



基于 SNA 的未来社区 EPC 项目设计阶段成本风险控制

杨玉胜*, 刘玉婷, 喻兰

长沙理工大学 交通运输工程学院, 长沙 410114

摘要: 为强化总承包商的成本风险管控能力, 提升企业竞争力, 推动实现高质量高效益的社区建设目标, 本文基于文献研究、专家访谈及案例分析, 提取未来社区工程总承包 (EPC) 项目设计阶段的成本风险因素, 构建风险网络模型。利用社会网络分析法 (SNA), 从整体网络和个体网络两个层面对风险网络进行可视化定量分析, 确定关键风险和关键路径, 最后实施风险控制措施并进行效果检测。结果表明: 风险管控中应重点关注行业规范和设计原则变更、关键合同条款与合同技术条款不严格、新产品与技术的不合理应用等 7 项关键风险; 应重点关注政府对未来社区项目的推广与扶持程度低→场景应用存在地区差异和适配性等 3 项关键路径; 采取风险控制措施后, 网络中风险因素之间联系的紧密程度、聚集程度、关联性都显著降低, 高效阻隔了风险在网络中的传导, 从而为总承包商在未来社区 EPC 项目中实现成本风险可控化提供了策略参考。

关键词: 未来社区; 工程总承包项目; 设计阶段; 成本风险; 社会网络分析法

中图分类号: F292

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2025)04-0446-15

引言

2019 年, 浙江省率先提出未来社区的概念并全面启动未来社区建设的试点工作。根据《浙江省未来社区建设试点工作方案》(浙政发〔2019〕8 号)^[1], 未来社区定义为以人本化、生态化、数字化为价值导

向, 以和睦共治、绿色集约、智慧共享为基本内涵, 以高品质生活为中心的新型社区形态, 是社区发展从传统向现代社区转型的必然趋势^[2]。与传统社区相比, 未来社区更注重人的需求和行为, 追求绿色生态的宜居环境, 强调对新科技的运用。未来社区具有建设投资规模巨大、工期紧、设计复杂、设计和施工等

收稿日期: 2024-03-01; **修回日期:** 2024-06-30

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目: 政府投资工程招标投标合谋空间形成路径及其动态仿真研究 (2023JJ30056)

作者简介: *杨玉胜 (1970—), 男, 副教授, 研究方向为工程管理、管理科学。E-mail: yysh7012@163.com (通讯作者)

刘玉婷 (1999—), 女, 硕士研究生, 研究方向为工程项目管理。

喻兰 (1999—), 女, 硕士研究生, 研究方向为工程管理。

引用格式: 杨玉胜, 刘玉婷, 喻兰. 基于 SNA 的未来社区 EPC 项目设计阶段成本风险控制[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2025, 17(4): 446-460. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240017. CSTR: 32282.14.JES.20240017

YANG Y S, LIU Y T, YU L. Cost Risk Control of Future Community EPC Project Design Stage Based on SNA[J]. Journal of Engineering Studies, 2025, 17(4): 446-460. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240017. CSTR: 32282.14.JES.20240017

需多专业协调等特点, 因此, 未来社区项目建设采用工程总承包(EPC)模式。在这种模式下, 总承包商需要同时负责设计、采购和施工任务, 无可避免地会面临诸多风险, 其中成本风险尤为突出, 而项目的设计阶段可以影响项目70%~80%的建设成本, 是全过程阶段费用控制的重点。同时, 未来社区的顶层设计理念、设计功能需求与成本控制之间往往相互冲突, 使总承包商在设计阶段面临更为严峻的成本挑战。因此, 在未来社区EPC项目设计阶段中加强成本控制十分必要。

美国学者罗杰·菲德勒^[3]提出未来社区的概念, 即综合运用各种新兴信息化技术, 将房屋建筑和数字技术相融合构建的社区。透过浙江省对未来社区的概念表达, 可以发现相比于国外的未来社区建设, 国内的未来社区不再单纯追求速度、效率和技术导向的单一维度, 而是回归以人为本的多维度价值观, 承担了更多的社会责任, 包括改善民生、全民健康和教育、城市治理等。在此背景下, 国内外学者在未来社区项目风险管理领域开展了大量研究。Heiskanen等^[4]以典型案例作为示范, 分析了未来社区九大场景建设的风险因素和路径, 提出了未来社区风险治理措施; Hwang等^[5]分析了未来社区项目成本控制的难题, 强调要关注未来社区在设计阶段的创新风险; 杨玉胜和孙俊杰^[6]分析了未来社区项目在运营阶段的关键风险和控制策略, 提出未来社区项目的风险管理思路; 陈立文等^[7-9]利用SNA构建的智慧社区风险网络模型, 识别出关键风险和路径, 提出应对策略, 在一定程度上推进了未来社区风险方面的研究。在项目的成本控制方面, 戴悦等^[10-12]运用博弈论组合赋权-证据理论-模糊综合评价法等方法研究了项目的成本控制的难点, 最大限度地实现了工程效益; 沈艺凡^[13]利用BP神经网络模型将EPC项目施工阶段的成本风险量化, 制订了相应成本风险应急预案; 李琳等^[14]集成决策试验和评价实验法(DEMATEL)和解释结构模型法(ISM)模型研究了EPC项目成本控制的影响程度。

显然, 未来社区EPC项目的风险研究已积累较多成果, 但在成本风险管理领域的研究尚不深入, 且大多数项目风险研究中通常将风险看作孤立的点, 忽视了未来社区项目风险间的传导及相互关系。因此,

本文从总承包商的视角出发, 通过文献研究和案例分析识别未来社区EPC项目在设计阶段存在的成本风险, 并结合社会网络分析法(social network analysis, SNA), 研究各风险要素间的传导及内在相互关系, 帮助总承包商实现风险可控化。研究旨在为提升总承包企业在未来社区建设中的市场竞争力提供有力支撑, 并推动未来社区EPC项目向更加优质、高效的方向迈进, 从而为其发展路径提供重要参考。

1 未来社区EPC项目设计阶段成本风险因素构建

关于未来社区的理论和实践的探索, 始于《浙江省未来社区建设试点工作方案》^[1]中提出的未来社区“139顶层设计”, 即以人民对美好生活的向往为核心, 围绕人本化、生态化、数字化三大核心价值, 构建以未来邻里、教育、健康、创业、建筑、交通、低碳、服务、治理等九大场景创新为重点的集成系统, 打造有归属感、舒适感和未来感的新型城市功能单元。

相较于传统社区而言, 未来社区具备人本化、生态化、数字化的优势特点。首先, 未来社区的人本化设计除了体现在功能复合多样, 还注重于创造社区文化和营造归属感; 其次, 未来社区的生态建设不再是简单的小区绿化, 还包含了城市森林和资源的开源节流与再生利用; 再次, 未来社区的技术渗透不仅局限于工程技术, 还融入5G、物联网、大数据、人工智能、生态技术等新质生产力元素。总之, 未来社区是传统社区的革新与升级, 旨在创造以人为本、绿色创新、智能互联等包容多元的生活方式。

1.1 风险评价体系初步构建

成本风险因素是分析和控制未来社区EPC项目成本的重要对象, 也是未来社区EPC项目成本控制的基础。为科学客观地找出影响未来社区EPC项目设计阶段的成本风险, 本文采用文献分析法, 依托CNKI、万方、维普, 及Web of Science数据库, 设定2018—2024年为检索时间, 以“未来社区”“EPC项目”“设计阶段”“成本风险”等为主题、关键词和摘

要检索词, 如: 主题=“未来社区” OR 关键词=“未来社区” OR 摘要=“未来社区”, 采用主题检索和专业检索相结合的方式, 共得到相关文献83篇, 对关联性不大的文献进行剔除与合并, 最终筛选出56篇与本研究相关且高质量的论文, 构建未来社区EPC项目设计阶段成本风险清单。邀请专家对风险清单提出建议, 被邀请的专家均具有副高级或以上技术职称, 有老旧小区改造或未来社区建设的经验, 包括2名建设单位负责技术工作的副总经理、8名设计单位总工、12名施工单位技术负责人、5名监理单位总监和3名运营单位负责人。经过2轮专家函询筛选和完善各项指标, 最终从政策风险、分包风险、环境风险、技术风险、设计风险、采购风险6个维度, 初步选取21个未来社区EPC项目设计阶段初步成本风险因素, 如表1所示。

1.2 风险因素匹配度验证及筛选

通过访问住房和城乡建设部网站政府信息公开栏目 (<https://www.mohurd.gov.cn/info/public>) 检索未来社区EPC项目, 成功筛选出8个已公开项目实施方案的未来社区试点项目。汇总这8个实际案例的风险因素清单, 并与初步确定的21项风险因素(表1)进行对比, 经过汇总, 其结果见表2。

经统计, 发现这8个未来社区试点项目在设计阶段有18项成本风险与初步确定的风险因素相匹配。另外, 在这些试点项目中普遍存在设计方案的技术要求及深度化要求过高、设计方案频繁变更这两项风险, 但这两者并未在表1中出现。因此, 将其添加到21项初步风险因素体系中, 共得到23项风险因素, 重新编号后见表3。

表1 项目设计阶段初步成本风险因素体系^[2,6-11,14-22]

Table 1 Preliminary cost risk factor system in project design stage^[2,6-11,14-22]

一级因素	二级因素	文献
政策风险(RS1)	行业规范和设计原则变更(S1)	[6,16-17,19-21]
	政府对未来社区项目的推广与扶持程度低(S2)	[7,9,17]
	设计文件审批程序复杂(S3)	[7,9,20]
分包风险(RS2)	关键合同条款、合同技术条款不严格(S4)	[6,20-22]
	合同管理信息系统和执行规范制度不健全(S5)	[6,20-21]
	各利益相关方的履约状况和权责划分风险(S6)	[18,20-21]
	各利益相关方的协调性差(S7)	[6,20]
环境风险(RS3)	场景应用存在地区差异和适配性(S8)	[15,17]
	社区人居环境未能满足健康安全舒适的要求(S9)	[17,19]
	室外生态与物理环境未能满足可持续发展的要求(S10)	[17,19,22]
技术风险(RS4)	设计标准化技术风险(S11)	[11,19-20]
	新产品、新技术的不合理应用(S12)	[7-8,17,19]
	设计接口与界面管理不当(S13)	[8,19,21]
设计风险(RS5)	未来社区项目初期建设定位不清晰(S14)	[2,7,14]
	缺乏未来社区设计经验及集成设计经验(S15)	[7-9,17]
	空间集约化、模块化设计实现成本不可控(S16)	[2,7,15]
	设计未真正触及施工(S17)	[6-7,9-10]
	设计创新的可施工性差(S18)	[17,21]
采购风险(RS6)	智能设备、绿色材料价格过高/变动(S19)	[6,11,20,22]
	制(PC)构件采购风险(S20)	[6,20,22]
	供应商技术服务能力不足(S21)	[6,11,22]

表2 实际案例社区风险因素匹配表
Table 2 Community risk factor matching table for actual cases

二级因素	杭州拱墅瓜山社区	杭州西湖之江社区	宁波鄞州划船社区	温州瓯海南湖社区	湖州南浔頔塘社区	金华永康田川社区	舟山定海城西社区	台州椒江心海社区	合计
行业规范和设计原则变更(S1)	√				√		√	√	4
设计文件审批程序复杂(S3)		√		√					2
关键合同条款、合同技术条款不严格(S4)		√	√		√	√		√	5
合同管理信息系统和执行规范制度不健全(S5)			√		√	√			3
各利益相关方的履约状况和权责划分风险(S6)	√	√					√		3
各利益相关方的协调性差(S7)			√		√		√		3
社区人居环境未能满足健康安全舒适的要求(S9)					√	√		√	3
室外生态与物理环境未能满足可持续发展的要求(S10)			√	√				√	3
设计标准化技术风险(S11)	√	√							2
新产品、新技术的不合理应用(S12)				√		√		√	3
设计接口与界面管理不当(S13)					√	√			2
未来社区项目初期建设定位不清晰(S14)	√	√	√						3
缺乏未来社区设计经验及集成设计经验(S15)			√	√			√	√	4
空间集约化、模块化设计实现成本不可控(S16)		√		√		√	√		4
设计未真正触及施工(S17)		√					√		2
设计创新的可施工性差(S18)	√			√		√		√	4
混凝土预制(PC)构件采购风险(S20)					√			√	2
供应商技术服务能力不足(S21)	√	√			√				3

2 基于SNA的未来社区EPC项目设计阶段风险模型构建

社会网络分析法（SNA）是一种既能反映网络结构整体特征和个体在网络结构中的位置，又能描述整体结构对个体影响程度的一套规范和研究方法^[23]，通过分析个体之间的联系，对网络的整体、局部、个体进行深入研究，通常使用块模型、点度中心度、中间中心度、中间人等指标来分析网络结构的特点。

本文从风险主动防控的理念出发，遵循风险识别、风险评价、风险应对和风险监控的闭环管理逻辑，构建未来社区EPC项目设计阶段成本风险网络模型。研究框架如图1所示，主要包括4部分：①通过文献研究、专家访谈、案例分析构建项目成本风险因素体系；②基于Netdraw软件可视化项目成本风险网络模型；③用社会网络分析相应指标，并确定关键风险和关键路径；④关键性风险控制措施实施后，检

测风险控制效果。

2.1 风险网络构建

根据23项风险因素的影响关系设计问卷，通过纸质问卷和网络问卷相结合的形式，邀请参与过老旧小区改造或未来社区建设的专业人员进行结构化访谈并评价打分，共发放问卷300份，回收问卷256份，无效问卷12份，有效回收率达到81.33%。调查对象包括工程总承包单位（31.7%）、施工单位（24.6%）、设计单位（18.5%）、监理单位（15%）及咨询单位（10.2%），以确保收集问卷信息的可信度。最终形成邻接矩阵，部分邻接矩阵如表4所示，表中1代表因素直接影响，0代表不会直接影响（由于篇幅限制，矩阵不全部列示）。通过Netdraw软件生成23项风险因素影响关系的网络结构图，从图2可以看出网络节点间的连线数量存在显著差异，且节点间的联系复杂。

表3 项目设计阶段最终成本风险因素体系

Table 3 Project design stage final cost risk factor system

一级因素	二级因素
政策风险(RS1)	行业规范和设计原则变更(S1)
	政府对未来社区项目的推广与扶持程度低(S2)
	设计文件审批程序复杂(S3)
分包风险(RS2)	关键合同条款、合同技术条款不严格(S4)
	合同管理信息系统和执行规范制度不健全(S5)
	各利益相关方的履约状况和权责划分风险(S6)
	各利益相关方的协调性差(S7)
环境风险(RS3)	场景应用存在地区差异和适配性(S8)
	社区人居环境未能满足健康安全舒适的要求(S9)
	室外生态与物理环境未能满足可持续发展的要求(S10)
技术风险(RS4)	设计标准化技术风险(S11)
	新产品、新技术的不合理应用(S12)
	设计接口与界面管理不当(S13)
	设计方案的技术要求及深度化要求过高(S14)
设计风险(RS5)	未来社区项目初期建设定位不清晰(S15)
	缺乏未来社区设计经验及集成设计经验(S16)
	空间集约化、模块化设计实现成本不可控(S17)
	设计方案频繁变更(S18)
	设计未真正触及施工(S19)
采购风险(RS6)	设计创新的可施工性差(S20)
	智能设备、绿色材料价格过高/变动(S21)
	混凝土预制(PC)构件采购风险(S22)
	供应商技术服务能力不足(S23)

2.2 整体网络分析

“块模型”是根据特定规则将整个网络中关系结构相似的风险因素划分在同一个属性块内,用以分析网络内部的整体结构。通过Ucinet 6.0软件Network→Roles&Positions→Structural→Concor→Standard的操作路径对风险因素进行分块,得到了7个离散的块,见表5。

整体网络密度 D 表示网络内部各节点间联系的紧密程度,密度值越高,表明网络联系越紧密。计算公式见式(1)。

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

式中, K 为网络中实际关系总数; N 为网络节点

总数。计算得到整体网络密度 $D=0.176$ 。根据块模型理论^[24],若块之间交叉点的密度值小于整体网络密度值,则将该点的块模型密度替换为0,反之为1,可得到风险网络块模型像矩阵见表6。

为了对各风险块内部风险因素间的关联关系进行分析、归类、模块化表达,识别网络中的核心风险块,从而实现不同属性的风险块采取统一控制措施的风险管理目的。参考Burt^[25]对位置的划分理论,处于首属人和经纪人位置的块极有可能处于网络中的核心地位。由表6得出:块5仅存在接受关系,属于谄媚人;块3、块4、块6存在发出关系和接受关系,但内部因素之间的联系较少,属于经纪人;块1、块2、块7既有接受关系又有发出关系,还存在内部关系,属于首属人。因此,块1、块2、块3、块4、块6、块7为核心块,处于网络的中心位置,需要重点关注。

2.3 个体网络分析

2.3.1 点度中心度 点度中心度是反映单个节点在整个网络中重要性的指标,划分为点出度与点入度,点出度表示该风险节点影响其他风险的程度,点入度表示该风险节点受到其他风险影响的程度,计算公式见式(2)~式(4)。

$$D_i^{\text{out}} = \sum_{i,j \in V} a_{ij} \quad (2)$$

$$D_i^{\text{in}} = \sum_{i,j \in V} a_{ji} \quad (3)$$

$$D_i = D_i^{\text{out}} - D_i^{\text{in}} \quad (4)$$

式中, D_i^{out} 为节点 i 的出度值; D_i^{in} 为节点 i 的入度值; D_i 为度差; a_{ij} 为起点 i 指向终点 j 的边数; N 为网络节点总数; V 为整个社会网络节点的集合。利用Ucinet 6.0软件实现上述计算,得到点出度位于前5的风险因素见表7。

根据表7可以得出S1、S17、S4、S16、S10具有较大的点出度。说明在整个网络中,上述风险与其他风险因素之间的联系较多,且自身不易受其他风险的控制,在整个网络中占据核心地位,需要重点管控。

2.3.2 中间中心度 包括点和线的中间中心度。

(1) 点的中间中心度。点的中间中心度表示单个节点对网络中其他节点的风险控制能力,在网络中起

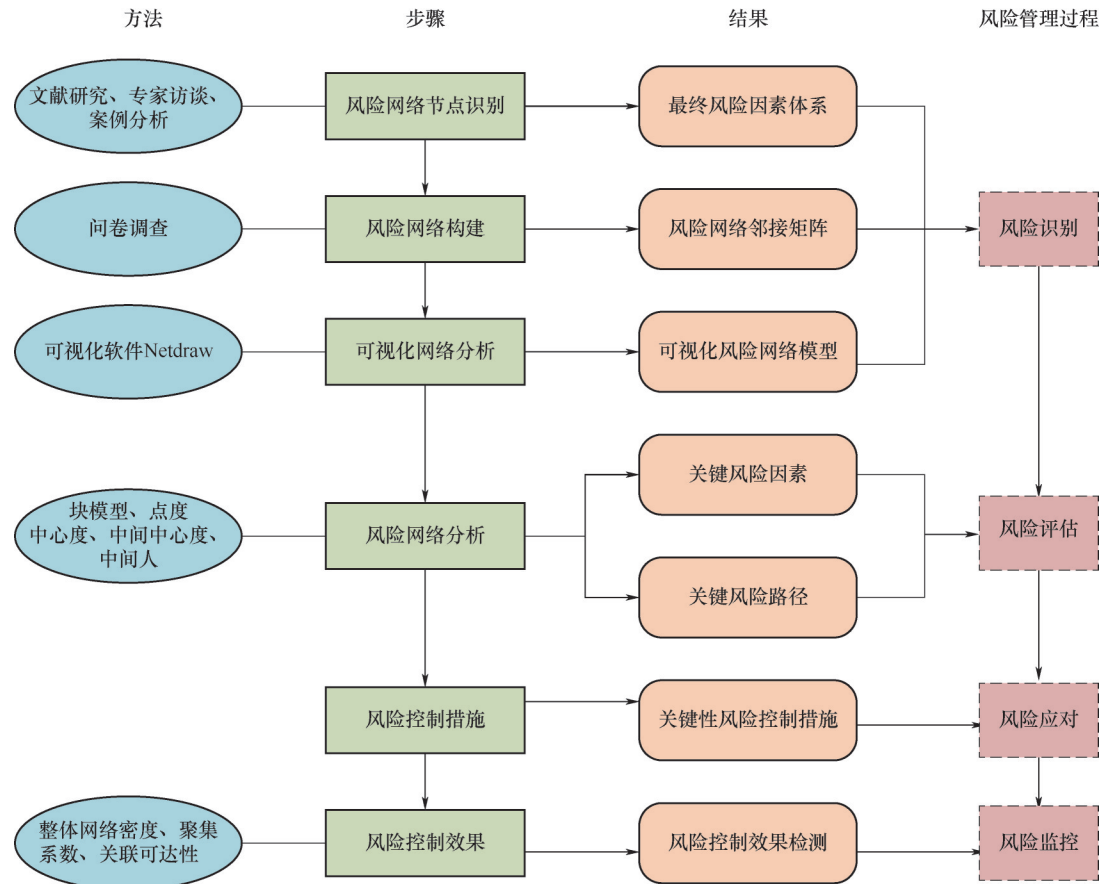


图1 研究框架
Figure 1 Research framework

表4 未来社区EPC项目风险因素部分邻接矩阵
Table 4 Project risk factor partial adjacency matrix

风险因素	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
S1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
S2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
S3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
S4	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1
S5	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
S6	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
S7	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
S8	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
S9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
S10	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0

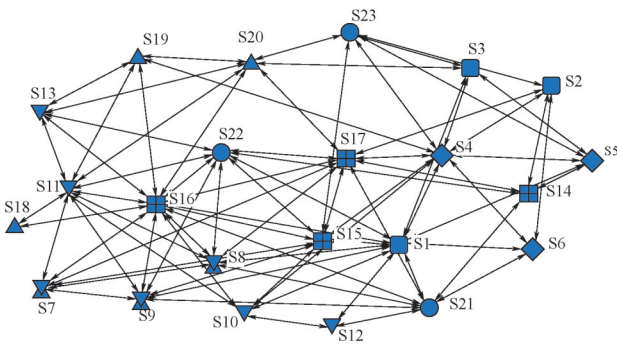


图2 未来社区EPC项目设计阶段成本风险网络
Figure 2 Project design phase cost risk network

传导作用。点的中间中心度越高，表明其传播风险的能力越强。计算公式见式(5)。

$$D_i = \sum_i^n \sum_j^n p_{ij}(k) = \sum_i^n \sum_j^n \frac{g_{ij}(k)}{g_{ij}}, i \neq j \neq k \text{ 且 } i < j \quad (5)$$

表5 风险网络分块结果

Table 5 Risk network segmentation results

块名	风险因素
块1	S1, S8, S12, S19, S20
块2	S9, S15, S16, S17
块3	S11, S21, S22, S23
块4	S7, S14, S18
块5	S10, S13
块6	S2, S5, S6
块7	S3, S4

表6 风险网络块模型像矩阵

Table 6 Risk network block model like matrix

项目	块1	块2	块3	块4	块5	块6	块7	发出关系	内部关系
块1	1	1	0	0	1	0	0	2	1
块2	1	1	1	1	1	0	0	4	1
块3	1	0	0	0	0	0	0	1	0
块4	1	0	1	0	0	0	0	2	0
块5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
块6	0	1	0	1	0	0	1	3	0
块7	1	0	1	1	0	1	1	4	1
接受关系	4	2	3	3	2	1	1	—	—
内部关系	1	1	0	0	0	0	1	—	—

表7 风险因素点出度

Table 7 Node degree of risk factors

风险因素	outdegree	indegree
S1	11	2
S17	9	6
S4	8	5
S16	8	2
S10	6	7

式中, $g_{ij}(k)$ 为点 g_i 和点 g_j 之间经过点 k 的最短距离数; g_{ij} 为点 g_i 和点 g_j 之间存在的最短距离总数。利用 Ucinet 6.0 软件实现上述计算, 得到中间中心度位于前 5 的风险因素, 见表 8。

根据表 8 可以得出 S17 的中间中心度最高, 表明

表8 风险因素点的中间中心度

Table 8 Intermediate centrality of risk factor points

风险因素	Betweenness 计算	nBetweenness 计算
S17	68.500	14.827
S12	65.833	14.250
S23	34.683	7.507
S13	30.113	6.518
S18	22.694	4.912

该风险是网络中各风险因素相互联系的中介, 具有较强的传导力, 在整个网络中位于核心地位。其中, S12、S23、S13、S18 能够控制其他因素交互, 是连接多个因素的关键角色, 需要重点管控。

(2) 线的中间中心度。线的中间中心度反映某线对网络中其他风险路径的控制能力。线的中间中心度越高, 表明该线位于网络中其他路径间的程度越大。计算方法见式(6)。

$$D_{p \rightarrow q} = \sum_i^n \sum_j^n b_{ij}(p \rightarrow q), i \neq p \neq q \neq j \text{ 且 } i \neq j \quad (6)$$

式中, $b_{ij}(p \rightarrow q)$ 为关系 $(p \rightarrow q)$ 控制点 i 和点 j 传导的能力。若点 i 和点 j 间有 g_{ij} 条传导路径, 其中经过关系的有 $g_{ij}(p \rightarrow q)$ 种, 则 $b_{ij}(p \rightarrow q) = g_{ij}(p \rightarrow q) / g_{ij}$ 。利用 Ucinet 6.0 软件实现上述计算, 得到风险网络线的中间中心度, 筛选出非 0 数值有 89 个, 选取排名前 20% 的关键风险路径进行分析, 如表 9 所示。

2.3.3 中间人 通过点度中心度、中间中心度分析可以确定处于关键位置的风险, 但未分析这些风险在不同群体之间的连接和传导作用。中间人分析可以通过识别网络节点, 揭示风险之间的传播路径和传递方式, 强调风险节点在整个网络中的起枢纽、传递和桥梁的作用^[26]。因此, 采用中间人分析进一步说明各风险在不同群体之间的影响力。中间人 B 指在一个三方关系 ABC 中, 将 A 与 C 联系起来的“中介”角色, 具体如图 3 所示。

利用已知网络分组情况的有向图数据进行中间人分析, 从政策风险、分包风险、环境风险、技术风险、设计风险、采购风险、施工风险 7 个维度, 通过 Ucinet6.0 软件 Network→Ego Network→Brokerage roles, 将承担中间人角色排名前 5 的风险因素整理分析, 如表 10。

表9 关键风险路径识别

Table 9 Critical risk path identification

排名	风险关系	线的中心度
1	S23→S11	45.683
2	S16→S18	44.500
3	S18→S17	28.908
4	S17→S11	24.367
5	S16→S9	20.750
6	S14→S17	20.367
7	S2→S8	14.867
8	S7→S4	14.867
9	S19→S17	14.258
10	S13→S11	14.083
11	S20→S17	12.368
12	S16→S12	12.05
13	S16→S10	11.936
14	S22→S20	11.35
15	S5→S4	11.25
16	S8→S16	11.186
17	S4→S7	10.752
18	S3→S1	10.000

结果表明, 在所有中间人中, 联络人的数量是最多的, 其中 S17扮演的中间人角色次数最多。S17、

表10 中间人分析结果

Table 10 Man-in-the-middle analysis

风险因素	协调人	守门人	代理人	咨询人	联络人	总和
S17	0	4	3	6	19	32
S12	0	0	8	3	17	28
S4	2	2	10	1	11	26
S1	0	0	9	0	7	16
S16	0	3	0	0	10	13

S12、S4至少承担了三类中间人角色; S1、S16虽然只承担了两类中间人角色, 但承担次数较多。因此, 从承担中间人角色的种类和数量两个角度来看, 这5个风险因素在网络中占据关键地位。

3 风险控制与效果检测

3.1 关键风险识别

基于未来社区 EPC 项目设计阶段成本风险的 SNA 模型, 通过风险识别与指标分析, 选取位于整体网络中所识别的核心块, 并在个体网络分析点度中心度、中间中心度、中间人3个指标排名前五的风险, 将其视为关键风险, 最终识别出 S1、S4、S12、

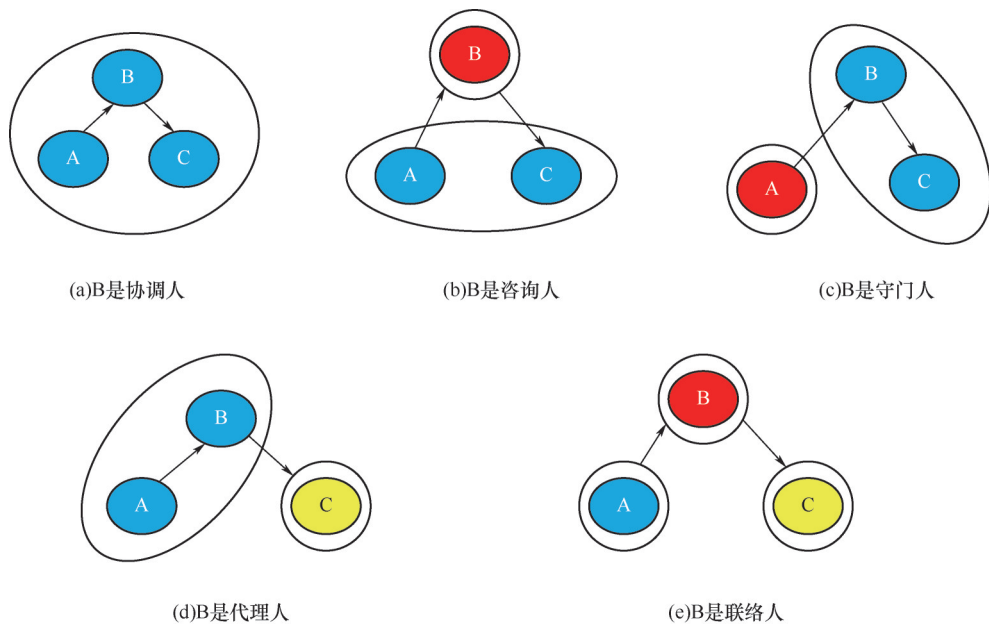


图3 中间人角色图

Figure 3 Middleman role diagram

S16、S17、S18 和 S23 共 7 个关键风险，如表 11 所示。

3.2 关键风险控制

未来社区 EPC 项目成本控制能够对项目设计阶段中所发生的各项费用实施预测、监管、调整等手段，实现项目成本控制的目标，这对提升总承包企业在市场中的竞争力有着良好作用，企业也能够从中获得更高的经济利润^[27]。因此，采取有效的成本风险控制措施能阻止部分风险在网络中传导。从表 9 得出，除了排名第 7、第 10、第 14 的风险路径外，其余路径均与 S1、S4、S12、S16、S17、S18 和 S23 这 7

个关键风险因素密切相关，所以不再考虑与这些风险相关的关关键路径。关键风险和关键路径控制措施如表 12 所示。

3.3 效果检测

通过对关键风险和关键路径控制措施的优化与改进，风险网络的内在关系发生明显变化，风险节点从 23 个减少到 16 个，风险关系从 89 个减少到 22 个，如图 4 所示。与图 2 对比，明显看出风险网络变得稀疏，各节点间的联系显著减少。为确保所采取风险控制措施的有效性，需要将风险控制措施与风险网络的结构演变相结合，从风险化解的角度探讨上述措施对

表 11 未来社区 EPC 项目设计阶段关键成本风险
Table 11 Project design phase critical cost risk

风险因素	整体网络分析	个体网络分析			关键风险
	块模型	影响力评价指标	传导力评价指标		
		点出度	中间中心度	中间人	
行业规范和设计原则变更(S1)	核心块 1	√		√	√
政府对未来社区项目的推广与扶持程度低(S2)					
设计文件审批程序复杂(S3)					
关键合同条款、合同技术条款不严格(S4)	核心块 4	√		√	√
合同管理信息系统和执行规范制度不健全(S5)					
各利益相关方的履约状况和权责划分风险(S6)					
各利益相关方的协调性差(S7)					
场景应用存在地区差异和适配性(S8)					
社区人居环境未能满足健康安全舒适的要求(S9)					
室外生态与物理环境未能满足可持续发展的要求(S10)	非核心块	√			
设计标准化技术风险(S11)					
新产品、新技术的不合理应用(S12)	核心块 1		√	√	√
设计接口与界面管理不当(S13)	非核心块		√		
设计方案的技术要求及深度化要求过高(S14)					
未来社区项目初期建设定位不清晰(S15)					
缺乏未来社区设计经验及集成设计经验(S16)	核心块 2	√		√	√
空间集约化、模块化设计实现成本不可控(S17)	核心块 2	√	√	√	√
设计方案频繁变更(S18)	核心块 4		√		√
设计未真正触及到施工(S19)					
设计创新的可施工性差(S20)					
智能设备、绿色材料价格过高/变动(S21)					
混凝土预制(PC)构件采购风险(S22)					
供应商技术服务能力不足(S23)	核心块 3		√		√

表 12 关键风险和关键路径控制措施
Table 12 Critical risk and critical path control measures

关键风险	控制措施
S1	总承包商应定期关注行业动态, 充分解读变更情况, 预判变动趋势, 预留合理的预算作为变更管理的资金储备。总承包商需在项目合同中引入弹性条款, 考虑到规范和原则变更可能导致的额外成本和时间延误
S4	总承包商在合同签订前应与各方进行谈判, 使各方对关键条款有共识, 确保合同技术条款的准确性和可执行性。总承包商严格按照合同条款的要求履行责任, 确保按照合同规定的时间节点和技术要求完成工程, 避免违约或产生额外成本
S12	总承包商须制定详细的评估流程和标准, 进行充分的调研和调试工作, 降低不合理应用导致产生成本风险。总承包商可以在项目不同的阶段设立相应的控制点和验收标准, 在每个阶段对新产品、新技术的应用进行评估, 及时发现和纠正问题, 避免风险扩大化
S16	总承包商应与有相关经验的设计分包合作, 借鉴成功案例和专业经验, 共同研究未来社区的设计方向, 减小产生成本的风险。总承包商可以组建一支多学科的专业团队, 积极提供创新的设计和技术解决方案, 以提高效率和降低成本
S17	总承包商建立一套完善的项目管理和监控体系, 通过及时的项目监控和风险评估, 及早发现和解决成本不可控的问题。总承包商应与供应商建立良好的合作伙伴关系, 确保供应链的透明度和稳定性, 降低成本不可控的风险
S18	总承包商需进行充分的前期工作, 包括场地勘察、实际需求分析、设计方案评估等, 确保设计方案的可行性和成本效益。总承包单位的相关负责人应提升组织协调的管理能力, 促进项目团队之间的及时沟通, 帮助团队及早发现设计变更问题, 及时调整项目预算
S23	总承包商应建立多元化的供应商资源库, 选择多个供应商参与项目, 分散技术风险, 并确保可随时调整供应商的选择, 以适应项目需求变化。总承包商应与供应商建立合理的风险分担机制, 在合同中明确责任分工和风险分担方式, 降低产生成本风险的潜在可能性
S2→S8	总承包商需积极与政府进行沟通和合作, 争取政策支持和资源投入, 以缩小地区差异, 促进场景应用的适配性。积极与其他总承包商和利益相关方共享经验和技术, 学习成功案例并汲取教训, 形成可复制和可推广的未来社区建设经验, 提高项目的适配性和成本效益
S13→S11	总承包商必须定期检查项目的设计接口和界面管理情况, 进行交叉验证和评估, 并制定详细的设计规范和流程, 规范和流程应经过项目相关方的共同审批, 在执行过程中进行监督和管理
S22→S20	总承包商应建立稳定的供应链管理机制, 与可靠的供应商建立长期合作关系, 定期评估供应商的绩效和能力。总承包商应与供应商保持紧密合作, 通过技术对接, 了解产品技术特点, 确保设计理念符合可施工性要求, 减少施工过程中的变更和修正

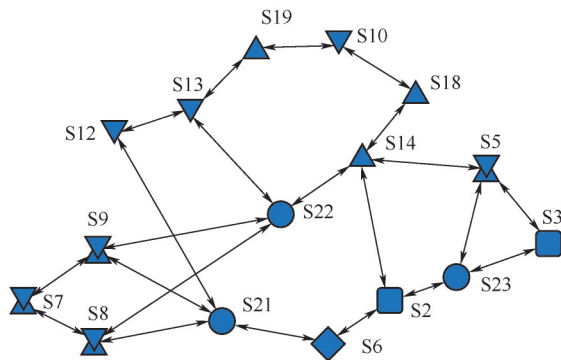


图 4 消除关键风险后的风险网络
Figure 4 Risk network after eliminating key risks

于项目风险网络的实际管控效果^[24,28]。因此, 选用整体网络密度、聚集系数、关联可达性三项指标对风险控制前后的网络进行对比分析, 见图 5。

(1) 整体网络密度表示网络节点间联系的紧密程度。根据 2.2 节提到的网络密度计算式(1), 利用 Ucinet6.0 软件对控制后的整体网络密度进行计算, 风险控制后整体网络密度从 0.1760 降低到 0.0917, 降低了 47.9%, 节点间的联系变少。表明关键风险得到有效控制后, 此网络结构的紧密程度显著降低。

(2) 聚集系数 C_i 表示网络节点间的聚集程度。计算公式见式(7):

$$C_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n E_i / \left[\frac{1}{2} k_i (k_i - 1) \right] \quad (7)$$

式中, k_i 表示与节点 i 的连边数; E_i 表示 k_i 个节点之间实际存在的连边总数; N 表示网络节点总数。利用 Ucinet6.0 软件实现上述计算, 风险控制后聚集

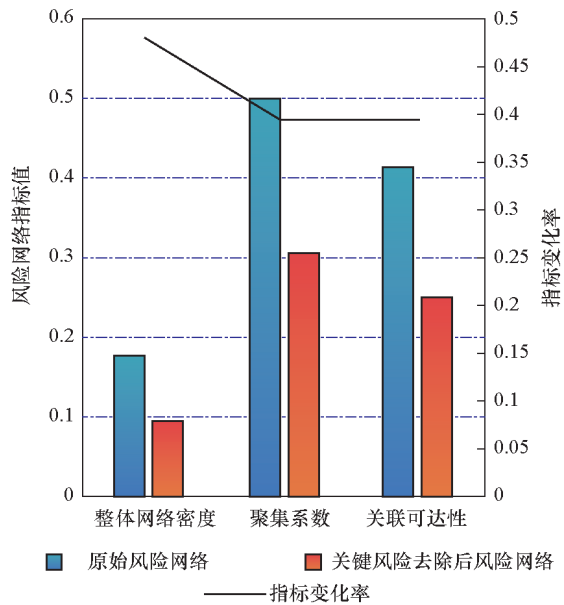


图5 风险网络指标变化对比图

Figure 5 Risk network index change comparison chart

系数从0.503降低到0.304,降低了39.56%,邻近节点间的关系密集程度下降。表明关键风险得到有效控制后,此网络结构的凝聚形态显著降低。

(3) 关联可达性 C 表示网络任意节点间建立有向图的关联程度^[23,29]。计算公式见式(8):

$$C = 1 - \frac{V}{N(N-1)/2} \quad (8)$$

式中, V 表示网络中不可达的点对数目; N 表示网络节点总数。利用Ucinet6.0软件得到可达距离矩阵,再借助MATLAB实现上述计算,得到风险网络控制前后的关联可达性,风险控制前整体网络可达数量为216个,占最大可达数量的40.83% $[216/(23 \times 23)]$,而在风险控制后整体网络可达数量为62个,占最大可达数量的24.22% $[62/(16 \times 16)]$;可达性也从0.412减少为0.250,降低了39.32%。表明关键风险得到有效控制后,此网络结构的整体关联度显著降低,切断了大部分风险在网络中的传导。

4 结论

运用社会网络分析法构建未来社区EPC项目设

计阶段的成本风险网络,对未来社区EPC项目设计阶段的成本风险进行识别和控制。得到如下结论。

(1) 基于文献梳理、专家访谈和案例分析,从政策风险、分包风险、环境风险、技术风险、设计风险、采购风险等7个维度识别出23项成本风险因素,构建了完整的风险因素体系。基于社会网络分析法,从整体网络和个体网络两个层面,通过块模型分析,结合点度中心度、中间中心度以及中间人指标研究各风险因素间的传导及内在相互关系,最终确定7项关键风险因素,即S1(行业规范和设计原则变更)、S4(关键合同条款、合同技术条款不严格)、S12(新产品、新技术的不合理应用)、S16(缺乏未来社区设计经验及集成设计经验)、S17(空间集约化、模块化设计实现成本不可控)、S18(设计方案频繁变更)、S23(供应商技术服务能力不足)。

(2) 利用线的中间中心度识别网络中的关键路径,除了路径S2(政府对未来社区项目的推广与扶持程度低)→S8(场景应用存在地区差异和适配性)、S13(设计接口与界面管理不当)→S11(设计标准化技术风险)、S22(PC构件采购风险)→S20(设计创新的可施工性差)与关键风险因素无关外,其余关键路径均与关键风险因素有关,在风险管控中应重点关注关键路径S2→S8、S13→S11、S22→S20。

(3) 针对关键风险因素和关键路径,从总承包商的视角出发,提出未来社区EPC项目在设计阶段的成本风险控制措施,并利用整体网络密度、聚集系数、关联可达性3项指标对风险控制前后的网络进行效果检测^[27,30]。结果表明:采取有针对性的控制措施后,网络中风险因素间联系的紧密程度、聚集程度、关联性都明显降低,高效阻断了部分风险在网络中的传导,为总承包商在未来社区EPC项目中实现成本风险可控化提供了策略参考。

参考文献

- [1] 浙江省人民政府. 省发展改革委关于印发《浙江省未来社区试点建设管理办法(试行)》的通知[EB/OL].(2020-06-04).https://www.zj.gov.cn/art/2021/1/11/art_1229203589_2225621.html
Notice of the People's Government of Zhejiang Province and the Provincial Development and Reform Commission on Printing and Issuing the "Administrative measures for the pilot construction of future communities in Zhejiang Province (Trial)"[EB/OL]. (2020-06-04). https://www.zj.gov.cn/art/2021/1/11/art_1229203589_2225621.html
- [2] 杨柳. 总承包商视角下的未来社区EPC项目成本风险管理研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2022.
Yang L. Research on cost risk management of future community EPC projects from general contractors perspective[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2022.
- [3] 罗杰·菲德勒. 媒介形态变化: 认识新媒介[M]. 明安香, 译. 北京: 华夏出版社, 2000.
Fidler R. Media Morphosis[M]. Thousand Oaks: Pine Forge Press, 1997.
- [4] Heiskanen E, Johnson M, Robinson S, et al. Low-carbon communities as a context for individual behavioural change[J]. Energy Policy, 2010, 38(12): 7586-7595.
- [5] Hwang B G, Shan M, Phua H, et al. An exploratory analysis of risks in green residential building construction projects: The case of Singapore[J]. Sustainability, 2017, 9(7): 1116.
- [6] 杨玉胜, 孙俊杰. 未来社区项目运营管理风险研究[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版), 2023, 48(6): 165-175.
Yang Y S, Sun J J. Operational management risks of future community projects[J]. Journal of Kunming University of Science and Technology (Natural Science), 2023, 48(6): 165-175.
- [7] 陈立文, 张田, 赵士雯. 基于SNA的智慧社区项目风险传导路径研究[J]. 管理现代化, 2020, 40(1): 101-104.
Chen L W, Zhang T, Zhao S W. Risk conduction path of smart community project based on social network analysis[J]. Modernization of Management, 2020, 40(1): 101-104.
- [8] 赵国超, 吴佩一, 虞晓芬. 智慧社区运营的主体识别与社会网络分析[J]. 浙江大学学报(理学版), 2022, 49(3): 384-390.
Zhao G C, Wu P Y, Yu X F. Subject identification and social network analysis of intelligent community operation[J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition), 2022, 49(3): 384-390.
- [9] 张田. 基于社会网络分析法的智慧社区风险识别及网络研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2021.
Zhang T. Smart community risk identification and network research based on social network analysis[D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2021.
- [10] 戴悦, 杨顺林, 冯国勇. 基于组合赋权-TOPSIS的二级开发住宅项目方案设计阶段成本控制研究[J]. 项目管理技术, 2023, 21(7): 116-122.
Dai Y, Yang S L, Feng G Y. Research on the cost control in the concept design phase of secondary development housing project based on combined weighting and TOPSIS method[J]. Project Management Technology, 2023, 21(7): 116-122.
- [11] 杨晓雯, 边晶梅, 王泽. 基于扎根理论的EPC公共建筑成本风险控制[J]. 中国集体经济, 2023(25): 64-66.
Yang X W, Bian J M, Wang Z. Cost risk control of EPC public buildings based on grounded theory[J]. China Collective Economy, 2023 (25): 64-66.
- [12] 刘燕平, 王作文, 蒲万丽. 基于组合赋权-证据理论-模糊综合评价法的EPC模式下装配式建筑工程成本风险评价[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(11): 4562-4571.
Liu Y P, Wang Z W, Pu W L. Cost risk evaluation of prefabricated building project under EPC mode based on combination weighting-evidence theory-fuzzy comprehensive evaluation method[J]. Science Technology and Engineering, 2022, 22(11): 4562-4571.
- [13] 沈艺凡. 基于BP神经网络的EPC项目施工阶段成本风险评价[D]. 扬州: 扬州大学, 2023.
Shen Y F. Research on cost risk evaluation of EPC project during the stage of the construction based on BP neural network[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2023.
- [14] 李琳, 肖艳玲. 基于DEMATEL-ISM的EPC项目成本控制影响因素分析[J]. 工程管理学报, 2021, 35(4): 117-122.
Li L, Xiao Y L. Influencing factor of cost control of EPC project based on the DEMATEL-ISM[J]. Journal of Engineering Management, 2021, 35(4): 117-122.
- [15] 刘曼, 洪江, 陈勇, 等. 未来社区引领未来城市更新的规划思考[J]. 浙江建筑, 2022, 39(3): 1-3, 11.
Liu M, Hong J, Chen Y, et al. Planning thinking of the future community leading the future urban renewal[J]. Zhejiang Construction, 2022,

- 39(3): 1-3, 11.
- [16] 周雅飞, 王玉平. EPC模式下工程变更对造价的影响分析: 基于设计单位风险承担角度[J]. 建筑经济, 2018, 39(8): 58-62.
Zhou Y F, Wang Y P. Analysis of the influence of engineering change on cost under EPC mode: Based on the risk bearing of design institute[J]. Construction Economy, 2018, 39(8): 58-62.
- [17] 俞洪良, 陈佳络. 基于SEM的EPC模式下绿色建筑项目风险链研究[J]. 科技管理研究, 2021, 41(17): 199-205.
Yu H L, Chen J L. Research on the risk chain of green building projects under EPC mode based on SEM[J]. Science and Technology Management Research, 2021, 41(17): 199-205.
- [18] 洪文霞, 尹泽宇. 智慧社区PPP项目利益主体行为策略的演化博弈与仿真[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版), 2022, 47(3): 159-171.
Hong W X, Yin Z Y. Evolutionary game and simulation of stakeholder behavior strategies in PPP projects in smart communities[J]. Journal of Kunming University of Science and Technology (Natural Science), 2022, 47(3): 159-171.
- [19] 刘雪, 郭海滨, 赵冉冉. 基于云模型的EPC模式下装配式建筑成本风险评价[J]. 黑龙江工程学院学报, 2022, 36(5): 38-43.
Liu X, Guo H B, Zhao R R. Research on cost risk assessment of prefabricated buildings under EPC mode based on cloud model[J]. Journal of Heilongjiang Institute of Technology, 2022, 36(5): 38-43.
- [20] 段永辉, 张越, 郭一斌, 等. 基于结构方程的EPC项目风险评价及策略建议[J]. 会计之友, 2021(2): 104-110.
Duan Y H, Zhang Y, Guo Y B, et al. Risk assessment and strategy suggestion of EPC project based on structural equation[J]. Friends of Accounting, 2021(2): 104-110.
- [21] 任路, 谢道鹏, 向虎, 等. 设计牵头EPC项目的设计风险防范研究: 以某大型公共建筑为例[J]. 建筑经济, 2023, 44(7): 30-38.
Ren L, Xie D P, Xiang H, et al. Research on design risks prevention in design-leading EPC projects: A case study of a large public building [J]. Construction Economy, 2023, 44(7): 30-38.
- [22] Wang Q E, Wang J. Research on key risk factors and risk transmission path of procurement in international engineering procurement construction project[J]. Buildings, 2022, 12(5): 534.
- [23] 向鹏成, 吴柏廷. 基于SNA的城市更新项目社会稳定风险演化机理研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2023, 15(1): 50-61.
Xiang P C, Wu B T. Study on the social risk evolution mechanism of urban renewal projects based on SNA[J]. Journal of Engineering Studies, 2023, 15(1): 50-61.
- [24] 刘军. 整体网络分析——UCINET软件实用指南[M]. 3版. 上海: 上海人民出版社, 2019.
Liu J. Whole Network Approach: A Practical Guide to UCINET[M]. 3rd ed. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2019.
- [25] Burt R S. Structural Holes: The Social Structure of Competition[M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992.
- [26] Mital M, Pani A K, Damodaran S, et al. Cloud based management and control system for smart communities: A practical case study[J]. Computers in Industry, 2015, 74: 162-172.
- [27] 宋远启. 浅谈水利工程EPC工程总承包施工阶段成本风险识别及控制[J]. 人民黄河, 2022, 44(S1): 260-261, 263.
Song Y Q. Discussion on cost risk identification and control in EPC project general contracting construction stage of water conservancy project[J]. Yellow River, 2022, 44(S1): 260-261, 263.
- [28] Shabani Ardakani S, Nik-Bakht M. Functional evaluation of change order and invoice management processes under different procurement strategies: social network analysis approach[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2021(1): 147.
- [29] Zhang M S, Wang M J, Jin W, et al. Managing energy efficiency of buildings in China: A survey of energy performance contracting (EPC) in building sector[J]. Energy Policy, 2018, 114: 13-21.
- [30] Bhati A, Hansen M, Chan C M. Energy conservation through smart homes in a smart city: A lesson for Singapore households[J]. Energy Policy, 2017, 104: 230-239.

Cost Risk Control of Future Community EPC Project Design Stage Based on SNA

YANG Yusheng*, LIU Yuting, YU Lan

School of Transportation Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, China

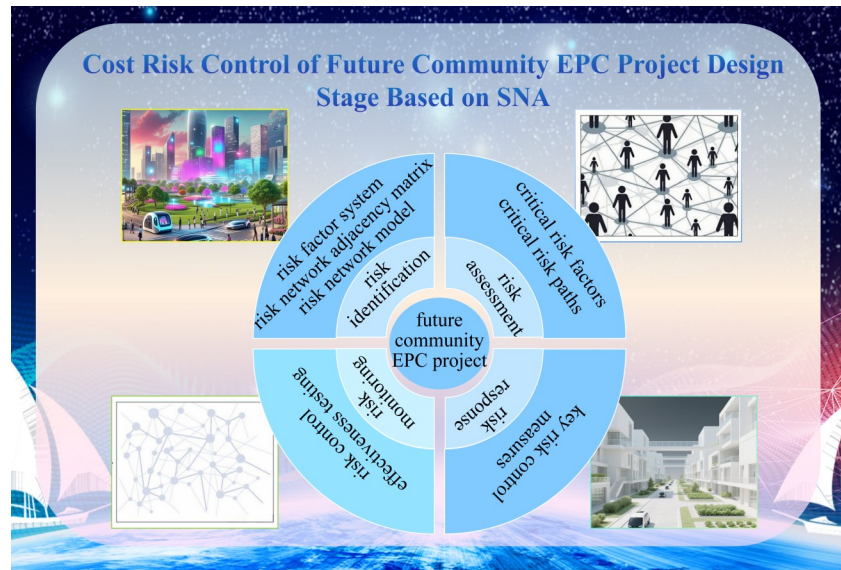
Highlights

From the perspective of the general contractor, focus on the cost risks in the design phase of future community EPC projects, break through the limitations of traditional risk isolation analysis, and emphasize the transmission relationship between risks.

Propose a dynamic closed-loop control strategy to reduce network density, aggregation coefficient, and accessibility by controlling key risks and paths, verify the effectiveness of risk transmission barriers, and provide visual tools and strategic references for EPC project cost control.

Expanded the research dimensions of risk management for future community projects, enriched the analysis framework of cost risks in the design phase under the EPC model, and provided a methodological reference for similar research on "risk identification, risk assessment, risk response, and risk monitoring".

Graphical Abstract



Abstract: This study aims to enhance the cost risk management capabilities of general contractors, strengthen enterprise competitiveness, and achieve high-quality and cost-effective community development goals. A proactive approach to risk prevention and control is adopted, following a closed-loop management sequence of risk identification, assessment, response, and monitoring. A cost risk network model is developed for the design phase of future community engineering procurement Construction (EPC) projects. Initially, a literature review and expert interviews were conducted to preliminarily identify cost risk factors in the design phase of future community EPC projects. Subsequent visits to the Ministry of Housing and Urban-Rural Development's website allowed for the retrieval of published project implementation plans from pilot future community projects. These were used to organize risk factors into a structured list and compare them with the initially established risk framework. This comparison tested the alignment between the preliminary risk factors and actual cases, resulting in the finalized cost risk factor system. A questionnaire, informed by the influence relationships among 23 risk factors, was then designed. Both paper-based and online survey formats were utilized to gather structured interview responses and evaluations from professionals involved in the renovation of old residential areas or future community construction. A total of 300 questionnaires were distributed, with 256 returned; 12 were invalid, yielding an effective response rate of 81.33%. Survey participants included project general contractors, construction units, design institutes, supervision units, and consulting firms to ensure the reliability of the collected data.

The survey results were used to construct an adjacency matrix, and the Netdraw software generated a network diagram

illustrating the relationships between risk factors. Social network analysis (SNA) was employed to visually and quantitatively examine the risk network at both the whole network and individual levels. Block model analysis, combined with measures of point degree centrality, betweenness centrality, and the brokerage index, was used to investigate the conduction pathways and interrelationships among various risk elements, identifying key risks and critical paths.

From the perspective of the general contractor, cost risk control strategies for the design phase of future community EPC projects were proposed and their effectiveness evaluated. The findings indicate that risk management efforts should concentrate on seven pivotal risks, including changes in industry norms and design principles, lax key contract terms and technical specifications, and the unreasonable application of new products and technologies. Three primary pathways require attention: insufficient government promotion and support for future community projects→regional disparities in scenario application and adaptability.

Following the implementation of risk control measures, there was a notable reduction in the closeness, clustering, and correlation among risk factors within the network. This effectively obstructed risk transmission throughout the network. The study offers strategic insights for general contractors aiming to maintain controllable cost risks in future community EPC projects, significantly contributing to the high-quality and efficient advancement of such projects.

Keywords: future community; engineering procurement construction (EPC) projects; design phase; cost risk; social network analysis (SNA)