

海上石油工程项目进度计划优化与管控研究

李怡霏

天津博敖工程技术有限公司 天津 300000

摘要：海上石油工程施工环境复杂、工序繁杂、多方协同难度大，传统静态进度管控模式存在计划科学性不足、动态调控滞后、风险管控脱节等诸多问题，极易引发工期延误。本文依托关键路径、挣值管理等核心理论，系统剖析项目进度管控的影响因素与核心痛点，从工序、工期、资源三方面优化进度计划，构建事前预警、事中调控、事后复盘的全流程动态管控体系，并配套多元保障措施，为海上石油工程工期精准管控提供实操参考。

关键词：海上石油工程；项目进度；计划优化；管控

引言

海上石油工程是海洋能源开发的核心载体，具有投资规模大、建设周期长、施工不确定性强、参建主体多等显著特征，进度管控直接决定项目建设效益与投产时效。当前行业普遍存在进度计划适配性差、动态管控薄弱、多方协同不畅等问题，受海洋环境、技术、资源等因素影响，工期滞后现象频发。为破解管控难题，本文聚焦进度计划优化与动态管控体系构建，系统性解决项目进度管控痛点，助力工程项目高效有序推进。

1 海上石油工程项目进度管控相关理论与基础概述

1.1 海上石油工程项目特征

（1）施工环境特殊性。海上作业受台风、季风、波浪、潮汐及海流等自然条件显著制约，年均有效施工窗口期仅约200—250天，且分布不连续。恶劣海况频发，作业窗口难以精确预判，施工中断风险高，进度计划编制须充分预留环境缓冲。（2）工程建设复杂性。项目涉及平台建造、海上安装、海底管线铺设、设备调试等多专业立体交叉作业，施工工序逻辑约束强。大型结构物海上吊装受船舶资源、天气窗口及潮位条件多重限制，远洋物资补给周期长，任一环节延误均可能引发链式传导。（3）项目管控特殊性。建设周期通常3—5年，投资动辄数十亿至百亿元，参建单位涵盖业主、总包、分包、设计、监理等多方，跨区域协调频繁。进度、成本、质量、安全相互制约，单一目标调整往往波及全局，管控难度远超陆地工程^[1]。

1.2 项目进度计划与管控核心理论

（1）关键路径理论。通过构建活动网络并计算时差，识别总时差为零的工序构成关键线路。该理论为海上工程进度优化提供明确着力点，帮助管理者聚焦核心延误风险工序，优先保障关键资源供给。（2）挣值管理理论。以计划价值、挣值和实际成本为基础，构建进

度绩效指标（SPI）与成本绩效指标（CPI），实现项目进度与成本的联合量化评估，为进度滞后程度提供客观数据支撑。（3）动态进度管控理论。强调进度计划须随施工推进持续滚动更新，形成“计划—执行—监测—纠偏—更新”闭环。该理论契合海上工程强不确定性特征，使进度管控具备自适应调节能力。

1.3 常用进度计划优化与管控方法

（1）传统进度管理方法。甘特图直观易用，适于里程碑展示但难以反映复杂逻辑；关键路径法逻辑清晰，但无法有效处理天气等随机扰动；计划评审技术支持三点估算，适于作业时长不确定环节，但大型网络计算量大。（2）现代优化方法。BIM进度协同实现可视化推演与碰撞检测；遗传算法擅于解决多资源约束下的调度优化；蒙特卡洛模拟量化风险因素对工期的概率影响，为进度储备提供量化依据。（3）动态管控方法。全过程进度跟踪法实施全生命周期连续监控；风险联动调控法建立风险—进度映射关系；多级协同管控法构建总—分—周—三级计划体系，实现目标逐级分解与偏差逐级汇总，适配多单位协同作业场景。

2 海上石油工程项目进度管控现状及核心问题分析

2.1 海上石油工程项目进度管控现状

（1）进度计划编制现状。当前多数项目仍沿用传统静态计划编制模式，计划制定过程中对海洋工况条件、季节性施工窗口期等专属约束因素的量化分析不足，工序排布与气候窗口匹配度不高，计划可执行性存在先天缺陷，开工即滞后的现象时有发生。（2）进度管控实施现状。管控模式整体偏事后被动应对，缺乏基于实时监测数据的前置预警机制和过程动态调控手段。多专业立体交叉作业场景下，设计、采办、建造、安装各环节衔接缺少统一调度平台，参建各方信息传递存在时滞，协同管控效率偏低。（3）进度偏差处理现状。进度滞

后发生后,纠偏措施多集中于压缩后续工期或增加资源投入,方案较为单一,缺乏系统化的偏差根源分析、责任归属界定及多方案比选优化机制。部分项目纠偏过程中忽视工序间的逻辑约束,仓促赶工易引发质量安全风险,导致二次延误。

2.2 海上石油工程项目进度核心影响因素识别

(1) 自然环境因素。台风、暴雨、大浪及异常潮位等恶劣海洋气象条件频繁出现,直接导致海上吊装、铺管、运输等关键作业被迫中断或延期,大幅压缩年度有效施工工期。环境因素具有较强的随机性和不可抗力特征,成为进度管控中最不可控的外部变量。(2) 工程技术因素。深水区域施工面临高压、低温、复杂海床地质等技术挑战,大型结构物精度安装要求高,海底管线焊接与铺设工艺复杂,关键技术难题攻关过程往往超出预期时间,直接拖累后续工序按计划推进。(3) 管理协同因素。建设单位、施工总包、专业分包、监理方及设备供货商之间沟通协调机制不健全,设计变更传递不及时,工序交接界面责任模糊,物资到货与现场施工需求脱节,船舶资源调配缺乏全局统筹,造成大量非技术性窝工^[2]。(4) 资源保障因素。大型起重船舶、深水铺管船等关键海上装备资源稀缺,租赁周期刚性较强,设备故障后替代资源获取困难;专业技术人员储备不足,关键工种用工紧张;海外长周期采购物资到货不确定性高,资源供给的时间刚性严重制约施工连续性。

2.3 进度计划与管控存在的核心问题

(1) 进度计划编制缺乏科学性。静态计划体系对海洋环境不确定性考量不足,关键工序工期测算缺乏基于历史海况数据的统计支撑,人工经验主导的成分过高。工序排布时未预留合理的环境等待缓冲,整体计划抗扰动能力薄弱。(2) 进度动态管控体系不完善。项目层面缺乏常态化进度跟踪监测机制,进度数据采集周期长、精度低,偏差识别滞后于实际进展。预警触发阈值设定模糊,动态调整缺乏规范化流程,管控措施响应速度与现场工况变化节奏不匹配。(3) 多方协同管控机制缺失。各参与单位之间权责界面划分不够清晰,交叉作业界面管理松散。进度信息在各主体间呈孤岛状态,共享不及时、不对称,关键工序衔接节点缺乏统一协调机构,施工冲突频发且解决效率低下。(4) 风险与进度管控脱节。项目风险管理工作多停留在定性评估层面,未将风险识别、风险概率量化与进度计划有效关联。对自然环境风险、技术攻关风险及供应链风险缺乏前置性防控预案,风险事件突发后进度加速恶化,管控被动局面频现。

3 海上石油工程项目进度计划优化方案与管控体系构建

3.1 进度计划优化原则与思路

(1) 优化原则。遵循科学性原则,以历史施工数据、海洋气象统计和工程实践经验为支撑,确保计划编制的客观性与可执行性;坚持动态性原则,适配海上施工环境高频变化特征,保持计划持续调整优化的灵活性;恪守适配性原则,优化方案须紧密结合平台安装、海底铺管、设备调试等不同工序的专属作业条件;兼顾经济性原则,在工期优化决策中同步考量成本增量与施工安全约束,实现工期、质量、成本、安全多目标协同最优。(2) 优化思路。以第3章识别的进度计划科学性不足、动态管控体系不完善、多方协同机制缺失、风险与进度脱节等核心问题为导向,结合自然环境、工程技术、管理协同、资源保障四类关键影响因素,从根本上摒弃传统静态计划模式。构建“事前精准优化编制—事中实时动态调控—事后深度复盘迭代”的全周期进度优化体系,推动进度管控从被动事后补救向主动前置预防的系统性转型。

3.2 海上石油工程项目进度计划优化设计

(1) 工序结构优化。系统开展全生命周期工作分解,覆盖设计出图、长周期采办、陆地建造、海上运输安装及联调投产,逐层细化至工作包。梳理工序间工艺与组织逻辑,运用关联矩阵剔除等待审批、重复验收等非增值环节。优化交叉与平行作业,将可行后序工序前置或并行,基于关键路径法锁定关键工序集群,在保证逻辑完整前提下合理压缩非关键工序历时,有效缩短总工期^[3]。(2) 工期参数优化。收集目标海域近5~10年气象水文历史数据,按季月统计风速、波高、能见度等环境参数可用阈值,结合作业环境敏感度差异,建立各工序有效施工窗口期概率模型。引入计划评审技术三点估算(乐观、最可能、悲观工期),采用蒙特卡洛模拟拟合工期概率分布,选取合理置信度下估算值。在非关键线路设置梯度式弹性缓冲,关键线路预留应急缓冲,兼顾进取性与抗扰动韧性。(3) 资源配置优化。建立涵盖大型起重船、深水铺管船、拖轮、供应船等装备,焊工、安装工程师等关键工种,及海外长周期采办物资的全量资源需求清单,明确各工序资源类型、使用时段与强度。运用资源平衡消解供给峰值冲突,借助资源平滑在总工期不变时调整非关键工序资源加载时机,消除闲置与短缺并存,实现资源按需供给、动态调配。

3.3 全流程动态进度管控体系构建

(1) 事前预警管控。系统梳理项目全周期潜在风险

源,建立涵盖台风、极端波高、海流突变等自然环境风险,深海焊接质量、大型结构物精度安装等工程技术风险,船舶故障、物资到货延迟等资源保障风险,以及设计变更滞后、审批冗长等管理协同风险在内的进度风险数据库。针对各类风险设定量化预警指标与触发阈值,制定差异化预判方案与分级应对预案,在计划编制阶段将风险应对措施嵌入计划,实现关口前移、源头防控。

(2)事中动态监测与调控。搭建基于云计算架构的信息化进度管控平台,集成船舶自动识别系统、现场视频监控、施工日报自动填报、设备状态传感器等多源数据采集通道,实现施工进度信息的实时汇聚与可视化呈现。运用挣值管理计算进度绩效指标与偏差趋势,设定分级预警阈值:偏差低于5%时启动局部微调,偏差达5%至15%时触发资源增补与方案调整,偏差超15%时启动总体计划重新编制,确保响应措施与偏离程度精准匹配^[4]。

(3)事后复盘与优化。各里程碑节点完成后,系统收集全过程进度数据、偏差记录、预警响应日志及纠偏措施执行效果,从计划编制精度、偏差根源解剖、预警响应时效、纠偏措施有效性、资源保障充分性五个维度深度复盘。形成结构化复盘报告录入项目知识库,作为后续阶段计划编制和同类项目管控的参考依据,实现经验教训向管理能力的持续转化。

3.4 进度管控保障措施

(1)组织保障。设立专职进度管控部门,明确业主、总包商、分包商、设计方、监理方等各参与单位的权责边界,建立总进度负责人、分项进度主管、现场调度专员三级组织架构。成立多级协同管控工作小组,实行周度进度协调例会与日度现场调度会相结合的制度,确保决策信息快速传导、现场问题及时解决。(2)技术保障。引入建筑信息模型技术构建工程四维可视化模型,实现进度计划三维模拟推演与工序碰撞检测;部署信息化进度管控系统覆盖计划编制审批、数据采集、偏差分析、预警发布的全流程闭环;运用北斗定位、无人机巡查、智能传感器实时获取船舶位置、环境参数与施工状态数据,提升计划编制精细化水平与动态管控响应

效率^[5]。(3)制度保障。建立进度绩效挂钩考核机制,将进度计划完成率纳入各参建单位合同履约评价与关键岗位人员绩效考核;建立偏差责任追溯机制,明确滞后原因分类标准与问责程序;建立多方信息沟通机制,统一信息报送格式、频率与渠道,制定设计变更、物资到货、工序交接等关键节点的信息流转时限标准,保障管控全流程有章可循。(4)资源保障。建立关键物资安全库存制度,对进口设备、特殊管材等长周期采购物资实施提前订货与滚动储备;完善大型船舶及关键施工装备的预防性维护保养体系,制定故障应急替代预案,降低突发停机风险;建立跨项目人力资源统筹调配平台,保障焊工、安装工程师等关键工种在各施工高峰期的充足供给,全方位消除资源因素引发的进度延误。

结束语

本文立足海上石油工程项目建设特点,梳理进度管控现存核心问题,针对性完成进度计划优化设计,搭建全流程动态管控体系及配套保障机制,有效弥补了传统静态管控模式的短板。研究成果可有效提升项目进度计划的科学性与可控性,强化风险预判与动态调控能力,优化资源配置与多方协同效率,对同类海上石油工程项目进度精细化管理具有重要的实践借鉴与推广价值。

参考文献

- [1]王圣强.基于渐进明细的海洋平台详细设计计划编制与进度控制方法研究[J].项目管理技术,2024,22(09):118-123.
- [2]李金蔓,周守为,孙金声,等.数字技术赋能海上油田开发——渤海智能油田建设探索[J].石油钻采工艺,2022,44(03):376-382.
- [3]吴俊涛,刘伟,邓金根,等.基于改进蚁群算法的海上稠油热采井钻井顺序优化[J].石油科学通报,2024,9(04):637-647.
- [4]孟旭星.石油化工工程建设项目施工进度计划管理及控制[J].新型工业化,2022,12(01):164-166.
- [5]刘扬.海上石油EPC工程项目进度拖延风险识别与计划优化策略[J].石油工程建设,2025,31(02):56-60.