

# 拟推荐 2019 年度湖北省科技进步奖项目公示材料

**项目名称：** 基于再生能源利用及非理想多环演算的绿色建筑关键技术

**提名者：** 湖北省教育厅

**提名意见：** 由武汉科技大学城市学院刘秋新团队完成的科研项目“基于再生能源利用及非理想多环演算的绿色建筑关键技术”，采用再生能源技术与地源热泵、空气源热泵、相变蓄能、高性能围护结构等技术相结合发展成出多联多供供暖制冷通风系统，大幅降低建筑能耗，提高系统效率，增强空调系统使用舒适性。同时采用理论分析与系统历史数据分析相结合的方法进行了深入的探索与研究，完成绿色建筑节能与能源利用关键技术供暖制冷通风系统多环演算技术的全套模型的建立，并基于非理想多环演算技术，针对不同的供暖制冷通风系统形式，建立智能化供暖制冷通风系统诊断与节能运行系统模型，完成所有的程序编写工作，并实施 12 项示范工程，取得了很好的经济效益和环保效益。以前瞻性的眼光对建筑行业未来的建筑供暖制冷通风系统节能发展方向进行了深入的研究，取得了丰硕的科研成果，发表论文 5 篇，获软件著作权 5 项，发明专利 2 项，实用新型 3 项。提名该项目为湖北省科技进步一等奖。

## 项目简介：

随着城市化建设进程的快速发展,我国的环境恶化、能源短缺等问题逐渐显现出来,绿色建筑理念的提出,对我国的环境以及能源问题起到了积极的作用。绿色建筑是指在建筑的全寿命周期内,最大限度地节约资源(节能、节地、节水、节材)、保护环境和减少污染,为人们提供健康、适用和高效的使用空间,与自然和谐共生的建筑。无论我国的《绿色建筑评价标准》(GB/T50378-2014),或是美国的《绿色建筑评估体系》(Leadership in Energy & Environmental Design Building Rating System, 简称 LEEDTM), 节能指标都是分值最高、权重最大的的指标项。可见,节能与能源利用是绿色建筑最为关键的技术。

本项目的研究基于两个方面的研究：可再生能源利用和非理想多环演算。

(1)建筑的能耗主要受设备能耗和围护结构的影响。为了有效节能和降低污染物的排放,项目组研发了再生能源多联多供系统、蓄能式太阳能耦合空气源热泵三联供系统和相变冷热墙辐射供暖制冷通风系统。再生能源多联多供系统是以供暖制冷通风设备和太阳能热水器为基础整合的一套新的系统,通过管路的铺设,满足生活中制冷、制热、制热水的要求,通过机组控制面板的自动控制和阀门的切换实现不同功能的转换。蓄能式太阳能耦合空气源热泵三联供系统合理利用可再生能源,提高系统效率和其低温适应性,系统的重点在于内置盘管

并带有挡板的圆柱形单元式相变蓄能装置的设计，利用一种相变材料可同时达到蓄冷和蓄热的目的，又能完成除霜、热回收的功能。相变冷热墙辐射供暖制冷通风系统则是将相变蓄能技术、辐射空调系统、可再生能源有机结合，构建一种相变冷热墙辐射空调系统，该系统以地源热泵作为冷热源，在夜间低谷电价时段利用相变材料进行蓄能，然后白天直接将夜间所储存的能量释放到室内以满足建筑冷热负荷，减少空调能耗，加之地源热泵系统的使用，极大的减少一次能源的消耗，达到节能的目的。

(2) 建筑节能与能源利用技术涉及复杂的系统，每一个环节都会影响建筑整体的节能效果。本研究从系统整体的角度出发，以非理想多环演算技术为核心，研究非理想状态下，系统离散状态下的行为规律，运用理论与历史数据相结合的方法对负荷进行预测，利用太阳辐射理论、CTF 方程、热湿传递理论、自然通风方程及移动平均法，从理论与统计分析两个方向逼近并获得针对具体建筑对象的传热、辐射得热、渗透、内扰得热的负荷预测时间序列理论算法，演算供暖制冷通风系统各个环节及运行组合态的能耗及设备寿命变化，对实际建筑中供暖制冷通风系统运行情况进行诊断，并指导运行节能。根据研究成果，利用 UML 建模理论，划分并表达出各种模型的计算对象、属性与行为，形成基于 BACnet 协议的软件需求分析，编程采用模块化技术，编制能够支持 GCL 工具使用的软件包，最后在类似 Honeywell 楼控系统平台上运行。

本项目技术特点及创新点：

1) 再生能源利用系统将地源热泵或空气源热泵作为系统冷热源，充分利用可再生能源，降低一次能源使用，提高系统经济性，又能在冬夏两季使用，不必配备其他的制冷或供热设备；2) 相变冷热墙辐射供暖制冷通风系统将传统的地板采暖、吊顶供冷的整合为墙体供冷暖，有效的减少了建筑空间的占用；同时散热更加均匀，热舒适性更好；3) 蓄能式太阳能耦合空气源热泵三联供系统、相变冷热墙辐射供暖制冷通风系统使用了相变蓄能技术，利用夜间低谷的电能进行蓄能，在白天释放供用户使用，缓解电网压力，实现“移峰填谷”，节约运行费用，提高系统经济性；4) 采用理论与系统历史数据分析相结合的方法，从理论和方法上进行探索与研究，对供暖制冷通风系统的结构节能诊断，对系统运行行为进行研究。最终完成多环演算技术全套模型的建立，并针对不同空调系统形式，建立智能化供暖制冷通风系统诊断与节能运行系统模型，完成所有的程序编写工作，并实施了 15 项示范工程及两个实验平台。在工程中，通过运用自动控制系统，将本研究成果加应用其中后，节能率提升 25~40%。

## 客观评价：

与国内外研究相比，本项目研究在再生能源利用系统方面研发了再生能源多联多供系统、蓄能式太阳能耦合空气源热泵三联供系统和相变冷热墙辐射供暖制冷通风系统，有效减少一次能源利用，提高系统运行效率，设计特殊的相变蓄能装置，实现单套设备供热、制冷、供热水、除霜、新风调节等多功能联供目的，找到了适用于我国地理气象条件的建筑节能技术。

同时，本项目建立建筑系统能耗管理最优化预测模型，并在非理想状态下，形成了负荷预处理工具、焓湿图分析工具、建筑围护结构模型构造工具、建筑内部各个房间用途及负荷

指派工具、设备系统模型库、设备系统构建工具、控制流图工具、设备运行分析包、数据包后处理工具等，有建筑设备及系统建模层次结构逻辑图的设备系统运行过程预测与方案的完整软件平台。相比于国内外其他研究，技术预测模型的建立与本项目中最优化预测模型不完全相同，本项目研究模型适用范围更广，且能够在非理想条件下建立节能运行策略，国外研究并未涉及，国内其他研究中并未形成完整的软件平台。

武汉市科技局组织对“基于非理想多环演算技术的智能化空调系统诊断与节能运行研究与工程示范”（项目编号 2014060202010130）项目验收委员会意见：该项目从系统整体节能的角度出发，研究了非理想条件下多环空调系统离散状态下的行为规律，探索空调系统节能的多种调控手段，通过对非理想多环空调系统的能量、质量、控制流之间的关系研究，利用真实与虚拟的历史运行数据，提出了针对性较强的在线学习与模式辨识算法，建立了系统模型完成相关软件的开发，研究成果通过示范工程中的应用产生了显著的经济效应和社会效应，具有很好的开发前景。

## 推广应用情况：

在理论和实验研究的基础上，结合不同建筑物类型和用途，将本研究应用到实际工程中，形成工程示范项目有：

- (1) 鄂州市建筑节能及地理信息新技术开发中心办公楼供暖制冷通风系统
- (2) 钟祥王府大酒店
- (3) 恩施州建设服务暨人防指挥中心和恩施州开发区企业服务中心
- (4) 宜昌规划展览馆
- (5) 中铁第四勘察设计院办公楼空调系统
- (6) 湖北省图书馆新馆空调系统
- (7) 武汉普仁医院空调系统工程
- (8) 华人汇和科技园华中智谷地源热泵系统
- (9) 维也纳国际酒店空调系统
- (10) 垫江县中医院空调系统
- (11) 孝感市中心医院中央空调系统
- (12) 武汉科技大学附属天佑医院空调系统
- (13) 名幸电子有限公司第 1、2 制造栋空调系统
- (14) 湖北省烟草公司武汉市公司物流配送中心空调系统
- (15) 东风本田汽车有限公司发动机车间空调系统

本研究搭建的实验平台有：

- (1) 武汉科技大学暖通空调系统
- (2) 武汉纺织大学综合数字测控空调系统

## 主要知识产权证明目录:

- [1] 刘秋新. 地源热泵变流量控制系统 V1.0 (登记号: 2014SR095174)
- [2] 刘秋新. 大型制冷设备负荷管控系统 V1.0 (登记号: 2014SR095807)
- [3] 刘秋新. 蓄能系统联动节能集成控制系统 V1.0 (登记号: 2014SR095170)
- [4] 刘秋新. 基于大数据的非理想多环中央空调信息管理系统 V1.0 (登记号: 2016SR371790)
- [5] 刘秋新. 暖通空调设备系统多环联锁控制仿真系统 V1.0 (登记号: 2016SR371788)
- [6] 刘秋新, 王能, 彭力, 蔡美元, 向金童, 陈芬. 基于太阳能-空气源热泵三联供装置 (专利号: ZL201510755004.5)
- [7] 刘秋新, 潘华阳, 彭力. 一种客车用连续式太阳能-排期热回收吸附制冷系统 (专利号: ZL201610180214.0)
- [8] 刘秋新, 王能, 彭力. 一种基于太阳能-地源热泵的辐射冷热墙及家用空调系统 (专利号: ZL201620243666.4)
- [9] 刘秋新, 潘华阳, 王能, 王心慰. 一种基于热管的连续式太阳能吸附制冷及热水供应系统 (专利号: ZL201620473171.0)
- [10] 刘秋新, 王心慰, 潘华阳, 王能. 一种基于太阳能空气源热泵三联供系统 (专利号: ZL201620484155.1)

## 主要完成人情况:

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献
刘秋新	1	学部主任兼书记	教授	武汉科技大学城市学院	武汉科技大学城市学院	项目负责人
丁云	2	副所长	高工	湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司	湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司	示范工程设计
龙一飞	3	系主任	副教授	武汉科技大学城市学院	武汉科技大学城市学院	系统设计
刘雅琦	4	系主任	副教授	中南财经政法大学	中南财经政法大学	系统设计
刘冬华	5	系主任	副教授	武汉科技大学	武汉科技大学	工程负责人
罗剑	6	副院长	高工	湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司	湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司	示范工程设计
龚源	7	主任	高工	武汉市辐射和危险固体废物污染防治管理中心	武汉市辐射和危险固体废物污染防治管理中心	示范工程设计
程向东	8	无	副教授	武汉纺织大学	武汉纺织大学	总方案设计

刘士清	9	总工程师	正高职高级工程师	湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司	湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司	工程负责人
黄银真	10	总经理	无	湖北卓立集控智能技术有限公司	湖北卓立集控智能技术有限公司	示范工程的节能运行研究
毛芊	11	所长	工程师	湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司	湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司	工程负责人
彭力	12	无	高工	武汉市建筑节能办公室	武汉市建筑节能办公室	示范工程设计
焦良珍	13	无	副教授	武汉科技大学	武汉科技大学	工程负责人
高春雪	14	无	无	武汉科技大学	武汉科技大学	工程负责人
彭波	15	无	高工	武汉市建筑节能办公室	武汉市建筑节能办公室	示范工程负责人
乐玲	16	无	高工	湖北华洋机电工程有限公司	湖北华洋机电工程有限公司	模型实验
谢华	17	无	高工	武汉市建筑节能办公室	武汉市建筑节能办公室	数据分析整理
杨树	18	无	无	武汉科技大学	武汉科技大学	数值模型设计
韦卜方	19	无	无	武汉科技大学	武汉科技大学	模型实验
彭伟刚	20	无	高工	湖北华洋机电工程有限公司	湖北华洋机电工程有限公司	模型实验

## 主要完成单位及创新推广贡献：

由武汉科技大学城市学院总体负责各项研究工作，制定研究方案，开展空调冷热负荷、设备与部件性能、水（风系统）能耗、冷热源及空气处理设备能耗、系统总体流程与能耗关系、楼宇控制系统能耗管理最优化等预测模型的研究和建立工作。创新表现在利用再生能源技术与其他节能技术相结合形成多联多供暖制冷通风系统，大幅降低一次能源消耗，同时利用在线学习与模式识别算法，用以预测负荷、判别每一个系统成员的能耗及其在不同格局的系统中的能耗影响因子，并在离散非理想条件下，针对不同的空调系统形式，研究智能化空调系统诊断与节能运行策略，建立针对智能化空调系统与控制系统的结构进行节能诊断的模型。研究了空调系统各单元部件在环路中的动态耦合规律和控制策略。完善实验室建设与工程实施方案，并对各项工程的实施方案进行了节能分析和经济性分析。

## 完成人合作关系说明：

武汉科技大学城市学院、湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司与武汉科技大学是战略合作伙伴关系，本项目中，武汉科技大学城市学院充分发挥其学科优势，湖北省建筑科学研究设计院有限公司与武汉科技大学充分发挥其技术推广及工程建设能力，共同攻克关键技术难题，并在示范工程中推广应用。后续通过进一步的合作和技术再开发，还将取得更大的市场空间。