

LNG 工厂投资影响因素分析

汪永波¹ 郑帆¹ 刘益超¹ 覃新超¹ 苏欣²

1. 中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司, 四川 成都 610041;

2. 中国石油集团工程设计有限责任公司, 北京 100085

摘要:为研究 LNG 工厂投资的主要影响因素,在简单介绍 LNG 工厂工艺的基础上,通过实际工程建设投资统计研究分析,得出:项目生产规模、液化工艺、LNG 储罐、原料气气质与产品标准、LNG 工厂选址及布局等为 LNG 工厂投资的主要影响因素。在项目设计阶段,技术经济专业人员应积极配合工艺设计人员,根据上述主要影响因素对项目规模、项目地址、工艺路线、总平面布置以及主要关键技术设备等进行多方案比选以优化设计,有效控制和降低 LNG 工厂建设投资。

关键词:LNG 工厂; 工艺流程; 投资分析

DOI: 10.3969/j.issn.1006-5539.2014.06.016

0 前言

两次石油危机和更多天然气资源的发现,使人们认识到天然气是比石油更清洁、更高效的能源,天然气资源的利用因而得到迅速发展。由于产气区和用气区之间地理位置隔离,巨大的天然气需求推动了 LNG 产业蓬勃发展。中国的液化天然气(LNG)工业虽起步较晚但发展较快,目前国内各地已建设了大量规模不等的 LNG 工厂。

1 LNG 工厂工艺

目前国内外 LNG 工厂工艺流程虽因气质差异而有所不同,但基本为先脱除原料气里面水、二氧化碳、硫化氢、重烃和汞等杂质,再进行液化。其主要工艺流程大致为:原料气进入 LNG 工厂后,首先过滤分离,然后送至脱碳装置采用活化 MDEA 溶剂脱除原料气中二氧化碳,然后进入脱水脱汞装置脱水脱汞,脱汞后的天然气经粉尘过滤器过滤后进入天然气液化装置液化,液化后的 LNG 产品进入 LNG 罐区储存并装车外运。LNG 工厂工艺中最主要的工艺是原料气预处理工艺和天然气液化工艺。

1.1 原料气预处理工艺

LNG 工厂原料气一般为管道天然气,天然气在进入

输气管道之前虽然已按管道标准进行了处理,但在进行天然气液化前还必须进行天然气预处理,脱除原料气中的杂质,以免杂质腐蚀设备和冻结堵塞设备管道。脱除的主要杂质包括:水、二氧化碳、硫化氢、重烃和汞等^[1]。目前脱水工艺主要有冷却法、甘醇脱水法、固体吸附法;脱酸性气体工艺主要有醇胺法、活化热钾碱法、砵胺法^[2]。

1.2 天然气液化工艺

天然气液化工艺是利用外加冷源和自身压力使气态天然气转化为液态的工艺过程,是 LNG 工厂的核心技术。目前国内外天然气液化工艺主要有以下四种^[3]:阶式制冷循环流程;多级单组分制冷循环流程;混合制冷剂循环流程;膨胀机制冷循环流程。

2 LNG 工厂投资影响因素

LNG 工厂工程费用大致包括如下部分:原料气预处理、天然气液化、LNG 储罐及装车、辅助生产设施(包括闪蒸气装置、冷剂储存装置、火炬及放空系统、分析化验室、燃料气系统等)以及公用工程。其中,原料气预处理、天然气液化、LNG 储罐及装车这三部分大概占工程费用的 55%~65%。不同规模 LNG 工厂工程费用见表 1。

LNG 工厂建设投资受多方面因素影响,根据表 1 数

表1 不同规模 LNG 工厂工程费用

万元

工厂	工艺描述	主要工程量	项目费用及占工程费用比例					费用合计
			原料气预处理	天然气液化	LNG 储罐及装车	辅助生产设施	公用工程部分	
LNG 处理厂 A (100×10 ⁴ m ³ /d)	混合冷剂 制冷工艺	1 座 3×10 ⁴ m ³ 单容罐,6 个装车橇 (关键设备压缩机、冷箱进口)	5 143, 9.61%	20 557, 38.43%	7 945, 14.85%	5 332, 9.97%	14 514, 27.13%	53 491
LNG 处理厂 B (200×10 ⁴ m ³ /d)	混合冷剂 制冷工艺	1 座 3×10 ⁴ m ³ 全容罐,11 个装车橇 (关键设备压缩机、冷箱进口)	13 824, 14.97%	31 469, 34.07%	14 565, 15.77%	7 995, 8.66%	24 501, 6.53%	92 354
LNG 处理厂 C (400×10 ⁴ m ³ /d)	混合冷剂 制冷工艺	2 座 3×10 ⁴ m ³ 单容罐,26 个装车橇 (关键设备压缩机、冷箱进口)	21 167, 14.35%	41 540, 28.16%	30 975, 21%	9 468, 6.42%	44 384, 30.08%	147 534

据分析得出 LNG 工厂投资的五个主要影响因素。

2.1 生产规模

生产规模是影响 LNG 工厂建设投资的重要因素,生产规模决定原料气管线管径、预处理装置规模、液化装置规模、LNG 储罐大小、辅助生产设施规模及征地面积大小等,因此在其他同等约束条件下,规模越大建设投资越高。以规模为 200×10⁴ m³/d 的 LNG 工厂工程费用 92 354 万元为基础,使用生产能力指数法分别快速估算 100×10⁴ m³/d、400×10⁴ m³/d LNG 处理厂的工程费用见表 2,计算结果分别为 58 855 万元及 144 919 万元,与审批投资的偏差率为 2%~10%,表明在液化工艺技术相同的条件下,使用生产能力指数法估算 LNG 工厂投资是比较准确的。

表2 按生产规模指数法测算不同规模 LNG 工厂工程费用 万元

工厂	工艺描述	工程费用 (已审批的 估算或概 算)	按规模指数法快速估 算工程费用(以 200× 10 ⁴ m ³ /d 为基础,指数 按 0.65 计算)
LNG 处理厂 A (100×10 ⁴ m ³ /d)	混合冷剂 制冷工艺	53 491	58 855, 偏差 10%
LNG 处理厂 B (200×10 ⁴ m ³ /d)	混合冷剂 制冷工艺	92 354	92 354, 偏差 0%
LNG 处理厂 C (400×10 ⁴ m ³ /d)	混合冷剂 制冷工艺	147 534	144 919, 偏差 2%

2.2 液化工艺

在不同生产规模的 LNG 工厂中,天然气液化装置占 LNG 工厂工程费用的比例约为 28%~38%,在生产装置和辅助生产设施中所占比例最高。液化工艺是 LNG 工厂的核心,其中关键设备是压缩机和换热器^[4]。目前国内规模较大的 LNG 工厂多采用引进技术,规模小的多采用国产技术。采用何种技术,直接影响设备的种类和数量,进而影响工程投资。如某处理规模为 200×10⁴ m³/d 的 LNG 工厂,采用引进混合冷剂制冷工艺,关键设备压缩机、换热器依赖进口,同时工艺装置基础设计由供应商提供,进口的冷剂压缩机(17 500 kW,含变频器)FOB 价格约为

1 100 万美元,丙烷压缩机(7 200 kW,含变频器)FOB 价格约为 1 000 万美元,低温换热器 FOB 价格约为 1 000 万美元,工艺装置基础设计报价约为 1 000 万美元,还需进口润滑油、潜液泵、增压泵、催化剂等设备材料。这些进口设备材料价格较高,大幅度增加了工程造价。

2.3 LNG 储罐

LNG 储罐占 LNG 工厂工程费用的比例约为 15%~21%,在生产装置和辅助生产设施中投资比重仅低于液化装置,其中关键设备是储罐。LNG 储罐根据结构不同,主要分为单包容罐、双包容罐和全包容罐^[5-8]。目前最常用的 LNG 储罐为单包容罐和全包容罐。储罐投资主要包括:罐体本体投资、潜液泵投资、储罐基础投资、罐体围堰投资、罐区铺装投资、罐区征地费等。某 LNG 处理厂储罐类型投资对比分析见表 3。

表3 某 LNG 处理厂储罐类型投资对比分析 万元

储罐类型	罐体本 体投资	潜液 泵投 资	储罐 基础 投资	罐体 围堰 投资	罐区 铺装 投资	征地 费投 资	可比投 资合计
2 座 3×10 ⁴ m ³ LNG 单容罐	17 166	1 320	2 190	40	300	175	21 191
1 座 5×10 ⁴ m ³ LNG 全包容	20 900	990	2 009	-	50	23	23 972

由表 3 可见,全包容罐安全性能最高,占地面积少,但罐体投资最高,建设工期长;单包容罐安全性能偏低,占地面积多,但罐体投资较低,建设工期短。在实际工程设计中,应先根据槽车运输所需储存量天数决定本工程储罐区规模,确定规模后再根据投资、运行费用、环境保护、安全标准等多方面进行比选,以确定储罐类型。

2.4 原料气气质与产品标准

原料气预处理装置投资占 LNG 工厂工程费用的 8%~14%,原料气气质与产品标准对该装置投资影响较大。不同气源的原料气气质差别很大,对天然气预处理的工艺流程及 LNG 工厂配套设施有一定影响,进而影响到建设投资。比如原料气中的碳化物、硫化物和重金属等杂质含量较高,就需要增加净化设施以及后续处理设施。LNG 产品标准根据目标市场需求标准而定,产品标准的

差别影响工艺流程的设计,进而影响工艺装置投资^[6]。

2.5 LNG 工厂选址及布局

公用工程部分的投资占 LNG 工厂工程费用的 27%~38%。LNG 工厂选址对公用工程的投资影响较大,具体表现为:

a) 不同厂址的地理位置征地费用差别很大。

b) 厂址地势条件影响到土石方挖填、场地平整、建设工期长短等。

c) 厂址地质条件影响到罐区桩基基础、压缩机基础、塔基础等。

d) 厂址离气源供应地的距离长短影响到原料气管线长度,进而影响工程建设投资。

e) 厂址所在地交通、通信、电力、水源等社会依托条件影响工程建设投资。

f) 厂址周边劳动力成本影响工程建设投资。

LNG 工厂的布局也直接影响工程建设投资^[9-10]:

a) 生产工艺流程是否简洁、顺畅、紧凑影响管道的长度、支撑物的数量和用地面积,进而影响工程建设投资。

b) 是否充分利用地形,选择相适应的竖向布置,合理确定建、构筑物的标高,避免深挖高填以减少土石方量。

c) 是否合理划分生产区、辅助生产区、LNG 储罐区和倒班宿舍区等。

3 结论

随着国内输气管网的完善,LNG 工厂已成为开拓市场的先锋,同时在促进边际气田和非常规资源高效利用、城市调峰和事故应急、运输工具的替代燃料等方面也发挥着重要作用。在工艺技术条件相同的条件下,可采用生产能力指数法快速估算 LNG 工程的投资,其准确度较高。研究表明,影响 LNG 工厂建设投资的主要因素有生产规模、液化工艺、LNG 储罐、原料气气质与产品标准、LNG 工厂选址及布局等,技术经济专业人员应配合设计人员,进一步优化项目选址、工艺路线、总平面布置和技术设备选择,有效控制和降低建设投资。

参考文献:

[1] 阎光灿,王晓霞.天然气液化技术[J].天然气与石油,2005,23(2):10-13.

Yan Guangcan, Wang Xiaoxia. Liquefaction Technology of

Natural Gas [J]. Natural Gas and Oil, 2005, 23(2):10-13.

[2] 顾安忠.液化天然气技术[M].北京:机械工业出版社,2003.10-32.

Gu Anzhong. Liquefaction Technology of Natural Gas [M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2003.10-32.

[3] 黄莉,袁宗明,商永滨.天然气液化工艺的选择[J].新疆石油天然气,2006,2(2):84-88.

Huang Li, Yuan Zongming, Shang Yongbing. Selection of Natural Gas Liquefaction Technics [J]. Xinjiang Oil and Natural Gas, 2006, 2(2):84-88.

[4] 朱刚,顾安忠.现代液化天然气工厂建设的投资分析[J].深冷技术,1999,(6):1-6.

Zhu Gang, Gu Anzhong. Investment Analysis of LNG Plant Construction Analysis of Modern Liquefied Natural Gas Plant Construction Investment [J]. The Cryogenic Technology, 1999, (6):1-6.

[5] 熊光德,毛云龙.LNG 的储存和运输[J].天然气与石油,2005,23(2):18-20.

Xiong Guangde, Mao Yunlong. The Storage and Transportation of LNG [J]. Natural Gas and Oil, 2005, 23(2):18-20.

[6] 郁新蕾.天然气液化厂投资成本要素分析[J].科技资讯,2011,(27):165-166.

Yu Xinlei. The Analysis of Cost Elements of Natural Gas Liquefaction Plant Investment [J]. Science & Technology Information, 2011, (27):165-166.

[7] 张洪林,李庆,蔡新宇,等.大型 LNG 储罐设计及建造技术[J].石油规划设计,2012,23(3):33-35.

Zhang Honglin, Li Qing, Cai Xinyu, et al. Design and Construction Technology of Large LNG Storage Tank [J]. Petroleum Planning and Design, 2012, 23(3):33-35.

[8] 袁中立,闫伦江.LNG 低温储罐的设计及建造技术[J].石油工程建设,2007,33(5):19-22.

Yuan Zhongli, Yan Lunjiang. Design and Construction Technology of Low Temperature LNG Storage Tank [J]. Petroleum Engineering Construction, 2007, 33(5):19-22.

[9] 李奎.液化天然气加工厂选位经济性分析[J].天然气技术,2008,(2):82-84.

Li Kui. Economic Analysis on Position Selection of Liquefied Natural Gas Processing Plant [J]. Natural Gas Technology, 2008, (2):82-84.

[10] 秦慧艳,刘家洪,余翔,等.液化天然气工厂厂址选择和总图设计要点[J].天然气与石油,2013,31(6):83-86.

Qin Huiyan, Liu Jiahong, Yu Xiang, et al. Site Selection and Plot Plan Design Essentials of Liquefied Natural Gas (LNG) Plant [J]. Natural Gas and Oil, 2013, 31(6):83-86.