

# 建筑工程中央空调全生命周期维护保养体系构建与实践探析

胡伟杰

广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030011

**摘 要：** 建筑工程项目中央空调全生命周期维护保养体系通过系统结构原理，整合预防性维护和全生命周期管理思想，通过 BIM、物联网、AI 等技术搭建框架，实现设备从设计直至报废的全阶段管控。实际情况表明，此体系能够提高能源效率、减少故障以及降低维护费用。不过需要对成本结构和跨专业数据协作进行优化。在未来要进一步深入应用智能技术，并健全制度保障。

**关 键 词：** 中央空调；全生命周期维护保养；智能控制技术

## Construction and Practice Analysis of the Whole Life Cycle Maintenance System for Central Air Conditioning in Construction Projects

Hu Weijie

Guangzhou, Guangdong 510000

**Abstract：** The whole life cycle maintenance system of central air conditioning in construction project integrates preventive maintenance and whole life cycle management ideas through system structure principle, and builds a framework through BIM, Internet of things, AI and other technologies to realize the whole stage management and control of equipment from design to scrap. The actual situation shows that this system can improve energy efficiency, reduce faults and reduce maintenance costs. However, it is necessary to optimize the cost structure and cross-disciplinary data collaboration. In the future, we should further apply intelligent technology and improve the system guarantee.

**Keywords：** central air conditioning; full lifecycle maintenance and upkeep; intelligent control technology

### 引言

中央空气调节系统作为现代建筑物能源消耗与舒适保障的主要设施，其运行的稳定性和能效水准直接关乎建筑全生命周期的可持续发展。传统的维护模式由于重视故障维修而轻视预防性管理，常常会造成设备能耗增加、使用寿命缩短，难以符合建筑绿色发展的要求。《十四五建筑节能与绿色建筑发展规划》（2021 年）清晰提出推动建筑设备全生命周期管理，加强智能运维技术运用，为中央空调维护体系创新提供政策引导。在这样的背景之下，搭建包括设计、安装、运行直至报废的全生命周期维护保养系统，要以系统结构和工作原理作为理论基础，融合 BIM、物联网以及智能控制技术，通过预防性维护和预测性干预来平衡技术可行性与经济合理性。本研究结合具有代表性的商业综合体实例，研究体系搭建框架、技术集成路径以及效能评价方法，为加强中央空调系统的可靠性与能效提供实践方面的参考。

### 一、中央空调维护保养的理论基础

#### （一）中央空调系统结构与工作原理

中央空调系统的构造与运行原理是维护保养体系的理论主要，其构造包括制冷 / 制热循环、空气处理、水系统以及控制这四大模块。制冷循环将压缩机作为核心，通过制冷剂的相变实现热量的转移；制热模式依靠四通阀来切换流向得以完成<sup>[1]</sup>。空气处理装置由风机、过滤器、表冷器等构成，承担空气输送、净化以

及温湿度调控；水系统通过冷冻水和冷却水循环来传递热量；控制系统实现自动调节与运行监测。在暖通工程施工的背景之下，系统的运行需要兼顾建筑的负荷特性以及设备的协同效率，例如大型商业建筑会动态地调节送风参数，像医院这类场所对于洁净度和稳定性有着更高的要求。清楚结构和工作原理，为维护保养给出针对性的根据，为全生命周期的维护体系筑牢科学基础。

#### （二）维护保养核心概念及生命周期管理

中央空调的维护保养工作是以预防性维护作为基础，融合预

测性技术实现故障前置干预的技术管理行为，其目的在于确保系统稳定运转、延长使用寿命并提高能效<sup>[2]</sup>。全生命周期管理观念把设计、安装、运行直至报废各个阶段归入统一方案，注重维护策略的协同特性。目前行业存在重视故障维修、轻视预防性管理的状况，使得能耗增加、使用寿命缩短。并且全生命周期应用面临预防性成本和短期经济性之间的冲突，同时各阶段的数据相互割裂，对策略优化形成制约。此理念的引入要权衡技术可实现性与经济合理性，通过整合数据搭建闭环管理机制，保证维护活动和系统全生命周期的性能要求相符合，为建立科学的维护体系提供理论支持。

## 二、全生命周期维护保养体系的构建框架

### （一）体系构建原则与目标设定

全生命周期维护保养体系的搭建框架将原则和目标设定当作核心，保证与中央空调系统特性相符合。建立准则包括经济性、可持续性以及预防性：经济性要求对策略进行优化，从而降低全生命周期的成本；可持续性重点强调节能与环保；预防性以状态监测为基础，提前识别故障，减少突发风险。目标设定应包括设计、运转及退役时期：设计时期融入维护便捷性，运转时期建立动态维护规划，退役时期筹划设备回收与资源循环。根据空调控制技术，目的要清晰主要指标，像设计时期维护空间预留比例、运行时期故障预警准确率、退役时期材料回收比率，从而实现维护保养的系统性和针对性<sup>[3]</sup>。

### （二）方法论与技术手段整合设计

方法论与技术手段整合设计以全生命周期视角作为核心，把暖通施工作业、空调技术管理和系统控制进行深度融合。通过 BIM 技术搭建体系方案，实现从设计环节参数化建模至运维环节动态数据关联，通过模型整合设备参数、施工工艺以及运维标准，建立可视化维护决策支撑系统<sup>[4]</sup>。方案嵌入施工质量追溯组件，关联管道安装精度、设备调试信息与后期保养需求，保证施工和运维标准相符；集成状态监测技术，利用传感器实时收集运行参数，通过 BIM 平台对比阈值，实现故障预警与维护策略的动态调控。系统管控导入智能算法，根据历史数据和实时工况对运行模式进行优化，制定个性化的维护方案。此整合设计包括从施工至运维的整个流程，通过技术协同保障维护的精确性，符合中央空调全生命周期的管理要求。

## 三、实践探析：体系构建与实施案例分析

### （一）案例背景与实施过程分析

#### 1. 案例选择与研究设计

为检验建筑工程中央空调全生命周期维护保养体系的可行性，挑选某超高层商业综合体的中央空调项目当作典型案例。此项目的总建筑面积大概为 12 万平方米，运用多联机和集中式空调系统相结合的复合式制冷方案，为商业、办公以及酒店等多种业态提供服务，设备运行负荷波动较大且维护需求繁杂，具有全生

命周期维护的典型研究意义。研究规划以问题导向、数据支撑、体系适配作为逻辑主线，通过实地调研获取项目从设备安装调试、日常运作直至故障维修的全流程数据，包括设备运行参数、维护日志、能耗信息以及用户反馈等内容。结合文献研究里全生命周期管理的理论方案<sup>[5]</sup>，搭建预防维护、状态监测、故障诊断、性能优化的四维分析模型，以量化数据为根据分析体系在实际运用中的适配性和改进余地，保证研究成果既符合项目实际情况，又能为同类工程提供可复制的实践参考。

#### 2. 维护保养实践的关键发现

经对某商业综合体中央空调全生命周期维护保养体系开展实施跟踪，察觉定期对冷凝器、蒸发器以及过滤器进行清洁，能够让系统 COP 值提高 8%–12%，冷水机组运行时的噪音降低 15 分贝以上<sup>[6]</sup>。在成本效益情况中，预防性维护投入和故障维修成本的比例大概是 1:4.2，年度能耗费用相较于传统维护模式降低 18.3%。不过前期传感器部署以及数据平台搭建的一次性投入占据总成本的 35%，这使得中小项目的投资回报周期延长到 3–4 年。在系统控制成效方面，通过 BIM 模型的实时监测系统能够提前 72 小时对潜在故障发出预警，故障响应时长缩短 60%，不过跨专业数据协同存在延时情况，部分老旧设备的传感数据采集精准度仅为 85%，对预测性维护的精确性造成影响。能耗优化仍然面临难题，过渡时节的冷热负荷变动导致系统频繁转换运行方式，能源浪费比例比设计数值高 5%–7%，需要进一步完善 AI 算法的负荷预测模型。从整体来看，全生命周期维护保养体系应用于大型建筑时，能够明显提高系统的可靠性与能效。不过需要根据不同的建筑规模对成本结构进行优化，加强跨专业的数据融合能力，从而突破能耗优化方面的瓶颈。

### （二）技术管理与控制应用探析

#### 1. 技术管理策略的实施

在建筑工程中央空调全生命周期维护保养体系搭建中，技术管理策略的施行要专注暖通施工程序与技术主要，通过故障诊断和备件管理的精确落实提高系统可靠性。故障排查阶段可引入物联网传感设备实时收集运行数据，结合机器学习方法建立故障预估模型，实现从被动检修向主动预警的转化，比如对冷水机组压缩机震动、冷凝器结污等主要参数的动态监控，可提前 72 小时察觉潜在故障隐患<sup>[7]</sup>。备件管理方案要根据设备服役时长和故障发生频率建立动态的库存模式，运用 ABC 分类方式对主要部件（像膨胀阀、风机盘管电机）开展重点管控，并且通过 BIM 技术搭建设备数字孪生体，关联备件的型号、供应商资料以及更换周期，保证维修响应效率提高 30% 以上。某商业综合体项目通过上述策略的施行，把中央空调系统年均故障停机时长缩减至 48 小时以内，运维费用降低 15%，证实技术管理策略在全生命周期维护里的实践意义。

#### 2. 控制技术优化效能分析

在建筑工程的中央空调全生命周期维护保养体系里，控制技术的集成运用对系统效能的优化起着主要作用。智能控制技术通过实时监控空调系统的运转参数（像温度、湿度、能耗等），结合算法模型对设备运行状态进行动态调节，明显降低不必要的能耗。有一商业综合体项目实例表明，采用集成变频控制与 AI 算

法的维护体系后，系统每年平均能耗相较于传统维护模式下降23%，并且设备故障响应时长缩短40%<sup>[8]</sup>。此体系通过传感器网络收集数据，由边缘计算节点分析设备健康状况，提前对潜在故障发出预警，降低非计划停机时长。控制技术的改进不但提高能源利用效能，还增长设备使用时长，减少全生命周期维护费用。实践证明智能控制和维护流程的深度结合，可实现空调系统运行的精确调控，为全生命周期维护保养机制提供技术保障，促使建筑工程中央空调管理朝着智能化、高效化方向转变。

## 四、体系效能评估与优化路径

### （一）维护保养效能评估方法

#### 1. 评估指标体系构建

在建筑工程中央空调全生命周期维护保养体系的效能评价里，评价指标体系搭建要紧密贴合全生命周期管理目的，从设备性能、运行效能和用户感受方面设定量化指标。故障发生率作为主要指标，能够通过统计设备年度故障的次数、平均故障间隔的时长以及故障修复的时间，体现维护保养工作对设备稳定性的保障效能。结合故障的类型（像压缩机故障、管路泄漏等）对分类指标进行细化，从而提高评估的精确程度。能源效率指标要关联中央空调年度能耗数据、COP值（性能系数）以及能耗下降率，对比不同维护阶段的能耗变动情况，验证保养措施对节能目标的支撑作用<sup>[9]</sup>。用户满意度指标能够通过问卷调查、投诉率统计等途径获取，包含温度稳定性、噪音控制以及响应及时性等方面，对用户针对系统运行成效的主观评价予以量化。指标体系要和全生命周期各阶段（设计、安装、运行、报废）的管理要求相适配，保证指标数据能够通过物联网监测系统、维护记录数据库等途径获取，为后续的效能评估提供可靠的数据支持，促进维护保养体系的动态改进。

#### 2. 实际应用评估案例分析

体系效能评估及优化途径里，维护保养效能评估办法要将量化指标和定性分析相结合，搭建包括设备故障发生率、能耗降低比例、维护成本控制比率等主要参数的评估模型，通过实时监测数据和历史运维资料的对照，对体系在延长设备使用期限、提高运行效能方面的效能进行量化<sup>[10]</sup>。实际应用评估案例分析可挑选某商业综合体的中央空调系统当作研究客体，运用建立好的维护保养体系开展全生命周期管理，通过集成物联网监测技术和预测性维护算法，实时收集设备运行参数，像冷凝压力、送风温度等，再结合定期巡检数据开展交叉核验。案例数据表明，体系应用之后设备非计划停机的次数降低35%，年度能耗和传统维护模式相比减少18%，维护成本降低22%，证实控制技术集成对系统稳定性与经济性的改善作用，同时也为后续的优化途径提供数据根据，例如针对过滤器更换周期进行动态调整、故障预警模型的算法迭代等方面。

### （二）控制在体系中的深化应用

#### 1. 智能控制技术概述与集成

在体系效能评估与优化途径里，控制技术的深入运用是提高

建筑工程中央空调全生命周期维护保养体系效能的主要方法。智能控制技术以物联网（IoT）和人工智能（AI）算法作为典型，利用传感器实时收集空调系统的运行数据（像温度、湿度、能耗、设备状态等），搭建动态数据网络，实现对系统运行状况的精确感知与监测。AI算法根据历史运行数据和实时反馈，建立预测模型，能够提前察觉设备潜在故障，防止非计划停机；并且通过动态调控系统运行模式，优化能源配置，减少能耗成本。在暖通工程施工里，智能控制技术的集成优势显示于施工环节的数字化协作以及运维环节的智能化管控：施工期间IoT设备和建筑信息模型（BIM）相融合，实现设备安装位置、管线走向的精确确定与冲突排查；运维阶段由AI驱动的智能控制系统能够自动调节空调负荷，符合建筑内人员的活动规律，提高舒适性和能效比。

#### 2. 控制技术应用的影响评估

体系效能评估与优化途径里，控制技术于维护保养体系的深入应用要专注运行稳定性和成本控制方面的影响评价。以某商业综合建筑的中央空调体系为例，通过引入物联网传感设备与AI算法搭建的智能管控平台，实时监控设备运转参数（像冷凝器压力、蒸发器温度），实现故障预警的准确率提高到92%，非计划停机的时长降低40%，运行的稳定性大幅加强。在成本管控方面，此技术应用让年度维护人力成本下降35%，能耗优化比例达到18%，通过提前介入避免的设备大修费用占总维护成本的22%。

### （三）暖通施工与管理的优化建议

#### 1. 施工阶段保养整合策略

在体系效能评估和优化途径里，暖通施工与管理的优化提议应重点于施工阶段的保养整合策略，把全生命周期理念当作核心，把维护保养要素融入施工环节。施工阶段需预留充足的设备检修空间，比如在风管、水管布置时预留宽度不低于0.8米的检修通道，保证后期过滤器更换、管道清洗等操作便利；材料选取方面优先选用耐腐蚀、易清洁的材料，像用镀锌钢板风管替换普通钢板，降低因锈蚀造成的维护频次。在施工进程里要同步开展维护监测装置的安装工作，例如于主要的管道节点处设置压力传感器、温度传感器，实时收集运行数据，为后续的保养工作提供数据方面的支持。施工单位需与运维团队建立协同机制，在隐蔽工程动工之前邀请运维人员参与技术交底，清楚管道走向、阀门位置等主要信息，防止后期维护时因信息匮乏导致施工难度增大。

#### 2. 工程管理挑战与对策

体系效能评估及优化路径里，工程管理面临的挑战与应对策略为核心部分。在中央空调全生命周期维护保养体系的执行过程中，人力和成本方面的问题十分明显：专业维护人员的技能水平存在差异，部分人员对于新型节能设备的操作以及故障诊断能力欠佳，使得维护工作效率不高；此外全生命周期维护包括前期设备选型、中期运行监测、后期维修更换等多个阶段的成本投入，要是缺少精细化的成本管控，很容易出现预算超支或者资源浪费的情况。面对这些挑战，暖通工程的优化策略应重点于加强培训制度和精细化成本管理。通过搭建分层级的培训方案，融合理论教学与实际操作演练，加强维护人员对变频控制、智能监测系统等新兴技术的掌握水平，保证维护操作具备规范性与专业性；在

成本管控方面，引入全生命周期成本（LCC）分析模型，针对设备采购、运行能耗、维护费用等开展动态核算，优化资源分配，实现成本与效能的均衡。

## 五、总结

建筑工程项目中央空调全生命周期维护保养体系搭建以设备全流程管理为主要，包括设计选型、安装调试、运行维护、改造

升级直至报废回收各个环节，通过标准化流程与数字化技术相结合，实现设备性能优化和成本控制。实际情况显示，此体系可明显提高中央空调的运行效能，减少能耗以及故障发生的概率，延长设备的使用时长，在暖通工程里有着不可取代的支撑功效，为建筑能效的提高和可持续运转提供保障。该研究存在一定局限之处，例如案例挑选大多集中在大型公共建筑方面，对于中小建筑以及不同气候区项目的适配性验证有所欠缺，部分技术应用的长期成效仍需开展跟踪。

## 参考文献

[1] 胡添熠. 中央空调群控系统设计与实现 [D]. 武汉理工大学, 2022.

[2] 李元正. 中职学校《新能源汽车维护与保养》项目课程开发与实践 [D]. 广西师范大学, 2023.

[3] 周瑶佳. 基于深度学习的中央空调负荷预测与优化控制研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2023.

[4] 赵伟民. L公司中央空调售后服务质量改进研究 [D]. 天津大学, 2022.

[5] 王佳奇. 基于无线传感器网络的中央空调数据采集系统开发 [D]. 郑州轻工业大学, 2023.

[6] 江静, 吴江平, 吴晓丽, 等. 女性全生命周期健康管理体系与管理平台的构建与实践 [J]. 中国妇幼卫生杂志, 2024, 15(1): 72-76.

[7] 章亮. 建筑工程设备维护与保养研究 [J]. 中国高新科技, 2024(12): 116-118.

[8] 杜号, 张大鹏, 杨振宇, 等. 构建 "全生命周期" 党务人才培养体系 [J]. 企业党建, 2022(7): 16-17.

[9] 陆杰华. 构建全生命周期的生育支持政策体系 [J]. 人民论坛, 2023(7): 60-63.

[10] 刘建洲. 探析汽车发动机维护与保养 [J]. 时代汽车, 2022(3): 179-180.