



中华人民共和国国家标准

GB/T 16811—1997

低压锅炉水处理设施运行效果与监测

Running result and the monitoring and testing
of low-pressure boilers water-treatment equipment

1997-06-03 发布

1997-12-01 实施

国家技术监督局 发布

前 言

低压锅炉量大面广,有相当数量的锅炉因水处理设施运行效果差,锅炉水质达不到 GB/T 1576—1996《低压锅炉水质》标准的要求,使锅炉结垢严重。因此而产生工伤事故及能源的很大浪费。

本标准是 GB/T 1576—1996《低压锅炉水质》的相关标准。

本标准的制定,量化了低压锅炉水处理设施的运行效果和规定了监测方法。有利于稳定低压锅炉水质的品质,保障锅炉安全、高效、经济运行。

本标准的附录 A、附录 B 都是标准的附录。

本标准由中国标准化与信息分类编码研究所提出并归口。

本标准由中国标准化与信息分类编码研究所负责起草;中国锅炉水处理协会、陕西省劳动厅、陕西省节能监测中心参加起草。

本标准主要起草人:柴隆谟、贾铁鹰、张爱祥、许兴炜。

中华人民共和国国家标准

低压锅炉水处理设施运行效果与监测

GB/T 16811—1997

Running result and the monitoring and testing
of low-pressure boilers water-treatment equipment

1 范围

本标准规定了低压锅炉水处理设施运行效果及对其监测与评价的方法。

本标准适用于额定蒸气压力小于等于 2.5 MPa 的以水为介质的固定式蒸气锅炉和额定热功率大于等于 0.1 MW、额定出水压力大于等于 0.1 MPa 的以水为介质的固定式热水锅炉所配备的水处理设施。

本标准不适用于直流锅炉所配备的水处理设施。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 1576—1996 低压锅炉水质

3 总则

本标准给出了低压锅炉水处理设施运行效果的指标,规定了监测与评价的方法。低压锅炉水处理设施运行效果的监测结论,应首先对锅炉水质进行监测,水质监测结果按 GB/T 1576 进行评价,并结合对设施本身的经济运行监测结果,综合评价得出。

4 分类

4.1 本标准规定的低压锅炉水处理设施分为:采用锅外化学水处理所配备的水处理设备和采用锅内加药水处理所使用的药剂及投放设备。

4.2 采用锅外化学水处理所配备的水处理设备包括:

- a) 离子交换设备;
- b) 过滤设备;
- c) 除氧器;
- d) 预处理设备。

4.3 采用锅内加药水处理包括:

- a) 水处理药剂(缓蚀剂、各类防垢剂);
- b) 药剂投放设备。

5 低压锅炉水处理设施运行效果

5.1 低压锅炉水质:

5.1.1 低压锅炉水处理设施的运行效果应首先检查锅炉水质的监测结果。

5.1.2 配备本标准第4章中所规定的低压锅炉水处理设施的锅炉水质应符合 GB/T 1576 的规定。

5.2 离子交换设备经济运行效果应符合表1的规定。

表1 离子交换设备经济运行效果

项 目				合格指标 ¹⁾
离 子 交 换 树 脂	实际利用率, % (不包括压层)			50~80
	工作交换容量, mol/m ³ ²⁾			900~1 000
	清洗水耗, m ³ 水/m ³ 树脂			3~5
	年 耗		固定床, %	≤5
			连续床, %	≤15
再 ³⁾ 生 剂 耗 量	盐 耗		顺流再生, g/mol	≤145
			逆流再生, g/mol	≤100
	酸 耗	HCl	顺流再生, g/mol	≤80
			逆流再生, g/mol	≤60
		H ₂ SO ₄	顺流再生, g/mol	≤130
			逆流再生, g/mol	≤85

1) 仅适用于强酸性阳离子交换树脂。

2) 本标准中所有 mol 单位均以一价离子为基本单元。

3) 浮动床、流动床的再生剂耗量按逆流再生合格指标。

5.3 过滤设备、除氧器、预处理设备运行效果应符合 GB/T 1576 标准中对水质的相关规定。

5.4 锅内加药水处理经济运行效果应符合表2的规定。

表2 锅内加药水处理经济运行效果

项 目	合格指标
缓蚀剂的缓蚀率, %	≥98
防垢剂的阻垢率, %	≥80
平均年结垢厚度, mm	≤0.5

5.5 药剂投放设备运行效果应能保证药剂合理、有效的投放,并结合 5.4 的规定进行评判。

6 低压锅炉水处理设施运行效果监测

6.1 低压锅炉水处理设施运行效果的监测项目

6.1.1 低压锅炉水质监测项目:

低压锅炉水质监测项目按本标准 6.2.2.2.2 监测表。

6.1.2 离子交换设备运行监测项目:

- 树脂的实际利用率;
- 实际再生剂耗量;
- 树脂的工作交换容量;
- 树脂的清洗水耗;
- 树脂年耗。

6.1.3 锅内加药水处理监测项目:

- 缓蚀率;
- 阻垢率;
- 平均年结垢厚度。

6.2 低压锅炉水处理设施运行效果的监测方法

6.2.1 监测时间与监测仪器：

6.2.1.1 锅炉水处理设施运行效果监测应在正常生产、达到稳定运行工况时进行。

6.2.1.2 间断运行的水处理设施，每个运行期监测1~2次。

6.2.1.3 长年连续运行的水处理设施，每季度监测一次。

6.2.1.4 监测所用的仪器应能满足监测项目的要求，仪器必须完好，并在检定周期内。

6.2.2 低压锅炉水质监测方法：

低压锅炉水处理设施运行效果的监测应首先测试分析锅炉水质。

6.2.2.1 锅炉水质的测试分析方法按 GB/T 1576 的规定进行。

6.2.2.2 锅炉水质监测表。

6.2.2.2.1 目的：

监测表按不同的锅炉规格(参数)，不同的水处理方式对锅炉水质监测项目、监测期次和监测标准综合汇总，与 GB/T 1576 相配合，对锅炉水质监测提出了明确具体的要求。

对 GB/T 1576 标准中没有列，而实际需要监测的项目，作为增补项在表中以“△”表示。

6.2.2.2.2 监测表：

监测表依据本标准第4章分类对低压锅炉水处理方式的规定分为：

a) 蒸汽锅炉采用锅外化学水处理时，水质监测应符合表3的规定；

表3 水质监测表1

序号	锅炉水质监测项目		监 测 间隔期	监测次数(额定蒸汽压力(P),MPa)			监控标准(额定蒸汽压力(P),MPa)		
				$P \leq 1.0$	$1.0 < P \leq 1.6$	$1.6 < P \leq 2.5$	$P \leq 1.0$	$1.0 < P \leq 1.6$	$1.6 < P \leq 2.5$
1	总碱度 mmol/L	无过热器	每班	1~2	2	>2	6~26	6~24	6~16
		有过热器	每班	—	2	>2	—	≤14	≤12
2	pH 值(25℃)		每班	1~2	2	>2	10~12	10~12	10~12
3	△氯离子,mg/L		每班	1~2	2	>2	根据“固氯比”测定		
4	溶解固形物 mg/L	无过热器	每季	1	1~2	≥2	<4 000	<3 500	<3 000
		有过热器	每季	—	1~2	≥2	—	<3 000	<2 500
5	(相对游离 NaOH) 碱度溶解固形物		每季	—	1~2	>2	—	<0.2	<0.2
6	SO ₄ ²⁻ ,mg/L		每周	—	1	1	—	10~30	10~30
7	PO ₄ ³⁻ ,mg/L		每周	—	1~2	>2	—	10~30	10~30
8	悬浮物,mg/L		每季	1	1~2	≥2	≤5	≤5	≤5
9	给 水	总硬度,mmol/L	每班	1	1~2	>2	≤0.03	≤0.03	≤0.03
10		pH 值(25℃)	每班	1	1~2	≥2	≥7	≥7	≥7
11		溶解氧,mg/L	每班	1	1	≥2	≤0.1	≤0.1	≤0.05
12		含油量,mg/L	每周	1	1	1	≤2	≤2	≤2

注：

1 碱度 mmol/L 的基本单元为 C(OH⁻、HCO₃⁻、1/2CO₃²⁻)，下同。

2 “固氯比”测定的具体方法见本标准 6.2.2.2.2e)。

3 硬度 mmol/L 的基本单元为 C(1/2Ca²⁺、1/2Mg²⁺)，下同。

b) 额定蒸发量小于等于 2 t/h,且额定蒸汽压力小于等于 1.6 MPa 的蒸汽锅炉采用锅内加药水处理时,水质监测应符合表 4 的规定;

表 4 水质监测表Ⅱ

序号	锅炉水质监测项目		监测间隔期	监测次数	监控标准
1	锅 水	总碱度,mmol/L	每班	1~2	8~26
2		pH 值(25℃)	每班	1~2	10~12
3		△氯离子	每班	1	根据“固氯比”测算定
4		溶解固形物,mg/L	每季	1	≤5 000
5	给 水	悬浮物,mg/L	每季	1	≤20
6		总硬度,mmol/L	每班	1	≤4
7		pH 值(25℃)	每班	1	≥7

c) 热水锅炉采用锅外化学水处理和锅内加药水处理时,水质监测应符合表 5 的规定;

表 5 水质监测表Ⅲ

序号	锅炉水质监测项目		监测间隔期	监测次数	监控标准	
					锅内加药处理	锅外化学处理
1	锅 水	pH 值(25℃) ¹⁾	每班	1~2	10~12	10~12
2		溶解氧,mg/L	每周	1	—	≤0.1
3	给 水	悬浮物,mg/L	每季	1	≤20	≤5
4		总硬度,mmol/L	每班	1	≤4	≤0.6
5		pH 值(25℃)	每班	1	≥7	≥7
6		溶解氧,mg/L	每周	1	—	≤0.1
7		含油量,mg/L	每周	1	≤2	≤2
1) 通过补加药剂使锅水 pH 值控制在 10~12						

d) 余热锅炉的水质监测指标应符合同类型、同参数锅炉的水质监测要求;

e) 固氯比的测算。

溶解固形物分析比较困难,可用氯离子代替作为间接控制,其监测标准通过测算“固氯比”得到,其方法为:

- 1) 取锅水样测出溶固物和氯离子含量,并算出二者比值;
- 2) 如此取样 2~3 次(也可取给水)测算“固氯比”,并加以算术平均;
- 3) 从 GB/T 1576 中查出该锅炉的锅水溶固物指标;
- 4) 将溶固物指标除以固氯比平均值,得到锅炉锅水氯离子控制值。

上述固氯比会因运行工况或给水水质变化而变化,因此需定期复试和修正。

6.2.2.2.3 低压锅炉水质监测评价:

低压锅炉水质监测报告见附录 A。

监测单位在低压锅炉水质监测报告中应作出合格与不合格的评价。

锅炉水质监测合格是低压锅炉水处理设施运行效果监测合格的首要条件。

对锅炉水质监测不合格者,监测单位应作出分析和提出处理意见。

6.2.3 离子交换设备运行效果监测方法。

6.2.3.1 树脂的实际利用率。

树脂实际利用率按式(1)计算:

$$\eta = \frac{Q \cdot A}{W_R \cdot E_{\text{全}}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: η ——树脂实际利用率, %;

Q ——周期制水量, m^3 ;

A ——原水中被处理离子的加权平均浓度,如软化时, $A = \text{YD mmol/L}$;

W_R ——设备中树脂的填装体积, m^3 ;

$E_{\text{全}}$ ——树脂中的全交换容量, mol/m^3 ;

YD ——硬度。

6.2.3.2 实际再生剂耗量。

实际再生剂耗量按式(2)计算:

$$K = \frac{G}{Q \cdot A} \times 1\,000 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: K ——实际再生剂耗量, g/mol ;

Q ——周期制水量, m^3 ;

A ——原水中被处理离子的加权平均浓度,如软化时, $A = \text{YD mmol/L}$;

G ——再生一次所用再生剂的量, kg ;

YD ——硬度。

6.2.3.3 树脂的工作交换容量。

树脂的工作交换容量按式(3)计算:

$$E = \frac{(H - H_c)Q}{V_R} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: E ——树脂的工作交换容量, mol/m^3 ;

Q ——周期制水量, m^3 ;

V_R ——交换剂体积, m^3 ;

H ——生水硬度, mmol/L ;

H_c ——软化水残硬, mmol/L 。

6.2.3.4 树脂的清洗水耗。

树脂的清洗水耗按式(4)计算:

$$q_s = \frac{Q_z + Q_c}{W_R} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: q_s ——树脂的清洗水耗, $\text{m}^3 \text{水}/\text{m}^3 \text{树脂}$;

Q_z ——置换过程耗水量, m^3 ;

Q_c ——清洗过程耗水量, m^3 ;

W_R ——设备中树脂的填装体积, m^3 。

6.2.3.5 树脂年耗。

树脂年耗按式(5)计算:

$$R_s = \frac{W_b}{W_R} \times 100 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: R_s ——树脂年耗, %;

W_b ——设备中树脂年补充体积, m^3 ;

W_R ——设备中树脂的填装体积, m^3 。

6.2.4 锅内加药水处理监测方法:

6.2.4.1 阻垢率的测定方法(常压挂片法)。

6.2.4.1.1 仪器:

a) 试片: 20# 碳钢(35 mm×22 mm×4 mm)挂孔直径 4 mm, 先在专用砂布上按前后方向磨好, 然后用丙酮浸泡去掉油垢, 用纱布擦干后放入无水乙醇中浸泡后取出, 自然风中吹干, 放入干燥器中备用;

b) 试杯: 300 mL;

c) 试剂瓶: 3 000 mL;

d) 试验电炉: 1 000 W;

e) 变压器;

f) 万分之一天平。

6.2.4.1.2 试验步骤:

a) 将干燥器中的试片取出, 在万分之一天平上准确称量;

b) 按药剂用量配好 2 500 mL 试验用水, (空白试验水不加任何药剂)放入 3 000 mL 试剂瓶中;

c) 将称量好的试片用塑料线穿过小孔, 调节好塑料线的长短, 将试片悬挂于已投入 250 mL 试验水的试杯液面以下, 距瓶底 5 mm 的液体中;

d) 试杯底部电炉加热, 并用调压器调节, 使试验水缓慢蒸发浓缩, 不要飞溅溢出, 并不断从试剂瓶中滴加试验用水, 保持杯液面平衡, 并注意观察水样的浑浊程度, 泡沫的多少, 沸腾状况, 每隔一段时间, 测量一下试杯水的 pH 值, 并做好记录;

e) 2 500 mL 试验用水, 从试剂瓶中滴完后, 当试杯中仅存有 250 mL 左右的水时, 停止加热, 取出试片, 冷却吹干后立即称重与原片重量比较, 可得所结的垢重, 并观察试片表面的腐蚀情况, 做好记录。

计算阻垢率:

$$\text{阻垢率}(\%) = \frac{\text{空白试验片垢重} - \text{加药试验片垢重}}{\text{空白试验片垢重}} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

式中: 单位均为 mg。

f) 浓缩试验水冷却后过滤, 分析硬度、碱度、氯离子做好记录。

6.2.4.2 缓蚀率的测定方法(失重法):

6.2.4.2.1 试剂 稀盐酸(5% HCl 加适量缓蚀剂)

6.2.4.2.2 试片 选取与锅炉本体相同钢号作为试片。将试样加工成精确的几何形状, 如圆形或正方形, 并计算出它的表面积。

6.2.4.2.3 操作步骤:

a) 用金相打磨专用砂布将试片打磨光滑, 去掉试片表面氧化膜。

b) 用分析天平称出试片重量, 精确到 0.1 mg, 并记录。

c) 将试片放置在锅炉的汽包或联箱中, 并记录放置时间。

d) 经过一定运行时间, 将试样取出, 用稀盐酸清除试片表面的腐蚀产物, 应特别注意不能酸洗过度, 在分析天平上精确称重量。

e) 根据试片的失重, 试验时间和试样面积, 可按式(7)计算出平均腐蚀速度来确定其缓蚀率。

$$K_G = \frac{G_1 - G_2}{S \cdot t} \dots\dots\dots(7)$$

式中: K_G ——按金属重量损失来计算的平均重量腐蚀速度, $g/(m^2 \cdot h)$;

G_1 ——试样腐蚀前的重量,g;

G_2 ——试样腐蚀后的重量,g;

S ——试样的表面积, m^2 ;

t ——金属腐蚀的时间,h。

f) 缓蚀率,%。

$$\text{缓蚀率}(\%) = \frac{K_{G\text{空}} - K_{G\text{药}}}{K_{G\text{空}}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中: $K_{G\text{空}}$ ——空白试验腐蚀速度, $g/(m^2 \cdot h)$;

$K_{G\text{药}}$ ——加药试验腐蚀速度, $g/(m^2 \cdot h)$ 。

6.2.4.3 年结垢厚度的测定(直接测量法):

6.2.4.3.1 仪器(水垢测量仪)。

6.2.4.3.2 测量方法:

- a) 打开锅炉、检查汽包、联箱、水冷壁管等部位水垢结生情况。
- b) 用水垢测量仪测出水垢的厚度。
- c) 根据锅炉运行时间计算出每年结垢厚度。

7 低压锅炉水处理设施运行效果评价

7.1 低压锅炉水处理设施运行效果的评价应首先考查锅炉水质监测报告(附录 A)中对锅炉水质的评价结论。

7.2 低压锅炉水处理设施运行效果监测报告见附录 B。

7.3 本标准规定的低压锅炉水处理设施运行效果,考查项目指标是监测合格的最低标准。监测单位应依此作出合格与不合格的评价。监测合格是评价“高效低压锅炉水处理设施”的前题。

7.4 对监测不合格者,监测单位应作出分析评价和提出处理意见。

附 录 A
(标准的附录)
低压锅炉水质监测报告

编号:

被监测单位				监测通知号			
水处理方式				监测日期			
监测依据							
监 测 结 果	监测项目		监测数据		合格指标		
			锅水	给水	锅水	给水	
	总碱度,mmol/L						
	pH 值(25℃)						
	氯离子,mg/L						
	溶解固形物,mg/L	无过热器					
		有过热器					
	(相对游离 NaOH) (碱度溶解固形物)						
	PO ₄ ³⁻ ,mg/L						
	总硬度,mmol/L						
	溶解氧,mg/L						
	悬浮物,mg/L						
	SO ₃ ²⁻ ,mg/L						
	含油量,mg/L						
评价结论、处理意见: 监测员:(签字) 监测单位:(盖章) 监测负责人:(签字) 年 月 日							

附 录 B

(标准的附录)

低压锅炉水处理设施运行效果监测报告

编号:

被监测单位				监测通知号	
水处理方式				监测日期	
监测依据				锅炉型号	
低压锅炉水质监测报告评价结论		合 格		不 合 格	
离子交换设备	型号			制水量,T/h	
	再生周期,h			交换剂体积,m ³	
药剂名称				药剂投放设备	
监 测 结 果	监测项目			监测数据	合格指标
	树脂实际利用率,%				
	实际再生剂耗量,g/mol				
	树脂工作交换容量,mol/m ³				
	树脂清洗水耗,m ³ 水/m ³				
	树脂年耗,%				
	阻垢率,%				
	缓蚀率,%				
	平均年结垢厚度,mm				
综合评价结论、处理意见:					
监测员:(签字)		监测负责人:(签字)			
监测单位:(盖章)		年 月 日			

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
低压锅炉水处理设施运行效果与监测
GB/T 16811—1997

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电 话:68522112
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

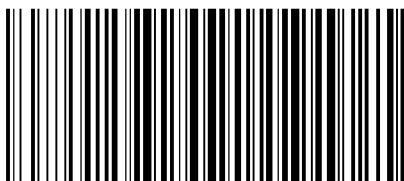
开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 19 千字
1997年10月第一版 1997年10月第一次印刷
印数 1—1 000

*

书号: 155066·1-14099 定价 12.00 元

*

标 目 319 - 068



GB/T 16811—1997