

长距离原油管道储运工程的全生命周期成本控制研究

孙宝齐 (山东港源管道物流有限公司, 山东 烟台 264000)

摘要: 根据全生命周期理论将长距离原油管道储运工程建设项目的成本控制从规划设计阶段、建设施工阶段、运营维护阶段和废弃处置阶段 4 个方面进行了划分, 并对其各自阶段内的成本构成要素和影响因素进行了分析, 在此过程中针对工程目前在成本控制上的存在的不足之处: 规划前瞻性不够、建设施工阶段浪费严重、运营维护阶段方式落后、废弃处置成本失控等问题, 结合实际工作经验提出有针对性的控制措施, 力争全生命周期成本最优、提高项目整体实力和竞争力。

关键词: 长距离原油管道; 储运工程; 成本控制; 阶段管控; 智能化运维

中图分类号: TE832 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 006-0076-03

Research on the Whole Life Cycle Cost Control of Long-Distance Crude Oil Pipeline Storage and Transportation Engineering

Sun Baoqi (Shandong Gangyuan Pipeline Logistics Co., Ltd., Yantai Shandong 264000, China)

Abstract: Based on the whole life cycle theory, this paper divides the cost control of long-distance crude oil pipeline storage and transportation engineering projects into four stages: planning and design, construction, operation and maintenance, and decommissioning and disposal. It analyzes the cost components and influencing factors of each stage. In view of the current deficiencies in the project's cost control, such as insufficient planning foresight, severe waste during the construction stage, backward methods in the operation and maintenance stage, and uncontrolled costs in the decommissioning and disposal stage, targeted control measures are proposed based on practical work experience, aiming to optimize the whole life cycle cost and improve the overall strength and competitiveness of the project.

Keywords: Long-distance crude oil pipeline; Storage and transportation engineering; Cost control; Stage management; Intelligent operation and maintenance

随着全球能源需求攀升, 长距离原油管道因运量大、成本低等优势成为主流运输方式。我国原油资源与消费市场空间错配, 催生西气东输配套管道等重大工程。因此, 基于全生命周期理论研究成本控制策略意义重大。

1 长距离原油管道储运工程全生命周期成本构成

长距离原油管道储运工程全生命周期成本由规划设计、建设施工、运营维护、废弃处置四个核心阶段构成。规划设计阶段是成本控制的源头, 直接费用占比约 5%–10%, 但对全周期成本的影响程度高达 70%–80%, 涵盖可行性研究费、勘察设计费、方案论证费等。该阶段的投资估算决定项目筹资方向, 勘察设计质量则关联工程安全性、施工难度及后期运维成本, 不合理的线路选型或复杂方案会增加改线、设备采购等额外成本。

建设施工阶段是成本支出核心环节, 占比达 40%–50%, 涉及建筑安装工程费、设备采购安装费、施工机械使用费、建设期利息等多项费用。施工方案合理性、工期管控效果、材料设备价格波动、现场管理水平等因素, 均会直接影响成本, 返工、窝工、工期拖延等问题会大幅推高人工、机械及管理成本。运营维护阶段周期最长, 可达 20–30 年, 成本占比为

30%–40%, 包含原油输送能耗费、设备维保检测费、备品备件购置费、安全环保费等。

随着管线使用年限增加, 设备老化、管道腐蚀会导致成本逐年递增, 运输负荷、维护水平、检测技术先进性、节能措施落实情况, 是影响该阶段成本的关键因素。废弃处置阶段成本占比最小, 仅为 2%–5%, 但关乎企业环保责任, 费用包括管道拆除费、场地修复费、环保治理费等。其成本受管道埋深、设备回收率、场地污染程度、环保标准等因素影响, 处置不当将引发高额环境赔偿, 制约企业可持续发展^[1]。

2 长距离原油管道储运工程全生命周期成本控制存在的问题

2.1 规划设计阶段

目前部分长距离原油管道储运工程在规划设计阶段的短视行为突出, 没有从全生命周期成本的角度对项目进行全面筹划。

一方面, 在可行性研究阶段市场调研和风险分析不够深入, 对原油运输量、油价、国家宏观政策等方面变化的预判不够充分, 投资估算有较大的偏差, 容易造成投资超概算。

另一方面, 设计单位更加注重技术可行性和安全性, 而忽略了成本的最低化, 在实践中出现了“重技术、

轻成本”的倾向。

一些设计人员为了体现自己的技术能力，片面地追求所谓“重技术、轻成本”，盲目地采用国外技术和设备，这些设备由于价格高，不仅设备采购费高而且后期运维费用更大；另外，在设计阶段进行多方案比较不够，对各种管道路线、工艺、设备选型方案之间存在的不同成本差异分析不够，在选取最有利设计方面仍有欠缺。

2.2 建设施工阶段

建设施工阶段为成本控制的重点和难点，目前不少工程在此阶段还存在以下问题：

一是施工方案缺乏优化，缺少有针对性、可操作性的施工组织设计，存在工序混乱，交叉作业矛盾等情况，造成返工及窝工。

二是材料设备管理不到位，如材料设备采购计划不合理、仓库积压多、材料浪费大等，由于一些施工单位追求速度而提前进料，产生大量材料积压和浪费，而且在材料设备把关不严，致使不合格品进场并应用到现场，出现返修问题的发生，大大增加成本支出。

三是进度与成本协调不到位，有些项目为了工期也采用粗放型施工，有时甚至不顾成本问题，造成人工、机械、材料消耗过大；加上因工期滞后影响建设期间贷款利息和管理费用成本费用。

四是变更管理不规范，在施工过程中任意更改设计图纸，且审批手续程序把关不够严谨，易导致增加工程量、提高成本的问题^[2]。

2.3 运营维护阶段

对运营维护阶段的成本控制直接决定了项目的长期经济效益，但目前还存在着一些工程运维手段比较落后的情况。

一是运维理念相对落后，还停留在传统“事后维修”的理念上，缺乏预防性和预测性维护理念，没有对设备的运行状态进行全面的监测分析和诊断预警，在运维过程中出现故障较多，产生的维护费较高。

二是运维技术水平较低，部分工程仍采用传统的“事后维修”的方式，人工巡检及手动操作手段落后，工作效率低下且精度较差，不能及时发现管壁腐蚀和设备老化等问题隐患，对节能降耗的技术应用不够深入，在一定程度上也提高了原油运输过程中的能耗。

三是运维管理体系不够健全，没有建立合理的成本核算与考核体系，运维费用没有被科学、规范地运用，经费的使用没有得到有效的监管，从而出现一定的浪费现象。

四是备品备件管理不合理，致使部分备品备件堆积严重，造成很大的资金占用，有的备品备件缺少储

备又影响设备维修进度，增加停机损失。

2.4 废弃处置阶段

受一批早期建设的长距离原油管道进入报废处置阶段的影响，该阶段的处置成本和环保要求问题逐渐突出，目前部分工程建设在处置过程中，出现处置流程不规范、责任主体不清的现象。

其一，没有完善的报废处置规划，在项目初期建设时没有考虑到后期报废处置所需要的成本和处置要求，在报废处置时没有科学的技术指导。

其二，报废处置的方法比较简单粗放，部分施工单位为了节约成本将拆除后原地填埋了事，并未对管道内残存的原油进行清理，并且也没有对场地进行有效的恢复，这样容易导致土地、地下水受到污染，面临巨额的环保罚单。

其三，废旧物资的回收再利用效率低下，没有充分利用废弃管道及设备可以再利用的资源，对于废旧物资没有做到物尽其用，回收再利用的力度也不够大，而且对于一些废旧物资是否具有经济价值也没有很好的考虑，造成了很大的浪费，增加了报废处置成本^[3]。

3 长距离原油管道储运工程全生命周期成本控制优化策略

3.1 规划设计阶段

规划设计阶段是全生命周期成本控制的起始环节，要坚持“全生命周期成本最优”的原则。

一是做好充分的可行性研究及风险防控工作，结合整体市场价格走势判断原油运输需求量、价格、政策变化情况，合理测算全生命周期成本；建立风险评估制度，对技术风险、市场风险、环境风险提出防控措施，规避不利成本。

二是坚持全生命周期理念设计，既做到工程设计时的安全可靠又考虑到经济性，做多方案比选，采取最经济的设计方案；推行标准化、模块化设计来节约成本，优选国产优质设备材料且要考虑到后期运维是否经济。

三是完善设计评审和设计责任，由专家组织会审设计方案的科学性、经济性，设计方对设计错误造成成本超支部分负责^[5]。

3.2 建设施工阶段

对于建设施工阶段而言，“精细化管理、全过程控制”十分重要，施工组织优化、资源管理、变更程序等工作，都需要有相应的方案作为参考。具体来说：

一是要优化施工方案及施工组织设计，按照具体工程情况，作出科学合理且具有针对性的施工方案，制定出合理的施工工序，避免施工过程中发生交叉作

业等问题,以提高施工效率;加强施工进度管理,制定进度计划,运用网络计划技术等先进的管理办法来保证工期目标实现,减少建设期内利息、管理费;考虑施工方案的经济性,达到既不减低施工质量与安全又可使成本最低的效果。

二是要加强材料设备管理,合理编制科学合理的采购计划和库存管理,依据工程进度安排材料设备的采购进场时间,防止由于积压而产生的浪费;加强材料设备的价格控制,尽量实行招标采购、联合采购,从而降低成本;严把材料设备质量关,建立完善的质量检验制度,不合格产品不能进入现场。

三要规范工程变更管理,严格按照变更审批程序办理,施工中如需对工程变更,要及时提出变更申请单,经建设单位、设计单位、监理单位审核同意后方可进行,同时要加强对变更工程量计价的核算,做好变更控制。

四是加强现场管理,建立健全安全生产制度,严防各类事故发生,减少事故发生所带来的损失;加强文明施工管理,减少对周边环境的影响,节约环保治理费用;提高施工人员成本意识,开展技能培训,提高施工速度,减少人工和机械损耗。

3.3 运营维护阶段

运营维护期间的成本把控关乎于项目长线盈利的效果,但是现在还有许多单位处于比较落后的工程运维模式,其主要表现为:运维思想停留在“事后维修”的层面,事后的维修是主流,预防性的、预防式的维修方式较少,对设备运行状态检测不足,容易出故障,进而推高维修成本;技术手段落后,巡检不到位、发现不了潜在问题,运用节能技术少、耗能成本高的问题较多;没有管理机制,缺乏成本科学化核算和考评、费用不到位监督力度不够有浪费;备件管理跟不上,存在备件存库混乱、缺乏重点和过量的现象等,导致备件浪费和资金占用过大等问题的发生,影响整个项目的经济效益。

3.4 废弃处置阶段

废弃处置阶段应树立“绿色环保、资源循环”的理念,按照相关规定和处置要求,科学编制处置计划,规范处置程序,提升资源回收利用率等手段来控制处置成本,规避环保风险。

一是要编制完备的废弃处置规划,项目初设阶段充分考虑后续废弃处置成本及环境保护要求,把废弃处置规划纳入项目全生命周期规划范畴内,在项目管道运行后期进行废弃处置可研,制定具体的废弃处置方案,确定相应的废弃处置流程及技术标准、责任划分等。

二是要规范废弃处置流程,按照环保要求做好废弃处置工作,严格按有关环保规定处置管道内残油,并采取环保方式拆除管道或更换,最大限度降低对周边环境的影响;加强现场废弃处置后场地的治理,对受到油污污染的土壤、地下水等环境污染因子进行有效的恢复治理,确保达标排放;完善废弃处置档案,准确记录每个项目废弃处置时间、工程量、费用等相关数据,受环保部门监管。

三是要提高资源回收利用率,对废弃管道及设备可回收的资源进行分类回收,并利用合适的工艺方法进行资源回收;与专业回收企业合作,充分发挥回收资源的经济价值,减少废弃处置成本。

四是要分清废弃处置工作职责,在规定的范围内落实废弃处置工作,完善废弃处置工作责任制,避免出现因无法落实或不了解造成废弃处置不及时、不规范等情况的发生。

4 结束语

利用物联网、大数据、人工智能等先进信息技术集成,实现了长距离原油管道储运的远程监控、智能预警、精准运维等功能,在长距离原油管道储运的安全保障、工作效率、成本控制方面都表现出很强的应用效果,有效地解决了传统监测模式存在的各种问题,并且有助于推动长距离原油管道储运行业的精细化、智能化、高效化。目前的应用存在技术融合度不够高、信息安全存风险、缺乏相关标准、缺少专业人才等问题,应通过技术上的创新突破和制度的建设、培养出更多的专业人才来加以解决。由于其技术具有不断升级的趋势,所以智能监测系统的运用会更深入的参与到长距离原油管道储运中,对于我国能源安全保障及行业的高质量发展有着很大的助力。

参考文献:

- [1] 李炳鑫. 油气储运工程管道施工方法解析 [J]. 石化技术, 2025, 32(07): 324-326.
- [2] 花小红. 油储运中的安全隐患及防范措施探究 [J]. 产业创新研究, 2022, (16): 149-151.
- [3] 谢季男. 油气储运管道工程现场安全管理监督工作探讨 [C]// 中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会. “2022 智慧规划与管理” 学术论坛论文集. 江苏省苏州市中石油昆仑燃气有限公司, 2022: 426-429.
- [4] 于福仁. 对石油储运工艺安全问题的思考 [J]. 天津化工, 2022, 36(03): 116-118.
- [5] 汪浩, 王谢, 徐佳楠. 原油集输储运过程中节能策略分析 [J]. 石化技术, 2016, 23(10): 34.