

对国际标准 ISO 10723 : 2012 的认识与讨论

周 理^{1,2,3} 陈赓良² 郭开华¹ 王伟杰^{2,3} 王晓琴^{2,3}

1. 中山大学工学院 2. 中国石油西南油气田公司天然气研究院 3. 中国石油天然气质量控制和能量计量重点实验室

摘 要 2012 年修订发布的国际标准 ISO 10723 : 2012《天然气分析系统的性能评价》与 1995 版有较大差异, 了解和掌握该标准修订前后的技术差异和主要技术内容对于保障我国天然气能量测定的顺利实施具有重要的意义。为加快天然气大规模交接计量方式由传统的体积计量向能量计量过渡, 我国已于 2008 年底发布了国家标准 GB/T 22723—2008《天然气能量的测定》, 但迄今未能对商品天然气管网系统中间接法测定天然气发热量的测量不确定度进行整体评估。为此, 在了解 ISO 10723 : 2012 技术要点的基础上, 对比分析 ISO 10723 : 2012 与 ISO 10723 : 1995 在推荐方法、仪器操作性能规定等方面的改进, 探讨了平均校正系数的表达与计算, 以及 Monte—Carlo 法 (MCM) 模拟的应用。结果表明: ①与 ISO 10723 : 1995 相比, ISO 10723 : 2012 在标准应用范围、MCM 评估步骤、不确定度评估、误差设置等 4 个方面作出了重大改进; ②根据 ISO/IEC 指南 98-3 阐明的原理提出平均校正系数计算式; ③进入英国管网天然气的 MCM 模拟的平均误差介于 $-0.10 \sim 0.08 \text{ MJ/m}^3$, 符合该国天然气准入协议规定。结论认为, 应重视 ISO 10723 : 2012 附录 B 中以平均系数法评价气相色谱仪, 并提出建议: ① ISO 10723 : 2012 对实施能量计量的 A 级计量系统 MPE 值规定为 $\pm 1.0\%$; ②在参比条件为 15°C (燃烧) 和 15°C 、 $101\,325 \text{ Pa}$ (计量) 时, 天然气组成中虚拟组分 C_6^+ 按正己烷性质计算其发热量的工况条件下, 最大允许误差为 $0.10 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$, 最大允许偏差为 $0.025 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

关键词 天然气 气相色谱分析 组成分析 精密度评定 不确定度评估 ISO 10723 : 2012 GB/T 22723—2008

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2018.07.015

Understanding and discussion on the international standard ISO 10723:2012

Zhou Li^{1,2,3}, Chen Gengliang², Guo Kaihua¹, Wang Weijie^{2,3} & Wang Xiaoqin^{2,3}

(1. Faculty of Engineering, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong 510006, China; 2. Natural Gas Research Institute, PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu, Sichuan 610213, China; 3. CNPC Key Laboratory of Natural Gas Quality and Energy Measurement, Chengdu, Sichuan 610213, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 38, ISSUE 7, pp.108-112, 7/25/2018. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstracts: There is a big difference between the international standard ISO 10723:1995 of Performance Evaluation on Natural Gas Analysis System and the ISO 10723:2012 which was modified and issued in 2012. In order to ensure the smooth implementation of natural gas energy measurement in China, it is of great significant to understand and grasp the technological differences between ISO 10723:1995 and ISO 10723:2012 and the main technological content. In order to accelerate the transition of large-scale custody transfer metering mode of natural gas from the traditional volume metering to the energy metering, China issued national standard GB/T 22723—2008 of Energy Measurement of Natural Gas at the end of 2008. So far, however, the metering uncertainty of Calorific value of natural gas in commercial natural gas pipeline networks by the indirect method has not been evaluated overall. In this paper, the key technological points of ISO 10723:2012 were understood. Then, ISO 10723:2012 and ISO 10723:1995 were compared from the aspects of recommendation method and instrument operational performance requirement. Finally, the expression and calculation of mean correction factor and the application of Monte—Carlo method (MCM) simulation were discussed. And the following research results were obtained. First, ISO 10723:2012 is much more advantageous than ISO 10723:1995 in terms of application scope, MCM assessment procedure, uncertainty assessment and error setting. Second, the computational formula of mean correction factor is set up according to the principles illustrated in ISO/IEC Guide 98-3. Third, the average error of MCM simulation on the natural gas flowing into the UK pipeline network is in the range of $-0.10 \sim 0.08 \text{ MJ/m}^3$, which is in accordance with UK's natural gas access agreement. It is concluded that attention shall be paid to the application of mean correction method to gas chromatograph evaluation described in Appendix B of ISO 10723:2012. It is recommended to set the Maximum Permissible Errors (MPE) of Level-A metering system for energy metering in ISO 10723:2012 as $\pm 1.0\%$. Furthermore, when the reference condition is 15°C (burning) and 15°C and $101\,325 \text{ Pa}$ (metering), the MPE and the Maximum Permissible Bias (MPB) are $0.10 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ and $0.025 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$, respectively, in the working condition that the Calorific value of virtual composition C_6^+ of natural gas is calculated based on the property of *n*-hexane.

Keywords: Natural gas; Gas chromatography; Composition analysis; Precision evaluation; Uncertainty assessment; ISO 10723:2012; GB/T 22723—2008

作者简介: 周理, 1981 年生, 高级工程师; 现任中国石油西南油气田公司天然气研究院分析测试研究所所长, 石油工业天然气质量监督检验中心副主任, 国际标准制定工作组 (ISO/TC 193/SC1/W22&ISO/TC 193/SC1/W24) 召集人; 主要从事天然气分析测试及标准化方面的研究工作。地址: (610213) 四川省成都市天府新区天研路 218 号。ORCID: 0000-0002-1999-5429。E-mail: zhou.li@petrochina.com.cn

通信作者: 陈赓良, 1940 年生, 教授级高级工程师; 曾任中国石油西南油气田公司天然气研究院院长, 现任全国天然气标准化技术委员会顾问, 已发表论文 180 余篇、出版专著 8 部。E-mail: chengengliang@petrochina.com.cn

0 引言

发热量是商品天然气最重要的技术指标,各国都根据本国生产天然气的特点对此项指标作了明确的规定。例如,我国 2012 年发布的强制性国家标准 GB 17820—2012《天然气》规定,一类气的高位发热量应大于等于 36 MJ/m^3 ^[1];而俄罗斯则规定商品天然气的低位发热量应大于等于 32.5 MJ/m^3 。同时,GB 17820—2012 还规定高位发热量的计算应按 GB/T 11062 执行^[2],所依据的天然气组成测定按 GB/T 13610 执行^[3-4]。因此,当前我国(也包括其他国家与地区)在天然气贸易结算中均采用间接法计算高位发热量,而用于计算的天然气摩尔分数组成则采用气相色谱法测定。由此可见,天然气发热量测定结果的误差及其不确定度取决于气相色谱法测定应用的分析方法与分析仪器两者涉及的所有 A 类与 B 类不确定度。

国际标准化组织天然气技术委员会(ISO/TC193)于 1995 年首次发布 ISO 10723:1995《天然气在线分析系统性能评价》^[5],其中对测量结果不确定度随机分量的确定作了明确规定。我国于 2012 年修改采用 ISO 10723:1995,发布了国家标准 GB/T 28766—2012《天然气在线分析系统性能评价》^[6]。2012 年 ISO/TC 193 发布了修订后的 ISO 10723:2012《天然气分析系统的性能评价》,其作为天然气交接计量的一项重要配套标准,特别是在当前天然气工业快速发展中具有重要意义^[7]。ISO 10723:2012 与 1995 版标准相比有较大差异,因此,了解 ISO 10723:2012 修订前后的技术差异,并掌握 ISO 10723:2012 的主要技术内容,对于保障我国天然气能量测定的顺利实施具有重要的研究意义^[8]。

2001 年发布的 GB/T 18603—2001 规定 A 级计量站发热量测定的准确度应优于 0.5%,即发热量测定的标准不确定度(u)应优于 0.5%,在包含因子 k 等于 2 的条件下扩展不确定度应优于 1.0%^[9]。目前此项技术指标是采用 JJF 1059.1—2012 规定的 GUM 法进行评估^[10-11]。因此,按现行标准规定分析方法的精密度评价与分析结果的不确定评估是两项分别独立进行的评定工作。通常精密度评价是在具有相应资质的多个实验室之间进行,而不确定度评估是在单个实验室中独立进行。

为加快天然气大规模交接计量方式由传统的体积计量向能量计量过渡,我国已于 2008 年底发布了国家标准 GB/T 22723—2008《天然气能量的测定》^[12],

并在所有进口 LNG 的计量站全面实施。但迄今未能对商品天然气管网系统中间接法测定天然气发热量的测量不确定度进行整体评估,这是一个值得注意的问题。

1 ISO 10723:2012 的技术要点

ISO 10723:2012 在理论上提出一系列新的概念,在实践上推荐了一种简便易行的不确定度评估新方法,对改进间接法计算天然气发热量的不确定度评估极为重要。与 ISO 10723:1995 相比,ISO 10723:2012 在以下方面作了重大改进^[13]:

1) 在标准的标题中取消了“在线”两字,拓宽了标准的应用范围。

2) 将确定响应函数使用的“试验气体”(Test Gas)改为“校准气混合物”(Calibration Gas Mixture),从而将精密度评价与不确定度评估结合于一体。

3) 推荐用 Monte—Carlo 法(MCM)整体评估输气管网系统发热量测定结果的测量不确定度,并规定了对气相色谱分析结果进行 MCM 评估的具体步骤。

4) 推荐设置一个以最大允许误差(MPE)和最大允许偏差(MPB)表征的“仪器性能基准”。

分析仪器本身不存在测量不确定度,但可以理解为在样品气测量结果中由仪器引入的不确定度分量。根据国际法制计量组织 OIML R 140 报告(2007)的建议^[14],ISO 10723:2012 对实施能量计量的 A 级计量系统 MPE 值规定为 $\pm 1.0\%$ (表 1)。

表 1 计量系统的最大允许误差(MPE)值表

测量的 MPE	A 级 计量系统	B 级 计量系统	C 级 计量系统
能量计量系统	$\pm 1.0\%$	$\pm 2.0\%$	$\pm 3.0\%$
转换为体积计量 转换为质量计量或 直接进行质量计量	$\pm 0.9\%$	$\pm 1.5\%$	$\pm 2.0\%$

ISO 10723:2012 附录 B 推荐的仪器操作性能规定:在计算天然气发热量的参比条件为 15°C (燃烧)和 15°C 、 $101\,325 \text{ Pa}$ (计量),天然气组成中虚拟组分 C_6^+ 按正己烷性质计算其发热量的工况条件下,MPE 为 $0.100 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$,MPB 为 $0.025 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

2 平均校正系数的表达与计算

根据 ISO/IEC 指南 98-3 阐明的原理^[15],在不采

用校准曲线法进行校正的情况下,可以用单一的平均校正系数($\bar{b}$)对样品气测量值进行最佳估计。 $\bar{b}$ 的表达式如式(1)所示; $\bar{b}$ 的计算式如(2)所示。对所有测定值按式(1)进行估计时,其标准不确定度的单一值是式(3)的正方根。即

$$y'(t) = y(t) + \bar{b} \quad (1)$$

$$\bar{b} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} b(t) dt \quad (2)$$

$$u_c^2(y') = \overline{u^2[y(t)]} + \overline{u^2[b(t)]} + u^2(\bar{b}) \quad (3)$$

式中 y 表示样品气组分测量值; y' 表示样品气组分校正值; $b(t)$ 表示校正系数; $\bar{b}$ 表示平均校正系数; u 表示标准不确定度。

式(3)中的第1项是除 $b(t)$ 以外所有不确定度来源 $y(t)$ 的方差,即使用仪器进行未知样品分析涉及的不确定度。第2项是校正系数 $b(t)$ 的方差,第3项是在分析(摩尔分数)范围内平均校正系数 $\bar{b}$ 的方差。第2与第3项一起描述了校正过程,以及表征仪器在分析范围内操作性能的平均校正系数 $\bar{b}$ 的不确定度。

就分析仪器操作性能而言,平均误差是由 ISO 10723:2012 中 6.6.4 节设定的 N 个假设组成中所有组成的平均值确定的:

$$\overline{\delta P} = \frac{\sum_{i=1}^{t=N} \delta P_i}{N} \quad (4)$$

式中 δP_i 表示由 N 个假设组成中一小部分假设组成计算而得的误差(包括组分摩尔分数及据此计算的物性)。

平均误差的标准不确定度可由下式计算:

$$u_c^2(\overline{\delta P}) = \overline{u^2[\delta P(t)]} + u^2(\overline{\delta P}) \quad (5)$$

式中 $u^2(\overline{\delta P})$ 表示由 N 个假设组成中每个组成计算出的所有误差的方差; $\overline{u^2[\delta P(t)]}$ 表示计算出的所有误差的标准不确定度平方的平均值,其值按下式求得。

$$\overline{u^2[\delta P(t)]} = \frac{\sum_{i=1}^{t=N} u^2(\delta P_i)}{N} \quad (6)$$

式中 δ 表示计算值误差; P 表示物理特性。

由于假设的摩尔分数及据此计算的物性皆为真值而不存在不确定度,故误差的不确定度 $u[\delta P(t)]$ 即等于测得摩尔分数及据此计算物性(值)的测量不确定度。

3 Monte—Carlo 法 (MCM) 模拟的应用

完整地评价一台分析仪器的测量误差和不确定

度,理论上需要在特定的操作(浓度)范围内测量无限多个精心设计的校准气混合物,因而实际上是不可能实现的。ISO 10723:2012 用 Monte—Carlo 法模拟设计了 10 000 个天然气假设组成数据集,测量少量(一般为 7 个)精心设计的校准气混合物,并在预先设定的摩尔分数范围内确定每个特定组分响应函数的数学表达式。利用这些“真实的”响应函数、仪器数据系统“假设的”响应函数与仪器特定的校准气混合物标准数据,离线建立仪器操作性能评价的数学模型。然后,10 000 个假设组成的气体混合物可以利用离线数值模拟方法确定测量仪器系统固有的仪器性能基准。这就是我国于 2012 发布计量技术规范 JJF 1059.2—2012《用蒙特卡洛法评定测量不确定度》在天然气能量计量不确定度评估中的具体应用^[16-17]。

仪器的操作性能及其基准可以简明地以平均误差及其扩展不确定度(U)表示。按 ISO 10723:2012 规定,此信息可以用以下两种方法表述:

1) 在设定的组成范围内比较仪器操作性能与预先设定的要求。

2) 对每个组分确定其测得摩尔分数及(据此计算)物性误差不超过预先设定要求的组成范围。

由于迄今为止测量误差及其不确定度尚不能以令人满意的方式相结合,故在 MCM 模拟中采用与式(7)进行比较的方法对分析结果(及据此计算的物性值)的扩展不确定度进行评估。根据上述不确定度评估原理,ISO 10723:2012 对分析仪器操作性能规定的评价基准是:如果式(7)与式(8)能成立,则预先设定的操作性能指标能够达到。因此,只要发热量测量结果的误差及其扩展不确定度之和不超过法规、规范或标准所规定的 MPE 就接受测量结果的误差,而不再对分析仪器适用的商品天然气中有关组分浓度设置限定 $|\overline{\delta P}| + U_c(\overline{\delta P})$ 值。即

$$|\overline{\delta P}| + U_c(\overline{\delta P}) \leq MPE \quad (7)$$

$$|\overline{\delta P}| \leq MPB \quad (8)$$

式中 $\overline{\delta P}$ 表示摩尔分数或物性测定值的平均误差; $U_c(\overline{\delta P})$ 表示平均误差的扩展不确定度。

目前 MCM 模拟已经广泛应用于欧盟国家和英国实施能量计量的计量站,对管网系统的发热量测量结果进行不确定度(整体)评估。例如,英国现行法规“输气管网准入协议(NEA)”规定^[11],进入国家输气管网的天然气发热量必须达到 $31.6 \sim 46.5 \text{ MJ/m}^3$ 。图 1 所示即为进入英国管网天然气的 MCM 模拟结果^[18]。由图 1 可知,在上述范围内发热量测量结果的平均

误差 $\overline{\delta P}$ 的不确定度数据绝大多数分布在深灰色区域内,由此可以估计出 MPE 的分布区间为 $-0.10 \sim 0.08 \text{ MJ/m}^3$,符合准入协议的规定。

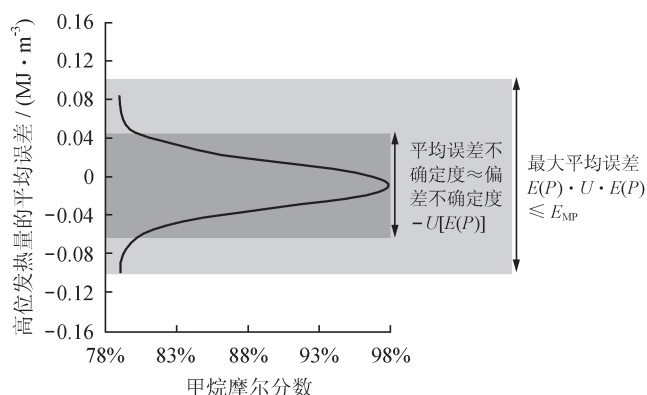


图 1 平均误差分布与 MPE 分布带图

4 结论与建议

当前 ISO 10723:2012 正在转化为我国国家标准,该标准发布后,以 ISO 10723:1995 为基础的 GB/T 28766—2012 将撤销。届时,我国现行的以精密度评价为核心的操作性能评价必须按 ISO 10723:2012 的规定,与测量结果的不确定度评价相结合一体。鉴于此,应充分重视 ISO 10723:2012 附录 B 提出的以平均系数法评价气相色谱仪的建议。实施此建议的具体意见如下。

1) ISO 10723:2012 推荐在不采用校准曲线法进行校正的情况下,采用单一的平均校正系数 $\bar{b}$ 作为仪器操作性能基准,对气相色谱仪分析样品气的测量结果进行不确定度最佳估计。 $\bar{b}$ 值可以用 MCM 法模拟确定。

2) 根据国际法制计量组织 OIML R 140 报告的建议,ISO 10723:2012 对实施能量计量的 A 级计量系统 MPE 值规定为 $\pm 1.0\%$ 。

3) ISO 10723:2012 推荐的仪器操作性能规定:在参比条件为 15°C (燃烧) 和 15°C 、 $101\,325\text{ Pa}$ (计量),天然气组成中虚拟组分 C_6^+ 按正己烷性质计算其发热量的工况条件下, MPE 为 $0.1 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$, MPB 为 $0.025 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 天然气: GB 17820—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and

Quarantine of the PRC. Natural gas: GB 17820—2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.

[2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 天然气 发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法: GB/T 11062—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the PRC. Natural gas: Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index: GB/T 11062—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.

[3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 天然气的组成分析 气相色谱法: GB/T 13610—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the PRC. Analysis of natural gas composition—Gas chromatography: GB/T 13610—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.

[4] 黄黎明, 陈赓良, 张福元. 天然气能量计量理论与实践 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2010: 89.

Huang Liming, Chen Gengliang & Zhang fuyuan. The theory and practice of energy determination for natural gas[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010: 89.

[5] ISO. Natural gas—Performance evaluation for on-line analytical systems: ISO 10723:1995[S]. Zurich: International Organization for Standardization, 1995.

[6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 天然气 在线分析系统性能评价: GB/T 28766—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the PRC. Natural gas—Performance evaluation for on-line analytical systems: GB/T 28766—2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.

[7] ISO. Natural gas—Performance evaluation for analytical systems: ISO 10723:2012[S]. Zurich: International Organization for Standardization, 2012.

[8] 罗勤, 姬忠礼, 许文晓, 陈效红. 天然气产品质量和分析测试技术国际化进展 [J]. 石油与天然气化工, 2013, 42(6): 549-554.

Luo Qin, Ji Zhongli, Xu Wenxiao & Chen Xiaohong. International standardization developments of natural gas quality, analytical and test technologies[J]. Chemical Engineering of Oil and Gas, 2013, 42(6): 549-554.

[9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 天然气计量系统技术要求: GB/T 18603—2001[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the PRC. Technical requirements of measuring systems for natural gas: GB/T 18603—2001[S]. Beijing: Standards Press of China, 2001.

[10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 测量不确定度评定与表示: JJF 1059.1—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the PRC. Evaluation and expression of uncertainty

- in measurement: JJF 1059.1—2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
- [11] Cowper CJ. 天然气在线分析的准确性和一致性[J]. 石油与天然气化工, 2012, 41(1): 1-10.
- Cowper CJ. Accuracy and consistency of on-line natural gas analysis[J]. Chemical Engineering of Oil and Gas, 2012, 41(1): 1-10.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 天然气能量的测定: GB/T 22723—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the PRC. Energy determination for natural gas: GB/T 22723—2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [13] 周理, 陈赓良, 潘春锋, 许文晓. 天然气发热量测定的溯源性[J]. 天然气工业, 2014, 34(11): 122-127.
- Zhou Li, Chen Gengliang, Pan Chunfeng & Xu Wenxiao. Traceability of the calorific value measurement of natural gas[J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(11): 122-127.
- [14] OIML. Measuring systems for gaseous fuel: OIML R 140: 2007. Paris: International Organization of Legal Metrology, 2007.
- [15] ISO. Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995): ISO/IEC GUIDE 98-3-2008[S]. Zurich: International Organization for Standardization, 2008.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 用蒙特卡洛法评定测量不确定度: JJF 1059.2—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the PRC. Monte carlo method for evaluation of measurement uncertainty: JJF 1059.2—2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
- [17] 陈赓良. 天然气能量计量的溯源性与不确定度评定[J]. 石油与天然气化工, 2017, 46(1): 83-90.
- Chen Gengliang. Traceability of energy determination for natural gas and estimation of measuring uncertainty[J]. Chemical Engineering of Oil and Gas, 2017, 46(1): 83-90.
- [18] 高立新, 陈赓良, 李劲, 唐飞. 天然气能量计量的溯源性[M]. 北京: 石油工业出版社, 2015: 220.
- Gao Lixin, Chen Gengliang, Li Jin & Tang Fei. Traceability of energy determination for natural gas[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2015: 220.

(修改回稿日期 2018-05-15 编辑 何明)

中石化刷新四川盆地最深井纪录

2018年7月6日, 据中国石化西南石油局的消息: 中国石油化工集团(以下简称中石化)重点探井——川深1井日前钻达井深8 420 m 完钻, 刷新了四川盆地最深井纪录, 标志着中石化在四川的天然气开发向更深领域、更大目标推进。

中石化把四川作为打造优质清洁能源基地重中之重的地区, 近年来深入实施“天然气大发展”战略, 成功开发我国百亿立方米级特大型整装海相高含硫气田——普光气田, 成功建成世界首个7 000 余米超深高含硫生物礁大气田——元坝气田。普光、元坝气田的高效开发建设和安全平稳运营, 有力推动了四川省能源消费清洁化和低碳化, 巩固了四川在我国天然气工业发展中的引领地位。

目前, 中石化在四川的天然气探明储量为 $1.4 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 累计生产天然气 $1 100 \times 10^8 \text{ m}^3$; 拥有 $120 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 天然气生产能力、 $500 \times 10^4 \text{ t/a}$ 成品油销售能力。

四川是全国清洁能源基地, 天然气(包括页岩气等非常规气)储量丰富, 同时, 能源化工是四川省正奋力打造的“万亿产业”之一。中石化在川企业表示, 将加快开发天然气、页岩气等清洁能源, 助力四川高质量发展。

(天工 摘编自天然气工业网)