

天然气管道工程全生命周期的“ESG（环境、社会、治理）”管理框架研究

曹世豪 郭奕成 乔姊汝（国家石油天然气管网集团有限公司建设项目管理分公司，河北 廊坊 065000）

摘要：伴随可持续发展理念的深度落实，天然气管道工程面临环境影响、社会责任及治理效能方面的问题，本文从全生命周期管理的维度出发，全面梳理天然气管道工程在设计、构建、运营与终结各阶段的ESG需求与风险特性，搭建契合此类工程的环境-社会-治理整合管理架构，经由指标体系编排、流程整合与绩效考评体系，摸索ESG理念在工程实践里的应用路径方向，助力天然气基础设施绿色转型与高质量发展，提供理论依据与实操方案。

关键词：天然气管道工程；生命周期管理；ESG；绩效评估

中图分类号：TE832 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-5167（2025）028-0103-03

Research on the "ESG (Environmental, Social, and Governance)" Management Framework for the Entire Life Cycle of Natural Gas Pipeline Projects

Cao Shihao, Guo Yicheng, Qiao Ziru (National Oil and Gas Pipeline Network Corporation Limited Construction Project Management Branch Company, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: With the in-depth implementation of the concept of sustainable development, natural gas pipeline projects are confronted with issues such as environmental impact, social responsibility, and governance effectiveness. This article starts from the perspective of full life cycle management, comprehensively sorts out the ESG requirements and risk characteristics of natural gas pipeline projects in each stage of design, construction, operation, and termination, and builds an integrated management framework of environment, society, and governance that fits the project. Through the arrangement of the indicator system, process integration and performance evaluation system, the application of ESG concepts in engineering practice is explored to facilitate the green transformation and high-quality development of natural gas infrastructure, providing theoretical basis and practical solutions.

Key words: Natural gas pipeline engineering Life cycle management; ESG; Performance evaluation

1 天然气管道工程生命周期特点与 ESG 管理需求

1.1 管道工程全生命周期阶段划分与特性

天然气管道工程全生命周期涵盖规划设计、建设施工、运行维护以及退役四个阶段，不同阶段的目标、资源投入规模、环境影响效应和管理重点范畴存在明显差异，规划设计阶段聚焦于选址合理性以及环境可行性的评估工作；施工建设阶段风险系数偏高，容易造成生态的破坏和安全上的事故；运行维护阶段把重点放在安全运行、应急处理以及能源高效利用上；退役阶段把目光投向设施拆除和环境恢复事宜，各阶段的ESG关注点存在不同，需设定有区分却协同一体的管理对策，保障全流程风险受控、职责清晰、绩效连贯。

1.2 ESG理念在能源基础设施中的适配性分析

ESG理念于能源基础设施范畴的适用性，在于它跟能源项目多样风险的高度相符程度，就环境（Environmental）维度而言，ESG促进对天然气管道影响、生态系统、温室气体排放以及水土资源状况的

管理，推动实现绿色选址及低碳化施工；聚焦社会维度来说，协调多方利益相关者的互动，保护员工及社区安全健康，增进项目受社会认可水平；在治理（Governance）方面，聚焦制度规程、透明度及合规治理，增强组织管控效能，落实风险预警要求，作为一套体系框架结构，ESG可贯穿各个阶段，做到指标的量化达成与闭环管理，为能源基础设施全生命周期管理赋予科学且高效的助力。

1.3 各阶段 ESG 风险与管理要素辨析

天然气管道工程在全生命周期内面临多元且阶段性突出的ESG风险，需据此配置针对性的管理要素与策略。在规划设计阶段，主要风险包括线路选址对生态敏感区的干扰、地方发展规划冲突等问题，管理要素应聚焦于环境影响预测、公众意见征集及合规性审查；建设施工阶段则是ESG风险最为集中的时期，易发生水土流失、大气污染、安全事故与劳工权益问题，管理重点在于落实环保标准、现场安全管控、劳务关

系治理及社区协调机制；运行维护阶段的 ESG 风险主要体现在泄漏事故隐患、长期运营对沿线环境与居民健康的潜在影响，以及信息披露与应急响应能力的不足，对应管理要素包括智能化监测、绿色运维体系和公众沟通平台；退役阶段则需重点防范设施废弃物对环境的二次污染和土地资源再利用冲突，管理工作应侧重于生态修复、合法处置和责任交接机制的完善。

2 天然气管道工程 ESG 要素管理体系构建

2.1 环境维度的目标设定与控制路径

天然气管道工程的环境要求全过程削减排放、全环节严格控制、全区域全面保护的原则，关键指标涵盖温室气体排放强度、施工阶段污染物排放总量、土地受扰动面积及生态复原率等，以碳排放控制为例，依照《管道工程碳排放核算技术指南》开展相关工作，借助工程设计参数与排放因子创建碳足迹模型，实现定量目标的达成。例如：要把建设期单位长度的管道碳排放控制在 $5.2\text{t CO}_2/\text{km}$ 以内，生态扰动范围恢复比例达到 95% 以上，目标值需结合工程所在区域的生态敏感程度、排放基准相关数值与国家“双碳”政策要求做科学校正，保证既具备可达性又彰显前沿性。

在控制路径所涉及范畴，需构建起包含“设计源头预控—施工过程减排—运行绿色优化—退役生态修复”的全环节控制链条，在启动设计流程的阶段，首选低碳材料（如高强钢、PE 复合管），优化线路走向，避开自然保护区，减少起始阶段环境负荷；施工时引入装配式的作业流程、清洁能源设备组合与施工封闭区生态围挡技术体系，压缩扰动区域，减少扬尘逸出；运行阶段采用智能化 SCADA 系统进行泄漏情况监测与能效优化治理，可使年运行阶段甲烷逸散率降低到 0.1% 以下水平；到退役阶段采用原位复垦以及生境重建手段，依靠遥感监测实施修复成效评估，实现生态系统功能恢复成效，经由全环节指标量化与动态管控，实现环境目标精细闭环式掌控。

2.2 社会责任履行机制与公众沟通策略

从天然气管道工程的角度看，社会责任履行机制的核心是建立覆盖项目全阶段的利益相关者管理模式，做到施工影响最小化处理，充分保障社区权益不受侵害，落实劳工合法权益，可采用的机制有设立由政府、企业、社区代表共同参加的“社会影响评估与监察委员会”，承担起对项目在用地、施工扰民、迁移补偿等方面合规性与合理性的审查工作；构建公开透明的劳务用工规程，让外来施工人员的安全培训、工资支付与工作环境，达到《劳动法》及《建筑工人实名制管理办法》标准；在工程关键阶段设置“社会责任履行节点展示牌”，实时公开履约情况，增强责

任担当与社会公开透明度。

在公众沟通策略范畴，把“信息实现主动公开、沟通做到持续推进、反馈机制达成有效”作为基本规范，经由多渠道方式搭建双向互动枢纽，项目初始阶段，由环境影响评价（EIA）听证会、社区会谈等形式收集居民建议，撰成《利益相关者沟通交流台账》；施工阶段设立“公共沟通专员”职位及全天响应热线，即刻处理投诉；运行阶段定期披露“管道运行社区影响年度报告”，公开有关噪声、空气质量、管道安全的监测数据，提升居民的安全体验与信任认知，积极推动搭建项目周边社区合作基金，用于教育促进、医疗完善及基础设施修缮，实现企业跟社区的正向互动及共建共享。

2.3 治理结构与管理制度的系统集成

处于天然气管道工程 ESG 治理结构设计的阶段中，系统集成核心方面是做到制度嵌入跟组织机制协同运行，ESG 治理理念应融入公司治理的顶层设计层面，建立由董事会或项目管理委员会直接领导的“ESG 战略决策与监督团体”，跟工程管理、环境安全、社会事务、合规法务等职能模块构建纵向贯通与横向协同机制。基于矩阵式管控理念，实施《天然气管道工程 ESG 职责清单》的细致化操作，界定投资主体、总承包单位至施工班组各层面责任划分及履责办法，杜绝责任搁置与执行断层，着眼于关键控制节点（如选址敲定、重大施工变更操作、隐患整治）建立“管理审批与问责互动机制”，提高制度刚直性与执行闭环的连贯性，依靠引入 RACI 模型（责任、审批、协商、知情）手段，提高治理决策的公开度及执行效率。

制度运行囊括制度编排、执行检验、动态优化的闭环机制，保障 ESG 治理拥有适应性 with 持续优化能力，制定《ESG 制度体系图谱与运行逻辑图》，涉及环境合规制度体系，且搭配“制度版本更新与适应性审查机制”。并研发数字化治理手段，如 ESG 指标综合管控系统（KPIs Dashboard）、项目 ESG 风险全景图谱与预警模式，做到治理制度跟数据驱动的深度融合效果，依靠技术赋能、制度升级与组织协同推进，助力管道工程 ESG 治理体系自“合规导向”向“绩效导向”过渡，完成工程管理绿色、安全、透明及可持续的目标。

3 ESG 管理框架在天然气管道工程中的应用路径

3.1 生命周期 ESG 指标体系设计

天然气管道工程的生命周期 ESG 指标体系设计应遵循“全周期覆盖、分类分级、动态可量化”原则，涵盖环境、社会和治理三大维度，构建基础指标、关键绩效指标和战略指标三级结构，分别用于日常监测、重点控制和决策支持。环境指标包括碳排放强度、水

资源利用和生态扰动比例,社会指标涵盖公众满意度、用工合规率和安全事故率,治理指标关注信息披露、合规审计和合同履约风险。指标权重根据项目阶段动态调整,并采用风险分级管理提升预警能力。

为确保指标体系的可实施性与数据获取的可行性,应依托数字化平台构建 ESG 指标采集与分析系统。各类数据来源包括现场智能传感设备、建设管理系统(如 BIM+GIS 平台)、第三方监测报告及公众调查问卷等,采用数据接口统一归集,建立 ESG 指标数据库,实现指标的自动计算与可视化呈现。在指标评价方法上,可采用 AHP(层次分析法)与熵权法结合方式进行权重分配,确保评估结果的科学性与客观性。并配套建立指标预警与反馈机制,形成“发现—响应—评估—优化”闭环管理路径。

3.2 ESG 管理与工程建设流程的融合方式

达成 ESG 管理跟天然气管道工程建设流程深度融合,应于项目启动、设计、施工、运营等关键环节融入 ESG 控制要点与评价体系,具体途径是在项目立项阶段开展全面的 ESG 风险排查,把环境影响、社会责任、治理合规事项纳入可行性研究报告及投资决策考量范畴;设计阶段应采用绿色设计的相关标准,明确材料抉择、线路优化及生态保护措施的 ESG 规范,于设计评审当中打造专门的 ESG 审核节点,使设计方案契合环境与社会可持续性的相关指标,施工的时候创建环境管理体系(EMS)以及社会责任管理体系,把扬尘管控、水土涵养、劳工保障、社区交流等具体举措融入日常施工规划与考核范畴,同步借助数字化项目管理平台对 ESG 关键指标实施实时监测,助力动态调整及风险防范。

处于运营和维护阶段之际,需实现 ESG 管理制度与日常运维流程的无间衔接,构建智能监控系统实现对泄漏、排放、安全事件的即时预报与快速响应举措,提高对环境及社会作用的管控水平,构建专属的 ESG 绩效评估体系,定期归拢运行数据,组织多元利益相关角色参与绩效查核,推动信息公开与责任分摊,凭借全方位、多层面的管理格局,使 ESG 理念渗透工程建设每一阶段,不单单实现合规目标,更促进绿色施工、社会和谐同治理优化深度聚合,增强项目全面可持续发展动力。

3.3 ESG 绩效评估与持续改进机制

ESG 绩效评估跟持续改进机制是天然气管道工程可持续管理成效得以保障的关键,以国内某大型跨省的天然气管道项目为例,此项目凭借搭建数字化平台支撑的 ESG 绩效监测体系,达成了针对环境排放、社区满意度及治理合规的全要素动态监管。

首先确定关键绩效指标(KPIs),诸如施工扬尘浓度实时监测指标、施工区安全事故发生概率及信息披露的透明程度,再经由物联网设备和公众反馈模块同步采集数据,产出月度与季度报告,给管理层决策做参考,评估阶段发现施工扬尘超标问题频发之后,项目团队迅速调整了相关施工工艺,采用喷雾降尘加封闭施工的技术,扬尘浓度经改进后平均降幅 35%,切实降低环境压力。

项目另外构建了围绕 PDCA(计划—执行—检查—行动)循环的持续改进模式,评估结果反馈给施工单位外,驱动多方面介入改进措施的规划,公众满意度调查显示,部分社区对施工期间噪声管控感到不满,经听取意见,项目组优化施工时间布局,进一步推进噪声屏障建设,此后满意度上扬 20%,依靠定期查验 ESG 指标、实施多领域沟通与技术优化调整,项目实现管理手段的闭环更新及效果逐步增强。

4 结束语

天然气管道工程全生命周期内实施系统化的 ESG 管理框架,是实现绿色低碳、安全高效和社会和谐的关键保障。通过科学划分生命周期阶段,精准识别和管控环境、社会与治理风险,构建闭环的管理机制和绩效评估体系,能够有效提升工程的可持续发展水平,推动能源转型与高质量发展。

参考文献:

- [1] 林喆.环境、社会与治理(ESG)审计中的数字推理与风险评估[J].知识经济,2025,721(21):118-121.
- [2] 余东升.ESG 表现与企业环境绩效:效应评估和机制检验[J].现代经济探讨,2024(10):91-103,132.
- [3] 吴后宽.企业管理视域下 ESG 表现影响因素分析及推进策略[J].时代经贸,2025,22(1):105-108.
- [4] 熊云鹏.基于全生命周期的天然气管道工程项目管理方式[J].中国化工贸易,2021(2):180-181.
- [5] 郭庆祥.天然气管道建设项目全生命周期风险管理研究[J].中国管理信息化,2016(21):105-106.

作者简介:

曹世豪(1995—),男,汉族,辽宁辽阳人,毕业于辽宁石油化工大学,硕士研究生,助理工程师,研究方向:工程管理。

乔姊汝(2000—),女,汉族,河北石家庄人,毕业于西南石油大学,大学本科,助理工程师,研究方向:工程管理。

郭奕成(1993—),男,汉族,辽宁朝阳人,毕业于长江大学,硕士研究生,中级工程师,研究方向:工程管理。