

# 油气管道泄漏应急处置资源调度优化策略 及其经济效益研究

蔡阳阳 (中海油中联煤层气有限责任公司神府分公司, 陕西 榆林 719300)

**摘要:** 本研究旨在解决油气管道泄漏应急处置中资源调度效率低、成本高的问题, 以最大限度降低事故造成的经济与生态损失。通过系统分析现有调度模式存在的结构性问题, 针对性提出了基于实时监测预警、智能协同决策、区域资源整合与动态路径优化的核心策略。研究表明, 优化策略通过缩短响应时间、提升资源利用效能及降低无效调度路径里程, 可显著降低事故处置的直接成本与环境赔偿损失, 并减少管道中断运营对区域经济的影响。

**关键词:** 油气管道泄漏; 应急资源调度; 优化策略; 经济效益; 响应效率

**中图分类号:** TE88

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-5167 (2025) 028-0163-03

## Optimization Strategy for Emergency Resource Dispatch in Oil and Gas Pipeline Leakage Incidents and Its Economic Benefits Research

Cai Yangyang (CNOOC China United Coalbed Methane Co., Ltd., Shenfu Branch, Yulin Shaanxi 719300, China)

**Abstract:** This study aims to address the issues of low efficiency and high costs in emergency resource dispatch during oil and gas pipeline leakage incidents, with the goal of minimizing economic and ecological losses. By systematically analyzing structural problems in existing dispatch models, targeted optimization strategies are proposed, including real-time monitoring and early warning, intelligent collaborative decision-making, regional resource integration, and dynamic route optimization. The results demonstrate that these optimized strategies can significantly reduce direct incident response costs and environmental compensation losses by shortening response time, improving resource utilization efficiency, and minimizing unnecessary dispatch distances. Additionally, they mitigate the regional economic impact caused by pipeline service interruptions.

**Keywords:** oil and gas pipeline leakage; emergency resource dispatch; optimization strategy; economic benefits; response efficiency

油气管道是用来传输能源的重要通道, 连接着原油产地与炼油厂、港口或消费中心的运输系统, 主要由输油站和管道线路构成。它属于国家能源系统里的基础设施。一旦出现问题, 后果可能会非常严重。比如说, 突发性的泄漏事故不仅会污染环境、影响老百姓的生活安全, 还会带来很多经济上的损失, 比如应急抢修要花很多钱, 环境恢复也很麻烦, 还会造成资源浪费和供应中断<sup>[1]</sup>。

现在来看, 应急资源调度在管道安全管理中, 是一个非常关键的环节。但是在实际操作中, 容易出现反应不够快、部门之间沟通不到位、调来的资源不合适、路线规划不科学等情况, 这些问题都会让事故的影响变得更严重, 经济压力也随之增加。所以, 要想真正提升油气管道的安全保障能力, 就必须从系统上优化应急资源调度的方式。一方面要提高调度的效率, 另一方面也要考虑怎样更节省成本。这样不仅能更好地应对突发情况, 对国家的能源安全和整个行业的高质量发展也有非常现实的意义<sup>[2]</sup>。

### 1 油气管道泄漏应急资源调度的典型问题

#### 1.1 响应迟滞与成本升高的矛盾

管道泄漏具有突发性和扩散性, 传统应急响应严重依赖人工报告和低精度传感器, 泄漏点定位误差大, 响应时效性差。跨层级、跨部门的信息传递链条冗长, 严重削弱了黄金响应窗口的价值, 导致小范围泄漏演变为大规模污染, 显著提高应急与修复成本<sup>[3]</sup>。

#### 1.2 应急资源布局分散且低效

因为油气管道一般都会比较长, 跨越的区域也会比较广, 加上涉及的资源种类也多, 比如抢险设备、应急车辆、专业人员等。这些资源通常都是分属于不同单位的, 没有统一的管理平台。

而现在的资源配置方式就是比较分散, 有些关键的物资在泄漏点附近可能根本就没有, 要临时从其他地方调运。这样一来, 调度距离远, 耗时长, 就很容易因为交通或者天气问题而延误处理的时机<sup>[4]</sup>。不但效率低, 还可能造成一些不可挽回的环境污染和经济损失。

### 1.3 多主体协同存在信息壁垒

大型泄漏事故涉及多级指挥、多方责任主体，现有信息传递依赖传统手段，缺乏高效的信息集成与决策平台。信息共享滞后易引发资源重复调配、关键设备遗漏等问题，导致指挥混乱、资源浪费，降低整体处置效能。

### 1.4 路径规划依赖经验，缺乏动态优化

在应急物资的运输过程中，路线怎么选其实是非常关键的。但现在的实践中，一些地方靠的还是工作人员的经验，或者是一些静态的地图来安排调度路线。根本就没有对实时路况、地形变化甚至是极端天气进行考虑。如果中途出现了道路拥堵或是天气突变之类的问题，就很可能造成运输效率低下、物资送达晚点等问题，进而耽误整个应急响应的节奏，带来更大的损失<sup>[5]</sup>。

## 2 应急处置资源调度优化策略

### 2.1 构建全覆盖的实时监测与智能预警体系

为了避免反应慢、信息不准的问题，应急处理部门可以考虑搭建一个全方位的监测预警系统。这个系统需要用到一些高灵敏度的传感器，比如压力波和负压波传感器，还可以结合声学技术、GPS 定位和 AI 算法等技术。把这些技术放在一起，对管道的运行状态进行毫秒级别的监测和分析。一旦要是管道出现了异常，系统能立刻就能找到问题，并第一时间发出预警。同时，通过 GIS 系统（地理信息系统），把泄漏的位置精确定位到几米的范围，定位速度也会快很多。另外，这个系统还应该要接入一个环境敏感区域的数据库。这样一来，当发生泄漏时，系统就会自动标注周边的重要区域，比如自来水水源地、居民区还有湿地等。这种方式等于把“发现问题—定位位置—预测影响”这一整套流程都数字化了，也可以更为全面的做到数据支持。

### 2.2 建设云平台资源整合与智能匹配机制

在应急处置中，资源分散的问题一直都比较明显。有些设备放在企业仓库，有些则存在地方储备库，还有的在一些专业承包商或者设备供应商手里，大家各自为政，不好统一调度。为了让这些资源能更高效地利用起来，就需要搭建一个统一的云端应急资源共享平台。平台要把所有相关单位，比如管道公司、地方政府、第三方企业等的资源信息都整合起来。要尽可能详细，比如资源的类型（是堵漏设备还是抢修器材）、数量是多少、位置在哪、现在的状态（比如是否可用、是否已经被调走）等等。这些信息都要标准化，这样才能便于后续查找和调用。平台还要能实时更新，避免因信息滞后导致资源调配出错。除了整合信息，平台还需要有一个内置的智能匹配系统。如果说某地

出现管道泄漏，系统就要能够根据泄漏点的位置、泄漏物的种类和周边环境等因素进行综合分析，然后自动给出一套匹配的应急资源组合。比如有时候远处的设备其实也能用，但如果近处就有现成的，那当然优先用近的，这样运费更低、效率也会高，不会造成重复调动或者资源浪费。

### 2.3 部署协同指挥与可视化决策平台

为了让各个部门在应急的时候更好地配合，也有必要搭建一个统一的指挥平台。这个平台最好是可视化的，能够清楚地看到泄漏点的位置、污染扩散的模拟情况，也包括要有附近敏感区域的分布和当前资源的使用情况等信息。通过这个平台，指挥人员需要可以直接在图上下达任务，系统要能够显示出任务有没有被完成，完成得怎么样。这样才能提高信息的传递效率，让大家之间的配合更加顺畅，不容易出错。

### 2.4 实现基于多源数据的动态路径优化

在应急资源运送的过程中，怎么把物资尽快送到目标地点，是非常关键的一步。以前来看，比较常用的方法就是提前规划好一条路线，这样会更容易执行。但实际情况是，突发事件经常会造成交通拥堵或道路封闭，原来的路线很可能会不管用。那么为了提高效率，最好就是要建立一个动态路径优化系统。这个系统要能实时获取来自多个来源的数据，比如高精度地图、路况信息、天气预报、道路施工通知等信息，当然，最好还要有运输车辆的实时位置和运行状态等。那么，系统在整合了这些信息过后，就能更好更准确的判断出当前道路的实际情况，根据道路的实时变化来重新计算最优的路线。因为在应急调度运输的过程中，除了是要考虑运输的距离和时间，还要考虑道路等级、通行能力、交通安全和车辆的实际性能等方方面面的影响因素，这样得出的路线才会更加科学，也才会更适合应急处置行动的实际执行需要。而如果说在运输中途遇到了一些新的问题，比如突发事故、突然下暴雨或交通管制等等，系统也会实时的自动重新规划路线，然后在第一时间内就把最新的结果发送给运输车辆。这样调度过程就不会被打断，也能及时应对变化。在效果上来看的话，这种依靠多源数据的路径优化技术，本质上是几个明显的优点。比如，第一，它可以大大减少运输时间，特别是在大城市或者交通复杂的地方，效果就会更明显。第二，它能降低油耗和车辆磨损，因为路线更加合理了，应急处置调度行动走冤枉路的情况就会少了。第三，它还提高了调度的可靠性，因为科学合理，所以整个应急反应就会变得更加迅速和稳定。

## 3 优化策略的经济效益分析

### 3.1 时效提升带来的成本与损失降低

在油气管道发生泄漏的时候，响应速度的快慢，



会直接影响整个应急处置的效果和经济损失的大小。一般来说,如果能在事故刚发生时就及时发现并快速处理,后续要投入的清污成本和修复资源都会大大减少。现在一些比较先进的技术手段,比如高精度的实时监测系统和智能化的泄漏定位算法,就可以把从“事故发生”到“准确定位”的时间缩短到几分钟。这样一来,泄漏物质能在早期就被发现,从源头上减少了外泄量。而且值得注意的是,泄漏量并不是一直匀速增加的。很多时候,尤其是在高压输送的场景下,泄漏一开始可能不多,但随着时间的推移,会出现一种“越漏越快”的情况。所以每提前 1 min 响应,就可能带来几十个百分点的泄漏量减少。以现场的清污工作为例,反应越及时,就越不需要大量使用像聚氨酯泡沫、纳米吸附剂这类高性能材料,回收装置和高压冲洗设备的需求也会降低。相比之下,在泄漏范围较大、污染程度较深的情况下,物资和设备的配置量将呈指数级增长,进而大幅提高单次事件的应急成本。此外,快速响应还能显著减少泄漏物对周边环境的外溢风险,特别是避免其迁移至地下水补给区、农业耕作层或居民密集区域。一旦上述敏感区域受到污染,后续将涉及复杂的环境修复工程,如土壤剥离、地下水抽提与净化、生态植被重建等,技术难度高、周期长,修复成本亦远高于常规清污操作。因此,从全生命周期成本管理的角度出发,提升响应效率不仅能实现处置成本的压缩,还可避免潜在的次生灾害与连锁经济损失。

### 3.2 资源整合优化减少冗余调度与闲置损耗

通过搭建云端资源平台,再加上智能匹配机制的辅助,调度工作比以前更高效了。调度员可以根据系统给出的实时信息,快速找到离现场比较近、而且当前能用的资源。这样一来,运输距离就能缩短不少,像油费、过路费还有车辆被占用带来的成本也就跟着降下来了。另外,系统还能避免一些关键设备被重复调度,或者被安排了但最后又用不上,从而减少设备的闲置和折旧问题。而且在调度计划频繁调整的时候,过去那种人力协调的麻烦也减少了,管理方面的成本也随之降低。总的来说,这种资源整合方式既节省了费用,又提升了调度效率,对整个应急处置系统的运行更有利。

### 3.3 协同平台降低沟通与协调成本

在建设一个可视化协同平台的应急处置资源调度策略中,实在是可以让信息在各个部门和人员之间形成更快的流通效果的,在面对突发的管道泄漏事故时,大家就能在第一时间知道现场的动态情况,减少因为信息传递不及时或者层级太多而出现的沟通问题。这样做的话,不仅能节省很多时间,也让一些重复指令奇迹消失或者避免资源调度不清楚导致的资源浪费问

题。当然,指挥和协调的人力成本也会随之下降,因此,通信费用方面也会有所减少。那么更重要的其实是,平台还会帮助应急处置部门尽快做出判断和决定,避免错过最佳的抢修时机,这是最为重要的一环,因为时机在应急处置中就如同宝贵的生命一般重要,把握住良好的时机,其实就等同于挽回了无数的损失。

### 3.4 动态路径优化节约运输成本与提升时效

基于实时数据的路径优化系统,可以自动避开一些不利因素,比如交通拥堵、交通管制,还有一些恶劣天气影响的区域。这样一来,运输车辆就可以少走一些冤枉路,不仅行驶的距离会更短,油耗也会下降,车辆的磨损也会减少一些。对企业来说,这样可以省下一笔不小的运输成本。同时,动态路径优化还能让运输过程变得更有计划性。比如说,什么时候能到达、会不会堵车这些问题,系统都能提前预估出来。这样就能尽量避免因为资源送得太慢,导致污染扩散,或者错过了最佳处置时机,错失“抢险窗口期”的风险。从整体上来说,这种优化策略可以大大提高抢险效率,对现场的控制也会更有把握。

## 4 结束语

油气管道是国家能源系统里非常关键的基础设施,它的安全运行关系到经济的平稳发展,还有老百姓的正常生活。一旦发生泄漏,不只是一定要投入大量人力物力去抢修,还可能带来环境污染、赔偿支出,甚至导致生产中断,最后形成一连串的经济损失。所以,进一步优化应急资源的调度方式,提升反应速度和资源分配的能力,其实是非常有必要的。这样不仅能在事故发生后尽量把损失控制住,更重要的是,对国家能源安全和现代化能源体系的建设来说,也是一种坚实的支撑。总体来看,不但经济效益明显,在战略层面上也有很重要的意义。

### 参考文献:

- [1] 朱霄霄,王明宽,李云涛,张仕民,张来斌.油气管道泄漏应急处置关键技术及装备研究[J].管道保护,2024,1(01):12-19.
- [2] 李莹玉,孙健刚.油气储运工程中的泄漏事故预防与应急响应机制[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(10):1-3.
- [3] 李子彬,孙益星.油气管道泄漏安全对策措施研究[J].现代职业安全,2023,(09):35-37.
- [4] 欧勇.油气管道运输泄漏及其应急管理机制[J].化工设计通讯,2020,46(05):111-112.
- [5] 李志鹏,吕雪峰,杨励奋.从采油厂生产指挥中心如何防范和应对油气泄漏的调度和管理[J].商讯,2019(21):146-147.