



中华人民共和国国家标准

GB/T 17747.1—2011
代替 GB/T 17747.1—1999

天然气压缩因子的计算 第 1 部分：导论和指南

Natural gas—Calculation of compression factor—
Part 1: Introduction and guidelines

(ISO 12213-1:2006, MOD)

2011-12-05 发布

2012-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

GB/T 17747《天然气压缩因子的计算》分为以下3个部分：

- 第1部分：导论和指南；
- 第2部分：用摩尔组成进行计算；
- 第3部分：用物性值进行计算。

本部分是第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 17747.1—1999《天然气压缩因子的计算 第1部分：导论和指南》。

本部分与 GB/T 17747.1—1999 相比，主要变化如下：

- 将 5.1.6 第二段中“唯一的例外是对 N_2 摩尔分数大于 0.15 或 CO_2 摩尔分数大于 0.09(相应的上限为 0.20)的气体”改为“唯一的例外是对 N_2 摩尔分数大于 0.15 或 CO_2 摩尔分数大于 0.05(相应的上限为 0.20)的气体”；
- 5.2.5 中“绘制此直方图所依据的更详细信息见 GB/T 17747.2—2011 的附录 E 和 GB/T 17747.3—2011 的附录 F”，1999 版为“绘制此直方图所依据的更详细信息见 GB/T 17747.2—2011 和 GB/T 17747.3—2011 的附录 E”；
- 修改了图 1 中的符号和图注；
- 删除了正文中不确定度数值及不确定度符号前的“±”号；
- 删除附录 B。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 12213-1:2006《天然气 压缩因子的计算 第1部分：导论和指南》。本部分与 ISO 12213-3:2006 的主要差异是：

- 第 2 章规范性引用文件中，将一些适用于国际标准的表述修改为适用于我国标准的表述，ISO 标准替换为我国对应内容的国家标准，其余章节对应内容也作相应修改；本章还增加了 GB/T 17747.2—2011 和 GB/T 17747.3—2011 两个引用标准；
- 在 5.1.1 和 5.1.4 增加了将高位发热量和相对密度换算为我国天然气标准参比条件下相应值的注；
- 删除了正文中不确定度数值及不确定度符号前的“±”号；
- 删除了 ISO 前言和参考文献，重新起草本部分前言；
- 删除附录 B。

《天然气压缩因子的计算》标准的用户可与全国天然气标准化技术委员会秘书处联系，以获取压缩因子计算软件的相关信息。

本部分由全国天然气标准化技术委员会(SAC/TC 244)归口。

本部分起草单位：中国石油西南油气田分公司天然气研究院、中国石油西南油气田分公司安全环保与技术监督研究院。

本部分主要起草人：罗勤、许文晓、周方勤、黄黎明、常宏岗、陈赓良、李万俊、曾文平、富朝英、陈荣松、丘逢春。

天然气压缩因子的计算

第 1 部分:导论和指南

1 范围

GB/T 17747 的本部分规定了天然气、含人工掺合物的天然气和其他类似混合物仅以气体状态存在时的压缩因子计算方法。

《天然气压缩因子的计算》标准包括 3 个部分。第 1 部分包括导论和为第 2 部分和第 3 部分所描述的计算方法提供的指南。第 2 部分给出了用已知气体的详细摩尔组成计算压缩因子的方法,又称为 AGA8-92DC 计算方法。第 3 部分给出了用包括可获得的高位发热量(体积基)、相对密度、CO₂ 含量和 H₂ 含量(若不为零)等非详细的分析数据计算压缩因子的方法,又称为 SGERG-88 计算方法。

两种计算方法主要应用于正常进行输气和配气条件范围内的管输干气,包括交接计量或其他用于结算的计量。通常输气和配气的操作温度为 263 K~338 K(约-10℃~65℃),操作压力不超过 12 MPa。在此范围内,如果不计包括相关的压力和温度等输入数据的不确定度,则两种计算方法的预期不确定度大约为 0.1%。

注:本部分中所用的管输气术语是指已经过处理而可用作工业、商业和民用燃料的气体所采用的简明术语。在 5.1.1 中为使用者提供了管输气的一些量化准则,但不作为管输气的气质标准。

GB/T 17747.2 所提供的 AGA8-92DC 计算方法也适用于更宽的温度范围内和更高的压力下,包括湿气和酸性气(sour gas)在内的更宽类别的天然气,例如在储气层或地下储气条件下,或者在天然气汽车(NGV)应用方面,但不确定度增加。

GB/T 17747.3 所提供的 SGERG-88 计算方法适用于 N₂, CO₂ 和 C₂H₆ 含量高于管输气中常见含量的气体。该方法也可应用于更宽的温度和压力范围,但不确定度增加。

在规定条件下,气体温度处于水露点和烃露点之上,两种计算方法才是有效的。

GB/T 17747.2 和 GB/T 17747.3 给出了使用 AGA8-92DC 和 SGERG-88 计算方法所需要的全部分程和数值。经验证的计算机程序见 GB/T 17747.2—2011 和 GB/T 17747.3—2011 的附录 B。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的,凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 11062—1998 天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法(ISO 6976:1995, NEQ)

GB/T 19205 天然气标准参比条件(GB/T 19205—2008, ISO 13443:1996, NEQ)

GB/T 17747.2—2011 天然气压缩因子的计算 第 2 部分:用摩尔组成分析进行计算(ISO 12213-2:2006, MOD)

GB/T 17747.3—2011 天然气压缩因子的计算 第 3 部分:用物性值进行计算(ISO 12213-3:2006, MOD)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于 GB/T 17747 的本文件。文中出现的符号所代表的含义及数值和单位见附

录 A。

3.1

压缩因子 compression factor; 压缩性因子 compressibility factor; Z 因子 Z-factor, Z

在规定压力和温度下,任意质量气体的体积与该气体在相同条件下按理想气体定律计算的气体体积的比值,见式(1)~式(3):

$$Z = V_m(\text{真实})/V_m(\text{理想}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$V_m(\text{理想}) = RT/p \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$Z(p, T, y) = pV_m(p, T, y)/(RT) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

p ——绝对压力;

T ——热力学温度;

y ——表征气体的一组参数(原则上, y 可以是摩尔全组成,或是一组特征的相关物化性质,或者是两者的结合);

V_m ——气体的摩尔体积;

R ——摩尔气体常数,与单位相关;

Z ——压缩因子,无量纲,值通常接近于 1。

3.2

密度 density, ρ

见 GB/T 11062—1998 中 2.3。

3.3

摩尔组成 molar composition

用摩尔分数或摩尔百分数表示的均匀混合物中每种组分的比例。

注 1: 给定体积的混合物中 i 组分的摩尔分数 x_i 是 i 组分的摩尔数与混合物中所有组分的总摩尔数(即所有组分摩尔数之和)之比。1 摩尔任何化合物所含物质的量等于以克为单位的相对摩尔质量。相对摩尔质量的推荐值见 GB/T 11062。

注 2: 对于理想气体,摩尔分数或摩尔百分数与体积分数或体积百分数值完全相等。对真实气体,两者一般不是精确相等。

3.4

摩尔发热量 molar calorific value; 摩尔热值 molar heating value, H

1 摩尔气体在空气中完全燃烧所释放的热量。在燃烧反应发生时,压力 p_1 保持恒定,所有燃烧产物的温度降至与规定的反应物温度 t_1 相同的温度,并且除燃烧生成的水在温度 t_1 下全部冷凝为液态外,其余所有燃烧产物均为气态。

注 1: 摩尔发热量仅包含天然气中的烃类部分,即对不可燃及惰性组分(主要是 N_2 , CO_2 和 He)和其他可燃组分(如 H_2 和 CO)不予考虑。

注 2: 燃烧参比条件:温度 t_1 为 298.15 K(25 °C),压力 p_1 为 101.325 kPa。

3.5

高位发热量(体积基) superior calorific value (volumetric basis); 总发热量 total calorific value, H_s

单位体积的天然气在空气中完全燃烧所释放的热量。在燃烧反应发生时,压力 p_1 保持恒定,所有燃烧产物的温度降至与规定的反应物温度 t_1 相同的温度,并且除燃烧生成的水在温度 t_1 下全部冷凝为液态外,其余所有燃烧产物均为气态。

注 1: 高位发热量包含天然气中所有可燃组分。

注 2: 燃烧参比条件:温度 t_1 为 298.15 K(25 °C)。压力 p_1 为 101.325 kPa; 体积计量参比条件:温度 t_2 为 273.15 K(0 °C),压力 p_2 为 101.325 kPa。

注 3: GB/T 17747.3—2011 附录 D 给出换算因子,能使在其他的计量参比条件和燃烧参比条件,包括我国天然气标准参比条件(见 GB/T 19205)下测得的高位发热量和相对密度,换算为 GB/T 17747.3 所给出计算方法中使用的输入数据。

3.6

相对密度 relative density, d

见 GB/T 11062—1998 中 2.4。

注 1: 相对密度包含天然气中所有组分。

注 2: 干空气的标准组成见 GB/T 11062—1998 的表 A1。

注 3: 体积计量参比条件(见 3.5 中的注 3):温度 t_2 为 273.15 K(0 °C),压力 p_2 为 101.325 kPa。

注 4: 术语“比重”与“相对密度”同义。

3.7

压缩因子的预期不确定度 uncertainty of a predicted compression factor, ΔZ

真值(未知)位于 $(Z - \Delta Z) \sim (Z + \Delta Z)$ 范围内,置信度为 95%。

注 1: 不确定度既可用绝对值,也可用百分数表示。

注 2: 95% 置信度是通过对比低不确定度压缩因子计算值 Z 的实验数据而确立的。

4 方法原理

AGA8-92DC 和 SGERG-88 计算方法所使用的方程是基于这样的概念:任何天然气容量性质均可由组成或一组合适的、特征的可测定物性值来表征和计算。这些特性值和压力、温度一起用作计算方法的输入数据。

气体混合物的容量性质可直接从分子发生作用(碰撞)的数目和类型推导出,从这个意义上讲,能够清楚地判明混合物中每种分子的成分及其在整个混合物中的比例的方法,在某种程度上比其他方法更为重要。

GB/T 17747.2 给出的 AGA8-92DC 计算方法要求对气体进行详细的摩尔组成分析。该分析包括摩尔分数超过 0.000 05 的所有组分。所有组分的摩尔分数之和应等于 $1 \pm 0.000 1$ 。对典型的管输气,分析组分包括碳数最高到 C_7 或 C_8 的所有烃类及 N_2 、 CO_2 和 He 。对含人工掺合物的天然气, H_2 、 CO 和 C_2H_4 也是重要的分析组分。对更宽类别的天然气,水蒸气和 H_2S 等也是分析组分。

该计算方法使用的方程是 AGA8 详细特征方程,表示为 AGA8-92DC 方程。该方程是美国气体协会(AGA)于 1992 年发表的 AGA8 号报告《天然气和其他烃类气体的压缩性和超压缩性》中提出的压缩因子计算用状态方程。

GB/T 17747.3 给出的 SGERG-88 计算方法用高位发热量和相对密度两个特征的物理性质及 CO_2 的含量作为输入数据。

注:原则上可使用高位发热量、相对密度、 CO_2 含量和 N_2 含量中任意三个变量计算压缩因子。这些计算方法从本质上是等效的。但本国际标准推荐使用由前面三个变量组成的计算方法。

该计算方法尤其适用于无法得到完全的气体摩尔组成的情况,它的优越之处还在于计算相对简单。对含人工掺合物的气体,需要知道 H_2 的含量。

该计算方法使用的方程是 SGERG-88 方程。该方程是欧洲气体研究集团(GERG)于 1991 年发表的 GERG TM5 技术报告《现场用 GERG 标准维利方程:简化 GERG 维利方程数据输入要求—天然气和类似混合物压缩因子计算的替代方法》中提出的立足于天然气物性的压缩因子计算用状态方程。

已用大容量、高精度($\pm 0.1\%$)的压缩因子实验测定数据库(其中多数可溯源到相关的国际计量标准),对 AGA8-92DC 和 SGERG-88 计算方法进行了评价。两种计算方法在输气和配气压力及温度范围内性能基本相等。

5 指南

5.1 管输天然气

5.1.1 管输气

管输气主要由 CH₄ 组成(摩尔分数大于 0.70),高位发热量通常为 30 MJ · m⁻³~45 MJ · m⁻³,其中 N₂ 和 CO₂ 是主要的稀释物(各自的摩尔分数最高为 0.20)。

管输气中 C₂H₆ (摩尔分数最高为 0.10)、C₃H₈、C₄H₁₀、C₅H₁₂ 和更高碳数烃类的含量,随碳数增加呈现降低趋势。管输气中的 He、C₆H₆ 和 C₇H₈ 等微量组分,摩尔分数一般低于 0.001。含人工掺合物的天然气,H₂ 和 CO 各自的摩尔分数最高为 0.10 和 0.03,同时还可能含少量 C₂H₄。没有其他的如湿气、酸性气(sour gas)中存在的组分(H₂O 蒸气、H₂S 和 O₂)以大于痕量的含量存在。管输气中还不存在气溶胶、液体或颗粒物。管输气中微量和痕量组分应按 GB/T 17747.2 的规定处理。

上述定义的管输气并不排除在管线中输送含其他组分的天然气。

本标准所允许的管输气组成范围见表 1。

表 1 允许的管输气的组成范围

组 分		摩 尔 分 数
主要组分	CH ₄	≥0.70
	N ₂	≤0.20
	CO ₂	≤0.20
	C ₂ H ₆	≤0.10
	C ₃ H ₈	≤0.035
	C ₄ H ₁₀	≤0.015
	C ₅ H ₁₂	≤0.005
	C ₆ H ₁₄	≤0.001
	C ₇ H ₁₆	≤0.0005
	C ₈ H ₁₈ 和更高碳数烃类	≤0.0005
	H ₂	≤0.10
	CO	≤0.03
	He	≤0.005
H ₂ O	≤0.00015	
微量和痕量组分	C ₂ H ₄	≤0.001
	C ₆ H ₆	≤0.0005
	C ₆ H ₇	≤0.0002
	Ar	≤0.0002
	H ₂ S	≤0.0002
	O ₂	≤0.0002
总的未确定组分		≤0.0001

注: 将本条中的高位发热量换算为我国天然气标准参比条件下的高位发热量,则管输气高位发热量范围为 27.95 MJ · m⁻³~41.93 MJ · m⁻³。

5.1.2 输配计量

本标准主要用于管输气输配中的压缩因子计算。输气和配气的条件范围如下：

$$263 \text{ K} \leq T \leq 338 \text{ K}$$

$$0 \text{ MPa} < p \leq 12 \text{ MPa}$$

在以上条件范围内,GB/T 17747.2 和 GB/T 17747.3 给出的 AGA8-92DC 和 SGERG-88 计算方法是等效的。

5.1.3 用摩尔组成进行计算(AGA8-92DC 计算方法)

该计算方法用于已获得详细摩尔组成分析数据的任何管输气。分析组分包括:CH₄、N₂、CO₂、CO、H₂、He、C₂H₆、C₃H₈、C₄H₁₀、C₅H₁₂、C₆H₁₄和直至 C₁₀的更高碳数烃类(若摩尔分数大于 0.000 05)。对表 1 下面部分确定的微量和痕量组分,必须确认其含量在表中所示的范围内。对任何不可忽略含量的其他微量和痕量组分,应按 GB/T 17747.2 的有关规定处理。

在 5.1.2 提供的条件范围内用该方法计算的压缩因子值,同根据发热量、相对密度和 CO₂ 含量计算得到的压缩因子值等效。

该计算方法可在对组成进行定期或半连续测定的所有场合应用。

5.1.4 用物性值进行计算(SGERG-88 计算方法)

该计算方法可用于高位发热量 30 MJ·m⁻³~45 MJ·m⁻³、相对密度 0.55~0.80,并已知 CO₂ 和 H₂ 含量的任何管输天然气。

在 5.1.2 提供的条件范围内用该方法计算的压缩因子值,同根据摩尔组成全分析计算得到的压缩因子值等效。

该计算方法可在对高位发热量 H_s 和相对密度 d 进行定期或连续测定的所有场合应用。

注:将本条中的高位发热量和相对密度换算为我国天然气标准参比条件下的高位发热量和相对密度,则 SGERG-88 计算方法适用的高位发热量范围为 27.95 MJ·m⁻³~41.93 MJ·m⁻³,相对密度范围为 0.550~0.800。

5.1.5 人造气体

GB/T 17747.2 给出的 AGA8-92DC 计算方法和 GB/T 17747.3 给出的 SGERG-88 计算方法均不宜用于人造气体的压缩因子计算,这是因为此类气体含有大量的典型天然气中不存在的化学物质,或不符合典型天然气的组分含量比例(见 5.2.3),

当人造气体的组成与天然气可能的组成相近,所有组分的含量均在 5.1.1 给出的浓度范围内,而且 C₄ 以上的烃类或者没有,或者其含量随碳数增加有规律地降低,此时上述两种计算方法均可应用于人造气体。从不含 C₄ 以上烃类的角度看,可将液化天然气归属于此类人造气体范畴。

此外,SGERG-88 计算方法可用于 H₂ 含量不超过规定浓度限的、含焦炉煤气的天然气;但该方法不能用于未经稀释的焦炉煤气。

5.1.6 预期不确定度

如果对所有相关的输入变量均给定精确的值,则在 5.1.1 规定的管输气组成和物性值范围及 5.1.2 规定的输配压力和温度范围内,用 GB/T 17747.2 和 GB/T 17747.3 给出的计算方法计算压缩因子时,预期不确定度为 0.1%。

唯一的例外是对 N₂ 摩尔分数大于 0.15 或 CO₂ 摩尔分数大于 0.05(相应的上限为 0.20)的气体,仅当前者压力不大于 10 MPa,后者压力不大于 6 MPa 时,GB/T 17747.3 给出的 SGERG-88 计算方法的预期不确定度才为 0.1%。

输入变量的任何不确定度都会使计算结果产生更大的不确定度。计算结果对输入变量准确度的敏感度主要取决于：

- a) 每一个输入变量的量值；
- b) 每个输入变量相对其他输入变量值的自由度。

多数情况下，计算结果对所有输入变量的最大敏感度是在最大压力(12 MPa)和最低温度(263 K)下得到的。

表 2 中列出的各输入变量的无关联不确定度，会对压力为 6 MPa，温度在 263 K~338 K 范围内的压缩因子计算结果产生约 0.1% 的附加不确定度。

表 2 $\Delta Z < 0.1\%$ 所允许的输入变量不确定度

输入变量	允许的不确定度
发热量	0.06 MJ · m ⁻³
相对密度	0.001 3
温度	0.15 K
压力	0.02 MPa
惰性组分摩尔分数	0.001
x_{CH_4}	0.001
$x_{C_2H_6}$	0.001
$x_{C_2H_8}$	0.000 5
$x_{C_4H_{10}}$	0.000 3
$x_{C_5^+}$	0.000 1
x_{H_2} 和 x_{CO_2}	0.001

选择计算方法不仅应考虑适宜的输入变量形式，而且要考虑输入变量的准确度。在不清楚仪器准确度是否足够的情况下，使用者应在所关心的最高压力和最低温度下，对典型的气体样品进行压缩因子计算以便得到相对于所有输入变量微小独立偏差的敏感度。

5.1.7 更宽范围的压力和温度

AGA8-92DC 和 SGERG-88 计算方法在 5.1.2 给出的压力和温度范围以外使用时，准确度降低。

AGA8-92DC 计算方法外推使用比 SGERG-88 计算方法更准确。在正常输气和配气条件范围以外应用时一般优先选择 AGA8-92DC 计算方法。

AGA8-92DC8 方法计算的预期不确定度很大程度上取决于气体的组成和所关心的温度、压力条件。GB/T 17747.2 对在任何选定条件下 AGA8-92DC 计算方法的预期不确定度做了进一步的评述。在更宽范围的压力和温度下，压缩因子计算的不确定度有时几乎与在天然气输气和配气条件范围内进行压缩因子计算的不确定度一样小。但在温度和压力极限条件下，压缩因子计算的不确定度将会非常大。由于缺乏高准确度实验数据，要估计此不确定度值是相当困难的。

5.2 其他气体及应用

5.2.1 引言

需要知道压缩因子的流体并不都是管输天然气。例如，未处理(井口)或部分处理的天然气，一般不在 5.1.1 所规定管输气范围内。人造气体也不在其范围内。对此类气体只要加上某些限制以及增加不

确定度,仍可使用 GB/T 17747.2 和 GB/T 17747.3 所描述的方法计算压缩因子。此类气体一般不会送至最终的用户,对大多数要求计算压缩因子的应用,其压力和温度是落在 5.1.2 规定范围内的。

当放宽允许的压力、温度和组成范围时,明确的计算指南(以及计算不确定度)是难以给出的。

5.2.2 非烃含量高的贫气(lean gas)和 C_2 以上烃类含量高的富气(rich gas)

某些供配气用的天然气中, N_2 、 CO_2 、 C_2H_6 或更高碳数烃类的含量超过了计算不确定度 0.1% 所要求的含量范围。本标准中,如果气体中 N_2 的摩尔分数超过 0.15,或 CO_2 摩尔分数超过 0.05,这种气体就称为“非烃含量高的贫气”;如果 C_2H_6 摩尔分数超过 0.10,或 C_3H_8 及其以上组分的摩尔分数超过 0.035,这种气体就称为“ C_2 以上烃类含量高的富气”。

GB/T 17747.2 和 GB/T 17747.3 所推荐的计算方法均可应用于非烃含量高的贫气和 C_2 以上烃类含量高的富气,但计算的预期不确定度会有所增加。

例如,GB/T 17747.3 给出的 SGERG-88 计算方法用于 N_2 摩尔分数不大于 0.50, CO_2 和 C_2H_6 摩尔分数各自为 0.18 和 0.13 的天然气,当压力在最高至 10 MPa 的范围内时,计算不确定度在 0.2% 以内。以组分的摩尔分数为函数,在 GB/T 17747.2 和 GB/T 17747.3 用图示法详细估算了两种方法的计算不确定度,图中在宽的温度范围内,以压力分别对 N_2 、 CO_2 、 C_2H_6 和 C_3H_8 的摩尔分数作图,预期不确定度则作为一个参数示出。此图示法最大的问题是缺乏高准确度实验数据。

5.2.3 湿气和酸性气(wet gas and sour gas)

此类气体是由不符合管输气要求的气体组成,其中包括管输气不希望有的气体组分。此类气体一般可能是未处理(井口)或部分处理的天然气,可能含有大大超过 5.1.1 列出组分含量的 H_2O 蒸气(此类气体称为“湿气”), H_2S (此类气体称为“酸性气(sour gas)”)和 O_2 ,也许还含有微量的 COS,以及处理剂流体的蒸气,如甲醇和乙二醇等。

只要不希望有的组分仅限于 H_2O 蒸气、 H_2S 和 O_2 ,则 GB/T 17747.2 给出的 AGA8-92DC 计算方法适用于任何此类气体,但是预期不确定度显著增加。GB/T 17747.3 给出的 SGERG-88 计算方法不能用于此类气体。

5.2.4 人造气体

人造气体包括如下两种不同种类

- 一种是人造天然气或天然气代用品,其组成和性质与天然气相似。
- 第二种是实际使用中作为替代或提高天然气效能的气体,其组成不同于天然气。

在 a) 情况下,如果组成与可能的天然气无差别,则 GB/T 17747.2 和 GB/T 17747.3 给出的计算方法同样适用,而且不确定度不会增加(见 5.1.5)。然而,实际上几乎不可能有这种情况。更常见的情况是,即使人造气体含有恰当比例的惰性组分和低碳数烃类,但其不含天然气特有的尾烃组分,而可能含有少量但影响很大的非烃组分。此情况对预期不确定度所产生的影响是难以估计的。

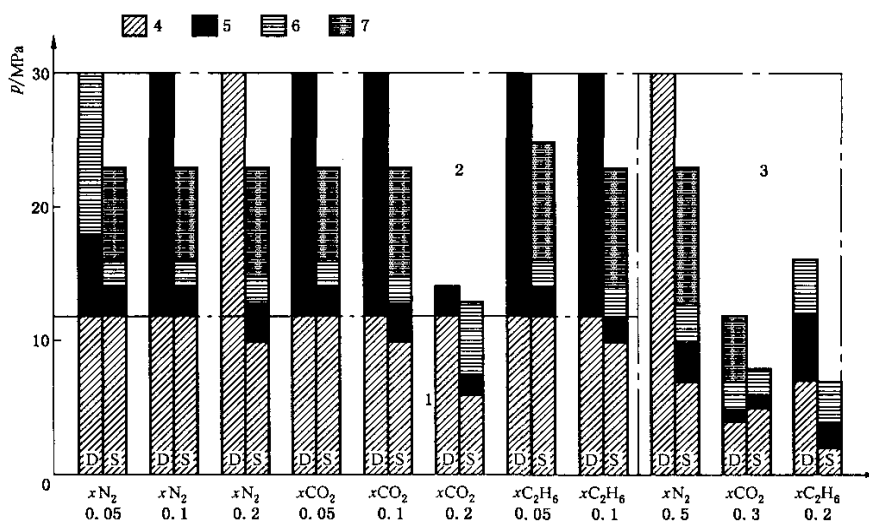
属于情况 b) 的人造气体包括城市煤气、(未稀释的)焦炉气和液化石油气—空气混合物等,这些气体中没有一种组成与天然气相似(虽然液化石油气—空气混合物可与天然气互换使用)。GB/T 17747.3 给出的 SGERG-88 计算方法不适用于这类气体,可使用 GB/T 17747.2 给出的 AGA8-92DC 计算方法,但预期不确定度极难估计。

5.2.5 预期不确定度小结

图 1 对 GB/T 17747.2 和 GB/T 17747.3 推荐计算方法的预期不确定度作了小结。对不同含量的 N_2 、 CO_2 和 C_2H_6 ,以压力和摩尔分数作直方图,给出了以下 3 种情况下计算的预期不确定度:

- a) 处于输气和配气正常压力和温度范围(温度 263 K~338 K,压力 0 MPa~12 MPa)内的管输气;
- b) 在输气和配气正常温度范围内,而压力处于更宽范围(最大值为 30 MPa)的管输气;
- c) 温度 263~338 K,,压力 0~30 MPa 的更宽组成范围的气体(N_2 摩尔分数最高至 0.50, CO_2 摩尔分数最高至 0.30, C_2H_6 摩尔分数最高至 0.20)。

绘制此直方图所依据的更详细信息见 GB/T 17747.2—2011 附录 E 和 GB/T 17747.3—2011 附录 F。涉及温度和压力主要范围以外的计算性能信息见 GB/T 17747.2—2011 和 GB/T 17747.3—2011 的图 1。



- p ——压力;
- x ——摩尔分数;
- D——用摩尔组成进行计算的 AGA8-92DC 方法;
- S——用物性值进行计算的 SGERG-88 方法;
- 1——管输气(温度 263 K~338 K,压力 0 MPa~12 MPa);
- 2——管输气(温度 263 K~338 K,压力 12 MPa~30 MPa);
- 3——更宽组成范围的气体(温度 263 K~338 K,压力 0 MPa~30 MPa);
- 4——预期不确定度 $\leq 0.1\%$;
- 5——预期不确定度:0.1%~0.2%;
- 6——预期不确定度:0.2%~0.5%;
- 7——预期不确定度:0.5%~3.0%。

图 1 GB/T 17747.2 和 GB/T 17747.3 规定计算方法的预期不确定度

5.2.6 相关性质的计算

本部分的主要目的是计算压缩因子,但也可用 GB/T 17747.2 和 GB/T 17747.3 所描述方法计算天然气流体的其他性质。摩尔密度 ρ_m 是摩尔体积 V_m (真实)的简单倒数,如果已知 $Z(p, T)$,摩尔密度 ρ_m 就能从方程(1)和方程(2)计算得到。摩尔密度 ρ_m 与平均摩尔质量 M (分子质量)相乘,可得到质量密度 ρ ,而平均摩尔质量 M 可由表征流体特性的摩尔组成计算得到。

如果不知道流体摩尔组成,则质量密度可由管输条件和标准状态下的压缩因子与相对密度及已知的标准状态下干空气的质量密度来计算〔见 GB/T 17747.3—1999 方程(B.42)〕。

附 录 A
(规范性附录)
符号和单位

符号	含义	数值	单位
d	相对密度	变量	—
H	摩尔发热量	变量	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
H_s	高位发热量	变量	$\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$
M	摩尔质量	变量	$\text{kg} \cdot \text{kmol}^{-1}$
p	绝对压力	变量	kPa
R	气体常数	8.314 510	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
T	绝对温度	变量	K
V_m	摩尔体积	变量	$\text{m}^3 \cdot \text{kmol}^{-1}$
x_i	组分 i 的摩尔分数	变量	—
y	一组性质		
Z	压缩因子	变量	—
ΔZ	压缩因子的预期不确定度(95%置信水平)	变量	—
ρ	质量密度	变量	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
ρ_m	摩尔密度	V_m^{-1}	$\text{kmol} \cdot \text{m}^{-3}$
