

工程项目进度偏差预测

赵庆华, 钟文乐

(扬州大学水利与建筑工程学院, 江苏扬州 225009)

摘要 在工程进度曲线的基础上, 根据进度曲线所提供数据, 运用灰色系统理论, 建立一种进度偏差预测模型. 通过模型分析, 提出提高预测精度的几点措施.

关键词 工程进度曲线 进度偏差 灰色模型

中图分类号 :TU72

文献标识码 :A

文章编号 :1000-1980(2000)03-0114-03

在工程项目实施之前, 为保证按期完工, 承包商必须预先制定进度计划, 据此组织施工. 这些计划均是在预定的自然、技术、管理状态下制定出来的. 然而在工程实施阶段, 这些状态可能会因意外因素干扰而发生变化, 导致项目的实际进度偏离预定计划状态. 这就需要承包商及时掌握工程动态, 找出偏差产生的原因, 分析进度偏差的发展趋向, 以便采取有效措施加以控制, 以保证按期交工.

1 问题的提出

进度计划的表达方法很多, 其中, 以时间进度为横坐标, 以工作量 (工程完成数量、工时消耗量) 的累计值为纵坐标而构成的工程进度曲线 (简称 S 曲线) 是常用方法之一. 它既反映出工作的时间进程, 又表达了项目的工作量进展状况, 体现了工作与时间的有效结合. 将计划进度曲线与实际施工进度曲线相比较, 可掌握工程进度情况. 因此在进度控制中应用较广.

图 1 所示 $OABC$ 即为计划进度曲线, T_p 为计划工期, S_{Tp} 为总累计工作量. 项目实施初期, 一切工作按预定计划组织实施, 实际进度与计划进度完全重合, 如图 OA 段所示.

当项目实施至 A 点时, 由于意外事件干扰, 实际进度偏离原计划状态, AB' 即为实际进度状态, BB' 即为目前实际进度偏差. 若此时干扰事件还未消失, 偏差仍会继续发展, 直到工程结束. 关键是如何根据目前掌握的资料, 预测出当工程完工时, 实际进度与计划进度的偏差值.

本文即在工程进度曲线基础上, 根据 AB' 区段上各时刻对应的工作量的大小, 运用灰色系统理论, 找出工程累计量 S 与时间 t 的函数表达式, 以此建立进度偏差预测模型, 模拟出工程完工时实际进度曲线坐标点 C' , CC' 间的水平距离 ΔT 即为工期偏差预测值.

2 工程进度偏差预测模型

现以偏差点为起点, 假定工程项目施工时段为 $t_1, t_2, \dots, t_n$, 相应的工程量分别为 $S_{t_1}^{(0)}, S_{t_2}^{(0)}, \dots, S_{t_n}^{(0)}$, 从而构成一时间数列 $\{S_{t_i}^{(0)}\}, i=1, 2, \dots, n$, 该数列满足灰色模型 $GM(1, 1)$ 建模条件^[2]. 序列的非负性 序列的动态随机性 序列能反映系统内在规律.

该数列有相应的一阶累计生成数列 (1-AGO 生成数列) $\{S_{t_i}^{(1)}\}, i=1, 2, \dots, n$.

其中

$$S_{t_i}^{(1)} = \sum_{k=1}^i S_{t_k}^{(0)} \quad (1)$$

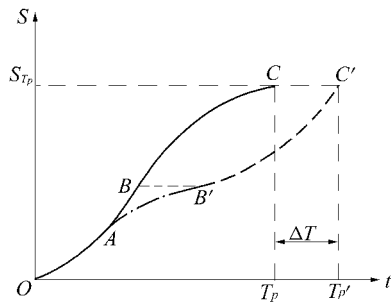


图 1 工程进度曲线

Fig.1 Project progress curve

以数列 $S_{(t)}^{(1)}$ 为基础,建立灰微分方程

$$\frac{dS_{(t)}^{(1)}(t_i)}{dt} + aS_{(t)}^{(1)}(t_i) = b$$

(2)

$S^{(0)}$ 与 $S^{(1)}$ 中各时刻数据满足

$$Y_N = \begin{bmatrix} S^{(0)}(t_2) \\ S^{(0)}(t_3) \\ \vdots \\ S^{(0)}(t_n) \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} \{S^{(1)}(t_1) + S^{(1)}(t_2)\} & 1 \\ -\frac{1}{2} \{S^{(1)}(t_2) + S^{(1)}(t_3)\} & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2} \{S^{(1)}(t_{n-1}) + S^{(1)}(t_n)\} & 1 \end{bmatrix} \quad \hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

式中 : B ——数据矩阵 ; Y_N ——数据向量 ; $\hat{a}$ ——参数列.

且

$$\hat{a} = [B^T B]^{-1} B^T Y_N$$

(3)

则预测方程

$$S_{(t)}^{(1)} = \left[S_{(t)}^{(1)} - \frac{b}{a} \right] e^{-at_i} + \frac{b}{a}$$

(4)

令 $S_{(t)}^{(1)} = S_{TP} - S_A$ 代入方程(4),得

$$t_i = \frac{\ln[S_{(t)}^{(1)} - \frac{b}{a}] - \ln[S_{TP} - S_A - \frac{b}{a}]}{a}$$

(5)

预测实际工期值

$$T = t_A + t_{i+1}$$

(6)

工期偏差预测值

$$\Delta T = T - t_P = t_A + t_{i+1} - t_P$$

(7)

3 实 例 分 析

图 2 所示某项目网络计划,箭杆上为单位时间工作量,箭杆下数字为施工持续时间. 计划进度安排列于表 1.



图 2 网络计划
Fig.2 Network plan

现自第 5 个时段开始出现干扰事件,对应的第 5,6,7,8,9,10 时段工作量分别为 8,5,6,6,7,6,试问假设干扰事件持续到工程结束,其工期将延误多少天?

解 对原始数列 $S^{(0)}$ 作一阶累计生成,得

$$\begin{aligned} S_{(1)}^{(1)} &= 8 & S_{(2)}^{(1)} &= 8 + 5 = 13 & S_{(3)}^{(1)} &= 13 + 6 = 19 \\ S_{(4)}^{(1)} &= 19 + 6 = 25 & S_{(5)}^{(1)} &= 25 + 7 = 32 & S_{(6)}^{(1)} &= 32 + 6 = 38 \end{aligned}$$

$$B^T = \begin{bmatrix} -10.5 & -16 & -22 & -28.5 & -35 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad Y_N = [5 \ 6 \ 6 \ 7 \ 6]^T$$

时间响应函数为

$$S_{(t)}^{(1)} = 111.8328e^{0.0475t} - 103.8328$$

计算误差列于表 2. 后验差比值 $C = 0.5073$,小误差概率 $P = 0.80$,说明预测精度合格,预测模型可行. 将 $S_{(t)}^{(1)} = S_{TP} - S_A = 139 - 16$ 代入方程(5)得 $t = 14.85$. 工期偏差预测值 $\Delta T = 14.85 + 1 + 4 - 16 = 3.85$. 即工期估计将延误 3.85 天.

4 模型分析

该进度数列预测方法利用时间序数数据来建立模型,预测未来进度,与一般预测方法相比,具有需要原始数据少($N \geq 4$),计算简单的特点,且能较好地过滤系统运行过程中的噪声.

在项目实施阶段,由于干扰因素的不确定性,所以每天完成工作量随机性较大,利用此原始数列寻找工程进度发展规律较为困难,所以需对原数列进行数据处理.运用累加生成的方法,而得到的新数列可以弱化原数据的随机性,强化其规律性,据此建立的GM(1,1)模型具有较好的拟合和外推特性,更适用于预测.

GM(1,1)预测建立的是指数性模型,可以反映工程进度的变化发展.工程进度受多种因素的综合作用,这些因素可能会产生正面影响,使得效率提高,进度加快;也可能产生消极影响而导致施工延误,若这些因素在同一时段均产生正面作用,则实际工期低于预测工期;相反,则大于预测工期.而大多数情况下,有些因素会产生正面影响,有些则产生消极影响,另有一些影响与原计划假定状态一致,在此综合作用下,实际工期与预测值较为接近,符合客观发展规律.

由于该预测模型是建立在工程进度曲线的基础之上,因此在应用时会受到进度曲线自身应用范围的限制.当各工序工作量差别较大或各工序间受影响的关联度较小时,其预测作用相对较弱.

5 几点说明

a. 若预测时干扰事件已经结束,一切工作仍按预定计划组织实施.图3的曲线到B'点后干扰因素消失,则该项目实际进度曲线即为将BC曲线平移到B'C'处,工期偏差值 ΔT 即为BB'间水平距离.

b. 若原始数据变化平稳,S曲线较为平滑,则预测精度较高.若在预测过程中项目系统受到意外干扰,工程实施状态发生明显变化,使得工作量变化很大时,预测精度较差.为提高准确性,可采用等维新息递补动态预测方法,即采取增加新信息与去掉老信息同时进行的方式建模,每到一新时段,将新完成的工作量补充进数列,同时去掉最旧的一个数据,保持数列等维,从而建立一个新的GM(1,1)模型,进行预测.这样新陈代谢,依次递补,保证预测状态与实际状态趋于一致.

c. 在预测的基础上,应对影响工程进度的各种干扰事件进行综合分析,预测这些因素的发展变化趋势,采用定量计算与定性分析相结合,对预测结果加以调整,这样才能使预测结果更准确、合理.

d. 在预测的同时,应加强进度的分析工作.通过分析,了解哪些工序会出现偏差,偏差产生的原因是什么,以便及时制定对策,加强控制,以缩小偏差.

参考文献:

[1] 刘亚丽,孙增武.工程项目建设管理优化学[M].山西:山西经济出版社,1995.53~55.
[2] 易德生,郭萍.灰色理论与方法[M].北京:石油工业出版社,1992.134~140.

Prediction of Deviation for Project Progress

ZHAO Qing-hua¹, ZHONG Wen-le²

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, Yangzhou Univ., Yangzhou 225009, China)

Abstract On the basis of the project progress curve and according to the data from it, the grey system theory is applied to establish a model for the prediction of progress deviation. Through analysis of the model, some measures are put forward to increase the precision of prediction.

Key words project progress curve; progress deviation; grey model

表2 计算误差
Table 2 Calculated differences

模型计算值	还原数据	实际数据	误差 $q(k)$	相对误差 /%
$\hat{t}_{(2)} = 13.4402$	5.4402	5	0.4402	8.80
$\hat{t}_{(3)} = 19.1451$	5.7049	6	-0.2951	-4.92
$\hat{t}_{(4)} = 25.1275$	5.9824	6	-0.0176	-0.29
$\hat{t}_{(5)} = 31.4010$	6.2735	7	-0.7265	10.38
$\hat{t}_{(6)} = 37.9786$	6.5776	6	0.5776	9.63

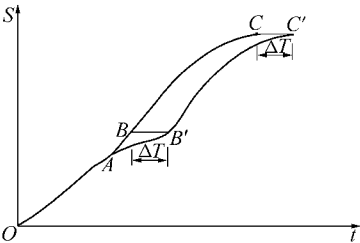


图3 工程进度曲线
Fig.3 Project progress curve