

住宅小区集中供热系统设计与优化

彭 华

新疆生产建设兵团建工设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要：住宅小区集中供热系统的合理规划与高效运行对于保障居民生活质量和推动能源可持续发展具有重要意义。本文首先阐述了系统设计的基本原则、热负荷计算、热源选择及管网布局设计等内容；接着分析了系统运行中存在的热损失、水力失调、设备老化与故障等问题；然后从设备选型、控制策略、维护管理、新能源与新技术应用等方面提出优化策略，旨在提高系统运行效率、降低能源消耗、减少环境污染，为住宅小区提供更稳定、优质、节能、环保的集中供热服务。

关键词：住宅小区；集中供热系统；系统设计；优化

引言：住宅小区集中供热系统涵盖设计、运行、维护等多个关键环节，本文将围绕这些方面展开探讨。系统设计需确定基本原则、精准计算热负荷、合理选择热源及科学布局管网；运行过程中存在热损失、水力失调、设备老化与故障等问题，影响供热质量与成本，本文将分析这些问题；优化策略包括设备选型、控制策略、维护管理优化及新能源与新技术应用，本文将阐述这些策略，以提升系统运行效率、降低能耗、减少污染，为居民提供稳定优质的供热服务。

1 住宅小区集中供热系统设计

住宅小区集中供热系统设计先明确基本原则，可靠性原则要求系统在规定运行时间内安全稳定供热，考虑设备、管网可靠性及备用措施；节能性原则要选择高效热源设备、节能管网布局，采用先进保温材料和技术减少能源损失；经济性原则是在满足前两者前提下降低建设和运行成本，合理选择设备型号和管网规格，考虑维护管理成本；环保性原则要减少对环境污染，使用清洁能源和环保设备降低废气等排放^[1]。热负荷计算方面，其组成包括采暖、通风和生活热水热负荷，采暖热负荷是主要部分，与建筑物围护结构等因素有关，计算常用体积热指标法或面积热指标法，通风和生活热水热负荷按规范标准计算，热负荷大小受建筑物朝向等因素影响，设计时要合理确定指标。热源选择上，常见热源有锅炉房、热电厂、地源热泵、太阳能等，锅炉房应用广泛，热源选择要综合考虑能源供应、环保要求、投资和运行成本等因素，不同地区按条件选择合适热源，热源容量根据热负荷计算结果和运行方式确定，考虑富余量及设备数量型号。管网布局设计中，管网类型有枝状和环状，枝状结构简单投资低但可靠性差，环状可靠性高但投资大，要根据小区规模等因素选择；管网布置遵循短捷、顺直、

靠近热负荷中心原则，减少管道长度和弯头数量，考虑坡度和排水问题，避开障碍物；管径根据水力计算结果确定，水力计算考虑管道摩擦和局部阻力等因素，合理选流速确保水力平衡，还要根据设计寿命和发展需求预留管径余量。

2 住宅小区集中供热系统运行中存在的问题分析

2.1 热损失问题

(1) 管道保温热损失，主要源于管道保温性能不佳，使得热量通过管道壁散失到周围环境中，尤其在低温环境下，这种热损失更为明显；管道泄漏热损失则是由于管道长期使用后出现老化、腐蚀等问题导致破裂，热水从破裂处泄漏，造成热量与水资源的双重损失。(2) 建筑物热损失，其主要原因是建筑物围护结构保温性能差，室内热量通过墙体、门窗等部位不断散失到室外，若建筑物气密性不佳，冷空气还会通过缝隙渗透进来，进一步增加采暖热负荷，导致能源消耗加剧。(3) 热损失，从能源角度看，热损失直接造成能源浪费，供热系统需消耗更多能源来弥补损失的热量，这不仅增加了供热成本，也给供热企业带来较大经济压力，影响其运营效率与服务质量。在供热质量方面，热损失导致热量无法有效传递至用户端，用户室内温度难以达到规定标准，尤其在极端天气下，居民生活的舒适度会大幅下降，甚至影响正常生活秩序。从环境层面讲，热损失会对环境造成热污染，大量散失的热量会改变小区局部热环境，破坏生态平衡，影响动植物生存环境，还可能对周边大气环境、土壤温度等产生连锁反应，不利于小区生态环境的稳定与可持续发展，因此必须采取有效措施减少热损失，如加强管道保温、定期检修管道、提升建筑物围护结构保温性能等。

2.2 水力失调问题

管道保温热损失主要因管道保温性能未达标准,在管道输送热介质过程中,热量持续通过管道壁向周围环境散失,低温环境下此现象更为突出,导致大量热量无谓损耗。管道泄漏热损失则是管道在长期运行后,受材质老化、化学腐蚀等因素影响出现破裂,热水从破裂处流出,既造成热量直接散失,又导致水资源浪费,进一步加剧能源损失^[2]。建筑物热损失同样不容小觑,其根源在于建筑物围护结构保温性能不足,室内热量通过这些部位不断向外传递,若建筑物气密性较差,冷空气会通过门窗缝隙、墙体孔洞等渗透至室内,迫使供热系统加大供热量以维持室内温度,从而增加采暖热负荷与能源消耗。热损失带来的负面影响显著,从能源角度分析,热损失直接导致能源利用率下降,供热系统需消耗更多燃料或电能来补偿损失的热量,这不仅推高供热成本,还加重供热企业的经济负担,影响其设备更新与技术升级能力。在供热质量层面,热损失使热量在传输过程中大量损耗,用户端实际获得的热量减少,室内温度难以达到设计标准,极端天气下居民生活舒适度大幅降低,甚至影响正常起居。从环境视角看,热损失造成局部热污染,改变小区微气候环境,破坏动植物栖息地生态平衡,还可能通过热辐射、对流等方式影响周边大气温度与土壤结构,威胁小区生态环境的长期稳定,因此需通过加强管道保温层厚度、定期检测更换老化管道、优化建筑物围护结构保温设计等措施减少热损失。

2.3 设备老化与故障问题

系统中的锅炉、换热器、水泵等设备,在长期持续运行中会逐渐老化,进而出现性能衰退、效率降低等情况。锅炉受热面因长期使用易结垢、被腐蚀,这会直接降低其传热效率,使得为达到供热需求需消耗更多能源;水泵叶轮磨损后,流量和扬程会下降,无法有效保障供热效果。设备故障类型多样,涵盖机械故障、电气故障和控制故障。机械故障有轴承损坏、皮带断裂等,会影响设备的机械运转;电气故障包括电机烧毁、线路短路等,会破坏设备的电力供应与运行;控制故障如传感器失灵、控制器故障等,会使设备无法按预定程序运行。设备老化与故障带来诸多不利影响,在供热方面,会降低供热质量,使供热可靠性变差,无法稳定地为居民提供适宜温度;在成本与风险上,会增加维修成本,设备频繁故障还会提高运行风险。更为严重的是,设备老化与故障可能引发安全事故,像锅炉因老化出现故障可能引发爆炸,电气故障可能引发火灾等,这些都会对居民的生命财产安全构成直接威胁,因此必须重视集中供热系统设备的维护与管理,及时处理老化与故障问题。

3 住宅小区集中供热系统优化策略

3.1 设备选型优化

(1) 热源设备选型,依据住宅小区热负荷需求与热源选择结果,合理确定型号规格。选锅炉时,优先挑选高效、节能、环保类型,像燃气冷凝锅炉能充分利用烟气余热,生物质锅炉以可再生生物质为燃料,都可降低能源消耗与污染物排放。选热泵则要结合小区地理环境与能源条件,地源热泵适合地质条件良好、有足够地下空间区域,空气源热泵在气候适宜地区优势明显。同时,要考虑热源设备备用,保障设备检修或故障时供热连续。(2) 管网设备选型,涵盖水泵、阀门、换热器等。选水泵需根据管网水力计算结果,选流量和扬程适配的,且要关注效率与节能性能,高效水泵能减少运行能耗^[3]。选阀门要依据管道介质、压力、温度等参数,确定合适类型规格,密封性能良好可防止介质泄漏,保障系统稳定运行。选换热器要结合热源和热用户参数,选传热效率高、阻力小的,提高热量交换效率,降低能量损耗。(3) 设备选型的节能考虑,选择具备高效节能技术的设备,变频水泵可根据实际流量需求自动调整转速,降低电能消耗;智能控制阀门能按设定参数精准调节,避免过度调节造成能源浪费。此外,要关注设备能效标识与节能认证,优先选择符合国家节能标准的设备,这些设备在设计和制造过程中遵循严格节能要求,能在长期运行中持续降低能源消耗,提高集中供热系统整体能源利用效率,实现节能减排目标。

3.2 控制策略优化

气候补偿控制基于室外温度变化自动调节供热系统供水温度以维持室内温度稳定,通过安装室外温度传感器与气候补偿器,可实时获取室外温度数据,依据预设控制曲线自动调整锅炉出水温度或换热器二次侧供水温度,避免因室外温度大幅波动导致室内温度起伏过大,既提升居民供热舒适性,又减少因过度供热造成的能源浪费^[4]。分时分区控制根据不同时间段和区域的使用需求对供热系统进行分区、分时调控,由于不同时段与区域对热量的需求存在差异,如白天上班时办公区域人员少,对热量需求降低,可适当降低供热温度;夜间休息时住宅区域人员活动少,热量需求也相应减少,同样可降低供热温度,这种控制方式能依据实际用热情况合理分配热量,防止能源在不必要的时间和区域浪费,提高能源利用效率。水力平衡调节是解决供热系统水力失调问题的关键举措,采用静态水力平衡阀与动态水力平衡阀结合的方法,静态水力平衡阀在系统初调试时进行粗调,通过调节阀门开度让各用户流量基本达到设计流量要求,

为系统稳定运行奠定基础；动态水力平衡阀在系统运行过程中细调，能根据用户实际需求自动调节流量，及时应对因用户用热变化等导致的水力不平衡情况，持续保持管网水力平衡，确保供热系统各部分正常运行，进而提高整体供热质量，实现供热系统的优化运行。

3.3 维护管理优化

(1) 设备维护计划制定，要制定详细计划，明确供热设备维护周期、内容与标准。定期对设备检查、保养和维修，能及时发现并处理隐患故障，保障设备正常运行。不同设备维护重点不同，像锅炉需定期清灰除垢检修，水泵要定期加油换油更换轴承，以此维持设备良好性能，延长使用寿命。(2) 人员培训与管理，加强对供热系统运行维护人员培训，提升其业务水平与操作技能，培训内容包含设备操作规程、维护保养知识、故障排除方法等。同时建立健全人员管理制度，明确人员职责与工作流程，强化考核监督，确保人员按规范操作，保障供热系统安全稳定运行。(3) 运行数据监测与分析，建立供热系统运行数据监测平台，实时监测温度、压力、流量、电量等运行参数。通过对这些数据分析，能及时发现系统问题与潜在故障隐患。分析热负荷数据，可合理调整热源设备运行参数，让能源供应与需求匹配，提高能源利用效率；分析管网压力数据，能及时察觉管网泄漏等异常，采取措施减少热损失。借助数据监测与分析，可实现供热系统精准维护管理，提前预防故障发生，降低维修成本，提升系统整体运行效能，为居民提供更稳定优质的供热服务。

3.4 新能源与新技术应用

其一是太阳能辅助供热，在住宅小区集中供热系统里设置太阳能辅助供热系统，借助太阳能集热器收集太阳能并转化为热能，能为小区供应生活热水以及承担部分采暖热负荷。该系统可和传统热源设备配合，达成能源互补利用，减少对传统能源的依赖程度，进而降低能源消耗，减轻环境污染。其二是热泵技术应用，热泵技术是利用低品位热能实现供热与制冷的环保技术。住宅小

区集中供热系统可采用地源热泵、空气源热泵等技术，从地下浅层地热资源或空气中吸收热量，为小区提供采暖热负荷^[5]。此技术能源利用效率高、环保性能佳，能有效降低供热成本，提升供热质量，让居民在享受温暖的同时减少费用支出。其三是智能供热技术，利用物联网、大数据、云计算等现代信息技术，达成对供热系统的智能化管理与控制。通过安装智能传感器、智能控制器等设备，可实时监测供热系统运行状态，对热源、管网、用户等实现远程监控与自动化控制。智能供热技术能依据不同时段、不同区域的用热需求，精准调节供热参数，提高供热系统运行效率与管理水平，避免能源浪费，降低运行成本，还能根据居民生活习惯自动调整供热模式，为居民提供更舒适、更便捷的供热服务，推动集中供热系统向智能化、高效化、绿色化方向发展。

结束语：

综上所述，住宅小区集中供热系统设计与优化需综合考虑多方面因素。设计环节要遵循基本原则，精准计算热负荷，合理选择热源与布局管网；运行中要重视热损失、水力失调、设备老化与故障等问题，及时采取应对措施；优化策略涵盖设备选型、控制策略、维护管理及新能源与新技术应用等，通过这些策略提升系统运行效率、降低能耗、减少污染，为居民提供稳定优质供热服务，推动集中供热系统可持续发展。

参考文献：

- [1]王国磊.老旧小区集中供热改造中的暖通设计优化[J].建设科技,2025(10):76-78.
- [2]李伟迎.住宅楼集中供暖系统热力分布优化设计[J].城市开发,2025(13):146-148.
- [3]韩宝成,王钰熙,左星煜,徐晗,白博峰.大型集中供热系统热源运行调控优化研究[J].区域供热,2025(1):41-50.
- [4]杜占强,鄢烈祥,魏屹,陈超.集中供热系统热负荷预测方法设计[J].科学技术创新,2025(19):50-53.
- [5]侯晓苗.城市集中供热系统管网布局与管径优化[J].河南建材,2025(3):146-148.