

海上固定平台舾装设计中防火材料的选择应用 与经济性研究

刘日林 (天津滨海概念人力信息科技有限公司湛江分公司, 广东 湛江 524000)

摘要: 海上固定平台舾装设计里, 防火材料的挑选和运用对平台安全、环保及成本控制影响极大, 本文联系某海上石油平台开发项目, 剖析依据平台不同区域(生活楼、组块部分电气工作间、钻机模块等)特性的防火材料选型, 探究防火材料的性能指标与选择标准, 比较常见防火材料的适用情况。分析防火材料在平台结构和设备舾装中的应用形式及关键, 还有施工过程中的质量把控, 从初始采购成本、安装与维护成本、全生命周期经济性等角度开展评估, 给海上固定平台舾装设计中防火材料的优化选择提供借鉴, 达成安全、环保与经济性的统一。

关键词: 海上固定平台; 舾装设计; 防火材料; 经济性

中图分类号: TE58

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 029-0061-03

Research on the Selection, Application and Economy of Fireproof Materials in the Outfitting Design of Offshore Fixed Platforms

Liu Rilin(Tianjin Binhai Concept Human Resources Information Technology Co., LTD. Zhanjiang Branch,Zhanjiang Guangdong 524000,China)

Abstract: In the outfitting design of fixed offshore platforms, the selection and application of fireproof materials have a significant impact on the safety, environmental protection and cost control of the platform. This paper, in connection with a certain offshore oil platform development project, analyzes the selection of fireproof materials based on the characteristics of different areas of the platform, and explores the performance indicators and selection criteria of fireproof materials. The application scenarios of more common fireproof materials. This paper analyzes the application forms and key points of fireproof materials in platform structure and equipment outfitting, as well as the quality control during the construction process. It conducts evaluations from the perspectives of initial procurement cost, installation and maintenance cost, and full life cycle economy, providing references for the optimal selection of fireproof materials in the outfitting design of fixed offshore platforms, and achieving a unity of safety, environmental protection and economy.

Key words: Fixed offshore platform; Outfitting design; Fireproof materials; Economy

海上固定平台是海洋油气开发的关键设施, 安全运营直接关联生产效率与人员安全, 常见的保温材料包括聚苯板、聚氨酯泡沫板、岩棉板、玻璃棉板等, 这些材料具有良好的阻燃性能, 能有效阻止火焰的蔓延和燃烧, 提高建筑的防火安全性。南海等复杂海域环境里, 平台要经受高温、高湿、腐蚀性等多重考验, 传统防火材料在环保性、减重及防火效果上短板渐显, 经济适配性也较差, 乌石 17-2/23-5/16-1 系列油田群开发项目, 创新选用低生物持久性纤维等新型防火材料, 在提升安全性能的同时, 也实现了降本增效的目标。

1 海上固定平台舾装设计中防火材料的选择

1.1 基于平台不同区域特性的防火材料选型

乌石 17-2WHPA 平台、乌石 23-5 平台、乌石 16-1W 井口平台, 生活楼是人员长期聚集生活区域, 对防火材料的环保性、隔音、隔热与安全性要求极高, 需用无毒、低挥发且防火性能好的材料, 避免火灾时

产生有害气体危及人员生命。组块部分电气工作间内电气设备密集, 容易因电气故障引发火灾, 防火材料要有良好的绝缘性与防火阻燃性, 阻止火势蔓延到其他区域, 钻机块作业时有高温、明火等火源, 空间相对开阔, 防火材料防火等级要高, 还得有一定的抗冲击性与稳定性, 适应复杂作业环境。

1.2 防火材料的性能指标与选择标准

保温层面, 低导热系数的材料可切实减少热量传递效果, 常见的保温材料其导热系数数值应控制在 $0.1\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以下, 防火性能有着关键意义, 依照相关行业规范不同区域对应着不同防火等级类别, 包括 A0 级、A60 级、H60 级等, A0 级在时长 1h 的标准耐火试验过程中能保持结构完整状态, 可防止烟和火焰穿透通过; A60 级在这一基础之上, 背火面的平均温度不会超过 140°C , 最高温度则不超过 180°C ; H60 级要在 2h 碳氢温升曲线耐火试验里满足相应的完整性与隔热性方面要求^[1]。隔音性能方面, 材料的

降噪系数 (NRC) 需要达到特定标准, 用于噪音较大区域的材料其 NRC 数值应不低于 0.5, 隔热性能和保温作用类似, 要确保热量不会出现大量传导情况, 环保性要求材料符合低生物持久性等相关标准, 低生物持久性纤维单重, 处于 A0/A60 级时 $\rho \leq 66\text{kg/m}^3$, 处于 H60 级时 $\rho \leq 70\text{kg/m}^3$, 并且要满足严格的环保等级认证要求, 以此减少对海洋环境及人员健康产生的危害, 减重角度, 轻质材料有助于有效减轻平台整体重量, 降低建设与运营过程中的成本, 选用密度较小的防火材料, 其密度一般情况下应低于传统材料的 50%。

1.3 常见防火材料的适用性对比分析

陶瓷岩棉 A0 级单重 $\rho \leq 140\text{kg/m}^3$, A60 级 $\rho \leq 170\text{kg/m}^3$, 低生物持久性纤维同防火等级下重量优势突出, 环保性上, 陶瓷岩棉刺激人体皮肤, 吸入肺中难分解, 低生物持久性纤维对皮肤无刺激, 吸入肺内易分解, 更贴合环保与健康需求。乌石项目等海上固定平台场景里, 低生物持久性纤维在减轻平台重量、保障人员健康上优势明显。

舾装板材料品类众多, 30mm 镀锌铁皮面板的复合岩棉夹心壁板 (可见面彩色 PVC 包塑) 和天花板, 有防火、保温、隔热与装饰作用, 用在一般舱室区域合适。30mm 复合岩棉吸音壁板及天花板, 加了吸音孔还设计特殊芯材, 能降噪音, 发电机间、实验室等噪音大的地方适用, 75mm 复合岩棉高隔音壁板与 50mm 复合岩棉高隔音天花板, 厚度更大结构也优化了, 隔音效果更好, 能用于对隔音要求极高的区域。

地面材料挑选也关键, 低播焰轻质自流平甲板敷料能让甲板面平整, 有防火减震功能, 多作底层材料, 阻燃橡胶地板 4mm/6mm/8mm 及阻燃黑橡胶地板, 防火与防滑性能不错, 适合多种常规区域。防静电升高活动地板 H=500/H=250, 能满足中控室等电缆、光缆多的房间需求, 方便线缆在下方穿过, 还能防静电。

2 海上固定平台舾装设计中防火材料的应用分析

2.1 防火材料在平台结构舾装中的应用方式

乌石项目等海上固定平台的结构舾装里, 甲板反底保温防火设计工艺要求严格, 甲板部分, 拿低生物持久性纤维来说, 铺设有着特定流程, 甲板基层先做清洁处理, 确保表面没油污、杂质等, 给材料铺设打牢基础, 再铺低生物持久性纤维, 密度及铺设厚度按不同区域防火等级定, 要求高的区域厚度能达到 50mm^[2]。纤维铺好后用龙骨支撑固定, 龙骨间距通常在 300mm–500mm, 保障支撑稳定, 表面保护上, 室外区域选 316L 不锈钢, 耐腐蚀性好, 能抵抗海洋恶劣环境侵蚀, 不锈钢板厚度为 0.7mm–1mm 之间; 镀

锌铁皮厚度为 0.7mm–1.2mm 之间, 从经济性看, 镀锌铁皮成本比 316L 不锈钢低, 在室内相对稳定环境里能满足防护需求。墙体结构常用 30mm 镀锌铁皮面板的复合岩棉夹心壁板, 安装时先在墙体框架上定位放线, 再依次装壁板, 壁板间用专用连接件紧密相连, 保证防火密封性。

2.2 电气工作间与钻机模块的防火材料适配方案

普通电气工作间采用 30mm 复合岩棉夹心壁板, 满足基础防火需求的同时兼顾经济性。而实验室、中控间、中控设备间、发电机房等对隔音性能有特定要求的区域, 则采用 30mm 复合岩棉吸音壁板, 其内嵌玻璃纤维网格布增强结构稳定性, 面板设 $\Phi 3\text{mm}$ 吸音孔 (开孔率 20%), 既符合 A0 级防火标准 (耐火 1h), 又能有效降低环境噪音, 实现功能与成本的合理平衡。电缆穿舱处采用膨胀倍率 $\geq 250\%$ 的防火密封模块, 遇火迅速封堵缝隙; 钻机模块铺设 10mm 阻燃黑橡胶地板, 表面菱形防滑纹, 耐温 -20°C 至 80°C , 底层涂刷耐火 $\geq 30\text{min}$ 的防火底漆; 设备基座使用耐温 -60°C 至 200°C 的硅橡胶绝缘垫片, 介电强度 $\geq 10\text{kV/mm}$; 易燃品储物柜墙体采用双层防火结构—内层 30mm 岩棉板、外层 0.8mm 镀锌钢板, 夹层填充膨胀倍数 $\geq 150\%$ 防火涂料, 整体达 H60 级, 耐火 2h。全面实现阻燃、隔热、电绝缘与结构安全协同防护。

2.3 防火材料施工过程中的质量控制

铺设低生物持久性纤维等材料时, 必须保证材料铺设得平整, 不能出现褶皱、空鼓这类现象, 铺设的误差要严格控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内, 对于复合岩棉夹心壁板等板材的安装, 垂直度方面每米的偏差不能超过 3mm, 平整度方面每平方米的偏差则不超过 2mm, 在与其他专业施工进行协调配合时, 要在电气、管道等专业施工完成初步的布线、布管工作之后, 再开展防火材料的施工, 以此避免后续的交叉作业对防火材料造成损坏^[3]。在防火材料施工的过程中, 要提前预留好电气接线盒、管道检修口等所需的位置, 确保其他专业在后期进行维护操作时不会受到影响, 施工过程中还需要对防火材料进行定期的抽样检测, 检测其防火性能、密度等各项指标是否符合设计的要求, 每 100m^2 抽取一个位置进行材料密度的检测, 以此确保材料的质量能够保持稳定。

3 海上固定平台舾装设计中防火材料应用经济性研究

3.1 不同防火材料的初始采购成本比较

传统陶瓷岩棉原材料来源广, 生产工艺成熟, 采购价格偏低, 市场上 A 级防火等级的陶瓷岩棉, 按不同密度与规格, 每立方米价格约在 400–800 元范围,

但它密度大,像 A0 级单重可达 $\rho \leq 140\text{kg/m}^3$, A60 级时 $\rho \leq 170\text{kg/m}^3$,这会在一定程度上提高运输成本,也增加平台结构的承载压力。低生物持久性纤维生产工艺特殊,还有环保特性,采购价格较高,每立方米通常在 800–1500 元左右,不过它轻量化优势明显, A0/A60 级单重 $\rho \leq 66\text{kg/m}^3$, H60 级 $\rho \leq 70\text{kg/m}^3$,满足防火性能时,大幅减轻平台负荷,从长期综合效益来看,性价比优势慢慢显现,环保要求越来越严,低生物持久性纤维在环保合规方面不用额外投入,避免了传统陶瓷岩棉可能因环保问题产生的潜在成本增加。

3.2 防火材料的安装与维护成本分析

安装成本上,传统陶瓷岩棉密度大、重量沉,安装时得用更多人力和大型吊装设备帮忙,拿乌石项目某区域安装来说,每 100m^2 的陶瓷岩棉安装,要投入人工约 15 个工作日,每个工作日按 500 元算,人工成本就有 7500 元,加上吊装设备租赁等费用约 2000 元,低生物持久性纤维重量轻,安装起来更方便,同样面积安装只需人工约 8 个工日,人工成本 4000 元,吊装设备费用也跟着减到 1000 元左右^[4]。后期维护成本方面,传统陶瓷岩棉容易被海洋环境侵蚀,出现纤维脱落、性能变差等情况,得定期检查维护,一般半年要做一次全面检查,每次检查维护成本大概是安装成本的 10%,低生物持久性纤维耐腐蚀性和稳定性好,维护周期能延长到 1–2 年,维护成本相对较低。

3.3 基于全生命周期的防火材料经济性评估

从全生命周期的角度去审视,防火材料的总费用涵盖了采购、安装、使用、维护一直到更换等多个环节的支出,传统陶瓷岩棉虽然初始的采购成本比较低,但安装与维护过程中的成本却相对较高,因为它自身重量较大,会增加平台结构的承载负荷,这就导致平台在长期运营过程中的能源消耗不断上升,动力设备需要消耗更多的燃料来维持平台的正常运行,以一艘服役时长达到 20 年的海上固定平台来计算,仅仅因为陶瓷岩棉重量增加而产生的能源成本就能够达到数

百万元。在材料更换方面,传统陶瓷岩棉受环境因素的影响比较大,其使用寿命一般在 10–15 年之间,更换时产生的成本包括材料的采购费用与安装费用,每次进行更换的成本大约是初始安装成本的 1.2 倍,低生物持久性纤维尽管初始的采购价格相对较高,不过安装成本比较低,并且由于它具有环保、减重等特性,减少了平台所承受的负荷,从而降低了运营过程中的各项成本,在设备维护、能源消耗等方面,每年就可以节省成本数十万元。

4 结语

海上固定平台舾装设计时,防火材料的选取得兼顾区域特性与性能指标,低生物持久性纤维这类新型材料在环保、减重上优势明显,能满足生活楼、电气工作间等多场景需求。它们在结构与设备舾装中规范使用,配合严格的施工质量控制,可确保防火效果,从全生命周期观察,新型材料初始采购成本虽高,安装维护成本却更低,综合经济性更出色,往后要不断优化材料性能与应用工艺,促进海上平台防火技术与经济性协同提升。

参考文献:

- [1] 荣克佳,高伟,刘娅,等.新建海洋油气固定平台生活设施投用高效管理实践与应用[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(12):62-64.
- [2] 张翊飞.关于海上固定平台结构不等厚节点的研究[J].中国航海,2024,47(S1):193-202.
- [3] 高英杰.固定平台防火与消防总布置图设计审查研究[J].中国水运,2022,22(20):154-156.
- [4] 赖兵.仿生结构设计在环保防火材料中的应用[J].应用化学,2024,41(10):1527-1528.
- [5] 涂进,孔德宇.固定式海洋石油平台舾装专业详细设计分析[J].石油和化工设备,2023,26(12):114-116.

作者简介:

刘日林(1991.01—),男,本科,汉族,广东湛江人,助理工程师,研究方向:海上固定平台舾装专业工作。

表 1 传统陶瓷岩棉与低生物持久性纤维经济性数据对比表

成本类型	传统陶瓷岩棉 (A0 级)	低生物持久性纤维 (A0 级)
每立方米采购价 (元)	400-800	800-1500
100 m ² 安装人工成本 (元)	7500	4000
100 m ² 安装设备费 (元)	2000	1000
单次维护成本 (元 /100 m ²)	950	500
年维护次数	2	1
20 年能源额外支出 (万元)	300	100
更换周期 (年)	10-15	15-20
单次更换成本 (元 /100 m ²)	11400	6000