

童忠良 主编

涂料生产 工艺实例

TULIAO SHENGCHAN
GONGYI SHILI



化学工业出版社

本书收集约 300 个涂料配方、约 180 个涂料工艺流程图，并附有简练的文字说明，内容包括原料综述（成分、状态、性质、来源、分析等），产品综述（性质、特点、指标、消耗定额和用途等）和工艺评述（工艺路线特点、优缺点、设备情况、经济情况等）。本书收集的流程在合理、环保、先进的前提下，设备常用及可操作性。同时本书对各涂料生产工艺和产品生产的国内外发展趋势和现状也作了简单介绍。

本书可供从事化工的管理人员、工程技术人员、研究设计人员以及大专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

涂料生产工艺实例/童忠良主编. —北京: 化学工业出版社, 2010. 11
ISBN 978-7-122-09517-6

I. 涂… II. 童… III. 涂料-生产工艺 IV. TQ630. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 182707 号

责任编辑: 夏叶清
责任校对: 王素芹

文字编辑: 冯国庆
装帧设计: 周 遥

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 装: 化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 21 字数 633 千字 2010 年 11 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: 64.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着高分子科学的发展，涂料的制备技术和应用取得了长足的进步。涂料已广泛地应用于各行业中制造和使用的诸多方面；涂料品种日益繁多，涂料技术不断进步。

本书的特点是突出实用性、先进性和可操作性，读者可参考和借鉴这些实例，并结合市场和原料供应情况，灵活调整配方和生产工艺，及时满足客户需要，从而大大缩短涂料的开发、研制时间，实现对市场化的快速反应。

目前，涂料已广泛地应用于各行业（包括包装工业、医疗工业、纺织工业、木材工业、塑料制品、电子工业、国防兵器、军事通信工程、汽车制造及机械加工工业、航空和宇航工业、船舶修造行业、制鞋、服装及工业土木建筑工业等行业）中制造和使用的诸多方面；涂料品种日益繁多，涂料技术不断进步，对涂料材料市场需求大。

本书包含了充分的、详细的和宽广的基础知识，为涂料工作者提供了设计、选择和应用的可靠数据。适用于涂料用户及其生产、科研与购销技术人员参考阅读。

本书的特点是突出实用性配方、生产工艺、工艺流程图及先进性和可操作性，读者可参考和借鉴这些工艺流程图实例，并结合市场和原料供应情况，灵活调整配方和生产工艺，及时满足客户需要，从而大大缩短涂料的开发、研制时间，实现对市场化的快速反应。

本书内容新颖、系统全面、数据可靠、资料翔实，突出技术与工艺，兼顾其他，可操作性强，适于中等专业水平的读者使用，对于从事涂料制备的专业技术人员及流通领域相关人员适用性更强。

在本书编写过程中，承蒙许多涂料生产厂和王大全、孙酣经、张学敏、潘长华、沈春林、李和平、詹益兴、徐峰、欧玉春、夏宇正、宋晓岚等人以及许多涂料前辈和同仁的热情支持与帮助，并提供有关资料，对本书的内容提出宝贵意见。高洋、谢义林等人参加了编写。王月春、王瑜、高新、高巍、耿鑫、陈羽、朱美玲、俞俊、方芳、沈光欣、杜高翔、周木生、赵国求、周雯等为本书的资料收集、插图等付出了大量精力，在此一并致谢！

由于编者水平有限，收集的资料挂一漏万在所难免，虽认真编审，恐有遗漏和欠妥之处，敬请读者批评指正，以便再版时更臻完善。

童忠良
2010年5月

目 录

第一章 概论	1
第一节 涂料生产工艺与绿色化技术	1
一、概述	1
二、涂料绿色化原理与技术	2
三、绿色化涂装工艺	7
四、绿色涂装工程五要素	8
五、涂料定额和生产成本	9
第二节 低碳涂料工艺技术与配方优化设计	10
一、概述	10
二、涂料工艺技术与配方设计基本要求	10
三、环境友好低碳涂料组成	11
第三节 低碳水性涂料的性能	14
一、水性涂料的原漆性能	14
二、低碳水性涂料的施工性能	14
三、漆膜性能	14
四、低碳水性涂料的环保性能	15
第四节 涂料生产设备与选型	16
一、植物油精炼设备	16
二、漆料热炼及树脂生产设备	16
三、色漆配料设备	20
四、色漆研磨设备	21
五、调漆及配色和测色设备	33
六、液料贮存设备	34
七、液料过滤设备	34
八、液料输送设备	35
九、粉末涂料生产设备	35
十、涂料的生产过程车间设备布置设计	36
第五节 纳米涂料的超细粉碎设备与分级技术	36
一、纳米涂料与超细粉	36
二、超细粉体的性能与粉碎过程特点	37
三、超细粉体制备技术	38
四、超细粉碎技术与现代产业发展	39
五、超细粉碎的主要研究内容和发展趋势	40
第六节 涂料质量的检验方法和产品的验收规则	41
一、涂料产品的检测方法	41
二、涂料产品的验收规则	43
三、涂料产品的包装、标志、贮存和运输	43
第七节 涂料生产工艺过程中的产品安全与环境防护	44
一、生产过程中危险有害因素辨识和分析	44
二、典型生产过程危险有害因素分析	45

三、涂料生产车间建筑的要求及设备安全防护	46
四、涂料生产工艺过程中的环境保护	48
第八节 我国涂装安全相关国家标准	49
一、涂装安全相关国家标准	49
二、涂装作业安全标准化	51
第二章 新型建筑涂料	52
第一节 概述	52
一、建筑物涂料分类	52
二、新型建筑水性涂料组成的工艺与配方设计实例	52
三、新型建筑粉末涂料工艺与配方设计实例	57
第二节 新型内墙涂料生产工艺与产品配方实例	62
第三节 新型外墙涂料生产工艺和产品配方实例	74
第四节 无机建筑涂料生产工艺和产品配方实例	84
第五节 地面涂料生产工艺和产品配方实例	90
第三章 竹木器涂料和家具涂料	96
第一节 概述	96
一、木器涂料用合成树脂	96
二、家具用涂料	97
三、乐器用涂料	97
四、胶合板用涂料	97
五、木材防潮防腐涂料	98
六、木器漆中纳米胶体硅应用	98
七、喷漆房在家具喷涂中设计及应用	98
第二节 竹木器、乐器涂料生产工艺和产品配方实例	102
第三节 家具涂料生产工艺和产品配方实例	115
第四章 美术涂料和广告涂料	134
第一节 美术涂料	134
一、美术涂料的基本概念	134
二、美术涂料的技术特点	135
三、美术涂料的施工方法	135
四、美术涂料生产技术的应用状况	136
第二节 美术涂料生产工艺与产品配方实例	139
第三节 锤纹漆	149
一、锤纹漆的基本概念	149
二、锤纹漆的品种与技术特点	150
三、常用锤纹漆的施工操作方法	153
四、锤纹漆涂料与技术的应用状况	154
五、锤纹漆生产工艺与产品配方实例	160
第四节 橘纹漆	172
一、概述	172
二、橘纹漆的品种与用途	172
三、橘纹漆的技术特点	172
四、高级聚氨酯橘纹漆的研制	172
五、橘纹漆的施工与修补	173
六、橘纹漆工艺要点及其施工	174

七、丙烯酸-聚氨酯凹凸橘纹漆及其施工	174
八、橘纹漆生产工艺与产品配方实例	175
第五节 裂纹漆	177
一、概述	177
二、裂纹漆的基本特性	177
三、裂纹漆的品种与分类	177
四、裂纹漆的生产工艺	177
五、裂纹漆的基本施工工艺	178
六、裂纹漆的常见问题	179
七、皱纹漆的涂饰	179
八、裂纹漆操作流程及质量控制	180
九、裂纹漆生产工艺与产品配方实例	180
第六节 皱纹漆	185
一、皱纹漆的基本概念	185
二、形成皱纹漆的原因与种类	185
三、皱纹漆的施工步骤	185
四、皱纹漆的涂装工艺配方	185
五、真石漆施工工艺	186
六、裂纹漆生产工艺与产品配方实例	187
第五章 交通涂料和航空涂料	196
第一节 概述	196
一、交通、航空涂料的分类	196
二、交通、航空涂料的工艺与配方设计实例	196
第二节 交通划线涂料	198
一、道路划线涂料的基本概念	198
二、道路划线涂料的种类	198
三、道路划线涂料的制造工艺	199
四、道路划线涂料生产工艺与产品配方实例	206
第三节 交通发光涂料	218
一、发光涂料的基本概念	218
二、聚乙烯醇发光涂料的组成	218
三、发光涂料的应用与展望	218
四、发光涂料生产工艺与产品配方实例	218
第四节 交通道路荧光涂料	229
一、荧光涂料的基本概念	229
二、纳米荧光涂料	229
三、荧光涂料生产工艺与产品配方实例	234
第五节 航空和航天涂料	248
第六章 船舶涂料和集装箱涂料	259
第一节 船舶涂料	259
一、船舶涂料的特点	259
二、船舶涂料的分类	259
三、船舶涂料的发展趋势	259
四、船舶涂料的品种	260
五、船舶涂料生产工艺与产品配方实例	260

第二节 集装箱涂料	275
一、概述	275
二、集装箱涂料的性能要求	276
三、集装箱涂料生产标准化问题及发展方向	276
四、集装箱涂料生产工艺与产品配方实例	277
第七章 汽车涂料和摩托车涂料	281
第一节 汽车涂料	281
一、汽车涂料的定义	281
二、汽车涂料的分类	281
三、汽车涂装的工艺技术及配方	282
四、汽车涂料中溶剂、颜料、闪光材料的选择与配方	288
五、汽车涂料生产工艺与产品配方实例	290
第二节 摩托车涂料	317
参考文献	326

第一章 概 论

涂料是一种流动状态或粉末状态的物质，能够均匀地覆盖和良好地附着在物体表面形成固体薄膜。它是具有防护、装饰或特殊功能的材料。涂层（也叫漆膜、涂膜）是指经过物理和化学作用，已干燥固化的涂料膜。

涂料分为有机涂料和无机涂料两大类，目前应用最广、最多的是有机涂料。

涂装是将涂料涂布到被涂物体的表面，经干燥成膜的工艺。

节能与环保成为当今世界各国经济发展中备受关注的两大主题。

在欧洲、美国和亚太地区，环保对涂料的要求越来越严，特别是严格限制涂料中挥发性有机化合物（VOC）含量。涂料向绿色化方向发展已是必然趋势。绿色涂料是指节能、低公害（或无公害）、低毒（或无毒）、低污染（或无污染）涂料的总称，包括高固体分溶剂型（油性）涂料、水性涂料（水分散型、乳胶型）、粉末涂料、液体无溶剂涂料（双液型、辐射固化型）等。

第一节 涂料生产工艺与绿色化技术

一、概述

由于传统涂料对环境与人体健康有影响，所以现在人们都在想办法开发绿色涂料。20世纪70年代以前，几乎所有涂料都是溶剂型的。70年代以来，由于溶剂的昂贵价格和降低挥发性有机物（VOC）排放量的要求日益严格，越来越多的低有机溶剂含量和不含有有机溶剂的涂料得到了很大发展。现在越来越多使用绿色涂料，下面几种新涂料是目前开发较好的涂料。

(1) 高固体分溶剂型涂料 高固体分溶剂型（油性）涂料（high solids solvent-borne coatings, HSSC）是为了适应日益严格的环境保护要求从普通溶剂型涂料基础上发展起来的。其主要特点是在可利用原有的生产方法、涂料工艺的前提下，降低有机溶剂用量，从而提高固体组分含量。这类涂料是20世纪80年代初以来以美国为中心开发的。通常的低固含量溶剂型涂料固体分为30%~50%，而高固含量溶剂型涂料要求固体分达到65%~85%，从而满足日益严格的VOC限制。在配方过程中，利用一些不在VOC之列的溶剂作为稀释剂是一种对严格的VOC限制的变通，如丙酮等。很少量的丙酮即能显著地降低黏度，但由于丙酮挥发太快，会造成潜在的火灾和爆炸的危险，需要加以严格控制。

(2) 水性（基）涂料（water-borne coatings）水有别于绝大多数有机溶剂的特点在于其无毒、无臭和可燃，将水引进到涂料中，不仅可以降低涂料的成本和施工中由于有机溶剂存在而导致的火灾，也大大降低了VOC。因此水基涂料从其开始出现起就得到了长足的进步和发展。

水分散型涂料是在表面活性剂、高剪切应力作用下，对液体状高分子材料进行乳化分散后得到的水乳化型成膜物质，如水乳化环氧、水乳化沥青、水乳化聚氨酯等；或通过表面活性剂及增稠触变剂，将固体粉末涂料在水中进行分散，形成均匀而稳定的、以水为分散介质的涂料，该类涂料在涂装时大多需烘烤成膜。乳胶型涂料是通过乳液聚合获得乳液聚合物，如目前生产应用量较大的内、外墙乳胶漆等。水溶型涂料是利用在成膜物质中引入亲水性官能团，通过中和成盐，形成可溶于水的高分子化合物，再与颜填料、助剂等分散调配成水溶性涂料，其应用较多的有阴极或阳极电泳涂料、水溶性丙烯酸涂料、水溶性醇酸涂料等。

中国环境标志认证委员会颁布了《水性涂料环境标志产品技术要求》，其中规定：产品中的挥发性有机物含量应小于250g/L；产品生产过程中，不得人为添加含有重金属的化合物，重金属总含量应小于500mg/kg（以铅计）；产品生产过程中不得人为添加甲醛和聚合物，含量应小于500mg/kg。事实上，现在水基涂料使用量已占所有涂料的一半左右。水基涂料主要有水溶性、水

分散性和乳胶性三种类型。

(3) 粉尘涂料 粉尘涂料是国内比较先进的涂料。粉尘涂料理论上是绝对的零 VOC 涂料,是固含量为 100%的、以粉末形态进行涂装并涂层的涂料,它与一般溶剂型和水性涂料的最大不同在于不使用溶剂或水作分散介质,而是借助于空气作为分散介质。但其在应用上的限制需更为广泛而深入的研究,例如其制造工艺相对复杂,涂料制造成本高,粉尘涂料的烘烤温度较一般涂料高很多,难以得到薄的涂层,涂料配色性差,不规则物体的均匀涂布性差等,这些都需要进一步改善,但它是今后发展方向之一。

(4) 液体无溶剂涂料 又称活性溶剂涂料,不含有机溶剂的液体无溶剂涂料有双液型、能量束固化型等。液体无溶剂涂料的最新发展动向是开发单液型,且可用普通刷漆、喷漆工艺施工的液体无溶剂涂料。

一般液体无溶剂涂料是由合成树脂、固化剂和带有活性基的溶剂组成,配方体系中所有组分除少量挥发外,都参与固化成膜反应。目前有双液型(双包装)、辐射固化型等,其中辐射固化型涂料的树脂中因含有不饱和基团(如双键)或其他反应性基团,在紫外线(ultra violet, UV)、电子束(electron beam, EB)的辐射下发生光、电化学反应,使涂层快速聚合、交联,可在很短的时间内固化成膜,也称 UV/EB 固化涂料(UV/EB curing coating, UVCC/EBCC)。

涂料的研究和发展方向越来越明确,就是寻求 VOC 不断降低、直至为零的涂料,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。因而水基涂料、粉末涂料、无溶剂涂料等可能成为将来涂料发展的主要方向。

由于绿色环保的要求,近十多年来,涂料工业低 VOC 的绿色涂料品种日益受到重视,并已投入大量人力物力进行研究、开发和完善,得到很大发展,所占比重日益增加。当前,国家经济提倡走可持续性发展之路,人们也日益注重自己的身体健康,而涂料与人们的生活密切相关,研制开发绿色涂料成为历史的必然选择。

二、涂料绿色化原理与技术

涂料的清洁生产是“绿色”涂料的重要组成部分。随着人们环境意识的增强,“绿色”涂料已成为人们的消费时尚。研究和开发符合经济、生态、效率、能源要求的“绿色”涂料产品具有重大的战略意义和广阔的市场前景。

“绿色”涂料与技术包括两个方面的内容:①源头治理,针对生产末端产生的污染物开发行之有效的治理技术;②开发替代产品,调整工艺过程,优化系统配置,使污染物减至最少。

1. 高固体分溶剂型(油性)涂料

高固体分溶剂型(油性)涂料(HSSC)是 20 世纪 80 年代初以美国为中心首先开发的,常见种类有醇酸树脂类、聚酯树脂类、丙烯酸树脂类、聚氨酯类、环氧类、聚有机硅氧烷(聚硅氧烷)类。通常的低固体分溶剂型涂料(conventional solvent-borne coatings, CSC)固含量只有 30%~50%,而 HSSC 要求固含量达到 60%~85%,以满足日益严格的 VOC 限制,但同时引起溶液黏度的增加。因而在降低挥发物含量的同时,目前采用的一般方法为降低树脂分子量、极性及玻璃化温度(T_g),使树脂更易溶于有机溶剂。这类树脂的分子量分布要窄,以防止低分子量部分降低漆膜性能。另外,需使用催化剂来提高反应活性,使用流变调节剂减轻低黏度引起的流挂现象。降低分子量会导致涂料使用时干燥前的流挂和干燥后的低硬度,可通过选择一些官能团单体和增加适量交联剂来弥补这一缺陷,但又会造成涂料长期贮存稳定性差于 CSC。HSSC 的黏度(η)与其分子量 M_w 以及非挥发性体积含量(non-volatile volume, NVV)有如下关系: $\eta \propto M_w / NVV$ 。

随着涂料科技的发展,现在已能制得不仅具有较低 VOC 而且性能优良的 HSSC 产品。例如以硅酸盐类无机基料为基础的高固体分锌粉涂料,与以环氧树脂等有机基料为基础的高固体分锌粉涂料一样,具有较强的防腐性;高固体分底漆赋予涂膜优良的耐腐蚀性和力学性能;高固体分环氧涂料则显示出优良的耐腐蚀性和耐化学品性。在硅烷类附着剂存在下,用某些活性稀释剂,可赋予高固体分环氧涂料独特的除锈渍和浸润特性,使它们在简单的表面处理(如手工或动力清洗)工艺后,就可在高腐蚀性的环境中进行施工。除硅烷外,已开发出一些新型附着力促进剂如

新型的铝酸盐附着力促进剂, 这些促进剂在高固体分环氧涂料和聚酯涂料中能起防锈作用。汽车工业中所选的树脂有聚酯树脂、丙烯酸树脂和聚氨酯树脂, 这些树脂能赋予汽车面漆各种优良的性能, 如优良的光泽和 DOI 的保持性、耐酸性、优良的力学性能及耐 UV 光稳定性等。

考虑到 VOC 的限制日益严格, HSSC 有可能最终被水性涂料和粉末涂料所取代, 但目前 HSSC 仍在工业原设备制造 (original equipment manufacture, OEM) 及许多有特殊要求 (例如战斗机机身涂料) 的应用领域里大量使用。

2. 水性涂料

水有别于绝大多数有机溶剂的特点在于其无毒、无臭和不燃, 将水引进涂料中, 不仅可以降低涂料的使用成本和施工时由于有机溶剂存在而导致的危险性, 也大大降低了 VOC。因而水性涂料是绿色涂料发展的一大趋势。

按照水性涂料的物理特性, 其主要分为 3 种类型, 即水分散型、乳胶型、水溶型, 其物理、应用性能的重要差别见表 1-1。

表 1-1 水性涂料物理性能和应用性能比较

物理性能	水分散型	乳胶型	水溶型
外观	不透明, 呈现光散射	半透明, 呈现光散射	透明, 无光散射
微粒粒径/ μm	≥ 0.1	0.02~1	< 0.005
自聚集常数	-1.9	0~1.0	0
分子量	10^5	$2 \times 10^4 \sim 2 \times 10^5$	$2 \times 10^4 \sim 2 \times 10^4$
黏度	低, 与聚合物分子量无关	较黏, 稍取决于聚合物分子量	完全取决于聚合物分子量
固含量	高	中	低
耐久性	优	优	很好
黏度控制	外加增稠剂	加入共溶剂增稠	由聚合物调节
组成	复杂	居中	简单
颜料分散	差	好至优	优
应用范围	多	一些	几个
反射光泽	低	较接近水溶型	高

目前最主要的水分散型涂料是聚丙烯酸酯类涂料, 其中含有高分子或含有被低分子量胺中和的羧基团, 或含有被低分子量酸中和的氨基团。例如, 含有铵盐的丙烯酸酯类树脂的有机溶剂溶液可形成高分子聚集体的稳定分散体系, 高分子聚集体被水和溶剂均匀溶胀, 因而表现不透明。除聚丙烯酸酯类以外, 其他的水分散型涂料品种还有醇酸树脂、聚酯、环氧树脂和聚氨酯等类型。尽管固含量不是很高, 但由于水的引入 VOC 被大大降低, 一般低于 20%。在降低 VOC 的同时, 水分散型涂料还具备一个显著的优点, 即其分子量与常规有机溶剂型涂料相当, 同时可含有 10% (摩尔分数) 的功能性官能团, 这克服了高固体分溶剂型涂料所遇到的一个困难。

乳胶型涂料的优点首先是 VOC 很低, 这符合日益严格的 VOC 排放限制; 其次, 一般来说乳胶涂料无毒, 没有溶剂的刺激性气味, 没有火灾的危险等; 另外, 由于乳胶的黏度与高分子的分子量没有太大的关系, 这样基质高分子的分子量可达到很高, 从而保证涂料成膜后的优秀力学性能。乳胶漆在使用过程中, 高分子通过粒子间的凝结成膜。最低成膜温度需要略高于高分子的 T_g 。通常为了使高分子的 T_g 不致太低 (否则对膜性能不利) 及成膜温度不致太高, 可加入适量的溶剂 (即所谓凝结剂或成膜助剂) 来降低成膜温度, 而高分子的实际 T_g 可高于成膜温度。但这样做的一个副作用是引进了少量的 VOC 挥发物。核-壳结构的乳胶可在一定程度上降低成膜温度。近 20 年以来有关室温交联型乳胶的专利报道一直很多, 这些研究的出发点是在室温下成膜的同时, 高分子粒子包含的反应性官能团相互接触, 继而反应而形成交联, 通过交联使 T_g 得到提高, 同时可免除凝结剂的使用, 使 VOC 尽可能的低。但至目前为止, 真正大规模商品化的产品尚未问世, 有待于对这一领域进行更深入的研究。另外一个潜在的改进措施是使用粒径非常小的高分子粒子, 纳米级粒子有助于成膜的进行。常规乳液聚合得到的乳胶粒径一般在几百纳米, 通过种子乳液聚合法可制备小达 50~100nm 的粒子, 若要进一步降低粒径则需通过微乳液聚合来实现。常规的微乳液聚

合需要大量的乳化剂来得到小于 50nm 尤其是 20nm 左右的粒子, 通常乳化剂/高分子含量之比高于 1, 且高分子含量通常低于 10%, 这些不利因素事实上限制了微乳液聚合的实际应用。

通常使用的水溶性高分子涂料主要有离子型的聚丙烯酸盐, 非离子型的聚乙烯醇、聚乙二醇、水溶性纤维素衍生物等。由于其水溶性的性质, 这类高分子涂料耐水性差, 仅有酚醛树脂等少数几种可作交联树脂之用。近年来有报道称水缩合型高聚物 (HAP) 可用作高效的增稠剂。HAP 在水溶性高分子的亲水骨架中引入 1%~3% (摩尔分数) 的疏水基团, 在极性介质环境中, 疏水基团之间的缔合 (物理交联) 可导致溶液黏度的增高; 同时外力 (如剪切) 的作用可去除缔合。这类溶液黏度对剪切力的极大依赖性即假塑性, 使得这类聚合物可作为水基涂料的增稠剂, 有效地改善涂料的流变性能。

3. 粉末涂料

粉末涂料涂装过程中粉末涂料损失少, 喷溢料可回收再利用, 无溶剂挥发, 涂装工序简单, 生产施工安全, 涂装易实现自动化, 可提高生产率。粉末涂膜性能好, 坚固耐用, 符合国际上流行的“四 E”原则 (经济、环保、高效、性能卓越) 而成为发展迅猛的涂料新品, 目前已被证明是一项重大的技术成就, 并且已经步入了一个较为成熟的发展阶段。粉末涂料可分热塑性和热固性两大类, 热塑性粉末涂料是以热塑性树脂作为成膜物质, 它的特点是合成树脂随温度升高而变软, 经冷却后变得坚硬。这种过程可以反复进行多次, 每变化一次就会逐步老化, 最终成为无塑性的粉末。通常这种树脂分子量较高, 所以有较好的耐化学性、柔韧性和弯曲性能。用作热塑性粉末涂料的合成树脂主要有聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚酰胺、聚碳酸酯、聚苯乙烯、含氟树脂、热塑性聚酰胺等, 主要应用于化学容器的衬里、管道涂覆、金属家具、农业机械、金属丝网、栏杆、玻璃器皿的涂层等。热固性粉末涂料是以热固性合成树脂作为成膜物质, 它的特点是用某些较低聚合度的预聚体树脂, 在固化剂存在下经一定温度的烘烤固化, 而成为不能融化或溶解的、质地坚硬的最终产物。当温度再升高时, 产品只能分解而不能软化, 属于化学交联变化。这类合成树脂一般分子量较低, 但当固化时能交联成网状的高分子量化合物。由于树脂分子量低, 所以有较好的流平性、润湿性, 能牢固地黏附于金属工件表面, 并且固化后有较好的装饰性和防腐蚀性。这种类型树脂主要有环氧树脂、聚酯树脂、丙烯酸树脂和聚氨酯树脂等, 较多应用于家用电器、仪表仪器、金属家具、建筑五金、石油化工管道等装饰、防腐和绝缘。

粉末涂料制造方法可分为干法和湿法两种。干法可分为干混合法和熔融混合法; 湿法又可分为蒸发法、喷雾干燥法和沉淀法; 近年来, 新开发了超临界流体法 (vedoc advanced manufacturing process, VAMP)。这些制造方法的主要工艺见表 1-2。

表 1-2 粉末涂料制造方法

制造方法		工艺流程
干法	干混合法	原料混合→粉碎→过筛→产品
	熔融混合法	原料混合→熔融混合→冷却→粗粉碎→细粉碎→分级过筛→产品
湿法	蒸发法	配制溶剂型涂料→蒸发或抽真空除溶剂→粉碎→分级过筛→产品
	沉淀法	配制溶剂型涂料→研磨→调色→加沉淀剂成粒→破碎→分级过筛→产品
	喷雾干燥法	配制溶剂型涂料→研磨→调色→喷雾干燥→产品
	超临界流体法	配料→预混合→超临界流体釜→喷雾成粒→分级→产品

(1) 干混合法 干混合法是最早采用的最简单的粉末涂料制造方法, 先将原料按配方称量, 然后用混合设备进行混合粉碎, 经过筛分分级得到产品。这种方法制造的粉末涂料粒子都以原料成分的各自状态存在, 所以当静电喷涂时, 由于各种成分的分散性和均匀性有较大差别, 回收的粉末涂料不能再用。另外, 各种成分的分散性和均匀性也不好。静电涂装的涂膜外观不好。因此, 干法混合只在热塑性粉末涂料制造时使用, 不用来制造热固性粉末涂料。

(2) 熔融混合法 熔融混合法在制造过程中不用液态的溶剂或水, 直接熔融混合固态原料, 经冷却、粉碎、分级制得。在熔融工序中, 可以采用熔融混合法和熔融挤出混合法。前者不易连续生

产, 较少采用。后者可连续生产, 具有以下优点: ①易连续化生产, 生产率高; ②可直接使用固体原料, 不用有机溶剂或水, 无废水或溶剂排放问题; ③生产涂料树脂品种和花色品种的适用范围宽, ④颜料、填料和助剂在树脂中的分散性好, 产品质量稳定, 可以生产高质量的粉末涂料; ⑤粉末涂料的粒度容易控制, 可以生产不同粒度分布的产品。这种方法的缺点是换树脂品种和换颜色麻烦。

(3) 蒸发法 蒸发法是湿法制造粉末涂料的一种方法。此方法获得的涂料颜料分散性好, 但是工艺流程比较长, 有大量回收来的溶剂要处理, 设备投资大, 制造成本高, 推广受到限制。这种方法主要用于丙烯酸粉末涂料的制造, 大部分有机溶剂靠薄膜蒸发除去, 然后用行星螺杆挤出机除去残余的少量溶剂。

(4) 喷雾干燥法 喷雾干燥法也是湿法制造粉末涂料的一种方法, 其主要优点有: ①配色容易; ②可以直接使用溶剂型涂料生产设备, 同时加上喷雾设备即可进行生产; ③设备清洗比较简单; ④生产中的不合格产品可以重新溶解后再加工; ⑤产品的粒度分布窄, 球形的多, 涂料的输送流动性和静电涂装施工性能好。缺点是要使用大量溶剂, 需要在防火、防爆等安全方面引起高度重视; 涂料的制造成本高。这种方法适用于丙烯酸粉末涂料和水分散粉末涂料用树脂的制造。

(5) 沉淀法 沉淀法与水分散涂料的制造法有些类似, 配成溶剂型涂料后借助于沉淀剂的作用使液态涂料成粒。然后分级、过滤制得产品。这种方法适合以溶剂型涂料制造粉末涂料, 所得到的粉末涂料粒度分布窄且易控制。由于工艺流程长, 制造成本高, 工业化推广受到限制。

(6) 超临界流体法 美国 Ferro 公司开发了超临界流体制造粉末涂料的方法, 被称为粉末涂料制造方法的革命, 对 21 世纪粉末涂料工业的发展将起到重要作用。该法使用超临界状态的高压二氧化碳作为加工流体来分散涂料的各组分, 可开发多种传统工艺无法制造的粉末涂料。其原理为: 二氧化碳在 7.25MPa 和 31.1℃ 时达到临界点而液化, 此时液态二氧化碳与气态二氧化碳两相之间界面清晰, 然而压力略降或温度稍高超过临界点, 这一界面立刻消失, 称为超临界状态。继续升温或降压, 二氧化碳变成气态。超临界态的二氧化碳是一种很好的溶剂, 在医药萃取、分离等方面得到广泛应用。利用此原理, 将粉末涂料的各种成分称量后加到带有搅拌装置的超临界流体加工釜中, 超临界态二氧化碳使涂料的各种成分流体化, 这样在低温下就达到了熔融挤出的效果。物料经喷雾和在分级釜中造粒, 获得产品。整个生产过程可以用计算机控制。这种方法的优点是: ①减少了熔融挤出混合工序, 降低了加工温度, 防止粉末涂料在制造过程中的胶化, 可改善产品质量; ②加工温度低, 可以生产多种低温固化涂料; ③提高批产量, 一般熔融挤出法每批生产 453.6kg, 而此法可达到 9071.8kg。粉末涂料的基体为聚合物, 而许多高聚物在合成过程中就可以得到微球状颗粒, 结合所选聚合物的特性, 采用适当的合成方法可以制得粉末涂料。

4. 液体无溶剂涂料

双液型液体无溶剂涂料在涂装前以低黏度合成树脂和固化剂混合, 以涂装后固化的类型为代表, 其中低黏度树脂可为含羟基的聚酯树脂、丙烯酸酯树脂等, 固化剂通常为异氰酸酯。此外还有由改性胺固化的环氧树脂类。贮存时低黏度树脂和固化剂分开包装, 使用前混合, 涂装时固化。这类涂料理论上不含低分子有机溶剂, 可以把 VOC 降到几乎为零。但实际应用时树脂类型的选择范围较小, 并且使用这类涂料时一定要注意其使用期; 另外在厚膜涂装及用途上有一定的限制。所以, 降低涂装黏度、提高双液型混合涂装效率是这类涂料面临的课题。

涂料辐射固化技术由于其节约能源和有效控制环境污染而成为 21 世纪一项重要的绿色技术, 应用范围极其广泛。辐射固化型涂料中常用的树脂包括聚酯丙烯酸酯体系、环氧丙烯酸酯体系、聚氨酯丙烯酸酯体系等。一般情况下不使用有机溶剂, 而代之以能溶解树脂的反应型活性稀释剂, 固化时参与交联反应, 从而可确保 VOC 释放量几乎为零。辐射固化后的膜通常在各方面都具有优异的性能。辐射固化型涂料引起关注的方面还有它可在热敏感型物质上涂布。这类涂料具有的缺点是生产设备相对较昂贵; 处理反应型稀释剂较复杂, 且其中大多数有毒, 并可引起皮肤过敏; 涂层一般很薄, 且被涂物件形状要简单(如平面状地板); 颜料及其他添加剂受限制, 一般不能用于深色涂料。

辐射固化技术中应用最广的是紫外光(UV)固化。紫外光固化涂料(UVCC)为 20 世纪 60 年代末由联邦德国首先开发成功。与传统的热固化涂料相比, UVCC 具有下列特点: 固化速率快

(0.1~10s 完成固化), 几乎是瞬间成膜, 因而生产效率高, 适合流水线生产, 产品涂完后, 可立即码垛装载, 节省场地与空间; 节省能源, 耗能为热固化涂料的 1/5~1/10; 基本无溶剂排放, 既安全, 又不污染环境, 体系物质几乎是 100% 转化成涂膜; 可涂装对热敏感的基材 (如木材、塑料、纸制品、纺织品、皮革等) 和热容量大的物体 (如厚金属板、混凝土等); 涂层性能优异, 如高光泽、高硬度、耐化学药品性好等; 涂装设备体积小, 占地面积少, 投资低。UVCC 的固化原理是, 当紫外光照射 UVCC 后, 涂料体系中的光引发剂 (活性阳离子化合物) $AB \cdot$ 将吸收光能量而变成激发态 $AB^{\#}$ ($AB \cdot \xrightarrow{h\nu} AB^{\#}$), 继而激发态 $AB^{\#}$ 分解生成自由基 $A \cdot$ 和新的活性阳离子 $B \cdot$ ($AB^{\#} \rightarrow A \cdot + B \cdot$), 自由基 $A \cdot$ 撞击 UVCC 中的双键并引发聚合反应, 形成增长链: $A \cdot + \begin{array}{c} | \\ -C- \\ | \end{array} \begin{array}{c} | \\ -C- \\ | \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} | \\ -C- \\ | \end{array} \begin{array}{c} | \\ -C- \\ | \end{array} \cdot$, 这一反应继续延伸, 使活性稀释剂和低聚物中的双键断开, 相互交联而成膜。

除了上述的正反应外, 与自由基碰撞, 也同时由激发态恢复到基态。反应的最终结果即固化成膜。

UVCC 主要是由低聚物、活性稀释剂、光引发剂和其他助剂四部分组成, 其各组分的比例大致如下: 低聚物 30%~50%; 活性稀释剂 40%~60%; 光引发剂 1%~5%; 其他助剂 0.2%~1%。

(1) 低聚物 (光敏树脂) 低聚物又称光敏树脂, 是成膜物质, 在整个体系中占有相当大的比例, 对涂料的性能起着决定性的影响。

低聚物都为含有 $C=C$ 不饱和双键的低分子量树脂, 主要有不饱和聚酯、环氧丙烯酸酯、聚氨酯丙烯酸酯、聚酯丙烯酸酯、多烯/硫醇体系、聚醚丙烯酸酯、水性丙烯酸酯、阳离子树脂等, 目前应用最广泛的是前四种, 第一种属于第一代 UVCC, 后三种属于第二代 UVCC。

① 不饱和聚酯通常是以不饱和二元酸和二元醇或三元醇为原料, 经酯化反应而制得。将不饱和和聚酯溶于苯乙烯, 并加入安息香醚类和其他助剂即可制得 UVCC。这是世界上最早的第一代 UVCC, 1968 年由德国拜耳公司开发。这种涂料固化速率慢, 很多性能不及目前应用的其他 UVCC, 但价格便宜, 涂层硬度高, 主要应用于木器上。目前为了提高该涂料的综合性能, 多采用丙烯酸酯类活性稀释剂调节, 或与其他低聚物配合使用。

② 环氧丙烯酸酯是由丙烯酸与环氧树脂在催化剂及阻聚剂存在下, 开环酯化制得。该低聚物能赋予涂层优良的物理、力学和耐腐蚀性能, 是应用最广泛的低聚物, 目前使用的主要有 3 种。

a. 双酚 A 环氧丙烯酸酯 它对颜料润湿性、与其他树脂混溶性都较好, 光固化速率快、涂层硬度高、耐热性好、原料易得、价格便宜, 广泛用于各种辐射固化涂料。

b. 酚醛环氧丙烯酸酯 与双酚 A 环氧丙烯酸酯相比, 相同分子量的酚醛环氧丙烯酸酯含有更多的丙烯酰基, 因此固化速率更快, 耐热性更好, 其他性能相似, 但黏度大, 价格较贵。适用于制作印刷线路板等电子器件的涂料。

c. 环氧化油丙烯酸酯 黏度小、价格低, 对颜料润湿性好、附着力强、对皮肤刺激性小。但分子中含丙烯酰基少, 光固化速率慢、涂膜较软, 所以很少单独使用, 常与其他固化速率快的低聚物配合使用, 用于底材不易附着或柔性基材。

③ 聚氨酯丙烯酸酯也是应用广泛的丙烯酸酯类低聚物, 由二异氰酸酯、丙烯酸羟基酯和多羟基化合物反应制得。选用不同的二异氰酸酯、丙烯酸羟基酯和多羟基化合物, 可得到许多种结构、性能不同的聚氨酯丙烯酸酯。聚氨酯丙烯酸酯是一种综合性能优良的低聚物, 具有固化速率快、易与其他树脂混容, 涂膜韧性、附着力、耐热性、耐磨性和耐化学品性好等特点, 但价格较贵, 所以一般只用于对硬度、耐化学品性及柔性等要求较高的涂层或与其他低聚物配合使用。现广泛用于高性能罩光漆中。

④ 聚酯丙烯酸酯通常是由聚酯二元醇与丙烯酸, 或含羧基的聚酯与丙烯酸羟基酯化而制得。该低聚物黏度较低、柔性好、色泽浅、价格低, 常用于 UV 上光油、PVC 罩光等涂料中。

(2) 活性稀释剂 活性稀释剂是一种功能性单体, 它的作用是调节 UVCC 的合适黏度, 控制涂料的固化交联密度, 改善涂膜的力学性能, 也参与固化成膜。活性稀释剂结构上也含有不饱和双键, 如丙烯酰基、甲基丙烯酰基及乙烯基等。丙烯酰基光固化速率最快, 目前使用的活性稀释剂大

多为丙烯酸酯类单体。根据每个分子中所含双键数目不同,可分为单官能、双官能和多官能三类活性稀释剂。近年来新型稀释剂得到了开发应用,乙氧基化或丙氧基化的丙烯酸酯类功能单体,不仅改善了某些单体对皮肤的刺激性,而且使其单体性能更加完善。随着阳离子光固化体系的发展,多官能环氧化合物和乙烯基醚类单体也得到了广泛应用。常用的单官能活性稀释剂有:苯乙烯、N-乙烯基吡咯烷酮、丙烯酸异辛酯、丙烯酸羟乙酯和丙烯酸异冰片酯。双官能活性稀释剂有:三乙二醇二丙烯酸酯、三丙二醇二丙烯酸酯、乙二醇二丙烯酸酯、聚乙二醇(200)二丙烯酸酯、新戊二醇二丙烯酸酯和丙氧基新戊二醇二丙烯酸酯。多官能活性稀释剂有:三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、丙氧基化三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、季戊四醇三丙烯酸酯和丙氧基化季戊四醇丙烯酸酯。使用活性稀释剂时,从稀释效果看,单官能>双官能>多官能;从光固化速率看,多官能>双官能>单官能,乙氧基化改性的>未改性的>丙氧基化的。从对皮肤的刺激性看:未改性的>乙氧基化(或丙氧基化)改性的。因此在实际配方中,往往是选用两个或两个以上的活性稀释剂组合使用。

(3) 光引发剂(光敏剂) 光引发剂是UVCC的重要组成部分,其作用是:吸收紫外光后发生化学反应,产生引发固化反应的活性游离基(活性自由基和活性阳离子),从而使UVCC体系中不饱和基团双键断开,发生聚合反应,形成涂膜。光引发剂是决定UVCC固化程度和固化速率的主要因素。按照活性自由基的不同,光引发剂可分为自由基型、阳离子型和自由基-阳离子复合型三类。自由基型光引发剂按其自由基的来源分为分子断裂型和夺氢型两类。前者是指光引发剂受紫外光照射后变成激发态,导致分子键断裂产生自由基;后者是指从并用的三级胺(叔胺)共存的碳氢化合物中夺取氢,从而产生自由基。由于空气中的氧对自由基型光引发剂的反应有强烈的阻聚作用,给自由基聚合反应带来一些困难,因而开发出了不受空气中氧阻碍的阳离子型引发剂。以镧盐为代表的阳离子引发剂,如瑞士汽巴公司的Irgacure 261,它具有引发速率快、效率高、聚合反应不受空气中氧含量影响等特点。尽管自由基型光引发剂存在着一些不足,但却具有价格低的优势,所以目前仍广泛应用。人们对研究开发高活性的自由基型引发剂也保持着浓厚的兴趣,瑞士汽巴公司推出的新型引发剂BAPO(双芳酰基磷氧化合物),引发效率高、可深层固化,还具有“光漂白”作用。有些高效引发剂可使固化时间缩短至毫秒级内。目前常用的光引发剂有:安息香丁醚、二苯甲酮、安息香双甲醚(Irgacure 651)、4,4-二甲氨基二苯酮(米蚩酮)、氯代硫杂蒽酮(2-CTX)、2-羟基-2-甲基-1-苯基丙酮(Darocure 1173)、1-羟基环己基苯甲酮(Irgacure184)、2-苯基-2-N-二甲氨基-1-(4-吗啉苯基)丁酮(Irgacure 369)、铁盐(Irgacure 261)和酰基磷氧化合物(BAPO)。

(4) 助剂 助剂可以改善涂料与涂膜的性能,增加紫外光敏感性,降低施工难度,是涂料中不可缺少的组成部分。常用的助剂主要有如下几种。

① 光引发剂 又叫光敏助剂或助引发剂。它本身无光引发作用,既不吸收辐射能,不会在紫外光激发下生成自由基,也不引发聚合,但具有抗氧干扰、增加敏感度和提高光引发剂活化速率的作用,所以亦称为光活化剂。常用的有:二甲基乙醇胺、三乙醇胺和N,N-二甲基苄胺等。某些染料,如碱性亚甲基蓝、曙红、玫瑰红和荧光黄等都具有增感作用,效果显著。

② 阻聚剂 一般在使用自由基型光引发剂时,由于空气中氧的阻聚作用影响涂料的聚合反应和贮存的稳定性,因此需添加阻聚剂,常用的有对苯二酚和对甲氧基苯酚等。此外,常用助剂还有流平剂、消泡剂、促进剂和分散剂等。在使用助剂时应尽量选用能参加固化反应的活性助剂,如迪高公司的Red2100、Red2200、Red2500和Red2600,毕克公司的Byk-371等。大部分普通助剂因不参与光固化反应而留在固化膜中将带来针孔、反粘等漆膜弊病。

UVCC因其无污染、效率高等优点而广泛应用于建筑材料、体育用品、电子通信、包装材料和汽车部件等不同领域。随着环境保护的要求日益提高,UVCC有望代替传统的固化涂料。

三、绿色化涂装工艺

绿色化涂装是一个系统工程,它包括涂装前对被涂物表面的处理、涂布工艺和干燥三个基本工序以及选择适宜的涂料,设计合理的涂层系统,确定良好的作业环境条件,进行质量、工艺管理和技术经济分析等重要环节。

1. 涂装的作用

(1) 保护作用 保护金属、木材、石材和塑料等物体不被光、雨、露、水和各种介质侵蚀。使用涂料覆盖物体是最方便可靠的防护办法之一，可以保护物体，延长其使用寿命。

(2) 装饰作用 涂料涂装可使物体具有光彩、光泽和平滑性，被美化的环境和物体使人们产生美和舒适的感觉。

(3) 特种功能 在物体上涂装特殊涂料后，可使物体表面具备防火、防水、防污、示温、保温、隐身、导电、杀虫、杀菌、发光及反光等功能。

2. 绿色化涂装技术的进展

涂装技术的发展经历了古典涂装、工业涂装和现代社会绿色化涂装三个阶段。

(1) 古典涂装 古典涂装是手工作坊式的操作。早在商代就已从野生漆树上取天然漆装饰器具以及宫殿、庙宇。到春秋时代就已掌握熬炼桐油的技术，战国时已能用生漆和桐油复配涂料，开创了在涂料中使用助剂的技术，从此涂料发展到了一个新时代。

从长沙马王堆汉墓出土的漆棺和漆器的漆膜坚韧，保护性能优异，充分说明在公元前 2 世纪，中国使用生漆（大漆）的技术就已发展到了相当成熟的地步。

(2) 工业涂装 1913 年美国福特公司采用流水作业的方法装配汽车，当年产量达 48 万辆，三年后达到 96 万辆。汽车工业的需要推动了涂料和工业涂装的发展，快干硝基漆和手动空气喷漆技术的应运而生，使制约汽车流水线生产速率提高的瓶颈得以消除，汽车涂装效率大大提高。

在工业涂装时期，涂料和涂装按不同用途有了明确的区分和分类。合成树脂工业的发展使涂料的品种、性能得到丰富和提高，各种涂装方法也不断被开发出来，涂装工程技术进入流水作业阶段。延长漆膜使用寿命，以延缓重新涂装时间；提高涂装工作效率，缩短涂装时间；减轻劳动强度；以最小涂装成本得到最佳涂装效果，是人们追求的目标。

(3) 现代社会绿色化涂装 此时人们开始对资源的浪费和环境的污染给予足够的重视。涂料生产和涂装工程是资源耗费的重要行业。有机溶剂的排放不仅浪费资源，而且污染大气。废水、有毒颜料对水质和土壤的污染以及有毒物质对于人体的直接危害都应该避免和治理。1961 年美国福特公司建成世界上第一条车轮电泳涂装试验生产线。1963 年福特公司成功地将电泳涂装用于汽车车身。这种环保、高效、安全、经济的涂装新技术不仅使汽车业得到实惠，而且推动了工业水性涂料和电泳涂装的发展。人们在追求用最少涂装成本获得最佳效果的同时，正在探索充分利用资源、节能和防止环境污染的新技术和新工艺。

3. 绿色涂装新材料应用

20 世纪 80 年代末期之前，汽车涂装曾经是汽车制造过程中产生“三废”排放最多的环节之一，从 90 年代开始，欧洲、美国等国家和地区汽车工业纷纷推广环保、节能的涂装新材料、新工艺、新设备，以适应苛刻的环保法规，不断提高质量，降低成本。如今，汽车涂装不仅在减少涂装公害方面实现了跨越，在降低涂装成本、提高涂装质量等方面发展也很快。某些新的技术概念已经开始工业化应用，汽车涂装技术多元化的时代已经到来。最近几年，我国汽车产销量已经跃居世界前几位，国际几大汽车集团在我国的生产规模迅速扩大，本土汽车产业也呈现跳跃式发展，在合资汽车生产的拉动下，主流厂家汽车涂装水平已经跻身国际先进行列。

四、绿色涂装工程五要素

涂装工程是一个系统工程。涂装工程面对的是各行各业不同的对象，要想成功，需要考虑到的因素很多。

涂装工程的涂料包括涂料品种、质量的选择和涂层的配套性。这些必须在充分了解被涂物性能、材质、使用条件、使用期限以及涂料的性能和经济性后，经过全面综合分析才能决定。片面强调某一因素就可能造成整体的损失。比如，涂装工程中涂料在重新涂装的工本费中所占比例较少，而人工、设备折旧、能源动力等所占比例较高。图便宜，用廉价涂料，可能会造成设备使用寿命缩短、重修提前，还会影响设备创产值。

涂装工程中最关键的五要素是涂装材料、涂装工艺、涂装设备、涂装环境和涂装管理。

1. 绿色涂装材料

涂装材料是指涂装生产过程中使用的化工材料及辅料。包括清洗剂、表面调整剂、磷化液、钝化液、各种涂料、溶剂、腻子、密封胶、防锈蜡等化工材料；还应包括纱布、砂纸、工艺过程中使用的橡胶、塑料件等。

涂装材料的质量和作业配套性是获得优质涂层的基本条件。材料选择不好，不仅影响涂装质量，而且还会增加不必要的涂装成本。

从涂装技术的角度看，对于化工材料应该重点了解其各种技术性能；对涂装环境、设备的要求，需要的工艺过程，根据实际情况选择涂装化工材料和辅料。如何制造这些产品，应该是精细化工技术研究的范围。

2. 涂装工艺

涂装工艺是充分发挥涂装材料的性能、获得优质涂层、降低生产成本、提高经济效益的必要条件。涂装工艺包括所采用的涂装技术的合理性和先进性，涂装设备和工具的先进性与可靠性，涂装环境条件和工作人员的技能、素质等。如果涂装工艺与设备选择和配套不当，即使采用优质涂料，要获得优质涂膜也是困难的。若设备生产效率低则势必造成涂装工程的成本增高，使经济效益下降。涂装环境的好坏直接影响到涂膜的质量，高级装饰性的涂装必须在除尘、通风、照明良好的环境下操作。涂装操作人员的技能熟练程度和责任心是影响涂装质量的人为因素，加强操作人员的培训，提高人员的素质是非常必要的。

3. 涂装设备

涂装设备是指涂装生产过程中使用的设备及工具，包括喷抛丸设备及磨料，脱脂、清洗、磷化设备，电泳涂装设备，浸涂、辊涂设备，静电喷涂设备，粉末涂装设备；涂料供给装置，涂装机器（专机），涂装运输设备，涂装工位器具；洁净吸尘设备（系统），压缩空气供给设备（设施）；试验仪器设备等。涂装设备是涂装技术知识体系中的最重要的硬件形式，对涂装技术的进步影响很大。

4. 涂装环境

涂装环境是指涂装设备内部以外的空间环境。从空间上讲应该包括涂装车间（厂房）内部和涂装车间（厂房）外部的空间，而不仅仅是地面的部分。从技术参数上讲，应该包括涂装车间（厂房）内的温度、湿度、洁净度、照度（采光和照明）、通风、污染物质的控制等。对于涂装车间（厂房）外部的环境要求，应通过厂区总平面布置远离污染源，加强绿化和防尘，改善环境质量。

5. 涂装管理

涂装管理是确保涂装工艺的实施，达到涂装目的和涂膜质量的重要条件。涂装管理包括工艺管理、设备管理、工艺纪律管理、现场环境管理、人员管理等。涂装管理是现代涂装过程中必不可少的环节。

涂装五要素是相互依存的制约关系，忽视哪一方面都不可能达到涂装目的和获得优质的涂膜。

涂装技术的选择包括涂装方法与涂料的适应性、涂装效果与经济性、涂装设备、工具及涂装环境。涂层的优劣不仅取决于涂料本身的质量，更大程度上取决于涂装的工艺过程和条件。

涂装工程中所用的涂料是涂料生产厂的产品，但仅是涂层的“半成品”，只有涂层性能才是最后评价涂料的标准。即使是用优质涂料，如果施工和配套不当，也是得不到优质涂层的。涂装工程管理包括人员、机器设备、原材料质量和工艺质量等管理。在现代化工业涂装中，科学管理是极为重要的。另外，人文景观、环境影响和心理影响等因素也要综合考虑。

五、涂料定额和生产成本

涂料产品的主要消耗定额包括原料消耗、包装材料（马口铁板或冷轧薄板等）的消耗，同时也包括电耗、水耗和蒸汽消耗以及人工消耗等。原料和包装材料是涂料产品的主要消耗，一般占产品总成本的90%左右。原料消耗定额一般用生产每吨产品的原料量（单位为kg/t）表示。原料消耗定额按国家统计局有关部门有关规定以原始原料计算表示，但由于涂料产品生产过程中的工序比较多，半