

LNG 储罐国产化的可行性

黄 群 夏 芳

中海石油气电集团有限责任公司

黄群等.LNG 储罐国产化的可行性.天然气工业,2010,30(7):80-82.

摘 要 目前我国 LNG 储罐的设计和建造都是由国外承包商完成的,其关键设备也基本依赖国外进口,导致整个 LNG 项目建设成本居高不下。为此,分析了实现 LNG 储罐及其关键设备国产化的可行性,并对如何实现国产化提出了以下建议:开展对 LNG 大型储罐国产化的研究工作;抓住设计的关键环节;重视 LNG 项目的采办;抓好施工与开车;抓好标准的细化;关注人才的培养。该项研究成果将为国内自行设计和建造储罐提供参考。

关键词 LNG 储罐 设计 建造 国产化 可行性

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2010.07.022

目前,我国的 LNG 产业已初具规模,每年进口 LNG 的数量已达数百万吨,预计到 2020 年,我国沿海地区进口 LNG 规模可达 $6\,000 \times 10^4 \text{ t}$ (相当于天然气 $827.4 \times 10^8 \text{ m}^3$)。

在 LNG 产业中,LNG 储罐的设计和建造十分关键,其技术要求高,投资大、建设时间长,目前我国 LNG 储罐都是由国外承包商承建,材料和设备也基本依赖国外进口,导致整个 LNG 项目建设成本居高不下。

我国 LNG 产业已经从起步到了高速发展的阶段,取得了可喜的成绩,积累了相当的实践经验,LNG 储罐的设计和建造完全依赖国外承包商的局面应该可以得到逐步改变,实现 LNG 接收终端储罐的国产化不仅是必要的也是可能的,这将有助于我国 LNG 产业的健康快速发展。

1 储罐是 LNG 接收终端建设的关键点

LNG 储罐的设计建造是整个 LNG 接收终端工程建设的关键环节,费用高、周期长、涉及专业多、技术要求高。对于 LNG 接收站或调峰型天然气液化工厂,LNG 储罐除了 LNG 储存功能以外,还为稳定供气起到一个缓冲作用。

以钢筋混凝土全容罐为例,LNG 储罐虽然是 LNG 储存系统的 1 台单元设备,建造费用却是 LNG

接收站工程费用的 40%,建造时间约 30 个月,属于建设时间较长的重要设施,也是 LNG 接收站工程建设的主要内容。LNG 储罐的设计和建造集合了土建、钢结构、低温金属材料、绝热材料和低温焊接等高新技术,也因此说 LNG 储罐的设计和建造技术水平是制约 LNG 产业发展的关键点。

LNG 储罐作为大型 LNG 项目的重要设施,目前国内还主要依靠国外承包商设计和承建。国内已建成的广东大鹏 LNG 项目、福建 LNG 项目及已完成前期研究的 LNG 接收站项目储罐均采用 $16 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的全容罐,且储罐材料与相关设备 90% 是由国外供货商提供,导致整个项目建设成本居高不下。随着我国对清洁能源需求量的不断增加,大量进口 LNG 已成为必然的趋势,2020 年将达到每年进口 $6\,000 \times 10^4 \text{ t}$ 的目标。因此,随着我国 LNG 产业的发展,能否尽快实现 LNG 项目中关键设施的国产化,已经成为制约 LNG 产业发展的关键点。

2 储罐及其关键设备国产化的可行性

1) 从已完成的 LNG 储罐建设和运作取得了经验。根据气、液包容性的不同,LNG 储罐分为 4 种类型:单容罐、双容罐、全容罐和薄膜罐;根据 LNG 储罐放置方式的不同,又分成地上罐和地下罐。目前我国主要使用的是混凝土全容式 LNG 储罐。世界上最

大的地下 LNG 贮罐容量已达到 $25 \times 10^4 \text{ m}^3$, 而我国目前 LNG 贮罐的设计规模都是 $16 \times 10^4 \text{ m}^3$, 中海石油气电集团有限责任公司已在广东 LNG 项目和福建 LNG 项目与外方合作建成 4 个 $16 \times 10^4 \text{ m}^3$ LNG 储罐, 在合作的过程中, 取得了丰富的相关经验。

2) 国内用于 LNG 储罐的材料 9% Ni 钢已研制成功。用于 LNG 储罐的材料通常有 9% Ni 钢、铝合金、奥氏体不锈钢。但 LNG 储罐大型化的发展趋势对制造材料提出了强度高、加工性好、焊接优良等要求, 9% Ni 钢成为性价比最好的 LNG 储罐建造材料。9% Ni 钢主要用在 LNG 全容罐内罐、外罐的 TCP 处。板厚通常在 6~29 mm, 建成 1 座 $16 \times 10^4 \text{ m}^3$ 全容罐需要 2 000 t 左右的 9% Ni 钢。目前国内已建 LNG 储罐所用 9% Ni 钢材料均为国外进口, 主要生产厂商有比利时的 INDU.STEEL、美国的 ESABCORP 以及日本的 MITSUI。随着我国 LNG 产业的快速发展, 山西太钢不锈钢股份有限公司和鞍钢股份有限公司先后进行了 9% Ni 钢的研制工作, 目前其产品均通过了全国锅炉压力容器标准化技术委员会组织的材料评审和认证, 具备了推广应用的價值。

3) 已经能够独立完成对 LNG 项目的安全评估工作。安全是发展 LNG 项目的关键, 每个项目都要进行严格的安全评估, 不能有一丝马虎。目前已经完成安全评估工作的几个 LNG 项目, 都经历了由外商评估、国内参与平行评估, 到由国内的相关机构独立进行评估的过程, 国内相关机构已经完全掌握了 LNG 项目建设中的安全关键点和先进的评估方法。

4) 国内相关研究机构和设计公司已经具备一定的实践经验。目前国内几家单位在大型低温液体贮罐领域(液氧、液氮贮罐)已经参与了 LNG 储罐的设计、建造和安装工作, 取得了丰富的工程实践经验。

5) 已经基本掌握了相应的技术和安全标准。经过几年的努力, 对相应的国际标准和国外先进标准进行了采标, 建立了相关的 LNG 标准体系, 制定了相关的国家标准和行业标准。以 LNG 储罐标准为例, 尽管国内还没有专门针对 LNG 储罐设计、建造的技术标准, 但是在实践中, 我国 LNG 储罐设计建造都采用了国际通用的英国标准《BS 7777 低温工作条件下立式平底圆筒形储罐》^[1] (以下简称 BS 7777—1993, 该标准于 2006 年被 EN 114620 替代) 和美国标准《API 620 大型焊接大型储罐设计与建造》^[2] (以下简称 API 620)。目前, 我国已及时开展了 EN 14620—2006《操作温度 0 °C 到 -165 °C 的液化气储存立式圆筒形平底钢质储罐现场设计和建造》^[3] 翻译和转化。中国

海洋石油总公司还根据实践经验制定了相关的企业标准, 并开展了对美国、日本、英国和欧洲相关标准的比较研究, 基本掌握了设计和建造的标准要求。

3 对实现 LNG 储罐国产化的建议

3.1 开展对 LNG 大型储罐国产化的研究工作

首先应该对大型 LNG 储罐的国产化工作进行认真的分析研究, 了解清楚我国在大型 LNG 储罐设计、建造和安装的技术要求、工艺过程和标准规范方面, 已经掌握了哪些技术, 还有哪些我们还没有掌握或没有完全掌握, 以便于在今后工作中逐步加以解决。

3.2 抓住设计的关键环节

LNG 全容储罐的设计主要包括内罐设计和外罐设计 2 部分, 其中内罐设计内容包括强度计算、内罐钢吊顶计算、热工计算、管道阀门的工艺设计、内罐的制造安装图纸设计等; 外罐设计内容包括预应力混凝土外罐(罐顶、罐壁、承台)以及储罐基础的设计。目前, LNG 储罐本体的基础设计均由国外公司完成, 国内公司一般只进行符合中国规范的验证性设计、LNG 储罐外部管道、仪表、电气、钢结构及消防设施的详细设计。

LNG 储罐的设计关键点如下:

- 1) 内罐的设计及计算。
- 2) 罐顶的设计计算。
- 3) 内部吊顶的设计计算。
- 4) 外罐衬里的设计计算。
- 5) 罐底及热底角保护的设计。
- 6) 外罐设计计算。
- 7) LNG 入口管。
- 8) 蒸发气出口管。
- 9) 吹扫系统。
- 10) 防止翻滚。
- 11) 泄漏探测。

12) 其他部件的设计, 如气体探测器、热探测器、沉降测量系统、冷却传感器、接地和屏蔽、雷电保护等。

目前, 国内相关设计单位已经有能力完成 LNG 储罐的强度计算、LNG 储罐详细机械数据表、LNG 储罐结构、安装、焊接、检验、试验的工程规定以及 LNG 储罐的制造及安装图、预应力混凝土外罐基础设计、LNG 储罐详细工程图纸设计、工程量材料表、施工检验、试验、混凝土配合比等工程规定。但对下列土建专业领域的问题还应加强技术研发工作: ①各种组合工况下预应力混凝土储罐的受力性能和整体稳定性分析; ②罕遇地震下预应力混凝土储罐的推覆分析; ③软弱土地基的处理方案和技术; ④预应力配筋的计算

工作。

3.3 重视 LNG 项目的采办

迄今为止,国内已建成的 LNG 接收终端储罐均由 EPC (Engineering Procurement Construction) 总包商进行采办。LNG 储罐所需的设备材料并不复杂,主要包括:

- 1) 9% Ni 钢板(焊接材料)。
- 2) 预应力钢绞线、锚具和夹具。
- 3) 低温钢筋、外罐及拱顶碳钢、铝吊顶和吊顶玻璃棉。
- 4) 吊机。
- 5) 不锈钢管和管件。
- 6) 阀门。
- 7) 罐内泵。
- 8) 仪表、电气设备、电缆和桥架。
- 9) 保冷材料。

上述材料又可以分为 3 大类:①可以完全采用国产产品进行替代;②国内虽可以生产,但还无法完全达到国外产品水平的材料和设备;③国内尚不能生产,还需要依赖进口。显然,采办国产化的关键是尚不能实现国产的材料和设备,如各种低温阀门、罐内泵、仪表、9% Ni 钢板及焊材和部分保冷材料等,其中 9% Ni 钢板和阀门是采办的重点。由于国内总包公司还没有和国外公司一样具有长期客户关系,所以在采办进度、采办价格上都会有一定的差距,导致可能采办进度拖后、价格上升。但总的来说,LNG 储罐采办的国产化是可以实现的,必要时,国内的总包单位可以与各种专业代理公司协作完成采办工作。采办的国产化虽然在短期内会给项目的实施带来一定的风险,但从长远考虑,对整个 LNG 储罐建造的国产化是非常有帮助的,是我国 LNG 储罐建设发展的大趋势。

3.4 抓好施工与开车

LNG 全容储罐的建造大体分为内罐安装、外罐施工和基础施工 3 部分。内罐安装包括钢结构的焊接、罐上各种附属设施的安装和夹层的保温处理等;外罐施工包括预应力混凝土罐壁、混凝土罐顶等;基础则一般为桩基础,或者在地质条件允许的情况下,由承台板直接作用在基岩上。已经建成的广东 LNG 项目、福

建 LNG 项目和新建成的上海 LNG 项目的 LNG 储罐建造工作,都是由国内几家施工分包商完成的,他们已经有能力顺利完成 LNG 储罐的建造工作。但还应该加强监管,严格按标准要求完成施工,确保施工质量。

目前国内还没有一家公司具有 LNG 储罐调试、开车的经验,国内的总包单位在试车阶段仍需要国外专家或者专业公司的技术支持。国内公司或者业主借鉴类似项目的经验独立完成 LNG 储罐的调试、开车,虽然具有一定的风险,却是今后的一个发展趋势。

3.5 抓好标准的细化

在已经采用的国际标准或国外先进标准的基础上,根据在 LNG 储罐设计、建造和安装方面取得的实际经验,制定相应的更加细化的企业标准(或规格书、设计手册),完善标准的保障职能。按照实际需要,标准制定工作可以先重点、后全面,先形成框架,再不断细化。

3.6 关注人才的培养

有计划地落实人才培训工作,采用引进来和派出去的方式,通过集中培训和参与生产实践切实提升相关人员的技术和管理水平,以适应 LNG 储罐国产化的技术和管理运行要求。

LNG 接收终端储罐的设计、建造和安装的国产化不仅仅是可行的,而且是可能的,LNG 储罐国产化的举措一定会助推我国 LNG 发展的新高潮。

参 考 文 献

- [1] Britain Standard Institute .BS 7777 Flat-bottomed , vertical , cylindrical storage tanks for low temperature service [S].London ;Britain Standard Institute ,1993 .
- [2] American Petroleum Institute . API 620 Design and construction of large , welded , low-pressure storage tanks[S]. Washington ;API Publishing Services ,2008 .
- [3] European Committee for Standardization . EN14620 Design and manufacture of site built , vertical , cylindrical , flat-bottomed steel tanks for the storage of refrigerated , liquefied gases with operating temperatures between 0 °C and -165 °C[S].London ;Britain Standard Institute ,2006 .

(修改回稿日期 2010-06-06 编辑 何 明)