

城市基础设施项目进度的控制

程鸿群 后 倩

〔摘 要〕 应用系统动力学理论确定城市基础设施项目进度系统的边界,在项目生命周期内从进度形成机制的角度对进度风险事件进行了识别,并结合问卷调查建立了项目进度仿真模型,分析了城市基础设施项目进度的变化趋势及风险事件影响下的进度偏差行为模式。结果显示:城市基础设施项目实施时间及成本是计划的 1.278 倍和 1.284 倍,影响项目实施时间及成本的关键风险分别为中期变更风险、建设成本超支风险、群体事件风险。在此基础上,结合阶段风险事件影响下的进度偏差行为模式提出了应对策略。

〔关键词〕 城市基础设施项目; 进度控制; 系统动力学; 时间偏差; 成本偏差

〔中图分类号〕 F294 〔文献标识码〕 A

一 引言

城市基础设施项目进度目标的顺利实现,既有利于完善城镇功能和促进社会生产,又有利于保障国民经济和社会发展的正常进行^{〔1-2〕}。因此,研究城市基础设施项目进度的形成机制,分析其产生偏差的原因,进行科学有效的进度控制,对实现城市基础设施项目目标具有重要意义。

目前,对城市基础设施项目进度控制的研究在理论和实践方面都取得了丰富的成果。马国丰等研究了资源均衡约束下的关键链项目管理框架,计算出自然、技术、经济、管理、其他风险造成的工期偏差值^{〔3〕}。奥德罗克曼等考虑风险因素的关联性,基于相关成本风险分析模型和蒙特卡罗模拟法计算了成本发生偏差的概率^{〔4〕}。长青、张嘉瑞、哈马德等通

过改进挣值分析法,实现了项目工期、成本的更为精确的预测^{〔5-7〕}。李南等探究了项目成本与时间风险动态传递的规律,在挣值分析的基础上设计了缓冲区,以提高工期、成本偏差的预测能力^{〔8〕}。倪冠群、陈述等从占线策略与竞争分析的角度,针对关键活动发生不确定性延误的项目,设计了风险补偿下的占线预赶工策略,平衡工期与成本的目标^{〔9-10〕}。综合分析上述文献,大部分文献从影响因素和控制方法的角度研究城市基础设施项目进度的控制程度,而对其控制水平和变化趋势的研究较少。

本文拟基于系统动力学理论方法,确定城市基础设施项目进度系统的边界,分析风险事件动态传导影响下的项目进度形成机制,识别项目生命周期内的进度风险事件,建立城市基础设施项目进度模型流程图,结合问卷调查进行城市基础设施项目进度仿真,分析项目进度的变化趋势及进度偏差的行

〔作者简介〕 程鸿群(1967—),女,湖南安化人,武汉大学经济与管理学院副教授,研究方向为工程项目进度管理和风险管理;后 倩(1995—),女,四川仪陇人,武汉大学经济与管理学院硕士研究生,研究方向为工程项目进度管理和风险管理。

〔收稿日期〕 2018-07-09

〔修回日期〕 2018-09-11

为模式,提出相应的进度控制措施,为项目管理提供科学的决策依据,以期提高城市基础设施项目进度的控制水平。

二 基于系统动力学的城市基础设施项目进度模型

城市基础设施项目进度控制是一个复杂的非线性动态反馈系统^[1]。系统动力学是专门研究信息反馈系统的科学,系统的行为模式与特征主要取决于系统的结构与反馈机制。系统在内外动力和制约因素的作用下按一定的规律发展,系统动力学理论既可以在宏观上把握事物发展的趋势,又可以分析系统内微观因素的相互作用关系^[12-13]。因此,本文基于系统动力学理论,尝试确定城市基础设施项目进度系统的边界,分析项目进度的形成机制,建立项目生命周期中的风险事件对进度影响的动态模型,进而分析项目进度偏差的行为模式。

1. 项目进度系统分析

城市基础设施项目进度是一个综合性的指标,可将项目任务、工期、成本有机地结合起来,全面反映项目的实施进展状况^[4]。本文将城市基础设施项目进度系统划分为时间子系统和成本子系统,通过文献和专家咨询确定内生因素、外生因素及暂不考虑因素,从而界定城市基础设施项目进度系统的边界(图1)。

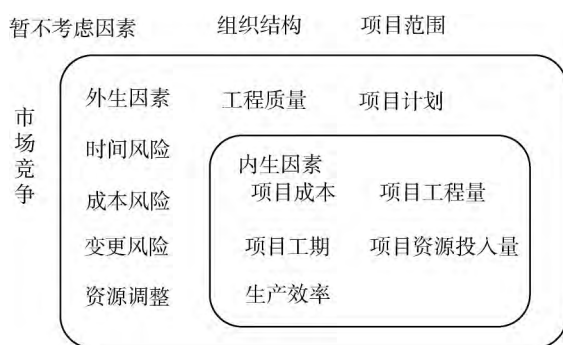


图1 城市基础设施项目进度系统边界

实现项目进度的过程即在一定的工期内耗费一定的成本,将一定量的人力、材料、机械转化为相应的工程量。结合图1,本文将城市基础设施项目进度系统分成完工工期、累计发生成本量、累计资源投入量三个子块。工程变更风险的发生导致工程变更量增加,同时增加了预估的资源变化量,并通过累计资源投入量间接影响项目的时间和成本。一方面,成本风险事件的发生及累计资源投入量的变化,使

得项目成本发生变化,而如果为了控制项目成本调整成本偏差量,偏差达到一定水平时则会影响项目工期;另一方面,累计资源投入量的改变将导致生产效率发生变化,使所需的工期发生相应改变。时间风险事件的发生以及工期的变化势必导致时间偏差,在一定范围内,时间偏差量越大,表示偏离计划工期的时间越长。为了使项目工期达到合同目标,需要进一步调整资源量的投入,由此确定了风险事件动态传导影响下的项目进度形成机制,进而得到相应的反馈回路图(图2)。本文以资源投入量为各反馈回路的联结点建立反馈回路图,既符合项目建设的实质,又与模型各子系统相互关联。

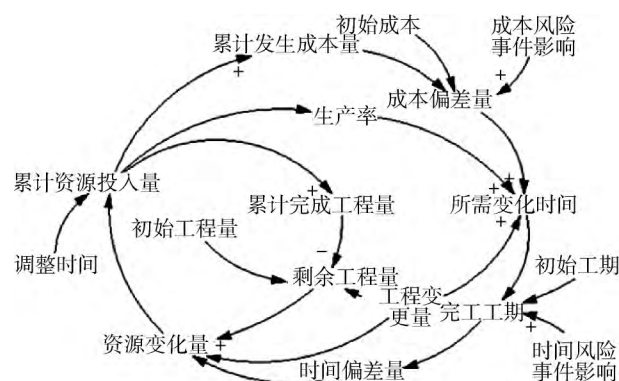


图2 城市基础设施项目进度系统反馈回路图

2. 项目进度风险事件识别

根据《项目管理知识体系指南》(PMBOK指南,第五版),将通过投资决策的城市基础设施项目的生命周期划分为三个阶段:项目建设前期阶段、项目建设准备阶段、建设和竣工验收阶段。由项目进度系统分析可知,在城市基础设施项目生命周期内,项目各个阶段的风险事件直接或间接地影响模型的时间子系统、成本子系统,导致项目进度发生偏差。本研究对文献进行了梳理,在项目生命周期内从进度形成机制的角度对比、分析、整理文献中的城市基础设施项目进度风险识别结果,初步识别项目各个阶段影响进度的风险事件^[15-18]。利用德尔菲法,通过对五位专家三轮的意见征询、反馈,确定项目各阶段的进度风险事件(表1)。

3. 建立项目进度模型

(1) 进度模型流量图

设计状态变量和相应的速率变量,叠加至反馈回路图,使用 Vensim6.2 建立对应的反馈结构流程图(图3)。将该模型划分为累计资源投入量、完工工期、累计发生成本量三个子块,具体反映为以累计资

表 1

城市基础设施项目进度风险事件表

序号	项目阶段风险	风险事件	影响关系	主要风险因素
1	项目各阶段共有风险	政治不稳定风险	直接影响时间和成本	不稳定的政府
2		法律法规变更风险	直接影响时间和成本	法律变更; 税收政策变更; 行业标准变化
3		环境保护风险	直接影响时间和成本	施工垃圾排放不达标; 环境污染
4		信用风险	直接影响时间和成本	社会信用体系不完善
5		组织协调风险	直接影响时间和成本	协调风险; 管理组织混乱; 人员配置不合理
6		群体事件风险	直接影响时间和成本	工人要求改善工作条件、休息时间、安全措施; 项目干系人相关要求
7		项目财务风险	直接影响时间和成本	资金回收风险、垫资风险、资金流动困难
8		金融风险	直接影响成本	利率汇率变化
9		阶段过渡风险	直接影响时间和成本	阶段过渡风险
10		不可抗力风险	直接影响时间和成本	社会不可抗力; 自然不可抗力(地震、洪水、台风); 气候条件恶劣; 不利的工程地质条件; 不利的水文地质条件
11	项目建设准备阶段风险	公众反对风险	直接影响时间和成本	项目对当地生态、环境、生活、交通造成不利的影响; 私营机构缺乏社会责任意识
12	项目建设准备阶段风险	政府审批延误风险	直接影响时间	项目审批延误
13		招标失败风险	直接影响时间和成本	招标方式不合理; 评标不科学
14		合同文件风险	直接影响时间和成本	招标文件错误、模糊不清; 权利义务不明确; 变更范围不清楚; 合同档案管理不到位; 合同履行不当; 项目相关人员合同意识较差
15		获准风险	直接影响时间	设计方案获准不及时; 相关审批文件获准不及时
16		融资风险	直接影响时间和成本	资金筹措困难; 金融市场不健全
17		土地获取风险	直接影响时间和成本	土地获取时间或成本超过预期; 土地价值变化
18	建设和竣工验收阶段风险	施工组织风险	直接影响时间和成本	生产调度不科学; 施工管理不科学; 施工组织混乱
19		前期变更风险	间接影响时间和成本	前期工程变更
20		中期变更风险	间接影响时间和成本	中期工程变更
21		后期变更风险	间接影响时间和成本	后期工程变更
22		技术风险	直接影响时间和成本	技术不成熟; 采用新的工艺流程
23		质量风险	直接影响时间和成本	不能通过质量验收; 工程质量达不到国家标准或合同约定
24		完工风险	直接影响时间和成本	完工后无法达到预期运行的标准
25		供应与采购风险	直接影响时间和成本	劳动力供应不足; 设备、材料供应不及时; 设备采购模式不合理
26		建设成本超支风险	直接影响成本	人员材料机械的监管不到位; 资源利用效率低; 设备损坏; 物价上涨
27		安全风险	直接影响时间和成本	安全事故发生
28		第三方违约风险	直接影响时间和成本	第三方违约

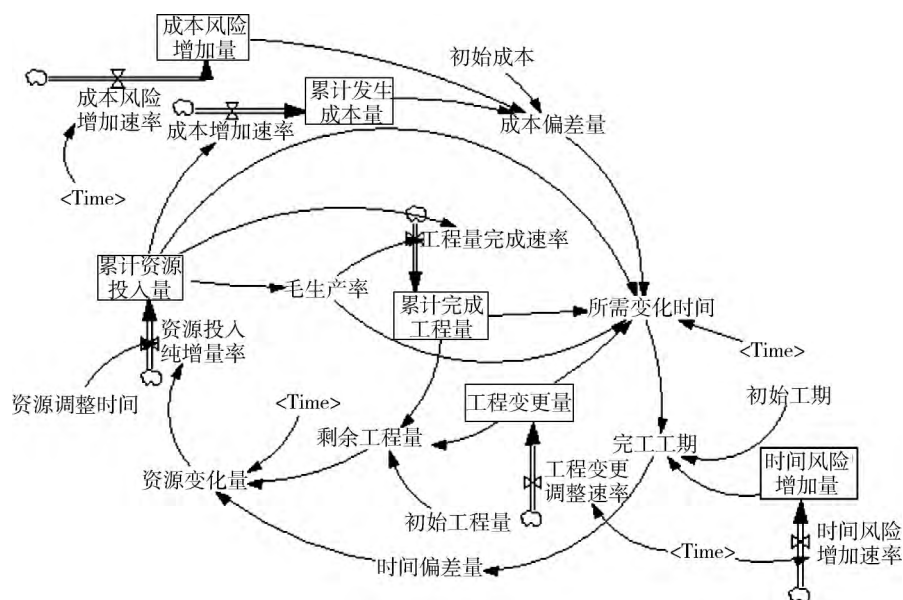


图 3 城市基础设施项目进度模型流量图

源投入量为联结点的八个反馈回路。基于进度模型流量图的变量关系,运用 Vensim6.2 软件中的 Equa-

tions 建立变量间的函数关系,三个子块的主要函数关系如表 2 所示。

表 2 城市基础设施项目进度模型主要函数关系

模型子块	主要函数关系
累计资源投入量	累计资源投入量 = INTEG (资源投入纯增量率, 初始累计资源投入量)
	资源投入纯增量率 = 资源变化量 / 资源调整时间
	资源变化量 = 剩余工程量 + Time - 初始工程量 + 时间偏差量 * (0.5 * Time * Time + Time + 0.5)
	剩余工程量 = 初始工程量 + 工程变更量 - 累计完成工程量
	工程变更量 = INTEG (工程变更调整速率, 初始工程变更量)
	工程变更调整速率 = WITH LOOKUP (Time)
	累计完成工程量 = INTEG (工程量完成速率, 初始累计完成工程量)
	工程量完成速率 = 累计资源投入量 * 毛生产率
	完工工期 = 初始工期 + 时间风险增加量 + 所需变化时间
完工工期	时间风险增加量 = INTEG (时间风险增加速率, 初始时间风险增加量)
	时间风险增加速率 = WITH LOOKUP 成本偏差量(Time)
	所需变化时间 = (工程变更量 + Time - 累计完成工程量) / (毛生产率 * 累计资源投入量) + WITH LOOKUP (成本偏差量)
	时间偏差量 = 完工工期 - 初始工期
累计发生成本量	累计发生成本量 = INTEG (成本增加速率, 初始成本)
	成本增加速率 = WITH LOOKUP (累计资源投入量)
	成本偏差量 = 累计发生成本量 - 初始成本 + 成本风险增加量
	成本风险增加量 = INTEG (成本风险增加速率, 初始成本风险增加量)
	成本风险增加速率 = WITH LOOKUP (Time)

(2) 进度模型参数化表达

① 常数与初始值的确定

本文做出单位 1 的假设。单位 1 是指在批准计划的条件下,累计资源投入量是 1 个单位,时间、成本投入分别是 1 个单位,累计完成 1 个单位的工程量,该假设描述了模拟以平衡态为起始点的项目实施状态。基于此,确定模型的初始累计发生成本量、初始累计资源投入量、初始工期、初始成本、初始工程量为 1,初始成本风险增加量、初始累计完成工程量、初始工程变更量、初始时间风险增加量为 0。

② 表函数的确定

根据《城市基础设施项目进度风险表》(表 1)设计调查问卷,本次调查共发放 850 份问卷,历时 6 个月,回收 756 份调查问卷,其中 74 份调查问卷因数值空缺较多无效,实际有效问卷为 682 份,有效回收率为 80.24%。其中 51.9% 的受访者来自我国中部省份,32.3% 的受访者来自东部省份,15.8% 来自西部省份;受访者中 92% 为本科及以上学历,调查项目涵盖了市政工程、交通运输项目、生态建设及环境保护项目和城镇综合开发项目等城市基础设施项目。

将调查问卷所得数据进行处理后确定表函数的相应参数。具体涉及以下三个步骤:第一,调查问卷的信度和效度检验。利用 SPSS19.0 对调查问卷的信度和效度进行检验,其中信度值为 0.961,大于 0.9,说明调查问卷的信度较好;效度的 KMO 值为

0.744,大于 0.7,说明数据的正确性较好,适合进行相关的分析。第二,确定各个风险事件的严重度。分别取概率区间和损失程度区间的均值代表对应风险事件的发生概率和损失程度,将二者的乘积作为对应风险事件的严重度。 s_i 表示第 i ($i \in \{i | 1 \leq i \leq 28\}$) 个风险事件的严重度。第三,表函数相应参数确定。按照影响关系将各阶段的风险事件的严重度分别进行加和($\sum s_i$),作为风险事件表函数的数据基础。

③ 模型调试

首先,模型在模拟前通过了 Vensim6.2 的模块检验,包括量纲的一致性、模型界限是否合适、反馈回路是否合规等。其次,通过设置表函数为常数的方式进行结构调试。将工程变更表函数设为常数 0 进行调试,结果显示,模型通过了模型结构与实际系统一致性检验。最后,选择政治不稳定风险作为干扰项进行函数测试。假定政治不稳定风险发生在项目建设阶段,结果与假设相符,即工期无限延长,成本增加,通过了模型行为适合性检验、模型行为与实际系统一致性检验。综上,模型通过了适用性与一致性检验。

三 城市基础设施项目进度模型仿真结果

1. 风险影响下的项目进度仿真结果

利用 Vensim6.2 对城市基础设施项目风险影

响下的项目累计资源投入量、完工工期、实际成本进行仿真,仿真结果见图 4。图 4 显示累计资源投入量受到资源投入纯增量率的影响,呈现出不断增加的变化趋势,并且随着项目的推进,增加速率变快,项目完工时实际资源投入量为批准计划的 1.079 倍。而项目成本受到成本增加比率和成本

风险事件的影响,呈现 S 形增长的变化趋势,项目完工时实际发生成本为批准计划成本的 1.284 倍。与项目成本类似,项目工期呈现出 S 形增长的变化趋势,项目完工时实际工期长度是批准计划工期的 1.278 倍。

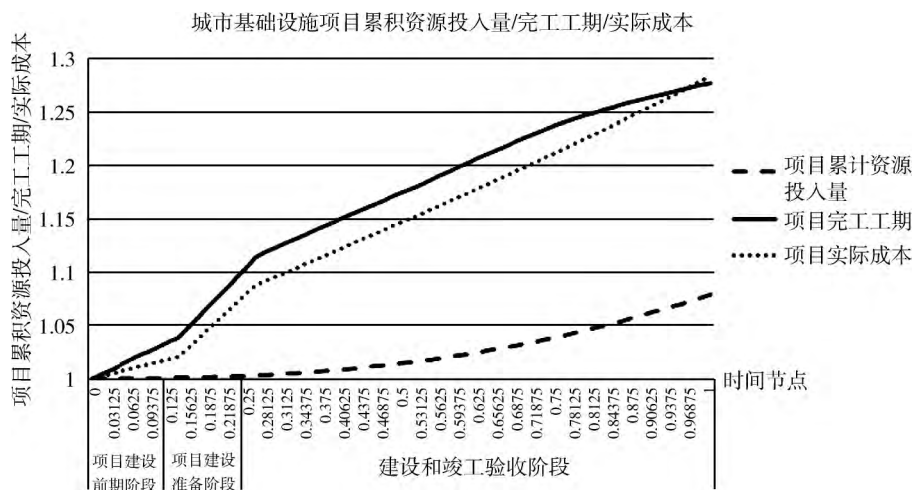


图 4 城市基础设施项目进度模型仿真结果

2. 风险事件影响下的进度偏差行为模式

(1) 风险事件影响下的进度偏差值

利用 Vensim6.2 计算所有风险事件影响下的时间偏差值和成本偏差值,进而计算各个风险事件的进度影响值。根据式(1) – 式(4)进行计算,计算结果如表 3 所示。

$$e_i^T = D_R^T - D_{R-i}^T \quad (1)$$

$$e_i^C = D_R^C - D_{R-i}^C \quad (2)$$

$$RV_i^T = e_i^T / s_i \quad (3)$$

$$RV_i^C = e_i^C / s_i \quad (4)$$

式(1) – 式(4)中, $R = (r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_{28})$ 表示所有风险事件; $R_{-i} = (r_1, r_2, \dots, r_{i-1}, r_{i+1}, \dots, r_{28})$ 表示不包括第 i 个风险事件的一组风险; D_R^T (D_R^C) 表示在所有风险事件的影响下导致的时间(成本)偏差值,算得 $D_R^T = 0.2777$, $D_R^C = 0.2843$; D_{R-i}^T (D_{R-i}^C) 表示在 R_{-i} 的影响下导致的时间(成本)偏差值; e_i^T (e_i^C) 表示第 i 个风险事件的时间(成本)影响值,即经过模型的反馈调节后,该风险事件对项目时间(成本)的影响大小; RV_i^T (RV_i^C) 表示第 i 个风险事件的相对时间(成本)影响值,即经过模型自身反馈调节后的影响值与调查问卷得到的严重度之比,以反映风险事件对时间、成本影响的敏感度。该比值

越小,说明该风险事件对进度的影响被模型的反馈机制调整得越多,风险管理越有效。

(2) 阶段风险事件影响下的进度偏差行为模式

利用式(1) – 式(4)计算出各个时间节点的所有风险事件的时间影响值和成本影响值,并按照项目建设前期及准备阶段风险、建设和竣工验收阶段风险、项目各阶段共有风险分为三类,从时间维度呈现各个风险事件对时间、成本影响大小的行为模式(图 5)。

四 城市基础设施项目进度模型仿真结果分析

1. 项目进度仿真结果分析

根据图 4 对风险影响下的项目进度仿真结果进行分析。结果表明,在考虑所有风险的情况下,项目累计资源投入量为 1.079,项目实际成本为 1.2843,项目完工工期为 1.2777,说明在目前的城市基础设施项目进度控制水平下,项目完工时实际资源投入量超出批准计划资源投入量的 0.079 倍,最终的成本超出批准计划成本的 0.284 倍,时间超出批准计划时间的 0.278 倍,说明城市基础设施项目进度控制水平亟待提高。

表 3 风险事件影响下的进度偏差值仿真结果表

序号	项目阶段	风险事件	时间影响值 $e_i^T = D_R^T - D_{R-i}^T$	成本影响值 $e_i^C = D_R^C - D_{R-i}^C$	相对时间影响值 $RV_i^T = e_i^T / s_i$	相对成本影响值 $RV_i^C = e_i^C / s_i$
		所有风险	$D_R^T = 0.2777$	$D_R^C = 0.2843$		
1	项目各阶段 共有风险	政治不稳定风险	0.0064	0.0070	0.9596	1.0452
2		法律法规变更风险	0.0038	0.0041	0.9689	1.0377
3		环境保护风险	0.0074	0.0081	0.9586	1.0430
4		信用风险	0.0086	0.0092	0.5918	0.6398
5		组织协调风险	0.0042	0.0046	0.4774	0.5198
6		群体事件风险	0.0057	0.0062	1.2902	1.4032
7		项目财务风险	0.0175	0.0191	2.9376	3.2008
8		金融风险	0.0007	0.0144	0.0386	0.7942
9		阶段过渡风险	0.0049	0.0053	0.9590	1.0446
10		不可抗力风险	0.0126	0.0137	0.9612	1.0472
11	项目建设前期	公众反对风险	0.0066	0.0084	0.9667	1.2430
12	阶段风险	政府审批延误风险	0.0158	0.0019	0.9161	0.1114
13	项目建设 准备阶段风险	招标失败风险	0.0084	0.0103	0.8900	1.0875
14		合同文件风险	0.0105	0.0128	0.8896	1.0871
15		获准风险	0.0046	0.0005	0.8454	0.0826
16		融资风险	0.0185	0.0226	0.8888	1.0870
17	建设和竣工 验收阶段风险	土地获取风险	0.0129	0.0158	0.8891	1.0867
18		施工组织风险	0.0069	0.0071	0.9740	0.9997
19		前期变更风险	0.0143	0.0021	0.7470	0.1085
20		中期变更风险	0.0228	0.0011	0.8194	0.0386
21		后期变更风险	0.0115	0.0001	0.8233	0.0047
22		技术风险	0.0102	0.0106	0.9686	1.0041
23		质量风险	0.0110	0.0114	0.9708	1.0063
24		完工风险	0.0164	0.0170	0.9722	1.0079
25		供应与采购风险	0.0103	0.0107	0.9734	1.0092
26		建设成本超支风险	0.0019	0.0387	0.0492	0.9794
27		安全风险	0.0117	0.0121	0.9717	1.0074
28		第三方违约	0.0085	0.0088	0.9721	1.0076

2. 项目进度偏差分析

(1) 时间偏差分析

根据表 3 和图 5,从风险事件影响下的时间偏差值和阶段风险事件影响下的时间偏差行为模式两个角度对进度风险的时间偏差进行分析。

在对风险事件影响下的时间偏差值的分析过程中,首先将时间影响值进行排序,在所有的风险事件中,中期变更风险是影响工期的关键风险,其时间影响值为 0.0228,即超过批准计划工期约 0.023 倍;环境保护风险对工期的影响最小,其时间影响值为 0.0004;另外,项目建设前期阶段的政府审批延误风险,项目建设准备阶段的融资风险、土地获取风险,建设和竣工验收阶段的完工风险、变更风险、安全风险、质量风险,以及项目各阶段的财务风险和不可抗力风险均对项目时间有较大的影响。其次,将相对时间影响值进行排序,其中项目财务风险、群体事件风险的相对时间影响值分别为 2.9376、1.2902,表明这两个各阶段共有风险的时间影响较调查问卷所

得严重度分别扩大了 2.938 倍、1.290 倍,较其他风险事件更为敏感。第三,除财务风险、群体事件风险外,对时间有直接影响的风险事件的相对时间影响值都小于 1.0,表明这些风险的敏感度较低,项目进度控制水平较好。其中,建设成本超支风险、金融风险仅对成本有直接影响,其相对时间影响值小于 0.05,在理想状况下该值为 0,当成本偏差值达到一定程度时,可通过延长时间控制成本,因而其对时间影响的敏感度很低。

在对阶段风险事件影响下的时间偏差行为模式进行分析的过程中,首先,项目建设前期及准备阶段的风险事件的时间影响值呈现先增长后下降的行为模式,由于进度控制的存在,有效的风险管理使得风险对时间的影响逐渐降低,而该阶段对时间影响较大的有融资风险、政府审批延误风险、土地获取风险。其次,项目建设和竣工验收阶段的风险事件除工程变更以外,由于系统反馈时间不足,时间影响值呈现从风险出现阶段由低逐渐增加的行为模式。工

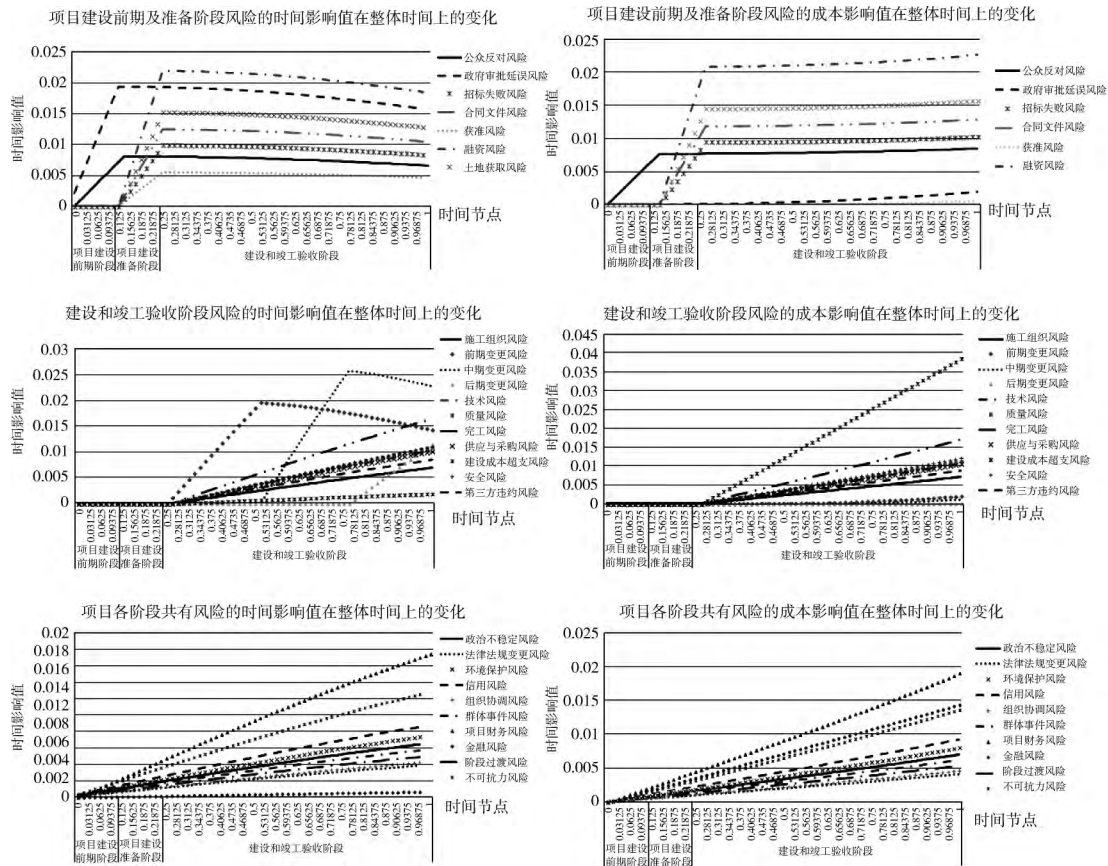


图5 各阶段风险事件影响下的进度偏差行为模式

程变更通过影响工程量进而通过资源投入量的调整间接影响时间,因此,前期、中期变更风险的时间影响值呈现先升后降的行为模式,而后期变更风险由于出现时间较晚,调整时间不足,导致其时间影响值逐渐增加。该阶段对时间影响较大的主要有变更风险、完工风险。最后,项目各阶段共有风险事件的时间影响值呈现出由低点以上凸的态势逐渐增加的行为模式,共有风险中对时间影响较大的主要有项目财务风险和不可抗力风险。

(2) 成本偏差分析

根据表3和图5,从风险事件影响下的成本偏差值和阶段风险事件影响下的成本偏差行为模式两个角度对进度风险的成本偏差进行分析。

在对风险事件影响下的成本偏差值进行分析的过程中,首先将成本影响值进行排序,在所有的风险事件中,建设成本超支风险是影响成本的关键风险,其成本影响值为0.0387,即超过批准计划成本约0.039倍,说明在建设期间,人员、材料、机械监管不到位、资源利用效率低、设备损坏、物价上涨等风险因素发生的可能性较大;后期变更风险对成本的影响最小,其成本影响值为0.0001。另外,项目建设

准备阶段的融资风险、土地获取风险、合同文件风险、招标失败风险,建设和竣工验收阶段的完工风险、安全风险、质量风险、供应与采购风险、技术风险以及项目各阶段共有的财务风险、金融风险、不可抗力风险均对项目成本有较大的影响。其次,将相对成本影响值进行排序,其中项目财务风险的相对成本影响值最大,为3.2008,即项目财务风险的成本影响较调查问卷所得严重度扩大了3.201倍。另外,群体事件风险和公众反对风险的相对成本影响值都大于1.2,说明这些风险事件对成本影响的敏感度较高,应对这些风险予以足够的重视。组织协调风险和信用风险的相对成本影响值较小,均为0.5左右,说明目前在人员管理、人员配备、组织协调方面做得较好,社会信用体系较为完善。第三,对成本有直接影响的风险事件的相对成本影响值略小于1或者略大于1,在理想状况下其值为1,但是,项目的存在一方面可降低风险事件对成本的影响,另一方面可通过增加成本进行进度控制,两方面相互作用,使得其相对值调整较少。其中,政府审批延误风险、获准风险仅对时间有直接影响,其相对成本影响值均小于0.1,在理想状况下该值为0,进度

控制措施一方面降低了风险事件对时间的影响,一方面增加了成本。

本文在对阶段风险事件影响下的成本偏差行为模式的分析过程中发现,首先,项目建设前期及准备阶段的风险事件的成本影响值随风险事件的出现而较快增长,由于进度控制成本的存在项目建设后期增长缓慢。而政府审批延误风险和获准风险由于仅直接影响时间,呈现平缓增长的行为模式。在该阶段中,对成本影响较大的有融资风险、土地获取风险、合同文件风险。其次,项目建设和竣工验收阶段的风险事件的成本影响值由于系统反馈时间不足,在风险出现点呈现由低逐渐增加的行为模式。该阶段对成本影响较大的主要有建设成本超支风险和完工风险。第三,在进度控制措施的影响下,项目各阶段共有风险事件的时间、成本影响值呈现出波动中逐渐增加的行为模式。但是,由于进度控制多通过增加成本使项目工期达到合同目标,因而时间影响值显示上凸的增长趋势,而成本影响值则显示下凸的增长趋势。此外,共有风险中对成本影响较大的有项目财务风险、金融风险 and 不可抗力风险。

3. 相关策略

以城市基础设施项目进度模型仿真结果为基础,结合项目进度仿真结果分析和项目进度偏差分析,对城市基础设施项目进度控制提出以下策略。

第一,加强城市基础设施项目各参与方的进度管理意识。城市基础设施项目进度控制对于项目目标和项目功能的实现具有重要意义,项目管理人员应充分了解项目的生命周期,协助制定全面的项目进度管理计划,监督指导计划的实现。此外,应增强项目参与人的进度管理意识,进行项目进度管理能力培训,提高其进度管理能力,通过组建专业团队强化进度管理的技术水平,确保项目决策的科学性和合理性,提高目标达成程度。

第二,完善项目进度控制制度。首先,在城市基础设施项目建设前期及准备阶段,政府应拓宽融资渠道,依据具体项目设计科学有效的融资结构。其次,政府应就审查批准、土地获取以及招投标的相关事项与相关方达成一致且完善的意见,明确双方的权利与义务。第三,应明确项目功能,优化项目方案,加强项目审计,增强信息的透明化,减少工程变更的发生。第四,应组建专业财务管理队伍,通过专业审计单位设计严格的财产使用和资金运营流程,建立奖惩分明、权责明确、评价公正的财务运行机制。在项目建设和竣工验收阶段,首先应加大对资

金使用的监督,加强成本控制,制定统一完备的资金支付制度,保证项目资金专款专用。其次,施工方应制定合理的施工管理方案,设计合理的生产调度方案,保证施工现场的效率,并对可能造成人员伤亡的重大风险事件提出合理的应急预案和现场处置方案。第三,应采用可量化的绩效考核指标,实行质量责任制,并定期检查,保证项目保质保量地按时完工。最后,应委派专人负责材料、机械的监管,针对具体情况及时制定维修采购计划,并向项目经理反映资源使用状况或问题,提高资源的利用率。在项目实施各阶段,应及时披露相关信息,提高公民的参与程度,建立利益补偿和平衡机制,构建回应型治理模式。

第三,建立科学的进度风险预警机制。一是根据参考模型量化得出的数据和专家意见对影响较大的金融风险、不可抗力风险、安全风险等不可控制的风险做出相应调整,加入合同条款以增加合同的弹性。二是依据进度计划,在城市基础设施项目实现过程中,由项目管理人员和监理人员根据当前项目执行情况和时间、成本偏差状况,决定是否采取纠偏措施,以保障项目进度计划正常执行。

五 结论

城市基础设施项目进度控制是项目目标实现的核心问题。本文基于系统动力学原理确定了城市基础设施项目进度系统的边界,建立系统反馈回路图,在项目生命周期内从项目进度形成机制的角度识别进度风险事件,并按照风险事件表设计了相应的调查问卷,利用问卷调查所得数据确定了模型方程相关参数,建立了城市基础设施项目进度模型。从进度模型仿真结果看,城市基础设施项目实际时间、成本分别为批准计划的 1.278 倍和 1.284 倍,影响项目时间、成本的关键风险分别为中期变更风险、建设成本超支风险;影响二者的敏感风险均为财务风险和群体事件风险,说明城市基础设施项目进度控制水平仍有待提高。本文结合阶段风险事件影响下的进度偏差行为模式,为城市基础设施项目进度控制提供了相关策略。为了方便讨论,本研究仅以调查问卷所得风险事件严重度作为模型输入依据,并假设在其出现的阶段内均匀分布,而对不同风险事件存在不同分布这一实际情况有所忽略,这对项目进度的形成机制和变化趋势有一定影响,也是今后进一步研究的方向。

【Abstract】 System dynamics is used to determine the boundary of the urban infrastructure project progress system, and progress risk events are identified from the perspective of the progress formation mechanism within the project life cycle. And a system dynamics model based on a questionnaire survey is established to analyze the developing tendency of urban infrastructure project progress and progress deviation behavior mode affected by risk events. The results show: The actual time and cost of urban infrastructure projects are 1.278 times and 1.284 times as compared to those of the original plans; The key risks affecting the time and cost are medium-term change risk and construction cost over-spending risk respectively, and the sensitive risks affecting both time and cost are financial risk and colony affairs risk. Further, according to the behavioral pattern of progress deviation influenced by phased risk events, responding proposals are made for relevant strategies to promote a higher progress control level for urban infrastructural projects.

【Key words】 urban infrastructure project; progress control; system dynamics; time deviation; cost deviation

参考文献

- [1] 唐望丁,殷轶晖,孙峻. 城市基础设施项目后评价机制研究[J]. 工程管理学报, 2008(2): 38-41
- [2] Önder Ökmen, Öztaş A. Construction Project Network Evaluation with Correlated Schedule Risk Analysis Model[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2008(1): 49-63
- [3] Ma G, Wang A, Li N, et al. Improved Critical Chain Project Management Framework for Scheduling Construction Projects[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2014(12): 04014055-1-04014055-12
- [4] Önder Ökmen, Ahmet Öztaş. Construction Cost Analysis under Uncertainty with Correlated Cost Risk Analysis Model[J]. Construction Management & Economics, 2010(2): 203-212
- [5] 长青,吉格迪,李长青. 项目绩效评价中挣值分析方法的优化研究[J]. 中国管理科学, 2006(2): 65-70
- [6] Chang C J, Yu S W. Three-Variance Approach for Updating Earned Value Management[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2018(6): 04018045-1-04018045-10
- [7] Hammad M W, Abbasi A, Ryan M J. Developing a Novel Framework to Manage Schedule Contingency Using Theory of Constraints and Earned Schedule Method[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2016(4): 04018011-1-04018011-14
- [8] 李南,戴育雷,杨莉. 基于缓冲区和挣值分析的项目成本与进度风险预警[J]. 工程管理学报, 2015(4): 123-127
- [9] 倪冠群,徐寅峰,许晓雯. 工程项目进度—费用优化的占线风险补偿模型[J]. 系统工程理论与实践, 2009(12): 141-146
- [10] 陈述,胡志根. 土石过水围堰条件下的水电工程施工进度风险研究[J]. 系统工程理论与实践, 2013(6): 1622-1627
- [11] 王宇静,李永奎. 基于系统动力学的大型复杂建设项目计划模型[J]. 工业工程与管理, 2010(3): 87-94
- [12] 唐伟,雷星晖,李玲玲. 系统动力学在战略风险评价及控制中的适用性[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2012(4): 645-649
- [13] Wang J Y, Yuan H P. System Dynamics Approach for Investigating the Risk Effects on Schedule Delay in Infrastructure Projects[J]. Journal of Management in Engineering, 2016(1): 04016029; 04016029-1-04016029-13
- [14] 徐哲,王黎黎. 基于关键技术的项目进度管理研究综述[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2011(2): 54-59
- [15] 李丽等. 全生命周期视角下的 PPP 项目风险识别[J]. 工程管理学报, 2016(1): 54-59
- [16] 宁勇,赵世强. 基于 AHP 的轨道交通 PPP 项目全生命周期风险识别[J]. 北京建筑工程学院学报, 2016(2): 28-32
- [17] 胡丽,张卫国,叶晓甦. 基于 PPP 模式的城市基础设施融资风险识别研究[J]. 甘肃社会科学, 2011(1): 234-237
- [18] 李凯风. 城镇基础设施建设 PPP 融资模式风险管理研究[J]. 求索, 2016(1): 109-113

(责任编辑: 刘媛君)