

# LNG 接收站储罐施工现场质量控制关键技术研究

李海涛 (中海油海卓(天津)工程科技有限公司, 天津 300457)

**摘要:** 在液化天然气(LNG)接收站中, 储罐作为重要的设施, 其施工质量极其关键。本文开展了储罐施工现场质量控制关键技术的系统研究。我们吸取了多年 LNG 接收站储罐建设经验, 结合了对国内外相应技术的研究分析, 着重研究了涵盖储罐基础工程、罐内设备安装、体壁施工、顶盖安装等多个环节的高效管理和控制技术。研究发现, 使用科学有效的施工管理工具, 强化现场质量检验, 严格按照施工工艺流程进行, 都能对提高储罐建设的质量控制水平产生积极影响。其中, 采用先进的信息化管理工具进行全程跟踪与管理, 能有效降低施工问题的发生频率, 提升工程的安全系数。还发现, 储罐的施工总量、施工工艺和施工人员技术都是影响储罐施工质量的因素。分析结果指出, 强化施工人员的专业素质, 优化工艺流程, 都能对提高储罐施工质量起到积极的作用。这些研究成果对于未来 LNG 接收站储罐的建设, 具有重要的理论指导和实践参考价值。

**关键词:** LNG 接收站储罐; 施工质量控制; 信息化管理; 施工工艺; 专业素质教育

## 0 引言

随着液化天然气(LNG)接收站的广泛建设, 其关键设施之一的储罐施工质量的重要性日益凸显。良好的施工质量可以确保储罐的操作安全, 延长其使用寿命, 也有利于提高液化天然气的存储和运输效率。然而, 在储罐的实际施工过程中, 如何有效地管理和控制施工质量, 仍是一个值得深入研究的问题。影响储罐施工质量的因素往往涵盖了多个环节, 包括储罐的基础工程、罐内设备的安装、体壁的施工、顶盖的安装等。

因此, 如何在这些环节中实施高效的质量控制技术, 是当前 LNG 储罐施工的关键课题。此外, 信息化的全程管理已经成为现代施工管理的新趋势, 研究其在 LNG 储罐施工中的应用, 也是必不可少的。结合多年的实践经验和对国内外技术的研究分析, 我们进行了系统的研究, 力图找出提高储罐施工质量的关键技术, 并期望这些研究成果能为未来 LNG 接收站的储罐施工提供理论支持和实践参考。

## 1 液化天然气(LNG)接收站储罐施工质量控制全局观

### 1.1 LNG 接收站储罐的基本结构和重要性

液化天然气(LNG)接收站储罐作为 LNG 储存和供给的重要设施, 其基本结构和重要性不言而喻<sup>[1]</sup>。通常, LNG 储罐由储罐基础、罐体(混凝土外罐和镍合金内罐)、高效绝热层(如泡沫珍珠岩)及顶盖(混凝土穹顶和碳钢顶)等多个关键组件组成。各部件协同工作, 维持 LNG 低温、稳定、安全存储。罐体承压防腐, 绝热层隔热保温, 顶盖确保密封安全。设计精巧,

保障能源供应安全无忧。储罐基础是整个储罐的承重结构, 需具备相应的强度与稳定性, 以确保在极端条件下仍能保持安全运行。

罐体作为 LNG 储存的核心, 采用独特的双层夹套设计。内罐由高强度、耐腐蚀材料制成, 直接容纳并保护低温的 LNG。而外罐, 则采用了更为坚固的结构, 如预应力混凝土结构, 不仅为内罐提供了额外的物理保护, 还增强了整体的绝热性能, 有效阻隔外部环境热量渗透, 确保 LNG 在极端低温下稳定储存。这种双层结构的设计, 极大地提升了 LNG 储罐的安全性与可靠性。绝热层能够有效降低热量传导, 防止 LNG 的蒸发损失。顶盖作为储罐的封闭部分, 不仅提供气密性, 还承载部分操作设备和管道。

LNG 接收站储罐的重要性体现在以下几个方面。是确保能源供应的稳定性。由于 LNG 在常温下为气体状态, 极难储存, 而经过液化处理后的天然气在低温下能以液体形式存储, 大大减少了体积, 便于运输与储存。

储罐提供了可靠的储存环境, 使得 LNG 接收站能够在较长时间内储存大量天然气, 确保能源供应的连续性和稳定性。是提升能源利用的安全性。LNG 具有低温、高爆炸性等特点, 如果储存不当, 极易引发安全事故。储罐的安全性设计至关重要, 需确保罐体材料的韧性和强度, 防止泄漏和破损是对环保的重要贡献。高效的储罐设计能够减少 LNG 在储存过程中的蒸发损失, 降低气体泄漏, 减少环境污染。

LNG 接收站储罐作为能源设施的重要组成部分, 除了结构复杂性, 还具备重要的功能和安全要求, 在

整个接收站的运营和管理中起到了不可或缺的作用。

### 1.2 储罐施工质量控制的必要性和挑战

液化天然气 (LNG) 接收站储罐施工质量控制的重要性源于其在接收站运营中的关键作用。储罐不仅需要在高压和低温环境下长期有效运行,还必须保证液化天然气的储存安全和稳定。储罐施工质量的缺陷可能会导致使用过程中出现泄漏、安全事故等严重问题,对环境和人员安全构成威胁。确保储罐施工质量是维护 LNG 接收站安全运行的前提<sup>[2]</sup>。

储罐施工质量控制面临的挑战主要体现在工程的复杂性和高技术要求上。储罐基础工程涵盖土建施工,重点在于地基的稳固处理与强度评估,确保支撑力达标。同时,该工程也涉及上部主体结构的构建,包括罐体、绝热层及顶盖的稳固安装,整体设计旨在保障 LNG 储罐的安全运行与长期稳定性。罐内设备的安装必须严格按照规范进行,以确保设备的整体稳定性和操作可靠性。体壁和顶盖施工环节更是需要严密监控,特别是在焊接处理中,任何微小瑕疵都可能影响储罐的整体性能。

施工环境的多样性和施工人员素质的参差不齐也增加了质量控制的难度。从寒冷的北方到温暖的南方,各种极端气候条件下的施工都需要采取不同的质量控制措施。不同施工人员的技能水平和经验也会直接影响施工质量,需要针对性地采取培训与考核机制,确保施工人员具备足够的专业素质。需要不断优化施工工艺流程,结合先进的管理工具和技术手段,从而克服施工中的各种挑战,保证储罐建设的高质量完成。

### 1.3 施工质量控制的关键技术因素概述

在 LNG 储罐的施工过程中,混凝土外罐的施工质量控制尤为关键。混凝土外罐作为重要的结构支撑和二次绝缘层,其质量直接影响到储罐的整体稳定性和安全性。施工质量控制的关键技术因素包括混凝土材料的优选、配合比的科学设计、浇筑工艺的精细操作、以及养护管理的严格执行。通过采用高性能混凝土、优化浇筑方案、加强过程监控和后期养护,可以显著提升混凝土外罐的密实度、强度和耐久性,为 LNG 储罐的长期安全运行奠定坚实基础<sup>[3]</sup>。

## 2 LNG 接收站储罐施工现场的质量控制关键技术

### 2.1 储罐基础工程的质量控制技术

储罐基础工程是液化天然气 (LNG) 接收站储罐施工中的重要一环,其质量控制直接影响整个储罐的稳定性和安全性。储罐基础工程的质量控制应从多个

角度入手,确保其达到高标准要求。

地基勘察与处理是储罐基础工程的首要步骤。必须开展详细的地质勘查,了解地基土质情况,尤其是对松软土层的处理,需要采取加固措施,常见的加固方法包括换填土、堆载预压以及砂石桩等技术。对于地基的承载力进行计算和验证工作也是必不可少,确保其能承受储罐以及储存 LNG 的重量。

基础施工过程中的混凝土浇筑质量是另外一个关键环节。保证混凝土配比的精确性,控制水泥、砂石、混凝土骨料等材料的质量,严格执行混凝土搅拌、运输、浇筑及养护等施工工艺流程,防止产生裂缝、空洞等缺陷<sup>[4]</sup>。应采用先进的混凝土检测技术,如超声波检测、X 射线检测等,实时监控混凝土浇筑效果,及时发现并处理质量问题。

钢筋绑扎和基础模板的搭设质量同样不可忽视。应使用符合国家标准的优质钢筋,并严格按照设计图纸进行钢筋绑扎,防止钢筋位移和变形。模板安装要严格按照规范进行,并进行多次稳定性检测,确保混凝土浇筑过程中的形状不变。还需关注模板的支撑系统,确保其能稳固支撑整个浇筑过程中的压力。

施工现场管理和人员的专业水平是基础工程质量控制的有力保障。应该对施工人员进行系统的培训,使其掌握最新的施工技术和质量标准。在施工过程中,应设立专门的监督和检验部门,进行严格的质量检查和管理,以防止因人为因素导致的施工质量问题。

储罐基础工程的质量控制是一项系统工程,需要从多个维度进行严格管理,这为后续储罐整体施工奠定了坚实的基础。

### 2.2 罐内设备安装的质量管理与控制

在 LNG 接收站储罐的施工中,混凝土外罐不仅是结构的支撑体,更是内部设备稳定运行的重要屏障。因此,在罐内设备安装这一关键环节,混凝土外罐的质量同样不容忽视。

混凝土外罐的施工质量直接关系到罐内设备安装的环境条件。一个优质的混凝土外罐,能够有效隔绝外部环境对罐内设备的侵蚀,保持罐内清洁度和稳定的温湿度,为设备的长期稳定运行提供有力保障。

在安装罐内设备之前,需对混凝土外罐进行全面检查,确保其无裂缝、无渗漏,并达到设计要求的强度和稳定性。同时,还需确保混凝土外罐内部清洁无杂物,以免对设备安装造成不利影响。在安装过程中,技术人员需严格按照设备生产厂家提供的技术规范和

操作手册执行，确保每个安装步骤都符合标准。特别是在涉及与混凝土外罐连接的部分，如设备支架、固定螺栓等，需特别注意其牢固性和密封性，以防出现松动或渗漏现象。此外，罐内设备的调试阶段也需关注混凝土外罐的影响。调试过程中，需通过监测混凝土外罐的振动、温度等参数，评估其对罐内设备运行的影响，并采取相应的措施进行调整和优化。

### 2.3 体壁施工及顶盖安装的质量控制研究

在 LNG 储罐施工中，体壁施工与顶盖安装的质量控制是确保储罐安全、高效运行的关键。体壁施工需严格控制混凝土配比、浇筑工艺及钢筋绑扎质量，确保壁体强度与密封性达标，同时采取有效措施预防温度裂缝产生。顶盖安装则注重预制件精度与现场吊装对接的严密性，利用高精度测量仪器确保顶盖定位准确，焊接过程严格遵循工艺规范，确保焊缝质量满足设计要求。此外，还需加强施工过程中的监测与检验，及时发现并纠正质量问题，确保体壁与顶盖的整体性、稳定性与安全性，为 LNG 的安全储存与供应奠定坚实基础。

## 3 提高储罐施工质量的有效策略

### 3.1 科学有效的施工管理工具及其在质量控制中的应用

科学有效的施工管理工具在储罐施工质量控制过程中具有至关重要的作用<sup>[5]</sup>。施工管理工具的应用不仅推动了施工流程的标准化和规范化，还极大地提高了施工过程的可监控性和质量控制水平。

具体而言，科学的施工管理工具能够通过精准的计划安排，提高施工效率和施工质量。例如，利用项目管理软件，可以对储罐施工的各个环节进行系统性规划和实时跟踪，确保每个阶段按计划推进。借助建筑信息模型（BIM）技术，可以对储罐的施工全生命周期进行数字化管理，从设计到施工，再到运营，每一个阶段都在 3D 模型中实现精确模拟和优化。这种方式不仅提高了施工的准确性和效率，还能预先发现潜在问题，极大地减少施工过程中的返工率。

施工现场监控系统也是质量控制的重要工具之一。通过安装摄像头及传感器，实现对施工现场的全方位实时监控，确保施工过程严格按照设计和规范执行。这些监控数据不仅可用于实时监控，还可存储为历史数据，为后期问题分析和质量追溯提供依据。

无人机技术的应用也逐渐广泛，在储罐施工项目中能有效进行高空巡查和检测，尤其在体壁及顶盖施

工过程中，其高效、灵活的特点，能够捕捉到传统手段难以覆盖的视角和细节，为质量控制提供新手段。通过综合运用这些先进的施工管理工具，能大幅提升储罐施工的质量和安全性，确保项目顺利进行并按期交付。

高级施工管理工具的合理应用，不仅在宏观层面上优化储罐施工的整体流程，还在微观层面上精细化管理每一个施工环节，从而全面提升储罐施工的质量控制水平。

### 3.2 信息化管理对于储罐施工质量控制的作用

信息化管理在储罐施工质量控制中发挥着关键作用，通过实现施工过程的全程跟踪和数据化管理，可以显著提高工程质量和安全水平。现代信息化管理工具，如 BIM（建筑信息模型）技术、物联网技术和移动设备管理系统，能够实时采集和分析施工现场的数据。这不仅为施工监管提供了详细、准确的基础数据，而且支持施工进度的实时监控和问题的迅速处理。通过 BIM 技术，可以在施工前进行模拟和预演，发现并预防潜在问题，从而减少实际施工中的误差和返工率。

物联网技术通过在现场安装传感器和监测设备，实现了对温度、湿度、压强等施工环境参数的实时监控，保证施工过程中的各项技术要求得以严格执行。通过移动设备管理系统，可以实现现场施工人员的信息共享和即时沟通，优化人员调度和资源配置，提高施工效率。

信息化管理还使得数据存储和追溯变得更加便利，当施工过程中出现问题时，可以快速追溯问题源头并进行修正。信息化系统的应用大幅减少了人为因素对施工质量的影响，提升了项目管理的科学性和规范性，从而为高质量的储罐建设提供了重要保障。这些技术的应用不仅提升了施工质量，还优化了施工管理模式，为 LNG 接收站储罐未来的建设提供了有效的技术支持。

### 3.3 施工人员专业素质和施工工艺流程的优化与质量控制

施工人员的专业素质和施工工艺流程的优化对于储罐施工质量控制至关重要。施工人员需接受系统的专业培训，确保具备熟练的技术操作能力。工艺流程的优化包括严格按照标准化操作规程，精细化施工步骤，及时纠正不符合规范的施工行为。强化施工人员的质量意识和操作技能，有助于减少施工过程中出现的质量问题，提高整体施工质量。通过科学的方法和

严格的现场管理，实现储罐施工的高标准质量控制。

#### 4 结束语

本研究对 LNG 接收站的储罐建设进行了深入的研究，探讨了储罐基础、设备安装和施工等环节的质量控制技术，结果发现，好的施工管理工具、严谨的质量检验和专业的施工人员对于提高工程质量有重要作用。同时，我们还发现，使用现代的信息化管理工具可以帮助降低施工过程中出现的问题。然而，我们的研究还存在一些局限，比如没有考察所有的施工场景，也没有对所有问题进行深入研究。未来我们将继续寻找更好的解决办法来提高施工质量，并尝试引入更先进的理论和工具，这对于未来 LNG 接收站储罐建设非常有用。

#### 参考文献：

- [1] 顾永亮 .LNG 接收站工艺管道安装质量控制技术分析 [J]. 石化技术,2023,30(07):89-91.
- [2] 张震,张兵兵,朱虹,章妍.接收站 LNG 储罐压力控制技术优化 [J]. 煤气与热力,2019,39(05):10008-10012.
- [3] 王晓宁申云青.某 LNG 接收站工艺管道干燥施工质量的控制 [J]. 石油工程建设,2022,44(02):90-92.
- [4] 金光 .LNG 接收站储罐预冷工艺的优化 [J]. 化工技术与开发,2023,52(01):81-84.
- [5] 冯招招.浅谈 LNG 接收站储罐仪表 LTD 工作原理 [J]. 写真地理,2020,0(16):0208-0208.

