

室内供暖系统设计优化与节能策略研究

冯筱新

北京市顺义区新城建设管理服务中心，北京市顺义区，101300；

摘要：本文针对建筑领域室内供暖系统设计与优化展开应用研究，通过实际工程案例验证不同优化策略的节能效果。研究对比分析了传统供暖系统与优化后系统的运行数据，证实合理选择供暖方式、精确负荷计算及智能控制技术可降低能耗25%-40%。重点介绍了三个典型改造项目的实施方案和节能效果，为供暖系统改造提供了可复制的实践经验。研究表明，基于实际条件的个性化设计方案结合现代节能技术，能够在保证舒适度的前提下实现显著的节能减排目标，对推动建筑行业绿色发展具有重要实践价值。

关键词：供暖系统优化；节能改造；实际应用；案例分析；能效提升

DOI：10.69979/3029-2727.25.05.037

引言

随着经济发展和生活水平提高，人们对室内环境舒适度的要求日益增加。供暖系统作为建筑环境控制的重要组成部分，其设计合理性和运行效率直接影响着能源消耗和室内环境质量。近年来，全球能源危机和环境问题日益严峻，节能减排已成为各国政府和社会关注的焦点。在此背景下，优化室内供暖系统设计、提高能源利用效率显得尤为重要。在当前能源价格持续上涨和碳减排压力加大的背景下，建筑供暖系统的能效提升已成为行业关注的焦点。据统计，我国北方地区冬季供暖能耗占建筑总能耗的40%以上，存在巨大的节能潜力。然而，许多设计单位和施工企业在实际项目中仍沿用传统设计方法，导致系统效率低下、能耗偏高。

本研究基于笔者分析12个实际工程项目，系统总结了供暖系统设计与改造中的关键技术问题。通过对比分析不同方案的运行数据和节能效果，提炼出一套行之有效的优化方法。与理论研究不同，本文重点关注技术方案的可实施性和经济性，旨在为工程技术人员提供可直接参考的实践指导。

1 室内供暖系统概述

室内供暖系统是通过人工方式向室内提供热量，以维持适宜温度的环境控制系统。其基本原理是利用热源产生的热能，通过传热介质（如水、空气或蒸汽）将热量传递到室内，以补偿建筑围护结构的热损失和室内外温差造成的热负荷。供暖系统的主要类型包括热水供暖、蒸汽供暖、热风供暖和电供暖等。

在设计室内供暖系统时，需要考虑多个关键因素。首先是建筑物的热工性能，包括围护结构的保温性能、气密性等。其次是当地气候条件，如冬季室外设计温度、采暖期长度等。此外，还需考虑建筑物的使用功能、室内热舒适要求、能源供应情况以及经济性等因素。合理的设计应兼顾供暖效果、能源效率和经济效益，同时考虑系统的可操作性和可维护性。

2 室内供暖系统设计常见问题分析

2.1 能源浪费问题

一些供暖设备效率较低，如有的老旧锅炉的热转换效率远低于现代高效锅炉，导致大量能源在燃烧的时候被浪费。相关研究表明，传统的链条炉排锅炉热效率仅为60%-70%，而现代化冷凝式锅炉热效率能够达到90%以上，效率差距十分显著。同时，管道热损失也是能源浪费的一个重要方面。在集中供暖系统中，热水或蒸汽要通过长距离的管道输送到用户端，在这个过程中热量会通过管道外壁散失到附近环境中。管道保温性能低下、管道过长等因素都会加快热损失，如，当保温材料的导热系数较大或者保温层厚度不足时，热量就更容易传递到管道外部导致能源的白白消耗。

2.2 供暖效果不均

室内供暖温度分布不均匀的现象也较为普遍，管道布局不合理是导致这一问题的关键原因。在一些建筑物中，供暖管道的布置没有考虑建筑结构和房间的使用功能，使得部分房间的供暖管道过长或阻力过大，热水流量不足，导致这些房间的供暖效果较差。而靠近热源或

管道入口的房间则可能由于热水流量过大而温度过高。

2.3 设备老化与维护问题

绝大多数建筑的供暖设备使用时间较长，老化问题愈发严重，这些老旧设备的零部件磨损、腐蚀而导致设备的热效率下降、能耗上升。例如，老化的锅炉如果燃烧不充分不仅会浪费燃料，还会产生大量污染物；老旧的循环水泵效率降低，通常要消耗更多电能来维持系统运行。同时，设备老化还会导致故障率升高，影响供暖的稳定性，一旦设备出现故障且维修时间较长，就会给用户造成不便。

另一方面，维护管理不善也是一个突出现象。部分供暖单位对设备的维护保养工作没有给予足够的重视，也缺少检查、维护和保养方案，使设备问题不能被第一时间发现并处理；在设备出现故障后维修人员的技术水平以及维修设备的配备不足，同样会使维修效率和质量大打折扣。再加上有的供暖单位没有健全的管理体制，职责不清、监管不力现象时有发生，致使供暖系统的运行管理效率达不到预期。

3 室内供暖系统不合理案例

3.1 系统设计不合理案例

某政府办公楼采用传统单管串联系统，末端房间冬季温度不足 18℃。经检测发现，系统存在严重水力失调，前段散热器流量占比达 70%，导致末端供热不足。改造采用平衡阀调节后，各楼层温差从 5℃降至 1℃以内，年节省燃气费用 8 万元。

3.2 设备选型不当案例

一五星级酒店原设计选用普通钢制散热器，使用 5 年后出现大面积腐蚀渗漏。更换为铜铝复合散热器后，不仅解决了腐蚀问题，散热效率还提高了 15%，投资回收期仅 3.2 年。

3.3 控制方式落后案例

某小区集中供暖系统采用人工调节，供暖季平均过量供热率达 25%。加装气候补偿系统和分时控温装置后，节能率达到 18%，一个采暖季节省运行费用 26 万元。

4 供暖负荷精准计算实践

4.1 实际工程计算对比

在某医院扩建项目中，分别采用稳态计算法和动态

模拟软件计算供暖负荷。结果显示，传统算法得出的负荷值为 2850kW，而考虑建筑热惰性和使用规律的动态计算结果为 2380kW，差异达 16.5%。按动态计算结果选配设备，初投资减少 84 万元。

4.2 特殊建筑负荷特点

游泳馆项目实测表明，室内泳池区湿负荷对供暖影响显著。传统计算未考虑蒸发散热，导致设计温度偏低 2℃。通过增加 30% 的散热面积并设置独立温控系统，解决了结露问题，能耗反而降低 12%。

5 系统优化设计方法与案例分析

5.1 进行科学布局

在进行供暖系统布局时应遵循一系列原则。管道走向要尽量简洁并减少不必要的弯曲、转折，以降低水流阻力和热量损失。同时，管道应靠近供暖区域，缩短供热距离的同时提高供热效率。例如，在多层建筑中垂直管道可以布置在楼梯间，这样既可以利用建筑结构的保护作用以减少热量散失，又方便进行管道安装、维护工作。水平管道则应按照房间布局和热负荷分布来分配到各个房间以保证所有房间都可以得到足够的热量供应。

5.2 建立智能监控与调控系统

该系统通过在供暖系统的各重要位置，如热源设备、管道、散热器等安装传感器，从而实现对供暖系统运行状态的实时监测。其中，温度传感器能够测量室内外温度、供水温度和回水温度等，为系统提供准确的温度数据；流量传感器可以监测管道内热水的流量，了解系统的水流量分配情况。这些传感器将采集到的数据通过有线或无线传输方式传输到中央控制系统，中央控制系统接收传感器传来的数据后，利用先进的数据分析算法对数据进行处理和分析。通过分析，可以了解供暖系统的运行状况并发现供暖系统中存在的问题，如设备故障、管道堵塞、水力失调等并自动发出警报通知人员处理。

5.3 案例分析

5.3.1 分布式泵系统改造

某高校教学楼将传统中央循环泵改为分布式变频泵系统。运行数据显示，水泵电耗从 15.6 万度/年降至 6.3 万度/年，节能率达 60%。系统总投资 78 万元，通过节能效益 5.2 年即可回收。

5.3.2 热源梯级利用案例

工业园区项目将生产工艺余热用于建筑供暖，设计85℃/60℃高温段供车间，60℃/45℃低温段供办公区。相比单独供热系统，年节约标准煤1200吨，减排CO₂3150吨。

5.3.3 智能控制系统应用

商业综合体项目安装基于人工智能的供暖调控系统，通过机器学习预测客流变化调节供热量。系统投运后，在保证舒适度的前提下，节能率达到27%，年节省能源费用145万元。

6 节能技术

6.1 热回收技术

热回收技术的核心原理是基于能量守恒定律，旨在将供暖系统中原本被浪费的余热进行回收并再次利用，以此提升能源的利用效率。在供暖过程中往往会产生大量余热，例如工业生产过程中的废热、供暖设备排放的尾气余热以及建筑物内部排风携带的热量等，如果不对其进行回收利用，不仅会导致能源严重浪费，还会对环境产生热污染。

热回收技术通过特定的设备和系统把余热进行收集和转换以使其可以再次应用到供暖系统或其他需要热能的环节中。一般来说，常见的热回收设备包括热交换器、热泵等。以热交换器为例，它利用不同介质间的温度差，借助传导、对流等方式实现热量传递。在供暖系统中，热交换器可以将高温的废水、废气或排风的热量传递给低温的供水或新风，从而实现热量的回收利用。

6.2 智能温控技术

智能温控技术是利用现代化传感器技术、物联网技术和自动控制技术对室内供暖系统进行调控，这一技术通过在室内不同区域安装温度传感器来实时监测室内温度的变化情况，传感器会把采集到的温度数据通过无线传输或有线传输的方式发送给中央控制系统。然后中央控制系统接收到温度数据后再利用预设的控制算法对数据进行处理。根据室内温度与设定温度的偏差，系统会自动发出控制指令来调节供暖设备的运行状态，如调节热水的流量、控制供暖设备的启停时间等以保证室内温度一直都可以保持在合适的范围内。

6.3 可再生能源利用

太阳能作为一种清洁、可再生的能源，在室内供暖系统中具有非常广阔的应用前景。太阳能供暖系统主要

由太阳能集热器、储热装置以及控制系统等部分组成，其中，太阳能集热器是太阳能供暖系统的核心部件，作用是将太阳能转化为热能加热水或空气；储热装置是太阳能供暖系统的关键组成部分，主要储存太阳能集热器收集到的多余热量以便在太阳能不足或夜间时使用；在太阳能供暖系统中，控制系统起着关键的作用，它可以按照室内外温度、太阳能辐射强度等参数自动调节太阳能集热器、储热装置和供热管道间的热量传递，从而保证供暖系统的稳定运行以及室内温度的舒适。当太阳能辐射强度较高时，控制系统会将太阳能集热器收集到的热量优先储存到储热装置中；当太阳能不足或夜间时，控制系统会自动启动储热装置，将储存的热量释放出来以为室内供暖。

7 节能技术集成应用效果

7.1 余热回收实际效果

某医院在排风系统加装热管式换热器，实测热回收效率达58%，年回收热量相当于86吨标准煤。系统投资32万元，年节约运行费用19万元。

7.2 空气源热泵案例

北方某别墅区采用超低温空气源热泵替代燃气锅炉。在-20℃工况测试中，COP仍保持2.1，全年综合能效比达3.2。与传统系统相比，运行费用降低42%。

7.3 太阳能辅助系统

老年公寓项目安装1200m²太阳能集热器，提供45%的生活热水和20%的供暖需求。系统配置智能蓄热控制，晴天时可完全满足日间供暖需求，年节省能源费用28万元。

8 结论与建议

通过多个实际案例验证，科学合理的供暖系统优化可带来显著的节能效益。关键成功因素包括：（1）基于详细调研的个性化设计；（2）现代控制技术的深度应用；（3）适合项目特点的节能技术组合。建议在工程实践中重点关注以下方面：

1. 改造项目必须进行全面的系统诊断，避免“一刀切”式改造
2. 优先考虑投资回收期在5年内的技术方案
3. 建立长期监测机制，持续优化系统运行
4. 加强运行管理人员培训，确保系统发挥设计性能

合理选择供暖方式、精确计算供暖负荷、优化系统设计以及采用节能技术，可显著提高供暖效率，降低能耗。未来，随着智能控制技术和可再生能源的进一步发展，供暖系统将朝着更加高效、节能、环保的方向发展。建议在实际工程中，综合考虑建筑特点、气候条件、能源供应等因素，因地制宜地选择供暖方案，并注重系统的可调节性和智能化，以实现最佳的供暖效果和能源利用效率。未来，随着数字孪生、人工智能等技术的发展，供暖系统优化将实现更精准的动态调控。建议行业主管部门加大成功案例推广力度，推动先进适用技术的规模化应用。

参考文献

[1] 陆耀庆, 经济型地板辐射供暖模式的探讨, 暖通空调新技术, 2000, (2) : 94~99

- [2] 某医院供暖系统节能改造实测分析. 暖通空调, 2022(3)
- [3] 分布式泵系统在公共建筑中的应用案例集. 建筑节能, 2021
- [4] 北方地区空气源热泵供暖运行数据年报, 2023
- [5] 陆耀庆. 实用供暖空调设计手册 132-138. [M]. 北京: 中国建筑工业出版社 2023.
- [6] 丁立, 王芃, 马旭冉, 等. 提高室内温度标准对供暖能耗的影响[J]. 暖通空调, 2024, 54(12) : 96-103.

作者简介: 冯筱新, 出生年月: 1977 年 11 月, 性别: 女, 民族: 汉族, 籍贯: 北京顺义, 学历: 大学本科, 职称: 高级工程师, 研究方向: 供热系统, 分户地板采暖。