

石油天然气工程设计阶段的质量管控与成本控制研究

张丽萍 (中石化石油工程设计有限公司, 山东 东营 257000)

摘要: 由于石油天然气工程投资规模大、安全风险高度集中, 加上设计阶段为工程建设全链条中最具管控主导性的核心环节, 在设计源头实施质量管控与成本控制, 可以有效避免技术冗余、功能过度配置等问题。基于此, 本文先是分析石油天然气工程设计阶段质量管控与成本控制的意義, 接着研究其实践策略, 包括巩固质量标准体系以锁定设计成本边界、贯通设计审查流程以压降质量成本风险等, 旨在从根本上提高石油天然气工程建设质量和资金使用效率。

关键词: 石油天然气工程; 设计阶段; 质量管控; 成本控制

中图分类号: TE41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 010-0064-03

Research on Quality Control and Cost Control in the Design Phase of Oil and Gas Engineering

Zhang Liping (Sinopec Petroleum Engineering Design Co., Ltd., Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: Due to the large investment scale and highly concentrated safety risks in oil and gas engineering, and given that the design phase is the most controllable and crucial link in the entire engineering construction chain, implementing quality control and cost control at the design stage can effectively avoid problems such as technical redundancy and over-configuration of functions. Based on this, this paper first analyzes the significance of quality control and cost control in the design phase of oil and gas engineering, and then studies its practical strategies, including consolidating the quality standard system to lock in design cost boundaries and streamlining the design review process to reduce quality cost risks, aiming to fundamentally improve the construction quality and capital utilization efficiency of oil and gas engineering.

Keywords: Oil and gas engineering; Design phase; Quality control; Cost control

《油气管网设施公平开放监管办法》要求油气工程基于保障安全可靠的前提, 提高资源配置效率, 降低全生命周期成本。鉴于石油天然气工程系统复杂且专业交叉密集, 设计阶段承载工艺路线选择等核心技术决策, 若设计环节质量控制薄弱或成本约束失序, 就会在实施阶段引发频繁变更问题。因此, 企业应在设计阶段同步纳入质量管控和成本控制要求, 让制度规范、技术标准以及管理机制形成刚性约束, 从而提高石油天然气工程整体建设成效。

1 石油天然气工程设计阶段质量管控与成本控制的意義

1.1 减少方案返工及设计浪费

在设计源头, 企业建立严密的质量控制体系, 可以科学论证工艺路线选择、站场规模确定等, 有效避免因前期论证不充分、设计深度不均衡致使方案反复推翻问题。若设计阶段缺乏系统校核, 就会出现工艺计算偏差、接口条件模糊等问题, 并在后续深化设计持续放大, 迫使设计工作频繁回溯, 进而造成管理资源的浪费。企业将成本控制要求融入设计全流程, 可以在方案比选、参数确定阶段同步评估投资影响, 利用投资限额分解、价值工程分析及技术经济比对, 有利于设计成果平衡安全性与经济性。同时, 企业前

置质量管控机制, 可以提高设计成果的完整性, 理顺各专业协同界面, 能够降低施工图阶段对基础条件、工程量的修正需求, 从源头压缩返工空间。除此之外, 由于设计浪费多源于过度设计, 企业明晰功能边界, 可以推动设计工作回归工程实际, 保证材料规格更贴合实际运行工况。

1.2 压缩工程造价形成空间

企业强化设计阶段的质量约束, 可以划定技术方案在安全等级、工况适配以及运行需求之间的边界, 避免因设计尺度过度放大引发的投资膨胀问题, 同时融入成本控制逻辑, 可以提前识别高成本敏感点, 推动工程造价改变粗放式生成模式, 向精细化受控新模式发展。若此阶段缺乏严格的质量校核及成本约束, 会形成不可逆的投资固化结构, 以至于后续施工阶段的任何调整都会产生高额改造成本, 企业有机联结工程概算、投资估算及设计深度, 基于投资上限框架开展设计工作, 有利于各专业优化技术方案组合, 压缩非必要工程量, 减少因技术冲突引发的追加设计需求, 避免工程造价因反复修正被动增长。成本控制前置后, 材料等级选取、设备选型逻辑以及结构尺度把控将会更加理性, 能够保证石油天然气工程造价始终运行在技术合理区间, 推动项目投资目标可预期。

1.3 避免质量缺陷引发成本失控

由于设计质量缺陷多源于工艺论证不充分、参数匹配失衡等问题，若在设计成果形成阶段未有效识别这类问题，后续会以施工冲突等形式集中暴露，致使项目持续追加资源投入。设计阶段，企业强化质量管控，能够让技术方案在规范适配、安全裕度及运行工况层面形成稳定架构，提前消解潜在缺陷，从根源上阻断成本异常增长的路径。若质量管控深度不足，就会大幅降低设计成果的完整性，导致施工阶段频繁出现技术澄清，进而引发管理成本增加。同时，企业将成本控制目标纳入质量审查全流程，可在设计校核过程中同步评估缺陷修正的投资影响，有利于技术修订聚焦必要范围，避免因质量问题诱发过度补偿性投入，可以显著降低施工阶段结构返修的发生概率，保证成本支出始终处于可预测区间。一旦设计质量缺陷进入工程实施环节，就会突破单一专业范畴，演变为多专业协同失效的复合型问题，此时便会增加成本修复的难度，唯有在设计源头建立严密的质量约束机制，才能让工程技术逻辑更清晰。

1.4 提高质量与成本统筹效能

鉴于设计工作专业化，若缺乏统一的管控逻辑，质量目标与成本目标会出现脱节割裂的状态，企业在设计阶段建立质量与成本协同统筹机制，将技术可靠性、投资约束条件同步纳入核心决策框架，能够合理推进设计取向，避免单一指标主导引发的系统失衡问题。质量管控介入时间越早，设计成果的稳定性便越高，如此成本测算的依据就越充分。与此同时，企业将成本控制目标深度融入质量审查全流程，有利于各专业主动考量投资影响，让技术决策改变经验判断的传统模式，向数据支撑的新模式发展。另外，企业提高统筹效能，能够增强管理面对设计信息的整体掌控能力，保证设计成果具备良好的可比性，可以及时识别并精准校正各类质量偏差、成本偏移问题。

2 石油天然气工程设计阶段的质量管控与成本控制现状

基于行业监管要求与企业内部管理规范的双重推动，设计阶段已普遍建立技术审查、投资控制以及专业协同机制，且质量标准体系逐步形成统一管控逻辑，深化设计审查也日渐成为行业常态，如此设计活动对安全完整性与经济合理性的关注程度显著提高。同时，设计阶段质量管控与成本控制的协同融合深度较为不足，仍是现阶段亟待解决的核心问题。部分项目质量管理的关注点仍集中于规范符合性，成本约束则多停留在概算审核的表层环节，加之各专业设计间的信息共享效率参差不齐，接口条件调整频率偏高，投资影

响的反馈链条响应滞后，进一步影响设计成果的整体稳定性。伴随工程建设规模持续扩大，设计阶段对参数精度的要求日益严苛，现有管控机制在精细化实施层面有较大的提高空间。从发展趋势来看，数字化设计平台逐步落地应用，设计阶段的质量校核与成本测算手段正朝着数据化方向发展，且三维设计、技术经济联动分析等方法已在部分工程形成应用基础，持续增强设计决策的透明度。

3 石油天然气工程设计阶段的质量管控与成本控制策略

3.1 巩固质量标准体系，锁定设计成本边界

石油天然气工程设计阶段的质量标准体系以国家强制性标准、行业规范等为核心基础，全面覆盖工艺路线选择等设计核心环节，利用统一技术口径，为各专业协同设计提供稳定依据，让设计成果形成可控基础。企业锁定设计阶段成本边界，借助质量标准科学合理界定工程功能需求，能够推动工程造价在技术合理区间内精准生成，为石油天然气工程项目投资可控性筑牢坚实基础。工程启动阶段，企业系统梳理适用的国家标准、行业规范以及业主专项要求，形成项目专用设计标准清单，明晰强制执行项的技术属性，并将该清单随项目同步下发至工艺、线路等各专业，作为设计输入条件直接纳入设计任务书，促使各专业在参数具备统一技术尺度，避免因标准理解差异致使反复校核。

为从流程上限制无约束扩张，企业可以将质量标准一一对应到关键造价指标，例如针对站场规模确定，企业可将处理能力等级、建构物布置密度等指标与单位投资控制值挂钩，就长输管道设计为例，将管径等级与单位长度造价区间关联，一旦技术方案超出既定区间立即触发内部校核机制，要求重新论证技术必要性。与此同时，企业还可以建立标准化设计成果库，进一步压缩成本波动空间，验证可靠的工艺流程组合，将其纳入企业技术数据库，并在新项目设计作为优先采用对象。另外，企业需要设置参数冻结节点，管控影响造价敏感的核心内容，经阶段性审查后将站场规模、管线路由等纳入冻结状态，仅允许局部优化调整。

3.2 贯通设计审查流程，压降质量成本风险

设计审查流程贯穿可行性研究、深化设计等全流程关键节点，连续审查工艺完整性、规范符合性等全周期，精准识别并修正潜在质量隐患、成本风险，避免问题遗留至后续环节。而且，审查流程可以规范变更审批流程，杜绝随意调整设计方案导致的工程量无序扩张等问题，优化设计阶段风险管控效能，为石油天然气工程设计阶段压降质量与成本风险提供坚实的

流程支撑。企业应设立跨专业审查机制,协同工艺、线路等多专业联合参与,集中核对接口条件,并在审查会议中同步展示技术方案和投资测算结果,如此可识别设计偏差以及成本异常。

为避免问题延迟处理造成风险累积,企业可以强化审查深度,将造价敏感内容前移至参数确定阶段,重点复核站场规模、管线长度等关键指标,并利用技术合理性和投资可控性双重校验,促使未达要求的方案直接返回设计环节修正。同时,企业还可以将设计审查结果形成闭环管理,明晰每轮审查的问题清单及整改要求,将整改完成情况纳入后续审查重点,保证问题真正消除。除此之外,企业需要将审查结论反馈至投资控制部门,作为调整概算和修正工程量的重要依据,始终基于真实设计状态控制成本,如此质量风险及成本风险便可逐步收敛。

3.3 凭借技术优化路径,平衡可靠经济取向

石油天然气工程设计阶段的技术优化路径以工程安全可靠为核心前提,采用参数优化、方案比选等手段,着重强化设计取向与工程实际条件的适配性,保证设计成果兼具稳定运行能力与工程可实施性。企业借助技术优化路径可以论证多个方案,促使设计决策精准识别成本敏感环节,有效避免因设备过度配置导致的投资虚高问题。设计启动后,企业应围绕输送规模稳定性、运行负荷波动区间以及安全等级要求,量化控制工艺系统的设计裕度,结合设计工况,校核最大负荷,促使系统可靠性建立在数据基础之上,避免盲目放大处理能力获取安全余量,最终压缩由冗余配置带来的投资增量。

设备配置层面,为了减少低负荷长期运行造成的能耗浪费,企业可以将技术优化具体落实到选取设备参数,对压缩机、泵类设备等关键设备同步开展效率曲线匹配和寿命周期成本测算,按照实际运行区间精准匹配设备功率及台数配置。同时,企业应利用备用方式展开技术论证,将传统全额备用模式调整为工艺联动备用或区域共享备用,降低设备采购成本,借助系统设计来实现可靠性目标。管道系统设计中,企业可以反复推演管径等级及设计压力,模拟水力计算工况,比对不同管径组合下的压降、能耗,如此选择综合成本最优区间来确定管径。

3.4 建立动态反馈机制,修正质量成本偏差

动态反馈机制以设计进度节点为基础,将质量审查结果、投资测算数据及专业协同信息纳入统一反馈体系,能够精准识别设计偏差,让工程质量管控和成本控制始终处于动态可调的状态。若企业建立健全动态反馈机制,便可整改质量问题及成本偏移,防止设

计成果被反复推翻重构,如此设计阶段可以逐步形成稳定的良好态势,为石油天然气工程后续施工建设提供高确定性的技术成果。项目启动后,企业应在设计任务书同步明晰质量控制指标和成本控制指标的量化口径,例如工艺计算完整率、关键参数一次通过率等内容,并将其直接纳入设计进度计划,更新相关指标,对照分析设计质量状态和成本变化,为后续修正提供依据。

与此同时,企业可以重点围绕设计变更建立快速反馈通道,工艺流程调整、管径级别变化等事项一经提出,立即要求同步提交质量影响说明和投资变化测算结果,了解变化涉及的系统范围、工程量增减数值以及对运行稳定性的影响程度。期间,相关信息会直接反馈至项目技术负责人及投资控制岗位,任何方案调整都要在质量改进效果与成本增量之间形成清晰对照,由此可及时修正设计偏差,避免累积放大后集中爆发。另外,为了防止因局部调整引发整体失衡,企业要持续跟踪管理关键参数,将站场处理能力、管线长度等造价敏感参数纳入重点监控清单,每次设计修改都自动与基准值比对,若参数变化超过设定阈值,立即触发专项复核程序,要求重新评估技术必要性,这样设计阶段质量偏差及成本偏移便可处于可控区间。

4 结束语

综上所述,企业在设计阶段系统推进质量管控和成本控制,有利于工程建设形成清晰技术逻辑及稳定投资预期,为后续实施减少不确定的空间。未来,企业需要进一步强化设计阶段的前置管理意识,加快数字化工具的应用,提高参数透明度,以此顺应行业高质量发展长期方向。

参考文献:

- [1] 卢信宇,杨德超,李小波,相嘉勇,陈佳.石油天然气长输管道工程质量监督典型问题分析[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(16):22-24.
- [2] 李宏强.石油天然气工程技术节能管理策略[J].石化技术,2024,31(10):263-265.
- [3] 迟鹏.石油天然气建造工程管线施工规划与管理[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(19):63-65.
- [4] 王锬龙.天然气管道工程施工建设质量管理策略分析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(14):13-15.
- [5] 林冉.石油天然气工程建设标准化工作新进展[J].工程建设标准化,2024(07):69-70.
- [6] 刘连华.石油天然气工程经济管理创新路径探究[J].市场周刊,2024,37(09):93-95.