

2026 年辽宁省建设科学技术奖推荐书

（科技进步奖）

申报奖项:辽宁省建设科学技术奖一一辽宁省建设青年科技奖

申请人:山如黛

申请人所在单位:东北大学

项目简介:长期围绕寒地建筑节能低碳设计与智能优化开展研究，针对建筑性能模拟计算量大、多目标设计难以协调、既有建筑改造决策依据不足等问题，将建筑物理、优化算法与人工智能方法相结合，形成从围护结构性能优化、既有建筑低碳改造到住区能耗预测与技术规程编制的研究积累，并逐步向复杂环境下建筑机器人技术拓展。主持国家自然科学基金青年项目、国家重点研发计划子课题及省市科研项目，承担研究方案制定、核心方法开发、研究组织与成果凝练等工作。主要科学技术成就和贡献见附件。

附件目录

本附件按主要科技成果目录、身份证明、知识产权、奖项、基金资助、代表性论文及标准编制业绩编排，与推荐书相应栏目配套使用。附件采用独立连续页码。

编号	材料名称	附件页码
—	主要科技成果目录	2—3
A01	身份证正反面复印件	4
B01	Passerine 软件著作权登记证书	5
B02	模块化免拆模节能墙体系统实用新型专利	6—13
C01	2024 年度华夏建设科学技术奖推荐授奖公示	14—16
D01	辽宁省联合基金项目合同	17—29
D02	东北大学科研项目立项通知单	30
D03	国家重点研发计划子课题任务书	31—49
D04	国家自然科学基金批准通知及评审意见	50—51
D05	沈阳市科技计划项目合同	52—66
E01	机器人模块化装配研究论文首页	67
E02	物理信息与可解释图神经网络研究论文首页	68
E03	城市建筑节能改造系统综述论文首页	69
E04	住宅能耗碳排放及成本优化论文首页	70
E05	严寒地区住宅降本低碳改造论文首页	71
E06	高性能建筑表皮优化系统综述论文首页	72
E07	适应辐射建筑表皮优化论文首页	73
E08	遗传算法围护结构优化论文首页	74
E09	中德节能示范中心研究论文首页	75
E10	参数化天然采光评价论文首页	76
F01	2023 年辽宁省地方标准立项通知及相关条目	77—79
F02	既有住区健康改造规程报批稿	80—85

主要科技成果目录

一 身份证正反面复印件

对应材料：A01。

二 发明专利情况

软件著作权：基于 Rhino Grasshopper 平台的 Passerine 软件，登记号 2019SR0951093，著作权人沈阳建筑大学。对应材料：B01。

实用新型专利：一种模块化免拆模节能墙体系统，授权公告号 CN 205475851 U，申请号 201620161630.1，授权公告日 2016 年 8 月 17 日；专利权人为沈阳建筑大学，山如黛列第二发明人。对应材料：B02。

三 重要奖项和荣誉称号情况

华夏奖推荐授奖公示中，“基于多元文化的西部地域绿色建筑模式体系、关键技术与应用”项目列特等奖，山如黛列 20 名主要完成人中的第 18 位。对应材料：C01。

四 基金项目

D01 辽宁省联合基金项目

人工智能优化算法与零碳建筑交叉学科领域的研究及应用。项目编号 2023-MSBA-102，合同编号 2023012269-JH3/4600；合同期 2023 年 12 月 1 日至 2025 年 11 月 30 日；项目负责人山如黛。合同预算合计 8 万元，其中科技厅资金 3.2 万元、自有资金 4.8 万元。附合同全 13 页。

D02 东北大学科研项目

人工智能优化算法与零碳建筑交叉学科领域的研究及应用。负责人山如黛，立项通知单载明起止日期 2023 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日。对应原文件标识 N2311003，通知单正文项目批号及额度栏为空。附通知单全 1 页。

D03 国家重点研发计划子课题

基于文化传承的西北荒漠区绿色建筑设计模拟分析技术与工具。隶属“基于多元文化的西部地域绿色建筑模式与技术体系”项目，子课题任务书编号 2017YFC0702403-05，子课题负责人山如黛。附任务书扫描件 19 页。

D04 国家自然科学基金青年项目

基于绿色建筑设计及技术增量成本的多目标优化方法研究。批准号 51708364，项目负责人山如黛，依托单位沈阳建筑大学；直接费用 20 万元，实施期 2018 年 1 月至 2020 年 12 月。附批准通知及评审意见全 2 页。

D05 沈阳市科技计划项目

严寒地区超低能耗绿色建筑评价指标体系研究。项目编号 17-207-9-00，项目负责人山如黛，承担单位沈阳建筑大学；合同封面载明起止时间 2017 年 1 月 1 日至 2018 年 12 月 31 日。附合同全 15 页。

上述合同及批准通知用于证明项目任务与资助安排。项目验收、成果应用和实际经济效益分别以相应验收文件、应用单位证明及财务核定材料为依据。

五 论文

1 建筑表皮优化与采光评价

围绕建筑表皮、围护结构和天然采光开展优化研究。代表论文包括适应辐射优化、遗传算法围护结构优化、天然采光评价及高性能表皮优化综述，均署名山如黛为第一作者。对应材料：E06、E07、E08、E10。

2 住宅低碳改造与住区能耗预测

开展能耗、碳排放及全生命周期成本多目标优化，研究物理信息与可解释图神经网络在住区能耗预测中的应用。对应材料：E02—E05。论文中的节能率及成本降幅属于案例模拟研究结果。

3 建筑机器人与示范建筑研究

作为第一作者开展恶劣环境下机器人模块化装配框架综述；作为第二作者参与中德节能示范中心可持续设计与节能技术研究。对应材料：E01、E09。

六 参与重大工程技术项目情况

参与既有住区健康改造标准编制，在《既有住区健康改造规程》报批稿中列主要起草人员第一位。对应材料：F01、F02。报批稿所示标准编号和发布日期为占位内容，材料性质为编制过程文件。

A01 身份证正反面复印件

原文件第 1 页 本项第 1 页 / 共 1 页



5号

中华人民共和国国家版权局

计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第4371850号

软 件 名 称： 基于Rhino/Grasshopper平台的Passerine软件
[简称： Passerine]
V1.0

著 作 权 人： 沈阳建筑大学

开发完成日期： 2019年05月18日

首次发表日期： 未发表

权利取得方式： 原始取得

权 利 范 围： 全部权利

登 记 号： 2019SR0951093

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的
规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。


No. 04502732


2019年09月12日

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)实用新型专利



(10)授权公告号 CN 205475851 U

(45)授权公告日 2016. 08. 17

(21)申请号 201620161630.1

(22)申请日 2016.03.03

(73)专利权人 沈阳建筑大学

地址 110168 辽宁省沈阳市浑南新区浑南
东路9号沈阳建筑大学

(72)发明人 夏晓东 山如黛 侯宪治 石佳明

(74)专利代理机构 沈阳火炬专利事务所(普通
合伙) 21228

代理人 李福义

(51)Int. Cl.

E04B 2/56(2006.01)

E04B 2/58(2006.01)

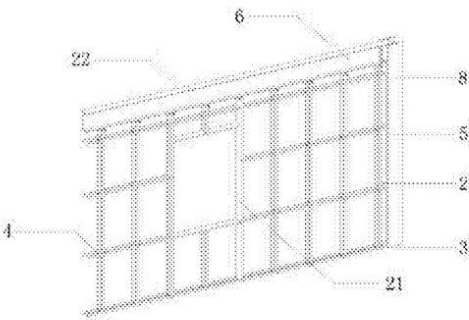
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)实用新型名称

一种模块化免拆模节能墙体系统

(57)摘要

本实用新型的一种模块化免拆模节能墙体系统安装于由框架梁和框架柱组成的墙体框架内,其组成包括墙体钢骨架、保温混凝土浆料、预制保温装饰一体板和内装饰板材;通过内装饰板材、保温装饰一体板的工厂化预制,以及墙体的免拆模式构造,保证了建筑的结构安全和质量,减少了现场作业量,缩短施工工期、节约成本。通过墙体自保温复合外保温的方式,在保证墙体保温性能的同时降低了墙体厚度,提高了建筑使用面积。



CN 205475851 U

1. 一种模块化免拆模节能墙体系统, 其特征在于包括墙体钢骨架、保温混凝土浆料(20)、预制保温装饰一体板(13)和内装饰板材(17); 所述墙体钢骨架包括竖向方钢管骨架(2)、横向角钢底座(3)、骨架拉结钢筋(4)和横向连接钢片(5); 所述竖向方钢管骨架(2)包括内方钢管骨架(2-1)和外方钢管骨架(2-2), 内方钢管骨架(2-1)和外方钢管骨架(2-2)由竖向方钢管以一定模数等距分布于两根框架柱(8)之间组成, 内方钢管骨架(2-1)和外方钢管骨架(2-2)的间距为设计墙体厚度, 长度为上框架梁(6)和下框架梁(7)之间的净距, 所述内方钢管骨架(2-1)和外方钢管骨架(2-2)的内侧分别与横向连接钢片(5)焊接固定, 内方钢管骨架(2-1)和外方钢管骨架(2-2)之间焊接骨架拉结钢筋(4); 所述横向角钢底座(3)由两根横向角钢腹板相对并与下框架梁(7)的预埋钢片(9)焊接而成, 横向角钢底座(3)的长度为两根框架柱(8)之间的净距; 所述竖向方钢管骨架(2)底端与横向角钢底座(3)焊接, 顶端与上框架梁(6)预留的金属连接件(10)焊接固定; 在墙体门窗洞口两侧设置竖向槽钢(21), 其长度为上框架梁(6)和下框架梁(7)之间的净距, 竖向槽钢(21)的凹槽背对门窗洞口; 窗洞口上下沿和门上沿设置横向方钢管过梁(22), 其长度和对应的洞口宽度一致, 并通过焊接的方式与竖向槽钢(21)连接固定; 所述预制保温装饰一体板(13)长度为上框架梁(6)和下框架梁(7)之间的净距, 室内一侧开燕尾槽, 并通过板材连接件(14)与竖向方钢管骨架(2)外侧连接; 所述内装饰板材(17)通过螺钉与竖向方钢管骨架(2)内侧连接固定; 所述预制保温装饰一体板(13)与内装饰板材(17)形成免拆模板, 在两板之间形成的槽体中灌注保温混凝土浆料(20), 凝结之后与预制保温装饰一体板(13)和内装饰板材(17)形成良好的固定。

2. 根据权利要求1所述的一种模块化免拆模节能墙体系统, 其特征在于, 两块预制保温装饰一体板(13)间缝隙嵌填填充材料, 再用耐候型密封胶填平接缝。

3. 根据权利要求1所述的一种模块化免拆模节能墙体系统, 其特征在于, 两块内装饰板材(17)的接缝处进行专用砂浆勾缝。

一种模块化免拆模节能墙体系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及建筑保温墙体构造技术领域,尤其涉及一种模块化免拆模节能墙体系统。

背景技术

[0002] 目前在建造墙体时大部分施工需要在施工现场进行,建筑墙体通常采用砌筑或现场浇筑的方式,外墙外保温施工方式多为现场粘贴或锚固保温材料,施工步骤十分繁琐所需人工较多、劳动强度大、建筑效率低、施工速度慢,产生大量建筑垃圾以及噪声污染,存在一定安全隐患,且不可重复利用。

[0003] 随着建筑节能领域技术标准的提高,在严寒地区,为达到建筑节能标准必须增加保温层厚度,保温层重量也随之增加,导致外墙外保温施工工艺繁琐,工作量大,并且建筑使用面积大大减小,因此传统外保温外墙系统难以适应建筑节能标准发展的需求。

实用新型内容

[0004] 本实用新型提供一种模块化免拆模节能墙体系统,能够有效缩短施工工期、降低墙体厚度、提高墙体保温性能、增加了建筑使用面积。所述墙体系统特别适用于框架结构建筑。

[0005] 本实用新型的一种模块化免拆模节能墙体系统安装于由框架梁和框架柱组成的墙体框架内,其组成包括墙体钢骨架、保温混凝土浆料、预制保温装饰一体板和内装饰板材;墙体框架是工程前期已经构筑好的楼体框架中用于安装墙板的位置,可以为钢框架或钢筋混凝土框架,通常情况下呈矩形。上框架梁和下框架梁与两侧框架柱相连接。所述墙体钢骨架包括竖向方钢管骨架、横向角钢底座、骨架拉结钢筋和横向连接钢片;所述竖向方钢管骨架包括内方钢管骨架和外方钢管骨架,内方钢管骨架和外方钢管骨架由竖向方钢管以一定模数等距分布于两根框架柱之间组成,内方钢管骨架和外方钢管骨架的间距为设计墙体厚度,长度为上框架梁和下框架梁之间的净距,所述内方钢管骨架和外方钢管骨架的内侧分别与横向连接钢片焊接固定,内方钢管骨架和外方钢管骨架之间焊接骨架拉结钢筋;所述横向角钢底座由两根横向角钢腹板相对并与下框架梁的预埋钢片焊接而成,形成的凹槽开口向上,横向角钢底座的长度为两根框架柱之间的净距;所述竖向方钢管骨架底端与横向角钢底座焊接,顶端与上框架梁预留的金属连接件焊接固定;在墙体门窗洞口两侧设置竖向槽钢,其长度为上框架梁和下框架梁之间的净距,竖向槽钢的凹槽背对门窗洞口;窗洞口上下沿和门上沿设置横向方钢管过梁,其长度和洞口宽度一致,并通过焊接的方式与竖向槽钢连接固定;所述预制保温装饰一体板长度为上框架梁和下框架梁之间的净距,室内一侧开燕尾槽,并通过板材连接件与竖向方钢管骨架外侧连接;所述内装饰板材通过螺钉与竖向方钢管骨架内侧连接固定;所述预制保温装饰一体板与内装饰板材形成免拆模板,在两板之间形成的槽体中灌注保温混凝土浆料,凝结之后与预制保温装饰一体板和内装饰板材形成良好的固定。

[0006] 所述两块预制保温装饰一体板间缝隙嵌填填充材料,再用耐候型密封胶填平接缝。

[0007] 所述两块内装饰板材的接缝处进行专用砂浆勾缝。

[0008] 与现有技术相比,本实用新型所公开的一种免拆模式节能墙体系统通过内装饰板材、预制保温装饰一体板的工厂化预制以及墙体的免拆模式构造,保证了建筑的结构安全和质量,减少了现场作业量,缩短施工工期、节约成本。通过墙体自保温复合外保温的方式,在保证墙体保温性能的同时降低了墙体厚度,提高了建筑使用面积。

附图说明

[0009] 图1是一种免拆模式节能墙体系统墙体钢骨架示意图

[0010] 图2是墙体钢骨架连接示意图

[0011] 图3是一种免拆模式节能墙体系统构造示意图

[0012] 图4是墙体系统安装示意图

[0013] 其中,2为竖向方钢管骨架,2-1为内方钢管骨架,2-2为外方钢管骨架,3为横向角钢底座,4为骨架拉结钢筋,5为横向连接钢片,6为上框架梁,7为下框架梁,8为框架柱,9为预埋钢片,10为金属连接件,12为横向角钢过梁,13为预制保温装饰一体板,14为板材连接件,17为内装饰板材,18为自攻螺丝, 20为保温混凝土浆料,21为竖向槽钢。

具体实施方式

[0014] 本实用新型的核心在于提供一种模块化免拆模节能墙体系统,以便能够有效缩短施工工期,降低墙体厚度,增加建筑使用面积,提高外墙保温性能。

[0015] 为了使本技术领域的人员更好地理解本实用新型方案,下面结合附图和具体实施方式对本实用新型作进一步的详细说明。

[0016] 本实用新型实施例所提供的墙体系统,安装于由框架梁和框架柱组成的墙体框架内,包括墙体钢骨架、保温混凝土浆料20、预制保温装饰一体板13和内装饰板材17。墙体框架是工程前期已经构筑好的楼体框架中用于安装墙板的位置,可以为钢框架或钢筋混凝土框架,通常情况下呈矩形。上框架梁6和下框架梁7与两侧框架柱8相连接。

[0017] 墙体钢骨架包括竖向方钢管骨架2、横向角钢底座3、骨架拉结钢筋4和横向连接钢片5,如图1所示。横向角钢长度为两根框架柱之间净距,两根横向角钢腹板相对并与下框架梁7中预埋钢片9焊接,形成的凹槽开口向上。竖向方钢管骨架2包括内方钢管骨架2-1和外方钢管骨架2-2,内方钢管骨架2-1和外方钢管骨架2-2的间距为设计墙体厚度,长度为上框架梁6和下框架梁7之间的净距,竖向方钢管以设计模数,等距分布于两根框架柱8之间,墙体竖向方钢管骨架2底端与横向角钢底座3焊接固定,顶端与上框架梁6预留的金属连接件焊接固定,其中预留的金属连接件10在工厂制造时焊接在上框架梁6底面指定位置。在墙体门窗洞口两侧采用竖向槽钢21,竖向槽钢21低端与横向角钢底座3焊接,竖向槽钢21顶端与上框架梁6预留的金属连接件10焊接固定,横向方钢管过梁22两端通过焊接的方式与竖向槽钢21连接固定。横向连接钢片5以一定模数竖向焊接在内方钢管骨架2-1和外方钢管骨架2-2内侧。骨架拉结钢筋4错位焊接在内方钢管骨架2-1和外方钢管骨架2-2和横向连接钢片5的交汇处,如图2所示。

[0018] 将预制保温装饰一体板13从室外一侧吊装在外方钢管骨架2-2外侧,并将预留的板材连接件14焊接在外方钢管骨架2-2上,使预制保温装饰一体板13与竖向方钢管骨架2拉结固定。预制保温装饰一体板13吊装时两块板之间预留5mm—10mm宽的接缝,并在接缝中嵌填填充材料,再用耐候型密封胶填平整条接缝。

[0019] 需要进行说明的是,预制保温装饰一体板13长度为上框架梁6和下框架梁7间净距,室内一侧开燕尾槽,并在预制保温装饰一体板13内侧预埋板材连接件,如图3所示。

[0020] 内装饰板材17由下至上分层分次安装。第一层内装饰板材17横向布置于两根框架柱8之间,并通过自攻螺丝19固定在竖向方钢管骨架2上,相邻两块内装饰板材17的接缝处进行专用砂浆勾缝处理,在内装饰板材17与预制保温装饰一体板13形成的槽体中灌注保温混凝土浆料20,将浇筑的墙体密实后,再安装第二层内装饰板材17,并重复上述做法直至安装浇灌到上框架梁底部,墙体系统顶部采用人工浇灌封顶,如图4所示。

[0021] 以上对本实用新型所提供的墙体系统进行了详细介绍。本文中应用了具体个例对本实用新型的原理及施工方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本实用新型的方法及核心思想。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型原理的前提下,还可以对本实用新型进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本实用新型权利要求的保护范围内。

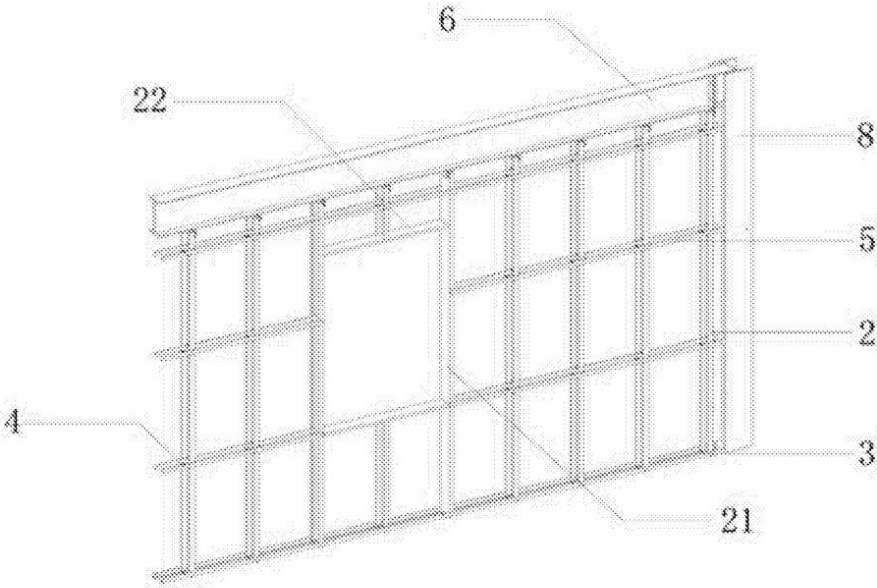


图1

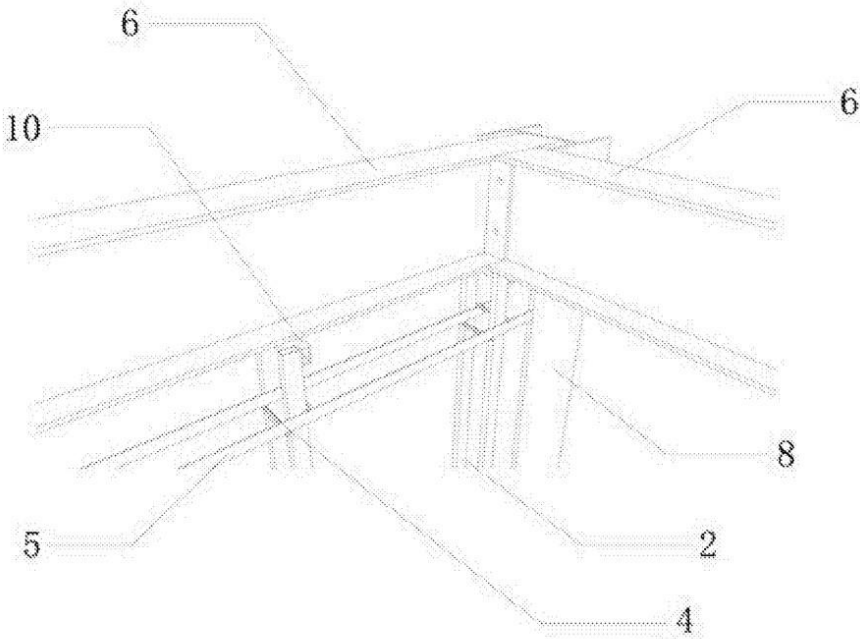


图2

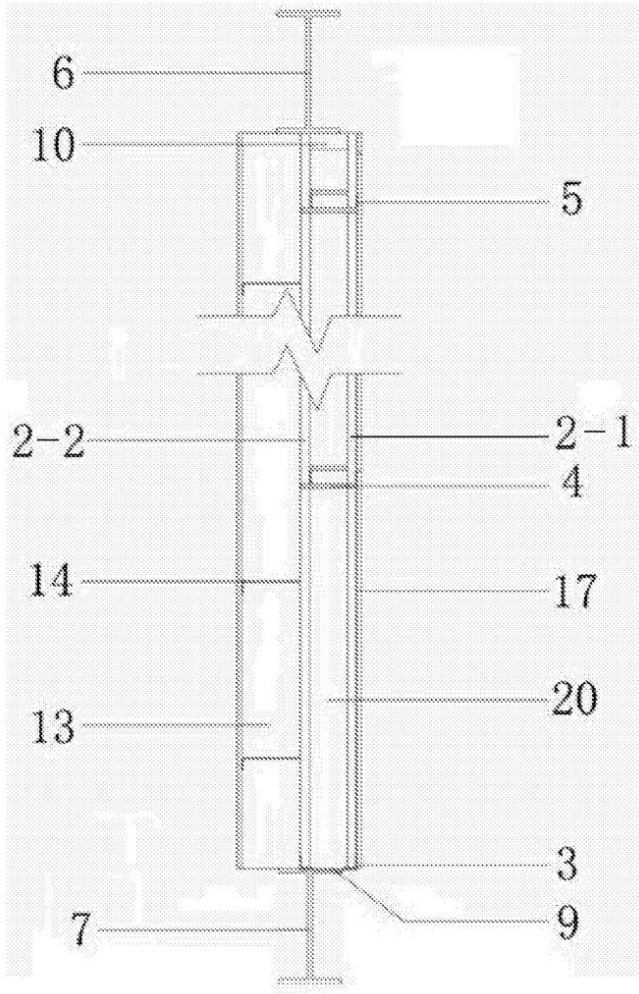


图3

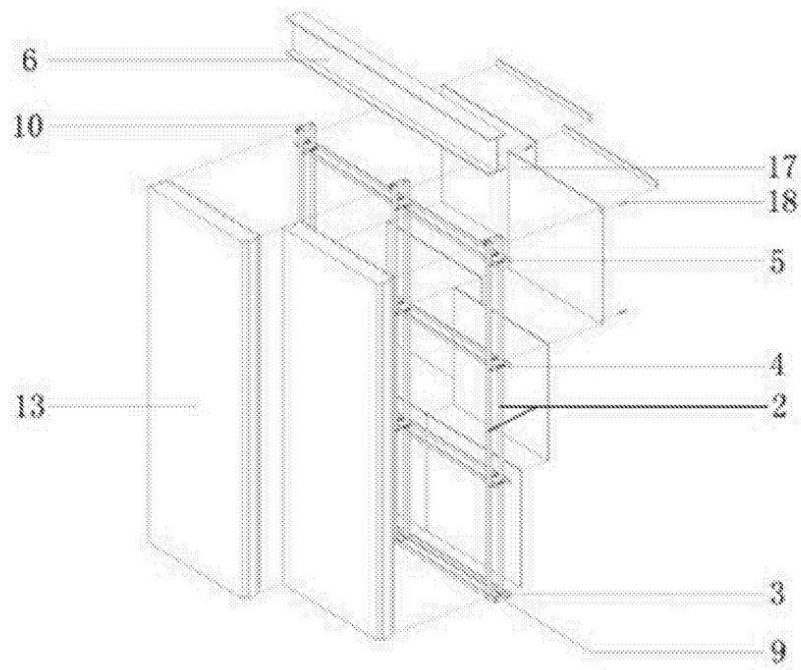


图4

华夏建设科学技术奖励委员会

华夏奖字（2025）第 1 号

关于“2024 年度华夏建设科学技术奖推荐授奖项目” 的公示

各有关单位：

2024 年度华夏建设科学技术奖评审工作已经结束。通过专业组和评审委员会两级评审，本年度共评出推荐授奖项目 200 项，其中特等奖 1 项、一等奖 29 项、二等奖 60 项、三等奖 110 项，现予以公示。公示期 15 天，截止日期为 2025 年 1 月 27 日。本公示在住房和城乡建设部科技与产业化发展中心网站（网址：<https://cstid.org.cn/>）上发布。

任何单位或个人如对公示项目持有异议的，均可在公示期内以书面方式提出，并提供必要的证据材料。提出异议的单位和个人应当表明真实身份。个人提出的，须写明姓名、联系电话等，并亲笔签名；单位名义提出的，须写明联系人、联系电话等，由单位法定代表人签字并加盖公章。我办按有关规定对异议提出者相关信息予以保护，并按照《华夏建设科学技术奖奖励章程（2023 年修订）》的相关规定对异议进行处理。

C01 2024 年度华夏建设科学技术奖推荐授奖公示

原文件第 2 页 本项第 2 页 / 共 3 页

联系人：曲 垚、杨偌醴

电 话：010-57811457、010-58934934

电子邮箱：zjb_hxj@163.com

地 址：北京市海淀区三里河路 11 号建材南新楼 228

邮 编：100835

附件：2024 年度华夏建设科学技术奖推荐授奖项目名单

华夏建设科学技术奖励委员会

2025 年 1 月 13 日



C01 2024 年度华夏建设科学技术奖推荐授奖公示

原文件第 3 页 本项第 3 页 / 共 3 页

附件

2024 年度华夏建设科学技术奖推荐授奖项目名单

序号	项目名称	主要完成人	主要完成单位	推荐单位	授奖等级
1	基于多元文化的西部地域绿色建筑模式体系、关键技术与应用	庄惟敏、雷振东、单军、周俭、杜春兰、景泉、高博、叶飞、孙诗萌、崔海东、杨真静、王红军、张弘、屈雯、贾濛、陈敬、范霄鹏、山如黛、王芳、陶金	西安建筑科技大学、清华大学、同济大学、重庆大学、中国建筑设计研究院有限公司、北京建筑大学、沈阳建筑大学、贵州省建筑设计研究院有限责任公司、华南理工大学、北京工业大学	西安建筑科技大学	特等
2	钢管/FRP 管约束多元级配固废混凝土组合构件与结构关键技术	任凤鸣、赖勉亨、柯珂、宋琢、陈满泰、曾佳、苏建华、王庆、卢德辉、田时雨、吴敏、贺修樟、王俊杰、游健、颜阳	广州大学、重庆大学、广州一建建设集团有限公司、上海交通大学、广州市恒盛建设集团有限公司、广州建筑产业开发有限公司、中建四局第五建筑工程有限公司、山东大学、广州华森建筑与工程设计顾问有限公司、中铁上海设计院集团有限公司	广州大学	一等
3	复杂地质超大直径盾构隧道施工安全智能控制关键技术及应用	骆汉宾、朱雁飞、方伟立、陈珂、陈健、周晗、刘佳静、张立茂、房震宸、文江涛、叶治、马恩成、鲁亦凡、梅灿、周炜	华中科技大学、上海隧道工程有限公司、中铁十一局集团有限公司、北京构力科技有限公司、中建三局第一建设工程有限责任公司	华中科技大学	一等
4	城镇非常规水源水生态安全利用关键技术与应用	李海燕、张紫阳、郑祥、侯锋、周丹丹、田川、王颖、程荣、方媛萍、孙丽华、王文海、王文亮、刘兆瀛、佟镇、张君枝	北京建筑大学、信开环境投资有限公司、东北师范大学、中国城市规划设计研究院、北京师范大学、中国人民大学、岭南水务集团有限公司	北京建筑大学	一等
5	建筑环境与辅助技术融合的社区居家适老化改造成套技术及应用	王羽、田永英、陶春静、尚婷婷、王祎然、马哲雪、赵尤阳、王玥、潘国新、余漾、王晓朦、金洋、姚亚男、赫宸、刘浏	中国建筑设计研究院有限公司、住房和城乡建设部科技与产业化发展中心、北京航空航天大学、国家康复辅具研究中心、常州市钱璟康复股份有限公司	中国建设科技集团股份有限公司	一等
6	工业化住宅建造关键理论与技术体系	樊则森、田春雨、芦静夫、黄世敏、刘界鹏、张渤钰、王志军、李张苗、纪颖波、何凯红、廖敏清、李新伟、李文、肖子捷、沈若宇	中建科技集团有限公司、深圳市住房保障署、中国建筑科学研究院有限公司、重庆大学、北方工业大学、中建科技集团华南有限公司	中国建筑集团有限公司	一等

合同编号：2023012269-JH3/4600



辽宁省科学技术计划
项目任务合同书
(试 行)

计划类别：2023 年联合基金项目面上资助计划项目（备案）

项目名称：人工智能优化算法与零碳建筑交叉学科领域的研究及应用

项目编号：2023-MSBA-102

联合单位（甲方）：东北大学

项目承担单位（乙方）：东北大学

合同起止时间：2023-12-01至 2025-11-30

辽宁省科学技术厅 印制

填 写 说 明

一、本合同书专门用于辽宁省科技计划项目全过程管理，是合同各方实施项目、监督检查、结题验收必须共同遵循的重要依据。

二、合同甲方为联合计划联合单位；乙方为项目承担单位。

三、合同编号、计划类别、项目编号由省科技厅统一给定。

四、乙方按要求在线填报合同书，并按甲方审核意见完成修改定稿。合同内容表述应真实、准确、简明、完整；涉及到外文名称，请写清全称和缩写字母。

五、凡不填内容的栏目，均用“—”表示。

六、合同成约后，乙方负责打印生成纸质合同文本（A3骑缝装订，一式5份）；各方签字并加盖公章即生效；合同文本报送省科技厅2份备案。

一、本项目实施的总体目标

针对建筑节能减排降本增效为目标的多目标优化问题，选取适当的人工智能优化算法进行改进，以提升算法的适用性和效率，大幅度减少计算时间。不同多目标优化算法在解决建筑多目标优化问题中的适用性和效率研究。人工优化算法中的启发式算法家族中的不同算法，在建筑多目标优化问题中，适用性和效率进行研究和比选。在此领域发表相关内容的SCI论文1-2篇。完成地方标准1项。培养研究生2-3名。

二、主要研究开发内容及考核指标

一、研究内容

研究内容一：不同多目标优化算法在解决建筑多目标优化问题中的适用性和效率研究。人工优化算法中的启发式算法家族中的不同算法，在建筑多目标优化问题中，适用性和效率进行研究和比选。在此领域发表相关内容的SCI论文一篇。

研究内容二：针对建筑节能减排降本增效为目标的多目标优化问题，选取适当的人工智能优化算法进行改进，以提升算法的适用性和效率，大幅度减少计算时间。研究结果可以用于建筑优化领域工业软件的开发。在此领域发表相关内容的SCI论文一篇。

研究内容三：以提高建筑性能与降低增量成本为目标，取得不同气候条件下最优化的建筑低碳设计方法和节能技术定量比选，指导我国不同气候区的建筑低碳节能优化设计策略。根据研究结果，不同气候区的建筑体块和表皮设计参数进行进一步细化，建立设计策略体系。在此领域发表相关内容论文一篇。

二、研究目标

研究目标一：算法优化。针对建筑节能减排降本增效的多目标问题，对人工智能算法进行优化，大大提高优化效率。

研究目标二：研发可以用于工业软件开发的新型算法。方便工业软件提升效率，一键生成建筑设计模型，方便设计过程中建筑师进行比选，大幅度提升工作效率。

研究目标三：设计策略。不同气候区的建筑体块和表皮设计参数进行进一步细化。针对我国不同气候区，生成不同的多目标结果，方便进行比选。

三、拟解决的关键科学问题

关键科学问题一：适宜于解决建筑节能减排等多目标优化问题的人工智能算法的选择和优化。需要针对建筑低碳节能设计多目标优化问题对既有优化算法进行改进，减少在建筑设计初期的优化模拟时间。

建筑设计初期时间及成本有限，并没有大量时间可以应用在模拟及优化上。广泛应用于工程领域的优化算法等启发式算法虽然可以减少优化时间，但是在针对建筑设计问题时，仍然具有优化时间过长的缺点，不具有可行性。因此，需要针对建筑设计问题的特征对其进行改进，减少在建筑设计初期的优化模拟时间。

关键技术难题一是针对解决不同建筑设计问题时，如何确定算法的适用性。建筑设计问题与其他工程问题不同，属于复杂问题，往往有多重目标，并且需要在有限的时间内取得最接近于最优解的满意解，具有其复杂性和独特性。目前国内外一些研究由于算法研究人员缺乏建筑设计和工作的常识，导致对建筑设计的问题研究不透彻，例如缺乏设计参数对目标的影响性的了解，参数之间相互作用产生的耦合性影响，对时间效率的控制，等等，导致一直并不十分适

用于解决建筑问题的算法方向上进行研究，例如机器学习等黑箱理论的大量应用。

关键科学问题二：如何将适当的人工智能优化算法、光模拟引擎Radiance与能耗模拟引擎EnergyPlus联动进行建筑模拟的技术，以提升工业设计软件的效率。需要应用以优化算法为主的启发式优化算法技术平台，联合光模拟引擎Radiance与能耗模拟引擎EnergyPlus联动的仿真模拟技术，求解寒地建筑多目标优化模型的Pareto最优解。

关键技术难题二是工业软件的实用性，既建筑师和工程师的可操作性。由于建筑设计院特殊的工作机制和时间限制，以及一些特殊的设计软件与常用工程设计软件之间的不兼容性，导致应用建筑模拟技术以及人工智能优化算法，往往并未带来效率的提升反而有可能降低了工作效率的问题，是解决了算法科学问题之后，进行应用时的又一个挑战。

关键科学问题三：设计策略。如何确立以建筑低碳节能设计性能及增量成本为基准的多目标对建筑低碳节能设计及技术体系的影响机制。本课题拟采用全寿命周期分析法和局部敏感性分析方法，以寒地建筑为例，研究建筑低碳节能技术及设计变量的增量成本效益，揭示节能技术及设计变量对增量成本效益的影响机理，为寒地建筑节能技术比选提供理论依据。

三、计划进度和阶段目标		
预计开始时间	预计结束时间	工作要点
2023-12-01	2024-11-30	不同多目标优化算法在解决建筑多目标优化问题中的适用性和效率研究。人工优化算法中的启发式算法家族中的不同算法，在建筑多目标优化问题中，适用性和效率进行研究和比选。
2024-12-01	2025-05-30	针对建筑节能减排降本增效为目标的多目标优化问题，选取适当的人工智能优化算法进行改进，以提升算法的适用性和效率，大幅度减少计算时间。研究结果在实际建筑项目的设计应用进行检验。

2025-06-01	2025-11-30	以提高建筑性能与降低增量成本为目标，取得不同气候条件下最优化的建筑低碳设计方法和节能技术定量比选，指导我国不同气候区的建筑低碳节能优化设计策略。根据研究结果，不同气候区的建筑体块和表皮设计参数进行进一步细化，建立设计策略体系。
四、申请经费用途及解决主要问题 进行模拟计算及实验测试的设备购买，论文发表版面费，及学生劳务费。 （1）课题研究论文版面费2万元（约1万元×2篇=2万元）； （2）研究生科研补助标准约为800元/人月，每年平均工作12月，费用为800元/月·人×12月/人×3人×2年=5.76万元。 （3）传感器及温湿度记录仪0.24万元（1200元/台，2台）。 以上合计共8万元。		

五、承担单位的项目实施条件（包括场地、仪器设备、人员经费等）

本课题以辽宁省重点实验室“辽宁省城市与建筑数字化技术重点实验室”为基础，城乡规划及生态建设数字化技术、绿色建筑数字化技术、历史建筑遗产保护数字化技术、建筑物理环境数字化测试与模拟技术4个研究平台为依托。现有实验设备具备软硬件平台条件，在辽宁省建筑与城乡规划实验教学示范中根据建筑与城乡规划的学科特色及学院的学科交叉背景，分为建筑物理实验室、建筑模型实验室、城乡规划信息化实验室、历史建筑保护与修缮实验室、建筑构造实验室、建筑影像实验室和BIM实验室共7个子实验室。实验中心仪器设备先进，配置齐全，运行规范，保障得力，师资力量充实并具有较高的水平，为教学活动提供坚实的硬件基础。

实验室及平台目前已形成体系完善、业务素质较高、结构合理的科研团队，近年来主持国家级项目14项，省部级及地方政府委托各类科研项目42项；通过辽宁省质量技术监督局资质认定评审的检测参数1619项，发表学术论文202篇，出版相关专著9部；相关研究成果获省部级科研成果奖项60余项，参与国家标准、省级标准8项，为辽宁省内生态规划、景观规划、生态安全、绿色建筑、节能建筑、历史建筑的数据库建立和研究打下了坚实基础。

项目组可利用的软硬件条件如下：

（1）拥有用于计算机数值模拟与运算的G6 (AV806A) 高性能计算机工作站；

（2）拥有多套建筑建模及性能仿真模拟软件，包括EnergyPlus、DesignBuilder、Diva、Radiance和CFD数值模拟软件TRNSYS等；

（3）拥有用于算法开发、数据可视化和数值计算的数学软件MATLAB技术平台。

（4）拥有多台建筑物理及室内环境检测设备，包括64路温度热流巡回检测仪（SR70B）、墙体保温性能检测仪（JW-II）、室内热舒适度仪（MI6401）、多参数室内空气质量检测仪（GDYK-211M）、Testo869红外热像测温仪等。

上述工作条件，能够支撑本课题所需的实验及模拟技术要求。

六、项目承担单位、合作单位，项目负责人及项目组主要成员							
承担单位	单位全称	东北大学			地址及邮编	沈阳市和平区文化路3-11号 110819	
	法人姓名	冯夏庭	性别	男	电话及手机	024-83687359 13840025414	
	管理部门联系人	闫维超		职务	主任	电话及手机	024-83687375 13840025414

D01 辽宁省联合基金项目合同

原文件第 8 页 本项第 8 页 / 共 13 页

合作单位			
序号	单位全称	地址	邮编
0			

项目负责人	姓名	山如黛	性别	女	出生年月	1984-04-14	职称	副高级
	所在单位	东北大学	专业	建筑学	电话及手机	83656206 13022487255		

项目组主要成员						
姓名	性别	身份证号	文化程度	职称	所在单位	分工
张九红	女	210103196812221863	博士	正高级	东北大学	实验设计及技术路线
乔文琪	男	210882199011060016	博士	中级	东北大学	实验测试
周琴	女	430408199001080027	博士	中级	东北大学	实验测试
赖婉玉	女	41140319990824104X	研究生	其他	东北大学	实验测试及模拟计算
唐欢	男	431025200111283213	研究生	其他	东北大学	模拟计算
边雪婷	女	152101199607041528	研究生	其他	东北大学	模拟计算
冷翔宇	男	321102200310221010	大学本科	其他	东北大学	数据分析整理
吕思霖	男	110107200211220313	大学本科	其他	东北大学	数据分析整理

D01 辽宁省联合基金项目合同

原文件第 9 页 本项第 9 页 / 共 13 页

七、项目绩效目标

(一)、产出类指标

1、知识产权

专利申请数 (项)			专利授权数 (项)			软件 著作 权授 权数 (项)	发表论文(篇)		著作 (部)	制订标准数(项)				
申 请 发 明 专 利	实 用 新 型	外 观 设 计	授 权 发 明 专 利	实 用 新 型	外 观 设 计		其 中 SCI索 引收 录数	其 中 EI索 引收 录数		国 际 标 准	国 家 标 准	行 业 标 准	地 方 标 准	企 业 标 准
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

2、其他成果

填补技术空白数			获奖项数			其他科技成果产出							研究开发情况			
国 际	国 家	省 级	国 家 奖 项	部 、 省 奖 项	地 市 级 奖 项	新 工 艺 (或 新 方 法 模 式)	新 产 品 (含 农 业 新 品 种)	新 材 料	新 装 备 (装 置)	平 台 / 基 地 / 示 范 点	中 试 线	生 产 线	小 试	中 试 (样 品 样 机)	小 批 量	规 模 化 生 产
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3、人才引育

引进高层次人才				培养高层次人才			
博士、博士后		硕士		博士、博士后		硕士	
0		2		0		0	

4、项目资金绩效管理

资金 管理	财务合 规性	资金是否专账核算	是
		资金核算是否规范	是

D01 辽宁省联合基金项目合同

原文件第 10 页 本项第 10 页 / 共 13 页

		外拨经费管理是否规范	是
		设备采购和资产管理是否规范	是
	内控管理制度	是否有科技专项资金内部管理制度和流程	是
		是否有规范的内部预算调剂流程	是
		单位内是否有项目监管机构	是

5、其他需要说明的情况（限100字）

无

八、研发投入预算表

序号	资金来源	金额（万元）	其他资金情况说明
	(1)	(2)	(3)
1	一、政府部门资金	-	-
2	1. 国家资金	0	-
3	2. 科技厅资金	3.2	-
4	3. 市县资金	0	-
5	4. 其他资金	0	0
6	二、非政府部门资金	-	-
7	5. 银行贷款资金	0	-
8	6. 自有资金	4.8	-
9	7. 其他资金	0	0
10	合计	8	-

任务书签署

甲乙双方根据《辽宁省科技计划项目管理办法》（辽科发〔2022〕17号）、《关于改革完善省级财政科研经费管理的实施意见》（辽财教〔2022〕142号）及《科研失信行为调查处理规则》（国科发监〔2022〕221号）等文件规定，以及有关法律、政策和管理要求，依据项目立项通知，签署本任务合同书。 同时，联合单位（甲方）、项目承担单位（乙方）和项目负责人郑重承诺：联合单位按照项目立项通知确定的经费分配额度及时足额匹配或协调落实自筹经费；项目经费全部用于与本项目研究工作相关的支出，不截留、挪用、侵占，不用于与科学研究无关的支出；对本项目所有成果产出（包括但不限于新产品、新技术、标准、论文、专利等）的真实性、与项目的关联性等负责；按要求落实科研作风学风和科研诚信主体责任；接受并积极配合省科技厅等有关部门的监督检查。 如有违反，相关单位愿接受省科技厅等有关部门做出的各项处理决定，包括但不限于终止项目执行、追回项目经费，取消一定期限省科技计划项目申报推荐资格，记入科研诚信严重失信行为记录以及主要负责人接受相应党纪政纪处理等。 联合单位（甲方）：东北大学 法定代表人签字（签章）： （公章） 年 月 日 项目承担单位（乙方）东北大学 法定代表人签字（签章）：冯夏庭 （公章） 年 月 日	
项目负责人签字（签章）：山如黛 年 月 日	

科研诚信承诺书

1. 该项目是由本人申请，无冒名申请，无编造虚假的申请人及主要参与者，已如实填报申请人及参与人的个人信息，对项目全部成员的真实性负责。

2. 本人已按照要求填报了项目申请书、可行性研究报告等相关材料，如实填写相关研究工作基础和研究内容等，所填报材料内容真实有效，不存在虚高编报课题预算，违反法律法规、伦理准则及科技安全等方面有关规定等行为，不存在重复申报或多头申报。

3. 本人及项目参与者在项目实施过程中严格遵循科学界公认的学术道德和行为规范，认真履行项目合同书，不抄袭、剽窃他人科研成果或伪造、篡改研究数据、研究结论；不违反科研伦理；不违反科研经费管理相关规定；不违反科技安全和保密的相关规定；不发生其他科研不端行为。

以上如有违反，本人愿承担相应的责任。

特此承诺。

承诺人签字：

日期：

D02 东北大学科研项目立项通知单

原文件第 1 页 本项第 1 页 / 共 1 页

东北大学科研项目立项通知单

东北大学 山如黛 负责的 人工智能优化算法与零碳建筑交叉学科领域的研究及应用项目已正式获批立项，立项信息如下：

项目基本信息

项目名称	人工智能优化算法与零碳建筑交叉学科领域的研究及应用		
负责人	山如黛	项目批号	
立项时间	2023-01-01	依托单位	江河建筑学院
项目起止年月	2023-01-01	至	2023-12-31
立项额度		万元	
项目来源			
项目类别			

项目组成员信息

序号	成员姓名	工资号	性别	职称	单位
1	山如黛	00011214	0	副教授	江河建筑学院
2	张九红	00013011	0	教授	江河建筑学院
3	乔文琪	00031373	1	讲师（高校）	
5	周琴	00010094	0		

东北大学
2023 年 07 月 11

D03 国家重点研发计划子课题任务书

原文件第 1 页 本项第 1 页 / 共 19 页

子课题任务书编号： 2017YFC0702403-05 密级： 公开级

国家重点研发计划子课题任务书

项 目 名 称：	基于多元文化的西部地域绿色建筑模式与技术体系
课 题 名 称：	西北荒漠区绿色建筑模式与技术体系
课题承担单位（公章）：	西安建筑科技大学
子 课 题 名 称：	基于文化传承的西北荒漠区绿色建筑设计模拟分析技术与工具
子课题承担单位（公章）：	沈阳建筑大学
课题负责人（签字）：	
子课题负责人（签字）：	
子课题承担单位财务部门负责人（签字）：	
子 课 题 起 止 年 限：	2017.7——2020.12
编 制 日 期：	2017.7

中华人民共和国科学技术部

二〇一七年七月

填 写 说 明

1. 子课题任务书甲方为国家重点研发项目课题承担单位，乙方为子课题承担单位。
2. 子课题任务书编号课题承担单位统一规定。
3. 子课题密级由课题承担单位提出建议。
4. 子课题经费来源与支出预算，须与子课题预算表编制说明一致。
5. 子课题任务书签订流程：
 - (1) 子课题任务书由子课题承担单位编写，经单位财务部门审核后报课题牵头承担单位；
 - (2) 课题牵头承担单位汇总审定子课题任务书，报项目承担单位核准；
 - (3) 子课题任务书正式文本一式六份，甲方两份、乙方一份、乙方主管部门一份、项目组两份。
6. 本子课题任务书不得手工修改，一律用 A4 羊皮纸（皮纹纸）封皮进行胶订，采用塑料封皮等其他装订方法不予受理。

D03 国家重点研发计划子课题任务书

原文件第 3 页 本项第 3 页 / 共 19 页

国家重点研发计划子课题信息表

子课题基本情况表

填表说明:	
1. 组织机构代码指企事业单位国家标准代码;	
2. 单位名称、单位公章名称及单位开户名称必须一致, 如有特殊情况, 需说明理由。	
课题编号	2017YFC0702403
课题名称	西北荒漠区地域绿色建筑模式与技术体系
课题承担单位	西安建筑科技大学
子课题编号	2017YFC0702403-05
子课题名称	基于文化传承的西北荒漠区绿色建筑设计模拟分析技术与工具
密级	公开
课题类型	☒ 基础前沿 ☐ 重大共性关键技术 ☐ 应用示范研究 ☐ 其他
课题活动类型	☒ 基础前沿 ☐ 应用研究 ☐ 试验发展
课题研究所属学科	土木工程 土木工程基础学科
课题成果应用的主要国民经济行业	建筑业
子课题承担单位	单位名称
	单位性质
	单位组织机构代码
	单位法人代表姓名
	单位开户名称
	开户银行(全称)
	银行账号
	单位所属地区
	电子邮箱
	通信地址
	邮政编码

D03 国家重点研发计划子课题任务书

原文件第 4 页 本项第 4 页 / 共 19 页

相关 责任 人	子课题负责人	姓 名	山如黛			性 别	女				
		身份证号码	210103198404140027								
		工作单位	沈阳建筑大学生态城镇化与绿色建筑研究中心								
		电话号码				手机号码	17688774333				
		电子邮箱	shanrudai@sjzu.edu.cn			邮政编码	110168				
		学 位	博士			职 称	副高级				
		专 业	建筑技术								
		通信地址	辽宁省沈阳市浑南新区浑南东路 9 号								
	子课题联系人	姓名									
		电话号码				手机号码					
		传真号码									
		电子邮箱									
	财务部门负责人	姓名									
		身份证号码									
		电话号码				手机号码					
		电子邮箱									
	子课题组人数	请填 写	高级	5	中级		初级		其他		
		博士	7	硕士		学士		其他			
起始时间	2017.07				终止时间	2020.12					
主要研究内容(100字以内)	通过计算机优化算法,数值分析与物理性能模拟对示范工程的设计及营建模式,提供切实有效的科学技术支撑,并对其后续实施和使用情况进行测评;通过对建筑性能优化结果、构成要素和组合机理的的综合分析,为西北荒漠地区绿色建筑设计方案提供参考依据。										
预期成果	(6、7) 1.专利 2.技术标准 3.新产品(或农业新品种) 4.新工艺 5.新装置 6.计算机软件 7.论文论著 8.研究报告 9.其他										
预期知识产权	获得国外发明专利__项,国内发明专利__项,软件__项,其他__项。										
预期技术标准制定	(5) 1.国际标准 2.国家标准 3.行业标准 4.企业标准 5.无										

产学研联合	(2) 1.是 2.否
经费预算	80 万元，其中专项经费 40 万元。

子课题信息表填表说明

- 1. 带□的条目，请根据条目后所列选项，请在“□”内打√。
- 2. 子课题承担单位：指子课题任务书的乙方单位，按公章的详细名称填写，不要填简称。代码请按所附代码表填写。
- 3. 子课题承担单位所在地：所在地只填到所在省、自治区、直辖市。代码按所附代码表填写。
- 4. 子课题承担单位性质，先按所列大类选项，代码请根据本单位的情况按所附代码表填写。
- 5. 子课题承担单位上级行政主管部门及代码，请根据承担单位上级行政主管部门的隶属情况填写。凡隶属于地方的，填写所隶属的省、自治区、直辖市科技厅（委）代码，凡隶属于国务院部委及其直属单位的，填写国务院部委代码请按所附代码表填写。
- 6. 参加单位总数：包括承担单位、合作单位、协作单位在内的单位总数。
- 7. 子课题承担单位名称：请按公章的详细名称填写。地址应详细到县（区）、街（路）门牌号。
- 8. 子课题组人数：包括子课题负责人在内的参加该子课题研究工作的所有人员。

一、研究内容

(① 子课题研究目标; ② 子课题研究内容及任务分解。)

子课题研究目标:

完成基于Energyplus与 Radiance的建筑文化性能与建筑绿色性能一体化的建筑综合模拟分析工具1项, 应用于建筑优化设计与模拟中, 并获得软件著作权。

子课题研究内容及任务分解:

本课题以西北荒漠区绿色建筑性能分析研究为主, 通过计算机优化算法在建筑设计参数影响地域性绿色建筑形态及构成设计的机制、数值模拟和优化算法联合驱动方案自动生成并实现多性能优化的方法与技术, 基于单目标优化、或以Pareto最优面为基础的多目标优化的设计方案综合判定和科学决策方法三方面协同辅助建筑性能优化设计, 通过数值分析与物理性能模拟对子课题2、3的示范工程的设计及营建模式提供切实有效的科学技术支持, 对示范工程后续实施和使用情况进行评估, 保证建筑测试性能达到指标要求, 对示范效益进行整理和总结; 同时在建筑性能优化结果的综合分析地域传统建筑的文化表征与意向, 通过构成要素和组合机理的解析归纳西北荒漠区传统建筑原型, 为西北荒漠地区绿色建筑设计方案提供参考依据; 建立西北地区绿色建筑设计参数信息库, 阐明西北荒漠地区绿色建筑设计最优化组合规律, 建立西北荒漠地区地域性绿色建筑设计参数体系, 为西北荒漠地区绿色建筑性能优化设计提供量化支撑, 对西北荒漠地区地域性绿色建筑设计过程产生指导作用。

二、研究方法与创新点:

(① 研究方法及技术路线; ② 创新点。)

研究方法

(1) 建筑分类数据采集与数据库分析方法

课题选取西北荒漠区传统建筑,进行实地考察,采用观察、座谈、问卷调查、测绘、现场测试等,重点从建筑聚落群体、空间组织、建材、围护结构气候适应性等方面,全面深入地挖掘地区生态建筑经验,提取传统建筑模式及有效的技术措施,总结和发现不同地区建筑应对环境的机制,并建立该地域传统建筑原型与绿色营建技术数据库。研究现代通用绿色建筑技术体系的西部地域本土化模式,研发系列典型地域本土化绿色建筑材料、构造、部品、营建模式,建立数据库和技术导则,为“文化+绿色”的西北荒漠区绿色建筑模式与技术体系提供数据支撑。

(2) “文化+绿色”性能综合模拟分析方法

针对西北荒漠区的建筑空间形态和组织方式,建立包含建筑形态、空间、结构、材料、能耗、舒适度等多参量的模型系统,采用 Sefaira、Energy-Plus、Radiance、DOE2等软件对典型建筑进行复合性能模拟分析,从建筑单一空间、空间组合、空间界面到建筑结构、构造、材料、采光通风等系统化模拟,确定西北荒漠区不同地域建筑的边界条件参量和不同空间的单项参数如尺度、形态、组合、空间划分、界面的设计阈值,通过对量化结果相关性分析,获取建筑性能优劣评价及其规律,为西北荒漠区的绿色建筑设计提供依据。

(3) 实证研究及成果校验

本课题基于前期研究成果,在西北荒漠区典型地域(新疆、宁夏、内蒙、甘肃、陕西、青海省大部分地区伊斯兰教文化区)选取建筑文化特色鲜明地区开展工程应用示范,结合全过程档案的记录整理、实测数据的定量评价及使用者的定性评价,对设计、建造、使用全程进行跟踪研究,对成果进行实践验证和反馈,对理论体系、模式方法、材料部品和优化算法等内容做出实证性评估和检验,并进一步优化、总结和凝练项目的研究成果,建立更趋完善“文化+绿色”的西北荒漠区绿色建筑营建模式与技术体系。

创新点:

创新点1: 建立基于文脉传承的西北荒漠区绿色建筑设计营建模式

针对西北荒漠区生态恶劣、地广人稀、太阳能富集、水资源匮乏、昼夜温差大的气候特征和宗教气息浓厚的民族文化特质,该地区基于文脉传承的绿色建筑无疑将会呈现其独特的模式,必须探寻适应本地区地域文化的绿色建筑设计营建模式。课题创新性提出传统建筑绿色经验的技术化和现代绿色建筑技术的地域化两条路径。一方面在归纳西北荒漠区传统建筑原型,深化解析西北荒漠区传统建筑绿色性能指标优异的科学机理的基础上,通过研究该地域建筑文化与建筑技术耦合的内在动力机制,传统建筑绿色营建经验的科学化和技术化途径,传统绿色技术的现代设计应用方法,以及传统建筑绿色材料、构造、部品的性能提升和产业化路径,从而建立西北荒漠区传统建筑绿色经验的科学化及其现代应用模式。另一方面,在系统分析现代绿色建筑的工程应用及营建控制技术,把握通用绿色建筑设计及技术应用体系的基础上,探索现代绿色建筑营建技术新的语言模式和传统化、地方化的发展方向,充分研究适宜的构造技术、工程做法并有机融入到西北地域特有的建筑形式中,从而建立西北荒漠区现代绿色建筑营建技术的本土化应用新机制、新模式。

创新点2: 构建“文化+绿色”的西北荒漠区绿色建筑技术体系

西北荒漠区地域传统建筑凝聚着大量朴素的地域绿色建筑经验,但并未被广大建筑师深度的挖掘、汲取、提升和应用,更脱离于现代建筑技术体系之外,建筑设计行业尚无将现代绿色技术本土化的适应性方法,建筑材料、构造、部品作为建筑营建技术体系的基本要素,普遍缺乏绿色与文化的一体性,迫切需要研发并建立基于建筑材料、构造、部品、技术的西部地域绿色建筑技术体系和数据库。课题依托与之前开展的本土化模式及其设计应用研究,通过分析建筑空间设计模式的绿色生态经验、将不同的绿色空间模块化设计、探讨不同模块化的绿色建筑组合方式与设计方法;分析传统建筑符号的文化内涵与生态设计之间的内在联系、提炼具有地域特色的生态设计元素并量化不同生态设计元素、建筑构件的热工性能;分析在使用具有地域特色的建筑构件、围护结构下的建筑室内空间的热环境状况,探明两者之间设计参数的匹配关系;分析地域性建筑材料在当前设计过程中材料自身的性能与表现力,探讨地域性建筑材料的当代适用性,从而进一

步总结和提炼出基于文化传承的西北荒漠区绿色建筑技术体系。

三、预期成果及考核指标

(① 主要技术指标：如形成的知识产权、技术标准、新技术、新产品、新装置、论文专著等数量、指标及其水平等；② 主要经济指标：如技术及产品应用所形成的市场规模、效益等；③ 其他应有的考核的指标。)

本课题预计完成西北荒漠区绿色建筑综合模拟分析工具 1 项。

其科学价值在于完善了“文化+绿色”的西北荒漠区地域建筑空间生成逻辑与设计方法，探明了传统建筑绿色性能优异的科学机理，建构了对应的建筑模式与技术体系，提升了建筑设计行业整体技术水平。课题以文化与绿色协同为目标，保障了经济落后、气候极端、文化多元的西北荒漠区建筑营建历史经验的传承和地域建筑文化特色的塑造，对该地区人居环境的改善、自然环境的保护起到促进作用，综合社会效益突出。课题成果的应用将会带动西北荒漠区整体建筑产业转型，引发包括建材，光伏、光热设备，采暖和空调设备等一系列产业更新，加快推动可再生能源相关产业规模化、标准化发展，并推动传统工艺（工匠）培训产业的提升，创造可观的经济效益。最后课题研究成果预期能够带动西部地域的环境改善，在同气候区、同类建筑的能耗目标值上降低 10%，可再生循环材料使用率超过 10%，切实节约建筑能耗，利于该地生态敏感区的环境保护，生态效益明确。

四、年度进展计划

年度	任务	考核指标	成果形式
2016.07 2016.12	地域建筑文化原型与绿色建筑营建技术调研、数据采集与数据库建立	西北荒漠区传统建筑典型绿色技术与新型绿色建筑技术本土形式图库数据库 1 个。	数据库
2017.01 2017.12	构建基于现代绿色建筑技术的地域传统建筑优化营建模式与本土化模式	发表中文核心、SCI/EI/CSCI/CSSCI索引论文1篇	论文
2018.01 2018.12	建构建筑文化传承的西北荒漠区绿色建筑技术体系	发表中文核心、SCI/EI/CSCI/CSSCI索引论文1篇	论文
2019.01 2019.12	软件与工具研发	基于 Energyplus 与 Radiance 平台的绿色建筑综合模拟分析工具 1 项, 提供软件著作权申请/授权证明材料。	模拟分析工具
2020.01 2020.06	进行设计应用与示范工程	完成本课题相关学位论文并通过毕业论文答辩 1 名。	培养研究生
2020.07 2020.12	撰写研究报告, 完成子课题验收	结题报告 按照国家标准组织撰写, 并提交“国家科技报告服务系统	结题报告

五、子课题经费来源与支出预算表

单位：万元（保留两位小数）

序号	预算科目名称	合计	专项经费	自筹经费
1	一、经费支出			
2	（一）直接费用			
3	1. 设备费	8.00	8.00	
4	（1）购置设备费	8.00	8.00	
5	（2）试制设备费			
6	（3）设备改造与租赁费			
7	2. 材料费	5.00	0.00	5.00
8	3. 测试化验加工费			
9	4. 燃料动力费			
10	5. 差旅费	10.00	10.00	
11	6. 会议费			
12	7. 国际合作与交流费	13.00	2.00	11.00
13	8. 出版/文献/信息传播/知识产权事务费	13.70	6.70	7.00
14	9. 劳务费	12.00	7.00	5.00
15	10. 专家咨询费			
16	11. 其他			
17	（二）间接费用	6.30	6.30	0.00
20	合计	80.00	40.00	40.00

六、设备费—购置/试制设备预算明细表

子课题编号： 2017YFC0702403-05										子课题名称： 基于文化传承的西北荒漠区绿色建筑设计与模拟										金额单位：万元									
填表说明：										1. 设备分类代码：A 购置、B 试制；										2. 试制设备不需填列本表（7）列、（8）列；									
序号	设备名称	设备分类	单价 (元/台件)	数量 (台件)	金额	购置设备 型号	购置设备生产 国别与地区	主要技术 性能指标	用途（与课题研究任务的关 系）																				
1	数字式多功能 能测量仪	A	1	1	1	Testo480			用于研究室内热舒适程度参 数记录																				
2	温湿度探头	A	0.27	1	0.27	Testo0636 9743			用于研究室内的温湿度，过 而研究室内热舒适程度																				
3	热辐射探头	A	0.37	1	0.37	Testo0602 0743			用于研究室内的综合辐射温 度，进而研究室内热																				
4	风速探头	A	0.44	1	0.44	Testo			用于研究室内的风速，进而 研究室内热舒适程度																				
5	移动工作站	A	3.1	1	3.1	惠普(HP) ZBOOK1 7G3			数据储存，整理，建筑采光 能耗模拟																				
6	温度热流测 试仪	A	0.2	1	0.2	JTR01			用于测试建筑维护结构热阻																				
7	四通道温度 记录仪	A	0.2	1	0.2	CENTER- 309			用于测试建筑维护结构表面 温度																				
8	二氧化碳探 头	A	0.22	1	0.22	Testo			用于研究室内的二氧化碳浓 度，进而研究室内空气质量																				

D03 国家重点研发计划子课题任务书

原文件第 13 页 本项第 13 页 / 共 19 页

9	显示器	A	0.1	3	0.3	DELL			用于连接单片机进行模拟及优化
10	单片机	A	0.1	3	0.3	Raspberry Pi 3 代套件			用于建筑智能控制及优化
	单价 10 万元以上购置设备合计								
	单价 10 万元以上试制设备合计								
	单价 10 万元以下购置设备								
	单价 10 万元以下试制设备								
	累计			14	8				

七、材料费预算明细表

子课题编号： 2017YFC0702403-05 子课题名称： 基于文化传承的西北荒漠区绿色建筑设计与模拟分析技术与工具 金额单位：万元

填表说明：大宗及贵重材料，是指子课题研究过程中消耗数量过多或单位价格较高、总费用在5万元及以上的材料，需填写明细。						
序号	材料名称	计量单位	单价（元/单位数量）	购置数量	金额	
1	高级绘图纸	盒	200	10	0.20	
2	描图纸	盒	100	5	0.05	
3	打印纸	箱	100	150	1.50	
4	硒鼓墨盒	套	500	40	2.00	
5	笔记本、签字笔等	套	17	450	0.81	
大宗及贵重材料费合计						
其他材料费						
累计						
					5.00	

八、测试化验加工费预算明细表

无

九、国际合作与交流费预算明细表

子课题编号： 2017YFC0702403-05 子课题名称： 基于文化传承的西北荒漠区绿色建筑设计与模拟分析技术与工具 金额单位：万元

填表说明：合作交流类型为，A、出国考察 B、来华交流						
序号	合作交流 类型	国家和地区	机构	人数（人）	时间（天）	预算理由（主要合作交流内容及与完成本课题研究目 标的关系）
1	A			1		3
2	A			4		10
累计				5		13

十、承担单位研究经费支出预算明细表

子课题编号: 2017YFC0702403-05 子课题名称: 基于文化传承的西北荒漠区绿色建筑设计与模拟分析技术与工具 金额单位: 万元

填表说明: 承担单位性质分为, A、子课题第一承担单位 B、其他参与单位							
序号	单位名称	组织机构代码	承担单位性质	任务分工	研究任务负责人	专项经费 小计	专项经费 其中间接费用 自筹经费
I	沈阳建筑大学	12210000163001421R	A	内容 5	山如懿	40.00	6.30 40.00
累计							

D03 国家重点研发计划子课题任务书

原文件第 17 页 本项第 17 页 / 共 19 页

十一、子课题的承担单位、参加单位及主要研究人员

子课题编号： 2017YFC0702403-05 子课题名称： 基于文化传承的西北荒漠区绿色建筑
设计模拟分析技术与工具

填表说明：		1.职称分类：A、正高级 B、副高级 C、中级 D、初级 E、其他； 2.人员分类代码：A、课题负责人 B、课题骨干 C、其他研究人员； 3.课题固定研究人员需填写人员明细。				
子课题负责人						
序号	姓名	身份证号码	工作单位	技术职称	投入本课题的全时工作时间（人月）	人员分类
1	山如黛	210103198404140027	沈阳建筑大学生态城镇化与绿色建筑研究中心	B	21	B
主要研究人员						
2	石铁矛	210102195705103414	沈阳建筑大学建筑与规划学院	A	18	C
3	李绥	210702197705170838	沈阳建筑大学生态城镇化与绿色建筑研究中心	B	18	C
4	马福生	210723197302180216	沈阳建筑大学建筑与规划学院	B	18	C
5	石羽	210103198510311811	沈阳建筑大学生态城镇化与绿色建筑研究中心	E	18	C
6	汤煜	210103197407201820	沈阳建筑大学建筑与规划学院	B	18	C
7	Veronika Jancaryova	BI6258339	沈阳建筑大学建筑与规划学院	E	18	C

十二、子课题任务书签订各方签章

课题承担单位（甲方）	
负责人（签字） 	2017 年 9 月 12 日
子课题承担单位（乙方）	
负责人（签字） 	2017 年 9 月 15 日
资金等匹配条件落实保证方	
乙方主管部门	（公 章）
负责人（签字）	年 月 日

十三、共同条款

1. 乙方必须按要求编报年度计划执行情况、下一年度经费预算和有关统计报表，交甲方汇总后，及时上报项目承担单位，逾期不报，甲方可根据调查情况有权提出暂停拨款的建议，报科技部审核批准后执行。

2. 任务执行过程中，乙方如需调整任务，应向甲方提出变更内容及其理由的申请报告，经甲方审核后报项目承担单位审定后实施。未经接到正式批准书以前，双方须按原任务书履行，否则后果由自行调整的一方负责。

3. 乙方因某种原因（如：与可行性研究内容有出入、挪用经费、技术措施或某些条件不落实）致使计划无法执行，而要求中止任务，应视不同情况，部分、全部退还所拨经费；如乙方没有提出中止任务的要求，甲方可根据调查情况有权提出中止任务的处理建议，报项目承担单位审核批准后执行。

4. 乙方承担任务所需国拨经费按“项目承担单位经费管理暂行办法”管理和使用。

5. 甲方监督经费的使用情况。凡不符合规定的开支，甲方负责提出调整意见。必要时，项目承担单位有权直接提出调整或撤销意见。

6. 任务执行过程中，甲方无故中止任务时，所拨经费、物资不得追回，并承担善后处理所发生的费用。

7. 若子课题承担单位的上级主管部门承诺子课题实施需要的配套资金等条件，须在子课题任务书配套条件落实保证方栏加盖公章并提供资金配套证明。

8. 本子课题任务书签订各方均负有相应的责任。若有争议或纠纷时，按《合作协议》的有关条款处理。

9. 子课题任务书正式文本一式六份，甲方两份、乙方一份、乙方主管部门一份、项目承担单位备案两份。

10. 本子课题任务书所协议的其他条款如下：

本子课题按照研究进度和考核指标的完成情况确定下一年度的科研经费；子课题承担单位应严格按照课题承担单位的要求及时提供必要的材料，并保证质量；子课题的承担单位保证严格执行国家有关的管理制度。

关于国家自然科学基金资助项目批准及有关事项的通知

山如黛 先生/女士：

根据《国家自然科学基金条例》的规定和专家评审意见，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）决定批准资助您的申请项目。项目批准号：

51708364，项目名称：基于绿色建筑设计及技术增量成本的多目标优化方法研究，直接费用：20.00万元，项目起止年月：2018年01月至2020年12月，有关项目的评审意见及修改意见附后。

请尽早登录科学基金网络信息系统（<https://isisn.nsfc.gov.cn>），获取《国家自然科学基金资助项目计划书》（以下简称计划书）并按要求填写。对于有修改意见的项目，请按修改意见及时调整计划书相关内容；如对修改意见有异议，须在计划书电子版报送截止日期前提出。**注意：请严格按照《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》填写计划书的资金预算表，其中，劳务费、专家咨询费科目所列金额与申请书相比不得调增。**

计划书电子版通过科学基金网络信息系统（<https://isisn.nsfc.gov.cn>）上传，由依托单位审核后提交至自然科学基金委进行审核。审核未通过者，返回修改后再行提交；审核通过者，打印为计划书纸质版（一式两份，双面打印），由依托单位审核并加盖单位公章后报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。计划书电子版和纸质版内容应当保证一致。

向自然科学基金委提交和报送计划书截止时间节点如下：

- 1、提交计划书电子版截止时间为**2017年9月11日16点**（视为计划书正式提交时间）；
- 2、提交计划书电子修改版截止时间为**2017年9月18日16点**；
- 3、报送计划书纸质版截止时间为**2017年9月26日16点**。

请按照以上规定及时提交计划书电子版，并报送计划书纸质版，未说明理由且逾期不报计划书者，视为自动放弃接受资助。

附件：项目评审意见及修改意见表

国家自然科学基金委员会
工程与材料科学部
2017年8月17日

D04 国家自然科学基金批准通知及评审意见

原文件第 2 页 本项第 2 页 / 共 2 页

附件：项目评审意见及修改意见表

项目批准号	51708364	项目负责人	山如黛	申请代码1	E080101
项目名称	基于绿色建筑设计及技术增量成本的多目标优化方法研究				
资助类别	青年科学基金项目		亚类说明		
附注说明					
依托单位	沈阳建筑大学				
直接费用	20.00 万元		起止年月	2018年01月 至 2020年12月	
通讯评审意见：					
<1> 课题综合考虑绿色技术要求及技术增量成本的要求研究设计方案的多目标绿色设计优化方法，抓住了当前绿色建筑设计遇到的实际问题。课题成果预期可以提升绿色建筑设计的质量。申请书的论证充分，研究目标比较明确，研究内容适当并与研究目标契合。对关键技术问题的认识准确，研究方案的阐述详细。 申请书应对中德节能楼作为基准建筑的相关背景参数做一个评估。建议建模求解的模拟数值与实际参数加以比较。如果能够有几个实际项目进行不同技术实践的对比验证，可直接验证优化组合方案的实效。 <2>研究选题具有较重要的意义，研究思路清晰，切实可行，表明申请人对相关领域有较深入的理解和较好的积累，成果可期。 <3>1、该申请以提高建筑性能和降低增量成本为目标，通过对建筑气候和环境对绿色建筑设计及技术体系的影响机制研究，拟建立在提高建筑性能和降低增量成本的多目标条件下的设计方案综合评估和科学决策方法，建立基于适宜于当地气候和环境并满足多目标条件的绿色建筑体系。选题具有较强的创新性和研究价值。 2、研究目标清晰、对于科学问题的凝练具有较强的目标针对性。 3、研究内容阐述条理清晰，研究框架逻辑性较强，关键科学问题的凝练与研究内容有较好的针对性。 4、研究方案完整，技术路线清晰，对拟采用的技术在研究的相关环节的阐述基本可行。 5、申请者有较好的研究基础，预算基本合理。					
修改意见：					
工程与材料科学部					
2017年8月17日					

计划文号：沈科发〔2017〕40号

项目编号：17-207-9-00

沈阳市科技计划项目 任务合同书

计划类别：重点科技研发计划

专项类别：重大共性关键技术创新专项

创新类别：社会发展主题

技术领域：城镇化与城市发展

项目名称：严寒地区超低能耗绿色建筑评价指标体系研究

项目负责人：山如黛

项目起止时间：2017-01-01——2018-12-31

甲方：沈阳市科学技术局

乙方：沈阳建筑大学

沈阳市科学技术局 制

填写说明

- 一、本合同书为沈阳市科技计划项目专用格式文本，适用于沈阳市科学技术局管理的各类科技计划项目实施所订立的合同。
- 二、本合同文本为通用格式，不同类别项目可根据相关计划的要求和具体项目的情况，对“研究目标和主要研究开发内容”和“主要考核指标”中的说明或二级栏目作适当调整，研究目标、研究内容和考核指标应明确、具体、量化，具备可考核性，具体内容应与项目管理部门协商确定。
- 三、计划进度以计划下达的项目实施周期为准。
- 四、本合同书未尽事项，签订双方可附页另行约定，并作为本合同的组成部分。
- 五、本合同中，签订双方约定无需填写的条款，或根据计划类别无需填写的条款，应在该条款处注明“无”字样。
- 六、本合同一律采用A4纸打印，左侧装订。

一、项目基本信息表

项目名称		严寒地区超低能耗绿色建筑评价指标体系研究					
承担单位	全称	沈阳建筑大学					
	单位性质	大专院校	法定代表人	石铁矛	所在地区	沈阳市浑南区浑南东路9号	
	通讯地址	沈阳市浑南区浑南东路9号			邮 编	110168	
	联 系 人	孙红	联系人电话	024-24692873	传 真	024-24692873	
	E-mail	kjc@sjzu.edu.cn					
	开户银行	建行沈阳建筑大学支行		账号	2100 1480 0080 5920 0098		
	下达经费(万元)	无偿：50.0万元 贴息：0.0 万元 投资：0.0 万元					
协作单位	序号	名称			工作分工		
项目负责人	姓 名	山如黛			出生年月	1984年4 月	
	学历学位	博士		联系电话	13147828625		
	所学专业	土木建筑工程		从事领域	新能源与高效节能		
	技术职称	副高		职务	沈阳建筑大学绿色建筑中心副主任		
	获奖励或荣誉	山如黛，博士，副教授，硕士研究生导师，美国密歇根大学博士，美国密歇根大学博士后，曾赴德国进行学术交流，并多次在美国、荷兰、德国、日本、韩国、墨西哥、印度等地召开的国际会议上发言。近年一直从事建筑优化算法、超低能耗建筑节能技术与可持续建筑设计的研究工作，从量化角度探讨解决可持续建筑设计和建设中的节能与优化技术。申请人具有扎实的建筑技术与建筑设计功底，将计算机模拟技术、计算机优化技术应用于建筑设计实践。在《建筑学报》、《建筑科学》、《建筑技术》等高水平专业核心期刊发表论文多篇。					
主要研究人员	姓名	工作单位	年龄	职务	职称	学历	年投入时间
	Lars Junghans	美国密歇根大学	42	客座教授	副高	博士	4
	Carol Menassa	美国密歇根大学	42	客座教授	副高	博士	4
	夏晓东	沈阳建筑大学	36	副教授	副高	硕士	12
	李绥	沈阳建筑大学	42	生态城镇化与绿色节能中心主任	副高	博士	12
	付石磊	沈阳建筑大学	42	副教授	副高	博士	12
	石铁矛	沈阳建筑大学	59	校长	正高	博士	4
	黄沫白	沈阳建筑大学	26	硕士研究生	其他	大学本科	12
	席明明	沈阳建筑大学	26	硕士研究生	其他	大学本科	12

刘冠男	沈阳建筑大学	27	硕士研究生	其他	大学本科	12
邵嘉玥	沈阳建筑大学	24	硕士研究生	其他	大学本科	12
Veronika Jancaryova	沈阳建筑大学	25	博士研究生	其他	硕士	12

二、研究目标和主要研究开发内容（拟研究的主要内容、解决的主要技术问题）

主要研究内容

自《绿色建筑评价标准》颁布以来，我国各省市地区相继颁布并实施了当地的绿色建筑评价标准及体系。例如《北京市绿色建筑设计标准》、《江苏省绿色建筑设计标准》、《浙江省绿色建筑设计标准》、《山东省绿色建筑设计标准》。东北属于严寒地区，具有特殊的环境气候特征和区域经济特征，现有的国际和国内其他地区的标准并不是针对我国严寒地区的气候和经济环境制定的，因而无法直接进行照搬应用。我国严寒地区目前完整的、因地制宜的标准体系的缺失，造成了使用者在设计及工程实施中的困惑。本项目通过对严寒地区绿色建筑标准体系的定义界定，对以沈阳地区为代表的严寒地区绿色公共建筑与居住建筑案例进行实例研究，最终对严寒地区提出由气候类型、区域经济环境和建筑全生命周期为基础框架的绿色建筑标准体系模型。

重点解决问题

通过对我省超低能耗绿色建筑的研究和应用示范工程的设计、施工、监测、以及数据采集结果进行整理和分析，建立严寒、寒冷地区（辽宁省）建筑节能与超低能耗绿色建筑体系，构建严寒、寒冷地区建筑节能与超低能耗绿色建筑评价指标体系、建设标准和施工规范；建立严寒、寒冷地区典型超低能耗绿色建筑技术应用示范工程，形成技术标准或技术规范，同时申请3项以上发明专利。

三、项目主要考核指标

（一）中期检查考核指标

中期检查技术指标（该项目预计形成的新技术、新工艺、新产品的具体量化指标）
1、对本领域已经发布的标准体系进行查阅，对研究现状分析，完成资料收集、数据调研整理与消化；根据辽宁省节能技术标准规定的各种参数，选择既有参照建筑、并对计划建设中的参照建筑进行选择和设计以及全年能耗模拟；提出完整的调研报告；；2、明确预研节能技术体系；建立建筑全年能耗的定量表达；揭示超低能耗建筑设计参数对建筑全年能耗的影响机理；完成超低能耗建筑设计参数的取值范围；发表论文1~2篇；；3、初步建立严寒地区绿色建筑节能标准体系并完成《严寒地区绿色建筑节能标准》初稿。；4、无
中期检查社会效益指标
本项目通过对严寒地区超低能耗建筑设计标准体系问题的研究，针对区域气候特征和经济特征对现有的绿色建筑评价标准体系进行了补充，以得到适宜于严寒地区的超低能耗建筑设计评价体系，为严寒地区气候适应性建筑表皮设计提供量化支撑，为解决超低能耗建筑设计提供理论、技术和实践支撑，为今后我国严寒地区推广超低能耗建筑设计和实践建立基础。超低能耗建筑设计标准体系在严寒地区建筑工程应用中一方面可以更精确的指导设计，减少建筑全年总能耗和碳排放，产生环境效益和经济效益，同时可以大大减少设计时间，产生减少时间成本和人力成本的经济效益。
中期检查成果指标
1.申请或获授权专利 发明专利申请（项）2-4, 2.发表论文（篇）1-3, 4.培养科技人才（个）1-2,

（二）验收考核指标

技术指标（该项目预计形成的新技术、新工艺、新产品的具体量化指标）
1、建立严寒地区超低能耗建筑设计参数信息库，阐明严寒地区超低能耗建筑设计最优化组合规律，建立严寒地区超低能耗建筑设计体系，为严寒地区超低能耗建筑设计提供理论依据和量化支撑。；2、建立严寒、寒冷地区典型超低能耗绿色建筑技术应用示范工程，通过示范工程的设计、施工、监测、以及数据采集结果进行

整理和分析,对技术标准或技术规范进行支撑。;3、建立严寒、寒冷地区(辽宁省)建筑节能与超低能耗绿色建筑体系,构建严寒、寒冷地区建筑节能与超低能耗绿色建筑评价指标体系、建设标准和施工规范。;4、建立兼顾区域经济特点的绿色建筑评价标准,以辽宁省为例,对我国严寒地区材料的生产、运输、使用、维护、回收再利用、焚毁这一系列过程,以全生命周期或碳排放的基础进行量化。
验收社会效益指标
本项目通过对严寒地区超低能耗建筑设计标准体系问题的研究,针对区域气候特征和经济特征对现有的绿色建筑评价标准体系进行了补充,以得到适宜于严寒地区的超低能耗建筑设计评价体系,为严寒地区气候适应性建筑表皮设计提供量化支撑,为解决超低能耗建筑设计提供理论、技术和实践支撑,为今后我国严寒地区推广超低能耗建筑设计和实践建立基础。超低能耗建筑设计标准体系在严寒地区建筑工程应用中一方面可以更精确的指导设计,减少建筑全年总能耗和碳排放,产生环境效益和经济效益,同时可以大大减少设计时间,产生减少时间成本和人力成本的经济效益。
验收成果指标
1.申请或获授权专利 发明专利申请(项)4-8,2.发表论文(篇)4-6,4.培养科技人才(个)2-4,

四、项目实施进度

序号	考核时间节点(年/月—年/月)	阶段目标(1年期项目按季度划分节点,2-3年期项目按半年划分节点,要求明确应实现的阶段目标的主要内容及成果)
1	2017年1月-2017年6月	对本领域已经发布的标准体系进行查阅,对研究现状分析,完成资料收集、数据调研整理与消化;根据辽宁省节能技术标准规定的各种参数,对选择既有参照建筑、并对计划建设中的参照建筑进行选择和设计以及全年能耗模拟;
2	2017年7月-2017年12月	初步建立严寒地区绿色建筑节能标准体系并编写《严寒地区绿色建筑节能标准》。对北方严寒地区超低能耗建筑设计技术参数进行分析;分析每项设计参数对建筑全年能耗和全生命周期的影响;确定超低能耗建筑设计参数并建立变量取值范围;研究目标函数和约束函数的约束条件,分析决策变量的取值范围;将确定的设计参数编写入《严寒地区绿色建筑节能标准》。
3	2018年1月-2018年6月	对参照建筑进行夏季监测,搜集并整理数据,编写入《严寒地区绿色建筑节能标准》,并根据数据结果对《严寒地区绿色建筑节能标准》的内容进行初步调整。
4	2018年7月-2018年12月	对参照建筑进行冬季监测,搜集并整理数据,编写入《严寒地区绿色建筑节能标准》,并结合夏季实测数据结果对《严寒地区绿色建筑节能标准》的内容进行最后调整。根据研究结果进行系统整理,建立严寒地区绿色建筑节能标准体系,完成项目总结与验收;提交技术资料和文档。
本项目完成时间为2018年12月应该在该月底前申请验收		

五、共同条款

第一条 甲乙双方(以下简称“双方”)根据《中华人民共和国合同法》和《中华人民共和国科学技术进步法》等有关法律、法规的规定,经乙方自愿申报,甲方进行相关评审,并经双方协商一致,为顺利完成2017年市级科技计划中严寒地区超低能耗绿色建筑评价指标体系研究项目(计划项目编号:17-207-9-00),订立本合同。本合同是项目实施过程监督检查和项目完成后验收的基本依据。

第二条 本项目总投资50.0万元,其中,财政补助经费50.0万元,乙方投入经费0.0万元(项目拨付方式为后补助、前补助、投资基金和配套支持),项目约定完成时间为2018年12月底。甲方对财政补助经费使用情况有监管权,对乙方由于不当使用的财政经费有追索权,乙方对其不正确使用财政经费的行为有负责退回的义务。

第三条 甲方应:

(一)按合同规定对乙方执行的项目进行执行期管理;

(二) 根据甲方需要,在不影响乙方工作的条件下,定期或不定期检查乙方项目实施情况;
(三) 配合市财政局对市财政补助经费使用情况进行监督检查;
(四) 在收到乙方项目验收申请后,应按照《沈阳市科技计划项目验收实施细则》的规定,及时组织实施项目验收工作;

(五) 甲方发现可能导致项目失败或部分失败的情形时,应要求乙方提出项目终止或撤销申请,退回结余或全部财政补助资金。

第四条 乙方应:

(一) 按合同规定的计划进度组织项目实施,落实配套资金,确保项目按期完成,并达到本合同约定的技术、经济及社会效益指标;

(二) 对市财政核拨的项目经费按预算支出,确保专款专用,不得挪作他用,符合市科技创新专项资金管理有关规定;

(三) 配合甲方或其委托的项目管理机构对项目实施进行跟踪管理和监督;

(四) 应定期(6个月或12个月)在甲方发布的网站上填报项目合同签订的科技计划项目实施进展情况;

(五) 项目执行过程中,如确需对项目的任务目标或实施进度进行调整,须在项目约定验收时间3个月前提出书面申请,经甲方按照规定程序审批后调整,批复意见作为本合同的补充依据;

(六) 项目执行过程中,因客观原因导致项目不能继续执行的(如:市场、技术等情况发生重大变化,造成项目原定目标及技术路线需要调整;自筹资金或其它条件不能落实,影响项目正常实施;项目所依托的工程建设或装备开发已不能继续实施;技术引进、国际合作等发生重大变化导致研究工作无法进行;项目的技术骨干发生重大变化导致研究工作无法正常进行;由于其它不可抗拒因素导致研究工作不能正常进行等),应向甲方提出项目终止申请,经市科技局组织召开项目评估会议通过后,按照市科技局意见退回结余财政补助资金;

(七) 项目执行过程中或未按期验收,因主观原因导致项目不能继续执行的(如:项目承担单位已停止经营活动或注销;项目承担单位或项目负责人在项目申报、项目执行过程中有违法违规事实;项目执行期检查不合格,项目承担单位拒不整改或整改不力;存在其他严重失信行为;因其他主观原因造成项目不能继续执行等),应向甲方提出项目撤销申请,经项目管理处室履行相关审批程序后,退回全部财政补助资金并列入沈阳市科技计划项目“失信名单”;

(八) 项目执行过程中,不得无故终止本合同。如因不可抗力的因素致使合同无法执行时,可向甲方申请解除合同,并在不可抗力事件发生之日起30日内出具因不可抗力导致合同不能履行的证明,经甲方与市财政局商后可解除合同。甲方承担的损失以已核拨的项目经费为限;已拨付的剩余资金应及时返还拨付方。发生不可抗力事件时,乙方应急时通知甲方,并积极采取措施防止损失扩大;

(九) 项目完成后,应按照《沈阳市科技计划项目验收实施细则》的规定,及时提出项目验收申请,并提供完整的验收资料和总结报告。如项目在合同约定的验收期无法验收,应提前3个月向甲方提出延期验收申请;

(十) 如乙方因违反合同约定造成项目工作停滞、延误或失败,未能通过验收,应按照《沈阳市科技计划项目验收实施细则》等相关规定处理;

(十一) 乙方应当保证其完成并提交成果不侵犯任何第三人的合法权益。如发生第三人指控乙方完成并提交成果存在侵犯他人的知识产权和其他合法权利的,乙方应当承担侵权责任;

(十二) 乙方或乙方代表不得出现向甲方工作人员赠送财物等违法违规问题。

第五条 本项目技术成果及知识产权的归属、转让和实施技术成果所产生的经济利益的分享,除双方另有约定外,按国家和省、市有关法规执行。乙方对外地转让本项目形成的技术成果前须告知甲方。

第六条 违约责任:

违反本合同相关约定,违约方应承担违约责任。

(一) 如因乙方违反本合同相关约定,乙方应承担违约责任,甲方对失信项目纳入诚信管理档案,不再拨付后续阶段补助资金,并从纳入之日起3年内不再受理项目承担单位(高等学校、科研院所为项目所在二级单位)、项目负责人及课题组主要成员申报市级科技计划项目和不再推荐其申报上级科技计划项目。

(二) 其他违约责任:如乙方或其代表向甲方工作人员赠送财物等严重违法、违纪行为一经发现,甲方与市财政局会商后,撤销本项目,取消本合同。乙方需退回市财政局已核拨经费,由于取消合同造成的其他损失由乙方自行承担。

第七条 保密条款:

(一) 本合同保密内容(包括技术信息和经营信息):无;

(二) 本合同保密期限:无;

(三) 乙方应与可能知悉保密内容的人员签订技术秘密保护协议;

(四) 双方应建立技术秘密保护制度;

(五) 属技术保密的项目必须经市负责技术保密部门审查后,方可发表或用于国际合作和交流。

第八条 与履行本合同有关的下列技术文件,经双方确认后,作为本合同的组成部分。

(一)、

第九条 经双方约定,本合同其他相关条款如下:

D05 沈阳市科技计划项目合同

原文件第 7 页 本项第 7 页 / 共 15 页

1.按照《沈阳市科技计划管理改革方案》（沈科发〔2016〕37号）和《沈阳市科技计划项目管理办法》（沈科发〔2016〕53号）要求，2017年沈阳市科技计划项目（第二批）项目根据计划类别采取多种方式拨付项目补助资金。其中，重点科技研发计划中的产业类项目中期验收通过后拨付项目补助资金的50%，可在今年10月份开始提出验收申请，结题验收通过后拨付项目补助资金的50%；重点科技研发计划的农业、社会发展、国际合作类项目立项后拨付项目补助资金的50%，中期验收通过后拨付项目补助资金的50%，2018年后可提出中期验收申请；重点科技研发计划的人口与健康类、科学决策咨询研究类项目以及产业发展应用基础研究类计划的非指导性计划项目立项后拨付全部补助资金；科技创新平台建设计划项目结题验收通过后拨付全部项目补助资金。

2.人口与健康、产业发展应用基础研究计划的指导性计划项目签订科技计划合同，编制并执行资金预算，项目资金由承担单位自筹解决。项目结题验收重点考核指标完成情况和自筹资金支出情况，自筹经费支出情况证明需加盖单位财务章，不需提供审计报告。

3.承担项目的企业为非高新技术企业的在项目执行期内积极对标申请高新技术企业。

第十条 双方确认，甲方审批或审查乙方的各种报告、文件、方案、资料、申请等无论如何不会在任何方面增加甲方的义务和责任，同时，也不会在任何方面减轻或免除乙方的义务和责任。

第十一条 本合同经双方协商一致确定，如果合同中的条款含义模糊的情形，对等条款的解释应当按照公平合理的原则进行，而不得按照不利于起草者的原则或角度进行解释。

第十二条 双方因履行本合同而发生的争议，通过协商解决。协商不成的，依法向甲方所在地的人民法院起诉。

第十三条 本合同一式四份，具有同等法律效力，分别存于甲方二份、乙方一份，并向沈阳市技术市场管理办公室（沈阳市和平区十一纬路82号1615房间，电话：22848085，22877625）进行合同备案登记一份。

第十四条 本合同经双方签字盖章后生效。

D05 沈阳市科技计划项目合同

原文件第 8 页 本项第 8 页 / 共 15 页

甲方： 沈阳市科学技术局（科技计划专用章）



项目管理处室负责人（签名）：

[Handwritten signature]

项目主管（签名）：

[Handwritten signature]

2017年7月31日

乙方（盖章）



本人承诺：已仔细认真地阅读了本合同的“填写说明”和“共同条款”。同意按本合同约定组织项目实施。

法定代表人/委托代理人（签名）：

石铁矛

财务部门负责人（签名）：

[Handwritten signature]

项目负责人（签名）：

山如黛

年 月 日

项目编号：17-207-9-00

沈阳市科技专项资金预算报表

项目名称：严寒地区超低能耗绿色建筑评价指标体系研究

单位名称（章）：沈阳建筑大学

项目计划文号：沈科发〔2017〕40号

项目建设期：2017年01月至2018年12月

法人代表：石铁矛（章）电话：15904059096

项目负责人：山如黛（章）电话：13147828625

财务负责人：王秋波（章）电话：13998867511

填表人：山如黛 电话：17688774333

开户银行：建行沈阳建筑大学支行

账号：2100 1480 0080 5920 0098

填报时间：2017年07月27日

沈阳市财政局 制

表1 概 况

项目名称	严寒地区超低能耗绿色建筑评价指标体系研究								
主管部门	1	1. 市科技局 (科技计划); 2. 市经委 (技术创新计划); 3. 市发改委 (高技术产业化计划); 4. 市信息产业局 (软件产业和信息化发展计划)							
市科技专项经费	补助	50.0	贴息	0.0	风险	0.0	其他	0.0	
项目服务的国民经济行业	4	1. 农、林、牧、渔业; 2. 工业; 3. 信息传输、计算机服务和软件业; 4. 科学研究、技术服务业; 5. 水利、环境和公共设施管理业; 6. 卫生、社会保障和 社会福利业; 7. 其他							
项目承担单位性质	1	1. 大专院校; 2. 科研院所; 3. 企业; 4. 政府机关; 5. 事业单位; 6. 其他							
项目所属技术领域	城镇化与城市发展								
项目所属计划类别	重点科技研发计划-重大共性关键技术创新专项-社会发展主题								
项目是否获得国家级专项拨款	否	金额	0.0	项目是否获得省级专项拨款			否	金额	0.0
项目单位基本情况 (企业类项目单位填写) 单位: 万元									
企业注册资金				企业性质					
上年末资产总额				上年末负债总额					
上年末实现产值				上年末实现销售收入					
上年末实现利润				上年末实现税金					
上年末实际上缴税金				上年末企业实际发生的技术开发费用					
企业职工人数				科研人员人数					
项目主要内容:									
一、主要研究内容:									
自《绿色建筑评价标准》颁布以来,我国各省市地区相继颁布并实施了当地的绿色建筑评价标准及体系。例如《北京市绿色建筑设计标准》、《江苏省绿色建筑设计标准》、《浙江省绿色建筑设计标准》、《山东省绿色建筑设计标准》。东北属于严寒地区,具有特殊的环境气候特征和区域经济特征,现有的国际和国内其他地区的标准并不是针对我国严寒地区的气候和经济环境制定的,因而无法直接进行照搬应用。我国严寒地区目前完整的、因地制宜的标准体系的缺失,造成了使用者在设计及工程实施中的困惑。本项目通过对严寒地区绿色建筑标准体系的定义界定,对以沈阳地区为代表的严寒地区绿色公共建筑与居住建筑案例进行实例研究,最终对严寒地区提出由气候类型、区域经济环境和建筑全生命周期为基础框架的绿色建筑标准体系模型。									
二、重点解决问题:									
通过对我省超低能耗绿色建筑的研究和应用示范工程的设计、施工、监测、以及数据采集结果进行整理和分析,建立严寒、寒冷地区 (辽宁省) 建筑节能与超低能耗绿色建筑体系,构建严寒、寒冷地区建筑节能与超低能耗绿色建筑评价指标体系、建设标准和施工规范;建立严寒、寒冷地区典型超低能耗绿色建筑技术应用示范工程,形成技术标准或技术规范,同时申请3项以上发明专利。									

项目主要考核指标：

一、中期检查考核指标

(一) 技术指标 1、对本领域已经发布的标准体系进行查阅,对研究现状分析,完成资料收集、数据调研整理与消化;根据辽宁省节能技术标准规定的各种参数,选择既有参照建筑、并对计划建设中的参照建筑进行选择和设计以及全年能耗模拟;提出完整的调研报告; ; 2、明确预研节能技术体系;建立建筑全年能耗的定量表达;揭示超低能耗建筑设计参数对建筑全年能耗的影响机理;完成超低能耗建筑设计参数的取值范围;发表论文1~2篇; ; 3、初步建立严寒地区绿色建筑节能标准体系并完成《严寒地区绿色建筑节能标准》初稿。 ; 4、无 (二) 经济社会效益指标:本项目通过对严寒地区超低能耗建筑设计标准体系问题的研究,针对区域气候特征和经济特征对现有的绿色建筑评价标准体系进行了补充,以得到适宜于严寒地区的超低能耗建筑设计评价体系,为严寒地区气候适应性建筑表皮设计提供量化支撑,为解决超低能耗建筑设计提供理论、技术和实践支撑,为今后我国严寒地区推广超低能耗建筑设计和实践建立基础。超低能耗建筑设计标准体系在严寒地区建筑工程应用中一方面可以更精确的指导设计,减少建筑全年总能耗和碳排放,产生环境效益和经济效益,同时可以大大减少设计时间,产生减少时间成本和人力成本的经济效益。(三) 成果指标: 1.申请或获授权专利 发明专利申请(项) 2-4, 2.发表论文(篇) 1-3, 4.培养科技人才(个) 1-2,

二、验收考核指标

(一) 技术指标: 1、建立严寒地区超低能耗建筑设计参数信息库,阐明严寒地区超低能耗建筑设计最优化组合规律,建立严寒地区超低能耗建筑设计体系,为严寒地区超低能耗建筑设计提供理论依据和量化支撑。 ; 2、建立严寒、寒冷地区典型超低能耗绿色建筑技术应用示范工程,通过示范工程的设计、施工、监测、以及数据采集结果进行整理和分析,对技术标准或技术规范进行支撑。 ; 3、建立严寒、寒冷地区(辽宁省)建筑节能与超低能耗绿色建筑体系,构建严寒、寒冷地区建筑节能与超低能耗绿色建筑评价指标体系、建设标准和施工规范。 ; 4、建立兼顾区域经济特点的绿色建筑评价标准,以辽宁省为例,对我国严寒地区材料的生产、运输、使用、维护、回收再利用、焚毁这一系列过程,以全生命周期或碳排放的基础进行量化。(二) 经济社会效益指标: 本项目通过对严寒地区超低能耗建筑设计标准体系问题的研究,针对区域气候特征和经济特征对现有的绿色建筑评价标准体系进行了补充,以得到适宜于严寒地区的超低能耗建筑设计评价体系,为严寒地区气候适应性建筑表皮设计提供量化支撑,为解决超低能耗建筑设计提供理论、技术和实践支撑,为今后我国严寒地区推广超低能耗建筑设计和实践建立基础。超低能耗建筑设计标准体系在严寒地区建筑工程应用中一方面可以更精确的指导设计,减少建筑全年总能耗和碳排放,产生环境效益和经济效益,同时可以大大减少设计时间,产生减少时间成本和人力成本的经济效益。(三) 成果指标: 1.申请或获授权专利 发明专利申请(项) 4-8, 2.发表论文(篇) 4-6, 4.培养科技人才(个) 2-4,

表2 项目经费使用预算

单位：万元

费用明细	项目总投入	其中：科技费用			
		申请金额	数量	单价	备注
一、人员费(小计)	10.6	10.6			
参与项目研究人员的科研补助。	9.6	9.6	0.0	0.0	合计每年参加课题研究的硕士生、博士生及其他科研教师6人次。硕士研究生科研补助确定为 800 元/人月，每年平均工作10月，费用约为6人×800 元/月·人×10 月/人×2 年=9.6万元。
专家咨询费	1.0	1.0	0.0	0.0	项目临时聘请的专家咨询费用。
二、设备购置费(小计)	10.0	10.0			
显示器用于连接单片机进行模拟及优化	0.9	0.9	3.0	0.3	显示器三台，用于连接单片机进行模拟及优化，0.3*3=0.9万。
移动工作站，用于数据储存，整理，建筑采光能耗模拟	5.8	5.8	2.0	2.9	移动工作站两台，惠普(HP)ZBOOK17G3，用于数据储存，整理，建筑采光能耗模拟。
数字多功能测试仪	1.0	1.0	1.0		用于研究室内舒适程度参数记录。
单片机，用于建筑智能控制及优化。	0.3	0.3	3.0	0.1	单片机套件，用于建筑智能控制及优化。
室内空气质量检测设备	2.0	2.0	1.0	2.0	用于研究室内的甲醛等排放物浓度，进而研究室内空气品质度及室内舒适度。

D05 沈阳市科技计划项目合同

原文件第 13 页 本项第 13 页 / 共 15 页

三、能源材料费(小计)	4.65	4.65			
建筑围护结构的实验材料	4.65	4.65			
四、试验外协费(小计)	3.0	3.0			
建筑数据收集采样费用	3.0	3.0			建筑数据收集采样费用
五、资料、印刷费(小计)	13.0	13.0			
图书资料费、文献检索查新等费用	1.5	1.5			图书资料费、文献检索查新等费用。
打印相关文件、册子等费用。	2.5	2.5			打印相关文件、册子等费用。
软件购买、文献检索、购买、论文发表费用	5.0	5.0			用于实验材料消耗、彩色绘图油墨、绘图纸等耗材购买，支出约为5万元。主要包括：调查与实验观测中各种材料消耗；绘图材料消耗。
课题研究论文版面费	1.5	1.5			课题研究论文发表费1.5万元（大约：0.25万元*6篇）。
遥感地图购买	2.5	2.5			主要应用于购买关于城市遥感地图信息的费用。
六、租赁费(小计)	0.0	0.0			
七、差旅费(小计)	1.8	1.8			
进行国内交流合作的会议注册、交通、食宿费用	0.6	0.6	2.0	0.3	① 人均交通费用按0.3万元/人次计，大约为0.2万元/人次×2人次=0.4万元。② 住宿费用：每天高、中级及其它研究人员平均住宿费用为300元，费用大约为：250元/人次天×2人次×4天=0.2万元。

D05 沈阳市科技计划项目合同

原文件第 14 页 本项第 14 页 / 共 15 页

进行国际交流合作的交通、食宿费用	1.2	1.2	1.0	1.2	① 人均交通费按0.8万元/人次计, 小计0.8万元/人次×1人次=0.8万元。② 住宿费用: 每天高、中级及其它研究人员平均食宿、交通费用为800元, 费用约为: 800元/人次天×1人次×5天=0.4万元。
八、会议费(小计)	0.35	0.35			
参与国内国际会议的会议注册费用	0.2	0.2	2.0	0.1	会议注册费: 每人会议注册费0.1万元/人, 计2人次×0.1万元/人元=0.2万元。
国际会议注册费	0.15	0.15	1.0	0.15	会议注册费: 每人会议注册费0.15万元/人, 计1人次×0.15万元/人元=0.15万元。
九、其他费用(小计)	6.6	6.6			
高校管理费	1.5	1.5			
审计费	1.0	1.0			项目结题验收的审计费用。
间接费	4.1	4.1			其它间接费用: 包括间接成本及绩效支出等。
合计	50.0	50.0			

原文件第 15 页 本项第 15 页 / 共 15 页

一、直接经济效益指标（万元）（科技攻关及产业化项目单位填写）				
项 目	合 计	计划年度	第二年度	第三年度
1．新增产值	0.0	0.0	0.0	0.0
2．新增产品销售收入	0.0	0.0	0.0	0.0
其中：出口创汇额 （万美元）	0.0	0.0	0.0	0.0
3．利润总额	0.0	0.0	0.0	0.0
4．应交税金总额	0.0	0.0;	0.0	0.0
其中：应交增值税	0.0	0.0	0.0	0.0
应交所得税	0.0	0.0	0.0	0.0
二、本项目预期取得的其他主要成果形式：（填“√”）（全部项目单位填写）				
成果转化		发表科技论文	√	
出版科技著作		申请专利	√	
软件著作权		植物新品种权		
技术标准		孵化和培训企业		
培训同行业人员	√	新产品、新材料、新工艺、新装置		
财政部门意见：				
年 月 日				



Contents lists available at ScienceDirect

Automation in Construction

journal homepage: www.elsevier.com/locate/autcon

Review

Robotic modular assembly in harsh environments: Framework-driven conceptual review

Rudai Shan^{a,*,}, Hongtian Fei^a, Yaoming Zhuang^b, Chengdong Wu^b, JiuHong Zhang^a^a Jangho Architecture College, Northeastern University, 110167, Shenyang, China^b Faculty of Robot Science and Engineering, Northeastern University, 110167, Shenyang, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Harsh-environment construction
Modular construction
Robotic assembly
Environmental constraints
Material behavior
Trajectory feasibility

ABSTRACT

On-site robotic assembly of modular structures in harsh environments remains insufficiently characterized, as existing studies typically address environmental exposure, modular interfaces, robot capability, and motion planning separately. This review examines how extreme cold, wind disturbance, visibility degradation, and remote-site operational limits affect robotic assembly during module installation and interface closure. A framework-guided conceptual synthesis of 52 core studies across four thematic clusters identifies six evidence gaps: limited environment-dependent interface and tolerance models; insufficient construction-relevant characterization of robot capability degradation; inadequate formalization of task closure and assembly sequencing; limited perception-aware planning under degraded visibility; weak representation of remote-site energy, communication, and recovery constraints; and insufficient field validation and standardized benchmarking. The synthesis shows that the feasibility of harsh-environment assembly depends on coordinated interface design, capability characterization, sensing and verification, and tolerance-aware motion planning. Progress toward field-deployable systems, therefore, requires cross-disciplinary design support and validation beyond nominal trajectory optimization.

Contents

1. Introduction	2
2. Research methodology and analytical framework	2
2.1. The ERTT analytical framework	2
2.2. Review scope and phase boundaries	3
2.3. Framework-driven review approach	3
2.4. Search strategy, selection criteria, and screening workflow	3
3. Modularization and prefabrication in harsh conditions	5
3.1. Environmental categories and system-level effects	5
3.2. Environment-driven modularization strategies	7
3.3. Prefabrication technologies for extreme and remote deployment	7
3.4. Cross-scale implications for assembly feasibility	7
4. Robot and task-level constraints in harsh-environment assembly	8
4.1. Environmental drivers and their influence on robotic capability domains	8
4.2. Design-for-Robotic-Assembly (DfRA)	9
4.3. From robot capabilities (R) to Task-level assembly demands (T_{task})	9
5. From task-level demands to trajectory-level feasibility	11
5.1. Task-level demands (T_{task}) and their translation into trajectory constraints (T_{traq})	11
5.1.1. Perception- and localization-constrained planning	11
5.1.2. Trajectory generation and terminal-motion shaping	11
5.1.3. Retiming and time parameterization under actuator and settling limits	11
5.1.4. Optimization-based planning for corridors, clearance, and multi-objective feasibility	11
5.1.5. MPC and constraint-governor formulations under uncertainty and safety envelopes	12

* Corresponding author.

E-mail address: shanrudai@mail.neu.edu.cn (R. Shan).<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2026.107228>

Received 9 March 2026; Received in revised form 13 August 2026; Accepted 21 August 2026

Available online 7 September 2026

0926-5805/© 2026 Elsevier B.V. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Article

Physics-Informed and Explainable Graph Neural Networks for Generalizable Urban Building Energy Modeling

Rudai Shan ^{*}, Hao Ning, Qianhui Xu, Xuehua Su, Mengjin Guo and Xiaohan Jia

Jangho Architecture College, Northeastern University, Shenyang 110819, China

^{*} Correspondence: shanrudai@mail.neu.edu.cn

Abstract

Urban building energy prediction is a critical challenge for sustainable city planning and large-scale retrofit prioritization. However, traditional data-driven models struggle to capture real urban environments' spatial and morphological complexity. In this study, we systematically benchmark a range of graph-based neural networks (GNNs)—including graph convolutional network (GCN), GraphSAGE, and several physics-informed graph attention network (GAT) variants—against conventional artificial neural network (ANN) baselines, using both shape coefficient and energy use intensity (EUI) stratification across three distinct residential districts. Extensive ablation and cross-district generalization experiments reveal that models explicitly incorporating interpretable physical edge features, such as inter-building distance and angular relation, achieve significantly improved prediction accuracy and robustness over standard approaches. Among all models, GraphSAGE demonstrates the best overall performance and generalization capability. At the same time, the effectiveness of specific GAT edge features is found to be district-dependent, reflecting variations in local morphology and spatial logic. Furthermore, explainability analysis shows that the integration of domain-relevant spatial features enhances model interpretability and provides actionable insight for urban retrofit and policy intervention. The results highlight the value of physics-informed GNNs (PINN) as a scalable, transferable, and transparent tool for urban energy modeling, supporting evidence-based decision making in the context of aging residential building upgrades and sustainable urban transformation.

Keywords: urban building energy modeling (UBEM); graph neural networks (GNNs); explainable AI (XAI); physics-informed machine learning; urban building energy retrofit (UBER)



Academic Editor: Luisa F. Cabeza

Received: 5 July 2025

Revised: 6 August 2025

Accepted: 8 August 2025

Published: 11 August 2025

Citation: Shan, R.; Ning, H.; Xu, Q.; Su, X.; Guo, M.; Jia, X. Physics-Informed and Explainable Graph Neural Networks for Generalizable Urban Building Energy Modeling. *Appl. Sci.* **2025**, *15*, 8854. <https://doi.org/10.3390/app15168854>

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Decarbonizing urban building stocks has become a critical priority in global climate mitigation efforts [1]. The operations of buildings account for 30% of global final energy consumption and 26% of global energy-related CO₂ emissions [2]. Within dense urban environments, complex morphological interactions between buildings—including shading, ventilation, and radiative exchanges—significantly influence energy demand patterns [3,4]. Accurate modeling of such interactions is essential for supporting large-scale energy retrofit planning and climate adaptation strategies.

In the context of northern Chinese cities, extensive residential districts constructed during the 1980s and 1990s present a significant challenge for urban energy management and retrofit planning. These legacy neighborhoods are distinguished by a high degree of homogeneity in the building typologies (height, floor count, and structural systems) [5].



Review

AI-Driven Multi-Objective Optimization and Decision-Making for Urban Building Energy Retrofit: Advances, Challenges, and Systematic Review

Rudai Shan ^{*}, Xiaohan Jia, Xuehua Su, Qianhui Xu, Hao Ning and Jiuhong Zhang

Jangho Architecture College, Northeastern University, Shenyang 110819, China

* Correspondence: shanrudai@mail.neu.edu.cn

Abstract

Urban building energy retrofit (UBER) is a critical strategy for advancing the low-carbon and climate-resilience transformation of cities. The integration of machine learning (ML), data-driven clustering, and multi-objective optimization (MOO) is a key aspect of artificial intelligence (AI) that is transforming the process of retrofit decision-making. This integration enables the development of scalable, cost-effective, and robust solutions on an urban scale. This systematic review synthesizes recent advances in AI-driven MOO frameworks for UBER, focusing on how state-of-the-art methods can help to identify and prioritize retrofit targets, balance energy, cost, and environmental objectives, and develop transparent, stakeholder-oriented decision-making processes. Key advances highlighted in this review include the following: (1) the application of ML-based surrogate models for efficient evaluation of retrofit design alternatives; (2) data-driven clustering and classification to identify high-impact interventions across complex urban fabrics; (3) MOO algorithms that support trade-off analysis under real-world constraints; and (4) the emerging integration of explainable AI (XAI) for enhanced transparency and stakeholder engagement in retrofit planning. Representative case studies demonstrate the practical impact of these approaches in optimizing envelope upgrades, active system retrofits, and prioritization schemes. Notwithstanding these advancements, considerable challenges persist, encompassing data heterogeneity, the transferability of models across disparate urban contexts, fragmented digital toolchains, and the paucity of real-world validation of AI-based solutions. The subsequent discussion encompasses prospective research directions, with particular emphasis on the potential of deep learning (DL), spatiotemporal forecasting, generative models, and digital twins to further advance scalable and adaptive urban retrofit.



Academic Editor: Paulo Santos

Received: 22 July 2025

Revised: 7 August 2025

Accepted: 8 August 2025

Published: 13 August 2025

Citation: Shan, R.; Jia, X.; Su, X.; Xu, Q.; Ning, H.; Zhang, J. AI-Driven Multi-Objective Optimization and Decision-Making for Urban Building Energy Retrofit: Advances, Challenges, and Systematic Review. *Appl. Sci.* **2025**, *15*, 8944. <https://doi.org/10.3390/app15168944>

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Keywords: urban building energy retrofit; artificial intelligence; machine learning; deep learning; multi-objective optimization; explainable AI

1. Introduction

In dense urban areas dominated by aging building stocks, Urban Building Energy Retrofit (UBER) has become a crucial strategy for decarbonization and climate resilience, especially in city centers and old districts facing outdated facades, poor indoor comfort, rising energy demand, and evolving functional needs [1,2]. The UBER process entails complex trade-offs among energy performance, occupant comfort, environmental impact, and economic feasibility, requiring urban-scale energy modeling with high spatial-temporal granularity [3,4]. Urban Building Energy Modeling (UBEM), essential for planning, must



Article

Residential Building Renovation Considering Energy, Carbon Emissions, and Cost: An Approach Integrating Machine Learning and Evolutionary Generation

Rudai Shan ^{*}, Wanyu Lai, Huan Tang, Xiangyu Leng and Wei Gu

Jangho Architecture College, Northeastern University, Shenyang 110167, China; guwei@mail.neu.edu.cn (W.G.)

^{*} Correspondence: shanrudai@mail.neu.edu.cn

Abstract: As the dual carbon goals are being approached, there has been an increase in the number of energy-saving renovation projects for existing buildings. However, building renovation also brings about environmental impacts and incremental costs, which need to be addressed urgently. This study proposes an integrated artificial intelligence framework to facilitate multi-criteria energy renovation decision making by combining a surrogate-based machine learning (ML) model and an evolutionary generative algorithm to efficiently and accurately identify optimal renovation strategies. To enhance the robustness of the methodology, a comparative analysis of four different ML models—light gradient boosting machine (LightGBM), fast random forest (FRF), multivariate linear regression (MVLRL), and artificial neural network (ANN)—was conducted, with LightGBM demonstrating the best performance in terms of accuracy, adaptability, and efficiency. Using the heuristic optimization algorithm and entropy-weighted method, the framework achieved average energy savings of 56.62%, a reduction in carbon emissions of 51.60%, and a 24.27% decrease in life-cycle costs. Compared to local ultra-low-energy building standards, the optimal solutions resulted in a 2.60% reduction in carbon emissions and a 15.85% decrease in life-cycle costs. This integrated framework demonstrates the potential of combining machine learning surrogate models, evolutionary generation, and entropy-weighted methods in building energy retrofitting optimizations, offering a novel, efficient, and adaptable approach for researchers and practitioners seeking to balance energy consumption, carbon emissions, and life-cycle costs in renovation projects.

Keywords: artificial intelligence; machine learning; carbon emission; energy efficiency; building renovation



Academic Editor: Constantinos A. Balaras

Received: 1 January 2025

Revised: 27 January 2025

Accepted: 8 February 2025

Published: 11 February 2025

Citation: Shan, R.; Lai, W.; Tang, H.; Leng, X.; Gu, W. Residential Building Renovation Considering Energy, Carbon Emissions, and Cost: An Approach Integrating Machine Learning and Evolutionary Generation. *Appl. Sci.* **2025**, *15*, 1830. <https://doi.org/10.3390/app15041830>

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The building and construction sector is the largest energy consumer and greenhouse gas emitter, responsible for 39% of global energy-related carbon emissions [1]. In the context of growing global environmental awareness and the implementation of policies to reduce energy consumption and emissions, the significance of energy-saving renovation in the building sector is increasing. As the largest energy consumer and the primary source of carbon dioxide emissions, China plays a pivotal role in the global effort to combat climate change. As China experiences an increase in building energy consumption driven by rising living standards and economic expansion, the importance of the building sector will only grow. This trend poses a considerable challenge to achieving China's carbon peaking and neutrality objectives. China's 14th National Five-Year Plan places significant emphasis on the modernization of aging residential areas to enhance living conditions, promote

严寒地区城镇居住建筑降本低碳改造的 人工神经网络驱动多目标优化

山如黛¹, 唐 欢¹, 赖婉玉¹, 张九红¹, 石铁矛²

(1. 东北大学 江河建筑学院, 辽宁 沈阳 110167; 2. 沈阳建筑大学 建筑与规划学院, 辽宁 沈阳 110168)

摘要: 为了优化严寒地区既有城镇居住建筑的建筑能耗、建筑生命周期碳排放量和建筑生命周期成本, 以辽宁省沈阳市典型城镇居住建筑的降本低碳改造为例, 构建一种人工神经网络驱动的非支配排序遗传算法 II 多目标优化技术框架; 根据建筑能耗、建筑生命周期碳排放量及建筑生命周期成本计算公式, 选取保温层材料类型、保温层厚度、窗户玻璃类型、遮阳板深度等 8 个参数作为优化变量, 并利用人工神经网络驱动的非支配排序遗传算法 II 优化求解目标函数公式得到帕累托解集; 采用逼近理想解排序法寻求最终的多目标优化解决方案, 并分析建筑能耗、建筑生命周期碳排放量、建筑生命周期成本 3 个优化目标的减少程度。结果表明, 与基准建筑相比, 选定的多目标优化解决方案的建筑能耗减少 59.9%~61.7%, 建筑生命周期碳排放量减少 89.6%~91.7%, 建筑生命周期成本减少 44.5%~48.8%, 严寒地区既有城镇居住建筑节能和降本低碳潜力很大, 有必要对城镇居住建筑实施节能和降本低碳改造。

关键词: 居住建筑; 降本低碳; 人工神经网络; 多目标优化; 遗传算法

中图分类号: TU111.1

文献标志码: A



开放科学识别码(OSID 码):

Artificial Neural Network Driven Multi-objective Optimization for Cost-reduction and Low-carbon Retrofitting of Urban Residential Buildings in Severe Cold Regions

SHAN Rudai¹, TANG Huan¹, LAI Wanyu¹, ZHANG Jiuhong¹, SHI Tiemao²

(1. Jangho Architecture College, Northeastern University, Shenyang 110167, Liaoning, China;

2. School of Architecture and Urbanplanning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, Liaoning, China)

Abstract: To optimize building energy consumption, building life cycle carbon emissions, and building life cycle costs of existing urban residential buildings in severe cold regions, a multi-objective optimization technology framework driven by using artificial neural network and on the basis of non-dominated sorting genetic algorithm II was constructed, taking cost-reduction and low-carbon retrofitting of a typical urban residential building in Shenyang City, Liaoning Province as an example. Calculation formulas for building energy consumption, building life cycle carbon emissions, and building life cycle costs were used to select eight parameters including insulation material type, insulation layer thickness, window glass type, and sun visor depth as optimization variables. The objective function formula was optimized by using non-dominated sorting genetic algorithm II driven by using artificial neural network to obtain a Pareto solution set. Final multi-objective optimization solutions were sought by using technique for order preference by similarity to ideal solution. Reduction degrees of the three optimization objectives, namely building energy consumption, building life cycle carbon emissions,

收稿日期: 2024-09-23

网络首发时间: 2026-03-12T17:28:13

基金项目: 国家自然科学基金项目(52378063); 辽宁省科学技术计划项目(2023-MSBA-102); 东北大学基本科研业务费项目(N2311003)

第一作者简介: 山如黛(1984—), 女, 辽宁沈阳人。副教授, 博士, 硕士生导师, 研究方向为建筑超低能耗及低碳设计技术。E-mail: shanrudai@mail.neu.edu.cn。

通信作者简介: 张九红(1968—), 女, 辽宁沈阳人。教授, 博士, 博士生导师, 研究方向为绿色建筑和建筑节能技术。E-mail: zhangjiuhong@mail.neu.edu.cn。

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/37.1378.n.20260312.1038.004>



Review

Multi-Objective Optimization for High-Performance Building Facade Design: A Systematic Literature Review

Rudai Shan ¹ and Lars Junghans ^{2,*}

¹ Jangho Architecture College, Northeastern University, Shenyang 110167, China; shanrudai@mail.neu.edu.cn

² Taubman College of Architecture and Urban Planning, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109, USA

* Correspondence: junghans@umich.edu

Abstract: Building facade design plays an essential role in enhancing energy efficiency and reducing environmental impact in high-performance building design. Balancing the conflicts among various building facade design variables to satisfy different optimization objectives constitutes a highly complex optimization problem. The rapidly increasing number of studies demonstrates a significant interest in implementing multi-objective optimization methods to tackle building facade optimization problems. This study conducts a systematic review of optimization methods for building facade optimization (BFO). The optimization objectives and design variables are categorized based on their characteristics. The efficiency and effectiveness of optimization algorithms in addressing BFO problems are compared. Building optimization techniques and tools are showcased, along with their functions and limitations. Key findings highlight the robust feasibility and effectiveness of optimization algorithms, methods, and techniques in resolving a diverse range of BFO challenges. The limitations, challenges, and future potential of these methods are summarized and proposed.

Keywords: systematic review; optimization; heuristic algorithm; multi-objective; building facade



Citation: Shan, R.; Junghans, L. Multi-Objective Optimization for High-Performance Building Facade Design: A Systematic Literature Review. *Sustainability* **2023**, *15*, 15596. <https://doi.org/10.3390/su152115596>

Academic Editors: Antonio Caggiano and Aliakbar Kamari

Received: 26 September 2023

Revised: 17 October 2023

Accepted: 31 October 2023

Published: 3 November 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

1.1. Background

Building facades are an essential aspect of architectural design, especially in the context of multidisciplinary optimization. In the pursuit of designing high-performance building facades, various crucial criteria must be considered. One of the top priorities is ensuring energy efficiency, which requires implementing tactics that minimize heat loss or gain, decrease the demand for excessive cooling, heating, and lighting, and utilize passive solar principles. In addition, reducing the environmental impact of the structure is imperative and could be achieved by using low-emitting materials, implementing pollution control measures, and reducing greenhouse gas emissions. Optimizing thermal comfort for occupants is critical and can be achieved by skillfully managing temperature, humidity, and infiltration while avoiding overheating or thermal bridging. Facades play a central role in enhancing effective daylighting and visual comfort, requiring maximization of natural light and minimization of glare to create a comfortable indoor environment. Cost effectiveness is a cornerstone that demonstrates that high-performance design need not be prohibitively expensive, underscoring the importance of thoughtful consideration of construction and maintenance costs. In addition, a high-performance facade takes a broader perspective that includes aesthetics, environmental sensitivity and resilience. It presents a visually appealing exterior and comfortable interior spaces, while also offering potential cost savings through reduced maintenance and operating costs. The goal of building facade optimization (BFO) is to achieve the best combination of design variables to find optimal solutions, taking into account all possibilities and constraints [1,2].

High-performance design strategies are typically integrated into a project during the early design stage, when the conceptual design is nearly complete. Decisions made in

BUILD SIMUL (2018) 11: 269–279
<https://doi.org/10.1007/s12273-017-0406-8>

“Adaptive radiation” optimization for climate adaptive building facade design strategy

Rudai Shan^{1,2} (✉), Lars Junghans²

1. Sustainable Urbanism and Green Building Research Center, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, Liaoning, China

2. College of Architecture and Urban Planning, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

Abstract

This paper introduces an evolutionary algorithm methodology to solve facade optimization problems in different climates. The algorithm is based on the improvement of simple Genetic Algorithm (GA). The concept of Adaptive Radiation (AR) is derived from the biological process of adaptation where specific species are evolutionarily adapted to their immediate ecological niches. This algorithm obtains near global optimal solutions in significantly less computation time than simple GA. AR is implemented in three different climates in the United States to demonstrate its robustness and efficiency. Climate adaptive facade design strategies for these climates are illustrated based on the optimization results.

Keywords

adaptive radiation,
single-objective,
genetic algorithm,
hierarchical optimization,
climate adaptive facade design

Article History

Received: 6 April 2017

Revised: 10 July 2017

Accepted: 20 July 2017

© Tsinghua University Press and
Springer-Verlag GmbH Germany 2017

1 Introduction

The building industry has the largest energy consumption of any sector in the United States, accounting for up to 40% of total energy consumption and 40% carbon emissions in the United States. Its impact on the environment is substantial (EIA 2016). Almost half of the building energy demand comes from the following three main sectors: space heating, space cooling and artificial lighting (EIA 2016). It is imperative to develop the techniques to improve building energy efficiency and sustainability.

Building energy demand can be significantly reduced by the facade design if designers implement appropriate energy efficient strategies in facade design (Fernandes et al. 2013). However, the design of an appropriate building facade is not straightforward. All facades are unique as a result of the local climate, urban situation and orientation. The primary facade design variables, such as—window-to-wall ratio (WWR), glazing type, shading shape, and insulation—have to be appropriately designed to adapt to the local conditions. Therefore, different optimal facade designs are

possible even for segments of the same facade of a building. Moreover, facade design variables have always interacted and sometimes even conflicted with each other on the same design objectives. For different climates, adaptive facade design solutions should be implemented to meet certain optimal design objectives, such as energy performance, human comfort, and life cycle cost.

A traditional approach known as “parametric simulation” is usually implemented to obtain values of facade design variables (Aste et al. 2015). This method makes only partial improvement because complex and non-linear interactions of input variables lead to conflicting objectives for heating, cooling and artificial lighting energy demand. For example, increasing WWR may lead to a decrease in lighting energy demand but an increase in cooling energy demand in summer time. Complex optimization problems that contain a great number of design variables might require extensive hours of computation for inexperienced users, a condition that is increasingly infeasible in practice due to cost or time constraints at the early design stage. Therefore, it is difficult to estimate the change of total energy demand by just varying

E-mail: rdshan@umich.edu

基于遗传算法的围护结构优化设计研究

山如黛, 刘冠男, 夏晓东, 石铁矛

(沈阳建筑大学生态低碳城镇化与绿色建筑工程技术中心, 110000, 沈阳)

摘 要: 针对围护结构节能设计参数复杂多样, 设计方案模拟运算工作量大, 择优过程耗时长, 最优解难以快速准确得出的问题, 提出一种基于遗传算法的建筑围护结构优化设计方法。结果显示, 在百万余种设计组合中, 当建筑围护结构影响因子设计参数取值为模拟最优组解时, 建筑年使用能耗量最低可达 $15.193 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2$ (南向)。经认证, 此解为设计目标函数最小值。从而证明, 基于遗传算法的建筑围护结构节能设计优化方法在设计方案复杂多样的情况下, 可准确高效地进行优化运算并辅助筛选, 得出既定目标最佳设计方案。

关键词: 遗传算法; 围护结构; 优化设计; 严寒地区; 办公空间

中图分类号: TU 528.38

文献标志码: A

文章编号: 1000-4726(2018)02-0145-04

GENETIC ALGORITHM-BASED STUDY ON OPTIMISTIC DESIGN OF ENCLOSURE STRUCTURE

SHAN Ru-dai, LIU Guan-nan, XIA Xiao-dong, SHI Tie-mao

(Shenyang Jianzhu University(RCEUGB), 110000, Shenyang, China)

Abstract: Energy-saving design of enclosure structure involves complex and diversified parameters, heavy simulative computation and long period of excellent design scheme selection. This paper proposed a genetic algorithm-based optimistic method for building enclosure structure design, to solve the problem which is difficult to be solved by using the optimum scheme. It was found that the least energy consumption of building per annum may reach $15.193 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2$ (southward) when the design value of enclosure structure influencing factor is the optimum simulative solution among more than a million of design combination schemes. It has been proved that this solution is the minimum value of design object function. Therefore, it was verified that optimum method for energy-saving design of building enclosure structure could accurately and effectively realize optimum computation and screen out the optimum design scheme for planned objective.

Keywords: genetic algorithm; enclosure structure; optimum design; cold region; office space

目前, 围护结构的节能设计已成为建筑节能设计中的重点^[1-3]。建筑围护结构节能设计因素主要有建筑朝向、体形系数、围护结构传热系数、窗墙面积比(简称 WWR)、外窗玻璃性能、有效遮阳深度等, 这些因素对建筑能耗的影响均存在非线性耦合的关系^[4]。在众多围护结构设计影响因子的调节与选择中, 如何快速准确地得到最优组合方案, 成为围护结构节能优化设计的主要研究问题。

1 遗传算法

遗传算法^[5](Genetic Algorithm, GA)是由美国密歇根大学 J.Holland 教授于 1975 年提出的通过模拟生物界自然选择规律、自然遗传机制和择优进化过程

而形成的一种随机化搜索算法。此算法运用等位变量参数取值模拟等位基因遗传因子, 采用“选择”“交叉”“变异”等算子对仿真生物基因进化过程的模拟进行“优胜劣汰”的优化运算, 通过适应度函数引导种群的进化方向, 使得最优个体所代表的问题解无限接近问题的全局最优解^[6]。

1.1 遗传算法优化设计的发展

在建筑设计研究领域, 于卓^[7]在城市空间增长中的量化方法研究中提出遗传算法可以更准确地表现城市空间增长的自然规律, 满足城市规划多方案选择需求并满足城市空间增长量化的非线性条件。高丽萍^[6]等人对建筑布局求解算法的研究中提出遗传算法可对布局设计过程方案进行约束和控制, 并基于遗传算法研究改进了适合于求解布局的研究方法。Wang W^[8]等人应用遗传算法研究绿色建筑的设计优化, 并得出最优技术组合方案。李强丽^[9]在解决建筑日照采光的设计问题时提出遗传法作为一种随机化

收稿日期: 2017-09-20

基金项目: 国家自然科学基金(51708364)

作者简介: 山如黛(1984—), 女, 辽宁沈阳人, 副教授, e-mail: shanrudai@sjzu.edu.cn.

中德节能示范中心可持续设计策略及节能技术研究

SUSTAINABLE DESIGN STRATEGIES AND ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES FOR SINO-GERMANY
ZERO-ENERGY DEMONSTRATION CENTER

石铁矛¹ 山如黛^{2,3} 夏晓东¹

Shi Tiemao, Shan Rudai, Xia Xiaodong

摘要/ 以沈阳建筑大学中德节能示范中心为例,探索在严寒地区建设近零能耗且具有较高室内环境质量的智能化办公建筑的设计策略和技术方法。文章对中心的建筑形式、外围护结构优化、双源热泵系统、地道新风系统、智能化系统、可再生能源系统的技术体系展开研究,同时分析运营期间的环境质量与能耗监测数据,验证了严寒地区实现近零能耗建筑的可行性,为严寒地区节能办公建筑的发展提供了一定的参考及适合的技术方案。

关键词/ 沈阳建筑大学中德节能示范中心;近零能耗建筑;被动式技术;严寒地区

ABSTRACT/ This paper demonstrated a case study of Sino-Germany Zero-Energy Demonstration Center in Shenyang Jianzhu University, with the purpose to explore passive and active building design strategies in the severe cold climate in China. Design strategies are illustrated and discussed including building form, insulation, double-resource heat pump, underground fresh air tunnel, intelligent control, and sustainable energy resource, and then the principle of 'passive takes precedence over active' is proposed. The indoor environment quality and energy demand data are recorded and analyzed, which validated the feasibility of nearly zero energy building in severe cold climate. This case study provided appropriate and valuable strategies for designing nearly zero energy building in the severe cold area in China.

KEY WORDS/ Sino-Germany Zero-Energy Demonstration Center; nearly zero energy building; passive strategy; severe cold climate

1 项目背景

随着城镇化进程的快速推进和发展,建筑能耗总量和占全社会能耗的比例逐年上升。目前,建筑能耗约占世界能源消耗总量的 40%^[1]。而我国新建建筑的建设量也在逐年增长,预计到 2020 年,我国新增建筑面积 300 亿 m²,能耗将增加至 10.9 亿 t 标准煤^[2]。在我国广大严寒寒冷地区,建筑供暖期长,能源消耗量大,使得建筑能耗问题更加突出。在 2013 年全年,北方城镇供暖能耗约占全国建筑能耗的 24.0%^[3]。同时,严寒寒冷地区的建筑室内环境质量普遍不达标,一是温度会受供暖的影响过冷或过热,二是室内湿度会受建筑热桥影响造成结露或因新风不足导致过于干燥。

近零能耗建筑是指不消耗常规能源,完全依靠太阳能或者其它可再生能源达到建筑使用和室内环境舒适度的建筑^[4-5]。国际学术界对于近零能耗建筑的定义根据用能和碳排放的评价标准略有不同,根据 Torcellini 的定义^[6],近零能耗建筑是产生和消耗的一次能源可以达到平衡的、与公共电网相连接的建筑,衡量时间一般以年为单位。

沈阳建筑大学中德节能示范中心(以下简称:中心)是我国严寒地区第一栋实现近零能耗的办公建筑,由中德两国合作设计。中心以绿色可持续为设计策略,以德国先进的节能技术为依托,集被动式与主动式节能技术于一体,从建筑设计、构造施工、运营管理等

环节控制建筑性能,展现了现代节能办公楼生态环保、节能减排、智能化的特点。中心项目处于严寒地区,建筑在满足人们对室内舒适度要求的同时,还要尽可能地减少化石能源消耗。该项目于 2015 年 5 月竣工,同年获得了三星级绿色建筑认证,这在严寒地区办公建筑中属首例,为我国严寒地区的可持续办公建筑的设计与实践提供了参考。

2 建筑设计

中心位于沈阳建筑大学校园内东南侧,东临学校体育场,西临八王书院,北临校园稻田景观,南向为自然空地。中心共 3 层,地上 2 层、地下 1 层(图 1、2),总建筑面积 1600.7 m²。中心主要以实现节能减排及使用空间高舒适性为目标,通过被动式节能设计技术和主动式节能设计技术以及相应节能产品的集成运用加以实现。

在建筑设计阶段,利用计算机模拟和优化技术,对建筑的朝向、体形系数以及围护结构的各项参数进行优化选择。为使冬季获得较大的太阳辐射得热,并且结合校园规划场地的限制,建筑以东南向为主要朝向。建筑外观简洁,尽量减少外观上的凹凸变化,体形系数为 0.22,满足了国家节能标准中体形系数小于 0.4 的规定,将建筑通过外表面的热损失减至最小。在满足建筑室内自然采光和自然通风要求的情况下,同时考虑太阳辐射增益与透明围护结构部分热

国家自然科学基金项目(51578344)

作者单位: 1 沈阳建筑大学建筑与规划学院(沈阳, 110168)

2 沈阳建筑大学生态城镇化与绿色建筑研究中心(沈阳, 110168)

3 美国密歇根大学建筑与规划学院

收稿日期: 2014- 11- 5

基于参数化的天然采光评价指标的对比研究—以沈阳地区典型办公空间为例

山如黛^{1,2}, 席明明¹, 严云波³, 夏晓东¹ (1. 沈阳建筑大学 沈阳 110168; 2. 美国密歇根大学 美国 MI48105; 3. 沈阳建筑大学 建筑设计研究院, 110168)

[摘 要] 国际天然采光研究的评价方式已从传统静态评价指标采光系数(DF)逐渐趋向于动态评价指标—有效照度(UDI)。文章以沈阳地区典型侧向采光的办公空间为例,运用参数化建筑建模及模拟方法,通过基于 Radiance 模拟引擎的建筑采光模拟软件,对采光系数(DF)及有效照度(UDI)进行了参数化模拟,并对模拟结果进行了对比分析,从而得出不同外窗系统参数下的 UDI 的最优值。同时,在综合考虑窗户热工性能的限值要求下,得出适合于沈阳地区办公空间的天然采光设计方案。

[关键词] 动态评价指标;有效照度;参数化模拟;办公空间

[中图分类号] TU113.19⁺¹ **[文献标识码]** A

The Comparative Study of Daylighting Evaluation Metrics Based on Parametric Simulation—a Case Study of Typical Office Space in Shenyang

SHAN Rudai^{1,2}, XI Mingming¹, YAN Yunbo³, XIA Xiaodong¹ (1. Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168; 2. University of Michigan, USA, MI48105; 3. Architectural Design and Research Institute of Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168)

Abstract: The evaluation methods of international daylighting study has converted gradually from traditional evaluation metric (Daylight Factor) to dynamic evaluation metric (Useful Daylight Illuminance). In this research, a comparison analysis of Daylight Factor and Useful Daylight Illuminance is given, and model with parametric simulation, Radiance simulation software is implemented to simulate to the Daylight Factor and Useful Daylight Illuminance of side daylighting of office buildings in Shenyang, and the paper then shows that the optimal value of useful daylight illuminance in the different window coefficient to select the most appropriate natural lighting design to office space in Shenyang through comparative analysis to the daylighting evaluation metric in the simulation result and also under the limit of the thermal performance of windows.

Keywords: dynamic daylight performance metrics, useful daylight illuminance, parametric simulation, office space

0 引 言

合理利用天然光,不仅利于降低能耗,还能使人心情愉悦,感觉舒适,达到最佳的视觉感受,创造最高的工作效率。目前,天然采光已成为建筑节能的

主要组成部分之一,是实现绿色建筑可持续发展的一个重要因素。在办公建筑中,主要通过单侧自然采光来满足室内光环境的舒适度,而在对天然采光质量的优劣性进行评价的过程中,采光评价指标起到了关键性的作用,利用适当的采光评价方式,可以促进天然光在办公空间内更好的应用。

我国对天然采光的研究处在起步阶段,且大都是采用传统的评价指标采光系数(Daylight factor, DF),即采光系数,它是通过照度值来衡量室内天然采光质量。随着研究的深入,DF的弱点被凸显了出来,其他的一些采光性能指标也随之被提出,如有效

[收稿日期] 2016-03-17 [一次修回] 2016-06-23
[二次修回] 2016-09-01
[基金项目] 辽宁省自然科学基金计划项目“寒地气候适应性建筑表皮优化算法及被动式技术方法研究”(2015020632)
[作者简介] 山如黛(1984-)女,博士,副教授
[联系方式] shanrudai@sjzu.edu.cn

辽宁省市场监督管理局文件

辽市监发〔2023〕27 号

辽宁省市场监督管理局关于印发 2023 年 辽宁省地方标准立项计划的通知

省（中）直各有关行政主管部门、各起草单位：

为贯彻落实《国家标准化发展纲要》《中共辽宁省委 辽宁省人民政府关于贯彻〈国家标准化发展纲要〉的实施意见》精神，构建推动高质量发展的标准体系，根据《中华人民共和国标准化法》《辽宁省地方标准管理办法》等有关规定，省市场监管局经过项目征集、标准查重、论证评估、对外公示、党组审议，确定 2023 年辽宁省地方标准立项计划 372 项，其中制定 299 项、修订 73 项，强制性标准 1 项、推荐性标准 371 项。现将计划印发给你们，请认真组织实施。

一、请省（中）直各有关行政主管部门将计划任务落实到起

草单位，并加强业务指导和工作监督，确保按时完成任务。同时，要努力提高标准质量水平，确保标准具有科学性、规范性、时效性和适用性。鼓励科研机构、社会团体、高校和龙头企业等共同开展标准研制工作。

二、地方标准主要起草单位应按照《辽宁省地方标准管理办法》《辽宁省地方标准制修订工作细则（试行）》要求，成立起草小组，制定起草计划，组织拟定标准草案。草案要广泛征求生产、销售、使用、检验、管理等有关方面和社会各界的意见建议，并协商一致。原则上被征求意见的单位不少于 15 家。

三、主要起草单位应当将协商一致后的地方标准草案，分别通过省标准化行政主管部门和省（中）直有关行政主管部门网站，向社会公开征求意见，公开征求意见的期限不少于 30 日。

四、地方标准的审查原则上采用会议审查形式。有对口省级专业标准化技术委员会的，送审材料应经过标委会初核后，报省（中）直有关行政主管部门审核同意，向省市场监管局网上提出标准审查申请，审查会议由标委会秘书长或由其指派专家参加。（辽宁省地方标准管理平台网址：<https://www.lnsi.org:8081/login.aspx>）

联系人：肖卓 024-96315-1-3502

高洪涛 024-96315-1-3512

佟宜沅 024-23237909

电子邮箱：1226296885@qq.com

F01 2023 年辽宁省地方标准立项通知及相关条目

原文件第 11 页 本项第 3 页 / 共 3 页

序号	立项编号	项目名称	强制/推荐	制定/修订	代替标准号	项目周期(月)	起草单位	对口 TC	归口部门	备注
							监测中心			
65	2023065	水质 喹诺酮类、磺胺类、β-内酰胺类和氯霉素类抗生素的测定 直接进样/液相色谱-质谱法	推荐	制定		18	辽宁省大连生态环境监测中心		辽宁省生态环境厅	科技计划项目
66	2023066	水质 双酚类化合物的测定 高效液相色谱法	推荐	制定		18	辽宁省葫芦岛生态环境监测中心		辽宁省生态环境厅	
67	2023067	超低能耗建筑设计规程	推荐	制定		18	辽宁省建设科学研究院有限责任公司		辽宁省住房和城乡建设厅	
68	2023068	智慧燃气建设技术规程	推荐	制定		18	中交城市能源研究设计院有限公司		辽宁省住房和城乡建设厅	
69	2023069	建设工程质量安全智能监管技术规程	推荐	制定		18	辽宁省建筑标准设计研究院有限责任公司、广联达科技股份有限公司		辽宁省住房和城乡建设厅	
70	2023070	城镇智慧供热技术规程	推荐	制定		18	辽宁省市政工程设计研究院有限责任公司		辽宁省住房和城乡建设厅	
71	2023071	零碳建筑认定和评价技术规范	推荐	制定		18	辽宁省阳光绿色能源研究院有限公司		辽宁省住房和城乡建设厅	
72	2023072	内墙紫砂艺术装饰涂料施工应用技术规程	推荐	制定		18	喀左县玉龙紫砂艺术品制造有限公司		辽宁省住房和城乡建设厅	
73	2023073	住宅排烟(气)道系统技术规程	推荐	制定		18	沈阳建筑大学		辽宁省住房和城乡建设厅	
74	2023074	可再生能源建筑应用数据监测系统技术规程	推荐	制定		18	辽宁省建设事业指导服务中心、沈阳工程学院、沈阳清能院清洁能源有限公司		辽宁省住房和城乡建设厅	
75	2023075	既有住宅健康改造技术规程	推荐	制定		18	沈阳建筑大学、辽宁省土木建筑学会		辽宁省住房和城乡建设厅	
76	2023076	近零能耗建筑施工图设计	推荐	制定		18	大连理工大学		辽宁省住房和城乡建设厅	

ICS 91.080.10

CCS P26

DB

辽宁省地方标准

DB 21/T XXXX—2025

J XXXX—2025

既有住区健康改造规程

Technological regulation for healthy retrofitting of

existing residential area

（报批稿）

2025—X—XX 发布

2025—X—XX 实施

辽宁省住房和城乡建设厅

辽宁省市场监督管理局

联合发布

辽宁省地方标准

既有住区健康改造规程

Technological regulation for healthy retrofitting of
existing residential area
(报批稿)

DB 21/T XXXX—2025

主编单位：沈阳建筑大学
辽宁省土木建筑学会
批准部门：辽宁省住房和城乡建设厅
辽宁省市场监督管理局
施行日期：2025 年 XX 月 XX 日

2025 沈阳

前 言

根据辽宁省住房和城乡建设厅《关于印发 2022 年度辽宁省工程建设地方标准制修订计划的通知》（辽住建科〔2022〕11 号）的要求，辽宁省土木建筑学会、沈阳建筑大学协同有关单位，结合辽宁省的实际情况，经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进经验以及国内外其他标准，在广泛征求意见的基础上，制订本规程。

本规程共分 10 章，主要技术内容为：1 总则、2 术语、3 园区环境、4 室内公共空间、5 套内物理环境、6 围护系统、7 建筑结构、8 管网设备、9 施工与验收、10 运行管理等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由辽宁省住房和城乡建设厅、辽宁省市场监督管理局批准，由辽宁省住房和城乡建设厅负责管理，由沈阳建筑大学、辽宁省土木建筑学会负责具体技术内容解释。

本规程执行过程中如有意见或建议，均可通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理。（归口管理部门：辽宁省住房和城乡建设厅，地址：沈阳市和平区太原北街 2 号，邮编：110001，联系电话：024 - 23448611。主要起草单位：沈阳建筑大学、辽宁省土木建筑学会，地址：沈阳市浑南新区浑南东路 9 号，邮编：110168，联系电话：024 - 24694839）。

本规程主编单位：沈阳建筑大学

辽宁省土木建筑学会

本规程参编单位：东北大学

中国建筑东北设计研究院有限公司

辽宁省建设科学研究院有限责任公司

中建安装集团有限公司

中国建筑一局（集团）有限公司

中国二十二冶集团有限公司

F02 既有住区健康改造规程报批稿

原文件第 4 页 本项第 4 页 / 共 6 页

中国水利水电第六工程局有限公司

沈阳大学

辽宁工程技术大学

沈阳工业大学

沈阳职业技术学院

大连理工大学城市学院

沈阳工业大学

沈阳职业技术学院

大连理工大学城市学院

本规程主要起草人员：山如黛 张雅婷 周诗文 初亚奇 石 羽 徐向飞
樊现超 菅 宏 潘城乡 任长春 吴晓平 赵 威
宋玉岭 张九红 李 绥 丛 阳 计增龙 姜丰洋
孙玮晨 何金星 梁晶晶 马晶椿 李 明 洪 宇
孙庆巍 路沙沙 范 鹤 王丹菲 李 坤 郝晓宇
李一婷

本规程主要审查人员：庞光辉 刘庆武 于永彬 孙胜进 赵 立 高国瑞
王 兵

目录

1. 总则..... 1

2. 术语..... 2

3. 改造前评估..... 4

 3.1. 一般规定..... 4

 3.2. 室外公共空间..... 4

 3.3. 室内公共空间..... 4

 3.4. 套内物理环境..... 4

 3.5. 围护系统..... 5

 3.6. 居民需求与反馈..... 5

4. 室外公共空间..... 6

 4.1. 一般规定..... 6

 4.2. 绿化与景观..... 6

 4.3. 地面铺装..... 7

 4.4. 照明系统..... 7

 4.5. 交通与停车..... 7

 4.6. 无障碍设施..... 8

 4.7. 步行系统..... 8

5. 室内公共空间..... 9

 5.1. 一般规定..... 9

 5.2. 走廊、门厅、单元出入口..... 9

 5.3. 楼梯..... 9

 5.4. 电梯..... 10

6. 套内物理环境..... 11

 6.1. 一般规定..... 11

 6.2. 室内热环境..... 11

 6.3. 室内空气质量..... 11

 6.4. 室内声环境..... 12

 6.5. 室内光环境..... 13

7. 围护系统..... 15

 7.1. 一般规定..... 15

 7.2. 改造设计..... 15

 7.3. 气密性..... 17

 7.4. 热桥..... 18

8. 施工与验收..... 19

 8.1. 一般规定..... 19

 8.2. 保温系统施工..... 19

 8.3. 门窗安装..... 20

 8.4. 气密性控制..... 20

 8.5. 热桥施工..... 20

 8.6. 质量控制..... 21

附录 A 围护系统常见保温材料物理性能参数要求及技术要求..... 22

附录 B 部分常见外窗热工性能参考..... 23

附录 C 常见构造节点图..... 27

本规程用词说明..... 38

条文说明..... 39

编制说明..... 40