坪有、无尘土的测试结果

电阻参数	点对点电阻(Ω)	对地电阻(Ω)
地坪有尘土	8.65×10^9	1.45×10^9
地坪无尘土	6.25×10^8	8.34×10^7

(2) 测试样品的预处理对电阻测试的影响

一般在企业车间现场测试防静电产品时,由于现场很多因素不能人为控制或者要根据现场情况来判定防静电产品性能,所以一般不采用对产品预处理方法。但在第三方实验室,为了准确判定防静电改性产品的性能,往往则对产品进行预处理,以判定防静电性能持久性和在干燥环境中防静电性能等。对测试样品预处理方法大致有以下几种:

1) 对样品除湿,降低样品含水率

有很多样品在检测前存储的环境湿度很高(湿度大于 70%HR),样品含水率较高(见表 8),如果不进行除湿处理,测试结果不能反映样品防静电改性真实情况,因此很多标准规定对样品在检测前必须进行低湿度环境中放置一段时间或用干燥箱进行除湿预处理(见表 9)。

表8 部分长期放置在60%~90%RH环境中物品的含水率

样品种类	陶制 瓷砖	水泥	纸箱	木板	玻璃	尼龙
含水率(%)	2~4	1~6	<2	<2.5	<0.01	<0.1

表9 产品检测前放置环境温、湿度的要求

放置时间(h)	24~72	24~72	24~72
环境温度(℃)	16~28	16~28	16~28
环境湿度(RH)	12%±3%	25%±3%	50%±3%

有些防静电材料、用品在加工时,为了确保防静电性能符合要求,加入了很多亲水性抗静电剂(吸收空气水分子降低电阻的抗静电剂)。这种改性材料、用品在干燥环境中由于抗静电剂不能吸收大量的空气水分子,会使表面电阻提升很多,甚至不符合标准要求。因此将防静电产品、材料放置在低湿度环境中(12%±3%)一段时间后,再检验其防静电性能是非常必要的。

2) 对样品采取物理或化学的处理方法

有些防静电用品在加工时采用一些短效的防静电处理方法,例如涂覆抗静电剂、内加亲水性抗静电剂、或是金属盐类浸泡产品等方法。采用这类方法处理的产品在使用时,防静电性能会在较短时间丧失,使静电防护工作出现漏洞。因此很多标准针对些情况提出了一些物理或化学处理方法,以检验防静电性能持久性。

a. 防静电工作服、织物的预处理

早期使用的防静电服装和一些织物都是用抗静电剂处理使其具有防静电性能,但是在使用中,特别是防静电服经过洗涤后,服装的防静电性能丧失。因此针对这类问题,国标 GB12014【防静电工作服】对防静电服、织物在测试防静电性能前作了如

下耐洗涤规定:所用洗涤剂为pH值为7~7.5的合成洗涤剂,衣物洗涤按表10要求洗涤。洗涤有两种方法。

按洗涤次数洗涤:将试样放入洗衣机中,按表10规定的洗涤条件。洗涤15min后排水,再脱水1min。换常温清水,漂洗2min后,排水,再脱水1min。重复步骤上述步骤共100次后晾干衣物。

表10 洗涤条件

项目	条件	项目	条件
洗涤方式	普通洗涤	洗涤液浓度	2g/L
洗涤水温	(40±3)℃	溶比	1:30(布:水)
水容量	30L以上	负荷	添加棉白布

按连续时间洗涤:将试样放入洗衣机中,按表10规定的洗涤条件进行洗涤。洗涤按表11进行。洗涤脱水后的试样自然晾干。

表11 洗涤要求

序号	1	2	3	4	5	6	7
洗涤程序	洗涤 9.0h	排水 水	脱水 2min	洗涤 8.0h	排水 水	脱水 2min	按序号4~6 重复3次

实践证实防静电服、织物等经过上述洗涤程序,在规定温、湿度环境中放置24小时后检验其防静电性能是否符合标准要求,基本可以作出判定。这种耐洗涤方法不但对仅用抗静电剂处理的工作服,对采用高分子改性导电纤维、渗碳纤维、导电纤维(不锈钢、铜等)等制备的服装的防静电性能耐久性检验也是适用的。

b. 防静电瓷砖的预处理

防静电瓷砖有四类:陶制砖、炻质釉面砖、瓷质釉面砖、玻化砖。有些企业对防静电瓷砖工艺没有掌握,而采取一些在瓷砖表面喷涂防静电树脂、或用金属盐(氯化锌、氯化镁等)浸泡、表面涂抹抗静电剂方法。

用这些方法由于不是用高温烧结(1100℃以上)制备防静电瓷砖,其防静电性能都不能持久。因此为了解决市场“假冒伪劣”防静电瓷砖的识别问题,国标 GB26539【防静电陶瓷砖】对瓷砖防静电性能长效性试验方法规定如下:

先使用 PH 值近似为 7 的清水清洗好试验样品,并清除试样表面的残渣及污物,并用清水清洗擦干,放入高温炉内。炉内升温速率 $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。升至 $550^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$,保持 1h(小时)。随炉自然冷却待用,试样处理方法见表 12。

表 12 瓷砖处理方法

试样组号	处理方法	温度	试样数量
1	在体积浓度 3% 的 HCl 的溶液浸泡 24h	20—25℃	2
2	在浓度 100g/L 柠檬酸溶液浸泡 24h	同上	2
3	在浓度为 20mg/L 的次氯酸钠溶液浸泡 24h	同上	2
4	在浓度 100g/L 的碱溶液浸泡 24h	同上	2
5	在蒸馏水中浸泡 48h	同上	2
6	不浸泡	同上	2

将浸泡处理后的 1—5 组试样和未浸泡的 6 组试样放入微沸蒸馏水中保持 2h 后取出擦干。再将上述所有处理完试样放入烘箱在 $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 温度下烘 8h 后取出在温度 20—25℃,相对湿度小于 40% 环境放置 48h 后测试防静电性能(测试电阻参数),如每块试样测试符合标准 GB26539【防静电陶瓷砖】规定,则为防静电性能长效型防静电瓷砖。

C. 防静电贴面板预处理(PVC、HPL 等材料)

预处理原理:试件在中性沸水内煮 8h 后,对试件干燥和预处理后,对每个试件电阻值进行测试以判定是否符合要求。

试验方法:将试件插入试件夹并放入盛有沸腾的中性蒸馏水的容器内,注意防止试件与容器或其它试件接触。在沸水煮处理过程中,试件应始终浸没在沸水中。经沸水煮 $(240 \pm 10) \text{ min}$ 后取出试件夹,立即放入盛有 $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的蒸馏水容器内,液面超

过试件,冷却 $(15 \pm 5) \text{ min}$ 。从水中取出的试件,用清洁干燥的脱脂纱布擦去表面水渍。

重复上述过程一次后,将试件放在 $(40 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的鼓风干燥箱内处理 $(24 \pm 1) \text{ h}$,然后放入干燥器内冷却至 $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 。将试件在相对湿度 $25\% \text{ RH} \pm 5\% \text{ RH}$ 、温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中放置 48 小时后,测试其材料表面电阻和体积电阻。如电阻值符合 SJ/T11236 有关要求。则认定该防静电贴面板防静电性能是长效型,如不满足要求,则认定该防静电贴面板防静电性能是短效型。

(3) 用数字式仪表测试偶极性高分子材料电阻常出现的问题

随着检测技术发展,现在很多测量仪器发展为数字式测量仪,其具有精度高、省电、读数方便等特点,但在实际测量工作中常出现使用模拟测试仪表很少出现的问题。

测试偶极性高分子材料电阻时,常出现在电极施加直流电压时,偶极性高分子材料在电极之间的电场影响下发生极化现象,

极化建立过程时电子通过速率呈现不稳定的(吸收现象),此时对于测试仪器的低电平数字显示器出现跳动不稳定现象,这种过程一般要数秒或十几秒以上时间待材料极化趋于稳定时,显示才稳定(有的材料时间更长)下来。由于模拟测试仪器的表针推动需要较高电平和表头驱动阻尼系数影响,一般细微的电平变动不会在表针显示出来。因此使用数字式电阻测试仪时,一般电极放置在被测材料的测量时间大致在15s-60s(某些标准规定的测试时间),然后再读取测量数据,这时得到的测量数据比较准确。

(4) 使用三电极及屏蔽箱测试高电阻材料需注意的问题

对于电阻测量,特别是高阻值范围(大于 $10^{12}\Omega$)时,常因现场电场或无线电干扰信号影响,使测试结果出现很大偏移。对于高电阻测量,当物体测试电流很小时,测试结果会受到环境杂波(环境电磁场、静电感应等)影响,此时要使用保护电极设置屏蔽或将整个测试电极放入屏蔽箱体。对于三电极系统所用的保护电极(见图8)就是对主电极起屏蔽作用,防止外界干扰。此时保护电极或屏蔽箱的良好接地就比较重要。

(5) 材料电阻和电阻率之间的关系

通常电阻测试值和电极的几何尺寸及之间距离有关。而电阻率只与被测材料、物

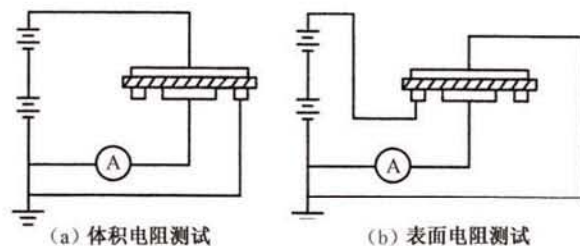


图8 使用保护电极测试体积和表面电阻

品本身导电状况有关。当被测材料为均质导电材料时,测试和计算材料的电阻率是有意义的,而且结果较电阻测试更精准。如果被测材料不是均质导电材料,此时材料电阻率是不均匀的,则不同位置测试或计算的电阻率就存在很大误差,同时该参数没有实际使用意义。因此在实际工作中(在国际、国内防静电测试标准明确规定的条件下;如测试电极、仪器、测试环境温湿度等)测试电阻参数即可满足实际需要,电阻率参数不需考虑。

三、结束语

以上将日常测试电阻参数常遇见的问题和注意事项作了简单探讨与研究,这些问题经常在日常测试工作中遇到,应引起大家重视,否则极易引出现测试数据不准确或出现较大差异并对工作造成不良影响或者损失。另外随着应用场合变化和测试技术、仪表更新换代,在实际工作中还会出现一些新问题,这就需要不断总结经验,发现问题和不断改进以提高测试水平。

(续完)

储罐雷击精确定位监测和报警系统研究

姜仁杰 张诗博 邹宜颖 董彬彬

中国石油集团安全环保技术院有限公司大连分院, 大连, 116031

【摘要】 本文根据雷电流特性结合罗氏线圈的工作原理开发单体储罐雷电精确定位监测和报警技术,通过实验校正将其采集误差控制在 $\pm 5\%$ 以内。同时设计了采集罗氏线圈传感器输出的雷电流信号,通过AD采集、绝对值电路、无线模块等模块进行数据分析、存储、发送。开发10/350 μs 波形雷电流在线监测系统,可接收无线数据,用来监测雷击发生时间、雷击幅值、雷电极性、雷击罐号、雷击部位等参数。通过描点还原采集到的雷电流波形图,并进行报警连锁处理。

【关键词】 雷电流;储罐;罗氏线圈;监测;报警

1. 雷电流检测

18世纪中期,富兰克林最先在美国各地开始了对雷电的直接探测,同时发明了避雷针。后期随着现代电子工程技术的不断进步和科学技术的不断改进,理论的深入分析和科学仿真以及实验的不断成熟,人们先后相继提出了磁棒和钢棒法、磁带雷射法和基于罗氏线圈的电磁雷射和电流运动测量法等创新技术。

磁钢棒法主要是指利用雷击电流所产生的磁场的工作原理和磁钢棒本身具有很强的电磁矫顽性,雷击电流时就会产生磁场,这样就可以磁化磁钢棒。通过对磁钢棒中的剩余磁铁多少进行检测,可以判断出雷击时电流大小。该种雷电检测技术方式虽然发展较早,使用范围较为广泛,但受到了磁钢棒本身特性的限制,检测结果可能存在着较大的偏差,且无法检测到较远的雷击和较小的雷电流^[2]。

磁带法就是将这种磁带式的雷电记录设备部署到雷击载体附近,利用具有较高灵敏度的磁带传感器来实现对基准信号的记录。这种方法相比磁钢棒法的准确性提高很多,但只能记录雷电流的大小,无法准确记录的雷击的其他数据与信息^[2]。

基于罗氏线圈的雷电流测量技术方法主要是一种利用罗氏线圈自动制作的雷电流传感器,将数据通信模块直接安装在一个距离数显线路较远的地点或位置上,为了能够实现较好的数据信息传送,使用屏蔽双绞线作为数据传输线路,数据采集终端将数据采集得到的信息经过高频数据处理后,将无线电信号转换成红外光信号,经过多段光纤进行数据通信,送至监控系统的后台。

我国在对雷电的测量和研究工作方面也投入了大量的科研资源,也取得了一定的科研成果。1960年,我国的雷电科学研究所的工作人员首次针对前人和苏联的磁铁型

钢棒雷击测量方法研究进行了重大创新,研制开发出了磁铁型钢式发生雷击的电流量及陡度仪,首次实现使用磁铁式钢棒测量来准确检测发生雷击的电流量及陡度的各种参数。在 20 世纪 80 年代早期,我国以吴璞三^[23]等人作为主要成员代表的专业防雷设计工程师们先后使用另一种不同形式的磁式和钢式电流检测器的方法,首先检测到并得出了防雷管中电流的运动陡度。2001 年 9 月清华大学自主研制利用罗氏线圈雷电流检测传感器,并自主开发出一套完整的雷电流检测自动控制软件系统。2007 年 9 月武汉大学更为精密成功地实测并分析得出在输电杆塔作用下的一个震动时产生的振荡雷电流波形。随着当前我国现代科学技术的不断推动其技术进步与快速发展,每种基于雷电流精准测量的应用方法均充分体现出其各自的技术优点与存在的缺陷。因此对于各种雷电流的进一步深入研究分析进行研究,取其精华然也去之尽其糟粕,从而可以实现对各种雷电流的实时精准测量检测。

2. 标准雷电流分析

根据常规 IEC62305 和 GB50057-2010 规定,常见的雷电流一般为 $1.2/50\mu\text{s}$ 、 $8/20\mu\text{s}$ 、 $10/350\mu\text{s}$ 三种类型,目前实验室内进行模拟和研究比较多的是 $8/20\mu\text{s}$ 、 $10/350\mu\text{s}$ 两种波形雷电流。

表 1 $10/350\mu\text{s}$ 和 $8/20\mu\text{s}$ 雷电流特点

$10/350\mu\text{s}$	$8/20\mu\text{s}$
时间和电流的曲线	时间和电流的曲线
典型雷电击穿大地的雷电流曲线	典型雷电击穿大地(避雷针或临近接闪物)引起的电磁脉冲感应过电压
雷电直接袭击线和避雷针的雷电流曲线	电磁脉冲感应过电压击穿、烧毁设备时的电流曲线
直击雷波形	雷电感应波形

由理论数据,计算可得到 $10/350\mu\text{s}$ 和 $8/20\mu\text{s}$ 雷电焦耳能量,已知在同等雷电流作用下,二者雷电焦耳能量的比值为 17.5。由此我们得出, $10/350\mu\text{s}$ 和 $8/20\mu\text{s}$ 雷电焦耳能量存在本质区别。

在自然界中超过 200kA 的雷电仅只有约占总雷电数量的 1% 左右。出于经济、安全等各方面综合考量,IEC 标准和国家标准对各种建筑物防雷措施进行了具体的分类,该标准主要是参考了建筑物的地理位置、重要性、使用特点,以及遭受雷击的可能性。储罐作为重大危险源,其所在的火灾风险以及爆炸环境按照标准被归类为第一类的防雷建筑物,在标准中明确规定了其所有防范地区内的雷电流幅度为 200kA。

标准雷电流波形如图 1 所示,以标准雷电流幅值为 200kA 对图 1 进行分析计算即得,从下图,我们可以清晰的看出,幅值从 0 到 100kA 即标准雷电流上升至半峰值需要一段短暂的上升时间,而标准雷电流波形达到峰值后,其再次衰减为 0 的下降时间较长。

其中 I_{max} 为峰值电流, T 为前峰时间, T_2 为半峰时间。

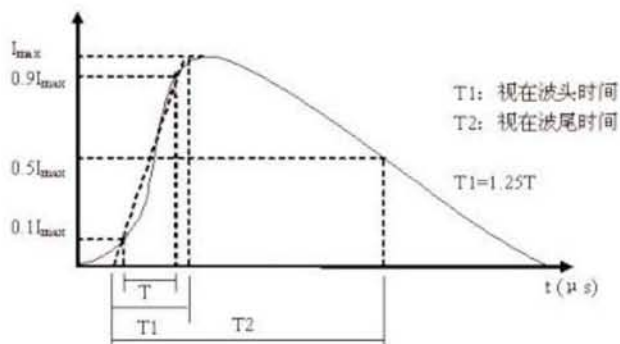


图 1 标准雷电流波形

其中, 第一类最严格的防雷标准对于建筑物需要使用最大峰值 $I_{max}=200kA$ 的雷电流, 其热影响与比能 $W/R=10MJ/\Omega$, 电荷 $Q=100C$ 。雷电流平均陡度为:

$$di/dt=20kA/\mu s \quad (1)$$

对于呈指数衰减的雷电流信号, 电荷 Q 和比能 W/R 可用下式近似:

$$\frac{W}{R}=\frac{1}{2} \times \frac{1}{0.7} \times I_{max}^2 \times T_2 \quad (2)$$

$$Q=\frac{1}{0.7} \times I_{max} \times T_2 \quad (3)$$

由以上三个式子我们同样可以直接得出求得一次最大强度雷电冲击前峰时间和半峰时间的近似值其数值分别等于是:

$$T=I_{max} / (di/dt)=10\mu s$$

$$T_2=350\mu s$$

储罐被归类为第一类防雷建筑物, 由式 (1) (2) (3) 确定精确的定位检测与报警装置以 $10/350\mu s$ 标准雷电流波形作为检测目标。雷电流的机械影响主要参考值分别为雷电流峰值 I_{max} 和给定比能 (W/R), 则对数据进行采集时, 只需要起始时刻到半峰值时刻的波形数据即可, 此时可确定雷电流中最关键的参考值数据已被完全地保存下来。

3. 罗氏线圈机理

雷电流的检测是通过罗氏线圈、微分电流传感器、空心线圈等进行。检测到的输出信号就是电流对于时间的微分, 通过一个针对输入的电压或者信号来进行累加和积分的电路, 可以真正地还原输入的电流。电流检测器具有实时检测、响应速度快、反射频率高、误差小等优势, 可广泛应用于采集雷电信号。

罗氏线圈检测, 应用于自动化地测量线

圈电流的感应理论和基本定律分别是, 法拉第电磁感应定律和安培环路定律, 当被线圈检测得到的电流随着线圈的轴线逆时针方向移动贯穿罗氏线圈的绕组中心时, 在罗氏线圈内的环开口和绕组所需要的电流包围的一定质量体积内它就自动地产生一个相对于强度而发生不同变化的径向磁场, 强度变化系数大约 H , 由安培环路感应定律公式可得:

$$\oint H \cdot dl = I(t) \quad (4)$$

由 $B=\mu H$, $e(t)=d\Phi/dt$, $\Phi=N \int B dS$, $e(t)=M di/dt$ 得:

其截面为矩形时, 互感系数 M 和自感系数 L 分别为:

$$M=\mu_0 N h \ln(b/a)/2\pi \quad (5)$$

$$L=\mu_0 N^2 h \ln(b/a)/2\pi \quad (6)$$

由此可见, 线圈一定时, M 为定值, 线圈的输出电压与 di/dt 成正比, 即罗氏线圈的输出电压与被测电流的微分成正比, 只要将其输出经过的积分器, 即可得到与一次电流成正比的输出电压。

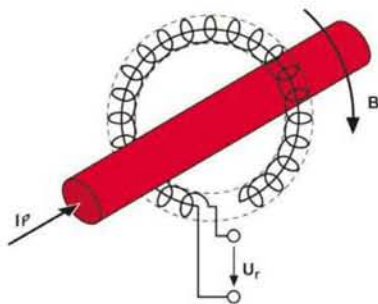


图2 安培环路定律示意图

我们可以把罗氏线圈的电阻看作是一个等效的电阻, 被检测到的雷电流通过这个等效的电阻后, 转换成相应的电压信号。被检测到的雷电流通过线圈进行转换后, 其输

出的电压根据线圈的匝数 n 和终端电阻 R_t 而定。选择正确的 n 和 R_t 即可以计算得出理论上的输入电压。在理论上的方法计算下,最大触发雷电流 200kA,需要罗氏线圈匝数设定为 20k 匝,终端电阻设定为 0.2Ω ,则线圈的输出电压设定为 2V。在进入实验室的模拟工作条件下,最大的模拟电流范围设定为 100kA,用 10k 匝罗氏线圈,终端的输入电阻值设定为 0.2Ω ,则线圈的输出电压设定为 2V。

4. 雷电流监测系统

系统主要由主控部分和上位机监控平台组成(如图 3),两者通过天线以及无线模块连接。主板主要由雷电流感应部分、无线发送部分以及供电单元组成,上位机监控平台主要由无线电接收部分以及上位机监控软件组成。

4.1 雷电流采样

选择恰当的采样频率,我们就能够根据所采集的数据将其恢复后显示出原始的波形,正确观测到雷电流的波形。如果采样频率太低,就会导致频谱的重叠,造成波形的

失真,因此所有采集数据的分布式包络都无法真实反应原始信号的波形。根据奈奎斯特的采样定理,对任何一个信号,必须要求采样的频率为其最高频率的 2 倍,才能保证保留所有信号特征。

从采样频谱的数学观点分析来看,4MHz 的能量采样陡度波形可以不太大失真地直接通过采集可以得到一个检测雷电流的主要检测能量陡度区间。对于如何采集整个半峰值的时间段是采集 $10/350\mu\text{s}$ 的频率标准雷电流的关键因素,4MHz 的标准采样采集频率能够实现在采集整个雷电流的长度前锋 40 个标准数据点,整个半值和峰值的采集时间段长度分别为 1400 个标准数据点。对于从最初的一个波峰压缩到半峰值点,一直都是平滑的低速点和下降压缩曲线,因此可以通过使用各种数据处理压缩器组件来尽量减少这些数据。剩下的 $340\mu\text{s}$ 雷电流的计算数据量大约应该是 1360 个数据点,对其数据进行每四个点中取一个为该数据的计算平均值,则将其压缩成 340 个数据点。对后半部分陡度波形峰值进行了陡度

压缩,使整个关键雷达波电流采集数据的陡度采集过程成为 380 个数据点。所以仅通过 380 个数据点就可以高度有精度的准确保存 $350\mu\text{s}$ 标准雷电流的相关数据。

4.2 上位机单元设计

上位机监控软件基于 Visual Studio 2015 开发环境,使用 C# 语言开发。VS 是一个基本完整的开发工具集,它包括了整个软件生命周期所需要的大部分工具,如

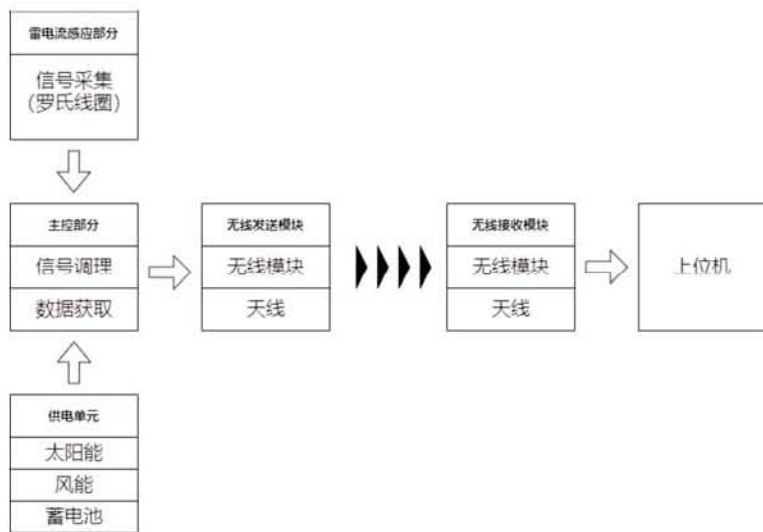


图 3 系统组成

UML 工具、代码管控工具、集成开发环境 (IDE) 等。

上位机监控软件基于如图 4 的架构设计图。

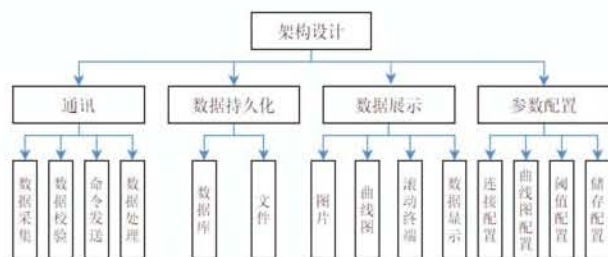


图 4 架构设计图

通讯：主控部分与上位机通过无线连接通讯，通讯正常后可接收数据，数据经过校验后被格式化处理后，同时上位机可以通过无线连接通讯向主控部分发送命令。

数据持久化：格式化好的数据可以存入数据库、文件中。

数据展示：格式化好的数据在软件窗口可以通过曲线图显示，通过滚动终端显示，数据经过阈值判断后可以触发报警，历史数据可以通过调用数据库查看历史曲线图。

参数配置：用户自定义的软件配置可以保存，用户可以配置串口连接信息，预警阈值，持久化数据存储位置。

5. 实验及应用

5.1 10/350 μs 冲击电流测试

10/350 μs 冲击电流是直击雷电流呈现的波形，该波形一般是大电流、高能量，为了更好地考核“储罐雷击精确定位检测和报警装置”在直击雷大电流、高能量作用下的运行状态，所以要进行 10/350 μs 冲击电流测试。

将脉冲发生器的高、低压端子用导线连接，同时将储罐雷击精确定位检测和报警装

置的传感装置与导线紧密连接，依次施加峰值为 16kA、43kA 的 10/350 μs 冲击电流。依次记录第三方检测装置采集的电流和单体储罐雷击霍尔精确定位检测和报警装置采集的电流，并做比较。

表 2 峰值 16kA 的 10/350 μs 冲击电流

实验数据

实验序号	实验装置 电流(kA)	实验样机 电流(kA)	误差
1	16.403	16.387	0.10%
2	16.387	16.289	0.61%
3	16.435	16.431	0.02%
4	16.487	16.412	0.47%
5	16.335	16.321	0.09%
6	16.206	16.232	0.16%
7	16.459	16.428	0.19%
8	16.483	16.414	0.43%
9	16.391	16.338	0.33%
10	16.423	16.419	0.02%
11	16.386	16.411	0.16%
12	16.347	16.321	0.16%
13	16.298	16.192	0.66%
14	16.433	16.416	0.11%
15	16.429	16.384	0.28%
平均误差	16.393	16.359	0.25%

表 3 峰值 43kA 的 10/350 μs 冲击电流

实验数据

实验序号	实验装置 电流(kA)	实验样机 电流(kA)	误差
1	43.563	43.281	0.66%
2	43.388	43.845	1.06%
3	43.683	43.254	1.00%
4	43.679	43.256	0.98%
5	43.879	43.746	0.31%
6	43.396	43.885	1.14%
7	43.468	43.856	0.90%
8	43.654	43.927	0.63%
9	43.596	43.916	0.74%
10	43.268	43.674	0.94%
11	43.483	43.685	0.47%
12	43.553	43.769	0.50%
13	43.763	43.719	0.10%
14	43.593	43.892	0.70%
15	43.488	43.856	0.86%
平均误差	43.564	43.704	0.73%

10/350 μs 冲击电流测试中,当输出电流为 16 kA 时,实验装置检测的平均电流为 16.393 kA,实验样机检测的平均电流为 16.359 kA,平均误差为 0.25%;当输出电流为 43 kA 时,实验装置检测的平均电流为 43.654 kA,实验样机检测的平均电流为 43.704 kA,平均误差为 0.73%。

6. 结论

根据雷击油罐雷电流监测与报警的必要性,研究设计储罐雷击大电流监测与精确定位报警系统,对整个系统的设计机理、设计方案进行详细叙述,并通过产品样机实验室测试以及现场示范应用。结果显示监测系统精度较高,能够实现雷电流监测与报警的基本功能。主要有以下几个结论:

(1) 监测系统具有实用性。罗氏线圈、高频信号采集板、单片机处理单元、C# 语言终端上位机设计四部分均以 IEC62305 和 GB50057 中的 10/350 μs 、8/20 μs 雷电流为标准,可以满足直击雷、感应雷的雷电流监测,能够达到现场油罐遭受直击雷或感应雷是的雷电监测和报警功能,具有现场的实用性。

(2) 提出雷电流识别和循环触发,提高了触发可靠性和波形检测完整性。触发可靠性主要解决了雷电流检测过程中的误触发、漏识别问题。波形检测完整性主要解决了雷电流波头数据采集问题。

(3) 该系统实时感应流经引下线上雷电流磁场强度,通过微分、积分变化将雷电流信号转换为数字信号。通过实时的监测,将雷电流的瞬间值进行记录,并通过无线通讯发送至上位机软件系统,上位机通过描点进行电流波形绘制、报警等处理,为储罐在雷

击后的精确定位及储罐的防雷安全提供有价值资料。

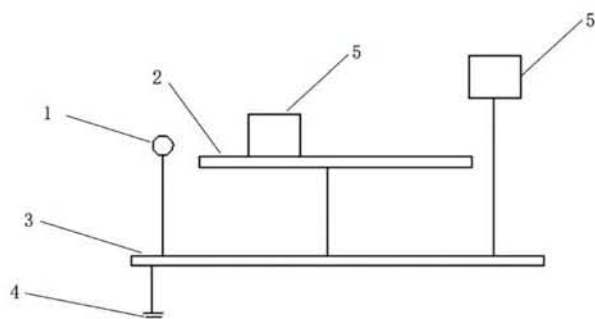
参考文献

- [1]SEROKA G N, ORVILLE R E, SCHUMACHER C. Radar nowcasting of total lightning over the Kennedy Space Center [J]. Weather and Forecasting, 2012, 27 (1): 189-204.
- [2]ZENG Q, WANG Z, GUO F, et al. The application of lightning forecasting based on surface electrostatic field observations and radar data [J]. Journal of Electrostatics, 2013, 71(1): 6-13.
- [3]杜海明.雷电信号检测方法及相关问题研究[D].武汉:华中科技大学, 2012.
- [4]吴璞三,孙萍.磁钢式雷电流陡度仪[J].高电压技术,1986(04):25-33.
- [5]李建亮,高鑫,毕晓蕾.一种应用于大型储罐的雷击电流监测分析方法[J].安全,健康和环境, 2011(06):56-57+59.
- [6]苏成志,郝江涛,王恩国,等.雷击浪涌电流检测方法的研究[J]. 低压电器, 2011(12):46-47.
- [7] 郝江涛. 雷击浪涌电流检测方法的研究[D].长春:长春理工大学, 2012.
- [8]王楠,谷立臣.霍尔传感器状态监测电路的设计及其应用[J]. 中国测试, 2009(05):81-84.
- [9]ZHAO Wen.基于霍尔传感器的电流监测及过流保护设计 [J]. 仪表技术, 2019, 000 (002):10-12, 46.
- [10]郭军,刘和平,刘平.基于大电流检测的霍尔传感器应用[J].传感器与微系统,2011,30 (05):149-152.

锂离子电池生产静电防护要求

(报批稿)

(接 2025 年第 1 期)



标引序号说明：

- 1—腕带(腕带和接地线);
2—工作台面;
3—公共接地点;
4—保护接地或功能接地(如果使用功能接地,应与保护接地连接);
5—防静电设备或设施。

图 1 防静电接地系统示意图

b) 应从接地端子板、接地网格或闭合铜排环上就近接地,接地引线应使用多股铜线,导线截面积不应小于 1.5 mm^2 ;

c) 宜尽量独立与接地系统连接,不应相互串接,接地电缆中间应无接头;

d) 移动式设备及工具(如防静电腕带等),宜采用鳄鱼式夹钳、专用连接夹头等器具连接,接地线与被接地体不应相缠绕。

5.2.2.4 防静电接地接口要求如下:

- a) 设备的上料处和接带处宜设置操作人员接地接口或插头;
b) 防静电设备连接端子应确保接触可靠,易装拆。

5.2.3 材料的选用

5.2.3.1 基于电阻特性的材料分类

根据材料的表面电阻或体积电阻,可将材料分为导静电材料、静电耗散材料和绝缘材料,具体限值应符合表 2 的规定。

表 2 基于电阻特性的材料分类

材料类别	电阻值 (R) Ω
导静电材料	$R < 1.0 \times 10^4$
静电耗散材料	$1.0 \times 10^4 \leq R < 1.0 \times 10^{11}$
绝缘材料	$R \geq 1.0 \times 10^{11}$

注:导静电材料和静电耗散材料为防静电材料。

5.2.3.2 防静电材料的选用

防静电工作区的设备及设施宜选用防静电材料及制品,常用的防静电材料清单参见附录 A 表 A.1。要求如下:

- a) 防静电材料及制品在使用期内应满足防静电要求,保持防静电性能稳定;
b) 防静电材料及制品的对地电阻、表面点对点电阻和摩擦带电压按 SJ/T 10694—2022 的规定进行测试;
c) 防止静电火花的场合,应使用表面点对点电阻为 $1.0 \times 10^4 \Omega \times 1.0 \times 10^9 \Omega$ 的静电耗散材料。

5.2.4 静电消除器

5.2.4.1 对于不能有效泄放静电荷的场合(如隔膜、绝缘胶带等绝缘物品),设备应采用静电消除器中和产生的静电荷。

5.2.4.2 静电消除器的消电时间不应大于 20 s 或用户自定义,离子平衡应符合 $\pm 35 \text{ V}$ 或用户自定义。

5.2.4.3 静电消除器设计选择应符合 GB 50611—2010 第 9 章的有关规定。有防爆要求的生产场所,静电消除器应满足相应的防爆等级要求。

5.2.4.4 应对静电消除器的各种性能进行定期检查,其中对消电能力、接地状态宜每半年检查一次,静电消除器电性能应按 SJ/T 11446—2013 中附录 A 进行测试。

5.2.5 防静电周转容器

5.2.5.1 静电敏感器件、组件及物品应采用防静电材料包装、存放。存放时应保证包装的封闭性,不应随意拆封。静电敏感器件、组件及物品的存储环境不应有强电场、磁场及辐射场。

5.2.5.2 防静电周转容器设计应符合 5.2.3 的规定,其阻值应符合 $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^{11} \Omega$ 。

5.2.5.3 防静电周转容器的防静电性能应符合 SJ/T 11277 的规定。

注:防静电周转容器通常包括元件盒(盘)、周转箱、固定式和可移动式周转货架等,用于静电敏感器件、组件及物品(如隔膜、极片、卷芯等)的储存或运输。

5.2.6 防静电工作台

5.2.6.1 工作台(台面)的表面点对点电阻和对地电阻应小于 $1.0 \times 10^9 \Omega$ 。

5.2.6.2 静电敏感器件、组件及物品(如卷芯、叠芯等)的拆解和检验应在防静电工作台上进行,防静电工作台的设计选择应符合 SJ/T 11825—2022 的要求。

5.2.7 腕带系统

腕带系统的电阻应小于 $3.5 \times 10^7 \Omega$ 。

6 特殊制程 / 工序要求

6.1 总体要求

6.1.1 设备设计应抑制静电荷的积聚,能迅速、安全、有效的消除已经产生的静电荷。

6.1.2 设备不应有对地绝缘的孤立导体,所有结构件应可靠接地,应满足 5.2.2 设备接地的要求。

6.1.3 设备上使用的工业管道应采取有效接地措施,金属管道或防静电管道接地连接点间距不应大于 30 m。管道之间存在非导体隔离时,应采取跨接措施。

6.1.4 设备上与产品有接触、与产品产生感应起电及静电不易消除的部件,其防静电设计时应符合附录 B 的规定。

6.1.5 设备上与产品接触的部件,应进行防静电检测,验收合格后方可投入使用。

6.2 合浆

6.2.1 合浆管道应选用防静电材料,管道与管道之间、管道与设备之间应做等电位跨接并接地。

6.2.2 投料处、取样处宜设置供防静电腕带使用的专用接地接口或插头。

6.3 涂布

6.3.1 涂布过辊应选用金属过辊或特殊处理辊、胶辊,特殊处理辊、胶辊应满足防静电材料要求。

6.3.2 涂布储罐内各金属构件应与管体等电位连接并接地。

6.3.3 涂布卷筒及料车应选用防静电材料,车轮应选用导电轮。

6.4 辊分

6.4.1 辊分过辊应选用金属过辊或特殊处理辊、胶辊,特殊处理辊、胶辊应满足防静电材料要求。

6.4.2 辊分切刀应选用金属材料,应进行

防静电接地。

6.4.3 辊分毛刷、吸尘盒应选用防静电材料,应进行防静电接地。

6.5 切卷和切叠

6.5.1 切卷和切叠过辊应选用金属过辊或特殊处理辊、胶辊,特殊处理辊、胶辊应满足防静电材料要求。

6.5.2 上料处和接带处宜设置供防静电手环的接地接口或插头。

6.5.3 隔膜、胶带等绝缘体放卷处和入卷前应安装静电消除器,且入卷前静电压不应大于 150 V。

6.5.4 切卷和切叠毛刷、吸尘盒应选用防静电材料,应进行防静电接地。

6.5.5 切卷和切叠切刀应选用金属材料,应进行防静电接地。

6.5.6 切卷和切叠应具备隔膜在线静电检测及报警功能。

6.6 组装

6.6.1 组装夹具、托板应选用防静电材料,通过静电导体与线体连接。

6.6.2 组装吸盘应选用防静电吸盘,夹爪选用金属或防静电材料。

6.6.3 组装输送带应选用防静电输送带,输送带通过导线或导体与线体连接,线体应进行防静电接地。

6.7 电芯预处理段

6.7.1 人工电芯上线应配备防静电服、防静电手套及防静电手腕带,其中防静电服、防静电手套应满足 5.2.1.2 表面点对点电阻的要求;防静电手腕带应符合 5.2.7 腕带系统的要求。

6.7.2 电性能测试设备接地应符合 5.2.2

设备接地的要求,接地电阻应小于 4Ω 。

6.7.3 极柱清洗除尘口应符合 5.2.2 设备接地的要求。

6.7.4 电芯贴隔片之前应进行静电消除处理,如安装静电消除器等。

6.8 模组组装段(模组挤压整形)

6.8.1 模组内各组成模块的侧边应进行表面清洁及静电消除处理,如采用等离子体清洗等。

6.8.2 端侧板在涂胶之前应进行表面清洁及静电消除处理,如采用等离子体清洗等。

6.9 箱体半成品组装段

6.9.1 汇流排安装及焊接:

a) 人工进行汇流排安装应配备防静电服、防静电手套以及防静电手腕带;其中防静电服、防静电手套应满足 5.2.1.2 表面点对点电阻的要求;防静电手腕带应满足 5.2.7 腕带系统的要求;

b) 汇流排焊接除尘口应符合 5.2.2 设备接地的要求,防止灰尘因静电吸附在除尘口表面。

6.9.2 电池模组下线(EOL)测试设备应符合 5.2.2 设备接地的要求,接地电阻应小于 4Ω 。

6.9.3 箱体涂胶之前应进行表面清洁及静电消除处理,如采用等离子体清洗等。

6.10 电池组电性能测试

电池组电性能测试设备应符合 5.2.2 设备接地的要求,接地电阻应小于 4Ω 。

6.11 成品组装

箱盖安装及定扭和箱体接插件的安装宜参照 6.9.1 a) 项的规定。

7 测试方法

7.1 测试条件

按照用户规定的实际环境管控条件(通常包括环境温度、露点/湿度等),且无外界强电磁场。

7.2 测试设备

测试设备(如电阻测试仪、静电电压表、静电消除监控仪(CPM)、数显万用表等)的要求如下:

- a) 仪器精度应小于 5%;
- b) 均应检定并在有效期内,量程大于实际测试范围 20%;
- c) 测试仪器的电极材料应在测量条件下抗腐蚀,不与被测物体起反应,且不应有由于电极电阻或污染引起的明显误差。

7.3 通用测试

7.3.1 摩擦带电电压

摩擦带电电压按 SJ/T 10694-2022 中 5.6 的方法进行测试。

7.3.2 表面点对点电阻和对地电阻

按下列试验步骤进行试验(表面点对点电阻测试如图 2 所示,对地电阻测试如图 3 所示):

- a) 将被测样品保持实际使用状态;
- b) 试验仪器的电极间距大于 300 mm,电极距被测样品边缘大于 100 mm;
- c) 参照表 3 的规定测试电压,测试步骤为:

1) 初始施加的测试电压为 10 V;若 $R_x < 1.0 \times 10^6 \Omega$,则测量值为结果;如果 $R_x \geq 1.0 \times 10^6 \Omega$,则把电压改为 100 V;

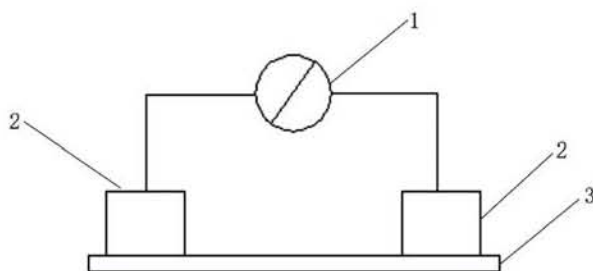
2) 初始施加的测试电压为 100 V,若 $R_x < 1.0 \times 10^6 \Omega$,则测量值可看作为结果;如果

$R_x \geq 1.0 \times 10^6 \Omega$,则测量值为结果。

d) 取每个被测样品选取不同点测试 3 次的平均值为测试结果。

表 3 不同阻值范围的测试电压

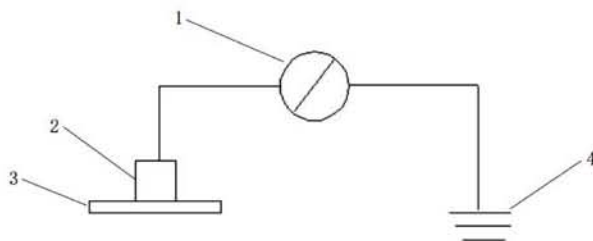
电阻 (R_x) Ω	测试电压 V
$R_x < 1.0 \times 10^6$	10
$R_x \geq 1.0 \times 10^6$	100



标引序号说明:

- 1——电阻测试仪;
- 2——电极;
- 3——被测样品。

图 2 表面点对点电阻测试示意图



标引序号说明:

- 1——电阻测试仪;
- 2——电极;
- 3——被测样品;
- 4——保护接地或功能接地(如果使用功能接地,应与保护接地连接)。

图 3 对地电阻测试示意图

7.4 设备接地

设备外壳接地电阻和辅助接地电阻按下面的方法进行测试:

- a) 用电阻计测量公共接地点和安全保护

地之间电阻,包括所有互连线和固定装置的电阻;

b)用电阻计测量选取的和防静电设施设备接地相连接公共接地点和安全保护地之间电阻,包括所有互连线和固定装置的电阻。

7.5 静电消除器消电性能

消电性能按 SJ/T 10694—2022 中 5.5 的方法进行测试。

7.6 防静电周转容器防静电性能

防静电性能参照 SJ/T 10694—2022 中

5.2.9 的方法进行测试。

7.7 工作台(台面)

防静电性能按 SJ/T 10694—2022 中

5.2.8 的方法进行测试。

7.8 腕带系统

防静电性能按 SJ/T 10694—2022 中

5.3.1 的方法进行测试。

8 检验规则

8.1 检验分类、检验项目

检验分类、检验项目见表 4。

表 4 检验规则

检验项目		要求章条号	测试方法	验收检验	周期检验				
					连续	天	月	半年	一年
防静电工作台	接地连接	5.2.2	7.4	●			●		
	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	●					●
防静电周转容器	表面点对点电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○
防静电存储架	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	●					●
防静电服	表面点对点电阻	5.2.1.2	7.3.2	○			○		
防静电鞋	表面点对点电阻	5.2.1.2	7.3.2	○			○		
防静电手套、指套	表面点对点电阻	5.2.1.2	7.3.2	○		○			
防静电腕带	表面点对点电阻	5.2.1.2	7.3.2	○			○		
防静电包装袋	表面电阻	5.2.1.2	7.3.2	○		○			
夹具、托板	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○
压板、压块、垫块	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○
档条、档块	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○
输送带	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○
吸盘	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○
	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
夹爪	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○
	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
卷筒	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○

检验项目		要求条款号	测试方法	验收检验	周期检验				
					连续	天	月	半年	一年
金属辊 特殊处理辊	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○
	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
胶辊	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○
	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
管道	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
料罐	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
毛刷	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○
	接地连接	5.2.2	7.4	○				○	
吸尘盒	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	○					○
防尘滤芯	接地连接	5.2.2	7.4	●				●	
	表面点对点电阻、对地电阻	5.2.1.2	7.3.2	●					●
切刀	接地连接	5.2.2	7.4	●				●	
接地接口或插头	接地连接	5.2.2	7.4	●				●	
静电消除器技术性能		5.2.4	7.5	●				●	
环境温度、相对湿度		7.1		—	●				

注：●表示必选，○表示批次性抽查。根据防静电用品、设备、设施的使用条件（包括使用方式、频度和年限等），检测周期自行确定。

8.2 验收检验

验收检验的检验项目见表4，符合以下要求：

- 应建立和保存验收检验记录，保存期限不宜少于2年；
- 设备来料都应进行入厂检验，数量

由供需双方协商确定。

8.3 周期检验

周期检验的检验项目、测试方法见表4。针对表4中未涵盖的项目，应有详细的测试方法和测试限值的文件规定。应建立和保存周期检验记录，保存期限不宜少于2年。

附录A

(资料性)

锂离子电池生产常用防静电材料清单

表A.1 锂离子电池生产常用防静电材料清单

产品名称	参数	材质举例
防静电托盘	表面点对点电阻： $1.0 \times 10^2 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 摩擦电压： $<100 \text{ V}$	特殊材料塑料和聚丙烯（PP）塑料
防静电料盒	表面点对点电阻： $1.0 \times 10^2 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 摩擦电压： $<100 \text{ V}$	特殊材料塑料和聚丙烯（PP）塑料
防静电台车	对地电阻： $<1.0 \times 10^9 \Omega$	碳钢
防静电台垫	表面点对点电阻： $1.0 \times 10^2 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 底层电阻： $1.0 \times 10^2 \Omega \sim 1.0 \times 10^5 \Omega$	静电材料、静电耗散材料及合成橡胶

产品名称	参数	材质举例
防静电聚乙烯乙酸乙酯 (EVA) 泡棉	对地电阻: $<1.0 \times 10^9 \Omega$ 表面点对点电阻: $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 摩擦电压: $<100 \text{ V}$	聚乙烯乙酸乙酯 (EVA) 塑料、树脂
防静电铁氟龙	表面点对点电阻: $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^{10} \Omega$ 摩擦电压: $<100 \text{ V}$	玻璃纤维
防静电高温胶带	表面点对点电阻: $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^{10} \Omega$ 摩擦电压: $<100 \text{ V}$	聚脂
防静电毛刷	摩擦电压: $<100 \text{ V}$ 表面点对点电阻: $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^{10} \Omega$	聚丙烯 (PP) 塑料手柄加尼龙 (PA) 刷毛
防静电胶带	表面点对点电阻: $<1.0 \times 10^9 \Omega$ 摩擦电压: $<100 \text{ V}$	定向聚丙烯 (OPP) 材料
防静电聚氯乙烯 (PVC) 板	表面点对点电阻: $<1.0 \times 10^9 \Omega$ 摩擦电压: $<100 \text{ V}$	聚氯乙烯 (PVC)
防静电聚甲醛 (POM) 板	表面点对点电阻: $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^{10} \Omega$ 摩擦电压: $<100 \text{ V}$	聚甲醛 (POM)
防静电透明亚克力	表面点对点电阻: $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 摩擦电压: $<100 \text{ V}$	通过镀膜技术, 在亚克力的表面形成一层防静电的硬膜
防静电聚醚醚酮 (PEEK)	表面点对点电阻: $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 摩擦电压: $<100 \text{ V}$	电改性塑料
防静电硅胶吸盘	表面点对点电阻: $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 摩擦电压: $<100 \text{ V}$	硅胶中加入导电性物质
防静电输送带	表面点对点电阻: $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 摩擦电压: $<100 \text{ V}$	抗静电合成橡胶
防静电尼龙	表面点对点电阻: $1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 摩擦电压: $<100 \text{ V}$	尼龙中加入导电性物质

附录 B

(规范性)

设备部件防静电要求

表 B.1 设备部件防静电要求

名称	适用设备范围	设计要求	举例
治具类	夹具、托板	接地 (5.2.2) 和防静电材料 (5.2.3)	选用防静电材料, 优选聚醚醚酮 (PEEK)、聚甲醛 (POM) 材料, 通过静电导体与线体连接
	压板、压块、垫块	接地 (5.2.2) 和防静电材料 (5.2.3)	选用防静电材料, 优选聚醚醚酮 (PEEK)、聚甲醛 (POM) 材料, 通过静电导体与线体连接
	档条、档块	接地 (5.2.2) 和防静电材料 (5.2.3)	选用防静电材料, 优选防静电尼龙材料, 通过静电导体与线体连接
搬运类	输送带	防静电材料 (5.2.3)	选用防静电输送带
		接地 (5.2.2)	输送带通过导线或导体与线体连接, 线体统一接入大地网, 线体上任一点与大地的接地电阻满足接地要求

名称	适用设备范围	设计要求	举例
搬运类	吸盘	防静电材料 (5.2.3)	选用防静电吸盘, 吸盘材料应选用导电性塑料
	夹爪	防静电材料 (5.2.3)	选用金属或防静电材料
	卷筒	防静电材料 (5.2.3)	选用防静电材料
	料车	防静电材料 (5.2.3)	车架选用防静电材料, 车轮应选用导电轮
过辊类	金属辊 (钢/铝/铁等)	接地 (5.2.2)	金属辊应进行防静电接地, 并满足接地要求
	特殊处理辊 (阳极氧化/镀层等)	防静电材料 (5.2.3)	特殊处理辊应添加防静电材料
	胶辊	防静电材料 (5.2.3)	选用防静电合成橡胶
管道类	管道	接地 (5.2.2)	管道应选用防静电材料或表面涂刷防静电涂层 管道之间、管道与设备之间应做等电位跨接并接地 管路中使用的泵、过滤器应设置接地连接点 管路系统不宜用非金属材料, 不应有对地绝缘的孤立导体, 所有金属件应接地 长距离管道应在始端、末端、分支处以及每隔 30m 接地一次 金属法兰采用金属螺栓或卡子紧固时, 应保证至少有两个螺栓或卡子具有良好的导电接触面
管道类	料罐 (液体/粉体)	接地 (5.2.2)	投料处、取样处宜设置专用接地接口或插头, 供防静电腕带使用, 消除人体静电 储罐内各金属构件 (搅拌器、仪表管道、金属浮体等) 应与管体等电位连接并接地 在爆炸危险区域应选择防爆型消除人体静电设施
		防静电材料 (5.2.3)	料罐内部应选用体电阻率不大于 $1.0 \times 10^9 \Omega \cdot m$ 的防静电材料
除尘类	毛刷	防静电材料 (5.2.3)	选用防静电毛刷, 应进行防静电接地
	吸尘盒	防静电材料 (5.2.3)	选用金属或导电电木、合成石等防静电材料
	防尘滤芯	防静电材料 (5.2.3)	选用阻燃防静电材料, 例如防静电纳米。
		接地 (5.2.2)	所有金属和导电性物体进行防静电接地
切刀类	切刀	接地 (5.2.2)	选用金属材料, 应进行防静电接地
接地接口 或插头	上料处	接地 (5.2.2)	上料处宜设置操作人员接地接口或插头, 供防静电手环使用
	接带处		接带处宜设置操作人员接地接口或插头, 供防静电手环使用
静电消 除类	离子化静电消除器	静电消除器 (5.2.4)	隔膜、聚酯薄膜 (Mylar 膜)、胶带等绝缘体处应装静电消除器, 消除材料表面的静电荷
	放射性静电消除器		

参考文献

[1]ANSI/ESD S20.20-2014 For the Development of an Electrostatic Discharge Control Program

for of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)

推动静电防护升级,助力电子产业高质量发展

庄晓荣

浙江三威防静电装备有限公司

《防静电周转器具通用规范》 (SJ/T11277-2024) 行业标准解读

一、标准修订背景与意义

随着电子制造业向高精度、微型化方向发展,静电放电(ESD)对电子元器件的损害风险日益凸显。防静电周转器具作为静电防护体系的关键载体,其性能直接影响电子产品质量和生产安全。原标准 SJ/T 11277-2002 已实施二十余年,部分技术指标和测试方法难以满足当前产业需求。此次发布的 SJ/T 11277-2024 由中国电子技术标准化研究院牵头,中国电子仪器行业协会防静电装备分会组织编制,浙江三威

防静电装备有限公司等多家单位共同起草,旨在通过技术升级和规范细化,提升行业整体防护水平,推动可持续发展。

二、标准核心内容解析

1. 适用范围与分类

适用范围:覆盖电子产品研发、生产、仓储、物流全流程,包括包装箱、托盘、周转车等器具的设计、制造与检测。

分类体系:电子产品生产企业使用的防静电周转器具种类繁多,按照四种方式进行分类,并新增器具的命名与标记规则,强化产品可追溯性,便于企业标准化管理。

分类			代号		
按防静电性能	导静电类		SC		
	静电耗散（防静电）类		ESD		
按结构特征	周转容器		CB	元件盒	001
				托盘	002
				周转箱	003
				中空板箱	004
				刀卡	005
				栈板	006
	周转载具	固定结构式周转载具	MR	周转架	201
		运动式周转载具	TC	收集架	202
				周转车	401
				挂篮车	402
推车	403				
按制造工艺	热塑成型类		PM		
	发泡成型类		FM		
	喷涂类		SF		
按产品差异性	主要树脂材料		以树脂主材英文代号表示		
	色泽		以颜色英文首字母表示		

注：周转容器类 001 ~ 199 为周转容器类产品分类代号，201 ~ 399 为固定载具类产品分类代号，401 ~ 599 为移动载具类产品分类代号。

A、按照防静电性能分为：导静电类 ($R < 1 \times 10^4 \Omega$) 和静电耗散类 ($1 \times 10^4 \leq R < 1 \times 10^{11} \Omega$) 二种类型

B、按照结构特征分为二类

(1) 周转器具代表性产品：

不同材料和制造工艺的周转容器类。



(2) 周转载具类代表性产品

不同材料、结构和制造工艺的周转再载具类：



C、按照不同材料所需的制造工艺生产的不同防静电器具分为热塑成型、发泡成型、喷涂成型。

D、使用防静电材料的不同，形成产品的差异性，对应与不同的应用企业所取得要求。

2. 关键技术要求

材料性能：目前用于生产防静电周转器具的材料，是将高分子的绝缘材料 ($R > 10^{12} \Omega$) 通过改性，将绝缘材料改性半导体 ($R < 1 \times 10^{11} \Omega$) 的防静电新材料，用防静电材料的电阻率来区分不同用途的产品，指导企业适用不同防静电技术要求，用不同导电性能的防静电材料，使用适合于本

企业的防静电周转器具和产品。生产和使用的防静电周转器具的防静电技术要求与国际标准接轨，采用产品的表面电阻、体积电阻、对地系统电阻和静电荷衰减时间指标来衡量。

机械物理性能：周转器具在电子产品生产、周转、储存过程中需要承载不同重量的 IC、PCB、电子器件等各种电子产品，确保器具具有足够的机械强度以及在不断变化的环境使用要求。用以下五个技术指标来衡量。

(1) 冲击强度：经改性后的防静电塑料材料是缺口敏感材料，测试缺口的冲击强度 $\geq 5.0 \text{ kJ/m}^2$ 。

(2) 抗弯曲强度：防静电塑料材料制成的周转器具在存放电子产品时，确保电子产品在周转过程中的机械挤压、震动、冲击变形不受到损伤，必须具有足够的抗弯曲强度，要求抗弯曲强度 $\geq 30.0 \text{ MPa}$ 。

(3) 耐热性：电子产品生产遍布全球，周转器具使用环境差异性很大，特别是不同地区的室外温度差距更大，采用耐热尺寸变化率、维卡软化温度和热变形温度三项技术指标来衡量，使防静电周转器具在不同温度的环境中以及不同地区的使用保持箱体稳定性和可靠性。耐热尺寸变化率 $\pm 3\%$ ，常温使用塑胶材料 $\geq 80^\circ\text{C}$ ，耐高温塑胶材料 $\geq 120^\circ\text{C}$ 。在电子产品生产过程中需要高温固化、老化删选和高温焊接环节，针对耐高温的防静电周转载具在高温下使用，测量周转器具防静电材料的耐热性能，要求热变形温度 $\geq 100^\circ\text{C}$ ，由用户针对使用不同耐热要求来确定周转器具使用防静电材料的耐温材料。

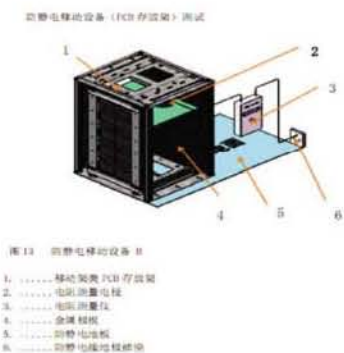
(4) 耐老化性能:防静电周转器具使用场所复杂,鼓励采用可回收,反复使用、降低塑料对环境的污染,通过高强度紫外线在 60℃,经过 168 小时测试,保持机械物理性能不变,增加器具在复杂的环境下使用的可靠性和持久性。

(5) 整体可靠性:对容器类按照国标

GB/T 4857.5 的方法进行跌落试验,抗冲击强度等要求,提升器具在复杂工况下使用可靠性。

3.测试方法与检验规则

(1) 常规的表面电阻、体积电阻、系统对地电阻的测试参照《电子产品制造与应用系统防静电测试方法》(SJ/T 10694-2022)。



a 材料的表面和体积电阻测试

b 载具系统和对地电阻测试

(2) 静电衰减时间:由于防静电周转器具外观和结构的复杂性,摩擦起电操作和重现性较差,使用充电平板测试仪,参照参照《电子产品制造与应用系统防静电测试方法》(SJ/T 10694-2022),统一测试条件,

器具使用非均质改性防静电塑料材料规定小于 2 秒。检验不同体积(或表面)电阻对地衰减时间的影响:

(a) 整体防静电材料表面电阻 $R_s = E8 \Omega$ 测试



整体防静电材料 $R_s \approx E8 \Omega$



充电板板至 $\pm 1000V$



对地放电的衰减时间 $< 0.2s$

(b) 整体防静电材料表面电阻 $R_s = E11 \Omega$ 测试

(c) 整体防静电材料表面电阻 $R_s = E12 \Omega$ 测试

整体防静电材料表面电阻大于 $E12 \Omega$,

对地放电衰减时间大于 10 秒,也验证整体防静电材料的表面电阻 $< 1 \times E11 \Omega$,符合国际防静电耗散材料的要求。

(3) 机械物理性能的六项指标测试方法,采用国家标准进行测试检验。



整体防静电材料 $R_s \leq E11 \Omega$



充电极板至 $\pm 1000V$



对地放电的衰减时间 $> 0.7s$



整体防静电材料 $R_s \leq E12 \Omega$



充电极板至 $\pm 1000V$



对地放电的衰减时间 $> 3.2s$



摆锤式简支梁冲击试验机: 冲击试验



万能试验机: 弯曲、拉伸试验



弯曲试验变量的力的变化曲线

a、冲击强度(缺口)测试, 采用 GB/T 1043.1-2008.

b、抗弯曲前度测试, 采用 GB/T 9341-2008.

c、耐热尺寸变化率测试, 采用 GB/T 12027-2004

测试时用 120mm × 120mm × 1.5mm 正方形平板试样, 划 100mm 垂直线平分线

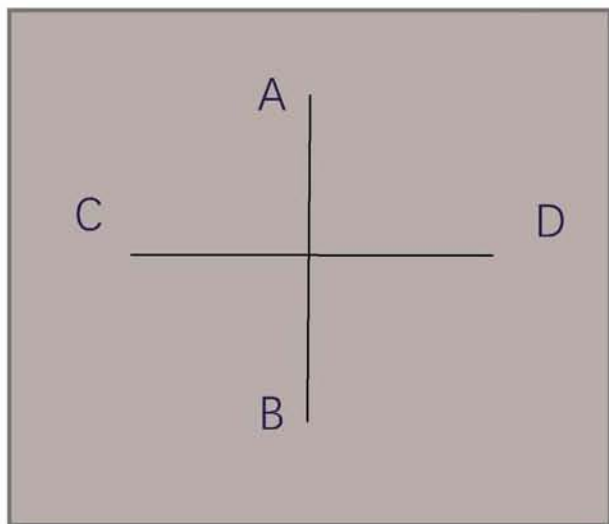
AB和CD,测试前测量各线长度精确到0.5mm,在 $80\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱内3h(或在鼓风的条件下恒温1h)取出后,在室温条件下静放2h,表面应光滑平整,无裂痕、无气泡等质量变化。

尺寸变化率计算公式: $H = (L - L_0) / L_0 \times 100\%$

式中:H——加热尺寸变化率 %

L_0 ——加热前尺寸 mm

L——加热后尺寸 mm



d、耐热性测试,采用 GB/T 1633-2000

e、耐老化性测试,用紫外线老化箱,设定温度为 $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,连续放置168h(一周)紫外线强度相当于日照5年以上,保持试验后的外观质量和防静电性能在规定技术指标内。

f、动态性能验证:新增对组装式周转器具(如周转车、货架)的局部有塑胶材料组合而成,增加对这些器具的抗冲击试验,弥补旧版仅针对注塑器具的不足。

g、周期性检验:明确使用中器具的定期检测要求,确保全生命周期防护有效性。

三、新旧版标准对比与升级亮点

1. 技术指标升级

耐热测试温度由 60°C 提升至 80°C ,增加热变形温度指标,适应高温生产要求和全球高温地区的环境需求。

电阻率均匀性要求细化,避免电荷局部积聚风险。

增加防静电注塑材料及产品的抗弯曲强度性能,提升周转容器类产品承载产品的性能。

2. 测试方法科学化

引入防静电工作区使用整体防静电对地系统评价方法(ANSI/ESD S20.20和IEC 61340参考系列标准),强化多场景适用性。各项测试和检验采用国家标准和行业标准,测试方法更加科学。

3. 标准体系协同

防静电周转器具是防静电工作区内不可缺少的装备与《静电控制参数实时监控系統通用规范》等新国标形成配套,构建更完整的ESD防护标准体系。

四、行业影响与实施建议

1. 防静电器具的生产企业向合规方向发展

— 器具的生产端需优化材料选型与工艺设计,如采用高稳定性导电母粒制成整体防静电材料或更高防静电涂层技术。

— 电子产品生产的使用端应建立定期检测机制,重点关注周转器具的静电衰减性能与机械耐久性。

2. 创新驱动机遇

推动防静电新材料研发(如纳米复合材料、高分子导电材料、多功能防静电材料)、

智能化监测器具(如集成 ESD 实时传感器)等新技术应用。

3. 国际接轨意义

— 标准部分指标对标国际标准 IEC 61340 和美国 ANSI/ESD S20.20 等国际规范,助力国产防静电器具出口竞争力提升。

五、总结与展望

SJ/T 11277-2024 的发布标志着我国防静电周转器具标准迈入新阶段。通过技术指标升级、测试方法完善和环保导向强化,该标准不仅为电子制造企业提供了明确的技术指南,更将推动产业链上下游协同创新。未来,随着 5G、6G、半导体、智能装备等领域的快速发展,防静电标准的动态更新与国际化协作将成为重要趋势。

本规范详细规定了各类防静电周转器具的设计、材料选择、生产工艺以及质量检验等关键环节的具体技术指标,包括但不限于包装箱、托盘、周转车等多种常用产品类型。通过严格的技术要求和测试方法的制定与执行,该标准有助于提高电子产品生产过程中的静电防护水平,从而确保产品的质量和可靠性,同时对其他行业的防静电技术要求有更好的参考依据。

此外,《防静电周转器具通用规范》还强调了环保材料的应用和技术进步的重要

性,在满足基本功能需求的同时追求更高效的资源利用和环境友好型产品设计。这不仅有利于推动行业的可持续发展,也为相关企业的技术创新与产业升级提供了明确的指导方向。

参考文献

- [1] GB/T 15463-2018 静电安全术语
- [2] SJ/T 10694-2022 电子产品制造与应用系统防静电测试方法
- [3] IEC 61340-5-1:2016 Electrostatics-Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena-General requirements
- [4] IEC 61340-5-3:2022 Electrostatics Part 5-3 Protection of electronic devices from electrostatic phenomena Properties and requirements classification for packaging intended for electrostatic discharge sensitive devices
- [5] ANSI/ESD S20.20-2021 ESD Association Standard For the Development of an Electrostatic Discharge Control Program for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)
- [6] ANSI/ESD S5412019 ESD Association Standard For the Protection of Electrostatic Discharge Susceptible Items Packaging Materials

离子化静电消除器测试标准测试环境要求解读

孙玉荣,王荣刚

苏州天华新能源科技股份有限公司,苏州,215121

【摘要】随着电子、医药等精密行业对静电控制需求的提升,离子化静电消除器的性能测试成为确保产品质量的核心环节。在性能测试体系中,测试环境的温湿度控制通过对离子产生、迁移及中和进程的干预,影响测试结果的精准度。本文基于国内外主流标准(如 ANSI/ESD、IEC、GB/T、SJ/T 等),对离子化静电消除器测试中的温湿度规定进行系统解读,提出稳定控制温湿度是测试的核心原则。

【关键词】静电控制;离子化静电消除器;温湿度;标准;检测

Interpretation of the Temperature and Humidity Requirements in the Test Environment of Testing Standards for Ionization Static Eliminators

Wangronggang, Sunyurong

(Canmax Technologies Co., Ltd., Suzhou 215121, China)

Abstract: With the increasing demand for electrostatic control in precision industries such as electronics and pharmaceuticals, performance testing of ionizing electrostatic eliminators has become a critical step in ensuring product quality. Among the influencing factors, the control of temperature and humidity in the testing environment directly impacts the effectiveness of electrostatic neutralization and the accuracy of test results. This paper systematically interprets the temperature and humidity requirements specified in ionizing electrostatic eliminator testing, along with their scientific rationale, based on mainstream domestic and international standards (e.g., SJ/T, GB/T, ANSI/ESD, IEC). The analysis provides a theoretical foundation and practical guidance for optimizing test protocols and ensuring compliance with technical specifications across different application scenarios.

Key words: Electrostatic Control; Ionizing Electrostatic Eliminator; Temperature and Humidity; Standard; Testing

一、温湿度对静电控制的影响机制

在电子制造与装配过程中,静电放电

(Electrostatic Discharge, ESD)是导致元器件失效的主要因素之一。静电积累产生的瞬时高电压可达数千伏,可能击穿集成电路的绝缘层,造成以下问题:直接损伤,

基金项目:苏州市产业前瞻与关键核心技术重点研究项目
(SYC2022029)

如栅氧化层击穿、金属互连熔断等,导致器件功能丧失,潜在缺陷,ESD 引发的微裂纹或材料晶格畸变可能造成长期可靠性劣化,显著缩短产品服役寿命,生产良率下降。据统计,ESD 导致的损失占电子行业总损失的 5%~15%。

大量的研究和实验表明,低湿度(<50% RH)环境下,材料表面电阻升高,静电消散速率显著降低,导致静电消散速率降低 1~2 个数量级,电荷积聚风险急剧增加;高湿度条件(RH >70%)下,尽管表面导电性增强可加速静电泄漏(消散时间缩短至 10s 以内),但水分吸附可能引发金属部件氧化或结露现象,进而引入微污染源(如离子迁移导致的电化学腐蚀)。温度波动的影响机制则更为复杂,温度梯度改变载流子迁移率与晶格振动频率,导致电阻率非线性变化,如半导体材料电阻率随温度升高呈负温度系数特性,使得材料导电特性发生改变;离子化设备的电离效率对温度敏感,典型偏差 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 可导致离子平衡度偏移>10%,可能引发局部静电中和能力的不均性,增加测试误判概率,影响设备性能稳定性。

基于上述原因,对于检测技术来说,温湿度对于静电防护产品的检测也会产生影响。在这种情况下,存在被测试产品静电误判的可能性,所以国内和国际防静电标准在制定时非常重视对温湿度的规定。以确保平衡静电、中和效率与环境稳定性和测试条件下的性能的可重复性。

二、国内外标准中的温湿度规定对比

2.1 美国 ESD 协会相关标准要求

ANSI/ESD STM3.1-2015《用于保护

静电放电敏感物品—电离器》标准提到了湿度对自衰减的影响,文中提到环境相对湿度如果高于 50%RH,施加测试起始电压的充电板在没有人工增加电离的环境中,它仍然会显示出缓慢的电荷中和速率,出现自衰减情况,所以充电板的自衰减必须足够长,否则充电板监测仪测量的放电时间的测试准确性将受到影响。对测试区域也提出了要求,测试区域不应暴露在不断变化的环境条件下,比如空调打开和关闭、门窗打开和关闭引起的气流变化等,其中可能涉及温度和湿度的不稳定变化对测试的影响,但该标准未明确提及具体的温度、湿度数值要求,强调了环境条件的稳定性。

ANSI/ESD S20.20-2021《用于策划对电气和电子部件、组件和设备(不包括电气引爆装置)实施静电防护的 ESD 管控体系》这个标准,提出测试记录必须包括测试方法及相应的测试结果和技术指标,记录规范所要求的样品测试环境条件并保存备查。同时提出如果组织的厂房设施的最低相对湿度高于测试规范所规定的样品测试环境条件,在该厂房设施内使用的防静电物品可采用厂房设施的最低相对湿度进行导入。文中还提到任何需要用于组织地点以外的防静电物品(如防静电包装),其导入测试的环境条件必须严格遵循标准中表 2、3 和 4 的规定。而表 2、3 和 4 的规定是针对于 EPA 的,ESD 协会对于 EPA 环境控制为 $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度范围以及 $50\%\text{RH} \pm 10\%\text{RH}$ 的湿度范围,所以由上述两个美国 ESD 标准的要求推理,离子化静电消除器的温湿度测试环境可以在 $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温

度范围以及 $50\%RH \pm 10\%RH$ 的湿度范围进行,如果有其他要求可以根据厂房要求来规定。

2.2 IEC 系列标准要求

GB/T 37977.51-2023/IEC61340-5-1:2016《静电学 第 5-1 部分 电子器件的静电防护通用要求》对于工作表面、储存架和推车、腕带连接点、地板、离子化静电消除器、座椅、防静电服、可接地的防静电服产品认可检验,规定测试环境条件为相对湿度 $(12 \pm 3)\%$,温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$,提出了产品认可检验的环境预处理时间不宜少于 48h。但是标准中作为调和条件,在符合性验证计划提到所选择的测试设备应能满足符合性验证计划的测量要求,组织宜考虑所处的最低相对湿度水平,测量宜在该条件下进行。

IEC 61340-4-7-2017《静电学-第 4-7 部分:特定应用的标准测试方法-离子化装置》标准规定测试区域环境稳定性测试区域应避免处于不断变化的环境条件下,周围环境气流的变化扰动和设备对测试的影响,如空调的启停、门窗的开闭引发的气流变化,以及人员或设备在测试场地附近的移动等,都可能导致环境条件的改变。提出温湿度的不稳定变化,都可能会影响离子的产生、传输以及中和效果。例如,湿度高于 $50\%RH$ 时,可能会引起充电板电压自衰减,对离子化设备的测试有显著影响。所以,需要维持测试区域环境的稳定性保证测试数据的准确性。IEC TS 61340-5-4《静电学 第 5-4 部分:电子器件的静电防护 符合性验证》也未明确规定离子化设备

测试的具体温湿度范围,文中提到了由于湿度或其他意外的电流路径导致的极板电荷的泄漏。

由上述三个 IEC 标准我们可以认为,在进行离子化静电消除器性能检测过程中,环境的温湿度是非常重要的,需要进行有效的管控,同时也可以根据标准推理出在产品交收检测可以在所需使用环境的最低温湿度要求环境中进行。

2.3 国内标准的要求

SJT10694-2022《电子产品制造与应用系统防静电测试方法》提出了两种测试环境要求:一般情况环境温度: $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$,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,测试环境温度: $16^\circ\text{C} \sim 28^\circ\text{C}$,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,并且在测试环境条件下放置 24h 后进行测试。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进行。

SJ/T 11446-2013《离子化静电消除器通用规范》(新版修订中)规定电性能测试应在优于 8 级洁净室中进行,测试环境应无扰动气流的影响,温度为 $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$,相对湿度为 $(50 \pm 5)\%$,测试时要求操作人员应采取静电防护措施。测试前保证离子化静电消除器测试前已经连续通电运行 48h。测试环境中不存在干扰气流和干扰电磁场。记录测试环境的各项参数,如温度、湿度、环境洁净度等。

国内标准对于离子风机的测试标准一般结合国外标准规定、使用工况和国内关

于无尘室环境的要求而订立,如 GBT 33555-2017《洁净室及相关受控环境静电控制技术指南》(新版本即将发布)规定洁净室温湿度控制在 $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $50\% \pm 5\%$ 。

三、结论

3.1 综上通过对国内外通用的关于离子化静电消除器检测方法和性能要求标准关于检测环境的解读,可以知道围绕测试的规定在温度方面一般是 $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 区间范围,在湿度规定方面存在 $12\% \pm 3\%$ 或 $50\% \pm 5\%$ 两种规定,差异较大;

3.2 针对离子化静电消除性能测试环境要求,国内外标准并未对测试湿度值进行绝对规定,标准也提出可以在厂房设施的最低相对湿度要求下对即将导入产品进行测试,因此为了达到保证 ESD 体系运行的要求,可由供需双方共同协商制定测试环境要求;

3.3 经对国内外离子化静电消除器测试环境的查阅解读发现,针对温湿度参数,所有标准均重视其稳定性,稳定控制温湿度是测试的核心原则,必须保证测试环境的稳定性,同时降低湿度对于测试环境建设投入成本来说较大,低湿度环境与使用环境的不一致,也可能存在性能不达标风险;

3.4 测试环境要求的标准化规定是科学规律与行业实践的结晶。制定标准时,标

准制定者也需要结合产业和行业实践,标准制定者应该深入研究不同标准,可为新标制定提供参考,助力企业和用户依标设计测试方案,保障产品性能可靠合规。

3.5 未来,随着新材料、新技术应用及生产环境要求提高,对于温湿度波动大或静电性能要求高的场景,采用实时监测系统成为保障离子风机性能的优选方式。

参考文献

- [1] ANSI/ESD STM3.1-2015. 用于保护静电放电敏感物品—电离器 [S].
- [2] ANSI/ESD S20.20-2021. 用于策划对电气和电子部件、组件和设备(不包括电气引爆装置)实施静电防护的 ESD 管控体系 [S].
- [3] GB/T 37977.51-2023/IEC61340-5-1:2016. 静电学 第 5-1 部分 电子器件的静电防护通用要求[S].
- [4] IEC 61340-4-7-2017. 静电学—第 4-7 部分:特定应用的标准测试方法—离子化装置 [S].
- [5] IEC TS 61340-5-4. 静电学 第 5-4 部分:电子器件的静电防护 符合性验证 [S].
- [6] SJ/T10694-2022. 电子产品制造与应用系统防静电测试方法 [S].
- [7] SJ/T 11446-2013. 离子化静电消除器通用规范 [S].
- [8] GBT 33555-2017. 洁净室及相关受控环境静电控制技术指南 [S].

新会员单位介绍

南京锐思通机房设备有限公司

南京锐思通机房设备有限公司总部位于南京市溧水区科技创业中心,生产制造中心位于江苏省常州市经济开发区横山工业园。锐思通(RISTOM)专注于全系列防静电架空活动地板及信息化机房配套系统(机柜,线缆桥架,光纤架,光纤槽,弱电末端母线,配电PDU,机柜支撑底座及散力抗震支架,PVC静电地胶)统一解决方案供应商。中国移动、中国联通、中国电信、华为、中兴、浪潮信息、烽火通信、CIMC、中国铁路广铁集团、中国中冶、中国航发阳天电子、中国石油、中船重工、中国海油、中国石化、国家电网、中国建筑、艾默生(维谛)等,是我们的长期战略合作伙伴!

地址:江苏省南京市溧水产业园科技创业中心

邮编:211103

联系人:杨经理

手机:18101589478(微信同号)

邮箱:postmaster@ristom-tech.com

网址:www.ristom-tech.com

会员单位介绍

惠州市惠发科技有限公司

惠州市惠发科技有限公司是集加工销售、安装防静电地板、承接防静电工程为一体的防静电地板建材企业。主要承接小于 0.5Ω 独立地线、射线小于 0.5Ω 人工地网,电离加速器小于 0.5Ω 独立专用地线,小于 1Ω 综合接地网工程、小于4欧姆静电池、esd 接地网工程、MRI 实验室专用地线、屏蔽机房独立地线、电镜室独立专用接地线。

经营信息机房装修用防静电地板、全钢防静电机房地板、陶瓷面防静电防静电架空机房地板铝合金架空活动地板、环氧防静电地板,防静电水磨石地板、防静电彩砂地板、防静电地板铜网格、防静电接地网工程、PVC 防静电地板。

公司防静电地板产品质量符合SJ/T10796-2001 国家标准,具有一流的专业团队、科学的管理和先进的生产工艺,诚信是本公司生存发展的根基,为了能使您的家庭和企业装饰装修尽可能更加完美舒适,更加绚丽多彩,我们将一如既往地继续努力,一如既往的发扬以诚信为本、质量可信的优质服务,为您打造时尚、典雅、称心的温馨家园。

地址:广东省 惠州市 惠城区 水口龙湖 龙岭路7号

邮编:516000

电话:0752-2063382 2895375

传真:0752-2072397

联系人:段进成 13923623651

邮箱:info@cngdzs.com

网站:www.cngdzs.com

江苏华集新材料科技有限公司

江苏华集新材料科技有限公司,坐落在环境非常优美的旅游风景区——常州西太湖旁,占地面积4万m²,建筑面积6万m²,专业生产“华集”牌铝合金高架地板等其他系列架空地板。华集公司30多年来坚持设计、研发、制造、安装、服务为一体的理念,现已发展成为同行业中历史悠久、规模大、知名度高、品牌影响力强的企业。真正打造了一个绿色、环保、现代化管理的工厂。

“华集”拥有6台2000—2500吨压铸机、8条全自动电脑在线检测流水线设备、2条全自动冲孔流水线设备、1条喷胶流水线设备、1条抛丸及环氧喷涂流水线设备、200m²的恒温养护房、3条整平及抛光流水线设备等,每月铝合金地板产能180000片,每年铝合金地板产能2160000片。确保产品质量和产量。

“华集”铝合金高架地板的产品设计优势是:采用模拟压力试验技术计算各种产品型号荷载数据N次,科学设计模具、开发模具以达到产品精准的荷载设计要求,确保产品荷载。

“华集”铝合金高架地板产品的外在质量控制:采用全自动电脑在线检测流水线设备8条,确保了100%检测地板对角线公差精度,确保地板安装后的缝隙均匀和美观。

有效的避免了人为因素导致的地板产品大小头问题,确保地板安装后因热胀冷缩拿不出来、放不下去的问题。

“华集”铝合金高架地板产品的内在质量控制是:提高压铸工艺质量,确保产品内在无气孔,从而大大提高产品荷载强度。

“华集”牌铝合金防静电高架地板、铝合金防静电通风架空地板产品广泛应用于电子洁净厂房、大硅片芯片制造厂房、薄膜晶体管厂房、滤光片光电厂房等有洁净要求的厂房。为目前中国高速发展的光电显示屏行业、“中国芯”的半导体芯片高科技行业的国产化作出更大的贡献。另外,“华集”生产的“华集”牌其他办公区域和机房区域的架空地板产品有:办公区域的全钢OA网络地板和硫酸钙架空地板和硫酸钙复合架空地板、机房区域的全钢防静电地板和硫酸钙防静电架空地板产品等。产品广泛应用于5A级写字楼、甲级写字楼、外企总部大楼、移动大楼、联通大楼、电信大楼、证券大楼、银行大楼、保险公司大楼、期货大厦、电力大楼、广电大楼、烟草大楼、数据中心等。

地址:江苏省常州市武进区经济开发区菱香路16号

邮编:213161

电话:0519-88865800

联系人:张总 15251933132

邮箱:jshuajifloor@163.com

网站:www.huaji-floor.com

苏州恒之润静电控制有限公司

苏州恒之润静电控制有限公司成立于2009年,专注于静电控制相关仪器的销售,如手腕带在线监测仪、表面电阻测试仪、人体综合测试仪、离子风机、离子风枪、离子风棒、离子风嘴等仪器设备。为了给客户提供更全面、更专业的服务,自主研发生产了静电防护镊子、静电防护毛刷、导电笔、静电防护脚筋带、静电防护酒精瓶等一系列产品。

这些产品凭借优良的品质已被广泛运用于各大企业中。随着市场的激烈竞争,恒之润一如既往的对产品质量严格把关,不断提高产品性能,优化客户体验,提供及时且专业的静电控制方案与相关仪器设备。

地址:苏州市吴中区中山东路88号木渎花样城商业广场7幢1208B

邮编:215101

联系人:龚先生 13962162491

邮箱:gaoyi@esd-hzr.com

网站:www.surpa-hzr.com

常州市泰腾装饰材料有限公司

常州市泰腾装饰材料有限公司是防静电全钢架空活动地板、陶瓷防静电地板、OA全钢网络地板、扣槽式全钢网络地板、高强度木质高架活动地板、硫酸钙防静电地板、铝合金防静电地板、全钢通风地板等产品生产加工的公司,拥有完整、科学的质量管理体系。

公司以系统的设计、生产、销售和施工为一体。无论是证券公司、学校、智能写字楼、计算机房、电子厂、机场、洁净车间等,都能在我们这里找到需要的产品。不管遇到什么问题,我们的技术人员都将会带给您一套完整的解决方案。公司积极打造的产品和服务平台,为全球活动地板用户创造节能、绿色的空间,赢得了用户的广泛赞誉。

公司将继续本着“质量为本,客户至上”的经营理念,竭诚为广大国内外客户服务。常州市泰腾装饰材料有限公司将以诚信、实力和产品质量获得业界的认可。欢迎各界朋友莅临参观、指导和业务洽谈。

地址:常州市武进区横林镇武青路9号

邮编:213103

电话:0519-83999119

邮箱:taiteng@czttzs.com

全球销量领先的 架空网络地板行业制造商

内装新材料一站式服务平台



用户至上



低碳环保



智能高效

THE WORLD LEADER IN SALES MANUFACTURER OF
OVERHEAD NETWORK FLOORING INDUSTRY

一远品质，
永远相伴

知名 品牌

一远静电科技

一远静电科技有限公司
YIYUAN ELECTROSTATIC TECHNOLOGY CO., LTD.

企业简介 COMPANY PROFILE

浙江一远静电科技有限公司

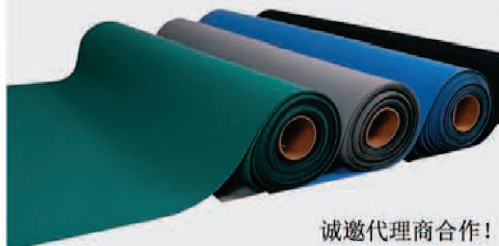
浙江一远静电科技有限公司创立于1995年，专业生产、销售防静电橡胶板(台垫、地垫)、防静电服装、防静电鞋等产品。公司以科技为依托，市场为导向，与国内外多家大专院校及知名企业合作，共建科技创新载体，获得多项发明成果。在国内率先实现产业化，为航天、国防、石油、医药、食品、电子、化工、煤矿等行业提供了技术和产品。产品已遍及全国各地，代替了国外进口，成为伟创力、捷普、华为、美的、中兴、贝因美等电子制造使用品牌，在业内具有良好的信誉，被国家科学技术委员会专家鉴定为“技术处于国内领先，质量达到国外同类产品先进水平”。“客户至上、追求卓越”。一远静电将不断为客户提供更多、更出色的防静电及净化系列产品。有您的需求才有我们的发展，有您的要求才有我们的提高，让一远静电的产品给您带来品质的保障。

防静电橡胶板 ANTISTATIC RUBBER PLATE

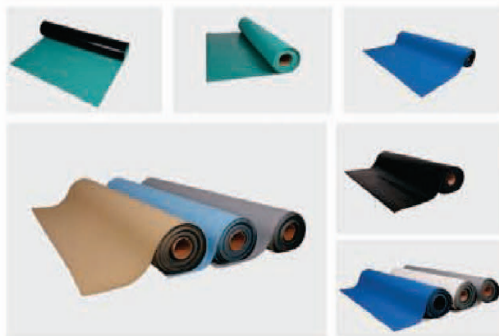
环保防静电橡胶板，产品通过SGS RoHS 2.0检测

100%优质橡胶 耐高温300℃不变色 无异味
耐低温-70℃不分解 耐酸耐碱 耐油耐磨

环保 无卤素



诚邀代理商合作!



防静电服装 ANTI-STATIC CLOTHING

可按要求定制防静电工作服，可印LOGO、编号、反复清洗做工精细，采用优质防静电面料，产品通过SGS检测



防静电PU/PVC鞋 ANTI-STATIC PU/PVC SHOES

防静电PU鞋、PVC鞋，款式多样，可按要求定制白色防滑鞋底，轻便柔软、舒适，方便清洗，干燥快



 Eyuang ESD Tech
浙江一远静电科技
专注防静电产品生产30年!

网 址: <http://www.zjyiyuan.com>
电 话: 0576-87071888 87071889 手机: 13661688095
传 真: 0576-87071613
E-mail: zj@zjyiyuan.com 邮编: 317312
地 址: 浙江省仙居县横溪高新技术开发区



公司二维码



店铺二维码