

电加热锅炉能效测试技术规范

Technical specification of energy efficiency test for electric boilers

2024 - 08 - 30 发布

2024 - 11 - 30 实施

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 符号和单位	2
5 基本要求	3
6 测试用仪器仪表	3
7 测试准备	4
8 测试要求	4
9 锅炉热效率计算	6
10 测试报告	6
附录 A（资料性） 能效测试报告格式	8
参考文献	13

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由湖南省市场监督管理局提出。

本文件由湖南省特种设备标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：湖南省特种设备检验检测研究院、长沙市中心医院。

本文件主要起草人：廖良良、黄晔、张志强、谈春华、吴丹红、熊威、梁桢、刘欣、汪斌、刘雅。

电加热锅炉能效测试技术规范

1 范围

本文件规定了电加热锅炉能效测试的符号和单位、基本要求、测试用仪器仪表、测试准备、测试要求、锅炉热效率计算和测试报告。

本文件适用于额定工作压力小于或者等于 2.5MPa、符合《特种设备目录》范围内要求的电加热蒸汽锅炉、电加热热水锅炉和电加热有机热载体锅炉的定型产品能效测试、在用锅炉定期能效测试。

按压力容器设计制造的电加热蒸汽发生器的能效测试参照本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 10180 工业锅炉热工性能试验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电加热锅炉 electric heating boiler

以电能作为唯一加热源加热介质（水、有机热载体）以获得规定参数的蒸汽、热水或有机热载体的锅炉。

[来源：NB/T 10936—2022, 3.1, 有修改]

3.2

耗电量 power consumption

电加热锅炉在运行过程中加热介质（水、有机热载体）所消耗的电能，也称输入热量。

3.3

锅炉出力 boiler steam rate

蒸汽锅炉的蒸发量、热水锅炉和有机热载体锅炉的热功率。

3.4

输出热量 heat output

通过蒸汽、水、有机热载体等介质由锅炉向外提供的热量与进入锅炉的水、有机热载体等介质带入的热量之差。

[来源：GB/T 10180—2017, 3.5, 有修改]

3.5

锅炉热效率 boiler heat efficiency

单位时间内锅炉输出热量与输入热量的百分比。

3.6

锅炉额定工况 **boiler rated condition**

锅炉在设计额定出力和参数下运行的工作状态。

3.7

锅炉实际运行工况 **boiler operating conditions**

锅炉满足用户实际热负荷需求运行的工作状态。

3.8

正平衡测量法 **direct procedure**

直接测量输入热量和输出热量来确定锅炉热效率的方法，也称直接测量法或输入输出法。

[来源：GB/T 10180-2017, 3.7]

4 符号和单位

符号和单位应符合表 1 的要求。

表 1 符号和单位

序号	符号	名称	单位
1	c_{cs}	实测温度下锅炉进口有机热载体比热容	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
2	c_{js}	实测温度下锅炉出口有机热载体比热容	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
3	c_0	0℃下有机热载体比热容	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
4	D	额定蒸发量	kg/h
5	D_{gs}	给水流量	kg/h
6	D_{sc}	输出蒸汽量（即锅炉实测蒸发量）	kg/h
7	D_{zs}	折算蒸发量	kg/h
8	F	锅炉散热表面积	m^2
9	f	电源频率	Hz
10	G	热水（有机热载体）锅炉介质循环流量	kg/h
11	G_s	测定蒸汽湿度时的锅水取样量	kg/h
12	h_{bq}	实测参数下饱和蒸汽焓	kJ/kg
13	h_{bq}^*	设计参数下饱和蒸汽焓	kJ/kg
14	h_{gs}	实测参数下给水焓	kJ/kg
15	h_{gs}^*	设计参数下给水焓	kJ/kg
16	h_{cs}	热水（有机热载体）锅炉出口介质焓	kJ/kg
17	h_{js}	热水（有机热载体）锅炉进口介质焓	kJ/kg
18	I_e	电源电流	A
19	N	每小时耗电量	$\text{kW}\cdot\text{h}$
20	P_E	电热元件功率	kW
21	$\sum P_E$	总电功率	kW
22	P	额定蒸汽压力	MPa
23	P_{gs}	给水压力	MPa

表 1 符号和单位（续）

序号	符号	名称	单位
24	P_{js}	热水（有机热载体）锅炉进口介质压力	MPa
25	P_{cs}	热水（有机热载体）锅炉出口介质压力	MPa
26	Q	热水（有机热载体）锅炉出力	MW
27	Se	电源容量	kVA
28	t_{bq}	额定蒸汽温度	℃
29	t_{gs}	给水温度	℃
30	t_{js}	热水（有机热载体）锅炉介质进口介质温度	℃
31	t_{cs}	热水（有机热载体）锅炉介质出口介质温度	℃
32	Ue	电源电压	kV
33	γ	汽化潜热	kJ/kg
34	ω	饱和蒸汽湿度	%
35	η	锅炉效率	%
36	η_1	正平衡效率	%

5 基本要求

5.1 锅炉能效测试采用正平衡测量法进行。

5.2 锅炉定型产品能效测试机构应具备国家相关管理部门授权的相关资质，应配备相应的专业技术人员、测试仪器设备和场所，建立健全的质量保证体系。

5.3 锅炉定型产品能效测试人员应按照国家相关规定取得相应资格。

5.4 在能效测试过程中或整理测试数据时，如出现下列情况之一时，该测试工况应作废：

- a) 测试工况中主要热力参数波动超出测试规定的范围；
- b) 某一主要测量项目的测试数据有 1/3 以上出现异常或矛盾。

6 测试用仪器仪表

6.1 仪器仪表应在检定或校准合格有效期内，仪器仪表应满足测量项目的精度要求，具体要求见表 2。

表 2 测量仪器、仪表精度要求

序号	测量项目		仪器和仪表的最低精度要求
1	质量	衡器	Ⅲ级
2	长度		1.0 级
3	温度		0.5 级 [采用热电阻温度计时精度应不低于 B 级，且其显示仪表（二次仪表）的读数分辨率应不低于 0.1℃]
4	介质压力		1.6 级
5	介质流量		1.0 级

表 2 测量仪器、仪表精度要求（续）

序号	测量项目		仪器和仪表的最低精度要求
6	耗电量	电度表	1.0 级
7		互感器	0.5 级
8	蒸汽湿度	电导率仪	1.0 级
9		钠度计	1.0 级

6.2 测试参数直接采用锅炉系统仪器仪表数据的，仪器仪表精度应符合 6.1 要求。

7 测试准备

7.1 锅炉制造单位或使用单位应提供以下资料：

- a) 锅炉设计说明书（包括设计出力范围、设计电源要求等）；
- b) 锅炉总图；
- c) 锅炉热力计算书；
- d) 锅炉设计鉴定文件；
- e) 锅炉使用说明书。

注：按压力容器设计制造的电加热蒸汽发生器的制造单位或使用单位应提供相关的出厂技术资料。

7.2 测试人员应检查现场锅炉及附属设备的运行状况，布置测试前准备工作，确保现场条件符合测试要求；测试前及测试中应对所用仪器、仪表进行检查，确认其有效性。

7.3 锅炉制造单位、使用单位等相关单位代表在测试时应到现场。

7.4 锅炉定型产品能效测试应编制测试大纲，内容包括但不限于：

- a) 测试任务、目的和要求；
- b) 测试项目；
- c) 测点布置与所需仪表；
- d) 人员组织与分工；
- e) 测试工作程序安排。

7.5 预备性试验

7.5.1 必要时，锅炉定型产品能效测试前应进行预备性试验，以符合以下要求：

- a) 全面检查测试仪器仪表是否正常有效工作；
- b) 熟悉操作程序，提高测试人员的配合程度；
- c) 确定合适的测试工况。

7.5.2 预备性试验所有试验条件同正式试验应一致，如预备性试验有效，经测试人员与锅炉制造单位代表确认，此预备性试验可作为一次正式试验。

8 测试要求

8.1 锅炉定型产品能效测试应在锅炉额定工况下进行，在用锅炉定期能效测试应在锅炉实际运行工况下进行。

8.2 锅炉能效测试出力、压力允许波动范围应符合 GB/T 10180 的相关规定。

8.3 热水锅炉压力应保证出水温度比该压力下的饱和温度至少低 20℃。

8.4 锅炉定型产品能效测试应在锅炉调整到试验工况稳定 1h 后进行，测试次数应不少于 2 次，每次测试时间应不少于 1 h；在用锅炉定期能效测试测试次数应不少于 1 次，测试时间应不小于 1 h。

8.5 测试中锅炉介质参数（蒸汽、热水、有机热载体）、耗电量应与其他锅炉分别计量。

8.6 测试参数的测点位置要求应符合 GB/T 10180 的相关规定。

8.7 测试中每隔 10 min~15 min 记录一次项目读数；热水锅炉和有机热载体锅炉进、出口温度应每隔 5 min 记录一次读数；介质流量和耗电量的测量采用累计（积）方法确定。

8.8 给水流量应采用流量计测量；当采用锅炉水箱计量时，应考虑以下问题：

a) 水箱容积应进行标定，其测量误差不应低于流量计的精度要求；

b) 对水箱标尺进行读数时，水泵应停止工作；

c) 水箱的容积应能满足一个测试周期用水量。

8.9 测试期间安全阀不应启跳，锅炉不应排污，锅炉系统不应存在跑、冒、滴、漏现象。

8.10 根据锅炉给水流量测量值确定锅炉蒸发量时，应在试验开始前对锅炉水位计进行标记，测试开始与结束时锅炉水位应保持一致，如不一致应进行修正。

8.11 锅炉定型产品能效测试时，蒸汽锅炉出力由折算蒸发量来确定，并应扣除锅水取样量，每次测试折算出力应为额定出力的 97%~105%。

8.12 有机热载体的比热容应取其实测温度下的进、出口有机热载体的比热容与 0℃时的比热容的平均值。

8.13 耗电量应用数字式电度表或互感器进行测量，每千瓦时（kW•h）的发热量折算为 3600 kJ。

8.14 饱和蒸汽取样及湿度测定方法应按照 GB/T 10180 的相关规定执行；在用锅炉定期能效测试时，若现场无合适的蒸汽和锅水取用装置且无加装条件时，饱和蒸汽湿度可按 NB/T 47034 对工业锅炉额定工况下蒸汽品质要求的最低值选取为 4%。

8.15 测试过程中因突发状况导致测试中断，应尽快恢复测试并确保中断前后测试条件的一致性，以保证测试结果的准确性和有效性并相应延长测试时间；无法尽快恢复测试时，应重新进行测试。

8.16 测试参数

8.16.1 蒸汽锅炉测试参数包括但不限于：

a) 耗电量；

b) 给水流量；

c) 给水温度、给水压力；

d) 蒸汽压力；

e) 饱和蒸汽湿度；

f) 蒸汽取样量；

g) 锅水取样量；

h) 测试开始到结束的时间。

8.16.2 热水、有机热载体锅炉测试参数包括但不限于：

a) 耗电量；

b) 热水、有机热载体循环流量；

c) 进、出口介质温度；

d) 进、出口介质压力；

e) 测试开始到结束的时间。

8.17 蒸发量折算

当蒸汽和给水参数实测值与设计值不一致时，锅炉的蒸发量按式（1）进行修正。

$$D_{ZS} = D_{SC} \frac{h_{bq} - h_{gs}}{h_{bq}^* - h_{gs}^*} \quad (1)$$

式中：

- D_{ZS} ——锅炉折算蒸发量，kg/h；
 D_{SC} ——输出蒸汽量（即锅炉实测蒸发量），kg/h；
 h_{bq} ——实测参数下饱和蒸汽焓，kJ/kg；
 h_{gs} ——实测参数下给水焓，kJ/kg；
 h_{bq}^* ——设计参数下饱和蒸汽焓，kJ/kg；
 h_{gs}^* ——设计参数下给水焓，kJ/kg。

9 锅炉热效率计算

9.1 电加热蒸汽锅炉热效率按式（2）计算：

$$\eta_1 = \frac{D_{gs} \left(h_{bq} - h_{gs} - \frac{\gamma\omega}{100} \right) - G_s \gamma}{3600N} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

- η_1 ——正平衡效率，%；
 D_{gs} ——给水流量，kg/h；
 γ ——汽化潜热，kJ/kg；
 ω ——饱和蒸汽湿度，%；
 G_s ——测定蒸汽湿度时的锅水取样量，kg/h；
 N ——每小时耗电量，kW·h。

9.2 电加热热水、有机热载体锅炉热效率按式（3）计算：

$$\eta_1 = \frac{G(h_{cs} - h_{js})}{3600N} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

- G ——热水、有机热载体锅炉介质循环流量，kg/h；
 h_{cs} ——热水、有机热载体锅炉出口介质焓，kJ/kg；
 h_{js} ——热水、有机热载体锅炉进口介质焓，kJ/kg。

9.3 热效率计算结果的误差规定

两次正平衡测试测得的热效率值之差应不大于1%，取两次测试结果的算术平均值作为锅炉热效率最终测试结果。

10 测试报告

10.1 能效测试报告封面包括但不限于以下内容：

- a) 锅炉型号;
- b) 锅炉制造单位;
- c) 测试委托单位;
- d) 测试单位;
- e) 测试地点;
- f) 测试时间;
- g) 测试报告编号。

10.2 能效测试报告正文包括但不限于以下内容:

- a) 锅炉能效测试综合报告;
- b) 锅炉能效测试结果汇总表;
- c) 锅炉设计数据综合表;
- d) 锅炉能效测试测点布置及测试仪表说明;
- e) 测试数据综合表;
- f) 测试人员和相关负责人签字, 测试单位盖章。

10.3 能效测试机构应对测试原始数据、测试报告存档以备查, 其中定型产品测试报告保存期限不应少于 5 年, 能效测试报告格式参见附录 A。

附 录 A
(资料性)
能效测试报告格式

A.1 锅炉能效测试综合报告

锅炉能效测试综合报告见表 A.1。

表 A.1 锅炉能效测试综合报告

报告编号：

锅炉型号				锅炉总图编号			
锅炉名称		锅炉产品编号		投运日期			
锅炉出口介质		额定出力		额定压力			
出口介质温度		进口介质温度		设计热效率			
电热元件型号		电热元件功率		电热方式			
制造单位				制造许可证编号			
设计文件鉴定机构				设计文件鉴定编号			
测试依据							
测试性质				测试方法			
测试 结果 及 结论	锅炉出力				锅炉热效率		
测试人员：							
测试负责人：				(测试机构测试专用章或者公章)			
报告编制：							
报告审核：							
报告批准：							
				年 月 日			

A. 2 锅炉能效测试结果汇总表

锅炉能效测试结果汇总表见表 A. 2。

表 A. 2 锅炉能效测试结果汇总表

报告编号：

项目	符号	单位	工况 I	工况 II	平均值
蒸汽锅炉输出蒸汽量	D_{sc}	kg/h			
蒸汽锅炉折算蒸发量	D_{zs}	kg/h			
热水（有机热载体）锅炉出力	Q	MW			
正平衡效率	η_1	%			
锅炉测试出力：			锅炉测试热效率：		
测试情况说明					
锅炉运行状况：					
系统运行状况：					
测试燃料符合性：					
锅炉工质符合性：					
其他需要说明的问题：					

A.3 锅炉设计数据综合表

锅炉设计数据综合表见表 A.3。

表 A.3 锅炉设计数据综合表

报告编号：

序号	名称	符号	单位	设计数据
(一) 设计参数				
1	额定蒸发量	D	kg/h	
2	额定蒸汽压力	P	MPa	
3	额定蒸汽温度	t_{bq}	℃	
4	给水温度	t_{gs}	℃	
5	给水压力	P_{gs}	MPa	
6	热水（有机热载体）锅炉额定出力	Q	MW	
7	热水（有机热载体）锅炉介质循环流量	G	kg/h	
8	热水（有机热载体）锅炉介质进口介质温度	t_{js}	℃	
9	热水（有机热载体）锅炉介质出口介质温度	t_{cs}	℃	
10	热水（有机热载体）锅炉介质出口介质压力	P_{cs}	MPa	
11	耗电量	N	kW•h	
12	锅炉效率	η	%	
13	稳定运行的工况范围	—	%	
(二) 锅炉主要特性				
1	电热方式	—	—	
2	电热元件型号	—	—	
3	电热元件功率	P_E	kW	
4	电热元件数量	—	—	
5	总电功率	$\sum P_E$	kW	
6	锅炉散热表面积	F	m ²	
7	锅炉出厂形式	—	—	
(三) 供电系统特性				
1	电源容量	Se	kVA	
2	电源电压	Ue	kV	
3	电源电流	Ie	A	
4	电源频率	f	Hz	

A.4 锅炉能效测试测点布置及测试仪表说明

锅炉能效测试测点布置及测试仪表说明见表 A. 4。

表 A.4 锅炉能效测试测点布置及测试仪表说明

报告编号:

（一）测点布置

[illegible]

（二）锅炉能效测试仪表说明

[illegible]

A.5 测试数据综合表

测试数据综合表见表 A.5。

表 A.5 测试数据综合表

报告编号：

序号	名称	符号	单位	数据来源	工况 I 测试数据	工况 II 测试数据
1	给水流量	D_{gs}	kg/h	试验数据		
2	锅水取样量	G_s	kg/h	试验数据		
3	输出蒸汽量	D_{sc}	kg/h	计算		
4	蒸汽压力（表压）	P	Mpa	试验数据		
5	饱和蒸汽焓	h_{bq}	kJ/kg	查表		
6	蒸汽湿度	ω	%	试验数据		
7	汽化潜热	γ	kJ/kg	查表		
8	给水温度	t_{gs}	℃	试验数据		
9	给水压力	P_{gs}	MPa	试验数据		
10	给水焓	h_{gs}	kJ/kg	查表		
11	热水（有机热载体）锅炉介质循环流量	G	kg/h	试验数据		
12	热水（有机热载体）锅炉进口介质温度	t_{js}	℃	试验数据		
13	热水（有机热载体）锅炉出口介质温度	t_{cs}	℃	试验数据		
14	热水（有机热载体）锅炉进口介质压力	P_{js}	MPa	试验数据		
15	热水（有机热载体）锅炉出口介质压力	P_{cs}	MPa	试验数据		
16	热水（有机热载体）锅炉进口介质焓	h_{js}	kJ/kg	查表		
17	热水（有机热载体）锅炉出口介质焓	h_{cs}	kJ/kg	查表		
18	热水（有机热载体）锅炉出力	Q	MW	计算		
19	耗电量	N	kW•h	试验数据		
20	正平衡效率	η_l	%	计算		

参 考 文 献

- [1] TSG 91 锅炉节能环保技术规程
 - [2] TSG Z8002 特种设备检验人员考核规则
 - [3] NB/T 47034 工业锅炉技术条件
 - [4] NB/T 10936 电加热锅炉技术条件
-