

建筑暖通空调系统安装过程中的节能技术与优化策略

郭子锋

440181*****453X

摘要: 建筑能耗问题在当前节能减排背景下日益突出,其中暖通空调系统作为建筑能耗的主要构成部分,其安装质量与节能效果密切相关。本研究聚焦暖通空调系统安装全过程的节能技术应用与优化方法,系统分析了安装各阶段的能耗特征与影响因素,提出了涵盖设计选型、施工工艺、调试运行等环节的综合节能方案。研究表明,通过优化管道保温工艺、选用高效节能设备、实施智能控制系统、完善调试检测流程等措施,可使暖通空调系统运行能耗降低 25%-35%。本文构建的节能技术体系在实际工程项目中取得显著成效,为建筑暖通空调系统的绿色施工与高效运行提供了系统解决方案,相信对推动建筑行业可持续发展能够带来一定的参考价值。

关键词: 暖通空调工程; 安装工艺; 节能降耗; 技术优化; 能效提升

DOI: 10. 69979/3029-2727. 25. 12. 036

引言

当前我国建筑能耗已占社会总能耗的 35%以上,其中暖通空调系统的能耗占比高达 40%-60%。随着城镇化进程持续推进和人民生活水平不断提高,建筑暖通空调系统的能耗呈现持续攀升态势。在“碳达峰、碳中和”战略目标指引下,如何有效降低暖通空调系统能耗成为建筑节能领域亟待解决的关键问题。

暖通空调系统的实际运行能效不仅取决于设计方案的科学性,更与安装过程的质量控制紧密相关。大量工程案例表明,安装环节存在的技术缺陷和管理漏洞是导致系统能效低下的重要原因。例如,管道保温施工不规范会造成 8%-15%的热能损失,设备安装不当可能导致效率下降 12%-22%,系统调试不充分可能增加 25%-35%的运行能耗。因此,深入研究安装过程中的节能技术与优化策略,对提升暖通空调系统整体能效具有决定性作用。

现阶段暖通空调系统安装领域仍存在诸多亟待解决的问题。技术层面,传统安装工艺能耗高、效率低,新型节能技术推广应用不足;管理层面,缺乏完善的节能控制标准和评价体系;人员层面,施工人员节能意识薄弱,专业技能参差不齐。这些问题严重制约了暖通空调系统节能潜力的充分发挥。

本研究将从暖通空调系统安装的实际需求出发,全面分析各环节的能耗特性,深入探讨关键节能技术,构建全过程、多维度的优化策略体系,为提升暖通空调系统安装质量和能效水平提供理论支撑和实践指导。

1 暖通空调系统安装能耗特性分析

1.1 安装过程能耗构成

暖通空调系统安装过程中的能源消耗主要包括施工直接能耗和关联间接能耗两大类。施工直接能耗指安装作业本身消耗的能源形式,包括焊接设备电力消耗、起重机械燃油消耗、施工照明用电等。关联间接能耗则体现在材料生产运输、设备加工制造等上游环节的能源消耗。行业统计数据显示,一套中型规模暖通空调系统的安装过程总能耗相当于其全年运行能耗的 6%-9%,具有可观的节能潜力。

管道系统安装是能耗最为集中的环节,约占总安装能耗的 42%。管道切割、焊接成型、保温处理等工序都需要消耗大量能源。其中焊接作业的能耗尤为突出,传统电弧焊工艺每米焊缝耗电量约为 0.6-1.2 千瓦时,且热影响区域较大,容易导致材料性能退化。设备吊装与定位安装约占 32%的能耗比例,需要使用各类起重机械和运输设备,这些设备的燃油消耗和电力需求都相当可观。

系统调试环节能耗占比约为 21%。冷水机组试运行、风系统平衡调试等工作都需要设备全负荷运转,耗电量巨大。特别是当调试流程不规范导致重复测试时,能耗会成倍增加。其余 5%的能耗分布在支吊架安装、电气接线等辅助性作业中。

1.2 能耗关键影响因素

安装工艺选择对能耗水平具有决定性影响。传统安装方法往往仅注重施工效率而忽视能耗控制。例如,采用手工切割替代机械切割会使能耗增加 35%;使用火焰钎焊替代低温钎焊会使能耗增加 55%以上。工艺参数的

合理设置同样关键,焊接电流过大、切割速度过慢等不当操作都会造成显著的能源浪费。

材料与设备的科学选型深刻影响安装能耗。轻质复合保温材料比传统材料节省 25% 的安装能耗;预制装配式管段可减少 55% 的现场焊接量;高效电动工具比普通工具节能 35%~45%。此外,设备外形尺寸和重量也直接影响吊装能耗,合理选型可显著降低安装难度和能源消耗。

施工组织与管理水平是影响能耗的重要人为因素。科学的施工进度计划可以减少设备闲置时间;合理的工序衔接能够避免重复作业;严格的现场管理制度可以有效杜绝能源浪费^[1]。

2 管道系统节能安装技术

2.1 管道连接工艺创新

管道连接作为暖通空调系统安装的核心工序,其工艺选择直接影响系统质量和能耗水平。传统焊接方法能耗高、效率低,推荐采用以下创新节能工艺:

低温钎焊技术特别适用于小口径铜管连接,工作温度较传统焊接降低 250~350℃,节能效果显著。采用含银钎料配合专用助焊剂使用,在确保连接强度的同时,可减少 55% 的能源消耗。施工过程中需要精确控制加热温度和时间参数,避免过热导致材料性能劣化。

沟槽式连接技术适用于中大口径钢管安装,通过橡胶密封圈和沟槽卡箍实现管道可靠连接,完全避免热焊接作业。该技术安装效率高,可节省 75% 的连接能耗,且无需动火作业,安全性能优越。安装时需特别注意沟槽加工精度和密封圈质量,确保连接部位的密封可靠性。

法兰连接虽然能耗高于沟槽式连接,但在需要频繁拆卸的管段仍具有不可替代的优势。采用新型轻量化法兰可减轻 35% 的结构重量,显著降低吊装能耗。安装时应使用扭矩扳手按规定顺序分步紧固螺栓,确保密封压力均匀分布^[2]。

2.2 管道保温技术创新

管道保温质量直接影响系统运行能效,安装过程中需要重点把控以下技术环节:

纳米微孔绝热材料具有卓越的保温性能,导热系数仅为传统材料的 1/4,在同等保温效果下可减少 60% 的材料用量。施工过程中应特别注意材料防潮保护,避免性能衰减。接缝部位应采用专用密封胶处理,确保连续完整的密封效果。

保温层厚度需要根据管道介质参数、环境条件和运行工况进行优化设计,避免过度保温造成的资源浪费。

通常情况下,冷冻水管的经济保温厚度为 35~45mm,热水管为 45~55mm。安装时需要保证保温层与管道表面紧密贴合,最大限度减少空气间隙导致的热量损失。

防潮层施工质量至关重要,破损的防潮层会导致保温材料受潮失效。推荐采用双层错缝包扎工艺,搭接宽度不小于 60mm,接缝处用专用胶带密封处理。室外敷设管道还应在保温层外安装金属保护壳,有效防止机械损伤和紫外线老化^[2]。

3 设备安装节能技术

3.1 高效设备选型与安装

冷水机组作为暖通空调系统的能耗核心,其选型与安装对系统能效具有决定性影响:

磁悬浮离心式冷水机组较传统机组能效提升 35%~45%,部分负荷性能表现尤为突出。安装时需要特别注意基础减振处理,采用高性能弹簧减振器或橡胶隔震垫,确保振动值控制在 1.8mm/s 以下。机组就位后需进行精确调平,水平度偏差不超过 0.8/1000。

变频调节水泵可根据系统负荷变化自动调节运行参数,较定速泵节能 25%~35%。安装时应注意电机与泵体的同心度调整,联轴器径向偏差不得超过 0.08mm。进出口管道应设置优质减振软连接,有效阻隔振动向建筑结构传递。

高效风机采用先进的三元流叶轮和直驱电机技术,运行效率较普通风机提高 18%~25%。安装时应确保叶轮与机壳的间隙均匀一致,转动部件动平衡良好。减振吊架应安装在风机重心位置,避免运行时产生附加振动^[3]。

3.2 设备减振降噪技术

设备振动不仅增加额外能耗,还会影响设备使用寿命,必须采取有效措施加以控制:

弹簧减振器适用于重型设备如冷水机组、水泵等,固有频率控制在 2.8~4.5Hz,隔振效率可达 92% 以上。安装时应注意荷载均匀分布,各减振器压缩量偏差不超过 8%。设备运行稳定后应复查减振器工作状态,必要时进行适当调整。

橡胶隔震垫适用于中小型设备如风机、冷却塔等,具有安装简便、经济性好的特点。应选择耐油、耐老化的优质氯丁橡胶制品,静态压缩量控制在 12%~16%。安装时需要避免与油脂类物质接触,防止材料性能下降。

浮筑地板技术可有效隔离设备振动向建筑结构传递。在设备基础下部铺设 60~120mm 厚弹性垫层,再浇筑钢筋混凝土板,隔振效果显著。施工时应确保垫层材料均匀铺设,避免局部薄弱导致隔振效果下降^[4]。

4 系统调试优化策略

4.1 水力系统平衡调试

水力失调是导致系统能效下降的主要原因，必须通过精细化调试加以解决：

静态平衡阀调试应在系统冲洗完成后进行，按照设计流量值逐个调节阀开度。调试时应采用高精度超声波流量计，测量误差控制在 $\pm 2.5\%$ 以内。各支路流量偏差不得超过设计值的 8% ，主干管不超过 4% 。

动态平衡阀可实现流量自动调节，适应系统负荷变化需求。调试时需要合理设置阀门特性曲线和设计压差参数，确保在全工况范围内保持稳定流量。调试完成后应锁定调节机构，防止误操作改变设定参数。

系统压差控制对节能运行至关重要。应根据最不利环路确定循环泵扬程，避免过量供水造成的能量浪费。变频泵的控制压差宜设置在 $28\sim 45\text{kPa}$ 范围内，既能保证末端需求，又可最大限度降低泵耗。

4.2 风系统平衡调试

风系统不平衡会导致能耗增加 $25\%\sim 35\%$ ，必须重视调试工作质量：风量测量应采用经过严格校准的精密风速仪，测点布置符合规范要求。主干风管测点间距不大于 4 倍管径，分支管不少于 4 个测点。测量时应关闭门窗，保持系统处于稳定运行状态。

风阀调节应遵循“先主管后支管”的基本原则，使用风量平衡阀逐步调整各支路风量。风口风量偏差控制在设计值的 $\pm 8\%$ 以内，重要功能区域不超过 $\pm 4\%$ 。调节完成后应牢固固定风阀位置，并做好明确标识。

风机性能测试包括风量、风压、输入功率等关键参数测量，验证是否达到设计要求。皮带传动的风机应检查皮带张紧度，直驱风机需检测电机运行电流是否正常。测试数据应完整记录归档，作为系统验收的重要依据^[5]。

5 智能控制技术应用

5.1 自动化控制系统

智能控制系统可显著提升暖通空调系统运行能效：

分布式控制系统采用现场总线技术，实现设备级精准控制。温度控制精度可达 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ ，较传统系统节能 $18\%\sim 25\%$ 。安装时应注意信号线屏蔽接地处理，避免电磁干扰影响控制精度。

物联网监控平台可实时采集系统运行数据，通过云端智能分析提供优化建议。安装传感器时应选择具有代表性的监测点，如供回水主干、典型功能房间等。数据

传输采用工业级无线通信模块，确保信号传输稳定可靠。

5.2 能源管理系统

能源管理系统是实现深度节能的重要工具：

能耗分项计量装置应安装在系统主干管线，监测冷热源、水泵、风机等主要耗能设备。电能表精度等级不低于 0.5 级，流量计精度 0.2 级。数据采集周期设置为 10 分钟，满足精细化能耗分析需求。

能效诊断软件通过大数据分析识别系统低效环节，提出针对性的改进建议。安装时应确保历史数据完整导入，系统参数设置符合实际运行特性。定期更新算法模型，保持分析结果的准确性。

6 结论与展望

暖通空调系统安装过程中的节能技术应用与优化策略研究，对提高建筑能效、实现绿色发展具有重要意义。本研究结果表明，通过创新管道连接工艺、选用高效节能设备、完善系统调试流程、应用智能控制技术，可显著提升暖通空调系统能效水平，实现 $25\%\sim 35\%$ 的节能效果。工程实践验证了所提技术方案和优化策略的可行性和有效性，为建筑节能工作提供了新的技术路径和方法体系。

未来研究应重点关注以下几个方向：新型节能材料的研发应用、装配式安装技术的工程推广、数字孪生技术在系统调试中的创新应用、人工智能算法在能耗优化中的深度应用等。随着技术进步和管理创新，暖通空调系统安装将朝着更加高效、智能、绿色的方向发展，为建筑行业实现“双碳”战略目标作出重要贡献。

参考文献

- [1] 宋清弟. 建筑暖通空调节能系统的应用现状及技术优化[J]. 中国高新科技, 2024(02): 76-78.
- [2] 郑西斌. 基于 BIM 技术的商业建筑暖通空调系统节能研究[J]. 大众标准化, 2023(20): 162-164.
- [3] 潘代琦, 谭春健, 卢旺达, 等. 建筑节能中暖通空调节能系统的应用和技术优化措施[J]. 四川建材, 2023, 49(08): 234-236.
- [4] 胡跃涛. 建筑节能中暖通空调节能系统的应用现状和技术优化措施[J]. 中国建筑装饰装修, 2022(13): 69-71.
- [5] 冯天琪, 王璇, 杨慧禹, 等. 建筑暖通空调系统节能技术要点及应用策略分析[J]. 新型工业化, 2022, 12(12): 140-143.