

# 利用海外 LNG 资源的战略思考<sup>\*</sup>

华 贲

(强化传热与过程节能教育部重点实验室·华南理工大学天然气利用研究中心)

华 贲.利用海外 LNG 资源的战略思考.天然气工业,2005;25(5):124~127

**摘 要** 我国已制订用好国内外两种资源、两个市场,加大天然气开发和引进力度的能源策略。文章分析了当前国外天然气资源与市场状况,以及我国乙烯工业发展缺乏轻质原料,导致原料偏重,投资、能耗和生产成本过高,进一步发展受限等问题。指出了天然气资源作为能源和化工原料的同等重要性,进而提出了最充分地利用海外天然气资源,满足我国能源和石油化工原料需求的策略方案的4种选择,并提出了具体建议。

**主题词** 全世界 液化天然气 资源 市场 产业链 天然气利用

我国政府2004年制定的全面能源发展战略中,强调要用好国内外两种资源、两个市场。因我国人均资源占有量不到世界平均水平的一半,而我国经济总量迅速扩大,长时间大量依靠国外能源将不可避免。我国政府、相关部门和公司在引进国外资源上都做了很大努力,从国外进口石油、天然气等清洁能源和战略资源。如何引进并用好能源资源,是必须认真研究的战略问题。

## 一、国外 LNG 市场概述

海上 LNG 市场始于上世纪 80 年代,年贸易量超过 1 亿吨;主要买家有日本、韩国、中国台湾等。2004 年起石油市场新一轮的价格持续高涨,刺激了天然气市场的拓展。美国政府加紧了对世界天然气资源的争夺和控制,放缓开发本土油气,加紧进口,计划建设 40 个 LNG 接受港口终端站;并签署了在卡塔尔建设年产 3000 万吨 LNG 生产基地的意向性协议。

中国政府重视 LNG 的引进,2020 年计划耗用的 2200 亿立方米天然气中,进口天然气将约占到 1000 亿立方米(约 1 亿吨油当量)。已计划建设 7 个 LNG 接受港口终端站。2015 年以前中国将建造 30 多艘大型 LNG 船<sup>[1]</sup>。

近几年,世界 LNG 将在 2000 年 1 亿吨的基础上新增 1 亿多吨生产能力(见表 1),其中相当一部

分尚未确定市场目标。估计世界 LNG 市场将按 8% 以上的速度发展,单从数量上看,可以满足中国逐渐扩大的需求。从储量上看,俄罗斯、伊朗、卡塔尔、沙特、伊拉克、科威特、阿联酋、委内瑞拉、尼日利亚排名前 9 名,应是未来提供 LNG 的潜力供应商,特别要关注俄罗斯。但 LNG 市场不仅仅是一个贸易问题,它既包括各大国在经济、政治和军事各方面错综复杂的关系,也包括了在投资、贸易等方面各跨国公司之间的激烈竞争。我国要用好国外 LNG 资源,进入国际 LNG 市场,并不简单。

## 二、天然气产业链与石油产业链的关系

从国外购买油气资源不是一个简单的贸易问题。油气资源开发利用是一个产业链。源头是油气田的勘探和开发。“天然气”有两种:一种是含 10%~20% 的乙烷、丙烷(C<sub>2</sub><sup>+</sup>)的“湿气”,另一种是含甲烷 95% 以上的“干气”。天然气分离净化后的产业链的发展有两个路线:一个是通过管道或就地液化运输到市场销售;另一个是把湿气中的乙烷和丙烷分离出来,连同凝析油一起就地建设乙烯加工厂,以水蒸气裂解法制备乙烯作为商品销售。因此,以天然气为源头的化工产业链前端包括下列 5 个环节:①勘探开采;②集输净化;③分离;④运输(管道或 LNG 船);⑤对碳—化工,是甲烷的转化;对非碳—

<sup>\*</sup> 本研究得到国家重点基础研究开发规划项目 G2000026307 的资助。

**作者简介:** 华贲,华南理工大学天然气利用研究中心主任,国家重点基础研究项目“高效节能的关键科学问题”首席科学家,强化传热与过程节能教育部重点实验室学术委员会主任。地址:(510640)广东省广州市天河区五山华南理工大学。电话:(020)87113744。E-mail:cehuaben@scut.edu.cn

表1 世界新建扩建的 LNG 项目<sup>[2]</sup>

国家	项目数量	投产时间	能力(10 <sup>4</sup> t/a)	市场目标
马来西亚	1	2002年12月	600	印度、日本
卡塔尔	1	2003年	1000	印度
澳大利亚	6	2004~2005年	2500	日本、印度、中国大陆及中国台湾
印度尼西亚	3	2005~2007年	2600	日本、韩国、中国
俄罗斯	2	2005年	1200	
也门	1	2005年	530	
埃及	1	2005年	360	法国
伊朗	1	2010年	1000	
特里尼达/多巴哥	1	2003年	660	西班牙、美国
尼日利亚	1	2002年	280	西班牙、葡萄牙
安哥拉	1		400	
合计能力			11130	

化工,是C<sub>2</sub><sup>+</sup>裂解制乙烯。中东几乎全部、美国的3/4乙烯裂解原料是C<sub>2</sub><sup>+</sup>和凝析油等轻烃。

一般的石油化工产业链的前端是以炼油厂的加工产品,从石脑油到加氢尾油的石油馏分,也包括2碳到4碳轻烃为原料的水蒸气裂解制乙烯和丙烯,占石化工业中端(三大合成和化工中间体)原料资源的70%(另外30%主要是4碳、5碳轻烃和芳烃)。包括聚乙烯、聚丙烯及其它三大合成产品及中间体经后续加工成各种纤维、塑料、橡胶和精细化工产品的是产业链的下游(末端)。因此可以说,乙烷和乙烯是天然气非一碳化工产业链和石油化工产业链的交汇点。

### 三、天然气中的C<sub>2</sub><sup>+</sup>轻烃是乙烯工业的极好原料

引进LNG对我国整个国民经济特别是石化工业的发展具有重要的战略意义。作为城市燃气、负荷中心的电站燃料、汽车燃料和即将高速发展的“第二代能源供应系统——冷热电联供的分布式能源系统(DES/CCHP)”的燃料,对优化我国能源结构、提高能源利用效率、改善生态和环境,具有十分重要的意义。

与此同时,必须强调指出,天然气特别是含有大量的C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>烷烃的“湿天然气”和主要由C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>构成的凝析油,都是乙烯工业的极好原料。乙烯工业是石油化工的龙头,是衡量一个国家石化工业发展的重要标志。乙烯成本中裂解原料费用所占比例很大,以石脑油和柴油为原料的乙烯装置原料费用占总成本的70%~75%。用乙烷丙烷代替石脑油为裂解料,投资可节省30%,能耗降低30%~40%,综合

成本降低10%。中东以乙烷为原料生产乙烯,其乙烯生产成本低至100美元/t。而我国由于原油资源偏重、轻烃收率低,天然气开发利用起步晚,乙烯原料过于依赖国内炼油厂,导致乙烯装置原料品种杂而且偏重;按2002年数据,石脑油占60%、柴油11%、加氢尾油12%,轻烃只占10%,成本高达530美元/a<sup>[3]</sup>。2003年国内乙烯平均能耗为30.6 GJ/t,几乎高出国外先进水平(17.3 GJ/t)的一倍<sup>[4]</sup>。

我国乙烯工业目前正以极快的速度发展,但自给率仍只有30%~40%。表2列出了近年来我国乙烯原料构成的变化情况。1998年以前,我国乙烯原料近半数柴油及更重组分;与国外比较,直到2002年,我国乙烯原料仍是世界最重的国家;轻烃只占原料构成的1/10(见表2)。这是与我国石油偏重,并采取乙烯原料主要立足于国内炼油企业的策略分不开的。

用乙烷生产乙烯装置生产成本为200~240美元/t;采用石脑油为原料制乙烯成本约为320~500美元/t;而我国的乙烯生产成本更高。按目前的规划,到2010年中国将增产乙烯约900万吨/年,总产量将达1500万吨,自给率提高到56%。如果按目前的乙烯原料路线,则需新增裂解料2900万吨,折原油约9500万吨/年。中国炼油厂将为此前背负沉重的负担,石油对外依存度也进一步加大,给我国能源安全带来更大的隐忧。因此,通过从国内开采和进口的LNG中分离出C<sub>2</sub><sup>+</sup>作为乙烯原料,对保证我国石化工业的原料供应、提高乙烯工业竞争力意义重大<sup>[2]</sup>。按2010年产乙烯1500万吨计算,如果新增的888万吨乙烯按50%的原料用乙烷、丙烷,则每年大致需从5000万吨湿天然气中分离出C<sub>2</sub><sup>+</sup>700万

表 2 我国乙烯装置原料构成<sup>[5]</sup>

年度	乙烯产量 (10 <sup>4</sup> t/a)	原料总量 (10 <sup>4</sup> t/a)	原料构成 (%)					乙烯耗原料 (t/t)
			轻烃	石脑油	柴油	加氢尾油	其他	
1992	200.34	694.30	10.00	35.70	52.70	1.60	—	3.466
1996	303.67	1026.00	6.94	47.01	38.56	7.46	0.03	3.379
1998	377.24	1232.64	5.51	47.51	30.22	10.87	5.89	3.267
2000	469.77	1504.91	5.54	61.52	12.63	11.90	8.41	3.204
2002	541.90	1727.45	10.61	59.97	11.37	12.17	5.88	3.187

吨(包括可以利用油气藏中的凝析油)。若按国产进口各半考虑,国内要从气田产的 2500 万吨/年(或 300 亿立方米/年)湿天然气中分离;进口则必须保障每年增加 350 万吨湿液化天然气,7 年后达 2500 万吨/年;并且利用到岸 LNG 的冷量,将 C<sub>2</sub><sup>+</sup> 高效率、低成本分离出来。如可实现此目标,则:第一,用乙烷、丙烷代替石脑油为裂解料,投资可节省 30%,能耗降低 30%~40%,综合成本降低 10%。按新增的 888 万吨乙烯的 50% 用乙烷、丙烷为原料计算,与完全用气体原料比较,可节约投资约 1110 亿元,利润增加 300 亿元/年;第二,可少进口原油近 5000 万吨/年,显著降低我国石油的对外依存度。

甲烷是重要的碳一化工原料,主要有合成氨、甲醇、乙炔、氰化物、甲烷氯化物、硝化物和二硫化碳等十几个品种及一些二次加工产品。此外,正在研发的天然气直接转化为合成气技术是比碳一化工更广阔的资源利用途径。有的天然气转化技术,目的产品收率不高,但是如果把化工利用同能源利用集成起来,即令一次转化后的可燃气体进入 CCHP 系统,总效率就可能很高;并且能够承受比较高的天然气价位<sup>①</sup>。

另一方面,从进口的 LNG 中分离出 C<sub>2</sub><sup>+</sup>,除上述的解决化工原料方面的需要外,还有重要的经济原因。因为进口 LNG 的价格远高于煤,如果仅把 LNG 气化后作为发电或城市煤气的燃料,中国目前的市场是承受不起的。而通过包括 LNG 冷能在内的能源高效热电冷联供和分离 C<sub>2</sub><sup>+</sup> 作为化工原料的综合利用,便可以把天然气的终端使用成本大幅度降低。研究表明,LNG 的冷能用于 C<sub>2</sub><sup>+</sup> 分离、和裂解制乙烯装置中的裂解产物深冷分离,是 LNG 冷量利用的最佳途径。2500 万吨/年 LNG 冷量利用,可创利 70 亿元;加上分离出来的 C<sub>2</sub><sup>+</sup> 替代石脑油使其价值得以提升,粗略估计,可使每立方米天然气成本降低 0.3 元左右;使得进口 LNG 的竞争力大大提升。这样,我们才能在更大程度上用好海外 LNG 资源<sup>[7]</sup>。

## 四、利用海外 LNG 中的 C<sub>2</sub><sup>+</sup> 资源制乙烯的方案选择

如上所述,天然气作为化工原料的产业链主要包括 5 个环节,因此从海外进口 LNG 有 4 种产业链安排方案可供选择。

(1)从产业链末端,即从中东进口液态乙烯,船运回国。中东(如沙特阿拉伯)由于资源丰富,就地开采,就地加工,原料和劳动力等各项成本很低,所以沙特的乙烯是世界上成本最低的。乙烯经液化、船运再汽化的成本远低于国内生产乙烯的成本。目前国际液态乙烯市场已经有一定规模,但我国尚未开展进口贸易。

(2)进口 LNG 湿气,在我国的进口终端站将其中的 C<sub>2</sub><sup>+</sup> 分离出来,就地或在附近建厂生产乙烯。LNG 沸点为 -160 °C 左右,含大量的冷能,将此冷能用于分离湿气中的 C<sub>2</sub><sup>+</sup> 和分离裂解产物中的乙烯、丙烯,可把天然气液化耗费的大量冷能最充分地加以利用,比国内原有的以石脑油和更重的原料生产乙烯的成本低得多<sup>[7]</sup>。但有一系列的系统技术问题需要研究,例如包括冷能利用、轻烃分离的优化、轻烃分离和乙烯裂解以后的分离装置之间的集成、终端站供气的调峰和轻烃分离连续生产之间的矛盾、LNG 接收站与分离装置、乙烯裂解装置的投资主体,LNG 组成的稳定性等问题。

(3)直接投资到海外去勘探开发油气田。将开发出来的原油、凝析油和湿天然气分离,湿气就地液化为 LNG,分别船运回国。这比途径(2)又往上游走了一步。虽然增加了上游的投资和相应的政治、军事安全风险,但也提供了更多的能源和资源供应保障。

(4)在(3)的基础上,进一步在当地投资建乙烯厂,进一步从湿天然气中分离出 C<sub>2</sub><sup>+</sup> 烷烃,与凝析油一起,作为原料生产乙烯。把剩下的干气(甲烷)和产品乙烯液化,用特殊的冷运船运输回国。乙烯沸点为 -104 °C,甲烷沸点为 -162 °C。两者分别装

运,也可同船分仓装运。而在接受港口的终端站,用 LNG 汽化的部分冷能提供贮存乙烯所需冷量,可大大降低乙烯贮存成本。此方案需解决 LNG 和乙烯两者气化时冷量的优化利用以进一步降低成本的问题,因这时已没有分离  $C_2^+$  烷烃和裂解产物要用的冷能了。

## 五、利用海外市场 LNG 的战略思考

上述几种 LNG 产业链各有优缺点,但我们的选择受到客观条件的约束,因为能源是当前国际政治、军事、经济斗争的焦点。在参与国际政治、经济斗争中,必须有全方位的战略,必须同时考虑争夺对象的能源资源的经济策略,即上述的 4 种选择。我们只能根据所选能源产地的地缘政治、军事和经济状况和最有利的经济路线来做出选择。单从能源和资源保障方面来看,以第(3)、(4)两种最优,因掌握了整个产业链,掌握了从源头到终端所有过程的主动权。但风险是政治和军事方面的风险,也就是当投资所在地发生战争,或在战争发生的情况下,海运受到其他国家的干扰。而从技术经济方面看,前两种选择除了政治、军事方面的风险外还有经济贸易风险,如第(1)种从中东购买液态乙烯,只运输液态乙烯,就不如把 LNG 和乙烯同时集成同时运输经济,但在同一地方同时购买 LNG 和液态乙烯,市场供货很难保证。第(2)种方案的风险是能否始终买到 LNG 的湿气。至于第(3)、(4)两种方案哪个更经济,还需进行深入的研究比较;并且还取决于在气田的深冷分离过程和在接受站的冷能利用过程与 LNG 和/或乙烯

裂解分离过程的能量集成程度,以及在不同地方投资和运行成本的比较。

## 六、结束语

用好国外 LNG 资源,在技术路线经济上的考虑有不同的方案,针对能源所在地的不同情况进行深入的技术经济研究,选择最佳的路线,对于高效利用海外 LNG 资源非常重要。

本文成文中参考以下资料:①金红光,可再生能源与传统能源互补发展,国家自然科学基金委:可再生能源利用研讨会,2004年。

### 参 考 文 献

- 1 徐锭明.中国能源网.电子期刊,2004年2月
- 2 肖增均,王振德,韩福忠.利用 LNG 配合进口乙烯发展我国乙烯的新思维.化工技术经济,2005;(待发表)
- 3 钱伯章,杨帆.当代天然气化工的技术进展.石油与天然气化工,2001;(6)
- 4 陶志华.对我国乙烯工业发展的几点思考.化工技术经济,2004;(11)
- 5 瞿国华.乙烯蒸汽裂解原料优化(二).乙烯工业,2003;15(1)
- 6 钱伯章.世界乙烯工业及其进展.石化技术与应用,2003;21(1)
- 7 华贲,郭慧,李亚军等.用好两个市场的轻烃资源优化乙烯原料路线.石油化工,2005;(待发表)

(修改回稿日期 2005-03-22 编辑 赵 勤)