

ICS 27.060
CCS J 98

团体标准

T/CIECCPA 040—2023

锅炉燃烧智能优化煤耗率测试技术规范

Technical specification for boiler combustion intelligent optimization and coal
consumption rate test

2023-08-31 发布

2023-09-04 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

CLECCRA

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 试验条件.....	1
4.1 试验时间.....	1
4.2 运行工况要求.....	1
5 试验目的和内容.....	2
5.1 试验目的.....	2
5.2 测量参数.....	2
5.3 计算参数.....	2
6 试验方法.....	2
6.1 测量方法.....	2
6.2 计算方法.....	3
6.3 反平衡校核及偏差处理.....	4
7 试验报告.....	5
7.1 记录.....	5
7.2 数据处理.....	6
7.3 报告内容.....	6
附录 A（资料性）基础参数.....	8
A.1 机组主要运行参数.....	8
A.2 锅炉燃烧智能优化系统试验记录参数.....	9
A.3 燃煤低位发热量和元素分析.....	10

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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：武汉世嘉新能源工程有限公司、国能龙源环保有限公司、浙江菲达环保科技股份有限公司、浙江大学、武汉凯迪电力环保有限公司、华电电力科学研究院有限公司、安徽绿能技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：程亮平、朱德辉、朱青、黄本元、刘国栋、赵飞、郑成航、吴敏、邓宏杰、张杨、咎向明、方雁惠、白月。

本文件为首次发布。

锅炉燃烧智能优化煤耗率测试技术规范

1 范围

本文件规定了锅炉燃烧智能优化煤耗率测试的试验条件、试验目的和内容、试验方法和试验报告。

本文件适用于燃煤电站锅炉燃烧智能优化系统的煤耗率测试。

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 2589 综合能耗计算通则

GB/T 10184 电站锅炉性能试验规程

DL/T 606 火电厂能量平衡导则

DL/T 2262 火电厂正平衡计算煤耗技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锅炉燃烧智能优化系统 **intelligent combustion optimization system of boiler**

采用人工智能技术设计并应用于辅助优化锅炉燃烧的工业系统。

3.2

发电煤耗率 **gross coal consumption rate**

统计期内燃煤电厂或机组发出单位电能所消耗的标准煤量。

注：单位为克每千瓦时（g/Kw·h）。

4 试验条件

4.1 试验时间

4.1.1 煤耗率测试试验前，机组应连续正常运行 72 h 以上。

4.1.2 煤耗率测试期间锅炉燃烧智能优化系统应处于稳定运行状态。

4.1.3 煤耗率测试应在锅炉燃烧智能优化系统调试结束 1 个月内进行。

4.1.4 锅炉燃烧智能优化系统投入前和投入后两种工况应分别进行煤耗率测试，每个试验工况持续时间不宜少于 24 h。

4.2 运行工况要求

4.2.1 在煤耗率测试期间,锅炉应运行稳定,各系统自动控制与协调应正常投入,锅炉燃烧智能优化系统应正常投入和退出,

4.2.2 锅炉燃烧智能优化系统投入前后两个试验工况内机组平均负荷率应稳定在30%~100%BMCr之间的某个相同的负荷、煤质、制粉系统运行方式、环境因素及机组运行方式应保持相同。

4.2.3 试验期间应按照正常频率进行锅炉吹灰、排污,锅炉燃烧智能优化系统投入前后两个试验工况内的吹灰、排污频次和持续时间应保持一致。

4.2.4 试验期间仪器设备应按 GB/T 10184 执行。

4.2.5 试验期间燃料平衡测试方法可参照 DL/T 606、DL/T 2262 执行。

5 试验目的和内容

5.1 试验目的

通过正平衡法测试锅炉燃烧智能优化系统投入前/投入后的机组发电煤耗率,评价系统的性能。

5.2 测量参数

- a) 机组主要运行参数详见附录 A 中表 A.1。
- b) 入炉燃煤消耗量;
- c) 发电量;
- d) 入炉燃煤元素分析及低位发热量详见附录 A 中表 A.3。

5.3 计算参数

- a) 标准煤消耗量;
- b) 机组发电煤耗的变化量。

6 试验方法

6.1 测量方法

6.1.1 入炉燃煤低位发热量和元素分析。

6.1.1.1 采样方法包括以下内容:

- a) 采样方法及测试方法应按 GB/T 10184 执行;
- b) 对试验期间燃料为同一批次,采样时间应按 4 h 间隔取一次;不同一批次,采样时间应按 2 h 间隔取一次,每次采样质量不小于 2kg。
- c) 每个试验工况取样完成后,应将取得的全部份样充分混合,按照“堆锥四分法”缩制成预先确定的份数,每份试样不小于 5kg,且应立即密封保存,并尽快送实验室分析。

6.1.1.2 试验样品分析应由有资质的实验室承担。

6.1.2 入炉燃煤消耗量计量包括以下内容:

a) 燃料自测量处至进入锅炉机组之间应尽量消除漏泄。如不可避免,则将所有漏泄或损失量收集、称盘和记录,以对测量结果进行修正;

b) 采用计量装置测量燃煤消耗量,在试验开始前应对计量装置进行校准或标定;

c) 对中间储仓式制粉系统入炉燃煤消耗量宜采用入炉煤给粉机计量,核算实际入炉燃煤消耗量;

d) 对直吹式制粉系统锅炉和循环流化床锅炉,入炉燃煤消耗量宜采用入炉煤皮带秤计量统计。

6.1.3 试验期间发电机端累计发电量应按公式(1)计算:

$$Q = Q_1 - Q_2 \dots \dots \dots (1)$$

式中:

Q ——试验期间发电机端累计发电量,单位为千瓦时(Kw·h);

Q_1 ——试验结束时发电机端电能表读数,单位为千瓦时(Kw·h);

Q_2 ——试验开始时发电机端电能表读数,单位为千瓦时(Kw·h)。

6.1.4 机组主要运行参数和锅炉燃烧智能优化试验记录参数见附录A中表A.1和表A.2。

6.2 计算方法

6.2.1 标准煤消耗量

标准煤消耗量应按公式(2)计算:

$$B = B_1 - B_2 \dots \dots \dots (2)$$

式中:

B ——试验期间标准煤消耗总量,单位为吨(t);

B_1 ——试验结束时标准煤折算量,单位为吨(t);

B_2 ——试验开始时标准煤折算量,单位为吨(t)。

标准煤折算量按GB/T 2589执行。

6.2.2 纯凝机组发电煤耗的变化量

纯凝机组发电煤耗的变化量应按公式(3)计算:

$$b = \frac{B_q}{Q_q} - \frac{B_h}{Q_h} \dots \dots \dots (3)$$

式中:

b ——锅炉燃烧智能优化系统投入前与投入后两个试验工况下纯凝机组发电煤耗的变化量,单位为克每千瓦时(g/Kw·h);

B_q ——锅炉燃烧智能优化系统投入前统计期间标准煤消耗量,单位为克(g);

Q_q ——锅炉燃烧智能优化系统投入前统计期间发电机端累计发电量,单位为千瓦时(Kw·h);

B_h ——锅炉燃烧智能优化系统投入后统计期间标准煤消耗量,单位为克(g);

Q_h ——锅炉燃烧智能优化系统投入后统计期间发电机端累计发电量,单位为千瓦时(Kw·h)。

6.2.3 供热机组发电煤耗的变化量

供热机组发电煤耗的变化量应按公式（4）计算：

$$b = \frac{B_q}{Q_q} \times (1 - a_q/100) - \frac{B_h}{Q_h} \times (1 - a_h/100) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

b ——锅炉燃烧智能优化系统投入前与投入后两个试验工况下供热机组发电煤耗的变化量，单位为克每千瓦时（g/Kw·h）；

B_q ——锅炉燃烧智能优化系统投入前统计期间标准煤消耗量，单位为克（g）；

Q_q ——锅炉燃烧智能优化系统投入前统计期间发电机端累计发电量，单位为千瓦时（Kw·h）；

a_q ——锅炉燃烧智能优化系统投入前统计期间供热机组供热比，单位为%；

B_h ——锅炉燃烧智能优化系统投入后统计期间标准煤消耗量，单位为克（g）；

Q_h ——锅炉燃烧智能优化系统投入后统计期间发电机端累计发电量，单位为千瓦时（Kw·h）。

a_h ——锅炉燃烧智能优化系统投入后统计期间供热机组供热比，单位为%。

其中供热比应按公式（5）计算：

$$a = \frac{\sum Q_r}{\sum Q} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

a ——锅炉试验工况统计期间机组供热比，单位为%；

$\sum Q_r$ ——锅炉试验工况统计期间机组供热量，单位为吉焦（GJ）；

$\sum Q$ ——锅炉试验工况统计期间机组供热和发电的总热量，单位为吉焦（GJ）。

供热比计算按 DL/T 2262 执行。

6.3 反平衡校核及偏差处理

6.3.1 发电供热标准煤消耗量

发电供热标准煤消耗量应按公式（6）计算：

$$F = \sum \frac{Q_1 - Q_2 + Q_3 - Q_4 - Q_5 - Q_6 + Q_7 + Q_8}{\eta \times 29307.6} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

F ——试验期间发电供热标准煤消耗量，单位为吨（t）

Q_1 ——锅炉过热蒸汽总质量×过热蒸汽焓值，单位为吉焦（GJ）；

Q_2 ——给水总质量×给水焓，单位为吉焦（GJ）；

Q_3 ——锅炉再热蒸汽总质量×再热蒸汽焓值，单位为吉焦（GJ）；

Q_4 ——锅炉冷再热蒸汽总质量×冷再热蒸汽焓值，单位为吉焦（GJ）；

Q_5 ——锅炉过热器减温水总质量×过热减温水焓值，单位为吉焦（GJ）；

Q_6 ——锅炉再热器减温水总质量×再热器减温水焓值单位为吉焦（GJ）；，

Q_7 ——锅炉自用蒸汽质量×(锅炉自用蒸汽焓值 - 给水焓)，单位为吉焦（GJ）；

Q_8 —其他锅炉摄入或供出的未计算的热量，单位为吉焦（GJ）；

η ——试验期间用反平衡法测得的锅炉热效率，单位为%，按 GB/T 10184 执行。

6.3.2 发电煤耗的变化量

发电煤耗的变化量按公式（7）计算

$$b_f = \frac{F_q}{Q_q} \times (1 - a_q/100) - \frac{F_h}{Q_h} \times (1 - a_h/100) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

b_f ——锅炉燃烧智能优化系统投入前与投入后两个试验工况下机组发电煤耗的变化量，单位为克每千瓦时（g/Kw·h）；

F_q ——锅炉燃烧智能优化系统投入前统计期间发电供热标准煤消耗量，单位为克（g）；

Q_q ——锅炉燃烧智能优化系统投入前统计期间发电机端累计发电量，单位为千瓦时（Kw·h）；

a_q ——锅炉燃烧智能优化系统投入前统计期间机组供热比，单位为%；

F_h ——锅炉燃烧智能优化系统投入后统计期间发电供热标准煤消耗量，单位为克（g）；

Q_h ——锅炉燃烧智能优化系统投入后统计期间发电机端累计发电量，单位为千瓦时（Kw·h）。

a_h ——锅炉燃烧智能优化系统投入后统计期间机组供热比，单位为%。

注：纯凝机组供热比为零

6.3.3 正反平衡偏差计算及处理

6.3.3.1 正反平衡偏差计算

正反平衡偏差应按公式（8）计算

$$\Delta b = \frac{b_f - b}{b} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

式中：

Δb ——锅炉燃烧智能优化系统投入前与投入后两个试验工况下机组发电煤耗的变化量正反平衡偏差，单位为%；

b_f ——锅炉燃烧智能优化系统投入前与投入后两个试验工况下机组反平衡发电煤耗的变化量，单位为克每千瓦时（g/Kw·h）；

b ——锅炉燃烧智能优化系统投入前与投入后两个试验工况下机组正平衡发电煤耗的变化量，单位为克每千瓦时（g/Kw·h）。

6.3.3.2 偏差处理

锅炉燃烧智能优化系统投入前与投入后两个试验工况下机组发电煤耗的变化量正反平衡偏差小于 5%，则测试合格；反之不合格。

7 试验报告

7.1 记录

7.1.1 记录的参数应包括但不限于：

- a) 机组主要运行参数，见附录 A 中表 A.1；
- b) 皮带秤煤量；
- c) 给粉机煤量；
- d) 发电机端电能表读数。

7.1.2 锅炉燃烧智能优化系统在投入前和投入后应至少进行一次燃煤的低位发热量和元素分析。燃煤低位发热量和元素分析参数见附录 A 中表 A.3。

7.1.3 采样时记录内容应包括但不限于：

- a) 采样日期；
- b) 采样时间；
- c) 采样地点；
- d) 采样数量；
- e) 采样者签字。

7.1.4 检验时记录内容应至少包括：

- a) 检验日期；
- b) 样品编号；
- c) 试验方法；
- d) 检验依据；
- e) 原始数据；
- f) 试验人；
- g) 校核人。

7.2 数据处理

7.2.1 应及时准确地处理试验信息和数据，保证各种试验信息和数据的准确性和统一性。

7.2.2 测量和记录数据均以算术平均值引入计算和分析。

7.3 报告内容

7.3.1 锅炉燃烧智能优化系统试验报告应至少包括以下内容。

- a) 试验背景
 - 试验原因；
 - 试验的性质；
 - 试验委托单位；
 - 试验负责单位；
 - 试验参加单位；
 - 试验总体时间。
- b) 锅炉主要设备介绍

- 锅炉简介;
 - 主要设备技术参数;
 - 燃料特性;
 - 运行情况;
 - 设备运行必要的图表。
- c) 试验目的。
- d) 试验内容
- 所有试验工况的测量及计算参数
 - 性能指标。
- e) 试验方法
- 试验采用的标准或规范、试验仪器型号及校验情况和化学分析方法等。
- f) 试验情况说明
- 机组、燃煤和锅炉燃烧智能优化系统等在试验期间的实际情况说明。
- g) 试验结果
- 试验原始数据;
 - 计算公式;
 - 计算结果;
 - 合同或技术协议规定条件下的最终试验结果。
- h) 结论和建议
- 根据试验结果对锅炉燃烧智能优化系统作出评价, 并提出相关建议。
- i) 附件
- 所有记录结果, 必要时可附原始记录、实验室化验结果、采用的测量技术及仪表的补充说明的复印件。

附录 A
(资料性)
基础参数

A.1 机组主要运行参数

试验过程中需对机组主要运行参数进行记录，详见表 A.1。

表 A.1 机组主要运行参数

用 户：_____

机组编号：_____

记 录 人：_____

审 核 人：_____

试验日期：_____年_____月_____日

序号	项 目	单 位	数 据	备 注
1	机组负荷	MW		
2	锅炉过热蒸汽流量	t/h		
3	主蒸汽温度	℃		
4	主蒸汽压力	MPa		
5	一次再热蒸汽流量	t/h		
6	一次再热蒸汽进口温度	℃		
7	一次再热蒸汽进口压力	MPa		
8	一次再热蒸汽出口温度	℃		
9	一次再热蒸汽出口压力	MPa		
10	二次再热蒸汽流量	t/h		
11	二次再热蒸汽进口温度	℃		
12	二次再热蒸汽进口压力	MPa		
13	二次再热蒸汽出口温度	℃		
14	二次再热蒸汽出口压力	MPa		
15	给水温度	℃		
16	给水压力	MPa		
17	给水流量	t/h		
18	炉膛负压	Pa		
19	冷空气温度	℃		
20	排烟温度	℃		
21	运行氧量	%		
22	磨煤机电流	A		
23	一次风机电流	A		
24	送风机电流	A		
25	引风机电流	A		
26	空预器进口风温	℃		

27	空预器出口风温	℃		
28	空预器进口烟温	℃		
29	空预器出口烟温	℃		
30	磨煤机出口温度	℃		
31	供热蒸汽流量	t/h		
32	供热蒸汽压力	MPa		
33	供热蒸汽温度	℃		
34	过热蒸汽减温水流量	t/h		
35	过热蒸汽减温水压力	MPa		
36	过热蒸汽减温水温度	℃		
37	再热蒸汽减温水流量	t/h		
38	再热蒸汽减温水压力	MPa		
39	再热蒸汽减温水温度	℃		

A.2 锅炉燃烧智能优化系统试验记录参数

试验过程中需对锅炉燃烧智能优化系统所需参数进行记录，详见表 A.2。

表 A.2 锅炉燃烧智能优化系统测试记录参数

用 户：_____ 机组编号：_____

记 录 人：_____ 审 核 人：_____

试验开始日期：_____年_____月_____日 _____小时_____分

试验结束日期：_____年_____月_____日 _____小时_____分

序号	项目	单位	数据		备注
			试验开始	实验结束	
1	皮带秤煤量	t			
2	给粉机	t			
3	发电机组端电量	Kw·h			

A.3 燃煤低位发热量和元素分析

试验过程中需对燃煤低位发热量和元素分析参数进行记录，详见表 A.3。

表 A.3 燃煤低位发热量和元素分析

用 户：_____

机组编号：_____

记 录 人：_____

审 核 人：_____

试验日期：_____年_____月_____日

序号	项目	单位	数据	备注
1	收到基水分	%		
2	收到基灰分	%		
3	收到基挥发分	%		
4	收到基碳	%		
5	收到基氢	%		
6	收到基氧	%		
7	收到基氮	%		
8	收到基硫	%		
9	收到基低位发热量	MJ/kg		