

纵论 LNG 产业的发展

The Development of LNG Industry

赖元楷 Lai Yuan-Kai

作者简介

赖元楷

华南理工大学天然气利用研究中心常务副主任、教授、重庆大学硕士研究生导师、国务院政府特殊津贴专家、深圳市燃气集团有限公司前董事长、上海清泰液化天然气有限公司董事长、中国城市燃气学会副理事长、中国城市燃气协会科学技术委员会委员、广东省燃气协会科学技术委员会委员、深圳市规划委员会委员、深圳市特元咨询有限公司总裁、2004年中国燃气行业十大热点人物之一。

Mr. Lai Yuan-Kai, the vice administrator director of the Natural Gas Utilization Research Center of South China University of Technology; the vice president of China City Gas Academy; commissioner of Technology Committee, China City Gas Association, and other principalships in several committees and councils. He is the former chairman of Shenzhen Gas Corporation Ltd. and was selected as the Top Ten Key Personal in China Gas Industry in 2004.



人类文明从懂得用火熟食开始。人类赖以生存和发展所使用的燃料,经历了植物燃料、固体燃料、液体燃料和气体燃料四个时期。人们常称21世纪是天然气时代。对LNG的利用,发达的国家正如日中天,而它们中国整整落后了40年,直到最近才刚刚看到曙光,很多知识需要学习,很多道理需要启蒙,很多经验需要借鉴。

1 世界一次能源消费结构情况

1.1 世界一次能源消费结构变化趋势

世界一次能源消费结构变化趋势从图1可以明显看出:煤炭、石油和天然气的消费起步始于1870年左右。煤炭的消费在1930年达到最高峰,然后逐年下降,而石油的消费高峰差不多推后半世纪,引人瞩目的是世界一次能源消费渐渐被天然气所替代。

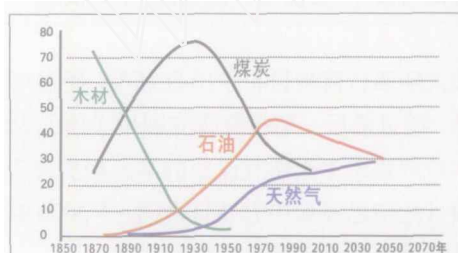


图1 世界一次能源消费结构变化趋势
Fig. 1 The Trend of First-Time Energy Consumption in the World

1.2 2000年世界一次能源消费结构

从图2表明,2000年世界一次能源消费结构是以石油为主,其次煤炭和天然气。

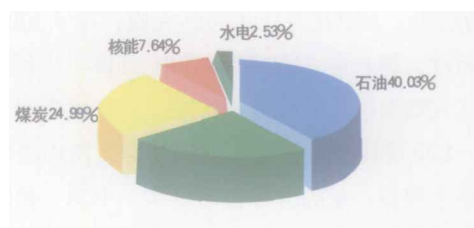


图2 2000年世界一次能源消费结构
Fig 2 the World First-Time Energy Consumption Configuration in 2000

When man began know how to use fuel cooking, the civilization developed. The history of human using fuel can be divided into 4 eras: plant fuel, solid fuel, liquid fuel, and gas fuel. The 21st century is the natural gas century, the fuel consumption trend can reflect this point. But nowadays coal is still the main fuel in China. There is a long road to shorten this gap between China and advanced countries.

1.3 2000年中国一次能源消费结构

中国的能源消费结构与世界有所不同,煤炭占了一半以上,天然气还不到3%。(图3)。

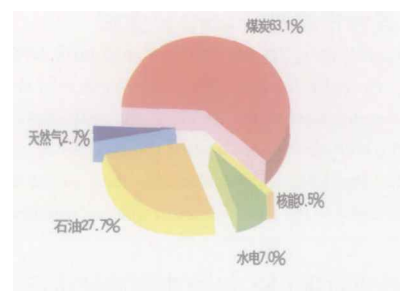


图3 2000年中国一次能源消费结构
Fig 3 China First-Time Energy Consumption Configuration in 2000

2. LNG的广泛用途

所谓LNG是英文Liquefied Natural Gas的缩写,中文译为液化天然气。LNG是天然气经过净化之后,通过压缩升温,在混合致冷剂 N_2 、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 的作用下,冷却移走热量,并除去其中的氮气、二氧化碳、固体杂质、硫化物和水,再节流膨胀而得到 -162°C 的以液态形式存在的LNG,经过这一过程,天然气体积缩小了600倍。天然气液化后,为维持其低温状态,必须用特殊冷冻船运送到买方接收站,并经由卸料臂送到低温储存,经由海水汽化

装置,将低温液态天然气复原为常温气态天然气,然后经由管线,将天然气输送到发电厂、工厂及家庭用户使用。

LNG作为一种清洁燃料,必将成为新世纪的主要能源之一。概括其用途,主要包括:

(1) 用作城市管网供气的高峰负荷和事故调峰

1937年,英国工程师埃克汤提出用LNG作为城市供气中的高峰负荷和事故调峰之后,在欧美等国家得到广泛的应用。

1999年,由法国索非工程公司帮助建设的上海浦东LNG液化厂,便是我国首座采用LNG技术的天然气备用调峰站。

(2) 用作大中城市管道供气的主要气源

到目前止,日本已建设了22座LNG接收站,每年进口5000多万吨LNG,85%通过气化送进城市管网,用于发电、民用和工商业用,15%用汽车或大车运至离接收站较远的中小城镇,用作LNG小区气化的气源。

(3) 用作LNG小区气化的气源

全世界有接近200座LNG卫星站投入使用,日本就有70多座,在北美和欧洲有100多座。据不完全统计,中国目前40多座有LNG卫星站投入运行,更多的正在规划、设计、筹建中。

(4) 用作汽车加气的燃料

俄罗斯的LNG用于拖带集装箱的重型柴油车,每1kg

LNG,可以代替1.25 kg柴油。俄罗斯有5万辆重型柴油车,将逐步使用LNG,俄罗斯还将LNG用于内河航运的船舶燃料。

(5) 用作飞机燃料

俄罗斯图波列夫飞机设计局应用LNG作为飞机燃料,第一架试验飞机图-155,发动机型号为HK-88。后正式使用LNG为燃料的是图-156客货运输机,已成功安全飞行12年。在投入航线运行的图-204客机基础上,设计局设计了使用LNG的图-206客机,此机可载乘210人,飞行里程为5200km。

(6) LNG的冷能利用

深冷可用于低温研磨橡胶,中冷用于制冰、建滑冰场,浅冷用于冷冻库建设。日本还将冷能用于发电,利用能源创造舒适的环境。

(7) 分布式能源系统

采用热电冷三联供,可以提高天然气的利用率达到60-80%。

3 世界LNG工业的发展

3.1 世界LNG工业的发展历史

从1910年人类开始工业规模的天然气液化研究和开发工作之后的近100年之中,LNG经历了认识、应用、失败、再认识、大规模应用的坎坷过程,目前已形成了相当成熟的技术、管理体系。其发展历史可用表1直观表述。

表1 世界LNG发展历史
Table 1 the LNG Industry Development History

年份	主要事件、地点
1910年	工业规模的天然气液化研究和开发工作开始,美国
1917年	第一个天然气液化、储存和运输专利诞生;世界上第一家液化甲烷工厂建成,美国
1937年	利用液化天然气调峰负荷、应急概念被提出,英国
1944年	美国俄亥俄州克利夫兰市一个调峰站的LNG储罐发生了裂缝故障,引起了爆炸,造成巨大的损失。使得天然气液化和储存的第一次商业冒险宣告失败。
1957年	世界上第一个液化天然气接收基地建成,英国。
1959年	世界上第一艘液化天然气运输船——“甲烷先锋”号建成,美国
1960年	1月28日至2月20日“甲烷先锋”号运载了2200t的液化天然气从美国路易斯安那州的查尔斯湖出发,航行至英国的坎威尔岛接收基地。世界液化天然气工业诞生。 美国消防协会(NFPA)建议并起草了LNG设施设计新标准。
1962年	世界LNG委员会正式成立,总部设在法国巴黎。
1964年	9月27日,世界上第一座LNG工厂建成投产,阿尔及利亚。世界LNG商业贸易迅速地发展起来。
1967年	美国的NFPA59A被正式接纳为ANSI美国国家标准。 法国与阿尔及利亚达成15年供应协议,此后购入量不断增加。法国在建成勒阿弗尔接收站和佛斯港接收站之后又在大西洋海岸蒙度雅建第三个LNG接收站。由于英国在北海发现了大量天然气资源,于1982年终止了购买LNG的合同。
1968年	4月7日至12日在美国芝加哥举行了第一次世界LNG委员会会议。此后每两年举办一届,目前已召开14届。
1969年	日本东京煤气公司引入LNG,此后又有三家公司分别参与LNG的引进,目前日本已建LNG接收站22座,每年使用5600多万t LNG
1986年	韩国开始进口LNG,目前每年使用1800多万t LNG
1988年	比利时从法国蒙度雅接收站进口LNG,西班牙建成第一个LNG接收站
1990年	台湾开始进口LNG,目前每年使用500多万t LNG
1994年	土耳其建成接收站,随后希腊、意大利也分别在1998年、1999年建成接收站
1995年	美国国家消防协会通过了LNG委员会修编的《NFPA59》。使该标准成为当今LNG利用比较全面、完善的美国国家标准。

3.2 国际LNG贸易的迅速发展

以LNG运输船贸易占国际天然气贸易量的百分比计算, LNG贸易额从1970年的5.9%已经上升到2000年的21%强。目前,世界各地对LNG的需求量不断增加,预计到2005年可达1.5亿t/a, 2010年可达1.5亿t/a至2.0亿t/a, 占世界天然气贸易量的35%以上。

随着世界各地,特别是东亚及欧洲国家天然气产业链发展的放松管制,一个更加灵活,对市场信号反映更加灵敏的市场体系将会出现,贸易方式将会进一步多元化,“照付不议”合同条款将变得更为宽松,定价方法将更趋灵活,目前还出现了LNG互换交易、现货贸易和短期交易等新的贸易形式,更加便于LNG的流通。

3.3 使用LNG国家不断增加

随着世界低温冷冻技术的不断成熟和低温设备安全管理工作的不断完善, LNG的工业应用得到了广泛的发展。越来越多的国家选择了LNG来调整能源结构和改善人类生存的环境空间。

世界LNG价格的变化从1986年以后趋向平稳和便宜,刺激了世界LNG的消费量的迅速增长,引起了世界各国从事LNG工业发展业务的人士的极大关注,他们都在最大限度地利用世界LNG委员会这个世界性的民间团体组织,积极地推动世界LNG工业的发展。世界各国开始使用LNG的时间如表2所示。

目前,全世界范围内在建的大型LNG工程、接收站项目超过10个,拟建项目更多。一个世界性的LNG热潮已经来临。

4 我国天然气的利用现状和发展前景

我国是最早利用天然气的国家之一,早在公元前三世纪,四川就有天然气熬盐的纪录。

二十世纪八十年代以后,我国天然气的开发利用开始有了较快的发展。2001年天然气消费总量250亿m³,在一次能源消费结构中比例2.1%,远远低于世界23%,亚洲8.8%的平均水平。世界人均用气400多m³,我国人均用气量仅为18m³。

预计到2005年,我国天然气在一次能源消费总量中所占比重从目前的不到3%增加到7%。仅仅依靠国内资源,在时间上、数量上和分布上难以满足市场需求,适时、适量、合理

的进口国外天然气作为国内资源的补充,是非常必要的。

在未来十到二十年,天然气将是中国需求增长最快的能源,中国将是全世界天然气需求增长最快的国家。

4.1 天然气发展策略

我国天然气发展策略可概括为:立足国内,利用海外,西气东输,北气南下,海气登陆,就近供应。

随着基础产业改革力度的加大,我国燃气市场垄断局面逐步被打破,燃气行业发生了巨大的变革,迎来了崭新的发展生机。国外资本、民营企业、个人资金纷纷涌入基础设施产业,不断涉足燃气设施基本建设,促使我国LNG生产厂的上马,形成了国内生产和国外进口相结合的LNG

发展道路。这样有利于我国充分利用国产LNG来提前开发中小城镇燃气市场,为将来天然气大管网供气铺路,提前做好天然气转换的各种工作,为加速我国天然气事业的发展起着积极的推动作用。

4.2 我国天然气发展规划

国家正在制订天然气产业中长期发展规划,加快天然气勘探、开发和利用。预计2002至2020年,天然气基础设施需

Natural gas liquefying research started in 1910. The concept of using LNG to adjust gas supplying at using peak or accident issued in 1937. But in 1944, a LNG storage exploded in US and resulted in bad losses, postponed the development of LNG usage. Until 1960's, as the relative laws and regulations released, the LNG industry began. England is the first country using LNG. Around 1970's and 1980's, a large amount of LNG is imported in Japan and Korea, and Asia began the main LNG consumption. In 1990's LNG finds it's new usage in Europe.

During the past 30 years, international LNG business increases greatly. The commercial volume of LNG to the whole world gas business rises from 5.9% in 1970 to more than 21% in 2000, and will reach 35% in 2010. This result comes from the lower costs in LNG manufacturing and transporting, and more convenient trade measures. The main LNG consumption areas include Eastern Asia, Europe, and America. And the imported LNG will greatly increase in the future.

表2 各国开始使用LNG时间表

Table 2 the Timetable of Main LNG Consumption Countries Began Using LNG

序号	国别	开始使用LNG的时间
1	英国	1960年
2	法国	1965年
3	日本	1969年
4	西班牙	1975年
5	比利时	1982年
6	韩国	1986年
7	美国	1988年
8	意大利	1988年
9	台湾地区	1990年
10	土耳其	1994年

2200多亿元人民币用于:

- (1) 建设5万公里天然气管线,
- (2) 建成千万吨规模的液化天然气接收站,形成年进口5000万吨(近700亿m³)规模的接收设施。使我国天然气消费在一次能源消费结构中的比例从现在的2.97%提高到12%。
- (3) 建造30多艘大型LNG运输船,形成百万吨规模



图4 中国天然气发展策略示意图

Fig.4 China's Natural Gas Development Plan

的液化天然运输能力。

国家将加快天然气管网建设,规划将以现在的西气东输、陕京二线、忠武线、涩宁兰线等为主线,再兴建一批重点干线管道和联络管道,向南延伸到珠海、北海,向北、向西延伸到黑龙江、新疆与俄罗斯管道相连。预计新建管道长度1.5万千米,届时全国天然气运输管道将达到3.6万千米左右,形成国产气管线、进口天然气管线和沿海管道互相连通的管网,国产气、进口气和LNG互相衔接,实现全国区域性乃至全国的天然气联网供应。

5 中国LNG发展战略方案

5.1 实施流(参见图5)

5.2 三步实施方案

第一步是新疆广汇的LNG通过LNG集装箱火车运输,在目的地设置火车集装箱中转站集放,然后用汽车把LNG集装箱拖进小区气化站,完成供气任务。

第二步是待进口LNG接收站建成投产后,用汽车槽车将LNG接收站的LNG运至LNG小区气化站完成供气任务;

第三步是待进口LNG接收站城市供气管网接通后,再由城市管网接口至LNG小区气化站,完成小区管网供气服务。

5.3 我国已建成和即将建成的LNG生产厂

(1) 我国第一座采用丙烷预冷+乙烯深冷+节流膨胀制冷工艺流程生产15万 m^3/d 规模LNG的河南中原油田濮阳LNG液化厂2001年11月份建成投产,至2003年6月销售LNG1918万 m^3 。2003年7月8日经中石化组织全国专家进行技术论证、鉴定、验收。专家建议加大生产能力,积极推广应用。

(2) 规模150万 m^3/d 的新疆广汇集团建设的吐哈油田

LNG液化厂已于2004年9月建成投产。

(3) 海南福山气田25万 m^3/d 规模的LNG液化厂已于2005年4月建成投产。

(4) 广西北海涠洲岛15万 m^3/d 的LNG液化厂将在2005年10月建成投产。

(5) 重庆建南油田30万 m^3/d LNG液化厂正在报批之中。

(6) 兰州燃气化工集团在兰州筹建的30万 m^3/d LNG液化厂的工作积极在推进。

(7) 内蒙鄂尔多斯100万 m^3/d 的LNG液化厂筹建工作已经开始。

5.4 两个引进LNG的站线项目已经启动

(1) 每年300万t规模的广东LNG站线项目于2002年10月18日在澳大利亚堪培拉签署了为期25年,每年供应325万t LNG的合同,预计2006年6月份建成投产。

(2) 每年200万t规模的福建LNG站线项目于2002年9月26日在印尼雅加达签署了为期25年,每年供应260万t LNG的合同。预计2007年6月份建成投产。

5.5 中国LNG小区气化的崛起

由于濮阳油田15万 m^3/d 的LNG液化厂的建成投产和新疆吐哈油田150万 m^3/d 的LNG液化厂建成投产,为

中国广大中小城镇开展LNG小区气化创造了必要的气源条件,张家港圣达因化工机械公司生产出大型LNG储罐和超级真空LNG

汽车槽车为LNG储存和运输创造了条件,全国各地的LNG小区气化热潮如火如荼地开展起来。

如果说20世纪80年代至90年代是中国的LPG小区气化的年代的话,那么21世纪的头10年至20年将是中国LNG小区气化的年代;中国LPG小区气化的发源地在广东深圳,1982年开始,采取“全面规划、分区建设、逐步联网、逐步实现石油气供应管道化”的办法,分四个阶段,实施LPG小区气化向天然气管道供气转换。

第一阶段:小区气化站建设阶段(1982年-1994年),实现生活小区管道化,建起小区管道供气站;

第二阶段,小区气化站联网阶段(1991年-1996年),小区与小区之间逐步联网,让小区之间能互相配气、供气;

第三阶段,大型区域性气化站建设阶段(1993年-1998年),建设罗芳、南油、龙岗等大型区域性气化站。

第四阶段,全市联网阶段(1996年-2001年),实行区域性小区气化站大联网,南北出关,实现全市联网,做到大面积的液化石油气管道供气,等待天然气的到来。

China has made a great plan to full utilize natural gas. It's policies can be summed up to: base upon own supply, make use of the foreign resource. Transporting western gas to eastern part, and the northern gas to southern part. Landing the offshore gas to the nearer places. In the future, 50,000 km pipelines will be built, and LNG will play an important role in it too.



图5 中国LNG发展战略方案实施流程 Fig5 China's LNG Industry Development Process

第四阶段，全市联网阶段（1996年-2001年），实行区域性小区气化站大联网，南北出关，实现全市联网，做到大面积的液化石油气管道供气，等待天然气的到来。

中国LNG小区气化的发源地应该在山东淄博。然后不断向山东青岛、江苏、浙江、广东、福建、湖南、江西、安徽、新疆等地辐射，LNG为我国广大中小城镇燃气化引发了新的能源革命，它远远超过当时在中国广东掀起的LPG小区气化热，比日本在20世纪70年代开始掀起的LNG小区气发展速度还快。

5.6 LNG小区气化和LNG汽车加气站的前景宽广

LNG小区气化发展具有宽广的前途是基于：

- (1) 其气源LNG是将天然气液化缩小600多倍的液体，可在公路、铁路、海上通汽车槽车、火车槽车和轮船进行灵活高效的运输；
- (2) 建设投资省、见效快、方式灵活；
- (3) 气化成本远比LPG气化成本低，经济合算；
- (4) LNG本身价格比LPG价格至少便宜31%，价格波

动比较平稳。

(5) 与LPG比较，安全可靠，其气相密度 0.74Kg/m^3 ，比空气轻，稍有泄漏，即可随空气亦散，其着火点为 650°C ，比LPG的 460°C 要高，其爆炸极限为5%-15%，比LPG的1%-15%要窄，使用起来会更安全。

(6) LNG的主要成份为甲烷，燃烧后排出的二氧化碳比LPG少3-4倍，减少了温室效应，是非常理想的民用燃料、工业燃料、发电燃料、车用燃料。

(7) 工艺流程简单，容易实现自动化操作，建设城市LNG卫星站可作为城市供气主要措施，又可以作为城市供气调峰设施，可成为与管道天然气对接之后的调峰和储存设施。

随着我国经济建设的迅速发展和人民生活的不不断提高，中国广大中小城镇，建设3至5万户、8至10万户规模的LNG小区气化站来满足人们生活用气和商业用气成为可能和现实。

（刊登时对作者原文有删节）

There are 3 steps to bring LNG into effect in China:

Step I, transport LNG containers by train from western China, and build transferring stations to store the containers in bulk. Truck draws LNG container to each section gasifying station, which supplies gas to the users.

Step II, as the LNG terminals completed, the imported LNG is transported to each section gasifying station by tank car.

Step III, when the city gas supplying pipeline web is completed, it will be connected to a near LNG terminal as well as each section gasifying station.