

热交换器清洗与防腐

姬玉林 等编著

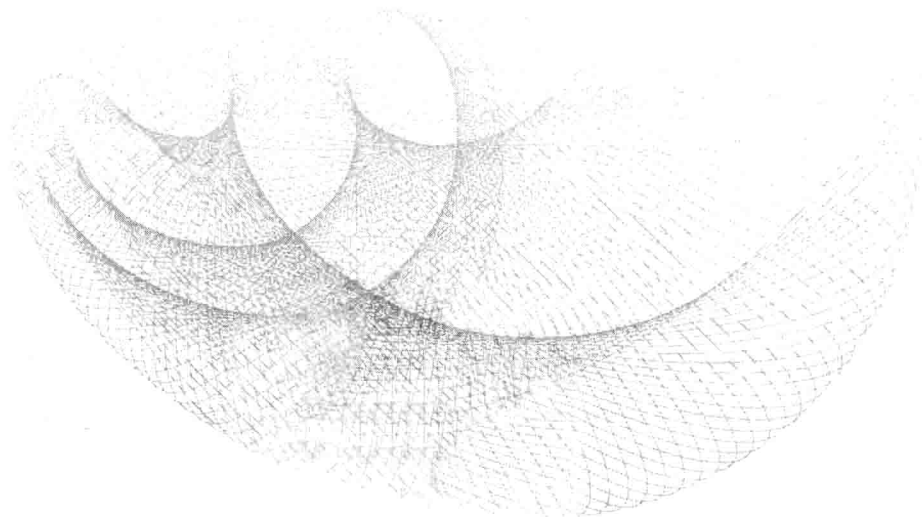
REJIAOHUANQI QINGXI YU FANGFU



化学工业出版社

热交换器清洗与防腐

姬玉林 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书所述的内容代表了目前热交换器行业清洗和防腐的主导技术,从实际应用出发,注重理论与实践相结合,既注重对当前技术的介绍,又探讨了未来技术的发展。

本书主要由热交换器结构、清洗、防腐技术、质量和市场管理、防腐企业生产安全以及职业病防护、热交换器防腐前沿技术等几部分构成。通过热交换器的结构介绍,由浅入深的系统阐述,有助于读者在不具备任何技术知识的前提下,掌握防腐的理论和技能,以及要成为一名合格的防腐技术人员应该具备哪些知识结构。

本书既可以作为石油化工等相关领域热交换器清洗与防腐领域的技术指导用书,也可以作为大中专院校相关专业教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

热交换器清洗与防腐/姬玉林等编著. —北京:
化学工业出版社, 2014. 5
ISBN 978-7-122-20150-8

I. ①热… II. ①姬… III. ①换热器-清洗②换热器-防腐 IV. ①TQ

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 054883 号

责任编辑:成荣霞

文字编辑:李锦侠

责任校对:宋 玮

装帧设计:王晓宇

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:三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张9¼ 字数156千字 2014年7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:48.00元

版权所有 违者必究

前言

Foreword

石油化工行业中热交换器（包括冷凝器、冷却器等）作为热量交换的重要设备，大约占到整个行业总投资的20%以上，其中运行的物质复杂多样，所处环境恶劣多变（高温、高热、骤冷骤热、酸碱度大等）。热交换器材质一般为铁质，其内运行的物质和环境会对铁质管路造成极大的腐蚀，这决定了其使用寿命一般较短。另外，这些物质和环境也使得热交换器管内经常结垢堵塞管路，降低换热效率。为了延长热交换器的使用寿命，达到节能增效、降低生产企业的成本，就需要对热交换器进行清洗和防腐阻垢处理。

本书主要介绍了热交换器的清洗和防腐原理以及施工。虽然在这个领域中，有关涂料原理和组分的著作很多，但是针对热交换器施工技术和原理介绍的书籍鲜有见者。本书是编著者工作20余年来对这一领域的知识见解和经验总结，必将对该领域的理论发展和应用起到推动作用。

本书内容讲究实用性，读者通过研读本书既可以了解热交换器的基本组成和作用，又可以获得热交换器防腐的实际操作技术，同时本书还介绍了运用于生产中的质量管理和安全管理知识。本书主要由七部分组成。第1章介绍了热交换器的结构和分类，即热交换器的构造知识和在生产领域中怎样鉴别热交换器的规格型号。通过本章的学习，读者会对热交换器有一个清晰的认识，在生产中可以通过热交换器铭牌知道热交换器的规格型号，有利于指导热交换器防腐的前期工作。第2章介绍了热交换器的清洗，通过研读本章，读者可以知晓热交换器使用过程中的结垢原理和结垢类型及相关清洗技术。第3章介绍了热交换器的腐蚀与防护，本章是本书的重点章节，在这一章中详细讲解了热交换器的腐蚀机理和防腐蚀技术及相关涂料。通过本章学习，对于生产者或想了解这方面技术的人员来说将获得有益的帮助，另外，本章还介绍了打砂房的设计与喷涂车间的设计。第4章介绍了防腐质量管理，通过本章学习，读者可以获得相应的管理经验。第5章介绍了热交换器清洗与防腐的市场分析，在市场经济下，怎样把自己的企业做大做强，读者通过阅读本章可以对防腐市场知识有所补充。第6章介绍了热交换器清洗与防腐施工的安全教育、培训及职业病防护，对于实际生产过程中应该怎样保护企业职工安全，降低职工职业病危害有积极的指导作用。第7章介绍了热交换器防腐技术前沿展望，包括常温固化、水性、纳米技术和高固分技术的概念和应用。本书前3章由姬玉林编著，第4章由吴振编著，第5章由许山编著，第6章由谢宗仁编著，第7章由刘一总编著。

我公司许多员工对本书的编写给予了很大的帮助和支持，在此表示由衷的感谢。

限于编著者的水平，本书难免存在疏漏之处，恳请广大读者对本书提出宝贵意见和建议，以便修订时加以完善。

编著者

山东蓝星清洗与防腐公司

2014. 3

目录

CONTENTS

Chapter 1	第1章 绪论	1
	1.1 换热器的定义	1
	1.2 换热器的结构和分类	1
	1.3 换热器在工农业生产和日常生活中的作用	5
	1.4 清洗和防腐的意义	6
Chapter 2	第2章 换热器的清洗	7
	2.1 换热器结垢机理与垢的分类	7
	2.1.1 结垢机理	7
	2.1.2 垢层的分类和组成	8
	2.2 换热器的化学清洗	9
	2.2.1 化学清洗机理	9
	2.2.2 缓蚀剂的缓蚀机理	11
	2.2.3 常用酸类及浓度配比	13
	2.2.4 清洗工艺	15
	2.2.5 不停车在线化学清洗	17
	2.2.6 新换热器的清洗预膜	18
	2.3 换热器的物理清洗	19
	2.3.1 物理清洗的定义	19
	2.3.2 物理清洗的机理	20
	2.3.3 物理清洗方式	20
	2.3.4 物理清洗与化学清洗相结合	21
Chapter 3	第3章 换热器的腐蚀与防护	22
	3.1 换热器腐蚀与防理论	22
	3.1.1 腐蚀与防护的定义	22

3.1.2	化工生产中热交换器的腐蚀与危害	22
3.1.3	热交换器腐蚀的原因	23
3.1.4	热交换器防腐的重要性	24
3.1.5	防腐方式	25
3.1.6	说明及推荐使用范围	25
3.2	热交换器的涂料防腐	26
3.2.1	TH-847 碳钢水冷器专用防腐涂料	26
3.2.2	TH-901 耐热耐油换热器专用防腐涂料	28
3.2.3	LX-06 换热器专用防腐涂料 (DH22-2 改性涂料)	30
3.2.4	LX-08 韧性高温环氧改性漆酚酞换热器专用防腐 涂料	31
3.2.5	换热器防腐涂装技术方案	32
3.2.6	空冷器防腐涂装技术方案	36
3.2.7	防腐涂装操作规程	37
3.3	化学镀镍磷合金技术	39
3.3.1	化学镀镍磷合金技术简介	39
3.3.2	换热器镍磷镀技术方案	42
3.3.3	换热器化学镀镍磷合金施工工艺	43
3.3.4	镀层检测标准及质量要求	44
3.4	重叠整体设备施工注意事项	45
3.5	车间生产施工注意事项	45
3.6	烘烤炉操作规程	47
3.7	涂层、镀层换热器使用注意事项	48
3.8	双管喷枪及四管喷枪设计理念	49
3.9	喷砂除锈	49
3.9.1	喷砂除锈操作规程	49
3.9.2	密闭喷砂房设计概要	50
3.10	涂装车间设计概要	60
3.10.1	涂装车间的性质	60
3.10.2	涂装工艺	60
3.10.3	车间的安全卫生设计	63

Chapter	4	第4章 防腐质量管理	65
		4.1 质量策划管理	65
		4.2 质量控制管理	66
		4.2.1 基础设施和工作环境控制管理	66
		4.2.2 过程和产品的监视和测量控制程序	67
		4.2.3 与顾客有关的质量控制管理	69
		4.2.4 采购控制管理	70
		4.2.5 不合格产品控制管理	70
		4.3 数据分析	71
		4.4 工程质量检测标准和方法	72
		4.5 原材料检验规范	74
		4.6 防腐涂装工程常见质量问题解析及处理措施	75
Chapter	5	第5章 热交换器清洗和防腐的市场分析	78
		5.1 热交换器清洗和防腐的经济、社会效益	78
		5.2 热交换器清洗和防腐市场分析方法	80
Chapter	6	第6章 热交换器清洗与防腐施工的安全教育、培训及 职业病防护	87
		6.1 热交换器清洗与防腐施工的安全教育及培训	87
		6.1.1 企业普通员工安全教育的目标	87
		6.1.2 安全教育的作用	88
		6.1.3 安全教育的基本原则	88
		6.1.4 企业普通员工的安全教育	89
		6.1.5 安全生产教育与培训制度原则	93
		6.1.6 安全培训对象、时间和内容	94
		6.1.7 安全教育的实施与管理	95
		6.1.8 防腐和清洗施工相关工种安全教育	95
		6.2 安全生产的现场管理	98
		6.3 劳动防护用品用具管理制度	99
		6.4 防腐和清洗施工相关工种职业病危害及防治	100
		6.4.1 电焊工的职业危害与防护措施	100

6.4.2	高压水射流清洗防护	102
6.4.3	喷砂岗位职业病危害及防护	102
6.4.4	防腐作业工人的职业病危害与防护	103

Chapter 7 | 第7章 热交换器防腐技术前沿展望 106

附录	111
一、培训效果测验题（一）	111
二、培训效果测验题（二）	114
三、高级防腐蚀工技术等级考核理论试题及答案	116
四、中华人民共和国石油化工有限公司标准 钢制换热设备管束复合涂 层施工及验收规范 (SH/T 3540—2007)	125
五、中华人民共和国石油化工有限公司标准 钢制换热设备管束复合涂 层施工及验收规范（部分）(SH/T 3540—2007)	135

参考文献 140

第 1 章

绪论

1.1 热交换器的定义

在我们的日常生活中，时时处处伴随着传热过程。化工生产中更是离不开传热过程，几乎所有的化工工艺过程都有加热、冷却或冷凝过程。在很多单元操作过程中，如蒸发、干燥、结晶、蒸馏等操作过程都需要供给一定的热量；一般化学反应过程也都同时伴随着热量的传递。如二氧化硫的催化氧化、氮氢气合成氨等反应过程，都要求将温度控制在一定的范围内。因此，对于放热反应过程就需要将多余的热量及时移走，否则将因为热量的积累而导致温度过高，对反应不利；对于吸热反应过程，则需要及时供给一定的热量，以保证在一定温度下进行，否则温度过低反应将减慢或停止。另外，为了满足反应所需要的温度，也往往需要对原料进行预热或冷却；有时还需要将汽态介质进行冷凝。由此可见，传热过程是化工生产中必不可少的。我们把传热过程借以进行的设备称为热交换器，热交换器又称为换热器。

1.2 热交换器的结构和分类

热交换器的类型有很多，我们通常所指的为间壁式换热器，即冷热两种流体不允许直接接触，让冷热两种流体通过换热器固体壁面来达到换热之目的，这种换热也称间壁换热，所以也叫间壁式换热器。另外，还有直接接触式、蓄

能式两种。热流体和冷流体通过热交换器壁面先进行热量交换，使热流体被冷却，冷流体被加热，即冷物料被加热时，必须由热流体提供热量；而当热物料被冷却时，也必须由冷流体将热量移走，这种用于加热或冷却物料的流体，称为载热体，被加热或冷却的流体称为介质。间壁换热器的具体分类有以下几种方法。

(1) 根据间壁换热器的固体壁面结构分类

① 列管换热器 见图 1-1。

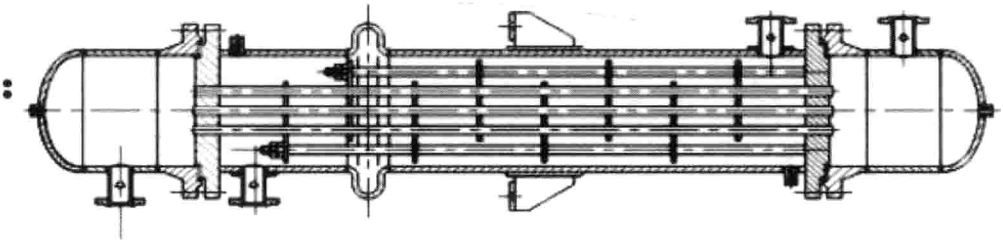


图 1-1 列管换热器

② 蛇管换热器 见图 1-2。

③ 板式换热器 又分螺旋板式换热器、板翅式换热器、板壳式换热器等，见图 1-3。

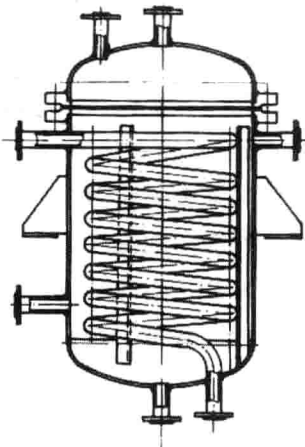


图 1-2 蛇管换热器

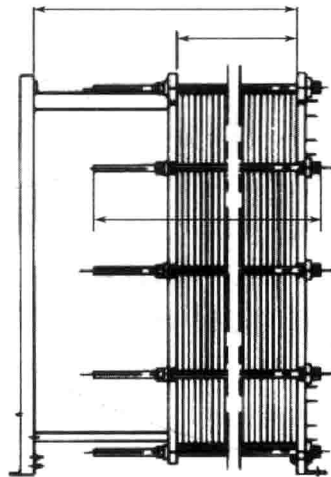


图 1-3 板式换热器

④ 翅片管式换热器 见图 1-4。

⑤ 夹套式换热器 见图 1-5。

⑥ 套管式换热器 见图 1-6。



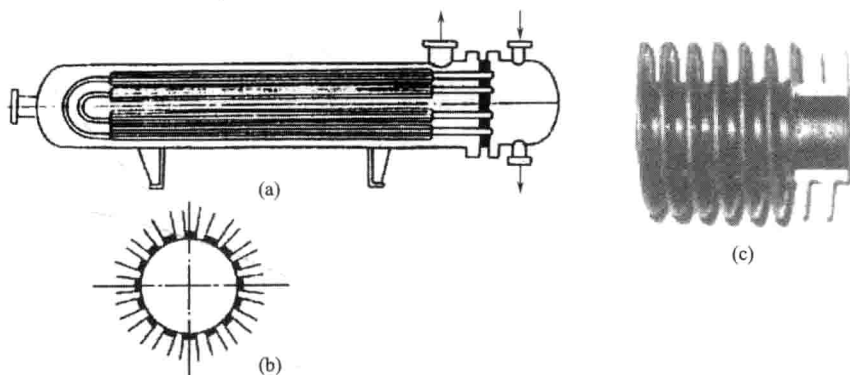


图 1-4 翅片管式换热器

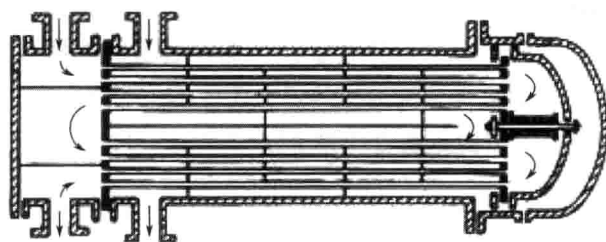


图 1-5 夹套式换热器

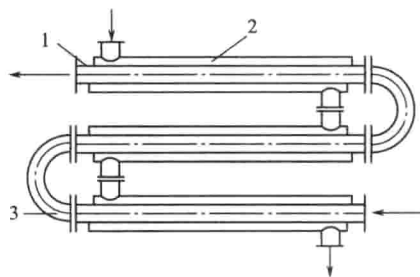


图 1-6 套管式换热器

1—内管；2—外管；3—U形肘管

(2) 根据冷却介质（载热体）分类

- ① 用水进行冷却的为水冷却器。
- ② 用油进行冷却的为油冷却器。
- ③ 用空气进行冷却的为空气冷却器。
- ④ 用液氨进行冷却的为氨冷却器。

⑤ 还有氟利昂冷却器、溴化锂冷却器等。

(3) 根据传热过程进行的方式分类

① 将生产中的原料和成品进行加热的称为加热器。

② 将生产中的原料和成品进行冷却的称为冷却器。

③ 对生产中的气体进行冷凝的称为冷凝器。

④ 对生产中的稀溶液进行加热蒸发、浓缩、结晶、干燥和蒸馏的分别称为蒸发器、浓缩器、结晶器、干燥器和蒸馏器。

⑤ 对生产中的热量进行合理利用和废热回收的称为预热器，如锅炉省煤器、废热锅炉、空气预热器、烟道预热器等。

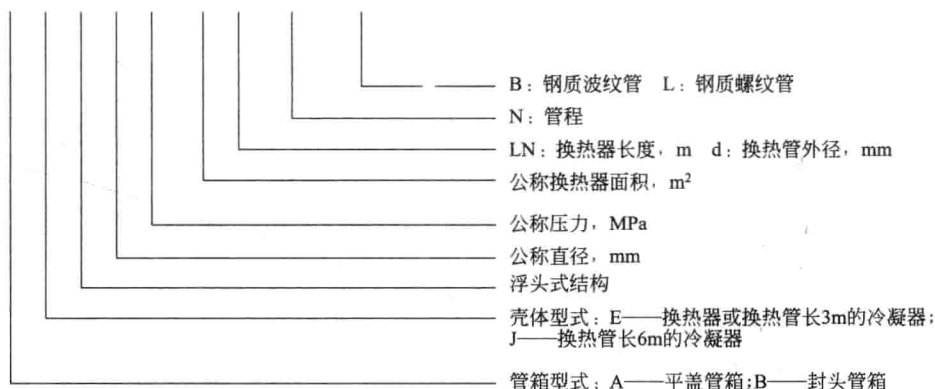
⑥ 物料在其中进行化学反应的称为反应器。

(4) 根据换热器使用的材质分类

根据换热器使用材质的不同又分为碳钢换热器、不锈钢换热器、铜换热器、铝镁合金换热器、钛合金换热器、锆合金换热器、石墨换热器、聚四氟乙烯换热器、聚丙烯换热器、石墨改性聚丙烯换热器、陶瓷换热器等。

(5) 浮头列管式换热器规格型号表示方法

$$x \times S \text{ DN-PN-A-} \frac{\text{LN}}{d} \text{-N} \quad \text{B 或 L}$$



注：当换热管为光管时，最后一项 B 或 L 不标注，改为换热器级别代号，较高级冷拔管用 I 表示，普通级冷拔管用 II 表示。

例如：

(1) 换热器

① 平盖管箱，公称直径 600mm，管、壳程公称压力均为 1.6MPa，公称换热面积 45m^2 ，换热管长 3m，换热管外径 25mm，2 管程的浮头式波纹管换热器，其型号为：

$$\text{AES600-1.6-45-}\frac{3}{25}\text{-2B}$$

② 封头管箱，公称直径 700mm，管、壳程公称压力均为 1.6MPa，公称换热面积 155m^2 ，换热管长 6m，换热管外径 19mm，4 管程的浮头式螺纹管换热器，其型号为：

$$\text{BES700-1.6-155-}\frac{6}{19}\text{-4L}$$

(2) 冷凝器

① 平盖管箱，公称直径 600mm，管、壳程公称压力均为 1.6MPa，公称换热面积 40m^2 ，换热管长 3m，换热管外径 25mm，4 管程的浮头式波纹管冷凝器，其型号为：

$$\text{AES600-1.6-40-}\frac{3}{25}\text{-4B}$$

② 封头管箱，公称直径 700mm，管、壳程公称压力均为 1.6MPa，公称换热面积 165m^2 ，换热管长 6m，换热管外径 19mm，2 管程的浮头式波纹管冷凝器，其型号为：

$$\text{BJS700-1.6-165-}\frac{6}{19}\text{-2B}$$

1.3 热交换器在工农业生产和日常生活中的作用

可以说热交换器在工农业生产和日常生活中应用非常广泛，特别是石油化工、石油炼制、化肥、制药、热电、冶金、氯碱、造纸、印染、食品、冷藏、交通运输等行业更是离不开对它的应用。还可以说，热交换器能够节能降耗、保护环境，给我们提供了良好的生存环境。

换热器是石化生产中重要的工艺设备，也可以把它看成是节能设备。石化装置中换热设备的性能对石化产品质量、热量利用系统的经济性和可靠性起着重要的作用。在化工企业中，换热器投资约占设备总投资的 20% 以上，占设备总重量的 40% 以上。一套常减压蒸馏装置，换热器数量达 80 多台，占设备总数的 69%；一套乙烯裂解装置，换热器数量达 130 多台，占设备总数的 49%。据统计，在石化工业中，换热设备占生产装置总投资的 35%~40%，重量占设备总量的 25%~50%，数量占整套装置的 30%~50%。石化工业中常用的换热设备结构以管式和板式两种为主。

1.4 清洗和防腐的意义

热交换器在使用过程中，其传热表面会受到流经流体的侵蚀和污染，首先，换热器的换热效果会受到影响（污垢的热阻远远大于换热器基材的热阻），其次，换热器的使用寿命会缩短（受到腐蚀），再次，化工生产的连续性、财产及人身安全也受到严重的影响和损失（穿孔和泄漏引起火灾或爆炸），所以热交换器在投入使用前应进行防腐的防护，投用后的使用过程中表面受到污染或结垢（包括水垢和物料垢），就应及时进行清洗，否则就达不到应有的换热效果。可见对换热器及时进行防腐和清洗十分重要，既能达到节能减排、保护环境的目的，又能做到保护国家的财产和人民的生命安全，从而达到了全面协调可持续发展、构建和谐社会的要求。



第2章

热交换器的清洗

2.1 热交换器结垢机理与垢的分类

2.1.1 结垢机理

(1) 清洗的定义

物体表面受到物理的、化学的或生物的作用而形成污染或覆盖层，去除这些污染或覆盖层而使其恢复到原来表面状况的过程就称为清洗，又分为物理清洗和化学清洗。

(2) 化学清洗的定义

利用化学的方法，使表面的污染物或覆盖层与清洗剂发生化学反应或转化为其他物质而被除去的过程就是化学清洗。由于设备结构原因，不能采取物理清洗方式的，化学清洗就更显得重要了。

(3) 结垢机理

根据清洗的定义就可以看出，物体表面受到物理的、化学的或生物的作用而形成的污染物或覆盖层就称为垢层，其沉积过程称为结垢。所以结垢机理就是因为物体处于不同的环境之中，而自身表面状况及性质又各不相同，物体表面与环境作用形成各种类型的污染物或覆盖层，这些覆盖层可分为以下几类。

① 物理覆盖层 环境中的污染物、固体颗粒、油、放射性尘埃、晶体等，沉

积于物体表面而形成的覆盖层。如水垢、油垢、物料垢、泥沙等。

② 化学覆盖层 环境与物体表面起化学反应而形成的覆盖层。如锈垢、染色、化学镀层等。

③ 生物覆盖层 海藻类、菌类附着于物体表面而形成的覆盖层，如船体海藻附着物、医药生产中的菌类微生物等。

④ 混合覆盖层 物理/化学、物理/生物、化学/生物、物理/化学/生物的作用共同形成的覆盖层。这种状况比较常见。

2.1.2 垢层的分类和组成

结垢机理中提到的覆盖层分类实际上就是垢层的分类，由于本文只涉及热交换器的清洗，所以在此仅将热交换器中垢的分类和组成列举如下。

(1) 水垢

① 水垢的形成 不论是地表水还是地下水，它们都含有矿物质，其中以钙、镁离子的碳酸盐、硫酸盐、硅酸盐及铁的氧化物为主。化工生产中热交换器用的循环冷却水大部分是经过处理的，其中的盐类已大部分被处理掉了，但是有些盐类溶解度随着温度的升高而降低，有些盐类随着温度的升高而分解形成溶解度更低的化合物；循环水随着使用会不断蒸发浓缩，其中没有处理掉的离子浓度逐渐升高，超过其饱和浓度后就会结晶沉积；在水处理过程中，由于其他原因造成在线分析检测、药品补加、系统的排污不及时，同样也会使某些物质的浓度过高或升高而沉积在系统内壁，形成水垢。

② 水垢的分类：

- a. 碳酸盐垢 其中碳酸盐的含量在 50% 以上。
- b. 硫酸盐垢 其中硫酸盐的含量在 50% 以上。
- c. 硅酸盐垢 其中硅酸盐的含量在 20% 以上。
- d. 混合垢 其中至少含有以上三种成分。

(2) 锈垢

① 锈垢的形成 所谓锈垢就是以铁锈为主的垢，它的形成通常有以下几个方面的原因：一是钢铁基体表面在轧制过程或自然条件下受到腐蚀，形成的氧化铁皮，主要是 FeO 、 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 及其水合物；二是设备基体受到介质的化学侵蚀，又分酸性环境和碱性环境，如炼油系统中产生的 FeS 、 FeCl_2 等；三是设备基体受到循环水系统中微生物的腐蚀，如硫酸盐还原菌、铁细菌等，它们的腐蚀产物为 FeSO_4 、 FeS 等。

② 锈垢的分类 铁的氧化物、水合物，铁的菌类、 FeS 等。