

城镇集中供热系统节能设计要点分析

董彪 康洪伟

济南城投设计有限公司

摘要：随着我国城镇集中供热面积不断扩大，对节能设计进行深入研究显得尤为迫切。本文在分析我国城镇集中供热系统发展现状的基础上，深入剖析了其存在的节能问题，包括锅炉运行效率低、供热管网输送效率不足、供热系统水力失衡和冷热不均等方面。针对这些问题，提出了一系列城镇集中供热系统节能设计要点，包括提高锅炉热运行效率、采用水泵调速技术、优化供热管网设计、提高供热管网的保温性能以及用户端的节能措施，旨在为城镇集中供热系统的可持续发展提供科学的节能设计方案，以推动我国城市供热行业朝着更为环保、高效的方向迈进。

关键词：集中供热；节能设计；要点分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.13.101

引言

城镇集中供热是我国冬季供热的主要方式，但传统的单向顺流运行方式在满足用户需求的同时，也带来了一系列的资源浪费问题。传统模式下，由于热量沿一条主干管道传递至所有用户，导致了供热冷热不均的现象，一方面造成部分用户的室内温度过高，另一方面则使得远离热源的用户面临能源不足的挑战，这种模式不仅使得能源利用不均衡，同时也导致了系统运行效率的下降，增加了资源消耗。为解决这一问题，需要积极研究城镇集中供热系统中存在的运行方式问题，重点关注资源浪费现象，并以节能减排为核心，提出有效的节能设计要点，使城镇集中供热系统在满足用户需求的同时，最大限度地减少资源浪费，实现系统的高效、可持续运行。

一、我国城镇集中供热的发展现状

我国城镇集中供热事业在过去几年取得了显著的发展，截至目前，全国城市集中供热面积已经达到了106亿平方米，而城镇集中供热面积更是高达130亿平方米，表明我国在供热领域的投入和建设规模已经逐渐取得了可观的成绩。近年来，我国城镇集中供热事业呈现出一个稳健增长的态势，供热面积的增长率保持在6%左右，这一持续的增长趋势不仅反映了我国城市化进程的加速，也体现了人们对于更舒适、更便捷生活环境的需求^[1]。然而，与发达国家相比，我国人均用热水平依然存在较大差距，这也意味着在未来的发展中，我国城镇集中供热仍然有着广阔的发展空间。随着我国既有用户用热需求的不断增加以及城乡一体化进程的逐步推进，我国城镇集中供热用热量将保持近年来的7%—10%的增长率，继续稳步上升。这不仅是因为城市化进程中新建

小区的需求日益增长，同时也受益于城乡一体化所带来的供热网络的进一步拓展和完善。在2022年的统计数据中，北方市镇建筑供热热源呈现出多样化的特点。其中，燃煤热电联产约占55.4%，燃气热电联产占比约为6.6%。燃煤锅炉和燃气锅炉分别占据了14.6%和21%的份额，而电供暖（包括直接电供暖和热泵供暖）、工业余热等其他热源则占比较低，表明在供热热源的选择上，我国城镇集中供热正逐渐朝着更清洁、更高效的方向迈进，这也为未来的城镇集中供热系统的可持续发展奠定了坚实基础^[2]。

二、城镇集中供热系统节能问题分析

（一）锅炉运行热效率偏低

在城镇集中供热系统中，锅炉运行热效率偏低，燃烧过程中存在不完全燃烧现象，由于燃料燃烧不充分，部分热能无法充分释放，从而导致了锅炉的整体热效率下降。此外，锅炉设备的老化和磨损也是影响热效率的因素之一，降低了锅炉的工作效能，导致能源的浪费。锅炉运行过程中存在的烟气散失也是造成热效率偏低的一个重要原因。在燃烧过程中，部分热能以烟气的形式被排放出去，而未能被充分利用。这种热能的散失不仅导致了能源的浪费，还加剧了对环境的不良影响。由于操作不当、设备维护不及时等问题，可能会出现锅炉内部结垢、管道阻塞等情况，进一步降低了锅炉的热传导效率，这些因素共同作用，使得锅炉在供热过程中无法充分释放潜在的热能，导致热效率的下降。

（二）供热管网输送效率低

供热管网输送效率低主要归因于供热管网内部的多重复杂因素，比如，管道阻力是导致输送效率降低的一个核心问题，由于供热管道系统的设计或维护不当，管道内存在过多的弯曲、突变和阻力源，使得供热介质在输送过程中遭受较大的阻力，从而降低了整个系统的输送效率。供热管网的布局不合理，一些供热管道可能过长或过短，管网结构不够紧凑，导致供热介质在输送中受到不均匀的压力，造成热量损失。管道过于分散的情况也容易导致热能传输路径的不畅通，进而影响整个供热系统的运行效率。此外，管道材料的选用和管道保温措施的不足也对输送效率产生了负面影响。老旧的管道材料导致热量散失增大，而缺乏足够的保温措施则使得热能在输送过程中不断散失，降低了系统的整体输送效率。供热管网的设计和运行中存在的一些技术问题也是导致输送效率低的因素，管道系统中存在泄漏或漏热现象，使得供热介质在输送的过程中发生额外的能量损失，这些技术问题可能源自设备老化、不当维护或者是

系统运行时的异常情况^[3]。

（三）供热系统水力容易失衡

在城镇集中供热系统中，供热系统水力失衡是一个较为突出的问题。首先，管道设计不当是导致水力失衡的关键原因之一。在供热系统的设计中，管道的直径、长度、布局等因素未能得到合理地考虑和配置，使得在系统运行过程中，供热水在管道内的流速不一致，形成水力失衡的局面。其次，系统运行时的负荷波动也是导致水力失衡的一个重要原因。由于城镇集中供热系统中用户需求的不断变化，供热负荷存在时段性和空间性的波动，而系统中的管道水流速度、流量等参数未能及时、灵活地调整，导致了管道内水力的不平衡，降低了系统的运行效率。此外，随着时间的推移，管道内部容易发生结垢、污染等情况，导致水流在管道内的阻力逐渐增加，使得水流的分布不均，最终引发水力失衡问题。最后，系统中可能存在的管道漏水、漏热等技术问题也对水力平衡产生了负面影响。管道漏水导致了水流量的减少，而漏热则使得部分供热水在输送过程中提前失去了热能，使得整个系统的水力状态变得混乱和不稳定。

（四）冷热不均现象明显

目前，我国小城市集中供暖系统普遍存在着一种单向顺流模式，其供暖系统的冷、热不均匀问题十分突出。传统的采暖方式是将供暖系统中的热源按一定的顺序向各住户供暖，但却造成了非常明显的供暖不均匀现象。由于供暖距离较远，一些住宅在冬天往往要打开窗户进行降温，造成大量的能源浪费。与之形成鲜明对比的是，距离较远的住户在供暖过程中，其自身体温会显著下降，需要额外使用空调、电加热等设备进行供暖，从而导致二次能耗的增加。为解决这一问题，供暖系统通常采用增大供暖强度的方法来补偿，但这样不仅造成了热能资源的浪费，也造成了一些住户的温升过高，这就造成了资源使用不均衡，能源浪费的窘境。为此，为保证各住户的供暖需求得到更好的满足，降低能耗，必须对供暖方式与输送方式进行更加科学的设计与优化，提高整个系统的节能水平。

三、城镇集中供热系统节能设计要点

（一）提高锅炉的热运行效率

锅炉作为供热系统的核心组成部分，其热效率直接关系到整个系统的能源利用效果。为了实现更高的热运行效率，需要关注燃烧过程，采用先进的燃烧技术，如高效低氮燃烧技术和氧量控制技术，能够使燃料在锅炉内充分燃烧，减少燃料的浪费，提高燃烧效率。锅炉的热效率还受到锅炉的传热效果的影响，需要优化锅炉的传热结构，采用高效的烟气余热回收装置，有效地提高传热效果，减少能量损失。通过采用先进的节能材料，如高导热率、低传热系数的材料，优化锅炉内部结构，降低传热阻力，也有助于提高传热效率，进而提高整个

锅炉系统的热效率。在锅炉的运行过程中，对燃烧设备的定期检修和维护也是提高热运行效率的关键。定期清理燃烧设备，防止积灰、结垢等因素的影响，可以保持燃烧设备的良好状态，确保燃烧过程的稳定性和高效性。此外，合理设定锅炉的工作参数，如燃烧温度、过量空气系数等，通过先进的自动调节装置，实现智能化的运行控制，也能有效提高锅炉的热运行效率^[4]。在锅炉系统中，热能的分配和利用也是一个需要精心考虑的问题。采用恰当的热能分配方案，根据用户需求进行合理的供热计划，可以最大限度地提高锅炉的利用效果。合理设计和运行锅炉系统中的配件，如水泵、风机等，也是确保系统高效运行的关键。通过采用先进的节能水泵和变频技术，可以有效降低水泵的能耗，提高整个供热系统的能源利用效率。

（二）采用水泵调速技术

在城镇集中供热系统的节能设计中，采用水泵调速技术是一项关键的策略，旨在提高系统的整体效率和能源利用。水泵调速技术是通过调整水泵的转速，使其根据实时需求进行灵活调整，以达到更为精准的供热流量控制，从而实现能耗的优化和节能效果的提升。首先，通过控制水泵的转速，实现对供热系统水流量的精确控制。传统的供热系统常常采用固定转速的水泵，这样的设计在系统负荷变化时难以灵活调整供水量，容易导致系统运行时水流量偏大或偏小，从而浪费能源。而采用水泵调速技术，可以根据实际负荷需求实时调整水泵的转速，保证系统处于最佳运行状态，有效避免了因水流量不匹配而产生的能源浪费。其次，降低供热系统中水泵的运行功率，从而减少能耗。传统的固定转速水泵在满足系统最大负荷需求时可能存在过剩的能耗，而水泵调速技术可以使水泵在部分负荷情况下降低转速，减小功率消耗，达到能效的提升，不仅在节省电能方面具有显著的经济效益，同时也有助于减少系统的运行成本。最后，水泵调速技术还有助于减小水泵运行时的噪音和振动，提升了系统的稳定性和可靠性。通过调整水泵的转速，可以降低水流速度，减小水流对管道的摩擦和冲击，降低了噪音产生的可能性。同时，水泵调速技术还可以减缓水泵启停过程中的冲击，延长水泵和管道的使用寿命，减少系统的维护和损耗成本。

（三）优化供热管网设计

优化供热管网设计涉及多个技术方面的调整和改进，以提高系统的整体效率、降低能耗和减少能源浪费。通过科学合理的布局，可以缩短管道长度，减小管道的阻力，降低水流的摩擦损失，从而提高热能传递效率。采用合适的管道走向和交叉连接方式，可以确保热能能够更均匀地分布到各个用户，减小温差，降低能源损失^[5]。同时，采用先进的计算模型和仿真技术，进行系统流体动力学模拟，以优化管道的布局，确保供热水在管道内的传递过程中能够达到最佳效果。在设计中应

考虑用户的热负荷需求,结合管道长度和输送流量,科学确定管道的直径,以确保在满足用户需求的同时,最小化管道的阻力和能耗。采用先进的管道流体力学理论和计算方法,对不同工况下的管道直径进行优化,确保在各种负荷条件下都能够达到系统的最佳性能。采用高效的材料和保温措施,选择低导热系数的管道材料,以及采用优质的保温材料进行管道保温,可以有效减少热能在管道输送过程中的散失。同时,科学合理地配置阀门和附件,以便实现灵活的管网控制和调整,确保供热系统在各种工况下都能够实现最佳的运行效果。另外,结合智能化技术,采用先进的管网控制系统进行实时监测和调整,以适应不同时段和季节的需求变化。通过实时数据分析和反馈,对供热管网进行智能调控,使得系统在动态变化的工况下能够保持高效、稳定的运行状态。

(四) 提高供热管网的保温性能

供热管网的保温性能关乎着整个系统的热能损失和能源利用效率,所以可以采取一系列技术措施来提高供热管网的保温性能。比如,选择导热系数低、保温性能好的材料,如聚氨酯泡沫、岩棉、硅酸盐板等,用于覆盖供热管道表面,这些材料具有良好的隔热性能,能够有效减缓热能在管道周围的散失,减小管道表面温度,提高整体的保温效果。同时,保温材料的密封性和耐久性也需要考虑,确保其在长时间使用中能够保持优越的性能。根据不同地区气候条件和管道运行特点,科学确定保温层的厚度。在寒冷地区,应适当增加保温层的厚度,以减小外界环境对管道的影响;而在温暖地区,可以适度减小厚度,以降低成本。通过精确的保温层设计,可以实现最佳的热能保温效果,减少能源浪费。采用防潮、防水措施,防止管道保温层受潮。湿润的保温材料导致导热系数升高,降低了保温效果。因此,在设计中应考虑采用防水、防潮的保温材料,并且加强对管道连接处的密封处理,防止雨水或地下水渗入保温层。这一措施能够有效避免潮湿环境对保温效果的影响,保证系统的长期稳定运行。对于已经存在的供热管网,可以考虑采用外部保温套管进行升级改造。外部保温套管可以在不更改原有管道结构的情况下,通过套在管道外部的的方式进行保温,提高整体的保温性能。这种方法既能够有效改善管道的保温效果,又具有操作简便、成本相对较低的优势。

(五) 用户端节能措施

在城镇集中供热系统的节能设计中,用户端的节能措施十分重要,直接关系到系统整体的能源利用效率。借助先进的技术手段,并进行合理的设计,可以有效降低用户端的能耗,实现更为可持续的城镇供热系统运行。首先,实施智能温控系统是提高用户端节能性能的重要途径。通过安装智能温控设备,如智能温控阀、智

能温控器等,实现对供热系统的精细调控。这些设备能够根据用户需求和室内温度情况智能调整供暖设备的运行状态,避免过度供热和能源浪费。此外,结合室内环境监测技术,实时采集温度、湿度等信息,通过智能算法对供暖设备进行优化控制,进一步提高系统的节能性能。其次,推广采用高效供热设备和技术。引导用户选择高效供热设备,如高效暖气片、高效供暖泵等,以提高供热效率。使用先进的供热技术,如地源热泵、太阳能供热等,结合当地气候和资源特点,实现多能源协同供热,减少对传统能源的依赖,进而提高系统的整体节能水平。同时,推动用户端采用热能储存技术,通过合理利用储热材料和热储存系统,实现能量的平衡调峰,提高系统的供热效益。再次,加强用户教育与参与,提升用户的节能意识和行为。通过开展节能知识宣传、组织培训活动,向用户普及节能理念,鼓励他们合理使用供热设备,避免盲目提高室内温度。同时,通过智能手机App等工具,提供实时的用热信息和能耗数据,使用户能够更直观地了解自己的能源消耗情况,激发他们的主动参与,形成共同的节能合力。最后,推动用户端实施集中供热与分布式能源的协同应用。通过引入分布式能源设备,如光伏发电、小型风电等,与城镇集中供热系统有机结合,实现多能源互补供应,提高系统的供热可靠性和可持续性。通过智能调度系统,实现供热系统与分布式能源设备的协同运行,优化能源利用效率,降低整体的能耗。

结语

综上所述,本文在分析锅炉效率、供热管网、水力平衡等问题的基础上,强调了优化设计和智能技术应用的重要性。通过提高锅炉运行效率、采用水泵调速技术、优化供热管网设计、提高管网保温性能以及引入用户端的节能措施,可以实现系统能源利用效率的提升和资源消耗的降低,为城镇集中供热系统的可持续发展提供了有效的指导。期望本文的研究成果能够为城市供热行业的改进和创新提供有益的借鉴,为推动我国城市能源利用的绿色升级贡献力量。

参考文献

- [1]王鑫.集中供热住宅供暖系统节能设计要点[J].河南建材,2023(9):122-124.
- [2]陈俊娜.城市集中供热系统节能改造分析[J].能源与节能,2023(7):65-67.
- [3]张彤.城市集中供热运行管理的节能降耗措施分析[J].现代工程科技,2023,2(18):9-11.
- [4]王小虎.集中供热系统的水力平衡调节与节能措施探析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(1):4.
- [5]高琨.城市集中供热系统节能问题及对策分析[J].建材发展导向,2022,20(22):30-32.