

涂装设备 简明设计手册

TUZHUANG SHEBEI
JIANMING SHEJI SHOUCE

赵光麟 主编 马春庆 副主编



化学工业出版社

涂装设备 简明设计手册

TUZHUANG SHEBEI
JIANMING SHEJI SHOUCE

赵光麟 主编 马春庆 副主编



化学工业出版社

·北京·

本书主要讲述了涂装生产线的工艺设计、非标准设备的设计及相关配套设备的选择、生产线的输送系统及电控系统等。工艺设计介绍了不同的产品、不同的生产纲领、不同的质量要求,如何正确制定工艺方案及绘制工艺平面布置图。非标准设备的设计介绍了预处理、电泳、各种喷涂室、烘干室的结构及各种工艺参数的计算。介绍了用于涂装线的各种输送方式及设备的用途。还介绍了各种设备的电控设计方式。同时还介绍了相关方面的现代先进技术,并指出了未来的发展方向。

本书内容简明、联系实际,特别是作者介绍了三十余年总结的许多经验计算方法,可以有效节省计算时间。

本书可作为从事汽车、农机、工程机械、轻工、家电、建材和其他工业涂装设备设计专业技术人员、工艺人员和涂装设备制造厂家的涂装设备设计人员的工具书,也可作为涂装专业培训班的教材。

图书在版编目(CIP)数据

涂装设备简明设计手册/赵光麟主编. —北京:化学工业出版社, 2011.2
ISBN 978-7-122-13113-3

I. 涂… II. 赵… III. 涂漆-施工机具-技术手册
IV. TQ639.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 276511 号

责任编辑:辛 田 王晓霁
责任校对:陈 静

文字编辑:冯国庆
装帧设计:张 辉

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:三河市延风印装厂
787mm×1092mm 1/16 印张11 字数258千字 2012年4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:50.00 元
京化广临字 2012—1 号

版权所有 违者必究

编写人员名单

主 编	赵光麟		
副主编	马春庆		
参 编	张学永	田元超	康惠春
	王传波	刘书铎	杨 勇
主 审	逢振中		
顾 问	王锡春		

序

众所周知,涂装的质量、成本、效率 80% 由生产工艺和装备水平决定。设计是涂装工厂建设的重要前提,涂装工厂设计中关键的环节是工艺设计。由于涂装具有与产品、材料、环境、生产地、生产纲领等诸多因素密切相关的特点,不易标准化和简单复制。所以,涂装工厂的工艺及装备设计者必须有丰富的实践经验,掌握涂装相关知识,对具体实际情况充分了解,并进行认真分析研究,才能完成高质量的汽车涂装工厂设计。

赵光麟先生是中国第一代著名的涂装工作者之一,20 世纪 80 年代,主持并参与了中国重汽驾驶室涂装线技术引进和建设,对引进技术进行了认真研究,结合多年的工作实践,在工作岗位期间和退休后,一直致力于引进涂装技术的推广应用,先后主持数十条涂装线的设计,为我国涂装技术进步做出了突出贡献。

本书是赵老把毕生的涂装设计经验进行的总结,并把诸多工程技术人员的设计制造经验和当前国内外涂装先进技术纳入其中。本书内容简明实际,通俗易懂,既有对先进涂装设计的介绍,也有一般适用性涂装设计内容。赵光麟等汽车涂装界前辈的这种敬业精神令人钦佩,他们把全部精力贡献在涂装事业上,并把自己多年的工作经验积累贡献给行业。这本书,无论是对涂装设计人员还是施工人员,都是一本难得的实用参考书,尤其是对中小企业的涂装设计具有直接的指导价值。

中国汽车工程学会涂装技术分会主任委员

吴涛

前言

近几年我国的汽车工业迅猛发展,大大带动了工业涂装技术的发展。涂装线设计是否合理,直接影响着产品的涂装质量和成本。本书主要是编者汇总了毕生的工业涂装设计经验及河南平原非标准装备股份有限公司诸多工程技术人员的设计制造经验,并吸收了当前国内外涂装先进技术编写而成的。

本设计手册简明实际,既介绍了大型涂装线的涂装设计,也介绍了适于中小型一般水平涂装线的涂装设计。本书可供涂装设计与施工人员参考,有一定的实用价值。

本书中有一部分计算是编者的经验公式,但已得到本行业众人的认可。

全书由赵光麟主编,马春庆副主编。共分8章,其中第3、4、5、6章由赵光麟、马春庆编写,第1、2章由马春庆、赵光麟编写,第7章由张学永编写,第8章由马春庆编写。田元超、康惠春、王传波、刘书铎、杨勇也参与了部分章节的编写。

本书在编写过程中,国内著名汽车涂装专家王锡春先生、陈慕祖先生、杨必暖先生、林鸣玉先生、王路路女士等提供了很多宝贵资料。尤其王锡春先生,提出了许多宝贵意见。同时也得到了河南平原非标准装备股份有限公司、北京金汇利应用化工制品有限公司、安得膜分离技术工程(北京)有限公司、无锡强工机械工业有限公司、PPG涂料(天津)有限公司、北京埃夫信环保科技有限公司、天津杰森涂装工程有限公司等单位的大力支持,并提供了部分产品资料。特别是得到了河南平原非标准装备股份有限公司的大力帮助,该公司多年来与国外著名的涂装设计公司如德国的杜尔、艾斯曼及日本的帕克、大气社以及国内的机械部设计四院、九院等密切合作,积累了较丰富、较先进的汽车涂装设计与制造经验。本书编入了该公司的部分技术资料。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,希望广大读者批评指正。

赵光麟

目 录

第 1 章 涂装工艺设计	2
1.1 涂装工艺设计的重要性	3
1.2 工艺设计的主导思想	3
1.2.1 要掌握“少投入、多产出”的经济原则	3
1.2.2 合理选定年时基数	3
1.2.3 合理选材、合理确定配套设备	3
1.2.4 合理布局、准确选定非标设备的尺寸	4
1.2.5 节约能源	4
1.3 工艺设计程序	4
1.3.1 需要掌握的设计基础资料	4
1.3.2 确定输送方式	4
1.3.3 计算生产节拍及输送速度	4
1.3.4 工艺流程及技术参数	6
1.3.5 绘制工艺平面布置图的原则	8
1.4 绘制工艺平面图	9
1.5 能量消耗汇总	15
1.6 设备说明	15
1.7 其他涂装工艺	15
1.7.1 铝合金涂装工艺	15
1.7.2 塑料涂装工艺	16
1.8 对工艺平面图的评价	17
1.9 涂装工艺发展趋势	17
1.9.1 简化工艺降低能耗	17
1.9.2 改善环境	18
1.10 涂装车间设计	19
1.11 提高涂装工艺水平的措施	20
1.11.1 我国的涂装工艺状况	20
1.11.2 提高涂装工艺设计水平的几点措施	21
1.12 涂装工艺平面布置图设计的技巧	23
1.13 涂装工艺设计人员(团队)的素质要求	24
1.14 涂装生产线中能源及化学材料消耗	24

1.14.1	能源消耗值	24
1.14.2	涂装材料消耗量	25
1.14.3	大气污染物生成量	25
第2章	前处理设备	26
2.1	前处理工艺及处理方式	27
2.2	前处理设备设计	29
2.2.1	槽体设计	29
2.2.2	槽体选材及防腐	29
2.2.3	槽体保温	29
2.3	密封室设计	30
2.3.1	密封室的形式	30
2.3.2	密封室的尺寸	30
2.3.3	密封室的结构	30
2.3.4	密封室的选材与防腐	30
2.3.5	密封室的保温	30
2.4	槽液循环	31
2.5	喷嘴的形式与数量	31
2.5.1	喷嘴的种类	31
2.5.2	喷管与喷嘴的数量计算	32
2.6	泵的选择	32
2.7	加热装置	33
2.8	油水分离器	34
2.8.1	加热分离法	34
2.8.2	超滤(UF)再生法	34
2.8.3	过滤法	34
2.9	过滤器	36
2.9.1	旋液分离器	36
2.9.2	纸带过滤机	37
2.9.3	磁分离器	37
2.9.4	袋式过滤器	38
2.9.5	HRVC系统除渣装置	38
2.10	磷化除渣装置	39
2.10.1	高位沉降塔	39
2.10.2	斜板沉淀法	39
2.10.3	带式过滤机	39
2.10.4	PS过滤法	39
2.10.5	FK过滤机	40
2.10.6	浓缩一体带式压榨过滤机	41
2.11	前处理用水量计算	42
2.12	绘制前处理工作原理图	43

2.13	前处理的发展趋势——硅烷及氧化锆技术	44
2.13.1	硅烷技术	44
2.13.2	硅烷技术应用现状及前景	45
2.13.3	氧化锆技术	46
2.14	节水技术	48
2.15	抛丸清理技术	48
2.15.1	主要技术参数	49
2.15.2	抛丸清理系统	49
2.15.3	弹丸净化系统	51
2.15.4	除尘系统	53
2.15.5	输送系统	53
2.15.6	机器故障原因分析及排除方法	54
2.15.7	润滑	55
第3章	电泳设备	56
3.1	电泳涂装的特点	57
3.2	电泳原理	57
3.3	阴极电泳与阳极电泳涂装的性能比较	57
3.4	电泳设备设计	58
3.4.1	电泳槽	58
3.4.2	电泳槽主循环系统	59
3.4.3	电泳涂装室	59
3.5	温控系统	59
3.5.1	制冷量计算	60
3.5.2	换热面积的计算	60
3.6	UF(超滤)系统	60
3.6.1	UF(超滤)的作用	60
3.6.2	UF流量计算	61
3.6.3	UF装置泵的流量计算	61
3.7	电极系统	62
3.7.1	电极反应	62
3.7.2	电极的组成	63
3.7.3	阳极管规格及数量的选定	63
3.8	导电系统	64
3.8.1	整流器的技术要求	64
3.8.2	电压电流的选定	64
3.8.3	导电方式	64
3.9	电泳后冲洗系统	65
3.9.1	槽上冲洗	65
3.9.2	UF ₁ 冲洗	65
3.9.3	UF ₂ 浸洗	65

3.9.4	新鲜 UF 液喷淋	65
3.9.5	循环去离子水洗	66
3.9.6	干净去离子水洗	66
3.10	加料装置	66
3.10.1	混合灌	66
3.10.2	气动隔膜泵	66
3.10.3	管道混合器	66
3.11	纯水装置	66
3.12	绘制电泳原理图	67
3.13	电泳后冲洗废水再利用	68
3.14	自泳涂装	69
3.14.1	反应机理	69
3.14.2	工艺流程	69
3.14.3	设备要求	69
3.15	自泳涂膜的特性	70
第 4 章	喷涂设备	71
4.1	喷漆室的功能及分类	72
4.2	水旋式喷漆室	72
4.2.1	喷漆室室体	72
4.2.2	送排风系统	72
4.2.3	漆泥处理系统	74
4.3	文丘里式喷漆漆室	76
4.4	水帘喷漆室	77
4.5	无泵喷漆室	78
4.6	干式喷漆室	78
4.7	喷漆室类型的选择	80
4.8	防火及废气处理	80
4.8.1	防火措施	80
4.8.2	废气处理	81
4.9	喷漆室的设计	81
4.9.1	室体尺寸	81
4.9.2	送排风量	82
4.9.3	供水量	83
4.9.4	照明	84
4.9.5	空调送风热量计算	84
4.10	静电喷粉设备	85
4.10.1	工作原理	85
4.10.2	设备组成	85
4.11	静电喷漆	87
4.11.1	机器人的选型	87

4.11.2	喷枪的喷涂流量	88
4.11.3	旋杯喷涂流量	88
4.11.4	机器人数量的配置	88
4.11.5	机器人相对工件的喷涂移动速度（喷涂坐标速度）	89
4.12	喷 PVC 胶	90
4.13	集中供漆	90
4.13.1	加料系统	92
4.13.2	循环泵	92
4.13.3	过滤器	92
4.13.4	热交换系统	92
4.13.5	液位显示器	92
4.13.6	稳压器	93
4.13.7	喷站出口元件	93
4.13.8	输漆管道	93
4.13.9	监控系统	93
4.13.10	集中供漆系统的调试	93
4.14	喷漆室排风循环再利用	96
第 5 章	烘干设备	97
5.1	涂膜的固化机理	98
5.1.1	自干型涂料	98
5.1.2	加热固化型涂料	98
5.2	加热方式	98
5.2.1	辐射加热	98
5.2.2	热风对流加热	98
5.3	热源的选择	99
5.4	烘干室工作原理	99
5.4.1	直通式烘干室	99
5.4.2	桥式烘干室	99
5.4.3	Ⅱ式烘干室	99
5.5	烘干室组成	102
5.5.1	室体结构	102
5.5.2	室体形式的确定	102
5.5.3	室体材料	102
5.6	热风循环系统	103
5.6.1	加热装置	103
5.6.2	循环系统	103
5.7	温控系统	104
5.8	烘干室设计	104
5.8.1	室体尺寸计算	104
5.8.2	热量计算	105

5.8.3	风量计算	106
5.9	烘干室的分区	107
5.10	水分烘干室	107
5.11	强冷室	107
5.12	废气处理	108
5.12.1	直燃式 (TAR)	108
5.12.2	蓄热式 (RTO)	109
5.12.3	四元体	109
5.13	废气余热利用	110
5.13.1	工作原理	110
5.13.2	理论计算	111
5.13.3	废气排放量	111
5.13.4	烟气释放的热量	111
5.13.5	换热面积	112
5.13.6	烟气加热槽的体积	112
5.13.7	经济效益	112
第 6 章	输送设备	114
6.1	普通悬挂输送机	115
6.2	积放式悬挂输送机	115
6.3	摆杆式输送机	115
6.4	全旋反向输送机	117
6.5	自行葫芦	117
6.6	龙门行车输送机	119
6.7	普通地面输送机	119
6.8	地面反向积放输送机	120
6.9	滑橇输送机系统	120
6.9.1	滑橇	120
6.9.2	滚床	120
6.9.3	横向移行机	121
6.9.4	单排链式输送机	121
6.9.5	双排链式输送机	121
6.9.6	升降机	122
6.9.7	滑橇堆垛机和卸垛机	122
第 7 章	电气设计	124
7.1	涂装车间公用配电的要求	125
7.2	涂装车间的负荷及计算	125
7.3	涂装线的电气控制系统	125
7.4	涂装线各单体电气设计	128
7.4.1	前处理	128

7.4.2	电泳	129
7.4.3	喷漆室	129
7.4.4	烘干室	129
7.4.5	其他室体	130
7.4.6	输送系统	130
第8章	水性涂料涂装的设计及应用	131
8.1	水性涂料的特点	132
8.2	水性涂料的工艺及设备设计	132
8.2.1	浸漆	133
8.2.2	喷(底、面)漆	133
8.2.3	闪干	134
8.2.4	烘干	135
8.2.5	自动喷涂系统	135
8.2.6	输调漆系统	136
8.3	施工特点	136
8.3.1	水性涂料施工对温度、湿度的要求	136
8.3.2	水性涂料施工对黏度的要求	137
8.4	质量控制措施	137
8.4.1	流挂	137
8.4.2	气泡和针孔	138
8.5	消防及环保问题	138
8.5.1	消防问题	138
8.5.2	环保问题	138
8.6	水性涂料的经济性	138
附录		141
参考文献		161

涂装的定义，尚有较多的人不太清楚。油漆是众所周知的，油漆最早是指天然漆及植物油合成树脂漆。后来出现了水性漆及粉末漆，则统称为涂料。有人将涂料的施工工艺称为涂装，也有人将涂料在施工中用的设备称为涂装。因为工艺与涂料是密切配合的，其实这两种含意合在一起称为涂装更为确切。

涂料要形成固态的涂膜，才可发挥它的防腐及装饰作用。要形成优良的涂膜，除涂料本身的性能外，还要充分依靠先进、合理的涂装工艺及涂装设备来保证。

近几年我国工业快速发展，对涂装相应提出了更高的要求，因而涂装工业也迅猛发展，涂装技术水平需相应提高。



第**1**章

涂装工艺设计

1.1 涂装工艺设计的重要性



涂装生产线的主要设计包括工艺设计、非标准设备设计、输送系统设计以及电控、土建和公用设计等。而工艺设计是“龙头”，它贯穿整个涂装线的设计过程。

不同的产品对涂层的要求是不一样的，如汽车与家电产品大不相同，就汽车而言，轿车与卡车不一样，而车身、车架、钢圈等对涂层的要求差距也很大。所以，要设计一条合理的涂装线，必须首先有一个合理的工艺设计。其他的设计均应按工艺要求进行。

1.2 工艺设计的主导思想



工艺设计体现出涂装生产线的档次水平，从而决定了工程投资、涂装线的实用性、运行成本及产品的涂装成本，所以一定要认真地规划和研究。涂装工艺设计时主要应注意下述几点。

1.2.1 要掌握“少投入、多产出”的经济原则

同样的产品、同样的生产规模、同样的涂层标准，要做到尽量降低设备投资及运作成本，是在工艺设计时必须遵循的经济原则。但要真正实现这个原则目标，仅靠书本知识是远远不够的，设计者必须拥有此类工艺设计广泛的经验，充分了解欲设计涂装线的全面情况，经过充分论证，才可能设计出科学、合理的工艺。

1.2.2 合理选定年时基数

因为年时基数影响到生产节拍及输送速度，从而影响到非标设备的尺寸及配套设备的规格，最终影响到工程造价。

目前国内各企业工作制度不同，有的全年工作 251 天，也有的工作 300 天或更多。每天多为两班制 16h，也有三班制 24h 的，生产效率多按 90% 计算。现在常用的年时基数为 $250 \text{ 天} \times 16 \text{ h/天} \times 90\% = 3600 \text{ h}$ 。

1.2.3 合理选材、合理确定配套设备

非标设备必须在保证质量要求、保证使用寿命的前提下，合理选用材料及配套设备的规格。

但是部分企业过分追求高档次，比如在前处理工艺中，所有的设备、槽体、管道等全部采用不锈钢材质，事实上是没有必要的。脱脂及后水洗系统由于多显碱性，对黑色金属腐蚀作用较小，采用普通碳钢制造完全可以满足生产需要。另外槽体加强筋的使用规格差距很大，都缺乏计算数据。日本有关涂装公司的设计、选用的材料及规格就比较合理，使用效果很好。

另外，某些大型配套设备，比如电泳槽的主循环泵、超滤器、纯水装置选择的容量也过大或不当。如电泳后的最后一道纯水洗，对高档产品是必要的，但作为汽车车架、车轮等部件其实用自来水水洗后也可以达到较好的涂装质量。

1.2.4 合理布局、准确选定非标设备的尺寸

涂装线上各工序的布局直接影响涂装线的造价、物流是否通畅，方方面面的因素考虑得愈全面，非标设备的尺寸设计愈合理、准确，工程造价自然会愈合理。

1.2.5 节约能源

涂装工艺是根据涂料的性能要求来设计的，要节约能源必须从涂料的选择上着手。作为涂装工艺设计工程师，一定要熟悉并掌握各种涂料的性能要求，这也是做好涂装工艺设计的基础。但是目前在这一方面往往被严重忽视。

按照设计程序，应首先确定使用的涂装材料，方可进行工艺设计，但这一步骤往往都做不到。在车架及钢圈涂装工艺中的一些工序，如酸洗应改进所使用的材料，并设法逐步淘汰掉该工序。

合理选择涂装材料、正确选定工艺温度及时间，即可降低能源。

1.3 工艺设计程序



1.3.1 需要掌握的设计基础资料

- ① 生产纲领：××件/年。
- ② 工作制度：××天/年，××小时/天。
- ③ 工件尺寸及重量。
- ④ 厂房尺寸及工件进出口的位置。
- ⑤ 能源的种类。
- ⑥ 涂装车间周边的环境。
- ⑦ 工程方对涂装线工艺水平的要求。

1.3.2 确定输送方式

涂装生产线的输送方式分为两种：连续式（通过式）及步进式（间歇式）。

生产纲领在 100000 辆/年（汽车车身）以上的应采用自动连续式。生产纲领在 50000～80000 辆/年（汽车车身）可考虑自动步进式。生产纲领在 50000 辆/年（汽车车身）以下的，又资金不足，可考虑手动步进式。如果是小工件，如汽车车轮，则首先要确定每个挂具挂几个，然后再确定其输送方式。工件吊挂的方式也很重要，需根据工件的尺寸、结构、形状及工艺要求来确定。

1.3.3 计算生产节拍及输送速度

生产节拍（T）：

$$T = t \frac{k}{m} \quad (\text{min/台}) \quad (1-1)$$