三线性约束石油混流问题研究

傅凯

摘 要

石油混流问题是石油生产计划、调度优化中最基本的问题之一,早期往往建模为线性规划,但不能反映生产实际.目前,石油混流问题往往建模为双线性约束线性目标的优化问题,其解的质量与经济效益密切相关.本论文试图从模型、理论和算法的角度研究石油化工领域中的石油混流问题.

在实际生产中,传统的双线性模型存在一些缺点,例如并不考虑石油的体积和质量因素,而混合物流的性质恰恰又跟原油的体积或质量相关.为了克服这个缺陷, 本论文建立了三线性约束的石油混流问题模型,简称三线性约束模型.此模型考虑体积和密度,对物性变量进行了区分.三线性问题是强 NP-难的,模型是难以求解的.在计算方面,我们提出了一种利用新的非单调技巧的逐步线性规划算法,建立了算法的收敛性结果.通过小规模的测试例子和实际生产数据,说明了三线性约束石油混流模型比传统的双线性约束模型给出的解的质量具有优越性,同时也说明了新的非单调技巧对于求解大规模问题具有很好的效果.

借鉴双线性模型的思想,本论文也给出三线性约束石油混流模型的 pq-格式,并考虑利用线性松弛这一非线性约束问题常用的技巧设计算法.我们证明了三线性模型的分段线性松弛的最优值与原问题的最优目标值比值最多为输出节点的个数 n,同时这个比值是紧的,即对于任意的 $\epsilon > 0$ 和给定的分段线性松弛方案, 都会存在一个三线性模型问题的实例,使得分段线性松弛最优函数值与原三线性模型的最优函数值的比值至少为 $n - \epsilon$.数值试验测试了不同的分段个数和分段方法对松弛解的影响.

基于整数规划的限制方法是寻找可行解的一类重要的方法. 限制方法把某些变量限制在一个有限集合上, 变量的取值仍然在可行域内,从而可以简化问题来寻找可行解.通过引入三线性约束石油混流问题的 pq-格式,并对模型中的中间节点的流向限制表示成整数线性规划的形式,我们研究了其基于整数规划的限制方法.在理论上,我们分析了构造出的限制模型的某些特殊解的性质,给出了限制模型和原模型解的关系.在计算方面,我们测试了随机产生的测试例子,可以发现,增加参数 τ 的取值可以有效提高解的质量.

关键词： 石油混流问题,三线性模型,非单调技术,逐步线性规划,线性松弛方法,整数规划限制方法