



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 412—2005

水流型气体热量计

Water - Flow Gas Calorimeter

2005 - 12 - 20 发布

2006 - 06 - 20 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

水流型气体热量计 检定规程

Verification Regulation of

Water – Flow Gas Calorimeter

JJG 412—2005
代替 JJG 412—1986

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2005 年 12 月 20 日批准,并自 2006 年 6 月 20 日起施行。

归口单位: 全国物理化学计量技术委员会

起草单位: 国家标准物质研究中心

本规程委托全国物理化学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

孟凡敏 （国家标准物质研究中心）

参加起草人：

李 佳 （国家标准物质研究中心）

孙国华 （国家标准物质研究中心）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量性能要求	(1)
5 通用技术要求	(1)
6 计量器具控制	(1)
6.1 检定条件	(1)
6.2 检定项目和检定方法	(2)
6.3 检定结果的处理	(4)
6.4 检定周期	(4)
附录 A 热量计结构图和连接图	(5)
附录 B 检定记录格式	(7)
附录 C 饱和水蒸气压(s)	(8)
附录 D 毫米水柱与帕斯卡换算表	(10)
附录 E 水流型气体热量计检定操作说明	(11)
附录 F 检定证书(内页)格式	(13)
附录 G 检定结果通知书(内页)格式	(14)

水流型气体热量计检定规程

1 范围

本规程适用于测量燃气热值范围为 $(8\,370 \sim 62\,800)\text{kJ/m}^3$ 水流型气体热量计(以下简称热量计)的首次检定、后续检定和使用中检验;型式评价或样机试验中有关计量性能的要求及试验方法也可参照使用。

2 引用文献

GB 12206—1990 《城市燃气热值测定方法》

使用本规程时,应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

该热量计用于测定可燃气体(如天然气、城市燃气及工业燃气等)的热值,也可作为工业生产中使用的记录式热量计或气体热值指数仪的验证手段。其结构示意图见附录 A 图 A.1

一定量的燃气经稳压稳流后进入本生灯,在热量计内完全燃烧,燃烧时放出的热量被连续的水流吸收,根据仪器平衡时的各个参数,计算标准立方米燃气产生的热量。

4 计量性能要求

4.1 热量计修正因子应在 $0.99 \sim 1.01$ 之间。

4.2 测量重复性应小于 0.8% 。

5 通用技术要求

5.1 热量计铭牌应标明名称、型号、制造厂名、出厂编号、 标志等。

5.2 热量计本体不能漏水,各调节器应能正常调节,各紧固件无松动。

5.3 热量计与配套设备连接后的气密性,在 0.5 kPa 压力下, 5 min 内气体压力应保持不变。

6 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

6.1 检定条件

6.1.1 检定环境条件

6.1.1.1 环境温度为 $(18 \sim 28)^\circ\text{C}$,检定过程中温度波动不超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

6.1.1.2 热量计及检定设备应置于没有热辐射影响、没有强空气对流的环境中。

6.1.1.3 室内装有排风装置,以排除烟气。

6.1.1.4 检定开始前,燃气湿润器、湿式气体流量计、气体稳压器(若需要使用)内的水温

应与室温达到平衡,其温差不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 检定设备

6.1.2.1 甲烷燃烧热标准物质

甲烷燃烧热标准物质,标准值 $39\,839\text{ kJ/m}^3$,扩展不确定度 0.3% , $k=2$ 。

6.1.2.2 配套设备

表 1 检定配套设备

序号	名称	数量	技术要求
1	精密水银温度计	2	量程 $(0\sim 50)^{\circ}\text{C}$,分度值 0.1°C
2	气压计	1	分度值不大于 0.05 kPa
3	天平或台秤	1	最大称量 $\geq 5\text{ kg}$,分度值 $\leq 1\text{ g}$
4	电子秒表	1	分度值 0.01 s
5	湿式气体流量计	1	量程 5 L ,分度值 0.02 L
6	水银温度计	5	量程 $(0\sim 50)^{\circ}\text{C}$,分度值 0.2°C
7	盛水容器	2	容积 $\geq 5\text{ L}$
8	高位水箱	1	容积 $\geq 200\text{ L}$
9	量筒	1	容积 50 mL ,分度值 1 mL
10	空气湿润器	1	——
11	气体稳压器	1	——
12	燃气湿润器	1	——
注:前 5 项应具有在有效期内的检定证书。			

6.2 检定项目和检定方法

6.2.1 检定项目

表 2 检定项目

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观要求	+	+	+
修正系数	+	+	+
测量重复性	+	+	+
注:“+”表示应检项目。			

6.2.2 检定方法

6.2.2.1 外观及常规检查

将热量计与检定设备按附录 A 图 A.2 连接,并做气密性检查。应符合第 5 条通用技术要求。

6.2.2.2 按照附录 E 调试热量计。

6.2.2.3 待热量计处于平衡状态时,开始正式测定。

6.2.2.4 按照附录 E 测量热值标准气体的热值,连续 6 次。

6.2.2.5 标准气体高位热值

标准气体高位热值按公式(1)和公式(2)计算

$$Q_{\text{GW}} = \frac{cW(t_{\text{出}} - t_{\text{进}})}{FV} \quad (1)$$

式中: Q_{GW} ——实际测得的高位热值, kJ/m^3 ;

c ——水的比热容, $\text{J}/\text{g} \cdot \text{K}$;

W ——一次实验中流过热量计的水量, g ;

$t_{\text{进}}, t_{\text{出}}$ ——分别为热量计进、出水的平均温度, $^{\circ}\text{C}$;

V ——一次实验中消耗的燃气量, L 。

$$F = \frac{273.15 \times (p + b - s)}{(t_g + 273.15) \times 101.325} \times f_1 \quad (2)$$

式中: F ——燃气体积修正系数,用于将实验条件下消耗的湿气体积换算到标准状态下干气体积;

t_g ——燃气温度, $^{\circ}\text{C}$;

p ——大气压值, kPa ;

b ——流量计内燃气压力, kPa ;

s ——水的饱和蒸汽压, kPa ;

f_1 ——湿式流量计修正系数。

注:在计算测量结果时,应对各参量的仪器示值按检定证书给定的修正值修正。

6.2.2.6 标准气体低位热值

标准气体低位热值按公式(3)计算

$$Q_{\text{DW}} = Q_{\text{GW}} - 2512 \times \frac{W'}{V'F} \quad (3)$$

式中: Q_{DW} ——实际测得的低位热值, kJ/m^3 ;

W' ——冷凝水量, g ;

V' ——总耗标准气体量, L 。

其余符号意义同前。

6.2.2.7 测量重复性

按公式(4)计算测量重复性,结果应符合第 4 条计量性能要求。

$$R = \frac{(Q_{\text{GW}})_{\text{max}} - (Q_{\text{GW}})_{\text{min}}}{\bar{Q}_{\text{GW}}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: R ——测量重复性;

$(Q_{\text{GW}})_{\text{max}}$ ——六次测定中的最大值, kJ/m^3 ;

$(Q_{\text{GW}})_{\text{min}}$ ——六次测定中的最小值, kJ/m^3 ;

$\bar{Q}_{\text{GW}}$ ——六次测定的平均值, kJ/m^3 。

6.2.2.8 修正因子

按公式(5)计算修正因子,结果应符合第4条计量性能要求。

$$f_2 = \frac{\bar{Q}_{\text{GW}}}{Q_{\text{GW标}}} \quad (5)$$

式中: f_2 ——修正因子;

$Q_{\text{GW标}}$ ——标准气体的高位热值, kJ/m^3 。

6.3 检定结果的处理

经检定符合本规程要求的热量计发给检定证书(检定证书内页格式见附录F),不符合的发给检定结果通知书(检定结果通知书内页格式同附录F),并指出不合格项目。

6.4 检定周期

检定周期一般不超过1年。

附录 A

热量计结构图和连接图

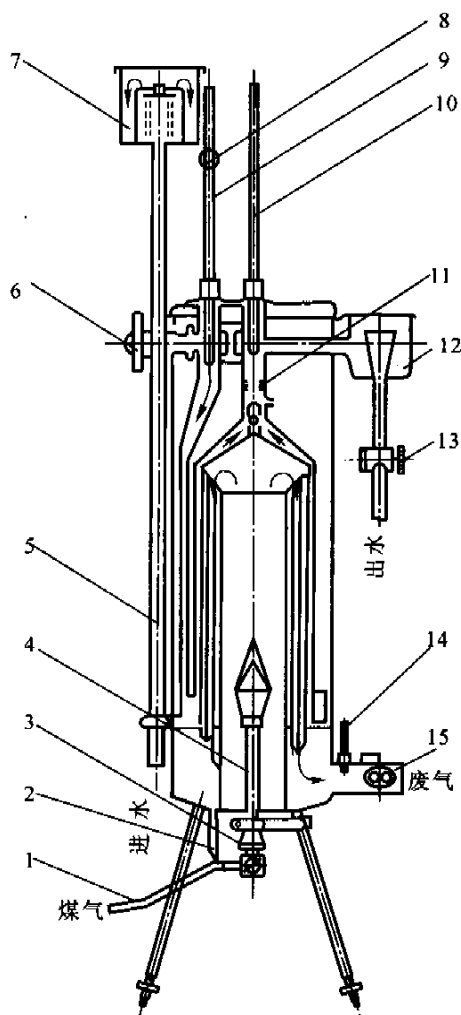


图 A.1

- 1—进气管;2—冷凝水管;3—一次空气调节板;4—本生灯;5—进水管;6—进水调节阀;
7—进水位器;8—放大镜;9—进水口温度计;10—出水口温度计;11—匀水混合片;
12—出水水位器;13—出水口切换阀;14—废气温度计;15—蝶型调节阀

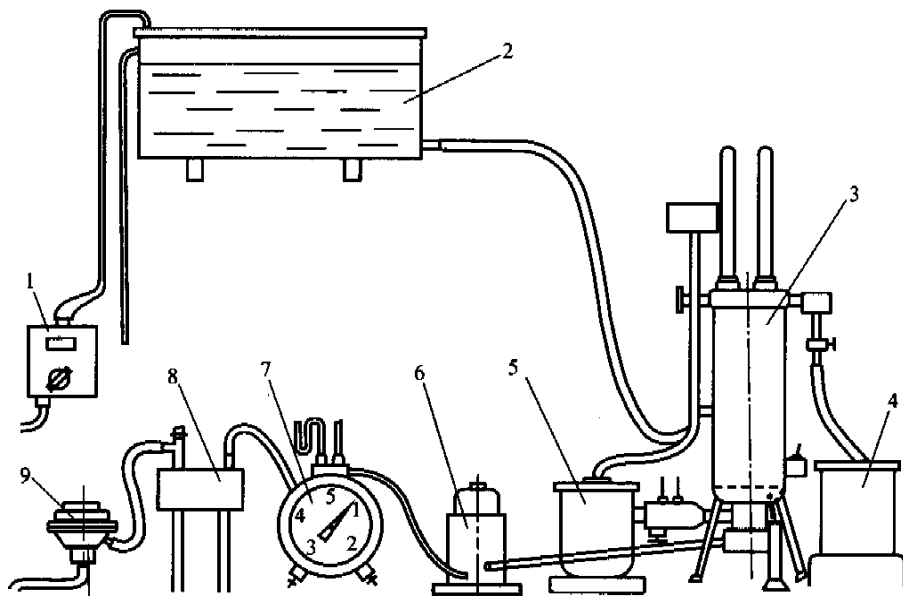


图 A.2

- 1—水温调节器；2—高位水箱；3—热量计；4—盛水容器；5—空气湿润器；
6—气体稳压器；7—湿式气体流量计；8—燃气湿润器；9—调压器

附录 B

检定记录格式

送检单位：

仪器型号：

设备编号：

标准气体编号			标准热值 kJ/m^3					
流量计编号			修正系数 $f_1 =$					
进水温度计编号	露头温度	℃	出水温度计编号	露头温度	℃			
室温		℃	烟气温度		℃			
气压计示值		kPa	修正后气压值 $p =$		kPa			
燃气压力 $b =$		mmH ₂ O =	kPa					
燃气温度 $t_g =$		℃	气体饱和水蒸气压 $s =$ Pa					
干球温度		℃	湿球温度		℃	相对湿度	%	
测量一次耗气量 $V =$		L	进出水温度测量					
测量低位热值耗气量 $V' =$		L	第 次	第 次	第 次			
$V'(\text{L})$ 燃气燃烧产生的冷凝水量 $W' =$		g	进水	出水	进水	出水	进水	出水
燃气体积修正系数								
$F = \frac{273.15 \times (p + b - s)}{(t_g + 273.15) \times 101.325} \times f_1$								
=								
燃气低位热值								
$Q_{\text{DW}} = \bar{Q}_{\text{CW}} - 2512 \frac{W'}{V'F}$								
=		(kJ/m ³)						
仪器修正因子 $f_2 = \frac{\bar{Q}_{\text{CW}}}{\bar{Q}_{\text{CW标}}} =$		平均温度/℃						
		示值修正/℃						
		露头修正/℃						
		修正温度/℃						
		进出水温差/℃						
		水重 W/g						
测量重复性 $R =$ $\frac{(Q_{\text{CW}})_{\text{max}} - (Q_{\text{CW}})_{\text{min}}}{\bar{Q}_{\text{CW}}} \times$ 100 % =		燃气高位热值 $Q_{\text{CW}} = \frac{c \Delta t W}{FV}$	(kJ/m ³)		(kJ/m ³)		(kJ/m ³)	
		燃气高位平均热值 $\bar{Q}_{\text{CW}} = \frac{\sum_{i=1}^3 Q_{\text{CW}}}{3}$	(kJ/m ³)					

检定日期：

检定员：

核验员：

附录 C

饱和水蒸气压力 (s)

Pa

t/℃	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	611.2	615.7	620.2	624.7	629.2	633.8	638.4	643.0	647.7	652.4
1	657.1	661.8	666.6	671.4	676.2	681.1	686.0	691.0	695.9	700.9
2	705.9	711.0	716.1	721.2	726.4	731.6	736.8	742.1	747.3	752.7
3	758.0	763.4	768.8	774.3	779.8	785.3	790.9	796.5	802.1	807.8
4	813.5	819.2	825.0	830.8	836.6	842.5	848.4	854.4	860.4	866.4
5	872.5	878.6	884.7	890.9	897.1	903.4	909.7	916.0	922.4	928.8
6	935.2	941.7	948.2	954.8	961.4	968.1	974.8	981.5	988.3	995.1
7	1001.9	1008.8	1015.8	1022.7	1029.8	1036.8	1043.9	1051.1	1058.3	1065.5
8	1072.8	1080.1	1087.5	1094.9	1102.4	1109.9	1117.4	1125.0	1132.7	1140.3
9	1148.1	1155.8	1163.7	1171.5	1179.5	1187.4	1195.4	1203.5	1211.6	1219.7
10	1227.9	1236.2	1244.5	1252.8	1261.2	1269.7	1278.2	1286.7	1295.3	1304.0
11	1312.7	1321.4	1330.2	1339.1	1348.0	1356.9	1366.6	1375.0	1384.1	1393.3
12	1402.5	1411.8	1421.1	1430.5	1440.0	1449.4	1459.0	1468.6	1478.2	1488.0
13	1497.7	1507.5	1517.4	1527.4	1537.4	1547.4	1557.5	1567.7	1577.9	1588.2
14	1598.6	1609.0	1619.4	1630.0	1640.5	1651.2	1661.9	1672.7	1683.5	1694.4
15	1705.3	1716.3	1727.4	1738.5	1749.8	1761.0	1772.3	1783.7	1795.2	1806.7
16	1818.3	1829.9	1841.7	1853.4	1865.3	1877.2	1889.2	1901.2	1913.3	1925.5
17	1937.8	1950.1	1962.5	1975.0	1987.5	2000.1	2012.7	2025.5	2038.3	2051.1
18	2064.1	2077.1	2090.2	2103.4	2116.6	2129.9	2143.3	2156.8	2170.3	2183.9
19	2197.6	2211.3	2225.2	2239.1	2253.0	2267.1	2281.2	2295.4	2309.7	2324.1
20	2338.5	2353.1	2367.7	2382.4	2397.1	2412.0	2426.9	2441.9	2456.9	2472.1
21	2487.4	2502.7	2518.1	2533.6	2549.2	2564.9	2580.6	2596.4	2612.3	2628.3
22	2644.4	2660.0	2676.9	2693.2	2709.6	2726.1	2742.8	2759.5	2776.2	2793.1
23	2810.1	2827.1	2844.3	2861.5	2878.8	2896.2	2913.7	2931.3	2949.0	2966.8
24	2984.7	3002.7	3020.7	3038.9	3057.2	3075.5	3094.0	3112.5	3131.2	3149.9
25	3168.7	3187.7	3206.7	3225.9	3245.1	3264.4	3283.9	3303.4	3323.0	3342.8

表 (续)

$t/^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	3362.6	3382.5	3402.6	3422.7	3443.0	3463.3	3483.8	3504.4	3525.1	3545.8
27	3566.7	3587.7	3608.8	3630.0	3651.3	3672.8	3694.3	3715.9	3737.7	3759.6
28	3781.5	3803.6	3825.8	3848.1	3870.6	3893.1	3915.8	3938.5	3961.4	3984.4
29	4007.5	4030.8	4054.1	4077.6	4101.2	4124.9	4148.7	4172.7	4196.7	4220.9
30	4245.2	4269.6	4294.2	4318.9	4343.6	4368.6	4393.6	4418.8	4444.1	4469.5
31	4495.0	4520.7	4546.5	4572.4	4598.5	4624.7	4651.0	4677.4	4704.0	4730.7
32	4757.5	4784.5	4811.6	4838.8	4866.2	4893.7	4921.3	4949.1	4977.0	5005.0
33	5033.2	5061.5	5090.0	5118.6	5147.3	5176.2	5205.2	5234.4	5263.7	5293.1
34	5322.7	5352.4	5382.3	5412.3	5442.4	5472.7	5503.2	5533.8	5564.5	5595.4
35	5626.5	5657.6	5689.0	5720.5	5752.1	5783.9	5815.8	5847.9	5880.2	5912.6
36	5945.1	5977.8	6010.7	6043.7	6076.9	6110.3	6143.8	6177.4	6211.2	6245.2
37	6279.3	6313.6	6348.1	6382.7	6417.5	6452.4	6487.5	6522.8	6558.3	6593.9
38	6629.7	6665.6	6701.7	6738.0	6774.4	6811.1	6847.7	6884.8	6922.0	6959.3
39	6996.8	7034.4	7072.2	7110.2	7148.4	7186.8	7225.3	7264.0	7302.9	7342.0
40	7381.3	7420.1	7460.3	7500.1	7540.1	7580.3	7620.6	7661.2	7701.9	7742.8

附录 D

毫米水柱与帕斯卡换算表

水柱/mmH ₂ O	帕斯卡/Pa	水柱/mmH ₂ O	帕斯卡/Pa
14	137.3	36	353.0
15	147.1	37	362.8
16	157.0	38	372.6
17	166.7	39	382.4
18	176.5	40	392.3
19	186.3	41	402.1
20	196.1	42	411.9
21	205.9	43	421.7
22	215.7	44	431.5
23	225.5	45	441.3
24	235.4	46	451.1
25	245.2	47	460.9
26	255.0	48	470.7
27	264.8	49	480.5
28	274.6	50	490.3
29	284.4	51	500.1
30	294.2	52	510.0
31	304.0	53	519.7
32	313.8	54	529.5
33	323.6	55	539.4
34	333.4	56	549.2
35	343.2	57	559.0

附录 E

水流型气体热量计检定操作说明

E.1 配套设备的说明

序号	名称	技术要求	用 途
1	水银温度计	量程 (0 ~ 50)℃, 分度值 0.1℃	测量热量计进水口、出水口两处的水温
2	气压计	分度值不大于 0.05 kPa	测量试验环境的气压
3	天平或台秤	最大称量 5 kg, 分度值 1 g	称量收集于盛水容器中的水量
4	电子秒表	分度值 0.01 s	测定燃气流量
5	湿式气体流量计	分度值 0.02 L	测量燃气的流量, 使用前用标准瓶标定, 并计算出修正系数
6	水银温度计	量程 (0 ~ 50)℃, 分度值 0.2℃	测量室温、燃气温度、烟气温度及空气湿润器内空气流的干、湿温度, 使用前应校准
7	盛水容器	容积 5 L	收集热量计出水口处的水
8	高位水箱	容积大于 200 L	置于 2 m 以上, 试验水源
9	量筒	容积 50 mL, 分度值 1 mL	若需要测量低位热值, 收集冷凝水管滴出的冷凝水
10	空气湿润器	——	调节助燃空气的相对湿度
11	气体稳压器	——	使燃气以稳定的流量进入热量计, 可用其他稳压阀代替
12	燃气湿润器	——	使燃气充分加湿

E.2 试验前的准备与热量计的调试

E.2.1 将热量计与检定用设备按附录 A 图 A.2 连接, 并做气密性检查, 气体压力为 0.5 kPa, 在 5 min 内其压力保持不变。

E.2.2 向气体稳压器 (若需要使用) 环行槽内注入一定量的蒸馏水, 和燃气充分混合达到饱和。

E.2.3 向燃气湿润器内部注入蒸馏水至规定的液面高度。

E.2.4 将温度计插入热量计出水口处, 使其温包与匀水混合片相距 6 mm, 然后将另一支温度计插入进水口处, 深度与出水口温度计相同。

E.2.5 调节热量计底脚的三个螺钉, 观察热量计水平悬锤, 使热量计本体保持垂直位置。

E.2.6 调节高位水箱内水温低于室温 (1.5 ~ 2.5)℃, 检定过程中温度变化小于

0.05℃。

E.2.7 打开高位水箱阀门和热量计进水阀，调节热量计进水阀使进、出水水位器始终保持有溢流。

E.2.8 选用直径为 1.5 mm 的燃气喷嘴，打开甲烷燃烧热标准物质瓶阀使标准气体通入本生灯后调整气体稳压器上的重块（若需要使用），用电子秒表测定气体流量计指针指示燃气流动 1 L 约 36 s，即保持热量计的热负荷为（3 600 ~ 4 200）kJ/h。

E.2.9 点燃本生灯，转动一次空气调节板，使其出现双层火焰并有稳定清晰的内锥。

E.2.10 将本生灯固定到热量计内，再调节进水阀，使热量计出水口水的温度高于进水口水的温度（10 ~ 12）℃。

E.2.11 旋转空气湿润器调节阀使助燃空气流相对湿度保持在（80 ± 5）%。

E.2.12 待热量计出水口处的温度波动小于 0.2℃，燃烧产生的气态水冷凝后从冷凝水管匀速滴出，即热量计处于平衡状态，此时方可开始试验。

E.3 标准气体热值的测定方法

E.3.1 读取气压计（读准到 0.05 kPa）及室温（读准到 0.2℃）。

E.3.2 读取流量计内燃气压力（读准到 9.8 Pa）及燃气温度（读准到 0.2℃）。

E.3.3 读取空气湿润器的干、湿球温度及烟气温度（分别读准到 0.2℃）。

E.3.4 在流量计指针指向某个示值时，旋转热量计出水口切换阀，使水流入盛水容器，开始收集水。

E.3.5 流量计指针每移动 0.5 L 时，读取出、进水温度（读准到 0.01℃），当读取第 10 次出水温度时，转动出水口切换阀到另一方，称量盛水容器内的水重，一次实验耗气量为 5 L。

E.3.6 连续测量 6 次。

附录 F

检定证书（内页）格式

检 定 结 果

- 1 外观及标志_____
- 2 热量计修正因子_____
- 3 测量重复性_____

说明：

1. 检定环境： 温度： ℃；相对湿度： %；大气压： kPa
2. 检定技术依据：JJG 412—2005《水流型气体热量计检定规程》
3. 计量授权号：
4. 检定用标准器名称、型号规格、编号、准确度等级：

5. 检定结果的扩展不确定度：
6. 检定机构地址、联系电话：

附录 G

检定结果通知书（内页）格式

检 定 结 果

- 1 外观及标志_____
- 2 热量计修正因子_____
- 3 测量重复性_____

说明：

1. 不合格项目：
2. 检定环境： 温度： ℃；相对湿度： %；大气压： kPa
3. 检定技术依据：JJG 412—2005《水流型气体热量计检定规程》
4. 计量授权号：
5. 检定用标准器名称、型号规格、编号、准确度等级：
6. 检定结果的扩展不确定度：
7. 检定机构地址、联系电话：