



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710036786.2

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 100445901C

[22] 申请日 2007.1.25

[21] 申请号 200710036786.2

[73] 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

[72] 发明人 胡明慧 王永山 黎华 邵惠鹤

[56] 参考文献

JP2000 - 32667A 2000.1.28

US2002/0065790A1 2002.5.30

CN1542658A 2004.11.3

JP2003 - 85342A 2003.3.20

JP2003 - 50829A 2003.2.21

US6859768B1 2005.2.22

JP2004 - 118355A 2004.4.15

US2004/0015458A1 2004.1.22

AR 模型在质量控制中的应用. 俞青峰等. 计算机应用与软件, 第 22 卷第 2 期. 2005

工程项目成本控制流程的改进与模型构建. 卢娜等. 陕西理工学院学报, 第 22 卷第 1 期. 2006

基于 MES 的动态成本控制系统设计及其应用. 刘威等. 东北大学学报 (自然科学版), 第 24 卷第 8 期. 2003

谈 AR(P) 模型及其应用. 程葆伦. 重庆职业技术学院学报 (综合版), 第 12 卷第 3 期. 2003

审查员 曲丹

[74] 专利代理机构 上海交达专利事务所

代理人 王锡麟 张宗明

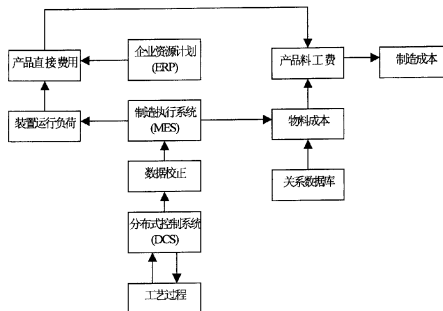
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

基于 AR(p) 模型的过程工业生产过程动态成本控制方法

[57] 摘要

一种基于 AR(p) 预测模型的过程工业生产过程动态成本控制方法。本发明通过下面的软硬件控制设置来实现的，硬件控制设置包括交换机、服务器、用户终端、控制网、企业内部网。而硬件控制设置是由生产执行控制及过程控制两部分组成，其中生产执行控制由交换机、服务器、用户终端、企业内部网组成，其联接是通过交换机实现服务器与用户终端作业区连接。系统流程以成本模块为中心，成本模块的分布式控制系统 DCS 现场采集经数据校正后以实时数据库为基础信息、ERP 企业资源计划数据与关系数据库汇总在一起，在成本核算的数据基础上进行动态成本控制。本发明使成本控制由定量的静态描述提升到定性的动态分析控制，从而使企业降低生产成本。



1、一种基于 AR(p)模型的过程工业生产动态成本控制方法，其特征在于，包括以下步骤：

第一步，在生产过程成本控制的操作界面上设置一个“成本预测”功能键，并通过 AR(p)预测模型设定 $\pm 2\%$ 的模型误差值，由工控机将该数据送到以产品成本组成矩阵为基础构成的关系数据库中存储；

第二步，建立一个  $p$  阶的 AR 模型为：
$$x_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i x_{t-i} + a_t$$
，其中  $\varphi_i$ ， $p$  分别是

模型 AR(p)的模型参数和模型的阶数， $a_t$ 是均值为零、方差为 $\sigma^2$ 的白噪声序列，由成本预测模块执行事先编制好的 AR(p) 模型预测程序：先对生产企业的 DCS 装置采集的数据进行校正，采用校正后的数据进行物耗成本计算，将各项成本核算结果导入关系数据库；由于事先无法判断模型的阶次，在网络、数据库信息技术的支持下，在建模过程中应先给定模型的阶次，通过 AR(p)模型对成本进行预测并据此计算模型误差值；

第三步，根据在建模过程中先给定模型的阶次  $p$ ，以及根据最小二乘方法计算出 AR(p)模型的参数  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$ ，通过  $p$  阶的 AR 模型  $x_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i x_{t-i} + a_t$  可

求出  $t$  时刻的成本预测值  $\hat{x}_t$ ，然后判断成本的预测值  $\hat{x}_t$  与实际值  $x_t$  之间的误差是

否在允许范围 $\pm 2\%$ 内，即：
$$\frac{\hat{x}_t - x_t}{x_t} \leq \pm 2\%$$
，如果误差值超出允许范围，程序终

止；如果误差值在允许范围，输出预测值  $\hat{x}_t$ ；

第四步，采用信息论 AIC 准则，判断模型最优阶次，AIC 准则： $C(p) = n \ln \delta_a^2 + 2p$  计算出模型的阶数  $p$ ，其中， $\delta_a^2 = \frac{S}{n-p}$ ， $\delta_a^2$  为误差方差，最

后取  $C(p)$  值最小的阶次作为模型的最佳阶次，同时也确定了 AR(p) 模型参数；

第五步, 根据计算出的AR(p)模型参数 $\varphi$ 及阶数 $p$ , 在 $t$ 时间向前预测第 $l$ 步最佳预测值 $\hat{x}_t(l)$ , 并根据预测结果计算预测值与真实值之间的预测可信度, 即相关系数 $r$ , 将其作为预测精度的指标, 然后输出预测值 $\hat{x}_t(l)$ , 且该预测值 $\hat{x}_t(l)$ 为本程序的最终预测结果; 动态成本预测值 $\hat{x}_t(l)$ 与其真实值 $x_t(l)$ 之间的相关系数 $r$ 间接反映了这种依赖性, 且不容易出现病态问题, 所以相关系数越高, 预测的精度也越高。

2、根据权利要求1所述的基于AR(p)模型的过程工业生产过程动态成本控制方法, 其特征是, 第一步中, 当实际物耗成本和人工成本发生变动即对象模型误差变化时, 或者用户希望获得要求的误差值, 在线调节模型阶数值, 使得预测值为无偏估计。

3、根据权利要求1所述的基于AR(p)预测模型的过程工业生产过程动态成本控制方法, 其特征是, 所述成本预测模块实现物耗指标预测和产品成本预测, 依据在工厂控制层的输出数据、并与企业管理层之间建立的实时数据组成的实时数据库, 根据设定的算式和时间间隔, 自动地给出任意时段的产品成本。

## 基于 AR(p) 模型的过程工业生产过程动态成本控制方法

### 技术领域

本发明涉及一种工业控制过程的方法，具体是一种基于 AR(p) 模型的过程工业生产过程动态成本控制方法。

### 背景技术

过程工业全球化的市场竞争日益激烈，主要表现在成本竞争、产品质量竞争、销售服务竞争，其中成本的竞争是基础和关键的，降低成本已经成为过程工业提高竞争力的重要手段和途径。动态成本控制的主要特征是：在网络、数据库等信息技术支持下的生产过程动态成本控制，实时跟踪生产过程中的各工序成本数据信息，进行成本分析、预测，监视成本各项指标变化趋势，缩短成本核算周期，从而有效提高企业的生产效益。动态成本控制的演进体现了控制系统向网络化、综合化、分布化和智能化发展的趋势。在企业的生产成本控制中，成本预测是成本控制过程中首要和重要的环节。通过成本预测，可以使企业对未来的成本水平及其变化趋势做到正确把握，从而为企业的成本决策提供科学的依据，以减少成本决策过程中的主观性和盲目性。

作为成本控制系统的的重要组成部分，成本预测一方面为制定成本计划提供了依据，另一方面为监视成本各项指标变化趋势、成本动态在线事中控制提供了信息。因此，对成本的动态跟踪和准确预测，已经成为企业成本控制的关键环节。目前成本预测的方法很多，比较常见的有线性回归、非线性回归、指数平滑、加权平均、灰色预测、神经网络预测等。然而以上这些传统的基于经验预测方法必须人为地确定一些参数，由于影响生产成本的因素多而复杂，即使人为确定一些参数，所预测的数据也很不客观。近年来发展起来的基于 AR(p) 模型预测的方法是一种数值方法，因为充分利用了系统的动态特性信息，受到广泛的重视。

经对现有技术的文献检索，发现中国专利申请号为：03111592，专利名称

为：“基于神经网络的冶金生产过程动态成本控制方法”，该专利提出一种基于神经网络的冶金生产过程动态成本控制方法，其特征在于该方法是利用一种在网络、数据库等信息技术的支持下的冶金生产过程中动态成本控制方法。通过神经网络等智能控制技术，实现冶金生产过程动态成本控制的方法。不足之处，神经网络存在下面的不足：缺乏统计机理，变量选择十分困难，无法给出相关的显著性统计准则，也难以给出合适的变量选择准则；运算速度缓慢；宏观预测困难。

### 发明内容

本发明的目的在于针对现有技术的不足，利用控制技术和计算机实现动态预测成本，提出一种基于 AR(p) 模型的过程工业生产过程动态成本控制方法，使其根据关系数据库和实时数据库中成本核算的结果，能实时在线的进行动态成本预测，根据最小二乘法自动的调整模型参数，使得预测值接近真实值，达到更好的控制效果。

本发明是通过以下技术方案是这样实现的：

本发明是利用一种在网络、数据库等信息技术的支持下的过程工业生产过程中动态成本控制方法，该方法是通过下面的软硬件控制设置来实现的。硬件控制设置包括交换机、服务器、用户终端、控制网、企业内部网等设置。而硬件控制设置是由生产执行控制及过程控制两部分组成，其中生产执行控制由交换机、服务器、用户终端、企业内部网组成，其联接是通过交换机实现服务器与用户终端作业区连接。系统流程以成本模块为中心，成本模块的分布式控制系统 DCS (Distributed Control System) 现场采集经数据校正后以实时数据库为基础信息、ERP (Enterprise Resource Planning) 企业资源计划数据与关系数据库汇总在一起，在成本核算的数据基础上进行动态成本控制。

本发明中，采用的 AR(p) 模型动态成本预测是以产品成本组成关系矩阵为基础，建立成本组成模型；根据各成本因素之间的相互关系，建立成本预测模型；将预测输入预先处理并利用 AR(p) 预测模型进行预测，最后得出预测结果。

本发明提出的控制方法具体步骤如下：

第一步，在生产过程成本控制的操作界面上设置一个“成本预测”功能键，

并通过 AR(p) 预测模型设定 ( $\pm 2\%$ ) 的模型误差值, 由工控机将该数据送到以产品成本组成矩阵为基础构成的关系数据库中存储。当实际物耗成本和人工成本发生变动 (即对象模型误差变化) 时, 或者用户希望获得要求的误差值, 也可在线调节模型阶数值, 使得预测值为无偏估计。

成本预测模块实现物耗指标预测和产品成本预测, 依据在工厂控制层 (DCS, PLC 等) 的输出数据、并与企业管理层之间建立的实时数据组成的实时数据库, 根据设定的算式和时间间隔, 可以自动地给出任意时段 (日、旬、月等) 的产品成本。

第二步, 由成本预测模块执行事先编制好的 AR(p) 模型动态成本预测程序: 先对生产企业的 DCS 装置采集的数据进行校正, 采用校正后的数据进行物耗成本计算, 将各项成本核算结果导入关系数据库。由于事先无法判断模型的阶次, 在网络、数据库等信息技术的支持下, 在建模过程中应先给定模型的阶次, 通过 AR(p) 模型对成本进行预测并据此计算模型误差值;

建立一个  $p$  阶的 AR 模型为:  $x_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i x_{t-i} + a_t$ , 其中  $\varphi_i$ ,  $p$  分别是模型 AR(p)

的模型参数和模型的阶数。 $a_t$  是均值为零、方差为  $\sigma^2$  的白噪声序列。根据某生产过程的成本数据, 估计方程中的参数, 建立该生产过程的成本模型。

令  $\varphi = [\varphi_1 \quad \varphi_2 \quad \text{L} \quad \varphi_p]^T$ ,  $a = [a_{p+1} \quad a_{p+2} \quad \text{L} \quad a_N]^T$ ,  $y = [x_{p+1} \quad x_{p+2} \quad \text{L} \quad x_N]^T$ ,

$X = \begin{bmatrix} x_p & x_{p-1} & \text{L} & x_1 \\ x_{p+1} & x_p & \text{L} & x_2 \\ & & \text{M} & \\ x_{N-1} & x_{N-2} & \text{L} & x_{N-p} \end{bmatrix}$ , 其中  $N$  为数据的个数, 根据多元回归理论, 参数矩

阵  $\varphi$  的最小二乘估计为:  $\hat{\varphi} = (X^T X)^{-1} X^T Y$ 。

具体规则是: 如果均值误差为正值时, 则应减小 AR(p) 模型的阶数; 如果均值误差为负值时, 则应增大 AR(p) 模型的阶数。

第三步, 然后判断成本的预测值与实际值之间与误差是否在允许范围 ( $\pm 2\%$ ) 内, 如果误差值超出允许范围, 程序终止; 如果误差值在允许范围, 输出预测结果。

本发明的核心是通过 AR(p) 预测模型, 建立各时段成本数据之间的数学关系, 在 t 时间根据历史值通过模型向前预测第 l 步最佳预测值, 并保证预测值与实际值之间的误差在允许范围内。通过成本预测, 可以使企业对未来的成本水平及其变化趋势做到正确把握, 从而为企业的成本决策提供科学的依据, 以减少成本决策过程中的主观性和盲目性。

第四步, 采用信息论 AIC 准则 (Akaike Information Criterion, 简称 AIC), 判断模型最优阶次, AIC 准则:  $C(p) = n \ln \delta_a^2 + 2p$  计算出模型的阶数 p, 其中,  $\delta_a^2 = \frac{S}{n-p}$ ,  $\delta_a^2$  为误差方差。AIC 准则, 又称信息准则, 是利用最大似然法推导出来的一个准则。最后取  $C(p)$  值最小的阶次作为模型的最佳阶次, 同时也确定了 AR(p) 模型参数。

第五步, 根据计算出的 AR(p) 模型参数  $\varphi$  及阶数 p, 在 t 时间向前预测第 l 步最佳预测值  $\hat{x}_t(l)$ , 并根据预测结果计算预测值与真实值之间的预测可信度, 即相关系数 r, 将其作为预测精度的指标, 然后输出预测结果。动态成本预测值  $\hat{x}_t(l)$  与其真实值  $x_t(l)$  之间的相关系数 r 间接反映了这种依赖性, 且不容易出现病态问题, 所以相关系数越高, 预测的精度也越高, 可把它作为评价预测精度的指标之一。

在过程工业动态成本控制中采用本发明提出的 AR(p) 模型预测方法, 最大的特点就是可实时在线的进行成本预测, 实现了成本的动态跟踪和准确预测, 从而降低成本, 提高企业竞争力成为可能。所谓动态跟踪, 通俗地说, 就是预测数据可采用实时数据库中的成本核算结果, 可通过计算机网络实时进行成本预测。根据设定的算式和时间间隔, 可以自动地给出任意时段 (日、旬、月等) 的产品成本。在使用本发明方法时, 技术人员所要做的工作就是: 根据实际需求输入时间段, 其他工作由关系数据库和实时数据库自动完成。动态成本控制系统能自动计算出成本预测值, 实现对成本的精确估计。用户操作起来更简便直观, 方法简单, 使成本控制由定量的静态描述提升到定性的动态分析控制。采取本发明 AR(p) 模型预测方法的动态成本控制系统可广泛应用于能源、冶金、石化、

等过程工业的成本控制。

#### 附图说明

图 1 为在过程工业生产过程中实现动态成本控制方法系统模块构成图。

图 2 为在过程工业生产过程中实现动态成本控制方法基于 AR(p)模型的成本预测工作流程图。

图 3 为本发明实施例中的某生产物料的成本预测值与实际值曲线图。

#### 具体实施方式

下面结合附图对本发明的某实例作详细说明：本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施，给出了详细的实施方式和具体的操作过程，但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

将本发明提出的成本预测方法用于某过程工业企业的粗甲醇、精甲醇、CO、氢气动态成本预测，其目的是实时动态跟踪反映生产过程成本信息流，在线进行动态成本预报分析，实施生产过程成本控制。采用的硬件控制设置包括交换机、服务器、用户终端、控制网、企业内部网等。根据实现动态成本控制方法系统模块构成图 1 所示，根据工艺过程的智能仪表，在信息总线环境下，对分布式控制系统(DCS)的数据进行数据校正，将校正结果输入 MES 系统，再进行装置运行负荷和物耗成本分析，根据企业资源计划和装置运行负荷进行产品直接费用分析，从而可计算出产品料工费和制造成本。根据设定的算式和时间间隔，可以自动地给出任意时段（班、日、旬、月等）的各种产品（CO、甲醇、氧气、氢气等）或中间产品（变换气、废热气、净化气、非变净化气等）的动态成本。

按照成本预测工作流程图 2 操作，在进入成本预测之前，先依据实时数据库中的数据，对各种产品的成本进行核算，为成本预测提供数据准备。例如取其中某精甲醇 2006 年 5 月 8 日至 6 月 16 日的共 30 天日单位产品消耗成本数据为(单位：十万元)：1.938、2.203、2.153、2.087、2.012、1.965、2.067、2.085、1.916、2.025、1.956、1.986、2.108、2.021、1.780、2.133、2.068、2.096、2.126、1.956、2.006、2.090、2.012、1.976、2.102、1.896、1.968、2.098、2.036、2.162，根据该时间序列预测 6 月 19 日至 7 月 4 日。取模型阶数  $p=3$ ，



该 AR(p) 模型为:  $x_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i x_{t-i} + a_t$ , 其中:  $t=1, K, N$ ,  $N=30$ 。在此基础上,

进入 AR(p) 模型预测过程。本实施例以这些因素的统计数据为依据, 构造一个 AR(3) 模型来分析粗甲醇、精甲醇、CO、氢气等四种成份的日耗成本实际值和预测值, 某一段时期内的数据结果见表 1。具体实施步骤有以下几步:

第一步, 在生产过程成本控制的操作界面上设置一个“成本预测”功能键, 并通过 AR(p) 预测模型设定 ( $\pm 2\%$ ) 的模型误差值, 由工控机将该数据送到以产品成本组成矩阵为基础构成的关系数据库中存储。以输入数据为 2006 年 5 月 8 日至 6 月 16 日的共 30 天日单位产品消耗成本数据组成实时数据库;

第二步, 由成本预测模块执行事先编制好的 AR(p) 模型预测程序, 初设定 AR(p) 模型的阶次  $p=3$ , 通过 AR(p) 模型对成本进行预测;

第三步, 然后判断成本的预测值与实际值之间与误差是否在允许范围 ( $\pm 2\%$ ) 内, 如果误差值超出允许范围, 程序终止; 如果误差值在允许范围, 根据最小二乘方法计算出 AR(p) 模型的参数  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$ ;

第四步, 采用信息论 AIC 准则 (Akaike Information Criterion, 简称 AIC), 判断 AR(p) 模型最优阶次  $p$ ;

第五步, 根据计算出的 AR(p) 模型参数  $\varphi$  及阶数  $p$ , 在  $t$  时间向前预测第  $l$  步最佳预测值  $\hat{x}_t(l)$ , 然后输出预测结果。

表 1 某一时期某生产过程物料日消耗的实际值与预测值。

根据该时间序列预测 6 月 19 日至 6 月 30 日精甲醇成本曲线如图 3 所示。

表 1 某生产过程物料日消耗的实际值与预测值

序号	粗甲醇 (十万元)		精甲醇 (十万元)		CO (十万元)		氢气 (十万元)	
	实际值	预测值	实际值	预测值	实际值	预测值	实际值	预测值
1	2.726	2.718	2.067	2.062	0.368	0.561	0.562	0.557
2	2.658	2.652	2.085	2.08	0.372	0.365	0.558	0.559
3	2.601	2.636	1.996	2.008	0.375	0.369	0.566	0.561
4	2.686	2.572	2.025	2.02	0.366	0.368	0.563	0.558
5	2.805	2.759	1.998	2.006	0.378	0.373	0.559	0.563

---

6	2.761	2.771	1.992	1.996	0.362	0.366	0.556	0.561
7	2.712	2.698	2.076	2.066	0.379	0.372	0.561	0.565
8	2.803	2.765	2.021	2.016	0.365	0.368	0.565	0.561
9	2.662	2.702	2.068	2.062	0.359	0.362	0.557	1.559
10	2.731	2.716	2.032	2.039	0.367	0.365	0.568	0.562
11	2.789	2.768	2.056	2.051	0.378	0.371	0.555	0.557
12	2.815	2.701	2.048	2.052	0.372	0.373	0.567	0.562
13	2.735	2.713	1.997	2.002	0.376	0.378	0.562	0.559
14	2.806	2.789	2.021	2.011	0.369	0.373	0.558	0.561
15	2.762	2.751	2.016	2.032	0.365	0.371	0.563	0.563
16	2.689	2.723	2.057	2.041	0.371	0.368	0.559	0.561

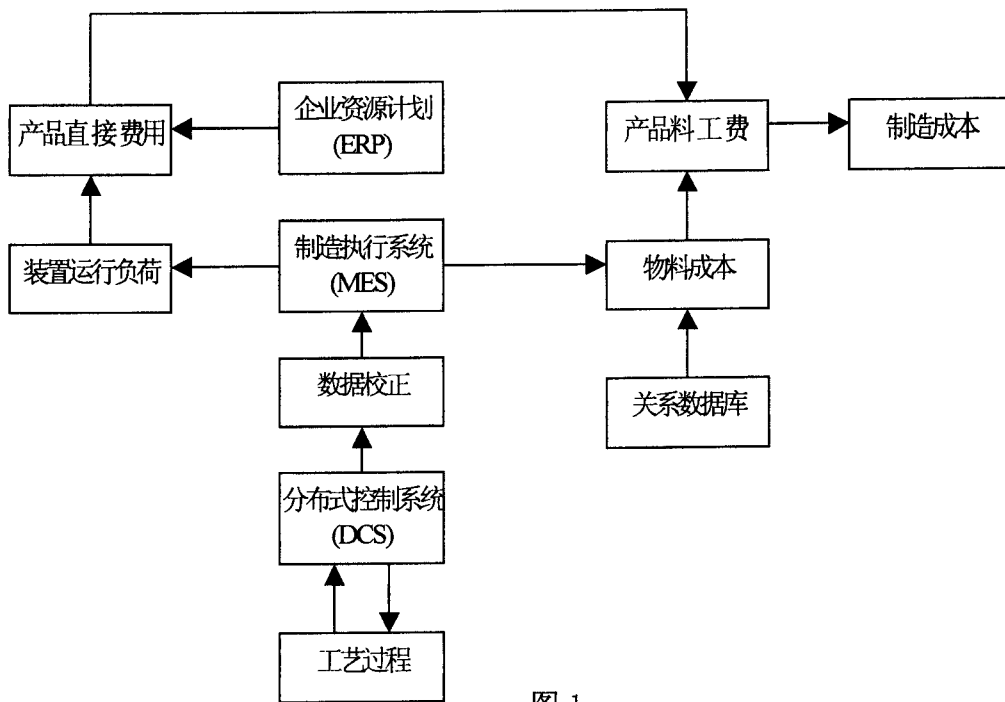


图 1

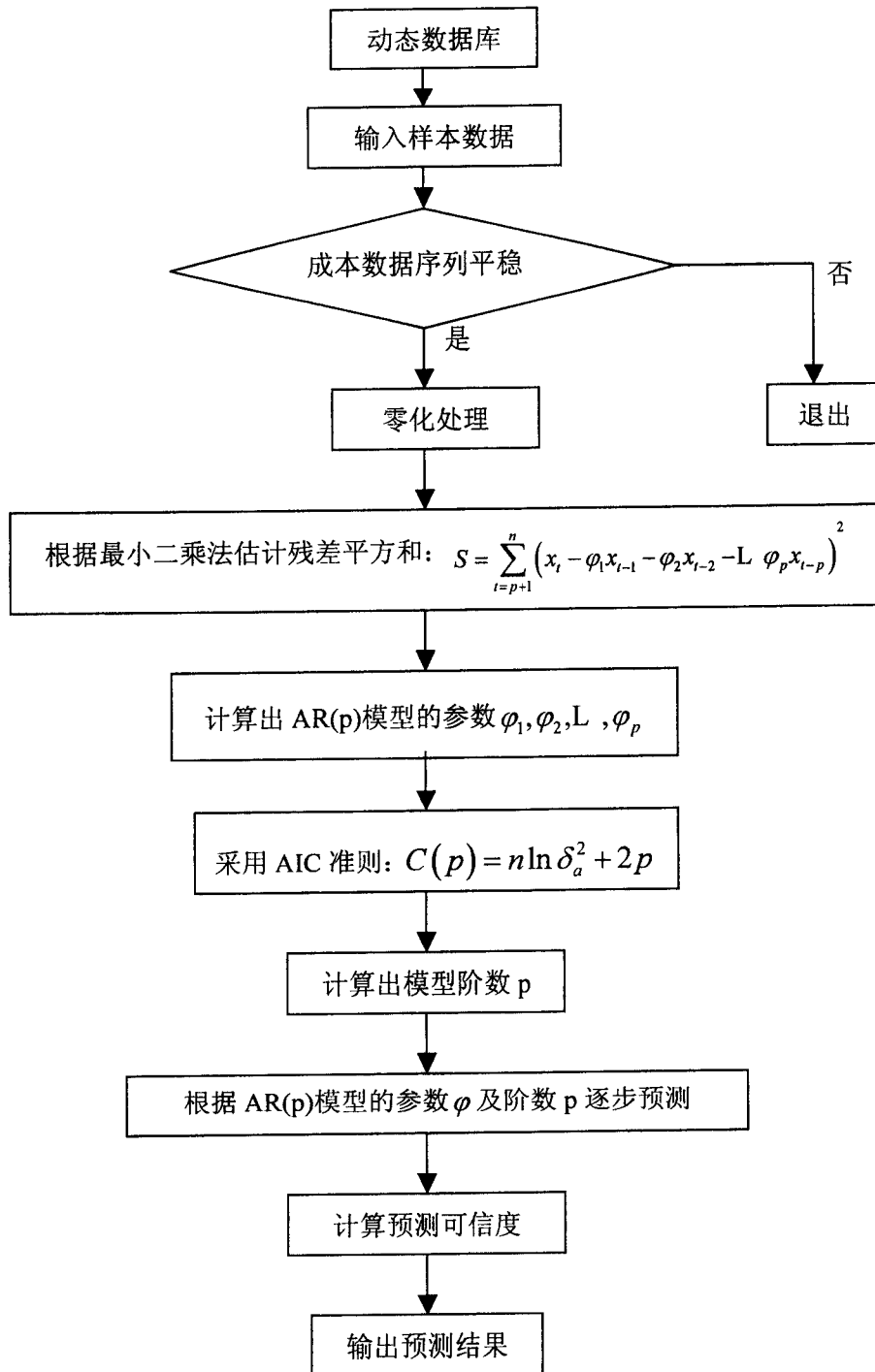


图 2

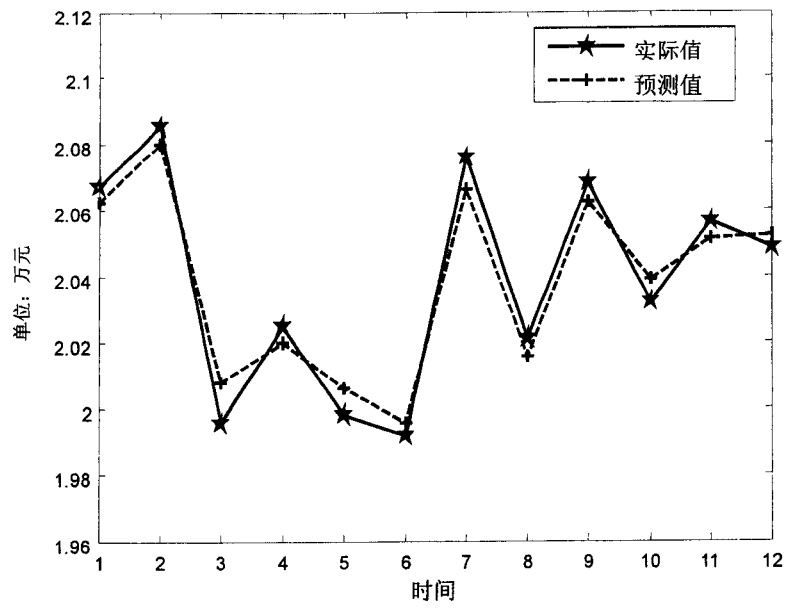


图 3