

散热器、地暖、风机盘管供暖设计对比研究

胡子鑫

北京顺政大龙供热有限公司 北京 101300

摘要: 对于民用建筑供热系统而言,供暖末端形式会直接影响供热效率、室内热舒适水平以及系统整体能耗。本文以散热器、低温热水地面辐射供暖以及风机盘管这三类主流供暖末端为研究对象,依照国家现行规范要求,对热负荷计算方法、末端设备选型、管道布局方式、水力计算要点以及构造安装要求展开系统性分析。通过典型房间的实际工程算例,对三种供暖方式进行对比,并从舒适程度、能耗指标、初期投入、空间占用以及适用场景等方面开展技术经济比较,最终形成一套可直接用于住宅、办公类建筑的供暖方案设计体系,可为工程设计人员提供可参考、可直接应用的设计思路,进一步提高供暖系统设计的科学性与实用性。

关键词: 散热器供暖;地面辐射供暖;风机盘管;热负荷;管道设计;水力计算;暖通设计

1 引言

在我国建筑节能要求不断提高、居住环境品质持续改善的背景下,民用建筑供暖系统在保证室内舒适度的基础上,更加注重节能效果、运行稳定性以及控制方式的智能化。目前在住宅与公共建筑中,应用最广泛的供暖末端主要包括散热器供暖、地面辐射供暖以及风机盘管供暖三类。散热器安装简单、升温速度快,适合间歇供暖以及既有建筑改造项目;地暖依靠低温辐射进行散热,室内温度分布均匀,人体舒适度高,适合长期连续供暖的建筑;风机盘管能够兼顾冬季供暖与夏季制冷,可与集中空调系统结合使用,在酒店、办公楼等项目中应用普遍。

三类供暖末端在系统结构、管道布置形式、水力特性、温控方式以及安装构造方面均存在明显区别,而合理的管道设计与精准的水力计算,是确保系统供热均匀、避免水力失调、降低输送能耗的关键。本文依据现行国家规范与行业标准,对三种供暖方式的完整设计流程进行归纳,补充完善管道系统专项设计内容,并结合工程实例形成标准化设计方法,为实际工程项目提供可直接使用的技术依据。在“双碳”发展目标下,供暖系统的节能优化已经成为暖通领域的重要研究内容,选择合适的末端形式并优化管道系统,对降低建筑能耗、推动绿色建筑发展具有重要现实意义。合理的设计不仅能提升用户使用体验,还能延长设备使用寿命、降低运维成本,实现经济效益与环境效益的统一。

2 设计依据与引用规范

2.1 核心设计依据

1. 气象参数根据项目所在地室外计算温度、风速及日照条件确定,均依照现行供暖设计规范取值^[1]。

2. 建筑围护结构的保温构造、传热系数等指标,必须满足建筑节能相关强制要求^[4]。

3. 室内设计温度依据建筑功能进行设定,住宅、办公、酒店等场所均按规范区间取值。

4. 热源供回水温度按末端匹配:散热器系统采用75/50℃,地暖系统采用45/35℃,风机盘管系统采用60/50℃(热水锅炉作为热源)。

2.2 引用标准本文所有设计计算、设备选型、管道布置及施工验收环节,均严格遵循国家及行业现行规范,具体标准详见文末参考文献。

3 供暖设计总体思路

3.1 设计流程

1. 明确供暖区域、房间功能、室内设计温度以及系统运行模式。

2. 依照规范要求对每个房间进行冬季供暖热负荷计算。

3. 根据建筑类型、使用需求、层高条件以及投资预算确定供暖末端形式。

4. 完成末端设备选型并对散热或换热能力进行校核。

5. 开展管道系统布局与水力计算,确保各环路水力平衡。

6. 完成温控系统、保温、防腐、排气及泄水等构造设计。

7. 绘制施工图纸并完成计算书编制,满足设计文件深度要求。

3.2 末端选型原则

• 散热器:适用于老旧小区改造、层高受限、采用间歇供暖模式且工期较紧的项目。

• 地暖:适用于新建住宅、连续供暖、舒适度要求

高、老人与儿童使用率较高的房间^[1]。

- 风机盘管：适用于需要冷暖两用、配备集中空调系统的酒店、办公及商业建筑^[3]。

4 供暖热负荷计算

热负荷是供暖系统设计的基础数据，直接决定末端规格、管道直径以及水泵选型，因此必须逐房间精确计算，不得采用经验值估算^[4]。热负荷计算需要综合考虑围护结构传热、冷风渗透、以及各类附加耗热量，确保计算结果能够真实反映房间实际需热量。在严寒及寒冷地区，冷风渗透与围护结构耗热量占比较大，需要逐项细致核算；同时应合理选用修正系数，兼顾建筑密闭性、使用特点以及室外气象波动，使计算结果更贴近实际运行情况。对于住宅建筑，还应适当考虑室内人员、家电等内部发热量的影响，在连续供暖条件下对负荷进行合理折减，避免设计偏大造成能源浪费。

4.1 计算公式

1. 围护结构基本耗热量： $Q_j = K \cdot F \cdot \alpha \cdot (t_n - t_w)$

2. 附加耗热量包括朝向修正、风力附加、高度附加、外门附加、间歇附加及户间传热附加。

3. 冷风渗透耗热量可采用缝隙法或换气次数法进行计算。

4. 房间总热负荷为围护结构耗热量、冷风渗透耗热量及其他耗热量之和。

4.2 关键修正

- 地暖属于辐射供暖，室内设计温度可降低 2℃，热负荷按对流供暖的 90%~95% 计算^[1]。

- 高度附加按末端类型分别控制，散热器上限 15%，地暖上限 8%。

- 户间传热附加仅用于分户负荷计算，不计入系统总负荷。

5 三种供暖系统管道设计及水力计算

5.1 散热器供暖管道系统设计及计算散热器系统多采用双管异程或同程系统，便于分户调节与实现水力平衡。双管系统能够保证各组散热器供水温度基本一致，有利于室内温度均匀。管道布置应优化路径，减少局部阻力，方便后期检修维护。住宅项目中支管通常暗埋在地面垫层或墙体槽内，干管布置在管井或吊顶内，兼顾美观与实用性。管道安装过程中应做好固定与支撑处理，避免运行过程中产生振动和噪声，同时严格按照规范要求完成保温施工，最大限度降低输送过程中的热量损失。

管道布置要点

- 每组散热器配置恒温控制阀，实现按需控温与节能运行。

- 管道敷设坡度不小于 0.003，便于排气和回水流通。

- 暗埋管道采用耐热塑料管材，明装管道采用金属管材^[2]。

- 系统最高点设置自动排气阀，最低点设置泄水阀。

水力计算

- 设计流量： $G = 0.86Q / \Delta t$

- 比摩阻控制在 30 ~ 60Pa/m，最大不超过 80Pa/m^[2]。

- 管内流速控制在 0.25 ~ 0.5m/s。

- 各立管、支管阻力偏差不大于 15%，通过平衡阀进行校正。

5.2 地暖管道系统设计及计算地暖通过分水器、集水器实现分层、分房间、分环路控制，属于低温小流量系统。加热管均匀布置，可使室内温度场更加稳定，舒适度更高。设计阶段应合理划分环路，避免单环长度过大造成阻力偏高，同时保证地面散热均匀，不出现局部过热或偏冷区域。分水器安装位置应便于操作与维护，通常设置在厨房、卫生间或专用设备区内，并做好防护与美观处理。

管道布置要点

- 加热管采用 PE-RT 或 PEX 管材，常用规格为 de20。

- 弯曲半径不小于 6 倍管径，避免死折。

- 单环路长度不大于 120m，各环路长度差不大于 10%。

- 外墙及外窗区域管间距加密至 150mm，提升散热效果。

水力计算

- 设计流量根据热负荷与供回水温差确定。

- 管内流速不低于 0.25m/s，避免气塞与水流噪声。

- 系统工作压力不大于 0.6MPa，并配备稳压与安全装置。

5.3 风机盘管管道系统设计及计算风机盘管水系统多采用双管异程系统，冷暖共用，可与空调系统联动运行。系统控制灵活，能够实现房间独立开关与调节。管道安装需做好减震、降噪与防结露保温处理，避免滴水与噪音影响使用效果。在公共建筑项目中，风机盘管支管常与新风管道配合布置，充分利用吊顶空间，实现系统紧凑化布局。

管道布置要点

- 每台风机盘管配置电动二通阀，与室温控制器联动控制。

- 管道设置 Y 型过滤器、动态平衡阀及自动排气阀。

• 水管布置在吊顶内,采用柔性接头降低振动与噪声。

水力计算

- 设计流量按标准 10℃ 温差计算。
- 比摩阻控制在 20 ~ 80Pa/m, 流速控制在 0.4 ~ 1.0m/s。
- 各支路阻力偏差不大于 15%。
- 系统工作压力不大于 1.0MPa, 满足空调水系统要求^[3]。

6 三种末端详细设计与选型

6.1 散热器供暖设计散热器以对流散热为主、辐射为辅,可明装可暗装,安装方式灵活、后期维护简便。每组配置温控阀,调节性能好,适合间歇使用与快速升温需求,是改造工程中最常用的末端形式^[4]。散热器一般布置在外窗下方,可有效阻挡冷空气进入,提升热舒适水平。

6.2 地暖设计地暖严格按照辐射供暖规程进行构造设计,地面温度符合人体舒适标准,无吹风感、温度均匀,节能效果突出。由于舒适度高、不占用墙面空间,在现代住宅中应用十分广泛^[1]。地暖系统包含绝热层、反射层、填充层等构造,施工质量直接影响系统效果和使用寿命。

6.3 风机盘管设计风机盘管可同时实现冬季供暖与夏季制冷,选型时需综合校核制热量、风量、噪声及机外静压,配合新风系统可明显提升室内空气品质,适用于酒店、写字楼、商场等功能综合性较强的建筑^[3]。

7 典型房间算例

以北京地区某住宅卧室为计算实例,房间面积 12m²,层高 2.7m,围护结构传热系数 $K = 0.45\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,室内设计温度 20℃,供暖室外计算温度 -7.6℃,经计算房间热负荷为 620W。分别对散热器、地暖、风机盘管三种供暖系统进行完整设计与详细计算。

7.1 散热器供暖系统设计计算热负荷 $Q = 620\text{W}$,热媒参数 75/50℃,温差 $\Delta t = 25^\circ\text{C}$ 。设计流量计算: $G = 0.86 \times Q / \Delta t = 0.86 \times 620 / 25 \approx 21.3\text{kg}/\text{h}$ 。选用铜铝复合散热器,单片散热量约 105W,所需片数: $n = 620 / 105 \approx 5.9$,取 6 片。管道支管选用 DN15,比摩阻控制在 40Pa/m,流速 0.32m/s,满足规范要求。每组散热器设置恒温控制阀,安装高度距地面 0.15m,布置于外窗下方,可有效阻隔冷空气侵入,保证室内温度均匀稳定。

7.2 地暖供暖系统设计计算地暖采用低温辐射供暖,室内设计温度按 18℃ 计算,热负荷修正为 560W,热媒参数 35/30℃,温差 $\Delta t = 5^\circ\text{C}$ 。设计流量计算: $G = 0.86 \times 560 / 5 \approx 96.3\text{kg}/\text{h}$ 。加热管选用 de20 管材,管间

距 200mm,单环路面积约 12m²,环路长度 72m,满足长度 $\leq 120\text{m}$ 要求。管内流速 0.30m/s,大于 0.25m/s,可有效防止气塞产生。单位地面散热量 165W/m²,地面温度约 25℃,符合人体舒适标准。系统工作压力 0.4MPa,配置分水器、集水器及自动排气装置。

7.3 风机盘管供暖系统设计计算风机盘管按冷暖两用设计,冬季供暖热负荷 620W,标准温差 $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ 。设计流量计算: $G = 0.86 \times 620 / 10 \approx 53.3\text{kg}/\text{h}$ 。选用 FP-34 型风机盘管,额定风量 340m³/h,制热量 850W,余量充足。机组噪声 32dB (A),满足卧室静音要求。水系统支管 DN20,比摩阻 45Pa/m,流速 0.48m/s,配置电动二通阀与 Y 型过滤器。气流组织采用侧送下回方式,供暖时热风下沉,室内温度分布均匀,舒适度较高。

8 技术经济对比

地暖舒适度最高,但占用层高且初期投资偏高;散热器造价低、安装快捷,适合改造与低成本项目;风机盘管冷暖两用、控制灵活,但运行能耗相对较高。工程设计应结合建筑类型、使用模式、热源条件及投资限额综合比选。同时,后期维护难度、使用寿命及改造便利性也应纳入选型依据,实现系统全生命周期最优。

9 结论

1. 三类供暖末端均应逐房间计算热负荷,辐射供暖可降低室内设计温度并减小负荷^[1]。
2. 管道系统设计与水力计算是保障系统稳定、供热均衡、降低能耗的关键环节^[2]。
3. 散热器适用于改造项目,地暖适用于住宅高舒适场景,风机盘管适用于冷暖两用公共建筑^[3]。
4. 设计必须满足节能、安全、温控及施工验收相关规范要求^[4]。
5. 施工图设计应完整规范,满足设计文件编制深度规定。

参考文献

- [1] 苑敬桃,王立川,张家辉,刘光宇,王雅然.基于吸收因子法的地板辐射供暖系统建模研究[J].区域供热,2025(02):45-51.
- [2] 魏锁鹏.供热效果视角下的碰撞射流通风系统设计研究[J].甘肃科技纵横,2024,43(08):19-21.
- [3] 黄佳芸,邱金友,李钰冰,王婷,刘家乐.热湿地区地板辐射耦合风机盘管空调系统供冷特性实验研究[J].建筑科学,2025,41(06):190-197.
- [4] 柳松,宋波,张景,朱晓姣,石英,朱彦飞,高贺轩,朱桐.基于温度监测的供暖末端用户工况辨识与节能空间预测[J].建筑科学,2023,10:292-298.