

# 天然气管道供电与可再生能源的协同调度策略研究

赵金刚 尹志刚 冯玉龙

(国家管网集团北京管道有限公司石家庄输油气分公司, 河北 石家庄 050000)

**摘要:** 随着全球对清洁能源的需求不断增长, 天然气管道供电与可再生能源的协同调度策略具有重要意义。本文旨在研究天然气管道供电与可再生能源的协同调度策略, 以实现能源的高效利用和稳定供应。介绍了天然气管道供电与可再生能源的特点, 然后分析了协同调度策略的需求和挑战。提出了一种基于优化理论的协同调度策略, 并对该策略进行仿真和评估, 总结了研究成果, 并对未来的研究方向进行展望。

**关键词:** 天然气管道供电; 可再生能源; 协同调度策略; 优化理论; 仿真评估

## 0 引言

近年来, 全球能源需求不断增长, 对环境的压力也越来越大。因此, 开发和利用清洁能源成为当务之急。天然气管道供电与可再生能源的协同调度策略不仅可以提高能源利用效率, 还能保障能源的稳定供应。

## 1 天然气管道供电与可再生能源的特点分析

### 1.1 天然气管道供电的特点

首先, 天然气资源分布广泛, 通过管道输送具有连续性和稳定性, 可以满足城市和工业的大规模能源需求; 其次, 天然气管道系统具有较高的输送效率和较低的环境影响, 是清洁能源的重要来源; 另外, 天然气管道供电系统具有一定的储气能力, 可以在需求波动时提供灵活的调节能力, 保障能源供应的稳定性和可靠性。

### 1.2 可再生能源的特点

可再生能源具有以下特点: 可再生能源如太阳能、风能等具有分布广泛、取之不尽、用之不竭的特点, 具有较高的可再生性和可持续性; 可再生能源的输出受自然因素影响较大, 具有间歇性和波动性, 需要结合储能技术进行平稳调度和利用; 可再生能源的清洁性和环保性使其成为替代传统能源的重要选择, 对减少温室气体排放和改善环境质量具有重要意义。

### 1.3 协同调度策略的需求和挑战

需要实现不同能源之间的协同运行和调度, 实现能源的高效利用和灵活调配; 需要充分考虑可再生能源的波动性和间歇性, 结合储能技术实现可再生能源的平稳输出和供需平衡; 需要考虑天然气管道供电系统的输送能力、储气能力等特性, 实现天然气与其他能源的协同供应; 协同调度还需要考虑系统运行的经济性、环保性和稳定性, 以实现多方利益的平衡和协调。

## 2 天然气管道供电与可再生能源的协同调度策略的优化模型

### 2.1 目标函数

#### 2.1.1 能源利用率最大化

在协同调度问题中, 能源利用率最大化是一项关键的目标函数。通过最大化能源利用率, 系统可以更有效地利用天然气管道供电和可再生能源, 减少能源浪费, 从而提高能源利用效率, 有助于降低能源生产成本, 减少对传统能源资源的依赖, 并在一定程度上减少对环境的影响。因此, 在协同调度中, 通过优化能源利用率, 可以实现能源资源的可持续利用和环境保护的双重目标。

#### 2.1.2 系统运行成本最小化

系统运行成本最小化对协同调度过程起到了至关重要的作用。通过最小化系统运行成本可有效地控制能源供应成本和提高能源利用效率以减少用户能源消费成本。在实践中, 以系统运行成本最小化为目标, 能够优化天然气管道供电及可再生能源系统运行模式, 增加系统经济效益, 为用户提供更稳定可靠的能源供应。

#### 2.1.3 减排效益最大化

以减排效益最大化为目标函数, 重点是减少系统排放量、降低环境影响、推动可持续发展。通过减排效益最大化, 协同调度能够在保证能源供应的同时优化能源结构、增加清洁能源使用比例、减少碳排放、减少污染物排放。对该目标函数进行优化, 既有利于环境质量的提高, 又有利于促进能源系统朝着低碳和清洁方向发展, 与可持续发展战略目标相一致。

### 2.2 约束条件

#### 2.2.1 天然气管道供电系统的容量约束

天然气管道供电系统容量约束就是对系统输气能力进行约束。该约束条件是根据输气能力及压力限制

来保证天然气供应既能满足用户要求又不会超过输气能力从而使系统保持平稳运行。协同调度时需综合考虑天然气管道输气能力和压力限制，以合适的调度安排确保系统以管道容量为约束条件高效供气。

### 2.2.2 可再生能源系统的输出约束

可再生能源系统的输出约束基于可再生能源设备的装机容量和实际发电能力，确保可再生能源的实际输出不超过其装机容量，以保障系统的可靠供电。应综合考虑可再生能源波动大、不确定性大等特点，在合理安排调度后，既要充分利用可再生能源出力，又要避免超过实际生产能力，从而保证系统持续供电。

### 2.2.3 系统稳定性约束

系统稳定性约束，是确保电网安全可靠运行的根本所在。电网是由若干设备，线路及节点构成的复杂系统。若调度不当就有可能造成电网失稳甚至崩溃。合理地调度安排和控制策略是保证该系统顺利工作的关键。需结合电网实际情况与需求制定出合理调度安排与控制策略。其中包括能源合理配置，设备合理调度和线路合理管控。为更好地满足能源需求，维持系统的平稳运行，仍需对调度安排及控制策略进行持续地优化。这就需要充分了解电网的实际情况和需求，根据实际情况进行调整和优化。与此同时，还要加强电网监测与维护工作，发现问题及时解决，以保证电网安全平稳运行。

### 2.2.4 电网调度约束

电网调度约束涵盖了系统中各个组成部分。电力系统中输电线路，变压器，电网节点和其他设备存在着运行约束。输电能力受到电压，电流和功率的多重制约，需要保证其工作在安全的范围之内，以免发生过载或者短路。变压器的调节电压、电流的大小、调节能力受到设计参数、运行状态等因素的制约，需要合理使用，以保证电压、电流的稳定性，以免造成设备的损坏或者系统的崩溃。

电网节点承担着向用户分配电能的任务，对电压有严格的约束，需要保证其工作在安全的范围之内，并依据电压的约束进行合理的调度，以免对设备造成损害或者导致系统的瘫痪。协同调度时需综合考虑电网调度各种约束、合理能源调度、电力分配等因素。这就要求调度人员必须要有丰富的专业知识与经验，并能根据系统实时运行状态与需要做出合理调度决策。与此同时，还需借助于智能调度系统，大数据分析以及其他先进调度技术与手段来提升调度精度与效率。

## 2.3 模型求解方法

### 2.3.1 线性规划法

线性规划方法是数学优化中经常用到的方法之一。协同调度时，可采用线性规划法对能源资源进行优化配置与调度，使能源利用率达到最大，系统运行成本达到最低。还可应用于带线性约束条件及线性目标函数问题采用线性规划的方法可有效安排天然气管道供电及可再生能源系统调度，在充分考虑多种约束条件的情况下，达到了系统高效运行及资源利用的目的。

### 2.3.2 非线性规划法

非线性规划法适用于目标函数或者约束条件是非线性的最优化问题，可以处理更复杂的系统调度与资源分配问题。协同调度过程中由于能源系统通常涉及能源设备效率曲线，能源转换过程非线性特征等非线性关系，非线性规划法能够更加精确地刻画系统运行特征，为了达到能源利用率最大和系统运行成本最低的目的，提供了一种更加精细调度方案。

### 2.3.3 动态规划法

动态规划法是一种基于阶段性决策的优化方法，适用于具有阶段性特征和重复子问题的优化任务。在协同调度中，动态规划法可以用于处理系统调度中的时序性问题，如短期调度和长期调度的协同优化，以及系统在不同时间段内的能源分配和调度安排。通过动态规划，可以有效地处理系统的时序性特征，为实现系统稳定性、减排效益最大化等目标提供有效的调度方案。

### 2.3.4 启发式算法

启发式算法适用于复杂、高维度的优化问题，能够在较短的时间内寻找到较好的解决方案。在协同调度中，由于能源系统往往具有多变、不确定的特点，启发式算法可以通过模拟退火、遗传算法等方法，寻找到较优的能源调度方案，为实现能源利用率最大化、系统运行成本最小化等目标提供快速有效的优化方案。

## 3 天然气管道供电与可再生能源协同调度策略的仿真与评估

### 3.1 仿真场景与参数设置

在协同调度策略的仿真与评估中，需要考虑多种场景和参数设置以确保仿真的全面性和准确性。针对天然气管道供电和可再生能源系统的协同调度，仿真场景可包括系统负荷变化、天然气供应波动、可再生能源波动等情况，以全面评估调度策略的鲁棒性和稳定性。参数设置方面，需考虑系统容量、天然气管道输送能力、可再生能源发电量、能源转换效率等关键参数，并结合实际数据进行设置，以保证仿真结果的

可靠性和实用性。

### 3.2 结果分析

分析仿真结果可评价不同场景下调度策略的性能,并找出各自的优点及局限性。比如,可对系统在负荷波动较大,天然气供给紧张或者可再生能源剧烈波动时的响应能力进行分析,以便于实际工作中借鉴。同时结果分析也能揭示出系统运行过程中可能存在的问题以及改进的空间,从而为优化调度策略的制定提供了重要基础。

### 3.3 评估指标

在对协同调度策略进行模拟和评价时,评价指标的选取非常关键。常用评估指标有能源利用率,系统运行成本和排放量。通过对这几个指标进行评价,能够对各种调度策略进行客观评价,从而为制定决策提供科学依据。另外,可考虑通过引入供能可靠性,环境影响和经济性综合评价指标对协同调度策略综合效益进行综合度量,以期在实际运用中提供较为综合的参考依据。

## 4 天然气管道供电与可再生能源的协同调度策略研究的案例分析

### 4.1 某地区天然气管道供电与风能协同调度策略

基于一个具体区域,讨论天然气管道供电和风能协同调度的策略实现。在分析集成本地天然气管道供应系统及风能发电系统数据基础上,对天然气—风能协同调度方式进行研究。通过实证研究表明,该协同调度策略具有提高能源利用效率,降低成本和降低对传统能源依赖等潜在优势。这一战略的实施,对地方能源系统可持续发展具有一定的借鉴意义。

### 4.2 某地区天然气管道供电与太阳能协同调度策略

本案例分析针对某特定地区的天然气管道供电系统和太阳能发电系统,探讨它们之间的协同调度策略。通过对当地能源系统的实际运行情况进行深入分析,本研究提出了天然气管道供电与太阳能协同调度的具体方案,并通过数学建模和仿真实验验证了该策略的可行性和效果。本研究的成果为类似地区的能源系统提供了可行的协同调度方案,并对未来类似研究提供了有益的经验借鉴。

## 5 天然气管道供电与可再生能源的协同调度策略研究的结论与展望

### 5.1 研究成果总结

该研究对协同调度策略中天然气管道供电和可再生能源系统协同调度进行深入探究。通过对能源利用率最大,系统运行成本最小,减排效益最大的目标函数进行分析,并对天然气管道供电系统的容量约束进

行研究、在可再生能源系统出力约束,系统稳定约束以及电网调度约束的约束下,给出了相关模型及其求解方法。在模型的求解方法中,综合运用线性规划,非线性规划,动态规划以及启发式算法来处理各种调度问题。通过研究,获得了一系列行之有效的协同调度的优化方案,为实现能源供应的高效、稳定和可持续提供了理论和方法支持。

### 5.2 局限性与未来研究方向

然而,本研究也存在一些局限性。该模型构建时对天然气管道系统及可再生能源系统复杂性与不确定性考虑不足,模型精度与适用性有待进一步提高。从求解方法来看,目前的研究多侧重于单一方法的使用,对多种方法进行整合与对比研究仍需进一步深化。今后的研究趋势包括但不仅仅局限于:对协同调度模型进行进一步的优化,并考虑更多的实际约束条件对调度结果的影响;探讨了几种优化方法联合使用,提高了模型求解效率及稳健性;强化能源系统动态特性研究并提出更具有现实应用价值的协同调度方案。

## 6 结束语

综上所述,本文对天然气管道供电与可再生能源的协同调度策略进行了研究,提出了一种基于优化理论的协同调度策略,并通过仿真和评估证明了该策略的有效性和可行性。未来的研究方向可以集中在更复杂的能源系统模型、更精确的仿真方法和更广泛的应用场景等方面。希望通过本文的研究,能为天然气管道供电与可再生能源的协同调度提供有益的参考,共同推动能源产业的可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 庞广廉,汪爽,王瑜. 中亚能源转型与可再生能源投资合作[J]. 国际石油经济,2022,30(02):76-83.
- [2] 赵学良. 发展谷电制氢提高可再生能源部署能力的探讨[J]. 石油炼制与化工,2021,52(06):117-120.
- [3] 潘尔生,宋毅,原凯,郭玥,程浩忠,张沈习. 考虑可再生能源接入的综合能源系统规划评述与展望[J]. 电力建设,2020,41(12):1-13.
- [4] 王伟,梁术清,刘玉杰,蒋翠苹. 天然气长输管道阀室供电方案探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量,2020,40(05):182-183.
- [5] 高敬,王亮,彭俊,黄朝平. 太阳能发电在天然气管道项目中的应用[J]. 科学技术创新,2020,(06):174-175.
- [6] 石光辉,齐卫雪,陈鹏,樊敏,李建刚. 负压波与小波分析定位供热管道泄漏[J]. 振动与冲击,2021(14).
- [7] 闫广涛,杨永超,韩治广. Shafer 气液联动执行机构开路先导阀喷油故障处理[J]. 油气储运,2021(08).