



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102398226 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 11

(21) 申请号 201110380142. 1

CN 101236426 A, 2008. 08. 06, 全文.

(22) 申请日 2011. 11. 25

JP 2004195613 A, 2004. 07. 15, 全文.

WO 8810455 A1, 1988. 12. 29, 全文.

(73) 专利权人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301 号

审查员 冯燕

专利权人 南京大地水刀股份有限公司

(72) 发明人 赵德安 张军 徐礼龙 陈波

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 楼高潮

(51) Int. Cl.

B24C 9/00 (2006. 01)

G05B 19/416 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 2842506 Y, 2006. 11. 29, 全文.

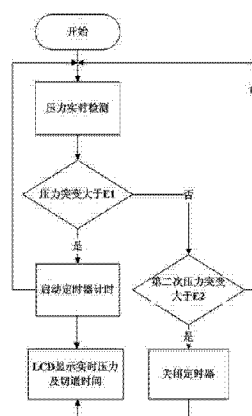
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

基于压力传感器的水刀切割速度优化控制方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于压力传感器的水刀切割速度优化控制方法, 先进行实验切割, 记录下实验切通时间和实验优化切割速度并进行指数拟合, 得到拟合曲线方程; 再从实验切通时间 0 秒至 50 秒, 以实验切通时间 0. 1 秒为一个累加单元计算相应的一个速度值, 建立实验优化速度数据库并存储于单片机中, 最后通过单片机不断地检测待切割工件的压力变化, 当第一次压力变化范围大于设定值 E1 时启动定时器, 当第二次压力变化范围大于设定值 E2 时关闭定时器, 由单片机处理得出待切割工件的切通时间, 通过实验优化速度数据库调出待切割工件的最优切割速度, 在保证切割质量的前提下提高切割效率。



1. 一种基于压力传感器的水刀切割速度优化控制方法,其特征是包括如下步骤:

(1) 在待切割工件的四个角下方均设置一个压力传感器,将各个压力传感器通过相应的变送器分别连接单片机;

(2) 采用厚度为 3.5mm、5mm、7mm、10mm、16mm 的钢板进行实验切割,记录下实验切通时间和实验优化切割速度,对实验切通时间和实验优化切割速度进行指数拟合,得到拟合曲线方程为: $V = a * \exp(b * t)$, V 是实验优化切割速度,单位 mm/min; t 是实验切通时间,单位 s; $a = 631.9$; $b = -0.08381$;

(3) 通过拟合曲线方程,从实验切通时间 0 秒至 50 秒,以实验切通时间 0.1 秒为一个累加单元计算相应的一个速度值,建立实验优化速度数据库,并将实验优化速度数据库存储于单片机中;

(4) 通过单片机不断地检测待切割工件的压力变化,当第一次压力变化范围大于设定值 E1 时,启动定时器,再进行压力检测,当第二次压力变化范围大于设定值 E2 时,关闭定时器,由单片机处理得出待切割工件的切通时间,再通过所述实验优化速度数据库,调出待切割工件的最优切割速度,采用该最优切割速度进行切割。

基于压力传感器的水刀切割速度优化控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机械切割领域,特指一种高压水射流切割(水刀)速度优化控制系统。

背景技术

[0002] 水刀是高压水射流切割刀,已在诸多行业被广泛应用,可以切割 500 种以上软硬材料,对一些难加工的高强度、高硬度材料,如陶瓷、合金材料等,需要采用混合磨料射流切割。

[0003] 水刀的切割质量(光滑度,粗糙度等)与水刀的速度、喷流压力、砂粒直径、流量摩擦流速及喷嘴的几何参数(长度、入口角、直径、孔的直径)等有关,这是一种多变量参数非线性映射关系。目前国际上主要通过试验数据,结合数据处理手段分析水刀切割质量和多个参数的定性、定量关系。在一般切割过程中,喷流压力、砂粒直径、流量摩擦流速、喷嘴的几何参数等基本保持不变,速度是影响切割质量首要考虑的因素,对优化控制效果起到关键的作用。

[0004] 目前,已有的数控水射流切割机主要由超高压系统、数控机床及控制系统、计算机辅助设计系统、切割刀头系统及自动排砂系统组成,是由人为设定切割速度,切割的质量和效率完全取决于操作人员的经验。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为克服上述现有技术中人为设定水刀切割速度的不足而提供一种基于压力传感器的水刀切割速度优化控制方法,能自动得出优化的切割速度。

[0006] 本发明采用的技术方案是包括如下步骤:(1)在待切割工件的四个角下方均设置一个压力传感器,将各个压力传感器通过相应的变送器分别连接单片机;(2)采用厚度为 3.5 mm、5mm、7mm、10mm、16mm 的钢板进行实验切割,记录下实验切通时间和实验优化切割速度,对实验切通时间和实验优化切割速度进行指数拟合,得到拟合曲线方程为: $V = a \cdot \exp(b \cdot t)$, V 是实验优化切割速度; t 是实验切通时间; $a = 631.9$; $b = -0.08381$;(3)通过拟合曲线方程,从实验切通时间 0 秒至 50 秒,以实验切通时间 0.1 秒为一个累加单元计算相应的一个速度值,建立实验优化速度数据库,并将实验优化速度数据库存储于单片机中;(4)通过单片机不断地检测待切割工件的压力变化,当第一次压力变化范围大于设定值 $E1$ 时,启动定时器,再进行压力检测,当第二次压力变化范围大于设定值 $E2$ 时,关闭定时器,由单片机处理得出待切割工件的切通时间,再通过所述实验优化速度数据库,调出待切割工件的最优切割速度,采用该最优切割速度进行切割。

[0007] 本发明结合了切割工程中压力信号在线检测和信号分析处理的方法,得出优化的切割速度,在保证切割质量的前提下提高切割效率。

附图说明

[0008] 图 1 是本发明水刀切割速度优化控制系统的结构图;

[0009] 图 2 是图 1 中压力传感器模块 6 与单片机控制系统 7 的连接图；

[0010] 图 3 是工件切通时间与切割优化速度的关系图；

[0011] 图 4 是切割工件的压力变化图；

[0012] 图 5 是速度优化控制流程图；

[0013] 图中：1. 超高压系统；2. 数控机床及控制系统；3. 计算机辅助设计系统；4. 切割刀头系统；5. 自动排砂系统；6. 压力传感器模块；7. 单片机控制系统；8. 工作台；9. 待切割工件。

具体实施方式

[0014] 如图 1 所示，本系统主要由超高压系统 1、数控机床及控制系统 2、计算机辅助设计系统 3、切割刀头系统 4、自动排砂系统 5、压力在线检测系统 6 和单片机控制系统 7 组成。超高压系统 1、计算机辅助设计系统 3 和自动排砂系统 5 均连接切割刀头系统 4，计算机辅助设计系统 3 还通过数控机床及控制系统 2 连接单片机控制系统 7。切割刀头系统 4 的正下方是设在工作台 8 上的待切割工件 9，在待切割工件 9 的下方设置压力传感器模块 6，实时测得待切割工件 9 的压力，压力传感器模块 6 连接单片机控制系统 7，对压力进行检测。

[0015] 如图 2 所示，单片机控制系统 7 中的单片机采用型号为 ATMEGA16 的芯片，单片机通过不同的端口分别连接电源模块、液晶显示器、按键、时钟电路以及四个变送器。压力传感器模块 6 由四个压力传感器组成，这四个压力传感器放置在工件 9 的四个角下，将四个压力传感器分别连接四个变送器，压力信号通过变送器传送到单片机中，通过单片机实时检测待切割工件 9 的压力变化。

[0016] 超高压系统 1 是水切割机的核心部分，它把普通的水过滤后加压至 300~400MPa，为整个切割机提供持续稳定的高压水源。超高压系统 1 的压力大小、压力的稳定性、连续工作时间以及高压零部件的寿命和可靠性直接影响切割效率、切割表面的质量以及切割精度。数控平台及控制系统 2 既是运动执行机构，又是工件支撑机构，它受数控系统的控制进行 X-Y-Z 方位的定位，又带动切割刀头按照指定程序运动，从而对工作台 8 上的待切割工件 9 进行任意曲线的切割。计算机辅助设计系统 3 是水切割机的大脑，通过 AUTOCAD 绘制的图形可以通过专用软件自动转换成加工程序，然后再通过专用电缆传输到数控系统中。在零件程序（NC 代码）的控制下，数控水切割平台可以精确控制切割头的运行轨迹，从而可以实现任意复杂平面图形的切割。切割刀头系统 4 由高压水开关、切割头、控砂阀组成。高压水开关可以瞬间开启和关断高压水流，控砂阀可瞬间开启和关断磨料的供给。高压水和磨料在切割头内混合后的射流即可对任何材料进行切割。自动排砂系统 5 是把水箱工作台内的砂自动排出并进行砂水分离，提高工作效率，降低劳动强度。

[0017] 待切割工件 9 的切割质量 Ra （表面粗糙度值，单位是 μm ）可用如下数学表达式来描述： $Ra = cV^q P^r h^s d^t m^u \varepsilon'$ ；式中： V 是喷嘴移动速度，单位是 mm/min ，喷嘴移动速度 V 对应的是切通时间， P 是水射流压力，单位是 MPa ； h 是喷嘴悬距，单位是 mm ； d 是沙砾磨料尺寸，单位是 μm ； m 是磨料流量，单位是 g/s ； ε' 是实验误差； c, q, r, s, t, u 是要用实验数据进行估计的模型参数。由上式可知，在其它量不变的情况下，切割质量 Ra 主要与喷嘴移动速度 V 即切割速度有关。而

当高压水射流切割不同材质和厚度的工件时,切通工件所需的时间不一样,工件越厚、越坚固,切通所需时间越长,则切割速度越慢;相反,越薄、越不坚固的工件,切通时间越短,则切割速度越快。工件切通时间与切割速度之间的关系符合指数函数关系,如图 3 所示。

[0018] 对待切割工件 9 切割时,在不同的切割阶段,水射流切割时的压力特征不同,切割过程中压力的变化情况如图 4 所示,在切割前,压力传感器只承受待切割工件 9 的重量压力,开始切割时,由于高压水射流对待切割工件 9 进行冲击切割,因此压力传感器承受的压力是待切割工件 9 重量与高压水射流全部压力之和;当水射流将待切割工件 9 切通时,即切穿后,高压水射流的一部分压力通过孔隙流失了,因而压力传感器承受的压力是待切割工件 9 的重量压力与高压水射流的另一部分压力之和。由于待切割工件 9 的重量是可确定的,所以可通过提取高压水射流切割过程中的压力变化来确定待切割工件 9 的切通时间。

[0019] 基于上述的分析,本发明对水刀切割速度优化控制时,通过压力传感器测出开始切割及切通时压力的变化,传输到单片机,进行计算处理,得出切通所需时间,再通过单片机里已存储的实验切通时间与实验切割速度的关系数据,自动得出各种模式下待切割工件 9 的切割所需的给点速度。具体如下:

[0020] 先通过实验数据进行指数拟合,得到拟合曲线。实验时,分别采用厚度为 3.5 mm、5mm、7mm、10mm、16mm 的钢板进行切割,在切割不同厚度的钢板时,记录下切通的时间和切割速度如下表 1 所示:

[0021] 表 1 不同工件厚度实验切通时间与实验优化切割速度的对应关系

[0022]

钢板厚度(mm)	3.5	5.0	7.0	10.0	16.0
实验切通时间(s)	3.9	5.1	8.8	14.8	28.9
实验优化切割速度(mm/min)	500	370	280	200	70

[0023] 对表 1 的实验数据采用常规指数拟合的方法进行拟合,运用 MatLab 中 cftool 工具进行指数拟合,得出如图 3 所示的拟合曲线,曲线方程式为:

[0024] $V = f(t) = a * \exp(b * t)$

[0025] 指数曲线方程式中,V 代表实验优化切割速度;t 代表实验切通时间;a = 631.9;b = -0.08381。通过指数曲线方程式,计算以实验切通时间 0.1 秒为一个累加单元,即 t=0.1 秒时,计算得出一个实验优化切割速度值,t=0.2 秒时,计算得出另一个实验优化切割速度值,以此类推,从 0 秒到 50 秒计算得出对应的实验优化切割速度值,建立实验优化速度数据库,将实验优化速度数据库存储于单片机里。

[0026] 对于实验优化速度数据中已经确立了的切通时间与优化速度的量化关系,只需确定切通时间就可得到优化速度。如前所述,可通过提取高压水射流切割过程中的压力变化来确定工件的切通时间。

[0027] 如图 5 所示,切通时间的确定方法如下:先在作台上 8 放上待切割工件 9,在待切割工件 9 的四个角下各放一个压力传感器,通过单片机不断地实时检测待切割工件 9 的压力变化。当第一次压力变化范围大于设定值 E1 时,说明进入打孔状态,启动定时器,再进行压力实时检测,当第二次压力变化范围大于设定值 E2 时,说明已经切通,则关闭定时器,通过单片机处理得出待切割工件 9 的切通时间,进而通过已建立的实验优化速度数据库,调出最优切割速度,采用这个最优速度进行切割。通过单片机可将各个参数如切割压力、切通时间、优化速度在液晶显示器 LCD 上显示。

[0028] 将单片机与 PLC 数控系统进行通信,通过上述实验优化切割速度与实验切通时间数据库的建立和上述待切割工件 9 的切通时间的确定,得到最优化的切割速度,需要把最优化的切割速度送入 PLC 数控系统中,用最优切割速度对待切割工件 9 进行切割,因此通过单片机 232 转 485 串口连接 PLC 数控系统的 485 串口,进行串口通信,PLC 接收到最优化的切割速度,进而按照此最优化切割速度完成切割。

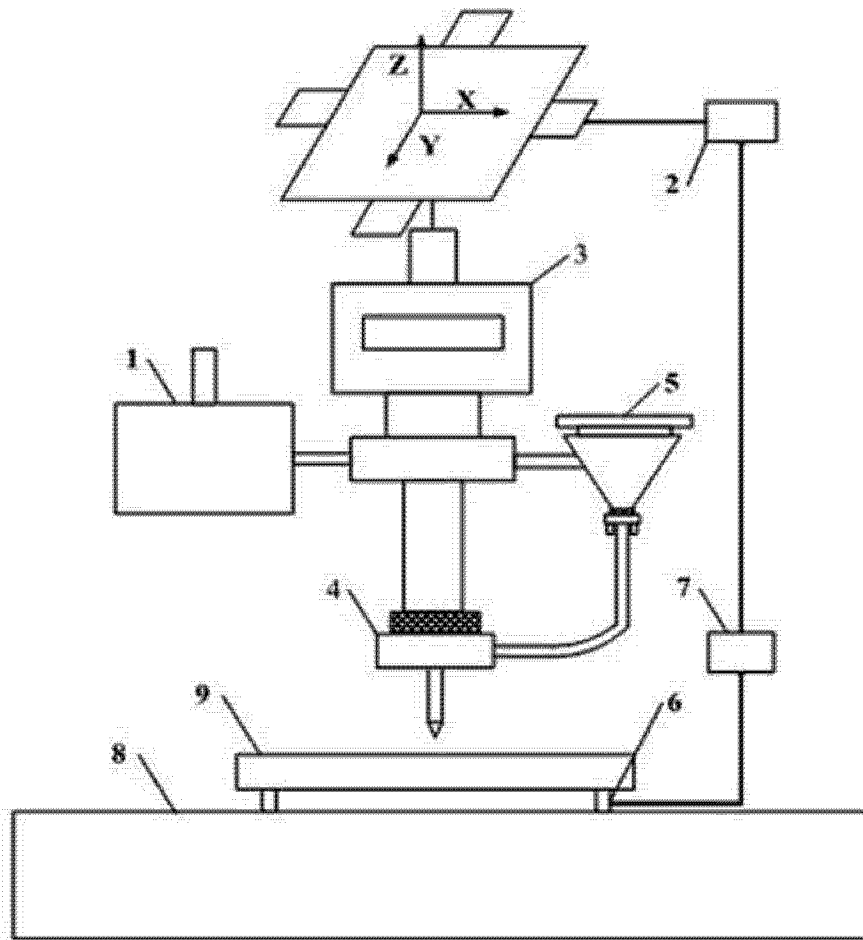


图 1

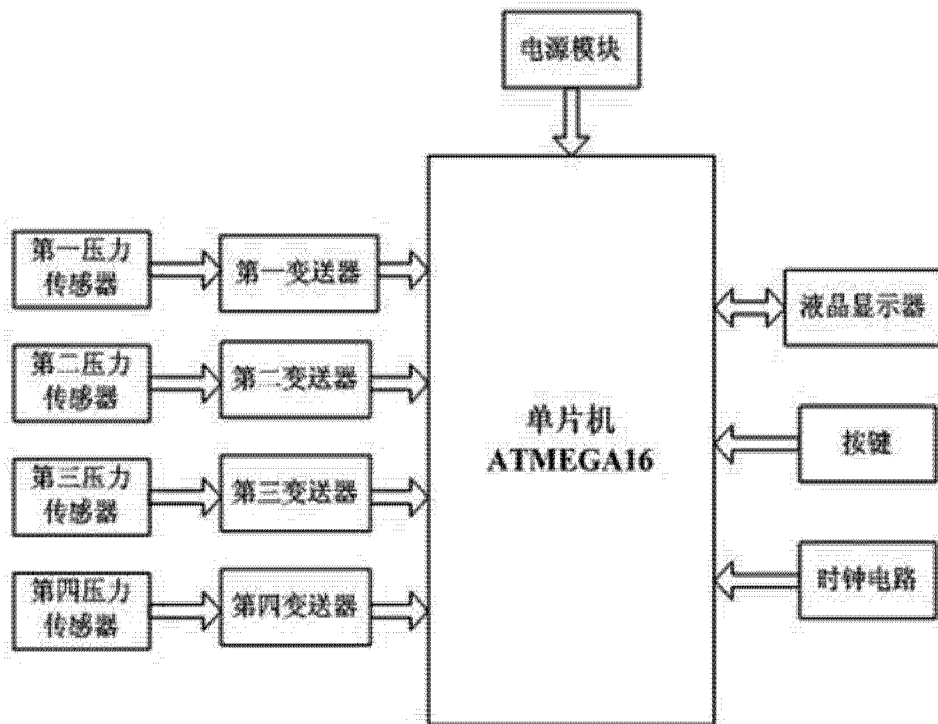


图 2

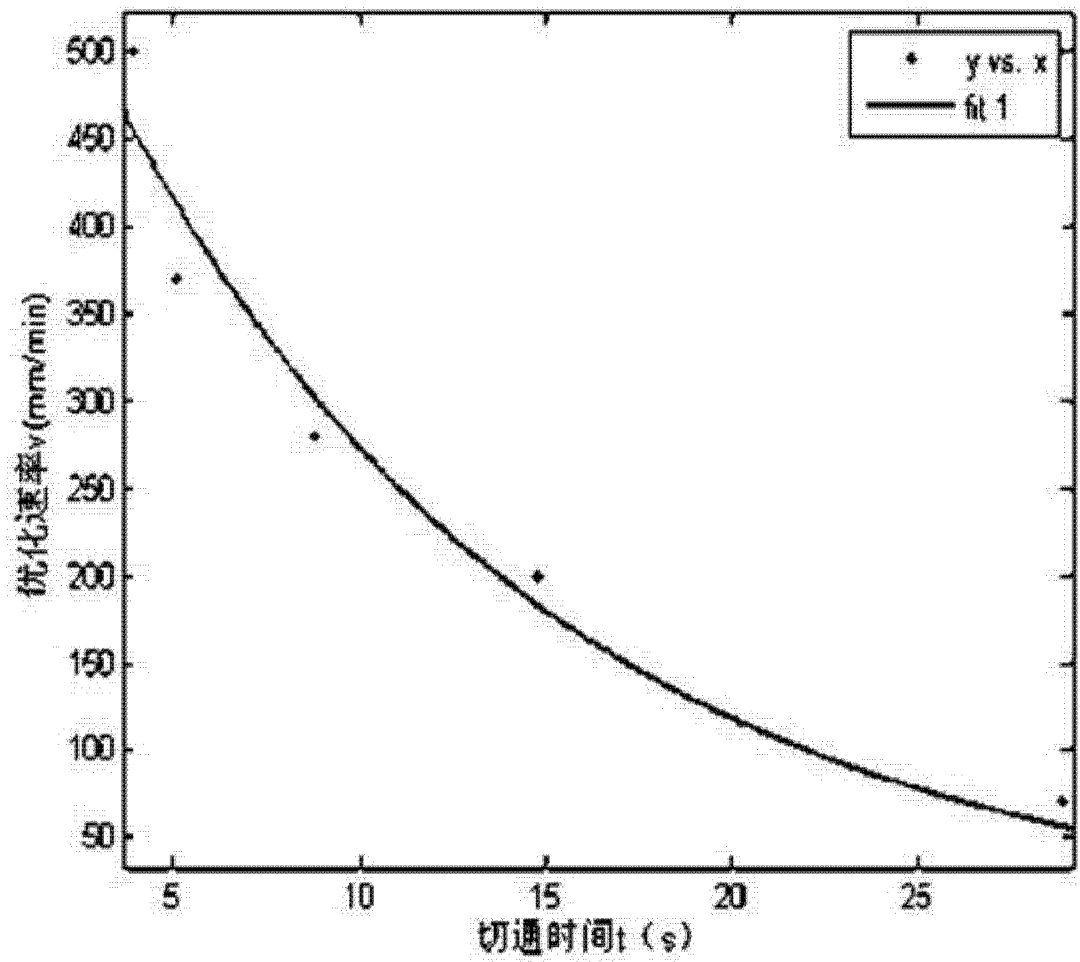


图 3

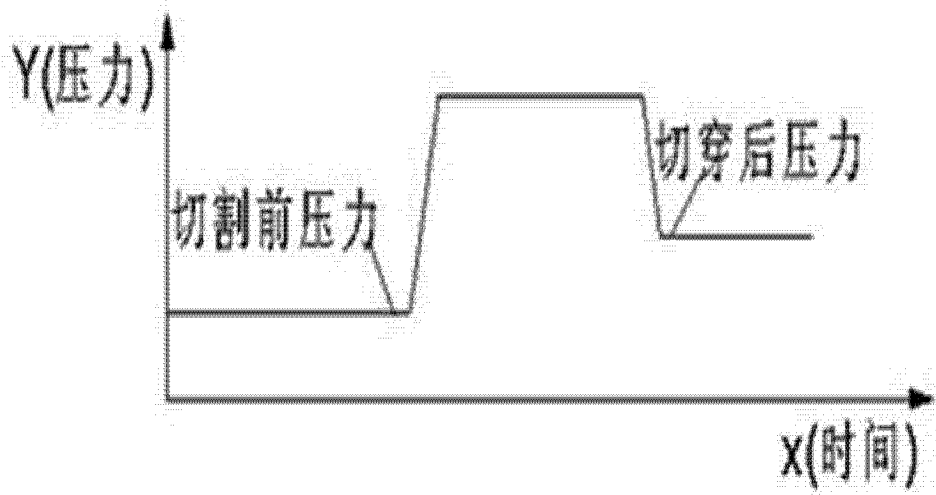


图 4

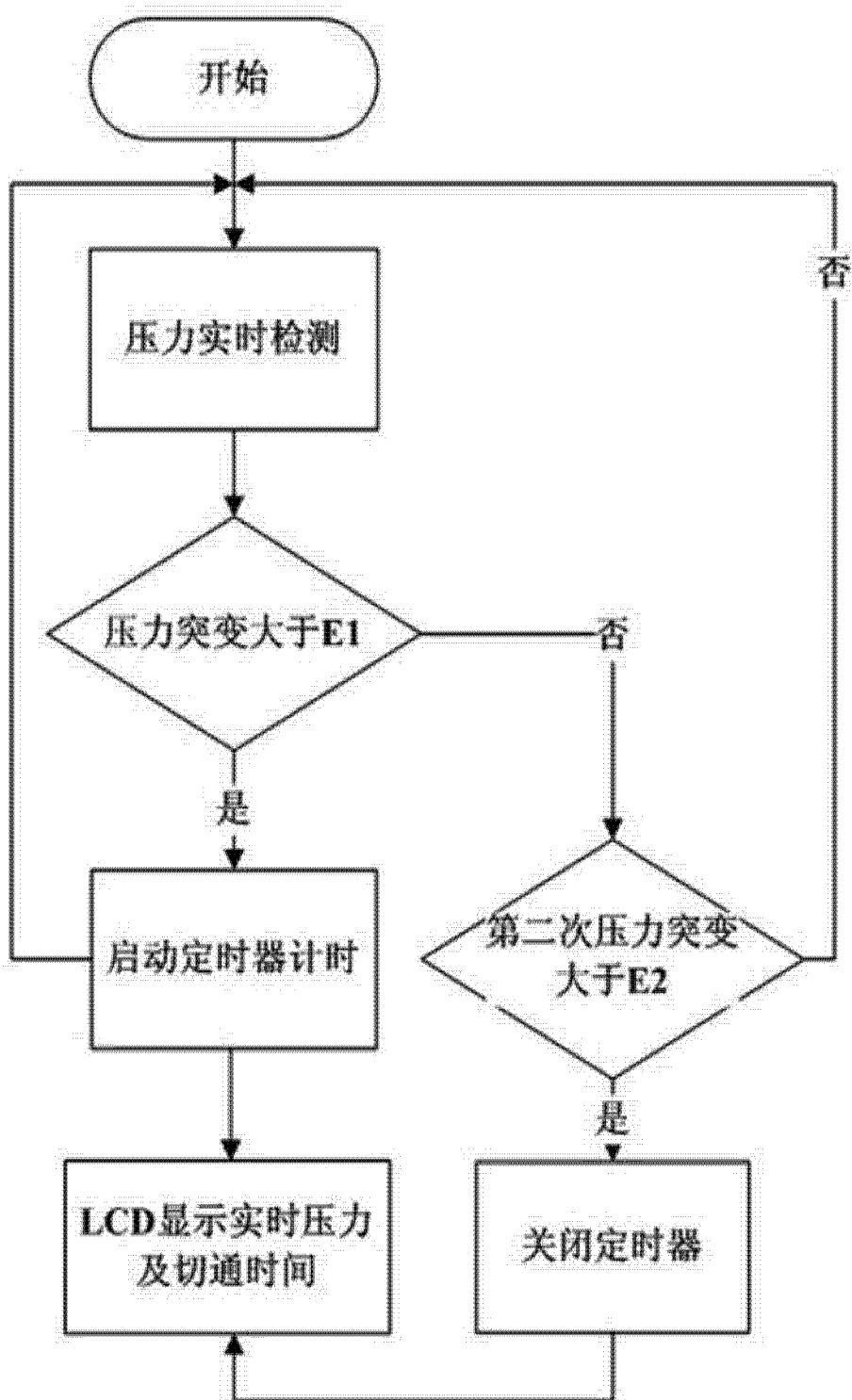


图 5