



中华人民共和国国家标准

GB/T 16811—2018
代替 GB/T 16811—2005

工业锅炉水处理设施运行效果与监测

Running results and monitoring
of industrial boilers water-treatment equipment

2018-05-14 发布

2018-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类	2
5 运行效果要求	2
6 日常水质监测	5
7 运行效果定期检测与评价	6
附录 A (资料性附录) 工业锅炉水质定期检验报告	11
附录 B (规范性附录) 离子交换树脂经济运行指标检测方法	12
附录 C (规范性附录) 反渗透运行指标检测	14
附录 D (资料性附录) 锅炉阻垢缓蚀剂效果的检测方法	17
附录 E (资料性附录) 水处理设施运行效果定期检验报告	22

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 16811—2005《工业锅炉水处理设施运行效果与监测》。与 GB/T 16811—2005 相比,除编辑性修改外主要技术变化如下:

- 修改了范围(见第 1 章,2005 年版的第 1 章);
- 规范性引用文件中增加了 6 个引用标准(见第 2 章,2005 年版的第 2 章);
- 增加了术语和定义(见第 3 章);
- 修改了水处理设施分类,增加了反渗透设备、除铁设备等(见第 4 章,2005 年版的第 3 章);
- 增加了预处理设备、反渗透设备、除氧设备、除铁设备、排污装置、汽水取样装置和在线监测仪表运行效果要求,修改了离子交换器、加药装置和药剂运行效果要求,增加了对排污装置要求(见第 5 章,2005 年版的第 4 章);
- 修改了锅炉水质日常监测的规定(见第 6 章,2005 年版的第 5 章);
- 修改了运行效果定期检验检测与评价(见第 7 章,2005 年版的第 6 章);
- 附录中修改了工业锅炉水质监测报告、工业锅炉水处理设施经济运行效果监测报告,增加了离子交换树脂经济运行指标检测方法、反渗透运行指标检测方法、锅炉阻垢缓蚀剂效果检测方法,删除了 2005 年版的附录 C(见附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E,2005 年版的附录 A、附录 B、附录 C)。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)提出并归口。

本标准起草单位:中国锅炉水处理协会、广州市特种承压设备检测研究院、咸阳市质量技术监督局、北京康洁之晨水处理技术有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院无锡分院、大连市锅炉压力容器检验研究院、深圳市特种设备安全检验研究院、新疆巴音郭楞蒙古自治州特种设备检验检测所、巴彦淖尔市特种设备检验所、汇科琪(天津)水质添加剂有限公司、珠海京工检测技术有限公司、河南四季青环保工程有限公司。

本标准主要起草人:金栋、杨麟、葛升群、王世杰、邓宏康、赵博、张居光、苏勇、张晓丽、冯培轩、郭琳媛、王磊、陈建兴。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 16811—1997、GB/T 16811—2005。

工业锅炉水处理设施运行效果与监测

1 范围

本标准规定了工业锅炉水处理设施分类、运行效果、日常水质监测、运行效果定期检验与评价。

本标准适用于额定出口蒸汽压力小于 3.8 MPa,且以水为介质的固定式蒸汽锅炉、汽水两用锅炉和热水锅炉的水处理设施。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 150(所有部分) 压力容器

GB/T 1576 工业锅炉水质

GB/T 6907 锅炉用水和冷却水分析方法 水样的采集方法

GB/T 12149 工业循环冷却水和锅炉用水中硅的测定

DL/T 502.21 火力发电厂水汽分析方法 第 21 部分:残余氯的测定(比色法)

DL/T 502.22 火力发电厂水汽分析方法 第 22 部分:化学耗氧量的测定(高锰酸钾法)

DL/T 588 水质 污染指数测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业锅炉水处理设施 industrial boilers water-treatment equipment

防止或减缓工业锅炉及水汽系统腐蚀和结垢,防止汽水共腾,调节水质、监测水质的设备和装置。

3.2

预处理 pretreatment

使水质达到后续设备处理条件的前期处理措施。

3.3

除氧处理 deoxygenation treatment

通过物理或化学方法除去水中溶解氧的工艺措施。

3.4

除铁处理 deferrization treatment

通过机械截留或氧化-机械截留方法,除去水中铁的工艺措施。

3.5

加药处理 chemical dosing treatment

通过针对性投加化学水处理药剂,达到特定效果的水处理工艺措施。

3.6

在线监测仪表 on-line monitoring instrument

锅炉水汽系统设置的,连续自动监测水汽指标的分析仪表。

GB/T 16811—2018

4 分类

工业锅炉水处理主要设施分类如下：

- a) 预处理设备；
- b) 离子交换设备；
- c) 反渗透设备；
- d) 除氧设备；
- e) 除铁设备；
- f) 加药装置；
- g) 排污装置；
- h) 取样装置和在线监测仪表。

5 运行效果要求

5.1 预处理设备运行效果要求

预处理设备运行效果应保证出水水质符合下一级水处理设施进水水质要求，前置于离子交换器和反渗透装置的预处理设备，出水应符合表 1 的规定。

表 1 前置于离子交换器、反渗透装置的预处理设备出水要求

项 目	离子交换软化	离子交换除盐	反渗透
pH(25 ℃)	—		3.0~11.0
浊度/FTU	对流(逆流)再生 ≤ 2.0		≤ 1.0
	顺流再生 ≤ 5.0		
游离余氯/(mg/L)	≤ 0.1		
铁/(mg/L)	≤ 0.30		≤ 0.05
化学耗氧量 COD _{Mn} (以 O 计)/(mg/L)	≤ 3		
污染指数 SDI	—		≤ 5
硬度/(mmol/L)	单级钠 ≤ 6.5	—	
	双级钠 ≤ 10.0		
电导率(25 ℃)/($\mu\text{S}/\text{cm}$)	—	≤ 400	—
注 1：当反渗透系统设有保安过滤器时，反渗透系统的进水水质是指保安过滤器的入口水质。 注 2：当水源水硬度超过离子交换软化器进水要求时，宜采用沉淀软化法预除硬度。 注 3：离子交换除盐系统进水电导率大于 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，宜采用反渗透预除盐装置。			

5.2 离子交换设备运行效果要求

离子交换设备出水水质应符合表 2 的规定，经济运行效果应符合表 3 的规定。

表 2 离子交换设备出水水质指标

系统类型	出水合格指标				
	硬度 mmol/L	二氧化硅 $\mu\text{g/L}$	电导率(25℃) $\mu\text{S/cm}$	碱度 mmol/L	出水氯离子/ 进水氯离子
钠离子软化	≤ 0.03	—	—	与进水相同	≤ 1.1
石灰-钠离子软化	≤ 0.03	—	—	0.8~1.2	
氢-钠软化	≤ 0.03	—	—	0.5~1.0	
一级化学除盐	≈ 0	≤ 100	≤ 10	—	—

表 3 离子交换设备经济运行指标

项 目				合格指标	
离子 交 换 树 脂	实际 利用率/%	顺流再生		≥ 55	
		对流(逆流)再生		≥ 80	
	工作交换 容量/(mol/m ³)	软化	树脂	NaCl 再生	≥ 800
		阳床	强酸阳树脂	HCl 再生	≥ 800
弱酸、强酸联合工艺			HCl 再生	弱酸树脂 $\geq 2\ 000$ /强酸树脂 $\geq 1\ 000$	
阴床	强碱阴树脂	NaOH 再生	≥ 250		
离子 交 换 树 脂	正洗 水耗/(m ³ /m ³)	软化	树脂	顺流再生	≤ 6
				对流(逆流)再生	≤ 4
		阳床	强酸阳树脂	顺流再生	≤ 6
				对流(逆流)再生	≤ 3
			弱酸阳树脂	顺流或对流(逆流)再生	≤ 2.5
		阴床	强碱阴树脂	顺流再生	≤ 12
	对流(逆流)再生			≤ 3	
	年消耗率/%	固定床		≤ 7	
		连续床		≤ 15	
	再 生 剂 耗 量	盐耗/(g/mol)	软化	树脂	顺流再生
对流(逆流)再生					≤ 100
酸耗/(g/mol)		阳床	强酸阳树脂	顺流再生	≤ 80
				对流(逆流)再生	≤ 55
			弱酸阳树脂	顺流或对流(逆流)再生	≤ 40
			弱酸、强酸联合工艺	对流(逆流)再生	≤ 50
碱耗/(g/mol)		阴床	强碱阴树脂	顺流再生	≤ 120
				对流(逆流)再生	≤ 65
注 1: 流动床、移动床为连续床,其余离子交换设备为固定床。					
注 2: 对流(逆流)再生固定床、双室床、浮动床(单、双室)、流动床、移动床、满室床需符合对流(逆流)再生指标。					

GB/T 16811—2018

5.3 反渗透设备运行效果要求

反渗透设备运行效果应符合表 4 的规定。

表 4 反渗透设备运行指标

项 目	合格指标		
	产水量<4 m ³ /h	产水量 4 m ³ /h~40 m ³ /h	产水量>40 m ³ /h
回收率/%	≥30	≥50	≥70
回收率比初始值下降率/%	≤10		
脱盐率/%	≥90		
脱盐率比初始值下降率/%	≤10		
产水量/(m ³ /h)	符合设计要求		
产水量比初始值下降率/%	≤15		
段间压差/MPa	符合设计要求		
段间压差比初始值增加率/%	≤15		

5.4 除氧设备运行效果要求

5.4.1 经除氧处理后的锅炉用水应符合 GB/T 1576 对溶解氧指标的控制要求。

5.4.2 采用化学除氧时,除氧剂应加入给水系统,除氧剂中不得有造成锅炉发生电偶腐蚀的金属离子,除氧剂残余量应符合药剂生产厂要求。

5.4.3 采用热力除氧设备时,除氧器运行压力、负荷变化、除氧水箱水位、除氧温度、终温差应符合设计要求。

5.4.4 采用真空除氧设备时,除氧器真空度、水温、负荷变化应符合设计要求,并应采取防止外部空气泄漏进入除氧器的可靠措施。

5.4.5 锅炉给水除氧不宜采用二氧化碳解析除氧。

5.5 除铁设备运行效果要求

除铁设备运行流速、运行周期、反洗强度应符合设计要求,运行效果应符合表 5 的规定。

表 5 除铁设备运行指标

项目	合格指标
出水全铁含量/(mg/L)	≤0.30
出水 pH(25 ℃)	≥6.0
自耗水率/%	≤8

5.6 加药装置和药剂运行效果要求

加药装置应无泄漏、有可靠的安全保护措施,阻垢剂、除氧剂的残余量应符合 GB/T 1576 的规定,运行效果应符合表 6 的规定。

表 6 加药装置和药剂运行效果指标

项目	合格指标
加药流量/(L/min)	符合设计要求
流量调节精度/%	±10
阻垢剂的阻垢率 R_z /%	≥85
锅炉年腐蚀速率/(mm/a)	≤0.075

5.7 排污装置运行要求

排污装置应无泄漏,排污扩容器应有可靠的安全保护措施,排污扩容器液位控制应符合设计要求。

5.8 汽水取样装置和在线监测仪表运行要求

汽水取样装置和在线监测仪表运行效果应符合表 7 的规定。

表 7 汽水取样装置和在线监测仪表的运行指标

项目	合格指标
取样器出水温度/℃	≤40
取样水样流量/(mL/min)	500~700
电导率仪整机基本误差/%	≤±5
pH 计整机基本误差	≤±0.04
硬度仪整机基本误差/%	≤±10

6 日常水质监测

锅炉水质日常监测应由锅炉使用单位持证上岗人员化验和记录,监测项目及频次应符合表 8、表 9 的规定;分析方法应按 GB/T 1576 执行。

表 8 蒸汽锅炉和汽水两用锅炉监测项目及频次

监测项目	给水		锅水	
	额定蒸发量<4 t/h	额定蒸发量≥4 t/h	额定蒸发量<4 t/h	额定蒸发量≥4 t/h
	监测频次	监测频次	监测频次	监测频次
总硬度	8 h	4 h	—	—
pH	8 h	4 h	8 h	4 h
氯离子含量	8 h	4 h	8 h	4 h
溶解氧 ^a	—	8 h	—	—
全碱度	—	—	8 h	4 h
酚酞碱度	—	—	8 h	4 h

表 8 (续)

监测项目	给水		锅水	
	额定蒸发量<4 t/h	额定蒸发量≥4 t/h	额定蒸发量<4 t/h	额定蒸发量≥4 t/h
	监测频次	监测频次	监测频次	监测频次
电导率或溶解固形物	—	—	8 h	8 h
磷酸根	—	—	8 h	4 h
亚硫酸根	—	—	8 h	4 h
相对碱度	—	—	8 h	4 h

* 采用除氧装置除氧的给水要求。

表 9 热水锅炉监测项目及频次

监测项目	补给水		锅水	
	额定功率热≤4.2 MW	额定功率热>4.2 MW	额定功率热≤4.2 MW	额定功率热>4.2 MW
	监测频次	监测频次	监测频次	监测频次
硬度	8 h	4 h	—	—
pH(25 ℃)	8 h	4 h	8 h	4 h
酚酞碱度	—	—	8 h	4 h
磷酸根	—	—	8 h	4 h

7 运行效果定期检测与评价

7.1 锅炉水质检测与评价

7.1.1 检测频次及要求

锅炉水质定期检测应每半年至少进行一次,检测项目应覆盖 GB/T 1576 规定的相应指标。

7.1.2 取样要求

应按照 GB/T 6907 进行。

7.1.3 检测

7.1.3.1 所取的样品应在 72 h 内化验完毕,否则应重新取样。

7.1.3.2 检测方法应根据被测组分性质、含量和分析结果准确性要求确定,准备试验溶液和相应精度的仪器仪表。

7.1.3.3 溶解氧和采用除盐水作为补给水的给水电导率、pH 应在现场测定。

7.1.4 水汽质量评价

7.1.4.1 合格

水汽质量各项目检测结果全部符合 GB/T 1576 的要求。

7.1.4.2 基本合格

水汽质量检测结果有下列超标情况,但其他项目符合 GB/T 1576 的要求,不会造成锅炉快速腐蚀、结垢,可判定为基本合格:

- a) 在锅水碱度、pH 合格情况下,给水硬度偏高量不超过标准值的 30%;
- b) 在锅水 pH 合格情况下,给水 pH 不低于 6.5 或不高于 10.5;
- c) 额定工作压力不大于 2.5 MPa 的蒸汽锅炉,锅水 pH 不低于 9.5 或不高于 12.2;
- d) 补给水采用软化处理,并且给水硬度合格情况下,锅水碱度偏低量不超过标准下限值的 30%;
- e) 采用锅内加磷酸盐阻垢剂或给水加亚硫酸盐除氧剂的情况下,锅水亚硫酸根、磷酸根偏低或偏高量不超过标准值的 $\pm 50\%$;
- f) 采用锅外水处理的自然循环蒸汽锅炉和汽水两用锅炉,当对蒸汽质量要求不高,且无过热器时,锅水全碱度偏高量不超过标准上限值 10%,溶解固形物或电导率不超过标准上限值的 10%。

7.1.4.3 不合格

水汽质量检测结果不符合相应标准的要求,并且容易引起锅炉结垢、腐蚀或造成回水不能回收利用的。

7.1.5 水质检测报告

锅炉水质检测报告参照附录 A 执行。

7.2 水处理设施检验要求

7.2.1 检验频次及项目

水处理设施运行效果定期检验每年至少进行一次。检验项目应包括水处理管理检查、水处理设施运行效果检验、锅炉水质日常监测检查。

7.2.2 水处理管理检查

查阅使用单位有关水处理技术、管理资料 and 各项记录、水汽质量检验报告,检查锅炉水处理管理是否符合以下要求:

- a) 各项规章制度、操作规程齐全,能够有效实施;
- b) 水处理设备、药剂、树脂、填料等产品质量合格证明文件(合格证)齐全;
- c) 在岗的水处理作业人员持有相应类别的证书,并且在有效期内;
- d) 水汽质量化验记录齐全,化验项目、频次符合要求,水汽质量合格或者基本合格,核查回水回收利用效率是否符合设计要求;
- e) 水处理设备运行记录和加药记录齐全,不合格的水质得到及时处理(必要时查问水处理设备操作和加药方法是否正确);
- f) 水处理设备(系统)有维修、保养记录,水处理设备故障能及时修复;
- g) 有防范水处理事故和处理水汽质量劣化的措施,并且能有效实施;
- h) 停(备)用锅炉、水处理设备得到较为可靠的保护,记录齐全;
- i) 查阅上一个检验周期以来的锅炉水汽质量检验报告、锅炉内部化验检验报告、锅炉化学清洗质量检验报告和上次锅炉水处理系统运行检验报告,报告中所提出的问题能够得到整改。

7.2.3 水处理设施运行效果检验

7.2.3.1 预处理设备运行效果检验要求：

- a) 检查设备是否完好。
- b) 检测出水水质能否满足本标准的规定。pH、浊度、总铁、硬度、电导率的检测应按 GB/T 1576 执行；游离余氯检测应按 DL/T 502.21 执行；化学耗氧量检测应按 DL/T 502.22 执行；污染指数检测应按 DL/T 588 执行。
- c) 核查设备出力能否满足设计要求。

7.2.3.2 离子交换水处理设备运行效果检验要求：

- a) 检查设备是否完好，能否正常运行。
- b) 检测出水水质能否满足本标准的规定。硬度、碱度、电导率检测应按 GB/T 1576 执行；二氧化硅检测应按 GB/T 12149 执行。
- c) 核查设备出力能否满足锅炉补给水量的要求。
- d) 检测离子交换树脂实际利用率、工作交换容量、正洗水耗、年消耗量、再生剂耗量。检测方法应符合附录 B 的规定。
- e) 检查各类水箱、溶液箱是否有渗漏，液位计指示是否正常，有无卡涩现象。
- f) 检查离子交换水处理设备及系统是否有泄露、堵塞、严重锈蚀等缺陷。

7.2.3.3 反渗透水处理设备运行效果检验要求：

- a) 检查设备是否完好，能否正常运行。
- b) 检测回收率、回收率比初始值下降率、脱盐率、脱盐率比初始值下降率、产水量、产水量比初始值下降率、段间压差、段间压差比初始值增加率。检测方法应符合附录 C 的规定。
- c) 检查各种安全保护装置是否符合设计要求。

7.2.3.4 除氧设备运行效果检验要求：

- a) 检查设备是否完好，能否正常运行；
- b) 检测除氧设备运行效果是否符合 GB/T 1576 相应锅炉用水溶解氧的要求，溶解氧检测应按 GB/T 1576 执行；
- c) 检测化学除氧剂残余量，除氧剂残余量应符合药剂生产厂规定的指标，检测方法按照相应的标准执行；
- d) 检查热力除氧器运行压力、出水温度、负荷变化、终温差是否符合设计要求；
- e) 检查真空除氧器真空度、水温、负荷变化是否符合设计要求。

7.2.3.5 除铁设备运行效果检验要求：

- a) 检查设备是否完好，能否正常运行；
- b) 检查除铁设备出力、运行流速、运行周期、反洗强度是否符合设计要求；
- c) 检测运行效果是否符合本标准的规定，其中全铁、pH 检测应按 GB/T 1576 执行；自耗水率 η_V 按式(1)计算：

$$\eta_V = \frac{q_F + q_Q}{q_Z} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- η_V —— 自耗水率；
- q_F —— 反洗用水量，单位为立方米(m³)；
- q_Q —— 清洗用水量，单位为立方米(m³)；
- q_Z —— 周期制水量，单位为立方米(m³)。

7.2.3.6 加药装置及药剂效果检验要求：

- a) 检查加药装置是否完好,是否便于加药操作,是否有堵塞或泄露现象,安全保护措施是否可靠;
- b) 查看加药记录,检查是否根据化验结果按时按量加药;
- c) 检查加药流量和流量调节精度是否符合本标准的规定;
- d) 检测缓蚀剂的缓蚀效果(年腐蚀速率)、阻垢剂的阻垢率,测试方法参见附录 D。

7.2.3.7 排污装置的检验要求:

- a) 检查排污装置是否完好,是否有堵塞或泄露现象;
- b) 检查排污扩容器安全保护措施是否可靠,排污扩容器液位控制是否符合设计要求;
- c) 检查排污是否根据化验结果操作。

7.2.3.8 取样装置和在线监测仪表检验要求:

- a) 检查取样装置是否能正常取样,冷却器的冷却效果和取样流量是否符合本标准的要求;
- b) 检查取样装置是否有泄漏、堵塞、严重锈蚀等影响水汽样品代表性的缺陷;
- c) 检测在线仪表的整机基本误差是否符合本标准的规定。电导率仪、pH 计、硬度仪整机基本误差检测时,在线监测仪表在标准条件下运行并校准后,通入规定的标准样品反复三次,按式(2)计算:

$$\delta_j = \frac{\bar{U} - U_0}{M} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- δ_j —— 仪表整机基本误差;
- \bar{U} —— 仪表三次示值的平均值;
- U_0 —— 标准样品的实际值;
- M —— 量程范围内最大值。

7.2.4 锅炉水质日常监测的检查

检查内容主要包括以下几点:

- a) 各种分析试剂和标准溶液能否满足日常化验的需要,化验数据是否正确(必要时在现场查看化验员的化验操作)。
- b) 化验分析的仪器、仪表的精度、准确度能否满足化验项目的要求。
- c) 化验和记录是否符合本标准的规定。

7.2.5 水处理设施运行效果的评价

7.2.5.1 合格

同时符合下列条件,判定为合格:

- a) 水处理管理工作符合本标准的规定;
- b) 水处理设施运行效果符合本标准的规定;
- c) 锅炉水质日常监测符合本标准的规定。

7.2.5.2 基本合格

有以下情况,但没有 7.2.5.3 提到的不合格情况,判定为基本合格:

- a) 水处理管理工作有欠缺,但水处理制度和记录基本齐全,并配备相应级别的持证水处理作业人员;
- b) 水处理设施运行效果有个别指标不符合要求,但出水质量及制水能力可满足锅炉给水要求,不影响锅炉安全、连续运行;

- c) 个别分析仪器或监测仪表有缺陷,但能通过其他测定方法满足水质的控制要求,水质合格或基本合格。

7.2.5.3 不合格

有下列情况之一者,判定为不合格:

- a) 无管理制度或管理制度未执行,无水处理操作和化验记录,无持证水处理作业人员或虽有持证人员但未进行水处理工作;
- b) 水处理设施有严重缺陷,经济运行指标与本标准规定值偏离超过 15%,或水处理设备出水质量及制水能力不满足锅炉给水要求,影响锅炉安全、经济、连续运行;
- c) 水质化验数据和记录不符合本标准的规定,水汽质量经常不合格,或分析仪器、仪表及测定试剂不满足日常水汽质量测定要求。

7.2.6 水处理设施运行效果定期检验报告

水处理设施运行效果定期检验报告格式可参照附录 E。

附 录 A
(资料性附录)
工业锅炉水质定期检验报告

工业锅炉水质定期检验报告格式参见表 A.1。

表 A.1 工业锅炉水质定期检验报告 报告编号：

使用单位	名 称						
	安装地址						
	管理部门				联系人/联系电话		
锅炉情况	锅炉型号				单位内编号		
	设备代码				使用登记证编号		
	额定蒸发量 (热功率)	t/h (MW)			额定压力 (出水温度)	MPa (℃)	
	锅炉循环方式	<input type="checkbox"/> 自然循环 <input type="checkbox"/> 直流 <input type="checkbox"/> 贯流			过热器	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无	
水处理情况	水处理方法	<input type="checkbox"/> 锅外水处理 <input type="checkbox"/> 锅内水处理 <input type="checkbox"/> 锅外水处理+锅内水处理			水处理设备		
	取样冷却器	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无			锅内处理药剂		
	蒸汽冷凝水	<input type="checkbox"/> 回用 <input type="checkbox"/> 部分回用 <input type="checkbox"/> 未回用			采用原水		
水样名称	项 目	标准值	实测值	水样名称	项 目	标准值	实测值
原 水	硬 度/(mmol/L)			锅 水	溶解固形物/(mg/L)		
	总碱度/(mmol/L)				电导率(25℃)/(μS/cm)		
	氯离子/(mg/L)				酚酞碱度/(mmol/L)		
	浊 度/FTU				全碱度/(mmol/L)		
	电导率(25℃)/(μS/cm)				pH(25℃)		
补 给 水	硬 度/(mmol/L)				氯离子/(mg/L)		
	二氧化硅(μg/L)				相对碱度		
	电导率(25℃)/(μS/cm)				亚硫酸根离子/(mg/L)		
	总碱度/(mmol/L)				磷酸根离子/(mg/L)		
	进水氯离子/出水氯离子				固氯比/固导比		
给 水	浊 度/FTU			回 水	排污率/%		
	硬 度/(mmol/L)				硬 度/(mmol/L)		
	pH(25℃)				全铁/(mg/L)		
	氯离子/(mg/L)			油/(mg/L)			
	总碱度/(mmol/L)						
	溶解氧/(mg/L)						
	全铁量/(mg/L)						
	电导率(25℃)/(μS/cm)						
	油/(mg/L)						
执行标准	GB/T 1576						
检验结论							
备注：							
检验人员：	年 月 日			(检验机构专用章)			
审 核：	年 月 日						
批 准：	年 月 日						

附 录 B
(规范性附录)
离子交换树脂经济运行指标检测方法

B.1 树脂实际利用率

树脂实际利用率按式(B.1)计算:

$$\eta = \frac{Q \times A}{V_R \times E_Q} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(B.1)$$

式中:

- η ——树脂实际利用率;
- Q ——周期制水量,单位为立方米(m^3);
- A ——水中被处理离子浓度,单位为毫摩尔每升($mmol/L$);
- V_R ——树脂填装体积(不包括压脂层),单位为立方米(m^3);
- E_Q ——树脂中的全交换容量,单位为摩尔每立方米(mol/m^3)。

B.2 树脂的工作交换容量

树脂的工作交换容量按式(B.2)计算:

$$E_G = \frac{(\sum C_J - \sum C_C) \times Q}{V_R} \quad \dots\dots\dots(B.2)$$

式中:

- E_G ——树脂的工作交换容量,单位为摩尔每立方米(mol/m^3);
- Q ——周期制水量,单位为立方米(m^3);
- V_R ——树脂填装体积(不包括压脂层),单位为立方米(m^3);
- $\sum C_J$ ——水中被处理离子浓度,单位为毫摩尔每升($mmol/L$);
- $\sum C_C$ ——交换器出水残余的被处理的离子浓度,单位为毫摩尔每升($mmol/L$)。

B.3 树脂的正洗水耗

树脂的正洗水耗按式(B.3)计算:

$$q_s = \frac{Q_C}{V_R} \quad \dots\dots\dots(B.3)$$

式中:

- q_s ——正洗水耗,单位为立方米每立方米(m^3/m^3);
- Q_C ——正洗(快洗)过程耗水量,单位为立方米(m^3);
- V_R ——设备中树脂的填装体积(不包括压脂层),单位为立方米(m^3)。

B.4 树脂年耗率

树脂年耗率按式(B.4)计算:

$$R_s = \frac{V_B}{V_R} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(B.4)$$

式中：

R_s ——树脂年耗；

V_B ——设备中树脂年补充体积，单位为立方米(m^3)；

V_R ——设备中树脂的填装体积(不包括压脂层)，单位为立方米(m^3)。

B.5 实际再生剂耗量

实际再生剂耗量按式(B.5)计算：

$$K = \frac{G}{Q \times A} \times 1\,000 \quad \dots\dots\dots(B.5)$$

式中：

K ——实际再生剂耗量(盐耗为 K_Y 、酸耗为 K_S 、碱耗为 K_J)，单位为克每摩尔(g/mol)；

Q ——周期制水量，单位为立方米(m^3)；

A ——水中被处理离子浓度，单位为毫摩尔每升($mmol/L$)；

G ——再生一次所用纯再生剂的量，单位为千克(kg)。

附 录 C
(规范性附录)
反渗透运行指标检测

C.1 反渗透运行指标检测

反渗透设备各项运行指标的检测均应在设计规定的条件下进行。

C.2 回收率

回收率可按式(C.1)或式(C.2)进行计算:

$$Y = \frac{Q_p}{Q_f} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(C.1)$$

$$Y = \frac{Q_p}{Q_p + Q_r} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(C.2)$$

式中:

- Y ——回收率;
- Q_p ——产品水流量,单位为立方米每小时(m^3/h);
- Q_f ——原水流量,单位为立方米每小时(m^3/h);
- Q_r ——浓缩水排放流量,单位为立方米每小时(m^3/h)。

C.3 回收率比初始值下降率

回收率比初始值下降率按式(C.3)进行计算:

$$\Delta Y = \frac{Y_c - Y}{Y_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(C.3)$$

式中:

- ΔY ——回收率比初始值下降率;
- Y_c ——初始回收率;
- Y ——回收率。

C.4 脱盐率

脱盐率按式(C.4)计算:

$$R = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(C.4)$$

式中:

- R ——脱盐率;
- C_1 ——原水电导率,单位为微西门子每厘米($\mu S/cm$);
- C_2 ——产品水电导率,单位为微西门子每厘米($\mu S/cm$)。

C.5 脱盐率比初始值下降率

脱盐率比初始值下降率按式(C.5)计算:

$$\Delta R = \frac{R_c - R}{R_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.5)$$

式中:

ΔR ——脱盐率比初始值下降率;

R_c ——初始脱盐率;

R ——脱盐率。

C.6 产水量

产水量可通过产水流量计直接读取,也可按式(C.6)计算:

$$Q_p = Q_f - Q_r \quad \dots\dots\dots (C.6)$$

式中:

Q_p ——产品水流量,单位为立方米每小时(m^3/h);

Q_f ——原水流量,单位为立方米每小时(m^3/h);

Q_r ——浓缩水排放流量,单位为立方米每小时(m^3/h)。

C.7 产水量比初始值下降率

产水量比初始值下降率按式(C.7)计算:

$$\Delta Q = \frac{Q_c - Q_p}{Q_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.7)$$

式中:

ΔQ ——产水量比初始值下降率;

Q_c ——产品水初始流量,单位为立方米每小时(m^3/h);

Q_p ——产品水流量,单位为立方米每小时(m^3/h)。

C.8 段间压差

段间压差可通过段间压差计直接读取,也可按式(C.8)计算:

$$\Delta P = P_J - P_N \quad \dots\dots\dots (C.8)$$

式中:

ΔP ——段间压差,单位为兆帕(MPa);

P_J ——进水压力,单位为兆帕(MPa);

P_N ——浓水压力,单位为兆帕(MPa)。

C.9 段间压差比初始值增加率

段间压差比初始值增加率按式(C.9)计算:

$$\Delta P_z = \frac{\Delta P - \Delta P_c}{\Delta P_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.9)$$

式中：

ΔP_z ——段间压差比初始值增加率；

ΔP ——段间压差，单位为兆帕(MPa)；

ΔP_c ——初始段间压差，单位为兆帕(MPa)。

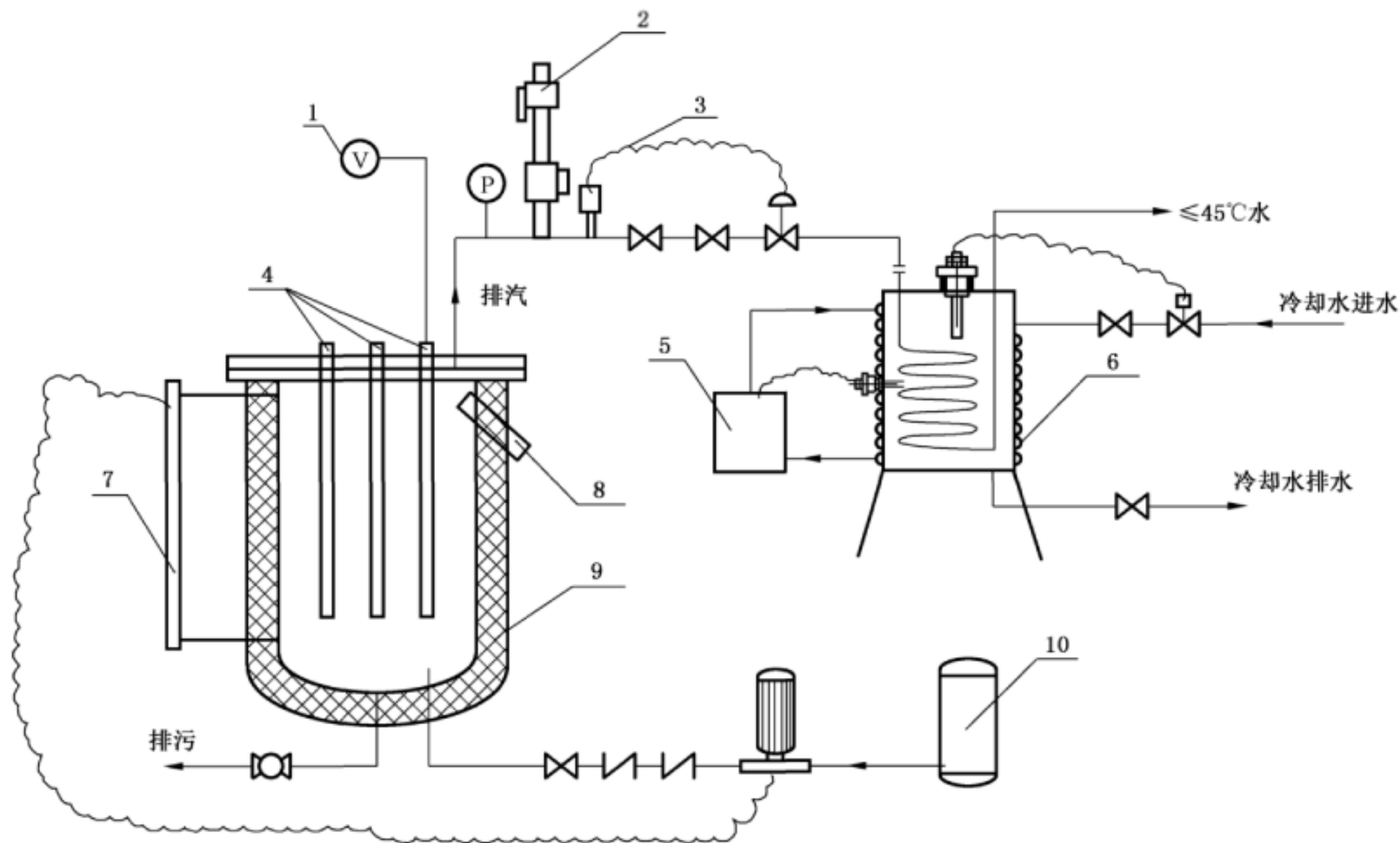
附录 D
(资料性附录)
锅炉阻垢缓蚀剂效果的检测方法

D.1 检测条件

阻垢剂的阻垢效果和缓蚀剂的缓蚀效果应在模拟实际使用条件的情况下进行检测。

D.2 试验装置**D.2.1 装置主要组成**

试验装置主要由高压釜、套管式加热管、自控连锁保护及调节装置等组成,其中高压釜设计制造应符合 GB/T 150 的要求,装置主体见图 D.1。



说明:

- 1——电加热功率调节装置;
- 2——安全阀;
- 3——压力自动调节装置;
- 4——套管式加热管;
- 5——制冷机;

- 6——恒温冷却器;
- 7——水位计及水位保护装置;
- 8——温度传感器及超温保护装置;
- 9——高压釜;
- 10——给水箱。

图 D.1 试验装置示意图

D.2.2 装置主要技术要求

- D.2.2.1 高压釜应能承受 3.8 MPa 的试验压力,上盖与高压釜采用法兰连接,法兰螺栓在保温层外部。
- D.2.2.2 高压釜上盖安装 3 套套管式电加热管,高压釜外壳应有良好的保温层,保温层外部用 316 不锈钢板包覆;高压釜侧面需安装面式液位计、电接点水位计、温度计,底部应安装排污管。
- D.2.2.3 应配备出口压力大于 4.0 MPa 的给水泵,水泵流量为 0.5 L/h~3.0 L/h,以满足高压釜产汽量 0.5 L/h~2.0 L/h 的需要;进水管口在高压釜侧面用法兰与水泵出口管连接,配备安全可靠的止回阀,防止蒸汽或高温水倒流。
- D.2.2.4 高压釜上盖安装蒸汽出口管,蒸汽出口管安装压力表和压力自动调节装置,并安装不锈钢针型阀,可手动调节蒸汽流量;蒸汽管末端设置不锈钢盘管式冷凝器,可将产生的蒸汽冷凝至温度低于 45 ℃ 的水。
- D.2.2.5 调节装置及自控连锁保护应达到以下要求:
 - a) 压力调节装置:压力控制范围在 0 MPa~3.8 MPa 之间,可根据试验要求调节,压力表信号反馈至压力调节装置,能根据设定值压力传感器显示进行自动调节蒸汽出口压力,压力能自动稳定在试验压力±0.05 MPa,配有超压报警,超压自动断开加热电源连锁保护;
 - b) 水位控制:电接点水位表信号反馈至给水泵启停开关,高水位自动停泵,低水位自动启动水泵,并配备高低水位报警,低水位自动断开加热电源连锁保护;
 - c) 超温报警:配备超温自动断开加热电源连锁保护;
 - d) 安全泄压:高压釜上部应安装安全泄压装置,压力超过 2.5 MPa 时,能自动泄压,并将蒸汽排至安全地点;
 - e) 调压变压器:应配置稳压器,电压在 50 V~110 V 范围内可调,调节精度±0.5 V,采用数字显示;
 - f) 控制盘:高压釜电接点水位计、压力、温度(蒸汽温度、冷凝水温度)、电加热器电流和电压、制冷水箱水位以及水泵和电动调节阀状态都应在控制系统显示。

D.2.3 套管式加热管要求

D.2.3.1 套管式加热管由管状试样、加热主管、聚四氟乙烯密封环、螺帽等构成,测试加热面积约 42 cm²左右,加热管尺寸见图 D.2。

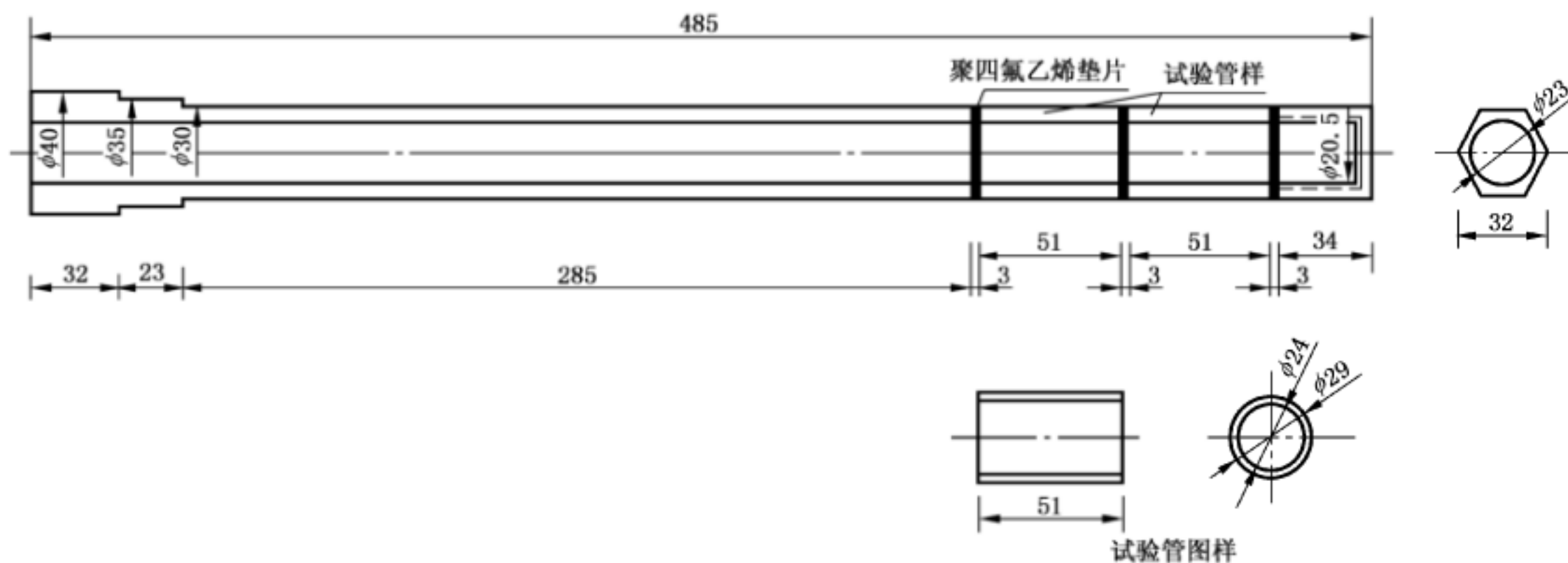


图 D.2 套管式电加热管示意图

D.2.3.2 加热管内固定安装 20 Ω 电加热丝,并与调压变压器连接,连接处应有绝缘绝热保护措施;电加热丝在套管式加热管内应采取固定措施,防止电加热丝高温变形过大。

D.2.3.3 用于检测缓蚀剂缓蚀率的管状试样用 20 G 钢材制作,用于检测阻垢剂阻垢率的管状试样用 316 不锈钢制作,管状试样质量宜小于 150 g。

D.2.3.4 管状试样表面应采用 400 目砂纸进行研磨,然后用游标卡尺测量其表面积(尺寸精确到 0.02 mm、面积精确到 1 mm²),再用丙酮、无水乙醇浸泡去掉油脂,用冷风吹干后置于干燥器内,干燥至恒重后称量,精确至 0.2 mg,试验前管样应置于干燥器内备用。

D.3 试验用水

D.3.1 缓蚀率测定试验用水按以下要求配制:

1/2Ca²⁺:0.00 mmol/L;1/2Mg²⁺:0.00 mmol/L;Na⁺:30.4 mmol/L;
1/2SO₄²⁻:8.80 mmol/L;Cl⁻:12.40 mmol/L;HCO₃⁻:9.20 mmol/L。

D.3.2 阻垢率测定试验用水按以下要求配制:

1/2Ca²⁺:15.32 mmol/L;1/2Mg²⁺:2.58 mmol/L;Na⁺:12.50 mmol/L;
1/2SO₄²⁻:8.80 mmol/L;Cl⁻:12.40 mmol/L;HCO₃⁻:9.20 mmol/L。

D.4 年腐蚀速率的测定

D.4.1 测定步骤

D.4.1.1 将称量后备用的 20 G 钢材制作的管样套进电加热管上,拧紧螺帽;安装在试验装置的高压釜上,并紧固。

D.4.1.2 按 D.3.1 的要求,配制 36 L 试验用水,按缓蚀剂标称的剂量将缓蚀剂加到试验用水中,混匀,储存在给水箱内。

D.4.1.3 按以下控制条件进行试验:

- 压力控制:按药剂产品说明书标称的应用压力设置试验压力,若说明书未标称应用压力,按其产品适用范围内的锅炉最高压力设置试验压力;
- 液位控制:控制高压釜液位在正常液位;
- 加热管电压控制:用稳压器调节电压至 70 V±0.5 V;
- 试验用水蒸发浓缩 8 倍,即将 36 L 浓缩为 4 L,结束试验。

D.4.1.4 试验结束后取出加热套管,按下述步骤依次进行处理:

- 将管样从加热套管取下,立即用水冲洗,放入用氨水调节 pH 为 9~10 的水中浸泡 1 min~2 min;
- 将管样表面腐蚀产物清理干净,管样表面的腐蚀产物,宜采取机械方法,一般用毛刷、橡皮、滤纸、木制或竹制铲,避免损伤金属试样基体;
- 将清理干净的管样放入无水乙醇中浸泡 1 min~2 min,取出后用滤纸擦干,再用冷风吹干,用滤纸包好,放置在干燥器中,干燥至恒重后称量,精确至 0.2 mg。

D.4.2 年腐蚀速率计算

根据金属失重法,按式(D.1)计算年腐蚀速率(v):

$$v = \frac{m_1 - m_2}{S \times t \times \rho} \times 8.76 \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

- v ——按腐蚀失重表示的年腐蚀速率,单位为毫米每年(mm/a);
 m_1 ——管样在试验前的质量,单位为克(g);

- m_2 ——管样在腐蚀试验后的质量,单位为克(g);
- S ——管样外表面积,单位为平方米(m^2);
- t ——腐蚀试验时间,单位为小时(h);
- ρ ——试样材质密度,单位为克每立方厘米(g/cm^3);
- 8.76 ——单位换算因子(由小时换算为年, m^2 、 cm^3 和 mm 间换算而得)。

D.4.3 平行试验要求

年腐蚀速率测定应做六个平行试验,报告值取六个平行测定结果的算术平均值。

D.4.4 允许偏差

年腐蚀速率六个平行试验测定的相对偏差不应大于 5%,若某个平行试验测定结果与平均值相对偏差超过 5%,应重新试验,用符合允许偏差的平均值作为报告数据。

D.5 阻垢率的测定

D.5.1 测定步骤

D.5.1.1 将称量后备用的 316 不锈钢制作的管样套进电加热管上,拧紧螺帽;安装在试验装置的高压釜上,并紧固。

D.5.1.2 按 D.3.2 的要求,配制 36 L 试验用水,按阻垢剂标称的用量将阻垢剂加到试验用水中,混匀,储存在给水箱内。

D.5.1.3 按照与 D.4.1.3 相同的控制条件进行试验。

D.5.1.4 试验结束后取出加热套管,将取下的管样放入无水乙醇中浸泡 1 min~2 min,取出后用滤纸擦干,再用冷风吹干,用滤纸包好,放置在干燥器中,干燥至恒重后称量,精确至 0.2 mg。

D.5.1.5 空白试验:除了试验用水中不加阻垢剂,其他按照 D.5.1.1~D.5.1.4 在相同试验条件下进行空白试验。

D.5.2 阻垢率计算

D.5.2.1 管样单位面积结垢量 k 按式(D.2)计算:

$$k = \frac{m_3 - m_1}{S} \dots\dots\dots(D.2)$$

式中:

- k ——管样单位面积结垢量,单位为克每平方米(g/m^2);
- m_1 ——管样在试验前的质量,单位为克(g);
- m_3 ——管样在阻垢试验后的质量,单位为克(g);
- S ——单位为平方米(m^2)。

D.5.2.2 阻垢率 η_z 按式(D.3)计算:

$$\eta_z = \frac{k_0 - k_1}{k_0} \times 100\% \dots\dots\dots(D.3)$$

式中:

- η_z ——阻垢率;
- k_1 ——加阻垢剂的试验测得的管样单位面积结垢量,单位为克每平方米(g/m^2);
- k_0 ——空白试验测得的管样单位面积结垢量,单位为克每平方米(g/m^2)。

D.5.3 平行试验要求

阻垢剂的阻垢率测定应做六个平行试验,报告值取六个平行测定结果的算术平均值。

D.5.4 允许偏差

阻垢率六个平行试验测定的相对偏差不应大于 10%,若某个平行试验测定结果与平均值相对偏差超过 10%,应重新试验,用符合允许偏差的平均值作为报告数据。

附 录 E
(资料性附录)
水处理设施运行效果定期检验报告

水处理设施运行效果定期检验报告格式参见表 E.1。

表 E.1 水处理设施运行效果定期检验报告

报告编号：

使用 单位	名 称			
	安装地址			
	管理部门		联系人	
锅 炉 情 况	联系电话			
	锅炉型号		单位内编号	
	设备代码		使用登记证编号	
	额定蒸发量 (热功率)	t/h (MW)	额定压力 (出水温度)	MPa (°C)
	锅炉循环方式	<input type="checkbox"/> 自然循环 <input type="checkbox"/> 直流 <input type="checkbox"/> 贯流		过热器 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无
水 处 理 设 施 概 况				
分 项 检 验 结 论	1) 水处理管理工作： <input type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 基本符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求 2) 水处理设施运行效果： <input type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 基本符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求 3) 水质日常监测情况： <input type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 基本符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求			
执 行 标 准	GB/T 1576、GB/T 16811			
检 验 结 论	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 基本合格 <input type="checkbox"/> 不合格			
备注：				
检验人员：	年	月	日	检验机构专用章
审 核：	年	月	日	
批 准：	年	月	日	

表 E.1 (续)

报告编号：

检验项目及其内容		检验结果	备注
水处理 管理 情况	1) 各项规章制度、操作规程及其实施情况		
	2) 设备、药剂、树脂、填料产品质量合格证明		
	3) 在岗水处理作业人员持证情况		
	4) 水质化验记录、项目、频次及合格情况		
	5) 设备运行和加药记录、水处理及时性		
	6) 设备维修和故障排除情况		
	7) 事故防范措施及事故处理的记录或者报告		
	8) 停(备)用锅炉、水处理设备的维护保养		
	9) 上次检验报告所提问题整改情况		
水处理 设施运行 效果	预处理	1) 设备完好及运行状况	
		2) 出水水质	
		3) 设备出力	
	离子交换	1) 设备完好及运行状况	
		2) 出水水质	
		3) 设备出力	
		4) 树脂实际利用率	
		5) 树脂工作交换容量	
		6) 水处理设备运行周期	
		7) 树脂正洗水耗	
		8) 树脂年消耗量	
		9) 树脂再生剂耗量	
	反渗透	1) 设备完好及运行状况	
		2) 回收率	
		3) 回收率比初始值下降率	
		4) 脱盐率	
		5) 脱盐率比初始值下降率	
		6) 产水量	
		7) 产水量比初始值下降率	
		8) 段间压差	
		9) 段间压差比初始值增加率	
		10) 各种安全保护装置状况	
	除氧设备	1) 运行正常性、温度、压力(真空度)控制	
		2) 出水溶解氧	
		3) 自耗水率	
	除铁设备	1) 设备完好及运行状况	
		2) 出水水质	
		3) 设备出力	
		4) 自耗水率	
	加药装置	1) 装置完好及运行状况	
2) 加药操作的正确性			
3) 锅炉年腐蚀速率			
4) 阻垢剂的阻垢率			
5) 锅炉受年结垢厚度			

表 E.1 (续)

检验项目及其内容		检验结果	备注
水处理 设施运行 效果	排污装置	1) 装置完好及运行状况	
		2) 排污操作的正确性	
		3) 排污率	
	取样装置及 在线监测仪表	1) 能否正常取样、冷却效果	
		2) 水汽样品代表性	
		3) 在线监测仪表的整机基本误差	
水质日常 监测情况	1) 分析试剂和分析仪器		
	2) 分析仪器、仪表及在线检测仪表的完好性和校验		
	3) 水质化验项目、频次和记录		
处理 意见			
检验：	日期：	审核：	日期：

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
工业锅炉水处理设施运行效果与监测
GB/T 16811—2018

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 52 千字
2018年5月第一版 2018年5月第一次印刷

*

书号: 155066·1-59919 定价 30.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 16811—2018