

保温隔热涂料施工工艺及技术要求探究

吴 栋

(海洋石油工程(青岛)有限公司, 山东 青岛 266520)

摘要: 海洋石油化工行业有大量装备需进行保温、保冷绝热, 如油气管道、生产设备、原油储罐等, 常规项目中管道及设备设施防腐和保温功能通常采用防腐涂料和保温层安装两种方式完成, 施工流程多意味着成本的增加。本文基于中海油常州涂料化工研究院有限公司开发的一款纳米气凝胶水性保温隔热涂料, 对保温隔热涂料在海洋石油化工行业的应用工艺及技术要求进行解读, 为保温隔热涂料在海洋石油化工行业的进一步应用提供参考。

关键词: 海洋石油化工; 保温隔热; 涂料

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)05-0041-03

Research on the Construction Technology and Requirement of New Thermal Insulation Coatings

WU Dong

(Offshore Oil Engineering (Qingdao) Co., Ltd., Qingdao 266520, Shandong, China)

Abstract: In the offshore petrochemical industry, a large number of equipment need to be insulated and kept cold and thermally insulated, such as oil and gas pipelines, production equipment, crude oil storage tanks, etc. In conventional offshore petrochemical projects, the anti-corrosion and thermal insulation functions of pipelines and other equipment and facilities are usually achieved through two methods: applying anti-corrosion coatings and installing thermal insulation layers. More construction processes mean an increase in costs. Based on a nano-aerogel water-based thermal insulation coating developed by CNOOC Changzhou Paint & Coatings Chemical Research Institute Co., Ltd. This article interprets the application processes and technical requirements of thermal insulation coatings in the offshore petrochemical industry, aiming to provide references for the further application of thermal insulation coatings in the offshore petrochemical industry.

Key words: offshore petrochemical; thermal insulation; coatings

0 引言

海洋石油化工行业是我国重要的能源产业, 在我国能源安全方面扮演着重要角色。在海洋石油化工行业中, 管道设备设施的安全运行极其重要。深海及化工油气管道设备实施流体介质有着操作温度高、压力大的特点, 要承受海底低温、静压力、冲刷等恶劣环境^[1-2]。其中管道及设备设施的防腐保温层不仅为其提供了基础的防腐蚀和能量防散失功能, 同时对于管

道及设备设施的安全运行也起到关键性作用。

目前国内常规海洋石油化工行业管道及设备设施的防腐和保温通常采用防腐涂料施工+保温层安装两种方式完成, 油漆施工通常需根据项目规格书要求对管道、设备设施表面进行喷砂或打磨后进行配套涂层的施工, 典型配套为两道同种涂料或底漆+中间漆+面漆的配套^[3]; 油漆施工需保证每一道油漆完全固化后才能进行下一步施工, 具有受环境条件影响大、施工周期长的特点。传统保温层安装通常由保温棉和外护层构成, 具有以下特点: 1) 岩棉层等保温施工通常需焊接金属支撑架, 施工工序较为复杂, 尤其对异形件不宜施工; 2) 岩棉等保温检查窗拼接缝面积通常大于 10%,

收稿日期: 2025-01-23

作者简介: 吴栋(1988—), 男, 本科, 工程师, 主要从事金属腐蚀与防护工作。E-mail: wudong8@cooec.com.cn。

且受外界风影响较大,容易脱落从而导致保温层下腐蚀的发生;3)保温层失效后,修复难度高,通常需停产修复;4)玻璃岩棉等固体废弃物通常不能回收,极易导致出现环境污染问题。新型保温隔热涂料兼具了涂料对于基材的防腐蚀功能和对于管道设备设施热量的防散失功能,具有施工周期短、成本低、易于维护等特点。本文通过总结中海油常州涂料化工研究院有限公司开发的一款纳米气凝胶水性保温隔热涂料对新型保温隔热涂料的施工工艺和技术要求,为海洋石油化工行业管道设备设施新型保温隔热技术提供参考。

1 一种新型纳米气凝胶水性保温隔热涂料

1.1 保温隔热涂料的优势

目前常见的保温隔热涂料根据工作机理可分为阻隔型、反射型、辐射型、混合型四种形式^[4]。由中海油常州涂料化工研究院有限公司开发的 MC-HSC-1 是一种典型的阻隔性涂料,为单组分水性 SiO₂ 气凝胶基、纳米气凝胶水性保温隔热涂料,采用纳米气凝胶超级隔热技术和纤维增强工艺,相较于普通保温材料该款气凝胶保温隔热涂料具有更低的导热系数,具有优异的绝热性能和粘结强度,可实现人员绝热防护、节能降耗;涂层全覆盖,可施工于任意结构受限表面,无拼接缝、防水防渗透,避免保温层下腐蚀问题,隔热效果长达 10 年^[5-7];同时易于后期维护,可在不停工的情况下随时对破损区域进行修复。

MC-HSC-1 涂料保温隔热性能主要体现在以下 3 个方面。1)热对流:涂层中的气孔直径小于 100 nm,涂层内部近似真空状态,气孔内空气分子附着在气孔壁上;2)热辐射:涂层内部气孔为纳米级气孔有着极低的体积密度,气孔壁的隔热板效应使得辐射传热大幅下降;3)热传导:由于该涂层存在无穷多纳米孔,使得热传导的能力极低。

1.2 保温隔热涂层厚度设计

根据油漆商推荐,该保温隔热涂料设计配套为改性环氧底漆+保温隔热涂料+聚氨酯面漆。保温涂层厚度取决于隔热保温要求,以表面温度降低至 50 ℃ 为标准,不同介质温度下所需保温涂层厚度见表 1。

2 设备设施表面处理要求

2.1 表面处理前准备

如管道或设备设施预制周期较长,为避免预制过程中的腐蚀,可以采用车间底漆进行临时防腐蚀防护。管道及设备设施在进行表面处理前应尽量完成所有的钻孔、切割动火作业,应按照 SSPC-SP1 标准对所有钻孔、切割、打磨等造成的表面油脂等污染物进行清理;所有的切割边缘应倒圆角或者采用三次等效打磨以满足油漆附着要求,应在涂料喷涂前按照 ISO 8501-3 对

焊接飞溅、毛刺、夹层、翘皮等表面缺陷进行打磨平滑。需要注意的是,在操作时应避免野蛮操作,以免造成设备设施母材不可逆性损伤。

表 1 保温隔热涂层厚度设计

内部介质温度/℃	涂层厚度/mm
80	3
90	5
100	7
110	9
120	11
130	12
140	13
150	14

2.2 表面处理技术要求

管道及设备设施在进行油漆施工前需进行合理的表面处理,表面处理可以采用喷砂或者打磨的方式。用于喷砂的压缩空气应不含水和油,设置足够的油水分离器将水油分离出来,分离出来的水油定期从空气接收器中清除,在施工过程中,应定期对压缩空气中油水进行检测,避免油水污染喷砂表面。喷砂需达到 ISO 8501-1 的 Sa2.5 等级,喷砂时应采用当地法律允许的合理的磨料以保证表面粗糙度满足涂料最低施工要求,磨料应无油、盐、水等污染物,建议喷砂后的粗糙度达到 ISO 8503-2 的中级或者 50~75 μm 的范围内,表面灰尘度等级最低要求为 ISO 8502-3 中的 2 级,喷砂表面水溶性盐分依据 ISO 8502-6 及 ISO 8502-9 标准进行测试,可以接受的水溶性盐分等效 NaCl 含量不应高于 50 mg/m²。焊接切割、火工作业处应首先除去飞溅、锋利边缘等缺陷,打磨平滑后,采用动力工具打磨至 St3 级。

3 保温隔热涂料施工

底漆涂刷应在表面再次锈蚀前进行,一般建议表面处理合格后 4 h 内开始底漆的涂刷工作,如在施工涂料前发现裸露表面已出现锈蚀,则应在锈蚀区域重新进行表面处理。

3.1 涂料贮存及保管

所有的涂装材料送到施工地点时应包装完整、标识清晰,包装桶上粘贴易识别的以下信息:供应商名称、产品识别码(同 PDS 描述)、颜色识别信息、生产批号、包装日期、有效期等。所有涂料应按照油漆商 PDS 要求正确贮存,贮存仓库应通风良好,并满足现行法律的安全及防火要求。涂料及相关材料应当贮存在开放的通风储藏室内,其温度限制和保质期应满足油漆商产品说明书中的要求。

3.2 涂料施工前准备及环境条件要求

涂料使用前,应对涂料的包装、型号及涂料有效期进行检查确认,如发现涂料过期、包装损坏或涂料有泄漏的情况,该涂料应弃用。开桶后,涂料表面有一层厚厚的壳皮,壳皮下面为液态的漆料,使用前应用搅拌器进行慢速搅拌直至呈均匀状态,无团块或结块现象。开桶后若未使用完毕,则需加盖包装容器以保持密闭,不影响后续使用。

涂料施工时应避免在雨、雪、雾等影响涂料施工质量的天 气进行,底材温度应当至少高于露点温度 3℃ 以上,应当在施工区域附近对环境温度和相对湿度进行测量,在进行涂料施工时环境相对湿度应低于 85%。在涂装和涂层固化过程中应确保底材温度高于 10℃,为避免涂层失效,低温天气不得施工。底材温度太高会因短时间内水分干燥过快而造成裂纹、皱皮等弊病,建议在低于 60℃ 底材表面可以带温施工,若底材温度过高则建议停工停产,等待底材温度降低至 60℃ 以下方可施工。涂层在施工、固化过程中以及完全干燥后,应做好防水保护,涂层不可接触水分潮气直至面漆完全干燥。

3.3 涂料施工技术要求

在进行保温隔热涂料 MC-HSC-1 施工前,应完成配套底漆的施工和检查验收,底漆应在底材发生锈蚀前完成施工,底漆施工应按照油漆说明书进行,底漆的厚度、固化程度及外观应满足油漆说明书要求。

MC-HSC-1 保温隔热涂料为新型水性保温隔热涂料,开桶后,向保温隔热涂料中分少量多次添加质量分数 10%~15% 水,采用气动搅拌器搅拌,持续缓慢搅拌 5 min 直至涂料呈分散均一的奶油状,涂料内无明显结块和团块。需要注意的是,加水量是否合适应根据喷涂或抹涂、辊涂时的施工效果判断。水的加入会大大降低涂料黏度,不利于油漆膜层的形成,因此应在实际效果允许的情况下,避免加入过量的水,否则将导致出现流挂、不成膜、低膜厚等缺陷。

MC-HSC-1 保温隔热涂料可采用刷涂、抹涂、无气喷涂 3 种施工方式。施工人员在施工过程中需不断检查湿膜厚度以获得指定的干膜厚度。通常建议当涂层目标厚度较高(>2 mm)时,先采用抹涂方式,单道涂层厚度控制在 2 mm,待完全干燥后再进行下道涂装,最后一道采用无气喷涂或刷涂以保证外观平整美观。如整个涂层厚度达到 5 mm 以上时,需要在该涂料中间加挂一层玻璃纤维网以保证涂层强度,一般纤维网加挂在施工厚度一半左右位置。若涂层目标厚度较低(≤2 mm),可直接采用无气喷涂进行施工至所需厚度。当在带温 60℃ 表面施工时,需采用喷涂避免施工

人员接触高温表面,首先薄薄地喷涂一道涂层,后续喷至所需目标厚度。本次施工以保温涂层厚度 8 mm 为例,因一次喷涂膜厚过高会存在涂层开裂风险,保温涂料采取多道施工至所需膜厚。

第一道施工:空气喷涂,采用喷嘴口径为 6 mm 的真石漆喷枪(斗氏喷枪)喷涂,湿规测量湿膜厚度约 2.5 mm,干膜厚度约 2 mm。第二道施工:第一道保温涂层干燥约 24 h 后即可进行第二道涂装施工,采用抹涂+辊涂方式,湿规测量湿膜厚度约 3.5 mm,干膜厚度约 3 mm。该道保温涂料施工后铺设玻璃纤维网,轻轻按压将玻璃纤维网与保温涂料贴合紧密。第三道施工:第二道保温涂层干燥约 36 h 后即可进行第三道涂装施工。采用抹涂+辊涂方式,湿规测量湿膜厚度约 3.5 mm,干膜厚度约 3 mm。在每施工一道涂层时,对于狭小空间、自由边、孔等不易喷涂区域应进行手工找补,避免出现低膜、漏涂等缺陷;施工后一道涂层时,前道涂层应完全干燥固化且无任何影响下道涂层施工的缺陷。

影响涂料的干燥固化因素主要包含施工区域的通风状况、环境温度、漆膜厚度、涂层道数等因素。干膜厚度为 2 mm 时,漆膜干燥时间和复涂间隔随温度的不同而变化,见表 2。

表 2 涂层干燥时间及最小复涂间隔

项目	表面温度/℃		
	10	23	40
表干时间/h	12	4	2
实干时间/h	48	24	6
最小复涂间隔/h	48	24	6

4 涂层完工检验要求

涂层完工后需要对涂层质量进行检查确认,从干燥固化情况、干膜厚度、外观 3 个方面进行检验。

GB/T 1728—2020《漆膜、腻子膜干燥时间测定方法》中 7.3.3“实际干燥时间刀片法测定方法”可作为涂层干燥固化评判标准,待干燥后用刀片切取管道表面漆膜,观察底层与膜内有无黏着现象,不粘手则判定漆膜达到实干。也可通过简易方法进行确认,即用拇指以中等力度按压和推挤漆膜,以涂层不凹陷和不破裂为宜。

最终涂层表面应为有斑纹半光滑状态,涂层表面颜色应均匀一致,无针孔、气泡、流挂、开裂、泛锈等缺陷。针对轻微裂纹,可直接用砂纸打磨,然后用抹涂、辊涂方式进行修补。

(下转第 51 页)