



新疆维吾尔自治区地方计量技术规范

JJF（新）139—2024

锅炉散热损失测试规范

Testing Specification for the Boiler Heat Dissipation Loss

2024-12-31 发布

2025-06-30 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 发布

锅炉散热损失测试规范

JJF（新）139—2024

Testing Specification for the Boiler Heat Dissipation Loss

归口单位：新疆维吾尔自治区市场监督管理局

主要起草单位：华电电力科学研究院有限公司

新疆维吾尔自治区计量测试研究院

参与起草单位：华电新疆乌苏能源有限公司

华电新疆五彩湾北一发电有限公司

本规范委托新疆维吾尔自治区煤电产业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

王 伟（华电电力科学研究院有限公司）

马晓春（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

王建江（新疆大学）

参加起草人：

齐 佶（华电新疆乌苏能源有限公司）

李鹏辉（华电电力科学研究院有限公司）

王志峰（华电新疆五彩湾北一发电有限公司）

邓 祎（华电新疆乌苏能源有限公司）

目 录

引言.....	(III)
锅炉散热损失测试规范	1
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	1
3.1 锅炉 boiler	1
3.2 散热损失 heat loss due to radiation	1
3.3 表面传热系数 surface heat transfer coefficient	1
3.6 散热面积 heat dissipation area	2
3.7 环境温度 ambient temperature	2
3.8 热流计 heat flow meter	2
3.9 热流传感器 heat flux transducer	2
3.10 表面温度计 surface thermometer	2
3.11 红外线温度计 infrared thermometer	2
3.12 红外热像仪 infrared thermal imager	2
4 概述	2
5 计量特性	3
6 测试环境与条件	3
6.1 测试环境	3
6.2 测试条件	3
6.3 测试使用的标准器	3
6.3.1 热流传感器	3
6.3.2 热电偶	4
6.3.3 表面温度计	4
6.4 测试周期	4
6.5 测量传感器或仪表的选择	4
7 测试内容及方法	4
7.1 测定段的选取及测点的选取	5
7.2 热流计法测定步骤	5
7.3 表面温度法测定步骤	6
8 数据处理	6
9 测量不确定度	7
10 测试结果	8
附录 A 表面换热系数计算	9

附录 B	锅炉散热损失测试报告	12
附录 C	锅炉散热损失测试数据	13

引 言

JJF1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF1071—2010《国家计量校准规范编写规则》共同构成本规范制订的基础性系列规范。

本规范检测方法参考了 GB/T 8174-2008《设备及管道绝热效果的测试与评价》、GB/T 17357-2008《设备及管道绝热层表面热损失现场测定热流计法和表面温度法》，结合实际工作现状制订。

本规范主要有以下不同：

- 根据现行计量规程和规范要求，增加锅炉稳定工况的要求；
- 根据现行计量规程和规范要求，删减了测试项目的分级；
- 根据现行温度计量规程和规范要求，在测定仪表中增加测温范围的内容；
- 修改部分计算公式。

本规范为首次发布。

锅炉散热损失测试规范

1 范围

本规范规定了锅炉散热损失测试的方法及应达到的要求。

本规范旨在为锅炉散热损失测试提供依据，确保锅炉运行效率和能源节约。测试过程中应严格遵守本规程规范，并结合实际情况调整测试方法和步骤。

本规范适用于新建和已投运燃煤锅炉各个阶段的散热损失测试，其他类型锅炉均可参照使用。

2 引用文件

本规范引用以下文件：

GB/T 8174-2008 设备及管道绝热效果的测试与评价

GB/T 17357-2008 设备及管道绝热层表面热损失现场测定热流计法和表面温度法

DL/T 1365-2014 名词术语 电力节能

凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 锅炉 boiler

利用燃料燃烧释放的热能或其他热能加热水或其他工质，以生产规定参数(温度，压力)和品质的蒸汽、热水或其他工质的设备。

3.2 散热损失 heat loss due to radiation

炉墙、锅炉范围内管道和烟风道向周围环境散热所造成的热损失。[来源：DL/T 1365-2014，5.3.2.71]

3.3 表面传热系数 surface heat transfer coefficient

单位时间内，单位面积的固体表面与流体之间交换的热量，当流体与固体表面的温差为1度（K或℃）时。单位： $W/(m^2 \cdot K)$ 。用符号 α 表示。[来源：DL/T 1365-2014，3.2.96]

3.4 对流换热系数 convective heat transfer coefficient

单位时间内通过单位面积的热量，当表面温度与周围流体之间的温差为1度（K

或 $^{\circ}\text{C}$) 时。单位: $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。用符号 α_c 表示。[来源: DL/T 1365-2014, 3.5.96]

3.5 热流密度 density of heat flow rate

单位时间内通过单位面积的热量。单位: (W/m^2) 。[来源: DL/T 1365-2014, 3.2.91]

3.6 散热面积 heat dissipation area

锅炉外表面与周围环境进行热量交换的面积。单位: m^2 。用符号 A 表示。

3.7 环境温度 ambient temperature

锅炉周围环境的温度。单位: K 。用符号 T_F 表示。

3.8 热流计 beat flow meter

由热流传感器(或称热流测头)连接测量指示仪表组成的热工仪表。使用时将其传感器埋设在绝热结构内或贴敷在绝热结构的外表面,可直接测量得到热损失值。

3.9 热流传感器 heat flux transducer

利用在具有确定热阻的板材上产生温差来测量通过它本身的热流密度的装置。其输出电势(V)与通过传感器的热流密度(q)成正比。

3.10 表面温度计 surface thermometer

以热电偶或其他类型温度传感器作为敏感元件,用于测量表面温度的测温仪表。如热电偶式表面温度计、电阻式表面温度计。

3.11 红外线温度计 infrared thermometer

通过接收物体发出的红外线(红外辐射),将其热像显示在荧光屏上,从而准确判断物体表面的温度分布情况,具有准确、实时、快速等优点。

3.12 红外热像仪 infrared thermal imager

利用红外探测器、光学成像物镜和光机扫描系统接受被测目标的红外辐射能量分布图形反映到红外探测器的光敏元上,通过扫描机构对被测物体的红外热像进行扫描,并聚焦在单元或分光探测器上,由探测器将红外辐射能转换成电信号,经放大处理、转换或标准视频信号通过电视屏或监测器显示红外热像图。

4 概述

锅炉的散热损失指的是锅炉在运行过程中,由于其外表面与周围环境之间的温差,通过表面辐射和对流方式向外界环境散失的热量,这些热量损失是无法被锅炉有效利用的。锅炉的散热损失测试是指通过一系列的测试方法来计算锅炉在运行过程中由于其外表面与周围环境之间的温差而产生的热量损失。锅炉散热损失测试流程见图 1。

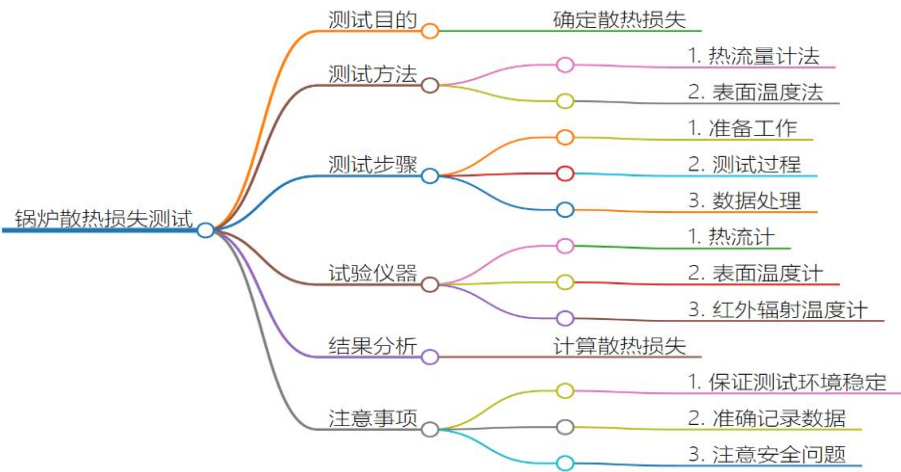


图1 锅炉散热损失测试流程

5 计量特性

散热测试包括锅炉绝热结构外表面温度、测点周围环境温度及风速，其技术性能还包括有测试工况的稳定性，具体指标见表 1。

表 1 散热损失测试指标

项目		最大允许波动范围
蒸发量	>2008 t/h	±1.0%
	950t/h~2008t/h	±2.0%
	480t/h~950t/h	±4.0%
	D<480t/h	±5.0%
蒸汽压力	>18.5MPa	±1.0%
	9.8MPa~18.5MPa	±2.0%
	<9.8MPa	±4.0%

6 测试环境与条件

6.1 测试环境

6.1.1 测试应满足一维稳定传热条件，在风速等于或小于 0.5m/s 的条件下进行测试，如不能满足时应增加挡风装置，且稳定 1h 后再测试。

6.2 测试条件

6.2.1 锅炉需热态运行 240h 以上，测试负荷为额定负荷的 90%以上，且测试前在测试负荷下稳定运行不少于 2h。

6.3 测试使用的的标准器

6.3.1 热流传感器

6.3.1.1 安装时将热流传感器放在外护层内,附着于绝热材料的面层上,除需测定连接处的热损失外,避免放置在绝热层的连接处或外护层的接缝处。

6.3.1.2 保证热流传感器与其附着的绝热层表面有良好的热接触,并对正常的传热状态影响最小。

6.3.1.3 安装热流传感器时,可用适当的附着材料、热接触材料或其他适当的方法使其附着于绝热层表面。

6.3.2 热电偶

6.3.2.1 热电偶丝直径应不大于 0.4mm,把热电偶直接贴敷在被测表面进行测量,并应有漆、丝或塑料绝缘。

6.3.2.2 热电偶与被测表面必须保持良好的热接触,可将热电偶丝固定在导热性能良好的金属集热块或片上,再整体贴敷到被测表面上,或将热电偶埋在被测面专门开的小槽里。

6.3.2.3 热电偶丝沿等温面紧密接触的长度应不小于 100mm。

6.3.3 表面温度计

将表面温度计的传感器直接与被测表面紧密接触。

6.4 测试周期

锅炉散热损失测试每两年进行一次,用于保温工程的普查和定期测试的由单位自行组织每一年进行一次。

6.5 测量传感器或仪表的选择

根据测试级别和测试方法合理选用测量传感器和仪表,其最大允许误差应符合表 2 的要求。

表 2 测定仪表的要求

测定项目	仪器仪表	测量范围	最大允许误差
热流密度	热流传感器	0~2000W/m ²	±5%
保温结构表面温度	温度显示器	0~500℃	±(0.05%+0.3℃)
	热电偶	0~260℃	±1.0℃
	表面温度计	0~260℃	±0.5℃
环境温度	水银温度计/数字式温度计	0~80℃	±0.5℃
风速	热球式风速计	0~10m/s	±5%

7 测试内容及方法

7.1 测定段的选取及测点的选取

7.1.1 根据测定目的、运行工况和绝热结构选择有代表性的区域作为测定段。应避开连接缝隙处、结构破损处或其他不连续处。

7.1.2 先用红外温度计、热像仪进行普遍扫描粗测。根据绝热层表面温度的均匀状态分析其表面热损失状况，确定有代表性的区域。

7.1.3 原则上应按等温区域布置测点。对于使用均质材料的绝热结构，可以按设备内部介质温度的分布来划分；对于使用非均质材料的绝热结构，宜通过测定划分等温区域。

7.1.3.1 对圆筒形设备，应分别在筒体、封头或顶盖布置测点。

7.1.3.2 对于方形壁面，在其各壁面划分若干纵横间隔为 1.5m~2m 正交网格，在网格中布置测点，对于高温部分可适当增加测点数量。

7.1.3.3 对于管道，沿管长取若干个测定截面，测试截面间隔 1m~2m 均匀布置，在每个截面的圆周上布置测点，其中 1 个测试截面应布置在弯头处。圆周上的布点位置和数量可采用等分的方法确定，在测试截面上布置 3~4 个测点，对于外径较大的管道或外表面温度较高的管道可适当增加测点数量。管道测点布置见图 2

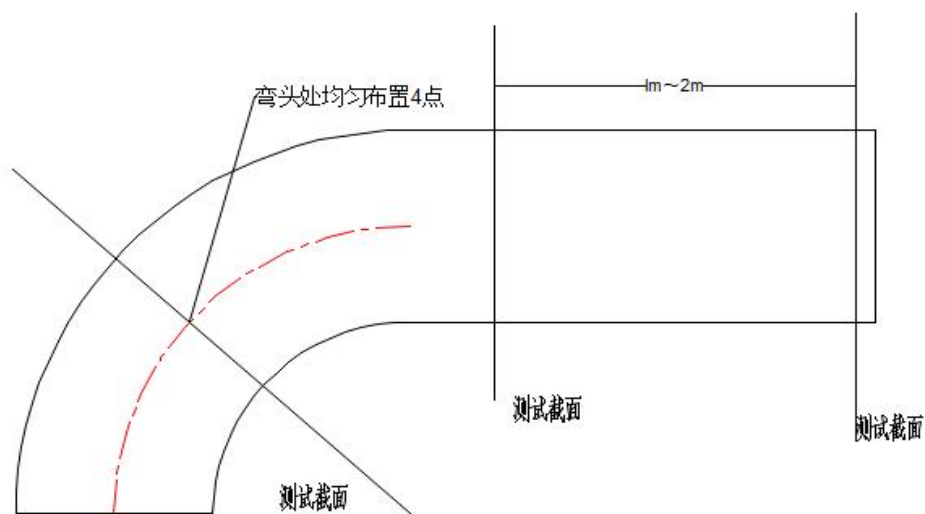


图2 测点布置图

7.2 热流计法测定步骤

7.2.1 测定段选取和传感器安装

7.2.1.1 按第 7.1 节的要求在绝热的设备及管道上选择适当的测量区域，并按 6.3 节所述的方法正确安装热流传感器。

7.2.1.2 将热流传感器连接到测定指示仪表、累积式仪表或计算机控制的数据采集装

置上。

7.2.2 数据读取

7.2.2.1 按第 6.1 节的要求，当达到稳态时读取数据。

7.2.2.2 由于测试工况和环境条件的变化，输出的数据会有波动，应取波动范围内的平均值。

7.2.3 测量靠近安装热流传感器处温度、风速，具体要求见 7.4。

7.3 表面温度法测定步骤

7.3.1 测定步骤

7.3.1.1 按第 7.1 节的要求在绝热的设备及管道上选择适当的测量区域。并按 6.3.2 所述的方法正确安装热电偶或按 6.3.3 的要求使用表面温度计，测定绝热层的表面温度。

7.3.1.2 表面温度数据的读取

每个测点应稳定 3min~5min，每个测点应测量记录三次。

7.4 环境温度及风速测定应与绝热结构表面温度同时测定。环境温度、风速在距离选取表面测点位置 1m 处测得。应避免其他热源的影响，在温度计的感温部位包覆通风的铝箔屏蔽套，以防止其他热辐射源的影响。

8 数据处理

8.1 热流密度的计算

根据被测物的表面温度、环境温度及表面换热系数，按式（1）计算散热热流密度 q ：

$$q = \alpha(T_W - T_F) \quad (1)$$

式中：

q —热流密度，单位为瓦每平方米(W/m²)；

α —表面换热系数,单位为瓦每平方米开尔文 W/(m²·K)，计算方法见附录 A；

T_W —表面平均温度，单位为开尔文(K)；

T_F —环境平均温度，单位为开尔文(K)；

8.2 散热损失可按热流密度的表面积加权平均值的方法处理，即按公式（2）：

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n q_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{q_1 A_1 + q_2 A_2 + \dots + q_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2)$$

式中： q 为散热损失，单位为瓦每平方米(W/m²)； $A_1, A_2 \dots A_n$ —各测试区域面积，单

位为平方米(m²)。

8.3 散热损失也可以采取公式(3)、(4)、(5)计算:

$$q = c_1 \sum (\alpha_c + \alpha_r) A_n (T_W - T_F) \quad (3)$$

$$\alpha_r = 0.847 + 2.367 \times 10^{-3} (T_W - T_F) + 2.94 \times 10^{-6} (T_W - T_F)^2 + 1.37 \times 10^{-9} (T_W - T_F)^3 \quad (4)$$

$$\alpha_c = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.2(T_W - T_F)^{0.33} \\ 0.35V_a^{0.8} \end{array} \right. \quad (5)$$

式中:

q —散热损失, 单位为瓦每平方米(W/m²)

α_c —某区域的对流换热系数, 单位为瓦每平方米开尔文 W/(m²·K);

α_r —某区域的辐射换热系数, 单位为瓦每平方米开尔文 W/(m²·K);

c_1 —取常数 0.293W;

V_a —表面附近的空气平均流速, 单位 (m/s)。

8.4 不同环境温度下测试值的换算

如测试环境偏离锅炉设计, 应将测试值换算到设计环境温度下的对应值, 按式(6)换算:

$$q' = q \frac{T_1' - T_m'}{T_1 - T_m} \quad (6)$$

式中:

q' —换算后的散热损失, 单位为瓦每平方米(W/m²);

q — 测试的散热损失, 单位为瓦每平方米(W/m²);

T_1' —设计所取的保温结构外表面平均温度, °C;

T_1 — 测试时保温结构的外表面温度, °C;

T_m' —设计所取的平均环境温度, °C;

T_m — 测试时当地的环境温度, °C。

9 测量不确定度

9.1 不确定度来源

不确定度来源包括测量方法、测量设备、测量程序及外部环境等; 实践中测量方法中抽样测量是不确定度的来源, 测量设备准确度, 测量程序中的计算过程及外部环境也是不确定度的来源。

9.1.1 由测定方法引起的不确定度

9.1.1.1 热流计法

- a) 实际测试时传热状况与一维稳定传热有差别;
- b) 当热流传感器原始标定条件与测定条件不一致时, 其任何变化都会产生误差。

9.1.1.2 表面温度法

- a) 表面换热系数 α 值的计算误差;
- b) 由实际测定条件与本标准规定条件的偏差引起的误差。

9.1.2 由测试仪表引起的不确定度测试不确定度在很大程度上取决于仪器的正确选择、准确度、校验标定、安装技术和数据采集技术, 本标准采用的表面温度计、热流计、风速计等仪器有不同的尺寸、形状、灵敏度和结构, 应根据已有的经验、制造厂商的推荐和其他信息来仔细选择测试仪器。

9.2 精度要求

测试应做出不确定度估计; 要求测试结果综合不确定度不超过 20%, 测试的重复性不超过 10%。

10 测试结果

10.1 检测记录

检测记录应记载测量数据, 记录格式见附录 B。

10.2 检测报告

测试报告由封面和检测数据组成, 包括的信息及推荐的检测报告格式见附录 B。

附录 A 表面换热系数计算

设备及管道外表面与大气空间的换热过程包括对流和辐射。根据测定等级要求，外表面换热系数的计算如下。

A.1 用下列方法计算表面换热系数，在没有外界风力影响时，可按式(A.1)、式(A.2)计算表面换热系数 α ：

A) 平壁：

$$\alpha = 9.77 + 0.07(T_W - T_F) \tag{A.1}$$

b) 圆筒壁：

$$\alpha = 9.42 + 0.05(T_W - T_F) \tag{A.2}$$

A.2 也可用下列方法计算表面换热系数

a) 计算辐射换热系数 α_r ：

$$\alpha_r = \varepsilon \sigma \left(\frac{T_W^t - T_F^s}{T_W - T_F} \right) \tag{A.3}$$

式中：

ε --壁面的表面热发射率，详细见表 A.1；

σ --辐射常数，可取 $5.7 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

表 A.1 常用管道保温结构外表面 ε 值

表面材料		ε
铝材	光亮表面	0.05
	氧化表面	0.13
电镀金属薄板	洁净表面	0.26
	积满灰尘	0.44
奥氏体薄钢板		0.15
铝锌薄板		0.18
非金属表面材料		0.94

b) 计算自然对流换热系数 α_{ca} ：

根据格拉晓夫数(Gr)与普朗特数(Pr)的乘积，壁面状况和定性尺寸，从表 A.2 中查出相应的公式用以计算自然对流换热系数。

表 A.2 自然对流换热系数计算公式

表面形状与位置	$Gr \cdot Pr$ 范围	定性尺寸
---------	------------------	------

		$10^4 \sim 10^9$	$10^9 \sim 10^{13}$	
竖直平壁与竖直圆柱体		$\alpha_{ca} = 1.42 \left(\frac{T_W - T_F}{H} \right)^{\frac{1}{4}}$	$\alpha_{ca} = 1.31 (T_W - T_F)^{\frac{1}{3}}$	高度 H/m
水平圆柱体		$\alpha_{ca} = 1.32 \left(\frac{T_W - T_F}{D} \right)^{\frac{1}{4}}$	$\alpha_{ca} = 1.24 (T_W - T_F)^{\frac{1}{3}}$	直径 D/m
水平平壁	放热面向上	$\alpha_{ca} = 1.32 \left(\frac{T_W - T_F}{L} \right)^{\frac{1}{4}}$	$\alpha_{ca} = 1.43 (T_W - T_F)^{\frac{1}{3}}$	短边 L/m
	放热面向下	$\alpha_{ca} = 0.61 \left(\frac{T_W - T_F}{L} \right)^{\frac{1}{4}}$	/	短边 L/m

可从表 A.3 查普朗特数(Pr)；可按式(A.4)计算格拉晓夫数(Gr)：

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot L^3 \cdot \Delta T}{\nu^2} \quad (A.4)$$

$$\beta = \frac{1}{T} \quad (A.5)$$

$$T = \frac{1}{2} (T_W + T_F) \quad (A.6)$$

式中：

β --为空气的体积膨胀系数；

g --重力加速度(取 9.81 m/s²)；

L --定性尺寸，对水平圆管取直径；对竖直圆管取高度；对方形设备取短边边长，单位为米(m)；

ΔT --外壁表面温度和环境温度之差，即 $\Delta T = T_W - T_F$ ，单位为摄氏度(°C)；

ν --空气的运动粘度，可从表 A.3 中查得，单位为平方米每秒(m²/s)。

表 A.3 不同温度下相关系数值

温度 t/ °C	热导率 λ_a / (10 ² W/(m·°C))	运动粘度 ν / (10 ⁶ m ² /s)	普朗特数 Pr
-50	2.04	9.23	0.728
-40	2.12	10.04	0.728
-30	2.20	10.80	0.723
-20	2.28	11.61	0.716
-10	2.36	12.43	0.712
0	2.44	13.28	0.707
10	2.51	14.16	0.705

表 A.4 (续)

20	2.59	15.06	0.703
30	2.67	16.00	0.701
40	2.76	16.96	0.699
50	2.83	17.95	0.698
60	2.90	18.97	0.696
10	2.96	20.02	0.694
80	3.05	21.09	0.692
90	3.13	22.10	0.690
100	3.21	23.13	0.688
120	3.34	25.45	0.686
140	3.49	27.80	0.684
160	3.64	30.09	0.682
180	3.78	32.49	0.681
200	3.93	34.85	0.680
250	4.27	40.61	0.677
300	4.60	48.33	0.674
350	4.91	55.46	0.676
400	5.21	63.09	0.678
500	5.74	79.38	0.687
600	6.22	96.89	0.699
700	6.71	115.4	0.706
800	7.18	134.8	0.713
900	7.63	155.1	0.717
1000	8.07	177.1	0.719
1100	8.50	199.3	0.722
1200	9.15	233.7	0.724

c) 计算表面换热系数:

对于室内设备和管道或风速小于 0.1m/s 的室外设备和管道,可只考虑辐射换热和自然对流换热按式(A.7)计算表面换热系数:

$$\alpha = \alpha_r + \alpha_{ca} \quad (\text{A.7})$$

附录 B 锅炉散热损失测试报告

A.1 测试报告至少包括以下信息：

- a) 标题：“测试报告”；
- b) 进行测试的地点和目的；
- c) 测试报告编号，页码及总页数的标识；
- d) 测试单位测试专用章；
- e) 被测试单位的名称和地址；
- f) 被测系统的描述和明确标识：系统的制造单位、名称、型号及出厂编号；
- g) 测试日期；
- h) 测试所依据的技术规范的名称及代号；
- i) 本次测试所用的主要设备（包括标准物质）的名称、测量范围、不确定度或准确度等级或最大允许误差、证书编号及有效期；
- j) 测试时的环境温度；
- k) 测试人与核验人的签名；
- l) 测试报告批准人的签名与职务；
- m) 测试结果仅对被校对象有效的声明；
- n) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

附录 C 锅炉散热损失测试数据

测点名称	测量区域平均温度/℃	环境温度/℃	评价结论

新疆维吾尔自治区
地方计量技术规范

锅炉散热损失测试规范

JJF (新) 139—2024

新疆维吾尔自治区市场监督管理局发布

*

版权所有 不得翻印

*

880mm×1230mm 16 开本

2025 年×月第×版 2025 年×月第×次印刷

印数 1-100