

林鸣玉 高 睿 黄小勇 编著

电泳涂装

工艺与管理

SPM 南方出版传媒

广东科技出版社 | 全国优秀出版社

林鸣玉 高 睿 黄小勇 编著

电泳涂装

工艺与管理

SPM 南方出版传媒

广东科技出版社 | 全国优秀出版社

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电泳涂装工艺与管理 / 林鸣玉, 高睿, 黄小勇编著.
—广州: 广东科技出版社, 2015. 9
ISBN 978-7-5359-6170-9

I. ①电… II. ①林…②高…③黄… III. ①电泳涂
漆—生产工艺②电泳涂漆—工艺管理 IV. ①TQ639.2

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第139751号

Dianyong Tuzhuang Gongyi Yu Guanli

责任编辑: 姚 芸

美术编辑: 林少娟 蒋 赟

设计排版: 友间文化

责任校对: 许 佳

责任印制: 彭海波

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路11号 邮政编码: 510075)

<http://www.gdstp.com.cn>

E-mail: gdkjyxb@gdstp.com.cn (营销中心)

E-mail: gdkjzbb@gdstp.com.cn (总编办)

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

印 刷: 广东新华印刷有限公司

(广东省佛山市南海区盐步河东中心路23号 邮政编码: 528247)

规 格: 889 × 1194mm 1/32 印张 9 字数 250 千

版 次: 2015年9月第1版

2015年9月第1次印刷

定 价: 39.90元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

前 言

本书编写的目的是使从事电泳涂料与涂装的工作者在工作过程中能方便地查阅相关资料。

本书主要针对机械及五金行业的电泳涂装，内容包括前处理材料及电泳涂料、涂装施工工艺及管理、涂装生产过程中的涂膜弊病及防治、三废治理、电泳涂装应用实例等，图文并茂，简明扼要，方便读者查询及对照。

在编写过程中，参考了林鸣玉和王路路编写的《简明涂装工手册》、中国汽车工程学会涂装分会编印的《汽车涂装技术交流会论文集》、中涂学编印的论文集等部分优秀论文内容。在此对引用的优秀论文作者及支持本书编写、审校的有关同志表示衷心的感谢。

广东科德环保科技股份有限公司是全国较早的专业生产双组份阴极电泳涂料的高新技术企业，所生产的阴极电泳涂料广泛应用于汽车、家电、家具等领域，在国内享有“电泳涂料专家”的称号。

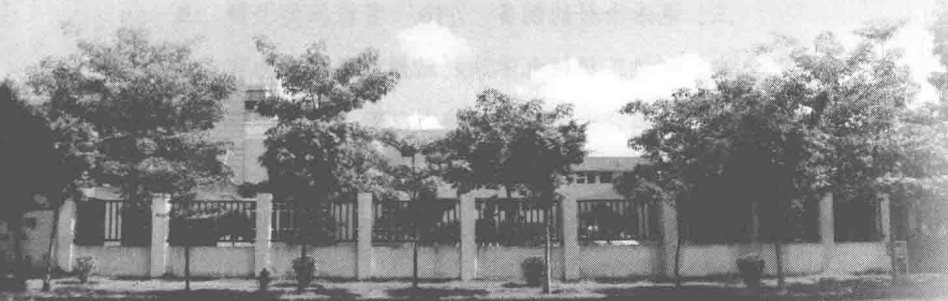
二十余年的电泳涂装应用实践，积累了丰富的现场管理经验和经典案例，培养了大批的行业精英人才，为电泳涂装的推广和发展做出了突出贡献，为此特编写此书作为广东科德环保科技股份有限公司成



立22周年的特别纪念。

在资料收集和编写过程中，由于编者水平有限，书中有不妥之处恳请读者提出宝贵意见。

本书编写时，参考了蓝花的《底面合一阴极电泳漆的性能及评价》，赵冉和宋华的《硅烷及磷化处理与电泳漆配套后性能对比》，宋华、赵冉、张澍和庞虹的《超高泳透力电泳涂料与新型前处理材料配套性研究》，薛浩然和许大勇的《新颖重型车架涂装前处理输送线》，吉学刚、苑立建和苏金忠的《客车整体电泳应用技术》，宋华主编的《电泳涂装技术》及《中国涂料涂装国际峰会暨专家年会论文集》《中国汽车工程学会涂装技术分会2011年汽车涂装技术交流会论文集》《中国汽车工程学会涂装技术分会2013年汽车涂装技术交流会论文集》等，在此一并致谢！



目录

Contents

第一章 概 论 / 1

第一节 电泳涂装的发展历史 / 3

第二节 电泳涂装的机理及特点 / 4

一、电泳涂装机理 / 4

二、阳极电泳与阴极电泳涂装 / 5

三、电泳涂装的特性 / 6

第二章 电泳涂料 / 9

第一节 电泳涂料的基本知识 / 9

一、电泳涂料的组成 / 9

二、电泳涂料各组份的功能 / 10

三、电泳涂料的制备 / 10

四、阳极及阴极电泳涂料的性能 / 20

五、底面合一阴极电泳漆 / 25

第二节 国内外电泳涂料的现状 / 29

第三节 电泳涂料的发展 / 31

第三章 电泳前处理工艺与管理 / 38

第一节 电泳前处理工艺及设备 / 38

一、涂装前表面处理的重要性 / 38

二、前处理脱脂技术 / 40

三、碱性水基清洗剂的组成 / 40

四、清洗原理 / 42

五、脱脂液除油设备 / 44

六、除铁粉装置 / 48

七、清洗的缺陷与对策 / 49

八、超声波清洗 / 50

九、脱脂技术的发展趋势 / 51

第二节 金属除锈工艺 / 52

一、机械除锈 / 53

二、化学除锈 / 56

第三节 磷化处理技术 / 60

一、磷化的作用 / 61

二、钢铁件磷化处理 / 63

三、表面调整机理 / 64

四、磷化工艺及控制 / 65

五、磷化膜的质量 / 71

六、有色金属磷化处理 / 75

七、磷化常见的缺陷与对策 / 79

八、磷化渣产生的影响因素 / 80

九、钝化 / 81

十、磷化膜与阴极电泳涂膜的配套性 / 82

十一、磷化工艺及设备 / 83

第四节 前处理技术的发展 / 92

一、现有脱脂磷化改进 / 92

二、无镍磷化工艺 / 93

三、氧化锆处理技术（又称纳米陶瓷锆盐技术） / 95

四、硅烷化处理技术 / 97

五、氧化锆硅烷复合膜（下称硅烷复合膜）技术的应用工艺 / 99

六、硅烷复合膜及磷化处理与电泳漆配套后性能 / 102

七、工艺管理 / 110

第五节 有色金属其他前处理 / 115

一、阳极氧化 / 115

二、有色金属件的铬酸盐处理膜 / 116

第四章 电泳涂装工艺及管理 / 119

第一节 电泳涂装工序及工艺 / 119

第二节 涂装现场管理 / 121

一、阴极电泳涂装线的主要管理项目 / 121

二、电泳槽工艺项目的影响 / 125

三、阴极电泳涂装线上发生的问题及原因和对策 / 130

四、CED涂膜理化性能 / 133

第五章 阴极电泳涂装设备 / 134

第一节 电泳槽及其附属设备 / 134

- 一、电泳槽及备用槽 / 135
- 二、电泳槽的循环过滤系统 / 137
- 三、超滤工艺 / 140
- 四、加料系统 / 143
- 五、电泳槽液温控系统 / 144
- 六、电泳用直流电源及阳极系统 / 145
- 七、电泳后水洗系统 / 149
- 八、滴干区—晾干通道 / 154

第二节 电泳线生产准备 / 154

- 一、电泳槽配槽步骤 / 154
- 二、电泳槽的维护 / 157
- 三、电泳漆换型 / 158

第六章 涂装工件的运输方式及设备 / 160

第一节 涂装工件的运输 / 160

- 一、涂装生产中机械化运输设备的作用 / 160
- 二、涂装线的输送方式 / 161
- 三、输送设备设计 / 163

第二节 悬挂式输送设备 / 165

- 一、普通悬挂输送机 / 165
- 二、积放式悬挂输送机 / 165

- 第三节 自行电葫芦及程控行车 / 167
 - 一、自行电葫芦 / 167
 - 二、龙门式程控行车 / 169
- 第四节 摆杆输送系统 / 170
- 第五节 全旋反向输送机 (Ro-DIP输送机) / 171
- 第六节 多功能穿梭输送机 / 173
- 第七节 运输设备应用 / 175
 - 一、前处理电泳工序 / 175
 - 二、烘干工序 / 178
 - 三、电控装置 / 178
 - 四、全车间输送系统设计与使用管理 / 179

第七章 电泳烘干设备 / 183

- 第一节 漆膜的固化 / 183
 - 一、加热方式 / 183
 - 二、涂膜固化类型 / 186
 - 三、烘干室的类型 / 186
- 第二节 烘干室的组成 / 188
 - 一、烘干室实体 / 188
 - 二、烘干室出入口 / 188
 - 三、热传送系统 / 189
 - 四、高红外加热技术 / 192
 - 五、涂层快速固化炉设计条件 / 193
 - 六、烘干室的维护保养 / 193

第三节 强冷室 / 194

第八章 电泳涂装的漆膜弊病及防治 / 196

第一节 常见电泳涂装漆膜弊病及防治 / 196

第二节 电泳涂装质量检查要点 / 199

第九章 电泳涂料、电泳槽液及涂膜性能检测方法 / 203

第一节 电泳涂料、电泳槽液及工艺性能检测方法 / 203

一、国标及行业标准检测方法 / 203

二、电泳涂装新检测方法 / 203

第二节 电泳漆膜性能测定方法 / 219

第十章 电泳涂装的“三废”处理技术 / 226

第一节 涂装车间“三废”的来源 / 226

第二节 有关“三废”及环保的标准 / 229

一、国家污水排放标准 / 229

二、各国涂料（涂膜）环保标准要求 / 230

第三节 “三废”治理的措施 / 232

一、减少涂装材料中有害物质的含量 / 233

二、减少“三废”排放措施 / 234

三、涂装系统的“三废”处理 / 236

第十一章 电泳涂装应用实例 / 248

第一节 汽车涂装 / 248

第二节 客车整体电泳应用技术 / 263

第三节 拖拉机及农业机械涂装 / 268

第四节 家用电器的涂装 / 269

附录A 石击特性值1~10的标准图片 / 274

附录B 电泳涂料、涂膜质量检测方法 / 276



第一章

概 论

涂料是一种流动状态或粉末状态的有机混合物。所谓涂装，是指将涂料涂覆到清洁的（即表面通过预处理的）被涂物基底表面上，经过干燥而形成具有防护、装饰或某种特定功能涂膜的工艺过程。

涂装工艺，一般由涂装前表面预处理（包括物理处理和化学处理）、涂覆、干燥（空气中干燥或烘干设备中烘干）等三道基本工序组成。涂覆一道涂料所得到的连续膜层，称为涂层。涂覆二道或多道涂料所得到的连续膜层，则称为涂膜。

涂膜具有如下3个方面的作用：

1. 保护作用

在金属或非金属表面涂覆的一层具有一定的耐潮湿性、耐化学药品性、耐油性、耐候性的涂层，对物体能起到防止雨、露、阳光、风化及各种介质侵蚀和腐蚀的作用。例如汽车车身，在采用优质的涂料和正确的涂装工艺进行涂装后，能在各种气候条件下使用10年完好无损。反之，相同厚度的未经涂装的钢板，一年即被锈蚀穿孔。

2. 装饰作用

涂装可以使物体具有符合人们要求的色彩、光泽、立体感，给

人以美好舒适的感觉。

3. 特种功能

涂装能使物体获得热、电传导性的要求,或具有杀菌、示温、波(光、声)的发射和吸收、夜光等作用。在美化环境的同时,既能起到色彩调节心理和生理的作用,以改善车间、医院、船舶、车辆等的内部环境,又能在一定程度上起到防止灾害和增进效益的作用。

机电产品如汽车、家电产品通过涂装,不但获得保护作用,而且提高了它们的商品价值。

机械工业涂装技术的主要发展趋势有以下几个方面:

1) 为适应市场竞争的需要,努力提高产品涂膜外观装饰性、多色彩化和增加立体感等。

2) 控制产品涂装生产过程中带来的环境污染,涂料向水性化、高固体份化和粉末涂料方向发展,施工采用自动静电涂装及电泳涂装。

3) 尽可能提高涂装生产效率,减少材料及能源消耗,降低成本。

总之,工业涂装的发展方向是要求在不增加成本的前提下,不断地提高产品质量,减少环境污染,降低能源消耗。

要使工业涂装的质量达到产品的要求,从产品设计环节开始就要考虑,应从涂装材料、涂装工艺和涂装管理这3个要素入手,精心设计并实施。

涂装材料的质量和作业配套性是获得优质涂膜的基本条件。材料选择不好,不但涂装质量达不到预期的效果,而且还会增加涂装成本。例如大型桥梁涂装,由于涂装成本大于涂料成本,如果选择低档涂料,往往三五年内就要再涂装一次。如果选择了高质量的涂料,尽管一次涂装的材料成本要高一些,但可以10年涂装1次,不仅提高了涂膜质量,而且降低了涂装的综合成本。如1mm厚度的钢板采用阴极电泳涂装20 μ m厚度的漆膜,可以做到10年无锈蚀,因此耐腐蚀性要求高的产品多采用阴极电泳涂装。

涂装技术是充分发挥涂装材料性能、获得优质价廉涂膜的必要条件。涂装技术要考虑涂装工艺及设备的合理性、实用性和先进性。应根据产品对涂层的质量要求,合理选用不同的涂装工艺和设备。

涂装管理是确保工艺的正确实施,且达到涂装目的和漆膜质量的重要条件。涂装管理,包括工艺管理、设备管理、现场环境管理、产品质量管理及人员管理等。目前,国内的某些行业的涂装工艺和设备与国外差距不大,但管理方面落后,使涂装质量差距较大。

上述三要素是互相依存、互相制约的关系,忽略任何一方面都不可能达到优质涂装的目的。

第一节 电泳涂装的发展历史

电泳涂装是工业涂装中运用较为普遍的一种涂装方法,它广泛地应用于汽车、家用电器及五金行业,如汽车车身几乎100%采用电泳涂装底漆。电泳涂装是将具有导电性的被涂物浸入水溶性的涂料(涂料树脂做成水溶性的阴离子或阳离子)槽中作为阳极或阴极,在槽中另设置与其相对应的阴极或阳极,在两极间通入直流电,使之在被涂物上析出均一、水不溶的涂膜的一种涂装方法。

被涂物作为阳极,称为阳极电泳。涂料树脂为阴离子型,简称AED涂料。

被涂物作为阴极,称为阴极电泳。涂料树脂为阳离子型,简称CED涂料。

电泳涂装因其具有高效、优质、安全环保、经济等优点,已在机械行业、五金家电行业获得广泛的应用。

电泳涂装已有50多年的历史,早在1809年,俄国化学家列斯首

先发现了胶体粒子在电场作用下产生电泳的现象。1960年,英国的卜内门公司与里兰公司共同研制成功阳极电泳涂料。1963年,福特汽车公司建立了世界上第一条完整的电泳涂装线。1969年,美国在电泳涂装线上成功引入超滤技术。1971年,第一代阴极电泳漆在通用汽车公司投入使用。1976年,第二代阴极电泳漆在通用公司成功应用。

日本和英国1977年由美国引进阴极电泳漆制造技术后,其汽车涂装从1978—1979年向阴极电泳涂装转化。20世纪80年代中期,美国、德国、日本等成功开发了厚膜型阴极电泳涂料,目前已发展到第五六代阴极电泳涂料,满足了各行业对阴极电泳漆的要求。

1986年7月,中国第一条汽车驾驶室阴极电泳涂装线在中国一汽投产,开创了机械行业大规模运用阴极电泳涂装的先河。

国内除一部分合资企业外,还有借鉴国外技术并通过自行开发而形成大型的阴极电泳涂料生产企业如广东科德环保科技股份有限公司等,为我国电泳涂料发展作出了贡献。广东科德环保科技股份有限公司生产的阴极电泳涂料从1995年开始在东风汽车公司的一条汽车驾驶室涂装线获得应用。

第二节 电泳涂装的机理及特点

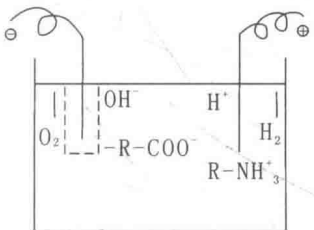
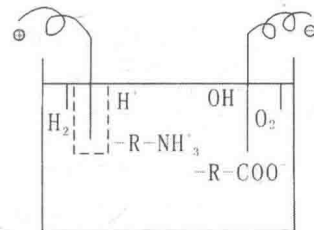
一、电泳涂装机理

电泳涂料分为阳极电泳涂料与阴极电泳涂料。

无论是阳极电泳涂料还是阴极电泳涂料,涂料树脂均为水溶性的阴离子或阳离子,配制成电泳槽液,涂装过程是将工件浸入槽中,通以直流电,电泳涂装过程中伴随着电解(水电解)、电泳

(正负离子移向对应的电极)、电沉积(树脂和颜料在电极上沉积)和电渗(在电场力的作用下,涂膜内所含的水渗析出来)等4个过程(见表1-1)。

表1-1 阴极电泳和阳极电泳涂装的反应机理

阳极电泳(阴离子型)	阴极电泳(阳离子型)
 中和剂: KOH, 有机胺类	 中和剂: 有机酸
在pH值下降时析出	在pH值上升时析出
阳极(被涂物) $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2 \uparrow$ $\text{R}-\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{R}-\text{COOH}$ (水溶性) (水不溶性) $\text{M}_c \rightarrow \text{M}_c^{n+} + \text{ne}^-$ (涂膜沉积) $\text{RCOO}^- + \text{M}_c^{n+} \rightarrow (\text{R}-\text{COO})_n\text{M}_c$ (析出)	阴极(被涂物) $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ $\text{R}-\text{NH}_3^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{R}-\text{N} + \text{H}_2\text{O}$ (水溶性) (水不溶性析出) (涂膜沉积)
阴极(极板)	阳极(极板)
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2 \uparrow$

二、阳极电泳与阴极电泳涂装

表1-2列出了阳极电泳涂装与阴极电泳涂装的涂装工艺质量要求比较。