

海油工程陆地导管架及组块高空作业 脚手架防护措施实践分析

黄锦辉, 梁 斌, 张清华

(海工(珠海)重工有限公司, 广东 珠海 519000)

摘 要 海油工程企业进行陆地建造与施工作业时, 高空作业环境存在场地条件复杂, 吊装过程动载荷波动大, 作业过程易受季节性强风、暴雨侵扰等多方面特点。本文分析海油工程陆地导管架及组块建造阶段场地地基条件、吊装动态载荷、大气腐蚀环境对脚手架结构安全产生的各类影响, 围绕架体基础处理、节点附着加固、常规防腐工艺、安全通道设置多个方向, 阐明脚手架搭设防护技术的应用要点。结合工程实践, 梳理恶劣天气使用限制、日常检查维护、人员防坠落装备配置、拆除作业安全管控等多个方面的安全管理内容, 旨在为海油工程陆地建造阶段导管架及组块高空作业脚手架的安全防护提供技术参考。

关键词 海油工程; 陆地建造; 高空作业; 脚手架; 安全管理

中图分类号: TE54

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.17.042

0 引言

海油工程是国家能源战略和基础设施建设中的关键领域, 其陆地建造阶段的导管架及组块施工作业, 和普通建筑工程相比存在特殊性^[1]。在海洋油气装备建造体系中, 大量导管架、组块等大型钢结构往往需要先在陆地建造场地完成预制、总装、焊接、吊装配合及装船前施工, 这一阶段高空作业频繁、交叉工序集中、机械设备投入强度大, 对脚手架安全防护提出了更高要求。在陆地施工过程中, 常出现交叉作业密度高、大型构件吊装冲击强、场地地基条件不均等情况, 脚手架承受的安全风险超出常规建筑工程范围, 局部失稳、基础沉降、杆件变形等隐患必须纳入管控^[2]。本文结合海油工程陆地建造场区导管架及组块施工的特殊工况, 分析环境因素对脚手架安全的作用方式, 从架体结构设计、节点连接、防腐工艺等方面, 梳理搭设防护的相关技术内容, 结合工程实际分析恶劣天气管控、日常维护、人员防护等方向的安全管理内容, 旨在为同类工程高空作业脚手架的安全防护提供技术参考与实践指导。

1 海油工程陆地建造阶段导管架及组块施工特殊工况分析

1.1 场地地基及环境影响因素分析

海油工程企业在陆地建造场区进行导管架和组块施工作业时, 场地条件存在多样性与复杂性, 其作业

环境兼具工业建造场地、重装吊装场地和高处交叉作业场地的复合特征。施工现场多为大面积回填土地基, 或是经过平整处理的天然地面, 地基承载力分布不均, 遭遇强降雨或是地下水渗流作用后, 土体易出现软化, 脚手架立杆基础会出现不均匀沉降。施工区域周边常同步进行大型履带吊行走、重型平板车运输等作业, 作业产生的地面振动与侧向挤压, 会对邻近架体稳定性形成潜在威胁^[3]。陆地风场受地形地貌和周边构筑物影响, 常形成湍流与狭管效应, 局部瞬时风压超出规范设计取值的情况时有发生, 夏季台风与暴雨发生频次高, 强风伴随强降雨, 同时对脚手架基础产生冲刷作用, 也会影响架体稳定性。昼夜温差和季节温差会引起钢管材料热胀冷缩, 大型架体中若未增设对应构造措施, 节点可能出现松动, 杆件内部会产生附加应力。大气环境中的工业粉尘等物质附着于杆件表面, 潮湿条件下会引发钢材均匀锈蚀, 锈蚀速率虽低于海油环境, 但长期累积作用下, 依然会改变杆件耐久性能。

1.2 吊装作业动态载荷分析

海油工程陆地建造阶段导管架、组块进行施工时, 动态载荷主要来自大型构件吊装作业和设备运转, 尤其在总装、翻身、抬吊、临时就位等陆地建造关键工序中表现更为突出。导管架和组块多属于百吨级以上的大型钢结构, 吊装过程产生的冲击载荷和偏心力,

作者简介: 黄锦辉(1997-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 海油工程脚手架优化设计与应用。

会顺着附着点或邻近位置传递给脚手架,让架体瞬时受力重新分布,大型构件翻身、就位环节实施牵引溜绳操作,会对周边架体形成侧向拉力^[4]。焊接作业打磨作业产生的持续微振动,重型起重设备行走或回转产生的地面激励,都会顺着地基传递到脚手架基础。动态载荷持续作用,会让扣件出现微量滑移,滑移量不断累积,最终形成扣件松动。架体与主体结构连接节点处,交变应力会让焊缝或连接螺栓出现疲劳损伤。

1.3 常规大气环境材料劣化分析

在陆地大气环境中,脚手架钢管的劣化主要体现在机械损伤和均匀锈蚀,这与海上平台服役环境下高盐雾、高湿热腐蚀特征存在明显差异,更体现出陆地建造阶段材料损伤的阶段性和可控性。与海油高盐雾环境不同,陆地大气腐蚀主要为缓慢的均匀锈蚀,影响因素包括空气湿度、工业污染程度、防护层完整性。钢管投入使用后,损伤大多来自重复搭拆带来的磕碰变形、局部凹陷,还有焊接作业时飞溅造成的灼伤。靠近地面的立杆底部,积水或泥土掩埋会催生局部锈蚀,水平杆件和扣件连接处的螺纹部位,粉尘堆积和潮湿空气共同作用会引发锈蚀卡滞。材料性能劣化大多是渐进过程,壁厚减薄幅度偏小,但杆件弯曲变形、局部凹陷等机械损伤出现频率更高。

2 海油工程陆地建造阶段导管架及组块脚手架搭设防护技术

2.1 架体基础与结构设计标准

海油工程陆地建造阶段导管架和组块脚手架进行结构设计时,要参照《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 130-2011),结合陆地总装场、预制场、吊装配合作业面等工程特点适当加强。架体布局优先选用整体性较强的空间桁架结构,依靠连续设置剪刀撑提高整体刚度,纵向剪刀与撑横向剪刀撑都要从底部向顶部连续布置,转角位置额外加装加强斜撑。立杆间距要严格控制,步距不超过 1.5 米,纵距不超过 1.5 米,横距不超过 1.0 米,以减小单根杆件长细比,提高受压稳定性。高度超出 24 米的架体,必须完成风荷载验算,按规范设置连墙件,或是采取分层卸荷措施。基础处理是设计的核心环节,搭设在硬化地面上的架体,要设置通长垫板或底座,保证接触面承载力符合要求。搭设在回填土或天然地基上的架体,必须完成地基承载力验算,采取夯实、铺设碎石垫层或浇筑混凝土支墩等操作,避免不均匀沉降引发架体倾斜。

2.2 节点附着加固技术

脚手架与导管架及组块主体结构的可靠连接,是保证架体整体稳定的核心。导管架及组块多为直线型钢结构或混凝土结构,附着节点的设置需保证足够的连接刚度和可靠性。对于钢结构主体,应使用标准连墙件或焊接短钢管作为附着点,连墙件与立杆之间采用双扣件刚性连接,确保能承受拉力和压力双重作用^[5]。对于混凝土结构,可采用预埋件或在结构上钻孔安装后扩底锚栓的方式设置附着点,锚栓选用应满足承载力要求并采取防腐处理。附着点的间距应严格执行规范要求,竖向间距不超过 3 步,水平间距不超过 3 跨。在架体的转角处、开口处以及顶部,应加倍设置附着点。所有附着件及其连接件的承载能力,应按最不利荷载组合进行验算,并留有足够的安全储备。连墙件应尽可能靠近主节点设置,偏离距离不应大于 300 毫米。

2.3 防腐蚀材料表面处理工艺

针对陆地大气腐蚀程度较低的特点,脚手架防腐处理可选用常规工艺以满足耐久性要求。新购脚手架钢管可选用热浸镀锌处理,也可采用涂装防腐。采用涂装防腐时,表面处理应达到 St3 级(彻底的手工和动力工具除锈)或 Sa2 级(彻底的喷射除锈),然后涂刷防锈底漆和面漆,如醇酸防锈漆、环氧底漆配套聚氨酯面漆等,干膜总厚度应不低于 120 微米。扣件、螺栓等连接件宜进行镀锌处理或采用防锈油保护。在现场搭设过程中,因焊接、切割等作业造成的防腐层损伤,应及时进行补涂处理。

2.4 安全通道作业平台设置规范

海油工程陆地导管架及组块高空作业中,安全通道与作业平台的设置直接关系到人员通行安全和作业效率,尤其在陆地建造场区多工种穿插、作业面转换频繁的条件下,其规范设置更是现场安全管理的重要基础。通道和平台的设计应满足稳定性、防滑性和便利性要求。脚手板应选用刚度大、防滑性能好的材料,如钢制脚手板或符合标准的木脚手板,严禁使用腐朽、扭曲、裂纹的板材。脚手板铺设必须满铺、铺稳,两端采用镀锌铁丝绑扎或专用压板与支撑杆件固定,防止踩踏翻转移位。通道和平台临边必须设置防护栏杆,上杆高度 1.2 米,下杆高度 0.6 米,并设置不低于 180 毫米高的挡脚板,防止物料坠落。人员上下通道宜采用钢斜梯或垂直爬梯,斜梯踏步应有防滑措施,梯宽不小于 600 毫米,坡度不宜大于 1:3。作业平台面积较大时,应考虑设置不少于两个上下通道,满足紧急疏散要求。平台堆载应严格控制,严禁超载使用。

3 海油工程陆地建造阶段导管架及组块脚手架安全管理实践

3.1 恶劣天气使用限制措施

海油工程陆地建造施工区域常遭遇台风、暴雨、雷电等恶劣天气,建立并严格执行恶劣天气下的使用限制措施至关重要,特别是露天总装场地、大型构件拼装区和吊装配合区域,更应突出陆地现场气象条件对脚手架使用安全的直接影响。施工现场应配备风速监测仪,当预报风力达到6级及以上(风速超过10.8米/秒)或遇暴雨、雷电、台风等恶劣天气时,应立即停止脚手架上的高处作业,组织人员有序撤离至安全区域。强风暴雨来临前,应对已搭设架体进行全面检查加固,重点检查附着节点的紧固状态,清理架体上堆放的松散物料和工具,对独立高大架体可增设揽风绳等临时稳固措施。暴雨过后,应检查地基是否有积水、下沉,架体是否有倾斜变形,确认安全后方可恢复作业。

3.2 日常检查监测维护保养

建立常态化检查维护制度,是及时发现和消除安全隐患的关键。检查分为日常巡查、专项检查和定期检查三类。日常巡查由架子工或班组安全员每日作业前进行,重点检查扣件紧固状态、脚手板固定情况、连墙件完好性。专项检查安排在强风暴雨过后或停工复工前,重点排查架体变形、基础沉降、构件锈蚀等情况。定期检查由项目技术负责人组织,每月进行一次全面检查,对关键受力杆件、扣件抽样进行紧固力矩测试,重点检查结构变形、扣件松动、基础沉降等项目。检查中发现的问题,如扣件松动、杆件变形、防护缺损等,必须立即组织整改,整改完成经复查合格后方可继续使用。所有检查应形成书面记录,归档备查。

3.3 作业人员防坠落装备配置

在海油工程陆地建造高空作业中,个人防坠落装备是保护作业人员生命安全的最后防线,其配置和使用应与陆地场区吊装作业、焊接作业及多层交叉作业条件相适应。所有高处作业人员必须按规定佩戴合格的安全帽、全身式安全带,并正确系挂。安全带的挂点必须设置在独立、牢固的锚固点上,如主体结构的可靠部位或专用的生命绳,严禁挂在临时的、不稳定的脚手架杆件上。在无法设置可靠挂点的区域,应架设专用的水平生命线,生命线的端部锚固和中间支撑必须经过强度验算。作业人员移动时应使用双钩安全带,确保至少一个挂钩始终处于挂接状态。

3.4 拆除作业安全管控流程

脚手架拆除是事故高发环节,必须实施严格的安全管控,尤其在海油工程陆地建造后期、组块转运前及大型结构吊装转换阶段,拆除作业往往与设备转场、构件出运交叉进行,更需强化全过程组织管理。拆除前,应制定详细的专项施工方案,并向作业人员进行技术交底。方案应明确拆除顺序、作业区域隔离措施、材料传递方式以及应急响应流程。拆除区域应设置警戒区,派专人监护,严禁无关人员进入。拆除作业应遵循“先搭后拆、后搭先拆”的原则,自上而下逐层进行,严禁上下同时作业或采用推倒、拉倒等野蛮拆除方式。拆除过程中,应注意保留必要的连墙件,直至该层架体拆除完毕,防止整体失稳。拆卸下的杆件、扣件、脚手板等材料,应采用滑轮绳索平稳下传或使用起重设备吊运,严禁高空抛掷。

4 结束语

海油工程陆地建造阶段导管架及组块进行高空作业时,脚手架防护属于多要素参与的完整作业模式,其核心在于对施工特殊工况的准确认识和针对性应对。与海上服役环境不同,陆地建造场区更突出地基条件差异、重型吊装扰动、交叉作业集中和阶段性大气环境影响等特点。设计环节,要围绕基础处理方向,调整结构布局方式,优化节点连接方案,落实常规防腐操作,明确作业平台规范,对应技术措施可强化防护整体性能。技术手段要落地为严谨的管理动作,覆盖恶劣天气状态下的动态管控、全周期的检查维护、高标准的人员防护以及拆除环节的规范化操作。只有技术和管理协同推进,才可提高海油工程陆地建造阶段导管架及组块高空作业的安全保障能力,为海油工程建设筑牢安全防线。

参考文献:

- [1] 王宇堃,扈静霆,吴佳忆.海洋工程导管架的EPCI总承包模式项目质量管理[J].中国石油和化工标准与质量,2025(01):19-21.
- [2] 刘青杨.陆地与海洋石油工程建造的安全管理对比研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(07):40-42.
- [3] 肖义方.高层建筑悬挑脚手架施工技术分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(02):107-110.
- [4] 吴美娟.建筑工程脚手架施工安全问题分析[J].建筑·建材·装饰,2024(20):34-36.
- [5] 杨月峰.建筑工程脚手架及模板支撑体系安全控制要点[J].建材发展导向,2024,22(18):92-94.