



中华人民共和国地方计量技术规范

JJF (冀) 3036—2024

天然气质量参数计量技术规范

Metrological Specification for the Quality parameters of

2024-05-16 发布

2024-07-01 实

河北省市场监督管理局 发布

天然气质量参数计量技术 规范

JJF (冀) 3036—

Metrological Specification for
the Quality parameters of Natural Gas

归口单位：河北省市场监督管理局

主要起草单位：河北省计量监督检测研究院

天津市计量监督检测科学研究院

北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：邯郸市产品质量监督检验所

岛津企业管理（中国）有限公司

河北华通燃气设备有限公司

河北中石油昆仑天然气有限公司

石家庄新奥燃气有限公司

本规范委托河北省计量监督检测研究院负责解释

本规范主要起草人：邢静芳（河北省计量监督检测研究院）

刘 明（天津市计量监督检测科学研究院）

瞿 蒙（北京市计量检测科学研究院）

参加起草人：郑冠鸿（邯郸市产品质量监督检验所）

贾志卓（河北省计量监督检测研究院）

杜 鑫（岛津企业管理（中国）有限公司）

高 松（河北中石油昆仑天然气有限公司）

吴琼晔（石家庄新奥燃气有限公司）

目 录

引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	1
3.1 术语	1
3.2 计量单位	2
4 计量技术要求	3
5 计量条件	3
5.1 环境条件	3
5.2 参比条件	3
5.3 测量标准及配套设备	3
6 计量项目	4
7 计量方法	5
7.1 组分含量	5
7.2 高位发热量	5
7.3 总硫含量（以硫计）	6
7.4 硫化氢	7
7.5 水露点	7
8 计量结果的表达与报告	8
附录 A 天然气中常见组分的摩尔质量及物性参数	9
附录 B 天然气高位发热量计算及不确定度评定示例	10
附录 C 天然气总硫含量（以硫计）测量不确定度评定示例	18
附录 D 硫化氢含量测量不确定度评定示例	21
附录 E 水露点测量不确定度评定示例	24
附录 F 检测报告参考格式	26

引 言

本规范根据我国天然气质量参数计量的需要，结合我国天然气质量参数计量技术水平和行业现状制定。

JJF 1001《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性规范。为了规范天然气质量参数计量工作，参照 GB 17820《天然气》、GB 55009《燃气工程项目规范》、GB/T 20604-2006《天然气词汇》、GB/T 37124《进入天然气长输管道的气体质量要求》、GB/T 18603《天然气计量系统技术要求》进行制定。

GB/T 37124-2018 和 GB 17820-2018 中推荐了天然气质量各项参数的计量方法，共涉及 20 多项国家标准或行业标准，操作过程繁简不一，使用的计量设备准确度不近相同，测量结果的不确定度等计量结果的表达未作规定。为统一京津冀地区天然气质量参数的量值统一、准确可靠，便于用户理解、使用计量结果，制定本技术规范。

本规范不涉及与其应用有关的所有安全问题。

本规范为首次制定。

天然气质量参数计量技术规范

1 范围

本规范适用于管道天然气的质量参数计量，涉及本规范计量项目的其他天然气的质量参数计量参考本规范。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 700 气相色谱仪

JJF 1993-2-2022 天然气能量计量技术规范

GB/T 11060.10-2021 天然气含硫化合物的测定第 10 部分：用气相色谱法测定硫化合物

GB/T 11062-2020 天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法

GB/T 13610-2020 天然气的组成分析 气相色谱法

SY/T 6899-2022 天然气水露点的测定电容法

凡是注日期的引用文件，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（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 术语

3.1.1 管道天然气 pipeline natural gas

经过处理的、通过管道输送的天然气，包括长输管道天然气和城镇管道天然气。

3.1.2 天然气质量参数 natural gas quality parameters

用来衡量天然气属性的指标，一般包括组分含量、高位发热量、总硫含量、硫化氢含量和水露点等。

3.1.3 压缩因子 compression factor

在规定的压力和温度条件下，给定质量的气体的真实体积除以在相同条件下按理想气体定律计算出的该气体的体积。

[GB/T 11062-2020, 3.10]

3.1.4 干基 dry basis

含水蒸气摩尔分数不大于 0.000 05 的天然气, 在进行天然气发热量计算时, 水的含量设定为零。

[GB/T 18603-2014, 3.14]

3.1.5 燃烧参比条件 combustion reference conditions

天然气燃烧时规定的温度 t_1 、压力 p_1 和含水状态。

注: 本规范使用的燃烧参比条件为 20℃, 101.325kPa, 干基。

[JJF 1993-2022, 3.1.4]

3.1.6 计量参比条件 metering reference conditions

燃料贸易交接计量时, 规定的气体温度 t_2 和压力 p_2 。

注: 本规范使用的计量参比条件为 20℃, 101.325 kPa。

[JJF 1993-2022, 3.1.5, 有修改]

3.1.7 高位发热量 calorific value, H

单位量的气体在空气中完全燃烧时所释放出的热量, 其燃烧生成的水蒸气冷凝为液体, 其余产物均为气态。

注: 本规范中指高位体积发热量。

[GB/T 1993-2022, 3.1.6, 有修改]

3.1.8 总硫 total sulfur

天然气中检测出的硫总量。

[GB/T 20604-2006, 2.5.3.3.17]

3.1.9 水露点 water dew point

在规定压力下, 高于此温度时无冷凝水出现。

注: 在上述露点温度下, 当压力低于规定压力时无冷凝现象。

[GB/T 20604-2006, 2.6.5.1.1]

3.1.10 有证气体标准物质 gas reference material

附有资质的机构发布的证书, 提供使用有效程序获得的具有不确定度和溯源性的一个或多个特性量值的气体标准物质。

[JJF 1001, 8.15, 有修改]

3.2 计量单位

计量单位见表 1。

表1 计量单位

序号	参数名称	计量单位名称	计量单位符号
1	高位发热量	兆焦每立方米	MJ/m ³
2	组分含量	摩尔每摩尔或百分比	mol/mol 或%
3	总硫或硫化氢含量	摩尔每摩尔或毫克每立方米	mol/mol 或 mg/m ³
4	水露点	摄氏度	℃

4 计量技术要求

管道天然气质量参数计量技术要求见表2。

表2 管道天然气质量参数计量技术要求

计量项目	天然气质量参数计量技术要求		
	长输管道	城镇管道	
		一类	二类
高位发热量/(MJ/m ³)	≥34.0	≥34.0	≥31.4
二氧化碳摩尔分数/%	≤3.0	≤3.0	≤4.0
一氧化碳摩尔分数/%	≤0.1	—	
氢气摩尔分数/%	≤3.0	—	
氧气摩尔分数/%	≤0.1	—	
总硫含量(以硫计)/(mg/m ³)	≤20	≤20	≤100
硫化氢含量/(mg/m ³)	≤6	≤6	≤20
水露点/℃	应比输送条件下最低环境温度低5℃		—

注：计量参比条件为101.325kPa，20℃。

5 计量条件

5.1 环境条件

- 5.1.1 环境温度：(15~35)℃；
- 5.1.2 相对湿度：20%~85%；
- 5.1.3 大气压力：(86~106)kPa；
- 5.1.4 无明显的机械振动、无较强的电磁干扰；
- 5.1.5 环境条件应该保证通风良好。

5.2 参比条件

本规范采用的计量参比条件为：20℃，101.325kPa，干基。

5.3 测量标准及配套设备

测量标准及配套设备见表 3 所示。

表 3 测量标准及配套设备

序号	测量标准或 配套设备名称	测量范围	技术要求	用途
1	气相色谱仪 (配备用于测定组分的 检测器)	(0~100) % (mol/mol)	定性重复性 $\leq 1\%$ 定量重复性 $\leq 3\%$	测量 组分 含量
2	甲烷中乙烷、丙烷、异丁 烷、正丁烷等气体标准物质	/	组分摩尔含量 不确定度: $U_t \leq 2\%$, $k=2$	
3	气相色谱仪 (配备用于测定硫化化合物的 检测器)	(0~100) % (mol/mol)	定性重复性 $\leq 1\%$ 定量重复性 $\leq 3\%$	测量总硫和 硫化氢含量
4	氮中硫化物气体标准物质	/	组分摩尔含量 不确定度: $U \leq 2\%$, $k=2$	
5	露点仪	(-70~10) °C	最大允许误差: $\pm 2^\circ\text{C}$ 分辨力: 0.1 °C	测量水露点
6	温湿度表	(0~50) °C 10%~90%	温度分度值 $\leq 1^\circ\text{C}$ 湿度 MPE: $\pm 10\%$	测量环境 温湿度
7	大气压力计	(80~106) kPa	MPE: ± 2.5 hPa	测量环境 大气压力

6 计量项目

天然气质量参数计量项目见表 4。

表 4 天然气质量参数计量项目

计量项目	长输管道天然气	城镇管道天然气
组分含量	+	+
高位发热量	+	+
总硫含量(以硫计)	+	+
硫化氢含量	+	+
水露点	+	—

注: 与高位发热量相关的组分含量均应计量, 检测报告中提供具有计量技术要求的组分含量计量结果, 未按规定计量技术要求的其他组分可根据委托要求提供计量结果。

7 计量方法

7.1 组分含量

依据 GB/T 13610, 使用气相色谱仪测量天然气样品的组分。气相色谱仪一般由载气、色谱柱、测定相应组分的检测器和记录仪等组成, 如图 1 所示。将天然气样品和已知组成的标准混合气, 在同样的操作条件下, 利用色谱柱先将混合气体分离, 然后依次导入检测器, 以得到各组分的检测信号。按照导入检测器的先后次序, 经过对比, 可以区别出具体组分, 根据峰高度或峰面积计算出各组分含量。每个组分重复计量 2 次, 以 2 次算数平均值作为计量结果。

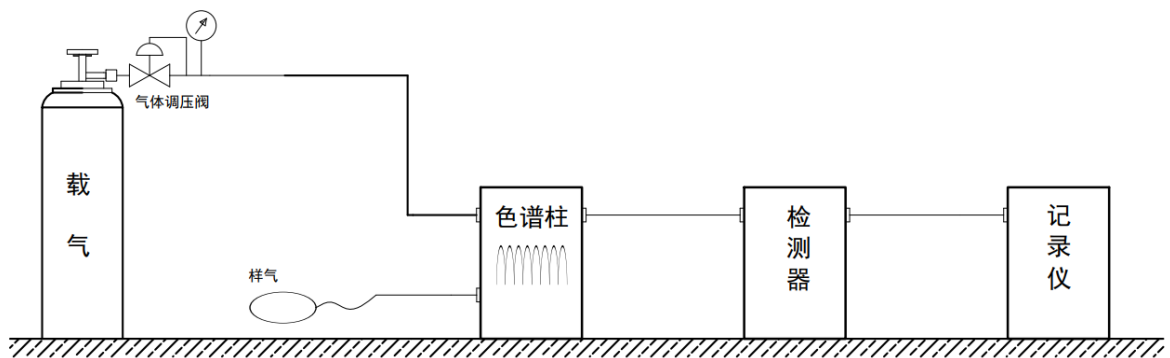


图 1 组分含量计量示意图

7.2 高位发热量

本规范中高位发热量采用间接测定法获得。间接测定法是指通过测量天然气各组分含量, 乘以所对应纯气体的高位发热量, 将各项加和, 同时考虑天然气的可压缩性, 计算得到高位发热量。

根据天然气组分含量的测定结果, 依据 GB/T 11062 可计算得到计量参比条件下天然气的体积发热量。

通过色谱仪测定得到被测天然气样品的各组分含量, 根据公式 (1) 计算天然气真实气体体积发热量:

$$(H_v)_G(t_1; t_2; p_2) = \frac{(H_c)_G^0(t_1)}{V} \quad (1)$$

式中:

$(H_v)_G(t_1; t_2; p_2)$ ——以体积为基准的真实气体的高位发热量, MJ/m^3 ;

$(H_c)_G^0(t_1)$ ——天然气混合物的理想气体总摩尔发热量, MJ/mol , 按照公式

(2) 计算;

V ——混合气体的真实气体摩尔体积 m^3/mol ，按照公式 (3) 计算；

t_1 ——燃烧参比温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_2 ——计量参比温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

p_2 ——计量参比压力，Pa；

$$(H_c)_G^0(t_1) = \sum_{j=1}^N x_j g[(H_c)_G^0]_j(t_1) \quad (2)$$

式中：

x_j ——天然气混合物中组分 j 的摩尔分数；

$[(H_c)_G^0]_j(t_1)$ —— j 组分的总的理想摩尔发热量， MJ/m^3 。

$$V = Z(t_2, p_2) gR gT_2 / p_2 \quad (3)$$

式中：

$Z(t_2, p_2)$ ——计量参比条件下的压缩因子，参照公式 (4) 计算。

R ——摩尔气体常数，取自 CODATA (国际科技数据委员会) 的推荐，取值为 $8.3144621 \text{ J gmol}^{-1} \text{ gK}^{-1}$ ；

T_2 ——绝对温度，当计量参比温度为 20°C 时，取值为 293.15 K 。

$$Z(t_2, p_2) = 1 - \left(\frac{p_2}{p_0} \right) \times \left[\sum_{j=1}^N x_j g_j(t_2, p_0) \right]^2 \quad (4)$$

式中：

p_0 ——参比基准压力，这里取值 101.325 kPa ；

$g_j(t_2, p_0)$ ——求和因子，参见 GB/T11062-2020 表 2 所示。

计量参比条件下，天然气中常见组分的摩尔质量、理想体积发热量、理想摩尔发热量、理想质量发热量、压缩因子和求和因子如附录 A 所示。

7.3 总硫含量（以硫计）

天然气中含有硫化氢、基硫、C1~C4 的烷基硫醇和四氢噻吩 (THT) 等含硫化合物，所有含硫化合物（以硫计）加和后得到总硫。

7.3.1 含硫化合物测量

依据 GB/T 11060.10，如图 1 所示，用气相色谱仪将天然气样品中所有待测含硫化合物通过色谱柱进行物理分离，分离后进入测定含硫化合物的检测器，对

硫化物含量进行测定, 并通过与有证气体标准物质比较而定量。有证气体标准物质和天然气样品在同一测试系统中采用相同的操作条件进行测定。每个组分重复测量 2 次, 以 2 次算数平均值作为测量结果。

7.3.2 总硫含量 (以硫计) 计算

首先计量出被检气体中各含硫组分的摩尔含量, 被检气体中含硫组分质量含量依据公式 (5) 计算。

$$m_i = \frac{p \times M_i \times V_{\text{cyl}}}{R \times T} \times x_i \quad (5)$$

式中:

m_i ——第 i 种硫化物质量, mg;

p ——测定样气组分质量浓度时, 纯理论性地规定的压力, 101.325 kPa;

M_i ——第 i 种硫化物摩尔质量, g/mol;

V_{cyl} ——检测用气体体积, m^3 ;

x_i ——检测到的第 i 种硫化物含量 (摩尔含量), mol/mol;

R ——摩尔气体常数, $R = 8.3144621 \text{ J gmol}^{-1} \text{ gK}^{-1}$;

T ——测定样气组分质量浓度时, 纯理论性地规定的温度, 293.15 K;

被检气体总硫含量 (以硫计) 计算见公式 (6) 所示。

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{V_{\text{cyl}}} \quad (6)$$

式中:

a ——总硫含量 (质量), mg/m^3 ;

7.4 硫化氢

硫化氢含量测量与计算参考 7.3, 用气相色谱仪将天然气样品中硫化氢通过色谱柱进行物理分离, 分离后进入测定硫化氢的检测器, 对硫化氢含量进行测定, 并通过与有证气体标准物质比较而定量。有证气体标准物质和天然气样品在同一测试系统中采用相同的操作条件进行测定。每个组分重复测量 2 次, 以 2 次算数平均值作为测量结果。质量浓度计算参照公式 (5) 和 (6)。

7.5 水露点

依据 SY/T 6899-2022，如图 2 所示，气样以稳定的流量通过测定室中的多孔性氧化铝吸湿层时，吸湿层吸收水分子后，基于水分子的导电性，导致电容值发生变化，在一定范围内，电容值的变化与水含量呈一定的对应关系，测定其电容值即可获得气样中的水含量，再通过露点仪中安装的软件将水含量换算为大气压下的水露点。每次重复测量 2 次，以 2 次算数平均值作为测量结果。

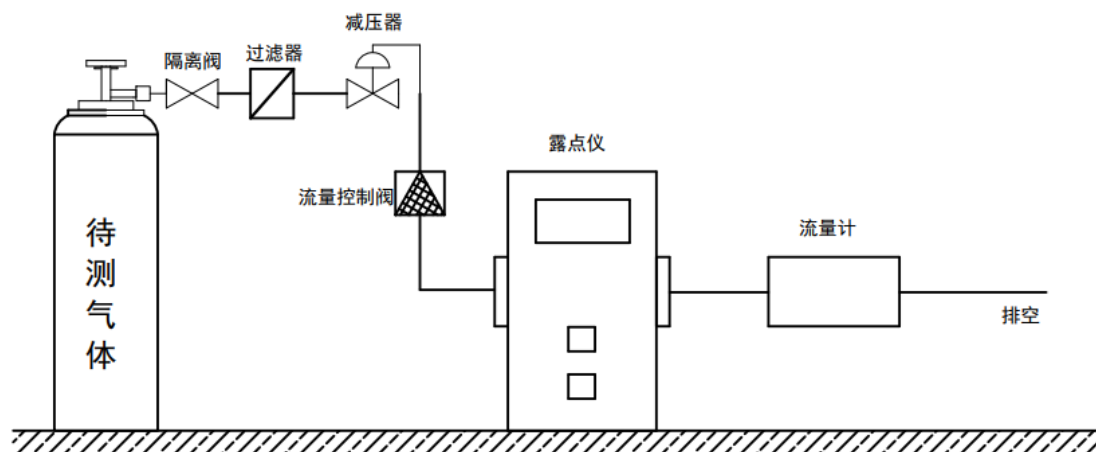


图 2 水露点检测示意图

8 计量结果的表达与报告

天然气质量参数计量结果为各参数量值及其测量不确定度。

测量结果不确定度评定示例见附录 B、附录 C、附录 D 和附录 E。

按照本规范出具检测报告，参考格式见附录 F。

附录 A

天然气中常见组分的摩尔质量及物性参数

计量参比条件 (20℃、101.325kPa) 下天然气中常见组分的摩尔质量及物性参数见表 A.1。

表 A.1 计量参比条件 (20℃、101.325kPa) 下天然气中常见组分的
摩尔质量及物性参数

序号	组分 化学式	英文名称	中文名称	摩尔质量 M_i kg/kmol	理想摩尔发热量 \bar{H}_i^0 MJ/kmol	求和因子 s_i
1	CH ₄	Methane	甲烷	16.042460	891.050000	0.043170
2	C ₂ H ₆	Ethane	乙烷	30.069040	1561.420000	0.089500
3	C ₃ H ₈	Propane	丙烷	44.095620	2220.130000	0.130800
4	n-C ₄ H ₁₀	Butane	丁烷、正丁烷	58.122200	2878.580000	0.178500
5	i-C ₄ H ₁₀	Isobutane	2-甲基丙烷、异丁烷	58.122200	2869.390000	0.167300
6	n-C ₅ H ₁₂	n-Pentane	戊烷、正戊烷	72.148780	3537.190000	0.229500
7	i-C ₅ H ₁₂	2-Methylbutane、 Isopentane	2-甲基丁烷、 异戊烷	72.148780	3530.250000	0.218900
8	Neo-C ₅ H ₁₂	2,2- Dimethylpropane、 Neopentane	2,2-二甲基丙烷、 新戊烷	72.148780	3516.020000	0.197900
9	C ₆ H ₁₄	Hexane、n-Hexane	己烷、正己烷	86.175360	4196.600000	0.290700
10	N ₂	Nitrogen	氮气	28.013400	0.000000	0.015600
11	He	Helium	氦气	4.002602	0.000000	-0.010000
12	CO ₂	Carbon Dioxide	二氧化碳	44.009500	0.000000	0.073000
13	H ₂	Hydrogen	氢气	2.015880	285.990000	-0.010000
14	H ₂ S	Hydrogen sulfide	硫化氢	34.080880	562.190000	0.089800
15	H ₂ O	Water	水	18.015280	44.222000	0.241900

附录 B

天然气高位发热量计算及不确定度评定示例

B.1 概述

天然气组分采用色谱仪通过间接测定方法测量得到。天然气高位发热量及不确定度采用 JJF (冀) 3036-2024 《天然气质量参数计量技术规范》和 GB/T11062 提供的方法进行计算和评定。高位发热量的不确定度主要来源包括：色谱仪配套有证气体标准物质的不确定度、测量重复性和测量方法引入的不确定度。

B.2 天然气体积发热量的计算

本计算示例依据一个长输管道天然气样品的检测数据。物性计算时采用的燃烧参比条件为 20℃、101.325kPa；计量参比条件为 20℃、101.325kPa。

检测环境温度：22℃；相对湿度：65%；大气压：101.3kPa。

B.2.1 被测样品的组分分析

由天然气样品的摩尔组成检测报告，得到下列有关经归一化处理的组成部分及其不确定度的信息，天然气各组分求和因子 $s_j(t_2, p_2)$ 见表 B.1。

表 B.1 被测样气组分和求和因子

组分名称	x_i	s_i	$x_i \times s_i$
甲烷	0.9567998	0.043170	0.0413050
乙烷	0.0154000	0.089500	0.0013783
丙烷	0.0025000	0.130800	0.0003270
异丁烷	0.0004120	0.167300	0.0000689
正丁烷	0.0004380	0.178500	0.0000782
异戊烷	0.0001690	0.218900	0.0000370
正戊烷	0.0000912	0.229500	0.0000209
己烷及以上	0.0002280	0.290700	0.0000663
氮气	0.0111620	0.015600	0.0001741
二氧化碳	0.0128000	0.073000	0.0009344
总计	1.000000	—	0.044390189

$p_2=101.325$ kPa, $p_0=101.325$ kPa 由公式 (4) 求得压缩因子为 $Z=0.998029511$ 。

气体常数 $R = 8.3144621$ J $\text{g}\text{mol}^{-1}\text{gK}^{-1}$, $T_2=293.15$ K 由公式 (3) 求得摩尔体积
 $V=0.02400771503$ m³/mol

高位摩尔发热量的计算数据见表 B.2 所示:

表 B.2 高位摩尔发热量计算数据

组分名称	x_i	$((H_c)_G)_i^0$	$x_i * ((H_c)_G)_i^0$
甲烷	0.9567998	891.05	852.55646179
乙烷	0.0154000	1561.42	24.04586800
丙烷	0.0025000	2220.13	5.55032500
异丁烷	0.0004120	2869.39	1.18218868
正丁烷	0.0004380	2878.58	1.26081804
异戊烷	0.0001690	3530.25	0.59661225
正戊烷	0.0000912	3537.19	0.32259173
己烷及以上	0.0002280	4196.6	0.95682480
氮气	0.0111620	0	0.00000000
二氧化碳	0.0128000	0	0.00000000
总计	1.000000	—	886.47169029

由公式 (2) 求得的高位摩尔发热量 $(H_c)_G=886.47169029$ kJ/mol。

由公式 (1) 求得 $(H_v)_G=36.92445071$ MJ/m³。

B.3 天然气高位发热量的不确定度评定

天然气高位发热量不确定度主要来源包括: 色谱仪检测配套用有证气体标准物质的不确定度、色谱仪检测给出天然气各组分后计算发热量时的不确定度和测量重复性。其中有证气体标准物质作为气相色谱仪判断样气含量的参考标准, 其自身不确定度会影响组分含量检测结果的总体不确定度, 另外气相色谱仪的重复性也是组分检测结果不确定度的一个来源。用气相色谱仪检测样品气体组分含量时, 其换算模型如式 (B.1) 所示:

$$V_{ci} = a gV_{bi} \quad (\text{B.1})$$

式中:

V_{ci} ——色谱仪检测样气中第 i 种组分的含量, %;

a ——色谱仪检测样气时通过标气之后换算出的比例系数；

V_{bi} ——色谱仪检测有证气体标准物质时由证书给出的第 i 种组分含量，%。

其中比例系数 a 的数据跟气相色谱仪的定量重复性直接相关，因此用气相色谱仪检测样气各种组分含量时，其检测结果的不确定度如公式 (B.2) 所示：

$$u_{r,c}(V_i) = \sqrt{u_{r,b}(V_i)^2 + u_{r,s_i}^2} \quad (\text{B.2})$$

式中：

$u_{r,c}(V_i)$ ——色谱仪检测样气种第 i 种组分含量的不确定度，%；

$u_{r,b}(V_i)$ ——有证气体标准物质种第 i 种组分含量的不确定度，%；

u_{r,s_i} ——色谱仪重复性引入的第 i 种气体组分含量的不确定度，%；

B.3.1 气体标准物质各组分含量的不确定度评定

色谱仪在检测天然气样气时用到的有证气体标准物质证书编号 NIM-RM9240，瓶号 L218601164，各组分信息如表 B.3 所示：

表 B.3 气体标准物质证书信息

组分名称	摩尔含量%(mol/mol)	相对扩展不确定度% (U_r , $k=2$)
甲烷	平衡气	—
乙烷	3.11	1
丙烷	0.473	1
异丁烷	523×10^{-4}	1
正丁烷	524×10^{-4}	1
新戊烷	520×10^{-4}	2
异戊烷	512×10^{-4}	2
正戊烷	515×10^{-4}	2
正己烷	514×10^{-4}	2
二氧化碳	0.975	1
氮气	1.04	1
氦气	944×10^{-4}	1
氢气	988×10^{-4}	1
氙气	984×10^{-4}	2

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/048125033056007036>