

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2024.04.006

<https://xuebao.xaut.edu.cn>

引文格式: 汤青慧, 李军, 张微生. 既有住宅绿色改造风险网络构建及关键风险研究——基于可持续性视角[J]. 西安理工大学学报, 2024, 40(4): 503-511.

TANG Qinghui, LI Jun, ZHANG Weisheng. Construction of risk network for green renovation of existing residential buildings and research on key risks from the sustainability perspective[J]. Journal of Xi'an University of Technology 2024 40(4): 503-511.

既有住宅绿色改造风险网络构建及关键 风险研究——基于可持续性视角

汤青慧^{1,2}, 李军¹, 张微生³

(1. 青岛理工大学 管理工程学院, 山东 青岛 266520; 2. 青岛理工大学 管理工程学院 智慧城市建设
管理研究中心, 山东 青岛 266520; 3. 济宁市住房保障和房地产发展事务中心, 山东 济宁 272000)

摘要: 为了既有住宅绿色改造项目的可持续发展, 对项目风险进行了分析研究。首先, 使用 WBS-RBS 法识别出了既有住宅绿色改造可持续性风险因素; 然后利用社会网络分析法构建了既有住宅绿色改造风险因素网络图并挖掘出了核心风险因素和风险关系, 针对性地提出了风险控制措施; 最后, 对风险控制措施进行了效果检测。结果表明: 能耗预测准确性、业主改造积极性、物业统筹协调能力等为核心风险因素, 且风险控制措施可以有效地阻断风险传导, 大大降低既有住宅绿色改造风险发生的可能性。

关键词: 既有住宅; 绿色改造; 可持续性; 风险关联性

中图分类号: TU023

文献标志码: A

文章编号: 1006-4710(2024)04-0503-09

Construction of risk network for green renovation of existing residential buildings and research on key risks from the sustainability perspective

TANG Qinghui^{1,2}, LI Jun¹, ZHANG Weisheng³

(1. School of Management Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao 266520, China;

2. Smart City Construction Management Research Center, School of Management Engineering,

Qingdao University of Technology, Qingdao 266520, China; 3. Jining Housing Security and Real

Estate Development Affairs Center, Jining 272000, China)

Abstract: For the sustainable development of the existing residential green renovation project, the project risk is analyzed and studied. Firstly, the WBS-RBS method is applied to identify the sustainability risk factors of the green renovation of existing residences. Then, the social network analysis method is used to construct the network diagram of risk factors for the green renovation of existing residences, with the core risk factors and risk relationships excavated and the risk control measures proposed. Finally, the effect of risk control measures is tested. The results show that the accuracy of energy consumption prediction, the enthusiasm of the owners for renovation, and the ability of property management and coordination are the core risk factors, and that the risk control measures can effectively block the risk transmission and greatly reduce the possibility of the risk from green renovation of existing residences.

Key words: existing residential areas; green transformation; sustainability; risk correlation

收稿日期: 2023-07-03; 网络首发日期: 2023-12-01

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1294.N.20231201.1616.002.html>

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41702320); 青岛市社会科学规划资助项目(QDSKL2101190)

第一作者: 汤青慧, 女, 博士, 副教授, 研究方向为房地产项目管理。E-mail: seaytangqh@163.com

通信作者: 李军, 男, 硕士生, 研究方向为工程项目管理。E-mail: 347821115@qq.com

绿色建筑指在建筑全寿命期内,节约资源、保护环境、减少污染,为人们提供健康、适用、高效的使用空间,最大限度地实现人与自然和谐共生的高质量建筑,是可持续发展理念在建筑领域的具体体现^[1],是建筑业高质量发展的必由之路。相对于新建建筑,我国既有建筑存量巨大。据国家统计局和中国建筑科学研究院最新数据,目前我国既有建筑面积约 $800 \times 10^8 \text{ m}^2$ ^[2]。城市既有住宅作为存量建筑的主体,普遍存在环境品质差、节能水平低、抗震水平低、配套设施缺乏等系列问题^[3]。开展既有住宅绿色改造已然成为存量建筑提升和建筑业节能减排的重要途径^[4-5]。相较于其他建设项目,既有住宅绿色改造有深层次和更为严格的目标要求,加之其经济外部性,使既有住宅绿色改造面临的风险更加突出^[6]。充分考虑项目风险边界模糊、风险体系庞杂、风险相互关联等特点,利用复杂网络理论开展项目风险系统识别和关联性分析是当前项目风险管理研究的重要方向^[7-8],对于提高既有住宅绿色改造项目风险管理水平,全面推动我国既有建筑绿色改造具有重要的现实意义。

目前,大量学者对既有建筑绿色改造项目风险进行了识别和风险评估,但大多数的风险方法没有涉及风险因素之间的复杂作用关系。如 Hwang 等^[9]通过文献梳理归纳了 20 个新加坡既有建筑绿色改造风险因素,使用问卷调查确立了关键风险因素。陈悦华等^[10]和王莹等^[11]分别使用 GA-BP 神经网络和改进 FMEA 的方法对既有建筑绿色改造风险进行了评价。刘晓君等^[12]则使用 ANP-Grey 的方法评价了既有居住建筑节能改造项目风险。陶凯等^[13]基于文献梳理探寻出了 15 个风险因素,使用 ISM 方法构建了建筑节能改造风险层级结构。

从研究视角来看,现有研究大多是基于全生命周期的视角,缺乏基于项目可持续性视角的研究。项目的可持续性是可可持续发展理论在微观领域的具体应用,充分体现了工程项目全生命周期管理的核心目标。已有学者对装配式建筑^[14]、装配式建筑供应链^[15]、基础设施^[16]等建筑项目的可持续性进行评价。“可持续发展”是既有住宅绿色改造的重要指导理念,既有住宅绿色改造的目标兼具“可持续发展”的系统性、科学性和包容性^[17]。发挥项目可持续性的指导作用,能够使所构建的既有住宅绿色改造可持续性风险框架更具指向性和系统性。因此,有必要基于可持续性视角探求既有住宅绿色改造风险。

从研究方法来看,现有研究缺乏风险间复杂关

系的量化研究,难以对风险传递进行直观的定量描述,缺乏评价既有建筑绿色改造风险的综合研究框架、模型和方法^[18]。而社会网络分析^[19]以可视化的形式对风险网络进行直观呈现,通过风险关系的量化表征精细刻画网络整体特征并确定核心风险因素。因此,使用社会网络分析法进行既有住宅绿色改造项目风险研究具有一定的适用性和创新性。

综上,针对现有研究的局限性,本文基于项目可持续性视角,采用社会网络分析法构建既有住宅绿色改造风险管理网络,实现了对既有住宅绿色改造可持续风险由源到链的深层次研究。本文的研究贡献主要体现在两方面:一是从项目可持续性的角度进行了风险识别和分析,丰富了既有住宅绿色改造风险的研究视角;二是运用社会网络分析的方法对既有住宅绿色改造风险因素之间的复杂关系进行了量化研究,对风险传递进行了可视化的直观描述,丰富了既有建筑绿色改造项目风险的综合研究框架和模型。

1 既有住宅绿色改造可持续性的内涵

世界环境与发展委员会首次提出了可持续发展的概念。可持续发展是由生态发展、经济发展和社会发展三者共同组成的系统,三者高度协调,构成一个统一的整体^[20]。可持续发展来源于社会可持续发展理论,偏向于宏观视角,而“可持续性”作为微观建设项目的一种属性更加适合^[21]。建设项目可持续性指建设项目在其生命周期内,持续地发挥其社会、经济、环境效益,协调三种效益相互适应,维持各种效益和影响之间的动态平衡,约束发展速度和发展质量相互适应,使建设项目保持稳定的可持续能力,从而保持建设项目目标的持续性^[22]。

建设项目的可持续性讲究发展度、协调度和持续度三个原则,发展度是判断一个项目是否朝着目标前进,持续度是实现目标的可持续度,协调度要求环境与发展、投入与产出的平衡。一个建筑项目只有在社会、经济和环境三个维度得到协调平衡,才是可持续的^[23]。既有住宅绿色改造项目作为可持续发展理论在项目领域的具体应用,除了保持项目自身的持续性,还要与周围的经济、社会、环境长期稳定协调地发展。综上所述,本文认为既有住宅绿色改造可持续性是指在项目决策、施工、运营管理生命周期内,在提高建筑节能水平和居住体验的目标下,以经济、环境、社会、工程与运营管理的最小成本消耗实现项目的可持续发展,达到各个方面相互平衡的一种协调状态,是由经济可持续性、社会可持续

性、环境可持续性、工程可持续性以及管理可持续性组成的一个高阶复杂系统。其中,工程可持续性是整个系统安全运行的前提,经济可持续性子系统获取的收益为整个系统的运行提供动力,工程和管理可持续性为实现经济、社会、环境协调可持续发展提供保障。各子系统之间相互作用、相互影响,共同实现既有住宅绿色改造项目的可持续发展^[24]。

2 可持续性风险因素识别

2.1 WBS 工作分解

WBS-RBS 即为工作分解-风险分解法,是一种常见的风险识别方法。工作分解是将项目的工艺流

程或工作内容从上到下逐层进行分解。风险分解则是将项目可能存在的风险从宏观到具体进行划分,一般项目的风险结构分解到两个层次便终止分解。最后构建 WBS-RBS 耦合矩阵进行最终的风险识别。既有住宅绿色改造内容复杂繁琐,涉及的风险因素较多。采用该方法能够更系统地归纳既有住宅绿色改造项目风险因素,更直观地表现风险因素的层级结构和分类,有效减小风险识别的主观性和混乱性。

参考老旧小区改造的工作流程划分方式以及住建部发布的《既有建筑绿色改造评价标准》,按照项目决策、项目设计、项目施工、项目运维将工作分解成风险识别的小单元,分解图见图 1。

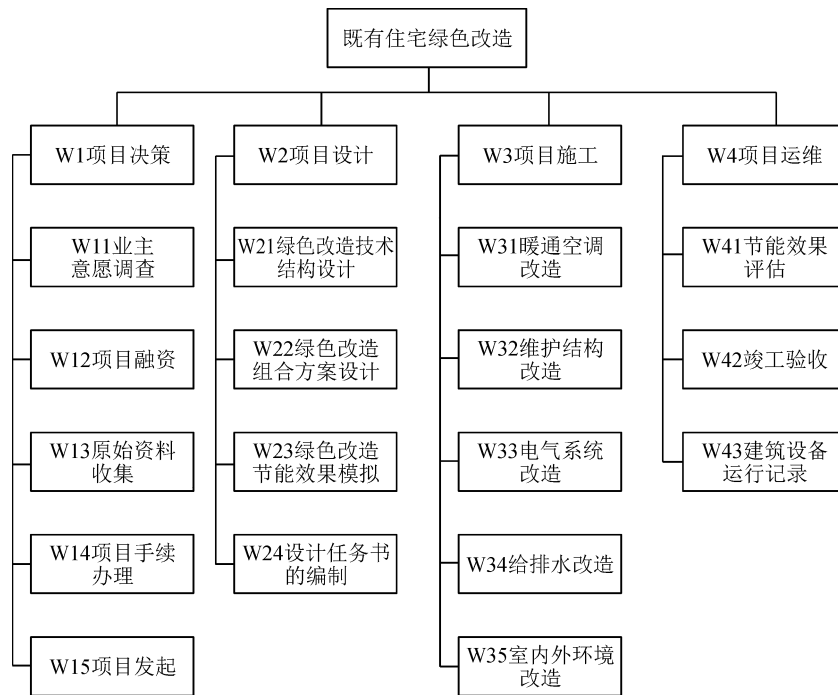


图 1 WBS 分解图

Fig. 1 WBS exploded view

2.2 RBS 风险分解及风险因素的修正

基于文献梳理,从可持续发展视角对既有住宅绿色改造项目工程、经济、管理、社会、环境五个可持续性风险子系统影响因素进行识别,构建 WBS-ARBS 风险耦合矩阵,并邀请绿色改造项目的现场管理人员、相关专家根据对应关系以及实际改造情况进行过滤筛选,最终得出既有住宅绿色改造项目可持续性风险因素表,见表 1。

3 网络模型的构建与分析

3.1 数据收集

黄屯社区位于济宁市高新区黄屯街道,是按照上世纪 80 年代通用设计标准建设的非节能居住建筑社区。随着使用年限的增长,出现了建筑立面脏

乱、基础设施损坏、居住环境差、室内通风差等问题。在济宁市入选北方冬季清洁取暖试点城市的背景下,黄屯社区既有居住建筑绿色节能改造项目成为了重点工程。该项目总建筑面积约为 $5.4725 \times 10^4 \text{ m}^2$,总投资约 4×10^6 元,改造范围包括 1 号楼、10 号楼、A1 楼等。改造内容主要包括建筑外墙、屋面保温层的增加、围护结构保温效果的提升、节水器具改造等。改造后社区的人居环境得到了很大的提升,节能率达到了《山东省既有居住建筑供热计量及节能改造技术导则》的标准。此项目具有一定的代表性和示范性,设计施工等相关人员积累了丰富的绿改经验。因此,本文采用电子问卷的方式邀请此项目的设计方、施工方、相关技术负责人等对既有住宅绿色改造项目风险关联性进行打分,得到风

险关联矩阵。问卷共包含三个部分:第一部分是问卷说明,对问卷调查的目的进行简要介绍;第二部分是个人信息,包括所在单位、参与既有住宅绿

色改造的数量等;第三部分是相关专家对既有住宅绿色改造风险关联性的评判,有影响为1,没有影响为0。

表1 既有住宅绿色改造风险因素表

Tab.1 Table for risk factors for green renovation of existing residential buildings

编号	风险因素	归类	参与方
R1	绿色改造方案合理性	环境可持续性风险	设计方
R2	能耗预测准确性		
R3	节能目标可达性		
R4	节能技术稳定性和适配性		设计方/施工方
R5	业主绿色改造积极性	社会可持续性风险	业主
R6	业主支费用积极性		
R7	业主与各参与方纠纷		各参与方
R8	改造对业主造成不便		
R9	节能设备损坏风险		业主
R10	改造后业主满意度		
R11	投资和收益预测准确度	经济可持续性风险	设计方
R12	激励政策缺失风险		
R13	融资困难风险		政府部门
R14	缺乏绿色改造相关保险风险		
R15	财务管理风险		设计方
R16	施工成本超支风险		施工方
R17	绿色标准评估高成本风险		运营方
R18	运营维护成本超支风险		
R19	物业统筹协调能力不足风险	管理可持续性风险	运营方
R20	运营维护不到位风险		
R21	责任分配合理性		
R22	绿色认证不通过风险		设计方/施工方
R23	材料、设备的不稳定性		供应商
R24	建筑事故		工程可持续性风险
R25	施工进度延误风险		
R26	改造建筑原始信息不明确风险		
R27	绿色改造经验不足风险	各参与方	
R28	施工质量不合格风险		
R29	各部门沟通协作困难风险		
R30	政府部分不合理干涉风险	政府部门	

3.2 风险网络可视化

将风险邻接矩阵导入 Netdraw 软件进行既有住宅绿色改造风险网络图的绘制。见图 2。

3.3 整体网络分析

整体网络密度用于测量各节点之间的紧密程度,是整体网络分析的常用指标。计算公式见式

(1),其中 K 代表网络关系中的所有关系数量, n 代表网络中的节点数量。利用 UCINET 求得整体网络密度为 0.139 1,平均步长为 2.159,表明当系统中某个风险发生时,平均将经过 2.159 个距离引发另外一个风险。

$$D = \frac{K}{n \times (n - 1)} \quad (1)$$

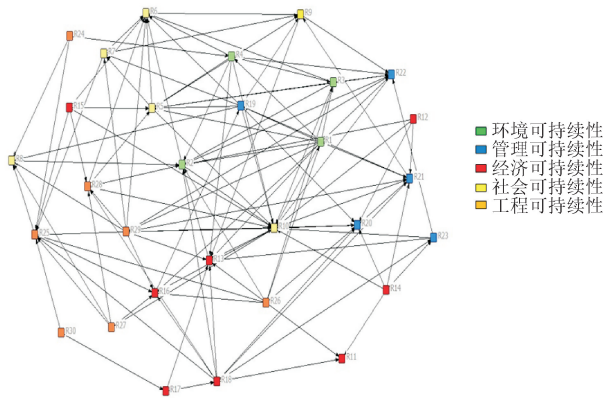


图2 风险网络图
Fig. 2 Risk network diagram

“块模型”是指将网络模型中的因素按照一定的标准划分几个分散的子群,每个块为邻接矩阵的一部分,它可以将复杂风险网络中的点有效归类,进而对风险网络的整体特点进行分析。块分析的第一步是使用 CONCOR 法对系统中的风险因素进行分类。

第二步是构建风险网络块模型密度矩阵,常用整体网络密度作为 α 密度指标来确定“1-块”和“0-块”。在 UCINET 中按照“Network→Roles&Positions→CONCOR”操作即可得到既有住宅绿色改造风险因素网络块矩阵和网络块模型密度矩阵。风险网络分块矩阵见表 2。将网络块模型密度矩阵中大于 0.139 1 的替换为 1,其余为 0,得到像矩阵。如表 3 所示,在块 5、块 6、同时拥有发出关系和接收关系,且块 5、块 6 行和列中都有内部关系(块 5、块 6),内部联系紧密,属于首属人位置。块 7、块 8 也拥有两种关系,但块 7、块 8 行和列中没有内部关系(块 7 和块 8),内部联系不紧密,属于经纪人关系。根据 Burt 的相对位置划分理论,“首属位置”和“经纪位置”的块大概率为网络核心,所以,本文认为块 5、块 6、块 7、块 8 处在网络核心位置。

表2 风险因素网络分块矩阵
Fig. 2 Block matrix of risk factor network

块	风险因素	块	风险因素
1	R1,R4,R17	5	R22,R2,R3,R5
2	R12,R14,R18,R26,R19	6	R6,R10,R9,R7
3	R15,R27,R29	7	R13,R16,R28,R25,R8
4	R24,R30	8	R20,R21,R11,R23

表3 风险因素网络块模型像矩阵
Fig. 3 Risk factor network block model image matrix

项	块 1	块 2	块 3	块 4	块 5	块 6	块 7	块 8	发出关系	自身关系
块 1	1	0	0	0	1	1	1	0	3	1
块 2	0	0	0	0	1	1	1	1	4	0
块 3	0	0	0	0	1	1	1	1	4	0
块 4	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0
块 5	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
块 6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
块 7	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
块 8	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
接收关系	1	0	0	0	4	5	5	2	—	—
自身关系	1	0	0	0	1	1	0	0	—	—

3.4 个体网络分析

3.4.1 节点度分析

节点度为个体网络分析的重要阶段指标,一个节点的节点度为系统中与其相连节点的个数。节点度通常分为出度和入度。出度为某节点影响其他节

点的关系数量,入度为某节点被其他节点影响的关系数量。点出度越高,说明该节点越权威,对其他节点的影响力越强或输出信息越多^[25]。将既有住宅绿色改造风险邻接矩阵导入 UCINET 软件求得各风险的节点度。节点度坐标图见图 3,区域 II 中的

风险因素入度较大,出度较小,为反应性风险,此类风险因素在风险事件中多属于被影响的一方。区域Ⅲ中的风险因素出度、入度均较小,为预警型风险,对整体风险网络的影响程度较小。区域Ⅳ中的风险因素出度大、入度小,为自发型风险,该类风险因素在风险事件中多影响其他因素,为风险源的一方。

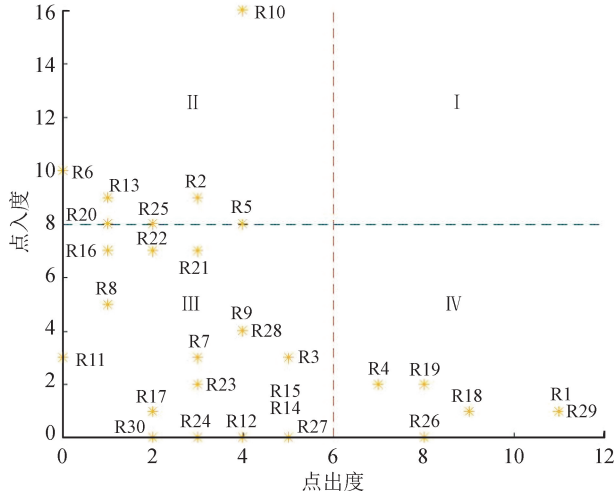


图 3 节点度坐标分布图

Fig. 3 Node degree coordinate distribution map

3.4.2 中间中心性分析

点的中间中心性表示某一节点位于整个风险网络的“中间”的程度。一个节点出现在风险传递路径上的次数越多,说明其中间中心性越强,在整个风险网络中有着很强的支配作用。线的中间中心性同点的中间中心性类似,表现的是风险传递关系对整个风险网络的支配作用。对中间中心性高的节点和风险关系加强关注,将有效降低既有住宅绿色改造项目的风险发生概率。将既有住宅绿色改造项目风险关联数据导入 UCINET,得到表 4,为中间中心性排名前 8 的节点和核心风险关系。

表 4 风险的中心度排名

Fig. 4 Ranking of risk centrality

风险因素	点的中间中心度	风险关系	线的中心度
R10	11.443	R16→R19	66.392
R16	6.575	R10→R16	49.000
R5	5.517	R5→R7	32.900
R19	5.280	R13→R2	26.242
R2	4.927	R7→R25	26.167
R9	2.915	R17→R18	24.525
R18	2.774	R10→R20	22.667
R7	2.648	R2→R10	22.492

3.5 核心风险的识别

核心风险因素的确定首先要参考节点度、中间中心性的结果,其次必须要处在整体网络分析中的核心块中。从图 3 风险节点度坐标图得,R1、R29、R18、R19、R26 具有较大的点出度,说明它们对既有住宅绿色改造风险具有较强的影响,为风险网络的源头,可确定为潜在核心风险因素。从表 4 中间中心性排名表得,R10、R16、R5、R19、R2、R9、R18、R7 的中间中心性较大,对整个风险系统具有较强的控制传导作用,可确定为潜在核心风险因素。在以上通过分析得出的潜在风险因素中,有 R2(节能目标可达性)、R5(业主绿色改造积极性)、R10(改造后业主满意度)、R9(节能设备损坏风险)、R16(施工成本超支风险)、R18(运营维护成本超支风险)共 6 个因素处在核心块中,因此可确定这 6 个因素为既有住宅绿色改造项目核心风险因素。

在可持续性方面,6 个核心风险因素中,有 3 个属于社会可持续性风险,2 个属于经济可持续性风险,1 个属于环境可持续性风险。既有住宅绿色改造项目涉及业主、租户等利益相关者,每个利益群体所追求的改造目标是不一样的,复杂的改造环境和众多的参与单位必然会导致社会风险的产生,而其中作为参与主体的业主的相关社会风险占改造项目核心风险的比例较高,着重对和业主相关的社会风险进行控制将会有效地降低项目风险的发生。

4 风险控制及效果分析

4.1 风险控制措施

对核心风险因素和关键风险关系进行管控能够很大程度上阻断风险的传导和发生。见表 4,关键风险关系的节点大部分都已包含于核心风险因素,只有 R7→R25 路径独立于核心风险,因此在风险关系中只需对此进行管控。具体的管控措施见表 5。

4.2 风险控制效果检测

在提出上述风险控制措施后,可通过相关指标监测控制策略的有效性。本文从整体网络密度、聚类系数以及可达性三个方面对控制效果进行监测。

1) 整体网络密度描述的是社会网络中各节点的关联程度,关系越紧密,其数值越大^[26]。在进行风险控制措施之后,整体网络密度由 0.139 1 下降到 0.065 5,下降了 52.91%。这说明表 5 提出的控制措施能够有效地降低既有住宅绿色改造风险网络的密集程度,从而有效地降低风险发生的概率。

2) 聚类系数反映社会网络中各节点成团的聚集程度,数值越大,相邻节点的联系越强。通过

UCINET 对数据进行对称化处理,通过“Network → Cohesion → Clustering Coefficient”求得聚集系数。在经过风险控制后,聚类系数由 0.362 下降为 0.259,下降了 28%。45。说明上述控制措施可以有效的降低网络凝聚形态。

3) 通过 UCINET 中的“Accessibility”功能对数据进行处理,然后使用 MATLAB 计算既有建筑绿色改造风险的可达性。在经过风险控制后,风险可达数量从 410 个下降到 82 个,说明风险网络的关联度大幅度下降。

表 5 既有住宅绿色改造核心风险因素控制措施

Fig. 5 Control measures for core risk factors in green transformation of existing residential areas

风险因素	可持续性	控制措施
R2	环境可持续性	在项目设计决策阶段,设计方做到对改造目标建筑信息的充分认知,使用最适合改造建筑的节能技术和方案;政府部门可针对绿色材料及节能设备建立标准体系,确保绿色设施的稳定性和节能性;施工部门要吸引具有绿色改造项目丰富经验的技术人才,对施工过程中的不规范行为进行指导,确保改造项目的施工质量,实现既有住宅绿色改造的环境目标
R5 R10 R9	社会可持续性	设计方在进行绿色改造设计时,要充分征求业主的需求,切实保障业主方的利益;政府部门可加大既有住宅绿色改造项目宣传力度,提高社会对既有住宅绿色改造的积极性和认可度,鼓励业主参与其中;物业部门充分发挥统筹协调作用,在改造过程中积极同各部门沟通,在后期运营阶段重视对绿色设施的维护,提高业主的改造满意度,减少社会风险的发生
R16 R18	经济可持续性	设计方要提高成本估算的准确度,在决策设计阶段增强各部门之间的信息交流,从经济角度对每个改造备选方案进行彻底的评估;政府部门可加强对既有住宅绿色改造项目的资金补贴力度,将因资金问题导致的经济、社会等风险发生的可能性降到最低
R7→R25	社会可持续性 工程可持续性	施工部门在设计阶段就应参与到绿色改造方案的编写,在施工前应积极地与业主单位进行沟通,合理规划施工时间;施工部门可招收具有绿色改造经验的工人,并通过集中培训加强工人的绿色改造经验,提高工作效率和质量,把施工对业主造成的影响降到最低

5 结 语

本文从可持续视角识别了既有住宅绿色改造风险因素,使用社会网络分析方法构建了既有住宅绿色改造风险网络,得出了以下结论

1) 基于整体网络分析,既有住宅绿色改造风险网络分为 8 个块,根据块在像矩阵的位置可识别出核心块为块 5、块 6、块 7。基于个体网络分析中的节点度分析、中间中心性分析,识别出了具有较强影响作用和控制能力的 12 个风险因素。最后综合了整体网络分析和个体网络分析的识别结果,最终得出了 R2、R5、R9、R10、R19、R18 共六个核心风险因素以及 R7→R25 关键风险关系。

2) 使用整体网络密度、聚集系数、可达性三个指标对进行风险控制后的既有住宅绿色改造风险网络控制效果进行检测。检测结果说明,控制措施能够有效地降低风险网络的复杂性和紧密程度,大大减小了风险发生的影响程度。

本文的局限性是在考虑风险之间相互影响关系的时候,使用的是 0-1 法则,这就导致了风险之间的强弱关系不能很好地显现出来,而实际风险传递过

程中,风险需要超过一个阈值才会触发。另外,既有住宅绿色改造项目风险因素具有时效性,随着项目的推进,未来可能会有更多风险因素被发掘。

参考文献:

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家市场监督管理总局. 绿色建筑评价标准:GB/T 50378-2019[S]. 北京:中国建筑工业出版社.

[2] 国家统计局. 中国统计年鉴 2022[M]. 北京:中国统计出版社,2022.

[3] 申玲,赵伟川,牟月. 社区参与视角下既有居住建筑绿色改造 PPP 模式创新[J]. 土木工程与管理学报, 2019,36(1):8-15,23.
SHEN Ling, ZHAO Weichuan, MOU Yue. Innovation of PPP mode of existing residential building green retrofit from the perspective of community participation[J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2019,36 (1): 8-15, 23.

[4] 魏永成,郭汉丁,王文强,等. 既有住区绿色改造业主多层次决策协调机制理论研究综述[J]. 土木工程与管理学报,2020,37(6):158-164,170.
WEI Yongcheng, GUO Handing, WANG Wenqiang, et al. Review on the theory of multi-level decision-

- making coordination mechanism of owners in green transformation of existing residential areas[J]. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2020, 37 (6): 158-164, 170.
- [5] 李冰,李迅,杜海龙.既有建筑绿色低碳化改造调查研究——以北京市为例[J]. *城市发展研究*, 2022, 29 (12):25-29, 35.
- LI Bing, LI Xun, DU Hailong. Investigation and research on green and low carbon renovation of existing buildings: taking Beijing as an example [J]. *Urban Development Studies*, 2022, 29 (12): 25-29, 35.
- [6] 王明宇,郭汉丁,贺雨桐,等.既有建筑绿色改造项目风险管理研究综述[J]. *科技和产业*, 2022, 22(3):83-88.
- WANG Mingyu, GUO Handing, HE Yutong, et al. Research review on risk management of green transformation project of existing buildings [J]. *Science Technology and Industry*, 2022, 22 (3): 83-88.
- [7] 杨琳,娄嘉明.复杂项目组织的风险关联性——基于网络视角的实证分析[J]. *土木工程与管理学报*, 2020, 37 (4):52-59,78.
- YANG Lin, LOU Jiaming. Risk factors' correlation in complex project organization: an empirical analysis from network perspective [J]. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2020, 37 (4): 52-59, 78.
- [8] 佐飞,杨畅,闫萍.基于社会网络分析和离差最大化法的项目风险关联程度分析方法[J]. *建筑经济*, 2020, 41 (S1):342-347.
- ZUO Fei, YANG Chang, YAN Ping. Analytical method of project risk dependency degree based on social network analysis and deviation maximization algorithm [J]. *Construction Economy*, 2020, 41 (S1): 342-347.
- [9] HWANG B G, ZHAO Xianbo, SEE Y L, et al. Addressing risks in green retrofit projects: the case of Singapore[J]. *Project Management Journal*, 2015, 46 (4): 76-89.
- [10] 陈悦华,张锐琪,李晓.基于GA-BP神经网络的中国既有建筑绿色改造风险评价研究[J]. *湖北农业科学*, 2020, 59(8):199-205.
- CHEN Yuehua, ZHANG Ruiqi, LI Xiao. Risk assessment of greening existing buildings in China based on GA-BP neural network[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2020, 59 (8): 199-205.
- [11] 王莹,窦蕾,刘思彤.基于改进FMEA的既有建筑绿色改造风险评价[J]. *生态经济*, 2018, 34(1):89-93.
- WANG Ying, DOU Lei, LIU Sitong. Risk assessment studies on the green retrofit projects based on improved FMEA[J]. *Ecological Economy*, 2018, 34 (1):89-93.
- [12] 刘晓君,王斌,白春妮.基于ANP-Grey既有居住建筑节能改造项目合同能源管理风险评价[J]. *施工技术*, 2016, 45(4):56-61.
- LIU Xiaojun, WANG Bin, BAI Chunni. Risk assessment studies on the contract energy management in energy-saving reconstruction of residential buildings based on ANP-Grey [J]. *Construction Technology*, 2016, 45 (4): 56-61.
- [13] 陶凯,郭汉丁,王毅林,等.建筑节能改造项目风险层次结构与关联机理[J]. *广西大学学报(自然科学版)*, 2016, 41(4):973-981.
- TAO Kai, GUO Handing, WANG Yilin, et al. Research on risk hierarchy and related mechanism of building energy saving innovation project [J]. *Journal of Guangxi University (Natural Science Edition)*, 2016, 41 (4): 973-981.
- [14] 李国昌,马涛,章蓓蓓.基于云模型的装配式建筑可持续发展评价[J]. *安徽建筑大学学报*, 2021, 29(2): 15-20.
- LI Guochang, MA Tao, ZHANG Beibei. Sustainable development evaluation of prefabricated buildings based on cloud model[J]. *Journal of Anhui Jianzhu University*, 2021, 29 (2): 15-20.
- [15] 刘子琦,张云宁,欧阳红祥,等.基于云物元理论的装配式建筑供应链可持续性评价[J]. *土木工程与管理学报*, 2020, 37(3):109-115,122.
- LIU Ziqi, ZHANG Yunning, OUYANG Hongxiang, et al. Sustainable evaluation of prefabricated building supply chain based on cloud matter element theory [J]. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2020, 37 (3): 109-115, 122.
- [16] LI Yuanli, XIANG Pengcheng, YOU Kairui, et al. Dynamic network analysis of the risks of mega infrastructure projects from a sustainable development perspective[J]. *Buildings*, 2022, 12(4): 434.
- [17] 李冰,李迅,杜海龙.既有建筑绿色低碳化改造调查研究——以北京市为例[J]. *城市发展研究*, 2022, 29 (12):25-29, 35.
- LI Bing, LI Xun, DU Hailong. Investigation and research on green and low carbon renovation of existing buildings: taking Beijing as an example [J]. *Urban Development Research*, 2022, 29 (12):25-29, 35.
- [18] CHOWDHURY M, HOSSAIN M, DEWAN M N. A framework for selecting optimal strategies to mitigate the corporate sustainability barriers [J]. *Corporate Ownership and Control*, 2015, 13(1): 462-481.
- [19] 张存刚,李明,陆德梅.社会网络分析——一种重要的社会学研究方法[J]. *甘肃社会科学*, 2004(2): 109-111.
- ZHANG Cungang, LI Ming, LU Demei. Network a-

- nalysis; an important sociological research method [J]. *Gansu Social Sciences*, 2004(2): 109-111.
- [20] 刘思华. 对可持续发展经济的理论思考[J]. *经济研究*, 1997(3): 46-54.
 LIU Sihua . Theoretical reflections on sustainable development economy[J] *Economic Research*, 1997(3): 46-54.
- [21] 朱熾,牛志平. 建设项目可持续性概念与后评价研究[J]. *建筑经济*, 2006(1): 11-16.
 ZHU Yan, NIU Zhiping. The concept and post-evaluation on sustainability of construction project[J]. *Construction Economy*, 2006 (1): 11-16.
- [22] 陈岩. 大型建设项目可持续性动态评价研究[J]. *科技管理研究*, 2009, 29(4): 53-55.
 CHEN Yan. Research on sustainable dynamic evaluation of large scale construction projects [J] *Research on Technology Management*, 2009, 29 (4): 53-55.
- [23] AGHAZADEH E, YILDIRIM H. Assessment the effective parameters influencing the sustainable materials selection in construction projects from the perspective of different stakeholders [J]. *Materials Today: Proceedings*, 2021, 43: 2443-2454.
- [24] 白芙蓉,曾天浩,邵慧. 管廊 PPP 项目可持续性风险系统动力学仿真研究[J]. *财会月刊*, 2020(16): 133-139.
 BAI Furong, ZENG Tianhao, SHAO Hui . Research on the system dynamics simulation of sustainability risks in PPP projects for pipe corridors[J] *Finance and Accounting Monthly*, 2020 (16): 133-139.
- [25] 周建亮,朱琰,苗晋维,等. 基于 SNA 的煤矿安全生产关键风险因素分析与对策[J]. *煤矿安全*, 2023, 54(1): 252-256.
 ZHOU Jianliang, ZHU Yan, MIAO Jinwei, et al. Analysis and countermeasures of key risk factors of coal mine safety production based on SNA[J]. *Safety in Coal Mines*, 2023, 54 (1): 252-256.
- [26] 杨志颖,张名凯,杨子江. 基于 SNA 分析的 EPC 项目组织沟通研究[J]. *建筑经济*, 2022, 43(S1): 332-336.
 YANG Zhiying, ZHANG Mingkai, YANG Zijiang. Research on organizational communication of EPC project based on SNA analysis[J]. *Construction Economy*, 2022, 43 (S1): 332-326.

(责任编辑 王绪迪)