

世界 LNG 装置现状及发展

先智伟, 谢 箴

(中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017)

摘 要: 世界天然气液化工业至今已有近百年的发展史。近百年来, LNG 工业规模不断扩大, LNG 工厂成倍增加。LNG 工业是一个庞大的系统工程, 在这个系统链中包括了 LNG 生产、储存、装运、接收、利用等密不可分的多个环节。论述了世界 LNG 生产设施的特点、发展情况及其分类, 介绍了我国 LNG 工业的发展情况。

关键词: 天然气; 液化天然气; 现状; 发展

文章编号: 1006-5539(2005)02-0006-04

文献标识码: A

0 概述^[1~2]

天然气液化工作始于 1914 年, 1941 年建成世界上第一座工业规模的 LNG 装置, 液化能力为 $8.5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$ 。20 世纪 70 年代是 LNG 工业高速发展时期, 在这期间, 有 7 个基地型 LNG 生产厂投入运行; 开发出了丙烷预冷混合冷剂制冷循环工艺。

LNG 利用是一项投资十分巨大、上下游各环节联系十分紧密的系统工程, 它包括了天然气开采、天然气液化、LNG 运输、LNG 接收与气化、气化气外输管线、天然气最终用户等多个组成环节。现在, 世界 LNG 工业已形成了一个从生产、储存、装运、到接收再气化、冷量利用、调峰等完整的工业体系。

1 LNG 工厂设施

LNG 设施有这样一些特点: a) 投资费用大; b) 操作条件特殊。操作压力从高压到低压(大气压), 操作温度从环境温度到 -162°C 或从 -162°C 到环境温度, 这要求生产设备和材料必须适应这种操作条件; c) 配套要求严格。LNG 设施, 特别是基地型 LNG 生产装置的能力必须与上下游设施(如

气源、运输、储存等装置)的能力相匹配。

LNG 工厂按其生产性质一般分为基地型(也称基本负荷型)、调峰型、终站型和卫星型四种。

1.1 基地型(Base Load)LNG 生产装置^[1, 3~4]

基地型 LNG 生产装置是指所生产的 LNG 主要供远离气源的用户使用或出口外运的大型液化装置, 其液化能力一般为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。基地型 LNG 生产装置包括有原料天然气处理、天然气液化、LNG 储存和装卸等设施, 是一个复杂而庞大的系统工程, 投资高达数十亿美元。如年产 $600 \times 10^4 \text{ t}$ LNG 的项目, 投资约需 60~80 亿美元, 需要以 20~25 a 的长期供货合同做保证。

基地型 LNG 生产始于 1964 年, 当年世界上第一个基地型 LNG 生产厂、阿尔及利亚的 Camel Arzew 生产厂建成投产。之后, 一批新的基地型 LNG 生产厂在亚洲、非洲、大洋洲、北美等地相继建成。至 2000 年, 全球共有十几座基地型 LNG 生产装置, 见表 1。

为了满足 LNG 需求量不断增长的要求, 2000 年以来, 世界拟新建或扩建一批 LNG 项目, 见表 2。在未来的若干年中, 世界 LNG 产能将由 $1.234 \times 10^8 \text{ t/a}$ 增至 $1.889 \times 10^8 \text{ t/a}$ 。

收稿日期: 2005-01-11

作者简介: 先智伟(1974), 男, 四川合江人, 翻译, 硕士研究生。1999 年毕业于四川外语学院。现从事翻译工作。电话: (028) 86014475。

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表 1 至 2000 年世界主要基地型 LNG 生产厂

序号	国别与生产厂	生产能力 / $10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$	投产 年份	工艺流程	承包工程公司	供应市场
1	阿尔及利亚: Arzew GL4-Z	110	1964	阶式	Technip Pritchard	土耳其、比利时、 意大利、西班牙、 法国、希腊、美国
	Arzew GL1-Z	780	1978	APCF-MCR	Bechtel Co., Chemico	
	Arzew GL2-Z	840	1981	APCF-MCR	Pulleman Kellogg	
2	阿尔及利亚: Skida GL1-K	280	1972	TEALARC	TECHNIP	西班牙
	Skida GL2-K	300	1981	PRICO	Pulleman Kellogg	
3	利比亚: Marsa El Brega	130	1982	APCF-MCR	Esso P & Bechtel	法国、意大利、 西班牙、土耳其
4	尼日利亚: Bonny LNG	580	1999	APCF-MCR		日本
5	美国阿拉斯加: Kanai	130	1969	阶式	Phillips & Bechtel	西班牙、美国
6	特立尼达和多巴哥: Atlantic LNG	300	1999	阶式		
7	阿布扎比: Das Island	250	1977	APCF-MCR	Bechtel 和千代田	日本、印度
8	阿曼: Oman LNG	660	2000	APCF-MCR		韩国、日本、印度
9	卡塔尔: Qatargas	680	1996~1998	APCF-MCR		日本
10	卡塔尔: Ras Laffan LNG	660	1999~2000	APCF-MCR		韩国
11	文莱: Lumut	660	1972~1974	APCF-MCR	日本挥发油和 UOP	日本、印度
12	印度尼西亚: Bontang I	520	1977	APCF-MCR	Bechtel	日本、韩国、 中国台湾
	Bontang II	520	1984	APCF-MCR	千代田	(同上)
	Bontang III	260	1989	APCF-MCR		(同上)
	Bontang F	260	1993	APCF-MCR		(同上)
	Bontang G	270	1997	APCF-MCR		(同上)
	Bontang H	310	1999	APCF-MCR		(同上)
13	印度尼西亚: Arun I	600	1978	APCF-MCR		日本、韩国
	Arun II	400	1984	APCF-MCR		日本、韩国
	Arun III	200	1986	APCF-MCR		日本、韩国
14	马来西亚: Bintulu M LNG 1	750	1983	APCF-MCR	Pulleman Kellogg	日本
	Bintulu M LNG 1	840	1995	APCF-MCR		日本、韩国、 中国台湾
15	澳大利亚: Burrup	750	1989~1992	APCF-MCR		日本

表 2 世界拟建或扩建 LNG 新项目

序号	国别与项目	生产能力/ $10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$	计划投产年份	供应市场
1	马来西亚: M LNG Tiga	680	2002	印度、日本
2	卡塔尔: Rasgas 扩建	1 000	2003	印度
3	澳大利亚: NWS(4 号)	400	2004	日本
	NWS(5 号)	400	2005	
	Gorgon	600	2005	印度、中国台湾
	Bonaparte	200	2005	
	Bayu/ Undan	300	2005	
	NAGS	600	2005	日本
4	印度尼西亚: Tannguh	600	2005	日本
	Bontang I -Train	300	2005	日本、韩国、中国
	Natuna	1 700	2007	
5	俄罗斯: Sakhalim II	600	2005	
	Sakhalim I	600	2005	
6	也门: Yemen	530	2005	
7	美国: Alaska 扩建	1 400	2007	
8	埃及: Idku	360	2005	法国
9	伊朗: South Slope	1 000	2010	
10	特立尼达和多巴哥: Atlantic LNG 扩建	660	2002~2003	西班牙、美国
11	尼日利亚: Bonny LNG3	280	2002	西班牙、葡萄牙
12	安哥拉: Luanda	400		

1.2 调峰型(Peakshaving)LNG 生产装置^[1,3]

调峰型 LNG 生产装置主要建在远离天然气气源的地区,用于液化管输来的富裕的天然气。与基地型 LNG 生产装置相比,调峰型 LNG 生产装置规模和液化能力相对较小,但储存容量和 LNG 再气化能力较大。因此,在调峰型 LNG 生产装置中,投资最多的设施是 LNG 储罐,占 44%左右,其次是液化设施,约占 38%。所生产的 LNG 一般不作为产品外售,主要作天然气输送系统调峰用。

至 20 世纪末,世界上约有 70 个 LNG 调峰型 LNG 生产装置。其中,美国和加拿大有 50 多个,欧洲和澳大利亚有 10 多个。这些调峰型 LNG 生产装置的储罐总容量约为 1.7×10^6 t LNG,相应的液化能力为 13.2×10^6 m³/d 天然气,气化能力为 374×10^6 m³/d 天然气,总计重置资本为 22.5 亿美元。

1.3 终站型(Terminal)接收站^[1,3~4]

为了进口 LNG,必须首先建设 LNG 接收站。终站型接收站用于接收油轮从基地型 LNG 生产厂运来的大量 LNG,在站内加以储存和气化后分配给用户。终站型接收站基本无液化能力,而气化能力和储罐容量很大。

经过 40 多年的发展,目前, LNG 接收站已遍及日本各地和英国、法国、意大利、西班牙以及韩国、中国台湾等国家和地区。世界上现有 40 多个 LNG 接收站(包括在建)。日本的 LNG 接收站最多,至 20 世纪末,日本沿海岸各城市投入运行的 LNG 接收站已多达 23 个,而且还有继续增加的趋势;其中,东京燃气公司的袖浦 LNG 接收站是目前世界上最大的 LNG 接收站,年接收量达 $1\,000 \times 10^4$ t。美国现有 7 个 LNG 接收终端站;据预测,到 2010 年美国 LNG 进口量将达到 604×10^8 m³,为此,除将扩建原有 LNG 接收终端外,另有 10 个新的终端站已在研究之中。

1.4 卫星(Satellite)站^[5]

LNG 卫星站是一种小型的 LNG 接收和气化站,它用于接收从 LNG 终端接收站或液化装置用专用汽车槽车或铁路油罐车运来的 LNG,经气化加臭后,通过管网供应给用户,它没有液化能力。

LNG 卫星站具有许多独特的优势。LNG 卫星站建设投资规模小,一个可供 6 万户居民用气的卫星站只需 500 万元左右的投资,可大大减少发展城

镇燃气事业对资金的需求。LNG 卫星站建设周期短,一般半年左右时间就可建成投产。LNG 卫星站可以从陆上任何气田兴建的 LNG 生产厂供气,从而提高了气源和供气的可靠性。LNG 卫星站具有调峰功能,建 LNG 卫星站,可省去城镇供气系统中的调峰设施,节省管网建设投资。卫星站的 LNG 购销完全按现货期货交易,买卖简单。

LNG 卫星站设计、制造、安装以及陆上运输技术已成熟,隔热和绝热技术的发展,大大提高了少量 LNG 运输、储存和使用的安全性和经济性,促进了 LNG 卫星站的迅速发展。

近十年来 LNG 卫星站得到了长足的发展。日本是世界上 LNG 进口量最多的国家,也是城市化程度很高的国家。根据自身的国情,从 LNG 接收终端至用户敷设输气管线极不经济合理的情况,日本除个别城镇从 LNG 接收站至用户建了管线而外,大部分内陆城镇都采用兴建 LNG 卫星站的方式实现天然气的利用。如果说 1998 年日本只有 28 座 LNG 卫星站的话,到 2001 年春, LNG 卫星站数量已接近 40 座,并且还在向小的城镇发展。粗略统计,采用 LNG 卫星站供应天然气的城镇比例在日本已达到 20%左右。如果说欧美各国和俄罗斯是通过建全国天然气管网而实现全国城镇燃气化的话,而日本则基本上是用 LNG 接收站加 LNG 卫星站实现全国城镇燃气天然气化的。

美国在 20 世纪 80 年代初约有 22 个卫星型调峰装置。

2 我国的 LNG 工业^[5~6]

为了改变能源结构、改善环境状态、发展西部经济,中国政府十分重视天然气的开发和利用。我国从 20 世纪 80 年代末开始就进行 LNG 装置的实践。近 10 年来,中国的 LNG 工业有了很大进步,各种类型的 LNG 装置都得到了发展。

2.1 天然气液化工厂

2001 年,我国第一座小型天然气液化装置——中原天然气液化工厂在中原油田试运行成功,虽然规模还不小,但这标志着我国在生产 LNG 方面迈开了关键的一步。其生产的 LNG 通过槽车运输的方式供应给山东、江苏等省的一些城市。新疆正在筹建一座规模更大的天然气液化工厂,设计液化能

力为 $150 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 天然气。LNG 产品将通过火车和汽车运输到全国能源紧缺的地区,对国家“西气东输”主干管网以外的广阔市场供气。市场目标主要有:a)闽东南地区,即从福州至厦门沿铁路的14个城市;b)以江西景德镇为中心辐射湖南、湖北等华中地区;c)华北及新疆天山北坡经济带一些地区。整个LNG工厂由五大部分组成,即净化部分、液化部分、LNG 储罐部分、LNG 外输部分和火炬放空部分。生产的LNG以70%通过铁路运输,30%通过公路运输的方式运往目的地。

2.2 LNG 调峰站

建于上海的LNG事故调峰站是我国第一座调峰型天然气液化装置,该调峰站是东海天然气供应上海城市燃气工程下游部分中的一个重要组成部分。它主要用于东海天然气中上游工程因不可抗拒的因素(如台风等)造成停产、输气管线故障或冬季调峰时向管网提供可靠的天然气供应,确保安全供气。该调峰站LNG生产能力为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,储存能力为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3$,再气化能力为 $120 \text{ m}^3/\text{d}$ LNG。

2.3 LNG 接收终端

东南沿海的广东、福建、江苏、浙江和上海五省市是我国经济最发达的地区,但能源短缺、燃煤污染等问题已严重制约着该地区经济的持续发展。为了实现能源结构多元化、清洁化,大力发展使用天然气是一条现实可行之路。但东南沿海目前既没有发现大量天然气资源,近期也不可能向广东和福建敷设天然气管线,因而进口LNG便成为首选方案。

我国初步规划在2010年之前在沿海建设7座LNG接收终端站。根据《广州珠江三角洲经济区LNG规划研究报告》,珠江三角洲地区2005年LNG需求量为 $520 \times 10^4 \text{ t}$,2010年需求 $800 \times 10^4 \text{ t}$,将从澳大利亚进口。为此,计划在深圳建设我国第一个LNG终端站,一期工程2005年投产,LNG接收能力 $300 \times 10^4 \text{ t}$;二期工程2008年投产,建成后整个站的接收能力将扩大到 $500 \times 10^4 \text{ t}$ 。根据《闽东南地区天然气利用市场预可需求行性研究报告》,闽东南地区2005年LNG消费需求为 $278 \times 10^4 \text{ t}$,

2010年将达到 $470 \times 10^4 \text{ t}$ 。为此,中国计划在福建湄洲湾兴建第二个LNG接收终端,建设规模为年接收LNG $500 \times 10^4 \text{ t}$,LNG将来源于印度尼西亚的东固气田,该接收站的填海工程已于2003年8月动工。

另外,青岛、上海、天津等地也在规划或建设LNG接收站。

2.4 LNG 卫星站

我国已在青岛等地建有LNG卫星站。我国LNG卫星站设计、建造以及陆上运输技术已基本成熟。设备制造已完全国产化,且价格便宜,极具竞争力。

3 结束语

LNG的特性和独特优势,LNG应用范围和地域的不断扩大,促进着LNG工业的发展。经过近半个多世纪的发展,世界LNG工业现已形成了一个从生产、储存、装运、到接收再气化、利用等完整的工业体系。我们应抓住经济发展的大好时机,加快我国LNG工业的发展,提高我国的LNG工业水平;反过来又通过LNG工业的发展,促进我国经济的发展。

参考文献:

- [1] 四川石油设计院. 国外液化天然气(LNG)工业技术[R]. 成都:四川石油设计院,1996.12.
- [2] 石玉美,汪荣顺,顾安忠. 世界LNG贸易和基本负荷型天然气液化装置[J]. 油气储运,2003,22(5):13-18.
- [3] 杜光能. LNG终端接收站工艺及设备[J]. 天然气工业,1999,19(5):82-86.
- [4] 徐文渊,蒋长安. 天然气利用手册[M]. 北京:中国石化出版社,2002:297-298.
- [5] 赵勋固,缪鹏飞. 从LNG卫星站的发展看我国城镇燃气发展和LNG事业的未来[J]. 天然气与石油,2004,22(1):1-6.
- [6] 中国压缩机网. 中国LNG的应用现状[EB/OL]. <http://www.compressor.net.cn>,2003-12-12.

SELECTED ABSTRACTS

NATURAL GAS AND OIL (QUARTERLY)

Vol. 23 No. 2 Jun. 2005

SPECIAL SUBJECT: Liquefied Natural Gas(LNG)Technology

Application and International Trade of Liquefied Natural Gas

HeYu, Yang Mei(China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO**, 2005, 23(2): 1-5

ABSTRACT: Natural gas is a high-quality and environment-friendly energy source and fuel, and its percent in primary energy constituent in the world is more and more increasingly. Liquefied natural gas(LNG), as liquid state of natural gas has its unique properties and advantages and is widely used in industrial and domestic fields. International LNG trade is quite lively and needs for LNG are increased day by day.

KEY WORDS: Natural gas; LNG; Energy source; Fuel; Property; Application; Trade; Needs

World LNG Industry and Its Development

Xian Zhiwei, Xie Zhen(China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO**, 2005, 23(2): 6-9

ABSTRACT: LNG industry is a large-scale systematic chain, which consists of multiple links, including LNG production, storage, transportation and utilization etc. Discussed are world LNG production plant, its classification and development of LNG industry in China.

KEY WORDS: Natural gas; LNG; Current status; Development

Liquefaction Technology of Natural Gas

Yan Guangcan, Wang Xiaoxia(China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO**, 2005, 23(2): 10-16

ABSTRACT: Discussed is liquefaction technology of natural gas including preconditioning methods, liquefaction process, main process equipment and its comparison and selection; Described are development trends of liquefaction technology of natural gas.

KEY WORDS: Natural gas; LNG; Process; Equipment; Development; Trend

LNG Storage and Transportation

Xiong Guangde, Mao Yunlong(China Petroleum Engineering Co., Ltd. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610017, China) **NGO**, 2005, 23(2): 17-20

ABSTRACT: LNG storage requiring high capital is an important link and infrastructure in the whole LNG chain from its production to sale. Discussed is LNG storage technology and described are LNG storage tanks of large LNG plants and LNG terminals in the world, and summarizes LNG transportation.

KEY WORDS: Natural gas; LNG; Storage; Tank; Transportation

OIL & GAS TRANSPORTATION AND STORAGE

Application of Natural Gas Hydrate Technology in Storage and Transportation

Chen Shujun, Chen Baodong, Li Lijun, Hao Min(Department of Oil & Gas Storage and Transportation, Liaoning University of Petroleum & Chemical Technology, Fushun, Liaoning, 113001, China) **NGO**, 2005, 23(2): 21-24

ABSTRACT: Natural gas hydrate is a kind of simple crystalloid solid hydrate. It contains 150~170 m³ of gas per m³ solid hydrate under normal conditions, thus, great attention are paid to its giant ability and suitable conditions for nature gas storage. Analysis on hydrate and liquefied natural gas technology and economical comparison show that it is feasible and economic to storage and transport nature gas by means of hydrate. However, further research is necessary to apply this technology practically.

KEY WORDS: Natural gas; Hydrate; Storage; Transportation; Technology