



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105573279 B

(45)授权公告日 2018.12.21

(21)申请号 201511033860.6

(22)申请日 2015.12.31

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105573279 A

(43)申请公布日 2016.05.11

(73)专利权人 广州中国科学院先进技术研究所
地址 510000 广东省广州市南沙区海滨路
1121号

(72)发明人 贺庆 陈炯鸿 官冠 陈昊冬
吴献

(74)专利代理机构 广州容大专利代理事务所
(普通合伙) 44326
代理人 刘新年

(51)Int.Cl.
G05B 19/418(2006.01)

(56)对比文件

CN 101963802 A,2011.02.02,
US 2002007664 A1,2002.01.24,
CN 102981893 A,2013.03.20,
CN 102636991 A,2012.08.15,
CN 101685059 A,2010.03.31,

审查员 陈盈洁

权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于传感器数据监测工业生产过程的
方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于传感器数据监测工业生产过程的方
法,包括以下步骤:(1)根据工业生产过程的各阶段的数据特征,识别出一个批次数据的各阶段;(2)在识别数据各阶段过程中,评估并标记数据的有效性;(3)分阶段处理数据状态;(4)针对工作过程总时间存在的差异对数据进行规整,并以特定的阶段转换点为标准进行对齐;(5)对同一产品多个批次规整后的曲线进行拟合。本发明的实现容易,算法简单,只需要进行一些简单的数学运算,这正迎合了“大数据”背景下,用简单算法处理海量数据的潮流趋势。即使数据量比较大,处理的时间也比较短,适用范围广,对于大多数类似的有状态准备阶段和状态恢复阶段工业生产过程的监测都适用。



1. 一种基于传感器数据监测工业生产过程的方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

- (1) 根据工业生产各阶段的数据特征,识别出一个批次数据的各阶段;
- (2) 在识别数据各阶段过程中,评估并标记数据的有效性;
- (3) 分阶段处理数据状态;

(4) 针对工作过程总时间存在的差异对数据进行规整,并以特定的阶段转换点为标准进行对齐;

- (5) 对同一产品多个批次规整后的曲线进行拟合;

步骤(4)中,所述数据规整的方法包括以下步骤:

① 假设有 n 个批次的数据,工作过程总时长分别为 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 分钟,也就是这 n 个批次的数据分别有 $a_1+1, a_2+1, a_3+1, \dots, a_n+1$ 个时间序列点,把各个批次的时间序列点连成曲线;

② 设 a 为最接近 $(a_1+a_2+a_3+\dots+a_n)/n$ 的整数,总时长为 a_1 的曲线以 a_1/a 为间隔采样时间序列点,总时长为 a_2 的曲线以 a_2/a 为间隔采样时间序列点,以此类推,总时长为 a_n 的曲线以 a_n/a 为间隔采样时间序列点;

③ 每条曲线采样取出来的时间序列点,又以相等的时间间隔分别连成曲线,这样就能够得到时间间隔相等,包含时间序列点的数目相等,总时长也相等的 n 条曲线了。

2. 根据权利要求1所述的基于传感器数据监测工业生产过程的方法,其特征在于,步骤(1)中,所述工业生产各阶段包括非反应工作状态和反应工作状态,反应工作状态包括状态准备阶段、稳定反应阶段和状态恢复阶段。

3. 根据权利要求1所述的基于传感器数据监测工业生产过程的方法,其特征在于,步骤(2)中,当对一个批次的数据进行阶段区分识别时,若无法检测到预期的阶段转换特征,则可判定该批次数据因数据不完整而无效,并对该批次数据标记其缺失内容。

4. 根据权利要求2所述的基于传感器数据监测工业生产过程的方法,其特征在于,步骤(3)中,在状态准备阶段监测工作曲线的斜率和平稳度,在状态恢复阶段监测此阶段的时长,在稳定反应阶段监测当前传感器数值和标准值曲线、安全区间上限和安全区间下限,当数值超出安全界限的时候进行报警提示。

5. 根据权利要求4所述的基于传感器数据监测工业生产过程的方法,其特征在于,所述状态准备阶段的平稳度计算方法如下:

① 统计整个升温过程所有数据点的数量为 m ,监测的数值 b_1, b_2, \dots, b_n ;

② 根据 m 个点的数据拟合出一条最小误差的直线或者曲线,记为 L ;

③ 设 L 到其中一个监测数据点 b_i 的欧几里德距离为 d_i ;

④ 计算监测数据点和 L 的平均距离为 $d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$;

⑤ 以 d 为评价平稳度的指标。

6. 根据权利要求1所述的基于传感器数据监测工业生产过程的方法,其特征在于,步骤(5)中,多条曲线规整后都是由 $a+1$ 个点连接而成的,点与点之间的时间间隔相等,所以总的时长也相等,设一条标准的生产曲线为一个离散随机过程 $\{X_t; t=0, 1, 2, \dots, a\}$, t 为整数,

$0 \leq t \leq a$, t 时刻的传感器数值为随机变量 X_t ,有 n 条曲线,也就是说这个随机过程有 n 个时间序列样本,求出各个时刻数值的均值 μ_t 和标准差 σ_t ,则可以在 n 个时间序列样本的基础上得到三个新的时间序列:

- ① $\{\mu_t: t=0,1,2,\dots,a\}$ 为该产品生产过程传感器的标准值;
- ② $\{\mu_t+3\sigma_t: t=0,1,2,\dots,a\}$ 为该产品生产过程传感器数的安全上限值;
- ③ $\{\mu_t-3\sigma_t: t=0,1,2,\dots,a\}$ 为该产品生产过程传感器数的安全下限值;

把这三个时间序列的点分别连接成曲线,就可以得到该产品生产过程传感器数值的标准值曲线,安全区间上限和安全区间下限,其中,安全区间上限和安全区间下限之间就是安全范围。

7. 根据权利要求1-6任一所述的基于传感器数据监测工业生产过程的方法,其特征在于所述方法可用于工业生产过程中的温度、压力、流量、液位各类监测数据的处理。

8. 根据权利要求1-6任一所述的基于传感器数据监测工业生产过程的方法,其特征在于所述工业生产过程为化工反应过程。

一种基于传感器数据监测工业生产过程的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工业生产领域,具体涉及一种基于传感器数据监测工业生产过程的方法。

背景技术

[0002] 工业生产过程尤其是化工反应过程由于涉及危险品数量多,生产工艺要求苛刻,以及生产装置的大型化、连续化和自动化,一旦发生事故,后果将极其严重,因此,安全问题在工业生产过程中占据着非常重要的位置。

[0003] 历史经验表明,改进企业安全生产水平不外乎两个途径:一、进行深入全面的安全分析和核查,做到防患于未然,即建立有效的预防体系;二:当危险真正发生时,努力提高操作工的应急处理能力,即建立在线实时防护体系。预防和防护是安全生产中的两个相辅相成的环节,有效的预防手段可以将安全隐患及早地排除,而实时防护手段又大大增强了危险发生时企业应急和转危为安的能力。

[0004] 为了保障生产安全,首先要面临的问题就是防患于未然。虽然一套良好的防护体系固然重要,但是如果预期就能够分析、发现问题,将危险消灭在最初阶段是人们最想得到的结果,这就是安全评价所要解决的主要问题,因此在生产过程中,我们必须对工厂的设施进行实时监控,而目前这方面的技术还比较缺乏。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提出一种基于传感器数据监测工业生产过程的方法,能够根据工厂传感器产生的大量数据,将生产同一产品的多个不同批次的过程数据,通过对齐、规整拟合出一条标准值曲线,然后根据曲线监测工业生产过程。

[0006] 另外由于实际生产过程中,虽然生产的是同一产品,但是过程时间却存在一定的差异,所以不可能直接使用历史数据拟合出标准值曲线,必须先对历史数据进行预处理。基于此,本发明提出了数据规整的方法,用该方法可以对齐数据。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0008] 一种基于传感器数据监测工业生产过程的方法,包括以下步骤:

[0009] (1) 根据工业生产过程各阶段的数据特征,识别出一个批次数据的各阶段;

[0010] (2) 在识别数据各阶段过程中,评估并标记数据的有效性;

[0011] (3) 分阶段处理数据状态;

[0012] (4) 针对工作过程总时间存在的差异对数据进行规整,并以特定的阶段转换点为标准进行对齐;

[0013] (5) 对同一产品多个批次规整后的曲线进行拟合。

[0014] 进一步的,步骤(1)中,所述工业生产过程各阶段包括非反应工作状态和反应工作状态,反应工作状态包括状态准备阶段、稳定反应阶段和状态恢复阶段。

[0015] 进一步的,步骤(1)中,各阶段间转换时的数据特征为:非反应工作状态到状态准

备阶段工作曲线斜率短时间内由约等于0提高至一个较大的值,状态准备阶段到稳定反应阶段工作曲线斜率降至约等于0,稳定反应阶段到状态恢复阶段工作曲线明显偏离稳定反应阶段的标准值,状态恢复阶段到非反应工作状态工作曲线接近正常非工作状态值。

[0016] 进一步的,步骤(2)中,当对一个批次的数据进行阶段区分识别时,若无法检测到预期的阶段转换特征,则可判定该批次数据因数据不完整而无效,并对该批次数据标记其缺失内容。

[0017] 进一步的,步骤(3)中,在状态准备阶段监测工作曲线的斜率和平稳度,在状态恢复阶段监测此阶段的时长,在稳定反应阶段监测当前传感器数值和标准值曲线、安全区间上限和安全区间下限,当数值超出安全界限的时候进行报警提示。

[0018] 进一步的,步骤(3)中,状态准备阶段的平稳度,是指工业生产设备达到工业生产要求状态平稳均匀实现的能力,即设备改变状态的速率与时间是否成正比。计算方法如下:

[0019] ①统计整个升温过程所有数据点的数量为 m ,监测的数值为 b_1, b_2, \dots, b_n ;

[0020] ②根据 m 个点的数据拟合出一条最小误差的直线或者曲线,记为 L (多数是直线,也有可能是曲线);

[0021] ③设 L 到其中一个监测数据点 b_i 的欧几里德距离为 d_i ;

[0022] ④计算监测数据点和 L 的平均距离为 $d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$;

[0023] ⑤以 d 为评价平稳度的指标。

[0024] 进一步的,步骤(4)中,数据规整的方法包括以下步骤:

[0025] ①假设有 n 个批次的数据,工作过程总时长分别为 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 分钟,也就是这 n 个批次的数据分别有 $a_1+1, a_2+1, a_3+1, \dots, a_n+1$ 个时间序列点(因为还包含开始时刻的传感器数值),把各个批次的时间序列点连成曲线。

[0026] ②设 a 为最接近 $(a_1+a_2+a_3+\dots+a_n)/n$ (即各个批次总时长的平均值)的整数,总时长为 a_1 的曲线以 a_1/a 为间隔采样时间序列点,总时长为 a_2 的曲线以 a_2/a 为间隔采样时间序列点,以此类推,总时长为 a_n 的曲线以 a_n/a 为间隔采样时间序列点。

[0027] ③每条曲线采样取出来的时间序列点,又以相等的时间间隔分别连成曲线,这样就能够得到时间间隔相等,包含时间序列点的数目相等,总时长也相等的 n 条曲线了。

[0028] 进一步的,步骤(5)中,多条曲线规整后都是由 $a+1$ 个点连接而成的,点与点之间的时间间隔相等,所以总的时长也相等。设一条标准的生产曲线为一个离散随机过程 $\{X_t: t=0, 1, 2, \dots, a\}$, t 为整数, $0 \leq t \leq a$, t 时刻的传感器数值为随机变量 X_t ,有 n 条曲线,也就是说这个随机过程有 n 个时间序列样本,求出各个时刻数值的均值 μ_t 和标准差 σ_t ,则可以在 n 个时间序列样本的基础上得到三个新的时间序列:

[0029] ① $\{\mu_t: t=0, 1, 2, \dots, a\}$ 为该产品生产过程传感器的标准值;

[0030] ② $\{\mu_t+3\sigma_t: t=0, 1, 2, \dots, a\}$ 为该产品生产过程传感器数的安全上限值;

[0031] ③ $\{\mu_t-3\sigma_t: t=0, 1, 2, \dots, a\}$ 为该产品生产过程传感器数的安全下限值;

[0032] 把这三个时间序列的点分别连接成曲线,就可以得到该产品生产过程传感器数值的标准值曲线,安全区间上限和安全区间下限。其中,安全区间上限和安全区间下限之间就是安全范围。

[0033] 进一步的,所述工业生产过程为化工反应过程。

[0034] 本发明的实现容易,算法简单,只需要进行一些简单的数学运算,这正迎合了“大数据”背景下,用简单算法处理海量数据的潮流趋势。即使数据量比较大,处理的时间也比较短,这对于工业实时生产的安全性问题非常重要。适用范围广,对于大多数类似的有状态准备阶段和状态恢复阶段工业生产过程的监测都适用。

附图说明

[0035] 图1为化工反应过程中传感器温度按照时间划分为五个阶段的示意图;

[0036] 图2为总时长为3分钟的时间序列点曲线图;

[0037] 图3为总时长为5分钟的时间序列点曲线图;

[0038] 图4为总时长为3分钟规整和对齐后的时间序列点曲线图;

[0039] 图5为总时长为5分钟规整和对齐后的时间序列点曲线图;

[0040] 图6为通过时间规整得到的多条总时长相等的曲线拟合出的标准生产值曲线、安全生产范围的示意图。

具体实施方式

[0041] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面将结合附图和具体的实施例对本发明的技术方案进行详细说明,在本发明的论述中,为了方便论述,工业生产过程设定为化工反应过程,传感器监测的指标为温度,但此方法不局限于化工反应过程温度数据的监测,其可用于工业生产过程中压力、流量、液位等各类数据的监测。

[0042] 一种基于传感器数据监测工业生产过程的方法,包括以下步骤:

[0043] 步骤(1),根据工业生产过程各阶段的数据特征,识别出一个批次数据的各阶段;

[0044] 请参照图1,图1为化工反应过程中传感器温度按照时间划分为五个阶段的示意图,生产一种产品的一个批次的传感器温度按照时间可以划分为五个过程,其中A和E为非工作状态,B-C-D为工作状态。B为状态准备阶段,C为稳定反应阶段,D为状态恢复阶段,且假设监测时间是均匀等间隔的。在实际的化工生产过程中,为了能够达到反应的条件,化工厂通常会用各种方法使温度尽快达到化学反应所需要的温度,所以状态准备阶段的时间很短,只有二十分钟左右,稳定反应过程才是进行化学反应并生产出产品的真正过程,时间长达数小时,为了节约成本,在化学反应结束后,化工厂不会主动消耗电力来使设备恢复到原来温度,而会让设备自然恢复到原来温度,所以这个过程持续的时间也较长,有几个小时,而且自然恢复到原来温度的时间不同还反映了不同反应设备的特性。

[0045] 对一个批次的数据,需要区分其各阶段,以便进行进一步的处理,各阶段间转换时的数据特征有:

[0046] ①A-B:工作曲线斜率短时间内由约等于0提高至一个较大的值

[0047] ②B-C:工作曲线斜率降至约等于0

[0048] ③C-D:工作曲线明显偏离稳定反应阶段的标准值

[0049] ④D-E:工作曲线接近正常非工作状态值

[0050] 步骤(2),在识别数据各阶段过程中,评估并标记数据的有效性;

[0051] 当对一个批次的数据进行阶段区分识别时,若无法检测到预期的阶段转换特征,

则可判定该批次数据因数据不完整而无效,并对该批次数据标记其缺失内容。

[0052] 步骤(3),分阶段处理数据状态;

[0053] 在状态准备阶段监测工作曲线的斜率和平稳度,在状态恢复阶段监测此阶段的时长,在稳定反应阶段监测当前传感器数值和标准值曲线、安全区间上限和安全区间下限,当数值超出安全界限的时候进行报警提示。

[0054] 状态准备阶段的平稳度,是指化学反应设备达到化学反应要求状态平稳均匀的实现的能力,即设备改变状态的速率与时间是否成正比。计算方法如下:

[0055] ①统计整个升温过程所有数据点的数量为 m ,监测的数值 b_1, b_2, \dots, b_n ;

[0056] ②根据 m 个点的数据拟合出一条最小误差的直线或者曲线,记为 L (多数是直线,也有可能是曲线);

[0057] ③设 L 到其中一个监测数据点 b_i 的欧几里德距离为 d_i ;

[0058] ④计算监测数据点和 L 的平均距离为 $d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$;

[0059] ⑤以 d 为评价平稳度的指标。

[0060] 步骤(4),针对工作过程总时间存在的差异对数据进行规整,并以特定的阶段转换点为标准进行对齐;

[0061] 在实际生产过程中,传感器是按固定时间间隔测量的,通常每1分钟测量记录一次数据。即使是生产同一产品,受各种因素影响,不同时间批次工作反应的总时长不可能完全相等,包含的传感器数值的数目也不等。为了将生产过程总时长不同的多个批次的传感器数据拟合成一条标准曲线,这里提出一个数据规整的方法:

[0062] ①假设有 n 个批次的数据,工作过程总时长分别为 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 分钟,也就是这 n 个批次的数据分别有 $a_1+1, a_2+1, a_3+1, \dots, a_n+1$ 个时间序列点(因为还包含开始时刻的传感器数值)。把各个批次的时间序列点连成曲线。

[0063] ②设 a 为最接近 $(a_1+a_2+a_3+\dots+a_n)/n$ (即各个批次总时长的平均值)的整数,总时长为 a_1 的曲线以 a_1/a 为间隔采样时间序列点,总时长为 a_2 的曲线以 a_2/a 为间隔采样时间序列点,以此类推,总时长为 a_n 的曲线以 a_n/a 为间隔采样时间序列点。

[0064] ③每条曲线采样取出来的时间序列点,又以相等的时间间隔分别连成曲线,这样就能够得到时间间隔相等,包含时间序列点的数目相等,总时长也相等的 n 条曲线了。

[0065] 下面举一个简单的例子进行说明;

[0066] 请参照图2和图3,图2的过程总时长为3分钟,共有4个时间序列点,图3的过程总时长为5分钟,共有6个时间序列点,两者的时间序列的间隔均为1分钟。把两个时间序列的点分别连成曲线,由于 $(3+5)/2=4$,所以图2的曲线以 $0.75(=3/4)$ 分钟为时间间隔进行采样,图3的曲线以 $1.25(=5/4)$ 分钟为时间间隔进行采样,两条曲线采样取出来的时间序列点,又以相等的时间间隔分别连成曲线,图2对应图4,图3对应图5,这样就能够得到时间间隔相等,包含时间序列点的数目相等,总时长也相等的两条曲线了。

[0067] 步骤(5),对同一产品多个批次规整后的曲线进行拟合;

[0068] 请参照图6,通过时间规整得到的多条总时长相等的曲线可以拟合出一条标准的生产值曲线,以及一个安全生产的范围。

[0069] 规整后得到的多条曲线都是由 $a+1$ 个点连接而成的,点与点之间的时间间隔相等,所以总的时长也相等。设一条标准的生产曲线为一个离散随机过程 $\{X_t:t=0,1,2,\dots,a\}$, t 为整数, $0\leq t\leq a$, t 时刻的传感器数值为随机变量 X_t ,有 n 条曲线,也就是说这个随机过程有 n 个时间序列样本,求出各个时刻数值的均值 μ_t 和标准差 σ_t ,则可以在 n 个时间序列样本的基础上得到三个新的时间序列:

[0070] ① $\{\mu_t:t=0,1,2,\dots,a\}$ 为该产品生产过程传感器的标准值;

[0071] ② $\{\mu_t+3\sigma_t:t=0,1,2,\dots,a\}$ 为该产品生产过程传感器数的安全上限值;

[0072] ③ $\{\mu_t-3\sigma_t:t=0,1,2,\dots,a\}$ 为该产品生产过程传感器数的安全下限值;

[0073] 把这三个时间序列的点分别连接成曲线,就可以得到该产品生产过程传感器数值的标准值曲线,安全区间上限和安全区间下限,其中,安全区间上限和安全区间下限之间就是安全范围,传感器数值落在安全范围内的概率至少有88.9%,如果随机变量符合正态分布的话概率更高达99.7%。

[0074] 这三条曲线可以用于监测化工反应过程。一般情况下,生产同一产品的传感器数值曲线应该比较接近由本发明方法得出的标准曲线,而且超出本发明方法得出的上下限安全范围的概率很小。因此,工人可以从操作显示屏上看到当前实际的数值曲线和这三条曲线,并将当前值与标准值进行比较来进行PID参数的调整。一旦当前传感器的数值超过了安全区间上下界限界定的安全范围,系统可以自动辨识并报警,以防出现安全事故。

[0075] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

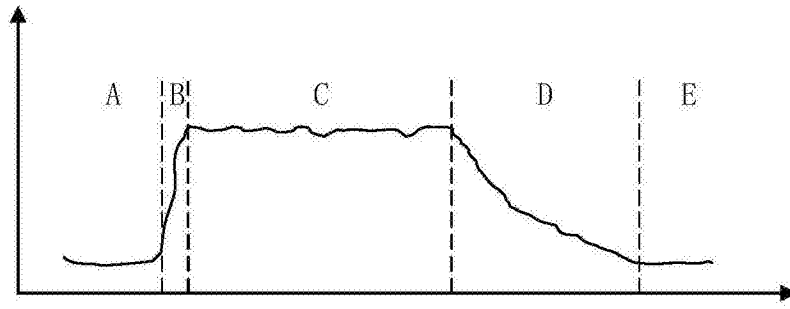


图1

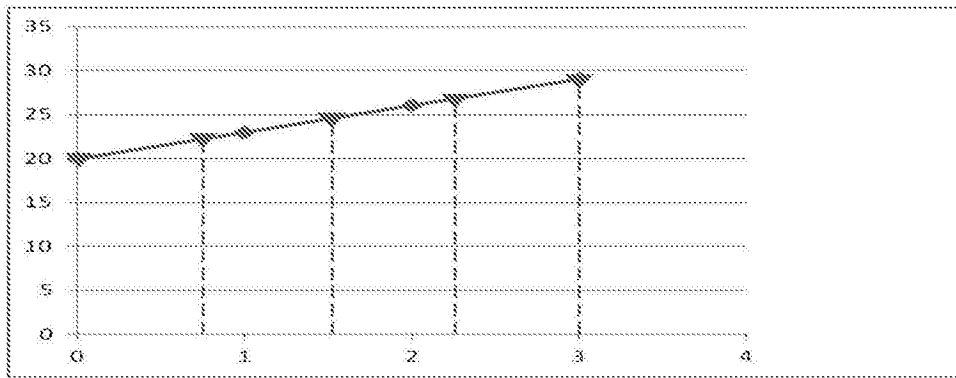


图2

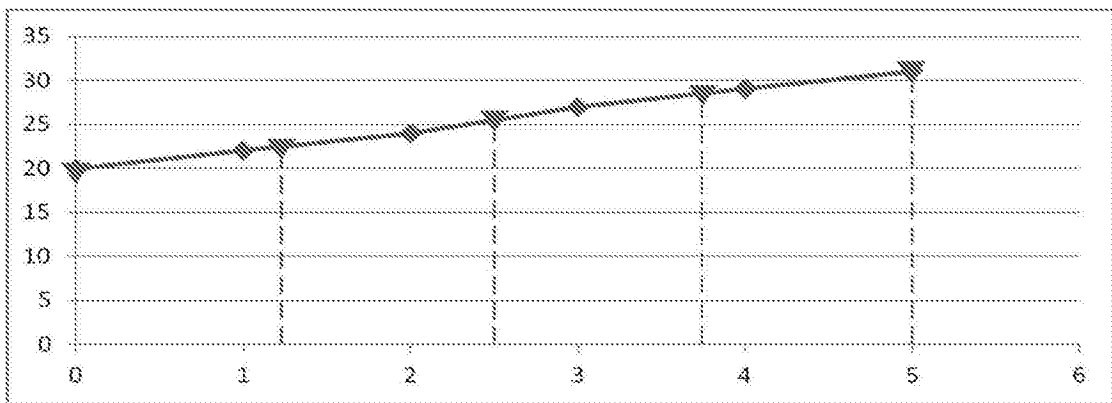


图3

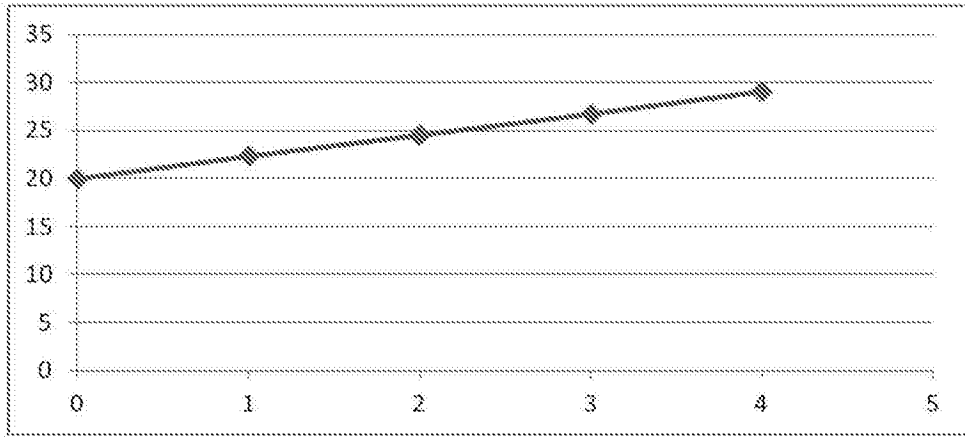


图4

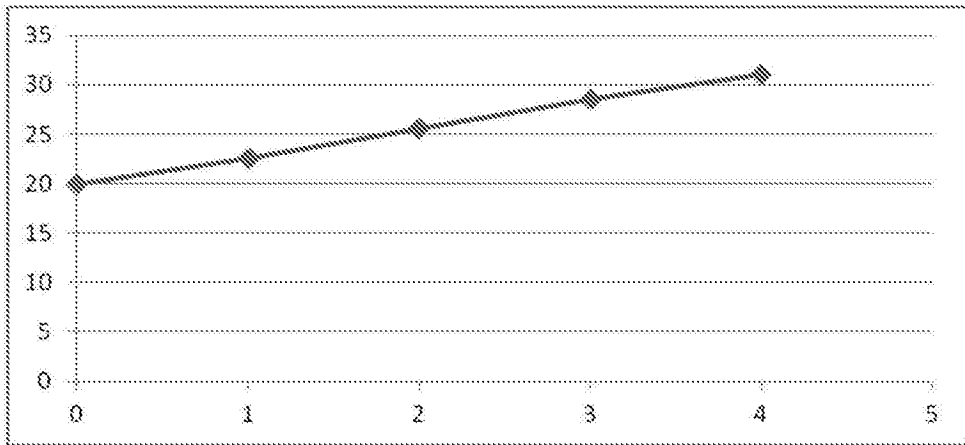


图5

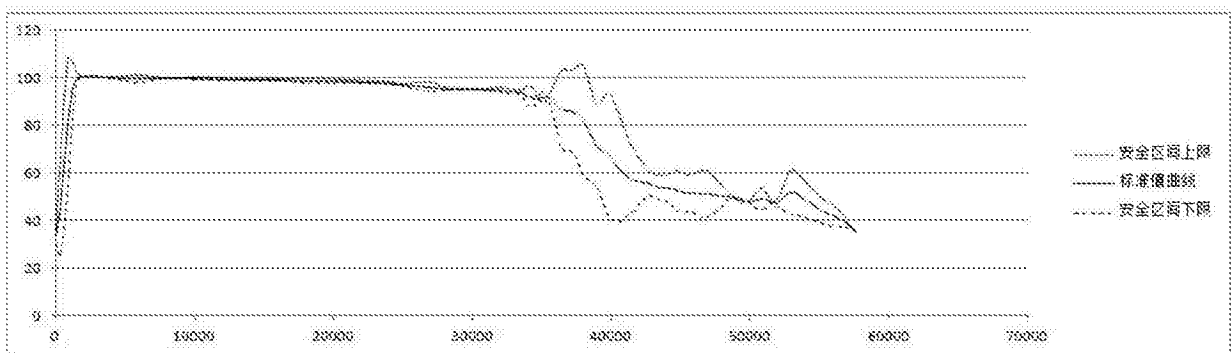


图6