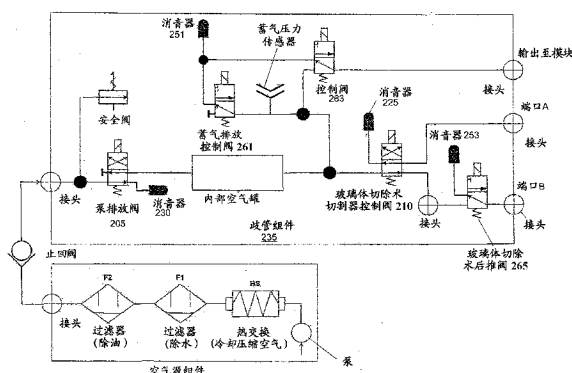




(45) 授权公告日 2014.12.10



1. 一种手术操作台,包括:

阀;

耦接至所述阀的至少第一端口和第二端口,其中所述阀被配置为交替地向第一端口和第二端口中的每个端口提供加压气体,以驱动耦接至所述手术操作台的气动工具;

耦接至所述阀的控制器,其中所述控制器能够控制阀打开和关闭时间,其中阀打开时间对应于打开第一端口的时间,并且阀关闭时间对应于关闭第一端口的时间,其中关闭第一端口与打开第二端口相重合,使得加压气体由所述阀引导通过第一端口及第二端口二者之一;

其中,所述控制器被配置为根据阀占空比调节阀打开/关闭时间;

其中所述阀占空比被调节,并且所述阀占空比的调节是通过分析打开和关闭阀位置的操作压力数据以使得具有调节的所述阀占空比将所述第一端口与所述第二端口之间的压力差额居中为相比于没有调节的所述阀占空比更接近零而确定的。

2. 如权利要求1所述的手术操作台,其中所述阀是四向电磁阀。

3. 如权利要求1所述的手术操作台,还包括耦接至所述手术操作台的气动工具,其中所述气动工具是玻璃体切除术切割器。

4. 如权利要求1所述的手术操作台,其中所述阀占空比被存储在所述控制器能访问的存储器上。

5. 如权利要求1所述的手术操作台,其中总阀时间等于一个阀循环内的阀打开时间加上阀关闭时间,并且所述阀占空比是所述控制器通知所述阀引导气体通过第一端口的时间占所述总阀时间的百分比。

6. 如权利要求1所述的手术操作台,其中在测试所述手术操作台期间使用压力数据确定新的阀占空比,其中所述新的阀占空比等于在前阀占空比+(((abs(打开差额压力)-abs(关闭差额压力))/2)* (阀占空比 Δ /差额压力变化 Δ)),其中,所述在前阀占空比是测试期间的阀占空比,打开差额压力和关闭差额压力是所述阀的一个循环内用于端口的差额压力,并且所述阀占空比 Δ /差额压力变化 Δ 是阀占空比变化与产生的差额压力变化之比。

7. 如权利要求6所述的手术操作台,其中在气动系统的最低性能点期间得到用于端口的打开差额压力和关闭差额压力。

8. 如权利要求7所述的手术操作台,其中所述最低性能点是当所述打开差额压力和关闭差额压力之间的绝对差额压力差别最低以使得(abs(打开差额压力)+abs(关闭差额压力))处于所测压力数据的最小值时的点。

9. 如权利要求1所述的手术操作台,还包括多个DIP开关和多个电阻器,其中所述DIP开关可配置地组合电阻器网络中的多个电阻器中的一个或多个,使得在向所述电阻器网络施加输入电压时,所述电阻器网络的输出电压成为阀占空比的指示。

10. 如权利要求9所述的手术操作台,还包括用于将所述输出电压转换成数字值的模数转换器,其中在所述手术操作台上执行的软件能够通过查找表确定对应于所述数字值的阀占空比。

11. 一种校准手术气动系统的方法,包括:

操作包括被配置为在打开位置和关闭位置之间循环的气动阀的气动系统,其中加压气

体在所述阀处于打开位置时被引导到第一端口处,并且其中加压气体在所述阀处于关闭位置时被引导到第二端口处;

测量所述气动阀输出的压力,其中测得的压力数据包括对应于在所述打开位置期间在第一端口和第二端口之间的差额压力的打开差额压力,以及对应于在所述关闭位置期间在第一端口和第二端口之间的差额压力的关闭差额压力;以及

计算新的阀占空比,其中所述新的阀占空比等于在前阀占空比+(((abs(打开差额压力)-abs(关闭差额压力))/2)* (阀占空比 Δ / 压力差额变化 Δ)),其中,所述在前阀占空比是在所述气动系统操作期间测量压力时的阀占空比,打开差额压力和关闭差额压力是在所述阀的一个循环的相应打开位置和关闭位置期间用于端口的所测差额压力,并且所述阀占空比 Δ / 压力差额变化 Δ 是阀占空比变化与产生的差额压力变化之比。

12. 如权利要求 11 所述的方法,其中在所述气动系统的压力测量期间的最低性能点期间得到用于端口的打开差额压力和关闭差额压力。

13. 如权利要求 11 所述的方法,还包括使用所述新的阀占空比修改阀打开位置定时。

14. 如权利要求 13 所述的方法,还包括:

操作所述气动系统并且测量所述气动阀输出的压力;

计算总压力范围,其中所述总压力范围等于打开差额压力和关闭差额压力的绝对值之和;以及

确定所述总压力范围是否大于预定义的总压力范围界值。

15. 如权利要求 13 所述的方法,还包括:

操作所述气动系统并且测量所述气动阀输出的压力;

计算压力偏差,其中所述压力偏差等于 abs(关闭差额压力)-abs(打开差额压力);

确定所述压力偏差是否小于预定义的压力偏差界值。

16. 如权利要求 15 所述的方法,其中打开差额压力和关闭差额压力是在压力测量期间的最低性能点期间的差额压力。

17. 如权利要求 16 所述的方法,其中所述最低性能点是当所述打开差额压力和关闭差额压力之间的压力差别最低以使得 (abs(打开差额压力)+abs(关闭差额压力)) 处于所测压力数据的最小值时的点。

通过驱动阀占空比校准进行的气动压力输出控制

[0001] 优先权声明

[0002] 本申请要求发明人周建生、Kurt Leukanech 和 Dan Teodorescu 于 2009 年 8 月 31 日提交的题为“Pneumatic Pressure Output Control ByDrive Valve Duty Cycle Calibration”的美国临时专利申请序列号 No. 61/238, 431 的优先权权益, 该临时申请通过引用被全文结合于此, 如同其完整详尽地在本文中阐述那样。

技术领域

[0003] 本发明一般地涉及校准。更为具体但非限制地, 本发明涉及对气动手术系统的校准。

背景技术

[0004] 玻璃体视网膜程序包括被执行用以恢复、维持和增强视力的多种手术程序。玻璃体视网膜程序适用于治疗眼后部的多种严重病况。玻璃体视网膜程序治疗多种病况, 诸如老年黄斑性退化 (AMD)、糖尿病视网膜病变和糖尿病玻璃体积血、黄斑裂孔、视网膜脱离、视网膜外膜、CMV 视网膜炎和许多其他眼科病况。

[0005] 玻璃体是填充眼睛中心的通常呈透明凝胶状的物质。它占据了眼睛约 2/3 的体积, 并且在出生前就赋予眼睛成形形状。一些影响眼后部的问题可能需要玻璃体切除术, 或者手术移除玻璃体。

[0006] 玻璃体切除术可被执行用于从眼睛中清除血液和碎片, 移除瘢痕组织, 或者减轻对视网膜的牵引。血液、炎症细胞、碎片、瘢痕组织对通过眼睛到达视网膜的光产生阻碍, 从而导致视力模糊。玻璃体还会在它视网膜拉离或拽离其正常位置的情况下被移除。需要玻璃体切除术的常见眼部病况的一部分包括糖尿病视网膜病变的并发症, 诸如视网膜脱离或出血、黄斑裂孔、视网膜脱离、视网膜前膜纤维化、眼内出血 (玻璃体积血)、受伤或感染以及与之之前的眼部手术相关的某些问题。玻璃体切除术可以在眼前部或后部进行。虽然前部玻璃体切除术可以是在诸如外伤性白内障移除或辅助 IOL (眼内透镜) 放置的设定中执行的计划程序, 但是前部玻璃体切除术更常见的是在后囊破裂之后玻璃体不利地脱垂进入前段的情况下对白内障手术的计划外的附加程序。

[0007] 视网膜手术是使用显微镜以及被设计用于提供眼后部清晰图像的特定透镜来执行的。在巩膜上做出若干个仅几毫米的微小切口。视网膜外科医生将微型手术器械通过切口插入, 诸如用于照亮眼内部的光纤光源、在手术期间维持眼睛形状的灌注线、以及用于切割和移除玻璃体的器械。

[0008] 在玻璃体切除术中, 外科医生在眼内切出三个微小切口以分别用于三种器械。这些切口被置于眼睑状体平坦部 (紧接在虹膜之后但在视网膜之前) 内。通过这些切口的器械包括光管、灌注口以及玻璃体切除术切割设备。光管等效于眼内使用的微型高强度闪光灯。需要灌注口用以代替眼内流体并维持眼内的合适压力。玻璃体切除器或切割设备像小型切断机那样工作, 并使用摆动的微型切割器以受控方式移除玻璃体凝胶。这防止在移除

玻璃状液期间对视网膜的显著牵引。

[0009] 用于对眼前部和 / 或后部执行玻璃体切除术和其他手术的手术机非常复杂。典型地,这类眼科手术机包括附有各种不同工具的主操作台。主操作台为所附工具提供动力并控制其操作。主操作台还可用于执行其他眼科程序,诸如超声乳化白内障吸除术。

[0010] 所附工具典型地包括探针、剪刀、镊子、照明器、玻璃体切除器和灌输线。这些工具中的每一个都典型地附至主手术操作台。主手术操作台内的计算机监视并控制这些工具的操作。这些工具还从主手术操作台获取其动力。这些工具中的一部分是电动的,而其他则是气动的。

[0011] 为了向各种工具提供空气动力,主手术操作台具有气动或空气分配模块。该气动模块调节并供应压缩空气或气体,从而为工具提供动力。典型地,气动模块被连接至装有压缩气体的气缸。气动模块可以提供合适的气体压力以适当地操作所附工具。

发明内容

[0012] 在各种实施例中,手术操作台可以包括具有至少两个端口的气动阀(例如,四向电磁阀(solenoid valve)),该至少两个端口能够用于交替提供加压气体以驱动耦接至该手术操作台的气动工具(诸如玻璃体切除术探针)。手术操作台还可以包括可操作以根据阀占空比(valve dutycycle)来控制 and 调节阀打开 / 关闭时间的控制器。阀可以在端口之间切换(用于第一端口的阀打开时间和用于第二端口的阀关闭时间),以使得总阀时间可以近似等于阀打开时间加上阀关闭时间。阀占空比可以指示出控制器用信号通知阀打开占总阀时间的百分比(例如,50%)。

[0013] 因为不同的阀打开 / 关闭定时可以造成操作压力的损失,所以可以对阀占空比进行调节,以使得用于打开和 / 或关闭阀位置的信号定时将会导致高于预定义阈值的打开和关闭操作压力。例如,经调节的阀占空比可以近似等于在前阀占空比 + (((abs(打开压力) - abs(关闭压力)) / 2) * (阀占空比 Δ / 差额压力变化 Δ)),其中在前阀占空比是测试期间的阀占空比,打开压力和关闭压力是阀的一个循环内分别在打开和关闭时间用于端口的差额压力,以及阀占空比 Δ / 差额压力变化 Δ 是阀占空比变化与作为结果的差额压力变化之比(例如,在阀打开压力内)。为了计算新的阀占空比,可以在气动系统的最低性能点期间得到端口的打开压力和关闭压力(例如,当打开压力和关闭压力之间的绝对压力差别最低以使得(abs(打开压力) + abs(关闭压力))处于所测压力数据的最小值时)。一旦确定,阀占空比就可以被存储在控制器可访问的存储器中供将来使用。

[0014] 在某些实施例中,阀占空比可以通过一系列DIP开关设置而被输入系统。例如,手术操作台可以包括DIP开关和耦接在一起的电阻器,使得DIP开关可配置以组合电阻器网络中的一个或多个电阻器。DIP开关可被设置以使得在向电阻器网络施加一输入电压时,电阻器网络的输出电压成为阀占空比的指示。在某些实施例中,手术操作台可以包括能够将输出电压转换成数字值的模数转换器,其中在手术操作台上执行的软件可以使用该数字值来确定阀占空比(例如,通过使用将数字值与关联的阀占空比相关联的查找表)。

附图说明

[0015] 为了更完整地理解本发明,结合附图对接下来的描述做出参考,其中:

- [0016] 图 1 例示了根据一个实施例的手术操作台；
- [0017] 图 2 例示了根据一个实施例的气动系统的图示；
- [0018] 图 3 例示了根据一个实施例的气动阀的控制器；
- [0019] 图 4 例示了气动工具的一个实施例的图示；
- [0020] 图 5a-6 例示了 DIP 开关和电阻器网络的不同实施例；
- [0021] 图 7 例示了根据一个实施例的用于校准气动系统的方法的流程图；
- [0022] 图 8a-8b 例示了根据一个实施例的气动阀的压力数据；以及
- [0023] 图 9 例示了根据一个实施例的校准表。
- [0024] 应当理解,之前的概述和随后的详细描述都只是示例和说明性的,并且旨在为要求保护的本发明提供进一步的解释。

具体实施方式

[0025] 由 Denis Turner、Robert Palino、Argelio Olivera 和 Mark Hopkins 于 2006 年 12 月 21 日提交的题为“Pneumatic System for a Vitrector”的美国专利申请公开(公开号 No. 20080149197, 序列号 No. 11/614, 678) 通过引用被全文结合于此,如同其完整详尽地在本文中阐述那样。

[0026] 图 1 例示了用于气动动力眼科手术机的手术操作台 101 的实施例。手术操作台 101 可以操作以辅助外科医生执行各种眼科手术程序,诸如超声乳化白内障吸除术和玻璃体切除术。手术操作台 101 可以包括内部监视系统、一个或多个控制器(例如,比例控制器)以及工具(其可以包括超声乳化白内障吸除术工具和/或气动工具 103)。气动工具 103 例如可以包括剪刀、玻璃体切除器、镊子以及注射或抽取模块。也可以使用其他工具 103。诸如氮气的压缩气体可以为气动工具 103 提供动力。压缩气体可以通过气体压力监视系统、通过一个或多个歧管(manifold)到达一个或多个比例控制器,并且通过另外的歧管和/或管道到达工具 103。

[0027] 图 2 是根据一个实施例用于气动动力玻璃体切除术机的气动系统的示意图。在图 2 中,气动系统可以包括泵排气阀 205、输出阀 210、消音器 225、230、251、253、歧管 235 以及用于为气动工具 103 提供动力的气动通道的相应输出端口 A 和 B(例如,参见图 4)。

[0028] 在某些实施例中,泵排气阀 205 可以是四向阀。阀 205 可以包括螺线管(solenoid),其操作以将所述阀移动到至少两个位置中的一个。在一个位置,加压气体可以通过泵排气阀 205 并从消音器 230 排出。在另一个位置,泵排气阀 205 可以允许加压气体通过泵排气阀 205,从而为工具 103 提供动力。泵排气阀 205 可以由控制器(例如,如图 3 所示的控制器 300)控制。

[0029] 在某些实施例中,输出阀 210 可以是四向阀。阀 210 可以包括螺线管,其操作以将阀移动到至少两个位置中的一个。在一个位置,阀 210 可将加压气体提供至输出端口 A 并将加压气体从输出端口 B 排出(即,“关闭”位置)。在该位置,加压气体能够通过输出阀 210 到达输出端口 A,加压气体经此为工具 103 提供气动动力。加压气体还可以通过输出阀 210 和消音器 225 并从消音器 225 被排入大气。在另一个位置(即,“打开”位置),输出阀 210 允许加压气体通过阀 265 到达输出端口 B,加压气体经此为工具 103 提供气动动力。加压气体还可以通过输出阀 210 到达消音器 225 并从这里排入大气。输出阀 210 也可由控制器

300 控制。在某些实施例中,在关闭位置期间控制器 300 可以用信号通知电磁阀关闭(螺线管可用于移动阀以使空气转向通过端口 A),并且当信号停止(或者发送打开信号)时,弹簧(或其他致动机构)可使阀返回到打开位置(其中,阀处于使空气转向至端口 B 的位置)。在 50% 阀占空比期间,控制器可以施加关闭信号的时间量与信号停止(打开位置)或施加打开信号的时间量大致相同。

[0030] 在某些实施例中,歧管组件 235 可以由金属(诸如铝)或塑料加工得到。同样可以考虑其他材料。歧管组件 235 可以是气密的,包括各种接头和耦接器,并且可被设计为能承受相对高的气体压力。歧管组件 235 可被制造为若干个体部件的集合,或者可被制造为单个部件。例如,歧管组件 235 可由单个铝部件制成。消音器 225、230、251 和 253 可以抑制由排出的气体造成的噪音。

[0031] 图 3 根据一个实施例例示了用于气动动力玻璃体切除术机的控制器 300 以及阀 205、210、261、263 和 265。在某些实施例中,控制器 300 可以经由将阀耦接至控制器的接口将控制信号发送至阀 205、210、261、263 和 265。接口可以包括诸如导线、总线、迹线等等的电导体。控制器 300 可以是能执行逻辑功能的集成电路。控制器 300 可以包括具有电源、输入和输出引脚的集成电路封装。在各种实施例中,控制器 300 可以是阀控制器或目标设备控制器。在这种情况下,控制器 300 可以执行针对具体设备(例如阀)的具体控制功能。在某些实施例中,控制器 300 可以是微处理器。控制器 300 可以是可编程的,从而能够用于控制阀以及机器的其他部件。在某些实施例中,控制器 300 可以是被配置为控制执行不同功能的专用控制器。

[0032] 图 4 例示了可附至输出端口 A 和 B 以用作切割器件的工具 103(例如玻璃体切除器)的实施例。切割器 403 可由气缸移动,而气缸又由加压气体移动。气缸可以随着加压气体被交替导向至输出端口 A 和 B 而摆动。这类玻璃体切除术设备可被设计为在各种切割速率(例如,每分钟 1000 次切割、每分钟 2500 次切割、每分钟 5000 次切割等)下操作。同样可以考虑其他切割速率。端口 A 和端口 B 可以提供分开的气动通道(以及两通道间的差额压力)用以驱动工具 103。交替的压力脉冲可由在两通道之间循环压力输出的四向电磁阀(例如,玻璃体切除术切割器控制阀 210)生成。如图 4 所示,压力差额可以在工具 103(例如,探针)内部来回地移动隔片 401,从而移动工具 103 上连接的探针切割器 403。在两个气动通道内的压力偏差(例如,在阀的打开或关闭位置之一形成更高的压力差额)可能影响工具 103 的功能和/或性能。因为各种因素(例如,阀间变化以及操作台之间两通道内流限/流阻的变化),压力差额可能在不同操作台 101 中的不同阀 210 之间变化,从而导致难以提供一致的操作压力差额。为了控制两个气动通道输出的压力差额,可以使用软件控制电磁阀 210 的打开/关闭定时(也被称为阀占空比)。阀占空比可以通过校准而被调节,以便在阀的打开/关闭位置期间都更好地平衡差额压力。通过调节阀占空比,可以延长或缩短在阀打开/关闭循环内向每个气动通道传送加压空气的时间,从而实现在整个阀循环内更为一致的差额压力以使得工具操作更为平滑。

[0033] 例如,以每分钟 2500 次切割的探针速率,阀 210 可以以每循环约 24ms 的速率交替地向端口 A 和端口 B 提供加压空气。为了获得每分钟 2500 次切割的切割速率,两个气动通道可以每 24ms 就循环开/关一次(2500 次切割/分钟或 1 分钟/2500 次切割 * 60 秒/1 分钟 = 0.024 秒/切割 = 24ms/切割),即,可以向每个通道打开 12ms。在某些实施例中,实际

打开和关闭通道的过渡时间可能占用部分循环时间。例如,气动通道 1(即,经由控制阀 210 的端口 A)可能需要 4ms 打开(同时气动通道 2 在关闭)并且需要 2ms 关闭(同时气动通道 2 在打开),由此在每个 24ms 的循环中存在 6ms 的总过渡时间。同样可以考虑其他过渡时间。因为过渡时间,当阀向通道 2 关闭时可能实际上仅向通道 1 打开了 8ms($12\text{ms}-4\text{ms}$),并且在向通道 2 打开时可能向通道 1 关闭了 10ms($12\text{ms}-2\text{ms}$)。向通道 1 和通道 2 提供加压空气的这一 8ms 相对于 10ms 的阀定时差别可导致两通道之间不平衡的压力差额。在某些实施例中,可能期望两通道的打开持续时间大致相同(例如,在 2500 切割/分钟的情况下,实际打开大约 $(24\text{ms}-6\text{ms})/2 = 9\text{ms}$)。如果过渡时间对所有阀 210 恒定,则软件控制可以调节阀占空比以实现两通道大致相等的实际打开持续时间。在该例中,软件可以将通道 1 的标称打开时间调节为 13ms,并将通道 2 的调节为 11ms。因此,对于该例,排除了过渡时间的通道 1 的实际打开时间可以是 $13\text{ms}-4\text{ms} = 9\text{ms}$,而通道 2 的实际打开时间则可以是 $11\text{ms}-2\text{ms} = 9\text{ms}$ (类似于通道 1)。然而,因为各种阀 210(例如,归因于阀 210 的制造差异)之间的过渡时间可能有差异,固定的定时偏移也许不能成功克服这一不平衡。例如,一个不同的阀可能需要 3ms(而非 4ms)打开通道 1(同时气动通道 2 在关闭)并且需要 2ms 关闭通道 1(同时气动通道 2 在打开)。如果应用相同的软件控制阀占空比(例如,用于通道 1 的 13ms 标称打开时间以及用于通道 2 的 11ms 标称打开时间),那么气动通道 1 的实际打开时间可能是 $13\text{ms}-3\text{ms} = 10\text{ms}$,而通道 2 的实际打开时间则可能是 $11\text{ms}-2\text{ms} = 9\text{ms}$ 。因此,在此例中,气动通道 1 仍然会比气动通道 2 多打开 1ms 或 11%。这一差别会导致两气动通道之间不均匀的动力平衡,而后者则可能导致较低的有效切割速率/功率。类似地,固定的定时偏移也可能无法成功克服由操作台间两通道内的流限/流阻变化而引起的不平衡。

[0034] 在某些实施例中,可以针对各个不同的阀和/或操作台(例如,为了补偿各种阀的不同过渡时间以及各种操作台的流限/流阻差)来调节阀占空比。通过把调节后的阀占空比应用于气动通道的循环时间,气动通道可以在总循环时间期间开动以具有大致相等的实际打开时间。如上所述,50%阀占空比可以对应于施加关闭阀的信号与未施加该信号(对应于打开位置)大致相同的时间量。1%的调节可导致 51%阀占空比,其对应于施加关闭阀的信号长达总循环时间的约 51%(并且总循环时间的 49%不施加该信号(或施加打开信号)以打开该阀)。较长的 51%阀占空比于是可以对例如关闭比打开需要更长时间的阀和/或在连接到该阀的关闭位置的通道内具有较高流限/流阻的操作台进行补偿。

[0035] 在某些实施例中,阀 210 的阀占空比值可被存储在操作台 101 或工具 103 上的存储器 303 内。存储器 303 可以包括 DIP 开关(双列直插封装开关)、可变电阻器、数字电位计或者 EEPROM(电可擦除可编程只读存储器)。在某些实施例中,阀占空比可以通过反复尝试确定,并且可被编程或写入存储器 303(例如,在制造时)或者可以例如通过用户与操作台 101 的交互而被接收(例如,一直被输入操作台 101 的图形用户界面 107 中)。阀占空比随后可由手术操作台 101(例如,手术操作台 101 内的控制器 300)用来控制阀 210 的打开/关闭时间。

[0036] 如图 5a-6 所示,一个或多个 DIP 开关 S1、S2、S3 等可被连接至电阻器网络(每个电阻器可以具有不同的电阻)。图 5a 和 5c 例示了具有 5 个 DIP 开关的实施例,而图 5b 和 6 则例示了具有 6 个 DIP 开关的实施例。图 5d 例示了具有 n 个 DIP 开关的实施例。每个 DIP 开关可用 1 或 0(开或关)编程以允许电流流经其相应的电阻器或是阻止电流流经其相

应的电阻器。电阻器网络和 DIP 开关可以具有基于 DIP 开关设置的总电阻。例如,对于 6 个 DIP 开关(每个开关具有一个相应的电阻器),电阻器网络可被配置为具有从 $2^6 = 64$ 种可能电阻中选出的一个电阻。DIP 开关设置的组合因此可以产生电阻器网络的不同电阻值。例如,图 5a-6 中的每个电阻器之上是示例的电阻倍数(例如,以千欧计)(其他电阻也是可能的)。如图 5a 所示,示例的网络电阻基于 5 个 DIP 开关的设置可以是 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19 或 20(在示出的配置中,32 种 DIP 开关组合可以以 1 为增量产生 20 种网络电阻值,并带有 12 个重复值)。其他配置也是可能的(例如,不同的电阻值,不同的 DIP 开关布置等)。在图 5b 所示的实施例中,64 种 DIP 开关组合可以以 0.5 为增量产生 40 种网络电阻值,并带有 24 个重复值(例如,网络电阻值 1、1.5、2、2.5、3、3.5、4、4.5、5、5.5、6、6.5、7、7.5、8、8.5、9、9.5、10、10.5、11、11.5、12、12.5、13、13.5、14、14.5、15、15.5、16、16.5、17、17.5、18、18.5、19、19.5、20 和 20.5)。在图 5c 所示的实施例中,5 个 DIP 开关的电阻器网络可以包括 32 种 DIP 开关组合,从而以 1 为增量产生 32 种网络电阻值,并且不带有重复(例如,电阻值 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、31 和 32)。如图 5d 所示, n 个 DIP 开关的电阻器网络可以包括 2^n 种 DIP 开关组合,从而以 R 为增量产生 2^n 种网络电阻值,并且不带有重复(例如,电阻值 R 、 $2R$ 、 $3R$ 、 $4R$ 、 $5R$ 、...、 $2^n R$)。可以向电阻器网络(例如,通过电压源 501)施加已知电压(例如,5 伏),并且可以通过模/数转换器 509 将结果电压转换成数字计数 511。在手术操作台上执行的软件可以使用数字计数 511 来确定相应的阀占空比。例如,可以对该数字计数执行查找表以确定相应的阀占空比值。在某些实施例中,具有数字计数和相应的阀占空比值的校准表 901(例如,参见图 9)可被存储在操作台上。

[0037] 如上所述,DIP 开关(例如,在 DIP 开关组 503 中)可以被编程为处于不同开/关(1/0)位置以组合电阻器网络 505 中所选定的电阻。电阻器网络可以用作分压器,以作为向网络施加第一电压的结果输出第二电压。ADC 509 可将第二电压转换成数字计数 511。例如,电压 2 可以形成值为 447 的数字计数(例如,对应于 2.183 伏的电压)。在手术操作台上执行的软件可以使用值为 447 的该数字计数来确定相应的阀占空比(在此情况下为 49.5%)。例如,如图 9 所示,可以访问查找表以确定对应于该数字计数的阀占空比。在某些实施例中,阀占空比可以被确定并存储在可写存储器(例如,EEPROM)内。在手术操作台的后续使用期间,可以读取该 EEPROM,而非通过使用 DIP 开关确定阀占空比。使用 EEPROM 以供后续使用使得可以更快地确定阀占空比。使用 EEPROM 还可以防止与由未经授权的人员不经意地开关或触碰或设置的 DIP 开关相关联的伪值。在某些实施例中,当手术操作台接收到一个新值正被确定的指示时(例如,用户可以在用户界面上输入密码来验证该用户并设置操作台用以接收一个新的阀占空比,或者用户可以设置 DIP 开关附近的开关或按压其附近的按钮来指示手术操作台检测一个新的阀占空比并将其存储在 EEPROM 中(例如,根据 DIP 开关确定的)),可以将新的阀占空比读入 EEPROM。

[0038] 图 7 例示了用于确定校准阀 210 的阀占空比的方法。在流程图中提供的要素仅是示例性的。可以省略所提供的多种要素,可以添加额外的要素,和/或可以按与下述不同的次序执行各要素。

[0039] 在 701,要被校准的阀 210 的气动端口可以耦接至一个或多个压力传感器,所述压力传感器用于在阀 210 操作期间确定每个端口的压力(或端口之间的差额压力)。例如,

每个端口 (A 和 B) 可以耦接有单独的压力传感器或者一个差额压力传感器可耦接至端口 A 和 B 两者。如果在每个端口使用单独的压力传感器,则可以使用来自每个端口的压力数据计算差额压力。如图 1 所示,工具 103 可以是具有通过端口 105 耦接至 A 和 / 或 B 端口的一个或多个压力传感器的压力变换器盒。在某些实施例中,阀 210 可以在耦接至手术操作台时被测试 (例如,压力传感器可被耦接至手术操作台 101 的输出气动端口 105)。在某些实施例中,可以为阀设定每分钟切割次数的设置 (例如,每分钟 2500 次切割)。

[0040] 在 703,可将气动系统阀占空比设为默认值 (例如,校准 DIP 开关可被设为 50% 阀占空比,这可能导致不对打开 / 关闭阀定时施加偏移)。可以使用将 DIP 开关设置与阀占空比相关的校准表 901 来设置 DIP 开关设置。

[0041] 在 705,气动系统 (包括阀 210) 可以被操作一段给定的时间量 (例如,10 秒)。在气动系统操作期间,可以通过压力传感器检测用于运转的压力数据。在某些实施例中,可以压下脚踏开关踏板来启动气动系统。在某些实施例中,气动系统可以被操作一段延长的时间 (例如,1 至 2 小时),尤其是在气动系统和 / 或操作台是新的情况下。在校准之前的延长的操作可以允许系统和 / 或操作台去除归因于制造、摩擦点和其他部件交互点 (例如,随着新零件与其他零件交互长达经延长的时期,新零件上的初始摩擦可以被摩擦掉) 的初始阀差异。在某些实施例中,气动系统可以在初始运转之后停止,并在随后被再次操作达另一设定时间量 (例如,5 至 10 秒) 后才获取压力数据。在某些实施例中,可以在气动系统运转之间应用一等待时间 (例如,5 至 10 秒)。

[0042] 在 707,可以确定打开 / 关闭阀位置之间的压力差额和压力范围。图 8a 例示了用于气动系统的可能的压力差额相对于时间的绘图。如图 8a 所示,在循环间隔时刻 (T),压力差额在打开 / 关闭位置可以是 +10 和 -13psi (导致约 23psi 的压力范围 801, psi : 磅每平方英寸)。最低性能点可以是在压力打开和压力关闭之间的差额压力差别最小时 (即,当 $(\text{abs}(\text{压力打开}) + \text{abs}(\text{压力关闭}))$ 处于压力数据的最小值时) 的循环间隔时刻。在图 8a 所示的情况下,在循环间隔时刻 (T) 针对打开和关闭位置存在值得注意的压力降低。

[0043] 在 709,可以确定用于补偿压力偏差的阀占空比。在图 8a 所示的压力数据中,在循环间隔时刻 (T),压力偏差看上去约为 3psi (与超过读数 +10psi 的读数 -13psi 相关联)。将会导致大致居中的压力差额的阀占空比 (例如,以在循环间隔时刻 (T) 获取约 +11.5psi 和 -11.5psi 的打开 / 关闭压力值为目标) 可以被确定。确定阀占空比以使得压力差额在气动系统的最低性能点处居中可以确保气动系统在其最低性能点处仍具有足够的压力以在打开和关闭位置两者中操作 (阀占空比还可以使在气动系统的其他操作点处的性能得到改善)。虽然此处的若干示例确定了最低性能点附近的阀占空比,但是也可以使用压力数据内的其他点来确定阀占空比。对阀占空比的确定可以如下计算:

[0044] 新的阀占空比 = 在前阀占空比 + $((\text{abs}(\text{打开压力}) - \text{abs}(\text{关闭压力})) / 2) * (\text{阀占空比 } \Delta / \text{差额压力变化 } \Delta)$

[0045] 其中打开压力和关闭压力是在气动系统的最低性能时刻 (即,当前例中的时刻 T) 得到的,并且其中 $\text{abs}()$ 表示绝对值。在某些实施例中,阀占空比与压力差额调节之比可以以数学的方式或通过反复尝试来确定。例如,该比可以是 1% (阀占空比 Δ) 与 0.86psi (差额压力变化 Δ) 之比。

[0046] 在当前例中:

[0047] 新的阀占空比 = $50\% + (((13\text{psi} - 10\text{psi}) / 2) * (1\% / 0.86\text{psi}))$

[0048] 新的阀占空比 = $50\% + (1.5\text{psi} * (1\% / 0.86\text{psi}))$

[0049] 新的阀占空比 = $50\% + 1.744\% = 51.744\%$

[0050] 因此,在新的阀占空比为 51.744%的情况下,在关闭侧的压力(当前的 +10psi)可增加至 11.5psi ($10\text{psi} + 1.744\% * (0.86\text{psi} / 1\%) = 11.5\text{psi}$),而打开侧则可以移至 -11.5psi ($-13\text{psi} + 1.744\% * (0.86\text{psi} / 1\%) = -11.5\text{psi}$)。在某些实施例中,阀占空比可被四舍五入至最接近的增量(例如,如果四舍五入到最接近的增量 0.5%,则被四舍五入到 51.5%)。

[0051] 在 711,可以用新的阀占空比对气动系统进行编程。例如,可以以将要产生对应于所确定的阀占空比的电压的开/关序列来设置 DIP 开关(可以是具有开/关或 1/0 选项的物理可访问开关)。在某些实施例中,新的阀占空比可由手术操作台计算和/或被输入到手术操作台的图形用户界面。

[0052] 在 713,可以再次操作该气动系统(例如,5 至 10 秒)。在气动系统操作期间,可以通过压力传感器检测用于运转的压力数据。在某些实施例中,气动系统可以在初始运转之后停止,并在随后再次运转达另一设定时间量(例如,5 至 10 秒)后才获取压力数据。在某些实施例中,可以在气动系统运转之间应用一等待时间(例如,5 至 10 秒)。

[0053] 在 715,可以再次确定打开/关闭阀位置之间的压力差额和压力范围。图 8b 例示了在应用新的阀占空比之后可能的压力数据绘图。如图 8b 所示,压力差额现在大致以 0psi 为中点,使得关闭位置中的压力差额在针对关闭位置的最低性能点处为近似 11.5psi,而在针对打开位置的最低性能点处为近似 -11.5psi。

[0054] 在 717,可以将压力差额、压力范围和/或压力偏差与可接受的界值相比较。在某些实施例中,压力差额(例如,如图 8b 所示,在经校正的情况下差额约为 +11.5psi 和 -11.5psi)可以与用于操作的预定义阈值相比较(例如,差额的绝对值可以与约为 10psi 的阈值相比较)。在如图 8b 所示的经校正的情况下,差额压力(用于比较的绝对值)大于 10psi 的阈值。在某些实施例中,还可以确定压力偏差(两个通道之间的压力差别)并将其与预定义的可接受界值相比较。例如,该压力偏差可以等于 $\text{abs}(\text{关闭压力}) - \text{abs}(\text{打开压力})$ 。在校准之后,可以使用 1psi 的预定义的可接受的压力偏差(取决于气动系统校准还可以使用其他的压力偏差)。作为另一个示例,可以将总压力范围 ($\text{abs}(\text{打开压力}) + \text{abs}(\text{关闭压力})$) 与预定义的可接受界值(例如,最小值为 21.6psi 的范围)相比较。在某些实施例中,在气动系统的最低性能点处的总压力范围可以与可接受的总压力范围相比较,以确定该气动系统是否有泄漏或约束。例如,如果总压力范围 $< 21.6\text{psi}$,则系统内可能存在泄漏或约束。也可以使用其他的总压力范围(不同的气动系统配置可以在不同的压力和压力范围下操作)。如果在最低性能点处的总压力范围不满足最低可接受界值,则可以替换阀和/或可以检查该气动系统。同样地,如果压力波形的边缘不平滑,而是呈波状或具有移位,或是在最小性能点之后没有向两侧扩散,则可能需要替换该阀。

[0055] 在 719,如果总压力范围或压力偏差位于可接受范围之外,则可以使用一个新的阀占空比。在某些实施例中,新的阀占空比可以被重新计算。例如:

[0056] 新的阀占空比 = 在前阀占空比 + $((\text{abs}(\text{打开压力}) - \text{abs}(\text{关闭压力})) / 2) * (\text{阀占空比 } \Delta / \text{差额压力变化 } \Delta)$

[0057] 其中,打开压力和关闭压力可以是气动系统的最低性能时刻的差额压力。在某些实施例中,并不使用该等式,而是可以尝试高于或低于在前阀占空比一个增量的阀占空比。如果在前的关闭压力需要被增加(以降低朝向打开位置的压力偏差),则可以将该阀占空比增加至下一增量(例如,从 51%到 51.5%)或者反之亦然。在某些实施例中,新的阀占空比可由手术操作台确定和/或被输入到手术操作台的图形用户界面。在某些实施例中,DIP 开关可被设为与新确定的阀占空比相对应。随后可测试该新的阀占空比(例如,通过执行要素 713 至 719)。

[0058] 在 721,如果阀已被测试超过一个设定的次数(例如,两次)并且总压力范围或压力偏差仍然位于可接受范围之外,则可以安装不同的阀/模块。在某些实施例中,可能要执行确定新的阀占空比(或者可以移动 DIP 开关以对应高于或低于在前阀占空比的另一个阀占空比)的额外的几轮。

[0059] 在 723,如果来自 717 的总压力范围和压力偏差位于可接受范围内,则可以结束校准过程。手术操作台可以使用所确定的阀占空比。在某些实施例中,DIP 开关和电阻网络可以在操作期间将期望的阀占空比(通过特征电压)中继给系统操作台。例如,来自电阻器网络的电压可以通过模/数转换器 509 转化成数字计数。数字计数可由手术操作台上执行的软件处理,并且相应的阀占空比可被确定并用于修改阀性能。在某些实施例中,校准过程可被多次执行以确保具有所确定的阀占空比的校准结果有可重复性。

[0060] 在某些实施例中,玻璃体切除术系统可以包括一个或多个处理器(例如,控制器 300)。控制器 300 可以包括单个处理设备或者多个处理设备。这类处理设备可以是微处理器、控制器(可以是微控制器)、数字信号处理器、微型计算机、中央处理单元、现场可编程门阵列、可编程逻辑器件、状态机、逻辑电路、控制电路、模拟电路、数字电路和/或基于操作指令操纵信号(模拟和/或数字)的任何设备。耦接至和/或嵌入处理器的存储器可以是单个存储器设备或是多个存储器件。这类存储器件可以是只读存储器、随机存取存储器、易失性存储器、非易失性存储器、静态存储器、动态存储器、闪速存储器、高速缓冲存储器和/或存储数字信息的任何设备。注意到当处理器经由状态机、模拟电路、数字电路和/或逻辑电路执行其功能的一个或多个时,存储相应操作指令的存储器可以嵌入或外连至包括所述状态机、模拟电路、数字电路和/或逻辑电路的电路。与例如关联于图 7 示例和描述的要素的至少一部分相对应的操作指令可由所述存储器存储,并可由所述存储器执行。

[0061] 本领域普通技术人员可以对本申请中的实施例做出各种修改。本说明及其示例旨在被认为仅是由所附权利要求及其等同方案指明的本发明真实范围 and 精神的说明。

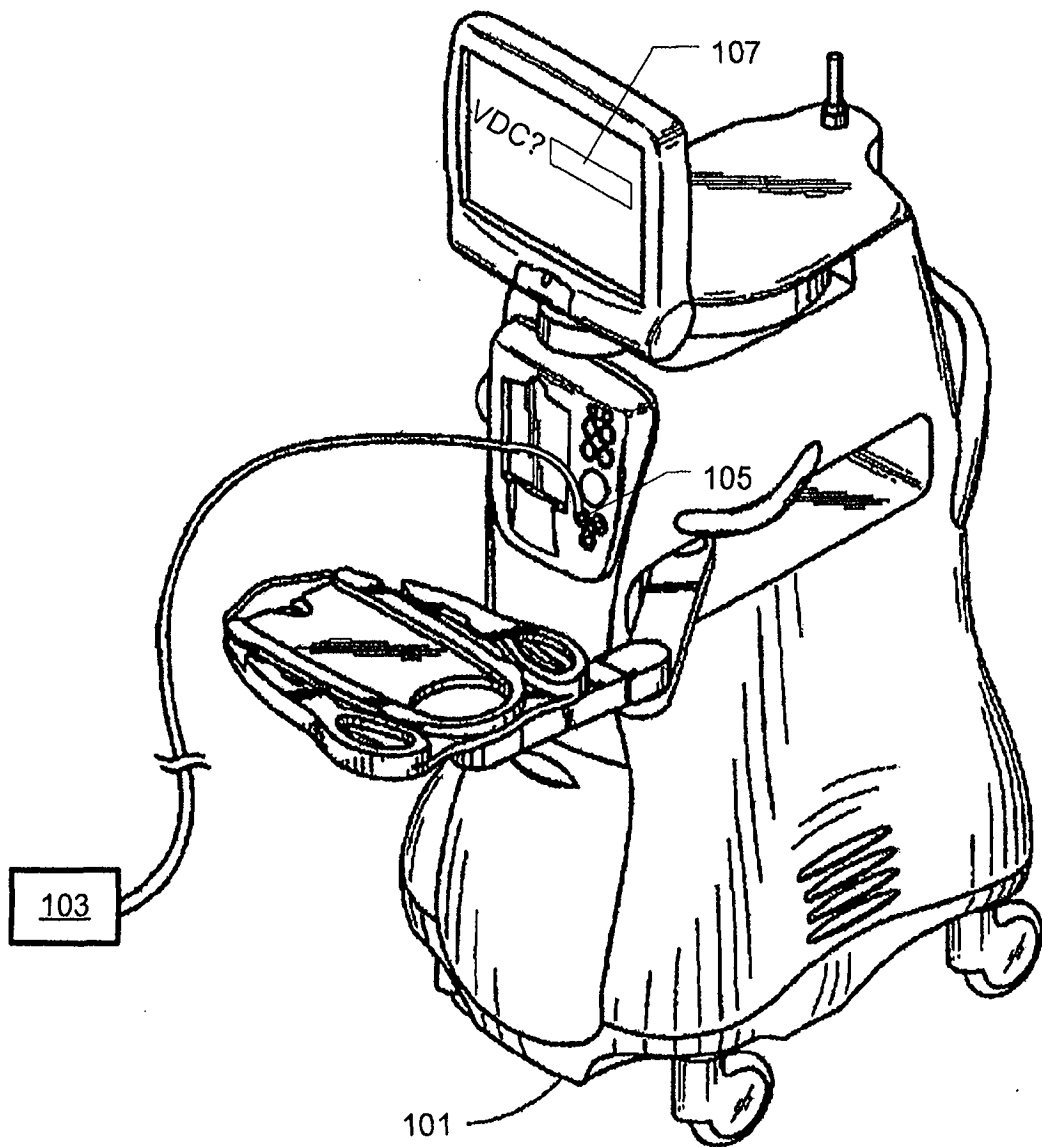


图 1

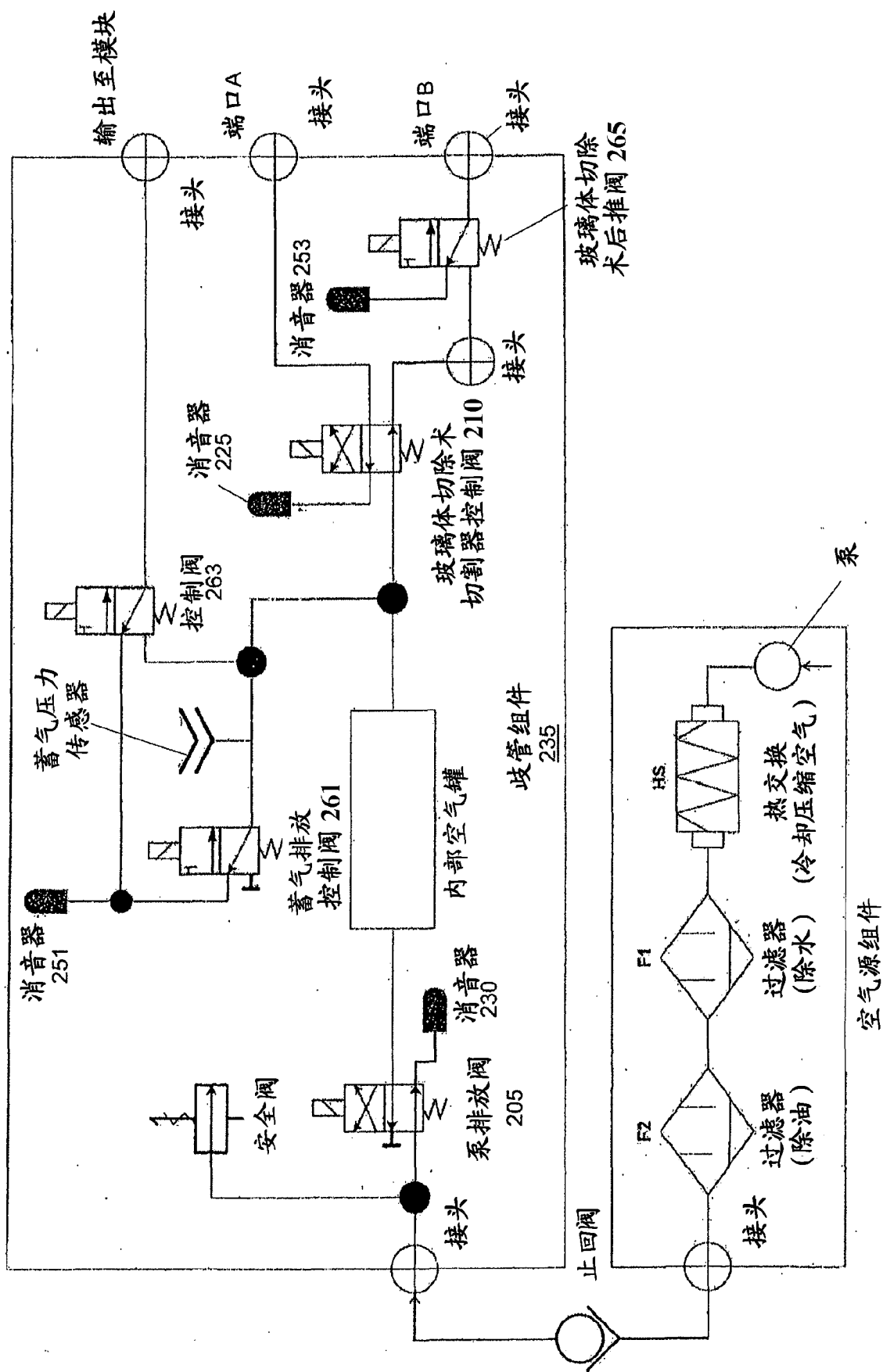


图 2

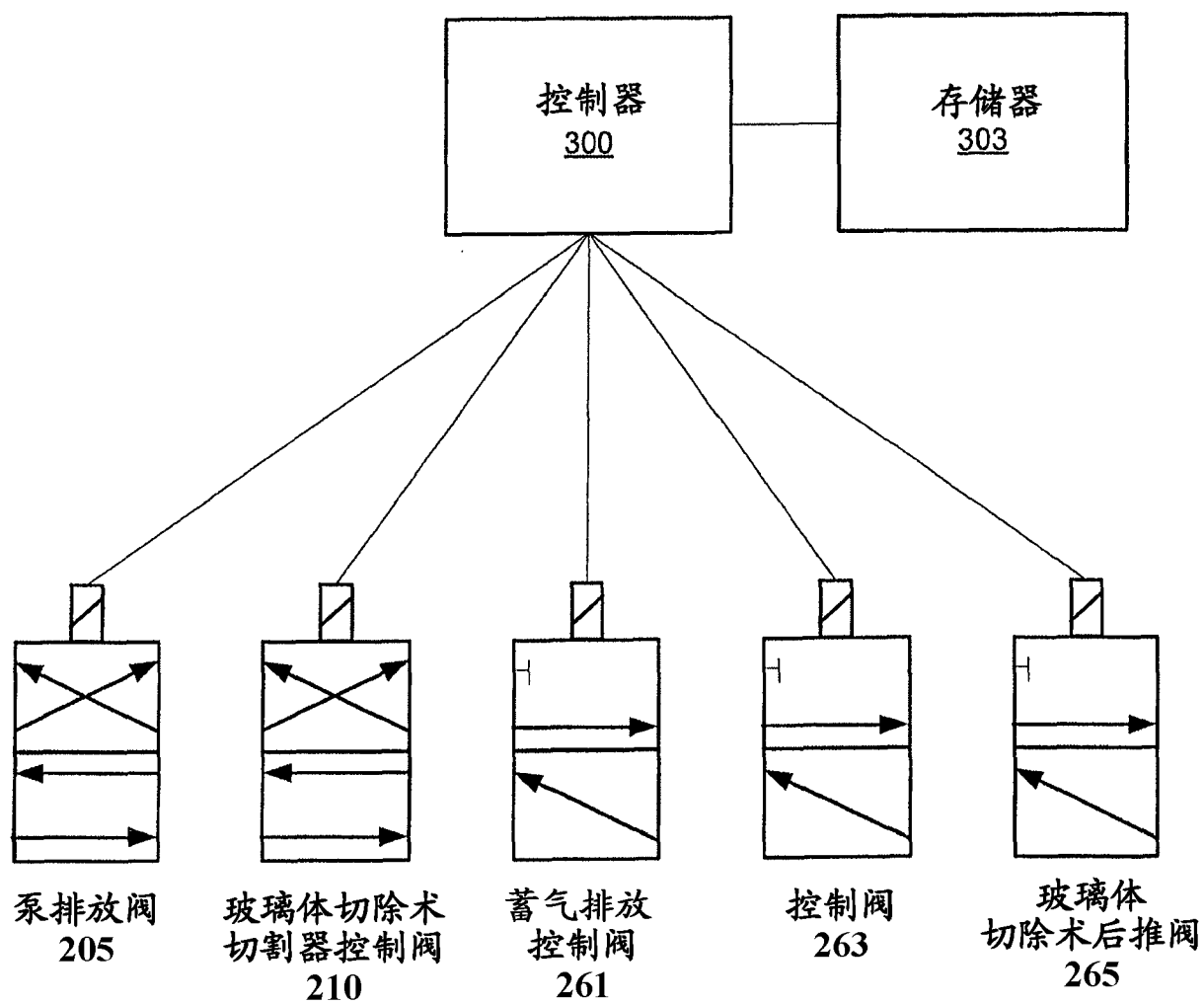


图 3

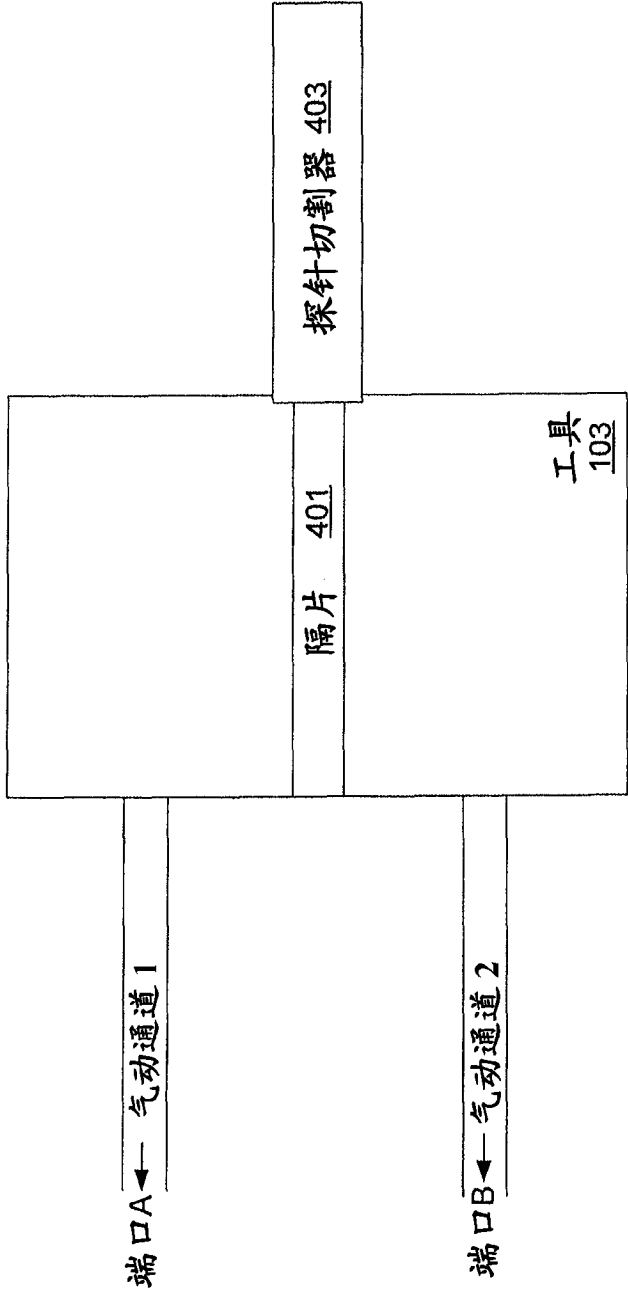


图 4

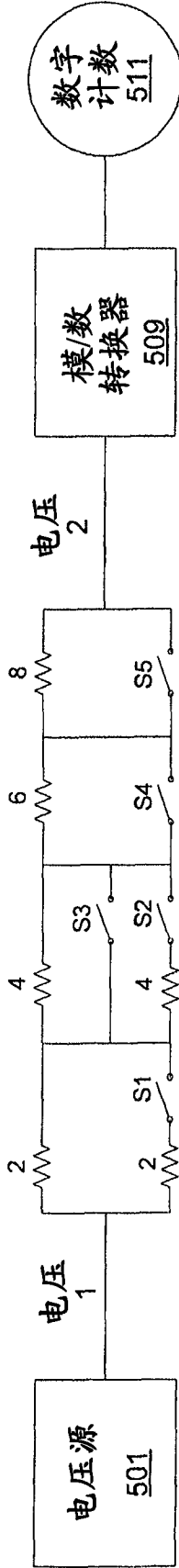


图 5a

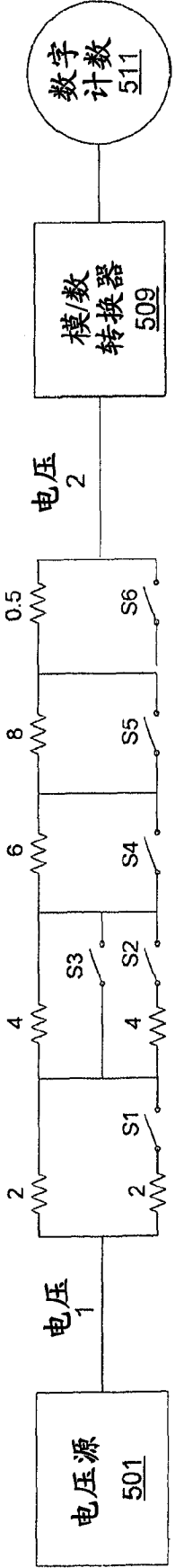


图 5b

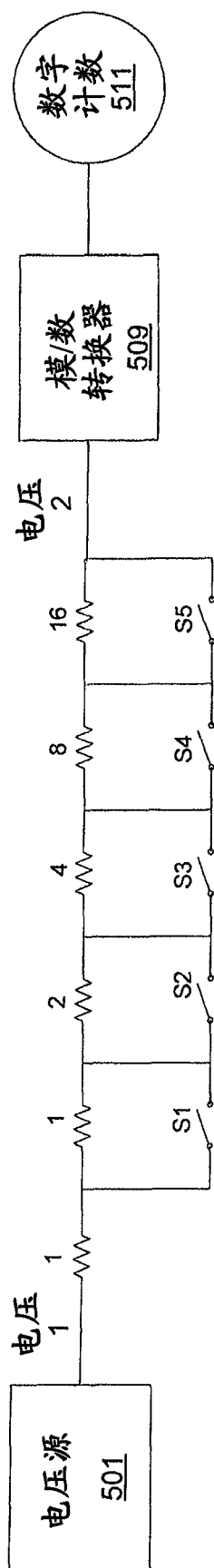


图 5c

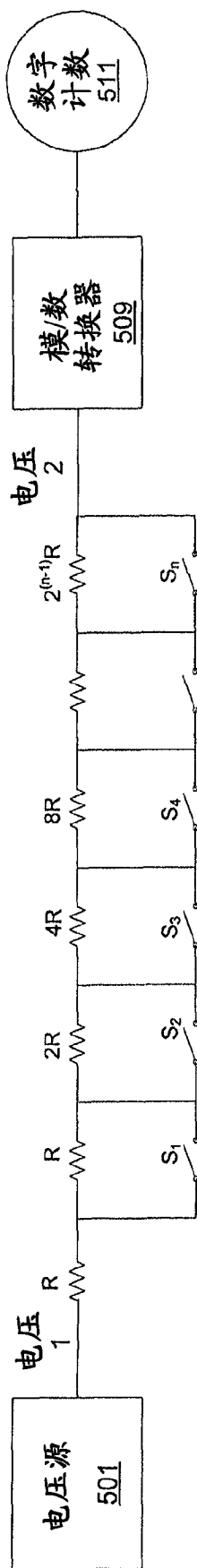


图 5d

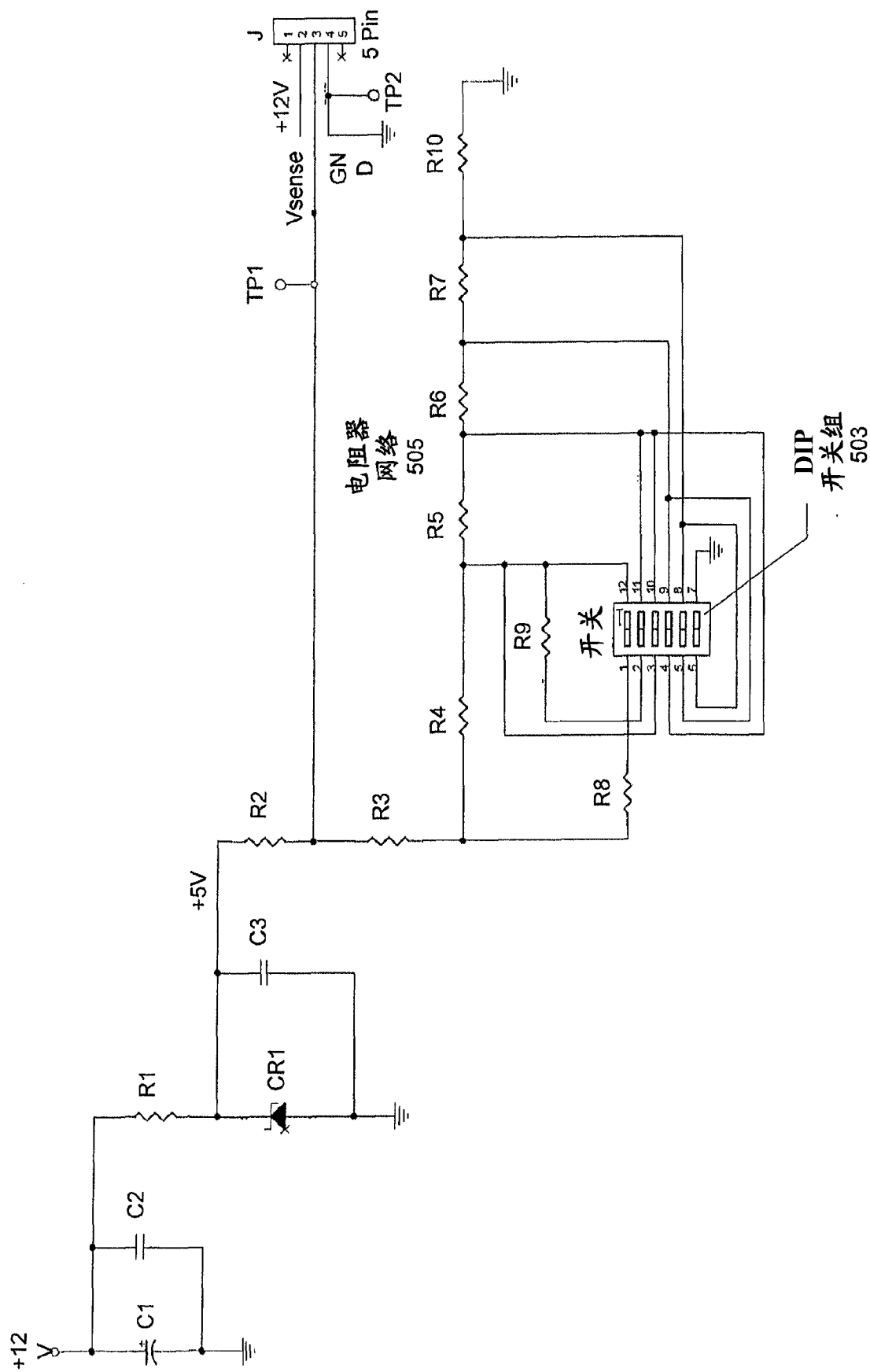


图 6

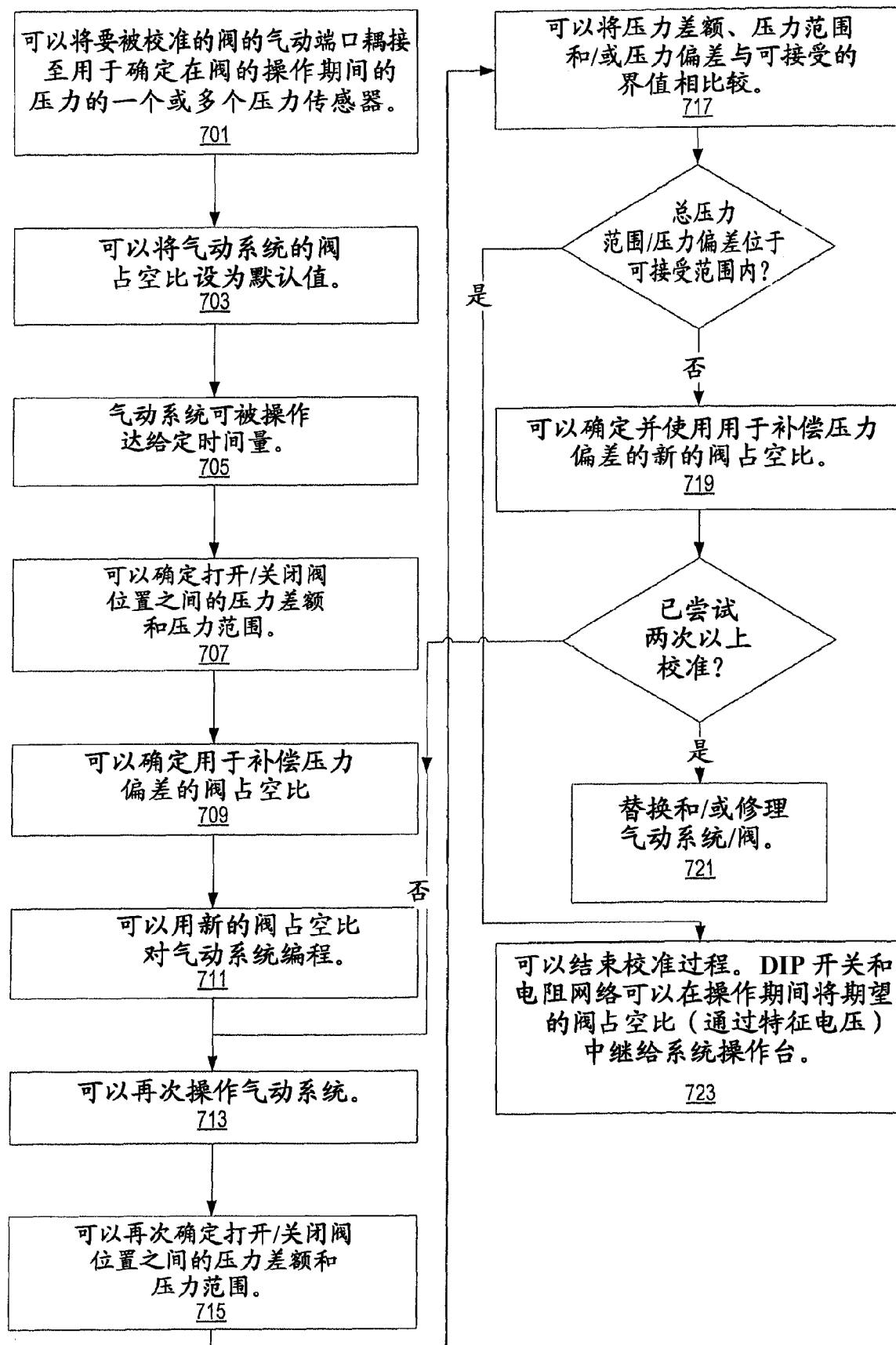


图 7

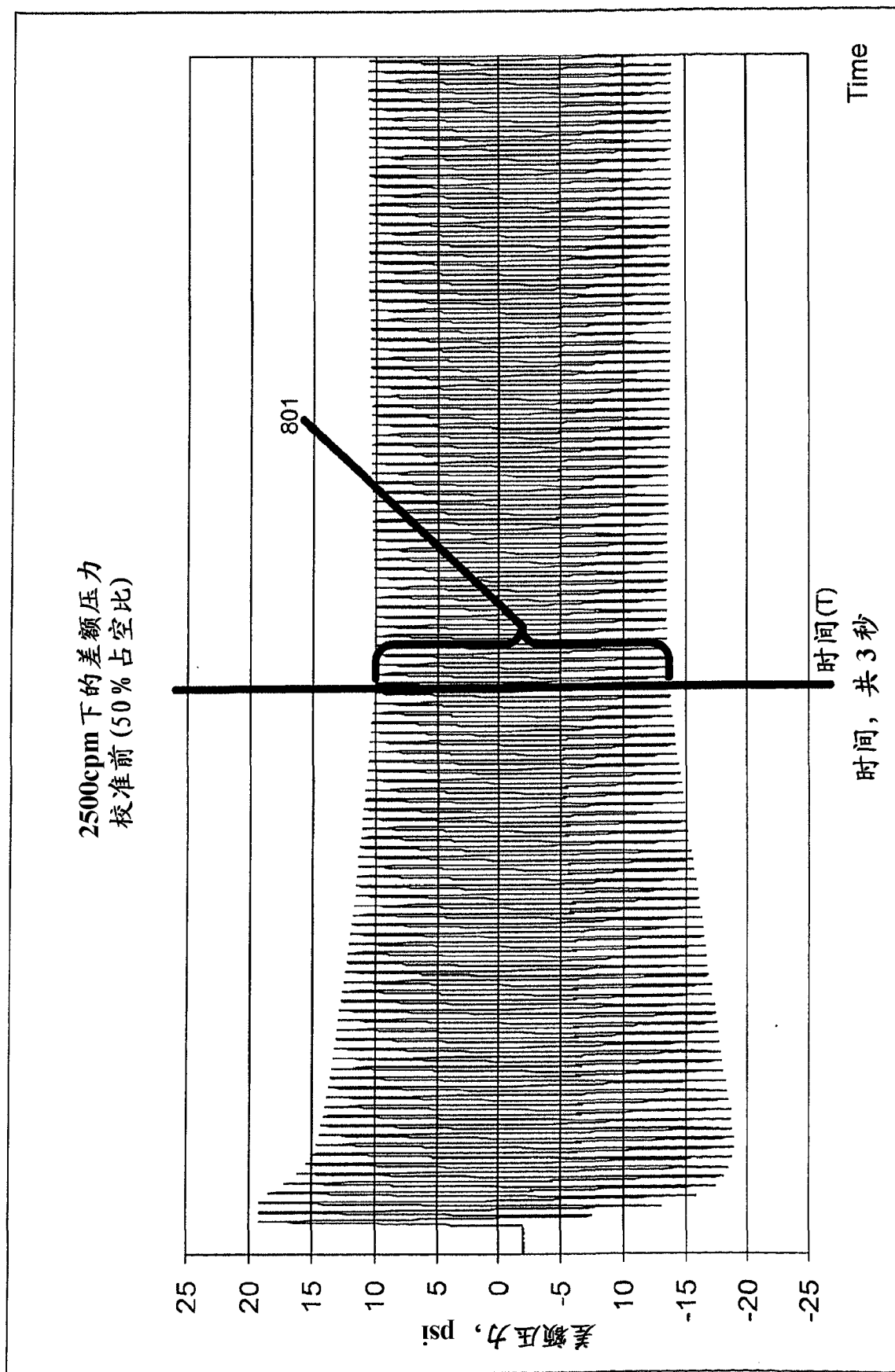


图 8a

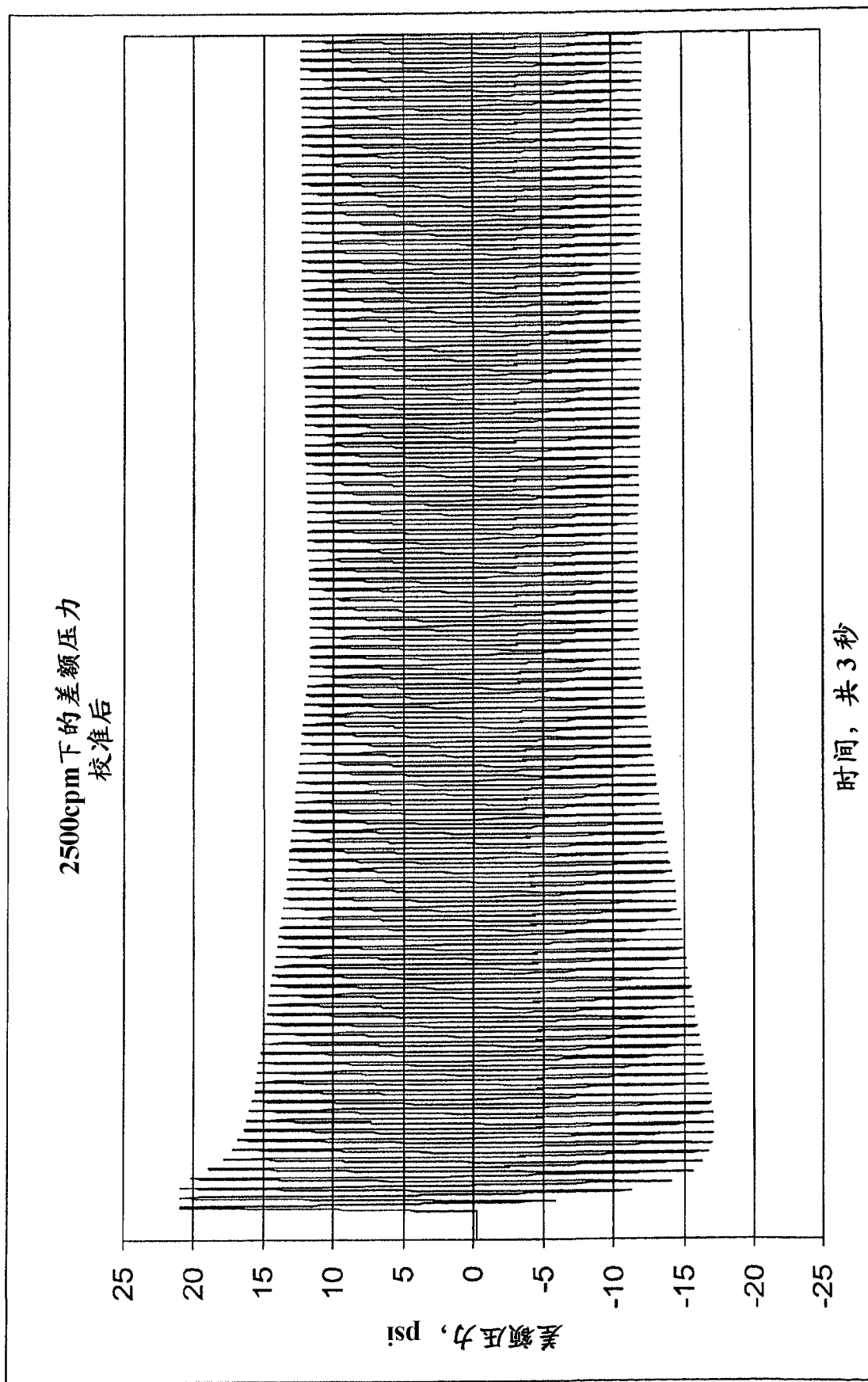


图 8b

DIP 开关设置	输出电压	数字计数	对应的阀 占空比
S1=1; S2=0; S3=0; S4=1; S5=1; S6=0	1.674	342	48.5%
S1=1; S2=0; S3=1; S4=0; S5=1; S6=0	2.183	447	49.5%
S1=1; S2=1; S3=0; S4=0; S5=1; S6=0	2.646	541	50.5%

校准表
901

图 9