

中国天然气气质规格及互换性标准问题

郭开华^{1,2} 王冠培¹ 皇甫立霞^{1,2} 李 宁²

1. 中山大学工学院 2. 中山大学—BP 液化天然气中心

郭开华等. 中国天然气气质规格及互换性标准问题. 天然气工业, 2011, 31(3): 97-101.

摘 要 随着天然气产业和市场的管网化及互联互通, 多气源接入混输和跨区域管网运营成为未来发展的必然趋势, 天然气质量规格及互换性标准的设立是必须面对和解决的重大问题。为此, 评述了国际上尤其是欧、美在天然气气质规格及互换性标准问题方面的研究进展和成果, 分析比较了中国与美国、英国、西班牙、印度及欧洲等国家和地区的天然气(包括 LNG)燃烧特性和气质标准, 并将其表示在互换性盒子图上, 结果表明中国多气源状况的复杂性和宽泛性与欧洲类似。根据对当前国内相关气质标准及采用状况的研究, 指出了国内气质规格及互换性标准存在的缺陷和不完善性。提出了建立中国天然气气质规格及互换性标准应注意的控制范围、管网波动性限制要求、燃具准入要求及适应域, 为制定科学、合理的相关规范和标准提供基础和指导性原则, 可为天然气商品和谐交易、大型燃气动力设备引进的技术要求、燃具制造商产品要求等提供参考依据。

关键词 天然气 气质 规格 互换性 标准

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2011.03.025

1 中国天然气市场气源状况

随着天然气产业和市场的日趋管网化和互联互通, 多种气源接入混输的跨区域大型管网成为发展的必然趋势。目前, 中国天然气气源是多方位、多类别的, 基本情况见表 1^[1]。国内现阶段主要管道天然气和 LNG 的气质规格和燃烧特性参数具有较大差异, 热值(HHV)和华白指数(WI, Wobbe Index, 热负荷指数)的变化范围分别为 36.3~43.3 MJ/m³ 和 45.9~53.5 MJ/m³。同时, 随着中国 LNG 产业的不断发展, 更多进口和国际现货贸易 LNG 将进入天然气供应管网, 使得气质规格种类更加繁多。表 2 给出了当前国际市场上主要 LNG 供应国的气质规格和特性参数^[2]。因此各种燃具、燃烧器和燃气动力设备对气质波动的适应能力可能存在诸多问题。天然气(NG)和 LNG 质量规格及互换性标准的设立是必须面对和亟待解决的问题^[1,3]。

2 互联管网气质规格及互换性问题

纵观国际天然气能源产业的发展, 发达国家和较大发展中国家与区域, 如美国、欧洲地区、东南亚地区、印度、巴西、中国等无一不面临多气源联网和高效安全运行管理的共同问题, 特别是近年来 LNG 呈规模地快速发展, 使得国际各种规格的天然气贸易凸显出气质规格及互换性要求的重要, 许多国家或地区都在研究制定相应的标准和导则, “有限定地”促进天然气(含气化 LNG)跨网、跨区域、以至跨国的交易。自 2003 年开始, 国际燃气联盟(IGU)天然气工作组(C)成立了 LNG 气质规格及互换性技术委员会(D1), 专门关注该问题, 并每 3 a 提供 3 年度工作报告, 对 NG 和 LNG 的质量和规格(主要成分、杂质含量、纯度和燃烧特性等)、测定分析方法、气质变化对各类用户(民用、商用、工业、发电、燃机等)的影响、气质调整方法等进行评估, 并对各国和地区性标准制定状况进行概括^[2]。

基金项目: 广东省普通高校液化天然气与低温技术重点实验室资助项目(编号: 39000-3211101)、中山大学—BP 液化天然气中心资助项目(编号: 99103-9390001)。

作者简介: 郭开华, 1956 年生, 教授, 博士生导师; 担任中山大学—BP 液化天然气中心主任; 主要从事能源及液化天然气技术方面的研究工作。地址: (510006) 广东省广州市大学城中山大学工学院 C 栋 203 房。电话: 13668961195。E-mail: guokaih@mail.sysu.edu.cn

表 1 中国当前主要天然气和进口 LNG 组成与燃烧特性参数一览表

气源或管线	组 成								燃烧特性/ $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$			气体相对密度
	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	戊烷 ⁺	氮气	二氧化碳	高位热值	低位热值	华白指数	
陕甘宁	94.70%	0.55%	0.08%	0.03%	0.01%	0.00%	1.92%	2.71%	36.29	32.68	47.11	0.593 3
塔里木	96.26%	1.77%	0.30%	0.06%	0.07%	0.12%	0.97%	0.45%	38.19	34.41	50.17	0.579 3
四川普光	96.15%	0.15%	0.01%	0	0	0	0.70%	2.99%	36.46	32.83	47.55	0.587 8
西气一线	96.23%	1.77%	0.30%	0.06%	0.08%	0.13%	0.96%	0.47%	38.20	34.43	50.17	0.579 8
忠武线	97.00%	1.50%	0.50%	0	0	0	1.00%	1.00%	38.14	34.36	50.45	0.571 4
东海平湖	88.75%	6.81%	0.35%	0	0.01%	0.01%	0.67%	3.4%	38.43	34.67	48.50	0.627 8
广西北海	80.38%	12.48%	1.80%	0.08%	0.11%	0.06%	5.09%	5.09%	40.70	36.80	50.15	0.658 6
渤海	83.57%	8.08%	0.08%	0	0	0	4.14%	4.13%	37.03	33.42	45.85	0.652 4
缅甸	99.07%	0.12%	0.03%	0.01%	0	0.08%	0.18%	0.50%	37.69	33.94	50.22	0.563 2
土库曼斯坦	92.55%	3.96%	0.34%	0.12%	0.09%	0.22%	0.85%	1.89%	38.53	34.75	49.45	0.607 0
哈萨克斯坦	94.87%	2.35%	0.31%	0.03%	0.05%	0.07%	1.66%	0.66%	37.92	34.17	49.56	0.585 4
广东 LNG	87.33%	8.37%	3.27%	0.41%	0.56%	0.03%	0.03%	—	42.90	38.79	53.51	0.642 8
福建 LNG	96.64%	1.97%	0.34%	0.15%	0	0	0.90%	—	38.34	34.55	50.61	0.573 9
上海 LNG	92.74%	6.23%	0.38%	0.01%	0.01%	0	0.63%	—	39.58	35.70	51.44	0.592 1
海南 LNG	78.48%	19.83%	0.46%	0.01%	0.01%	0.01%	1.20%	—	43.32	39.20	53.24	0.661 9
新疆 LNG	82.42%	11.11%	4.55%	0	0	0	1.92%	—	42.84	38.76	52.66	0.661 9
中原 LNG	95.88%	3.36%	0.34%	0.05%	0.05%	0.02%	0.30%	—	38.95	35.11	51.24	0.577 9
山西煤层气 LNG	94.56%	2.08%	0.69%	0.23%	0.18%	0.01%	2.25%	—	38.20	34.50	49.90	0.589 0

注:部分数据来源于文献[2]。计算基准:15℃,101.325 kPa,干,GB/T 11026,下同。

表 2 主要出口国 LNG 典型燃气组成^[3]与燃烧特性参数一览表

气源或管线	组 成								燃烧特性/ $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$			气体相对密度
	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	戊烷 ⁺	氮气	二氧化碳	高位热值	低位热值	华白指数	
卡塔尔	89.94%	6.28%	2.25%	0.35%	0.60%	0.01%	0.57%	—	41.48	37.47	52.50	0.624 2
澳大利亚	87.40%	8.30%	3.40%	0.40%	0.40%	0	0.10%	—	42.75	38.65	53.40	0.641 0
马来西亚	90.30%	5.30%	3.00%	0.60%	0.50%	0	0.30%	—	41.84	37.81	52.82	0.627 6
印度尼西亚	90.70%	6.20%	2.00%	0.50%	0.40%	0	0.20%	—	41.40	37.39	52.63	0.618 9
挪威	85.60%	8.90%	3.15%	0.55%	0.70%	0	1.10%	—	42.78	38.70	52.98	0.652 2
阿布扎比	84.80%	13.2%	1.60%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	—	42.74	38.64	53.40	0.640 5
文莱	90.60%	5.00%	2.90%	0.60%	0.80%	0	0.10%	—	42.03	37.98	53.00	0.628 7
利比亚	81.60%	13.40%	3.70%	0.30%	0.30%	0	0.70%	—	43.99	39.82	53.80	0.668 4
阿尔及利亚	88.00%	9.00%	2.00%	0.20%	0.20%	0	0.60%	—	41.63	37.61	52.57	0.626 9
尼日利亚	91.30%	4.60%	2.60%	0.60%	0.80%	0	0.10%	—	41.75	37.71	52.85	0.623 9
阿曼	87.90%	7.30%	2.90%	0.80%	0.70%	0	0.40%	—	42.66	38.57	53.21	0.642 7
特立尼达和多巴哥	96.80%	2.70%	0.30%	0.05%	0.05%	0	0.10%	—	38.79	34.96	51.24	0.573 1
埃及	97.70%	1.80%	0.20%	0.10%	0.10%	0	0.10%	—	38.56	34.75	51.11	0.569 2
赤道几内亚	93.40%	6.60%	0	0	0	0	0	—	39.69	35.80	51.79	0.587 3
伊朗	90.72%	5.80%	2.08%	0.60%	0.60%	0.20%	0	—	41.89	37.85	52.98	0.625 2

NG 和气化 LNG 气质规格及互换性标准问题的解决和指导性规则的建立是要寻求 NG 及 LNG 供应商与用户及管网公司之间在效率 and 安全性方面取得平衡,既要有确保可靠性和安全性的必要限制,也要有应用的科学性和柔度。在保证用户利益不受损害的同时,让供应商有合理的依据可寻,能够对整个供应链进行效率和商务操作的优化。近年来国际上各国和地区在这方面的实践充分体现了这一点^[4-5]。

3 国内相关标准状况

国内在天然气气质规格和互换性方面相关的标准主要有 GB 17820—1999《天然气》、GB/T 13611—2006《城镇燃气分类和基本特性》,以及与 LNG 相关的标准 GB/T 19204—2003《液化天然气的一般特性》、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》、GB/T 13610—2003《天然气的组成分析 气相色谱法》。GB 17820 主要参考了 ISO 13686;1998《天然气质量指标》,并根据含硫量的大小将我国商品天然气分为 3 类,同时要求民用天然气只适用一类和二类,三类可作为工业燃料。GB/T 19204—2003 等同采用 EN1160;1997《液化天然气装置和设备 液化天然气的一般特性》,在气质规格方面只对甲烷最低含量(75%)和氮气最高含量(5%)进行了限定。

GB/T 13611—2006《城镇燃气分类和基本特性》的燃气分类是借用了欧洲对燃具适用类别的分类标准 EN437;1994《试验气、试验压力和器具分类》和 EN30-1-1;1999《家用燃气灶具》。然而 EN437 只是针对燃具分类测试而言,并非真正意义上的燃气分类和质量规格标准。GB 50028—2006《城镇燃气设计规范》在对燃气质量和互换规定要求时,采用 GB/T 13611 作为燃气发热量及热值波动范围的基准和采用 GB 17820 作为城镇用天然气质量的要求,同时规定了天然气交接处的烃露点限定要求。

对于常规天然气(除大量掺混空气和氮气的天然气外),包括绝大部分气化 LNG,均可归类于 12T 天然气。对于用 12T 的基准气(纯甲烷)作为天然气互换性的基准,将其华白指数的上、下限作为天然气互换性的范围,这种简单化做法是不妥当的^[6],可能导致不能互换等问题。因此从严格意义上来讲,中国缺乏天然气气质规格及互换性标准或指导性规定,急需借鉴国际上的最新研究成果来开展相应的工作。

4 国际相关标准研究及成果借鉴

不同规格燃气互换性研究的常规方法是对互换性

条件进行判定。早期有美国的 A.G.A 指数判定法和韦弗指数法,国内常采用这两种方法对燃气间的互换性进行判定。但需注意,虽然指数法的计算公式是确定的,但限定值并不唯一,需要由当地、当时实际燃具的实测数据来合理设定。此外还有一些常用图解方法,具代表性的有法国德尔布图解法和英国达顿图解法。这些方法都是以当时大量的已有燃具测试实验数据为基础,进行理论分析和数据归纳而得出的,具有一定的普适性。

国际上这方面研究具代表性的是美国和欧洲地区。美国利用天然气的历史很长,关于互换性的研究也很深入。美国的互换性标准问题主要是指管道气和 LNG 的互换性,由于美国天然气市场各行业之间自由竞争激烈且势均力敌,若有利益冲突,则很难调和。由此美国联邦能源管理委员会(FERC)倡议,由美国国家天然气委员会(NGC)牵头,联合 LNG、天然气管道、城市燃气、发电、化工、燃气设备生产、天然气处理等行业的近百家企业以及部分政府和科研机构组成工作组(简称 NGC+),开展了燃气可互换性的研究,评估范围包括美国 26 个城市、16 个天然气管输公司、7 000 多个气样,于 2005 年 2 月发布了《天然气可互换性及非燃烧应用白皮书》^[7]。

欧洲地区天然气管网之间气质规格有较大差异,欧洲燃具分类测试标准 EN437 为进一步研究制定燃气规格及互换性标准提供了基础。欧洲天然气行业发展要求跨境联网,欧洲燃气工业技术协会(MARCOGAZ)于 2003 年 2 月发表了关于《欧洲燃气质量规定的第一个立场文告》。欧洲合理能源交易协会(EASEE-gas),以协调各方利益,促进天然气贸易和交接的和谐化为出发点,基于已有的天然气管网和进口 LNG 情况,于 2005 年提出能够为欧洲各国接受的较宽泛的《和谐天然气质量通用商业标准》(CBP 2005—001/01)^[8-9]。

5 标准制定的建议与要求

中国天然气产业发展迅速,市场巨大,气源范围广,类似欧洲。应借鉴国外相关经验,建立适应中国的气质规格及互换性标准体系。应充分考虑当前和未来市场发展的需求和产业预期,以及气质波动的范围和速度对终端用户燃具可能产生的影响,确定天然气质量规格及互换性要求,保证商品天然气的应用安全。

由华白指数、发热量和相对密度的控制范围构成了互换性盒子,图 1 将中国目前和将来管输天然气和气化 LNG 的燃烧特性参数表示在互换性盒子上,比

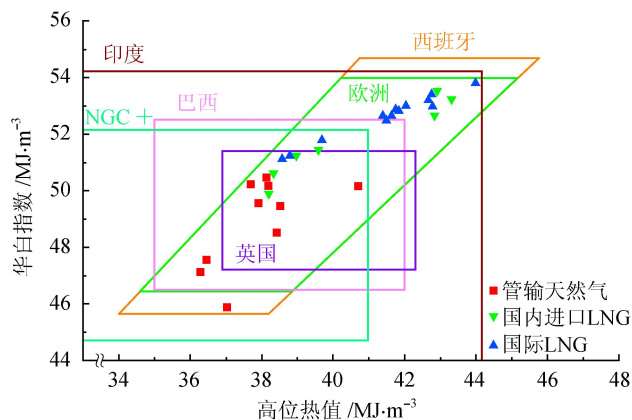


图 1 中国各种气源的气质规格在互换性盒子上的表示图

较了典型地区和国家互换性标准控制域。欧洲一些国家根据本国的特殊情况制定各自的标准,如西班牙标准比较宽泛,华白指数范围大于欧洲和谐标准;而英国较严,其华白指数限定要比欧洲和谐标准严格得多。

对华白指数限定范围的控制是天然气利用的安全性、环境排放和效率的保证。燃气的碳氢比决定了不完全燃烧指数的大小或燃烧的 CO 排放量。图 2 给出了相对密度修正的碳氢比和华白指数的关系。由此可见控制华白指数范围与控制碳氢比的变化一样,具有限定不完全燃烧指数或黄焰指数的同样功效。图 2 中 GS(M)R 是英国燃气安全管理规范“Gas Safety (Management) Regulations”的缩写。

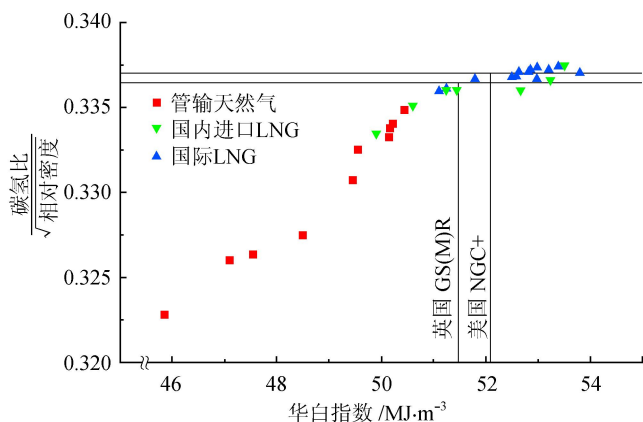


图 2 NG 及 LNG 密度修正碳氢比与华白指数的关系图

同样,限定相对密度的范围与限定甲烷的最低含量具有同样的功效。甲烷值和辛烷值有非常确定的关系,是抗爆燃的重要参数。图 3、4 分别给出了甲烷含量与华白指数和相对密度的关系。

由上述分析可知,对国内各个管网天然气(特别在

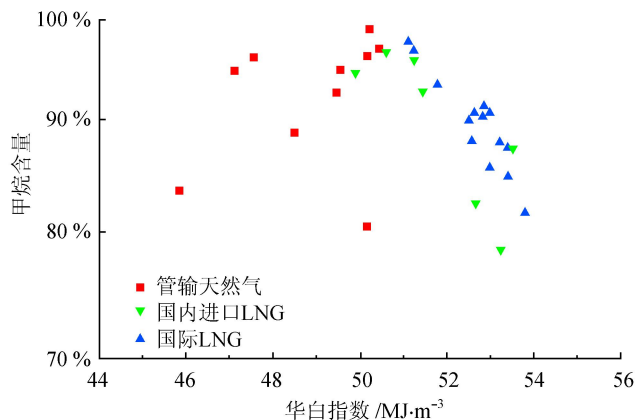


图 3 NG 及 LNG 甲烷含量与华白指数的关系图

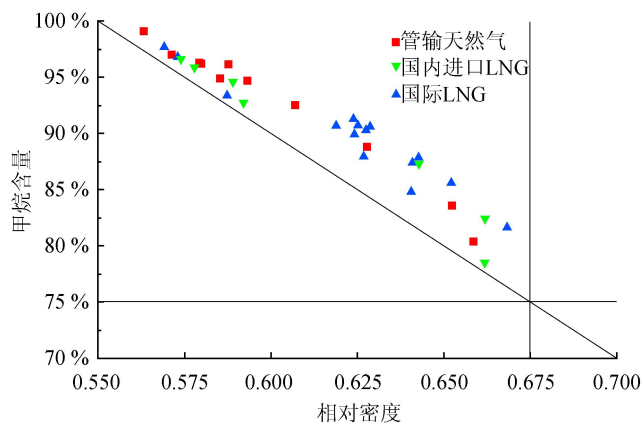


图 4 NG 及 LNG 甲烷含量与相对密度的关系图

交接点处)华白指数的波动范围给出合理的指导性要求(对一些局部的特殊情况要留有余地)是十分必要的。控制华白指数的波动应包含对波动范围和波动速度或频率的要求。

制定合理的气质规格及互换性标准或指导性原则对规范天然气产业的健康发展,促进天然气商品和谐交易(包括对国外进口 NG 和 LNG 质量规格协议要求)十分重要,也是中国大型动力设备引进时对制造商提出合理技术指标要求的参考依据。例如燃具进入时,用互换域边界进行检验,适应燃气互换域的燃具才允许进入市场;引进燃气轮机组时,可以对不同厂家的机组提出相同华白指数最大波动范围要求。目前,美国 GE 公司的机组能接受的修正华白指数 MWI 波动范围为 $\pm 5\%$,日本三菱规定 MWI 波动范围为 $\pm 2\%$ 。

在研究制定标准的同时,应注意考虑具体实施的有效性,根据多气源天然气混输管网的运行控制策略和指标要求,建立互联型混输运行和调度(含一般和应急情况)时管网参数波动的准确预测平台。

参 考 文 献

- [1] 李猷嘉.论液化天然气与管道天然气的互换性[J].城市燃气,2009(6):3-14.
- [2] JOSTEN M, HULL S. Program Committee D1 2006—2009 Triennium Work Report: LNG Quality and Interchangeability[C]. 24th World Gas Conference (PGC D), Buenos Aires, Argentina, 2009. Oslo, Norway: International Gas Union (IGU), 2009.
- [3] 华贲,李明,罗东晓.制定中国天然气质量标准的紧迫性[J].天然气工业,2005,25(6):128-131.
- [4] WILLIAMS T A. Manufacturer Testing of U.S. Appliances on LNG Composition and Other Gases[C]. 24th World Gas Conference (PGC D), Buenos Aires, Argentina, 2009. Oslo, Norway: International Gas Union (IGU), 2009.
- [5] HO B. A Supplier's Perspective on Addressing Global LNG Interchangeability Issues[C]. GTI Int. Conference Global LNG Interchangeability, Huston, TX, USA, 2006. Chicago, USA: GTI, 2006.
- [6] 李猷嘉.正确处理天然气质量中的燃气互换性问题[J].城市燃气,2008(3):6-10;2008(4):3-11.
- [7] NGC + Interchangeability Work Group. White Paper on Natural Gas Interchangeability and Non-Combustion End Use[R]. Washington DC, USA: FERC, 2005.
- [8] WILLIAMS T. European Gas Interchangeability[C]. 24th World Gas Conference (PGC D), Buenos Aires, Argentina, 2009. Oslo, Norway: International Gas Union (IGU), 2009.
- [9] EASEE-gas. Common Business Practice (CBP) 2005—001/02 Harmonization of Natural Gas Quality[S]. Paris: EASEE-gas, 2008.

(收稿日期 2010-11-22 编辑 赵 勤)