

基于系统动力学的国际工程项目承包商单因素风险 处置模式逻辑构建研究

史泽运, 李 勇

(西安建筑科技大学 管理学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 建设工程项目的系统性、复杂性等特点造成项目在实施过程中面临各个方面的风险。风险具有不确定性, 如何对风险进行预判和处置, 这是工程承包商面临的难题。本文应用系统动力学思维逻辑对单因素风险处置模式相关变量进行了定义, 分析得出处置模式由作业模块、风险事件模块、处置策略模块组成, 进而推导出承包商单一风险处置模式。本文站在承包商角度对单因素风险处置过程进行了较深入的分析, 形成了较为系统的处置模式, 为后续应用系统动力学理论进行项目风险处置多因素研究打下了一定的理论基础。

关键词: 系统动力学; 工程项目; 风险处置

中图分类号: TU722

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2018)04-0609-08

Research on the logical construction of single factor risk disposal model for international engineering project contractors based on system dynamics

SHI Zeyun, LI Yong

(School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 71005, China)

Abstract: The systematics and complexity of construction projects cause in all aspects of risk in the implementation process of the project. Risk being uncertain, so how to predict the risk and handle it is a challenge confronted with the engineering contractors. In this paper, application of system dynamics thinking logic to single risk management decision model relevant variables are defined. Analysis decision model by module, operation module, risk events strategy module, and contractor's single risk management decision model are deduced. The single factor risk disposal process is deeply analyzed from the contractor's point of view, and a more systematic disposal mode is formed. This lays a theoretical foundation for the subsequent application of the system dynamics theory for the multi-factor research of project risk disposal.

Key words: System dynamics; engineering project; risk management

工程项目是系统性工程, 工程体量大、技术难度高, 对于国际工程来说更面临众多风险因素, 例如所在国的政治、经济情况, 复杂关系, 外汇政策, 进出口、资金、劳务、法律法规和政策等多方面风险因素^[1]。对于国际工程项目承包商而言, 在进行风险处置时会遇到各种各样的风险因素, 往往这些风险因素是相互作用、相互耦合的, 这些风险因素的发生影响了承包商风险处置的思维逻辑^[2]。

目前国内外理论界对于风险处置决策方面的研究也较多, 如李永海提出了一种考虑风险策略实施预期效果与项目预期目标间偏差较小的项目风险应对计划方法^[3]; Fan 等在考虑风险发生概率和风险事件发生可能造成的损失程度等诸多因素

的基础上, 提出了一种针对单因素风险的策略选择优化模型^[4]; Hwang 等通过对新加坡企业小型项目风险管理现状进行调查和分析, 发现其主要阻碍因素为时间、预算以及边际利润^[5]; Marcellino-Sadaba 等提出了一个面向中小型企业的项目风险管理方法^[6]; 华侨大学李蒙等人分析复杂工程项目的风险特征入手, 引入基于贝叶斯网络(BN)的复杂工程项目进度 Monte-Carlo 模拟方法, 构建了进度风险分析的仿真模型^[7]。

本文以系统动力学理论为基础, 站在承包商角度对单因素风险处置过程进行系统动力学分析, 模拟承包商面对风险因素的思维逻辑, 构建了较为系统的风险处置模式, 为后续应用系统动力学理论进行项目风险处置多因素研究打下了一定的

收稿日期: 2015-12-31

修改稿日期: 2018-07-09

基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12531574); 国家自然科学基金项目(U1261212)

第一作者: 史泽运(1982-), 男, 博士生, 主要研究房地产开发与经营。E-mail: szy.737@163.com

理论基础.

1 系统动力学

所谓的系统(system),在中西文化中都有相当长久且广泛的讨论与应用,但对于系统的定义始终存在许多大同小异的说法,例如:系统是指互相作用、互相依靠的所有事物,按照某些规律结合起来的总和^[8];系统是一群具交互作用的元素,为了某一目的而集合在一起共同作用^[9];系统是人、事、信息、组织等元素为某一特定目标而形成的组合^[10];系统是由具交互影响关系的实体、概念或物质所组成,每个元素均直接或间接的关联到其他的元素,且不会有任何一个子系统与其他子系统无关^[11]等.系统科学在二次世界大战后成为了一门正式的研究领域.起初是发展于生物学与工程学领域,近来才逐渐扩展于探讨社会与经济问题.其中著名的一般系统理论(General Systems Theory, GST)主张任何领域的概念皆可凭借一些共通的规则,一般化为系统形式的思考模型,且可以用数学概念进行描述^[12];而系统动力学(system dynamics)则是由美国麻省理工学院(MIT)的福雷斯特(Jay W. Forrester)教授,首先将系统理论应用于企业管理与工业管理中,并于1956年开发完成一套计算机仿真模型.此模型受到全球瞩目,并引发一连串后续研究.在70年代初期,首先由福氏在1971年发表了一本著作《世界动态学》(World Dynamics),宣称可以用其所提出的方法讨论世界性问题;后便于1972年,经名为罗马俱乐部(the Club of Rome)的世界性未来研究组织的倡议下,由福氏的学生梅多士(Donnelly H. Meadows)教授等三人运用系统动力学完成了世界前景的研究,并以成长的极限(The Limits to Growth, World Model 3)为题公开研究成果.自此有关系统动力学的研究便日渐增多,同时相关课程也陆续在世界各地高等院校开设,目前许多国际闻名的环境模型以及政策模型,都是利用系统动力学方法所构建的.

系统动力学是强调系统中的各项变量如何交互作用而随时间变动的历程,其可用于描述现实世界中的各种系统或建立模型,以学习其中的动态变化或行为,特别是对于问题性系统行为的改善或控制^[6].此方法的提出是源自于下列需求:

(1)希望能关切整体项目而非若干个别元素的加总.

(2)解释一般以平衡或加强回馈环描述的非线

性状态.

(3)具有调整弹性的项目模型,以提供管理决策前进行模拟实验.

(4)不能利用传统分析工具解决所有项目管理问题,以及对新事物的试验需求.

本研究符合系统动力学的特性,主要表现在系统时间的持续性和变量随着时间推移的变化性.系统时间的持续性的内涵是工程项目一般持续时间较长,短则一年长则几年;变量随时间推移的变化性表现在随着项目的推进,承包商对潜在风险因素的了解程度越来越深且由于风险具有不确定性,风险因素本身及其所影响的作业会发生变化.因此建立动态系统模型,将可使风险处置决策具有调整性,并可满足多项风险具关联性时合并处置的需求^[7].至于如何将所谓抽象的概念转化为系统模型,便需利用系统动态学中既定的基础元素与逻辑关系如存量、流量、因果关联、回馈环等.存量指整个动态过程中某变量所积累或总和起来的数量;流量指元素的活动、运动、或流动;而因果关联则描述出元素间交互作用的逻辑关系,也是界定模型边界的根据.至于回馈环是用以说明一个系统的输出经过某种作用重新回馈入系统的输入端,使整个系统行为呈现循环性的正向或负向变化.通过如上述种种描述系统行为的组件,即可建立仿真现实世界中各类型系统的动态模型,并进而执行各种运算及分析,提高决策者对系统的了解与决策的正确性.

2 单一风险处置决策模式建构流程

单一风险处置决策的理论模式构建流程(如图1所示)可依序说明如下:

(1)进行案例研究,研究实际中承包商进行风险处置决策的作法及其决策的思维逻辑.

(2)将研究结果用以设定决策目标以及各项变量与参数间的交互关系等.

(3)运用系统动力学设计具动态系统特性的模式型态,完成理论模式的建构.

(4)此理论模式进一步利用系统动力学的Ithink建模软件,实现理论模式的操作性.

(5)通过假设案例的操作分析结果,验证模型对案例现状的解释效果.

3 模式变量和参数设定

本文对单一风险处置决策模式的主要变量定义如下:

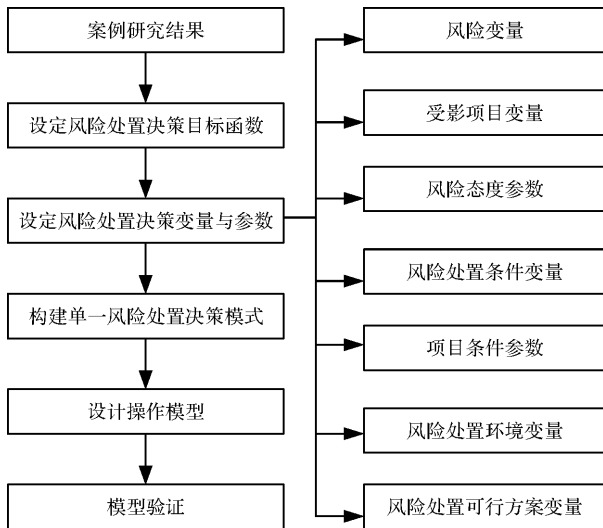


图1 单一风险处置决策模式建构流程

Fig.1 Construction process of the single factor risk disposal and decision model

(1)承包商在风险处置之前,预期某类型风险事件的发生机率为 P_0 , $0 \leq P_0 \leq 1$;导致的成本损失为 L_0 (单位:元), $L_0 \geq 0$;而造成某分部分项的进度拖延为 D_0 (单位:天), $D_0 \geq 0$ 。

(2)承包商预估风险处置后风险事件的发生机率为 P_1 , $0 \leq P_1 \leq 1$;成本损失为 L_1 , $L_1 \geq 0$;对某工作造成的进度拖延则为 D_1 , $D_1 \geq 0$ 。若将风险的损失转移给业主、分包商、保险公司,虽然已经发生的风险损失并未减少,由于本文是以承包商立场进行研究,因此只要承包商所承担的损失降低,就视为损失已被消减。此外,由于处置后风险事件对承包商造成的损失不可能增加,故处置前后风险机率与损失之间的关系为 $P_1 \leq P_0$, $L_1 \leq L_0$, $D_1 \leq D_0$ 。

(3)风险事件可能造成的工期或成本损失需达到一定程度,承包商才会针对该风险进行处置。先设此下限值在成本面与时间面分别为 l 与 d , $l \geq 0$, $d \geq 0$,即当 $L_0 > l$ 或 $D_0 > d$ 时,承包商会考虑采取风险处置策略。

(4)依据合同文件的规定,各类型风险的责任分配型态以 P_c 表示, $0 \leq P_c \leq 1$ 。 $P_c = 0$ 时表示承包商对于此类风险不需担责,业主会根据合同约定补偿风险发生所产生的进度和成本的损失;当 $P_c = 1$ 时表示根据合同约定,业主不会进行任何补偿,风险所引起的进度和成本的损失由承包商承担。

(5)设风险可转移性的值为 P_T , $P_T = 0$ 或 1 , $P_T = 0$ 代表风险无法转移, $P_T = 1$ 代表风险可以转移;风险转移分为两种策略,策略一是风险由保

险公司分摊损失($T-1$ 策略),策略二是将风险损失转移给分包商承担($T-2$ 策略),本文用 P_{T1} 与 P_{T2} 表示。

(6)处置风险所需的成本为 C (单位:元), $C > 0$,依据处置策略的不同分别表示为 C_{T1} 、 C_{T2} 、 C_{T3} 、 C_{M1} 、及 C_{M2} 等。

(7)承包商预期某种风险处置策略可达成的风险损失消减率为 α , $0 \leq \alpha \leq 1$,即 $L_1 = (1 - \alpha_L) L_0$, $D_1 = (1 - \alpha_D) D_0$ 。

(8)承包商在预估某种风险处置策略的效果后,可进一步推算此种风险处置策略是否符合成本效益,即处置后风险损失的消减量相对于处置成本的比值是否够大。设风险处置效益 $E = (L_1 - L_0) / C$, $E > 0$ 。

(9)承包商进行风险处置所具备的管理、技术及预判等能力统称为风险处置能力 H , $0 \leq H \leq 1$ 。能力的强弱对风险损失消减率的掌握以及处置成本均有影响。由于第一类风险转移策略(保险)的成本与处置效果均非由承包商的条件决定,而第二类风险转移策略(由分包商承担损失)也是由分部分项工程性质决定其可行性与效果,因此承包商的处置能力仅于考虑第三类风险转移策略(向业主求偿)与第二类风险减轻策略(降低风险事件所造成的损失)时属于决策影响因子,且分别令此二参数为 H_{T3} 与 H_{M2} 。

4 模式的组成结构与基本假设

本文构建的单一风险处置决策模式,是以某一作业项目(activity)的成本随进度与工期推进而逐渐积累的相互关系为主轴,同时添加两个模块:第一个模块为描述风险事件对工期和成本的影响,第二个模块为描述应用风险处置策略后风险事件引发损失的改善。本文对以上三个模块命名为作业模块、风险事件模块和处置策略模块,模块的构建是依循系统动态学的表示方法,用箭号图表示系统中各变量之间的因果关系。如图2所示,两个相关变量A、B由一个箭号链接,表达出若A则B或A愈——B愈——的意思,例如若某作业项目发生成本超支或损失,则该作业的实际成本支出会加大。箭号为因果键,多个因果键相互关联下就形成因果网络图,如果因果网络图可以闭合,闭合的因果网络图为因果回馈环。因果键具有代数极性,通常会发生两种情况:第一种情况是当因变量增大时,果变量也随之增大,这种因果键称为正因果键;第二种情况,当因变量增大

时,果变量随之减小,这种因果键称作负因果键,而极性的表达在因果关联图中是以正、负号标示于箭头上.依据上述的图标规则,可以描绘出系统的行为逻辑,而系统自身的特性,会决定变量是实体或抽象,所将要探讨的变数相互链接完成后,系统模型的边界也就此确定.以下分别说明单一风险处置决策模式的组成结构与变量关系的基本假设.

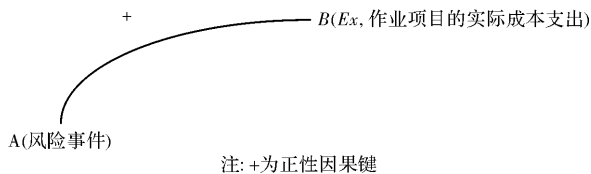


图2 因果关联图表示法

Fig. 2 Representation of causality correlation

4.1 作业模块

此模块主要是由「完成的工作量」(Work performed)与「完成工作量所累积的工程成本」(Costs of work performed)两项变数所构成.

完成的工作量 = (平均每日的生产量) × (已工作天数) = (总工作量) / (该工作的工期) × (已工作天数)

完成工作量所累积的工程成本 = (完成的工作量) × (该作业项目的单价)

因此上述各项因素的交互作用关系即可构成因果关系图(如图3所示).作业模式在没有风险发生情况下,进度和成本与合同计划一致;当风险发生时,作业模块和风险事件模块发生关联,依据风险因素的不同,包括完成的工作量、累积工程成本、平均每日生产量、总工作量、工期等变量均有可能发生变动.

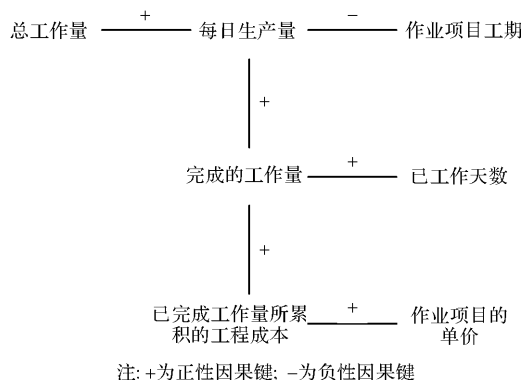


图3 作业模块的因果关联图

Fig. 3 The causality correlation of activity module

4.2 风险事件模块

风险事件的发生可能导致成本的超支或损失(Financial losses)以及进度拖延(Schedule delay),

故此二者成为风险事件模块的变量,成本的超支会使项目实际成本增加^[8];而后者则一方面增加了作业项目的实际工期,另一方面以总时差(Total float)检查后,可知进度的落后是否造成该作业项目的工期发生延误,甚至进一步影响到整体项目的施工进度.综上所述,风险事件模块中各项因素的因果关系可描述如图4所示.

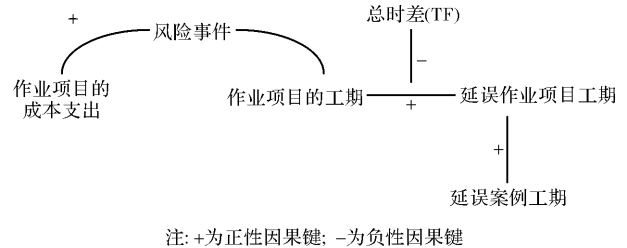


图4 因果关联图

Fig. 4 Diagram of causality correlation

4.3 风险处置策略模块

此模式是由 T-1(保险)、T-2(转移给分包商承担)、T-3(向业主求偿)、M-2(降低风险损失)、及 R(自留风险)等五种风险处置策略所组成,以下分别说明各种策略的因素组成与内涵,每一策略均可由策略可行性、处置成本预估、与处置成效预估等三方面进行描述:

(1) 第一类风险转移策略(T-1, 保险)

此策略的可行性是由风险分配状态、承包商处置意愿、及风险可转移性等三项因素所决定.当风险分配状态 $P_c = 1$,即在合同文件规范下风险责任确定属于承包商,且风险事件的损失规模大于承包商的风险处置成本,承包商认为此风险必须设法处置,加上该风险属于投保项目,可由保险转移部分损失时,T-1即具有可行性.

另外,保险所需花费的成本主要为保险费,而保险费用的计算是以工程项目的承揽合同总金额为基准^[9],不过保费涵盖项目执行过程中所有属于投保范围的风险,因此在针对单一风险时,必须将保费作适度的摊销.

至于保险可获得的风险损失转移效果,则取决于投保的自负额多少.实际上自负额的计算是以一次事故损失金额乘上自负比例,因此承包商可获得的理赔金额即经过保险可转移的风险损失量,即为风险事件的损失金额扣除自负额而得^[10].此外,由于施工进度的延误承包商仅能通过业主得到工期补偿,并不能转移给分包商或保险公司,因此在 T-1 及 T-2 两种策略中均不会对于风险事件造成工期延长的部分进行处理.

T-1 的相关因素与相互影响关系如图5所示:

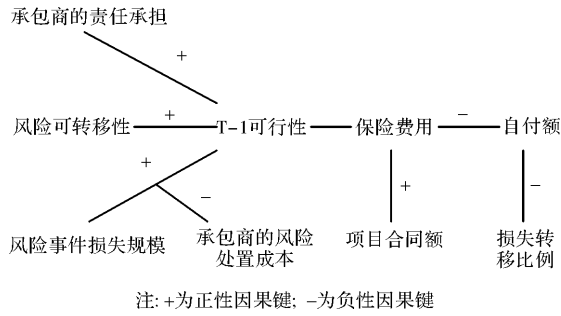


图5 处置策略模块的第一类风险转移策略因果关联图
Fig. 5 The causality correlation of the T-1 risk transfer strategy in the disposal strategy module

(2) 第二类风险转移策略(T-2, 转移给分包商)

此策略的可行性是由风险分配状态、承包商处置意愿、风险可转移性等三项因素所决定。当风险分配状态 $P_C=1$, 即合同明确规定由承包商承担风险责任, 且风险事件的损失规模已超过承包商认定的处置下限, 加上该风险属于分包项目, 表示分包商有责任承担风险事件的损失时, T-2 便具有可行性, 即 $P_T=1$ 。由于此种责任转移是由签订的分包合同达成, 因此承包商并无明显的成本支出, 此处可假设成本为 0。

至于由此手段可达成的处置效果, 可分为单独采用、与保险策略搭配采用两种情形, 在保险范围之外的风险损失若可采取 T-2, 分包商便需承担全部的风险损失; 但若风险属于保险项目, 部分损失可获得保险公司的理赔时, 虽然名义上分包商仍须承担该风险的全部损失, 但由于承包商会将理赔金额给予分包商作为补偿, 因此分包商实际上承担的是自负额的部分。不过对承包商而言, 风险事件的损失在两种情况下均可全部转移, 只是转移对象有所差异而已。在策略可行性确认后, 即可转移该风险的全数损失, 其因果关系如图 6 所示。

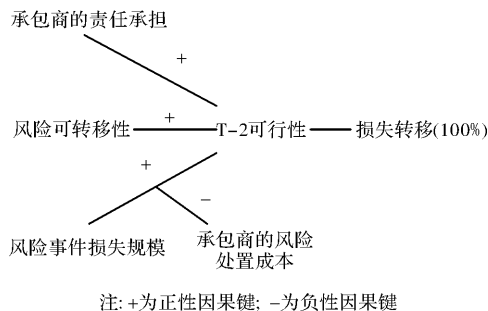


图6 处置策略模块的第二类风险转移策略因果关联图
Fig. 6 The causality correlation of the T-2 risk transfer strategy in the disposal strategy module

(3) 第三类风险转移策略(T-3, 向业主求偿风

险损失)

策略是否可行取决于风险分配状态与承包商处置意愿, 当 $0 < \text{风险分配状态 } P_C < 1$, 即承包商与业主对于风险的责任归属仍有谈判空间, 且承包商预期该风险事件的成本损失规模会大于其风险处置成本, 或进度拖延的天数超过该工作的总时差以致项目总工期会有所延误时, T-3 便可列入候选处置方案中。

当 T-3 及 M-2 等两种处置策略均在可行方案时, 由于减轻工期或成本损失的效果是显现在风险事件发生时, 而向业主争取工期或成本补偿的时机是在风险事件发生之后, 因此从时间顺序上来看, 承包商应先预估由 M-2 可使风险损失降低至何种程度, 考虑剩余损失规模决定是否搭配 T-3, 而此时 T-3 所需处理的损失量, 为预期采取 M-2 后尚未消减的剩余损失量。

风险分配状态除了决定策略可行性外, 同时也会影响承包商向业主求偿的困难度^[11]。当风险的责任倾向由承包商承担(即 P_C 愈大)时, 向业主要求补偿成本或工期损失的困难度也就越高, 因此执行此一处置策略所需的边际成本越高, 自然也使得处置成本越高^[12]。此处假设经由争议处理、仲裁或诉讼等法律途径向业主请求补偿所需花费的成本由求偿金额的 1% 至 10% 不等, 且与风险分配状态 P_C (即代表求偿案件的困难度) 成线性正向关系(如图 7), 故设定边际成本 $M_{CT3} = 0.01 + 0.09 \times P_C$, $C_{T3} = M_{CT3} \times \text{求偿金额}$ 。

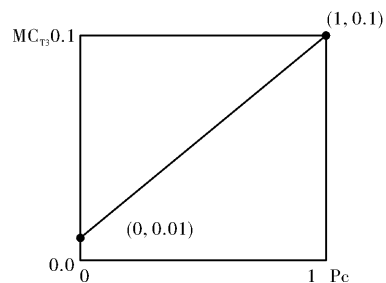


图7 第三类风险转移策略的边际成本与风险分配状态关系图

Fig. 7 Relationship between marginal cost and risk allocation in the T-3 risk transfer strategy

至于承包商能转移多少损失给业主, 除了受到案例难度的反向影响外, 承包商的求偿能力 H_{T3} (主要为法律运用能力) 对转移成效也具有加成作用。此处先将决定案件困难度的 P_C 与求偿能力 H_{T3} 两项因子结合为转移成效指数 t , $t = (1 - P_C) \times (1 + H_{T3})$, 并设损失转移比例 α 与 t 间呈 s-curve 的关系型态, 即 t 介于 0.1 至 0.5 之间时,

转移比例偏低, 而 t 在 0.5 至 1 之间时, 则转移比例转为偏高. 此一关系可利用系统动态学仿真软件内建的「图表函数」功能, 描绘大致的关系曲线

以取代复杂的数学函数建构过程, 而完成两变量间交互关系的描述. T-3 的决策变量因果关系可表示如图 8 所示.

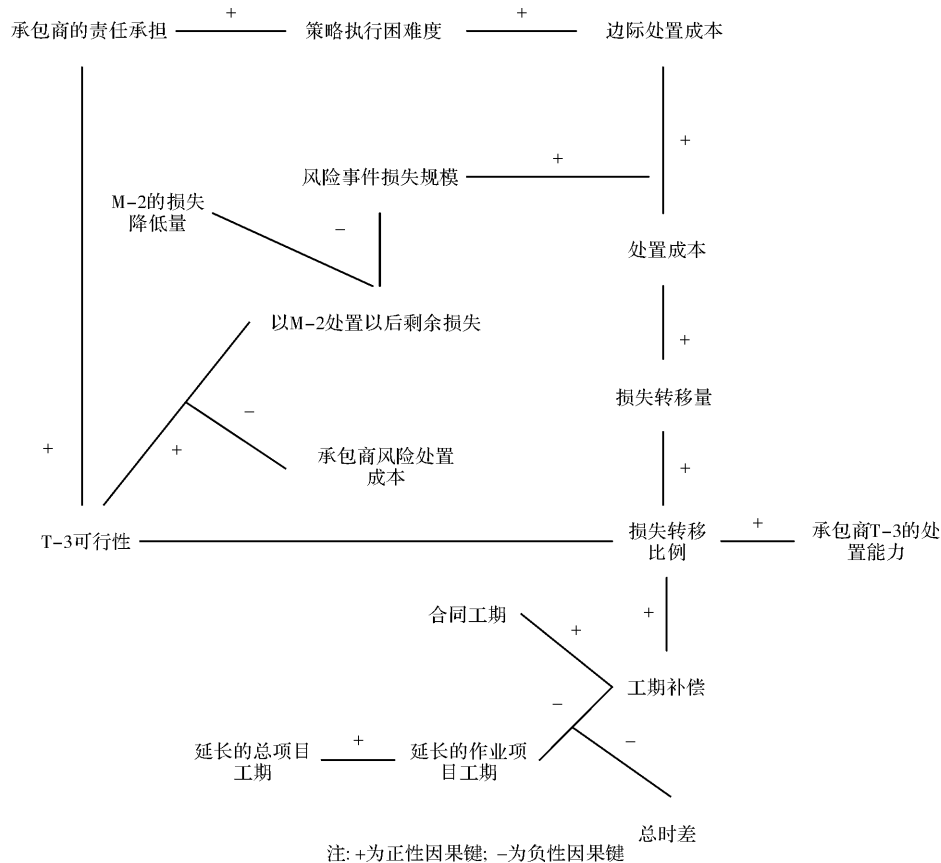


图 8 处置策略模块的第三类风险转移策略因果关联图

Fig. 8 Causality correlation of the T-3 risk transfer strategy in the disposal strategy module

(4) 第二类风险减轻策略(M2, 降低风险损失)

此策略的可行性评估除了同样包括风险分配状态与承包商处置意愿两项因素外, 还和风险可转移性的 P_{T2} 有关. 在风险分配状态 $P_C = 1$, 即合同明确规定由承包商承担风险责任; 以及风险事件的成本损失规模预期将超出承包商可接受的处置下限; 或者进度的拖延天数会超出该作业项目的总时差而使项目工期有所延误, 在此三种情况下, 如果风险损失无法转移给承包商, M-2 则具有可行性. 由于承包商一旦运用 T-2 策略, 就可将所有风险事件导致的损失转移, 因此不需要再采取其他降低损失的策略, 此时如何降低风险损失已成为分包商需自行考虑的问题^[13].

通常来说承包商主要是以本身的管理与施工规划技术进行施工或材料采购计划的调整, 或者对结构本身进行加强, 使结构的稳定性和安全性提高, 从而使风险事件产生的成本或工期损失可以得到减少或者避免^[14].

这种处置方式的成本支出, 与所要降低的损

失规模成正比, 但比例大小(相当于边际成本)需视风险类型而定. 假设采取 M-2 的边际成本为 M_{CM2} , $0 < M_{CM2} < 1$, $C_{M2} = M_{CM2} \times \alpha_{M2} \times L_0$. 至于风险损失能获得多少控制, 便与承包商的处置能力(主要包括施工规划技术、管理能力与工程经验等)有正向影响关系, 假设此一策略的损失降低比例与处置能力之间的交互影响是呈现 s-curve 型关系型态, 因此同样利用「图表函数」建构两者间的关系函数. 综合上述说明, M-2 的决策因素与因果关联可表示如图 9.

(5) 风险自留策略(R)

承包商对于某种潜在风险, 通过评估各种处置策略后, 发现处置所花费的成本与能够降低风险损失期望值相比较, 所以采取任何一种转移或减轻策略均不符合成本效益, 因此决定对于这类潜在风险不进行任何处置, 故该风险事件的发生机率或预期损失也不会有任何改变^[15]. 根据上述策略采用的条件, 得出当其他风险处置策略的可行性均为 0 时, 则采用风险自留策略. 其决策影

响关联图可以下图 10 表示。

5 单一风险处置决策模式

上述依据系统动力学理论构建出了作业模块、

风险事件模块、处置策略模块,将这几个模块站在承包商角度联系起来,可以得到承包商进行单一风险处置决策的逻辑结构。见图 11 承包商单一风险处置决策模式。

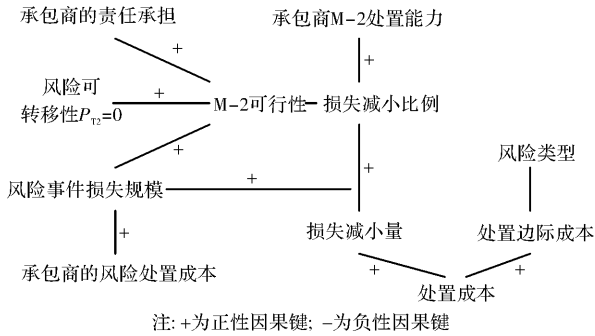


图 9 处置策略模块的第二类风险减轻策略因果关联图

Fig. 9 Causality correlation of the T-2 risk mitigation strategy in the disposal strategy module

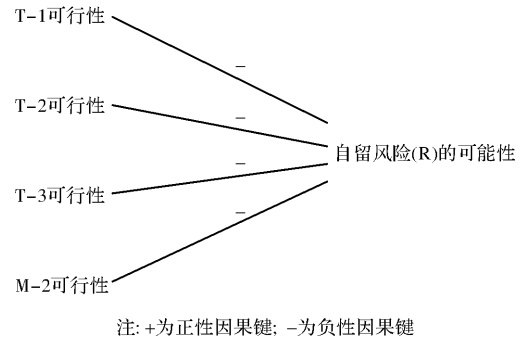


图 10 处置策略模块的风险自留策略因果关联图

Fig. 10 Causality correlation of risk retention strategy in the disposal strategy module

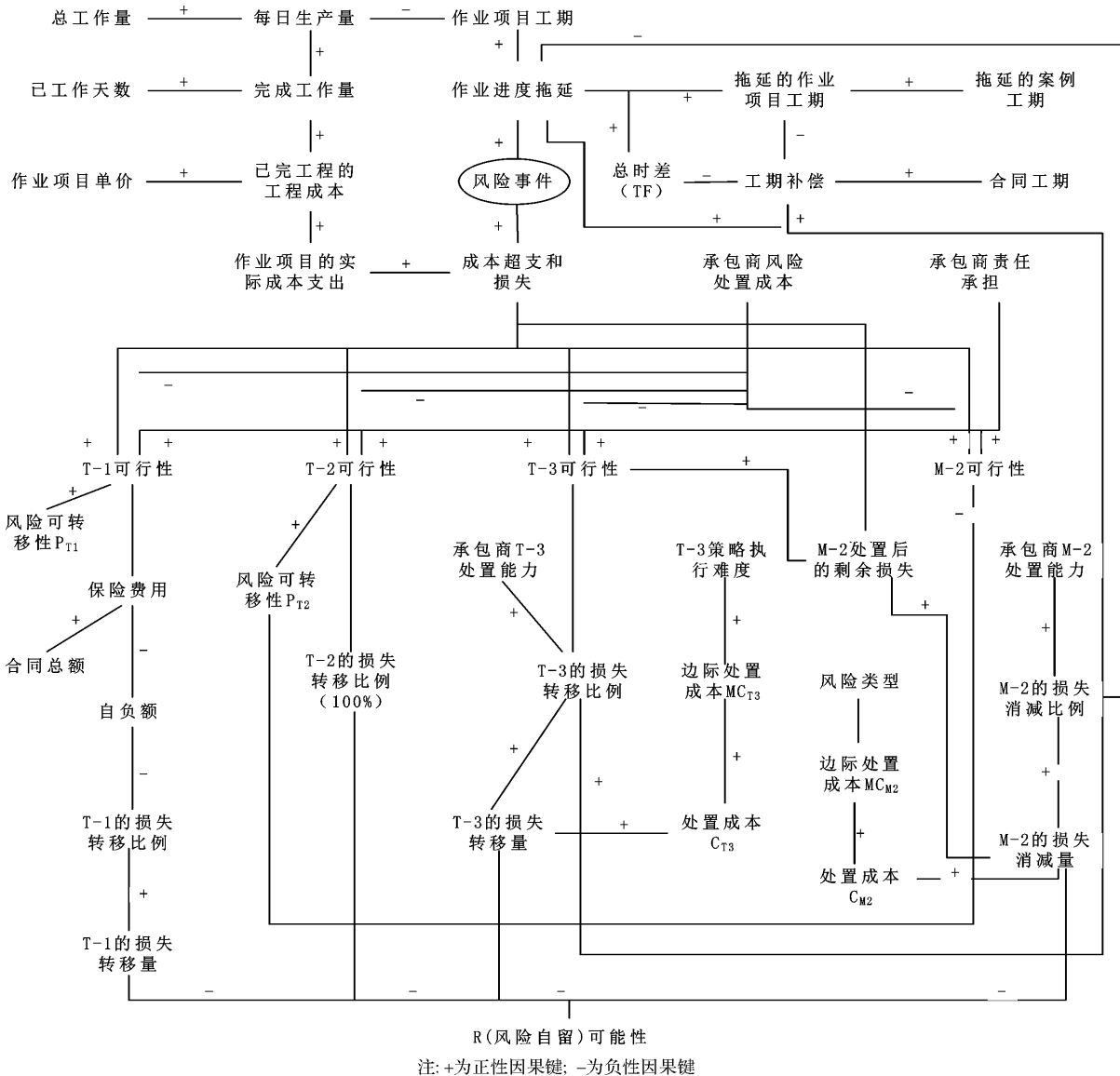


图 11 承包商单一风险处置决策模式

Fig. 11 Single factor risk disposal process from the contractor

6 结语

本文通过应用系统动力学思维逻辑对单一风险处置决策模式相关变量进行了定义,分析出了决策模式由作业模块、风险事件模块、处置策略模块组成,并进行了较深入的分析。其中处置策略模块是由 $T-1$ (保险)、 $T-2$ (转移给分包商承担)、 $T-3$ (向业主求偿)、 $M-2$ (降低风险损失)、及 R (自留风险)等五种风险处置策略所组成,最后推导出承包商单一风险处置决策模式。本文站在承包商角度对单因素风险处置过程进行了较深入的分析,形成了较为系统的处置模式,为后续应用系统动力学理论进行项目风险处置多因素研究打下了一定的理论基础。

参考文献 References

- [1] 朱占波,金志刚. 海外 EPC 总承包项目工期影响因素分析及对策建议[J]. 项目管理技术,2017(9):73-77.
ZHU Zhanbo, JIN Zhigang. Analysis of factors influencing the construction period of overseas EPC general contract project and suggestions [J]. Project Management Techniques, 2017(09): 73-77.
- [2] 方成. 浅谈国内企业在海外 IPP 模式下的项目风险控制[J]. 中国集体经济,2017(22):41-42.
FANG Cheng. Discussion of the project risk control of domestic enterprises under overseas IPP model [J]. China Collective Economy, 2017(22): 41-42.
- [3] 李永海. 考虑关系关联的项目风险应对的案例决策分析方法[J]. 系统工程,2016(6):136-143.
LI Yonghai. The method of case decision analysis for project risk response with relation and correlation [J]. System Engineering, 2016(6): 136-143.
- [4] FAN M, LIN N P, SHEU C. Choosing a project risk handling strategy: An analytical model [J]. International Journal of Production Economics, 2016,112(2): 700-713.
- [5] HWANG B U, ZHAO X, TOH L P. Risk management in small construction projects in Singapore: Status, barriers and impact [J]. International Journal of Project Management, 2014,32(1): 116-124.
- [6] MARCELINO-SADABA S. Project risk management methodology for small firms [J]. International Journal of Project Management, 2014, 32(2): 327-40.
- [7] 李蒙,张云波. 基于贝叶斯网络的复杂工程项目进度风险 Monte-Carlo 模拟[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版),2012(3):98-101.
- LI Meng, ZHANG Yunbo. Monte-Carlo simulation of progress risk for complex engineering projects based on bayesian networks [J]. Journal of Zhengzhou Institute of Light Industry (Natural Science Edition), 2012 (03):98-101.
- [8] ACKOFF R L. Systems organisation and interdisciplinary research[M]. London:Penguin, 2014.
- [9] BERTALANFFY L. General system theory: foundations, development, applications [M]. New York: George Braziller Inc,2014.
- [10] RODRIGUES A, BOWERS J. The role of system dynamics in project management[J]. International Journal of Project Management, 2016, 14(4): 213-220.
- [11] 詹姆斯,戴维. 模拟与风险分析[M]. 上海:上海人民出版社,2006:85-110.
JAMES D. Simulation and risk analysis [M] Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2006: 85-110.
- [12] 李小明,薛有志,牛建波. 企业战略转型研究述评与基本框架构建[J]. 外国经济与管理,2015(12):3-15.
LI Xiaoyu, XUE Youzhi, NIU Jianbo. A review on the research of enterprise strategic transformation and its basic framework construction [J]. Foreign Economics & Management, 2015(12): 3-15.
- [13] 英豪,林艺馨. 我国承包商的国际建筑市场选择模式研究[J]. 价值工程,2016(8):91-95.
YING Hao, LIN Yixin. Study on the selection model in the international construction market for Chinese contractors [J]. Value Engineering, 2016(8): 91-95.
- [14] 高腾安. 建筑工程海外项目合同管理风险分析[J]. 重庆与世界(学术版),2016(21):30-34.
GAO Teng'an. Risk analysis of contract management for overseas construction project [J]. Chongqing and the World (Academic Edition), 2016(21): 30-34.
- [15] 侯学良,刘凯,刘金珠. 大型建筑工程施工进度多因素耦合问题及其决策[J]. 建筑经济,2016(5): 98-101.
HOU Xueliang, LIU Kai, LIU Jinzhu. Analysis and decision of multi-factor coupling in construction progress for large scale construction projects [J]. Building Economy, 2016(5): 98-101.

(编辑 桂智刚)