

工人岗位培训实用技术读本

工业清洗技术

中国蓝星(集团)总公司蓝星清洗工程有限公司 组织编写
李德福 张学发 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

工人岗位培训实用技术读本

工业清洗技术

中国蓝星（集团）总公司蓝星清洗工程有限公司组织编写

李德福 张学发 主编

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

工业清洗技术/李德福, 张学发主编; 中国蓝星 (集团) 总公司蓝星清洗工程有限公司组织编写. —北京: 化学工业出版社, 2003.1
(工人岗位培训实用技术读本)
ISBN 7-5025-4343-0

I. 工… II. ①李…②张…③中… III. 清洗-技术-技术培训-教材 IV. TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 098047 号

工人岗位培训实用技术读本

工业清洗技术

中国蓝星 (集团) 总公司蓝星清洗工程有限公司组织编写

李德福 张学发 主编

责任编辑: 段志兵

文字编辑: 林 媛

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 郑小红

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 17¼ 字数 456 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4343-0/TQ·1672

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

由中国化工机械动力技术协会与吉林化学工业公司共同组织编写的《技术工人岗位培训读本》，包括《电焊工》、《气焊工》、《检修钳工》、《管工》、《铆工》、《起重工》、《维修电工》、《仪表维修工》共8个分册，于2001年年初由化学工业出版社出版发行后，得到了广大读者，尤其是工人读者的厚爱，至今已销售80000余册。

为了满足更广泛的企业技术工人岗位培训的需要，不断提高技术工人的专业技术水平，增强技术工人在科技飞速发展形式下的技术素质以及在市场经济体制下的竞争能力，中国化工机械动力技术协会与吉化公司决定共同组织编写《工人岗位培训实用技术读本》(以下简称《读本》)，包括《电镀技术》、《防腐蚀衬里技术》、《工业清洗技术》、《热处理技术》、《无损检测技术》、《堵漏技术》、《管道施工技术》、《电机修理技术》、《工厂供电技术》、《仪器分析技术》，共10个分册。

这套《读本》主要具有以下特点。

(1) 实用性。由长期工作在生产一线、具有丰富实践经验的工程师、高级技师编写，注重解决生产实践中的难题，注重提高技术工人的素质和能力，特别是技术工人取证后素质和能力的培养、提高。

(2) 技能性。不刻意强调知识的系统性和完整性，而是注重知识和技能的紧密联系，突出技能和技巧。

(3) 通用性。以化工行业为基础编写，但不局限于化工行业，而是拓展到其他领域。特别是在举例方面，充分照顾到不同行业的通用性。

(4) 新颖性。既介绍常用的、传统的技术、工艺、方法，又介

绍新技术、新工艺、新方法，尤其是当前企业中运用比较普遍或成熟的。

(5) 广泛性。既满足大型企业技术工人提高技能的要求，又照顾到中、小型企业技术工人生产实践的需要。

《工业清洗技术》是这套《读本》的其中之一。

本书从清洗操作技术工人的角度入手，以实用性、可操作性和方便性为特点，系统地论述了工业清洗技术和清洗行业的发展历程及面临的机遇、挑战；介绍了工业清洗中常见设备、装置的结构及其成垢原因，污垢性质、状态、分布、鉴别方法；详细介绍了常用清洗剂、清洗助剂、酸洗缓蚀剂等的性能、作用、使用方法和配方；按清洗施工程序论述了清洗过程中现场调研分析、方案制订、垢量计算、原辅材料用量计算、设备选型、清洗工艺流程设计、质量计划、质量策划和施工过程的操作控制技术、安全文明施工保护技术；分析了常见清洗事故产生的原因和预防办法；介绍了化学清洗废液的分析化验方法和废液处理排放办法；简要介绍了常见的几种物理清洗技术原理、特点、应用领域和操作安全注意事项。

本书共 12 章，由中国蓝星（集团）总公司蓝星清洗工程有限公司组织编写，李德福、张学发主编。第 1、第 12 章由杨兴强编写；第 2、第 3 章由张学发、李兴峰编写；第 4、第 5 章由裴仲科编写；第 6 章由张学发编写；第 7、第 8、第 9 章由李德福编写；第 10 章由王冰编写；第 11 章由张学发、王冰编写；附录由李德福编写。其中，化学清洗装备、高压水射流清洗等部分由任皞编写。

在本书的编写过程中，刘扬、张献瑞、马滨、吴建国、邢健、姜凌、张德礼等同志参与了校稿、打印工作，在此表示衷心的感谢。

编写过程中，还参考了大量书籍、文献资料，在参考文献中大部分已列出，对这些文献的作者表示感谢，对本书编写工作给予大力支持的彭未平、陆韶华同志表示诚挚谢意。

本书内容中，如有与国家及行业规范、制度不一致的地方，应以规范、制度为准。由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，

敬请广大读者批评指正。

本书以施工过程为顺序，着重强调理论与实际相结合，是从事清洗的技术人员、操作工人和企业维护管理工作人员的基础性参考资料之一。

编者

2002 年 10 月于北京

内 容 提 要

本书是《工人岗位培训实用技术读本》之一。

本书从清洗操作技术工人的角度入手，以实用性、可操作性和方便性为特点，系统介绍了清洗对象的结构和结垢情况，设备垢样采集、分析、化验方法，常用清洗剂的组成、性能、使用方法，化学清洗废液及其处理，常见物理清洗技术以及清洗工艺流程设计，施工过程操作技术，安全施工保护技术等等。本书还列举了生产实践中的许多应用实例，有助于提高工人的实际操作技能。

本书可作为从事专业清洗的技术工人的培训教材，也可供有关工程技术人员学习和参考。

目 录

第 1 章 工业清洗概论	1
1 清洗的概念和分类	1
1.1 清洗的概念	1
1.2 清洗的分类	1
2 清洗的原理	2
3 清洗的目的和意义	2
3.1 石油化工设备清洗的目的和意义	2
3.2 锅炉清洗的目的和意义	6
4 工业清洗技术的发展过程和现状	7
4.1 化学清洗技术	7
4.2 物理清洗技术	9
4.3 微生物清洗技术	11
5 工业清洗技术的发展趋势	11
6 我国清洗行业的发展回顾	12
6.1 产业化清洗业的发展历程	12
6.2 清洗业现状	13
6.3 市场结构和容量	14
6.4 清洗业的经营管理模式	15
6.5 清洗业面临的问题和困难	16
7 我国清洗行业面临的机遇和挑战	17
7.1 我国清洗行业面临的挑战	17
7.2 我国清洗行业面临的机遇	18
第 2 章 清洗对象的结构和结垢情况	20
1 我国常见锅炉简介	20
1.1 工业锅炉的参数	21
1.2 工业锅炉的规格、型号	23
1.3 常见工业锅炉结构特点	25

1.4	常见工业锅炉的结构	26
1.5	工业锅炉与采暖锅炉的结垢及其分布	33
2	特种锅炉	37
2.1	废热锅炉结构和结垢情况	37
2.2	废料锅炉结构和结垢情况	40
3	电站锅炉	40
3.1	自然循环电站锅炉	40
3.2	其他电站锅炉	42
3.3	电站锅炉的结垢特点及分布情况	48
3.4	电站锅炉炉膛结垢和积灰	50
4	常见换热器	51
4.1	概述	51
4.2	间壁式换热器结构	52
4.3	换热器的污垢分布情况	58
5	常见塔器、容器、储罐	59
5.1	常见塔器的结构及结垢分布情况	59
5.2	塔内结垢的分布情况	66
5.3	常见容器、储罐结构及结垢分布情况	67
6	管道	72
6.1	城市污水管道	72
6.2	供水管道	72
6.3	电厂排灰管道	73
6.4	输油管道	74
6.5	煤气管道	75
7	中央空调	76
7.1	中央空调的结构	76
7.2	中央空调的结垢及危害	80
7.3	中央空调循环水系统污垢的危害	80
7.4	中央空调的清洗	81
7.5	制冷剂系统的化学清洗	84
7.6	压缩式中央空调制冷剂系统的清洗	84
7.7	溴化锂吸收式制冷剂的清洗	85
8	核电站	85

8.1	概述	85
8.2	核去污	87
8.3	国内外对核设备化学清洗介绍	91
8.4	蒸汽发生器化学清洗方法对比	94
9	海上石油平台及船舶	101
9.1	海上石油平台	101
9.2	浮式油轮	104
9.3	海洋船舶	106
10	市政工程设计	107
10.1	建筑物外墙	107
10.2	采暖系统	108
11	大型成套设备的清洗	110
11.1	大型成套装置的特点	110
11.2	大型成套装置开车前化学清洗的意义和必要性	111
11.3	乙烯装置	116
11.4	芳烃装置	121
11.5	聚乙烯装置	123
11.6	丙烯腈装置	126
11.7	己内酰胺装置	128
11.8	聚酯装置	128
11.9	乙醛装置	131
11.10	甲醇装置	133
11.11	化肥装置	134
12	冶金系统	146
12.1	液压系统	146
12.2	循环冷却水系统	148
第3章	设备垢样采集、分析、化验	151
1	设备垢样的采集及储存	151
1.1	垢样的采集方法	151
1.2	垢样的采集数量和储存	151
2	垢样的常用鉴别方法	151
2.1	碳酸盐垢	152
2.2	硫酸盐垢	154

2.3	硅酸盐垢	155
2.4	磷酸盐垢	155
2.5	磷酸铁钠水垢	157
2.6	铁铜垢	158
2.7	油垢和积蜡	160
2.8	积炭垢	161
2.9	尿素垢	162
2.10	大气尘垢	163
2.11	微生物污垢	163
第4章 清洗剂的选择		167
1	水的要求	167
2	清洗中常用的酸	167
2.1	清洗中常用的无机酸	168
2.2	清洗中常用的有机酸	172
3	常用碱	177
3.1	氢氧化钠	177
3.2	碳酸钠	178
3.3	磷酸盐	179
3.4	硅酸盐	180
4	有机溶剂	181
4.1	石油系溶剂	181
4.2	氯化烃系溶剂	182
4.3	氟碳系有机溶剂	183
5	杀菌、除藻、污泥剥离剂	191
5.1	氯	191
5.2	二氧化氯	192
5.3	季铵盐类杀菌剂	192
5.4	唑啉酮类杀菌剂	193
5.5	微生物污泥剥离剂	194
6	表面活性剂	194
6.1	表面活性剂的性质	195
6.2	清洗中常用的表面活性剂	200
7	化学清洗常用的助剂	202

7.1	化学清洗常用的助溶剂	202
7.2	化学清洗常用的还原剂	204
7.3	化学清洗常用的氧化剂	206
7.4	化学清洗常用的其他助剂	209
7.5	各种清洗药剂的作用和用途	209
第 5 章	酸洗缓蚀剂	212
1	金属在酸性介质中的腐蚀	212
1.1	均匀腐蚀	212
1.2	局部腐蚀	212
1.3	选择性腐蚀	214
1.4	晶间腐蚀	215
1.5	应力腐蚀破裂	215
1.6	一些高价金属离子引起的腐蚀	215
2	酸洗缓蚀剂的作用及原理	216
2.1	酸洗缓蚀剂的作用	216
2.2	酸洗缓蚀剂的缓蚀原理及分类	217
3	酸洗缓蚀剂应用时的注意事项	219
3.1	正确选择缓蚀剂	220
3.2	正确使用缓蚀剂	220
3.3	正确评定缓蚀剂	223
3.4	酸洗缓蚀剂应具备的条件	227
4	国内常用酸洗缓蚀剂简介	228
4.1	多用酸洗缓蚀剂 LAN-826	229
4.2	Lan-5 硝酸缓蚀剂	236
4.3	酸洗缓蚀剂 IMC-5	243
4.4	LX9-001 固体多用酸洗缓蚀剂	249
4.5	醛-胺缩聚物类	249
4.6	硫脲及其衍生物类	250
4.7	吡啶及其衍生物类	251
5	国内外在酸洗缓蚀剂领域最新的研究动态及发展趋势	251
第 6 章	清洗配方的选择	252
1	大型成套设备开车前的清洗	252
1.1	普通碳钢设备	252

1.2	不锈钢设备	253
1.3	含铜设备	254
1.4	含铸铁设备	254
1.5	系统中含有多种材质	255
1.6	除油、除锈、钝化三步合一清洗配方	255
1.7	中性除油除钝剂清洗配方	255
2	大型成套设备大检修期间清洗配方	256
2.1	乙烯装置中的结焦清洗方法和配方	256
2.2	聚丙烯装置中难溶垢的清洗配方	257
2.3	化肥厂酸性气体脱除装置化学清洗配方	257
2.4	氨回收清洗塔化学清洗配方	257
2.5	丙烯酸装置污垢清洗配方	258
2.6	大化肥装置中的碳化塔冷却水箱清洗配方	258
2.7	化肥厂尿素装置换热器的化学清洗配方	258
2.8	化肥厂废热回收器化学清洗配方	259
2.9	炼油厂减压塔的清洗配方	259
2.10	炼油厂烷基苯装置换热器清洗配方	259
2.11	炼油厂常减压装置中的循环水系统在线清洗	260
2.12	化纤厂减温减压器积垢的清洗配方	260
2.13	石油化工厂浮阀塔的清洗配方	260
2.14	石油化工行业冷却水系统微生物软泥清洗配方	260
3	金属表面化学处理配方	262
3.1	常用钢材酸洗配方及工艺	262
3.2	有色金属除锈	266
3.3	酸洗除锈抑雾剂	269
3.4	金属表面除油清洗剂配方	269
3.5	金属表面氧化、磷化、钝化	273
3.6	切削液	274
3.7	建筑物清洗剂配方	275
3.8	玻璃清洗剂	276
第 7 章	化学清洗技术	280
1	清洗时机确定	280
1.1	新装设备的清洗	280

1.2	定期清洗	281
1.3	根据结垢量决定清洗时机	283
1.4	根据设备运行参数决定清洗时机	284
1.5	从经济上考虑决定清洗时机	285
1.6	其他设备清洗时机确定	287
2	清洗对象的调研和分析	287
3	清洗方案的基本勾画	288
3.1	清洗操作流程的确定	288
3.2	清洗工艺流程的确定	289
4	清洗设备容积和面积的估算	293
4.1	石油化工设备的容积估算	293
4.2	锅炉清洗的容积计算	294
5	清洗对象污垢量的计算	302
5.1	锅炉垢量的计算	302
5.2	一般设备垢量的计算	303
6	清洗原材料的计算	303
6.1	清洗药剂总量的计算	303
6.2	配液过程中浓度计算和各种物质质量的计算	304
7	清洗设备的选型	306
7.1	多功能全自动化学清洗泵站	307
7.2	小型全自动化学清洗泵站	310
7.3	中型化学清洗站	310
7.4	小型泵站	311
7.5	现场设备和用具的基本配备方案	311
8	清洗质量保证体系	312
9	清洗方案的制订	313
9.1	方案的主要内容	313
9.2	方案举例	314
10	化学清洗中常见的清洗方法	314
第8章	化学清洗的过程控制	319
1	设备的隔离和前处理	319
1.1	管线设备隔离	319
1.2	系统中所有测量的仪器、仪表必须拆除	319

1.3	单向阀、过滤器拆除	319
1.4	清洗现场的隔离	320
1.5	对清洗对象进行预处理	320
2	清洗工程的过程控制	320
3	清洗现场工艺条件的控制原则	321
4	清洗过程中的分析监测	323
4.1	概述	323
4.2	分析化验的采样方式	323
4.3	水的 pH 值和浊度的测定	323
4.4	清洗液的监测	324
4.5	钝化液的测定	339
4.6	清洗废液的监测	341
5	检查验收	343
6	清洗效果的评价标准	343
6.1	除垢效果评价指标	343
6.2	清洗过程的腐蚀控制效果评价指标	344
7	清洗效果的评价方法	345
7.1	腐蚀监测方法	345
7.2	腐蚀量计算	350
7.3	除垢率(洗净率)测定	351
7.4	钝化效果的测定	352
7.5	除油效果的测定	354
7.6	其他清洗效果的测定	354
第 9 章	化学清洗事故分析	356
1	概述	356
2	引发化学清洗事故的原因分析	356
3	化学清洗事故的表现形式和对策	362
4	化学清洗事故举例	366
实例 1	一起严重的锅炉酸洗事故	366
实例 2	一起清洗堵管事故	367
实例 3	一起未形成钝化膜的清洗事故	368
实例 4	未能彻底除垢的清洗事故	368
实例 5	亚临界锅炉进行化学清洗腐蚀事故	368

实例 6 设备附件被腐蚀的清洗事故	369
第 10 章 化学清洗安全技术	370
1 概述	370
2 化学危险品的危害及防护	370
2.1 氧化剂	371
2.2 压缩气体和液化气体	372
2.3 易燃物质	374
2.4 毒害物质	375
2.5 腐蚀性物质	376
2.6 放射性物质	377
3 灼伤的危害及其防护	378
4 机械、设备安全使用注意事项	380
4.1 电气设备、仪器	380
4.2 机、泵等设备	382
4.3 临时系统安装	382
5 进塔入罐进行清洗施工时安全注意事项	383
6 高处作业安全注意事项	384
7 个人防护用品	384
7.1 头部保护用品	385
7.2 呼吸器官及面部防护用品	385
7.3 防酸、碱用品	386
7.4 防坠落用品	386
7.5 防噪声用品	386
8 清洗过程的安全保障制度	387
8.1 健康、安全、环境体系的建立	387
8.2 安全因素的过程控制	387
9 清洗现场常用的各种安全禁令	388
9.1 清洗现场人身安全十大禁令	388
9.2 安全施工十大禁令	389
9.3 防止中毒、窒息十条规定	389
第 11 章 化学清洗废液及其处理	391
1 清洗废液种类及其特征	391
1.1 碱洗废液	391

1.2	酸洗废液	391
1.3	钝化废液	392
1.4	冲洗废水	392
1.5	水基金属清洗剂废液	392
1.6	石油系溶剂清洗废液	393
1.7	放射性废物	394
2	化学清洗废液危害	394
2.1	油污染	394
2.2	酸碱污染	394
2.3	化学耗氧量 (COD) 的影响	394
2.4	氟化物污染	395
2.5	重金属离子污染	395
2.6	亚硝酸盐及联氨污染	395
2.7	高氨氮、高磷废水污染	395
3	国家有关污水排放的环保法规、法令及摘要	397
3.1	环境保护法摘要	397
3.2	各类水质标准及排放标准	397
3.3	清洗作业涉及的噪声标准	399
4	清洗废液处理方法	399
4.1	酸洗废液中和处理	399
4.2	盐酸清洗废液处理	400
4.3	氢氟酸清洗废液处理方法	401
4.4	柠檬酸清洗废液处理方法	402
4.5	氨基磺酸清洗废水处理	403
4.6	EDTA 清洗废液处理方法	403
4.7	有机混合酸清洗废液处理	404
4.8	硝酸酸洗及含氨废水处理	404
4.9	磷酸清洗废液处理方法	405
4.10	重金属离子处理方法	405
5	碱洗废液处理方法	405
5.1	中和处理法	406
5.2	烟道气中和处理法	406
5.3	含磷酸盐碱洗废液处理方法	407