

油气长输管道施工建设项目管理分析

李树松（中国石油工程建设有限公司华北分公司，河北 沧州 061000）

李怀珠（华北油田第三采油厂，河北 沧州 061000）

摘要：油气长输管道对现代能源系统至关重要，但其建设管理面临成本超支、工期延误和质量管理不足等挑战。传统项目管理方法存在局限，本文提出使用小波神经网络来评估项目管理绩效，以应对复杂问题。研究对某公司2017至2021年在全国19个地区的管道项目进行评估，发现绩效从2019年第4季度起有所下降，且区域差异显著。建议通过提升施工质量、加强信息化建设、培养高素质管理人才和严格成本控制等措施来优化管理水平和工程质量，确保项目的成功和可持续发展。

关键词：油气长输管道；项目管理；绩效评价

Abstract: Long-distance pipelines for oil and gas are crucial to modern energy systems, but their construction management faces challenges such as cost overruns, schedule delays, and inadequate quality management. Traditional project management methods have limitations in addressing these complex issues. This paper proposes using a Wavelet Neural Network (WNN) to evaluate project management performance to tackle these challenges. The study assesses pipeline projects from a certain company across 19 regions in China from 2017 to 2021, finding a decline in performance since Q4 2019 and significant regional differences. It is recommended to optimize management and engineering quality through measures such as improving construction quality, enhancing information technology, cultivating high-quality management personnel, and enforcing strict cost control to ensure project success and sustainable development.

Keywords: Oil and Gas Long-Distance Pipeline; Project Management; Performance Evaluation

1 引言

油气长输管道在现代能源系统中扮演着至关重要的角色，其建设管理涉及从设计到运营的全生命周期。尽管我国在这方面取得了显著进展，但仍面临成本超支、工期延误、质量管理不足等挑战。传统的项目管理评价方法在处理复杂问题时存在局限性。因此，本文提出应用小波神经网络（WNN）模型来评估项目管理绩效，以应对非线性和多维度的管理难题。通过对某公司管道项目的综合评价，旨在发现管理瓶颈，并提出切实可行的改进对策，以提升项目管理水平和工程质量。

2 油气长输管道施工建设项目管理现状分析

2.1 项目管理内容

油气长输管道建设项目管理涵盖了项目从设计到运营维护的完整生命周期。项目管理分为四个主要阶段：工程设计、工程采购、施工及建造、以及管道运维。施工阶段是管理的核心，涉及启动、计划、实施、控制和结束五个关键环节。在施工过程中，管理重点包括确保工程质量、实施HSE（健康、安全与环境）管理、控制工期进度及成本，并通过内部监督和监理协助实现全过程的质量管控。运营维护阶段则由施工方和管理方共同负责，虽然这个阶段不完全由项目组直接管

理，但在设计阶段需考虑其长期运维需求。油气长输管道建设项目管理的核心模块包括质量管理、进度管理、HSE管理、人力资源管理和沟通管理，确保项目能够在规定时间内顺利完成预定目标，同时满足质量、安全和成本要求。

2.2 项目管理现状

随着工程建设技术和管理模式的不断进步，我国油气长输管道建设取得了重要进展，油气长输管道建设的管理水平显著提高，但仍存在一系列挑战。在成本管理方面，尽管已有三级核算体系（公司、部门、施工），成本超预算现象仍频繁出现，主要因机械设备配置不优或执行不严。工期管理因工程规模和复杂施工环境挑战重重，项目部虽然制定了详细进度计划，并进行监督，但实际施工中仍面临不确定因素，常导致工期延误。施工作业范围通常在项目初期由设计部门确定，但复杂环境和跨国项目经常要求调整，考验项目团队的应变能力。质量管理至关重要，但由于油气管道的高压和易燃特性，质量管理常因过度关注工期和利润而忽视，导致严重事故和损失。沟通管理在油气长输管道建设中尤为重要，尽管信息技术快速进步，实际施工中信息沟通不畅和“信息孤岛”现象仍普遍，影响施工效率和进度。我国的

油气长输管道建设项目管理模式经历了从传统 DBB 模式到 EPC 总承包模式、PMT 项目管理团队模式，再到 IPMT 一体化管理模式的变迁。尽管 IPMT 模式被提及，但实际应用仍较少。

2.3 项目管理中的难题

尽管我国在油气长输管道施工管理上已有半个世纪的经验积累，但仍面临诸多问题。首先，质量管理不严，部分承建企业过度关注收益，忽视质量控制，导致材料不合格，甚至引发严重事故。其次，资金管理亟需改进，大规模的投资需求对资金使用提出了严格要求，任何不合理的资金使用都可能造成巨大损失。信息管理方面，大多数建设单位尚未建立综合信息系统，影响了项目的协调与效率。此外，技术管理不足，技术环节的失误可能带来安全和环境问题。最后，进度管理不够重视，长周期和复杂作业导致工期延误，严重影响了工程按时完成。

3 油气长输管道施工建设项目管理绩效评价模型构建

综上所述，我国油气长输管道建设面临着管理水平不足的严峻挑战，因此科学评估项目管理绩效至关重要。

3.1 评价指标选择

根据对现有研究的梳理，油气长输管道建设项目评价指标体系的构建主要集中在质量管理、成本管理、进度管理、安全风险等方面。其中，质量管理、成本管理和进度管理是最常出现的指标类别。这些指标体系设计旨在全面覆盖项目管理的关键方面，以确保评价的科学性和全面性。

质量管理指标主要包括工程质量合格率 (X_{11})、工程完工准时率 (X_{12})、项目全员劳动生产率 (X_{13})、作业人员施工效率 (X_{14})、单位工程优良率 (X_{15}) 和返工损失率 (X_{16})。这些指标用于衡量施工质量、工程按时完成情况、劳动生产效率以及施工过程中的返工对成本的影响。财务及成本管理指标包括施工人员费用变动率 (X_{21})、利润 + 上交管理费 (X_{22})、净现金流 (X_{23})、完成产值 (X_{24})、资金周转率 (X_{25})、利润完成率 (X_{26}) 和施工材料及设备价格变动率 (X_{27})。这些指标帮助监控费用变化、评估财务运行情况、测量生产总值、检查资金流动性及材料设备价格的波动。进度管理指标涉及施工人员误工率 (X_{31})、施工材料与设备消耗率 (X_{32})、工期实现率 (X_{33}) 和实际与计划工期之比 (X_{34})。这些指标反映了施工进度控

制效果及进度管理的实际情况。安全管理指标包括安全事故发生次数 (X_{41}) 和安全事故伤亡人数 (X_{42})，用于评估项目的安全管理效果和事故处理情况。文明施工及环境管理指标则包括对工程投诉次数 (X_{51}) 和建筑垃圾量 (X_{52})，这些指标反映了工程项目在文明施工和环境保护方面的表现。

3.2 评价模型构建

在项目管理绩效评价中，传统综合评价方法如层次分析法、模糊数学和 TOPSIS 等，存在辨识度低、结果均化、权重主观以及难以处理非线性关系的问题。为解决这些不足，WNN 方法被提出。WNN 结合了小波分析的时频局部化特性和神经网络的自适应性，使用小波基函数替代传统的 Sigmoid 函数作为激活函数，以更高效地处理非线性关系。

WNN 的结构包括三层：输入层、隐藏层和输出层。将评价指标 X_1, X_2, \dots, X_n 作为输入向量，评价结果 Y_1, Y_2, \dots, Y_m 作为输出向量。隐藏层的输出通过小波母函数计算，如下所示：

$$h(j) = h_j \left[\left(\sum_{i=1}^n w_{ij} X_i - a_j \right) / b_j \right], j = 1, 2, \dots, m$$

其中， $h(j)$ 是隐藏层节点 j 的输出值， h_j 是小波母函数， w_{ij} 是输入层到隐藏层的权重， a_j 和 b_j 分别是平移因子和尺度因子。输出层的结果 $Y(k)$ 是通过隐藏层节点的输出值 $h(i)$ 和相应的权重 w_{ik} 计算得到的：

$$Y(k) = \sum_{i=1}^m w_{ik} h(i), k = 1, 2, \dots, l$$

在 WNN 中，权重和小波母函数的参数调整与 BP 神经网络类似，使用梯度下降法来最小化预测误差。预测误差 e 由输出值的预期值 $Y(k)$ 和输出值的预测值 $\hat{Y}(k)$ 求差得到：

$$e = \sum_{k=1}^m Y(k) - \hat{Y}(k)$$

4 某公司油气长输管道施工建设项目管理综合评价及改进对策

4.1 项目管理绩效综合评价

在本节中，我们应用 WNN 模型来评估某公司油气长输管道工程建设项目的管理绩效。评价对象为某公司 2017 年第 1 季度到 2021 年第 2 季度在全国 19 个地区的已竣工油气长输管道工程项目。我们首先通过 Cronbach's α 方法来验证所构建的评价指标体系

的信度,结果如下表所示,所有指标的 α 值均高于0.7,说明指标体系的信度较好。

表1 评价指标的 Cronbach's α 法信度检验结果

质量管理	财务及成本管理	进度管理	安全管理	文明施工及环境管理
0.8477	0.7673	0.8317	0.8268	0.7538

为了进行综合评价,我们选择 Morlet 小波作为小波母函数,并通过交叉验证法将 7182 个样本数据分为 5387 个训练样本和 1795 个测试样本。小波神经网络的结构设定为输入层 21 个节点、输出层 1 个节点,并通过试差法确定了隐藏层的节点数。结果表明,当隐藏层节点数为 30 时,均方误差 (MSE) 最小,为 0.9952,显示出最佳的评价效果。经过训练和测试,小波神经网络模型的均方误差小于 0.001,满足了综合评价的要求。

项目管理绩效综合评价结果如下表所示,该公司油气长输管道工程建设项目的管理绩效在 2017 年第 1 季度到 2019 年第 3 季度较为优秀,但从 2019 年第 4 季度起,绩效有所下滑。同时,不同地区项目管理绩效的标准差较大,表明存在显著差异。因此,该公司需要进一步优化管理绩效,降低内部差异,以提升整体项目管理水平。

表2 某公司油气长输管道工程建设项目管理绩效评价结果

时间	均值	标准差	最小值	最大值
2017.1	1.2764	0.4132	0.7718	1.7810
2017.2	1.6105	0.4155	1.1329	2.0081
2017.3	1.7704	0.4441	1.2395	2.3920
2017.4	1.5388	0.4452	1.1358	2.1031
2018.1	1.5340	0.4517	1.1021	2.1187
2018.2	2.2612	0.4403	1.7584	2.7237
2018.3	2.5489	0.4864	1.9896	2.9066
2018.4	2.5062	0.4545	1.9465	3.0134
2019.1	2.9390	0.4543	2.4514	3.3287
2019.2	2.7774	0.4241	2.2803	3.2205
2019.3	2.2490	0.4135	1.7015	2.7488
2019.4	1.8329	0.6778	1.0480	2.7507
2020.1	1.2601	0.6504	0.6256	1.7388
2020.2	1.7663	0.7981	0.9489	4.4800
2020.3	1.0588	0.7242	0.4394	1.8281
2020.4	1.1739	0.7913	0.2515	1.9538
2021.1	1.0225	0.7436	0.2206	1.8609
2021.2	1.0316	0.8052	0.2187	1.8553

4.2 改进对策分析

为了优化该公司油气长输管道工程建设项目管理,可以从以下几个方面入手:①提升施工质量:加强思想教育,通过培训提高员工对工程质量的重视;建立以项目经理为核心的质量保障组织,并实行“一票否决制”;改进技术管理,结合国际技术标准应对复杂施工环境;完善规章制度,确保质量控制流程清晰且严格执行;②提高信息化建设:强化信息化建设以提高项目管理效率,及时跟踪和分析项目进展,利用信息化技术发现和解决潜在问题。引进先进信息技术,并培养信息化管理人才,制定统一的信息化标准和规范;③培养高素质管理人才:吸引外部高端管理人才,并在内部积极培养现有员工,通过提供发展平台和生活保障,鼓励员工在管理方面深造,提升整体项目管理水平;④控制成本:实施严格的成本预算和控制制度,进行事前、事中、事后的成本管理,设立预算奖惩机制。采用定额控制,依据国家标准设定各类施工定额,确保灵活应对实际情况。优化资源配置,提高人力、材料和设备的使用效率,降低成本。通过这些措施来有效提升该公司的油气长输管道工程项目管理,确保项目质量和成本控制的平衡。

参考文献:

- [1] Alaloul, W.S., Liew, M.S., Zawawi, W. An artificial neural networks model for evaluating construction project performance based on coordination factors[J]. Cogent Engineering,2018,5(1):1-18
- [2] Alexandridis, A.K., Zapranis, A.D. Wavelet Neural Networks with Applications in Financial Engineering, Chaos, and Classification[M]. New Jersey, John Wiley & Sons,2014.
- [3] 池洪建. 对我国油气管道项目推行全生命周期管理的探讨 [J]. 国际石油经济,2014(9):86-91.
- [4] 崔琳,孙毓,牛亚坤. 油气管道项目简化后评价指标体系构建及应用 [J]. 石油工业技术监督,2020(5):14-18.
- [5] 陈峰,何有世. 基于小波神经网络的中小企业人才竞争力评价 [J]. 江苏科技大学学报(自然科学版),2020(3):298-301.

作者简介:

李树松 (1987-), 男, 天津市滨海新区人, 中国石油工程建设有限公司华北分公司项目经理。

李怀珠 (1972-), 男, 河北省沧州市人, 华北油田第三采油厂工程师。