



喷丸(砂)、 喷涂技术及装备

■ 周 良 编著

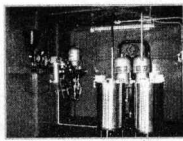
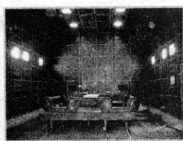
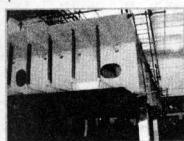


化学工业出版社



喷丸(砂)、 喷涂技术及装备

■ 周 良 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

喷丸 (砂)、喷涂技术及装备/周良编著. —北京: 化学工业出版社, 2008.1

ISBN 978-7-122-01509-9

I. 喷… II. 周… III. ①喷丸②喷涂 IV. TQ639

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 177986 号

责任编辑: 顾南君

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 宋 玮

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: 北京市兴顺印刷厂

850mm × 1168mm 1/32 印张 10 字数 274 千字

2008 年 1 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2007—61 号

序

腐蚀与防腐是自金属制品诞生就已开始的一门技术，涂装是金属防腐技术中的一个重要部分。

子曰：“工欲善其事，必先利其器”。所以，涂装防腐技术的发展必定首先带动涂装防腐工具与装备的发展。

从1980年我国开始建造出口船舶以来，二十多年间，我国的造船业得到了迅猛的发展。我国造船产量从1980年的34.2万载重吨、占世界造船总量的0.6%，增长到2006年的1452万载重吨、占世界造船总量的19%，27年间整整增长了数十倍，已为举世瞩目。

造船工业的迅速发展，促使造船涂装技术的发展，也带动了造船涂装装备的发展。本书的作者周良先生自1987年开始，就在中船总船舶研究所防腐研究室从事涂装技术与设备的开发研究及领导工作。1993年，他辞职下海，成立了上海广成涂装技术工程有限公司。二十多年来，他坚持吸收引进国外的先进技术，站在国际技术的前沿，不断研究和开发涂装装备技术和新产品。如：1999年提出在喷砂房内磨料应改变传统使用的气力回收的方法，开发了效率更高、更环保、使用成本更低的机械回收的方法；2001年机械回收的方法首先在沪东造船厂使用，之后迅速得到了普遍应用；2000年开始，研究开发双缸连续加砂喷砂机，比常规喷砂机可提高效率20%以上，适合现代造船，因此，在中国造船业得到普遍推广；在喷砂房设计中首先提出了回风系统的设计、除湿机采用分体组合式除湿机，确保涂装房的相对湿度及温度在合适的范围内，大大节省能源，降低了喷砂房的前期投资；在国外引进的柔性大门非常昂贵的情况下，自主开发了安全性的优异柔性大门。上述这些产品在周良和他的公司承接设计和施工的60余个船厂涂装房中得

到普遍应用。

本书是作者所积累的丰富经验的汇集，是国内比较完整地介绍船舶涂装前表面处理与涂装工艺装备以及检测仪器的应用和管理技术的一部力作，对于从事船舶和其他钢结构工程表面处理与涂装的工程技术人员来说是本实用性很强的参考书。相信它的出版会对涂装装备技术的交流和进一步发展起到积极推动的作用，读者将受益匪浅。

汪国平

2007年9月



前 言

完成了最后一个章节，终于松了一口气。本书的完成历时近三年的时间。期间，如果没有汪国平教授和责任编辑的督促，恐怕本书很难完成。因为近三年正值中国经济飞速发展的年头，特别是中国造船业得到了更加高速的发展，从全国年造船 500 万吨跃升到 1500 万吨。作为造船业的配套商，从中受益匪浅，我们承接了国内大量的造船分段涂装房的设计、制造任务。因此，作为经商的技术人员，首先面对的是要完成大量的商务，再挤出时间去完成本书的撰写，这是要克服许多困难的。

从事喷砂、喷涂技术和装备的研究开发已有 20 多年的时间，这期间，本着吸收引进国外先进技术的原则，站在国际技术的前端，根据本国的实际情况，研究开发新的技术和产品，是我的一个指导思想。应该说，在近 20 年中，我们不断推进了中国涂装技术和装备的发展。目前，中国造船业的涂装技术和装备还是趋于一个先进水平的。

全书共分为五章。第一章介绍了喷丸（砂）的基本原理。如何提高清理效率，降低清理成本的基本要素。并系统介绍了喷砂机的基本结构及系统的配置，各种类型的喷砂机的应用，特别介绍最新研制的具有国际水平的双缸四枪连续加砂喷砂机的设计及应用。

第二章介绍了喷涂技术的基本知识，从流体的特性到喷涂设备的设计，叙述了各种喷涂设备的结构设计，空气喷涂、空气辅助式无气喷涂、无气喷涂、静电喷涂四种不同喷涂方式的特点及应用。

第三章着重介绍了船厂大型分段涂装房的设计及设备配套。介绍了目前船厂分段涂装房的各种形式的设计，包括车库式、串联式、对开车库式、对开复合式等。

第四章介绍了为确保表面处理及涂装质量而必须进行的检测方

法及手段。从表面处理检测、气候条件监测、涂层厚度检测、黏合强度检测、涂层孔隙检测、光泽度测量等各个方面都进行了详细介绍。

第五章介绍了特涂技术的要求、特涂的规格标准、施工的方法、施工的装备、施工的标准及要领。

在本书的撰写过程中，得到了上海广成涂装技术工程有限公司技术部门、美国固瑞克公司上海办事处孙国桢先生的大力支持，并提供了相关资料，在此表示谢意。

周良

2007年8月10日于上海

目 录

第一章 喷丸（砂）技术及装备	1
第一节 喷丸（砂）技术的发展概况	1
第二节 喷丸（砂）技术的基本知识	2
一、空气压力对清理效率的影响	2
二、喷嘴对清理效率的影响	2
三、表面质量等级对清理效率的影响	3
四、磨料对清理效率的影响	3
五、喷砂设备对清理效率的影响	4
第三节 各种类型的喷砂设备	5
一、常规手控喷砂机	5
二、泄压式气动遥控喷砂机	7
三、保压式气动遥控喷砂机	10
四、手控双缸连续加砂喷砂机	12
五、电动遥控气、砂分离喷砂机	13
六、大型电遥控喷砂机（四枪）	18
七、双缸连续加砂喷砂机	21
八、箱式喷砂机	28
九、手提式喷砂枪	30
十、管道内壁清理器	31
第四节 提高清理效率的几点建议	33
一、喷砂作业的安全可靠性	33
二、减小压力损失	34
三、结构设计合理、实用	35
第五节 喷丸（砂）机的关键配置	35
一、砂缸	35

二、磨料阀	36
三、喷嘴	37
四、喷管及接头	37
五、控制系统	38
六、喷砂防护器具	39
第二章 喷涂技术与装备	43
第一节 喷涂技术的发展概况	43
第二节 喷涂技术的基本知识	45
一、流体特性	45
二、流体控制	50
三、流动动力	54
四、传递效率	57
第三节 喷涂设备的设计	58
一、加压设备	59
二、空气和液压马达结构	61
三、泵运行	65
四、液压动力	67
五、泵比例	69
六、固瑞克空气马达	69
七、泵安装方式	70
八、乙缩醛和聚丙烯泵	73
九、铝质泵和不锈钢泵	74
十、泵稳压罐工作原理	74
十一、Glutton 泵	76
十二、软管	78
第四节 喷涂设备的种类	79
一、雾化的基本方式与比较	83
二、各种喷涂方式的特点	84
三、喷涂系统的配置原理	87
四、喷枪的结构	90
五、重防腐行业的喷涂	92

六、行业的喷涂方式	102
七、喷涂设备的选择	104
第三章 喷砂房、喷漆房设计	119
第一节 船厂大型喷砂房、喷漆房的设计	119
一、设计依据	119
二、基本的工艺参数	120
三、环保和安全要求	120
四、二次涂装房布置	121
五、主要系统说明	127
六、涂装房主要配套设备	132
第二节 箱体式喷砂间、喷漆间的设计	183
一、设计原则	183
二、设计举例（以钢结构罐箱喷砂、喷漆为例）	184
第四章 检测技术及仪器	190
第一节 表面处理检测	190
一、表面粗糙度	190
二、表面清洁度	196
第二节 气候条件监测	200
一、319 露点计	200
二、214 红外数字温度计	202
三、116 手摇式湿度计	202
四、114 露点计算器	204
五、113 磁性温度计	204
六、213 数字式温度计	205
七、212 数字袖珍型温度计	205
第三节 涂层厚度检测	206
一、湿膜测量	206
二、破坏性涂层厚度测量仪	209
三、机械涂层厚度测量仪	212
四、电子涂层厚度测量仪	213

第四节 黏合强度检测	220
一、107 十字口切割器测试仪	220
二、109 非破坏性的黏合强度检测仪	222
三、106 机械黏合强度检测仪	223
四、108 液压黏合强度检测仪	224
五、110 气压黏合强度检测仪	226
第五节 涂层孔隙检测	227
一、204 和 269 针孔检测仪	227
二、236 DC 孔隙检测器	229
第六节 光泽度测量	231
一、401 和 402Novo-Gloss™ 光泽度计	231
二、微型光泽度计	232
三、弯曲表面测量的光泽度计	234
第七节 检测附件	235
一、137 照明放大镜	235
二、132 安全灯/电筒	235
三、观察镜	236
第五章 特涂技术与装备	238
第一节 基本涂装规格	238
一、涂装规格	238
二、规定事项	238
三、与货种适应一览表及涂装规格	240
第二节 标准涂装规格	240
一、钢材预处理	240
二、标准涂装规格及色相方案	240
三、第二次表面处理	241
四、PC 系统涂料注意事项	241
五、有关 PC 系统涂装注意事项	242
第三节 施工方法	244
一、施工方法	244

二、施工方式及其体系	245
三、各施工系统及其特点	245
四、施工体系对施工及涂装质量的要求	247
第四节 施工装备	251
一、系统配置	251
二、特涂设备的整套配备	252
第五节 施工标准	253
第六节 施工要领	257
一、施工体系 1 (船上涂装方式)	257
二、施工体系 2 (分段和船上混合涂装方式)	264
第七节 舾装施工要领	268
一、表面处理	268
二、涂装	269
第八节 施工中的注意事项	271
一、船壳与舾装施工	271
二、架设脚手架	271
三、舾装品的保护	272
四、涂装	273
五、分段涂装方式的涂膜连接部分的位置及其涂装方法	276
六、换气和除湿	278
七、照明	280
八、雨天的保护措施	280
第九节 检查标准及涂膜检查要领	282
一、检查标准	282
二、涂膜检查要领	282
三、涂膜检查判断标准及修补方法	283
四、按工序顺序检查的方法	287
五、温度、湿度的测定要领	290
六、标示	290
第十节 安全管理标准	293
一、总则	294

二、安全卫生管理	294
三、服装	294
四、预防灾害、爆炸及中毒	294
五、防止掉落	295
六、防止粉尘飞散	296
七、告示	296
第十一节 试航及交船后的修补涂装要领	296
一、清舱和赶出有害气体	296
二、设置脚手架	296
三、照明	296
四、换气	297
五、淡水冲洗	297
六、涂装规格	297
七、装货与养护时间	297
八、PC 腻子使用方法	298
参考文献	299

第一章

喷丸(砂)技术及装备

第一节 喷丸(砂)技术的发展概况

喷丸清理是以压缩空气为动力的清理方法。压缩空气在管内高速推动磨料, 喷向被处理的工件表面, 以磨料对钢材表面的冲击和磨削作用, 将钢材表面的氧化皮、锈蚀物及其他污物除去, 是一种高效率的处理方法。

喷丸清理已成为钢材表面喷漆或热喷涂前的标准前处理方法。与手工清理和动力工具清理相比, 具有清理效率高、清理质量好的优点; 与抛丸清理相比, 具有投资省、占地少、上马快、机动性和适应性强、操作和维修简单的特点; 与酸洗相比, 具有环境污染程度小且容易控制、原材料性能不受破坏的优点; 并且其较大的表面粗糙度有利于提高涂层的附着力。因此, 喷丸清理已在造船、修船、集装箱、重型机械、钢结构行业得到普遍的应用。

近几年来, 由于造船、修船、集装箱、重型机械、钢结构等行业的快速发展, 喷丸清理技术的研究和与之相配套的设备研发得到长足发展。

① 喷丸清理是以压缩空气为动力的清理方法, 应确保足够的压缩空气容量和提高有效工作压力来提高清理效率。因此, 高压、高效率、大容量的空压机及净化系统得到普遍应用。

② 根据作业要求和作业环境选择合适的喷丸机型, 最大限度地减小压缩空气损耗和不必要的浪费、降低工人的劳动强度、操作方便, 以最大限度地降低清理成本。因此, 效率高、劳动强度低和自动控制的喷砂机得到普遍应用。

③ 喷砂是一种产生污染的作业, 因此与之相配套的环保作业

设备相继得到发展，喷砂房及相配套的设备得到快速研发。

第二节 喷丸（砂）技术的基本知识

一、空气压力对清理效率的影响

空气压力（喷嘴出口处的压力）与清理效率成正比，其表达式为：

$$S = Kp$$

式中 S ——清理效率， m^2/h ；

K ——综合系数；

p ——空气压力， MPa 。

原则上空气压力越高，则清理效率越高。但因空气压力升高后，磨料的破碎率、对被喷材料的切蚀、喷射的有效距离及空气紊流都会随之变化，并反映到清理效率中来。所以，综合考虑各方面因素，空气压力最好为 0.7MPa 左右，一般应保持在 $0.55 \sim 0.75\text{MPa}$ 之间，若太低则清理效率会显著下降并浪费能源，若太高则磨料破碎率会显著上升，磨料尖角嵌入被喷物的概率升高。在 0.65MPa 左右，若空气压力相差 0.01MPa ，则清理效率相应变化约 2.4% 。

二、喷嘴对清理效率的影响

喷嘴对清理效率影响很大，也可以说它是诸多因素中对清理效率影响最大的一个。决定喷嘴清理效率的主要因素是喷嘴口径、喷嘴内孔结构和喷嘴材质。

喷嘴口径越大则清理效率越高，其定量关系为：

$$S = K'D^2$$

式中 K' ——综合系数；

D ——喷嘴口径， mm 。

各种喷嘴口径的相对效率见表 1-1。

表 1-1 各种喷嘴口径的相对效率

喷嘴口径/mm	相对效率/%	喷嘴口径/mm	相对效率/%
6	100	10	278
7	136	11	336
8	178	12	400
9	225		

喷嘴内孔结构常见的有四种：收缩型、直通型、文丘里型、二次进风型（高速型），这四种喷嘴市面上都有，各有其特点，若综合考虑，则以二次进风型最理想，清理效率最高。

三、表面质量等级对清理效率的影响

表面质量等级分为钢材表面原始锈蚀程度和喷砂清理质量等级两种。钢材原始锈蚀程度分为 A、B、C、D 四级，其等级定义在 GB 8923—88 中有明确定义，B、C 两级较易清理，A、D 两级清理效率相对要低一些。喷砂清理质量等级分为 Sa1、Sa2、Sa2.5、Sa3 四级，其等级定义在 GB 8923—88 标准中亦有明确定义，该标准等同于国际标准 ISO 8501—1：1988 的相应部分。清理质量等级越高，则清理效率越低，它们的相对效率见表 1-2。

表 1-2 清理质量等级的相对效率

清理质量等级	相对效率/%	清理质量等级	相对效率/%
Sa3	100	Sa2	250
Sa2.5	150	Sa1	500

四、磨料对清理效率的影响

磨料的品种非常多，主要有：钢砂、钢丸、石英砂、棕刚玉、铜矿砂、玻璃砂、胡桃壳、铝丸、不锈钢丸等。应根据不同的基材及不同的要求，选择不同的磨料。原则上讲，选用与基材相同材料的磨料是最好的方式。在一定的压力下，磨料的硬度越高，清理效

率也越高；磨料颗粒小，效率比较高。由于压送式喷砂机的喷嘴在6~12mm之间，因此，磨料颗粒越大，通过喷嘴孔径出去的颗粒数量就越少，单位面积内撞击工件表面的点数就越少，喷砂效率就低。反之，磨料颗粒越小，通过喷嘴孔径出去的颗粒数量就越多，单位面积内撞击工件表面的点数就越多，喷砂效率就高。但是，如果磨料颗粒直径小于0.05mm，犹如粉尘，撞击工件表面的动能很小，没有力量，效率也会不高。

五、喷砂设备对清理效率的影响

喷砂机是表面清理的主体设备，它的质量直接关联着用户的使用状况和工作效率，它也是各商家竞相争夺的“制高点”。从发展历程看，最先出现的喷砂机基本都是射流式（负压式），即利用空气射流的负压将磨料吸入混料腔并喷向工件，此种机型因能量利用率较低，喷砂效率特低，不适合大面积、高效率清理场合，所以，逐渐被直压式喷砂机取代，现在各厂家所用机型基本都是属于直压式，此种机型的最大特点是喷砂流畅，喷射力强，能量利用率高，喷砂效率高。另外，喷砂设备对清理效率的影响还有结构设计的合理性、工作的连续性、使用的方便性、反应的灵敏与快捷性等。

随着造船、修船业的飞速发展，为了提高喷砂效率，减少由于停机加砂所浪费的时间，双缸单枪及多枪喷砂机应运而生，双缸喷砂机由于可以连续加砂，无需停机加砂，可连续作业而可大大提高效率，2001年以来得到了普遍应用。

影响喷砂清理效率的因素还有磨料状况、操作人员熟练程度、喷嘴材质等。在此不再逐一探讨。由上面的分析可以看出，就单一独立因素而言，对喷砂清理效率的影响情况是非常直观的，但因受到环境条件的制约，各种因素很难达到最理想的效果。如喷嘴口径，本该是越大越好，但从安全角度考虑，人体长时间作业易疲劳，原则上人工操作喷嘴口径不允许大于12mm；另外，当空压机供气量为 $6\text{m}^3/\text{min}$ 时，若选用口径为 $\phi 12\text{mm}$ 的喷嘴（此时应选