

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



CEAEA

2 | 2020
总第109期

ISSN 2220-8186



9 772220 818000 >

中国防静电装备品牌企业展示



防静电活动地板系列

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

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

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



同质透心防静电PVC卷材



同质透心防静电PVC块材



同质透心商用PVC卷材



江苏华静地板科技有限公司

电话：0519-88783211

手机：13901503201

中国弹性地板生产基地

地址：江苏省常州市横林镇西工业园

网址：www.floor.cn

1997年创刊
2020年第2期(总第109期)
出版日期2020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
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

- 5 中国电子仪器行业协会 防静电装备分会
2019年度工作总结 2020年度工作计划
- 8 《防静电贴面板通用技术规范》行业标准颁布实施
- 9 有关《防静电活动地板通用规范》标准执行的通知
- 9 ESD工程师培训恢复授课
- 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

- 12 GMR磁头生产中ESD容性耦合引起的场辐射噪声实验研究
董坤 冯康军 孙可平
- 15 ISO16890中多级过滤总效率估算方法的误差分析
钟珂 亢燕铭 贾洪伟等
- 17 低成本抗静电剂的性能测试及应用探讨 胡树

技术应用

- 22 静电放电(ESD)控制计划的变化和改进 王荣刚
- 25 浅谈摩托车和电动自行车骑乘人员用安全头盔 胡树
- 31 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 孙扬等
- 33 洁净室与其他受控环境空气分子污染控制技术 李启东

技术讲座

- 41 离子化静电消除器及其使用 孙延林

新材料介绍

- 48 A级防火防静电涂料性能概述
赵同嘉 王晓东 石强
- 50 防静电PVC卷材在规模尖端地坪应用中优势长足 马涛

产品解析

- 51 关于“防静电不发火地坪”相关标准与内涵的简析
刘志刚 黄利生 于会春

会员之家

- 53 会员单位介绍

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

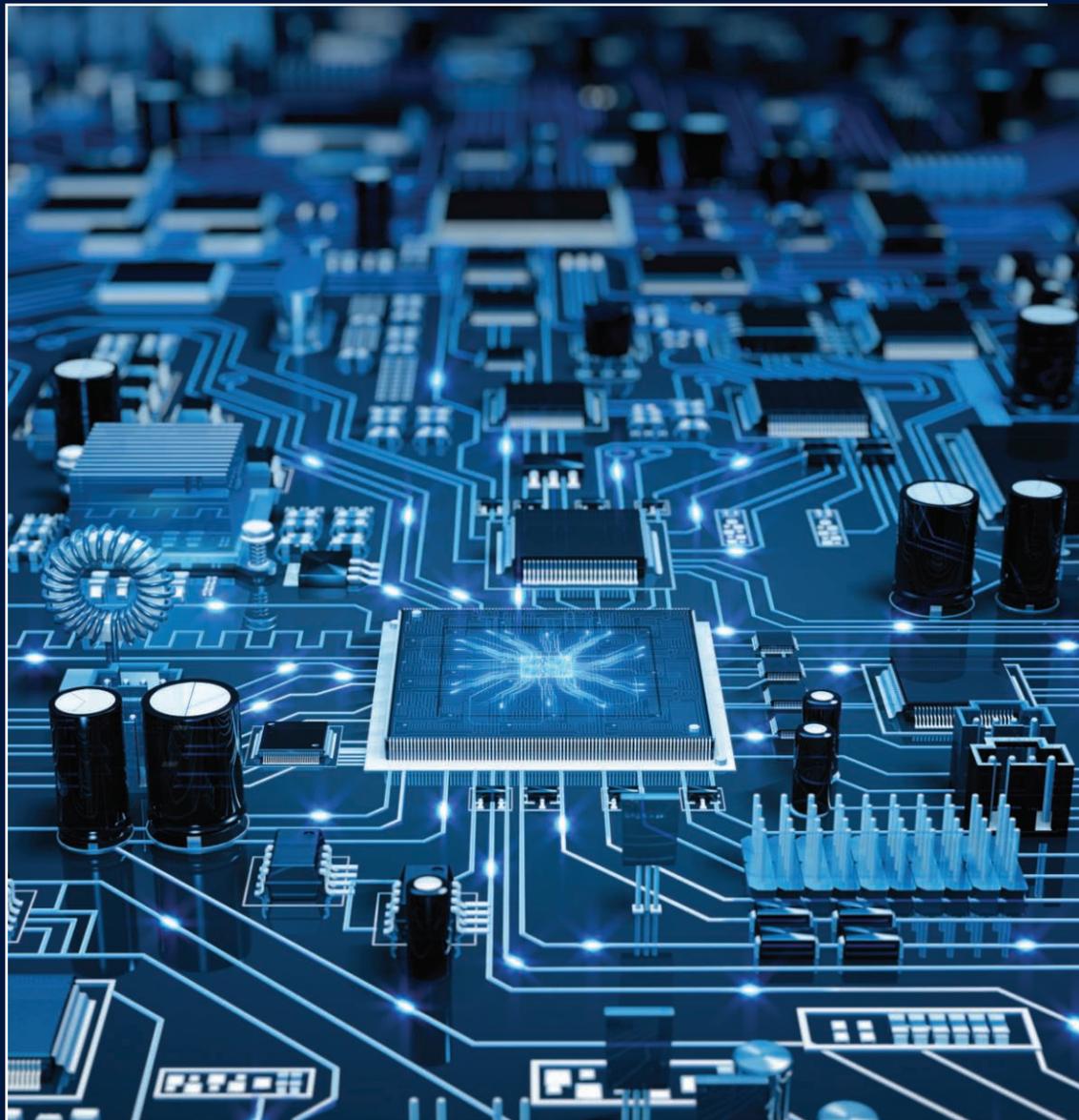
企业简介：

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



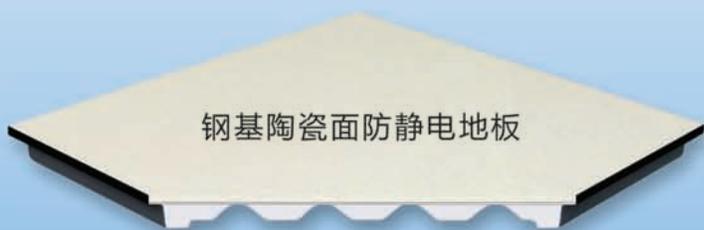
联系方式：电话：0579-82387919，手机：13586979970
邮箱：tkesd@163.com，网址：www.tkflor.com
地址：浙江金华市婺城区宾虹路2065号



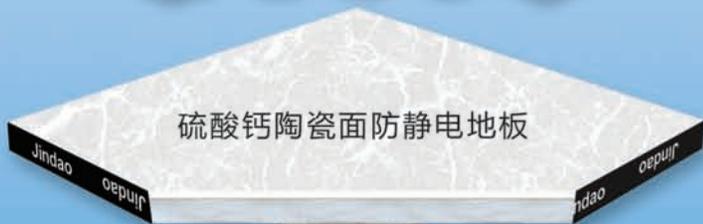
莱州市华福机房材料有限公司 JINDAO FLOORS, INC. HUAFU FACTORY

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.jindaofloors.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、木基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。



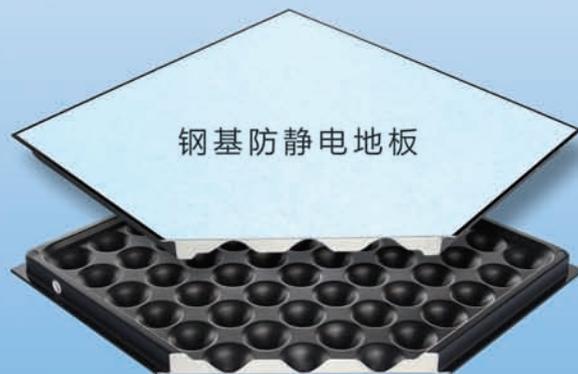
钢基陶瓷面防静电地板



硫酸钙陶瓷面防静电地板



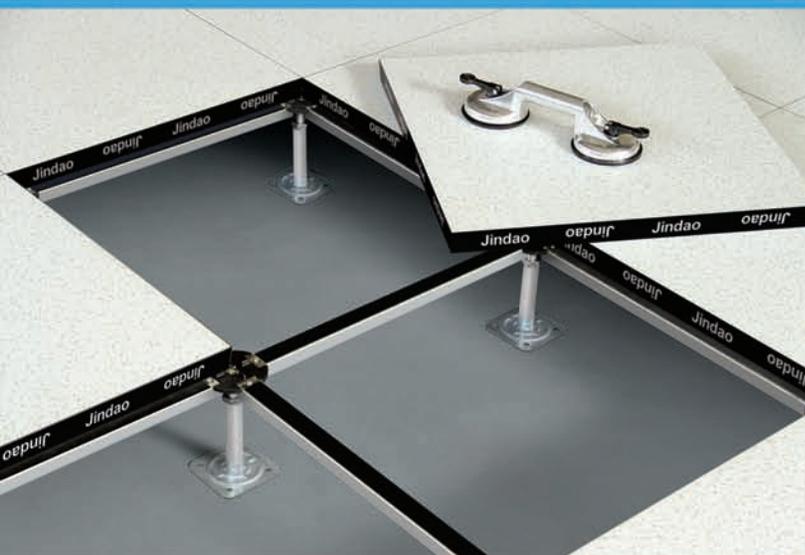
硫酸钙防静电地板



钢基防静电地板



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。

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

产品质量控制和技术评价实验室

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持单位,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

中国航天 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

中国电子仪器行业协会 防静电装备分会 2019 年度工作总结 2020 年度工作计划

2019 年转眼过去了,迎来了新的一年。在过去的一年中,协会秘书处在理事长的支持和领导下,在各理事单位、会员单位的协助下,协会秘书处的同志们同心协力,我们基本完成了 2019 年度的工作计划。回顾 2019 年度,我们主要做了以下几方面的工作:

一、协会日常管理工作

1. 切实做好会员企业的服务工作,及时为会员企业办理会籍的换证、取证与受理新会员的入会工作。2019 年度会员新入会企业 36 家;协会开展的“三项资格”认定工作在发挥行业自律作用方面已见成效,已被大多数会员企业以及用户市场所接受。去年办理了生产、销售、安装施工资格认定证书申请、换发证书 129 份,其中生产 42 份、施工 50 份、销售 37 份。

2. 2019 年 5 月,在湖南怀化召开了六届五次理事扩大会议,八十多名会员单位代表参加了会议。会议对 21 家被评为行业品牌企业的单位进行了表彰;会议邀请了协会顾问上海海事大学孙可平教授、中国电子学会洁净技术分会王大千秘书长、中国物理学会静电专业委员会李杰秘书长,以及相关专家在会上进行了学术宣讲与技术交流。

3. 协会防静电活动地板企业的产品检测大部分在信息产业防静电产品质量监督检验中心检测,2019 年三、四月,鉴于国家相关要求与自身检测条件等因素,该中心在检测项目中取消了原有“防火性能”的检测,引起了协会相关企业的强烈反响,协会及时将会员企业的意见与要求反馈给检测中心,得到了检测中心主要领导的重视,并于 8 月份

在常州召开了有关防静电活动地板生产企业的座谈会议。常州当地政府经信局派员参加,协会协助检测中心做好座谈企业的组织召集及联络工作。

4. 协会有关同志在孙理事长的带领下,于 2019 年初春及中秋时节,看望了曾经在协会工作过、或对协会工作有过支持的老同志、老领导;多次组织在京或河北地区会员企业领导进行茶话座谈活动,广泛听取了大家对协会工作的意见与建议。

5. 组织相关会员企业参加贸促会的上海、深圳微电子 NEPCON 展览会,协会有近十家企业参展。协会也在展会上了解到静电防护技术最新发展与需求。

6. 出版发行了孙延林理事长有关静电防护技术专著。该书的发行深受业内人士的欢迎。协会已将该书作为以后技术培训的辅助教材。

二、标准工作

2019 年,由协会主办、组织起草、修订的标准共有 5 个,其中行标 2 个、国标 1 个、团标 2 个。主要工作如下:

1. 《电子产品制造与应用系统防静电测试方法》(行标)标准编制工作于 2018 年 11 月 10 日开始启动。

参加该标准编写的单位共 13 家,由国家工业信息安全发展研究中心作为标准的主编单位。

经过主编单位及各参编单位的共同努力,2019 年底,该标准已完成了“征求意见稿”、“标准编制说明”及“意见汇总处理表”的编写工作。

2. 《防静电工作台、座椅通用技术规范》(行标)

于 2019 年 8 月 10 日开始启动。

参加该标准编写工作的单位共 11 家，由上海佰斯特电子工程有限公司作为标准的主编单位，由原信息产业防静电产品质量监督检验中心的宋竞男高工负责执笔。

至 2019 年 12 月中旬，主编单位已完成了该标准初稿的编写工作，我们也以电子邮件的形式征求了各参编单位对标准初稿的修改意见。

为使该标准具有较广泛的实用性和对其他行业也具有借鉴性，主编单位向协会领导提出了该标准初稿中除包含防静电内容外，还应包含火工及洁净技术方面内容的建议。因此，我们于 2019 年 12 月 20 日，邀请了兵器工业安全技术研究院和中国电子学会洁净技术分会的专家，参加我们组织的《工作台、座椅》标准研讨会，征求专家对标准初稿中增加有关火工、洁净技术内容的建议和意见。

3.《静电学 第 4-9 部分：特定应用中的标准试验方法 服装》(国标)于 2019 年 12 月 20 日开始启动。

该标准是翻译等同采用国际标准的国标，受中国电子技术标准化研究院的委托，协会负责组织该标准的翻译和编写工作。

中国电子技术标准化研究院是该标准的主编单位，协会有 5 家会员企业参加该标准的编写工作，苏州天华超净科技有限公司作为主要执笔单位。

2019 年 12 月中旬，主要执笔单位完成了初稿的翻译编写工作，我们以电子邮件形式征求了各参编单位以及相关专家对翻译、编写的标准初稿的修改意见。

4.《电子工业防静电系统通用要求》(团标)标准于 2018 年 11 月 11 日开始启动。

参加该标准编制的参编单位共 10 家，由苏州天华超净科技股份有限公司作为主编单位。

目前，主编单位根据参编单位及相关专家对初

稿的修改意见，正在对标准初稿进行修改，下一阶段将形成标准“征求意见稿”。

5.《电子工业防静电系统认证指南》(团标)于 2018 年 11 月 11 日开始启动。

参加该标准编制的参编单位共 7 家，由苏州天华超净科技股份有限公司作为主编单位。

目前该标准将调整编写大纲，待《电子工业防静电系统通用要求》定稿后参照相关要求再予编纂。

6.配合与协助住建部定额司、中国电子技术标准化研究院有关《工程防静电通用规范》强制国标的研编工作，该项工作我们协会有近十家企业参与，2019 年 11 月通过了中期专家验收，现已经在标准平台上进行公示。

7.GB/T36340《防静电活动地板通用技术规范》已于 2019 年 1 月 1 日实施，协会在组织前期宣贯的同时，还不断的到企业了解在实施过程中的具体情况。通过了解和发现国标所覆盖的产品中有些产品根据国内技术发展状况，不能完全达标，有些技术指标等同或高于了国外的一些标准。于 11-12 月期间，配合主编单位常州华通地板有限公司先后两次提出申请，对原行标进行“废止”和“继续有效”进行专家评审，并根据上级主管部门中国电子技术标准化研究院的有关规定提出对原行标“继续有效”的申请并获得批准。

三、培训工作

2019 年度培训工作已经开始从单一的大课培训向企业内训拓展，经努力全年大课累计开班 9 期，其中一期与上海地坪协会合办，培训学员 266 人次。其中苏州班 122 人、深圳班 100 人、上海班 44 人。企业内训有了较好的进展势头，全年内训 8 期，收到了较好的效果。全年经培训颁发 ESD 工程师证书 294 本，内审员证书 183 本。洁净班 12 人。

四、期刊与网站

新一届期刊编委会在期刊出版工作中给予了

非常重要的指导作用，上海海事大学孙可平教授、协会孙延林理事长、洁净技术分会王大千秘书长、华东理工大学华昌聚合物有限公司王晓东经理、苏州天华超净科技股份有限公司王荣刚经理、深圳市新伦科技股份有限公司胡树工程师对期刊出版工作都给与了大力支持下，热心为期刊撰写稿件。专家们高质量的论文稿件充实和保证了期刊主要栏目如“学术探讨”、“技术应用”、“技术讲座”、“技术交流”的内容报道，增强了《中国防静电》期刊的可读性和实用性，使期刊媒体在防静电行业内较好地发挥了技术交流、科技创新的宣传作用。网站及时更新了协会动态，并新增了培训证书在线查询窗口。

五、财务状况

2019 年度协会工作正常有序运行，尽管运行成本不断提高，但协会财务收入略有提高、运行正常有序，并通过了当年上级主管部门审计。

六、存在问题

1. 秘书处与会员企业沟通还不够，还不能直接了解企业的一些诉求。

2. 培训招生始终是一个瓶颈，如何拓展培训的招生渠道，加强横向联合，开创一些灵活多样的培训形式以适应培训市场。

2020 年是在特殊的环境中开局，又在艰难的环境下起步的。由于新冠肺炎病毒疫情的流行，时到中局我们依然不能按部就班的展开工作。协会则将审时度势，力所能及地将日常服务工作做好，将标准编制工作做扎实，将培训工作根据实际需求与条件努力做到完备。由于疫情影响协会不得不调整原计划的协会改选工作、取消与国家静电委员会联合举办的首届高峰论坛等活动。在余下的时间里，我们计划继续做好以下几项工作：

1. 恢复协会秘书处日常服务工作，下半年择机召开理事扩大会议，听取大家对协会发展的意见与建议，根据企业需求适当组织专家为企业技术进步

与发展开展技术服务；充分利用协会网站与期刊弘扬行业品牌企业、领军企业的技术创新、企业进步的发展成果，继续做好行业自律，办好生产、销售、施工三项资格的认证工作与会藉的服务工作。

2. 完成、延续上年度接转的标准编制工作。

目前，《电子产品制造与应用系统防静电测试方法》标准已完成了“征求意见稿”、“标准编制说明”及“意见汇总处理表”网上公示工作。并将“征求意见稿”、“标准编制说明”等相关资料报送了中国电子技术标准化研究院，进入专家审定会阶段。拟在 2020 年三季度进入专家对标准送审稿的评审、报批阶段。

《防静电工作台、座椅通用技术规范》经过多次征求意见与修改完善，七月中旬将完成“征求意见稿”，根据征求意见情况，酌情安排后期编写工作，争取年内完成送审稿。

《静电学 第 4-9 部分：特定应用中的标准试验方法 服装》（国标）按照该标准的计划进度安排，目前已形成了标准的“征求意见稿”、“标准编制说明”、“意见汇总处理标准”等相关材料。6 月上旬已报送中国电子技术标准化研究院。后续我们将配合中国电子技术标准化研究院完成各项相关工作。

《电子工业防静电系统通用要求》（团标）经过多次讨论修改，6 月完成“征求意见稿”。争取三季度审核报送团标公示平台。

《电子工业防静电系统认证指南》（团标）对编制大纲重新审核调整，年内按调整后的大纲启动编制，争取 2021 年完成。

3. 《防静电贴面板通用技术规范》已经颁布，并于 2020 年 10 月 1 日实施。我们将与主编单位一起在实施前，择机开展一次标准宣贯活动。

4. 协会培训工作，鉴于国内疫情管控，我们将在服从管控要求并安全的前提下开班授课。协会将根据当下实际情况开辟多形式多渠道培训工作，计

划编制防静电装备电化教育音像培训系列教材,该系列音像教材将分 10 个章节,每个章节独立成片约 3 课时。年内开始着手“高架活动地板与直铺网络地板”、“防静电 PVC 地板、三聚氰胺 (HPL) 贴面板、橡胶板”、“防静电瓷砖、防静电地坪涂料”、“EPA 内防静电接地及与其它接地关系”、“防静电工程施工及检测”、“离子化静电消除器”6 个章节的编制工作,成熟一个定稿录制一个。该音像片制作完成后我们将利用多种媒介平台传播,亦可用

于专题培训和内训。

5. 为推进行业技术进步,年内将再次收集编辑一本《静电防护技术标准汇编》。

目前国内疫情已进入常态化管控,2020 年我们的工作也将顺势而为,在困难中努力寻找契机为会员企业做好服务工作,为我国防静电事业担当起应尽义务。

中国电子仪器行业协会防静电装备分会秘书处

二〇二〇年六月

《防静电贴面板通用技术规范》 行业标准颁布实施

本刊讯 根据中华人民共和国工业和信息化部 2020 年第 15 号公告,《防静电贴面板通用技术规范》行业标准 (SJ/T 11236-2020) 将于 2020 年 10 月 1 日实施。

该标准根据 2017 年工业和信息化部下达的行业标准制修订计划,由中国电子仪器行业协会防静电装备分会主办、浙江金华天开电子材料有限公司主编进行修订,项目编号:工信厅科【2017】40 号 2017-0282T-SJ。2017 年 6 月,标准编制工作组组织召开了第一次编制工作会议,确定了标准参编单位和修订的具体内容;2017 年 7 月至 9 月,经过三次会议讨论,形成了标准初稿,并多次征求了参编单位的意见,形成了征求意见稿。2017 年 9 月至 10 月,在中国电子技术标准化服务平台及防静电协会网站,广泛征求了用户、专家的意见和建议,并形成了标准送审稿。2017 年 11 月初,经专家审定会讨论通

过,形成了标准报批稿。

该标准的颁布实施,将替代原《防静电贴面板通用规范》(SJ/T 11236-2001),修订后的标准主要有以下的变化:

(1) 针对环境保护需求,增加防静电贴面板的环保指标;

(2) 针对国际、国内出现新的产品品种,该标准增加了防静电卷材贴面板的相关要求;

(3) SJ/T 11236-2001 标准中没有给出短效型防静电贴面板具体判定方法,修订后的标准中,根据短效型防静电贴面板的工作原理,采用耐沸水煮的方法,给出了具体的判定方法。

该标准颁布实施后,防静电协会还将针对企业和用户的需求,开展对该标准的宣贯工作,使新修订的标准能够尽快落实到研制、生产和使用环节中,发挥出行业标准的引领作用。

有关《防静电活动地板通用规范》 标准执行的通知

《防静电活动地板通用规范》(GB/T36340-2018)已于2019年1月1日实施,该国标是在原电子行业标准SJ/T10796基础上修编而成。

为与国际标准接轨,同时具有前瞻性、先进性,新国标诸多检测方法、技术要求有了新的调整和提高。鉴于国内部分企业在执行新颁标准时,在生产工艺、技术方面尚存在一定难度,而原电子行业标准SJ/T10796相关检测方法、技术要求尚能满足国内、外防静电活动地板的市场应用要求,为满足国内企业在执行新颁标准时

在技术和生产工艺提高方面存在过渡期的要求,经过业内有关专家、企业代表论证并报中国电子技术标准标准化研究院有关部门审核,原电子行业标准SJ/T10796在国标GB/T36340-2018发布执行后暂不予废止,仍然可以有效执行。企业、用户、工程公司可根据实际需要采用GB/T36340-2018或SJ/T10796组织生产、检测和使用防静电活动地板。

中国电子仪器行业协会防静电装备分会
二〇二〇年六月

ESD 工程师培训恢复授课

本刊讯 因新冠肺炎疫情防疫要求,2020年度协会ESD工程师培训一再延期。随着疫情稳定各地进入常态化管控,6月10—12日,协会不失时机分别在苏州、深圳同时举行现场培训,全国60多名学员参加了学习。本次培训由协会理事长孙延林、技术委员会副主任宋竟男授课。两位行业大咖的讲课有理论

有例证、深入浅出通俗易懂,深受学员欢迎。

本次授课采用了全新教材,孙延林理事长利用疫情期间将原有课件予以了更新,充实了当下全新的国际、国内相关标准与技术发展动态,通过培训学员们纷纷表示:知识得到了更新与提升,很有收获,以后还将不断参与此类学习与交流。

中国电子仪器行业协会防静电装备分会 大事记

2019 年

◆1月2日,协会发出关于对《中国防静电》期刊、协会网站广告优厚馈赠的通知

通知中指出《中国防静电》是中国电子仪器行业协会防静电装备分会主流纸质出版物,季刊发行。刊物主旨:国内外静电防护技术发展动态的瞭望台,是静电防护技术成果、信息、产品、市场交流平台。主要面向行业会员、相关技术研发机构、大专院校、工程设计院以及电子、石化、医药、航天军工等应用企业。协会网站为国家注册域名的官方网站,每天专业点击率过千。

◆1月5日,分会对《中国防静电装备品牌企业》发布公告

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,由中国电子仪器行业协会防静电装备分会在行业内组织开展了2018年度品牌建设工作,经企业自愿申报、专家审核与评审、网站公示,授予下列二十一家企业为《中国防静电装备品牌企业》:

1. 浙江金华天开电子材料有限公司
2. 山东电盾科技股份有限公司
3. 上海安平静电科技有限公司
4. 佳辰地板常州有限公司
5. 沈阳沈飞民品工业有限公司
6. 上海阳森精细化工有限公司
7. 常州华通新立地板有限公司
8. 浙江三威防静电装备有限公司
9. 江苏华静地板科技有限公司
10. 东莞市科园防静电设备有限公司

11. 上海佰斯特电子工程有限公司
12. 江苏双奇地板有限公司
13. 江苏红日防静电地板有限公司
14. 江苏美亚新型饰材有限公司
15. 河北科华防静电地板制造有限公司
16. 莱州市华福机房材料有限公司
17. 江苏汇联活动地板股份有限公司
18. 苏州天华超净科技股份有限公司
19. 江苏华集地板有限公司
20. 常州市华一防静电活动地板有限公司
21. 湖北天力奇新材料股份有限公司

◆4月18-19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》标准编制会,各参编单位的参编人员及协会相关人员参加了会议。

会议由协会邹勇副秘书长主持。孙延林理事长向与会人员介绍了标准的编制情况,并提出了四点要求:一、标准的制修订一定要相应地与国际标准接轨、互相补充;二、要结合实际并适应国情,要具有可操作性,要经得住技术发展和实践的考验,注重提升标准的开放性,对其他行业也应具有借鉴性;三、修订的标准应具有实用性,内容应做到简明扼要,满足生产的实际需要;四、对目前还不成熟的内容、以及有争议的内容不编入标准中。

◆4月,分会转发工业和信息化部办公厅《关于做好2019年工业质量品牌建设工作的通知》(工信厅科函【2019】53号)。通知要求:各地工业和信息化主管部门、部属有关单位及行业协会重点做好推动落实质量主体责任、推广先进质量管理方法、促进实物质量提升、深化工业品牌培育、优化质量发展环

境、推动重点产业质量品牌提升、加强中小企业质量品牌建设等工作,加快提高工业质量品牌水平,促进制造业高质量发展。

◆5月21日,分会六届五次理事扩大会在湖南怀化市召开。分会副理事长单位、理事单位及会员单位八十余名代表出席会议。由副秘书长庄载荣主持会议。

会上,上级协会秘书长方荣、分会理事长孙延林、中国物理学会静电专业委员会秘书长李杰分别发表了讲话。分会秘书长谭慧新作了分会2018年度工作总结及2019年度工作计划的报告。分会副秘书长邹勇主持了分会开展的中国防静电装备品牌企业评选活动中评选出的21家企业,进行的表彰授牌仪式。

与会专家分别做了专题讲座。孙可平教授以《人工智能大趋势下ESD防护的角色与发展趋势》、中国电子学会洁净技术分会秘书长王大千以《洁净室检测新标准与空气电离设备》、中国石化安全工程研究院刘全桢教授以《石化行业静电防护技术概述》、中国物理学会静电专业委员会秘书长李杰以《关于静电放电治理工业废气和废水的技术研究》等项内容进行了详细的讲解,并与参会代表进行了深入细致的研讨。

与会企业在会上还进行了新材料、新工艺、新技术的交流。浙江三威防静电装备有限公司的代表,介绍了本企业《高性能导电PPO工程塑料开发应用》。上海阳森精细化工有限公司的代表以《整体防静电地坪技术的发展与完善》进行了详细的论述。北京金科复合材料有限公司的代表介绍了《金属骨料在防静电地面的应用》。航天五一四所的代表也在大会上作了发言。

分会副秘书长刘清松主持参会代表进行了讨论,各企业代表发言踊跃、互动交流,专家认真答疑解惑,使与会代表感到获益匪浅。21日,会议圆满结束。

◆6月,工业和信息化部“关于印发2019年第一批行业标准制修订和英文版项目计划的通知”中,防静电标准工作组申请立项的《防静电工作台、座椅通

用技术规范》行业标准获得了批准,(文件号:工信厅科函【2019】126号,标准计划号为2019-0566T-SJ)。秘书处在防静电行业会员单位内征集了该标准的参编单位,并计划和筹备8月中上旬召开标准的启动会议。

◆6月14日-16日,分会与上海市化学建材行业协会地面材料及工程分会、上海谱邸地坪技术服务中心联合举办的“静电防护原理与防静电地坪技术”专题培训班,在上海捷舟产业园培训中心开班,行业内四十多家企业近五十余名学员参加了培训。

◆8月9-10日,分会在京组织召开了《防静电工作台、座椅通用技术规范》标准编制启动会议,标准参编单位和协会有关人员参加了会议。会议由分会副秘书长邹勇主持,分会理事长孙延林对该项标准的编制工作发表了提出了编制工作要求,分会秘书长谭慧新介绍了该项标准的申请过程。该项标准的主编单位上海佰斯特电子工程有限公司对标准的编写大纲进行了说明,各参编单位结合标准立项项目建议书及编写大纲进行了讨论,并达成了一致性的意见。会上,对编写内容进行了分工,确定了形成标准初稿的时间。会议达到了预期目标,圆满结束。

◆8月22日,由信息产业防静电产品质量监督检验中心主办的“防静电活动地板检测标准研讨会”在常州成功举办。常州市工业和信息化局洪军副局长、防静电装备分会谭慧新秘书长、庄载荣副秘书长、国家工业信息安全发展研究中心评测鉴定所潘妍副所长,以及防静电地板行业四十余名代表参加了会议。

◆8月28-30日,由分会组织会员企业参加的“亚洲电子生产设备暨微电子工业展”在深圳成功举办,十余家会员企业参加了此次展会。

◆10月18-19日,首期“电子工业洁净与静电防护技术工程师”培训班,在防静电装备分会华东培训基地苏州开班。来自全国二十多家企业的学员参加了培训学习。本次培训,根据用户在生产实践中所遇到的问题,展开了深入浅出的讲解,深受学员的欢迎与好评。

GMR 磁头生产中 ESD 容性耦合引起的 场辐射噪声实验研究

董坤¹, 冯康军¹, 孙可平²

1 上海机电工程研究所, 2 上海海事大学

【摘要】本文开展了 GMR 单元“写”程序驱动电压引起的 ESD 现象的实验与模拟研究,发现:写驱动电压在屏蔽屏与磁盘之间感应产生了场辐射 (field emission);在屏蔽屏与电极之间的容性耦合引起了一种场辐射噪声 (field emission noise)。

【关键词】ESD 防护;GMR 防护;场辐射

Study on Field Emission Noise Caused by Capacitance Coupling ESD IN GMR heads

Dong Kun, Feng Kangjun, Sun Keping

1 引言

由静电放电 (Electrostatic discharge, 简称 ESD) 引起的对 GMR 记录磁头的各种危害, 许多文献进行了报道^{[1][2]}。这些危害涉及 ESD 电流热量引起的介质击穿, 融熔, 芯片失效等等。但较少文献报道过“写”程序驱动电压对 GMR 单元的影响。寻找与探索写驱动器和记录磁头的最佳组合, 对于高转速、高频率的磁记录器件的设计与生产, 具有非常重要意义。

本文开展了 GMR 单元写驱动电压引起的 ESD 现象的实验与模拟研究, 发现:写驱动电压在屏蔽屏与磁盘之间感应产生了场辐射 (field emission);在屏蔽屏与电极之间的容性耦合引起了一种场辐射噪声 (field emission noise)。场辐射 (field emission) 又称电场辐射, 也称静电辐射, 还称场致辐射。本文均称场辐射。

2 实验

图 1 给出了普通记录磁头的截面示意图。实验

研究中涉及到的上磁极以 upper pole 标出, 上屏蔽屏以标出 upper shield, 下屏蔽屏以 lower shield 标出。图 2 给出了其等效电路。在我们的实验和模拟实验中, 在记录线圈与屏蔽屏之间, 使用了两种不同电阻值的 R1。一种是低电阻值 $1\text{G}\Omega$, 另一种是高电阻值 $1\text{T}\Omega$ 。实验过程中, 我们利用旋转支架来改变或调节“写”线圈上的电压。同时观测再生信号。记录磁头上的每一个元件 (例如上磁极 upper pole, 上屏蔽屏 upper shield, 下屏蔽屏 lower shield) 上的电压。电压测量使用电子束探极法 (electron-beam-probe)。

我们使用 SPICE 方法来模拟分析 GMR 上的电压和电流。所谓 SPICE 模拟, 即为 SPICE (Sales Point Information Computing Equipment 的缩写, 直译为售点信息计算机模拟), 现在一般即指计算机电路模拟试验。这种模拟, 目前已超出原来售点信息模拟的范畴, 泛指使用某种模拟电路来进行某种目标的试验。

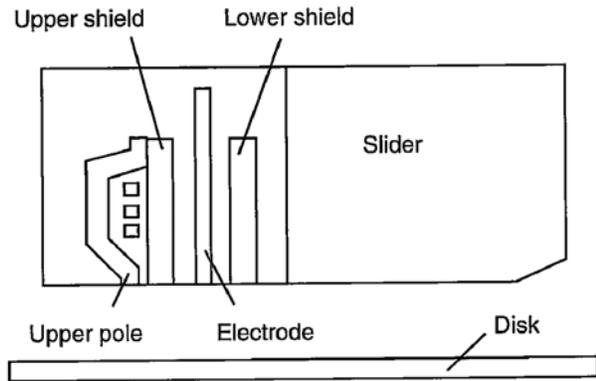


图1 记录磁头截面示意图

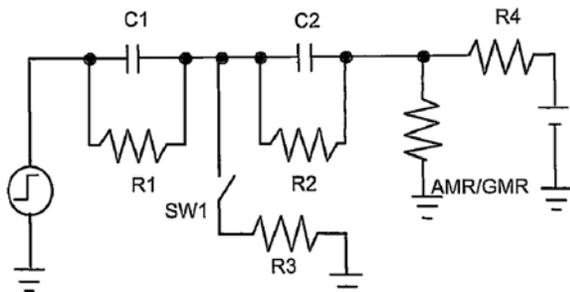


图2 GMR记录磁头等效线路图

3 结果与讨论

3.1 噪声观测

当使用一个自旋支架来改变“写”线圈上的电压时,观测到了一个再生信号。

在写线圈与屏蔽屏之间的电阻取低值 $1\text{G}\Omega$ 的情况下,当写线圈的电压增加时,观测到的噪声叠加在这个信号之上,如图3所示。这个尖峰脉冲噪声的频率会随着所加电压的增加而增加。如图4所示。

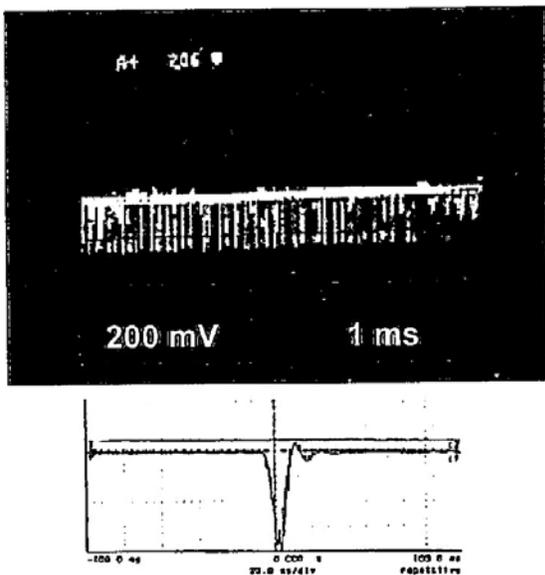


图3 噪声波形图

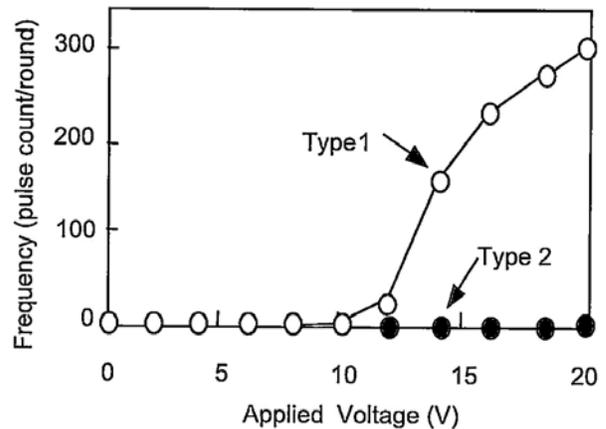


图4 电压与噪声频率曲线

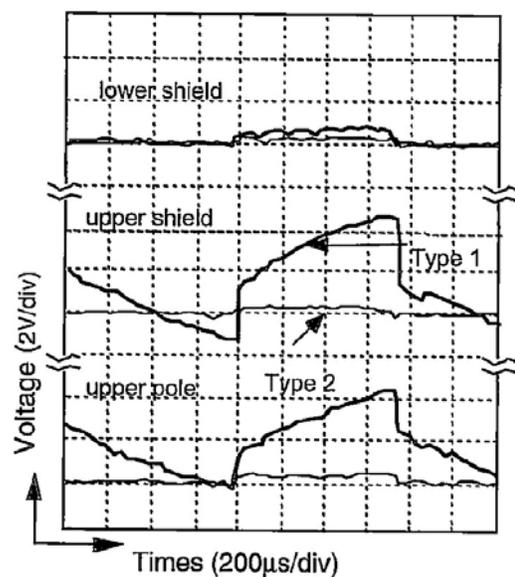


图5 上部磁极、上部屏蔽屏、下部屏蔽屏电压波形图

在写线圈与屏蔽屏之间的电阻取高值 $1\text{T}\Omega$ 的情况下,则并未观测到尖峰脉冲噪声。

3.2 电压测量

磁头上每个元件(例如上部磁极 upper pole,上部屏蔽屏 upper shield,下部屏蔽屏 lower shield)上的电压,使用电子束探极法加以测量。图5给出了电压测量结果,在低电阻 $1\text{G}\Omega$ 和高电阻 $1\text{T}\Omega$ 两种情况下,所加电压均为 9V 。

图5显示出,在低电阻 $1\text{G}\Omega$ 情况下, 700ms 之后,上部磁极和上部屏蔽屏上电压逐渐增加大约 4V 。相反,在高电阻 $1\text{T}\Omega$ 情况下,上部磁极和上部屏蔽屏上电压仅有非常小的增加,小于 1V 。可见,上部屏蔽屏的电压是由记录线圈和屏蔽屏之间的电阻值决定的。

3.3 场辐射

图 6 给出了实验观测曲线,又称Fowler-Nordheim 曲线,竖坐标使用的是 I/E^2 ,横坐标使用的是 $1/E$,这样选用横竖指标是通例,理由是:很明显,观测到的曲线是一条直线,这恰恰明显表示出场辐射发生时的场强大约为 $2\text{MV}/\text{cm}$,这大约距磁盘 20nm ,上部屏蔽屏的电压为 4V 。这就是使用 Fowler-Nordheim 曲线的最大优点。本质上说,场辐射仅是从屏蔽屏到磁盘的电子流。这就意味着,这种现象,既不是电晕放电现象,又不是静电放电现象。所以,因其电流很低,不致对屏蔽屏和磁盘造成损害。

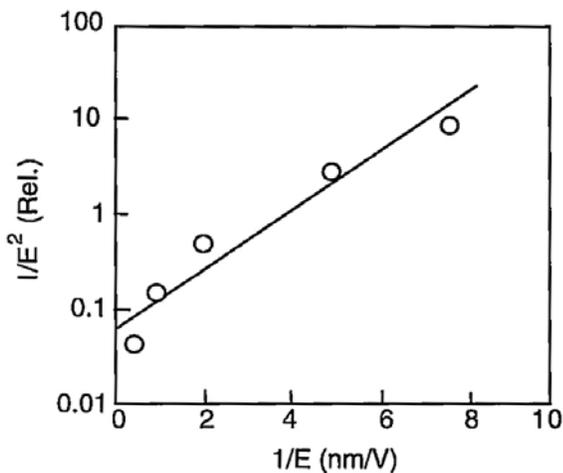


图 6 Fowler-Nordheim 曲线图(施加电压与噪声幅值)

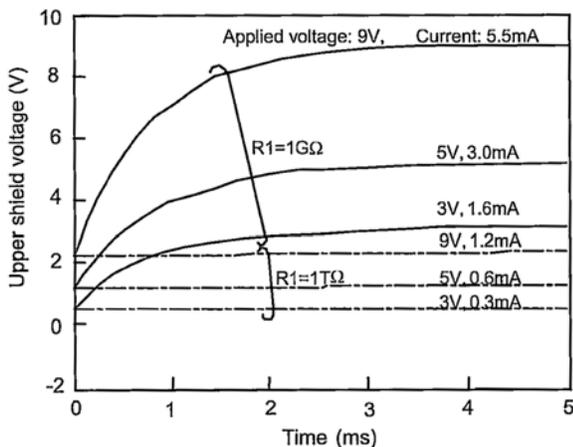


图 7 上部屏蔽屏所感生的电压曲线

3.4 容性耦合 ESD

使用 SPICE 模拟,我们可以考察从磁头的上部屏蔽屏产生的噪声机理。图 7 就是对写驱动器施加电压、容性耦合 ESD 电流情况下,而在上部屏蔽屏所感生的电压曲线。由图 7 可见,随着图 2 中 $C1$ 、 $C2$ 从 $0-2\text{ms}$ 逐渐充电,上部屏蔽屏的电压逐渐增加。而该电压的高低又取决于 $R1$ 和 $R2$ 的电阻值。上部屏蔽屏与电极之间逐渐积累的电荷,导致了放电,从而诱发了场辐射。穿过 GMR 单元的电流构成了这种电荷积累。其结果,场辐射叠加在了再生信号之上。正是这种情况,在 9V 电源电压下、写驱动器在 5V 、 5.5mA 条件下,使这种电流达到了 3mA 。也正是这种 ESD 电流,导致了记录磁头品质衰变与性能不稳定。

4 结论

通过 GMR 单元写驱动器感生的电压所引起的场辐射噪声的实验研究与模拟研究,发现:

(1) 若磁头电阻较低 ($1\text{G}\Omega$)、写驱动器电压较高时,由写驱动器电压在屏蔽屏和磁盘之间感生了场辐射。

(2) 场辐射中的噪声源是流过 GMR 单元的电流,该电流由屏蔽屏与电极之间的容性耦合所产生。

(3) 为了阻止 GMR 单元与写线圈之间的电容耦合对 GMR 磁头的 ESD 损坏,必须在硬盘驱动器中设计 GMR 记录磁头结构时,密切注意这种容性耦合的负面效应。

参考文献:

- [1] A. Wallash, ESD testing of head stack assembly used in magnetic recording hard disk drive, EOS/ESD Symposium proceedings, EOS-21, 1999, p297
- [2] C. lam, E. salhi, S. Chim, Characterization of ESD damaged magnetic recording heads, IEEE Trans. Magn. 33 (5) (1997) 2911

ISO16890 中多级过滤总效率估算方法的 误差分析

钟珂, 亢燕铭, 贾洪伟, 叶筱

东华大学环境科学与工程学院, 上海, 201620

【摘要】ISO16890 给出了多级过滤总效率的简单方法, 但该方法的精度如何尚不得而知。本文对比分析了多级过滤总效率的精确计算方法和简便方法, 结果表明, 进入二级过滤器的颗粒物粒径分布明显不同于标准颗粒物, 但忽略此变化的简便方法对总效率的计算结果的计算误差均不超过 5%。足以满足工程设计计算的精度要求。

0 引言

ISO16890 提出了应用不同粒径颗粒物过滤效率的加权平均值 ePM 来表示通风过滤器的等级, 这种过滤器性能的表达和分级方法更接近实际使用情况。对于单级过滤, 可以根据粒子谱和过滤效率曲线, 计算出对应的 ePM₁, ePM_{2.5} 和 ePM₁₀。但在实际通风系统中, 为了保护中高效过滤器, 通常会使用多级过滤的方法。这种情况下, 由于空气经过一级过滤器净化后, 颗粒物的粒径分布将发生很大的变化, 使得进入二级及后面各级过滤器的颗粒物粒径分布特征与标准粒径分布明显不同。为此, ISO16890 附录 C 中给出了求总效率的方法, 但该方法过于繁杂, 于是, 同时给出了多级过滤总效率的粗略估算方法。

显然, 简化方法与繁杂方法间的精度存在差别, 但二者具体相差多少, 标准中却没有提及。为了便于工程技术人员在使用简便方法时对可能产生的误差做到心中有数, 本文将对多级过滤总效率的这两种计算方法进行分析对比。

1 计算对象

1.1 颗粒物粒径分布

中国和欧洲的气候条件、经济发展水平和特征均有较大差别, 大气气溶胶的背景浓度和粒径谱无疑相差甚远。因此, 中国的标准颗粒物粒径分布必然与 ISO16890 给出的标准粒径分布不同。鉴于目前

ISO16890 尚在中国的落地过程中, 本文暂时采用北京地区的大气颗粒物粒径分布作为计算条件。图 1 给出了北京地区的背景空气的颗粒物粒径分布。

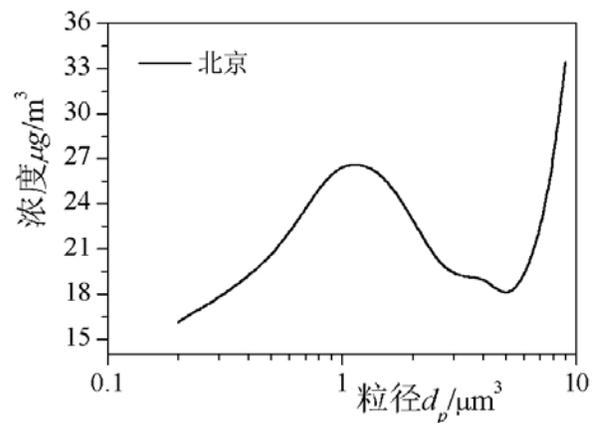


图 1 北京地区颗粒物粒径分布

1.2 两级过滤器的组合算例

本文以初中效过滤器组合为例进行计算。考虑到不同的情况下对总过滤效率的需求不同, 分别对袋式过滤器—化纤系列 (592*592*600-8P) 的 (G4+F8) 和 (G2+M6) 两种组合, 采用不同方法计算总效率, 分析简便方法的计算误差。图 2 给出了所涉及到的四种过滤器的效率曲线。

2 结果与分析

2.1 过滤器前后的颗粒物粒径分布变化

图 3 分别给出了通过四种过滤器前后的颗粒物粒径分布曲线。由图可以看到, 经过滤器净化之后,

粒径分布发生了明显变化,过滤器效率越高,粗粒子占比减小幅度越明显,特别是,经F8后,10 μm 粒子已经完全过滤掉了。

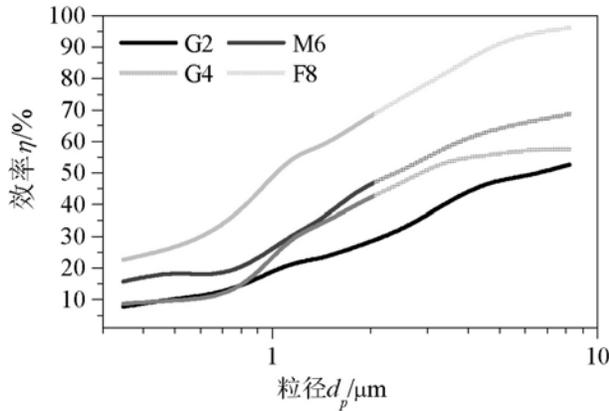


图2 四种过滤器的效率曲线

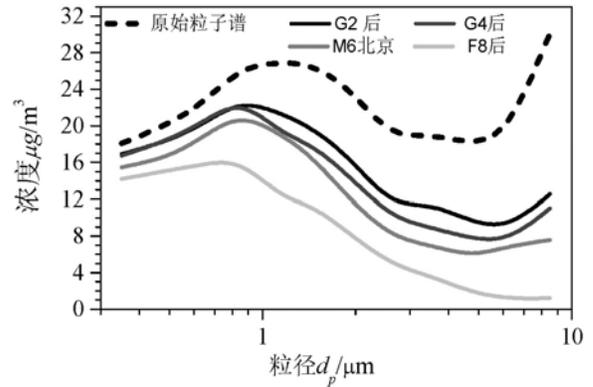


图3 通过一级过滤后的颗粒物粒径分布

图4给出了通过两级过滤之后的颗粒物粒径分布曲线,可以看到,结果两级过滤之后,粗粒子的比例非常小。特别是对于(G4+F8)组合,粒子谱分布从原先的双峰分布变化为单峰分布。

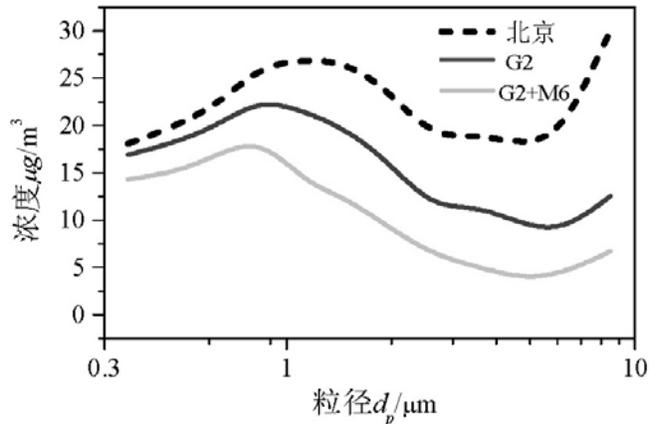
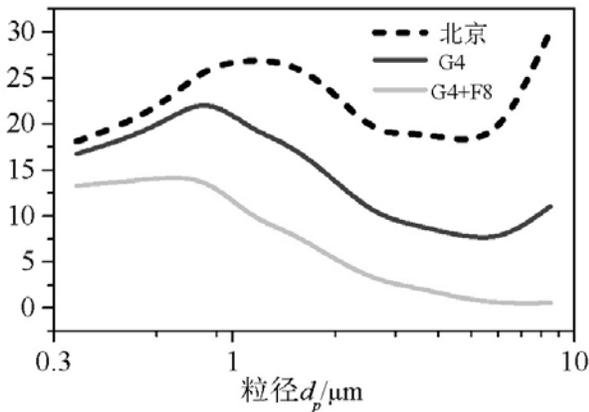


图4 两级过滤之后的颗粒物粒径分布曲线

2.2 两种方法的计算结果比较

ISO16890 在假设进入每级过滤器的颗粒物粒径分布相同的前提下,给出了多级过滤效率的简便计算方法:

$$cPM_{x,cm} = 100 \cdot \left\{ 1 - \left[\left(1 - \frac{cPM_{x,s1}}{100} \right) \cdot \left(1 - \frac{cPM_{x,s2}}{100} \right) \cdots \left(1 - \frac{cPM_{x,sf+1}}{100} \right) \right] \right\} \quad (1)$$

式中: $cPM_{x,cm}$ 为 x 粒径范围的总效率; $cPM_{x,sf+1}$ 为各过滤段的效率。

图5给出了四种过滤器对PM1、PM2.5和PM10的单级过滤效率,带入式(1)便可求得总过滤效率。

考虑到二级过滤器入口颗粒物粒径分布发生了变化,繁杂的总过滤效率的计算原理为:

$$cPM_x = \frac{\int_0^{d_p} m_2 d(d_p)}{\int_0^\infty m_0 d(d_p)} \times 100\% \quad (2)$$

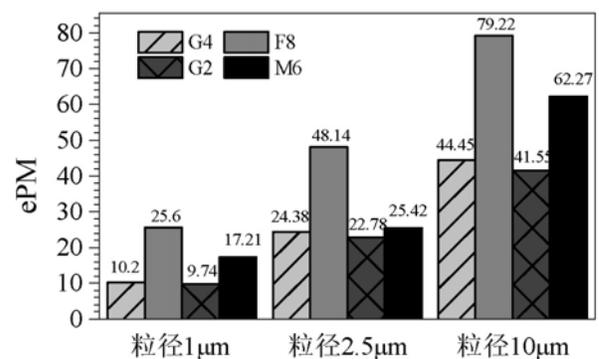


图5 四种过滤器的单级过滤效率

式中: m_2 和 m_0 分别是过滤前和经二级过滤之后的颗粒物在粒径为 $d_p-d_p+d(d_p)$ 范围内的量。据式(2)和图4所示的颗粒物粒径分布曲线,可以求得多级过滤的总效率。

图6给出了简便方法和繁杂方法(下转第21页)

低成本抗静电剂的性能测试及应用探讨

胡树

聚纶材料科技(深圳)有限公司 研究开发部,深圳 518052

【摘要】简单介绍了一种咪唑啉抗静电剂的合成方法,研究了其作为内添加型抗静电剂和外涂型抗静电剂在聚氨酯鞋材和包装材料的防静电性能,并对其应用进行了初步探讨。

【关键字】性能;抗静电剂;聚氨酯;电阻

Property Measurement and Applying Investigation of Low Cost Antistatic Agent

Hu Shu

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

【Abstract】 The synthesis method of imidazoline antistatic agent was introduced. The antistatic agent properties of polyurethane shoe materials and packaging materials were studied, and the potential applications of the antistatic agent were discussed.

【Keywords】 property antistatic agent Polyurethane electric resistance

大部分的聚合物材料属于电绝缘材料,表面电阻率和体积电阻率非常高(一般为 $10^{13} \sim 10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$)^[1]。在加工、运输、使用过程中易通过摩擦产生静电,而静电的积累容易导致短路、火灾,严重时会发生爆炸,造成重大损失和灾难,如电子产品大规模损坏,石油化工产品燃烧,烟花爆竹爆炸事故屡见不鲜^[2]。由此可知,高分子材料的静电防护就显得非常重要。目前比较有效的一项措施就是内添加抗静电剂或外涂覆一层抗静电涂层,赋予聚合物制品一定的抗静电特性,使其产生的静电荷可以尽快的卸掉。

目前,在国内外市场上,抗静电剂的种类繁多,错综复杂。抗静电剂按照化学结构可分为阳离子型、阴离子型、非离子型、两性型和高分子型,按照使用方法可分为外涂覆型、内添加型和高分子永久型。其中适用于PU材料的抗静电剂主要是阳离子型抗静电剂,且大多数为内添加型。抗静电剂在塑料、橡胶、

纤维、涂料等领域皆有应用^[3]。

咪唑啉类季铵盐是一类杂环类阳离子型表面活性剂,具有优良的抗静电效果(半衰期可达2-4秒),较好的稳定性应用方便(不需熔烘),合成工艺易掌握及成本低等特点。其应用广泛,可作为柔软剂、织物整理剂、抗静电剂、缓蚀剂等,既可以用于塑料内添加型抗静电剂,也可以用于面料、织物的后整理,处理后的织物手感柔软丰满,色光无大变化,且对回弹性有所改善,如同阳离子型有机硅并混应用能取得优良的协同效应^[4]。本文合成了一种低成本的咪唑啉类抗静电剂,并探讨了其作为内添加抗静电剂在聚氨酯鞋底和和作为外涂型抗静电剂PE包装膜(袋)上的应用前景。

1 实验部分

1.1 原材料

聚氨酯(PU)鞋底原液[JF-P-6270(A料)、

JF-I-4118 (B 料)]及催化剂 JF-C-001 (C 料), 工业级, 浙江华峰新材料股份有限公司; 乙二醇: 纯度 $\geq 99.8\%$, 广州汇和化工有限公司, 超纯水, 自制; 紫外线吸收剂 UV-531, 工业级, 东莞光越塑胶有限公司; 抗氧剂 1010, 工业品, 德国巴斯夫公司; 冰醋酸, AR 99.5%, 麦克林生化科技; N-(2-羟乙基)乙二胺, 99%, 麦克林生化科技。

1.2 仪器设备

聚氨酯浇注成型机: XJJF-3 \times 25Z70D, 浙江海峰鞋鞋设备有限公司; 紫外线加速耐候老化试验机: CZ-UV-1, 东莞市众志检测设备有限公司; DIN 鞋底耐磨试验机: GW-008, 东莞市钜威仪器有限公司; 耐弯折试验机: GW-005, 东莞市钜威仪器有限公司; 试片试样磨平机: QI-050, 东莞市厚街凯兰检测仪器厂; 鞋类综合强力机: XQ-II-250, 温州方圆仪器有限公司; 电子天平, JA502, 上海浦春计量仪器有限公司; 电子秤, 100AC, 凯士电子(中国)有限公司; 高精度电阻测试仪, PRS-801, 美国 Prostat 公司; 台式电热恒温鼓风干燥箱, DHG-9030A, 东莞市厚街凯兰检测仪器厂; 手持式静电电压测试仪, Trek523, 美国 TREK, INC。密度天平, JA203M, 常州市幸运电子设备有限公司。



图1 合成装置1

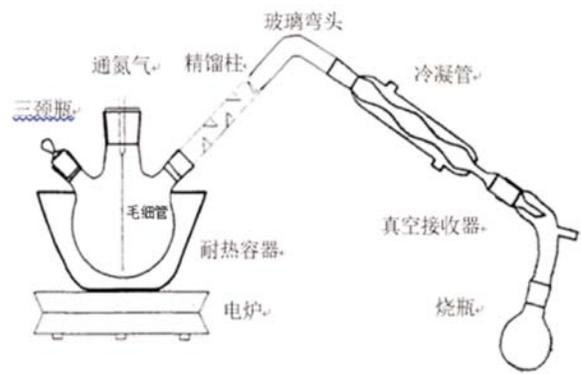


图2 合成装置2

1.3 样品制备

1.3.1 抗静电剂制备^[5]

(1) 先将 N-(2-羟乙基)乙二胺在 120℃, 0.0133bar 下减压蒸馏提纯。合成装置 1 (见图 1) 用 N₂ 置换。准确称取一定量的 N-(2-羟乙基)乙二胺加入三颈瓶中, 启动搅拌, 然后分批加入一定量的冰醋酸, 封闭体系。反应剧烈放热, 使用冰水浴降温。约 30min 反应器内白雾消失后加热逐渐升温至 160℃, 保温反应约 1 小时后结束反应。

(2) 将反应装置更换成装置 2。加热, 同时打开真空泵抽真空度达到 0.8bar, 以后每隔 10 分钟提高 0.1333bar。到达 0.4bar 时, 继续升温至 200℃ (升温速率为 5℃/min), 保温反应约 1 小时, 观察出液情况。

(3) 升温至 240℃, 真空度 0.1333bar, 抽出剩余的乙二胺, 反应约 1 小时后停止加热, 降温至 50℃ 出料, 即制得产物抗静电剂 3-甲基-N-羟乙基咪唑啉。

1.3.2 聚氨酯鞋底样品制备^[6]

将 PU 原液置于烘箱恒温热烘至完全熔化, 按配方将 1.3 份 C 料、1 份乙二醇、6 份抗静电剂以及 0.6 份紫外线吸收剂 UV-531 和 0.4 份抗氧剂 1010 加入 A 料 100 份中, 电动搅拌器搅拌 1min, 然后与 B 料混合 (两组份比为 A:B=0.98~1.05), 充分搅拌, 化学反应完成后, 将混合料浇注在鞋模中, 鞋模加盖并送加热熟化, 经冷却固化后的 PU 鞋底室温平衡 48h 后进行各项性能测试。

1.3.3 PE膜样品制备

将抗静电剂使用异丙醇稀释成一定的浓度,滴加在放置于涂膜机平台上的常规PE膜表面,使用涂膜机涂覆成一定厚底的涂层,与PE膜一起整体转移至烘箱中60℃干燥,取出,得到外涂型抗静电PE膜。

1.4 测试分析

1.4.1 聚氨酯鞋底样品制备测试

试样的耐磨性、耐折性、撕裂强度和鞋电阻测定,分别采用DIN鞋底耐磨试验机(含磨平机)、耐弯折试验机、鞋类综合强力机及高精度电阻测试仪,按照《GB20991-2007 个体防护装备-鞋的测试方法》标准中的8.2、8.3、8.4和5.10进行测试。

以上测试平衡条件为环境温度 $23 \pm 3^\circ\text{C}$,环境湿度 $50 \pm 5\%$,7d。

1.4.2 抗静电PE薄膜样品测试

试样的表面电阻使用高精度电阻测试仪,按照《GB/T 33398-2016 光学功能薄膜聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)薄膜表面电阻测定方法》进行测试。

试样的摩擦电压使用手持式静电电压测试仪,按照《GB T12703.5-2010 纺织品静电性能的评定第5部分:摩擦带电电压》进行测试。

以上测试平衡条件分为高湿(环境温度 $23 \pm 3^\circ\text{C}$,环境湿度 $85 \pm 5\%$)、低湿(环境温度 $23 \pm 3^\circ\text{C}$,环境湿度 $15 \pm 5\%$)和正常湿度(环境温度 $23 \pm 3^\circ\text{C}$,环境湿度 $50 \pm 5\%$)。

2 结果与讨论

2.1 聚氨酯鞋底样品测试

2.1.1 鞋电阻

将抗静电剂以A料的6%的质量添加量制备成PU鞋底样品,在平衡7d后,每间隔1小时测试一次鞋电阻(结果见表1),每组数据测定三只鞋底样品,取平均值。然后将样品标记好,放于洗衣机里进行高温清洗,洗涤条件是在60℃下洗涤40分钟,一共清洗20次。其中每洗5次后在烘箱内80℃下干燥60min,合计烘干4次,最后将清洗完的样品放置

于ESD测试室,平衡24h,取出再次测试(结果见表2)。

表1 连续清洗前鞋电阻性能

样品组编号	鞋电阻 (MΩ)			
	25.5 /47.9%	25.5 /40.1%	22.2 /33.3%	22.6 /31.5%
I	7.62	8.03	9.89	12.37
II	7.27	8.11	10.57	13.74
III	8.04	8.31	9.56	14.26

表2 连续清洗后鞋电阻性能

样品组编号		鞋电阻 (MΩ)			
		25.5 /47.9%	25.5 /40.1%	22.2 /33.3%	22.6 /31.5%
I	鞋头	10.22	13.01	13.56	14.12
	鞋中	15.64	15.78	17.13	17.68
	鞋尾	18.56	19.35	19.78	21.47
II	鞋头	9.14	9.87	10.11	10.32
	鞋中	13.21	13.68	15.17	16.98
	鞋尾	17.87	18.15	18.68	20.02
III	鞋头	9.35	9.76	10.56	11.12
	鞋中	12.22	12.47	13.38	15.07
	鞋尾	18.33	18.78	19.69	21.11

根据表1和表2表面,使用该抗静电剂制作的聚氨酯鞋底样品防静电性能效果较优,即使是在中等湿度环境以下,鞋电阻完全满足GB 21147-2007《个体防护装备防护鞋》标准中5.10规定的 $100\text{K}\Omega \leq R \leq 1000\text{M}\Omega$ 要求。即使是经过长期高温清洗之后,依然保持较低的鞋电阻值。这是因为本文合成的3-甲基-N-羟乙基咪唑啉与聚氨酯具有较好的相容性,其中羟乙基可以与聚氨酯B料(异氰酸酯)反应,通过化学键交联的方法使聚氨酯材料具有永久性抗静电性能,而且抗静电性能对环境湿度不敏感,能有效的解决高分子材料抗静电持久性问题^[7]。

2.1.2 耐磨性和耐折性

按照国标GB/T20991-2007的8.3和8.4方法分别进行鞋底的耐磨性和耐折性测试,如表3和表4所示。

表3 耐磨性能

样品组编号	密度 (g/cm ³)	耐磨性测试
		相对体积磨耗量 (mm ³)
IV	0.438	160.374
	0.441	132.736
	0.433	171.239
	0.425	176.758
	0.374	224.338
平均值	0.422	173.089
V	0.485	247.423
	0.476	225.456
	0.466	247.510
	0.459	246.074
	0.569	193.750
平均值	0.491	226.043
VI	0.435	247.076
	0.442	245.006
	0.446	233.746
	0.446	118.123
	0.411	159.041
平均值	0.436	202.598

表4 耐折性能

样品组	耐折性测试		
	屈挠前切口长度 /mm	屈挠后切口长度 /mm	切口增长 /mm
VII	1.70	3.08	1.38
VIII	1.39	3.48	2.09
IX	2.15	3.69	1.54

从表3和表4可以看出,添加了防静电剂后的聚氨酯鞋底仍然具有较低的密度,舒适性高。添加防静电剂后的聚氨酯鞋底符合国家标准 GB21146-2007

表5 外涂型防静电 PE 膜表面电阻性能

表面电阻/*10 ¹⁰ Ω										
平衡环境		高湿			中湿			低湿		
平衡时间		7d	14d	30d	7d	14d	30d	7d	14d	30d
浓度 /%	0.2	77	301	450	143	366	538	240	490	1100
	0.5	48	160	206	50	149	468	57	130	680
	1.0	18	16	44	38	131	245	93	180	452
	1.5	13	18	33	45	108	135	21	170	350
	2.0	9	21	25	13	46	88	20	73	90
	2.5	0.02	0.12	1	1.3	4.2	45	6.7	13	23

5.8.3 中,密度等于或小于 0.9g/cm³ 的材料相对体积磨耗量不应大于 250mm³ 的要求;同时符合标准 GB21146-2007 5.8.4 中,连续屈挠 30000 次,切口增长不超过 4mm。

2.2 外涂覆型 PE 膜样品测试

2.2.1 表面电阻

从表5可以看出,随着涂覆液中防静电剂浓度的增加,防静电薄膜的表面电压随之降低。但是相同浓度的涂覆液制作的防静电薄膜,随着环境湿度的降低,表面电阻也随之增加。另外,在各种湿度环境中,随着时间的推移,薄膜的表面电阻有所增加,但随着浓度的提高,随着时间的推移,表面电阻的增幅趋于平缓。这是因为涂覆型的防静电剂本身具有能快速吸湿能力达到防静电效果,但持续时间短的特点^[8]。如果是涂覆与 PET、PC 等极性基材表面,或许具有较好的附着力。

2.2.2 摩擦电压

当防静电剂浓度为 2.0%和 2.5%时,各种湿度环境下薄膜表面电阻值均在 10⁸~10¹¹Ω 范围内,我们进一步对其摩擦电压进行了测定,结果如表6所示。

图6 外涂覆型 PE 膜摩擦电压性能

摩擦电压/V										
平衡环境		高湿			中湿			低湿		
平衡时间		7d	14d	30d	7d	14d	30d	7d	14d	30d
浓度 /%	2.0	70	68	65	83	80	78	92	88	86
	2.5	48	45	44	52	51	51	62	61	60

从表8可以看出,随着湿度变化和时间的推移,摩擦电压的变化规律与表面电阻接近,说明30天时,防静电剂的吸湿性基本达到饱和和平衡。虽然当防静电剂浓度为 2.0%和 2.5%时,各种湿度环境下薄膜表面电阻值均在 10⁸~10¹¹Ω 范围内,同时摩擦电压在 100V 以下,都能满足希捷等硬盘厂家对防静电包装袋的要求。但当防静电剂浓度 ≥ 2.5%时,防静电剂含量较大,薄膜表面发粘且有花痕,严重影响外观,因此比较理想的外涂型防静电剂浓度为 2%。但由于防静电剂为极性,而 PE 为非极性材料,防静电剂在基材上的附着力较差,因此外涂型抗静

电薄膜不能重复清洗和溶剂多次擦拭。

2.3 成本对比

本文合成的抗静电剂是主要由 N-(2-羟乙基)乙二胺和冰醋酸为主要原料合成的,原料价廉,设备和工艺简单,产率高,综合成本为 29 元/kg,与市售 50~100 元/kg 的抗静电剂相比,具有天然的价格优势。

3 结论

本文初步探讨了咪唑啉抗静电剂作为内添加抗静电剂在聚氨酯鞋底和作为外涂型抗静电剂 PE 包装膜(袋)上的应用。研究发现,含烷基羟基的咪唑啉抗静电剂,原料易得价廉,设备和工艺简单,产率高。既可作为反应型内添加抗静电剂加入聚氨酯鞋底原液制作成符合国标要求的抗静电鞋材,也可以作为外涂型抗静电剂制备抗静电包装材料。不仅具有成本优势,而且抗静电性能稳定,对环境湿度依赖程度低,具有较好的深入研究和开发应用的前景。

参考文献

- [1]胡树,黎鹏,郭辉,等.浅谈高分子材料用抗静电剂[J].塑料助剂,2018,(1):46~52.
- [2]周向东,刘朋生.目前国内外抗静电聚氨酯弹性体研究进展[J].弹性体,2002,12(3):49~55.
- [3]侯攀,周科勇,王明.抗静电剂在聚合物材料中的应用研究进展[J].中国塑料,2011(07):17~22.
- [4]奚传霖,张均赋,孙桂敏.咪唑啉型阳离子抗静电剂的研制及应用[C].中国纺织工程学会染整助剂及应用技术学术讨论会,1986.
- [5]贺天禄.聚醚型抗静电剂的研究[D].浙江大学,2003.
- [6]胡树,郭辉,李志君,等.洁净室用聚氨酯工作鞋抗黄变性能的研究[J].弹性体,2016(6):10~14.
- [7]曹光龙.几种小分子改性的聚氨酯注浆材料性能研究[D].安徽理工大学,2014.
- [8]叶伦学,丁俊,吴学明,等.一种新型涂覆型高分子抗静电剂的制备研究[J].化学工程师,2011,25(9):56~57.

(上接第 16 页)

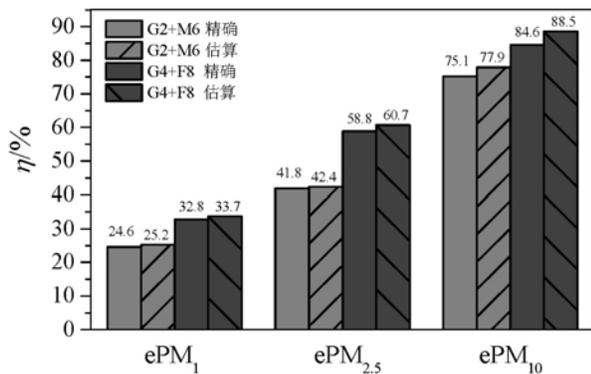


图 6 简便方法和繁杂方法获取的总过滤效率的比较

获取的总过滤效率的比较。由图可以看到,前者的计算结果均大于后者,但两种方法的结果差别非常小。大多数情况下,两种方法的计算差别不超过 2%,仅在 (G2+M6) 组合时对 PM₁₀ 的过滤效率计算差值接近 4%,但相对 84% 的效率而言,其计算误差仍在 5% 以内,故可以认为,简便计算的精度可以满足工程设计需要。

3 结论

实际建筑物机械通风系统中,为了保护中高效过滤器,通常采用多级过滤方法净化环境空气,但这将导致进入二级及后续各级过滤器的颗粒物粒径分布特征与标准粒径分布明显不同。为此,ISO16890 分别给出了求总效率的精确方法和简单方法,但没有提及简便方法的精度。本文以北京地区背景颗粒物粒径分布为基础,对多级过滤的总效率的两种计算方法进行了分析对比。结论如下:

- (1) 进入二级过滤器的颗粒物中,粗粒子占比明显低于标准颗粒物粒径谱的相应水平;
- (2) 多级过滤总效率的简便方法得到的计算值均小于精确方法给出的结果,但误差很小,最大误差率不超过 5%。实际中,如无特殊要求,则简便方法可以满足工程设计计算的精度要求。

静电放电 (ESD) 控制计划的变化和改进

王荣刚

苏州天华超净科技股份有限公司, 苏州, 215121

【摘要】本文简单梳理了静电放电控制计划的由来历史和未来发展趋势,紧扣静电放电控制计划的三个基本原则,通过配置不同的区分,对当前的生产厂商进行了简单分类,对比了不同控制手段或者错误的控制手段带来的问题,对从业人员有一定的参考作用。

【关键词】静电放电;ESD 控制计划

1. 前言:

静电放电控制计划已经实施多年了。最早的计划之一是控制生产火药的安全。这个简单的程序只是在生产和处理过程中保持粉末湿润。这使得静电荷保持在足够低的水平,以致火药无法点燃。在 20 世纪 50 年代和 60 年代,电子产品对静电放电事件不敏感。不容易被静电放电所损伤,即使个别确实因 ESD 事件而失效,但这些失效在整体失效率中所占的比例非常小。20 世纪 70 年代末,随着大规模集成电路 (LSI) 的引入,ESD 成为了一个问题。相关的行业专家意识到这是一个问题,并于 1978 年在美国组织了第一次 ESD 研讨会。当时,大家交换了技术文件,并就问题和解决办法举办了研讨班。公司也在此时开始实施 ESD 控制计划。每家公司都有自己独特的方法,不共享信息。

美国军方是最早认识到静电和静电放电问题的组织之一。解决静电放电过程控制的第一个标准是 1980 年 5 月发布的 Mil-STD 1686。本标准及其配套手册 Mil HBK-263 代表了业界第一个 ESD 控制标准。军队所有的电子产品供应商都必须遵守这一标准。然而,大多数企业仍然遵循公司的 ESD 控制计划。这些早期的标准关注的是人和包装。对绝缘体的控制主要留给最终用户,除了拆除不需要的绝缘体外,没有太多考虑。工具、机器和自动化设备没有被提及,也没有被真正考虑,因为大多数过程都是手动的。基本的原则是保持每件物品和操作者是等

电位联结。

这些第一批静电放电控制程序的另一个问题,是用于控制静电的材料没有标准。这导致许多不同类型的测试、不同的方法和不同的仪器,出现不同的结果。有时候,用这些非标准方法测量的材料在控制静电方面表现不好。20 世纪 80 年代初,一个技术协会、ESD 协会 (ESDA) 成立,试图解决材料测试的一些问题。ESDA 的第一个标准是对腕带、工作表面和地板等物品进行简单的材料测试。这些标准确实创造了一种将一种产品与另一种产品进行比较的方法。这些材料的供应商能够使用这些标准来改进产品,使之更好。例如,简单的腕带在行业中经历了许多变化。一开始只是一个简单的金属腕环,现在已经演变成一个能更好地与人皮肤连接的系统,在某些情况下,还可以进行连续监测。它们提供了比以前更可靠的连接,并且持续时间更长。这些标准还提供了一种以一致的方式测试腕带的方法,以便可以移除和更换有缺陷的腕带。在此之前,材料一直被使用,直到它们被物理损坏,而不考虑电性能。

在 20 世纪 80 年代和 90 年代,电子制造业从所有制造工序都在公司内部的转变为包括许多合同制造商 (CM) 或电子制造供应商 (EMS) 的外部协作模式。军事标准和欧洲标准 CECC 00 015:1991 已经过时。它们要么过于严格,要么没有涉及控制计划的所有方面。

1995年,ESDA被赋予了用工业标准代替Mil-Std-1686的任务。标准ANSI/ESD S20.20-1999^[1]是之前ESD过程控制的替代标准。根据本标准,建立了第三方认证程序,以证明符合标准。今天,本标准已更新并由ANSI/ESD S20.20-2014代替。同时,IEC也更新IEC 61340-5-1 2016^[2],使其在技术上等同于ANSI/ESD S20.20-2014。遵循这些标准是为了安全处理100V人体模型设备。

2. ESD的全球实施

目前,全球各地都在生产静电敏感产品。然而,自20世纪90年代末以来,电子产品生产从高成本地区转移到低成本地区的趋势日益明显。在全球范围内,ESD控制项目的类型和水平存在着很大的差异。

ESD控制水平主要包括:

- A. 很少或没有ESD控制
- B. 基本的ESD控制
- C. 加强的ESD控制程序

ESD控制水平是由客户需求驱动的。建立有效的静电放电控制程序有很多方法。这导致在有效的ESD程序设计和最终使用的控制方面存在很大差异。然而,每一个建立和维护良好的ESD控制程序都基于以下三个基本原则:

- 接地并连接所有导体
- 控制绝缘体上的电荷
- 运输和储存时使用保护性包装

2.1 接地并连接所有导体

保持ESD敏感设备及其接触到的每个项目处于相同的电位(如图1),将确保不会发生ESD相关事件。这种等电位状态可以通过将环境中的所有导体连接到地(地)上或通过将它们连接在一起以保持等电位来实现。这种情况下的联接是指人、工作表面、ESD敏感装置以及与ESD敏感装置接触的任何工艺相关导体和耗散材料。导体的接地和连接将使发生HBM和MM放电的可能性降至最低。

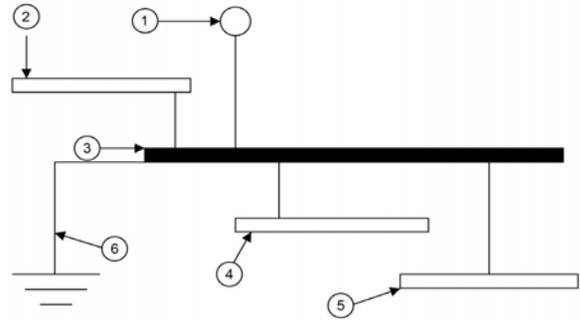


图1 带接地的等电位连接示意图

说明:

- 1 腕带(腕带和接地线)
- 2 工作表面
- 3 公共接地点
- 4 地垫
- 5 地板
- 6 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)

2.2 控制绝缘体上的电荷

一个好的静电放电控制程序将做以下工作:

- 从处理静电放电敏感设备的工序中移除不必要的工艺相关绝缘体。
- 确定在制造/搬运过程中必须的绝缘体形成的静电场与产品的距离。控制绝缘体上的电荷将有助于减少发生与CDM有关的静电放电事件的可能性。

2.3 在运输和储存过程中使用保护性包装

为了确保在制造过程步骤之间或在将ESD敏感设备运输到其他地点(客户或下一个加工设施)期间不会发生ESD,设备应包装在ESD保护性包装中。不同的包装系统可以达到包装所提供的适当保护水平,必须由公司确定。

ESD控制程序和相应的结果数据:

- A. 对于少数公司,即没有实施基本的ESD控制程序,根本没有ESD控制(这意味着根本没有使用控制程序,并且没有按照标准进行验证),这些公司无法处理ESD敏感设备。图2显示了一个人在没有静电放电地板和防静电鞋类的制造环境中行走时身体上的电压。在这种情况下,该人员可能会损坏ESD HBM灵敏度为2000V的设备。

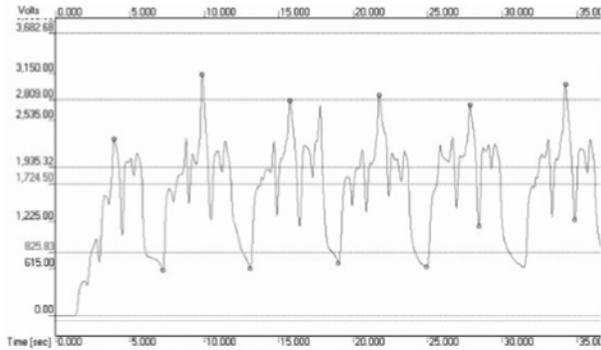


图 2: 在没有静电放电地板和防静电鞋类的制造环境中行走时人体上的电压

一些公司已经实施了基本的静电放电控制程序。一个基本的静电放电控制所有必需的控制手段,但没有冗余。最简单的静电放电控制程序包括:用腕带接地的人员、处理静电放电敏感设备的接地表面、移除所有静电产生材料以及在整个过程中移动静电放电敏感设备的保护包装。这种类型的程序通常由以下公司使用:

- A. 生产作业仅限于小范围内
- B. 处理 ESD 敏感设备的员工数量较少
- C. 产品价值低
- D. 生产的产品可靠性低

然而,简单并不意味着这个计划无效。一个接地良好的腕带系统将使人身上的电压保持在 10V 以下。只要经常对程序进行审计,该程序就可以像使用加强 ESD 控制的程序一样有效。

最后,许多公司利用先进的静电放电控制程序,以确保他们处理的敏感器件不会损坏。使用连续性在线监视器,电离化系统、ESD 地板和鞋类可以为 ESD 计划增加一定程度的稳健性和便利,其中:

- A. 器件对静电非常敏感
- B. 成品价值高
- C. 员工人数多,离职率高
- D. 产品可靠性要求高

所有这些因素以及更多因素都可以推动更复杂的 ESD 控制程序的实施。

3. 过程分析的优势

这个例子显示了仅仅实施 ESD 控制措施和进

行更深入的 ESD 控制过程分析之间的区别。图 3 显示安装了人-鞋-地板系统的制造位置示例。但该公司没有努力评估员工使用的 ESD 鞋类系统。如你所见,工作人员的电压远远高于公司为自己设定的 100VHBM 阈值。所用的鞋是完全根据市场价格选择的。然而,这些鞋子只能为 500V 的设备提供足够的保护。

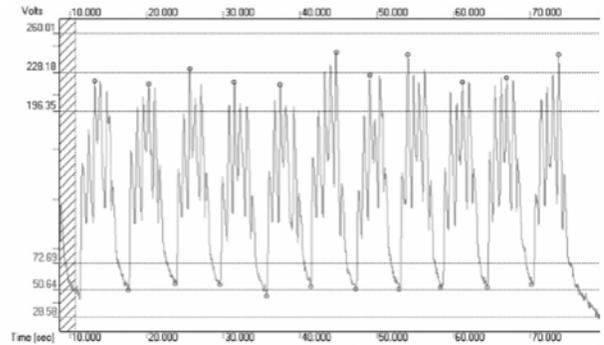


图 3: 安装导电 ESD 地板系统时,制造环境中人员的电压 (与图 1 相比)

然而,当公司选择合适的防静电鞋,现在能够安全地达到他们处理 100 VHBM 敏感设备的目标,如图 4 所示。

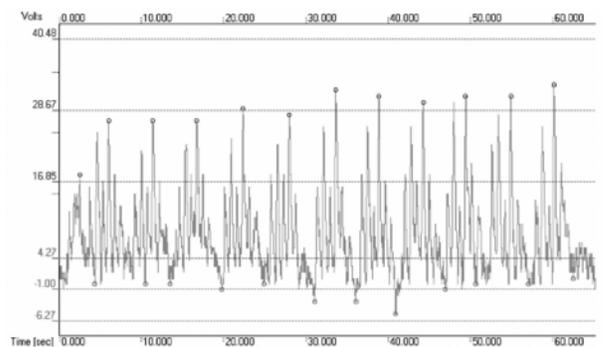


图 4: 在与图 3 相同的制造设施 /ESD 地板上,但穿着正确选择的 ESD 控制鞋的人的电压

另一个很容易危害 ESD 程序的因素,是不经常验证 ESD 控制器材是否正常工作。大多数成功的公司经常审核他们的 ESD 程序,以确保所有的控制元件都按预期运行。建立 ESD 控制程序的两个依据是通过实施由 ESD 协会发布的 ANSI/ESD S20.20 或作为国际标准草案发布的 IEC 61340-5-1。这两份文件将提供必要的结构和指导,(下转第 40 页)

浅谈摩托车和电动自行车骑乘人员用安全头盔

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科技创新中心,深圳 518132

【摘要】简单介绍了摩托车和电动自行车骑乘人员用安全头盔的种类、结构、生产现状以及重要性。详细对比了相关安全标准和主要措施,并对头盔用相关材料进行了说明。最后对安全头盔的消费者和生产企业提出一些建议。

【关键词】头盔;摩托车;安全;标准

随着各行业复工复产,因疫情被按下暂停键的城区又逐渐恢复原来的生活节奏,骑车上街的人越来越多。不少市民出行时,戴了口罩却忘记佩戴安全头盔^[1]。然而2020年4月底开始,继口罩、熔喷布炒作结束后,在微信、微博、朋友圈等互联网渠道又掀起了一场大量购买头盔和采购头盔专用料的浪潮。这一切源于公安部在4月21日下发的关于“一盔一带”的规定。自6月1日起在全国开展“一盔一带”安全守护行动。“一盔一带”就是戴头盔,系安全带的意思,旨在增强摩托车和电动自行车骑乘人员佩戴安全头盔、汽车驾乘人员使用安全带的意识,从而减轻交通事故损害,降低交通事故死亡率。虽然公安部紧急辟谣6月1日起,执法处罚的范围限定为骑乘摩托车不佩戴安全头盔、驾乘汽车不使用安全带的交通违法行为。对骑乘电动自行车不佩戴安全头盔的行为,继续开展宣传引导工作,积极创造条件帮助群众配备安全头盔,提示有头盔的群众自觉佩戴头盔。但这仍然无法阻挡头盔需求在短期内集中爆发,成为线上线下的热销品。A股头盔概念也横空出世,多只涉及头盔概念的个股乘势大涨,生产头盔所需原材料的南京聚隆、国立科技一度连续3个涨停板,伊之密、新日股份、金发科技等也大幅走强。

目前市面上销售的摩托车乘员头盔种类繁多,规格各异,产品质量更是参差不齐。随之而来的却是使用过程中带来的一系列问题,其中一个问题就涉

及到了骑行中的安全防护,一是骑乘人员主观上缺少自我安全防护意识,二是在实际骑行中缺少合适的头盔来进行基本的安全保护。2020年,河北省产品质量监督检验研究从省内头盔销售相对集中的摩托车配件城的10家实体店,采集了10批次摩托车乘员头盔样品进行质量调查。本次质量调查的头盔类型为A类头盔和B类头盔,这两种头盔的区别是B类头盔的保护范围较小,无刚度性能要求。本次采集A类头盔8批次,1批次检验不合格,不合格率为12.5%,不合格项目为:吸收碰撞能量性能;采集到B类头盔2批次,1批次检验不合格,不合格率为50%,不合格项目为吸收碰撞能量性能。吸收碰撞能量性能属于涉及安全项目,因此是产品核心检测性能,此类性能不达标直接关系到用户的生命安全。



近日,公安部交管局部署“一盔一带”安全守护行动,并将在全国于6月1日进行严查。

图1 公安部“一盔一带”行动

本文结合我公司高级无尘服项目进行过程中对安全防护头盔材料的调研和研究实践,提出了一些

信息分享,供大家借鉴和交流。希望以此提高相关生产企业的质量意识,降低消费者的使用风险,保护广大消费者的人身安全。

1. 安全头盔的种类

现在市面上的头盔主要分4种,分别是全盔、3/4盔、半盔、上掀式盔。从安全性角度来讲的话,全盔的防护效果最好,可以保护头部所有位置,包括下巴,缺点是透气性差,夏天佩戴十分闷热。3/4盔能够保护头部的四分之三,这种头盔的眼部至下巴位置是空的,兼顾防护性和透气性。它的特点是透气性好但比不上半盔,防护性比半盔好但比不上全盔。半盔,佩戴方便,透气性好,但只能防护头顶区域,防护性有欠缺。上掀式盔又称揭面盔,可以看作是全盔的一种“补充款”,可以视情况把下巴装置完全翻上去,从全盔变成3/4盔,佩戴方便,防护性好。

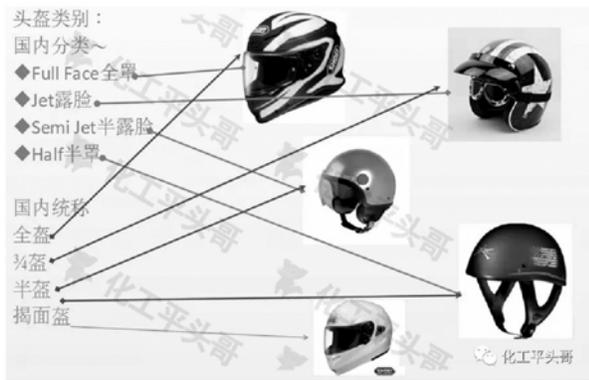


图2 头盔分类图

2. 安全头盔的结构

驾驶摩托车和电动车穿戴的安全头盔一般由外壳、衬里和悬挂装置三部分组成。涉及到高分子材料的部分主要有保护头部的壳、保护脸部和眼部的挡风镜片以及系紧卡扣三部分。由于外壳件是承受撞击时起到分散和缓存冲击力的作用,因此外壳件材料的旋转非常重要。头盔的安全保护能力主要包括头盔的保护区域、头盔的位置稳定性、系带的承受能力和对应撞击、穿刺的保护能力。

3. 我国头盔的生产现状

我国摩托车乘员头盔生产企业主要分布在广东省和浙江省温州市, 备份地区的头盔产品主要是满足低端市场需求, 相比其他地区产品档次要稍微低

一些。温州地区的头盔生产企业比较集中,生产国模和品牌开发处于国内中上游水平,与广东省企业相比无论是头盔壳体树脂选材、工艺和结构设计都相差无几。广东省由于其天然的政策和区域优势,企业生产水平一直比较高,主要有永恒、鹏程等知名品牌。

4. 安全头盔的重要性及生产企业资质

自2019年5月起,海南省公安厅交警总队在全省范围运用“路长制”警务机制组织开展摩托车、电动自行车驾乘人员不戴头盔专项整治工作,头盔佩戴率持续攀升。经视频抽查统计,截至今年4月份,海南摩托车电动自行车驾乘人员头盔佩戴率达到85.7%,比专项整治行动前提升了29.3个百分点。

随着电动自行车产品和摩托车在消费者中使用范围越来越广,根据交通部最新统计数据,2019年底,全国机动车保有量达到3.48亿辆,其中摩托车保有量达到6765万辆,占到全国机动车保有量的19%左右。但是,根据不完全统计,2019年全国电动自行车保有量超过3亿辆,包括了两轮和三轮电动自行车,并且电动自行车还在以每年3000万辆的速度快速增长,预估至2025年,全国电动自行车保有量将达到4.8亿辆左右。

有关研究结果表明,当事故发生时,骑行头盔可吸收大部分撞击力,起到缓冲、减震的保护作用,可使受伤者的比例下降70%,死亡率下降40%,不戴头盔头部损伤率是戴头盔的2.5倍,致命伤不戴头盔是戴头盔的1.5倍,头盔对于电动自行车驾驶人来说,相当于轿车驾驶人所系的安全带,是骑行者遇到危险时的最后一道防线,其重要性不言而喻。

头盔质量直接关系到乘员人体健康、生命安全,是消费者关注的热点,也是各级质监部门重点监督的产品,早在1989年摩托车乘员头盔就列入了生产许可证发证目录。根据《国家质检总局2010年第89号公告》自2011年1月1日起摩托车乘员头盔产品的生产许可由省级质量技术监督部门负责审批发证。2017年10月11日,国家质检总局发布公告[2017年第86号],文件规定:自2018年8月1日起,

摩托车乘员头盔产品只有获得 3C 认证的,才可以出厂、销售、进口或者在其他经营活动中使用。这标志着摩托车乘员头盔产品由以前的生产许可证管理转为 3C 认证(产品质量强制认证)管理。虽然助力车、摩托车乘员头盔产品,实行强制性产品认证(即 3C 认证),不再实施生产许可证管理。但目前针对于电动自行车安全头盔并没有实行强制性产品认证,市面上的头盔只要有合格证,即可销售。

5. 相关安全标准和主要测试项目

随着人们日常生活、工作节奏的加快,电动自行车骑行限速也在不断提升,这势必增加了高速骑行中骑乘人员的人身安全隐患。各地方政府和部分行业也出台了相关政策规范来要求行业人员在骑行过程中必须佩戴头盔。作为保护人脑免受外部事故直接撞击的关键保护配件,乘用人员头盔的设计科学性、合理性、生产工艺水平、原材料的品质保证将直接影响着产品在事故避险中所起到的保护效果,可以说乘用人员头盔是电动自行车和摩托车行业中不可缺少的重要产品。所以,该类产品的技术指标要求和测试方法标准化就显得尤为重。

目前与之相关的主要有三项国家标准《安全帽

测试方法》(GB/T2812-2006)、《摩托车乘员头盔》(GB 811-2010)和《运动头盔自行车、滑板、轮滑运动头盔的安全要求和试验方法》(GB 24429-2009)。另外,由于这几项标准的制定年代、适用范围、技术条款的要求和现在的需求存在着一定的差异,深圳市电动自行车行业协会牵头组织制定了地方团体标准《电动自行车乘员头盔技术要求及检测规范》(T/SEIA 003-2019),以满足深圳市当地的实际管理及使用需求。中国台湾地区也有相关标准《骑乘机车用安全帽》(CNS 3902-1992)(见表 1 标准对照)。

我国新版头盔 GB 811-2010《摩托车乘员头盔》标准,其中 A 类头盔的刚度性能、头盔固定装置稳定性指标参照了 ECE22-2002《摩托车防护头盔》,B 类头盔的吸收碰撞能量性能指标参照了日本标准 JIS T8133-1994《摩托车和机动自行车的驾驶员和乘客用防护帽》和中国台湾标准 CNS 3902-1998《骑乘机车用安全帽》。各国头盔标准之间也是相互学习和借鉴,也并非都是自成体系,但相互之间例如头盔佩戴装置强度、头盔吸收碰撞能量、头盔耐穿透性能这些安全性能测试也存在一些差异。

表 1 国内相关安全标准及主要测试项目

标准名称	标准号	主要测试项目	备注
安全帽测试方法	GB/T2812-2006	冲击吸收、耐穿透、下颏带强度、防静电和绝缘、侧向刚性	
摩托车乘员头盔	GB 811-2010	头盔刚度、吸收碰撞能量、头盔佩戴装置强度、耐穿透	摩托车乘员(包括驾驶人及乘坐人员)佩戴的头盔
运动头盔.自行车、滑板、轮滑运动头盔的安全要求和试验方法	GB 24429-2009	吸收碰撞能量、头盔佩戴装置强度和稳定性	适用于自行车、滑板、轮滑运动者佩戴的头盔
电动自行车乘员头盔 技术要求及检测规范	T/SEIA 003-2019	吸收碰撞能量、头盔佩戴装置强度和稳定性	电动自行车乘员(包括驾驶人及乘坐人员)头盔
骑乘机车用安全帽	CNS 3902-1998	吸收碰撞能量、头盔佩戴装置强度、耐穿透	

头盔佩戴装置强度:佩戴装置性能是表征摩托车骑乘人员在佩戴头盔发生撞击时,头盔能否稳定的佩戴在骑乘人员的头部,不从头部脱落,从而失去保护性能。我国台湾地区 CNS 2396-2007《骑乘机车用防护头盔》采用动态冲击法,利用 10Kg 重锤,高度(750±5)mm 动态载荷冲击检测,检验头盔在受到瞬时冲击力作用下头盔佩戴装置强度及稳定性,而大陆标准采用静载荷测试(见图 3)。在实际事

故中,头盔佩戴完成后系带系紧,事故发生后头盔随乘员一起运动,与头部处于相对静止,而佩戴系绳受冲击状况并不多见,所以我国采用 GB 811-2010 头盔标准静载荷测试佩戴系绳,也有一定的合理性。导致佩戴装置性能不达标的原因有:生产企业对佩戴装置部件如:插扣、系带等设计不完善,部件质量较差,导致在受力时容易出现系带撕裂、插扣或插齿断裂松脱等现象,导致头盔从佩戴人员头部脱落,起

不到保护作用。

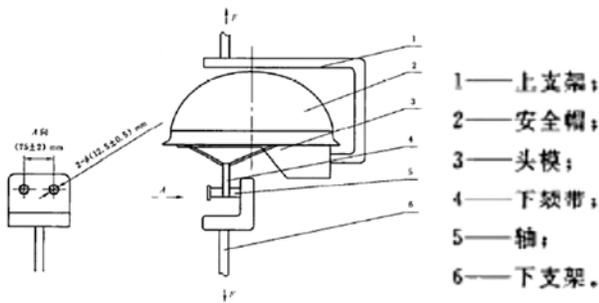


图3 下颌带强度测试装置示意图

头盔吸收碰撞能量性能：吸收碰撞能量性能是影响头盔保护性能的核心指标，这项指标表征的是摩托车骑乘人员在佩戴头盔发生碰撞时，(如撞到石头、路面等物)，头盔对撞击能量的吸收衰减作用。美国 FMVSS (联邦机动车安全标准) NO.218-2006 标准指标要求与我国 GB 811-2010 指标要求一致，其检验头盔吸收碰撞能量的坠落式碰撞试验台与国内试验台基本相同。GB 811-2010《摩托车乘员头盔》标准采用测速方法计算能量，这样解决了使用该装置由于坠落重心及钢索摩擦阻力等因素带来的碰撞效果差异，与美国 FMVSS 标准要求基本一致。大陆标准与台湾地区标准差异为：台湾头盔标准类型分为 A、E、J、M、O 五种，国内分大、中、小三种型号；台湾标准碰撞高度第一次为 2.5m，第二次为 1.28m；与国内头盔标准 A 类盔 1.8m，B 类盔 1.6m，标准指标要求上有一定的差异。GB/T2812-2006 规定使用 5kg 重锤自 1m 高自由或加导向落下冲击佩戴在头模上的安全帽，传递到头模的力不得超过 4900N，测试仪器为落球冲击测试仪 (见图 4)。吸收碰撞能量性能取决于头盔的壳体材料、注塑工艺以及缓冲层材料的发泡工艺等方面。该性能不达标的一般原因是生产企业对缓冲层的发泡工艺和发泡原理的工序控制不严格或不恰当，导致缓冲层性能下降，也有部分厂家使用劣质的工程塑料来制造。

头盔耐穿透性能：头盔耐穿透性能表征骑乘人员在佩戴头盔撞击到尖锐物体时，头盔能否不被穿透而可以保护佩戴人员不受伤害的能力。美国 FMVSS (联邦机动车安全标准) NO.218-2006 标准

落高指标要求 3m，与 GB 811-2010 标准落高一致，而台湾地区标准落高指标要求 2m，低于美国和大陆标准指标要求。GB/T2812-2006 规定使用 3kg 重、锥角为 60°、锥尖半径为 0.5mm，锥形最小长度为 40mm 的钢锥，自 1m 高自由楼下穿刺在安全帽顶部 100mm 直径范围的薄弱部位。使用点接触发声信号反应，判断钢锥是否触及实验的头模表面 (见图 5)。

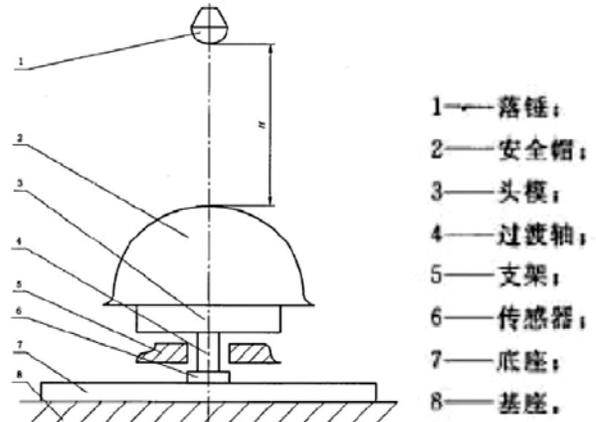


图4 冲击测试装置示意图

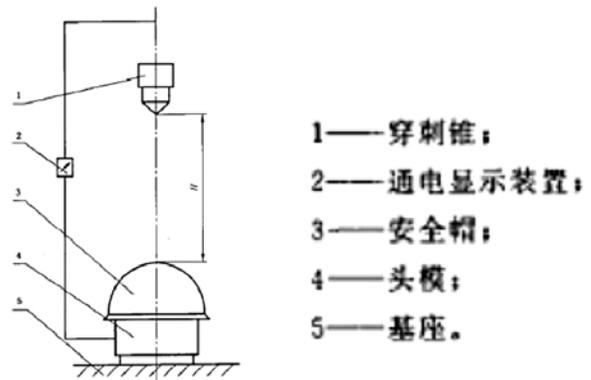


图5 耐穿刺测试装置示意图

与国外相比，国内侧重于物理机械性能检测，国外对物理性能和环保性能检测都很重视。我国头盔佩戴装置强度性能、头盔吸收碰撞能量性能，头盔耐穿刺性为强制性项目。而出口头盔产品还需要检测相关部委的可萃取重金属元素 (镍、镉、铬、铅、铜、砷、锑和钴) 和游离甲醛含量。游离甲醛、可萃取重金属：GB 811-2010《摩托车乘员头盔》标准规定缓冲层和衬垫应选用对人体无毒无害的材料制成；台湾地区标准 CNS 2396-2007 要求缓冲层和衬垫的色牢度应符合 CNS 1496-2008《耐汗染色坚牢度检验法》的要求，但对人体具体健康危害没有涉及。

表2 国外相关安全标准及主要测试项目

标准名称	标准号	主要测试项目	备注
Helmets for pedal cyclists and for users of skateboards and rollers skates	EN1078-1997	高低温、冲击、抗穿刺	滑雪安全帽
Helmets for alpine skiers and snowboarders	EN1078-2006	高低温、冲击、抗穿刺	自行车安全帽
Standard Specification for Helmets Used in recreational bicycling or roller skating	ASTM F1447-2006	高低温、冲击、抗穿刺	自行车或滚轴溜冰安全帽
Industrial helmets	ISO3873-1997	冲击吸收、耐穿刺、下颏带强度、防静电和绝缘、侧向刚性	
摩托车和机动自行车的驾驶	JIS T8133-1994		

由于人们生活水平的提高，因此对头盔材料也提出更多地实际应用要求。在低温环境下头盔外壳容易发生脆性开裂，导致头盔的保护性能失效。而户外长期紫外照射，会使得树脂材料加速老化以及发生黄变，因此对头盔提出了更高的耐候要求。聚碳酸酯表面硬度低，作为保护材料时，易刮花，需要做表面加硬处理。冬天呼、吸气容易在护罩镜片的视线区域产生液化、凝华现象，导致视野受到很大影响，很容易造成交通事故，需要在面罩层内侧做防雾涂层处理，保障行车安全。

外观方面，消费者越来越青睐于金属色流纹（免喷涂材料）和夜光效果（荧光材料）。另外，GB/T 2812-2006 对安全帽的防静电性能（表面电阻率）和电绝缘性能（耐击穿性，击穿电压 > 1200V，泄露电流 ≤ 1.2mA）的测试进行了相关规定。

6. 头盔用材料

现代头盔主要由盔壳（外壳）、缓冲层（含衬里）和悬挂系统（帽衬和顶带栓绳）等构成（见图6）。



图6 头盔结构示意图

其中，外壳是头盔的最外层，在撞击时承受和分散冲击，是保护头部的第一道防线，所以外壳材料的选用非常重要。常用的外壳材质包括有 PC、ABS、PC 合金 (PC/ABS、PC/PBT 等)、玻纤增强材料、碳纤维复合材料和其他新型材料 (PPO/PA) 等。整体看头盔用料种类复杂，但多为原材料直接成型，技术门槛相对较低，竞争会更加剧烈。ABS 树脂是一种强度高、韧性好、抗冲击能力强、尺寸稳定性好、易于加工成型的热塑型高分子材料，综合性能优良，用途广泛。目前市面上最常见的是以 ABS 材质制成的头盔，分量轻，强度高，坚固抗摔，综合防护性能好。如镇江奇美生产的 ABS PA-749K，超高抗冲击，在头盔上应用很多。PC 树脂，是一种无定型、无臭、无毒、高度透明的无色或微黄色热塑性工程塑料，具有优良的物理机械性能，尤其是耐冲击性优异，拉伸强度、弯曲强度、压缩强度高，蠕变性小，尺寸稳定。常用来做头盔和安全帽，防护面罩，墨镜和运动护眼罩。所以除了外壳以外，很多头盔的面罩，也是 PC 材质的，在 PC 镜片的外面再在外面涂上一层硬化膜和抗 UV 膜。PC 合金材料，结合了两种材料的优异特性，例如其中 PC/ABS 既有 PC 树脂的优良耐热耐候性、尺寸稳定性和耐冲击性能，克服 PC 的低温脆性，又具有 ABS 树脂优良的加工流动性，价格上较 PC 也更优惠，目前国内合金材料应用在头盔上比较广。碳纤维外壳拥有绝对的强度。碳纤维头盔非常坚固，可提供无与伦比的冲击和穿透保护。玻璃纤维外壳是头盔中最具成本效益的头盔，但它们通常比复合材料和碳纤维材料的头盔更重且抗穿透性更低。但玻璃纤维和碳纤维材料外壳安全系数高，成本昂贵，市场占有率少。

头盔缓冲层在遇到外力冲击时起到缓冲效果,通常选用能吸收碰撞能量、无毒、无害、吸汗、透气的材料制成。由于发泡聚丙烯(EPP)材料对人体无毒且没有气味,可循环使用,后续逐步替代发泡聚苯乙烯(EPS)材料。多为发泡聚苯乙烯(EPS)、发泡聚丙烯(EPP)和热塑性聚氨酯(PU)材料等。内衬的主要作用就是提升佩戴头盔时的舒适程度,一般由柔软的绒布材料制成。

帽衬和顶带栓绳用料主要为氨纶;下颏带用料主要为棉、锦纶。

不具备安全认证的头盔,在遇到危险的时候,因其选材和设计问题,不能很好地化解外界带来的冲击力,可能会出现塌陷、变形的情况,失去了对骑车人的保护作用。此外,头盔防风镜品质不过关,也可能发生爆裂现象,从而伤害驾乘人员的眼睛。“建议消费者在选购电动车安全头盔的时候,不要只看重价格和款式,更应该选择质量好,有相关认证的产品。同时,消费者在使用前应仔细阅读说明书,并将安全扣系紧。”

7. 结语

电动车行业的发展速度,要明显快于中国经济的增长速度,这必然带来行业快速发展驱动的消费爆发式增长。“一盔一带”安全守护行动的开展,骑行安全头盔市场将迎来增长。一方面是头盔及安全带的生产及销售行业,另一方面是头盔产业链上端的原材料供应行业,同时还有配套的检测设备厂家,如超低温冷冻冰箱、高温高湿老化试验箱、紫外老化测试仪、Zwick 冲击测试机等,以及第三方检测机构。

(1) 给消费者的建议

部分消费者安全意识淡薄,对头盔的安全保护

作用不够重视,一味的贪图便宜和外壳感观,甚至有些用户戴头盔是为了应付交警检查和御寒,这些也是造成劣质头盔充斥市场的重要原因。建议消费者在产品信誉较好的超市、商店购买摩托车乘员头盔,尽量不要选购价格过低的头盔产品。

(2) 生产企业及协会方面的建议

部分企业质量意识差,不重视质量管理,对标准的理解不全面,企业间的无序压价和不正当竞争,也是制约摩托车乘员头盔产品质量提高的重要原因。生产企业应强化产品质量的主体责任意识,把好产品的出厂检验关,杜绝不达标产品进入市场。行业协会或联合会应敦促相关企业严格控制生产质量,提升产品质量水平。为企业优化生产工艺流程、提升产品品质提供了有价值的技术参数指标,也是保护骑乘人员人身安全的一项技术举措。

参考文献:

- [1]陈海燕,郝鑫瑞,陈昱.电动自行车乘员头盔技术要求及检测规[J].质量与认证,2020,(4):60-62.
- [2]头盔和口罩都重要,今日象山,2020.03.11,2020年03版
- [3]吴继钊,刘智理,周锋,等.摩托车乘员头盔产业现状与标准分析[J].品牌与标准化,2014(6).
- [4]王燕珍.论戴头盔的重要性 2020.05.16,南国都市报,2020年04版.
- [5]李云鹤,王政.《摩托车乘员头盔》标准解读[J].监督与选择,2006,(5):41-42.
- [6]张治权,程力.摩托车乘员头盔检情分析报告[J].建筑·建材·装饰,2015,(1):283-284.
- [7]唐良富,唐卡毅,张旻旻,等.摩托车防护头盔发展现状和展望分析[J].中国个体防护装备,2011,(01):21-27.
- [8]李金刚,戴帅.国外摩托车和自行车安全头盔佩戴经验以及对我国的启示[J].汽车与安全,2017(2):21-25.

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

(接上期第 31 页)时,出风口空气过滤器的 ePM_{2.5} 值应不低于多少? 将各相关参数代入式 (4) 可得:

$$\begin{aligned} [ePM_{2.5}]_{\text{出风口}} &= 1 - 13.875/0.75 \times 15 + 0.25 \times 0.85 \times \\ & 50(\text{ODA } 4) \\ &= 1 - 13.875/21.875 \\ &= 1 - 0.634 = 0.366 \end{aligned}$$

即 [ePM_{2.5}] 出风口最低效率应为 36.6%, 约相当于 EU 779 的 M5 或 M6 等级的过滤效率。

如果换成普通宾馆 (SUP3), 房间面积、容积、空调方式、换气次数、新风量等均与上述相同。仅在新风通路上设置空气过滤器时, 按表 4 及表 5 的规定, 选用 ePM_{2.5} 总计值 >65% 的空气过滤装置即可满足要求。此时空调送风的 PM_{2.5} 浓度为:

$$\begin{aligned} C_{\text{sl}} &= (1 - 0.25) \times 25 + 0.25 \times 17.5 (\text{SUP3}) \\ &= 18.75 + 2.625 = 23.125 \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

送、排风的 PM_{2.5} 浓度差为: 25 - 23.125 = 1.875 μg/m³

维持室内 PM_{2.5} 浓度不高于 25 μg/m³ 水平, 每小时由排风带走的 PM_{2.5} 总量为:

$$720 \times 1.875 = 1350 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

若风机盘管在新风、回风混合后在出风口设置空气过滤器, 当新风的予过滤效率 ePM_{2.5} 为 15% 时, 出风口空气过滤器的 ePM_{2.5} 值应不低于多少?

$$\begin{aligned} [ePM_{2.5}]_{\text{出风口}} &= 1 - 23.125/0.75 \times 25 + 0.25 \times 0.85 \times \\ & 50(\text{ODA } 4) \\ &= 1 - 23.125/29.375 \\ &= 1 - 0.787 = 0.213 \end{aligned}$$

即 [ePM_{2.5}] 出风口最低效率应为 21.3%, 约相当于 EU 779 的 M5 等级的过滤效率。

例题 3 北京某高级办公室 (SUP2), 建筑面积 50m², 办公人员 10 人, 设计最小新风量 408 m³/h (人均 30 m³/h, 地面 2.16 m³/h.m², 见 JGJ/T-2018, 第 306 款), 采用全空气系统, 房间送风量 1050 m³/h, 新风比约 0.39。

解: 当空气过滤装置仅设在新风通路时, 房间送风的 PM_{2.5} 浓度 C_{sl} 为:

$$\begin{aligned} C_{\text{sl}} &= (1 - 0.39) \times 15 + 0.39 \times 10.5 (\text{SUP2}) \\ &= 9.15 + 4.095 = 13.245 \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

维持室内 PM_{2.5} 浓度不高于 15 μg/m³ 水平, 每小时由排风带走的 PM_{2.5} 总量为:

$$\begin{aligned} 1050 \times (15 - 13.245) &= 1050 \times 1.755 \\ &= 1842.75 \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

如果新风经 ePM_{2.5} 为 15% 的予过滤器过滤并与回风均匀混合, 再经 p³ 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 p³ 空气过滤器。

$$\begin{aligned} [ePM_{2.5}]_{\text{p}^3} &= 1 - [13.245/0.61 \times 15 + 0.39 \times 0.85 \\ & \times 50(\text{ODA } 4)] = 1 - 13.245/25.725 \\ &= 1 - 0.515 = 0.485 \end{aligned}$$

即 [ePM_{2.5}] p³ 最低效率应为 48.5%, 约相当于 EU 779 的 M6 等级的过滤效率。

如果换成普通办公室 (SUP3), 其他条件不变时, 当空气过滤装置仅设在新风通路时, 房间送风的 PM_{2.5} 浓度 C_{sl} 为:

$$\begin{aligned} C_{\text{sl}} &= (1 - 0.39) \times 25 + 0.39 \times 17.5 (\text{SUP3}) \\ &= 15.25 + 6.825 = 22.075 \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

维持室内 PM_{2.5} 浓度不高于 25 μg/m³ 水平, 每小时由排风带走的 PM_{2.5} 总量为:

$1050 \times (25 - 22.075) = 1050 \times 2.925 = 3071.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

如果新风经 ePM_{2.5} 为 15% 的予过滤器过滤并与回风均匀混合, 再经 p₃ 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 p₃ 空气过滤器。

$$[ePM_{2.5}]_{p_3} = 1 - [22.075/0.61 \times 25 + 0.39 \times 0.85 \times 50 (\text{ODA } 4)] = 1 - 22.075/31.825$$

$$= 1 - 0.694 = 0.306$$

即 [ePM_{2.5}] p₃ 最低效率应为 30.3%, 约相当于 EU 779 的 M5 等级的过滤效率。

参考文献:

[1]唐正,刘鑫译,亢燕铭,蔡杰校,按 ISO 16890 分级的一般通风空气过滤器的选用[S],中国制冷空调工业协会《空气过滤器国外标准汇编》2018 年 6 月

Eurovent 4/23-2018 Selection of En ISO 16890 rated air filter classes for general ventilation applications (First edition, published on 9 January 2018) [S], Eurovent 80 Bd. A. Regers Ln, 1030 Brussels, Belgium, Eurovent, European Industry Association

[2]Eurovent 4/23-2018 Selection of en ISO 16890 rated air filter classes for general ventilation applications (second edition, published on 1 October 2018) [S], Eurovent 80 Bd. A. Regers Ln, 1030 Brussels, Belgium, Eurovent, European Industry Association

[3]涂光备, 制药工业的洁净与空调(第 2 版) [M], 北京, 中国建筑工业出版社, 2005 年

[4]World Health Organization, Air Quality Guideline Global Update 2005 (Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide[S], WHO Regional Office for Europe in Publications, Scherfigsvej 8 DK-2100 Copenhagen, Denmark

[5]中华人民共和国行业标准, JGJ/T-2018 公共建筑室内空气质量控制设计标准 [S] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 北京, 中国建筑工业出版社, 2018 年

[6]陈治清. 办公建筑室内颗粒物污染与控制措施研究[D]. 上海: 同济大学, 2014. 45-55

[7]朱梅. 基于 PM_{2.5} 浓度标准的室内环境控制方法的研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2014. 25-27

[8]曹国庆, 谢慧, 赵申. 公共建筑室内 PM_{2.5} 污染状况及

过滤器效率调研[J]. 建筑科学, 2015, 31 (4) : 40-44

[9]涂光备, 涂有, 刘冰等, 细颗粒物 (PM_{2.5}) 室外设计浓度的相关问题[J]. 暖通空调, 2016, 46 (10) : 70-74

[10]涂有, 涂光备, 张鑫. 通风用空气过滤器的细颗粒物 (PM_{2.5}) 过滤效率研究[J]. 暖通空调, 2016, 46 (5) : 49-54

[11]王清勤, 李国柱, 赵力等, 建筑室内细颗粒物 (PM_{2.5}) 污染现状, 控制技术与标准. 暖通空调, 2016, 46 (2) 1-7

[12]王清勤, 赵力, 李国柱等, 建筑室内细颗粒物污染控制设计方法研究[J]. 暖通空调, 2016, 46 (4) : 61-65

[13]王清勤, 李国柱, 朱荣鑫等, 空气过滤器设计选型用 PM_{2.5} 室外浓度确定方法 [J], 建筑科学, 2015, 31 (12) : 71-77

[14]李剑东, 徐昭玮, 王志勇, 侯银燕, 王智超. 通风系统用空气净化装置细颗粒物 (PM_{2.5}) 净化效率测试方法[J]. 暖通空调, 2017, 47 (4) : 60-64

[15]涂有, 涂光备. 关于一般通风用空气过滤器国际新标准 ISO 16890:2016 的探讨[J]. 暖通空调, 2017, 47 (12) : 15-19

[16]涂有, 涂光备, 赵策. 试解读《一般通风用空气过滤器》国际新标准[J]. 洁净与空调技术, 2018, No. 3 (总 99) : 1-5

[17]涂有, 涂光备, 刘冰等. 再议一般通风用空气过滤器国际新标准[J]. 暖通空调, 2018, 48 (5) : 27-32

[18]涂有, 涂光备. 三议 ISO 16890:2016 标准的一些相关问题 [J]. 暖通空调, 2018, 48 (10) : 1-7

[19]基于过滤浓度日数的新风 PM_{2.5} 过滤负荷特性研究[J]. 同济大学学报 (自然科学版), 2017.09. Vol. 45 No. 9: 1345-1351

[20]Minister of Supply and Services Canada, Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality [S], Health Canada. 1995, Ottawa, Ontario KIA OK9

[21]Canada health HI29-16/2012. Docx Guidance for fine particulate matter (PM_{2.5}) in residential indoor air[S] the Minister of Health, 2012

[22]Canada Residential indoor air quality guidelines [S] Date modified: 2018-02-05 <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/air-quality/residential-indoor-air-quality-guideline>

[23]American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. ASHRAE Position on Filtration and Air Cleaning. 2018 [R] ASHRAE Atlanta Georgia 2018

洁净室与其他受控环境空气分子污染控制技术

李启东

复旦大学

1 空气分子污染将成为洁净室污染控制的首要问题

1958年 Jack St. Clair Kilby 发明了集成电路,拉开了微电子工业的序幕,奠定了信息时代到来的基础。半导体和微电子工业经过了近40年的发展,直到进入上世纪90年代 SEMATECH 与 SEMI (国际半导体设备与材料协会)联合提出了集成电路生产中“化学暴露”(Chemical exposures)的问题。也就在九十年代硅技术节点出现了令人难以置信的收缩,使得化学污染的影响日渐突出。虽然粒径只有几个 Å (0.1 nm) 的分子污染物,最终对产品或设备造成致命缺陷“killer defect”。

气载分子污染(AMC)在20世纪90年代末期,第一次成为一个重要问题,并从此开始引入空气化学过滤器。20年来已有不少的进展,控制的浓度愈来愈低达 (ppt v/v), 要求控制的分子污染物的种类、数量都有很多增加。AMC 的控制包括了常规化学污染物“ABCs”即:酸、碱、可凝聚有机物、掺杂剂。以及元素有机化合物(金属有机化合物和有机氟化合物等)难溶化合物,硫化物,硅化合物等。这个 AMC 的名单还在继续增长。

2018年6月,IEEE Operations Centers 这一世界上最大的技术专业组织,致力于推进人类技术的发展,发布2017年版的国际设备和系统路线图(IRDS)。为在15年里,发展半导体和计算机行业提供技术需求。

其中明确提出,在集成电路制造中,成品率下降与多种因素有关。列举如下:

- (1) 气载分子污染(AMC)
- (2) 有机或无机的气载颗粒污染(APC)
- (3) 工艺过程引起的缺陷,如划痕、裂纹和颗粒

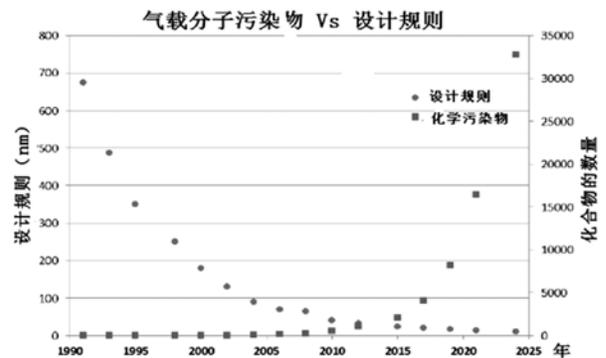
覆盖等

(4) 工艺不稳定导致的缺陷

(5) 来自设计的偏差

从所列各项因素中与环境污染控制有关的只有两项,第一是 AMC 第二是 APC。

同时指出气载分子污染化合物的数量将随着微电子工业产品特征尺寸的减少而呈指数增加。见下图:



这一趋势表明今后新一代半导体技术对 AMC 的敏感度将大大提高。产生这一问题的原因主要是由于光刻所用的光束能量增大,以及晶体表面能增加所致。

因为能量与光波长的关系式如下:

$$E=hc/\lambda$$

E: 能量 kJ

h: 普朗克常数 $h=6.62606896 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$

c: 光速 $c=3.153 \times 10^{17} \text{nm/s}$

λ : 波长 nm

根据能量与波长公式,波长与能量成反比,波长越短能量越高。随着 IC 特征尺寸的减小到 14nm 以下,光刻所用的波长已达极紫外光(EUV)这光束具有较高的能量,能使环境空气中的化合物产生分解

以致环境中化合物数量大增。

此外,随着特征线宽的减小,晶体表面与体积的比率增加使表面能增大。随之由于悬空键的存在,使材料表面具有更高的活性,这促使在生产过程中晶体表面上,产生不希望发生的化学反应。这些因素造成化合物数量呈指数的上升。

据报道,对洁净室空气污染控制,目前已有一些集成电路制造商把过滤器的选择、性能和空气质量数据视为自己的专利,并可能将其视为知识产权的一部分加以保护(英特尔、台积电)。

对于上述各项叙述所看到的情况是问题越来越复杂,也不能依靠外国,应该促使对我们自己的化学过滤器的开发、制造和研究加以重视。

2 空气分子污染的定义和分类

2.1 AMC 的定义

气载分子污染 (AMC): 污染物以分子态的气体、蒸汽存在于空气中,通过空气的对流或扩散过程,从源头到产品传输并沉积在晶片或设备表面,产生腐蚀及缺陷。

在空气中迁移或扩散的气态分子的直径通常是 $< < 100 \text{ \AA}$ 或 10 nm ,

常见范围是: $2\text{--}50 \text{ \AA}$ 。如 SO_2 : $< 0.404 \text{ nm}$, NH_3 : 0.38 nm , H_2O : 0.32 nm , NO : 0.317 nm 。

2.2 洁净室中空气分子污染物的分类

准确了解分子污染物的分类和性质,是选择控制技术的重要依据。

最早洁净室空气分子污染物的分类标准是, SEMI F21-95 其中把看起来杂乱的污染物分成四大类:

△酸类:一种腐蚀性物质,其化学反应特性是电子接受体。

△碱类:一种腐蚀性物质,其化学反应特性是电子给予体。

△可凝聚物类:一种物质(水除外),通常在大气压下沸点高于室温,可凝聚在干净的表面。如硅酮(沸点 $\geq 150^\circ\text{C}$),碳氢化合物(沸点 $\geq 150^\circ\text{C}$)。

△掺杂物类:一种能改变半导体材料电性质的

化学元素。如硼(通常为硼酸),磷化物(通常为有机磷酸酯类),砷(通常为砷酸盐类)。

随后是 ISO 14644-8 (2006) 在前者的基础上又增加了四类:

△生物体毒素:对生物体、微生物、组织或单个细胞的发育和保存有害的污染物。

△腐蚀物:引起表面发生破坏性化学变化的物质。

△有机物:以碳为基础,也含有氢的物质,不论是否含有氧、氮或其他元素。

△氧化剂:一种物质,当沉积到受关注的表面或产物上时,导致氧化物 (O_2/O_3) 的形成或参与氧化还原反应。

到这时,空气分子污染物被分成八类。此外, ITRS 2007 年在所提的分类中,之外加入了难熔物 (Refractories)。

2.3 洁净室化学污染物分类的新设想

在 IRDS 2017 年技术路线图中关于化学污染物的论述中,首先提出今后随着逻辑节点范围不断缩小,化学污染物的数量将会按指数上升,正因为数量、品种增多原来的分类将有一些污染物不能被包括。IRDS 打算根据化学污染物所属的化学家族,对 AMC 的污染物进行新分类。这种分类可能是合理的,因为同一化学家族中的化合物性质有类似的化学反应模式。更便于选择最合理的、对症下药的净化方式。下面的图表是这个新的分类建议:

化学家族	影响				
	工艺过程	设备	器件		
			工艺生产前	生产中	工艺生产后
路线图的术语	应用点	进入点	工艺过程点	工艺过程点	工艺过程点
无机酸	Yes	Yes	No	Yes	Yes
无机碱	Yes	No	Yes	Yes	Yes
酸	Yes	Yes	Not Known	Not Known	Yes
有机酸	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
胺类	Not Known	Yes	Not Known	Not Known	Not Known
酯/醇类	Not Known	Yes	Not Known	Not Known	Not Known
醚类/醚类	Yes	Not Known	Not Known	Not Known	Not Known
芳香族化合物	Not Known	Yes	No	No	No
增塑剂类	Yes	No	Yes	No	No
脂肪族化合物	No	Yes	No	No	No
杂环族化合物	Not Known	Yes	Not Known	Not Known	Not Known
醚类/醚类	Not Known	Yes	Not Known	Not Known	Not Known
氯化物	Not Known	Yes	No	No	No
硫化物	Yes	Not Known	Not Known	Not Known	Not Known
卤化物	Not Known				

化学家族中包括 15 类似对 AMC 污染物的新分类

在新的分类中,以前的可凝聚化合物以及掺杂物没有被包括是因为它们不属于化学家族。

3 空气分子污染控制相关的技术

3.1 臭氧氧化、活性氧、高能氧的技术已禁止作为净化器室内使用

臭氧是一种氧化剂，对室内空气污染物有一定的氧化分解作用，曾经被用作空气净化器。但是臭氧对人体健康是有害的也是破坏草木生长和生态系统的污染物。臭氧可引发各种健康问题，包括：胸痛、咳嗽、咽喉充血、刺痛、支气管炎恶化、肺气肿和哮喘等。由于强烈的氧化作用破坏肺壁细胞组织，降低肺功能，反复的暴露可引起无法恢复的伤害。因此，世界各国都制定了室内环境标准（ $0.1-0.15\text{ppm} \approx 100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。研究证明，当臭氧浓度低于环境标准时，根本不具备氧化污染物的能力，不能去除一氧化碳、甲醛、不能去除颗粒物质，不能去除异味，也不能去除病毒、细菌、霉菌以及其它生物污染物。管理部门对这样的净化器不可能发给证书，不推荐，不组织生产。

3.2 低温等离子体法 (low temperature plasma)

这一技术目前主要用在工业废气处理，对于恶臭、异味以及含有亲电子基团气体的处理。

3.3 纳米 TiO_2 光催化 (Nano-TiO₂ photocatalysis)

在污染控制技术中这是一种真正环境友好的绿色技术，对于降解室内空气污染物有较好的效果，但由于催化反应速度以及光源等问题，目前在大型通风工程中尚少见应用。

3.4 生物酶法 (Bioenzyme)

该技术能去除气相中的挥发性有机化合物和硫化物等，目前主要应用在有关工业废气治理中。

3.5 离子交换 (树脂或纤维) 技术

自从上世纪 40 年代 Ford E.M., Hall W. P. et al 有意识的通过化学改性手段制备具有预期特殊功能的纤维材料，从那时开始，离子交换纤维 (IEF) 至今已经走过了 60 多年的发展道路。先后研制开发出多种可进行工业批量生产的阴离子交换纤维、阳离子交换纤维、螯合以及抗菌功能纤维与织物材料，并开展了空气净化、人体呼吸防护和抑菌消臭功能织物研制及系列下游产品应用开发等工作。

由于离子交换纤维材料具有较高的比表面积和近乎无穷大的长径比，使得材料拥有较高的动力学吸（脱）附速度，适用于微量物质的深度净化处理。并且能以织物或纸的形式出现，所以它们能在许多传统材料不能或很难作用的领域发挥其独到的作用。各种气态极性分子的吸附无疑是 IEF 材料最具特色的应用领域之一。多年来，这方面已有大量的专利与文献发表，其中许多工作已经成熟并进入实用阶段。

离子交换纤维化学过滤器具有，吸附反应速度快，非常高的效率、体积小、重量轻、多功能、压力降很小、通过再生可反复使用等优点。混合型的离子交换纤维化学过滤器可用于洁净室及其他受控环境的新风系统、循环风系统去除空气中的 AMC。下面的表格是市场上已经出现的一些初端产品性能。缺点是选择性很强，价格很贵，通常是活性炭价格的 2-20 倍或更多。

规格 型号	尺寸 (mm) 高×宽×厚	额定空气流 速 (m/s)	额定空气体积 (m ³ /h)	压力降 (Pa)	净化效率 (%)	重量 (Kg)
1	610×610×75	0.5	600	~35	~90	6.0
2	610×610×65	0.5	600	~20	~90	5.0
3	610×610×50	0.35	420	~12	~90	4.5
4	610×610×75-65	~0.5	~600	~40	~90	5.0-5.5
5	610×1220×75-65		~1200	~30	~90	9.5-10.5
6	610×50×610-1220	~0.35	420-840	~15	~90	4-7
7	610×290×305-610	~2.9	1680-3360	~98	~90	9.5-16.5

3.6 常温催化氧化和活性炭吸附技术

经过数十年的研究和实践可以确认，常温催化氧化技术和活性炭吸附技术是通风系统中去除化学污染的最有效、可靠的方法。当然两者结合取长补短更是非常好的方案。

活性炭在空气净化领域的应用，早在第一次世界大战就开始研究和应用，其中应用较广的有活性炭对毒气的防护，用硫代硫酸钠浸渍的活性炭吸附氯气，并制成防毒面具，这一技术至今仍在应用。在化学防护的研究中还采用含碳材料制成防护衣和防护工事等。此外，在上世纪 50 年代初就开始投入研究的核空气净化领域，在这方面，以核安全为核心，对通风系统技术、标准、组件包括过滤器，介质材料，

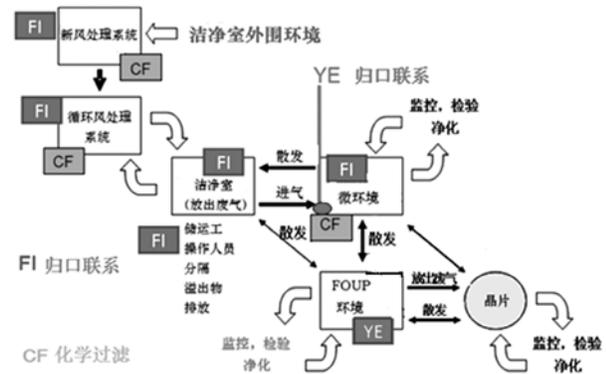
提高吸附性能,应对各种不利环境条件等的研究。由美国政府和哈佛大学联合主办的双年度核空气净化会议,是一个世界规模的大会,记录了这一领域大量的研究成果。

活性炭是一种多孔碳材料,具有高比表面积,要求用于通风系统中的活性炭比表面积需在 1000 m²/g 左右,有非常好的吸附性能。不论哪一类碳材料,未经改性的称作基炭,经化学改性的称作浸渍炭。基炭在多数情况下只能发生物理吸附,浸渍炭的吸附作用属于化学吸附,正因为是化学吸附所以对污染物的选择性很强。在通风系统化学过滤器中应根据气流中污染物的组成,进行合理的配置。

实践验证了在气相污染干法处理技术中,空气过滤介质、过滤器和通风系统,基本上可以解决任何 AMC 污染问题。

4 洁净室及其他受控环境空气化学污染综合解决方案

按 ITRS 对洁净室和其他受控环境分子污染控制的综合解决方案,见下图:



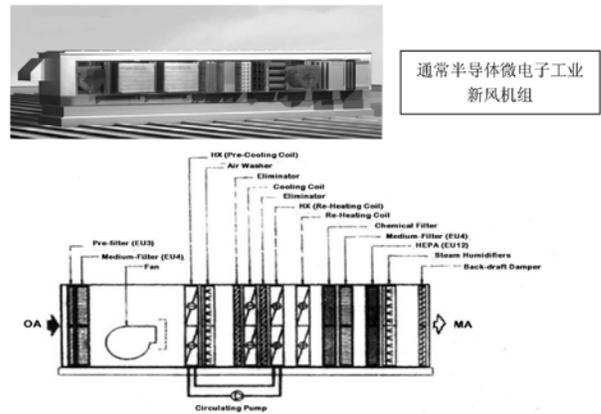
按这一方案要求在新风处理系统、再循环风处理系统、微环境系统和尾气排放系统等部位安置不同规格和性能的空气化学过滤器。表中列出上述各部位的目标污染物、过滤器中的吸附介质、过滤器类型和工艺设备,此表仅供参考。

4.1 新风处理系统 (Make-up air handling unit)

新风处理系统主要功能是不断补充供给洁净室所需新风,气源是周围的空气,如果仔细选择外部进气口的位置,不要设在本厂或周边工厂主要排气口

Application Area	Outside Air	Recirculation Air	Filter Fan Unit (FFU), Minienvironments, Point-of-Use Filters	Emergency Gas Scrubbers, Exhaust Air
Target Contaminants	SO ₂ , NO _x , O ₃ , Cl ₂ , NH ₃ , VOCs	NH ₃ , NMP, amines, acids, alcohols, VOCs, AsH ₃ , BF ₃	NH ₃ , NMP, amines, Cl ₂ , HCl, HF, BF ₃ , VOCs	AsH ₃ , PH ₃ , BF ₃ , Cl ₂ , HCl, HF, CF ₃ , VOCs
Media	GAC, impregnated carbons/alumina	GAC, impregnated carbon/alumina, adsorbent-loaded nonwovens	Adsorbent-loaded nonwovens, ion exchange	Specially impregnated carbon/alumina
Filters	Thick/thin bed trays/modules (25-75 mm, 1-3")	Thin bed trays/modules, pleated media filters, flat panel filters	Pleated media filters, flat panel filters, trays	Bulk media
Equipment	Front/rear access frames, 2-3 passes	Front/rear access frames, 1-2 passes	Side access systems, integrated recirculation air filters, OEM filter housings	Deep-bed scrubbers, emergency gas scrubbers

的下风位置,这样补气系统的目标污染物主要是大气污染物。系统通常要求能控制 SO_x、NO_x、臭氧 (O₃)、挥发性有机物 (VOCs),以及一些该地区特定的污染物或如氯 (Cl₂)、有机磷、氨 (NH₃) 等。对于新风处理系统,应该设计为零停机系统。常见的新风系统图示:



可实现大焓差、节能、净化化学污染物的新风系统

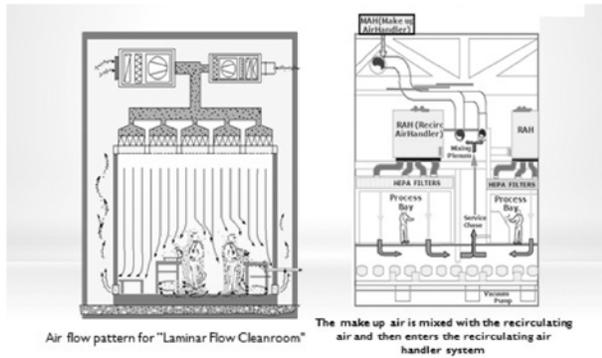
4.2 再循环空气处理系统 (Recirculation air handling unit)

再循环空气处理系统要求根据洁净室功能区域的具体要求选择 AMC 控制方案。处理对象一般是由生产过程、实验室或其他活动在设施内产生的。化学过滤器必须被设计成能除去大量的无机酸、有机酸、氨、胺、醇、N-甲基吡咯烷酮、VOCs 和 AsH₃、BF₃ 等的的能力。

循环风处理系统的两种不同形式处理流程示意图,如下:

4.3 微环境处理系统 (Minienvironment filtration system)

微环境,是通过设计分隔手段把产品处理区域与人员和周围房间环境隔离的局部环境,可提供对



特殊的气载分子污染物的局部控制。

在洁净室中微环境的存在，可以提供重点处理个别对工艺过程特别敏感的污染物。因此，洁净室的大通间只要用一个通用的 AMC 过滤系统，其中的微环境过滤系统可以使用高度专业化和定制的过滤介质来处理这些非常规的特定的化学物质。此外，微环境 AMC 过滤器可以减少污染物对整体洁净室的影响，因此可减少对外围空气的处理量。分隔微环境也就可以使用 AMC 过滤器控制微环境内部产生的污染物，以免这些污染物释放到周围循环的空气中。手套箱和其他隔离器 (POD, FOUP 等) 可以看作是微环境中的特殊情况，这些特殊微环境中也需要采用无化学的清洁的惰性气体进行净化，如氩气，氮气等。

4.4 应急气体及排放气体处理系统 (Emergency gas and Exhaust treatment system)

应急气体及排放气体处理系统处理的主要污染物有, AsH_3 、 PH_3 、 BF_3 、 Cl_2 、 HCl 、 HF 、 ClF_3 和 VOCs 等。但在应急处理过程中所使用的过滤器必须是深层过滤器，为保证在处理高浓度或大量事故排放的气体时更有效、安全。

最终空气排风系统，不仅仅是去除化学污染物，也必须具有除尘的功能。因此，该系统应包括，气体净化器和颗粒污染物收集器等，要求达到 EHS solutions, 即环境 (Environment)、健康 (Health) 和安全 (Safety) 的解决方案。

5 空气分子污染控制重要的设备 - 空气化学过滤器性能指标

气载分子污染 (AMC) 在上世纪 90 年代末期，

第一次成为一个重要问题从此开始引入空气化学过滤器。20 年来大量实践证明气相过滤介质和化学过滤器，基本上可以解决任何 AMC 问题。

5.1 目前化学过滤器的各种形式

5.1.1 平板过滤器 (Flat Panel Filters)

是在垂直于气流的框架中支撑着一层扁平的吸附剂介质。吸附介质可以是多种吸附或催化介质的任何一种形式。在平板过滤器中又分黏合块平板过滤器、蜂窝式平板过滤器和折叠式平板过滤器等。

5.1.2 打褶式过滤器 (Pleated Filters)

一种粘负吸附介质的无纺布被打褶，制造成类似于颗粒过滤器的形式，有 1-4 吋打褶过滤器，深褶 (Deep Pleat) 6-12 吋的箱式打褶过滤器，和折叠板式过滤器。这些过滤器的介质也可以使用本身就是吸附剂的吸附介质 (如活性炭纤维毡、布) 生产。

5.1.3 V 型过滤器 (V-bank Filters)

这种空气过滤器的设计是，用单独的面板 (内充填吸附介质或折叠的平面板) 安放在 V 形结构中，V 口面向上游。这种设计可以在过滤器中放置更多的吸附介质，可以具有更高的吸附容量和更低的压降。在使用松散填充吸附剂，这些过滤器也称为托盘 (tray) 系统，v 型过滤器有 1 吋-3 吋数种。

5.1.4 袋式过滤器 (Bag/Pocket Filter)

单个的口袋是由一层带有吸附介质的无纺纤维材料，沿着边缘缝合或粘合而成。通常，许多口袋密封在一起，并安装在镀锌金属框架和头部形成袋式过滤器。

5.1.5 圆筒式过滤器 (Canister Filters)

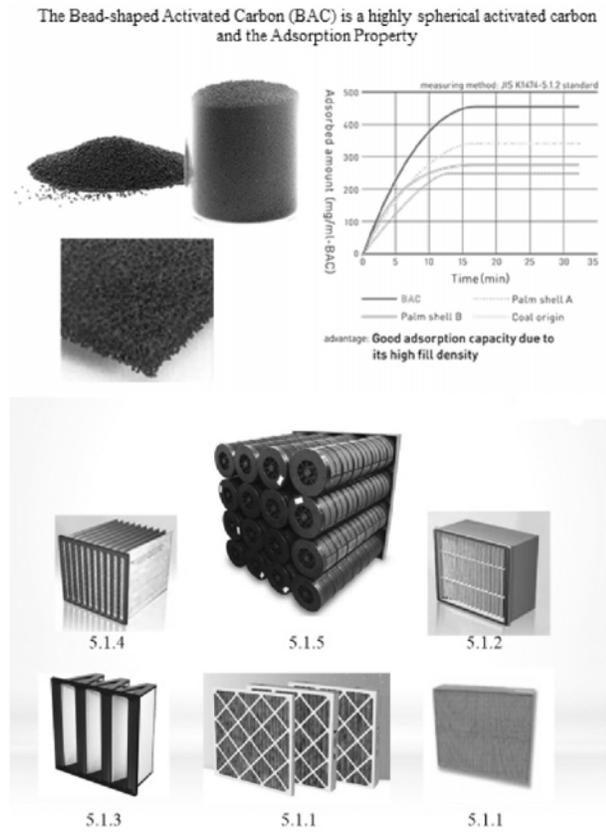
外壳材料选用穿孔不锈钢，镀锌铁板或塑料做内外墙形成一个环形，其中包含一些松散填充吸附剂的介质床。进口通常包含一个整体密封垫和卡口安装，以锁定到一个固定框架筒，消除旁路和泄漏。罐的末端由一个实心盖密封。

5.1.6 化学滤网

化学滤网是由微球活性炭 (BAC) 和开孔聚氨酯软泡组成，其中的微球活性炭均采用各种浸渍剂处理，进行化学改性。能去除特定的目标污染物。每一

层厚度约 2cm, 压力降很小, 如有需要可以串联至 6cm 使用, 面风速 $v=0.45\text{m/sec}$, $\Delta P \leq 30\text{pa}$ 。

化学滤网可与天花板格栅和风扇过滤装置组合使用, 可以有效地去除洁净室部分区域有特别要求净化的污染物。由于 FFU 所处的位置, 对于来自新风处理系统和再循环风处理系统中的 AMC 污染物也会多次通过 FFU 的化学滤网, 然而, 如果整个设施都需要化学滤网控制, 这将需要大量的化学滤网, 或可能缩短滤网的使用时间。



5.2 空气化学过滤器性能关键技术指标

一台合格的空气化学过滤器性能参数中四项关键标准是由:ISO 10121-2 (2013)“通风系统中气相空气净化介质和装置性能评价的试验方法—第 2 部分:气相空气净化装置(GPACD)”。这标准中规定的四项关键指标:

△压力降 Δp , 要求测定在额定空气流之下的压力降。以及额定量 50%、75%、100%、125%的压力降, 从而确定流量与压力降之间的关系。

△初始净化效率 E_i , 要求全新的过滤器, 实验条

件包括污染物浓度、空气流量、温度、湿度应尽量接近使用条件, 试验持续 3 小时, 效率要达到 $>95\%$ 。

△吸附容量 m_s 试验应在一个较高的浓度下进行, 大约控制在 10—100ppm 范围内。在保持上游浓度稳定的情况下, 按一定时间间隔在下游取样测定, 测到相应的去除效率, 在去除效率为 90%、50% 和 30%时, 其相应的流量 \times 上游浓度, 所得污染物的重量 (g) 即是各相应效率时的吸附容量。

△保持能力 m_r 当上述实验进行到下游气体污染物浓度达到或接近上游浓度时, 立即停止污染源进入, 上游气体的污染物浓度为零, 保持原来的流量和温、湿度, 吹洗化学过滤器, 过滤器中吸附不牢固的某些污染物开始解吸、脱附, 记录下游气体浓度直到浓度为原始上游浓度的 5%结束试验。或者吹洗 6 小时为止。通过计算得出保持能力。

这些参数具有下述的特性:

- 这些参数相互之间都是有联系的,
- 不同的气体有不同的数据(例外, ΔP 不受影响)
- 对同一气体不同浓度可产生不同的数据(例外, ΔP 不受影响)
- 数据受现场存在的其他气体、温度、湿度及空气流量的影响。

上述的四项指标应该说是很严格的, 要达到四项指标的要求, 并不是一件简单的过程。首先要具备一台合格的测试设备和试验系统。此外, 化学过滤器设计如: 化学过滤器材料选择和关键尺寸、装料, 加工质量等, 都影响过滤器性能。此外, 浸渍活性炭或催化材料的制备方法、浸渍剂的配方和浓度, 以及烘干过程等, 都严重影响空气化学过滤器的性能指标。

6 影响空气化学过滤器性能的重要因素

6.1 空气化学过滤器的吸附层厚度

在空气化学过滤器设计、加工中, 对吸附效率和使用时间这些关键指标影响最重要的是吸附层厚度, 在使用常规颗粒活性炭(除微球活性炭或纤维活性炭)的固定床吸附, 通常是 25mm、50mm 的吸附

层厚度,属于薄层吸附,10cm 以上属于深层吸附,在工业通风系统中通常采用薄层吸附过滤器,它能在正常条件下使用寿命可达到 6 个月、1 年或更长的使用期(核级活性炭过滤器标准 ≥ 18 个月)。其中要求必须充填相匹配的吸附剂颗粒度。如果厚度小于 25mm 就很难达到使用要求。

这是因为在固定床吸附中都会存在某一厚度的临界层或“死层”(这一吸附层的吸附效率等于零),所以将会减低有效吸附层厚度。使用寿命会大大缩短。

6.2 活性炭物理特性的控制指标

为使基炭及浸渍活性炭的性能达到预期的要求,所用的活性炭必须达到下述的性能标准,

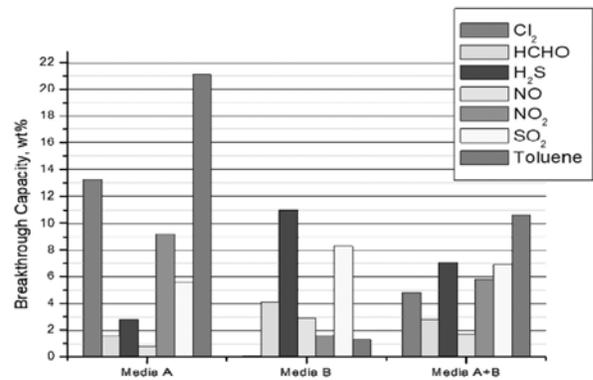
- (1) 四氯化碳吸附量:65-75%,
- (2) 比表面积:800-1200 m^2/g
- (3) 表观密度:480-520 Kg/m^3
- (4) 水含量:<5%
- (5) 球盘硬度 (Ball-pan hardness number):
> 85%
- (6) 灰分含量:<12%
- (7) 着火点:>330 $^{\circ}C$
- (8) 颗粒直径:1-4mm

6.3 按目标污染物的种类和浓度选配吸附剂

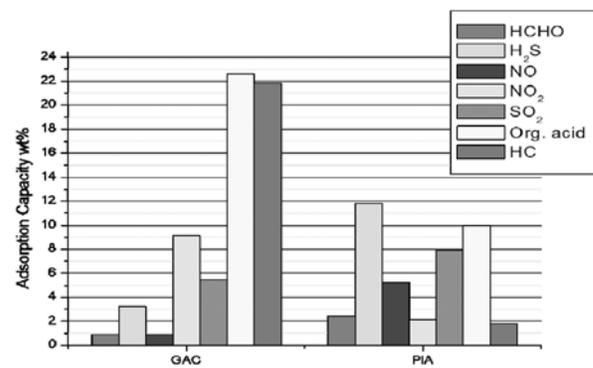
通常使用的活性炭中,只有基炭具有一定的广谱性,但它们在大多数情况下都是物理吸附,对于单独用来作为空气净化并不理想,而浸渍活性炭选择性很强,能强力吸附污染物,但严格受污染物种类的限制。

面对多种复杂气体污染物,都是采用混合不同的吸附材料,这样不用设置多个不同的过滤器,只用一个过滤器就解决了,但它的使用寿命因而缩短了。

图中可见介质 A 对氯气、甲苯、二氧化氮吸附很好,穿透容量很高,介质 B 这几项都很差,但对硫化氢和二氧化硫较好,如果把 A 与 B 两组过滤器串联使用,可取长补短,满足需要,但压力降增加,安置的位置也需要加大,这些问题在通风系统中不是很容易解决的。因此,采用两者按一定比例混合则成为



介质 A+B,它的穿透容量表明对 7 种气体均有一定的吸附量,能满足需要,但使用时间缩短了。



活性炭与常温催化材料各有所长(见上图),在实践中证明把它们按一定的方式配合使用,可发挥非常有效的作用。

6.4 浸渍活性炭的制备过程技术

在洁净室空气化学污染控制中,无机的、有机的酸性气体,碱性气体包括氨和有机胺以及臭氧等氧化性气体大部分都可以用各种配方或复合浸渍处理的浸渍活性炭进行吸附。由于浸渍活性炭处理各种气体污染物都是发生化学反应或络合作用,生成稳定的络合物或化合物固定在活性炭载体上不会脱落,甚至在高温条件下也不会再以污染物形式进入气相。

对于基体材料的浸渍处理包括活性炭及活性氧化铝的浸渍过程却是很值得研究的问题。其中就浸渍剂品种控制对象这些资料还是比较容易获得。参见下表:

虽然看来浸渍剂已很明确,甚至百分比也确定,但不同厂家加工出来的产品却大相径庭,下一表格是对六个厂商同类产品性能调查的结果:

Media Composition		Target Gases (typ.)
Base Material	Impregnant	
Activated carbon	None	Hydrocarbons, NO ₂ , O ₃ , refractory compounds, siloxanes
Activated carbon or activated carbon + activated alumina	Bases: hydroxides (OH ⁻) or carbonates (CO ₃ ²⁻)	Chlorine, hydrogen chloride, hydrogen fluoride, SO ₂ , hydrogen sulfide, boron trifluoride
Activated carbon	Acids: phosphoric acid (H ₃ PO ₄) or citric acid (C ₆ H ₈ O ₇)	Amines, ammonia, n-methyl pyrrolidone
Activated alumina	Permanganates (MnO ₄ ⁻)	Arsine, hydrogen sulfide, NO _x , SO ₂ , low molecular weight organics
Activated alumina	Sodium thiosulfate (Na ₂ S ₂ O ₃)	Chlorine, chlorine dioxide

从结果看到对硫化氢的吸附量最高的是 12.8g/cc. 而最低的却是 0g/cc.。巨大的区别是由于浸渍方式、加工过程、制作方法、基材的选择和浸渍剂配制等均有密切关系。

7 结语

已经非常明确，新一代半导体技术对 AMC 的

企业代号	吸附介质					
	1	2	3	4	5	6
浸渍剂 KMnO ₄ %	7.4	3.7	6.8	7.6	6.0	8.0
湿含量 %	15	12	5	10	3	11
H ₂ S 吸附量 g/cc.	12.8	7.0	1.5	1.5	2.3	0

敏感度将大大提高。洁净室内产生的化学污染物品种和数量都在增加，对洁净室化学污染的控制提出了更高、更严格的要求，这首先要解决的就是要有大批合格的化学过滤器和正对各种污染物的介质材料以及节能高效的通风系统。但现实与要求相差很远，应引起广泛重视。

(上接第 24 页) 以建立一个 ESD 控制程序，可以安全地处理 100 V 及以上 HBM 敏感设备。目前我国的团体标准《电子工业防静电系统通用技术要求》正在研编中，此标准提出了电子工业静电敏感产品生产、存储、运输等环节所建立的静电防护体系要求，其涵盖了静电防护技术和质量管理两方面要求，可做为电子工业防静电体系构建与管理指南。

结论：通过建立 ESD 控制程序，并经常验证 ESD 控制装置是否正常工作，大多数公司都可以轻松地处理灵敏度为 500V HBM 或更高的 ESD 敏感设备。然而，随着对 ESD 控制项目的选择稍有关注，100 V HBM 程序很容易实现。

4. 通过提高自动化水平改变 HBM 危害情景

近年来，印制电路板制造的复杂性和自动化水平显著提高。多年前，大多数设备使用易于接触的引脚封装，引脚数量较低，引脚间距相对较高。这些设备通常由操作员手动组装。在这种环境下，有可能有人放电到一个单一的引脚。

如今的现代封装可以包含多达数千个 I/O，这些 I/O 可以是封装外围的引脚、球（如 BGA 中所示）或芯片级封装。I/O 到 I/O 的间距显著减小，以允许高针数模具以合理的尺寸封装。因此，包装好的

零件不能手工组装，并且该过程通过非人工搬运（接地的机器 / 工具 / 镐和地方）实现自动化。现代 ESD 控制程序已经发展成为在此类处理环境中非常有效的控制程序。因此，对于具有现代化、经常审核的 ESD 控制程序的自动化装配线，HBM、CDM 和 MM 事件的风险非常低。

继续存在人员制造的区域，例如返工 / 光学检查区域，通常是较小的区域，在这些区域中会发生人与设备的接触。ESD 控制程序如果得到有效实施和审核，将这些区域的 HBM 放电风险降至最低。

文献也证实了这一点，报道称大多数与静电放电相关的电场失效是由于类似 CDM 的应力所致，而不是 HBM 的应力所致^[3]。

参考文献：

- [1]ANSI/ESD S20.20;Protection of Electrical and Electronic Parts,Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)
- [2]IEC 61340-5-1;Electrostatics Part 5:Specification for the protection of electronic devices from electrostatic phenomena Section 1:General requirements;12.1998
- [3]R.Gaertner;Do we expect ESD-failures in an EPA designed according to international standards The need for a process related risk analysis; ESD Symposium 2007;Anaheim,CA,USA

离子化静电消除器及其使用

孙延林

中国电子仪器行业协会防静电装备分会

前言

随着现代工业发展,静电所带来的安全事故和对产品质量的不良影响也在增加。据不完全统计,静电可对表 1 列出的行业生产造成影响和燃爆事故,因此消减或消除表 1 所列生产过程产生的静电,防止燃烧、爆炸事故和提高生产效率是非常重要的,目

前有很多种消除静电方法,其中离子化静电消除器与防爆式离子化静电消除器的推广及正确的安装使用,可以降低因静电造成的产品不合格品率,同时能够预防燃爆事故的发生。本文介绍离子化静电消除器(包括防爆式离子化静电消除器)原理、安装、使用及测量方面的知识,供大家在实际工作时做参考。

表 1 静电能带来不良影响或易造成燃爆事故的行业

行业	静电带来的不良影响或燃爆事故
纺织行业	生产过程常因静电引起纺织纤维断线、缠绕、吸附尘埃造成产品质量下降。
印刷行业	纸张产生静电出现吸附效应影响印刷效率,从而影响生产。
火工(烟花爆竹)行业	易造成某些生产工序发生燃爆事故,例如混药、装药、插引、筛药等工序。
石油、危化品行业	生产、运输、存储、使用过程常因石油、危化液体、气体等在管道输送或储存过程发生燃爆。
饲料、粮食生产加工行业	饲料(微小颗粒)脱醇过程、食品加工(面粉等粉体)发生燃爆。
药品生产行业	药粉加工、储运等发生燃爆和使药品质量下降。
某些工业粉体作业	某些工业粉体作业(煤粉除尘、输送;风力发电叶片打磨粉体输送;一些金属屑粉管道输送、粉尘过滤等)易发生燃爆。
电子行业	常因静电造成 ESDS 产品不合格率上升,影响产品的质量和可靠性。
胶片生产行业	胶片生产过程因静电放电造成曝光出现废品。
高分子塑料生产加工行业	影响塑料薄膜生产,塑料粉粒管道输送时发生燃爆事故。
橡胶产品生产行业	橡胶、橡塑制品生产过程发生燃爆事故。

1 离子化静电消除器分类(以下简称消电器)

目前在各行业常见的消电器主要有:

1.1 各种结构的无电源自感式消电器

这类消电器在塑料薄膜、橡胶、纺织、饲料加工脱醇、粉体与石油管道储运场所等易起静电,且带电体静电电位较高场合中使用。

1.2 高压电源式消电器

这类消电器分直流高压、交流高压(含高频类)两大类,主要用于电子、某些没有防燃爆要求的行业生产过程,像塑料制品加工、印刷、纺织、电子生产等行业。

1.3 防爆高压电源式消电器

使用防爆电源并有防爆结构与满足防爆要求的交流高压消电器。这类消电器用于有防燃爆要求工

序的静电消除等,像石油、化工品加工、易燃爆粉体作业等场所。

1.4 放射性同位素消电器

利用放射性同位素制备的消电器,由于胶片生产等行业和某些特殊工序,该类型消电器具有防燃爆特性。

1.5 X 射线消电器

用于医药行业、电子等洁净度要求很高的场所。这类消电器经过防爆设计、改装后也可以由于有防燃爆要求的场所,例如烟花爆竹生产行业。

2 无源自感应式消电器

2.1 无源自感应式消电器消除静电原理

2.1.1 消除静电原理

利用接地的金属针状物(或导电纤维、金属细线

等)放置在带静电物体表面(通常表面只带有一种极性的静电荷)近端位置(见图1)。由于静电感应,在接地的金属针感应出与带电体所带静电极性相反的静电荷。当带电体对地电位很高时,在一个大气压下,发生静电感应的针尖周围空间的静电场达到30KV/cm左右时,即可发生电晕放电电离空气,使空气分子分为带正离子和带有负离子的空气离子。在带电体静电电场影响下,与带电体所带静电极性不同的空气离子,受到电场力吸附作用与带电体表面异性静电荷中和。与带电体静电相同极性的空气离子绝大部分与放电针异性电荷中和,另外部分空气离子被周围接地导体或不良导体中和。如果带电体静电对地电位很高,针尖的电晕放电现象就会持续。当带电体的静电荷由于不断的中和,其带电量大幅减少,以致针尖静电感应减弱到周围电场强度降低到产生电晕放电电场强度的临界点以下,针尖的电晕放电停止。电晕放电极限值与气体(或粉体、液体)介质种类、放电针形状、带电体静电对地电压、介质流动状态、放电针接地状况等诸多因素有关。

2.1.2 残余电压

由于自感应式消电器使用场所都是带电体对地电位很高(通常6KV以上)的场所中,因静电感应使放电针周围电场强度足以使放电针发生电晕放电。但如果带电体的静电对地电位降低到某一阈值,导致放电针周围电场强度不能支持电晕放电现象持续的阈值,此时带电体静电对地电压称为残余电压。通常使用无源自感式消电器由于消除静电原理决定了不可能将带电体静电全部消除掉,一般还会残留一部分静电,其残余电压在0.5KV—3KV甚至更高。因此无源自感式消电器不适合在电子、精细套印工序、化纤纺纱工序等静电残余电压要求很低的行业或工序中使用。

2.2 无源自感应式消电器的结构

这类消除器有很多种结构形式,像线绳式、放电针(刷)式、输油(粉体)管道用消电器等。

2.2.1 用于平面物体静电消减的消电器

(1) 用于平面物体静电消减的消电器结构与安

装使用

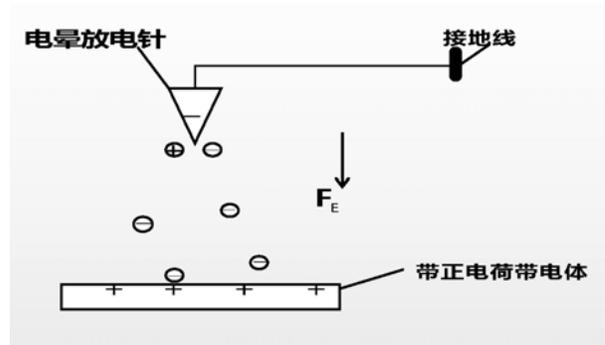


图1 自感应式离子化静电消除器原理

这类消电器多用于塑料薄膜表面、传输带表面输送平面绝缘物体、塑胶板、纺织品、传送带粉体等物体静电的消减(见图2)。图2(a)所示是导电刷自感应式消电器。其是利用有一定机械强度无锈钢丝或其它材质的导电丝(直径0.01—0.1mm)等若干根组合在一组制成导电刷,以每组间隔20mm—40mm距离范围固定在接地金属夹板上使用时,夹板固定在平面带电体上方,导电刷尖端与带电体距离5mm—20mm(具体距离和组数调整要根据带电体电位和要求的静电残余电压值来确定)。这种消电器适用于传动状态的平面塑料膜、橡胶板、纸张、纺织品且稍有抖动的带电体静电消减。这种消电器不会造成带电体表面划损;图2(b)所示是金属线绳自感应式消电器。其利用一根接地的金属线绳(直径0.5mm—1mm金属线、多股编织线等)跨接在带电体表面,绳距带电体表面5mm—10mm左右。这种消电器使用场合与导电刷式消电器相同,但安装使用更简便,同时不会造成带电体表面划损;图2(c)所示是放电针自感应式消电器。放电针直径0.5mm—1mm,长度10mm—20mm。放电针角度、直径、长度与自感应电晕放电效率、使用寿命、维护有关。实际使用时可根据实际确定,这里给出的数据是根据实际经验总结出来的。针的材质有不锈钢、钢针、钨合金、钛等,电子行业应使用钨、钛针。因为不锈钢针、钢针氧化、溅射率很高,使用时易污染环境和电子产品。放电针自感应式消电器放电针与带电体距离可在10mm—40mm范围选取,最好不超过20mm。放电针自感应式消电器适用于无抖动的传输平面带电

体或物料表面静电消减。

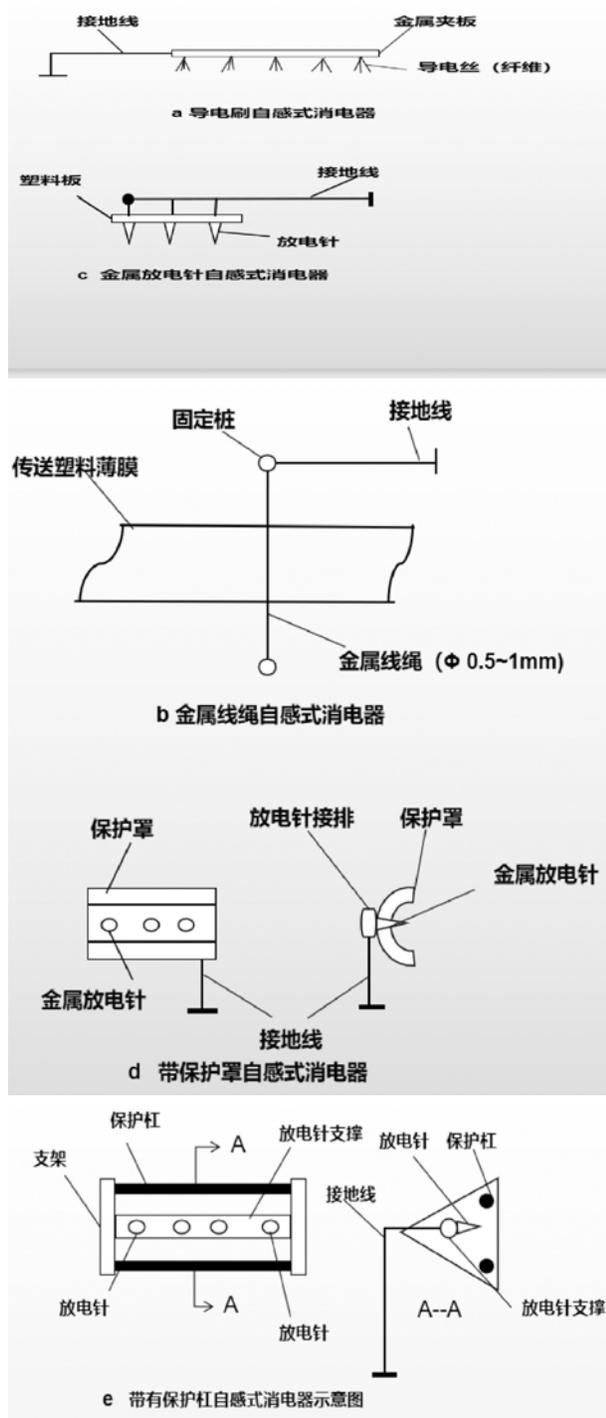


图2 各种结构的无源自感式消电器示意图

这种消电器易对物体表面造成划损,因此不适用传输带上不允许划擦的物体静电消除。

图2(d)、(e)是带有保护杠、保护罩的放电针自感式消电器,这些消电器原理与图2(a)是一样的,不同的是由于增加保护罩或保护杠,可以防止使用、维护时对手伤害和对传送物品损伤与划损,同

时可以防止物品挤撞放电针造成消电器损坏。这种放电针自感式消电器结构稍复杂一点,要求安装现场稳固,不能抖动和晃动。

(2)用于平面物体静电消减的消电器设计和使用时注意事项

用于能产生电晕放电的材料有多种,像织入导电纤维的布、导电橡胶(裁成锯齿状)、导电石墨纤维等等。但这类材料表面和体积电阻,或线电阻宜低于 500Ω 。电阻越低,越容易在发生静电感应时,尖头部位集聚电荷越多,越易发生电晕放电现象。所用材料应具有一定机械强度;

1)放电针与带电体距离和放电针之间距离一般取 $1:2-1:4$,也可以在实际工作时根据实际消除静电效果来确定;一般试验可以得知带电体电位较低时,消电器放电针之间距离大些,也就是放电针少,消电效果好一些。带电体电位很高时,放电针之间距离较近时,放电针多时,消电效果好一些。放电针距带电体距离越近,电晕放电效果越好,在实际工作中放电针与带电体距离以不会产生火花放电的距离为宜;

2)放电针直径对于固体带电体(不含导电纤维)一般 $0.5\text{mm}-1\text{mm}$ 。针尖角度越尖,发生电晕放电阈值越低,但氧化、溅射率越高。根据实际情况可将针尖角度控制在 $55^\circ-65^\circ$ 之间;

3)在带电体电压很高时(十几KV以上时),针尖距带电体距离很小时,容易出现放电针火花放电,可点燃可燃气体或粉体,因此这类自感式消电器不适合在工作现场存有可燃性气体、粉体等时作为防爆型消电器使用;

4)带保险杠或保护罩自感应式消电器的放电针距其杠或保护罩的距离至少应在 20mm 以上。如保护杠、保护罩和支架材料使用金属材料,由于静电感应现象形成电场力和分布电容影响会使电晕放电效率降低,影响消减静电效果,因此保护杠和保护罩和支架材料应使用机械强度高不易变形的工程塑料材料。如必须使用金属材料,则距放电针距离要尽可能远一些;

5) 对于平面物体静电消减所用自感式消电器消除静电效果可以使用非接触式静电电表测试带电体表面静电电压确定(见图3)。使用自感式消电器消减带电体静电,其表面残余电压设定阈值,可以根据工艺和安全、生产要求来确定。由于自感式消电器用于对静电残余电压要求不高的场所中,一般残余电压在1000V~2000V范围内既可满足消减静电要求;

6) 一般情况下,自感式消电器放电针的接地电阻不大于100Ω,特殊情况下可放宽到1000Ω。接地线连接不能简单缠绕,应采用焊接或其它连接牢固,接触电阻小、防锈蚀的连接方法;

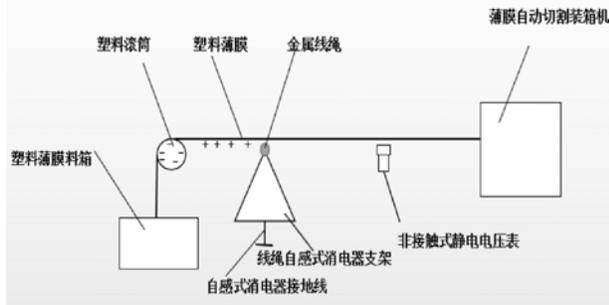


图3 利用非接触式静电电压表测试金属线自感式消电器消减静电效果

7) 在室外还是在室内场所使用自感式消电器时,在放电针或放电绳与静电带电体之间不允许有横向或其它方向气流(不包括垂直方向)。气流会严重影响自感式消电器消减静电效果;

8) 这类消电器不适合在洁净度要求较高的场所使用。

2.2.2 粉体、石油液体输送管道用自感式消电器

粉体、石油等利用管道输送时(见表2),因为粉体、石油与管道摩擦或相互之间摩擦可以产生很高静电,当达到某阈值时,粉体和石油等可向金属管壁

或空间发生放电。如果粉体具有可燃爆性,当单位体积的浓度达到可燃爆阈值时,若此时消电器的放电针发生火花放电,其放电能量达到或超过输送粉体的最小引燃能量时,就可能发生燃爆事故。同样对可燃油品或其它可燃爆化学液体及产生的气体,也会发生燃爆事故。因此在很多场合下,管道用自感式消电器不适合作为防爆式消电器使用。通常在自感式消电器安装使用前,应对操作工位或管道内输送粉体、油品所带静电进行测量和计算并进行安全评估,以判断是否可以使用自感式消电器及对使用效果进行评判。对于平面固体(纺织品、纸张、绝缘料块和薄膜等)或传输线粉体的静电可直接用非接触式静电电压表测试评估。对于管道内粉体、油品等所带静电可采用计算方法得知,但由于对管道内很多情况不了解,往往靠计算方法是不能得到准确的数据,此时必须要进行测量。对于油品,现已有用于减少静电产生的抗静电剂,并已用于生产和储运中,像国产的T1501、英国产的ASA—3等。但是有很多情况下,有些油品或化工液体并不适合使用抗静电剂或没有适用的抗静电剂,此时如果工序过程产生静电强烈时,则可考虑管道用自感式消电器或防爆式高压消电器使用等其它防范措施。

2.2.3 管道用自感式消电器的结构及设计安装

输油管道用自感式消电器结构主要有三部分组成(见图4):1) 两端长约1m(也可根据实际情况确定)安置消电器的防锈钢管,钢管内衬耐油、低介电系数、抗老化腐蚀的聚乙烯、聚四氟乙烯等绝缘套管,其套管内径不小于输油管道的内径;2) 放电针为耐高温、耐磨、低溅射率、抗腐蚀的钨合金或钛合金针(也有使用抗腐蚀钢针的,但易氧化、溅射率高,使

表2 管道用自感式消电器(以下有的工序需使用防爆式高压消电器)可使用的工序

工序种类	设备与管道	工位静电电压值(KV)
风力发电机叶片打磨	打磨粉体管道输送时	10KV—30KV
药品生产企业脱醇烘干设备	喷塔、硫化床、沸腾床中粉体和管道输送过程。	16KV—35KV
油品等的输送	油品在管道输送、储运时。	10KV—45KV
粮食加工粉体输送	粉体在管道输送。	10KV—40KV
铝、镁等金属氧化粉体	粉体在管道输送时	10KV—20KV
饲料脱醇加工	脱醇硫化床及布袋除尘器等位置。	20KV—40KV

用期限短)。针直径 0.5mm—1mm, 针尖角度 55° — 65° 之间。放电针焊接或镶嵌在抗腐蚀的钢制螺栓 (直径约 10mm)。针安装的长度一般为突出套管距离 10mm—15mm 左右; 3) 安置放电针的钢管两边设

置法兰盘 (法兰盘放置耐油, 抗老化的橡塑密封圈) 以便与主管道机械连接。放置放电针的钢管外焊有接地端子 (20mmX3mm; 宽 X 厚)。用于油品等的管道用自感式消电器规格、尺寸见表 3。

表 3 输油管道用自感式消电器的规格要求

钢管直径 (mm)	管长 (mm)	内衬套管厚度 (mm)	管道内径 (mm)	油品流量 (L/min)	截面安装放电针数量 (根数)	钢管安置放电针截面 (个)
194	1000	40	114	≥2000	3~6	4
184	800	35	114	≥1000	3~6	3
160	1000	30	100	≥1000	3~4	3
其它规格	1000	自定	根据要求	≥2000	试验确定	试验确定
说明	每截面安装放电针根数可根据实际消减静电效果做增减; 安防放电针截面个数也可根据实际消减静电效果更改。					

用于油品输送用管道用自感式消电器, 放电针安放位置尽可能浸没在油品中, 不要暴露在油管内空间中。输油管道用自感式消电器结构见图四。使用储油罐存放油品时, 也可以使用油罐用自感式消电器 (见图 5) 减消油品的静电。它由二部分组成: 1) 空心耐油的浮球 (其比重小于储存油品); 2) 细软的带有放电针的金属链条 (其一端与浮球连接, 下端与储油罐底部的接地密封螺栓焊接)。当油品产生静电时, 可通过接地的带有放电针的金属链条发生自感应产生电晕电荷来中和油品产生的静电。在使用时为了安全, 金属链条要始终浸没在油品内不要漏出油面, 以免发生金属链条发生空气放电点燃储油罐内可燃性气体。金属链条安置数量要根据实际消减静电效果来确定。

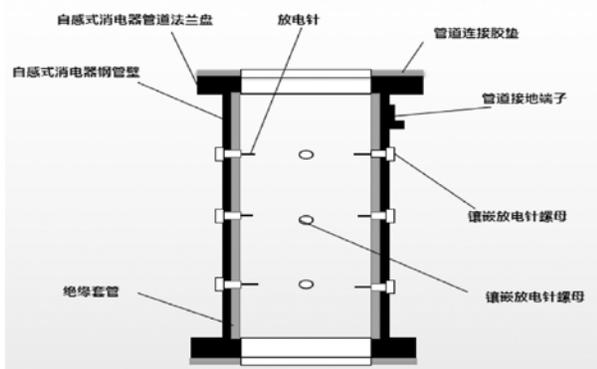


图 4 输油管道用自感式消电器结构示意图

对于粉体输送管道用自感式消电器可采用放电针式, 也可采用带有放电针的线绳自感式消电器 (见图 6)。一般因管道内粉体流量较大, 管道内干

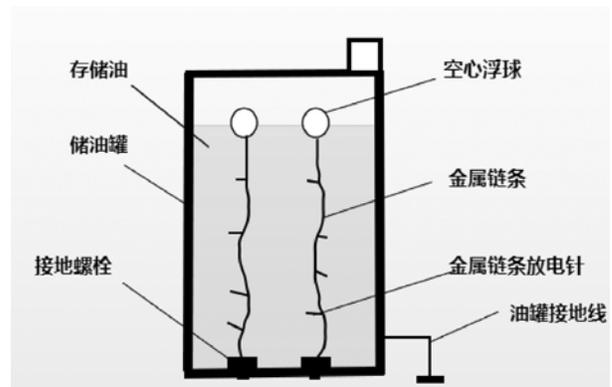


图 5 储油罐用链条自感式消电器

燥, 产生静电较明显, 一般线绳自感式消电器不太适用于粉体流量较大时的静电消减。从安装方便, 消减静电效果明显, 一般可采用带有放电针的线绳自感式消电器。对于粉体输送管道用自感式消电器结构、安装规格见表 4。电晕放电绳使用直径 0.5mm 的带放电针的不锈钢或其它耐腐蚀的带有放电针的金属线绳。放电针长度 10mm, 直径 0.5—1mm。每截面安放放电针线绳数量和安放截面个数的确定要根据实际使用情况与消除静电效果确定, 表 4 提供的数据仅作参考。特别提示: 对于引燃能量较低的粉尘作业场所, 放电针自感式消电器不适合使用。

表 4 粉体输送用管道自感式消电器的规格要求

管道内径 (mm)	管长 (mm)	粉体输送量 (Kg/min)	每截面安放放电针线绳数量 (根)	安置放电针线绳截面 (个)
100	2000	3~5	3	8
200	2000	3~6	4	8
300	2000	4~7	5	10

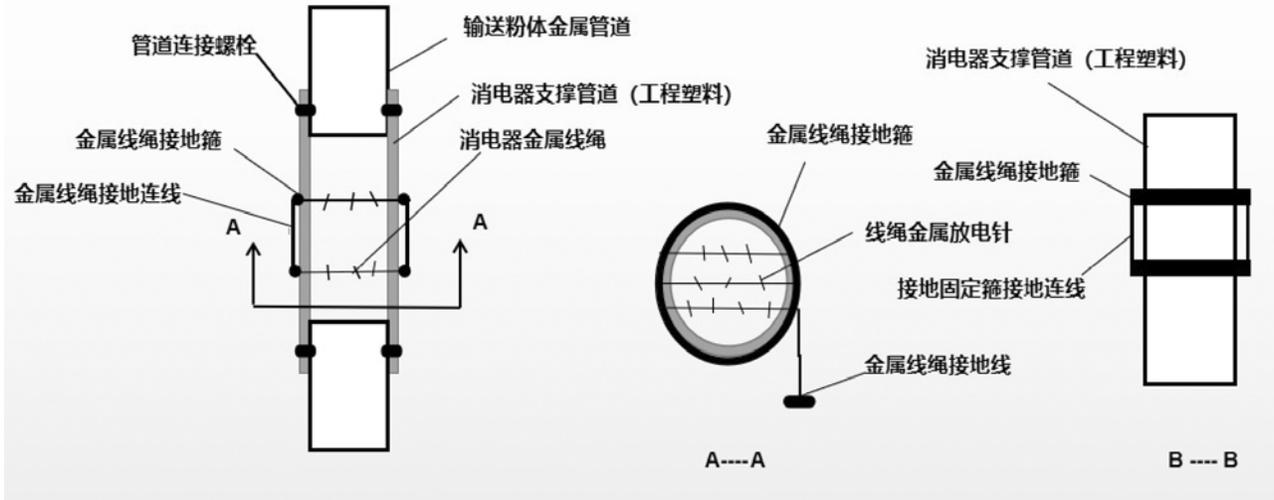


图6 输送粉体用管道自感应消电器结构示意图

2.3 管道输送油品、粉体时静电的测量与计算

2.3.1 管道输送油品、绝缘液体的静电计算

(1) 金属管道内油品、其它绝缘液体电荷密度计算

管道油品、其它绝缘液体静电体电荷密度的计算主要有两种方法:1) 测试管道内介质轴线静电电压,再计算出管道介质的体电荷密度;2) 利用法拉第筒原理计算体电荷密度。这里因篇幅有限只简单介绍1)提出的方法。

单一油品或其它绝缘液体等在管道内稳定流动时呈紊流状态,此时可认为管道内电荷分布近似为均匀,对于很长的管道其横断面上的电位分布为:

$$U(r) = \frac{\rho R^2}{4\epsilon_0 \epsilon_r} \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) \quad 1-1$$

上式中:

U—管道横截面内半径为 r 处的静电电压 (V);

ρ —管道内输送绝缘液体 (油品等) 的体积电荷密度, ($\mu\text{C}/\text{m}^3$) (微库仑 / 立方米);

ϵ_0 —真空介电常数,其值为 $8.85 \times 10^{-12} \text{F}/\text{m}$;

ϵ_r —管道输送液体 (油品等) 的相对介电常数;

R—管道的半径 (m);

r—管道横截面内任意处的半径 (m)。

通过上式可知,管道断面任意位置处的 U 与 ρ 成正比,则:

$$U(r) = \frac{\rho R^2}{4\epsilon_0 \epsilon_r} \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) = \beta \quad \rho \quad 1-2$$

则有 $U(r) = \beta \rho$, β 是 r 的函数,在管道的中心轴位置 $r=0$,将 β 以 β_0 表示,

则:

$$\beta_0 = \frac{R^2}{4\epsilon_0 \epsilon_r} \quad 1-3$$

β —系数。

将管道中心轴位置与管壁的静电电压设为 U_0 ,则可得到 U_0 与 ρ 的关系,只要测量管道中心位置的静电电压 U_0 就可以根据上式计算出输送绝缘液体的体电荷密度 ρ 。

$$\rho = \frac{U_0}{\beta_0} \quad 1-4$$

2.3.2 管道输送粉体静电计算

管道粉体电荷的计算主要有三种方法:1) 先测试管道中心轴对管壁的粉体电压,再计算出粉体的体电荷密度;2) 管道输送粉体时,测试金属管道对地泄放电流后再计算出粉体的质量电荷密度;3) 利用法拉第筒原理测量计算体电荷密度或质量电荷密度,值得注意的是,用3)提出的方法也可以计算和测量管道输送绝缘液体 (油品) 时的体电荷密度和质量电荷密度。

(1) 测量管道中心轴处静电电压计算出体电荷密度

在较长管道内输送粉体介质时,可以通过测量管道中心轴与管壁的电位差来计算管道内粉体介质

的体电荷密度(见式 1-5)。设定管道内粉体介质为单一介质,且流速均匀,粉体浓度呈稳态,则:

$$\sigma = \frac{4\varepsilon_0\varepsilon_r U}{R^2} \quad 1-5$$

上式中:

U—管道中心中轴与管壁静电电压, (V);

ρ —管道粉体介质的体电荷密度, (C/m³), (库伦 / 立方米);

R—管道半径, (m);

ε_0 —真空介电常数, 其值为 8.85×10^{-12} F/m;

ε_r —管道输送粉体的相对介电常数;

(2) 管道内粉体质量电荷密度计算

设定管道输送粉体介质为单一介质, 且流速均匀, 粉体浓度呈稳态。则:

$$\rho_g = 60 I/P \quad 1-6$$

ρ_g —管道内粉体介质质量电荷密度, (C/Kg), (库伦 / 公斤);

I—管道对地平均泄漏电流, (A)。(安培);

P—管道内单位时间输送粉体的质量, (Kg/min), (公斤 / 每分钟)。

(3) 利用法拉第筒原理测量计算体电荷密度或质量电荷密度

将测量管道制备成内筒和外筒的两个金属管道(见图 7), 内筒直径与粉体输送管道内径一样, 外筒与内筒绝缘电阻大于 $5 \times 10^{12} \Omega$, 内筒与外筒的电容为 C_1 , 测量仪的输入电容为 C_2 已知内筒直径为 R, 内筒的长度为 L, 设定管道输送粉体为单一介质粉体, 且流速均匀, 粉体浓度呈稳态。

则粉体体电荷密度为:

$$\rho_v = (C_2 + C_3) U_E / (R^2 \pi L) \quad 1-7$$

ρ_v —粉体体电荷密度, (C/m³);

U_E ----- 测试管道内筒对地电压, (V);

L—测试管道内筒的长度, (m);

C_3 —测试电缆电容, (F);

π —圆周率, (3.14)。

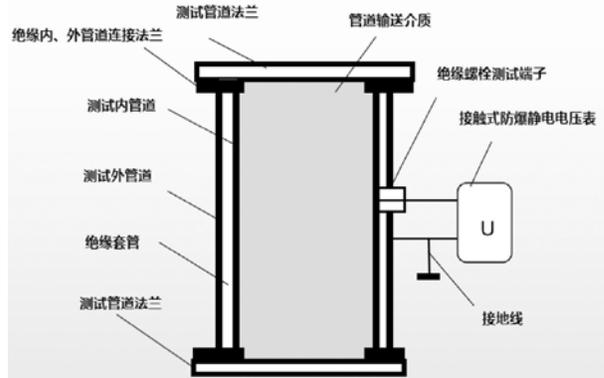


图 7 利用法拉第筒原理测试管道内介质静电电荷示意图

这里需要提出的是管道内不管是输送粉体还是液体, 即使呈稳定状态输送, 由于管道分布电容、管道对地绝缘电阻、流速存在瞬态不稳定等多因素影响, 计算和测试结果与实际的结果还会存在一定误差, 但在实际工作中选择的测量仪器精度较高, 测试连接接口、测试电缆绝缘电阻大于 $1 \times 10^{13} \Omega$ 、测试系统对地绝缘电阻大于 $1 \times 10^{13} \Omega$, 测试系统与测试探头对地电容很小、介质在管道内输送稳定等因素考虑进去, 测试及计算结果还是可以作为开展工作依据。通常在实际工作中常常测试出管道粉体或绝缘液体截面分布的电位情况, 就可以判定粉体或绝缘液体产生静电的危险状况和消电器消电效果。

利用图 7 所示的测试, 可以测试单位时间内管道内通过的粉体或绝缘液体电荷量, 并通过式 (1-7) 就可计算出单位时间输送粉体或绝缘液体的体电荷密度。同样知道了单位时间通过的粉体或绝缘液体的质量也可计算粉体或绝缘液体的质量电荷密度。

(未完待续)

A 级防火防静电涂料性能概述

赵同嘉, 王晓东, 石强

华东理工大学华昌聚合物有限公司, 上海 201507

【摘要】建筑防火涂料是涂覆在建(构)筑物表面的一类特种涂料,通过常温固化形成一定厚度的保护膜,可以提高建(构)筑物的耐火等级,防火涂料的阻燃性能对阻滞火焰蔓延速度起决定作用。随着阻燃材料的进步与发展,要求兼具防静电、阻燃效果的场所越来越多,特别是针对劳动密集型的厂房、设备室、实验室等场,对其环境与装修材料的燃烧性能要求愈来愈高,需提供既能满足防静电需求又符合 A2 级(复合有机不燃)防火等级的建筑涂料,本文主要介绍 A 级防火防静电涂料的性能特点。

【关键词】防火等级、防火防静电涂料、性能

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 防火防静电涂料配方组成和主要性能

该涂料由水性环氧树脂乳液、胺固化剂、导电填料、无机胶凝材料和填料组成,是在原水性环氧防静

电涂料基础上,配入专用水泥骨料制成的水性环氧防火防静电自流平地面涂料。

典型配方组成:

A 组分(主剂部分)

表 1 主剂配制

主要原材料	配比(质量比)
水性环氧树脂乳液	10-12

B 组分(固化剂)

表 2 固化剂配制

主要原材料	配比(质量比)
水溶性氨类固化剂	6-7
消泡剂	0.07-0.1
水性色浆	1.2-1.6
去离子水	8-9

C 组分(导电填料/骨料)

表 3 导电填料/骨料配制

主要原材料	配比(质量比)
硅酸盐	26-28
减水剂	0.08-0.1
导电纤维	7-8
骨料 1#(80-100 目石英砂)	28-30
骨料 2#(100-200 目石英砂)	6-7
纤维素醚	0.012-0.015
引气剂	0.04-0.05

施工参考配比:A::B:C=3.5:6:22

该涂料的主要性能:

2.1 水性环氧树脂改性水泥体系,常温固化、干燥

- 速度快,施工周期短;
- 2.2 防火等级达到 A2 级要求;
- 2.3 导电涂层点对点电阻为 $2.5 \times 10^4 - 1.0 \times 10^6 \Omega$, 面层防静电电阻 $1.0 \times 10^6 - 1.0 \times 10^9 \Omega$;
- 2.4 安全环保、无异味、无刺激,低 VOCs;
- 2.5 低粘度、高固成份,流动性好,易施工,厚度可达 2cm 以上;

- 2.6 综合了水泥的物理机械性能和环氧树脂化学性能;
- 2.7 涂膜收缩率低,抗压强度高。

3 防火防静电涂料的特点

该产品性能优越,粘度低,渗透性强,快干、早期强度发展快,对混凝土基材有优异的粘附性。易与水混合,可刷、滚、喷涂,固化性能良好,易清洁,低 VOCs。

表 4 水性防火防静电涂料与相关涂料性能的比较

检验项目	检验方法	标准要求	水性环氧型防火防静电涂料	水性环氧型防静电涂料	无溶剂型环氧防静电涂料
施工安全性, VOCs, g/L	GB/T 22374-2008	水性 ≤ 120 、无溶剂 ≤ 60	49	86	20
装饰性			亚光	半亚光	高光
施工性(流动性), mm		≥ 140	150	160	200
耐磨性, g (750g/500r, cs-10)	GB/T 1768-2006	≤ 0.030	0.011	0.011	0.017
整体制品总热值, MJ/kg	GB/T 14402-2007	≤ 3.0	0.4	/	/
无机层-砂浆总热值, MJ/Kg	GB/T14402-2007	≤ 3.0	0.1	/	/
无机层-水泥板材板总热值, MJ/Kg	GB/T14402-2007	≤ 3.0	0.3	/	/
饰面层-总热值, MJ/m	GB/T14402-2007	≤ 4.0	0.6	/	/
底涂-总热值, MJ/m	GB/T14402-2007	≤ 4.0	1.8	/	/
临界辐射通量, KW/m	GB/T 11785-2005	≥ 8.0	≥ 11.0	/	/
产烟量, % x min	GB/T 11785-2005	≤ 750	0	/	/
烟气毒气等级	GB/T 202852006	达到 ZA1 级	ZA1 级	/	/
粘结强度, MPa	GB/T 5210-2006	≥ 2.5	4.3	3.5	4.5
收缩率, %			0-0.2	0.5-1.0	0
施工环境温度, °C		5-35°C	5°C以上	5°C以上	10°C以上
硬度(邵 D) 10°C24h	GB/T 22374-2008	≥ 50	65	55	60
耐热冲击, MPa	GB/T 22374-2008	≥ 2.5	3.5	/	/
防火性能(级)	GB 8624-2012	A2-s1, t0	A2	B	B
导静电性能, Ω	GB/T 22374-2008	$1.0 \times 10^6 - 1.0 \times 10^9 \Omega$	$4.0 - 5.0 \times 10^6 \Omega$	$5.0 - 8.0 \times 10^6 \Omega$	$2.0 - 3.0 \times 10^6 \Omega$

从表 4. 中可以看出水性环氧防火防静电涂料的所有特点与无溶剂型环氧防静电涂料相比突出的特点在防火性能、耐热冲击、邵 D 硬度,耐磨性。因此水性环氧防火防静电涂料可用于可燃性基材表面,能有效降低被涂材料表面的可燃性、阻滞火灾的迅速蔓延,提高被涂材料耐火极限,能有效避免建筑火灾中烟雾和毒气造成的伤亡和损失。

4 防火防静电涂料的物理机械性能及耐化学性能

4.1 采用标准点测和浸泡测试方法 (ASTM D 1308) 进行耐化学性测试

点测法:经过 7 天固化后,将下列产品 / 化学品放在涂膜样品上,用表面皿盖住化学品;在 21.0°C 下放置 24 小时,检测暴露区域的物理损伤。

表 5 涂膜耐化学性能

化学介质	涂层表面观察结果
芥末	暴露表面无损坏
番茄酱	暴露表面无损坏
乳酸	暴露表面无损坏
食用醋	暴露表面无损坏
柠檬汁	暴露表面无损坏
10%硫酸	暴露表面无损坏
10%盐酸	暴露表面无损坏
汽(柴)油	暴露表面无损坏

(下转第 52 页)

防静电 PVC 卷材在规模尖端地坪应用中优势长足

马涛

江苏华静地板科技有限公司

在电子、医药、航天、数据中心、智能制造、洁净室等领域防静电 PVC 地板用于地坪静电防护与耗散十分重要。以往采用的防静电 PVC 片材铺设居多,但由于片材的施工工艺是接缝拼接,很难克服接缝的平整度、地坪的整体性以及防静电指标的稳定性等诸方面的缺陷。近年来,我国各类电子、洁净高端行业不断发展,对地坪的洁净、防静电要求也不断提升,使用整体规模面积成百上千平方米,片材的铺设明显有些滞后,浙江金华天开电子材料有限公司、江苏华静地板科技有限公司率先在行业内研发生产 PVC 同质透心碎花防静电 PVC 卷材,产品一经问世深受市场青睐。

卷材相对于片材的应用,在大面积的地面铺设中具有较大的优势,卷材一般宽为 1500—2000mm,其长可根据施工现场而定 15000—25000mm。鉴于其地面整体效果与技术参数稳定等特点,国内规模性电子工厂以及相关行业已广泛接受应用。据不完全统计,2018 年度卷材的使用量在 150 万平方米,2019 年猛增到了 200—250 万平方米。2020 年虽受疫情影响,但防静电 PVC 卷材的生产应用逆势增长,就江苏华静地板科技有限公司上半年度生产销售比去年同期增长了 15%。“江苏华静”具有 30 多年防静电 PVC 地板的生产历史,在技术研发、市场应用、企业管理上积累了丰富的经验,六年前企业瞄准市场需求,开始研发防静电卷材,借鉴国外先进技术、引进先进的生产设备,短期内生产出了具有高标准的 PVC 防静电卷材产品,成为了国内业内凤毛麟角生产 PVC 防静电卷材的企业,此间企业并拥有多项防静电 PVC 卷材技术实用型专利和发明专利。

“江苏华静”PVC 防静电卷材的抗静电原理是采用导电颗粒和导电涂层互为作用的生产工艺,其消除地面静电危害具有稳定的物理性能,不因为使用而造成产品的防静电电阻值增大,以确保了产品的整体防静电性能的安全、稳定,经国际、国内第三方检测,完全满足了相关标准,克服了大面积铺设存有导电盲点的技术难题,确保了整体 ESD 区域的导电通路的有效性。蓝思科技(长沙)生产基地使用 4 万平方,华勤南昌制造中心 7 万平方的规模铺设使用了一年多后再次第三方复检,各项技术指标均未衰减,对此二期三期工程继续追加使用。浙江金华天开电子材料有限公司、江苏华静地板科技有限公司均参加了即将实施的工业和信息化部颁发的新行业标准 SJ/T11236—2020《防静电贴面板通用技术规范》的编制,新标准中加入了相关 PVC 防静电卷材的技术要求与测试方法。则将对 PVC 防静电卷材的生产与应用有了技术支撑与规范。

卷材较片材具有更强的耐污和耐划痕的优点。PVC 片材地板表面生产工艺是采用的水磨抛光技术,其本身固有的毛细孔极易污染和渗透,其耐污性能可见一斑。片材地面在实际使用中需要定期除污打蜡,运维成本较大。而防静电 PVC 卷材由于其生产工艺是热压成型,表面形成封闭致密层,抗渗透性能强,同时再经过表面特殊工艺处理,形成高强度耐磨和耐污特性。因此卷材在实际使用中其运维成本将比片材节约 30%以上。江苏华静近年来与华为、富士康、大华、OPPO、国家航天科技实施战略合作,PVC 防静电卷材将得以更广泛的应用与提升。

关于“防静电不发火地坪”相关标准 与内涵的简析

刘志刚, 黄利生, 于会春

北京安信三通防静电工程技术有限公司, 北京 102218

在日常的建筑设计方案中,设计师参考的《国家建筑标准设计图集》中将关于地面“不发火”和“防静电”的需求割裂开来,作为两个并行的概念。实际上,根据国家标准的相关规定,这两个概念对应的关系是:“不发火地坪必然是需要采取防静电措施的防静电地坪,而防静电地坪则未必是需要不发火特性的不发火地坪”。由于从业人员对这两个概念的内涵与关系认知不足,造成很多不发火地坪工程中没有采取防静电措施,存在严重的安全隐患。

对于油库、加油站、烟花车间和库房、煤矿坑道、化学品仓库、燃料仓库等易燃易爆场所来说,当低燃爆点物质(如气体、蒸汽、粉尘等)与空气混合并达到一定浓度时,遇到火源就会发生爆炸。而存放这些易燃易爆物品的地面因为频繁出现摩擦、撞击而产生的火花,以及带电尘埃粒子的沉积而形成电位差产生的静电火花都有可能成为点燃源。

根据相关国家标准的相关规定,存放易燃易爆物质场所的地面必须同时满足三个条件:

- 1、采取防静电措施(不产生静电火花)
- 2、受摩擦、撞击不发生火花
- 3、A级燃烧性能等级(不燃)

地面的静电聚集产生的静电火花容易被人忽视,但静电火花的危害性并不次于摩擦撞击火花的危险性。在涉及到存放易燃易爆物质场所的设计和施工时,“防静电不发火地坪”应当作为一个整体概念出现。现行的很多设计图集中只强调了“不发火”功能,而忽略了关于“防静电”的描述。究其原因,是因为将硬物摩擦撞击地面产生的发火现象和静电原因产生的火花混为一谈,将地面要求统称为不发火

地面,从而造成概念内涵混淆不清。

“防静电不发火地坪”属于较为垂直细分的建筑领域,相关的行业标准和产品标准非常匮乏,由于概念不清、地面要求不统一,缺乏统一的行业标准和有力监管机构,一方面造成市场上产品质量参差不齐的现象,导致恶性竞争;另一方面,有些不规范厂家所生产的不发火地坪材料里并没有添加防静电材料,施工过程中也没有采取防静电接地措施,在实际应用中存在很大的地面安全隐患。

消弭行业乱象,单纯依靠企业自律是远远不够的,必须要加强行业自身规范。首要的便是厘清概念,尽快建立健全行业标准,同时在监管方面也要明确监管部门,打造公平规范的市场生态环境。因此有必要将应用在易燃易爆场所的地坪统称为“防静电不发火地坪”,只有明确了概念的内涵和外延,才能在今后的应用中具体、准确地制定相关标准并予以实施。“防静电不发火地坪”在满足基本的安全生产要求上,还可以根据实际需求,通过原材料调配和工艺做法增加诸如“防水、保温、防冻胀、超净、防腐、耐磨、耐冲击”等其他技术性能。

【附录:国家标准相关条文】

——《建筑设计防火规范》GB 50016—2014 (2018年版)

“散发较空气重的可燃气体、可燃蒸气的甲类厂房和有粉尘、纤维爆炸危险的乙类厂房,应采用不发火花的地面。采用绝缘材料作整体面层时,应采取防静电措施。”

“对于甲、乙类厂房(仓库),应采用不燃材料。”

——《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222

-2017

“不燃材料的燃烧性能等级为 A”

——《建筑地面设计规范》GB 50037-2013

“不发火花的地面，必须采用不发火花材料铺设，地面铺设材料必须经不发火花检验合格后方可使用。”

“物体产生静电后，带电体附近有静电场而产生力学现象、放电现象、静电感应现象，从而引起生产障碍、爆炸或火灾。因此生产或使用过程中有防静电要求的地面，应采用导静电面层并设置导电泄放设施和接地连接。”

——《导（防）静电地面设计规范》GB 50515-

2010

“静电积累产生的火花会点燃或引爆易燃易爆物质，造成国家财产和人身安全危害；静电放电的电磁辐射会使敏感电气或电子元件、组件和设备发生误动作、故障或被击穿，静电还可能给其他有关产品

质量和人身安全带来危害；而导（防）静电地面及其接地系统是保证静电随起随泄的基础设施，从而保障国家财产和人民生命的安全。所以，本条所列场所都应采用导（防）静电地面。本条为强制性条文。”

“凡是有易燃易爆的气体、液体、粉尘和固体物质的危险场所，都需要设置导（防）静电地面。”

“凡室内有易燃易爆物质的场所在采用导（防）静电地面时，均应全部采用不发火的导（防）静电地面”

“不发火导（防）静电地面是面层采用受摩擦、撞击不发生火花的建筑材料浇筑或铺设的导（防）静电地面。”

“静电接地系统由导（防）静电地面面层下设置的静电接地网（带）、接地干线、接地装置等组成，还应包括接地支线和连线，即凡是以防静电为目的的一切连接件所组成的连接系统，统称为静电接地系统。”

（上接第 49 页）

4.2 采用 ASTM C1583-04 测试涂膜耐热冲击性能

为了评估地表温度快速变化和暴露在蒸汽下对该地面系统的影响，在混凝土块上制得约为 1.0 厘米厚度的涂层。固化 7 天以后，将混凝土块在 5℃ 下保持 15 小时，然后即刻置入 100℃ 水中，重复操作四次。接着将混凝土块在 5℃ 下再保持 15 小时，然后马上接触蒸汽 5 分钟。经过热循环，检测暴露部分的粘结强度，观察涂膜表面是否有裂缝或其他损坏。

热冲击测试前后，粘结度强度约为 3.5MPa，评估不会对涂膜产生损害。

4.3 耐化学药品性能测试

将固化 7 天后的涂膜样品浸泡于 21℃ 的下列化学品中 24 小时。然后将样品取，测试其硬度，计算硬度保留率。

5 结束语

防静电地面涂料已广泛应用于电子、微电子、通

表 6 涂膜耐化学药品性能

产品/化学品	硬度（邵 D）	硬度保留率，%
空白	82	—
10%乙酸	60	73.17%
30%硝酸	75	91.46%
次氯酸钠	80	97.56%
60%高氯酸	78	95.12%

讯、计算机、精密仪器、纺织、印刷、医药、生物、化学、危化品、天然气等一切需要有防静电要求的环境场所，而 A 级防火防静电涂料的研制成功可以说是在功能性地面涂料基础上有进一步提升涂料功能，增强建筑物抵御火灾的能力。A 级防火防静电涂料的作用是在被保护物体表面起到一定的隔离作用，延缓建筑燃烧时间，为营救和灭火争取到宝贵的时间。随着施工过程新工艺和新技术的出现，其性能及应用领域将会得到进一步突破。

主要参考文献：

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

会员单位介绍

南京比欧姆防静电制品有限公司

南京比欧姆防静电制品有限公司成立于 2009 年 5 月,注册资金(RMB) 999.99 万元。预计总资产投资约 1000 万元人民币,建成约 19000 平方米的宝鹿品牌防静电地板生产基地,年生产能力为防静电地板 100 万平方米(其中架空活动地板 55 万平方米,永久性 PVC 防静电地板 45 万平方米)。公司引进了目前国内外最先进的生产设备和制造工艺,全情全力专业制造高端防静电地板产品,全心全意服务中高端客户。公司主要业务有:防静电地板,防静电墙板,防静电吊顶板,生产销售安装,机房整体装修。

防静电地板产品主要有:全钢防静电地板,陶瓷防静电地板,硫酸钙防静电地板,OA 智能网络地板,PVC 永久性防静电地板,防静电接地铜排,防静电室外接地系统。

经营业绩已覆盖国内各省份的电力、通信、金融、交通、电子、信息、医疗、中高校教育等众多大小型项目,产品质量受到了用户的鼓励支持和一致好评。

我们将用永远以客户为中心和永远质量诚信的原则服务于市场。

我们将用不断的产品研发创新和生产技术工艺,领导防静电地板中国制造走进国际品牌。

我们相信,每一款宝鹿地板就是您想要的。

The new company was established in May 2009,registered capital (RMB):9,999,999.00 The investments on production base of BOLEE brand anti-static floor total 1,000 million yuan RMB, The production base covers an area of

19,000 square meters,annual production capacity of 6000,000square meters floor(one of the raised access floor is 450,000 square meters,the permanent anti-static PVC floor is 150,000 square meters). Introduced the most advanced production equipment and manufacturing technology domestic and foreign. We must be 100 percent devoted to professionally manufacture high-end products, create a second to none service for the customer whole heartedly.

The company's performance has been around the country,covering electricity, communications, finance,transportation, electronics, information, hospital, education and so on in large and small projects.The product gains the customers' recognition and support.

The company adheres to customer-centric, quality and credibility principle to lead a market forever.

By continuous innovation of product research development and new production technique, leading anti-static floor made in china into international brand.

We believe that you will be well-content the every model of BAOLU.



地址:南京市栖霞区五棵松 46 号

法定代表人:金银花

电话:025-84361331

业务:13913309109 (VX 同号)

成都兴锦泰建材有限公司

成都兴锦泰建材有限公司成立于 2015 年,专业销售各类全钢防静电地板系列: 机房专用全钢防静电活动地板、钢基陶瓷防静电地板、OA 新型带线槽网络地板、OA 智能网络高架活动地板、OA 架空线槽地板、HDG 防静电全钢高架活动地板、铝台金木质地板、PVC 防静电地板、磁性 PVC 防静电地板、平铺型网络地板以及横梁、支架、吸盘、防静电方块地毯、地板贴面等相关辅助配件产品。

产品引进先进的整套自动流水生产线所生产的全钢防静电地板采用优质钢板经拉伸成型,点焊,静电喷涂,内腔填充发泡水泥填料养护一定周期后贴面而成。横梁、支架为镀锌及镀铝合金结构。高度长度可调。

产品具有承载能力强、可维护性、安全、稳固、防噪、防静电、防潮等功能。

全钢防静电地板广泛应用于金融、文教、邮电、铁路、交通、医药、微电子工业、部队等领域。

我们本着“与时俱进开拓创新精益求精严谨务实”的宗旨,奉行“质量至上的原则,严格产品质量管理和全面质量服务追踪。

主营:“科星牌”防静电地板、成都防静电地板、成都防静电地板、“科星牌”机房

1. 成都防静电地板 / “科星牌”全钢防静电地板
规格: HDG600*600*30、HDG600*600*35

全钢防静电地板采用优质钢板经拉伸成型,点焊,静电喷涂,内腔填充发泡水泥填料养护一定周期后贴面而成。产品具有承载能力强、可维护性、防静电、防噪、防潮,防火,安全、稳固、等功能。广泛应用于金融、文教、邮电、铁路、交通、医药、微电子工业、部队等单位。

2. 成都防静电地板 / “科星牌”钢基陶瓷防静电地板

规格: HDG603*603*40

基板采用优质钢板产品不但具有标准全钢防静电

地板的承载能力强、可维护性、防静电、防噪、防潮,防火,安全、稳固、等实用功能特点,而且更具有陶瓷地板的装饰效果,广泛应用于金融机构,高级军事机关,高档酒店会议中心等高级场所。

3. 成都防静电地板 / “科星牌”OA 智能楼宇全钢地板

型号: ZR501 标准 OA 地板、ZR502 双走线口 OA 地板、ZR503 单走线口 OA 地板

规格: 500*500*26

产品具有承载能力强、可维护、防静电、防噪音、防潮,防火,安全、稳固、脚感好等实用功能特点,用户可根据自身审美观点,铺设各种面料的地面装饰材料,如方块地毯,工艺地毯等。更好的适应了大型办公场合的个性化需求。

4. 成都防静电地板 / “科星牌”防静电通风板

规格: HDG600*600*30、HDG600*600*35

“科星牌”防静电通风地板,1024 孔提供了 18.09%~27.02%的通风率,1280 孔提供了 22.61%~33.77%的通风率。符合微机房和洁净室的通风要求。“科星牌”防静电通风板可以和其它同规格防静电地板互换,增加通风面积,更好的满足了用户不同时期对通风量大小的差异化需求。

公司地址:成都市青羊区顺城大街 308 号 1 栋 8 层 815 号

厂区地址:成都市温江区古镇横街 98 号

联系人:付经理 罗经理

联系方式:135 4813 2179 153 2805 2189

座机:028-8277 1809

邮箱:182451846@qq.com

华集防静电地板有限公司

华集防静电地板有限公司,座落于中国通往世界的南大门——广州市。经过原团队在架空地板行业十余年的摸爬滚打,于 2019 年成立本公司。公司是集防静电地板设计,制造,销售,安装为一体的专

业活动地板制造商。生产基地设在中国地板之乡——江苏常州横林镇,为适应市场需求,同时开通多线生产,保证了年约 500 万平方米的生产能力,经过十余年的沉淀,公司已与世界多家著名品牌地板公司建立长期合作关系,不断输出同于国际水准的高品质防静电活动地板。为全球客户提供技术过硬的产品,引领行业走入尖端化产品路线。

公司主旨:质量是第一生产力。主营全钢有边/无边防静电地板,陶瓷/复合防静电地板,写字楼网络地板,硫酸钙防静电地板,铝合金防静电地板,机房吊顶,墙板等,满足客户一站式需求。以上产品均通过国家电子部测试,满足 ST/J10796-2001 行业标准,满足 GB/T36340-2018 国家新标准。并获得 ISO9001 国际质量认证认可。

立足中国,展望世界,一直走在行业最前端。

地址:广州市天河区莲溪南路 158 号

邮编:510660

电话:13928788780

邮箱:huachifloor@163.com

网址:www.huachi-floor.com

西安市未来星防静电地板有限公司

西安市未来星防静电地板有限公司,是一家集生产、销售、售后为一体的专业防静电地板生产商,生产源地位于江苏常州。销售网络覆盖全国各省市,分别在江苏、西安、兰州、成都等地设有工厂和营销中心,解决了防静电地板市场上严重紧缺的售后服务问题。截止目前已服务过航空航天、国防单位、地铁、卫星基站等上千家品牌案例,得到市场一致好评认可。

工厂始建于 1985 年,以生产全钢防静电地板、OA 网络地板、木基防静电地板、硫酸钙防静电地板、PVC 防静电地板、洁净通风地板、陶瓷防静电地板等系列产品,通过国家电子部测试,达到 (SJ/T10796-2001) 标准。公司严格按照 ISO9001:2000

国际管理体系认证要求,全面、规范公司内部管理,努力使产品质量达到零缺点要求,为客户提供优质的产品质量,贴心的售后服务。

公司已与国内各大机房公司、装饰装修公司、房地产开发商等建立了长期合作的关系,并为国内 80% 的设计院提供了网络地板、防静电地板的设计方案。公司防静电活动地板系统的先进技术,以及广大客户对未来地板的信任,将他们拥有的各个知名项目交由双旗地板来执行完成,诸如政府机关、金融证券、广播电视、交通运输、电子仪器、制造工业等行业。

公司秉承工匠服务、诚信激情、团结感恩的价值观,全力以赴满足客户的需求。只要您有架空地板的需求,并提出您需要的一切技术需求,我们都可以为您提出合理的、完善的解决方案,并为您选定任何一款我们现有的或定制能够满足您的需求的特殊的架空地板及配件,直到您满意为止。

西安市未来星地板有限公司作为优秀的防静电地板生产厂家,可提供范围广泛的产品和全方位的服务及解决方案。几十年来,未来星不断顺应时代发展的潮流,开拓进取,制造出一批又一批质量稳定,价格低廉的防静电地板。未来星品牌评为中国地板行业具有市场影响力的优秀品牌、中国潜在竞争力地板品牌。同时,未来星品牌把走在行业发展前端、追求优秀品质作为自己义不容辞的历史使命!

欢迎各位业界人士前来咨询!

地址:西安市未央区太华北路大明宫万达广场 3 号甲写 1306 室

邮编:710000

网址:www.wlxdb.cn

邮箱:3413977852@qq.com

埃用仪器(苏州)有限公司

自 2004 年众业公司成立,到 2017 年 7 月 5 日埃用仪器(苏州)有限公司(以下简称埃用),作为一

家新多元化的科技公司独立运营，我们继续秉承不变的企业家精神和激情，开始新的起航。15年来我们与客户建立了良好的声誉，埃用将继续以提供高性能、具有极至性价比的产品以及快速的响应能力来解决客户的问题和需求，并以我们的专业知识帮助客户获得他们所寻求的深入见解，使得客户对我们提供的解决方案满怀信心。

埃用将其专业技术聚焦于三个关键领域，在这些领域中我们将帮助客户实现的目标：

静电控制——专注于静电控制领域，为企业客户提供 ESD 业务解决方案，为需要静电控制、表面除尘的客户产品，技术和建议。产品广泛应用于半导体、封装、光电、电子、通讯、喷涂、印刷、纺织、医药设备、建材、注塑等行业，深受工业行业广大用户的认可和好评。

仪器仪表：专注于测试测量领域，帮助科学家、研究人员和工程师轻松应对严峻的测试挑战。借助我们的产品和服务，他们能够更好地实现突破，助您在电子设计、测试、制造和优化等方面加速创新。

测量附件——专注于研发各类仪器的测试导

线、测试棒、测试钩夹及连接器、五金零组件。为满足顾客对产品质量与服务的追求，我们不断地创新，提升产品质量，让产品整体更美观、更安全、使用寿命更长、测试更简单。

埃用以“争做百年品牌为愿景”，奉行“质量第一、顾客满意”及“勤、诚、信”的经营理念，埃用对所用材料精挑细选，对工艺精益求精，严格筛选供应商，出厂产品均满足国家或行业标准。公司自成立以来，坚持技术引进与设备革新，先后斥资从美国、日本引进生产设备和测试仪器实现了生产的精准、高效、智能化，始终以客户和市场需求为创新导向、以独特的设计理念和精湛的制造工艺，为全球客户提供好的产品和服务。我们正在申请 ISO9000 质量管理体系认证，现已获得出口 CE 认证、ROHS 证书。我们期待您对埃用未来发展的持续关注和鼓励，我们将竭尽所能做到最好。

地址：江苏省苏州市吴中经济开发区兴南路 66 号

邮编：215000

电话：0512-66559708

邮箱：support@tronovo.com

官网：www.tronovo.com

中国防静电装备品牌企业展示

AP&T

上海安平静电科技有限公司
Shanghai Anping Static Technology Co., Ltd

上海安平静电科技有限公司成立于1999年，是一家集研发、生产、销售、技术服务于一体的高新技术企业，专业为客户提供静电消除及控制的解决方案。公司的AP&T系列产品有智能型静电消除器系列(离子风机系列、离子棒系列等)，防爆型静电检测仪仪器仪表系列、静电传感器系列等。产品广泛应用于半导体、封装、光电、电子、通讯、喷涂、印刷、纺织、医药设备、建材、注塑等行业，产品销往全世界多个国家及地区，深受工业行业广大用户的认可和好评。

行业静电消除应用



公司荣誉



知识产权



上海安平静电科技有限公司
地址：上海市徐汇区桂青路69号27栋3楼
电话：02164517861
网址：www.ap-static.cn



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饰装修工程专业承包贰级、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



贴面加工生产设备



硫酸钙GRC基板生产流水线



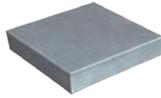
全包地板生产流水线

中国防静电装备品牌企业展示

◎ Product Image 产品图片



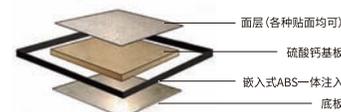
钢质网络地板



硫酸钙全包地板



四边采用ABS一体注塑成型



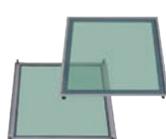
地板结构图



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

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。

