

热值仪校准规范试验验证报告

规范起草组

2026 年 9 月

1 概述

为了考察热值仪校准规范确定的各项计量特性技术要求的合理性和适用性，所采取的试验方法具有较强的可操作性，起草单位选取了目前市场占有率高，被广泛使用的 4 家热值仪生产厂商的 8 台热值仪，针对响应时间、示值误差、重复性和稳定性等技术指标进行校准试验，并对校准数据进行了统计汇总。

仪器厂家相关信息见表 1，校准过程中所用的测量标准、其他设备和校准方法均以热值仪校准规范为依据。

表 1 热值仪信息

序号	生产单位名称	型号
1	尤尼（UNION）	CWD2005 型
2	尤尼（UNION）	CWD2005 型
3	尤尼（UNION）	CWD2005DPC 型
4	尤尼（UNION）	CWD2005DPC 型
5	ABB	EL3040 型
6	上海中冶横天智能科技有限公司	CS6T 型
7	尤尼（UNION）	SMART2006 型
8	横河（YOKOGAWA）	CS6T 型

2 测量标准

校准所使用标准物质见表 2，所用标准物质均在有效期内，时间校准用电子秒表符合规范要求，经校准合格且在校准周期内。

表 2 标准物质及实验设备信息

标准物质名称	标准物质编号	热值 (MJ/m ³)	扩展不确定度 (k=2) (MJ/m ³)	生产厂家
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	13.36	0.14	大连大特
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	23.38	0.24	大连大特
高纯甲烷	/	33.42	0.02	济宁协力
天然气成分标准物质	GBW(E)062877	37.84	0.07	杭州新世纪

3 试验环境条件和方法

开展试验时所处环境条件均满足校准规范的规定，试验方法严格按照热值仪校准规范所规定的方法进行。

4、试验数据

4.1 响应时间

按照热值仪的用途和实际测试需求选择标准物质或甲烷气体，通入该气体并调整输出压力和流量至合适位置，启动点火和测量程序，待示值稳定后记下仪器读数；通入氮气，仪器示值回零后，再通入该气体并确认开始燃烧时启动电子秒表开始计时，待示值第一次达到稳定示值的 90%时停止计时，并记录电子秒表读数，重复以上过程 3 次，以 3 次读数的算术平均值作为仪器的响应时间。在校准过程中，对于热值仪量值范围覆盖甲烷热值，可进行甲烷热值测试的仪器，选择了甲烷进行试验；对于热值仪量值范围不覆盖甲烷，或不具备甲烷热值测试条件的仪器，选择适合其测试种类的气体进行试验，试验结果见表 3：

表 3 响应时间试验结果汇总表

项目	仪器序号	型号	响应时间/s	要求
响应时间	1	CWD2005 型	17.06	不超过 20 s
	2	CWD2005 型	17.24	
	3	CWD2005DPC 型	15.37	
	4	CWD2005DPC 型	15.64	
	5	EL3040 型	13.93	
	6	CS6T 型	16.54	
	7	SMART2006 型	11.64	
	8	CS6T 型	12.90	

4.2 示值误差

按照热值仪的用途分别选择低热值标准物质和高热值标准物质进行示值误差校准。通入气体标准物质待示值稳定后，每间隔 30 s 记录一次测量结果，连续记录 7 次，计算算术平均值并按校准规范中的公式计算示值误差，试验结果见表 4：

表 4 示值误差试验结果汇总表

项目	仪器序号	型号	热值标准值 (MJ/m ³)	示值误差/%	要求
示值误差	1	CWD2005 型	33.42	0.06	不超过± 1.0 %
			37.84	0.16	
	2	CWD2005 型	23.38	-0.17	
			13.36	0.67	
	3	CWD2005DPC 型	33.42	0.15	
			37.84	-0.45	
	4	CWD2005DPC 型	23.38	0.13	
			13.36	0.60	
	5	EL3040 型	23.38	0.26	
			13.36	-0.45	
	6	CS6T 型	23.38	0.04	
			13.36	0.22	
	7	SMART2006 型	23.38	0.17	
			13.36	-0.82	
	8	CS6T 型	23.38	-0.17	
			13.36	0.60	

4.3 重复性

以示值误差校准时高热值气体标准物质的测量数据计算相对标准偏差，作为仪器的重复性，试验结果见表 5：

表 5 重复性试验结果汇总表

项目	仪器序号	型号	重复性/%	要求
重复性	1	CWD2005 型	0.09	≤0.2 %
	2	CWD2005 型	0.12	
	3	CWD2005DPC 型	0.10	
	4	CWD2005DPC 型	0.12	
	5	EL3040 型	0.16	

	6	CS6T 型	0.09	
	7	SMART2006 型	0.09	
	8	CS6T 型	0.13	

4.4 稳定性

对于可进行甲烷热值测试的仪器，选择了甲烷进行试验；对于热值仪量值范围不覆盖甲烷，或不具备甲烷热值测试条件的仪器，选择适合其测试种类的气体进行试验。通入该气体，待正常燃烧并示值稳定后，记录初始测量值，并在 90 分钟内，每间隔不少于 20 分钟记录一次测量值，取偏离初始读数最大的一次测量值，按校准规范的公式计算稳定性，试验结果见表 6：

表 6 稳定性试验结果汇总表

项目	仪器序号	型号	稳定性/%	要求
稳定性	1	CWD2005 型	0.18	$\leq 0.5\%$
	2	CWD2005 型	0.30	
	3	CWD2005DPC 型	0.33	
	4	CWD2005DPC 型	0.21	
	5	FLO-CAL 型	0.26	
	6	FLO-CAL 型	0.30	
	7	CS6T 型	0.21	
	8	CS6T 型	0.17	

5、结论

对市场上 4 个厂家共计 8 台热值仪按照校准规范的要求进行了校准，校准结果汇总数据见表 7。从表 7 可知，校准规范的校准项目合理、技术要求恰当、校准方法可行、可操作性强，能够满足热值仪校准要求。

表 7 仪器计量特性校准结果汇总

计量特性	参考技术要求	试验结果范围
响应时间	$\leq 20\text{ s}$	11.64 s~17.24 s
示值误差	不超过 $\pm 1.0\%$	-0.82%~0.67%
重复性	$\leq 0.2\%$	0.09%~0.16%

稳定性	$\leq 0.5\%$	0.17%~0.33%
-----	--------------	-------------

附录：实验原始数据

实验数据 1：

仪器名称： 热值仪 制造厂商： 尤尼

仪器型号： CWD2005 型 仪器编号： UIF0210049999307636B

校准日期： 2026.5.18 校准地点： 北京福腾宝公司

环境温度： 26.0 °C 相对湿度： 55%

标准物质：

名称	编号	热值 (MJ/m ³)	扩展不确定度 (k=2) (MJ/m ³)
高纯甲烷	/	33.42	0.02
天然气成分标准物质	GBW(E)062877	37.84	0.07

一、响应时间

时间测量值 s			响应时间 s
1	2	3	
16.82	17.15	17.21	17.06

二、示值误差

热值标准值 MJ/m ³	热值测量值 MJ/m ³							测量平均值 MJ/m ³	示值误差 %
	1	2	3	4	5	6	7		
33.42	33.46	33.47	33.45	33.43	33.45	33.42	33.38	33.44	0.06
37.84	37.88	37.90	37.92	37.89	37.83	37.94	37.91	37.90	0.16

三、重复性

0.09%

四、稳定性

热值标准值 MJ/m ³	热值测量值 MJ/m ³					稳定性 %
	1	2	3	4	5	
33.42	33.46	33.51	33.52	33.51	33.48	0.18

实验数据 2:

仪器名称：热值仪

制造厂商：尤尼

仪器型号：CWD2005 型

仪器编号：UIF0210049999341946E

校准日期：2026.5.18

校准地点：北京福腾宝公司

环境温度：26.8℃

相对湿度：58%

标准物质：

名称	编号	热值 (MJ/m ³)	扩展不确定度 (k=2) (MJ/m ³)
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	13.36	0.14
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	23.38	0.24

一、响应时间

时间测量值 s			响应时间 s
1	2	3	
17.06	17.36	17.31	17.24

二、示值误差

热值标准值 MJ/m ³	热值测量值 MJ/m ³							测量平均值 MJ/m ³	示值误差 %
	1	2	3	4	5	6	7		
23.38	23.35	23.32	23.3	23.32	23.36	23.37	23.37	23.34	-0.17
13.36	13.41	13.40	13.45	13.48	13.47	13.47	13.50	13.45	0.67

三、重复性

0.12%

四、稳定性

热值标准值 MJ/m ³	热值测量值 MJ/m ³					稳定性 %
	1	2	3	4	5	
23.38	23.35	23.38	23.41	23.41	23.42	0.30

实验数据 3:

仪器名称：热值仪

制造厂商：尤尼

仪器型号：CWD2005DPC 型

仪器编号：96462

校准日期：2026.5.22

校准地点：北京福腾宝公司

环境温度：28.0℃

相对湿度：55%

标准物质：

名称	编号	热值 (MJ/m³)	扩展不确定度 (k=2) (MJ/m³)
高纯甲烷	/	33.42	0.02
天然气成分标准物质	GBW(E)062877	37.84	0.07

一、响应时间

时间测量值 s			响应时间
1	2	3	s
15.25	15.36	15.51	15.37

二、示值误差

热值标准值 MJ/m³	热值测量值 MJ/m³							测量平均值 MJ/m³	示值误差 %
	1	2	3	4	5	6	7		
33.42	33.43	33.46	33.45	33.46	33.50	33.48	33.52	33.47	0.15
37.84	37.63	37.65	37.62	37.69	37.68	37.72	37.70	37.67	-0.45

三、重复性

0.10%

四、稳定性

热值标准值 MJ/m³	热值测量值 MJ/m³					稳定性 %
	1	2	3	4	5	
33.42	33.43	33.48	33.49	33.52	33.54	0.33

实验数据 4:

仪器名称：热值仪

制造厂商：尤尼

仪器型号：CWD2005DPC 型

仪器编号：97550

校准日期：2026.5.22

校准地点：北京福腾宝公司

环境温度：27.9℃

相对湿度：60%

标准物质：

名称	编号	热值 (MJ/m³)	扩展不确定度 (k=2) (MJ/m³)
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	13.36	0.14
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	23.38	0.24

一、响应时间

时间测量值 s			响应时间 s
1	2	3	
15.96	15.35	15.62	15.64

二、示值误差

热值标准值 MJ/m³	热值测量值 MJ/m³							测量平均值 MJ/m³	示值误差 %
	1	2	3	4	5	6	7		
23.38	23.36	23.39	23.41	23.43	23.42	23.45	23.42	23.41	0.13
13.36	13.46	13.42	13.49	13.4	13.41	13.47	13.45	13.44	0.60

三、重复性

0.12%

四、稳定性

热值标准值 MJ/m³	热值测量值 MJ/m³					稳定性 %
	1	2	3	4	5	
23.38	23.36	23.38	23.40	23.41	23.41	0.21

实验数据 5:

仪器名称：热值仪

制造厂商：ABB

仪器型号：EL3040

仪器编号：0245378266

校准日期：2026.9.10

校准地点：首钢京唐公司厂区

环境温度：26.2℃

相对湿度：38.9%

标准物质：

名称	编号	热值 (MJ/m ³)	扩展不确定度 (k=2) (MJ/m ³)
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	13.36	0.14
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	23.38	0.24

一、响应时间

时间测量值 s			响应时间 s
1	2	3	
13.01	14.57	14.22	13.93

二、示值误差

热值标准值 MJ/m ³	热值测量值 MJ/m ³							测量平均值 MJ/m ³	示值误差 %
	1	2	3	4	5	6	7		
23.38	23.41	23.42	23.45	23.47	23.45	23.45	23.46	23.44	0.26
13.36	13.26	13.28	13.31	13.30	13.33	13.31	13.29	13.30	-0.45

三、重复性

0.16%

四、稳定性

热值标准值 MJ/m ³	热值测量值 MJ/m ³					稳定性 %
	1	2	3	4	5	
23.38	23.41	23.47	23.45	23.47	23.46	0.26

实验数据 6:

仪器名称：热值仪

制造厂商：上海中冶横天智能科技有限公司

仪器型号：CS-6T 型

仪器编号：21439

校准日期：2026.9.11

校准地点：首钢京唐公司厂区

环境温度：24.3℃

相对湿度：46.7%

标准物质:

名称	编号	热值 (MJ/m³)	扩展不确定度 (k=2) (MJ/m³)
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	13.36	0.14
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	23.38	0.24

一、响应时间

时间测量值 s			响应时间 s
1	2	3	
16.23	16.96	16.42	16.54

二、示值误差

热值标准值 MJ/m³	热值测量值 MJ/m³							测量平均值 MJ/m³	示值误差 %
	1	2	3	4	5	6	7		
23.38	23.37	23.37	23.40	23.41	23.38	23.36	23.41	23.39	0.04
13.36	13.39	13.41	13.41	13.40	13.38	13.37	13.38	13.39	0.22

三、重复性

0.09%

四、稳定性

热值标准值 MJ/m³	热值测量值 MJ/m³					稳定性 %
	1	2	3	4	5	
23.38	23.37	23.39	23.42	23.42	23.44	0.30

实验数据 7:

仪器名称: 热值仪 制造厂商: 尤尼

仪器型号: SMART2006 型 仪器编号: 94817

校准日期: 2026.9.15 校准地点: 首钢京唐公司厂区

环境温度: 20.7 °C 相对湿度: 41.3%

标准物质:

名称	编号	热值 (MJ/m ³)	扩展不确定度 (k=2) (MJ/m ³)
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	13.36	0.14
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	23.38	0.24

一、响应时间

时间测量值 s			响应时间
1	2	3	s
10.57	12.62	11.74	11.64

二、示值误差

热值标准值 MJ/m ³	热值测量值 MJ/m ³							测量平均值 MJ/m ³	示值误差 %
	1	2	3	4	5	6	7		
23.38	23.41	23.43	23.44	23.41	23.39	23.45	23.43	23.42	0.17
13.36	13.23	13.26	13.25	13.26	13.23	13.26	13.24	13.25	-0.82

三、重复性

0.09%

四、稳定性

热值标准值 MJ/m ³	热值测量值 MJ/m ³					稳定性 %
	1	2	3	4	5	
23.38	23.41	23.43	23.44	23.46	23.46	0.21

实验数据 8:

仪器名称: 热值仪 制造厂商: 横河
仪器型号: CS-6T 型 仪器编号: 36169
校准日期: 2026.6.9 校准地点: 包钢公司厂区
环境温度: 32.1 °C 相对湿度: 46%
标准物质:

名称	编号	热值 (MJ/m³)	扩展不确定度 (k=2) (MJ/m³)
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	13.36	0.14
氮气中甲烷气体标准物质	GBW(E)063028	23.38	0.24

一、响应时间

时间测量值 s			响应时间
1	2	3	s
12.36	13.07	13.27	12.90

三、示值误差

热值标准值 MJ/m³	热值测量值 MJ/m³							测量平均值 MJ/m³	示值误差 %
	1	2	3	4	5	6	7		
23.38	23.36	23.38	23.35	23.32	23.36	23.31	23.30	23.34	-0.17
13.36	13.44	13.46	13.47	13.45	13.44	13.43	13.42	13.44	0.60

三、重复性

0.13%

四、稳定性

热值标准值 MJ/m³	热值测量值 MJ/m³					稳定性 %
	1	2	3	4	5	
23.38	23.36	23.37	23.39	23.39	23.40	0.17