



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103660359 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310580365. 1

(22) 申请日 2013. 11. 19

(71) 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市浙大路 38 号

(72) 发明人 魏建华 孙春耕 章光灿

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司 33200

代理人 张法高

(51) Int. Cl.

B30B 15/24 (2006. 01)

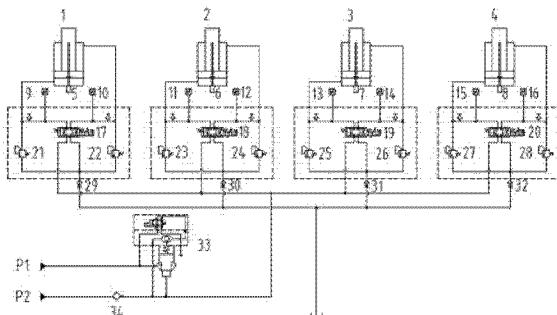
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种被动式四角调平液压机的液压控制系统及控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种被动式四角调平液压机的液压控制系统及控制方法。本发明有两个油源：高压油源 P1 和低压油源 P2。高压油源 P1 可由蓄能器控制液压系统提供，为预加速运动和微开模控制提供动力源；低压油源 P2 可由泵站中的循环冷却泵提供，主要用于调平控制时补充活塞液压缸上腔油液，防止有杆腔吸空。二是采用带有位置闭环的高频响比例伺服阀作为调平液压缸的同步控制元件。本发明制造成本较低，抗污染能力强，且易于实现自动化控制，适合于大功率及较高同步精度的场合。并提供一种不用选取某一调平液压缸作为主动缸，消除了凭经验来选取主动缸所带来的调平误差的控制方法。被动式四角调平液压机的快速下行 / 回程速度可达 1200mm/s，调平精度最小能达 0.02mm。



1. 一种被动式四角调平液压机的液压控制系统，其特征在于包括第一活塞液压缸(1)、第二活塞液压缸(2)、第三活塞液压缸(3)、第四活塞液压缸(4)、第一位移传感器(5)、第二位移传感器(6)、第三位移传感器(7)、第四位移传感器(8)、第一压力传感器(9)、第二压力传感器(10)、第三压力传感器(11)、第四压力传感器(12)、第五压力传感器(13)、第六压力传感器(14)、第七压力传感器(15)、第八压力传感器(16)、第一高频响比例伺服阀(17)、第二高频响比例伺服阀(18)、第三高频响比例伺服阀(19)、第四高频响比例伺服阀(20)、第一安全阀(21)、第二安全阀(22)、第三安全阀(23)、第四安全阀(24)、第五安全阀(25)、第六安全阀(26)、第七安全阀(27)、第八安全阀(28)、第一调平回油单向阀(29)、第二调平回油单向阀(30)、第三调平回油单向阀(31)、第四调平回油单向阀(32)、切断阀(33)、低压油源进油单向阀(34)；

高压油源P1由切断阀(33)来控制高压油的开、关，切断阀(33)的出油口与第一高频响比例伺服阀(17)、第二高频响比例伺服阀(18)、第三高频响比例伺服阀(19)、第四高频响比例伺服阀(20)的进油口相连；

第一高频响比例伺服阀(17)、第二高频响比例伺服阀(18)、第三高频响比例伺服阀(19)、第四高频响比例伺服阀(20)的出油口与第一活塞液压缸(1)、第二活塞液压缸(2)、第三活塞液压缸(3)、第四活塞液压缸(4)的无杆腔相连；

第一高频响比例伺服阀(17)、第二高频响比例伺服阀(18)、第三高频响比例伺服阀(19)、第四高频响比例伺服阀(20)的出油口与第一安全阀(21)、第三安全阀(23)、第五安全阀(25)、第七安全阀(27)的进油口相连；

第一高频响比例伺服阀(17)、第二高频响比例伺服阀(18)、第三高频响比例伺服阀(19)、第四高频响比例伺服阀(20)的出油口与第一压力传感器(9)、第三压力传感器(11)、第五压力传感器(13)、第七压力传感器(15)相连；

第一高频响比例伺服阀(17)、第二高频响比例伺服阀(18)、第三高频响比例伺服阀(19)、第四高频响比例伺服阀(20)的出油口与第一活塞液压缸(1)、第二活塞液压缸(2)、第三活塞液压缸(3)、第四活塞液压缸(4)的有杆腔相连；

第一高频响比例伺服阀(17)、第二高频响比例伺服阀(18)、第三高频响比例伺服阀(19)、第四高频响比例伺服阀(20)的出油口与第二安全阀(22)、第四安全阀(24)、第六安全阀(26)、第八安全阀(28)的进油口相连；

第一高频响比例伺服阀(17)、第二高频响比例伺服阀(18)、第三高频响比例伺服阀(19)、第四高频响比例伺服阀(20)出油口与第二压力传感器(10)、第四压力传感器(12)、第六压力传感器(14)、第八压力传感器(16)相连；

第一活塞液压缸(1)安装有内置式第一位移传感器(5)、第二活塞液压缸(2)安装有内置式第二位移传感器(6)、第三活塞液压缸(3)安装有内置式第三位移传感器(7)、第四活塞液压缸(4)安装有内置式第四位移传感器(8)；

第一高频响比例伺服阀(17)、第二高频响比例伺服阀(18)、第三高频响比例伺服阀(19)、第四高频响比例伺服阀(20)的回油口与第一调平回油单向阀(29)、第二调平回油单向阀(30)、第三调平回油单向阀(31)、第四调平回油单向阀(32)的进油口相连；

第一调平回油单向阀(29)、第二调平回油单向阀(30)、第三调平回油单向阀(31)、第四调平回油单向阀(32)的出油口与油箱相连；

低压油源 P2 经低压油源进油单向阀 (34) 的出油口与切断阀 (33) 的出油口和第一高频响比例伺服阀 (17)、第二高频响比例伺服阀 (18)、第三高频响比例伺服阀 (19)、第四高频响比例伺服阀 (20) 的进油口相连。

2. 一种使用如权利要求 1 所述系统的被动式四角调平液压机的液压控制方法，其特征在于它的步骤如下：

1) 第一高频响比例伺服阀 (17)、第二高频响比例伺服阀 (18)、第三高频响比例伺服阀 (19)、第四高频响比例伺服阀 (20) 的 PID 控制器设定虚拟轴模型，虚拟轴为第一活塞液压缸 (1)、第二活塞液压缸 (2)、第三活塞液压缸 (3)、第四活塞液压缸 (4)，即四个调平液压缸运动过程中的位移平均值模型；

2) 虚拟轴主导运动过程，即选定虚拟轴作为参考对象，第一活塞液压缸 (1)、第二活塞液压缸 (2)、第三活塞液压缸 (3)、第四活塞液压缸 (4)，即四个调平液压缸进行随动；

3) 在每个周期结束后，调平液压缸位置通过位移传感器反馈给轴控制器，经过与基准轴(虚拟轴)比较，进行 PID 运算，附加到下一周期运动位移上，这一运动位移反映到第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的开度，通过开度的变化使得液压缸的运动实现位置的变化；

4) 完成一次压制后，滑块回到初始位置，第一活塞液压缸 (1)、第二活塞液压缸 (2)、第三活塞液压缸 (3)、第四活塞液压缸 (4)，即四个调平液压缸复位至设定位置等待下一次调平工作。

一种被动式四角调平液压机的液压控制系统及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及液压控制系统，尤其涉及一种被动式四角调平液压机的液压控制系统及控制方法。

背景技术

[0002] 快速高精度液压机最大的特点是其工作速度快(快速下行 / 回程速度可达 1200mm/s)，调平精度高(调平精度最小能达 0.02mm)。为满足这一特性此类液压机采用活塞式蓄能器控制液压系统，通俗的讲，就是采用活塞式蓄能器快速释放提前已储存完毕的高压油，然后通过大通径比例伺服阀对高压油的压力、流量等进行闭环调节，完成“快速下行，预压、加压、保压、泄压、脱模、快速回程”等一系列模压工艺动作，并确保液压机快、慢速切换无液压冲击，无明显震动。

[0003] 目前公知的采用被动四角调平控制方法的液压控制系统，控制布置在液压机四个角处的液压缸相连接的比例伺服阀的 P 口(阀的进油口)均通高压油，即只有一个高压油源。因此，在实现被动式四角调平过程中的能量损耗很大。

[0004] 目前公知的液压机采用被动四角调平控制方法，其结构为调平液压缸安装在下横梁上，并以一个调平液压缸为基准，对其它三个调平液压缸进行调节，其控制方法为主从式。即设 A 液压缸为调平参考基准，即主调平液压缸，B、C、D 液压缸为随动液压缸，其动作跟随 A 液压缸给出的位置指令信号而动作，三个随动液压缸 B、C、D 的进出油管路上通过各自的比例伺服阀来改变进出油以及流量的控制。这样，四个液压缸组成了以 A 为主调平液压缸，B、C、D 为辅调平液压缸的主从控制方法。但是采用该主从控制方法的被动四角调平系统，在主动缸的选取方面存在一定的问题。一般都是直接将某一调平液压缸作为主动缸，在压机下降过程中，由于四个调平液压缸可能在压制过程中，各个缸受力不同，对于选取主动缸仅凭经验来操作，也会存在很大误差，影响了压制过程的平行精度，从而影响生产。

发明内容

[0005] 本发明的目的是克服现有技术的不足，提供一种被动式四角调平液压机的液压控制系统及控制方法。

[0006] 被动式四角调平液压机的液压控制系统包括第一活塞液压缸、第二活塞液压缸、第三活塞液压缸、第四活塞液压缸、第一位移传感器、第二位移传感器、第三位移传感器、第四位移传感器、第一压力传感器、第二压力传感器、第三压力传感器、第四压力传感器、第五压力传感器、第六压力传感器、第七压力传感器、第八压力传感器、第一高频响比例伺服阀、第二高频响比例伺服阀、第三高频响比例伺服阀、第四高频响比例伺服阀、第一安全阀、第二安全阀、第三安全阀、第四安全阀、第五安全阀、第六安全阀、第七安全阀、第八安全阀、第一调平回油单向阀、第二调平回油单向阀、第三调平回油单向阀、第四调平回油单向阀、切断阀、低压油源进油单向阀；

高压油源 P1 由切断阀来控制高压油的开、关，切断阀的出油口与第一高频响比例伺

服阀、第二高频响比例伺服阀、第三高频响比例伺服阀、第四高频响比例伺服阀的进油口相连；

第一高频响比例伺服阀、第二高频响比例伺服阀、第三高频响比例伺服阀、第四高频响比例伺服阀的出油口与第一活塞液压缸、第二活塞液压缸、第三活塞液压缸、第四活塞液压缸的无杆腔相连；

第一高频响比例伺服阀、第二高频响比例伺服阀、第三高频响比例伺服阀、第四高频响比例伺服阀的出油口与第一安全阀、第三安全阀、第五安全阀、第七安全阀的进油口相连；

第一高频响比例伺服阀、第二高频响比例伺服阀、第三高频响比例伺服阀、第四高频响比例伺服阀的出油口与第一压力传感器、第三压力传感器、第五压力传感器、第七压力传感器相连；

第一高频响比例伺服阀、第二高频响比例伺服阀、第三高频响比例伺服阀、第四高频响比例伺服阀的出油口与第一活塞液压缸、第二活塞液压缸、第三活塞液压缸、第四活塞液压缸的有杆腔相连；

第一高频响比例伺服阀、第二高频响比例伺服阀、第三高频响比例伺服阀、第四高频响比例伺服阀的出油口与第二安全阀、第四安全阀、第六安全阀、第八安全阀的进油口相连；

第一高频响比例伺服阀、第二高频响比例伺服阀、第三高频响比例伺服阀、第四高频响比例伺服阀的出油口与第二压力传感器、第四压力传感器、第六压力传感器、第八压力传感器相连；

第一活塞液压缸安装有内置式第一位移传感器、第二活塞液压缸安装有内置式第二位移传感器、第三活塞液压缸安装有内置式第三位移传感器、第四活塞液压缸安装有内置式第四位移传感器；

第一高频响比例伺服阀、第二高频响比例伺服阀、第三高频响比例伺服阀、第四高频响比例伺服阀的回油口与第一调平回油单向阀、第二调平回油单向阀、第三调平回油单向阀、第四调平回油单向阀的进油口相连；

第一调平回油单向阀、第二调平回油单向阀、第三调平回油单向阀、第四调平回油单向阀的出油口与油箱相连；

低压油源 P2 经低压油源进油单向阀的出油口与切断阀的出油口和第一高频响比例伺服阀、第二高频响比例伺服阀、第三高频响比例伺服阀、第四高频响比例伺服阀的出油口相连。

[0007] 被动式四角调平液压机的液压控制方法的步骤如下：

1) 第一高频响比例伺服阀、第二高频响比例伺服阀、第三高频响比例伺服阀、第四高频响比例伺服阀的 PID 控制器设定虚拟轴模型，虚拟轴为第一活塞液压缸、第二活塞液压缸、第三活塞液压缸、第四活塞液压缸，即四个调平液压缸运动过程中的位移平均值模型；

2) 虚拟轴主导运动过程，即选定虚拟轴作为参考对象，第一活塞液压缸、第二活塞液压缸、第三活塞液压缸、第四活塞液压缸，即四个调平液压缸进行随动；

3) 在每个周期结束后，调平液压缸位置通过位移传感器反馈给轴控制器，经过与基准轴(虚拟轴)比较，进行 PID 运算，附加到下一周期运动位移上，这一运动位移反映到第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的开度，通过开度的变化使得液压缸的运动实现位置的变化；

4) 完成一次压制后,滑块回到初始位置,第一活塞液压缸、第二活塞液压缸、第三活塞液压缸、第四活塞液压缸,即四个调平液压缸复位至设定位置等待下一次调平工作。

[0008] 本发明与现有技术相比具有的有益效果:

1) 根据滑动梁的水平状况分别运动,以及它们的运动速度快慢和运动位移大小,因此调平系统采用四个完全相同,互不干扰的调平液压缸独立回路,来消除它们之间的耦合影响。

[0009] 2) 高频响比例伺服阀 PID 控制器设定虚拟轴模型,消除了靠经验采用某一调平液压缸作为主动缸所产生的控制误差。

[0010] 3) 采用高频响比例伺服阀元件,阀的抗污染能力,对油液的清洁度要求大大降低,可靠性得到了提升,适用范围更广。

[0011] 4) 采用本发明的被动式四角调平液压机的液压控制系统及控制方法,使滑动梁在压制过程中调平精度达到 $\pm 0.02\text{mm}$,比公知的被动式四角调平精度调高了 20%。

附图说明

[0012] 图 1 是被动式四角调平液压机的液压控制系统结构示意图;

图 2 是本发明的被动式四角调平液压机的工艺行程 - 时间曲线图。

具体实施方式

[0013] 下面结合附图给出具体实施例,进一步说明本发明的被动式四角调平液压机的液压控制系统及控制方法是如何实现的。

[0014] 如图 1 所示,被动式四角调平液压机的液压控制系统包括第一活塞液压缸 1、第二活塞液压缸 2、第三活塞液压缸 3、第四活塞液压缸 4、第一位移传感器 5、第二位移传感器 6、第三位移传感器 7、第四位移传感器 8、第一压力传感器 9、第二压力传感器 10、第三压力传感器 11、第四压力传感器 12、第五压力传感器 13、第六压力传感器 14、第七压力传感器 15、第八压力传感器 16、第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20、第一安全阀 21、第二安全阀 22、第三安全阀 23、第四安全阀 24、第五安全阀 25、第六安全阀 26、第七安全阀 27、第八安全阀 28、第一调平回油单向阀 29、第二调平回油单向阀 30、第三调平回油单向阀 31、第四调平回油单向阀 32、切断阀 33、低压油源进油单向阀 34;

高压油源 P1 由切断阀 33 来控制高压油的开、关,切断阀 33 的出油口与第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的进油口相连;

第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的出油口与第一活塞液压缸 1、第二活塞液压缸 2、第三活塞液压缸 3、第四活塞液压缸 4 的无杆腔相连;

第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的出油口与第一安全阀 21、第三安全阀 23、第五安全阀 25、第七安全阀 27 的进油口相连;

第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第

四高频响比例伺服阀 20 的出油口与第一压力传感器 9、第三压力传感器 11、第五压力传感器 13、第七压力传感器 15 相连；

第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的出油口与第一活塞液压缸 1、第二活塞液压缸 2、第三活塞液压缸 3、第四活塞液压缸 4 的有杆腔相连；

第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的出油口与第二安全阀 22、第四安全阀 24、第六安全阀 26、第八安全阀 28 的进油口相连；

第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的出油口与第二压力传感器 10、第四压力传感器 12、第六压力传感器 14、第八压力传感器 16 相连；

第一活塞液压缸 1 安装有内置式第一位移传感器 5、第二活塞液压缸 2 安装有内置式第二位移传感器 6、第三活塞液压缸 3 安装有内置式第三位移传感器 7、第四活塞液压缸 4 安装有内置式第四位移传感器 8；

第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的回油口与第一调平回油单向阀 29、第二调平回油单向阀 30、第三调平回油单向阀 31、第四调平回油单向阀 32 的进油口相连；

第一调平回油单向阀 29、第二调平回油单向阀 30、第三调平回油单向阀 31、第四调平回油单向阀 32 的出油口与油箱相连；

低压油源 P2 经低压油源进油单向阀 34 的出油口与切断阀 33 的出油口和第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的出油口相连。

[0015] 被动式四角调平液压机的液压控制方法的步骤如下：

1) 第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的 PID 控制器设定虚拟轴模型，虚拟轴为第一活塞液压缸 1、第二活塞液压缸 2、第三活塞液压缸 3、第四活塞液压缸 4，即四个调平液压缸运动过程中的位移平均值模型；

2) 虚拟轴主导运动过程，即选定虚拟轴作为参考对象，第一活塞液压缸 1、第二活塞液压缸 2、第三活塞液压缸 3、第四活塞液压缸 4，即四个调平液压缸进行随动；

3) 在每个周期结束后，调平液压缸位置通过位移传感器反馈给轴控制器，经过与基准轴（虚拟轴）比较，进行 PID 运算，附加到下一周期运动位移上，这一运动位移反映到第一高频响比例伺服阀 17、第二高频响比例伺服阀 18、第三高频响比例伺服阀 19、第四高频响比例伺服阀 20 的开度，通过开度的变化使得液压缸的运动实现位置的变化；

4) 完成一次压制后，滑块回到初始位置，第一活塞液压缸 1、第二活塞液压缸 2、第三活塞液压缸 3、第四活塞液压缸 4，即四个调平液压缸复位至设定位置等待下一次调平工作。

[0016] 如图 2 所示，本发明的被动式四角调平液压机的行程 - 时间工艺曲线。

[0017] 滑块从①点开始由快速下行阶段过渡到缓慢下行阶段。

[0018] ② - ③阶段为调平液压缸预加速阶段，同时滑块也处于降速阶段当中，此过程有利于减小滑块与调平液压缸接触时瞬间的冲击力，保护压机结构，减小冲击噪声，提高加工

效率。在实际加工过程中,可以根据实际需要决定是否采用预加速运动。

[0019] ③ - ④阶段为调平控制阶段,此时滑块与调平液压缸接触共同下降,四个调平液压缸通过高频响比例伺服阀节流产生背压提供调平力,虚拟轴为主动轴,而四个调平液压缸作为从动轴,相互之间以交叉耦合控制方式进行位置闭环,最终保证滑块的平行下降。此过程对四个调平液压缸的实时控制性要求很高,并决定了产品的模压工艺质量。

[0020] ④ - ⑤阶段为系统加压,保压阶段。通过大通径比例伺服阀对主加载液压缸进行压力闭环控制。

[0021] ⑤ - ⑥阶段为微开模阶段,此时主加载液压缸泄压,四个调平液压缸顶开上模,微开模开启高度≤ 0.5mm。微开模的主要工艺作用即对模压工件进行高压模内喷涂油漆。

[0022] ⑥ - ⑦阶段为二次压制阶段,主缸再次加压保证模内喷漆效果。

[0023] ⑦ - ⑧阶段为滑块与调平液压缸共同回程阶段,到达⑧点滑块与调平液压缸分离,各自回到起始位置。

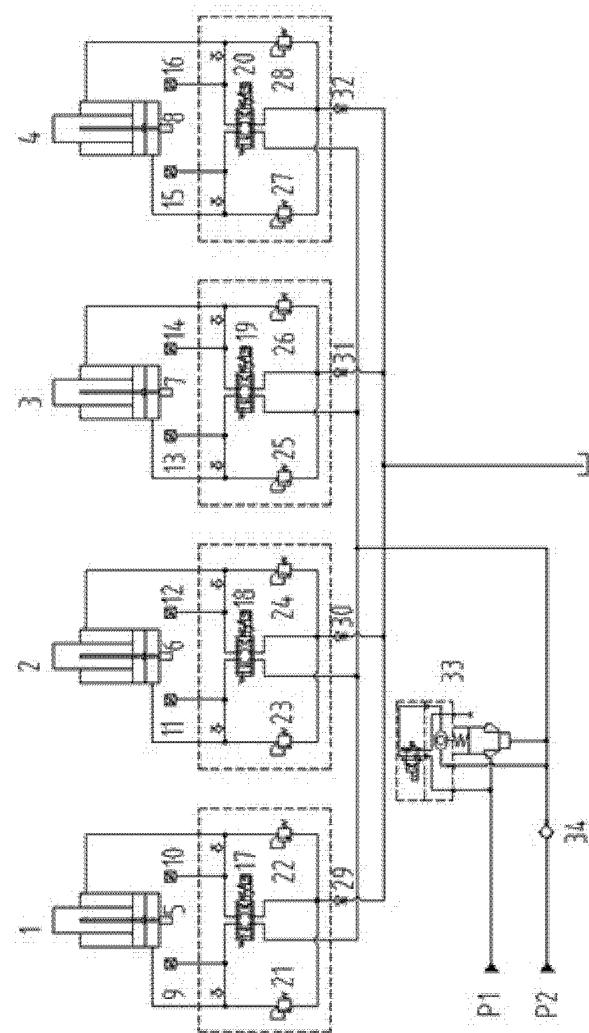


图 1

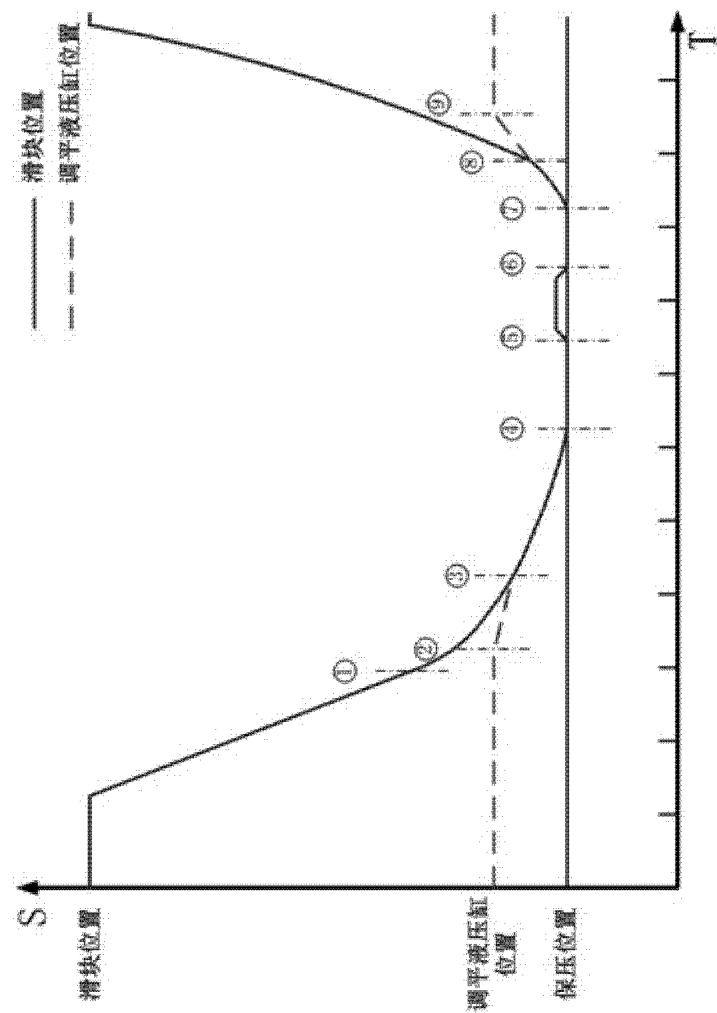


图 2