

暖通节能设计与暖通工程造价成本控制

王淑镞

中匠民大国际工程设计有限公司 四川 成都 610213

摘要: 在建筑工程中,暖通空调系统是能源消耗核心,其节能设计与造价控制直接关系建筑全生命周期的经济性与环保性。本文围绕暖通节能设计关键技术、工程造价构成及影响因素展开研究,分析二者内在关联,构建全生命周期成本(LCC)模型,提出多目标优化与敏感性分析思路,并从设计、采购、施工、运维四阶段给出造价控制策略。研究表明,科学的暖通节能设计并非单纯增加初始造价,而是通过技术优化实现长期节能收益与成本节约的平衡,全流程协同控制可有效降低暖通系统全生命周期成本,兼顾多重效益,为暖通工程优化实施提供理论与实践指导。

关键词: 暖通空调;节能设计;造价控制;全寿命周期成本

引言:随着建筑行业向绿色低碳转型,暖通空调系统的节能性与经济性成为工程设计管理的核心。当前我国建筑能耗中,暖通空调系统能耗占比达40%-60%,且部分工程存在节能设计与造价控制脱节问题:要么过度追求节能导致初始造价偏高,要么单纯控成本而忽视节能,造成后期运维能耗居高不下。在此背景下,实现二者协同优化成为行业迫切需要解决的问题。本文基于全生命周期视角,梳理暖通节能设计关键技术,分析工程造价构成与影响因素,探索协同机制并提出全流程造价控制策略,为工程实践提供指导,推动暖通工程实现节能与成本节约双重目标。

1 暖通节能设计关键技术

1.1 冷热源系统优化

冷热源系统作为暖通空调系统的核心,其运行效率直接决定整体能耗水平,优化设计是实现暖通节能的关键。在冷热源选型上,需结合建筑规模、使用功能及当地气候条件,优先选用高效节能设备,如变频离心式冷水机组、空气源热泵、地源热泵等,替代传统高能耗机组,可降低能耗30%以上。同时,采用多冷热源联合运行模式,根据季节变化与负荷需求动态切换运行机组,避免单一机组长期满负荷或低负荷低效运行。通过优化冷热源系统的管路设计、增设余热回收装置,可进一步提高能源利用率,减少能源浪费,在保证室内热舒适需求的前提下,最大限度降低冷热源系统的能耗支出,为后续造价控制奠定基础。

1.2 输配系统节能

暖通输配系统包括空调水系统、风系统,其能耗占暖通系统总能耗的25%-35%,节能优化重点在于减少输送过程中的能源损耗。在管路设计中,合理规划管路走向,缩短输送距离,采用保温性能优良的管材与保温

层,降低管路散热损失;同时,优化管路管径,避免管径过大导致的能源浪费和管径过小造成的阻力过大^[1]。在设备选型上,选用高效节能的水泵、风机,配备变频调速装置,实现输配设备与负荷需求的动态匹配,当室内负荷发生变化时,自动调节设备转速,减少无效能耗。定期对输配系统进行清洗维护,清除管路内的积垢与杂物,降低管路阻力,确保系统高效稳定运行,进一步提升输配系统的节能效果。

1.3 末端设备节能

末端设备是暖通系统与室内环境直接交互的部分,其节能设计直接影响室内热舒适与能耗水平,核心是实现按需供能、精准控温。优先选用高效节能的末端设备,如变频风机盘管、低温辐射采暖设备、高效空气过滤器等,替代传统高能耗末端设备,提升能源利用率。同时,采用分区控温、分时段控制模式,根据不同区域、不同时段的使用需求,灵活调节末端设备的运行状态,避免无人区域设备空转造成的能源浪费。优化末端设备的安装位置与运行参数,确保设备运行效率最大化,例如合理布置风机盘管的出风口,减少气流短路,提升换热效果,在满足室内热舒适标准的前提下,最大限度降低末端设备的能耗。

1.4 建筑围护结构协同

建筑围护结构是热量传递的主要途径,其保温隔热性能直接影响暖通系统的负荷需求,与暖通节能设计密切相关,需实现两者协同优化。在围护结构设计中,优先选用保温隔热性能优良的墙体材料、屋面材料与门窗型材,如加气混凝土砌块、保温岩棉、断桥铝门窗等,降低通过围护结构的传热损耗,减少暖通系统的冷热负荷。同时,合理设计建筑朝向,充分利用自然采光与自然通风,减少空调系统与采暖系统的使用时间;设置遮

阳设施,夏季阻挡太阳辐射热进入室内,冬季利用太阳辐射热提升室内温度,进一步降低暖通系统能耗。通过围护结构与暖通系统的协同设计,可有效减少暖通系统的负荷需求,为节能设计与造价控制提供双重支撑。

2 暖通工程造价构成与影响因素

2.1 造价构成分析

暖通工程造价是指暖通工程从设计、采购、施工到竣工验收全过程所产生的全部费用,主要由直接工程费、间接费、利润和税金四部分构成。直接工程费是造价的核心部分,占总造价的60%-70%,包括人工费用、材料费用、机械使用费,其中材料费用占比最高,主要涵盖冷热源设备、输配设备、末端设备、管材、保温材料等的采购费用。间接费包括工程管理费、规费、勘察设计费等,主要是为工程实施提供服务所产生的费用。利润是施工企业完成工程施工所获得的收益,税金则是按照国家相关规定缴纳的各项税费。暖通工程的运维费用虽不纳入初始造价,但属于全生命周期成本的重要组成部分,其高低与初始设计、设备选型密切相关。

2.2 关键成本影响因素

暖通工程造价受多种因素影响,核心可分为设计因素、市场因素、施工因素三大类。设计因素是首要影响因素,设计方案的合理性、设备选型的科学性直接决定初始造价,例如过度追求高端节能设备会大幅增加材料费用,而设计方案不合理可能导致后期施工变更,增加额外成本。市场因素主要包括材料价格、设备价格、人工价格的波动,尤其是暖通设备与核心材料的价格受市场供求关系、原材料价格影响较大,直接影响直接工程费^[2]。施工因素包括施工工艺、施工管理水平、施工进度等,施工工艺落后、管理不善可能导致工期延误、材料浪费,进而增加造价;施工进度过快或过慢,也会产生额外的人工与机械费用,影响整体造价控制。

2.3 传统造价控制方法的局限性

当前,我国暖通工程造价控制多采用传统方法,主要聚焦于施工阶段的成本管控,存在明显的局限性。首先,控制时序滞后,传统方法忽视设计阶段的造价控制,而设计阶段决定了工程80%以上的造价,待施工阶段发现造价超标时,可调整空间极小,只能通过减少材料用量、降低施工标准等方式控制成本,易影响工程质量与节能效果。其次,控制视角单一,传统方法仅关注初始造价,忽视全生命周期成本,导致部分工程虽初始造价较低,但后期运维能耗高、维护费用高,整体经济性较差。另外,传统造价控制缺乏协同性,设计、采购、施工、运维各阶段各自为政,缺乏有效的沟通衔接,易

出现设计与施工脱节、采购与设计不符等问题,增加额外成本。

3 节能设计与造价控制的协同机制

3.1 全生命周期成本(LCC)模型构建

全生命周期成本(LCC)模型是实现暖通节能设计与造价控制协同的核心工具,该模型涵盖暖通工程从设计、采购、施工、运维到报废的全过程成本,打破传统仅关注初始造价的局限,实现短期成本与长期收益的平衡。模型构建需明确各阶段成本构成,包括初始投资成本(设计费、设备采购费、施工费等)、运维成本(能耗费、维护费、设备更换费等)、报废处置成本,通过量化各阶段成本,建立LCC计算模型。在模型中引入节能效益参数,将节能设计带来的能耗节约转化为成本节约,通过对比不同节能设计方案的LCC,选择最优方案,既保证节能效果,又控制全生命周期成本,实现节能设计与造价控制的协同优化。

3.2 多目标优化方法

暖通节能设计与造价控制存在多目标冲突,即节能效果提升可能导致初始造价增加,而成本控制可能影响节能性能,因此需采用多目标优化方法实现两者的平衡。多目标优化以节能效益、初始造价、全生命周期成本、室内热舒适为核心目标,建立优化目标函数,明确各目标的权重的优先级,结合工程实际需求,合理设定约束条件(如能耗标准、造价预算、热舒适标准等)。通过遗传算法、粒子群算法等优化算法,对节能设计方案与造价控制策略进行迭代优化,筛选出既能满足节能要求,又能控制造价成本的最优方案,解决两者之间的矛盾,实现节能效益与经济效益的双重提升^[3]。

3.3 敏感性分析

敏感性分析是保障节能设计与造价控制协同稳定性的重要手段,其核心是识别影响暖通工程全生命周期成本与节能效果的关键因素,分析各因素变化对目标的影响程度,为方案优化与风险控制提供依据。选取核心影响因素,包括设备价格、材料价格、能耗水平、维护费用等,设定各因素的波动范围(如 $\pm 5%$ 、 $\pm 10%$),分别计算各因素波动时,全生命周期成本与节能效益的变化情况,识别出敏感性较高的因素。针对敏感性高的因素,制定针对性的防控措施,例如加强设备与材料的市场调研,锁定价格波动风险;优化节能设计,降低能耗水平对成本的影响,确保节能设计与造价控制协同方案的稳定性与可行性。

4 暖通工程造价成本控制策略

4.1 设计阶段控制

设计阶段是暖通工程造价控制的核心环节，其决策直接影响工程全生命周期成本。为实现节能设计与造价控制的协同优化，需将两者深度融入设计全流程。首先，推行限额设计机制，以工程总预算为基准，结合节能目标分解暖通工程各分项的造价限额，要求设计方案在满足《公共建筑节能设计标准》等规范要求的前提下，通过技术经济分析确保造价不超标。例如，在冷热源选型中，需对比地源热泵、空气源热泵等方案的初始投资与长期运行成本，优先选择全生命周期成本最低的方案。其次，强化设计方案优化，运用价值工程理论对节能技术进行功能-成本分析，避免盲目追求高能耗设备或冗余设计。例如，通过BIM技术模拟不同管径、保温厚度对能耗与造价的影响，选择最优参数组合。此外，加强设计交底与多专业协同审核，组织设计、施工、造价人员参与图纸会审，重点审查节能设计细节（如设备选型、控制策略）与施工可行性，减少后期设计变更导致的返工成本，确保设计方案兼具节能性与经济性。

4.2 采购阶段控制

采购阶段是控制暖通工程材料与设备成本的关键环节，通过科学管理实现“质量-成本-节能”的平衡。首先，建立标准化采购管理制度，明确采购流程、技术参数标准及验收规范，例如规定水泵效率需达到《通风机电能效限定值及能效等级》一级标准，避免因参数模糊导致低价低质产品中标。其次，实施市场化采购策略，通过集中招标、框架协议采购等方式扩大议价能力，同时引入动态比价机制，结合市场价格波动调整采购批次与数量^[4]。通过严格验收与后期跟踪，避免因设备性能不达标导致运维能耗增加，实现采购成本与长期节能效益的双控。

4.3 施工阶段控制

施工阶段是造价控制的执行环节，需加强施工管理，减少浪费，控制额外成本支出。首先，优化施工方案，结合工程实际情况，选择先进、合理的施工工艺，缩短施工工期，减少人工与机械费用。其次，加强材料与设备的现场管理，建立材料入库、出库台账，严格控制材料用量，避免材料浪费；合理安排设备进场时间，避免设备闲置，降低设备租赁费用。加强施工质量控制，及时发现并整改施工中的质量问题，避免因质量返

工导致的成本增加；加强施工变更管理，严格控制施工变更的审批流程，对必要的变更，需核算成本影响，确保变更合理，避免无序变更增加造价。

4.4 运维阶段控制

运维阶段是暖通工程全生命周期成本控制的重要组成部分，合理的运维管理可有效降低后期能耗与维护成本，实现长期节能与成本节约。首先，建立完善的运维管理制度，定期对暖通系统设备进行巡检、维护与保养，及时发现并处理设备故障，延长设备使用寿命，减少设备更换费用。其次，优化运维策略，根据室内负荷变化与季节变化，合理调节暖通系统的运行参数，实现按需供能，降低能耗费用；加强能源计量管理，实时监测能耗数据，分析能耗异常原因，采取针对性的节能措施。此外，加强运维人员培训，提高运维人员的专业水平，确保设备高效稳定运行，进一步降低运维成本，实现全生命周期成本的有效控制。

结束语

暖通节能设计与工程造价成本控制是建筑工程绿色化、精细化发展的重要内容，二者并非对立，可通过科学协同机制实现有机统一。本文系统分析暖通节能设计关键技术，梳理工程造价构成与影响因素，构建全生命周期成本模型，提出多目标优化与敏感性分析思路，并从设计、采购、施工、运维四阶段给出针对性造价控制策略，为工程实践提供理论与实践指导。实践证明，科学节能设计与全流程造价控制，可有效降低暖通系统全生命周期成本，兼顾多重效益。未来需结合智能化技术优化协同机制，推动暖通工程向高效、节能、经济方向发展，为建筑行业低碳转型提供支撑。

参考文献

- [1] 聂利利. 建筑暖通空调节能设计与暖通工程造价成本控制[J]. 数码设计, 2022(12): 122-124.
- [2] 王娜. 建筑暖通工程施工要点与造价成本控制[J]. 砖瓦世界, 2024(22): 208-210.
- [3] 张婧雅, 张媛媛. 建筑暖通空调节能设计与暖通工程造价成本控制[J]. 装饰装修天地, 2024(9): 58-60.
- [4] 张雷, 孟凡佐, 于彦国. 建筑暖通空调节能设计及建筑暖通工程造价成本控制研究[J]. 产品设计, 2024(13): 114-116.