

海洋平台膨胀型防火漆施工工艺研究

韩明恩, 李尚峰, 次仁美朵, 罗威威, 张庆宇
(海洋石油工程(青岛)有限公司, 山东 青岛 266520)

摘要: 主要讨论了海洋平台建造过程中膨胀型防火漆的施工工艺, 详细介绍了全流程过程中的质量控制点和管理重点, 为海洋平台船舶、海洋平台、LNG 类项目建造和维保期间防火漆的施工管理和质量控制提供借鉴和参考。

关键词: 海洋平台; 膨胀型; 防火漆; 施工工艺

中图分类号: TQ639 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-9548(2024)04-0027-04

Research on the Construction Technology of Intumescent Fireproof Coating for Offshore Platforms

HAN Ming-en, LI Shang-feng, CI Ren-mei-duo, LUO Wei-wei, ZHANG Qing-yu
(Offshore Oil Engineering (Qingdao) Co., Ltd., Qingdao 266520, Shandong, China)

Abstract: This paper discusses the technical in the construction process of intumescent fireproof coatings in the construction process of offshore platforms, and introduces in detail the quality control points and management priorities in the whole process, so as to provide reference for the construction management and quality control of fireproof coatings during the construction and maintenance of offshore platform ships, offshore platforms and LNG projects.

Key words: offshore platform; intumescent type; fireproof coatings; construction technology

0 引言

海洋平台上的装备具有高度密集的特点, 其中包括大量易燃易爆的油气运输管线和设备。长时间高负荷运转以及受海洋环境中高盐高湿的影响, 容易导致设备设施出现碳氢化合物泄漏, 从而引发海洋平台发生火灾甚至爆炸的风险。近年来, 国内外关于海洋平台爆炸和火灾事故的报道逐渐增多, 火灾频率也逐年上升。因此, 海洋平台在服役期间的可靠性和安全性日益受到从业人员的重视^[1]。

海洋石油平台需要采用大量防火结构设计, 通常使用岩棉覆盖技术, 以起到被动防火的作用。然而, 在恶劣的海洋环境条件下, 这种技术很容易受到破坏。相比之下, 膨胀型防火漆能够提供卓越的防火性能, 特别适用于最严酷的烃类火灾危害。它可以针对各种可能

发生的火灾情况进行有效的防护设计, 是一种长效耐久的被动防火漆产品, 其能够抵御制造、运输和建造施工过程中可能出现的各种破坏, 并在整个海洋平台的生命周期内帮助其经受严苛的环境考验。

随着膨胀型防火漆在石油化工领域的广泛应用, 从安全性和经济性的角度考虑, 防火漆成为更优的选择。因此, 越来越多的海洋平台在设计阶段都更倾向于选择膨胀型防火漆, 以替代传统的岩棉包覆方式^[2]。

本文主要探讨了海洋平台建造过程中膨胀型防火漆的施工工艺, 并详细介绍了整个流程中的质量控制点和管理重点。在海洋平台建造和维护期间, 为防火漆的施工管理和质量控制提供了有益的借鉴和参考。

1 材料介绍及设计

膨胀型防火漆是通过向防火漆中添加具有低膨胀性的黏合剂和膨胀剂, 在干燥后可以发生显著膨胀, 其厚度可以达到原涂层厚度的几十倍甚至上百倍。这种涂料能够有效地阻隔火焰和热量的传导, 起到良好的防火保护作用。膨胀型防火漆系统一般由底漆、防火漆

收稿日期: 2024-01-15

作者简介: 韩明恩(1989—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事海洋石油工程防腐保温工作。E-mail: hanmen@cooec.com.cn。

和面漆组成,一些厂家还会加入加强网。

2 施工前准备

为确保防火漆施工的顺利进行,施工前需要进行人员资格、能源、设备和辅助工具、脚手架、温度控制措施、施工材料、通风等方面的检查工作。

2.1 人员

为了确保防火漆的顺利施工,在项目开工前,涂料厂家将组织专家对施工人员进行培训,对培训合格并满足施工要求的人员进行发证确认。为了保证施工质量和效率,建议保持施工队伍人员的稳定性,不随意更换。熟练的施工队伍可以保持良好的施工效率和涂膜平整度,并更好地控制防火漆的损耗系数。

针对喷涂施工,建议设置一个班组,包括以下人员:喷涂人员 2 人,裁网/挂网/辊涂人员 4 人,负责油漆准备、上料、拖枪带、施工遮挡的人员 6 人,并且这些人员可以根据需要随机协助裁网/挂网/辊涂工作。

2.2 能源

在大面积的防火区域进行喷涂可以获得更好的效果。为确保防火漆施工设备的正常运行,根据涂料厂家的建议和所使用设备的情况,需要确保在整个施工过程中能持续供应足够压力和体积的压缩空气,同时保证喷涂泵的空气缸操作安全。如果施工位置位于喷涂机的上方,则每米高度会有相应的 1.4 kgf/cm^2 的压降。在压力损失的计算中,还要考虑涂料在输送管路中 20%~30%(约 60 m 的管路)的压力损失。

2.3 设备及辅助工器具

如果选择喷涂施工,就需要准备完整的双组分加热型防火漆喷涂泵,并确保泵处于良好的工作状态。由于泵内残留的溶剂可能会影响防火漆的固化效果,因此需要确保在使用之前将泵内的喷涂系统清洗干净。如果需要手工操作,现场应配备专用搅拌器——高扭矩变速桨叶式搅拌机,以便进行涂料的充分搅拌。

为了辅助施工,需要准备足量的工器具,包括但不限于短毛辊筒、腻子刀、半圆头刮刀、平抹子、剪刀、羊毛刷、干净的空桶、胶带纸、塑料薄膜、不锈钢挡板(带把手)、平板和直角板、手电筒、木挂板、MARK 笔等。

在现场需要准备一些测量工具,包括电子秤、塑料量筒、涂料施工环境测试工具、防火漆湿膜测试卡(4 cm、5 cm、8 cm、10 cm)、磁力测厚仪、用于测量干膜厚度的钻孔机、钻头和卡尺等。

2.4 脚手架

适当的脚手架可以提高施工效率,并确保施工人员的安全。搭设脚手架时,需要使施工人员能够合理地接近施工表面,但与喷涂构件表面的距离应保持在 15 cm 左右,以便喷漆作业。每层脚手架的高度最好为 2

m。脚手架搭设要安全且方便施工人员进行操作,尽量减少对走枪带的干扰。在车间施工时,如果需要处理地面,构件的放置高度不能低于 1.5 m。同时,在设置构件的支撑点时,应尽量减少对防火漆的修补量。

2.5 照明

在室内或室外进行夜间施工时,整个表面处理和施工过程中都需要安全且具有足够亮度的照明。理想情况下,可以将环境照明和电力聚光灯结合使用,并在必要时使用手提灯。在任何情况下,安全始终是最重要的考虑因素。

2.6 低温时环境及底材温度的控制

在寒冷的季节,可能需要加热来提升环境和钢板的温度。如果需要加热,应使用通过热交换方式得到的除湿的热空气,直接使用燃烧单元产生的热空气是不安全的。加热设备必须进行全天监控。明火加热是不安全的,并且会严重影响油漆施工质量。不推荐在封闭空间使用碘钨灯等局部加热方式,如果确实需要使用,须注意用电安全。此外,由于加热的不均匀性,边缘区域可能因钢板温度较低而空气温度较高产生结露水,需要在施工过程中特别注意。

当需要在低温环境下处理被涂物体的表面,并且将其运输到较高温度的环境中进行涂装以满足油漆的固化温度要求时,需要特别注意被涂表面结露的可能性。一种常见的做法是在将被涂构件引入加热环境之前,先降低加热环境的温度,例如打开工厂大门等,在构件进入后再一同加热,以避免结露的可能。同时,加热空气的温度也不能急剧上升,导致空气的露点高于钢板的温度。因此,在这种情况下,确保涂料施工质量最有效的方法是让物体在进入加热工厂后停留数小时,确认表面没有结露后再进行涂装。如果表面没有结露水,通常无需过分担心表面处理后的返锈问题,因为一般来说,在寒冷气候下湿度较低,而低温低湿的空气经加热后,湿度进一步降低。经验表明,在这种情况下,空气的相对湿度通常低于 50%,而在 50% 湿度以下,钢板在几个小时内通常不会返锈。

在某些情况下,涂装施工可能会在低温环境下进行,然后通过加热来促进固化过程。然而,如果加热空气的温度过高,可能会导致涂层表面固化过快,而涂层内部的稀料无法及时挥发出来,从而导致溶剂滞留在涂层中。特别是在涂层较厚的情况下,此问题可能会加重,甚至导致涂层附着力的损失。在进行低温施工时,需要经过项目业主和涂料厂家的同意,并严格控制加热空气的温度以避免上述问题的发生。

2.7 通风

一般来说,通风和加温两者存在相互制约的关系。

不通风可能导致室内溶剂气体浓度过高,存在安全隐患,并可能导致涂层内的溶剂滞留,而通风会导致室内温度下降。为找到平衡,一个可行的方法是在防火漆喷涂过程中和喷涂后的 0.5 h 内进行与室外的通风,至少使室内溶剂浓度降至最低爆炸极限的 10% 以下,然后再逐步升温。通风量一般要求施工厂房至少换气 2 次/h,以确保安全性和施工的良好视野。

2.8 材料贮存

在最理想的情况下,贮存条件应为 15~30 ℃ 的阴凉、通风的室内。根据施工方法的不同,可能需要特殊设施来保持油漆处于合适的温度范围内,应避免将油漆贮存在阳光直射下或热源附近。在使用防火漆前应预先将其加热,并保持加热状态至少 24 h (最多 48 h)。但不能使用快速加热的方法,例如直接施以电加热或将漆桶浸入热水中,这些方法会导致漆桶内的外层漆料过热,从而可能对漆料的性能产生不良影响。

3 施工工艺

膨胀型防火漆的施工工艺根据使用工具的不同,可以分为喷涂、辊涂和手工镘涂 3 种方法。

3.1 表面处理及环境条件

在进行防火漆涂装之前,对底材的表面处理和施工要求必须符合项目规格书和涂料供应商的建议。同时,需要根据范围图和预留图进行非防火区域的防护检查,以避免施工错误地涂抹到非防火区域。

3.2 混合比率检查

定期检查多组分喷涂设备的传输比率至关重要,这直接影响防火漆的固化质量。在每天开始生产之前,至少要按照混合质量比进行一次检查,如果机器关闭或重新启动,也需要再次检查。按照以下程序进行油漆混合的质量比检查:1)称量 A 组分和 B 组分的空桶质量,并记录各自的质量。2)将干净的 20 L 空桶放置在位于混合位置的混合比率检查阀下方,并打开阀门。3)当漆桶至少填满一半时,同时关闭阀门。4)减去空桶的质量,得到每个组分的净重。5)计算组分 A 和组分 B 占总质量的百分比。除了检查组分比率,还应定期检查往复泵的压力表以及混合后的防火漆的颜色。这些检查应由机器操作人员和喷涂人员分别持续进行。

3.3 多组分喷涂施工方法

在寒冷环境下进行喷涂时,喷涂泵应位于加热区域中,最好与防火漆的贮存区域相同。管线应进行保温并加热,同时要经常检查和维持环境温度参数。同时,为了确保喷涂的效果,应提供足够的空间进行喷涂,并配备足够的人力以跟上喷涂枪的进度。频繁地关闭喷涂设备会导致时间和材料的浪费,并增加管线和喷涂枪中的压力,可能会带来安全隐患,因此,应尽量避免

不必要的关闭喷涂机器。

泵的动力必须得到充分保障,喷涂过程中需要随时监测泵的各项参数,并按时记录。每次开启喷枪前都应将混合器后的喷漆软管内的清洗稀料彻底排出,停枪超过 2 min 时也需要清洗该软管。喷涂过程中应尽量避免频繁停枪。在开始喷涂之前,先确定喷涂工艺和喷涂行走路线。在保证喷雾效果的基础上,喷涂压力不应过大,过度的喷雾会造成油漆浪费。喷涂时应尽可能以 80°~90° 的角度进行,一般不得低于 60°。根据所喷涂物品的情况选择合适的喷枪嘴以控制油漆消耗。在喷涂工字钢翼缘板及其他窄小构件时,需使用不锈钢挡板进行遮挡,挡板下方放置油漆桶以便回收油漆,并用腻子刀在规定的保质期内将漆料刮涂到施工表面。

喷涂距离需要根据现场具体情况进行调整,包括雾化情况、构件形状、喷枪嘴的选择、漆雾飞溅情况、表面成膜状态和施工方法等因素,具体的调整可以咨询现场的技术人员。原则上,喷涂距离越长,油漆损耗越多;喷涂距离越短,表面成型越差。在采用近距离喷涂或小角度喷涂时,防火漆可能在喷涂表面产生不均匀的分布状态。这时应立即使用辊筒进行压平,或者使用刮刀将表面刮平,以确保充分润湿和均匀的漆膜厚度。可以采用标识物的方式来帮助控制漆膜的厚度。

当使用多组分喷涂设备进行施工,并使用了加强网时,如果能够确保雾化持续均匀(没有喷射间隙)并且达到 100% 的表面润湿,那么第一道涂层可以不用进行刮平处理。如果使用喷涂机进行清洗时吸入了油漆桶内的残留物,需要将其回收再利用。在完成第一道涂层施工后,为了支撑其他材料的重量,后续涂层和辊平工作必须等待已施工的防火漆凝胶(即“立起”或部分固化)后进行。后续涂层应在前一层涂层仍然发黏的情况下尽快进行施工(使用双组分加热泵喷涂,当环境及底材温度为 25 ℃ 时需要 2 h 左右)。如果无法实现湿润状态下的连续施工,则需要缩短覆盖涂层的时间或使用一个薄的连接涂层来尽量创造湿润状态的施工条件。另外,如果需要延长覆盖层间的间隔时间,应在加强网上施工一个薄的连接涂层以防止污染积聚。

通过提高防火漆的温度(在多组分喷涂设备中)和/或提高泵的输出压力,可以实现较宽的喷涂扇面和增强的雾化效果,从而得到临时涂层。喷涂速度会比通常快很多,结果可能会产生粗糙的表面,但这有助于与后续涂层良好结合。如果无法以“湿碰湿”的方式施工,那么在固化表面喷涂下一层涂料之前必须检查清洁度。施涂之前,表面必须保持清洁并且完全干燥,无水汽存在。当使用“湿碰湿”的方式施工最终涂层时,需要有足够的涂层厚度,以确保良好的流平性并尽量减小

表面粗糙度,从而达到规定的最终厚度。如果在施工过程中或之后不久发生下雨或冷凝,湿气会被未固化的涂料吸收,从而在防火漆表面形成胺霜,这些情况都会影响涂层之间的结合力。

3.4 辊涂

在喷涂膨胀型防火漆后,应使用泥刀清除任何缝隙,然后使用辊筒来获得一个平滑的标准面涂表面,除非需要带有斑点装饰的表面。根据具体产品的要求,可能需要使用溶剂或其他材料进行干辊。如果防火漆没有完全凝胶(开始固化),可能会发生流挂或坍塌现象。

表面辊平最适宜的时间取决于温度,但对大多数项目而言,喷涂后需要在该区域内放置 10~20 min。中等仿制羊皮辊筒被认为可以提供良好的涂装效果,但其他小型或中型合成辊筒也是适用的。建议在使用之前确定适合在小面积上使用的辊筒。

可以使用溶剂先将辊筒湿润,但必须确保辊筒与所使用的溶剂相兼容。使用的溶剂数量应保持在最小限度。如果辊筒上的溶剂过多并渗入润湿的防火漆涂层内部,可能会降低固化速率。在涂抹下一层油漆之前,必须确保涂层表面没有残留的溶剂,否则可能导致溶剂在涂层内滞留并导致涂装失败。

3.5 手工镘涂

在进行手工镘涂施工前,防火漆应进行充分预热,并确保充分混合。温度越高,混合寿命越短。不允许使用快速加热容器的方法来进行防火漆的预热。对于手工施工,防火漆必须先进行充分混合。

为了方便施工,可能需要加入少量的稀释剂来降低混合后的黏度,但是稀释剂的添加量不能超过 10%,通常在 5%~7% 的范围内。过度稀释可能会导致涂装后涂膜出现大面积的流坠。稀释剂可以与固化剂发生化学反应,如果将稀释剂稀释后立即与主剂混合,就会发生正常的反应。因此,在现场施工时,一旦稀释,就需要立即将 A、B 组分混合并在最短时间内完成施工,否则可能无法使用产品。

手工施工的涂料需要使用高扭矩变速桨叶式搅拌机将两组分彻底混合均匀,搅拌持续时间应达到颜色的均一性。一整套涂料的混合时间大约需要 4 min,并且应在准备使用时进行混合。混合后的涂料可以直接从桶中施工,也可以在平坦清洁的木板表面展开供每个施工人员使用,以防止材料过快固化,并提供足够的工作时间。使用溶剂湿润的短绒毛辊筒可以将镘涂痕迹和高点辊平。

通常,在镘涂施工中使用的防火漆量会少于一整套。在这种情况下,需要准确称量并彻底混合所需的 A

组分和 B 组分。

3.6 碳纤维网/不锈钢网加强

某些防火漆厂家的涂层设计中包括网加强,该网格在钢结构和外墙的交接点处需要满足特定项目要求的重叠标准。在开始施工之前,将网格分割成所需的尺寸,并按照涂料厂商的建议将网格放置在防火漆的湿膜中心位置。使用溶剂湿润的短毛辊筒,将丝网充分辊压入防火漆的湿膜中。相邻丝网应至少重叠 50 mm,对于防火喷射性能的要求,应至少重叠 150 mm。安装加强网后,继续施工以达到所需的厚度,或在网格上喷涂一层薄的防火漆,为后续涂层提供良好的基础。

3.7 损耗检测与控制

在施工开始之前,根据钢结构选择计算所需的防火漆理论用量。施工完成后,统计实际使用的防火漆量,并计算防火漆的消耗系数,即实际用量与理论用量的比值。实际用量包括所有正确操作用于施工的油漆总量,对于初次喷涂,需减去喷涂系统内剩余油漆的量。喷涂系统内的油漆量会根据不同喷涂机型号而有所变化。喷涂废料和因误操作造成的浪费也计入实际消耗量中。

为了降低涂料的损耗,需要合理安排喷涂时间,避免人为的喷涂中断。在施工前要设计好喷涂路线,合理搭设脚手架,尽量减少对喷枪的遮挡。喷涂人员和拖带工人之间需要良好的配合。此外,根据设计参数操作喷涂系统也是非常重要的。通过这些措施,可以有效降低涂料的损耗。

3.8 焊接裁切和修补

焊接会产生大量热量,影响防火漆的黏合和物理性能。如果涂料在焊接过程中或其他火工作业中遭受机械损伤、焊接或裁切区域发生涂料破损,或者焊接后周围材料变色,这可能表明裁切尺寸不够或某个区域过热,必须清除并重新施工防火漆。

如果涂层只轻微受损且未深入到底材并发生锈蚀,可以使用砂皮纸轻磨受损涂层,直至暴露出新鲜的涂层。然后,使用适当的稀释剂清洗表面,并按照涂料的配套要求进行补涂,以达到规定的膜厚。对于一些涂层损坏到底材的情况,例如烧焦涂层、机械损伤涂层或已出现明显锈蚀的区域,修补表面处理应达到初始表面处理的标准。

可以使用铁锤和气凿,将受损的防火漆切割成小碎片,并彻底清除。对于黏附牢固的防火漆,应将其斜切至少 45° 的倾斜边缘。

4 质量控制点

4.1 外观检验

防火漆施工完成后,需要对所有涂(下转第 62 页)