

# 电厂长输供热系统的热损失分析与节能措施

杨国强

中国大唐集团科学技术研究总院有限公司华北电力试验研究院 北京 100000

**摘要:** 电厂长输供热系统的热损失分析与节能策略是一个至关重要的课题, 尤其在全球气候变化和能源效率日益受到关注的今天。随着城市化进程的加速, 集中供热系统在提供生活和工业热能方面扮演着核心角色。通过深入分析热损失的来源和机理, 可以制定出针对性的节能策略, 提高供热系统的整体效率。这不仅有助于降低运营成本, 延长设备寿命, 而且对于实现能源结构优化, 促进绿色低碳发展具有深远影响。

**关键词:** 电厂; 长输供热系统; 热损失; 节能措施

## 引言

在电厂长输供热系统中, 热损失是影响系统效率的关键因素之一。为了提高系统的整体性能, 必须对热损失进行详细分析, 并采取相应的节能措施。本研究将运用热力学原理和数据分析模型, 揭示供热系统效率低下背后的深层次原因, 为行业提供科学的决策依据和实践指导。

### 1. 电厂长输供热系统概述

#### 1.1. 系统构成与工作原理

电厂长输供热系统是将发电厂产生的废热通过管道输送到远方的用户, 实现能源的高效利用。该系统由热源、输送管道、换热站和用户端等部分组成。热源一般为火力发电厂, 其工作原理是燃烧燃料产生高温蒸汽, 驱动汽轮机发电, 之后的废热蒸汽被导入供热管道。为了减少热量损失, 通常采用保温材料包裹。换热站是供热系统的中枢, 其将热能由管道输送给城市或工业供热网络。用户端则按需调节供暖温度, 保证舒适性与能效间的平衡。理解这些基本构成和工作原理, 有助于深入分析热损失的来源并提出有效的节能策略。

#### 1.2. 热能传输的基本原理

热能传输的基本原理对理解电厂长输供热系统至关重要。在供热系统中, 热能主要由发电厂经发热管道传送到用户端。这一过程涉及热传导、对流和辐射三种基本传热方式。热传导主要发生在管壁与传热介质之间, 而对流则是指热介质(如热水、蒸汽)的流动。例如, 根据傅里叶定律, 热流密度与温度梯度成正比关系, 说明了为何降低管道保温层的热导率能有效减少热损失。

在实际操作中, 热能传输效率受到多种因素影响, 包括管道材料的导热系数、流体流量和温度以及外部环境温度。此外, 通过提高蒸汽压力、热水温度等操作参数, 可大幅提高热能传输效率, 但需兼顾设备安全及材料耐热性能。

以斯德哥尔摩的供热系统为例, 该系统通过智能调度, 根据实时的天气条件和用户需求调整热能输出, 成功降低了15%的热损失。这表明, 结合先进的控制策略和管理方法, 基于热能传输基本原理的优化措施在实践中具有巨大的潜力和经济效益。

### 2. 热损失的主要来源

#### 2.1. 管道热损失分析

在电厂长输供热系统中, 管道热损失是一个不容忽视的环节。管道热损失主要源于两个方面: 一是管道的热传导, 二是管道表面与周围环境的热交换。热传导与管道材料的热导率、壁厚以及管道长度直接相关, 而热交换则与管道的保温性能、环境温度以及风速等因素有关。因此, 对管道热损失的深入分析和有效控制是提高供热系统能效的关键。

在实际操作中, 可以采用热平衡模型来量化计算管道热损失。该模型需要考虑管道的初始温度、流体的热容、流速以及管道的热阻等因素。此外, 引入先进的温度监测技术和智能控制系统也能有效管理管道热损失。比如, 设置沿线温度传感器, 实时监测管道热状态, 结合预测算法调整供热参数, 以最小化热损失。

#### 2.2. 节点热损失分析

节点热损失分析是理解电厂长输供热系统效率的关键环节。在供热系统中, 节点通常指的是热力站、分配站以及

供热管网的交汇点，这些位置由于流体阻力、温度变化以及设备转换效率等因素，容易产生额外的热能损失。因此，对这些关键节点进行精细化管理和技术改造，是提高系统能效、降低运行成本的重要途径。

### 2.3. 热用户端热损失

热用户端热损失是电厂长输供热系统中不可忽视的一部分，通常占总热损失的 15% ~ 30%。这部分损失主要源于用户端的热力设备效率低下、热网末端调节不精确以及用户行为导致的热量浪费。例如，住宅区的保温性能不足，可能导致热量在未进入用户室内前就大量散失。此外，商业和工业用户的热设备维护不当或使用效率低，也会造成大量热量损失。因此，对热用户端热损失的深入研究和有效控制是提升整个供热系统能效的关键环节。

以某北方城市的供热案例为例，通过对 1000 户居民的调查，发现由于缺乏有效的保温措施，平均每个住户冬季有约 10% 的热量损失在了建筑外壳。如果采用高效的外墙保温材料和技术，可将这一比例降低至 5% 以下，每年可节省的供热能耗相当于约 300 吨标准煤。这不仅减少了能源消耗，也降低了用户的供热费用，同时对改善城市环境质量具有积极意义。

在分析模型上，可以建立用户端热平衡模型，详细计算各环节的热损失，包括用户设备的热效率、热网末端的调节损失以及用户行为影响的热量损失。通过模型优化，可以为制定针对性的节能措施提供科学依据。例如，优化用户端的温度控制策略，结合智能供热系统，实现按需供热，进一步减少无效热损失。

### 2.4. 系统运行与维护中的热损失

在电厂长输供热系统中，系统运行与维护过程中的热损失不容忽视。这些损失主要源于设备运行效率低下、维护不及时以及系统调节不精确等问题。例如，热交换器内部的结垢现象会降低换热效率，根据研究，0.1mm 的垢层可导致约 2% 的热能损失。此外，阀门和管道的泄漏也是常见问题。因此，定期的设备检查和维护，以及使用先进的泄漏检测技术，对于减少运行维护中的热损失至关重要。

此外，供热系统的自动化水平也直接影响热损失。传统的手动调节方式可能导致温度控制不准确，造成不必要的热量排放。采用智能控制系统，可以精确调节供热量，从而减少无效能耗。例如，某电厂在引入自动化控制系统后，通

过优化调节策略，成功降低了 15% 的运行热损失。这不仅节约了能源，还提高了供热服务质量。

因此，提高运行维护效率，及时发现并修复问题，以及升级控制系统，是控制系统运行与维护中热损失的关键措施。这些措施的实施需要与经济性评估相结合，确保在降低能耗的同时，也能带来合理的投资回报，实现供热系统的可持续发展。

## 3. 节能措施与技术

### 3.1. 管道保温与隔热技术

在电厂长输供热系统中，管道保温与隔热技术是降低热损失的关键措施之一。据研究，未采取保温措施的管道，其热损失可能高达总输送热量的 10% 以上，这不仅浪费了能源，也增加了运营成本。保温材料的选择和施工质量直接影响到热能的传输效率。例如，采用高效保温材料如聚氨酯泡沫或岩棉，可以将管道表面温度降低到接近环境温度，从而显著减少热辐射和对流损失。

在实际应用中，例如某电厂在对其长输供热管道进行改造时，采用了先进的保温技术，将保温层厚度从原来的 50mm 增加到 75mm，改造后一年内热损失减少了约 30%，节省了约 150 万度电的补偿热量，同时也减少了对环境的影响。此外，定期检查和维护保温层的完整性，及时修复破损部位，也是保证系统高效运行的重要环节。

在设计阶段，可以利用热工计算模型来优化保温方案，考虑管道长度、输送介质温度、环境条件等因素，以最小的保温成本实现最大的节能效果。例如，通过模拟分析，可以发现某些特定区域需要增强保温，以针对性地减少局部热损失。因此，电厂在规划和改造长输供热系统时，应重视并充分应用管道保温与隔热技术，以实现可持续的能源管理和经济效益。

### 3.2. 提高热源效率的策略

提高热源效率是电厂长输供热系统节能的关键策略之一。这包括优化燃烧过程，提升热电转换效率，以及采用先进的热能回收技术。例如，通过引入更高效的燃烧设备，如超超临界或超临界燃煤发电机组，可以显著提高热效率，减少燃料消耗。此外，热源侧的余热回收也是重要策略。电厂在发电过程中会产生大量废热，通过余热回收系统，如热电联产或余热锅炉，可以将这部分废热转化为额外的电能或热能，进一步提高能源利用率。在管理层面，采用智能调度系

统可以动态调整热源输出,以适应供热需求的变化,避免过度生产导致的能源浪费。结合大数据和人工智能技术,可以预测和优化供热负荷,进一步提高热源效率。总之,提高热源效率的策略需要从技术升级、余热利用和管理创新多角度综合考虑,以实现供热系统的高效、绿色运行。

### 3.3. 优化供热调度与管理

优化供热调度与管理是提高电厂长输供热系统效率的关键环节。通过智能调度系统,可以实时监测各供热节点的温度、压力和流量,确保热能的均衡分配,减少无效或过度供热。例如,采用预测性算法,结合历史数据和天气预报,可以预测未来几天的热需求,提前调整热源输出,避免因实时需求波动造成的能源浪费。此外,引入先进的控制策略,如分时分区供热,可以在保证用户舒适度的同时,降低系统运行成本。

进一步,优化管理还包括对供热管网的精细化管理,通过定期检测和维修,减少管道泄漏和热损失。同时,建立完善的能耗监测体系,对各环节的能耗进行实时记录和分析,找出能效低下的环节进行改造。

此外,建立供热系统的经济运行模型,考虑供热成本、环境成本和社会效益,可以为决策者提供科学的决策依据。通过模型优化,可以找出在满足供热需求和环保标准下的最优运行策略,实现供热系统的经济性和可持续性。

### 3.4. 利用余热回收技术

在电厂长输供热系统中,利用余热回收技术是实现节能降耗的重要途径。余热是指在生产过程中未被充分利用的热能,通常占总热能的30%~50%。例如,火力发电厂的烟气、冷却水、蒸汽冷凝水等都含有大量的余热。通过余热回收,不仅可以提高能源利用效率,还能减少温室气体排放,符合可持续发展的理念。一种常见的余热回收技术是采用热泵系统,将低品位的余热提升至高品位热能,用于供热或发电,从而实现能源的梯级利用。

以某大型火力发电厂为例,该厂在实施余热回收改造后,成功回收了约40%的烟气余热,每年可节约标准煤约10000吨,同时减少了相应的二氧化碳排放。此外,研究显示,采用高效的余热回收设备,如陶瓷膜蒸氨器,可以在不增加运行成本的前提下,提高热源效率5%~10%。在经济性评估中,虽然初期投资较高,但考虑到长期的节能效益和环保价值,余热回收项目通常在3~5年内即可收回投资成本。

在设计余热回收方案时,需要结合热力学和经济性分析模型,精确计算不同温度等级余热的回收潜力和经济效益。同时,应考虑系统的运行稳定性,避免因过度回收导致的设备运行异常。例如,通过动态优化控制策略,可以确保余热回收与主系统运行的协调性,避免因局部热负荷变化引发的系统波动。

总的来说,利用余热回收技术是电厂供热系统节能改造的关键措施,它不仅有助于提高能源利用效率,降低运行成本,还能为实现碳中和目标做出重要贡献。因此,加大余热回收技术的研发和推广力度,对于构建绿色、高效的能源体系具有深远意义。

## 4. 结束语

综上所述,随着科技的进步和环保要求的提高,电厂长输供热系统的节能技术发展将更加注重新型材料、智能化、高效化和环保化。预测,未来将广泛应用更先进的保温材料和智能监测系统,以减少管道热损失。例如,新型纳米复合保温材料的研究,其导热系数低,能显著提升管道保温效果,降低热能损耗。此外,结合物联网技术,可以实现对整个供热系统的实时监控,及时发现并处理热损失热点,提高系统运行效率。未来的研究应更加注重跨领域的合作,以期找到更全面、更可持续的解决方案,推动电厂供热系统向更加绿色、高效的模式转变。

### 参考文献:

- [1] 李明. 供热系统节能技术浅析[J]. 能源与节能, 2022(09):59-61.
- [2] 陈永进. 多膛炉分布式内热燃烧技术的研发与运用[J]. 湖南有色金属, 2022,38(04):31-33.
- [3] 申小杭. 太阳能集热器与热源塔热泵复合系统供热性能研究[D]. 湖南大学, 2022.
- [4] 孙路, 付明, 汪正兴等. 蒸汽管网疏水系统安全监测预警技术研究[J]. 安全与环境学报, 2023,23(07):2340-2345.
- [5] 姜海鹏. 城市供热自动化节能减排技术探析[J]. 居业, 2021(1):66-67.
- [6] 高红, 戚仁广. 国外供热计量的经验及对我国的启示[J]. 中国能源, 2021,43(11):81-84.
- [7] 王雪娟. 火力发电厂热动系统节能优化措施[J]. 矿业装备, 2019.