

输气管道的输量、运距与管输费率关系研究

张传平, 严大凡

(中国石油大学 石油天然气工程学院, 北京 昌平 102249)

[摘要] 在对若干输气管道个案计算基础上, 可以发现规划输气量下, 管输费率与输送距离间存在线性关系, 进一步研究可以得到输气单位体积、单位距离的管输价格与规划输气量间的函数关系, 就可以实现既定输气费率下经济最远运距的计算。

[关键词] 输气管道; 输量; 运距; 管输费率

[中图分类号] F407.22 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-5595(2006)03-0017-(03)

福罗斯特与其学生麦多斯在他们的“世界模型”中指出: 威胁人类社会可持续发展的问题有人口增长、粮食供应、资本投资、环境污染和资源耗竭等因素。福-麦模型指出, 这五种因素都按指数级数增长, 但其增长率并不一样, 其特性是“一个体系内的变量经过许多倍增时间, 不一定就达到具有重大影响的数量, 但是从那时起, 仍然按照指数规律增长, 再经过一个、两个或多个倍增时间, 某个变量可能变得压倒一切了”^[1]。

无庸讳言, 当今威胁人类社会可持续发展的最突出问题是环境污染。据世界银行测算, 20世纪90年代中期以来, 我国每年仅空气和水污染带来的损失占GDP的比重就达8.3%以上。^[2] 国家环保总局2003年3月25日公布的全国环境质量状况表明, 全国酸雨(pH值小于或等于5.6)污染呈加重趋势,^[3] 在2003年度监测的487个市、县中, 出现酸雨的城市有265个, 占54.4%。近年来, 国家经济建设对生态环境的破坏所造成的经济损失每年近3000亿元。^[4]

众所周知, 大气污染物主要来源是燃料的燃烧和工业生产过程, 其主要成分为有害气体(二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、碳氢化物、光化学烟雾和卤族元素等)及颗粒物(粉尘和酸雾、气溶胶等)。控制来自燃料燃烧的大气污染, 固然可以通过烟尘控制技术及其他技术装置, 但改变能源结构, 用清洁能

源替代“污染严重的能源”也是最有效的途径之一。

天然气是当今世界公认的最清洁的能源。燃烧后产生的二氧化碳和氮氧化物仅为煤的50%和20%, 污染为石油的1/4, 煤的1/800。基于此, “21世纪是天然气的世纪”, 已是自20世纪90年代以来国际能源界的共识。

目前我国天然气在一次能源消费结构中的比例(4.1%)明显低于世界平均水平(23.8%), 但是, 我国天然气资源比石油资源更为丰富, 且其可采资源平均探明率仅为22%, 天然气勘探仍处于早期阶段, 处于储量产量的快速增长期; 而且我国还拥有较为丰富的煤层气资源, 仅陆上在2000m以内的煤层气资源量就达到 $31 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 接近目前常规天然气资源总量。^[5] 因此, 我国天然气/煤层气资源的开发与利用必将以前所未有的速度发展, 因而, 进行输气管道的输量、运距与管输费率关系研究是具有现实意义的。

一、长距离输气管道的技术经济特点

天然气本身的固有特性决定了管道是其最合适的运输方式之一, 管道输送较之其他运输方式的诸多优点, 几乎适用于整个天然气供应链上的每一个运输环节。2002年全球天然气总产量为 $2527.6 \times 10^9 \text{ m}^3$,^[6] 其中借助管道完成的国际交易量为 $431.35 \times 10^9 \text{ m}^3$, 为全球天然气总产量的17.1%; 通过LNG实现的国际交易量为 $149.99 \times 10^9 \text{ m}^3$, 占全

[收稿日期] 2006-04-27

[作者简介] 张传平(1957-), 男, 山东桓台人, 中国石油大学(北京)石油天然气工程学院博士研究生。

球天然气总产量的 5.9%。纵观世界各国管道输气大行其道的原因,主要有以下几点:运输量大;占地少,受地形限制少;密闭安全,能够长期连续稳定运行,不受恶劣气候影响;无噪声,有效保护沿途环境;输气损耗少、能耗少。

但是,天然气的开发利用也存在很多技术与经济问题。在天然气资源开发与利用价值链中,天然气输送、尤其是长距离天然气输送是非常重要的环节,我国/世界天然气资源分布与天然气消费空间地域分布上的非一致性,使得天然气的长距离输送更为重要。天然气长输管道的经济性很大程度上取决于管道的设计输送能力、管道长度、管道的设计使用计算期限及在该计算期限内的实际输量的变化、管道的建设投资及营运成本等方面的因素。因此,建设天然气长输管道并不是在任何条件下都是经济的。

对长距离天然气输送而言,堪与管道竞争的运输方式是液化天然气(LNG)。目前,LNG 的供应、需求以及支撑这一产业的基础设施都在积极地发展之中,世界范围内建设天然气的液化、再气化厂的投资都处在蓬勃发展之中,由于采用了先进技术和规模经济的 LNG 运输船(标准 LNG 运输船已从 $14.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 发展到了 $20 \times 10^4 \text{ m}^3$),运输挥发损失率从 0.15% ~ 0.25% 下降到 0.13% 以下,极大提高了 LNG 对管输天然气的竞争能力。^[7] 国外文献指出,管道输气成本,当陆上输送距离超过 4 000 km 以及海上管道超过 2 000 km 时,其成本都高于 LNG 的成本,如对欧洲大陆来说,输送来自中东、尼日利亚及巴伦支海的天然气,管道输送仅是联系产地与终端消费国的可选方式之一。无论如何,对欧洲市场而言,LNG 是比管道输送更为有效的运输方式。^[8]

二、长距离输气管道的输量、运距与管输费率关系

面对我国方兴未艾的天然气长距离输送,姑且不论国外结论的真伪,研究我国条件下长距离输气管道的规划输量、经济最远运距和管输费率间关系是有重大意义的。

长距离输气管道的规划输量、经济最远运距与管输费率关系直接构筑在长距离输气管道建设与运行方案基础上。而长距离输气管道建设与运行方案又涉及技术、经济问题,离不开存在着内部联系的管道设计系统分析与管道运行所涉及的物理现象和过程计算。

依照《石油建设工程项目可行性研究投资估算编制办法》、《中国石油天然气股份有限公司建设项

目技术经济评价方法与参数》,管道运行所涉及的物理现象和过程计算采用一般的天然气物性参数,经济参数采用“西气东输管道工程”的市场条件,本文利用透明的组合优化/全局优化算法及其软件对不同个案的计算结果如表 1。

表 1 不同输量、距离下的天然气管输费率

输气量 ($10^8 \text{ m}^3/\text{a}$)	元/ m^3				
	1000	2000	3000	4000	5000
10	0.800				
20	0.667	1.325			
30	0.524	1.035			
50	0.362	0.715	1.068		
70	0.308	0.607	0.906	1.205	
90	0.274	0.540	0.806	1.071	
100	0.264	0.521	0.776	1.032	
110	0.259	0.510	0.761	1.012	
115	0.257	0.505	0.753	1.002	
120	0.251	0.494	0.736	0.979	
150			0.653	0.867	1.082
180			0.609	0.809	1.009
200			0.599	0.795	0.992
230			0.616	0.816	1.017
250			0.603	0.799	0.995
300			0.603	0.798	0.993

注:数据来源于作者博士论文研究结果;输送距离单位为 km。

(一)一定输量下管输费率与输送距离的关系
辨识

由表 1 数据可得到一定输量下管输费率与输送距离的关系,见图 1。

由图 1 可见,一定输量下管输费率与输送距离存在线性函数关系。

图 1 输送距离与管输费率的关系

(二)输量与单位体积、单位距离的管输价格间的关系

将表 1 数据皆除以其对应的输送距离,得到单位体积、单位输送距离的管输价格,其与输量间的关系如图 2 所示。

与图 2 揭示的输量与单位体积、单位输送距离的管输价格间的关系表达式为:

$$\begin{cases} y = 2.2808x^{-0.4566}; \\ R^2 = 0.9669. \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中, y 是单位体积、单位输送距离的管输价格; x 是输气量; R 是相关系数。

式(1)的函数结构, 也表明了其就是单位体积、单位输送距离的管输价格与经济起输量间的关系表达式。

图2 输量与单位体积、单位输送距离的管输价格的关系

(三) 管输费率与经济最远运距

当不考虑气源的天然气购气成本及天然气城市门站后的储配气成本, 且给定规划输气量与输气管道首站至城市门站的管输费率时, 则输气管道的经济最远运距计算如下:

第一步, 用式(1)计算规划输气量下的单位体积、单位输送距离的管输价格。

第二步, 用给定管输费率计算经济最远运距:

$$\text{经济最远运距} = \frac{\text{管输费率}}{\text{单位体积} \times \text{单位距离} \times \text{输气价格}} \quad (2)$$

式(2)中, 经济最远运距单位为 km; 管输费率单位为元/ m^3 。部分经济最远运距试算结果如表2。

表2 输气管道经济最远运距 km					
输气量 ($10^8 \text{ m}^3/\text{a}$)	1.000	0.970	0.940	0.910	0.900
40	2363	2292	2221	2150	2126
60	2843	2758	2673	2587	2559
80	3242	3145	3048	2951	2918
130	4047	3926	3804	3683	3642
140	4186	4061	3935	3810	3768

注: 输气费率单位为元/ m^3 。

三、结束语

界定与研究经济最远运距, 离不开管道输气终

端用户的可接受价格。而管道输气终端用户的可接受价格又是一个与经济社会发展密切联系的概念。在我国经济发展的不同阶段及经济发展水平不同的地区, 管道输气终端用户的可接受价格是一个多主体、多维的动态概念, 其关联众多因素。

我国政府已明确提出经济社会可持续发展的科学发展观, 依此为指导, 正确处理能源和环境的关系是科学发展观的重要内容。环境友好将成为中国中长期能源发展必须考虑的重要因素。实施环境友好战略离不开政府驱动、公众参与、总量控制、排污交易四个方面的综合落实。为此应采取如下措施。一是按空气质量要求, 对主要污染物实行更为严格的总量控制。二是提高排污收费标准、实行排放交易。三是实行环保折价, 将环境污染的外部成本内部化, 即全成本竞争。四是控制城市交通环境污染。五是取消对高耗能产品的生产补贴。六是应对全球气候变暖。值此背景, 管道输气终端用户的可接受价格是一个亟待研究、但又充满大量未知因素的课题。

本文仅从技术角度, 假定经济上的管道输气终端用户可接受的首站至门站间管输费率及规划输气量给定的条件下, 提出了长距离管道输气的经济最远运距的计算, 文中难免谬误, 敬请读者批评指正。

[参考文献]

- [1] 王军. 可持续发展[M]. 北京: 中国发展出版社, 1997: 5.
- [2] 齐建国. 循环经济理论与政策研究[R]. 北京: 中国技术经济学会, 2003.
- [3] 我国酸雨污染呈恶化之势[EB/OL]. 2003-03-25. <http://www.xinhuanet.org>.
- [4] 孙洪波. 大力发展循环经济[EB/OL]. 2004-12-08, <http://www.gmw.org>.
- [5] 关于我国煤层气资源开发利用情况的调查与发展建议[EB/OL]. 2004-06-25. <http://www.xinhuanet.cn>.
- [6] J, David Wood, LNG's share of global gas market to soar[J]. Petroleum Review, Feb. 2004: 1.
- [7] J, James Gaughan. Economic of Natural Gas[J]. Petroleum Review, May 2004: 67.
- [8] J, Ole Gunnar, Economic of Natural Gas Transportation Research Report[J]. Petroleum Review, 2000(53): 102.
- [9] 汪荣鑫. 数理统计[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1993.
- [10] J, Warren R. True, Special Report Pipeline Economics[J]. Oil & Gas Journal, Sept. 3, 2001: 89.

[责任编辑: 张岩林]