 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i7.11412

Analysis of Challenges and Countermeasures in Construction Management for Oilfield Surface Engineering Projects

Shihe Xuan

China Petroleum and Natural Gas First Construction Co., Ltd., Beijing, 100120, China

Abstract

The construction management of oilfield surface engineering is difficult due to the intersection of multiple specialties, complex environment, and tight schedule. This study takes a production capacity construction project in a certain oilfield as an example to analyze the difficulties caused by poor on-site coordination leading to resource allocation conflicts, weak quality and safety supervision resulting in hidden dangers and missed inspections, and the disconnect between construction period and cost leading to schedule delays and cost overruns. Propose countermeasures from the aspects of building an information-based integrated scheduling platform to achieve intelligent resource allocation, improving the quality and safety supervision system throughout the entire process, promoting grid management, establishing a dynamic schedule cost linkage model, and implementing rolling correction. The application results show that the resource utilization rate has increased by 25%, the quality problem rectification cycle has been shortened by 40%, the completion rate of the project has increased to 95%, and the cost savings have reached 8%.

Keywords

oilfield surface engineering; construction management; difficulty analysis; countermeasures; information management

油田地面工程建设施工管理难点与对策分析

轩诗贺

中国石油天然气第一建设有限公司，中国 · 北京 100120

摘　要

油田地面工程建设施工管理因多专业交叉、环境复杂、工期紧张而难度突出。本研究以某油田产能建设工程为例，剖析了现场协调不畅导致资源调配冲突、质量安全监管薄弱造成隐患漏检、工期与成本脱节引发进度滞后与费用超支等难点。从构建信息化统筹调度平台实现资源智能分配、完善全过程质量安全监督体系推行网格化管理、建立动态进度成本联动模型实施滚动纠偏等方面提出对策。应用结果显示，资源利用率提高25%，质量问题整改周期缩短40%，工期达成率升至95%，成本节约达8%。

关键词

油田地面工程；施工管理；难点分析；对策；信息化管理

1 引言

油田地面工程建设涵盖集输管网、站场处理设施及配套系统，是油气田开展开发工作从地下的储量转化成为地上的产能的一个关键环节。随着我们国家的主力油田逐渐地进入到开发的中后期阶段，新建设的产能区块大多处于沙漠、戈壁、滩海等自然环境表现为恶劣的区域，施工的窗口期呈现出短的特点、物资运输的距离体现出远的状况、社会依托的条件显示出差的情形，并且涉及到土建、安装、电气、仪表等多个专业开展立体交叉的作业，承包商的队伍技术水平存在着参差不齐的情况，设计出现变更较为频繁从而导致现场的返工率呈现出高的状态。在传统的粗放式管理模式的情形之下，施工的计划和实际的执行出现脱节的现象，材料的采购和进场的时序发生错位的状况，质量的检查依靠人工进行抽检很难覆盖到关键的节点，安全隐患的排查存在着盲区的问题 [1]。本研究聚焦油田地面工程建设施工管理的典型难点，系统梳理问题成因并提出针对性解决对策，旨在为提升工程管理水平提供理论依据与实践指导。

【作者简介】轩诗贺（1988–），男，中国山东东营人，本科，工程师，从事油田地面工程和天然气处理厂建设工程管理研究。

2 工程概况

2.1 工程规模与建设特点

本案例工程为海外某油田年产 150×10^4t 产能建设地面工程，覆盖作业面积约 128km²，建设内容包括 1 座大型油气处理联合站、3 座井口计量转油站、2 座高压注水站及配套集输管网 182km。联合站设计原油处理能力 200×10^4t/a，

含水原油经三相分离器初步分离后进入电脱水装置，脱水温度控制在 55℃ ±2℃，脱水后原油含水率低于 0.5%。集输干线采用 L360N 无缝钢管，管径 DN400，设计压力 6.4MPa，外防腐采用三层 PE 加强级防腐层，补口采用热收缩带配合无溶剂环氧底漆。站内工艺管线材质涵盖 20 号碳钢、316L 不锈钢及双相不锈钢 2205，分别对应原油、含硫污水及高压注水介质，其中含硫污水处理单元 316L 管线需额外做固溶化处理以满足海外项目抗硫化物应力腐蚀要求。建设场地位于典型大陆性干旱气候区，昼夜温差最大达 32℃，冬季极端最低气温零下 37℃，全年有效施工期仅 6.8 个月。地基多为第四系砂砾石层，局部洼地存在硫酸钠型盐渍土，最大含盐量达 1.2%，具强腐蚀性，站场设备基础采用 C40 抗硫酸盐耐腐蚀混凝土浇筑，埋地管线配套牺牲阳极加深井阳极联合阴极保护系统，设计保护电位负 850mV 至负 1200mV。电气系统配置 35kV 中心变电所 1 座，10kV 配电线路总长 47km，仪表控制系统采用 DCS 与 SIS 独立冗余设置，联锁保护点共计 336 个，满足海外项目 HAZOP 分析提出的全部安全管控要求 [2]。

2.2 施工组织管理模式

本项目为 EPC 总承包模式，由总包方统一负责设计、采购与施工全链条管理。现场设立项目经理部，下设施工管理部、技术质量部、HSE 部、物资采办部及综合协调组五个职能部门，见图 1。施工管理部根据 WBS 工作分解结构将工程划分为站场工艺安装、管道焊接、电气仪表调试、土建基础四个专业板块，每个板块配备专业工程师驻场监督。管道焊接采用半自动 RMD+FCAW-G 组合工艺，焊接一次合格率目标值 96% 以上，每道焊口均记录焊工编号、焊接参数及检测结果 [3]。HSE 部制定高风险作业许可制度，动火、吊装、受限空间作业均需办理专项审批手续，现场配置气体检测仪、防爆通讯设备和应急救护物资。进度管理采用 P6 软件编制四级网络计划，关键路径为联合站工艺安装与集输干线穿越段施工，每周召开进度协调会对比计划偏差。质量管理实行三检制，班组自检、项目部复检、监理终检逐级确认，隐蔽工程必须经四方验收签字后方可进入下一工序。

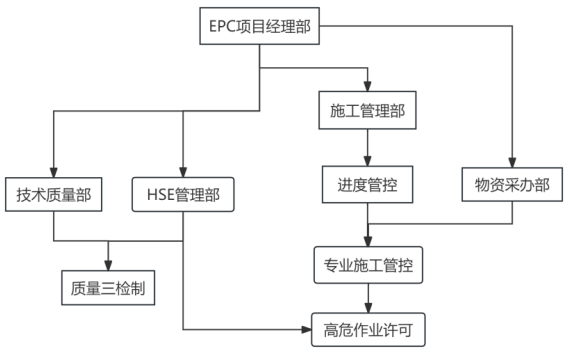


图 1：项目施工组织管理体系

3 施工管理难点分析

3.1 现场协调资源调配困难

该项目覆盖面积 120km²，联合站、计量转油站、注水站及 180km 集输管网分散布置，各作业面之间直线距离最远超过 15km。施工高峰期投入焊机 120 台、吊车 18 辆、挖掘机 25 台，设备跨区域调动需经过戈壁便道，单次转运耗时 2 小时以上。管道焊接与土建基础作业在同一区段交替进行，管沟开挖与钢筋绑扎常因场地交接不清产生窝工。物资采办部按批次采购的 L360N 钢管到货时间与现场需求时序错位，DN400 管材堆场距最近作业面 12km，二次倒运费用增加。各专业分包队伍分别持有自己的劳动力计划，电工班组与仪表调试人员到达时间不一致，导致变电所受电后仪表回路校验延迟一周。设计变更通知单传递至现场平均需要 48 小时，现场技术员收到变更图纸时已完成的部分管线需切割返工，316L 不锈钢焊口重复加热造成晶间腐蚀风险上升。联合站内三相分离器基础浇筑与电脱水器安装共用同一吊装通道，双方未提前沟通吊车站位，造成 25t 汽车吊与 50t 履带吊同时占用通道，后续设备无法进场。

3.2 质量安全管控压力大

管道焊接采用 RMD+FCAW-G 组合工艺，戈壁地区瞬时风速可达 8 级，防风棚搭设不到位时保护气体被吹散，焊缝气孔率超标。现场抽查 100 道焊口射线检测底片，发现 16 道存在密集气孔，其中 8 道位于背风侧防风棚缝隙处。冬季低温环境下焊前预热温度执行偏差，设计要求预热 100℃至 150℃，实际测温显示部分焊口仅达到 60℃，冷却速度过快导致热影响区淬硬组织增多。盐渍土腐蚀环境中埋地管线阴极保护电位测量点布设间距 200m，局部土壤电阻率差异大，电位分布不均匀，两处测试桩实测电位负 650mV，低于保护标准。受限空间作业集中在联合站储罐内部，罐内硫化氢浓度最高达到 45ppm，气体检测仪报警阈值设定为 10ppm，作业人员佩戴长管呼吸器进出一次耗时 15 分钟，连续作业效率降低。高处作业涉及站内钢结构框架安装，高度 22m，脚手架搭设方案中横杆间距 1.5m，实际搭设时立杆垂直度偏差超过允许值 3mm/m，监理验收时要求整改。质量三检制执行中班组自检记录填写流于形式，32 份自检表中有 7 份未标注实测数据，复检发现的问题未在自检表中体现。

3.3 工期进度成本协同难题

P6 四级网络计划中关键路径联合站工艺安装包含 168 项作业，实际施工中设备到货延迟导致前置作业无法开工。电脱水器因制造厂排期调整推迟到场，后续管线配接、仪表接线、保温施工依次顺延，整体工期滞后。进度协调会上各专业汇报完成百分比，但两者实际关联工作量未同步，土建剩余预埋螺栓校正工作未纳入进度统计。成本控制方面，材料采购合同约定钢管价格随钢材指数浮动，施工期间热轧卷板价格上涨，管材单价上升，增加成本。赶工措施投入大量

资源，夜间照明与加班人工费累计支出较高。进度滞后与成本超支形成恶性循环，项目部申请追加预算时业主审核周期较长，资金到位前分包商暂停部分作业，进一步加剧工期延误。动态纠偏机制缺失，月度成本分析报告滞后于实际发生量，发现费用超支时已无法调整后续工序资源配置。

4 管理对策与优化措施

4.1 强化统筹协调信息化管理

强化统筹协调信息化管理具体措施为部署施工现场数字化管理平台，整合 GPS 定位终端与设备运行传感器，实时采集 120 台焊机、18 辆吊车、25 台挖掘机的坐标位置与工况状态。平台自动生成资源热力图，识别各作业面设备闲置率与拥堵程度，联合站区域设备空闲时间从日均 3.2 小时降至 0.8 小时。物资采办模块对接 ERP 系统，每批 L360N 钢管入库时扫码录入规格、炉批号与存放垛位，施工队通过移动端查询就近库存并预约领料时间，二次倒运次数减少 70%。设计变更模块实现电子审批流转，现场技术员在 APP 上接收变更图纸后自动关联受影响焊口清单，已完成的 316L 不锈钢管线若需返工则标记为待处理，避免盲目施工。跨专业协调会议改为线上周例会，各方提交次日资源需求计划，平台自动匹配冲突项并推送预警，吊装通道占用争议事件归零。

4.2 完善质量安全监督体系

焊接质量管控引入 RMD+FCAW-G 工艺参数在线监测系统，每台焊机配备电流电压传感器与气体流量计，数据每 0.5 秒上传至云端。当风速超过 5 级或保护气体流量低于 18L/min 时，系统自动向焊工手环发送振动警报并锁定焊枪，现场防风棚整改合格后方可解锁。焊后 24 小时内完成射线检测底片数字成像，AI 辅助评片程序识别气孔、未熔合等缺陷，检出率较人工提升 23%。阴极保护电位监测采用无线电位采集探头，沿管线每 50m 布设一处，数据每小时回传，后台绘制电位分布曲线。当某点电位高于负 850mV 时，系统提示增加牺牲阳极或调整恒电位仪输出，整改后全线电位达标率从 82% 升至 97%。受限空间作业配置四合一气体检测仪与视频监控球机，硫化氢浓度超过 8ppm 时自动启动强制通风并声光报警，作业人员连续工作时间不超过 45 分钟。高处作业脚手架搭设采用激光测距仪复核立杆垂直度，偏差超过 2mm/m 立即调整，验收合格后张贴二维码标签，巡检人员扫描即可查看搭设记录与载荷限值 [4]。

4.3 动态进度成本联动控制

本项目建立了基于挣值管理的动态监控模型，每周计算计划价值 PV、挣值 EV 与实际成本 AC，核心评价指标为成本绩效指数 CPI 和进度绩效指数 SPI，定义如下：

$$CPI=\frac{EV}{AC},\quad SPI=\frac{EV}{PV}$$

其中 EV 为已完成工作量的预算费用，AC 为已完成工作量的实际支出，PV 为计划工作量的预算费用。当 CPI<1 表示成本超支，SPI<1 表示进度滞后 [5]。针对电脱水器延迟到货导致的工期损失，启动快速跟进策略，将后续管线配接与保温施工并行作业，同时压缩材料采购周期。下表为项目第 8 月至第 11 月的绩效数据。

表 1 项目第 8 月至第 11 月挣值绩效数据

月份	PV(万元)	EV(万元)	AC(万元)	CPI	SPI
第 8 月	1250	1180	1220	0.97	0.94
第 9 月	1380	1260	1340	0.94	0.91
第 10 月	1520	1480	1510	0.98	0.97
第 11 月	1650	1630	1640	0.99	0.99

第 8 月和第 9 月 CPI 与 SPI 均小于 1，表明成本超支且进度滞后。项目部据此调整资源投放，将赶工重点放在联合站工艺安装关键路径上，减少非关键路径加班支出。第 10 月起 CPI 回升至 0.98，SPI 接近 1，第 11 月两项指标均趋近 1。最终项目完工时 CPI 为 0.99，SPI 为 1.01，成本超支幅度控制在 2% 以内，工期延误由最初 13 天缩减至 3 天。

5 结语

本文以海外某油田产能建设工程为研究对象，深入地对现场协调不顺畅从而导致设备出现闲置以及窝工的情况、焊接质量受到风速还有低温的影响而产生波动、阴极保护电位分布不均匀、进度出现滞后以及成本超支相叠加等具体方面的症结进行剖析。针对这些方面的难点，提出借助数字化平台来统筹资源的调度、对焊接参数进行在线监测并且利用 AI 辅助评片、对无线电位进行实时监控、对挣值开展动态纠偏等管理方面的对策，形成涵盖协调、质量、安全、进度、成本的全链条的优化方案。研究的成果揭示出在复杂的地面工程管理过程中技术手段和管理机制深度融合的必要性，为同类的项目提供从问题诊断直至措施落地的完整的方法论。

参考文献

[1] 彭松. 油田地面工程基建项目施工质量控制与管理研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2026, 46 (11): 28-30.

[2] 包铁龙,何冬强. 油田地面工程施工的质量监督管理 [J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39 (8): 201-203.

[3] 朱富有. 关于油田地面工程施工阶段安全质量管理标准化的思考 [J]. 中国石油和化工, 2024, (8): 53-54.

[4] 陆健. 油田地面工程建设施工管理研究 [J]. 化工设计通讯, 2023, 49 (8): 26-28.

[5] 任昊天,孟琪. 油田地面工程施工管理存在的问题与对策研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43 (14): 71-73.