



21 世纪汽车专业“十二五”规划新教材

任务引领、项目驱动型新教材

汽车涂装技术



韩明祖 主编

天津出版传媒集团



天津科学技术出版社



21 世纪汽车专业“十二五”规划新教材
任务引领、项目驱动型新教材

汽车涂装技术

主 编 韩明祖

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

内容提要

本书按照汽车涂装修复的实际工艺过程编写,共分二十一个项目,对应于实际工作中的工序,即材料的选择、设备的使用、表面预处理、底漆的涂装、腻子的涂装、面漆的调色、面漆的涂装、面漆涂装后的收尾及漆面缺陷处理。

在编写过程中,为了使學生能更好地了解每个项目,在每个项目开头都加以“知识目标”与“技能目标”,以使學生对学习内容有个总体了解,在内容上,本书多采用表格、流程图及图文并茂等方式,以帮助學生深刻理解。

本书可作为高职高专院校汽车类专业相关课程的教材,也可作为技术培训教材及汽车维修技师自学的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

汽车涂装技术 / 韩明祖主编. —天津: 天津科学技术出版社, 2009. 12
ISBN 978-7-5308-5426-6

I. ①汽… II. ①韩… III. ①汽车—涂漆—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①U472.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 209414 号

责任编辑: 范朝辉

责任印制: 王 莹

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社出版

出版人: 蔡 颢

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话(022)23332390

网址: www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

北京增富印务有限公司印刷

开本 889×1194 1/16 印张 18.75 字数 660 000

2014 年 6 月第 1 版第 2 次印刷

定价: 38.90 元

前言

随着高速发展的汽车工业成为我国国民经济的支柱产业，汽车维修企业也得以蓬勃兴起。随着私家车数量的增长，事故车的维护日趋上升，汽车钣金与汽车涂装技术的需求急剧增长。汽车涂装不但使汽车的车身颜色变得美观大方，也美化了环境，而且还可以有效地防止金属及非金属的腐蚀，恢复被磕碰、被刮伤及老化等漆膜的性能。

为了适应新的高职教育模式的要求，使学生能够系统地学习汽车涂膜修复的知识和技能，特编写本教材。

本教材共分为涂装材料、涂装设备、涂装工艺、漆膜缺陷处理及涂膜检验等内容。在编写过程中，为了使学生更好地了解每个项目，在每个项目开头，加以“知识目标”与“技能目标”，使学生可对学习内容有个总体了解，在内容上，多采用表格、流程图及图文并茂等方式，以助于理解。

本教材用图标来标示某些特殊教学活动，例如“操作步骤”图标，要求结合实训规范操作，培养学生边阅读边操作的习惯，并且，在每个活动里加“实践活动”图标，给出学生实践所要达到的要求以及课下自学内容，以助学生进一步理解所学内容。

本书在编写过程中参考了一些厂家的技术资料及有关出版物的内容，并得到吉林大学研究生院吴培娣、李志成、王虎和武汉理工大学研究生院刘宠誉等同志的大力支持和帮助，在此对本书所参考文献的作者和为本书编写提供帮助的同志表示衷心感谢。

由于编者的经历和水平有限，教材内容难以覆盖全国各地的实际情况，希望各教学单位在积极选用和推广本教材的同时，注重总结经验，提出修改意见和建议，以便再版修订时改正。

编者

本册编委会

主 审 赵治国

主 编 韩明祖

副 主 编 (排名不分顺序)

杨 鹏 朱群峰 薛德全 李 韬

赵治国 姚 杰 刘 坤

编 委 (排名不分顺序)

冯亚磊 严爱芳 周唤雄

丛书编委会

专家指导委员会主任 韩明祖

专家指导委员会副主任 杨 鹏 朱群峰

专家指导委员会顾问 薛德全 李 韬

编委会委员 (排名不分先后)

蔡世玲 刘秋海 姜 祺 何南昌 蒋溢萍

汤志强 张 杰 王 杰 王忠良 王德良

高洪一 周子星 秦坚强 杨树生 韩明祖

方 敏 李欣然 陈小梅 于 飞 李淑英

吕江毅 邹龙军 江 华 韩亚芹 周双斌

曾 敏 杨正荣 宋晓松 李 威 吴书豪

邹 翔 刘 琼 王 平 余黎煌 林 南

项目一 汽车涂装概述	1
活动一 汽车涂装的作用	1
活动二 涂装作业的安全生产	9
项目二 色彩与汽车	16
活动一 色彩的基础知识	16
活动二 色彩配合	31
活动三 比色与测色	36
活动四 汽车与色彩	39
项目三 金属的腐蚀与涂料防腐蚀技术	42
活动一 腐蚀的基本概念	42
活动二 涂料防腐蚀	44
项目四 涂料的基本知识	46
活动一 涂料的作用与组成	46
活动二 涂料的分类及命名规则	50
活动三 涂料与安全环保	54
项目五 颜料与树脂	57
活动一 颜料的特征	57
活动二 各种不同功能的颜料	59
活动三 树脂	65
项目六 溶剂与辅助材料	72
活动一 溶剂	72
活动二 涂装常用辅助材料	74
项目七 涂装材料的正确使用	81
活动一 涂层的划分及选择	81
活动二 车身涂装底漆的选用	86
活动三 中间层涂料的选用	92
活动四 面漆	95

项目八 其他类型涂料	103
活动一 粉末涂料	103
活动二 汽车用耐腐蚀涂料	106
活动三 汽车用特制涂料	108
项目九 喷枪的结构、使用与维护	115
活动一 喷枪的结构与工作原理	115
活动二 喷枪的操作	123
活动三 喷枪的日常维护	130
项目十 压缩空气供给系统	135
活动一 空气压缩机及其他设备	135
活动二 压缩空气供给系统的分配、使用与维护	142
项目十一 烘干设备	147
活动一 烤漆房的结构与使用	147
活动二 红外线辐射干燥设备	153
项目十二 打磨材料及抛光设备	156
活动一 打磨材料及手工打磨设备	156
活动二 干打磨设备	161
活动三 抛光设备	167
项目十三 其他涂装设备	170
活动一 涂装散件设备	170
活动二 劳保防护装备和各类耗材	176
项目十四 底漆工艺	179
活动一 底漆的基础知识	179
活动二 底漆的喷涂	181
项目十五 原子灰的施涂	188
活动一 原子灰的施涂	188
活动二 原子灰的干燥与打磨	198
活动三 原子灰的修整	201
项目十六 中涂底漆工艺	203
活动一 中涂底漆喷涂	203
活动二 中涂底漆的干燥与打磨	210
项目十七 面漆的调色	214
活动一 调色基础	214

活动二	人工微调	223
活动三	电脑调漆	236
项目十八	面漆的喷涂	240
活动一	喷涂面漆前的准备	240
活动二	面漆的喷涂	246
活动三	面漆层的干燥	254
活动四	涂膜的整修	258
项目十九	特殊涂料涂装	261
活动一	塑料材料的涂装	261
活动二	特殊涂装	265
项目二十	涂膜质量的检测	271
活动一	涂膜质量的检测	271
项目二十一	漆膜缺陷、对策及再修补	278
活动一	外界因素导致的涂膜缺陷	278
活动二	涂料或喷涂操作导致的涂膜缺陷	281
参考文献		292

项目一 汽车涂装概述

知识目标

1. 掌握涂装的定义及作用。
2. 掌握汽车涂装的特点和分类。
3. 掌握涂装三要素的重要意义。
4. 掌握涂装作业中的安全防护措施。



情景描述

汽车是现代化交通工具，其外表面的 90% 以上是涂装面。涂层外观、鲜映性、光泽、颜色等优劣是人们对汽车质量的直观评价，它将直接影响汽车的市场竞争能力。此外，涂装也是提高汽车产品的耐蚀性和延长汽车使用寿命的主要措施之一。因此汽车制造行业越来越重视产品的涂装，尤其是汽车车身的涂装已成为汽车制造最主要的工艺过程之一。

活动一 汽车涂装的作用



活动背景

涂装在我们的日常生活中无处不在，小到各种日常用品，大到航空工业，处处都有涂装的使用。汽车涂装是涂装在汽车工业上的应用，它除了可以赋予汽车丰富多彩的颜色，还可以起到保护汽车的作用。

一、汽车涂装的定义及发展概况

(一) 涂装的定义

涂装是指将涂料涂覆于物面（基底表面）上，经干燥成膜的工艺。已固化的涂料膜称为涂膜（俗称漆膜）或涂层，涂层一般是由两层以上的涂膜所组成的复合层。

汽车涂装是指轿车、大客车、载重汽车、吉普车等各种类型汽车车身及零部件的涂漆装饰，也包括对摩托车和部分农机产品的涂装。

(二) 汽车涂装的发展概况

1. 汽车涂装的发展历史

汽车是以钢材为主的工业制品，如不解决腐蚀问题，将严重影响汽车的外观和使用寿命，而涂装有防腐蚀的作用。因此汽车自问世之初，就与涂装结下了不解之缘。1886 年，“汽车之父”卡尔·奔驰在德国斯图加特制造第一辆汽车时，就用油漆进行防锈和装饰。最初的汽车涂装是以刷涂、自然干燥为主的小批量生产的手工作坊方式，后来才发展成为以喷涂为主的大量流水方式。

(1) 国外汽车涂装的发展过程

因工业发展条件和基础的不同，各国汽车工业的涂装水平存在差异。北美和西欧的汽车涂装技术较

先进,开发了不少新的涂装技术和汽车用涂料新品种;苏联在20世纪70年代引进了国外涂装技术,装备了伏尔加和卡马河汽车厂;日本汽车涂装水平在20世纪60年代初与我国差不多,由于发展迅速,现在其汽车涂装技术水平已进入世界先进行列。

总体来说,世界汽车涂装的发展过程可以划分为五个阶段,参见表1-1。

表 1-1 汽车涂装发展史

阶段	涂装方法	采用涂料	涂装前处理	干燥方法	生产效率 (工时/台)
第一阶段 (1930 年以前)	手工刷漆刮原子灰	自干型油基涂料	手工擦洗	自然干燥	20 ~ 80
第二阶段 (1930—1946 年)	手工喷涂	硝基、醇酸树脂类涂料	碱液清洗	自然干燥或烘干	5 ~ 20
第三阶段 (1946—1963 年)	浸涂底漆、静电喷涂和手工喷涂面漆	水性底漆、氨基面漆、热塑性和热固性丙烯酸面漆涂料	磷化处理	人工烘干和湿碰湿喷涂烘干	3 ~ 5
第四阶段 (1963—1974 年)	阳极电泳涂装和自动静电喷涂	阳极电泳涂料和金属闪光色漆	磷化处理	辐射和对流相结合	3
第五阶段 (1975 年以来)	阴极电泳涂装、高速静电喷涂、对喷涂间排出的废物进行无害处理	阴极电泳涂料、粉末涂料、高固体分涂料、水性涂料及金属闪光面漆、珠光面漆	磷化处理、钝化处理及对回收液的回收再利用	烘干室废弃燃烧净化	3 以下

(2) 国内汽车涂装的发展过程

中国汽车工业起步于20世纪50年代,在1956年7月第一辆“解放”牌汽车开下总装线之前,我国只有汽车修配业,汽车涂装也是作坊式的汽车修补涂装。半个多世纪以来,伴随着中国汽车工业发展的坎坷历程,汽车涂装从载货汽车车身涂装发展至轿车车身涂装,坚持引进、消化和开发的道路,使中国汽车涂装技术逐步实现现代化。

回顾我国汽车车身涂装五十多年的发展过程,可分为四个阶段。

第一阶段:引进汽车涂装技术的消化阶段(1956—1965年)。我国在第一个五年计划期间开创了汽车工业,由苏联斯大林汽车厂包建一汽,首次引进工业化的车身涂装生产线。其涂装技术为:①驾驶室涂装工序是手工清洗—喷涂铁红醇酸树脂底漆—烘干—喷涂第一道醇酸树脂面漆—烘干—喷涂第二道面漆—烘干;②覆盖件在涂底漆前进行磷化处理,均为手工喷涂,增压箱输漆;③喷漆室为侧抽风,烘干室为桥式,采用普通悬挂式输送链,串联式布置。通过全面消化引进苏联的汽车涂装技术,为发展我国的汽车涂装业打下了良好的基础。

第二阶段:阳极电泳阶段(1966—1985年)。随着技术进步,我国也自主开发并采用了阳极电泳涂装以及氨基面漆、“湿碰湿”涂面漆工艺、表面活性剂清洗、辐射烘干和静电涂装等车身涂装技术。在此期间第一汽车厂改造了老的车身涂装线,并设计新建了军用越野车的车身涂装线,在20世纪70年代后期集国内车身涂装技术之大成设计建成了二汽的车身涂装线。为适应小批量的红旗牌、上海牌轿车和630型豪华客车的生产,设计建设了轿车车身涂装车间,采用了下抽风喷涂室,因车身表面不平整,仍保留了以手工作业为主的刮原子灰等的作坊式生产方式。

第三阶段:阴极电泳、普及涂装前磷化处理阶段(1986—1995年)。在此阶段我国汽车行业在引进、消化、吸收国外先进的涂装技术方面做了大量工作,涂装技术有了长足发展,也大大缩短了与先进涂装技术之间的差距。

在六五期间,一汽、二汽、济汽从Haden Drysys公司引进车身涂装技术——浸式磷化处理、阴极电

泳、Hy-Drospin 喷漆室和推杆式运输链等，建成的涂装线于 1986 年 7 月投产。在之后的 10 年中，一汽、二汽、济汽在认真消化引进技术的基础上，为兄弟汽车厂设计和包建了几十条车身涂装线。

为适应轿车工业的发展，自 1988 年起为与引进的轿车产品配套，上海大众引进了六万辆轿车车身涂装线，一汽自己设计了 CKD 和奥迪轿车车身涂装线并于 1991 年建成投产。

第四阶段：现代化、经济规模化阶段（1995 年以后）。自汽车工业向轿车生产转移以来，我国大规模引进技术并合资兴办了现代化的轿车基地。一汽大众和上海大众汽车有限公司引进了采用高转速杯式自动静电涂装、机械手自动喷涂车底涂料、鸵鸟毛擦净机、全浸式磷化处理、阴极电泳涂装、摆杆式输送系统、滑橇输送系统、集中供排风的大型上送风下抽风喷漆室、带废气处理燃烧炉的Ⅱ字型烘干室、中央控制、节能和防止公害等国际先进的车身涂装技术及装备，其年产 15 万辆以上的轿车车身涂装线于 1995 年相继投产，天津汽车工业公司的 15 万辆轿车车身的涂装线也于 1996 年建成投产，这使我国汽车涂装工艺水平和自动化程度实现了质的飞跃，进入了世界先进行列。

2. 汽车涂装的发展趋势

目前，我国的汽车涂装技术在保证高装饰性、高防腐性能的同时，正朝着采用环保材料和工艺、简化工序、降低生产成本的方向发展，今后一段时期内汽车涂装技术的主要发展趋势有以下几方面。

（1）为适应市场竞争的需要并追赶新潮流，努力提高汽车涂层的外观装饰性（高光泽、高鲜映性、多色彩化、增加立体感等）、耐擦伤性、抗石击性和耐环境对涂膜的污染性。

（2）为控制汽车涂装生产带来的环境污染，美国和欧洲的环保法规对挥发有机物（VOC）都做了严格的明确规定。为减少 VOC 的排放量，汽车涂料向着水性化、高固体分和粉末涂料方向发展；为提高涂装效率，减少 VOC 的排放量，中涂、面漆喷涂将普遍采用高转速杯式自动静电涂装机涂装和机械手补喷涂工艺。

（3）尽可能地提高涂装生产效率，简化工艺，减少材料及能源消耗，降低涂装成本。总之，汽车涂装领域发展的方向是在不提高汽车成本的条件下提高产品质量，将涂装对环境的污染降到零。

二、汽车涂装的作用

路上汽车来来往往，五颜六色，观察它们的漆面质感，有的光艳，有的暗淡，更可依色泽分辨出车龄和档次，这就是涂装的作用。涂层质量的优劣直接影响购车者的感观印象和车辆本身的品牌形象。目前售价 10 万元以上的车型，车身多用镀锌防锈钢板，但仍不足以抵御长年累月风吹雨打的侵蚀，因此防腐是车身涂装的一个重要目的；另一个目的就是对车身的装饰美化。当然，不同的汽车对其功用的要求会有所侧重，比如轿车（尤其是高级轿车），它的涂装就是以装饰性为主，要求涂层外观漂亮、色泽鲜艳、镜物清晰；而对于载货汽车而言，它的涂装功用就更侧重于防腐和提高耐用性方面了。

总的来说，涂装有以下几方面的作用。

（一）保护作用

大量资料表明，国内外每年因锈蚀造成的损失相当惊人。据世界银行提供资料，1996 年美国国内总产值为 74 335 亿美元，因金属腐蚀损失为 2 000 亿美元，约占国民生产总值的 2.7%。而涂装是最方便、最可行的防腐蚀方法之一。

汽车作为交通工具需要经常在室外使用，运行环境复杂，经常会受到水分、微生物、紫外线和其他酸碱气体、液体等的侵蚀，有时会被磨、刮、蹭而造成损伤，冬季有时为了防止路面上雪水结冰，会在道路上撒许多盐粒，这使得车体腐蚀更为严重。如果在它的表面涂上涂料，形成具有一定耐水性、耐候性和耐油、耐化学品等性能的涂膜，就能保护汽车免受损坏，延长使用寿命。

车身表面经涂装后，可以隔绝空气中的水分、酸、碱、盐、微生物及其他腐蚀性介质和紫外线等对产品裸露基体的破坏，或者通过涂层的隔绝作用减少或避免直接的机械碰撞、日晒雨淋等损伤，以减缓底材的损坏速度，延长使用寿命；有些涂料对金属来讲还能起到缓蚀作用，比如磷化底漆可以借助涂料内部的化学成分与金属反应，使金属表面钝化，这种钝化膜加强了涂膜的防腐蚀效果。

（二）装饰作用

现代汽车不但是实用的交通运输工具，而且更像是一种艺术品。涂装可使被涂物具有色彩、光泽、鲜映性、平滑性、立体感和标志等，给人以美的视觉感受并提高商品销售价值。绚丽的色彩与优美的线型融为一体构成了汽车的造型艺术，协调的色彩烘托了汽车的造型，使汽车具有更佳的艺术美。有些豪华型轿车，不仅要使涂膜外观光可鉴人、品位高雅诱人，而且要求鲜映性 PGD 值达到 0.8 ~ 1.0。

（三）标识作用

利用不同颜色的涂层作为区别事物的标志，在国际上已被广泛采用并逐步标准化。利用不同色彩的涂料制成色彩标识用来表示警告、危险、安全或停止等信号；在各种管道、道路、容器、机械、设备上涂上各种色彩涂料，能调节人的心理、行动，便于操作者识别和操作；各种气体钢瓶、危险品、化学药品等涂上不同色彩的涂料，便于识别和安全保管使用；在道路画线标志和交通管制上，利用不同色彩的涂层表示警告、危险、前进及停止等信号，以保证交通安全畅通。

◎ 学习支持

在汽车上涂装不同的颜色和图案可以区别不同用途的汽车。例如：消防车涂成大红色；警车涂成蓝白间色；邮政车涂成橄榄绿色，字号、车号为白色；救护车涂成白色并做红十字标记；工程车涂成黄色与黑色相间的条纹，字及车号用黑色，等等。

（四）特殊作用

某些涂装借助具有特殊组成的专用涂料形成的涂层，具有特殊的功能，如隔声、绝热、防火、防滑、防辐射、绝缘、伪装等功能，这在航空航天、舰船、汽车、光纤，以及生活、实验等产品装备方面非常有用。例如：化工物品运输车辆要在车体表面或货箱、罐仓内部涂布耐酸碱、耐油、耐热、绝缘等涂料以防止化学品的腐蚀、渗漏等；汽车底盘的塑胶涂层具有良好的防止沙石撞击、泥水酸碱腐蚀的作用和隔声效果；军用汽车采用保护色达到隐蔽的作用；用于船舶底部的涂装具有防污（防海生物附着）、抗微生物腐蚀的功能，漆中的毒剂缓慢渗出，可杀死寄生在船底上的海洋生物，特殊的试温涂层可指示被涂物面的温度变化；为使导弹、航天器等在飞行过程中不至于被大气摩擦产生的高温烧毁，在其表面涂覆一种既耐高温又耐摩擦的防火涂料；此外还有用于消音等方面的材料。

三、汽车涂装的特点和分类

（一）汽车涂装的特点

汽车涂装的目的是使汽车具有优良的耐蚀性和高装饰性外观，以延长其使用寿命，提高其商品价值。汽车生产一般都是大量流水线生产，在工业发达国家，一条涂装线的年生产能力达几十万台车身，甚至上百万件汽车零部件。汽车涂装的质量要求很高，是工艺最现代化的工业涂装的典型代表之一，很多涂装新工艺、新技术是由汽车工业带头开发的，很多涂料新品种的探索及开发是由汽车工业促进的。综上所述，汽车涂装具有下列特点。

1. 汽车涂装属于高级保护性涂装

涂层必须具备极优良的耐蚀性、耐候性和耐沥青、油污、酸、碱、鸟粪等物质的侵蚀作用。汽车属户外用品，因而要求汽车涂层能适应寒冷地区、湿热带、工业地区和沿海等各种气候条件，在国际市场上具有竞争能力的汽车应适应世界各地的气候条件。

在湿热带的沿海地区，使用的汽车腐蚀特别严重，涂装不完善的汽车车身或车厢，经几个月就能锈蚀穿孔。北美、北欧等国家在严寒季节为防止路面结冻打滑，在高速公路上撒盐、撒沙，造成汽车车身的严重腐蚀。许多国家颁布了汽车涂层的防腐蚀基准，如果达不到基准要求，用户有索取赔偿的权利。

汽车车身表面在储运和使用过程中常会落上鸟粪和沾染路面的沥青、油污等，如果涂层不耐上述污物的侵蚀，就会产生斑印而影响汽车的装饰性。汽车在高速行驶过程中，常受前车扬起的尘土和沙石的

冲击,如果汽车涂层的耐崩裂性不好,易产生麻坑,从而影响涂层装饰性和耐腐蚀性。另外,因轿车的行驶速度高,车身又离路面近,所以耐崩裂性是轿车涂层的主要指标之一。

在高温高湿条件下涂层易起泡,在严寒地区涂层易开裂,在热带强日照的条件下涂层易失光、变色、粉化,这就要求涂层具有优良的耐候性。

2. 汽车涂装(以车身涂装为主)属于中高级装饰性涂装

必须进行精心的涂装设计和具备良好的涂装环境及条件,才能使涂层具有优良的装饰性。汽车是城市运输和短途运输的主要交通工具,汽车的装饰性除车型设计外,主要是靠涂装,因此汽车涂层的装饰性直接影响汽车的商品价值。

汽车涂层的装饰性主要取决于色彩、光泽、鲜映性、丰满度和外观等方面。汽车的色彩一般根据汽车类型、汽车外形设计和时代流行的色彩来选择。除特殊用途的汽车(如军用汽车)外,一般都希望汽车涂层具有极好的光泽和鲜映性。例如,运动型跑车的色彩多采用明快的大红色、明黄色等,给人以强烈的动感;高级轿车多采用较深的色调,给人以庄重、稳健的感觉。光泽和鲜映性的优劣不仅取决于所选用的涂料,还与汽车车身外形设计、车身加工(钣金加工、装配)的外表精度有关,一般感觉圆弧面或凸出面的光泽较平面要好。另外光泽和鲜映性还与涂层的配套工艺有关。

涂层的外观优劣直接影响涂层的装饰性,涂膜的橘皮、颗粒是影响涂层外观的主要因素。一般要求汽车外表涂层平整光滑,镜物清晰,不应有颗粒。

3. 汽车涂装是最典型的工业涂装

汽车制造涂装流水线的生产节奏一般为几十秒至几分钟,为此必须选用高效快速的涂装前表面预处理方法、涂装方法、干燥方法、传送方法和工艺设备。汽车修补涂装也是如此,为恢复汽车涂层的要求,达到无痕修补的目的,汽车修补涂装也采用了与汽车制造涂装相类似的先进的涂装设备、涂料和施工工艺,因此可以达到与汽车制造相同的良好效果。

4. 汽车涂装产品一般为多涂层涂装

汽车车身涂层如果是单涂层则会失去装饰性,漆面会显得不够饱满,色彩干涩且达不到上述优良的保护性。所以汽车涂层一般都是由三层以上的涂层组成的,如轿车车身的涂层就是由底涂层(主要是防锈底漆层)、中间涂层(提高上下涂膜的结合能力,提供韧性和抗冲击能力)和面涂层(提供多彩的颜色)组成的,涂层的总厚度一般控制在 $100\mu\text{m}$ 左右。

(二) 汽车涂装的分类

基于涂装对象不同,涂装目的和技术要求千差万别,所采用的涂料和涂装工艺也相差甚远,因而涂装的名称甚多。汽车涂装是按被涂物的名称分类的,属工业涂装的范畴。所谓工业涂装,即涂装工艺已形成工业生产的流程,流水作业生产,涂装过程的机械化和自动化程度较高,涂膜干燥一般采用烘干方式。

1. 按涂装对象分类

汽车涂装按涂装对象分类,大体上可分为新车的制造涂装和旧车的修补涂装。

汽车制造涂装包括车身外部涂装、车厢内部涂装、车身骨架的涂装、底盘部件的涂装、发动机部件的涂装、电气设备部件的涂装等内容。

(1) 车身外部涂装

车身外部涂装是汽车制造涂装的重点,达到高装饰性和抗腐蚀性的目的,并且与汽车用途相适应,具有优良的耐久性。

(2) 车厢内部涂装

车厢内部涂装指客车车厢内部表面和载货车、特种车的驾驶室内部表面的涂装。

(3) 车身骨架的涂装

车身骨架是指支撑汽车覆盖件且构成汽车形体的承力结构件总成。

(4) 底盘部件的涂装

汽车底盘部件都在汽车的下部,要求涂膜具有良好的耐水、耐油、抗冲击和耐久性,尤其是底漆应有良好的附着力。

(5) 发动机部件的涂装

发动机的温度较高且经常接触水和油等,因此要求漆膜应耐热、耐水和耐油。

(6) 电气设备部件的涂装

电气设备部件涂装主要要求防水、防腐蚀和绝缘,对于蓄电池附近的构件则要求耐酸。

汽车修补涂装总的目的就是要恢复汽车原有的涂层技术标准和达到无痕迹修补的目的,根据需要修补部位和面积的大小可以分为重新喷涂(简称“重涂”或“全车喷涂”)、局部修补(根据修补面积又可分为“点修补”和“板修补”)和零部件修补涂装。

2. 按涂层层数分类

汽车涂装一般属于多层涂装,按涂层(coat)的层数及烘干(bake)次数不同,又可分为单层涂装体系(1C1B)、双层(2C2B)、三层(3C3B)、四层(4C4B)和五层(5C5B)等涂装体系。

为达到高级豪华轿车的高装饰性一般都采用4C4B或5C5B涂装体系。为克服单层涂装易产生涂膜不完整的缺陷,优质耐腐蚀耐酸或耐汽油涂层的涂装一般都采用双层涂装体系。

为适应市场竞争之需,各汽车制造厂都在努力提高涂层质量,加上其他措施,以确保汽车整车使用10年,汽车车身的使用寿命达20年或行程30万km以上不产生结构损坏的锈蚀。

四、汽车涂装的三要素

为使涂层满足底材、被涂物要求的技术条件和使用环境所需的功能,保证涂装质量,获得最佳的涂层,取得最大限度的经济效益,必须精心进行涂装工艺设计,掌握涂装各要素。涂装工程的关键,是涂装材料、涂装工艺和涂装管理这三个要素。在工业化流水生产的汽车涂装中抓住、抓好这三要素显得尤为重要。

(一) 涂装材料

涂装材料的质量和作业配套性是获得优质涂层的基本保障。汽车修补涂料和汽车制造涂料是不同的,因此在选用涂料时要根据实际情况,从涂膜性能、作业性能 and 经济效益等方面综合衡量,汲取他人经验或通过实验加以确定。如果忽视涂膜的性能而单纯考虑涂料的价格,有时会明显地影响涂膜质量,缩短涂层的使用寿命,造成早期补漆或重新涂漆,从而造成更大的经济损失。如果涂料选用不当,即使精心施工所得涂层也不可能获得良好的效果,如内用涂料用作面漆,就会早期失光、变色和粉化;在硝基旧漆层上喷涂双组分面漆会出现咬底、开裂等现象。又如含铁颜料的涂料涂在黑色金属表面是好的防锈涂料,而涂在铝制品表面上反而会促进铝的腐蚀。

(二) 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,降低生产成本的必要条件。涂装工艺包括:涂装技术的合理性和先进性,涂装设备的先进性和可靠性,涂装环境条件和工作人员的技能、素质,等等。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。灰尘是涂装的大敌,涂装环境的好坏直接影响到涂膜的质量,高级装饰性的汽车车身涂装必须在除尘、通风、照明良好的环境下进行。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。近一二十年来汽车制造厂家都不惜巨大的代价提高涂装线的机械化和自动化水平,目的是为了减少人为因素,确保涂层质量的稳定,降低返修率。

(三) 涂装管理

涂装管理是确保所制定工艺的实施,确保涂装质量的稳定,达到涂装目的和最佳经济效益的重要条

件。涂装管理包括工艺管理、设备管理、工艺纪律管理、质量管理、现场环境管理、人员管理等。在机械化、自动化程度较高、采用先进技术较多的现代化汽车涂装中,严格的科学管理显得非常重要,尤其是从作坊式生产向工业化流水生产及从卡车涂装向轿车涂装转移之际,注意和加强涂装管理这点显得更加重要。我国的涂装技术和车用涂料与国外先进的相比,差距不大,落后的主要是在管理方面。国内存在着马虎、凑合、迁就等消极管理态度是涂装不出优质、高级装饰保护性涂层的主要原因之一。这种态度不具有市场竞争和创名牌意识,要靠严格的科学管理和思想教育来克服。

◎ 重要提示

上述涂装三要素是互为依存的制约关系,忽视哪一方都不可能达到优质涂装的目的。涂装材料制造和应用的工程技术人员、工艺管理和涂装作业人员对这三要素虽各有所侧重,但都应有所了解。从工厂设计和工艺设计开始就应抓涂装三要素。

五、常用的涂装方法

常用的涂装方法有刷涂法、浸涂法、淋涂法、辊涂法、空气喷涂法、高压无气喷涂法、静电喷涂法、电泳涂装法和粉末涂装法等。涂料的类型、品种不同,它们各自有着一定的涂装特点、涂装要求以及涂装方法。涂料的性能、用途、适应范围等又决定了涂料的涂装方法的适用范围。它们之间有着密切的关系,即可独立存在去完成相应涂料的涂装,又可用不同涂装方法组合配套进行涂装,根据被涂产品的质量要求施行复合涂层层次间的涂装方法。

(一) 浸涂

浸涂是将经过表面处理的被涂物直接浸没在大量的液态涂料中,经短时间浸渍后,从槽内取出,将多余的漆液滴尽并流回漆槽,利用涂料与被涂物表面的附着力使涂料附着在被涂物表面的涂装方法。

浸涂的方法很多,小批量可用手工浸涂法,大批量生产可用机械浸涂,一般配置有运输链,将被涂物悬挂在运输链上进行流水线生产,这样比较容易实现涂装自动化。该方法的特点是操作简单,涂装效率高,所用设备简单。但只能用于颜色一致的涂装,不能套色,且被涂物上下部的涂膜厚薄不均匀,溶剂挥发量大,易污染环境。

(二) 喷涂

喷涂是用特制的喷涂设备(主要是喷枪)将涂料雾化,借助于压力或离心力,分散成均匀而微细的雾滴,施涂于被涂物表面的涂装方法。可分为空气喷涂、无空气喷涂、静电喷涂以及上述基本喷涂形式的各种派生的方式,如大流量低压力雾化喷涂、热喷涂、自动喷涂、多组喷涂等。喷涂中的主要问题是高度分散的漆雾和挥发出来的溶剂,既污染环境,不利于人体健康,又浪费涂料,造成经济损失。

(三) 刷涂

刷涂是用动物毛发或植物纤维制成的刷子将涂料刷在物体表面的涂装方法。该方法工具简单,缺点是劳动强度大、工效低,现已有刷辊式涂饰机可选用。

(四) 辊涂

辊涂法又称机械辊涂法,利用棉制或化学纤维制成的辊轮,在辊上形成一定厚度的湿涂层,通过辊轮的滚动将涂料均匀涂布在物体表面的涂装方法。

辊涂机由一组数量不等的辊子所组成,涂漆辊一般是橡胶的,供料辊、托辊一般用钢铁制成,通过调整两辊的间隙可控制涂膜的厚度。辊涂机又分板材单面涂漆与双面同时涂漆两种,结构上又有同向、逆向两种类型,逆向辊更适合卷材的连续涂装。辊涂法适用于连续自动生产,生产效率极高,涂膜厚度可以控制,涂料黏度较高,减少了稀释剂的使用,涂料利用率高,涂膜质量好。其缺点是设备投资大,加工时可能会有金属板断面切口和损伤,需进行修补。

（五）电泳涂装

电泳涂装是将被涂物浸没于涂料中，将被涂物与涂料加以不同极性的电荷，利用外加电场使悬浮于电泳液中的颜料和树脂等微粒定向迁移并沉积于电极之一的基底表面的涂装方法。电泳涂装是近 30 年来发展起来的一种特殊涂膜形成方法，是对水性涂料最具有实际意义的施工工艺。具有水溶性、无毒、易于自动化控制等特点，迅速在汽车、建材、五金、家电等行业得到广泛应用。

电泳涂装是把工件和对应的电极放入水溶性涂料中，接上电源后，依靠电场所产生的物理化学作用，使涂料中的树脂、颜料在以被涂物为电极的表面上均匀析出沉积形成不溶于水的漆膜的一种涂装方法。电泳涂装是一个极为复杂的电化学反应过程，其中至少包括电泳、电沉积、电渗、电解四个过程。电泳涂装按沉积性能可分为阳极电泳（工件是阳极，涂料是阴离子型）和阴极电泳（工件是阴极，涂料是阳离子型）；按电源可分为直流电泳和交流电泳；按工艺方法又有定电压和定电流法。目前在工业上较为广泛采用的是直流电源定电压法的阳极电泳。

（六）刮涂

用刮板将涂料刮于被涂物表面的涂装方法。

刮刀以金属或非金属制作。有钢质、玻璃钢、牛角片、木质、硬胶皮等刮刀。视其材质和形状的不同，可分别用于填孔、补平、塞缝、抹平等作业。

（七）静电喷涂

在喷涂设备上加以一定电压的静电电量，利用高压静电电场使带负电的涂料微粒沿着电场相反的方向定向运动，并将涂料微粒吸附在工件表面的一种喷涂方法。

静电喷涂设备由喷枪、喷杯以及静电喷涂高压电源等组成。

◎ 原理分析

工作时静电喷涂的喷枪或喷盘、喷杯，涂料微粒部分接负极，工件接正极并接地，在高压电源的高电压作用下，喷枪（或喷盘、喷杯）的端部与工件之间就形成一个静电场。涂料微粒所受到的电场力与静电场的电压和涂料微粒的带电量成正比，而与喷枪和工件间的距离成反比，当电压足够高时，喷枪端部附近区域形成空气电离区，空气激烈地离子化并发热，使喷枪端部锐边或极针周围形成一个暗红色的晕圈，在黑暗中能明显看见，这时空气产生强烈的电晕放电。

涂料中的成膜物即树脂和颜料等大多数是由高分子有机化合物组成，多为导电的电介质，溶剂性涂料除成膜物外还有有机溶剂、助溶剂、固化剂、静电稀释剂及其他各类添加剂等物质。这类溶剂性物质除了苯、二甲苯、溶剂汽油等之外，大多是极性物质，电阻率较低，有一定的导电能力，它们能提高涂料的带电性能。

涂料经喷嘴雾化后喷出，被雾化的涂料微粒通过枪口的极针或喷盘、喷杯的边缘时因接触而带电，当经过电晕放电所产生的气体电离区时，将再一次增加其表面电荷密度。这些带负电荷的涂料微粒在静电场作用下，向正极的工件表面运动，并被沉积在工件表面上形成均匀的涂膜。

（八）搓涂

将布料或其他材料浸沾涂料后用搓拭的方法将涂料涂布于被涂物表面的涂装方法。

◎ 实践活动

1. 查找图片资料，比较早期的涂装设备与当前涂装设备的差异。
2. 参观涂装车间，了解在涂装过程中都用到了哪些涂装方法。

活动二 涂装作业的安全生产



活动背景

汽车涂装生产一直是作业危险性较大的生产方式之一，建立完善的安全管理制度、采取合理的安全生产管理方式是保护工作人员安全和健康的基础，也是企业安全生产的根本要求。

一、涂装安全的重要性

在汽车涂装作业中，由于涉及对身体有害的化工物料较多，汽车修补涂装中还会产生很多粉尘，这些物质对操作人员的身体健康会产生不同程度的损害，使操作者急性和慢性中毒并患职业病、药伤和皮肤斑疹等疾病。另外，涂装也是对环境污染较大的一个行业，无论是在涂料干燥过程中挥发出来的大量有机溶剂，还是每次喷涂完毕后人为丢弃的剩余涂料和溶剂、耗材等，都会给环境造成较大的污染和危害。

据有关资料显示：我国涂装过程中的火灾事故日趋严重，与日本同期相比，是日本的20倍；苯的检出率占职工总数的1%，疑似率占3%；涂装前处理喷砂和喷丸所引起的砂肺病发病率有显著增加；由涂装前处理造成的酸雾侵蚀对操作人员的健康损害也相当严重；喷涂过程中的爆炸和火灾时有发生，造成了更为严重的损失。这些现象引起了党和政府的重视，加强了安全生产和环境保护，制定了有关安全生产和环境保护的法规政策，如涂装涂复安全规程、涂装涂复通风净化安全规程，涂装前处理安全规程，涂装前处理通风净化安全规程，涂装安全管理规程和监督条例，环境保护法，等等。此外还专门设置了涂装安全技术标准委员会，负责组织和推动涂装安全规程贯彻过程中出现技术问题的解决和攻关，接受日常生产中提出的各项涂装安全技术问题的技术咨询，并制定有关涂装安全技术的科研规划、设备研究、生产协调，促使涂装安全技术不断发展。

以上都充分说明涂装的安全生产是有极其重要的现实意义而且是非常重要的，因此，从事涂装工作的技术人员有必要全面熟悉涂装安全、涂装公害及其防治方法等知识。

二、涂装作业的危害

涂装作业涉及多种危害因素，其中最突出的问题是在涂装原辅材料中，多数存在燃烧、爆炸和毒性等理化特性，有些物料在作业过程中还有粉尘危害。此外，工业化涂装还大量使用化工、机电、输送、加热和燃烧等设备，所以危险、有害因素存在于涂装生产的各个工艺环节。

（一）涂料的危害

涂装车间所用的涂料及调稀所用的溶剂绝大部分都是易燃和有毒物质，在涂装过程中形成漆雾、有机溶剂蒸气、粉尘，它们与空气混合积聚到一定的含量范围时，一旦接触明火，就很容易引起火灾或爆炸事故。操作人员长期接触或吸入体内会引起慢性中毒，有损操作人员的健康，若将它们排放室外，则会导致大气污染，造成公害。

涂料的毒性主要是由所含的溶剂、颜料和部分基料等有害物质造成的。有机溶剂一般都具有溶脂性（对油脂具有良好的溶解作用）。所以当溶剂进入人体后能迅速与含脂肪类物质发生作用，特别是对神经组织产生麻醉作用，产生行动和语言的障碍，造成失神状态。有机溶剂对神经系统的毒性是其共性，但因化学结构不同，各种有机溶剂还有它的个性，毒性也不一。以苯为例，在苯的浓度 $100 \sim 300 \text{mg/m}^3$ 的环境下长期工作，就可能产生程度不同的慢性苯中毒。

涂料中主要的有害物质有以下几种。

1. 有机溶剂型混合物或挥发气体：如甲氧基醋酸丙酯乙醇、丁醇、二甲苯、醋酸乙酯和醋酸丁酯。