



发展我国液化天然气 工业的前景

郑大振

(华中理工大学)

李 群

(长江动力公司)

内容提要 在介绍世界能源发展趋势及我国能源情况的基础上,指出天然气在我国未来能源中将占重要地位;逐步建立我国 LNG 工业的技术装备是发展我国天然气工业的重要手段;对国内 LNG 工业发展所必需的原料、技术、产品市场和资金等基本条件进行了分析;建议发展我国 LNG 工业应分三个阶段并要充分利用国内巨大潜力,统一规划。

主题词 能源政策 能源利用 液化天然气

天然气在我国未来的能源中 将占有重要地位

世界能源的消费必然是由低级阶段向高级阶段发展。一方面表现为总需求量的增加,另一方面表现为从劣质能源(木材、煤炭)向优质能源(石油、天然气、核能等)转换。生产能力的提高、社会经济结构的变革和人民生活水平的提高,对优质气、液燃料的需求将会大幅度上升,这是不可逆转的能源替代总趋势。

目前,我国能源的消费基本上还处于基础建设阶段。由表 1^{〔1〕}可见,我国是世界能源

消费大国中唯一以煤炭为主的国家。可以预见,随着社会的发展,这种能源消费结构终将发生转变。我国具备依靠自身的条件,推动这种转变的客观基础。天然气是最有可能发展的替代战略资源。

尽管解放以来,我国的天然气工业有了很大的发展,但是由于种种原因,发展十分缓慢,甚至近十年来基本徘徊不前,至今尚未达到历史最高水平的 1979 年^{〔5〕〔7〕}与世界统计资料相比,油气产量比严重失调,差距很大。目前世界上油气产量比是 1:1,美国和苏联约为 0.85:1,而我国是 10:1^{〔2〕〔3〕}。如果按世界平均数字计算,我国的天然气产量将能

现有管道系列情况下,除 $\phi 114$ 外的任一种管道,敷设变径管都比敷设副管的金属耗量更省,更经济。

必须指出的是,本文的结论仅适用于所需敷设的副管都较短的情况。当输气管线中所需敷设的副管或变径管较长时,则应根据费用最省的原则来确定副管与变径管的最优技术参数。

参 考 文 献

〔1〕 C.A. 博布罗夫斯基等著 陈祖泽译 《天然气管路输送》 石油工业出版社 1985.8

〔2〕 陈祖泽等编著 《石油与天然气管路输送》(下册) 西南石油学院 1985.9

〔3〕 四川石油设计院、天津市建筑设计院合编 《输气干线设计手册》 1974.7

(本文收到日期 1990年5月21日)

达到 800 亿 m^3/a , 则我国城市的民用能源, 优质化的问题将会得到极大的缓解。
必要的工业气体燃料、有机化学工业等能源

表 1 1987 年一次能源消费构成

	世界	中国	美国	苏联	日本	联邦德国	英国	法国	意大利
消费量(万吨油当量)	1115860	85940	262120	189700	54360	38370	29770	29210	20720
构成%									
石油	37.6	17.0	41.4	33.3	54.3	42.7	36.3	42.5	60.9
天然气	19.9	2.1	22.4	39.3	9.9	16.4	24.0	12.2	21.0
煤	30.5	76.3	23.3	23.0	17.7	27.6	33.0	8.8	10.0
水电	6.9	4.6	3.2		5.8	1.7	0.7	7.8	7.1
				3.5					
核电	5.1	—	5.9		12.3	10.9	5.9	28.5	—
其它	—	—	3.7	0.9	—	0.7	—	0.1	1.0
总计	100	100	100	100	100	100	100	100	100

我国与世界水平的上述差距并非由于资源方面的原因, 实际上我国具有良好的天然气地质基础, 具有较快发展天然气工业的优越条件。据石油和地矿部门的可靠研究测算, 我国天然气的资源量为 150000~333000 亿

m^3 , 名列世界前茅, 是“富气国”。但是我国的探明储量很低, 比石油探明储量要低得多⁽³⁾。如果与苏联、美国、加拿大相比(表 2)⁽³⁾, 我国可达探明储量将是 27000~174000 亿 m^3 。

表 2 几个天然气大国天然气探明储量占资源量的比例(1983 年 11 月)

国 家	资源量 (亿 m^3)	探明储量 (亿 m^3)	累积产量 (亿 m^3)	探明储量占总 资源量的%
苏联	1338000	406000	59000	30.34
美国	439000	229000	17200	52.16
加拿大	217000	39000	12000	17.97

专门资料⁽³⁾⁽⁵⁾也详细分析了我国天然气储藏丰富的各种论证。这些资料一致表明: 我国陆相沉积岩面积大, 存在形成大中型气田

的有利地质条件; 各层系中天然气显示普遍, 大部分层系发现气藏或气田; 煤炭资源丰富, 形成大量煤成气田的地质基础; 柴达木、松辽

及渤海湾等沿海边缘带、琼东南莺歌海和东海、南海北部等诸盆地有广泛的生物成因气显示。

我国天然气工业发展缓慢的原因是多方面的,其中最主要的是对天然气工业在我国国民经济中将占有重要地位的认识不足。实际上则表现为前期天然气勘探投资和工作量少;中期处理和加工装置不配套;后期管理系统不健全,价格体系不合理,难以求得自身的积累与发展。现在,能源部门已将加速天然气的开发利用提到了重要位置,正在采取措施扭转这一被动局面。可以预料,天然气在我国未来的能源中必将占有重要地位。

世界 LNG 工业发展简介

天然气的主要成分是 CH_4 , 密度约为空气的一半, 常压下沸点为 $-161^\circ C$ 。它被称为是洁净燃料, 热值高、污染少, 使用方便。与气态天然气相比, 液化后的天然气只有原来体积的 $1/625$, 这对于天然气的储存、运输及合理应用都具有十分明显的优越性。

天然气液化技术始于第一次世界大战期间, 当时并非为了制取 LNG 产品, 而是通过制冷装置将天然气液化后提取氨气。液化后的天然气特性引起人们对 LNG 产品的兴趣, 1941 年在美国的克利夫兰建成了世界上第一座工业规模的 LNG 装置。其液化能力为 $8.5 \times 10^3 m^3/d$, 储槽容量为 $34 \times 10^3 m^3$ 。60 年代起, LNG 工业在国外发展十分迅速。1964 年法国设计的第一座大型 LNG 装置在阿尔及利亚投产, 并在世界上首次实现了大规模的槽船运输。此后, LNG 装置发展更快, 规模也越来越大, 基本负荷型装置液化能力在 $2.5 \times 10^4 m^3/d$ 以上。目前各国投产的 LNG 装置已达 160 多套。LNG 出口总量已超过 $46.18 \times 10^6 t/a$ 。已建成了从阿尔及利亚到美国, 从阿尔及尔和利比亚到欧洲、从阿拉斯加到日本等 10 几条航线和航运站。LNG 储槽的容量也越来越大, 最大的储槽直径达 $100m$, 高 $30m$, 容量达数万 $t^{[6][11]}$ 。

参加 1969 年在洛杉矶召开的国际低温工程会议的代表认为^[6]: LNG 工业的发展是天然气工业的一场革命, 它可以改变气体工业的结构, 具有左右国际燃料总贸易的能力。这种说法受到了许多能源专家和行政官员的认可, 因为: ①世界上 $1/4$ 以上的碳氢化合物以气体的形式出现, 天然气资源丰富; ②天然气产区往往远离能源消费区, LNG 是最经济、最方便的运输形式; ③空气和环境保护已成为世界性问题, 特别是在主要的工业中心及人口稠密地区, 天然气是比汽油更为洁净的低污染燃料; ④不但液化天然气本身可以做为能源输用, 它所携带的低温冷能也是宝贵的能量形式。国际上 LNG 工业高速发展的事实证明了这些论断的正确性。它们也可以成为我国发展 LNG 工业的宝贵借鉴。

开发 LNG 技术是加速我国天然气工业发展的重要手段

我国天然气的加工和利用存在不少问题。一方面天然气能源紧张, 产销矛盾很大; 另一方面不少天然气放空、点“天灯”, 不合理用气、非法用气现象严重, 存在着极大的浪费^[5]。在生产方式上, 目前仅仅停留在重烃成分(轻汽油、液化石油气等)的提取及天然气的近距离管线输送。由于缺乏配套的集输设备与处理加工装置, 天然气的加工率只有 30% 上下^[7]。

开发 LNG 技术, 逐步建立 LNG 配套装置, 发展我国的 LNG 工业, 能更好利用现有天然气资源。其理由是:

1. 大、中型 LNG 工厂作为一种集中和稳定的新型能源供给厂, 有“库”可以“调峰”, 能保证下游工程安全可靠供气;
2. 中、小型配套的 LNG 设备, 可以就地安装, 迅速投产, 立即发运, 将地下天然气资源尽快、尽多地利用起来, 符合我国的能源开发方针;
3. 车载、船装的流动性 LNG 工厂, 能方便机动的收集油气田边远地区的天然气。是解决远海、荒漠地区天然气田开发的有效手

段;

4. 用地面上机动运输取代地下远距离输气管网,方便、可靠,可减少用户大量风险性投资;

5. LNG 的储存成本仅为气态天然气储存成本的 $1/6 \sim 1/70$,可显示出投资少、占地少、储存容量大的优点,符合我国国情;

6. LNG 作为新型汽车燃料在国内推广应用,体积小,储箱重量轻、运输里程多,可降低运输成本,使天然气获得较大的增值,经济效益明显;又可减少环境污染(用这种燃料的汽车不排放铅毒和黑烟);还可缓解国内汽油紧张的局面,一举三得;

7. LNG 的液化能耗可以回收 50% 以上,利用 LNG 复热的冷量可以开展冷冻、冷藏、空调、低温破碎、冷能发电等综合利用;

8. 大型 LNG 工厂的产品可以出口换取外汇(日本是世界上最大的 LNG 进口国)。

综上所述,开发 LNG 技术,逐步建立我国的 LNG 工业是适应我国天然气开发前景、加速我国天然气工业发展的重要手段。

发展我国 LNG 工业的成功条件

任何成功的工业必须具备四个基本条件,即原料、技术、产品市场和资金。发展我国的 LNG 工业具备这些条件。

1. 气源

我国的天然气资源丰富,这在前面已经论及,这里不再赘述。只要加强前期工作的投入,天然气源勘探必将有重大进展。近期不断报道的海上和大陆发现油气田的消息也充分证实了这一点。

2. 技术

LNG 技术包括预处理、液化、储存、运输和应用五部分。

在预处理方面,我国已经十分成熟,大中型油田已建成了数十套原油稳定装置,在轻烃回收方面也有大量的技术积累。已建成气体处理装置 30 多套⁽⁷⁾。有提供成套预处理设备的技术和加工能力。

我国已有较成熟的深冷液化、储存、运输

装置和设备的设计、制造经验,有较雄厚的配套技术力量。大中型空分装置已遍及全国各地。液氧、液氮、液氢、液氩工艺流程正在多处运行,管理经验丰富。LNG 装置中的大部分配套机组,都可以从现有的深冷装置选定或略作改进使用。已有了中小型低温液体储罐的制造和运输经验,全国有不少厂家正在生产和使用液化温度更低的各类低温容器。

LNG 各类设备工艺设计所需的天然气诸成分的物理性质及传热性质等基本数据与关联式现已十分可靠。国外关于 LNG 工艺流程及大型 LNG 储罐、槽船设计方面有大量详细资料可以借鉴。许多关于 LNG 安全性的实验及研究的报道能够消除人们对生产、储存、运输和应用 LNG 产品中的疑虑和担心⁽¹⁰⁾⁽¹²⁾。

使用 LNG 驱动汽车的技术问题已经解决,并通过了国家科委委托河南科委主持的鉴定。LNG 汽车已在开封投入营运并已安全行驶了 4000 多 km。鉴定技术资料表明,用 LNG 储箱取代“大气包”,行驶里程增加了 5~6 倍,经济效益好、安全可靠,比汽油污染少,得到了司乘人员、交通和环保部门的一致好评。

3. 市场

我国能源与交通紧张日趋尖锐,石油工业远远不能满足经济逐年增长的需要。以煤炭为主的能源结构给环境污染造成了很多困难。发展 LNG 工业,能充分合理的利用我国的天然气资源,为我国能源市场注入新的活力,这是不言而喻的。国外为解决城市交通带来的污染问题,出租汽车(日本)、公共汽车(美国、意大利、加拿大等)大量推广天然气为燃料,仅以此为例,我国 LNG 市场就十分可观。

4. 资金

从长远看,建立大型的整套液化、储存、运输系统装备是我国发展天然气工业的必由之路,但就目前看来条件尚不充分,因为现在尚无大中型气田的准确选点依据,且需要相当数量的一次性投资。这可以留待条件成熟时解决,必要时可引进外资。

结合目前我国实际情况,开展 LNG 技术研究,建立中小型液化、储存、运输和应用系列装置还是有“资”可寻的。这不仅可作为技术储备,而且有着迫切的现实要求。一方面靠国家集中适当的资金,扶持这方面的技术开发及应用研究;另一方面,LNG 工业作为跨能源、石化、机械、交通等部门的综合体,应当动员社会上各有关部门的力量,将较多的系统投资分片包干、化整为零、利益共享。国家从政策、税收及价格方面给予优惠。这样就可以解决资金不足的困难。在近期,对回收放空天然气,应用推广 LNG 汽车等方面的部门和单位,应千方百计地鼓励其扩大再生产,为长期发展 LNG 工业积累更多的资金。

我国 LNG 工业发展展望

要加速发展我国的天然气工业,除了大力加强天然气的前期开发投资与工作量,努力寻找大中型气田外,应将 LNG 工业纳入天然气工业的总体规划之中,制定现实和长远的发展政策,落实发展资金和组织措施。应当看到,LNG 工业在我国是一个全新的体系,它包括设计、设备制造、生产、储存、输运、应用等一系列环节,应有专门的组织机构进行规划和管理。

国内 LNG 工业的过程大致可以分为以下几个阶段:

1. 小型 LNG 装置的建立,配套储罐及汽车实用“液”箱定型,分散的加液站的建立,从而在有条件的大中城市推广 LNG 汽车。与此同时,大力发展快装 LNG 装置,回收油气田边远地区分散和放空天然气;

2. 采用丙烷—混合制冷剂先进工艺流程的中型 LNG 工业装置的设计、设备配套与产品应用⁽⁸⁾⁽¹⁰⁾,设立中型储罐和运输网络,逐步做到稳定供气;

3. 大型 LNG 工厂和大型 LNG 槽船的建立,大型 LNG 储罐的制造与应用。与此同时,在水陆交通运输方便之处,建立以 LNG 为原

料的深加工厂。推进在内河航运和航空中用 LNG 做燃料,使天然气资源得到更充分的应用,进一步缓解城市污染。

以上三个阶段中,在考虑引进国外先进设备及资金的同时,应当看到国内在低温技术方面的巨大潜力。利用国内现有设备与技术力量,完全有可能在短期内形成我国自己的 LNG 技术装备。

发展 LNG 工业,扩大 LNG 的产品应用领域,将会促进国内天然气工业的发展,随着环境意识的增加和潜在天然气供气区进入市场,我国天然气工业发展的新面貌为期不远了。

参 考 文 献

- [1]周大地 谈我国能源政策问题 《科技导报》1989(3)
- [2]邱日安 按价值规律办事 加速发展天然气工业 《科技导报》1989(5)
- [3]戴金星 天然气在我国未来能源中占有重要地位 《科技导报》1989(3)
- [4]W. L. Culbertson and J. Horn Liquefied Natural Gas—A Broad Perspective, Advances in Cryogenic Engineering, Volume 15
- [5]王镜心 根据国情能情气情,发展天然气工业 《能源》1988(6)
- [6]郑大振 发展我国液化天然气工业探讨 《低温与特气》1990(1)
- [7]张祉祐 郑德馨 天然气加工工业发展概况 《低温与特气》1989(2)
- [8]郑大振等 天然气液化流程与装置选型《低温工程》1990(4)
- [9]陈国邦 八十年代低温技术发展动向 《低温与特气》1989(1)
- [10]W. L. LOM, “Liquefied Natural Gas”, England 1974
- [11]李式模等 低温工程发展动向 《低温工程》1989(1)
- [12]A. L. Schneider, Liquefied Natural Gas Safety Research, Cryogenic Processes and Equipment in Energy Systems, Printed in U. S. A., 1980

(本文收到日期 1990年8月16日)

STORAGE/TRANSPORTATION/SURFACE CONSTRUCTION

48 Discussion on the Engineering Design Principles of Gas Transportation Pipeline

Two design principles of strength safety and distance safety adopted in the gas transportation pipeline design are preliminary discussed in this paper. Combining with the experience of pipeline-construction in our country, the author proposes that it is available for reference to use the design principle of strength safety and divided standard of regional grade as well as design coefficient for pipeline design and working-out standard.

Subject Headings: gas transportation pipeline, engineering design, strength, distance, safety principle.

Xiong Qingyun

51 Technology-Economic Analysis of the Design of Auxiliary Tube and Variable Diameter Tube in Gas Transportation Pipeline-Minimum Metal Consumption Method

In the gas transportation pipeline design, a certain length of auxiliary tube or variable diameter tube must be layed in the gas transportation pipeline for adjusting the number of compresor station and increasing the transportation capacity. Starting from metal consumption, this paper expounds the change relationship between the metal consumption needed for auxiliary tube and variable diameter tube and their diameters as well as a suitable mathematic model is set up also.

Subject headings: gas transportation pipeline, metal consumption, technology-economic analysis

Liu Xiantao

GAS PROCESSING AND UTILIZATION

55 Prospects for Dveloping Our Country' s Liquefied Natural Gas Industry

Based on introducing the developing trend of world energy and our country' s energy situation, it is pointed out that natural gas will occupy an important position in the future energy sources in our country. It is an important means for developing our gas industry to establish our country' s technical instruments of LNG industry step by step. The basic conditions of raw materials, technique, product market and fund etc. , necessary for developing our LNG industry are analyzed. It is proposed that to deveolp our country' s LNG industry must divide into three stages, should fully utilize the huge potential at home and unify the program.

Subject Headings: energy policy, energy utilization, liquefied natural gas.

Zheng Dazhen, Li Qun

60 Simulating sulfur Recovery Equipment by Use of Computer

By use of the technology process simulation program of sulfur recovery equipment, this paper makes a simulative calculation for sulfur recovery equipment of North- West Sichuan Purification Plant, quantitatively analyses the effect of each parameter on operation, and proposes some valuable suggestions for reforming operation and raising sulfur recovery.