

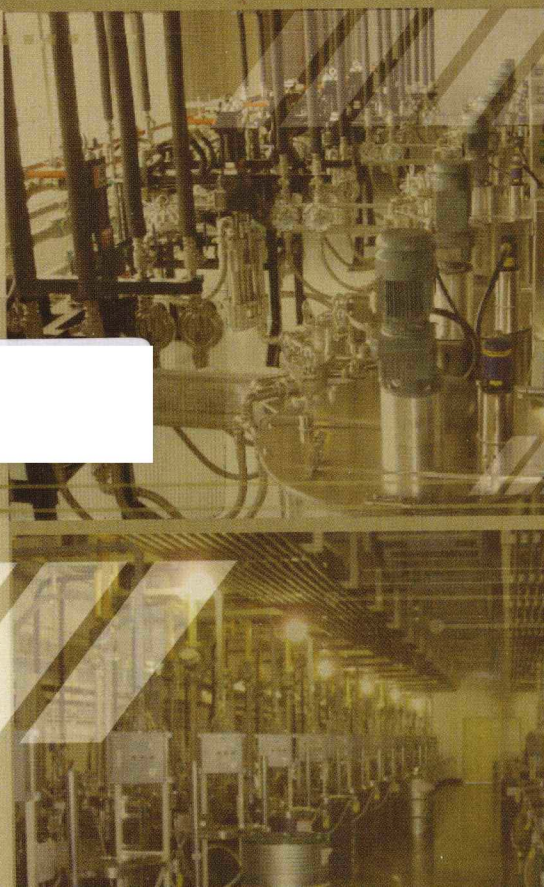
涂装工艺与设备

冯立明 张殿平 王绪建 等编著

TUZHUANG GONGYI
YU SHEBEI



化学工业出版社



涂装工艺与设备

冯立明 张殿平 王绪建 等编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书主要介绍了溶剂型有机高聚物涂料、水性涂料、粉末涂料的涂料性能、涂装工艺、涂装设备和涂装工艺管理；前处理和涂层固化工艺与设备；达克罗技术与设备、液体浸塑及水披覆转印工艺与设备；涂装车间三废处理及涂装车间设计的基本知识，并结合生产实际介绍了汽车、家用电器、农用车和摩托车涂装的典型工艺。

本书可作为相关院所、企业工程技术人员、管理人员、工人等指导设计、生产用书，也可以作为大中专院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

涂装工艺与设备/冯立明, 张殿平, 王绪建等编
著. —北京: 化学工业出版社, 2013. 3
ISBN 978-7-122-16448-3

I. ①涂… II. ①冯…②张…③王… III. ①涂漆-
工艺学②涂漆-施工机具 IV. ①TQ639

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 020077 号

责任编辑: 仇志刚

文字编辑: 陈 雨

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 王晓宇

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: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 28 字数 707 千字 2013 年 7 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: 98.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2013—7 号

前 言

涂装是目前应用最广泛的表面处理技术，直接影响着汽车等产品的质量。随着我国“十二五”规划的实施，环保型、高性能涂料、先进的涂装技术和高自动化程度的涂装设备将不断涌现，为适应涂装领域新材料、新技术、新设备的快速发展，满足涂装工作者生产、管理、设计的实际需要，我们编写了《涂装工艺与设备》一书。

本书共分10章。第1章由冯立明编写，第2章由魏雪、谢卫敏编写，第3章由冯立明、张殿平编写，第4章由周师岳编写，第5章由王绪建、冯立明编写，第6章由蔡元兴、王绪建编写，第7章由孙华、郭晓斐编写，第8章由冯立明、张殿平、吉学刚编写；第9章由郑培学、冯立明编写，第10章由孙华、袁兴栋编写。全书由冯立明统稿，中国兵器工业集团五三研究所许书道主审。

中国轻骑集团刘伟、杨燕奎，（烟台）东岳通用汽车公司聂振凯等提供了宝贵的技术资料，同时，参阅了国内外同行的相关文献资料，在此深表感谢。

由于编著者水平所限，书中遗漏及不妥之处在所难免，敬请各界读者批评指正，以待提高。

编著者

2013年4月

目 录

第1章 绪论	1	2.8.3 喷射表面处理设备的计算	66
1.1 涂装及其要素	1	第3章 溶剂型涂料及其涂装	76
1.2 涂料的组成	3	3.1 溶剂型涂料原材料	76
1.2.1 涂料的基本组成及其作用	3	3.1.1 油料	76
1.2.2 涂料的分类及其命名	4	3.1.2 颜料	78
1.3 涂料与涂装的作用	6	3.2 常用溶剂型涂料简介	79
1.4 涂料高聚物结构与性能的关系	6	3.2.1 酚醛树脂涂料	79
1.5 涂料与涂装工业的现状与发展方向	9	3.2.2 沥青树脂涂料	79
第2章 涂装前处理工艺与设备	14	3.2.3 醇酸树脂涂料	80
2.1 脱脂工艺与设备	15	3.2.4 氨基树脂涂料	80
2.1.1 有机溶剂脱脂工艺与设备	16	3.2.5 环氧树脂涂料	82
2.1.2 碱液加表面活性剂脱脂工艺与设备	17	3.2.6 丙烯酸树脂涂料	84
2.1.3 超声波清洗及设备	22	3.2.7 聚氨酯树脂涂料	86
2.1.4 超临界 CO ₂ 清洗	23	3.2.8 元素有机涂料	88
2.2 除锈工艺与设备	23	3.2.9 过氯乙烯涂料	92
2.2.1 抛(喷)丸(砂)处理工艺及设备	24	3.2.10 功能涂料	92
2.2.2 化学除锈工艺	26	3.2.11 节能减排型有机溶剂涂料	94
2.3 涂装前磷化处理	29	3.3 涂料的选用与配套	97
2.3.1 概述	29	3.3.1 涂料的选择	97
2.3.2 磷化膜的形成机理	30	3.3.2 涂层的配套性	100
2.3.3 磷化液的组成及作用	33	3.4 溶剂型涂料的涂装工艺与设备	101
2.3.4 磷化渣去除方法与设备	36	3.4.1 浸涂	101
2.3.5 磷化质量的管理	38	3.4.2 高压空气喷涂	103
2.4 钢铁材料的综合处理	45	3.4.3 高压无气喷涂	108
2.5 非铁材料的涂装前处理	46	3.4.4 静电涂装	113
2.5.1 铝及其合金的化学处理	46	3.4.5 机器人涂装	119
2.5.2 锌及其合金的化学处理	47	3.5 溶剂型涂料与涂装的管理	121
2.5.3 镁及其合金的化学处理	48	3.6 喷漆室结构与设备	124
2.5.4 塑料表面处理	48	3.6.1 喷漆室的结构形式	125
2.6 无磷前处理技术	50	3.6.2 干式喷漆室	125
2.7 浸渍式前处理设备与计算	53	3.6.3 湿式喷漆室	126
2.7.1 浸渍式涂装前处理设备	53	3.6.4 喷漆室的有关计算	134
2.7.2 浸渍式表面处理设备的计算	55	第4章 粉末涂料及其涂装	141
2.8 喷淋式涂装前处理设备	64	4.1 概述	141
2.8.1 设备类型	64	4.1.1 粉末涂料涂装发展史	141
2.8.2 设备结构	65	4.1.2 粉末涂装工艺的分类	142
		4.1.3 粉末涂料涂装的特点	143
		4.2 粉末涂料	145

4.2.1 热固性粉末涂料	145	6.2.2 液体浸塑工艺	269
4.2.2 热塑性粉末涂料	156	6.2.3 双色液体浸塑工艺	272
4.3 粉末涂料涂装工艺	158	6.2.4 不良品的处理	272
4.3.1 流化床涂装	158	6.2.5 液体浸塑设备	273
4.3.2 熔射法涂装	164	6.3 水披覆转印工艺与设备	273
4.3.3 静电粉末涂装	165	6.3.1 概述	273
4.3.4 其他涂装	175	6.3.2 水披覆转印工作原理	276
4.4 粉末涂料涂装管理	184	6.3.3 水披覆转印材料	277
第5章 水性涂料及其涂装	187	6.3.4 水披覆转印工艺	278
5.1 乳胶涂料	187	6.3.5 水披覆转印设备简介	282
5.1.1 建筑乳胶涂料	187	6.3.6 水披覆转印常见疵病(故障)、 产生原因及防治方法	283
5.1.2 工业用乳胶涂料	188	第7章 涂层固化	285
5.2 电泳涂料及其涂装	189	7.1 涂层固化的机理	285
5.3 电泳涂料	191	7.1.1 非转化型涂料	285
5.3.1 电泳涂料及涂装的发展	191	7.1.2 转化型涂料	287
5.3.2 电泳涂料的分类	193	7.2 涂层的固化方法	287
5.3.3 电泳涂料的组成	196	7.3 固化设备分类及选用的基本原则	290
5.3.4 电泳涂料树脂结构	199	7.3.1 固化设备的分类	290
5.4 电泳涂装的基本原理	202	7.3.2 固化设备选用的基本原则	291
5.5 电泳底漆涂装工艺条件及其控制	205	7.4 热风循环固化设备	291
5.6 阴极装饰性电泳涂装工艺	213	7.4.1 热风循环固化设备的类型	291
5.7 电泳涂装的后处理	217	7.4.2 热风循环固化设备设计的一般 原则	292
5.8 电泳涂装管理	219	7.4.3 热风循环固化设备的主要结构	293
5.9 特殊基材上的电泳涂装工艺	224	7.4.4 热风循环固化设备相关计算	304
5.10 电泳涂装设备与设计	227	7.4.5 热风循环固化设备的安全与 节能措施	313
5.10.1 电泳槽及辅助设备	229	7.5 辐射固化设备	314
5.10.2 电泳涂装超滤系统	231	7.5.1 辐射固化分类	315
5.10.3 循环搅拌过滤装置	235	7.5.2 影响辐射烘干的因素	318
5.10.4 循环热交换过滤(控温装置)	237	7.5.3 远红外线辐射固化设备的主要 结构	319
5.10.5 槽液补加装置	238	7.5.4 通风系统	322
5.10.6 电极装置与阳极系统	238	7.5.5 温度控制系统	323
5.10.7 电泳涂装所用纯水状况、用量 与水质标准	243	7.5.6 远红外线辐射烘干室的计算	323
5.11 电泳涂装设备的计算	243	第8章 典型涂装工艺	329
5.12 电泳涂装常见故障的排查与处理	250	8.1 汽车涂装工艺	329
第6章 特种涂装工艺与设备	254	8.1.1 汽车车身的涂装工艺	329
6.1 达克罗技术	254	8.1.2 汽车零部件涂装工艺	347
6.1.1 达克罗技术简介	254	8.2 家用电器的典型涂装工艺	349
6.1.2 达克罗涂料组成	258	8.3 农用车涂装工艺	349
6.1.3 达克罗涂覆技术与设备	260	8.3.1 涂料选择	350
6.1.4 达克罗涂层检测标准、技术及 设备	263	8.3.2 农用车涂层技术要求	351
6.2 液体浸塑工艺与设备	267		
6.2.1 概述	267		

8.3.3 农用车涂装材料	354	10.2 涂装工艺设计	398
8.3.4 农用产品的涂装工艺	355	10.2.1 涂装工艺设计的内容	398
8.4 摩托车涂装工艺	358	10.2.2 涂层分类	399
8.4.1 摩托车用涂料的选择	358	10.2.3 涂料选用	400
8.4.2 摩托车涂装工艺	360	10.2.4 涂装方法的确定	401
8.4.3 摩托车漆膜的质量检验	366	10.2.5 涂装的主要工序	403
第9章 涂装三废处理	368	10.2.6 涂装工艺过程的编制	411
9.1 涂装车间的主要污染源	368	10.2.7 工艺设计的通用部分	412
9.2 涂装废水处理	370	10.3 涂装车间平面布置	421
9.2.1 涂装前处理废水处理	370	10.3.1 涂装车间组成及面积分类	421
9.2.2 电泳废水处理	374	10.3.2 平面图设计原则	422
9.2.3 喷漆室废水处理	375	10.3.3 平面布置的方式	423
9.3 涂装废气处理	375	10.3.4 设备平面布置	424
9.3.1 涂装废气的排放控制	376	10.4 材料消耗计算、物流及辅助部门 设计	424
9.3.2 直接燃烧法	377	10.4.1 材料消耗及废料排放量计算	425
9.3.3 催化燃烧法	379	10.4.2 物流、人流线路	427
9.3.4 活性炭吸附法	380	10.5 典型车间设计举例	427
9.3.5 吸收法	385	10.5.1 铝合金车轮喷粉涂装生产线 设计	427
9.4 废渣	387	10.5.2 铝合金车门内板电泳涂装生产线 设计	431
第10章 涂装车间工艺设计	389	10.5.3 卡车驾驶室涂装生产线设计	435
10.1 涂装车间设计程序	389	参考文献	442
10.1.1 设计前期工作阶段	390		
10.1.2 设计任务书	394		
10.1.3 技术设计	394		
10.1.4 施工图设计	395		

第1章 绪 论

1.1 涂装及其要素

涂装是将涂料均匀涂布到基体表面,形成连续、致密、均匀涂膜的操作,一般包括前处理、涂着、固化成膜等主要工序。前处理主要包括去除工件表面的油污、锈蚀、形成稳定的转化膜等内容,使涂膜能够与基体结合牢固,并提高膜层的耐腐蚀性和装饰性。涂着是借助于一定的技术和设备,将涂料均匀地涂布于基体表面,此时的涂膜并没有机械强度和需要的物理、化学性能,只有经过一定的物理、化学过程固化后,才能获得我们所需要的、性能各异的涂层。

涂装是各个环节密切联系、有机串联的整体,涂膜的质量取决于涂装材料(主要是涂料)、涂装技术与设备和涂装管理,三者相互联系,相互影响,通常称之为涂装三要素。

涂料自身的性能以及与其他涂料的配套性是获得优质涂层的基础。选用涂料时,要从涂料的作业性能、涂膜性能要求、经济效益、环境友好性等方面综合考虑,切忌单从涂料价格考虑,忽视涂膜性能。因为随着人工、管理等成本的提高,涂料费用只占整个涂装成本的一小部分,低价位劣质涂料导致涂层的早期返修,会造成更大的经济损失。

涂装技术与设备是保证涂层质量的关键。人们评定涂料的优劣,主要是指漆膜性能的优劣,而漆膜的优劣不仅取决于涂料本身的质量,更大程度上取决于形成漆膜的工艺过程及条件。劣质的涂料自然得不到优质的涂膜,但优质的涂料如果施工和配套不当,也同样得不到优质的涂层。例如,良好的前处理能增强漆膜的附着力和防腐性能,延长涂层使用寿命。反之,则会引起涂层早期脱落、起泡和膜下锈蚀;喷涂技术与设备导致涂层不均匀,将影响涂膜的光泽度、丰满度及色泽;烘干设备和烘干规范选择不当,则会造成涂膜干燥不均、烘不干或过烘干,从而不能发挥涂料的性能。

涂装管理是涂层质量的保证,是确保涂装工艺实施、涂装设备正常发挥作用的必要条件。尤其在机械化、自动化程度高,采用先进技术较多的现代工业涂装中,严格、科学的管理显得更加重要。企业管理水平的高低,已成为企业的象征,成为企业产品质量的代名词,成为企业效益好坏的标志。涂装车间的管理制度主要包括涂装工艺的 implementation 与监督制度、涂装设备的保养与维修制度、车间劳动组织分工、车间人员培训制度、车间环境管理规范、车间安全管理制度、奖惩制度等质量保证体系。涂装现场的整齐、清洁是达到优质涂装的必要条件。大部分涂装车间,如现代化的汽车涂装车间、农用车涂装车间,都采用多品种大量混流的生产方式,现场管理质量关系到涂装质量、成本、安全等方面。

目前,涂装车间通常按精益生产方式及“3S”、“5S”、“6S”现场管理的方法来组织生产和加强现场管理。精益生产方式是介于单件生产和大批量生产之间的生产方式,它是在“多品种小批量”这种市场制约中诞生出来的,被证明是当今汽车生产的最卓越的生产方式。它的核心内容是生产组织中的准时化、自动化以及与之响应的一个流水生产形式,力求零库存、多功能、少人化,把权力和责任同时落实到基层的现场体制。追求不断降低生产成本,

提高产品质量，以“零缺陷”作为质量目标，达到更高的经济效益，从而也具有更强的竞争力。

所谓“3S”是指“整理”、“整顿”、“清扫”；“5S”是在“3S”基础上再加上“清洁”和“素养”等现场管理内容。“3S”管理是对现场的各种状态往复不断地、持续地、螺旋式上升地进行整理—整顿—清扫。它们的简要内容如下。

整理：对生产现场把要与不要的物件分开，去掉不必要的东西。

整顿：对生产现场把要的物件定位、定量，把杂乱无章的东西收拾得井然有序。

清扫：像人要天天洗脸一样，把生产现场打扫得干干净净。

清洁：保持现场整洁、无尘埃、无垃圾。

素养：通过全员、全方位的现场管理，提高全员职工的自觉性、责任感、素质、素养，培养职工当家做主的思想。

通过开展“3S”或“5S”现场管理活动，使工作环境变得整洁、舒适，使生产井然有序，设备故障得到有效的预防和控制，产品质量得以保证。同时还能使人际关系变得融洽和睦，使生产者心情舒畅，精力充沛，使现场管理的五大任务（完成生产任务、提高质量、降低产品成本、实现安全生产、建立良好的劳动纪律）都得到实现。

经验告诉我们，要开展“3S”或“5S”的现场管理活动并有成效，必须做到全员参加、全方位开展，有专业人员组织、指导；领导亲自抓，且必须常抓不懈、持之以恒。

涂装环境对涂膜的形成影响极大，已成为影响涂装质量的重要因素。涂装环境包括涂装车间亮度、温度、湿度、尘埃、防火措施等。满足下列条件可认为是汽车工业涂装的良好环境：明亮且亮度均匀，气温在 15~30℃ 范围内，空气的相对湿度为 50%~70%，空气清洁无尘，换气适当，且有防火措施。

现代化涂装车间在工艺设计时不仅按温度分区布置，更主要的是按所需的清洁度等级分区布置，并要求清洁区维持微正压，以防止外界含尘空气进入。另外，工作人员带入也是尘埃的重要来源，所以在涂装工作人员进入工作区前，先进行风浴，清洗身上的灰尘，而且不允许穿戴易脱落纤维的服装，尤其在静电涂装区，更应注意。

国外某汽车厂对轿车车身涂装车间各区提出如表 1-1 所示的含尘粒（粒径小于 3μm）量的基准。

表 1-1 轿车车身涂装车间各区的含尘粒量的基准^①

名称	区域范围	尘粒子含量限度/(万个/m ³)	正压状况
超高洁净区	喷漆室内	158.6	++++
高洁净区	喷漆室外围 调漆间	352.5	+++ (+) ^②
洁净区	中涂、面漆前的准备区	881	++
一般洁净区	烘干室、前处理区等	2819.6	+
其他区	仓库、空调排风设备间	4229.4	0

① 气温最高不超过 35℃，生产时的最低温度不低于 15℃，停产时的最低温度 12℃。

② 调漆间的微正压为+。

为保持喷漆室内的风速和微正压，均设置独立的供排风系统。为排除有害气体的积聚，创造一个安全、卫生的工作环境，涂装车间内必须进行适当的通风，补给新鲜空气。在一般涂装车间，适宜的通风换气量为室内总容积的 4~6 次/h，调漆间为 10~20 次/h。另外也可

按有机溶剂的毒性换算求得。另外,车间内供排风应平衡,并保证某些工作区为微正压,即供风量大于排风量,所供风应除尘、调温、控湿。

涂装操作人员的素质是涂装质量的重要保证,现代管理必须树立以人为本的管理理念。

人员素质包括人员的天资、职业道德、技术能力和身体素质等。首先应加强思想意识管理。高层管理人员必须牢固树立人的价值永远高于物的价值的观念,珍惜生命,保护人的身体安全;职工必须明确共同价值永远高于个人价值,社会价值永远高于企业价值的道德理念,为社会负责,为企业负责。

其次,加强涂装操作人员技术技能培训。对上岗人员岗前的涂装操作技能、涂装质量、涂装工艺纪律、安全防范等知识进行系统培训并进行考核;对在岗人员,定期进行岗位技能培训,介绍新工艺,新技术,并对生产中经常出现的问题进行总结分析,以指导下一步生产。尤其是涂装车间前处理、电泳、喷涂、检查等重要岗位上涂装操作人员必须定期考核,对考核不合格的必须及时调换,对成绩突出的予以适当奖励,形成勇于进取的良好企业氛围。

工艺纪律管理是指定期或不定期地对工艺文件、涂装工艺执行情况、涂装设备状况和涂装质量进行抽查。一般由工艺部门组织,由专业厂(涂装车间)工艺人员、技术检查人员和生产管理人员参加,检查涂装工艺文件是否齐全,编写质量、更动情况及审批程序是否合法。对每个工位现场对照检查,涂装工艺执行情况以工艺参数合格率来表示。在检查中对发现的问题和返修率高的工序进行技术分析,制定出改进措施,限期解决。如果是操作者的主观原因造成的质量问题,则将检查的结果作为惩罚的依据。

涂装设备的状况是以技术状态、清洁度和完好率来表示的。涂装设备应整洁、完好、运行正常,技术状态良好,不允许带病运转。

涂装质量除在现场用目测或携带仪器进行检查并做好返修外,还应取样送到实验室或有关检测机构按涂层标准进行全面性能检测。

涂料等原材料、涂装技术和涂装管理三要素是相辅相成的关系,忽视哪一方面,都不能获得优质涂层。涂料等化工原料生产技术人员、涂装技术及管理人员、涂装作业人员对这三要素,虽各有侧重,但都应有所了解。涂料配方设计人员也要学习和研究涂料施工知识,针对被涂物的使用环境和涂装工艺条件,设计出作业配套性好、价廉物美的专用涂料,更好地为工业生产服务。涂装技术人员不仅要熟知涂装工艺、有关基础理论、涂装设备的工作原理与结构,也要熟悉和研究各种涂料的性能、规格型号、施工要求、价格和国内外应用实例。只有这样,涂装工艺人员才能设计出先进的、经济效果好的涂装工艺和管理制度。涂装管理和作业人员要了解所用涂料的性能、涂装工艺及涂装设备等方面的知识,以提高技术水平、提高执行工艺的责任性和自觉性。如果一个操作工人只知其然而不知其所以然,盲目操作,就极易产生安全或质量事故,造成资源、能源的浪费。

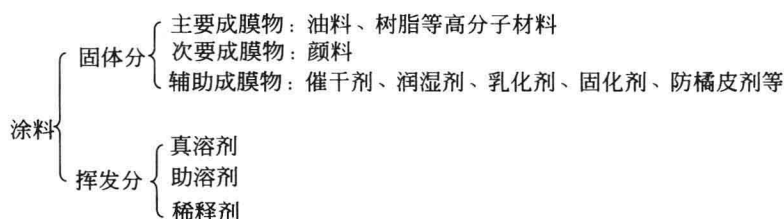
1.2 涂料的组成

1.2.1 涂料的基本组成及其作用

涂料(coating)是以高分子材料为主体,以颜料等为辅助,以有机溶剂、水或空气为分散介质的多种物质的混合物。高分子材料是形成涂膜、决定涂膜性能的主要物质,对涂料的性能起决定作用,称之为主要成膜物。如果高分子材料为有机物,则该涂料称为有机涂

料；若高分子材料为无机物，则称之为无机涂料。颜料等自身没有形成完整涂膜的能力，但能赋予涂层某些特殊的物理、化学或力学性能，称为次要成膜物。为保证涂料的流动性，便于涂料施工、形成均匀的涂膜，必须选用适宜的分散介质。完全以有机溶剂为分散介质的涂料称为溶剂型涂料；完全或主要以水为分散介质的涂料称为水性涂料；不含溶剂，即以空气为分散介质的涂料称为粉末涂料。涂料中所含的可挥发性有机化合物的含量简称 VOC (volatile organic compound)，该值越高，涂料施工过程中，对环境污染越严重，造成的资源浪费越多，因此 VOC 值是衡量涂料对环境友好与否的重要指标。

涂料中还有一些用量小、但对涂料性能有重要影响的物质，称为辅助成膜物，如为加快某些涂料的氧化聚合固化速度，常加入催干剂，为使双组分涂料能够固化成膜，需加入固化剂，为防止涂料施工过程中出现“泛白”，常加入防潮剂等。辅助成膜物又称为涂料助剂，它们的共同特点是用量小、作用显著，对涂料某一方面的性能起重要作用。随着对涂料性能要求的提高，涂料助剂的种类不断增多，其作用越显突出。



主要成膜物、次要成膜物和辅助成膜物构成了涂膜，它们在涂料中的比例称为固体分含量。一般来说，固体分含量越高，涂料的利用率、遮盖力等就越高，因此涂料的固体分含量无论对涂料生产厂，还是涂料使用厂都是一项重要指标，必须经常检测。溶剂对主要成膜物起溶解、分散等作用，并能调节涂料的施工性能和储存稳定性，该组分在涂料固化过程中完全挥发，因此又称为挥发分。

1.2.2 涂料的分类及其命名

国际上涂料的分类标准很不一致，有的按用途分，如工业用涂料，船舶用涂料，建筑涂料等。建筑涂料又分为内墙涂料、外墙涂料、混凝土涂料、木材涂料等；工业用涂料包括汽车专用涂料、塑料专用涂料、自行车专用涂料等。也有的按施工方法分，如静电涂料、电泳涂料、自干型涂料、烘干型涂料等。还有的按功能分，如防锈涂料、防火涂料、导电涂料、耐高温涂料等。

这些分类方法都不够全面，不够科学，不够系统。我国综合了各分类方法，制定了以主要成膜物为基础，结合专业用途分类命名的规则。按主要成膜物将涂料分为十八大类，其中第十八类为涂料用辅助材料。涂料分类及代号见表 1-2。辅助材料分类及代号见表 1-3。

表 1-2 涂料分类及代号

序号	代号	涂料类别	序号	代号	涂料类别	序号	代号	涂料类别
1	Y	油脂树脂	7	Q	硝基树脂	13	H	环氧树脂
2	T	天然树脂	8	M	纤维素	14	S	聚氨酯树脂
3	F	酚醛树脂	9	G	过氯乙烯树脂	15	W	元素有机树脂
4	L	沥青树脂	10	X	乙烯基树脂	16	J	橡胶类树脂
5	C	醇酸树脂	11	B	丙烯酸树脂	17	E	其他
6	A	氨基树脂	12	Z	聚酯树脂	18		辅助材料

表 1-3 辅助材料分类及代号

序号	代号	名称	序号	代号	名称
1	X	稀释剂	4	T	脱漆剂
2	F	防潮剂	5	H	固化剂
3	G	催干剂			

涂料的名称由颜料（颜色）、主要成膜物、基本名称及用途等组成。

涂料全名＝颜料或颜色名称＋主要成膜物名称＋基本名称。

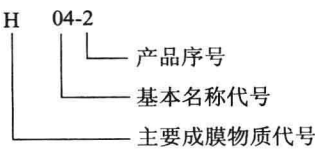
在对涂料命名时，涂料的颜色位于名称的最前面，若颜料对涂膜性能起显著作用，则可用颜料名称代替颜色名称，如白醇酸磁漆、锌黄酚醛防锈漆等；对于有专业用途及特性的产品，必要时在主要成膜物后面加以说明，如醇酸导电磁漆、白硝基外用磁漆等；涂料名称中的主要成膜物名称应适当简化，如聚氨基甲酸酯树脂可简化成聚氨酯树脂；由两种以上成膜物组成的涂料，应选取起主要作用的一种成膜物命名，必要时也可选取两种成膜物命名，起主要作用的成膜物名称在前，起次要作用的成膜物在后，如橘黄氨基醇酸烘漆。

基本名称仍沿用我国习惯名称。如清漆、磁漆、底漆等，基本名称及其代号见表 1-4。

表 1-4 涂料基本名称及其代号

代号	基本名称	代号	基本名称	代号	基本名称	代号	基本名称
00	清油	17	皱纹漆	40	防污漆	64	可剥漆
01	清漆	18	裂纹漆	41	水线漆	66	感光涂料
02	厚漆	19	晶纹漆	42	甲板漆	67	隔热涂料
03	调合漆	20	铅笔漆	43	船壳漆	80	地板漆
04	磁漆	22	木器漆	44	船底漆	81	渔网漆
05	粉末涂料	23	罐头漆	50	耐酸漆	82	锅炉漆
06	底漆	30	(浸渍)绝缘漆	51	耐碱漆	83	烟囱漆
07	腻子	31	(覆盖)绝缘漆	52	防腐漆	84	黑板漆
09	大漆	32	(绝缘)磁漆	53	防锈漆	85	调色漆
11	电泳漆	33	(黏合)绝缘漆	54	耐油漆	86	标志漆、马路划线漆
12	乳胶漆	34	漆包线漆	55	耐水漆	98	胶液
13	其他水性漆	35	硅钢片漆	60	耐火漆	99	其他
14	透明漆	36	电容器漆	61	耐热漆		
15	斑纹漆	37	电阻漆	62	示温漆		
16	锤纹漆	38	半导体漆	63	涂布漆		

涂料型号由主要成膜物质代号、基本名称代号和产品序号三部分组成。例如：



基本名称代号由 00 至 99 之间的两位数字表示（见表 1-4）。其中 00～13 代表涂料基本品种，14～19 代表美术漆，20～29 代表轻工用漆，30～39 代表绝缘漆，40～49 代表船舶漆，50～59 代表防腐漆，60～79 代表特种漆，80～99 代表其他用途漆。涂料产品序号表示同类涂料中，组成、配比或用途不同的系列品种，见表 1-5。辅助材料编号由辅助材料代号和序号两部分组成。例如：

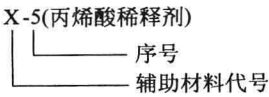


表 1-5 涂料产品序号

涂料品种		序号	
		自干	烘干
清漆、底漆、腻子		1~29	30 以上
磁漆	有光	1~49	50~59
	半光	60~69	70~79
	无光	80~89	90~99
专业用漆	清漆	1~9	10~29
	有光磁漆	30~39	50~59
	半光磁漆	60~64	65~69
	无光磁漆	70~74	75~79
	底漆	80~89	90~99

1.3 涂料与涂装的作用

(1) 保护作用

金属材料或非金属材料，长期曝露于空气中，会受到氧、水分、酸雾、盐雾、各种腐蚀性气体、微生物和紫外线等的侵蚀和破坏。由于涂料能在被涂物表面形成一层连续、致密而均匀的薄膜，与周围介质隔绝，减缓其腐蚀速率，延长使用寿命。

(2) 装饰作用

产品质量是内在质量和外观质量的综合。随着国民经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高，人们对产品外在质量，即美化装饰的要求也逐渐提高，外在质量在整个质量中所占的比重逐渐增大。涂料可赋予各种产品美丽的造型和外观，赋予产品不同的光泽和色彩，甚至可做出立体质感的效果，如锤纹、裂纹、闪光、珠光、多彩和绒面等。改进产品外观质量，起到美化人类生活环境，提高产品使用价值和商品价值的巨大作用。

(3) 功能作用

保护与装饰是涂料的基本作用，但随着科学技术的进步，尤其自 20 世纪下半叶开始，涂料的应用范围日益拓宽，人们期望涂料具有光、电、磁、热等特殊的功能，在特殊的环境中发挥特殊的作用，这类涂料称为功能涂料，涂膜所具有的特殊作用称为功能作用。目前功能涂料已形成涂料领域一个新的门类，研发与生产活跃，新品种不断出现，功能越来越突出，应用领域不断拓宽。如电磁功能涂料中的绝缘涂料、导电涂料、磁性涂料，光学功能涂料中的发光涂料、太阳能选择吸收涂料、红外辐射涂料，热功能涂料中的耐热、隔热、防火、示温等涂料，物理及生物功能涂料中的阻尼涂料、生物防霉涂料等。

1.4 涂料高聚物结构与性能的关系

涂料工业是在高分子科学、粉体科学、胶体与界面化学及化学工程学的基础上发展建立起来的，已逐步形成独自的基础理论和专门技术，其中主要成膜物即涂料高聚物的结构对涂料的性能起决定性作用。

涂料高聚物从来源上可分为天然树脂、人造树脂和合成树脂，目前不同结构的合成树脂是涂料高聚物的主体，人们根据不同的用途需要，选择不同的单体、控制不同的合成条件可

获得不同结构的合成树脂。按高聚物主链组成可分为碳链聚合物、杂链聚合物和元素有机化合物。碳链聚合物是主链完全由碳原子连接而成的一类高聚物，如 PVC、PP、PTFE 等（见图 1-1）。

杂链聚合物主链中除了碳原子外，还有氧、氮等其他原子，如醇酸树脂（图 1-2）、环氧树脂等。

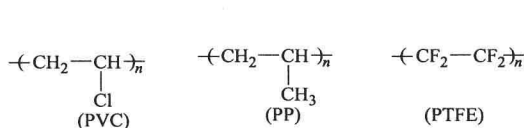


图 1-1 碳链化合物结构示意图

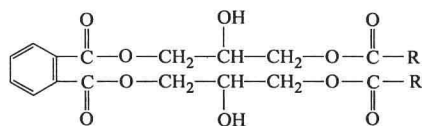


图 1-2 醇酸树脂结构示意图

元素有机化合物则是主链中由碳原子以外的其他原子连接而成的一类化合物，如主链以硅原子为主连接而成的高聚物称为有机硅化合物（图 1-3），以氟原子为主连接而成的高聚物称为有机氟化合物。按高聚物主链结构可分为直链和支链化合物，依据高分子固体化合物形态又可分为晶体和非晶体（又称为无定形固体），前者所含分子是按一定方向有规律排列，而后者高分子排列没有规则，同一高分子化合物可以兼具晶型和非晶型两种结构。高分子化合物的这些结构特征，直接影响着涂料的性能和用途，熟悉高聚物结构与性能的关系，可以帮助我们本质上认识涂料的性能，从而准确地选择和使用涂料。

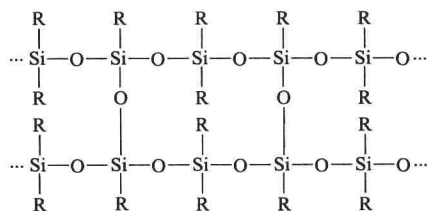


图 1-3 有机硅高分子结构示意图

高聚物的性能主要指塑性、弹性、力学性能、电绝缘性能和化学稳定性等。

弹性与塑性 弹性是指材料受力后发生形变，在力撤除后恢复原来状态的能力。塑性是指高分子材料再加工成型的能力。弹性与塑性取决于高分子链的结构和分子间力大小。如图 1-4 所示，当温度较低时，分子的热运动和链节的自由旋转性都很小，高分子化合物呈现如同玻璃状的硬块，称为玻璃态。随着温度提高，高分子链上的链节可以自由旋转，但整个分子链不能自由运动。高分子链节自由运动，使分子链有强烈卷曲倾向的性能称为高分子链的柔顺性，此时在外力作用下可产生较大的可逆性形变，外力去除后又恢复原状，这种状态称为高弹态。当温度继续升高，高分子链得到的能量足以使整个分子链可以自由移动，成为自由流动的黏液，称为黏流态或塑性态。其中由玻璃态向高弹态转变的温度叫玻璃化温度，用 T_g 表示，由高弹态向黏流态转变的温度称为黏流化温度，用 T_f 表示。

T_g 高于室温的高聚物称为塑料， T_g 低于室温， T_f 较高

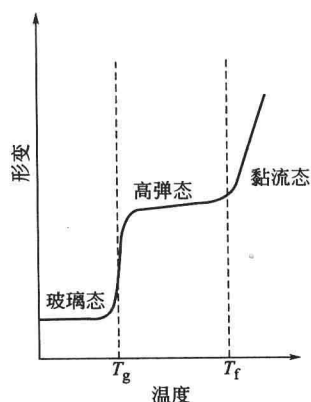


图 1-4 高聚物形态与温度的关系

的为橡胶； T_g 与 T_f 显示材料的耐热、耐寒性， T_g 越高，耐热越好，常温下弹性越低。

T_g 与 T_f 的高低由高分子链的结构决定。高分子链间的作用力越大、交联密度越高、支链越多，链节和分子间运动越困难，弹性与塑性越差。

作为涂料高聚物希望其 T_g 低一些，流动性好，便于施工，但对于涂层来说，希望具有更高的 T_g 与 T_f ，赋予涂层更高的硬度和力学性能。

这就需要控制涂料高聚物的结构、控制固化反应条件，使涂层经过进一步交联固化后实现性能的改变。

力学性能 高分子化合物的力学性能主要是指机械强度，包括抗拉、抗压、抗冲击、硬度等，与高分子化合物的平均聚合度、结晶度及分子间作用力有关。对同一类物质，一定范围内，聚合度越大，分子间作用力越强，聚合物的力学性能越强；高聚物的结晶度越大，分子排列越整齐，分子间作用力越大，力学性能越好。因此，适当提高涂层聚合物的聚合度，可提高涂层的机械强度，提高涂层的硬度、光泽度，但聚合度过高，也必然导致涂层的韧性下降，脆性增大。

电绝缘性能 高聚物的电绝缘性与其结构密切相关，链节结构对称，且无极性基团的高聚物，如 PE、PTFE 等可做高频绝缘材料；无极性基团，但链节结构不对称的高聚物，可做中频绝缘材料，如聚苯乙烯；链节结构不对称，且有极性基团的高聚物，做中低频绝缘材料。

化学稳定性 高分子化合物的化学反应包括链的交联和链的裂解，统称为高分子化合物的老化。链的交联是大分子与大分子间进一步反应，产生体型结构，从而使高分子化合物进一步变硬、变脆，弹性和力学性能下降；链的裂解是高分子链断裂，分子量降低，失去原有的力学性能、物理性能和化学性能。一般高分子化合物活性基团较少，且分子链相互缠绕，使分子链上的基团难以反应，化学稳定性较好，耐酸、碱、盐和有机溶剂的性能较强，因此，如果不是在苛刻的条件下，高分子化合物的老化是一个缓慢过程，也正是这种性质，才能对基体起到长效保护作用。

高分子化合物自身的结构和外界条件决定着其老化速率。高分子主链中含酰胺基、酯键时，高聚物耐水、酸、碱等性能弱，易发生水解反应而降低其使用寿命；结构中含双键、苯环、醛基等基团的高聚物易被空气中的氧气氧化，导致颜色加深，力学性能下降；主链中以醚键连接时，在紫外线照射下，容易断链等。因此，根据高聚物的结构，大致可推测涂层的化学稳定性。

溶解性 高分子化合物按照其溶解性和热稳定性可分为热塑性化合物和热固性化合物。前者受热时可熔融、选择适当的溶剂可溶解，后者既不溶也不熔。即使是热塑性高聚物，其溶解过程一般先溶胀再溶解，比较缓慢。溶剂对高分子化合物的溶解性能可根据相似相溶原理、溶度参数规则进行判断。一般，极性大的溶剂对极性大的树脂有较好的溶解作用，极性小的溶剂对极性小的树脂溶解性较好，结构中有苯环的树脂一般溶解于苯类溶剂中。如聚苯乙烯极性较弱，结构中有苯环，因此可溶于甲苯、乙苯等苯类溶剂，聚甲基丙烯酸甲酯（俗称有机玻璃）极性较强，结构中有酯键，可溶解于极性溶剂丙酮、乙酸乙酯等极性溶剂中。

对于混合溶剂，相似相溶原理难以判断，需要根据溶度参数选择。溶度参数是单位体积物质内聚能的方根。如果溶剂的溶度参数与高聚物的溶度参数越接近，就越容易溶解，称为“溶度参数相近原则”。混合溶剂的溶度参数是各种溶剂溶度参数的分数平均值。常见溶剂及高聚物的溶度参数见表 1-6。

表 1-6 常用溶剂及高聚物的溶度参数

溶剂	溶度参数/(J/cm ³) ^{1/2}	高聚物	溶度参数/(J/cm ⁻³) ^{1/2}	
			理论值	实验值
松节油	16.5	甲基环己酮	18.97	
正辛烷	15.5	苯乙烯	18.97	
乙醚	15.7	水	47.87	
环己烷	16.7	环己酮	20.20	
乙酸正戊酯	17.0	乙醚	15.1	
四氯化碳	17.6	聚四氟乙烯	12.7	
甲苯	18.2	聚二甲基硅氧烷	14.9	15.3~15.5
乙酸乙酯	18.6	聚丙烯	16.2	16.0~16.4
乙酸丁酯	17.34	天然橡胶	16.67	16.2~16.6
二甲苯	17.95	聚苯乙烯	18.65	18.6
三氯甲烷	19.2	聚甲基丙烯酸甲酯	18.92	18.4~19.4
丙酮	20.0	聚氯乙烯	19.6	19.4
二硫化碳	20.5	环氧树脂	19.73	19.8~22.3
乙酸	25.8	酚醛树脂		21.5~23.5
乙醇	26.0	尼龙		26.0~27.8
乙二醇	29.0	聚丙烯腈	26.07	31.5
异丙醇	23.46	聚乙烯	16.6	16.2
正丁醇	23.26	氯丁橡胶		18.5
甘油	33.66			

1.5 涂料与涂装工业的现状与发展方向

涂料工业在国民经济发展中发挥了重要作用，是人民生产、生活不可或缺的基本物质。作为配套行业，涂料工业虽然不像一些支柱产业那样引人关注，但为支柱产业的发展提供了重要保障。2010 年我国石油和化学工业共实现现价工业总产值 88797.3 亿元，同期涂料工业实现工业总产值 2324.59 亿元，占石化工业总产值的 2.62%。经过几十年特别是改革开放后 30 多年的发展，我国涂料行业取得了长足进步。

装备与技术水平显著提高。通过引进设备与关键技术并加以消化吸收与创新，涂料、颜料生产设备制造整体水平提高，大大缩短了与国外先进水平的差距。特别是 20 世纪 80、90 年代，从美、日、欧洲等引进了重要的工业涂料，如汽车涂料、卷材涂料、船舶涂料、粉末涂料等，其中以汽车涂料引进品种较多，从水性阴极电泳底漆、中间涂层到面漆配套引进；有的是通过与外商合资引进涂料新技术，如日本关西涂料公司在国内有湖南、天津、沈阳、重庆四家合资公司，生产成套的汽车涂料，在国内汽车涂料市场占有较大份额。所有引进的涂料技术不仅原材料基本实现国产化，而且核心技术也为行业内企业所消化吸收，并且都有改进和更新换代，对国内整体工业涂料水平的提高起了较大的推动作用。

环境友好型涂料发展迅速。2009 年，全国涂料总量 755.44 万吨，水性涂料、粉末涂料、光固化涂料、高固体分涂料等环境友好型涂料占总产量的 47.9%。环境友好型涂料的发展，符合环保要求，节省了大量有机溶剂。不过整个环境友好型涂料所占比例和欧、美、

日（占60%~70%）相比仍有较大差距。环境友好型涂料品种发展也很快，国外有的，国内也有，只是有些最新品种应用范围和用量逊于国外。

工业涂料、特种涂料品种和质量向齐全和高端发展。作为支柱产业的汽车工业用涂料，对耐候性、装饰性要求很高，尤其是中高级轿车，是工业涂料中的代表，国内在引进的基础上配套发展，除奔驰、宝马等高级轿车用涂料，因与汽车制造外商有协议，指定使用国外涂料外，国产汽车涂料能满足各种汽车要求。自改革开放以来，在国家的支持下，业内开展产学研结合，利用新材料、新技术开发了许多新品种，满足国民经济和国防工业发展要求。国家大型工程如以“鸟巢”为代表的奥运场馆、杭州湾大桥所用防腐涂料，通过盐湖和冻土地区和超低温地区的青藏铁路及客车的防护涂料等大部分为国产；卫星、飞船、坦克、军舰、新式战斗机所用涂料也是国产的。实际上，高科技产业、航空航天、海洋开发、国防军工所需要的特种涂料由于某些国家的封锁，靠进口满足不了要求，主要靠自主开发。现在国家正在发展大飞机、大舰船，建设更多的核电站和高速铁路，需要高功能涂料，基本都要立足国内，涂料行业当前的技术水平基本能满足这些发展要求。

涂料科技创新队伍日益壮大。在国家引导及支持下，企业逐步成为科技创新的主体。近几年业内已建成30多家企业的省级涂料涂装工程技术开发中心以及10多个博士后流动工作站和国家级工程技术开发中心。各省市都有大学相关院系开展涂料研究，通过产学研结合的方式积极承担重要的涂料、颜料开发项目，科技成果、发明专利逐年增多，科技创新呈现一派繁荣景象。这是涂料满足国民经济和国防工业发展需要，赶超世界涂料先进水平的技术保证。

积极推动行业环保工作。在中国涂料工业协会的大力宣传、推动下，涂料生产行业积极进行节能减排，完善三废治理设施，推广低污染涂料产品和污染治理新技术，在业内大力宣传和推广低污染涂料（高固体分涂料、辐射固化涂料、水性涂料、粉末涂料等），尤其重视水性涂料的推广。以水性木器涂料为重点，全国木器涂料产量约72万吨，但水性木器涂料不到2%（欧洲水性木器涂料占其木器涂料总量的20%以上），其余为溶剂型涂料，每年消耗有机溶剂50万吨左右，施工后全部排放至空气中，造成大气污染，又浪费了大量资源。

目前涂料行业也存在许多问题。首先，生产力不集中。涂料生产具有投资少、见效快的特点，改革开放以来乡镇企业发展较快，各地中小型涂料厂蜂拥而上。大部分企业盲目追求大而全、小而全，没有形成自己的拳头产品，导致企业经济效益普遍较差，行业整体技术水平不高。企业对市场调研不力导致无序发展、重复引进、重复建设的问题时有发生，企业无法进行扩大再生产和技术改造，很难与相关工业同步发展，更谈不上引导用户的消费需求。因此，很多高、精、尖的涂料应用领域被外资企业所占领。我国已成为世界第一大涂料生产和消费大国，但远不是涂料强国。国内人均消费量、人均劳动生产率、资源利用率以及产品的附加值等方面与欧、美、日等发达国家差距甚大。其次，科研开发投入少。涂料生产涉及溶剂、树脂、有机原料、颜填料、助剂等数百种原料，其中涂料生产所用的一些大宗原料如氯化法金红石型钛白粉、甲醚化氨基树脂、高档颜料及各种专用助剂等长期依赖进口。一些涂料专用原料品种少、质量差，而国外类似产品价格高，这样就严重影响企业的正常生产，也影响了新产品的持续开发和研制。国外对涂料用树脂的研究非常重视，而我国涂料工业基础研究力量弱，往往只局限于配方的研究，对科研开发投入也较少。国内涂料行业存在只重视生产环节而忽视施工应用研究的不良倾向，产品售后技术服务也比较薄弱。与跨国公司相比差距甚大，尤其在汽车涂料、船舶涂料、集装箱涂料等中高端市场领域的竞争力方面，国