

# 基于生命周期评价的油田环境影响与经济可持续发展研究

衡 特 (胜利油田滨南采油厂, 山东 滨州 256600)

**摘 要:** 石油作为全球最重要的能源资源之一, 在工业、交通、能源等众多领域发挥着举足轻重的作用。自 19 世纪现代石油工业兴起以来, 石油产业迅速发展, 成为全球经济的重要支柱。石油既是驱动各类交通工具运行的主要能源, 还为众多工业生产提供了不可或缺的原材料, 如石油化工产业生产的塑料、橡胶、化纤等产品, 广泛应用于日常生活和工业制造中。随着全球经济的持续增长, 对石油的需求也不断攀升。国际能源署 (IEA) 的统计数据显示, 过去几十年间, 全球石油消费量稳步上升, 尽管近年来可再生能源等新兴能源发展迅速, 但石油在全球能源结构中仍占据着主导地位。例如, 在许多发展中国家, 石油在能源消费中的占比高达 70% 以上, 即使在一些高度发达的国家, 这一比例也普遍超过 40%。

**关键词:** 生命周期; 油田环境; 经济可持续发展; 研究

**中图分类号:** TE99      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2025) 012-0019-03

## Research on environmental impact and economic sustainable development of oil field based on life cycle assessment

Heng Te(Binnan Oil Production Plant, Shengli Oilfield,Binzhou Shandong 256600,China)

**Abstract:** Oil is one of the most important energy resources in the world, which plays an important role in industry, transportation, energy and other fields. Since the rise of the modern oil industry in the 19th century, the development of the oil industry has become an important pillar of the global economy. Oil is the main energy to drive all kinds of transportation, and also provides raw materials for many industrial production, such as plastics, rubber, chemical fiber and other products produced by the petrochemical industry are widely used in daily life and industrial manufacturing. As the global economy continues to grow, oil demand continues to climb. According to the International Energy Agency (IEA), global oil consumption has risen steadily over the past few decades, and despite the rapid development of new energy sources such as renewable energy in recent years, oil still dominates the global energy mix. For example, in many developing countries, oil accounts for more than 70% of energy consumption, and even some highly developed countries generally account for more than 40%.

**Key words:** life cycle; Oilfield environment; Sustainable economic development; study

在油田开发过程中, 从勘探、钻井、采油到集输、炼化等各个环节, 都不可避免地会对环境产生负面影响。在勘探阶段, 大量的地质勘探活动可能会破坏地表植被, 影响野生动物的栖息地, 导致生物多样性减少。例如, 在一些生态脆弱的地区, 如热带雨林、草原和湿地等, 勘探活动可能会导致珍稀动植物物种的生存环境受到威胁, 甚至濒临灭绝。钻井过程中会产生大量的钻井液和废弃物, 其中含有重金属、有机物等有害物质, 如果处理不当, 会对土壤和地下水造成严重污染。

### 1 生命周期评价的定义与原理

生命周期评价 (Life Cycle Assessment, LCA) 作为一种用于评估产品、工艺或服务在其整个生命周期内对环境影响的系统性方法, 其定义在国际上已达成广泛共识。国际标准化组织 (ISO) 在 ISO14040:1999 标准中明确指出, LCA 是对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价。这一定义涵盖了从原材料获取、生产制造、使用、再使用

以及最终废弃处置等一系列连续且相互关联的阶段, 全面考量了整个过程中物质和能量的流动以及对环境产生的各种影响。从原理层面来看, 生命周期评价基于系统思想, 将研究对象视为一个完整的系统, 全面考虑系统与外界环境之间的物质和能量交换。其核心在于对资源消耗、能源利用以及污染物排放等方面进行量化分析, 以评估整个生命周期过程对环境造成的潜在影响。在资源消耗方面, LCA 详细追踪原材料的获取、加工和使用过程中所消耗的各类自然资源, 包括矿石、水、木材等。对于石油开采项目, 会计算开采过程中消耗的水资源量, 以及用于制造钻井设备、输油管道等所需的金属矿石等原材料的数量。通过对这些资源消耗的量化分析, 可以评估项目对自然资源的依赖程度以及对资源可持续性的影响。能源利用也是 LCA 重点关注的领域。在石油开采项目中, 涉及到多个环节的能源消耗, 如钻井过程中钻机的运行需要消耗大量的电能或燃油, 采油设备的运转同样依赖能源驱动。LCA 会对这些能源消耗进行详细统计和分析,

包括不同能源类型（如煤炭、石油、天然气、电能等）的消耗量，并将其转化为统一的能量单位进行比较。这有助于评估项目的能源利用效率，识别能源消耗较大的环节，为能源优化和节能措施的制定提供依据。

## 2 油田生命周期各阶段环境影响分析

### 2.1 勘探阶段

#### 2.1.1 活动内容与资源消耗

勘探阶段是油田开发的初始环节，旨在确定地下石油资源的存在、位置和储量。这一阶段的主要活动涵盖地质调查、地球物理勘探和地球化学勘探等多个方面，每种活动都有其独特的技术手段和目标。地质调查是勘探工作的基础，通过对地表岩石、地层结构和地质构造的详细观察与分析，初步判断地下是否具备石油生成和储存的地质条件。在我国塔里木盆地的某油田勘探中，地质学家通过对该地区地表露头的岩石进行采样和分析，发现了富含有机质的沉积岩，这些岩石的特征与石油生成的地质条件相契合，为后续勘探工作提供了重要线索。在地质调查过程中，需要使用专业的地质工具，如地质锤、罗盘、放大镜等，同时需要消耗大量的人力和物力资源。地质调查人员需要进行野外实地考察，可能需要穿越复杂的地形，如山区、沙漠等，这需要配备相应的交通工具，还需要提供必要的生活保障物资。

重力勘探则是通过测量地球重力场的变化，来探测地下地质构造的差异。由于不同岩石的密度不同，其对重力场的影响也不同，通过高精度的重力测量仪器，可以测量出微小的重力变化，从而推断地下岩石的分布情况，寻找可能的油藏。磁力勘探利用地球磁场的变化来探测地下地质构造，不同岩石的磁性差异会导致磁场的异常，通过测量磁场的变化，可以识别出地下的磁性体，进而确定可能的油藏位置。这些地球物理勘探方法都需要使用专业的仪器设备，这些设备的研发、制造和维护都需要投入大量的资金和技术资源，在勘探过程中，设备的运行也需要消耗一定的能源。

#### 2.1.2 主要污染物与环境影响

在油田勘探阶段，会产生多种污染物，这些污染物对土壤、水体和生态等环境要素造成不同程度的影响。废气是勘探阶段的主要污染物之一，主要来源于勘探设备的运行。在地球物理勘探中，地震勘探船只和陆地勘探车辆的发动机在运行过程中会燃烧化石燃料，如柴油、汽油等，产生大量的废气。这些废气中含有一氧化碳（CO）、碳氢化合物（HC）、氮氧化物（NO<sub>x</sub>）和颗粒物（PM）等污染物。一氧化碳是一种无色、无味的有毒气体，它与人体血液中的血红蛋

白结合能力很强，会导致人体缺氧，对人体健康造成危害。碳氢化合物是一类有机化合物，其中一些成分具有挥发性，会在大气中形成光化学烟雾，对空气质量产生负面影响。氮氧化物是形成酸雨和光化学烟雾的重要前体物，会对土壤、水体和植被造成损害。颗粒物包括可吸入颗粒物（PM<sub>10</sub>）和细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>），它们能够进入人体呼吸系统，对人体健康产生危害，还会影响大气能见度，导致雾霾等天气现象。

在某油田的勘探区域，由于勘探设备的密集使用，监测数据显示该区域空气中的氮氧化物和颗粒物浓度明显高于周边地区，对当地的空气质量造成了一定的影响。废水也是勘探阶段不容忽视的污染物，主要来源于钻井过程和设备清洗。在钻井过程中，会产生大量的钻井废水，钻井废水中含有多种有害物质，如石油类物质、重金属离子（如铅、汞、镉等）、化学添加剂（如钻井液中的各种处理剂）和悬浮物等。这些有害物质如果未经处理直接排放，会对土壤和水体造成严重污染。

石油类物质会在土壤和水体表面形成一层油膜，阻碍氧气的溶解和传递，影响土壤和水体中生物的呼吸和生存。重金属离子具有毒性，会在土壤和水体中积累，对土壤和水体中的生物产生毒害作用，还可能通过食物链进入人体，对人体健康造成潜在威胁。化学添加剂中的一些成分可能具有生物毒性，会对生态环境造成破坏。在某油田的勘探项目中，由于对钻井废水处理不当，导致周边土壤中的石油类物质和重金属含量超标，土壤的理化性质发生改变，影响了土壤中微生物的活性和植物的生长。设备清洗废水也含有一定量的油污和化学清洗剂，同样会对环境造成污染。

### 2.2 开发建设阶段

#### 2.2.1 工程建设与资源投入

开发建设阶段是油田从勘探向生产过渡的关键时期，此阶段的工程建设活动繁多且复杂，对各类资源的需求巨大，这些活动和资源投入不仅直接影响油田的后续生产能力，也对环境产生着深远的影响。钻井工程是开发建设阶段的核心任务之一，其目的是在地下构建通道，以便开采石油和天然气资源。钻井过程需要使用大型的钻机设备，这些设备通常体积庞大、结构复杂，对钢材等原材料的需求量极大。一台普通的陆地钻机，其主体结构 and 配套设施所使用的钢材重量可达数百吨，而海上钻井平台的钢材使用量更是数以万吨计。

除了钢材，钻井过程还需要消耗大量的水泥用于固井作业。固井是为了防止井壁坍塌和油气泄漏，需要将水泥浆注入井壁与套管之间的环形空间，形成坚



固的水泥环。一口中等深度的油井，固井所需的水泥量可达数十吨。钻井过程中还需要大量的水资源用于配制钻井液。钻井液在钻井过程中起着携带岩屑、冷却钻头、润滑钻具和平衡地层压力等作用，其用水量根据井深、地层条件和钻井工艺的不同而有所差异，一般一口井的钻井液用水量在几百立方米到数千立方米不等。采油设施建设也是开发建设阶段的重要内容，包括抽油机、采油井场、集输管道。

### 2.2.2 施工污染与生态破坏

在油田开发建设的施工过程中，会产生多种污染物，这些污染物对环境和生态造成了严重的破坏，不仅影响了当地的生态平衡，也对人类的健康和经济发展带来了潜在威胁。噪声污染是施工过程中较为突出的问题之一。钻井设备、施工机械和运输车辆等在运行过程中都会产生高强度的噪声。钻井设备的钻机在工作时，其噪声强度可高达 100 分贝以上，施工机械如挖掘机、装载机、起重机等的噪声也在 80-90 分贝左右，运输车辆在行驶过程中产生的噪声同样不容忽视。

这些高强度的噪声会对周边环境和居民生活造成严重干扰。长期暴露在高噪声环境中，会对人体的听力系统造成损害，导致听力下降甚至失聪。噪声还会影响人的神经系统、心血管系统和内分泌系统，引发头痛、失眠、焦虑、高血压等健康问题。对于野生动物而言，噪声污染会干扰它们的行为和生存，破坏它们的栖息地，导致一些动物迁徙、繁殖和觅食行为受到影响，甚至可能导致物种数量减少。

扬尘污染也是施工过程中常见的污染物之一。在场地平整、土方开挖、材料运输和堆放等施工环节，都会产生大量的扬尘。在风力的作用下，扬尘会扩散到周边地区，使空气中的颗粒物浓度急剧增加。这些颗粒物包括可吸入颗粒物（PM<sub>10</sub>）和细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>），它们能够长时间悬浮在空气中，对空气质量产生严重影响。扬尘污染不仅会降低大气能见度，影响交通出行，还会对人体健康造成危害。吸入这些颗粒物后，会对呼吸系统造成损害，引发咳嗽、气喘、支气管炎等呼吸道疾病，长期吸入还可能增加患肺癌的风险。扬尘中的有害物质还会沉降到土壤和水体中，对土壤和水体环境造成污染。

## 3 采用生命周期评价对于油田经济可持续发展的意义

石油作为现代工业的血液，其稳定供应是国家能源安全的重要组成部分。通过可持续发展策略，如提高采收率、发展替代能源技术以及加强国际合作，可以有效减少对外部石油的依赖，增强国家的能源自主

性和安全性。

随着全球对可再生能源和低碳经济的重视，传统油田产业面临转型升级的压力。可持续发展模式鼓励技术创新，如发展油气田服务业、深化产业链延伸，以及探索页岩气、天然气等非常规能源的开采，成为地区经济开辟新的增长点，促进产业结构优化升级。石油开采活动对自然环境的影响不容忽视。基于生命周期评价，实施可持续发展策略，如采用更环保的开采技术、加强废水处理和废弃物管理、恢复生态项目等，有助于减轻对环境的压力，保护生物多样性，维护生态平衡，实现人与自然的和谐共生。

油田经济的发展直接关联到当地就业、税收和基础设施建设。基于生命周期评价，通过可持续发展路径，能够创造更多就业机会，提高居民收入水平，还能通过改善医疗卫生、教育等公共服务，提升民众生活质量，增强社会整体福祉。在全球化的今天，可持续发展已成为衡量一个国家或地区竞争力的重要指标之一。通过技术创新、环境保护和社会责任的实践，可以提升国际形象，吸引外资和技术合作，增强在国际舞台上的话语权和影响力。

综上所述，油田经济的可持续发展不仅是资源高效利用和环境保护的必然要求，更是推动经济社会全面协调发展的战略选择。它对于保障国家能源安全、促进经济转型升级、维护生态环境、增进社会福祉以及提升国际竞争力都具有不可估量的价值。

## 4 总结

本研究在数据收集方面，尽管采用了多种渠道收集数据，但部分数据的准确性和完整性仍有待提高。一些小型油田或偏远地区的油田，由于数据监测和记录体系不完善，导致部分数据缺失或误差较大，这在一定程度上影响了生命周期评价的准确性。在环境影响评估模型方面，虽然现有的模型能够对常见的环境影响进行评估，但对于一些新兴的环境问题，如油田开发过程中微塑料的产生和迁移，以及对生态系统的潜在影响等，目前的评估模型还无法进行全面、准确的评估。

### 参考文献：

- [1] 雷英杰. 2019 年中国环保产业发展指数值为 107 环保产业走出低谷, 环境监测细分领域领跑 [J]. 环境经济, 2020, 15(20): 32-33.
- [2] 李爱军, 李伟. 无人机技术在环境监测中的应用研究 [J]. 低碳世界, 2020, 10(07): 15-17.
- [3] GB/T 7931—2008. 1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影测量外业规范 [S]. 北京: 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会, 2008.