



中华人民共和国国家标准

GB/T 16811—201×
代替GB/T 16811—2005

工业锅炉水处理设施运行效果与监测

Running result and the monitoring and testing
for industrial boilers water-treatment equipment

(征求意见稿)

201×-××-××发布

201×-××-××实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	II
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	2
6 日常水质监测	5
7 运行效果定期检验与评价	5
附录 A（资料性附录） 工业蒸汽锅炉水质检测报告	9
附录 B（规范性附录） 离子交换树脂经济运行指标检测方法	10
附录 C（规范性附录） 反渗透运行指标检测方法	12
附录 D（规范性附录） 锅炉缓蚀阻垢剂效果检测方法	14
附录 E（资料性附录） 水处理设施运行效果检验报告	18

前 言

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》。

本标准与GB/T 16811-2005相比主要变化如下：

- 修改了范围；
- 增加了规范性引用文件
- 增加了术语和定义；
- 修改了分类；
- 修改了离子交换器运行效果要求；
- 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；
- 修改了加药装置和药剂运行效果要求；
- 增加了水质日常监测的规定；
- 修改了运行效果定期检验检测与评价；
- 增加了反渗透运行指标检测方法、锅炉阻垢缓蚀剂效果检测方法规范性附录；
- 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规范性附录；

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（TC262）提出并归口。

本标准附录 B、附录 C、附录 D 为规范性附录，附录 A、附录 E 为资料性附录。

本标准由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参加起草。

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。

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运行效果指标、监测方法和评价依据。

本标准适用于额定出口蒸汽压力小于3.8MPa，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所配备的水处理设施。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不含勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用本标准。

GB 150 《钢制压力容器》

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

DLT 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）

DLT 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）

DLT 588 水质污染指数测定方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

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

用于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、水质监测的设备和装置。

3.2

预处理 pretreatment

为使水质达到后续设备处理条件所做的前期处理措施。

3.3

离子交换处理 ion exchange treatment

通过离子交换树脂，除去水中目标离子的工艺措施。

3.4

反渗透 reverse osmosis, RO (缩写)

在高于渗透压的压力作用下，水通过半透膜进入膜的低压侧，水中的盐分被隔离在膜的高压侧并随浓溶液排出，除去水中大部分溶解物质的工艺。

3.5

除氧处理 Deoxygenation treatment

通过物理作用、或者化学方法，除去水中溶解氧的工艺。

3.6

除铁处理 deferrization treatment

通过机械截留，或者氧化—机械截留的方法，除去水中铁的工艺。

3.7

加药处理 chemical dosing treatment

通过有针对性投加化学水处理药剂，达到特定的水处理效果，如预处理的混凝、絮凝、沉淀软化和降碱、杀菌、除余氯；锅内处理的阻垢、除氧、缓蚀、水质调节等。

3.8

锅炉排污 boiler blowdown

通过排除一部分浓缩的锅水，降低锅水溶解固形物、排除水渣和泡沫、调节水质，以达到控制锅水水质并保证蒸汽质量的目的。常见的排污方式有定期排污（底部排污）和连续排污（表面排污）。

3.9

在线监测仪表 on-line monitoring instrument

在锅炉水汽系统设置的，能够连续自动监测水汽中某种指标的分析仪表。

4 分类

- 4.1 预处理设备；
- 4.2 离子交换设备；
- 4.3 反渗透设备；
- 4.4 除氧设备；
- 4.5 除铁设备；
- 4.6 加药装置；
- 4.7 排污装置；
- 4.8 取样装置和在线监测仪表。

5 运行效果

5.1 预处理设备运行效果应符合表 1 的规定。

表1 离子交换器、反渗透装置进水水质要求

项目	离子交换软化	离子交换除盐	反渗透
pH (25℃)	—		3~11
浊度/ NTU	对流再生≤2		≤1
	顺流再生≤5		
游离余氯/ (mg/L)	≤0.1		
铁/ (mg/L)	≤0.3		≤0.05
化学耗氧量COD _{Mn} / (mg/L, 以O计)	≤2		≤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℃) / (μS/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 μS/cm，宜采用反渗透预除盐装置。

5.2 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 μg/L	电导率(25℃) μS/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——钠串联软化	≤0.005	—	—	0.3~0.5	
氢——钠并联软化	≤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	
		对流再生		≥80	
	工作交换容量/ mol/m ³	软化	树脂	NaCl再生	≥1000
			强酸阳树脂	HCl再生	≥800
		弱酸、强酸联合工艺	HCl再生	弱酸树脂≥2000/强酸树脂≥1000	
	阴床	强碱阴树脂	NaOH再生	≥250	
	再生水耗/ m ³ /m ³ (R)	软化	树脂	顺流再生	≤6
				对流再生	≤4
		阳床	强酸阳树脂	顺流再生	≤6
				对流再生	≤3
			弱酸阳树脂	顺流或对流再生	≤2.5
		弱酸、强酸联合工艺	对流再生	≤3	
			阴床	强碱阴树脂	顺流再生
	对流再生	≤3			
弱碱阴树脂	顺流或对流再生	≤5			
年消耗率/ %	固定床		≤5		
	连续床		≤15		
再 生 剂 耗 量	盐耗/ g/mol	软化	树脂	顺流再生	≤120
				对流再生	≤100
	酸耗/ g/mol	阳床	强酸阳树脂	顺流再生	≤80
				对流再生	≤55
			弱酸阳树脂	顺流或对流再生	≤40
	弱酸、强酸联合工艺	对流再生	≤50		
	碱耗/ g/mol	阴床	强碱阴树脂	顺流再生	≤120
对流再生				≤65	
弱碱阴树脂	顺流或对流再生	≤50			
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: 对流再生固定床、双室床、浮动床(单、双室)、流动床、移动床、满室床应符合对流再生指标。					

5.3 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<4m ³ /h	产水量4m ³ /h~40m ³ /h	产水量>40m ³ /h
回收率/ %	≥30	≥50	≥70

回收率比初始值下降率/ %	≤10
脱盐率/ %	≥95
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	符合设计要求
段间压差比初始值增加率/ %	≤15

5.4 除氧设备运行效果应符合 GB/T 1576 相应锅炉用水溶解氧的要求。

5.4.1 采用化学除氧的，除氧剂应直接加入到给水系统，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规定的指标。

5.4.2 采用热力除氧设备的，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。

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

5.4.4 不宜采用二氧化碳解析除氧设备。

5.5 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 除铁设备运行合格指标

项目	合格指标
出水全铁含量/ (mg/L)	≤0.3
出水pH (25℃)	≥6.0
自耗水率/ %	≤8

5.6 加药装置无泄漏、有可靠的安全保护措施，阻垢剂、除氧剂的残余量符合GB/T 1576相应要求，运行效果符合表6的规定。

表6 加药装置和药剂运行效果合格指标

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%
年腐蚀速率/ mm/a	≤0.075

5.7 排污装置无泄漏，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符合设计要求，排污率符合GB/T 1576相应规定。

5.8 汽水取样装置和在线监测仪表的运行效果符合表7的规定。

表7 汽水取样装置和在线监测仪表的运行效果

项目	合格指标
取样水样温度/ ℃	≤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 水质日常监测

日常锅炉水质监测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按表8、表9的规定；分析方法按GB/T 1576相关规定进行。

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<4t/h	额定蒸发量≥4t/h	额定蒸发量<4t/h	额定蒸发量≥4t/h
	监测频次	监测频次	监测频次	监测频次
总硬度/ (mmol/L)	8h	4h	—	—
pH (25℃)	8h	4h	8h	4h
氯离子含量/ (mg/L)	8h	4h	8h	4h
全碱度/ (mmol/L)	—	—	8h	4h
酚酞碱度/ (mmol/L)	—	—	8h	4h
溶解固形物/ (mg/L)	—	—	8h	4h
磷酸根/ (mg/L)	—	—	8h	4h
亚硫酸根/ (mg/L)	—	—	8h	4h
相对碱度	—	—	8h	4h

表9 热水锅炉监测项目及频次

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

(mg/L)				
--------	--	--	--	--

7 运行效果定期检验检测与评价

7.2 锅炉水质检测与评价。

锅炉水质检测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。

7.2.1 取样应按照 GB/T 6907《锅炉用水和冷却水分析方法 水样的采集方法》的要求进行。

7.2.2 检测

a) 为了保证样品的时效性，所取的样品应当在 72h 内化验完毕，否则应当重新取样。

b) 根据被测组分的性质、含量和对分析结果准确度的要求，选择合适的标准方法，准备试验所需标准溶液和相应精度的仪器仪表。

c) 采用除盐水作为补给水的锅炉水汽分析项目中的电导率、pH 值，以及溶解氧应当在现场测定。

7.2.3 评价

水汽质量检测结论分为合格、基本合格、不合格。按以下依据进行评价：

7.2.3.1 合格

水质所有检测项目全部符合相应标准的要求。

7.2.3.2 基本合格

水汽质量检测有个别项目不符合 GB/T 1576 标准的要求，但是不会造成锅炉快速腐蚀、结垢。有下列超标情况，但其他指标符合标准的，可判定为基本合格：

a) 在锅水碱度、pH 值合格情况下，给水硬度偏高量不超过标准值的 30%；

b) 在锅水 pH 值合格情况下，给水 pH 值不低于 6.5 或者不高于 10.5；

c) 额定工作压力不大于 2.5MPa 的蒸汽锅炉，锅水 pH 不低于 9.5 或者不高于 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) 锅水亚硫酸根、磷酸根偏低或者偏高量不超过标准值的±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%；溶解固形物不超过标准上限值的 10%。

7.2.3.3 不合格

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

7.2.4 锅炉水质检测报告见附录 A。

7.3 水处理设施运行效果定期检验与评价

水处理设施运行效果定期检验每年至少进行一次。检验项目主要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。

7.3.1 水处理管理检查

查阅使用单位有关水处理技术、管理资料和各项记录、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，水处理设备故障能够及时修复；

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。

7.3.2 水处理设施运行效果检验

水处理设施运行效果检验项目应符合本标准第 5 章的相关规定。

7.3.2.1 预处理设备运行效果检验

a) 检查设备是否完好。

b) 检测出水水质能否满足本标准的相关规定。pH 值、浊度、总铁、硬度、电导率的检测按照 GB/T 1576 规定的相关方法进行；游离余氯按照 DL/T 502.21 的方法进行检测；化学耗氧量按照 DL/T 502.22 的方法进行检测；污染指数按照 DL/T 588 的方法进行检测。

c) 检验出力能否满足设计要求。

7.3.2.2 离子交换水处理设备运行效果检验

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相关规定。硬度、碱度、电导率的检测按照 GB/T 1576 规定的相关方法进行；二氧化硅按照 GB/T 12149 的方法进行检测。

c) 核查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、再生水耗、年消耗量、再生剂耗量。检测方法见附录 B。

f) 检查各类水箱、溶液箱是否有渗漏，内壁防腐是否良好，液位计指示是否正常，有无卡涩现象。

g) 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。

7.3.2.3 反渗透水处理设备运行效果检验

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。检测方法见附录 C。

c) 检查各种安全保护装置是否符合设计要求。

7.3.2.4 除氧设备运行效果检验

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，溶解氧按照 GB/T 1576 规定的方法进行检测。

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。

7.3.2.5 除铁设备

a) 检查设备是否完好，能否正常运行。

b) 检测除铁设备运行效果是否符合本标准的规定，出水全铁、pH 的检测按照 GB/T 1576 规定的相关方法进行；自耗水率 η_Y 按式 (1) 计算：

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

式中：

η_Y ——自耗水率，用 (%) 表示；

q_F ——反洗用水量，单位为立方米 (m^3)

q_Q ——清洗用水量，单位为立方米 (m^3)

q_Z ——周期制水量，单位为立方米 (m^3)

c) 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。

7.3.2.6 加药装置

a) 检查加药装置是否完好，是否便于加药操作，是否有堵塞或者泄露现象；检查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；缓蚀剂的缓蚀率、阻垢剂的阻垢率的测试装置中高压釜设计制造应符合 GB 150《钢制压力容器》标准要求，方法见附录 D。

7.3.2.7 排污装置

- a) 检查排污装置是否完好，是否有堵塞或者泄露现象。
- 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，排污率能否符合 GB/T 1576 相应规定。

7.3.2.8 取样装置和在线监测仪表

- a) 检查取样装置能够正常取样，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的检测方法如下：

在线监测仪表在标准条件下运行并严格校准后，通入规定的标准样品反复三次，式 (2) 进行计算：

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

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。

7.3.3 锅炉水质日常监测检查

- 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) 是否按本标准的规定要求进行化验和记录。

7.3.4 评价

水处理设施运行效果评价结论分为合格、基本合格、不合格。按以下依据进行评价：

7.3.4.1 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规定；
- b) 水处理设施运行效果符合本标准规定；
- c) 锅炉水质日常监测符合本标准的规定。

7.3.4.2 基本合格

有以下情况，但没有本标准 7.3.4.3 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，水质合格或者基本合格。

7.3.4.3 不合格

有以下情况之一者，判定为不合格：

- a) 无管理制度或者管理制度未执行，无水处理操作和化验记录，无持证水处理作业人员或者虽有持证人员但实际未进行水处理工作；
- 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%，或者水处理设备出水质量及制水能力不能满足锅炉给水要求，影响锅炉安全、经济、连续运行；
- c) 没有按照本标准进行水质化验和记录，水汽质量经常不合格，或者分析仪器、仪表及测定试剂不能满足日常水汽质量测定要求。

7.3.5 水处理设施运行效果定期检验报告见附录 E。

附录 A
(资料性附录)
工业锅炉水质检验报告

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			持证水处理作业人员数			
	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	
水处理情况	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"/> 未回用 <input type="checkbox"/> 无		采用原水			
	水处理方法	<input type="checkbox"/> 锅外处理 <input type="checkbox"/> 单纯加药处理 <input type="checkbox"/> 部分软化和加药联合处理 <input type="checkbox"/> 其他					
系统出力 and 运行周期		<input type="checkbox"/> 满足锅炉给水要求 <input type="checkbox"/> 不能满足锅炉给水要求					
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°C)/(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°C)/(μS/cm)				pH(25°C)		
给水	浊度/FTU				氯离子/(mg/L)		
	硬度/(mmol/L)				相对碱度		
	pH(25°C)				SO ₃ ²⁻ /(mg/L)		
	氯离子/(mg/L)				PO ₄ ³⁻ /(mg/L)		
	总碱度/(mmol/L)				固氯比/固导比		
	溶解氧/(mg/L)			排污率/%			
	全铁量/(mg/L)			回水	硬度/(mmol/L)		
	电导率(25°C)/(μS/cm)				全铁/(mg/L)		
	油/(mg/L)				油/(mg/L)		
执行标准	GB/T 1576 《工业锅炉水质》						
检验结论							
备注:							
检验人员:	年 月 日			检验机构核准证号: (检验机构专用章) 年 月 日			
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, m^3 ;
- A ——水中被处理离子浓度, $mmol/L$;
- V_R ——设备中树脂的填装体积 (不包括压脂层), m^3 ;
- E_Q ——树脂中的全交换容量, 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:

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

式中:

- E_G ——树脂的工作交换容量, mol/m^3 ;
- Q ——周期制水量, m^3 ;
- V_R ——树脂体积 (不包括压脂层), m^3 ;
- ΣC_J ——水中被处理离子浓度, $mmol/L$;
- ΣC_C ——交换器出水残余的被处理的离子浓度, $mmol/L$ 。

B.3 树脂的再生水耗

树脂的再生水耗按式 (B.3) 计算:

$$q_S = \frac{Q_Z + Q_C}{V_R} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

- q_S ——再生水耗, $m^3/m^3 (R)$;
- Q_Z ——置换过程耗水量, m^3 ;
- Q_C ——清洗过程耗水量, m^3 ;
- V_R ——设备中树脂的填装体积 (不包括压脂层), 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, m^3 ;

V_R ——设备中树脂的填装体积（不包括压脂层）， m^3 。

B.5 实际再生剂耗量。

实际再生剂耗量按式（B.5）计算：

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

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 ）， g/mol ；

Q ——周期制水量， m^3 ；

A ——水中被处理离子浓度， $mmol/L$ ；

G ——再生一次所用再生剂的量， kg 。

附录 C
(规范性附录)
反渗透运行指标检测方法

C.1 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， m^3/h ；
- Q_f ——原水流量， m^3/h ；
- Q_r ——浓缩水排放流量， 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， $\mu s/cm$ ；
- C_2 ——产品水电导率， $\mu s/cm$ 。

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

产水量可以通过产水流量计直接读取，也可以按式 (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， m^3/h ；

Q_f ——原水流量， m^3/h ；

Q_r ——浓缩水排放流量， 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， m^3/h ；

Q_p ——产品水流量， m^3/h 。

C.8 段间压差

段间压差可以通过段间压差计直接读取，也可以按式 (C.8) 计算：

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

式中：

ΔP ——段间压差，MPa；

P_f ——进水压力，MPa；

P_N ——浓水压力，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，MPa；

ΔP_C ——初始段间压差，MPa。

附录 D
(规范性附录)
锅炉阻垢缓蚀剂效果的检测方法

D.1 阻垢剂的阻垢率、缓蚀剂的缓蚀率模拟在实际使用条件下进行检测。

D.2 试验装置主要由高压釜、套管式加热管、控制及连锁等装置组成。高压釜设计制造应符合GB 150《钢制压力容器》标准要求。示意图见图D.1

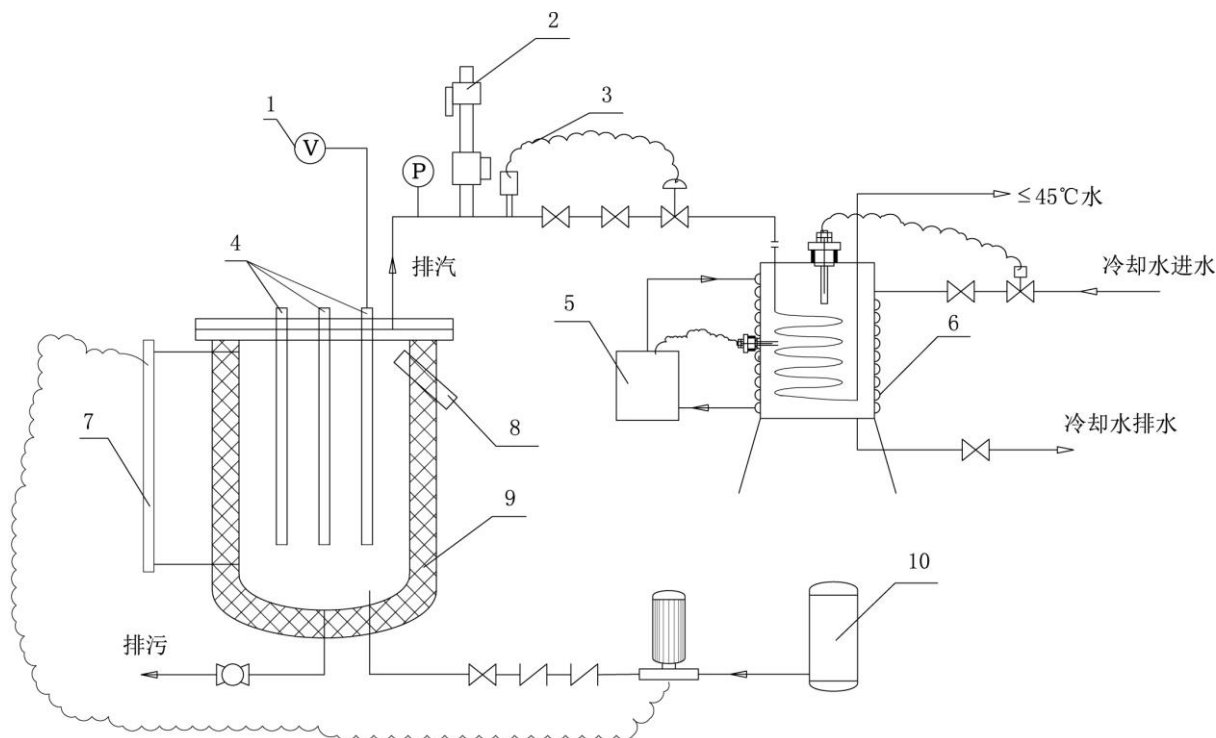


图 D.1 试验装置主体

图中：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—保温层；10—给水箱；11—高压釜。

D.2.1 试验装置主要技术要求

D.2.1.1 高压釜能够承受3.8MPa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.2.1.2 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。高压釜侧面安装有面式液位、电接点水位计、温度计；

D.2.1.3 配有出口压力大于4.0MPa的给水泵，水泵流量为0.5L/h~3.0L/h，进水管口在高压釜侧面，用法兰与水泵出口管连接，配有安全可靠的止回阀，防止蒸汽或高温水倒流。高压釜产汽量为0.5L/h~2.0L/h，高压釜最高水位水容量<4.0L；

D.2.1.4 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。蒸汽管末端装有不锈钢盘管式冷凝器，冷凝器应可将产生的蒸汽冷凝至温度<45℃的水，高压釜底部安装有排污管；

D.2.1.5 控制及连锁保护要求

a) 压力调节装置：压力控制范围在0MPa~3.8MPa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±0.05MPa；配有超压报警，超压自动断开加热电源连锁保护。

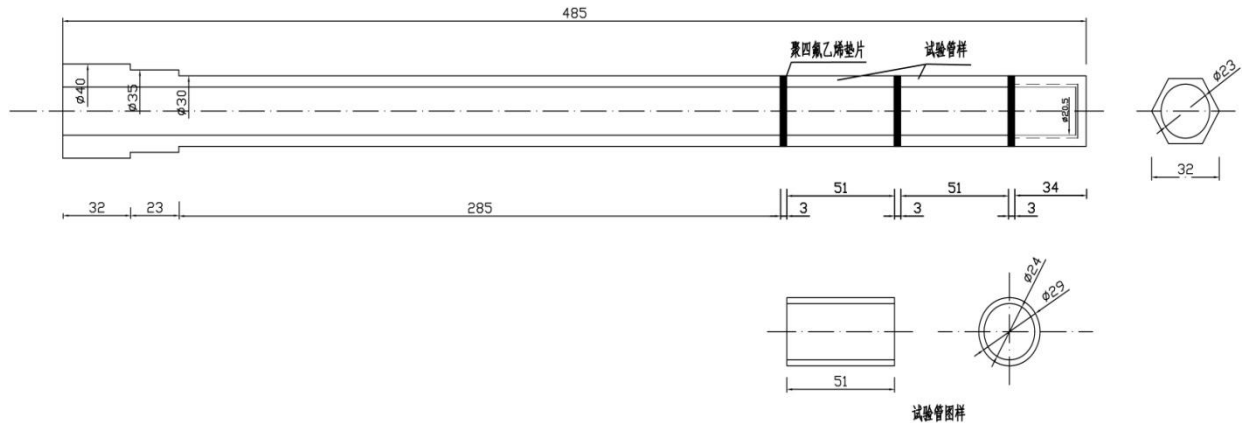
b) 水位控制：电接点水位表信号反馈至给水泵启停开关，高水位自动停泵，低水位自动启动水泵；配有高低水位报警，低水位自动断开加热电源连锁保护。

c) 配有超温报警，超温自动断开加热电源连锁保护。

d) 高压釜上部安装有安全泄压装置，压力超过2.5MPa时，能够自动泄压，并将蒸汽排至安全地点。

e) 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在控制系统显示。

D.3 套管式加热管要求。示意图见图D.2



图D.2 套管式电加热管

D.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、螺帽构成。测试加热面积约42cm²左右。

D.3.2 管状试样用材质：用于检测缓蚀剂缓蚀率的管状试样用20G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。

D.3.3 管状试样表面最终用400#砂纸进行研磨；用游标卡尺测量管状试样有关尺寸并计算其总表面积（尺寸精确到0.02mm、面积精确到1mm²）；管状试样重量小于150g。

D.3.4 加热管内固定安装一个20Ω电加热丝。电加热丝与调压变压器连接，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。调压变压器应配稳压器，电压为数字显示，电压在50V~110V范围内可调，调节精度±0.5V。

D.4 试验用水

D.4.1 缓蚀率测定试验用水均按照以下要求配制：

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

D.4.2 阻垢率测定试验用水均按照以下要求配制：

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

D.5 年腐蚀速率的测定

D.5.1 将20G钢材制作的管状试样表面用400目砂纸进行打磨。用游标卡尺测量管状试样有关尺寸并计算其面积。再用丙酮、无水乙醇浸泡去掉油脂，用冷风吹干，置于干燥器内，干燥至恒重后称重，称量精确至0.2mg。

D.5.2 将20G钢材制作的管状试样套进电加热管上，拧紧螺帽；安装在试验装置的高压釜上，并紧固。

D.5.3 按D.4.1的要求，配制36L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.5.4 试验条件：

- 压力控制：按缓蚀剂标称的使用压力，设置试验压力；
- 液位控制：控制高压釜液位至正常液位；
- 加热管电压控制：将电阻为20Ω的电炉丝，用稳压器调节电压至70V±0.5V；
- 试验用水蒸发浓缩8倍，即将36L浓缩为4L。

D.5.5 试验结束后取出加热套管。管样处理按下述步骤依次进行：

- a) 将管状试样从加热套管取下, 立即用水冲洗, 放入用氨水调节pH为9~10的水中浸泡1min~2min;
 b) 将管状试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;
 c) 再放入无水乙醇中浸泡1min~2min后, 取出用滤纸擦干, 冷风吹干, 用滤纸包好, 放置在干燥器中, 干燥至恒重后称重, 称量精确至0.2mg。

D.5.7 年腐蚀速率的计算

金属失重法年腐蚀速率 (v) 按式 (D.1) 计算:

$$v = \frac{W_1 - W_2}{S \times t \times \rho} \times 8.76 \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

- v ——按腐蚀失重表示的年腐蚀速率, mm/a;
 W_1 ——管状试样在腐蚀试验前的质量, g;
 W_2 ——管状试样在腐蚀试验后的质量, g;
 S ——管状试样的外表面积, m^2 ;
 t ——腐蚀试验时间, h;
 ρ ——试样材质密度, g/cm^3 。

D.5.8 平行试验要求

加缓蚀剂腐蚀试验均做六平行试验, 试验结果取平行测定结果的算术平均值。

D.5.9 允许偏差

缓蚀率用六平行试验测定结果的算术平均值编制报告。当某个平行试验的缓蚀率与平均值相对偏差超过5%时, 应重新试验, 用符合允许偏差的结果编制报告。

D.6 阻垢率的测定

D.6.1 将316不锈钢制作的管状试样表面用400目砂纸进行打磨。用游标卡尺测量管状试样有关尺寸并计算其面积。再用丙酮、无水乙醇浸泡去掉油脂, 用冷风吹干, 置于干燥器内, 干燥至恒重后称重, 称量精确至0.2mg。

D.6.2 将316不锈钢制作的管状试样套进电加热管上, 拧紧螺帽; 安装在试验装置的高压釜上, 并紧固。

D.6.3 按D.4.2的要求, 配制36L试验用水, 按阻垢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.6.4 试验条件: 与D.5.4相同

D.6.5 试验结束后取出加热套管, 将管样放置在干燥器中, 干燥至恒重后称重, 称量精确至0.2mg。

D.6.6 空白腐蚀试验

按照D.6.1、D.6.2、D.6.3、D.6.4、D.6.5步骤, 在不加阻垢剂条件下进行空白试验。

D.6.7 阻垢率

D.6.7.1 管状试样单位面积结垢量

管状试样单位面积结垢量 k 按式 (D.3) 计算:

$$k = \frac{\Delta W}{S} = \frac{W_2 - W_1}{S} \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

- K ——管状试样单位面积结垢量, g/m^2 ;
 W_1 ——管状试样在腐蚀试验前的质量, g;
 W_2 ——管状试样在腐蚀试验后的质量, g;
 S ——管状试样的外表面积, m^2 。

D.6.7.2 阻垢率

阻垢率 η_Z 按式 (D.4) 计算:

$$\eta_z = \frac{k_0 - k_1}{k_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (D.4)$$

式中:

- η_z ——阻垢率, %;
- k_1 ——加药结垢试验管状试样的单位面积结垢量, g/m^2 ;
- k_0 ——空白结垢试验管状试样的单位面积结垢量, g/m^2 。

D.6.8 平行试验要求

每个试验做六平行试验, 试验结果取平行测定结果的算术平均值。

D.6.9 允许偏差

阻垢率用六平行试验测定结果的算术平均值编制报告。当某个平行试验的结果与平均值相对偏差超过10%时, 应重新试验, 用符合允许偏差的结果编制报告。

附录 E
(资料性附录)
水处理设施运行效果检验报告

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		持证水处理作业 人员数	
	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	检验机构核准证号: (检验机构专用章) 年 月 日		
审 核:	年 月 日			
批 准:	年 月 日			

水处理设施运行效果定期检验报告附页

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) 树脂再生水耗		
		(7) 树脂年消耗量		
		(8) 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) 出水水质		
		(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) 缓蚀剂的缓蚀率				
(4) 阻垢剂的阻垢率				
(5) 年结垢厚度				
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、仪表及在线检测仪器的完好性和校验			
	(3) 水质化验项目、频次和记录			
处理 意见				
检验:	日期:	审核:	日期:	