

# 鲍店煤矿生产预测与调度管理系统设计

石永奎<sup>1,2</sup>, 张磊<sup>2</sup>, 窦顺志<sup>2</sup>

(1. 山东科技大学 矿山灾害预防控制省部共建国家重点实验室培育基地, 山东 青岛 266590;

2. 山东科技大学 矿业与安全工程学院, 山东 青岛 266590)

**摘要:**通过研究鲍店煤矿生产调度室信息系统现状,针对存在的问题,结合煤矿现代化建设及鲍店煤矿生产调度管理的业务需求,建立了煤炭企业主要生产工序(采煤和掘进)的产量预测模型,在 Visual Studio 开发平台下运用 C 语言和 SQL Server 2008 为数据库研发了生产调度管理系统。实现了安全生产信息共享和生产预控,最终达到科学管理、合理调度的目标。

**关键词:**生产调度;管理系统;预测;B/S 架构;鲍店煤矿

中图分类号: TP311.521; TD76

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2015)03-0008-06

## Baodian Coal Mine Production Forecast and Scheduling Management System

Shi Yongkui<sup>1,2</sup>, Zhang Lei<sup>2</sup>, Dou Shunzhi<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Mining Disaster Prevention and Control Co-founded by Shandong Province and the Ministry of Science and Technology, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China; 2. College of Mining and Safety Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

**Abstract:** An analysis of the status quo of production scheduling information system and the existing problems in Baodian Coal Mine was made. Based on modern coal mine construction and to meet the business process requirements of production scheduling management in Baodian Coal Mine, a yield forecast model of the main production processes in coal mining enterprises was established and a production scheduling management system was developed on Visual Studio development platform by using C language and SQL Server 2008 as its database. With this system, safe production information can be shared and coal production can be precontrolled, achieving the ultimate goal of scientific management and reasonable scheduling.

**Key words:** production scheduling; management system; forecast; B/S architecture model; Baodian Coal Mine

煤矿生产调度工作包括收集矿井各类安全监测信息、各生产系统的动态信息、关键设备工况信息及其他相关信息;在对这些信息进行汇总、分析的基础上对生产活动做出计划和安排;对突发事件进行应急处理。

山东兖矿集团鲍店煤矿位于山东省邹城市。鲍店煤矿作为特大型全综采机械化矿井,近几年围绕现代化高产高效的模式进行矿井建设,引进、吸收先进的安全监测技术,逐步实现与现代化矿井建设的接轨。随着新技术的不断加入,整合技术、统一管理、集中调度成为亟待解决的问题。之前,鲍店煤矿在生产调度管理工作中没有一套完整的生产调度管理系统,由于调度信息数量繁多、种类各异、传递流程不统一等原因,存在信息流转效率低、信息粗糙、重复冗余等问题,降低了调度信息的有用性和可用性,生产数据信息无法充分挖掘和分析,造成数据信息资源浪费,既不利于科学预测与决策,也难以实现合理调度。

收稿日期: 2014-11-20

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(“973”计划)项目(2012CB723104); 中国煤炭工业协会指导性计划项目(MTKJ2012-345)

作者简介: 石永奎(1966—),男,山东滨州人,教授,博士生导师,主要从事煤矿生产决策支持系统研究。

E-mail: shiyongkui@163.com

煤矿调度工作涉及面广、信息量大、信息收集频繁、信息多样化,管理难度大。因此,在已经形成的各个信息子系统(信息孤岛)的基础上,开发一套煤矿生产调度信息管理系统,集成各种信息孤岛的信息并根据调度工作的需要进行数据挖掘,从而提高生产调度工作的效率和准确性,具有重要意义<sup>[1]</sup>。同时,建立煤矿企业主要生产环节的产量预测模型,对主要生产环节的产量进行预测,并以此为基础提前安排生产计划,可以提高调度指挥的时效性和准确性。

## 1 系统的架构设计

系统采用三层 B/S(Browser/Server)架构<sup>[2]</sup>,即浏览器/服务器模式,该模式统一了客户端,将系统的核心功能集中到服务器上,其架构分别为页面表示层、业务逻辑层和数据存储层,如图 1 所示。

### 1.1 页面表示层

页面表示层是一种交互式操作界面,用于数据的录入查询等操作。以一般页面文件(.aspx)结合用户自定义控件(.ascx)表示,通过.net 代码分离技术分离代码设计和网页设计,结合客户端脚本语言进行代码编写和页面设计<sup>[2]</sup>。

### 1.2 业务逻辑层

业务逻辑层是用.cs 文件编译而成的.dll 控件。数据库层通过中间层来连接及操作,通过该层可以读取数据信息,用户录入生产信息后经页面后台程序处理,发送到数据库中进行存储。因此,该层主要实现系统的业务逻辑功能,将系统的功能组织放到相应的类中,集中完成相关的系统业务逻辑操作<sup>[2]</sup>。

### 1.3 数据存储层

数据存储层是系统架构的最底层,用来定义、维护、访问和更新数据并管理数据,同时满足应用服务对数据的要求,系统采用 SQL Server 2008 和触发器以及一些存储过程来进行部分业务逻辑规则和相应业务规则的约束,如数据的访问<sup>[2]</sup>。

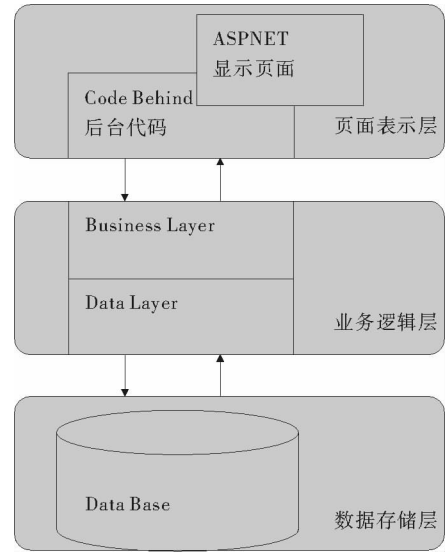


图 1 系统架构模式

Fig. 1 The model of system architecture

## 2 系统的总体设计

### 2.1 系统权限管理设计

煤矿生产调度管理系统的使用人员依据实际工作的职责及需求分配操作权限,如煤矿生产数据作为领导层决策的参考信息不能被任意查看、修改或删除。不同生产部门需要录入对应的生产信息,这就要求系统必须严格依据工作职责分配操作权限<sup>[3]</sup>。

系统为内部使用,采用动态分级授权策略和树形权限管理结构,系统用户分为超级用户、高级用户和普通用户三大类。

超级用户分为超级管理员(拥有系统的一切权限)和煤矿企业的最高领导层(拥有系统最高权限),可以对任何部门信息进行查看、修改、删除等操作,能够分配其他等级用户的操作权限。高级用户为部门科室和事务管理员,部门科室以部门为单位分配账号(如调度室、煤炭运销等),事务管理员为日常的系统维护人员,有部分的操作权限(如添加修改等操作)。普通用户则为游客,通常为系统管理人员免费发放的公共账号,可以浏览系统的一些通知公告、生产信息等。

### 2.2 系统功能模块设计

系统的功能模块设计主要包括(图 2):生产数据采集模块,生产调度管理模块,调度台账管理模块,生产预测模块,系统维护模块。

生产数据采集模块:井下安全生产状况和煤矿生产调度信息,如煤矿基建信息,矿井科室信息,采煤工作面、掘进工作面、安撤工作面的生产信息,零星工程、重点工程信息,安全隐患信息等。

生产调度管理模块:互动系统和生产应急处置系统,在正常情况下协调日常工作如发布公告、会议纪要等,应对突发情况如井下瓦斯爆炸、透水等突发灾害事故的生产应急处置系统。

调度台账管理模块:煤矿企业提供的各类数据,如煤矿开拓进尺、发运台账、煤矿生产日报等情况。

生产预测模块:通过影响煤炭产量的主要因素的定性分析与定量分析,利用数学模型对煤炭的产量进行建模和预测。

系统维护模块:系统基本数据的维护功能如用户角色管理、资源维护、系统日志等。

### 2.3 系统数据库的设计

系统采用 SQL Server 2008 关系型数据库管理系统,通过数据库查询语言,将用户的查询条件组合为适当的 SQL 查询字符串,利用 ado.net 组件,向数据库系统提交查询条件,并返回查询结果,最后再将查询结果通过浏览器页面显示给用户,结构如图 3 所示。该系统是一个综合的调度管理平台,数据库表多数据多,主要有以下四种。

基础信息数据表:矿井的基础建设信息,如矿井概况表,矿井运输系统表,矿井通风系统表,矿井避险系统表,地面洗煤系统表,矿井供电系统表,矿井注浆系统表,矿井排水系统表,矿井提升系统表。

动态信息数据表:矿井生产信息,如采煤工作面的基础数据(地质资料表、工作资料表、排水系统表、巷道支护表、矿压表等),掘进工作面表,安撤工作面表,零星工程表,重点工程表。

预测信息数据表:主要包括矿井生产信息表、掘进进尺表、安全情况表等预测结果的数据存储、查看、修改和删除。

互动管理信息数据库:主要包括生产管理下发的会议纪要表、公告通知表、电子邮件表、审批表等数据信息,用户信息数据,文件存储数据。

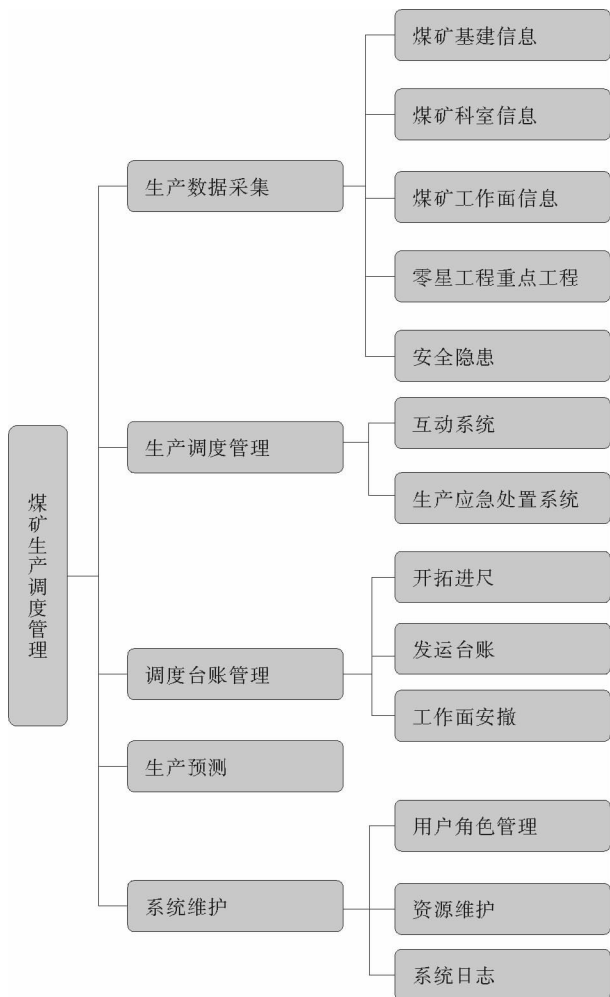


图 2 系统功能模块图

Fig. 2 System function module diagram

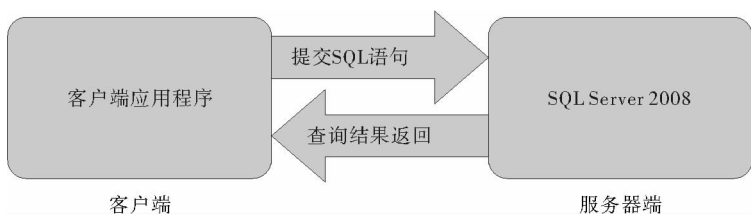


图 3 SQL Server 2008 数据库系统结构示意图

Fig. 3 SQL Server 2008 database system structure schematic diagram

### 3 主要生产环节能力预测

煤矿的主要生产环节是采煤和掘进。通过研究各类生产信息对生产计划的影响规律,建立采煤产量、掘进进尺等生产指标的生产分析预测模型,可以为生产计划与组织提供管理依据;通过对各类调度信息的交叉影响分析,总结不同生产条件下的生产规律,能够建立生产管理模型,为特定条件下的生产提供管理支持。

#### 3.1 采煤产量预测

利用线性回归模型对煤炭产量进行预测:①建立煤炭产量预测指标体系,共选取 7 个影响原煤产量因素的指标作为备选预测变量组;②通过主成分分析法从指标体系中选择 3 种主要影响因素指标作为建立多元回归模型的自变量;③建立多元线性回归模型对原煤产量进行预测,最终得出预测结果。该模块主要运用 SPSS1 软件进行处理。SPSS(statistical package for social science)软件是目前国际最流行并具有权威性的统计分析软件之一,利用 SPSS 统计软件进行数据分析处理具有简单、方便、快速、准确、实用等特点。

##### 1) 样本数据的选择

原煤生产是一项复杂的生产过程,影响原煤生产的因素复杂多样,主要包括地质、水文、煤层赋存、技术设备、工序衔接、调度指挥等多个方面。根据煤矿原煤产量日报的数据资料,共选取 5 个影响原煤产量的主要因素,构建原煤产量预测指标体系,如表 1 所示。

##### 2) 样本数据的主成分分析

本模块主要依据 SPSS13.0 的主成分分析功能,以原煤总产量的影响因素为变量进行主成分分析,结果表明:KMO(Kaiser-Meyer-Olkin 检验统计量)值为 0.83,巴特利特球形测试 Sig 值为 0.012,说明相关系数矩阵与单位矩阵具有显著差异。根据 KMO 度量标准即 KMO 统计量的取值为 $[0,1]$ ,若 KMO 值越接近 1,则意味着变量间具有较强的相关性,KMO 值为 0.83,说明原有变量适合作因子分析<sup>[4]</sup>。煤层厚度、断层高度和煤层倾角 3 个因子共解释了原始变量方差和的 92.42%,解释效果较好,故提取煤层厚度、断层高度和煤层倾角 3 个因子,其相关系数分别为 0.781,0.694,0.44,以此作为自变量,建立原煤产量多元线性回归模型。

运用 SPSS 软件,以 2013 年 1 月到 6 月共计 169 份有效数据作为建模数据,以 2013 年 7 月数据作为检验数据。分析原煤产量、煤层厚度、断层高度和煤层倾角之间的关系,以原煤产量为因变量  $y$ ,以煤层厚度、断层高度和煤层倾角为自变量  $x_1, x_2, x_3$ ,建立起预测原煤产量的多元线性回归模型。

$$y = 202.213x_1 - 4052.706x_2 - 18.374x_3 + 168161.23。$$

运用 2013 年 7 月份的数据进行验证,其复相关系数  $R$  为 0.970,判定系数  $R^2$  为 0.941,调整判定系数为 0.912,  $DW$ (Durbin-Watson) = 2.522 > 2,说明残差之间为正相关关系。其 Sig 为 0.021 < 0.05,因此在显著性水平为 0.05 的情形下,可认为原煤产量  $y$  与  $x_1, x_2, x_3$  之间有线性关系。

#### 3.2 掘进进尺的预测

利用离散 GM(1,1)模型,对掘进进尺进行预测。灰色模型是系统分析的一种方法,经历思想开发、因素分析、量化、动态化、优化五个步骤提炼加工而成<sup>[5]</sup>。GM(1,1)模型作为灰色系统模型群的一个基础模型主要应用于具有准指数律的单调系统建模。根据数据类型可分为连续型模型和离散型两种,由于掘进进尺属于离散数据,故采用离散 GM(1,1)模型。

鲍店煤矿 6312 切眼掘进进尺如表 2 所示。观测数据可以发现,这是一个振荡序列,需要考虑数据的振荡影响,建立基于随机振荡序列的 GM(1,1)模型。

设原始数据序列  $Y = (y(1), y(2), \dots, y(n))$  为随机振荡序列,其中  $y(k) > 0, k = 1, 2, \dots, n$ ;

表 1 原煤产量影响因素指标体系  
Tab.1 Coal yield influencing factors index

| 序号 | 影响因素   | 变量代码  |
|----|--------|-------|
| 1  | 煤层厚度   | $x_1$ |
| 2  | 断层高度   | $x_2$ |
| 3  | 煤层倾角   | $x_3$ |
| 4  | 瓦斯涌出量  | $x_4$ |
| 5  | 矿井水涌出量 | $x_5$ |

① 处理加速指数变换 (对原始数据序列  $Y$ ), 得到:

$$Y = (y(1), y(2), \dots, y(n)). \quad (1)$$

其中:  $y(k) = y(k) T^{k-1}, k=1, 2, \dots, n$ ;

$$T = \frac{\max\{y(k) | k=1, 2, \dots, n\}}{\min\{y(k) | k=1, 2, \dots, n\}}$$

② 几何平均生成变换 (对序列  $Y$ ), 得到:

$$X^0 = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)). \quad (2)$$

其中:  $x^{(0)}(k) = [\prod_{i=1}^k y(i)]^{\frac{1}{k}}, k=1, 2, \dots, n$ .

③ 序列  $X^{(0)}$  进行一次累加:

$$X^1 = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)). \quad (3)$$

④ 建立 GM(1,1) 模型白化方程:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b. \quad (4)$$

其中:  $a, b$  为待估参数。

⑤ GM(1,1) 模型的灰色微分方程:

$$y(k) + az^{(1)}(k) = b. \quad (5)$$

其中:  $z^{(1)}(k) = \frac{1}{2}(x(k-1) + x(k)), k=2, 3, \dots, n$ 。

⑥ GM(1,1) 模型  $y(k) + az^{(1)}(k) = b$  的时间响应序列为:

$$x^{(1)}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-ak} + \frac{b}{a}. \quad (6)$$

通过计算处理, 参数  $a$  和  $b$  的最小二乘估计为:

$$\hat{a} = (B'B)^{-1}B'Y \quad (7)$$

其中:

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} x(2) \\ x(3) \\ \vdots \\ x(n) \end{bmatrix}.$$

还原值为:

$$x^{(0)}(k+1) = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) = (1 - e^a)(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-ak}, k=1, 2, \dots, n.$$

⑦ 还原数据, 得到:

$$y^{(0)}(k) = \frac{y_1^{(0)}(k)}{T^{k-1}} = \frac{(x^{(0)}(k))^k}{T^{k-1}(x^{(0)}(k-1))^{k-1}}, k=2, 3, \dots, n. \quad (8)$$

其中:  $\hat{y}^{(0)}(1) = y^{(0)}(1)$ 。

通过直接建模与基于时间序列的振荡法, 进行建模预测, 得到对比结果, 如表 3 所示。

从表 3 可以看出, 当按照基于时间序列的振荡法建模时, 拟合值比较接近原始数据, 拟合精度较高; 按照随机振荡序列直接建模时, 拟合效果并不理想。为了提高拟合精度使其符合 GM(1,1) 模型的建模条件, 必须对原始振荡序列进行恰当处理后建立模型。通过以上方法把随机振荡序列变换为单调增长序列, 可以有效地改善序列的光滑性, 有利于建模<sup>[6]</sup>。

表 2 鲍店煤矿 6312 切眼掘进进尺日报表

Tab. 2 Daily sheet of Baodian Coal Mine 6312 cutting hole digging distance

| 日期         | 进尺/m | 日期         | 进尺/m |
|------------|------|------------|------|
| 2014-07-13 | 1.6  | 2014-07-22 | 3.0  |
| 2014-07-14 | 0.9  | 2014-07-23 | 10.0 |
| 2014-07-15 | 3.5  | 2014-07-24 | 13.0 |
| 2014-07-16 | 2.0  | 2014-07-25 | 22.0 |
| 2014-07-17 | 5.0  | 2014-07-26 | 11.0 |
| 2014-07-18 | 6.0  | 2014-07-27 | 5.0  |
| 2014-07-19 | 5.0  | 2014-07-28 | 11.0 |
| 2014-07-20 | 9.0  | 2014-07-29 | 10.0 |
| 2014-07-21 | 5.0  | 2014-07-30 | 9.0  |

表 3 两种方法的 GM(1,1)模型计算结果表  
Tab. 3 Results of GM(1,1) model's two methods

| 日期         | 原始值   | 直接建模法      |        | 时间序列的振荡法   |        |
|------------|-------|------------|--------|------------|--------|
|            |       | 模拟值        | 相对误差/% | 模拟值        | 相对误差/% |
| 2014-07-13 | 1.6   | 2.321 333  | 45.1   | 1.869 893  | 16.9   |
| 2014-07-14 | 0.9   | 1.491 745  | 65.7   | 1.055 419  | 17.3   |
| 2014-07-15 | 3.5   | 4.223 626  | 20.7   | 2.937 831  | 16.1   |
| 2014-07-16 | 2.0   | 2.264 256  | 13.2   | 2.040 145  | 2.0    |
| 2014-07-17 | 5.0   | 5.755 066  | 15.1   | 4.742 104  | 5.2    |
| 2014-07-18 | 6.0   | 6.294 028  | 4.9    | 6.466 884  | 7.8    |
| 2014-07-19 | 5.0   | 4.242 224  | 15.2   | 4.445 781  | 11.1   |
| 2014-07-20 | 9.0   | 9.229 382  | 2.5    | 9.248 937  | 2.8    |
| 2014-07-21 | 5.0   | 4.748 446  | 5.0    | 5.202 473  | 4.0    |
| 2014-07-22 | 3.0   | 3.691 186  | 23.0   | 3.178 826  | 6.0    |
| 2014-07-23 | 10.0  | 9.777 996  | 2.2    | 9.438 070  | 5.6    |
| 2014-07-24 | 13.0  | 12.255 610 | 5.7    | 12.625 860 | 2.9    |
| 2014-07-25 | 22.0  | 22.638 880 | 2.9    | 22.471 950 | 2.1    |
| 2014-07-26 | 11.0  | 10.700 390 | 2.7    | 11.106 680 | 1.0    |
| 2014-07-27 | 5.0   | 5.668 437  | 13.4   | 4.851 630  | 3.0    |
| 2014-07-28 | 11.0  | 10.924 470 | 0.7    | 11.208 510 | 1.9    |
| 2014-07-29 | 10.0  | 10.837 550 | 8.4    | 10.493 430 | 4.9    |
| 2014-07-30 | 9.0   | 8.872 776  | 1.4    | 8.730 714  | 3.0    |
| 平均值        | 7.333 | 7.552      | 13.8   | 7.264      | 6.3    |

#### 4 结束语

鲍店煤矿生产调度管理系统是为煤矿调度室量身定做的一套综合化信息管理系统,以煤矿各部门提供的生产基础资料、动态信息和各实时监控设备提供的安全生产检测监控等信息为基础,建立煤矿生产调度信息综合数据库,通过对信息的有效集中和深度挖掘,实现生产信息动态管理。通过研究各类生产信息对生产计划的影响规律,建立生产分析预测模型,科学下达每日采煤产量、掘进进尺等,动态掌握生产状况,实现煤矿生产安全有序,该系统为鲍店煤矿取得了良好的经济效益。

#### 参考文献:

[1]陈媛媛,苗连强.基于WEB的煤矿生产调度管理系统的设计[J].煤矿机械,2010(12):230-231.  
Chen Yuanyuan, Miao Lianqiang. Design of coal mine production scheduling management system based on web[J]. Coal Mine Machinery, 2010(12):230-231.

[2]黄伟力,刘幸来.煤矿安全生产调度管理系统的设计与实现[J].煤炭工程,2013(6):125-127.

[3]薛阳.煤矿管理系统信息化的设计与应用[J].煤炭技术,2013(11):190-191.  
Xue Yang. Design and application of coal mine management information system[J]. Coal Technology, 2013(11):190-191.

[4]和文超.土地利用规划中粮食产量的预测方法比较研究[D].北京:中国地质大学(北京),2012:32.

[5]崔立志,刘思峰.基于随机振荡序列的GM(1,1)模型性质及其应用[J].数学的实践与认识,2012(11):160-165.  
Cui Lizhi, Liu Sifeng. The character and its application of GM(1,1) model based on the random oscillatory sequence[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2012(11):160-165.

[6]崔立志.灰色预测技术及其应用研究[D].南京:南京航空航天大学,2010:69.

(责任编辑:吕文红)