

油气储运系统中压力与流量动态调控技术的优化分析

储若禹（安徽实华工程技术股份有限公司，安徽 合肥 230091）

摘要：作为能源输送关键部分的油气储运系统，系统的安全与运行效率直接受压力和流量稳定性的影响，文章深入剖析油气储运时压力与流量的调控特点，基于调控技术的现状与难题，提出提升调控精准度与运行效能的策略，利用国内典型工程实例的运用，证实优化策略对增强系统安全性、削减能耗及提升经济性的成效。结论认为，合理的压力与流量动态调节技术可大幅提升油气储运系统运行的稳定性，增加经济效益，为相关工程应用提供理论依据与实践借鉴。

关键词：油气储运；压力调控；动态仿真；优化策略

中图分类号：TE8

文献标识码：A

文章编号：1674-5167（2025）029-0085-03

Optimization analysis of pressure and flow dynamic control technology in oil and gas storage and transportation system

Chu Ruoyu (Anhui Shihua Engineering & Technology Co., Ltd., Hefei Anhui 230091, China)

Abstract: As a key part of energy transmission, the safety and operational efficiency of the oil and gas storage and transportation system are directly affected by pressure and flow stability. This article deeply analyzes the characteristics of pressure and flow regulation during oil and gas storage and transportation. Based on the current situation and difficulties of regulation technology, strategies to improve regulation accuracy and operational efficiency are proposed. Using typical engineering examples in China, the effectiveness of optimization strategies in enhancing system safety, reducing energy consumption, and improving economy is confirmed. The conclusion is that reasonable pressure and flow dynamic regulation technology can significantly improve the stability of oil and gas storage and transportation systems, increase economic benefits, and provide theoretical basis and practical reference for related engineering applications.

Keywords: oil and gas storage and transportation; Pressure regulation; Dynamic simulation; optimization strategy

在能源供应链中，油气储运系统担负着核心输送的职责，其运作稳定性与能源安全和经济效益紧密相关，伴随油气资源开采规模拓展以及运输网络复杂程度加深，系统于高负荷、复杂工况时易现压力起伏与流量不稳状况，导致运行的危险性增大，对油气储运系统压力与流量的动态调控技术开展探究，可精准辨识并改进系统薄弱环节，增强安全保障水平，同时提升能源利用效能，减少运行开支，在工程应用和学术研究方面具备显著价值。

1 油气储运系统压力与流量调控概述

油气存储与运输体系包含油气从存储设备到输送管道的全运行流程，调控压力与流量是确保系统安全高效运转的核心部分。在系统运转时，压力与流量的变动，既受制于储罐容积、泵站效能和管网架构，又被气体压缩状况、液体黏性及温度改变等要素所限制。运用科学手段对压力和流量进行调控，可保障储运系统稳定输送，降低能耗起伏和设备应力，还对预防管网泄漏、油气回收损耗及异常工况事故意义重大，系统调节需整合运用实时监控技术、自动控制装置与优化算法，保证运行参数在各种工况中都维持在安全范围，合理规划并落实调控策略，油气储运系统在复杂工况下实现高效运转，保障能源供应链稳定，还为后

续动态调控技术改进提供理论依据与工程借鉴。

2 油气储运压力与流量动态调控技术现状与挑战

2.1 压力与流量动态调控技术的应用现状

在管网运输、储罐管控和泵站调度等领域，油气储运体系里压力和流量的动态调节已得到普遍运用，调控期间借助传感器、自动控制系统与实时数据监控，达成对流量起伏和压力变动的迅速反应，国内众多大型油气输送企业借助智能调控系统与仿真建模技术的引入，提升了系统运行的稳定度与效能，还借助优化控制策略，实现能耗降低与设备使用年限的延长^[1]。当前国内油气调控技术正在快速进步，大量运用前沿的预测控制与多参数优化算法，保障复杂管网在不同工况下稳定运行，系统调控技术发展正迈向智能集成化，为高效、安全、经济的储运提供技术支撑。

2.2 调控技术面临的主要挑战

尽管动态管控技术实现了一定成效，不过在复杂工作状况和大规模的储运体系中，依旧存在众多挑战，当处于高负荷运转以及突发需求改变的状况下，压力起伏和流量不稳仍难有效管控，管网的延迟效应和非直线特性让调控难度更上一层楼，系统中的多个参数彼此耦合且变化不断，让传统调控策略难以契合快速变化的运行条件，限制了调控的精准度。监测设备精

准度欠佳、数据传输有延迟现象，加上控制算法运算效率低下，均对调控效果的稳定性产生一定影响，设备样式和管网构造差别较大，优化策略于不同系统的推广应用遭遇复杂性与实施难题，要对建模、实时监测和多目标优化方法不断改进，以契合现代油气储运系统对安全与经济的需求^[2]。

3 压力与流量动态调控技术的优化策略

3.1 建立系统建模平台，实现动态仿真

针对油气储运系统，利用创建高精度的储运系统建模平台，可针对管网、泵站以及储罐等关键节点实施全局动态仿真模拟，模型可展现压力与流量随时间的变化情况，且依据储运系统运行数据开展参数校准，使仿真结果更贴合实际的储运工作情形，动态仿真可预测储运系统运行状态，为调控策略量化制定提供支撑，能识别潜在风险，且在仿真环境中验证各类储运调控方案的可行程度与实施效果，为储运系统的优化给予坚实保障^[3]。借助对不同储运管网架构与运行方式的模拟，可进一步估量设备布局、泵站调度和储罐容量对储运系统性能造成的影响，助力拟定针对性储运调控方案，还利于预先察觉储运系统的瓶颈与潜在风险。

另外，储运系统建模平台可与实时监测系统及历史储运数据深度融合，开展对储运系统运行态势的动态剖析，支撑多工况中压力与流量的测评，为储运系统调控决策提供直观支撑。该平台可预先预估潜在的储运难题与设备隐患，且能借助仿真对不同的储运运行策略予以优化，制定出高可行性、成本可控制的储运调控方案，且经多次仿真迭代来检验其稳定性，建模平台可对储运系统在突发事件或者异常工况时的响应开展模拟，给调控策略的优化与应急预案的制定给予科学凭据，保障储运系统在复杂工况中维持安全、稳定、高效的运行状态。

3.2 优化控制参数设计，提升调控精度

科学规划储运系统调控参数是提升其运行精度的核心步骤，剖析储运系统流量、压力与设备特性的关联，能够找出最合适的储运控制参数组合，恰当的参数设定能让系统在各类储运工况中保持平稳，降低压力起伏与流量误差，增强储运输送的效率，不断对储运系统参数予以更新，对控制策略加以调整，增强储运系统应对负荷变动与突发储运状况的适应能力，达成储运连续、稳定、经济运行，同时削减储运过程中设备的磨损和能源消耗。

与此同时，储运系统优化参数的设计要依靠传感器精准度与实时储运数据采集手段，构建反馈循环，用以动态调整储运的控制方案，增强系统响应速率与

稳定性，借助历史储运运行数据的分析以及参数敏感性探究，可对不同季节和储运工况中的系统行为做预测与改进，保证调控效果在各类复杂储运工况中稳定维持，将参数优化和仿真验证相融合，可实现储运系统各环节的协同运作，给储运系统运营管理与决策给予可靠支撑，还能助力系统长期优化、维护规划制定及未来升级改造落实。

3.3 改进调控策略方法，强化运行效率

调控策略的优化针对储运系统，要保障其稳定性，还得兼顾运转效率，借助引入前沿的储运调控算法与反馈体系，可实时调控压力和流量，让储运管网于高负荷情形下依旧维持稳定输送，策略优化包含泵站调度规划、储罐管理措施和管网流量分配方案等范畴，可有效减少储运系统的能源消耗，提升设备的利用程度，降低系统异常波动对储运作业的干扰，保障储运系统的高效稳定运作，同时增强整体调控的灵活性与可靠性^[4]。

此外，改进储运策略需依据历史储运运行数据开展分析，让储运系统在遭遇突发负荷或异常储运状况时能迅速反应，运用多节点储运协同管控与智能调配，可缓解管网震荡，降低能量消耗，增进储运运行成效，在降低能耗情况下维持储运输送稳定，借助实时监控与预测剖析，能对储运系统各部分开展动态调控，促使系统内部达成协调与优化，为油气储运系统提供持续、高效的运行支撑，还为储运系统的扩容、升级和智能化改建储备技术与积累实践经验。

3.4 推行多目标优化，实现经济与安全平衡

多目标优化对储运系统的安全性、经济性与运行效率等指标加以统筹，借算法处理各目标间的关联，使储运系统整体性能达至最优平衡状态，对于油气储运系统，多目标优化可同时考虑压力平稳、流量均衡与能源损耗，使储运系统在达到安全标准的条件下最大程度增进经济效益，优化时融合实时储运数据与仿真分析，能评估并调整不同储运方案，构建契合复杂工况与长周期运作的科学调控策略，还需考量储运系统未来的可扩展性与可维护性^[5]。

除此之外，多目标优化能融合储运风险评估与不确定性分析，让调控策略能灵活处理突发状况与设备故障，增强储运系统的安全裕量与运行稳定性，优化成效既为储运管理决策给予科学支撑，而且能优化系统资源的配置以及运行的策略，实现经济性和安全性的协同一致，还为同类油气储运系统工程实践提供可普及的技术借鉴，保证储运系统长时间高效稳定地运行，还为能源管控、成本把控及系统可持续进步提供有力保障。

4 压力与流量调控技术应用案例及效果评估

4.1 案例背景与调控需求分析

国内某大型油气储运公司的管网系统传输距离长且节点复杂多样，而且负荷波动幅度较大，长时间运行后，产生了压力不稳定、流量出现偏差以及泵站频繁启停等问题，极大降低储运效率，缩短了设备使用寿命。为增进储运系统运行的安全性、稳定性和经济性，项目团队明确了主要调控要求，涵盖保障管网压力平稳、达成流量均衡、减少能耗以及增长设备使用时长。为使系统能长久高效地运转，应达成各环节的协同管控，增强储运系统整体调控效能与复杂工况适应能力，保证储运操作连贯且可靠，这些需求为储运系统的整体优化指明方向，为后续调控策略的拟定与系统管理的改良夯实基础，还助力储运系统在复杂工况下实现长期高效、稳定且安全的运作。

4.2 调控优化过程及技术路径

对油气储运系统开展压力和流量优化工作时，合理规划调控方案与技术路线是保障系统高效安全运转的核心要点，研究融合仿真分析与实时监测数据，拟定一套系统化的改良办法，为储运系统在复杂工况中稳定运转提供技术保障，详细优化步骤具体包括：

①打造管网动态仿真体系，针对不同工况开展模拟剖析，为调控方案给出量化凭据，同时结合过往运行数据校正参数，让仿真结果更贴合实际运行，同时对潜在风险进行预判并对不同方案的可行性加以验证；该模型能够用来检测管网不同的布局、泵站的调度情况以及储罐容量组合给系统性能带来的影响，为后续调控举措提供科学依据与决策指引；

②改进泵站的调度方式和储罐的流量分配方案，借助实时监测的数据调整参数，达成管网压力和流量的协同管控，同时将泵站能耗与设备负荷纳入考量，保障系统在高负荷及复杂工况下仍可稳定、高效运转；优化工作应聚焦于降低储运系统长期运行能耗并延长设备使用寿命，做到安全保障和经济利益的兼顾；

③配置智能调节设备，即时采集关键节点的相关数据，借助优化算法对控制参数实施动态调整，增强系统的响应速率与适应能力，并且针对突发工况和负荷起伏设计快速反应策略，保证系统稳定与安全运行；智能调控设备可自动生成数据报表，为储运系统的运行分析和管理决策提供借鉴，同时支持对调控策略进行动态优化改进；

④开展多目标的优化工作，统筹考量安全性、经济性与运行效率，构建并仿真验证科学合理的调控方案，经持续迭代改良，保证方案在各种工况下都能达成平衡目的，为实际工程应用提供可信凭据，还可依

据系统长期运行数据实施动态调整与完善，提高储运系统的整体性能以及持续运行的水平。

4.3 优化效果评估与性能验证

实施优化后，管网系统压力的起伏明显变小，流量分配更趋平衡，泵站开启与停止的频次降低，整体的能源消耗降低，设备运行的稳定性大幅提高，在储运体系各关键位置，压力与流量维持稳定，异常变动明显降低，运行安全性进一步提升，经对优化前后运行数据对比，即便处于高负荷储运状况，系统也可维持稳定输送，对异常事件的响应速率提升，管网运行效率与经济效益有明显提升，储运作业配合度和管理质量得到提升。

测评结果显示，融合动态模拟、优化算法与实时监控技术的储运调节策略，可有效应对实际工程里的压力和流量波动状况，还能为泵站、储罐和管网的协同运作提供科学支撑，优化成果能为同类油气储运体系提供可复制的应用实例与技术借鉴，助力后续系统扩容、运维及调控策略优化，进而提升储运系统的长期安全与经济效益。

5 总结

对油气储运系统实施调控优化可明显增强运行的安全和效率，伴随智能与数字技术的迅猛推进，油气储运系统会达成精细化管理与动态优化，依靠大数据、人工智能和物联网达成全流程监测与智能管控，融合多目标优化、风险预估与自适应调控技术，可提升系统应对负荷波动与突发状况的能力，增进能效与安全冗余程度，储运系统实现可持续发展需依靠技术革新与运营管理协同发力，为打造高效、安全、低碳化的能源输送架构提供可靠依托，也为行业标准化和智能化发展提供范例和借鉴。

参考文献：

- [1] 严佳伟,牟楠.自动化技术在油气储运过程中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(06):182-184.
- [2] 李阳,滕欣,刘晨曦,等.自动化技术在油气储运过程中运用分析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(11):169-171.
- [3] 胡光美.油气储运环节分析及优化措施研究[J].中国储运,2024,(05):137-138.
- [4] 卢宁.油气储运中的安全隐患及防范策略分析[J].石化技术,2024,31(04):296-298.
- [5] 赵川东,肖婉逸,吴婕.油气储运系统节能技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(05):170-172.