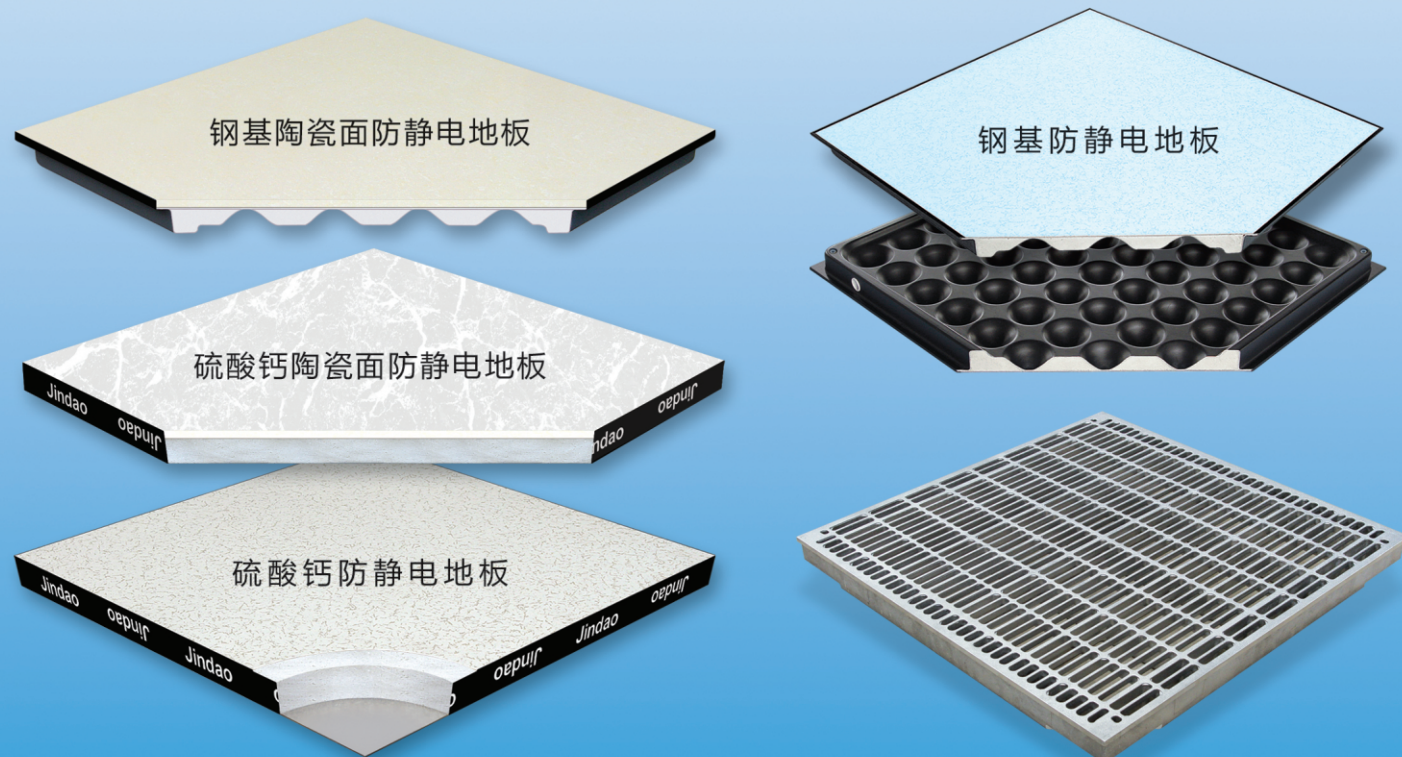




中国防静电装备品牌企业展示
莱州市华福机房材料有限公司
JINDAO FLOORS, INC. HUAUFU FACTORY

地址: 山东莱州经济开发区临港产业园(原三山岛街道西由)
电话: 0535-2742126 2742188
<http://www.jindaoofloors.cn>

莱州市华福机房材料有限公司是以高架活动地板的设计、制造、施工、销售、安装为主的专业公司,是全国本行业率先通过 ISO9001 质量体系认证的企业,也是中国电子仪器行业协会防静电装备分会的理事单位。本公司占地面积 6 万平方米,固定资产 5000 余万元,拥有智能网络地板、钢基防静电地板、硫酸钙地板、木地板和地板支架五条生产线,经过坚持不懈的努力,“金岛”品牌在国内外市场享有很高的声誉,国内市场遍布祖国各地,海外市场出口到东西欧、南北美、中东、东南亚、南亚、非洲等世界各地。



通风地板



可以按照中国 GB/T36340、欧盟 EN12825、美国 Cisca、英国 MOB 标准组织生产,年供货能力 100 万平方米,是目前国内规模最大的活动地板生产商之一。

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

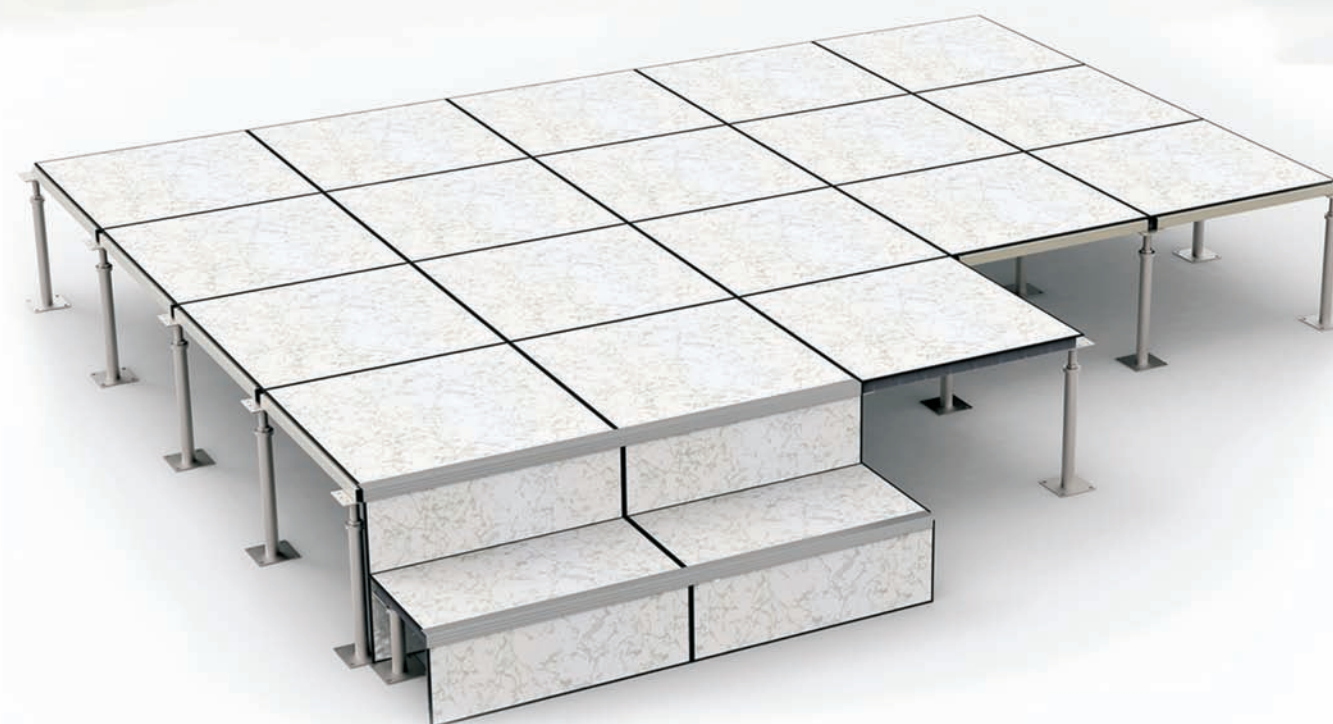


1 | 2020
总第108期



中国防静电装备品牌企业展示

佳辰 防静电活动地板系列
Jiacheng Anti-Static Floor Panel Series



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



中国防静电装备品牌企业展示

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。



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

- 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



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



中国防静电装备品牌企业展示



HUMANS ARE MOVING FROM THE IT AGE TO THE DT ERA

江苏双奇地板有限公司
JIANGSU SHUANG QI FLOORING CO., LTD.

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。

三十多年生产、销售、研发：全钢架空活动地板系列、硫酸钙架空地板系列、实木、多层实木、复合实木、复合地板系列。给客户致力优质服务。

专业化的生产、高品质的经营，给双奇公司赢得了众多荣誉，公司率先通过建筑装修装饰工程专业承包贰级、建筑施工安全生产许可证、ISO9001国际质量管理体系、ISO14001环境管理体系、欧洲CE产品认证、LEED认证产品一等证书及多项荣誉证书。

地板专家、专家服务、产品极致、与众不同、温馨服务、一丝不苟。

◎ Certifications 资质证书



◎ Production Line 生产流水线



钢质地板生产流水线



硫酸钙GRC基板生产流水线

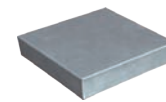


全包地板生产流水线

◎ Product Image 产品图片



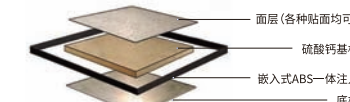
钢质网络地板



硫酸钙全包地板



四边采用ABS一体注塑成型



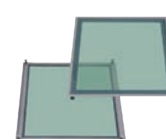
地板结构图



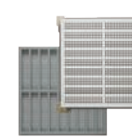
陶瓷面地板



钢质防静电地板



玻璃地板



通风地板



木质面层地板



GRC地板

中国防静电装备品牌企业展示

1997 年创刊
2020 年第 1 期 (总第 108 期)
出版日期 2020 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
特邀顾问: 孙可平 姜冠雄
主 任: 谭慧新
副 主 任: 邹 勇
编 委 会: 孙延林 谭慧新 孙可平 王大千
欧阳吉庭 刘全楨 王晓东 宋竞男
王荣刚 李杰 胡树 邹勇 陈增久
主 编: 张海萍
编 辑: 陈增久 吴秀婷 孙 冰
美 编: 王洁莲 李 彬
编辑部地址: 北京市石景山区万达广场
CRD 银座 B-1429 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

协会动态

- 6 **新书推荐:**《电子工业静电与电路 EOS/EMI 防护技术》内容简介
- 6 《静电学第 4-9 部分: 特定应用中的标准试验方法 服装》
标准(国标)编制启动会议在北京召开
- 7 新纶科技捐赠暖心口罩——抗击新型肺炎,让我们行动起来!
- 8 众志成城,春节不休息,口罩企业满负荷生产
- 10 抗疫路上,我们并肩同行
- 10 中国电子仪器行业协会防静电装备分会大事记

学术探讨

- 13 HBM ESD 脉冲电压下的 IC 介质击穿实验研究
蔡利花 孙可平
- 16 空气过滤材料用聚烯烃原纤化纤维的研究
胡 树

技术应用

- 22 机器人的洁净度适用性检测研究
厉 龙 范国锋 朱 兰
- 26 公建空调通风系统应对雾霾天气的过滤器选型方案
涂光备 涂 有

技术讲座

- 32 EPA 接地系统与接地电阻测量
孙延林
- 42 各类型防护口罩标准要求差异浅析
王荣刚 王 珣 陈雪荣

施工解析

- 49 A 级防火防静电地面涂料施工解析
黄 晨 王晓东

静电问答

- 52 静电专业常识解答

会员之家

- 53 新会员单位介绍
- 55 会员单位介绍



新春致辞

一元复始，万象更新，带着胜利的喜悦我们送走了难忘的2019年，以奋进的激情迎来了充满希望的2020年。值此春暖花开之际，我谨代表中国电子仪器行业协会防静电装备分会，向奋战在生产一线的防静电装备行业广大职工、抗击新冠肺炎疫情的会员单位以及关心支持防静电装备行业成长与进步的领导、专家、朋友们致以诚挚的问候和祝贺！祝大家在新的一年里身体健康、阖家幸福、事业有成！

过去的一年，业内广大企业和单位克服经济下行的压力，努力拼搏，实现新起点上新跨越，在防静电标准化、职业培训、行业自律、科技创新等方面取得了很好的成绩，为我国的现代化建设增砖添瓦。

2020年我们仍将以改革创新为指导思想，在静电标准化、信息交流与技术服务、职业教育、科技创新、行业自律等方面挖掘潜力，并与大专院校、科研机构、学术团体对接、建立“产、学、研”链条，努力克服经济下行压力和化解新冠肺炎疫情带来的损失，积极促进行业的发展与进步。

长风破浪会有时，直挂云帆齐沧海。新的一年，前进的道路将会面临更大的挑战。我们要保持清醒的头脑，更加紧密团结合作、与时俱进、克服困难、大胆创新，谱写高水平、有特色的新诗篇，共同开创更为辉煌的明天！

中国电子仪器行业协会防静电装备分会 理事长 孙延林

上海佰斯特电子有限公司
Shanghai POUSTO Electronic Engineering Co., Ltd

佰斯特

企业简介

上海佰斯特电子有限公司于2002年成立，经过近20年的发展，是国内第一家也是唯一一家防静电工作台等装备产品的生产厂家，于2018年通过国家工信部审核，成为防静电装备产品中唯一推荐品牌企业；佰斯特生产地位于国家级制造基地——上海青浦工业园，占地30亩，拥有两万平方米的生产厂房，拥有26名经验丰富的设计研发人员以及多名业内高级工程师，公司60%以上生产加工设备及防静电核心材料防静电喷涂粉均为进口，确保防静电性能的稳定性和可靠性，防静电工作台为公司的核心产品，生产方式为规模化、连续化生产，日常库存量保持在1000套左右，公司有充足的现货供应，大部分产品均可以10-20个工作日内完成备货。

佰斯特防静电系列产品性能以其人性化、智能化，柔性化等突出优势，是目前国内各大航天、军工企业、院所、高校的首选制造商，备受青睐。

已通过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

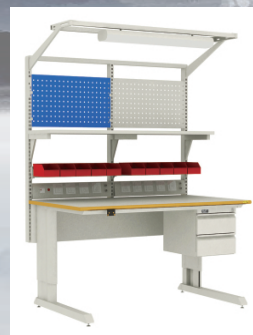
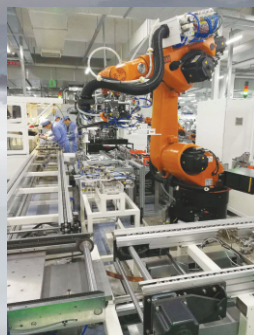
佰斯特产品符合国军标GJB3007A-2009，SEFA 8M-2016实验室等级金属柜检测标准

航天电子产品静电防护技术要求Q/AJA119-2013

欧盟IEC61340防静电标准

SJ/T11236及欧盟EN61457：1995+2000电磁兼容性标准

并参与了《电子产品制造与应用系统防静电测试方法》、《电子工业防静电系统通用技术要求》的修订工作。



工信部工业(静电防护)产品质量监督检验中心

国家静电防护产品质量监督检验中心(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、监督机构,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(GJB 2725A),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、产品认证以及特色计量服务。

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的中国静电防护技术支撑单位,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、科研机构以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!

立足航天、服务国防、面向社会、着眼未来!



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

地址:北京市海淀区友谊路104号院15号楼
电话:010-68112004\68112016\6112048
传真:010-68112010
邮编:100094
网站:www.cast514.com

产品系列:

永久性导电型/耗散型卷材
永久性导电型/耗散型块材

企业先后通过了

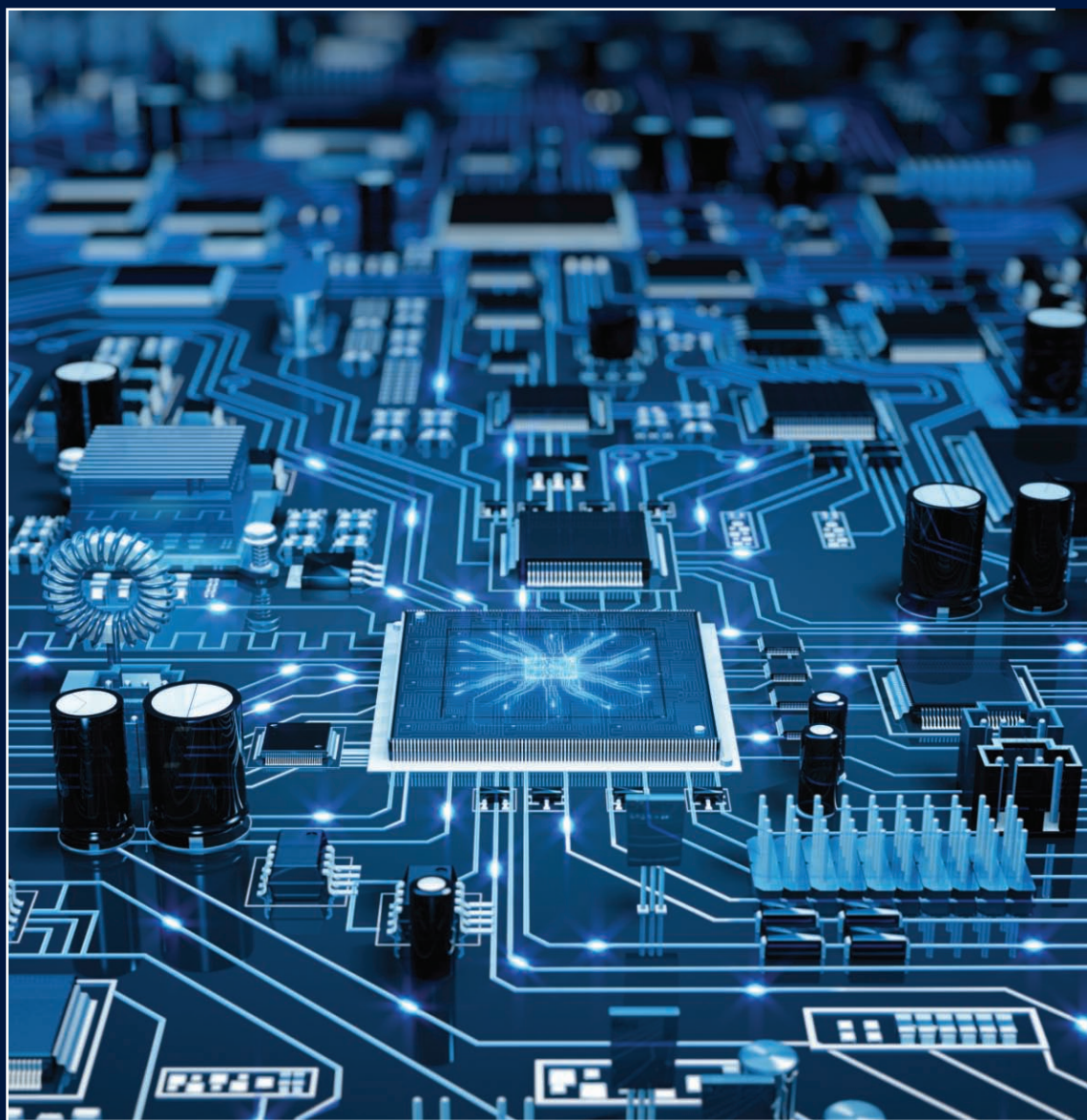
ISO 9001
ISO 14001
Floorscore
OHSAS 18001

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
中国防静电地板施工标准参编单位 中国防静电行业协会副理事长单位
中国大型的防静电环境工程产品制造商



联系方式: 电话: 0579-82387919, 手机: 13586979970
邮箱: tked@163.com, 网址: www.tkflor.com
地址: 浙江金华市婺城区宾虹路2065号

新书介绍:《电子工业静电与电路 EOS/EMI 防护技术》内容简介

本刊讯 随着我国电子信息产业的迅猛发展,特别是智能化、生物信息化、云计算等发展促进了微电子快速发展,与此同时 ESD/EOS/EMI (静电放电 / 电流与电压过载 / 电磁干扰) 问题对微电子产品质量的不良影响也日益显著。为了预防 ESD/EOS/EMI 对微电子产品不良影响与危害,促进微电子产品质量提高,应广大电子生产、科研、防静电装备 (产品) 生产企业科研人员和广大职工的要求,作者编著了《电子工业静电与电路 EOS/EMI 防护技术》一书。

本书详细介绍了电子工业静电防护原理、静电放电模型与静电敏感器件的分级、电子电路 EOS/EMI 应对方案、防静电工作区构成的基本要

求、防静电装备 (产品) 技术参数与使用注意事项、防静电工艺与质量管理等方面内容,并介绍了国际电工委员会标准 IEC 61340、美国标准 ANSI/ESD S20.20 近年的技术发展情况。

本书图文并茂、结合实际、通俗易懂,可供电子行业工程、生产、工艺、质量管理、可靠性、科研、销售等人员参考和学习。

《电子工业静电与电路 EOS/EMI 防护技术》全书 57.2 万字,售价 119.00 元 /1 册,已于 2019 年 11 月中旬出版。

如有需要者,可与防静电装备分会联系。

联系电话:(010)68647410

《静电学第 4—9 部分:特定应用中的标准试验方法 服装》标准 (国标) 编制启动会议在北京召开

本刊讯 中国电子仪器行业协会防静电装备分会于 2019 年 12 月 20 日,在北京组织召开了《静电学 第 4—9 部分:特定应用中的标准试验方法 服装》(以下简称《服装》标准)标准编制启动会,标准主管部门、该标准参编单位、相关专家和协会有关人员参加了会议。信息产业防静电产品质量监督检验中心有关人员列席了会议。

会议由协会孙延林理事长主持。孙理事长首先

代表防静电协会向标准主管部门、与会专家以及各参编单位对协会工作的大力支持表示衷心感谢!

孙理事长希望各参编单位在标准编制过程中齐心协力、通力合作,保证编写质量,把《服装》标准编写好,认真完成好标准的编写任务。

启动会上成立了由主编单位、参编单位、相关专家,以及协会有关人员共同组成的《服装》标准编制工作组。

本次编写的《服装》标准是等同采用国际标准的国家标准,主编单位为中国电子技术标准化研究院,苏州天华超净科技股份有限公司作为标准的主要执笔单位。

标准参编单位有:

苏州天华超净科技股份有限公司

广东优科测试技术服务有限公司

浙江一远静电科技有限公司

深圳市思特达科技有限公司

厦门市康保无尘科技有限公司

苏州天华超净科技股份有限公司高工王荣刚向与会人员介绍了《服装》标准初稿的编写情况,与会人员重点讨论了《服装》标准编写初稿中的内容设置情况。为更好的完成标准的编写工作,各参编单位将开展调研工作,对标准初稿进行完善。与会人员还对《服装》标准编制计划和进度安排进行了详细讨论,一致通过了标准编制计划、进度安排及任务分工。

下阶段的编写任务具体分工如下:

1. 范围、规范性引用文件 由深圳市思特达科技有限公司完成;

2. 术语和定义、设备和材料 由浙江一远静电科技有限公司完成;

3. 试验程序 由信息产业防静电产品质量监督检验中心有关人员完成;

4. 产品认证、试验报告、参考文献、对照 L.1 的优化和之前已转化的标准对照 由苏州天华超净科技股份有限公司完成;

5. 引言 由厦门市康保无尘科技有限公司完成;

6. 附录 由广东优科测试技术服务有限公司完成。

会议决定 2020 年 1 月 10 日前,参编单位将各自完成的分工任务提交给主要执笔单位进行汇总,形成《服装》标准的初稿修改稿。

启动会达到了预期的效果,圆满结束。

新纶科技捐赠暖心口罩 ——抗击新型肺炎,让我们行动起来!

本刊讯 武汉新型冠状病毒 (2020 年 1 月 12 日,世界卫生组织将其命名为“2019 新型冠状病毒”,简称 2019-nCoV) 感染的肺炎疫情在全国各地不断延续,全球多地也陆续出现了新型冠状病毒感染的肺炎病例。疫情面前,人人自危,国家各有关部门在尽力做好监测、防控、治疗以及疫情知识防护工作,坚决防止疫情扩散蔓延。疫情不断发展,使得具有一定防护作用的口罩变得十分紧俏,一时间各大药店的口罩迅速脱销。

为抗击疫情,中国电子仪器行业协会防静电装备分会的会员单位——深圳市新纶科技股份有限公司苏州工厂组织员工连夜赶工,为武汉一线抗击疫情紧急提供防护设备,加班加点生产了 6000 只



KN95 防护口罩、20000 只银离子口罩、34000 只一次性蓝海锚口罩,并第一时间与中国红十字会总会取得联系,火速从苏州连夜运往武汉市红十字会,捐赠的口罩用于湖北地区新型冠状病毒的防预工作。

一般来说,冠状病毒的主要传播途径是由呼



吸道分泌物排出体外,经口液、喷嚏、接触传染,并通过空气飞沫传播,戴口罩是阻断呼吸道分泌物传播的有效手段。新纶科技此次向武汉市红十字会无偿捐赠 60000 只口罩,既是公司应当承担的社会责

任,同时也希望能够为对抗新型冠状病毒尽绵薄之力。

面对这场意外疫情的考验,全国人民团结一心,各方合力,对抗疫情,战胜病毒!

众志成城,春节不休息,口罩企业满负荷生产

本刊讯 2020 年 1 月 29 日下午,央视“共同战疫”栏目组记者亲赴新纶科技苏州基地,探访苏州新纶超净技术有限公司的口罩工厂。期间,央视记者参观了口罩本体制作、理耳、塑封打包车间等,并采访了新纶科技董事、副总裁翁铁建先生、苏州新纶医疗事业部生产组长罗兰熙及热心的苏州志愿者,对老百姓关心的口罩产能、市场供应等情况进行了解。

新纶科技集团副总裁翁铁建表示,疫情爆发时,新纶科技董事长侯毅先生就向全体员工做出部署,要求全力支持国家防疫工作,配合党和政府打好这场防疫攻坚战。1 月 21 日,公司紧急捐赠了 6 万只口罩,驰援武汉。在面临春节放假,工人短缺的情况下,除夕夜,本地及部分外地员工三十余人自发重新回到企业加班生产,日产一次性医用口罩 5 万只。大年初三,侯毅先生再次要求新纶科技所属其他各分子公司就近支援苏州口罩工厂,缓解工人短缺问题,实现 24 小时不间断



生产,将产能提升至每日近 15 万只。翁总表示接下来将想尽办法突破瓶颈,力争将产能提升至每



日 30 万只。

生产车间组长罗兰熙表示，新纶科技自上而下全力投入到防护用品生产，为便于及时指导新员工及处理异常，一些老员工在公司里搭起了床铺，以厂为家；许多工人连续工作，体力透支，但仍坚持生产，保障口罩及时供应市场。

苏州市的政府单位、爱心企业、义工组织、也自

发加入志愿者行列，协助公司生产，多生产一个口罩，全国人民及奋战在一线的人们将会多一份保障。在疫情面前，让我们看到的是全国人民团结一致，众志成城的凝聚力和抗击疫情的决心。

病毒当前，新纶人没有退缩，大家没有退缩。舍小家，顾大家，只要我们万众一心，就一定能取得“共同战疫”的最终胜利。



抗疫路上,我们并肩同行



本刊讯 2020年伊始,突然爆发的新冠肺炎疫情让我们度过了一个不寻常的春节,抗疫一线的工作人员更为我们带来了太多的泪水和感动。尽管疫情并未完全结束,但我们相信,春天一定会到来。

疫情发生以来,中国电子仪器行业协会防静电装备分会副理事长单位——苏州天华超净科技股份有限公司以高层领导为核心,迅速成立了联控抗疫小组,竭尽全力组织自己的力量为抗疫一线努力奋战。为了给一线战士们送去抗疫的铠甲——医用

防护服,天华公司组织力量进行医用防护服制造。天华超净的防护服过滤效率、液体阻隔、断裂强力、抗静电性等多项性能参数高于标准要求,守护使用者的安全。同时,公司还组织资源,加大生产力度生产一次性防护口罩,为企业有序复工提供保障。公司全体员工在公司高层带领下,从疫情发生以来一直加班加点,努力奋战,为阻击疫情、企业复工贡献自己的力量。

中国电子仪器行业协会防静电装备分会 大事记

2018年

◆1月18日,工业和信息化部电子信息司组织召开了部属静电领域相关标委会和工作组“关于标准工作情况的汇报会”,中国电子仪器行业协会防静电装备分会孙延林理事长代表工业和信息化部防静电标准工作组参加了会议。

会上,孙延林理事长汇报了由工作组主办并组织报批和送审的《防静电地坪涂料通用规范》、《防静电贴面板通用技术规范》两个行标修标的工作情况,重点阐述了此次修订的两个行标与修标前的标准相比的主要特点是:1.增加了环保的指标,极大地满足了国家及静电领域对环保的指标要

求;2. 对国际国内出现的新产品给出了具体的判定方法;3. 各项指标及内容能够更好地与国际标准接轨。修订后的标准将对规范防静电地坪涂料和防静电贴面板市场,提高产品质量,从而进一步提升在国际市场上的竞争力发挥出重要的作用。

◆2月,由中国电子仪器行业协会防静电装备分会与广东东科集团共同打造的中国防静电产业园暨广东东莞市金美科技园有限公司,被广东省科技厅列入2017年第二批“国家级科技企业孵化器培育单位”。

◆5月6-9日,中国电子仪器行业协会防静电装备分会第六届四次理事扩大会议在安徽黄山市召开。协会副理事长单位、理事单位共26家代表,以及20余家会员单位代表参加了会议。孙可平教授、洁净技术分会秘书长王大千、总后信息中心高工孙留坤、工信部五所研究员来萍、中电系统工程公司董事长马卫华、国家信息安全发展研究中心高工蒋卫文等专家应邀出席了会议。

会议听取了谭慧欣秘书长所做的分会工作报告,审议通过了关于开展第四届“中国防静电品牌企业”评选活动的议案,协会举办25周年庆典活动的议案以及新申请理事单位、副理事长单位的选举工作。经大会表决,北京东方计量测试研究所由理事单位当选为副理事长单位;国家工业信息安全发展研究中心、上海佰斯特电子工程有限公司分别当选为理事单位。

会上组织进行了技术交流,孙可平教授为大会作了“国际静电学界新动向——IEC第六大类新标准即将面世”的专题报告,协会会员单位深圳斯玛佩科技有限公司、江苏华静地板科技有限公司、黄山佳美奇科技有限公司、上海阳森精细化工有限公司、沈阳蜂巢复合材料制造股份有限公司等单位分别作了“新技术、新工艺、新材料、新成果的介绍及交流”。理事扩大会议完成了全部会议议程,圆满结束。

◆5月,根据工业和信息化部办公厅下发的

“关于做好2018年工业质量品牌建设工作的通知”精神,经分会秘书处办公会议讨论决定:分会将继续开展第四届中国防静电装备品牌企业评选活动,同时,在分会六届四次理事扩大会议上提交理事扩大会议审议通过。

◆6月27日,中国物理学会静电专业委员会“静电防护培训中心”在苏州天华超净科技股份有限公司挂牌成立。这是继中国电子仪器行业协会防静电装备分会、工业和信息化部电子行业职业技能鉴定站“ESD华东地区培训基地”在企业落成不到一年的时间里,由苏州天华牵手国内静电学术团体联合开展静电技术培训的又一重大举措。

出席挂牌仪式的技术专家有:中国工程院院士刘尚合、中国物理学会静电专业委员会吴彦主任、欧阳吉庭教授、李杰教授、魏光辉教授、李庆教授、刘全桢教授、周本谋教授、原青云老师等。中国电子仪器行业协会防静电装备分会理事长孙延林、秘书长谭慧欣也出席了挂牌仪式。

◆7月,分会致函中国建筑标准设计研究院,提出关于国家建筑标准设计图集14J938、08J907修改建议,建议中提出:近期中国电子仪器行业协会防静电装备分会陆续收到一些工程设计、施工单位对贵单位起草的【国家建筑标准设计图集】的一些反映,反映内容主要涉及到防静电一些内容。为了使【国家建筑标准设计图集】更好的为设计单位和施工企业服务,避免在实际工程及施工中出现一些质量问题。防静电协会组织了防静电业界的一些专家和企业,对有关图集出现的问题及不妥之处进行讨论,并提出几点修改建议供参考。

◆7月27-28日,在上海召开了《工程防静电通用规范》第二次研编工作会议,本规范是由住建部下达给中国电子技术标准化研究院、电子工程标准定额站的研编任务。

协会理事长孙延林为领导小组成员,孙可平、宋竞男、孙留坤、范通川为标准顾问组专家。中国机房设施工程有限公司、信息产业防静电

产品质量监督检验中心、华东理工大学华昌聚合物有限公司、上海安平静电科技有限公司、江苏佳辰地板常州有限公司、浙江金华天开电子材料有限公司、山东电盾科技股份有限公司、深圳市亨达洋静电技术有限公司、上海佰斯特电子工程有限公司、苏州天华超净科技股份有限公司、中电系统建设工程有限公司等会员企业参加了本标准的研编工作。

◆10月,由中国电子仪器行业协会防静电装备分会组织编写的《防静电活动地板通用规范》(国标,标准号:GB/T36340-2018)、《防静电地坪涂料通用规范》(行标,标准号:SJ/T11249-2018),分别于2018年6月7日、2018年10月22日由中国国家标准化委员会及工业和信息化部批准颁布,这两个标准均从2019年1月1日开始实施。

◆11月1-2日,分会组织的《防静电活动地板通用规范》标准宣贯会在常州召开。该标准由防静电分会于2015年开始组织对原《防静电活动地板通用规范》(SJ/10796-2001)进行修编并提升为国家标准,该标准于2018年6月由国家标准化委员会批准并颁布,将于2019年1月1日正式实施。本次宣贯会由该标准的主编单位常州华通新立地板有限公司协同举办,行业内四十余家企业的60余名代表参加了会议。

◆11月9-10日,分会在北京组织召开了《电子产品制造与应用系统防静电测试方法》标准编制的启动会议。标准的主管部门中国电子技术标准化研究院、防静电分会,以及参加该标准编制的参编单位的相关人员出席了会议。

◆11月11日,分会在北京组织召开了《电子工业防静电系统通用技术要求》、《电子工业防静电系统认证指南》标准编制启动会议。防静电分会,以及参加该两项团标编制的参编单位的相关人员分别出席了会议。

◆11月20日,分会对《中国防静电装备品牌企业》进行了公示。

根据《工业和信息化部办公厅关于做好2018年工业质量品牌建设工作的通知》(工信厅科函【2018】83号)文件精神以及中国电子仪器行业协会防静电装备分会六届四次理事会扩大会议决议,决定在行业内继续开展《中国防静电装备品牌企业》认定工作。按照实施办法的要求,由现场核查小组对品牌申请企业进行了现场核查,并通过了品牌认定专家组的审核予以公示。公示时间为:2018年11月20日至2018年12月20日。

公示的反馈意见提交品牌认定领导小组进行核定,最终结果按照程序上报、批准、备案并予以公告。

HBM ESD 脉冲电压下的 IC 介质击穿实验研究

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】本文在 IC 器件氧化绝缘层介质击穿物理模型的基础上, 讨论了人体带电放电模型 (HBM ESD) 中的波动电压加于氧化层上时的介质击穿. 发现了氧化层上的俘获空穴密度临界值随薄膜厚度有十分敏感的变化; 当厚度由 $0.01 \mu\text{m}$ 减少至 $0.003 \mu\text{m}$ 时, 俘获空穴密度临界值由 $0.1\text{C}/\text{cm}^2$ 减少至 $0.002\text{C}/\text{cm}^2$, 相应地, IC 器件抗 ESD 的性能也急剧下降.

【关键词】静电放电防护, HBM 模型, 介质击穿

【中国分类号】0482.4 **【文献标识号】**A

Experimental Investigation on Silicon Dioxide Film Breakdown of IC Device under ESD Pulse in HBM

Cai Lihua, Sun Keping

【Abstract】This paper discusses the dielectric breakdown of silicon dioxide film when ESD pulse voltage in Human Body Model is applied to the film. We find that critical values of capture hole density change much sensitive with film thickness. when thickness is decreased from $0.01 \mu\text{m}$ to $0.003 \mu\text{m}$, the critical value of capture hole density is decreased from $0.1\text{C}/\text{cm}^2$ to $0.002\text{C}/\text{cm}^2$. The resistive ESD of IC device capability sharply droops.

【Keywords】electrostatic discharge, Human body model, dielectric breakdown

1. 引言

IC 器件氧化绝缘层介质击穿是电子器件 ESD 防护广泛涉及的课题, 许多国家与地区开展了持续实验研究, 并不断取得进展^{[1][2][3][4][5]}. 本文是在文献^[1]集成电路电子器件氧化绝缘层介质击穿的物理模型基础上, 开展了进一步的试验研究. 文献^[1]从泊松方程和电流方程入手, 给出了介质表面俘获空穴电荷密度随时间变化的物理方程:

$$\begin{aligned}\sigma^+(\tau) &= e \int_0^{\tau_{ox}} p dx = \varepsilon \int_{F_a}^{F_c} dF = \\ \varepsilon(F_c - F_a) &= \varepsilon H[E_c(\tau) - E_a(\tau)]\end{aligned}\quad (1)$$

如果上述俘获电荷超过了某一临界值, 用 σ_{BD}^+ 表示, 则足够大的电应力将使氧化层击穿. 设氧化层厚

度为 δ_{ox} , 平均场强为 $\bar{E}$, 则该临界电荷密度与时间 τ (τ 为无量纲时间) 的关系式可表示为^[1]:

$$\sigma_{BD}^+ = \frac{e\alpha_0}{\sigma} \delta_{ox} e^{-1/\bar{E}} (1 - e^{-\tau}) \quad (2)$$

但是, 当加于氧化层的电压不是恒定电压, 而是人体带电放电模型 (Electrostatic Discharge in Human Body Model, 简称 HBM ESD) 中的波动电压时, 流经氧化层的电子电流 J 不再为常数. 这就必须重新考虑 ESD 脉冲下的动力学特征. 这正是本文所要讨论的.

2. HBM ESD 脉冲下的氧化层俘获空穴密度

设 HBM 电路中与氧化层串联的电阻为 1500Ω , 放电电容器电容 100pF . 有一 ESD 脉冲加于电容器

上,那么流出 HBM 模拟器的电路电流将流经该氧化层。设氧化层的有效面积为 A ,厚度为 δ_{ox} ,本身电容为 C ,则其上的电压 $V(t)$ 和电路中的瞬时电流 $I(t)$ 均为时间 t 的函数。则氧化层上的电流方程为:

$$-C \frac{dV}{dt} = I = AJ \quad (3)$$

由于电流的累积效应,氧化层表面同样会出现俘获空穴。但是电流密度 J 不再为常数,而是与时间 t 有关的函数。氧化层上碰撞电离在单位长度上所产生的俘获空穴数目 α 也与 t 有关。在这种情况下,氧化层上俘获空穴密度 p (即单位体积内的空穴数) 就不再为[1]中的形式,而必须设成与时间有关的更一般形式:

$$p(x, t) = \frac{1}{e} \frac{\int_0^t \alpha J e^{\int_0^{t'} (\sigma J / e) dt''} dt'}{e^{\int_0^t (\sigma J / e) dt'}} \quad (4)$$

由于 σ 是常量,利用方程 (3),可得:

$$\int (\sigma J / e) dt' = \frac{\sigma}{e} \int J dt' = -\frac{\sigma C}{eA} \int dV \quad (5)$$

因 ESD 脉冲通过氧化层而在其上产生的俘获空穴电荷密度则变为:

$$\sigma^+ = \int e p(x, \infty) dx = \delta_{ox} \frac{C}{A} \int_0^{V_0} \alpha e^{-(\sigma C / eA)V} dV \quad (6)$$

式中 V_0 是 100pF 电容器上的初始电压。

由于方程 (6) 中指数项中相对于几百伏的电压而言是非常小,可近似处理为 0。则 (6) 式简化为

$$\begin{aligned} \sigma^+ &= \delta_{ox} \frac{C}{A} \int_0^{V_0} \alpha dV = \delta_{ox} \int_0^{V_0} e^{-H_{ox}/V} dV \\ &= (HC\alpha_0) (\delta_{ox}^2 / A) \int_0^{V_0/H_{ox}} e^{-1/x} dx \end{aligned} \quad (7)$$

式中使用了 $\alpha = \alpha_0 e^{-H/F}$ 式 (参见文献[1]) 和无量纲电场强度 $E = F/H$ [1], α_0 为 $t=0$ 时氧化层单位长度上俘获空穴数目。

根据文献[1]提出的氧化层击穿物理模型,当俘获空穴电荷密度 σ^+ 达到临界值 σ_{BD}^+ 时介质发生击穿,而该临界值与所加电场强度、氧化层厚度和时间均有关系。文献[1]已就厚度大于 $0.01 \mu m$ 的几种实验结果作了介绍。下面重点讨论一下更薄的

氧化层与该临界值的关系。如果给定某一场强 (例如设 $F_{BD} = 9.25 \text{Mv/cm}$), 仅考查俘获空穴电荷密度临界值与氧化层厚度的关系,则从[1]可得 (注意方程两边已取对数):

$$L_n \sigma_{BD}^+ = -2.3 - 65.3 e^{-0.0784 \delta_{ox}} \quad (8)$$

从而可给出介质击穿时俘获空穴电荷密度临界值与厚度的关系曲线,如图 1 所示。

由图 1 明显地看出,当氧化层厚度为 $0.01 \mu m$ 附近时,俘获空穴电荷密度临界值约为 0.1C/cm^2 ,这与大多数的研究结果相一致 [3][5]。当厚度减少至 $0.003 \mu m$ 左右时,该临界值就大幅度地降低,约为 0.002C/cm^2 。对 ESD 的敏感性大大增强了。笔者以为,在更薄的氧化层介质击穿的机理中, σ_{BD}^+ 的大幅度减少,弹射隧道 (ballistic tunneling) 效应可能是重要机理 [6],界面俘获扮演了重要角色,从而使抵抗 ESD 的性能急剧恶化。

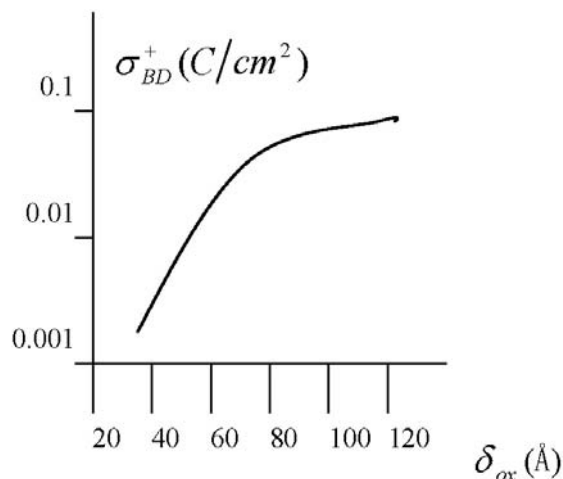


Figure 1: the curve between capture-hole charge density (critical value) and thickness

图 1 氧化层介质击穿时俘获空穴电荷密度(临界值)与厚度的关系曲线

3. HBM ESD 脉冲下的氧化层击穿

不少研究者对氧化层在恒定电压作用下的介质击穿进行了研究 [2][3][4][5], 得出了一系列重要结论, 重要的有: 恒压下厚度为 $0.01 \mu m$ 介质氧化层击穿时的电场强度要高于 $10-12 \text{Mv/cm}$, 大约为 20Mv/cm ; 提出了氧化层俘获空穴密度 σ^+ 达到 0.1C/cm^2 , 氧化层即会击穿; 氧化层单位长度上俘获空穴数目 α 的恒适曲线为:

$$\alpha = 1.38 \times 10^8 e^{-72/F}, \text{cm}^{-1} \quad (9)$$

式中 F 的单位仍为 Mv/cm 。描绘该曲线时使用的平均自由程 $\lambda = 0.0007 \mu\text{m}$, $E_i / eF\lambda = 5$ 或 6 。

但是, 当氧化层上所加电压不是恒定电压, 而是 HBM ESD 的放电脉冲时, 击穿机理和物理过程会大大的不同。除了上文提到的弹射隧道效应 (即俘获空穴电荷密度临界值对厚度的敏感性大大增强) 之外, 静电尺寸效应也更加明显。这一点可以从下文击穿电压对氧化层有效面积的重要影响可见端倪。

我们采用国际电工学会 IEC47 (CO) 955 标准中 HBM 的标准电路 (见图 2), 先由电源 V 对 R_1C 电路充电, 然后由 R_2C 回路对样品放电。这样, 样品上经受的不再是恒定电压, 而是一脉动电压。图中 R_2 为 $1.5\text{k}\Omega$, C 为 100pF , 均是 IEC 标准配置。

每放电一次, 观察氧化层是否击穿; 若未击穿, 提高供电电压, 重做实验, 直至击穿。

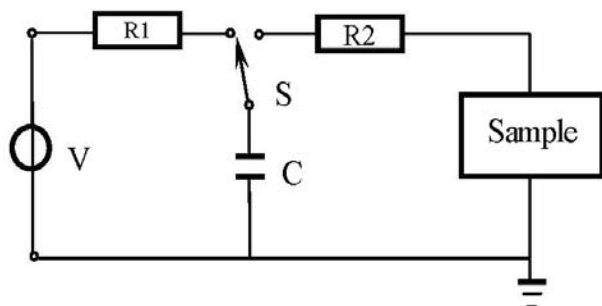


Figure 2. The essential circuit of HBM model

图 2 HBM 模型的基本电路示意图

我们使用 3 种氧化层样品做击穿实验。其厚度均为 $0.04 \mu\text{m}$, 但有效面积各不相同, 自身电容值也不同。

根据介质击穿的条件方程^[1]:

$$V_{BD} = \bar{F}t_{ox} = Ht_{ox} / \ln \left(\frac{\delta_{ox}}{t_{crit}} \right) \quad (10)$$

外加两种不同强度的电场 ($H=72\text{Mv/cm}$, 180Mv/cm) 于上述 3 样品, 设定临界常数 t_{crit} , 即可求出对应的介质击穿电压理论计算值。实验击穿电压值列于右边, 以资比较。

表 1 HBM ESD 脉冲下氧化层的击穿电压

Tal.1 Breakdown voltage of dioxide films in HBM

氧化层有效面积 (cm^2)	氧化层电容 (pF)	击穿电压计算值 (v)	击穿电压实验值 (v)
9.10×10^{-6}	22	204	199
5.95×10^{-6}	14	177	174
5.25×10^{-6}	12	170	73

结果显示, 在前两种较宽的氧化层有效面积上, 击穿电压理论值与实验值惊人地一致。这说明我们提出的物理模型有合理性。而对于第三种较小面积的氧化层一致性较差。可能原因与^[6]提出的缺损密度变化 (Defect density varistion) 有关, 这种密度变化, 使较小氧化层过早的击穿。

4. 结论

4.1 对于较薄的氧化层厚度, 方程 (7) 中俘获空穴密度临界值随厚度非常敏感地变化。当厚度由 $0.01 \mu\text{m}$ 减少至 $0.003 \mu\text{m}$ 时, 俘获空穴密度临界值由 0.1C/cm^2 减少至 0.002C/cm^2 , 从而使抵抗 ESD 的性能急剧恶化。必须从战略上寻求更好的技术对策。

4.2 随着 IC 器件的微型化的不断进步, 氧化层的有效面积、有效宽度也对 ESD 有敏感反映。可能是密度缺损效应使氧化层过早地击穿。

参考文献:

- [1]Sun Keping, etc., Inverstigation on Physical and Test Model of ESD Dielectric Breakdown in IC Silicon Dioxide Films, 6th International Symposium Proceedings on Test and Measurement, 2005, Vol. 9, p8269—8272
- [2]E. A. Amerasekera and D. S. Campbell, ESD pulse and contitions voltage breakdown in MOS capacitor structures, EOS/ESD Symp. Proc., EOS-8, Tokyo, 1986, P208—213
- [3]M. J. Tunnicliffe, V. M. Dwyer and D. S. Campbell, Experimental and theoretical studies of EOS/ESD oxide breakdown in unprotected MOS structures, EOS/ESD proc., EOS-12, Tokyo, 1990, P162—168
- [4]P. P. Apte, T. Kubota and K. C. Saraswat, Constant current stress breakdown in ultrathin SiO_2 films, J. Electrochem. Soc., 140 (1993) P770—773
- [5]D. J. Dimaria, D. Arnold and E. Cartier, Impact ionization and positive charge formation in silicon dioxide films on silicon, Appl. Phy. Lett., 60 (1992) P2118—2120
- [6]D. L. Lin and T. L. Welscher, From lightning to charged—device model electrostatic discharges, EOS/ESD Symp. Proc., EOS-14, Tokyo, 1992, P68—75

空气过滤材料用聚烯烃原纤化纤维的研究

胡树^{1,2}

1. 聚纶材料科技(深圳)有限公司 研究开发部, 深圳 518052;

2. 深圳市新纶科技股份有限公司技术中心, 深圳 518054

【摘要】本研究采用机械开纤法制备了空气过滤材料用聚烯烃原纤化纤维。经过多次实验,确定了制备聚烯烃原纤化纤维最优的加工工艺:热拉伸温度为 160℃、一次拉伸比为 4、二次拉伸比为 2、开纤比为 3.0、针密度为 75 针/cm、热定型温度为 220℃。在此基础上,将原纤化纤维制成了舒适度良好的高效低阻空气过滤材料,可应用于个人呼吸防护、空气过滤器、真空吸尘器、汽车空气净化、室内空气净化等诸多领域。

【摘要】聚烯烃;原纤化;过滤材料;纤维

【中图分类号】TQ342+.6 **【文献标识码】**A **【文章编号】**

Study of Polyolefin Fibrillating Fiber for Air Filtration

Hu Shu

(1. Research and Development Department, Polytren material science and technology co., Ltd., Shenzhen 518052, China;

2. Technology Development Center, Shenzhen Selen Science & Technology Co., Ltd., Shenzhen, 518054, China)

【Abstract】This study adopted film-slitting method to prepare the polyolefin fibrillating fiber for air filter material. According to experiments optimum conditions for processing were given, with the hot stretching temperature 160℃, first stretch ratio 4, secondary stretch ratio 2, splitting ratio 3.0, needle density 75/cm, thermal forming temperature 220℃. Based on this, the fibrillation fiber was made into air filtration material. With high filtering efficiency and low flow resistance, it could be applied to personal respirators, air filter, vacuum cleaners, motor air purification, indoor air purification and other fields.

【Keywords】polyolefin; fibrillation; filtration materials; fiber

0 引言

膜裂法制备纤维是上世纪七十年代发展较为迅速的一种新工艺和技术。它是利用薄膜经高倍纵向拉伸,分子取向平衡排列,轴向强度升高,纬向强度降至极限,经机械或化学方法原纤化处理后,会自行劈裂成纤的特性^[1,2]。文献报道最多的工业化膜裂纤维(原纤化纤维)主要为聚四氟乙烯材料和热塑性聚烯烃材料(聚丙烯、聚乙烯及其共混材料)。聚四氟乙

烯原料和成型设备价格较高、制备工艺复杂、生产效率较低,仅在高温过滤材料、医疗卫生、建筑工程和航空领域等特殊领域应用较多^[3],而聚烯烃材料价格低廉、密度轻、强度高、抗化学腐蚀性好^[4],采用膜裂新工艺制备原纤化纤维时,具有对原材料要求不高、生产工艺流程简短、设备投资较少、产品规格在一定程度可调整等优点,因此被广泛地应用在工业领域。

国产原纤化纤维直径大、毛丝多、强度低、硬度

大,手感不佳,使得其应用受到一定限制,仅仅在上世纪 90 年代应用于香烟滤嘴^[5,6]。传统空气过滤材料主要采用熔喷法,过滤效率很高,但气流阻力非常大,使用寿命短。而原纤化纤维制备的无纺空气过滤材料,呈现形成大孔径、多通道的蓬松结构,从而在高效过滤的前提下,保证了极低的气流阻力,经高压极化处理后,空气滤材的过滤效率进一步提高,因此特别适用于制作高效低阻空气过滤材料,附加值高,市场前景非常好^[7]。

1 实验部分

1.1 实验原料

共聚 PP,T30S,Mn 为 80000,聚合度约为 1800,熔融指数为 3.0g/10min (2.16kg/230℃) 抚顺乙烯化工;增韧剂,POE,8210,熔融指数为 20g/10min (2.16 kg/190℃),埃克森美孚;增韧剂,LLDPE,FU149M,熔融指数为 1.0g/10min (2.16 kg/190℃),韩国 SK;增容剂,PP-g-GMA/St,制备方法见孙晓东的硕士论文《熔融接枝聚烯烃相容剂的制备与性能研究》,自制;补强剂,超支化接枝改性纳米粉体,制备方法见赵辉等的论文《纳米 SiO₂ 表面超支化接枝改性的新方法》,自制。

1.2 仪器与设备

单螺杆挤出流延实验线:MESI-30/40,广州市普同实验分析仪器有限公司;模温机:JO-05,2套,昆山新久阳机械设备有限公司;分切装置:同轴刀具架,刀片采用钨钢合金,刀片间距 10-20mm 可调,上海润锋机械工具有限公司;原纤化装置:开纤机由前后两对压辊和导辊与中间开纤辊所组成,开纤辊连接伺服电机,针排可拆卸更换,自制。

全自动单纱强力机,YG023B-II,常州二纺精密机械有限公司;万能材料试验机:HF-9005,苏州力高检测设备有限公司;扫描电子显微镜,SU3500,日立高新技术公司;纤维细度仪,YG002 型,温州际高检测仪器有限公司;纤维投影仪,XSZ-109 G208C,温州际高检测仪器有限公司;光学显微镜,XZ-2B,宁波永新光学股份有限公司;薄膜测厚仪:CHY-U,济南三泉中石实验仪器有限公司;数字式织物透气

量仪,YG461,常州市中纤仪器有限公司;恒温恒湿箱透湿性测试仪,TN11068-B,东莞市通铭检测科技有限公司。

1.3 原纤化纤维制备方法

膜母粒的制备:PP 颗粒料 100 份、增容剂 2.5 份、补强剂 4 份、抗氧剂 0.5~1.5 份、光稳定剂 0.15~0.5 份,将上述各成份在高混机中低速充分混合,然后经双螺杆挤出机熔融塑化、挤出、水冷、风干、切粒、干燥得到膜母粒。

改性薄膜料的制备:将 PP 颗粒料 100 份和膜母粒 20 份在高混机中高速混合均匀,得到改性薄膜料,备用。

将改性薄膜料加入到挤出机的料斗中,在单螺杆挤出机中熔融塑化,依次进入计量泵、过滤器和熔体分配器,然后通过特制模头挤出,再经流延辊和冷却辊的预拉伸得到超薄薄膜。薄膜在线分切成 10mm 扁条,依次经过第一次多辊热拉伸、第二次多辊热拉伸、红外烘箱热定型、机械开纤、集束收卷制成聚烯烃原纤化纤维。

1.4 高效低阻空气过滤材料制备方法

将制备的聚烯烃原纤化纤维通过集束、张力控制、导丝、蒸汽软化、卷曲、热定型后导入圆盘式或闸刀式纤维切断机切成指定长度的原纤化短纤维,短纤维经双道开松、梳理、铺网、双道针刺、热定型和收卷制备成无纺布空气过滤材料(克重约 150g/m²)。

对针刺无纺空气过滤材料采用高压极化处理,极化工艺为:极化电压为 25KV,输出电流为 1mA,极化距离为 15mm,通过控制过滤材料的走布速度调节极化时间为 20s,高压极化完成后,收卷得到高效低阻空气过滤材料。

1.5 性能测试与结构表征

1.5.1 扁丝

拉伸强度和扯断伸长率(纵向):采用万能材料试验机,按照《GB/T 1040-2006 塑料 拉伸性能的测定》进行测定。

取向度:采用 X 射线衍射法测定扁丝的取向度。

厚度:采用薄膜测厚仪,进行扁丝厚度的测定。

1.5.2 原纤化纤维

平均直径:采用光学显微镜自动扫描法,随机测定 1 000~2 000 根纤维直径,然后计算平均值。

原纤化指数:参照杨旭红的《Lyocell 纤维原纤化程度的评价》中的原纤化指数主观评价法进行测定。

断裂强度和断裂伸长率:参照《GB/T19975-2005 高强度纤维长丝拉伸性能试验方法》的标准测试,其中两夹头隔距为 250mm,前伸速度为 250mm/min,预加张力为 5cN。

热收缩率:参照《GB/T 6505-2001 合成纤维长丝热收缩率试验方法》进行测定。

1.5.3 空气过滤材料

过滤效率:按照《GB 2626-2006 呼吸防护用品自吸过滤式防颗粒物呼吸器》中第 6.3 节的标准进行测试。

气流阻力:参照《GB 19083-2010 医用防护口罩技术要求》中第 5.4 节的标准进行测试,其中选用 0.3 μm 的 NaCl 颗粒,气体流量为 30L/min,测试环境温湿度分别约为 23℃ 和 30%。

透气率:参照《GB/T 5453-1997 纺织品织物透气性的测试》9 进行透气量测量,压差选择 200Pa。

透湿率:使用透湿性试验仪,按照《GB/T 12704.2-2009 纺织品 织物透湿性试验方法》,测试过滤材料的透湿性。

2 结果与讨论

扁丝流延、铸片和冷却成型部分的主要工艺参数,如表 1 所示:

表 1 流延设备主要工艺参数

Tab 1 The main process parameters of the casting equipment

喂料区	加热一区	加热二区	加热三区	加热四区
180℃	225℃	240℃	240℃	240℃
滤网区	计量泵	熔体泵	模头一区	模头二区
240℃	240℃	240℃	245℃	245℃
螺杆转速	挤出速度比	计量泵转速	铸片速度	冷却辊速度
12.2 r/min	7.5%	35 r/min	5 m/min	5 m/min

2.1 热拉伸温度对扁丝物理机械性能的影响

为了拉伸温度分布均匀,本研究采用热辊多道拉伸的方式,钢辊内部设置多层不锈钢多层高压软管连接双螺旋流道,流道进出口分别使用进口高压油管连接至拉伸系统配套模温机,保证辊表面温差≤1℃。本研究固定一次拉伸比为 5,二次拉伸比为 1.5,研究了热拉伸温度对扁丝的外观和物理机械性能的影响,结果如表 2 所示。

表 2 热拉伸温度对扁丝物理机械性能的影响

热拉伸温度 /℃	130	140	150	160	170	180
目测	Thicker	well	well	well	Fold the serious	
厚度/μm	5.6	4.8	3.5	2.2	3.2	4.3
拉伸强度/MPa	251.7	259.4	265.3	270.1	265.4	263.2
断裂伸长率/%	120	140	160	260	240	220
取向度/dreg	73	79	84	88	86	81

由表 2 可知,随着热拉伸温度的升高,扁丝的拉伸强度、扯断伸长率和取向度先增加,超过 150℃ 后又开始降低,而扁丝的厚度也对应着先降低,后增加。这可能是因为刚到达扁丝材料软化点时,随着热拉伸温度升高,高分子分子链的运动加快,塑性增强,松弛时间缩短,拉伸中产生的内应力较小,同时取向程度增加,拉伸强度也增加,厚度也随之变薄。但热拉伸温度继续升高时,高温下聚烯烃材料开始热降解,其解取向也加快,取向度、拉伸强度随之降低^[8]。当热拉伸温度过高时,扁丝在接触到辊筒的同时,由于瞬间的高温,局部收缩出现较严重的褶皱,导致叠膜,扁丝厚度又有增加的趋势。因此本研究确定拉伸温度为 160℃。

2.2 热拉伸比对扁丝物理机械性能的影响

固定二次拉伸比为 1.5,研究总拉伸比对扁丝物理机械性能的影响,结果如表 3 所示。

表 3 总拉伸比对扁丝物理机械性能的影响

总拉伸比	6	6.5	7	7.5	8	8.5
拉伸强度/MPa	198.3	218.2	243.1	270.1	273.4	274.5
断裂伸长率/%	140	160	210	260	265	270
厚度/μm	5.8	4.5	2.8	2.2	1.7	1.5
厚度均匀性	好	好	很好	很好	好	差
取向度/dreg	54	62	75	88	91	92

注:热拉伸温度为 160℃。

由表3可知,在一定范围内,随着总拉伸比的增加,扁丝的拉伸强度、扯断伸长率和取向度也随之增大,其主要原因可能是在适当的拉伸温度下,在拉伸过程中,聚烯烃材料的大分子链发生了高度取向。当拉伸比达到8以上时,扁丝的拉伸强度则无显著提高。随着总拉伸比的增加,厚度会减少,厚度均匀性变差,因此厚度在满足其拉伸强度的前提下,可以适当降低总拉伸比,以改善厚度均匀性^[9]。为了得到较细的原纤化纤维,因此扁丝厚度不能超过 $2.5\mu\text{m}$,即总拉伸比应在8以上。

为了研究一次拉伸比和二次拉伸比对扁丝性能的影响程度,本研究进一步设计了几组试验,结果如表4所示:

表4 一次拉伸比与二次拉伸比对扁丝厚度的影响

一次拉伸比/二次拉伸比	2/4	3/2.67	4/2	5/1.6
扁丝厚度/ μm	2.4	2.2	2.0	1.7
厚度均匀性	好	一般	一般	差

注:总拉伸比为8,针密度为60针/cm。

由表4可知,在固定总拉伸比的前提下,在一定范围内,随着一次拉伸比的增加,更有利于得到超薄扁丝,但均匀性会变差,为了兼顾扁丝厚度与扁丝(纤维)厚度均匀性,因此本研究选择一次拉伸比为4,二次拉伸比为2。

2.3 针密度对原纤化纤维性能的影响

针密度是指单位长度针排上原纤化针的数量,增加针密度是降低原纤化纤维单丝宽度的有效途径。固定热拉伸温度为 160°C 、一次拉伸比为4、二次拉伸比为2,研究了针密度对原纤化纤维平均直径的影响,结果如表5所示。

表5 针密度对原纤化纤维直径的影响

针密度 针/cm	纤维平均厚度/ μm	膜裂情况
30	105.2	正常
60	49.2	正常
75	37.5	正常
100	25.8	易断裂,缠绕辊
125	20.4	无法收卷

Note: The splitting ratio is 3.0 and the heat setting temperature is 200°C .

由表5可知,针密度增加后,原纤化纤维的平均

直径减小。这是因为随着针密度的增加,纤维等之间的交联点变短,在同一宽度范围内各纤维连接点的有效宽度减少,因此纤维变细。但随着针密度的增加,开纤时容易产生原纤化毛丝,针密度超过75针/cm以上,断丝增加,造成缠辊现象,无法连续开纤和收卷。因此,我们在开纤前将扁丝先通过红外烘箱进行热定型处理,同时使扁丝受热而具有一定塑性,扁丝受热后结晶度变小,柔性增大,避免因薄膜脆裂而产生原纤化毛丝的出现^[10]。本研究选择针密度为75针/cm。

2.4 开纤比对原纤化纤维性能的影响

固定热拉伸温度为 160°C ,一次拉伸比为4、二次拉伸比为2,针密度为75针/cm,研究了开纤比对原纤化纤维物理机械性能的影响,结果如表6所示。

表6 开纤比对原纤化纤维物理机械性能的影响

开纤比	2	3	4	5
平均直径/ μm	30.4	19.7	38.	13.6
原纤维指数	3.9	4.0	4.2	4.5
断裂强度/(cN/dtex)	5.34	5.11	4.02	3.22
断裂伸长率/%	29.5	26.1	23.5	21.8
热收缩率/%	1.6	1.7	1.8	2.0
手感	柔软	柔软	柔软	很柔软
断丝	无	无	存在	很多

注:热定型温度为 200°C 。

由表6可知,随着开纤比的增大,原纤化指数增加、平均直径减小,这些对空气滤材是有益的^[11]。但随着开纤比的增大,原纤化纤维的平均纤度降低,断裂强度和断裂伸长率逐渐降低,热收缩率也略有增加。同时原纤化纤维的毛丝也增多,在单位面积上纤维网格也不如开纤比小时整齐,这可能是因为针辊由于转速增加,针辊的震动也增加,容易使网状遭到破坏,造成毛丝。原纤化纤维在制备超薄扁丝的基础上,单位宽度上被分割成许多丝连的网状,各网状之间能横向形变,松散、富有弹性,所以手感柔软。为了兼顾原纤化纤维的机械性能、加工性和潜在过滤性能,本研究选择开纤比为3.0。

2.5 热定型温度对原纤化纤维性能的影响

固定热拉伸温度为 160°C ,一次拉伸比为4、二

次拉伸比为 2, 针密度为 75 针/cm, 研究了热定型温度对原纤化纤维热收缩率的影响, 结果如图 1 所示。

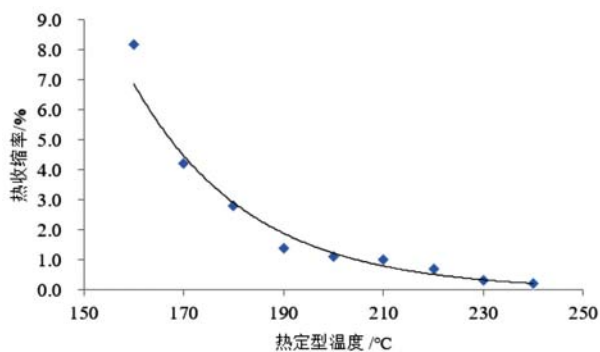


图 1 热定型温度对原纤化纤维热收缩率的影响

在热拉伸的过程中, 扁丝会产生内应力, 为了消除内应力, 完善微晶化结构, 以减少收缩率, 进一步提高原纤化纤维的尺寸稳定性及表面平整度, 需要对扁丝进行热定型处理^[12]。热定型处理的效果取决于热定型的温度和时间, 在设备确定的前提下, 其拉伸速度也是固定不变的, 即热定型的时间是固定的, 所以热定型温度是关键。

由图 1 可知, 随着热定型温度升高, 原纤化纤维

的热收缩率先急剧降低, 后趋于平缓。其原因可能是, 随着热定型温度升高, 高分子中分子链的运动加快, 取向也增加, 但热拉伸温度继续升高时, 其取向接近完全。但考虑到设备能耗、高温工作等加速生产线机械和电气部分的腐蚀和老化的影响, 因此本研究选择热定型温度为 220℃。

综上所述得到空气过滤材料用原纤化纤维的最佳加工工艺: 热拉伸温度为 160℃、一次拉伸比为 4、二次拉伸比为 2、针密度为 75 针/cm、开纤比为 3.0、热定型温度为 220℃。

2.6 空气过滤材料结构与性能分析

按照最佳加工工艺, 制备原纤化纤维, 并制成空气过滤材料。

2.6.1 扫描电子显微镜 (SEM) 分析

使用扫描电子显微镜观察空气过滤材料的微观形貌, 如图 2、图 3 所示。

由图 2 和图 3 可知, 国产针刺空气过滤材料纤维的直径较细, 且直径分布较窄, 而高效低阻空气过滤空气过滤材料的截面为扁平状, 既有较粗的大纤维, 也有劈裂的超细纤维, 并且原纤化程度非常高。

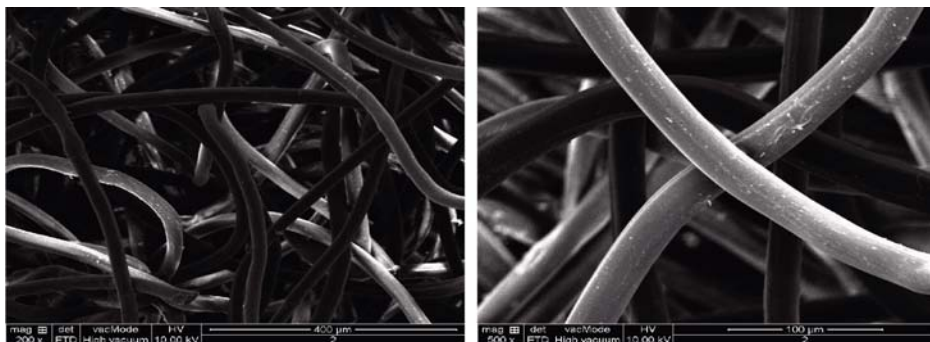


图 2 国产针刺空气过滤材料的扫描电镜图

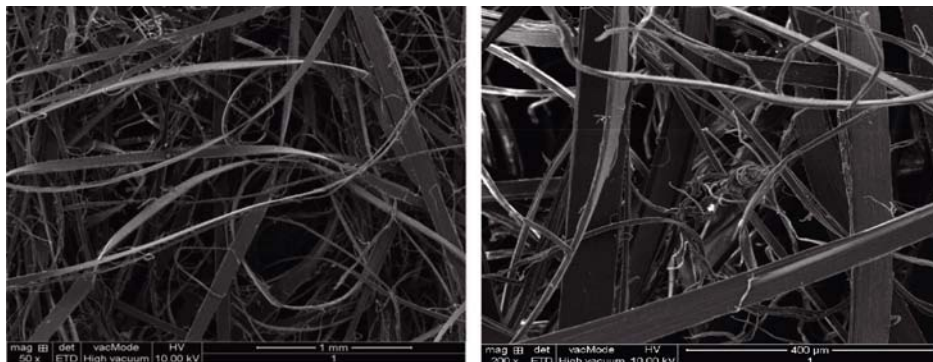


图 3 高效低阻空气过滤材料(原纤化纤维)的扫描电镜图

2.6.2 空气过滤材料中原纤化纤维直径及分布

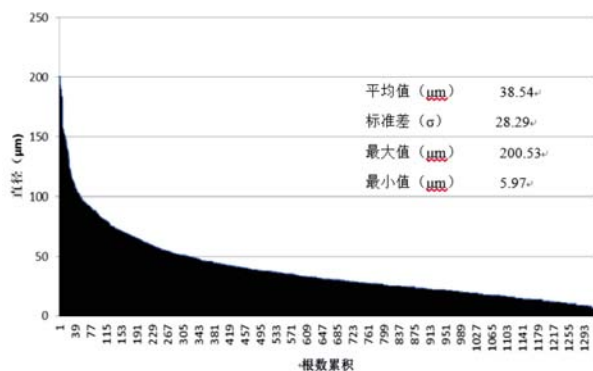


图4 空气过滤材料中原纤化纤维的直径及分布

从图4可以看出,空气过滤材料中原纤化纤维的直径以超细纤维(直径 $\leq 50\mu\text{m}$,约占75.3%)为主,较粗纤维(直径 $\geq 100\mu\text{m}$,约占3.8%)为辅。结合图3,可以看出,原纤化法制备的聚烯烃纤维,不仅含有大量的原纤化程度很高的超细纤维,还含有少量直径分布较广的粗纤维。超细纤维的比表面积大、吸附能力强,可作为主体过滤材料,较粗的纤维,具有一定挺度,可以作为骨架纤维支撑纤网,保证纤网有一定的厚度和强度,形成大孔径、多通道的蓬松结构,避免了传统熔喷或纺粘空气过滤材料容易堆实,增加过滤阻力的问题,从而在高效过滤的前提下,保证了滤材的气流阻力很低,容尘量和透气率很高。经高压极化处理后,空气滤材的过滤效率进一步提高,因此特别适用于制作高效低阻空气过滤材料,附加值高,市场前景非常好^[13]。

2.6.3 空气过滤材料过滤及舒适性能测试

表7 空气过滤材料过滤及舒适性能测试

过滤效率/%	空气阻力/Pa	透气性/L/m ² ·s	透湿性/WVT (g/m ² ·24h)
91.25	26.3	1 784	886
92.37	28.9	1 871	865
91.68	27.2	1 829	867

由表7可知,按照选定工艺制备原纤化纤维并制成的空气过滤材料,具有较高的过滤效率和极低的气流阻力,以及优异的透气性和透湿性。因此可以广泛应用于个人呼吸防护、空气过滤器、真空吸尘器、汽车空气净化、室内空气净化等领域。并且随着对过滤材料研究和开发的深入,其在空气净化领域的应用会更加广泛。

3 结论

(1) 经过多次实验,确定了空气过滤材料用聚烯烃原纤化纤维的加工工艺,其加工工艺为:热拉伸温度为 160°C 、一次拉伸比为4、二次拉伸比为2、开纤比为3.0、针密度为75针/cm、热定型温度为 220°C 。

(2) 选择合适的热拉伸温度有利于增强纤维断裂强度及降低薄膜厚度,对原纤化开纤效果有积极影响。

(3) 在总拉伸比固定的前提下,在一定范围内,随着一次拉伸比的增加,更有利于得到超薄扁丝。

(4) 按照确定加工工艺制备原纤化纤维并制成的空气过滤材料,其具有优异的综合性能,可作为高效低阻空气过滤材料,应用于空气净化领域。

参考文献:

- [1]潘廉志.国外膜裂纤维的发展概况[J].合成纤维工业,1980(4):65-70.
- [2]北京塑料制品厂.刀具法制造聚丙烯膜裂纤维试验小结——“原纤化”方法部分[J].塑料,1977(3):19-29.
- [3]朱小云,杨斌,王爱兵.高性能聚四氟乙烯膜裂纤维的制造方法及其应用[J].合成纤维,2010,39(11):45-47.
- [4]东华大学.一种聚丙烯膜裂纤维的制备方法[P].中国专利:CN201510330031,2015-11-11.
- [5]刘国军,孙友德,谢明,等.香烟滤嘴用聚丙烯膜裂纤维生产工艺的研究[J].广州化纤,1992(1):9-14.
- [6]刘国军,孙友德,谢明,等.香烟滤嘴用聚丙烯膜裂纤维的研制第I报:原料对聚丙烯膜裂纤维的制造及其结构和性能的影响[J].合成纤维,1993(4):20-22,39.
- [7]胡树,郭辉.聚丙烯膜裂纤维及制备方法以及由其制备的空气过滤材料[P].中国专利:CN105926079,2016-09-07.
- [8]刘维锦,邓进滔.聚丙烯膜裂纤维生产设备及工艺的改进[J].化纤与防纺织技术,1993(4):1-4.
- [9]杨俊源.聚丙烯膜裂纤维生产与工艺分析[J].塑料技术,1989(1):16-18.
- [10]刘国军,孙有德,谢明,等.烟滤嘴用聚丙烯膜裂纤维的研制第II报:烟滤嘴用聚丙烯膜裂纤维制备工艺[J].合成纤维,1993(5):15-17,22.
- [11]刘国军,孙有德,岑美柱.香烟滤嘴用聚丙烯膜裂纤维的研制[J].1991,(2):73-78.
- [12]王士华,董杰,徐圆,等.法纺聚酰胺纤维的结构与性能[J].合成纤维工业,2016,39(2):9-12.
- [13]胡树,郭辉.聚烯烃膜裂纤维及制备方法以及由其制备的驻极体空气过滤材料[P].中国专利:CN201710222663,2017-08-22.

苏州市计量测试院

中国防静电 JOURNAL OF CHINA ESD CONTROL

测试环境要求:

●测试环境的洁净度等级至少比设备所使用的洁净室或洁净区高一个ISO等级

(按 ISO 14644-1:2015 洁净室及相关受控环境——第一部分:空气洁净度等级)。

●温度 18℃~25℃ (指导值)。

●相对湿度 30%~70% (指导值)。

●垂直风速 0.3 m/s~0.5 m/s (指导值)。

对使用的核心区洁净度进行检测,数据如图 2 所示:

3 检测情况介绍

3.1 检测前的准备

(1) 与委托方确认设备运行环境、



房间名称	洁净度级别	测点编号	$\geq 0.1\mu\text{m}$ (累积值) 个/ m^3		$\geq 0.2\mu\text{m}$ (累积值) 个/ m^3	
			$\overline{X}_{0.1}$	$\overline{X}_{0.1}$ 或 95%UCL	$\overline{X}_{0.2}$	$\overline{X}_{0.2}$ 或 95%UCL
分子污染实验室 (核心区)	ISO Class1 (静态)	1	0	0.15	0	0
		2	0		0	
		3	0.2		0	
		4	0		0	
		5	0.1		0	

图 2 核心区粒子浓度监测

运行模式 (运行速度,是否带负载)。

(2) 试样预处理,拆包装,设备进入核心检测区前清洁、转运、核心检测区其他必要的设备 (控制器等)。

(3) 检测前设备试运行,视检并确认设备工作状态、工作模式,确认检测环境、设备符合要求。

(4) 根据设备机构、运行特点等对 HPC (高浓度

粒子发生)点初步确认 (运动机构连接处、密封处及其他可能的区域)。

(5) 确定检测方案 (检测布点设置、采样数量、设备运行模式、适用性评价的粒径通道)。

3.2 检测过程

检测样品照片和测点分布



图 3 检测样品照片和部分测点

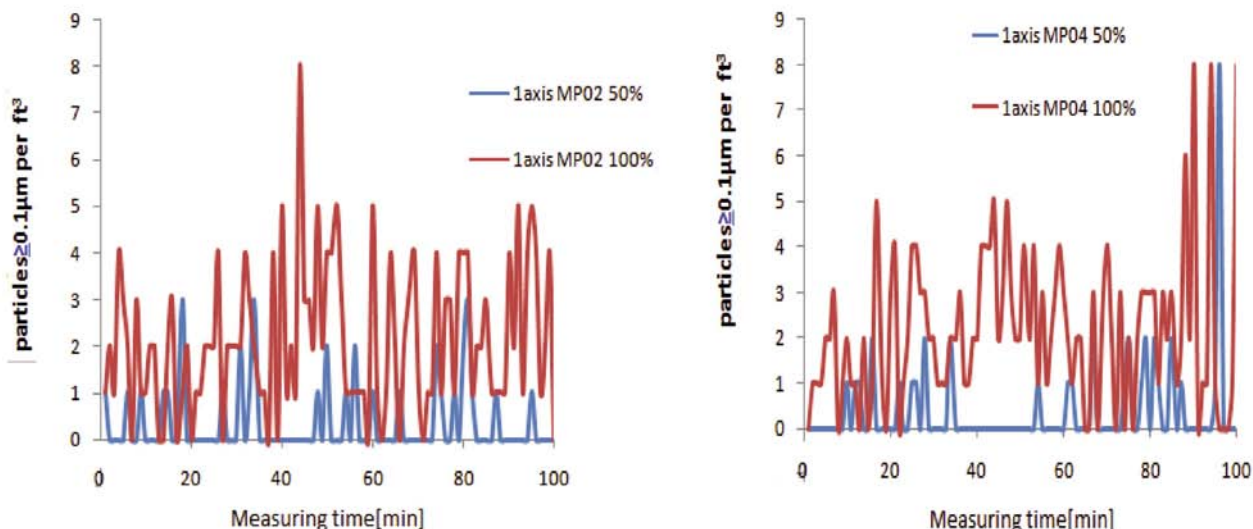


图4 同一测点下不同转速下的粒子释放量

4 检测数据分析

4.1 同一测量点不同运行速度下的发尘量比较

检测洁净机器人发尘量使用 28.3L/min 的尘埃粒子计数器 (PMS Lasair III 110), 采样数量为 100 个周期, 每个周期 1min, 图 4 揭示了同一测量点在不同运行速度下的发尘量, 通过数据可以发现: 对可能有潜在发尘量的测点, 运行速度越高, 发尘量越大, 因速度越高, 对运动构件的磨损和冲击越大, 发尘量也会增大。

4.2 数据处理

用于评价洁净室适用性的单个粒径档数据, 通过公式 f1 到 f4 分别计算出检测的平均值、标准偏差、95%置信水平的置信上限值和 z 值, 公式 f2 中系数 1.66 是在 n=100 时, 按 T 分布在 95%置信水平的值。

$$\bar{x} = \frac{x_{i,1} + x_{i,2} + \dots + x_{i,n}}{n} \quad (f1)$$

式中: $\bar{x}$: 检测的平均值; x_i : 单次测量值, n: 测量次数

测量标准差:

$$s = \sqrt{\frac{(x_{i,1} - \bar{x})^2 + (x_{i,2} - \bar{x})^2 + \dots + (x_{i,n} - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (f2)$$

$$P_u \text{ 值的计算: } P_u = \bar{x} + 1.66 \times \frac{s}{\sqrt{n}};$$

(1) 当 $\bar{x} > 10$ 时 (t 分布);

95%置信水平: (f3)

(2) 当 $\bar{x} \leq 10$ 时 (泊松分布);

按表 1 计算计算 P_u 95%置信水平的置信上限值

表 1 按泊松分布计算 P_u

平均值	P_u 置信上限 (95%)	平均值	P_u 置信上限 (95%)
$\bar{x} \leq 0.0512$	0	$\bar{x} \leq 4.695$	8
$\bar{x} \leq 0.355$	1	$\bar{x} \leq 5.425$	9
$\bar{x} \leq 0.818$	2	$\bar{x} \leq 6.619$	10
$\bar{x} \leq 1.366$	3	$\bar{x} \leq 6.924$	11
$\bar{x} \leq 1.970$	4	$\bar{x} \leq 7.690$	12
$\bar{x} \leq 2.613$	5	$\bar{x} \leq 8.464$	13
$\bar{x} \leq 3.285$	6	$\bar{x} \leq 9.247$	14
$\bar{x} \leq 3.981$	7	$\bar{x} \leq 10.000$	15

计算或查表得出 P_u 值后, 根据公式 (f4) 计算 z 值;

$$z = \sqrt{n} \times \frac{(G - P_u)}{s} \quad (f4)$$

式中: G: 某一洁净度等级下特定粒径档的粒子限值。

通过以上公式可以发现, 设备使用的洁净度等级越高, 对应 P_u 值就越低, 如果要有效降低 P_u 值, 粒子释放量应越低越好, 加大检测的样本量 n, 揭示检测结果分布水平的 s 值低也有利于降低 P_u ;

表2 不同洁净度等级下对应的粒子限值 G

ISO Class N	不同洁净度等级下的粒径档限值 G (个/28.3L)					
	$\geq 0.1 \mu\text{m}$	$\geq 0.2 \mu\text{m}$	$\geq 0.3 \mu\text{m}$	$\geq 0.5 \mu\text{m}$	$\geq 1 \mu\text{m}$	$\geq 5 \mu\text{m}$
1	0.28	—	—	—	—	—
2	2.83	0.68	0.28	—	—	—
3	28	6.70	2.89	1	—	—
4	283	67	29	10	2.35	—
5	2832	671	289	100	24	—
6	28321	6707	2887	996	235	8.29

表3 不同粒径档位数据分析

—	$\geq 0.1 \mu\text{m}$	$\geq 0.2 \mu\text{m}$	$\geq 0.3 \mu\text{m}$	$\geq 0.5 \mu\text{m}$	$\geq 1 \mu\text{m}$	$\geq 5 \mu\text{m}$
测量次数/n	100	100	100	100	100	100
平均值 ($\bar{x}$)	12.98	17.39	6.43	2.89	1.67	0.55
标准差 (s)	57.56	20.48	20.51	10.419	6.87	1.76
95%置信上限 (Pu)	22.53	20.79	11	6	4	4
z 值 ($\bar{x} > 10$)	45.25	22.56	—	—	—	—
G 值 ($\bar{x} \leq 10$)	—	—	29	10	24	8.29
洁净室适用性等级	ISO Class 4	ISO Class 4	ISO Class 4	ISO Class 4	ISO Class 5	ISO Class 6

$\bar{x} \leq 10$ 时,平均值越低,对应的 P_u 值也越小。

4.3 数据分析和结果表达

(1) 当 $\bar{x} > 10$ 时,通过公式 f1 到 f4 分别计算出检测的平均值、标准偏差、95%置信水平的置信上限值,根据表 2 把不同洁净度等级的 G 值带入公式 f4 中计算 z 值,当 z 值大于 1.645 时,该粒径档的洁净度适用性为带入计算的 G 值对应的洁净度等级。

(2) $\bar{x} \leq 10$ 时,根据平均值查表 1 得到对应的 P_u 值,然后把 P_u 值和表 2 的粒子浓度限值 G 进行比较,当 $P_u \leq G$ 时,G 值对应的洁净度等级即为该粒径档的洁净度适用性。

(3) 结果表达,结果应体现检测布点、检测环境描述、检测设备、运行模式及必要的样品预处理及描述,在多个粒径通道、多个 HPC 点用于评估设备洁净室适用性的情况下,ISO Class 等级最差的作为设

备适用性的最终结果。

例:XX 设备洁净室适用性满足洁净度为 ISO Class 6 ($\geq 5 \mu\text{m}$) 的环境要求。

5 存在问题和不足

国内在洁净机器人运行的洁净室适用性检测目前刚起步,在检测环境控制、评估和数据采集设备管控等方面缺乏实践积累的系统研究。在实际的适用性检测中,关键的技术难点是 HPC (High Particle Concentration) 点的确认,即如何根据洁净机器人的工作模式、运动构件结构等方面寻找并确定 HPC 点选择;实际检测中注意检测环境波动给结果的影响,检测前应对环境背景进行足够长时间的验证,确保背景环境达到要求;使用多台尘埃粒子计数器同时采集粒子并检测时,要考虑评估计数器差异带来的影响。

公建空调通风系统应对雾霾天气的 过滤器选型方案

涂光备¹, 涂有¹, 孙扬², 王晨³

天津大学¹, 中国科学院大气物理研究所², 天津安美环境科技工程有限公司³

[Abstract] In recent years, the ePM_x of air filters for indoor and outdoor air environment have been studied and discussed by some domestic institutes and researchers. So far these studies are difficult to apply in design and air filter type selection due to uncertainties of major factors. Eurovent 4/23-2018: "Selection of EN ISO 16890 rated air filter classes for general ventilation applications" is a complement of ISO 16890:2017. It is more concise and practicable for the designers. In this paper, the Eurovent 4/23-2018 is reviewed, and a concise anti-smog measure for designers and project managers is proposed based on domestic situation. The practicability of the measure is analyzed and demonstrated, in reference to the Eurovent 4/23-2018.

[Keywords] fine particle matter PM_{2.5}; Particulate matter efficiency (ePM_x); air filter classes; indoor air quality; outdoor air categories (ODA); supply air categories (SUP)

近年来,国内相关研究机构和学者针对室内外空气环境及空气过滤器对细颗粒物质量过滤效率等,进行了多方面的研究与探讨。因涉及的多项因素和主要参数不易确定,迄今为止这些研究结果还很难用于指导公共建筑空调通风系统空气过滤器设计选型。恰在此时欧洲通风协会于2018年1月(第一版)、10月(第二版)颁发了4/23:2018“一般通风用空气过滤器选用指南”。这是一份欧盟制定的与ISO 16890《一般通风用空气过滤器》系列标准配套的文件,该“指南”将设计选型化繁为简、更便于实施,有较高的参考价值。本文参考欧洲通风协会4/23-2018指南,根据国内具体情况提出了一项公共建筑空调通风系统空气过滤器设计选型方案建议,供业内人士参考。

工程技术应用有别于学术理论研究,从工程实用的立场出发,往往期盼在靠谱、可信的前提下给出简洁的论述、明确的方案。偏于繁琐的理论程序和方法,虽然可能因素考虑周全、分析较为深入,但其具

体方案通常是理论上几乎无可挑剔,但施行不易,往往让工程技术人员望而却步。本文所建议的空气过滤器选型方案,出发点在于希望其概念明确、符合实际、执行简便并利于核查。

所建议的空气过滤器选型方案应该适应当前国内环境现状。考虑到中国正处于工业化、城镇化进程加速、城市规模日益扩展的经济发展阶段;与此同时还正在不断加强环保举措、努力改善城市环境,并已取得明显收效。但尽管如此,国内大气环境总体而言仍处于较差的境地。处在这两股力量冲击对撞的现阶段,国内大气环境在向好变化的进程中仍将跌宕起伏,一时难以趋稳。因此,所建议选型方案不应在某些方面要求过细、宜于粗线条、适应范围宽松为宜。

所建议的空气过滤器选型方案不能脱离国内经济发展、生活水准的现状。当前影响和危及民众健康的因素涉及许多方面,例如蔬菜、水果的农药残留;禽蛋、奶类食品的人工激素,肉类和水产养殖品的抗

生素含量等指标偏高;食品、饮料的添加剂、防腐剂超量或不当、非食用色素滥用;某些地区饮用水的重金属等含量超标以及某些药品、疫苗、保健品的品质欠佳;某些地区空气中臭氧等化学污染物季节性严重超标……等安全隐患广泛存在的状况下,如果对雾霾天气的送风颗粒物过滤装置的技术要求规定过高显然有失偏颇。对某些易感人群居留的、环境要求高的特殊公建确实必要,但似乎也不宜要求偏高偏严。因为室内空气品质的提升必将增大电力耗费、加重大气环境负担。那么某些公共建筑的过度改善,对于大多数城镇居民而言后果是负面的,因为他们日常所处的居留场所往往不具备采取净化通风措施的条件。这似乎也应作为一项考虑问题时权衡利弊的因素。

世卫组织指出:“WHO 空气质量准则(AQG_s)是为在全世界范围内使用而制定的。各国制定的国家标准之间是有差异的。因为标准是依据所采用的权衡健康风险的方法、技术可行性和经济方面的考虑,以及其他各种政治和社会因素来制定的。而这些因素反过来又取决于国家发展水平和空气质量管理能力,WHO 承认这些差异的存在。而且特别认识到在制定这些政策目标时,应该充分考虑当地情况后决定是否直接将准则值作为当地具有法律效力的标准。”

1 国内公共建筑空调通风系统应对雾霾天气的过滤器选型方案建议

毋庸置疑全面照搬欧洲通风协会 4/23 (2018) 指南的简单方式是不可取的。不仅国内大气环境现状与欧洲国家差别很大,而且空调通风系统的布置方法和运行制度等等都有所不同。显然,欧洲通风协会 4/23 (2018) 指南中有关室外空气的类别、室内送风的分级具体指标肯定不适合国内情况及现行相关标准。更何况还有许多涉及经济发展水平、能耗制约等深层次的问题也需要考虑在其中。

总之,实用和可行的方案应是中国化的,本文的具体建议如下。

2 国内室外空气按 PM_{2.5} 年均浓度值的分类

按照国标 GB 3095-2012 《空气环境质量标准》,自 2013 年元月起,作为第一阶段监测实施的京津冀、长三角、珠三角等重点区域以及直辖市、省会城市共 74 个城市,开展了包括室外环境细颗粒物 PM_{2.5} 在内的 6 个基本项目的监测。2014 年又新增 87 个城市为第二阶段实施城市,目前已增至 338 个城市覆盖全国各地域,并取得了一大批珍贵数据。为暖通空调专业应对室外雾霾天气,采取空气过滤等措施改善室内空气品质提供了基础依据。表 1 列出了近 6 年来国内部分主要城市大气环境 PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 实测年均值的变化情况。

表 1 近 6 年来国内主要城市大气环境 PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 实测年均值的变化情况

年份	北京	天津	哈尔滨	沈阳	上海	青岛	厦门	重庆	西安
2013	90	96	81	78	62	66	36	70	105
2014	86	83	72	74	52	59	37	65	76
2015	81	70	70	72	53	51	29	57	57
2016	73	69	52	54	45	45	28	54	71
2017	56	60	57	49	39	38	26	44	73
2018	50	50	38	40	36	34	24	37	62

由表 1 可以看到国内近年加强环保措施所取得的显著成效。根据大气物理研究所的统计,2013 年 338 个地级市的 PM_{2.5} 年平均浓度平均值为 $72\mu\text{g}/\text{m}^3$,不达标率高达 95.9%;而 2018 年 PM_{2.5} 年平均浓度平均值降低到 $39\mu\text{g}/\text{m}^3$,不达标率下降

为 64.2%。所谓不达标率的标准是指 PM_{2.5} 年平均浓度 $\leq 35\mu\text{g}/\text{m}^3$,此值即为 WHO“空气品质指南”所规定的过渡时期目标 -1 (IT-1) 的指标。

显然按国内 PM_{2.5} 年均测值的情况来看,因其散布的范围较宽,从小于 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ (如三亚、阿里地

区等),至 $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上(如石家庄、临汾等),个别地区甚至高达近 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (如喀什、和田)。若室外空气类别偏少,则应对的技术措施针对性必然较差。

根据国内 338 个城市 PM_{2.5} 近年监测数据,并兼顾今后国内环境改善的前景,笔者建议国内室外空气按 PM_{2.5} 年均测值分类,目前宜分为 5 级。如表 2 所列。

表 2 室外空气(ODA)按 PM_{2.5} 年均测值的分级

室外 1 级	$\text{PM}_{2.5} \leq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{PM}_{10} \leq 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$	相当于 IT-3	级*
室外 2 级	$\text{PM}_{2.5} > 15 \sim 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{PM}_{10} > 35 \sim 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	相当于 IT-2	
室外 3 级	$\text{PM}_{2.5} > 25 \sim 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{PM}_{10} > 50 \sim 70 \mu\text{g}/\text{m}^3$	相当于 IT-1	二级*
室外 4 级	$\text{PM}_{2.5} > 35 \sim 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{PM}_{10} > 70 \sim 105 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
室外 5 级	$\text{PM}_{2.5} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{PM}_{10} > 105 \mu\text{g}/\text{m}^3$		

* 按照 GB 3095-2012《环境空气质量标准》^[2]的分级规定,表中的一级适用于自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域;二级适用于居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区。

根据全国 338 个城市 2018 年的监测数据(缺少日喀则、林芝、昌都、三沙等 7 城市数据)来看,达到表 5 所列室外空气清洁的 1 级城市或地区约 10 个,仅占总数的 2%左右;福州、厦门、海口、丽江、拉萨、伊春等 35 个城市处于表 5 所列室外空气较清洁的 2 级城市或地区,约占总数的 11%;表 5 所列室外空气轻度污染的 3 级城市或地区主要有广州、深圳、青岛、大连、宁波、珠海等沿海城市和长春、吉林、南昌、南宁、贵阳等内陆二线等城市共 98 个,约占总量的 30%左右;上海、杭州、南京、苏州、重庆、成都、沈阳、合肥、桂林和哈尔滨等 116 个城市处于表 5 所列室外空气重度污染的 4 级城市或地区,占总量的 35%上下;表 5 所列的室外空气严重污染的 5 级城市或地区($>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)约占总量的 23%。其中个别地区甚至高达 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右,如和田地区、喀什地区。当中也不乏诸多著名城市如北京、天津、西安、宝鸡、郑州、洛阳、开封、太原、晋中、济南、潍坊、淄博、泰安、石家庄、保定、唐山等共计 75 个城市,主要集中在华北地区。以北京、天津为例,2016-2018 三年的 PM_{2.5} 年均测值的平均数为 $59.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 西安则高达 $68.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

表 2 所列室外空气按 PM_{2.5} 年均测值划分的类别是否恰当?究竟分几级合适?各级的指标如何合理

界定等问题,尚有待同行专家们进一步论证确定。

3 国内按室内空气品质要求的送风类别

EUROVENT 4/23 指南,根据居留场所的性质和需求规定了 5 个送风级别,并给出了各个送风级别的细颗粒浓度限值和应用场所示例。

由于国内空调通风系统的设计概念与欧美国家不完全相同,因此与该指南的送风级别难于与国内公共建筑的不同场所逐一对照。例如国内某些公共建筑的洗手间、走道、楼梯间往往只设排风而无送风,通常依靠负压从相邻的空调房间补给空气。但在该指南中却分别将洗手间、楼梯间列入送风 3 级和送风 4 级等等。

特别需要强调的是,此处的“送风”是与室外空气直接关联、符合室内卫生要求的“新风”,而不是包括回风在内的室内循环空气。为防止混淆,所建议的方案中均明确称之为新风。如果空调通风系统的回风通道上设置空气过滤器,或者采取在新风与回风混合之后设置空气过滤器,本文所建议的空气过滤器效率 ePM 值均不适用。在不同新风比等情况下的空气过滤器选型方法详见本文附录。

国内近年制定的行业标准 JGJ/T-2018《公共建筑室内空气质量控制设计标准》按 PM_{2.5} 室内设计日浓度值所规定的 4 个室内目标等级,在一定程

度上反映了国内对公共建筑各种场所不同室内空气质量目前的要求,并为将来升级留有适当的余地。笔者认为该标准所确定的目标等级,适用于当前国内作为与 EUROVENT 4/23 指南的送风等级相对应的参数。

JGJ/T-2018 行业标准所规定的 4 个室内 $PM_{2.5}$ 浓度目标等级,是以室内 $PM_{2.5}$ 设计日浓度值为依据用于空气过滤器选型计算的。在其解说中并举例说明了各级的适用场所,如表 3 中的 1 至 3 列所示。

表 3 JGJ/T-2018 行业标准的 $PM_{2.5}$ 室内设计日浓度值及与其他标准的对照

等级	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3 \cdot d$)	适用场所举例	WHO 室外空气 $PM_{2.5}$
1 级	25	医院、幼儿园、养老院	准则值 $10 \mu g/m^3 \cdot y$; $25 \mu g/m^3 \cdot d$
2 级	35	教室、高级宾馆客房、高级办公楼	过渡期-3 $15 \mu g/m^3 \cdot y$; $37.5 \mu g/m^3 \cdot d$
3 级	50	普通宾馆客房、普通办公楼、图书馆	过渡期-2 $25 \mu g/m^3 \cdot y$; $50 \mu g/m^3 \cdot d$
4 级	75	餐厅、展厅、体育馆、影剧院、博物馆	过渡期-1 $35 \mu g/m^3 \cdot y$; $75 \mu g/m^3 \cdot d$

表 3 中“适用场所举例”源自于 JGJ/T-2018 行业标准的解说^[17,p.42]。表 3 中同时给出了与其日平均 $PM_{2.5}$ 浓度指标相对应的 WHO 的准则值和过渡期目标值以便对照。

JGJ/T-2018 行业标准的 $PM_{2.5}$ 室内设计日浓度值,其 1 级相当于 WHO 室外空气准则值,2 级相当于 WHO 室外空气的过渡时期目标值 IT-3,及 GB 3095-2012 规定的室外空气质量一级,3 级相当于 IT-2,4 级相当于 IT-1 及 GB 3095-2012 的二级。

按照 JGJ/T-2018 行业标准在正文中的规定,对于长时间滞留场所,如公寓、幼儿园,一般按照室内 2 级标准设计,要求极高的 VIP 病房可考虑室内设计浓度值按 1 级设计。笔者认为,JGJ/T-2018 行业标准文本中的说法比较适合当前国内现状,而在其解说中给出的适用场所举例(如表 3 中所列)似乎

标准略微偏高,如果说 JGJ/T-2018 行业标准此举是为将来国内大气环境显著改善而预留空间的话,似乎也可以理解。

4 不同新风等级的送风颗粒物浓度

根据 EUROVENT 4/23 指南的思路,笔者给出的适合当前国情、相应于各送风等级的新风颗粒物浓度,如表 4 所列。与 EUROVENT 4/23 指南不同在于,该标准是依据欧洲的大气环境近况以 WHO《空气质量指南(2005)》的准则值为基数。本文则根据国内大气环境现状,以 WHO《空气质量指南(2005)》的过渡时期目标 -1 (IT-1),即年平均 $PM_{2.5} \leq 35 \mu g/m^3 \cdot y$ 为计算基数。为强调所给定送风颗粒物浓度是指新风而言,本文在此将送风等级和相应送风限值明确为“新风等级”及“新风限值”,如表 4 所示。

表 4 新风(SUP)等级和相应新风限值

新风 1 (SUP 1)	新风颗粒物浓度不超过 WHO IT-1 的 0.2 倍限值 (即年平均 $PM_{2.5} \leq 7 \mu g/m^3 \cdot y$)
新风 2 (SUP 2)	新风颗粒物浓度不超过 WHO IT-1 的 0.3 倍限值 (即年平均 $PM_{2.5} \leq 10.5 \mu g/m^3 \cdot y$)
新风 3 (SUP 3)	新风颗粒物浓度不超过 WHO IT-1 的 0.5 倍限值 (即年平均 $PM_{2.5} \leq 17.5 \mu g/m^3 \cdot y$)
新风 4 (SUP 4)	新风颗粒物浓度不超过 WHO IT-1 的 0.7 倍限值 (即年平均 $PM_{2.5} \leq 24.5 \mu g/m^3 \cdot y$)

表 4 中的 4 个新风送风等级与表 3 中的 4 个不同适用场所的级别逐一对应。

对表 4 所列新风送风限值举例说明如下:若某场所按 JGJ/T-2018 行业标准的目标等级二级设计,即室内 $PM_{2.5}$ 日浓度值为 $35 \mu g/m^3$,相应的年平均浓度值为 $15 \mu g/m^3$,其新风送风年平均浓度应 $\leq 10.5 \mu g/m^3 \cdot y$ 。也就是说,为满足室内空气品

质要求,备有 $(15-10.5) \mu g/m^3$ 乘以新风送风量 (m^3/h) 的差额,作为稀释室内单位时间 (h) 内产生的各种 $PM_{2.5}$ 颗粒物等不确定因素的裕量。

依据表 2 所列室外空气按 $PM_{2.5}$ 年均测值分类的 5 个级别,以及表 4 所列的不同室内空气品质

要求的 4 个目标等级,在表 5 中给出了按照室外空气级别和新风送风等级所推荐的最低 ePM_{2.5} 效率。

表 5 中所给 ePM_{2.5} 的过滤效率级差都是 10 进位的,与 ISO 16890 所建议的以 5%为级差不同,笔者认为一则分级过多实际管理使用不便,再者依据实验检测结果在划级时也可能难于界定^[12]。表中括号内的数值是相应于 ePM_{2.5} 过滤效率下,所建议

的新风送风的最大 PM_{2.5} 含尘浓度。

根据欧洲通风协会认证中心(Eurovent Certita Certification) 对市售的 91 台空气过滤器,按 EN 779 和按 ISO 16890 的测试对比结果,可大略以表 16 所列的 EN 779 级别空气过滤器,满足表 6 所列的需求。

从工程技术人员的视角来看,一般通风用空气

表 5 按照室外空气和送风级别所推荐的新风通路最低 ePM_{2.5} 效率

室外空气 (ODA) /新风 (SUP)			新风 1 (SUP 1)	新风 2 (SUP 2)	新风 3 (SUP 3)	新风 4 (SUP 4)
级别	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5} ≤ 7 μg/m ³	PM _{2.5} ≤ 10.5 μg/m ³	PM _{2.5} ≤ 17.55 μg/m ³	PM _{2.5} ≤ 24.55 μg/m ³
室外 1/ODA1	≤15	≤35	60% (≤6 μg/m ³)	30% (≤10.5 μg/m ³)		
室外 2/ODA2	≤25	≤50	80% (≤5 μg/m ³)	60% (≤10 μg/m ³)	40% (≤155 μg/m ³)	
室外 3/ODA3	≤35	≤70	80% (≤7 μg/m ³)	70% (≤10.5 μg/m ³)	60% (≤145 μg/m ³)	40% (≤215 μg/m ³)
室外 4/ODA4	≤50	≤105	90% (≤5 μg/m ³)	80% (≤105 μg/m ³)	70% (≤155 μg/m ³)	60% (≤205 μg/m ³)
室外 5/ODA5	>50	>105	90% (≤5 μg/m ³)	80% (≤105 μg/m ³)	70% (≤155 μg/m ³)	60% (≤205 μg/m ³)

表 6 按照室外空气和送风级别所推荐的 EN 779 最低效率

室外空气/新风	新风 1 (SUP 1)	新风 2 (SUP 2)	新风 3 (SUP 3)	新风 4 (SUP 4)
室外 1 (ODA 1)	F 7	M6		
室外 2 (ODA 2)	F 8	F 7	M6	
室外 3 (ODA 3)	F 8	F 7	F 7	M6
室外 4 (ODA 4)	F 9	F 8	F 7	F 7
室外 5 (ODA 5)	F 9	F 8	F 8	F 7

过滤器的设计选型计算也不应严苛。高中效以下空气滤材其技术指标,因受进料的纤维线经分布、加工过程的梳棉或是针刺密度、密度梯度,或是熔喷的压力、温度等多种因素影响,所以空气过滤器产品性能通常波动在一个小范围内。此外空气过滤器的性能挡次也有限,非此即彼。不可能像空调系统中的冷热排管,其设计计算所需换热面积,随肋片管排数、肋片管的片间距和片高等调整,一般都可满足相近的需求。更重要的是在运行过程中还可调节水温、水量确保符合室内需求而无额外耗费冷热能量。空气过滤器则大不相同,一旦装置在空调系统中,其流通阻力随积尘而有增无减,全年消费可观的动力能耗。当室外环境处于优良状态时,进风或许无需过滤而空气过滤器阻力依旧,难于从系统中去除。这些也是笔者之所以认为,应对雾霾天气的送风过滤装置设计选型宜宽松、宜粗,而不宜要求偏高、也无需严格

计算的原因之一。

总之,按目前国内见到的各种文献、标准所表述的,按照 ISO 16890 标准选择空气过滤器的方法,可以说还都停留在理论和纸面上,难于操作、不便执行。既然如此,在没有研究出“更严格并且实用”的方法之前,可否借鉴欧洲通风协会 4/23 (2018) 指南的路径,探寻实用于国内控制室内颗粒物浓度以保证空气品质的设计指南。本文尝试探讨适合国情的、类似于欧洲通风协会 4/23 (2018) 指南的简化方案,截止目前此方案尚很不完善,希望起到抛砖引玉的效果,期盼能引起同行学人的关注,齐心协力做好此项工作。

附录 回风通路设置空气过滤器时,所需空气过滤器的效率确定方法

在正文中表 5 给定的不同室外空气状态及各种室内空气质量需求组合时,所需空气过滤器的

ePM_{2.5} 过滤效率值都是针对新风通路设定的,说明回风通路未设有效的空气过滤装置。这也就表明,为保障室内设定的空气颗粒物质量浓度要求,新风通路的空气过滤器同时兼有阻留部分由室外随新风进入的,以及冲淡室内其他渠道进入和室内产生的 PM_{2.5} 颗粒物的功效。

由于设计或系统布置的需要,某些空调系统主要的空气过滤器可能安放在新回风混合段之后,此时全部送风都将经过空气过滤。当回风通路设置了有效的空气过滤装置时,回风将分担部分室内污染负荷,因此降低了对新风通路的空气过滤器的性能要求。在此情况时,送风通路所需空气过滤器的效率确定方法如下:

回风通路未设有效的空气过滤装置时,新风经过滤后的 PM_{2.5} 浓度及送风浓度如式 1 和式 2 所列:

$$C_F = C_0 P_1 P_2 \quad (1)$$

$$C_{S1} = A C_0 P_1 P_2 + (1-A) C_N \quad (2)$$

式中: C_F 是室外空气 (C_0) 经穿透率为 P_1 及 P_2 的两级空气过滤器处理后的空气 PM_{2.5} 浓度,即表 4 所定义的新风等级浓度限值。例如,新风 1 级的 PM_{2.5} 浓度为 $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 新风 2 级的 PM_{2.5} 浓度为 $10.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 等。

式中: A 为新风比,即新风占送风的份额;

C_N 为回风的 PM_{2.5} 浓度,即室内空气 PM_{2.5} 浓度,如表 3 所列;

C_{S1} 为回风通路未设有效的空气过滤装置时,经过滤的新风与未经过滤的回风均匀混合后,送入室内的空气的 PM_{2.5} 浓度。

如果其他条件不变,但在新风与回风混合后设有穿透率为 P_3 的空气过滤装置,此时确定所需空气过滤器的最低过滤效率或最大穿透率 P_3 的方法如下:

根据本文所建议的空气过滤器选型方案的规定,送入室内空气的 PM_{2.5} 浓度 C_{S2} 应等于或不低于,按照设计所依据的室内及室外级别确定的新风等级及相应的送风浓度 C_{S1} 。即

$$\begin{aligned} C_{S2} &= P_3 [A C_0 P_1 + (1-A) C_N] \\ &= A C_0 P_1 P_2 + (1-A) C_N \end{aligned} \quad (3)$$

由式 (3) 可得

$$P_3 = \frac{A C_0 P_1 P_2 + (1-A) C_N}{A C_0 P_1 + (1-A) C_N} \quad (4)$$

通过以下例题,可清楚地了解上述公式。

例题 1 青岛市某高档写字楼的空调通风系统,其新风比为 30%,新风通路设有 ePM_{2.5} 为 20% 的予过滤器 (即 $P_1 = 0.8$), 新风与回风均匀混合再经 ePM_{2.5} 为 $(1-P_3)$ 的空气过滤器处理后送入室内,试确定符合室内空气颗粒物浓度要求的此空气过滤器的 ePM_{2.5} 值。

解:依据 2018 年青岛市室外空气全年监测平均值为 $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$,按本文表 2 规定属于室外空气轻度污染的 3 类。高档写字楼要求的新风质量按本文表 3 规定属于新风 2 级,按表 4 所规定其新风限值应 $\leq 10.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。将各相关参数代入 (4) 式,可得

$$P_3 = \frac{0.3 \cdot 10.5 + (1-0.3) \cdot 15}{0.3 \cdot 35 \cdot 0.8 + (1-0.3) \cdot 15} = \frac{13.65}{18.9} = 0.722$$

从上述计算结果可知:新风经 ePM_{2.5} 为 20% 的予过滤器过滤与回风均匀混合,再经 ePM_{2.5} 为 27.8% 的末级过滤器过滤后送入室内即可符合基本要求。

例题 2 上海某高级宾馆客房 (属于 SUP2) 采用风机盘管 + 新风空调通风型式。客房间面积约 40m^2 、容积约 120m^3 ,房间空调循环风量 $720\text{m}^3/\text{h}$,约为 $6\text{AC}/\text{h}$ 、新风量 $180\text{m}^3/\text{h}$,新风比为 0.25。房间风机盘管仅有普通滤网,ePM_{2.5} 约为 0。

解:此时房间送风的 PM_{2.5} 浓度 C_{S1} 为:

$$\begin{aligned} C_{S1} &= (1-0.25) \times 15 + 0.25 \times 10.5 (\text{SUP2}) \\ &= 11.25 + 2.625 = 13.875 \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

房间送、排风的 PM_{2.5} 浓度差为: $15 - 13.875 = 1.125 \mu\text{g}/\text{m}^3$

维持室内 PM_{2.5} 浓度不高于 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 水平,每小时由排风带走的 PM_{2.5} 总量为:

$$720 \times 1.125 = 810 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

若新风、回风混合后经风机盘管,并在出风口设有空气过滤器,当新风的予过滤效率 ePM_{2.5} 为 15%

(未完待续)

EPA 接地系统与接地电阻测量

孙延林

中国电子仪器行业协会防静电装备分会，北京

1 EPA 内的几种接地

接地系统的构成是比较复杂的技术，不同领域有不同要求。这里主要讲电子 EPA (防静电工作区) 接地系统的构成，下面简述 EPA 内几种接地及功能。

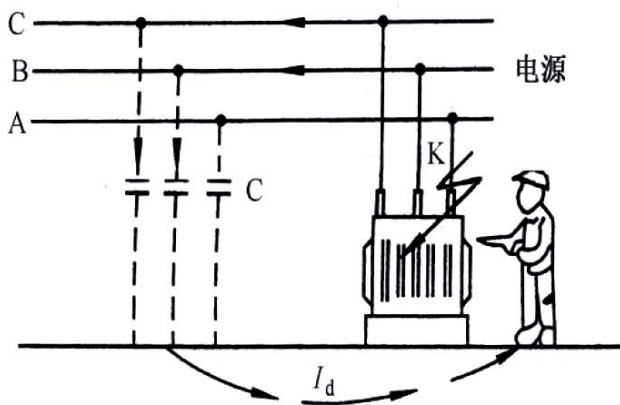
1.1 安全保护接地

安全保护接地概念：将电气设备不带电的金属外壳部分与接地体之间进行良好的金属连接，以保护人员免遭电击伤害。

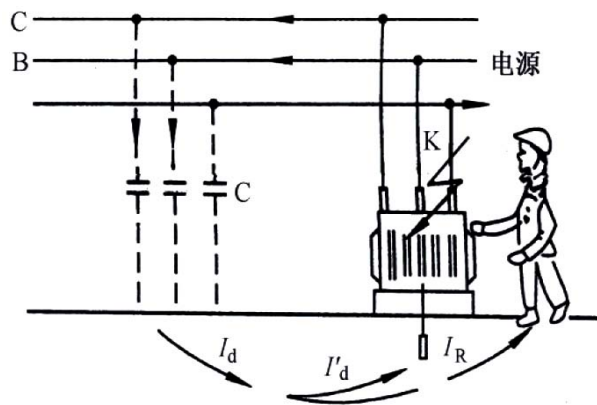
当没有保护接地的电气设备绝缘损坏时，其外壳有可能带电，如果人体触及电气设备的外壳

就可能被电击伤或造成生命危险。在中性点直接接地的电力系统中，触电短路电流 I_d 经人身、大地流回中性点；在中性点不直接接地的电力系统中，触电电流经人体流入大地，并经线路对地电容构成通路，这两种情况都能造成人身触电，如图 1-1 (a) 所示。

如果装有接地装置的电气设备绝缘损坏使外壳带电时，接地短路电流将同时沿着接地体和人体两条通路通过，如图 1-1 (b) 所示。图中， $I_d = I'_d + I_R$ ，我们知道：在一个并联电路里，通过每条支路的电流值与电阻的大小成反比，如式 (1-1) 所示。



(a) 人体触及绝缘损坏的电气设备外壳时，电流的通路



(b) 当设有接地装置时，人体触及绝缘损坏的电器外壳时的电流通路

图 1-1 两种情况造成人身触电

$$I_R / I'_d = R_D / R_r \quad 1-1$$

式中， I'_d ——沿接地体流过的电流；

I_R ——流经人体的电流；

R_r ——人体的电阻；

R_D ——接地装置的接地电阻。

由式 (1-1) 可以看出，接地装置的接地电阻越小，流经人体的电流也越小，通常人体电阻要比接地电阻大数百倍，流经人体的电流也比流过接地体的

电流小数百倍。当接地电阻极小时，流过人体的电流几乎等于零，即 $I_d \approx I'_d$ 。实际上，由于接地电阻很小，接地短路电流流过时所产生的压降很小，故外壳对大地的电压是不高的。人站在大地上去碰触外壳时，人体所承受的电压很低，不会有危险。电气设备加装保护接地，并且降低它的接地电阻是避免触电危险的有效措施。

1.2 工作接地

工作接地概念:将电力系统中的某一点(通常是中性点)直接或经特殊设备(如消弧线圈、阻抗、电阻等)与大地之间用电缆或导线进行连接,称为工作接地。工作接地的作用如下:

(1) 系统运行的需要:在高压系统里,采取中性点接地方式可使接地继电保护准确动作并消除单相电弧接地过电压。中性点接地可以防止零序电压偏移,保持三相电压基本平衡,对于低压系统很有意义,可以方便地使用单相电源。另外在两线一地供电系统中,由于将一相工作接地,借助大地做一相导体,降低了线路建设投资。

(2) 降低人体的接触电压:在中性点绝缘的系统中,当一相接地,而人体又触及另一相时,人体所受到的接触电压将超过相电压而成为线电压,即相电压的 1.41 倍。当中性点接地时,中性点的接地电阻很小,或者近似于零,与地间的电位差亦近似于零。当一相碰地而人体触及另一相时,人体的接触电压接近或等于相电压,从而降低了人体的接触电压。

(3) 迅速切断故障设备:在中性点绝缘系统中,当一相短路时接地电流很小,保护装置不能迅速地切断电流,故障将长期持续下去。在中性点接地系统中就不同了,当一相接地时,接地电流成为很大的单相短路电流,保护装置能准确、迅速地切断故障线路,保证其他线路和设备正常运行。

(4) 降低电气设备和电力线路的设计绝缘水平:如上所述,因中性点接地系统中一相接地时,其他两相的对地电压不会升高至相电压的 1.41 倍,而是近似于或等于相电压,所以在中性点接地系统中,在设计电气设备和线路时,其绝缘水平只按相电压考虑,故降低了建设费用,节约了投资。

1.3 重复接地

重复接地的概念:在电力系统中某点(通常为中性点)重复引出与大地连接的接地线。

重复接地的作用:在有重复接地的低压供电系统中,当发生接地短路时,能降低零线的对地电压;当零线发生断路时,能使故障程度减轻;对照明线路能避免因零线断线又同时发生某相碰壳时而引起的

烧毁灯泡等事故。

在没有重复接地的情况下,当零线发生断线时,在断线点后面只要有一台用电设备发生一相碰壳短路,其他外壳接零设备的外壳上都会存在着接近相电压的对地电压。而有重复接地时,断线点后面设备外壳上的对地电压 U_d 的高低,由变压器中性点的接地电阻与重复接地装置的接地电阻分压决定,即

$$U_d = U_x R_r / (R_0 + R_r) \quad 1-2$$

式中, U_d ——设备外壳上的对地电压;

U_x ——相电压;

R_0 ——变压器中性点接地电阻;

R_r ——重复接地电阻。

当 $R_r > R_0$ 时,外壳电压仍然较高,对人体仍可造成危害。

如果是多处重复接地(并联),则接地电阻值很低,零线断路点后面碰相外壳的对地电压 U_d 也就很小,对人身伤害的危险就会大大减轻。

由上述分析可知,零线断线是影响安全的不利因素,故应尽量避免发生零线断线现象。这就要求在零线施工时注意安装质量,零线上不得装设熔断丝及开关设备,同时在运行中注意加强维护和检查。

工作接地、保护接地和重复接地如图 1-2 所示,其接地电阻值均不大于 4Ω (参见 GB50174)。具体要求详见《电气装置安装工程接地装置及验收规范 GB50169》。

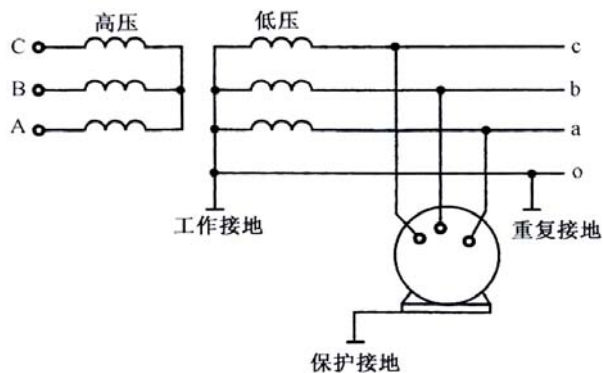


图 1-2 工作接地、保护接地、重复接地示意图

1.4 中性点、零点和中性线、零线

发电机、变压器和电动机的三相绕组星形连接的公共点称为中性点,如果三相绕组平衡,由中性点

到各相外部接线端子间的电压绝对值必然相等。如果中性点是接地的,则该点又称为零点。从中性点引出的导线,称为中性线;从零点引出的导线,称为零线。

1.5 我国采用的低压配电系统及接地

目前根据 IEC 的推荐和我国采用的低压配电系统极接地有 3 类。

(1) TN 系统:电力系统有一点直接接地,用电设备的外露可导电部分,通过保护线与该接地点连接。如按中线(N)和保护线(PE)组合的情况,又可分为 3 种形式:TN—S;TN—C;TN—C—S 系统,如图 1-3 (a)、(b)、(c) 所示。

(2) TT 系统:电力系统只有一点直接接地,用电设备的外露可导电部位,通过保护线接至大地,它与电力系统接地点无直接关联,如图 1-3 (d) 所示。

(3) IT 系统:IT 系统组合类似 TT 系统,但在电力系统有一连线直接接地,并在线中串有一个接地电阻,如图 1-3 (e) 所示。

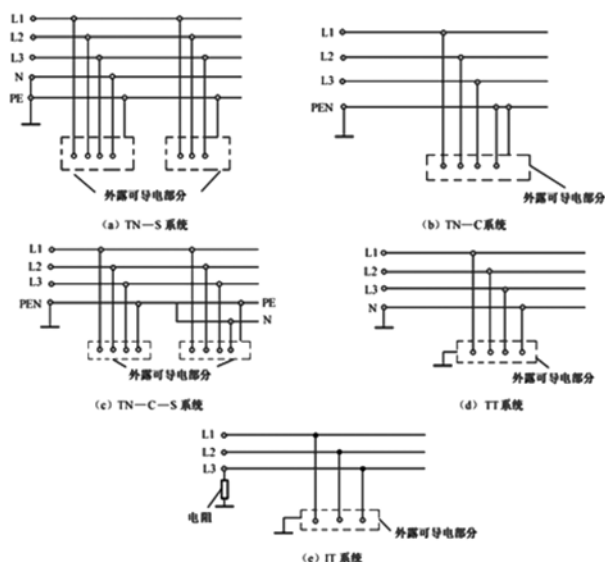


图 1-3 电力接地系统接地

1.6 保护接零

有时设备接地在漏电时电流较大,也会造成人员伤害,此时往往设置保护接零,既将保护接地直接和零线相连接,则可在设备漏电时,因电流过大,快速启动保护开关切断电源。

1.7 屏蔽接地

屏蔽接地(功能性接地)的目的是将电磁干扰波引入大地,抑制屏蔽室内和外部的电磁辐射及传导对电子设备的干扰。

1.8 信号接地

为保证信号具有稳定的基准电位而设置的接地(功能性接地),例如检测微小电流、电压和放电损耗等电气参数的接地。信号接地的电位被可视为零电位,可作为各种电压信号的比较基准。接地表面作为各种信号电路的返回电流的通道。

1.9 防静电接地

为防静电用品(装备)设置的接地。是用来泄放静电并实现等电位连接,防止静电积累对 SSD 造成损害。

2 EPA 内的防静电接地与其它接地关系

2.1 有关 EPA 内防静电接地的要求

(1) 与其它接地共用接地极方式

在工作区 TN 交流配电系统供电时首选采用 TN—S 或 TN—C—S 方式(GB50611 推荐),并采取防静电接地和其设备安全保护接地共用接地极。防静电接地和各类配电系统的共用接地示意图见 1-4 (a) (b)、(c) (d)。

此时接地线设置应符合《电气装置安装工程接地装置及验收规范》GB50166 要求。

对于多个 EPA 内防静电接地系统和低压配电系统共用接地关系见图 1-5。值得注意的问题:为保证实现 EPA 的等电位,通常要求防静电接地和交流配电系统的设备安全保护接地采取共用接地极方式。

(2) 独立防雷接地和防静电接地系统关系

特殊情况下,在 EPA 内也可设独立防静电接地系统(注意:通常不建议采取防静电独立接地方式)。

相关标准没做明确规定时,独立防静电系统接地极距防雷系统接地极应符合电子工程防静电设计规范 GB50611 规定的距离,如达不到该距离要求时则应在防雷接地与防静电接地系统之间采取防雷电反击措施(设置避雷器、浪涌保护器件等)见图 1-6。

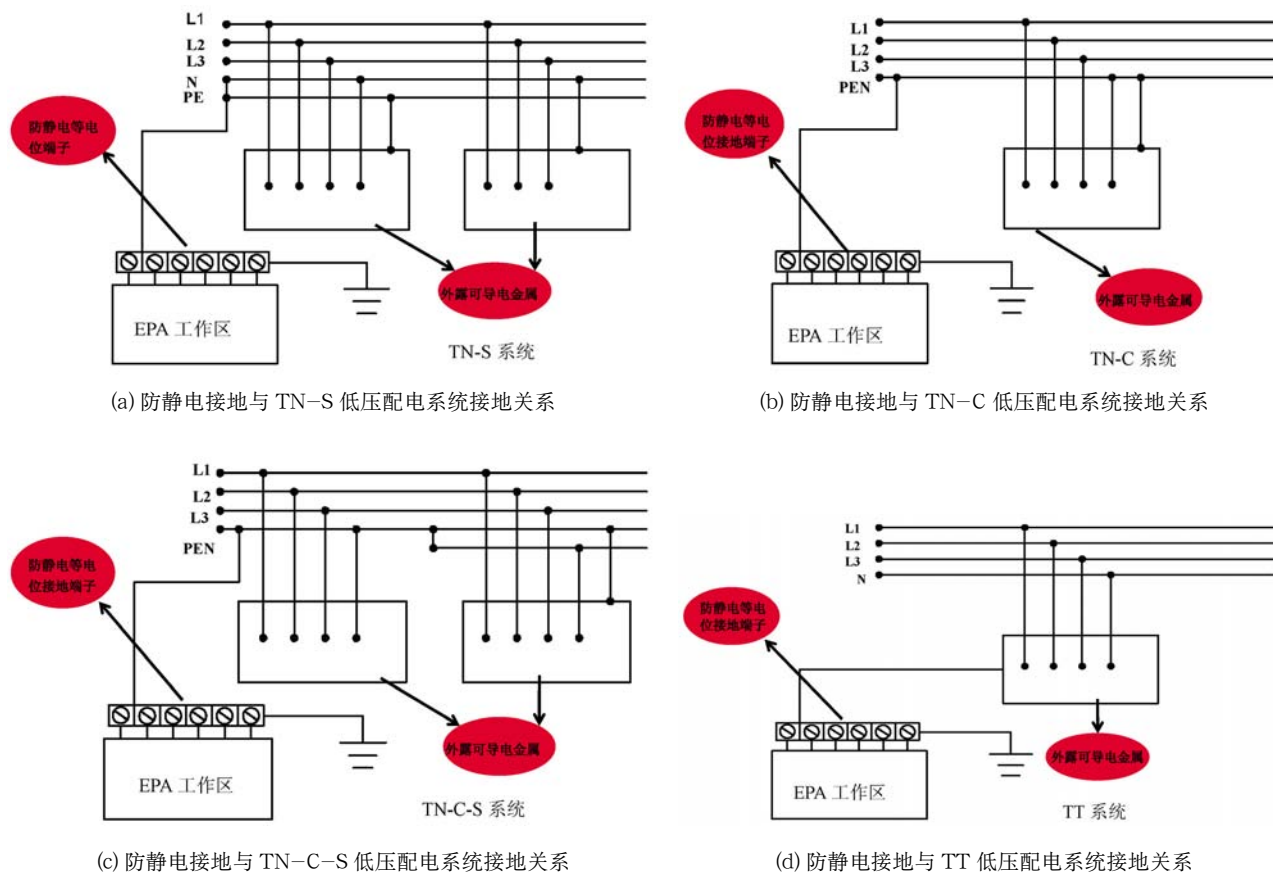


图 1-4 防静电接地和各类配电系统的共用接地示意图

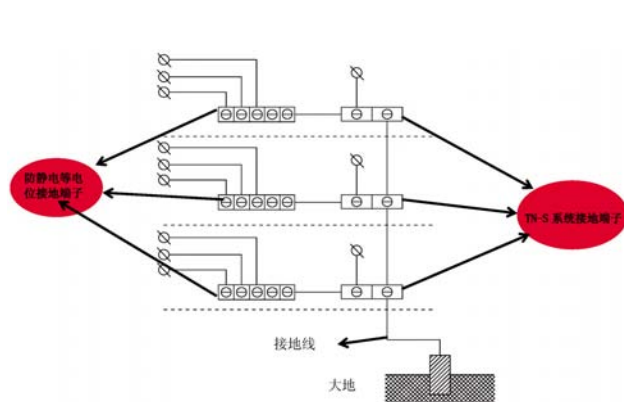


图 1-5 多个 EPA 内防静电接地系统和低压配电系统共用接地关系

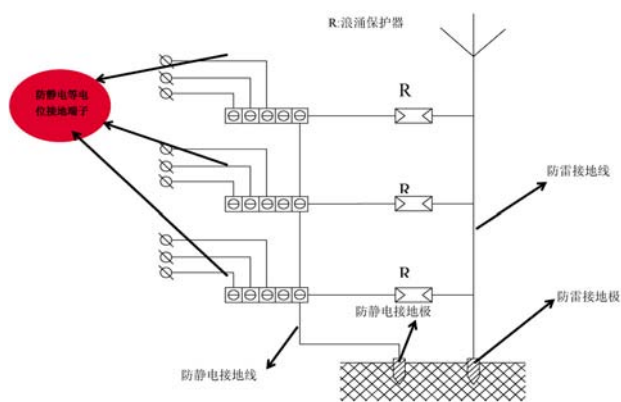


图 1-6 独立防静电接地系统采取防雷反击措施示意图

防雷保护器件可按防雷设计规范 GB50057、电子避雷器通用规范 SJ/T11147 确定。此时防静电系统接地连接和线径应符合上述防雷规范要求。这里需要特别明确的是,国内有些标准规定:在有易燃、易爆气体、易爆物质的环境中,防静电接地不允许与防雷接地、电气系统的零线相连接。

(3) EPA 内实现等电位连接

在无法实施接地的情况下,应采取将 EPA 内的所有防静电装备和其它需要控制的 ESD 部品连接到等电位端子以实现 EPA 内的等电位连接。

2.2 IEC、ANSI/ESDS20.20 有关防静电接地及其它接地关系

(1) IEC61340-5-1 推荐的 EPA 接地和等电位连接方式

IEC 建议可采用 3 种不同的方法:

1) 使用设备安全保护性接地实现接地

防静电接地首选的是和设备安全保护性接地共用接地极方式。这种情况下,将 ESD 装备、用品接地和接地的人员与设备安全保护性接地相连接;

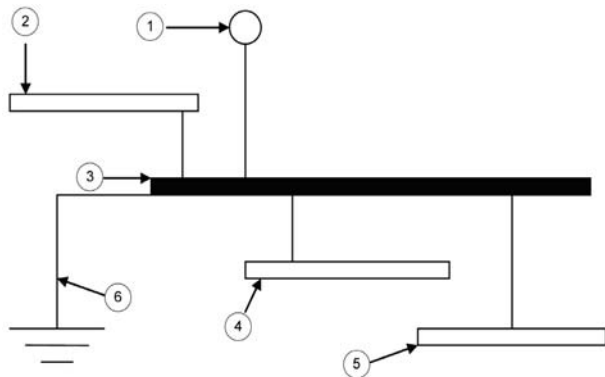
2) 使用某些功能性接地实现接地

防静电接地可作为功能性接地。功能性接地是实现某种功能而设置的接地,有时可用来连接 ESD 物品接地线。为消除设备安全保护性接地和以静电防护为目的的功能性接地系统之间的电位差,建议把两个系统的电气连结在一起。注意:不是所有的功能性接地可以共用的(见图 1-7)。

3) 等电位连接

如没有接地设施,可以把所有的 ESD 物品连接在一个共用连接点(见图 1-8)。

任何需控制的 ESD 物品和共用连接点间的最大电阻的限值相符 IEC61340-5-1 规定。



1 腕带和线缆;2 工作表面;3 共用接地点;4 ESD 地板垫;
5 ESD 地板;6 防静电接地(可以是功能性接地)线。

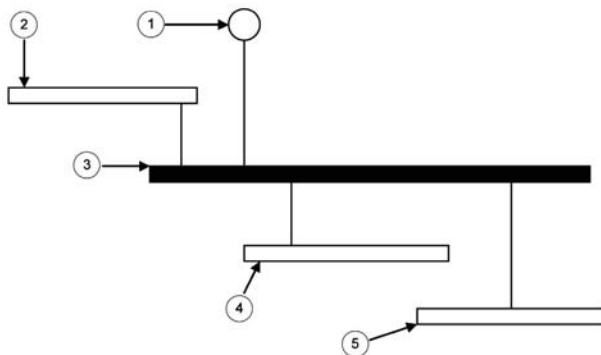
图 1-7 利用功能性接地示意图

(2) ANSI/ESD.S20.20 推荐的 EPA 接地方式

安全保护接地、静电接地(或称辅助接地)共用接地极方式:

辅助接地(为实现某种目的的功能性接地)概念:某些设备(装备)或为某种使用要求设置的单独或专用的附加接地导体,其不同于常规使用的设备安全保护接地装置。

辅助接地可以是防静电接地,也可以是从包括



1 腕带和线缆;2 工作表面;3 共用接地点;
4 ESD 地板垫;5 ESD 地板。

图 1-8 EPA 等电位连接

建筑物钢筋网组成的基础接地、接地的金属管道等。辅助接地系统用于防静电接地是应该和设备安全保护接地连接在一起,确保两者之间没有电位差。如不能连接到一起时,应当注意到设备和防静电物品可能存在的电位差。

ANSI/ESD.S20.20 S6.1 推荐的低压配电系统的接地系统与我国电力系统推荐的 TN-S 基本相同,其接地连接图见图 1-9、图 1-10。火线、零线、设备安全保护接地按 ANSI/NFPA-7.0 规定连接。

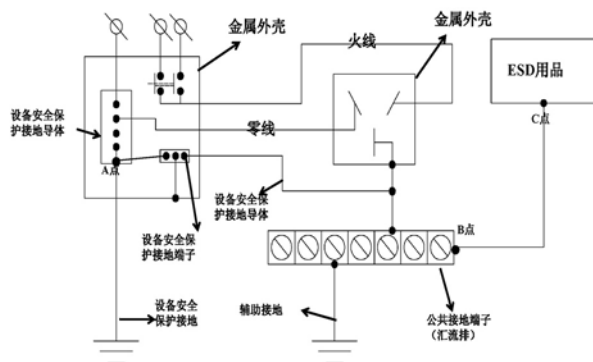


图 1-9 ANSI/ESDS6.1 推荐防静电与保护接地接地示意图

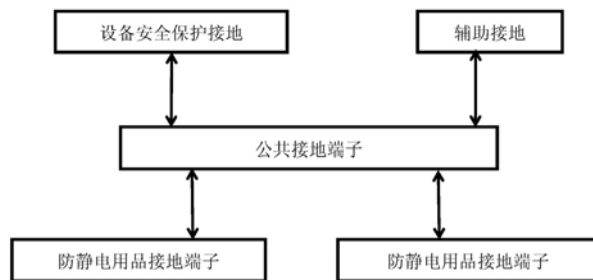


图 1-10 ANSI/ESDS6.1 推荐防静电与保护接地接地示意图

3 防静电接地测量及计算

3.1 接地电阻与土壤电阻率

接地电阻 R_0 是指设备 (或防静电装备、中性点等) 的接地线连接点至大地零电位之间的电阻, 其有 1-3 式构成

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3 + R_t \quad 1-3$$

式中 R_1 : 接地系统各连接点接触电阻; R_2 : 接地线电阻; R_3 : 接地极电阻;

R_t : 接地极与大地之间的电阻 (零电位点)。

相关标准规定设备的安全保护接地电阻、工作接地电阻 (中性点接地电阻) R_0 不大于 4Ω 、防静电接地电阻 R_0 不大于 10Ω (GB50611、SJ/T10694), 火工、石化系统不大于 100Ω 。对于交流低压配电系统的接地电阻是交流参数, 既称为阻抗。其测试值和配电系统的电源频率、电压值等、土壤电阻率、地线分布参数等等参数密切相关。而静电接地电阻值和静电泄放的脉冲电压值、土壤电阻率、地线分布、放电频谱参数等密切相关。从理论上讲交流低压配电系统的接地电阻值和防静电接地电阻值定义有所不同。对于交流接地电阻测试标准已经制定, 通常对于防静电接地线电阻往往采用直流电阻仪测定, 而其接地极与大地之间电阻则测试交流阻抗。

(1) 接地极与大地之间电阻计算

以下给出 n 根等距离接地桩的 R_t 电阻的计算公式

$$1) n \text{ 根垂直接地体} \\ R_t = \rho / 2\pi n L \cdot \left\{ \ln(4L/b) - 1 + 2kL / a(a\sqrt{n}-1)^2 \right\} \quad 1-4$$

ρ : 土壤电阻率, $\Omega \cdot \text{cm}$; L : 接地桩深度 (cm); n : 接地桩数量;

b : 接地桩直径 (cm); a : 接地桩表面面积 (cm^2)

k : 接地桩表面长度与宽度比系数

以下给出几个平板形接地体的 R_t 简易计算公式

2) 平板形接地体 (水平埋设地下)

$$R_t = 0.22\rho / \sqrt{S} \quad 1-5$$

S : 平板面积, m^2 。

3) 平板形接地体 (直立埋设地下)

$$R_t = 0.22\rho / \sqrt{S} \quad 1-6$$

3.2 接地电阻测量

仅凭计算有时是不准确的, 因为实际情况比较复杂, 往往不可能考虑到各种因素影响, 计算结果和实际相差较大, 此时还是要依靠测试。

(1) 测试仪器

这类仪器有 ZC-8 型、MS2302、双钳形接地电阻测试仪等等, 这些属于交流接地电阻测试仪, 用于电力系统等交流接地电阻 (或设备安全保护接地电阻) 测量。这里介绍 ZC-8 接地电阻仪原理。仪器测试电路由手摇交流发电机、向敏整流放大器、电位器、电流互感器及检流计等组成。电路原理见图 1-11。测试仪器的测试频率、电压等对测试结果会有一定影响。ZC-8 仪器符合 GB7676、ZBN21011 标准要求。MS2302 仪器符合 GB4793-1 (IEC-61010-1、IEC61016) 标准要求。

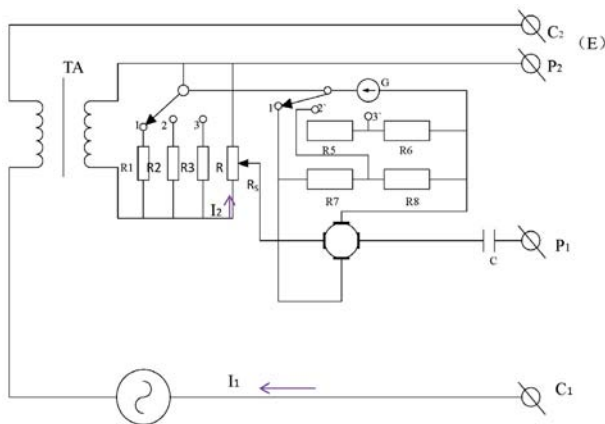


图 1-11 ZC-8 接地电阻测试仪原理图

对于接地线很长时可以采用夹钳式接地电阻测试仪测试接地线电阻, 也可测试接地桩对大地电阻。SE2000 型夹钳式接地电阻仪 (符合 IEC61010 要求) 是利用将测试电压通过环形夹钳耦合到接地线上, 再利用电流测试夹钳测试地线耦合电流, 并通过欧姆定律测试出接地线电阻。利用二点法与三点法可以方便测试接地桩对大地电阻。这类夹钳式接地电阻测试仪测试范围在 0.001Ω —— 1200Ω , 可以方便测试长距离接地系统的接地电阻。

(2) 防静电接地电阻测量

对于防静电接地线电阻的测量可利用万用表 (量程 $0.1\Omega \sim 1\text{M}\Omega$ 即可) 测量 (DC)。防静电装备

表 1-1 ZC-8、MS2302 接地电阻测试仪参数

ZC-8 (测试频率范围≤200HZ、测试电压 200V)			MS2302 (测试频率范围≤800HZ、电流 3mA, 测试电压 50V) 注：对地电压小于 10V 时测量。			
范围 (Ω)	量程 (Ω)	最小分辨率 (Ω)	测试功能	量程 (Ω)	精度	分辨率 (Ω)
1-10-100	0-1	0.01	接地电阻	0-29.99	± (2%)	0.01
	0-10	0.1		30.0-99.9	± (3%)	0.1
	0-100	1		100-999	± (3%)	1
				1.00KΩ-4.00 KΩ	± (3%)	10
0-100-1000	0-10	0.1	对地电压	0-200V (50/60HZ)	± (1%)	0.1V
	0-100	1				
	0-1000	10				

的地线连接点到接地极的电阻测试见图 1-12 (E)。利用万用表测试出图 1-12 (E) 所示 A 点与接地极 (基地桩) 之间的直流电阻值 (包括 R_2 、 R_1 电阻)。对于电阻 R_t 、 R_3 测试见图 1-12 (F), 通常防静电接地与设备安全保护接地对 R_t 、 R_3 测试是同样的, 再加其之间是共用接地极方式, 所以测出的交流电阻 R_t 、 R_3 (接地极本身电阻) 是其共用的电阻值。将 R_t 、 R_3 、 R_2 、 R_1 电阻值相加就得出防静电接地电阻 R_0 (其中有交流阻抗和直流电阻。一般针对防静电接地电阻测量时, 交流与直流参数的不同影响可忽略。 (因为现市场销售的接地电阻仪都是测试交流电阻, 没有测试直流接地电阻的)。测试时要特别注意: 测试 R_t 时, 接地电阻测试仪的 E 极连接在接地桩上。另外, 测试接地桩对大地电阻时, 保护接地线不允许断开, 因此在埋设保护接地桩时可多设置接地点和接地桩。这样在测试其中一个接地桩接地电阻时。为避免干扰就可断开连接测试接地桩的接地线进行测量, 测试完毕再连接好。这样不影响整个保护接地系统的安全保护功能。

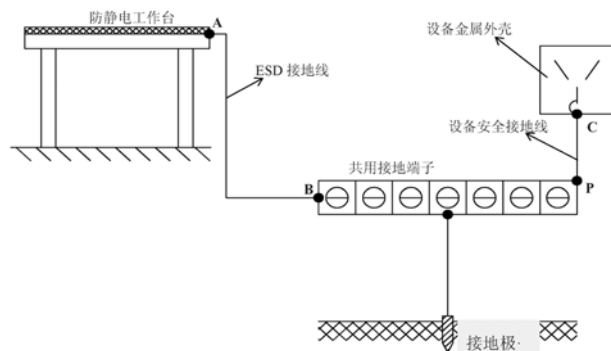


图 1-12(E) 防静电接地线电阻测量

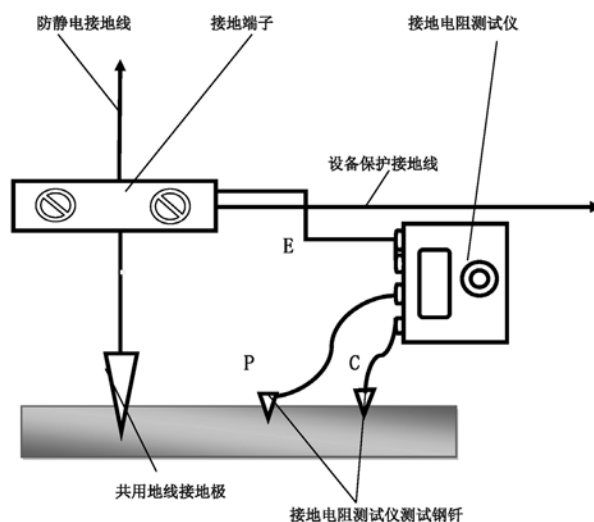


图 1-12(F) 设备安全保护接地桩对大地电阻(R_t)测试

(3) 设备安全保护接地电阻测量

对于设备安全保护接地电阻测试是利用交流接地电阻仪两极法 (E 极做为 一极, C、p 极连接成另一极) 测试图 1-12 (E) 所示 C 点 (通常指设备外壳接地点) 与接地桩之间的交流电阻值 R_2 、 R_1 , 再测出接地桩对大地的交流电阻 R_t 、 R_3 (见图 1-12 (F)), 将这些电阻相加就得出设备安全保护接地电阻 R_0 。

3.3 接地电阻测量时的注意事项

防止测试时出现的干扰: 通常测量交流接地电阻时会受到电网接地系统的杂波干扰, 影响测量结果或无法测量, 此时可采取下列措施:

(1) 如条件允许, 可将负载设备停止运行时测试接地电阻。设备安全保护接地设置多处接地桩时, 可以选择测试桩与接地线断开时, 测试接地桩接地电阻, 测试完毕在再连接好, 但对于单点接地时是不适用的。

在距接地点 20 米范围内都有可能受到雷电反击产生,即在此范围内不再是零电位。另外,三相供电的零线由于不可能绝对平衡而也会有不平衡电流产生并流入零线的接地点。为安全,单独的防静电地线的埋设点应距防雷接地系统 20m 以外或距电气安全设备接地极数米以外。埋设地点应不是沙土地、建筑废料回填地、垃圾埋设地、热源地、腐蚀性土地、乱石地及干燥地点等。对于极干旱地区或沙漠、山区要针对现场提出专门方案。

4.1 防静电接地线接地体埋设方法

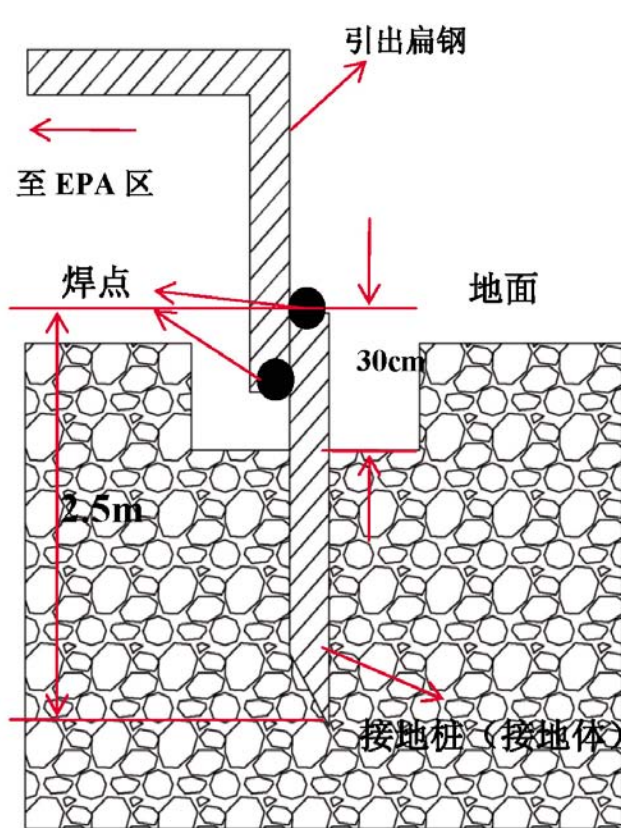
(1) 钢钎接地体垂直埋入方法

先挖一直径 1m,深 0.5m 的圆形地沟,将长 2.5 的接地钎(也可以是其它结构,参照表 1-2)一根打

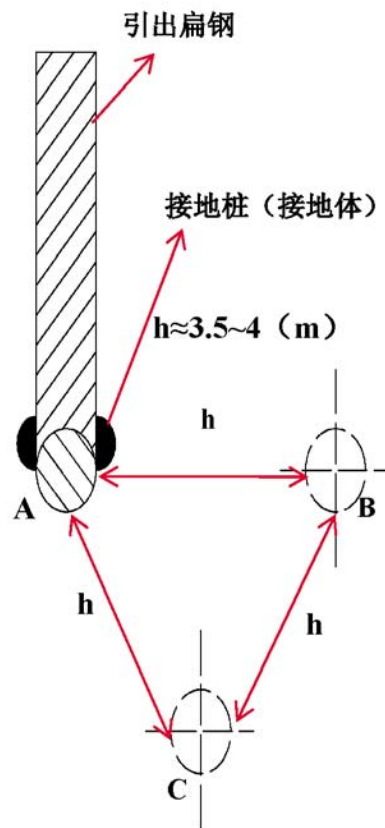
入坑内,钎露出坑底面 0.3m。用宽 40mm,厚 4 mm 经防腐处理的扁钢与钢钎牢固焊接(注意:应电焊或气焊,不要电烙铁锡焊),其焊接面至少大于 8cm^2 。将扁钢就近固定引入 EPA 工作区(见图 1-15 (a)),将坑内埋土并夯实。利用接地电阻测试仪测试钢钎对地电阻 R_t ,测试值符合要求即可。如电阻值超过要求,则在图 1-15 (b) 所示 B 点再按同样方法埋设接地钎,并用同样规格扁钢和 A 点钢钎焊接引出并通往 EPA 工作区。经测试如不符合要求,可在 C 点再埋设钢钎和其它接地钢钎并联引出,直至测试电阻 R_p 达到要求为止。注意埋设钢钎之间距离一定大于钢钎长度,否则因屏蔽效应,接地效果会受到影响。

表 1-2 钢钎接地体的最小规格

种类、规格	直径 (mm)	角钢厚度 (mm)	角钢几何尺寸 (mm)	接地体长度 (m)	钢管管壁厚度 (mm)
钢钎 (电镀处理)	30			2.5~3	
削尖圆钢管 (电镀处理)	40			2.5~3	5
削尖角钢 (电镀处理)		5	35X35 (边长 X 边长)	2.5~3	



(a) 接地桩埋设图



(b) 埋设接地桩排列

图 3-15(a)、(b) 钢钎接地体埋设方法

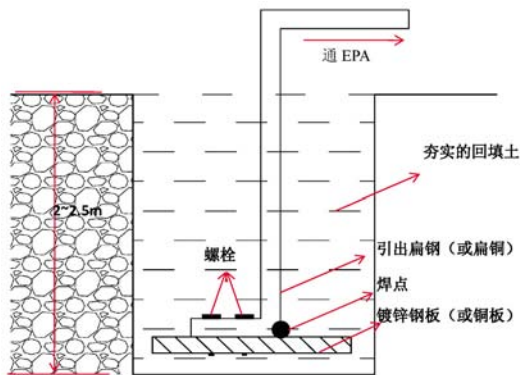
(2) 平板接地体埋入方法

首先在地面挖一深直径 2.5m, 深 2~2.5m 的圆柱状坑(示土壤潮湿程度确定), 可用铜板和镀锌钢板作接地体平放入坑底, 规格见表 1-3. 用螺栓将引出扁铜、扁钢和平板的中心位置两点紧密连接, 并电气焊接(铜板和扁铜采用锡焊)在一起, 钢质材料电气焊面积不小于 8cm². 铜质材料不小于 12cm², 然后将扁铜、扁铁引出坑口外。用周围的挖出土填到坑内 0.5m 处(注意: 回填土必须是无石子、无腐蚀性、无沙土、无建筑废料、垃圾的潮湿细土)。并夯实用接地电阻测试仪测试电阻 R_t, 如符合要求则将坑用土填满并夯实(注意: 每填 30 公分, 夯实一下)。如电阻值不符合要求, 则可在土内倒入重量比 10:1.5 (土: 降阻剂) 的降阻剂, 与土拌匀, 按每 30 公分一层土夯实即可。最后将扁铜或扁钢按相关要求引入 EPA 工作区。

表 1-3 铜板、镀锌钢板接地体的最小规格

种类	板面积 (m ²)	板厚度 (mm)	引出扁铜、扁钢尺寸 (mm)
铜板	S>0.8	4	40 (宽) X 5 (厚)
镀锌钢板	S>1	5	40 (宽) X 5 (厚)

注: 上表中 S 表示面积。



5 接地电阻测量方法的探讨

(1) 等电位连接电阻和防静电接地电阻测试

我国标准很多旧标准(GB\GJB\SJ/T) 规定静电泄漏电阻(防静电装备表面对地电阻)和防静电接地电阻值要分别测试。在实际工作中, 特别对高楼多层

EPA 的防静电接地线电阻测试很麻烦, 往往因客观条件无法实施。ANSI/ESD.S20.20.TR53 规定测试静电等电位连接电阻的方法很简单, 可以方便测试出静电等电位连接电阻((见图 1-17), 即可判定防静电接地情况。

(2) 测试仪器要求

测试接地线直流电阻, 国内外测试仪器要求基本统一, 对交流接地电阻(阻抗) 测量由于测试频率、测试交流电压、抗扰度等要求不同会有一些差别。一般情况下, 测试频率越高, 阻抗越高(见式 1-8)。测试电压越高, 接地电阻值越小, 这会对测试结果产生影响。考虑一般电网频率为工频 50Hz/60Hz 和避免电网高次谐波的影响, 将测试频率定为 40Hz~400Hz 范围较好。

$$|Z_c| = \sqrt{\frac{\omega \mu}{G}} (\Omega) \quad \omega = 2\pi f \quad 1-8$$

Z_C: 导线阻抗; μ: 导线金属材料的相对磁导率; G: 导线相对电导率; f: 电流频率

因为电网电压 220V 左右, 再考虑低压安全用电区域时, 测试电压设定 50V~250V 较合适。一般交流接地测试仪技术参数可参照表 1-4。

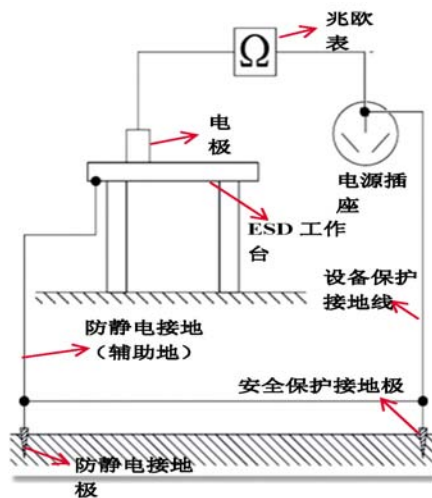


图 1-17 等电位连接电阻测量

表 1-4 交流接地电阻测试仪参数

技术指标	数值
频率范围 (HZ)	40-400
测试电压范围 (VAC)	50-250
抗干扰电压 (VAC)	10
阻抗测试范围 (Ω)	0.01~1000

各类型防护口罩标准要求差异浅析

王荣刚,王珣,陈雪荣

苏州天华超净科技股份有限公司,苏州

【摘要】时值武汉肺炎肆虐,全民抗疫之时。卫生防疫部门建议民众佩戴口罩以降低病毒飞沫传播和空气传播的概率。民众对于卫生防护口罩需求巨大,但市场上产品品种繁杂,民众不具备正确选择的能力;又有不良商家弄虚作假,生产假冒伪劣产品,对民众健康造成危害。基于以上,本文作者收集日常防护型口罩、医疗领域防护口罩、棉纱口罩、无纺布口罩、活性炭口罩、工业防尘口罩等类型产品国家、行业及团体标准,通过对口罩的作用原理、不同口罩的结构及材料差异、标准要求差异以及长期佩戴性等方面展开阐述分析,以期能够给民众有一定的参考借鉴意义。

【关键词】防护口罩,细菌防护;标准差异;

【Abstract】It's the time when Wuhan's pneumonia is rampant and the whole country are fighting against it. The health and epidemic prevention department recommends that people wear masks to reduce the probability of virus droplet transmission and air transmission. The public has a huge demand for health protective masks, but there are many kinds of products on the market, and the public does not have the ability to choose. There are also bad businesses that make fake products, which do harm to the public health. Based on the above, the author collected the national, industrial and group standards of daily protective masks, medical protective masks, gauze masks, non-woven masks, activated carbon masks, industrial dust masks and other types of products, and analyzed the function principle, structure and material differences of different masks, standard requirements differences and long-term wearability of masks, so as to It can provide some reference for the public.

【Keywords】Mask, Bacterial Protection; Standard Comparison;

1 引言

2020年1月份,以武汉为起源地的新型病毒肆虐,正值春运高峰期,人流密集,交互感染几率呈指数增加,我国卫生防疫专家指出正确佩戴适宜的口罩可以降低被感染的概率。当前市场上口罩种类繁多,品质良莠不齐,民众在选择时,难免有病急乱投医,选择了错误的口罩类型等情况发生。当前现行的口罩标准主要有 GB19083—2003《医用防护口罩技术要求》、GB/T 32610—2016《日常防护型口罩技术规范》、YY0469—2004《医用外科口罩技术要求》、YY/T 0969—2013《一次性使用医用口罩》以及

AQ1114—2004《煤矿用自吸过滤式防尘口罩》,这些标准分别针对不同领域。其中医用口罩涉及标准三项,日常防护口罩一项,本文通过对以上五类口罩相关标准进行简要对比和介绍,并对市场常见名的口罩做防护原理、不同口罩的结构及材料差异做相应分析,能够帮助民众了解相关选取标准。在本文的后段,对口罩的长期佩戴后的病菌特性以及适合性进行分析,为民众提供不同口罩合理的佩戴时间及注意事项,为避免错误选择和佩戴做出指导。

2 口罩的定义与分类

口罩作为一种呼吸防护用品,佩戴时覆盖于人

的口鼻位置,口罩中的滤料可捕集烟、雾、尘等颗粒物。通过将呼吸进入口罩内部气体中的颗粒物进行捕集,让佩戴口罩者吸入呼吸道的空气为洁净气体。同时,口罩还具有隔离部分有害气体、气味、飞沫等作用。在严重雾霾天气、粉尘工作环境、呼吸道传染病区,佩戴口罩可以有效地保护人体健康。

1) 棉纱口罩

普通纱布口罩是通过一层层的机械阻挡将当量中径大于 5 μm 的颗粒物隔离在外,对小于 5 微米的颗粒物基本无能为力。最普通的纱布口罩防护空气中颗粒物的效果最差。棉布口罩透气性好,但几乎没有防尘抗菌效果,在流行病高发期和雾霾天气,棉布口罩几乎起不到什么作用。在非典型肺炎防治期间,曾有技术方案认为配戴只有大于 16 层棉纱口罩可阻止一部分病毒侵袭,但此种口罩厚重、闷热、防病病毒效率低,其结构与人面部的密合性差。经国家食品药品监督管理局北京医疗器械质量监督检验中心测定,16 层普通材料口罩过滤效果为 24%,24 层普通材料口罩过滤效果是 36.8%。针对此新型病毒,此口罩并不在推荐范围内。

2) 无纺布口罩

经过静电驻极处理的无纺布不仅可以阻挡较大的粉尘颗粒,驻极体可以通过静电引力将细小粉尘吸附住,达到较好的阻尘效率。同时,它的滤料又很薄,大大降低了使用者的呼吸阻力,舒适感较好。无纺布口罩还可以有效地抗菌,但仅限于防止喷射造成的病菌感染,例如打喷嚏造成的病菌传播等。不过,它对于微小颗粒物的过滤效果也有限。针对此新型病毒,载体很多都是微小颗粒物,所以其也不再推荐范围内。但如果确实采购不到推荐的口罩,此口罩也可以阻止一些打喷嚏的病菌传染。

3) 医用口罩

医用口罩多采用一层或者多层非织造布复合制作而成,主要生产工艺包括熔喷、纺粘、热风或者针刺等,具有抵抗液体、过滤颗粒物和细菌等效用,是一种医疗防护用纺织品。医用口罩按照预期用途包

括医用防护口罩、医用外科口罩和一次性使用医用口罩,属于医疗器械管理的范畴,必须符合医疗器械产品注册标准要求,主管部门是各级食品药品监督管理局,医用防护口罩和医用外科口罩都是 2003 年非典以后获得国家规范性管理医用产品。2005 年卫生部下发了《急性呼吸道发热病人就诊规定》,要求急性呼吸道发热病人要佩戴一次性外科口罩,避免交叉感染,医师需要佩戴医用防护口罩^[1]。2009 年 9 月国家食品药品监督管理局印发《关于加强医用口罩监管工作的通知》中明确,医用口罩属于第二类医疗器械,作为医疗器械管理。针对此新型病毒,医用口罩是真正对症的口罩,可以有效阻隔病毒。

4) 日常防护型口罩

日常防护型面罩体是由过滤材料做成的,佩戴者靠自主呼吸克服滤料对气流的阻力,因此称之为自吸过滤式呼吸器。当口罩滤料符合标准的要求,而且面罩与使用者脸部足够密合时,绝大部分吸气流会经过滤料过滤。戴日常防护型口罩所吸入的大部分颗粒物是来自泄漏,所以日常防护型口罩的密合性是确保高效滤料发挥作用的关键。为降低泄漏,日常防护型口罩必须设计成立体结构,靠头带和鼻夹施加一定压力使口罩与脸紧密地贴合。标准对颗粒物防护口罩在佩戴状态下的泄漏有限制性要求。日常防护型口罩主要分为防尘口罩及防毒口罩两大类。

防尘口罩:是对有害粉尘气溶胶具有防护能力的口罩。防尘口罩一般是杯型,能够有效贴合在口鼻部位,从而达到防尘的效果。防尘口罩通常用来阻隔灰尘或废气,对病菌滤除考虑较少。

防毒口罩:是用以保护呼吸器官免受毒剂生物战剂及放射性灰尘伤害的呼吸道防护器材。依据日常防护型口罩的防护性能,在不同空气污染环境下应均能满足吸入体内的细颗粒物(PM_{2.5})浓度降低至浓度值 $\leq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (空气质量指数类别良及以上)。防护效果由高到低分为 A 级、B 级、C 级、D 级。

表1 日常防护型口罩性能分级表

防护等级	A 级	B 级	C 级	D 级
适用环境空气质量指数类别	严重污染	严重及以下污染	重度及以下污染	中度及以下污染
PM2.5 浓度限值 / $\mu\text{g}/\text{m}^3$	≤ 500	≤ 350	≤ 250	≤ 150
允许暴露的 PM2.5 浓度最高限值 / $\mu\text{g}/\text{m}^3$	700	500	300	200

5) 工业防尘口罩

工业防尘口罩根据不同的作业需求和工作条件对粉尘的浓度和毒性进行限定,所有工业防尘口罩都适合有害物浓度不超过 10 倍的职业接触限值的环境,超出这一要求应使用全面罩或防护等级更高的呼吸器。其对新型病毒防护有相应作用。

3 口罩的标准系列及国内口罩标准对比

目前国际上没有统一的标准,各国标准又各有不同。

3.1 美国国家职业安全与健康研究院(NIOSH)粉尘类呼吸防护新标准 42CFR84

根据滤料分类分为三个系列:N 系列、R 系列和 P 系列。美国职业病防治协会将上述三个系列又划分出了 3 个水平:95%,99%,99.97% (即简称为 95,99,100),所以共有 9 小类滤料。此次新型病毒官方推荐的 N95 口罩是防护为氯化钠气溶胶过滤效率最少要达 95%的 N 系列口罩,所以如果能采购到

N99\N100 的口罩也是可以使用的。

3.2 欧盟 EN 149 标准

FFP1:最低过滤效果 >80%;FFP2:最低过滤效果 >94%;FFP3:最低过滤效果 >97%。

3.3 澳洲 AS1716 标准

P1:最低过滤效果 >80%;P2:最低过滤效果 >94%;P3:最低过滤效果 >99%。

3.4 日本 MOL 验证标准

分为 DS1、DS2、DS3,其中 DS2:最低过滤效果 >99%;DS3:最低过滤效果 >99.9%。

3.5 中国标准

由于使用环境和防护对象不同,不同应用领域的口罩需要符合相对应的标准。目前国内常见的口罩标准根据用途主要分为三类,分别为医用防护类口罩、劳动保护/职业防护类口罩和日常防护类口罩。标准详见表 2。

表2 中国主要口罩标准

分类	标准名称	标准号	是否强制	主要考核项目
医用口罩	医用防护口罩技术要求	GB 19083-2010	强制性	抗合成血液穿透、细菌过滤效率、颗粒过滤效率、阻力、密合性、阻燃、微生物、环氧乙烷残留量、皮肤刺激性、细胞毒性、迟发型超敏反应、表面抗湿性
	医用外科口罩	YY 0469-2011	强制性	
	一次性使用医用口罩	YY/T 0969-2013	推荐性	
日常防护口罩	日常防护型口罩技术规范	GB/T 32610-2016	推荐性	耐干摩擦色牢度、耐湿摩擦色牢度、甲醛含量、pH 值、可分解致癌芳香胺染料、环氧乙烷残留量、吸气阻力、呼气阻力、口罩带及口罩带与口罩体断裂强力、微生物(大肠杆菌、致病性化脓菌、真菌菌落总数、细菌菌落总数)、视野、防护效果、过滤效率
劳动保护口罩	呼吸防护用品 自吸过滤式防颗粒物呼吸器	GB 2626-2006	强制性	过滤效率、泄露性、呼吸阻力、呼气阀气密性和拉力、死腔、视野、头带拉力、气密性、可燃性
其他口罩	针织口罩	FZ/T 73049-2014	推荐性	
	脱脂纱布口罩	GB 19084-2003	强制性	

从上表中可以看出,几个类型的口罩共同管控的有物理指标(外观、尺寸、拉力等)、环氧乙烷残留量和颗粒过滤效率等指标,医用口罩作为病毒传播

的主要防护手段,还关注血透、细菌过滤效率、微生物、迟发性超敏反应等指标。上表中包含三种常用的医用口罩,关于三者的管控项目详细如表3所示。

表3 医用口罩管控项目对比

管控项目	一次性使用医用口罩 YY/T 0969-2013	医用外科口罩 YY 0469-2011	医用防护口罩技术要求 GB 19083-2010
外观	√	√	√
结构和尺寸	√	√	◎
鼻夹	√	√	√
口罩带	√	√	√
抗合成血液穿透	◎	√	√
细菌过滤效率	√	√	◎
颗粒过滤效率	◎	√	√
阻力	√	√	√
阻燃	◎	√	√
微生物	√	√	√
环氧乙烷残留量	√	√	√
皮肤刺激性	√	√	√
细胞毒性	√	√	◎
迟发性超敏反应	√	◎	◎
表面抗湿性	◎	◎	√
密合性	◎	◎	√

注:◎代表不管控;√代表管控;

从表3中可以清晰的看出,一次性使用医用口罩比医用外科口罩少管控的项目有1)抗合成血液穿透、2)阻燃和3)颗粒过滤效率,多管控的项目有迟发性超敏反应项目。从非医护人员防控新型病毒的角度来看,一次性使用医用口罩是适用的。医护人员建议还是选择医用外科口罩和医用防护口罩来适应更多的场景。

为了进一步分析其差异,本文罗列三款医疗手套的具体指标对比如表4所示:

从表4可以看出,抗合成血液穿透性、细菌过滤效率、颗粒过滤效率、阻力、微生物、环氧乙烷残留量、生物学评价等项目是医用口罩的重点安全项目,不同标准对这些项目的技术要求不同,其试验方法也有差异。

(1) 抗合成血液穿透性

在YY 0469中,要求对3个口罩样品进行试验,在温度 $(21 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(85 \pm 5)\%$ 下处理4h,在距离样品中心位置30.5 cm处将2 mL表面

张力为 $(0.042 \pm 0.002)\text{N/m}$ 的合成血液以16.0 kPa的压力从内径为0.84mm的针管喷向口罩,取下后10s内目视检查样品内侧面是否有渗透。

在GB 19083中,要求对5个口罩样品进行试验,在温度 $(21 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(85 \pm 5)\%$ 下处理4h,口罩样品从环境箱中取出1min内进行测试,按照YY/T 0691—2008的试验方法进行试验,将喷射头安放在距离试样靶区 $(300 \pm 10)\text{mm}$ 的位置,在合成血喷向靶区后 $(10 \pm 1)\text{s}$ 检查口罩观测面,检查是否有渗透。

(2) 过滤效率

(a) 细菌过滤效率

在YY 0469中,细菌过滤效率要求 $(\text{BFE}) \geq 95\%$ 。采用金黄色葡萄球菌法,将琼脂平板在 37°C 下培养48h,然后对细菌颗粒气溶胶形成的菌落形成单位进行计数,并使用转换表,将其转换为可能的撞击颗粒数。

在YY/T 0969中,口罩细菌过滤效率 $\geq 95\%$ 。

表4 医用口罩项目指标对比

YY/T0969-2013一次性使用医用口罩			YY/T 0469-2011医用外科口罩		
条款号	检验项目	标准要求	条款号	检验项目	标准要求
4.1	外观	略	4.1	外观	略
4.2	结构尺寸	略	4.2	结构与尺寸	略
4.3	鼻夹	略	4.3	鼻夹	略
4.4	口罩带	略	4.4	口罩带	略
/	/	/	4.5	合成血液穿透	2mL合成血液以16KPa(120mmHg)压力喷向口罩外侧后面,口罩内侧不应出现渗透。
4.5	口罩过滤效率(BFE)	细菌过滤效率不小于95%;	4.6.1	细菌过滤效率BFE	不小于95%
/	/	/	4.6.2	颗粒过滤效率PFE	不小于30%
4.6	通气阻力	口罩两侧面进行气体交互的通气阻力不大于49pa/cm ² ;	4.7	压力差	口罩两侧面进行气体交换的压力差应不大于49Pa
/	/	/	4.8	阻燃性能	离开火焰后燃烧不大于5S
4.7	微生物指标		4.9	微生物指标	
4.7.1	非灭菌口罩	符合表1要求	4.9.1	非灭菌口罩	非无菌口罩应符合表1要求
4.7.2	灭菌口罩	应无菌	4.9.2	灭菌口罩	包装上标志有“灭菌”或“无菌”字样或图示的口罩应无菌
4.8	环氧乙烷残留量	残留量不超过10ug/g;	4.10	环氧乙烷残留量	残留量应不超过10ug/g
4.9.2	皮肤刺激	口罩的原发刺激记分不大于0.4	4.11	皮肤刺激性	原发性刺激指数应不超过0.4
4.9.1	细胞毒性	不大于2级;	4.12	细胞毒性	不大于2级
4.9.2	迟发性过敏反应	不大于1级;	4.13	迟发型过敏反应	口罩是否一定无致敏反应

表 4-1

GB 19083-2010医用防护口罩技术要求			4.10	阻燃性能	离开火焰后燃烧不大于5S
条款号	检验项目	标准要求	4.8	微生物指标	
4.1	基本要求	略	4.8.1	非灭菌口罩	口罩应符合GB15979-2002中微生物指标的要求
/	/	/	4.8.2	灭菌口罩	包装标志上有灭菌或无菌字样的口罩应无菌
4.2	鼻夹	略	4.9	环氧乙烷残留量	不超过10ug/g
4.3	口罩带	略	4.11	皮肤刺激性	原发性刺激应不超过1
4.6	合成血液穿透	2mL合成血液以10.7KPa(80mmHg)压力喷向口罩外侧后面,口罩内侧不应出现渗透。	/	/	/
/	/	/	/	/	/
4.4	过滤效率	在气体流量为85L/min情况下,口罩对非油性颗粒过滤效率应符合: 1级:不小于95% 2级:不小于99% 3级:不小于99.97%	4.12	密合性	总适合因数应不低于100
			4.5	气流阻力	在气体流量为85L/min情况下,口罩的吸气阻力不得超过343.2Pa(35mmH ₂ O)
			4.7	表面抗湿性	沾水等级应不低于GB/T4745-1997中3级的规定

表 4-2

按照 YY 0469 中细菌过滤效率测试方法进行试验。

(b) 颗粒过滤效率

颗粒过滤效率的测量必须采用美国 TSI 公司 TSI 8130 型自动滤料测试仪进行,使用在相对湿度 $(30 \pm 10)\%$ 、温度 $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的环境中的氯化钠气溶胶,氯化钠气溶胶的数量中值直径为 $(0.075 \pm 0.020) \mu\text{m}$,颗粒分布的几何标准偏差 ≤ 1.86 。对于相同的产品,使用不同的试验气体流量,过滤效率结果不一样,经试验研究,试验气体流量增加,过滤效率将降低,因此对于过滤效率,必须指明是在多大试验气体流量下测试得出的。

在 GB 19083 中,在气体流量为 85 L/min 的情况下,口罩对非油性颗粒过滤效率应符合以下要求:1 级 $\geq 95\%$;2 级 $\geq 99\%$;3 级 $\geq 99.97\%$ 。口罩预处理条件为在 $(70 \pm 3)^\circ\text{C}$ 放置 24h ,然后在 $(-30 \pm 3)^\circ\text{C}$ 放置 24h 。

在 YY 0469 中,在气体流量为 30 L/min 的情况下,口罩对非油性颗粒的过滤效率应 $\geq 30\%$ 。口罩在相对湿度 $(85 \pm 5)\%$ 、温度 $(38 \pm 2.5)^\circ\text{C}$ 的环境中进行 $(25 \pm 1)\text{h}$ 预处理。

(c) 阻力

在 GB 19083 中,在气体流量为 85 L/min 情况下,口罩的吸气阻力不得超过 343.2 Pa ,吸气阻力试验跟颗粒过滤效率试验同时在 TSI 8130 自动滤料测试仪上完成。

在 YY 0469 中,口罩两侧面进行气体交换的压力差应不大于 49 Pa ,试验气体流量为 8 L/min ,试验面积 4.9cm^2 ,结果报告为每平方厘米面积的压力差值。

在 YY/T 0969 中,口罩两侧面进行气体交换的通气阻力应不大于 $49\text{Pa}/\text{cm}^2$,试验方法和参数同 YY 0469。

(d) 微生物

对于 GB 19083、YY 0469、YY/T 0969,其微生物指标要求见表 5 所示。如果包装上无“灭菌”或“杀菌”标志,则按照 GB 15979—2002 附录 B 进行检验,包括细菌菌落总数;大肠杆菌、绿脓杆菌、金黄

色葡萄球菌、溶血性链球菌、真菌菌落总数。如果包装上有“灭菌”或“杀菌”标志,则按照 GB/T 14233.2—1993 进行试验,结果应无菌。

表 5 医用口罩微生物指标管控

项目	GB 19083—2010	YY 0469—2011	YY/T 0969—2013
细菌菌落总数	$\leq 200 \text{ cfu/g}$	$\leq 20 \text{ cfu/g}$	$\leq 100 \text{ cfu/g}$
大肠杆菌	不得检出	不得检出	不得检出
绿脓杆菌	不得检出	不得检出	不得检出
金黄色葡萄球菌	不得检出	不得检出	不得检出
溶血性链球菌	不得检出	不得检出	不得检出
真菌菌落总数	$\leq 100 \text{ cfu/g}$	不得检出	不得检出

综上,从防护效果来看,医用防护口罩的防护效果最高,其次是医用外科口罩,一次性使用医用口罩防护效果最低。但三款医用口罩对细菌过滤效率的要求都是大于 95% ,都可以用来防护新型冠状病毒。医用防护口罩并没单列细菌防护指标,和日常使用型口罩一致,采用过滤效率来评价,根据已有的研究表明,病毒载体是各种空气微粒,足够的防护效率可以确保细菌防护指标,二者相关性如下图 1 所示:

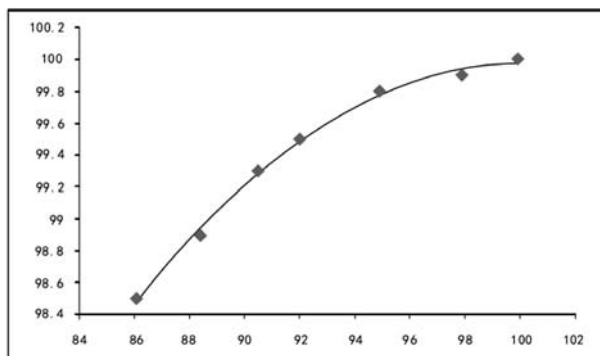


图 1 颗粒过滤效率(X)与病菌过滤效率的关系(Y)

这是因为细菌过滤效率测试中使用的金黄色葡萄球菌直径 $0.8 \mu\text{m}$ 左右,与非油性颗粒过滤效率测试使用的 $0.3 \mu\text{m}$ 气溶胶相比略大,更容易被过滤。医用外科口罩的颗粒过滤效率要求为大于 30% ,一次性使用医用口罩没有要求,实际根据笔者的测试,二者呈现非常强的正相关性,当满足细菌过滤效率大于 95% 时,其颗粒过滤效率远远大于 30% ,从这个角度上,正规合格的一次性使用医用口罩的颗粒过滤效率是没问题的。日常防护型口罩(如 N95/KN95 以上)颗粒过滤效率达到 95% 以上,只要是正规合格厂家生产的口罩,均可以对新型冠状病毒起到防护,这也是为何防疫专家组推荐二者的理由。

4 口罩使用时间以及环境对于菌落的影响

目前,国外包括 WHO 对 N95 口罩的最佳佩戴时间一直没有明确结论,我国制定的国家标准《医用防护口罩技术要求》对口罩使用时间没有相关要求;中国协和医科大学出版的《中国结核病感染预防控制手册》对 N95 口罩使用后的保存条件提出了要求(表示其可以再次使用),但也没有对口罩使用时间作出相关规定。部分医疗机构建议每 4h 更换 1 只,有的文献研究建议使用 2 天,而有的机构佩戴时间长达数月;人民卫生出版社出版的《耐药结核病防治手册》则明确指出,N95 口罩可以重复使用。北京市结核病胸部肿瘤研究所研究发现,N95 口罩佩戴 2d,过滤效率依然保持在 95% 以上,呼吸阻力变化不大;佩戴 3d 过滤效率降低至 94.7%,仍满足欧标 EN149:2001-FFP2 的要求;使用 6d 过滤效率降至 90%。

本次试验条件下,志愿者在 4h 内是连续佩戴的,模拟了医务人员在紧急情况下需要持续使用的环境。而在实际工作中,大多仅是在和患者接触时佩戴,使用强度远低于实验条件。因此,N95 口罩佩戴 3d 在理论上可以达到国际标准。这是针对医护环境来说的,正常环境佩戴可以使用更长的时限。

一次性医用口罩使用时限方面,根据成都军区总医院的邹自英等完成实验结果,可以看出口罩的佩戴时间对其防护功能有显著的影响:佩戴时间越长,其防护能力越差,即使具有比较高的滤菌率,但口罩内、外的细菌总数有显著升高现象。根据其研究结果,一次性医用口罩的最佳使用时间是 2h,滤菌可达到 95% 以上。

根据四川大学华西公共卫生学院开展的“佩戴时长和空气质量对口罩细菌污染影响的实验研究”,我们可以发现:

(a) 随着口罩佩戴天数增加,口罩上的细菌数量均随之增加。由此可以推断,在一般佩戴环境中,

呼吸道、外界空气中的细菌和灰尘不断污染口罩,加之呼吸产物给细菌滋生提供了良好的条件,一旦口罩上有致病微生物滋生,就可能会极大危害到佩戴者的健康;

(b) 人们在口罩的佩戴、保存方式及使用时长上缺乏足够认识,正确使用率不高;选择合理的佩戴时长有助于减少口罩细菌污染;

(c) 空气质量是口罩上细菌滋生的重要影响因素。

5 总结

本文对新型病毒防护口罩类型做了较为细致的整理,并对国内外相应标准做了整理,通过对比几款医用口罩,说明了其差异性和共同点,在普通防护区和居家办公环境,一次性使用医用口罩是适合的。本文通过文献综述整理,对几款口罩的佩戴时长、佩戴环境、佩戴方式对其使用的效能的影响也做了整理,给使用者提供了参考。

参考文献:

- [1] 金岚菲,吴晨瑶,周旋,et al. 佩戴时长和空气质量对口罩细菌污染影响的实验研究[J]. 现代预防医学,2018,45(21):126-129.
- [2] 邹自英,朱冰,曾平,胡娟,陈龙. 一次性医用防护口罩不同佩戴时间的细菌学评价[J]. 西南国防医药(6):826-827.
- [3] 叶高峰,陈静,焦玉冰,et al. 临床医用口罩的正确选择与使用[J]. 中华医院感染学杂志,2009(17):2266-2266.
- [4] 杜建,岳淑敏,谢忠尧,et al. 医用防护口罩防护效率及佩戴时间的研究[J]. 中国防痨杂志,2012,34(10):633-636.
- [5] 李梅,于丽丽,郭芳. 环境试验对医用外科口罩颗粒过滤效率的影响[J]. 中国医疗器械信息,2019(15).
- [6] 倪冰选,张鹏. 日常防护口罩新标准技术规范解读[J]. 中国个体防护装备,2017(1).
- [7] 陈士新[1]. 医用口罩的特点与应用[J]. 护理实践与研究,2010(19).
- [8] 倪冰选. 浅析若干医疗领域用口罩标准检验及要求异同[J]. 中国纤检,2015(10):56-58.

A 级防火防静电地面涂料施工解析

黄晨,王晓东

华东理工大学华昌聚合物有限公司 上海 201507

【摘要】防火涂料适用于可燃性基材表面,用以降低被涂材料表面的可燃性,阻滞火焰的迅速蔓延,提高被涂材料耐火极限的一种特种涂料。防火涂料涂覆在建(构)筑物表面形成一定厚度的膜,提高建(构)筑物的耐火等级。随着阻燃材料的进步与发展,性能不断提高的防火涂料应运而生,从不断增加的应用案例分析,要求防静电功能的地面同时兼具阻燃效果的地面越来越多。特别针对劳动密集型的厂房、设备室、实验室等场所需要既能符合防静电需求又能满足A2级(复合有机不燃)防火等级的地面涂料,本文主要介绍A2级防火防静电地面涂料的施工过程。

【关键词】防火等级、A级防火防静电涂料、施工

1、防火涂料等级

建筑防火是消防科学技术的一个重要领域,而防火涂料又是建筑防火材料中的重要组成部分。建筑防火涂料是指涂装在建(构)筑物表面,起到延缓火势蔓延、传播或隔离火源目的。

根据中华人民共和国住房和城乡建设部公告第1632号文件规定,自2018年4月1日起实施GB 50222-2017《建筑内部装修设计防火规范》。

目前建筑防火材料主要有5个等级:

A级:不燃性建筑材料,几乎不发生燃烧的材料;

A1级:不燃(单体无机不燃),不起明火;

A2级:不燃(复合有机不燃),要测量烟,要合格;

B1级:难燃性建筑材料:难燃类材料有较好的阻燃作用。其在空气中遇明火或在高温作用下难起火,不易很快发生蔓延,且当火源移开后燃烧立即停止。

B2级:可燃性建筑材料:可燃类材料有一定的阻燃作用。在空气中遇明火或在高温作用下会立即起火燃烧,易导致火灾的蔓延,如木柱、木屋架、木梁、木楼梯等。

B3级:易燃性建筑材料,无任何阻燃效果,极易燃烧,火灾危险性很大。

2、A2级防火防静电涂料的性能

防静电涂料作为一种特种功能型涂料,伴随着

微电子行业的发展和生产安全要求的不断提高,已获得越来越多的应用和发展,随着防火等级要求的提高,兼具防静电功能又能满足A2级防火要求的涂料应运而生。

本文采用的是水性环氧树脂改性涂料,在原有导电材料基础上配入专用水泥骨料制成,具有自流平施工性能。该产品粘度低,对混凝土基材有优异的渗透性,无挥发性的有机化合物,良好的固化性,涂膜具有A2级防火防静电功能。

该涂料及涂膜主要特点如下:

- 2.1 低粘度,具有良好的渗透性,低VOCs;
- 2.2 良好的施工操作性,使用时间更长,可刮涂或喷涂;
- 2.3 附着力强,快干,硬化强度高,漆膜表面易清洁;
- 2.4 良好的耐化学药品性;耐热冲击性;
- 2.5 达到A2级防火要求;
- 2.6 防静电性能优异;

3、A2级防火防静电地面涂料的施工

目前工程案例采用的施工过程大致为:

混凝土地面基层处理→水性高渗透底涂料→防火砂浆找平→导电铜箔布置→导电中涂层→A2级防火防静电自流平→A2级防火防静电罩面涂料。

3.1 地面基层处理

混凝土基面处理目的是提高底涂料渗透性,对整个涂层地面的使用寿命起着关键作用。尤其当基面存在油污、高含水率时,涂料的相容性变差,难以形成连续的涂层,其涂层附着力也会大大降低,使地面使用过程中过早脱落。因此,通过基层处理,为建立一个光滑、平整、美观的涂层做好必要的准备,也为整个地面工程创造良好基础。

3.2 水性高渗透底涂料涂抹

材料:高渗透底涂料,配套固化剂。

将底涂料和配套固化剂装入容器内混合,用电动搅拌机搅拌均匀。

将配制好的物料倒于施工基面,采用滚涂或刮涂方式涂装1~2道,边角等形状复杂的部位宜采用刷涂,要求涂布均匀、完整,使底涂料充分浸润、渗透进混凝土,不得有漏涂和堆积等现象。底涂层保养时间为一般24小时,确认硬化状态,进入下一道涂抹工序。

3.3 防火砂浆缺陷修补、找平层

材料:A2级防火涂料防静电涂料(A组分),配套固化剂(B组分),配套骨料(C组分)。

将配套A与B组分按配比倒入容器中,充分混合。再将C组份按比例加入A/B的混合料中,电动搅拌5~7分钟。材料粘度会随着搅拌时间延长下降,有利施工;夏天注意搅拌时间不能超过7分钟,留出材料施工时间。

对局部处凹坑及裂缝用混合好的防火砂浆摊铺在基面,用镬刀或塑料刮板将砂浆刮平整。

3.4 ESD网络施工

a.基面打磨、清理处理

b.布置铜箔,确保涂层整体完全导电

c.根据地面的情况先按网络布置画线,然后进行导电铜箔铺贴施工

d.铜箔布置完毕后一定要连接静电释放线路。连接好后,进行测试是否整体完全导电。

3.5 DCP导电层施工

材料:导电中层涂料,配套固化剂

将做好的ESD网络铜箔和地面较差或不平的用中涂胶泥填平,以保证以后面漆平整光亮。

DCP层施工方法:先将导电中层涂料搅拌均匀,按比例与固化剂混合,充分搅拌均匀,用滚筒涂刷均匀。注意不能有露底,铜箔无翻起,断裂。

3.6 A2级防火防静电涂料的施工

材料:A2级防火防静电涂料、配套固化剂、配套骨料。

将A2级防火防静电涂料和配套固化剂以适当配比混合搅拌后再加入骨料,充分搅拌均匀。

a、开始搅拌时,混合料的粘度较大,慢慢地粘度会有所降低,然后达到一个平衡值。搅拌时间过短,混合料的粘度仍较高,不利于摊铺和涂料流动。

b、混合后的物料倒到施工地面上,迅速用锯齿镬刀摊铺均匀,不可堆积和漏涂,注意控制好涂膜厚度,镬刀来回收平次数不能过多,否则也可能出现表面泌水现象。

c、表面泌水产生的后果,就是局部表面较长时间潮湿,表面发粘、发亮,通常这种情况下,其下面的涂层可能是坚硬的。泌水表面,可以先撒上一些石英粉,以吸去表面的发粘成分,然后进行正常打磨处理。

施工后建议养护时间大于48小时。涂层点对点电阻为 $2.5 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^6 \Omega$,或 $1.0 \times 10^6 \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 。

3.7 防静电罩面层的施工

材料:防静电罩面涂料、配套固化剂。

a.将防静电罩面涂料和配套固化剂以适当配比混合,充分搅拌均匀。

b.将混合好的物料用滚筒或喷枪均匀的涂覆在防火涂料防静电涂层表面,料使用的有效时间为大约60分钟,涂抹需均匀,不得有漏涂,面层表面光滑、平整、无明显缺陷。面层固化后具有防静电效果。

c.涂层点对点电阻在 $2.5 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^6 \Omega$.或 $1.0 \times 10^6 \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 。

d.施工后养护时间大约7~14天。

4、地面涂料施工过程注意事项

按照规范该类涂料的最佳施工温度在15~25℃;

5-10℃及30-35℃不宜施工,5℃以下及35℃以上严禁施工。

施工过程注意事项:

- a.混凝土基面强度及平整度要满足设计要求;
- b.底涂料施工要均匀,固化24小时后方可进行下道工序;
- c.要将地面局部凹陷处灰尘清理干净,用砂浆修补平整;
- d.防火砂浆料配置时A、B两组分先搅匀,再边搅拌边将C组份慢慢加入,充分搅拌6-7分钟,不能随意在砂浆料中加水;
- e.施工环境的相对湿度要求 $\leq 85\%$,冬季施工基面温度要大于露点温度3℃以上;
- f.加强施工环境空气流通,以利于涂料水分挥发;
- g.单位平方用量不少于理论涂布量,减少流平性、漆膜强度影响;
- h.为防止施工边缘部分沾污及加工处保持完全直线(或与不涂部分的界限)应贴好护面胶带。

i.注意涂层养护时间,气温较低时砂浆强度增加较慢,3-4天可以行走,10天以上基本达到设计强度;

j.严禁交叉施工(包括工艺隔层内)。搬运到施工现场的材料,务必储存在避风、雨及阳光直射的场所并做好防火安全措施。

5、结语

防静电地面涂料广泛应用于电子、微电子、通讯、计算机、精密仪器、纺织、印刷、粉体、化学、有机溶剂、天然气等一切需要防静电的场所,而A2级防火防静电涂料是在防静电功能上进一步拓展了其防火功能,其应用可以说是对功能性地面涂料锦上添花,增强了建(构)筑物抵御火灾的能力。

A2级防火防静电涂料的作用是能在被保护物体表面起到一定的隔离作用,火灾发生时可以延缓建筑物燃烧时间,为营救逃生及灭火争取到宝贵的时间。

参考文献:

- [1]GB 50222-2017《建筑内部装修设计防火规范》。
- [2]GB 8624-2012《建筑材料及制品燃烧性能分级》。

无尘服清洗的技术要求

随着高科技产品的不断推出,伴随产业升级而来的是净化无尘车间也越来越多,无尘车间的管控标准也越来越严格。无尘车间严格禁止一切会污染车间的东西进入,工作人员要穿着无尘服进入无尘车间。

无尘服脏了,以前是员工带回家自己清洗,但这不仅会对无尘服造成伤害,而且还会对无尘车间的

洁净环境造成很严重的破坏。现在无尘服的清洗要由专业的无尘净化清洗工厂来完成。

无尘服的清洗,应该找具有100级无尘净化清洗包装车间,配置专业隔离式(双扉)净化洗衣机、具有带高效过滤器的净化烘干机、18M Ω EDI超纯水系统设备及ESD和尘粒测试检测仪器。这些是无尘服清洗的基本专业要求。

静电专业常识解答

选择洁净室无尘服的秘笈

众所周知,无尘洁净室是以控制浮游微生物数及尘埃为目的的空间,主要用于医药、食品、半导体等精密行业,所以对操作人员及生产环境的要求相当高,对工人的工作服更是有严格的管理要求,应该引起高度重视。

无尘洁净室按照洁净度可划分为不同级别,每个级别要求工作人员穿戴不同颜色及款式的洁净无尘服,具体如下:

10万级洁净室应选择洁净分体服、万级洁净室选择连帽连体无尘服,以上两种级别并不是很高,

无尘服所用布料只需选择5mm条纹即可,但要保证为永久性防静电的洁净布料。

千级以上选择三连式洁净无尘服加软底鞋套,但要使用5mm网格永久性有机复合导电纤维洁净布料,如果级别更高,如百级和十级,建议使用洁净四连体服,这样会更加保险些。

另外,还应提醒大家的是,洁净室无尘工作服在设计中不应有口袋、横褶、带子等附属物,更不能允许有毛屑的出现。如果是医药行业,洁净无尘服还应该具备耐高温的功能,以达到高温灭菌的效果。

无尘服的净化清洗很重要

一件好的无尘服,肯定要具备以下特点:

1. 做工细致,设计合理,穿着舒适;
2. 要按照无尘服的标准缝制,使其适合在无尘车间使用;
3. 应严格选用无尘服布料,不仅是黑色导电丝要经得起反复清洗不脱落,其布料的发生量和成衣的屏蔽性能也要符合无尘车间的使用标准。

一件无尘服符合以上几点就可以称之为优秀,但还不够完美。为什么这样说呢?一件再优秀的无尘

服,如果没有经过无尘净化清洗,是不能够使用在无尘车间的。试想无尘服的制作,无论是原料生产还是后期的缝制,其生产环境肯定是普通的大气环境,即便是新衣服其上面的灰尘颗粒还是很多的,如果直接使用在无尘车间,必然会对车间的洁净度造成很大的伤害,从而导致产品的质量下降。

无尘服的净化清洗非常重要,找到专业无尘净化清洗公司进行净化清洗,会让无尘服变得真正的干净,使其真正的在无尘车间中发挥无尘服的作用。

无尘清洗公司选不好,将会使无尘服不达标

无尘服本身在出厂时并不是无尘的,而是通过无尘清洗的过程后才能达到一定的洁净度,那么,选择好无尘清洗就显得很重要。很多新客户反映,在某些公司清洗后的无尘服清洗效果不佳,达不到良好的洁净度,检测时不能达标。这就说明无尘服的清洗效果是与无尘清洗公司是否专业息息相关的。

对于无尘净化服的清洗,如果采用普通衣服的洗涤方式不但不能清洁及保养无尘服,相反还会破坏衣物纤维,另外,在包装和搬运过程中,也会有附着灰尘及微生物的危险。由于无尘清洗是无尘服使用最重要的一个环节,无尘服一旦不过关,必然与选择的无尘清洗公司有关。

新会员单位介绍

常州扬红机房设备有限公司

常州扬红机房设备有限公司原来以生产防静电复合地板为主,生产地址在常州,现已逐步发展为生产全套防静电系列产品和智能网络地板系列产品。其中防静电系列产品包括:防静电全钢活动地板、陶瓷面防静电架空地板,防静电全铝地板、防静电PVC地板、防静电全钢、全铝通风地板等;智能网络系列产品包括:全钢OA智能网络地板、轻型智能网络地板等。我们现有年产20万平方米地板的生产能力,下属有10个专职施工队,承接各类计算机机房,邮电程控交换机房,智能化楼宇用OA地板的安装工程及机房接地系统的安装,已安装了近百个国家、部、省级机房地板的安装工程和县市级程控交换机房工程,形成设计、承接、生产、施工、后期完善的服务,赢得了用户广泛赞誉。

我们的目标是:生产行业中的品质;提供后期服务;制订合理的市场价格。

通讯地址:江苏省常州市武进区横山桥镇星辰村

邮编:213119

电话:0519-88602610

传真:0519-88602610

北京宏阳安兴机房设备有限公司

北京宏阳安兴机房设备有限公司多年从事生产、批发、零售、电商,是地板老品牌,在业内口碑好,深受广大业内人士好评的有限责任公司。北京宏阳安兴各方面实力雄厚,生产的全钢防静电地板占据了国内制高点,该产品通过产品质量监督中心全面检测,全部符合行业标准,在业界内有着良好的口碑、质量放心价格实惠。地板为全钢组件,底面采用

深级拉伸钢板,表面采用硬质钢板,上下钢板冲压成形;承载力大,抗冲击性强;互换性能好,铺装效果美观;防水、防火、防静电,表面采用高耐磨防静电HPL贴面。

全钢地板由于有效的解决了贴面的断裂和起皮问题,获得了市场的认可和好评。北京宏阳安兴的全钢防静电地板畅销全国,产品主要用于机房防静电,是建筑装潢首要选择产品,以全国为主要服务地区,凭借自身的诚信和质量,得到了良好的市场回馈与广大需求群体的好评,客户遍布全国。此外,公司产品还囊括各种类型的防静电地板,满足了广大需求群体的需求,展现出勃勃的生机。北京宏阳安兴的全钢防静电地板主要以优质为主,远销全国地区,公司有着完善的经营与服务模式,产品运输采用的方式是陆运,不论您身在何处,全钢防静电地板均可完整送达。北京宏阳安兴秉承重信誉,重口碑的原则经营,是市辖区资深的全钢防静电地板供应厂家,也因如此,我们从早期的质化到现在的质量化,产品一直走在行业的先列。北京宏阳安兴机房设备有限公司在原料市场占据一定优势,拥有稳定的全钢防静电地板供货渠道,存储充足的货源,减少中间的供货环节,降低了生产成本,灵活应对地板市场的变化,在全钢防静电地板价格机制中占据优势,造就产品好价格实惠的优势,在终端赢得需求群体的一致好评,实现真正的“精雕细琢,高贵不贵”,让更多的消费者享受到买得起的全钢防静电地板。

公司以产品质量为原则,精益求精,让每个客户满意,北京宏阳安兴随时欢迎您的光临。想更深入的了解优惠的全钢防静电地板,全钢防静电地板低价批发,全钢防静电地板供货商,专业的全钢防静电地板,请电话来询,北京宏阳安兴机房设备有限公司全天恭候您的来电。买全钢防静电地板就找北京宏阳安兴!

地址:北京市大兴区西红门镇宏盛园 17 号楼
4-401

邮编:100162

联系人:李金虎

电话:010-60206850

手机:13801156592

传真:010-60206850

邮箱:593618217@qq.com

青岛润田环保设备有限公司

青岛润田环保设备有限公司旗下分公司青岛润田防静电地板有限公司,成立于 2013 年,地处山东省青岛市,交通方便。本公司为信息产业部认证企业,占地面积约 2000 平方米,员工 100 余人,其中技术人员 20 人,产品涵盖全钢防静电高架活动地板,OA 网络架空地板,硫酸钙架空地板,瓷砖面架空地板,其中活动地板年生产能力约 50 万平方米。

公司生产线上实行道工序检验签字制度,努力实现无一块不合格地板下线、生产。另外,公司不断进行产品革新与技术改造。以市场为导向,管理层组织领导,由多名工程师及助理参与,不断对现有产品进行优化更新,对生产线进行技术改造,力求减低成本,提高效率。公司每年从销售收入中提取一定比例用于开发新产品,努力在市场竞争中占据优势。

公司大力发展国内及海外销售业务,采取各种灵活有效的营销手段,向客户展示了润田公司及产品的良好形象。活动地板生产至今,已完成近千项国内机房工程,逾百万平方米地板铺设。同时,公司积极融入全球经济发展,积极拓展海外业务,公司产品已远销世界 10 多个国家和地区,在当地拥有良好的口碑。

跨越新世纪的润田地板公司将一如既往,开发和制造一流的产品,吸引和培养一流的人才,拥有和完善一流的服务,建立和发展一流的文化,迎接新时代,迎接新挑战!自信、自律、自立、自强,为客户提供

高质量和最大价值的专业化产品和服务,以真诚和实力赢得客户的理解、尊重和支持。信任员工的努力和奉献,承认员工的成就并提供相应回报,为员工创造良好的工作环境和发展前景。为客户降低采购成本和风险,为客户投资提供切实保障。公司追求永续发展的目标,并把它建立在客户满意的基础上。公司的企业精神是为客户提供高质量和最大价值的专业化产品和服务,以真诚和实力赢得客户的理解、尊重和支持。

通讯地址:青岛市李沧区黑龙江中路 3196 号厂房 109 室

邮编:266041

联系人:户保莲

联系电话:13276396280

邮箱:1023515678@qq.com

企业网站:www.qdruntian.com

深圳科宏健科技有限公司

深圳科宏健集团成立于 1999 年,是一家集研发、生产、贸易和销售于一体的国家高新技术企业,旗下拥有深圳科宏健科技有限公司、深圳科宏健半导体照明有限公司、深圳德彩印刷有限公司、深圳市科宏健电子有限公司、上海科宏健投资有限公司、香港德彩有限公司、东莞尚涂功能膜研发中心有限公司等多家子公司。

科宏健主要致力于电子制造业所需特种胶带和胶粘制品、SMT 耗材 / 工具;高档标签及商标印刷、高精度的多层贴合与模切;安全领域、工业领域、商业领域及特种光源领域的 LED 防爆灯具 / 工业照明等领域的产品研发和销售。

公司拥有一支力量雄厚的研发和技术支持队伍,完善的管理体系,多项核心工艺技术,并已取得多项国家专利,为客户提供优质的产品和服务的同时,能针对客户的特殊需求提供最完整的解决方案。

科宏健拥有先进的生产设备,设有高标准无尘

生产车间,并先后通过了国际权威认证机构——天祥公司的 ISO9001 国际质量体系认证和 ISO14001 国际环境管理体系认证,集团旗下的深圳科宏健科技有限公司和深圳科宏健半导体照明有限公司被评为“国家高新技术企业”。

公司拥有完善的物流系统,确保货物能及时送达客户,同时在香港、上海、珠海、华北、陕西、新疆、渤海等区域设立分公司及办事处,为全球客户提供最完善的销售服务和售后服务。

秉持“天行健,自强不息;地势坤,厚德载物”的传统文化,致力于成为全球性、创新型、负责任、公众型的高科技企业,成为领域内解决方案和细分市场的领先者。

通讯地址:深圳市龙华新区观澜新田社区景田路创新工业园 1 号科宏健工业园 (环观南路与景田路交界处)

邮 编:518000

电 话:0755-82949965

传 真:0755-82949800

邮 箱:marketing@khj.cn

企业网站:www.khj.cn

会员单位介绍

深圳市中明科技股份有限公司

深圳市中明科技股份有限公司(以下简称:中明科技)成立于 2001 年 3 月,总部设在深圳市宝安区,2017 年在全国股转系统挂牌(股票代码:870762),国家高新技术企业、广东省“守合同重信用”企业。长期致力于打造防静电与洁净技术领域内的产品研发、生产、销售、工程设计、施工、运维、技术推广及咨询顾问为一体的综合服务平台和系统解决方案提供商,是深圳市洁净行业协会理事单位、上海防静电协会副理事长单位、中国电子仪器行业协会防静电装

备分会会员单位、美国 ESDA 协会会员单位。

中明科技旗下博瑞思是中国首批专注于 ESD 防护技术与洁净技术研究和推广的专业机构,是深圳高职院校的产学研签约合作单位、美国 INARTE 授权 ESD 工程师中国区考试中心、多个机构与企业的资深顾问,截止 2018 年底,培训咨询服务的企业已达 5000 多家,培训的专业人员已突破 30000 人,还在继续努力为国家输送更多的行业优秀专业技术人才。

公司与国内知名高校合作,聘请高校教授、国内外行业专家为企业长期技术顾问,研发人员占比 17%,潜心打造 IMMP 系统平台,“RTS 系统”、“EGS 系统”、“CMS 系统”、“THS 系统”已经为大量客户在防静电和洁净管理方面提供了智能服务。目前,公司已申请获得 1 项 PCT 国际专利、12 项发明专利、27 项实用新型专利、4 项软件著作权、25 项商标(马德里商标 4 项),30 余项产品已获得 CE 认证,并已获得全国工业产品生产许可证、ISO9001、ISO14001、OHSAS18001 三证一体体系认证、LA 认证证书、深圳市创新性企业证书,等多项荣誉资质证书。

十九年来,中明人不忘初心,始终坚持为客户提供高品质的产品和服务,已在北京、烟台、青岛、苏州、重庆、成都设立办事处、并在泰国、越南、菲律宾、印度、德国开设子公司,中明的足迹和品牌已遍布海内外。

公司秉承着“客户为先、诚信开放、专业精进、共创共享”的价值观,实现“让安全防护与洁净控制走进每一个企业和家庭,使客户感动、员工幸福、合伙人满意”的企业使命,不断提升企业竞争力,目前已树立 Horb、BFN、ECO、KANBO、易洁良行、博瑞思等自有品牌,逐步形成更大的核心技术和品牌优势,并与国内外众多品牌企业,如:华为、OPPO、京东方、富士康、伟创力、三星、WD、希捷、SONY 等建立了密切的合作关系,不仅仅是产品和系统的提供商,同时还提供了专业人才的培养和体系建设的顾问服务。

通讯地址:深圳市宝安区福永街道新田大道

71-2 号立新湖福宁高新产业园 B 栋

邮 编:518102

服务热线:400-660-8882

公司传真:0755-29461424

邮 箱:jack0026@horb.com.cn

襄阳科安防静电材料制品厂

襄阳科安防静电材料制品厂是生产新型导静电、防静电系列产品的专业厂家,属高新技术企业,其技术力量雄厚,检测手段齐全,拥有先进的进口生产设备,生产的导静电、防静电系列产品质量上乘,具有国内领先地位。其浅色防静电橡塑板、浅色防静电复合橡塑板分别获得国家专利,并在中国专利十五周年成就展中荣获“优秀项目”奖;防静电工作服获得国家特种劳动防护用品安全标志管理中心颁发的《安全标志证书》。本企业已通过 ISO9001:2000 质量体系认证,并连续多年分别被省、市授予“守合同重信用企业”。

系列产品中有黑色导静电胶板、黑色防静电胶板,浅色防静电橡塑板、浅色防静电复合橡塑板,黑

色耐油导静电橡塑板、黑色耐油防静电橡塑板,黑色导静电胶液,防静电周转箱(盒),防静电工作服,防静电鞋等服装配套系列产品,防静电门帘、推车,防静电专用检测仪器、仪表、工具等产品。

生产的导静电、防静电系列产品主要用于消除静电积累,防止因静电产生对电子元器件造成的击穿破坏,防止易燃易爆场所因静电引起的火灾和爆炸事故。多年来,我厂生产的导静电、防静电系列产品经兵器、民爆、航空、航天、电子、通信设备、仪器仪表、石油炼制和液化气罐站等行业及科研院所等 2000 多个单位使用,其质量稳定、物理机械性能良好,产品畅销全国三十多个省市自治区,深受各行业用户单位的信赖。

我们将竭诚与您合作,为您服务,欢迎各行业单位惠顾。

通讯地址:湖北省襄阳市长虹北路中润大厦 14 楼

邮 编:441057

电 话:0710-3230293

传 真:0710-3257916

邮 箱:kean@ke-an.com