

工程项目无序施工影响因素综合分析

李志宏¹, 刘福江²

(1. 甘肃第四建设集团有限责任公司, 兰州 730000; 2. 甘肃省建筑科学研究(集团)有限公司, 兰州 730000)

摘要: 减轻或避免无序施工可显著提高工程项目绩效水平。为确定工程项目无序施工关键影响因素, 分析工程项目无序施工的影响机制, 从团队、项目、技术及执行 4 个方面分析确定了工程项目无序施工影响因素, 然后采用问卷调查、解释结构模型 (ISM) 等方法评估各影响因素的重要程度, 分析影响因素系统中各因素间的相互影响逻辑关系。结果表明, 项目团队经验水平不足、项目资金到位不及时、各方沟通协调不足是导致项目无序施工主观认知最重要的 3 个因素, 各方沟通协调不足、业主干预频繁或有限、项目团队经验与水平不足、项目复杂难度大是具有较强驱动性的本质致因, 施工效率低下、质量安全问题频发是具有较强依赖性的直接致因, 必须加强对其进行控制, 以预防无序施工的发生。

关键词: 工程项目; 无序施工; 影响因素; ISM; 问卷调查

中图分类号: TU71 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)16-0199-06

如何通过提高项目施工管理水平与生产效率增加项目绩效一直是工程项目管理实践与研究关注的热点问题。无序施工 (out-of-sequence work, OOS) 是现场管理水平与生产效率低下的常见表现, 是指在工程项目施工过程中, 由于计划安排不当、资源配置失衡、沟通协调不足或监管不严等原因, 造成的施工活动混乱、偏离计划严重、效率低下或标准不一的现象。无序施工可能导致项目延期、成本超支、质量下降甚至安全生产事故, 严重削弱项目绩效。据报道, 超过半数的工程项目存在成本超支或工期延误, 在大型项目尤为严重, 大约 98% 的大型项目经历成本超支与延误, 平均成本增加 80%, 进度延误 20 个月, 无序施工在这些项目施工现场普遍存在^[1], 如项目管理不规范, 项目进度与进度计划偏离, 缺乏计划性, 边施工边整改, 施工效率低下, 施工的连续性难以保证等。

近年来, 专家学者对影响工程项目生产效率与管理绩效的因素进行了大量的研究, 但对于无序施工影响的研究却十分有限。例如, 冯亚娟和兰婷^[2]基于物理-事理-人理 (wuli-shili-renli, WSR) 理论与层次分析法 (analyti hierarchy process, AHP) 对影响线路工程施工进度的影响因素进行分析, 认为在线路工程施工进度管理中影响最大的 5 个因素为政策变化、现场管理、设备管理、各参与方的配合及设

计变更; 范勇峰等^[3]基于指标间相关性权重法 (criteria importance through intercriteria correlation, CRITIC 法)-逼近理想解法 (technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS 法), 结合实际案例对地铁车站基坑开挖施工安全风险进行分析, 探讨地铁车站基坑开挖中的各安全风险因素的大小; 戴明慧等^[4]基于结构解释模型 (interpretative structural modeling, ISM)、交叉影响矩阵法 (Matriced' impacts croises-multiplication appliance classement, MICMAC 法) 对被动式建筑增量成本影响因素进行分析, 从微观角度剖析各因素的本质并揭示了相互作用机理; 肖阳春^[5]对沉管隧道施工质量控制关键影响因素的研究结果表明, 管理人员水平、质量意识、机械选择、管理环境和方案合理性是综合影响程度最大的因素; 高栋^[6]关于安全、健康、环境、国际劳工标准和安保 (safety, health, environment, international labor standard and security, SHELSS) 管理体系风险的研究表明, 布局规划不合理、设备及材料供货不及时、质量管理体系未建立是 SHELSS 管理中的主要关键风险; 钟家东^[7]采用 AHP 对市政工程项目施工成本影响因素进行研究, 结果表明影响市政工程项目施工成本影响因素依次为管理 > 人员 > 材料 > 方法; 李珏和陈菲菲^[8]采用 DEMATEL、ISM、网络分析法

收稿日期: 2024-04-17

作者简介: 李志宏 (1982—), 女, 甘肃武威人, 工程师, 研究方向为建筑工程施工与管理; 通信作者刘福江 (1994—), 男, 甘肃武威人, 硕士, 工程师, 研究方向为管理科学与工程。

(analytic network process, ANP)相结合的方法对建筑触电事故人因失效进行了研究,结果显示,不完善的安全防护设施管理、决策失误、错过观察是权重最高的深层与表层因素;莫俊文和崔利兵^[9]基于特质激活理论和社会认同理论,对主动性人格对高海拔铁路施工人员安全行为的影响进行了探讨。

综上,尽管现有研究中许多影响工程项目生产效率与管理水平的因素似乎与无序施工相关,但研究通常将无序施工与进度、成本、质量、安全管理等问题一并考虑,鲜有文献专门针对无序施工的影响因素进行研究,无序施工仍是一个重要的缺失部分,很有必要作为一个独立主题进行深入探讨。因此,本文针对无序施工这一新视角,首次通过问卷调查与ISM法对其影响因素进行综合分析,评估明确各影响因素的重要程度,并实现了影响因素复杂系统各因素间关系的直观表达,理清因素间影响传导机制,以期相关单位解决工程项目无序施工问题提供理论参考。

1 研究设计

本文研究框架如图1所示。

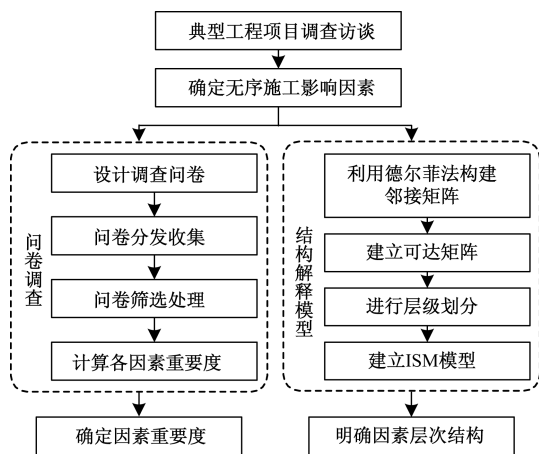


图1 研究框架

1.1 影响因素确定

选取典型工程项目作为分析样本,为了确保分析的全面性与科学性,所选取的项目应包含多种类型^[10],且现场存在一定的无序施工情况。通过检查调研、现场访谈、资料查阅等方式,对这些典型项目施工现场造成或引起无序施工的因素统计梳理,形成无序施工影响因素初步清单。进一步地,结合查阅相关文献与专家研讨,对初步所确定的因素进行筛选处理,确定无序施工因素清单。

1.2 问卷调查

采用问卷调查法确定影响无序施工的各因素

的重要性。为了得到真实且具有代表性、参考性结果,参考类似研究成果^[11],设计结构化问卷,问卷主要包括以下3部分。第1部分为问卷的导语部分,在此部分简要介绍了本次问卷调查的目的与注意事项;第2部分为调查对象信息收集部分,主要用于统计被调查对象的年龄、职务、单位性质、工龄、对建筑工程无序施工的了解等信息;第3部分为基于表1的影响因素评价部分,要求被调查者对各因素按照1~5分(1代表非常不重要,5代表非常重要)的评价标准对其重要程度进行评价。采用现场实地发放问卷的形式将调查问卷分发给所选取工程项目的现场管理与技术人员,填写完后收集。问卷调查完成后进行筛选处理,删除大量数据缺失的问卷;删除同一选项选择重复率大于或等于80%的问卷;删除在问卷基本信息统计部分问题“对工程项目无序施工了解程度”选择“完全不了解”的问卷。最后,基于问卷调查结果计算各影响因素的评价结果的平均值,确定各因素重要。

1.3 ISM模型分析

采用ISM法对工程项目无序施工因素层次结构进行分析。ISM法是一种广泛应用在现代系统工程中的分析方法,通过以定性分析结合定量计算,将复杂系统分解为子系统,并利用矩阵运算、拓扑图等工具和计算机技术来处理要素及其相互关系,构建一个多级递阶的结构模型,能够将模糊不清的理解转化为直观的、结构关系明确的模型,广泛应用于工程技术和社会经济众多领域,具体步骤如下^[12]。

(1)构造邻接矩阵。通过专家访谈,采用0~1标度法(0表示无直接影响,1表示有直接影响),评价量化各因素间的直接影响关系,据此构建邻接矩阵 $O = [o_{ij}]_{n \times n}$,其中 o_{ij} 为影响因素 S_i 对 S_j 的直接影响程度量化值。

(2)建立可达矩阵。考虑因素间的综合影响(包括直接影响与间接影响),按照式(1)对邻接矩阵 O 进行迭代分析,得到可达矩阵 K 。

$$K = (O + I)^{r+1} = (O + I)^r \neq (O + I)^{r-1} \quad (1)$$

式中: I 为单位矩阵。

(3)层级划分。基于可达矩阵 K ,根据公式(2)分析构建各因素 s_i 的可达集 $R(s_i)$ 、前因集 $A(s_i)$,共同集 $C(s_i)$,并据此进行层级划分。

$$\begin{cases} R(s_i) = \{s_j | s_i \in S, k_{ij} = 1\} \\ A(s_i) = \{s_j | s_i \in S, k_{ji} = 1\} \\ C(s_i) = \{s_j | R(s_i) \cap A(s_i) = R(s_i)\} \end{cases} \quad (2)$$

(4)建立解释结构模型。基于可达矩阵 K 与层级划分结构建立解释结构模型。

2 实例分析

选取某企业目前在建 8 个典型工程项目为样本案例进行实例分析。8 个项目包括 3 个高层住宅项目、2 个老旧小区改造项目、1 个大型文旅场馆项目、1 个高校图书馆改扩建项目及 1 个灾后重建项目。上述项目在前期企业组织的各项检查中表现不佳,项目实际情况与初期目标不符,且施工现场都存在一定程度无序施工情况,如项目管理不规范、缺乏计划性、项目现场进度与进度计划存在偏差、项目成本超支、边施工边整改,或施工未连续进行、频繁中断等情况。

2.1 影响因素识别结果

以上述 8 个工程项目案例作为背景,通过检查调研、现场访谈、资料查阅等方式,对施工现场可能造成或引起无序施工的因素进行分析与梳理。进一步地,结合查阅相关文献与专家研讨,对初步得到的影响因素进行增加、删减、合并及重新定义等操作,最终得出 19 项无序施工影响因素,并归纳分为团队、项目、技术、执行 4 个方面,如表 1 所示。

2.2 问卷调查结果及分析

根据表 1 所构建的无序施工影响因素清单,按照前述方法设计调查问卷,并分发给 8 个项目的现场管理与技术人员,调查其对无序施工各影响因素重要性的看法。最终得到 53 份有效问卷,基于此计算各因素重要程度评价结果的平均值,结果如图 2 所示。

问卷调查结果反映了现场施工人员对无序施工影响因素的主观认知影响重要程度大小。如图 3 所示,目前影响无序施工的因素按主观重要程度评分由大到小前 10 位排序为项目团队经验水平不足 $S_3(4.36)>$ 项目资金到位不及时 $S_7(4.27)>$ 各方沟通协调不足 $(4.24) S_1 >$ 现场管理不到位 $(4.17) S_{16}>$ 规划设计有误 $(4.11) S_{10}>$ 业主干预频繁或有限 $S_2(4.03)>$ 项目频繁变更 $S_6(3.99)>$ 项目复杂难度大 $S_5(3.98)>$ 施工方案可行性差 $S_{10}(3.94)>$ 质量安全问题频发 $S_{19}(3.92)$ 。

整体来看,前10位的影响因素涵盖了团队、项

表 1 无序施工影响因素清单

因素分类	影响因素
团队因素	各方沟通协调不足 S_1
	业主干预频繁或有限 S_2
	项目团队经验与水平不足 S_3
	各方利益协商不妥 S_4
项目因素	项目复杂难度大 S_5
	项目频繁变更 S_6
	项目资金到位不及时 S_7
	项目外部环境频繁干扰 S_8
技术因素	规划设计有误 S_9
	施工方案可行性差 S_{10}
	进度计划与施工部署不合理 S_{11}
	工人技术水平不足 S_{12}
执行因素	管理人员水平不足 S_{13}
	前期准备工作不到位 S_{14}
	施工效率低下 S_{15}
	现场管理不到位 S_{16}
	物料与工人配备不足 S_{17}
	资源调度不合理 S_{18}
	质量安全问题频发 S_{19}

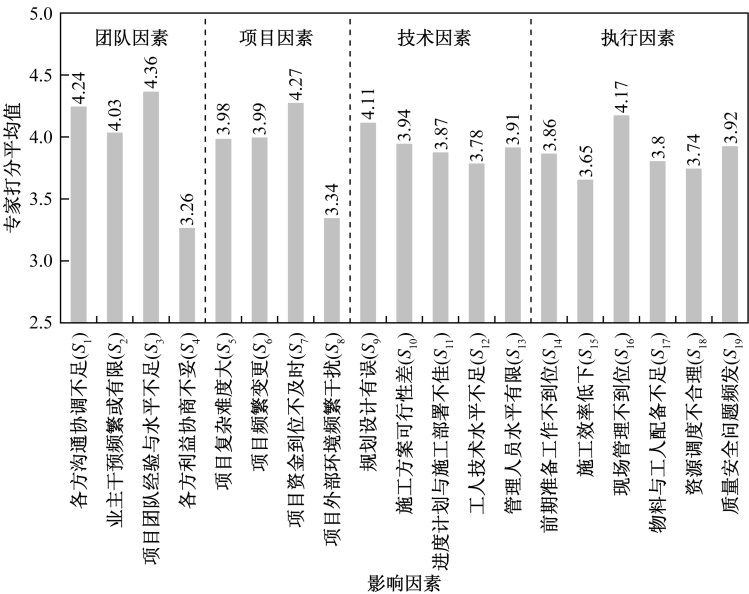


图 2 各影响因素的重要程度评分结果

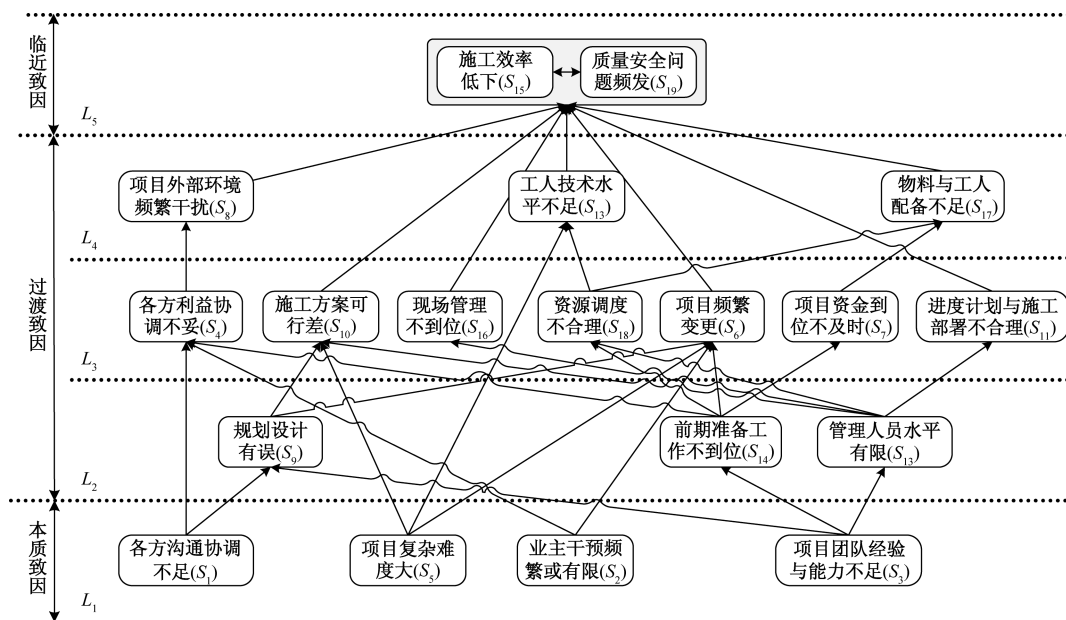


图3 无序施工 ISM

目、技术及执行4个方面,其中团队因素整体上具有更大的影响,占比为30%,且重要程度排序较高;项目因素影响次之,虽占比也为30%,但重要程度排序整体不及团队因素;技术因素与执行因素占比均为20%,两者的重要程度也相差不大。因此,影响无序施工因素的重要程度整体排序为团队因素>项目因素>技术因素≈执行因素。

2.3 ISM 建模结果及分析

本文采用德尔菲调查方法^[13]进行ISM分析数据的获取。德菲尔调查共进行2轮。在第1轮调查时,邀请6位相关领域专家,根据8个项目调查结果,对表1所示的无序施工之间的影响强度进行双向打分,得到初始直接影响矩阵。在第1轮调查之后,选取专家数据中各评价位置上出现频率最高的评价分数作为第1轮评价结果,将其提交给所有专家进行第2轮调查,让专家在知晓第1轮评价结果的情况下,重新审视自己的评价结果,考虑是否需要调整,统计整理第2轮调查结果,再次选取专家数据中出现频率最高的分数确定最终直接影响矩阵 O 。

根据综合影响矩阵 O ,利用SPSSAU软件^[14]按照式(1)计算可达矩阵 K ,按照式(2)对进行层次划分,结果如表2所示。

进一步地,根据层次化分析结果及可达矩阵 K ,绘制ISM多级递阶结构模型图,结果如图3所示。为了便于分析,参考类似研究,结合本ISM模型图特点,将ISM划分为本质致因阶(L_1)、本质致因阶($L_2 \sim L_4$)及临近致因阶(L_5)。

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}	S_{16}	S_{17}	S_{18}	S_{19}
S_1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
S_4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
S_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
S_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S_9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
S_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
S_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
S_{13}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1
S_{14}	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S_{16}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
S_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S_{18}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
S_{19}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

表2 层次化划分结果

层级	层次化划分结构
L_1	施工效率低下(S_{15}),质量安全问题频发(S_{19})
L_2	外部环境频繁干扰(S_8),施工人员技术不足(S_{12}),物料与工人配备不足(S_{17})
L_3	各方利益协商不妥(S_4),项目频繁变更(S_6),项目资金到位不及时(S_7),施工方案可行性差(S_{10}),进度计划与施工组织不合理(S_{11}),现场管理不到位(S_{16}),资源调度不合理(S_{18})
L_4	规划设计有误(S_9),管理人员水平不足(S_{13}),前期准备工作不到位(S_{14})
L_5	各方沟通协调不足(S_1),业主干预频繁或有限(S_2),项目团队经验与水平不足(S_3),项目复杂难度大(S_5)

(1)本质致因阶。本质致因阶为ISM模型图最下层因素的集合,有4个影响因素,包括各方沟通协调不足(S_1)、业主干预频繁或有限(S_2)、项目团队

经验与水平不足(S_3)、项目复杂难度大(S_5)。本质致因阶因素位于 ISM 的底层,均为团队因素与项目因素,且结合问卷调查结果来看,这 4 个影响因素的重要程度普遍较高,都在前 10 位以内,表明其是导致施工现场无序施工的根本因素。各方沟通协调不足(S_1)可能导致误解、冲突和信息滞后,影响决策效率和效果,引发资源浪费、工作重复或遗漏,导致项目进入无序施工状态。业主干预频繁或有限(S_2)可能改变项目范围、目标或资源分配,增加不确定性和复杂性,影响项目进度和成本,导致管理困难和执行障碍。项目团队经验不足(S_3)往往导致错误决策和执行,影响施工完成质量和效率,甚至影响整个项目进度和成果。项目复杂性和施工难度大(S_4)意味着更多的不确定性和风险,需要更多资源和高水平管理,若项目管理不力就可能导致无序施工。

(2)过渡致因阶。过渡致因阶为 ISM 中位于本质致因阶与临近致因阶间元素的集合、过渡致因阶因素在整个影响因素系统中通常承担着传导过渡影响的作用,且其层级越高,结果属性越强,层级越低,原因属性越强^[15]。ISM 中有 13 个过渡致因阶因素,包括 2 个项目因素、2 个团队因素,5 个技术因素、4 个执行因素,技术因素全部为过渡因素,2/3 的执行因为过渡因素,这表明技术因素与执行因素是项目团队水平与项目作用与影响直接作用的结果,将本质致因阶的影响传递到临近致因阶,起着自下而上的驱动作用,并会抑制或促进其他因素对无序施工的影响,是控制无序施工的有力抓手。

(3)临近致因阶。临近致因阶为 ISM 中最上层的集合,有 2 个影响因素,包括施工效率低下(S_{15})、质量安全问题频发(S_{19})。这 2 个因素位于 ISM 的顶层,具有较高的依赖性,二者都为执行因素,且存在影响关系,表明施工效率低下(S_{15})、质量安全问题频发(S_{19})往往直接导致无序施工,是无序施工的直接致因。施工效率低下(S_{15})是引起工程延期、成本超支的重要原因,同时也可能因为赶工而牺牲工程质量,而质量安全问题频发(S_{19})不仅会导致工程需要返工、修复与中断,还会增加工期,消耗额外资源,进一步影响工程的进度和成本,二者的发生都有可能直接使项目进入无序施工状态。

3 结论

基于实际工程案例,在识别工程项目无序施工影响因素基础上,采用问卷调查法、ISM 法对影响

工程项目无序施工因素的重要程度、影响传导机制进行了研究。

(1)项目团队经验水平不足、项目资金到位不及时、各方沟通协调不足、现场管理不到位、规划设计有误是导致项目无序施工主观认知最重要的 5 个因素。

(2)各方沟通协调不足、业主干预频繁或有限、项目团队经验与水平不足、项目复杂难度大位于 ISM 的底层,具有较强的驱动性,是导致项目无序施工的本质致因;施工效率低下、质量安全问题频发位于 ISM 模型的顶层,具有较强的驱动性,是导致项目无序施工的直接致因。

在工程项目施工中,无序施工现象的产生往往源于多个方面的原因,可能由单一因素触发,也可能是多种因素交织影响。针对导致无序施工的关键因素,制定科学、合理且具有针对性的预防措施,可以显著降低无序施工的风险,并有效减少其发生的可能性。

参考文献

- [1] IBRAHIM M W, HANNA A S, RUSSELL J S, et al. Comprehensive analysis of factors associated with out-of-sequence construction[J]. Journal of Management in Engineering, 2020(4): 04020031.
- [2] 冯亚娟, 兰婷. 基于 WSR-AHP 方法的线路工程施工进度风险评价[J]. 项目管理技术, 2024, 22(1): 85-89.
- [3] 范勇峰, 李轲, 王军平, 等. 基于 CRITIC-TOPSIS 法地铁车站基坑开挖施工安全风险评估——以济南地铁 9 号线开源路站为例[J]. 科技和产业, 2024, 24(5): 239-245.
- [4] 戴明慧, 王志强, 曾智. 基于 ISM-MICMAC 的被动式建筑增量成本影响因素研究[J]. 青岛理工大学学报, 2023, 44(5): 79-86.
- [5] 肖阳春. 基于 AHP-DEMATEL 的沉管隧道施工质量控制关键影响因素研究[J]. 建筑安全, 2024, 39(1): 72-77.
- [6] 高栋. 基于 AHP-熵权法的 SHEILSS 管理体系风险评价研究[J]. 建筑经济, 2023, 44(S2): 624-629.
- [7] 钟家东. 基于 AHP 的市政工程项目施工成本影响因素研究[J]. 河北建筑工程学院学报, 2023, 41(4): 185-189.
- [8] 李珏, 陈菲菲. 基于组合模型的建筑触电事故人因失效分析[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(35): 15832-15840.
- [9] 莫俊文, 崔利兵. 主动性人格对高海拔铁路施工人员安全行为的影响[J]. 科学技术与工程, 2023, 23(29): 12767-12774.
- [10] 张盼盼, 张林鎡, 陈飞, 等. 曳引电梯部件故障相关性分析[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(9): 3930-3938.
- [11] 蔡诗瑶. 高层建筑自动化与机器人优先发展方向与保障对策研究[D]. 北京: 清华大学, 2023.

- [12] 徐佳, 刘宗芹, 周卓丹, 等. 基于集成 DEMATEL-ISM 的民航飞行安全风险影响因素研究[J]. 科技和产业, 2024, 24(6): 200-206.
- [13] 高盼军, 戚湧, 王玉. 基于专利-德尔菲法的技术预见模型构建[J]. 科技和产业, 2023, 23(19): 50-54.
- [14] 周俊, 马世澎. SPSSAU 科研数据分析方法与应用. 第 1 版[M]. 北京: 电子工业出版社, 2024.
- [15] 魏宏亮, 牛昌林, 刘福江, 等. 基于 DEMATEL-AISM 法的装配式建筑预制构件成本影响因素分析[J]. 建筑经济, 2021, 42(10): 83-88.

Comprehensive Analysis of the Influencing Factors of Out-of-sequence Work in Engineering Projects

LI Zhihong¹, LIU Fujiang²

(1. Gansu Fourth Construction Group Co., Ltd., Lanzhou 730000, China;
2. Gansu Provincial Building Research(Group) Co., Ltd., Lanzhou 730000, China)

Abstract: Mitigating or avoiding out-of-sequence work can significantly improve the level of project performance. In order to determine the key influencing factors of out-of-sequence work in engineering Projects, the influencing mechanism of out-of-sequence work in engineering Projects was analyzed, and the influencing factors of out-of-sequence work in engineering projects were analyzed and determined from four aspects that are team, project, technology and execution. Then, questionnaire survey, ISM and other methods were used to evaluate the importance of the factors affecting the out-of-sequence work of the project. The logical relationship between the influencing factors in the influencing factor system was analyzed. The results show that the lack of experience level of the project team, the untimely availability of project funds, and the lack of communication and coordination of all parties are the three most important factors leading to the subjective cognition of out-of-sequence work of the project. Insufficient communication and coordination between all parties, frequent or limited intervention by the owner, insufficient experience and level of the project team, and complex and difficult projects are the main reasons for strong driving nature. Low construction efficiency and frequent quality and safety problems are the direct causes of strong dependence. It must be controlled to prevent the occurrence of out-of-sequence work in engineering projects.

Keywords: engineering project; out-of-sequence work; influencing factors; ISM; questionnaire survey