

新形势下油田地面工程造价指标体系的构建与应用研究

景怡人（陕西延长石油（集团）有限责任公司，陕西 延安 710000）

摘要：本文旨在构建适用于数字化、绿色低碳新形势下的油田地面工程造价指标体系。研究首先阐述体系在精细控制、技术革新、管理升级等方面的重要意义。随后设计了包含经济成本、技术效能、绿色低碳、安全风险四维度的指标体系框架，并阐释了指标筛选及权重确定方法。最后，通过延长油田实例对新指标体系进行了验证对比。结果表明，新指标体系在提升造价估算准确性和成本控制方面有较明显优势，为油田工程造价科学管理提供参考借鉴。

关键词：油田工程；造价指标；体系构建；应用

中图分类号：F407.22

文献标识码：A

文章编号：1674-5167（2025）032-0019-03

Construction and Application Research of Cost Index System for Oilfield Surface Engineering under the New Situation

Jing Yiren (Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd., Yan'an Shaanxi 710000, China)

Abstract: This paper aims to construct a cost index system for oilfield surface engineering suitable for the new situation of digitalization and green low-carbon development. The study first elaborates on the importance of the system in fine control, technological innovation, and management upgrades. Then, it designs an index system framework encompassing four dimensions: economic cost, technical efficiency, green low-carbon, and safety risk, and explains the methods for indicator selection and weight determination. Finally, the new index system is verified and compared through a case study of Yanchang Oilfield. The results indicate that the new index system has significant advantages in improving the accuracy of cost estimation and cost control, providing a reference for scientific management of oilfield engineering costs.

Keywords: oilfield engineering; cost index; system construction; application

随着数字化和智能化技术的发展和对于“双碳”绿色目标的提出，我国的时候行业也面临着深入的改革。新形势要求油田地面工程向更高效、更集约、更环保的方向转型。在这一要求下，油田地面工程的成本构成也开始变的越来越复杂，不仅新增了数字化建设成本，碳减排成本，还包括了信息化安全风险成本等。然而，很多油田地面工程造价指标体系仍将重点放在经济成本方面，并且对新技术应用等方面形成的成本 and 环境保护反面的成本无法有效量化。故，为提升油田效益，并实现新形势下的降本增效与绿色发展，构建一套科学的顺应时代发展的科学的工程造价指标体系已成为油田企业迫切的课题。

1 油田地面工程造价指标体系构建的重要意义

油田地面工程造价指标体系的构建在新形势下具有三重核心意义。首先，它赋能企业精准投资与成本精细化管理。基于工作分解结构（WBS）的指标体系能将总成本科学分解至具体工序，使决策者在前期即可对含碳捕集模块的联合站等新技术方案进行精准经济比选。在实施阶段，指标作为目标成本可实现事前预测与事中监控，从根本上提升投资效益。其次，该体系是适应行业数字化与绿色转型的必然要求。通过纳入“数字化模块成本”、“单位产能碳排放强度”等新型指标，它将智能巡检系统全生命周期成本、环

保投入等新要素量化，为预算和结算提供依据，引导技术选型与绿色转型。最后，体系驱动数据资产积累与管理范式升级。标准化指标为分散数据建立统一口径，形成的历史数据库支撑大数据分析，可用于成本预测与风险识别，实现从经验管理向数据驱动管理的战略转变。

2 新形势下油田地面工程造价指标体系的构建

2.1 指标体系框架设计

新形势下油田地面工程造价指标体系的建设重在适应行业的数字化发展，同时响应时代绿色低碳的要求。所以，造价指标体系的框架设计要遵系统性、层次性和便捷的可操作性，以便为后期核心指标的筛选与应用打下良好的基础。

本文的研究采用了三级递阶结构，即“目标层—准则层—指标层”。目标层直接反映了油田地面工程的最终目标，即实现油田地面工程在全生命周期内的造价最优化和管理的精准控制，从而进一步服务于该油田企业的高质量发展战略目标。

准则层是体系框架的核心，该层有四个关键维度。第一，经济成本。经济成本涵盖了从前期投资的预估到最终竣工的全部支出，要确保投资的可控性。第二，技术效能。该维度重点关注工程中新技术的应用产生的成本效益，如数字化智能管控系统的搭建，后期智

能运维成本的节约,该层旨在衡量技术创新应用是否带来实际的经济价值。第三,绿色低碳。为响应时代“双碳”目标的要求,企业必须将一部分成本用于环保举措,如污水净化、废气回收等,环境成本也将被纳入工程决策。最后,安全风险。HSE 管理(健康 Health、安全 safety 和环境 Environment 三位一体管理体系)中需要预留一部分成本作为不确定性成本,用来应对工程突发状况,保障工程安全进行。四个维度共同构建了全面评价的工程造价体系视角。

指标层是石油工程造价体系框架的落地点,该层的设计需要围绕具体工程细节展开,如站场的处理,油气的集输,注水系统等。各指标的来源是工程工作的细化分解,确保每项指标都有明确的工作作业活动对应。如集输管线,可以设置为“单位公里综合造价”指标;联合站,可设置“单座站场投资”指标等。该层指标在定义、计算方法和数据来源上必须绝对明确,这些指标必须可以直接应用于项目各阶段的分析、对比和控制中。

新造价指标体系是一个动态系统。根据技术的不断演进和政策的调整,指标可以进行实时更新和扩充,从而长期适用。

2.2 关键指标的筛选与定义

2.2.1 基于 WBS 的指标结构化分解

依托工作分解结构,将油田地面工程总的造价按项目阶段与工程实体进行分解是指标筛选的首要环节。投资估算时,指标更倾向于宏观和综合性,比如“油田产能建设百万元投资估算指标”,这些指标可以快速评估项目是否可行。到初步设计概算阶段,指标就需要分解到单项工程,例如“一座 5 万方/日处理能力的联合站概算指标”或“公里集输管线($\Phi 219\text{mm}$)概算指标”等。最细致的是施工图预算阶段的指标,这部分指标需要一一对应到分部、分项的工程,如“站场工艺管道每时径米安装费用”、“设备基础混凝土每立方米造价”等,这些指标将被直接应用于招标控制和成本管理。到竣工结算阶段,就需要形成可用于评价的实测指标,如“单位油气当量地面工程实际成本”以便后期其他项目积累精准数据。贯穿项目全生命周期的分解模式,在很大程度上保证了指标和工程的紧密连接。

2.2.2 核心造价指标的内涵与算法

在 WBS 分解基础上,需对核心指标给予明确的释义与规范的计算方法。以“单位长度管线综合造价”为例,其应明确定义为“管线工程从施工准备到竣工验收的全部直接投资与间接费用之和,与管线设计长度的比值”,计算公式为:总造价/管线长度(单位:

万元/公里)。其中,总造价必须涵盖材料费、施工费、防腐费、场地征用及环境补偿等关键成本项。再如“单座站场投资”,需明确其对应的标准设计规模(如原油处理能力 50 万 t/a)和主要功能单元(如分离、脱水、稳定装置),避免因工程范围不一致导致指标失真。“单位处理量能耗成本”则重点反映站场运行能效,计算公式为“年总能耗费用/年处理量(单位:元/吨)”,能耗费用包括电、气、燃料等所有能源消耗的货币化总值。这些清晰的定义与算法是保证指标可比性与实用性的基石。

2.2.3 新形势下的专项指标引入

新形势要求下,油田地面工程造价指标体系必须加入传统范畴之外的专项指标。如数字化模块成本,该指标定义是:为实现站场数字化交付与智能运维所增加的软硬件一次性投资及集成费用。可进一步细化为“SCADA 系统每点 I/O 造价”、“智能仪表覆盖率”等子指标。

据统计,数字化模块投入可使新建站场的后期运维效率提升约 15%,但其成本约占项目总投资的 3%~5%,必须单独计量。另一关键引入指标是“碳捕集与封存(CCUS)附加成本”,用于量化为降低碳排放而采取的技改措施投入,如“吨二氧化碳捕集成本”或“为达到特定排放标准所需的单位环保投资”。这些新指标将绿色低碳与技术创新的外部性要求,转化为内部可衡量的成本参数,为项目决策提供全新维度的重要依据。

2.3 指标权重确定与标准化处理

2.3.1 基于专家研判的权重赋值方法

造价体系指标在综合评价中承担重要角色,需要系统确定其权重。本文研究中,由于油田地面工程有较强的专业特性,主要采用层次分析法(AHP)和专家打分法。在项目实施过程中,首先对主要层次,即目标层、准则层、指标层进行分析,进而构建层次结构模型,并邀请领域资深造价专家和项目经理等对同层级内的要素进行对比比较,构建判断矩阵。然后,通过专家打分法结合细致咨询,对首轮得到的权重进行反馈与修正,直致结果达成共识。如项目前期决策阶段,一般权重较高的指标为“经济成本”,但随着能源战略转型,“绿色低碳”的权重会有明显提升。定性与定量方法相结合,可确保各指标因素权重分配符合数理逻辑。

由于各项指标的量纲与数量级存在显著差异(如造价单位为“万元”,能耗单位为“吨标煤/吨油”),直接进行综合计算会扭曲真实信息。因此,必须对原始数据进行标准化(无量纲化)处理。对于效益型指

标（如设备国产化率）和成本型指标（如单位造价），需分别采用不同的算法。通常可采用极值处理法，将指标值映射到 [0,1] 区间。设 x 为某指标原始值， x_{\max} 和 x_{\min} 分别为其样本最大值和最小值，则成本型指标标准化公式为： $x' = (x_{\max} - x) / (x_{\max} - x_{\min})$ 。经过此处理，不同性质的指标值转化为可相互比较的无量纲数值，为后续构建综合造价指数、进行多方案横向对比奠定了计算基础。

3 油田地面工程造价指标体系的应用与实证研究

3.1.1 案例背景介绍

本文研究案例选自延长石油集团“延 203 井区地面工程”。该项目 2023 年竣工，投资数据完备：概算总投资 23650.78 万元，合同造价 1.41 亿元。建设内容明确：（新建集气站 2 座、改扩建 1 座，敷设采集气管线 102.1km，建成产能 1.1 亿 m^3/a ）。

项目建设前期工期紧张，协调难度大，数字化管控不足，低碳工艺应用不足导致能耗较大。中后期经过造价指标体系的重新构建，在项目施工上实现了数字化调控、智能计量和数据实时采集，并显著降低了能耗。该项目总投资包含站场建设、管线敷设山地环境治理等多方成本，构成复杂，同时在工程上采取 PC 总包模式，故造价管理需要顾及业务方投资控制和总包方成本分解双重的需求。该项目特点较方便验证新造价指标体系效用。

3.1.2 基础数据收集与整理

数据来源包括项目概算书、竣工结算报告及企业能耗监测系统。关键数据整理如下：

经济成本数据：站场单位造价（万元/座）、管线综合造价（万元/km），其中集气管线单位长度投资受山地施工影响较平原地区上浮约 18%；

技术效能数据：数字化系统投入占比（占设备采购费的 5.2%）、单位产能能耗（吨标准煤/万立方米），参考同类项目，其单位天然气集输能耗为 185.32kg 标准煤/万立方米；

绿色低碳数据：基于项目节能报告，碳排放强度（吨 $\text{CO}_2/\text{万 m}^3$ ）通过能耗数据折算；

安全风险数据：HSE 专项费用占比（占总投资的 3.1%），依据项目安全评估文件提取。

所有数据均按 WBS 层级归类，确保与指标体系维度一一对应。

3.2 实证分析过程

3.2.1 应用新指标体系进行成本测算与分析

本研究数据主要来源于项目概算书、竣工结算报告及企业能耗监测系统。经济成本方面，集气管线因山地施工致单位长度造价较平原地区上浮约 18%；

技术效能数据显示数字化系统投入占设备采购费的 5.2%，单位集输能耗为 185.32kg 标准煤/万立方米；绿色低碳与安全风险维度分别通过能耗折算与安全评估获取碳排放强度及 HSE 费用占比（3.1%）。所有数据均按 WBS 层级进行归类，以确保与指标体系各维度准确对应。

3.2.2 与传统造价管理方法的对比分析

与传统仅关注经济指标的方法相比，新体系展现出显著差异（见表 1）：

表 1 新旧方法对比分析

对比项	传统方法	新指标体系	差异分析
成本覆盖范围	仅直接工程费	全生命周期成本	新增数字化、碳减排等隐性成本核算
能耗管控维度	无专项指标	单位产能能耗强度	关联能耗与产出，揭示能效短板
决策支持效果	基于历史数据类比	多维度动态预警	提前识别山地施工导致的成本超支风险

4 结语

适应新形势构建的油田地面工程造价指标体系，是顺应时代发展和推动行业降本增效的必然举措。本文实证了，融合经济、技术、低碳与安全的多维度指标体系，可以有效应对传统造价管理在面对数字化转型时期的片面与滞后的问题，同时为控制成本和有效决策提供了科学依据。未来，大数据和人工智能技术的进一步发展，石油工程造价指标体系也向智能决策和动态预测方面发展，最终逐渐完成有点地面工程造价管理从被动核算到主动优化的演进。

参考文献：

- [1] 王星源. 考虑环保因素下对油田建设工程总造价的管理 [J]. 建设监理, 2025, (05): 57-59+75.
- [2] 赵婧嫣. 油田工程项目全面造价管理问题及对策研究 [J]. 化学工程与装备, 2024, (08): 176-178.
- [3] 张秋霞, 宁波, 徐娇. 如何在油田公司造价管理中推广应用全费用综合单价计价模式 [J]. 中国总会计师, 2022, (12): 179-182.D
- [4] 吕云涛. 工程造价对油田地面建设工程质量的影响分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(01): 78-79.
- [5] 孙茗钰. 油田地面工程造价管理中的问题分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2021, 35(09): 32-33.
- [6] 黄婕, 李懿. 全面动态造价管理在油气田地面建设中的应用——以某油气田公司净化厂为例 [J]. 天然气技术与经济, 2021, 15(03): 80-84.

作者简介：

景怡人（1988-），女，汉族，陕西延安人，本科学历，造价工程师，研究方向：石油石化造价。