

Painting process and quality control of large LNG storage tank

Jiming Yan

Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin, 300450, China

Abstract

This paper focuses on the painting process and quality control of large LNG storage tank outer shells. It details the specific procedures of the painting process, including surface preparation, primer application, intermediate paint application, and topcoat application, and analyzes the key operational points and technical requirements for each step. Additionally, it highlights the importance of quality control and proposes a series of measures to ensure that the painting quality meets relevant standards and engineering requirements, thereby enhancing the durability and safety of the large LNG storage tank outer shell, reducing maintenance costs, and ensuring the long-term stable operation of LNG storage facilities.

Keywords

large LNG storage tank; painting process; quality control

大型 LNG 储罐外罐涂漆工艺及质量控制

闫冀明

海洋石油工程股份有限公司, 中国·天津 300450

摘要

本文围绕大型LNG储罐外罐涂漆工艺及质量控制展开研究。详细阐述了涂漆工艺的具体流程,包括表面处理、底漆涂装、中间漆涂装、面漆涂装等关键环节,分析了各环节的操作要点和技术要求。同时,探讨了质量控制的重要性,并提出了一系列质量控制措施,以确保涂漆质量符合相关标准和工程要求,提高大型LNG储罐外罐的耐久性和安全性,降低维护成本,保障LNG储存设施的长期稳定运行。

关键词

大型LNG储罐; 涂漆工艺; 质量控制

1 引言

液化天然气储存的重要设备是大型 LNG 储罐,其外罐涂漆工艺技术符合要求以及质量控制到位,对储罐的长期稳定运行发挥保障作用。外罐涂漆质量有保证,还有助于延长大型 LNG 储罐的使用寿命,提高生产的安全性^[1]。下面针对大型 LNG 储罐外罐涂漆工艺技术详细分析,提出科学有效的质量控制措施。

2 大型 LNG 储罐外罐涂漆工艺

2.1 表面处理

对大型混凝土 LNG 储罐外罐进行涂漆作业前,有效的表面处理是保证涂层质量和防护效果的关键。参考相关资料,以下介绍常见的表面处理方法:

【作者简介】闫冀明(1986-),男,中国河北冀县人,本科,工程师,从事海洋工程钢结构、防腐及LNG接收站质量管理研究。

其一,机械打磨法。可使用非金属磨料、纤维或手工砂纸等对储罐外罐表面进行手工或机械打磨,使表面轻微拉毛。这样做能增加涂层与表面的接触面积,提高涂层的附着力。在对某项目 10000m³LNG 双金属壁全容储罐工程外罐罐壁进行油漆涂装时,就采用了这种方式对不锈钢表面进行处理。

其二,清理杂质法。

油污清理:使用合适的溶剂或清洁剂去除表面的油污、油脂和其他污染物,确保表面干净,避免这些杂质影响涂层的附着和性能。

灰尘和松散物清理:用压缩空气、吸尘器或刷子等工具清除表面的灰尘、松散的混凝土颗粒、锈皮等,使表面整洁,为涂漆提供良好的基础。

其三,修补缺陷法。

裂缝处理:对于表面的裂缝,根据裂缝的大小和深度,采用合适的修补材料进行填充和修复,防止水分和其他物质渗入,影响储罐的结构和涂层的耐久性。

孔洞和凹陷处理：使用与混凝土材质相匹配的修补材料填补孔洞和凹陷，使表面平整，保证涂层的均匀性和完整性。

其四，表面粗糙度调整法。

根据涂漆工艺的要求，通过打磨或使用特殊的处理剂，调整表面的粗糙度，以满足涂层与表面的结合力要求。合适的表面粗糙度有助于涂层更好地附着，提高涂层的防护性能。

在进行表面处理时，应严格按照相关标准和规范进行操作，确保处理后的表面质量符合涂漆工艺的要求。同时，处理过程中要注意安全，避免对人员和环境造成危害，本项目主要适用于方法三，修补缺陷法。

2.2 底漆涂装

为保证混凝土油漆附着力，基层表面首先应涂刷封闭底漆，封闭涂料采用环氧封闭底漆，涂装一道，直接吸附到水泥表面形成漆膜。封闭涂层的主要指标为外观和厚度，为保证涂层质量，要求厚度 $30\mu\text{m}$ ，但混凝土面底漆涂装之后没有厚度标准要求。涂层外观应颜色均匀，无漏涂、无流挂、无起泡等现象，划格法检测应符合规范要求。具体的操作如下：

其一，涂刷方法。选定底漆之后，可以采用滚筒滚涂、刷子手工刷涂或是喷涂设备进行大面积均匀覆盖。此项操作中，注意保持一致的厚度以保证防护效果。

其二，环境控制。这项施工操作对于环境有一定要求，因为材料的环境敏感度非常高。在任何季节条件下实施底漆作业的时候，都需要严格控制周围环境参数如湿度与温度，避免因极端天气条件影响最终质量。

其三，安全措施。在整个过程中还需要特别注意操作人员的安全防护以及环境保护措施，比如佩戴适当的个人防护装备（PPE），并确保施工现场通风良好。

2.3 中间漆与面漆

根据设计要求，在底漆涂装完成后，还需要施加中间漆层。中间漆层的主要作用是增强整体涂层系统的耐久性和保护性能，可以进一步填充底漆表面的微小孔隙，提高涂层的屏蔽性能，防止外界物质渗透到外罐表面^[2]。

中间漆的选择通常要与底漆和面漆相匹配，以确保整个涂层系统的兼容性和稳定性。常见的中间漆有环氧云铁中间漆等，采用滚涂方式对混凝土表面涂装中间漆，前道涂层干燥后方可涂装后道涂层。环氧云铁中间漆含有大量的云母氧化铁，这种物质具有良好的片状结构，能够在涂层中形成层层叠叠的屏蔽层，有效阻挡水分、氧气和腐蚀性介质的侵入。承台侧面以及罐壁厚度 $100\mu\text{m}$ ，承台顶以及罐顶厚度 $200\mu\text{m}$ 。分两遍厚度各 $100\mu\text{m}$ 施工。涂层外观应颜色均匀，无漏涂、中间涂层的主要指标为外观、厚度。采用湿膜卡或混凝土表面测厚仪进行漆膜厚度测量。确保无流挂、无起泡等现象，检测应符合规范要求。

涂覆面漆的时候，对于这项操作的价值要正确认识，面漆不仅决定了外罐表面的色彩以及整体外观效果，还可发挥防护作用。面漆的选择中，可采用聚氨酯面漆，漆膜厚度 $70\mu\text{m}$ ，中间涂层干燥后，再次检查混凝土表面，对整个混凝土清理表面污物，对局部表面不光滑处用细砂纸打磨使表面光滑，清理灰尘。

采用刷涂、滚涂方法涂装面漆。前道涂层干燥后方可涂装后道涂层。面漆涂层的主要指标为外观、厚度和附着力。厚度达到设计要求，涂层外观应颜色均匀，无漏涂、无流挂、无起泡等现象，附着仪器破坏性检测试验应符合规范设计要求。附着力强度 $\geq 1.5\text{Mpa}$ 。

2.4 养护

涂装完毕后，涂层的常温养护时间不应少于 7d。涂层的层数和厚度应符合设计要求，涂层应光滑平整，颜色应均匀一致，并应无泛锈、气泡、流挂、开裂、剥落等缺陷。具体如下：

其一，温度控制。为了保证油漆干燥固化过程顺利进行，在刚完成涂装作业后的一段时间内，应尽量维持周围环境温度在推荐范围内（一般不低于 5°C ）。如果是在寒冷季节施工，则可能需要采取额外加热措施如暖风设备来保持适宜的工作温度。

其二，湿度管理。过高的空气湿度会延缓溶剂挥发速度，从而影响涂层形成质量；而过低则可能导致某些类型涂料出现开裂现象。因此，合理调节施工现场的相对湿度水平也是十分重要的。

其三，避免早期接触水分。新涂覆好的表面应在规定时间内避免直接接触水滴或其他液体，以免造成表面缺陷或降低最终防护效果。

其四，定期检查维护。即使经过良好保养的新涂层，也要定期对其进行外观检查，及时发现并修补任何潜在问题，比如气泡、裂缝等，这样可以延长整体使用寿命。

3 质量控制措施

3.1 事前准备

事前准备工作是确保涂漆工程质量的重要基础。在涂漆工程开始前，需要组织专业团队负责整个涂装过程的质量管理。这个专业团队应包括项目经理、技术负责人、油漆厂家技服、质量检验员等人员，他们各自具有不同的专业技能和职责。

项目经理承担重要的管理责任，其对于涂漆的整个操作过程统筹规划，并采用过程化协调管理模式，保证工程按照计划全面展开并顺利推进。技术负责人（油漆厂家技服）所承担的主要工作是现场对施工人员进行技术支持并予以指导，施工过程难免遇到各种技术问题，技术人员可以现场解决^[3]。质量检验员所承担的主要责任是负责跟踪检查涂漆工程的每一个环节，发现有质量问题就勒令停工处理，发挥

其应有的质量监督智能和管理智能,确保工程质量符合标准要求。

确保所有使用的涂料符合规格标准,并且在有效期内使用是至关重要的。涂料的质量直接关系到涂漆工程的质量和效果。在涂料采购过程中,要选择正规的供应商,并要求供应商提供涂料的质量检验报告和产品说明书等文件。在涂料进场时,要对涂料的品种、规格、数量、生产日期、保质期等进行严格的检查和验收,确保涂料的质量符合要求。

对所有参与施工的工作人员,都要定期组织培训工作,使其对施工要领准确把握,尤其是细节之处,能够掌握操作技巧并灵活运用。同时,还要做好技术交底工作,此为事前准备的重要内容。施工人员是否具备较高的操作技能以及是否树立质量意识,都直接影响涂漆工程的质量。所以,在开展培训工作的过程中,要向施工人员详细讲解涂漆工艺视乎操作流程以及操作要点,明确质量标准,还要准确把握安全注意事项并落实到具体工作中。同时,要进行实际操作演示,让施工人员熟悉涂漆设备的使用方法,在操作中,能够因地制宜地应用技巧。技术交底工作中,要确保施工人员清楚了解涂漆工程的具体要求以及所要实现的质量目标,明确自己所承担的工作职责,能够在施工中严格按照规范操作。

3.2 过程中监控

为了准确测量涂层厚度,施工人员通常会使用湿膜测厚仪等专业检测设备。在测量过程中,要按照一定的频率和方法进行抽样检测,确保测量结果的准确性和代表性。一般来说,每 10 平方米的涂装面积至少要测量一个点^[4]。如果发现涂层厚度不符合设计要求,要及时进行补涂或调整涂装参数。

观察涂层是否存在针孔、气泡等缺陷,并及时修补也是过程监控的重要环节。针孔和气泡等缺陷会降低涂层的防护性能,影响涂漆工程的质量。在施工过程中,施工人员要随时观察涂层的表面状况,发现缺陷要及时进行处理。对于较小的针孔和气泡,可以使用砂纸进行打磨后再进行补涂;对于较大的缺陷,则需要将缺陷部位的涂层铲除后重新进行涂装。

监控天气状况,避免雨雪天气下作业影响涂层质量也是非常必要的。天气状况对涂漆工程的质量有很大的影响。在雨雪天气下,外罐表面会有水渍和湿气,这些水分会影响涂层的干燥和固化,导致涂层出现质量问题。因此,在施工前要密切关注天气预报,合理安排施工时间。如果遇到恶劣天气,要及时停止施工,并采取相应的防护措施,如覆盖防雨布等。

3.3 事后检验

事后检验是涂漆工程质量控制的最后一道防线。使

用专业的检测设备如干膜测厚仪等工具测量涂层厚度是事后检验的重要内容之一。通过再次测量涂层厚度,可以验证涂层厚度是否符合设计要求。在测量过程中,要对整个外罐表面进行全面的检测,确保没有遗漏的部位。如果发现涂层厚度不符合要求,要按照规定程序进行重新处理,直至合格为止。

进行附着力测试以评估涂层与基材之间的粘结强度也是事后检验的关键环节。涂层的附着力直接关系到涂漆工程的长期稳定性和防护效果。附着力测试通常采用划格法、拉拔法等方法进行。划格法是在涂层表面用刀具划出一定规格的网格,然后用胶带粘贴在网格上,迅速撕下胶带,观察涂层的脱落情况,以此来评估涂层的附着力^[5]。拉拔法是使用专门的拉力试验机,将涂层从基材上拉开,测量拉开时所需的拉力,从而评估涂层的附着力。

如果在事后检验中发现问题,必须按照规定程序进行重新处理。重新处理的过程要严格按照涂漆工艺的要求进行,确保问题得到彻底解决。在重新处理完成后,要再次进行检验,直到涂漆工程的质量符合标准要求为止。

4 结语

通过研究明确,大型 LNG 储罐外罐涂漆工艺是一个系统工程,涉及多个环节和技术要点。在涂漆过程中,必须严格按照工艺要求进行操作,确保每个环节的质量。同时,要加强质量控制,需要从人、机、料、法、环、测进行过程控制,进行全方位的监控和管理。只有这样,才能保证大型 LNG 储罐外罐涂漆质量符合相关标准和工程要求,提高外罐的耐久性和安全性,降低维护成本。但具体到某项目中的详细步骤可能会有所不同。项目不同,可能会因为外罐的设计要求、环境条件、材料特性等因素的差异,而对涂漆工艺和质量控制措施进行相应的调整和优化。因此,在实际工程中,必须参照实际工程规范文件执行,确保大型 LNG 储罐外罐涂漆工程的质量和安 全。

参考文献

- [1] 王智强,张岩.大型 LNG 储罐外罐壁施工控制要点[J].石油石化物资采购, 2024(4):212-214.
- [2] 王琪,狄骏皓,丁徐强,等.基于热流固耦合的 LNG 三层壁储罐内罐壁的力学特性分析[J].石油与天然气化工, 2024, 053(6):47-55.
- [3] 贺彬.低温作用下大型 LNG 预应力混凝土储罐力学分析[J].工程技术, 2023(1): 28-29.
- [4] 张天鹤,高辉.基于热-应力耦合的 LNG 储罐泄漏状态下外罐壁受力分析[J].特种结构, 2024, 041(3):1-7.
- [5] 吴树勤,张坤磊. LNG 储罐外罐墙体施工工艺应用研究[J].建筑技术开发, 2025(4):59-60.