

## 项目名称

基于多源数据融合的建筑环境综合评价关键技术研究及应用

## 提名者及提名意见

提名者：陕西省教育厅

提名意见：随着城市化进程的加速，建筑环境质量已成为人们健康与生活品质的重要因素。如何有效评估和优化建筑环境，尤其是在提高人类热舒适度和保障公共健康方面，已成为迫切需要解决的关键问题。本项目针对建筑环境综合评价中的多源数据融合与智能分析技术展开研究，突破了传统评价方法在数据处理、模型精度和应用广度方面的局限，为绿色建筑、智慧城市及健康城市建设提供了技术支撑。

该项目在西安市社会科学规划基金项目的支持下，围绕多源数据融合基础理论和方法展开创新。通过引入声环境、空气质量、热环境及人体生理指标等多维度数据，本项目提出了多源异构数据的加权融合方法和时空关联度量模型，有效捕捉了建筑环境和人体健康之间复杂的交互关系。结合改进的机器学习算法与混沌理论，项目成功构建了具有高精度和可解释性的建筑环境综合评价模型，显著提升了建筑环境的评价能力和精准性。

项目创新性强，内容丰富，有广阔的应用前景和推广价值。提名材料齐全、规范，经完成单位公示，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件。

## 项目简介

**所属科学技术领域：**建筑设计方法与理论、土木建筑工程设计学

**科学价值和应用前景：**随着城市化进程的加快，建筑环境质量已成为影响人们健康与生活品质的关键因素。权威研究（如《2024 柳叶刀人群健康与气候变化倒计时报告》）显示，受热浪影响的人群死亡率持续攀升，并将在本世纪中叶进一步加剧。在此背景下，对建筑环境进行科学、高效的综合评价，提升环境舒适度与健康水平已经成为亟待解决的现实问题。然而，当前建筑环境综合评价面临多源数据整合困难、评价模型复杂性高及传统方法无法充分解释多因素交互影响等挑战。这些难题限制了建筑环境优化与人体热舒适度提升的进程，亟需建立先进的数据融合与智能评价技术，为减缓环境热风险、推动绿色建筑与健康城市发展提供科学依据和技术支撑。

在西安市社会科学规划基金重点项目的支持下，本项目围绕“基于多源数据融合的建筑环境综合评价关键技术”开展攻关研究。项目通过多学科交叉融合，将声环境数据、PM2.5 等空气质量数据、热环境参数及人体生理指标等信息纳入统一框架中。依托统计学、环境科学与建筑学等理论基础，并融合机器学习与混沌理论改进的优化算法，构建高精度、可解释的建筑环境综合评价模型，实现对建筑环境精细化、定量化和动态化的评价。此项技术不仅可以提升建筑环境的舒适度和健康标准，还能为绿色建筑、节能减排及智能城市建设提供科学依据和技术支持。

**主要研究内容和科学发现点：**针对上述科学问题，本项目从以下三个方面介绍主要的创新点和贡献：

### **1. 多源数据融合理论与方法创新**

本项目提出了针对建筑环境多维度要素的动态数据加权融合和时空关联度量方法，突破了传统单一指标评价的局限性。从统计学、非线性动力学及信号处理的角度入手，建立了一套面向多源异构数据的标准化处理流程，实现了从声环境频谱到热湿参数、从 PM2.5 浓度到生理参数响应的跨领域数据同轨分析。该创新为后续模型构建提供了高质量输入数据，确保了综合评价结果的科学性与可信度。研究成果发表在中科院 TOP 期刊《Sustainable Cities and Society》（代表性论文 2），并获得 2023 年陕西省环境学会环境保护科学技术三等奖。

### **2. 高精度智能评价模型构建与算法优化**

在模型构建方面，本项目结合混沌理论与改进灰狼算法，实现了对建筑环境多因素间复杂非线性关系的有效捕捉。通过无监督聚类、特征重要性排序及多目标优化策略，模型可从海量异构数据中自动识别关键影响因素，生成高精度预测与评价结果。与传统机器学习方法相比，该模型在预测精度、算法收敛速度及对潜在混沌特征的捕捉能力上均有显著提升，为建筑环境综合评价建立了具有科学严谨性与实用性的技术基石。研究成果发表在中科院 TOP 期刊《Energy and Buildings》（代表性论文 5）和 SCI Q1 期刊《Energy Reports》（代表性论文 1、4）。

### **3. 人体热舒适度及健康关联机制的量化阐释**

利用多源数据融合与高精度模型，本项目对人体生理指标（如皮肤温度分布、出汗率）与建筑环境参数（声、热、空气质量）之间的耦合机制进行定量研究。通过灵敏度分析与参数贡献度解析，项目明确了影响热舒适度及健康体验的关键环境阈值，并以此为依据为建筑设计、运维决策及健康标准制定提供了量化参照

与科学依据。研究成果发表在中科院 TOP 期刊《Building and Environment》（代表性论文 3），并获得 2024 年陕西省环境学会环境保护科学技术三等奖。

**成果总体情况、同行引用及评价：**本成果形成了“多源数据融合-智能优化算法-建筑环境调控”的集成理论与技术体系，解决了建筑环境因子间复杂交互作用的量化分析与精准调控问题。通过融合声环境、空气质量、热环境和人体生理数据，开发了智能化的环境评价与优化模型，实现了建筑环境从被动管理到主动优化的转变。该技术体系推动了建筑环境智能化管理和绿色建筑的发展，为建筑行业提供了科学依据和技术路径，具有重要的行业借鉴意义，助力提高能效、改善环境质量，并推动可持续发展。相关工作在《Sustainable Cities and Society》，《Energy and Buildings》，《Building and Environment》等国际顶级期刊上发表 SCI 论文 20 余篇，授权技术专利及软著 10 余项。研究工作受到了《Sustainable Cities and Society》，《Energy and Buildings》，《Building and Environment》等顶级学术期刊的引用和评价，同时也受到了加拿大工程院院士钟志勇教授，重庆大学韩贵锋教授等国内外知名学者的广泛关注和正面评价。

## 客观评价

所列 5 篇代表性论文均发表在建筑环境领域重要期刊上，研究成果受到国内外学术界广泛关注，代表性论文被 Web of science 核心集累计引用 60 次。部分成果受到国内同行的认可和关注。

相关成果获得陕西高等学校科学技术研究优秀成果二等奖一项，陕西省环境学会环境保护科学技术奖三等奖两项。

## 主要完成单位情况

第一和主要完成人工作单位，本成果主要技术的输出方，本项目组成员所在的人居环境学院在科研工作安排、研究条件、技术支持和人员配备等方面给予了大力的支持，确保了项目的提前完成并在理论上和实际应用等方面均取得了显著的成绩，其主要贡献如下：1.负责项目的管理和监督等工作；2.开放与项目实验研究开展相关的实验设备及设施；3.人力、物力、财力等方面的支持；4.对关键问题的研发及解决提供协助。

## 主要完成人情况

井文强：项目第一完成人，确定“建筑环境”研究对象，提出“综合评价”的科学研究问题；根据“建筑环境综合评价”国内外发展现状及问题制定了研究框架、方法及技术路线；组织学科交叉下产学研合作团队，发挥成员优势进行研究内容的调查、分析、数据库构建、评价体系的构建，完成论文和研究报告的写作和发表，整合团队资源及成果进行联合申报，是代表性论文 1、2、3、4 和 5 的主要完成者。

殷颖迪：项目第二完成人，发现了声、热、空气质量及人体生理指标间的潜在非线性耦合关系揭示了建筑环境与人体热舒适之间相互作用的内部机制；明晰了建筑环境评价的关键指标及临界阈值，提出了建筑环境评价优化策略，是代表性论文 2、3 和 5 的主要完成者。

罗薇：项目第三完成人，通过敏感度分析与特征重要度排序，明确了影响建筑环境评价的关键指标及临界阈值，为制定精准的环境改善方案提供了量化据。同时，针对建筑环境评价涉及的问卷调查、数据分析方面完成了定量研究成果，是代表性论文 1、2、3、4 和 5 的主要完成者。

秦泽明：项目第四完成人，从时空动态角度出发，辨识出建筑环境对人体热舒适和健康效应的时间累积与空间异质性特征，使得环境调控策略可在不同时间与功能分区精细化匹配。同时，通针对建筑环境评价涉及的问卷调查、数据分析等方面完成了定量研究成果，是代表性论文 3 和 5 的主要完成人。

完成人合作关系

完成人	合作关系
井文强（1）、殷颖迪（2）	合著论文(代表性论文 2、3、5)
井文强（1）、罗薇（3）	合著论文(代表性论文 1、2、3、4、5)
井文强（1）、秦泽明（4）	合著论文(代表性论文 3、5)

代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	发表时间	年卷页码 (xx年xx卷xx页)	作者	通讯作者(含 共同作者)	第一作者(含 共同作者)	国内 作者 (中文名)	他引 总次数	检索 数据库	参与人(成果完 成人)	知识产权 是否归 国内所有
1	A prediction model for building energy consumption in a shopping mall based on Chaos theory	Energy Reports	2022-3-30	2(2022)	Wenqiang Jing , Meng Zhen , Hongjie Guan , Wei Luo , XinYi Liu	Wenqiang Jing	Wenqiang Jing	井文强, 甄蒙, 关宏洁, 罗薇, 刘欣怡	14	Web of Science 核心合集	井文强, 罗薇	是
2	Combined effects of the thermal-acoustic environment on subjective evaluations in outdoor public spaces	Sustainable Cities and Society	2021-10-30	77(2022)	Yingdi Yin , Dan Zhang , Meng Zhen, Wenqiang Jing , Wei Luo , Wei Feng	Yingdi Yin	Wei Feng	殷颖迪, 张丹, 甄蒙, 井文强, 罗薇, 冯伟	28	Web of Science 核心合集	殷颖迪, 井文强, 罗薇, 冯伟	是
3	Combined effects of Thermal-PM2.5 indicators on subjective	Building and Environment	2022-07-08	222(2022)	Yingdi Yin , Wei Luo ,	Yingdi Yin	Wenqiang Jing	殷颖迪, 罗薇, 井文强, 张锦, 秦泽明, 甄蒙	2	Web of Science 核心合集	殷颖迪, 井文强, 罗薇, 秦泽明	是

	evaluation of campus environment				Wenqiang Jing , Jin Zhang , Zeming Qin , Meng Zhen							
4	Energy-saving diagnosis model of central air-conditioning refrigeration system in large shopping mall	Energy Reports	2021-07-07	7 (2021)	Wenqiang Jing, Junqi Yu , Wei Luo , Chujun Li , XinYi Liu	Wenqiang Jing	Wenqiang Jing	井文强, 于军琪, 罗薇, 李楚君, 刘欣怡	13	Web of Science 核心合集	井文强, 罗薇	是
5	Outdoor clothing choice for different populations in cold regions: A clothing choice prediction model based on machine learning	Energy and Buildings	2023-04-09	289 (2023)	Wenqiang Jing , Yingdi Yin , Wei Luo , Jin Zhang , Zeming Qin , Xinyi	Wenqiang Jing	Wenqiang Jing	井文强, 殷颖迪, 罗薇, 张锦, 秦泽明, 刘欣怡, 甄蒙	3	Web of Science 核心合集	井文强, 殷颖迪, 罗薇, 秦泽明	是

					Liu , Meng Zhen							
--	--	--	--	--	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--