

TU SHENG TU ONG
LIAO CHAN YU GYI
ZHUANG



涂料生产与 涂装工艺



李丽 王海庆 张晨 庄光山 编著

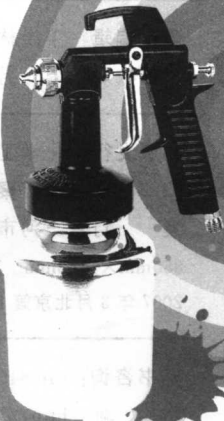


化学工业出版社

TU SHENG TU GONG
LIAO CHAN YU ZHUANG YI

涂料生产与 涂装工艺

李丽 王海庆 张晨 庄光山 编著



化学工业出版社

·北京·

本书全面地介绍了有机高聚物涂料与涂装工艺。内容包括：高聚物涂料的基本理论，如涂料的组成与流变性、涂料成膜后的硬化机制等；天然高分子涂料、合成树脂涂料、环境友好型涂料等常用高聚物涂料材料；高聚物涂层的保护、装饰作用及其他特殊作用；溶剂型涂料、乳胶漆料、高固体分涂料、粉末涂料及特种功能涂料的配方设计；涂装工艺及设备。附录中列出了涂料工作者常用的数据，以供查阅。

本书可供涂料行业的技术人员、营销人员、管理人员使用，也可作为大专院校相关专业的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

涂料生产与涂装工艺/李丽等编著. —北京：化学工业出版社，2007.1
ISBN 978-7-5025-9906-5

I. 涂… II. 李… III. ① 涂料-生产工艺② 涂漆-工艺学 IV. TQ63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 004881 号

责任编辑：丁尚林

文字编辑：林 媛

责任校对：凌亚男

装帧设计：尹琳琳

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 刷：大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张 11 $\frac{1}{4}$ 字数 314 千字

2007 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：25.00 元

版权所有 违者必究

前言

中国涂料有悠久的历史，中国的“大漆”早已享誉世界。近年来我国涂料工业一直保持着稳定向上的发展势头，1980~2005年中国涂料产量增长了7.97倍，涂料产量年均增长8.66%。2005年中国涂料行业总产量达382.57万吨，已成为世界涂料生产和消费第二大国。而且随着经济的发展，涂料的使用会越来越广泛，有资料显示涂料的使用量代表着一个国家的经济发展水平，发达国家的涂料用量大大高于发展中国家。

本书主要介绍有机高聚物涂料。书中介绍了高聚物涂料的基本理论，高聚物涂料的配方设计，高聚物涂料的基本功能、特殊功能，以及涂装设备等。本书在附录部分特别总结了涂料行业中常用的物化数据和行业标准，对从事涂料行业的工程技术人员有很大的参考价值。本书可供涂料工程人员参考使用，也可作为大中专院校教材。

全书共分6章。其中第1章、第3章由李丽编写；第4章、第5章由王海庆编写；第2章由王海庆、李丽编写；第6章由张晨编写；附录由庄光山和王海庆编写。全书由庄光山统稿、校对，孙希泰先生审校。

近几年随着人们生活水平的提高，涂料的应用面越来越广泛，涂料的品种也越来越多，涂料理论也在不断的发展中。现在高聚物涂料向着节能、低污染的水性涂料、粉末涂料、高固体含量涂料（或称无溶剂涂料）和辐射固化涂料发展，而且其使用范围要尽可能宽、使用性能优越、设备投资适当等。限于作者水平，书中尚存缺点和不足，敬请读者批评指正。

本书在编写过程中得到孙希泰先生、孙玉璞先生的帮助和鼓励，并为本书审稿，在此表示衷心感谢。

编著者

2007年1月于济南

欢迎加入化学工业出版社读者俱乐部

您可以在我们的网站 (www.cip.com.cn) 查询、购买到数千种化学、机械、电气、材料、环境、生物、医药、安全、轻工等专业图书以及各类专业教材,并可参与专业论坛讨论,享受专业资讯服务,享受购书优惠。欢迎您加入我们的读者俱乐部。

两种入会途径 (免费)

- ◇ 登录化学工业出版社网上书店 (www.cip.com.cn) 注册
- ◇ 填写以下会员申请表寄回 (或传真回) 化学工业出版社

四种会员级别

- ◇ 普通会员
- ◇ 银卡会员
- ◇ 金卡会员
- ◇ VIP 会员

化学工业出版社读者俱乐部会员申请表

| | | |
|-----------|---------|-----|
| 姓名: | 性别: | 学历: |
| 邮编: | 通讯地址: | |
| 单位名称: | | 部门: |
| 您从事的专业领域: | | 职务: |
| 电话: | E-mail: | |

◆ 您希望出版社给您寄送哪些专业图书信息? (可多选)

- 化学 化工 生物 医药 环境 材料 机械 电气 安全 能源 农业
 轻工 (食品/印刷/纺织/造纸) 建筑 培训 教材 科普 其他 ()

◆ 您希望多长时间给您寄一次书目信息?

- 每月 1 次 每季度 1 次 半年 1 次 一年 1 次 不用寄

◆ 您希望我们以哪种方式给您寄书目? 邮寄纸介质书目 E-mail 电子书目

此表可复印,请认真填表后发传真至 **010-64519686**,或寄信至:北京市东城区青年湖南街 13 号化学工业出版社发行部 读者俱乐部收 (邮编 100011)

联系方法:

热线电话: 010-64518888, 64518899 E-mail: hy64518888@126.com

目 录

| | |
|-----------------------------------|----|
| ■ 第 1 章 绪论 | 1 |
| 参考文献 | 12 |
| ■ 第 2 章 涂料基础 | 13 |
| 2.1 高分子材料概述 | 13 |
| 2.2 流变性与涂料的质量 | 17 |
| 2.3 涂料的组成与流变性 | 19 |
| 2.4 流变添加剂 | 21 |
| 2.4.1 流变助剂 | 21 |
| 2.4.2 增稠剂 | 22 |
| 2.5 高聚物涂料成膜后的硬化机制 | 24 |
| 2.5.1 涂料的成膜 | 24 |
| 2.5.2 物理干燥成膜 | 27 |
| 2.5.3 化学反应型干燥成膜 | 41 |
| 2.6 高聚物涂料与被涂覆物表面的结合力 | 50 |
| 2.6.1 表面涂层与基体间结合界面的类型 | 50 |
| 2.6.2 高聚物涂层与被涂覆物表面间的结合力 | 52 |
| 2.6.3 影响高聚物涂层与被涂覆物表面的结合力的因素 | 56 |
| 2.6.4 高聚物涂层与基体间界面结合力的测定 | 64 |
| 2.7 高聚物涂料的长期使用可靠性 | 67 |
| 2.7.1 高聚物涂层的耐老化性 | 68 |
| 2.7.2 高聚物涂层的耐热性 | 72 |
| 2.7.3 高聚物涂层的耐水性 | 74 |
| 2.7.4 高聚物涂层的耐介质性 | 76 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 2.7.5 高聚物涂层的耐磨性····· | 77 |
| 参考文献····· | 79 |
| ■ 第3章 常用高聚物涂料材料 ····· | 81 |
| 3.1 天然高分子涂料····· | 81 |
| 3.1.1 天然油脂类涂料····· | 81 |
| 3.1.2 大漆····· | 84 |
| 3.1.3 天然橡胶涂料····· | 87 |
| 3.1.4 纤维素涂料····· | 89 |
| 3.1.5 沥青涂料····· | 92 |
| 3.2 合成树脂涂料····· | 95 |
| 3.2.1 醇酸树脂涂料····· | 96 |
| 3.2.2 氨基树脂涂料····· | 98 |
| 3.2.3 环氧树脂涂料····· | 101 |
| 3.2.4 酚醛树脂涂料····· | 106 |
| 3.2.5 不饱和聚酯涂料····· | 108 |
| 3.2.6 聚氨酯涂料····· | 110 |
| 3.2.7 丙烯酸酯涂料····· | 114 |
| 3.2.8 聚乙烯醇缩醛涂料····· | 117 |
| 3.2.9 氯醋共聚树脂涂料····· | 119 |
| 3.2.10 过氯乙烯涂料····· | 122 |
| 3.2.11 氯乙烯-偏氯乙烯共聚树脂涂料····· | 124 |
| 3.2.12 有机硅涂料····· | 126 |
| 3.2.13 含氟树脂涂料····· | 129 |
| 3.2.14 合成橡胶涂料····· | 132 |
| 3.3 环境友好型涂料····· | 137 |
| 3.3.1 高固体分涂料····· | 138 |
| 3.3.2 水性涂料····· | 141 |
| 3.3.3 粉末涂料····· | 150 |
| 参考文献····· | 170 |
| ■ 第4章 高聚物涂层的作用 ····· | 171 |
| 4.1 保护作用····· | 172 |
| 4.1.1 腐蚀····· | 172 |

| | | |
|----------------|------------------------|------------|
| 4.1.2 | 涂料防腐作用 | 175 |
| 4.1.3 | 防腐涂料的选择 | 179 |
| 4.1.4 | 涂料耐蚀性的评定 | 185 |
| 4.2 | 装饰作用 | 185 |
| 4.2.1 | 常用色卡 | 186 |
| 4.2.2 | 涂料颜色的选定 | 187 |
| 4.2.3 | 涂料颜色调配 | 187 |
| 4.3 | 涂料的特殊功能 | 193 |
| 4.4 | 热功能涂料 | 196 |
| 4.4.1 | 耐热涂料 | 196 |
| 4.4.2 | 导热涂料 | 199 |
| 4.4.3 | 隔热涂料 | 203 |
| 4.4.4 | 烧蚀涂料 | 209 |
| 4.5 | 防辐射涂料 | 211 |
| 4.5.1 | 放射线分类 | 211 |
| 4.5.2 | 聚合物的耐辐射性能 | 212 |
| 4.5.3 | 颜填料的耐辐射性能 | 214 |
| 4.6 | 导电涂料 | 215 |
| 4.6.1 | 导电涂料分类 | 215 |
| 4.6.2 | 导电涂料材料的功能与设计 | 216 |
| 4.6.3 | 导电涂料的应用 | 216 |
| | 参考文献 | 218 |
| ■ 第 5 章 | 涂料配方设计 | 220 |
| 5.1 | 溶剂型涂料的配方设计 | 223 |
| 5.1.1 | 溶剂的选择 | 223 |
| 5.1.2 | 涂料的黏度 | 226 |
| 5.1.3 | 涂料所用的颜料及其 PVC 值 | 229 |
| 5.1.4 | 溶剂型涂料的典型配方 | 232 |
| 5.2 | 乳胶涂料的配方设计 | 234 |
| 5.2.1 | 乳液聚合反应体系的配方设计 | 234 |
| 5.2.2 | 乳胶涂料的配方设计 | 236 |
| 5.3 | 高固体分涂料和粉末涂料的配方设计 | 237 |
| 5.3.1 | 高固体分涂料的配方设计 | 238 |

| | | |
|----------------|----------------------|------------|
| 5.3.2 | 粉末涂料的配方设计 | 244 |
| 5.4 | 特种功能涂料及其配方设计 | 246 |
| 5.4.1 | 防锈和防腐蚀涂料 | 246 |
| 5.4.2 | 耐热耐烧蚀涂料 | 251 |
| 5.4.3 | 防火阻燃涂料 | 251 |
| 5.4.4 | 干膜润滑涂料 | 254 |
| 5.4.5 | 阻尼涂料 | 255 |
| 5.4.6 | 绝缘涂料 | 258 |
| 5.4.7 | 导电涂料 | 261 |
| 5.4.8 | 示温涂料 | 261 |
| 5.4.9 | 隔热涂料 | 262 |
| 5.4.10 | 吸收太阳能涂料 | 264 |
| 5.4.11 | 可剥性涂料 | 265 |
| 5.4.12 | 发光涂料 | 267 |
| | 参考文献 | 269 |
| ■ 第 6 章 | 涂装工艺及设备 | 271 |
| 6.1 | 手工涂装 | 271 |
| 6.2 | 浸涂、淋涂、辊涂和帘幕涂 | 272 |
| 6.2.1 | 浸涂 | 272 |
| 6.2.2 | 淋涂 | 272 |
| 6.2.3 | 辊涂 | 273 |
| 6.2.4 | 帘幕涂 | 273 |
| 6.3 | 空气喷涂 | 274 |
| 6.3.1 | 喷枪的种类 | 274 |
| 6.3.2 | 喷枪的结构 | 276 |
| 6.3.3 | 空气喷涂作业 | 277 |
| 6.3.4 | 热喷涂法 | 280 |
| 6.4 | 高压无气喷涂 | 280 |
| 6.4.1 | 无气喷涂设备 | 281 |
| 6.4.2 | 无气喷涂工艺 | 283 |
| 6.4.3 | 新型无气喷涂设备 | 284 |
| 6.5 | 静电涂装 | 286 |
| 6.5.1 | 静电涂装的设备 | 286 |

| | | |
|--------|------------------|-----|
| 6.5.2 | 影响静电涂装的因素 | 288 |
| 6.6 | 电泳涂装 | 289 |
| 6.6.1 | 电泳涂装的原理和特点 | 290 |
| 6.6.2 | 电泳涂装的工艺 | 292 |
| 6.6.3 | 电泳涂装的设备 | 294 |
| 6.7 | 粉末涂装 | 295 |
| 6.7.1 | 熔射法 | 296 |
| 6.7.2 | 流化床涂装法 | 296 |
| 6.7.3 | 粉末静电喷涂法 | 298 |
| 6.7.4 | 静电流化床涂装法 | 299 |
| 6.7.5 | 静电粉末振荡涂装法 | 299 |
| 6.7.6 | 粉末电泳涂装法 | 300 |
| 6.7.7 | 粉末涂装新工艺 | 300 |
| 6.8 | 等离子喷涂 | 301 |
| 6.8.1 | 等离子喷涂涂层的应用 | 301 |
| 6.8.2 | 等离子喷涂的设备 | 302 |
| 6.9 | 喷漆室 | 304 |
| 6.9.1 | 干式喷漆室 | 304 |
| 6.9.2 | 湿式喷漆室 | 305 |
| 6.10 | 固化装置 | 307 |
| 6.10.1 | 涂料的固化方法 | 307 |
| 6.10.2 | 热风循环固化设备 | 308 |
| 6.10.3 | 远红外线辐射固化设备 | 310 |
| 6.10.4 | 紫外光固化设备 | 312 |
| 6.10.5 | 电子束固化设备 | 313 |
| 6.10.6 | 近红外线固化工艺 | 313 |
| 6.10.7 | 诱导加热固化工艺 | 313 |
| 6.11 | 自动涂装系统 | 314 |
| 6.11.1 | 自动识别系统 | 314 |
| 6.11.2 | 自动换色系统 | 315 |
| 6.11.3 | 涂装机和涂装机器人 | 315 |
| | 参考文献 | 316 |
| ■ | 附录 | 318 |

| | | |
|-------|--------------------------------------|-----|
| 附表 1 | 各种合成树脂的耐化学性能 | 318 |
| 附表 2 | 各种合成树脂的溶解性能 | 319 |
| 附表 3 | 各种树脂的密度与体积（或容积）的换算 | 320 |
| 附表 4 | 某些聚合物的溶解度参数 | 321 |
| 附表 5 | 各种体质颜料性能 | 321 |
| 附表 6 | 各种白色颜料性能 | 322 |
| 附表 7 | 各种黑色颜料性能 | 322 |
| 附表 8 | 各种彩色颜料性能 | 323 |
| 附表 9 | 各种颜料的密度与体积换算 | 326 |
| 附表 10 | 颜料调色配比参考 | 328 |
| 附表 11 | 五种基准颜料 | 330 |
| 附表 12 | 采用单色硝基漆配制复色漆的配比参考 | 330 |
| 附表 13 | 单色硝基漆的颜料用量 | 334 |
| 附表 14 | 特殊性能的涂料选择 | 334 |
| 附表 15 | 各种涂料的优缺点 | 335 |
| 附表 16 | 涂料抗化学药品性能比较 | 336 |
| 附表 17 | 各类溶剂的溶解度参数 | 337 |
| 附表 18 | 常用增韧剂的溶解度参数 | 338 |
| 附表 19 | 各种黏度近似值对照 | 338 |
| 附表 20 | 常用溶剂的物理性质 | 339 |
| 附表 21 | 涂装安全标准 | 343 |
| 附表 22 | 涂装设备标准 | 343 |
| 附表 23 | 涂装性能检测标准 | 344 |
| 附表 24 | 专用涂料标准 | 349 |
| 附录 25 | 一些涂料用溶剂（25℃）的 Hansen 溶解参数 | 350 |
| 附表 26 | 一些涂料用增塑剂（25℃）的 Hansen 溶解参数 | 353 |
| 附表 27 | 一些涂料用均聚物（25℃）的 Hansen 溶解参数 | 353 |
| 附表 28 | 一些涂料用成膜聚合物商品（25℃）的 Hansen 溶解参数 | 354 |
| 附录 29 | 标准色卡配方 | 357 |

第 1 章 绪 论

涂料是人们美化环境及生活的重要产品，是国民经济和国防工业的配套工程材料，也是精细化工产品的重要组成部分。涂料常被称为“工业的外衣”。用于装饰作用的涂料应用面很广，三大材料在成为产品前都要穿上它，金属材料如汽车的外衣，无机材料如建筑的外衣，高分子材料如塑料、橡胶、纤维的外衣，它使人们的生活变得五彩缤纷、充满色彩。

世界涂料市场分布及其增长情况见表 1-1、表 1-2，从表中可以看出，1997~2003 年涂料市场由 2200 万吨增长到 2445.3 万吨，增长 2%，其中亚太地区增长最快，达 2.5%。

表 1-1 1997 年世界涂料产量分布

| 国家或地区 | 产量/万吨 | 比例/% | 国家或地区 | 产量/万吨 | 比例/% |
|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 西欧 | 620.8 | 28.2 | 东欧 | 109.0 | 5.0 |
| 北美 | 610.5 | 27.7 | 中东 | 54.5 | 2.5 |
| 亚太地区 | 609.2 | 27.7 | 其它地区 | 66.0 | 3.0 |
| 拉美 | 130.0 | 5.9 | 合计 | 2200 | 100.0 |

表 1-2 世界涂料市场分布及其增长情况

| 地 区 | 1998 年市场分布 | | 2003 年市场分布 | | 1998~2003 年 年均增长率/% |
|------|------------|-------|------------|-------|------------------------|
| | 需求量/万吨 | 占有率/% | 需求量/万吨 | 占有率/% | |
| 美洲 | 813.6 | 36.7 | 898.7 | 36.7 | 2.0 |
| 欧洲 | 652.7 | 29.4 | 700.0 | 28.6 | 1.5 |
| 亚太地区 | 534.5 | 24.1 | 605.4 | 24.8 | 2.5 |
| 其它地区 | 217.6 | 9.8 | 241.2 | 9.9 | 2.0 |
| 合计 | 2218.4 | 100.0 | 2445.3 | 100.0 | 2.0 |

据国家统计局统计数字，1980~2005年中国涂料的产量如图1-1所示，增长率见表1-3。

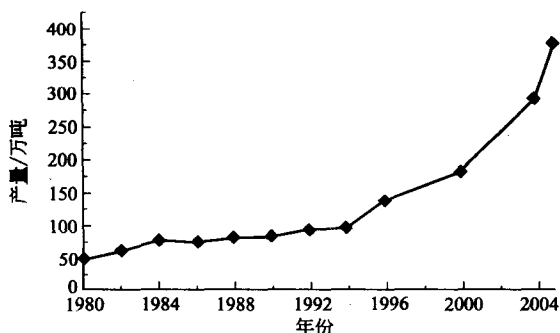


图 1-1 1980~2005 年涂料产量

表 1-3 1980~2005 年的不同阶段我国涂料的增长率

| 阶 段 | 年平均增长率/% | 阶 段 | 年平均增长率/% |
|-------------|----------|-------------|----------|
| 1980~1990 年 | 5.83 | 2004~2005 年 | 28.33 |
| 1990~2000 年 | 8.07 | 1980~2005 年 | 8.66 |
| 2000~2005 年 | 15.78 | | |

(1) 有机涂料的应用和发展史

中国有很长的使用涂料的历史。中国漆是一种优质天然涂料，具有当代任何合成涂料无可匹敌的多种理化特性，素有“涂料之王”的美称。考古发现，伴随着制陶手工业的发明和发展，距今8000年以前，我们的祖先已经将生漆作为装饰颜料画在陶器上，为进一步制作漆器创造了物质条件和技术条件。

我国享誉世界的大漆，有7000多年使用的历史。历代漆艺大师贡献出了自己卓绝的才华，他们的辛勤经营使中国漆饰工艺形成了独特而完美的艺术体系，成为中国人可引以为豪的重要文化财富之一，并对亚洲各国的漆艺发展产生深远影响。

远在7000年前的新石器时代，我们的祖先就已经使用天然颜料、植物液汁、油脂等绘制图案、装饰物品。商代遗址出土的漆器残片表明，我国在公元前480年前就掌握了髹漆技术。春秋战国时

期，漆器得到了发展，出土的大量漆器中，有完整的大型木制涂料家具。

在春秋时代，我国发明创造了桐油的熬炼技术。到战国时代，发展到将生漆和桐油复配使用，这表明早在 2000 多年前，中国人就已经掌握了利用天然产物配制油漆的技术。这项技术发明开创了涂料中使用复合材料的先河，推动涂料发展到一个新的时代。由于桐油和生漆的合用，而使“油漆”的习惯称呼一直流传至今。在春秋战国时期以后，彩绘技术的变幻无穷，用色的繁纷复杂，主要是依赖油、漆并用的结果，使漆器的发展达到了第一个高峰。

在唐朝，在制漆时通过加一氧化铅调制油漆，这是利用了铅化物能加速油漆干燥作用的原理。到宋朝，已掌握了在制漆时用天然表面活性剂，增加漆膜光泽的手法，并一直沿用至今。北宋时，为了使漆膜变成纯黑色，开始用油烟增加黑度。到了南宋发展成用油烟、铁粉、泥矾（硫酸亚铁），元代用米醋泡铁锈煎制生漆，制漆技术日趋完善。我国在 11 世纪发明的硫酸亚铁与生漆（漆酚）反应生成漆酚铁的原理，到现在还在应用。

敦煌莫高窟迄今保留着从公元 317~1368 年间的壁画达 45000 多平方米，彩塑 2600 多身，反映出我国古代使用颜料及涂料的技术位于世界前列。

1972 年 1 月挖掘出土的长沙马王堆三座西汉墓葬，是 20 世纪的重大考古发现。漆棺、漆器的漆膜坚韧光亮，保护性能好，在当时是世界上绝无仅有的，代表了漆业鼎盛时期的最高水平。

中国的漆器与瓷器和丝绸一样，通过陆上和海上的“丝绸之路”进入世界各地。外国对中国的称谓除了“瓷国”以外，还有“漆国”和“丝国”的称呼，可见中国的漆器产品早已名扬世界。

现代意义上的中国涂料工业起源于 20 世纪 20 年代，1915 年，上海开林油漆厂的创立标志着中国涂料工业诞生，中国有了自己的涂料工业。到现在，中国涂料工业走过了 90 多年的历程。90 多年来，中国涂料工业发展经历了两个阶段：从 20 世纪初的起步，到

20 世纪中期的稳步提高，尤其是经过 1978 年改革开放以来的迅猛发展，中国涂料工业已从一个不为人知的小行业，逐步发展为国民经济生活中不可缺少的重要行业。在满足适应国民经济各行各业的发展中，以自身的业绩跻身于世界涂料工业第二大生产国，在世界涂料工业中占有了一席之地。

(2) 涂料工业的原料

以天然物质为原料的涂料经历了较长的历史。最早以天然矿物和色素用作涂料，稍后以油和松香、虫胶、大漆为基础的天然树脂（包括改性的天然树脂）制成的油性涂料和天然树脂涂料，这就开始了以农副产品及其加工产品为基础原料的时期。

第二次世界大战以后，涂料用原料转而以煤炭化工产品为主，20 世纪 50 年代和 60 年代转而以石油化工产品为主要原料来源。当时强调以石油化工产品为原料来源的，似乎应完全摒弃农副产品和煤炭化工产品。经过 70 年代初石油危机的冲击，人们经过反思，强调涂料原料来源应多种渠道，除了发展以石油化工产品为原料的新型树脂品种外，还应研究和发展以煤炭化工产品为原料的普通树脂品种。

进入 20 世纪 90 年代，随着工业化进程的加快，对石油的需求加速增长，尤其是海湾战争后，中东地区的不稳定，这些经济和政治上的原因都加速了石油的危机。因此近几年人们又在反思石油、煤这些不可再生资源早晚有一天会用尽，今后发展还应是以天然物质为原料的涂料，涂料用原料来源应多样化，发展用农副产品、生物技术为原料的涂料，将是可持续的。

(3) 粉末涂料的发展

现在涂料的发展面临巨大的环保压力。溶剂型的涂料由于含有强致癌物苯、甲苯、乙苯、二甲苯等苯的同系物，常用的稀料如“天那水”或“香蕉水”中也还会存在着大量的苯系物。另外在固化剂中也存在着 TDI（即甲苯二异氰酸酯），涂料中还含有大量甲醛。这些溶剂不但有剧毒，还可以燃烧，污染环境和损害人体健康。

国家质量监督检验检疫总局早在 2002 年 1 月 1 日就颁布了强制性涂料标准——《室内装饰装修材料溶剂型木器涂料中有害物质限量》，之后又于 2004 年发布了第 7 号公告：自 2004 年 5 月 1 日起，对溶剂型木器涂料实施强制认证。2005 年，国家已不再审批新的溶剂型涂料生产企业。而到 2008 年，中国将禁止生产销售溶剂型涂料。代替溶剂型涂料的是粉末涂料和水溶性涂料等新型环保涂料。

粉末涂料不断地取代溶剂型涂料已经成为当今趋势，随着粉末涂料以及涂装技术的改进，粉末涂料的应用领域将更大。粉末涂料及涂装技术的改进主要源自汽车行业、家电行业以及普通工业领域需求的增长，其中包括原材料、制粉和涂装技术等改进。最初的工艺传统的液体涂料含有污染环境的溶剂，而且溶剂量很高，尤其喷漆所含的溶剂量特别高。为此人们开始研究无污染的环保型工业烤漆。人们研究环保型涂料最初的路线是：①将涂料中 50%~60% 的溶剂含量降低至 20%~30%；②将涂料中的溶剂用水取代 90%~95%；③用空气替代涂料中的溶剂。前两种方法得到的涂料依然含有污染环境的溶剂，而第 3 种方法则引导人们开发粉末涂料，这种涂料不含任何有机溶剂。

粉末涂料涉及多种技术与涂装方法，具有多年的发展历史。粉末涂料是随着几个主要用粉行业的进步而发展起来的，并随着人们对环保型涂装技术需求的增加而得以提高。改革开放以来，尤其是 20 世纪 90 年代的家电与家具行业的崛起，使我国粉末涂料业获得了难得的发展机遇。粉末涂料热不断升温，研究开发、生产工艺、涂装设备、施工应用都取得了突破性进展，其产量仅次于美国，位居世界第 2 位。据统计，2001 年全国粉末涂料产量为 17 万吨，2002 年为 20 万吨，2003 年为 25 万吨，增长速度达 20%~30%，高于世界 15%~20% 的增长速度，2004 年为 26 万吨。预计 2010 年我国粉末涂料产量将达到 40 万~45 万吨，见图 1-2。

粉末涂料除产量有了大幅度增长外，品种也打破了原来只有环氧树脂粉末涂料单一品种的格局，现在环氧聚酯混合型粉末涂料占

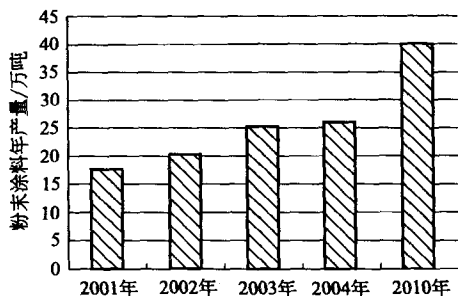


图 1-2 中国粉末涂料产量

据了主导地位，丙烯酸聚氨酯粉末涂料崭露头角。粉末涂料装备水平也有了长足进步。在粉末涂料原材料的配套上，国内基本形成了配套，各类助剂，包括树脂、流平剂、消光剂、光亮剂、乳化剂等产品已达到与国外同类产品相当的水平。

国内现在大约有 600 家粉末涂料制造商，国外的著名粉末涂料制造商，如杜邦、阿克苏·诺贝尔、福祿、PPG、USB 等公司都在我国建立了生产基地。

根据美国市场研究公司 Freedonia 集团的报告，粉末涂料增长最快的市场部分是草地和花园设施、体育用品、娱乐设施和建筑材料（如铝合金门窗等）。汽车涂装（包括 OEM 涂装、车轮涂装、车身底盘涂装、汽车内外装饰涂装等）也具有很大的增长潜力，并且比家电和家具市场要大很多，粉末涂料在汽车行业的应用也越来越成熟。

环境效益是推动粉末涂料发展的另一动力，由于许多生产厂家都在寻找降低产品 VOC 的途径，因此在某些领域粉末涂料自然替代了液体涂料。粉末涂料的 VOC 含量低，清除容易，过喷涂涂料可回收再利用。施工后涂膜基本上不产生针孔，通常比液体涂料容易施工，形成的涂膜耐久性好。环保优势和技术优势是粉末涂料替代液体涂料的关键所在。应用粉末涂料在清洁上不存在问题，它不像液体涂料那样容易污染环境，而且没有易燃性，所有这些都是液