

供热系统现状与供热管理新技术的节能运行分析

李霖

包头东华热电有限公司，内蒙古包头，014010；

摘要：当前供热系统普遍存在高耗能问题。为实现供热系统的节能降耗，新型供热管理技术逐渐成为关键手段。本文通过分析供热系统在设计和运行中的不合理因素，文章探讨了系统设计优化技术、运行过程节能技术及智能化管理技术等节能路径，并结合实际案例评估了新技术的节能效果。科学设计与新技术应用能够显著提升供热系统的能源利用效率，为供热行业的可持续发展提供有力支持。

关键词：供热系统；节能运行；系统设计；智能化管理；新技术

DOI：10.69979/3060-8767.25.01.044

引言

在全球能源紧缺和环境问题日益严峻的背景下，供热系统的节能运行成为亟待解决的问题。传统的供热系统在设计和运行过程中往往存在诸多不合理因素，导致能源消耗居高不下。这不仅增加了运营成本，也对环境保护造成了巨大压力^[1]。近年来，随着科技的进步，一系列供热管理新技术应运而生，为实现供热系统的节能运行提供了新思路^[2]。本文旨在分析当前供热系统高耗能的成因，探讨供热管理新技术的节能运行路径，并通过实际案例验证新技术的应用效果，以期对供热行业的可持续发展贡献力量。

1 当前供热系统耗能高的现状分析

1.1 供热系统设计过程中的不合理因素分析

1.1.1 锅炉容量储备系数较高

传统热力系统设计多存在锅炉容量“大马拉小车”的现象。《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》中规定锅炉选型应按长期热效率的原则考虑。在设计中由于存在较大的安全余量导致在低负荷工况下锅炉热效率很低。例如某酒店夏季往往只需要少量的热水供应，如果考虑总负荷来选型则锅炉在低负荷效率大大降低，低负荷能耗增加比达到 30% 以上。另外一些设计单位缺乏对动态变化负荷的预测，单纯采用经验参数，加剧了容量冗余。

1.1.2 用电设备储备量较高

为了能够应对突发故障或者极端天气，供热系统中的循环泵、风机等设备常常采用多台冗余配置。但在实际运行过程中，备用设备长期处于闲置状态，从而造成了能源的浪费。比如洛阳某电厂，由于热源机组频繁出现故障，所以需要额外配置多台备用机组。可是备用设

备在非故障期无法进行灵活调度，反而增加了系统的能耗。另外，在设备选型时没有充分考虑变频控制技术，导致定速泵在高负荷时段能耗陡然增加。

1.2 供热系统运行过程中不合理因素分析

1.2.1 锅炉换热面热阻偏大

换热面结垢、积灰，是锅炉运行过程中普遍存在的问题，使运行热阻增大；据相关研究资料表明，换热面每增加 1mm 水垢，热效率下降 5%~8%。例如河北省某医院使用的锅炉因为长期没做过清洗换热效率下降了 15%，年耗煤量约 200t。另外部分老化锅炉的换热器设计不科学，烟气与工质间所形成的传热温差没有得以充分利用，也将加剧热损失。

1.2.2 煤种品质差

我国供热系统目前仍然是煤为基础，但是煤种变化无常。低热值、高灰分煤种导致不完全燃烧，飞灰含碳达 15%—20%，远高于国际领先水平的 5%，例如山西某热电厂，由于使用劣质煤，锅炉热效率由 85% 下降到 72%，单位供热煤耗增加 30%。煤种变换频繁导致了燃烧参数很难优化，进一步降低了系统的可靠性。

1.2.3 燃烧状况不理想

燃烧控制技术的落后是导致能效低下的一个重要原因。燃烧控制水平低下负荷变化不能得到及时响应，过多应用传统手调，过量空气系数变化幅度过大（多在 1.5~2.0 之间），排烟热损失比例约占 10%~15%，如青岛顺安热电实施了烟气余热全回收技术，排烟温度由 50℃ 降至 26℃，年节能标煤 1.3 万 t。煤粉细度不均匀、配风不恰当加大了未燃碳的损失。

2 供热管理新技术的节能运行路径

2.1 系统设计优化技术

气象辅助调节技术,结合计算机算法已有三代,结合气象卫星信息、建筑热惰性和人为活动规律对供热参数进行精细化的小时甚至分钟调节。山东某三甲医院项目采用气象数据站+室内温控+管网压差三个参数联动的精细化调节技术,保证各病区温度波动不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,相较于传统的供热系统节能 12%的同时降低热不适率,而且主要针对昼夜温差大的大陆性气候地区,可降低供热系统年运行 6 周左右;永磁同步变频技术,采用永磁同步技术能够将变频循环泵效率提高到 IE5 级($\geq 95\%$),采用永磁同步变频技术对太原钢厂余热利用项目实施系统改造,通过将主泵根据热网压差调节、支线泵根据用户的需求变频、补水泵压力闭环控制及换热站温度前馈调节,据测量,此方法可实现整个系统一年可节约电能 44%,使设备运转时间延长了 30%,该技术对已有系统进行改造更有优势,投资回收期能降低至 2.8 年。将泵、风机等装置采用变频技术后能够有效降低电耗,山西太原对钢厂余热资源整合并通过变频水泵可以节约用电 44%^[4],具体原因在于根据运行实际情况调节电机转速来配合使用,并避免电机长期过负荷或空载运转的状态。太原某空调系统的变频技术改造后,电机的功率从 75kW 下降到 45kW,每小时节省 30kW,半年以内就可以收回投资成本。除此之外,自动化变频恒压供水系统在暖通领域得到大量的应用,能够使得能源的消耗降低 25%以上,并且有效的降低水资源的二次污染^[3]。

2.2 运行过程节能技术

通过对锅炉排烟温度的降低来实现余热回收是降低煤耗的主要途径之一。青岛顺安热电对锅炉烟气采取“烟气喷淋降温+吸收式热泵”,将锅炉尾部排烟温度从 47.9°C 降至 25°C ,使余热全部得到利用,年回收余热 34.35 万吉焦,节约 1.49 万 t 原煤,减排 CO_2 3.5 万 t,可保障万余户居民供暖。类似的对工业余热的利用有钢铁公司利用钢铁企业废热作为区域供热热源,来提高能源利用率的措施。在燃煤的同时进行生物质的耦合燃烧、燃气锅炉和利用可再生能源等来减少对煤的依赖度。例如西藏对于清洁能源的依赖度很大,可由风电、光伏等可再生能源供应电力的占比达到 91.44%,从而形成了“风光互补”的发电模式,来填补水电和光伏的不足,减少对化石能源的使用。将燃煤锅炉和热泵一起应用,组合为多能联供系统,减少碳排放的同时也保证了供热的稳定性。生物质燃料挥发分高($>20\%$),有利燃烧^[4]。

2.3 智能化管理技术

一是创建源-网-荷-储一体化调度的数字孪生热网,采用人工智能优化热网调度。如广东省珠海市宝塘储能站通过智能调蓄多能互补,年输送清洁电量 4.3 亿千瓦时。这一案例亦可参照在城市热网中展开热量水力平衡调节,降低城市热网管道的水力损失。青岛顺安热电建设了智慧供热大数据管理系统,与清华大学热泵控制云平台联合运用,随时优化吸收利用余热泵,减少人力成本运维,试点用户端阀门远程集中控制,实现不在“大水漫灌”集中供热,借助热计量仪表、温度表及物联网终端,可以自行设定终端室温,分户自行调控热能,这样可以节约 11%的煤^[8]。太原某供热单位分时段和温度供应该供热设备,可以根据温度差别实行早晨气温较低时调整供热参数,然后温度升高后再调整供热参数,由此供热设备有效率提高了 20%。以上两点还包含,智能仪表和计量能耗调控仪实时回传使用状态信息数据,让管理人员做好供热曲线调整的掌控力度,达到降低用热系统无效能耗^[5]。

3 供热管理新技术节能运行效果分析

3.1 供热系统科学设计的创新实践

近年来的供热工程设计,摆脱了单纯的供热设备更新改造的模式,逐步发展为多方面复合优化的系统设计。某市某热企集团 2022 年改造中综合运用了 4 项最新节能技术和产品,最终系统整体节能率超过 28%。新一代热力设备模块化、智能化、低排放:全预混冷凝锅炉运用了渐进式换热理论,锅炉分为烟气冷凝段、一、二、三级换热段,最终将排烟温度降低至 40°C 以下,实测热效率超过 110%,相比普通锅炉天然气用量可以减少 18~25%,同时氮氧化物排放量小于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。新型吸收式地源热泵产品采用新工质锂电池溴化盐溶液,仅采用 60°C 余热驱动,就可以达到 COP2.8,相比吸收式热泵可以增加 40%的节能效益。据北京某区域能源站应用该技术数据表明,地热尾水量利用率达到 82%,而此前仅达到 45%。变频技术也逐渐向智能调控发展。某热力公司品牌磁悬浮变频技术水泵产品通过实时寻找水泵最大效率值,最终在水泵部分运行工况下可以始终保持超过 85%的水泵运行效率,相比其他普通变频泵每年可进一步节能 12%。煤粉气化燃烧系统结合新燃料和燃烧技术实现清洁高效利用。燃煤设备煤粉气化燃烧技术将燃料磨制细度控制在 200 目($74\mu\text{m}$)以上,并结合富氧燃烧技术,最终燃料利用达到 92%以上,同时,飞灰含碳量小于 5%。沈阳一热电厂运用该项技术后,吨汽煤耗降低 14kg,每年可以减少 6.5 万 t 的 CO_2 排放。采用生物质掺烧煤,

当掺烧量达 35% 时, 炉子效率降低 1.2 个百分点, 减少碳排放量占煤 28%。哈尔滨某热源厂掺烧秸秆颗粒替代煤, 供热期替代标煤 3.2 万 t。基于数字孪生的供热系统, 基于 10 万+ 传感器生成映射, 可寻优的强化学习, 天津市生态城运行结果显示, 负荷预计提前 4h, 调节响应达到分钟级。基于建筑热特性自适应运行技术, 采用机器学习算法从大数据中分析得到用户的用热特性规律, 沈阳地区一栋建筑示范, 夜间供水温度在室温允许达标的情况下降低 5~8℃, 采暖期内节约热能 9.7%。采用预制直埋保温(管)热力管道(PERTII 型), 无补偿冷安装技术, 热损≤2%(传统管道在管沟内敷设为 8~12%)。哈尔滨某建筑的改造工程, DN800 主干线采用真空绝热, 实验证实保温效果提升 40%, 年节热 2.1×10^5 GJ。同时, 采用阴极保护技术, 提高管道使用寿命 30 年。

3.2 新技术节能管理体系构建

构建以“云-边-端”为基础的供热管廊系统, 整合 SCADA+GIS+BIM 系统, 可视化监测全网。形成评价设备健康度模型(共设置 12 个指标), 能够预测设备故障(命中率可达 85%)。A 供热公司应用后, 在线实时的工况预警能力的提升使故障修复时间缩减到 15min, 故障修理工效提高了 50%。实现“气象-负荷”协同调控, 构建负荷预测模型包含 20 个影响因子(MAPE≤5%)。实行错峰分区调控, 建立供热系统 300 个区域划分, 在供热控制系统实现±0.5℃供热系统的动态精细化调控。智慧供热案例中, 应用智慧供热调控模式, 在确保用户室温舒适性达标的基础上, 降低其室温不达标热能耗 12.3%。构建多热源联供优化模型, 应用遗传优化算法解决多热源供热节能问题, 提高锅炉平均热负荷比例由 60%升到 85%, A 能源站供热项目, 采用热源、余热集成“2+1”模式, 即“2 台采暖用基载锅炉+1 台调峰用气锅炉”, 节省燃气费用 180 万元/年。安装烟气余热回收装置, 将烟气出口温度从 160℃降至 50℃, 热效率提高 9%。

3.3 全生命周期检修技术应用

采用声波清灰系统(频率 20~200Hz)取代机械式清灰装置, 保证受热面清洁度大于 90%, 某 75t/h 循环流化床锅炉投产后降低锅炉排烟温度 12℃, 增加锅炉效率

1.8%, 开发化学清洗专家系统, 依据在线监测自动判断化学清洗周期(精度≤3 天), 开发了热工仪表三者校验制度(在线比对-实验室校验-标准器溯源), 热工参数测量误差控制在 0.5% 以内, 开发了自诊断压力变送器(误差 0.5% 以内), 能够有效发现 98% 的故障点, 某供热企业运行热仪表应用智能校验系统后, 仪表维护费用较常规方法降低 40%, 应用红外热像仪对管网诊断, 准确反映管网散热点定位(分辨率 0.05℃)。采用纳米气凝胶保温材料(导热系数为 0.018W/m·K)封堵管网薄弱点, 管网散热损失率小于 1.8%。例如, 某老旧建筑供热小区, 应用了水力平衡调节措施、加装热力站并进行了管网保温改造, 改造后采暖室内平均温度由原(15~17)℃提高到(17~19)℃, 热耗降低了 15%, 大大改善了供热质量。以上应用技术体系实施后, 示范项目项目实现综合节能率 23~28%, 减少碳排放强度 35%, 供热设施寿命增加 40%, 其经济效益和环境效益十分明显, 建议通过“设计、运行、维护”全生命周期的节能体系建设, 不断促进供热行业向绿色高质量发展。

4 结束语

供热系统的高耗能问题一直是制约行业发展的重要因素。通过对设计和运行过程中不合理因素的分析, 以及对供热管理新技术的探讨, 我们发现科学设计与新技术应用能够显著提升供热系统的能源利用效率。智能化管理技术的引入, 更是为供热系统的节能运行提供了强有力的支持。

参考文献

- [1] 马红利. 供热系统节能运行调节分析[J]. 兰州工业学院学报, 2024, 31(2): 81-84.
- [2] 梁昱升. 高校自供热系统改造节能效果分析[J]. 江苏建材, 2023(2): 12-14.
- [3] 裴子薇. 热电联产集中供热系统的节能技术分析[J]. 中国厨卫, 2024, 23(8): 258-260.
- [4] 王莉, 冯佩佩. 基于城市建筑集中供热采暖节能技术应用分析[J]. 建筑与装饰, 2024(5): 190-192.
- [5] 岳嵩, 王瑞娟. 集中供热系统运行中绿色节能技术的运用分析[J]. 2024(12): 166-168.