

暖通空调工程中暖通节能技术运用分析

黄保凯

四川省第四建筑有限公司 四川 德阳 618000

摘要：本文针对暖通空调系统能耗偏高问题，系统梳理了设备选型不合理、管路施工工艺缺陷及运行模式粗放三大能耗浪费成因，详细阐述了变频调速、保温密封优化及新风余热回收三项核心节能技术的工作原理与工程应用方式。结合水循环系统、风系统、新风系统及冷凝系统的实际改造案例，分析了各项技术在降低辅机能耗、减少冷热损耗及回收废热方面的实际效果。同时，从前期负荷核算、施工质量管控及运维参数优化三个维度提出工程应用管控要点，为暖通节能技术的系统化落地提供技术支撑。

关键词：暖通空调；工程施工；节能技术；运用

引言：暖通空调系统是建筑能耗的主要构成部分，其运行能耗在公共建筑总能耗中占比显著。当前大量暖通工程仍存在设备选型偏大、管路保温工艺粗糙、系统运行模式粗放等突出问题，导致输送环节冷热损耗严重、主机负荷居高不下。在“双碳”目标与建筑节能标准持续收紧的背景下，系统应用变频调速、保温密封、余热回收等核心节能技术，已成为降低暖通空调运行能耗的有效路径。本文围绕上述技术的原理、工程应用及管控要点展开分析，为暖通节能工程的设计、施工与运维提供参考。

1 暖通空调系统主要能耗浪费问题分析

1.1 设备选型不合理造成基础能耗偏高

部分暖通工程设计阶段未精准核算建筑冷热负荷，单纯为保障空调运行效果，盲目选用大功率制冷主机、采暖锅炉与风机水泵设备，设备额定运行功率远大于建筑实际所需冷热负荷。日常运行过程中，设备长期处于低负荷、高功率的空载运行状态，电机无用功耗大幅增加，即便满足室内温控需求，依然会产生大量多余电能消耗，这也是中小型建筑暖通空调能耗居高不下的核心内因。

1.2 管道施工工艺缺陷引发冷热能量损耗

暖通空调水循环管道、通风风管是冷热介质输送的核心载体，现场施工中常见保温层厚度不足、保温材料拼接缝隙过大、管道支架处保温断开、风管漏风等工艺问题。热水供回水管、冷冻水管在输送介质过程中，管道内外产生热交换，冷热能量直接散失到建筑机房、管道井等区域；通风风管漏风会导致处理后的冷风、热风直接外泄，系统需要持续加大机组功率补充冷热风量，间接增加设备运行能耗^[1]。

1.3 系统运行模式粗放，无精细化调控手段

多数传统暖通空调系统采用固定模式运行，风机、水泵、主机均保持工频恒速运行，无法根据室内人员数量、室外环境温度变化、不同区域温控需求自动调节运行功率。例如商场、写字楼等分区建筑，非公共区域无人时空调依然满负荷运行；昼夜温差变化时，机组运行参数未同步调整，导致系统运行参数与实际负荷需求不匹配，产生大量不必要的能源消耗。同时系统无余热回收装置，空调排风、机组冷凝余热直接排放，可回收能量完全浪费。

2 暖通空调工程核心节能技术分类及原理

2.1 变频调速节能技术

变频调速节能技术是当前暖通空调工程中应用最为广泛的基础性节能技术，核心改造对象涵盖冷冻水泵、冷却水泵、送回风机及制冷主机辅机等动力设备。传统工频运行模式下，设备转速恒定，无法响应建筑冷热负荷的动态波动，造成大量电能通过阀门节流或旁通方式被无效消耗。（1）变频技术通过变频器实时采集室内温湿度、管网供回水压差、送风温度及室外气象参数等运行数据，经控制算法运算后自动调节电机供电频率，精确匹配风机、水泵的实际转速需求。依据流体力学相似定律，流体输送设备轴功率与转速呈三次方关系，转速降低10%即可使功率下降约27%，节能效果十分显著。（2）该技术无需改动原有设备结构与管网布局，施工周期短、投资回收快、运维兼容性强，尤其适用于既有暖通空调系统的节能升级改造。

2.2 管道及风管保温优化节能技术

管道及风管保温优化节能技术聚焦冷热介质输送环节的能量损耗，核心思路是通过优化保温材料选型、规范施工工艺、封堵管路漏风漏点三个维度系统性降低输送能耗。（1）保温材料选型方面，冷冻水供回水管优先

选用导热系数低、闭孔率高的聚氨酯硬质保温管材；热水管道根据工作温度增设耐高温岩棉保温层，确保在高温工况下仍具备稳定的隔热性能；对于阀门、法兰、三通、变径管等异形配件，采用定制化保温套或可拆卸保温结构进行防护，消除保温断点。（2）施工工艺方面，通风风管拼接缝隙增设高弹性密封胶条，风管穿墙、穿楼板及穿越防火分区位置严格做密封封堵处理，有效控制风管系统漏风量。（3）通过构建完整的保温密封体系，可最大限度阻断管道内外热交换与风管漏风，显著降低输送过程中的冷热损耗，从而减少主机为弥补能量损失而产生的额外运行能耗^[2]。

2.3 新风余热回收节能技术

新风余热回收节能技术针对暖通空调运行中排风带走室内能量、新风直入需重新调温的双重能耗问题，依托全热交换器实现排风与新风之间的热量与湿量交换。

（1）建筑暖通系统运行期间，需持续排出室内污浊空气并引入室外新风。直接排风会带走大量室内冷热能量，而未经处理的室外新风温度与湿度与室内环境差异较大，机组需额外消耗大量冷热量进行调温调湿处理。全热交换器通过高效换热芯体，使排风与新风在装置内部进行非接触式热湿交换：冬季利用排风中的热量预热低温新风，夏季利用排风中的冷量预冷高温新风，同时回收排风中的湿量调节新风含湿量。（2）该过程无需额外消耗电能即可完成新风的温度与湿度预处理，可降低空调主机新风处理负荷约30%，显著减少新风系统对应的机组运行能耗，是暖通空调工程中节能效果最为突出的技术之一。

3 暖通节能技术在暖通空调工程中的具体应用

3.1 变频节能技术在水循环与风系统中的应用

在暖通空调水系统中，对一次冷冻泵、二次冷冻泵及冷却水泵全部加装变频控制柜，并与楼宇自控系统联动，设定管网压差与供回水温差控制阈值。当室内冷热负荷下降、供回水温差缩小时，变频器自动下调水泵转速，相应减少水循环流量；夜间低负荷时段，水泵可大幅降低转速稳定运行，有效消除大流量小温差工况下的无效能耗。在通风风系统中，针对各楼层送风机与回风机实施变频改造，依据室内CO₂浓度与人员密度信号自动调节送风量，实现按需供风，避免满负荷运行造成的风机能耗浪费。某写字楼暖通改造项目应用上述技术后，空调水系统与风系统辅机综合能耗显著降低，整体空调系统日均耗电量明显下降。改造后系统水压与风压始终保持稳定，未对室内空调使用效果产生不利影响，验证了该技术在实际工程中的节能有效性与运行可靠性。

3.2 保温密封节能技术在管路施工中的应用

在新建暖通空调工程管道施工阶段，须严格执行标准化保温施工流程。管径较小的冷冻水管优先采用一体式预制保温管，从源头消除现场拼接缝隙带来的冷量泄漏隐患；管道支架位置增设隔热垫块，阻断金属支架与管道之间的热桥传导路径，避免冷量通过支架向外部环境散失；矩形风管全部采用法兰密封垫连接，风管拼接缝隙宽度严格控制在规定范围内，施工完成后须逐段开展风管漏光检测与漏风量测试，确保风管系统密封性能达标。针对存量老旧暖通工程，需全面拆除老化破损的保温层，重新选用导热系数更低、耐久性更强的高性能保温材料进行覆盖；同时对管道井、设备机房内所有漏风点位逐一排查并封堵处理，消除空气泄漏通道。工程实测表明，完善管路保温密封工艺后，暖通空调输送环节的冷热损耗显著降低，空调主机启停频次明显减少，系统运行稳定性与能效水平得到有效提升，充分验证了该技术在实际工程中的节能效果与应用价值^[3]。

3.3 余热回收技术在新风系统与冷凝系统中的应用

在公共建筑集中新风系统中，加装全热交换器，将室内排风管道与室外新风进风管道接入交换器内部，实现排风与新风之间的全热交换。该方式适用于商场、医院、写字楼等人员密集、新风需求量大的建筑类型，可在不消耗额外能源的前提下完成新风的温度与湿度预处理，有效降低空调主机对新风的调温调湿负荷。在冷凝系统方面，针对水冷式冷水机组增设冷凝热回收装置，回收制冷机组运行过程中产生的冷凝余热，将其用于建筑生活热水的预热环节，原本经冷却塔直接排放的废热由此得到二次利用，减少了生活热水系统对额外加热能源的依赖。某商业综合体暖通工程同时部署新风全热回收与冷凝热回收装置后，新风处理能耗与生活热水加热能耗均明显下降，系统综合节能效果显著，充分体现了余热回收技术在大型暖通工程中的实用价值与推广意义。

4 暖通节能技术工程应用管控要点

4.1 前期负荷精准核算，避免节能设备选型冗余

暖通节能技术的工程应用效果，很大程度上取决于前期方案设计阶段的负荷核算精度。传统粗放式负荷估算往往仅凭建筑面积或经验指标推算，与实际运行工况偏差较大，容易导致节能设备选型偏大、系统长期处于低负荷运行状态。（1）在节能方案设计阶段，应摒弃经验估算方式，结合建筑围护结构材质与保温性能、窗墙面积比、室内照明散热功率、人员密度及设备散热等实际参数，逐功能区域、逐楼层精准计算冷热负荷峰值与运行负荷。负荷核算须覆盖夏季制冷与冬季制热两种工

况,充分考虑气象条件与建筑使用特性对负荷的影响。

(2)根据精确核算结果匹配变频设备与余热回收装置的规格型号,使节能设备额定功率与系统实际负荷需求严格对应。若设备选型过大,轻载运行时电机效率下降,变频器自身也会产生额外能耗,反而形成节能设备空载耗能的二次浪费。只有确保节能设备与暖通主机、管网系统及末端负荷完全匹配,才能真正发挥各项节能技术的预期效果,避免投入与产出倒挂。

4.2 严控节能工序施工质量,保障技术落地效果

暖通节能工程属于典型的隐蔽工程,管道保温层、变频控制线路铺设、全热交换器接管及冷凝热回收装置安装等关键工序在完工后均被封闭覆盖,无法通过直观目视进行质量查验,因此必须建立分阶段、分工序的验收机制,确保每一道节能工艺的施工质量可控可追溯。

(1)保温施工完成后,须逐项检测保温层厚度是否符合设计要求,并对管道阀门、法兰、三通等异形配件及风管拼接缝隙进行密封性检查,确保无冷桥与漏风点。变频系统安装完成后,须进行高低负荷工况模拟调试,验证变频器在不同转速下的响应精度与运行稳定性。余热回收装置安装后,须检测换热芯体的实际换热效率,确认排风与新风之间的热湿交换性能满足设计指标。(2)通过上述分阶段验收,可有效杜绝施工过程中保温层减薄、密封材料偷换、接管工艺粗糙等偷工减料行为,保障各项节能技术在实际运行中达到预期效果,避免因施工质量缺陷导致节能投资无法获得相应回报^[4]。

4.3 优化日常运维参数,匹配动态负荷变化

暖通节能技术的长期运行效果,不仅取决于前期设计与施工质量,更依赖于日常运维参数的持续优化。系统投入运行后,室外气象条件与建筑使用模式始终处于动态变化中,固定不变的运行参数难以持续匹配实际冷热负荷需求,节能效果会随时间推移逐步衰减。(1)运维人员须结合四季室外温度变化与建筑分时段使用特征,定期对变频控制参数、新风配比参数及余热回收装

置运行模式进行针对性调整。夏季高温时段应适度提高全热交换器的新风预冷强度,充分利用排风冷量降低新风处理能耗;冬季低温时段则应加大排风热量回收效率,最大限度利用室内排风余热预热新风。(2)工作日与夜间、周末等不同时段应设置差异化的空调运行参数,避免非使用时段系统仍按满负荷状态运行,造成不必要的电能消耗。通过动态匹配建筑实时冷热负荷变化,使变频调速、保温密封、余热回收等各项节能技术始终处于高效工作区间,最大化发挥其综合降耗作用^[5]。

结束语

暖通节能技术是实现建筑绿色低碳运行的关键支撑手段。从变频调速、保温密封到余热回收,各项技术已在实际工程中验证了显著的节能效果。然而,技术落地并非一蹴而就,前期负荷精准核算、施工质量严格管控、运维参数持续优化三者缺一不可。只有将设计、施工、运维全链条统筹管理,才能真正发挥各项节能技术的综合效能,避免投资与产出倒挂。随着建筑能耗标准日趋严格,暖通节能技术的工程应用将从单一技术叠加向系统化集成方向演进,未来应进一步推动多技术协同联动与智能化调控,持续提升暖通空调系统能效水平,助力建筑行业碳减排目标的实现。

参考文献

- [1]张美琪.建筑工程暖通空调系统节能技术要点及应用[J].石材,2024(05):77-79.
- [2]张志刚.暖通空调节能技术在建筑工程中的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(09):65-67.
- [3]刘倩.建筑工程中暖通空调节能技术的应用分析[J].智能建筑与智慧城市,2024(03):119-122.
- [4]万蕾.暖通空调节能技术在建筑工程中的应用[J].中国住宅设施,2024(01):172-174.
- [5]张吉礼,李刚.暖通空调系统节能运行与控制技术[J].建筑科学,2022,38(05):189-196.