

# 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



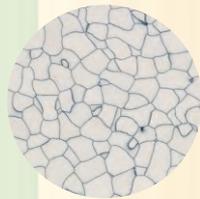
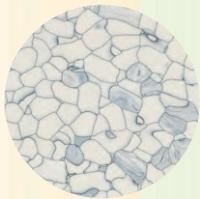
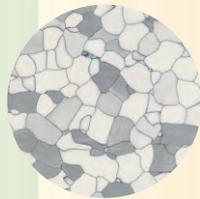
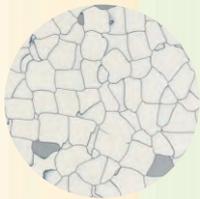
3 | 2018  
总第102期

ISSN 2220-8186



9 772220 818000 >

## 产品照片



## 产品简介

永久性防静电PVC地板是以聚氯乙烯树脂为主体，加入导电材料、稳定剂、增塑剂、及色料等辅料，经特殊加工工艺制作而成。

本产品利用塑料粒子界面形成的导静电网络，具有永久性防静电性能。外观酷似大理石花纹，具有较好的装饰效果。且具有耐磨，防静电持久，耐老化，发尘量低等特点。各项性能指标经信息产业部防静电监督检验中心测试均达到或超过国内外同类产品水平。

本产品适用于通信、电子、微电子、医院、电厂等行业的程控机房，净化室等要求防静电的地面。

## 国家专利产品的主要优点：

采用先进的表面处理技术，表面耐污、耐磨性能良好。PVC地板中含有均匀的导电材料，具有永久防静电性能。防火、防潮、防腐。规格统一，颜色持久。



常州金海防静电地板有限公司是专业生产防静电地板的企业。主要产品有“雪雁”牌防静电地板PVC地板。每年生产量在500万平方米左右，是国内生产防静电PVC地板最大的厂家。公司拥有自营进出口权，其中50%产品远销美国、日本、台湾、韩国等地，“雪雁”牌防静电PVC地板荣获常州市名牌产品、江苏省名牌产品。在国内的京东方、三星、富士康、夏普、天马等多家大型防静电地板工程中广泛采用并得到好评。

公司位于太湖之滨的武进，建有现代化的标准厂房50000M2，运用国家专利技术，从PVC造粒到成品均自主生产，各道工序经严格的测试和检验，保证产品优质稳定的性能。产品各项技术指标符合美国及欧盟标准，并通过了“CE”认证。公司是中国信息产业部防静电地板推荐企业，连续十年获常州“重合同守信用”证书，并获得常州“AAA”级企业称号。公司通过了ISO9001:2008质量管理体系认证和ISO14001:2004环境管理体系认证，以实现环保型企业，提供绿色环保产品，为员工、客户及社会的健康和自然资源的可持续性发展尽职尽责。

## 企业荣誉



## 企业资质



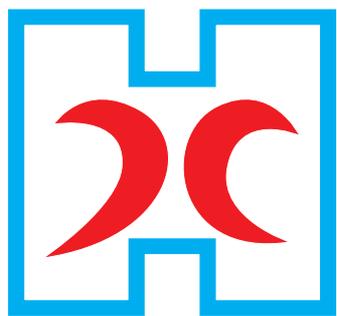
## 常州金海防静电地板有限公司

地址：江苏常州武进雪堰雪宏路2号  
电话：0519-86158467  
网址：<http://www.china-xueyan.com> / <https://czjinhai.1688.com/>

联系人：李小林 13706119096  
传真：0519-86155203

潘丽洁 13921082405

E-mail: XYPVC@126.com



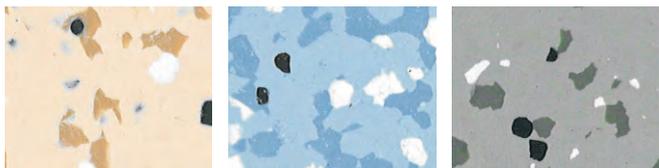
**华静®**  
HUA JING

**永久性PVC导静电块材**

**永久性PVC导静电卷材**

**防静电PVC卷材**

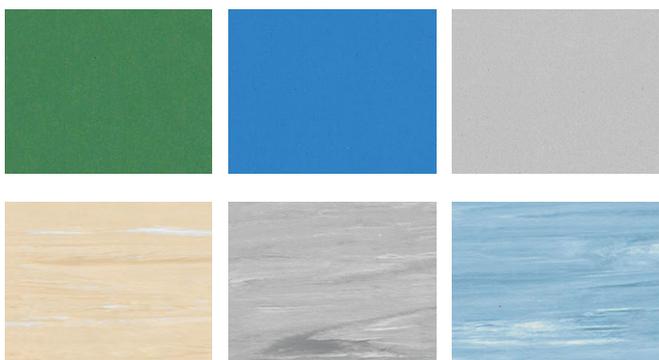
## 永久性PVC导静电卷材



产品特性：华静防静电PVC卷材，具有永久性防静电功能。广泛适用于电子、洁净室、计算机、医院、电信、航天航空等精密仪器和设备专用场所

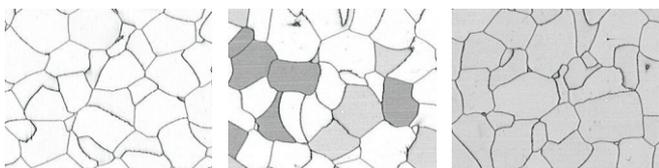


## 防静电PVC卷材



环保材料：通过ISO14001环境质量体系认证，采用欧洲先进的生产工艺，确保产品的原材料加工生产达到欧洲标准。

## 永久性PVC导静电块材



经久耐用：产品具有稳定性和耐磨性，满足各种公共大流量场所的使用要求。经久耐用，抗压性能良好。

江苏华静是专业生产防静电PVC地板的企业，企业致力于技术研发与创新，自1993年成立以来企业不断依托国内科研院研发产品，近年来企业取得了多项国家发明专利、实用专利，并与国际行业巨头洛克风国际有限公司建立战略联盟，并引进了欧洲先进的设备与生产工艺。公司以质量与环保为根本，先后取得了ISO9001、ISO14001体系认证。



**江苏华静地板科技有限公司**

地址：常州市横林镇镇西工业园区中杨路16号 网址：[www.floor.cn](http://www.floor.cn) 邮箱：[518@floor.cn](mailto:518@floor.cn)

电话：0519-88783211（总机） 销售：0519-88721211 手机：13901503201

1997年创刊  
2018年第3期(总第102期)  
出版日期2018年08月20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  
合作单位: 中国电子科技集团公司第三研究所  
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 张慧军  
主任: 谭慧新  
副主任: 邹勇  
编委会: 马敏生 王晨曦 冯文宣 庄晓荣  
刘青松 管映亭 王大千 孙玉荣  
宋兢男 翟铁英 廖志坚 盖志芳  
主编: 张海萍  
编辑: 陈增久 孙冰 任健男 高绿青  
美编: 张爱君 李睿  
编辑部地址: 北京市石景山区万达广场  
CRD银座B-1136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

### 企业访谈录

8 技术创新不松劲 行业路上攀高峰 孙英彤 谈坛

### 协会动态

11 《工程防静电通用规范》研编工作全面展开  
11 天华超净致力于行业ESD职业教育  
强强联手创办培训基地 实实在在提升行业技能  
13 美国ESDA CPtM认证培训在苏州天华举办

### 学术探讨

14 芯片氧化层静电放电击穿模型研究 梁合娟 孙可平  
18 洁净室用聚氨酯工作鞋抗黄变性能的研究  
胡树 郭辉 李志君  
24 电子工业静电安全防护系统构建 王荣刚 孙玉荣

### 技术应用

30 硅橡胶静电耗散材料的研究进展  
胡树 郭辉 陈祥超等  
36 高效低阻分子污染物过滤的应用

### 技术讲座

38 电子工业用防静电装备(用品)与防静电工程 孙延林

### 企业管理

46 加快长效环保防静电橡胶研发生产和推广应用  
——从自身供给侧改革开始 爰向阳

### 产品介绍

48 新型防(抗)静电粉末涂料应用将成新宠 程学锋

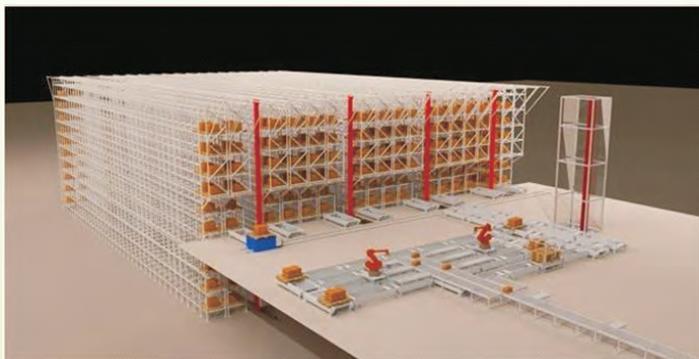
### 会员之家

50 新会员单位、会员单位介绍

### 会展时空

54 好亚通公司介绍  
55 深圳宇浩公司介绍  
56 三威公司介绍

# 上海佰斯特电子工程有限公司



佰斯特® 数字化物流管控系统



佰斯特® AGV智能小车系统



佰斯特® 智能搬运系统

佰斯特公司成立于2001年，一直致力于科学、安全、舒适，高效的生产环境的研究，公司集设计、研发、制造、实施为一体，旗下产品涵盖各类工业装备制造，智慧物流和智能工厂的相关软硬件产品。佰斯特智能能够提供生产和配送工艺流程设计、公用工程需求、项目管理、系统设备选型及配置、数据分析与计算、工期计划编制、土建工程配合设计、供配电、供配气设计、工程预算、自动控制系统、计算机软硬件配置、智能仓储管理系统、软件接口、系统联调和试运行、仓库搬迁方案制定、培训、验收、资料整理和移交的整体解决方案。

上海佰斯特电子工程有限公司

电话:+86-021-51085580

手机:+86-13816559034

传真:+86-021-54258480

邮箱:pousto@pousto.com.cn

网址:www.pousto.com.cn

地址:上海市徐汇区凯旋路3500号华苑大厦1幢21层

工厂:上海市青浦工业园区新金路8号





# 江苏华集地板有限公司



江苏华集地板有限公司生产的“华集”牌地板是经营 20 多年来，国内一致公认的、历史悠久的一线品牌产品，是一家集研发、制造、安装、服务为一体的专业生产系列架空地板的企业，现已发展成为国内同行业中具有超大规模、知名度最高、品牌影响力强的企业。

## “华集”拥有国内最先进全自动流水线及品质优势

“华集”全钢地板和硫酸钙地板生产线，拥有国内技术最先进、生产量最大的全自动流水线设备 3 条，采用二次除油工艺，确保地板焊接牢固和没有生锈隐患；采用韩国进口的先进的机械手进行全自动切割，确保地板精度；采用恒温、恒湿、恒风流量烘箱烘干工艺，确保硫酸钙板基含水率稳定、均匀，确保基板与镀锌板粘贴后不脱壳。



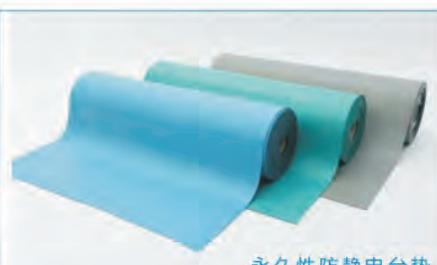
“华集”铝合金地板生产线，公司投入了 2000T-2500T 压铸机设备、全自动机器人取件、全自动给汤设备、全自动喷雾设备、机器人全自动抛顶针设备、全自动抛光机、全自动抛丸机、全自动环氧树脂粉末喷涂烘干、全自动喷胶贴面设备等先进设备。



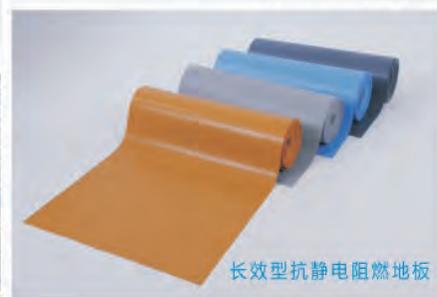
# 浙江仙居国达塑胶电子厂

浙江仙居国达塑胶电子厂创建于1996年，是一家专业生产防静电台垫，地垫和永久性防静电台垫，地板的专业生产厂家，并承接防静电地板工程和成套防静电工作台面工程。有着20多年研发、制造防静电系列产品理论基础的实践经验。本厂建地面积13000多平方米，固定资产3000多万元，技术研发人员20多人，并多次承担省、国家军工单位的重大科研项目，拥有年产150多万平方米的防静电台垫、地板生产线。企业管理产品从原料到生产过程和产品出厂都有一套完整管理制程和质量跟踪检测体系。我厂防静电系列产品多年来一直为中国的军工企业、电子厂、航天工业、医药化工及烟花爆竹企业提供防静电安全防护及设计，目前以为三星、富士康、华为、中兴、苹果代工厂等企业提供成套安全服务。

目前我厂又研发了新一代永久性防静电台垫和地板，并拥有两项国家发明专利和多项实用新型专利。



永久性防静电台垫



长效型抗静电阻燃地板

永久性防静电台垫是我厂刚刚上市的一款新型防静电产品，着重为我国军工、航天等单位要求特高的一款高端产品，技术含量高，颠覆了传统防静电台垫产品静电排放方式，并获国家新材料发明专利。它的机理是通过金属碳纳米离子，在高温挤压下与树脂熔融相互渗透，在材料内部形成条状导电回路而进行静电排放的一种新型方式；改变了传统产品依靠活性阳离子迁移出产品表面与空气湿度结合而进行静电排放。该新型永久防静电台垫，它不受温湿度影响，从而保证了该产品在低湿环境下能有效地进行稳定持续的静电排放。

## 永久性防静电台垫



**产品特性：**耐磨性优良：产品为单层同质透心结构，内部添加德国进口高耐磨树脂材料。

**安全性：**该产品通过环保阻燃认证，保证了使用时的安全性和可靠性。

**抗静电长效性：**采用进口的导电聚合物，通过复杂的工艺生产，改变以往静电泄放方式，保证抗静电的长效性。

**抗老化性：**产品在-20℃环境下无裂痕，表现出优良的抗耐寒性，同时在室外太阳暴晒下不变色，表现出优良的抗紫外线性能。

**耐化学性：**该产品有着优良的耐油性，耐酸碱性。

**应用范围：**该产品被广泛应用于电子行业，制药化工，医院，航空航天及商业中心等领域。

长效型抗静电  
阻燃地板

浙江仙居县国达塑胶电子厂

电话：0576-87961508

邮编：317319

手机号：13958510616

4 中国防静电 JOURNAL OF CHINA ESD CONTROL

地址：浙江省仙居县皕滩高新技术工业园

邮箱：guodadz@163.com

传真：0576-87961587

网站：www.guodachina.com



# 上海硕荣电子科技有限公司

SHANGHAI SHUORONG ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.

电话&传真 TEL&FAX: 021-33554846 邮箱 EMAIL: SR@SHANGHAISR.COM

网址 WEBSITE: WWW.SHANGHAISR.COM ; WWW.SR-ESD.COM

## COMPANY PROFILE

## 公司简介



防静电工作台

SMT防静电物料架



防静电PCB板周转车

防静电周转箱



防静电PVC地板

上海硕荣电子科技有限公司是一家致力于在静电、微污染防治技术的专业企业，智能电子、塑胶、洁净、金属制品等防静电、净化产品的研发与生产公司均有行业一流的团队与基地，公司面向客户开展技术咨询、培训服务，针对客户生产中发生的防静电技术疏漏，现场提出解决方案、产品定制，为客户竭尽全力做好销前、售中、售后服务。

公司为自营进出口贸易、研发与生产为一体的高科技企业。公司总工庄载荣先生是行业资深专家，参与了SJ/T11277-2002《防静电周转容器通用规范》，国军标GJB3007-2009《防静电工作区技术要求》和SJ/T10694-2006《电子产品制造与应用系统防静电检测通用规范》标准的起草和修编工作，由其主持的多项课题、产品研发成功获得了国家专利。近期还参与了国家军用标准GJB1649《电子产品防静电放电控制大纲》和国家军用标准GJB/Z86《防静电包装手册》的编制工作。

企业的塑胶加工、防静电鞋、屏蔽袋为主打产品，生产质量体系通过了ISO9001:2015认证、产品根据IEC61340-5-1和ANS/ESD-S20.20级及GJB3001A的国际标准和国军标的要求组织实施。产品经国家质量监督检验中心和SGS检测各项指标符合以上标准要求，并符合欧盟ROHS环保要求。公司研发的耐高温200度防静电材料和白色长效防静电材料，在行业中具有领先地位，广泛应用于军工和高端半导体行业。公司研发生产的SMT防静电料架、防静电周转容器、防静电周转车、人体防护、防静电椅、防静电PVC地板及工具、防静电工作台、检测设备、离子风机、防静电包装产品、净化产品广泛用于半导体、航天、航空、军工、电子、化工等领域并得到众多跨国公司的认可。在西门子、松下、华为、三星、理光、伟创力、航天等系统得到应用。为满足广大客户的需求，公司根据客户要求开发、定制模具和特需防静电材料。

公司始终以高度的创新精神，拼搏进取，以质量立业、优质服务、走国际化、综合化道路，诚信待客为企业的宗旨，我们力争与客户携手共赢共创价值，客户的满意就是我们不懈努力的追求！



# 河北科华防静电地板制造有限公司

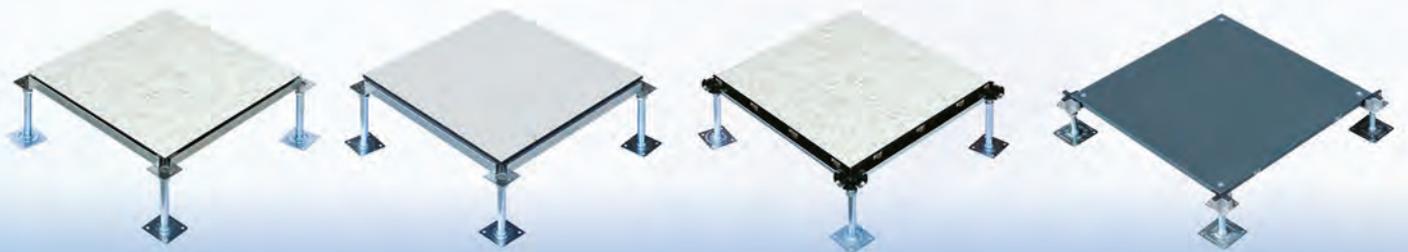
HEBEI KEHUA PREVENT STATIC FLOOR MAKING CO.,LTD

## 企业简介

河北科华防静电地板制造有限公司是一家集研发、制造、服务于一体的综合型企业，八十年代初就着手研制生产防静电架空活动地板，三十几年来坚持以诚信服务、质量第一求生存，以严格管理、开拓创新求发展，以务实创新的态度迎得了广大用户的一致好评。使“科华”成为了防静电活动地板行业值得信赖的品牌供应商。

科华公司本着“质量一流，服务至上”的宗旨，以“诚信经营，精益求精”的理念，真诚期待着与您合作！

- ★ 第一家生产了国内高档HDM600--ZD无边框高性能复合地板
- ★ 第一家生产了国内三防型防静电地板;防静电玻化砖地板
- ★ 中国电子仪器行业协会防静电装备分会(理事单位)
- ★ 1998年被电子工业部抗静电基础装备部评定为国家质量等级证书“一等品”
- ★ 2000年获得北京恩格威ISO9001:2000质量管理体系认证
- ★ 2003年被中国建筑材料流通协会评定为:《中国质量供货合格放心安全无有害环保建材产品》
- ★ 2003年被信息产业部抗静电基础装备部评定为国家首创品牌
- ★ 2003年获得《中国质量供货合格放心、安全无有害环保绿色建材产品》
- ★ 2009年获得欧洲CE认证
- ★ 中国防静电装备品牌企业



地址: 河北省保定市徐水区双丰大街(中小型工业园区) 电话(TEL): +86-0312-8613555 邮编(P.C.): 072550

6 中国防静电 JOURNAL OF CHINA ESD CONTROL

传真(FAX): +86-0312-8678751 网址:(WEB): www.khfjddb.com E-mail: khdb@khfjddb.com

# 国家工业信息安全发展研究中心 信息产业防静电产品质量检中心

国家工业信息安全发展研究中心是工业和信息化部直属事业单位，是支撑我国工业领域信息安全的国家级研究与推进机构。经过近60年的发展，国家工业信息安全发展研究中心已形成以工业信息安全和两化融合为核心，军工电子、检验检测、知识产权、数字资源建设等共同发展的业务体系。

信息产业防静电产品质量监督检验中心成立于1993年4月是隶属于国家工业信息安全发展研究中心的第三方国家认证的检测实验室，在信息产业领域开展防静电产品（装备）及系统检测，评估认证，工程验收及技术标准研究等工作，为整个工业信息行业提供全方面的防静电技术服务。

## 业务范围

01

工业信息安全研究

02

两化融合产业推进

03

知识产权司法鉴定

04

检测计量认证咨询

05

安全战略规划编制

06

科研技术推广培训

国家工业信息安全发展研究中心  
地址：北京市石景山区鲁谷路35号  
网址：[www.etiri.com.cn](http://www.etiri.com.cn)  
电话：010-68632898

信息产业防静电产品质量监督检验中心  
地址：北京市石景山区石景山路23号  
网站：[www.cnastc.com](http://www.cnastc.com)  
电话：010-68865301

## 技术创新不松劲 行业路上攀高峰

——访山东电盾科技股份有限公司董事长袁国梁

孙英彤 谈 坛



党的十九大与十三届全国人大会议提出了建设创新型国家的重大举措,正值举国上下掀起“创新驱动”热潮之际,我们走访了山东电盾科技股份有限公司袁国梁董事长。采访中,我们了解到电盾科技公司就是在创新的理念中诞生,又在科技创新与技术进步中不断发展壮大的。

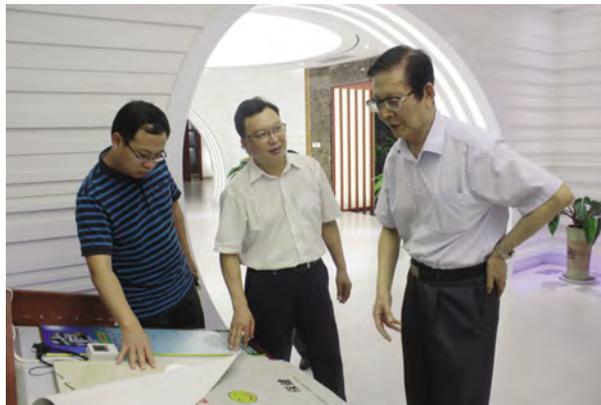
袁国梁四十来岁,皮肤白净,个子不高但魁梧,戴着眼镜,开口说话未出声就露出笑颜,浑然一副文绉绉的作派。比较起这硕大的厂区、宽敞而又典雅的办公楼宇,在淄博乃至山东都能叫得响的企业,当年也就三十出头的文生,又是怎样带领着大伙儿将企业办得如此火红的呢?用袁国梁的一句话那就是:“技术创新不松劲,行业路上攀高峰!”

电盾科技公司凭借着科技创新技术进步这一理念,风风雨雨十几年,不惧艰难曲折锲而不舍一路走来,从一个名不见经传的制陶小厂到现今全国闻名遐迩,防静电功能瓷砖世界唯一。袁国梁如是地说:每当我站到领奖台上,面对来自省、市乃至国家级的奖牌,我的心情很平静,因为我们无愧于这些奖牌,我们这十多年来为此付出了太多太多。

袁国梁学校毕业就到制陶企业做工,凭借着勤奋、好学、爱动脑的秉性,从工人、车间主任、生产厂长跌打滚爬到了企业老总的岗位。传统制陶产品市场竞争日趋激烈,而淄博地区与东南沿海制陶企业相比,无论从生产的资源还是经营理念均无法匹敌。在如此严峻的形势面前,深谙生产与技术的袁国梁居安思危,千方百计寻求制陶新的蹊径。他开始对国内建筑建设的地坪地板开始了关注,一次他发现自己企业计算机机房所用的防静电高架地板,安装费工费力,而且表面使用不耐磨、不抗压,如果能用上瓷砖该又多好呢?当时他对静电防护还比较陌生,但他的好奇与好学个性,让他钻研起了防静电理论。静电防护技术是一门十分专业的学科,书店里面这类专业书籍几乎找不到,于是他就到处打听国内有关专家、老师的信息。当他获知中国电子仪器行业协会防静电装备分会孙延林秘书长是国内静电防护技术的知名专家时,当即北上赴京拜师。他从孙老师那里讨得了几本专业书籍,还专门参加了由孙老师主讲的静电防护技术专业培训班学习。通过学习与钻研,他明白了地坪、地板静电防护的基本原理与要求,简单来说就是将结聚在地面的静电通过地面及时疏导释放。从理论上弄通了什么是“防静电”,他又开始了广泛的市场调研。通过市场走访与考察,他发现防静电地坪、地板市场应用十分广阔,电子、医药、化工、纺织、石油石化、军工、航天航空等行业乃至我们现实生活中无处不有,同时他还从中发现随着我们国家现代化建设步伐加快,科学智能技术必将会成为引领国家经济的主导,而这些都将离不开静电的防护。他在市场调研中还走访了相关的防静电地坪、地板类的制造与施工企业,与他们共同探讨其制备

的材料与工艺技术。善于动脑分析的他又将市场调研了解到的五花八门的防静电地坪、地板产品归为三类：直接在地面施工的有防静电环氧自流坪、防静电水磨石地坪等，用于机房便于板下走线或送风的是防静电高架地板、网络地板，鉴于地面直接铺设或高架地板面层贴面的有防静电 PVC 地板块材，其中用途较多用量最大的是防静电高架地板，该地板结构为钢壳填充水泥，面层加贴防静电三聚氰胺板贴面或 PVC 材料。他又分析这几类防静电地面材料均有不同程度的弱点，其耐磨性、电性能分布均匀性、耗散持续性、机械承压性等或多或少地存在瑕疵。综合调研分析同时又向专家老师求教，大胆提出了开发防静电陶瓷砖的创意，并得到了相关专家的认同与支持。此刻的袁国梁一腔创新热流在心间涌动，凭借他对制陶技术与生产的娴熟，他有信心能制造出防静电的瓷砖来！

2003年，袁国梁通过借贷成立了山东统一陶瓷科技有限公司，为将这传统的陶瓷砖赋予其新的功能，在确立研发“防静电陶瓷砖”项目后，又在统一陶瓷公司的基础上专门成立了静电事业部并在全国招揽了四十多位相关的专业技术人员成立专门研发中心，随后又专门成立了以专业研发生产防静电陶瓷砖的山东电盾科技股份有限公司。他们从原料到配方经过了近千次的试验，一次次的失败他们没有气馁，而是一次次地增加了信心，坚定的信念告诉他们每一次的失败将更接近成功的实现，而这些实验都是在“烧钱”呀，他们几乎将统一陶瓷普通陶瓷砖的销售利润用于了防静电瓷砖的研发之中。业内同行看到袁国梁如此刻意执着，风言风语随之而起：“老祖宗传下来的陶瓷砖就是如此做的，那来什么防静电呀功能瓷砖呀什么的，袁国梁是异想天开”、“什么防静电瓷砖呀？古今中外听也没听说过，袁国梁天方夜谭无非是在炒作而已”。研发中的挫折与同行们的讥讽，袁国梁没有因此而改变自己的信念，他凭借着有志者事竟成的毅力，一如既往地加大了投入，并与中科院、清华大学等科研机构大专院校联合，对材料、配方、生产工艺、生产设备等总体流程做了系统



设计与研发，再经过一次次的试验，功夫不负有心人，2005年5月中国乃至世界的第一块“防静电陶瓷砖”问世了！

防静电陶瓷砖，经国家多家权威检测机构检测各项技术指标均满足国家标准，有一些还达到了国际标准。尽管物理、化学指标符合了防静电的相关标准，袁国梁并未满足于此，因为这些指标其它防静电地面材料也能达到，于是他又送国家权威机构进行老化试验，其结果让袁国梁振奋了：在高温高压、老化疲劳试验中，所有防静电指标依然没有改变。这就是袁国梁要的结果，这就是防静电陶瓷砖与其它防静电材料的差异性。袁国梁面对这一片片刚出产的防静电瓷砖，看着一页页满是数据的检测报告，他落泪了。这位山东汉子没有在一次次失败中落泪、没有在同行讥讽嘲笑的委屈面前落泪，但今天在成功面前掉下了热泪。因为这一切来之不易呀！时任信息产业防静电质量监督检验中心主任的孙延林如此评价：防静电陶瓷砖经与其它防静电地面材料相比较，迄今为止技术指标稳定持久、耐磨、耐腐蚀、耐高温，其性价比是最高的。

电盾科技公司为我国的静电防护事业作出了贡献，因为这一创举解决了一些特殊领域静电防护的世界性难题。防静电陶瓷砖被山东省科技厅鉴定为“填补国内空白，技术性能处于国际领先水平”的科技成果，并获国家发明专利。

正因为防静电陶瓷砖具有独到的产品优势与技术优势：可以适应各种恶劣环境的使用，哪怕在1200度的高温下其电性能稳定，外观不变形、不渗

漏,无毒无味无放射,正常使用防滑耐磨耐污染,可承载重压、日常护理简单方便等等凭借这一系列的特性,防静电陶瓷砖很快走俏于市场,尤其被国家重点项目所青睐。国家航天控制装配中心精密仪器集中、装配环境洁净防静电要求高,国产常规防静电地板很难满足其要求,而刚问世不久的防静电陶瓷砖正切中其需求,此时恰逢神州七号载人飞船飞天之际,电盾科技公司的防静电陶瓷砖为其作出了不可低估的保障作用,而电盾的防静电陶瓷砖也“神七”的成功遨游而名扬全球。随之中国酒泉卫星发射基地、西昌卫星发现基地、中国火箭运载中心、航天科技总公司空间技术研究院、航天 613 研究所、中央电视台梅地亚中心、国务院办公厅、中国电子研究院、“辽宁号”航空母舰等上百个重点工程接踵而至,电盾科技公司的防静电陶瓷砖所应用之处,都深受欢迎而无一投诉。

防静电陶瓷砖的成功研发及市场走红,随之而来的各种荣誉纷至沓来:仅山东省级的就有“科技进步奖”、“社会杰出贡献奖”等几十项。面对这些荣誉,袁国梁没有飘飘然满足现状,而是更加珍惜这些荣誉、更加呵护产品的成长。他明白尽管防静电陶瓷砖获取了国家发明专利的保护,但规避不了市场的跟风与仿制,只有对产品进一步的完善与不断提升才能真正做到人无我有,人有我优,企业才能始终做到在行业的制高点上引领行业的发展。于是他又加大了企业科研团队的建设,先后成立了山东省防静电陶瓷工程研究中心、院士工作站,建立了山东省防静电陶瓷砖实验室,同时扩大了与大专院校科研机构的合作,对防静电陶瓷砖进行深度研发和系列化的开发。

如果把功能性防静电陶瓷砖视作瓷砖制陶业异类的话,那么采用粉煤灰替代陶土做生产基本原料那就是异想天开的梦幻了。随着陶土原料的逐渐稀少,而工业粉煤灰的增多,如果将粉煤灰经过改造利用添加到瓷砖的生产原料中,则将是一举多得的好项目。袁国梁与他的研发团队再次向着前所未有、闻所未闻的创新目标前行。2013 年山东维统科技有限

公司成立了,他们依托澳大利亚新南威尔士大学、北京大学、山东理工大学等科研院校为技术后盾,专门建立了淄博市粉煤灰建材工程技术研究中心,袁国梁与他的研发团队经过一年多潜心努力,攻克了粉煤灰综合利用的一个又一个国际难题,取得了 10 项国家专利。2014 年 8 月,世界第一片粉煤灰制瓷砖诞生,国家建筑建材检测机构检测所有指标均符合国家瓷砖类标准。公司拥有的粉煤灰综合利用制造新型建材产品技术可以使粉煤灰掺量可达 30%~70%。先进的处理加工技术比传统生产工艺节水 80%,节约燃料 20%,节约综合能耗 20%,节约综合成本 20%,被誉为“建材行业的一场绿色革命”。粉煤灰瓷砖的研发成功,为防静电瓷砖的深度研发提供了更为广阔的前景。产品的多样化、系列化、个性化更为突显,地面、墙面、工作台面等特殊要求的功能性防静电瓷砖一应俱全,厚、薄,方形、矩形,素雅、恢弘、洁净图案比比皆是。电盾科技公司创新之路迈入了行业的领头,成为了行业的标杆!

回顾山东电盾科技股份有限公司十多年来的科技创新的成功之路,袁国梁如是说:科技创新、追求卓越这是我们电盾人的初心,也是我们电盾的精神。十多年来,袁国梁带领着电盾人取得了国家专利 42 项、获得了国家、部省市各种荣誉近百项,产品不仅在国防军工、航天航空、石油化工、医疗制药、洁净微电子、电力通信、公共安全、金融教育、高铁地铁机场等领域广泛应用,而且进入了中国驻国外使领馆,并在印度、波兰、意大利、美国、澳大利亚等国完成了市场拓展与战略扩张。山东电盾成为了当地政府的利税大户,袁国梁成为了“中国经济十大创新人物”、“影响中国陶瓷行业 100 人”。在电盾荣誉的长卷里,那些耀眼光环每每的让你眼球驻守,这一切都将是电盾人、对袁国梁的价值认可与赞誉。而袁国梁却没有在此驻留,他始终站在科技创新的起跑线上,袁国梁说“科技创新没有终点,留给自己与企业的永远是起点”,山东电盾科技股份有限公司科技创新永远在路上。我们期待在电盾科技的这片创新热土上绽放出一株又一株科技花蕾!

## 《工程防静电通用规范》研编工作全面展开

**本刊讯** 国家强制性标准《工程防静电通用规范》，是由住建部在2018年初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。该项工作于2018年4月启动，7月27、28日在上海召开了第二次研编工作会议。

本次会议是各研编组的组长会议，由电子工程标准定额站技术总监薛长立主持，主要对前期工作进行了汇报检查，对研编中的一些敏感问题进行研讨。会议统一了《工程防静电通用规范》的命名。经探讨会议一致意见“工程防静电”涵盖“防静电工程”，本标准应该是工程中静电防护的通用规范，而不是单个或单项防静电工程的规范。会议还对已经在编的《总则》、《基本规定》、《施工要求》、《施工准备》、《施工安装》、《施工质量控制》、《弃用与拆除》等章节“雏形”进行了讨论修改，并要求会后对以上几个章

节尽快按会议修改意见充实完善，予以示范。该标准涉及电子、石油、石化、医药、纺织、轻工、航天、兵器等行业工程静电防护的技术、装备、施工与运维，其范围广，工作量大。

协会理事长孙延林为本标准领导小组成员，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、国家静电防护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、上海佰斯特电子有限公司、苏州天华科技股份有限公司、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。目前各项研编工作正紧锣密鼓地全面展开。

## 天华超净致力于行业 ESD 职业教育 强强联手创办培训基地 实实在在提升行业技能

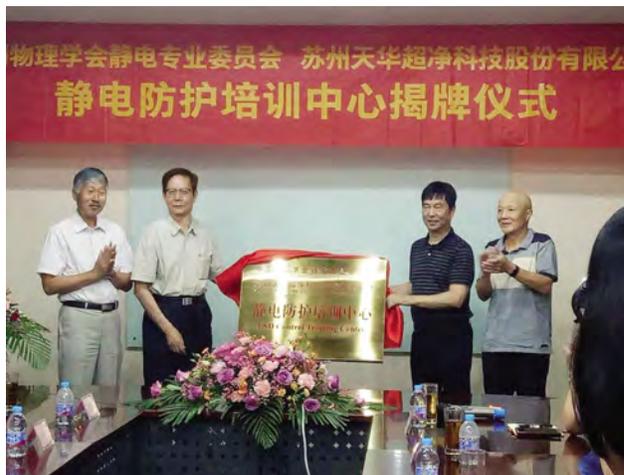
2018年6月27日，中国物理学会静电专业委员会“静电防护培训中心”在苏州天华超净科技股份有限公司挂牌成立。苏州天华超净科技股份有限公司继2017年由中国电子仪器行业协会防静电装备分会、工业和信息化部电子行业职业技能鉴定站“ESD华东地区培训基地”在企



业落成不到一年的时间里,又由国内静电防护技术学院学术、实业应用两大龙头权威汇聚苏州天华,且天华公司同时还与美国 ESD 协会联合在国内开展了相关静电防护技术的培训与认证,充分体现了苏州天华超净科技股份有限公司对国内 ESD 的培训教育日臻完善,显现了如日中天的大好前景。

苏州天华超净科技股份有限公司拥有二十多年防静电和微污染控制产品的研发和积累,企业设有专业院士工作站。其产品和服务区域辐射长三角、珠三角、华北等地区,在液晶显示、半导体和硬盘存储等高端应用领域得到了客户广泛的认可。为满足客户和市场需求,提高行业静电防护技术的水平,天华公司近年来致力于行业职业技术培训,积极与国际国内行业权威机构联合,在企业内建立相关的培训基地,为电子、医药、石油化工等行业企业提供 ESD 相关技术咨询服务。在帮助企业解决相关静电与微污染防护问题的同时,积极开展 ESD 检验员,ESD 工程师、洁净技术工程师等职业技术培训,并与美国静电防护协会在国内联合开展静电防护体系认证等一系列培训项目。自 2017 年下半年以来,天华公司已与中国电子仪器行业协会防静电装备分会、电子行业职业技能鉴定站联合培训 ESD 工程师、ESD 高级检验员近百人,与美国 ESDA、日本 JEITA、JEDEC 等国际专业机构开展两次高峰论坛与培训,行业内受益专业技术人员、企业 ESD 管控人员数百人。

中国物理学会静电专业委员会是国内静电学术界最高权威机构,成立于 1981 年,二十多年来举办了数十次全国静电学术会议和多次国际静电学术活动,拥有国内“双一流高校”、“985 高校”、“211 高校”等众多博导教授顶级师资,融国内各高等学府、科研机构及国家相关行业的学术权威人士。其“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,将对天华 ESD 培训事业给以有力的技术支撑。



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、刘全祯教授、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、秘书长谭慧新也参加了仪式活动。

挂牌仪式由苏州天华超净科技股份有限公司研发中心总监王荣刚主持,刘尚合院士、吴彦主任、孙延林理事长分别在会上致词,苏州天华超净科技股份有限公司董事长裴振华致辞答谢,裴总说:天华超净将行业职业技能培训作为企业的责任与义务,将联合国际国内行业权威机构及专家作为培训的技术支撑与资源,确实践行李克强总理的职业技能培训为企业终身培训的要求,为行业 2025 中国制造打好技术培训基础。裴总表示:后续将对培训中心、培训基地的工作予以大力支持,把培训中心真正建设成为“硬件一流、人才一流”的双一流静电防护培训前沿。苏州天华超净科技股份有限公司总裁陆建平、品质中心总监王珣、华东培训基地常务主任邓飞,以及来自全国各地参加华东地区 ESD 工程师培训的学员四十多人也参加了挂牌仪式。

挂牌仪式历时一个多小时。会后,专家与学员合影留念。

(朱秀冬)

## 美国 ESDA CPrM 认证培训在苏州天华举办

2018年6月20~22日,美国ESDA CPrM认证培训在苏州天华超净科技股份有限公司总部成功举办。来自半导体、电子、液晶、存储、通讯等行业数十位技术精英相聚天华,与来自ESDA的技术专家共同学习和探讨ESD S20.20标准下的企业ESD管理体系的建立及管控。

此次培训依据最新的ANSI/ESD S20.20标准,结合企业生产中遇到的问题,对最新的ANSI/ESD S20.20大纲、ESD管理者应具备的核心管控知识、有效的ESD系统建立、体系管理过程中产生的问题以及漏洞、管控措施的设置等内容进行了深入的剖析。对企业ESD标准的推广、系统建立、人才培养,具有非常积极的意义。

苏州天华超净科技股份有限公司从2017年开始与美国ESD协会联合,在中国大陆开展ESD Certified Program Manager培训课程和考试项目,为中国静电防护行业培养高端管理和技术人才。

CPrM培训及认证考试可以迅速提升企业静电防护专业管理人员和工程人员的水平,可以帮助全面提升公司ESD管控水平,为公司静电控制提供最经济有效的方案。同时提供评价ESD工程技术人员能力的参照,建设高效和有实际经验的ESD管控队伍。

此次培训由美国ESDA权威讲师John Kinn-

ear授课。John Kinnear是美国ESDA董事会成员, WG20工作组主席,负责ESD S20.20标准。他也是ESD S20.20厂房设施和CPrM认证的委员会主席,ESDA在IEC TC101技术委员会首席代表,该委员会负责开发国际ESD管控体系标准IEC61340-5-1。在培训过程当中,讲师进行了现场答疑与考试辅导,所有课程设置同声传译,学员在享受美国专家培训的过程当中最大程度的降低语言造成的障碍。

权威专业、精辟入理、内容丰富、实景剖析,这是一场专业研讨的盛宴,学员们表示通过这次系统化有针对性的培训,实实在在解决了生产中的难点和痛点,之前很多的困惑点通过这次学习和交流都得到了解决,满载收获而归。

为推动中国静电防护专业发展和管理提升,为精密中国制造保驾护航,天华作为工业和信息化部电子行业职业技能鉴定站华东地区培训基地、中国物理学会静电专业委员会静电防护培训中心,在为企业提供ESD相关咨询服务、帮助企业解决相关静电与微污染防治问题的同时,积极开展ESD检验员,ESD工程师、洁净技术工程师职业技术培训,与美国ESDA联合开展国内CPrM认证等一系列培训项目。

(王荣刚)

# 芯片氧化层静电放电击穿模型研究

梁合娟, 孙可平

上海海事大学

**【摘要】**本文提出了芯片门电路硅氧化层静电放电介质击穿的物理模型,并使用该模型讨论了介质击穿场强与介质厚度的关系,解释了介质击穿电压与ESD(静电放电,即 electrostatic discharge 的缩写)敏感度的尺寸效应。

**【关键词】**介质击穿 ESD 技术 氧化层

**【Abstract】** This paper presents a physical model dielectric breakdown in IC silicon dioxide films, discussed the dependence between dielectric field strength and dielectric thickness by using this model, and analyzes the size effect of the dielectric breakdown voltage and ESD pulses.

**【Keywords】** dielectric breakdown; ESD technology; dielectric films

## 0. 引言

在芯片集成电路和 MOSFET 器件制造技术中, SiO<sub>2</sub> 这种氧化物薄层是用作门电路中的绝缘介质, 以便将门电路与硅半导体加以分隔。其信道的性能由门电极电场来控制。可以毫不夸张地说, 硅氧化层已成为当今电子工业中最重要的绝缘体。在集成度越来越高的技术发展过程中, 如何保持越来越薄的这种氧化层的绝缘性能的完整性, 消除 ESD 脉冲的干扰和破坏, 是 IC 制造业必需面对的技术关键。

Distefano 和 Shatzkes 在 70 年代首先提出了介质击穿机理 [1]。O'Dwyer 使用负电阻概念 (a negative resistance concept) 建立了高压电场中电介质的击穿理论 [2]。但是, 80 年代新的实验证据的发现, 使这种理论显出缺陷。80 年代这种新的实验证据之一是高能尾随脉冲 (high energy tail) 对电子能产生强烈热效应 (strong heating of electrons at the high tail) [3]。实验证据之二是发现了介质击穿的时间相关性 (time-dependent dielectric breakdown, 简称 TDDB)。该发现指出, 对于给定的氧化层厚度, 外加电场超过了电场阈值并不是立即发生

击穿, 而是施加了电应力之后, 需要一定的时间才能击穿。电应力越大, 这个击穿时间越短。同时引入了所谓击穿电荷的概念 (charge-to-breakdown)。它是从开始到击穿注入电流对时间的积分。实验表明, 该击穿电荷不仅取决于氧化层厚度, 也取决于氧化层中注入的电流密度和平均电场。

本文提出的氧化层静电放电击穿模型, 可以解释介质击穿场强如何随氧化层厚度而改变, 并能解释介质击穿电压与 ESD 敏感度的尺寸效应。

## 1. 介质击穿物理模型

设加在厚度为  $t_{ox}$  的氧化层上的电压为  $V$ 。在所加电压下电子被注入氧化层时, 俘获空穴密度  $P$  随时间变化规律为 [4]:

$$e \frac{dp}{dt} = \alpha J - \sigma Jp \quad (1)$$

式中  $J$  是电子电流密度,  $e$  是电子电量,  $\alpha$  是碰撞电离时单位长度上所产生的俘获空穴数目,  $\sigma$  则是截面上俘获空穴的湮灭。 $\alpha$  与  $\sigma$  均是电场  $F$  的一般函数。此处我们假设  $\sigma$  为常数。 $\alpha$  则取决于电场  $F$  的大小:

$$\alpha = \alpha_0 e^{-H/F} \quad (2)$$

俘获空穴是空间电荷，势必会影响氧化层中的电场。由 Poisson 方程知：

$$\varepsilon \frac{dF}{dx} = ep \quad (3)$$

电子数量密度与 P 相比太小，因此未在方程 (3) 中列出。 $\varepsilon$  是氧化层的介电常数（ $\text{SiO}_2$  的  $\varepsilon$  为 3.8）。对于电子电流密度 J 为常数的方程 (1)，其解很明显为：

$$p = \frac{\alpha}{\sigma} (1 - e^{-\sigma J t / e}) \quad (4)$$

将方程 (3) 稍作变形：

$$\left(\frac{\varepsilon}{e}\right) \frac{dF}{p} = dx \quad (5)$$

两边积分得：

$$\left(\frac{\varepsilon\sigma}{e\alpha_0}\right) \frac{1}{1 - e^{-(\sigma J/e)t}} \int_{F_a}^{F_c} e^{H/F} dF = \int_0^{t_{ox}} dx = t_{ox} \quad (6)$$

式中  $F_a, F_c$  分别为阳极和阴极上的电场。氧化层上的电压降为：

$$V = \int_0^{t_{ox}} F dx = \frac{\varepsilon}{e} \int_{F_a}^{F_c} \frac{F dF}{p} \quad (7)$$

式中是将 (5) 代入后的结果。如果我们分别定义无量纲的时间、氧化层厚度和电压如下式：

$$\tau = \frac{\sigma J}{e} t \quad (8)$$

$$E = F / H \quad (9)$$

$$T = \frac{e\alpha_0}{\varepsilon\sigma H} t_{ox} \quad (10)$$

$$U = \frac{e\alpha_0}{\varepsilon\sigma H^2} V \quad (11)$$

则方程 (6) (7) 变为：

$$(1 - e^{-\tau}) T = \int_{E_a}^{E_c} e^{1/E} dE \quad (12)$$

$$(1 - e^{-\tau}) U = \int_{E_a}^{E_c} E e^{1/E} dE \quad (13)$$

对于给定的厚度 T 和电压 U，方程 (12) (13) 可以解出任意时刻的  $E_a$  和  $E_c$ 。一般地， $E_a$  和  $E_c$  随时间变化。在  $\tau=0$  时，方程 (12) (13) 表明  $E_a(0)=E_c(0)$ 。这与下述事实相一致：在零计时时，并不存在俘获空穴，电场也是均匀的。并未受到扰动。随着计时开始，俘获空穴开始出现。Poisson 方程显示阳极电场将高于阴极电场，正如方程 (12) (13) 所明显显示的那样。如果氧化层上的电压低于介质击穿电压，那么当  $\sigma \rightarrow \infty$  时将达稳定状态。电极上的  $E_a(\infty)$  和  $E_c(\infty)$  也是稳定电场。在  $\tau$  时刻，俘获空穴的表面电荷密度为：

$$Q^+(\tau) = e \int_0^{t_{ox}} p dx = \varepsilon \int_{F_a}^{F_c} dF = \varepsilon (F_c - F_a) = \varepsilon H [E_c(\tau) - E_a(\tau)] \quad (14)$$

上述方程是使用了方程 (3) 和 (9) 得到的。可见，俘获电荷密度正比于电极电场之差。该方程还表示，如果电极上的电场之差超过了临界值，则将发生介质击穿。

根据 80 年代的实验结果，如果俘获电荷超过了临界值  $Q_{BD}^+$ ，则一个给定的电应力将使氧化层击穿。设定氧化层厚度为  $t_{ox}$ ，平均场强为  $\bar{E}$ ，则这个临界电荷密度值与时间  $\tau$  的关系可表示为：

$$Q_{BD}^+ = \frac{e\alpha_0}{\sigma} t_{ox} e^{-1/\bar{E}} (1 - e^{-\tau}) \quad (15)$$

## 2. 介质击穿电场强度的一般表达式

我们先寻求介质击穿场强与氧化层厚度的关系式。假设对任意厚度时介质击穿场强均为  $\bar{E}$ ，并在常量  $Q_{BD}^+$  和常量  $\tau$  时  $\bar{E}$  又满足方程 (15)。则由方程 (15) 可得到氧化层厚度与电场的关系为：

$$t_{ox} e^{-H/\bar{F}_{BD}} = t_{crit} \quad (16A)$$

或者写成击穿时电场表式：

$$\bar{F}_{BD} = H / \ln \left( \frac{t_{ox}}{t_{crit}} \right) \quad (16B)$$

当然，也可写成击穿发生时的电压表达式：

$$V_{BD} = \bar{F}t_{ox} = Ht_{ox} / \ln\left(\frac{t_{ox}}{t_{crit}}\right) \quad (16C)$$

式中  $t_{crit}$  为一个常数,称为临界常数。 $\bar{F}_{BD}$  则是击穿时的平均电场。 $V_{BD}$  则是击穿电压。方程(16A)与方程(2)有联系。可以把方程(16)称为介质击穿的条件方程。在一定的假设条件下,还可以从方程(2)推导出介质击穿方程(16)。这种“一定的假设条件”便是:

$$\int \alpha dx = \text{常数} \quad (17)$$

这恰恰是介质击穿的更广泛的表达式。也是介质击穿更一般的表达式。

对于半导体中圆柱型 pn 结的击穿模型[6],若设  $\alpha_n = \alpha_e$  (见[6]),则介质击穿条件变为:

$$\int \alpha_e dr = 1 \quad (18)$$

这即是方程(17)中设常数=1 的情形。对于空气的电击穿条件[7]:

$$e^{\int \alpha dx} = \gamma^{-1} + 1 \quad (19)$$

式中  $\gamma = 1.5 \times 10^{-5}$ ,是二次 Townsend 系数[7]。此式相当于  $\int \alpha dx = 11.1$ 。这是方程(17)中常数=11.1 的特例。这样,从上述推导和所引文献,我们可以看到方程(17)已经成功地应用于三类很重要的放电:

一是应用于长气隙(米级)的放电[7]。

二是应用于 CDM ESD 放电(空气隙为几分之一厘米)[8]。

三是应用于雷电放电[5]。

现在,同样的条件又可用于电子器件氧化绝缘层的介质击穿。这样,具有临界负电阻(criterion of negative resistance)概念的一个统一击穿理论,有可能对气体、介质和半导体建立起来,并统一用方程(17)来表示。

### 3. 讨论

#### 3.1 介质击穿强度与介质厚度

利用介质击穿条件方程(16A)或(16B),即可讨论介质击穿强度与介质厚度的关系。

对于3种不同厚度(500 Å, 250 Å, 100 Å)的氧化层,外加两种不同强度的电场(H=72Mv/cm, 180Mv/cm),设定临界常数  $t_{crit}$ ,即可求出对应的介质击穿强度。表1列出了上述各种情况下的介质击穿电场强度值( $\bar{F}_{BD}$ )。

表1 介质击穿强度 (Mv/cm)

外加电场 H (Mv/cm)	临界常数 $t_{crit}$ (Å)	氧化层厚度		
		500Å	250Å	100Å
180	$3.60 \times 10^{-6}$	9.61	9.98	10.52
72	$4.21 \times 10^{-1}$	10.25	11.35	13.23

#### 3.2 介质击穿电压

如果表1反映出的不同厚度的氧化层在不同外加电压下的介质击穿强度差别不显著的话,可以使用方程(16c)绘出相应的击穿电压曲线,如图1。

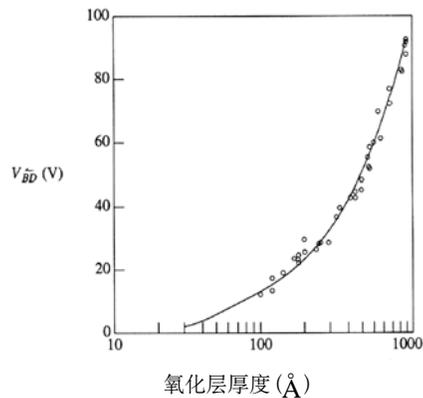


图1 硅氧化层介质击穿电压与厚度的关系曲线

从图1明显看出,当氧化层厚度为1000 Å时,硅氧化层介质击穿电压约100v。而当氧化层厚度因集成度的提高而缩小为100 Å时,氧化层的击穿电压降为10v左右,抗ESD的能力大大减弱了。

#### 3.3 门电路氧化层ESD敏感度的尺寸效应

我们以厚度为400 Å、面积为  $9.11 \times 10^{-6} \text{cm}^2$  的门电路氧化层击穿试验的初步结果,讨论一下ESD敏感度的尺寸效应。

试验表明,以这种氧化层的初始击穿电压约为208V作为参考点。如果我们缩小该种材质的氧化层

尺寸,即将原来的厚度缩致  $40 \text{ \AA}$  而有效面积保持不变,则击穿电压约降为  $160 \text{ V}$ 。如果面积也同时成比例地缩小,则击穿电压进一步降为  $20 \text{ V}$  左右。可见,大规模集成电路集成度的提高,伴随而来的必是耐ESD性能的降低。因此,如何使集成技术与ESD控制技术同步发展,是电子工业顺利发展的关键之一。

参考文献:

[1] T.H.Distefano and M.Shatzkes, dielectric instability and breakdown in  $\text{SiO}_2$  thin film, J. Vac. Sci. Technol., 13 (1976)50-54  
[2] J.J.O'Dwyer, Theory of high field conduction in a dielectric, J. Appl. Phys., 39(1969)3887-3890  
[3] D.J.Dimaria etc., Impact ionization and positive charge formation in silicon dioxide films on silicon, Appl. Phys.

lett., 60(1992)2118-2120

[4] N.klein and P.Solomon, Current runaway in insulators affected by impact ionization and recombination, J. Appl. Phys., 47(1976)4364-4372  
[5] D.L.Lin and T.L.Welsher, From lightning to charged device model electrostatic discharges, EOS/ESD symp. Proc., EOS-14, 1992, pp68-75  
[6] 孙可平等, 电子器件热击穿物理模型研究, 南海出版公司, 2002年6月, P6-10  
[7] A.L.Ward, Calculation of electrical breakdown in air at near-atomspheric pressure, Phys.Rev., 138 (1965) 1357-1362  
[8] D.L.Lin, Electron multiplication and electrostatic discharge wave forms, J. Appl. Phys., 71 (1992)2580-2586

## 洁净服的制作十分重要

净化车间十分重视降低洁净服散发的颗粒物,因而对面料具有不起毛的特性以及服装的原洁净度要求很高。由于棉毛一类的天然纤维容易断裂,所织成的面料散发的粒子数量太大,也不宜用以制作洁净服。

目前洁净服是用聚酯、尼龙等合成纤维制作,用这样的面料制作的洁净服,其纤维很难断裂,它们散发出的粒子数量仅占人员散发的全部粒子数量的5%,其余95%的粒子则来源于人的皮肤和里面所穿的内衣;如果内衣是用天然纤维制作的,如棉衬衣、棉衬裤、毛衣等,则会有大量粒子散发出来,其原因在于天然材料的纤维短且易于断裂。如果内衣是用合成纤维制作,则与天然纤维服装相

比,其散发的粒子数量会减少90%或更多,如果内衣对皮肤粒子有良好的过滤效果,则人体散发的粒子会进一步减少。

因此净化车间洁净服的制作十分重要,为防止面料的布边起毛,可以包边、锁边、烫边或用激光剪裁。为使污染达到最小,还要包缝,这些包缝使从针孔中渗漏出来的粒子降至最低。为使掉落的粒子尽可能最少,拉链、扣子、鞋底不应破碎、断裂或被腐蚀,且要经得住多次洗涤或消毒。为使污染达到最小,缝线应使用长的合成线。为使污染达到最小,松袖口或紧袖口时都不应容存粒子或有粒子从中脱落;为防止尘埃的聚集,服装上不得有口袋、褶皱、尖褶或尼龙粘扣。

# 洁净室用聚氨酯工作鞋抗黄变性能的研究

胡树<sup>1</sup>, 郭辉<sup>1</sup>, 李志君<sup>2</sup>

1. 深圳市新纶科技股份有限公司 科技创新中心, 深圳 518132

2. 海南大学 高分子材料与工程系, 海口 570228

**【摘要】**采用浇注成型制备聚氨酯(PU)材料鞋大底,对比研究了不同种类抗黄稳定化助剂的单用及复配组合应用对PU鞋底抗黄变性能和物理机械性能的影响。结果表明:当紫外吸收剂2013:光稳定剂H1380:抗氧化剂PS800按照3:1:1复配使用,添加量为2%时,可以非常有效的抑制PU鞋底黄变的发生,并延长了PU鞋底的库存时间和使用寿命,产品达到《GB21146-2007 个体防护设备 职业鞋》标准要求。

**【关键词】**聚氨酯;鞋大底;黄变;抗黄稳定化助剂;性能

## Study on anti yellowing properties of polyurethane working shoes for clean room

Hu Shu<sup>1</sup>, Guo Hui<sup>1,\*\*</sup>, Li Zhijun<sup>2</sup>

(1. Technology Innovation Center, Shenzhen Selen Science & Technology Co., Ltd Shenzhen 518132, China;

2. Department of Polymer Material Science and Engineering, Hainan University Haikou 570228, China)

**【Abstract】** Polyurethane (PU) shoe outsole was prepared by casting molding. The influence of different anti-yellowing agents used independently or combination on mechanical and anti-yellowing properties of PU outsole was studied. The result shows that when the ratio of UV absorbers 2013, light stabilizer H1380, antioxidant PS800 was 3:1:1 and the additive amount was 2wt%, the mixed system could very effective in inhibiting the yellowing of PU shoe soles and extended the stock time and service life of PU outsole. Meanwhile the ESD PU shoes met the requirements of 《GB 21146-2007 Personal protective equipment-occupational footwear》.

**【Keywords】** Polyurethane; outer-sole; Yellowing; Antiyellowing stabilizing agent; property

防静电工作鞋(Anti-static shoes)可将室内工作人员的人体静电电荷从人体导向大地,同时还可以有效地抑制因人员的走动所产生的灰尘<sup>[1,2]</sup>,从而减少或消除静电危害,洁净工作环境。因此防静电工作鞋是微电子工业、制药厂、食品厂的生产车间和高级实验室的工作人员必须穿着的一种工作鞋。

聚氨酯(PU)材料由于密度小、弹性极佳及具有较高的穿着舒适度,并且配方易于调整和成型加工工艺简单,从而成为防静电工作鞋产品广泛使用的

基体高分子材料。但是PU存在耐候性差的缺点,在加工、储存、运输和使用过程中,由于PU材料的光降解<sup>[4-5]</sup>、热氧老化<sup>[6-9]</sup>、水解以及氮氧化物的至变等作用<sup>[9-12]</sup>,会导致PU分子结构的破坏,并产生具有有色基团的化合物,最终使PU产品的力学性能下降,产品出现明显的老化和黄变。聚氨酯的老化是不可逆的化学反应,一旦发生,对其使用性能的影响往往是致命的<sup>[3]</sup>。

本文研究了稳定化助剂(紫外吸收剂、光稳定

剂、抗氧化剂)单用对 PU 鞋底耐黄变性的影响,同时研究了稳定化助剂复配使用对 PU 鞋底耐黄变性及硬度、耐磨性能和防静电性能等的影响,为实际生产制备耐黄变性能优良的洁净室用 PU 工作鞋产品提供了有价值的参考。

## 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;紫外线吸收剂 UV-531,工业级,东莞光越塑胶有限公司;紫外线吸收剂:UV-303,稳定剂 P-73、UV-333,工业品,佛山市正邦贸易有限公司;紫外线吸收剂 203、203B,稳定剂 557、5529,抗氧化剂 535,工业品,烟台新秀化学公司;紫外线吸收剂 1130,工业品,张家港优诺化工有限公司;紫外线吸收剂 2615,光稳定剂 H1380,工业品,东莞博纳化工有限公司;紫外线吸收剂 2013,光稳定剂 PUV-68,工业品,上海梁典化学品有限公司;光稳定剂 C-80,工业品,汽巴公司;抗氧化剂(1135、PS800、1010),工业品,德国巴斯夫公司;抗静电剂(EE-15),工业品,广州格凌贸易有限公司。

### 1.2 仪器设备

聚氨酯浇注成型机:XJJF-3 $\times$ 25Z70D,浙江海峰制鞋设备有限公司;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;台式数显白度仪:SBDY-3P,上海悦丰仪器仪表有限公司;比色卡:AATCC 六色九级卡,国际美术用品(香港)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;邵氏硬度计:ASTM 2240,台州市兴发计量仪器实验厂;鞋类综合强力机:XQ-II-250,温州方圆仪器有限公司;试片试样磨平机:QI-050,东莞市厚街凯兰检测仪器厂;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。

### 1.3 样品制备

将 PU 原液置于烘箱恒温热烘至完全熔化,按配方将 C 料、乙二醇、抗静电剂以及抗黄助剂加入 A 料中,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),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。

### 1.4 测试分析

#### 1.4.1 试样的硬度测定

采用邵氏硬度计,按照 ASTM D2240-2005(2010)标准进行测试。

#### 1.4.2 试样的耐磨性、耐弯折性、撕裂强度和鞋电阻测定

分别采用 DIN 鞋底耐磨试验机、耐弯折试验机、磨平机、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。

#### 1.4.3 试样的耐候等级计算

测试方法:以色差仪检测试样(紫外光照射、热氧化和氮氧化物)处理前后之 L、a、b 值(在国际照明委员会(CIE),xyz 色彩系统中之色彩三属性:色相、明亮度、彩度,一般以 L、a、b 值表示色彩之三维空间,L:明亮度,a:红/绿轴,b:蓝/黄轴)。按照  $\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{0.5}$ ,将测量的数值代入计算,得光照试验前后变化之色差值  $\Delta E$ ( $\Delta E$  值越高代表 TPU 样品变褪色严重),再依据美国纺织化学师与印染师协会(AATCC)颜色褪色灰色标,将耐候实验后  $\Delta E$  值换算为级数(1~5 级级数值越高代表聚氨酯材料耐黄变效果更好),用以比较聚氨酯材料的耐候等级。

#### 1.4.4 试样紫外光照射下的耐黄变性能测定

参照《HG/T 3689-2014 鞋类耐黄变试验方法》中 B 法,进行紫外灯加速老化测试,测试温度为 50℃,选用 UVA-340 为测试光源。经紫外光加速老化处理一段时间后取出,计算耐候等级。

### 1.4.5 试样的耐热氧化性能测定<sup>[13]</sup>

将鞋底样品放置于温度 85℃、湿度 95% 的恒温恒湿箱中，经高温高湿热氧环境处理一定时间后取出，计算耐候等级。

### 1.4.6 试样的耐氮氧化性能测定

NO<sub>2</sub> 气体的制备：采用金属铜和浓硝酸反应制得 NO<sub>2</sub>，采用排空气法收集。

NO 气体的制备：参照标准《GB/T 11039.1-2005 纺织品色牢度试验耐大气污染物色牢度 第 1 部分：氧化氮》，采用亚硝酸钠和硫酸反应生成 NO，采用排水法收集。

测试装置自制(如图 1)，装置内设置挂钩，顶部安装能加速容器内的空气流通的直流小风机。将样品固定在用全氟醚橡胶垫片密封的玻璃容器(15L)装置内的挂钩上，玻璃容器底部放置具有缓慢释放功能的收集瓶(用注射器向气体收集瓶中注入 1.46ml 的 NO<sub>2</sub> 和的 2.36ml 的 NO 气体)，开启风机，一定时间后取出试样，计算耐候等级。

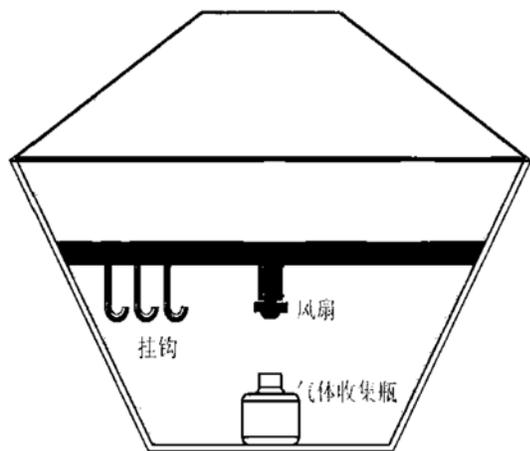


图 1 抗氮氧化物测试装置

## 2 结果与讨论

### 2.1 单用抗黄助剂对 PU 鞋底耐黄变性能的影响

#### 2.1.1 紫外线吸收剂对材料耐黄变性能的影响

不同种类紫外线吸收剂及紫外光照射时间，对鞋底耐黄变性能影响的紫外线灯管法测试结果(耐候等级)如表 1 所示。

对比表 1 发现，不添紫外线吸收剂的 PU 材料(对照)在紫外光照射下黄变速度非常快，这是因为 PU 吸收的高能量紫外线使其分子链断裂，并生成酰酞亚胺结构和二酰酞亚胺结构等发色基团，引起 PU 聚氨酯材料黄变化<sup>[11]</sup>。而添加紫外吸收剂的 PU 材料：能够通过紫外吸收剂吸收高能量的紫外线并转化成热能或以辐射等形式散发到环境中<sup>[14]</sup>，从而有效起到抑制黄变的效果。

表 1 还表明，紫外线吸收剂 2013 和 1130 对紫外光有较好的抑制黄变效果，因此我们选择 2013 和 1130 进行后续复配试验。

表 1 紫外线吸收剂对材料性能的影响

试样	吸收剂/%	光照时间/h			
		6	12	24	48
对照	0	3 级	2 级	<2 级	1 级
UV-531	1	3~4 级	3 级	≅3 级	<3 级
UV-303	1	4 级	3 级	≅3 级	<3 级
203	1	4 级	3 级	≅3 级	<3 级
203B	1	4~5 级	3~4 级	≅3 级	<3 级
1130	1	4 级	3~4 级	≅3 级	<3 级
2013	1	4~5 级	4 级	≅3 级	<3 级
2615	1	4~5 级	3~4 级	≅3 级	<3 级
UV-531	2	4 级	4 级	3 级	2~3 级
UV-303	2	4 级	4 级	3 级	2~3 级
203	2	4 级	4 级	3 级	2~3 级
203B	2	4~5 级	4 级	3~4 级	3 级
1130	2	4~5 级	4~5 级	3~4 级	3 级
2013	2	4~5 级	4~5 级	4 级	3~4 级
2615	2	4~5 级	4~5 级	3~4 级	3 级

注：紫外线吸收剂质量分数以 A 料为基准。

#### 2.1.2 光稳定剂对材料耐黄变性能的影响

不同种类光稳定剂及紫外光照射时间，对鞋底耐黄变性能的影响的紫外线灯管法测试结果(耐候等级)如表 2 所示。

从表 2 可以看出，光稳定剂没有紫外吸收剂的耐黄变效果明显，但也能起到一定的抗紫外效果。光稳定剂主要是受阻胺类(HALS)物质，HALS 具有

自由基捕获功能,通过捕获自由基、分解过氧化物、传递激发态能量等多种途径赋予 PU 材料以较高的光稳定性。此外,HALS 还具有猝灭单线态氧、猝灭生色团、抗热老化等功能。

从表 2 还可以看出, C-80 和 H1380 对紫外光有较好的抑制黄变效果,并且效果接近。因此我们选择 C-80 和 H1380 进行后续复配试验。

表 2 光稳定剂对材料性能的影响

试样	光稳定剂/%	光照射时间/h			
		6	12	24	48
对照	0	3 级	2 级	<2 级	1 级
P-73	1	3~4 级	3 级	<3 级	<2 级
UV-333	1	4 级	3 级	<3 级	<2 级
C-80	1	4~5 级	4 级	3~4 级	<3 级
557	1	4 级	3 级	<3 级	<2 级
PUV-68	1	4 级	3 级	<3 级	<2 级
H1380	1	4~5 级	4 级	3~4 级	≅3 级
5529	1	3~4 级	3 级	≅3 级	<2 级

注:光稳定剂质量分数以 A 料为基准。

### 2.1.3 抗氧剂对材料耐黄变性能的影响

不同种类和用量抗氧剂及热氧化处理时间,对鞋底耐黄变性能影响的紫外线灯管法测试结果(耐候等级)如表 3 所示。

表 3 抗氧剂对材料性能的影响

试样	抗氧剂/%	热氧处理时间/h	
		192	360
对照	0	2 级	1 级
1135	1	4~5 级	3~4 级
PS800	1	4~5 级	4 级
1010	1	4 级	3 级
535	1	4 级	3~4 级
1135	2	4~5 级	4 级
PS800	2	4~5 级	3~4 级
1010	2	4 级	3 级
535	2	4~5 级	3~4 级

注:抗氧剂质量分数以 A 料为基准。

从表 3 可以看出,经过高湿热氧化处理后,未添加任何抗氧剂的 PU 材料黄变非常严重;PS800 和

1135 有较好的抑制黄变效果。因此,我们选用 PS800 和 1135 进行后续复配试验。

光稳定剂和抗氧剂对 PU 鞋底的耐黄变性能的影响研究中发现,单用光稳定剂对 PU 鞋底的抗紫外线效果的提高不是很明显;虽然热氧化不是 PU 鞋底材料黄变的主要原因,但添加少量的抗氧剂就可以很好的减缓 PU 鞋底的黄变进程<sup>[14-15]</sup>,光稳定剂与紫外吸收剂、抗氧剂共同使用,则具有良好的协同效应<sup>[13]</sup>。

考虑到工作鞋在加工、储运和使用过程中导致黄变的因素复杂,而各类防护助剂之间存在协同作用,因此我们从上述研究结果中选择以紫外吸收剂 2013 和 1130 为主,光稳定剂 C-80 和 H1380、抗氧剂 PS800 和 1135 为辅,进行后续复配试验。

## 2.2 复配抗黄剂对 PU 鞋底耐黄变性能的影响

### 2.2.1 复配组合对 PU 鞋底耐黄变性能的影响

不同配比复配抗黄剂及紫外光照射时间,对鞋底耐黄变性能的影响的测试结果(耐候等级)如表 4 所示。

表 4 复配抗黄剂对材料性能的影响

配方编号	复配使用/%	光照射时间/h		
		24	36	48
1	2013/H1380/1135=0.9/0.3/0.3	4~5 级	4 级	3~4 级
2	2013/H1380/PS800=0.9/0.3/0.3	4~5 级	4~5 级	4 级
3	2013/C-80/1135=0.9/0.3/0.3	4~5 级	4 级	3~4 级
4	2013/C-80/PS800=0.9/0.3/0.3	4~5 级	4~5 级	4 级
5	1130/H1380/1135=0.9/0.3/0.3	4 级	3~4 级	3 级
6	1130/H1380/PS800=0.9/0.3/0.3	4~5 级	4 级	3 级
7	1130/C-80/1135=0.9/0.3/0.3	4 级	3~4 级	3 级
8	1130/C-80/PS800=0.9/0.3/0.3	4~5 级	3~4 级	3 级
9	2013/H1380/1135=1.2/0.4/0.4	4~5 级	4~5 级	4 级
10	2013/H1380/PS800=1.2/0.4/0.4	4~5 级	4~5 级	4 级
11	2013/C-80/1135=1.2/0.4/0.4	4~5 级	4~5 级	4 级
12	2013/C-80/PS800=1.2/0.4/0.4	4~5 级	4~5 级	4 级
13	1130/H1380/1135=1.2/0.4/0.4	4~5 级	4 级	3~4 级
14	1130/H1380/PS800=1.2/0.4/0.4	4~5 级	4 级	3~4 级
15	1130/C-80/1135=1.2/0.4/0.4	4~5 级	4 级	3~4 级
16	1130/C-80/PS800=1.2/0.4/0.4	4~5 级	4 级	3~4 级

注:复配抗黄剂以 A 料为基准。

从表 4 的配方 2 及配方 4 可以看出,配方中使

用了紫外吸收剂 2013 和抗氧剂 PS800 复配使用光稳定剂的 PU 鞋底,即使在复配抗黄助剂用量较低的情况下仍有较好的耐黄变效果。这是因为在紫外光灯加速老化试验环境中,除了紫外光照射外,也会产生一定程度的热能,会使 PU 产生裂解而黄变,因此在紫外吸收剂的基础上添加受阻胺光稳定剂 (H1380/C-80) 与抗氧化剂 (PS800),借以捕捉自由基、烷基自由基与过氧化物自由基,以及分解氢过氧化物,目的在于防止因高温引起的劣化连锁反应,使高温对 PU 降解的损害减到最低<sup>[9]</sup>。

从表 4 还可以看出,经紫外照射 48h 后,配方 2、4、9、10、11、12 耐黄效果较好。持续对这 6 个配方的样品实施紫外线照射至 72h,发现配方 10 和配方 12 样品具有更高的耐黄等级(约 3 级)。

### 2.2.2 氮氧化合物对 PU 鞋底耐黄变性能的影响

为了进一步综合评估 PU 鞋底的耐黄效果,研究了配方 10 和配方 12 的 PU 鞋底的抗氮氧化合物和抗热氧化性能。我们将氮氧化物(NO<sub>2</sub>和 NO)的浓度均放大为 0.2mg/L<sup>[16-17]</sup>,进行了氮氧化物加速影响实验,PU 鞋底抗氮氧化合物性能的测试结果如表 5 所示。

表 5 氮氧化物对材料性能的影响

试样	氮氧化物处理时间/h		
	24	36	48
对照样	4 级	3 级	2 级
I	5 级	4~5 级	约 4 级
II	5 级	4~5 级	约 4 级

注:对照样为未添加复配耐黄剂试样,I 和 II 分别为配方 10 和配方 12 的 PU 鞋底试样。

从表 5 可以看出,配方 I 和 II PU 鞋底样品在氮氧化物中均有良好的耐黄变性能;肉眼观察时发现,24h 后对照样外观略有变黄,而配方 I 和 II 的样品外观无明显变化;48h 后对照样外观已变成黄色,而配方 I 和 II 的样品都略有浅浅的黄色,其耐黄变等级依然在 4 级以上。研究结果表明,采用配方 I 和 II 的复配抗黄助剂具有良好较好的延缓 PU 材料

因较高浓度氮氧化物引起的黄变,并能保证其在相对长一段时间内不会因氮氧化物而发生黄变。

### 2.2.3 高温热氧对 PU 鞋底耐黄变性能的影响

PU 鞋底试样在高温高湿的热氧环境下的耐黄等级测试结果如表 6 所示。

表 6 热氧环境对材料性能的影响

试样	处理时间/h			
	4	6	8	10
对照	4 级	3 级	2 级	1 级
I	4~5 级	4~5 级	3~4 级	2 级
II	4~5 级	4 级	2~3 级	2 级

从表 6 可以看出,配方 I 及配方 II 样品在 4 天内的测试时间,样品颜色基本没有变化,耐黄变等级在 4 级以上;但 6 天之后,配方 I 样品要比配方 II 的耐黄等级略高,即配方 I 的 PU 鞋底料具有在耐高温高湿环境下的更好的耐黄变效果。

### 2.3 复配抗黄助剂对 PU 鞋底物理机械性能和防静电性能的影响

采用配方 I 的 PU 鞋底料的机械性能和防静电性能的测试结果如表 7 所示。

表 7 PU 鞋底的物机性能及防静电性能

测试项目	试样	
	对照	配方 I
硬度/shore A	54	52
体积磨耗量/(mm <sup>3</sup> )	128	168
撕裂强度/(kN/m)	16.5	16.0
弯折后刺孔增长值/mm	0.07	0.08
鞋电阻 <sup>注</sup> /MΩ	60.93 (21.89)	60.85 (22.17)

注:鞋电阻数据中,括号前及括号内数据分别为温度 21℃、湿度 34%条件(干燥环境)及温度 21℃、湿度 84%条件(潮湿环境)下测得的鞋电阻。

由表 7 可以看出,添加复配抗黄助剂后,PU 鞋底的硬度略有下降,不影响穿着舒适度,符合要求;复配抗黄助剂对样品的耐磨性能有影响,但仍符

合国家标准 GB21146-2007 5.8.3 中, 密度等于或小于  $0.9\text{g}/\text{cm}^3$  的材料相对体积磨耗量不应大于  $250\text{mm}^3$  的要求; 复配抗黄助剂对样品的耐弯折和耐撕裂性能没有影响, 符合标准 GB21146-2007 5.8.4 和 5.8.2 中, 连续屈挠 30000 次, 切口增长不超过 4mm 和密度小于或等于  $0.9\text{g}/\text{cm}^3$  的材料撕裂强度不应小于  $5\text{kN}/\text{m}$  的规定; 配方 I PU 鞋底和对照 PU 鞋底在洁净室干燥及潮湿环境中的鞋电阻没有明显区别, 且符合标准 GB21146-2007 6.2.2.2 中, 防静电鞋鞋电阻应大于或等于  $100\text{K}\Omega$  和小于  $1000\text{M}\Omega$  的规定;

以上研究表明, 配方 I 可以应用于浇注型 PU 防静电鞋制品的制备且对 PU 制品物理机械性能和电性能影响很小, 满足国家标准对产品的要求。

#### 2.4 生产及库存试验

从 2013 年底开始, 深圳市新纶科技股份有限公司使用添加配方 I 复配抗黄变剂生产的 PU 防静电工作鞋超过 50 万双, 未收到客户投诉。新纶科技技术开发中心于 2014 年——2016 年初随机封存了四个批次 PU 防静电工作鞋, 塑料袋封口, 纸箱包装保存 2 年以上, 袋内工作鞋鞋底仍达到耐黄等级 4 级, 具有非常理想的抗黄变效果。

### 3 结论

紫外线吸收剂 2013、光稳定剂 H1380 和抗氧剂 PS800 复配抗黄助剂与 PU 材料的相容性较好, 不影响产品的物理机械性能及抗静电性能。当紫外线吸收剂 2013、光稳定剂 H1380 和抗氧剂 PS800 复配比为 3:1:1 (添加量为 A 料的 2%) 时, 能够达到非常理想的综合抗黄变效果, 并且产品达到《GB21146-2007 个体防护设备 职业鞋》标准要求, 具有较高的实际使用价值。

#### 参考文献:

[1] 张云朋, 刘全桢, 孙立富, 等. 石化行业用防静电鞋[J]. 中国个人防护装备, 2014, (4): 51-53.

[2] 蔡忠林. 防静电鞋的选用[J]. 化工安全与环境, 2015, (3): 14-16.

[3] 沈光来, 孙世斌, 陈宗良. 聚氨酯老化机理与研究方法进展[J]. 合成材料老化与应用, 2014, 43 (1): 57-64.

[4] 刘凉冰. 聚氨酯弹性体的紫外线稳定性 [J]. 弹性体, 2001, 11 (1): 13-17.

[5] 贺传兰, 邓建国, 张银生. 聚氨酯材料的老化降解[J]. 聚氨酯工业, 2002, 17 (3): 1-5.

[6] 管妮. 聚合物的老化与稳定化[J]. 合成材料老化与应用, 2009, 38 (3): 47-53.

[7] 高分子的热氧老化 [J]. 老化通讯, 1974, (2): 43-51.

[8] Rivaton A. Photochemical and thermal oxidation of poly (2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) [J]. Polymer Degradation and Stability, 1995, 49: 11-20.

[9] 王湖云, 简智娴, 吴明俊, 等. 液态耐黄变剂在聚氨酯软泡中的应用[J]. 聚氨酯工业, 2011, 26 (1) 40-42.

[10] 周爱辉, 张华清. 纺织品黄变的测试与分析[J]. 针织工业, 2010, (7): 62-64.

[11] 陈晓康, 宁培森, 王玉民, 等. 提高聚氨酯耐紫外老化性的研究进展[J]. 热固性树脂, 2009, 24 (6): 44-49.

[12] 向洵. 聚氨酯软泡海绵的抗黄变解决方案[J]. 塑料助剂, 2005, (4): 37-39.

[13] 王晓洁, 梁国正, 张炜, 等. 湿热老化对高性能复合材料性能的影响 [J]. 固体火箭技术, 2006, 29 (3): 301-304.

[14] 牟宗波, 王全杰. 提高 MDI 型聚氨酯抗紫外光老化性能的研究[J]. 中国皮革, 2012, 41 (12): 28-33.

[15] 吴炳峰, 唐亚夫, 詹中贤, 等. 助剂对抗黄变鞋用热塑性聚氨酯弹性体的影响研究 [J]. 化学推进剂与高分子材料, 2007, 5 (3): 30-32.

[16] 深圳市人居环境委员会. 2013 年度深圳市环境状况公报[R]. 2014, 03, 26.

[17] 吉林省环境保护厅. 吉林省 2013 年环境状况公报[R]. 2014, 06.

[18] 王靖, 梁红军, 许图远, 等. 聚氨酯材料耐黄变的研究进展[J]. 广州化工, 2016, (01): 41-44.

# 电子工业静电安全防护系统构建

王荣刚, 孙玉荣

苏州天华超净科技股份有限公司; 苏州 215121

**【摘要】**本文介绍了如何合理有效的构建电子工业生产中的静电安全防护系统。文章起初介绍了电子工业静电起电机理、静电放电及其危害,从这两方面引申出电子工业生产中静电安全防护的必要性。文章中间部分介绍了如何去评估产品的静电敏感性,并介绍了针对元件级别和系统级别静电耐受等级的评估模型。文章最终详细阐述了如何用相应产品去符合美国ESDA的S20.20标准体系提出的静电放电防护区(EPA保护区)。

**【关键词】**电子工业;静电;静电放电;S20.20; EPA保护区

## 0 引言

静电和静电放电作为一种物理现象存在已久。在公元前600多年,就有希腊科学家第一次发现了物体带电的物理现象,而后静电和静电放电被人们越来越多的认知到。在人们日常生活中,冬天脱掉羊毛衫的放电、夏天的雷电现象、毛皮摩擦橡胶棒和丝绸摩擦玻璃棒等现场都让人们对静电和静电放电有了感性的认知。从物质的状态来说,分为固体、液体和气体三种,这三种物质状态都会产生静电和静电放电。虽然这些物质带静电状态和静电放电有时可以作为一种技术手段去服务人们的日常生活和工业生活,但是更多的时候,物质带电和静电放电会轻则带来生产产品异常,重则引发爆炸等危险性事故。由于静电放电发生的事故在军工、烟花爆竹和一些化工工业现场经常见于各大新闻媒体,造成很多人员伤亡事故。在电子工业生产过程中,虽然不会发生爆炸等事故,但是静电放电造成产品性能受损或者产品带电造成产品性能不良是经常发生的,每年造成上百亿美元的损失。所以,各行各业都需要对静电放电进行安全防护,最大限度的降低损失,基于此,本文着眼于电子行业,提出了电子行业静电安全防护的系统构建。

## 1 静电及其产生机理

静电的定义为:物体上不能运动相对稳定状态

的电荷,由正电荷和负电荷之分,是由于原本接触的两种物质的原子核吸引电子的能力不同,一种物质得到电子,另一种物质失去电子。分离时,得到电子的物体带负电,失去电子的物体带正电。如图1所示。主要产品和存在于绝缘体表面,一般通过测量物体上电场强度来评估其是否带电以及带电的强弱。所有接触-分离的物体间均会发生静电起电过程。对于绝缘体,电荷保持在原处并累积直至产生空气击穿发生电晕放电现象。对于导体,电荷转移到整个物体。如果导体通过合理途径联通大地,电荷泄漏到大地。

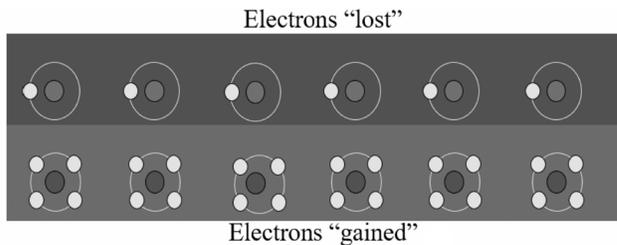


图1 接触物体得失电子示意图

物体起电方式主要包括:摩擦、剥离、电磁感应等多种方式,本文以摩擦起电为例,影响物体起电的因素主要有以下几个方面:

1)物体材料本身的起电特性

物质的微观结构和性质是决定静电带电序列的主要因素，直接影响静电起电的带电符号和带电量的大小。人们在研究物质特性时发现材料本身的功函数大小直接决定了其得失电子的容易程度，根据其功函数的大小，汇总成静电序列表(如表 1 所示)，一般而言，排在表 1 左上更容易带正电，右下的更容易带负电，在一些温湿度以及接触分离等测试参数发生变化时，也会出现静电序列表中靠近的材料出现位置交换。在实际电子工业生产中，建议静电防护体系的管理者能够建立自己管控区域使用材料的专门静电序列表，并在选择工艺材料或者设备时，能够先考虑到其本身材料特性对静电处于静电序列表中的位置。

石棉	聚氨酯	聚苯乙烯塑料
醋酸酯	棉花木材	聚氨酯塑料
玻璃	铜	聚酯
人发	封腊	萨丹树脂
尼龙	硬橡胶	聚乙烯
羊毛	聚酯薄膜	聚丙烯
毛皮	环氧玻璃	聚氯乙稀
铅	铜、镍银	聚四氟乙稀
丝绸	黄铜、不锈钢	硅橡胶
铝	合成橡胶	
纸	聚四氟树脂	

表 1 常规静电序列表

2) 两个物体接触的紧密程度、分离的速度、接触分离的次数也是对摩擦起电影响非常大的。两个物体接触越紧密，分离速度越快，接触分离的次数越多，产生和累积的电荷量越大。当材料本身为绝缘材质时(>10e11 次方)，就会产生静电电荷累积直至发生空气击穿电晕放电。

3) 物体本身的温度情况、是否有强光、环境的温湿度情况对起电影响也很大。一个材料本身的电子跃迁能力和本身的热能以及所处环境的热能和光能情况有关系，本身热能越大，越容易发生电子跃迁，所处的环境有强光，也容易发生电子跃迁；湿度越大，材料表面形成水膜，起电量相对更小，电荷运动相对更容易(如表 2 所示)。

来源	湿度10-20% (干燥)	湿度65-90% (湿润)
地毯上行走	35,000V	1,500V
尼龙地板上行走	12,000V	250V
椅子上的工人	6,000V	100V
尼龙封套	7,000V	600V
椅子上的塑料膜	20,000V	1,200V
海绵垫的工作椅	18,000V	1,500V

表 2 湿度对静电起电的影响

## 2 静电放电及其危害

静电放电 (ESD Electro-Static Discharge) 的定义: 静电场引起的静电荷的快速瞬态转移过程。两个具有不同静电电位的物体，由于直接接触或静电场感应引起的两物体间的静电电荷的转移。如图 2 所示。

静电及静电放电的危害可以从三个方面来看。第一个方面是物品带电后，会对环境中的灰尘颗粒形成吸附，静电电荷越多，形成的电场强度越高，对灰尘颗粒的吸附力越强，一旦吸附到材质表面，很难去除。以液晶模组行业制程来说，一旦灰尘被吸附到背光模组表面就会形成晶点，造成品质不良。对于硬盘磁头行业，这个灰尘颗粒对产品会造成致命性损伤，造成容易丢失客户数据，形成非常坏的影响。第二个是静电放电时产生瞬时大电流，类似绝热过程，造成产品突发性失效或者潜在性失效。突发性失效?—电子器件暴露在 ESD 环境中，导致电路参数发生明显变化或功能丧失的现象。这类失效一般可以检测出来或在使用过程中暴露出来。如: ESD 可能引起 IC 金属连线熔化，造成断路、短路或者绝缘层击穿等，使器件的电路遭到永久性破坏。潜在性失效?—静电放电引起器件性能的部分退化，但不影响它发挥应有功能的现象——器件的生命周期大大缩短。这种失效事先难以检测，也不可能进行应力筛选。如果产品中使用了这类器件，则可能提前报废，对这种失效的修复花费昂贵。导致潜在性失效是因为静电损伤具有累加性。第三个是静电放电会影响系统板卡运行逻辑，造成产品系统失效，有一些 PC 花屏、卫星升空失效等事故和这些有很大关系。

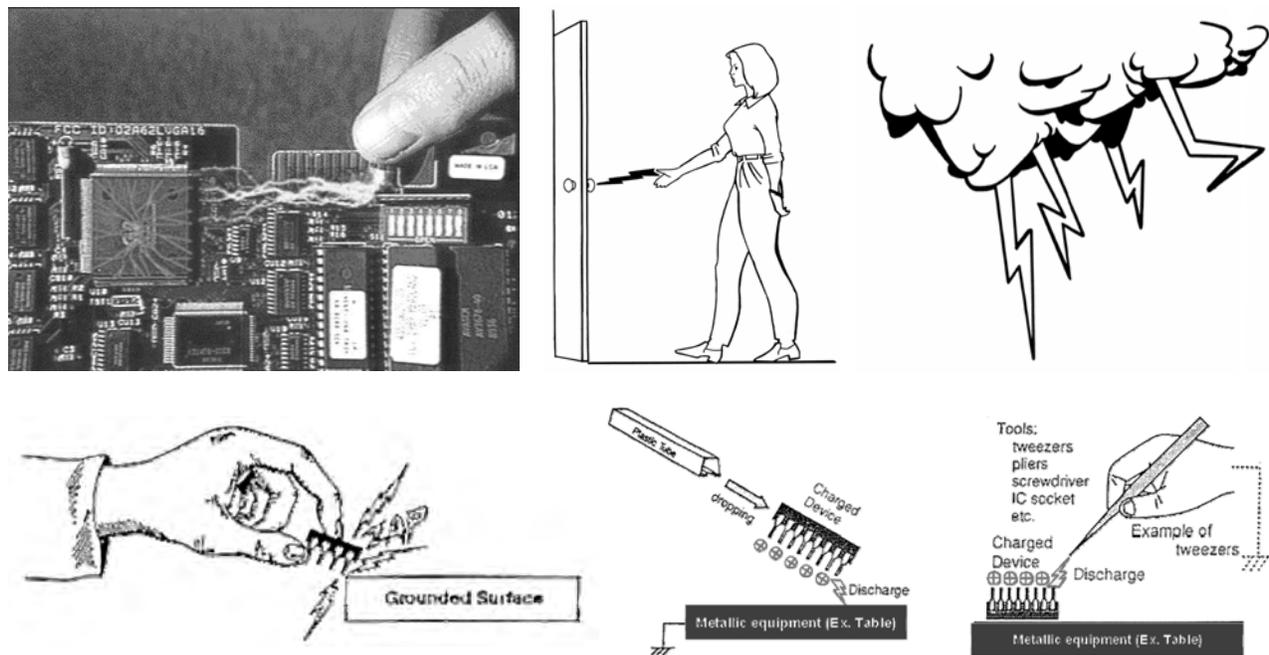


图2 日常生活和电子工业中经常发生的静电放电事件

静电放电有普遍性和随机性的特点。只要电子元器件接触或靠近超过其静电敏感电压阈值的带电体,就有可能发生静电放电损伤。由于静电可以在任何两种接触分离的物体之间产生,故电子元器件的静电放电损伤可能发生在从加工制造到使用维护的任一环节、任一步骤,具有很大的普遍性和随机性。另外静电放电具有隐蔽性的特点。一般情况下,人体操作过程常常会带上静电,其静电电位很容易达到1-2kV。发生静电放电时,人体一般并无感觉,而电子元器件却在人们不知不觉中受到损伤。如图3所示。

- 人体可以感觉到: 300nC的放电
- 很敏感的器件的危险水平: 0.1nC的放电
- 多数敏感器件的危险水平: 10-100nC的放电

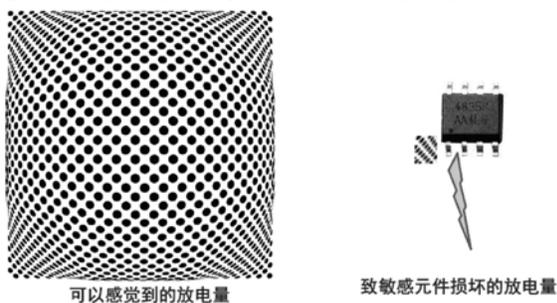


图3 人员能够感受的静电放电与ESDS(静电敏感器件)的耐受对比

综上,电子工业生产中,从元件的制造、使用到维修的任一环节,静电已成为电子工业的隐形的致命杀手!静电防护刻不容缓!一般来说,真正造成静电损伤必须具备三个条件:第一个是有足够强的静电场源存在,因为只有静电场强超过产品耐受,才会造成静电损伤;第二个是要有静电放电的通道,如果没有通道,静电放电就不会发生;第三个是产品的静电敏感度比较低,容易被外界电场放电损伤或影响。三个条件理论上缺一不可。为了避免元件带电和静电放电带来静电损伤,我们应该从三个方面入手:第一个是提高电子产品中所使用的元器件和系统产品自身的静电敏感度,称为强自身。比如很多产品预设scr、亚敏电阻、二极管、三极管等电路完成对于芯片级和系统级产品的静电预防护。第二个是切断放电通道,让静电场源远离静电敏感产品,避免放电发生;第三个是降低静电场源积累的可能性,比如选用防静电材料或者导体材料,并进行导体处理,对于绝缘材质上的静电,确实没办法导走的,用静电消除器进行中和处理。在静电保护区外流转时,避免电磁干扰带电,采用防静电材料进行防护。以上为所有静电安全防护措施的基础。

### 3 电子工业静电安全防护系统构建

如章节 2 所述，电子工业上静电安全防护有强自身、控源头（起电低或者不起电）、保证泄放路径等途径。在生产工艺和所选择的使用的元件或者产品均已确认的情况下，构建一个适宜的电子工业静电安全防护系统需要遵循以下流程：

1) 首先应该掌握所使用的所有可能发生静电损伤的器件列表，并对应了解或者评估出其对应的静电敏感度。在这个步骤中，管理者应该识别出所有可能造成静电放电损伤的元件以及容易受静电积累影响的工序。一般来说，可以根据进料的规格书来了解所使用的电子元件的静电耐受程度以及适用的评估模型。如果规格书中没有相应的信息，可以通过对其做对应的模型测试来确认其耐受程度。对于容易受影响的工序，可以在试产中对产品进行每一工序测量，来确认静电起电工序和静电放电工序，并做对应的警示防护。针对芯片类产品 and 半成品一般根据其实际作业情况，采用 JS 001 的人体模型 (HBM) 和 JS 002 的带电器件模型 (CDM) 的来评价其静电敏感度。对于 PCBA 等板卡级系统产品，参照 IEC 614000-4-2 来评价其产品的静电敏感度。评价方法是按照对应的模型搭建静电测试系统，并对产品相应管脚施加一个电压数值  $U$ ，按照标准，连续几次施加后，对其功能和性能进行评价，如果未损坏，则以一个加压幅度  $U$  来再次施加电压，直至产品性能出现问题，以此评估出其产品耐受度。找到所有产品的最低耐受后，以这个电压作为这个产线管控的电压点，并记录其测试模型。

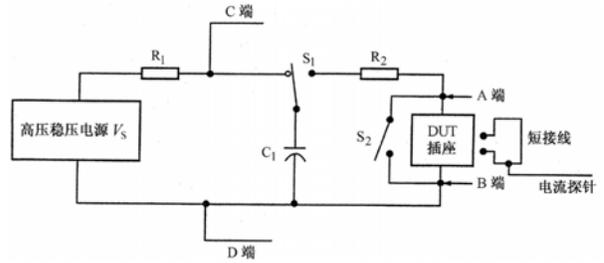


图 4 HBM 模型示意图和原理图

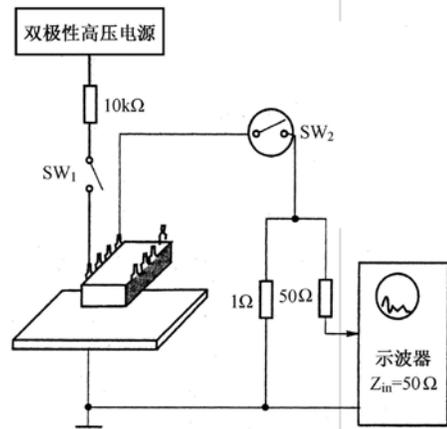
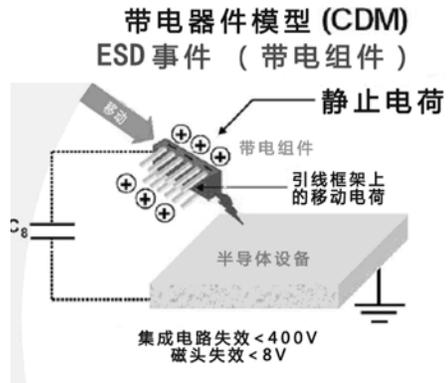


图 5 带电器件模型示意图和原理图

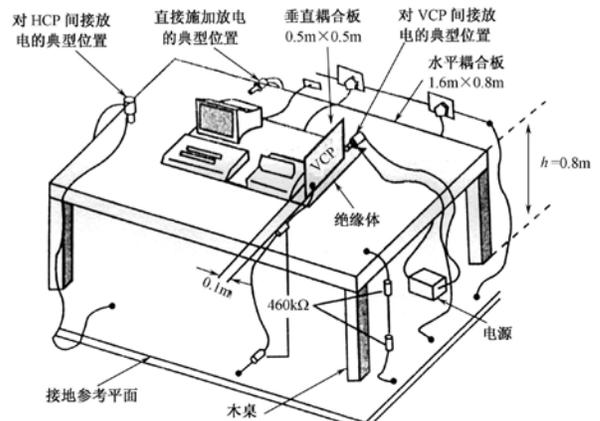


图 6 IEC 系统级静电耐受评测示意

2) 在评估处产品的耐受度后,应该对所有可能接触到产品或者影响到产品的资材进行评价,包括但不限于对其对地电阻、两种材料的摩擦起电特性、

材料的静电耗散特性、产线运转动作的节拍等等进行测试评估,找到所有起电电压超过产品耐受的资材,并做相应的评估替换,争取从源头解决起电问题。

3) 对于生产中难以避免的使用到的绝缘资材,务必保证其工作在静电消除器的覆盖范围以内,并评估静电消除器的平衡电压和消散时间是否能够符合产品防护要求;

4) 在做好以上基础上,搭建 EPA 管理体系,制定相应的管理规范,指定专职人员,对 EPA 保护区资材和体系进行周期性验证,保证其有效性。

以上为构建静电安全防护系统的流程,电子工业静电安全防护系统构建的基础是各种合适的资材和系统。本文将静电安全防护系统的基础(接地系统及监测)、人员接地防护系统和监测、环境温湿度监测以及制程设备监测来阐述如何构建一个静电安全防护系统。在介绍产品资材前,本文参照 S20.20 给出相关要求如下:

1) 人员是整个 EPA 中,产生静电最多,最难管控的一个元素;美国 ESDA 对于人员接地技术要求如下:

技术要求	产品认可(注4)		符合性验证	
	测试方法	要求限值	测试方法	要求限值
手腕带系统	ANSI/ESD S1.1	<3.5×10e7 ohms	ESDTR53 手腕带章节	<3.5×10e7 ohms
鞋/地面系统(两个同时要求满足)	ESD STM 97.1	<1×10e9 ohms	ESDTR53 鞋章节	<1×10e9 ohms (注6)
	ESD STM 97.2	<100V	ESDTR53 地面章节	<1×10e9 ohms (注6)

以上为常规要求,对于要求更高的工序,为了从源头上避免静电产生,应该配备防静电服装、防静电手套、指套、防静电椅、防静电腕带及防静电地板等资材来降低静电的生成;

2) 环境防护主要关注空间游离静电荷的累积、空间由于其他设备造成的静电场的存在、以及由于产品静电累积产生的力学效应——吸尘,所以除了



图7 静电消除器示意

对静电管控外,还需要对空气中的颗粒浓度进行监控,二者相辅相成。

主要需要用的产品为离子化静电消除器(如图7所示)、静电状态实时监测系统、鞋底清洗机、粘尘地垫、粘尘辊筒、温湿度监测仪器;

3) 制程过程中,涉及到的产品的接触分离最多,主要为动作过程中产生静电,防护的关键在于管控所使用的材料及工具的防静电性能,常规为对地电阻和摩擦起电电压;S20.20 对于这块的要求如下:

技术要求	防静电控制物品	产品认可(注7)		符合性验证	
		测试方法	要求限值	测试方法	要求限值
EPA 静电放电保护区	工作表面(可通过任一测试方法认可) (注9.10)	ANSI/ESD S4.1	<1×10e6 to 10e9 ohms	ESDTR53 工作台面章节	<1×10e6 to 10e9 ohms
		ANSI/ESD S4.1	<1×10e6 to 10e9 ohms	ESDTR53 地面章节	
		ANSI/ESD S4.2	<200V		
	腕带线	ANSI/ESD S1.1	0.8×10e6 to 1.2×10e6 ohms	手腕带系统的符合性验证见表2	
	腕带	ANSI/ESD S1.1	内阻<1×10e5 ohms		
	ANSI/ESD S1.1	外阻>1×10e7 ohms			
	人员手腕带接地连接件(非检测)	ANSI/ESD S6.1	接地<2 ohms	接地连接系统	接地<2 ohms
	鞋	ANSI/ESD SMT9.1	<1×10e9 ohms	鞋/地面系统的符合性验证见表2	
	脚带	ESD SP9.2	<1×10e9 ohms		
	地面	ANSI/ESD SMT7.1	<1×10e9 ohms		
桌椅	ANSI/ESD SMT12.1	<1×10e9 ohms	ESDTR53 桌椅章节	<1×10e9 ohms	
电离器	ANSI/ESD SMT3.1	消散时间自定义 -35V <残留电压<35V	ESDTR53 电离器章节 (注11)	消散时间自定义 -35V <残留电压<35V	
Shelving(When used to store unprotected ESDs)	ANSI/ESD SMT4.1	点对点电阻<1×10e9 ohms	ESD TR53 Worksurfac e section	接地电阻<1×10e9 ohms	

技术要求	防静电控制物品	产品认可(注7)		符合性验证		
		测试方法	要求限值	测试方法	要求限值	
EPA 静电放电保护区	货架(存放无防护的静电敏感器件)		点对点电阻<1×10e9 ohms	工作表面章节		
		移动设备(工作表面)	ANSI/ESD S4.1	点对点电阻<1×10e9 ohms 点对可接电阻<1×10e9 ohms	ESD TR53 工作表面章节	接地电阻<1×10e9 ohms
	手动电焊/拆焊工具	ANSI/ESD S13.1	尖端对地电阻<2 ohms	焊接烙铁章节或 ESD S13.1 的 6.1 章节		尖端接地电阻<10ohms
			尖端电压<20 毫伏			
			尖端泄漏电流<10 毫安			
	连续性监测器	用户自定义	用户自定义	连续性监测器章节	厂商自定义	
	防静电服	ANSI/ESD SMT2.1	点对可接电阻<1×10e11 ohms	ESD TR53 服装章节	点对可接电阻<1×10e11 ohms	
	可接地防静电服	ANSI/ESD SMT2.1	点对可接电阻<1×10e9 ohms	ESD TR53 服装章节		点对可接电阻<1×10e9 ohms
点对可接电阻<3.5×10e7 ohms			点对可接电阻<3.5×10e7 ohms			

对应的产品展示如图 8 所示：



除了配备这些静电管控资材外，为了确认防护效果，在 S20.20-2014 中，明确了监测的重要性，主要 EPA 保护区作业人员的准入做了相应的管控要求；只有满足内控 +ESD 静电测试才可以进入作业区。主要形式为 ESD 门禁闸机或者 ESD 测试系统 (如图 9 所示)。

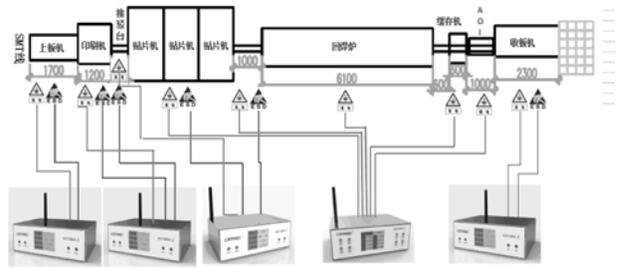


图 9 ESD 在线监测系统示意

此类监测系统可以实现对于资材状态的实时监测，保证其有效性，并可记录其数据，供客户后续审查，当前在越来越多的电子工业车间使用。

#### 4 结论

本文立足于电子工业静电安全防护系统构建，从静电的产生机理开始，详细阐述了静电如何产生，静电放电如何发生、危害以及静电危害的特点，并引申出静电安全防护工作刻不容缓。通过从电子工业静电安全系统构建思路以及资材两个方面阐述，兼顾了理论和实践，并给出了当前流行的静电安全实时监测系统方案示意，对于电子工业静电安全防护有很好的借鉴意义。

# 硅橡胶静电耗散材料的研究进展\*

胡树, 郭辉, 陈祥超, 黎鹏

深圳市新纶科技股份有限公司 技术开发中心, 深圳 518132

**【摘要】**概述了硅橡胶的静电耗散改性技术的作用机理及研究进展,探讨了影响硅橡胶静电耗散性能的因素以及提高硅橡胶静电耗散能力的一些有效途径。在此基础上,简要总结了当前硅橡胶静电耗散材料存在的一些不足,并对硅橡胶静电耗散材料的研究和发展趋势进行了展望。

**【关键词】**硅橡胶;抗静电机理;导电填料;抗静电剂

## The research progress of silicone electrostatic dissipative materials

HU SHU, GUO HUI, CHEN XIANGCHAO, LI PENG

(Technology Development Center, Shenzhen Selen Science & Technology Co., Ltd., Shenzhen 518132, China)

**【Abstract】** The function mechanism and research progress of silicone static dissipation methods were analyzed. The key influencers of the electrostatic dissipative performance and some effective methods to improve it were discussed. Besides, the existing inadequacies in electrostatic dissipative material were briefly summarized and some outlooks were provided in the development of the silicone electrostatic dissipative material.

**【Key words】** silicone rubber ; the mechanism of anti-static ; conductive filler ; anti-static agents

硅橡胶是一种主链为 Si-O-Si 结构,侧基主要为甲基,根据需要引入乙烯基、苯基、环氧丙基等功能基团的特种橡胶,具有良好的热氧化稳定性、耐寒性、耐候性、电气特性、绝缘性和生理惰性,被广泛应用于航天航空、电气、电子、化工、仪表、机械、医疗等领域<sup>[1,2]</sup>。硅橡胶的体积电阻率在  $10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$  以上,是优异的绝缘材料。在生产和使用过程中,由于接触或者摩擦等作用,硅橡胶制品的表面会积累大量静电。这不仅会使加工成型操作更加困难,影响产品质量,也会因静电吸尘而污染产品外观,同时也会产生静电放电现象,对工作对象(电子元器件、集成电路等)

造成静电电击,甚至引发火灾和爆炸事故。为了使硅橡胶达到静电耗散的功能,除了将制品接地、使用抗静电器材和环境加湿等常见手段外,最有效的方法是在硅橡胶制品表面或内部形成静电荷释放通道,从而赋予产品一定的抗静电性能,使产生的静电荷能够及时耗散<sup>[3,4]</sup>。

### 1 硅橡胶静电耗散材料的作用机理

在实际应用中,耗散材料主要以表面传导、体积传导和向周围的空气中辐射等方式耗散静电。静电荷向周围的空气中辐射的速度非常慢,几乎可以忽略,而表面电阻率一般大于体积电阻率,所以聚合物材料表面的静电耗散速度主要由表面电阻所决定。通过降低高聚物的表面电阻率或体积电阻率使高聚物材料迅速放电,可防止静电的积聚<sup>[5]</sup>。

\* 基金项目:深圳市战略新兴产业发展专项资金资助项目(JSGG 20160229145748550)

表面传导,通常是通过表面活性剂在聚合物表面形成一层亲水基,利用亲水基的强吸湿作用,在聚合物表面形成一层水膜,使得聚合物具备表面传导静电荷的能力,这种静电消除技术被广泛研究应用于防静电领域。采用外涂和内添加的方式,表面活性剂分子中的亲油基吸附在聚合物表面或内部,而亲水基则向空气侧排列,以吸收环境水分或以氢键与环境中水分结合,形成单分子导电层,使产生的静电荷迅速泄露而达到抗静电目的。同时赋予材料表面一定的润滑性,降低摩擦系数,从而抑制和减少静电的产生<sup>[6]</sup>。

体积传导,则是将一些导电性物质如金属粉末、碳纤维、石墨材料等,掺入硅橡胶制品中达到抗静电的效果。当粒子直接接触时,就会在聚合物内部形成链状导电通路;孤立的粒子或聚集体基本上不参与导电,当被隔离的导电粒子间隙为几十纳米时,因热振动而被激活的电子则越过隔层势垒到达相邻粒子上,形成较大的隧道电流。若粒子间存在强电场,同样可使电子越过能垒,从而产生场致发射电流,使局部积聚的静电荷能够在聚合物内部快速传导泄露,避免静电放电的危害<sup>[7]</sup>。

## 2 硅橡胶静电耗散材料的研究进展

根据制备静电耗散材料使用的改性填料或助剂的不同,硅橡胶静电耗散材料可以划分为碳系填料、金属系填料、半导体类填料和抗静电助剂几类。其中,填料类粉体是以内添加的方式加入到硅橡胶材料中并充分混合,然后进行成型加工,使填料较均匀分散于硅橡胶材料内。当填料填充达到一定量(阈值)时,聚合物的体积电阻率和表面电阻率迅速降低,这类静电耗散材料同时依靠体积传导和表面传导来进行静电耗散。而抗静电剂类助剂,根据实际使用要求,既可以通过内添加的方式混合到硅橡胶中制备依靠表面传导和体积传导的静电耗散材料,也可以按照一定的比例与溶剂混溶,经喷涂、浸渍或涂布等工艺,再烘干或风干脱除溶剂,使得抗静电剂均匀分布于制品表面,此种静电耗散材料主要依靠表面传导进行静电耗散<sup>[8]</sup>。

### 2.1 炭系填料类

导电炭黑具有价格相对便宜、来源丰富等优点,对硅橡胶有一定补强作用,同时能改善其耐磨性和导热性,因而成为碳系导电填料中应用最为广泛的一种。早期,日本就利用炭黑生产出模制抗静电硅橡胶<sup>[9-10]</sup>。张凯等<sup>[11]</sup>使用处理过的乙炔炭黑填充硅橡胶制备出承力结构完整、泡孔形状规则、孔径分布均匀的抗静电硅橡胶泡沫材料。相比未添加乙炔炭黑的硅橡胶泡沫材料,抗静电硅橡胶泡沫材料密度变化不大,拉伸强度和扯断伸长率略有降低,表面电阻下降明显。当乙炔质量分数达到 11~13%时,达到消除静电的技术指标要求。Sauro 等<sup>[12]</sup>使用片状石墨烯和炭黑复配填充改性制备了成本较低的硅橡胶导电化合物,通过调整复配比例和用量制得的产品能够满足特定电导率和静电耗散的要求。成家新等<sup>[13]</sup>使用乙烯基三叔丁基过氧硅烷(VTPS)与乙炔炭黑共混改性制备了具备良好的加工性能及抗静电性能的硅橡胶。

由于生产工艺的缘故,碳系材料(特别是导电炭黑)通常呈酸性,较大的酸性会造成双 2,4 硫化剂“中毒”,而大多数碳系材料中存在的少量含 N、P、S 等元素的化合物杂质,会造成铂金催化剂的“中毒”,制约了硫化体系的可选择性。其次,碳系材料呈黑色,使用时会使硅橡胶着色,在一定程度上也限制了碳系材料在硅橡胶静电耗散材料中的应用。但由于导电炭黑价格低廉,加工性好,通过表面处理分散性佳,并且能够提高硅橡胶的耐磨性和耐候性,因此仍然受到广泛关注。

### 2.2 金属系填料

金属粉体具有优异的导电性,是制备硅橡胶导电材料和静电耗散材料的重要填料之一。雷海军等<sup>[14]</sup>研究了银粉和镍粉的用量和细度对硅橡胶性能导电性能和物理性能的影响。随着导电填料用量的增大,颗粒间接触的机会增加,形成局部导电通路,体积电阻率逐渐下降,直到形成导电网络,电阻率急剧下降。相同的体积添加量,掺入银粉的硅橡胶的体积电阻率比掺入镍粉的硅橡胶低 2~3 个数量级,对材

料物理机械性能的影响较小。向辉<sup>[15]</sup>以镀镍石墨为导电填料,发现镀镍石墨粒径越大,导电性能越好,但硅橡胶的力学性能会有明显劣化,合适的偶联剂能够提高硅橡胶的力学性能和导电性能,适量的硅油对硅橡胶的拉伸强度和伸长率有改善作用,还可以降低其硬度,但对导电性几乎没有影响。李跟华等<sup>[16]</sup>发现 VTPS 是镀银铜粉良好的表面处理剂,经表面处理后的镀银铜粉不仅能改善硅橡胶的混炼工艺,还能提高硅橡胶的导电性能和导电稳定性。

在硅橡胶静电耗散材料和导电材料的加工和应用过程中,大部分金属粉体易被氧化,电导率下降明显。通常采用镀层涂覆的方法对金属表面改性,在防止金属氧化的同时增强其导电性。另外,金属系填料与硅橡胶的相容性较差,使用偶联剂处理金属粉体,可以改善其与硅橡胶的相容性。但由于金属系填料密度大,填充量大,对硅橡胶的加工性能和力学性能影响较大,并且成本较高,使得其在导电材料和静电耗散材料中的应用受到一定限制。

### 2.3 半导体类填料

微 / 纳米级半导体粉体粒径小、比表面积大,具有小尺寸效应、表面效应、量子尺寸效应和宏观量子隧道效应等特点,制作成聚合物静电耗散复合材料具有密度轻、易加工、物理机械性能好、导电性高等突出优点,因此越来越受到广大研究人员的重视,具有广阔的应用前景<sup>[17]</sup>。

张长生等<sup>[18]</sup>发现添加氧化锌晶须能够在高温热硫化硅橡胶 (HTV) 交联反应的初始阶段起到加速效应,后期反而会延缓交联速度。随着晶须加入量的增加,硅橡胶的硬度增加,拉伸强度、扯断伸长率、表面电阻率和体积电阻率均有所降低。但由于氧化锌晶须本身电阻率较高,导致制备硅橡胶复合材料时静电耗散效果不理想。万翠凤<sup>[19]</sup>通过固相法及表面改性制备了铝盐掺杂四角状氧化锌晶须 (T-ZnOw)、金属锌包覆 T-ZnOw、铈掺杂以及锡包覆 T-ZnOw 等一系列导电粉体,基本保持晶须四针状结构的同时,显著提高 T-ZnOw 的导电性能。罗士平<sup>[20]</sup>等人以片状导电硅微粉为填料制得抗静电硅橡胶。通过

使锡铈前驱体在硅微粉表面缓慢均匀成膜,制备出力学性能和抗静电性能优异的浅色硅橡胶产品。Joshi 等<sup>[21]</sup>使用硅橡胶与掺杂镁和钙的氧化铝粉体共混制备电阻为 30-50 MΩ 的白色硅橡胶静电耗散材料。随着纳米粉体的添加量增加,复合材料的电阻逐渐下降,硬度和拉伸强度增加,其它性能几乎不变。当纳米粉体添加量达到 75 份,硅橡胶的电阻由 15 次方下降到 8 次方。Ferrar 等人<sup>[22]</sup>使用多种尺寸的亚微米级针状二氧化钛粉体,通过表面包覆氧化锡掺杂铈涂层,填充制备了静电耗散型硅橡胶涂层材料,并可作为电子照相成像用中间转印部件中的静电耗散硅柔性层材料。

半导体类填料 / 硅橡胶静电耗散复合材料的电性能不仅与填料粒子的结构性能有关,还与微 / 纳米级填料的聚集结构和复配性、硅橡胶基体的结构性能、填料与基材的界面结构性能及复合加工工艺等有着密切的关联。如果微 / 纳米填料在复合体系中的分散不均匀,易发生团聚,并影响复合材料的综合物理机械性能,通过对粉体表面进行偶联剂改性或是超支化接枝改性,明显可改善其分散性。

### 2.4 抗静电助剂

抗静电剂是添加到材料内部或喷涂于材料表面,防止或减轻静电荷集聚的一类化学助剂。由于添加量低,对基材的机械性能影响较小,抗静电效果好,得以广泛应用。另一方面,传统抗静电剂(如季胺盐)抗静电效果受环境温度、湿度的影响较大,持久性也较差,因此开发新型实用的硅橡胶抗静电剂逐渐受到关注。

通用电气公司<sup>[23]</sup>将聚醚型聚硅氧烷共聚物添加到硅橡胶中,制备出具有良好静电耗散性能的硅橡胶散热材料。不过 HTV 加工成型温度较高,聚醚型抗静电剂高温条件下会分解,导致抗静电性能下降,聚醚型抗静电剂也会影响液体硅橡胶的流挂性,因而也受到限制。

信越化学公司<sup>[24]</sup>开发的新型防静电有机硅橡胶制品,可在高温下使用,但静电耗散效果一般。日本专利<sup>[25]</sup>添加离子导电锂盐到硅橡胶中可以制备出防

静电性优良,即使在高温暴露也能维持防静电性的模具用有机硅材料。Kuroda 等<sup>[26]</sup>使用离子导电型锂盐制备出的抗静电性优异的透明有机硅压敏粘合剂,即使是置于高温环境中粘结性能也没有出现明显恶化。轰大地<sup>[27]</sup>使用特定钾盐配制成糊状或溶液作为内添加抗静电剂,制备出暴露于高温中也不黄变、能够维持优异抗静电特性的硅橡胶,表面电荷损耗半衰期在 3s 以内,并且不受硫化体系的限制。

Tagai<sup>[28]</sup>等发现使用咪唑阳离子、吡咯烷基阳离子、吡啶阳离子、铵基阳离子或锂离子以及双(三氟甲磺酰)亚胺阴离子组成的两性型离子型导电剂,添加到硅橡胶制品中不影响其固有性能,抗静电性能持久稳定,能够将制品表面的电荷半衰期降低到 1s 以内。Ye 等<sup>[29]</sup>研究了氯化 1-烯丙基-3-甲基咪唑([AMIM]Cl) 和 1-乙基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐([EMIM]BF<sub>4</sub>)对硅橡胶电阻率和物理机械性能的影响,使用傅立叶变换红外光谱对两种离子液体热处理前后的化学结构进行了表征,并用场发射扫描电子显微镜和能量色散 X 射线能谱图分别表征了氟和氯元素的分散形态,揭示了离子液体的抗静电机理是离子迁移和吸收水分的协同效应。离子液体虽然能够提高硅橡胶的抗静电和静电耗散能力,但它与硅橡胶的相容性较差,较短时间内就会从高分子材料中迁移出,并逐渐失效。实际应用中,氯铝酸盐类离子液体遇水反应生成腐蚀性的 HCl,对水和空气敏感;离子液体中的含氟阴离子(如 BF<sub>4</sub><sup>-</sup>和 PF<sub>6</sub><sup>-</sup>)易水解形成腐蚀性的 HF,而离子液体的高极性也增加了它们对水的吸附能力,从而限制了他们的应用<sup>[30-31]</sup>。

为了解决传统离子液体与有机硅材料相容性和加工性能较差的缺点,大家从配方和工艺方面也进行了研究工作。新纶科技公司<sup>[32]</sup>通过分子设计组成,合成了一系列含有机硅成分的离子液体内添加型抗静电剂,不但解决了相容性和加工性差的问题,而且具有非常优异的低温、低湿条件下的静电耗散能力。日本科学家<sup>[33]</sup>在混炼过程中将适量的氧化剂或其溶液加入到硅橡胶混炼胶中,加工成型后将制品置于

吡咯类、噻吩类及其衍生物等聚合物单体的蒸气氛围中进行后处理。处于硅橡胶表面或内部的氧化剂作为催化剂将促使单体聚合,从而在制品表面形成导电性聚合物膜,从而显著提高制品表面的静电耗散能力。

除了传统的表面活性剂外,硅氧烷、咪唑等离子液体由于其良好的导电性和分子结构的可设计性,开始作为抗静电剂应用在硅橡胶中。将经过分子设计的离子液体引入到硅橡胶中,制备高聚物/离子液体共混物,可以获得导电性能良好的硅橡胶材料。另外,使用吡咯类、噻吩类等本征导电聚合物与硅橡胶共混改性也是目前的研究方向之一。

### 3 影响硅橡胶静电耗散性能的因素

#### 3.1 抗静电助剂种类和用量对硅橡胶抗静电性能的影响

随着抗静电助剂用量的增加,硅橡胶电阻值先迅速降低而后趋于平缓。内添加型抗静电助剂与硅橡胶的相容性对抗静电硅橡胶的抗静电能力有着十分重要的影响。抗静电剂与聚合物的相容性取决于聚合物材料的分子结构和抗静电剂的极性,极性相近者相容。两者相容性太好,抗静电剂分子的迁移难以进行,表面损失的抗电剂不能及时得到补充,难以持续发挥抗静电作用;而相容性太差又造成加工困难,抗静电剂会大量析出,制品外观性能下降,析出的抗静电剂会很快损失,同样很难维持持久的抗静电效果。因此,选择适当的亲水基和亲油基的搭配和极性的选择,是表面传导型抗静电剂特别是内添加型抗静电剂分子设计首先要考虑的。

#### 3.2 加工工艺对硅橡胶抗静电性能的影响

硅橡胶的抗静电性能会受到加工过程中混料方式、硫化剂时间和硫化温度的影响。王伟<sup>[34]</sup>等发现加入方式会影响炭黑在复合材料中的相态结构及分散性,而加入环己烷等暂时性分散剂并经高速搅拌,能获得良好的分散效果,从而显著提高了硅橡胶的导电性。混料后可以通过加热或抽真空除去分散剂,不会残留在胶料中。混料强度过大或混合时间较长都会降低硅橡胶的抗静电性能。张继阳<sup>[35]</sup>发现抗静电

硅橡胶的导电性能随着一段硫化时间的延长而增强,而与二段硫化时间关系不大;随着硫化温度的升高,抗静电硅橡胶导电性能先增强后下降,最佳硫化温度为 170℃。

### 3.3 温湿度对硅橡胶抗静电性能的影响

硅橡胶材料的抗静电性能与应用环境的温湿度密切相关。温度升高,填料类硅橡胶静电耗散材料中导电团聚体间电子跃迁几率增大,使得体系电阻率降低<sup>[36]</sup>,而抗静电助剂类硅橡胶静电耗散材料,温度升高对电阻的影响主要表现在带电粒子的移动上,随着温度的升高表面电阻会有所降低。而随着周围湿度的增加,硅橡胶表面的吸水性增加,这增加了静电荷耗散的通道,电阻率也随之降低。

## 4 展望

近年来,航空航天、电子仪表、电子计算机、通讯设备、建筑装修、医疗卫生、食品加工等诸多行业高速发展,各应用领域对静电耗散材料需求的日益增长。硅橡胶材料作为特种橡胶,具有耐高低温、耐老化、抗电弧、耐压缩变形、硬度范围宽、易加工成型、安全环保等优异特性,其应用与需求也与日俱增。随着人们对硅橡胶材料静电防护技术研究的不断深入,对静电防护性能要求也提出更高的要求,未来硅橡胶静电耗散的研究开发可以从如下几个方面入手:

(1) 开发具有良好导电性能且成本较低的新型导电填料。

(2) 通过合理的加工工艺优化和增容新工艺开发,进行导电填料表面的有机化改性,提高导电填料在硅橡胶中的相容性和分散均匀性。

(3) 掺杂的聚噻吩、聚苯胺和聚吡咯等本征导电聚合物是具有实际价值的硅橡胶潜在的内添加型导电填料。材料合成、加工配套的相关新工艺和新设备也将是研究重点方向。

(4) 以相容原理和共混工艺控制理论研究为基础,合理设计和合成具有抗静电功能性基团的有机硅助剂和有机硅材料的季铵化接枝改性将会成为一个重要研究课题,也是制备硅橡胶静电耗散材料的新方

向和根本途径。

(5) 选择合适种类和用量的导电填料或抗静电助剂复配使用,改善材料的加工性能及力学性能,提高材料的导电稳定性。

参考文献:

- [1] 栾磊. 新型耐高温硅橡胶的制备和性能研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [2] 肖琳. 加成型液体硅橡胶的制备及力学性能研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2010.
- [3] 顾志宏. 抗静电导电硅橡胶的配方设计: 2007 年长三角橡胶技贸交流暨信息发布会论文汇编[C]. 潜山: 世界橡胶工业编辑部, 2008: 104-106.
- [4] 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.
- [5] 丁芳. 塑料薄膜抗静电性能的研究和测试[J]. 中国化工贸易, 2012, 21 (11): 86.
- [6] 张淑琴. 抗静电剂: 中国化工大全 (9) [M]. 北京: 化工出版社, 1995: 667.
- [7] 耿新玲, 刘君, 任玉柱, 等. 导电硅橡胶研究进展[J]. 航空材料学报, 2006, 26 (3): 283.
- [8] 王卓, 白彦伟, 林名润, 等. 航天器用防静电包装材料研究现状[J]. 中国包装工业, 2016, 32 (4): 231.
- [9] AZECHI SHUICHI, YAMAKAWA NAOKI. SILICONE RUBBER ADHESIVE COMPOSITION AND INTEGRALLY MOLDED BODY OF SILICONE RUBBER AND THERMOPLASTIC RESIN: KR20020057826[P]. 2002-07-12.
- [10] MIYOSHI, KEI, TANAKA, KOUICHI. Mother mold-forming silicone rubber composition and mother mold obtainable therefrom: EP1043363[P]. 2000-10-11.
- [11] 张凯, 傅强, 谭云, 等. 抗静电硅橡胶泡沫材料的研制[J]. 绝缘材料, 2005, 38 (6): 11.
- [12] RJ SAURO, DF SCHEFFER. Electrically conductive polymer compositions: US20160035456[P]. 2016-02-04.
- [13] 成家新, 成家添. 抗静电硅橡胶的制备方法: CN103992643A [P]. 2014-08-20.
- [14] 雷海军, 宫文峰, 武晶, 等. 金属填料对高导电硅橡胶性能的影响[J]. 橡胶工业, 2005, 52 (11): 667.
- [15] 向辉. 镀镍石墨导电硅橡胶的制备和性能研究[J]. 弹性体, 2014, 15 (1): 27.

- [16] 李跟华,米志安,刘君,等. 镀银铜粉填充型导电硅橡胶的研究[J]. 有机硅材料,2003,17(3):10-11,51.
- [17] 王鹏宇,李斌,全旺贤,等. 填料体系对导电硅橡胶导电-物理机械性能的影响研究进展[J]. 化工新型材料,2014,24(2):3.
- [18] 张长生,罗世凯,石耀刚,等. 抗静电氧化锌晶须对热硫化硅橡胶性能的影响[J]. 有机硅材料,2004,(6):5.
- [19] 万翠凤. 氧化锌晶须改性及导电性能研究[D]. 长沙:中南大学,2008.
- [20] 罗士平,潘玉乐,姚超,等. 一种浅色抗静电硅橡胶及其制备方法:CN104098904A[P]. 2014-10-15.
- [21] APARNA M.JOSHI.Preparation static dissipative nanocomposites of alkaline earth metal doped aluminium oxide and methyl vinyl silicone polymer [J].International Journal of Materials and Metallurgical Engineering,2016,3(2):200.
- [22] WT FERRAR,TJ DANNHAUSER,R BOTRO, et al.Inkjet receiver precoats incorporating silica:US9421808[P]. 2016-08-23.
- [23]SYMEON, GERALD.Static dissipating heat curable silicone rubber compositions [P]. Canada,CA1104285,1981-06-30.
- [24] 橡胶参考资料杂志社. 信越化学开发出新型防静电有机硅橡胶产品[J]. 橡胶参考资料,2007,39(3):9.
- [25] MOGI HIROSHI,HARA MICHIHISA. Antistatic silicone rubber mold making material:[P].KR20080093907, 2008-10-22.
- [26] KURODA, YASUYOSHI. Silicone pressure-sensitive adhesive composition having antistatic performance and silicone pressure-sensitive adhesive tape:TWI460243[P]. 2014-11-11.
- [27] 轰大地. 抗静电性硅橡胶组合物和抑制抗静电性硅橡胶固化物的黄变的方法: CN103421323[P]. 2013-12-04.
- [28] TAGAI HIDEFUMI, IIJIMA HIROYOSHI, TAKAHASHI HIDEO. Heat curable silicone rubber composition[P]. America:US2015291766[P]. 2015-10-15.
- [29] XIWANG YE, JIANHUA GUO, XINGRONG ZENG. Antistatic effects and mechanism of ionic liquids for methyl vinyl silicone rubber [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2017,134(32):25.
- [30] JS WILKES, JA LEVISKY, RA WILSON, et al. Di-alkylimidazolium chloroaluminate melts: a new class of room-temperature ionic liquids for electrochemistry, spectroscopy and synthesis[J]. Cheminform,1982,13(25):1263.
- [31] 熊国祥. 香山科学会议第333-336次学术讨论会简述[J]. 中国基础科学, 2010,12(3):36-40.
- [32] 郭辉, 胡树. 一种抗静电硅橡胶及其制备方法:CN105086470[P]. 2015-11-25.
- [33] 黄国超. 导电硅橡胶的制造方法[J]. 橡胶参考资料, 2009,39(5):11.
- [34] 王伟,吴旨玉,董宗玉,等. 混料方式对硅橡胶导电性的影响[J]. 特种橡胶制品,2003,27(3):11-14.
- [35] 张继阳,邹华,田明,等. 硫化对镀银铝粉甲基乙烯基硅橡胶导电复合材料性能的影响[J]. 合成橡胶工业. 2007,30(6):463-466.
- [36] 谢泉,刘让苏,徐仲榆,等. 白炭黑对导电硅橡胶的线性及电阻特性的影响[J]. 材料研究学报,1997,11(5):559.

# 高效低阻分子污染物过滤的应用

**【摘要】**夹碳布使得小尺寸的吸附剂颗粒在高效过滤的同时保持低阻,本文将重点阐述分子过滤的趋势以及高性能滤材的选择。

**【关键词】**分子过滤;暖通;过滤器;能源;低阻;活性炭

## 1 分子过滤介绍

气载分子污染物是指通过空气对流或者扩散等途径接触到产品、设备,从而对其产生不良影响的非颗粒物,这类污染物被空气高度稀释,无法聚集成颗粒。分子过滤是指从空气中去除挥发物、气体和气味。我们通常谈到“分子污染物过滤”往往即是指“气态污染物过滤”或者“化学污染物过滤”,有时甚至直接指代“含碳过滤器”或“活性炭过滤器”。分子过滤和颗粒过滤是基于完全不同的尺寸。对于分子过滤,我们讨论的是捕捉千分之一到几百分之一微米的分子,远远小于高效空气过滤的 0.3 微米的尺寸,标准高效和超高效滤材无法满足这种极小尺寸的分子污染物过滤,需要利用不同的过滤方式。

分子污染物通常被划分为气味 / 有毒气体 / 刺激物 / 腐蚀物。这些分子污染物都对人类有害。我

们在日常生活中经常遇到的是气味和刺激物,而给数据中心,收藏艺术品的博物馆以及生产过程带来最大困扰的则是刺激物和腐蚀物。通常这些污染物以百万分之几,十亿分之几来计算,而在洁净室则以万亿分之几计。

摩尔定律提出,当价格不变时,半导体芯片上可容纳的晶体管的数目约每两年会增加一倍,这就意味着随着元器件尺寸的不断减小,在洁净室生产中对于空气洁净度提出了越来越严苛的要求,要求能够过滤更多更小的颗粒。相近行业也正在提高对于气载分子污染物的控制要求,譬如与半导体工业有着类似生产过程的平板显示器行业。对于所有的过滤的一个共同诉求是,在指定效率下,洁净室及其使用的过滤器必须尽可能的降低压降,以减少空气过滤的成本。分子过滤器的具体应用领域见表格 1-1。

应用领域	外部空气	循环空气	风机过滤机组, 微环境, 终端过滤器	废气, 废气处理器
目标污染物	SOx, NOx, 臭氧, 氯气, 氨气, 挥发性有机化合物	氨气, N-甲基吡咯烷酮, 胺类化合物, 挥发性有机气体, 三氯化砷, 三氟化硼	氨气, N-甲基吡咯烷酮, 胺类化合物, 氯气, 盐酸, 氢氟酸, 有机挥发气体	三氯化砷, 三氯化磷, 三氟化硼, 氯气, 盐酸, 氢氟酸, 三氟化氯, 有机挥发化学物
滤材	GAC, 浸渍碳/氧化铝, 挤出碳基复合材料	GAC, 浸渍碳/氧化铝, 挤出碳基复合材料, 含吸附剂的无纺布	含吸附剂的无纺布, 离子交换	特殊浸渍的碳/氧化铝
过滤器	厚/薄托盘/模件, 平板过滤器	厚/薄托盘/模件, 打折过滤器, 平板过滤器	厚/薄托盘/模具, 打折过滤器, 平板过滤器	打折过滤器, 平板托盘,
设备	前/后框架, 2-3 passes	前/后进入框架, 1-2 passes	顶部/侧部进入系统, 集成循环空气过滤器, OEM 空气滤壳	深床式化学过滤, 废气处理器,

## 2 分子过滤的机制和种类

吸附是指原子,离子和分子从气体,液体或者溶

解的固体中附着到吸附物表面。吸收是指物质从一种状态转变为另一种状态。吸附是分子在物质表面

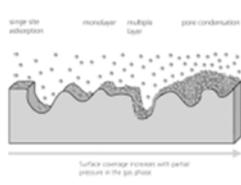
的物理吸附。因此分子过滤要求吸附剂有着很高的比表面积，譬如 5g 活性炭可以提供足球场大小的表面积。其余吸附剂类型还包括分子捕捉剂，离子交换剂和活性氧化铝。活性炭是应用最广的一种吸附剂，它可以从椰子壳，煤炭，和木材中制备获得。

Concepts - Adsorption vs. Absorption



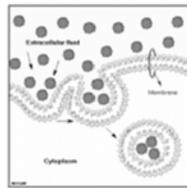
Adsorption

Adsorption is the adhesion of atoms, ions, or molecules from a gas, liquid, or dissolved solid to a surface.



Absorption

Is the incorporation of a substance in one state into another of a different state.



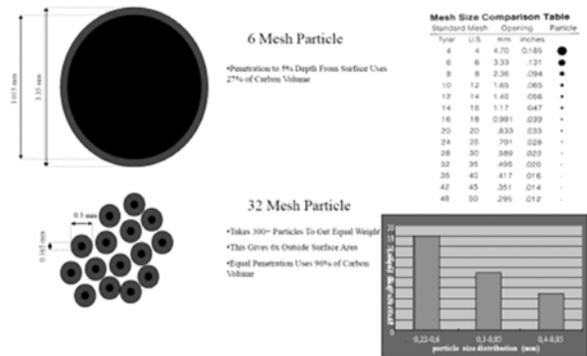
三种主要的活性炭吸附剂包括：活性炭颗粒 - 0.2 毫米到 5 毫米的不规则形状的颗粒；活性炭粉末 - 小于 0.21 毫米的碳；活性炭小球 - 圆柱状，直径在 0.8 毫米到 5 毫米。

吸附剂的表面积主要来源于小尺寸的微孔和中等尺寸的亚微孔区域。在气体和液体过滤中发现小尺寸微孔可以最有效地捕捉小分子。通过椰子壳制造的活性炭主要是微孔结构，和源于煤炭质活性炭则主要是亚微孔结构。

3 滤材和过滤器的优化

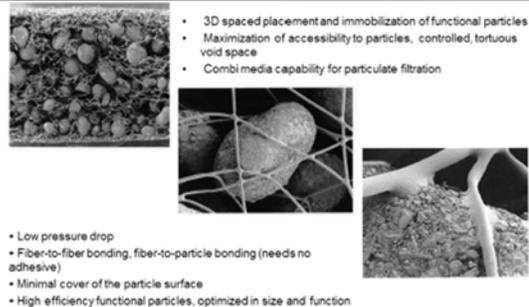
和颗粒物过滤相同，对于分子过滤压降和效率也是一个平衡。有效表面积决定效率，功能性颗粒的尺寸决定压降。如图所示，吸附剂颗粒尺寸越小，压降越高，同时初始效率更高。通常松散填充的活性炭尺寸为 4\*8 目。在薄层无纺布中使用的尺寸为 20\*50 目，平均目数为 32。通过使用更小的颗粒可以获得 6 倍表面积，带来更高的效率。要达到与 20\*50 目颗粒相同的效率，需要使用六倍体积或者重量的 4\*8 目的颗粒，但同时 20\*50 目的颗粒也带来了更高的阻力。

Balancing Pressure drop and efficiency



为了克服小尺寸颗粒带来的压降增加的问题，我们通过打折的方法来增加滤材面积，降低风速。将碳复合的滤材打折并不困难，但是使打折后的滤材保持良好的性能则非常挑战。利用 MFM 技术，我们确保固定功能性颗粒物，同时限制被遮挡面积以尽可能多的保留颗粒的吸附性能。此外，我们还可以再加载一个颗粒层制备复合滤材。这种复合滤材的效率在 Merv8 到 15 之间，同时保证较低的气阻。

Technology - MFM



如下图所示，一定重量的活性炭，4\*8 目的活性炭的初始效率非常低，气阻为 0.3 inch。使用 20\*50 目的活性炭会大大增加过滤效率，但同时气阻增加 8.5 倍。但打折之后，我们可以看到气阻降低了 17 倍，是 4\*8 目过滤器的一半。

(下转第 53 页)

# 电子工业用防静电装备(用品)与防静电工程

孙延林

中国电子仪器行业协会防静电装备分会,北京 100040

防静电装备(用品)、工程是防静电工作区的重要组成部分,了解它的种类、使用方法、技术指标等,对构建防静电工作区,采取优化方案并取得较好的静电防护和使用效果至关重要。

## 1.1 防静电装备(用品)、工程种类

### 1.1.1 防静电装备(用品)分类

防静电装备(用品)种类很多,可大致分为以下方面:

#### 1.1.1.1 防静电地坪类

##### (1) 高架活动地板

这类产品主要用于有地下通风要求和铺设密集电缆、管道并有承重、防静电要求的计算机房、程控机房,信息系统控制、调度中心,计算数据中心和智能化信息处理中心等。

其产品有:钢制外壳(填充发泡水泥)地板;全钢地板;高压和低压铸铝地板;木质地板;铝蜂窝结构地板;硫酸钙地板;水泥地板;无机质类地板;树脂(玻璃钢)地板等。

##### (2) 非高架活动地板(又称直铺式网络地板)

这类地板主要用于直铺地面(内置电缆)并有承重、防静电要求的场所。

其产品有:水泥构造地板;高分子材料(PVC、玻璃钢等)地板等。

##### (3) PVC(聚氯乙烯)、三聚氰胺、橡塑、塑胶卷材和块材

这类地坪材料主要用于直铺或作为活动地板覆盖层,用于有承重、防静电要求的场所。

##### (4) 环氧树脂类地坪材料

这类地坪材料繁多,有溶剂类、水性无溶剂类、油漆涂料等,主要用于直铺地面且有承重、防静电、洁净要求的场所。

##### (5) 水泥类地坪材料

有水泥自流平地坪、水磨石地坪等,用于直铺地面且有承重、防静电要求的场所。

##### (6) 瓷砖类

有防静电釉面瓷砖等,用于直铺地面且有承重、防静电、洁净要求的场所。

### 1.1.1.2 人体静电防护用品

#### (1) 防静电工作服

这类用品有分体式和褂式、密闭式三类,材质有多种,主要用于有防静电要求的场所。分洁净环境用工作服和非洁净环境用工作服。

#### (2) 防静电工作鞋(脚束、鞋套)

鞋子(脚束)种类很多,有皮鞋、拖鞋、球鞋、休闲鞋、束套、安全鞋等。鞋底材料有橡胶、塑料、皮革、PVC等,用于有防静电要求的场所,通常鞋套用于有洁净要求的场所。

#### (3) 防静电手套、指套

手套种类很多,有纯橡胶面,纯棉布和导电丝混纺、化纤布与导电丝混纺、纯棉布类等。

指套有乳胶指套等,用于有洁净和防静电要求的场所。

#### (4) 防静电帽

有导电丝与化纤、棉布混纺的工作帽,主要用于有防静电和洁净要求的环境中。

#### (5) 防静电腕带

通常为橡塑制品,用于实现防静电工作区内人员接地。

### 1.1.1.3 防静电工作台、存放架、运转车、座椅、推车等

#### (1) 工作台

有两类工作台:一类是在普通工作台台面铺设

接地的防静电台垫(橡胶垫、橡塑垫等)制备;另一类是专门根据实际需要定制的防静电工作台。工作台用于 SSD 产品组装、测试、维护等。

#### (2) 存放柜

一般是在普通存放柜台面上铺设接地的防静电台垫,用于 SSD 产品的存放等。

#### (3) 运转车

有两类运转车:一类是在普通的金属运转车台面上铺设防静电台垫制备。车的脚轮为接地导电脚轮,也有用拖地金属链条实现接地的。还有一类是专用于运送 PCB 板的运转车,其带有接地的 PCB 板的插板导电塑料架,运转车用于 SSD 产品装运等。

#### (4) 座椅

有防静电塑料制品和利用防静电人造革、布料与金属结构组合制备的制品。有直接通过椅脚接地,也有通过脚轮或拖地金属链条接地。

#### 1.1.1.4 防静电包装、周转箱(盒)等

防静电包装从防静电功能分有四大类:导静电;静电耗散;静电屏蔽;低起电性包装。

其种类繁多,有柔性包装袋、发泡垫和袋、吸塑盒和管、不同结构塑料箱子和盒子、托盘,还有涂覆导电漆的中空板箱、木质箱或盒子,涂覆导电漆的纸箱和盒子,防静电海绵垫、集成电路包装盒(管)等。这类产品用于 SSD 产品包装、存储、运输等。

#### 1.1.1.5 离子化静电消除器(枪、咀等)

目前常用的离子化静电消除器有三大类:

(1) 非防爆交流和直流高压(风枪、风蛇、风咀等)类离子化静电消除器;

(2) 放射性同位素源和 X 射线离子化静电消除器;

(3) 无源自感式离子化静电消除器;

(4) 防爆离子化静电消除器

这类产品用于消除 SSD 产品和化工等行业产品积蓄的静电荷和消除 SSD 操作区域的静电。

#### 1.1.1.6 防静电工具类

防静电工具有两大类:采用改性防静电工程塑料制备的工具、金属工具、陶瓷工具。有的金属工具采用

在头部涂覆防静电树脂,以防带电 SSD 对金属工具的放电。这类用品有镊子、改锥、钳子、刷子、扳手、真空吸锡器等等,用于 SSD 产品安装、修理、维护等。

#### 1.1.1.7 防静电电烙铁

电烙铁有两类:一类是外壳接地的普通电烙铁;还有一类是使用漏电保护器的低压电源和焊接瞬间断电的电烙铁,这类产品用于 SSD 产品的焊接作业。

#### 1.1.1.8 防静电传输带

利用防静电橡胶或橡塑制品制备的接地传送运输带,用来在车间内的流动生产线转运 SSD 产品,也有用金属履带式传输带和链条式传输带的。

#### 1.1.1.9 防静电工艺用品

计算机键盘保护带、仪器输入端等电位连接保护罩等,特定用途的防静电塑料制品或橡塑制品。

#### 1.1.1.10 防静电剂、蜡

含有离子或导电材料的表面活性剂的喷剂和蜡、各种抗静电剂。用于养护防静电树脂地坪、PVC 地坪、防静电高分子材料的防静电改性和处理工作表面等。

#### 1.1.1.11 静电泄放装置(门帘、泄放器等)

通常放置在生产场所入口,用来泄放进入工作区人员的静电荷,

#### 1.1.1.12 防静电维修包

静电耗散材料制备并用于携带防静电工具,用于防静电工作区内、外场所装有 SSD 仪器、设备的维修。

#### 1.1.1.13 防静电清洗机

装有 SSD 产品的 PCB 板、或其它产品采用高纯绝缘溶液清洗时,因超声强化、喷洗时很容易产生静电造成 SSD 损害。防静电清洗机是使用专用静电耗散材料制备的筐,其带有接地的导电纤维带或刷,在 SSD 产品清洗时,消除 SSD 产品集聚的静电。还有的清洗机配有离子化静电消除器,在清洗产品时消除 SSD 产品和清洗介质积聚的静电。

#### 1.1.1.14 防静电杂品

这类杂品有防静电窗帘、无尘抹布、胶纸带、胶液、墙板、吊顶板、墙布、墙纸、SMT 贴片料盘、防静电透明薄膜等等、静电泄放器等等。

### 1.1.2 防静电工程分类

#### 1.1.2.1 防静电环境整体工程

工程项目包括:地坪、防静电接地系统、墙壁、环境控制(温、湿度,洁净控制)系统、防静电装修、与静电防护有关的延伸工程等。

#### 1.1.2.2 防静电地坪工程

- (1) 各类高架地板工程
- (2) 非高架网络地板工程
- (3) 水泥自流平、水磨石地坪工程
- (4) 各类环氧树脂、地坪漆(涂料)工程
- (5) PVC 块材、卷材工程
- (6) 各类塑胶地板工程
- (7) 橡胶地板工程
- (8) 防静电瓷砖地坪工程

### 1.2 防静电装备(用品)

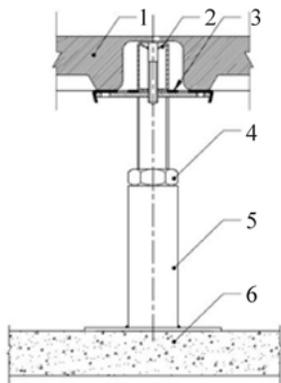
#### 1.2.1 高架活动地板

以下分别介绍高架活动地板种类、型号命名、技术参数和使用特点。

##### 1.2.1.1 防静电高架活动地板组成与结构

###### (1) 防静电高架活动地板组成

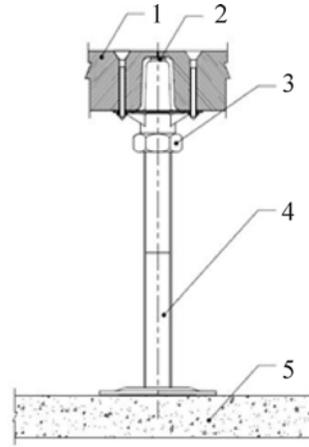
防静电活动地板是由地板板块和地板支撑系统组成,防静电活动地板按支撑方式可分为四周支撑和四角支撑。四周支撑防静电活动地板由地板板块、可调支撑、横梁和缓冲垫等组成,见图 1-1。



注:1——板块;2——横梁;3——缓冲垫;  
4——锁紧装置;5——可调支撑;6——地面。

1-1 四周支撑式防静电活动地板结构示意图

四角支撑防静电活动地板由地板板块、可调支撑和缓冲垫等组成,见图 1-2。



注:1——板块;2——缓冲垫;3——锁紧装置;  
4——可调支撑;5——地面。

图 1-2 四角支撑式防静电活动地板结构示意图

###### (2) 防静电活动地板板块结构

防静电活动地板板块主要由基材、外层包覆、防静电贴面材料和辅助部件组成。

###### (3) 活动地板分类与命名

1) 防静电活动地板板块按基材分为:木质类、无机质类、钢质类、铝质类、树脂(高分子材料)类和其他类,具体分类见表 1-1。

表 1-1 按基材分类

代号	材质
M	木质类
W	无机质类
G	钢质类
L	铝质类
F	树脂(高分子材料)类
Q	其他类

2) 防静电活动地板板块按承重类型分为:超轻型、轻型、普通型、标准型、重型和超重型。

表 1-2 按承重类型分类

代号	承重类型
CQ	超轻型
Q	轻型
P	普通型
B	标准型
Z	重型
CZ	超重型

防静电活动地板板块按结构分为:普通结构地板和特殊结构地板。特殊结构地板主要有以下几种:通风地板、带出线口地板、带线槽地板、蜂巢结构地板、特殊形状地板、特殊尺寸地板、特殊使用功能地板和特殊材质地板等。

3) 防静电活动地板按承检项目分类见表 1-3。

表 1-3 按承检项目分类

代号	承检项目
D	可承受表 8-5 中的集中荷载、均布荷载、极限集中荷载和表 8.4 规定和防静电性能的检测项目。
G	可承受表 8-5、表 8-4、表 8-6 及所有技术项目中规定的全部检测项目。

### 1.2.1.2 防静电活动地板板块型号命名

防静电活动地板板块型号命名由四部分组成,见图 1-3。

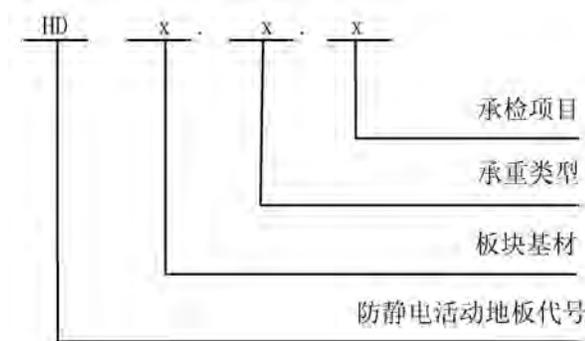


图 1-3 型号命名

示例 1:钢质地板,承载能力为轻型,检测项目为防静电性能、外形尺寸和允许公差、外观要求、集中荷载、极限集中荷载、均布荷载和燃烧性能,应写为:HDG.Q.D。

示例 2:硫酸钙地板,承载能力为标准型,检测项目为防静电性能、外形尺寸和允许公差、外观要求、全项机械性能、防静电贴面材料耐磨性能和燃烧性能,应写为:HDW.B.G。

### 1.2.1.3 活动地板技术指标

(1) 防静电活动地板对地电阻

防静电活动地板对地电阻分别为:导静电型  $R_x = 1.0 \times 10^4 \Omega \sim 1.0 \times 10^6 \Omega$ , 静电耗散型  $R_x = 1.0 \times 10^6 \Omega \sim 1.0 \times 10^9 \Omega$ 。

(2) 外形尺寸和允许公差

1) 外形尺寸

除另有规定外,防静电活动地板板块外形尺寸应为  $500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$  或  $600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ 。

2) 允许公差

防静电活动地板板块的板幅公差、板厚公差、形状和位置公差应符合表 1-4 规定。

表 1-4 板块板幅公差、板厚公差及形位公差

板幅公差	板厚公差	单位:毫米	
		形状公差	位置公差
0-0.4	$\pm 0.3$	表面平面度 $\leq 0.6$	邻边垂直度 $\leq 0.3$
同一生产批次的地板板厚极限偏差不大于0.3。			

3) 外观要求

防静电贴面材料及边条应粘接牢固,不开胶,板块覆盖层应柔光、耐污、不打滑、无明显可见的色差、起泡及疵点、无断裂。金属表面采用防腐处理。若采用镀锌处理,应有金属光泽、无疵点。若采用喷塑处理,塑层应柔光,无明显可见的色差、起泡和疵点。

(3) 机械性能

1) 板块荷载性能

防静电活动地板板块的承重荷载值及要求的各项机械性能见表 1-5。

其他特殊机械性能测试可按用户要求执行。

2) 耐冲击性能

防静电活动地板的板块耐冲击性能试验后,冲击点的塌陷值不大于  $1.5 \text{ mm}$ ,地板不能有破裂、坍塌。

3) 支撑系统

支撑系统包括:可调支撑、横梁和其他支撑件。支撑的技术指标要求如下:

a. 支撑系统外观:无明显疵点,连接牢固,金属件表面防腐层无脱落。

b. 紧固件外观应符合 GB/T—5779.1 的规定。

c. 支撑的轴向中心荷载

四倍集中荷载的力加于支撑顶部中心,保持  $1 \text{ min}$ ,撤除后,支撑应无损坏,可调部位功能正常。

表 1-5 集中荷载、滚动荷载、均布荷载和极限集中荷载

代号	承重类型	集中荷载 <sup>a</sup>			滚动荷载 <sup>b</sup>			均布荷载 <sup>c</sup>		极限集中荷载 <sup>d</sup>	
		荷载值 N	挠度 mm	残余变形 mm	荷载值 N		挠度 mm	残余变形 mm	荷载值 N/m <sup>2</sup>	挠度 mm	荷载值 N
					10 次	10000 次					
CQ	超轻型	1960	≤2	≤0.25	1960	980	≤2	≤0.5	9720	≤2	5880
Q	轻型	2950			2950	2255			12500		8850
P	普通型	3560			3560	2950			16000		10680
B	标准型	4450			4450	3560			23000		13350
Z	重型	5560			5560	4450			33000		16680
CZ	超重型	6675			6675	5560			43000		20025

<sup>a</sup> 集中荷载是指作用在地板板块的某一个点上的荷载，包括中心点、边缘中心点及对角线四分之一点。  
<sup>b</sup> 通常滚动荷载按荷载值（10次）检测，滚动荷载（10000次）检测可按用户要求选择。  
<sup>c</sup> 均布荷载是指持续作用在地板板块单位面积上，且各点受力均等的荷载。  
<sup>d</sup> 极限集中荷载是指作用在地板板块某点的荷载，并增加该荷载直到地板破坏时的最大荷载。

表 1-6 燃烧性能

检验产品	检验标准	燃烧性能等级		要求	
基 材	GB 8624—2012	A	A1	GB 8624—2012 中 5.1.2 铺地材料 表 3 和附录 C C.3 中特别说明	
			A2		
		B1	B		
			C		
		B2	D		
			E		
B3	F				
防静电贴面材料	防静电陶瓷面	GB 8624—2012	A	A1	GB 8624—2012 中附录 C C.3 中特别说明
	聚氯乙烯(PVC)面	GB/T 2408—2008	V-0 级		GB/T 2408—2008 中 9.4 分级 表 1 垂直燃烧级别
	三聚氰胺(HPL)面		V-1 级		
聚氯乙烯(PVC)边条、隔震条、缓冲垫		V-1 级			

d. 支撑的水平倾覆力

支撑底板牢固固定，支撑顶部施加 90 N·m 水平力矩，高度每增加 100 mm，支撑顶部水平位移不超过 1 mm。

e. 横梁承载力

横梁的中心加载 1470 N 力保持 1 min，撤除后，残余变形量不大于 0.25 mm。

4) 防静电活动地板板块的自重

防静电地板板块的自重，按照对应的承载能力：超轻型、轻型和普通型，每平方米自重不应大于 40 kg；标准型、重型和超重型，每平方米自重不应大于 55 kg；硫酸钙、带陶瓷面等其他类型的地板板块自重可按照用户要求。

5) 防静电贴面材料耐磨性能

三聚氰胺(HPL)面耐磨性能应符合 GB/T 7911 的规定，聚氯乙烯(PVC)面耐磨性能应符合 GB/T 4085 的规定，防静电陶瓷面耐磨性能应符合 GB 26539 的规定，其他类型贴面可按用户要求执行。

6) 燃烧性能

防静电活动地板的基材、防静电贴面材料、聚氯乙烯(PVC)边条、隔震条、缓冲垫的燃烧性能见表 1-6。

7) 防静电活动地板板块的环保性能

a. 防静电活动地板板块的挥发物限量  
防静电活动地板板块的挥发物限量应符合 GB

50325 的规定。

b. 防静电活动地板板块的放射性

防静电活动地板板块的放射性应符合 GB 6566 中 A 类产品的规定。

c. 防静电活动地板板块的甲醛释放量

防静电活动地板板块的甲醛释放量应符合 GB 18580 的规定。

8) 防静电通风地板

防静电通风地板应符合设计方要求，开孔率宜为 10%~55%，可选配调节片。

防静电通风地板各项性能应符合表 1-5 承检项目要求。

1.2.1.4 各种高架活动地板结构及特点

高架活动地板种类繁多，见 8-4 高架活动地板分类。其使用场合及各自具不同特点，合理正确的选择对节约资金保证工程质量具有重要意义。下面介绍目前国内常用和曾使用过的高架活动地板。

(1) 高压铸铝地板

这是一种利用高压压铸机（一般在 2000T 级以上）直接压铸成的全铝（或合金铝）地板。上面板贴有三聚氰胺、PVC 防静电贴面板或防静电瓷砖贴面。在生产过程中，具有加工自动化程度高、一致性好、加工时环境污染小等优点。该地板具有承载高、阻燃性好、使用寿命长、加工尺寸一致性好、耐水浸泡、环保性好，板基材料可回收、使用寿命长，可用于洁净度要求高的环境中等特点。缺点是：地板造价高，隔热性差。因其重量较重，施工时工人强度较高和生产

设备投资高等（见图 1-5）。这种地板主要用于高档机房、微电子（液晶显示屏等）等有洁净要求的生产场所和一些特殊场所。

(2) 低压铸铝地板

这是一种利用低压传统铸铝技术制造的全铝地板，上面板贴有三聚氰胺、PVC 防静电贴面板或防静电瓷砖贴面。该地板在加工过程中，耗能大，污染环境。该地板优点是阻燃性好、耐水浸泡、板基材料可回收、生产设备投资少。缺点是承载较低、隔热差、重量大、施工时工人劳动强度较高、造价较高较等。由于其承载较低，这种地板现在使用量较少。

(3) 铝蜂窝结构地板

该地板四边和上、下面板为铝合金结构。板基为蜂窝状铝合金的支撑结构（见图 1-6）。

上面板贴有三聚氰胺或 PVC 防静电贴面板。这种地板生产时无环境污染。优点是：阻燃性好、耐水浸泡、重量轻、施工时工人劳动强度低、环保性好，可用与洁净度较高的场所。缺点是不隔热、造价较高。这种地板承载一般，地板可回收，是近年开发出具有市场前景的一种地板。

(4) 木制地板

这种地板有两种结构：一种基板为高密度刨花板（厚度一般 28mm），四周为铝合金边框，下面板为铝板或镀锌铁板，上面板贴有三聚氰胺、PVC 防静电贴面板或防静电瓷砖贴面。另一种基板为高密度刨花板（厚度一般 38mm），四边为橡塑制品的边条，下面板为铝板或镀锌铁板板，上面板贴有三聚氰胺、PVC 防静电贴面板或防静电瓷砖贴面。（见图 1-7）。这种地板生产时环境污染小，加工生产时几何尺寸和生产设备的加工精度有关，目前我国加工精度和国际同类产品还有一定差距。该地板机承载一般，阻燃性较差，不耐水浸泡，使用寿命 10 年-15 年左右，地板不能回收。优点是地板造价低，重量轻，施工时工人强度较低，隔热性较好，生产设备投资少。木制地板在 20 世纪 80 年代至本世纪初使用相当广泛，现在用量只占地板生产总量 10%左右，使用量降低不少。这种地板用于普通计算机房、程控机房等。

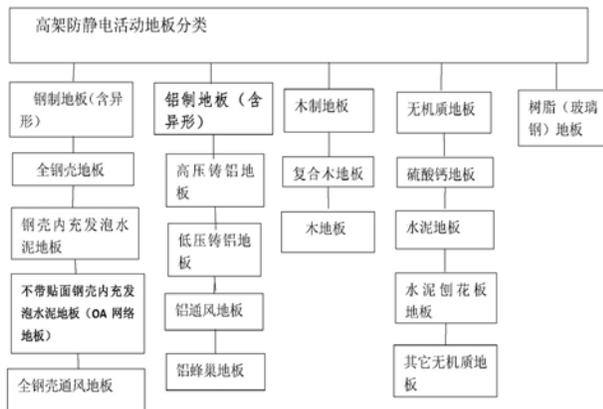


图 1-4 防静电高架活动地板种类

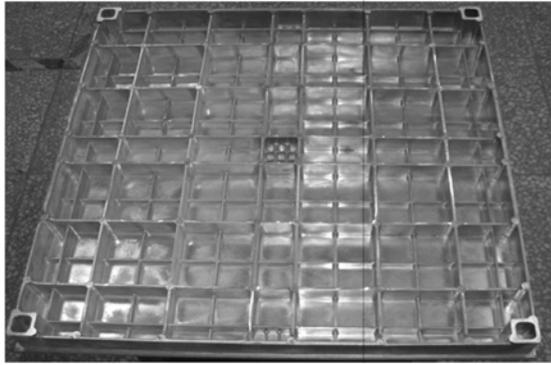


图 1-5 (a) 高压铸铝高架活动地板(背面)

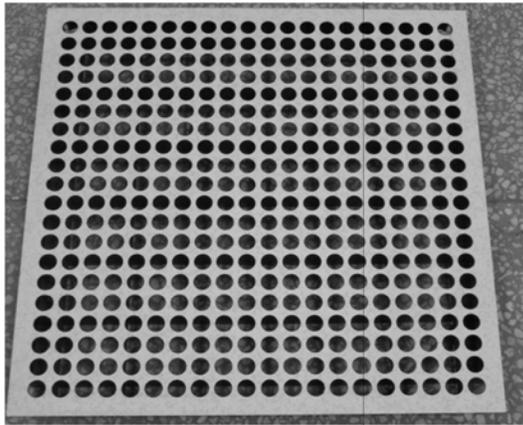


图 1-5(b) 高压铸铝通风地板

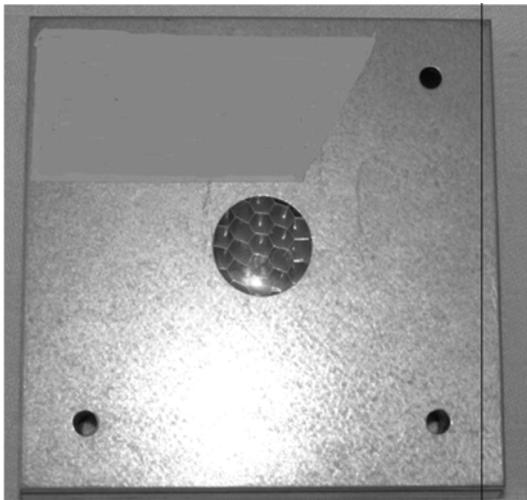


图 1-6 铝蜂窝结构地板

### (5) 全钢地板

这种地板有三种：一种是全钢结构(由下半圆球状结构冲压钢板与上面平板钢板焊接而成，上、下钢板厚度 1.5-2.5mm)，有防静电贴面板和无防静电贴面板两类。另一种是全钢结构，(由下半圆球状结构冲压钢板与上面平板钢板焊接而成，上、下钢板厚度 0.6-1mm)。中空部位灌注有发泡水泥，上面板贴有

三聚氰胺、PVC 防静电贴面板或防静电瓷砖贴面(见图 1-8)。还有一种地板结构与全钢地板一样，也灌注发泡水泥，只是没有防静电贴面板。这种地板又称架空网络地板，用于办公智能化场所，其用量非常大。

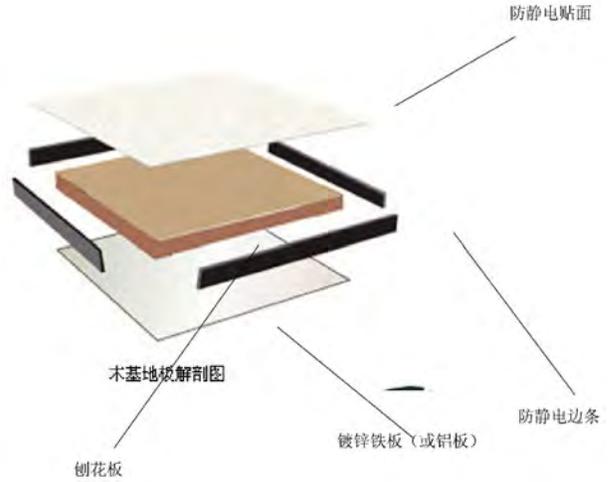


图 1-7 木地板构造图

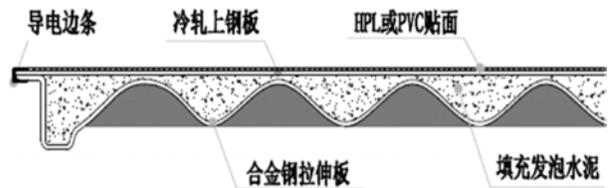


图 1-8 钢壳内充发泡水泥地板



全钢地板是 20 世纪 80 年代末从美国引进的产品，其生产设备投资较大，生产自动化程度较高，但生产时环境污染较高。像灌注水泥，地板的磷化处理等都会污染环境。这种地板的优点是：地板结构尺寸一致性好、便于自动化生产、承载较高、阻燃性好、耐水浸泡、使用寿命长。缺点是隔热差、重量大施工时工人劳动强度高、地板不可回收(仅限灌注水泥的地板)并

污染环境。目前全钢地板在我国使用相当广泛。

### (6) 硫酸钙等无机质材料地板

这种地板是仿制国外同类地板(林德纳),利用硫酸钙材料或其它无机质材料做板基,四边为橡塑制品边条(见图1-9)。上面板贴有三聚氰胺、PVC防静电贴面板或防静电瓷砖贴面。硫酸钙板基可采取自动化生产,污染环境不大。板基材料可回收。这种地板优点:阻燃、耐水浸泡、隔热性好、造价低。缺点:国产地板承载不高(国外同类地板承载很高)、易变形、重量大施工时工人劳动强度高,生产养护周期长,自动化生产时设备投资较大。这种地板近年国内用量逐步增加。其它无机质地板由于制造工艺不成熟,产品质量存在缺陷,一直没有形成市场销售规模。

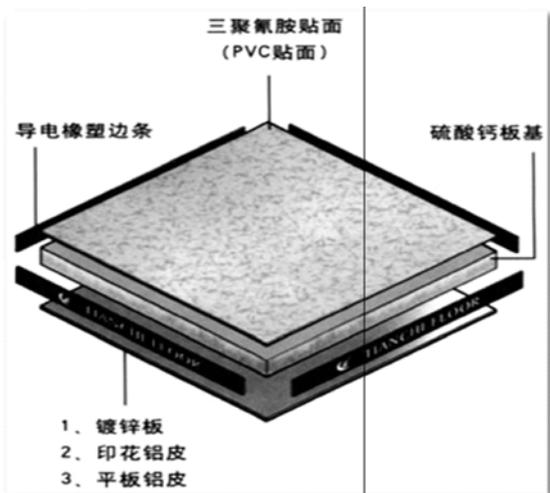


图 1-9(a) 硫酸钙地板结构

### (7) 水泥地板、水泥刨花板地板

国内 20 世纪 80 年代就有企业研制水泥地板,但由于技术不过关,受力易断裂等原因,停止了生产。本世纪初,有企业引入南韩技术,其在水泥中添加粘接剂和其它材料制成水泥板基,在板基四边贴橡塑制品边条,上面板贴有三聚氰胺、PVC 防静电贴面板或防静电瓷砖贴面(也有没贴面的地板)制成。这种地板具有造价低、阻燃、隔热、耐水浸泡、便于自动化生产等特点、使用寿命长等特点。缺点是:生产养护周期长、重量大施工劳动强度大。

水泥刨花板概念源于德国(比松)墙面板制造技术,后经国内引进生产设备并经技术改进制造出用

于地板的板基材料(30%的杨树皮纤维,70%的水泥和少量添加剂、固化剂制备)。水泥刨花板地板结构与硫酸钙地板相似。具有阻燃、耐水浸泡、承载高、隔热等特点。缺点是生产设备投资大,生产养护周期长,重量大施工时工人劳动强度高,易变形,生产时有轻微环境污染等,板基不可回收。该地板在上世纪 90 年代,国内曾大量使用。后因生产质量问题不能很好解决,现用量较少。

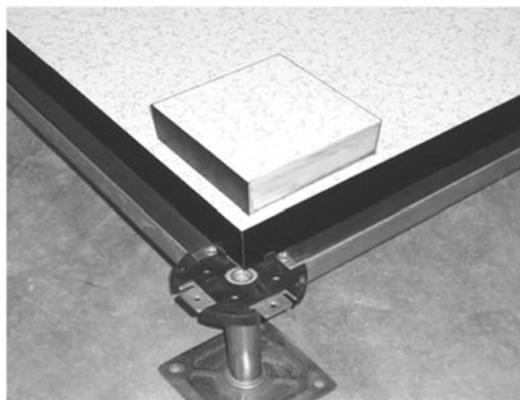
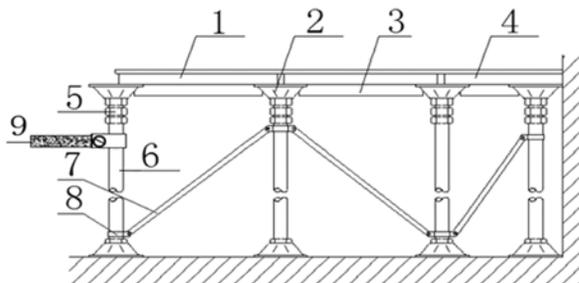


图 1-9 (b) 硫酸钙地板安装图

### (8) 树脂地板(或玻璃钢地板)

这种地板是利用热固性树脂或玻璃钢材料通过热压模具和热压机生产的。由于其本身具有一定导电性(在树脂添加导电材料),该地板不使用防静电贴面,一次成形。这种地板在上世纪 90 年代,国内有企业生产。这种地板优点:耐水浸泡、结构简单、重量轻施工工人劳动强度低、便于加工、适合自动化生产。缺点是:易变形、阻燃性低、造价高。目前这种地板使用很少。防静电架空活动地板安装示意图见图 1-10。



1 活动地板;2 支撑十字头;3 横梁;4 边板;5 支撑锁紧螺母;  
6 支撑;7 斜撑;8 斜撑夹;9 接地线(铜编织带)

1-10 架空活动地板安装示意图

# 加快长效环保防静电橡胶研发生产和推广应用

——从自身供给侧改革开始

爰向阳

创优宝盘拓防静电科技(上海)有限公司,上海 201600

## 防静电橡胶行业现状

改革开放近 40 年,随着产品供给的增加,国内防静电台垫,防静电地垫等防静电橡胶产品愈来愈显得过剩。据创优宝营销中心的调查,当前国内防静电橡胶的产能是普遍过剩的。



一直以来,大部分防静电橡胶生产企业热衷于近乎白热化的价格战。于是乎,通过选用低成本原料来调整配方,成品上偷工减料,常见手段如整体厚度或者耗散级面层厚度降低等手段,想方设法降低材料成本。我们经常接到一些防静电台垫的用户电话,向我们咨询,为何先前向别家采购的防静电台垫不到半年,甚至用了三个月后就失效了,就达不到防静电材料表面电阻值的指标要求了。“低质低价”已成为国内企业较为普遍的生存策略,大多数产品占领的市场均为中低端市场,对高端市场是望尘莫及。

国内企业在防静电橡胶配方上,基本是沿用了十几年的老配方体系,配方上大家都彼此差不多,配

方的改善和提升几乎很少,更谈不上配方技术的更新换代。大家在配方改进上安于现状,不求突破。

人才管理上,大量一线工人由于其劳动力廉价和素质偏低。随着近来民工荒,一线熟练工人的稳定性受到了冲击。研发技术人员的岗位名存实亡,在配方体系的升级,产品配套应用技术升级上几乎谈不上亮点。

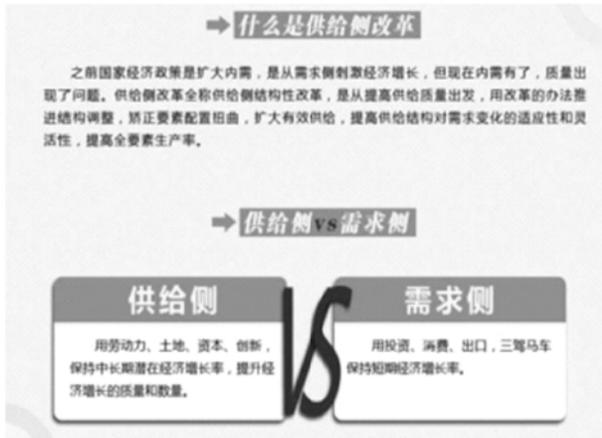
市场营销上,推广和销售模式单一,应用场景单一。传统渠道经销也好,还是终端销售也好,大部分集中的台面上铺设的 2mm 厚度防静电台垫应用为主,行业主要集中在电子行业应用为主。很多商家都在这样的存量市场中用价格进行博弈,今天用 A 厂家的,明天用 B 厂家的,只因 B 比 A 每平方米少一元钱。从一个墙角挖到另一个墙角的恶性竞争在防静电台垫存量市场上已是常态。

库存已很多,产品同质化严重,需求空间越来越小,利润空间越来越小,价格再拼下去都是两败俱伤,增值服务也要成本,人才储备不够,用人成本越来越高,撑不住的已经关停并转,甚至转行……难道咱们大伙都这么耗下去?

怎么办?企业供给侧改革!你可以等,但你的竞争对手绝对不会等!

需求不足仅是表象,供需错配才是实质!自身企业供给端着手改革,这种说法不是来蹭热度往自己脸上贴金的,这是关系到自身企业生存,未来发展质量和潜力的!

作为一家在中国防静电市场领域内摸爬滚打已经有 10 年的企业,一直以帮助客户降低静电危害,用心共塑更安全世界为使命的企业,在面对市场升



级的影响，消费者需求的变化，竞争白热化的形势下，生存也好，发展也罢，只有改变，改革才可能有更大的生机。你可以等，但你的竞争对手绝对不会等！

如何改？且看创造宝从产品创新，技术创新方面的外联内和的试水尝试

创造宝从 2012 年其起，经过阵痛后的反思，就明确了通过为客户提供品质更加安全可靠的防静电橡胶垫产品和配套服务来帮助用户解决静电释放危害的产品市场定位。通过在材料品质打造差异化，专业配套服务的差异化，营销方式差异化上让自己侥幸活了下来。因此，我们有幸在一线可以接触到各种各样的客户，其中很多客户对高品质防静电橡胶的性能要求，更高的使用价值，更好的服务体验和更深层次对安全可靠的心理诉求记忆深刻。

目前行业内防静电台垫，防静电地垫之类的静电防护材料普遍存在防静电能力不持久的问题。问题就

是机会，打造长效环保防静电橡胶新材料，对于市场需要还是企业自身发展都是势在必行。可因局限于自身资源限制，除了在 2016 年开始连续参加了两届国际创新创业大赛进行公开展示外，我们所为有限。在 2017 年 6 月份起，国际著名特种橡胶生产商美国瑞翁化工 ZEON 公司的市场部门多次派团主动与我们沟通交流，洽谈和论证合作的可行性。自然地，我们走到了一起，开启了长效环保防静电橡胶新材料的联合研发，中国生产和中美市场的共同开发之路。

市场开拓上，我们用产品需求代替用户需求。乔布斯说过，不要问消费者想要什么！因为消费者往往自己也不知道自己要什么。打造新的产品功能、质量、设计来创造新产品的市场需求。

产品设计上，这是我们在尊崇为客户创造使用价值和体验的联合行动。满足终端消费者的新需求，创造新的供给，给客户提供更安全体验价值的防静电橡胶新产品是我们在 2018 年 9 月份要做到的产品落地阶段任务。

技术应用上，我们选用 ZEON 公司具有优异天然抗静电能力的 ECO 氯醇橡胶作为原料之一，来替代原先防静电橡胶配方中的抗静电剂，并通过 ZEON 公司丰富的配方技术储备来改良和提升防静电橡胶新材料配方的品质塑造能力。其中，就静电防护性能的长效性和稳定性是我们需要一起攻克的技术进步和应用创新重点。

### 结语

而这只是刚刚开始！长效环保防静电橡胶新材料一旦落地，还有待市场的检验。后续的生产能力的稳定保障，管理上的改进，市场开发（新需求，新渠道，新商业模式等），人才的引进和储备，品牌的打造都需要不断打磨和设计。特别是企业经营的顶层设计，规划需要不断的与时俱进。

在谋求发展壮大的征程上，我们还需要更多的合作伙伴一起共创，一起分享！一切都富有挑战，一切都有待验证，但我们已经先从供给侧的改革开始了！



# 新型防(抗)静电粉末涂料应用将成新宠

程学锋

黄山佳美奇科技有限公司 / 黄山佳美奇涂料应用研究所, 黄山市 245000

粉末涂料不含溶剂(100%固体粉末),生产过程由成膜树脂,助剂,颜料,填料等混合、熔融、粉碎、过筛而成(属安全物理过程)。涂装施工则利用静电喷涂和烘烤成膜,具有无溶剂、无污染、可回收、环保、节能、对劳动者健康保护以及涂膜机械强度高优点,目前在金属和合金表面装饰和保护应用上是水性涂料和油性涂料无可比拟的。成为“油改水”、“油改粉”,甚至可以仿电镀,在当前以环保、健康为主题的产品结构调整中,粉末涂料已经成为最为成熟和可靠的金属和合金涂装保护涂料产品,得以广泛应用。

粉末涂料是我公司与科研单位合作了六年研发的项目,该产品被赋予了防(抗)静电性能,花色品种也在不断更新,在防(抗)静电领域取得了长足进步。

## 一、新型防(抗)静电粉末涂料优异特性

1. 排除了易氧化的金属和金属氧化物作为辅助导电材料载体,解决了涂膜表面和体积电阻的衰减,彰显了新型防(抗)静电粉末涂料成膜后,防(抗)静电性能的永久性和耐磨损。

2. 新型防(抗)静电粉末涂料成膜后,防(抗)静电介质是网状结点结构,而非点状结构,涂膜可以在60um-180um厚度稳定(而非点状结构的60um以下稳定)。可以厚喷、返喷甚至改喷(底涂是绝缘粉,再改喷为防(抗)静电粉),防静电产品生产效率高

提高,合格率从50%上升到98%以上。

3. 新型防(抗)静电粉末涂料根据应用环境和产品要求的不同,还可以同时赋予涂膜以下功能,如:耐候性(抗紫外线)、助燃性、散热性、抗菌性、自清洁(防涂鸦)等等,应用领域得到了空前拓展。

4. 我们在一直在开发涂料的花色,目前的颜色有:灰白色【RAL7035】、玛瑙灰色【RAL7038】、深铬灰色【RAL7044】、石墨灰色【RAL704】、黑灰色【RAL7021】、交通绿色【RAL6024】、龙胆蓝色【RAL5010】、交通蓝色【RAL5017】、戈亚红色【RAL3031】、信号橙色【RAL010】。

5. 在光泽和纹理上有平光【70-88%】、半光【50-70%】、哑光【30-50%】包含平面、桔纹、砂纹,还通过转印工艺开发了各种花纹图案和木纹色彩。

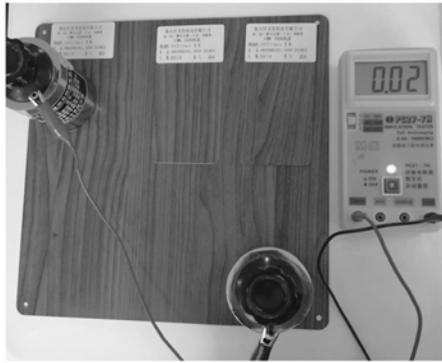
6. 根据环境不同及用户要求不同,该产品可以设计成不同的电阻率指数,在12-50%湿度条件下,涂膜在60um-180um厚度检测:10V电压仪器 $10^{6-9}\Omega$ 、100V电压仪器 $10^{4-7}\Omega$ 。

## 二、应用领域的快速拓展

1. 新型防(抗)静电粉末涂料在电子装配行业应用已经卓有成效,如:

1) 防静电工作台; 2) 防静电货架; 3) 防静电地板; 4) 防静电工具柜; 5) 防静电镊子; 6) 防静电防潮





柜等等。

2. 随着新型防(抗)静电粉末涂料的特性和各种花色品种被开发出来,金属产品被作为防静电产品基材,用新型防(抗)静电粉末涂料装饰和保护被各行各业认同,应用领域快速拓展。

1) 在电子行业得到充分利用,防静电地板、防静电工作台面、防静电周转箱、防静电托盘,随着新型防(抗)静电粉末涂料的硬度得到了提高。

2) 在电力安全和精密电控柜行业领域,如高低压开关柜、变压器装置、可以结合抗紫外线(耐候性)功能把装置整体涂覆成抗紫外线、防(抗)静电粉末涂料;精密控制机柜,如高铁、海轮、飞机可以用阻燃、散热的防(抗)静电粉末涂料涂覆。

3) 医疗、卫生、保健行业对环境、工作台面、医疗器械等要求防静电,可以用不同花色品种的新型防(抗)静电粉末涂料设计喷涂:天花板、地板、墙裙、工作台、金属医疗器械.....等。

4) 无尘、洁净室等内装饰,凡是可以金属或者合金的基材,都可以用新型防(抗)静电粉末涂料来

满足需要,还可以配合“自清洁(防涂鸦)”功能将产品做的更好。

5) 石油化工、煤炭等行业,安全设计部分都可以在金属制品外用新型防(抗)静电粉末涂料涂装,如加油机外壳、加油站钢制结构,天花板,防盗门,煤炭运输机传送机、管等。

6) 在精密仪器、工具等行业,仪器的防静电干扰、检测仪器本身产生的电磁干扰等都要求做到防(抗)静电,所用工具也要用新型防(抗)静电粉末涂料涂覆。

随着国家对环保、健康、节能等管控、国家对木材资源不可回收利用的要求,以及采用金属或者合金可以回收利用的基材来替代木材的新政鼓励,金属或者合金产品与新型防(抗)静电粉末涂料的结合,在“油改水”、“油改粉”的产品结构调整中,将起到广泛而积极作用,很多原来使用普通粉末涂料的产品,也因为防静电场所需求更改为防静电功能。

新型防(抗)静电粉末涂料在未来的制造业中将成为涂料应用的新宠儿!

## 新会员单位介绍

### 惠州市佳德荣科技有限公司

惠州市佳德荣科技有限公司成立于2013年,位于惠州市东江高新区。是一家以静电防护、智能制造为主的高新技术企业。公司的静电监控系统、设备、静电消除设备拥有独立的知识产权,可根据客户需求,实现定制化静电防护的集成方案。产品广泛应用于电视、手机、音响、车载导航等电子制造业。

目前,与公司合作的知名企业有TCL、长虹、LG、比亚迪、西可等。经营范围为工业防静电监控设备的生产、研发及销售;应用系统、软件的开发销售;工业智能设备制造、自动化设备系统及配件的研发、制造、销售及维修服务;电池的研发、制造、应用及销售;电子元器件、电子工具、电子设备、电子辅料、仪器仪表、净化产品、装饰材料、地坪漆的销售和售后服务;国内贸易;货物及技术进出口等。

2017年,佳德荣在东江高新区成立了东新智能制造研究院,并与华南理工大学等高校开展产学研合作,推动以大数据为核心的智能静电监控平台和工业自动化项目的建设,致力于为制造业保驾护航。

地址:惠州市东江高新区东新大道106号创新大厦21层

邮编:516055

电话:0752-2893551

传真:0752-7821823

邮箱:jdr109@163.com

网站:www.hzjdr.com

### 东莞市博而特防静电科技有限公司

东莞市博而特防静电科技有限公司是专业从事防静电产品、无尘用品、防静电设备,设备研发,净化工程、净化用品生产销售等综合性技术服务的高科技企业。公司拥有众多专业技术人才,以一流的设计

水平、优质的工程施工管理、良好的售后服务和诚信的服务理念为客户提供服务。承接光学电子、LCD液晶制造、生物医药、精密仪器、饮料食品、PCB印刷等行业10级~30万级空气净化系统的耗材、防静电产品和静电相关仪表仪器等。

博而特防静电事业部专业生产防静电台垫、防静电橡胶台垫、防静电PVC台垫、防静电桌垫、防静电地垫、防静电垫、手腕带报警器、静电环报警器、防静电窗帘、防静电透明窗帘、防静电门帘、防静电帘、防静电服、防静电鞋、防静电袖套、防静电手套、防静电无尘口罩、防静电手套、防静电手腕带、防静电脚腕带、防静电扣、防静电周转箱、防静电袋、防静电椅子、防静电凳子、防静电刷子、防静电镊子、防静电元件盒、防静电测试仪、防静电笔、手腕带在线监控器、静电接地报警器、静电报警系统、静电接地监控仪、手腕带监控器、静电手环报警器、手腕带在线监控器、智能防静电手腕带、防静电绳子、防静电导电绳、防静电上料架、防静电上料板、防静电周转车、防静电挂篮、防静电打印纸、防静电蜡、防静电液、防静电消除剂、防静电地板、防静电文件夹、防静电工牌、防静电中空箱、防静电中空板等。

博而特无尘净化事业部专业生产无尘布、粘尘垫、粘尘滚筒、粘尘手柄、超细无尘布、无尘纸、无纺布口罩、无尘手指套、全自动鞋套机、自动鞋套机鞋套、净化棉签、硅胶滚筒、净化笔、净化笔记本、净化复印纸、净化室吸尘器、净化拖把、KM无尘打印纸、防静电拖鞋、防静电洁净服、无尘净化服、防静电标签等。

博而特包装材料事业部专业生产防静电屏蔽袋、防静电铝箔袋、黑色导电袋、防静电PE袋、防静电气泡袋、黑色导电、屏蔽与气泡复合袋、防静电PE袋、防静电PO袋、防静电PP胶袋、防静电气泡袋、

防静电网格袋、防静电锁骨袋、汽泡袋、防静电珍珠棉复膜袋、EPE 成型、防静电封箱胶、防静电美纹胶、PVC 电线膜、防静电拉伸膜、黑色导电袋低电阻薄膜、金属袋 / 防静电屏蔽袋、镀铝防潮袋、阴阳袋、各种薄膜覆合汽泡信封袋、珍珠棉袋、铝箔防潮抽真空袋、防静电海绵等。

博而特除静电设备事业部专业生产除静电离子风机,除静电离子风咀,除静电离子棒,高压电源(高压发生器),压差表,激光尘埃粒子计数器,温湿度测试仪、静电接地报警器等。

博而特防静电工程事业部专业生产单人单吹风淋室,单人双吹风淋室,单人三吹风淋室,双人双吹风淋室,全自动语音风淋室,不锈钢风淋室,货淋室、防静电接地工程、防静电地板工程等。

博而特电子设备事业部专业生产回流焊、波峰焊、SMT 周边设备,各式生产流水线,大型组装修配

线以及各种工业自动化设备、垂直洁净工作台,水平超净工作台,生物医药工作台,不锈钢净化工作台,传递窗:风淋式传递窗,不锈钢传递窗,电子互锁传递窗,生物传递窗,除静电传递窗,落地式传递窗,滚筒式传递窗,标准传递窗等。博而特防静电服事业部专业生产防静电工作服、防静电大褂服、防静电分体服、防静电连体服、防静电夹克衣服、防静电袖套、防静电鞋套、防静电工帽、防静电围裙、防静电靴子、防静电袜子、防静电布袋、防静电软底靴等。

地址: 东莞市常平上坑工业区上坑东路 220 号

邮编: 523560

免费电话: 400-066-8567

电话: 0769-89773777

传真: 0769-81094165

网址: <http://www.anjies.com>

## 会员单位介绍

### 东莞中芯防静电科技有限公司

东莞中芯防静电科技有限公司是一家专业生产防静电环保台垫、防静电卷材地板,防静电抗疲劳地板和永久性防静电工作台面面板、防静电 PVC 皮革和防静电墙布的专业生产厂家,并承接防静电地板工程及成套的防静电工作台面面板工程。有着多年研发、制造防静电系列产品理论基础的实践经验。公司从原料到生产过程以及产品出厂的每一个环节都有一套完整的管理和质量追踪体制。

东莞中芯防静电科技有限公司享受静电防护技术专业孵化,以知识产权、转化成果、生产、销售、新材料、新工艺、应用与服务为主体,依托地方政策抚育引领而促进,通过引导产业、领航发展、加速产业链技术升级为高新技术企业入库平台,着力突破了

国内外一个个瓶颈,成为电子行业产业链静电防护智能技术与应用产品的首创者。一直为中国的军工企业,电子厂,航天工业,医药化工提供防静电安全防护设计的防静电系列产品,目前已为重庆航天,富士康,三星等企业提供了成套的安全服务。

地址: 广东省东莞市常平镇常朗路 66 号金美科技园 1 号楼 3 层 307 室

邮编: 523710

经理: 徐群

手机: 13924338009

电话: 0769-83906902

传真: 0769-83906903

电子邮箱: [xuqun525@163.com](mailto:xuqun525@163.com)

## 宁楚(上海)智能科技有限公司

宁楚(上海)智能科技有限公司,在工业装备领域中已形成了集科、工、贸、工程设计和技术培训为一体的专业公司。公司的系列产品均按照 IEC61340-5-1 和 ANSI/ESD-20.20 的国际标准和国军标技术标准进行生产。生产的系列产品有操作台、实验室设备、仓储物流设备以及静电安全防护设备等工业装备类产品。公司研发制造的电动同步升降操作台已正式投入批量生产,并代理了质量稳固的 AGV 智能搬运机器人等工业智能产品。

宁楚公司生产基地位于苏州工业园区和上海市国家级松江工业区,拥有占地数千平米的现代化厂房。公司配备了多台数控加工中心,多台剪板机,折弯床,冲床等金属加工设备及全套材料和防静电性能检测设备,形成了产品研发、生产、加工、销售、工程设计、技术培训和售后服务为一体的产业公司。公司产品销售网络遍布全国、辐射国际市场。产品远销美国,德国,巴基斯坦,法国,以色列,新加坡和马来西亚等二十多个国家和地区。

宁楚秉承“用户满意、丰富产品、合理价格、温馨沟通、完善服务”为宗旨,竭诚为广大用户提供最优质的服务。

地址:上海市奉贤区大叶公路 5225 号 1 幢 102 室  
邮编:200237  
电话:021-80376928  
传真:021-33683372  
企业网站:neacho.com

## 武汉小河奔流智能科技有限公司

武汉小河奔流智能科技有限公司是一家专业从事地板产业高新技术产品开发、生产和研究的综合性企业,创建于 2007 年。公司主要以生产和经营高科技、绿色环保、拥有广大市场前景的防静电活动地板、网络地板、强化地板、三层实木地板。是集研发、生产、销售为一体的综合型企业。

防静电活动地板网络地板系列主要包括全钢通路活动地板、OA 全钢欧式加强型活动地板、铝合金复合地板等。全钢通路活动地板采用优质冷轧钢板,用先进的 1000 吨液压机、电脑程控多电焊接机等加工成型、再经过磷化喷塑处理,内充发泡水泥,表面粘贴高耐磨、防静电贴面,精制而成。

公司具有雄厚的技术力量,引进了国际先进的全钢通路活动地板生产线设备,工艺精致,保证产品的质量。拥有世界一流的生产基地、自主研发中心,对产品的设计和工艺进行不断地开发和改进。已通过了 ISO9001:2000 国际质量管理体系认证,荣获了“江苏市场消费者(用户)信得过企业、产品、服务”荣誉。公司是中国电子仪器行业协会防静电装备分会会员单位,获得了“防静电工程施工资质证书”及“防静电生产资格认定证书”。

在国内销售领域,拥有广阔的市场空间。具有完善的营销网络和大型防静电地板工程网络工程信息流通销售网络。在国际市场领域,公司更是叱咤风云,具有严格的质量监控机制,完善的售后服务体系作为保障。

公司一直致力于为客户提供一站式清洁、环保、高效、集成和智能的信息系统机房、实验室及建筑智能产品。客户的赞誉就是我们努力的方向,我们将竭诚为每一位客户提供优质满意的服务和产品。

地址:武汉市武昌区民主路金都华庭 A 座 1005 室  
邮编:430060  
手机:18064092435  
电话:86-027-87267008  
邮箱:xhbl\_vip01@126.com  
网址:http://whxhbl.com

## 深圳市白光电子科技有限公司

深圳市白光电子科技有限公司成立于 1998 年,致力于无铅焊台、无铅锡炉、无铅拆焊台、五金工具、防静电产品、光学产品、仪表仪器、工业工具等无铅产品和防静电产品的研发、生产和销售。主要品牌有

BAKON、SBK、ET、MEORN。公司坚持“以科技为本，造世界品牌”的经营宗旨，奉行“客户至上，追求卓越，高擎民族高效工具品牌”的企业理念，以强有力的市场推广，BAKON 高端产品和 SBK 低端产品系列工具已在全国构建一个庞大的客户网络，并以其可靠的质量、稳定的性能、良好的外观、优良的服务，在同类产品中独树一帜，享誉全国，并远销至印度、日本、马来西亚、美国、西班牙、俄罗斯等世界各国。2008 年，公司成功实现兼并和改制。重组后的公司集产品、技术和市场优势于一身，更加注重产品品质和服务。

公司成立了两个产品制造中心及一个服务中心，其中焊接工具制造中心专业研发生产公司品牌产品，拥有多项自主知识产权，近十款产品拥有实用新型或外观专利技术。

烙铁头制造中心设备先进，工艺考究，所有烙铁头可满足国内外各种焊接工具的使用，适合于各种

焊接材料，不易氧化，经久耐用，符合欧盟 RoHS 标准，通过了 SGS 第三方权威认证，特别适合低温无铅焊接。

服务中心是公司独立的客户服务机构，该中心奉行“有求必应，三日必果”的原则。以科学规范的管理，大胆超前的创新意识，孕育独特的企业文化，以人为本的企业发展观，不断吸引有识之士和高素质的专业人才，群策群力，锐意革新，努力打造电子工具专业开发制造商，电子制程卓越服务商。

地址：广东省深圳市宝安区松岗镇立业路南诚大厦 A 栋 2 楼

邮编：518105

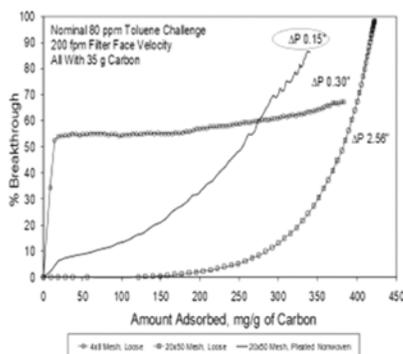
电话：0755-89575688-169

传真：0755-89574599

邮箱：postmaster@bakon.cn

(上接第 37 页)

Combining Low  $\Delta P$  & High Efficiency  
VOC Adsorption vs. Filter Format



综上所述，碳基材打折过滤器的优势在于：

1. 同时提供颗粒和化学过滤（可达到 Merv15 级别）

2. 碳被固定在复合材料中间，避免产生灰尘
3. 使用更小的空间达到和碳过滤器相同的穿透率
4. 高效低阻
5. 优良的加工性能

Advantages Pleatable Carbon media Filters



- Particulate and Gas-phase in the same filter. (up to MERV 15)
- No dusting as the carbon is contained within the composite
- Uses less space to reach same breakthrough as loose carbon filters.



# 企业简介 Enterprise profile



深圳市好亚通防护用品有限公司创立于2004年，专业从事防静电鞋、防静电服、防静电椅子、防静电仪器的研发和生产，防静电耗材和无尘室用品的批发销售。企业目前拥有深圳、东莞、晋江、苏州、长沙五个生产基地，是中国电子仪器行业协会防静电装备分会会员，深圳市防静电行业协会会员单位。

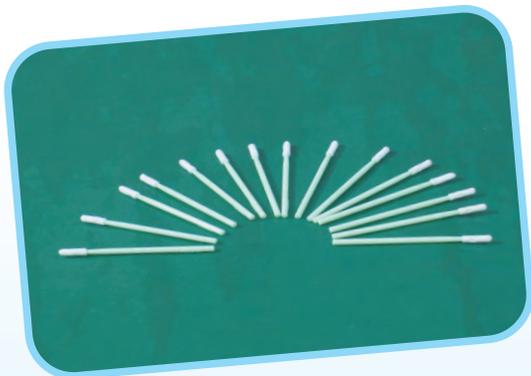
好亚通凭借优秀的经营理念，依靠高凝聚力的研发和销售团队，在防护用品领域取得了令人瞩目的成绩，成为业内知名的综合型防静电配套方案商为更好地满足客户需求，好亚通与国内外多家生产厂家和一线经销商保持持续稳定的合作关系，保证了产品种类齐全，供货快捷准时、质量过硬。

好亚通本着“诚信为本、质量至上、务实求新、争创一流”的经营理念，愿与国内外各界朋友并肩携手，合作共赢！

## 发展历程 History



# 深圳市宇浩静电科技有限公司



全系列洁净棉签



鞋底清洗机



EDS门禁系统



全系列洁净擦拭布

## 公司简介：

深圳市宇浩静电科技有限公司二十年来全心致力于静电防护设备、净化设备、无尘室耗材、防静电耗材的研发与生产，坚持以技术为先导、生产为基础的发展模式，秉承“科技、创新、专业”的企业理念，产品涵盖了防静电及净化行业的所有产品，成为该领域产品的一站式生产和服务供应商。



电话：0755-29970529/0449

传真：0755-29970489

邮箱：[service@yuhao.com](mailto:service@yuhao.com)

地址：深圳市光明新区公明街道玉律玉星路63号恒汇科技园C栋五楼

# 三威公司



三威公司始建于1988年,已在静电环境保护领域中形成集科、工、贸、工程设计和技术培训为一体的专业公司,是国家级高新技术企业和重合同守信用单位。公司生产的“三威”“3W”防静电系列产品按照 IEC61340-5-1 和 AN-SI/ESD-20.20 的国际标准和国军标的技术标准生产,已通过并严格执行 ISO9001:2008 质量管理体系、ISO14001:2004 环境管理体系,产品材料经 SGS 检测,符合 ROHS 标准。生产的系列产品:SMT 防静

电收集箱(架)、防静电周转车、防静电椅、防静电周转箱、托盘、元件盒、人体防护、建筑防护、生产工具、检测检验设备、净化抹布等净化类产品。公司研发的防静电 SPU 鞋、拖鞋,已投入批量生产。产品荣获国家“防静电中华精品”、“防静电优质产品”等荣誉证书。

三威公司开发生产的防静电系列产品已获得数十项自主知识产权,其中耐温 200℃ 防静电材料、防静电低翘曲耐寒耐热低成本聚丙烯复合材料及其制造方法和防静电低翘曲耐高温 PBT/PET 合金复合材料及其制造方法三项获得国家发明专利,大量应用于 SMT 生产线的上下料架等设备中,达到国际同类产品水平。具有国际水平的洁净级白色永久性防静电材料(耐温 160℃),广泛应用于高端半导体、航空、航天、军工、化工、医药、电子等领域。“三威”产品在英特尔、摩托罗拉、西门子、IBM、松下、诺基亚、戴尔等大型企业得到认证和大量使用。

三威公司是 SJ/T11277-2002《防静电周转容器通用规范》、国军标 GJB3007-2009《防静电工作区技术要求》和 SJ/T10694-2006《电子产品制造与应用系统防静电检测通用规范》的起草单位。是中国研制、生产防静电装备和材料的重要基地。

三威公司生产基地位于世界地质公园、国家级旅游风景区雁荡山麓的浙江省乐清经济开发区纬十七路三威科技园,占地面积 27000 平方米,厂房面积 30000 平方米;公司配备多台双螺杆造粒机,十多台 100 克至 5000 克海天注塑机,注塑转盘机和 PU 注塑机,多台车床,铣床,冲床等金属加工设备及全套材料和防静电性能检测设备,形成了防静电材料研发生产、加工、销售、工程设计、技术培训和售后服务为一体的产业公司。

三威公司建立了以上海为中心,深圳、天津为两翼的销售体系及具有自营进出口权的国际贸易部。销售网络遍布全国、辐射世界。产品远销美国,德国,以色列,新加坡和马来西亚等二十多个国家和地区。

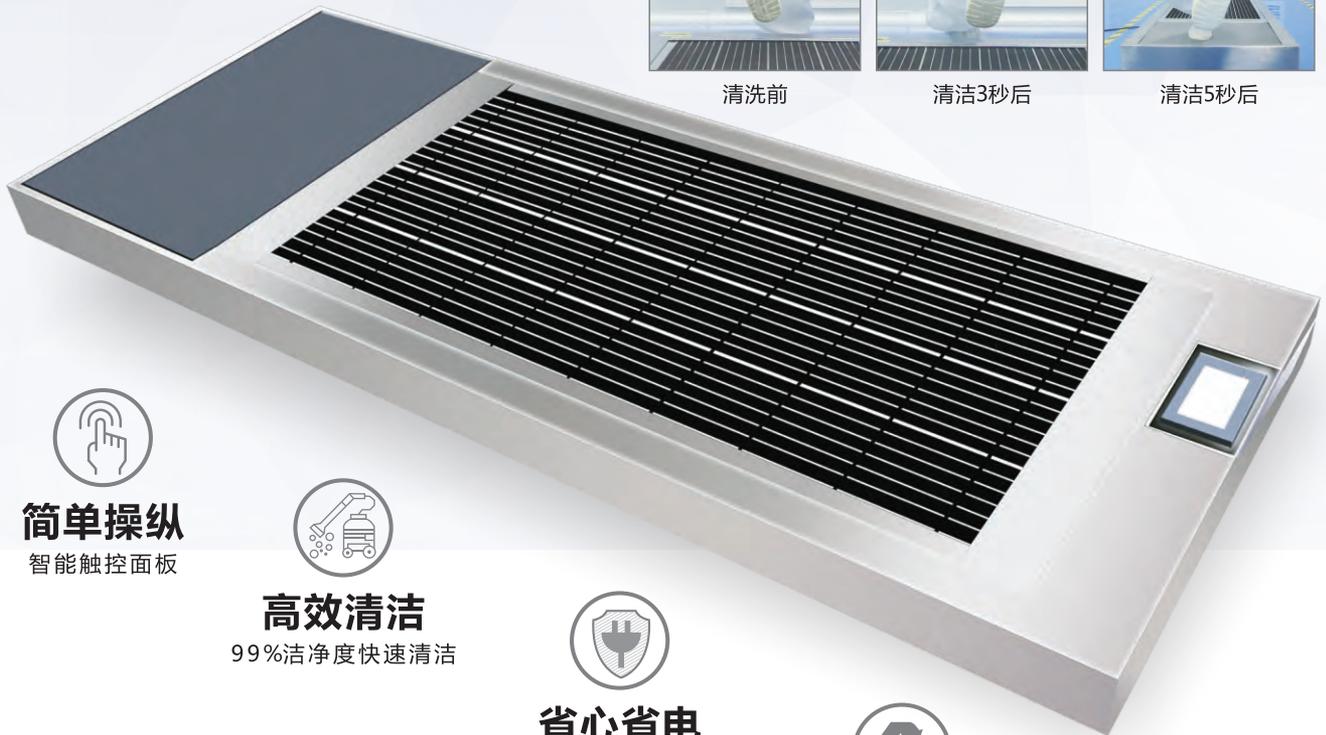
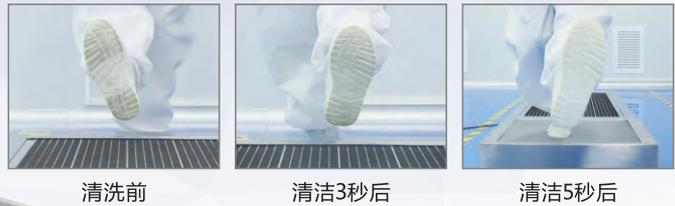
三威公司可以根据客户要求开发模具及特种防静电材料,满足客户不同需求。

三威秉承“科技创新、质量第一、客户至上、诚信服务”为宗旨,竭诚为广大客户提供最优质的服务。



T18P全自动履带式鞋底清洁机

为您控制85%来自外部的污染



简单操纵  
智能触控面板



高效清洁  
99%洁净度快速清洁



省心省电  
日常维护简单  
1天不用一度电



环保安全  
RoHS权威机构CE认证

● 安装实例



风淋室+鞋机



入口处鞋机



带扶手鞋机



闸机+防静电+鞋机

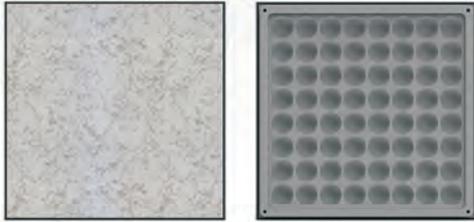
订购热线：188 2685 6915



工厂地址：广东省惠州市博罗县园洲镇梁屋福和工业大道53号  
服务热线：0752-6509555-190 传真：0752-6509556  
邮箱：yw6@suorec.com  
官网：www.clynward.com

## 防静电活动地板系列

### Anti-Static Floor Panel Series

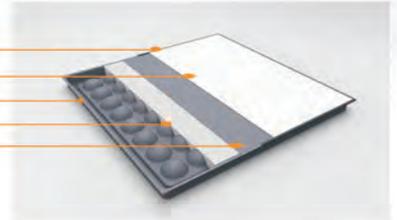


规格：600×600×35 (mm)

地板采用双层优质冷轧钢板。下层钢板经液压拉直，在成型后的窝状圆心最高点采用高频程控自动碰焊与上层钢板连接，经除油、磷化，表面喷涂亚光柔性环氧树脂粉末，中间填充发泡水泥。板表面黏贴三聚氰胺（HPL）或者永久性防静电PVC贴面，四周镶嵌导电胶条。

- \*适用：微机室、程控机房、电子工程、航天领域等防静电场所。
- \*特点：地板全钢组合，承载强度高，防火，防腐。
- \*支撑：带横梁四周支撑，支架高度可调。
- \*性能：防静电指数： $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^{10} \Omega$ ，防静电性能优良，抗污染，便清洗，装饰效果好。

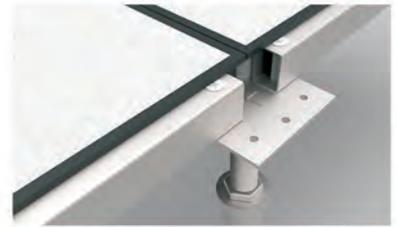
导电边条  
防静电贴面  
底钢板  
水泥填充层  
面钢板



支架系统



局部节点



## 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

