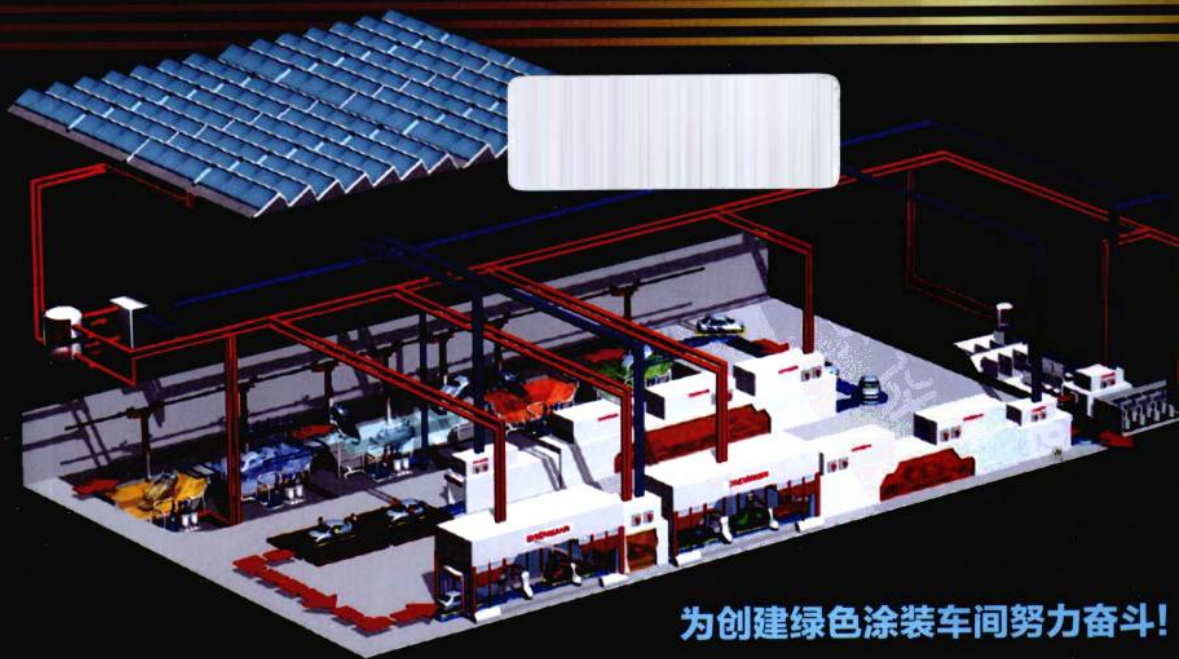


# 涂装车间 设计手册

TUZHANG CHEJIAN  
SHEJI SHOUCHE

第二版

◎ 王锡春 主编



为创建绿色涂装车间努力奋斗!



化学工业出版社



LEADING IN PRODUCTION EFFICIENCY

## ECO ⊕ EFFICIENCY SYSTEM

通过 ECO ⊕ EFFICIENCY SYSTEM, 杜尔集团展现出企业对高效节能的责任感。该技术代表了高品质的生产, 可持续优化工艺、节省原材料并降低单台制造成本。



[www.durr.com](http://www.durr.com)

ISBN 978-7-122-15758-4



9 787122 157584 >

销售分类建议: 机械/汽车/涂装

定价: 150.00元

# 涂装车间 设计手册

TUZHUANG CHEJIAN  
SHEJI SHOUCHE

第二版

◎ 王锡春 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本手册共 13 章。新版除对涂装车间的工艺设计、前处理、电泳、喷漆室、粉末涂装、喷涂机器人和烘干室等涂装设备设计,机械化输送设备设计,电控设计和环保安全设计等章节修订、充实专业内容外,扩大了专业面,增编了第 13 章“创建绿色涂装车间”内容。手册更全面系统地介绍了绿色涂装车间设计的相关知识、设计经验数据和最新专业动态。本手册是作者和参编人员近 40 年收集的专业资料和工作经验的总结。

本手册可作为从事汽车、摩托车、农机、交通运输、工程机械、轻工、家用电器、建材和其他工业涂装专业人员,涂装车间设计人员(含工艺、涂装设备、机械化输送设备、电控等设计人员)和涂装设备及输送设备制造厂商专业人员的工具书;可作为涂装现场工程技术人员、涂装工人和涂装材料科研、生产、应用部门技术人员的参考读物;也可作为涂装专业培训班和大专院校的教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

涂装车间设计手册/王锡春主编. —2 版. —北京:  
化学工业出版社, 2013. 1  
ISBN 978-7-122-15758-4

I. ①涂… II. ①王… III. ①油漆车间-设计-手册  
IV. ①TQ639.6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 258738 号

---

责任编辑:路金辉  
责任校对:陈静

文字编辑:李锦侠  
装帧设计:史利平

---

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 35¼ 字数 870 千字 2013 年 3 月北京第 2 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: 150.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2013—1 号

# 目 录

## 绪论

0.1 工业涂装概况 .....	1
0.2 工业涂装工艺实例 .....	2
0.3 我国涂装设备产业状况 .....	4
0.4 涂装车间设计 .....	5
附件 0-1 集装箱涂装 .....	6
附件 0-2 工程机械涂装工艺技术的探讨 .....	9
附件 0-3 铝合金型材涂装工艺 .....	12

## 第1章 涂装车间（线）的工艺设计

1.1 涂装工艺设计内容 .....	15
1.2 工艺设计中应树立的新观念 .....	17
1.3 工艺平面布置图设计 .....	18
1.3.1 平面图设计原则 .....	18
1.3.2 平面布置的方式 .....	19
1.3.3 工场内的物流、人流线路 .....	20
1.3.4 设备平面布置的注意点 .....	20
1.3.5 绘制工艺平面布置图例 .....	20
1.3.6 工艺平面布置图设计的评价方法 .....	22
1.4 涂装车间（线）工艺设计水平的评价 .....	23
1.5 提高涂装车间（线）工艺设计水平的措施 .....	24
附件 1-1 涂装车间（线）设计基础资料 .....	26
附件 1-2 轿车车身涂装车间各线的输送速度计算和 3C3B 典型涂装工艺流程实例 .....	28
附件 1-3 谈汽车车身涂装工艺设计的先进·可靠性·环保·安全性和生产· 经济性——如何提高涂装工艺设计水平 .....	31

## 第2章 涂装前处理设备（装置）设计

2.1 涂装前处理工艺和处理方式 .....	38
2.1.1 涂装前磷化处理工艺 .....	39
2.1.2 新一代环保型无磷涂装前处理工艺（硅氧烷处理技术） .....	44
2.1.3 铝及其合金涂装前氧化处理工艺 .....	46

2.1.4	涂装前抛丸（喷砂）处理工艺	51
2.1.5	塑料件涂装前处理工艺	53
2.2	连续式前处理喷淋区段的设计	56
2.2.1	喷嘴的种类及特征	56
2.2.2	喷淋处理时必要的能力	57
2.2.3	喷淋室	57
2.2.4	间室	58
2.2.5	喷淋泵	58
2.2.6	处理液槽	58
2.2.7	喷淋配管及喷嘴布置	59
2.2.8	前处理设备的供排风	60
2.3	浸渍式前处理槽的设计	60
2.3.1	浸用槽体	60
2.3.2	槽液循环搅拌系统	61
2.3.3	加热装置	61
2.4	相关装置	62
2.4.1	油水分离装置	63
2.4.2	磷化除渣装置	64
2.4.3	槽液浓度自动管理装置	66
2.5	节水技术和清洗水循环再生利用技术	66
2.5.1	节水技术	67
2.5.2	清洗水循环再生利用技术	69
2.6	涂装前处理设备的发展趋势	70
附件 2-1	前处理车身用先进的旋转浸渍输送机	71
附件 2-2	可调球形喷嘴和三种喷头的流量数据及喷流图形	73
附件 2-3	国内目前涂装前处理工艺已采用的各种分离、过滤装置（器）的流程图和照片	75
附件 2-4	硅烷在涂装前处理工艺中的神奇应用	79
附件 2-5	硅烷技术在涂装过程中的实际应用及管理	88

## 第3章 电泳涂装设备设计

3.1	电泳涂装	92
3.1.1	电泳涂装主要特征	93
3.1.2	电泳涂装局限性	93
3.1.3	阳极电泳涂装和阴极电泳涂装的比较	94
3.1.4	电泳涂装工艺	95
3.1.5	阴极电泳涂装的工艺条件	97
3.2	电泳涂装方面的专门用语	98
3.2.1	电泳涂装专业用语	98
3.2.2	电泳涂膜弊病（缺陷）	102
3.3	电泳涂装设备和附属装置的功能	103

3.4	电泳涂装设备设计要点 .....	104
3.4.1	电泳槽、备用槽 .....	104
3.4.2	电泳槽液循环系统和过滤装置 .....	106
3.4.3	热交换器 .....	108
3.4.4	超滤(UF)装置 .....	108
3.4.5	电泳用直流电源和阳极系统 .....	109
3.4.6	涂料补加装置 .....	110
3.4.7	电泳涂装室 .....	111
3.4.8	电泳后清洗设备 .....	111
3.4.9	电泳涂装设备设计例 .....	113
3.5	电泳涂装生产线设备管理要点 .....	115
3.6	自泳涂装及其设备设计要点 .....	116
3.6.1	自沉积机理 .....	117
3.6.2	自泳涂装工艺流程 .....	117
3.6.3	自泳涂装设备设计要点 .....	118
附件 3-1	日本的电泳槽液逆流循环方式 .....	121
附件 3-2	谈阴极电泳涂装工艺设备的精益优化设计 .....	123
附件 3-3	电泳涂膜弊病(缺陷)及其防治 .....	133
附件 3-4	关于电泳涂装的新循环装置的采用业绩 .....	138

## 第4章 喷漆室及其相关设备设计

4.1	喷漆室的功能和分类 .....	146
4.2	喷漆室系统中的设备及其组成 .....	148
4.2.1	喷漆室本体 .....	152
4.2.2	供风系统 .....	153
4.2.3	漆雾捕集和排风系统 .....	154
4.2.4	循环水系统 .....	155
4.3	喷漆室设计参数的选择 .....	155
4.3.1	喷漆室大小及布置 .....	155
4.3.2	风速和供排风量的平衡 .....	157
4.3.3	湿式喷漆室的总供水量计算 .....	158
4.3.4	照明 .....	159
4.4	相关装备的设计要点 .....	160
4.4.1	供风装置 .....	160
4.4.2	漆雾捕集装置 .....	162
4.4.3	废漆清除装置 .....	164
4.4.4	喷涂设备的材质 .....	164
4.5	喷漆室的安全与环保措施 .....	165
4.6	喷漆室设计、使用中的注意事项 .....	166
4.7	喷漆室系统设备的课题 .....	167

4.8 喷漆室节能、削减 CO <sub>2</sub> 排出量的技术动态 .....	168
4.8.1 喷漆室节能减排的技术措施 .....	169
4.8.2 喷漆室排风循环利用 .....	169
4.9 油漆循环供漆系统的设计与选型 .....	171
4.9.1 油漆循环系统概述 .....	172
4.9.2 油漆循环方式的选择 .....	172
4.9.3 循环系统内的设备选择 .....	175
4.9.4 油漆循环系统的监控 .....	180
4.9.5 结论 .....	182
附件 4-1 喷漆室系统用过滤材料 .....	183
附件 4-2 干式喷漆室的技术进步 .....	187
附件 4-3 油漆循环系统 (PCS) 管路设计及质量控制 .....	196
附件 4-4 汽车水性漆供漆系统与智能电动泵的应用 .....	199
附件 4-5 汽车厂喷漆室空调采用热泵 CO <sub>2</sub> 排出量大幅度削减 .....	204

## 第5章 粉末涂装设备设计

5.1 粉末涂料的涂装方法 .....	207
5.2 粉末涂装的基本知识 .....	208
5.2.1 粉末概述 .....	208
5.2.2 设计时须知的粉末涂装用语 .....	208
5.3 粉末涂装法及其设备构成 .....	209
5.3.1 流动床浸渍法及其设备构成 .....	209
5.3.2 静电粉末喷涂法及其装置构成 .....	209
5.3.3 静电粉末喷涂设备的设计实例 .....	215
5.3.4 静电流动床浸渍法 .....	217
5.3.5 静电粉末振荡涂装法 .....	218
5.4 粉末涂装的防火防爆 .....	219
5.5 粉末涂装的前景 .....	220
附件 5-1 智能型供粉中心的特性介绍 .....	221

## 第6章 机器人静电喷涂技术的规划设计

6.1 喷涂机器人的主要优点 .....	223
6.2 专用术语 .....	224
6.3 喷涂机器人的选用和配置 .....	227
6.3.1 喷涂机器人的选型 .....	227
6.3.2 喷具的喷涂流量 .....	228
6.3.3 喷具相对工件的喷涂移动速度 .....	229
6.3.4 喷涂相关的元器件的配置 .....	229
6.3.5 喷漆机器人站的控制方式 .....	230



6.4	喷漆机器人喷涂轨迹的设置 .....	231
6.5	喷漆机器人离线编程技术 .....	231
6.6	自动喷涂工艺和设备的新动向 .....	231
	附件 6-1 标准喷涂机器人系统的特性介绍 .....	237
	附件 6-2 金属及珠光底色漆的 100% 旋杯喷漆工艺的探讨 .....	240
	附件 6-3 喷涂施工自动化 .....	243

## 第7章 固化（干燥）的基础知识和涂装用烘干室设计

7.1	涂膜固化机理 .....	249
7.2	烘干方面的专门用语 .....	250
7.3	水分干燥及烘干室的设计 .....	255
	7.3.1 水分干燥的基础知识 .....	255
	7.3.2 水分烘干室的设计程序 .....	256
	7.3.3 新型的水分烘干室 .....	257
7.4	烘干室的组成及其功能 .....	258
	7.4.1 热风式烘干室 .....	258
	7.4.2 辐射式烘干室 .....	262
	7.4.3 强冷室 .....	265
7.5	涂膜烘干室的设计与计算 .....	266
	7.5.1 设计依据（必要条件） .....	266
	7.5.2 烘干室实体尺寸的计算 .....	267
	7.5.3 烘干室的热量计算 .....	268
	7.5.4 循环风量的计算 .....	269
	7.5.5 烘干室区域的划分和排气 .....	269
	7.5.6 烘干室设计和计算方法举例 .....	270
7.6	烘干室的维护保养 .....	272
7.7	烘干室的节能减排技术措施 .....	272
	7.7.1 烘干时加热方法多样化，加热方式复合化 .....	273
	7.7.2 烘干室加热能源混合化 .....	274
	7.7.3 烘干室精益化设计 .....	274
	7.7.4 开发新的节能高效的涂膜固化技术 .....	275

## 第8章 涂装用机械化运输设备的设计

8.1	概述 .....	276
	8.1.1 涂装生产中机械化运输设备的作用和意义 .....	276
	8.1.2 涂装生产中机械化运输设备的选择要点 .....	278
8.2	架空运输机 .....	279
	8.2.1 悬挂输送机及其组成部分 .....	280
	8.2.2 积放式悬挂输送机 .....	284

8.2.3	摆杆输送机 .....	292
8.2.4	全旋反向输送机 .....	293
8.2.5	多功能穿梭输送机 .....	295
8.3	地面输送机 .....	296
8.3.1	地面反向积放式输送机 .....	296
8.3.2	滑橇输送机 .....	302
8.3.3	鳞板式地面输送机 .....	316
8.3.4	普通地面推式输送机 .....	316
8.3.5	特种地面输送机 .....	317
8.3.6	反向轨道输送机 .....	317
8.4	摩擦传动输送机 .....	319
8.4.1	摩擦传动输送机的标准部件及结构特点 .....	319
8.4.2	摩擦传动输送机运行原理 .....	321
8.4.3	摩擦传动输送机的使用范围及链条传动 .....	321
8.5	起重运输设备 .....	321
8.5.1	电动葫芦 .....	321
8.5.2	单梁起重机 .....	322
8.5.3	自行葫芦输送机 .....	323
8.5.4	前处理电泳专用起重机 .....	325
8.6	吊具 .....	327
8.7	机械化运输设备的设计与计算 .....	330
8.7.1	确定设计计算的原始资料 .....	330
8.7.2	载荷小车组技术参数的确定 .....	330
8.7.3	滑架与链条的选择 .....	333
8.7.4	输送机生产率、链条速度及生产节拍的计算 .....	337
8.7.5	输送机系统中载荷小车组(或滑橇)数量的确定 .....	340
8.7.6	输送机最大牵引力及电机功率的计算 .....	341
8.8	输送机的维护与管理 .....	344
8.8.1	润滑油的选取及供油装置 .....	344
8.8.2	输送系统的保养简介 .....	345
8.8.3	输送链的异常状况 .....	345
	附件 8-1 前处理、电泳涂装用输送设备的新进展 .....	346

## 第9章 涂装车间的电控设计

9.1	概述 .....	352
9.2	需求识别 .....	352
9.2.1	业主需求 .....	352
9.2.2	工艺设备需求 .....	352
9.2.3	其他需求 .....	353
9.3	总体方案 .....	354
9.3.1	典型二层网络方案 .....	354

9.3.2	面向数字化管理方案 .....	355
9.3.3	经济型方案 .....	355
9.3.4	ProfiNet 方案 .....	356
9.3.5	其他方案 .....	357
9.4	系统划分 .....	357
9.4.1	需要考虑的因素 .....	357
9.4.2	参考实例 .....	357
9.5	统一技术措施 .....	358
9.6	元件及材料选择 .....	359
9.7	原理设计 .....	360
9.7.1	总则 .....	360
9.7.2	前处理设备电控设计要则 .....	362
9.7.3	电泳设备电控设计要则 .....	362
9.7.4	喷漆室系统设备电控设计要则 .....	363
9.7.5	烘干设备电控设计要则 .....	363
9.7.6	其他小型设备电控设计要则 .....	364
9.7.7	滑橇输送设备电控设计要则 .....	364
9.7.8	积放链输送系统电控设计要则 .....	365
9.7.9	程控行车输送系统电控设计要则 .....	366
9.7.10	转运车输送系统电控设计要则 .....	366
9.7.11	垂直地面链等小型输送系统电控设计要则 .....	366
9.7.12	自行葫芦输送系统电控设计要则 .....	367
9.7.13	识别系统设计要则 .....	367
9.7.14	中央控制室 .....	367
9.8	控制柜(箱、台)布置 .....	369
9.9	端子接线 .....	370
9.10	外部管线 .....	370
9.11	系统操作使用说明书 .....	372
9.12	软件 .....	372
9.13	电控系统设计评价 .....	374
9.14	参照标准 .....	374

## 第10章 劳动量、动力、涂装用材料的设计计算

10.1	劳动量计算及操作人员确定 .....	375
10.1.1	工时定额及专用工位数的计算 .....	375
10.1.2	人员数量的计算 .....	377
10.1.3	劳动量的计算 .....	377
10.2	动力计算 .....	378
10.2.1	水耗量的计算 .....	378
10.2.2	电耗量的计算 .....	379
10.2.3	蒸汽(热水)、煤气(天然气)等耗量的计算 .....	379

10.2.4	空调机热损耗的计算	383
10.2.5	压缩空气耗量的计算	383
10.2.6	能源汇总	383
10.3	材料消耗计算、物流及辅助部门设计	385
10.3.1	材料消耗及废料排放量计算	385
10.3.2	物流及辅助部门设计	387
附件 10-1	喷枪和各种气动工具的耗气量及工作气压	389
附件 10-2	暖通和各种动力汇总资料格式	390
附件 10-3	汽车车身涂装生产材料定额	392

## 第11章 涂装车间安全和环保设计

11.1	概述	393
11.2	涂装车间安全和环保专业用语	394
11.2.1	防火防爆	394
11.2.2	爆炸范围	395
11.2.3	有机溶剂蒸气的相对密度	395
11.2.4	粉尘爆炸	395
11.2.5	静电和避雷	395
11.2.6	防苯中毒	396
11.2.7	高空和箱内涂装作业的安全	397
11.2.8	防噪声、防振动	399
11.2.9	涂装公害“三废”	399
11.3	涂装车间的安全设计	400
11.3.1	土建、公用设施的安全设计	400
11.3.2	涂装车间工艺设备的安全设计	402
11.3.3	涂装车间安全管理设计	402
11.4	涂装车间的环保(三废处理)设计	404
11.4.1	废气处理设计	405
11.4.2	废水处理设计	410
11.4.3	废弃物处理设计	412
11.4.4	涂装车间排水再利用循环技术	414
附件 11-1	涂料用有机溶剂的特性	417
附件 11-2	车间空气中有害物质的最高容许浓度	419
附件 11-3	德国艾森曼公司的废气净化设备	424
附件 11-4	GB 8979—1996《污水综合排放标准》	427
附件 11-5	一般有机溶剂型工业涂装线的环境负荷典型案例分	429

## 第12章 工艺概算及技术经济指标

12.1	工艺概算	434
------	------	-----

12.2 技术经济指标 .....	434
12.3 能耗和环保指标 .....	436
附件 12-1 涂装设备估价办法 .....	437
附件 12-2 HJ/T 293—2006《清洁生产标准——汽车制造业（涂装）》 .....	439
附件 12-3 轿车车身涂装线的能源消耗及 CO <sub>2</sub> 排出量的计算例 .....	441
附件 12-4 日本丰田汽车公司涂装规划项目的 2010 年目标 .....	443

## 第13章 创建绿色涂装车间

13.1 低 VOC 化绿色涂装工艺技术 .....	446
13.1.1 加速工业涂料更新换代, 采用 VOC 含量低的涂料 .....	448
13.1.2 提高涂装效率(涂着效率)、提高涂料的有效利用率, 降低涂料损失 .....	449
13.1.3 优化涂装工艺, 调整膜厚, 减少涂料耗用量 .....	451
13.1.4 依靠技术进步, 加强管理, 削减洗净溶剂用量 .....	452
13.1.5 焚烧处理 .....	453
13.2 节能减排、低碳化绿色涂装工艺技术 .....	453
13.2.1 涂装前处理和电泳涂装方面的节能减排工艺技术 .....	455
13.2.2 在喷漆室方面的节能减排技术 .....	456
13.2.3 在涂膜固化(烘干)方面的节能减排工艺技术 .....	457
13.2.4 开发采用热泵技术和可再生能源, 削减 CO <sub>2</sub> 排放量 .....	458
13.3 无害化绿色涂装工艺技术 .....	459
13.3.1 涂装前处理方面 .....	459
13.3.2 在涂料方面 .....	460
13.3.3 涂装车间的废弃物处理方面 .....	460
13.4 加强科学管理, 向涂装管理要效益 .....	460
附件 13-1 汽车用水性涂料的特征及其涂装技术 .....	462
附件 13-2 汽车涂装采用热泵技术和削减 CO <sub>2</sub> 排放量效果 .....	472
附件 13-3 汽车涂料中有害物质限量 .....	481
附件 13-4 创建零涂装缺陷的汽车涂装线 .....	484
附件 13-5 绿色涂装车间 Eco ⊕ Paintshop .....	492

## 附录

附录 1 各种黏度标准换算表 .....	497
附录 2 各种细度换算表 .....	497
附录 3 涂装用的砂纸、砂布、水砂纸规格一览表 .....	498
附录 4 不同温度下的露点温度 .....	498
附录 5 干湿球温度计换算表(相对湿度, %)	499
附录 6 水在不同温度时的物理常数 .....	500
附录 7 饱和水蒸气的基本常数 .....	501
附录 8 水的温度与蒸汽压力关系(0~100℃) .....	501

附录 9	每平方米液面每小时散热量 .....	502
附录 10	某些液体在 0~100℃ 的平均比热容 $C$ .....	502
附录 11	干空气在 $P = 101325\text{Pa}$ 大气压时的物理常数 .....	502
附录 12	涂装与气温、湿度的关系 .....	503
附录 13	计量单位换算表 .....	504
附录 14	法定计量单位表 .....	505
附录 15	AQ 5201—2007《安全生产行业标准——涂装工程安全设施验收规范》 .....	508
附录 16	ISO 14644—1 洁净室和洁净区空气洁净度等级 .....	512
附录 17	《机械工业工程设计基本术语标准》(涂装部分用语) .....	513

## 企业信息资料 (广告) 索引

常州市骠马涂装系统工程有限公司  
 上海凯密特尔化学品有限公司  
 中国汽车工业工程公司  
 机械工业第九设计研究院有限公司  
 上海市机电设计研究院有限公司  
 帕柯工业设备(上海)有限公司  
 上海金派克有限公司  
 上海浦江涂装技术工程有限公司  
 深圳市柳溪机械设备(集团)有限公司  
 佛山市奥通工业设备有限公司  
 华立集团  
 盐城百德防腐工程有限公司  
 江苏长虹汽车装备集团有限公司

苏州苏净安发空调有限公司  
 常州市大众涂装设备有限公司  
 北京兴信易成机电工程有限公司  
 海得科膜分离技术(北京)有限公司  
 重庆长江涂装设备有限责任公司  
 重庆曙光涂装工业有限公司  
 无锡强工机械工业有限公司  
 浙江华立涂装设备有限公司  
 武汉材保表面新材料有限公司  
 沈阳帕卡瀚精有限总公司  
 杭州五源科技实业有限公司  
 杜尔涂装系统工程(上海)有限公司

## 0.1 工业涂装概况

工业制品的装饰性、耐候性、耐久性、防腐蚀性和某些特种功能都是通过表面处理形成的，制取各种非金属涂层（或称有机涂层）的工艺称为涂装，制取金属镀层的工艺称为电镀（或热喷、浸镀）。目前装饰保护工业制品的工艺涂装占主导地位。

当初，小批量生产场合，涂装是作坊式生产，以手工作业为主，设备简陋。随着生产规模的扩大，产量的提高，质量及技术要求的提高，必须走工业化道路，按生产节拍或被涂物在一定速度运行过程中按工序流水作业进行涂装，形成由涂装前处理、涂布、涂膜固化等工序及相应的涂装设备（或装置）组合而成的，并有输送机械设备贯穿全线的涂装生产线（简称涂装线）。流水作业的涂装线获得工业应用已有近百年的历史，我国采用流水作业线涂装是在 20 世纪 50 年代，第一个五年计划期间前苏联援建的工业企业（如一汽、一拖）装备了流水式的涂装线。

涂装线的命名分类：按涂装线的组成要素命名分类（见表 0-1），一般按涂装产品分类命名（如车身涂装线、集装箱涂装线、车轮涂装线等），或者按涂装方法分类命名（如阴极电泳涂装线、中涂、面漆喷涂线、浸涂线、静电喷涂线等）。

表 0-1 涂装线的分类

要素	分类名称
被涂物输送方式	连续式、间歇式、批量生产、悬挂式（推杆链）、地面链（滑橇输送）等
涂料品种	有机溶剂型、水性、粉末、UV、EV、电泳涂料等
被涂物材质	金属（黑色或有色）、塑料、木材、玻璃、纸等
行业	汽车、电器制品、金属制品、建材、铁道车辆、家具等
表面处理方式	喷射、浸渍、半浸半喷、溶剂洗净
涂装方法	喷涂、静电喷涂、浸涂、淋涂、静电粉末喷涂、辊涂、幕式涂装、电泳涂装
自动化	自动、半自动、手动
烘干室类型	热风循环（对流）、喷气式、辐射板、红外线（远红外、近红外）等

工业产品零部件（中小件）涂装线一般附设在加工车间或装配车间内。大型被涂物和生产规模大的场合，会独立设置涂装车间（厂），一般由若干条涂装线（工段）组成。涂装车间规模大小相差很悬殊；随所选用的涂装工艺先进性和复杂程度，涂装设备和自动化程度，生产线和被涂物大小的不同，小的涂装线的工艺投资只需几十万或几百万人民币，大的涂装车间工艺投资达上亿人民币。例如经济规模的（JPH60 台/h，年产 30 万台）轿车车身涂装车间在 20 世纪 90 年代报价 1 亿美元左右，目前新建的最现代化的、JPH 为 62 台/h 的轿车车身涂装车间工艺需投资 10 多亿人民币。

2011 年，国内外引入了“绿色涂装”理念。绿色涂装必须采用新的环保型涂装材料，

先进可靠的涂装工艺技术及装备和创新的科学管理保证涂装质量高且稳定，低成本、少或无污染。环保、节能减排目标，需要进行逐工序、逐台设备审核，通过择优选用涂装工艺、涂装材料及涂装设备，使材料及工艺成本最优化、精益化设计。

21世纪新建和改造的汽车车身涂装车间需兼顾实现以下四个方面的目标值。

高品质：涂层的耐久性、耐腐蚀性、抗划伤性、使用寿命。

商品价值：外观装饰性、颜色、客户的需求。

经济性：节省投资（投资性价比高）、节能、涂装成本低。

环境友好性：低VOC化、低碳化、无害化、污水及废弃物少。

## 0.2 工业涂装工艺实例

随不同的工业产品，不同的涂装技术要求（标准）和所选用的涂装材料及涂装方法不同，工业涂装工艺千变万化，多种多样。涂装工艺简单的10多道工序，要求高的由几十道甚至上百道工序组成；归纳可分为单涂层和多层体系（如由底涂层+中涂层+面漆层组成）的涂装工艺；工序按其作业内容及实质可归纳为以下四大基本工序。

涂装前表面准备工序：含表面清理（除油、除锈）、表面处理（转化膜处理）、水洗、打磨、擦净、静电除尘、水分干燥等工序。

涂布工序：采用各种不同的涂装方法将涂料涂布到被涂物上的工序（含手工涂装，自动涂装工序）。

涂膜固化工序：晾干（预烘干）、烘干、UV和电子束固化等。

其他辅助工序：被涂物装挂、转挂、转移、调向、升降、质量检查（中间、最终检查，AUDIT）、编组、识别等。

工业制品的涂装工艺是由上述基本工序组合而成。汽车涂装工艺实例如表0-2所列；工业涂装（家电、钢制家具、IT部件）工艺实例如表0-3所列。还有近20多年来发展极快的，形成流水作业涂装生产线的集装箱涂装、工程机械涂装、铝合金型材涂装，请分别参见附件0-1、附件0-2和附件0-3。本手册涵盖的主体是由流水作业的涂装线组成的涂装车间设计，不包含建筑涂装、船舶涂装、工程重防腐涂装等定位的涂装工程设计。

表 0-2 汽车涂装工艺实例

被涂物	前处理	烘干 水分	涂底漆			涂中涂			涂面漆			输送	
			涂装	晾干	烘干	涂装	晾干	烘干	涂装	晾干	烘干		
车 身	轿车	锌盐磷化 处理、全浸	无	阴极 电泳	无	160℃ 25min	溶剂型、 水性、粉 末喷涂	RT <sup>①</sup> 10min	140℃ 25min	水性、溶 剂型 罩光	RT 10min	140℃ 20~25 min	悬挂式 +地面
	客 车	锌盐磷化 处理、 浸(喷)	无	阴极 电泳	无	160℃ 30min	溶剂型 喷涂	RT 10min	140℃ 25min	溶剂型	RT 10min	140℃ 25min	葫芦+ 地面
			120℃ 10min	溶剂型	RT 10min	160℃ 25min							
商 用 车	锌盐磷化 处理、 全浸	无	阴极 电泳	无	160℃ 25min	溶剂型、 水性喷涂	RT 10min	140℃ 25min	溶剂型 罩光	RT 10min	140℃ 25min	悬挂式 +地面	



续表

被涂物	前处理	烘干水分	涂底漆			涂中涂			涂面漆			输送
			涂装	晾干	烘干	涂装	晾干	烘干	涂装	晾干	烘干	
车架	锌盐磷化处理、浸(喷)	无	阴极电泳	无	180℃ 30min	—	—	—	—	—	—	悬挂式葫芦
车轮	锌盐磷化处理、浸	无	阴极电泳	无	180℃ 30min	—	—	—	溶剂型	RT 10min	140℃ 30min	悬挂式
									粉末	无	180℃ 25min	
摩托车金属件	锌盐磷化处理、喷	无	阴极电泳	无	180℃ 25min	溶剂型 喷涂	RT 10min	140℃ 25min	溶剂型 罩光	RT 10min	140℃ 25min	悬挂式
塑料件	洗净(酸性、中性)	100℃ 10min	—	—	—	溶剂型 喷涂	RT 10min	120℃ 20min	溶剂型 喷涂	RT 10min	120℃ 20min	悬挂式 +地面
铝合金件	铬酸盐处理	120℃ 10min	—	—	—	—	—	—	溶剂型	RT 10min	140℃ 25min	悬挂式 +地面
									粉末	无	180℃ 30min	
金属件(内装)	锌盐磷化处理	无	阴极电泳	无	180℃ 25min	—	—	—	—	—	—	悬挂式
发动机和车桥总成	洗净或手工擦净	100℃ 10min	—	—	—	—	—	—	溶剂型 水性 (喷涂)	RT 10min	90~ 100℃ 30min	悬挂式
修补	打磨	—	刮腻子	—	80℃ 10min	涂底漆	RT 5min	80℃ 20min	指定色	RT 10min	80℃ 20min	自行

① RT指室温。

注：1. 表中各涂层的烘干规范随所选用涂料的烘干性能而有变化，总的趋向是低温化。

2. 锌盐磷化处理将被环保型无磷前处理工艺所取代。

表 0-3 工业制品涂装工艺实例(按涂料、材质、行业分类)

被涂物	前处理	烘干水分	涂底漆			涂面漆			输送	
			涂装	晾干	烘干	涂装	晾干	烘干		
涂 料	溶剂型	锌盐、铁盐磷化处理	120℃ 10min	20μm	5~ 10min	140℃ 20min	20μm	5~ 10min	140℃ 20min	悬挂式
	水性	锌盐磷化处理	120℃ 10min	喷涂或 电泳 (ED) 20μm	10~ 15min 无	160℃ 25min	20μm	10~ 15min	160℃ 25min	悬挂式
	粉末	锌盐、铁盐磷化处理	120℃ 10min	—	—	—	30~ 60μm	—	160~ 180℃ 25min	悬挂式
	UV	—	—	—	—	—	20μm	30s	30s	地面
	电子束	—	—	—	—	—	20μm	1~2min	30s	地面