



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103233803 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 22

(21) 申请号 201310166084. 1

(22) 申请日 2013. 05. 07

(30) 优先权数据

13/592, 091 2012. 08. 22 US

(73) 专利权人 南京科益环保科技有限公司

地址 211200 江苏省南京市溧水县永阳镇天生桥大道 688 号

(72) 发明人 齐宝华

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 李晓静

(51) Int. Cl.

F01N 9/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101321937 A, 2008. 12. 10, 全文.

US 2010/0218487 A1, 2010. 09. 02, 全文.

US 2011/0047986 A1, 2011. 03. 03, 全文.

CN 102116188 A, 2011. 07. 06, 全文.

US 2011/0265459 A1, 2011. 11. 03, 全文.

CN 102733913 A, 2012. 10. 17, 全文.

审查员 刘洋

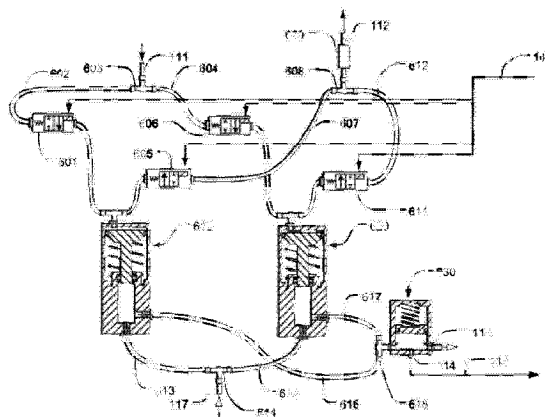
权利要求书2页 说明书16页 附图16页

(54) 发明名称

一种双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法,该方法基于一种双泵气压式尿素计量喷射系统,该系统包括还原剂供给装置、压缩空气源、用于控制向尾气系统注入还原剂流量的还原剂喷射器和 DCU;气动液压泵包括并联的第一气动液压泵和第二气动液压泵,第一气动液压泵和第二气动液压泵交替进行吸液冲程和加压冲程以提供恒定的还原剂压力。本发明以简单的压力控制来建立和保持高轨压,从而利用气动液压泵来实现计量喷射。气动液压泵不使用电动机,因此不需要持续地消耗电能和复杂的电机控制,也不需要连续的空气供给。本发明对还原剂的压力的变化不敏感,因而可以在变化的还原剂压力下进行准确的流量计量喷射,同时,双泵的交替工作保证了还原剂压力恒定。



1. 一种双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法,其特征在于:该方法基于一种双泵气压式尿素计量喷射系统,该系统包括还原剂供给装置、压缩空气源、用于控制向尾气系统注入还原剂流量的还原剂喷射器(130)和 DCU (140);所述还原剂供给装置包括还原剂供给模块(110)、还原剂液箱模块(120)、气动液压泵和液压缓冲器;所述气动液压泵的第一入口端口(117)通过单向阀(205)流体地耦合到还原剂液箱模块(120),所述气动液压泵的第二入口端口(111)流体地连接到所述压缩空气源,气动液压泵的第一出口端口(112)释放气动液压泵中的压缩空气,还原剂从气动液压泵的第二出口端口(208)流出后进入液压缓冲器,液压缓冲器提供还原剂给还原剂喷射器(130);所述 DCU (140)通过控制从压缩空气源经过第二入口端口(111)流向气动液压泵的空气流以及经过第一出口端口(112)释放的空气流来控制还原剂压力,同时通过调节所述还原剂喷射器(130)的打开时间来控制加入到尾气系统的还原剂的量;所述气动液压泵包括并联的第一气动液压泵(610)和第二气动液压泵(620),所述第一气动液压泵(610)和第二气动液压泵(620)分别有一个吸液冲程和一个加压冲程,在所述加压冲程中建立液压缓冲器中的流体压力,在加压冲程中启用闭环控制来维持液压缓冲器中的流体压力恒定,在吸液冲程中关闭所述闭环控制,通过调整所述还原剂喷射器(130)的开启时间来控制流体输送量;第一气动液压泵(610)和第二气动液压泵(620)交替进行吸液冲程和加压冲程以提供恒定的还原剂压力;

该方法如下:所述液压缓冲器底部装有压力传感器(219)用以提供还原剂的压力感测值作为液压缓冲器的流体压力指示,在所述第一气动液压泵(610)的加压冲程建立液压缓冲器中的流体压力;启动反馈控制,开始所述第二气动液压泵(620)的吸液冲程,所述反馈控制在第一气动液压泵(610)的加压冲程中利用压力传感器(219)的压力感测值来维持液压缓冲器中的流体压力恒定;再启动一个反馈控制,然后开始第一气动液压泵(610)的吸液冲程,所述反馈控制在第二气动液压泵(610)的加压冲程中利用压力传感器(219)的压力感测值来维持液压缓冲器中的流体压力恒定;通过调整还原剂喷射器(130)的开启时间控制流体输送量。

2. 根据权利要求 1 所述的双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法,其特征在于:根据从所述压力传感器(219)得到的压力感测值用脉冲宽度调制的方法在一个重复的控制周期中控制流体输出量从而控制流体输送流量。

3. 根据权利要求 2 所述的双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法,其特征在于:所述脉冲宽度调制方法包括两级控制,其中第一级控制通过根据至少从压力传感器(219)获得的压力感测值周期性地命令一个第二级控制来产生一个第二级信号,从而产生一个第一级 PWM 信号。

4. 根据权利要求 1 至 3 任一项所述的双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法,其特征在于:第一气动液压泵(610)与第一进气电磁阀(601)流体地连接在一起,第一进气电磁阀(601)通过空气通道(602)流体地连接到第一 T 型连接器(603)的一侧端口;第一 T 型连接器(603)的另一侧端口流体地连接到第二进气电磁阀(606)的入口,第二进气电磁阀(606)的出口流体地连接到第二气动液压泵(620);第一 T 型连接器(603)的中心端口流体地连接到压缩空气源;第一气动液压泵(610)和第二气动液压泵(620)的第一空气释放电磁阀(605)和第二空气释放电磁阀(611)通过第二 T 型连接器(608)流体地连接在一起;第二 T 型连接器(608)的中心端口被流体地连接到消音器(609)以减小释放空气时的噪声。

5. 根据权利要求 4 所述的双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法,其特征在于:所述第一气动液压泵(610)的还原剂供给端口与第三 T 型连接器(614)的一侧端口连接,第三 T 型连接器(614)的另一个侧端口通过管路(615)流体地连接到第二气动液压泵(620)的供给端口,第三 T 型连接器(614)的中心端口通过第二入口端口(117)流体连接到还原剂供给模块(110);第一气动液压泵(610)和第二气动液压泵(620)的还原剂输出端口通过第一通道(616)和第二通道(617)流体地连接到第四 T 型连接器(618)的两个侧端口,第四 T 型连接器(618)的中心端口流体地连通到液压缓冲器的还原剂供给端口。

一种双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种对内燃机的尾气进行处理的系统的控制方法。

背景技术

[0002] 目前,从内燃机排出的废气中对环境有害的物质,如碳氢化合物(HC)、一氧化碳(CO)、颗粒物(PM)和氮氧化物(NO_x)等是需要从尾气中去除的管制气体。在稀燃发动机中,由于存在大量过剩的氧气,一些无需外加还原剂的被动装置如三元催化装置等,通常无法像在大多数的火花点燃式发动机中那样有效地去除具有氧化性的物质 NO_x。为了减少稀薄燃烧发动机的 NO_x 排放,人们开发了不同的使用还原剂的主动装置技术。在这些技术中,通常还原剂先被计量然后注入尾气。还原剂和尾气形成的混合物进入 SCR(选择性催化还原)催化剂装置,在 SCR 催化剂装置中还原剂与 NO_x 生成无毒的物质,如氮气、二氧化碳和水。

[0003] 在 SCR 系统中,可以使用不同的还原剂,如氨(NH₃)、碳氢化合物(HC)和氢(H₂)。其中,氨 SCR 由于高转换效率和宽温度窗口从而得到最广泛的使用。氨可直接供应到 SCR 系统中。但是由于在处理纯氨中的安全性和困难,通常在氨 SCR 系统中使用的是尿素。尿素可以在尾气中热解和水解,从而得到氨。

[0004] 通常,在 SCR 控制系统中,首先由 ECU(发动机控制单元)计算所需的氨流量。然后根据尿素对氨的生成比,计算所需的尿素流量并把流量计量命令发送到计量喷射系统。在计量喷射系统中,尿素溶液被计量并注入到废气中。在一般情况下,与燃油控制类似,还原剂的计量也有两种方法:一种方法是使用计量泵,通过控制泵浦速率来精确地控制还原剂的流量;另一种方法则更像是一种共轨燃料控制方法,在该方法中,首先在盛有还原剂的“轨”或缓冲器中建立恒定的压力,然后通过调整与缓冲器连接的还原剂喷射器在一个重复周期中的开启时间来对还原剂流量进行控制。

[0005] 还原剂的雾化对 SCR 转换效率是非常重要的,特别是在尿素 SCR 系统中,因为尿素需要热解和水解成氨,而尾气所提供的热能是有限的。在上面提到的第一种还原剂计量方法中,虽然控制简单,但由于没有还原剂的压力控制,为了达到良好的雾化效果,除了要用精心设计的喷嘴,通常还需要额外的空气来提供连续的气流供给。对连续气流和精确控制计量泵的要求限制了该方法的应用。第二种还原剂计量方法并不需要额外的空气供应来促进雾化,因为在高压下,经由良好设计的喷嘴喷射还原剂可获得良好的雾化效果,然而在该方法中,由于压力控制的要求,一般要使用由电动机驱动的液体泵,如隔膜泵,同时也需要一个复杂的电机控制系统来建立和维持轨压。

[0006] 此外,为避免低环境温度下的还原剂冻结,在计量控制系统关闭之前,需要将存留在系统内的还原剂残液清除。在前面提到的第一种还原剂计量方法中,可用压缩空气将还原剂残余液驱回箱体。但在第二种方法中,必须用额外的还原剂流量控制来将还原剂残余液驱回。在计量喷射控制系统里,如果有还原剂残留在连接管路中,管路加热装置也是必需的。与对还原剂液箱的加热控制不一样,管路加热是一种分布式的加热,对其进行闭环控制

比较困难并且价格昂贵。除使用特殊的 PTC(正温度系数)加热器,还需要对加热功率和管路的耐用性精心地进行平衡,以避免局部过热而导致其损坏。

发明内容

[0007] 发明目的:为了克服现有技术中存在的不足,降低还原剂计量喷射系统的复杂性,获得良好的性能,本发明提供一种双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法,可以使用低气压源。

[0008] 技术方案:为实现上述目的,本发明的双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法,基于一种双泵气压式尿素计量喷射系统,该系统包括还原剂供给装置、压缩空气源、用于控制向尾气系统注入还原剂流量的还原剂喷射器和 DCU;所述还原剂供给装置包括还原剂供给模块、还原剂液箱模块、气动液压泵和液压缓冲器;所述还原剂液箱模块包括箱体;所述气动液压泵的第一入口端口通过单向阀流体地耦合到还原剂液箱模块,所述气动液压泵的第二入口端口流体地连接到所述压缩空气源,气动液压泵的第一出口端口释放气动液压泵中的压缩空气,还原剂从气动液压泵的第二出口端口流出后进入液压缓冲器,液压缓冲器提供还原剂给还原剂喷射器;所述 DCU 通过控制从压缩空气源经过第二入口端口流向气动液压泵的空气流以及经过第一出口端口释放的空气流来控制还原剂压力,同时通过调节所述还原剂喷射器的打开时间来控制加入到尾气系统的还原剂的量;所述气动液压泵包括并联的第一气动液压泵和第二气动液压泵,所述第一气动液压泵和第二气动液压泵分别有一个吸液冲程和一个加压冲程,在所述加压冲程中建立液压缓冲器中的流体压力,在加压冲程中启用闭环控制来维持液压缓冲器中的流体压力恒定,在吸液冲程中关闭所述闭环控制,通过调整所述还原剂喷射器的开启时间来控制流体输送量;第一气动液压泵和第二气动液压泵交替进行吸液冲程和加压冲程以提供恒定的还原剂压力;

[0009] 该方法如下:所述液压缓冲器底部装有压力传感器用以提供还原剂的压力感测值作为液压缓冲器的流体压力指示,在所述第一气动液压泵的加压冲程建立液压缓冲器中的流体压力;启动反馈控制,开始所述第二气动液压泵的吸液冲程,所述反馈控制在第一气动液压泵的加压冲程中利用压力传感器的压力感测值来维持液压缓冲器中的流体压力恒定;再启动一个反馈控制,然后开始第一气动液压泵的吸液冲程,所述反馈控制在第二气动液压泵的加压冲程中利用压力传感器的压力感测值来维持液压缓冲器中的流体压力恒定;通过调整还原剂喷射器的开启时间控制流体输送量。

[0010] 作为优选,根据从所述压力传感器得到的压力感测值用脉冲宽度调制的方法在一个重复的控制周期中控制流体输出量从而控制流体输送流量。

[0011] 所述脉冲宽度调制方法包括两级控制,其中第一级控制通过根据至少从压力传感器获得的压力感测值周期性地命令一个第二级控制来产生一个第二级信号,从而产生一个第一级 PWM 信号。

[0012] 作为优选,第一气动液压泵与第一进气电磁阀流体地连接在一起,第一进气电磁阀通过空气通道流体地连接到第一 T 型连接器的一侧端口;第一 T 型连接器的另一侧端口流体地连接到第二进气电磁阀的入口,第二进气电磁阀的出口流体地连接到第二气动液压泵;第一 T 型连接器的中心端口流体地连接到压缩空气源;第一气动液压泵和第二气动液压泵的第一空气释放电磁阀和第二空气释放电磁阀通过第二 T 型连接器流体地连接在一起;

第二 T 型连接器的中心端口被流体地连接到消音器以减小释放空气时的噪声。

[0013] 所述第一气动液压泵的还原剂供给端口与第三 T 型连接器的一侧端口连接,第三 T 型连接器的另一个侧端口通过管路流体地连接到第二气动液压泵的供给端口,第三 T 型连接器的中心端口通过第二入口端口流体地连接到还原剂供给模块;第一气动液压泵和第二气动液压泵的还原剂输出端口通过第一通道和第二通道流体地连接到第四 T 型连接器的两个侧端口,第四 T 型连接器的中心端口流体地连通到液压缓冲器的还原剂供给端口。

[0014] 有益效果:本发明的双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法,以简单的压力控制来建立和保持高轨压,从而利用气动液压泵来实现计量喷射。气动液压泵不使用电动机,因此不需要持续地消耗电能和复杂的电机控制,也不需要连续的空气供给。本发明对还原剂的压力的变化不敏感,因而可以在变化的还原剂压力下进行准确的流量计量喷射,使用双泵交替工作,保证了还原剂压力恒定。本发明中,计量喷射过程结束时压缩空气会将还原剂残余液排回箱体中,这个特殊的清除过程提高了计量喷射系统的可靠性,并降低了系统的复杂性。

附图说明

[0015] 图 1 为本发明中双泵气压式尿素计量喷射系统的结构示意图;

[0016] 图 2a 为本发明中气动液压泵和液压缓冲器的结构示意图;

[0017] 图 2b 为本发明中的冲程控制算法的流程图,该冲程控制算法用于控制图 2a 中的气动液压泵系统;

[0018] 图 2c 为本发明中的压力控制算法的流程图,该压力控制算法用于控制图 2a 中的气动液压泵系统;

[0019] 图 3a 为本发明中的气动液压泵系统正常计量喷射时的结构示意图;

[0020] 图 3b 为本发明中的气动液压泵系统清除还原剂时的结构示意图;

[0021] 图 4 为本发明中的气动液压泵位于还原剂液箱模块中的结构示意图;

[0022] 图 5a 为 PWM 控制器的包含有信号流程图的框图,该 PWM 控制器用于控制还原剂的计量喷射流量;

[0023] 图 5b 为包含有信号流程图的框图,图中所示的为图 5a 中的 PWM 控制器的 PWM 控制模块;

[0024] 图 5c 为包含有信号流程图的框图,该信号流程图所示的为一个 PWM 信号生成电路;

[0025] 图 5d 为中断服务程序的流程图,该程序用于图 5b 所示的开启时间和周期确定控制;

[0026] 图 5e 为在产生 PWM 信号时的信号时序图,该 PWM 信号由图 5d 所示的中断服务程序所产生;

[0027] 图 6 为本发明的气动液压泵系统的结构示意图;

[0028] 图 7a 为还原剂传送控制的状态流程图;

[0029] 图 7b 为启始控制的中断服务程序流程图;

[0030] 图 7c 为清除控制的中断服务例程流程图;

[0031] 图 8 为使用发动机涡轮增压器提供压缩空气的气动液压泵的示意图。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图对本发明作更进一步的说明。

[0033] 如图 1 至图 8 所示,本发明的双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法,该方法基于一种双泵气压式尿素计量喷射系统,该系统包括还原剂供给装置、压缩空气源、用于控制向尾气系统注入还原剂流量的还原剂喷射器 130 和 DCU140 ;所述还原剂供给装置包括还原剂供给模块 110、还原剂液箱模块 120、气动液压泵和液压缓冲器 ;所述还原剂液箱模块 120 包括箱体 400 ;所述气动液压泵的第一入口端口 117 通过单向阀 205 流体地耦合到还原剂液箱模块 120,所述气动液压泵的第二入口端口 111 流体地连接到所述压缩空气源,气动液压泵的第一出口端口 112 释放气动液压泵中的压缩空气,还原剂从气动液压泵的第二出口端口 208 流出后进入液压缓冲器,液压缓冲器提供还原剂给还原剂喷射器 130 ;所述 DCU140 通过控制从压缩空气源经过第二入口端口 111 流向气动液压泵的空气流以及经过第一出口端口 112 释放的空气流来控制还原剂压力,同时通过调节所述还原剂喷射器 130 的打开时间来控制加入到尾气系统的还原剂的量 ;所述气动液压泵包括并联的第一气动液压泵 610 和第二气动液压泵 620,所述第一气动液压泵 610 和第二气动液压泵 620 分别有一个吸液冲程和一个加压冲程,在所述加压冲程中建立液压缓冲器中的流体压力,在加压冲程中启用闭环控制来维持液压缓冲器中的流体压力恒定,在吸液冲程中关闭所述闭环控制,通过调整所述还原剂喷射器 130 的开启时间来控制流体输送量 ;第一气动液压泵 610 和第二气动液压泵 620 交替进行吸液冲程和加压冲程以提供恒定的还原剂压力 ;

[0034] 该方法如下 :所述液压缓冲器底部装有压力传感器 219 用以提供还原剂的压力感测值作为液压缓冲器的流体压力指示,在所述第一气动液压泵 610 的加压冲程建立液压缓冲器中的流体压力 ;启动反馈控制,开始所述第二气动液压泵 620 的吸液冲程,所述反馈控制在第一气动液压泵 610 的加压冲程中利用压力传感器 219 的压力感测值来维持液压缓冲器中的流体压力恒定 ;再启动一个反馈控制,然后开始第一气动液压泵 610 的吸液冲程,所述反馈控制在第二气动液压泵 610 的加压冲程中利用压力传感器 219 的压力感测值来维持液压缓冲器中的流体压力恒定 ;通过调整还原剂喷射器 130 的开启时间控制流体输送量。

[0035] 本实施例中,所述液压缓冲器设有入口端口 218 和出口端口 115 ;所述入口端口 218 通过单向阀 217 流体地耦合到所述气动液压泵的第二出口端口 208,所述出口端口 115 耦合到还原剂喷射器 130。所述液压缓冲器内部设有活塞 214,活塞 214 根据液压缓冲器中的还原剂压力在液压缓冲器中上下移动。还包括流体通道 125 和返回管路止流阀 137 ;所述流体通道 125 流体地将所述还原剂喷射器 130 耦合到所述还原剂液箱模块 120,所述返回管路止流阀 137 控制流体通道 125 内流体的流动。所述 DCU140 进一步被配置成通过开启所述返回管路止流阀 137 来排出在所述气动液压泵内的还原剂。所述气动液压泵放置在箱体 400 之中。所述压缩空气源包括涡轮增压器 840。所述气动液压泵包括泵体 300,泵体 300 内部设有活塞 302,活塞 302 在所述泵体 300 内上下移动,活塞 302 将泵体 300 的内部空间分成上层的压缩空气空间 340 和下层的还原剂室 330 ;压缩空气空间 340 流体地连接到所述第一出口端口 112 和第二入口端口 111,还原剂室 330 流体地连接到所述第一入口端口 117 和第二出口端口 208 ;当所述活塞 302 移动到其最底端位置时通过流体通路 312 和单向阀 314 将所述压缩空气空间 340 流体地耦合到所述还原剂室 330。所述活塞 302 进一

步地在所述泵体 300 的内部空间中分隔出中间空气室 310, 所述中间空气室 310 流体地连接到周围环境。所述活塞 302 进一步地在所述泵体 300 的内部空间中分隔出中间空气室 310, 并且除了当所述活塞位于其最底端位置时, 中间空气室 310 流体地连接到周围环境。还包括 T 型连接器 220, 所述 T 型连接器 220 的高压入口通过第二入口端口 111 流体地耦合到所述压缩空气源, T 型连接器 220 的低压出口流体连接到所述第一出口端口 112, 第一出口端口 112 流体地耦合到周围环境。所述液压缓冲器底部装有压力传感器 219, 压力传感器 219 提供还原剂的压力感测值作为液压缓冲器的流体压力指示。所述液压缓冲器中的还原剂残液由压缩空气排回到所述箱体 400 中, 利用压缩空气清除在还原剂喷射器 130 中的流体残余物。根据从所述压力传感器 219 得到的压力感测值用脉冲宽度调制的方法在一个重复的控制周期中控制流体输出量从而控制流体输送流量。所述脉冲宽度调制方法包括两级控制, 其中第一级控制通过根据至少从压力传感器 219 获得的压力感测值周期性地命令一个第二级控制来产生一个第二级信号, 从而产生一个第一级 PWM(脉冲宽度调制)信号。在所述加压冲程中从所述压缩空气源输送空气到气动液压泵, 在所述吸液冲程中从所述气动液压泵中释放空气。所述 DCU140 还包括反馈控制器; 反馈控制器进行的反馈控制包括通过根据从压力传感器 219 中得到的感测值从所述压缩气源输送空气到所述气动液压泵, 在所述气动液压泵中保留空气, 以及从所述气动液压泵中释放空气来调节气动液压泵中的空气量。在所述第一气动液压泵 610 的加压冲程建立液压缓冲器中的流体压力; 启动反馈控制, 开始所述第二气动液压泵 620 的吸液冲程, 所述反馈控制在第一气动液压泵 610 的加压冲程中利用压力传感器 219 的压力感测值来维持液压缓冲器中的流体压力恒定; 再启动一个反馈控制, 然后开始第一气动液压泵 610 的吸液冲程, 所述反馈控制在第二气动液压泵 610 的加压冲程中利用压力传感器 219 的压力感测值来维持液压缓冲器中的流体压力恒定; 通过调整还原剂喷射器 130 的开启时间控制流体输送量。

[0036] 本发明的双泵气压式尿素计量喷射系统的控制方法, 以简单的压力控制来建立和保持高轨压, 从而利用气动液压泵来实现计量喷射。气动液压泵不使用电动机, 因此不需要持续地消耗电能和复杂的电机控制, 也不需要连续的空气供给。本发明对还原剂的压力的变化不敏感, 因而可以在变化的还原剂压力下进行准确的流量计量喷射, 使用双泵交替工作, 保证了还原剂压力恒定。在本发明中, 计量喷射过程结束时压缩空气会将还原剂残余液排回箱体 400 中, 这个特殊的清除过程降低了还原剂计量喷射系统的复杂性。

[0037] 在本发明中, 液压缓冲器中的还原剂由气动液压泵来提供, 气动液压泵的第二入口端口 111 通过常开电磁阀 201 与压缩空气源相连接, 气动液压泵的第一出口端口 112 通过常闭电磁阀 203 和一个非必需的消音器 204 与周围环境相连接。气动液压泵的工作包括一个加压冲程和一个吸液冲程。加压冲程和吸液冲程的变化和气动液压泵中的压力控制由 DCU140 通过操作常开电磁阀 201 与常闭电磁阀 203 充入和释放压缩空气来完成。在加压冲程中, 液压缓冲器中的还原剂压力是由 DCU140 中的一个反馈控制器通过从压力传感器 219 得到的还原剂压力感测值来控制的, 而在吸液冲程中, 压力反馈控制器被禁用, 同时还原剂压力由液压缓冲器来保持。为了实现还原剂计量喷射, 液压缓冲器接到还原剂喷射器 130 上, 并且还原剂喷射器 130 的还原剂入口 133 通过止流阀 137 连接到还原剂液箱模块 120。计量喷射完成后, 止流阀 137 打开, 在气动液压泵的压力下, 泵体 300 和液压缓冲器中的还原剂残余物被排出, 同时还原剂喷射器 130 被清洗。还原剂的计量喷射是由一个 PWM 控制

器来控制的,该 PWM 控制器根据计量命令来产生一个 PWM 信号驱动还原剂喷射器 130。这个 PWM 控制器有两级。第一级控制器通过周期性地设定第二级控制器控制参数来产生一个第一级 PWM 信号,而第二级控制器产生一个第二级 PWM 信号。第二级控制器的控制参数是由第一级控制器根据由液压缓冲器中的压力传感器 219 产生的还原剂压力感测值来计算的。在这种方式中,由于压力变化得到 PWM 控制器的补偿,还原剂喷射的计量精度对压力变化不敏感。在计量系统中,还原剂的温度需要保持高于其冻结点,以便完成低温环境的计量喷射。本实施例中,因为还原剂的残留物可由压缩空气清除,如图 4 所示,气动液压泵可以放置在箱体 400 中,从而省却对泵体 200 的加热装置。

[0038] 本发明也可以使用如图 3a 和图 3b 所示的气动液压泵,能够使用低于液压缓冲器中还原剂压力的压缩空气源。为了避免在吸液冲程中可能的压力降,在本发明中,连续的压力反馈控制是由第一气动液压泵 610 和第二气动液压泵 620 交替地工作来实现的。即当第一气动液压泵 610 工作在有压力反馈控制的加压冲程时,第二气动液压泵 620 进入吸液冲程,而当第二气动液压泵 620 进入加压冲程时,第一气动液压泵 610 则利用吸液冲程进行还原剂的补充。任何时间第一气动液压泵 610 和第二气动液压泵 620 二者少有一个处在有压力反馈控制的加压冲程中,因此还原剂的压力在液压缓冲器中始终恒定。

[0039] 闭环压力控制和双级 PWM 控制使得还原剂压力对压缩空气供给压力的变化不敏感,而且气动液压泵可以在压缩空气压力低于还原剂压力时工作。此外,由于气动液压泵的固有性质,空气消耗量和还原剂的喷射量是相同的,因此并不需要连续的空气流。这些新特性使得本发明中的计量喷射系统可以使用包括发动机涡轮增压器 840 在内的多种压缩空气源。

[0040] 如图 1 所示,在发动机的后处理系统中,由发动机 100 产生的尾气通过歧管 101 进入尾气通道 166。在尾气通道 166 上,装有还原剂喷射器 130。还原剂喷射器 130 的电磁阀由 DCU140 控制,DCU140 通过信号线 145 连接到还原剂喷射器 130 的端口 136。还原剂供给模块 110 通过压力管线 131 流体地连接到还原剂入口 133 从而向还原剂喷射器 130 提供还原剂。为了避免高温尾气对还原剂喷射器 130 造成损害,可用发动机冷却剂对其进行冷却。发动机冷却剂通过一个入口 134 和一个出口 135 进行循环,将热量带出。从还原剂喷射器 130 喷出的还原剂与尾气混合,混合后的气体通过混合器 161 进入催化剂模块 163 中。在催化剂模块 163 中,尾气中的 NO_x 因发生 SCR 反应而得以减少。

[0041] 为了向还原剂喷射器 130 提供加压后的还原剂,还原剂供给模块 110 的端口 115 通过压力管线 131 流体地连接到还原剂喷射器 130 的还原剂入口 133。还原剂供给模块中的压力值由压力传感器 219 通过连接到端口 114 的线路 143 报告给 DCU140。还原剂供给模块 110 的端口 114 通过供应管线 123 和还原剂液箱模块 120 的端口 122 相连,从还原剂液箱模块 120 中提取还原剂。压缩空气通过第二入口端口 111 进入到还原剂供给模块 110 从而为其中的还原剂提供压力,所述还原剂的压力由 DCU140 通过连接到端口 116 的线路 146 来控制。压缩空气由第二出口端口 112 得到释放。

[0042] 还原剂液箱模块 120 中还原剂的温度和液面高度由连接到端口 126 的线路 141 和线路 142 报告给 DCU140。同时还原剂液箱模块 120 可被通过入口端口 127 和出口端口 128 循环的发动机冷却剂加热。发动机冷却剂流路由电磁止流阀 171 控制,DCU140 通过线路 147 控制电磁止流阀 171。当发动机 100 关闭后,为了防止压力管线 131 内的还原剂残余液在

低温下冻结,要对其进行清除,在清除过程中,还原剂要通过由返回管路 125 和端口 121 回流至还原剂液箱模块 120。在返回管路 125 的内部还原剂的流动由返回管路止流阀 137 控制,DCU140 通过线路 148 控制返回管路止流阀 137。线加热器 132、电加热器 129、电加热器 124 和电加热器 113 用于解冻在压力管线 131、回路管线 125、供应管线 123 和还原剂供给模块 110 中的还原剂,并保持还原剂温度高于还原剂的冻结点。DCU140 通过线路 144 控制线加热器 132、电加热器 129、电加热器 124 和电加热器 113。

[0043] 传感器 162 通过线路 155 将催化剂入口排气温度传送到 ECU150,传感器 164 通过线路 154 将催化剂出口温度传送到 ECU150,传感器 165 通过通信线路 153 将催化剂出口 NO_x 浓度传送到 ECU150, ECU150 根据收到的信息和发动机信息产生还原剂计量喷射流量的命令并发送给 DCU140。所述发动机信息,比如发动机的状态、冷却液和机油的温度、发动机转速、燃油喷射流量、尾气流量、NO_x 浓度,以及 NO₂/NO_x 比等,可通过线路 152 从发动机 110 里的传感器直接获得,或由传感器的感测值计算得出。

[0044] 如图 1 所示的还原剂供给模块 110 的一个实例是一个如图 2a 所示的气动液压泵。在所述气动液压泵中,还原剂从还原剂液箱模块 120 通过端口 117 和一个防止回流的单向阀 205 流入到泵体 200 中。在泵体 200 的顶部设有端口 202,端口 202 和 T 型连接器 220 的下端相连供压缩空气进出。T 型连接器 220 的一侧端口通过线路 209 连接到常开电磁阀 201 的出口。常开电磁阀 201 的入口是与压缩空气源连接的第二入口端口 111。T 型连接器 220 的另一侧通过线路 211 连接到常闭电磁阀 203 的入口。为了降低噪声,常闭电磁阀 203 的出口装有消音器 204。消音器 204 的出口是第一出口端口 112。在泵体 200 内部的压力下,还原剂通过端口 208、线路 207、端口 218,和防止还原剂回流的单向阀 217 被压入液压缓冲器。液压缓冲器包括液压缓冲器体 210,液压缓冲器体 210 内装有活塞 214,活塞 214 上设有槽 222,液压缓冲器体 210 上拧有盖子 212,盖子 212 下部设有槽 221,槽 221 和槽 222 之间设有弹簧 213。液压缓冲器体 210 内设有限制弹簧 213 最低位置的阻挡器 216。活塞 214 与液压缓冲体 210 形成了一个封闭的高压腔 230,活塞 214 外围的槽 223 中装有 O 型环 215 将还原剂密封在高压腔 230 中。当还原剂喷射器 130 被加电后,高压腔 230 中的还原剂通过端口 115 流出。而高压腔 230 中的压力由压力传感器 219 来监测,其压力值通过端口 114 传送到 DCU140。

[0045] 泵体 200 中的还原剂需要定期地进行补充,在补充后,泵压被控制到一个常值。通常情况下,向泵系统填充还原剂的过程称为吸液冲程,从泵体 200 中挤压还原剂到液压缓冲器体 210 的过程称为加压冲程。对泵系统吸液冲程和加压冲程的控制以及压力控制是通过常开电磁阀 201 和常闭电磁阀 203 的组合控制来完成的。对常开电磁阀 201 和常闭电磁阀 203 的控制有四种模式,如表 1 所示。

[0046] 表 1

[0047]

模式	常开电磁阀 201 的状态	常闭电磁阀 203 的状态	动作
0	未加电	未加电	从泵体 200 中放气
1	未加电	加电	保持泵体 200 中的空气

2	加电	未加电	释放压缩空气
3	加电	加电	向泵体 200 中充气

[0048] 在模式 0 中,常开电磁阀 201 和常闭电磁阀 203 都不加电,泵体 200 内的空气释放到周围环境中;在模式 1 中,常开电磁阀 201 加电,泵体 200 与周围环境隔离,同时,由于常闭电磁阀 203 不加电,空气被保留在泵体 200 中;模式 2 是一个特殊模式,在此模式下,压缩空气会被释放到环境中,在模式 2 中,可以用 T 型连接器 220 于吸液冲程中在泵体 200 内建立低压以方便充液,但是,在加压冲程应避免模式 2;模式 3 是一种充气模式,常开电磁阀 201 将泵体 200 与周围环境隔离,而常闭电磁阀 203 则将泵体 200 连接到压缩空气源。

[0049] 在泵系统的控制中,吸液冲程和加压冲程被交替触发。泵系统的控制可以用一个周期运行的时间中断服务程序来实现。如图 2b 所示,在一个示例性的泵系统控制程序中,吸液冲程的触发状态首先受到检查。如果吸液冲程被触发,则进入模式 0,在该模式中,泵体 200 内的空气被释放到周围环境中,泵体 200 内的压力降低后,在重力或还原剂液箱模块 120 与泵体 200 之间的压力差的作用下,还原剂液体将流入泵体 200。在吸液冲程中,没有流体流出泵体 200,还原剂的驱动压力由液压缓冲器来保持。在泵系统控制被设置为模式 0 后,在步骤 236 中,对吸液冲程的运行状态进行检查。如果吸液冲程完成,则在程序结束之前,泵系统控制复位吸液冲程的触发器并触发加压冲程来启动下一周期的加压冲程。否则,在步骤 231 中对吸液冲程时间进行检查,如果吸液冲程时间太长,就在步骤 232 中报告故障,然后结束程序。回过头来再看对吸液冲程触发状态的检查,如果在吸液冲程没有触发,则置位吸液冲程的触发,并且在程序结束之前关闭压力控制,否则,在步骤 235 中,启动压力控制以保持液压缓冲器的压力恒定在 DCU140 所命令的水平上。完成步骤 235 之后,在步骤 237 中对加压冲程的运行状态进行检查。如果加压冲程还没有完成,那么该程序就结束;否则,将复位加压冲程触发器并设置吸液冲程触发器,并在此之后的步骤 233 中关闭压力控制并检查泵系统控制在模式 1 的时间。如果模式 1 的时间太短,则在步骤 234 中报告故障。

[0050] 根据理想气体定律,在给定温度和体积条件下液压缓冲器中的压力由留存在泵体 200 内的压缩空气量来决定,因此该压力可以通过利用常开电磁阀 201 和常闭电磁阀 203 调整泵体 200 中的压缩空气留存量来控制。如图 2b 所示,步骤 235 中的压力控制的一个例子是一个如图 2c 所示的时间中断服务程序,该中断服务程序定期运行。在这个程序中,首先检查压力控制状态。如果压力控制未启用,则将三个压力控制模式定时器 Timer_Mode0、Timer_Mode1 和 Timer_Mode3 清零,然后结束程序。否则,检查由压力传感器 219 得到的压力感测值。如果压力感测值高于阈值 Th1 并低于阈值 Th2,则控制器切换到模式 1 中,并将定时器 Timer_Mode1 的值加 1。在模式 1 下,压缩空气将被留存在泵体 200 之内。如果压力感测值高于阈值 Th2,则控制器进入模式 0 以释放空气,并且将定时器 Timer_Mode0 的值加 1。当压力感测值低于阈值 Th1 时,控制器切换到模式 3 以通过对泵体 200 充气增加其内部空气压力,并将模式 3 定时器 Timer_Mode3 加 1。如前所述,在压力控制中不应该允许模式 2 的存在,因此为了不使本系统的控制暂时地进入模式 2,在从模式 3 切换到模式 0 时,控制器应当首先对常开电磁阀 201 断电,而从模式 0 切换回模式 3 时,应首先对常闭电磁阀 203 加电。

[0051] 如图 2b 所示的泵系统的控制中,步骤 236 和步骤 237 的加压冲程和吸液冲程可由一个充液事件和一个泵体充满事件来启动。充液事件通过检测泵体 200 内的还原剂液位或通过用注射时间计算还原剂液位来触发。为了检测还原剂在泵体 200 内的液位,需要在泵体 200 内安装液位传感器,同时用注射时间和压力或质量流速计算得出的累积流量也可以用来确定还原剂在泵体 200 内的液位。与充液事件相似,泵体充满事件也可以通过检测还原剂液位或计算充液时间来触发,而充液时间是箱体 400 内液位水平和泵体 200 与箱体 400 内还原剂压力差的函数。由于在吸液冲程中,还原剂的驱动压力只是由液压缓冲器提供而没有控制,吸液冲程时间应尽量短,以避免造成显著的压力降。当液位传感器 403 用来触发充液事件和一个泵体充满事件时,如果箱体 400 是空的,则泵体充满事件在很长一段时间不会被触发,从而导致一个长时间的吸液冲程。因此,空的箱体 400 可以通过检测一个失效的泵体充满事件来检测到。图 2b 中的步骤 231 和步骤 232 就展示了这种检测。当加压冲程被触发后,如果建立驱动压力很困难,则有可能是泵体 200 的问题,比如泵体 200 泄漏,也可能是压缩空气的问题。因此,在加压冲程中过长的模式 1 的时间可以用来检测上述故障。图 2b 中的步骤 233 和步骤 234 就展示了这种检测。

[0052] 当发动机 100 关机时,在泵体 200、液压缓冲器和相关管线中的还原剂应被排出以防止泄漏或冻结。如图 1 和图 2a 所示的气压式尿素计量喷射系统中,还原剂的排出可在压力控制的模式 1 中通过返回管路止流阀 137 来控制,即在打开返回管路止流阀 137 时,在泵体 200、液压缓冲器和相关管线内的还原剂被压缩空气通过压力管线 131 和返回管路 125 驱回至箱体 400。在清除还原剂余液后,在模式 1 中留存在泵体 200 中的压缩空气也被释放回还原剂液箱模块 120。清除过程可能无法排出在还原剂喷射器 130 中的所有还原剂残余物。为了进一步清理,可在返回管路止流阀 137 关闭的情况下触发模式 3,并且对还原剂喷射器 130 进行加电以吹出其中残余的还原剂。

[0053] 普通的气动液压泵系统中的驱动压力只能控制在压缩空气供给压力之下。然而,在一个还原剂输送系统中,良好的雾化对于获得高转换效率和避免液滴碰撞与沉积是很重要的,而良好的雾化需要高驱动压力。为了提高驱动压力以便我们能使用低压压缩空气气源,使用一个内带活塞的气动液压泵,如图 3a 所示。在泵体 300 内设有活塞 302,活塞 302 将泵体 300 的内部分成三个空间:压缩空气空间 340、形成气腔的中间空气室 310 和还原剂室 330。活塞 302 的大面积的上表面 303 接触压缩空气,活塞 302 的小面积的下表面 304 接触还原剂,因而在还原剂室 330 可得到比压缩空气空间 340 更高的压力。所述压缩空气空间 340 与中间空气室 310 用套在活塞 302 上的 O 形环 301 来密封隔离;还原剂室 330 与中间空气室 310 由嵌在孔 320 中的密封圈 321 来密封隔离。活塞 302 受到弹簧 305 的支撑。当压缩空气空间 340 施有压力 P_c 时,在活塞 302 转递的压力下,还原剂室 330 中会得到一个驱动压力 P_1 ,并有

$$[0054] \quad P_1 = (P_c \cdot A_{303} - k_s \cdot x - f_0) / A_{304} \quad (1)$$

[0055] ,公式 (1) 中 A_{303} 是上表面 303 的面积, k_s 为弹簧 305 的弹簧常数, x 是从活塞 302 的最高位置到当前位置的距离, f_0 是摩擦力加上静态弹簧力,而 A_{304} 是下表面 304 的面积。根据公式 (1),如果弹簧常数 k_s 和磨擦力很小,那么驱动压力由上表面 303 和下表面 304 的面积比 A_{303}/A_{304} 来决定。

[0056] 在加压冲程中,当压缩空气在压缩空气空间 340 中建压时,活塞 302 在压力下向下

移动, 按压弹簧 305 并在还原剂室 330 产生驱动压力。在吸液冲程中, 当压缩空气被释放时, 活塞 302 在弹簧 305 提供的压力下向上移动, 从而将还原剂从箱体 400 中吸入还原剂室 330。与图 2a 所示的气动液压泵相比, 在图 3a 所示的气动液压泵中, 吸液冲程有一个强制的吸入过程。

[0057] 虽然如图 3a 所示的泵系统的控制与图 2a 所示的泵系统的控制相同, 其驱动压力控制范围却是不同的。对于图 2a 所示的气动液压泵, 驱动压力控制范围是从单向阀 205 的导通压力 P_{b205} 到压缩空气的压力 P_c , 而对于图 3a 所示的气动液压泵, 根据公式 (1), 其驱动压力范围则是从 P_{b205} 到 $P_1(0)$, 而

[0058] $P_1(0) = (P_c \cdot A_{303} - f_0) / A_{304}$

[0059] 。如图 3a 所示的气动液压泵除了输送还原剂, 还能够在尿素计量喷射过程完成后清除还原剂残留物。中间空气室 310 的端口 311 通过流体通路 312 流体地连接到还原剂室 330 的端口 313。同时, 单向阀 314 防止还原剂倒流回中间空气室 310。中间空气室 310 的端口 315 用于将留存的压缩空气释放到周围环境中。除了当活塞 302 移动到最底端时, 端口 311 和端口 315 流体地连接到中间空气室 310。如图 3b 所示, 活塞 302 在最底端时, 压缩空气空间 340 通过端口 311、流体通路 312、端口 313 和底部还原剂室 330 连通。在正常操作时, 还原剂室 330 内的压力总是高于中间空气室 310 中的压力, 受到单向阀 314 的阻断, 在流体通路 312 中没有还原剂流动。当尿素计量喷射完成后, 打开返回管路止流阀 137, 为给泵体 300 加液, DCU140 停止触发吸液冲程。在泵体 300 中的还原剂耗尽时, 活塞 302 移动到其最底端, 通过端口 311 和流体通路 312 将压缩空气接到端口 313。当在液压缓冲器中的还原剂耗尽时, 在压缩空气的压力下, 在泵体 300 和液压缓冲器中的还原剂残余物将通过返回管路 125 驱回箱体 400。清除完成后, 在关闭返回管路止流阀 137 和加电还原剂喷射器 130 喷嘴的同时可以触发模式 3 以吹出还原剂喷射器 130 中的残余物。

[0060] 清除残余的还原剂后, 随着泵体 300 和液压缓冲器中的压缩空气被释放, 液压缓冲器成为空的。然而, 虽然液压缓冲器和相关管线仍然是空的, 箱体 400 中的还原剂在重力和压力差的作用下还将进入到泵体 300 内。因此, 如图 1 所示, 泵体 300 需要电加热器 113 解冻还原剂并且在寒冷的环境下保持还原剂温度高于冻结点。但如果将泵体 300 放在箱体 400 中, 如图 4 所示, 则电加热器 113 可以省略。箱体 400 上部设有端口 401, 端口 401 通过还原剂输出管线 207 连接到液压缓冲器, 压缩空气通过端口 202 和端口 402 连接到 T 型连接器 220。当环境温度低时, 设有入口 127 和出口 128 的冷却剂加热器 405 被用来加热还原剂。冷却剂加热器 405、液位传感器 403 和温度传感器 404 固连在一起, 置于箱体 400 中。液位传感器 403 用于检测箱体 400 内还原剂的体积, 而温度传感器 404 则用于监测和控制还原剂的温度。液位传感器 403 和温度传感器 404 分别通过管线 141 和管线 142 与 DCU140 连接。

[0061] 如上所述, 如图 2a 和图 3a 所示的泵系统中, 在清除还原剂后, 由于在气动液压泵、液压缓冲器以及相关管线中的还原剂残余物被排回箱体 400, 同时在还原剂喷射器 130 中的还原剂残余物被吹出, 对压力管线 131 中被冻结的还原剂的解冻控制不再是必须的, 电加热器 129 也不再需要。在如图 4 所示的泵系统中, 由于泵体 200 在箱体 400 中, 管线 123、电加热器 124 和电加热器 113 就可以省略。这样, 在本发明中, 唯一需要的加热控制是箱体 400 的加热控制和管线的维护加热控制, 该维护加热控制用来防止压力管线 131 在尿素计

量喷射期间被冻结。由此,加热控制大大简化。

[0062] 如图 1 所示的使用低气压源的尿素计量喷射系统中,还原剂的计量喷射流速可以通过使用一个 PWM 信号控制还原剂喷射器 130 在一个 PWM 周期中的开口时间来控制。使用这个 PWM 控制,还原剂的质量流速 $\dot{m}_{af}$ 由下面的公式确定:

$$[0063] \quad \dot{m}_{af} = \int_0^{t_0} C_D A_n \sqrt{2\rho(P_r - P_c)} dt / S_0 \quad (2)$$

[0064] ,公式 (2) 中 t_0 是 PWM 的导通时间, P_r 为液压缓冲器中的压力, P_c 是尾气通道 166 中的压力, S_0 是 PWM 周期, C_D 是流量系数, A_n 为喷嘴的最小面积,而 ρ 是工作流体的密度。压力 P_c 是尾气的体积流量和环境压力的函数。然而,由于发动机背压的要求,相对于通常是高于 4 个大气压的压力 P_r , 压力 P_c 被限制到一个比较小的值。其结果是,在一个给定的 PWM 控制信号的作用下,还原剂的质量流速主要受在液压缓冲器中的压力 P_r 的影响, P_r 由压力传感器 219 测出。因此,为使还原剂计量喷射准确,需要补偿在 PWM 控制中液压缓冲器的压力变化,或者消除这种压力变化。

[0065] 如图 5a 所示的一种两级 PWM 控制可以用于补偿压力的变化。在所述两级 PWM 控制中,从压力传感器 219 得到的信号通过管线 143 发送到 DCU140 中的传感器信号处理单元 502。在传感器信号处理单元 502 中模拟的压力检测信号被滤波并被转换为数字信号。这个数字信号与还原剂的质量流速命令一起被馈送到 PWM 信号控制器 501 中的 PWM 控制模块 510。然后 PWM 控制模块 510 计算出 PWM 信号发生器 520 的控制参数值, PWM 信号发生器 520 产生一个 PWM 信号,该信号被提供给电源开关电路 503,并在电源开关电路 503 中被转换成一个开关信号通过控制线 145 来驱动喷射器 130。

[0066] 在 PWM 信号控制器 501 中的 PWM 信号生成包括两级。在第一级中, PWM 信号发生器 520 的控制参数被设置而产生一个第一级 PWM 信号,第一级 PWM 信号包括由 PWM 信号发生器 520 在第二级信号产生过程中产生的第二级 PWM 信号。第一级 PWM 信号的产生有一个与压力传感器 219 的响应速率相匹配的执行速率,而第二级 PWM 信号与第一级 PWM 信号的频率是相互独立的,因此,可以设其为高值以提高控制精度。

[0067] PWM 控制模块 510 的一个实例如图 5b 所示。在 PWM 控制模块 510 中,当接收到质量流速的命令时,在模块 511 和模块 512 中计算第一级 PWM 信号的占空比和周期提供给模块 514,并在模块 514 里确定一个目标值。然后,将所述目标值与模块 513 中计算出的现行值进行比较。所述现行值由传感器信号处理单元 502 提供的压力反馈值计算得到。由所述目标值和现行值计算得到的误差值由模块 515 用来计算导通时间的设定值,同时第二级 PWM 信号的周期设定值根据质量流速命令在模块 516 中决定。

[0068] 很多电路可被用来在 PWM 信号发生器 520 中产生 PWM 信号,如图 5c 所示的一个示例性电路的方框图和信号流程图是一种实施方式。在图 5c 所示的电路中,一个 PWM 信号的周期和导通时间分别设置到周期寄存器 521 和导通时间寄存器 522。在一个 LD 信号的下降沿,周期寄存器 521 和导通时间寄存器 522 中的值被进一步置入周期计数器 523 和导通时间计数器 524。周期计数器 523 和导通时间计数器 524 都是递减计数的计数器,并且由一个时钟信号同步它们的计数动作。当周期计数器 523 计数到 0 时,在加载控制逻辑 525 中,在时钟信号的作用下会产生一个 LD 脉冲,并且在所述 LD 脉冲的下降沿开始一个新的周期。

周期计数器 523 的值 DA、LD 信号、周期寄存器 521 的值 DB、时钟信号、导通时间寄存器 522 的值 DC 和导通时间计数器 524 的值 DD 被用于在信号控制逻辑电路 526 中产生 PWM 信号。在信号控制逻辑电路 526 中,如果 DC 等于或大于 DB,即导通时间寄存器 522 的设置值等于或大于周期寄存器 521 的设定值,则在 LD 信号的下降沿产生一个高电平信号或 100% 占空比的 PWM 信号。当 DC 被设为 0 时,在 LD 信号的下降沿产生一个低电平信号,即 0% 的占空比的 PWM 信号。如果 DC 在 0 和 DB 之间,则在时钟信号的一个上升沿,PWM 信号由周期计数器 523 的值 DA 和导通时间计数器 524 的值 DB 来确定;即只有当 DA 和 DB 大于 0 时,PWM 信号为高电平。

[0069] PWM 控制模块 510 可由一个周期性运行的时间中断服务程序来实现。该中断服务程序的流程图如图 5d 所示。在此流程图中, t_v 和 Thd 是恒定值,P1 是第一级 PWM 信号的周期值,而 P3 是该中断的周期值。Status 是 PWM 脉冲状态的标志。当一个定常的 on_time 值设置到第二级 PWM 信号的 t_v 时,Status 的值就是 ON,否则,Status 的值就是 OFF。变量 target_value 包含了第一级 PWM 信号的 on_time 目标值,而变量 current_value 则保存了第一级 PWM 信号在当前时刻的 on_time 值。P2 和 On_time2 分别是第二级 PWM 信号产生中的周期寄存器 521 和导通时间寄存器 522 的值,而变量 Timer 则存储了第一级 PWM 周期中的当前时间值。

[0070] 当中断服务程序被触发时,变量 Timer 的值与第一级 PWM 信号的周期值 P1 进行比较。如果当前周期已经完成,即 $\text{Timer} \geq P1$,就检查第二级 PWM 信号的 on_time 值。当 on_time 值低于 t_v 时,计算当前 PWM 周期的总误差,即 previous_error。而当 Timer 值被复位到 P3 并且在步骤 532 中初始化 current_value 后,则为一个新的周期而更新 P2 和变量 target_value。在该新周期开始后,将前一周期的误差加到现周期的误差而得到当前周期中待校正的误差。如果待校正的误差高于 t_v ,则将 t_v 赋予第二级 PWM 信号的 on_time 值 On_time2,同时置位 Status 标志,否则,将误差值赋予 On_time2 并复位 Status 标志,此后该程序结束。回到 On_time2 值与 t_v 的比较,如果 On_time2 值不低于 t_v ,意味着这个 PWM 周期中的错误不能被校正。在这种情况下,计算在上个周期的误差,并且在 Timer 被设置为 P3 和初始化 current_value 后,置位 Status 标志。由于误差不能被校正,它将被累积。当累积误差高于阈值 Thd 时,就报告故障并且结束程序。回到 Timer 值与 P1 的比较。当 Timer 值低于 P1 时,即在当前 PWM 周期,Timer 值增加 P3,然后检查 Status 标志。如果 Status 标志值是 OFF,就将 On_time2 清除为 0,并且结束程序,否则,在步骤 531 中计算 current_value,并在此后更新这个误差。程序结束之前,将误差值与 t_v 进行比较。如果误差值是等于或大于 t_v ,就将 On_time2 设置为 t_v ,否则将误差值赋予 On_time2 并且将 Status 标志复位为 OFF,然后结束该程序。

[0071] 在中断服务程序中,通常要将 t_v 值选得大于要修正的误差(如 t_v 等于 P2 的值),而中断周期值 P3 可与第二级 PWM 信号的周期 P2 相同。使用如图 5d 所示的中断服务程序时,当 t_v 等于 P3 等于 P2 时的信号时序图如图 5e 所示。一个中断在时刻 546 被触发。由于将 current_value 值与目标值 547 相比较而得到的误差高于 t_v ,On_time2 被设置为 t_v 。当 LD 信号出现下降沿时,在时刻 541,加载 On_time2 值到导通时间计数器 524 并触发 PWM 脉冲。变量 current_value 的值随时间而积累。在时刻 542,当计算出的误差低于 t_v 时,误差值将被分配给 On_time2。在时刻 543 触发的下一个中断中,On_time2 被设置为 0,并且变量

current_value 被锁定在值 548。此后 on_time 计数器的值在时刻 544 由一个 LD 信号的下降沿更新,同时此 PWM 脉冲结束。当前 PWM 周期在时刻 545 结束,如图 5e 所示的 previous_error 的值通过将 current_value 的值 548 和目标值 547 之间的误差包含其中而被更新为下一周期值。

[0072] 如图 5d 所示的中断服务程序中, target_value 可以通过下面的公式用还原剂的流量指令来计算:

$$[0073] \quad \text{target_value}(i) = \text{Mass_flow_rate_cmd} * S0 \quad (F1)$$

[0074] , 公式中 Mass_flow_rate_cmd 是 PWM 控制的质量流速命令, S0 是第一级 PWM 信号的周期值。

[0075] 用于在步骤 531 中计算 current_value 的公式是:

$$[0076] \quad \text{current_value}(i) = K * \sqrt{\text{Pr}(i) - \text{Pc}} * P3 + \text{current_value}(i-1) \quad (F2)$$

[0077] , 公式中 sqrt 是平方根计算, Pr(i) 是在第 i 个中断周期计算中所用的压力感测值, Pc 是尾气通道 166 中的压力, K 是方程 (2) 中的 $C_d A_n \sqrt{2\rho}$ 项, 而 i 是 Timer 被复位后的中断数:

$$[0078] \quad i = \text{Timer} / P3 \quad (F3)$$

[0079] , current_value(0) 在步骤 532 中被设置为 0。

[0080] 在加压冲程中, 泵系统中液压缓冲器的压力被控制恒定。然而, 在吸液冲程中, 由于闭环压力控制被停用, 压力会有变化。这个两级 PWM 控制是一种在压力变化时准确地控制还原剂流量的方法。如图 6 所示, 本发明的双泵气压式尿素计量喷射系统, 第一气动液压泵 610、第二气动液压泵 620 和液压缓冲器 630 一起工作来提供有压力控制的液体流。第一气动液压泵 610 与第一进气电磁阀 601 流体地连接在一起, 第一进气电磁阀 601 通过空气通道 602 流体地连接到第一 T 型连接器 603 的一侧端口。第一 T 型连接器 603 的另一侧端口流体地连接到第二进气电磁阀 606 的入口, 第二进气电磁阀 606 的出口流体地连接到第二气动液压泵 620。第一 T 型连接器 603 的中心端口流体地连接到压缩空气源。同样地, 第一气动液压泵 610 和第二气动液压泵 620 的第一空气释放电磁阀 605 和第二空气释放电磁阀 611 通过第二 T 型连接器 608 流体地连接在一起。第二 T 型连接器 608 的中心端口可被流体地连接到消音器 609 以减小释放空气时的噪声。在还原剂的传送路径中, 还原剂通路 613 流体地将第一气动液压泵 610 的还原剂供给端口连接到第三 T 型连接器 614 的侧端口。第三 T 型连接器 614 的另一个侧端口通过管路 615 流体地连接到第二气动液压泵 620 的供给端口, 第三 T 型连接器 614 的中心端口通过第二入口端口 117 流体地连接到还原剂供给模块 110。同样地, 第一气动液压泵 610 和第二气动液压泵 620 的还原剂输出端口通过第一通道 616 和第二通道 617 流体地连接到第四 T 型连接器 618 的两个侧端口。第四 T 型连接器 618 的中心端口流体地连通到液压缓冲器 630 的还原剂供给端口。位于液压缓冲器 630 内的压力传感器 219 通过端口 114 和线路 143 电气地连接到 DCU140, 并且 DCU140 也通过控制线 146 电气地控制第一进气电磁阀 601、第二进气电磁阀 606、第一空气释放电磁阀 605 和第二空气释放电磁阀 611。第一气动液压泵 610 和第二气动液压泵 620 可交替地工作以保证任意时间都有闭环压力控制。

[0081] 计量喷射控制是将还原剂传送至尾气处理系统。如图 7a 所示, 使用如图 1 所示的泵系统, 整个计量喷射控制主要有五个状态: 关闭状态 701、闲置状态 702、启动状态 710、计

量喷射状态 720 和清除状态 730。在关闭状态 701 下,泵系统的控制是在模式 0 中,并且还原剂喷射器 130 和返回管路止流阀 137 是断电的;而在闲置状态 702 下,在还原剂喷射器 130 和返回管路止流阀 137 仍然关闭的时候,泵系统的控制进入到模式 1,泵体 300 内的空气与环境隔离。

[0082] 在启动状态中,有两个子状态:一个是 PR1 状态,在 PR1 状态下建立还原剂压力,另一个是 PR2 状态,用于释放留存在还原剂管线和还原剂喷射器 130 中的空气。启动控制的一个实例是如图 7b 所示的一个中断服务程序。该中断服务程序是一个定时运行的时间中断服务程序。当中断服务程序开始时,一旦开始启动控制,就检查 DoserState 标志。如果这个标志既不是 PR1 也不 PR2,就首先对返回管路止流阀 137 和还原剂喷射器 130 断电,然后将泵系统的控制设置为模式 3。在模式 3 下,压缩空气流入泵体 300。而后 DoserState 被设置为 PR1,然后结束程序。当该程序在下一次被调用时, DoserState 的值就成为 PR1,这样程序就检查液压缓冲器中的压力,如果该压力低于或等于阈值 Pr_Thd,就结束程序,否则,设置 DoserState 为 PR2,并且启动如图 2c 所示的泵系统压力控制来保持泵体 300 压力恒定。该程序结束之前,加电返回管路止流阀 137 以释放被留存的空气到还原剂液箱模块 120。当该程序调用时 DoserState 被设定为 PR2,则用定时器 Timer_PR2 来控制返回管路止流阀 137 的打开时间。当定时器的值高于阈值 PR_Thd2 时,复位定时器以断电返回管路止流阀 137 并且将 DoserState 设置为 PRIME_COMPLETE。此后,结束该程序。

[0083] 回到图 7a,在计量喷射状态 720 中,除了泵系统的控制,所述泵系统的控制包括两种状态:一个吸液冲程状态 721 和一个加压冲程状态 722,还有计量喷射控制 723,与泵系统的控制并行运行。如图 2b 所示的冲程控制中断服务程序可以被用于泵系统的控制,该中断服务程序中的压力程序如图 2c 所示。同时一个如图 5d 所示的两级 PWM 计量控制程序可用于计量喷射的流量控制。

[0084] 清除控制状态也包括两个子状态:PU1 状态 731 和 PU2 状态 732。在 PU1 状态 731 下还原剂从泵体 300、液压缓冲器和连接到箱体 400 的管线中排出;在 PU2 状态 732 下吹出在 PU1 状态下不能排出的还原剂残余物。如图 7c 所示的周期性运行的时间中断服务程序可被应用于清除控制。在这个程序中,当清除控制启用时,首先检查 DoserState。如果这个 DoserState 值既不是 PU1 也不是 PU2,则将液压压力与阈值 PU_Thd1 进行比较。如果液压压力高于阈值 PU_Thd1,则通过将 DoserState 设置为 PU1 而将泵系统控制设置为模式 1,并且加电返回管路止流阀 137。在模式 1 下,泵体 300 内的空气与压缩空气源和外围环境隔离。如果液压压力不高于阈值 PU_Thd1,则泵系统控制设置为模式 3,并且断电返回管路止流阀 137 以建立压力。然后将还原剂喷射器 130 断电,并结束程序。当程序开始时,如果 DoserState 被设置为 PU1,则检查液压缓冲器中的压力。如果该压力高于或等于阈值 PU_Thd2,则结束程序,否则,用一个计时器 Timer_PU1 来控制的返回管路止流阀 137 的打开时间。如果该打开时间比阈值 PU_Thd4 长,就通过复位定时器来断电返回管路止流阀 137。此后将泵系统控制设置为模式 3,并且加电还原剂喷射器 130 来将还原剂残余物吹出。程序在 DoserState 被设置为 PU2 后结束。当该程序被调用时,如果 DoserState 被设置为 PU2,就用定时器 Timer_PU2 来控制还原剂喷射器 130 的开启时间。如果还原剂喷射器 130 的开启时间比阈值 PU_Thd3 长,就断电还原剂喷射器 130,并将泵系统控制设置为模式 0,在模式 0 下泵体 300 内的空气被释放。定时器在此后被复位,而且程序在将 DoserState 设置为 PURGE_

COMPLETE 后结束。

[0085] 回到图 7a, 计量喷射控制状态根据发动机 100 钥匙状态或从上位控制器接收的命令来改变。该上位控制器决定了计量喷射控制的策略。在钥匙接通信号下, 计量喷射控制从关闭状态 701 进入空闲状态 702。如果接收到启动命令 CMD-Priming, 计量喷射控制就开始启动, 否则在一个钥匙断开信号下, 计量喷射控制返回到关闭状态 701。在启动完成后, 如果收到一个 CMD-Normal Dosing 命令, 计量喷射控制就进入计量喷射状态 720。在计量喷射状态 720 下, 压力控制、行程控制和剂量率控制被启用。在启动状态 710 和计量喷射状态 720 中, 不管任何时候只要收到命令 CMD-idle, 泵系统控制就进入清除状态 730 以清除留在气动液压泵、液压缓冲器、相关管线和还原剂喷射器 130 中的残余还原剂。清除完成后, 如果收到命令 CMD_idle, 则计量喷射控制进入空闲状态, 否则, 在钥匙断开信号下, 计量喷射控制进入 Off 状态。

[0086] 除了计量喷射控制, 在低环境温度条件下计量喷射系统也需要加热还原剂以防止其冻结。正如上面提到的, 在如图 4 所示的计量喷射系统中, 当泵体 300 被放置在液箱 400 中时, 该系统只需要控制箱体 400 和压力管线 131 的温度不低于还原剂冻结点。在箱体 400 的温度控制中, 使用箱体 400 中的温度传感器 404 时, 可用一个简单的反馈控制, 比如继电器控制, 来对还原剂加热, 而在管线加热控制中, 因为不需要还原剂解冻, 只要一个小电流施加到加热器, 如图 1 所示的线加热器 132, 就可以保持管线的温度高于冻结点。如果泵体 300 被放置在箱体 400 外面, 则在箱体 400 温度控制和管线加热控制外, 还需要额外的加热控制用于控制气动液压泵的温度 (例如, 用图 1 所示的电加热器 113 控制气动液压泵的温度) 和供给管线的温度 (例如, 用如图 1 所示的电加热器 124 来加热供给管线 123)。通常情况下, 返回管路 (例如图 1 中的返回管路 125) 的加热是没有必要的。然而, 如果返回管路被放置得低于箱体 400, 就有可能在返回管路中留存有还原剂残余物, 这就需要一个额外的加热器 (例如, 在图 1 中的电加热器 117) 来防止返回管路中的温度过低。

[0087] 液压缓冲器的压力闭环控制和两级 PWM 计量喷射控制使得计量喷射流量对压缩空气源的压力变化不敏感, 同时如图 3a 和图 3b 所示的气动液压泵的应用允许使用低压压缩空气源。由此本发明中的计量喷射系统可使用多种压缩空气源。在柴油发动机中, 一种方便的压缩空气源是从涡轮增压器 840 产生压缩进气, 如图 8 所示, 发动机 100 产生的尾气从尾气歧管 101 进入涡轮增压器 840。在涡轮增压器 840 的压气机中, 新鲜空气被压缩, 压气机输出的气流与 CAC (增压空气冷却器) 中的冷却剂交换热能而降温。对于没有 EGR (废气再循环) 装置 830 的应用系统, 被压缩的新鲜空气将直接进入发动机 100 的进气歧管 801。而对于使用高压 EGR 装置的应用系统, 在进入涡轮增压器 840 前, 尾气的一部分会转到 EGR 装置 830。然后, 通过 EGR 装置 830 调节的尾气与被压缩的新鲜空气混合, 混合后的气体进入进气歧管 801。从 CAC 出来的低温压缩空气通常低于 50 摄氏度可以用作计量喷射系统的空气源。如图 8 所示, 气箱 810 被用作缓冲器通过端口 811 来给计量喷射系统提供压缩空气。进气口 812 通过单向阀 813 与压缩空气相连通, DCU140 通过控制线 815 控制电磁阀 814。电磁阀 814 用来控制提供给气箱 810 的气流。当发动机控制允许新鲜空气从充气流中流出时, DCU140 对电磁阀 814 加电。这样如果压缩空气的压力比由单向阀 813 所设定压力高, 压缩空气就流入气箱 810, 压缩空气的流量可以通过由 DCU140 向电磁阀 814 施加 PWM 信号来控制。

[0088] 在本发明中,虽然也可以将压缩空气和还原剂混合来改善空气辅助计量喷射系统中的雾化,但由于还原剂的压力控制恒定,这样做没有必要。由气动液压泵的固有特性,在本发明的计量喷射系统中唯一消耗压缩空气的器件是气动液压泵。因此与有空气辅助的计量喷射系统相比,空气消耗量是很低的;空气消耗量与还原剂的消耗量相同,且在大多数应用中通常低于 7L/hour (10bar)。低空气消耗也是使用发动机 100 的新鲜压缩进气作为空气源的一个必要条件,因为在计量系统中所需要的压缩空气是只有发动机 100 的进气的一小部分。

[0089] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

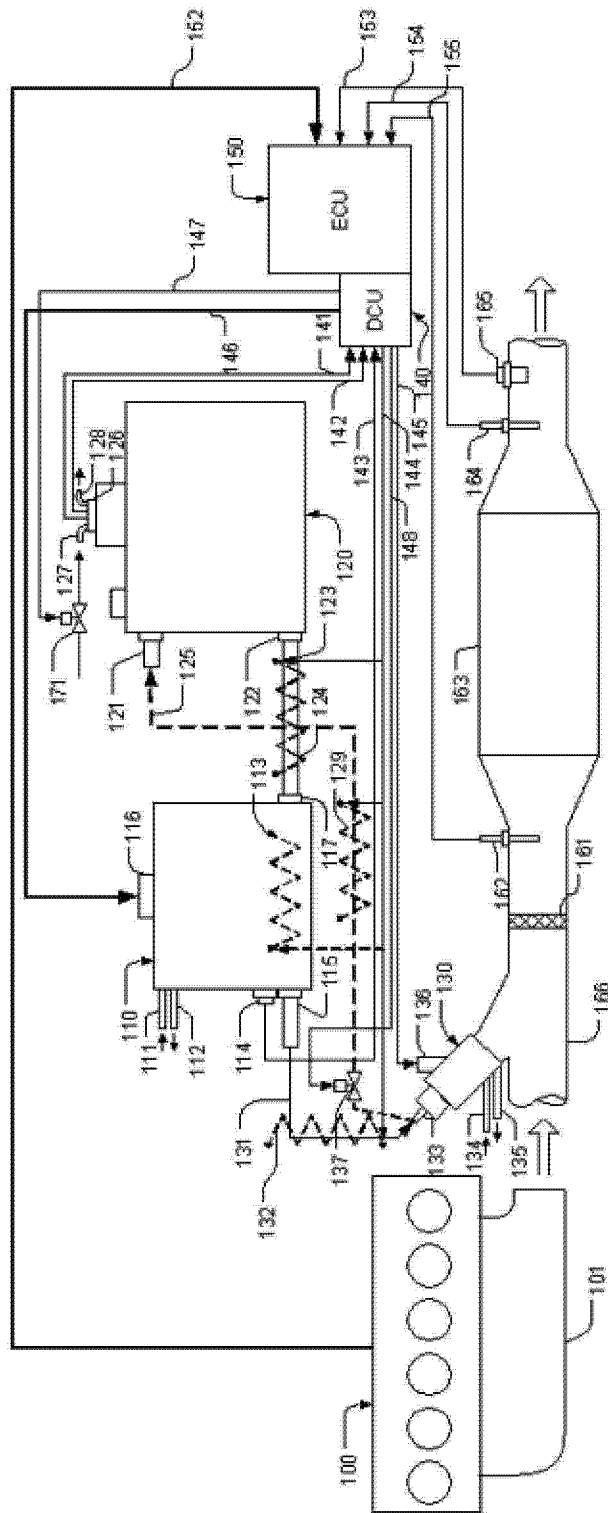


图 1

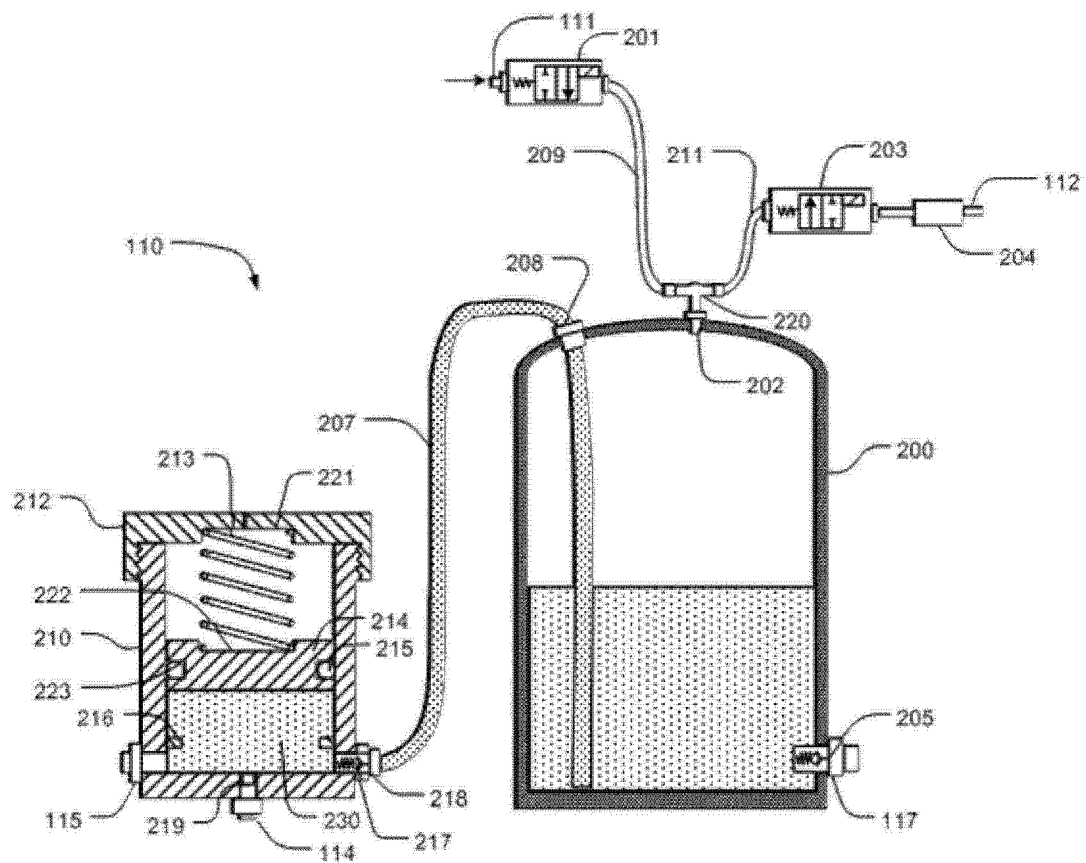


图 2a

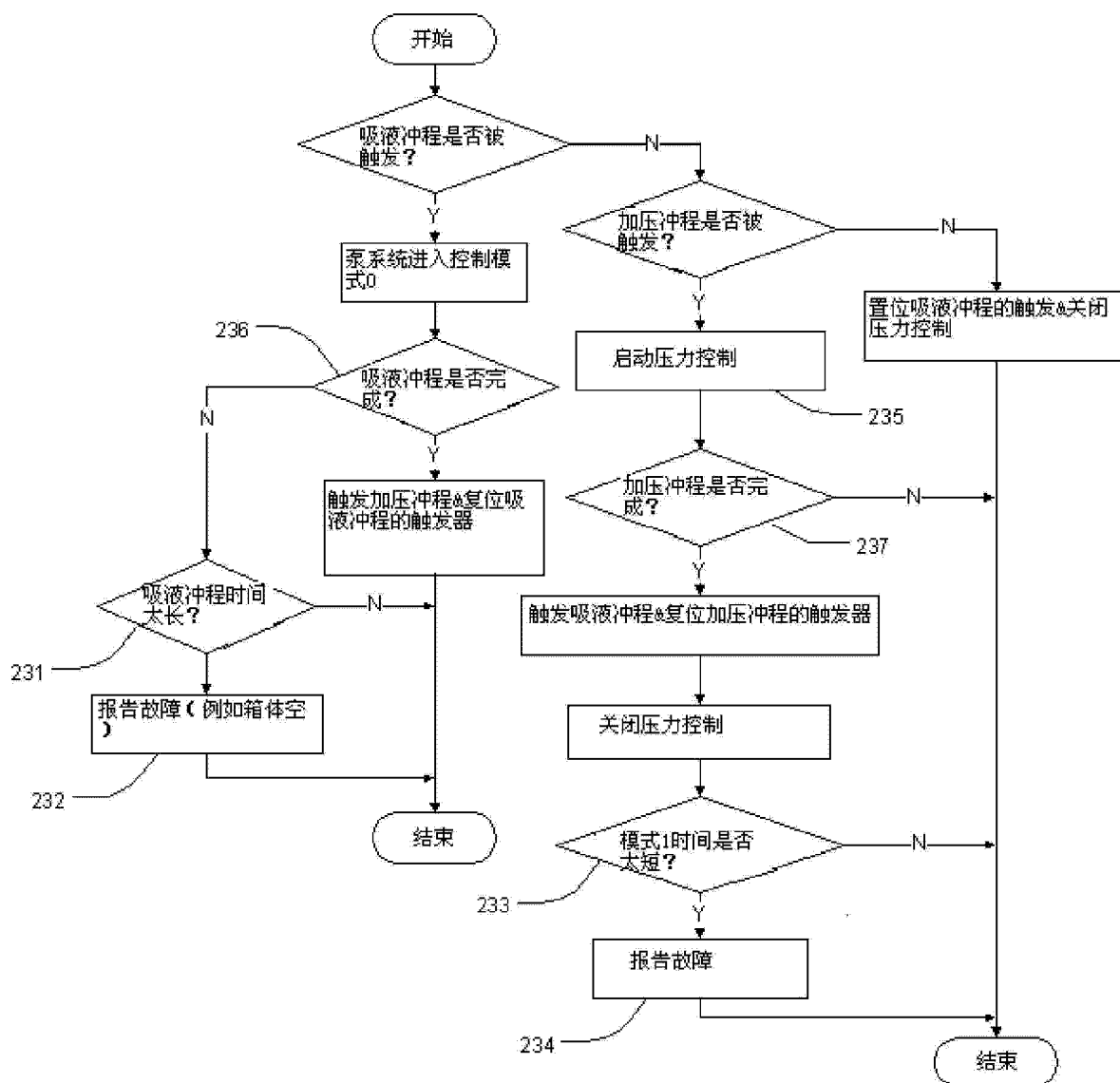


图 2b

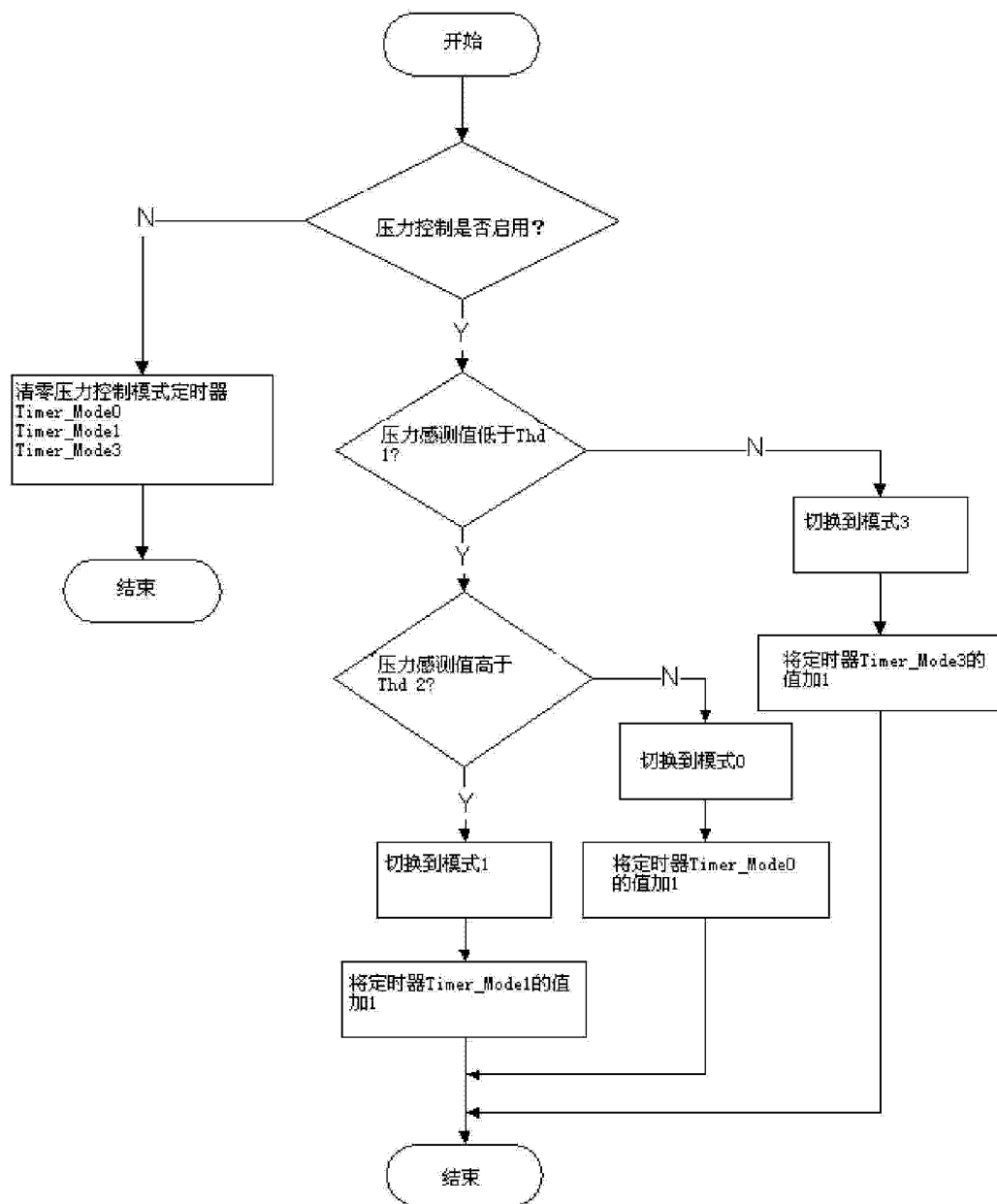


图 2c

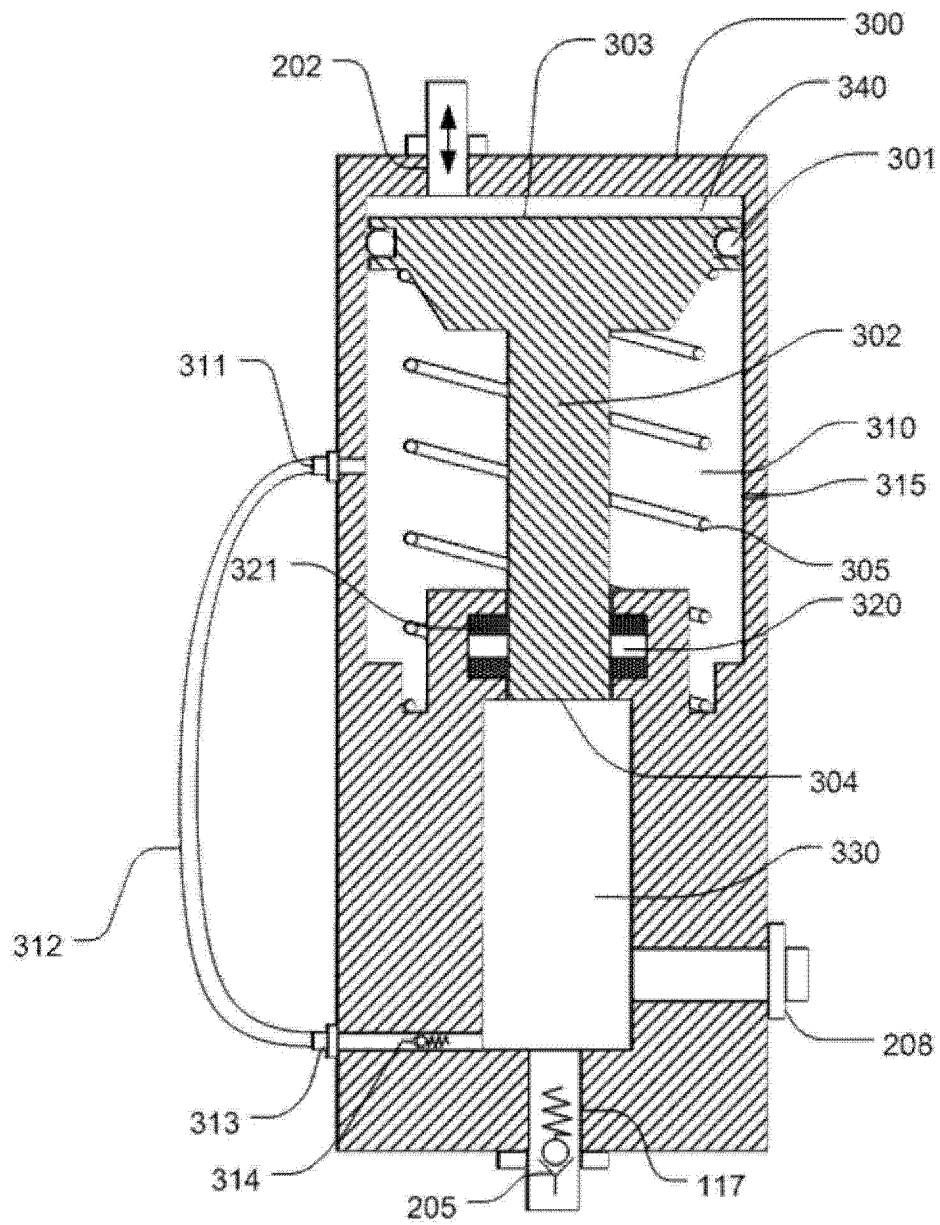


图 3a

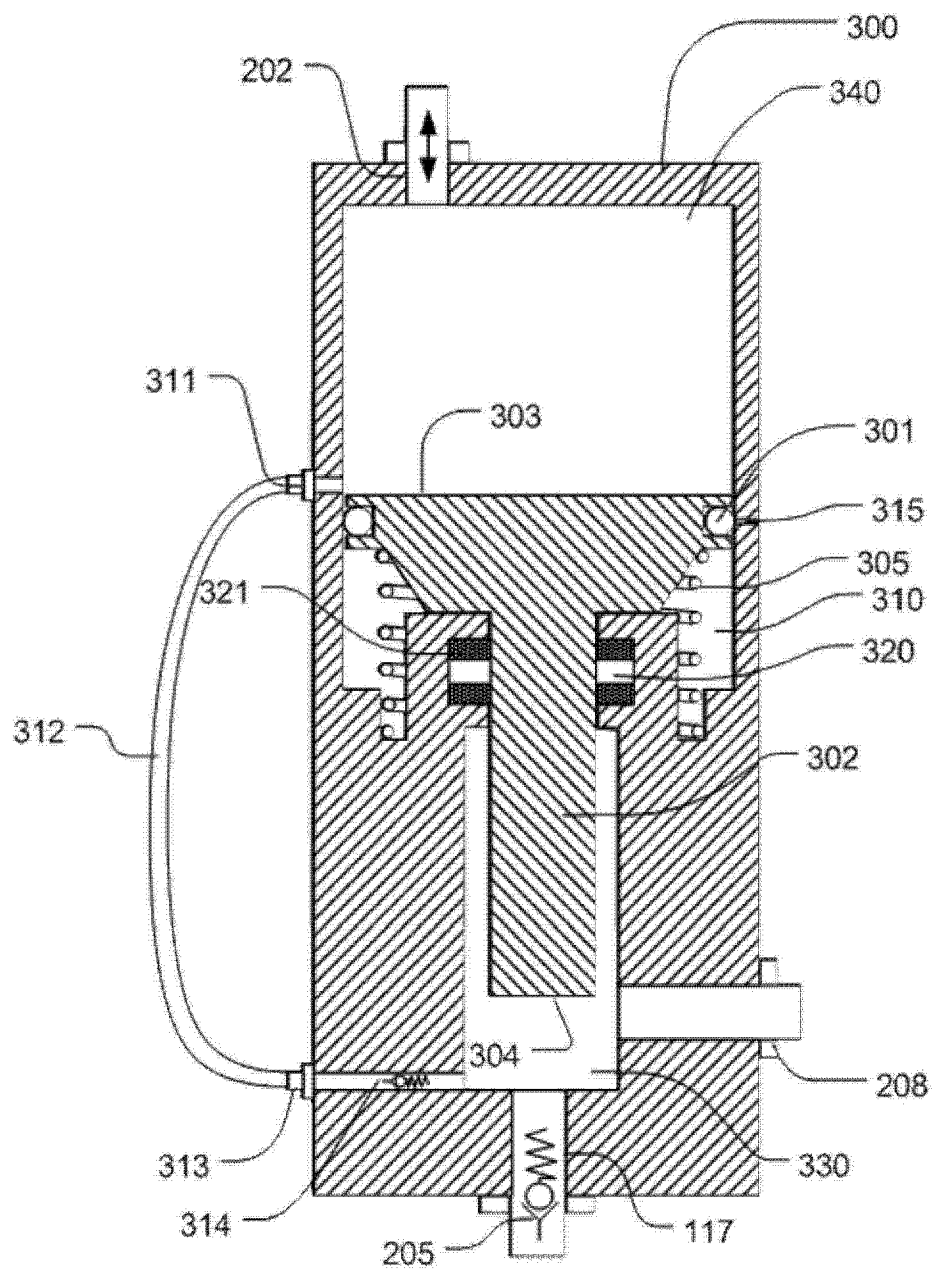


图 3b

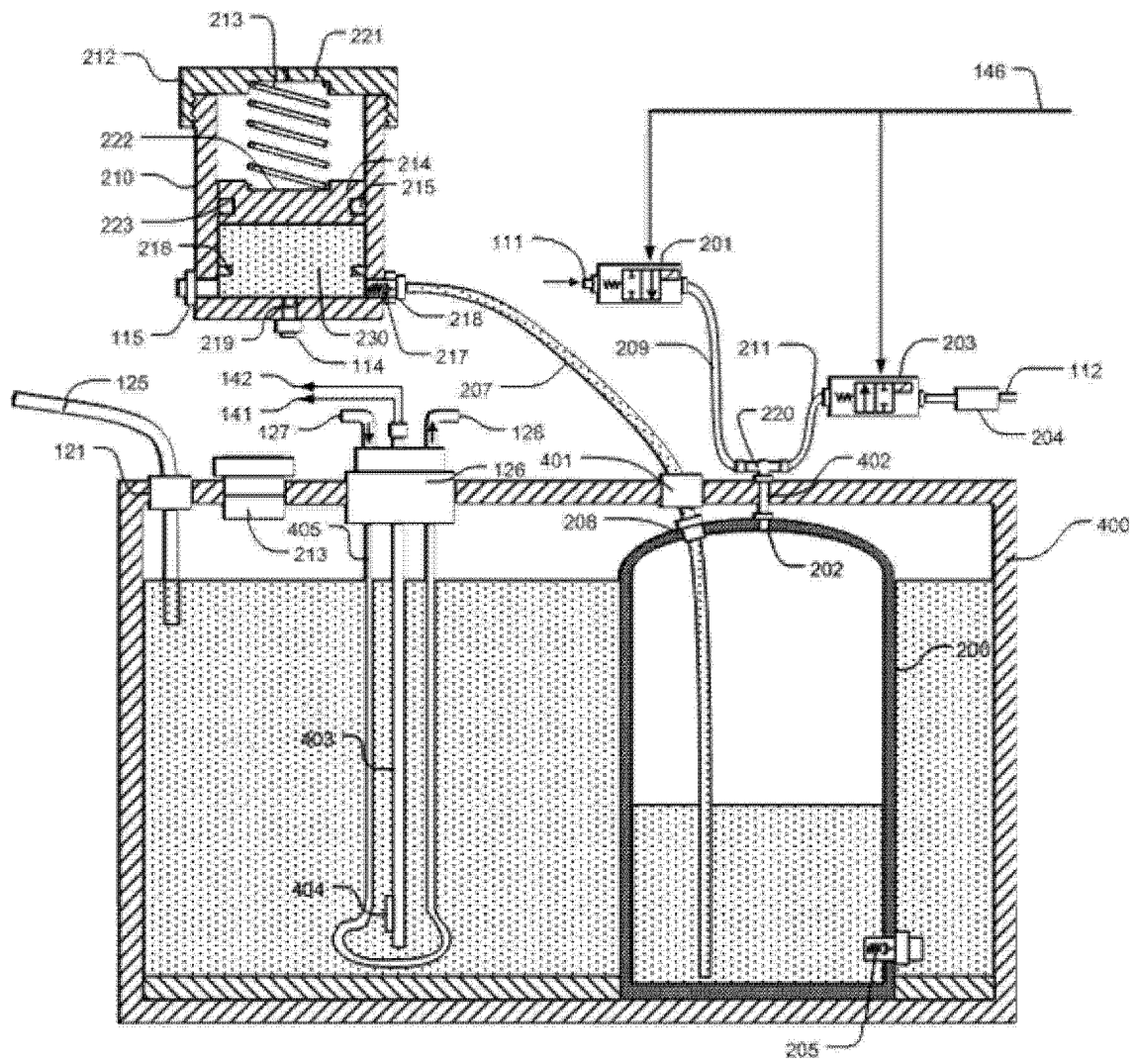


图 4

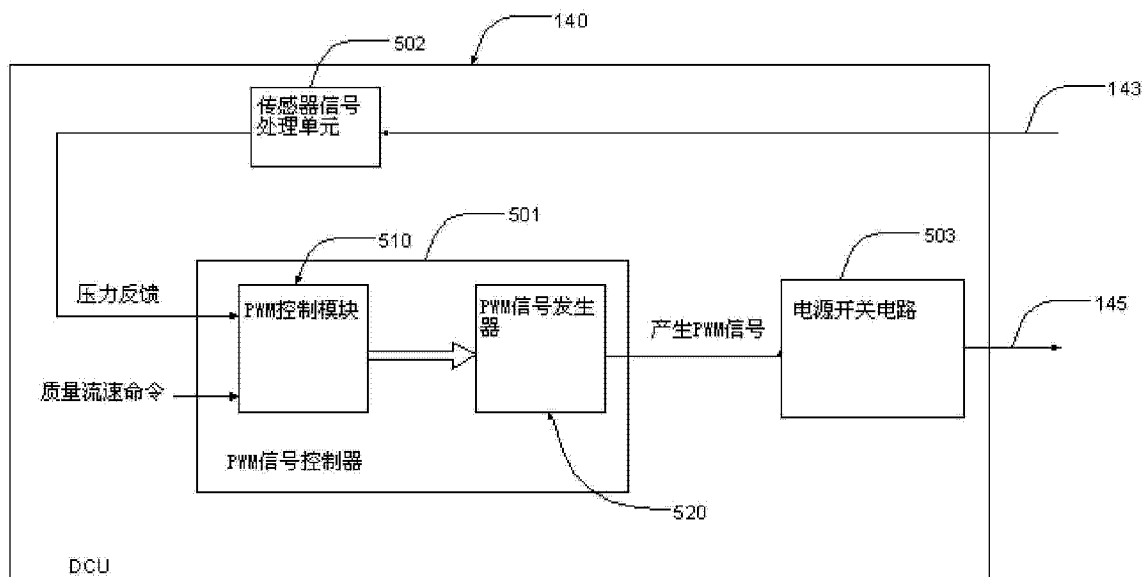


图 5a

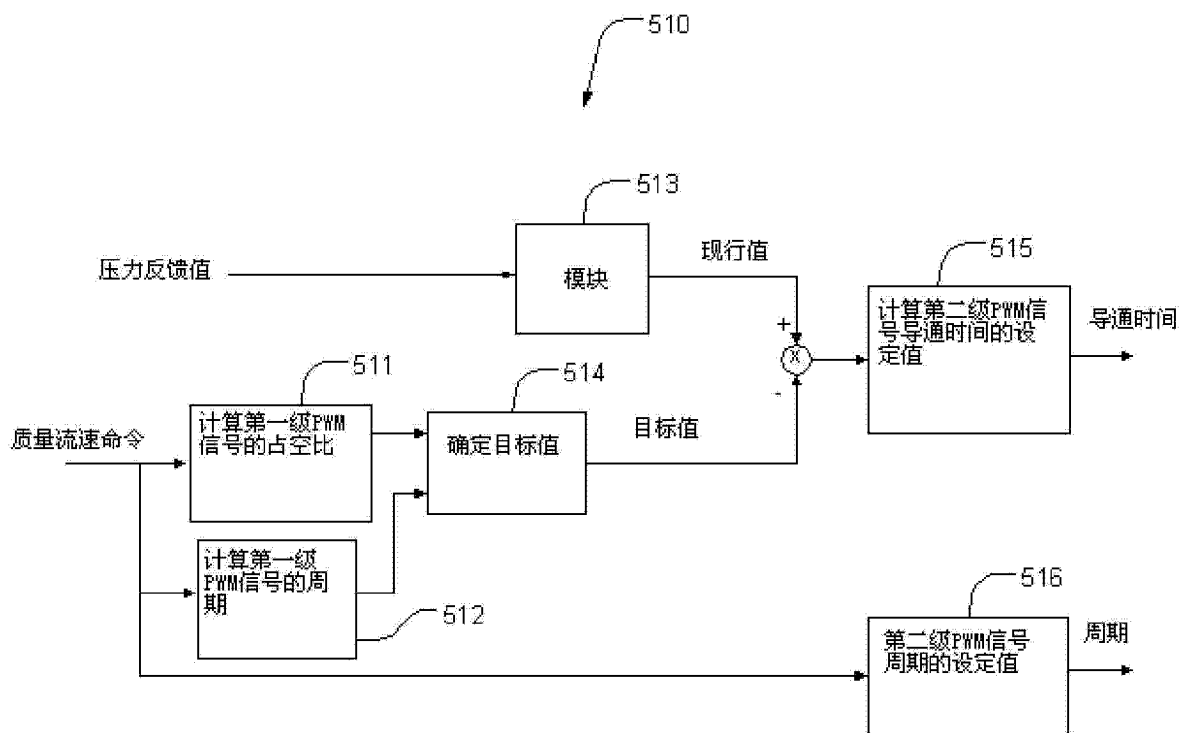


图 5b

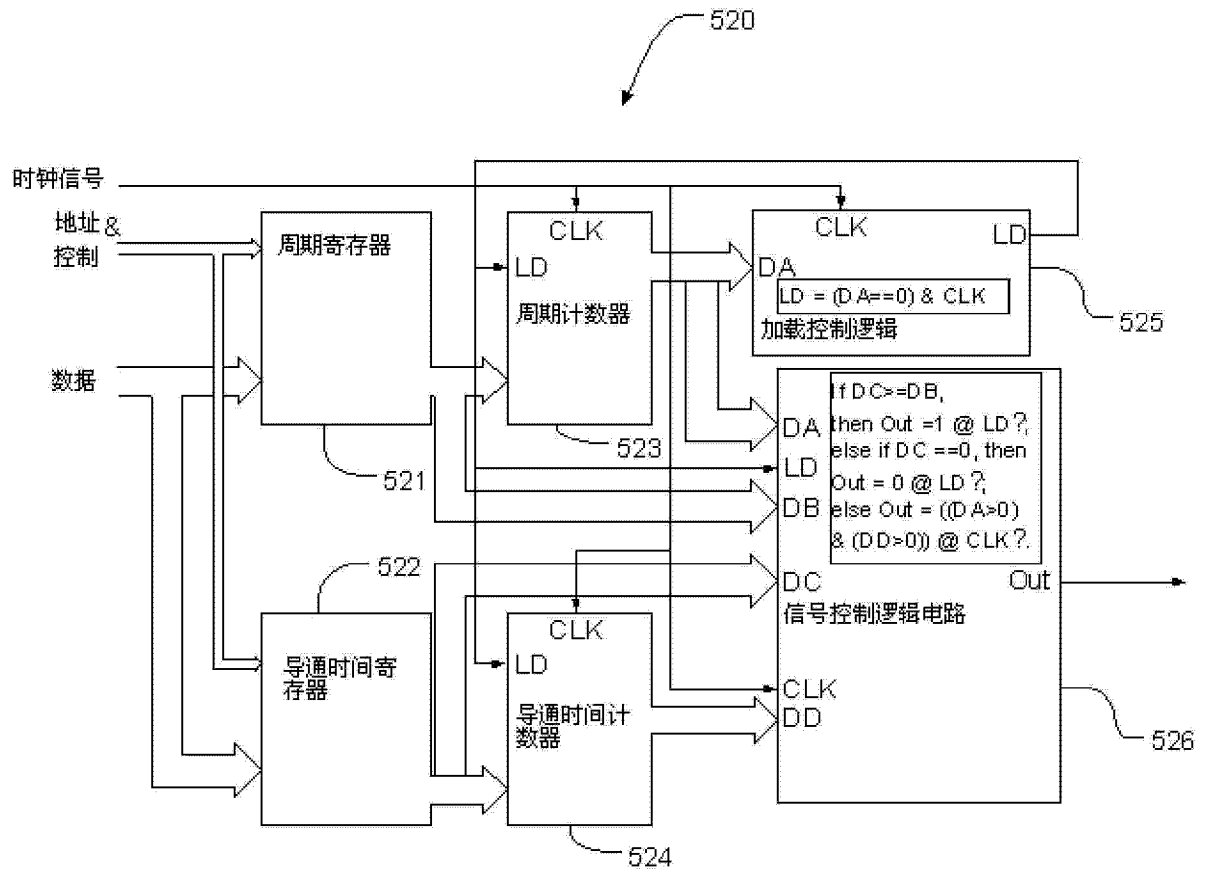


图 5c

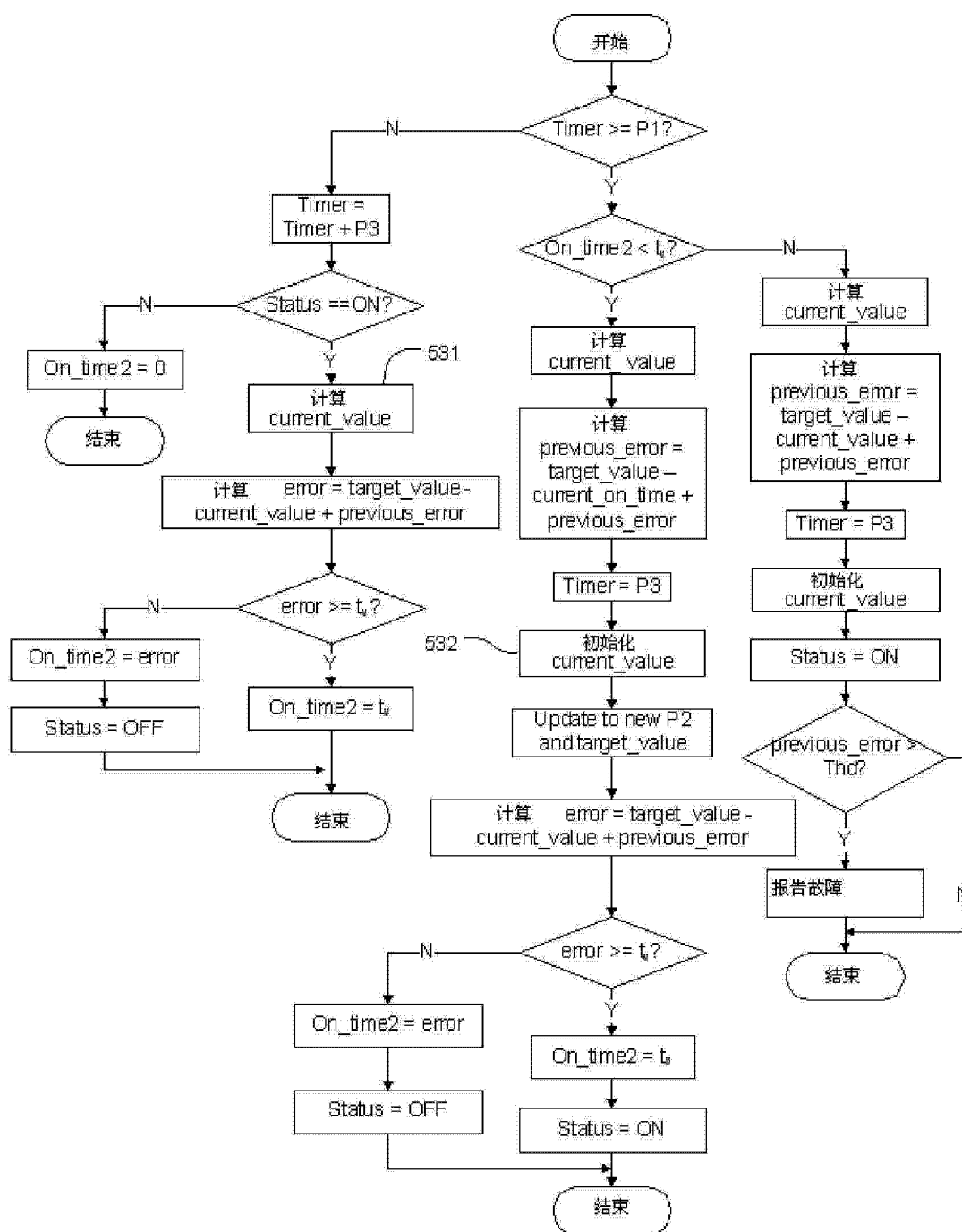


图 5d

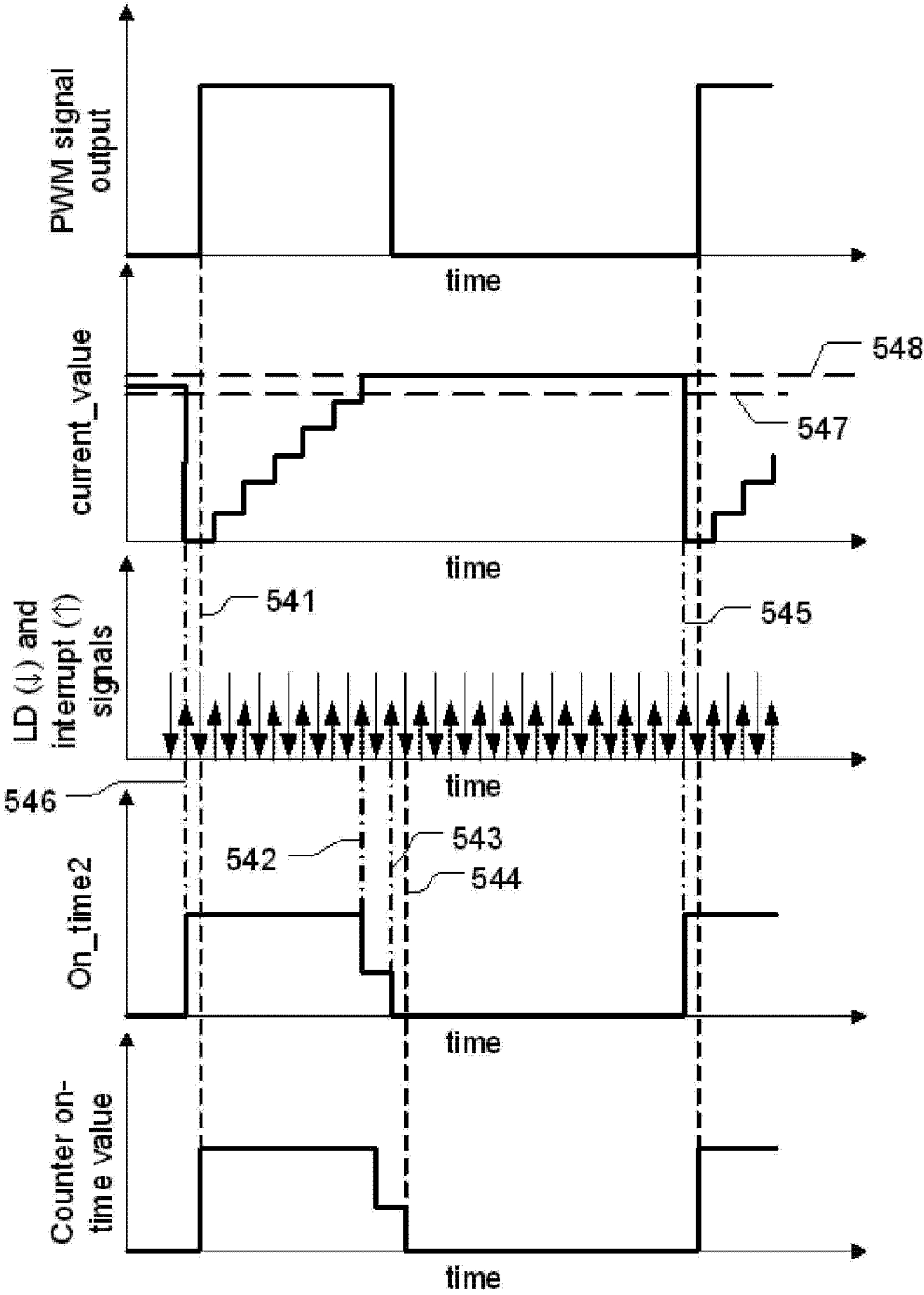


图 5e

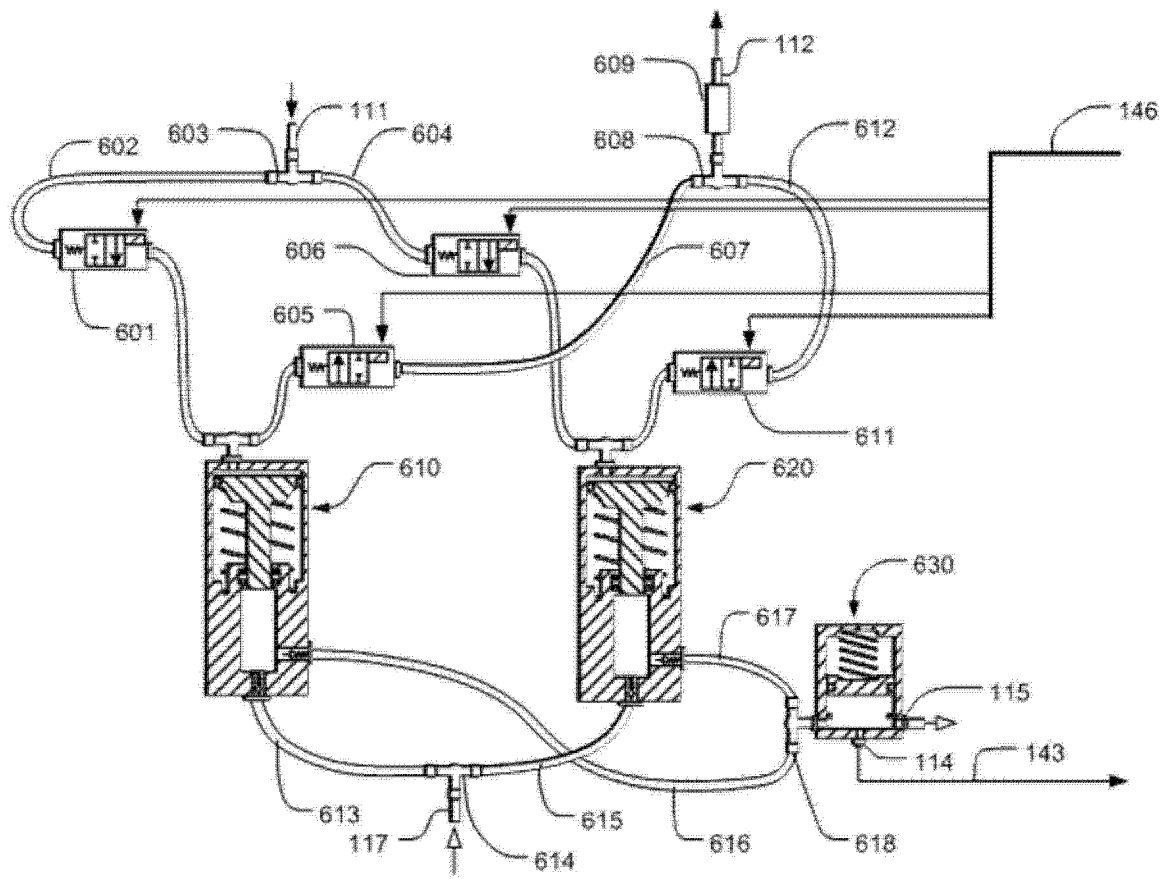


图 6

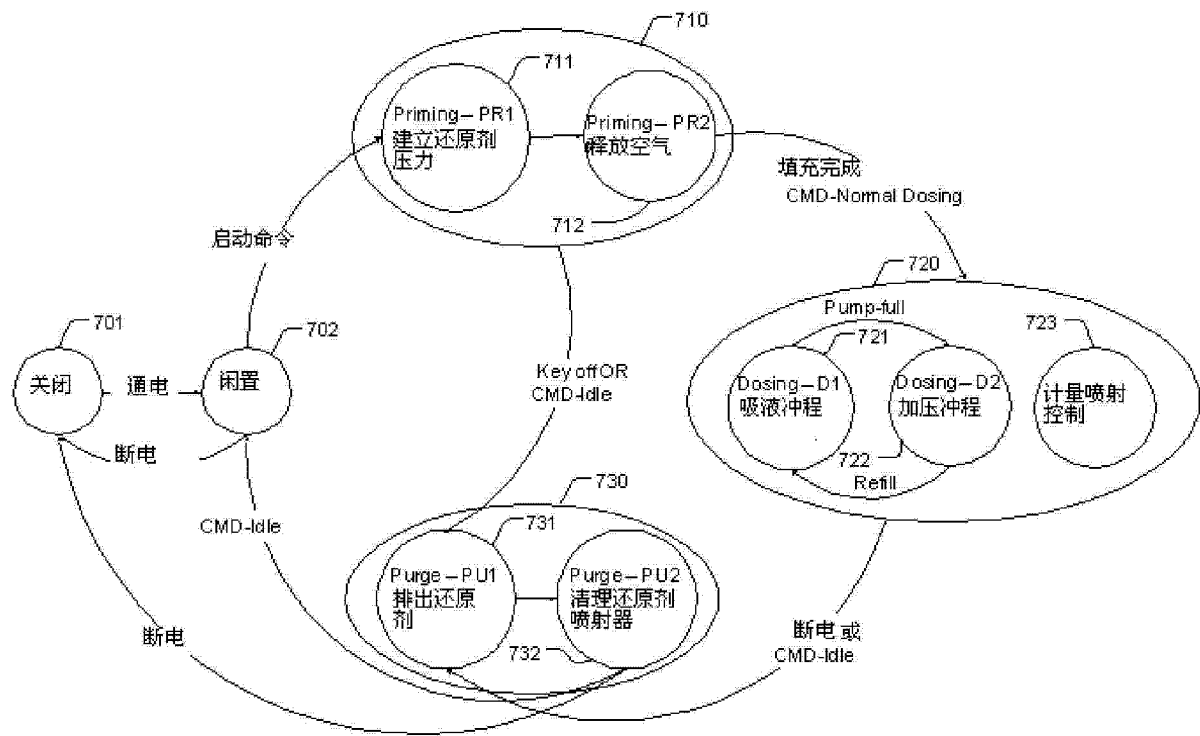


图 7a

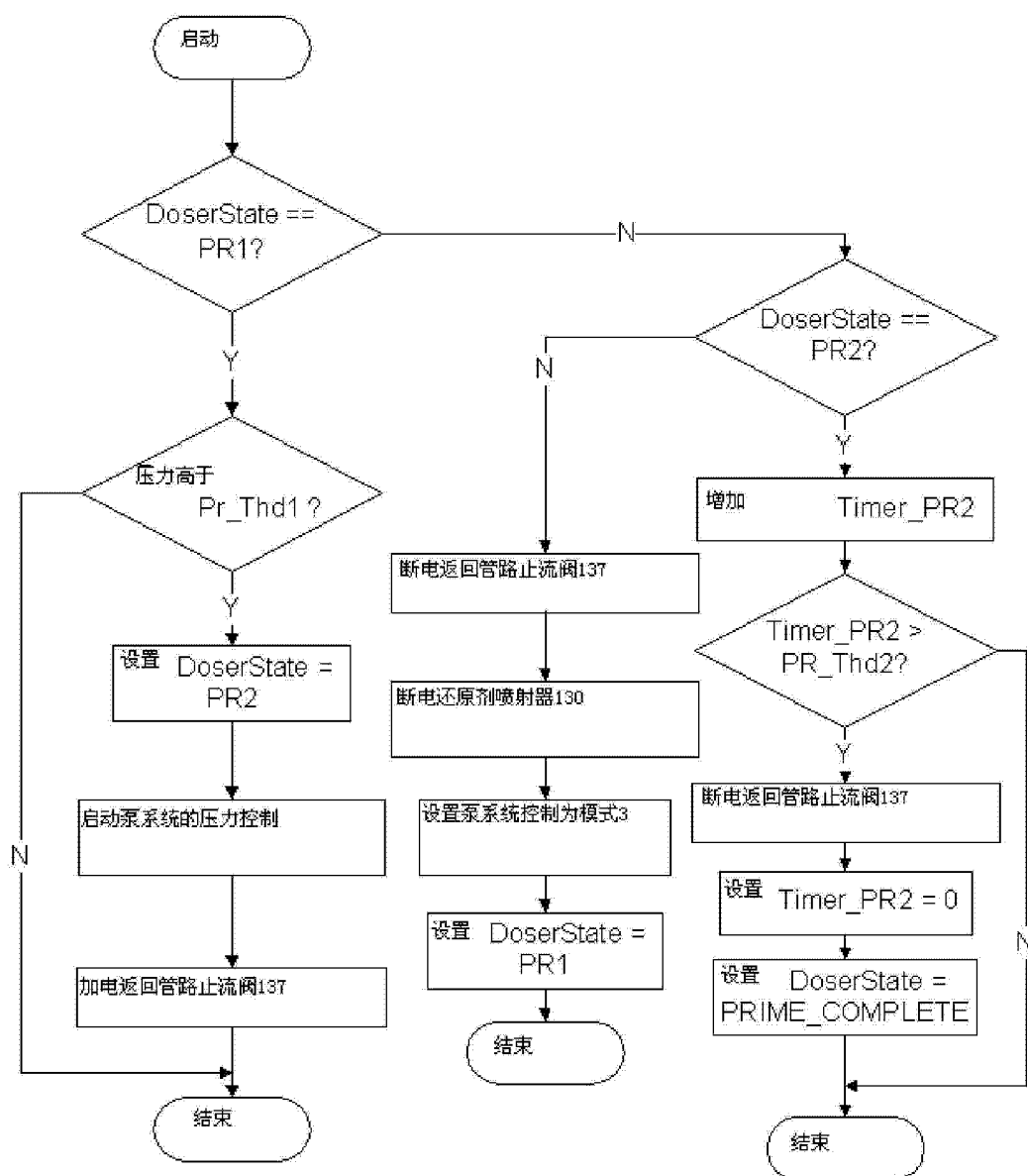


图 7b

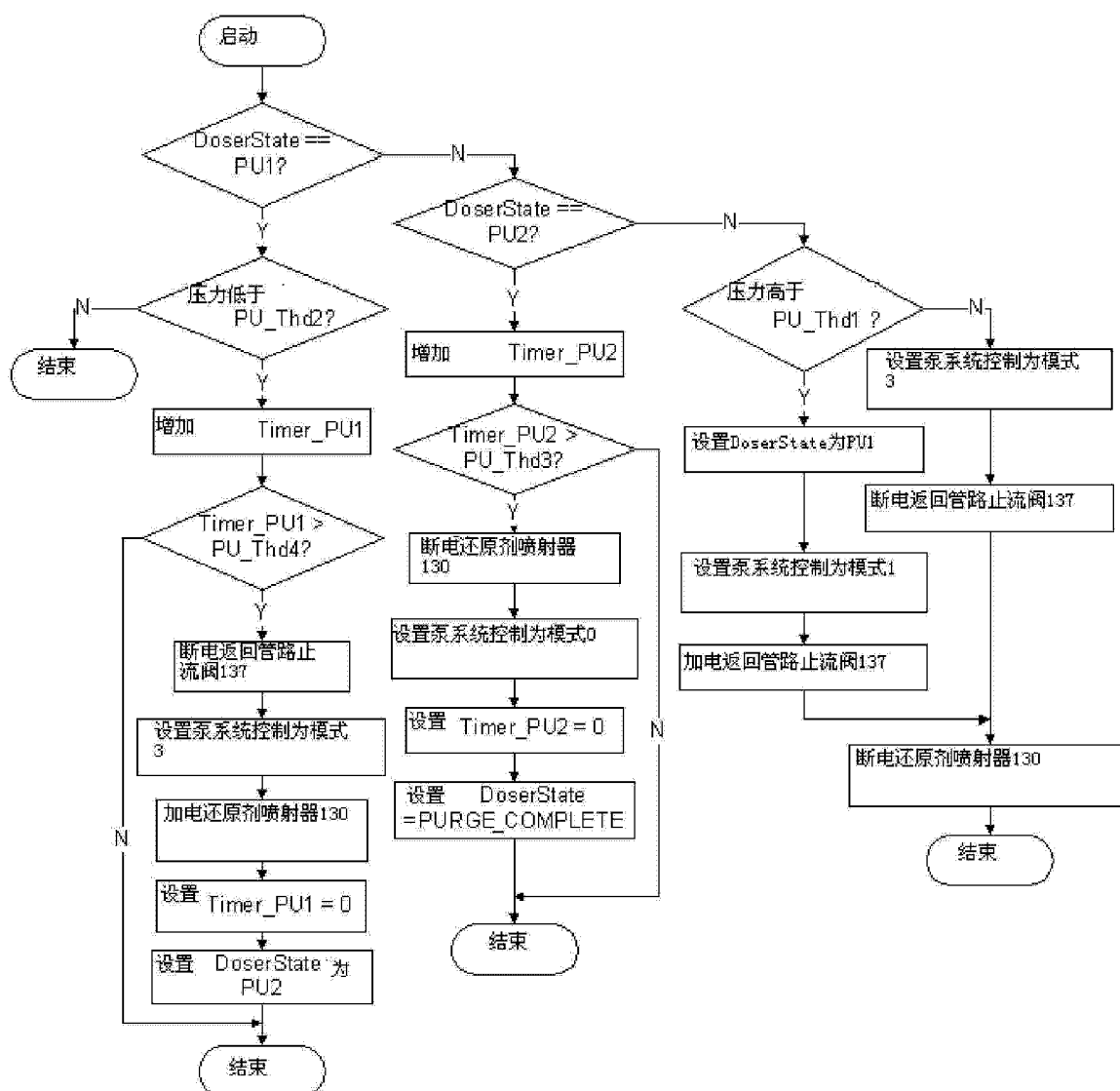


图 7c

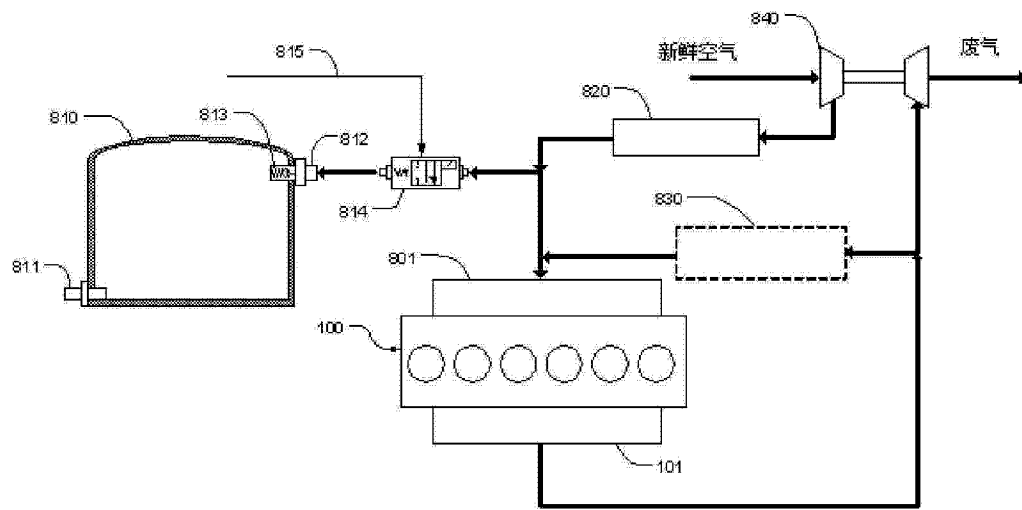


图 8