

长输供热管网的电厂热源优化配置研究

陈思齐

华能大庆热电有限公司 黑龙江大庆 163159

DOI: 10.32629/ems.v8i4.19738

[摘要] 长输供热管网是城市集中供热体系的核心载体, 电厂作为主力热源供给单元, 其配置合理性直接决定供热系统运行效率、能源利用水平与供热保障能力。针对当前长输供热管网存在的热源布局零散、供需匹配度偏低、运行能耗偏高、经济效益与环保效益难以协同等现实问题, 本文结合长输供热工程实际运行工况, 系统梳理热源配置的核心影响条件, 构建贴合工程场景的优化配置数学模型, 划定模型求解路径与约束边界, 结合工程实践提出具备落地性的热源优化方案与管控措施。研究旨在通过科学的热源配置调控, 实现长输供热管网热源供给与热负荷需求的精准适配, 提升供热系统整体运行稳定性, 压低能源损耗与运维成本, 推动城市集中供热行业向高效节能、可持续方向转型, 为同类长输供热管网工程的热源规划与改造提供理论参考与实践支撑。

[关键词] 长输供热管网; 电厂热源; 优化配置; 数学模型; 运行管控

我国城镇化进程持续推进, 城市集中供热覆盖范围逐步扩大, 长距离、大管径供热管网工程建设规模逐年攀升, 供热系统规模化、网络化发展, 对热源供给的稳定性与均衡性提出了更高要求。电厂作为城市集中供热的核心热源, 依托热电联产、能源梯级利用的技术优势, 成为长输供热管网最主要的热量供给来源, 其配置模式直接关联管网输配阻力、供热能耗、运维成本以及终端供热质量。现阶段, 部分区域长输供热管网存在电厂热源布局不合理、机组供热能力与管网负荷不匹配、多热源联合运行协调性不足等问题, 不仅造成能源资源浪费, 还易引发局部供热不足、管网运行压力异常等状况, 干扰供热系统的安全高效运行。现有供热工程相关研究, 大多聚焦管网输配技术优化或单台机组运行效率提升, 针对长输供热场景下多电厂热源统筹布局、供需动态匹配的系统性研究仍有欠缺。本文立足长输供热管网实际运行特性, 从工程实操角度剖析热源配置的核心影响条件, 搭建量化分析模型, 探索适配的优化实施路径, 补齐现有研究与工程实践衔接的短板, 助力城市长输集中供热系统实现能源高效利用与稳定供热的双重目标。

1 电厂热源配置核心影响条件分析

1.1 电厂热源主流配置模式

长输供热管网电厂热源配置, 依托区域内现有热电联产机组、抽凝式供热机组等核心设备, 结合管网覆盖范围、热负荷分布特征形成差异化配置模式, 各类模式对应适配不同的供热规模与管网布局。单一主力电厂热源配置, 多用于供

热范围集中、热负荷总量稳定的区域, 依靠大容量热电联产机组集中供热, 管网布局简洁, 运维管控难度偏小, 短板在于供热保障冗余度不足, 主力机组故障易波及全域供热。多电厂联合热源配置, 面向长输管网覆盖范围广、热负荷分布分散的区域, 由多台不同容量机组或多个电厂协同供热, 借助管网互联互通实现热量灵活调配, 供热稳定性更强, 能够适配负荷波动需求, 对多热源协同调度、管网压力平衡的技术要求更高。备用热源辅助配置, 一般与主力热源配套设置, 用于极端严寒天气或机组检修时段的供热补充, 进一步强化供热系统抗风险能力, 也是大型长输供热管网的常规配置形式。

1.2 现有热源配置的短板及成因

当前部分区域长输供热管网电厂热源配置存在诸多实操问题, 核心短板集中在供需匹配失衡、运行效率偏低、资源利用不充分三方面。部分区域热源布局缺乏前期统筹规划, 电厂选址与热负荷核心分布区域错位, 长距离输热造成热量损耗偏大, 机组供热能力难以充分释放。多电厂联合运行期间, 各热源出力调控缺乏统一调度, 不同机组供热参数、运行节奏难以同步, 极易出现局部供热过剩、局部供热不足的失衡局面。部分老旧电厂机组供热性能与长输管网需求不匹配, 机组抽汽参数、供热流量无法适配大管径长距离输配要求, 进一步推高运行能耗。

这类问题的形成, 一方面源于前期供热规划前瞻性不足, 未结合城市热负荷增长趋势、管网拓展规划同步优化热源布

局, 过度依赖现有电厂机组, 未开展针对性改造与适配调整; 另一方面源于热源运行管控体系不完善, 缺少动态负荷监测与实时调配机制, 传统管控模式无法适配长输管网动态变化的热负荷需求, 加之技术升级与运维管控投入有限, 导致配置短板长期难以改善。

1.3 技术层面核心影响要素

技术要素是决定电厂热源配置可行性与运行效果的关键, 贯穿热源设备、管网输配、运行调控全流程。电厂机组自身性能直接决定供热能力上限, 机组类型、抽汽压力、供热流量、额定供热功率等核心参数, 划定单台机组可承担的供热负荷与长距离输热适配范围, 老旧机组与新型高效机组的供热效率差异, 直接影响整体热源配置方案的落地效果。长输供热管网自身参数同样具备约束作用, 管网管径、敷设方式、保温性能、阻力损失、输送距离等指标, 限定热源供热半径与出力上限, 热源配置需充分贴合管网输配能力, 既要避免热源出力过大引发管网超压, 也要防止出力不足无法满足终端供热需求。

供热调控技术水平直接影响配置落地效果, 自动化监测、远程调控、负荷预判等技术的应用程度, 决定多热源协同运行的精准度, 技术体系完善可实现热源出力与负荷需求的实时适配, 反之则易出现运行失调。供热介质参数控制、管网水力平衡调控、防泄漏与防冻技术等配套技术, 构成热源配置方案落地的重要技术支撑, 直接关系系统运行安全性。

1.4 经济层面核心影响要素

经济要素是热源配置方案制定与落地的核心考量, 直接决定方案实操性与长期效益。前期工程投入涵盖热源机组改造、管网配套建设、调控设备增设等相关费用, 多电厂联合配置或备用热源增设会相应提高前期投入, 需结合区域供热预算合理把控。运行阶段成本主要包括能源消耗费用、设备运维费用、人工管控费用、管网热量损耗折算成本, 热源配置不合理会直接拉高单位供热量的运行成本, 压缩整体经济效益。

供热收益与成本管控直接关联, 终端供热定价、供热负荷覆盖率等因素, 反向影响热源配置的优化空间, 兼顾成本控制与供热保障, 是经济层面考量的核心原则。能源政策、环保收费标准等外部因素, 也会间接影响热源配置方案的选择, 高效节能、低排放的热源配置模式, 能够降低环保相关支出, 实现长期经济收益的稳步提升。

2 电厂热源优化配置量化模型构建

2.1 核心目标函数搭建

电厂热源优化配置的核心在于实现多目标协同最优, 结合长输供热管网运行实际, 搭建以能源利用效率最大化、运行成本最小化、供热稳定性最优为核心的目标函数, 跳出单一目标优化的局限, 贴合工程实际需求。以系统总运行成本最低为基础目标, 涵盖电厂燃料消耗成本、机组运维成本、管网输配损耗成本、调控运行成本等量化指标, 通过数学建模完成各项成本的加权整合, 形成成本管控核心目标函数。以能源利用效率最高为核心优化目标, 结合热电联产机组能源梯级利用特性, 量化热源供热效率、管网输热效率, 剔除无效能耗与热量损耗, 搭建效率提升目标函数。以供热保障均衡性为辅助目标, 量化各区域供热负荷满足度, 规避供热失衡问题, 保障全域供热稳定性, 三大目标函数相互关联, 构成多目标综合优化函数体系。

函数构建阶段, 充分结合长输供热管网实际运行数据, 选取可量化、可现场采集的参数指标, 剔除模糊性变量, 确保函数贴合工程场景, 具备实际求解与应用价值, 规避纯理论化建模导致的实用性不足问题。

2.2 模型约束条件界定

为保证优化模型求解结果贴合工程实操要求, 需结合长输供热管网与电厂热源运行规范, 明确各类约束条件, 覆盖热源出力、管网输配、供热质量、安全运行四大维度。热源出力约束, 限定单台电厂机组供热出力上下限, 不得超出机组额定供热参数范围, 多机组联合运行时, 总供热出力需匹配全域总热负荷需求, 预留合理出力冗余度, 应对日常负荷波动。管网输配约束, 结合管网管径、承压能力、输热半径等参数, 划定热源供热流量、输送压力的合理区间, 严禁超出管网安全运行阈值, 防范管网破损或热量异常损耗。

供热质量约束, 明确终端供热温度、压力达标要求, 保障各用户端供热参数符合行业规范与供热标准, 杜绝因热源调配不当导致终端供热不达标。安全运行约束, 结合电厂机组运行规程、长输管网安全管理规范, 划定设备运行工况、调控操作边界, 规避安全运行风险。所有约束条件均参照行业标准与工程实际数据设定, 确保模型求解结果具备落地可行性, 而非脱离实操的理论最优解。

3 电厂热源优化配置落地实施路径

3.1 模型求解及结果实证分析

针对搭建的多目标优化模型,选取适配工程实际的求解方法,结合区域长输供热管网与电厂热源实际运行数据,完成数据录入与参数校准,开展模型求解。求解过程中,对多目标函数进行权重优化,结合区域供热核心需求调整成本、效率、稳定性三大目标的权重比例,兼顾实操性与优化效果,避免单一目标过度倾斜引发整体失衡。求解完成后,生成电厂热源最优配置方案,明确各电厂机组出力分配、多热源协同调度节奏、热源布局调整建议等核心内容。

对求解结果开展实证分析,对比优化前后热源运行效率、单位供热成本、供热均衡性、管网损耗率等核心指标,验证优化方案的实际应用效果。分析过程中剔除异常数据干扰,聚焦核心指标变化,梳理优化方案的优势与可微调细节,为方案落地提供数据支撑,针对特殊运行工况开展模拟验证,确保方案在负荷波动、极端天气等场景下依旧具备适用性。

3.2 全程实施技术路径规划

按照前期筹备、模型应用、方案落地、运行调试全流程,规划系统化技术路径,保障热源优化配置工作有序推进。前期筹备阶段,全面摸排区域内现有电厂热源机组参数、长输供热管网布局、热负荷分布及波动规律,完成基础数据采集与校准,梳理现有热源配置短板,明确优化核心方向。模型应用阶段,依托采集数据完善优化模型,完成模型求解与结果校验,形成最终热源优化配置方案,细化各环节技术参数与操作标准。

方案落地阶段,依照优化方案开展电厂机组适配改造、管网配套调整、调控设备升级,重点完善多热源协同调度设施,实现各热源出力的实时调控与联动。运行调试阶段,开展全管网试运行,监测热源出力、管网输配、终端供热各项参数,针对运行期间出现的问题及时微调技术参数,优化调度流程,直至系统实现稳定高效运行。全程技术路径贴合工程实际进度,各环节衔接紧密,防范技术断层影响优化效果。

3.3 配套运行管理保障措施

完善的管理措施是热源优化配置方案长效落地的核心保障,需从制度、管控、运维三个层面搭建配套体系。制度层面,制定长输供热管网多电厂热源协同运行管理制度,明确各热源主体职责分工、出力调控规范、应急处置流程,细化日常运维考核标准,构建标准化管理体系,杜绝无序运行。管控层面,搭建全域供热负荷动态监测平台,实时采集热负荷、热源出力、管网运行各项数据,实现热源调配的智能化、

精细化管控,安排专人负责数据监测与异常处置,提高响应效率。

运维层面,建立电厂热源机组与供热管网定期巡检机制,重点排查机组供热性能、管网保温、阀门调控等关键环节,及时处置设备隐患,降低故障发生率。针对运维人员开展专项培训,强化多热源协同调控、应急处置、设备维护的专业能力,同步制定应急保障预案,应对机组故障、极端天气等突发状况,保障供热系统持续稳定运行。

4 结语

长输供热管网电厂热源优化配置,是提升城市集中供热系统运行效率、保障供热稳定性、控制能耗与运维成本的关键举措,涉及技术、经济、管理等多项要素,需通过系统性分析与量化建模实现科学优化。本文梳理热源配置核心影响条件,搭建多目标优化数学模型,结合工程实际提出求解路径与实施策略,明确技术落地与管理保障的具体方向,能够有效破解现有热源配置失衡、运行效率偏低等问题。城市长输供热系统发展进程中,热源配置需紧跟热负荷增长与管网拓展节奏持续优化,后续可结合新型供热技术、智能化调控手段的迭代应用,进一步完善优化模型与实施方案,持续提升热源与管网的适配度,推动长输集中供热行业向高效、节能、稳定方向发展,为城市供热保障与能源节约提供更坚实的支撑。

[参考文献]

- [1]李洪岩.长输管网供热质量保障中的应急处理措施[J].中国品牌与防伪,2024,(11):139-140.
- [2]杨建慧.基于BP神经网络的长输供热管网热损失预测分析[J].节能,2025,44(02):87-89.
- [3]冯裕祚,柏强,王勋廷.长输供热管网智慧管控平台的一体化设计与应用[J].科技与创新,2025,(14):205-207+211.
- [4]马小林.火电厂长输供热蒸汽冷凝水铁离子超标及系统腐蚀协调治理探索[J].新疆钢铁,2025,(02):47-49.
- [5]冯琪,汪广慧,李德永,等.伊敏电厂长输供热管网泵组运行策略模拟与应用研究[J].区域供热,2023,(06):75-83+124.
- [6]韩力.城镇供热管网中长输管线的节能设计探究[J].建材发展导向,2025,23(06):19-21.