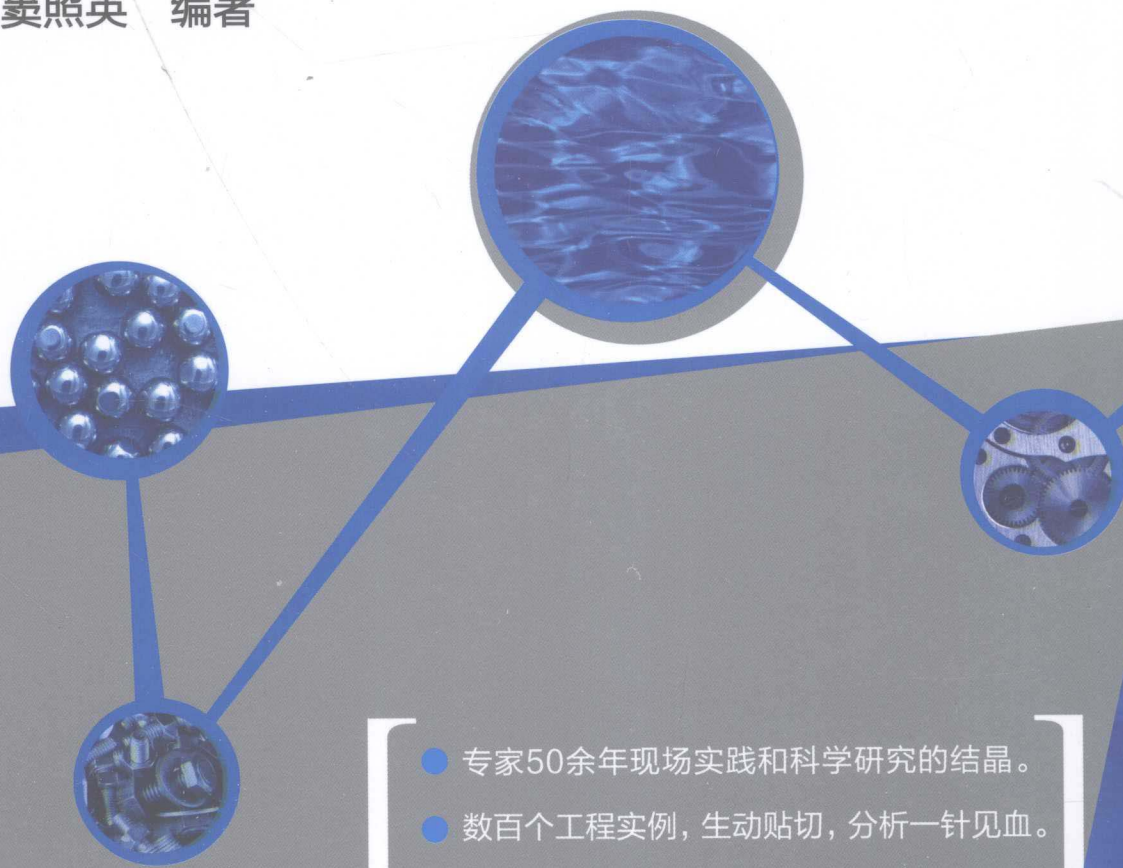


工业水处理 及实例精选

窦照英 编著



- 专家50余年现场实践和科学研究的结晶。
- 数百个工程实例，生动贴切，分析一针见血。
- 工程技术人员在学习与实践可举一反三，成就事业！



化学工业出版社



工业水处理 及实例精选

窦照英 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

前 言

本书是从事水处理的工程师们的参考读物。全书共分 8 章，涵盖了锅炉用水处理和冷却水处理遇到的各类问题。书中引用的例证超过 600 例，这些鲜活的事例，有助于启发读者思路，举一反三，开辟新径。

人须臾不可离的应是空气和水。空气是 21% 的氧和其他混合气体，人只呼吸氧，吸氧的同时吸入氮也无妨；水是水分子与许多杂质的混合物，作为饮用水，人还饮入许多杂质，对其利害说法不一。但是，对锅炉和热交换器则有害无益，水处理事业则应运而生，为除害兴利而奋斗不止。

水处理从业者千千万万，和水处理有关的人群更多。人们渴求真知，特别是来自实践的知识。本书意在将来自实践的知识汇集升华，希望读者开卷有益。

窦照英
2011 年 7 月

简明目录

第1章	概述	1
1.1	水处理概要	1
1.2	水中杂质	6
第2章	炉外水处理的预处理	13
2.1	水的沉淀处理	13
2.2	使用澄清池（器）的絮凝沉淀处理案例	17
2.3	机械搅拌加速澄清池	20
2.4	水的絮凝处理及凝聚剂	25
2.5	重力快速滤池	28
2.6	压力（机械）过滤器	32
第3章	炉外水处理之交换剂和软化工艺	35
3.1	离子交换的交换剂更新换代	35
3.2	离子交换树脂	39
3.3	离子交换软化中疑难问题解决的案例	45
3.4	交换器有关问题	49
3.5	离子交换软化中的各种问题	53
3.6	软化水脱碱和水的离子交换脱碱软化	56
第4章	炉外水处理之化学除盐	61
4.1	一级复床化学除盐有关问题	61
4.2	单级除盐和不设混床产生的问题	65
4.3	弱型树脂的使用与联合除盐	69
4.4	水处理方案的重大决策意见	72
4.5	水处理设计、调试及存在的问题	76
4.6	化学除盐技术中的咨询答疑	81
4.7	凝结水化学除盐和其他除盐问题	85

4.8	与化学除盐有关的技术咨询	91
第5章	炉外水处理之其他脱盐技术和物理防垢技术 ————	95
5.1	蒸馏法脱盐在火电厂中的应用	95
5.2	蒸馏法脱盐中的有关问题	101
5.3	水的电渗析预脱盐	104
5.4	水的反渗透预脱盐	109
5.5	反渗透装置使用中的问题及其解决	112
5.6	反渗透装置的防垢和清洗问题	116
5.7	电去离子、电防垢与磁防垢	120
5.8	物理防垢技术之电气石防垢	124
第6章	给水处理 ————	129
6.1	氧腐蚀与给水除氧	129
6.2	水的化学除氧	134
6.3	热力除氧及热力除氧器的试验	138
6.4	高参数锅炉化学除氧的发展及问题	142
6.5	催化联氨除氧和除氧不力的弥补	145
6.6	全挥发给水处理 (AVT) 的加氧钝化处理	150
6.7	提高给水 pH 值的氨处理	155
6.8	氨处理的推广应用和氨致汽侧腐蚀	161
第7章	锅炉材料延寿和锅内水处理 ————	168
7.1	为锅炉延寿服务和锅炉寿命影响因素	168
7.2	为锅炉延寿服务的水质处理技术	175
7.3	防止过热器超温减寿的水处理各类案例	194
7.4	防止中低压锅炉结水垢超温的延寿水处理	210
7.5	防止高参数锅炉结垢腐蚀的延寿水处理	222
7.6	大容量锅炉酸腐蚀损寿及处理案例	238
7.7	氢氧化钠锅内水处理的防蚀延寿实例	248
7.8	中间再热锅炉机组的其他锅内水处理	257
第8章	热交换器 (以凝汽器为代表) 材料延寿与冷却水处理 ————	267
8.1	热交换器材料及其寿命影响因素	267
8.2	循环冷却水处理之常规防垢水处理	290
8.3	循环冷却水处理之近代大容量水处理	300
8.4	实现节水和防止接纳水体污染的水处理	313

详细目录

第1章 概 述 / 1

- 1.1 水处理概要 1
 - 1.1.1 水处理是古老而又年轻的技术 1
 - 1.1.2 锅炉水处理概述 2
 - 1.1.3 锅炉参数和各自的水质要求 3
 - 1.1.4 汽轮机凝汽器冷却水 4
 - 1.1.5 火电厂的水处理是技术发展标志 5
 - 1.1.6 水处理技术发展的方向 6
- 1.2 水中杂质 6
 - 1.2.1 水的基本性质及其在热力设备中的利用 6
 - 1.2.2 水中常见杂质对锅炉的危害 7
 - 1.2.3 可供锅炉热力设备使用的原水 8
 - 1.2.4 水质与水质分类 8
 - 1.2.5 水质术语和单位 10
 - 1.2.6 需要通过水处理除去的杂质 11

第2章 炉外水处理的预处理 / 13

- 2.1 水的沉淀处理 13
 - 2.1.1 水的沉淀软化处理发展情况 13
 - 2.1.2 3 例石灰苏打软化法改进经验 14
 - 2.1.3 采取石灰处理降低锅炉水相对碱度实例 15
 - 2.1.4 低压锅炉补充水的石灰预处理采用、改进 15
 - 2.1.5 涡流反应器的调试和出水质量改进 16
 - 2.1.6 对 25t/h 石灰沉淀反应器出水混浊进行改进 17

2.2	使用澄清池（器）的絮凝沉淀处理案例	17
2.2.1	用于热电厂大量补充水处理的澄清池	17
2.2.2	对澄清器进行的调整试验	18
2.2.3	使用澄清器进行石灰处理解决腐蚀问题	18
2.2.4	将水平布置的沉淀池改造为澄清器的经验	19
2.2.5	用于高压热电厂的部分脱硅澄清器	19
2.2.6	澄清器水中产气的成分分析及空气量计算	20
2.3	机械搅拌加速澄清池	20
2.3.1	加速澄清池参数和用于石灰处理的澄清池	20
2.3.2	加速澄清池投入使用时的积渣	21
2.3.3	对加速澄清池加装空气分离器和斜管	22
2.3.4	石灰消化过程中减少废渣的改进	22
2.3.5	澄清池排渣污染河水的治理	23
2.3.6	石灰沉淀软化处理的咨询建议	23
2.4	水的絮凝处理及凝聚剂	25
2.4.1	絮凝处理是水处理工艺重要环节	25
2.4.2	混凝处理过程中常用的絮凝剂	25
2.4.3	对地表水的补充水进行直流凝聚除油	26
2.4.4	对城市污水处理作为中水的咨询建议	26
2.4.5	对某水处理剂生产厂的 3 项咨询建议	26
2.4.6	变更混凝剂以改善水质的两项建议	27
2.5	重力快速滤池	28
2.5.1	过滤工艺及悬浮物、浊度等概念	28
2.5.2	对石灰沉淀处理水进行过滤时滤料的选取	29
2.5.3	对无阀滤池滤料流失的研究处理	29
2.5.4	对某亚临界参数电厂垫层石英砂的监督	30
2.5.5	对滤池垫层与滤料级配的指导两例	31
2.5.6	虹吸滤池遭微生物污染的处理	31
2.6	压力（机械）过滤器	32
2.6.1	压力式过滤器与其工作情况	32
2.6.2	解决某电厂过滤器“出汗”和出水质量问题	32
2.6.3	对双室过滤器运行压差的修正	32
2.6.4	烛式过滤器周期过短的解决	33
2.6.5	过滤器水嘴破裂原因分析及对策	33
2.6.6	过滤器提高出力与改为双流的试验	34

第3章 炉外水处理之交换剂和软化工艺 / 35

3.1 离子交换的交换剂更新换代	35
3.1.1 离子交换现象用于水质软化	35
3.1.2 人造钠沸石和天然软水剂是如何被淘汰的	36
3.1.3 磺化煤软化器投产后长期产酸性水的原因	36
3.1.4 新投产的磺化煤产酸性水问题的解决	37
3.1.5 应用试验成果解决某热电厂软水 pH 值下降问题	38
3.1.6 使用离子交换树脂的时代	39
3.2 离子交换树脂	39
3.2.1 离子交换树脂基本知识	39
3.2.2 强型离子交换树脂的制取方法	40
3.2.3 大孔离子交换树脂的制造	42
3.2.4 弱型树脂的特点和用途	42
3.2.5 离子交换树脂的保管和使用	43
3.2.6 离子交换树脂的复苏	44
3.3 离子交换软化中疑难问题解决的案例	45
3.3.1 软化器出水残余硬度高的解决方案	45
3.3.2 对于软化器进行调试使水质合格而盐耗低	46
3.3.3 对软化器反洗、再生、冲洗和运行的控制	47
3.3.4 新购树脂的质量问题	48
3.3.5 软化水产生泡沫的原因	48
3.3.6 饮用水口感差并有异味的问题	49
3.4 交换器有关问题	49
3.4.1 对无顶压逆流再生设备的建议	49
3.4.2 盐液过滤器的设计要点	50
3.4.3 对改浮床后软化器水质、水量下降的解释	50
3.4.4 软化器再生液回收技术的可行性	51
3.4.5 使用自动再生软化器引起腐蚀的分析处理	51
3.4.6 固定床顺流再生软化器产水量下降的原因	53
3.5 离子交换软化中的各种问题	53
3.5.1 投入锅炉的问题	53
3.5.2 锅炉结水垢	54
3.5.3 新软化器出水不合格的“特殊”原因	54

3.5.4	逆流再生软化器水质不如顺流再生的原因	54
3.5.5	用海水再生软化器失败原因	55
3.5.6	用锅炉排污水溶盐问题	55
3.6	软化水脱碱和水的离子交换脱碱软化	56
3.6.1	软化水加酸降碱度处理	56
3.6.2	回水管腐蚀问题	56
3.6.3	采用不足量酸再生磺化煤对水脱碱软化	57
3.6.4	铵钠离子交换系统投产后调试	57
3.6.5	氢钠离子交换系统腐蚀问题	58
3.6.6	弱酸阳树脂脱碱软化	59

第4章 炉外水处理之化学除盐 / 61

4.1	一级复床化学除盐有关问题	61
4.1.1	中参数电厂水处理改造的趋向	61
4.1.2	协助某热电厂投入化学除盐设备缓解供水困难	62
4.1.3	小容量制取纯水装置的建立与咨询	63
4.1.4	对北京某大学试验电站化学除盐选型咨询	64
4.1.5	固定床顺流再生阴床改为逆流降碱耗试验	64
4.1.6	对化学除盐水二氧化硅不合格的研究	65
4.2	单级除盐和不设混床产生的问题	65
4.2.1	一级复床除盐系统除盐水管腐蚀原因分析	65
4.2.2	对一级复床除盐系统引起酸腐蚀的诊断	66
4.2.3	给水泵腐蚀原因分析	67
4.2.4	中压供汽锅炉使用一级除盐的腐蚀及解决	67
4.2.5	原水污染影响混床正常工作的解决措施	68
4.2.6	除盐系统微生物膜来源和杀灭的研究	68
4.3	弱型树脂的使用与联合除盐	69
4.3.1	弱酸阳树脂在脱碱软化以外的应用	69
4.3.2	答复某树脂厂弱酸阳树脂交换柱偏流问题	69
4.3.3	饮水中氮的处理问题	70
4.3.4	关于阳床树脂的3个问题	70
4.3.5	某电厂采用强弱型树脂除盐的意见	71
4.3.6	联合脱盐	72

4.4 水处理方案的重大决策意见	72
4.4.1 北京某热电厂水质恶化影响制水的再解决	72
4.4.2 华能某热电厂水处理方案选择的建议	73
4.4.3 某工程环境审查中对原水的建议	74
4.4.4 对昆明阳宗海某电厂原水和循环水的建议	74
4.4.5 对北京某化工厂增容水处理建议	75
4.4.6 解决某电厂供水紧张的混床增容措施	76
4.5 水处理设计、调试及存在的问题	76
4.5.1 对水处理设计规程修订中提供的意见	76
4.5.2 对引进超临界参数电厂水处理调试的谈判	77
4.5.3 某电厂的化学除盐设备调试方案	77
4.5.4 某热电厂汽轮机结垢原因分析及处理意见	78
4.5.5 污染树脂的复苏和除盐设备问题	79
4.5.6 由于除盐水质问题造成锅炉爆管案例	80
4.6 化学除盐技术中的咨询答疑	81
4.6.1 水处理中化学除盐系统的选型	81
4.6.2 采用联合脱盐的条件	82
4.6.3 联合除盐树脂使用问题	82
4.6.4 混床树脂不分层的原因及处理措施	83
4.6.5 阳阴双层床水质下降的原因	84
4.6.6 一级复床的除盐水质不如强阳弱阴床的原因	84
4.7 凝结水化学除盐和其他除盐问题	85
4.7.1 用于凝结水精处理的氢层混床或前置氢床	85
4.7.2 凝汽器泄漏使精处理混床失效的应急处理	87
4.7.3 精处理凝结水 pH 值偏低使锅炉腐蚀的处理	87
4.7.4 高速混床树脂的国产化研制有关问题	88
4.7.5 对不同的混床树脂分离技术的评议及选型	89
4.7.6 有关树脂、离子交换工艺和设备的问题	89
4.8 与化学除盐有关的技术咨询	91
4.8.1 原水含氨造成锅炉过热器爆管的分析	91
4.8.2 对孟加拉国某项目标书的咨询意见	91
4.8.3 阳床使用硫酸作为再生剂的问题解决方案	92
4.8.4 阴床再生剂问题	92
4.8.5 除盐水质问题的解决方案	93
4.8.6 除盐系统中间水泵腐蚀原因及对策	94

第5章 炉外水处理之其他脱盐技术和物理防垢技术 / 95

5.1 蒸馏法脱盐在火电厂中的应用	95
5.1.1 中压锅炉和低压锅炉的蒸发器脱盐	95
5.1.2 高压锅炉的不同型式大容量蒸发器	97
5.1.3 高压热电厂使用蒸发器的蒸汽对外供热（汽）	98
5.1.4 亚临界参数锅炉使用闪蒸器进行海水淡化	99
5.1.5 闪蒸器研制课题中的材料优选与防垢研究	100
5.1.6 对某研究生院闪蒸器原型仿制项目做咨询	100
5.2 蒸馏法脱盐中的有关问题	101
5.2.1 使用蒸发器供水造成高压汽轮机结硅垢	101
5.2.2 用中压锅炉作蒸发器解决过热器爆管问题	102
5.2.3 热电厂启动时不投蒸发器的恶性影响	103
5.2.4 蒸发器泄漏造成水冷壁管孔蚀	103
5.2.5 闪蒸器热交换管结垢原因分析及处理	104
5.2.6 闪蒸器淡水槽腐蚀的处理与低温多级蒸发	104
5.3 水的电渗析预脱盐	104
5.3.1 水的电渗析脱盐与电渗析器	104
5.3.2 电渗析脱盐条件与水质影响	105
5.3.3 某电厂采用电渗析技术的试验结果	106
5.3.4 推荐电渗析器用于饮用水处理	106
5.3.5 用电渗析器制取低压锅炉用水	107
5.3.6 电渗析器用于中压锅炉和超高压锅炉水处理	107
5.4 水的反渗透预脱盐	109
5.4.1 对燃油亚临界参数电厂水处理的建议	109
5.4.2 对某热电厂扩建工程采用反渗透的意见	110
5.4.3 反渗透器短期失效原因分析	110
5.4.4 答复关于精密过滤的询问	111
5.4.5 对某设计院 25t/h 反渗透器国产化设计鉴定	111
5.4.6 对锅炉补充水系统采用反渗透器的规定	112
5.5 反渗透装置使用中的问题及其解决	112
5.5.1 某高压热电厂扩建工程采用反渗透的意见	112
5.5.2 某电厂原水恶化后反渗透器运行方式	112
5.5.3 关于用反渗透器制取饮用水的问题	113

5.5.4	对三种不同水质使用反渗透器情况的评述	114
5.5.5	对某电厂水处理设计的咨询意见	115
5.5.6	某汽轮机制造厂海水淡化问题	115
5.6	反渗透装置的防垢和清洗问题	116
5.6.1	反渗透器在运行中应监控的指标	116
5.6.2	韩城某电厂反渗透器进口水压力升高的原因	117
5.6.3	某电厂反渗透装置污塞的处理	117
5.6.4	某热电厂原水锶钡离子的结垢污塞	117
5.6.5	反渗透器阻垢剂的选用原则方法	118
5.6.6	反渗透器结垢清洗和污塞清洗方法	119
5.7	电去离子、电防垢与磁防垢	120
5.7.1	电去离子（或连续去离子）简介	120
5.7.2	电去离子装置与反渗透器的联合应用	120
5.7.3	物理防垢处理之电防垢	121
5.7.4	离子棒防垢装置的使用情况	122
5.7.5	物理防垢处理之磁防垢及防垢机制	122
5.7.6	磁防垢的应用情况及物理防垢的限定	123
5.8	物理防垢技术之电气石防垢	124
5.8.1	电气石简介	124
5.8.2	ECO-GEM 电气石球粒在水处理中的应用	124
5.8.3	电气石在应用前进行的各种检测	125
5.8.4	电气石在饮用水和生活用水中考验使用结果	126
5.8.5	电气石在中央空调冷却水系统的防垢作用	126
5.8.6	ECO-GEM 电气石用于中央空调系统防垢	127

第 6 章 给水处理 / 129

6.1	氧腐蚀与给水除氧	129
6.1.1	大气和水中的氧及氧对金属的腐蚀（或防护）	129
6.1.2	凝汽器除氧原理和实施	131
6.1.3	某厂的解析（吸）除氧试验及解析除氧鉴定	132
6.1.4	为某棉纺厂设计制造的钢屑除氧器	132
6.1.5	某电厂真空除氧器调试及真空除氧鉴定	133
6.1.6	对氧化还原树脂及氧化还原除氧器的鉴定	134

6.2	水的化学除氧	134
6.2.1	低压锅炉的丹宁（栲胶）除氧防垢复合处理	134
6.2.2	中低压锅炉的亚硫酸钠除氧及热网水除氧	135
6.2.3	次磷酸氢钠用作除氧降碱防垢剂的试验	136
6.2.4	采用水合联氨（肼）对高压锅炉进行化学除氧	136
6.2.5	硫酸联氨用于高压锅炉给水除氧的试验	137
6.2.6	关于联氨是否会进入过热蒸汽的试验	137
6.3	热力除氧及热力除氧器的试验	138
6.3.1	某电厂除氧水溶氧含量高的原因及解决	138
6.3.2	内蒙某电厂大气式除氧器调整试验	139
6.3.3	德国提供的喷雾式除氧器特性试验	139
6.3.4	淋水盘加鼓泡型 0.5MPa 除氧器调整试验	140
6.3.5	喷雾填料型“高压”除氧器及其试验	141
6.3.6	其他类型的热力除氧器	141
6.4	高参数锅炉化学除氧的发展及问题	142
6.4.1	对联氨毒性的 30 年争议及其替代产品	142
6.4.2	关于丙酮肟脱氧产生问题的答复	143
6.4.3	关于用丙酮肟作除氧剂的锅炉腐蚀问题	143
6.4.4	异抗坏血酸用于脱氧问题	144
6.4.5	联氨及其它替代还原药剂用于停炉保护等	144
6.4.6	某电厂用丙酮肟除氧产生的问题	145
6.5	催化联氨除氧和除氧不力的弥补	145
6.5.1	催化联氨及其在锅炉启动中除氧的应用	145
6.5.2	新投产的机组除氧水溶氧高的联氨处理	146
6.5.3	保定某热电厂蒸发器氧腐蚀泄漏的解决	147
6.5.4	分析锅炉两度失效中氧的作用	147
6.5.5	某电厂 1 号炉汽鼓下降管口裂纹原因分析	148
6.5.6	内冷水系统空心铜导线腐蚀及水的脱氧防蚀	149
6.6	全挥发给水处理（AVT）的加氧钝化处理	150
6.6.1	直流锅炉的氧化性给水处理的中性水处理（NWT）	150
6.6.2	直流锅炉氧化性给水处理之联合水处理（CWT）	151
6.6.3	汽鼓锅炉的中性氧化处理研究与实施	151
6.6.4	中性氧化处理的汽鼓锅炉腐蚀及水质修正	152
6.6.5	汽鼓锅炉中性氧化处理中低氧钝化的实施	153
6.6.6	某超临界参数锅炉机组的氧化处理情况	154

6.7 提高给水 pH 值的氨处理	155
6.7.1 氨是防止水汽系统二氧化碳腐蚀的理想药剂	155
6.7.2 氨对铜和铜合金腐蚀的阈值和腐蚀机制	156
6.7.3 利用氨的损失率计算氨处理中氨的投加量	157
6.7.4 采取“三加两停”方式进行工业试验验证效果	158
6.7.5 在两个中压电厂和 1 个高压电厂的氨处理	159
6.7.6 某热电厂氨处理防止二氧化碳腐蚀	160
6.8 氨处理的推广应用和氨致汽侧腐蚀	161
6.8.1 氨处理防止腐蚀的成功及推广应用	161
6.8.2 氨和联氨给水处理成为高压锅炉护身法宝	162
6.8.3 凝汽器空冷区汽侧腐蚀泄漏被诊断为氨蚀	163
6.8.4 空冷区汽侧氨蚀的解决措施及收效	164
6.8.5 N6815 型凝汽器的汽侧氨蚀及其解决	165
6.8.6 大机组空冷区外缘下方黄铜管的氨蚀问题	166

第 7 章 锅炉材料延寿和锅内水处理 / 168

7.1 为锅炉延寿服务和锅炉寿命影响因素	168
7.1.1 钢筋钢骨的锅炉相当脆弱	168
7.1.2 在严酷条件下长周期工作着的锅炉之损寿	169
7.1.3 锅炉寿命耗损之持久强度衰减与温度关系	170
7.1.4 锅炉寿命耗损之腐蚀容差（裕度）与局部腐蚀	171
7.1.5 减损锅炉寿命元凶之应力腐蚀与疲劳	173
7.2 为锅炉延寿服务的水质处理技术	175
7.2.1 使锅炉材料损寿最厉害的是过热器结盐垢	175
7.2.2 锅炉（水冷壁）管结水垢是多发常见的减寿原因	177
7.2.3 结水垢影响锅炉水循环是意外的严重损寿	180
7.2.4 碱腐蚀为害锅炉	182
7.2.5 酸腐蚀是使大容量锅炉减寿的“刽子手”	185
7.2.6 水处理技术是使锅炉材料延寿的法宝概要	189
7.3 防止过热器超温减寿的水处理各类案例	194
7.3.1 低压锅炉防止汽质故障延寿技术案例	194
7.3.2 中压锅炉防止结盐垢爆管延寿措施案例	196
7.3.3 高压锅炉结盐垢超温爆管及防爆案例	199

7.3.4	超高压锅炉高温过热器爆管原因的揭示	202
7.3.5	迅速辨识汽质恶化原因和处理使材料延寿	203
7.3.6	对锅炉机组进行冲洗是降伏超温的法宝	207
7.4	防止中低压锅炉结水垢超温的延寿水处理	210
7.4.1	中低压锅炉产生结垢超温的原因和危害	210
7.4.2	中低压锅炉的一次水垢和二次水垢	211
7.4.3	热水锅炉 50 年无垢、无腐蚀奥秘的启迪	213
7.4.4	热水锅炉防垢、防蚀和延寿的水处理	214
7.4.5	低压锅炉防垢、防蚀和延寿的水处理	215
7.4.6	中压锅炉的防垢、防蚀和延寿水处理	218
7.5	防止高参数锅炉结垢腐蚀的延寿水处理	222
7.5.1	高参数锅炉氧化铁垢（腐蚀产物）及其危害	222
7.5.2	高参数锅炉结垢腐蚀超温损寿及其处理	223
7.5.3	酸腐蚀引起的锅炉寿命缩短及其特点成因	225
7.5.4	酸腐蚀袭来时浑然不觉，锅炉损寿如在梦中	226
7.5.5	高参数锅炉遭遇酸腐蚀则使用寿命锐减	229
7.5.6	锅炉水成分的演变和大锅炉的碱处理延寿	233
7.6	大容量锅炉酸腐蚀损寿及处理案例	238
7.6.1	15.7MPa 锅炉因锅炉水 pH 值低的酸腐蚀脆爆	238
7.6.2	15.7MPa 锅炉闭塞区酸腐蚀失效减寿的治理	239
7.6.3	冷却水质变化使锅炉产生闭塞区酸腐蚀	241
7.6.4	18MPa 燃油锅炉冷却水使用海水引起的爆管	242
7.6.5	19MPa 锅炉投产初期凝汽器泄漏的腐蚀脆爆	244
7.6.6	延寿处理使大港某电厂 4 号炉免于酸腐蚀失效	245
7.7	氢氧化钠锅内水处理的防蚀延寿实例	248
7.7.1	从碱腐蚀到碱处理	248
7.7.2	氢氧化钠锅内处理的推广	251
7.7.3	有明显酸腐蚀倾向的亚临界参数锅炉的治理	251
7.7.4	对两台亚临界参数锅炉启动即进行碱处理	252
7.7.5	将氢氧化钠处理写入《火力发电厂安全性评价》中	253
7.7.6	在火电厂安全性评价中推行氢氧化钠处理	254
7.8	中间再热锅炉机组的其他锅内水处理	257
7.8.1	国外已转向锅内氢氧化钠处理及平衡处理	257
7.8.2	淮北某电厂在凝汽器泄漏时的氢氧化钠处理	258
7.8.3	韩城某电厂锅炉腐蚀引起锅炉水处理改变	258

7.8.4	安阳某电厂采取“优化”锅内水工况的改进	259
7.8.5	某电厂安全性评价再次遭遇“优化”水处理	262
7.8.6	汽鼓锅炉和直流锅炉的氧化水工况	263

第 8 章 热交换器(以凝汽器为代表)材料延寿与冷却水处理 / 267

8.1	热交换器材料及其寿命影响因素	267
8.1.1	黄铜热交换管材与凝汽器管	267
8.1.2	热交换器和凝汽器使用的材料及损寿因素	268
8.1.3	黄铜凝汽器管水侧腐蚀损寿及案例	270
8.1.4	黄铜凝汽器管汽侧腐蚀损寿及案例	278
8.1.5	白铜、不锈钢和钛凝汽器管的寿命减损	284
8.1.6	凝汽器(黄铜)管的延寿措施	286
8.2	循环冷却水处理之常规防垢水处理	290
8.2.1	循环冷却水系统中污垢的形成	290
8.2.2	循环冷却水的常规防垢水处理技术	292
8.2.3	中等容量冷却水处理选择例证	296
8.2.4	对补充水软化处理改为阻垢处理的问题	297
8.2.5	使用硫酸中和处理引起的铜管腐蚀问题	298
8.2.6	对唐山某电厂石灰处理循环水的调整	299
8.3	循环冷却水处理之近代大容量水处理	300
8.3.1	新型水质稳定剂引入火电厂循环水处理	300
8.3.2	罕见的冷却塔填料积结泥沙压坏水塔支柱	302
8.3.3	复配的高效阻垢缓蚀剂及杀菌灭藻剂	303
8.3.4	由经验公式到速见表对循环水处理作选择	305
8.3.5	循环水阻垢缓蚀处理案例(含灰管结垢机制)	307
8.3.6	用弱酸树脂对补充水脱碱软化处理	311
8.4	实现节水和防止受纳水体污染的水处理	313
8.4.1	节水研究课题	313
8.4.2	“海水冷却发电”研究课题及其防蚀防垢问题	315
8.4.3	循环水补充水的石灰沉淀软化处理	318
8.4.4	缩环水处理中的技术咨询	320
8.4.5	废水处理与环境保护结合的清浊分流理念	326
8.4.6	中央空调冷却水处理	327

第1章

概 述

1.1 水处理概要

1.1.1 水处理是古老而又年轻的技术

水处理是一项与时俱进的实用技术。它服务于锅炉和热交换设备，防止其结垢腐蚀。蒸汽机的发明与应用，开始了工业革命，防止蒸汽机结垢腐蚀，使水处理技术应运而生。

早期的锅炉用水就是天然水。不论是地表水还是地下水，受热就会产生水垢并产生腐蚀。水处理技术既要为防止锅炉结垢腐蚀服务，就要随着锅炉的发展而发展。

两百多年来，锅炉压力由 $\leq 0.5\text{MPa}$ ，达到 $\geq 30\text{MPa}$ ，其用途由提供带压蒸汽推动机械运转，到推动汽（涡）轮机发电。蒸汽参数的提高，出现了量变到质变的飞跃，对水处理技术不断提出更高要求，由古老的沉淀软化，到离子交换软化，到蒸馏或离子交换脱盐，到膜处理过滤和脱盐。

对汽轮机排汽冷却，使得大型热交换器（凝汽器或称冷凝器）结垢腐蚀，从而发展了冷却水防垢技术。当代节能、减排、节水和