

文章编号:1672-9331(2004)02-0018-05

公路工程进度计划可行性的仿真评估

刘伟军, 袁剑波

(长沙理工大学 公路工程学院, 湖南 长沙 410076)

摘要: 公路工程进度管理人员在编制进度计划时,一般都根据经验增加后备机械的数量或延长工作的持续时间,即通过机械冗余或工作时间冗余来保证机械发生故障时计划仍能顺利执行.将机械发生故障视为一个随机事件,运用计算机仿真技术和网络计划技术,建立一个综合考虑各台具体机械工作效率及其可维修性的仿真模型,在有限机械投入的条件下,对进度计划的可行性进行评估.然后,通过一个算例对评估模型进行了说明.最后,基于该模型的实际使用情况,提出了几个尚待解决的问题.

关键词: 工程管理;可行性评估模型;计算机仿真技术;进度计划

中图分类号: U495

文献标识码: A

公路工程进度计划的可行性直接影响到工程项目的顺利实施.如何结合实际项目中的各种限制条件,对进度计划的可行性进行评估,及早发现计划中潜在的问题和不足,在计划执行前及时加以解决,从而提高计划的可行性,这是工程项目管理人员一直关注的问题.张建平^[1]将建筑物的3D模型与施工进度计划相连接,通过进度计划的可视化来判断其可行性.Koo^[2]使用4D模型评估计划中可能出现的潜在问题.Akinci^[3]提出了工作时间和空间冲突的辨识和解决方法.这些方法都是基于工程项目的几何模型(即3D模型)展开的,主要用于解决工作的时空冲突问题.Ingalls^[4]采用定性仿真对在限定资源下计划的可行性进行评估,但其没有考虑机械的实际使用性能.

公路工程进度管理人员在编制进度计划时,为提高进度计划的可行性,保证当投入的机械发生故障时计划仍能顺利执行,即考虑机械的使用性能,一般都根据经验增加后备机械的数量或延长工作的持续时间.这类经验方法,在提高进度计划可行性的同时降低了机械的使用效率,从而增加了施工成本.本研究运用计算机仿真技术,综合考虑各种随机因素对机械性能的影响,在实际投入的机械数量和其使用性能条件下,通过多次的仿真实验,得到计划工期和工作时间的分布曲线,从而对进度计划的可行性进行科学合理的评估.

1 仿真评估模型的建立及实现

1.1 问题描述

公路工程施工过程中,存在着几个问题:①施工单位投入的施工机械的性能差异较大;②主导机械^[5]的投入数量和使用性能直接决定了工作的持续时间;③野外作业和施工机械的稳定性降低,导致施工进度易受各种随机因素的影响.基于这些情况,人们在编制公路工程进度计划时,一般都有机械冗余或工作时间冗余.本研究在综合考虑投入的具体机械发生故障和现场可维修的条件下,对在具体的机械配置计

收稿日期:2004-07-23

作者简介:刘伟军(1975-),男,长沙理工大学讲师,国防科技大学博士研究生,主要从事工程项目管理和工程系统工程的研究.

划下完成进度计划的可能性,以及各项工作的实际持续时间进行估计.评估模型基于两个基本假设:①在施工过程中,没有外来机械加入;②一项工作只有一种主导机械,工作时间和投入的主导机械数量成正比关系^[5].

1.2 术语说明

施工过程中,一项工作的实际持续时间会随着投入机械的使用性能和完好率的不同而发生变化.为描述这种情况,定义三个基本术语:①标准机械:由于机械的生产厂家和使用年限的不同,导致同一类型的机械的工作效率可能不同.由用户指定某台机械作为该类机械的标准机械.投入施工的其它同类机械通过换算系数折算成标准机械.②标准时间:在配备指定数量的标准机械下,完成一项工作需要的时间是这项工作的标准时间.③换算系数:某台机械的工作效率和其对应标准机械的工作效率的比值为该台机械的换算系数.仿真模型通过标准机械定义机械工作能力的标准值,通过标准时间标定完成工作需要的时间,利用换算系数将施工单位拥有的机械换算成对应的标准机械.

为描述工程实施过程,定义三个工作列,即①激活工作列:包括所有正在进行的工作;②中断工作列:在工作进行过程中,因机械发生故障而又没有替补机械造成工作中断,此时工作进入中断工作列;③等待工作列:所有紧前工作都已经完成而在等待有足够机械开始施工的工作进入等待工作列.进出这些工作列的规则为 FIFO(First-In, First-Out).施工过程中所有空闲且能正常工作的机械存储于资源储备池.所有已经发生故障,但能够在施工现场维修的机械存储于资源维修池.

1.3 进度计划的仿真

对公路工程进度计划的仿真是基于活动扫描法的基本思想,按步长为 1 d 的等时间推进.仿真时钟每推进 1 d 处理所有的工作活动.

1) 机械故障.

检查激活工作列中的所有工作,判断其对应的机械是否发生故障.若机械发生故障,则进一步判断该种机械在资源储备池中是否有后备.若有,则工作继续进行.此时,由于投入的具体机械发生了变化,而每台机械与标准机械的换算系数可能不相同,因此,用式(1)重新计算工作尚需的持续时间;若无,则工作进入中断工作列,释放该工作占有的其它机械到资源储备池.尔后,判断发生故障的机械能否在现场修好,若能,则将该台机械放入资源维修池,在修理完成后可以重新投入使用;若不能,则该台机械退出施工现场,不再在本项目使用.

$$t' = \frac{m \times t^0 \times \mu}{\sum_{i=1}^N k_i} \quad (1)$$

式中: μ 是工作中断或机械发生故障时完成的百分比; m 是工作投入的标准机械的数量; t^0 是对应于 m 台标准机械,工作的标准时间; N 是实际投入到工作中的机械数量; k_i 是投入的第 i 台机械的换算系数.

机械发生故障(或故障机械现场能够修理)的判断方法是:机械发生故障(或故障机械现场能够修理)为一个随机事件,利用离散型随机变量进行仿真^[6].记机械发生故障(或故障机械现场能够修理)的概率为 p ,产生一个 $[0,1]$ 均匀分布随机变量的随机数 r ,若不等式 $r \leq p$ 成立,则机械发生故障(或故障机械现场能够修理).

2) 中断工作恢复.

检查中断工作列中的所有工作,判断其是否有足够机械恢复进行.若资源储备池中有足够机械满足中断工作的正常施工,则该工作恢复进行.此时,基于投入的具体机械按式(1)计算完成该工作剩余部分需要的时间.

3) 等待工作开始.

检查等待工作列中的所有工作,判断其是否有足够机械开始进行.若资源储备池中有足够机械满足

等待工作的正常施工,则该工作开始进行.此时,基于投入的具体机械按式(2)计算完成该工作需要的持续时间.

$$t = \frac{m \times t^0}{\sum_{i=1}^N k_i} \tag{2}$$

式中变量的含义同式(1).

4) 故障机械修复.

检查资源维修池中的所有机械,判断是否有机械修理完成.若有机械修好,则放入资源储备池,重新投入使用.

机械修好的判断依据是:机械处于资源维修池的时间不小于机械的维修时间.

5) 工作结束.

检查激活工作列中的所有工作,判断是否有工作结束.若有,则释放该工作占有的机械到资源储备池,并判断是否有后续工作可以进入等待工作列.

工作结束的判断依据是:工作处入激活工作列的时间不小于工作持续时间.

后续工作进入等待工作列的判断依据是:该工作的所有紧前工作都已经完成.

1.4 仿真模型的实现

仿真模型的实现流程如图 1 所示.

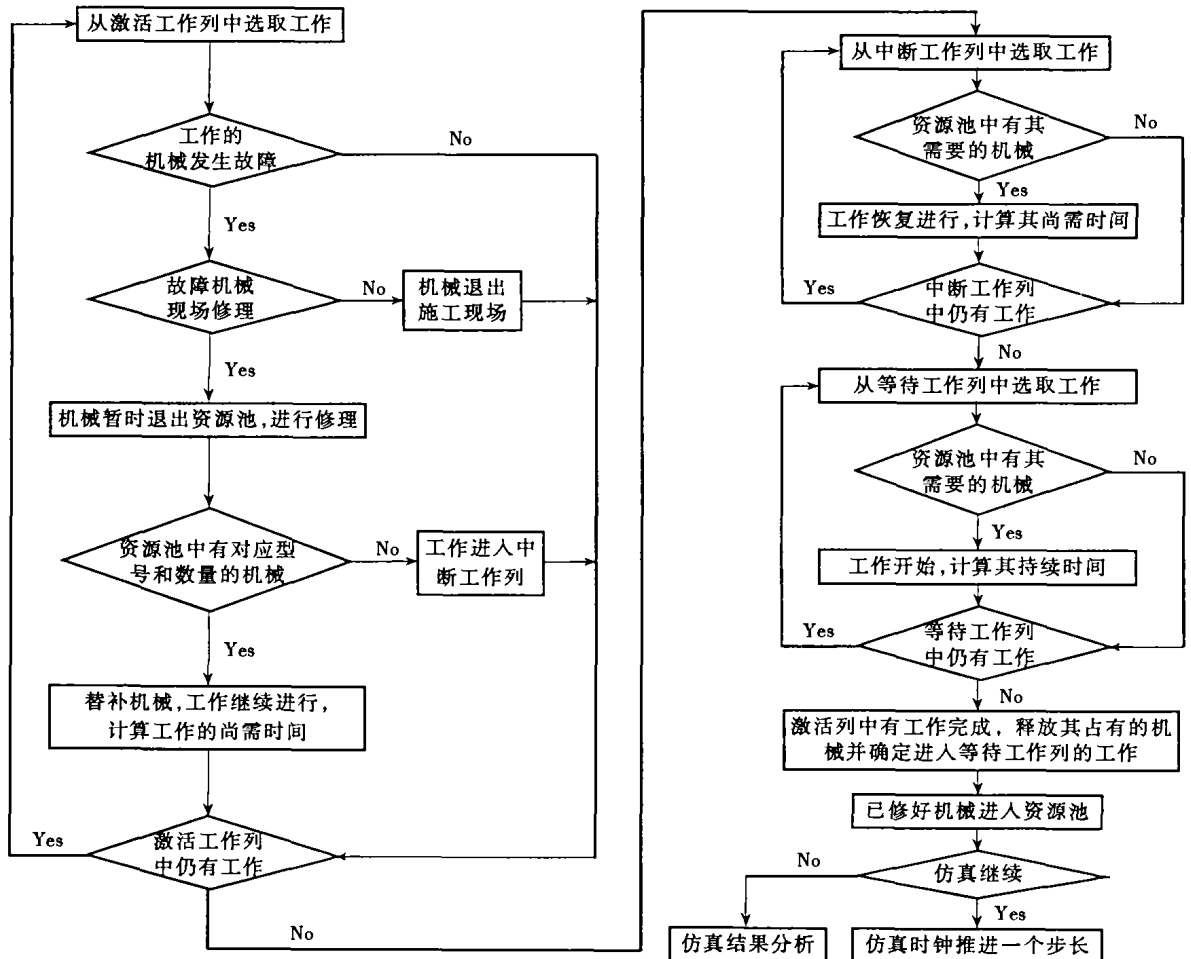


图 1 仿真模型实现流程图

3 算 例

有一工程项目,其包含的工作、工作间的逻辑关系、工作投入的标准机械的数量和标准时间见表1.

表1 项目基本信息

	工 作 代 号							
	A	B	C	D	E	F	G	H
紧前工作	-	A	A	B	C	C	D,E	F
标准机械的数量/台	1	3	3	4	3	4	2	2
工作的标准时间/周	3	4	5	6	4	5	3	3

分别考虑投入6台机械和7台机械两种情况,进行500次仿真实验,对进度计划的执行情况进行仿真评估.仿真实验的结果见表2和表3.

表2 投入6台机械及其仿真实验结果

机械编号	换算系数	完好率 /%	现场可 维修率/%	维修时间 /周	进行500次仿真实验的结果					
					工作代号	中断率 /%	平均时间 /周	工作代号	中断率 /%	平均时间 /周
1	1.0	0.95	1	1	A	0.0	3	E	15.5	8
2	1.0	0.95	1	1	B	0.5	6	F	0	7
3	0.9	0.90	1	1	C	1.0	8	G	4	5
4	0.8	0.90	1	1	D	0.5	9	H	0	4
5	0.8	0.80	1	1	计划工期的平均值为27,方差为4					
6	0.8	0.80	1	1						

表3 投入7台机械及其仿真实验结果

机械编号	换算系数	完好率 /%	现场可 维修率/%	维修时间 /周	进行500次仿真实验的结果					
					工作代号	中断率 /%	平均时间 /周	工作代号	中断率 /%	平均时间 /周
1	1.0	0.95	1	1	A	0	3	E	1	6
2	1.0	0.95	1	1	B	0	5	F	0	7
3	0.9	0.90	1	1	C	0	7	G	2	5
4	0.8	0.90	1	1	D	0	8	H	0	3
5	0.8	0.80	1	1	计划工期的平均值为24,方差为3					
6	0.8	0.80	1	1						
7	1.0	0.95	1	1						

基于仿真实验结果,对每一项工作的完成情况和计划的执行情况进行分析:①为保证工作不因资源的缺少而发生不合理中断,对需要配备的资源数量进行分析;②在投入的具体资源及具体数量下,对工作完成时间和计划工期的分布情况进行分析.

4 结 论

本研究所建立的公路工程进度计划的可行性的评估模型,充分考虑了现场机械发生故障和现场可维

修性的实际情况,能够比较准确地估计出在给定具体机械的情况下进度计划的可行性.同时,仿真实验结果也为用户在决定如何提高计划可行性时提供了科学依据.

目前,该仿真评估模型已经运用到一个项目管理系统中.基于其实际的使用情况,发现主要存在以下待解决的问题:①每台机械的两个系数:换算系数和完好率的引入,使机械配置更符合实际情况.但要科学合理地确定各台机械的这两个系数,对于一些规模不大、基础数据缺乏的施工单位而言比较困难.②对公路工程施工而言,气候也是一个影响工程进度的主要随机因素,如何在评估模型中综合考虑气候的影响.③现阶段要比较准确的确定工作标准时间还比较困难.通过在项目管理系统中建立施工工期定额库,可以引导用户逐渐积累确定工作标准时间需要的基础数据.

[参考文献]

- [1] 张建平,王洪钧.建筑施工4D模型与4D项目管理系统的研究[J].土木工程学报,2003,36(3):70-78.
- [2] Koo B, Fischer M. Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction[J]. J of Construction Engineering and Management, 2000,126(4):251-260.
- [3] Akinci B, Fischer M. Formalization and Automation of Time-space Conflict Analysis[R]. United State: Stanford University,2000.
- [4] Ricki G Ingalls. PERT Scheduling with Resources Using Qualitative Simulation Graphs[C]. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference[A]. United State: IEEE,2000.
- [5] 张起森.公路施工组织及概预算[M].北京:人民交通出版社,1999.
- [6] 冯允成.离散系统仿真[M].北京:机械工业出版社,1998.
- [7] Akbas R. Geometry Based Modeling and Simulation of Construction Processes[D]. United State: Stanford University,2003.
- [8] Zeigler, B P. Theory of Modeling and Simulation[M]. London: Academic Press,2000.

Simulative Evaluation of the Schedule Feasibility of Highway Construction

LIU Wei-jun, YUAN Jian-bo

(College of Highway Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China)

Abstract: When scheduling, the contractors of highway always increase the spare machines or prolong the duration of project to avoid delay. In the paper, the stoppage of machine is regarded as a random event. A model based on the simulation technology and the network schedule technology is discussed in detail. The simulation model is used to evaluate the feasibility of a schedule with limited machines. After that, it is used to evaluate a schedule in highway engineering. Finally, the improvement of the model is illustrated based on several case studies.

Key words: engineering management; evaluation model of feasibility; computer simulation technique; schedule