

大型工程前期的进度风险总控

贾广社, 牟强

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 针对大型工程前期工作不确定性高的问题, 通过国内数个大型机场工程前期工作的进度总控实践成果, 提出将进度总控与风险管理相结合的前期进度风险总控模型。然后, 以 XY 新机场为例, 应用该模型制定前期进度计划和风险清单。最后, 通过 XY 机场与其他机场前期进度的总体风险对比, 以及该进度风险计划实施前后的效果对比, 证实了前期进度风险总控方法的有效性。通过引入风险管理的前期进度总控模型, 提高了进度总控在项目前期的适用性, 为加快推进大型工程的前期工作进度提供了方法指导和借鉴。

关键词: 大型工程; 前期阶段; 进度总控; 风险管理

中图分类号: F281

文献标志码: A

Time-risk Controlling in Early Stage of Mega Construction Project

JIA Guangshe, MOU Qiang

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai, 200092, China)

Abstract: Based on project-time controlling and risk management theory, a time-risk controlling model has been proposed to solve the problem of high uncertainty in the early stage of mega construction project (MCP) from the consulting achievements for several airport megaprojects. Next, the model was applied to develop pre-stage schedules and risk lists for XY airport megaproject. Finally, the effectiveness of controlling method was proved by comparing the overall time-risks of XY airport and other two airport pre-schedules, and comparing the effect before and after implementation of the customized plan. The risk-based method improves the applicability of project time-controlling at the front-end, and provides a methodological guidance for early time control of MCPs.

Key words: mega construction projects; early stage; time controlling; risk lists

我国“十三五”规划纲要中有 165 项重大工程项目, 对推进十三五规划稳增长、调结构、全面建成小康社会的宏伟战略目标具有支撑作用^[1], 国家发改委也于 2016 年印发了《关于加快推进国家“十三五”规划〈纲要〉重大工程项目实施工作的意见》^[2]。同时, 各地方政府也纷纷成立了重大工程建设和前期协调会议, 专门协调推进项目前期进度^[3-4]。

但在有关大型工程进度风险控制的研究中, 主要集中在项目实施阶段^[5-7], 对项目前期阶段的进度控制研究较少。通过系统梳理, 对工程前期阶段进度研究大致可分为两类: 第一类, 主要是针对前期进度的某个方面的研究, 如前期发包进度^[8]、报建进度^[9], 缺乏对开工之前进度工作的系统梳理; 第二类, 主要是对前期的基本建设程序内容描述, 以及加快审批经验总结^[10-11], 这类研究的对象主要是一般工程项目, 不适用于大型工程利益相关者多、不确定性事件交织的情况。相比于一般工程项目, 大型工程是指投资大(通常超过 1 亿美元)、前期和建造工期都很长、利益相关者众多、对区域社会经济影响重大的项目^[12]。因此, 对于不确定性高的大型工程, 缺少较为适用的前期进度控制方法。

大型工程一般分为两种类型, 混合型大型工程 (multi-functional mega construction project (MCP))(如机场)与线型大型工程(linear MCP)(如高铁、河流等线路工程)^[13]。下面以机场工程为代表, 通过国内数个大型机场工程前期工作的实践成果, 基于进度总控理论与风险管理理论, 提出一个前期进度风险总控模型。文章安排如下: 首先, 在大型工程开工目标的前期工作概念模型基础上, 提出前期进度风险总控模型。然后, 以 XY 机场为例, 基于进度总控理论系统地制定前期工作及施工准备工作计划; 在此基础上, 通过对机场工程的干系人进行访谈调研, 结合类似机场工程的前期风险因素, 按照风

收稿日期: 2017-04-19

第一作者: 贾广社(1956—), 男, 管理学博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为项目总控、项目管理成熟度和建设工程社会学等。

E-mail: jiagsh803@tongji.edu.cn

通讯作者: 牟强(1988—), 男, 博士生, 主要研究方向为项目总控。E-mail: muqiang51@qq.com

险类型整理进度风险源,利用风险评估矩阵进行风险评估;接着,结合前期进度计划中各工作之间的逻辑关系,整理出各风险事件的影响和对策,形成进度风险清单.最后,通过与其他机场前期工作的总体进度风险对比,以及该进度风险计划实施前后的效果对比,验证前期进度风险总控方法的有效性.

1 前期进度风险总控模型

在大型工程的整个生命周期中,如图 1 所示,前期阶段的不确定性最高,可利用的信息相对较少,随着可利用信息的增加,项目不确定性也逐渐降低^[14].正由于在项目前期阶段不确定性高、可利用信息量少的特点,使得传统进度计划与控制工具的可操作性差.

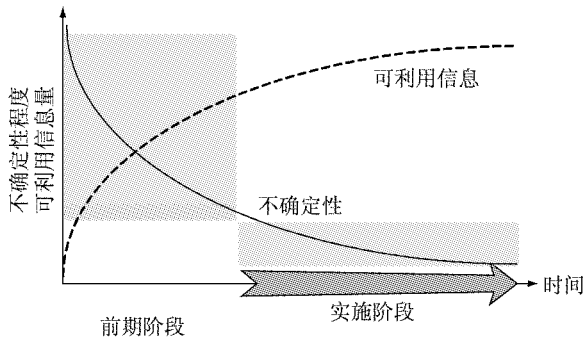


图 1 大型工程前期工作的不确定性与可利用信息^[14]

Fig.1 Uncertainty and available information in the end phase front-Early Stage of MCPs^[14]

国内大型工程在开工前包含的前期工作十分繁杂,常常出现建设单位不按照基本建设程序的非常规操作,但在当前行政审批日益严格和规范背景下,非常规报批路径的操作日益困难,且非常规报批路径在加快前期工作进度的同时,也会为实施阶段带来更大的风险,情况较为复杂.因此,本文以正常基本建设程序报批为基本前提,通过国内数十个大型机场工程前期进度计划实践,系统地总结出工程开工目标的前期工作概念模型,包含前期报批、设计工作、征地拆迁(或填海造地)、前期发包、现场准备、资金准备、技术准备和组织准备等 8 个方面工作,其中 3 条是基础路线,另外 5 条是支撑路线,具体如图 2 所示.

在系统梳理前期工作的基础上,借鉴类似工程前期进度总控的实践成果,制定大型工程前期工作的进度实施计划.考虑到前期阶段不确定性高的特点,将进度总控与风险管理相结合,建立前期进度风险总控模型,如图 3 所示.一方面,通过进度总控方

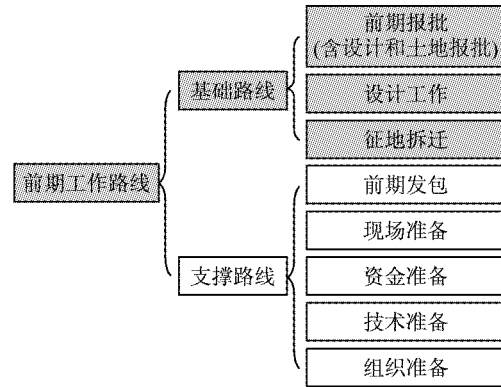


图 2 大型工程开工前的进度工作概念图

Fig.2 Concept model of the pre-stage works for MCPs

法建立前期工作总进度计划,利用定期的进度跟踪报告系统对前期工作进展进行跟踪控制.另一方面,通过风险管理过程,在访谈调研基础上识别出前期工作的进度风险源,然后利用风险评估矩阵进行风险评估,结合前期进度计划中各工作之间的逻辑关系,整理出各风险事件的影响和对策,形成风险清单.

总体来说,大型工程前期的进度风险总控模型,就是将进度总控方法与风险管理方法结合起来,从而提高进度总控在项目前期的适用性,为尽快实现大型工程项目开工目标提供科学方法.

2 案例工程的前期进度风险计划

前期进度风险计划,是指按所定义的开工目标,结合前期工作多维分解结构,进行工期倒排编制前期工作总进度计划,并结合前期进度计划中各工作之间的逻辑关系,对在每项工作完成的可能性进行风险分析,形成风险清单.本文作者深度参与了 XY 新机场的前期进度计划的编制工作,因此下面以 XY 新机场为例,应用前期进度风险总控模型制定前期进度计划和风险清单,并在下一节对比前期进度风险计划实施前后的效果,从而验证前期进度风险总控方法的有效性.

XY 新机场工程是为解决 XY 机场硬件设施保障能力与业务需求日益突出的矛盾,也是所在地区建设区域性综合交通枢纽城市战略的重大项目.XY 新机场工程计划总投资约 416 亿元,计划总工期约 4 年,航站楼建筑面积 47.8 万 m²,建成后使 XY 机场承担终端 6 000 万的年旅客吞吐量^[15].

2.1 前期工作总进度计划

前期工作总进度计划,是为实现工程开工为目标的前期所有工作的进度计划的系统安排,是工程

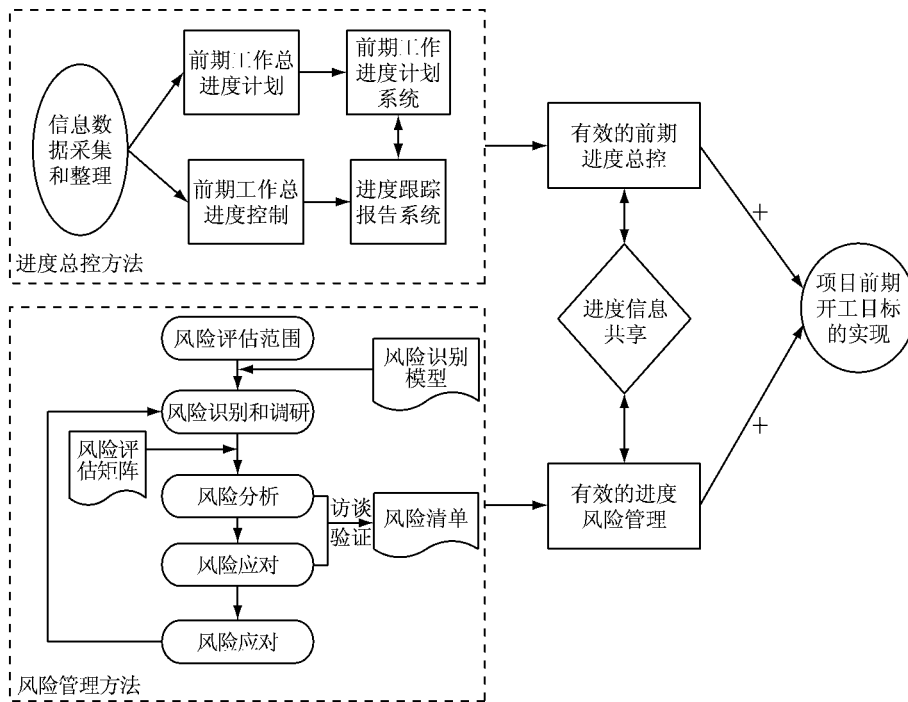


图 3 大型工程前期进度风险总控模型

Fig.3 Time-risk controlling model at the front-end of MCPs

前期工作实施的行动指南,也是各部门和其他各参建单位编制相应下一级进度计划的基础和依据。一般大型工程的时间目标如图 4 所示,分为:开工时间目标、竣工验收时间目标和投入使用时间目标,其中开工时间目标又细分为:开始现场准备工作时间目标和开始施工时间目标。所有目标的设定以工程连续推进为假设条件。

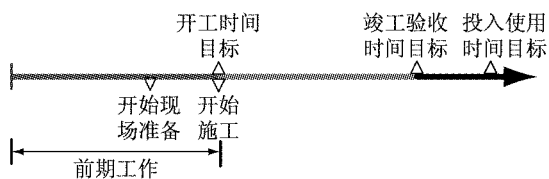


图 4 大型工程的建设时间目标概念图

Fig.4 Construction time-node concept model for MCPs

要确定 XY 新机场工程开工目标,首先要确定开工路线。“开工路线”是按照我国当前基本建设程序(图 5),即“预可—工可—初步设计审查—招标—开工”路线,则开工时间最早可在 2015 年 6 月左右。根据 XY 新机场指挥部的要求,XY 新机场工程前期工作拟设定的目标为:

- (1)2015 年 4 月:开始现场开工准备工作;
- (2)2015 年 6 月:开始航站区工程桩基施工;开始飞行区地基处理和土石方工程施工(试验段和先期实施部分)。

通过与类似规模的大型新建机场工程前期进度

进行对比分析,认为 2015 年 6 月的开工目标实现存在一定的风险,具体进度风险见 2.2 节的进度风险清单。该风险的化解或降低,一方面需要通过 XY 机场工程建设指挥部自身的努力,另一方面也需要当地市政府相关部门和其他外部相关单位共同努力。

针对以上开工目标,利用进度总控的方法,以前期工作概念模型为基础,借鉴类似机场工程的前期总进度计划的实践经验,在综合反映多部门、多平面前期进度计划要求并且考虑到工程系统内外配合的基础上,确保前期进度工作在各部门间的整体平衡性,编制 XY 新机场的前期工作及施工准备进度计划,包括前期报批、征地拆迁、前期设计、前期发包、现场准备、资金准备、技术准备、组织准备等方面,示例计划如图 6 所示。

2.2 前期进度风险清单

“前期进度风险清单”是从风险角度对前期及施工准备工作计划中的工作进行系统分析,对各项工作的逻辑关系进行梳理,并结合相关经验,识别并评估潜在风险,最后在此基础上提出对应的风险应对措施。因此,前期进度风险清单由三个部分组成,风险识别清单、风险评级清单和风险应对清单。

2.2.1 风险识别

2.2.1.1 风险来源访谈

受 XY 新机场指挥部办公室委托,为对 XY 新机场工程建设前期及施工准备工作进度情况进行全

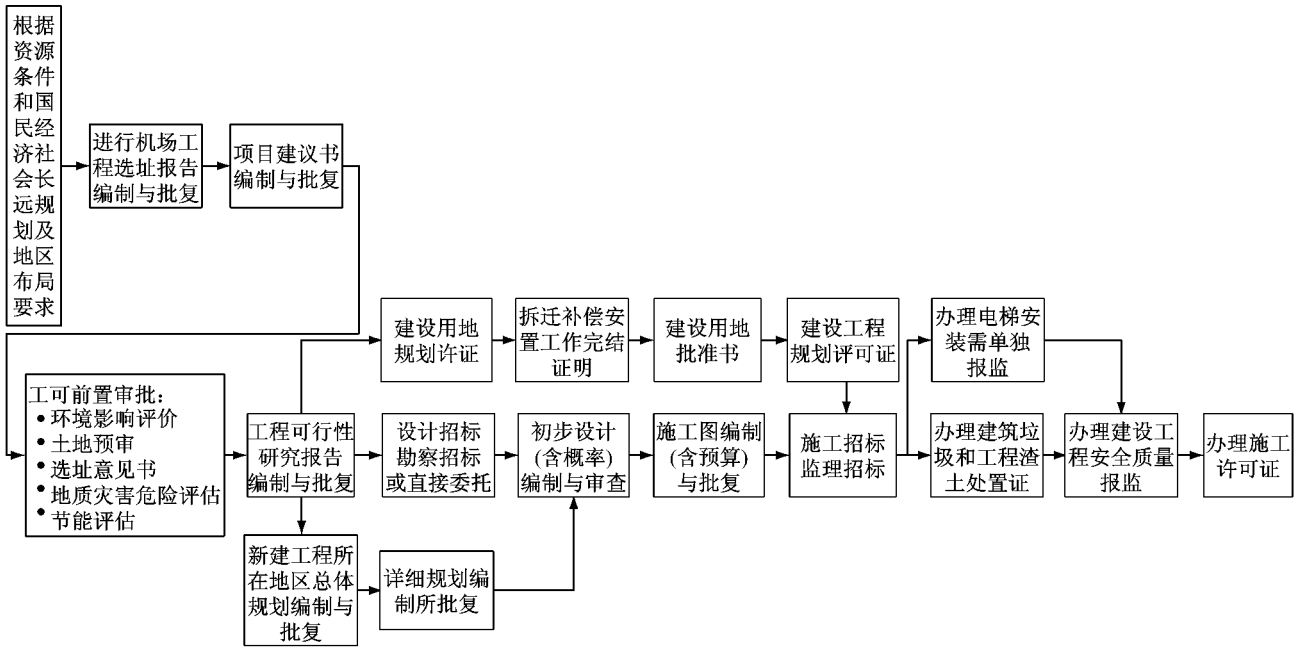


图 5 大型工程基本建设程序(简图)

Fig.5 Basic construction procedures for MCPs in China (simplified diagram)

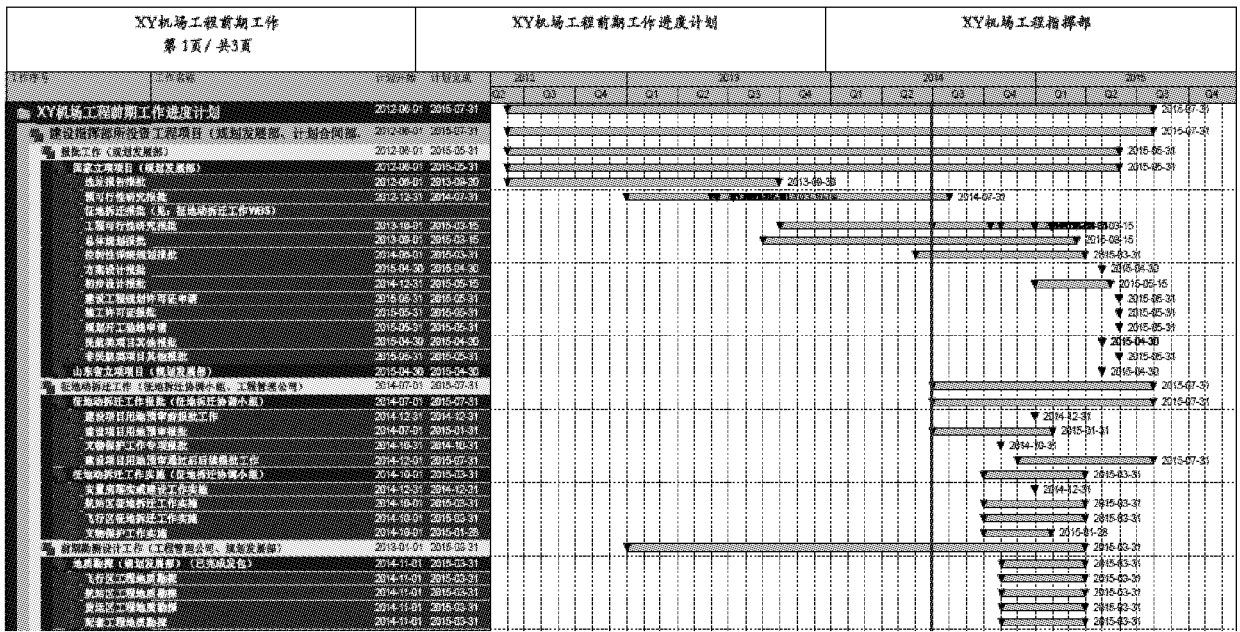


图 6 XY 机场工程前期工作进度计划(示例)

Fig.6 Preliminary schedule of XY airport megaproject in the early stage(example)

面梳理,了解前期总进度计划在各部门、各专业、各阶段、以及内外部的进度风险,对建设单位内部各部门、外部相关单位或部门及目前主要参建单位进行访谈。

(1)访谈内容

拟讨论和交流如下问题:

- ①目前部门或单位所承担的工程建设任务或相关工作有哪些?进展情况如何?
- ②目前部门或单位对所承担的任务推进中有利

之处及所遇到的困难有哪些?有哪些需其他部门或单位配合的界面问题?

③对部门或单位所承担的任务未来进度有何安排或有何设想(可以是口头描述)?预计未来工程或工作推进中有利之处及难点有哪些?有什么好的建议?

④从您角度来看新机场工程整体开工目标,有何好的建议?

(2)访谈内容整理

通过对 XY 新机场内部和外部相关单位的访谈,整理出会议纪要及音频资料,按照风险类型整理前期进度风险来源,识别出初步定性的前期进度风险事件。

2.2.1.2 类似机场工程的风险借鉴

结合 XY 机场工程具有高铁、地铁下穿航站楼

的重要特点,选取数个类似已完工机场(如郑州机场二期工程等)进行前期风险类比。在借鉴类似工程的前期风险因素基础上,与 XY 机场风险访谈中识别出风险事件进行整合分析,得到最终的风险识别清单,见表 1(部分风险识别清单(示例))。

表 1 XY 机场工程的前期进度风险清单(示例)

Tab.1 Schedule-risk lists of XY airport megaproject in the early stage(example)

编号	风险分类	风险名称	风险识别(共 145 条)		风险分析			风险应对		
			风险描述	责任部门	关联单位	影响	概率	评分	风险等级	风险描述建议
1.1	前期报批	预可行性研究报告报批时间较紧可能影响后续报批开展	预可阶段还存在大量的专项审查、申请和意见征询工作,预可行性研究报告编制工作尚未完成,预留编制时间较短。由于预可的编制质量和支持意见直接影响发改委的评估结果和意见反馈,可能影响后续报批程序的展开。	前期发展部	规划设计部	4	5	20	高	1. 梳理工程可行性研究报告报批的前置条件,包括专项审查、行业意见和相关支持性文件等,并分析各项前置条件搭接或者并行推进的可能,基于以上分析制定工程可行性研究报告报批专项计划; 2. 各相关部门抓紧完成工的支撑材料及其报批; 3. 积极与相关部门进行沟通,加强响应预可行性研究报告各环节反馈。
1.2	前期报批	建设项目用地预审审批滞后	根据《建设项目用地预审管理办法》,建设项目用地预审申请需要多份证明材料(文物、矿产等),且用地范围涉及大量基本农田,用地预审的周期可能严重滞后。而用地预审是工可批复的前置条件,也是征地拆迁启动的要件之一,可能导致工可批复与征拆时间延后。	前期发展部	规划设计部	5	5	25	高	1. 制定科学合理的用地预审报批工作计划,并认真落实,就基本农田补耕等重要问题组织召开专项协调会。 2. 预先向上级政府主管部门汇报情况,必要时请求省市两级政府加大对土地预审的协调力度; 3. 做好征地拆迁工作的前期准备工作,尽早就相关方案与当地市政府及其他相关进行沟通。
2.1	前期设计	前期设计总体时间过短可能影响设计质量	根据前期进度计划,由于前期报批工作滞后,从概念设计中标到完成初步设计审查的前期设计时间最长约 5 个月。设计工作时间被压缩而设计工作量巨大,难以保证设计质量。	规划设计部	前期发展部	4	4	16	中	1. 重视各项前期准备工作,加快前期报批工作的推进速度 2. 加强与设计相关单位的协调和沟通 3. 加强组织内部管理提高其运作速率
3.1	征地拆迁	安置房建设落实困难,可能影响当地社会确定	与开工相关的征地拆迁工作推进受阻,可能导致开工目标难以保证。安置房建设很难在开工前落实,补偿安置方案不合理,可能影响当地社会稳定,可能无法满足开工要求。	征地拆迁协调小组	前期发展部	5	3	15	中	1. 协调当地政府,及时就补偿标准等相关事宜与动迁户达成协议,并严格按照协议中的补偿标准,落实各项安置补偿措施; 2. 周密考虑搬迁过程中可能发生的问题,提前做好应对措施; 3. 提前做好相关工程的施工准备工作,确保征地拆迁工作一旦完成,便能立即开始工程施工。

2.2.2 风险评级

进度风险评估矩阵分为两维:发生概率与影响程度。风险概率评估旨在调查每个具体进度风险事件发生的可能性。风险影响评估旨在调查进度风险事件对项目进度目标的潜在影响^[16]。进度风险评估得分=发生概率×影响程度,其中黑色部分为高进度风险,浅灰色部分为中进度风险事件,深灰色部分为低进度风险事件,见表 2。

通过对项目总控人员的访谈,评估每个进度风险的概率级别及其对进度目标的影响。根据进度风险矩阵中的定义,确定每个进度风险事件的评级,部

表 2 进度风险评估矩阵

Tab.2 Time-risk assessment matrix

风险评估矩阵		影响程度				
		极为严重	较为严重	严重	影响较小	毫无影响
发生概率	极高 5	25	20	15	10	5
	较高 4	20	16	12	8	4
	一般 3	15	12	9	6	3
	较低 2	10	8	6	4	2
	极低 1	5	4	3	2	1

分风险评级清单(示例)见表 1。风险类别的高中低统计,如图 7 所示。

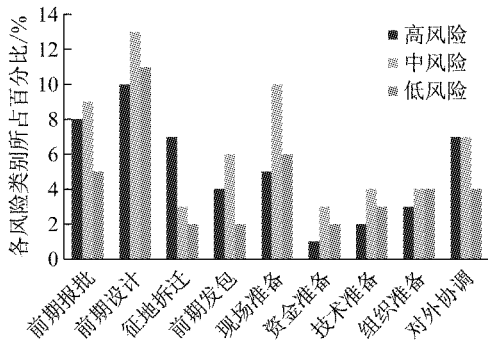


图 7 类别-风险(高中低)统计

Fig.7 Category-risk(high, medium and low) statistics

2.2.3 风险应对

风险评级清单有助于指导风险应对,如果风险处于矩阵高风险(黑色)区域,就可能需要采取优先措施和激进的应对策略.而处于低风险(深灰色)区域的风险,可能只需要加以监督,或为之增加应急储备,而不必采取主动管理措施.结合前期进度计划中各工作之间的逻辑关系,整理出各风险事件的影响和对策,部分风险应对清单(示例)见表 1.

3 案例工程的前期进度风险对比分析

3.1 与其他机场的前期进度风险对比分析

在第 2 节制定 XY 机场的前期进度计划和风险清单基础上,下面通过对比与 XY 机场规模相差不大的两个机场(XY(1)、XY(2))的前期进度风险的统计结果,从整体上对比分析 XY 机场的前期进度风险.值得一提的是,XY(1)、XY(2)机场基本也是按照同样前期进度计划和风险清单的方法进行评估的,与 XY 机场在评估时间、评估主体等方面存在差异.

首先,对三个风险评估对象进行对比分析,如表 3 所示,其中 XY、XY(1)机场评估时间距离开工时间相对较早,XY(2)机场则相对较晚;三个机场的现场准备都差不多;此外,XY(1)、XY(2)机场的评估

表 3 风险评估对象对比

Tab.3 Comparison of risk assessment objects

	风险评估 结束时间	开始现场 准备时间	航站楼 开工时间	评估主体
XY 机场	2014-06-21	2015 年 4 月	2015 年 6 月	XY 机场公司 (含集团公司)
XY(1) 机场	2006-11-06	2007 年 2 月	2007 年 4 月	XY(1)机场公司 (不含集团公司)
XY(2) 机场	2009-10-16	2009 年 12 月	2010 年 3 月中旬	XY(2)机场公司 (不含集团公司)

主体不包含集团公司,而 XY 机场包含集团公司.在此基础上,对比分析 XY、XY(1)、XY(2)三个机场在高中低风险统计结果,见表 4(括号中的数据为责任部门未拆分的统计).

表 4 风险大小对比

Tab.4 Comparison of risk size

	高风险	中风险	低风险	总计
XY 机场	47	59	39	145
XY(1)机场	30	11	62	103
XY(2)机场	42(35)	49(34)	34(34)	125(113)

根据表 4 对比,仅从统计数字来看,在风险大小方面,存在较大的差异性.一方面,XY 机场前期进度的高风险和中风险均多于 XY(1)、XY(2)机场,另一方面,其所具有的高风险在前期报批、前期设计,征地拆迁,前期发包,对外协调类别上也多于 XY(1)、XY(2).然而,这种差异性,基于以下两个因素缩小:一个是与具备投入使用条件和竣工验收时间相比,XY 机场前期进度工作评估时间点早于 XY(2)机场扩建工程 2~3 个月,另一个是 XY 机场前期进度的风险评估主体(含集团公司)范围大于 XY(1)、XY(2)工程评估主体(不含集团公司)范围.因此,综合对比 XY(1)、XY(2)的前期进度风险及实际实施情况,对比分析结论为:在考虑成本节约与质量优质的条件下,XY 机场前期进度工作在评估时间点(2014 年 6 月)存在较大的进度风险.

3.2 进度风险计划实施前后对比分析

XY 机场建设指挥部在前期进度风险计划的统筹部署下,特别是针对高风险因素,采取风险应对措施化解相关风险.同时,随着前期工作的不断推进,在过程中可能还会出现新的风险,在落实与控制已发现各项风险的基础上,还要对进度风险进行跟踪管理,见表 5(仅为进度风险监控方法介绍).

表 5 进度风险监控

Tab.5 Time-risk tracking and monitoring

总编号	风险 名称	风险监控(月)					
		风险计划			风险复核		
		概率	影响	评级	概率	影响	评级
1	风险 A						

XY 机场已于 2015 年 9 月开工,XY 机场的前期进度风险计划于 2014 年 6 月完成评估的,因此,下面对该工程在进度风险计划实施前后的效果对比,即分为“2012 年 6 月~2014 年 6 月”与“2014 年 6 月~2015 年 9 月”两个阶段,对比验证前期进度风险总控方法的有效性.

对于 XY 机场在 2014 年 6 月以前的进度,工程

指挥部的总工办也曾多次组织编制进度计划,但在实施过程中其进度计划的计划工作时间严重脱离实际时间,最终导致原进度计划不断修改(每年约3个版本)。由于前期工作的高不确定性特点,使得基于传统工具的进度计划失去了科学指导性,也使得实施部门频于应付检查降低了工作效率。以前期工作进度计划的关键性节点为对照,如表6所示,为两个时间段的前期关键性节点完成数量对比,2012年6月~2014年6月共完成5个关键性节点,平均完成效率为 $2.5\text{个}\cdot\text{年}^{-1}$;而在2014年6月~2015年9月共完成了24个关键性节点,平均 $18.4\text{个}\cdot\text{年}^{-1}$ 。仅从统计数字来看,无论是总的进度完成情况,还是平均每年的进度完成情况,进度控制效果都有大幅提高。

具体地说,以工程可行性研究报告批为例,工可批复首先要完成工可的前置审批(包括土地预审、环评、水保等),2014年6月之前共完成前置要件的进度较慢,主要原因在于未对前置审批要件的流程进行系统分析,导致工作的反复。而在2014年6月~2015年9月,由于在进度风险计划中进行系统分析,

明确了环评报告为高风险节点,并按照对应的风险应对措施(对内的报告编制与预审,对外的政府部门协调等)积极落实,同时协调推进并行审批,实际于2015年6月2日获得了国家发改委的批复。

表6 两个时间段的前期关键性节点完成数量对比
Tab.6 Comparison of the number of key time-nodes between two periods

时间阶段	关键性节点完成个数
2012年6月~2014年6月	5个
2014年6月~2015年9月	24个

对2014年6月~2015年9月之间,累计完成关键性节点的计划完成数量与实际完成数量的百分比统计,如图8所示,从中可以看出,无论是各阶段的关键性节点实际完成百分比(下面虚线),还是总进度目标的控制,都与计划关键性节点完成百分比(上面实线)较为协调。虽然最终晚了3个月开工,但相比于2014年6月之前进度计划的“三易其稿”情况,进度控制效果有了较大提高,同时也说明了进度风险总控方法的有效性。

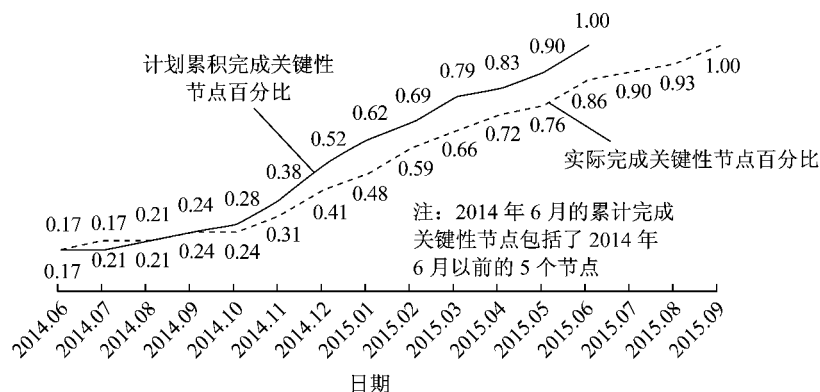


图8 计划完成与实际完成的累计关键性节点、百分比对比

Fig.8 Comparison of cumulative percentages between the customized plan and actual completion

4 结论与展望

针对大型工程前期工作不确定性高的问题,将进度总控与风险管理相结合,提出了一个前期进度风险总控模型,并在某机场工程的前期工作实例中展示其有效性。该模型克服了传统进度计划与控制工具在大型工程前期阶段可操作性差的缺点,为加快推进大型工程前期工作提供了方法指导。

在对案例工程进度风险清单的梳理过程(识别、分析和应对)中,发现在前期阶段的各项干系人(特别是业主与投资者,业主与政府部门)之间的相

互协调配合,是对前期进度影响较大的因素。因此,如何将干系人管理、沟通方式管理与前期进度风险相结合是下一步研究的重点。同时,由于机场工程只是一类大型工程(混合型大型工程),该方法是否适用于线型大型工程有待进一步研究。此外,一般大型工程的类似工程数量较少,如何建立类似大型工程风险因素的知识共享库也是一个研究方向。

参考文献:

- [1] 新华社.“十三五”规划纲要[EB/OL].[2016-03-17].http://www.guancha.cn/society/2016_03_17_354244.shtml. 2016. Xinhua News Agency. "13th Five-Year Plan" [EB/OL].

- http://www.guancha.cn/society/2016_03_17_354244.shtml. 2016.
- [2] 国家发展改革委.《关于加快推进国家“十三五”规划重大工程项目实施工作的意见》(发改规划[2016]1641号)[EB/OL]. [2016-07-27]. http://www.sdpc.gov.cn/gzdt/201609/t20160919_818843.html. 2016.
- Department of Fixed Asset Investment of National Development and Reform Commission. The advice of accelerating the implementation of megaprojects in the national "thirteen five" planning" (Development and Reform Planning No. 1641) [EB/OL]. [2016-07-27] http://www.sdpc.gov.cn/gzdt/201609/t20160919_818843.html. 2016.
- [3] 武平乐. 多方努力加快项目前期工作进度[N]. 洛阳日报, 2007-06-12(01).
- WU Pingle. Multi-joint efforts to speed up progress of megaprojects in the front-end. Luoyang Daily [N]. Luoyang Daily, 2007-06-12(01).
- [4] 武平乐. 加大重大项目谋划和招商力度 加快重大项目的前期工作进度[N]. 洛阳日报, 2008-06-03(01).
- WU Pingle. Increasing planning and investment efforts speed up progress of megaprojects in the front-end [N]. Luoyang Daily, 2008-06-03(01).
- [5] 田林钢, 黄香, 高海伟. 溪洛渡电站施工进度风险模糊综合评判[J]. 人民黄河, 2011, 33(5):89.
- TIAN Lingang, HUANG Xiang, GAO Haiwei. Fuzzy Comprehensive Evaluation on Construction Progress Risk of Xiluodu Hydropower Station [J]. Yellow River, 2011, 33(5):89.
- [6] 张福生, 王洪泊, 杨扬, 等. 一种基于贝叶斯网络的建设项目风险评估方法[J]. 计算机仿真, 2010, 27(7):296.
- ZHANG Fusheng, WANG Hongbo, YANG Yang, *et al.* A kind of risk evaluation method based on Bayesian networks for construction projects [J]. Computer Simulation, 2010, 27(7):296.
- [7] 张晓峰, 朱琳, 谭学奇, 等. 大型水利水电工程施工进度风险分析[J]. 水利水电技术, 2005, 36(4):82.
- ZHANG Xiaofeng, ZHU Lin, TAN Xueqi, *et al.* Risk analysis on construction of large water conservancy and hydropower project [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2005, 36(4):82.
- [8] 韦海超. 大型水电站前期项目发包管理研究[D]. 成都:西南财经大学, 2009.
- WEI Haichao. Study on pre-project contract management of large-scale hydropower Station [D]. Chengdu: Southwest University of Finance and Economics, 2009.
- [9] 郭劼. 工程建设报建阶段进度控制研究[D]. 上海:复旦大学, 信息科学与工程学院, 2013.
- GUO Jie. Research on progress control of engineering construction in the early stage [D]. Shanghai: College of Information Science and Engineering, Fudan University, 2013.
- [10] 孙振芳. 港口建设前期工作的开展与实施[J]. 港口建设, 1995, 3:11.
- SUN Zhenfang. The construction and implementation of the pre-port construction [J]. Port Construction, 1995, 3: 11.
- [11] 刘予昆. 郑州市道路工程项目前期立项及可行性研究[D]. 郑州:河南工业大学土木建筑学院, 2016.
- LIU Zhikun. The preliminary and feasibility study of Zheng Zhou road project [D]. Zhengzhou: School of Civil Engineering and Architecture, Henan University of Technology, 2016.
- [12] Flyvbjerg B. What you should know about megaprojects and why: an overview[J]. Project management journal, 2014, 45(2): 6.
- [13] SALET W, BERTOLINI L, GIEZEN M. Complexity and uncertainty: problem or asset in decision making of mega infrastructure projects? [J]. International Journal of Urban and Regional Research, 2013, 37(6): 1984.
- [14] SAMSET K. Early project appraisal[M]. London: Palgrave Macmillan UK, 2010.
- [15] 青岛新机场建设指挥部. 青岛新机场工程项目可行性研究报告[R]. 青岛:西南建筑设计院, 2014.
- Qingdao New Airport Construction Headquarters. Qingdao new airport project feasibility study report [R]. Qingdao: Southwest Architectural Design Institute, 2014.
- [16] Project Management Institute. A guide to the project management body of knowledge. 5th ed [M]. Newtown Square: Project Management Institute, Inc., 2013.