

市政供热管网节能改造技术研究

仇润杰

建投能源定州热力有限责任公司

摘要:随着城市化进程的不断加快,城市供热管网的规模也在不断扩大。供热管网的节能改造已成为节能减排、建设资源节约型和环境友好型社会的重要举措之一。本文针对市政供热管网节能改造技术进行了深入研究。首先分析了市政供热管网的现状和存在的问题,指出了节能改造的必要性;然后重点介绍了几种主要的节能改造技术,旨在为相关工作人员提供借鉴参考。

关键词:市政供热管网;节能改造;保温技术;水力平衡;变频调速

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2022.11.070

引言

随着我国经济的快速发展和城市化进程的不断推进,城市建设规模不断扩大,城市人口快速增长,供热需求量也随之急剧增加。据统计,建筑供热能耗已占到全社会总能耗的21%左右,是仅次于工业能耗的第二大能源消耗领域。而在建筑供热能耗中,热网输配环节的热损失高达30%以上。可见,供热管网的节能减排已成为十分迫切和重要的课题。市政供热管网作为城市供热系统的重要组成部分,其运行效率和节能水平直接影响着整个供热系统的经济性和节能效果。多年来,由于受技术条件、经济水平等因素的制约,我国市政供热管网普遍存在热损失大、能耗高、效率低等问题,亟须采取切实可行的节能改造措施。

一、市政供热管网存在的问题

(一)管道热损失大

供热管道长期处于高温工作环境,加之管道保温性能差,导致管道散热损失严重,供热效率低下。有资料表明,我国供热管网输配过程中的热损失率普遍高达30%以上,甚至一些管网的热损失率达到50%。管道的热量流失,不仅增加了供热能耗,也给管道结构和周围环境带来不利影响。

(二)水力失衡问题突出

由于管网设计和运行调节不合理,加之用热不均衡,导致管网内部普遍存在水力失衡现象。部分供热管段、支线流量偏大,产生“大马拉小车”效应;有些管段、支路流量不足,末端用户供热不到位。水力失衡加剧了管网的阻力损失和热损失,供回水温差小,系统运行效率低。

(三)自控水平较低

大多数市政供热管网尚未建立完善的监测、控制系统,无法实现全网的实时动态监控和优化调度。管网运行主要依靠人工经验控制,调节不及时、不准确,供热

参数波动大,系统运行不经济。管网事故隐患排查不到位,事故处理不及时,给安全稳定运行带来隐患。

二、供热管网节能改造的主要技术

(一)管道保温技术

供热管道散热是管网热损失的主要原因之一。提高管道保温性能是减少散热损失、降低输配能耗的有效途径。目前,在供热管网改造中广泛采用的先进保温技术主要有以下几种:

1. 预制直埋保温管

预制直埋保温管是将保温材料在工厂预先加工到钢管上形成保温结构,再整体敷设于管沟中的新型供热管道。其保温结构紧密,导热系数低,能显著降低管道传热损失。常用的预制管材料有聚氨酯发泡保温管、玻璃钢缠绕保温管和塑套钢预制保温管等。以聚氨酯直埋保温管为例,其导热系数可低至 $0.022W/(m \cdot K)$,与传统的玻璃棉、岩棉等保温材料相比,保温性能提高1倍以上。工程实践表明,采用预制直埋保温管可使管道散热损失降低50%以上。

2. 真空绝热管

真空绝热管是利用真空绝热原理制成的新型高效节能管道。在内外护管之间充入纳米级气凝胶粉体绝热材料,抽真空后形成纳米多孔绝热层,大幅降低了管道的导热和对流传热。真空绝热管导热系数可低至 $0.008W/(m \cdot K)$,是目前保温性能最优的管道之一。研究表明,DN300规格的真空绝热管散热损失仅为同口径玻璃棉保温管的15%左右。但真空绝热管成本较高,在实际工程中的推广应用还有待进一步探索。

3. 架空敷设

在条件许可的情况下,对原有直埋管道进行架空敷设改造,可有效降低管道散热损失。与直埋方式相比,架空管道周围空气流通,散热条件更优越。同时,管道与土壤隔离,免受土壤腐蚀和地下水浸泡的影响,可

延长使用寿命。北京、沈阳等城市在既有管网改造中,已有大量直埋管道改造为架空敷设,节能效果明显。以沈阳为例,全市30%的老旧管网经改造后,管道散热系数平均降低30%以上。除了采用先进保温材料和敷设方式外,在管道设计和施工中加强保温处理也十分重要。选择导热系数低、厚度适宜的保温材料,增加保温层厚度,可显著提高管道的保温性能。在阀门、法兰等部件和管道支架处,采取严密可靠的保温措施,避免热桥效应。加强管道附件和管沟的防水处理,定期排查检修,可减少管道保温层的破损和老化,延长其使用寿命。规范操作,控制施工质量,是确保管道保温性能的基本要求。

(二) 水力平衡技术

供热管网的输配能耗与系统阻力密切相关。由于管网水力失衡,局部管段阻力过大,循环流量分配不均,既加大了输配能耗,又影响了系统的供热品质。通过优化管网结构,调节平衡管网水力,可在降低输配能耗的同时,提高供热质量。水力平衡技术主要包括以下几个方面:

1. 管网水力计算

运用计算机仿真技术,根据管网的实际布局、管径、供回水温度等参数,建立管网水力模型。通过水力计算分析,预测管网在不同工况下的水力分布,评估管网的输送能力和供热效果。在此基础上,优化管网布局,合理划分压力分区,校核管径选择,以实现整个管网的水力平衡。北京、天津等城市在新建管网设计和既有管网改造中,均广泛开展了管网水力计算工作,取得了良好效果。

2. 变流量控制

传统供热管网多采用定流量运行方式,难以适应负荷的动态变化,容易造成局部管段供热过剩或不足。采用变流量控制技术,根据系统负荷和管网压差的变化,实时调节水泵转速和阀门开度,使供回水流量与负荷相适应,可避免定流量运行的弊端。有研究表明,变流量运行可使管网输配能耗降低20%~30%。但变流量控制对管网的调控水平要求较高,在实际应用中需进一步加强。

3. 均流装置

在管网的分支点和用户入口处安装均流装置,可确保各支管道和用户支路的流量分配均匀合理,避免局部管段“大马拉小车”或流量不足现象。常用的均流装置有孔板流量计、文丘里流量计、自力式流量调节阀等。

实践证明,安装均流装置可有效解决管网的水力失衡问题,改善供热效果。以天津某小区为例,经安装自力式流量调节阀后,管网阻力下降25%,末端压差减小50%,室温均匀性提高。

4. 定压补水

采用定压补水装置,根据管网压力变化自动补水,可有效稳定管网压力,防止局部负压和汽化。定压补水在保证管网水力稳定的同时,也可降低管道的爆管等事故风险。上海、广州等城市在供热管网节能改造中,均大力推广应用了定压补水技术,取得了良好的节能增效和安全运行效果。通过上述水力平衡技术的综合应用,可显著改善管网的水力状况,降低输配阻力,提高供热质量,减少管网事故,达到节能、高效、安全运行的目的。据相关研究,采用水力平衡技术改造后,管网输配效率可提高10%~20%,热损失可降低5%~10%。

(三) 变频调速技术

供热管网循环泵是管网输配环节的主要耗电设备。据统计,循环泵电耗约占管网总电耗的70%以上。因此,提高循环泵的运行效率对于降低管网输配能耗具有重要意义。变频调速技术通过改变电机的工作频率,实现泵转速的无级调节,使泵的输出与系统的实际需求相匹配,避免恒速运行带来的能量浪费,是当前节能改造的重要手段。变频调速的基本原理是利用变频器改变电机定子绕组的工作频率,从而改变电机转子的同步转速,实现泵转速的调节。通过变频调速,可根据系统的实际压力、流量需求,实时优化循环泵的运行工况,使其始终工作在高效区。一般当系统实际流量低于额定流量的70%~80%时,采用变频调速可获得明显的节电效果。变频调速改造可分为就地控制和远程集中控制两种方式。就地控制是在泵站或热力入口处安装压差或流量传感器,变频器根据检测的压差或流量信号自动调节泵的转速。远程集中控制则是将各泵站的运行数据传送至管网调度中心,由中心远程下达变频指令对泵进行调节,实现对全网水泵的协同优化控制。就地控制投资少、改造简单,适合中小规模管(四) 热计量技术

供热计量是实施供热节能和热费改革的重要基础。只有通过计量,才能准确评估管网的输配效率和用户的用热状况,调动供热企业和用户的节能积极性。多年来,我国在推行供热分户计量和热耗热费方面进展较为缓慢,主要原因之一就是缺乏经济适用的热计量技术和设备。近年来,随着计量技术的进步和国家政策的大力推动,供热计量已成为管网节能改造中备受关注的领

域。目前，在供热计量领域广泛采用的计量方式主要有间接计量和直接计量两种。间接计量是指通过测量供回水温差和循环流量，间接计算用户的用热量。常用的间接计量仪表有机械式热量表和超声波热量表等。其中，超声波热量表凭借其测量精度高、压力损失小、维护方便等优点，已成为目前应用最广泛的热计量表具之一。直接计量是指直接测量散热器表面温度和室内温度，计算散热器的散热量，代表用户的实际用热量。直接计量具有计量准确、响应及时、易于分摊等优点，但成本较高。近年来，随着无线计量和物联网技术的发展，分户直接计量的经济性大为提高。电子式热分配器、无线远传热量表等新型直接计量表具相继问世，在工程中得到推广应用。

三、市政供热管网节能改造技术优化策略

（一）加强顶层设计，完善技术标准规范

节能减排是国家可持续发展战略的重要内容，是供热行业转型升级的必由之路。各地应立足自身实际，科学编制供热专项规划，将管网节能改造作为重点任务，纳入城市基础设施建设的总体部署。在规划编制过程中，要广泛听取各方意见，突出节能改造的战略定位和目标指引，明确主要任务和实施路径，为管网节能改造提供顶层设计和行动指南。与此同时，要加快建立健全管网节能改造的技术标准和规范体系。从设计、施工、验收、运维等环节入手，制定配套的技术标准和管理规程，明确节能改造各阶段的技术参数、工艺要求、质量标准等，使节能改造做到有章可循、有据可依。要加大标准规范的宣贯力度，通过培训教育、现场指导等方式，增强各参建方的标准规范意识和执行能力，切实将标准规范的要求落实到节能改造的全过程、各环节，确保节能改造质量和实效。

（二）创新体制机制，拓宽投融资渠道

供热管网节能改造投资大、周期长，仅依靠政府投入难以满足改造需求。要积极创新体制机制，拓宽投融资渠道，撬动社会资本参与管网节能改造。鼓励采用政府和社会资本合作（PPP）、合同能源管理等市场化投融资模式，充分发挥专业节能服务公司的技术优势和投资能力，提高节能改造的专业化水平和项目经济性。同时，要加快完善价格形成机制，建立健全与节能效果挂钩的价格调整机制。合理测算管网节能改造的成本效益，将改造成本适当分摊到供热价格中，在保障企业合理回报的同时，释放节能效益，实现多方共赢。价格机制的完善，将有利于调动供热企业实施节能改造的积极性，为节能技术的推广应用创造良好的市场环境。政府

部门要做好政策引导，加大财政金融支持力度，通过设立节能改造专项资金、贴息贷款、节能奖励等方式，撬动更多社会资本投入管网节能改造。同时，要深化“放管服”改革，进一步简化审批流程，营造良好的投资环境，为社会资本进入节能改造领域提供便利。

（三）强化智慧管理，提升精细化水平

随着物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术的快速发展，智慧供热已成为行业发展的重要方向。供热单位要顺应智慧化发展趋势，加快推进管网数字化、智能化改造，实现管网运行状态的实时监测、异常预警、故障诊断、智能调控，提升管网系统的智慧管理水平。建设覆盖管网全生命周期的智慧管理信息系统，是实现管网精细化管理的关键举措。要加快管网GIS、SCADA等信息化管理系统建设，通过物联网终端、传感器等实现管网运行数据的自动采集和传输，借助大数据分析、人工智能等技术，对海量管网数据进行挖掘分析，优化管网运行调度，实现管网状态的可视化监控、故障隐患的主动预警、能耗异常的精准诊断、调控策略的智能决策，打造集监测、控制、优化、服务于一体的智慧供热管理平台，为管网节能降耗、经济运行提供有力支撑。同时，管网智慧化管理对从业人员的综合素质提出了更高要求。供热单位要加强人才队伍建设，提升管理人员的信息化意识和能力。通过内部培训、外派学习、校企合作等多种渠道，强化管理人员的计算机应用、数据分析、智能调控等专业技能，提高现代信息技术在管网节能管理中的应用水平。

结束语

管网节能改造是一项复杂的系统工程，涉及规划、设计、施工、运维等诸多环节，需要政府、企业、社会等多元主体的通力合作。在新的发展阶段，供热行业要进一步解放思想、更新理念，深入贯彻新发展理念，坚持创新驱动、智慧引领、协同发力，加快构建适应行业高质量发展需要的节能改造新机制、新模式、新路径，不断提升管网节能的科学化、精细化、智能化水平，推动形成绿色低碳、安全高效的现代化城市供热新格局。

参考文献

- [1]周丹. 供热管网节能改造及输热能效分析[J]. 建材与装饰, 2020(04): 76-77.
- [2]周悦鹏, 陈博. 探析供热管网节能改造及输热能效[J]. 河南建材, 2019(04): 323.
- [3]孙志勇. 供热管网节能改造技术探究[J]. 住宅与房地产, 2018(15): 285.