

# 建筑工程项目进度管理中的风险评估与控制方法研究

贺宓珺

四川悦瑞达工程管理咨询有限公司

DOI:10.12238/bd.v8i6.4306

**[摘要]** 目的：本文旨在研究建筑工程项目进度管理中的风险评估与控制方法，识别影响项目工期的主要风险因素，量化风险对工期的影响，并提出针对性的风险控制策略。方法：基于层次分析法(AHP)、模糊综合评价法和蒙特卡洛模拟构建风险评估体系。通过收集某建筑项目的关键路径工序数据和风险参数，采用蒙特卡洛模拟进行10,000次随机采样，分析资源短缺、技术问题和天气状况对工期的影响。结果：实验结果表明，平均工期延误时间为12.3天，风险事件发生概率为36.7%。敏感度分析显示，资源短缺(1.2)是主要风险因素，其次为技术问题(0.8)和天气状况(0.5)。工期分布呈正偏态，少量极端事件可能导致严重延误。结论：资源短缺是项目进度管理中的核心风险因素，应优先优化资源保障措施。通过优化进度计划和建立动态调整与持续改进机制，可以有效降低工期延误风险，提高项目的抗风险能力和执行效率。

**[关键词]** 建筑工程项目；进度管理；风险评估；蒙特卡洛模拟

中图分类号：TU198+.6 文献标识码：A

## Research on the risk assessment and control method in the construction project schedule management

Mijun He

Sichuan yueruida Engineering Management Consulting Co., Ltd.

**[Abstract]** Purpose: This paper aims to study the risk assessment and control methods in the construction project schedule management, identify the main risk factors that affect the project schedule, quantify the impact of risk on the schedule, and put forward targeted risk control strategies. Methods: Based on AHP, fuzzy comprehensive evaluation and Monte Carlo simulation, the risk assessment system was established. Through the collection of critical path process data and risk parameters of a construction project, Monte Carlo simulation was used to conduct 10,000 random sampling, and the impact of resource shortage, technical problems and weather conditions on the construction period was analyzed. Results: the experimental results show that the average delay time is 12.3 days, and the probability of risk events is 36.7%. Sensitivity analysis showed that resource shortage (1.2) was the main risk factor, followed by technical problems (0.8) and weather conditions (0.5). The distribution of construction period is positive skew, and a small number of extreme events may lead to serious delays. Conclusion: resource shortage is the core risk factor in project schedule management, and priority should be given to optimize resource guarantee measures. By optimizing the schedule and establishing a dynamic adjustment and continuous improvement mechanism, the risk of construction delay can be effectively reduced, and the risk resistance ability and implementation efficiency of the project can be improved.

**[Key words]** construction project; Schedule management; Risk assessment; Monte Carlo simulation

在建筑项目日益庞大且复杂性不断增加的情况下，进度管理风险评估及控制的研究已逐步成为学术及实践上的一个热点问题。已有研究显示，建筑工程项目进度风险因素主要有资源短缺，技术问题及外部环境。经验判断法，简单统计分析等传统风险评估方法很难定量描述复杂环境对风险的影响程度。综合运用各种科学评估方法进行综合性研究，就成了行之有效的方法。

层次分析法(AHP)和模糊综合评价法可以有效地解决风险权重确定和模糊性问题，而蒙特卡洛模拟可以通过随机采样技术量化风险对项目工期的动态影响。本论文针对一个建筑工程项目，综合运用以上评估方法设计了一个仿真实验来量化分析不同风险因素对于项目工期影响的大小，并且提出了风险控制策略。研究既对理论研究有支撑又对工程实践有实际意义。

## 1 建筑工程项目进度管理的风险分析

1.1 风险定义与特征分析。所谓风险就是由于不确定性而造成的特定环境中可能发生的损失或者收益偏离。就建筑工程项目而言，风险呈现出复杂性、动态性以及不确定性的特点，呈现出来源多样化以及影响强度不均一的特点<sup>[1]</sup>。进度管理风险之所以特别复杂，是因为它所带来的后果往往和时间、资源以及外部环境之间的联动性有着密切关系。进度管理风险一般具有不可控性、突发性等特点，并且它的出现有可能导致连锁反应的产生，使整个工程所受到的冲击进一步被放大。

1.2 建筑工程项目进度管理中常见风险因素。在建筑工程项目中，进度管理风险主要来自三个方面：资源风险、技术风险和外部环境风险。资源风险一般体现在材料供应不足，设备故障以及劳动力短缺等方面，这对建设的持续性以及效率都有着直接影响。技术风险主要来自于设计的更改、施工技术的复杂性以及技术人员能力的不足等内部因素。外部环境风险主要表现为自然灾害，政策变化以及经济波动等，这类外部因素通常表现为不可预知以及不易控制等特点。

1.3 风险对项目进度的影响机理。进度风险对项目执行效率与完成时间的影响有直接与间接两种方式。直接作用主要体现在施工活动推迟，例如关键路径中的流程由于资源短缺或者技术问题而停滞不前。风险事件所触发的一系列连锁效应被称为间接影响，如由于设计上的改变导致的资源的重新配置和调整问题<sup>[2]</sup>。风险因素一般会通过累积效应来放大对整个工程进度的作用，从而使风险控制复杂性大大增加。

## 2 风险评估方法与理论基础

2.1 层次分析法(AHP)在风险评估中的应用。层次分析法(AHP)被认为是一个系统化和多层次的决策分析工具，它可以帮助我们构建一个风险评估体系，并确定各个风险因素的相对重要性。就建筑工程项目而言，AHP对复杂风险问题进行分解，构建了一个包括目标层、准则层以及指标层在内的多层次结构模型。采用专家打分法建立判断矩阵并进行一致性检验，对各级指标进行权重计算，最后得到风险评估结果。

2.2 模糊综合评价法的理论与步骤。模糊综合评价法基于模糊数学理论，适用于处理不确定性和模糊性的风险评估问题。该方法通过构建模糊隶属度矩阵，将难以量化的风险因素转化为可以计算的隶属度值。在实际应用中，通过专家评定或历史数据确定风险因素的评价等级与隶属度函数；根据层次分析法计算各风险因素的权重；通过隶属度矩阵与权重向量的综合计算，得出风险综合评价结果<sup>[3]</sup>。模糊综合评价法的显著特点是能够有效应对风险信息的不确定性，为复杂风险环境下的决策提供支持。

2.3 蒙特卡洛模拟的原理与方法。蒙特卡洛模拟技术是一种采用随机抽样方法来量化不确定性的技术，它在风险评估和工程周期预测中得到了广泛的应用。在建筑工程项目实施过程中，蒙特卡洛模拟方法是通过定义关键工序中的随机变量来构建一个用于描述风险影响的概率分布函数。仿真过程主要有如下几个步骤：第一，根据历史数据或者专家判断来确定风险因素概

率分布；二是利用计算机产生大量随机样本来模拟各种风险场景的工期分布情况；最后通过统计分析模拟结果来评价风险事件对于项目进度所产生的影响大小。

## 3 风险评估与控制的仿真实验研究

3.1 实验设计与数据来源。本研究选取某建筑工程项目的关键路径数据及其风险因素作为研究对象，数据来源包括项目实际案例和相关文献资料。实验设计采用蒙特卡洛模拟方法，通过定义关键工序的随机变量及其概率分布，模拟风险对工期的影响。本实验考虑以下主要风险因素：资源短缺、技术问题和天气状况，分别对应的延误概率和影响强度如表1所示。

表1 关键路径工序及其风险参数

工序编号	计划工期(天)	资源短缺延误概率	技术问题延误概率	天气状况延误概率	延误时间分布(天)
1	10	0.2	0.1	0.15	正态分布 N(2, 0.5)
2	15	0.25	0.2	0.1	正态分布 N(3, 1)
3	20	0.3	0.25	0.2	正态分布 N(4, 1.5)

在表1中，延误时间分布采用正态分布描述，均值和标准差依据实际案例和专家经验确定。蒙特卡洛模拟以10,000次随机采样为基础，以评估风险因素对项目整体工期的影响。

3.2 仿真实验的实施过程。随机变量定义：根据表1中的延误时间分布及其概率，定义随机变量描述每个工序的实际完成时间。工期随机变量公式为：

$$T_i = T_{oi} + \sum_{j=1}^m P_{ij} \cdot Radom(D_{ij})$$

其中， $T_{oi}$ 为工序计划工期， $P_{ij}$ 为风险因素 $j$ 的延误概率， $Radom(D_{ij})$ 为延误时间的随机抽样值。

项目总工期计算：项目总工期 $T$ 由关键路径上工序的实际完成时间决定，公式为：

$$T = \max(T_1, T_2, \dots, T_n)$$

仿真过程：利用Python编写程序，对风险因素进行随机采样，模拟10,000次工期计算，得到项目工期分布。

表2 仿真实验统计结果

指标名称	结果
平均工期延误时间(MDT)	12.3 天
风险事件概率(REP)	36.70%
风险敏感度(RS)	资源短缺: 1.2; 技术问题: 0.8; 天气状况: 0.5

3.3 仿真结果的分析与讨论。仿真实验的数据显示，该项目的平均工期延迟为12.3天，这意味着在各种风险因子的共同作用下，工期的延迟产生了明显的效果。延误超过10天的可能性高达36.7%，这表明关键路径上的各个工序面临着相对较高的延误风险。针对不同风险因素进行敏感度分析，得出资源短缺对于项

目工期影响最明显,敏感度达到1.2;接下来是技术性的问题(0.8)以及气候条件(0.5)。

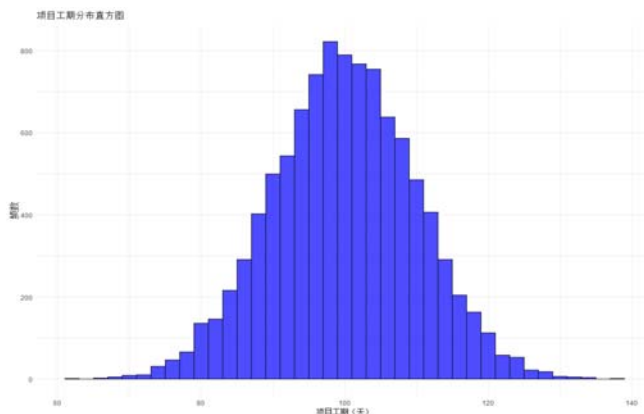


图1 项目工期分布直方图

项目工期分布表现为正偏态,多数工期都集中于计划工期和平均延误区间,但是也有少数极端值出现,说明偶发性风险可能会给工期带来很大影响。

实验结果表明:资源短缺对工期有较大风险,应该优先采取资源保障措施来减少风险。技术问题对天气状况敏感性不高,但其叠加效应会进一步增加工期延误。提出项目管理方可以从优化进度计划,加强资源调配能力,动态监测外部环境变化等方面入手,以达到有效管控风险的目的<sup>[4]</sup>。通过搭建多场景仿真模型可以进一步增强风险控制科学性与可靠性。

#### 4 建筑工程项目风险控制的策略与建议

4.1 基于资源保障的风险控制措施。实验数据显示,资源的不足对工程的平均延误时间产生了最大的影响,其对风险的敏感度高达1.2,这明显超过了技术问题(0.8)和气候条件(0.5)。由此可见,资源短缺作为造成工期延误最重要的风险因素在项目进度风险中占了中心地位。为解决这一难题,项目管理方应该采取如下的措施:

优化供应链管理以保证关键资源适时供给。可与多家供应商长期合作,降低单一供应商拖延带来的工期风险。实行动态库存管理,按实际施工进度对材料库存进行动态调整,减少了资源短缺给工期带来的影响。强化劳动力资源配置和培训,保证项目高峰期能迅速调用熟练工人解决突发性需求。以上措施既可以有效地降低资源短缺出现的可能性,又可以在风险事件出现后快速弥补资源缺口以缩短平均工期延误,对项目进度顺利进行起到了保证作用。

4.2 优化进度计划的风险缓解策略。实验结果显示,项目整体风险事件概率为36.7%,即超过三分之一的场景下,项目会出现显著的工期延误。这一结果表明,项目进度计划存在较大的优化空间,尤其是在关键路径工序的安排上。需优化进度计划以提升工序间的协调性和灵活性。

可以采用关键路径法(CPM)或程序评审技术(PERT)对关键路径进行重新梳理,减少关键工序的相互依赖性,并为高风险工序预留缓冲时间。通过模拟多种施工场景(如不同天气条件下的

施工节奏),制定具有弹性的进度计划,确保在风险事件发生时,项目仍能按照调整后的计划推进。合理配置资源以避免工序间的资源争夺,降低资源调度不当引起的额外延误<sup>[5]</sup>。通过上述优化,项目可以有效降低风险事件的发生概率,同时提升应对突发事件的能力,从而提高整体进度管理的可靠性和抗风险能力。

4.3 动态调整与持续改进机制。风险敏感度分析表明,虽然技术问题(0.8)对天气状况(0.5)比资源短缺敏感性低,但是叠加影响可能会明显延长工期。项目工期分布正偏态特征显示少量极端事件会造成严重工期延误。动态调整与持续改进的机制是有效处理复杂风险的关键。

要建立动态监控系统对施工现场资源利用情况,技术实施进度和天气变化数据进行实时收集,通过数据分析发现潜在风险,制定对策。引入持续改进机制评价各施工阶段完成时风险事件处理效果,根据暴露出的问题对后续施工计划进行调整。

采用数字化管理工具(如BIM技术)整合施工数据,可以实现多风险因素的综合分析与动态调整。通过实时模拟和预测风险因素,可以不断优化施工过程,使风险降低到最小。

#### 5 结论

本研究利用层次分析法(AHP)、模糊综合评价法和蒙特卡洛模拟技术,对建筑工程项目进度管理中的风险评估和控制策略进行了深入探讨。研究表明:资源短缺,技术问题及天气状况为影响项目工期最重要的风险因素,对资源短缺最敏感,为工期延误最核心的风险源。模拟实验结果表明,该项目的平均工期延迟时间达到了12.3天,风险事件的发生几率为36.7%,工期分布表现出正偏态的特性,极端情况可能会引发严重的延误。提出应从优化资源保障,完善进度计划及建立动态调整机制等方面全面提高工程抗风险能力及执行效率。本研究对建筑工程项目进度管理有一定的理论支持与实践参考意义。今后可以进一步将多场景仿真与数字化工具相结合以加深风险控制策略研究的科学性和应用性。

#### 【参考文献】

- [1]魏康宁.地热井勘查项目风险评价与控制研究——以磴口县LR2项目为例[D].内蒙古科技大学,2023.
- [2]李想.基于可拓学的房地产开发项目进度风险管理研究[D].西南交通大学,2023.
- [3]同飞.建筑工程项目风险管理和造价控制研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2023.
- [4]张睿轩.建筑工程项目风险管理研究[J].电脑爱好者(普及版),2023(8):226-228.
- [5]Barka'lov S, Moiseev S, Serebryakova E. RISK ANALYSIS DYNAMIC MODEL IN THE IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTION PROJECTS BASED ON MARKOV RANDOM PROCESSES[J].Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control & Radioelectronics,2023.

#### 作者简介:

贺宏珺(1975--),女,汉族,四川成都人,本科,研究方向:建筑工程项目管理与项目评估。