



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112388552 B

(45) 授权公告日 2021.05.04

(21) 申请号 202110078227.8

B25B 23/00 (2006.01)

(22) 申请日 2021.01.21

审查员 程蕊

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112388552 A

(43) 申请公布日 2021.02.23

(73) 专利权人 杭州雷恩智能制造有限公司

地址 310000 浙江省杭州市余杭区临平街  
道东港路118号1号写字楼

专利权人 中国计量大学

(72) 发明人 章利民 杨其华 张伟 刘钢海

(74) 专利代理机构 杭州永曙知识产权代理事务  
所(特殊普通合伙) 33280

代理人 商旭东

(51) Int. Cl.

B25B 13/46 (2006.01)

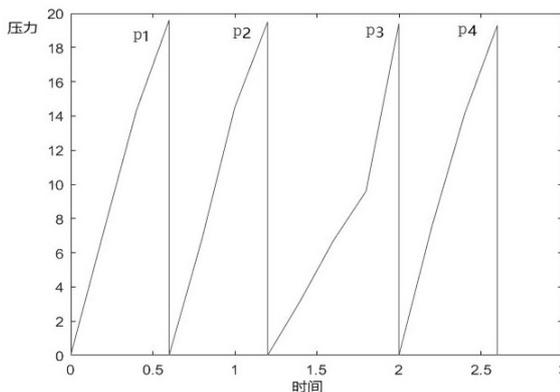
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

基于油压波形相似度对比的液压棘轮扳手  
自动判停方法

(57) 摘要

本发明属于自动化控制技术领域,公开了一种基于油压波形相似度对比的液压棘轮扳手自动判停方法,包括是否启动判停程序的判断和是否停止的判断;其中是否启动判停程序的判断为:对比泵站最近相邻两次输出油压的波形相似度及间隔两次输出油压的波形相似度,取其中较小的相似度与启动判停阈值进行比较,当较小的相似度低于启动判停阈值时,启动是否停止的判断;是否停止的判断为:对比泵站最近相邻两次输出油压的波形相似度,当最近相邻两次输出油压的波形相似度高于判停阈值,则液压泵站停止对液压棘轮扳手的驱动。基于本发明的判停方法,扳手不再需要配置扭矩传感器,同时避免了扭矩数据无线传输过程存在的干扰对泵站精准判停的影响。



1. 一种基于油压波形相似度对比的液压棘轮扳手自动判停方法,该方法用于判断液压泵站何时应当停止对液压棘轮扳手的驱动,包括是否启动判停程序的判断和是否停止的判断;

是否启动判停程序的判断:对比泵站最近相邻两次输出油压的波形相似度及间隔两次输出油压的波形相似度,取其中较小的相似度与启动判停阈值进行比较,当较小的相似度低于启动判停阈值时,启动是否停止的判断;

是否停止的判断:对比泵站最近相邻两次输出油压的波形相似度,当最近相邻两次输出油压的波形相似度高于判停阈值,则液压泵站停止对液压棘轮扳手的驱动。

2. 根据权利要求1所述的液压棘轮扳手自动判停方法,其特征在于,具体包括如下步骤:

步骤S1:液压泵站开始工作后,实时监测液压泵站输出油压波形;

步骤S2:从第三次加压开始,每完成一次加压后,分别计算一次油压波形中最后一次压力脉冲与前一次压力脉冲的相似度C1和最后一次压力脉冲与更前一次压力脉冲的相似度C2,取C1和C2中的较小值记作相似度C3;比较C3和启动判停阈值T1,当C3低于T1时,启动步骤S3所述的判停程序;

步骤S3:每完成一次加压后,计算一次油压波形中最后一次压力脉冲与前一次压力脉冲的相似度C4,然后比较相似度C4与扳手判停阈值T2,当C4高于T2时,泵站电磁阀闭合,扳手停止工作。

3. 根据权利要求2所述的液压棘轮扳手自动判停方法,其特征在于,在步骤S1中,使用传感器实时采集泵站输出油压数据,并将数据传递给泵站CPU。

4. 根据权利要求2所述的液压棘轮扳手自动判停方法,其特征在于,步骤S2包括:

步骤S2-1:在每一次加压过程中,泵站CPU按设定采样频率t1对实时采集的泵站输出油压数据进行采样,并对采样取得的数组进行存储;

步骤S2-2:从第三次加压开始,每完成一次加压后,泵站CPU计算一次最后一个数组与前一个数组的相似度,计为C1,再计算一次最后一个数组与更前一个数组的相似度,记为C2。

5. 根据权利要求2所述的液压棘轮扳手自动判停方法,其特征在于,步骤S3包括:

步骤S3-1:在每一次加压过程中,泵站CPU按设定采样频率t1对实时采集的泵站输出油压数据进行采样,并对采样取得的数组进行存储;

步骤S3-2:每完成一次加压后,泵站CPU计算一次最后一个数组与前一个数组的相似度,计为C4。

6. 根据权利要求2所述的液压棘轮扳手自动判停方法,其特征在于,步骤S2包括:

步骤S2-1:在每一次加压过程中,泵站CPU按设定采样频率t1对实时采集的泵站输出油压数据进行采样,并将采样的油压数据进行平滑滤波处理,对平滑滤波处理后取得的数组进行存储,其中平滑滤波的算法为:将采样的油压数据按照时间顺序从前往后每相邻5个点为一组分别记为a1,a2,a3,a4,a5,然后采用计算公式: $A = (-3 \times (a_5 + a_1) + 12 \times (a_4 + a_2) + 17 \times a_3) / 35$ 进行计算;

步骤S2-2:从第三次加压开始,每完成一次加压后,泵站CPU计算一次最后一个数组与前一个数组的相似度,计为C1,再计算一次最后一个数组与更前一个数组的相似度,记为

C2。

7. 根据权利要求6所述的液压棘轮扳手自动判停方法,其特征在于,相似度计算公式为: $\rho_{x,y} = \text{cov}(x,y) / (\sigma_x \times \sigma_y)$ ,其中 $x,y$ 分别为待比较两次压力波形的数据, $\text{cov}(x,y)$ 为两组油压数据的协方差, $\sigma_x$ 和 $\sigma_y$ 分别为前后两组油压数据的标准差。

8. 根据权利要求2所述的液压棘轮扳手自动判停方法,其特征在于,步骤S3包括:

步骤S3-1:在每一次加压过程中,泵站CPU按设定采样频率 $t_1$ 对实时采集的泵站输出油压数据进行采样,并将采样的油压数据进行平滑滤波处理,对平滑滤波处理后取得的数组进行存储,其中平滑滤波的算法为:将采样的油压数据按照时间顺序从前往后每相邻5个点为一组分别记为 $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ ,然后采用计算公式: $A = (-3 \times (a_5 + a_1) + 12 \times (a_4 + a_2) + 17 \times a_3) / 35$ 进行计算;

步骤S3-2:每完成一次加压后,泵站CPU计算一次最后一个数组与前一个数组的相似度,计为C4。

9. 根据权利要求8所述的液压棘轮扳手自动判停方法,其特征在于,相似度计算公式为: $\rho_{x,y} = \text{cov}(x,y) / (\sigma_x \times \sigma_y)$ ,其中 $x,y$ 分别为待比较两次压力波形的数据, $\text{cov}(x,y)$ 为两组油压数据的协方差, $\sigma_x$ 和 $\sigma_y$ 分别为前后两组油压数据的标准差。

## 基于油压波形相似度对比的液压棘轮扳手自动判停方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于自动化控制技术领域,涉及液压棘轮扳手控制技术,具体涉及液压棘轮扳手判停方法。

### 背景技术

[0002] 液压棘轮扳手通过对螺栓的循环旋拧操作来实现对螺栓的紧固作业,液压泵站作为液压棘轮扳手的驱动装置,通过输出高冲击压力的专用液压油来为棘轮扳手提供动力。因此泵站对于扳手的控制起到关键的作用,主要包括扳手工作的启停控制、扳手的驱动力大小的控制。

[0003] 目前,市场上的液压泵站在驱动扳手自动化作业时多配合扭矩传感器联动工作,通过扭矩传感器来实时测量螺栓所受扭矩,以无线传输的方式将扭矩数值转化为无线信号传递给泵站控制CPU,当螺栓受到扭矩达到预设的目标扭矩大小时,泵站电磁阀闭合,液压扳手停止作业。

[0004] 现有的泵站驱动液压棘轮扳手自动化作业的方法主要存在以下缺点:

[0005] 1、扭矩传感器多装备在扭矩套筒中,扭矩套筒在扳手紧固作业中不仅起到传递扭矩的作用同时他还能实时的测量螺栓所受扭矩大小,但套筒比较笨重,当操作工人需要紧固多个所处位置不同螺栓时,其也需要多次对套筒位置继续变动,比较繁琐极大的影响工作效率;

[0006] 2、扭矩套筒通过无线的方式将扭矩数据传递给泵站控制CPU,此过程容易受到外在环境的干扰导致传输存在延时,也受到泵站与套筒之间距离的限制,会影响泵站对扳手的自动化作业准确性。

[0007] 液压棘轮扳手的工作过程是反复加压一回油的过程,因此用液压泵站驱动液压棘轮扳手作业时,其输出油压的波形为脉冲波形,每次加压形成一个脉冲。

### 发明内容

[0008] 本发明目的是针对现有通过监测扳手扭矩来判断扳手是否应当停止的方式存在的上述不足,提供一种通过监测泵站输出压力来判断扳手是否应当停止的启停控制方法。

[0009] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:一种基于油压波形相似度对比的液压棘轮扳手自动判停方法,该方法用于判断液压泵站何时应当停止对液压棘轮扳手的驱动,包括是否启动判停程序的判断和是否停止的判断;

[0010] 是否启动判停程序的判断:对比泵站最近相邻两次输出油压的波形相似度及间隔两次输出油压的波形相似度,取其中较小的相似度与启动判停阈值进行比较,当较小的相似度低于启动判停阈值时,启动是否停止的判断;

[0011] 是否停止的判断:对比泵站最近相邻两次输出油压的波形相似度,当最近相邻两次输出油压的波形相似度高于判停阈值,则液压泵站停止对液压棘轮扳手的驱动。

[0012] 具体包括如下步骤:

[0013] 步骤S1:液压泵站开始工作后,实时监测液压泵站输出油压波形;

[0014] 步骤S2:从第三次加压开始,每完成一次加压后,分别计算一次油压波形中最后一次压力脉冲与前一次压力脉冲的相似度C1和最后一次压力脉冲与更前一次压力脉冲的相似度C2,取C1和C2中的较小值记作相似度C3;比较C3和启动判停阈值T1,当C3低于T1时,启动步骤S3所述的判停程序;

[0015] 步骤S3:每完成一次加压后,计算一次油压波形中最后一次压力脉冲与前一次压力脉冲的相似度C4,然后比较相似度C4与扳手判停阈值T2,当C4高于T2时,泵站电磁阀闭合,扳手停止工作。

[0016] 进一步地,在步骤S1中,使用传感器实时采集泵站输出油压数据,并将数据传递给泵站CPU。

[0017] 进一步地,步骤S2包括:

[0018] 步骤S2-1:在每一次加压过程中,泵站CPU按设定采样频率t1对实时采集的泵站输出油压数据进行采样,并对采样取得的数组进行存储;

[0019] 步骤S2-2:从第三次加压开始,每完成一次加压后,泵站CPU计算一次最后一个数组与前一个数组的相似度,计为C1,再计算一次最后一个数组与更前一个数组的相似度,记为C2。

[0020] 进一步地,步骤S3包括:

[0021] 步骤S3-1:在每一次加压过程中,泵站CPU按设定采样频率t1对实时采集的泵站输出油压数据进行采样,并对采样取得的数组进行存储;

[0022] 步骤S3-2:每完成一次加压后,泵站CPU计算一次最后一个数组与前一个数组的相似度,计为C4。

[0023] 作为改进,步骤S2包括:

[0024] 步骤S2-1:在每一次加压过程中,泵站CPU按设定采样频率t1对实时采集的泵站输出油压数据进行采样,并将采样的油压数据进行平滑滤波处理,对平滑滤波处理后取得的数组进行存储,其中平滑滤波的算法为:将采样的油压数据按照时间顺序从前往后每相邻5个点为一组分别记为a1,a2,a3,a4,a5,然后采用计算公式: $A=(-3 \times (a5+a1)+12 \times (a4+a2)+17 \times a3)/35$ 进行计算;

[0025] 步骤S2-2:从第三次加压开始,每完成一次加压后,泵站CPU计算一次最后一个数组与前一个数组的相似度,计为C1,再计算一次最后一个数组与更前一个数组的相似度,记为C2。

[0026] 进一步地,其中,相似度计算公式为: $\rho_{x,y}=\text{cov}(x,y)/(\sigma_x \times \sigma_y)$ ,其中x,y分别为待比较两次压力波形的数据,cov(x,y)为两组油压数据的协方差, $\sigma_x$ 和 $\sigma_y$ 分别为前后两组油压数据的标准差。

[0027] 作为改进,步骤S3包括:

[0028] 步骤S3-1:在每一次加压过程中,泵站CPU按设定采样频率t1对实时采集的泵站输出油压数据进行采样,并将采样的油压数据进行平滑滤波处理,对平滑滤波处理后取得的数组进行存储,其中平滑滤波的算法为:将采样的油压数据按照时间顺序从前往后每相邻5个点为一组分别记为a1,a2,a3,a4,a5,然后采用计算公式: $A=(-3 \times (a5+a1)+12 \times (a4+a2)+17 \times a3)/35$ 进行计算;

[0029] 步骤S3-2:每完成一次加压后,泵站CPU计算一次最后一个数组与前一个数组的相似度,计为C4。

[0030] 进一步地,其中,相似度计算公式为: $\rho_{x,y} = \text{cov}(x,y) / (\sigma_x \times \sigma_y)$ ,其中x,y分别为待比较两次压力波形的数据,cov(x,y)为两组油压数据的协方差, $\sigma_x$ 和 $\sigma_y$ 分别为前后两组油压数据的标准差。

[0031] 本发明所述的液压棘轮扳手判停方法,通过对泵站的实时输出油压数据进行采集、滤波处理及相关性分析,先找到扳手从空负载变化到负载的时间节点,判断螺栓处于开始拧紧的状态,进而开启判停流程,再找到扳手从负载变为满负载之后一时刻的节点,判断螺栓已经达到拧紧的状态,此时泵站电磁阀闭合扳手停止工作。通过算法,我们避免了扳手自动化作业时必须配备扭矩传感器的条件,避免了由于扭矩数据无线传输过程存在的干扰对泵站精准判停的影响,减少了在扳手紧固作业中操作工人的工作量。

## 附图说明

[0032] 图1是扳手油缸内活塞运动过程示意图。

[0033] 图2是液压泵站驱动液压棘轮扳手时输出油压波形图。

## 具体实施方式

[0034] 参照图1、2,假设液压泵站的输出目标压力为20MPa,当扳手开始作业时,螺栓处于较松的状态,扳手油缸内的活塞运动过程从图1所示的位置1迅速运动至位置3,此过程活塞除了泵站油压的推力没有其他的负载,当活塞运动至位置3时,扳手完成一次拧操作,此时由油缸内壁来提供一个20MPa的反作用力来抵消泵站的输出压力,将此过程称之为扳手空负状态,泵站输出油压曲线如图2中P1、P2脉冲所示;

[0035] 当螺栓开始拧紧时,由于扳手在最后一次拧紧前螺栓对其的反作用力始终不能够达到泵站的输出压力,所以活塞最终会从图1所示位置1运动至位置3,但在此过程中,以图1所示位置2为例,扳手是始终受到螺栓对其不断增加的反抗扭矩的,活塞受到的压力也是增大的,活塞从位置1到位置3的过程由于受到螺栓的反作用力,较于空载时,此过程时间较长,当活塞运动至位置3处时,油缸壁会在很短的时间内对活塞提供一反作用力,该反作用力与螺栓对扳手的反作用力及泵站输出油压三力相互平衡,将此过程称之为扳手的负载状态,泵站输出油压曲线如图2中P3脉冲所示。

[0036] 扳手的负载运动状态循环几次直到螺栓处于拧死的状态即在下一次拧操作刚开始执行时,螺栓就能够提供20MPa的反作用力,此时扳手油缸内的活塞停在图1所示位置1处不动,泵站压力瞬间飙到20MPa,这个过程很快完成,称之为扳手的满负载状态,泵站输出油压波形如图2中P4脉冲所示。我们通过油压波形图可以发现扳手由空负载变为负载时,油压波形有着明显的差异,此时螺栓开始拧紧;之后当油压波形相似度又恢复到较高时,扳手已变为满负状态,螺栓已拧紧。

[0037] 本发明所述判停方法,即是通过分析螺栓在一次紧固作业中液压棘轮扳手油缸内部活塞的运动状态变化与扳手负载的关系,得出其与泵站的输出油压波形变化的对应关系,按照此种关系来设计控制算法。具体的步骤包括:步骤一,传感器实时采集泵站输出油压数据,并将数据传递给泵站控制CPU;步骤二,设置采样频率为t1,泵站CPU对实时数据进

行采样,并取数组将每次的脉冲进行存储;步骤三,分别计算油压波形中相邻及间隔两次压力脉冲相似度C1,C2,取较小的相似度记作C3来和启动判停阈值进行比较,来判断是否开启判停程序;步骤四,设定启动判停阈值为T1,当C1低于T1时,开启判停程序,否则判停程序处于不执行状态;步骤五,开启判停程序后,将此后的每相邻两个油压脉冲的相似度C4与扳手判停阈值T2比较,当C4高于T2时,泵站电磁阀闭合,扳手停止工作。

[0038] 步骤一中,在泵站出油口安装一高压传感器,由泵站控制盒为其供电,泵站上电后,传感器处于开启状态,实时测量泵站出油口油压。

[0039] 步骤二中,设置CPU采样频率为6ms,在泵站每一次加压的过程中,对传感器实时传输的数据进行间隔6ms采样。由于我们最多求间隔一次压力脉冲的两个压力波形的相似度,所以我们用三个长度足够的数组来分别存储相邻三次压力波形的数据即可。

[0040] 步骤三中,为了避免由于可能存在的误差导致油压波形发生变化进而使波形的相似度降低引起的误触发判停程序,我们分别计算相邻和间隔1次的油压脉冲的相似度取其中的较小值与C3比较(C3初始值设为0),若小于C3,则将相邻与间隔压力波形相关系数的较小值作为C3来与启动判停阈值T1进行比较,这样能精准的开启判停程序,当判停程序开启时,螺栓必然处于开始拧紧的状态。其中相似度的计算公式如下所示:

$$\rho_{x,y} = \frac{\text{cov}(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{E((X-\mu_x)(Y-\mu_y))}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{E(XY) - E(X)E(Y)}{\sqrt{E(X^2) - E^2(X)} \sqrt{E(Y^2) - E^2(Y)}}$$

$$\rho_{x,y} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

$$\rho_{x,y} = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sqrt{(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N})(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N})}}$$

[0042] 其中 $\rho_{x,y}$ 表示x,y两组数据的相似度,x,y分别为待比较两次压力波形的数据,cov(x,y)为两组油压数据的协方差, $\sigma_x$ 和 $\sigma_y$ 分别为前后两组油压数据的标准差,E表示数学期望,X、Y分别表示两组数据任一点的值, $\mu_x$ 、 $\mu_y$ 分别表示两组数据的平均值,N表示两组数据中采集油压点的个数。

[0043] 步骤四、五中,当扳手由负载状态变为满负状态之后,每次的油压波形之间的相似度又会增大到接近于100,因此判停程序只需要设定一个较高的判停阈值T2,当C3<T1时,即分析到螺栓达到预紧状态之后,开启判停程序,将之后的每相邻两次压力波形比较求得的相似度C4与判停阈值T2比较,当C4>T2时,泵站电磁阀闭合,液压扳手停止工作。

[0044] 由于传感器对于压力的采集容易受到外界不必要因素的干扰导致采集的油压数据存在一定的误差,影响波形之间相似度计算的精确性,造成误判的情况,因此,加入了5点平滑滤波算法,将采样后的油压数据按照时间顺序从前往后每相邻5个点为一组分别记为a1、a2、a3、a4、a5,通过平滑滤波算法得到去除噪声后的油压值,去除噪声能够在后面的相似度计算中减小由于噪声扰动而带来的相似度计算误差,提高扳手判停的准确性,计算公式如下所示:

$$[0045] \quad A = (-3 \times (a_5 + a_1) + 12 \times (a_4 + a_2) + 17 \times a_3) / 35$$

[0046] 下面是本发明判停方法的一个应用实例,在该例中,棘轮扳手选用的是2XLCT-50,螺栓型号为M32,液压泵设定的最大输出压力20MPa,分别设置两个相似度阈值 $T1=85\%$ , $T2=96\%$ ,设置CPU采样频率是5ms,开始启动液压泵。并分次记录采样数据。

[0047] 加压第1次至第3次,采样数据如下所示:

[0048] 加压第1次时:66、130、191、252、313、374、435、496、557、618、680、739、801、862、923、988、1040、1103、1170、1233、1290、1351、1410、1471、1535、1594、1655、1713、1776、1839、1899、1958;

[0049] 经过滤波处理后的数据为:189、496、801、1108、1412、1733、483(剔除);

[0050] 加压第2次时:62、133、194、254、310、378、434、497、556、619、682、730、807、860、925、989、1040、1105、1171、1231、1292、1352、1407、1468、1536、1593、1653、1715、1774、1840、1901、1962;

[0051] 经过滤波处理后的数据为:189、498 772 1108 1411 1716 484(剔除);

[0052] 加压第3次时:20、40、66、81、101、125、140、166、181、200、225、241 267、301、325、347、364、383、403、426、442、463、486、505、524、544、566、587、606、623、646、727、788、850、910、972、1033、1093、1154、1210、1271、1332、1396、1449、1509、1565、1624、1682、1741、1803、1865、1927;

[0053] 经过滤波处理后的数据为:63、165、272、385、484、585、781、1092、1393、1683、474(剔除);

[0054] 经计算第3次与第2次油压波形的相似度为87%,第3次与第1次油压波形的相似度为80%,由于 $80\% < 85\%$ ,开启判停程序。

[0055] 加压第5次时:59、127、185、256、321、379、427、499、553、620、685、741、810、862、928、989、1040、1112、1178、1233、1292、1354、1413、1469、1541、1594、1661、1719、1785、1843、1907、1966;

[0056] 经过滤波处理后的数据为:187、493、805、1110、1411、1722、511(剔除);

[0057] 加压第6次时:55、128、187、249、327、375、431、495、551、622、686、743、817、863、926、981、1043、1110、1178、1234、1295、1353、1413、1470、1535、1592、1661、1714、1788、1843、1903、1971;

[0058] 经过滤波处理后的数据为:187、492、809、1111、1412、1721、513(剔除);

[0059] 经计算第6次与第5次油压波形的相似度为99%,由于 $99\% > 96\%$ ,此时停止液压泵,查看螺母状态,达到了目标。

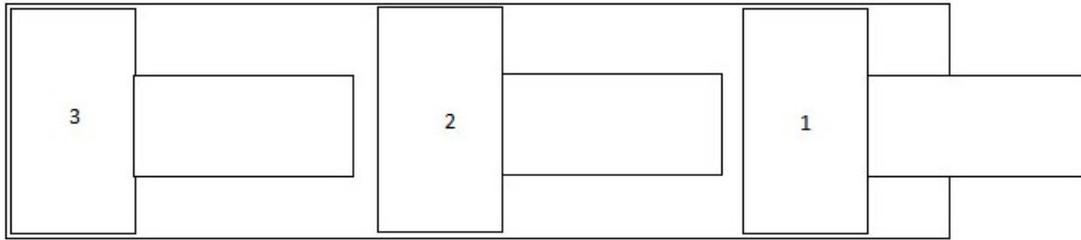


图 1

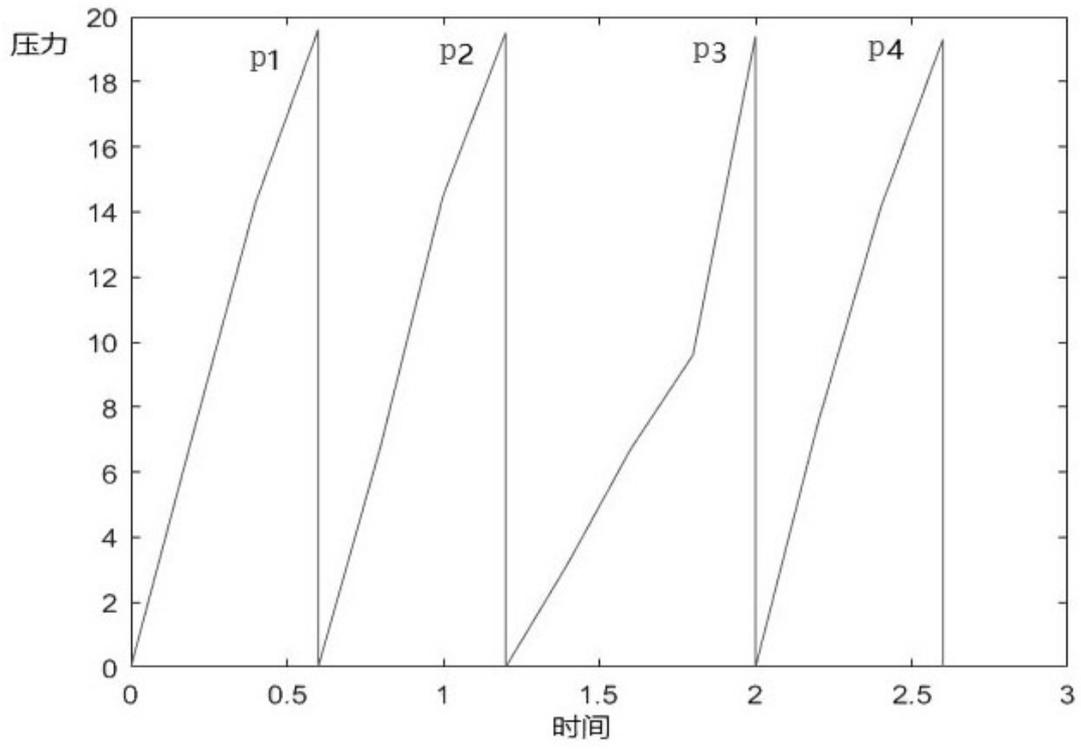


图 2