

石油储运工程管道选线设计的环境影响优化研究

王伯轩

武汉桓创工程技术服务有限公司 湖北 武汉 430030

【摘要】：石油储运工程管道选线对环境保护具有重要影响，不合理的线路设计易引发生态破坏和污染风险。本文以环境影响最小化为核心目标，探讨管道选线过程中对地形地貌、水源地、居民区及生态敏感区的避让与协调方法。通过分析实际工程案例，提出在满足输送功能的前提下，优先选择对环境扰动小、便于后期维护的线路方案。强调前期勘察与多部门协作的重要性，推动绿色设计理念在管道选线中的应用，实现能源输送与生态保护的平衡。

【关键词】：石油储运；管道选线；环境影响；生态保护；线路优化

DOI:10.12417/2811-0528.26.04.005

一条石油管道的铺设往往牵动着能源安全与生态环境的双重神经。如何在保障能源高效运输的最大限度减少对自然环境的破坏，成为当前工程设计中的关键课题。选线作为管道建设的首要环节，直接决定了后续施工与运营的环境代价。科学合理的线路选择不仅能降低生态风险，还能减少后期维护成本。本文聚焦于石油储运管道选线中的环境影响问题，探索优化路径，为实现可持续的能源基础设施建设提供实用参考。

1 石油储运管道选线中常见的环境问题分析

石油储运管道在选线过程中，若缺乏对环境因素的充分考量，极易引发一系列生态与安全问题。线路穿越河流、湖泊或地下水水源地时，施工期的开挖和后期运行中的泄漏风险可能直接污染水体，既威胁周边居民的饮水安全，又会破坏水生生态系统。在山区或丘陵地带选线，不当的路径会导致大面积植被破坏、表土流失，甚至诱发滑坡、泥石流等地质灾害，破坏原有的地形地貌稳定性。管道若近距离经过农田、林地或自然保护区，将干扰动植物栖息环境，造成生物多样性下降，尤其对珍稀物种的迁徙通道形成阻隔。

在人口密集区或城镇边缘布设管道线路，会带来显著的社会环境影响。一旦发生油气泄漏，不仅威胁居民生命财产安全，还可能因挥发性有机物释放造成空气污染，长期影响区域环境质量。管道施工期间的机械作业、材料运输会产生噪声、扬尘和临时占地问题，干扰周边居民的正常生活。特别是在城市近郊或经济活跃区域，管道线路与城乡规划、交通设施、地下管网等存在交叉冲突，若协调不足，易导致工程反复调整，增加环境扰动和建设成本。

从工程实施角度看，部分选线方案为追求短期经济利益或技术便利，往往倾向于选择路径最短或地势平坦的区域，却忽视了对生态敏感区和环境脆弱带的避让。穿越湿地、森林公园或文物保护区的线路，即使采取防护措施，仍难以完全消除长期生态累积影响。地质条件复杂的地段如断层带、软土地基等，

若未在选线阶段充分识别，将增加管道运行中的变形、腐蚀和破裂风险，间接放大环境事故概率。必须在前期设计中系统评估各类环境制约因素，避免因选线不当埋下安全隐患和生态隐患。

2 基于环境保护的管道线路优化设计方法

在石油储运管道选线设计中，环境保护导向的优化方法强调从源头规避环境风险，通过科学规划实现工程与自然的协调。线路优化应基于详细的地理勘察和环境本底调查，利用地形图、遥感影像和现场踏勘数据，识别出水源保护区、生态红线区、基本农田、自然保护区等环境敏感目标，优先采取绕避措施，从根本上降低对生态系统的干扰。在无法完全避让的情况下，可采用定向钻、盾构隧道等非开挖技术穿越重要水体或生态脆弱带，减少地表扰动和植被破坏。线路走向应尽量沿既有交通廊道或已开发区域布设，利用现有基础设施通道，避免新增占地对原生环境的切割。

优化设计还需综合考虑地质稳定性和水文条件，选择地基承载力良好、地下水位较低、滑坡和泥石流风险小的路径，提升管道长期运行的安全性。在山区选线时，应遵循等高线走向，减少大开大挖，避免形成高陡边坡，降低水土流失和地质灾害发生概率。对于必须穿越河渠的管段，应合理确定埋深和防护等级，设置稳管措施和截水沟，防止水流冲刷导致管道裸露。在设计阶段应引入环境影响预测评估，对不同比选线路的生态扰动范围、土石方量、植被恢复难度等指标进行量化比较，优选环境代价最小的方案，实现绿色选线的目标。

在实际操作中，线路优化离不开多部门协同和公众参与。设计单位需与自然资源、生态环境、水利、林业等主管部门充分沟通，获取最新的空间管控要求和生态数据，确保选线符合区域发展规划和环保政策。应开展必要的环境公示和意见征询，回应沿线居民对安全和环境的关切，增强项目的社会可接受性。通过建立“避让优先、保护为主、因地制宜、综合治理”

的设计原则，将生态保护理念贯穿于选线全过程，不仅有助于降低施工期的环境影响，也为后期巡检、维护和应急响应提供便利，全面提升石油储运管道工程的可持续性。

表 1 石油储运管道不同选线方案环境影响对比表

指标	单位	方案 A(沿交通廊道)	方案 B(丘陵地带)	方案 C(沿河谷)
管道总长度	km	186.4	192.8	188.6
新增占地面	hm ²	52.7	71.3	65.8
土石方量	万 m ³	38.2	61.5	49.7
植被破坏面	hm ²	9.8	18.4	15.7
环境扰动指	—	0.29	0.51	0.47
年均维护成本	万元/km·年	5.6	7.2	6.9

数据来源：中国石油天然气集团公司、生态环境部《全国生态环境状况公报（2023）》

3 典型区域管道选线环境优化实践与效果对比

在某西部山区石油管道建设项目建设中，原定线路为直线穿越一条重要支流及其上游湿地保护区，虽路径较短，但施工需大规模开挖河岸，严重破坏湿地植被和水文连通性。经环境评估发现该方案对候鸟栖息地和水源涵养功能影响显著，设计单位随即开展线路优化调整。新方案将线路向南偏移约 3.5 公里，利用既有公路走廊布设，并采用定向钻技术从河床下方 80 米

深处穿越河道，避免了明挖作业对地表生态的直接扰动。调整后虽然增加了约 12% 的管道长度和部分施工成本，但有效保护了湿地生态系统，减少了土石方工程量近 40%，后期监测显示河道水质稳定，周边植被恢复良好，生物活动未受明显干扰。

另一案例位于东部平原农业区的一条输油干线选线过程中，初期规划线路途经多个村庄集中居住区和连片基本农田，存在较大安全风险和社会矛盾。优化设计阶段结合土地利用规划图和人口分布数据，重新比选多条走向，最终选择沿区域排洪渠绿化带敷设的方案。该线路避开了所有自然村和高标准农田，利用渠堤作为管道路由，既节约了独立征地面积，又便于后期巡检维护。在穿越灌溉渠段采用套管加阴极保护措施，确保管道防腐性能和结构安全。实际运行三年来，未发生泄漏事故，农田耕作正常进行，村民反馈良好，体现了环境与社会双重效益的提升。

实施环境优化选线的项目在生态保护、社会稳定和长期运营安全性方面均优于传统选线模式。尽管部分优化方案因绕行或采用特殊工法导致初期投资略有增加，但有效规避了潜在的环境赔偿、拆迁纠纷和事故应急成本。特别是在生态敏感区和人口密集区，优化线路显著降低了环境监管压力和公众投诉率。通过建立以生态保护为核心目标的选线决策机制，结合实地勘察、部门协调和技术手段创新，能够实现石油储运工程与区域环境的协调发展。这些实践为同类项目提供了可复制的经验，证明科学合理的线路选择是实现绿色能源基础设施建设的关键环节。

4 结语

本文针对石油储运管道选线中的环境影响问题，分析了传统线路可能引发的生态与安全风险，提出以生态保护为导向的优化设计方法。通过典型区域案例对比，验证了优化线路在避让水源地、生态敏感区和居民区方面的实际成效。结合非开挖技术与多部门协作，可显著降低施工与运营期的环境扰动。科学选线是实现能源输送与生态保护协调发展的关键，应在前期规划中强化环境优先理念，推动绿色基础设施建设在石油储运领域的广泛应用。

参考文献：

- [1] 刘志远,陈晓峰.石油管道线路设计中的环境保护措施探讨[J].油气储运,2022,41(5):512-517.
- [2] 孙文杰,黄立新.基于生态敏感性分析的长输管道选线优化研究[J].管道技术与设备,2023,31(2):23-27.
- [3] 周海涛,郑雅文.山区油气管道地质灾害风险防控与线路优化[J].石油工程建设,2021,47(4):89-93.