

陕西省科学技术进步奖提名书

(2022年度)

一、项目基本情况

项目名称	公共建筑中央空调系统综合节能控制技术
主要完成人	任庆昌、闫秀英、白燕、冯增喜、王建文、李建维、曾江华、李明
主要完成单位	西安建筑科技大学 广州地铁设计研究院股份有限公司西安分公司 深圳市奥宇低碳技术股份有限公司 西安辉煌软件信息产业有限公司

二、提名意见（适用于部门、机构提名）

提 名 者	陕西省自动化学会	提名等级	<input type="checkbox"/> 一等奖 <input checked="" type="checkbox"/> 二等奖及以上 <input type="checkbox"/> 三等奖
<p>提名意见：</p> <p>大型公共建筑是建筑节能的重点，它对实现“双碳”目标有重要意义。本项目力求开发具有我国自主知识产权的核心技术，在解决卡脖子核心技术方面有所贡献。主要科技创新有：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 自主开发建设了公共建筑中央空调节能控制实验平台，在国内起步早，应用效果好，在建筑类高校中处于领先地位，已在部分用户推广。已成为自主研发中央空调系统优化控制策略的基地和研究成果实用化的中试基地。 2. 针对公共建筑中央空调系统空间范围大，设备种类多，能量转换机理复杂，在国内首次提出“综合性节能控制技术”的概念。针对性地开发建立“综合节能控制技术和方法库”，提出了大系统理论在中央空调系统优化控制中的应用，处于国内前沿。 3. 面向城市第一线，将不同的节能控制技术与不同特点的公共建筑对接。目前已在西安地铁4号线枢纽站、深圳市南山岁宝（万象店）大型百货商场、西安环普科技产业园三个典型大型公共建筑中应用取得成功，产生了可观的社会效益和经济效益。 <p>上述成果是在完成国家自然科学基金（1项）、国金青年基金（1项）、住建部科技项目（1项）、省基金（6项）基础上取得的。获得知识产权有：发明专利8项，实用新型专利3项，软件著作权17项。培养博士生6人，硕士生26人，发表科研论文48篇，</p> <p>我学会经过学术委员会评审，确认该项目申报材料真实有效，提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖及以上。</p> <p style="margin-top: 20px;">说明：省科学技术奖一、二、三等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖，“提名二等奖及以上”的评审落选项目不再降格参评三等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。</p>			

三、项目简介

(限 2 页)

一、项目背景

本项目从起步研究、技术开发、到推广应用已有近 20 年历史。建筑节能是我国节能减排的重要领域，其能耗占全国总能耗的四分之一。大型公共建筑（单体建筑面积 2 万平方米以上），是建筑节能的重点。大型公建普遍采用了中央空调系统，其电耗占建筑物用电总能耗的 60%-70%，是各类公共建筑除采暖之外占能耗比重最大，节约中央空调系统能耗是大型公建节能的重要领域，对实现“双碳”目标有重要意义。

面对我国公共建筑中的中央空调系统数量巨大、使用范围广、能耗高的现状，长期以来，提高室内环境质量和节能降耗是老大难问题。主要原因：

(1) 提供中央空调控制系统的集成商和业主不重视技术开发和精细管理，控制手段粗犷。不分对象特征，仅满足于开关控制+PID 控制。

(2) 目前楼宇自控系统的产品供应基本上被国外厂商垄断（美国江森、霍尼韦尔，德国西门子公司等），我国的建设施工单位只能承担进口设备的安装任务，不能参与调试，调试要由外国公司派人进行，核心技术掌握在外国公司手中。目前国产楼宇自控设备的生产厂商很少，没有形成强势品牌，市场份额少，也没有培育良好的生态环境。因此急需国内相关行业不畏艰难，树立信心，逐步推进国产设备的市场占有率。这就需要各方齐心协力，开发具有我国自主知识产权的核心技术，**解决卡脖子关键核心技术问题**。本课题组力争在开发核心技术方面有所贡献。

二、本项目的科技创新

(一) 自主开发建设了科研平台 — 公共建筑中央空调节能控制实验平台。

该实验平台在任庆昌教授主持的国家自然科学基金和西安建大中省共建项目经费支持下，由本团队自主设计建成。在国内起步早，应用效果好，在建筑类高校中处于领先地位，具有典型性、示范性和辐射作用。实验平台特色明显，摆脱了进口楼宇自控系统的限制，成为可以自主研发中央空调系统优化控制策略的基地。由于平台的完全真实性（仅规模上的区别），该平台也是把研究成果进一步实用化的中试基地。在西安建大的人才培养中也发挥了显著作用。已有多所高校来西安建大学习交流，并把交流成果带回本校。[附件 2-1，附件 2-2，附件 2-3，附件 2-4，附件 2-5]

(二) 开发和建立“综合节能控制技术和方法库”。

针对公共建筑中央空调系统空间范围大，设备种类多，能量转换机理复杂，是一个复杂大系统，在国内首次提出“综合性节能控制技术”的概念。将中央空调系统划分为三大部分，对症下药，根据不同特点用不同的控制方法，形成“综合节能控制技术”的组合拳。三大部分是：(1) 冷水机组；(2) 机组冷冻水侧 — 冷冻水回路 + 风系统和末端设备；(3) 机组冷却水侧 — 冷却水回路 + 冷却塔。依托实验平台开发了一系列节能控制技术。其中有的技术亮点突出，处于国内前沿。有基于大系统理论的中央空调系统优化控制（在国内首次提出）、基于负荷预测和粒子群算法的优化控制等。

（三）面向城市第一线，将不同的节能控制技术与不同特点的公共建筑对接。

目前已应用在三个典型的大型公共建筑中并取得成功，产生了可观的社会效益和经济效益。

1. 西安地铁 4 号线枢纽站

地铁 4 号线起于航天基地，止于北客站，线路全长 35.2km，共设 29 座车站，其中换乘站（枢纽站）11 座。本项目的成果主要应用于换乘站—大雁塔站。

通过对空调机组、回排风机、冷冻水泵、冷冻水二通阀、冷水机组等的实时自动监控，在满足车站运营所需环境需求的同时实现系统 21% 的节能率，据估算，每年可节约用电约 9.2 万度。[附件 1-4]



2. 深圳市南山岁宝（万象店）大型百货商场

该项目位于深圳市南山区，为大型商场中央空调节能改造项目。中央空调主机及水泵房位于负 1 层，1-4 层商场总面积约为 20000 平米，5 层及以上为住宅。项目实施的中央空调水系统为 1-4 层商场提供冷量。

实施本项目基于负荷预测和粒子群算法的优化控制技术后，节能系统一直保持高效稳定运行，年均节能率约为 23.83%，年均减少空调系统运行成本约 113 万元。[附件 1-5]



3. 西安环普科技产业园



工程项目的总建筑面积为 123300 m²，分为 C 栋、D2 栋、E 栋 3 个单体。制冷机房设在 E 楼地下一层，制冷机组选用 2 台螺杆式冷水机组，2 台离心式冷水机组，总供冷能力为 10058 kW，供冷面积 93700 m²。采用本项目的技术后，年节能效益 6.25 万元（2015-2019 年），累计减少 CO₂ 排放量 62312 千克，取得了良好的经济效益。[附件 1-6]

上述成果是在本课题组申报和完成国家自然科学基金（1 项）、国金青年基金（1 项）、住建部科技项目（1 项）、省基金（6 项）的基础上取得的。获得知识产权计有：发明专利 8 项，实用新型专利 3 项，软件著作权 17 项。发表科研论文 48 篇。

四、客观评价

（限 2 页。围绕创新性、应用效益和经济社会价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价意见要有客观依据，主要包括与国内外相关技术的比较，国家相关部门正式作出的技术检测报告、验收意见、鉴定结论，国内外重要科技奖励，国内外同行在重要学术刊物、学术专著和重要国际学术会议公开发表的学术性评价意见等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。）

（一）查新报告 1 [附件 2-19]

省科委西安建筑科技大学查新工作站

查新项目：深圳南山岁宝（万象店）空调节能控制系统

结果：该查新项目的主要技术特点在于：

1. 相关分析和偏相关分析数理统计方法在大型商场中央空调负荷预测中的应用；
2. 改进型寻优算法（粒子离散化）实现中央空调水系统最优运行工况点寻优在工程项目中的应用。

经检索并对相关文献分析对比结果表明：在国内公开发表的中文文献中与本委托项目创新点完全相同的未见报道。

（二）查新报告 2 [附件 2-19]

省科委西安建筑科技大学查新工作站

查新项目：西安市环普产业园中央空调项目节能关键技术

结果：该查新项目的主要技术特点在于：

1. 最小阻力的变压差控制在中央空调冷冻水系统中的应用
2. 两台冷水机组加减载的最优切换点在中央空调冷水机组群控系统中的应用

经检索并对相关文献分析对比结果表明：在国内公开发表的中文文献中与本委托项目创新点完全相同的未见报道。

（三）论文“楼宇自控系统的先进控制策略”，智能建筑，2005 年第 12 期（第一作者 任庆昌）

获得全国性行业协会“中国建筑业协会智能建筑专业委员会”奖励—《智能建筑》杂志 2006 年度优秀论文奖。[附件 2-25]

（四）对《建筑设备监控系统技术规范》编制工作的支撑

由中国建筑业协会智能建筑专业委员会和国内著名建筑智能化企业——同方股份有限公司牵头主编的《建筑设备监控系统技术规范》编制工作于 2009 年 7 月启动。建筑设备监控系统是智能建筑中最重要的系统之一，但长期以来存在问题较多（据调查，合格者只占 20%）。该《规范》的编制与行业发展以及当前节能减排的国家

政策密切相关。在编制规范征询意见过程中，西安建大任庆昌教授根据自身科研成果对《规范》提出了建设性建议，登载于中国建筑业协会智能建筑专业委员会网页头版。

（五）由于本项目的社会影响，曾受以下国内或港澳学术组织邀请发表与本项目相关的学术报告，这本身就是对本项目取得成绩的肯定性评价。

① 项目负责人任庆昌教授受香港屋宇调试中心邀请，于 2009 年 11 月 24 日赴香港理工大学参加了“Building Management System: Modern Application, Education and Training Development in China-mainland, Hong Kong and Macau”（中国(内地)、香港及澳门三地楼宇自控系统的应用、教育及培训发展会议），共 100 多人出席，有香港、澳门、中国（内地）的专业人士 15 位专家作报告，其中内地出席会议发言的代表两名，同济大学程大章教授、西安建筑科技大学任庆昌教授。任庆昌教授发言题目是“Building Automation Engineering Education in China-mainland: College Education & Professional Training”（楼宇自控教育在中国：大学的楼宇自控教育和业界的培训教育）。该报告中对本课题的研究成果和课题组建立的“公共建筑中央空调节能控制实验平台”有较详细阐述，受到港澳同行的关注。[附件 2-26、附件 2-27]

② 任庆昌教授于 2010 年 10 月受邀在重庆大学举行的“全国人工环境相关学科博导论坛”上作学术报告，题为“基于大系统理论的中央空调控制技术节能策略研究”，这是本项目的核心技术内容之一，会议邀请作报告是对本项目取得成绩的肯定性评价。[附件 2-28、附件 2-29]

五、应用情况

1. 应用情况（限 2 页）

序号	单位名称	应用的技术	应用对象与规模	应用起止时间	联系人/电话
1	广州地铁设计研究院股份有限公司西安分公司	中央空调系统综合节能控制技术科技创新 2—（一）和科技创新 2—（二）的节能技术	西安地铁 4 号线大雁塔站基于 BAS 的通风空调系统全局控制	2019.7-2022.6	王建文 /13720775695
2	深圳市奥宇低碳科技有限公司	中央空调系统综合节能控制技术科技创新 2—（五）5-1：基于负荷预测和粒子群算法的整体优化控制	深圳岁宝百货（万象店）空调节节能控制系统	2017.1-2020.12	李建维 /15889775148
3	西安辉煌软件信息产业有限公司	中央空调冷源系统群控--冷水机组加减载最优切换点的确定；基于冷机能耗模型的空调冷却塔最佳台数及其最优切换点的确定；中央空调冷冻水系统变压差最小阻力控制策略	西安市西三环环普科技产业园内中央空调工程项目	2014-2019	郭文 /13891998089
4	吉林建筑大学	中央空调节能实验平台建设方案及相关电气与控制技术	电气与计算机学院	2013-2022	韩成浩 /13894848628
5	河北建筑工程学院	空调节能实验平台建设方案及相关电气与控制技术	电气工程学院	2015.5-2022.6	杨晓晴 /13932332696
6	郑州轻工业大学	中央空调节能实验平台建设方案及相关电气与控制技术	建筑环境工程学院	2014.4-2022.6	曹祥红 15538159927
7	青岛理工大学	中央空调节能实验平台建设方案及相关电气与控制技术	信息与控制工程学院	2020.9-2022.6	赵景波 /13869824301
8	东莞理工学院	中央空调节能实验平台建设方案及相关电气与控制技术	化学工程与能源技术学院	2019-2022	胡钦华 /13712365110

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	用于中央空调冷却水系统的节能控制系统及方法	中国	ZL. 2015 1 0391114.8	2017.12.8	2732532	西安建筑科技大学	任庆昌 彭彦平
2	发明专利	基于气候补偿的变风量空调末端温度控制系统及方法	中国	ZL201510634105.7	2018.03.20	2850521	西安建筑科技大学	闫秀英
3	发明专利	一种空调负荷预测方法, 装置及空调	中国	ZL. 2012 1 0591600.0	2015.12.23	1881713	深圳市奥宇节能技术股份有限公司	李建维等
4	发明专利	一种中央空调冷却水系统的节能控制方法	中国	ZL. 2019 1 0757262.5	2021.9.24	4698308	西安建筑科技大学	任庆昌 王蕊
5	发明专利	基于变速积分 PID 型迭代学习算法的空调控制系统及方法	中国	ZL201610201172.4	2018.07.31	3015875	西安建筑科技大学	闫秀英
6	发明专利	基于集中空调系统的室内温度动态调控方法	中国	ZL. 2019 1 1241162.3	2021.3.16	4300101	西安建筑科技大学	白燕 刘争敏 张亚俐 万陶成
7	软件著作权	集中空调数据采集与管理系统 V1.0	中国	2018SR225288	2017.04.02	02455390	西安建筑科技大学	白燕 任庆昌 黄红涛 刘争敏
8	软件著作权	MFAC 控制器参数寻优系统 V1.0	中国	2020SR0551259	2020.06.02	5429955	西安建筑科技大学	冯增喜
9	软件著作权	基于 TRNSYS 的空调冷源系统仿真软件	中国	2020SR0948448	2020.08.19	5827144	西安建筑科技大学	闫秀英

10	软件著作权	多冷水机组负荷分配优化仿真软件	中国	2020SR0705517	2020.07.01	5584213	西安建筑科技大学	闫秀英
----	-------	-----------------	----	---------------	------------	---------	----------	-----

七、主要完成人情况表

姓 名	任庆昌	排 名	1
行政职务			
技术职称	教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>本项目第一完成人，主持完成国家自然科学基金、陕西省自然科学基金、住建部科学技术项目[附件 2-7, 2-9]。针对公共建筑中央空调系统的复杂性，首次提出综合性节能控制技术方案，首次提出将大系统理论应用于中央空调系统节能控制（科技创新 2（五）5-1）。主持建立了国内领先的中央空调节能控制中试基地（科技创新 1）。理论和实际紧密结合，指导并参加三个典型应用单位（西安地铁 4 号线枢纽站、深圳市南山岁宝（万象点）大型百货商场、西安环普科技产业园）实施综合性节能控制技术取得成功，社会和经济效益显著（科技创新 3）。获得冷却水系统节能控制国家发明专利 2 项（第一发明人）（科技创新 2（四），附件 1-1, 2-12）。</p>			

姓 名	闫秀英	排 名	2
行政职务			
技术职称	副教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>主持完成国家自然科学基金青年基金项目 [附件 2-8]。提出一种气候补偿方案确定变风量送风温度最优设定点，提出一种采用自适应加权融合法确定最佳室内温度测点的方法（科技创新 2（一）2-1-1，附件 1-2）。提出改进的迭代学习控制算法，改善静压重置过程超调和调节时间，使系统可以更好地稳定在评价指标最小的设定点附近，以平滑的动态性能跟踪期望轨迹，获得发明专利 2 项（科技创新 2（五），附件 2-13）。建立某大型公共建筑中央空调冷源仿真系统，最大限度地挖掘其节能潜力；提出基于改进的具有差分进化算子的混合粒子群优化算法的机组优化负荷分配算法，有效克服了枚举复杂度随机组数量和模型维数增长的问题，获软件著作权 2 项（科技创新 2（三），附件 2-17, 2-18）。</p>			

姓名	白燕	排名	3
行政职务			
技术职称	副教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>主持完成陕西省自然科学基金 [附件 2-11]。针对传统稳态热环境营造模式背后隐藏的健康与高能耗问题，建立全局协调策略下中央空调室内热舒适动态优化控制新方法，可提高动态热环境参数寻优效率，在有效跟随室外环境热舒适波动趋势、满足人体热感觉生理特性的同时实现全局能耗最优化。分析结果表明，与传统周期性动态温度调控相比，该策略节能约 12.6%，其中二次变频泵节能 15.8%、两套空气处理机组分别节能约 10.3%及 9.4%（科技创新 2（一）2-1-1，附件 2-11），获得发明专利 1 项 [附件 2-14]。负责建立了集中空调数据采集与管理系统，为实验平台系统调控过程中的数据管理提供软件支撑（科技创新 1，附件 2-15）。</p>			

姓名	冯增喜	排名	4
行政职务			
技术职称	副教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>针对实际中央空调负荷预测精度不够精确的情况，根据各种单项预测模型的相对预测误差的大小动态选取相对预测误差最小的两种模型，构成组合残差来修正基本负荷预测方法的预测误差，大大提高了负荷预测精度。同时建立集中空调不同子系统模型，建立集中空调系统全局节能优化模型，并针对子系统模型确定最佳调节参数的问题，采用智能算法根据各子系统之间的关联关系对各子系统进行优化，解决集中空调系统高维优化模型的“维数灾”问题，快速获取各子系统控制参数的最佳设定值或最佳再设值，实现系统全局优化（科技创新 2，附件 2-10）。同时，针对空调控制系统中 MFAC 参数难以确定的问题，提出了 MFAC 参数自寻优的方法（科技创新 2，附件 2-16）。</p>			

姓名	王建文	排名	5
行政职务	机电室副主任		
技术职称	高级工程师		
工作单位	广州地铁设计研究院股份有限公司西安分公司		
完成单位	广州地铁设计研究院股份有限公司西安分公司		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>基于我公司和西安建大的产学研合作协议，作为专业负责人，与任庆昌教授团队紧密合作，将公共建筑中央空调系统综合节能控制技术成功应用在西安地铁4号线工程大雁塔站（科技创新2（二）、科技创新3-1），实现了基于BAS系统的地铁通风空调系统全局控制策略。该方案采取了地铁车站空调风系统、水系统联动的节能控制措施。风系统根据车站环境温度变化实时调节AHU变频风机频率，实现风系统节能；调节冷冻水电动二通阀开度保证AHU送风温度恒定。引入温度-压差串级控制方法调节冷冻水泵频率，并根据负载率判定冷水机组投入台数，实现水系统节能。这些措施已通过了实地检测认证，取得了显著的节能效果。[附件1-4]</p>			

姓名	李建维	排名	6
行政职务			
技术职称	高级工程师		
工作单位	中广核研究院有限公司		
完成单位	西安建筑科技大学		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>项目主要完成人，受课题组委派，执行西建大与深圳市奥宇控制系统公司（奥宇低碳技术有限公司的前身）签订的产学研合作技术合同 [附件2-21]，提出了基于神经网络的实时负荷预测方法，将相关分析和偏相关分析的数理统计方法应用于负荷预测输入值取值范围，实现对空调负荷精准预测；解决了中央空调系统节能寻优工况变量多技术难题，利用改进型粒子群寻优算法对水系统最优运行工况进行参数寻优，实现中央空调水系统最大限度的节能。科研成果应用在深圳市南山岁宝（万象店）大型百货商场，通过检测验收，取得了经济效益，为主要科技创新3 [附件1-5]。获发明专利一项“一种空调负荷预测方法，装置及空调”（第一发明人，附件1-3）。</p>			

姓名	曾江华	排名	7
行政职务	副总		
技术职称	高级工程师		
工作单位	深圳市海源节能科技有限公司		
完成单位	深圳市奥宇低碳技术股份有限公司		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>项目主要完成人，配合执行了深圳市奥宇控制系统公司（奥宇低碳技术有限公司的前身）与西建大签订的产学研合作技术合同 [附件 2-21]，主持了西建大科研成果在“深圳南山岁宝（万象店）大型百货商场节能改造项目”工程应用，实现了原控制系统顺利整合西建大的基于神经网络的实时负荷预测方法和各类优化控制算法，牵头指导了节能控制系统现场调试、能效分析和优化运行参数等工作，在满足商场同等舒适度条件下，实现中央空调水系统最大限度的节能，通过控制方案检测验收，取得了经济效益，为主要科技创新 3 [附件 1-5]。合作获得发明专利一项“一种空调负荷预测方法，装置及空调”（第三发明人，附件 1-3）。</p>			

姓名	李明	排名	8
行政职务			
技术职称	电气工程师		
工作单位	西安辉煌软件信息产业有限公司		
完成单位	西安辉煌软件信息产业有限公司		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>与西安建筑科技大学联合开发了以下三项节能技术：① 中央空调冷源系统群控--冷水机组加减载最优切换点的确定；② 基于冷机能耗模型的空调冷却塔最佳台数及其最优切换点的确定；③ 中央空调冷冻水系统变压差最小阻力控制策略。优化了系统的运行参数，使系统性能得到提高，节能效果良好。具体见“其他附件”的参考文献《某产业园中央空调冷机群控系统设计》、《冷冻水一次泵变流量可行性分析及工程应用》。（科技创新 3，附件 2-23，附件 2-24）</p>			

八、主要完成单位情况表

单位名称	西安建筑科技大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p> 我校是以工科为主体、土木建筑学科为特色的高等学校。随着数字经济到来，智能建筑、智慧城市应运而生。学校高度重视信息、自动化学科与土木建筑学科的结合，积极鼓励信控学院任庆昌教授团队在国家自然科学基金项目和西安建大中省共建项目经费支持下建立起公共建筑中央空调节能控制实验平台。该平台的开发和应用水平在我国建筑类高校处于领先地位，具有典型性、示范性和辐射作用，已有多所院校前来我校学习，建设类似平台，产生了显著的社会效益（科技创新 1）。</p> <p> 任庆昌教授团队首次提出中央空调系统综合节能控制技术方案，首次提出将大系统理论应用于中央空调系统节能控制。以实验平台为依托，进行了公共建筑中央空调节能控制技术开发，取得了一批理论成果或中试应用成果（科技创新 2），并进一步向工程实际推广。目前已在西安地铁 4 号线枢纽站、西安环普科技产业园、深圳市南山岁宝大型百货商场取得成功应用，产生了可观的社会效益和经济效益（科技创新 3）。我们还将继续采取措施，扩大成果应用范围，为国民经济发展贡献力量。</p>	

单位名称	广州地铁设计研究院股份有限公司西安分公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p> 本公司是西安地铁 4 号线工程的总体设计单位。本公司王建文高级工程师带领机电室与西安建大任庆昌教授团队紧密合作，将公共建筑中央空调系统综合节能控制技术成功应用在西安地铁 4 号线工程大雁塔站（科技创新 2—（二）和科技创新 3—1），实现了基于 BAS 系统的地铁通风空调系统全局控制策略，该方案采取了地铁车站空调风系统、水系统联动的节能控制措施，通过对空调机组 AHU、冷冻水二通阀、冷冻水泵、冷水机组等设备的自动控制，既能满足地铁运营所需的环境要求，又可保障地铁车站通风空调系统中各类机电设备在高效率状态下稳定运行。这些措施已通过了实地检测认证，经时间考验证明应用效果良好，取得了显著的节能效果和经济效益。该成果已经在我公司承担的西安地铁 4 号线全线车站推广应用，也在或将要在其它地铁线路工程中得到推广应用。</p>	

单位名称	深圳市奥宇低碳技术股份有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>深圳市奥宇低碳科技有限公司与西安建筑科技大学任庆昌教授团队合作，完成了“深圳南山岁宝（万象店）大型百货商场节能改造项目”。根据西安建大方提出中央空调系统节能改造方案，本公司组织了实施。公司将任庆昌教授团队科研理论成果转化为科研技术产品，并且将一系列科研成果（如中央空调水系统节能控制策略，空调系统负荷预测、中央空调系统运行状态动态监测策略算法等）应用到我公司的节能改造项目，最终实现了科研成果的应用转化和工程应用验证。</p> <p>该节能改造方案对系统主要设备建立数学模型，基于神经网络实现空调负荷实时预测，利用粒子群算法实现系统最优工况寻优。项目通过了检测验收，取得了经济效益。公司技术人员与西安建大科研人员合作获得发明专利一项，专利名称“一种空调负荷预测方法，装置及空调”（该专利的专利权人是奥宇公司，发明人包括双方人员）。</p> <p>双方合作完成的成果属于主持单位西安建大提出的“公共建筑中央空调系统综合节能控制技术”的一部分，该技术和综合节能控制的其它技术推动了本公司的科技进步，在公司后续工程项目中也取得应用，提高了为社会高质量服务的能力。</p>	

单位名称	西安辉煌软件信息产业有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>西安辉煌软件信息产业有限公司在承建西安环普科技产业园项目中与西安建大智能建筑研究所开展合作，应用了该所开发的节能技术：①中央空调冷冻水系统变压差最小阻力控制策略。②中央空调冷源系统群控—冷水机组加减载最优切换点的确定。③基于冷机能耗模型的空调冷却塔最佳台数及其最优切换点的确定。采用三种技术后，月能耗分别减少 1140 kWh、2480.7 kWh 和 6997 kWh，节能效果明显。</p> <p>西安辉煌软件信息产业有限公司基于该技术明显的节能效果，在后续建设项目中，积极采用该项技术，取得显著效果。在多次技术交流和方案推介中，对该技术进行了大力宣传和推广。</p>	

完成人合作关系说明

闫秀英：副教授，分别于 2006、2010 年硕士、博士毕业于西安建大，本人是他的硕士生、博士生导师。闫秀英在校期间参与了导师主持的国家自然科学基金项目、住房和城乡建设部科学技术项目，毕业后留校工作，经过工作历练，目前担任智能建筑系主任，一直从事空调系统智能化与节能控制研究。主持申请到国家自然科学基金青年基金项目，研究了气候补偿在变风量空调末端系统中的温度控制系统及方法，变风量空调风系统的变静压控制和送风温度控制以及空调子系统的优化控制。闫秀英和本人合作申请发明专利一项，合作发表论文多篇。

白燕：副教授，于 2013 年博士毕业于西安建大，本人是他的博士生导师。白燕在校期间曾参与导师主持的住房和城乡建设部科学技术项目，目前担任理学院大数据科学系副主任（党支部书记），一直从事中央空调系统优化与节能控制相关研究工作。主持陕西省自然科学基金基础研究计划项目，研究了集中空调室内热环境动态调控模型与全局节能控制方法。白燕和本人合作申请发明专利一项，合作发表论文多篇。

冯增喜：博士、副教授、分别于 2005、2017 年硕士、博士毕业于西安建大，本人是他的硕士生、博士生导师。冯增喜在校期间参与了导师主持的国家自然科学基金项目、住房和城乡建设部科学技术项目。参加西安建大和地铁西安分公司之间的产学研合作关系的有关工作。由冯增喜主持、本人合作申请到陕西省科技厅专项科研项目一项：“基于目标协调的中央空调全局优化控制与节能(2017JM6106)”，合作发表论文多篇。

王建文：高级工程师，本科、硕士毕业于西安建大，本人是他的硕士生导师。王建文在校期间参与了导师主持的国家自然科学基金项目，2009 年毕业后进入广州地铁西安分公司工作，经过工作历练，担任机电室副主任，在西安地铁 BAS 系统建设中承担重要任务。基于地铁西安分公司和建大之间建立的产学研合作关系，本人所在团队参与了地铁 4 号线枢纽站中央空调系统的设计咨询、攻克技术难点等工作，很好的执行了双方单位签订的产学研协议。王建文和本人合作发表学术论文一篇：《串级控制在空调水系统控制中的应用研究及仿真》，自动化技术与应用，2010 年第 1 期。这篇论文的主要思路在地铁空调系统的设计和技术开发中得到了进一步应用。

李建维：高级工程师，注册设备（暖通空调）工程师，分别于 2008 年、2017 年在西安建筑科技大学获得硕士、博士学位，现就职于中广核研究院有限公司系统研究所，我是他的硕士生、博士生导师。李建维攻读博士学位期间，受课题组委派前往深圳市奥宇控制系统公司（奥宇低碳技术有限公司的前身），按照产学研合同，开展了空调系统运行优化节能科研课题，实施验证了空调负荷预测、改进型粒子群

寻优算法等节能策略在节能改造项目中的应用。在此期间，我也数次去深圳指导、调研。李建维顺利完成在奥宇公司的科研工作，和本人合作发表学术论文多篇，和曾江华总工合作申请发明专利一项“一种空调负荷预测方法，装置及空调”。该专利在“南山岁宝百货（万象店）空调节能控制系统”得到了应用。

曾江华：高级工程师，深圳市节能专家委员会节能专家，1991 年硕士毕业于浙江大学，现任深圳市海源节能科技有限公司副总，曾为深圳市奥宇控制系统公司（奥宇低碳技术有限公司的前身）的技术总工。2012 年按照与西安建筑科技大学签署的科研合同，指导开展了负荷预测及节能算法的工程应用，牵头确定了“深圳南山岁宝（万象店）大型百货商场节能改造项目”的改造方案及控制系统网络结构，协调解决了负荷预测和节能策略算法在实际工程应用过程中的现场调试、能效分析等工作。本人曾数次去深圳进行研究生课题指导、调研，并和曾江华总工研讨公司科技发展（其间奥宇公司聘任我为技术顾问一年）。曾江华总工和李建维博士合作实施“深圳南山岁宝（万象店）大型百货商场节能改造项目”，取得了一系列科研成果，共同申请发明专利一项：“一种空调负荷预测方法，装置及空调”。

李明：西安辉煌软件信息产业公司电气工程师。根据建大和辉煌公司的产学研合作协议，本人所在团队 2014 年派出三名硕士研究生赴辉煌公司参加科研和工程实践，双方共同完成辉煌公司承担的环普科技产业园智能化工程项目中的 3 个中央空调系统节能课题。

李明是现场技术主管，我多次去现场调研和解决技术问题，双方建立了良好的工作关系，顺利完成了预期任务。为总结工作成果，李明和我校师生合作发表了学术论文两篇：《某产业园中央空调冷机群控系统设计》、《工业控制计算机》，2016 年第 5 期；《冷冻水一次泵变流量可行性分析及工程应用》，建筑节能，2016 年第 9 期。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/ 项目排名	合作起始 时间	合作完成 时间	合作成果	证明材料
1	共同知识 产权 项目合作 共同立项 项目合作	闫秀英 /2	2003.03.01	2022.06	专利：基于气候补偿的变风量 空调末端温度控制系统及方法 (专利号：ZL201510634105.7)、 国基金面上项目：基于大系统 优化理论的变风量(VAV)中央 空调系统节能控制技术研究 (50678145))、 国基金青年项目：变风量末端 测点优化与智能补偿协调研究 (51508446))、 住房和城乡建设部科学技术项 目：公共建筑中央空调综合节 能控制技术研究(2012-K1-35))	附件 1-2 附件 2-7 附件 2-8 附件 2-9
2	项目合作 共同立项 共同知识 产权	白燕/3	2008.09.01	2022-06	住房和城乡建设部科学技术项 目：公共建筑中央空调综合节 能控制技术研究(2012-K1-35) 基于动态热舒适调控模型的集 中空调全局协调优化研究 (2017JQ5075) 基于集中空调系统的室内温度 动态调控方法 (ZL201911241162.3)、 集中空调数据采集与管理系统 V1.0	附件 2-9 附件 2-11 附件 2-14 附件 2-15
3	项目合作 项目合作 共同立项	冯增喜 /4	2002.09	2022.06	国基金面上项目：基于大系统 优化理论的变风量(VAV)中央 空调系统节能控制技术研究 (50678145)) 住房和城乡建设部科学技术项 目：公共建筑中央空调综合节 能控制技术研究(2012-K1-35) 陕西省科技厅专项科研项目： 基于目标协调的中央空调全局 优化控制与节能 (2017JM6106))	附件 2-7 附件 2-9 附件 2-10
4	论文合著 产学研合 作	王建文 /5	2006.09.01	2022.06	论文：串级控制在空调水系统 控制中的应用研究及仿真、 产学研合作协议	附件 2-30 附件 2-20
5	指导完成 学位论文 项目合作 共同知识 产权	李建维 /6	2011.09	2019.12	博士学位论文：中央空调水系 统节能运行优化技术研究、 住房和城乡建设部科学技术项 目：公共建筑中央空调综合节 能控制技术研究(2012-K1-35) 专利（李建维与曾江华合作）： 一种空调负荷预测方法，装置 及空调(专利号：ZL.20121059)	附件 2-31 附件 2-9 附件 1-3

6	产学研合作 共同知识 产权	曾江华 /7	2011.09	2019.12	技术开发合同、 专利（曾江华与李建维合作）： 一种空调负荷预测方法，装置 及空调（专利号： ZL.201210591600.0）	附件 2-21 附件 1-3
7	论文合著 产学研合 作	李明/8	2014.01	2018.06	论文：冷冻水一次泵变流量可 行性分析及工程应用、 论文：某产业园中央空调冷机 群控系统设计、 产学研合作协议	附件 2-23 附件 2-24 附件 2-22