

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01M 13/02 (2006.01)

G01M 17/007 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810070236.7

[43] 公开日 2009年1月28日

[11] 公开号 CN 101354311A

[22] 申请日 2008.9.5

[21] 申请号 200810070236.7

[71] 申请人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙坪坝正街174号

[72] 发明人 邵毅敏 方杰平 欧家福 葛亮  
居浩 刘俊 周本学 马颖

[74] 专利代理机构 重庆市前沿专利事务所  
代理人 郭云

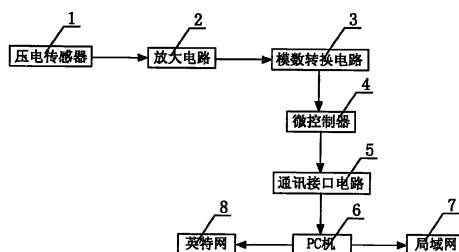
权利要求书4页 说明书13页 附图6页

## [54] 发明名称

汽车后桥寿命预测系统

## [57] 摘要

本发明公开了一种汽车后桥寿命预测系统，包括有压电传感器、放大电路、模数转换电路、微控制器、通讯接口电路和PC机，压电传感器将采集的振动信号输出给放大电路进行放大后，再输出给模数转换电路进行模数转换，该模数转换电路输出数字信号给微控制器，微控制器经通讯接口电路将数字信号传输给PC机，PC机接收的数字信号分析处理并建立预测的时间序列模型后，进行寿命预测，其特征在于：PC机接收数字信号后首先对信号进行递归处理和差分处理的预处理，然后按通道分别计算两个状态参数平方根值和峭度系数，组成两组时间序列，并对这两组时间序列建模，得到预测结果。本发明是专门针对汽车后桥的寿命预测系统，预测精度较高。



1、一种汽车后桥寿命预测系统，包括有压电传感器（1）、放大电路（2）、模数转换电路（3）、微控制器（4）、通讯接口电路（5）和 PC 机（6），所述压电传感器（1）将采集的振动信号输出给所述放大电路（2）进行放大后，再输出给所述模数转换电路（3）进行模数转换，该模数转换电路（3）输出数字信号给所述微控制器（4）后，微控制器（4）经通讯接口电路（5）将数字信号传输给 PC 机（6），所述 PC 机（6）接收的数字信号分析处理并建立预测的时间序列模型后，进行寿命预测，其特征在于：

所述 PC 机（6）包括有：

用于设置两个状态参数阈值 QR、QK 以及模型阶次阈值的装置；

用于设置通道号 CH=0 的装置；

用于调整通道采集信号的装置；

用于计算所述两个状态参数：均方根值 RMS 和峭度系数 Kv 作为两组时间序列的装置；

用于对 RMS 时间序列建模并获得 RMS 预测值的装置；

用于对 Kv 时间序列建模并获得 Kv 预测值的装置；

用于判断 RMS 预测值 > QR 并且 Kv 预测值 > QK 是否同时成立的装置；

如果成立，则进入用于报警的装置；

如果不成立，则进入用于判断 CH > 通道数是否成立的装置；

如果 CH > 通道数成立，则返回到所述用于设置通道号 CH=0 的装置；

如果 CH > 通道数不成立，则进入用于 CH=CH+1 的装置；

返回到所述用于调整通道采集信号的装置。

2、根据权利要求 1 所述汽车后桥寿命预测系统，其特征在于：所述用于对 RMS 时间序列建模并获得 RMS 预测值的装置包括有：

用于 RMS 时间序列预处理的装置；

用于模型阶次初始化的装置；

用于判断所述模型阶次是否大于所述模型阶次阈值的装置；

如果模型阶次没有大于模型阶次阈值，则进入用于计算最小信息准则数 AIC 值的装置；

用于增加所述模型阶次的装置；

返回到所述用于判断模型阶次是否大于模型阶次阈值的装置；

如果模型阶次大于模型阶次阈值，则进入用于选择 AIC 值最小的模型阶次进行模型参数估计的装置；

用于模型预测获得 RMS 估计值的装置；

用于所述 RMS 估计值逆变换获得 RMS 预测值的装置。

3、根据权利要求 1 所述汽车后桥寿命预测系统，其特征在于：所述用于对 Kv 时间序列建模并获得 Kv 预测值的装置包括有：

用于 Kv 时间序列预处理的装置；

用于模型阶次初始化的装置；

用于判断所述模型阶次是否大于所述模型阶次阈值的装置；

如果模型阶次没有大于模型阶次阈值，则进入用于计算最小信息准则数 AIC 值的装置；

用于增加所述模型阶次的装置；

返回到所述用于判断模型阶次是否大于模型阶次阈值的装置；

如果模型阶次大于模型阶次阈值，则进入用于选择 AIC 值最小的模型阶次进行模型参数估计的装置；

用于模型预测获得 Kv 估计值的装置；

用于所述 Kv 估计值逆变换获得 Kv 预测值的装置。

4、根据权利要求 2 或 3 所述汽车后桥寿命预测系统，其特征在于：所述时间序列预处理的装置包括有递归处理机构和差分处理机构，所述递归处理按下式进行：

$$\mu_{x_n} = \frac{n-1}{n} \mu_{x(n-1)} + \frac{1}{n} x_n$$

其中， $\mu_{x_n}$  为回归值， $x_n$  为状态参数时间序列当前值；

所述差分处理按下式进行：

$$\nabla \mu_{x_n} = \mu_{x_n} - \mu_{x(n-1)}$$

其中， $\nabla \mu_{x_n}$  为差分值。

5、根据权利要求 2 或 3 所述汽车后桥寿命预测系统，其特征在于：所述时间序列模型为滑动平均自回归模型，表示为：

$$Y(t) = -\sum_{i=1}^p \phi_i Y(t-i) + \sum_{i=1}^q \theta_i a(t-i) + a(t)$$

其中，p、q 分别是自回归部分和滑动平均部分的阶次， $\phi_i (i=1,2,\dots,p)$ 、 $\theta_i (i=1,2,\dots,q)$  分别为自回归系数和滑动平均系数， $a(t)$  为零均值、方差为  $\delta^2$  的独立同分布白噪声序列， $Y(t)$  为平稳序列。

6、根据权利要求 5 所述汽车后桥寿命预测系统，其特征在于：所述 AIC 值由下式获得：

$$AIC(p, q) = 2k + N \ln(\hat{\sigma}_\varepsilon^2)$$

其中，p、q 分别为自回归部分和滑动平均部分的阶次， $k=p+q+2$ ，N 为序列的长度， $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$  为状态参数序列经过预处理后得到的新序列的方差的估计值，该估计值由下式得到：

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 = \frac{1 + \hat{\phi}_1^2 + \cdots + \hat{\phi}_p^2}{1 + \hat{\theta}_1^2 + \cdots + \hat{\theta}_q^2} \hat{\sigma}_x^2$$

其中,  $\hat{\phi}_i (i=1,2,\dots,p)$ 、 $\hat{\theta}_i (i=1,2,\dots,q)$  分别为自回归系数和滑动平均系数的矩估计,  $\hat{\sigma}_x^2$  为状态参数序列经过预处理后得到的新序列的方差。

7、根据权利要求 1 所述汽车后桥寿命预测系统, 其特征在于: 所述 PC 机 (6) 还将接收的数据和报警信息上传至局域网 (7) 和/或英特网 (8)。

8、根据权利要求 1 所述汽车后桥寿命预测系统, 其特征在于: 所述通讯接口电路 (5) 为 USB 接口芯片, 该 USB 接口芯片的信号输入端与微控制器 (4) 的第一信号输出端连接, 信号输出端与 PC 机 (6) 连接。

9、根据权利要求 1 所述汽车后桥寿命预测系统, 其特征在于: 所述通讯接口电路 (5) 为 485 总线芯片, 该 485 总线芯片的信号输入端与微控制器 (4) 的第二信号输出端连接, 信号输出端通过转换器与 PC 机 (6) 连接。

10、根据权利要求 1 所述汽车后桥寿命预测系统, 其特征在于: 所述通讯接口电路 (5) 为 CAN 总线电路, 该 CAN 总线电路由 CAN 控制器和 CAN 收发器组成, 所述 CAN 控制器的信号输入端与微控制器 (4) 的第三信号输出端连接, 该 CAN 控制器的信号输出与 CAN 收发器的信号输入端连接, CAN 收发器的信号输出端经 CAN 总线与 PC 机 (6) 连接。

## 汽车后桥寿命预测系统

### 技术领域

本发明涉及一种寿命预测系统，具体地说，涉及一种用于汽车后桥的寿命预测系统。

### 背景技术

汽车后桥是汽车传动系统中的重要组成部件，其工作可靠性的高低，直接影响整个系统的运行。根据统计，有20%的汽车事故是由于后桥故障造成的。在后桥运转过程中，如果能比较准确地对后桥故障做出预测，这样既可以有效地预防后桥故障的发生，又可以减少不必要的维修，节约开支，提高其寿命。

目前，国际上有代表性的预测系统有美国Entek公司的IRD-890PM检测维修系统、丹麦D&K公司的COMPASS TYPE 3540系统、TYPE3560系统等，这些系统一般用于设备的离线预测，虽然功能比较强大，但是价格也比较昂贵，而且维护、更新和改进都比较困难。而国内以预知维护为目标的智能状态在线预测系统还很少。专利《汽车信息预警与零件寿命预测系统与方法》（公开号：CN101064025）提出了一种汽车信息预警与零件寿命预测系统，可实现对数据采集、发送、诊断，但该系统是通过网络数据库中汽车的维修记录与零件的信息来推测汽车零件安全使用寿命的期限，由于零件的个体差异与工作环境等原因，使得预报的精度不高。而且目前还缺乏专门针对汽车后桥的在线预测系统。

### 发明内容

本发明的目的在于提供一种汽车后桥寿命预测系统，能够对汽车后桥运行寿命提供更高精度的预测。

为了实现上述目的，本发明的技术方案如下：一种汽车后桥寿命预测系统，包括有压电传感器、放大电路、模数转换电路、微控制器、通讯接口电路和 PC 机，所述压电传感器将采集的振动信号输出给所述放大电路进行放大后，再输出给所述模数转换电路进行模数转换，该模数转换电路输出数字信号给所述微控制器后，微控制器经通讯接口电路将数字信号传输给 PC 机，所述 PC 机接收的数字信号分析处理并建立预测模型后，进行寿命预测，其关键在于：

所述 PC 机包括有：

用于设置两个状态参数阈值 QR、QK 以及模型阶次阈值的装置；

用于设置通道号 CH=0 的装置；首先根据第一通道采集的数据进行预测。

用于调整通道采集信号的装置；

所述振动信号经放大、模数转换后送入 PC 机，首先将振动信号进行调整，调整公式如下：

$$a = \frac{l}{sm}$$

其中， $l$  表示当前通道采集的数据点的电压值， $s$  表示对应压电传感器的灵敏度， $m$  表示所述放大电路的放大倍数， $a$  为调整后得到的振动量值，经过信号调整，真实反映出后桥的振动信息。

用于计算所述两个状态参数：均方根值 RMS 和峭度系数 Kv 作为两组时间序列的装置；

均方根值 RMS 反映了信号的平均能量的大小，峭度系数 Kv 反映了冲击能量的大小，由于峭度系数 Kv 对于冲击脉冲及冲击类故障敏感，特别是在故障发展的早期，峭度系数值有明显增加，但是随着故障的继续发展，敏感度下降，因此仅把峭度系数 Kv 作为预测指标稳定性不好，而均方根值 RMS 稳定性好，但对早期故障不敏感，RMS 随着故障的增加而呈现递增的状态，所以二者配合使用，预测效果更好。根据当前通道采集的数据分别计算 RMS 和 Kv，RMS 按下式计算：

$$RMS = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} a_i^2 \right)^{1/2}$$

其中， $a_i$  为当前通道在某一固定长时间内采集的数据经调整后得到的数据序列， $N$  为该数据序列的长度，一个数据序列计算一个 RMS 值，多个连续的等时间间隔的数据序列对应计算出多个 RMS 值，组成 RMS 时间序列。

同时，每个 RMS 对应一个  $K_v$ ， $K_v$  按下式计算：

$$K_v = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} a_i^4}{RMS^4}$$

其中， $a_i$ 、 $N$  表示的意思与 RMS 计算公式中的意思相同。多个连续的等时间间隔的数据序列对应计算出多个  $K_v$  值，组成  $K_v$  时间序列。

用于对 RMS 时间序列建模并获得 RMS 预测值的装置；利用当前 RMS 时间序列建模后获得将来汽车后桥的 RMS 值。

用于对  $K_v$  时间序列建模并获得  $K_v$  预测值的装置；利用当前  $K_v$  时间序列建模后获得将来汽车后桥的  $K_v$  值。

用于判断 RMS 预测值  $> QR$  并且  $K_v$  预测值  $> QK$  是否同时成立的装置；

如果成立，则进入用于报警的装置；表明在某一段时间后，汽车后桥会出现故障，对该预测故障做出报警提示。

如果不成立，则进入用于判断  $CH >$  通道数是否成立的装置；通道数与压电传感器数相等，每个通道对应一个压电传感器，每一次预测都要对所有压电传感器采集的数据进行分析后，预测汽车后桥的寿命。

如果  $CH >$  通道数成立，则返回到所述用于设置通道号  $CH=0$  的装置；表明已经完成一次对所有压电传感器采集数据的分析，需要再次从第一个压电传感器采集的数据进行分析预测。

如果  $CH >$  通道数不成立，则进入用于  $CH=CH+1$  的装置；表明还未完成一次对所有压电传感器采集数据的分析，接着进行下一个压电传感器采集数据的分析。



返回到所述用于调整通道采集信号的装置。在分析每个压电传感器采集的数据之前，都要对数据进行调整。

所述用于对 RMS 时间序列建模并获得 RMS 预测值的装置包括有：

用于 RMS 时间序列预处理的装置；预处理后得到的数据更符合模型参数估计的要求，使预测精度更高。

用于模型阶次初始化的装置；所述模型阶次初始值设为 1。

用于判断所述模型阶次是否大于所述模型阶次阈值的装置；

如果模型阶次没有大于模型阶次阈值，则进入用于计算最小信息准则数 AIC 值的装置；

AIC 即最小信息准则，该准则的基本思想是根据模型的预报误差来判断模型的阶数是否合适，最小的 AIC 值对应最合适的模型阶次。

用于增加所述模型阶次的装置；模型阶次按 1 逐渐递增。

返回到所述用于判断模型阶次是否大于模型阶次阈值的装置；

如果模型阶次大于模型阶次阈值，则进入用于选择 AIC 值最小的模型阶次进行模型参数估计的装置；当模型阶次大于模型阶次阈值时，表示已完成设定阶次内 AIC 值的计算，此时选取最小的 AIC 值对应的模型阶次进行模型参数估计，得到拟合出的模型。

用于模型预测获得 RMS 估计值的装置；所述 RMS 估计值指对 RMS 时间序列经预处理后所得数据的预测。

用于 RMS 估计值逆变换获得 RMS 预测值的装置。所述 RMS 预测值是将 RMS 估计值经过逆变换后得到的均方根值 RMS，是原有 RMS 时间序列的预测。

所述用于对 Kv 时间序列建模并获得 Kv 预测值的装置包括有：

用于 Kv 时间序列预处理的装置；预处理后得到的数据更符合模型参数估计的要求，使预测精度更高。

用于模型阶次初始化的装置；所述模型阶次初始值设为 1。

用于判断所述模型阶次是否大于所述模型阶次阈值的装置；

如果模型阶次没有大于模型阶次阈值，则进入用于计算最小信息准则数 AIC 值的装置；

AIC 即最小信息准则，该准则的基本思想是根据模型的预报误差来判断模型的阶数是否合适，最小的 AIC 值对应最合适的模型阶次。

用于增加所述模型阶次的装置；模型阶次按 1 逐渐递增。

返回到所述用于判断模型阶次是否大于模型阶次阈值的装置；

如果模型阶次大于模型阶次阈值，则进入用于选择 AIC 值最小的模型阶次进行模型参数估计的装置；当模型阶次大于模型阶次阈值时，表示已完成设定阶次内 AIC 值的计算，此时选取最小的 AIC 值对应的模型阶次进行模型参数估计，得到拟合出的模型。

用于模型预测获得  $K_V$  估计值的装置；所述  $K_V$  估计值指对  $K_V$  时间序列经预处理后所得数据的预测。

用于  $K_V$  估计值逆变换获得  $K_V$  预测值的装置。所述  $K_V$  预测值是将  $K_V$  估计值经过逆变换后得到的峭度系数  $K_V$ ，是原有  $K_V$  时间序列的预测。

所述时间序列预处理的装置包括有递归处理机构和差分处理机构，所述递归处理按下式进行：

$$\mu_{x_n} = \frac{n-1}{n} \mu_{x(n-1)} + \frac{1}{n} x_n$$

其中， $\mu_{x_n}$  为回归值， $x_n$  为状态参数序列当前值；

所述差分处理按下式进行：

$$\nabla \mu_{x_n} = \mu_{x_n} - \mu_{x(n-1)}$$

其中， $\nabla \mu_{x_n}$  为差分值。

递归处理可以消除随机因素的干扰，但是递归处理后的数据具有明显的线性趋势，对递归后的数据进行一阶差分处理后，得到平稳序列，从而提高预测的精度。

所述时间序列模型为滑动平均自回归模型，表示为：

$$Y(t) = -\sum_{i=1}^p \phi_i Y(t-i) + \sum_{i=1}^q \theta_i a(t-i) + a(t)$$

其中， $p$ 、 $q$  分别是自回归部分和滑动平均部分的阶次， $\phi_i (i=1,2,\dots,p)$ 、 $\theta_i (i=1,2,\dots,q)$  分别为自回归系数和滑动平均系数， $a(t)$  为零均值、方差为  $\sigma^2$  的独立同分布白噪声序列， $Y(t)$  为平稳序列。

时间序列的基本思想是：某些时间序列是依赖于时间的一组随机变量，构成该时间序列的单个序列值虽然具有不确定性，但整个序列的变化却有一定的规律性，可以用相应的数学模型来近似描述。滑动平均自回归模型是时间序列模型中最常用、最成熟的一种模型，它形式简单，对数据进行拟合比较方便，便于分析数据的结构和内在性质，能达到最小方差意义下的最优预测，是一种精度较高的时序短期预测方法，因此选用该模型来进行汽车后桥寿命的预测。

由于本模型中涉及两个参数  $p$ 、 $q$ ，因此在所述用于模型阶数初始化的装置中，设置  $(p, q) = (1, 1)$ ，在所述用于增加模型阶次的装置中， $p$ 、 $q$  交替增加 1，如第一增加： $(p, q) = (2, 1)$ ，第二次增加： $(p, q) = (2, 2)$ ，第三次增加： $(p, q) = (3, 2)$  等等。

所述 AIC 值由下式获得：

$$AIC(p, q) = 2k + N \ln(\hat{\sigma}_\varepsilon^2)$$

其中， $p$ 、 $q$  分别为自回归部分和滑动平均部分的阶次， $k=p+q+2$ ， $N$  为序列的长度， $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$  为状态参数序列经过预处理后得到的新序列的方差的估计值，该估计值由下式得到：

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 = \frac{1 + \hat{\phi}_1^2 + \cdots + \hat{\phi}_p^2}{1 + \hat{\theta}_1^2 + \cdots + \hat{\theta}_q^2} \hat{\sigma}_x^2$$

其中， $\hat{\phi}_i (i = 1, 2, \dots, p)$ 、 $\hat{\theta}_i (i = 1, 2, \dots, q)$ 分别为自回归系数和滑动平均系数的矩估计， $\hat{\sigma}_x^2$ 为状态参数序列经过预处理后得到的新序列的方差。

为了实现汽车后桥故障的远程诊断，所述PC机还将接收的数据和报警信息上传至局域网和/或英特网。

所述通讯接口电路为USB接口芯片，该USB接口芯片的信号输入端与微控制器的第一信号输出端连接，信号输出端与PC机连接。

所述通讯接口电路为485总线芯片，该485总线芯片的信号输入端与微控制器的第二信号输出端连接，信号输出端通过转换器与PC机连接。

所述通讯接口电路为CAN总线电路，该CAN总线电路由CAN控制器和CAN收发器组成，所述CAN控制器的信号输入端与微控制器的第三信号输出端连接，该CAN控制器的信号输出与CAN收发器的信号输入端连接，CAN收发器的信号输出端经CAN总线与PC机连接。

有益效果：与现有技术相比，本发明提出了一种专门针对汽车后桥的寿命预测系统，该系统采用滑动平均自回归模型，并结合递归处理和差分处理进行预处理，使预处理后的数据能更有利于进行模型参数估计，从而能够对汽车后桥运行寿命提供更高精度的预测。

#### 附图说明

图1是本发明的结构示意图；

图2是本发明的预测流程图；

图3是本发明中对RMS时间序列建模并获得RMS预测值的流程图；

图4是本发明中对Kv时间序列建模并获得Kv预测值的流程图；

图5是本发明中通讯接口电路与微控制器连接电路图；

图 6 是本发明实施例 1 中均方根值 RMS 的实测与预测结果对比；

图 7 是本发明实施例 1 中峭度系数 Kv 的实测与预测结果对比。

### 具体实施方式

下面结合附图和实施例进一步对本发明加以说明。

实施例 1：

如图 1 所示：一种汽车后桥寿命预测系统，包括有压电传感器 1、放大电路 2、模数转换电路 3、微控制器 4、通讯接口电路 5 和 PC 机 6，所述压电传感器 1 将采集的振动信号输出给所述放大电路 2 进行放大后，再输出给所述模数转换电路 3 进行模数转换，该模数转换电路 3 输出数字信号给所述微控制器 4 后，微控制器 4 经通讯接口电路 5 将数字信号传输给 PC 机 6，所述 PC 机 6 接收的数字信号分析处理并建立预测的时间序列模型后，进行寿命预测，为了实现汽车后桥故障的远程诊断，所述 PC 机 6 还将接收的数据和报警信息上传至局域网 7 和/或英特网 8。

如图 1、5 所示：本实施例中设置有 4 个型号为 BZ1101 型压电传感器 1，相应通道数为 4 路。本实施例采用型号为 AT89S52 型微控制器 5，微控制器 5 的四个信号输入端 P1.3~P1.6 接收模数转换电路 3 的数字信号。

如图 5 所示：本实施例中，所述通讯接口电路 5 为 PDIUSB12 型 USB 接口芯片，该 USB 接口芯片的信号输入端 DATA0~DATA7 与微控制器 4 的第一信号输出端 P2 口连接，信号输出端 D+、D-与 PC 机 6 连接。

如图 2 所示：所述 PC 机 6 包括有：

用于设置两个状态参数阈值 QR、QK 以及模型阶次阈值的装置；

用于设置通道号 CH=0 的装置；首先根据第一通道采集的数据进行预测。

用于调整通道采集信号的装置；

所述振动信号经放大、模数转换后送入 PC 机，首先将振动信号进行调整，调整公式如下：

$$a = \frac{l}{sm}$$

其中， $l$ 表示当前通道采集的数据点的电压值， $s$ 表示对应压电传感器的灵敏度， $m$ 表示所述放大电路的放大倍数， $a$ 为调整后得到的数据点的振动量值，经过信号调整，真实反映出后桥的振动信息。

用于计算所述两个状态参数：均方根值 RMS 和峭度系数 Kv 作为两组时间序列的装置；

根据当前通道采集的数据分别计算 RMS 和 Kv，RMS 按下式计算：

$$RMS = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} a_i^2 \right)^{1/2}$$

其中， $a_i$ 为当前通道在某一固定长时间内采集的数据经调整后得到的数据序列， $N$ 为该数据序列的长度，一个数据序列计算一个 RMS 值，多个连续的等时间间隔的数据序列对应计算出多个 RMS 值，组成 RMS 时间序列。

同时，每个 RMS 对应一个 Kv，Kv 按下式计算：

$$Kv = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} a_i^4}{RMS^4}$$

其中， $a_i$ 、 $N$ 表示的意思与 RMS 计算公式中的意思相同。多个连续的等时间间隔的数据序列对应计算出多个 Kv 值，组成 Kv 时间序列。

如以 2 分钟为时间间隔，每 2 分钟内采集的振动数据经调整后得到的数据序列就可以计算出一个 RMS 和一个 Kv，如总共采集 84 分钟的数据，得到的 RMS 时间序列和 Kv 时间序列的长度都是 42。

用于对 RMS 时间序列建模并获得 RMS 预测值的装置；利用当前 RMS 时间序列建模后获得将来汽车后桥的 RMS 值。

本发明中采用的时间序列模型为滑动平均自回归模型，表示为：

$$Y(t) = -\sum_{i=1}^p \phi_i Y(t-i) + \sum_{i=1}^q \theta_i a(t-i) + a(t)$$

其中， $p$ 、 $q$ 分别是自回归部分和滑动平均部分的阶次， $\phi_i (i=1,2,\dots,p)$ 、 $\theta_i (i=1,2,\dots,q)$ 分别为自回归系数和滑动平均系数， $a(t)$ 为零均值、方差为  $\delta^2$  的独立同分布白噪声序列， $Y(t)$ 为平稳序列。

如图 3 所示：所述用于对 RMS 时间序列建模并获得 RMS 预测值的装置包括有：

用于 RMS 时间序列预处理的装置；

所述时间序列预处理的装置包括有递归处理机构和差分处理机构，所述递归处理按下式进行：

$$\mu_{x_n} = \frac{n-1}{n} \mu_{x(n-1)} + \frac{1}{n} x_n$$

其中， $\mu_{x_n}$  为回归值， $x_n$  为状态参数序列当前值；

所述差分处理按下式进行：

$$\nabla \mu_{x_n} = \mu_{x_n} - \mu_{x(n-1)}$$

其中， $\nabla \mu_{x_n}$  为差分值。

预处理后得到的数据更符合模型参数估计的要求，使预测精度更高。

用于模型阶次初始化的装置；

用于判断所述模型阶次是否大于所述模型阶次阈值的装置；

用于增加所述模型阶次的装置；模型阶次按 1 逐渐递增。

由于本模型中涉及两个参数 p、q，因此在所述用于模型阶数初始化的装置中，设置 (p, q)=(1, 1)，在所述用于增加模型阶次的装置中，p、q 交替增加 1，如第一增加：(p, q)=(2, 1)，第二次增加：(p, q)=(2, 2)，第三次增加：(p, q)=(3, 2) 等等。

如果模型阶次没有大于模型阶次阈值，则进入用于计算最小信息准则数 AIC 值的装置；如模型阶次阈值为：(p, q)=(5, 5) 时，则只有当 p、q 同时大于 5 时，判断为模型阶次大于模型阶次阈值，否则判断为模型阶次没有大于模型阶次阈值。

返回到所述用于判断模型阶次是否大于模型阶次阈值的装置；

如果模型阶次大于模型阶次阈值，则进入用于选择 AIC 值最小的模型阶次进行模型参数估计的装置；当模型阶次大于模型阶次阈值时，表示已完成设定阶次内 AIC 值的计算，此时选取最小的 AIC 值对应的模型阶次进行模型参数估计，得到拟合出的模型。

所述 AIC 值由下式获得：

$$AIC(p, q) = 2k + N \ln(\hat{\sigma}_\varepsilon^2)$$

其中，p、q 分别为自回归部分和滑动平均部分的阶次， $k=p+q+2$ ，N 为序列的长度， $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$  为状态参数序列经过预处理后得到的新序列的方差的估计值，该估计值由下式得到：

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{1 + \hat{\phi}_1^2 + \cdots + \hat{\phi}_p^2}{1 + \hat{\theta}_1^2 + \cdots + \hat{\theta}_q^2} \hat{\sigma}_x^2$$

其中， $\hat{\phi}_i (i = 1, 2, \dots, p)$ 、 $\hat{\theta}_i (i = 1, 2, \dots, q)$  分别为自回归系数和滑动平均系数的矩估计， $\hat{\sigma}_x^2$  为状态参数序列经过预处理后得到的新序列的方差。

用于模型预测获得 RMS 估计值的装置；所述 RMS 估计值指对 RMS 时间序列经预处理后所得数据的预测。

用于 RMS 估计值逆变换获得 RMS 预测值的装置。所述 RMS 预测值是将 RMS 估计值经过逆变换后得到的均方根值 RMS，是原有 RMS 时间序列的预测。

如图 6 所示：图中 RMS 实测值是以 2 分钟为时间间隔计算出的 RMS 时间序列，可以看出 RMS 预测值与 RMS 实测值基本吻合，说明本发明对 RMS 值预测的精度较高。

用于对 Kv 时间序列建模并获得 Kv 预测值的装置；利用当前 Kv 时间序列建模后获得将来汽车后桥的 Kv 值。

如图 4 所示：所述用于对 Kv 时间序列建模并获得 Kv 预测值的装置包括有：



用于  $K_v$  时间序列预处理的装置；预处理后得到的数据更符合模型参数估计的要求，使预测精度更高。

用于模型阶次初始化的装置；所述模型阶次初始值设为 1。

用于判断所述模型阶次是否大于所述模型阶次阈值的装置；

如果模型阶次没有大于模型阶次阈值，则进入用于计算最小信息准则数 AIC 值的装置；

AIC 即最小信息准则，该准则的基本思想是根据模型的预报误差来判断模型的阶数是否合适，最小的 AIC 值对应最合适的模型阶次。

用于增加所述模型阶次的装置；模型阶次按 1 逐渐递增。

返回到所述用于判断模型阶次是否大于模型阶次阈值的装置；

如果模型阶次大于模型阶次阈值，则进入用于选择 AIC 值最小的模型阶次进行模型参数估计的装置；

用于模型预测获得  $K_v$  估计值的装置；所述  $K_v$  估计值指对  $K_v$  时间序列经预处理后所得数据的预测。

用于  $K_v$  估计值逆变换获得  $K_v$  预测值的装置。所述  $K_v$  预测值是将  $K_v$  估计值经过逆变换后得到的峭度  $K_v$ ，是原有  $K_v$  时间序列的预测。

所述用于对  $K_v$  时间序列建模并获得  $K_v$  预测值的装置与所述用于对 RMS 时间序列建模并获得 RMS 预测值的装置采用的方法一样，只是建模的数据不同，就不再详述。

如图 7 所示：图中  $K_v$  实测值是以 2 分钟为时间间隔计算出的  $K_v$  时间序列， $K_v$  预测值与  $K_v$  实测值基本吻合，说明本发明对  $K_v$  值的预测精度较高。

用于判断 RMS 预测值  $> QR$  并且  $K_v$  预测值  $> QK$  是否同时成立的装置；

如果成立，则进入用于报警的装置；表明在某一段时间后，汽车后桥会出现故障，对该预测故障做出报警提示。

如果不成立，则进入用于判断  $CH >$  通道数是否成立的装置；通道数与压电传感器数相等，每个通道对应一个压电传感器，每一次预测都要对所有压电传感器采集的数据进行分析后，预测汽车后桥的寿命。

如果  $CH >$  通道数成立，则返回到所述用于设置通道号  $CH=0$  的装置；表明已经完成一次对所有压电传感器采集数据的分析，需要再次从第一个压电传感器采集的数据进行分析预测。

如果  $CH >$  通道数不成立，则进入用于  $CH=CH+1$  的装置；表明还未完成一次对所有压电传感器采集数据的分析，接着进行下一个压电传感器采集数据的分析。

返回到所述用于调整通道采集信号的装置。在分析每个压电传感器采集的数据之前，都要对数据进行调整。

#### 实施例 2:

本实施例与实施例 1 的结构和工作原理大致相同，其不同之处在于：所述通讯接口电路 5 为 MAX485 型 485 总线芯片，该 485 总线芯片的信号输入端  $R_0$ 、 $DI$ 、 $\overline{RE}$ 、 $DE$  与微控制器 4 的第二信号输出端  $RXD$ 、 $TXD$ 、 $P1.7$  连接，信号输出端 A、B 通过转换器与 PC 机 6 连接。

#### 实施例 3:

本实施例与实施例 1 的结构和工作原理大致相同，其不同之处在于：所述通讯接口电路 5 为 CAN 总线电路，该 CAN 总线电路由 SJA1000 型 CAN 控制器和 PCA82C250 型 CAN 收发器组成，所述 CAN 控制器的信号输入端  $AD_0 \sim AD_7$  与微控制器 4 的第三信号输出端  $PO$  口连接，该 CAN 控制器的信号输出端  $TX_0$ 、 $RX_0$  与 CAN 收发器的信号输入端  $TXD$ 、 $RXD$  连接，CAN 收发器的信号输出端  $CANH$  和  $CANL$  经 CAN 总线与 PC 机 6 连接。

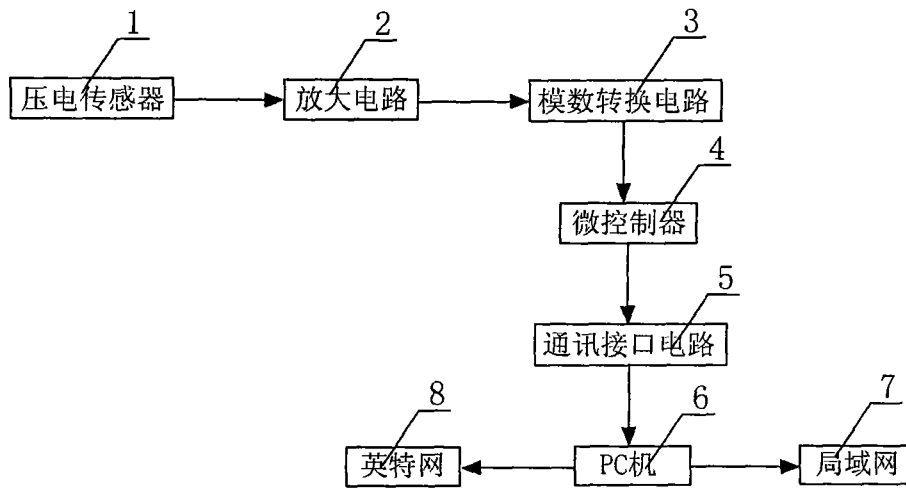


图1

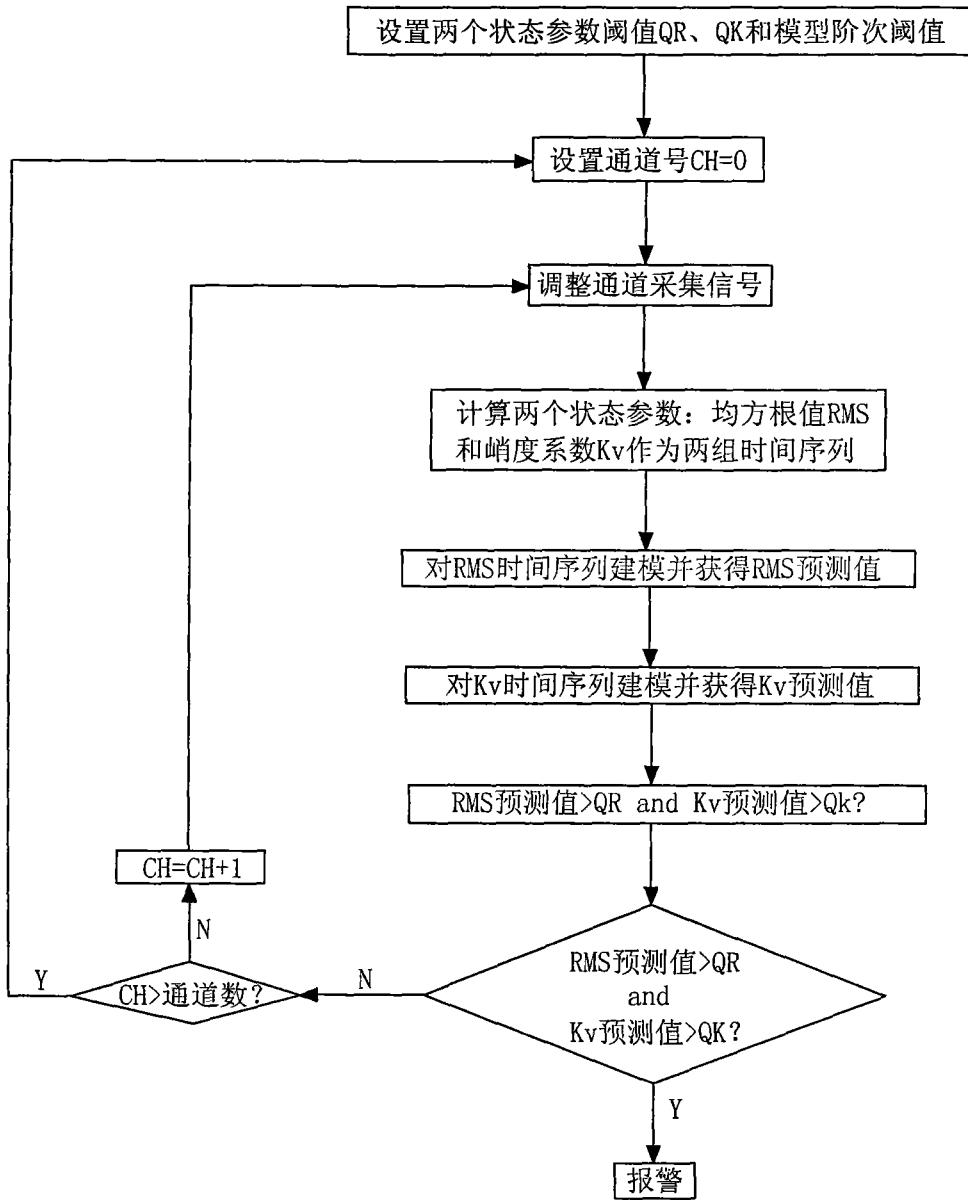


图2

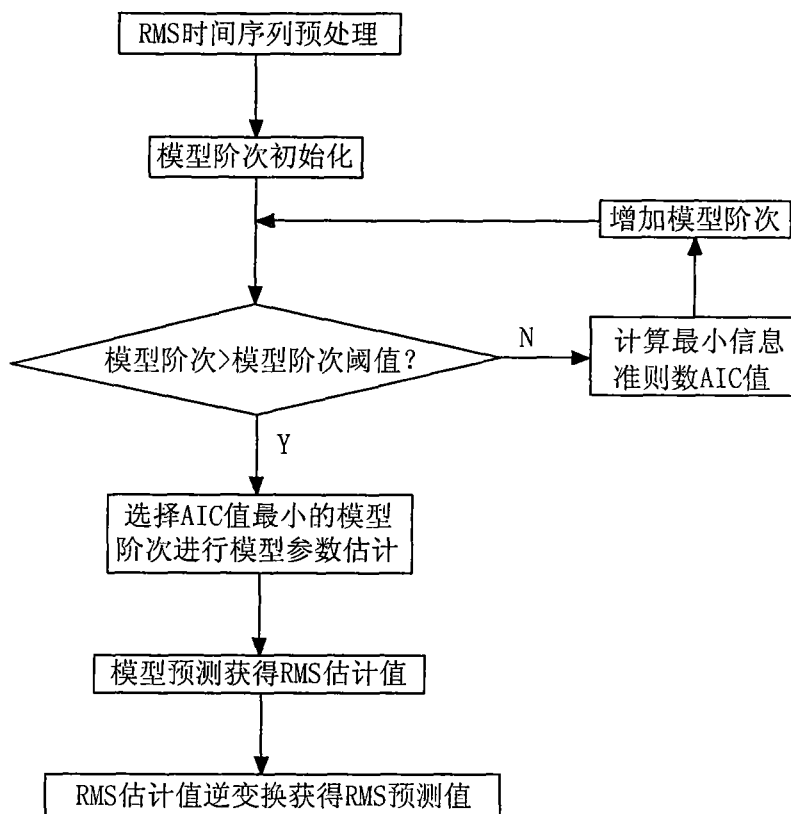


图3

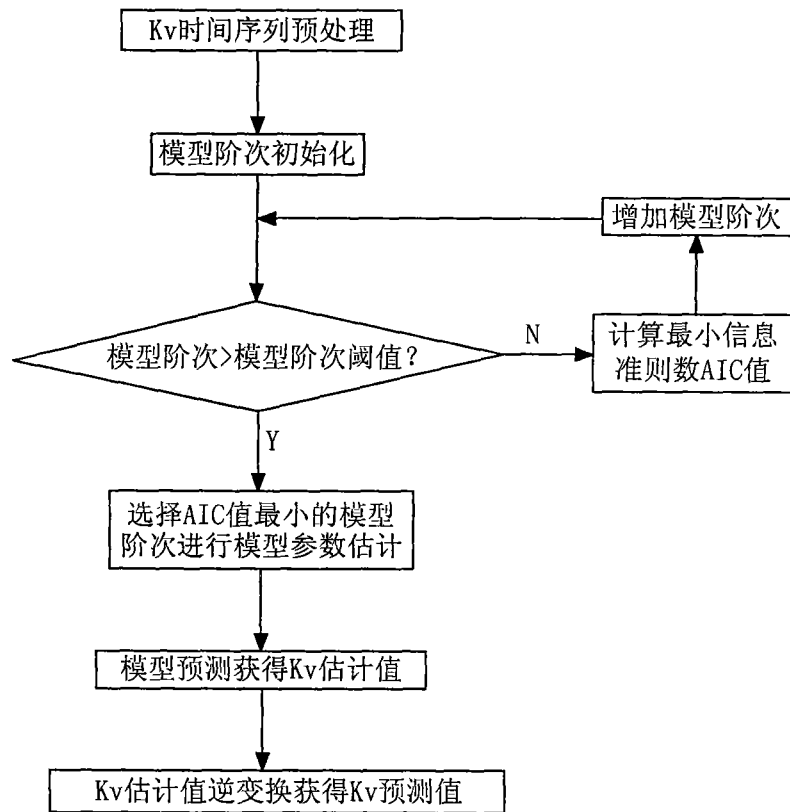


图4

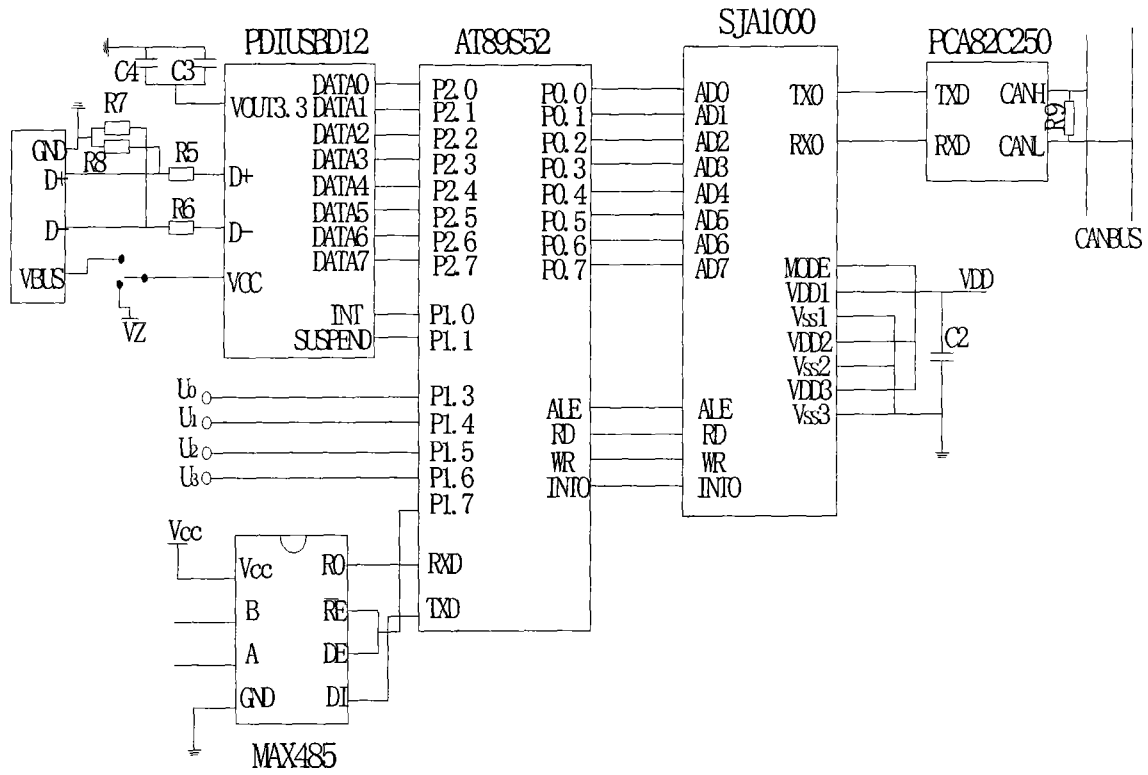


图 5

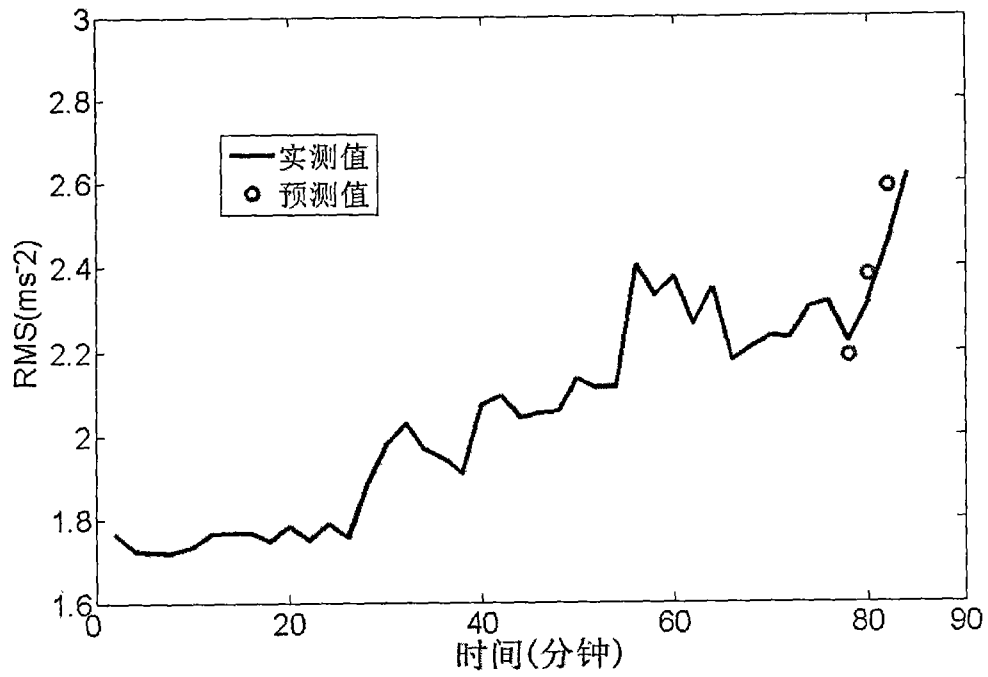


图 6

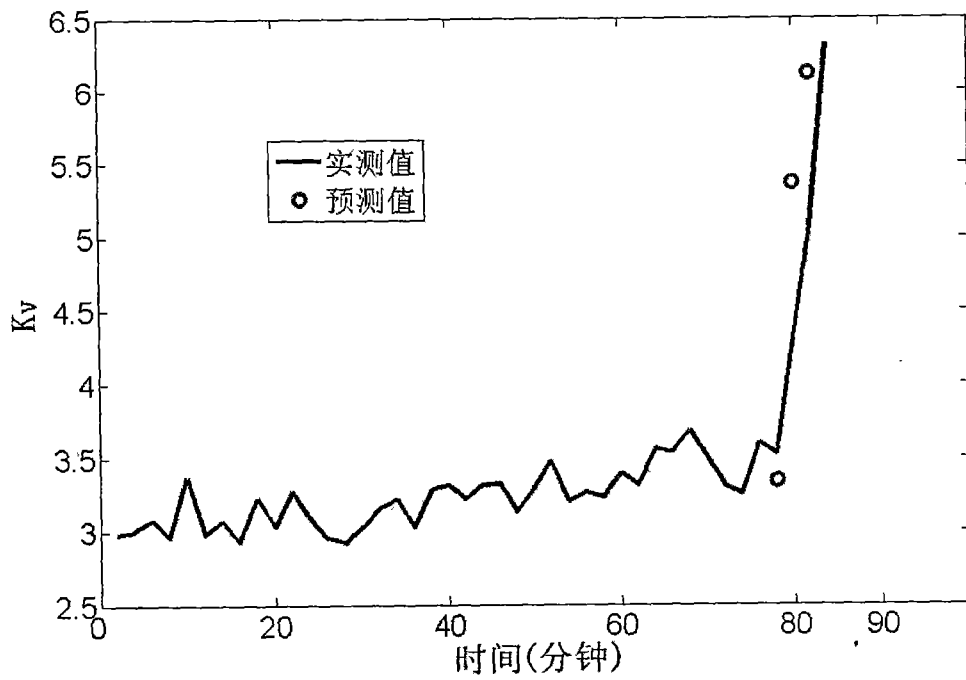


图 7