

Chemical Cleaning Technology
and Application Examples

化学清洗 技术及应用实例

丰云 编著



化学工业出版社

Chemical Cleaning Technology
and Application Examples

化学清洗 技术及应用实例

丰云 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书介绍了化学清洗基础、化学清洗工艺和技术及应用实例、化学清洗标准与监测、化学清洗安全检测及质量监督管理等内容。

本书有利于促进化学清洗技术与工艺的应用。可供化学清洗技术研发以及使用化学清洗技术的企事业单位工程技术人员、管理人员使用,还可作为大专院校学生及其他相关专业的工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

化学清洗技术及应用实例/丰云编著. —北京:化学工业出版社, 2018. 4

ISBN 978-7-122-31488-8

I. ①化… II. ①丰… III. ①化学清洗 IV. ①TE358

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 024810 号

责任编辑: 夏叶清

文字编辑: 林 丹

责任校对: 宋 夏

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: 北京京华铭诚工贸有限公司

装 订: 三河市瞰发装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 16 1/4 字数 311 千字 2018 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: 88.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

近年来,化学清洗的方法在电力、石化、制药、化纤纺织、造纸印刷、水泥建材、冶金、食品、机械、餐饮、煤炭、石油开采、核工业、烟草、公用事业、航空航海行业中的应用越来越广泛,成功地解决了生产实践中的很多实际问题,但化学清洗技术总体上呈衰减趋势。目前化学清洗约占工业清洗整体市场份额的70%。为保护自然环境,化学清洗技术将向环保型、功能型、精细化、集成化方向发展。

随着精细有机合成技术、生物技术和检测技术等相关技术的进步,化学清洗剂将向分子设计方向发展,将合成具有生物降解能力和酶催化作用的绿色环保型化学清洗剂;弱酸性或中性的有机化合物将取代强酸强碱。

支链性有机化合物和植物提取物将取代芳香基化合物;无磷、无氟清洗剂将取代含磷含氟清洗剂;水基清洗剂将取代溶剂型和乳液型清洗剂;可生物降解的环保型清洗剂将取代难分解的污染型清洗剂;各类系列傻瓜型清洗剂功能性强,操作简便。

在清洗助剂方面更注重催化剂、促进剂、剥离剂的作用,并使其无毒化、低剂量化,缓蚀剂则需要开发特种条件下专用的高效缓蚀剂。

目前,国内的清洗工艺逐步从分步法向一步法过度,将来化学清洗的主要工作将集中在物料侧污垢的清洗和特殊行业设备的清洗,并更注重多领域的系统集成。

本书介绍了化学清洗基础、化学清洗工艺和技术及应用实例、化学清洗标准与监测、化学清洗安全检测及质量监督管理等内容。

本书可供化学清洗技术研发以及使用化学清洗技术的企事业单位工程技术人员、管理人员使用,还可作为大专院校学生及其他相关专业的工程技术人员的参考资料。

本书编写过程中,吴宝兴、刘正耀、李力、付扬、陈羽、高洋、王瑜、朱美玲、高新、童凌峰、王月春、耿鑫、王辰、韩文彬、方芳、黄雪艳、杨经伟、周雯、耿鑫、董

桂霞、杜高翔、王素丽、王瑜、王月春、荣谦为本书的资料收集和编写付出了大量精力，在此一并致谢！

由于编者水平所限，书中疏漏或不足之处在所难免，敬请各位专家、读者赐教。

编者
2018.3

目录

CONTENTS

第一章	化学清洗	1
第一节	概述	1
	一、污垢种类和分析	1
	二、污垢形成与过程	3
	三、污垢危害及防止	4
	四、化学清洗过程中的化学反应	6
	五、难溶垢种的处理及进行定量分析	8
	六、清洗剂的分类和选用	11
第二节	化学进行的反应	14
	一、盐酸清洗反应	14
	二、其他酸液清洗反应	15
	三、络合清洗反应	16
	四、溶垢化学清洗中不希望发生的反应	18
第三节	化学清洗时机确定与经济评估分析	19
	一、化工设备开车前化学清洗的必要性	19
	二、化学清洗时机的确定	20
	三、新装设备的化学清洗	20
	四、定期化学清洗	21
	五、根据结垢量决定化学清洗时机	21
	六、根据设备运行参数决定化学清洗时机	22
	七、从经济上考虑化学清洗	22
	八、化学清洗计划评估	22

第一节	化学清洗的基本原理和处理	24
	一、清洗、缓蚀、钝化的基本原理	24
	二、煮炉转化的基本原理	25
	三、除垢清洗剂用量计算	25
	四、漂洗、钝化处理	27
	五、化学清洗废液的处理	28
	六、化学清洗废液排放	32
第二节	化学清洗用的药剂	33
	一、溶垢清洗剂	33
	二、络合清洗剂	35
	三、溶垢清洗中的助剂	36
	四、酸洗缓蚀剂	37
	五、钝化剂	38
	六、化学清洗后的停用保护剂	39
	七、最终确定清洗药剂及工艺条件的确定	40
第三节	化学清洗剂材料与产品	40
	一、化学清洗剂材料的组成	40
	二、化学清洗剂的产品	56
第四节	需化学清洗设备污垢的原因、危害表现和污垢分析	58
	一、锅炉和热交换器沾污的原因	58
	二、化工设备污垢的成分定性判别及分类	61
	三、化工设备污垢的定量分析概说	65
	四、大宗垢样的仪器分析	67
	五、细菌污塞的鉴别及微生物膜分析	69
	六、锅炉超温损折寿命	71
第五节	防止结垢的诸多措施与水质管理处理	75
	一、保持水质合格是最重要的防垢措施	75
	二、水汽质量合格下的结垢腐蚀及期望值问题	77
	三、防止结垢的锅内水处理和炉外水处理	77
	四、循环冷却/凝汽器水处理概况	80

第一节	化学清洗工艺概述	85
	一、循环清洗	85

	二、开路清洗	85
	三、不停运清洗	85
第二节	化学清洗方法和技术标准	86
	一、锅炉煮炉方法和技术标准	86
	二、电站锅炉化学清洗的必要性和技术标准	88
	三、低压锅炉化学清洗方法和有关标准	90
第三节	化学清洗新技术与新工艺	92
	一、压缩机组润滑油系统化学清洗技术与工艺	92
	二、不锈钢材质设备及零部件酸洗钝化技术与工艺	94
	三、锅炉水冷壁管的浸泡清洗技术与工艺	99
	四、焦化厂煤气初冷器清洗技术与工艺	100
	五、电力工业大型机组化学清洗技术与工艺	102
第四节	反渗透膜的化学清洗新技术与新工艺	106
	一、概述	106
	二、超滤污堵原因的剖析	109
	三、水解酸化-MBR 处理偶氮染料废水的膜污染与化学清洗	117
	四、反渗透膜典型重度污染物的化学清洗方法	121
	五、RO 膜系统的清洗条件与化学清洗方法	124
	六、MBR 膜组件污染的化学清洗新技术与新工艺	131
	七、不同材质膜组件的污染与化学清洗方法	132
	八、反渗透膜离线化学清洗方法	133

第四章

化学清洗技术应用

139

第一节	化学清洗技术与应用	139
	一、清洗技术定义	139
	二、清洗技术的对象、分类和方法	139
	三、化学清洗技术状态	140
	四、化学清洗的前期准备工作	140
	五、化学清洗垢样分析	141
	六、化学清洗与环境保护	142
第二节	化学清洗技术在行业中的应用范围	142
	一、电力业	142
	二、石化业	143
	三、机械业	143

四、冶金业	143
五、煤炭业	144
六、清洗业	144
七、核工业	144
八、食品业	144
九、制药业	144
十、餐饮业	144
十一、烟草业	144
十二、石油开采业	145
十三、造纸印刷业	145
十四、水泥建材业	145
十五、公用事业	145
十六、航空航海	145
十七、纺织化纤业	145
十八、电力电子行业	146
十九、运输业的化学清洗	146
二十、制冷空调行业的化学清洗	146
第三节 化学清洗技术在行业中大型装置及设备开机前清洗的应用	146
一、化工设备开车前清洗目的及意义	146
二、大型装置开机前要清洗	149
三、管道化学清洗开机前的注意事项	149
第四节 化学清洗技术在工业设备清洗中的应用	150
一、化学清洗技术在冷凝器设备清洗中的应用	150
二、化学清洗技术在热交换器设备清洗中的应用	151
三、化学清洗技术在导热油炉清洗中的应用	153
第五节 新兴的 PIG 化学清洗技术的应用	155
一、PIG 清洗原理	156
二、PIG 清洗技术应用	156
第六节 化学清洗技术在汽车发动机清洗中的应用	157
一、化学清洗技术在空压机设备清洗中的应用	157
二、汽车发动机清洗液的配制	158

第五章

化学清洗工艺实例

162

第一节 盐酸溶垢清洗实例	162
一、换热器的化学清洗系统与工艺实例	162

	二、常用的生活锅炉和采暖锅炉的清洗与工艺实例	166
	三、高中低压发电锅炉的盐酸溶垢浸泡清洗与工艺实例	169
	四、高参数锅炉的盐酸循环清洗与工艺实例	172
	五、蒸汽锅炉的清洗与工艺实例	176
第二节	溶垢清洗实例	178
	一、腐蚀失效锅炉的原因分析与溶垢清洗和防止腐蚀的发生	178
	二、以锈垢为主协调 EDTA 除垢清洗锅炉实例	181
第三节	以水和碱液为主的除污去垢清洗实例	184
	一、用水和水蒸气清洗	184
	二、用水和碱液清洗	184
	三、空调冷却水系统的清洗技术	186
	四、石油化工生产中油污设备和去污及清洗	189
第四节	其他化学清洗实例	193
	一、建筑物与建筑装饰品的保洁和家用器物的除垢清洗	193
	二、反渗透系统工业化学清洗和杀菌	195
	三、中央空调设备的清洗	198
	四、铜换热器化学清洗实例	202
	五、工业油污设备去污和清洗	203

第六章

化学清洗安全、环保与检测质量的监督管理

206

第一节	化学清洗作业的安全管理	206
	一、化学危险品的危害及防护	206
	二、化学清洗过程中安全注意事项	212
	三、化学清洗作业的安全管理	217
第二节	化学清洗作业与环境保护的管理	219
	一、环境保护条例	220
	二、环境友好措施	222
	三、化学清洗以人为本理念	223
	四、废液安全处理及排放措施	223
第三节	化学清洗过程中的检测与监测	224
	一、检测基础知识	224
	二、化学清洗中常用检测方法之中和法	226
	三、常用容量分析法之络合滴定、氧化还原和沉淀法	227
	四、离子敏感电极检测 pH 值和氟离子含量	228
	五、垢量测量和腐蚀量测量	229

第四节	化学清洗从业单位的监督管理	232
一、	低压锅炉化学清洗从业单位应具备的条件	232
二、	低压锅炉化学清洗从业单位场所、设备和分析仪器	233
三、	有关低压锅炉化学清洗的规则、导则	234
四、	工业锅炉化学清洗质量控制及管理	234
五、	电站锅炉化学清洗的管理	237
第五节	化学清洗所涉及的标准	238
一、	工业清洗剂选用标准	238
二、	化学清洗药剂的质量要求	240
三、	缓蚀剂、钝化剂及其他助剂的质量标准	241
四、	与清洗有关的环境质量标准	242
五、	化学清洗工程的质量控制	244
	参考文献	247

第一章

化学清洗

第一节 概述

化学清洗是通过化学方法，用化学清洗药剂实现除油、除锈、预膜的目的。

化学清洗技术的发展已取得很大进步，成功解决了生产实践中的很多实际问题，但化学技术总体上呈衰减趋势。目前化学清洗约占工业清洗整体市场份额的70%以上。为保护自然环境，化学清洗技术将向环保型、功能型、精细化、集成化方向发展。

清洗工艺逐步从分步法向一步法过渡，将来化学清洗的主要工作将集中在物料侧污垢的清洗和特殊行业的清洗，并更注重多领域的系统集成。

一、污垢种类和分析

一般污垢的种类根据以下三点分类。

(1) 按污垢的形状分类

- ① 颗粒状污垢 如固体颗粒、微生物颗粒等。
- ② 膜状污垢 如油脂、高分子化合物或无机沉淀物在基材表面形成的膜状物质，这种膜可以是固态的，也可能是半固态的。有些污垢介于颗粒与膜状之间，还有的以悬浮状分散于溶剂之中。

(2) 根据污垢的化学组成分类 按这种分类方法可把污垢分为无机物和有机物两类。

① 无机污垢 如水垢、锈垢、泥垢，从化学成分上看，它们多属于金属或非金属氧化物及水化物或无机盐类。

a. 硫酸盐 有硫酸钙、硫酸镁 (CaSO_4 、 MgSO_4)，由于硫酸钙不溶解于普通常用的酸，所以不能用酸（如盐酸或硝酸）直接进行清洗。但是硫酸钙的溶度积大于碳酸钙的溶度积，所以在有足量碳酸根存在的情况下，硫酸盐（例如硫酸钙）可

以转化成相应的碳酸盐,之后再用水酸等进行清洗。所以含大量硫酸盐垢的锅炉需要先进行碱煮(碱液中含碳酸钠),之后再用水酸洗。

b. 碳酸盐 以碳酸钙、碳酸镁(CaCO_3 、 MgCO_3)为主,碳酸盐垢在酸洗时比较容易被溶解而去除。

c. 磷酸盐 有磷酸钙 $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$,这种盐垢含量不高。水热转换器的水体中含磷酸根较少,一部分来自酸洗助剂,所以在用磷酸盐做清洗助剂时不应过量。

d. 硅酸盐 有硅酸钙、硅酸镁(CaSiO_3 、 MgSiO_3),硅酸盐不易被常用的酸(HCl 、 H_2SO_4 等)所溶解,只有氢氟酸对硅酸盐垢具有特殊的溶解清洗功能。

e. 氧化物 水垢中除了含有大量无机盐类以外,还有较大量的氧化物(如 FeO 、 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 等)。

f. 氢氧化物 有 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 等。

② 有机污垢(可统称油垢)如动、植物油,包括动物脂肪和植物油,它们属于有机酯类,是饱和或不饱和高级脂肪酸甘油酯的混合物,它们与矿物油的区别是动植物油在碱性条件下可以皂化;矿物油,包括机器油、润滑油等,它们属于有机物的烃类,是石油分馏的产品。矿物油一般易燃,但其化学性质稳定。

一般情况下,无机污垢常采用酸或碱等化学试剂使其溶解而去除,而有机污垢则经常利用氧化分解或乳化分散的方法从基体表面去除。

(3) 根据污垢的亲水性和亲油性分类

① 亲水性污垢 可溶于水的污垢是极性物质,如食盐等无机物或蔗糖等有机物,这些污垢通常用水基清洗剂加以去除。

② 亲油性污垢 亲油性污垢是非极性或弱极性物质,如油脂、矿物油、树脂等有机物,它们一般不溶于水,亲油性污垢可以利用有机溶剂进行溶解,也可以用表面活性剂溶液对其进行乳化、分散加以去除。

(4) 根据与基体表面的结合力分类 污垢与基体表面结合状态是多样的。由于结合力种类的不同使基体与污垢结合牢固程度不同,因此,从基体表面去除污垢的难易程度也不同。

① 污垢与基体靠分子间力结合 单纯靠重力作用,沉降在基体表面而堆积的污垢与基体表面上的附着力(包括分子间力和氢键)很弱,较容易从基体表面上去除,如车体表面上附着的尘土、淤泥颗粒等。

② 污垢粒子靠静电引力(离子键)附着在基体表面 当污垢粒子与基体表面带有相反电荷时,污垢粒子会依靠静电引力吸附于基体表面。许多导电性能差的物质在空气中放置时往往会带上电荷,而带电的污垢粒子就会靠静电引力吸附到此基体表面。当把这类基体浸没在水中时,因为水具有很强的极性,会使污垢与基体表面之间的静电引力大为减弱,这类污垢较容易去除。

③ 污垢与基体之间形成共价键 当污垢分子与基体表面形成共价键时,特别是污垢以薄膜状态与基体表面紧密结合时,其结合力很强。另外,过渡金属基体分子多数有未充满的 d 轨道,可以与含有孤对电子的污垢分子形成络合键而形成吸附层。此时,需要采用一些特定的方法或工艺将污垢清除。又如,金属在潮湿空气中放置时,基体与环境中物质发生化学反应而生锈。铁锈可通过用酸、碱等化学试剂或用物理的机械方法除去。

④ 渗入基体表面内部的污垢 如纤维表面的液体污垢,不仅在纤维表面扩散润湿,同时也会向纤维内部渗透扩散。这种渗入基体内部的污垢清除时会遇到更大困难。在去除此类污垢时要尽量避免损伤基体表面。

二、污垢形成与过程

1. 工业污垢的形成

工业污染物是指设备、设施等各种物体表面,在与环境介质、产品或原辅料等接触的过程中,表面残留、沉积或生成的各种对生产运行、产品质量或人身健康有害的杂质,是需要清洗掉的物质。通常认为,附着于物体表面的具有一定厚度和体积的污染物称为污垢。工业污垢成分多样,其结垢过程及形成原因十分复杂,一般源于沉积、结晶、化学反应、腐蚀和微生物的作用等因素。表面污染物是清洗过程所涉及的主要因素,必须对其进行特性分析,弄清污垢的形成原因、条件和性质,才能正确选择清洗方法和工艺条件。

2. 污染物的来源

(1) 环境大气 工业生产过程中大量产生的各种腐蚀性有害气体 SO_2 、 H_2S 等排放到环境大气中,以及大气中原有的 CO_2 、 O_2 ,在合适的条件下会与金属基材发生腐蚀反应,形成锈垢。同时还有各种粉尘,如尘土、炭粒、原料粉尘等在设备表面沉积而形成的垢层,一般较为疏松,易于除去。例如在翅片式换热器、开放式冷却系统、冷却塔等处的垢层。

(2) 冷却水 工业生产中广泛使用各种换热器实现各种加热冷却过程,需要大量冷却水。尽管经过处理,其中仍含有一定浓度的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等的无机盐,随着换热进程的反复进行,这些无机盐会沉淀于冷却系统的内表面形成无机盐层,形成难溶于水的“水垢”。

(3) 原料与产品 生产过程中,设备和管线与原料接触时,由于存在流动死角,反应产物或中间体可能会沉积于设备的内表面,不参与工艺流程,随时间推移而累积,造成积垢。

(4) 微生物 在某些具有适宜温度、湿度的冷却水管道系统中,滋生的微生物

会在设备和管道的表面通过代谢过程生成生物黏泥。

(5) 失效表面保护层 设备表面原有的各种保护覆盖层失效后,成为需要清除的污垢。例如喷涂涂层、镀层、漆皮、树脂层、搪瓷层等。

(6) 腐蚀产物 工程材料(主要是钢铁等金属材料)在环境介质与生产原材料中的腐蚀性物质的作用下,产生“锈垢”。

三、污垢危害及防止

1. 工业污垢的危害

(1) 影响生产的正常运行 严重的污垢沉积,使生产设备的性能下降,甚至不能较长周期稳定运行。例如,冷却水系统严重结垢,使冷却效率下降,生产的工艺条件无法确保,运行不正常。一旦冷却管道因结垢而堵塞,设备将被迫停产。油田采油管发生析蜡甚至堵塞后,采油量明显下降,甚至不出油。金属设备表面经常需要进行各种表面工程处理,以便获得特殊的防护或工艺性能。但在彻底清除表面污染物之前,不能进行钝化、磷化、喷涂、电镀、渗镀等表面保护处理,否则质量无法保证。在石油化工、制药、食品等工业中,生产设备在开车前如果不彻底清洗系统内的各种污染物,可能会造成产品污染,从而影响生产进程。

(2) 增加生产能耗和成本 设备表面的污垢使其能耗与生产成本增加,生产效率下降。例如,在石油化工生产中的热交换系统、汽车的水箱、中央空调的冷却水系统中,污垢的存在使热效率大幅度下降,能量消耗增加。锅炉内侧的水垢增加传热阻力,为了维持受热面的蒸发速度,要增加能源消耗。同时水垢的生成还使锅炉的产汽率下降,使管线内的流体阻力增加而增大动力消耗。

(3) 降低产品质量 污染物的存在对生产过程和产品质量有显著干扰,有时甚至使工艺过程无法进行下去。例如,回收的废纸是造纸工业的重要原料来源。但废纸及其他原料上的油垢等污染物严重影响再生纸产品的质量。废纸上的油墨不脱除干净,就会影响再生纸的生产效果和使用性能。纺织品上的油污、蛋白质、胶和蜡等严重影响其染整性能,使其吸水性、手感、色泽等难以保证。电子工业元件上的极微小导电性污染物,也可使半导体三极管的导电性发生改变,甚至短路或击穿。非导电性的有机化合物和油脂等的存在,可造成芯片膜附着的牢靠度下降,形成针孔,降低集成电路的质量。据称,大规模集成电路中的不合格产品,67%是元件受到污染而未经彻底清洗造成的。

(4) 引发各种事故 锅炉及其他高温、高压生产设备内的污垢影响了传热性能,可以造成设备管道的局部过热、变形、龟裂甚至爆炸,原材料泄露,进一步引起环境的污染或对工作人员造成人身伤害。

(5) 影响材料性能与设备寿命 积存在金属材料表面的污垢,如吸湿性的尘土

和无机盐,容易吸附大气中 SO_2 、 CO_2 、 H_2S 等腐蚀性气体,进而腐蚀金属的表面,使金属失去光泽,或者影响外观,或者导致强度下降,材料破坏,设备的使用寿命缩短。这方面的例子不胜枚举。

污垢造成的危害,还包括由上述各种危害引起的间接损失。如有限资源的浪费、工期的延误、相关生产环节的损失等。

据报道,美国的炼油工业仅传热设备就因污垢影响生产能力、能量消耗、维修清洗等方面,直接经济损失达 13.6 亿美元。西方各国的炼油工业因结垢造成的经济损失每年达 44 亿美元,其中还未包括锅炉、水冷器与空冷器结垢的损失。由此可见,全世界工业生产领域因污垢所造成的经济损失是十分巨大的。

2. 工业污垢的防止

(1) 污垢 污垢主要由水中的有机物、微生物菌落和分泌物、泥沙、粉尘等构成,污垢的质地松软,不仅降低传热效率而且还引起垢下腐蚀,缩短设备使用寿命。

(2) 腐蚀 如循环冷却水对换热设备的腐蚀,主要是电化腐蚀,产生的原因有设备制造缺陷、水中充足的氧气、水中腐蚀性离子 (Cl^- 、 Fe^{2+} 、 Cu^{2+}) 以及微生物分泌的黏液等。腐蚀的后果十分严重,如不加控制,极短的时间即可使换热器、输水管路设备报废。

(3) 微生物黏泥 因为循环冷却水中有充足的氧气、合适的温度及丰富的营养,很适合微生物的生长繁殖,如不及时控制将迅速导致水质恶化、发臭、变黑。如冷却塔大量黏垢沉积,冷却散热效果大幅下降,设备腐蚀加剧。因此循环冷却水处理必须控制微生物的繁殖。

(4) 监测手段 如循环冷却水系统建立有效的监测手段,是保证工业循环水处理系统良好运行的必不可少的方法,由于循环水系统水量大,流程长,所以药剂在系统中停留时间较长,致使工业循环水处理发生问题在短期内表现不明显,建立必要的监测手段,就可以在发生问题之前,提示问题所在,以便查找原因,及时对药剂或工业循环水处理工艺参数作适当调整。

(5) 化学分析 水质分析是保证工业循环水处理取得良好效果的方法,严格按照水质管理目标操作,可使指标合格率达 90% 以上。化学分析提供一个监测腐蚀结垢的间接方法,测定补充水和循环水中总铁的含量,从中找出规律性的变化,同时与其他监测手段相结合,也可以了解整个工业循环水处理系统腐蚀情况。控制工业循环水处理系统 pH 及总碱度的大小,控制腐蚀情况,结垢的监测,可以通过成垢离子的化学分析,通过测定水冷器进出口循环水中 Ca^{2+} 浓度的变化,来推测系统结垢趋势。

通过测定工业循环水处理系统进出口余氯含量及 COD、BOD 含量来预测水系

统物料泄漏情况（水质污染程度），通过上述分析，来提示系统腐蚀、结垢及水质污染情况。

(6) 挂片腐蚀试验 挂片腐蚀试验是工业循环水处理系统腐蚀监测行之有效的方法之一。目前被国内外广泛采用。腐蚀试验用挂片应安放在专用挂片架上，或放置在工业循环水处理系统冷却水回水管线上。碳钢试片腐蚀率应小于 0.10mm/a ，挂片试验周期一般 1~2 个月。

(7) 微生物监测 微生物分泌产生的黏液与水中各种悬浮杂质，黏合在一起而形成的黏泥，是循环冷却水处理中三大危害之一，特别是对于磷系配方碱性运行更为重要。微生物控制好坏是碱性工业循环水处理技术成败关键之一，为了控制系统中黏泥，防止形成污垢及垢下腐蚀，工业循环水处理系统要定期进行杀菌灭藻及生物黏泥剥离处理。

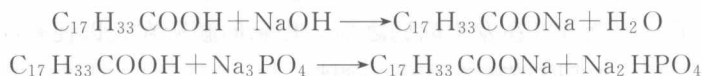
工业循环水处理效果好坏，主要通过测定循环水中生物黏泥量及异养菌，异养菌等急骤上升，导致水质严重恶化，影响水冷器传热效果。同时根据分析的 COD 含量的大小等指标来综合分析确定是否有物料泄漏。总之，工业循环水处理系统污染状态监测十分重要，发现问题及时处理，减少因此引起的大量生物黏泥产生，把危害减少到最低程度。

四、化学清洗过程中的化学反应

清洗技术是采用一种或几种化学药剂或其水溶液清除设备工艺侧或水侧表面污垢的方法，借助清洗剂对物体表面污染物或覆盖层进行化学转化，溶解剥离以达到脱脂、除锈和去垢的效果，为了不使基材受腐蚀或使腐蚀速度控制在允许范围内，通常要加适量的缓蚀剂。

一般难溶化合物转化的煮炉中的化学反应可分为以下四个种类。

(1) 除油污煮炉反应 以油酸为代表的煮炉皂化反应为：



以二氧化硅为代表的尘埃污物的煮炉反应为：



锅炉煮炉除垢清洗过程中的化学反应示意如图 1-1 所示。

(2) 表面膜转化的钝化反应 钢铁的表层是氧化亚铁和氧化铁，在大气环境中 and 水中是氢氧化亚铁和氢氧化铁，它们在煮炉中和磷酸三钠作用形成磷酸铁转化膜。