

中国涂料

CHINA COATINGS

ISSN 1006-2556

CN 11-3544/TQ

2024.12

第39卷

(总第342期)

(卷终)

主管：中国石油和化学工业联合会



主办：中国涂料工业协会



广告

Tiawen 天问新材料

蜡微粉专业生产

问天哪得强如许，为有源头创新来

球形蜡国家发明专利产品，建立蜡微粉新标准。

专利证号：ZL 2006 1 0083464.9 ZL 2021 1 1159418.3 ZL 2021 1 0324171.X



生产PTFE、PE、PP、费托蜡、
混合蜡等等系列微粉蜡产品。

代理经销及代加工电话
188-6126-4184

蜡的作用机理



上浮作用在表面



均匀分布在内部



球状上浮作用在表面，
滚珠效用

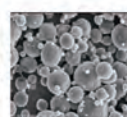
蜡微粉扫描电镜图



普通不规则形状蜡微粉



其他球形蜡微粉



天问专利球形蜡微粉



江苏天问新材料科技有限公司
JIANGSU TIAWEN NEW MATERIAL TECHNOLOGY CO.,LTD.

地址：江苏省常州市新北区龙虎塘街道潘杨路28号联东U谷30B栋厂房
Tel:0519-85480965 Fax:0519-85788271 网址：www.twwax.com

专注于精细化工智能工厂建设

粉体输送 研磨 混合设备

量身定制
单机/成套设备

上海诺辉专注于流体领域分散、研磨、乳化、搅拌及系统集成设备研发、制造，通过实践不断推陈出新，为精细化工、涂料、胶粘剂、农药和新能源材料等领域提供全面的设备和技术解决方案；可为您量身定制各种智能化成套设备；我们服务的行业包括：涂料、油墨、树脂、农药、润滑油、胶粘剂、新能源、造纸化学品、电子化学品、印染和纺织助剂等。



智控一体



环保节能



高效安全



精准选型



专业提供智能化涂料成套设备及技术解决方案 20多年经验.....

行星分散搅拌机



大流量全能砂磨机



篮式研磨机



液体全自动灌装机



上海诺辉智能科技有限公司

上海制造基地：上海市宝山区北蕰川路1000号

江苏制造基地：江苏省常州市经开区横山桥镇奚巷



客服电话

400-106-0686



E-Mail: nova@novachn.cn



www.novachn.cn / www.shnuohui.com



湖北巴司特科技股份有限公司

HUBEI BASTER TECHNOLOGY CO., LTD.



专业的品质
系列化产品

巴司特股份公司是一家以新型树脂、防腐、纳米材料、聚硅材料、复合材料的研制、开发和生产为核心的股份制高新技术企业，年产3万吨无机富锌系列树脂及年产2万吨新型树脂，现已成为国内生产无机树脂的大型专业性制造公司。产品先后在三峡工程、奥运场馆、世博场馆、舟山石化、黄岛石化、镇海炼化、大榭岛油库、大连石化、上海石化、武汉石化、新疆独山子石化、乌市石化、克拉玛依石化、广西钦州石化、福建福炼石化、曹妃甸国储、山东弘润石化、中化泉州石化、武汉长江大桥、武汉长江二桥、武汉二七大桥、武汉天兴洲大桥、武汉二环线高架桥、武汉姑嫂树高架桥、杭州湾跨海大桥、青岛海湾大桥、武广高铁、京沪高铁、武汉天河机场、重庆江北机场、长沙贺龙体育场、武汉国际会展中心、上海钻石大厦、武汉新世界中心、广州火车站、武汉火车站、汉口火车站、宁波北仑电厂、广东潮州电厂、泰州电厂、巴西电厂、美国电厂、秦皇岛热电厂、宁德核电站、洛阳电厂、内蒙古托克电厂等800多个知名工程上使用，获得广大客户的肯定和好评。

系列新型树脂产品

■ E777-1 E777-2 E777-3 E777-4 E777-5

水性无机富锌涂料专用树脂

■ E8800 E8800-01

高效能水溶无机车间预涂专用树脂

■ E8600

环保功能性新态防腐涂料专用树脂

■ BA9105-3

水性冷涂锌（铝）专用树脂

■ E702-1 E702-2 E702-3

醇溶型无机富锌涂料专用树脂

■ BA9150-1 BA9150-2

冷涂锌（铝）专用树脂

■ BA1088-1

聚硅涂料专用树脂

■ BE6189

单组分醇溶无机专用树脂

凡使用我司生产的树脂系列产品，
我们将无偿提供完整的成熟配方，全程跟踪服务。
欢迎索取资料及样品！



官方网站



官方微信

全国免费电话
400 027 3339

地址：湖北汉川经济开发区汉正大道
电话：0712-8799888 传真：0712-8799666
技术与服务热线：(0)13908620025 18972666456
网址：www.chinabast.com bast@chinabast.com



湘潭市双马世纪新材料有限公司

本公司专业提供各类防锈颜料, 为您改善性能、降低成本助一臂之力!

湘潭市双马世纪新材料有限公司是一家专业开发、生产涂料用防锈颜填料的高新技术企业, 产品拥有多项国家专利, 且性价比高, 无毒无害, 目前拥有八大系列一百余种防锈料, 产品优异的使用性能及成本竞争力得到了全国各用户的信赖与好评, 在行业内享有盛誉!

产品名称	产品特性	用途
水性漆防锈料	水性复合磷酸锌 水性908复合防锈料 水性1808防锈颜料 水性808防锈颜料 钼酸锌改性防锈料	化学防锈与超微细粉体的致密性 耐盐雾性能优异 表面包膜处理, 优异防锈性 耐候性 多重防腐机理与保护 强氧化性 增强表面钝化膜稳定性
油性漆防锈料	908防锈料 锌合金粉 1808防锈料 808防锈料	取代红丹及磷酸锌 取代部分锌粉 水性防锈底漆 面漆 水性醇酸、环氧、丙烯酸 和磷酸锌搭配提升耐盐雾
油漆通用产品	氧化铁红、氧化铁黑、SM防锈料、DM防锈料、磷硅粉、艳绿、磷磷酸锌、改性磷铁粉、硼酸锌 改性防锈料、锆铬黄改性防锈料	替代部分锌粉或单独使用 单独使用可达到富锌防腐效果 替代磷酸锌 三聚磷酸铝 各类防腐底漆



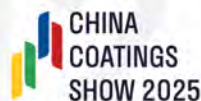
销售热线:

0731-58550577, 13307321717 (董先生)

传真: 0731-58550077

网址: www.hnsmsj.cn

水性漆专用防锈料推荐



2025

中国国际涂料博览会

暨第二十三届中国国际涂料展览会
THE WORLD OF COLOURS FOR ALL INDUSTRIES

展览面积

100 000 m²

参展商

800 家+

专业论坛

30 场+

专业观众

100 000 人次+

2025年9月3-5日

September 3-5, 2025

上海新国际博览中心

Shanghai New International Expo Centre

主办方：中国涂料工业协会

Organizer: China National Coatings Industry Association

承办方：北京涂博国际展览有限公司

Undertaken by: Beijing TUBO International Exhibition Co., Ltd.

www.coatshow.cn



节能降碳 绿色发展

—— 美丽中国 涂料行业在行动 ——





山东郯城经济开发区

SHANDONG TANCHENG ECONOMIC DEVELOPMENT ZONE

中国涂料工业协会共建园区；

山东省省级经济开发区；

山东省首批D级化工园区；

山东省首批智安园区；

山东省生态工业园区；

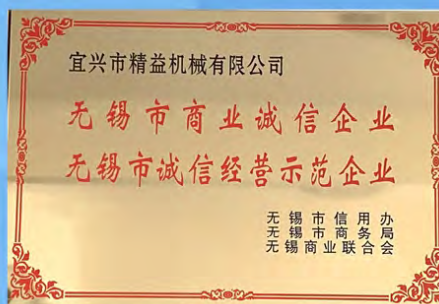


地址：山东·郯城·郯马路7号 电话：0539-6800801

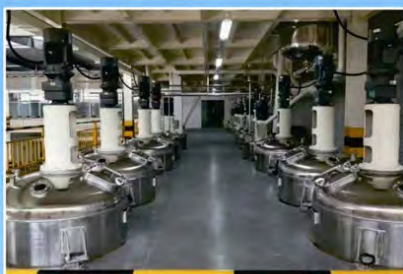


精益机械 精益求精

集科研、设计、生产、销售及售后服务为一体的全过程制造企业
涂料、油墨、化工机械设备专业制造商



智能型成套涂料设备生产线工程案例



坚持品质、信誉、创新、服务是我们立足市场的法宝，坚持打造高质量、环保型节能型设备是精益人永恒追求的目标。

百闻不如一见 欢迎到本公司实地考察

宜兴市精益机械有限公司

YIXING CITY JINGYI MACHINERY CO., LTD.

请认准“精益”牌商标

地址：江苏省宜兴市周铁镇学前路159号 邮编：214261 电话：0510-87505845 87503845 87501845（售后热线） 传真：0510-87501845
手机：(0)13606157306 13915393292 <http://www.kingyi.com> <http://www.jingyimachine.com> E-mail: kingyi@kingyi.com
Add.: #159, Xueqian Road, Zhoutie Town, Yixing City, Jiangsu Province P.C: 214261 TEL: 0510-87505845 87503845 87501845（售后热线）
FAX: 0510-87501845 Fd: wangxinghao MP: (0)13606157306 13915393292 <http://www.kingyi.com>
<http://www.jingyimachine.com> E-mail: kingyi@kingyi.com



公司简介

COMPANY PROFILE

广州和一自动化设备有限公司是一家集专业研发、设计、生产销售各类自动化液体灌装机、贴标机、码垛机、机器人、全自动灌装线定制及自动化控制系统等专业设备解决方案供应商。

同时也是相关灌装机械设备的科技企业，其产品广泛地应用于化工、油脂、涂料等各个行业。

公司凭借雄厚的技术力量与先进的生产工艺及专业设备，多年以来潜心研究与开发使我们的产品具有理高效、更精准、性能更稳定等显著特征，产品广泛应用于国内外众多精细化工领域，涂料、油漆、粘合剂、树脂、化工溶剂、固化剂、润滑油、原子灰、陶瓷墨水、电池材料、各类油墨、喷墨墨水、及新材料行业、公司根据不同领域的客户及行业涉及材料的特性提供具有针对性的优质产品及服务，并获得广大客户的认可与肯定，2019年2022年更是评为广州市高新企业，和一也是广东、山东、浙江、湖南涂料协会会员、胶粘协会会员。



地址：广州市番禺区桥南陈涌村金业二巷34号

联系方式：020-84730667 13751780907（许先生）

邮箱：gzheyizdh@163.com 网址：www.gzhyzdh.com

免拆一体化 更新千万家

向绿而生 向美而行

技术一体化

服务一体化

产品系统化

外立面修缮

解决外立面渗漏、空鼓、开裂、脱落、粉化等质量缺陷，提供外立面加固、防水、节能、饰面翻新服务。

地下空间修缮

解决地下空间渗漏、返潮、霉变、开裂等质量缺陷，提供地下空间防水、防潮、饰面翻新服务。

屋面修缮

解决屋面渗漏、空鼓、开裂、起壳、粉化等质量缺陷，提供屋面防水、防腐、节能、屋面美化服务。

室内翻新修缮

解决室内渗漏、起皮、返潮、霉变等质量缺陷，提供室内防水、防潮、墙面翻新服务。



官方微信公众号

400-6615-797

固克节能科技股份有限公司

地址：厦门市同安区莲花镇莲美三路136号

广告



滁州万桥绢云母有限公司
滁州市万桥绢云母粉厂

中国绢云母在滁州 滁州绢云母在万桥

云母粉 滑石粉 硅微粉

24 年

专业涂料服务、生产供应商

诚招全国代理商 | 免费热线：400-098-2003

厂址：安徽省滁州市南谯区大柳镇大柳工业区119号

邮编：239071

电话：0550-3890223 3890889 3890977

传真：0550-3890997

邮箱：391543750@qq.com

网址：www.wan-qiao.cn



专业制造 品质卓越

本公司是一家引进德国技术专业设计、制造涂料灌装机械的高科技企业。公司成立于上世纪90年代，现建有10000平米现代化标准厂房。公司配备先进的生产设备，拥有一批高科技人才；公司现有活塞式和称重式两大系列灌装机全方位满足客户的要求；公司产品在国内占领先地位。并远销欧洲、中东、东南亚等国家和地区。



适用范围：各种涂料、真石漆、油漆、油墨、胶粘



小口桶灌装机 GCJ02-50-IBY



20L四头环保型灌装机 GCJ04-50-IBQ



称重自动液体灌装机
GCJ02-50-ICBLJP



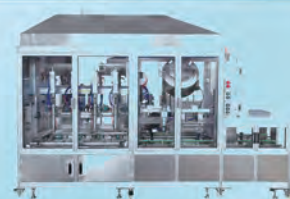
机器人码垛机



龙门架码垛机



防爆定位贴标机 KJ-18CTB



称重式自动液体灌装机
GCJ04-06-IIBQUFP



自清洗过滤机 GQL-800-B-40-X



称重式半自动液体灌装机
GCJ01-50-IBTP



称重式半自动液体灌装机
GCJ01-50-IBTP

江阴市康捷机械制造有限公司

经理：缪惠林

业务电话：0510-86563878 13806163391

传真：0510-86562684

厂址：江苏江阴市峭岐工业园区迎宾大道31号

邮箱：jykjxx@foxmail.com

网站：www.kangjiemachinery.com

鞍山七彩化学股份有限公司
ANSHAN HIFICHEM CO., LTD.

含~~铅~~颜料替代方案

COLORing solution to "Lead Free"

鞍山七彩化学股份有限公司，是中国较大的苯并咪唑酮，异吲哚啉以及偶氮缩合颜料的生产商，秉承精益求精的制造精神，基于强大的生产和研发团队以及完善的环保设施，始终确保稳定的向客户提供高品质的高性能有机颜料产品。传统的铅铬黄，钼铬橙等颜料由于含有对人体和环境有害的重金属，已被越来越多的行业禁止使用，HIFIFAST系列高性能有机颜料，为您提供绿光黄→中黄→橙色→红色色区的全套解决方案，不仅能够从色彩上满足客户要求，更能在合理的成本下同时提升涂料产品的整体性能。

www.hifichem.com

水性工业树脂

- 环氧乳液
- 环氧固化剂
- 氯醋树脂
- 丙烯酸树脂
- 丙烯酸乳液
- 氯乙烯共聚乳液

应用领域



工业防腐



工业烤漆



工程机械



家具木器



轨道交通



3C塑胶

聘精英 共创想

▶ 水性产品经理

- 1、年龄25~45岁，本科及以上学历。
- 2、熟悉水性工业树脂产品或应用，有至少2年的水性树脂或涂料行业工作经验。

▶ 水性技术服务经理

- 1、年龄 25-45 岁，本科及以上学历。
- 2、熟悉水性工业树脂（环氧乳液、丙烯酸树脂、聚氨酯树脂等）在水性工业涂料中的应用，有 3 年以上相关工作经验。



咨询电话：毕女士 13656189064

办公地址：上海、无锡均可

公司电话：0510-88790970
公司网站：www.wuxihonghui.cn
公司地址：无锡市锡山区东港镇新材料产业园



中华人民共和国国家新闻出版广电总局A类学术期刊
连续荣获第六届、第七届、第八届“全国石油和化工行业
优秀报刊一等奖”

入选“全国石油和化工期刊百强榜”“精品期刊40强”
“学术期刊60强”“期刊数字化30强”

期刊基本参数: CN11-3544/TQ*1986*m*16*76*
zh·P*¥26.00*8000*11*2024-12

- ◆《中国学术期刊(光盘版)》收录期刊
- ◆《中国万方数字资源系统》收录期刊
- ◆《中文科技期刊数据库》收录期刊
- ◆《中国核心期刊(遴选)数据库》来源期刊
- ◆《中国学术期刊影响因子年报》统计刊源
- ◆《中国学术期刊综合评价数据库》(CAJCED)统计刊源
- ◆《中国学术期刊综合引证报告》统计刊源
- ◆《中国期刊全文数据库》(CJFD)全文收录期刊
- ◆美国CA化学文摘收录期刊
- ◆《中国学术期刊数据库》(CSPD)统计刊源
- ◆2023武大版核心期刊《中国学术期刊评价研究报告》
(RCCSE)准核心期刊目录收录刊源
- ◆国际DOI中国注册与服务中心(学术期刊)会员
- ◆专业内容知识聚合服务平台创新服务示范单位



中国涂料工业协会
官方微信公众平台



《中国涂料》
官方微信公众平台

www.chinacoatingnet.com 中国涂料工业协会官方网站
www.chinacoatings.com.cn 中国涂料® 官方网站

国内邮发代号: 82-810
国外发行代号: 4533BM
出版日期: 2024年12月31日
国内定价: 每册26元 全年312元
国外定价: 每册12 USD 全年144 USD(空邮)
国内发行处: 北京报刊发行局
国外总发行: 中国国际图书贸易总公司
订 阅 处: 全国各地邮局



ZHONGGUO TULIAO

2024年第 12 期

第39卷(总第342期)

(卷 终)

1986年3月创办(月刊) 国内外公开发行

国际标准连续出版物号 ISSN 1006-2556
国内统一连续出版物号 CN 11-3544/TQ
广告发布登记号 京丰工商广登字20170022号
主管单位 中国石油和化学工业联合会
主办单位 中国涂料工业协会
出版单位 《中国涂料》杂志社有限公司
地 址 北京市丰台区成寿寺158号办公楼四层西侧
邮政编码 100079
电子邮箱 chinacoatingnet@vip.163.com
网 址 www.chinacoatingnet.com
www.chinacoatings.com.cn
印 刷 北京金康利印刷有限公司

董 事 长 徐 艳
总 经 理 樊 森
副总经理 冯立辉 王明茹

主 编 樊 森
副 主 编 王 欢

编辑部

部 长 王 欢
副 部 长 汤大友
英文编辑 王 石
电话/传真 (010) 62252368

广告部

部 长 张世凤
副 部 长 崔桐源
广告联系 李 雯
电话/传真 (010) 62252420 67603801 62253830 67600538

设计部

副 部 长 杨永新
电 话 (010) 67607320

发行部

副 部 长 李 雯
电 话 (010) 62253830

2024, 砥砺前行, 共谱华章

岁序更替、华章日新,时光飞逝、奋斗不息。2024年,是实现“十四五”规划目标任务的关键一年,是极不平凡的一年。它如同一幅充满艰辛又绚丽多彩的画卷,在中国涂料行业的历史长河中缓缓铺展。这一年,我们面对纷繁复杂的国内外形势,见证了行业在挑战与机遇中砥砺前行,也经历了中国涂料工业协会的高光时刻。当我们站在岁末的节点,回望这一年的点点滴滴,满是感慨与期待。特别是中央经济工作会议的召开,为我们注入强大信心和动力,为做好明年经济工作添底气,凝共识,令人鼓舞。

这一年,中国涂料行业在中国涂料工业协会带领下,认真贯彻落实党的二十大和二十届二中、三中全会精神,完整准确全面贯彻新发展理念,构建新发展格局,面对外部压力加大、内部困难增多的复杂严峻形势,全行业坚定信心,迎难而上,保持定力,实干担当,聚焦核心问题,开展创新工作,高质量发展扎实推进,新质生产力稳步发展。1-11月份,中国涂料行业实现了总产量3 338.9万吨,同比持平,主营业务收入总额3 687.8亿元,同比增长1.4%,利润总额236.3亿元,同比增长1.1%。涂料行业呈现出总体平稳、稳中有进的良好势头,全年目标任务将顺利完成。

这一年,行业科技创新成果显著,绿色低碳转型加速推进,数字化升级步伐加快,人才培养广泛开展,新兴赛道积极开拓,进一步深化改革,扩大开放,增强发展动力,加强对外合作交流,强化行业自律,防止“内卷式”恶性竞争,如此种种,为行业的高质量发展奠定了坚实基础。

这一年,中国涂料工业协会也经历了诸多高光时刻。中国涂料工业协会党支部顺利完成换届选举,新一届党支部全面加强和推进党对各项工作的领导。中国国际涂料展、中国国际涂料大会、亚太国际涂料产业发展大会以及各类专业会的召开,为行业企稳回升起到了重要作用。同时,积极反映行业诉求,加强行业标准化工作,深入行业调研,加强对外合作与交流等等一系列服务国家、服务社会、服务群众、服务行业的工作,不仅为政策制定提供了依据、为扩大国际影响力指明了方向,而且为保障行业规范发展、推动行业“专精特新”建设、助推行业科技创新与产业创新融合提供了强大动力。

展望未来,我们相信在中国涂料工业协会的带领下,中国涂料行业将继续锐意进取,不断突破,千字当头,增强信心,迎难而上,奋发有为,为早日实现涂料强国,为强国建设和民族复兴作出涂料行业涂料人新的更大贡献。

《中国涂料》第9届编委会

荣誉编委 (按姓氏笔划为序)

石玉梅 叶汉慈 朱传荣 刘国杰 刘登良 杨 桓 段质美 洪啸吟 钱伯容

常委名单

桂泰江 朱延安 刘志刚
刘宪文 李运德 马 金
刘寿兵 林治华 王思明
于清章 林宜益 陈 玲
张海信 薛中群 申 亮
田兆会 李效玉 刘 仁
冯 俊 武利民
刘会成 张卫中

委员名单 (按姓氏笔划为序)

丁 智 王庆军 刘 斌 闫福安 杨泽生 张世元 陈志强 居尔蕃 段洪东 奚 祥 章志源 廖有为
于 杰 王晶晶 刘 新 许利莎 吴 勇 张海飞 陈钊聪 赵 纯 凌 芹 葛扣根 谭志良
马春风 王新征 刘东华 孙兰波 吴希革 陈 杰 林 喆 姜方群 高 原 蒋建平 戴丽娜
王 磊 王新朝 刘宏宇 杜利民 吴瑞浪 陈 俊 罗启涛 赵治巨 祝季华 高继东 傅文峰
王 燕 田太阳 刘保磊 杜玲玲 何贵平 陈小文 季 静 赵绍洪 袁泉利 涂伟萍 谢 海
王立峰 付大海 刘娅莉 杜素军 何桂兰 陈中华 周 全 胡中源 顾 林 黄 震 蔡 芸
王华进 朱庆红 刘福春 李少香 张 明 陈安强 周子鹤 胡显聪 顾学斌 龚 磊 廖 锦
王兆安 危春阳 齐祥安 杨亚良 张卫东 陈寿生 周建龙 戚才军 徐凯斌 崔锦峰 廖 龙

2024 12

中国涂料®
CHINA COATINGS

主管：中国石油和化学工业联合会
主办：中国涂料工业协会
协办：海洋化工研究院有限公司

第39卷(总342期)
(卷终)

CONTENTS 目次

关 注

- 01 2024年涂料颜料行业主要相关标准汇总
齐祥昭, 李 力, 王 欢

专题论述

- 12 “绿色”规划理念与“利旧”涂装车间设备的应用与实践
张建波, 王天然, 宋绍朋, 刘苏敏
- 24 防滑涂料在汽车运输船的施工应用
黄汉金, 王 鹏, 赵红旭, 李淑君

颜 料

- 30 满足国内需求, 服务全球市场
——中国氧化铁行业市场现状和发展目标
林治华

技术研发

- 35 纳米二氧化硅负载紫外线吸收剂在水性丙烯酸涂料中的应用研究
叶晨峰
- 45 水性无铬锌铝涂层材料的性能研究
王祺轩

- 50 车辆底盘用环氧粉末涂料的制备及涂装应用
卫 龙, 李 斌, 杨鹏刚, 苏治果, 刘晓庆

- 57 单组分外墙防水涂料用叔丙乳胶的制备
张亚杰

- 62 阻抗谱测试研究富镁底漆对铝合金阴极保护性能
戈成岳, 马秀敏, 段继周, 侯保荣

涂叙涂议

- 69 十七世纪《髹漆论丛》寻觅记
——折射“中国风的萌生”
段质美

大盘点

- 72 回望2024：中国涂料行业年度十大重要事件盘点
本刊编辑部

总目次

- I-VI 《中国涂料》2024年总目次
- 44 来稿须知

CONTENTS

中国涂料® CHINA COATINGS

2024 12

2024 Issue 12
Vol. 39 (Total 342)
(End of the Volume)

Started in 1986 (Monthly)
Published and Distributed
at Home and Abroad

CHINA COATINGS

ISSN 1006-2556

CN 11-3544/TQ

Advertising Release Registration No.: Jingfeng

Industry & Business Advertise No. 20170022

Responsible Institution: China Petroleum and
Chemical Industry Federation

Sponsor: China National Coatings Industry
Association

Published by: China Coatings Magazine Co., Ltd.
Address: West Side of the 4th Floor, No.158 Office
Building, Chengshouli, Fengtai District, Beijing,
China

Post Code: 100079

E-mail: chinacoatingnet@vip.163.com

Http: //www.chinacoatingnet.com

www.chinacoatings.com.cn

Printed by: Beijing Jinkangli Printing Co., Ltd.

President: XU Yan

General Manager: FAN Sen

Deputy General Manager: FENG Li-hui
WANG Ming-ru

Chief Editor: FAN Sen

Deputy Chief Editor: WANG Huan

Editorial Department

Director: WANG Huan

Deputy Director: TANG Da-you

Interpreter: WANG Shi

Tel/Fax: (010)62252368

Advertisement Department

Director: ZHANG Shi-feng

Deputy Director: CUI Tong-yuan

Contacts: LI Wen

Tel/Fax: (010)62252420 67603801

62253830 67600538

Design Department

Deputy Director: YANG Yong-xin

Tel: (010)62252420

Distribution Department

Deputy Director: LI Wen

Tel: (010)62253830

Domestic Postal Distribution Code: 82-810

International Postal Distribution Code: 4533BM

Publication Date: December 31st, 2024

Domestic Price: ¥26/volume ¥312/annual

Overseas Price: \$12/volume \$144/annual

(airmail)

Distribution at home: Beijing Distribution Office
of Newspapers and Periodicals

Distribution abroad: China International Book
Trading Corporation

Subscription: Post Offices all over the Country

Attention

01 Summary of Main Standards Related to Coatings and Pigments Industry Released in 2024

QI Xiang-zhao, LI Li, WANG Huan

Special Subject Summary

12 The Application and Practice of "Green" Planning Concept and "Reused" Paint Shop Equipment

ZHANG Jian-bo, WANG Da-ran, SONG Shao-peng, LIU Su-min

24 The Application of Anti-slip Coatings in PCTC

HUANG Han-jing, WANG Peng, ZHAO Hong-xu, LI Shu-jun

Pigments

30 Meeting the Domestic Demand, Serving the Global Market
——China Iron Oxide Industry's Current Market Situation and Development Goals

LIN Zhi-hua

Technical Research and Development

35 Study on the Application of Nano Silica Loaded Ultraviolet Absorber in Waterborne Acrylic Coatings

YE Chen-feng

45 A Study on the Properties of Waterborne Chromium-free Zinc-aluminum Coatings Material

WANG Qi-xuan

50 Preparation and Application of Epoxy Powder Coatings for Vehicle Chassis

WEI Long, LI Bin, YANG Peng-gang, SU Zhi-guo, LIU Xiao-qing

57 Preparation of Tert-acrylic Latex for One-component Exterior Wall Waterproof Coatings

ZHANG Ya-jie

62 Study on Cathodic Protection of Mg-rich Primer for Al Alloy by EIS

GE Cheng-yue, MA Xiu-min, DUAN Ji-zhou, HOU Bao-rong

Coatings Essay

69 An Account of the Search for A Treatise of Japanning and Varnishing of the 17th Century
——Reflecting the "Burgeoning of Chinese Style"

DUAN Zhi-mei

Highlights

72 Review of 2024: China Coatings Industry's Ten Most Important Events of the Year

Editorial Office of the Journal

Total Contents

I-VI China Coatings 2024 Total Contents

44 Instructions to Authors

2024年涂料颜料行业主要相关标准汇总

齐祥昭, 李力, 王欢
(中国涂料工业协会, 北京 100079)

中图分类号: TQ630

文献标识码: C

文章编号: 1006-2556(2024)12-0001-11

DOI: 10.13531/j.cnki.china.coatings.2024.12.001

Summary of Main Standards Related to Coatings and Pigments Industry Released in 2024

QI Xiang-zhao, LI Li, WANG Huan
(China National Coatings Industry Association, Beijing 100079, China)

0 前言

2024年是深入推进《国家标准化发展纲要》实施,实现《纲要》中2025年发展目标的关键一年。2024年标准化工作以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,全面贯彻党的二十大和二十届二中、三中全会精神,认真落实中央经济工作会议部署,坚持把高质量发展作为新时代的硬道理,把推进中国式现代化作为最大的政治,完整、准确、全面贯彻新发展理念,加强质量支撑和标准引领,深入推进纲要各项重点任务实施,落实全国市场监管工作会议要求,以标准有力引领现代化产业体系建设、着力扩大国内需求、全力提升开放水平、统筹发展和安全,推动标准化更好服务经济社会高质量发展、实现标准化事业自身发展,为以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业贡献力量。

1 国家标准发布

2024年4月29日、7月24日、9月29日、10月26日、11月28日,国家市场监督管理总局和国家标准化管理委

员会批准分别发布2024年第7号、第15号、第22号、第24号、第29号国家标准的公告,涉及涂料、颜料相关标准共计10项,具体见表1。2024年4月12日,国家市场监督管理总局和国家标准化管理委员会批准发布2024年第4号国家标准外文版的公告,涉及涂料、颜料相关标准共计2项,具体见表2。

2 国家标准制修订

2024年国家标准化管理委员会下达的国家标准制修订计划中,涉及涂料、颜料相关标准共14项(见表3),其中,2024年3月25日,国家标准化管理委员会下达2024年第一批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知,涉及涂料、颜料相关标准共计5项;2024年3月25日,国家标准化管理委员会下达《家用燃气快速热水器》等27项强制性国家标准制修订计划及相关标准外文版计划的通知,涉及涂料、颜料相关标准共计2项;2024年6月25日,国家标准化管理委员会下达《国徽》等32项强制性国家标准制修订计划及相

收稿日期: 2024-12-31

作者简介: 齐祥昭(1984—),男(汉族),河北保定人。高级工程师,本科,主要从事涂料及涂装行业政策法规相关工作的研究,涵盖涂料及涂装行业环境保护、清洁生产、绿色产业发展等方面。

表1 2024年国家标准和国家标准修改单公告中涉及的涂料、颜料相关标准
Table 1 Standards Related to Coatings and Pigments in National Standard and National Standard Amendment Announcements Released in 2024

国家标准编号	国家标准名称	代替标准号	实施日期
GB 32051—2015	钛白粉和氧化铁颜料单位产品能源消耗限额	GB 32051—2015	2025-05-01
GB/T 44205—2024	古代漆膜显微观察样品制备		2024-11-01
GB/T 4893.10—2024	家具表面漆膜理化性能试验 第10部分:耐划痕测定法		2025-04-01
GB/T 32151.32—2024	温室气体排放核算与报告要求 第32部分:涂料生产企业		2025-04-01
GB/T 34430.5—2024	船舶与海上技术 保护涂层和检查方法 第5部分:涂层破损的评估方法		2025-02-01
GB/T 6822—2024	船体防污防锈漆体系	GB/T 6822—2014	2025-06-01
GB/T 9755—2024	合成树脂乳液墙面涂料	GB/T 9755—2014 GB/T 9756—2018	2025-06-01
GB/T 14441—2024	涂装作业安全术语	GB/T 14441—2008	2025-06-01
GB/T 34430.4—2024	船舶与海上技术 保护涂层和检查方法 第4部分:水性盐总含量的自动化测量方法		2025-03-01
GB/T 45015—2024	钛石膏综合利用技术规范		2025-06-01

表2 2024年国家标准外文版公告中涉及的涂料、颜料相关标准
Table 2 Standards Related to Coatings and Pigments in National Standard Announcements in Foreign Languages Released in 2024

国家标准编号	国家标准名称	国家标准外文名称	语种
GB 12441—2018	饰面型防火涂料	Finishing fire resistant coating	英文
GB 28374—2012	电缆防火涂料	Fireproof coating for electric cable	英文

关标准外文版计划的通知,涉及涂料、颜料相关标准共计2项;2024年10月26日,国家标准化管理委员会下达2024年第八批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知,涉及涂料、颜料相关标准共计2项;2024年12月1日,国家标准化管理委员会下达《政务移动互联网应用程序管理要求》等17项强制性国家标准制修订计划及相关标准外文版计划的通知,涉及涂料、颜料相关标准共计1项;2024年12月3日,国家标准化管理委员会下达2024年第九批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知,涉及涂料、颜料相关标准共计1项;2024年12月31日,国家标准化管理委员会下达《汽车密码应用技术要求》等37项强制性国家标准制修订计划及相关标准外文版计划的通知,涉及涂料、颜料相关标准共计1项。

3 国家标准研复制

2024年9月4日,国家标准化管理委员会下达2024年第三批国家标准样品研复制计划的通知,涉及涂料、颜料相关标准共计1项,具体见表4。

4 国际标准发布

2024年5月8日,由我国主导的国际标准《色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOC)和/或半挥发性有

机化合物(SVOC)含量的测定 第1部分:重量法测定VOC》(ISO 11890-1:2024 *Paints and varnishes — Determination of volatile organic compounds (VOC) and/or semi volatile organic compounds (SVOC) content Part 1: Gravimetric method for VOC determination*)正式发布。本次修订对标准主体技术性内容做了大量升级和改进,除增加了我国自主开发的活性稀释剂涂料、光固化涂料等环境友好型涂料品种的VOC测定方法,还将原属于ISO 11890-2测定范围的反应型多组分涂料全部纳入其中。与前版标准相比,新标准适用范围更广泛,技术性内容更为科学合理,测试结果与实际更相符。

5 行业标准发布

2024年3月29日,工业和信息化部发布2024年第4号公告,批准公布454项行业标准,其中涉及涂料、颜料行业相关标准的共计8项(见表5)。2024年7月5日,工业和信息化部发布2024年第18号公告,批准公布554项行业标准,其中涉及涂料、颜料行业相关标准的共计2项(见表5)。2024年10月24日,工业和信息化部发布2024年第28号公告,批准公布761项行业标准,其中涉及涂料、颜料行业相关标准的共计2项(见表5);批准公布123项行业计量技术规范,其中涉及涂料、

表3 2024年国家标准修订计划中涉及的涂料、颜料相关标准
Table 3 Standards Related to Coatings and Pigments in National Standard Revision Plans Released in 2024

国家标准计划号	国家标准计划名称	标准性质	制修订	代替标准号	采用国际标准	项目周期/月	归口单位	委托技术委员会	起草单位
20240335-T-450	防火阻燃材料人工加速老化试验方法	推荐	制定			16	应急管理 部	全国消防标准化技术委员会	应急管理部四川消防研究所、四川大学、厦门大学、吉林消防救援总队、四川天府消防材料有限公司、金发科技股份有限公司、西卡(中国)有限公司、阿克苏诺贝尔防护涂料(苏州)有限公司、北京金隅涂料有限责任公司、立宸涂料(大连)有限公司、浙江中安防火材料有限公司、浙江虞申防火材料有限公司
20240410-T-607	家具涂层中重金属元素的快速测定 X射线荧光光谱法	推荐	制定			18	中国轻工业联合会	全国家具标准化技术委员会	山东省产品质量检验研究院、上海市质量监督检验技术研究院等
20240513-T-606	色漆和清漆 弹簧笔划痕试验	推荐	制定		ISO 22557:2019	12	中国石油和化学工业联合会	全国涂料和颜料标准化技术委员会	治建新材料股份有限公司、标格达精密仪器(广州)有限公司、国恒信(常州)检测认证技术有限公司
20240517-T-606	风力发电设施防护涂装技术规范	推荐	修订	GB/T 31817—2015		16	中国石油和化学工业联合会	全国涂料和颜料标准化技术委员会	中海油常州涂料化工研究院有限公司、天津灯塔涂料工业发展有限公司、治建新材料股份有限公司、佐敦涂料(张家港)有限公司、江苏兰陵高分子材料有限公司、中材科技风电叶片股份有限公司
20240523-T-606	色漆和清漆 实验室光源曝露方法 第3部分: 荧光紫外灯	推荐	修订	GB/T 23987—2009	ISO 16474-3:2021	12	中国石油和化学工业联合会	全国涂料和颜料标准化技术委员会	标格达精密仪器(广州)有限公司、国恒信(常州)检测认证技术有限公司、中海油常州涂料化工研究院有限公司
20240638-Q-450	电缆防火涂料	强制	修订	GB 28374—2012		12	应急管理 部	全国消防标准化技术委员会防火材料分会	应急管理部四川消防研究所、四川天府消防材料有限公司、江苏海龙核科技股份有限公司、北京慕成防火隔热特种材料有限公司、江阴市大坂涂料有限公司、四川鑫电电缆有限公司、安徽宏靓防火材料有限公司
20240639-Q-450	混凝土结构防火涂料	强制	修订	GB 28375—2012		12	应急管理 部	全国消防标准化技术委员会防火材料分会	应急管理部四川消防研究所、四川天府消防材料有限公司、中国科学技术大学、河南中柏防火涂料有限公司、安徽宏靓防火材料有限公司、陕西宝防建筑工程有限公司、江阴大坂涂料有限公司

续表

国家标准计划号	国家标准计划名称	标准性质	制修订	代替标准号	采用国际标准	项目周期/月	归口单位	委托技术委员会	起草单位
20241866-Q-339	涂料中有害物质限量第1部分:建筑涂料	强制	修订	GB 18582—2020, GB 38468—2019		16	工业和信息化部	全国涂料和颜料标准化技术委员会	中海油常州涂料化工研究院有限公司、嘉宝莉化工集团股份有限公司、三棵树涂料股份有限公司、立邦涂料(中国)有限公司、阿克苏诺贝尔漆油(上海)有限公司、中国涂料工业协会
20241844-Q-339	涂料中有害物质限量第2部分:工业涂料	强制	修订	GB 30981—2020, GB 18581—2020, GB 24409—2020, GB 38469—2019, GB 24613—2009		16	工业和信息化部	全国涂料和颜料标准化技术委员会	中海油常州涂料化工研究院有限公司、中国涂料工业协会、江苏金陵高分子材料有限公司、上海华谊精细化工有限公司、湘江涂料科技有限公司、佐敦涂料(张家港)有限公司、庞贝捷管理(上海)有限公司
20243103-T-609	复层建筑涂料	推荐	修订	GB/T 9779—2015		16	中国建筑材料联合会	全国轻质与装饰装饰装修材料标准化技术委员会	上海建科检验有限公司、立邦涂料(中国)有限公司、亚士漆(上海)有限公司
20243189-T-606	脱硫烟囱用防腐涂料技术要求	推荐	修订	GB/T 37187—2018		16	中国石油和化学工业联合会	全国腐蚀控制标准化技术委员会	中蚀国际腐蚀控制工程技术研究院(北京)有限公司、广州兴鲁涂料工程有限公司、大庆庆鲁润科技有限公司、中冶建筑研究总院有限公司、成都硅宝防腐科技有限责任公司、全球能源互联网研究院有限公司、中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司、中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司、中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司、中国腐蚀控制技术协会、河北昊天热力发展有限公司
20243330-Q-450	浸漆涂装安全规范	强制	修订	GB 17750—2012		12	应急管理部	全国安全生产标准化技术委员会涂装作业分技术委员会	中机第一设计研究院有限公司、武汉东研智慧设计研究院有限公司、江苏省安全生产科学研究院、上海涂装行业协会、扬州琼花涂装工程技术有限公司
20243445-T-469	机舱舱底涂料	推荐	修订	GB/T 14616—2008		12	国家标准委	全国海洋船舶标准化技术委员会	洛阳船舶材料研究所(中国船舶集团有限公司第七二五研究所)
20243885-Q-906	钢结构防火涂料	强制	修订	GB 14907—2018		16	国家消防救援局	全国消防标准化技术委员会	应急管理部四川消防研究所、应急管理部和消防产品合格评定中心、同济大学、四川天府防火材料有限公司、北京慕成防火绝热特种材料有限公司

表4 2024年国家标准样品研复制计划项目中涉及的涂料、颜料相关标准

Table 4 Standards Related to Coatings and Pigments in National Standard Sample Development Plans Released in 2024				
计划号	项目名称	研/复制	项目周期/月	研制单位
S2024134	溶剂型涂料中二氯甲烷、1,2-二氯乙烷标准样品	研制	24	中国国检测试控股集团股份有限公司

颜料行业相关标准的共计1项(见表6)。2024年11月15项行业标准,其中涉及涂料、颜料行业相关标准的共
日,交通运输部发布2024年第55号公告,批准公布10计1项(见表5)。

表5 2024年国家工业和信息化部发布的涂料、颜料相关标准

Table 5 Standards Related to Coatings and Pigments Released by the Ministry of Industry and Information Technology in 2024				
标准编号	标准名称	标准主要内容	代替标准	实施日期
HG/T 6270—2024	防雾涂料	本文件规定了防雾涂料的产品分类、要求、试验方法、检验规则及标志、包装和贮存。 本文件适用于施涂于塑料、玻璃等透明基材表面的亲水型防雾涂料		2024-10-01
HG/T 5367.6—2024	轨道交通车辆用涂料 第6部分:耐高温电机涂料	本文件规定了轨道交通车辆用耐高温电机涂料的产品分类、要求、试验方法、检验规则及标志、包装和贮存。 本文件适用于施涂于地铁、轻轨、有轨电车、普通列车和高速列车等轨道交通车辆电机外表面的涂料,其涂层可耐高温,具有保护和装饰作用。其他类型电机涂料也可参考本文件		2024-10-01
HG/T 6271—2024	耐指纹涂料	本文件规定了耐指纹涂料的分类、要求、试验方法、检验规则及标志、包装和贮存。 本文件适用于耐指纹涂料。该产品主要用于手机、笔记本、手表、车辆中控等各类屏幕表面,以及车辆内外饰件、车辆玻璃窗、电器、卫浴、电子产品、包装材料等各类高装饰要求的材料表面的装饰和保护		2024-10-01
HG/T 4339—2024	机械设备用涂料	本文件规定了机械设备用涂料的产品分类、要求、试验方法、检验规则及标志、包装和贮存。 本文件适用于工程机械、农用机械和机床等设备保护和装饰用涂料。 本文件不适用于港口机械用涂料、化工机械用涂料和局部临时保护用机械设备用涂料	HG/T 2243—1991、 HG/T 2244—1991、 HG/T 4339—2012、 HG/T 4757—2014	2024-10-01
HG/T 3655—2024	紫外光(UV)固化木器涂料	本文件规定了紫外光(UV)固化木器涂料产品的分类、要求、试验方法、检验规则及标志、包装和贮存。 本文件适用于由活性低聚物、活性稀释剂、光引发剂和其他成分组成的水性、非水性紫外光固化木器涂料。产品主要用于室内用木质地地板、家具、装饰板等木器的装饰与保护	HG/T 3655—2012、 HG/T 5183—2017	2024-10-01
HG/T 6274—2024	C.I.颜料蓝15:4	本文件规定了C.I.颜料蓝15:4产品的要求、取样、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。 本文件适用于铜酞菁与一定比例铜酞菁衍生物经捏合、溶剂处理等工艺而制得的抗结晶、抗絮凝β晶型酞菁蓝颜料。产品主要用于油墨、涂料和塑料等领域		2024-10-01

续表

标准编号	标准名称	标准主要内容	代替标准	实施日期
HG/T 4343—2024	水性多彩建筑涂料	本文件规定了水性多彩建筑涂料的产品分类、要求、试验方法、检验规则、标志、包装和贮存。 本文件适用于由不同形状大小的水性凝胶等颗粒稳定分散于水性成膜物质(如合成树脂乳液等)中配制而成的水性多彩涂料,该涂料(主涂料)与底漆、中涂漆和罩面漆等配套形成的复合涂层具有花岗岩天然石材或壁纸等装饰效果,主要用于建筑内、外表面的装饰和保护	HG/T 4343—2012	2024-10-01
QB/T 1950—2024	家具表面漆膜耐盐浴测定法	本文件描述了家具表面漆膜耐盐浴测定的原理、试验条件、试剂和材料、仪器设备、试样、试验步骤、试验结果与评定、试验报告。 本文件适用于金属家具和金属零部件表面漆膜的耐盐浴情况的测定	QB/T 1950—2013	2024-10-01
SH/T 3548—2024	石油化工涂料防腐工程施工及验收规范	本文件规定了石油化工钢制设备、管道及其附属钢结构外表面涂料防腐蚀工程施工技术及质量要求。 本文件适用于石油化工新建、改建、扩建工程中钢制设备、管道及其附属钢结构外表面涂料防腐蚀施工及验收。 本文件不适用于长输管道及钢质石油储罐的涂料防腐蚀工程	SH/T 3548—2011、 SH/T 3606—2011	2025-01-01
JB/T 106—2024	阀门的标志和涂装	本文件规定了工业阀门的标志和涂装。 本文件适用于工业阀门的制造	JB/T 106—2004	2025-01-01
HG/T 6294—2024	电池用二氧化钛	本文件规定了电池用二氧化钛的要求、试验方法、检验规则、标志、标签和随行文件、包装、运输和贮存。 本文件适用于电池用二氧化钛的生产、使用和销售		2025-05-01
YB/T 6296—2024	球墨铸铁管、管件和附件 锌基涂层表面水性防腐层	本文件规定了涂覆在球墨铸铁管、管件及附件锌层表面的水性防腐涂层的技术要求、试验方法、检验规则等。 本文件适用于单组分乳化合成树脂水性涂料		2025-05-01
JT/T 1530—2024	汽车车身涂装作业安全及环境保护要求	本标准规定了汽车车身涂装作业的风险识别、作业人员、作业场所、作业过程、信息管理、应急管理的安全及环境保护要求。 本标准适用于汽车维修的车身涂装作业		2025-03-01

表6 2024年国家工业和信息化部发布的涂料、颜料相关计量技术规范
Table 6 Calibration Specifications Related to Coatings and Pigments Released by the Ministry of Industry and Information Technology in 2024

技术规范编号	技术规范名称	技术规范主要内容	实施日期
JJF(石化)112—2024	漆膜弯曲试验仪(锥形轴)校准规范	本规范适用于漆膜弯曲试验仪(锥形轴)的校准	2025-02-01

6 行业标准制修订

2024年,工业和信息化部印发的行业制修订计划和外文版项目计划中,涉及涂料、颜料行业相关标准共计21项(见表7)。其中,2024年3月15日,工业和信息化部印发2024年第一批行业标准制修订计划的通知,其中涉及涂料、颜料行业相关标准的共计9项;2024年5月24日,工业和信息化部印发2024年第二批行业标准制

修订和外文版项目计划的通知,其中涉及涂料、颜料行业相关标准的共计3项;2024年9月14日,工业和信息化部印发2024年第四批行业标准制修订计划的通知,其中涉及涂料、颜料行业相关标准的共计2项;2024年12月6日,工业和信息化部印发2024年第五批行业标准制修订和外文版项目计划的通知,其中涉及涂料、颜料行业相关标准的共计7项。

表7 2024年国家工业和信息化部行业标准制修订通知中涉及的涂料、颜料相关标准
Table 6 Calibration Specifications Related to Coatings and Pigments Released by the Ministry of Industry and Information Technology in 2024

计划编号	项目名称	性质	标准类别	制修订	代替标准	项目周期/ 月	部内主管司局	技术委员会或技术归口单位	主要起草单位
2024-0062T-HG	三聚磷酸铝颜料	推荐	产品	制定		24	原材料工业司	全国涂料和颜料标准 化技术委员会	广西新晶科技有限公司, 宜兴 华谊一品着色科技有限公司, 国恒信(常州)检测认证技术有 限公司
2024-0063T-HG	生物基树脂涂料	推荐	产品	制定		24	原材料工业司	全国涂料和颜料标准 化技术委员会	中海 油常州涂料化工研究院 有限公司, 陶氏化学(中国)投 资有限公司, 中环联合(北京) 认证中心有限公司
2024-0192T-HG	C.I.颜料黄12	推荐	产品	修订	HG/T 3005—1986	18	原材料工业司	全国涂料和颜料标准 化技术委员会	龙口联合化学股份有限公司, 杭州红妍颜料化工有限公司, 中国染料工业协会
2024-0193T-HG	电力设备用防腐涂料	推荐	产品	修订	HG/T 4770—2014	18	原材料工业司	全国涂料和颜料标准 化技术委员会	安徽菱湖漆股份有限公司, 天津灯塔涂料工业发展有限公 司, 中海油常州涂料化工研究 院有限公司
2024-0194T-HG	水性丙烯酸树脂涂料	推荐	产品	修订	HG/T 4758—2014	18	原材料工业司	全国涂料和颜料标准 化技术委员会	浙江天女集团制漆有限公司, 中海油常州涂料化工研究院有 限公司, 天津灯塔涂料工业发 展有限公司
2024-0350T-CB	船舶建造企业涂装、喷 丸场地安全管理要求	推荐	安全生产	制定		24	安全生产司	中国船舶工业综合技 术经济研究院	中国船舶集团有限公司综合 技术经济研究院, 招商局重工 (江苏)有限公司, 江苏新杨子 江造船有限公司
2024-0370T-HG	绝缘漆漆膜击穿强度 测定法	推荐	方法	修订	HG/T 3330—2012	18	原材料工业司	全国涂料和颜料标准 化技术委员会	中海油常州涂料化工研究院 有限公司, 陶氏化学(中国)投 资有限公司, 国恒信(常州)检 测认证技术有限公司
2024-0405T-JC	空气净化材料甲醛非 物理吸附净化性能测 试方法	推荐	方法	制定		24	原材料工业司	建材行业环境友好与 有益健康建筑材料标 准化技术 委员会	中国国检测控股集团股份 有限公司, 中国建筑材料科学 研究总院有限公司, 北京科技 大学, 立邦涂料(中国)有限公 司, 美巢集团股份公司, 阿克苏 诺贝尔漆油(上海)有限公司, 北京市科学技术研究院城市安 全与环境科学研究所

续表

计划编号	项目名称	性质	标准类别	制修订	代替标准	项目周期/ 月	部内主管司局	技术委员会或技术归口单位	主要起草单位
2024-0422T-JB	金属切削机床涂漆技术规范	推荐	产品	制定		24	装备工业一司	全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会	北京市计量检测科学研究院, 辽宁思凯科技股份有限公司, 金卡高科技股份有限公司, 辽宁航宇星物联仪表科技有限公司, 重庆前卫表业有限公司
2024-0642T-QC	汽车车轮表面油漆涂层	推荐	产品	修订	QC/T 981—2014	18	装备工业一司	全国汽车标准化技术委员会	浙江万丰奥威汽轮股份有限公司, 东风汽车底盘系统有限公司, 浙江金固股份有限公司, 保定市立中车轮制造有限公司, 浙江今飞凯达轮毂股份有限公司, 江苏凯特汽车零部件有限公司, 中国汽车技术研究中心有限公司
2024-0712T-QB	计时仪器金属外观件漆层的技术要求和试验方法	推荐	产品	修订	QB/T 2268—1996	18	消费品工业司	全国钟表标准化技术委员会	杭州精诚三和定时器实业有限公司, 西安轻工钟表研究所有限公司, 深圳市泰坦时钟表科技有限公司
2024-0759T-JC	保温装饰板外墙外保温系统材料应用技术规范	推荐	工程建设	制定		24	规划司	建材工业综合标准化技术委员会	中国建筑科学研究院有限公司, 常州市建筑科学研究院有限公司, 山东省建筑科学研究院有限公司, 富思特新材料科技发展有限公司, 建研建材有限公司, 武汉理工大学, 建研硕(北京)科技有限公司, 廊坊卓锐建材有限公司, 固克涂料集团有限公司
2024-1081T-JC	非固化橡胶沥青防水涂料	推荐	产品	修订	JC/T 2428—2017	12	原材料工业司	全国轻质与装饰装修建筑材料标准化技术委员会建筑防水材料材料分技术委员会	中建材苏州防水研究院有限公司, 中国建材检验认证集团苏州有限公司, 科顺防水科技股份有限公司

续表

计划编号	项目名称	性质	标准类别	制修订	代替标准	项目周期/ 月	部内主管司局	技术委员会或技术归口单位	主要起草单位
2024-1206T-JC	非固化橡胶沥青防水涂料应用技术规范	推荐	工程建设	制定		12	规划司	建材工业综合标准化技术委员会	中建材苏州防水研究院有限公司, 北新防水有限公司, 科顺防水科技股份有限公司, 宏源防水科技集团有限公司, 辽宁防水科技集团有限公司, 九鼎宏泰防水科技有限公司, 北京圣洁防水材料有限公司, 深圳市卓宝科技股份有限公司, 寿光市天丰防水材料有限公司
2024-1505T-JB	饲料机械 产品涂装通用技术条件	推荐	产品	修订	JB/T 11299—2012	12	装备工业一司	全国饲料机械标准化技术委员会	河南工业大学, 江苏丰尚智能科技有限公司, 郑州格德格瑞机械有限公司, 河南欣欣粮油设备有限公司, 正大投资股份有限公司
2024-1688T-CB	船体分段涂层数字化检测工艺要求	推荐	产品	制定		12	装备工业二司	全国海洋船舶标准化技术委员会造船工艺分技术委员会	中国船级社, 中国船舶社实业有限公司, 中国船舶集团有限公司, 中国船舶集团有限公司, 中国船舶集团北京数码易知科技发展有限公司
2024-1691T-CB	船体分段智能车间涂装工艺数据采集要求	推荐	产品	制定		12	装备工业二司	全国海洋船舶标准化技术委员会造船工艺分技术委员会	中船黄埔文冲船舶有限公司, 北京机科国创轻量化科学研究有限公司, 中国船舶集团有限公司, 中国船舶集团有限公司, 中国船舶集团综合技术经济研究院
2024-1710T-HG	大红粉	推荐	产品	修订	HG/T 2883—1997	12	原材料工业司	全国涂料和颜料标准化技术委员会	百合花集团股份有限公司, 江苏百丽王科技股份有限公司, 中国染料工业协会
2024-1711T-HG	电泳涂料	推荐	产品	修订	HG/T 3952—2007	12	原材料工业司	全国涂料和颜料标准化技术委员会	中海油常州涂料化工研究院有限公司, 郎溪县鑫泽涂料有限公司, 广东深展实业有限公司
2024-1712T-HG	聚硅氧烷涂料	推荐	产品	修订	HG/T 4755—2014	12	原材料工业司	全国涂料和颜料标准化技术委员会	中海油常州涂料化工研究院有限公司, 迈图高新材料(中国)有限公司, 陶氏化学(中国)投资有限公司
2024-1713T-HG	聚脲防护材料	推荐	产品	修订	HG/T 3831—2006	12	原材料工业司	全国涂料和颜料标准化技术委员会	海洋化工研究院有限公司, 中海油常州涂料化工研究院有限公司, 广东达尔新型材料有限公司

7 行业标准废止

2024年7月11日,工业和信息化部印发2024年第

17号公告,废止的行业标准清单中涉及涂料、颜料行业相关标准的共计9项(见表8)。

表8 2024年国家工业和信息化部废止的行业标准中涉及的涂料、颜料相关标准

Table 8 Standards Related to Coatings and Pigments in the Industry Standards Abolished by the Ministry of Industry and Information Technology in 2024

标准编号	标准名称	复审结论	废止日期
HG/T 2002—1991	涂料用过氯乙烯树脂	废止	公告发布之日起废止
HG/T 2351—1992	镉红颜料	废止	公告发布之日起废止
HG/T 4077—2009	防腐蚀涂层涂装技术规范	废止	公告发布之日起废止
JB/T 5000.12—2007	重型机械通用技术条件 第12部分:涂装	废止	公告发布之日起废止
JB/T 7094—1993	改性聚酯浸渍漆	废止	公告发布之日起废止
JB/T 7095—1993	亚胺环氧浸渍漆	废止	公告发布之日起废止
JB/T 9557—1999	环氧酯浸渍漆	废止	公告发布之日起废止
CB/T 4256—2013	甲板机械涂装技术要求	废止	公告发布之日起废止
QB/T 2899—2007	计时仪器 辐射发光涂层检验条件	废止	公告发布之日起废止

8 团体标准应用推广

工业和信息化部为落实《2024年工业和信息化标准工作要点》,大力发展团体标准,推进先进团体标准应用实施,根据《工业和信息化部办公厅关于开展2024年百项团体标准应用推广典型案例遴选工作的

通知》(工信厅科函(2024)257号)的程序和要求,经项目申报、形式审查、技术审查、专家论证、合规性审查等程序,拟将104项团体标准列入2024年百项团体标准应用推广典型案例,其中涉及涂料、颜料行业的共计2项(见表9)。

表9 2024年拟列入百项团体标准应用推广典型案例中涉及的涂料、颜料相关标准

Table 9 Standards Related to Coatings and Pigments for Inclusion into Typical Cases of Applying and Promoting 100 Group Standards in 2024

团体标准项目名称	团体标准编号	团体标准名称	所属领域	发布单位
水性聚偏二氯乙烯(PVDC)防腐涂料应用	T/CNCIA 01029—2023	水性聚偏二氯乙烯(PVDC)防腐涂料	化工	中国涂料工业协会
水泥基艺术涂料	T/CNCIA 01031—2023	水泥基艺术涂料	化工	中国涂料工业协会

9 国家鼓励团体标准和企业标准规范优质发展

9.1 各社会团积极推进团体标准工作

全国团体标准信息平台显示,截至2024年12月31日,共有8 260家社会团体在全国团体标准信息平台注册,其中包括民政部登记注册的有983家,地方民政部门登记注册的有7 277家。社会团体在平台共计公布99 644项团体标准,其中民政部登记注册的社会团体公布41 131项,地方民政部门登记注册的社会团体公布58 513项。团体标准形成较大规模。

为深入贯彻落实《国家标准化发展纲要》,引导团体标准组织(制定团体标准的社会团体)制定原创性、高质量标准,促进团体标准规范优质发展,国家标准化管理委员会组织编制了《团体标准组织综合绩效评价指标体系》,并于2024年8月7日印发。指出:团体标准组织应按照文件要求于2024年12月31日前完成

自我评价,并通过全国团体标准信息平台公开评价结果,评价结果应客观真实;新成立的团体标准组织应于团体标准发布之日起3个月内完成自我评价并公开结果;未达到任意一项基本条件的团体标准组织,建议暂停或终止团体标准制定工作,积极对照文件进行改进,或与有能力的团体标准组织联合开展团体标准化工作。

2024年12月30日,中国涂料工业协会完成了团体标准绩效评价,并按照国家标准化管理委员会《团体标准组织综合绩效评价指标体系》的要求,将佐证材料上传至全国团体标准信息平台,综合绩效评价自评结果为一星。

中国涂料工业协会在团体标准制定的过程中走在了前列,2024年根据中国涂料工业协会标准化工作委员会的要求,发布团体标准8项(见表10),立项团体标准14项(见表11)。

表10 2024年中国涂料工业协会发布的团体标准
Table 10 Group Standards Released by CNCIA in 2024

序号	标准名称	标准号	发布日期
1	生物基涂料及原材料 醇酸树脂涂料	T/CNCIA 01032—2024	2024-01-10
2	涂料用水性羟基丙烯酸树脂	T/CNCIA 01033—2024	2024-06-28
3	非重复充装焊接钢瓶用水性涂料	T/CNCIA 01034—2024	2024-03-15
4	涂料性能测试用卡纸	T/CNCIA 01035—2024	2024-06-01
5	含异氰脲酸三缩水甘油酯(TGIC)的粉末涂料密闭生产工艺要求	T/CNCIA 02020—2024	2024-08-01
6	室内墙面及木器重涂服务及验收规范	T/CNCIA 02002—2024	2024-08-01
7	变压器用无溶剂防腐涂料	T/CNCIA 01036—2024	2024-11-01
8	电子工业用高纯二氧化钛	T/CNCIA 01037—2024	2024-12-01

表11 2024年中国涂料工业协会团体标准立项项目
Table 11 CNCIA Group Standards Establishment Project in 2024

序号	标准名称	立项批次	制修订
1	丙烯酸酯副产甲基磺酸钠	第一批	制定
2	工业丙烯酸钠	第一批	制定
3	高性能长效防污涂料防污性能加速考核评价方法	第一批	制定
4	桥梁缆索防护用聚脲涂料	第一批	制定
5	生物基涂料及原材料 聚氨酯防腐涂料	第一批	制定
6	石墨烯非晶合金防腐涂料	第一批	制定
7	摩托车发动机用水性涂料	第一批	修订
8	特种车辆用水性涂料	第一批	修订
9	十六碳正丁酯	第二批	制定
10	低空航空器通用性蒙皮及结构件用涂料	第二批	制定
11	船舶舾装通用无锡自抛光防污漆	第二批	制定
12	稀土反射隔热制冷涂料	第二批	制定
13	脱硫塔内壁有机氟硅树脂防腐涂料	第二批	制定
14	危险废物环境管理指南 涂料制造	第二批	制定

9.2 企业标准影响力提升

为贯彻落实《国家标准化发展纲要》《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》等要求，依据《市场监管总局等八部门关于实施企业标准“领跑者”制度的意见》，市场监管总局会同国务院有关部门，深入贯彻新发展理念，以促进消费、扩大内需、引领绿色消费、促进新质生产力发展等为目标，围绕产业高质量发展、绿色低碳转型，统筹考虑国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）标准战略中的重点领域、企业标准自我声明公开情况、消费者关注度以及标准对产品和服务质量提升效果，研究制定了《2024年度实施企业标准“领跑者”重点领域》，于2024年6月18日进行公告，其中“涂料、油墨、颜料及类似产品制造”为重点领域。

10 结 语

2024年，涂料标准化工作坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的二十大和二十届二中、三中全会精神，立足新发展阶段，完整、准确、全面贯彻新发展理念，按照国家标准化相关文件要求，紧贴涂料技术发展趋势和行业实际需求，践行使命担当，奋力开创涂料标准化工作新局面，为涂料产业高质量发展提供坚实支撑，涂料颜料相关标准得以进一步完善。

中国涂料工业协会将持续深入落实《国家标准化发展纲要》和《质量强国建设纲要》，坚持以高标准促进高质量发展，创新标准创新机制，为涂料行业高质量发展，发展涂料行业新质生产力注入新动力。



“绿色”规划理念与 “利旧”涂装车间设备的应用与实践

张建波, 王天然*, 宋绍朋, 刘苏敏
(北京奔驰汽车有限公司, 北京 100176)

摘要: 主要通过北京奔驰重组北汽股份北京分公司升级改造项目中的涂装车间的升级实践, 介绍在涂装车间工艺升级中, 如何实现环保与投资相平衡, 同时可以使车间的“旧”设备最大化发挥出作用, 来实际降低项目总投资, 打造“数字化”“柔性化”“绿色”标杆工厂。为国内众多的老旧汽车涂装车间的环保升级之路, 进行了一次可供行业内借鉴的探索和尝试。

关键词: 绿色规划; IP2工艺; 干式文丘里; VOC; 利旧设备

中图分类号: TQ639.6

文献标识码: B

文章编号: 1006-2556(2024)12-0012-13

DOI: 10.13531/j.cnki.china.coatings.2024.12.002

The Application and Practice of “Green” Planning Concept and “Reused” Paint Shop Equipment

ZHANG Jian-bo, WANG Da-ran*, SONG Shao-peng, LIU Su-min
(Beijing Benz Automotive Co., Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: Through the upgrade practice of the paint shop in the renovation project of BBAC's restructuring of BAIC Beijing Branch with the planning concept of creating a "digitalized", "flexible", and "green" benchmark plant, this article mainly introduces how to achieve a balance between environmental protection and investment in the process upgrade of a paint shop, while maximizing the use of "old" equipment in the shop to effectively reduce the total project investment. We have explored and attempted an environmentally friendly upgrade way for many old cars paint shops in China, which can be used as a reference for the automotive industry.

Key words: green planning, IP2 process, dry scrubber, VOC, reused equipment

0 前言

作为中国领先的世界级汽车制造企业, 2005年成立至今的北京奔驰, 既是首都高端制造业的代表, 也是中德经济合作的典范。拥有百年历史、享誉全球的世界

第一汽车品牌的梅赛德斯-奔驰系列乘用车是公司的核心产品。从第一代奔驰E280车型在2006年投产, 到2020年新一代奔驰GLB级SUV上市, 2022年高端电动车EQE正式下线, 见证了在中国汽车工业的发展。

收稿日期: 2024-10-28

作者简介: 张建波(1981—), 男, 宁夏银川人。高级工程师, 硕士研究生, 研究方向为冲、焊、涂、总四大工艺生产制造总体工艺规划。

*通信作者简介: 王天然(1977—), 男, 北京人。高级工程师, 本科, 研究方向为涂装工艺和节能环保设备规划。

新能源汽车是我国政府重点支持的七大战略性新兴产业，在享受国家支持新能源汽车发展的政策基础上，北京市政府确定了把北京建设成为“全国新能源汽车产业技术创新与研发服务中心、高端制造基地和高水平应用示范城市”的发展目标，将新能源汽车产业的发展摆上了前所未有的高度，寄希望于新能源汽车产业成为首都经济增长、能源使用结构调整的新引擎，并对北京市环境污染治理、节能、减排发挥重要作用。

随着环保形势日益严峻，在近10年中，国内外的汽车公司投入大量资金改造和更新了涂装工艺，特别是对产生大量VOC(Volatile Organic Compounds, 挥发性有机化合物)排放的面漆喷涂工艺进行了升级和变革，开发出3C1B和IP2工艺，极大地降低了涂装车间的VOC排放量。目前IP2工艺可以达到低于20 g/m²。

北京奔驰汽车有限公司重组北汽股份北京分公司制造升级改造建设项目，在现有厂区内通过技改、扩建等手段引入高端纯电动平台及高端传统燃油车平台，进一步升级工厂的制造能力，形成高端、智能化的整车制造产业基地，进一步完善北京奔驰汽车产品线。作为汽车制造的四大工艺之一的涂装车间，严格遵循梅赛德斯-奔驰的生产工艺要求，确保产销的每一辆汽车都达到全球统一的高质量标准。

中国汽车行业总体设计产能超过6 000万台/a，目前产能利用率约为40%~50%。有很多车厂没有实现满负荷生产。在环保形势日益严峻的趋势下，存在大量的老旧涂装车间，需要进行环保、节能升级。如何使投资与绿色环保理念在规划中实现最大化的平衡，就摆在规划者面前。本文主要通过重组北汽股份北京分公司升级改造项目中的涂装车间的升级实践，介绍在老旧涂装车间工艺升级中，如何做到环保与投资相平衡。最后以车间运行的停机时间和维修备件消耗量作为该项目“利旧”平衡的评估结果。

1 实施背景

本项目《“绿色”规划理念与“利旧”涂装车间设备的应用与实践》是在原有北汽分公司顺义工厂涂装车间的基础上，考虑到最大化的利旧原有设备和生产线，降低投资，进行环保、工艺升级。因此涂装车间主要是以现有工艺设备为基础，进行适应戴姆勒生产工艺标准的设备改造和环保升级，主要包括：前处理/电泳生产线的工艺优化；LASD液体防声胶/密封胶生产线自动化率工艺提升改造；新建IP2面漆生产线工艺及干式文丘里漆雾收集系统建设；注蜡线和烤箱系统建设；输送系统改造；VOC废气处理和含镍污水处理等。

本项目主要的建设难点是，既要充分利用原有设备，满足按照戴姆勒最新涂装工艺标准的基础上进行

升级，又要考虑设备投资之间的平衡，并从源头上降低能源需求，降低大气污染物排放。

1.1 规划主要前提

本项目是在原有的顺义涂装车间基础上，最大化地利旧原有设备和生产线进行升级，需要考虑MFA前驱车、MRA后驱车、EVA2纯电动车3个平台车型共线，实现柔性化生产。这对输送系统有很大的挑战，首先最大车身质量由原来的500 kg增加到625 kg，需要重新复核生产荷载，升级输送系统；其次需要检查最大尺寸车身的通过性，重新设计车身滑橇；第三要考虑不同金属材料的烘烤变形问题，需要重新调整烘干系统的风嘴方向，来优化烘烤温度曲线。

同时，3个平台车型，不同的设计理念，导致更多的颜色共线生产的需求。所以在本次生产线设计时，要考虑可以实现22种颜色的共生产，新增加20套输漆系统。考虑到车型NVH的优化，增加液体防声胶LASD的工艺和AFA声学发泡工艺。

基于柔性化生产线设计的方案下，同时实现“节能·环保”的设计理念。涂装车间采用了当前主流的涂装技术，并且尤其关注绿色制造。引入新IP2免中涂的面漆工艺，取消了中涂层，减少了化学品的消耗和VOC的排放。采用石灰粉干式文丘里过喷漆雾的处理系统，用于处理喷漆过程中产生的过喷漆雾，可以循环利用喷漆室中约80%空气，喷漆室能源节约60%。没有喷漆室废水产生，实现废水零排放，无需额外化学品。采用KPR沸石转轮喷漆室排放空气净化装置实现VOC排放浓度低于25 mg/m³。部分新风空调系统，通过引入热量回收设计，利用排放的空气中的热能/冷量，对吸进车间的空气进行预加热或是预冷却，来实现节约能源。PLC系统自动实现控制车间温度、湿度，达到节能的目的。

升级后的涂装车间生产线自动化率超过80%，满足不同平台车型生产。面漆采用全机器人自动喷涂，36台喷漆机器人和24台操作机器人实现全部自动化喷涂过程，实现100%的生产自动化控制水平。机器人从生产控制系统PLUS中得到每一台车车型和颜色的信息，以实现机器人自动喷涂过程，并且由PLUS生产系统按相同颜色进行分组排序，可以最大化减少机器人喷涂颜色时的换色频次，节省涂料材料。涂装车间采用PLUS、EcoEMOS、MRS等工厂生产自动化管理系统，给生产及维修人员提供了先进的管理工具。通过中央控制系统，操作人员可以实现车间内所有设备的远程监测和控制，实现智能化生产管理系统。

1.2 规划方案制定

原顺义涂装车间建筑面积7.4万m²，生产面积6万m²，主要工序为：前处理/电泳生产线采用Ro-Dip翻转

式输送系统;密封胶生产线具有14台车底胶机器人,车身胶完全手工作业,无LASD液体防声胶机器人;喷漆为中涂+面漆工艺,外板机器人喷涂,内板手工喷涂。整个工艺自动化率约50%,采用湿式文丘里,全新

风空调系统。目前方案只能处理溶剂型清漆的VOC排放,环保和节能水平较低。
会同戴姆勒国外专家,根据原有涂装车间设备现状,进行评估设备状况,如表1所示。

表1 原涂装车间评估范围
Table 1 Old Paint Shop Evaluation Scope

工序		原北汽喷漆车间	BBAC 升级改造后
前处理/电泳	无铝件处理能力		利旧原有前处理/电泳生产线; 改造适应60%铝件含量处理能力
烤箱	无密封胶烤箱; 无注蜡烤箱		新建电泳烤箱满足EVA2车型烘烤要求; 改造原有中涂烤箱为密封胶烤箱; 利旧原有面漆烤箱; 新建注蜡烤箱
工作台	无密封胶Audit; 无色差间; 电泳打磨及精修线不满足戴姆勒工艺要求		新建密封胶Audit工位; 新建戴姆勒标准色差间; 改造现有电泳打磨线和精修线
LASD/密封胶	车身胶全部为手工涂胶; 无LASD机器人; 车底胶不满足戴姆勒工艺要求		新建车身胶机器人站; 新建LASD机器人站; 新建车底胶机器人站
面漆	中涂+面漆的传统工艺; 外板为机器人喷涂,内板为人工喷涂; 可生产12个颜色; 采用湿式造渣系统,无循环风; KPR处理系统仅处理清漆排风VOC		改建为IP2免中涂面漆线; 利旧原有喷涂机器人,升级改造造成100%自动化喷漆线; 利旧原有设备并新增,可生产22个颜色; 新建干式造渣系统,采用80%循环风; 改造后色漆+清漆全部排风VOC经过KPR处理
注蜡	北汽原注蜡线不能满足戴姆勒工艺要求		新建戴姆勒标准注蜡线采用100%固体蜡; 新建AFA声学发泡工艺工位
公用动力	车间送风无制冷		利旧原有车间制冷/蒸汽系统; 增加车间送风制冷功能,改善工作环境
输送/电气	不适配戴姆勒车型		利旧原有输送电气系统,集成BBAC生产管理系统; 新建适配戴姆勒标准的滑撬,满足柔性化生需要

根据原有车间工艺布局,制定升级改造区域和方案,如图1所示。

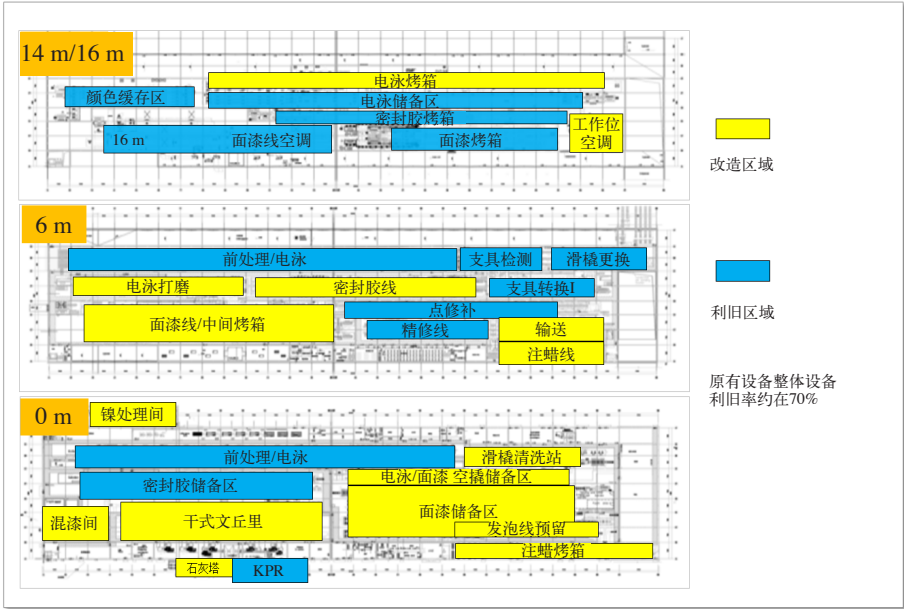


图1 改造与“利旧”区域示意图
Fig. 1 Modification and “Reused” Area Sketch

2 “利旧”方案实施

2.1 前处理/电泳区域

原涂装车间已经采用全旋反向浸渍输送技术即Ro-Dip M系统,从全新理念上彻底解决了预处理、电泳车身输送过程中存在的问题。前处理、电泳采用连续喷、浸结合方式,对由车身车间送来的白车身,进行热水洗(可有效去除车身铁屑)、脱脂、水洗、表调、磷化、水洗、去离子水洗等前处理工序,然后通过电泳装置,进行阴极电泳底漆,超滤(UF)水洗,去离子水洗,最后进入烘干室进行烘干并冷却,实现全部自动化生产。该生产线采用了先进的Ro-Dip输送工艺。提高了产品质量,使车身电泳膜厚均匀、减少车身表面的颗粒、减少了车身的打磨量。减少了槽体的长度、使整条生产线的占地面积减少、降低了运行成本。

RoDip输送系统如图2所示,Ro-Dip M生产线如图3所示。

❖ Ro-Dip前处理/电泳输送系统

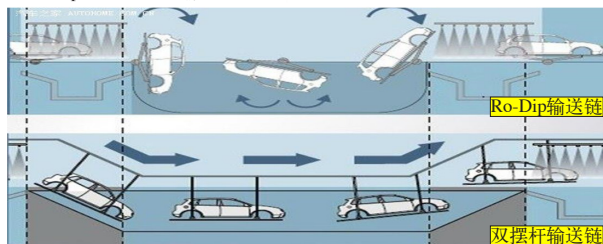


图2 Ro-Dip M系统与双摆杆输送系统对比

Fig. 2 Conveyor System Comparison between Ro-Dip M and Pendulum



图3 Ro-Dip M生产线示意图

Fig. 3 Ro-Dip M Production Line

该生产线已经达到行业领先水平,通过技术评估,计划完全利旧该生产线。仅针对戴姆勒新车型进行必要的更改:车身通过性更改;喷淋系统更改;针对铝件增加氟离子加料系统、板框过滤系统,增加钝化工艺^[1]。磷化后水洗系统增加循环DI水处理装置,可以使该区域用水量节省70%。由10 t/h降至3 t/h。前处理脱脂采用反乳化系统,可以减少脱脂液溢流。

通过此次升级改造,涂装车间废水排放量可由原来1 700 t/d(双班10 h+10 h生产),减少到1 000 t/d(双班10 h+10 h生产),节水40%。

原来的电泳全浸时间仅为3 min,戴姆勒工艺要求4 min。经过分析,把Ro-Dip运行速度整体降速,由7.68 m/min降到5.33 m/min。

2.2 密封胶

密封胶包括车身密封胶、车身底部密封胶及电泳打磨、擦净、清洁等工序。原车间生产线主要是手工作业区,自动化程度较低约为40%。

本次技术改造,利旧车底胶机器人、工作台和钢结构,难点是在不改变车间工艺布局的情况下,在有限的长度下,把1条密封胶线设计成平行的2条生产线(见图4、图5)。利旧14台车底胶机器人站;新建车身胶机器人站、LASD液体防声胶机器人站;新建车身胶手工刷胶工作台、车底胶手工刷胶工作台;改造密封胶和LASD材料供应系统;新建密封胶Audit工作台;改造原来的中涂烤箱作为密封胶烤箱。改造完全落实戴姆勒工艺要求,增加了16台机器人,总计30台,自动化率达到90%。改造后,本项目所应用密封胶长度及功能更多,车身防腐能力更强(见图6)。

2.3 采用IP2面漆涂装工艺

原车间面漆线为机器人+手工喷涂方式生产线。先在喷漆室入口室内,完成人工擦净车身,采用鸵鸟毛自动擦净机和离子化空气清洁车身;进入底色漆喷漆室,手工喷涂车身内表面(见图7),机器人喷涂车身外表面;此后进入闪干烤箱(热风吹、冷却);再进入



图4 密封胶线布局图

Fig. 4 PVC Line Layout

罩光清漆喷漆室,手工喷涂车身内表面,机器人喷涂车身外表面;然后进入清漆流平区,最后在进入面漆

烤箱烘干、冷却。喷漆室为湿式文丘里漆雾处理,有循环水槽、絮凝剂加料系统及除渣系统,并设置进一步



图5 密封胶线改造后示意图

Fig. 5 PVC Line after Modification

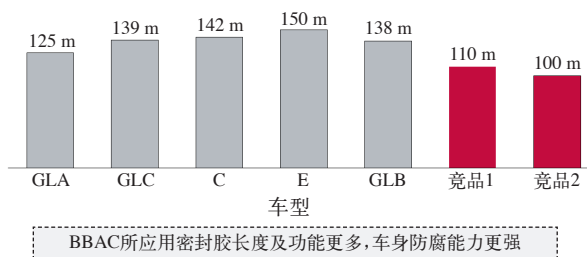


图6 密封胶长度对比

Fig. 6 PVC Length Comparison

去除漆渣中水分的装置。

将原来车间的面漆区域重新规划, 取消中涂喷漆线。新建全自动喷涂线(见图8), 新建色漆、清漆喷漆室; 新建中间闪干烤箱; 新建色漆喷涂机器人内板站, 利旧色漆外板喷涂机器人; 新建清漆机器人内板喷涂站, 利旧清漆外板喷涂机器人; 涂料供应系统利旧原有的颜色系统, 新建全自动机器人喷涂线, 采用IP2免中涂工艺(见图9), 新建色漆1、色漆2、清漆喷漆机器人站; 新建22个颜色供应系统, 满足戴姆勒多平台车

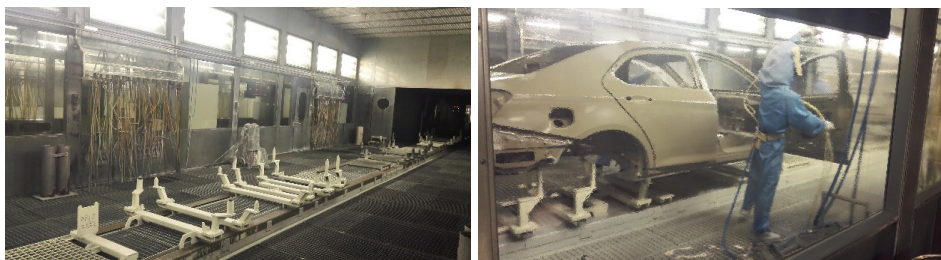


图7 手工喷涂线示意图

Fig. 7 Manual Painting Line Sketch

型的颜色需求。利旧其中原有的40台机器人, 新增加20台。共计60台机器人, 实现100%自动化率。改造后, 车身内板、外板喷漆(色漆、清漆)100%采用了机器人

喷涂, 可以提高喷涂质量、节省涂料和降低能源损耗, 与手工喷涂比较, 涂料消耗节省30%。



图8 全机器人自动喷涂线示意图

Fig. 8 Full Robot Painting Line Sketch

喷漆室的设计方向是: 简化涂装工序、减少设备投资、减少占地面积、提高生产效率、降低能源消耗、减少人员费用等。

其中, 中涂是一个非常重要的涂层, 它不仅要有防石击性能, 还要对电泳表面有良好的填充作用, 同

时还要有一定的耐候性和紫外线隔绝性能来保护电泳涂料。中涂层中的颜料可防止紫外线辐射对电泳涂层的破坏, 取消中涂漆后, 紫外线辐射会使传统电泳涂膜产生氧化分解和粉化, 从而造成电泳与面漆层之间的层间附着力降低, 导致面漆剥离。因此, 取消中涂

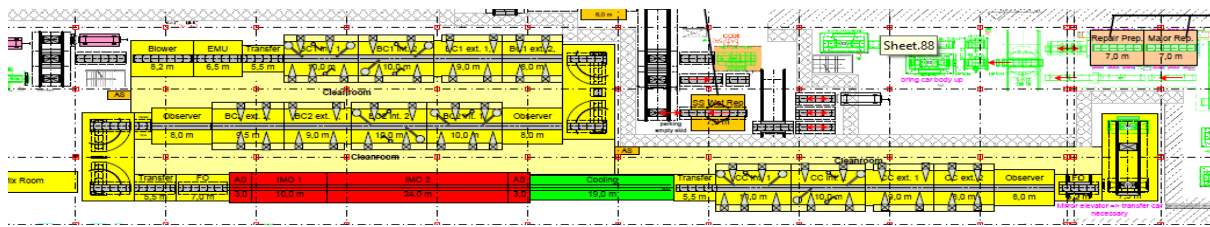


图9 IP2免中涂工艺面漆线布局图
Fig. 9 IP2 Primerless Topcoat Line Layout

后,需要对色漆配方进行改进,在特殊设计的水性色漆中,实现了原有中涂层的阻挡紫外线穿透效果,增加涂膜抗石击性能和附着力的功能。

两种工艺对比如图10所示,涂层厚度对比如图11所示,消耗对比如表2所示。

中涂水性涂料涂装工艺



IP2水性涂料涂装工艺



图10 IP2工艺与中涂工艺对比图
Fig. 10 The Process Comparison between IP2 Process and Primer

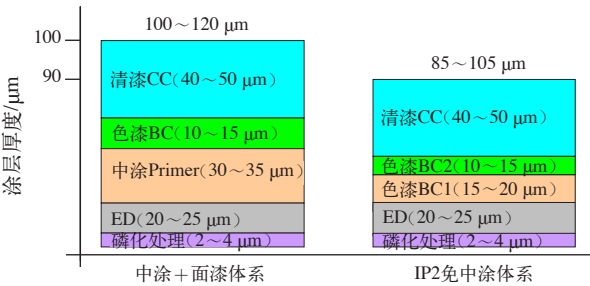


图11 IP2工艺水性涂料与传统水性涂料涂层厚度对比
Fig. 11 The Film Build Comparison between IP2 Process and Traditional Process Waterborne Coatings

表2 IP2工艺水性涂料与传统水性涂料消耗对比
Table 2 The Material Consumption Comparison between IP2 Process and Traditional Process Waterborne Coatings

涂层	材料	m(水性涂料)/kg	
		常规工艺	IP2工艺
中涂	中涂漆	2.8	0
	稀释剂	0.4	0
色漆	底色漆	4.0	3.5
	稀释剂	0.4	0.4
清漆	清漆	2.2	2.2
	稀释剂	0.2	0.2
	固化剂	0.8	0.8
总计		10.8	7.1

由于取消了中涂,对于板材和电泳缺陷的遮盖力相对较弱,而且对于整个涂层的丰满度有一定的影响。因此实施上述工艺技术的前提条件是必须提高白车身的表面质量,减少板材打磨;优化电泳质量,减少电泳表面缺陷,改善电泳涂料的流平性;调整色漆和清漆的施工技术,优化涂膜外观和流平性。

2.4 节能环保要求

汽车制造业涂装车间为了应对日益严格的环保法规,特别是如何降低VOC大气污染物、降低污水排放,都是传统的涂装车间无法回避的问题。笔者长期从事涂装车间设备规划工作,从规划开始就要把环保要求落到实处,特别是北京发布的DB11/ 501—2017《大气污染物综合排放标准》和DB11/ 1227—2015《汽车整车制造业(涂装工序)大气污染物排放标准》,对VOC排放提出更为严格的要求。

2.4.1 干式喷漆室

对于过喷漆雾处理系统,改造原有的湿式文丘里,新建干式喷漆室采用石灰粉作为吸收介质。其优点为:节水,就湿式喷漆室而言此方式可节水100%;节能,80%以上空气循环使用,按汽车整个涂装过程可节能30%;同时不需要考虑风管腐蚀,没有细菌污染;环保,没有污水排放、减少了漆渣的产生和处理。对于面漆线送风空调,把机器人喷涂区的原有新风空调技术升级改造成为循环风空调,可以节省冷却和制

热的能耗。^[2-3]

改造设计目标就是减少喷漆车间的能源消耗。表3是采用传统技术的喷漆车间能源消耗分布。

表3 采用传统技术的喷漆车间能源消耗分布

Table 3 Energy Consumption Distribution of the Paint Shop Adopting Traditional Technology

工艺	前处理/电泳	建筑	烤箱	喷漆室
能耗/%	11	8	23	58

由表3可以看出,喷漆室的能耗所占比例很大,这主要是送风系统(见图12)温度及湿度调节的能源消耗。采用干式喷漆室,与湿式喷漆室相比,可以显著降低喷漆室能耗^[2-3]。

(1)能耗降低60%,不需要消耗水资源。

(2)采用石灰颗粒来实现漆雾收集,石灰是一种常见的自然材料。不用添加任何化学漆雾凝聚剂,没有造渣系统、造渣水池及相应加料装置。产生的固体

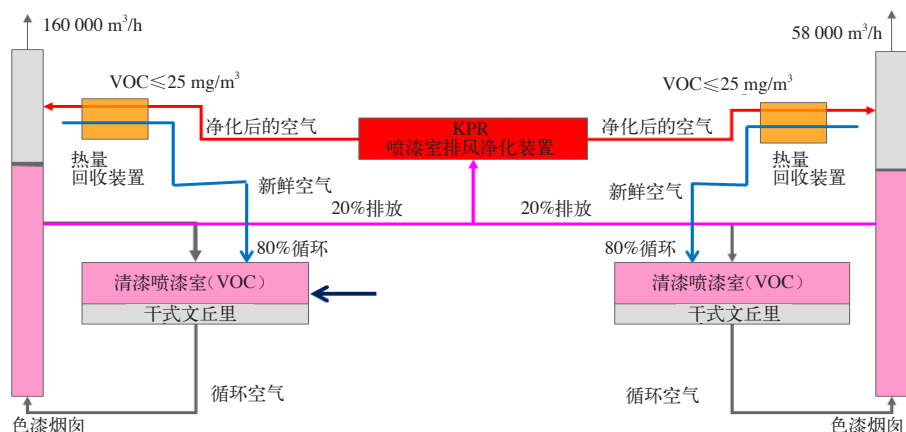


图12 干式喷漆室的送排风示意图

Fig. 12 Dry Scrubber Air Supply and Exhaust Flow Chart

废料可以循环利用,与水泥制造工业联合,实现真正无固废产生。

(3)通过干式文丘里净化后的喷漆室排风中不含涂料粒子。适用溶剂型或水性等各种类型涂料,实现

更小的新风送、排风量(循环风量在80%),可以减少送风空调系统容量^[2-3]。

干式喷漆室与传统湿式喷漆室剖面结构对比如图13所示,干式漆雾收集装置如图14所示。

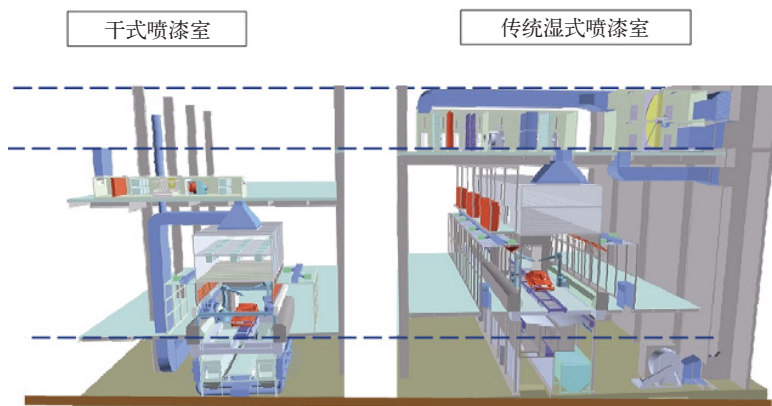


图13 干式喷漆室与传统湿式喷漆室剖面结构对比

Fig. 13 The Cross-section Comparison between Dry Scrubber and Traditional Wet Scrubber

2.4.2 喷漆室排放空气净化装置

生态环境部、发改委等部门联合发出关于大气污染防治计划方面的文件,全国逐步消除重污染天气,各地也纷纷出台新的更加严格的VOC排放地区标准,空气质量得到了全面改善。所以,喷漆室废气也将作为工业有机挥发物综合治理重中之重。北京市颁布的地方标准DB11/ 501—2017《大气污染物综合排放标

准》,规定了VOC排放浓度控制指标,即控制非甲烷总烃的排放浓度 $\leq 25 \text{ mg/m}^3$ 。此次项目改造中在规划阶段考虑增加喷漆室排放空气的净化装置,见图15。

喷漆室有机废气的80%是在喷漆室和流平室中排放的,这部分废气目前采用的是从50 m的烟囱高空直接排放。因为喷漆室的废气量约在 $100 \text{ m}^3/\text{h}$,并且浓度较低,在 $25 \sim 70 \text{ mg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$,对于低浓度大风量的

▼ 干式喷漆室

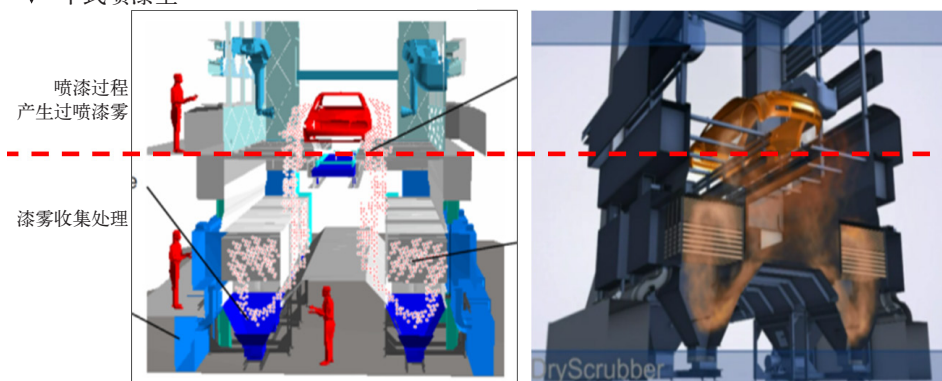


图14 干式漆雾收集装置示意图

Fig. 14 The Schematic of Dry Over Spray Paint Collection System

▼ 喷漆室VOC废气处理装置

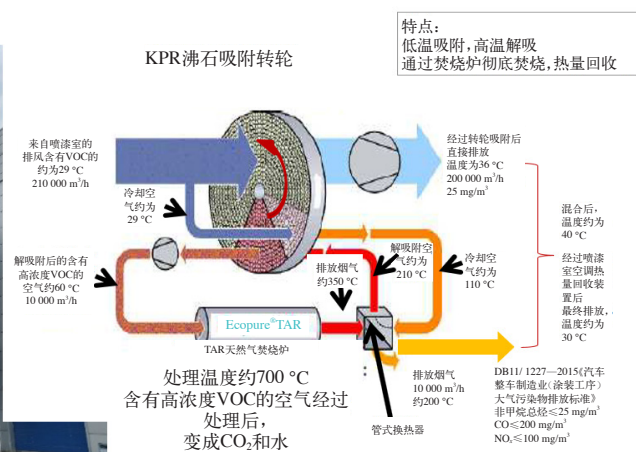


图15 排放空气净化装置流程示意图

Fig. 15 The Schematic of Exhaust Air Purification

VOC造成的空气污染,如果采用直接燃烧处理方法进行处理时,不仅需要庞大的设备支持,而且还有运行成本过高的问题,难以处理。

此次改造的难点在于,顺义涂装车间面漆喷漆室所产生的废气量约为 $100\text{万m}^3/\text{h}$,对于此类气体量大、浓度低的有机废气,直接使用沸石转轮吸附焚烧技术,需要安装设备规模太大,且焚烧废气能耗太高。在本项目采用干式喷漆室、80%循环风技术,把喷漆室排风经过干式文丘里的石灰粉流化床,分离处理过喷漆雾中的涂料粒子与含有VOC的空气,把排风量降至20%,再采用沸石转轮吸附浓缩技术,将 $20\text{万m}^3/\text{h}$ 有机废气中的有机物浓缩至 $1\text{万m}^3/\text{h}$ (20:1的浓缩比),极大地缩小了设备规模和能源消耗,使生产环节具备了把喷漆室百万立方米级别的废气,进行浓缩处理的能力。^[4-5]

浓缩后的含有较高VOC浓度废气再送入直燃式

废气焚烧炉(TAR)中进行高温氧化分解,汇总成高约50 m的大烟囱分开高空达标排放。综合废气处理效率可达98%的高标准,满足DB11/ 501—2017《大气污染物综合排放标准》要求。

2.4.3 喷漆前处理节水及含镍污水处理

原北分涂装车间,前处理磷化后水洗为直接采用新鲜水喷淋工艺,排水直接排放到工厂污水站进行处理。

本次改造,针对节水及重金属污水进行工艺改造。新建循环DI离子交换树脂系统,前处理磷化后的纯水洗产生的废水,通过循环DI水系统净化后再利用,循环率为70%,供磷化后水洗工位使用。主要由原水槽、多层过滤器、阳离子树脂交换器、阴离子树脂交换器、去离子水槽、紫外杀菌器、颗粒过滤器以及酸碱再生加料系统组成。

新建循环DI系统(见图16),对前处理磷化后的纯水洗产生的废水进行净化再利用,循环率为70%。

▼ 前处理磷化后水洗循环DI水系统

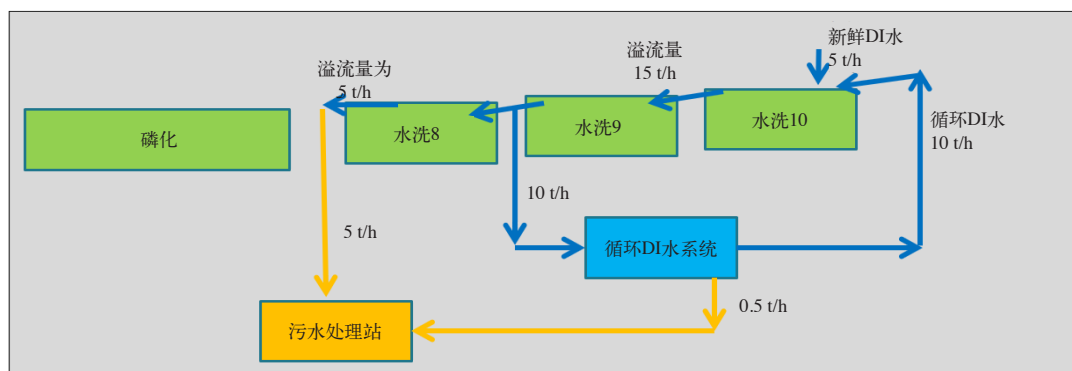


图16 循环DI水系统流程示意图

Fig. 16 The Schematic of Recycle DI Water System

新建含镍污水处理系统(见图17),磷化废水含重金属污染物需要和车间内其他废水分开处理,单独排放。主要由原水槽、化沉淀槽、板框压滤机、离子交换柱、终检查池、化学品加料装置等组成(见图18)。处理能力设计值为 $8 \text{ m}^3/\text{h}$,该线有两个批次处理槽交替使用,以达到整条线处理污水的连续性。最终检查排放槽装有线监控仪器(重金属、pH值、浊度)实时监控,

若检测不合格则将返回重新处理。达标污水排放到工厂的中心污水处理站。新建含镍污水处理系统,磷化废水含重金属污染物需要和车间内其他废水分开处理,单独排放。相较于传统水处理工艺,增加了离子交换柱,实现镍处理低于 0.05 mg/L 的排放指标。最终检查用在线监控仪器(重金属、pH值、浊度)进行实时监控,若检测不合格则将返回重新处理。

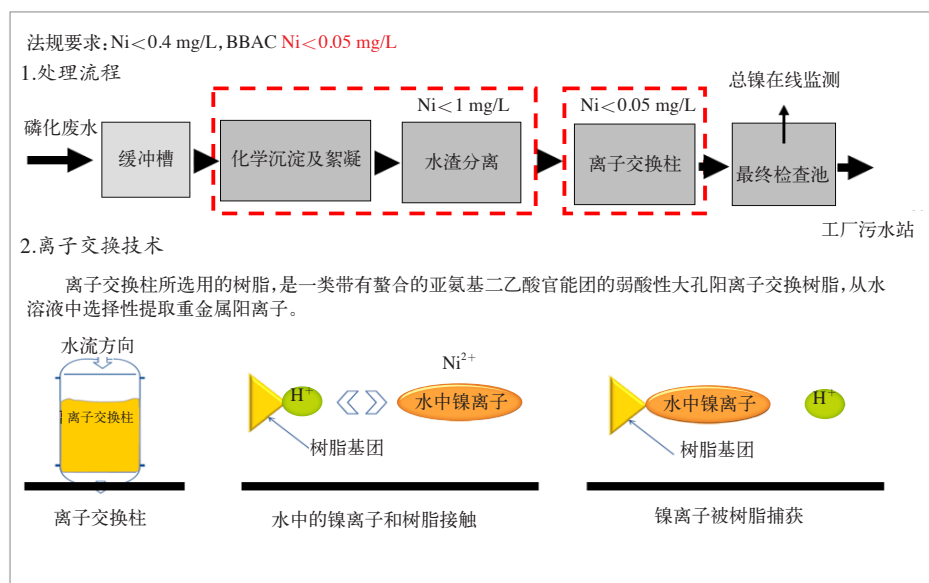


图17 含镍污水处理示意图

Fig. 17 Nickel Wastewater Treatment Schematic

3 实施效果

“绿色”规划与原有车间设备“利旧”设备的实践,在投资与环保方面达到了较为理想的平衡点。北京奔驰顺义工厂涂装车间,在原北分涂装车间基础上规划升级,从源头上降低能源需求,推动减少大气污染物排放。该项目采用最新的DryScrubber干式喷漆室技术,改造原来的湿式文丘里系统,仅此一项投资超过

5 000万元。为北京地区汽车厂新建项目均采用干式喷漆室技术的整车工厂。本项目改造完成,实施后效果如下所示。

3.1 节省投资与“利旧”设备的平衡

3.1.1 投资节省

北京奔驰顺义工厂涂装车间在基于最大化利旧原有设备的规划理念下,最终实现了75%的原有设备



图18 含镍污水处理站样式

Fig. 18 The Nickel Wastewater Treatment Station

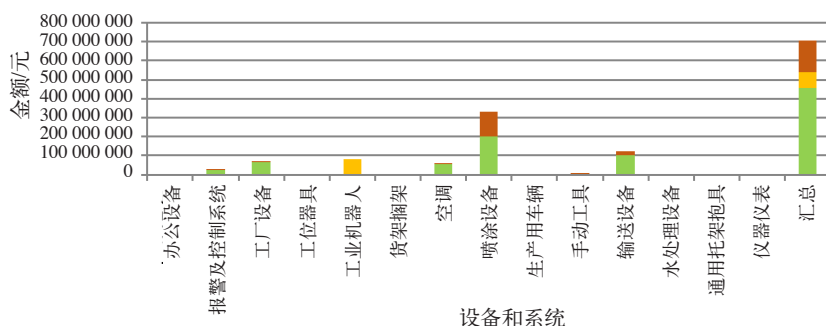


图19 设备“利旧”情况汇总

Fig. 19 The Summary of “Reused” Equipment

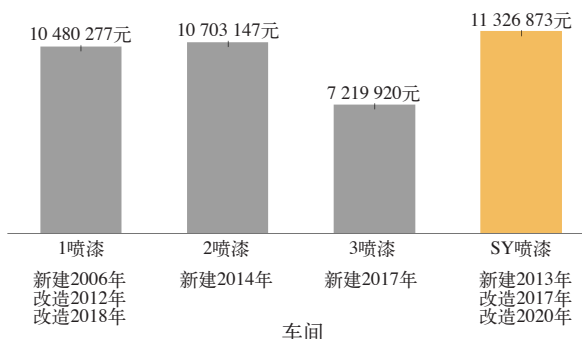


图20 4个喷漆车间维修备件的消耗情况比较

Fig. 20 The Spare Parts Consumption of 4 Paint Shops

通过对比MRA2喷漆车间在2015年爬坡时的数据(见图21),与顺义2020年爬坡阶段做比较。通过比较可知,在共计4个月的时间理,总的停机时间顺义的比MRA2的要低,主要是由于大部分输送设备利旧,有比较好的设备成熟度,输送设备总体停机时间少;但机器人的停机时间要比MRA2多,也间接表明了“利旧”机器人产生了较多的停机。通过这次项目,吸取了关于机器人“利旧”的经验教训,对于停产时间较长的生产线,机器人在利旧过程中需要充分考虑驱动电机和驱动器的工作寿命,特别是易损件,要在项目阶段进行更新替换,从而实现延长利旧机器人的工作寿命。

利旧率(见图19)。相比较新建全新车间设备投资约8亿元,本利旧项目可以节省设备投资约40%,实际投资额约为4.8亿元,完成了预期的改造。车间的自动化水平由原来的40%,提升到80%;同时,项目完全达成了北京地区的环保要求。

3.1.2 “利旧”设备的运行情况

项目实现了在节省投资和“利旧”设备之间的平衡。对比北京奔驰4个涂装车间2021年维修备件消耗情况,可以有力地说明在充分“利旧”规划的升级改造中可达到最大平衡。在实现75%的“利旧”设备基础上,改造车间基本上与2个建成时间相近的车间的维修消耗在一个水平上(见图20)。

总体来说,改造后的设备停机状况,在爬坡阶段与MRA2新建车间接近,处在同一水平线,证明了利旧方案整体比较可靠。

3.2 “绿色”规划的实施效果

3.2.1 IP2面漆节省材料消耗

IP2面漆工艺减少中涂层,相应节省化学品的消耗量。对比中涂/色漆/清漆3种材料的消耗量,如图22所示。

采用IP2面漆工艺喷涂工艺,相较于中涂体系可节省涂料20%。

喷漆全自动喷涂机器人系统改造成采用IP2面漆工艺全自动机器人喷涂线,新建色漆1、色漆2、清漆喷漆机器人站;新建22个颜色供应系统,满足戴姆勒多平台车型的颜色需求。共计60台机器人,实现100%自动化率。全自动喷涂节省涂料532 t/a,见表4。

3.2.2 干式喷漆室节省危废处理成本(见表5)

湿式造渣系统:废渣:3 kg/车,按年产20万台,产渣量为600 t,危废处理费用4 500元/t,年处理费用270万元。化学品:17.64元/车,按年产20万台,化学品费用为350万元。

干式造渣系统:废石灰:10 kg/车,按年产20万台,每年约为2 000 t,废石灰处理费520元/t,年处理费用为

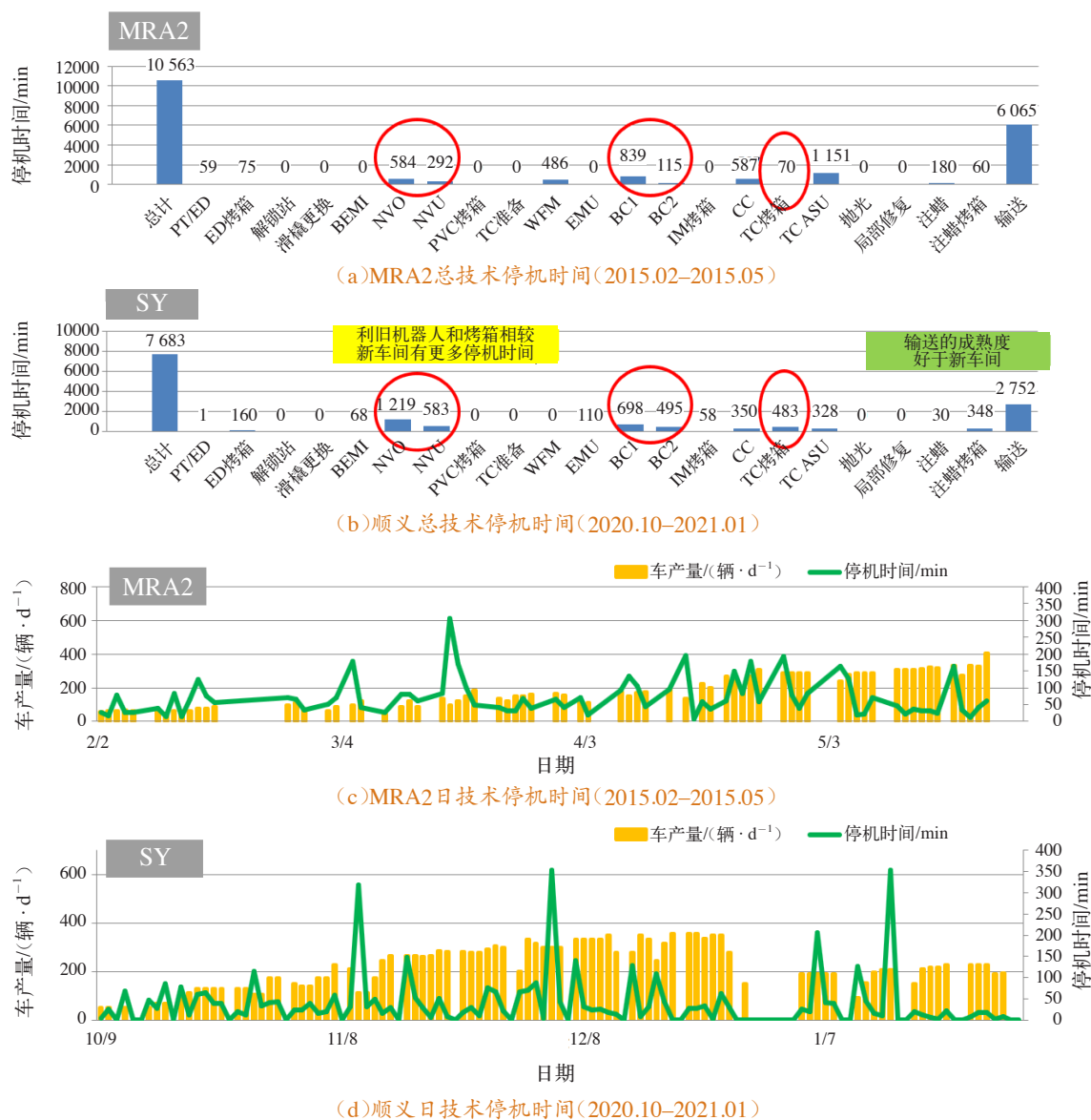


图21 MRA2全新车间与顺义利旧车间爬坡阶段停机时间比较

Fig. 21 The Ramp-up Downtime Comparison between MRA2 New Paint Shop and Shunyi Reused Paint Shop

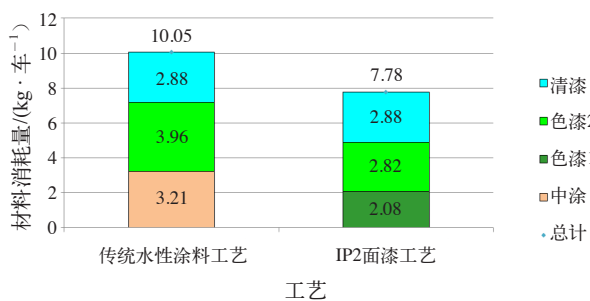


图22 IP2与中涂体系涂料材料节省对比

Fig. 22 The Material Saving Comparison between IP2 and Primer Process

104万元。新石灰:10 kg/车,按年产20万台,每年约为2 000 t,新石灰费用为400元/t,年费用为80万元。

新建干式文丘里漆雾处理系统,采用石灰粉作为

吸收介质,此方式可节水100%。改造循环风空调和喷漆室,采用80%循环风设计。共计6台空调,约120万 m^3/h 的风量。相较全新风模式喷漆室,改造系统节省用电:6 372 860度/a,节省用气:6 517 844 m^3/a 。

湿式造渣系统用水量:水槽总体积270 m^3 ,每天补水量约5%,合13 t/d,250个工作日,用水量为3 250 t。每3个月排槽1次,1年4次,补水量为270 t $\times$ 4=1 080 t;年用水量约为:4 300 t。干式造渣系统:无需用水,年用水量预计节约4 300 t。

3.2.3 喷漆室VOC治理

改造VOC处理系统,色漆+清漆的全部废气经过KPR处理,实现排放浓度(见表6)低于北京地方标准DB11/ 501—2017的25 mg/m^3 要求。在全天生产情况,VOC完全达标,远低于法规要求(见图23)。

表4 手工喷涂和自动喷涂工艺涂料消耗量比较

Table 4 The Material Consumption Comparison between Manual and Automatic Painting

种类	手工内板+机器人外板喷涂 (单车用量)/(kg·车 ⁻¹)	内、外板全自动喷涂(单车用量)/ (kg·车 ⁻¹)	产量/(台·a ⁻¹)	节省涂料/(kg·a ⁻¹)
色漆	7.35	5.22	200 000	426 000
清漆	2.52	1.99	200 000	106 000
合计	9.87	7.21		532 000

表5 湿式喷漆室和干式喷漆室运行成本量比较

Table 5 The Running Cost Comparison between Wet Scrubber and Dry Scrubber

类型	化学品费用/ 万元	废渣处理费/ 万元	合计/ 万元
湿式喷漆室	350	270	620
干式喷漆室	80	104	184

表6 VOC处理效率

Table 6 VOC Treatment Efficiency

项目	VOC去除情况
进口VOC浓度/(mg·m ⁻³)	200
出口VOC浓度/(mg·m ⁻³)	1.3
VOC去除率/%	99.35
进口VOC浓度/(mg·m ⁻³)	650
出口VOC浓度/(mg·m ⁻³)	1.34
VOC去除率/%	99.79

数据来源:2022年4月检测报告。

3.2.4 喷漆前处理节水及含镍污水处理系统

新建循环DI系统,前处理磷化后的纯水洗用废水,通过循环DI系统再净化再利用,循环率为70%,

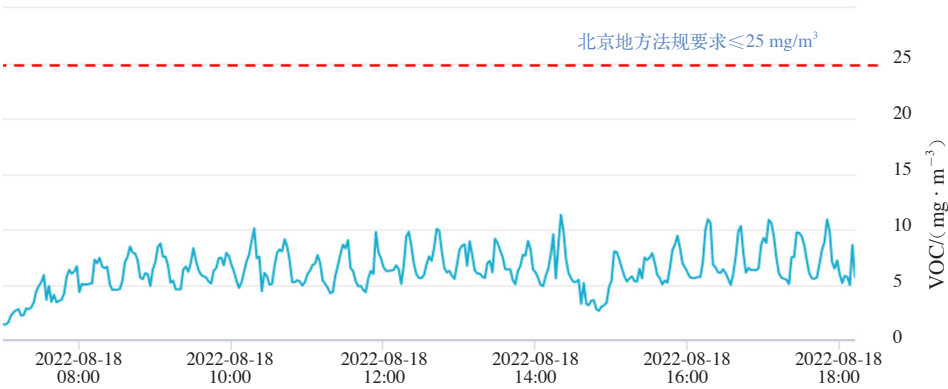


图23 VOC处理效果

Fig. 23 VOC Treatment Result

供磷化后水洗工位使用。磷化后水洗采用循环DI水系统,废水利用率67%,每小时约节水10 t。按双班生产,每班8 h,每年工作日250 d,节水约4万t/a。新建含镍污水处理系统,磷化废水含重金属污染物需要和车间内

其他废水分开处理,单独排放;处理能力设计值为每小时8 m³,减少重金属排放7.2 kg/a。含镍污水处理站镍离子排放浓度情况如图24所示,镍年度减排量如表7所示。

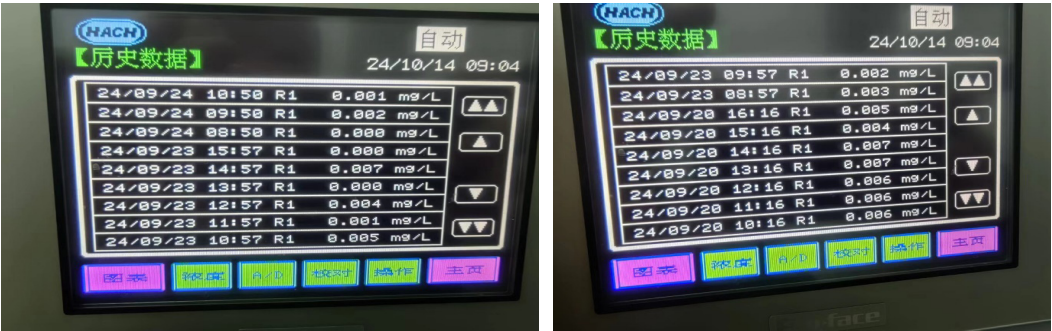


图24 含镍污水处理站镍离子排放浓度

Fig. 24 Nickel Wastewater Treatment Station Nickel Ion Concentration

(下转第34页)

防滑涂料在汽车运输船的施工应用

黄汉金, 王 鹏, 赵红旭, 李淑君
(广船国际有限公司, 广州 511466)

摘要: 简述了汽车运输船防滑措施, 常用防滑涂料的技术工艺要求、选择、涂料配套、施工工艺、设计过程中防滑涂料布置要求。根据多型产品船的实际应用经验, 提出一些现场施工流程的处理办法, 对防滑涂料的应用给出建议。

关键词: 防滑涂料; 汽车运输船; 选择; 布置; 施工应用

中图分类号: TQ630.7⁺9

文献标识码: B

文章编号: 1006-2556(2024)12-0024-06

DOI: 10.13531/j.cnki.china.coatings.2024.12.003

The Application of Anti-slip Coatings in PCTC

HUANG Han-jing, WANG Peng, ZHAO Hong-xu, LI Shu-jun
(Guangzhou Shipyard International Co., Ltd., Guangzhou 511466, Guangdong, China)

Abstract: This paper provides a brief overview of anti-slip measures for Pure Car and Truck Carrier (PCTC), including the technical requirements, selection, coatings system, application processes for commonly used anti-slip coatings. It also outlines the design considerations for arrangement of anti-slip coatings. Based on practical experience from multiple products ships, the paper proposes several on-site construction process solutions and offers recommendation for the application of anti-slip coatings.

Key words: anti-slip coatings, PCTC, selection, arrangement, construction application

0 前言

汽车运输船主要是用于运输小型轿车、兼顾大型车辆而专门设计的船舶, 各种车辆能够通过船舶上的艏跳、侧跳、各层车库坡道, 迅速上、下到达船舶各层车库甲板。为了能够保证车辆上下船的安全, 船舶艏

跳、侧跳、各层坡道及转弯部位均需采取相应的防滑措施, 这种防滑措施在船舶各种装载条件下(干态、湿态和油态)下均具有良好的防滑功能, 同时还应具备海洋腐蚀环境下优异的防锈防腐性能。随着中国车企全方位出海, 汽车运输船的防滑涂料逐渐成为船东的

收稿日期: 2024-11-02

作者简介: 黄汉金(1981-), 男(汉族), 广东梅州人。高级工程师, 硕士研究生, 主要从事涂装防腐研究与设计。

关注要点。本文结合广船国际已交付及在建汽车运输船的防滑情况,对汽车运输船的防滑措施选择、布置、施工工艺与应用进行了研究和探索,探讨防滑涂料选择时应考虑的因素及应用过程中的注意要点,为产品船的防滑涂料选型及应用给出建议供参考。

1 防滑措施

广船国际已交付及在建的各型汽车运输船中,参考中国船舶集团标准Q/CSSC ZM141—2022^[1],现阶段采取的防滑技术路线,主要通过防滑方钢或者防滑涂料两种方式实现。

防滑方钢因焊接工作量大,同时长时间使用后因方钢边缘磨损现象致使防滑效果变差,特别是当表面

有油、水、冰等情况下,会导致车辆起步困难、侧滑等问题,在长期汽车碾压下防滑方钢可能出现焊缝开裂,使方钢边缘翘起,甚至方钢脱落风险。防滑涂料通常含有防滑粒料,能够防止车辆滑动或移位,保护车辆和船员的安全。防滑方钢+防滑涂料相结合的防滑措施,可保证防滑措施的耐用性,有效降低防滑涂料开裂、块状剥落风险,但成本最高,也相应增加船厂的施工难度与周期。如果没有特殊情况,不建议推荐防滑方钢+防滑涂料方案。

防滑涂料的摩擦系数高,能有效解决上述问题,且车辆行走舒适度最高,司机的驾驶体验感更好,对新车轮胎的磨损更小,因此国外的汽车运输船更多倾向于使用防滑涂料。防滑措施具体形式如图1所示。



图1 防滑措施

Fig. 1 Anti-slip Measures

2 防滑涂料选择

在船舶艏跳、侧跳、各层坡道及转弯部位使用防滑涂料,对于防滑涂料的选择,主要考虑以下因素:(1)对摩擦系数的要求:需要有效地防止车辆打滑,避免车辆因滑动导致碰撞损伤。(2)对耐磨性能的要求:艏门及需要装载重型车辆位置,防滑涂料需要确保经过一段时间使用后,不会出现严重磨损,影响防滑效果。(3)对耐候性要求:因艏跳、侧跳长期暴露于海洋大气环境中,涂层应具有良好的附着力和密封性能,减缓海水和盐雾渗透,还应能耐紫外线的照射。(4)耐磨性要求:防滑涂料经一段时间应用后,涂层厚度或防滑粒料保持一定范围,继续起到防滑潮湿,保障车辆正常上下。此外,防滑涂料还应具有耐油性、耐化学介质、装饰性等。

常用的防滑涂料可分为环氧防滑涂料、聚氨酯防滑涂料、醇酸防滑涂料、氯化防滑涂料等^[3],船舶上常用的防滑涂料有环氧防滑涂料、聚氨酯防滑涂料^[4],环氧防滑涂料耐磨性较好,聚氨酯耐防滑涂料的耐紫外线效果较佳。

相关的摩擦系数、附着力、抗冲击性能、防滑性能、耐磨损性能等指标参考技术规格书要求及防滑涂料供应厂家产品说明书或测试报告,防滑涂料的实际

参数不能低于技术规格书或船东明确的参数。技术规格书中部分甲板载荷要求见表1。

表1 汽车运输船部分甲板载荷要求

Table 1 Partial Deck Load Requirements for PCTC

甲板层	轴载荷		均荷载/(t·m ⁻²)
	质量/t	轮数/个	
1甲固定甲板	25	2	2.0
2甲固定甲板	1.8	2	0.3
3甲固定甲板	25	2	2.0
4甲活动甲板	1.8	2	0.3
5甲固定甲板	45	2	3.0
	55	4	
6甲升降甲板	1.8	2	0.3
7甲升降甲板	1.8	2	0.3
8甲固定甲板	25	2	2.0
9甲活动甲板	1.8	2	0.3
10甲固定甲板	1.8	2	0.3
11甲固定甲板	1.8	2	0.3
12甲固定甲板	1.8	2	0.3

防滑涂料的摩擦系数分为干态、湿态、油态3种,其中干态摩擦系数最高、湿态次之、油态最小,检测结

果能满足船东的要求即可^[2]。防滑粒料应具有合适的粗糙度,当涂层有一定磨损后,更多的硬质防滑粒料会露出并保持摩擦性能,防滑粒料在各种状态下(干态、湿态和油态)均具有良好的防滑功能。当然,当涂层表面有水或油等液体介质存在,会明显影响摩擦系数,进而表现为防滑效果的好坏。干态状态下摩擦系数一般应达到0.65及以上,湿态状态下摩擦系数应达到0.55及以上^[5]。在油润滑条件下,防滑涂层与摩擦物体之间两个表面直接接触,易形成一个吸附膜,导致防滑性能明显降低。

防滑涂料应具有一定的承载能力,确保车辆上、下坡道不打滑^[2]。此外,应关注防滑涂层的耐磨损性能,包括初期磨损的磨料损失和磨损稳定阶段的黏着磨损。初期磨损是涂层表面局部凸起部分和磨件之间发生了接触磨损,磨损稳定阶段是面接触磨损。

2.1 防滑涂料选择

广船国际使用的进口防滑涂料品牌,包括Bimagrip、Safegrip、DMS、Herculan Flexdeq等,也采用类似于佐敦超强环氧耐磨防滑涂料产品。一般推荐艏跳、侧跳及重载车辆区域使用3~5 mm的防滑粒料,室内坡道及其转弯部位使用1~3 mm的防滑粒料。室外推荐使用聚氨酯防滑涂料,以提高其耐候性。

防滑粒料大小由防滑涂料厂家根据车辆装载条

件及轮胎大小、轮印载荷进行推荐。不同船型的装载条件有可能不一样,应根据船舶实际装载条件进行选择。一般按轻型、重型、超重型或者室内、室外进行划分。故对于艏跳、艏门的防滑涂料包括重型、超重型的坡道在选择时要根据厂家的产品说明书进行充分考虑。重点考虑防滑功能以及相关要求,施工便利性及综合成本也应统筹考虑。

不同厂家对于表面处理的要求也有所不同,大多要求采取喷砂的方式进行表面处理,个别位置如果喷砂存在困难,也可以采取打磨的表面处理方式,但对于打磨表面粗糙度有一定要求。多数厂家要求使用其配套的底漆和防滑树脂,也有个别厂家可以接受分阶段施涂其他品牌同类型底漆,后期复涂防滑涂料厂家底漆。

表2中,工艺1、2防滑涂料产品在施涂完工后的防滑粒料清砂结果对于产品船交付后的防滑粒料脱落起关键影响因素,因此在协议签署及施工过程中需严格按厂家的清砂工艺进行清砂操作。部分厂家可通过加涂一道防滑树脂或面漆来减少或改善产品船防滑粒料脱落情况。表2的单位面积理论质量与实船实际质量之间存在一定的误差,在坡道的钢结构载荷分析时,需考虑防滑涂料的质量因素、防滑涂层厚度及层高控制。

表2 不同防滑涂料施工工艺对比

Table 2 Comparison of Construction Techniques for Different Anti-skid Coatings

施工工艺	工艺1	工艺2	工艺3	工艺4
施工阶段	区域喷砂,整体施涂防滑涂料	分段喷砂,涂船厂底漆,区域打磨/拉磨后,施涂厂家底漆,整体施涂防滑涂料	分段喷涂,涂厂家配套底漆,区域打磨拉磨后,修补厂家底漆,整体施涂防滑涂料	区域喷砂,整体施涂防滑涂料
推荐涂料配套体系	底漆、防滑树脂、防滑粒料(重载车3~5 mm,轻型车1~3 mm)	底漆、防滑树脂、防滑粒料(重载车3~5 mm,轻型车1~3 mm)	底漆、环氧耐磨防滑涂料(重型车1 500 μm ,轻型车1 000 μm)	底漆、防滑涂层(750~3 000 μm)、罩面面漆
特殊施工工具	锯齿形刮刀	锯齿形刮刀	重力式喷枪	刮刀,专用辊筒
理论质量/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	重型车21 轻型车11	重型车18 轻型车13	重型车9.7 轻型车5.25	4.55

2.2 防滑涂料布置

防滑涂料主要应用于艏跳、侧跳、内部坡道及转弯部位,其中艏跳、侧跳、坡道尺寸及大小基本上是固定的,艏跳上面多布置有人行通道,故防滑涂料物量差异主要集中在车库各层甲板的转弯半径及其转弯区域。

常见的车库转弯区域有以下几种布置。

(1)在坡道上、下两端直接延伸一定尺寸作为转弯区域。车辆上坡与车库甲板接触位有一定的离空,下坡与车库甲板有一定的撞击,该尺寸取决于该层甲

板装载车辆及船东意愿,见图2。

(2)相邻二层车库甲板的坡道之间连接部位,见图3。

(3)车库甲板左右两舷转弯,见图4。

(4)内部坡道仅施涂车辆轮印部位,其他部位按车库甲板配套,见图5。

防滑涂料布置需要结合考虑装载条件因素,故艏跳、艏跳、室内各层坡道的防滑涂料布置是不一样的。其坡道可以采取全部施涂防滑涂料,也可以参考装载车型不同选用不同的轮胎宽度来施涂防滑涂料。不同

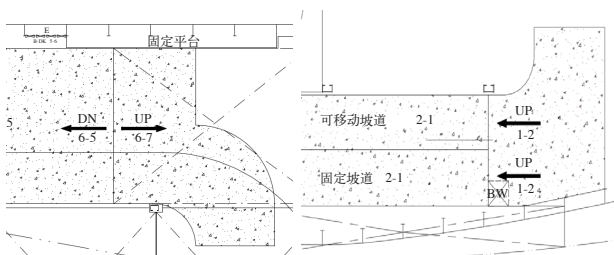


图2 车库甲板转弯位置
Fig. 2 Cargo Deck Turning Areas

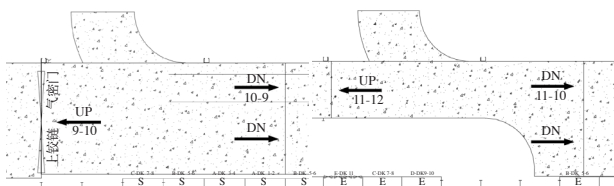


图3 车库甲板连续坡道及转弯
Fig. 3 Cargo Deck Continuous Ramp and Turn

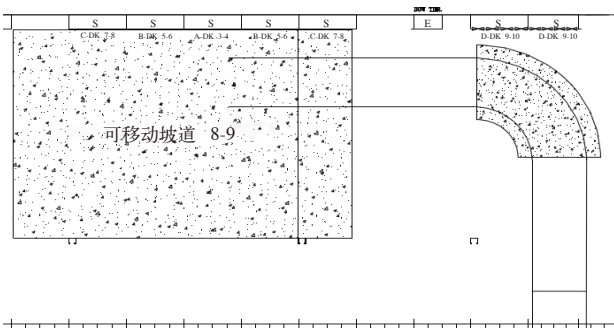


图4 车库甲板左右两舷
Fig. 4 Cargo Deck on Both Sides

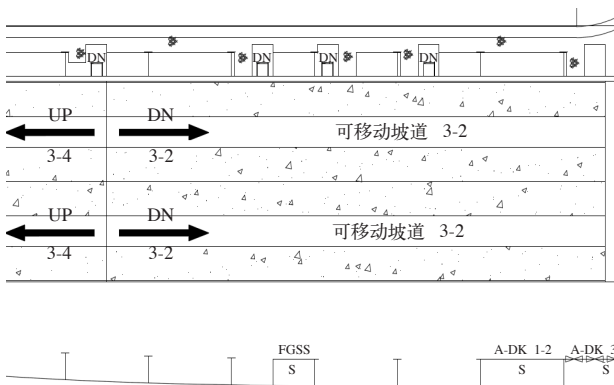


图5 坡道轮印宽
Fig. 5 Ramp Tire Width

的布置方式,整船的防滑涂料面积差异较大,在规格书谈判、详细设计阶段应结合船东的意愿,合理进行调整,在满足装载要求的基础上,尽可能地减少防滑涂料的应用范围。

由于部分区域位置车辆不会行驶或停靠在上面,可以不施涂防滑涂料,从而减少相应的成本与周期。因此对于以下部位不建议施涂防滑涂料,如:强肋板结构之间,钢结构200 mm范围之内,舾装设备100 mm范围内,跳板转角或延伸边缘50 mm范围内,车辆不能行走等区域。

2.3 防滑涂料用量

根据与船东确认的防滑涂料布置图准确计算出每一层坡道、转圆等需要施工防滑涂料的面积,乘以厂家推荐的单位面积平均用量后取整套包装作为该区域防滑涂料的用量。部分防滑涂料产品如需进口,应提前与厂家提前沟通,并取一定余量避免施工过程中材料不足。如分别计算某防滑涂料厂家的底漆、防滑树脂、防滑粒料用量预估整体用量。

因每家防滑涂料配方、施工工艺、检验要求有所差异,在技术协议签署及订购时应根据厂家产品在船厂实船上应用实际经验数据进行合理调整,提高预估数据准确性。

3 防滑涂料施工

防滑涂料施工应在满足厂家推荐的涂装环境条件下进行。涂装施工时和涂层干燥前,应避免被粉尘、水等污染。涂装施工和涂料固化期间,应根据现场的实际情况,安排适当的通风。在施工及固化期间避免雨水、油污等损坏涂有防滑涂层系统。

3.1 防滑涂料表面处理

以工艺1产品为例,介绍防滑涂料的施工。

二次表面处理前,应对周围设备、仪器和易损设施等进行保护,以免在除锈过程中被损坏。清除焊缝周围残存的杂物、焊渣和飞溅物及待涂装表面的油污和水等。未得到防滑涂料供应商认可的底漆区域,二次除锈等级达到ISO 8501-1:2017中的Sa2½级,表面处理的底材的粗糙度应达到ISO8503-1/2:1988的中等粗糙度(G)(30~75 μm)。如保护底漆得到防滑涂料供应商认可,可以保留保护底漆,表面处理可按防滑涂料供应商说明书要求打磨/拉毛处理。

二次表面处理后,清除施工区域的水分、铁锈、灰尘、油污等杂质。待施工区域表面处理完成后,应尽快施工防滑涂料,避免雨水、灰尘等杂质再次污染,影响涂层附着力,并及时对埋入式底座、绑扎眼板、绑扎碗等做好相应的保护措施,见图6、图7。

3.2 防滑涂料施工

防滑涂料的施工工艺流程为:表面处理→施涂底漆→施涂防滑树脂→撒防滑粒料→清砂→修补→施涂加固层/面漆(可选方案)。

(1)待施工表面施涂防滑涂料底漆,在复涂间

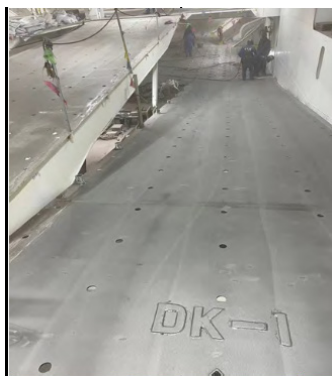


图6 表面处理

Fig. 6 Surface Treatment

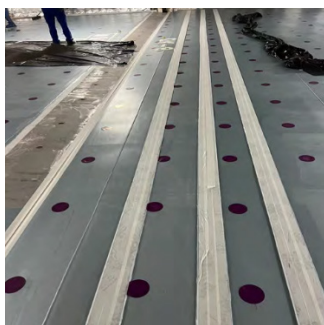


图7 绑扎碗及边缝保护

Fig. 7 Protection of Lash Point and Edge Seams

隔时间内,将混合后的防滑树脂倒在已涂底漆上面,使用锯齿形刮刀均匀铺开防滑树脂,并让其自流平,1~3 mm防滑粒料使用6 mm锯齿,3~5 mm防滑粒料使用8 mm锯齿,见图8、图9。



图8 底漆施工

Fig. 8 Primer Application



图9 防滑树脂施工

Fig. 9 Applying the Anti-slip Resin

(2)均匀撒防滑粒料,直到铺满防滑树脂层,可按厂家推荐使用工装进行压砂。待满足厂家推荐的时间间隔后,取下保护胶带并清洁处理过的区域,见图10、图11。



图10 防滑粒料施工

Fig. 10 Applying the Anti-slip Aggregate



图11 清除保护胶带

Fig. 11 Removing the Protective Tape

(3)清除多余或松散的防滑粒料,检查防滑树脂固化情况。对施涂不合格或漏涂区域(见图12)应按前述工艺进行修补。使用钢丝刷、除锈机、扫地机、吸尘机等机械设备清除松散的防滑粒料(见图13)。使用高压风管或吸尘机仔细清理防滑涂层、坡道与翼板间的缝隙、坡道转动等部位,重复以上步骤,直至清洁干净。如果未能正确清扫、清除松散防滑粒料,在防滑涂层的初始装载和卸载过程中,可能会导致粒料颗粒脱落,在汽车运输船上会产生严重的影响,例如:车辆在湿滑或紧急制动时容易打滑,增加防滑区域的维护成本,影响防滑涂层的使用寿命和美观。特别是对于装载豪华车辆区域,如果有防滑粒料掉落在车辆上,存在业主方的索赔风险。



图12 局部修补区域

Fig. 12 Local Repair Area



图13 清理松散防滑粒料

Fig. 13 Removing Loose Anti-slip Aggregate

(4)可在防滑涂层上加涂一层防滑树脂或厂家认可的聚氨酯/环氧面漆,用以帮助以后的清洁和巩固防滑粒料,见图14。



图14 加涂防滑树脂

Fig. 14 Adding the Anti-slip Resin

(5)在进行上述第(4)点的加固后,待固化完成可进行车辆爬坡试验,见图15。用以检测加涂一层防滑树脂或聚氨酯/环氧面漆后,对防滑涂料的防滑效果及掉砂情况是否有改善作用。经过试验检测,未对防滑效果产生影响,也未检测到有防滑粒料脱落情况。



图15 车辆爬坡测试

Fig. 15 Vehicle Hill Climbing Test

3.3 防滑涂料施工后效果

参考上述选择方案、施工工艺,在艏跳、侧跳、坡道、车库甲板转弯等部位施工后的效果如图16所示。车辆可以安全行驶在上述区域,具有良好的抗滑性

能,可以有效保证车辆上下船舶,提高车辆行驶过程中的安全性。

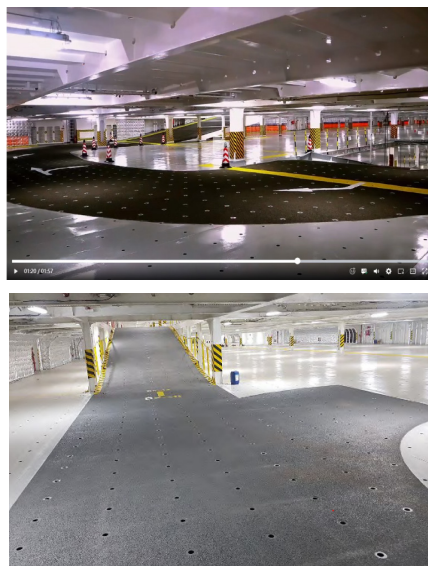


图16 施工后效果

Fig. 16 Completion Effect

4 结 语

防滑涂料在汽车运输船中提高了车辆行驶的安全,也提升了运营效率和经济性。已在广船国际多艘汽车运输船实船上应用,目前已成功涂装并交12艘汽车运输船。通过多艘船的实际施工和研究,探索出了最合理最优的防滑涂料选型、设计、施工工艺,解决了汽车运输船防滑的需求,为造船业此类船舶防滑涂料的应用提供了基础和经验,也为广船国际转换赛道,承接汽车运输船的经营接单创造了有利条件,进而为增强公司的市场竞争力奠定了基础。

参考文献

- [1] 中国船舶集团有限公司.甲板通道、Q/CSSC ZM 141—2022,工作区域防滑选型[S].北京:中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院出版,2022
- [2] 邓琦,王同良,白杨,等.高耐磨甲板防滑涂层的制备及其性能研究[J].中国舰船研究,2020,15(4):82-88
- [3] 陈东,叶志华.防滑涂料在直升机飞行甲板上的应用研究[J].中国涂料,2021,36(8):63-67
- [4] 白杨,邢路阔,李相波,等.海洋环境防滑涂层技术研究进展[J].腐蚀科学与防护技术,2013,25(6):540-542
- [5] 倪海东,冒金华,姜德峰,等.环氧防滑涂料在汽车运输船甲板施工应用[J].中国涂料,2017,32(8):63-68

满足国内需求,服务全球市场 ——中国氧化铁行业市场现状和发展目标

林治华

(中国涂料工业协会氧化铁系颜料分会,北京 100079)

摘要: 概述了当前我国氧化铁行业发展现状,阐述了氧化铁作为颜料的卓越性能。介绍了氧化铁颜料产业链下游行业、区域用户及主要生产商,以及2024年氧化铁颜料市场概况和发展趋势、氧化铁细分市场情况、国内氧化铁生产企业情况,综述了氧化铁颜料产业发展特点,并对未来发展进行了展望。

关键词: 氧化铁;市场现状;细分市场;发展趋势

中图分类号: TQ630.4⁺9; TQ622.1⁺5

文献标识码: C

文章编号: 1006-2556(2024)12-0030-05

DOI: 10.13531/j.cnki.china.coatings.2024.12.004

Meeting the Domestic Demand, Serving the Global Market ——China Iron Oxide Industry's Current Market Situation and Development Goals

LIN Zhi-hua

(Iron Oxide Pigments Branch of CNCIA, Beijing 100079, China)

Abstract: This paper provides an overview of the current development of China iron oxide industry and elaborates the excellent performance of iron oxide as a pigment. It introduces the downstream industries, regional users, and major manufacturers of the iron oxide pigment industry chain as well as an overview and development trends of the iron oxide pigment market in 2024, the situation of the iron oxide market segment, and the situation of domestic iron oxide production enterprises, reviews the characteristics of the iron oxide pigment industry's development, and envisions future development.

Key words: iron oxide, current market situation, market segment, development trend

0 前言

当前时代正处于百年未有之大变局加速演进、世界进入新的动荡变革期,我国发展进入战略机遇和风险挑战并存、不确定难预料因素增多的时期,必须准备经受时代变局的重大考验。内生动力还不强,需求

仍然不足,需求的多寡,直接影响了经济增长和发展。

在全球经济一体化、地区经济合作化的时代,氧化铁作为劳动密集型及低附加值的传统行业,企业发展必须与环境生态相容,与产业发展相符,与地区经济相连,与城市形象相称。经过了多年的成长历程,

收稿日期: 2024-12-10

作者简介: 林治华(1941—),男(汉族),安徽六安人。主要从事氧化铁行业经营情况和市场发展分析。

中国氧化铁产业正处于中国工业化进程快速增长的阶段，已成为世界氧化铁生产大国及最大的消费市场。21世纪氧化铁行业的市场如何发展，发展目标和定位是各个企业最关心的话题。

1 氧化铁行业发展现状

中国氧化铁行业目前处于一个发展阶段，这是由于中国经济的高速度增长，有效地促进了国内外市场对氧化铁产业的需求不断扩大，尤其是国内建材、涂料、橡胶、塑料及其他相关产业的发展和外贸出口的拉动，我国已成为目前世界上较大的氧化铁产品的消费市场，促使了氧化铁产业的迅速发展和提高，2024年的产能为75万t/a，社会生产总量已达65万t/a，国内需求量35万t/a，出口量32万t/a，对世界贡献率50%，已成为全球的氧化铁生产大国，但不是强国。

2 氧化铁颜料具有卓越的颜料通性

2.1 有高度的化学稳定性和物理牢固度

耐碱性：氧化铁对任何浓度的碱类以及其他碱类物质，尤其是建筑上常用的水泥、石灰灰浆等都是非常稳定的，并且对水泥建筑构件不发生粉化作用，亦不影响其强度。

耐酸性：氧化铁对一般弱酸/稀酸类具有一定的抗耐性能，但也能逐渐溶解于强酸中，特别是在加热或较浓情况下。

耐光性：氧化铁在强烈的日光曝晒下色泽不变。

耐热性：氧化铁在一定的温度极限内是稳定的，超过它的温度极限，色泽就开始变化，随着温度的递增，变化的程度也就愈显著，各个品种的温度极限如表1所示。

表1 氧化铁温度极限

Table 1 Temperature Limits of Iron Oxide

种类	温度极限
氧化铁黄	超过130℃逐渐变色为红相
氧化铁红	超过300℃逐渐变色为深红
氧化铁紫	超过400℃逐渐变色为深红
氧化铁黑	超过100℃逐渐变色为暗红
氧化铁棕	超过130℃逐渐变色为红相

耐气候影响：氧化铁不受寒暑、干湿等气候条件的影响。

耐污浊空气：氧化铁在任何污浊的气体中都是非常稳定的，如硫化氢、氧化碳、氧化硫、氯化氢、氧化氮等气体。

耐水、耐油、耐溶剂的渗性：不溶解于水、各种矿

物油、植物油和醚、酯、酮类等以及其他有机溶剂中，并且没有渗透现象。

2.2 有明净的色泽和独特的色调

氧化铁颜料的色泽非常明净纯正，并不需要其他有机或无机色素加套润色。虽然并不像某些有机颜料或其他颜料的色调那样鲜艳夺目，但是氧化铁颜料的色调具有独特风格，其柔和的色调悦目可亲，适用于住宅、公共场所、户内外的涂刷。其庄严的色调，尤其适用于豪华大楼和宏伟端庄的建筑工程。

2.3 具有颜料的优异经济效果

氧化铁颜料具有很高的着色力，细而均匀的颗粒度，保证了它的使用价值，加上较廉的售价，保证了使用者的经济效果。

3 氧化铁颜料产业链下游行业、区域用户及主要生产商

从氧化铁颜料产业链下游终端行业角度来看，主要包括建筑工程、涂料业、汽车业、包装业、造纸印刷业、塑料业、橡胶业等。其中，建筑工程行业、涂料行业是氧化铁颜料应用发展最大最快的领域，这是由于氧化铁颜料具有良好的热稳定性、化学稳定性、耐久性、耐候性等综合性能。

从区域角度来看，亚太地区受到建筑工程、涂料业等工业领域持续增加的投资建设以及人口体量大、消费力强等因素的刺激，使其成为氧化铁颜料市场最大的地区，其他地区从大到小依次为美国、欧洲、北美（不含美国）、东南亚、中东及非洲、南美市场等。

氧化铁颜料具有优良的着色应用性能，同时又可吸取收紫外线而保护应用体系中的基料，另外兼有磁性、催化、吸附等多种功能，且具备价格低廉、无毒无害等多项优势，受到多个应用领域的青睐。

随着科学技术的进步，颜料生产水平的提高，氧化铁颜料的应用也越来越广泛，产品的分类也越来越细，功能要求也越来越高，用户对特定行业专用的原材料的性能有了特殊的规定，也向供应商提出了更多品种、更高标准的产品技术要求。此外，随着全球环保标准的提高，以及节能降耗低碳、高质量可持续发展的紧迫要求，也要求氧化铁颜料具有更高的使用效能，更好地适应无害、环保的发展需要。

全球涉及氧化铁颜料市场的制造商主要包括：中国的华源、宇星、一品、三环、瑞莱、优彩等氧化铁企业，以及国外的德国朗盛、巴斯夫，英国布莱恩，法国卡佩尔，新加坡OXERRA（原国泰工业），日本户田，加拿大北方，俄罗斯克里木诺等公司。

国外合成氧化铁颜料市场特点：高度垄断，朗盛产能为35万~40万t/a。

4 氧化铁颜料市场情况

氧化铁系颜料作为经典无机颜料,产品生命周期长,在“十四五”期间,全球市场年总产量保持90万~110万t,中国年产量保持在55万~75万t,主要生产国分布在中国、德国、美国、日本和意大利等国家。2024年全球氧化铁颜料市场规模约18亿~20亿美元,且未来几年会有呈现稳步增长的态势。

4.1 2024年全球氧化铁颜料市场(见表2)

4.2 中国氧化铁行业的发展呈现趋势

表2 2024年全球氧化铁颜料市场

Table 2 Global Iron Oxide Pigment Market in 2024

	项目	全球市场	中国市场
市场规模	数值/亿美元	20~22	7.42
	占比/%	100	34.5
产量	数值/万t	85~90	60
	占比/%	100	65

(1)产量速递增长,见表3。

表3 中国氧化铁市场运行情况

Table 3 Operation of China Iron Oxide Market

年份	2019	2020	2021	2022	2023	2024(预计)
单位生产能力/(万t·家 ⁻¹)	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0
产量/万t	58	54	57	63.7	58.93	62
销售量/万t	54	51	57	61	55.25	60
销售额/亿元	31.32	28.6	39.9	51.81	52.05	53

(2)氧化铁细分市场情况:主要用户在于建材、涂料两大市场,占总量的65%~70%以上,见表4。

表4 氧化铁细分市场情况

Table 4 Situation of Iron Oxide Market Segment

年份		2019	2020	2021	2022	2023	2024(预计)
消费量/(万t·a ⁻¹)	建材	10.48	9.25	9.87	11.01	8.28	8.0
	涂料	13.52	12.07	13.10	14.42	12.74	13.0
	橡塑	6.83	5.21	5.56	5.90	2.80	4.0
	烟草、造纸	2.82	3.09	3.35	3.55	1.34	2.50
	其他	1.75	3.84	4.03	4.44	3.83	3.50
	合计	35.4	33.46	35.91	39.33	28.99	32.0

(3)氧化铁在各类应用领域中所占的比例如表5所示。

表5 氧化铁在各类应用领域中占比

Table 5 Proportions of Iron Oxide in Various Application Fields

应用领域	建材	涂料	橡塑	纸材、木材	药用化妆品	其他
占比/%	35	40	3	5	1	16

(4)氧化铁在建材类中的应用比例如表6所示。

表6 氧化铁在建材中的应用占比

Table 6 Proportions of Iron Oxide in Building Materials

应用领域	砖、瓦	混凝土制品件	墙材材料	陶瓷	其他
占比/%	30	30	20	15	5

(5)氧化铁在涂料中的应用比例如表7所示。

表7 氧化铁在涂料中的应用占比

Table 7 Proportions of Iron Oxide in Coatings

应用领域	防锈涂料	建筑涂料	家具涂料	汽车涂料	工业涂料	塑料涂料	其他涂料
占比/%	35	35	10	5	10	3	2

(6)氧化铁出口量稳步递增,见表8。

由表2~表8可知,氧化铁行业经过近30年来的发展,我国已成为目前世界上氧化铁的生产大国,已经具备了满足国内需求、服务全球市场的基础条件。

2024年世界氧化铁年产量约80万~90万t。在国外,氧化铁生产分为天然品与合成品两大类。在世

表8 氧化铁出口情况

Table 8 Situation of Iron Oxide Exportation

年份	2019	2020	2021	2022	2023	2024(预计)
出口量/万t	29.31	29.61	35.26	35.97	28.0	32.0
出口额/亿美元	2.89	2.78	3.96	4.64	3.11	3.50

界范围内，天然氧化铁与合成氧化铁的产量大约为1:3。

4.3 氧化铁细分市场情况

在国内，建材与涂料是中国无机铁系颜料目前主要的应用领域，但随着工业的发展，医药、化妆品、催化剂等特殊功能产品的不断涌现，铁系颜料由广谱大众化普通型产品转变为具有特殊功能的、适合特殊用途的功能型产品，由基础原材料转变为新型原材料，以适合不同用途消费者的需要。

在国外，多年来虽然也没有创制出化学结构新颖的氧化铁新品种，但是基本掌握了颜料的生产品规律，通过控制粒度及粒度分布、粒子形状，以及各种表面处理技术，开发出各种不同性能的新产品。

国外氧化铁行业的发展仍是以最大限度地满足市场需要为根本宗旨，今后发展重点不在创制全新化学结构的氧化铁产品，而是在已有各种氧化铁产品基础上，更充分发挥其优点，不断克服其缺点，并且不断对其应用领域进行开拓。朝着多功能的方向发展新品种，已经不局限于耐候、耐用与美观装饰的着色使用范围，并延伸到软磁电脑驱动器、磁性油墨特征辨认材料、复印磁粉、磁性记忆材料、石油化工催化剂、贮存材料、医疗激光探测磁头、无毒型净化水处理剂等新领域中的应用。

氧化铁红占全球氧化铁颜料市场份额的40%以上，是最大的细分市场，这是由于它具有色度纯、着色力强、耐晒性高等特点，适用于更多领域，如涂料、纸张、橡胶、陶瓷、塑料、瓷砖、地坪材料等。氧化铁黄具有明亮的色度和纯度，高遮盖力，高稳定性和耐候性等性能，广泛应用于仿云石、涂料、混凝土等领域。

与天然氧化铁颜料相比，合成氧化铁颜料产品占比超过70%，这是因为合成颜料产品具有更突出的着色力、稳定性和耐紫外线等性能，应用也更广。

从应用领域来看，建筑领域是氧化铁颜料占比最大的应用领域，达45%以上。其次是涂料领域，占有30%左右；尤其是外墙建筑涂料和工业涂料应用更多，呈现优异的耐久性、稳定性和防腐蚀性。

从区域来看，亚太地区是全球最大的氧化铁颜料市场，占比40%以上，这得益于该地区更为显著的涂料、建筑业的推动作用。

目前，中国已经是世界最大的氧化铁系颜料生产大国，也是世界氧化铁颜料的重要消费市场，据市场预测分析，未来20年内，氧化铁工业还会有很大的发展。

4.4 国内氧化铁生产企业情况

我国现有氧化铁颜料生产企业约40多家，总产能已超过80万t/a，企业平均生产规模是1万t/(a·厂)，企业平均出口规模是7 500 t/(a·厂)。出口额超过100万

美元的企业有12家以上，占出口企业总数的25%；出口额超过1 000万美元的企业有6家；有20多家企业出口额低于50万美元，占到出口企业的50%以上。统计数据显示，我国氧化铁行业出口集中度偏低，出口企业偏多，出口规模偏小。

在加速中国成为世界无机颜料生产基地和销售市场的同时，也加剧了中国无机颜料业的市场竞争。随着科学技术的进步、工业生产水平的发展，氧化铁颜料在各行各业的应用也越来越广泛，产品分类也越来越细。要提高国产氧化铁的竞争力和企业效益，必须加快产品结构、产品质量的转型升级，做好技术创新工作，逐步占领氧化铁中高档技术领域，利用行业生产产能大的比较优势，参与国际分工和交换，使产品的价值链由更多的中间环节转移到国内，以提高产品的附加值，进一步分享产业链分工的利益。

在生产传统产品的同时，根据市场需要，开发新产品和加强对应用技术研究，不能几十年一贯制生产普通的、低质量的传统初级产品。要大力发展高新产品，如国际市场上畅销的易分散、超微细化、颗粒表面活性处理、耐高温、高纯度、无毒性等深加工技术产品。开发适用于建材、涂料、塑料、橡胶、探测、石化触媒、磁性材料、记忆材料、贮存材料、医药、医疗器械等各种性能需用和各种工艺方法生产的系列、专用新产品等。

4.4 氧化铁颜料产业发展的特点

行业整合成趋势：经过近30多年时间国内的氧化铁颜料工厂大约从80家减少到40多家，环保不达标、品质低劣的氧化铁颜料工厂批量关闭或被整合。这样的整合过程还会持续一段时间。

产业基地：国外无机颜料生产向中国的转移，中国氧化铁企业在很大程度上已经成为国外氧化铁生产商的加工基地。中国作为世界氧化铁制造中心的趋势更为明朗。目前行业已具有实力，实现“满足国内需求，服务全球市场”的发展定位，这也是行业和企业所开展的工作目标和任务。

5 氧化铁产业未来发展趋势

5.1 坚定信心，直面挑战，走高质量发展的创新之路

当前的行业环境却充满了挑战。需求下降、行业内卷等问题使得氧化铁下游——建材涂料行业承受着前所未有的压力。据有关方面分析表明，全国建材涂料市场的需求2024年将下降15%左右；约不到20%的建材主体经营规模能够维持增长，而大部分主体则出现了不同程度的下降；甚至有20%左右的建材主体将濒临转型甚至退出。行业利率下降，建材行业投资的整体利润比预计下降超过40%。风险尚未出清，工

程客户的现金流、坏账率等问题依然严峻。在这样的背景下,涂料、颜料行业的发展,是摆在颜料企业面前的一道难题。

面对困境,氧化铁行业不能选择逃避或抱怨,只能直面挑战,锐意进取,保稳提质,只有坚定信心,走高质量发展的创新之路,才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。

5.2 为行业创新驱动、高质量发展多作贡献

2024年对于很多企业来说是很难跨过去的门槛,但是对于氧化铁行业来说,这也是一个发展的好机会。当前,世界经济形势严峻复杂。中国氧化铁的发展离不开世界,世界的繁荣也需要中国氧化铁产业。我国氧化铁颜料行业必须要改变粗放型发展方式,进一步加大对技术研发的投入,不断完善行业技术创新体系,大力研发新兴产业、高端市场的配套产品,集群发展,实现行业健康、高质量可持续发展。国际上对化工品数量的需求增幅远远小于中国国内新增产能增长,未来5年,内循环鼓励消费从“质”上升级,而不是“量”

的需求增长,中国国内对化工品数量的需求增幅小于新增产能增长。

氧化铁行业应向朝着“产业升级型、科技创新型、资源节约型、清洁生产型、环境友好型、循环经类型”转变和合作共赢方向努力发展。氧化铁生产企业被列入“高品质无机颜料、新型功能性颜料”战略性新兴产业企业,商务部把氧化铁产品列入“环境产品协定”清单,作为环境友好型产品谈判的筹码优势产品,为激发和提升行业发展绿色产品提供活力和动力。

氧化铁企业将全面推行《氧化铁颜料行业绿色工厂标准》《氧化铁颜料单位产品能源消耗限额强制性国家标准》,要做好企业内的能源消耗限额、环保、安全、质量、工艺、设备装置等各方面的工作,达到安全绿色发展、低碳排放及能源消耗要求。随着环保、安全要求逐渐趋严,主流企业都在抓紧进行环保、安全设备的升级,行业应更加大对于实施工业低碳行动和绿色制造工程和环保、安全工作的重视,通过吸收消化先进技术,来提升清洁生产水平。

中国涂料
CHINA COATINGS

(上接第23页)

表7 重金属镍年度减排量

Table 7 Heavy Metal Nickel Annual Reduction

项目	数量
排放浓度限值/(mg·L ⁻¹)	0.4
实际排放浓度/(mg·L ⁻¹)	0.06
年排水量/m ³	21 200
镍年减排量/kg	7.21

注:(1)年减排量=(排放浓度限值-实际排放浓度)×年排水量

(2)检测报告数据来源于2022年5月手工监测数据。

(3)年排水量按照每年53周,每周排放400 m³水预估。

4 结 语

作为首都汽车工业持续向高精尖方向转型升级的代表,北京奔驰集世界先进的制造工艺与现代化的管理于一身,并以工匠精神为依托,将“数字化”“柔性化”“高效、可持续”全面贯彻到生产的每个环节,不断促进自身高质量发展,接连荣获“全球卓越运营工厂”“绿色示范工厂”“北京市智能制造标杆企业”及“中德智能制造合作试点示范”等荣誉称号,以实际

行动推动汽车制造行业高质量发展,向着成为“走向世界的、国际化的中国高端汽车品牌标杆企业”的目标不断前行!

北京奔驰顺义工厂涂装车间,在“绿色”规划的基础上,实现了“利旧”设备的平衡,为国内众多的老旧汽车厂涂装车间的环保升级之路,进行了一次可供行业内借鉴的探索和尝试。

参考文献

- [1] 德国凯密特尔集团.铝件磷化处理[R]
- [2] 德国杜尔集团.干式文丘里设计要求(DryScrubber_mit PCM_V1.1en)[G]
- [3] 德国杜尔集团.干式文丘里技术说明(EcoDryScrubber_e090614A)[G]
- [4] 江巧文,郑莹莹,叶太林.汽车涂装行业VOCs减排路径分析[J].能源与环境,2020(6):78-79
- [5] 刘相章.浅谈低浓度有机废气治理技术的选择[J].中国环保产业,2020(2):45-49

中国涂料
CHINA COATINGS

纳米二氧化硅负载紫外线吸收剂在水性丙烯酸涂料中的应用研究

叶晨峰

(福建省交发高科有限公司, 福州 350004)

摘要: 研究旨在制备负载紫外线的纳米二氧化硅(SiO_2)改性的水性丙烯酸工业涂料, 并研究改性纳米 SiO_2 含量对涂料性能的影响。采用了接触角仪、扫描电镜、常规物理机械性能等多种手段对涂膜进行表征。研究表明, 随着改性纳米 SiO_2 含量的增加, 涂层具有较好的常规物理机械性能, 并且光泽度有所提高。这表明, 改性纳米 SiO_2 对涂料的增韧和增强效果显著, 能够改善涂层的常规物理机械性能和表面性能。然而, 当改性纳米 SiO_2 含量达到一定值时, 增加含量并不能继续提高涂层的光泽度, 甚至会导致涂层表面性能变差。这是因为, 改性纳米 SiO_2 在涂层中的分散度和填充效果受到含量的影响, 达到一定含量后, 纳米 SiO_2 颗粒之间的互相聚集和堆积现象会加剧, 使涂层的表面质量受到损害。

关键词: 纳米二氧化硅; 丙烯酸; 水性工业涂料

中图分类号: TQ630.4⁺9

文献标识码: A

文章编号: 1006-2556(2024)12-0035-10

DOI: 10.13531/j.cnki.china.coatings.2024.12.005

Study on the Application of Nano Silica Loaded Ultraviolet Absorber in Waterborne Acrylic Coatings

YE Chen-feng

(Fujian Jiaofa Hi-Tech Co., Ltd., Fuzhou 350004, Fujian, China)

Abstract: The aim of the study was to prepare acrylic waterborne industrial coatings modified with different mass fractions of silicon dioxide (SiO_2) nanoparticles and to investigate the effect of SiO_2 nanoparticles content on the coatings properties. To characterize the coatings, infrared spectroscopy, scanning electron microscopy, mechanical properties and other tools were used in the study. The results of the study showed that the mechanical properties of the coatings could be maintained at a high level with the increase of the SiO_2 nanoparticles content and the gloss was improved. This indicates that the toughening and strengthening effect of nano- SiO_2 on coatings is significant and can improve the mechanical properties and surface quality of coatings. However, when the nano- SiO_2 content reaches a certain value, increasing the content does not continue to improve the gloss of the coatings, and even leads to the deterioration of the surface properties of the coatings. This is because the dispersion and filling effect of nano- SiO_2 in the coatings are influenced by the content, and after reaching certain content, the phenomenon of mutual aggregation and accumulation between nano- SiO_2 particles will intensify, so that the surface quality of the coatings will be affected.

Key words: nano silica, acrylic, waterborne industrial coatings

0 前言

传统的溶剂型涂料, 在制造工艺和使用过程中会形成大量的挥发性有机化合物(VOC)并排放到大气中, 污染了环境, 导致原料浪费, 也同时影响了喷漆工人的健康^[1]。水性丙烯酸工业涂料是一种由丙烯酸酯、甲基丙烯酸酯和其他含乙烯的单体反应而成的共聚树

脂, 并加入助剂、颜料、填料等材料制成的涂料^[2-3]。由于其卓越的性能和环境友好特性, 在涂料行业的应用范围正在迅速扩大, 成为一种新兴的涂料选择。其广泛应用于人们的生产和生活的各个方面, 特别是在建筑、金属防腐、汽车、船舶、集装箱、家具、塑料零件等行业。然而, 水性丙烯酸工业涂料在制备过程中需要

收稿日期: 2024-11-11

作者简介: 叶晨峰(1987-), 男(汉族), 福建南平人。高级工程师, 硕士研究生, 主要从事公路工程相关新材料技术研究。

基金项目: 福建省科技厅创新资金项目(2023C0028); 福建省交通厅科技示范工程项目(SF20230102)

引入亲水性基团以使其在水中分散,但这也导致了其耐水性差等缺陷,从而限制了其进一步的应用。

为了解决这些问题,人们采用了各种方法对水性丙烯酸涂料进行改性。其中,添加纳米二氧化硅是一种常用的改性方法^[4-6]。目前,研究人员已经开展了大量的纳米二氧化硅改性丙烯酸工业涂料的研究,他们通过控制纳米二氧化硅的粒径、形态、分散性和添加量等参数,研究了纳米二氧化硅对丙烯酸涂料性能的影响规律。同时,他们也在涂料加工、涂装工艺、干燥工艺和固化工艺等方面进行了深入的研究。然而,由于乳液体系反应复杂,且易受电解质影响,导致丙烯酸乳液改性研究进展缓慢。因此,对其改性的研究具有重要的理论基础和应用价值^[4]。

近年来,将纳米材料添加到水性丙烯酸树脂中已取得显著成效。这种改性方法不仅可以提高丙烯酸树脂的耐腐蚀性和耐水性,还可以增强其力学性能和热稳定性^[7]。常用的纳米材料有纳米SiO₂、纳米TiO₂、纳米ZnO、纳米CaCO₃和纳米Fe₂O₃等^[8-9]。纳米SiO₂是一种环保材料,具有小颗粒、大比表面积、高表面能和丰富的表面原子等结构特点,因此表现出一些独特的物理化学特性,如特殊的光电性能、高磁阻和非线性电阻现象等^[10-11]。将纳米SiO₂应用于涂料中可以显著提高其力学、热学和加工性能等方面,从而有效改善涂料性能^[12]。

纳米粒子由于独特的表面效应、小尺寸效应、量子尺寸效应和宏观量子隧道效应,具有特殊的物理和化学性质^[13]。添加纳米粒子可以提高涂料的力学性能,例如附着力、抗冲击性和柔韧性等,同时还可以提高其耐老化、耐腐蚀和耐辐射性能。纳米涂料要满足两个条件:至少有一相尺寸在1~100 nm,且能显著提高或赋予新功能^[14]。

为了改善纳米SiO₂在涂层中互相聚集和堆积,从而使涂层的表面质量受到损害等问题,本文尝试使用紫外线吸收剂作为纳米SiO₂的改性剂,并与水性丙烯酸乳液复合制备水性丙烯酸工业涂料;为了突出纳米SiO₂的改性效果,本文选用含环氧官能的 γ -(2,3-环氧丙氧基)丙基三甲氧基硅烷作为偶联剂,通过环氧开环反应与紫外线吸收剂2-羟基-4-正辛氧基二苯甲酮制备改性纳米SiO₂,探究改性纳米SiO₂的用量对涂料的性能影响。

1 实验部分

1.1 实验原料与仪器

1.1.1 实验原料

实验所用原料如表1所示。

表1 实验原料及生产厂商

Table 1 Experimental Raw Materials and Manufacturers

名称	规格型号	生产厂商
水性丙烯酸乳液	固含量45%	广东同力达新材料有限公司
2-羟基-4-正辛氧基二苯甲酮	25 g, $\geq 99\%$	上海阿拉丁试剂有限公司
γ -(2,3-环氧丙氧基)丙基三甲氧基硅烷	25 g, $\geq 97\%$	上海阿拉丁试剂有限公司
纳米二氧化硅	粒径20 nm	上海中冶新材料有限公司

1.1.2 实验仪器

样品制备及表征所用仪器如表2所示。

表2 实验仪器及生产厂商

Table 2 Instruments and Manufacturers

仪器名称	规格型号	生产厂商
电子天平		沈阳龙腾电子有限公司
搅拌机		金坛市城东新瑞仪器厂
电热真空干燥箱	DZF6050AF	天津公威仪器科技有限公司
超声波细胞破碎仪		济宁电子仪器有限公司
光泽度仪	JFL-B60	天津市金乎伦科技有限公司
手持式粗糙度仪	TR200	时代集团公司
铅笔硬度计	AS-120P	广州安妙仪器有限公司
涂膜弹性测试仪		天津永利达实验设备有限公司
涂膜冲击器	QCJ-50/100型	天津市世博伟业化玻仪器有限公司
接触角仪		德国克吕士
傅里叶红外光谱仪	FTIR8400	Thermo Fisher Scientific
扫描电镜	Regulus8100型	日本日立公司

1.2 实验过程

1.2.1 样品制备

将 γ -(2,3-环氧丙氧基)丙基三甲氧基硅烷和纳米二氧化硅按质量比1:10混合,并添加二者总质量20%的去离子水在球磨机中用硅烷偶联剂改性纳米二氧化硅。具体实验步骤如下:将0.50 g的 γ -(2,3-环氧丙氧基)丙基三甲氧基硅烷和5 g的纳米二氧化硅均匀混合后,加入1.10 g蒸馏水,在球磨机中球磨反应1.5 h,然后将其置于80 °C真空干燥箱中过夜,再将

1.00 g烘干后的硅烷偶联剂改性纳米二氧化硅与5.00 g紫外线吸收剂(2-羟基-4-正辛氧基二苯甲酮)混合, 加入0.06 g的氯化铝, 在球磨机中球磨1 h, 按照环氧开环机理, 将紫外线吸收剂接枝到纳米二氧化硅上,

经无水乙醇洗涤、干燥后, 即得到紫外线吸收剂接枝的纳米二氧化硅(简称为改性纳米二氧化硅)。反应示意图如图1所示。

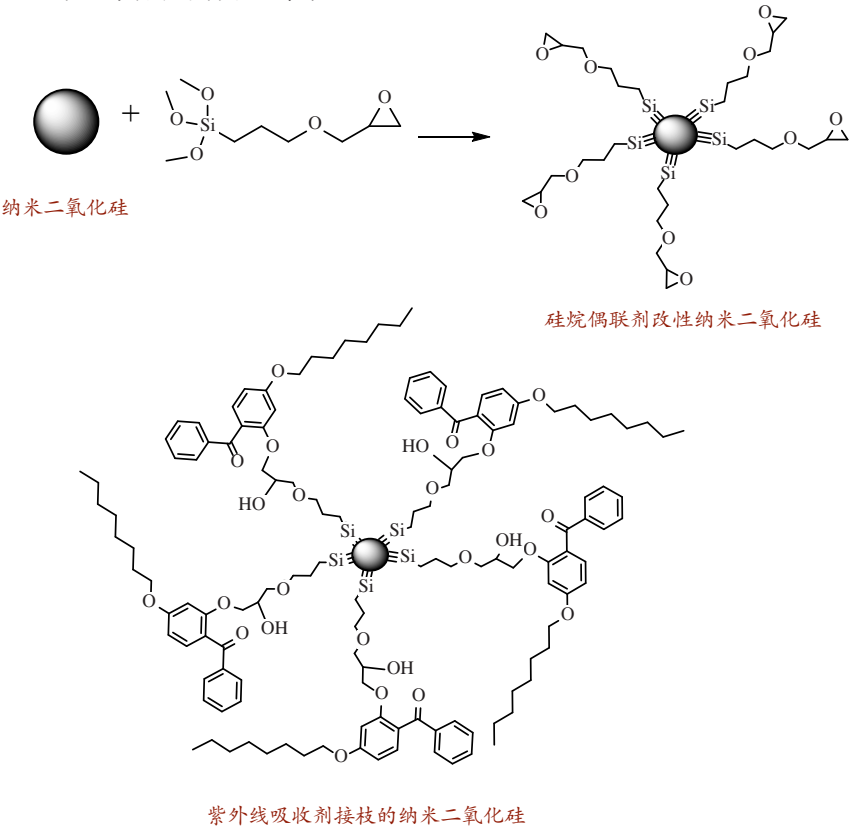


图1 紫外线吸收剂接枝的纳米二氧化硅的制备过程

Fig. 1 Preparation Process of Nano-silica Grafted with Ultraviolet Absorber

然后, 将改性纳米SiO₂与水性丙烯酸乳液进行混合, 搅拌10 min, 使其充分混合, 分别按表3配方制备出含改性纳米SiO₂质量分数为0.05%、0.10%、0.20%、0.30%、0.50%的改性纳米SiO₂-丙烯酸乳液。将所得乳液均匀涂布在玻璃或铁片上, 干燥后进行性能测试。

表3 改性纳米SiO ₂ /水性丙烯酸涂料配方			
Table 3 Formula of Modified Nano-SiO ₂ /Waterborne Acrylic Coatings			
样品名称	m/g		w(改性纳米SiO ₂)/%
	改性纳米SiO ₂	水性丙烯酸乳液	
A0	0	100.0	0
A1	0.025	111.1	0.05
A2	0.05	111.0	0.10
A3	0.1	110.9	0.20
A4	0.15	110.8	0.30
A5	0.25	110.6	0.50

同理, 分别按表4配方制备出含纳米SiO₂质量分

数为0.05%、0.10%、0.20%、0.30%、0.50%的纳米SiO₂-丙烯酸乳液。将所得乳液均匀涂布在玻璃或铁片上, 干燥后进行性能测试。

表4 纳米SiO ₂ /水性丙烯酸涂料配方			
Table 4 Formula of Nano-SiO ₂ /Waterborne Acrylic Coatings			
样品名称	m/g		w(纳米SiO ₂)/%
	纳米SiO ₂	水性丙烯酸乳液	
B1	0.025	111.1	0.05
B2	0.05	111.0	0.10
B3	0.1	110.9	0.20
B4	0.15	110.8	0.30
B5	0.25	110.6	0.50

1.2.2 常规物理机械性能测试

对改性前后的样品进行常规物理机械性能测试。光泽度按GB/T 1743—1989使用JFL-B60光泽度仪测试; 采用TR200手持式粗糙度仪测试粗糙度(测量精度为0.01 μm); 硬度按GB/T 6739—1996采用AS-120P

铅笔硬度计测试;柔韧性按GB/T 1731—93采用涂膜弹性测试仪测试;耐冲击性能按GB/T 1732—1993采用QCJ-50/100型涂膜冲击器测试。

1.2.3 接触角测试

采用接触角测量法(Kruss DSA15)测量接触角。并通过Owens-Wendt-Rabel-Kaelble(OWRK)方法计算表面能。

1.2.4 扫描电镜测试过程

使用HITACHI SU8010扫描电镜,内部以5 kV的加速电压进行扫描电子显微镜(SEM)测试。

2 结果与讨论

2.1 纳米二氧化硅改性水性丙烯酸工业涂料的常规物理机械性能

2.1.1 光泽度测试结果分析

使用JFL-B60光泽度仪进行光泽度测试,测试结果如表5所示。

表5 纳米SiO₂对水性丙烯酸涂料光泽度的影响
Table 5 Effect of Nano-SiO₂ on Glossiness of Waterborne Acrylic Coatings

样品	光泽度/Gu		
A0	22.4	24.1	23.4
A2	23.6	23.5	24.5
A3	27.2	27.0	27.0
A4	25.8	16.3	26.1
A5	14.2	14.0	14.2
B1	18.6	18.2	18.3
B2	17.2	17.6	17.3
B3	14.9	14.8	14.7
B4	12.5	12.4	12.3
B5	12.0	11.8	11.9

由表5可以看出,纳米SiO₂对水性丙烯酸涂料的光泽影响较大。使用改性纳米SiO₂时,随着纳米SiO₂比例逐渐增大,水性丙烯酸涂料的光泽度逐渐增大,这是因为纳米SiO₂可以填充涂层中的空隙和缺陷,形成均匀致密的涂层结构,从而使涂层的表面更加光滑,反射率更高。而当SiO₂的比例继续增大,光泽度反而会逐渐减小,这是因为过多的改性纳米SiO₂使涂层的表面粗糙度增加,从而导致涂层的光泽度降低。当改性纳米SiO₂占0.10%(质量分数,后同)时,光泽度最大为27.0 Gu;当改性纳米SiO₂占0.20%时光泽度最大为27.1 Gu。

当使用未改性SiO₂时,随着纳米SiO₂含量增大,光泽度减小,这可能是因为纳米SiO₂的含量过多,对涂层产生负面影响^[15]。

2.1.2 粗糙度测试结果分析

使用TR200手持式粗糙度仪进行粗糙度测试,测试结果如表6所示。

表6 纳米SiO₂对水性丙烯酸涂料粗糙度的影响
Table 6 Effect of Nano-SiO₂ on the Roughness of Waterborne Acrylic Coatings

样品	粗糙度/ μm		
A0	0.791	0.777	0.780
A1	0.748	0.743	0.717
A2	0.746	0.760	0.678
A3	0.690	0.680	0.677
A4	0.928	0.973	0.751
A5	0.984	1.082	1.161
B1	0.916	0.980	0.991
B2	0.920	1.010	0.916
B3	1.078	1.573	1.035
B4	1.124	0.945	0.983
B5	1.178	1.573	1.035

当使用改性纳米SiO₂时,随着纳米SiO₂比例逐渐增大,粗糙度逐渐减小,这是因为适量添加纳米SiO₂可以改善涂层表面质量,填充涂层中的空隙和缺陷,形成更加均匀致密的涂层结构,减少表面的粗糙度,使得涂层表面更加光滑。当改性纳米SiO₂的比例继续增大时,粗糙度反而逐渐增大,这是因为纳米SiO₂的含量过多,可能对涂层表面的粗糙度产生负面影响,过多的纳米SiO₂导致涂层表面出现堆积现象,从而增加表面的粗糙度。当改性纳米SiO₂占0.10%时,粗糙度最小,为0.417 μm ;当改性纳米SiO₂占0.20%时,粗糙度最小,为0.682 μm 。当使用未改性纳米SiO₂时,随着纳米SiO₂比例的增大,粗糙度逐渐增大,这可能是因纳米SiO₂的含量过多,对涂层产生负面影响。

2.1.3 硬度测试结果分析

ISO 15184-2012标准是用于测量涂层硬度的国际标准。该标准采用了铅笔测试方法,通过在不同硬度铅笔的尖端施加一定的压力,观察其在涂层表面的痕迹来评估涂层的硬度。硬度值以铅笔硬度为基准,从最软的6B到最硬的6H依次表示。其中,B表示软铅笔,H表示硬铅笔,数字越大表示硬度越高。这种测试方法具有简便、快速、可重复性好等优点,广泛应用于涂料、塑料等材料的硬度测试。测试结果如表7所示。

当水性丙烯酸涂料中加入一定量的改性与未改性纳米SiO₂时,水性丙烯酸涂层的硬度均为最高值6H,且随着纳米SiO₂浓度的继续增高,对涂层的铅笔硬度未造成破坏。

表7 纳米SiO₂对水性丙烯酸涂料硬度的影响

Table 7 Effect of Nano-SiO₂ on the Hardness of Waterborne Acrylic Coatings

样品	A0	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
硬度	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H

2.1.4 柔韧性测试结果分析

使用涂膜弹性测试仪进行测试, 测试结果如表8

所示。

表8 纳米SiO₂对水性丙烯酸涂料柔韧性的影响

Table 8 Effect of Nano-SiO₂ on the Flexibility of Waterborne Acrylic Coatings

样品	A0	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
柔韧性/mm	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

当水性丙烯酸涂料中加入一定量的改性与未改性纳米SiO₂时, 水性丙烯酸涂层的柔韧性均为最高值0.5 mm, 且随着纳米SiO₂的比例继续增大, 对涂层的柔韧性均未造成破坏。

2.1.5 抗冲击性测试结果分析

使用QCJ-50/100型涂膜冲击器进行测试, 测试结果如表9所示。

表9 纳米SiO₂对水性丙烯酸涂料附着力抗冲击性的影响

Table 9 Effect of Nano-SiO₂ on the Adhesion and Impact Resistance of Waterborne Acrylic Coatings

样品	A0	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
抗冲击性/(kg·cm)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

当水性丙烯酸涂料中加入一定量的改性与未改性纳米SiO₂时, 水性丙烯酸涂层的抗冲击性均为80 kg·cm, 且随着纳米SiO₂的比例继续增大, 对涂层的抗冲击性均未造成破坏。

和表面自由能, 从而增强涂层的性能和稳定性。

2.2 纳米二氧化硅改性水性丙烯酸工业涂料的接触角测试分析

采用接触角测量法测量接触角。表面自由能(γ)表示创造物质表面时, 分子间化学键破坏程度^[16], 是材料表面特殊化学性质的函数。总表面自由能分为两个部分, 一个是色散部分(γ_p), 另一个是极性部分(γ_d), 因此, 表面自由能 γ 的计算方程式如式(1)^[17-18]所示。

$$\gamma = \gamma_p + \gamma_d \tag{1}$$

其中: γ_p ——色散部分分量, mN/m;

γ_d ——极性部分分量, mN/m。

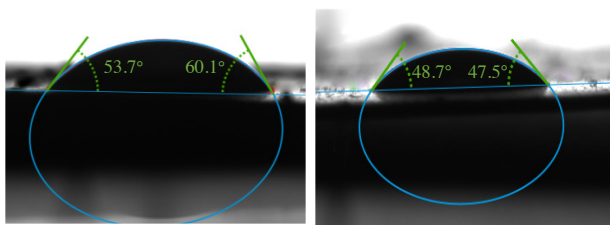
由表10及图2、图3、图4可知, 在改性纳米SiO₂/水性丙烯酸工业涂料中, 改性纳米SiO₂比例会影响涂料的表面自由能及接触角大小。当改性纳米SiO₂比例逐渐增大时, 涂料的表面自由能逐渐增大, 接触角逐渐减小。因为改性纳米SiO₂的加入可以增加涂层表面的表面吸附能, 从而提高表面自由能, 使涂层更容易与环境中水分子发生相互作用, 接触角会减小, 增加涂层的湿润性和分散性, 从而提高涂层的附着力和稳定性。因此, 在改性纳米SiO₂/丙烯酸工业涂料中, 适当增加改性纳米SiO₂的比例可以提高涂层表面的亲水性

表10 纳米SiO₂/水性丙烯酸涂料的表面自由能

Table 10 Surface Free Energy of Nano-SiO₂/Waterborne Acrylic Coatings

样品	$\gamma/(mN \cdot m^{-1})$	$\gamma_p/(mN \cdot m^{-1})$	$\gamma_d/(mN \cdot m^{-1})$
A0	52.80±1.63	35.39±0.25	17.42±1.38
A1	45.49±0.90	29.89±0.57	15.60±0.33
A2	49.35±1.34	18.95±0.49	30.39±0.85
A3	49.62±2.77	30.16±0.34	19.45±2.43
A4	52.97±2.20	35.96±0.28	17.01±1.91
A5	55.80±0.62	31.94±0.39	23.86±0.23
B1	46.14±0.53	29.99±0.27	16.16±0.26
B2	47.34±1.27	32.57±1.27	14.77±0.39
B3	49.35±0.60	28.93±0.36	20.42±0.24
B4	51.95±1.45	42.44±0.16	9.51±1.29
B5	53.18±0.30	30.48±0.14	23.70±0.16

由表10及图5、图6可知, 未改性纳米SiO₂/水性丙烯酸工业涂料中, 纳米SiO₂比例越高, 表面自由能越大, 接触角越小。当纳米SiO₂比例增加, 涂层中纳米SiO₂总表面积也会相应增加, 从而提高涂层表面自由能。因为表面自由能大小取决于表面分子结构和表面化学成分。纳米SiO₂是一种较好的多孔材料, 有很强的吸附能力, 可以吸附丙烯酸树脂中的活性官能团, 从而提高了涂层的各项性能。



(a)水性丙烯酸涂料与水 (b)水性丙烯酸涂料与二碘甲烷

图2 水性丙烯酸涂料接触角

Fig. 2 Contact Angle of Waterborne Acrylic Coatings

2.3 纳米二氧化硅改性丙烯酸水性工业涂料的扫描电镜测试结果分析

将不同样品涂布在洁净的玻璃片上,干燥后进行喷金处理,用扫描电镜测试其表面形貌,图7为紫外线吸收剂改性纳米二氧化硅的SEM图。从图7中可以看出,二氧化硅界面比较模糊,说明紫外吸收剂被有效地接枝在纳米二氧化硅表面。图8为改性纳米 SiO_2 /水性丙烯酸涂料表面的SEM图。从图8中可以看出,改性纳米 SiO_2 均匀地分散在涂层中,未见大颗粒团聚。图9为纳米 SiO_2 /水性丙烯酸涂料表面的SEM图,从图9中

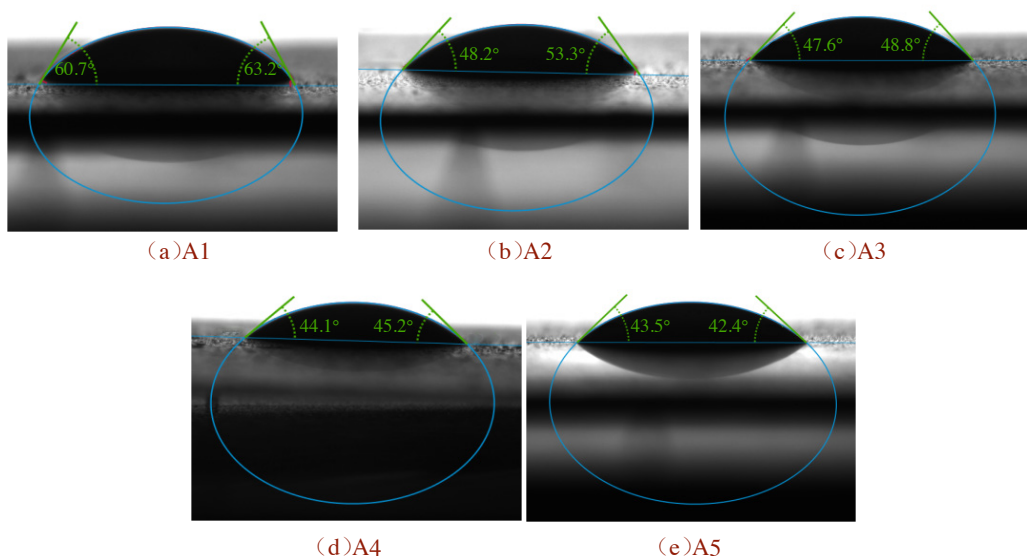


图3 改性纳米 SiO_2 /水性丙烯酸涂料与水的接触角

Fig. 3 Contact Angle between Modified Nano- SiO_2 /Waterborne Acrylic Coatings and Water

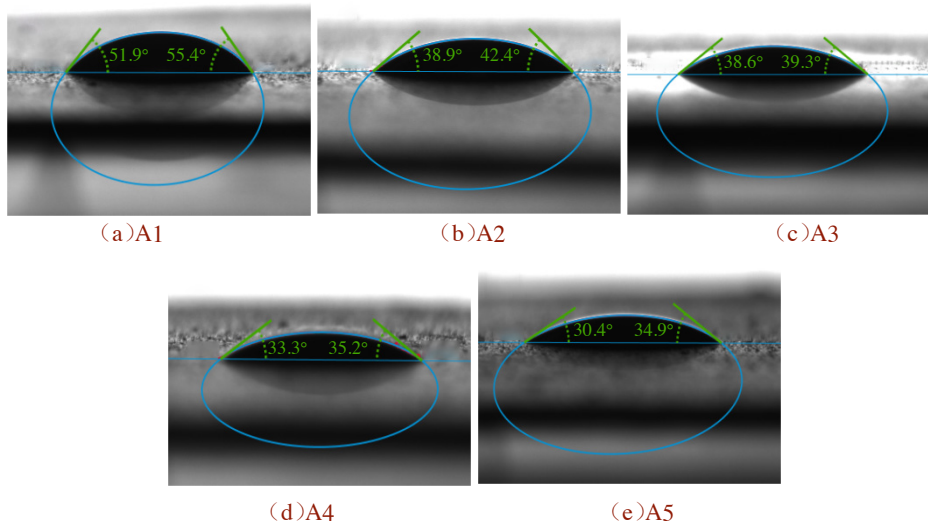


图4 改性纳米 SiO_2 /水性丙烯酸涂料与二碘甲烷的接触角

Fig. 4 Contact Angle between Modified Nano- SiO_2 /Waterborne Acrylic Coatings and Diiodomethane

可以看出,未改性纳米 SiO_2 /水性丙烯酸涂层表面,纳米 SiO_2 具有明显的团聚现象,大粒子和小粒子微观下

相分离明显,大粒子与小粒子并不连接,没有形成包裹结构。

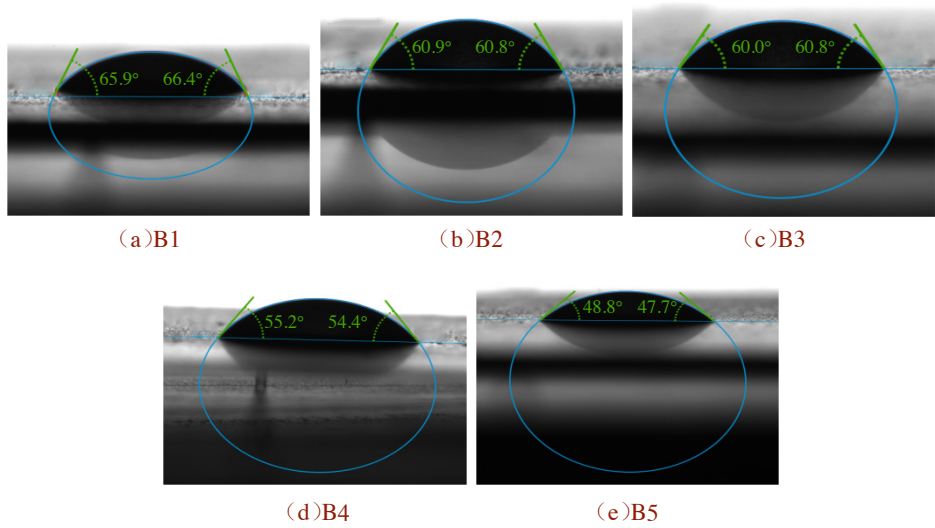


图5 纳米SiO₂/丙烯酸涂料与水的接触角

Fig. 5 Contact Angle between Nino-SiO₂/Waterborne Acrylic Coatings and Water

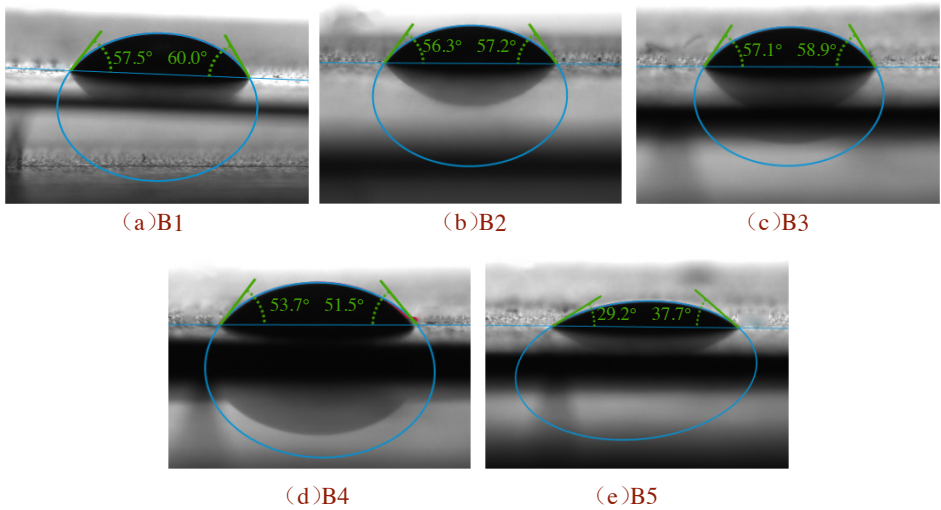


图6 纳米SiO₂/丙烯酸涂料与二碘甲烷的接触角

Fig. 6 Contact Angle between Nano-SiO₂/Waterborne Acrylic Coatings and Diiodomethan

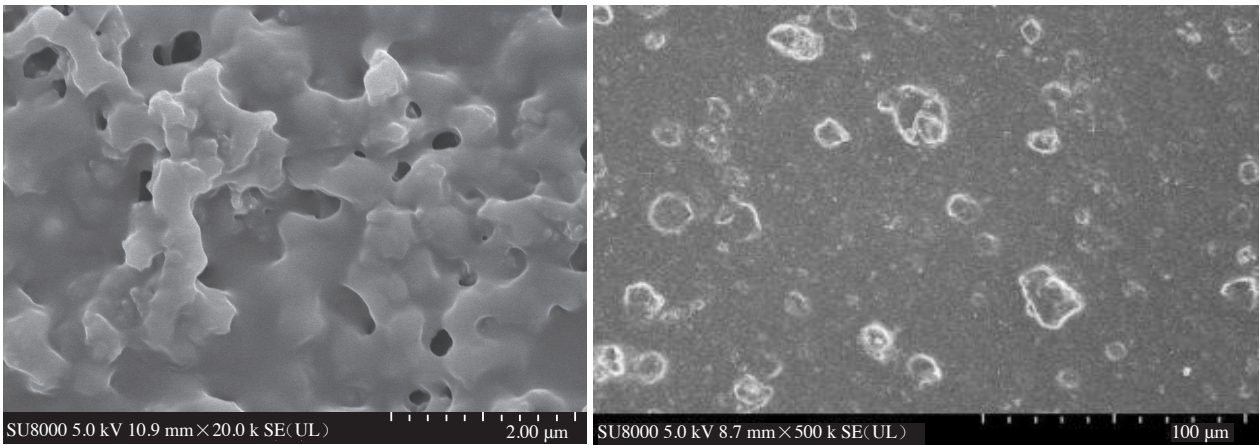
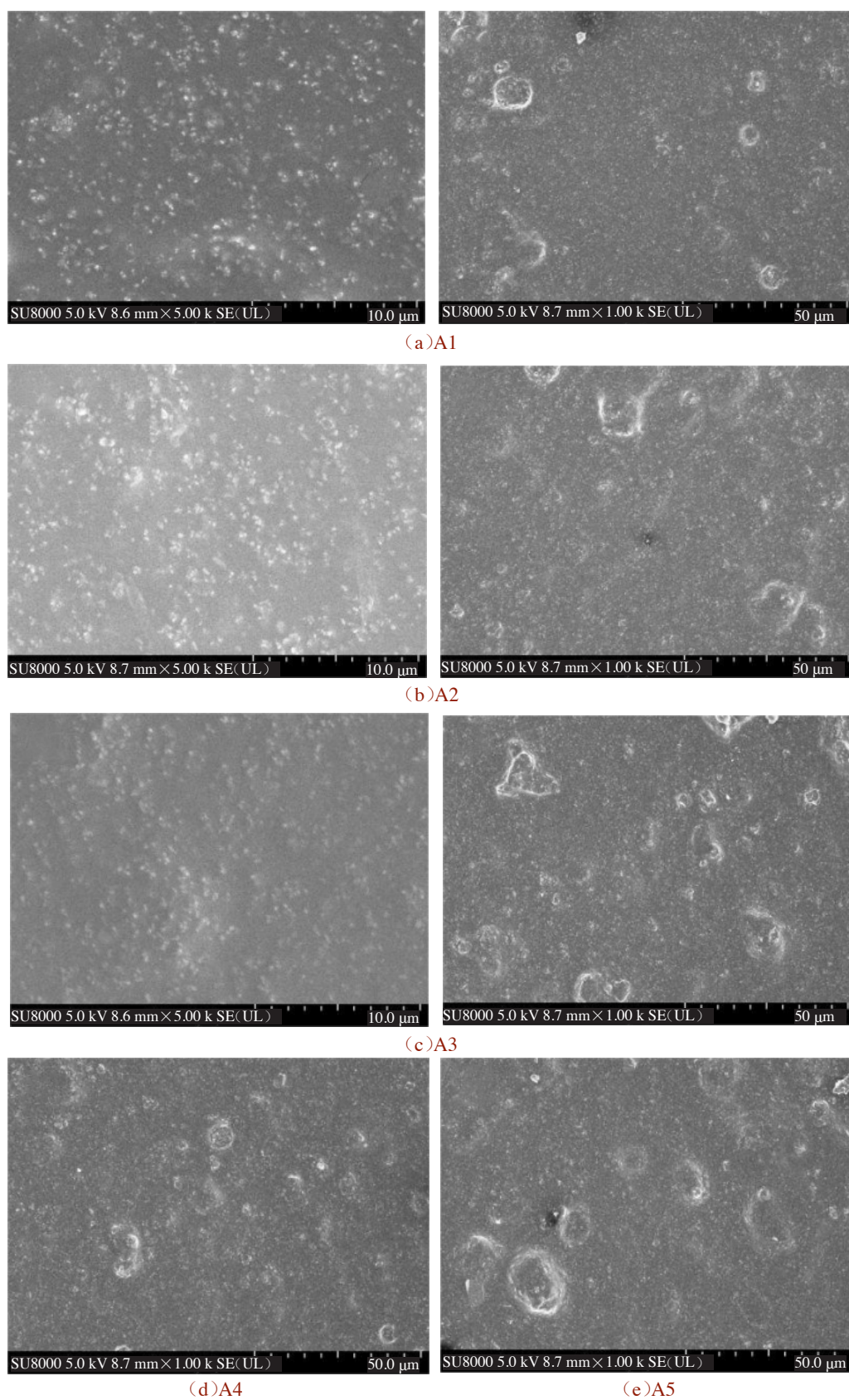
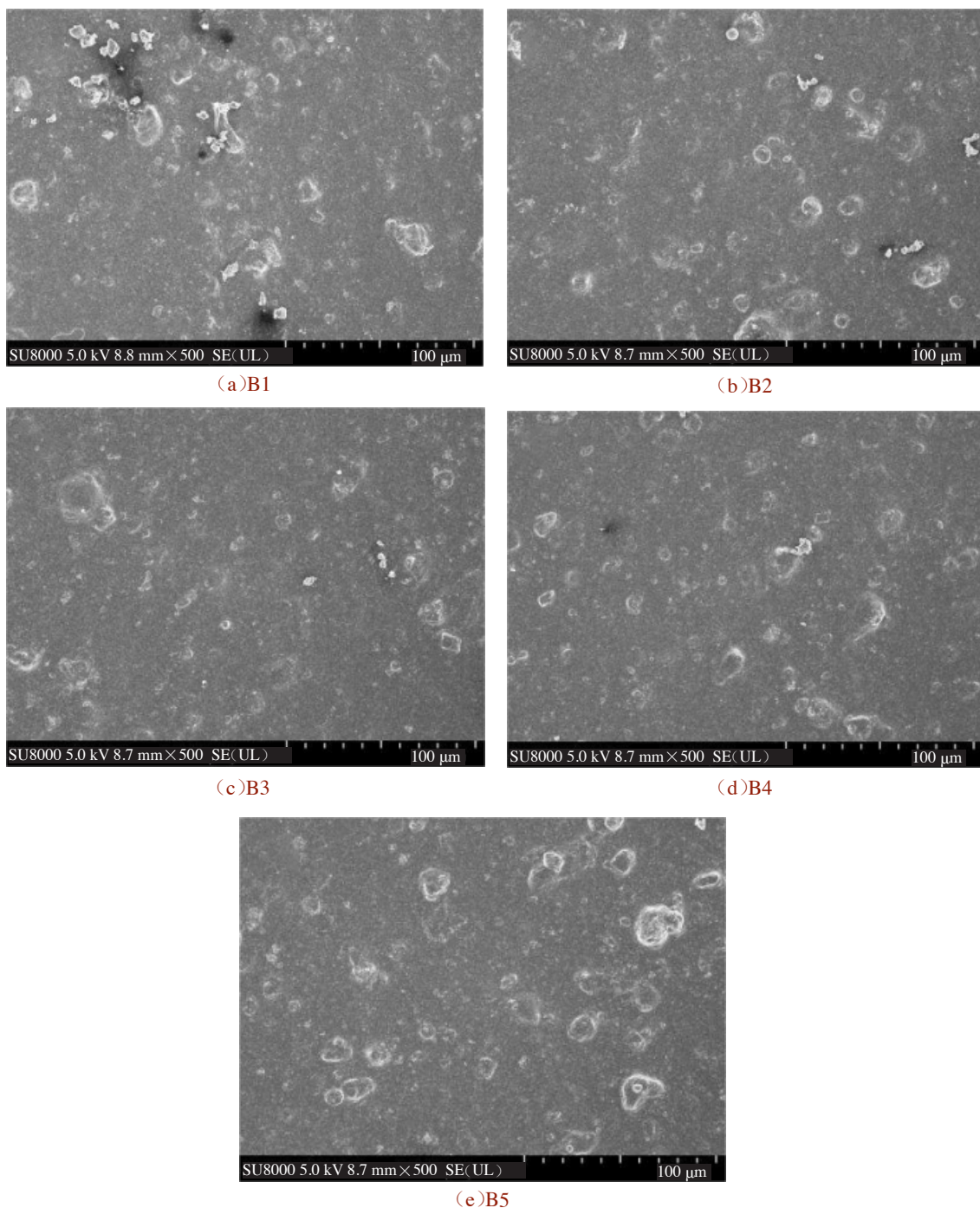


图7 紫外线吸收剂改性纳米SiO₂的SEM图

Fig. 7 SEM Image of UV Absorber Modified Nano-SiO₂

图8 改性纳米SiO₂/水性丙烯酸涂料表面的SEM图Fig. 8 SEM Image of the Surface of Modified Nano-SiO₂/Waterborne Acrylic Coatings

图9 纳米SiO₂/水性丙烯酸涂料表面的SEM图Fig. 9 SEM Image of the Surface of Nano-SiO₂/Waterborne Acrylic Coatings

3 结 语

本文选用含环氧官能的 γ -(2,3-环氧丙氧基)丙基三甲氧基硅烷作为偶联剂,并进一步使用紫外线吸收剂2-羟基-4-正辛氧基二苯甲酮作为纳米SiO₂的改性剂,成功制备了改性纳米SiO₂,并与水性丙烯酸乳液复合制备水性丙烯酸工业涂料,研究了改性纳米SiO₂对水性丙烯酸工业涂料性能的影响。通过力学性

能测试可知,改性与未改性纳米SiO₂用于水性丙烯酸工业涂料中,均具有较高的铅笔硬度、柔韧性、抗冲击性能。当改性纳米SiO₂占0.10%时,光泽度最大27.0 Gu,粗糙度最小0.417 μm ;当改性纳米SiO₂占0.20%时,光泽度最大27.1 Gu,粗糙度最小0.682 μm ;随着改性纳米SiO₂/水性丙烯酸比例的增大,光泽度逐渐减小,粗糙度逐渐增大。通过SEM分析表明,加入改性纳

米SiO₂可以提高涂料的性能。

本文研究的紫外线吸收剂改性纳米二氧化硅对水性丙烯酸涂料性能的影响,将对水性工业涂料的开发具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 曹东萍,汪洋,汤朋,等.水性丙烯酸涂料的改性研究进展[J].上海涂料,2019,57(4):31-35
- [2] 田福学,张春庆.丙烯酸涂料技术进展[J].涂料与应用,2001,31(1):12-17
- [3] 高姗姗. γ -甲基丙烯酰氧丙基三甲氧基硅烷/丙烯酸酯、苯乙烯共聚合反应的研究[D].保定:河北大学,2008:5-6
- [4] 邓彬彬.二氧化硅改性丙烯酸细乳液及其膜性能的研究[D].成都:西南石油大学,2017:15-18
- [5] 罗霞.具有核-壳结构的丙烯酸丁酯-苯乙烯-丙烯酸酯ASA胶粉及其合金的制备与性能研究[D].绵阳:西南科技大学,2020:4
- [6] 沈文军.水性丙烯酸乳胶的改性及其防腐应用研究[D].镇江:江苏科技大学,2017:5-12
- [7] 吴乐芳.环氧接枝改性水性丙烯酸树脂的制备[D].长沙:湖南大学,2011:4-9
- [8] 曹欣祥,陈士芳,曹力.水性丙烯酸树脂的改性研究进展[J].粘接,2009,30(5):71-75
- [9] 夏先伟,张晓红,王德堂,等.丙烯酸树脂的纳米材料改性研究进展[J].广州化工,2012,40(16):30-32
- [10] 何淑婷,刘宝春.纳米二氧化硅改性及其应用研究进展[J].材料研究与应用,2016,10(2):71-74
- [11] 杨灵娟.纳米二氧化硅在涂料中的应用研究[J].决策探索(中),2020,36(8):97-98
- [12] 何淑婷,刘宝春.纳米二氧化硅改性及其应用研究进展[C]//2016年全国无机硅化物行业年会暨创新发展研讨会论文集,2016:1-3
- [13] 宋庆功.纳米TiO₂改性内墙涂料的光催化降解甲醛研究[D].成都:四川大学,2006:3-6
- [14] 陆扣留.纳米ATO/水性PU隔热涂料制备与性能研究[D].杭州:杭州电子科技大学,2012:2-10
- [15] 杨道华.纳米颜料的涂料适性及其对彩喷纸记录特性作用的研究[D].淄博:山东轻工业学院,2011:8
- [16] 尹振兴,孔辉,王海川,等.关于表面张力和表面自由能的讨论[J].大学化学,2016,31(9):77-82
- [17] 李楠楠,李国禄,王海斗,等.表面自由能的计算方法及其对材料表面性能影响机制的研究现状[J].材料导报,2015,29(11):30-35
- [18] 张世举,程延海,邢方方,等.接触角与表面自由能的研究现状与展望[J].煤矿机械,2011,32(10):8-10

中国涂料
CHINA COATINGS

来稿须知

为确保登载文章的质量,便于与作者联系,缩短审修周期,加快出版进度,特请广大作者投稿时注意以下要求:

1、投稿须知

- (1)来稿原则以电子版word形式通过E-mail: chinacoatingnet@vip.163.com方式投递。
- (2)投稿应注明作者详细联系方式:工作单位、地址、邮编、有效联系电话、E-mail及某一作者的身份证号。
- (3)审稿周期为3个月,在此期间请勿一稿多投。来稿请自留底稿,稿件未被录用,本刊恕不退稿。
- (4)本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、中国核心期刊遴选数据库、万方数据资源系统数字化期刊群,如作者不同意编入以上网上数据库,请提前说明。
- (5)对所录用稿件有进行编辑处理及摘要发表的权利,作者如不同意请事先声明。

2、稿件格式

文章须包含以下内容,参照格式如下:

- 标题
- 作者署名、作者工作单位、所在城市、邮编
- 作者简介:姓名(出生年-),性别(民族,汉族可省略),籍贯。职称,学位,研究方向(籍贯以后各项任选)等信息。
- 基金项目:注明基金项目名称,并在圆括号内注明其项目编号。
- 中文摘要
- 关键词
- 英文基本信息(包括:标题、作者署名、工作单位、摘要、关键词)
- 正文:以第三人称角度叙写,各节序号采用1..., 1.1..., 2..., 2.1...形式
正文若出现图、表,则图名、表名请以中英双语注出
- 参考文献
参考文献依序列出,并在文中引用的具体位置以上标形式标注出该参考文献序号
各类参考文献录入格式如下:
期刊: [序号]作者.题名[J].刊名,年,卷(期):起止页码
专著: [序号]作者.书名[M].出版地:出版社,出版年
论文集: [序号]作者.题名[C]//论文集名.出版地:出版者,出版年
学位论文: [序号]作者.题名[D].保存地:保存者,保存年
标准: [序号]标准编号.标准名称[S]
专利: [序号]专利所有者.专利题名[P].专利国别:专利号,出版日期

联系方式:《中国涂料》编辑部
电话/传真: 010-62252368
E-mail: chinacoatingnet@vip.163.com

水性无铬锌铝涂层材料的性能研究

王祺轩

(大连理工大学, 辽宁大连 116024)

摘要: 研究制备了一种水性无铬锌铝涂料, 并对涂料热稳定性、微观形貌、电化学性能及耐盐雾性进行测试与表征。研究表明, 该涂料经过高温烧结后, 涂层内部结构致密, 片状结构锌粉和铝粉在涂层内部层层相叠, 形成多道屏障, 延长腐蚀介质在涂层内部的渗透路径。该涂料具有较好的热稳定性, 经过7 d热稳定性测试, 涂料的黏度和pH值均未发生明显变化。涂层自腐蚀电位(-1.043 V)低于Q235裸钢(-0.645 V), 而且涂层自腐蚀电流(I_{corr}) $4.82 \times 10^{-6} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ 比Q235裸钢自腐蚀电流 $1.94 \times 10^{-4} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ 降低两个数量级, 腐蚀电阻从 $1.14 \times 10^2 \Omega$ 增加到 $4.43 \times 10^3 \Omega$, 表明涂层的电化学腐蚀速率明显降低, 可以为基材提供阴极保护。涂层经过600 h中性盐雾测试后, 涂膜仍然保持较好的金属光泽, 表面有很轻微白锈产生。

关键词: 无铬锌铝涂层; 极化曲线; 耐腐蚀性

中图分类号: TQ630

文献标识码: A

文章编号: 1006-2556(2024)12-0045-05

DOI: 10.13531/j.cnki.china.coatings.2024.12.006

A Study on the Properties of Waterborne Chromium-free Zinc-aluminum Coatings Material

WANG Qi-xuan

(Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning, China)

Abstract: A waterborne chromium-free zinc-aluminum coatings material was prepared, tested and characterized for its thermal stability, microscopic morphology, electrochemical performance, and salt spray resistance. The research shows that after high-temperature sintering, the coatings have a dense internal structure. The flaky zinc powder and aluminum powder are layered inside the coatings, forming multiple barriers and prolonging the penetration path of the corrosive medium inside the coatings. The coatings have good thermal stability. After 7 d of thermal stability tests, the viscosity and pH value of the coatings did not change significantly. The self-corrosion potential of the coatings (-1.043 V) is lower than that of Q235 bare steel (-0.645 V), and the self-corrosion current (I_{corr}) of the coatings, $4.82 \times 10^{-6} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$, is two orders of magnitude lower than that of Q235 bare steel, $1.94 \times 10^{-4} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$. The corrosion resistance increases from $1.14 \times 10^2 \Omega$ to $4.43 \times 10^3 \Omega$, indicating that the electrochemical corrosion rate of the coatings is significantly reduced and can provide cathodic protection for the substrate. After 600 h of neutral salt spray testing, the coatings film still maintains a good metallic luster, and there is very slight white rust on the surface.

Key words: chromium-free zinc-aluminum coatings, polarization curve, corrosion resistance

0 前言

达克罗(Dacromet)涂层技术是一种比较有效的金属防护方法, 具有涂层厚度薄、防腐蚀效果好、导电

性强、耐高温等特点, 已被广泛地应用在汽车、航天、桥梁、船舶、军工等领域的金属结构件的防腐涂装行业。传统的达克罗涂料中的黏合剂主要成分是铬酸

收稿日期: 2024-12-03

作者简介: 王祺轩(2004—), 男(汉族), 辽宁大连人。本科在读, 研究方向为材料成型及控制工程。

酞,含量约占5%,由于达克罗涂料中含有致癌物质重金属 Cr^{6+} ,不仅会对环境造成严重污染,而且危害人体健康^[1]。自2000年开始,国外开始限制重金属 Cr^{6+} 在车辆材料和汽车零部件材料中使用。我国从2006年开始,规定在电子产品中,禁止使用铅、镉、六价铬等致癌物质,达克罗涂层材料的应用范围逐渐变小。因此,研究开发取代传统Dacromet的新型环境友好型无铬锌铝涂层材料技术成为行业发展趋势。

水性无铬锌铝涂层材料是以片状锌粉(铝粉)、无铬钝化液、分散溶剂、去离子水以及其他助剂为主要成分。这种涂层材料在制备过程中没有使用铬酸酐作为黏合剂,而是使用了硅烷偶联剂,不含重金属 Cr^{6+} 。并且在制备和涂装应用过程中使用水进行分散和稀释,不会产生任何其他有污染性的物质,防腐性能接近Dacromet^[2]。作为Dacromet的迭代技术,新型水性无铬锌铝涂层材料防腐技术将被广泛应用。

本研究通过采用硅烷偶联剂作为黏合剂,使用片状锌粉和铝粉为反应型防锈颜料,以及添加缓蚀剂、水、助剂等,研究制备出一种新型水性无铬锌铝涂料,该涂料通过高温烧结后,制备得到一种新型水性无铬锌铝涂层材料。本文对该涂料热贮存稳定性、微观形貌、电化学特性以及耐中性盐雾性能进行测试与表征,测试结果表明该涂料综合性能优异,可以达到传统Dacromet性能。该涂料在制备和应用过程中,使用水作为稀释剂,不含重金属,不会对环境造成污染,具有很好的环境友好特性,符合未来行业发展趋势,具有较好的市场应用前景。

1 水性无铬锌铝涂层材料耐腐蚀机理

水性无铬锌铝涂层材料的耐腐蚀机理主要包括物理屏障防护、电化学作用和自修复作用。

物理屏障防护:锌铝涂料中的鳞片状锌粉和铝粉在钢质基体和腐蚀介质之间形成一道优良的屏障,阻碍或延长腐蚀介质到浸入基材的路径,片状结构的金属颜料在涂层内部层层平铺,形成多道屏障,从而保护基体不受腐蚀。

电化学作用:水性锌铝涂层自腐蚀电位低于Q235裸钢,存在较明显的电位差。锌粉作为牺牲阳极被优先腐蚀,从而保护了钢铁基体不受腐蚀。

钝化作用:涂层中含有氧化物和硅化物,他们都可作为缓蚀剂,能够降低钢铁基体和锌、铝的腐蚀速率。多层钝化增加了被击穿的难度和抗蚀的持久性,形成了对基体的长久保护。

自修复作用:水性无铬锌铝涂料经高温烧结后,涂层构成为类似一种“锌-铝-硅”的无机合金,当涂层受损时,锌的氧化物和碳酸盐会向涂层被损坏的区域移动,积极修复涂层,恢复保护屏障。另外,涂层表面的金属Al与空气接触生成 Al_2O_3 ,致密的 Al_2O_3 氧化膜具有很好耐蚀性,也同样起到很好的自修复作用。

2 实验部分

2.1 基材及表面处理

实验采用Q235钢作为测试基材,Q235钢具有高强度和优异的机械性能,被广泛应用于机械零件的制造。Q235钢的主要化学成分见表1。

表1 Q235钢的化学成分
Table 1 The Chemical Composition of Q235 Steel

化学成分	C	Si	Mn	P	S	Fe
w/%	0.15~0.2	0.25~0.3	0.5~0.6	≤0.015	≤0.009	余量

基材表面处理不仅可以保证涂层与基材具有较好附着力,有效提高涂层耐腐蚀性,还可以提高涂层表面质量。实验中对Q235钢基材采用机械除锈和脱脂除油相结合的前处理工艺。

机械除锈:采用角磨机对试件进行打磨,彻底清除掉基材表面锈蚀,基材表面应光亮平滑。

脱脂除油:将表面涂有防锈油的试件放在醋酸乙酯溶剂中浸泡20 min,清除试件表面油脂。

取出试件,用无尘布擦净后,放在60℃烘箱进行烘干30 min,彻底清除表面油污。

2.2 无铬锌铝涂层制备

2.2.1 制备配方

本研究使用的水性无铬锌铝涂料采用锌铝粉浆

和水性无铬钝化液两个组分混合而成,配方见表2。

2.2.2 涂料制备

锌铝粉浆:在容器中,加入聚乙二醇-200、二丙二醇、硅烷偶联剂KH560和表面活性剂OP-10,混合均匀;在搅拌状态下,加入片状锌粉、片状铝粉和消泡剂,并用搅拌机继续搅拌60~120 min,获得均匀的锌铝浆料。

无铬钝化液:将无水乙醇和硅烷偶联剂KH560混合均匀,然后加入去离子水,并用硼酸调节pH值5~7,然后加入钼酸钠,用磁力搅拌器搅拌60~120 min,待钼酸钠完全溶解,制得水性无铬钝化液。

将水性无铬钝化液与金属粉浆混合,接着加入0.5%~1%(质量分数,下同)羟乙基纤维素,搅拌3~5

表2 水性无铬锌铝涂料配方
Table 2 The Formula of Waterborne Chromium-free Zinc-aluminum Coatings

组分	原料名称	w/%
锌铝粉浆	聚乙二醇-200	18~21
	二丙二醇	8~10
	硅烷偶联剂KH560	7~9
	表面活性剂OP-10	7~9
	锌粉	45~50
	铝粉	7~10
	消泡剂	0.1~0.3
	合计	100
无铬钝化液	无水乙醇	20~25
	硅烷偶联剂KH560	14~18
	去离子水	55~65
	钼酸钠	2~4
	合计	100

h后获得无铬锌铝涂料。

2.2.3 涂层制备

采用有气喷涂方式将制备的涂料均匀喷涂在试片表面,表干20 min后,放入80 °C烘箱预烘干30 min,最后将预烘干后的试片放入330 °C烘箱中高温烧结30 min,即获得无铬锌铝防腐涂层,涂层厚度为8~10 μm。

2.3 性能测试与表征

表3 水性无铬锌铝涂层性能测试结果

Table 3 Performance Test Results of Waterborne Chromium-free Zinc-aluminum Coatings

检测项目	技术指标	测试结果	检测方法
附着强度	涂层不应从金属基体上脱落(不漏基体),但允许胶带变色或有少量锌、铝粉粒附在胶带上	合格	GB/T 5267.2—2021
耐水性	240 h耐水试验后,涂层附着强度无明显降低	300 h耐水试验后,涂层附着强度无明显降低	将试样浸入(40±1) °C的去离子水中,连续浸泡 240 h,将试样取出后在室温下干燥后进行测试
冷凝水试验	240 h后无涂层脱落,满足附着力要求	300 h后无涂层脱落,满足附着力要求	GB/T 13893—2008
耐热性	150 °C烘烤3 h后,涂层无变色、气泡、剥落、裂纹等缺陷。经耐热试验后,涂层仍应满足附着强度和耐盐雾试验规定的技术要求	合格	GB/T 1735—2009
铅笔硬度	≥4H	5H	GB/T 6739—2022
盐雾测试	480 h涂膜无白锈	600 h涂膜无白锈	GB/T 10125—2012

3.2 涂料稳定性评价

将制备的水性无铬锌铝涂料放置于50 °C恒温水浴中,每隔24 h定期对混合后涂料的黏度和pH值进行测量,考察涂料贮存稳定性。表4结果证明,通过7 d测试,本研究制备的水性无铬锌铝涂料的黏度及pH值均无明显变化,证明涂料热贮存稳定性良好。

涂料的稳定性采用恒温水浴锅进行测试,将制备好的涂料装入封闭容器中,然后放入恒温水浴锅中,50 °C保温,定时取样观察。

采用JMS-6700E扫描电镜(SEM)对涂层形貌表征。采用上海辰华CHI-660D电化学工作站和三电极测试体系对涂层进行极化曲线测试来评定其耐蚀性能。三电极体系以Pt电极为辅助电极,饱和甘汞电极为参比电极,涂层试件为工作电极,测试溶液为质量分数为3.5%的NaCl水溶液。极化曲线测试数据采用CView软件和ZView软件进行分析与拟合^[3]。

耐中性盐雾试验根据GB/T 10125—2012进行,设备采用HDYW-120型号盐雾箱,NaCl溶液浓度为5%水溶液。

涂料的黏度测试参照GB/T 1723—1993,采用涂-4[#]杯黏度计来进行测量。

涂层硬度测试参照GB/T 6739—2022进行。

涂层附着力测试参照GB/T 5267.2—2021进行。

涂层耐热性测试参照GB/T 1735—2009进行。

3 结果与讨论

3.1 涂层性能测试

将本研究制备的水性无铬锌铝涂层参照中国表面工程协会团体标准T/CSEA 0001—2018《锌铝涂层技术条件》进行测试,测试结果见表3。

3.3 涂层微观形貌表征

采用SEM对涂层的微观形貌进行表征,从图1可以看出,水性无铬锌铝涂层中片状锌粉和铝粉分散均匀,颜料片状结构明显,并在涂层内部层层相叠,锌粉和铝粉粒径约为15~20 μm。

水性无铬锌铝涂料经高温烧结过程中,涂料中的

表4 涂料稳定性评价

Table 4 Evaluation of Coatings Stability

时间/h	涂-4黏度/s	pH值
0	44.23	6.35
24	44.30	6.37
48	45.02	6.41
72	45.25	6.44
96	45.32	6.52
120	45.71	6.63
144	46.08	6.87
168	46.34	6.97

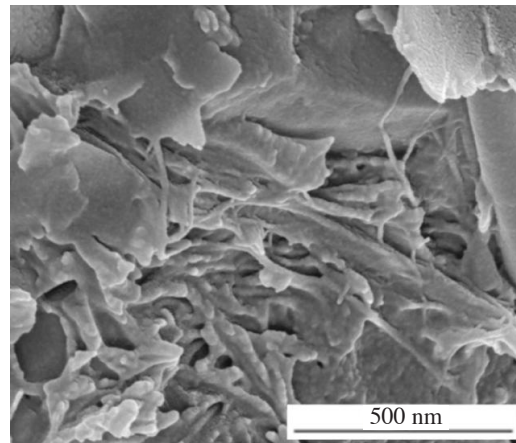
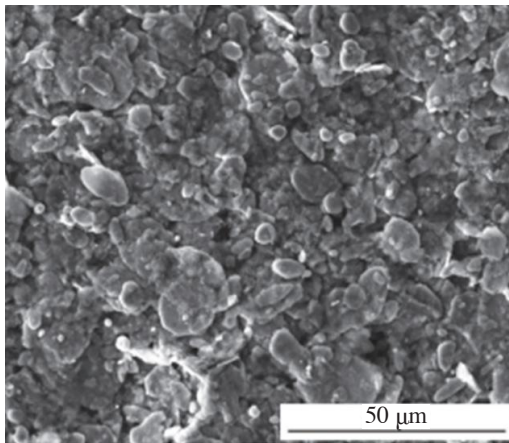


图1 水性无铬锌铝涂层的微观形貌

Fig. 1 Microscopic Morphology of Waterborne Chromium-free Zinc-aluminum Coatings

NaCl溶液中的极化曲线与拟合参数。可以看出,水性锌铝涂层自腐蚀电位(-1.043 V)低于Q235裸钢(-0.645 V),存在较明显的电位差,电位差值为 398 mV 。表明在发生腐蚀时,涂层中锌铝粉作为牺牲阳极对Q235基材可以进行有效的电化学保护。其次,自腐蚀电流密度(I_{corr})大小也可以反映腐蚀速率的快慢^[4]。表5给出了极化曲线中各个腐蚀参数的变化,水性无铬锌铝涂层 I_{corr} 相较于Q235裸钢有明显的下降,水性无铬涂层的腐蚀电位负移,腐蚀电流减小了两个数量级,腐蚀电阻从 $1.14 \times 10^2\ \Omega$ 增加到了 $4.43 \times 10^3\ \Omega$ 。这表明水性无铬锌铝涂层的腐蚀的速率明显降低^[5],涂层可以对Q235基材起到较好的保护作用。

3.5 耐盐雾性测试

水性无铬锌铝涂层的厚度为 $8 \sim 10\ \mu\text{m}$,涂层附着力等级为0级。从图3可以看出:中性盐雾试验前试件表面的涂层均匀、光亮平滑,没有漏点;经中性盐雾测试 600 h 后,涂层表面无明显白锈产生,未见生成红锈,涂膜仍然保持较好的金属光泽,说明水性无铬锌铝涂层具有较好的耐腐蚀性。

水性无铬锌铝涂料经高温烧结后,涂层构成为类

硅烷偶联剂与锌粉、铝粉以及金属基材发生交联固化。锌粉、铝粉和基材分别与硅烷偶联剂KH560中的硅醇基发生脱水反应,硅烷偶联剂KH560作为黏结剂将各种金属粒子结合在一起,构成一种类似锌-铝-硅的无机合金。涂层不仅与金属基材紧密粘结在一起,而且在涂层内部形成致密的空间网状结构。片状结构的金属颜料在涂层内部层层平铺,形成多道屏障,可以大大延长腐蚀介质浸入金属基体的路径,保证水性无铬锌铝防腐涂层对基材的有效防护。

3.4 电化学性能测试

图2和表5为水性无铬锌铝涂层和钢基体在 3.5%

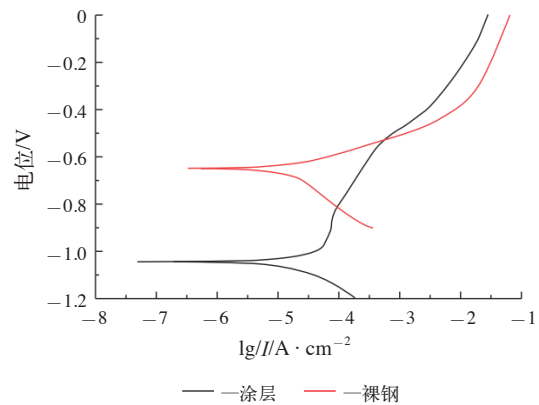


图2 水性无铬涂层与Q235裸钢的极化曲线

Fig. 2 Polarization Curves of Waterborne Chromium-free Coatings and Q235 Bare Steel

表5 钢基体及水性无铬锌铝涂层的极化曲线参数

Table 5 Polarization Curve Parameters of Steel Substrate and Waterborne Chromium-free Zinc-aluminum Coatings

试样	E_{corr}/V	$I_{\text{corr}}/(\text{A} \cdot \text{cm}^{-2})$	R_p/Ω
Q235裸钢	-0.645	1.94×10^{-4}	1.14×10^2
水性无铬锌铝涂层	-1.043	4.82×10^{-6}	4.43×10^3

似一种“锌-铝-硅”的无机合金,金属Al的电极电位比Zn更低,优先Zn发生电化学腐蚀。另外,涂层表面的金属Al与空气接触生成 Al_2O_3 ,致密的 Al_2O_3 氧化膜具

有很好耐蚀性,而且在腐蚀发生时,可以起到很好的自修复作用^[6]。

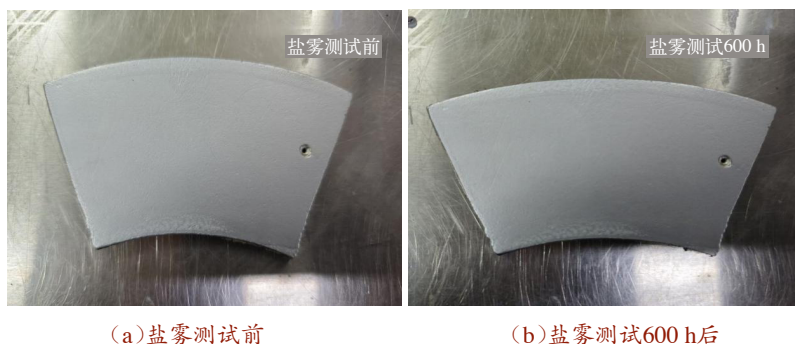


图3 水性无铬锌铝涂料600 h盐雾试验对比

Fig. 3 Comparison of 600 h Salt Spray Test for Waterborne Chromium-free Zinc-aluminum Coatings

4 结语与展望

(1)水性无铬锌铝涂料通过硅烷偶联剂(KH560)与片状锌粉和铝粉在300~330 °C高温烧结形成致密无机锌-铝-硅涂层。涂层外观平整且呈银灰色金属光泽,微观均匀完整、致密、孔隙率低。涂层内部片状锌粉和铝粉构成层层重叠结构,有效防止腐蚀性介质进入基材界面,延长介质渗透路径,起到良好的屏蔽作用。

(2)通过电化学性能表征,水性无铬锌铝涂层的腐蚀电位比Q235裸钢低,电位差值为398 mV,腐蚀电流 $4.82 \times 10^{-6} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ 比Q235裸钢腐蚀电流 $1.94 \times 10^{-4} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ 减小了两个数量级,腐蚀电阻从 $1.14 \times 10^2 \Omega$ 增加到了 $4.43 \times 10^3 \Omega$,涂层的电化学腐蚀的速率明显降低,可以为基材提供阴极保护。

(3)水性无铬锌铝涂料多组分混合后贮存性稳定,经7 d热贮存测试,涂料的黏度和pH值均未发生明显变化。

(4)水性无铬锌铝涂层试件经600 h中性盐雾测试,表面保持光亮,有明显白锈产生,未见生成红锈,涂层具有较好的耐腐蚀性。

我国目前使用的无铬锌铝涂料主要生产商为欧美日等地区,产品价格较高,给用户带来较大的成本压力。国内的研究者们可以从水性无铬锌铝涂料成膜物、纳米材料改性、单组分包装以及降低固化烘烤温

度等方面对现有技术进一步深入研究,不断改善和优化无铬锌铝涂层材料的性能和施工工艺。随着人们环保意识的增强以及相关法规的颁布,传统达克罗技术将逐步限制市场应用。新型水性无铬锌铝涂层材料其优异的防腐性能接近达克罗产品性能,在汽车零部件、船舶、桥梁等防腐领域的应用将进一步扩大,具有较好的市场应用前景。

参考文献

- [1] 曹苗,谢发勤,吴向清,等.无铬锌铝涂层的研究进展[J].材料导报,2021,35(13):13 128-13 138
- [2] 毛冰玉.金属件表面锌铝防腐涂层制备及性能研究[D].大连:大连理工大学,2021
- [3] 李慧莹,赵君文,戴光泽,等.钼酸钠含量对无铬锌铝涂层性能的影响[J].材料导报,2020,34(2):105-109
- [4] 陈广义,张建成,张文卓,等.锌铝粉含量对无铬锌铝涂层性能的影响[J].涂料工业,2023,53(2):14-19,26
- [5] 李庆鹏,许茜,刘建国,等.水性无铬达克罗涂层的制备与性能研究[J].中国腐蚀与防护学报,2016,36(6):560-565
- [6] 魏源.锌-铝机械镀过程铝粉活化作用的研究[D].昆明:昆明理工大学,2007

车辆底盘用环氧粉末涂料的制备及涂装应用

卫龙¹, 李斌¹, 杨鹏刚¹, 苏治果¹, 刘晓庆²

(1. 陕西宝塔山信誉科技有限公司, 陕西咸阳 713100; 2. 陕西宝塔山油漆股份有限公司, 陕西咸阳 713100)

摘要: 针对车辆底盘作业环境及使用要求, 通过研究环氧树脂、固化剂种类及用量、助剂等对环氧涂层性能的影响, 制备了适合车辆底盘底涂用的环氧粉末涂料, 并通过与高耐候面涂层用聚酯粉末涂料搭配进行综合性能测试, 得到了适合车辆底盘用的双涂层粉末涂料体系与涂装工艺, 解决了车辆底盘粉末涂装时的耐盐雾及耐老化问题。

关键词: 底盘; 环氧粉末; 聚酯粉末; 涂装工艺

中图分类号: TQ630.7⁺9

文献标识码: A

文章编号: 1006-2556(2024)12-0050-07

DOI: 10.13531/j.cnki.china.coatings.2024.12.007

Preparation and Application of Epoxy Powder Coatings for Vehicle Chassis

WEI Long¹, LI Bin¹, YANG Peng-gang¹, SU Zhi-guo¹, LIU Xiao-qing²

(1. Shaanxi Baotashan Credit Technology Co., Ltd., Xianyang 713100, Shaanxi, China; 2. Shaanxi Baotashan Paint Co., Ltd., Xianyang 713100, Shaanxi, China)

Abstract: According to the working environment and application requirements of vehicle chassis, epoxy powder coatings suitable for vehicle chassis application were prepared by studying the influence of epoxy resin, curing agent type and dosage, additives, etc. on the performance of epoxy coatings. Through the comprehensive performance test with polyester powder coatings for high weather resistance surface coatings layers, the double coatings layer powder coatings system and application process suitable for vehicle chassis were obtained, solving the problem of salt spray resistance and aging resistance in vehicle chassis powder coatings application.

Key words: chassis, epoxy powder, polyester powder, application process

0 前言

载货汽车作为典型的生产资料, 其可靠性和经济性越来越受到关注, 这也对涂装质量提出了更高要求^[1]。同时随着国家环保法律法规的完善, 人们意识的增强, 环境友好型涂料的涂装应用越来越受到关注^[2-3], 粉末涂料由于可回收利用、环境友好、喷涂损耗更小, 性能及性价比等优势在商用车涂装领域越来越受欢迎^[4-7]。

载货汽车底盘零件种类多, 防腐性和耐候性的要求逐步提升, 如何兼顾防腐性、外观质量、耐候性成为涂装材料与涂装工艺发展的重点方向之一。底面合一电泳涂料、高固体分涂料、电泳底涂+聚酯粉末面涂、水性涂

料等低VOC涂料在底盘领域的应用越来越多^[1,8], 粉末涂料在底盘件上多搭配磷化层或电泳底漆使用, 少有双粉末涂层(粉末底涂层+粉末面涂层)的研究应用。聚酯粉末涂料耐候性好但对于钢铁基材单涂层使用时耐盐雾性较差, 环氧粉末涂料不耐候但防腐性好, 能否兼顾二者优点并将其应用于车辆底盘件, 改善车辆底盘的耐盐雾和耐老化性能, 本文对此进行了研究。

实验采用双涂层粉末涂料对底盘件进行涂装, 旨在无磷化处理的条件下, 制备一种具有较高耐盐雾性和耐老化性的粉末涂料复合涂层。另外, 考虑到环氧粉末涂料与聚酯粉末涂料涂装过程中可能的干扰现

收稿日期: 2024-10-20

作者简介: 卫龙(1987-), 男, 山西运城人。工程师, 硕士研究生, 主要从事涂料用高分子树脂合成及涂层研究。

象,本文同时研究了施工工艺对复合涂层外观及性能的影响,解决了双涂层粉末涂料的施工问题。首先对环氧粉末涂料固化体系进行实验研究,筛选并制备了机械性能优良的环氧粉末涂料,接着以制备的环氧粉末涂料作为底涂层,以耐候性优良的聚酯粉末涂料作为面涂层,研究了施工工艺对双涂层外观、防腐性、机械性能、耐候性等的影响,制备了适合载货车车辆底盘用的双涂层粉末涂料。

1 实验部分

1.1 主要原材料

环氧树脂(CYD014),工业级,中国石化集团巴陵石化有限责任公司;炭黑(MA100),工业级,日本三菱;沉淀硫酸钡(BaSO_4 含量 $\geq 98\%$),工业级,陕西富化化工有限责任公司;云母粉,800目,滁州格锐矿业有限责任公司;葵二酸二酐肼,工业级,广州润物环保科技有限公司;二甲基咪唑,医药级,黄山新佳精细化学品有限公司;酚类固化剂,工业级,六安市捷通达化工有限责任公司;双氰胺,工业级,黄山新佳精细化学品有限公司;流平剂、增光剂,工业级,上海索是化工有限公司;消泡剂,工业级,天卧新材料科技(浙江)有限责任公司。

1.2 实验设备

电子天平,PTF-A3000,华志(福建)电子科技有限公司;双螺杆挤出机,GSF-30EF,烟台万亨智能设备有限公司;ACM磨粉机,ACM-10M,烟台万亨智能设备有限公司;高速粉碎机,1000C,东莞市房太电器有限公司;高压静电喷枪,JG-2000,西安精工科技发展有限公司;冲击试验机,QJL,天津精科材料试验机厂;冲击实验仪,QCJ-50,天津永利达实验室设备有限公司;涂膜柔韧性测试仪,QTX-1731,上海本杉仪器设备有限公司;电热鼓风干燥箱,DHG-9070A,上海一恒科学仪器有限公司;盐雾试验箱,BGD881/S,标格达精密仪器(广州)有限公司;氙灯人工加速老化仪,BGD862,标格达精密仪器(广州)有限公司;测厚仪,QNIX4500,德国尼克斯;铅笔硬度计,QHQ-A,北京时代山峰科技有限公司;光泽度计,YG268,深圳三恩时科技有限公司。

1.3 配方及工艺

粉末涂料基础配方见表1。

按配方准确称取各组分,用高速混料机混合均匀,双螺杆挤出机挤出压片,冷却破碎后用ACM磨粉机粉碎,过180目标准筛后,制得粉末涂料。然后将粉末涂料采用高压静电喷涂后,于 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、15 min进行固化,标准实验室放置24 h后进行各项性能测试。

表1 粉末涂料基础配方
Table 1 Basic Formula of Powder Coatings

原料名称	w/%		
	环氧-双氰胺体系	环氧-葵肼体系	环氧-酚类固化剂体系
环氧树脂	50~70	50~70	50~70
双氰胺	1.3~2.4	—	—
葵二酸二酐肼	—	3.3~5.3	—
酚类固化剂	—	—	11~16.8
二甲基咪唑	0.2~0.5	—	0.2~0.5
增光剂	0.8	0.8	0.8
安息香	0.4	0.4	0.4
消泡剂	0.5	0.5	0.5
流平剂	1.2	1.2	1.2
炭黑	7	7	7
云母粉	5	5	5
沉淀硫酸钡	余量	余量	余量
合计	100	100	100

1.4 测试及表征

测试及表征结果见表2。

2 结果与讨论

2.1 不同固化剂类型对涂层性能的影响

环氧防腐粉末涂料以环氧树脂为主要成分,可选用双氰胺、葵二酸二酐肼、酚类固化剂等进行固化。研究双氰胺、葵二酸二酐肼、酚类固化剂对粉末涂料外观及机械性能的影响,控制环氧树脂用量为60%(质量分数,后同),按表1配方进行相关实验。表3实验结果发现,使用葵二酸二酐肼作为固化剂时,涂层橘纹明显,流平性欠佳,而双氰胺和酚类固化剂作为固化剂时,涂层流平性好,与双氰胺、酚类固化剂相比,可能是由于葵二酸二酐肼反应基团多且活泼,固化过程中反应较快同时体系黏度增加过快,不利于涂层的流平。因此选用双氰胺、酚类固化剂继续进行实验调整。

2.2 环氧树脂用量对环氧-双氰胺环氧粉末涂层性能的影响

实验环氧树脂用量对环氧-双氰胺环氧粉末涂层性能的影响,结果如表4、表5所示,由表4、表5可知,树脂用量 $< 50\%$ 时,涂层流平性、耐冲击性较差,树脂用量 $\geq 50\%$ 时,涂层耐 $\pm 50\text{ kg}\cdot\text{cm}$ 冲击合格。当环氧树脂用量较低时,涂层中有机物含量偏低,固化过程中体系黏度高不利于涂层的流平,同时有机物含量低导致涂层在重锤冲击下变形能力下降,耐冲击测试难以通过;随环氧树脂含量增多,涂层中有机物含量增加,涂层抗变形能力增强,耐冲击性明显提升。

表2 测试及表征结果
Table 2 Results of Test and Characterization

序号	项目	检验方法	备注
1	外观	目测	目视观察涂层外观及弊病
2	涂层膜厚/ μm	GB/T 13452.2	磁性测厚仪测量膜厚
3	硬度	GB/T 6739	中华绘图铅笔, ISO 15184:1998, 750 g 负载
4	柔韧性/mm	GB/T 1731	使用柔韧性测定器测定涂膜柔韧性, 检查涂膜是否产生网纹、裂纹及剥落等异常现象
5	冲击强度/ $(\text{kg} \cdot \text{cm})$	GB/T 1732	1 kg 重锤直径 8 mm 冲头冲击, 4 倍放大镜观察, 判断涂层有无裂纹、皱纹及剥落现象
6	杯突试验(样板)/mm	GB/T 9753	直径 20 mm 半球形冲头, 评价涂层的抗开裂、抗剥离、抗与金属底材分离的性能
7	光泽(60°)/%	GB/T 9754	YG268 光泽度仪
8	附着力/级	GB/T 9286	百格法, 以直角网格图形切割涂层并穿透至底材来评定涂层从底材上脱离的抗性的实验
9	耐盐雾腐蚀(1 000 h)	GB/T 1771	测试涂层的耐中性盐雾性能, (50 ± 5) g/L 氯化钠溶液。划线处扩蚀不超过 2 mm, 试板边缘锈点数不超过 5 个
10	耐人工加速老化性(600 h)	GB/T 1865	涂层老化性能的评定及评级。无粉化、起泡、开裂、剥落等异常现象, 按变色及失光程度进行评级
11	耐水性 $[(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, 无明显失光变色等异常现象]	GB/T 1733	涂层的耐水浸泡测试, 测试起泡、起皱、锈污、失光、变色、脱落、附着力降低及脱漆后底材锈蚀状况
12	耐碱性 $[(25^\circ\text{C}, 0.1 \text{ mol/L 氢氧化钠})]$	GB/T 9274(甲法)	涂层的耐碱溶液浸泡测试, 测试起泡、起皱、锈污、失光、变色、脱落、附着力降低及脱漆后底材锈蚀状况
13	耐酸性 $[(25^\circ\text{C}, 0.1 \text{ mol/L 硫酸})]$	GB/T 9274(甲法)	涂层的耐酸溶液浸泡测试, 测试起泡、起皱、锈污、失光、变色、脱落、附着力降低及脱漆后底材锈蚀状况
14	耐柴油性	GB/T 9274(甲法)	涂层的耐柴油浸泡测试, 测试起泡、起皱、锈污、失光、变色、脱落、附着力降低及脱漆后底材锈蚀状况

表3 不同固化剂类型的涂层性能
Table 3 Coatings Properties of Different Curing Agent Types

固化剂类型	流平性	柔韧性/ mm	耐冲击性/ $(\text{kg} \cdot \text{cm})$
双氰胺	流平性佳, 轻微橘纹	1	50
癸二酸二酰肼	流平差, 明显橘纹	1	50
酚类固化剂	流平性佳, 轻微橘纹	1	50

2.3 咪唑用量及膜厚对环氧-双氰胺环氧粉末涂层性能的影响

以咪唑为催化剂, 固定环氧树脂用量为 60%, 实验咪唑用量及膜厚对环氧-双氰胺环氧粉末涂层性能的影响, 结果如表 6 所示。在实验范围内, 同等固化条件下, 当咪唑用量增加时, 涂层耐冲击性提升明显, 但咪唑用量 $\geq 0.4\%$ 时, 200°C 固化时由于反应速度较快、导致涂层流平性明显下降。咪唑用量偏低或固化温度较低时, 环氧树脂与固化剂反应较慢, 固化不够

充分, 导致涂层耐冲击性能不足。当咪唑用量增加至足以确保涂层固化后, 涂层耐冲击性能明显改善。膜厚 $60 \sim 80 \mu\text{m}$ 时, 涂层 $\pm 50 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ 耐冲击性正常, 但膜厚 $80 \sim 100 \mu\text{m}$ 时, 涂层 $\pm 50 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ 耐冲击性较差, 这是因为膜厚越高涂层抗变形能力越低, 耐冲击性越差, 由于双氰胺无柔性链段, 固化后涂层偏脆, 导致涂层耐冲击性欠佳, 特别是膜厚 $\geq 80 \mu\text{m}$ 时, 涂层耐冲击性仍有不足。

2.4 环氧树脂用量对环氧-酚类固化剂环氧粉末涂层性能的影响

实验环氧树脂用量对环氧-酚类固化剂环氧粉末涂层性能的影响, 结果如表 7、表 8 所示。由表 7、表 8 可知, 树脂用量 $\geq 50\%$ 时, 涂层 $\pm 50 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ 耐冲击合格。树脂用量增加后, 涂层中有机物含量的增加提升了涂层在重锤冲击时的形变能力, 涂层耐冲击性明显提升。

2.5 咪唑用量及膜厚对环氧-酚类固化剂环氧粉末涂层性能的影响

固定环氧树脂用量为 60%, 进一步实验咪唑用量及膜厚对环氧-酚类固化剂环氧粉末涂层性能的影响, 结果如表 9 所示。由表 9 可知, 咪唑用量较小时, 高

表4 环氧-双氰胺粉末测试配方
Table 4 Epoxy-dicyandiamide Powder Test Formula

原料名称	w/%						
	配方A	配方B	配方C	配方D	配方E	配方F	配方G
环氧树脂	45	50	55	60	65	70	75
双氰胺	1.48	1.65	1.82	1.98	2.14	2.31	2.48
二甲基咪唑	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
增光剂	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
安息香	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
消泡剂	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
流平剂	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
炭黑	7	7	7	7	7	7	7
云母粉	5	5	5	5	5	5	5
沉淀硫酸钡	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量
合计	100	100	100	100	100	100	100

表5 环氧-双氰胺粉末涂层的耐冲击性及柔韧性测试
Table 5 Impact Resistance and Flexibility Test of Epoxy-dicyandiamide Powder Coatings

配方	配方A	配方B	配方C	配方D	配方E	配方F	配方G
涂层外观	流平欠佳	正常	正常	正常	正常	正常	正常
耐冲击性(±50 kg·cm)	未通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
柔韧性(1 mm)	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过

注:测试固化条件:200 °C、15 min;膜厚:60~80 μm。

表6 咪唑用量及膜厚对环氧-双氰胺粉末涂料涂层性能的影响
Table 6 Effect of Imidazole Content and Film Thickness on Properties of Epoxy-dicyandiamide Powder Coatings

w(咪唑)/%		0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	膜厚/μm
测试固化条件:180 °C、15 min	涂层外观	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常	60~80
	耐冲击性(±50 kg·cm)	未通过	未通过	未通过	通过	通过	通过	通过	40~60
		未通过	未通过	未通过	未通过	未通过	通过	通过	60~80
		未通过	未通过	未通过	未通过	未通过	未通过	未通过	80~100
测试固化条件:200 °C、15 min	涂层外观	正常	正常	正常	正常	正常	流平欠佳	流平欠佳	60~80
	耐冲击性(±50 kg·cm)	未通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	40~60
		未通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	60~80
		未通过	未通过	未通过	未通过	未通过	未通过	未通过	80~100

温下环氧与酚类固化剂反应较慢,甚至反应不充分导致涂层耐冲击性能不足;随着咪唑用量增加,涂层固化较为充分,耐冲击性能明显增强,但随着咪唑用量增大,环氧与酚类固化剂反应速度加快,固化过程中体系黏度提升较快,涂层流平性能逐渐下降。由表6、表9可知,同等条件下,与双氰胺相比,环氧-酚类固化剂制备的涂层在80~100 μm膜厚时耐冲击性能明显强于环氧-双氰胺环氧涂层,这是由于与双氰胺相比,酚类固化剂中含有柔性链段,固化后涂层抗重锤冲击能力更优。鉴于车辆运动过程中底盘可能受到碎石等

的冲击,综合考虑,本研究选择耐冲击更好的环氧-酚类固化剂环氧粉末涂料作为车辆底盘用环氧底粉,并选定配方K作为环氧底粉配方进行后续测试。

3 底涂层与面涂层的配套及施工研究

以表7配方K作为环氧底粉配方,制板并测试环氧底粉各项性能,结果如表10所示,底涂层的各项性能基本达到预期。

选用环氧-酚类固化剂环氧粉末涂料作为底涂层,高耐候聚酯-固化剂TGIC聚酯粉末涂料作为面涂

表7 环氧-酚类固化剂测试配方
Table 7 Epoxy-phenol Curing Agent Test Formula

原料名称	w/%						
	配方H	配方I	配方J	配方K	配方L	配方M	配方N
环氧树脂	45	50	55	60	65	70	75
酚类固化剂	10.8	12.0	13.2	14.4	15.6	16.8	18.0
二甲基咪唑	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
增光剂	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
安息香	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
消泡剂	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
流平剂	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
炭黑	7	7	7	7	7	7	7
云母粉	5	5	5	5	5	5	5
沉淀硫酸钡	余量	余量	余量	余量	余量	余量	余量
合计	100	100	100	100	100	100	100

表8 环氧-酚类固化剂粉末的耐冲击性及柔韧性测试
Table 8 Impact Resistance and Flexibility Test of Epoxy-phenol Curing Agent Powder

原料名称	配方H	配方I	配方J	配方K	配方L	配方M	配方N
涂层外观	流平欠佳	正常	正淳	正常	正常	正常	正常
耐冲击性(±50 kg·cm)	未通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
柔韧性(1 mm)	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过

注:测试固化条件:200 °C、15 min;膜厚:60~80 μm。

表9 咪唑用量及膜厚对环氧-酚类固化剂粉末涂料性能的影响
Table 9 Effect of Imidazole Content and Film Thickness on Properties of Epoxy-phenol Curing Agent Powder Coatings

w(咪唑)/%		0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	膜厚/μm
测试固化条件: 180 °C、15 min	涂层外观	正常	正常	正常	正常	正常	正常	轻微橘纹	60~80
	耐冲击性(±50 kg·cm)	未通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	40~60
		未通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	60~80
		未通过	未通过	未通过	通过	通过	通过	通过	80~100
测试固化条件: 200 °C、15 min	涂层外观	正常	正常	正常	正常	正常	正常	轻微橘纹	60~80
	耐冲击性(±50 kg·cm)	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	40~60
		未通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	60~80
		未通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	80~100

层,实验“两涂两烤”“两涂一烤”条件下双涂粉末涂料的施工性。“两涂两烤”即先喷涂底粉并预烘烤固化再在底粉上喷涂面粉并一起烘烤固化,“两涂一烤”即先喷涂底粉,再喷涂面粉,然后一起烘烤固化。考虑到底涂层环氧粉末涂料与面涂层聚酯粉末涂料之间可能的干扰,实验了底涂层熔解状态对双涂层外观的影响,即在不同底材温度下,先将环氧底涂进行静电喷涂,等待5 min后喷涂聚酯面涂,然后在200 °C、15 min下烘烤固化,固化后的样板在恒温室放置24 h后,观察涂层外观并测试涂层性能,结果如表11所示。

由表11可知,在两涂两烤情况下,涂层外观无异

常且各项性能均较好;而采用两涂一烤工艺,在底材温度≤60 °C时,由于底涂无法完全有效熔解,导致喷涂面涂后底涂与面涂相互干扰,涂层丰满度欠佳且光泽偏低,当底材温度≥70 °C时,喷涂底涂后底涂很快熔解,继续喷涂面涂,烘烤固化时底涂与面涂干扰明显减弱,涂层外观、光泽及丰满度能完全展现。

在底材温度70~80 °C下喷涂底粉,间隔5 min后喷涂面粉,然后在200 °C、15 min条件下进行固化,对双涂层性能进行全面测试,结果如表12所示,双涂层的各项指标可以达到车辆底盘的各项性能要求。

由表11、表12可知,采用环氧-酚类固化剂环氧粉

表10 环氧底涂层的性能测试
Table 10 Performance Test of Epoxy Primer

序号	项目	测试结果
1	涂层外观	正常,丰满度佳
2	光泽/%	75
3	硬度	H
4	柔韧性/mm	1
5	耐冲击性($\pm 50 \text{ kg} \cdot \text{cm}$)	通过
6	附着力/级	0
7	杯突试验/mm	7
8	耐中性盐雾(1 000 h)	通过
9	耐水性[(23 ± 2) °C, 240 h]	通过
10	耐碱性(25 °C, 0.1 mol/L氢氧化钠)	无异常
11	耐酸性(25 °C, 0.1 mol/L硫酸)	无异常
12	耐柴油性(24 h)	无异常

末涂料作为底涂层、高耐候聚酯-固化剂TGIC聚酯粉末涂料作为面涂层,双涂层粉末涂料施工时,宜采用“两涂两烤”工艺进行涂装,如需采用“两涂一烤”工艺进行涂装,则必须底材带温涂装,且底材的温度必须确保底涂层的充分溶解,如果底涂层未充分溶解,将导致涂层外观、光泽及耐候性的降低。

4 结 语

以葵二酸二酰肼、双氰胺、酚类固化剂制备环氧粉末涂料,环氧-葵二酸二酰肼环氧粉末涂层流平性最差,环氧-双氰胺环氧粉末涂层、环氧-酚类固化剂环氧粉末涂层流平性佳,但环氧-双氰胺环氧粉末涂层固化条件较为苛刻且涂层机械性能受厚度影响较大,环氧-酚类固化剂环氧粉末涂层各项性能最佳。

表11 施工性研究

Table 11 Construction Research

原料名称	技术要求	两涂两烤	两涂一烤						
			室温	50 °C*	60 °C*	70 °C*	80 °C*	90 °C*	100 °C*
喷涂底涂后底涂溶解情况		—	不溶解	不溶解	半固态	溶解	溶解	溶解	溶解
涂层外观	平整、无针孔、缩孔等弊病	正常,丰满度佳	丰满度欠佳	丰满度欠佳	丰满度欠佳	正常,丰满度佳	正常,丰满度佳	正常,丰满度佳	正常,丰满度佳
光泽/%	60~100	75	48	52	54	68	73	75	74
硬度	$\geq \text{H}$	H	H	H	H	H	H	H	H
柔韧性	≤ 1	1	1	1	1	1	1	1	1
耐冲击性($\pm 50 \text{ kg} \cdot \text{cm}$)	$\geq 50 \text{ kg} \cdot \text{cm}$	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
附着力/级	≤ 1	0	0	0	0	0	0	0	0
杯突试验/mm	≥ 5	7	7	7	7	7	7	7	7
耐中性盐雾(1 000 h)	划线处蚀蚀不超过2 mm	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
人工气候老化试验(氙灯600 h)	无粉化、起泡、开裂、剥落等异常现象,失光 $\leq 30\%$,变色 $\Delta E \leq 6$	失光27%,变色 $\Delta E = 3.5$	失光70%,变色 $\Delta E = 7.2$	失光65%,变色 $\Delta E = 5.5$	失光66%,变色 $\Delta E = 5.6$	失光27.5%,变色 $\Delta E = 4.2$	失光26.8%,变色 $\Delta E = 3.7$	失光26.4%,变色 $\Delta E = 3.4$	失光25.4%,变色 $\Delta E = 3.8$

注:*——底材温度。

环氧-酚类固化剂环氧粉末涂料作为底涂层、高耐候聚酯-TGIC固化剂聚酯粉末涂料作为面涂层,宜采用“两涂两烤”工艺进行涂装,若要选用“两涂一烤”工艺,则底涂层涂装时须基材带温涂装,基材温度须确保底粉的充分溶解,否则将导致涂层性能的下降。

实验测试了底涂层与面涂层的配套及施工性,针对“两涂一烤”涂装工艺,并未进一步深入探究底涂层

配方与基材温度如何相互作用与影响,后续我们将对此开展相关实验。

本文制备了适合车辆底盘底涂用的环氧粉末涂料,并通过与高耐候面涂层用聚酯粉末涂料搭配进行综合性能测试,得到了防腐性及耐候性兼顾的双涂层粉末涂料方案,预计在应用过程中可以满足载货汽车车辆底盘件的防腐与耐候需求,未来将在高性能车辆

表12 双涂层性能测试
Table 12 Double Coatings Layer Performance Test

序号	项目	技术指标要求	测试结果	检验方法
1	外观	平整、无针孔、缩孔等弊病	无弊病	目测
2	涂层膜厚/ μm	60~100	60~90	GB/T 13452.2
3	硬度	$\geq\text{H}$	H	ISO 15184:1998, 中华绘图铅笔
4	柔韧性/mm	≤ 1	1	GB/T 1731
5	冲击强度/($\text{kg}\cdot\text{cm}$)	≥ 50	50	GB/T 1732
6	杯突试验(样板)/mm	≥ 5	6	GB/T 9753
7	光泽(60°)/%	≥ 80	87	GB/T 9754
8	附着力/级	≤ 1	1	GB/T 9286
9	耐盐雾腐蚀(1 000 h)	划线处扩蚀不超过2 mm, 试板边缘锈点数不超过5个	通过	GB/T 1771
10	耐人工加速老化性(600 h)	无粉化、起泡、开裂、剥落等异常现象, 变色 ≤ 2 级, 失光 ≤ 2 级	通过(失光 $\leq 28.0\%$, 色差值 ≤ 5.0)	GB/T 1865
11	耐水性[(23 ± 2) $^\circ\text{C}$, 240 h]	无异常现象	无异常	GB/T 1733
12	耐碱性(25 $^\circ\text{C}$, 0.1 mol/L氢氧化钠)	起泡0级, 允许轻微失光、变色等异常现象	通过	GB/T 9274(甲法)
13	耐酸性(25 $^\circ\text{C}$, 0.1 mol/L硫酸)	起泡0级, 允许轻微失光、变色等异常现象	通过	GB/T 9274(甲法)
14	耐柴油性(24 h)	无明显失光变色等异常现象	通过	GB/T 9274(甲法)

底盘件涂装领域占有一席之地。

参考文献

[1] 周全,郁瑞生,孟东阳,等.载货汽车底盘零件涂装工艺探讨[J].涂料工业,2021,51(4):68-74

[2] 齐祥安.工程机械对低VOC涂料的选择与应用[J].中国涂料,2015,30(4):15-21

[3] 高庆福.汽车部件用粉末涂料概况[J].涂料工业,2018,48(10):69-73

[4] 徐青梅.基于海南自然气候暴晒实验的商用车底盘耐腐蚀性及耐候性提升研究[J].涂料工业,2021,51(9):54-59

[5] 左勇,单艳明,邓属武,等.工程机械用高耐候高边角覆盖工程机械用高耐候高边角覆盖粉末涂料的制备[J].中国涂料,2023,38(7):26-30

[6] 欧阳建群,陈嘉壕,陈文干.工程机械用粉末涂料的研究[J].涂层与防护,2020,42(2):9-15

[7] 杨璠,刘际平,黄贤滨,等.高腐蚀环境用粉末涂料的配方设计与性能研究[J].涂料工业,2023,53(3):21-25

[8] 颜光.商用汽车底盘涂装工艺浅析[J].汽车实用技术,2020,45(18):162-164

中国涂料
CHINA COATINGS



单组分外墙防水涂料用叔丙乳胶的制备

张亚杰

(广东巴德富新材料有限公司, 广东佛山 528300)

摘要: 通过调整软硬单体比例、乳化剂种类、叔碳酸乙烯酯的含量、引发剂的用量测试了乳胶力学、耐候和耐水等性能, 制备出适用于建筑外墙的叔丙乳胶, 对单组分叔丙乳胶制备具有一定的指导意义。

关键词: 单组分; 外墙; 防水涂料; 叔丙乳胶; 软硬单体

中图分类号: TQ630.4⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1006-2556(2024)12-0057-05

DOI:10.13531/j.cnki.china.coatings.2024.12.008

Preparation of Tert-acrylic Latex for One-component Exterior Wall Waterproof Coatings

ZHANG Ya-jie

(Guangdong BATF New Material Co., Ltd., Foshan 528300, Guangdong, China)

Abstract: By adjusting the ratios of soft and hard monomers, the type of emulsifiers, the content of vinyl neodecanoate and dosage of initiators, the mechanical properties, weather resistance and water resistance were tested. A tert-acrylic latex suitable for building exterior walls was prepared, providing certain guidance for the preparation of single-component tert-acrylic latex.

Key words: single component, exterior wall, waterproof coatings, tert-acrylic latex, soft and hard monomers

0 前言

随着社会的发展,“三大工程”在重要会议中被多次提及,在房地产新旧模式转换过程中,“三大工程”起到稳增长、稳楼市的保障作用,对于实现城市高质量发展具有重要意义^[1]。“保交楼”政策下,2023年房屋竣工面积增加17%。2023年老旧小区改造5.37万个,同比增加2.3%。

外墙保温一直都是旧改的重点工程,部分省市鼓励按照超低能耗标准实施改造^[2]。常用的苯丙乳胶、醋丙乳胶等耐水性、耐高温、耐紫外线照射等部分性能较差,叔丙乳胶引入了叔碳结构,空间位阻大,耐受性好满足外墙需求,提高了外观质量^[3-4]。

本文通过调整软硬单体比例、乳化剂种类、叔碳酸乙烯酯的含量,引发剂的用量选择预乳化种子半连续

聚合工艺合成制备叔丙乳胶。通过测试耐水、力学和耐候性能揭示了乳胶各成分对性能的影响,对单组分外墙防水涂料用叔丙乳胶制备具有一定的指导意义。

1 实验部分

1.1 原材料与仪器

1.1.1 原材料(见表1)

1.1.2 实验器材(见表2)

1.2 制备方法

1.2.1 反应机理

为了保证聚合体系的稳定性以及重现性,本文选择预乳化种子半连续聚合工艺。其聚合原理为自由基聚合反应,具体的反应机理见下^[5]。

第一步链的开始,热分解主要反应有两步:形成

收稿日期: 2024-11-06

作者简介: 张亚杰(1997-),男,河南开封人。助理工程师,硕士研究生,从事有机-无机杂化乳液研究。

表1 乳胶合成原材料

Table 1 Raw Materials for Latex Synthesis

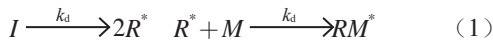
药品名称	规格	厂商
叔碳酸乙烯酯(VV-10)	工业品	巴斯夫
丙烯酸丁酯(BA)	工业品	巴斯夫
甲基丙烯酸甲酯(MMA)	工业品	巴斯夫
丙烯酸(AA)	工业品	巴斯夫
丙烯酰胺(AM)	工业品	巴斯夫
乙烯基三甲氧基硅烷(A-171)	工业品	巴斯夫
阴离子乳化剂	工业品	华纳化工
非离子乳化剂	工业品	华纳化工
反应型乳化剂	工业品	华纳化工

表2 实验器材

Table 2 Experimental Equipment

仪器名称	型号	厂商
增压电动搅拌器	JJ-1	江苏金坛市宏华仪器厂
恒温水浴锅	HH-2	江苏金坛市宏华仪器厂
分析天平	EL204	上海梅特勒-托利多仪器有限公司
电热鼓风干燥箱	EL204	上海梅特勒-托利多仪器有限公司
旋转黏度计	NDJ-1	上海昌吉地质仪器有限公司

活性中心——游离基,进而游离基引发单体,见式(1)。



第二步链增长:活性单体反复地和单体分子迅速加成,形成大分子游离基的过程,见式(2)。



第三步链终止:主要由两个自由基的相互作用形成,指活性链活性的消失,即自由基的消失而形成聚合物的稳定分子,见式(3)。



1.2.2 乳胶制备流程

聚合基本总流程见图1。

1.2.2.1 预乳化液的制备

用适量的去离子水将一部分阴离子乳化剂、非离子型乳化剂以及反应型乳化剂溶解在1 000 mL的烧杯中,再用分散机进行搅拌分散。待所有乳化剂全部溶解后,加入叔碳酸乙烯酯、丙烯酸丁酯、甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸、丙烯酰胺、乙烯基三甲氧基硅烷、过硫酸盐,分散10~15 min。

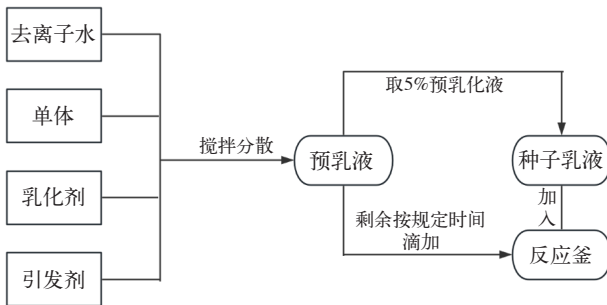


图1 乳液聚合基本流程

Fig. 1 The Basic Process of Emulsion Polymerization

1.2.2.2 种子乳液的制备

在烧瓶中加入适量的去离子水、剩余的阴离子乳化剂、非离子型乳化剂以及反应型乳化剂,搅拌升温溶解。当温度达到70~80 °C时,取5%预乳化液和适量的过硫酸钠水溶液加入,保温30 min。

1.2.2.3 半连续滴加工艺以及实验具体步骤

把剩余的预乳化液在3~4 h内滴加完成,保温1 h,降温至50 °C以下用烧碱调节pH值到7~8,350目滤布过滤出料。

1.3 防水涂料制备

叔丙乳胶A液性能基础配方见表3,叔丙乳胶B液性能测试见表4。

表3 叔丙乳胶A液性能测试基础配方

Table 3 Basic Formula for Tert-acrylic Latex A Liquid Performance Testing

原料	产地	m/g
水		15
纤维素2500	凯茵化工	0.19
润湿剂	邦高化学	0.15
消泡剂	科之杰	0.13
遮盖聚合物(优创E)	国产	2
钛白粉	国产	9.5
800~1 000目重钙	国产	17
多功能胺中和剂(AMP-95)	中泰联华	0.1
丙二醇(PG)	中泰联华	0.7
分散剂	中泰联华	0.5

按照表3、表4性能测试配方制备测试液料。

1.4 乳胶基本指标测试

1.4.1 转化率测试

称取一定质量(m_1)的乳胶均匀置于干燥过的培养皿(m_2)上,将培养皿放入120 °C的烘箱中烘1 h后称质量(m_3),根据式(4)计算固含量,根据式(5)计算转化率。

表4 叔丙乳胶B液性能测试基础配方

Table 4 Basic Formula for Tert-acrylic Latex B Liquid Performance Testing

原料	产地	m/g
水		5.98
乳液		45
成膜助剂	邦高化学	1.35
聚氨酯增稠剂(RM-2020)	国产	0.3
杀菌剂(GT-50)	国产	0.3
消泡剂	国产	0.3
色浆	国产	280

$$\text{固含量} = \frac{m_3 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{转化率} = \frac{\text{固含量} \times \text{总质量} - \text{不挥发组分质量}}{\text{单体质量}} \times 100\% \quad (5)$$

1.4.2 凝胶率

用300目过滤所合成的乳胶样品,将滤渣以及搅拌桨、反应器壁上的凝聚物在120℃下烘至1 h称质量,凝胶量的计算如式(6)所示。

$$\text{凝胶率} = \frac{W_c}{W_t} \times 100\% \quad (6)$$

式中: W_c ——凝聚物质量, g;

W_t ——聚合物乳胶中反应单体的实际添加量, g。

1.4.3 机械稳定性

将乳胶试样用300目滤布过滤,然后在小型高速分散机以4 000 r/min的速度高速分散10 min,再用300目滤布过滤,若能过滤,并且凝胶量少于0.01 g,则认为乳胶的机械稳定性通过。

1.4.4 贮存稳定性

取300目过滤后的乳胶样品200 g在样品杯中密封,放置在50℃的鼓风烘箱中贮存7 d、14 d、30 d,当底部没有出现沉淀或液面出现分层现象,则认为贮存稳定。

1.4.5 吸水率

吸水率是表征乳胶膜的疏水性的重要参数。将实验所制备的乳胶分别在透明PP薄片上涂膜,放置24 h。然后取下小块涂膜,称取0.15~0.3 g左右,浸入到相同量的离子水中。12 h后,先观察涂膜透明度变化,再取膜并擦干其表面水分,准确称重。按式(7)计算吸水率。

$$\text{吸水率} = (M_1 - M_0) / M_0 \times 100\% \quad (7)$$

式中: M_0 ——吸水前样品的质量, g;

M_1 ——吸水后样品的质量, g。

1.4.6 耐水性

用350目过滤所合成的乳胶样品,在玻璃板上使用100 μm规格的线板进行制膜后,放置50℃鼓风烘箱中烘烤0.5 h,取出后自然冷却至室温后,在(23±2)℃的水中浸泡48 h后记录外观。

1.5 涂料性能检测方法

本研究所的叔丙乳胶根据外墙性能需求,需要检测其力学性能、人工气候老化性能、吸水率和耐水性这几方面的性能。

1.5.1 力学性能的测试

根据表2叔丙乳胶外墙应用力学性能基础配方,按照国标JC/T 864—2023《聚合物乳液建筑防水涂料》的要求制备测试样品并进行测试。

1.5.2 人工气候老化测试

按照GB/T 18244—2022处理试件。采用窄带法,累计辐照度不小于5 040 kJ/(m²·nm),老化时间约2 745 h,取出试件后在标准实验条件下放置4 h,目测观察外观,测定低温弯折性。

2 结果与讨论

2.1 软硬单体比例对乳胶性能的影响

单体是聚合物的基本组成,选择单体时要根据乳胶的成膜性能要求,考虑每种单体的特性选择合适的单体种类。玻璃化转变温度是共聚物的重要特性,其对聚合物力学性能具有决定性的作用。根据表1的乳液聚合基础配方,表5设计出不同软硬单体比例的乳胶性能。

通过表4不同软硬单体比例的乳胶性能,可以看到软硬单体比例对乳胶转化率以及凝胶率都有一定的影响,当软硬单体比例为2:1时乳胶合成转化率最高达到93.2%,凝胶率为0.42%。

通过尝试不同软硬单体比例合成的乳胶,主要测试其力学性能和抗紫外性能。表6给出了不同软硬单体比例对乳胶膜性能及力学性能和抗紫外性的影响。

从表6可以看到,随软硬单体比例的增加,无处理乳胶膜的延伸率变化有一定程度减小,无处理的拉伸强度呈现出先增加后减小的趋势。在热处理后乳胶膜的延伸率和强度变化明显。软硬单体比例在1:3时,乳胶膜耐水较差且耐候测试中出现轻微开裂;软硬单体比例在3:1时,乳胶膜耐水较差且耐候测试中出现发黏现象。这主要是因为软硬单体的调整对乳胶玻璃化转变温度有较大影响,硬单体过多玻璃化转变温度较高,影响乳胶膜性能从而导致膜开裂,同时软单体过多导致乳胶膜发黏。综合考虑,通过参考外观和弯折性发现在软硬单体比例为1:1时达到最优,配方适宜在软硬单体比例为1:1的基础上调整。

表5 不同软硬单体比例的乳胶性能

Table 5 Properties of Latex with Different Ratios of Soft and Hard Monomers

软硬单体比	转化率/%	凝胶率/%	吸水率/%	机械稳定性	贮存稳定性
1 : 3	90.9	0.61	7.1	通过	通过
1 : 2	92.6	0.68	6.2	通过	通过
1 : 1	91.7	0.62	5.4	通过	通过
2 : 1	93.2	0.42	3.4	通过	通过
3 : 1	90.7	0.91	7.9	通过	通过

表6 不同软硬单体比例对乳胶膜耐水性、力学性能和抗紫外性的影响

Table 6 Effects of Different Ratios of Soft and Hard Monomers on Water Resistance, Mechanical Properties and UV Resistance of Latex Film

软硬单体比	1 : 3	1 : 2	1 : 1	2 : 1	3 : 1
耐水性	泛白	无异常	无异常	无异常	泛白
无处理延伸率/%	446.2	432.1	425.1	412.5	405.3
热处理延伸率/%	301.3	294.5	314.2	298.2	283.5
无处理拉伸强度/MPa	2.2	2.0	2.4	1.7	1.4
热处理拉伸强度/MPa	3.1	2.8	3.4	2.3	1.9
人工气候老化外观	轻微开裂	无异常	无异常	无异常	发黏
低温弯折性	开裂	轻微开裂	无异常	无异常	开裂

2.2 乳化体系对叔丙乳胶的影响

乳化剂是乳液聚合的主要成分之一，一般来说，它不参与到化学反应当中，但是在乳液聚合过程中起到举足轻重的作用，也对后期的贮存稳定性、机械稳定性起到重要作用。表7对乳液聚合配方进行乳化剂部分调整。

表7 乳化剂调整配方

Table 7 Emulsifier Adjustment Formula

体系组成	w(乳化剂)/%				
	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5
非离子乳化剂	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3
阴离子乳化剂	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
反应性乳化剂	0.1	0.2	0.4	0.3	0.3

反应型乳化剂通过与高聚物分子链结合的方式，固定在乳胶粒子的表面，相对于非反应型乳化剂而言，乳胶粒子在进行剧烈的运动时，能更好地保护乳胶粒子，而不容易出现聚并、甚至破乳的现象。表8为乳化体系对叔丙乳胶的影响，对比配方1~配方3，反应型乳化剂的增加能提高聚合体系的稳定性，以0.3%

(质量分数，后同)的添加量最优。非离子乳化剂使乳胶粒子有较厚的保护层，通过对比配方3~配方5，非离子乳化剂的提高，有利于贮存稳定性，以0.4%为宜。综合考虑，故以配方3为最佳。

表8 乳化体系对叔丙乳胶性能的影响

Table 8 Influence of Emulsification System on Tert-acrylic Latex

乳化体系	转化率/%	凝胶率/%	吸水率/%	机械稳定性	贮存稳定性
1	90.2	0.42	6.4	破乳	通过
2	92.7	0.37	5.4	破乳	通过
3	94.7	0.21	1.2	通过	通过
4	93.1	0.32	2.3	通过	轻微沉淀
5	90.5	0.39	5.8	通过	轻微沉淀

2.3 叔碳酸乙烯酯含量对乳胶性能的影响

叔碳酸乙烯酯是一种多支链一元饱和和羧酸乙烯酯，其Q碳原子上有丰富的烷基形成的空间位阻并具烷基的非极性，是一种疏水单体，其结构如图2所示。

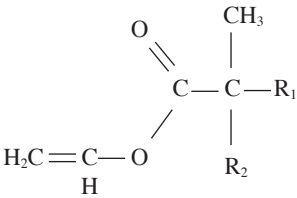


图2 叔碳酸乙烯酯结构式

Fig. 2 Structural Formula of Vinyl Neodecanoate

从理论上而言，在体系稳定的前提下，叔碳酸乙烯酯在合成过程中含量越大，其耐水性越好，即吸水率越低。现对不同叔碳酸乙烯酯含量所合成的叔丙乳胶进行性能测试，结果如表9所示。

通过表9可知，配方中VV-10的添加量从1%增加到30%，可以看到随VV-10的增加，乳胶转化率先增大后减小，反映了随着叔碳酸乙烯酯含量的增加，聚合反应困难程度增加，体系的稳定性降低。当添加量为20%时，转化率为93.6%，凝胶率为0.31%，吸水率为2.8%，性能达到最优。不同叔碳酸乙烯酯含量对乳胶膜耐水性、力学性能和抗紫外性的影响见表10。

表9 不同叔碳酸乙烯酯含量乳胶性能测试结果

Table 9 Performance Test Results of Latex with Different Vinyl Neodecanoate Content

w(叔碳酸乙烯酯)/%	转化率/%	凝胶率/%	吸水率/%	机械稳定性	贮存稳定性
5	92.1	0.52	6.2	通过	通过
10	90.3	0.57	6.8	通过	通过
15	92.5	0.46	6.1	通过	通过
20	93.6	0.31	2.8	通过	通过
25	92.4	0.5	5.3	通过	通过

表10 不同叔碳酸乙烯酯含量对乳胶膜耐水性、力学性能和抗紫外的影响

Table 10 Effects of Different Vinyl Neodecanoate Content on Water Resistance, Mechanical Properties and UV Resistance of Latex Film

w(叔碳酸乙烯酯)/%	5	10	15	20	25
耐水性	淡蓝色	无异常	无异常	无异常	无异常
无处理延伸率/%	420.4	412.5	422.6	423.2	420.6
水处理延伸率/%	320.2	368.2	386.2	403.5	394.5
无处理拉伸强度/MPa	2.3	2.5	2.1	2.2	1.9
热处理拉伸强度/MPa	2.7	2.8	2.4	2.7	2.1
人工气候老化外观	开裂	无异常	无异常	无异常	开裂
低温弯折性	开裂	无异常	无异常	无异常	开裂

通过表10可知,配方中VV-10的添加量从1%增加到30%,可以看到随VV-10的增加,无处理乳胶膜的延伸率和强度变化不大,但热处理后的乳胶膜延伸率和强度上升明显。在配方叔碳酸乙烯酯含量达到15%时性能最优,而在叔碳酸乙烯酯添加量30%时出现性能下降。主要是因为受叔碳酸乙烯酯本身结构的影响,随着掺量的上升,叔碳酸乙烯酯的聚合难度加大,叔丙乳胶稳定性下降,从而导致性能下降。综上所述,配方适宜在VV-10添加量为10%的基础上进行调整。

2.4 引发剂用量对乳液性能的影响

表11给出了引发剂用量对叔丙乳胶转化率和凝聚率的影响。从表11中可以看出,当引发剂含量为单体总质量的0.1%时,单体转化率较低,凝聚率稍大,这是因为引发剂含量过低导致单体不能完全聚合;随着引发剂用量的增加,单体转化率逐渐升高,到引发剂含量为0.3%时,转化率最高,为93.8%,凝胶率最低,

为0.15%;继续增加引发剂用量,体系的聚合稳定性变差,产生的凝聚物逐渐增多,转化率降低。

表11 不同引发剂含量对乳胶性能影响

Table 11 Effects of Different Initiator Content on Latex Properties

w(引发剂)/%	转化率/%	凝胶率/%	吸水率/%	机械稳定性	贮存稳定性
0.1	90.2	0.47	5.3	通过	通过
0.2	92.6	0.36	5.1	通过	通过
0.3	93.8	0.15	2.4	通过	通过
0.4	92.6	0.48	6.1	通过	通过
0.5	90.7	0.61	7.2	通过	通过

3 结 语

通过调整软硬单体比例、乳化剂种类、叔碳酸乙烯酯的含量、引发剂的用量,最终确认一款非离子乳化剂用量在0.4%(质量分数,后同),反应型乳化剂用量在0.4%,阴离子乳化剂用量在0.2%,叔碳酸乙烯酯添加量为15%,丙烯酸丁酯添加量为50%,甲基丙烯酸甲酯添加量为20%的叔丙乳胶在外墙中使用性能表现优异。

通过本文研究表明叔丙乳胶具备优异的耐水、耐候性,对基材极佳的附着力,以及较低的表面张力等优点,但如何更好地增加叔丙乳胶稳定性及多元化发展将是当下的研究热点,也预示着叔丙乳胶在防水外墙中的巨大价值。

参考文献

- [1] 孙浩安.建筑物外墙防渗漏措施及施工要点分析[C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司.2024新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(一).上海:2024
- [2] BIANCHI S, ANDRIOTIS C, KLEIN T, et al. Multi-criteria Design Methods in Façade Engineering: State-of-the-art and Future Trends[J]. Building and Environment, 2024,250:111184
- [3] 马晨硕,李玉峰.有机硅改性叔丙乳液的制备及性能[J].齐齐哈尔大学学报(自然科学版),2016,32(5):53-57
- [4] 黎佳好.叔碳酸酯改性聚丙烯酸酯乳液的制备及应用性能研究[D].武汉:湖北大学,2022
- [5] 曹同玉,刘庆普,胡金生.聚合物乳液合成原理性能及应用[M].北京:化学工业出版社,1999

阻抗谱测试研究富镁底漆对 铝合金阴极保护性能

戈成岳^{1,2}, 马秀敏^{1,2}, 段继周^{1,2}, 侯保荣^{1,2}

(1. 海洋关键材料重点实验室, 山东青岛 266071; 2. 中国科学院海洋研究所, 海洋环境腐蚀与生物污损重点实验室, 山东青岛 266071)

摘要: 选用200目和400目两种细度的镁粉分别配制了不同的涂层样品, 金相显微镜观察表明, 良好的分散要求下, 200目镁粉可添加至47% (质量分数, 下同), 而400目镁粉可添加至50%以上; 阻抗谱测试结果表明, 环氧-富镁底漆对铝合金基体不提供长效屏蔽保护作用, 且无钝化膜产生。极化曲线测试结果进一步表明, 富镁底漆对铝合金基材的保护来自于抑制阳极反应的阴极保护机制, 最佳保护效果下镁粉用量为: 200目45%~47%, 400目48%~50%; 涂层分别涂覆在2024-T3和7075-T6两种型号铝合金基材表面, 防护效果对比表明, 富镁底漆对铝合金具有通用保护效果。

关键词: 富镁底漆; 阴极保护; 铝合金; 交流阻抗; 极化曲线

中图分类号: TQ630.7⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1006-2556(2024)12-0062-07

DOI: 10.13531/j.cnki.china.coatings.2024.12.009

Study on Cathodic Protection of Mg-rich Primer for Al Alloy by EIS

GE Cheng-yue^{1,2}, MA Xiu-min^{1,2}, DUAN Ji-zhou^{1,2}, HOU Bao-rong^{1,2}

(1. Key Laboratory of Advanced Marine Materials, Qingdao 266071, Shandong, China; 2. Key Laboratory of Marine Environmental Corrosion and Bio-fouling, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China)

Abstract: Using Mg powder with size of 200 mesh & 400 mesh to prepare different coatings samples, observation by metallographic microscope showed: keeping good dispersion effect, 200 mesh Mg powder can be added to 47% (wt.%, the same below), and 400 mesh Mg powder can be added to more than 50%; test of impedance spectrum indicated: Epoxy-Mg-rich primer could not provide long-term shielding protection for Al alloy, and no passivation film was produced. Further, polarization curve testing showed the protection mechanism of Mg-rich primer for Al alloy came from inhibiting anode reaction to result in cathodic protection, the optimum dosage of Mg powder to provide good protection effect being: 45%~47% for 200 mesh Mg powder and 48%~50% for 400 mesh Mg powder; comparison of corrosion protection effect of the same Mg-rich primer for 2024-T3 and 7075-T6 showed the universal protection for different Al alloys.

Key words: Mg-rich primer, cathodic protection, Al alloy, AC impedance, polarization curve

0 前言

由于镁粉的电位比铝低, 富镁底漆被认为可以对

铝合金以及镁铝合金基材提供牺牲阳极保护作用^[1-2], Bierwagen G P研究组已研制出性能优异的富镁底漆

收稿日期: 2024-12-06

作者简介: 戈成岳 (1982-), 男, 山东济宁人。高级工程师, 博士研究生, 目前主要研究方向为重防腐涂料的研发与应用以及防腐机理研究。

及配套体系,并与AkzoNobel公司合作推出产品,成功应用于F-16战斗机的涂装^[3-4]。美国空军实验室也投入大量精力研究开发新型富镁底漆,以期用于各种型号战斗机的保护^[5]。但富镁底漆中镁粉如何分散才能发挥更好的阴极保护效果,以及镁粉合适的颗粒大小和加入量尚未有定论,表征技术和理论解释也一直是研究讨论的热点^[6-7]。其中,电化学测试技术快速、简单、准确,已成为研究涂层对金属腐蚀影响行为和保护机理的重要手段,尤其用于阴极保护底漆保护效果的验证和理论解释,被研究者所公认^[8]。而电化学阻抗方法可以在很宽的频率范围对涂层体系进行测量,并提供大量的涂层和基体金属腐蚀反应发展的信息,且采用小振幅的正弦波扰动信号扰动电极,不会使涂层体系在测量中发生大的改变,可以进行反复多次的测量^[9],被研究者广泛地应用于涂层劣化过程研究,分析腐蚀反应过程和机理,数据分析简单、可靠^[10-11]。

本文采用不同细度的镁粉经硅烷偶联剂预处理后和自制改性环氧树脂^[13]配制了不同镁粉含量的“改性环氧-富镁”底漆,通过金相显微镜观察镁粉在涂层表面分布状态,以确定镁粉细度和用量对涂层表面状态的影响,成功解决了镁粉与成膜物质的结合问题以及镁粉的贮存稳定性,克服了单独使用触变剂作为防沉剂的情况下,体系黏度过大影响涂料的流平性、黏度偏低又容易沉降的弊病。更重要的是通过交流阻抗谱的测试研究了不同细度以及不同用量镁粉配制的富镁底漆在不同浸泡时间膜层电阻值的变化趋势,详细系统地分析了富镁底漆在涂层保护各阶段呈现的电化学响应特征,并辅以极化曲线测试验证了涂层保护机制为阴极保护,具有一定的理论意义。同时证实了富镁底漆对不同型号铝合金基材具有通用保护性,对富镁底漆实际应用具有指导意义。

1 实验方法

1.1 主要原料及仪器设备

主要原料:有机硅改性环氧树脂(按照文献[12]中的方法自制);双酚F环氧树脂,YDF-170,工业级,南亚;树脂改性剂,LITE2020,卡德莱;200目和400目镁粉,活性镁含量 $\geq 99.8\%$,唐山威豪镁粉;固化剂,Ancamide221,胺值:144~164 mg KOH/g,75%固含量;硅烷偶联剂,KH560,南京锆建。

仪器设备:气-质谱仪,7890A-GC/5975C-MSD,美国安捷伦;膜厚仪,PosiTector 6000-N1,美国狄夫斯高;电化学工作站,PARSTAT2273,美国普林斯顿;金相显微镜,MV6000,南京永新。

1.2 环氧-富镁涂料及测试电极的制备

一定量自制有机硅改性环氧树脂与双酚F环氧树

脂YDF-170复配(质量比7:3),依次加入树脂改性剂LITE2020、200目或400目镁粉(首先用二甲苯浸泡金属镁粉,使用时,加入一定量的硅烷偶联剂KH560,超声振荡分散12 h进行表面处理)以及防沉剂和消泡剂等助剂,400 r/min预混合2~3 min,而后3 500 r/min高速分散30 min,配制富镁底漆A组分;B组分——聚酰胺固化剂,使用时A组分与B组分按4:1(质量比)混合,搅拌均匀后喷涂于2024-T3和7075-T6铝合金基材表面。实验样品配方如表1所示。

表1 实验样品主要配方

Table 1 The Main Formulas of Experimental Samples

样品	镁粉细度/目	w(镁粉)/%	w(树脂)/%		基材型号	固含量/%
			改性树脂	YDF170		
S1	200	43	28	12	2024-T3	≥ 84
S2	200	45	28	12	2024-T3	
S3	200	47	28	12	2024-T3	
S4	400	46	28	12	2024-T3	≥ 89
S5	400	48	28	12	2024-T3	
S6	400	50	28	12	2024-T3	
S7	400	48	28	12	7075-T6	

1.3 性能测试与表征

铝合金样板(75 mm×75 mm)用400~1 200目砂纸逐级打磨,用蒸馏水和丙酮清洗,除油并干燥后,喷涂配制好的富镁底漆,自然干燥,采用PosiTector 6000-N1膜厚仪测量膜厚,制得膜厚为(100±5) μm样板,样板背部焊接导线,并用环氧树脂密封,四周用胶黏剂密封,制得工作电极。

镁粉预处理效果用7890A-GC/5975C-MSD气-质色谱仪表征分析;使用MV6000金相显微镜观察不同细度镁粉在涂层表面分布状态;采用三电极测试系统在3.5%(质量分数)NaCl溶液中利用PARSTAT2273电化学工作站进行电化学阻抗和极化曲线测试,其中辅助电极为铂电极(20 mm×20 mm),参比电极为232饱和甘汞电极。

电化学阻抗(EIS)测试频率范围为0.1~10 mHz,扰动幅值为50 mV,试样测试面积为49 cm²,实验数据用ZSimpWin软件拟合、分析。动电位极化曲线测试(Tafel)扫描速率为1 mV/s,扫描范围:−1 600~600 mV,实验数据用Powersuit软件采集、分析。

2 结果与讨论

2.1 镁粉预处理效果及不同细度镁粉在涂层表面分布状态

为了获得镁粉分散性好的涂层体系做电化学测

试,首先通过硅烷偶联剂对镁粉进行表面处理,使其亲油疏水性增强,从而增加镁粉在有机溶剂中的润湿分散性能及与改性环氧树脂和聚酰胺固化剂的相容

性。处理效果检测可参考文献[13]的方法和结果分析,总离子流图如图1所示。

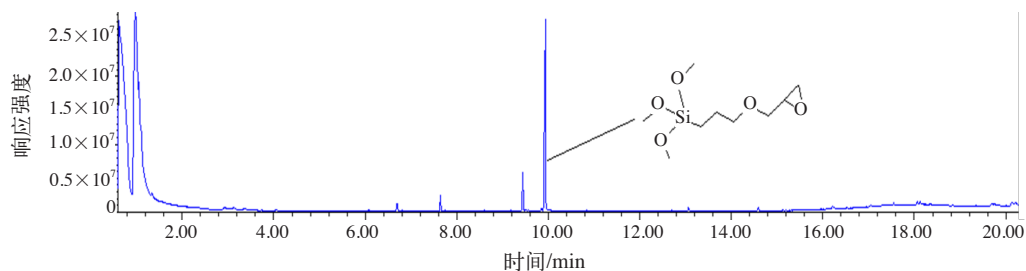


图1 预处理镁粉总离子流图

Fig. 1 TIF of Mg Powder Pretreatment

通过金相显微镜观察不同细度、不同用量镁粉在涂层表面分散形貌,图2为不同样品涂层表面金相显

微镜照片。

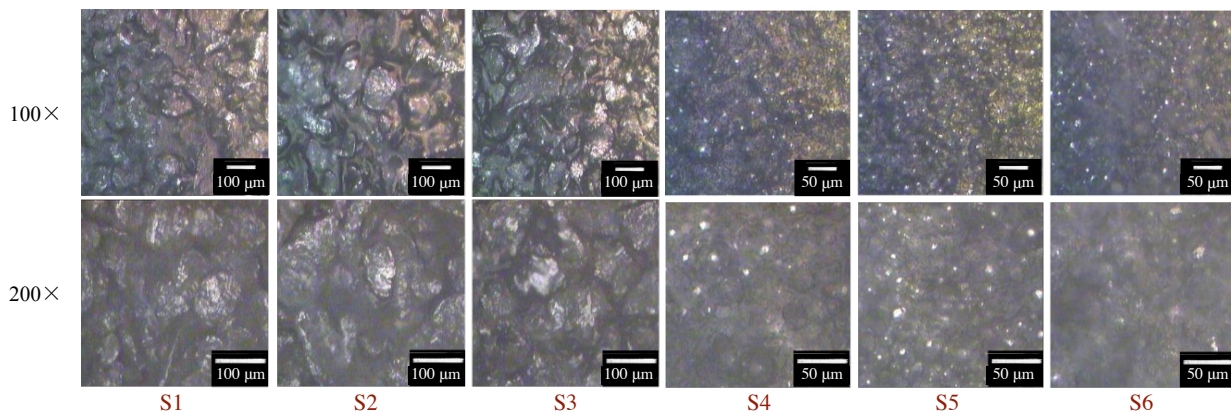


图2 不同样品涂层表面金相显微镜照片

Fig. 2 Metallographic Microscope Photos of Surfaces of Different Coatings Samples

图2显示,添加200目镁粉的样品,涂层中镁粉颗粒呈连续层叠分布,随着镁粉用量的增大,镁粉颗粒在涂层中的排列越来越紧密。从放大200倍的金相显微照片来看,镁粉用量越大的样品,镁粉颗粒分布排列更紧密,而用量为47%(质量分数,后同)的样品,镁粉在涂层中出现堆积现象,影响致密性,由此推断,200目镁粉在涂料体系中合适的用量为45%;400目镁粉在涂层中分布更加均匀,致密性和平整性更优,且颗粒形状更规则,出现球形结构显微镜照射反光亮点,犹如满天繁星,用量50%的样品(S6)未出现镁粉堆积,保证了良好的致密性。对比结果说明粒径小的镁粉在树脂中的分散性和相容性更好,分散添加量增多而且分布更加均匀。

2.2 涂层交流阻抗谱测试对比研究

分别测量6组样品涂层(S1~S6)在不同浸泡时间的交流阻抗谱,研究涂层保护时效性并对比研究镁粉

细度和镁粉用量对涂层保护性能的影响,图3为电化学阻抗测试结果Bode图。

用电化学阻抗方法研究涂层的破坏过程,需要建立不同的等效电路模型来分别处理各种不同的涂层体系。曹楚南^[14]等把涂层的劣化过程分为3个阶段:腐蚀介质刚到达涂层-金属基体界面的浸泡初期;腐蚀介质完全渗透到基体,但涂层表面尚未形成宏观小孔的浸泡中期;经浸泡而出现锈点之后的浸泡后期。图4分别为涂层不同浸泡阶段所适用的等效电路图:对于浸泡初期的Bode图,无扩散特征,选择等效电路 $R_s(R_cC_a)$ 进行拟合[图4(a)],其中, R_s 为溶液电阻, C_a 为膜层电容, R_c 为膜层电阻;随着浸泡的进行,涂层劣化进入第二阶段,分析Bode图的形状判断选择等效电路图 $R_s(CR_i)(QR_p)(CR_i)$ 进行拟合[图4(b)],其中,3个串联单元分别代表腐蚀介质从涂层表面通过涂层到金属基体的过程被划分成3个薄层区段,每个薄层都

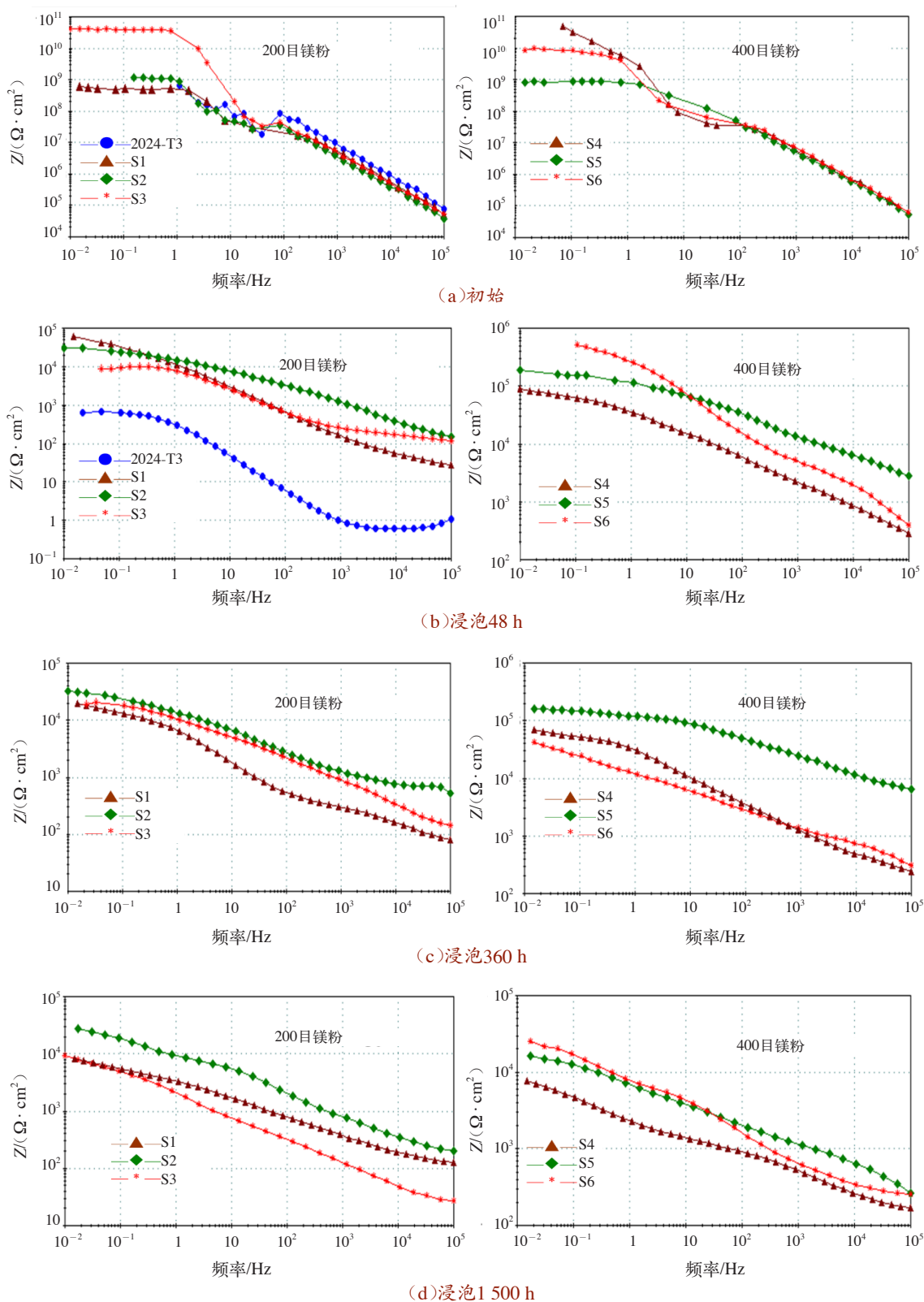


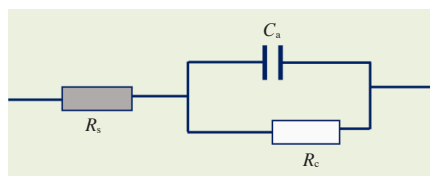
图3 涂层样品不同浸泡时间电化学阻抗测试Bode图

Fig.3 Bode Diagram of the Coatings Samples at Different Immersing Times

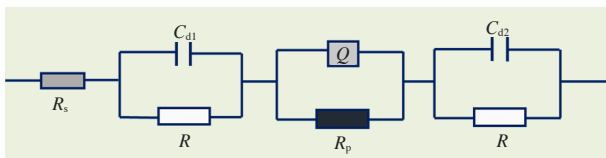
有自己的电容和电阻, C_{d1} 和 C_{d2} 分别为界面薄层双电层电容, 而 Q 代表涂层本体层电容^[15]。3个薄层典型的划分为分别代表涂层底部单元, 涂层底部与基体表面

之间区域单元和金属基体表面单元。对于腐蚀介质容易渗透进入涂层底部的牺牲阳极保护涂层, 代表涂层底部与基体表面之间区域单元电化学过程的等效电

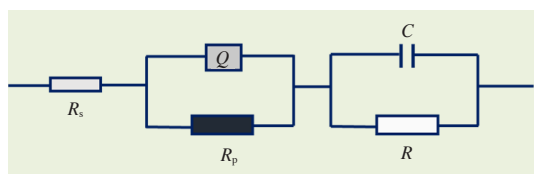
路元件——极化电阻 R_p 的值更能反应涂层保护效果;另外,对于无涂层基体浸泡后的Bode图,去掉代表涂层底部单元的电化学元件,采用等效电路 $R_s(Q_{Rp})(C_{Rt})$ 进行拟合[图4(c)]。



(a)初始浸泡阶段等效电路图



(b)涂层浸泡中期等效电路图



(c)铝合金基体浸泡中期等效电路图

图4 不同浸泡阶段涂层Bode图等效电路图

Fig. 4 Equivalent Circuit of Bode Plots for Coatings at Different Immersing Stages

拟合结果如表2所示。

表2 阻抗谱拟合电阻值

Table 2 EIS Fitting Electric Resistance Values

样品	拟合电阻值(R_c 或 R_p)/($\Omega \cdot \text{cm}^2$)			
	0	浸泡48 h	浸泡360 h	浸泡1 500 h
2024-T3	3.494×10^8	2.410×10^3	—	—
S1	5.022×10^8	1.983×10^4	2.292×10^4	8.884×10^3
S2	1.190×10^9	3.468×10^4	2.417×10^4	6.434×10^4
S3	3.870×10^{10}	8.232×10^3	1.981×10^4	1.517×10^4
S4	7.670×10^{10}	8.851×10^4	6.893×10^4	1.036×10^4
S5	8.403×10^8	1.951×10^5	1.648×10^5	2.470×10^4
S6	8.605×10^9	5.694×10^5	4.519×10^4	4.366×10^4

因其他辅助元器件的拟合数值(溶液电阻、电容等)对分析涂层致密性或钝化保护效果没有实际物理意义,表2仅列举了拟合后的涂层电阻(R_c)或极化电阻(R_p)值进行分析。由图4和表2可以看出,浸泡初始,所有涂层样品均具有高的膜层电阻,铝合金基材因钝化膜的存在同样具有较高的膜层电阻,且随镁粉用量的增大显著增大,显示涂层初始屏蔽作用,镁粉用量越大,初始屏蔽效果越好;而浸泡48 h后,所有涂

层样品Bode图显示的阻抗值大幅下降,腐蚀介质短时间内既渗透到涂层底部,基体与涂层界面处的极化电阻值降到 10^4 数量级以下说明富镁底漆整体致密性不佳,很快对基体失去屏蔽保护作用。随着浸泡的进行,Bode图始终呈现渗透扩散特征,且从拟合得到的涂层与基体界面处极化电阻值(10^4 数量级)分析,涂层对基体不提供钝化膜保护。另外,浸泡1 500 h后,所有涂层样品拟合得到的有效极化电阻值依然明显高于无涂层基体浸泡48 h后的极化电阻值,对比S1~S3这3组样品,镁粉用量为45%的涂层在浸泡过程中,有效涂层电阻值一直相对较高,可归于涂层有限的阻隔作用,因此200目镁粉在富镁涂层体系中的用量可进一步优选为45%。

与添加200目镁粉配制的富镁底漆涂层相比,添加400目镁粉配制的富镁底漆涂层在浸泡初始同样具有高的涂层电阻,且电阻值更大;而浸泡48 h后,所有涂层Bode图同样出现明显的腐蚀介质扩散渗透特征,拟合所得有效电阻值大幅下降,降到 10^6 数量级以下,涂层失去屏蔽保护作用,说明小粒径镁粉并不能赋予富镁底漆优越的致密性;随着浸泡的进行,拟合得到的有效电阻值继续下降,同样没有钝化保护迹象出现;进一步对比S4~S6这3组样品,镁粉用量为48%的涂层在浸泡过程中有效极化电阻值下降速度相对缓慢。因此,对于400目镁粉,在富镁底漆中的临界体积浓度可进一步优选48%。

2.3 涂层极化曲线测试对比研究

对于阴极保护单层底漆涂覆的测试样板,长时间浸泡后,涂层失去屏蔽保护作用,腐蚀介质已渗透进涂层至基体,形成浸泡介质-涂层-基体一体的导电通路腐蚀环境,因此极化曲线测试能够更准确地反映基体腐蚀发生的难易程度和受牺牲阳极金属保护的效果。图5为2024-T3铝合金基体及不同涂层样品浸泡1 500 h后测得的极化曲线,表3为拟合数值。

图5和表3显示,与2024-T3铝合金基材的自腐蚀电位($-1\ 039.595\ \text{mV}$)和自腐蚀电流密度($1.175 \times 10^{-4}\ \text{A}/\text{cm}^2$)相比,涂覆涂层的样品腐蚀电位明显正移(升高近1倍),腐蚀电流密度显著降低(下降两个数量级)。因测试介质为固定浓度的NaCl电解质溶液,电阻值稳定,且测试样板一直浸泡在测试介质中,在涂层-基体之间已经形成稳定浓度的电解质环境,因而忽略涂层IR降(测试环境电流、电阻值复杂多变引起)造成的电位偏差。涂覆底漆的测试样板(涂层+基体金属)在浸泡后期腐蚀电位正移表明涂层对铝合金基体阳极反应起到抑制作用,涂层中的金属镁粉作为牺牲阳极提供阴极保护。同时借鉴缓蚀剂电化学中公认的研究结果:腐蚀电流密度越小,显示防蚀保护能力越强,腐蚀电流密度

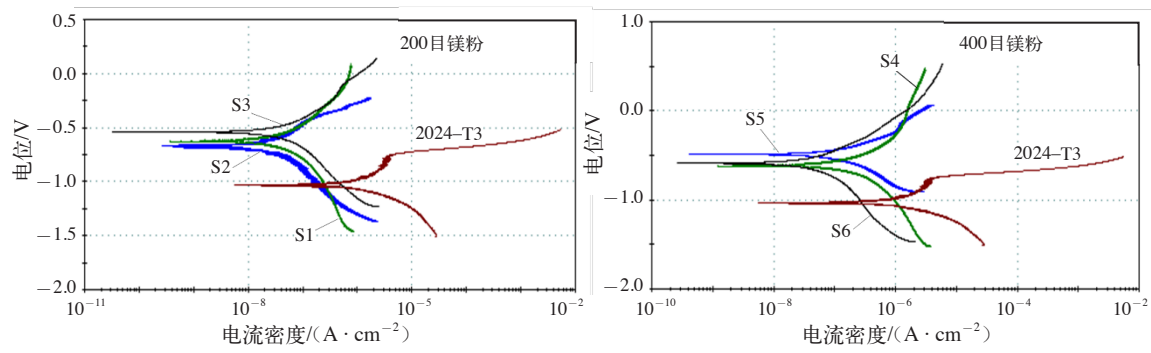


图5 不同涂层样品浸泡1 500 h后极化曲线
Fig. 5 Polarization Curve of Different Coatings Samples after Immersing for 1 500 h

表3 极化曲线拟合数值

Table 3 Fitting Values of Polarization Curve		2024-T3	S1	S2	S3	S4	S5	S6
样品 拟合数值	$E_{\text{corr}}/\text{mV}$	-1 039.595	-623.304	-538.943	-671.500	-622.381	-487.423	-585.650
	$I_{\text{corr}}/(\text{A} \cdot \text{cm}^{-2})$	1.175×10^{-4}	6.089×10^{-6}	4.069×10^{-6}	3.124×10^{-6}	6.230×10^{-5}	6.531×10^{-6}	3.657×10^{-6}

下降两个数量级,防腐效率可达95%以上。

进一步对比分析发现:添加200目镁粉制得的样品,镁粉用量为45%的涂层腐蚀电位最高(-538.943 mV),而镁粉用量为47%的涂层腐蚀电流密度最小($3.124 \times 10^{-6} \text{ A/cm}^2$);添加400目镁粉制得的样品,镁粉用量为48%的涂层腐蚀电位最高(-487.423 mV),镁粉用量为50%的涂层腐蚀电流密度最小($3.657 \times 10^{-6} \text{ A/cm}^2$)。这一测试结果进一步明确了富镁底漆涂料配方中镁粉的最佳用量范围:200目镁粉

优选用量范围为45%~47%,400目镁粉优选用量范围为48%~50%;另外,添加400目镁粉配制的涂层样品腐蚀电位正移更明显,而腐蚀电流密度则相对高一些,显示小粒径镁粉更优越的牺牲阳极保护效果。

2.4 对7075-T6基材保护效果测试

为了验证富镁底漆对铝合金基材的通用保护性,分别测试样品S7在不同浸泡时间的交流阻抗谱和浸泡1 500 h的极化曲线,与S5样品测试结果进行对比分析,测试结果如图6所示,拟合数值见表4。

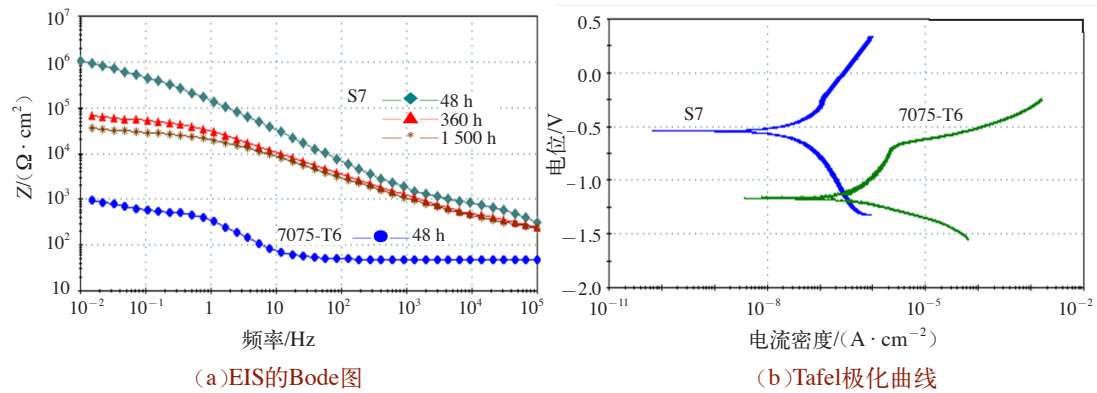


图6 涂层对7075-T6基材保护效果电化学测试结果
Fig. 6 Electrochemical Testing Results of Protection Effect for Coatings on 7075-T6 Substrate

表4 电化学测试结果拟合参数

样品	阻抗谱拟合数值 $R_p/(\Omega \cdot \text{cm}^2)$			极化曲线拟合数值	
	48 h	360 h	1 500 h	$E_{\text{corr}}/\text{mV}$	$I_{\text{corr}}/(\text{A} \cdot \text{cm}^{-2})$
7075-T6	1.106×10^3	—	—	-1 163.954	2.612×10^{-5}
S7	6.847×10^5	6.893×10^4	3.528×10^4	-543.078	3.593×10^{-6}

图6和表4的结果显示,涂层在7075-T6基材上防蚀保护效果与在2024-T3铝合金基材上的研究结果具有一致的规律性,浸泡过程中阻抗谱曲线及拟合电阻值变化基本类似,说明富镁底漆对铝合金基材的保护具有通用性。另外,极化曲线测试和拟合结果还显示与2024-T3铝合金相比,7075-T6铝合金基材本身确实具有更高的耐蚀性,自腐蚀电流密度更小(2.612×10^{-5} A/cm²),但自腐蚀电位(-1 163.954 mV)也更小;与样品S5腐蚀电位(-487.423 mV)正移552.172 mV相比,样品S7腐蚀电位(-543.078 mV)正移620.876 mV更明显;而相比于S5的腐蚀电流密度(6.531×10^{-6} A/cm²),S7腐蚀电流密度下降到一个更小的数值(3.593×10^{-6} A/cm²),说明富镁涂层对7075-T6基材的阴极保护功能更突出。

3 结语与展望

(1)硅烷偶联剂预处理的镁粉在改性环氧树脂中具有好的分散效果,所配制的改性环氧-富镁底漆通过阻抗谱和极化曲线测试表明其对铝合金基材起到有效的阴极保护作用,镁粉的最佳用量为:200目镁粉45%~47%,400目镁粉48%~50%。

(2)改性环氧-富镁底漆对不同型号的铝合金基材具有通用保护性,但其致密性一般,不提供长效屏蔽和钝化保护作用,需与中间漆和面漆配套使用,因此研究筛选合适的配套体系,尤其是研究免中间连接漆而直接与面漆配套的底中合一富镁涂层是其实际应用亟需解决的重要问题。

(3)富镁底漆能够对铝合金基体提供有效的阴极保护,类似富锌底漆对钢结构的保护机理,鉴于富锌底漆至今仍是钢结构重防腐领域不可或缺的产品,由此推断,随着富镁底漆技术的不断发展和成熟,今后一定会成为铝合金材料防腐领域的主导技术,且通过机械共混工艺配制富镁底漆,制备方法简单,原料成本相对较低,且低能耗,施工工艺简单,市场应用前景更为广阔。

参考文献

- [1] XU H, BATTOCCHI D, TALLMAN D E, et al. Use of Magnesium Alloys Aspigments in Magnesium-rich Primers for Protecting Aluminum Alloys[J]. Corrosion, 2009,65(5):318-325
- [2] LIU L M, XU R Z, SONG G. Corrosion Behavior of Mg-rich Al Coatings in the Protection of Al Alloys[J]. Surface and Coatings Technology, 2010,205(2):332-337
- [3] BIERWAGEN G P, NANNA M E, BATTOCCHI D. Magnesium Rich Coating and Coating Systems: US, 20070128351[P]. 2007-06-07
- [4] SIMÕES A, BATTOCCHI D, TALLMAN D. Assessment of the Corrosion Protection of Aluminum Substrates by A Mg-rich Primer: EIS, SVET and SECM Study[J]. Progress in Organic Coatings, 2008,63(3):260-266
- [5] LIN J R, ORGON C, BATTOCCHI D, et al. (Mg Rich Primer-powder Topcoat) Coating System for the Corrosion Protection of Al Alloys[J]. Progress in Organic Coatings, 2017,102(Part B):138-143
- [6] LU X Y, WANG X, CHEN S, et al. Effect of Polyaniline and Aluminum Tri-polyphosphate Particles Addition on the Protective Properties of Mg-rich Epoxy Coating on AZ91D Magnesium Alloy[J]. International Journal of Electrochemical Science, 2021,16(12):211239
- [7] 丁永志,刘元海,慕仙莲,等. 2A12铝合金表面石墨烯富镁涂层性能研究[J]. 航空科学技术, 2021,32(9):57-62
- [8] BORDZIŁOWSKI J, DAROWICKI K, KRAKOWIAK S, et al. Impedance Measurements of Coating Properties on Bridge Structures[J]. Progress in Organic Coatings, 2003, 46(3):216-219
- [9] 刘喆,邓成满,魏军胜,等. 涂覆有机涂层的镀锡薄钢板耐蒸煮性能电化学快速检测技术研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2024,44(4):883-890
- [10] 张鉴清,曹楚南. 交流阻抗数据分析系统[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1990,2(3):9-16
- [11] BIERWAGEN G, TALLMAN D, LI J P, et al. EIS Studies of Coated Metals in Accelerated Exposure[J]. Progress in Organic Coatings, 2003,46(2):149-158
- [12] 戈成岳,罗祥平,王静,等. 羟基硅油改性环氧树脂富镁底漆的制备与性能研究[J]. 涂料工业, 2022,52(3):24-30
- [13] 戈成岳,傅文峰,凌建雄,等. 铝合金保护用富镁底漆的研制及其性能研究[J]. 涂料工业, 2013,43(4):23-29
- [14] 曹楚南. 腐蚀电化学原理[M]. 北京:化学工业出版社, 2004:217
- [15] 张鉴清,曹楚南. 电化学阻抗谱方法研究评价有机涂层[J]. 腐蚀与防护, 1998,19(3):99-104

十七世纪《髹漆论丛》寻觅记 ——折射“中国风的萌生”

段质美

中图分类号: TQ630

文献标识码: C

文章编号: 1006-2556(2024)12-0069-03

DOI:10.13531/j.cnki.china.coatings.2024.12.010

An Account of the Search for A Treatise of Japanning and Varnishing of the 17th Century ——Reflecting the “Burgeoning of Chinese Style”

DUAN ZHI-mei

中国是世界上最早认识和使用漆的国家,其历史可以追索到新石器时代,考古发现证实中华漆艺历史已逾七八千年之久,从发现、种植、采集、精制到大漆(生漆),再加工制作成各种漆器,制品从简到繁,涵盖礼器、食具、武器、舟车、桌椅、乐器以及葬品棺槨等林林总总无所不包。夏商周时起的宫廷御用食器、祭器及各种用具,经过春秋战国、秦、汉唐的两三千年的发展,渐渐飞入寻常百姓家,成为多种不可或缺的生活日用品,积累了大量丰富的漆艺经验。

而关于漆、漆器和漆艺的专著流传于世者较少,我国历史典籍《尚书·禹贡》中有“……兖州……厥贡漆丝……”“……豫州……厥贡漆、枲、纻、纡”,《韩非子·十过》中“流漆墨其上,输之于宫,以为食器……禹

作为祭器,墨染其外,而朱画书其内”,以及其他如《诗经》《史记·货殖列传》等典籍对漆和漆的使用均有所描述。据传五代时期朱尊度曾编写过专著《漆经》,可惜早已失传。

16世纪后期,明朝一著名漆艺大师——黄成,总结了前人上千年的漆艺经验,于1567–1572年期间编写了著名的《髹饰录》(见图1)。然而此书命运多舛,流传多年后人们遍寻不见,直到民国初年由当时官员、中国营造学社的创始人朱启钤,自欧洲公干后回国途经日本时发现了此书,嘱托日本友人手抄一份带回国内,于1927年木板刻印了一批(丁卯版),使得国内又重见其真传。为了使人们更好地理解,朱启钤又托王世襄译成白话文,书名《髹饰录解说》(见图2),成为今

收稿日期: 2024-11-27

作者简介: 段质美(1937–),男(汉族),北京人。中国涂料行业资深专家。

人学习、研究漆艺唯一奉为宝典的著作。涉及髹饰历史、原料、工具、品种及漆工禁忌等,内容广泛详实,不再赘述。



图1 《髹饰录》

Fig. 1 Lacquer Decoration Records



图2 《髹饰录解说》

Fig. 2 Explanatory Notes on Lacquer Decoration Records

在黄成完成《髹饰录》后的16世纪末期(1582年),意大利天主教传教士利玛窦,来到中国传教、工作和生活近30年,晚年曾将这段经历撰写下来,即著名的历史文献《利玛窦中国札记》^[1],他在“中华帝国的富饶及其物产”中记述了“一种特殊的树脂,是从某种树干里挤出来的。它的外观和奶一样,但黏度和胶差不多。中国人用这种东西制成一种山达脂(Sandarac)或颜料,他们称之为漆(Cie),它们通常用于建造房屋和船只以及制作家具时涂染木头。涂上这种漆的木头可以有深浅不同的颜色,光泽如镜,华彩悦目,并且摸上非常光滑。这种漆还能耐久,长时间不磨损。”

届时,16世纪开启的航海贸易,将中国的丝绸、家具、瓷器和漆器(见图3)等产品输入欧洲,引起了极大的欢迎,成为皇宫贵族的奢侈品。到了17-18世纪,欧洲更是掀起模仿中国风格的热潮,开始对中国的瓷器和漆器工艺技术进行研究。意大利科学家菲利普·博纳尼(Filippo Bonanni)在1690-1700年间,写了一份有关中国漆器的详细资料^[2],后整理为学术报告于1720年发表^[3]。



图3 中国漆五斗柜

Fig. 3 Chest of Drawers with Chinese Lacquer

为了了解更多的漆艺历史,在一次浏览网络时偶然发现一则信息,一位袁宣萍老师在叙述欧洲掀起“中国风”的文章时,写到“1688年Stalker与Parker的《髹漆论丛》在荷兰阿姆斯特丹出版,公布了漆的配方,指导人们如何从事漆艺”,引发笔者极大的兴趣,立刻想到要千方百计找到此书,看看这本书对漆艺是如何描述的?对中国的漆艺怎样评价?

怎样才能得到外籍人士这本原著呢?很快想起2019年笔者曾在荷兰阿姆斯特丹结识的一位从事旅游业的中国维吾尔族女士拉依莎,抱着试试看的心情向她提出了代购的要求,1个多月后就收到了这本盼望多日的英文版《髹漆论丛》(见图4),喜出望外。

当翻阅《髹漆论丛》扉页(见图5)时发现,这本书是在牛津印刷,1688年由作者本人在伦敦詹姆斯市场金球处销售,与前述该书是在荷兰阿姆斯特丹出版有差异,于是进一步查询,始得知两位作者均是英国人,约翰·斯塔克(John Stalker)和乔治·帕克(George Parker),并于1688年在伦敦印刷出版^[4],因而更正了一大误解并非荷兰人所编,避免了贻笑大方之尴尬。

在《髹漆论丛》的前言中,作者对绘画、漆艺这种艺术非常尊崇,比喻为自由科学的最高境界,罗列了欧洲国家历代对艺术高度的重视与热爱,以及其在显

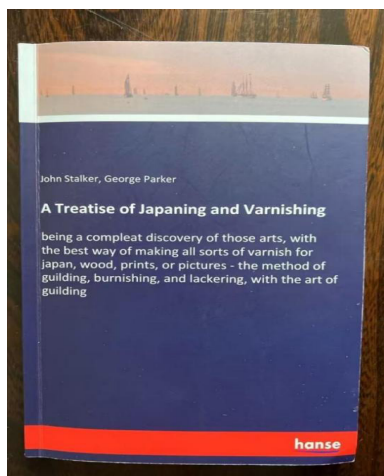
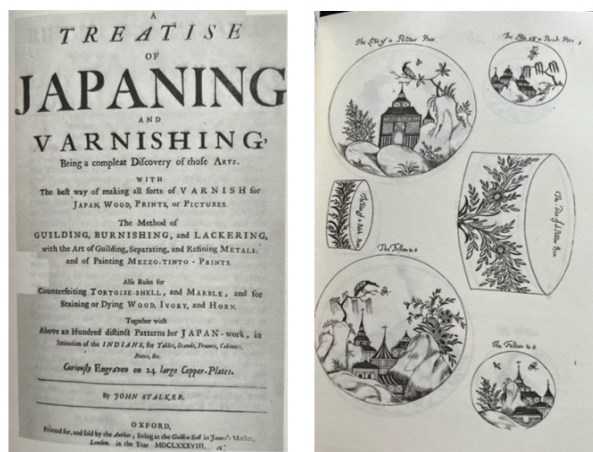


图4 《髹漆论丛》

Fig. 4 *A Treatise of Japanning and Varnishing*

扉页

花鸟等图样

图5 《髹漆论丛》内页

Fig. 5 Inner Page of *A Treatise of Japanning and Varnishing*

示和保存物质与精神方面所发挥的重要意义。

《髹漆论丛》全书共有27章,重点介绍了制作多种漆、颜料的配方,髹饰用工具,髹饰表面的准备,如何达到光亮、坚固的漆面效果,并附有近百种花卉、虫鸟、建筑、人物、家具等有中国风格的图样(见图5),供髹漆者参考。

由大漆(生漆)涂刷在器物上制成的物品叫漆器,这是它的专有名称,而大漆是来自生长在亚洲的漆树,欧洲不具备生长漆树的自然环境,大漆本身也不能长途运输。因16世纪开启的航海贸易,中国漆器受到欧洲皇宫、达官贵族的喜爱,达到了痴迷程度,加之商品利润颇丰,用其他代用品仿制漆就成为当时的

热门事项,成为欧洲人必须攻克的技术课题。这种代用品就是前述意大利人菲利普波纳尼经过研究得出的结论,彼时的欧洲只能由树胶漆(gum-lac)或虫漆(shell-lac)来代替,不可能使用中国的大漆,终于真相大白,疑问有了答案。

虫胶(Shellac)又名紫胶(漆片),是寄生在某些树种上的紫胶虫所分泌的一种天然树脂,其颜色紫红,故称“紫胶”,它可以溶解在酒精里即成为虫胶漆。紫胶虫在世界上分布较广,其中以印度、中国云南较多。

此《髹漆论丛》中所谓的“漆”即由虫胶溶于酒精制成,配以采自天然的矿物颜料或金属粉末可得到各种彩色的涂料,虽然在装饰性、耐久性方面逊于中国大漆涂饰效果,但经过精工细作的仿制品质量尚可接受,填补了人们追求奢华的心态,一定程度上满足了当时市场的需求,对扩大中国海上贸易及文化交流产生了良好的影响。

笔者20世纪50年代进入涂料行业,曾记得制作清漆样板时,为了染色和封闭目的,需在木板上先涂一层虫胶漆,家具行业也多采用这种方法,一直延续至90年代末才逐渐被其他材料所代替,黯然退出了历史舞台。

《髹漆论丛》中充当主要角色的虫胶(漆片),在涂料发展的历史长河中曾经风靡一时而又一闪而过,但树脂在漆中的关键作用却深深置于涂料工作者的头脑中,为即将到来的第一次工业革命、孕育近代涂料工业出现,制造由树脂+植物油+溶剂的新型涂料产生了深刻的影响。文献曾报道1773年英国韦廷公司,公布了由许多天然树脂和干性植物油炼制清漆的配方,说明这种理念已经开始显现了积极的效果,在随后一个多世纪的时光里,溶剂型涂料发挥过主导作用,虽然现在已不再占据重要地位,逐渐被水性、粉末、光固化等涂料品种所取代,但至今依然扮演着不可或缺的角色。

参考文献

- [1] 利玛窦,金尼阁.利玛窦中国札记[M].何高济,王遵仲,李申,译.北京:中华书局,2001
- [2] 袁宣萍.中国外销漆家具及其对欧洲的影响[J].装饰,2006(7):22-23
- [3] JARRY M. Chinoiserie: Chinese Influence on European Decorative Art, 17th and 18th Centuries[M]. The Vendome Press for Sotheby Publications,1981
- [4] STALKER J, PARKER G. A Treatise of Japanning and Varnishing[M]. London:1688

中国涂料
CHINA COATINGS

回望2024:

中国涂料行业年度 十大重要事件盘点

本刊编辑部

中图分类号: TQ630

文献标识码: E

文章编号: 1006-2556(2024)12-0072-05

DOI: 10.13531/j.cnki.china.coatings.2024.12.011

Review of 2024: China Coatings Industry's Ten Most Important Events of the Year

Editorial Office of the Journal

编者按: 随着2024年渐行渐远, 我们即将迎来全新的2025年。回望2024年, 是极不平凡的一年, 是充满挑战与机遇的一年。这一年, 见证了变革与创新, 见证了发展与突破, 每一步都深刻影响着中国涂料行业的未来。让我们一同盘点2024年中国涂料行业的重要事件, 回顾那些塑造了行业的关键时刻。

一、党建引领, 推动高质量发展

2024年, 中国涂料工业协会党支部顺利完成换届选举, 中国涂料工业协会会长刘普军当选为新一届中国涂料工业协会党支部书记。

在中央社会工作部和石化联合会党委的正确领导下, 中国涂料工业协会党支部认真贯彻落实习近平总书记关于行业协会重要指示批示精神和党的二十届三中全会、中央经济工作会议和中央工作会议精神, 完整准确全面贯彻新发展理念, 构建新发展格局, 以党建“第一责任”引领和保障发展“第一要务”, 认真落实主体责任, 扎实推进党建工作和行业工作深度融合, 聚精会神拼经济, 全力以赴促发展, 坚定信心、抢抓机遇, 以敏锐的眼光和果敢的行动, 持续发力、久久为功, 不断塑造发展新动能, 开拓发展新

优势，确保涂料行业沿着正确的政治方向前进，以党的建设高质量推动行业高质量发展。

二、涂料盛宴，沪上圆满收官

2024年8月9日，由中国涂料工业协会主办，为期3天的2024中国国际涂料博览会暨第二十二届中国国际涂料展览会于上海新国际博览中心圆满落幕，载誉收官！今年参展商共计500+家，占地面积达10万m²，3天共接待10万+人次专业观众，专业论坛30余场，对接洽谈100余场，展示新产品、新技术2 000余项，发布国际国内前沿创新成果近500项，现场签约项目达500余个，300余项大单花落有主，国外展商20余家，慕名而来国际观众千余人，引发300余家国内外主流媒体和行业媒体竞相关注报道，线上官方直播观看人数达1 000万余人次，取得成果不胜枚举，各项成果屡创新高。本届展会汇聚涂料全行业的精英力量，全方位展示了覆盖全产业链的彰显本届展会主题“绿色低碳 科创未来”的创新展品，为涂料行业描绘了一幅生机勃勃的精彩画卷，打造了一届规模宏大、成功圆满的涂料全产业链行业盛会！

本届涂料展继续延续“展+会”模式，精心配套了近30场专业会议，让参与者在潮流展品的观察和行业前沿的探讨中，触摸行业风向，探索自身路径。展前预热的2024亚太国际涂料产业发展大会、中国涂料工业协会第九届常务理事会，高屋建瓴，为行业高质量发展指明了方向。首次推出的“粉饰之家”展区，聚焦粉末涂料涂装，从新品发布到应用和案例分享，助力粉末涂料高质量发展；打卡集章活动，应和文博热潮，串联特色观展线路；“趣味涂鸦”，与观众零距离互动，感受艺术与创作之美；国家级大赛“第十五届全国石油和化工行业职业技能竞赛暨2024‘PPG大师杯’全国涂料行业制漆配色调制职业技能竞赛决赛”，感受到涂料的技能之美。

三、涂料大会，引发业内关注

2024年3月26—28日，“2024中国国际涂料大会”在郑州盛大举办。大会以“以进促稳，提质增效，奋力破局”为主题，来自国家部委、地方政府领导、专家学者、涂料上下游产业链企业约1 530名代表参加了本次大会，权威解读最新产业政策，精准分析全球涂料行业运行，共同探讨中国涂料行业高质量发展之道。

本次大会成效显著，硕果累累。政府和产学研平台及企业战略合作签约、产业对接会和“中国涂料企业百强”“亚太涂料企业70强”“世界涂料企业百强”三大榜单发布，引发了社会和行业的强烈关注。

经过6年的沉淀，中国国际涂料大会已经成为涂料行业规模最大、最具价值、行业级别最高、影响力最强的年度盛会，也是研究涂料行业经济热点、分享涂料创新产品技术、提供相关政策意见支撑的重要交流平台。

四、国际交流，开拓全新赛道

2024年，中国涂料工业协会加强对外合作交流，带领企业“走出去”发展，多次组织重点企业出访美国、德国、日本、韩国、越南等国家，并首次作为联合主办方在越南主办涂料展，开创了协会对外交流合作的新赛道，引起行业的强烈关注。

4月10—18日，中国涂料工业协会组织业内知名企业一行28人赴欧洲进行商务考察。代表团先后对德国涂料涂装设备展(PaintExpo)、德国弗劳恩霍夫研究所(Fraunhofer-Gesellschaft)和OBI欧倍德建材市场等进行了考察。本次考察活动使团员开阔了视野，了解了最新技术趋势，对企业和行业发展起到积极的推动作用。

4月30日—5月4日，中国涂料工业协会会长组团赴美出席美国涂料展，对美国涂料展、宣伟公司总部和美利肯实验室等进行了商务考察。美国涂料展是北美地区著名的、规模最大的涂料原料及涂料化工设备专业展会，由美国涂料协会和德国文森公司联合主办，为世界各地的涂料行业参展企业提供了贸易商机和技术产品创新展示平台及最高层次的决策及信息交流平台。代表团还到访宣伟位于美国

俄亥俄州克利夫兰市的全球总部。通过此次交流活动,双方为中国与国际涂料市场的连接与共赢创造了新的平台与机遇。

10月27日-11月3日,中国涂料工业协会组织国内重点企业赴日本和韩国出席日本东京涂料展,对日本涂料工业协会、立邦公司日本总部和日本大金公司、韩国国都化工等进行了商务考察,考察团成员一行31人来自国内涂料行业上下游知名重点企业。本次日本和韩国考察活动成果显著,硕果累累,有望达成多项团员企业与日韩企业间的项目合作。相关商务活动接待规格创涂料行业日韩考察交流活动之最,相关日韩企业高度重视,主要负责人全程出席并都有中国公司人员专程参加,提高了商务考察活动的规格与质量。通过本次考察活动,开拓了团员的国际视野,增进了中日韩涂料行业间的合作共识,对企业和行业发展起到了积极的推动作用。

11月25-30日,中国涂料工业协会组织重点企业赴越南胡志明市参加2024越南国际涂料展览会(Vina Coatings 2024)。这是中国涂料工业协会首次在境外作为联合主办方,带领企业以参加展会的形式“走出去”,积极开拓东南亚涂料市场。展会同期,还组织企业对PPG、松井、展辰、君子兰以及越南本土企业DY KHANG PRINTING INKS等进行了商务考察,并考察了当地建材及涂料市场。

本次越南涂料展,中国涂料工业协会首次作为境外涂料展会的联合主办方,组织涂料上下游企业赴越南参展、观展并进行商务考察,正是刘普军会长所倡导的“坚定不移带领企业走出去,开阔新视野,开拓新市场,实现新双赢”的具体实践,彰显了中国涂料工业协会作为涂料行业唯一国家级社团组织的优势和影响力,为涂料上下游企业切实搭建起一座国际交流展示的平台。本次越南考察活动成果显著,有望达成多项团员企业在越南的项目投资及合作。今后,中国涂料工业协会将会继续积极响应“一带一路”倡议,坚定不移地带领国内企业“走出去”,开拓新市场,寻求新机遇,加强国际交流与合作,扩大国际影响力,为全球涂料发展贡献中国力量。

五、WCC年会,搭建国际平台

2024年3月12-14日,2024世界涂料理事会年会在上海顺利召开,中国涂料工业协会会长刘普军出席本次会议并致辞,并代表中国在大会作主题演讲。本次年会由中国涂料工业协会主办,会期3天,是世界涂料理事会(WCC)年会继2014年在厦门成功举办后再次回归中国,彰显了中国作为全球最大的涂料市场,随着经济全球化步伐不断加快,在全球涂料行业发挥重要作用的大国担当。

来自中国涂料工业协会(CNCIA)、英国涂料联合会(BCF)、美国涂料协会(ACA)、巴西涂料制造商协会(ABRAFATI)、日本涂料制造商协会(JPMA)、法国涂料、印刷油墨、艺术家颜色和黏合剂协会(FIPEC)、新西兰涂料制造商协会(NZPMA)、墨西哥涂料和印刷油墨制造商协会(ANAFAPYT)、澳大利亚涂料制造商联合会(APMF)、西班牙涂料和印刷油墨制造商协会(ASEFAPI)代表出席了本次年会,此外,大会还邀请了德国Vincentz Network、美国The ChemQuest Group嘉宾参加会议。

会议就反竞争指导原则审查、2023年WCC年会会议纪要和行动项目、WCC地区会员信息更新、年度财务和行政报告、网站更新、会费以及建立世界涂料理事会倡议领导者委员会、世界涂料日提议、2025年涂料峰会等事宜进行了讨论和审议。与会各成员分享了当前各国的可持续发展计划,并对工业合规化以及负责任云母倡议进行了讨论。会上还根据之前选举结果一致通过了Tom Bowtell连任下一届WCC会长、Monica Alcala-Saavedra当选WCC副会长。

WCC会长Tom Bowtell表示,本次会议在主办方中国涂料工业协会刘普军会长积极推动和大力支持下,中国涂料工业协会与各成员国组织协调配合、沟通互动,展现了大国担当,为推动会议取得成功作出重要贡献,赢得了与会各国代表的高度评价。

六、加强地方合作,共谋协同发展

2024年4月10-12日,中国涂料工业协会与全国地方涂料协(商)会联席会在京召开。本次会议由

中国涂料工业协会主办，来自上海、天津、重庆、成都、广东、湖北、江苏、河南、福建、陕西、内蒙古、江西、山东、浙江、安徽、河北、顺德、宁波、深圳、常州、湖南等全国22家地方涂料协(商)会的会长、秘书长参加会议。此次会议一致通过建立“全国涂料行业协会商会联席会”长效机制，今后各个协会商会之间将秉持平等、信任、坦诚、合作、共赢的理念，加强会议、工作、信息等方面的交流共享，加强品牌建设、行业调研、政策研究、会展与出国合作，真正实现全国涂料行业资源共享、优势互补、协同发展。

七、应对反倾销，积极组织企业应诉

2024年，中国涂料工业协会与商务部密切合作，积极应对来自欧亚经济联盟、欧盟委员会、沙特、巴西、印度的反倾销诉讼，维护了中国钛白粉行业利益。

2023年11月13日，欧盟委员会代表欧盟27个成员国对原产于中国的二氧化钛发起反倾销调查。在中国石油和化学工业联合会的指导下，通过北京中银律师事务所的法律支持，组织全国26家钛白粉生产企业于2023年11月20日前完成了应诉相关资料的提交。

对欧盟委员会公布的初裁结果，中国涂料工业协会第一时间与律师事务所沟通相关情况，及时与中国石油和化学工业联合会沟通，与企业共同对初裁结果进行深入分析，提出抗辩意见，并上报国家有关部委。通过律师和企业的共同努力，向欧盟委员会申请了听证会，在2024年8月28日听证会上，我国企业有理有据地提出相关意见。

2024年11月1日，欧盟委员会就对华二氧化钛反倾销调查公布了终裁前事实披露文件，按倾销幅度计算反倾销关税税率：龙佰集团32.3%、安徽金星钛白集团11.4%，其他应诉企业28.4%，其他未应诉企业32.3%，税率比初裁略有下降，同时不会进行追溯征收。

后续，中国涂料工业协会将对此保持密切关注，及时了解相关情况，尽最大可能地维护我国钛白粉行业声誉和企业利益。

八、多项政策法规与标准出台，规范行业健康可持续发展

2024年多项涉及涂料及相关行业的政策法规与标准出台，进一步规范行业向绿色、安全、环保方向发展，促进产业转型升级，特别是中国涂料工业协会团体标准再次成功入选工信部团体标准应用推广典型案例项目。具体如下。

政策法规：1)2023年12月29日，国家发改委发布了《产业结构调整指导目录(2024年本)》，自2024年2月1日起施行；2)2023年12月22日，工业和信息化部发布了《重点新材料首批次应用示范指导目录(2024年版)》，自2024年1月1日起施行，《重点新材料首批次应用示范指导目录(2021年版)》同时废止。3)2024年7月2日，工业和信息化部等8部门联合印发《精细化工产业创新发展实施方案(2024—2027年)》。要求推动涂料、染料、氟硅有机材料等具有比较优势行业实施“三品”行动。4)2024年9月23日至10月13日，生态环境部办公厅就《危险废物排除管理清单(2024年版)》(征求意见稿)公开征求意见。根据征求意见稿显示，不再将水性建筑墙面涂料生产过程产生的废水处理污泥、丙烯酸乳液生产过程产生的滤渣和废水处理污泥作为危险废物进行管理。5)2024年11月26日，生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会印发了《国家危险废物名录(2025年版)》，自2025年1月1日起施行。

标准：1)2024年4月10日，市场监管总局等7部委印发了《以标准提升牵引设备更新和消费品以旧换新行动方案》的通知。文件提出要加快升级家具结构安全、阻燃性能等强制性标准，完善含挥发性有机物(VOCs)相关产品标准，加严人造板甲醛释放量指标，提升建筑涂料、木质地板等装饰装修产品标准，制修订绿色建材评价标准。2)2024年7月12日，工业和信息化部发布了《化工行业智能制造标准体系建设指南(2024版)》，提出要制定“涂料、油墨、颜料及类似产品制造”等7个子行业相关标准，其中涂料、油墨、颜料及类似产品制造标准包括专用装备与仪表数据采集、数据接口、系统集成标准，

以及生产管控、配方配色管理、操作导航、HSE管理、仓储管理、条码管理等标准。3)2024年,涂料行业制修订了一批重要国家标准、行业标准,国家标准《钛白粉和氧化铁颜料单位产品能源消耗限额》于2024年4月29日发布;国家标准《温室气体排放核算与报告要求 第32部分:涂料生产企业》于2024年9月29日发布;国家标准《钛石膏综合利用技术规范》于2024年11月28日发布;国家标准《合成树脂乳液墙面涂料》、《船体防污漆防锈体系》正在批准过程中;国家标准《温室气体排放核算与报告要求 第X部分:颜料生产企业》《涂料中有害物质限量 第1部分:建筑涂料》《涂料中有害物质限量 第2部分:工业涂料》《色漆和清漆 用流出杯测定流出时间》《厚漆、腻子稠度测定法》《涂料和颜料产品包装、标志、运输和贮存通则》《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第9部分:水溶性盐的现场电导率测定法》《涂膜颜色测量方法》《建筑涂料用乳液》《颜料和体质颜料通用试验方法》《汽车用涂料》《色漆和清漆20°、60°、85°光泽的测定》《涂膜抗病毒活性和抗菌性测定法》《色漆和清漆实验室光源曝露方法 第3部分:荧光紫外灯》正在进行审查。行业标准《不粘涂料》《金属结构用属性防腐涂料》《抗菌和抗病毒涂料》《水性聚偏二氯乙烯树脂(PVDC)涂料》《自修复涂料》已于2024年9月完成报批程序;行业标准《石化和化工行业数字化转型成熟度模型与评估》已由工业和信息化部正式批准立项,列入2024年第一批行业标准制修订计划。

通过标准提升,助推行业技术进步,促进行业绿色低碳、高质量、可持续发展。

九、技能大赛,激发人才培养活力

值万众瞩目2024中国国际涂料博览会暨第二十二届中国国际涂料展览会盛大召开之际,国家级大赛——第十五届全国石油和化工行业职业技能竞赛暨2024“PPG大师杯”全国涂料行业制漆调色调制工职业技能竞赛也同场竞技。

本次大赛以“技能成才 技能报国”为主题,旨在贯彻落实国家关于培养高素质技术技能人才、能工巧匠、大国工匠的战略部署,本着“紧贴生产、注重实效、打造精品、提升水平”的原则,让更多人领略工匠精神,是加快技能人才队伍建设的重要举措,也是对工匠精神、劳模精神、创新精神的生动诠释。为广大涂料涂装技能人才提供了展示精湛技能、相互切磋技艺、展现风采的舞台,实现了以赛促学、以赛促训、以赛促评、以赛促建的目标,对推动我国涂料领域高技能人才队伍建设具有重要意义。

十、专利引领,赋能创新发展

“中国专利奖”是唯一专门针对授予专利权的发明创造(设计)给予奖励的国家级政府部门奖项。中国涂料工业协会高度重视国家专利奖推荐工作,每年推荐国家级专利奖3项,截至目前已有6项专利获奖,有力推动了行业科技创新。

根据中国专利奖评审办公室“第二十五届中国专利奖评审结果公示”显示,2023年度,由中国涂料工业协会推荐的“纳米级动态分离式研磨机”“一种高强度的耐油耐热电磁线环氧自粘漆及其制备方法”两项专利进入“第二十五届中国专利奖”优秀奖榜单。

展望2025,我们将站在新的历史起点上,以坚定的步伐迈向更加辉煌的未来。

CHINA COATINGS 2024 TOTAL CONTENTS

《中国涂料》2024年总目次

篇名	作者	页码	期数	总期数
特别报道				
提质赋能,破局突围——2024中国国际涂料大会在郑州盛大召开	本刊编辑部	01	03	333
中国涂料工业协会第九届三次常务理事会、第九届三次理事会在郑州成功召开	本刊编辑部	07	03	333
关 注				
新形势下涂料行业何去何从	齐祥昭	01	11	341
2024年涂料颜料行业主要相关标准汇总	齐祥昭,李 力,王 欢	01	12	342
政策法规与标准				
近期发布的涂料及涂装相关的政策法规解读	中涂料工业协会政策法规工作委员会	01	01	331
2023年涂料颜料行业主要相关标准汇总	齐祥昭,李 力,王 欢	13	01	331
行业走势				
2023年中国汽车涂料工业发展回顾及2024年展望	闫福成	26	01	331
2023年我国建筑涂料市场回顾及2024年展望	林宣益	01	02	332
2023年度中国涂料、颜料行业经济运行分析及未来发展趋势	中国涂料工业协会	09	03	333
2024年全球涂料行业运行展望及对中国涂料行业的影响分析	中国涂料工业协会	01	04	334
2024年一季度中国涂料、颜料行业经济运行简析	中国涂料工业协会	09	04	334
2023年中国粉末涂料市场回顾及2024年发展展望	中国涂料工业协会粉末涂料涂装分会	14	04	334

篇名	作者	页码	期数	总期数
发展新质生产力 推动行业新征程 ——2023年中国氧化铁行业经济运行情况回顾及2024年展望	林治华	18	04	334
2023年中国船舶涂料市场状况和2024年展望	高 昊,张 霁,王 健	01	05	335
2024年上半年中国涂料、颜料行业经济运行情况简析	中国涂料工业协会	01	07	337
2023年中国集装箱涂料市场分析及2024年展望	唐纛斌,刘会成,刘承泰	01	08	338
2023年中国钛白粉行业经济运行分析报告	杨雯雯,陈 钢,齐祥昭	05	08	338
2024年前三季度中国涂料、颜料行业运行分析报告	中国涂料工业协会	01	10	340
技术进展				
水性导电涂料的研究进展	方 杰,陈 帅,梁丽珊,安思颖, 刘 琦,乔永洛	08	02	332
无锡自抛光防污涂料研究进展	胡程颖,张 凯,张 陆,王效军, 刘术辉,桂泰江	24	03	333
低表面处理涂料用锈转化剂的研究进展	黄 婷,张 彦,刘冠宏,张贤慧,杨名亮	38	04	334
食品接触用涂料研究进展	孙 琰,邵亚诗,李其原,杨 凯, 王 晓,张善贵	01	06	336
液体润滑浸渍表面(SLIPS)船舶防污涂层最新研究进展	徐 森,徐 畅,张 凯,孙一鸣,丛巍巍	07	06	336
船用防污涂料研究进展	张春江,刘保磊,孟庆超,钱 程, 吴远程,许 驰,冉千平	04	07	337
无机硅酸盐涂料概述、现状和发展趋势	徐凯斌,彭 爽,刘 旭,姬乙凡,彭 军	01	09	339
环氧树脂在防污涂料中的应用研究进展	朱兴祝,王 浩,申 亮,付长清	11	10	340
红外隐身涂料研究进展	李合秋	04	11	341
专题论述				
化工设备管道外防腐用涂料水性化发展现状与应用分析	刘虎冰,田军军,魏志龙,刘改利	14	02	332
磷酸锌国内专利技术发展趋势与竞争力预测分析	廖 欢,李潇咏,黄春雷,覃善丽, 张鹏鹏,凌泽介,梁渝柠,李恒钊	20	02	332
罩面清漆耐沾污性测试方法对测试结果的影响及原因分析	芮英宇	30	03	333
耐高温车间底漆的研究现状及发展趋势	杨名亮,颜 乐,李至秦	42	04	334
PEDOT:PSS的商业化应用研究进展	梁丽珊,安思颖,方 杰,张玉倩,陈 帅	47	04	334
极地船舶破冰涂料船级社认证及应用	李 犇,吴连锋,易敏华,郭灵敏, 李明春,郭莉莎,李志士	12	09	339
极地船舶用冰区耐磨涂层设计及要求解析	亓海霞,徐阳光,王建军,陈凯锋	11	11	341
“绿色”规划理念与“利旧”涂装车间设备的应用与实践	张建波,王天然,宋绍朋,刘苏敏	12	12	342
防滑涂料在汽车运输船的施工应用	黄汉金,王 鹏,赵红旭,李淑君	24	12	342
技术研发				
超耐污高耐候多彩花岗岩涂料的制备及研究	黄理荣,许金河,周伟建,钟 超, 符传杰,黎应棋	38	01	331
非离子改性水性醇酸树脂-丙烯酸树脂杂化体的制备及性能	龙 凯,闫福安,周 勇	47	01	331
异佛尔酮二异氰酸酯固化剂的合成及性能研究	汪一波,杨志萍,何 领,王永奎,刘阳阳, 柯方伟	52	01	331

篇名	作者	页码	期数	总期数
水性双组分羟基丙烯酸聚氨酯涂料的研究	郭 宇,于文静	60	01	331
硫酸钡对水性丙烯酸聚氨酯涂料的影响	张洪军,朱 江	66	01	331
水性聚氨酯风电叶片面漆耐候性影响因素研究	李至秦,孟林龙,叶维维,杨名亮,李陈郭,叶章基	27	02	332
水性反射隔热型涂料的制备及性能影响因素探究	高本正,王 娜,齐 舵,于 帅	32	02	332
胺中和剂对水性双组分丙烯酸聚氨酯涂料性能的影响	郭晓峰,张 涛,汪凌云,胡爱琼	38	02	332
一种水性环氧导电涂料的制备及性能研究	孙仕梅,张日川,何 颖	43	02	332
大型交通工具水性金属闪光漆的设计及施工方案研究	江 瀚,陈 忠,冯海钊	49	02	332
水性丙烯酸氨基涂料的研究及制备	王海彤,甘遵云	54	02	332
导电二氧化钛制备工艺研究及在导电涂料中的应用	任 健	58	02	332
深绿色硅橡胶防静电涂层抗静电性能研究	黄海龙,黄丹椿,尹文奇,李凤宇,祝梁铭,程靖萱,焦伟先	39	03	333
金属饰面无机装饰板部分饰面性能研究	杨 兵,李 莹,王肖欣,李双艳,于 兵	43	03	333
TiO ₂ /Fe ₂ O ₃ 的光催化性能及在涂料中的应用	高志宏,李 严,彭洪均,马 辉,王 冲,马凤凯	49	03	333
硅酸钾水性无机涂料的贮存稳定性及耐水性能的研究	刘荣鑫,张志勇,曹立刚,焦学平,刘传龙,杜国平	56	04	334
商用车车厢用粉末涂料的制备	卫 龙,李 斌,杨鹏刚,任兵兵,吴晒云	61	04	334
pH值调节剂在建筑涂料中的应用研究	杜礼云,郭明格,袁英缺	67	04	334
水性环氧导电耐油防腐涂料的制备及性能分析	魏志龙,黄凯龙	42	05	335
一种水性丙烯酸改性醇酸钢结构涂料的制备及探讨	张 鑫	48	06	336
探究颜基比对80%锌含量环氧涂料性能的影响	张真真,刘冬平	54	06	336
建筑外墙抗紫外罩面清漆的研制	周春雷,叶 志,谭振华,张淑来,许建明,李仕森	62	06	336
氟碳树脂蒙皮清漆的制备与性能分析	赵 乐	20	07	337
基于3-二甲氨基丙胺在水性脂环胺固化剂中的应用研究	黄子豪,魏 健,何海峰,申 亮	25	07	337
水性炭黑色浆的生产研磨工艺对水性涂料配方产业化的影响	姚 煌,王荣芳,许昭展,谢 唯,许奕祥,阮德亮,陆盛邦	31	07	337
具有互穿网络结构的Ce ³⁺ 掺杂硅溶胶涂层及其防腐性能研究	姜振军,黄祝华	12	08	338
一种磷酸铈伪装无机颜料的制备与红外隐身应用研究	王凌英,赵 芳,赫万恒,张淑琴,曹洪娜	17	08	338
高分散偏磷酸铝-耐高温耐腐蚀防火涂层研究	廖 欢,李潇咏,黄春雷,李光玉,张家浩,张鹏鹏,陆黎明,钟永丽,文志朋	23	08	338
零VOC、超高固含量、高附着与高耐蚀性快干水性环氧富锌涂料的制备与研究	伍宽平,张 硕,吕宏飞,沈 岳	33	08	338
特殊基材用高附着力标线涂料的研制及应用	何振龙,张 翼,刘娟荣,马旺旺	40	08	338
户内平面用高流平β-羟烷基酰胺固化聚酯树脂的合成及应用研究	王佰佳,廖 萍,邵 妃	45	08	338
抗厚涂针孔型粉末涂料用羟烷基酰胺固化剂的应用研究	杨志萍,何 领,王永垒,叶 敏	53	08	338
辐射制冷与反射隔热材料的性能对比探究	张 霆,熊新红,夏贵丰,崔宇博,王 勇,崔家喜	18	09	339

篇名	作者	页码	期数	总期数
超高固体分环氧防腐涂料的研发与应用	吴远光,黄啟煊	23	09	339
石油沥青改性聚氨酯涂料及其阻尼性能研究	袁万朋,王彦斌,肖双明	28	09	339
水性隔热保温配套涂层体系的研究与应用	宋 凯,刘改利,刘虎冰,袁雪松	34	09	339
水性长余辉发光建筑涂料关键技术研究	李保君,孔丁峰	42	09	339
基于Diels-Alder自修复水性自消光固化聚氨酯涂层的研制	胡国锋,俞 乐,俞佳丽,周建萍,黄圣梅,梁红波	18	10	340
预涂膜用聚丙烯酸酯水分散体的研究与应用	牛正富,丁道俊,师壮壮,桂 霞	27	10	340
水性保温杯涂料耐洗碗机洗涤测试性能提升的研究	禹汉文,陈 唯,刘继理,宋刘俊,叶 维,顾宇昕	33	10	340
低烟毒高性能防火涂料的研制及性能研究	郑同同,周莲洁,纪双明,纪明明,杨昆明	39	10	340
新颖含N和Si阻燃环氧丙烯酸酯涂层的制备与性能	李保君,张 顺,张一达,杨 磊	47	10	340
应用于桥梁钢箱梁内部防腐涂料的研制与性能研究	林 东,王鑫博,吴泽鹤,苏琳起,杜景怡	55	10	340
氨基烤漆用高装饰性羟基丙烯酸乳胶的制备及性能研究	吴志伟,党琳琳,乔永洛,申 亮	18	11	341
水性环氧石墨富锌涂料在冷藏集装箱上的应用	江 涛,冯立维,杨 光	26	11	341
桥梁钢结构用水性重防腐配套涂层的制备与性能研究	钱 程,刘保磊,吴 冰,张泽旭,张春江,孟庆超	34	11	341
隔膜泵喷涂用水性丙烯酸聚氨酯涂料涂膜外观影响因素探究	窦会卓,张 亚,尤泽显,王 玮,徐晓利	44	11	341
适用于旧墙翻新复合底中合一外墙涂料的制备及透水性研究	黎应棋,符传杰,黄理荣,周伟建,钟 超,许金河,陈妙莲	49	11	341
一种彩砂调色的多彩冠晶石涂料的制备及研究	许金河,黄理荣,周伟健,钟 超,符传杰,黎应棋	54	11	341
水性聚氨酯缔合型增稠剂流变性能影响因素的研究	张东阳,曹亚成,马智俊,吴 铭,苟小青,何庆迪	63	11	341
纳米二氧化硅负载紫外线吸收剂在水性丙烯酸涂料中的应用研究	叶晨峰	35	12	342
水性无铬锌铝涂层材料的性能研究	王祺轩	45	12	342
车辆底盘用环氧粉末涂料的制备及涂装应用	卫 龙,李 斌,杨鹏刚,苏治果,刘晓庆	50	12	342
单组分外墙防水涂料用叔丙乳胶的制备	张亚杰	57	12	342
阻抗谱测试研究富镁底漆对铝合金阴极保护性能	戈成岳,马秀敏,段继周,侯保荣	62	12	342
木器涂料与涂装				
木制家具用抗涂鸦水性UV全亚光清面漆的研制	赵祥元,周土智,李彩霞,段晓俊,朱延安	04	05	335
水性UV木器白底漆附着力影响因素的研究	熊 峰,袁吉昌	09	05	335
UV辊涂超耐黄变透明底漆研究与应用	张庆年,刘志刚,王向科	14	05	335
水性木器涂料在户外场景应用与研究	何玲玲,杨泽生,吴 淼	20	05	335
高耐性水性单组分全亚光清面漆的制备及其性能研究	狄建军	26	05	335
UV-LED固化技术在木器涂料上的应用	高双之,敬小松,王 硕	31	05	335
水性木器涂料在木制玩具中的应用与研究	徐常伟	37	05	335
UV光固化亚光白面漆黏度稳定性研究	段晓俊,罗建华,梁文康,朱延安	16	06	336

篇名	作者	页码	期数	总期数
水性高硬度抗压抗污渍清面漆的制备	赵祥元, 李彩霞, 陈锦江, 段晓俊, 朱延安	21	06	336
水性木器白漆调色后颜色稳定性研究	郑晓波, 汪 洁, 张冬华, 陈雪芳, 袁 虎	26	06	336
染色木皮专用水性双组分全亚光面漆的研究与应用	李冠来, 夏正明	33	06	336
羟基聚氨酯丙烯酸酯乳液的合成及其在双组分木器涂料中的应用	柴 广, 雷木生, 游仁国	38	06	336
一种快干抗黏连水性单组分清漆的研制与应用	许伟东, 杨泽生, 罗新强, 卢永福	44	06	336
水性双组分聚氨酯木器亮光清面漆起泡板面效果问题的研究分析	许 玄, 李彩霞, 陈锦江	39	07	337
应用于定制家具的低VOC、低气味UV喷涂白底漆配方设计的探讨	张殿林	43	07	337
超耐黄变紫外光固化涂料设计研究	何 明, 杨泽生, 何金龙, 郑雪钦	49	07	337
UV辊涂耐污透明面漆研究与应用	龚重勇, 刘志刚, 张庆年	55	07	337
水性木器涂料机调色浆的开发与应用	黄博畅, 杨筱秋, 舒 晗, 罗正凡	61	07	337
颜 料				
广元千佛崖睡佛龛造像彩绘颜料分析研究	姜凯云, 朱志保, 孙延忠, 金万军	66	07	337
XRF法测定涂料用钛白粉中元素含量的研究	金琦春, 王晓格, 郑姝倩, 张广宇	59	08	338
满足国内需求, 服务全球市场——中国氧化铁行业市场现状和发展目标	林治华	30	12	342
节能减排				
铝合金车轮涂装前处理工序的节能减排	韩 跃, 刘海峰, 李婷婷, 杨 申, 马玉松, 郭博程	62	02	332
水处理膜技术在集装箱水性涂料废水处理中的应用与发展趋势	何思东, 潘 佐	36	04	334
沸石转轮在集装箱水性涂料涂装VOCs废气处理中应用的研究进展	何思东, 潘 佐	15	07	337
汽车行业涂装车间不同类型废气处理设备投资费用、运行能耗研究	马 栋, 肖 洋, 韩洪豹	70	10	340
涂装应用				
东南沿海电厂钢结构涂层失效分析	郑观文, 吴国威, 郑 国, 王 强, 邓培昌	69	03	333
钢结构重防腐超长配套间隔时间的探讨	杨春雷, 雷永濡, 朱昭君, 赵子逸, 张 文, 任玉珊	54	05	335
港口机械钢结构腐蚀分析及防腐配套涂层的选择	杨春玉	62	05	335
高铁站台钢结构防护维修涂装	刘 新	49	09	339
聚天门冬氨酸酯底面合一涂料在矿卡车架上的应用	焦 磊, 张天华, 吴天乐, 曹树印	55	09	339
石墨烯改性防腐涂料在厦门同安大桥防腐维护工程中的应用	何政远, 林文熙, 傅珠梅, 荣 坤, 萨百晟, 杨俊圣, 许 超	62	10	340
经验交流				
提升水性涂料耐盐雾性能方法浅析	骆志超, 李守锋, 张 蕾, 秦 丽, 任 飞	64	08	338
涂料调色中计算机辅助人工调色方法的研究	周 强, 周向怡	60	09	339
分析与检测				
顶空气相色谱法测定水性建筑涂料用乳胶中甲醇含量	林日平, 黄文婷	70	01	331
建筑涂料中乳胶类型以及单体比例分析方法研究	王 丹	66	02	332
使用包含镜像光泽(SCI)色差仪测色时光泽对涂膜颜色参数的影响	董富刚, 王 军	59	03	333

篇名	作者	页码	期数	总期数
铝合金车轮涂装前处理线自动控制系统对涂层性能的影响	郭博程,李婷婷,刘海峰,杨 申,韩 跃	66	03	333
单组分聚氨酯防水涂料挥发性有机化合物(VOCs)释放规律探究	刘志刚,赵文燕,丁建军,邱文博,王亚新	72	04	334
涂料产品检验检测现状浅析及展望	刘志伟,何林懋,李 铭,孟小靖,宁 豪,毛佳伟	48	05	335
涂膜附着力拉开法测试在电子装备防护涂层体系中的应用	霍明亮	69	08	338
无机预涂板划格试验方法条件选择	张伟杰,唐晓旭,王 雄,肖凯巍,陈 靖,黄凌豪	73	08	338
水性建筑涂料乳胶中杀菌剂溴硝醇含量的测定和稳定性研究	林日平	66	09	339
涂叙涂议				
中国史前漆器溯源初探	汤大友,刘 馨	71	02	332
缘何再议“豁免溶剂”——环境友好型涂料之所需	段质美	71	06	336
美中涂料交流100年:记1924年杜赫考察中国涂料业	田兆会	71	11	341
十七世纪《髹漆论丛》寻觅记——折射“中国风的萌生”	段质美	69	12	342
全球瞭望				
水性涂料:开发活动源源不断	Sarah Silva	75	01	331
涂料助剂:用量小,作用大	Bettina Hoffmann	75	02	332
功能涂料:性能高,销量大	Chiara Foppa Pedretti	75	03	333
粉末涂料:市场表现好坏参半	Chiara Foppa Pedretti	75	05	335
竞争激烈的防护涂料市场	Chirag Tripathi, Atul Yadav, Surabhi Patankar	75	06	336
欧盟关于将八甲基环四硅氧烷(D4)、十甲基环五硅氧烷(D5)和十二甲基环六硅氧烷(D6)列入《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》附件B的提案	马 军	72	09	339
前景光明的颜料和填料市场	Chiara Foppa Pedretti	74	09	339
国际海事组织(IMO)努力确保船舶运输塑料颗粒的安全性,防止塑料颗粒泄漏对海洋环境造成破坏	马 军	75	10	340
汽车涂料:全球市场逐渐复苏	Damir Gagro	75	11	341
大盘点				
回望2024:中国涂料行业年度十大重要事件盘点	本刊编辑部	72	12	342
来稿须知		12	01	331
来稿须知		27	04	334
来稿须知		44	08	338
来稿须知		65	09	339
来稿须知		44	12	342

《中国涂料》杂志社有限公司

刊群与新媒体



《中国涂料》杂志(月刊, ISSN1006-2556, CN11-3544/TQ)、《欧洲涂料杂志》(中文版)、

《中国涂料工业年鉴》、《中国涂料》(英文版)、

中国涂料工业协会官方微信公众平台、《中国涂料》微信公众平台、

“涂料博览”微信公众平台、《中国涂料》视频号、

www.chinacoatingnet.com 中国涂料工业协会官方网站、www.chinacoatings.com.cn 中国涂料 官方网站

《中国涂料》杂志(月刊)

主管: 中国石油和化学工业联合会 主办: 中国涂料工业协会

ISSN1006-2556, CN11-3544/TQ

国内邮发代号: 82-810

广告发布登记号: 京丰工商广登字20170022号

《中国涂料》杂志1986年3月创刊, 是由原国家科委批准出版、中华人民共和国国家新闻出版广电总局认定A类学术期刊, 入围2020武大版核心期刊RCCSE准核心期刊目录。连续荣获第六届、第七届、第八届“全国石油和化工行业优秀报刊一等奖”, 连续入选第一届、第二届“全国石油和化工期刊百强榜”“精品期刊40强”“学术期刊60强”“期刊数字化30强”。



- ◆《中国学术期刊(光盘版)》收录期刊
- ◆《中国万方数字资源系统》收录期刊
- ◆《中文科技期刊数据库》收录期刊
- ◆《中国核心期刊(遴选)数据库》来源期刊
- ◆《中国学术期刊影响因子年报》统计刊源
- ◆《中国学术期刊综合评价数据库》(CAJED)统计刊源
- ◆《中国学术期刊综合引证报告》统计刊源

- ◆《中国期刊全文数据库》(CJFD)全文收录期刊
- ◆《美国CA化学文摘收录期刊
- ◆《中国学术期刊数据库》(CSPD)统计刊源
- ◆《国际DOI中国注册与服务中心(学术期刊)会员
- ◆2023武大版核心期刊《中国学术期刊评价研究报告》(第1版)“FCCST中国准核心期刊(上)收录刊源
- ◆专业内容知识聚合服务平台创新服务示范单位



《中国涂料》
官方微信公众平台

主创团队

编辑部

樊森 王欢
汤大友
电话/传真:
(010)62252368

广告部

冯立辉 王明茹 张世凤
李雯 崔桐源
电话/传真:
(010)62252420/67603801
62253830/67600538

发行部

李雯
电话:
(010)62253830

设计部

杨永新
电话:
(010)67607320



刊号 ISSN1006-2556 CN11-3544/TQ 邮发代号 82-810

欢迎订阅《中国涂料》(月刊)

中国涂料工业协会主办

政策导向——提供决策信息,预测未来发展

前卫视角——聚焦前沿技术,内容新颖独特

立足行业——关注行业走势,报道市场变化

广告展示——沟通供需渠道,提升品牌形象

面向市场

面向企业

面向读者

主要栏目:行业走势、市场动态、百家争妍、技术研发、新产品 新材料、国外动态、知识窗

定价:每期26元,全年312元(含邮资)全国各地邮局均可订阅

订阅服务:邮局订阅不便者,可随时与广告发行部联系

地址:北京市丰台区成寿寺158号办公楼四层西侧 邮编:100079

电话(传真) 010-62253830 62252420

户名:《中国涂料》杂志社有限公司 开户行:工行北京六铺炕分理处 账号:0200022309006851695

广告索引
ADVERTISING INDEX

彩色广告

封1 江苏天问新材料科技有限公司
封2 上海诺辉智能科技有限公司
封3 江苏国联科技有限公司
封4 江苏布威伦环保科技有限公司
拉1 湖北巴司特科技股份有限公司
拉2 湘潭市双马世纪新材料有限公司
拉3 北京涂博国际展览有限公司
拉4 公益广告

1 山东郑城经济开发区管理委员会
2 宜兴市精益机械有限公司
3 广州和一自动化设备有限公司
4 固克节能科技股份有限公司
5 滁州万桥绢云母有限公司
6 江阴市康捷机械制造有限公司
7 鞍山七彩化学股份有限公司
8 无锡洪汇新材料科技股份有限公司

专色广告

1 招商广告

2 《中国涂料》征订通知

注:本刊企业广告中使用数据、统计资料、调查结果、文摘、引用语等均由企业提供。

● 建筑涂料材料

硅丙烯酸乳液

多彩涂料硅丙乳液

无机（涂料）硅树脂系列

水泥基防水乳液

瓷砖胶丙烯酸乳液

高光、哑光、硅丙丙烯酸乳液

亲水涂料纳米乳液

真石漆专用乳液系列

苯丙、纯丙、弹性丙烯酸乳液

● 工业涂料乳液

皮革涂饰乳液

防锈漆丙烯酸乳液

丙烯酸改性沥青乳液

阳离子压敏丙烯酸乳液

水性封闭型聚氨酯固化剂

纺织品处理乳液

无机富锌漆硅树脂

阳离子水性油墨乳液

硅溶胶 / 硅酸锂 / 硅酸钾

气凝胶耐高温隔热工业涂料

阳离子硅丙乳液

羟基丙烯酸分散体

PUA聚氨酯改性乳液

高固量低粘丙烯酸乳液

氟丙防腐乳液（含氟量18%）

● 铝压铸脱模剂



● 代加工：丙烯酸乳液、无机涂料



● 总代理：美国阿特拉斯产品



江苏国联科技有限公司
江苏华晟国联科技有限公司
江阴市涂料研究所有限公司

总部：江阴市临港新城夏港街道夏南路32号
电话：+86+510-86161100 86162111
E-mail: gl.info@guolianchem.com
Http://www.guolianchem.com



低羟基丙烯酸分散体
中羟基丙烯酸分散体
高羟基丙烯酸分散体
可用全油性固化剂

水性环氧分散体
水性改性胺固化剂
水性单组分环氧乳液
高耐盐雾型

水性助剂
油性助剂

PP
乳液



ISSN 1006-2556



国内邮发代号: 82-810

出版日期: 2024年12月31日

国内定价: 每册26元 全年312元



代理热线

197 3230 4184

江苏布威伦环保科技有限公司

地址: 江苏省常州市新北区龙虎塘街道潘杨路28号
30幢2号四层

电话: 0519-81884271 传真: 0519-85788271

网址: <http://www.briln.com/>

生产工厂地址: 扬州化工园区创业路11号-5

水性树脂国家发明专利产品

一种新型羟基丙烯酸分散体及其应用 ZL 2018 1 0004702.5

一种聚醚多元醇-不饱和聚酯改性的羟基丙烯酸分散体的制备方法 ZL 2018 1 0004659.2