



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110753581 A

(43)申请公布日 2020.02.04

(21)申请号 201880028960.5

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2018.04.06

B01L 3/02(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.10.31

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2018/052422 2018.04.06

(87)PCT国际申请的公布数据

W02019/193404 EN 2019.10.10

(71)申请人 加拿大马仕路实验室公司

地址 加拿大安大略省

(72)发明人 玉井弘文 周朝军

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

代理人 李献忠 张静

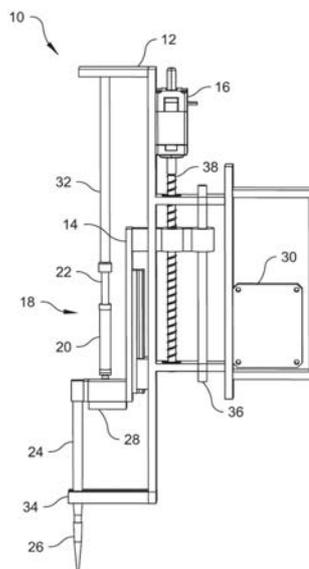
权利要求书3页 说明书6页 附图10页

(54)发明名称

集成移液器

(57)摘要

移液器模块10具有移液器模块框架12,其可附接到液体处理系统100的z轴框架120。附接到所述移液器模块框架12的平移运动框架14可通过电动机16相对于所述移液器模块框架12移动。包括圆筒20、管24、管吸头26和压力传感器28的气动抽吸器组件18附接到平移运动框架14。布置在圆筒20中的活塞22固定地附接到所述框架12。用于所述移液器模块10的控制器30具有液面检测模式,该液面检测模式使得压力反馈控制算法能够导致电动机16以z轴平移运动方式移动所述平移运动框架14,直到压力传感器28感测到吸头26中的压力的变化表明吸头26已经接触液体表面110。



1. 用于液体处理系统100的移液器模块10,所述液体处理系统100包括:液体处理系统z轴框架120,至少一个具有容器开口端104的容器102,所述容器开口端104具有相对于所述液体处理系统z轴框架120的预定的容器开口端位置106 (R_1),在所述至少一个容器102中的液体108具有液体表面110,所述液体表面110具有未知的液位112 (R_2),所述移液器模块10包括:

移液器模块框架12,其能附接到所述液体处理系统z轴框架120;

移液器模块平移运动框架14,其附接到所述移液器模块框架12,并且能通过移液器模块电动机16相对于所述移液器模块框架12移动;

气动抽吸器组件18,其包括:

移液器模块圆筒20,其具有可移动地布置在其中的活塞22;

管24,其与所述移液器模块圆筒20流体连通,所述管24末端连接吸头26;和

压力传感器28,其与所述圆筒20、所述管24和所述吸头26流体连通;和

移液器模块控制器30,其与所述移液器模块电动机16和所述压力传感器28电连通,

其特征在于:

所述移液器模块圆筒20、所述管24和所述吸头26附接到所述移液器模块平移运动框架14,并能够与其一起移动;

所述活塞22通过活塞杆22 (32) 固定地附接到所述移液器模块框架12;和

所述移液器模块控制器30具有液面检测操作模式,该液面检测操作模式能启用压力反馈控制算法,该压力反馈控制算法使所述移液器模块电动机16以z轴平移运动方式移动所述移液器模块平移运动框架14直到所述压力传感器28感测到的所述吸头26中的压力发生的变化表示所述吸头26与所述液体表面110接触。

2. 根据权利要求1所述的移液器模块10,其中,所述压力反馈控制算法对以下比例、积分、微分 (PID) 反馈控制规律进行编码:

$$u(t) = u_0(t) + K_P e(t) + K_I \int_0^t e(t') dt' + K_D \frac{de(t)}{dt},$$

其中 $u(t)$ 是吸头速度,单位为mm/sec;

$u_0(t)$ 是所述吸头速度的初始值;

K_P , K_I 和 K_D 是所述控制规律的比例、积分、微分系数的非负常数;和

$e(t)$ 是控制误差,其等于目标压力值减去测量压力值。

3. 根据权利要求1所述的移液器模块10,其中,所述移液器模块平移运动框架14通过线性滑块36附接到所述移液器模块框架12,并且通过螺钉38可操作地联接到所述移液器模块电动机16。

4. 根据权利要求1所述的移液器模块10,其还包括附接至所述移液器模块框架12以与其一起移动的吸头去除器34,所述吸头去除器34具有以吸头去除器间隙42分隔开的成对的第一和第二平行吸头去除器杆40,所述吸头去除器间隙42大于所述管24的外径并且小于所述吸头26的外径,其中,所述吸头去除器间隙42允许所述管24在所述一对吸头去除器杆40之间以沿z轴平移运动方式移动,并且防止所述吸头26从其中穿过,并且在所述吸头26接触所述成对的吸头去除器杆40,所述移液器模块平移运动框架14的进一步z轴平移运动将所述吸头26与所述管24分离。

5. 根据权利要求1所述的移液器模块10,还包括:

另一个移液器模块平移运动框架44,其附接到所述移液器模块平移运动框架14,并通过另一个移液器模块平移运动框架电动机46相对于所述移液器模块平移运动框架14移动;和

所述气动抽吸器组件18还包括:

另一个移液器模块圆筒48,其具有比所述移液器模块圆筒20的移液器模块圆筒体积大的另一个移液器模块圆筒体积,所述另一个移液器模块圆筒48能与所述移液器模块平移运动框架14一起移动,并且与所述移液器模块圆筒20、所述管24、所述吸头26和所述压力传感器28流体连通;和

另一个移液器圆筒活塞50,其能移动地设置在所述另一个移液器模块圆筒48中,所述另一个移液器圆筒活塞50通过另一个移液器圆筒活塞杆52固定地附接到所述另一个移液器组件平移运动框架44;

另一个移液器模块控制器54,其与所述另一个移液器模块平移运动框架电动机46、所述压力传感器28和所述移液器模块控制器30电连通;和

其中所述液体处理系统控制器118具有抽吸操作模式,该抽吸操作模式的启用使得所述液体处理系统z轴电动机116以向上的z轴平移运动方式移动所述移液器模块安装座114,而所述移液器模块控制器30同时使所述移液器模块电动机16以向下的z轴平移运动方式移动所述移液器模块平移运动框架14,并在所述液体108被吸入所述吸头26时使所述吸头26与所述液体表面110保持接触,所述另一个移液器模块控制器54使所述另一个移液器模块圆筒平移运动框架电动机46以与所述移液器模块平移运动框架14的向下z轴平移运动相协调的向上z轴平移运动方式移动所述另一个移液器模块圆筒平移运动框架44。

6. 一种液体处理系统100,其用于从至少一个容器102中抽吸液体108,该容器102具有容器开口端104,所述容器开口端104相对于所述液体处理系统100具有预定的容器开口端位置106 (R_1),在所述至少一个容器102中的所述液体108具有液体表面110,所述液体处理系统100包括:

液体处理系统z轴框架120;

移液器模块安装座114,其附接到所述液体处理系统z轴框架120,并且能通过液体处理系统z轴电动机116相对于所述液体处理系统z轴框架120以z轴平移运动方式移动;

至少一个根据权利要求1所述的移液器模块10,其附接到所述移液器模块安装座114并且能随其移动;

液体处理系统控制器118,其与所述移液器模块控制器30和所述液体处理系统z轴电动机116电连通,

其特征在于:

所述液体处理系统控制器118具有容器索引操作模式,该容器索引操作模式的启用使所述液体处理系统z轴电动机116以沿向下的z轴平移运动方式移动所述移液器模块安装座114,直到所述吸头26与所述容器开口端104对齐。

7. 根据权利要求6所述液体处理系统100,其中,所述移液器模块控制器30在所述容器索引操作模式结束后,使液面检测操作模式启动。

8. 根据权利要求6所述的液体处理系统100,其中,所述液体处理系统控制器118具有抽

吸操作模式,该抽吸操作模式的启用使得所述液体处理系统z轴电动机116以向上的Z轴平移运动方式移动所述移液器模块安装座114,而所述移液器模块控制器30同时使所述移液器模块电动机16以向下Z轴平移运动方式移动所述移液器模块平移运动框架14,使得在所述液体108被吸入所述吸头26时所述吸头26与所述液体表面110保持接触。

9. 根据权利要求6所述的液体处理系统100,其中,所述移液器模块控制器30在所述容器索引操作模式结束之后启动所述液体表面检测操作模式,并且所述液体处理系统控制器118在所述液面检测操作模式结束后启动所述抽吸操作模式。

10. 根据权利要求6所述的液体处理系统100,其中,所述液体处理系统控制器118具有液体排放操作模式,该液体排放操作模式的启用使得所述液体处理系统z轴电动机116以向下的Z轴平移运动方式移动所述移液器模块安装座114,而所述移液器模块控制器30同时使所述移液器模块电动机16以向上的Z轴平移运动方式移动所述移液器模块平移运动框架14,从所述吸头26排出在所述吸头26中的液体108。

11. 根据权利要求10所述的液体处理系统100,其中,所述移液器模块控制器30在所述抽吸操作模式结束之后启动所述液体排出操作模式。

12. 根据权利要求6所述的液体处理系统100,其中:

所述至少一个容器102是两个或更多个容器102;

所述至少一个移液器模块10是两个或多个移液器模块10;

所述容器索引操作模式的启用导致所述液体处理系统z轴电动机116以向下的z轴平移运动方式移动所述移液器模块安装座114,直到所述至少两个移液器模块的至少一个移液器模块的所述吸头26与相应容器102的所述容器开口端104对齐;

在所述容器索引操作模式结束之后,启用所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述液面检测操作模式,独立地检测相应容器102中所述液体的液体表面;

在所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述液面检测操作模式结束之后启用所述抽吸操作模式,导致所述液体处理系统z轴电动机116以向上的z轴平移运动方式移动所述移液器模块安装座114,而所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述移液器模块控制器30同时使所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述移液器模块电动机16以向下的z轴平移运动方式移动所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述移液器模块平移运动框架14,使得在所述液体被抽吸入所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述吸头26中时,所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述吸头26与相应的容器102的所述液体表面110保持接触;和

所述液体排放操作模式的启用导致所述液体处理系统z轴电动机116以向下的z轴平移运动方式移动所述移液器模块安装座114,而所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述移液器模块控制器30同时使所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述移液器模块电动机16以向上的z轴平移运动方式移动所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述移液器模块平移运动框架14,从所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述吸头26排出在所述至少两个移液器模块的每个移液器模块的所述吸头26中的所述液体108。

集成移液器

发明背景

[0001] 本发明涉及一种用于从至少一个容器中抽吸液体并将所抽吸的液体分配到另一容器中的液体处理系统。更具体地,本发明涉及一种具有移液器模块作为核心部件的液体处理系统。

[0002] 通常,常规的液体处理系统包括多个移液器模块以及相关的处理器控制的、电动机驱动的机械子组件。所述机械子组件包括吸移器支撑框架,该吸移器支撑框架沿z轴移动,使一个或多个移液器吸头相对于容纳待吸取液体的容器上升和下降。由于这些相互关联的机械装置,液体处理系统的结构非常复杂。移液器模块需要沿z轴移动以发现液位以及吸取和分配液体(在此期间液位发生变化)。由于移液器模块的质量通常较大,并且由于制造公差而在运动部件之间存在间隙(backlash),因此纵向运动在机械上产生相当大的应力。

[0003] 美国专利No.6,641,454 B1(Colin等人,在下文中被称为“Colin”)涉及一种用于抽吸包含在样本架中的生物液体的设备和方法。更具体地,Colin公开了一种具有圆筒主体的移液器,该圆筒主体包含活塞,该活塞的运动提供了待抽吸的液体的抽吸和排出。在使用时,由于移液器所连接的机械装置使移液器的活动端的吸头靠近生物液体的表面,所以活塞的运动从该吸头排出连续而恒定的空气流。当随着吸头接近液体表面而确定吸头中的空气超压大于预定阈值时,则认为吸头与液体表面齐平接触,来自吸头的空气流停止,吸头的运动也停止,开始抽吸流体。Colin设备和方法的固有和不期望的特征是,用于液体表面检测的入口和出口空气流的移动被设置成与移液器吸头移动的速度无关。

[0004] 美国专利No.4,794,085(Jessop等人,在下文中被称为“Jessop”)涉及一种用于抽吸容纳在样品容器中的液体并且随后分配所抽吸的液体的设备和方法。更具体地,Jessop公开了一种用于液体分配设备的抽吸控制系统,该抽吸控制系统包括用于接收待从样品容器中抽吸出的液体的探针以及与该探针一起移动的活塞室。与探针和活塞室流体连通的压力管线响应于活塞在活塞室中的运动而向探针提供局部真空或相对于大气压力的局部压力。抽吸控制系统响应于在探针中感测到的压力变化来协调驱动探针运动的电动机和驱动活塞运动的另一电动机的致动。通过重复地增量吸入空气和移动探针直到确定探针中空气的压降大于预定阈值,来实现探针对气液界面穿透的检测,这时认为探针已穿透液体。Jessop设备和方法的固有和不期望的特征是,重复的增量抽吸和探针运动以检测和穿透液体表面所需的运行时间可能限制可实现液体的抽吸和分配的速度。

[0005] 因此,由于上述原因,在本领域中需要精确地控制包括液体处理系统的多个移液器模块和相关的处理器控制的、电动机驱动的机械子组件。

发明概述

[0006] 简而言之,本发明的优选实施方式涉及一种用于液体处理系统的移液器模块,所述液体处理系统包括液体处理系统z轴框架,至少一个具有容器开口端的容器,所述容器开口端具有相对于液体处理系统z轴框架的预定的容器开口端位置,以及在至少一个容器中具有液体表面、液位未知的液体。移液器模块具有可附接至液体处理系统z轴框架的移液器

模块框架。移液器模块平移运动框架被附接到移液器模块框架,并且可以通过移液器模块电动机相对于移液器模块框架移动。气动抽吸器组件包括移液器模块圆筒(cylinder),该移液器模块圆筒中可移动地设置有活塞。管与移液器模块圆筒流体连通。管末端连接吸头。压力传感器与圆筒、管和吸头流体连通。移液器模块控制器与移液器模块电动机和压力传感器电连通。移液器模块圆筒,管和吸头被附接到移液器模块平移运动框架并且可以随其移动。活塞通过活塞杆固定地附接到移液器模块框架。移液器模块控制器具有液面检测操作模式,该液面检测操作模式可启用压力反馈控制算法,该算法使移液器模块电动机以z轴平移运动方式移动移液器模块平移运动框架,直到压力传感器感测到的吸头中的压力发生的变化表示吸头与液体表面接触。

附图简要说明

[0007] 当结合附图阅读时,将更好地理解前述发明概述以及以下对本发明的优选实施方式的详细描述。为了说明本发明,附图示出了目前优选的实施方式。然而,应当理解,本发明不限于所示的精确布置和机构。

[0008] 在附图中:

[0009] 图1是根据本发明的移液器模块的第一优选实施方式的侧视图;

[0010] 图2是包括根据本发明的图1的移液器模块的液体处理系统的侧视图;

[0011] 图3是图1的移液器模块的一部分的放大侧视图,示出了吸头去除器;

[0012] 图4是根据本发明的液体处理系统的侧视图,该液体处理系统包括具有两个圆筒的移液器模块;

[0013] 图5是根据本发明的包括多个单圆筒移液器模块的液体处理系统的左侧立体透视图;

[0014] 图6是根据本发明的包括多个双圆筒移液器模块的液体处理系统的左侧立体透视图;

[0015] 图7是根据本发明的图1的移液器模块的压力反馈控制系统的示意图;

[0016] 图8.1是在检测容器中水的液体表面期间移液器吸头内部压力和相关控制误差的代表性图形;

[0017] 图8.2是与图8.1的图形相关联的移液器模块电动机的速度和位置的代表性图形;
和

[0018] 图8.3是图8.1和8.2的图形的一部分,显示了移液器吸头穿透液体表面后的电动机位置和相关的控制错误。

具体实施方式

[0019] 现在将详细参考本发明的实施方式,其示例在附图中示出。本文在本发明的描述中使用的术语仅出于描述特定实施方式的目的,而无意于限制本发明。

[0020] 如在本发明的说明书和所附权利要求书中所使用的,单数形式的“一”,“一个”和“该”旨在也包括复数形式,除非上下文另外明确说明。如本文中所使用的,用语“和/或”是指并且涵盖一个或多个相关联的所列项目的任何和所有可能的组合。当在本说明书中使用,用语“包括”和/或“包含”指定存在所述特征,整数,步骤,操作,元件和/或组件,但是不排除存在或增加一个或多个其他特征,整数,步骤,操作,元素,组件和/或其组。

[0021] 用语“右”，“左”，“下部”和“上部”表示附图中所参考的方向。用语“向内”和“向外”分别是指朝向和远离针头安全防护罩及其指定部分的几何中心的方向。该术语包括上述用语，其派生词和相似含义的用语。

[0022] 尽管本文中使用了用语第一，第二等来描述各种元件，但是这些元件不应受到这些用语的限制。这些用语仅用于区分一个元件和另一个元件。例如，在不脱离本发明的范围的情况下，第一圆筒可以被称为第二圆筒，并且类似地，第二圆筒可以被称为第一圆筒。

[0023] 如本文所用，取决于上下文，用语“如果”可被解释为表示“在……时候”或“一经……”或“响应于确定”或“响应于检测”。类似地，短语“如果确定”或“如果检测到[所陈述的条件或事件]”可以被解释为表示“一经确定……”或“响应于确定”或“一经检测到[所陈述的条件或事件]”或“响应于检测到[陈述的条件或事件]”，具体取决于上下文。

[0024] 以下描述针对根据本发明的集成移液设备的各种实施方式。

[0025] 详细地参考附图，其中相同的附图标记始终表示相同的元件，在图1和图2中示出根据本发明的移液器模块的第一优选实施方式，通常用10表示，并且在下文中被称为“移液器模块”10。移液器模块10供包括液体处理系统z轴框架120和至少一个容器102的液体处理系统100使用，该容器102具有容器开口端104，容器开口端104具有相对于液体处理系统z轴框架120的预定的容器开口端位置106 (R_1)。至少一个容器102中的液体108具有相对于容器开口端的位置的处于未知液位112 (R_2) (liquid surface level) 的液体表面110。

[0026] 移液器模块10具有可附接至液体处理系统z轴框架120的移液器模块框架12。移液器模块平移运动框架14附接至移液器模块框架12，并且可通过移液器模块电动机16相对于移液器模块框架12移动。

[0027] 此外，移液器模块10具有气动抽吸器组件18，该气动抽吸器组件包括移液器模块圆筒20，该移液器模块圆筒20中可移动地设置有活塞22。管24与移液器模块圆筒20流体连通。管24末端连接吸头26。设置压力传感器28，并且该压力传感器28与圆筒20、管24和吸头26流体连通。移液器模块圆筒20、管24、吸头26和压力传感器28均附接至移液器模块平移运动框架14，并可随其一起移动。活塞22通过活塞杆32固定地附接到移液器模块框架12。

[0028] 此外，移液器模块10具有与移液器模块电动机16和压力传感器28电连通的移液器模块控制器30。移液器模块控制器30具有液面检测操作模式，该液面检测操作模式可启动压力反馈控制算法，导致移液器模块电动机16以z轴平移运动方式移动移液器模块平移运动框架14，直到压力传感器28检测到吸头26中的压力的变化表明吸头26与液体表面110接触为止，如下文中进一步描述。

[0029] 在一些实施方式中，移液器模块平移运动框架14可通过线性滑块36附接到移液器模块框架12，并通过移液器模块螺钉38可操作地联接到移液器模块电动机16。

[0030] 参照图3，在一些实施方式中，移液器模块10可具有附接到移液器模块框架12的吸头去除器34。吸头去除器34优选地包括以吸头去除器间隙42分隔开的成对的第一和第二平行吸头去除器杆40，该吸头去除器间隙42大于管24的外径并且小于吸头26的外径。吸头去除器间隙42允许管24在所述成对的杆40之间以z轴平移运动方式移动，并防止吸头26从其中穿过。当吸头26接触所述成对的杆40时，移液器模块平移运动框架14的进一步z轴平移运动将吸头26与管24分离。

[0031] 参照图4，在一些实施方式中，移液器模块10可具有附接到移液器模块平移运动框

架14的另一移液器模块平移运动框架44。附接的另一移液器模块平移运动框架44可通过另一移液器模块平移运动框架电动机46相对于移液器模块平移运动框架14移动。如果移液器模块10具有另一个移液器模块平移运动框架44,则气动抽吸器组件18还包括具有另一个移液器模块圆筒体积的另一个移液器模块圆筒48,所述另一个移液器模块圆筒体积大于移液器模块圆筒20的移液器模块圆筒体积。另一个移液器模块圆筒48可与移液器模块平移运动框架14一起移动,并与移液模块圆筒20、管24、吸头26和压力传感器28流体连通。另一个移液器圆筒活塞50可移动地设置在另一个移液器模块圆筒48中。另一个圆筒活塞50通过另一个移液器圆筒活塞杆52固定地附接到另一个移液器模块圆筒平移运动框架44。另一个移液器模块控制器54与另一移液器模块圆筒平移运动框架电动机46、压力传感器28和移液器模块控制器30电连通。

[0032] 参照图2,在液体处理系统100的优选实施方式中,移液器模块安装座114附接到液体处理系统z轴框架120。移液器模块安装座114可通过液体处理系统z轴电动机116相对于液体处理系统z轴框架120以z轴平移运动方式移动。至少一个移液器模块10附接到移液器模块安装座114上并且可随其移动。液体处理系统控制器118与移液器模块控制器30和液体处理系统z轴电动机116电连通。

[0033] 液体处理系统控制器118可在多种操作模式下操作,其中一种是容器索引操作模式(container indexing mode of operation),其启用能使液体处理系统z轴电动机116以向下z轴平移运动方式移动移液器模块安装座114,直到吸头26与容器开口端104对齐为止。

[0034] 液体处理系统控制器118的另一种操作模式是抽吸操作模式,该抽吸操作模式的启用使得液体处理系统z轴电动机116以向上的Z轴平移运动方式移动移液器模块安装座114,而移液器模块控制器30同时使移液器模块电动机16以向下的Z轴平移运动方式移动移液器模块平移运动框架14,使得在所述液体被吸入所述吸头26时吸头26与液体表面110保持接触。

[0035] 液体处理系统控制器118的另一种操作模式是液体排放操作模式,该液体排放操作模式的启用使得液体处理系统z轴电动机116以向下的Z轴平移运动方式移动移液器模块安装座114,而移液器模块控制器30同时使移液器模块电动机16以向上的Z轴平移运动方式移动移液器模块平移运动框架14,从吸头26排出吸头26中的液体108。

[0036] 在液体处理系统100的一些实施方式中,提供了两个或更多个容器102,并且提供了至少两个移液器模块10。移液器模块可以是单圆筒(请参见图5),也可以是两个圆筒(请参见图6),并附接到移液器模块安装座114。容器索引操作模式的启用导致液体处理系统z轴电动机116以向下的z轴平移运动方式来移动移液器模块安装座114,直到至少两个移液器模块的至少一个移液器模块的吸头26与相应容器102的容器开口端104对齐为止。

[0037] 在容器索引操作模式结束后,至少两个移液器模块中的每个移液器模块的液面检测操作模式的启用独立地检测在相应容器102中的液体108的液体表面110。

[0038] 在至少两个移液器模块中的每个移液器模块的液面检测操作模式结束之后启用抽吸操作模式,使液体处理系统z轴电动机116以向上的z轴平移运动方式移动移液器模块安装座114,而至少两个移液器模块的每个移液器模块的移液器模块控制器30同时导致至少两个移液器模块的每个移液器模块的移液器模块电动机16以向下的Z轴平移运动方式移动至少两个移液器模块的每个移液器模块的移液器模块平移运动框架14,使得在液体被抽

吸到至少两个移液器模块中的每个移液器模块的吸头26中时使至少两个移液器模块的每个移液器模块的吸头26与相应的容器102的液体表面110保持接触。

[0039] 液体排放操作模式的启用导致液体处理系统z轴电动机116以向下z轴平移运动方式移动移液器模块安装座114,而至少两个移液器模块的每个移液器模块的移液器模块控制器30同时导致至少两个移液器模块的每个移液器模块的移液器模块电动机16以向上z轴平移运动方式移动至少两个移液器模块的每个移液器模块的移液器模块平移运动框架14,从至少两个移液器模块的每个移液器模块的吸头26排出在至少两个移液器模块的每个移液器模块的吸头26中的液体108。

[0040] 在操作中,液体处理系统z轴的原点定义为其中移液器模块安装座114位于最高位置并且移液器模块平移运动框架14也位于最高位置时的位置。第一步,液体处理系统控制器118启用容器索引操作模式,其中液体处理系统z轴电动机116以向下的z轴平移运动方式移动移液器模块安装座114,直到移液器模块吸头26与容器开口端104对齐。

[0041] 在下一步中,液体处理系统控制器118使移液器模块控制器30激活压力反馈控制算法,该压力反馈控制算法对以下比例、积分、微分(PID)反馈控制规律进行编码:

$$u(t) = u_0(t) + K_P e(t) + K_I \int_0^t e(t') dt' + K_D \frac{de(t)}{dt},$$

其中 $u(t)$ 是吸头速度,单位为mm/sec;

$u_0(t)$ 是吸头速度的初始值;

K_P, K_I 和 K_D 是所述控制规律的比例、积分、微分系数的非负常数;通常, $K_P = 1, K_I = 0.005, K_D = 1$;和

$e(t)$ 是控制误差,等于目标压力值减去测量压力值。

[0042] 所述控制规律的目标压力点被设置为大气压 P_0 。一旦检测到吸头26内部的压降,就将所述控制规律的目标压力点设置为较高的值,例如, $P_0 + C$,其中对于室温下的水, C 通常等于250Pa。较高的压力将液体从吸头26排出。当吸头内部的压力 P 等于 $P_0 + C$ 时,移液器模块吸头26末端的位置是液体表面110的位置。

[0043] 压力反馈控制系统的示意图如图7所示。移液器模块活塞22可移动地设置在移液器模块圆筒20中,并通过活塞杆32固定地附接至移液器模块框架12。移液器模块电动机16朝着容器102中的液体表面110向下驱动吸头26和圆筒20。容器102中的液位112是未知的,必须进行检测。虚线表示压力控制系统的数流。移液器模块电动机16可以是开环或闭环控制的电动机。为了简单起见,未示出用于电动机16的控制系统,但是该电动机接收速度命令以进行运动。压力控制器优选地是上述的PID控制器,并且将移液器模块吸头26内部的压力控制到给定的目标值。

[0044] 优选地但非必须地,包括压力反馈控制系统的硬件可以具有以下特征:典型的压力传感器具有 $RMS = 0.0075 \text{ hPa}$,灵敏度 $= 4096 \text{ LSB/hPa}$,24位分辨率。电动机每转大约有50000脉冲。当电动机旋转一圈时,圆筒20移动40mm。圆筒体积为1毫升,冲程为60毫米。圆筒的内径为4.6mm,控制回路的采样时间为10毫秒。对于初始控制器值 $U_0 = 8 \text{ mm/sec}$,气流速率约为 $133 \mu\text{L/sec}$ 。

[0045] 用于检测容器102中的水的未知的液体表面110的上述控制规律的操作特性如图8.1-8.3所示,其中移液器模块吸头26最初在液体表面上方间隔约20mm,液体表面的位置未

知且移液器模块吸头26以8mm/sec的速度下降。更具体地说,吸头内部的压力和控制误差如图8.1所示。电动机速度和电动机位置如图8.2所示。

[0046] 电动机速度是压力反馈控制器的输出,电动机位置是移液器模块电动机16的输出,移液器模块电动机16驱动移液器模块圆筒20和移液器模块吸头26。在1500毫秒后,移液器模块电动机16的位置代表液体表面110的位置。在移液器模块吸头26接触液体表面110之后,控制误差变得足够大,足以将液体吸入到移液器模块吸头26中。移液器模块吸头26和水之间的表面张力大约为300Pa。在图8.2中的电动机速度和位置图中,移液器模块电动机16在1200毫秒后从向下运动向上移动。

[0047] 在移液器模块吸头26接触液面110之后,移液器模块吸头26向上移动。参见图8.3,该图显示了在1080毫秒至3000毫秒的时间间隔内图8.1的控制误差和图8.2的电动机位置,移液器模块吸头26在移液器模块吸头26接触液体表面之后向上移动约0.6毫米。控制误差变为700Pa,吸头压力降低至450Pa。压降约为400Pa。压力下降幅度大到足以将液体吸入移液器模块吸头26中。控制误差的减小表示由于将压力目标值设置为 P_0+C ,因此移液器模块吸头压力增加。吸头内部的液体随着移液器模块吸头压力的增加而排出,并在移液器模块吸头压力达到目标值 P_0+C 时完全排出。

[0048] 已经参考特定实施方式公开了本发明的前述详细描述。然而,本公开内容并非旨在穷举或将本发明限制为所公开的精确形式。本领域技术人员将理解,可以在不脱离其广泛的发明构思的情况下对上述实施方式进行修改。因此,本公开旨在覆盖由所附权利要求书限定的本发明的精神和范围内的修改。

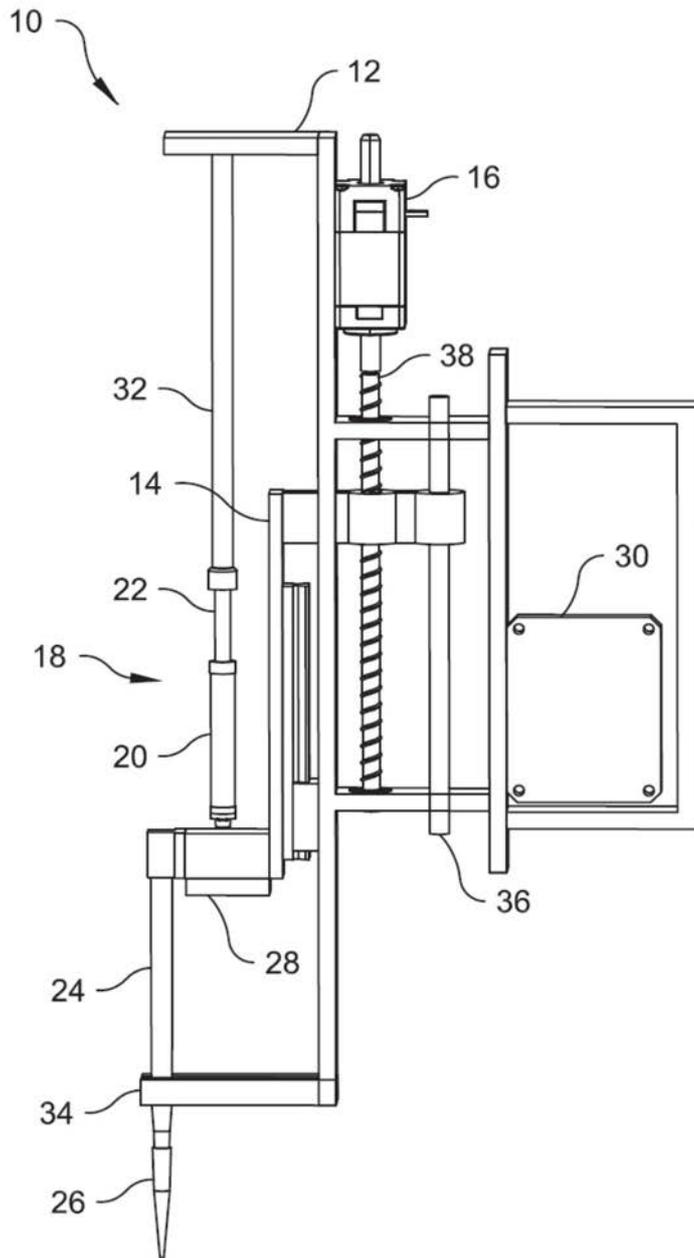


图1

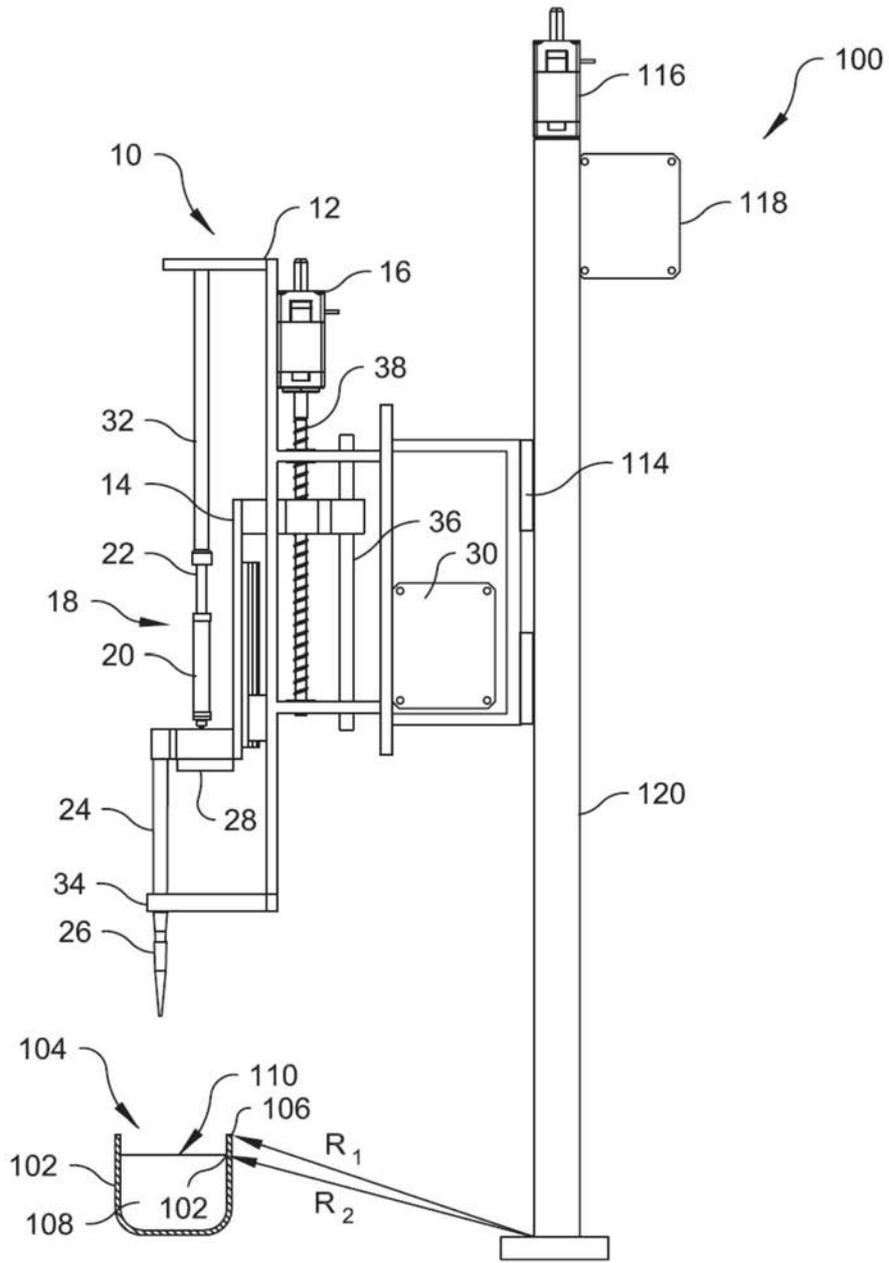


图2

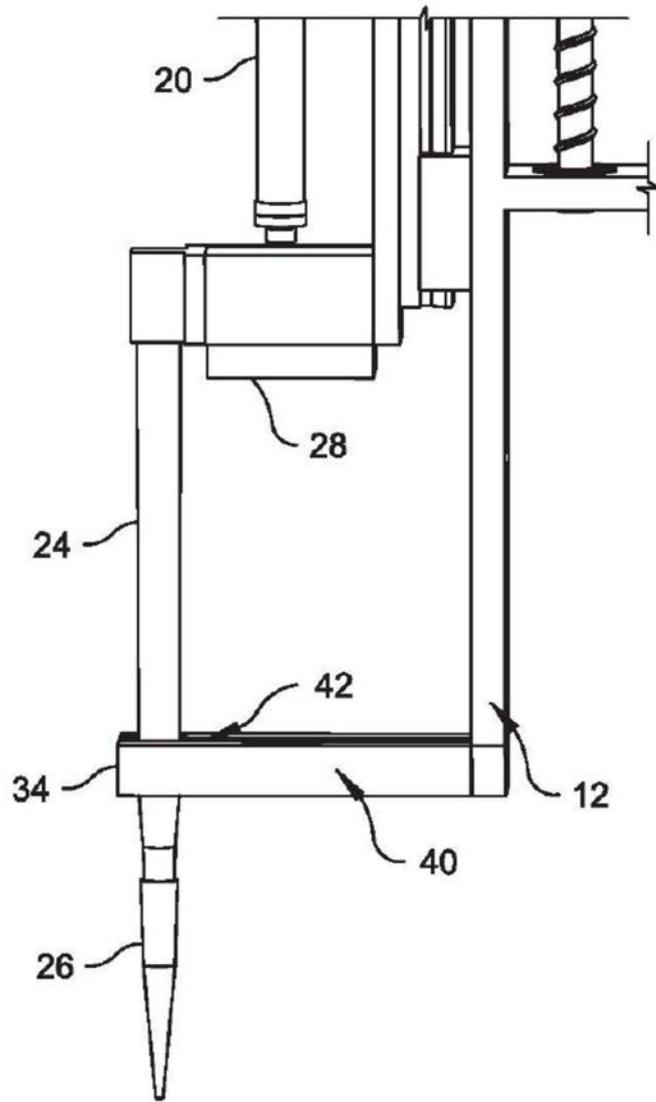


图3

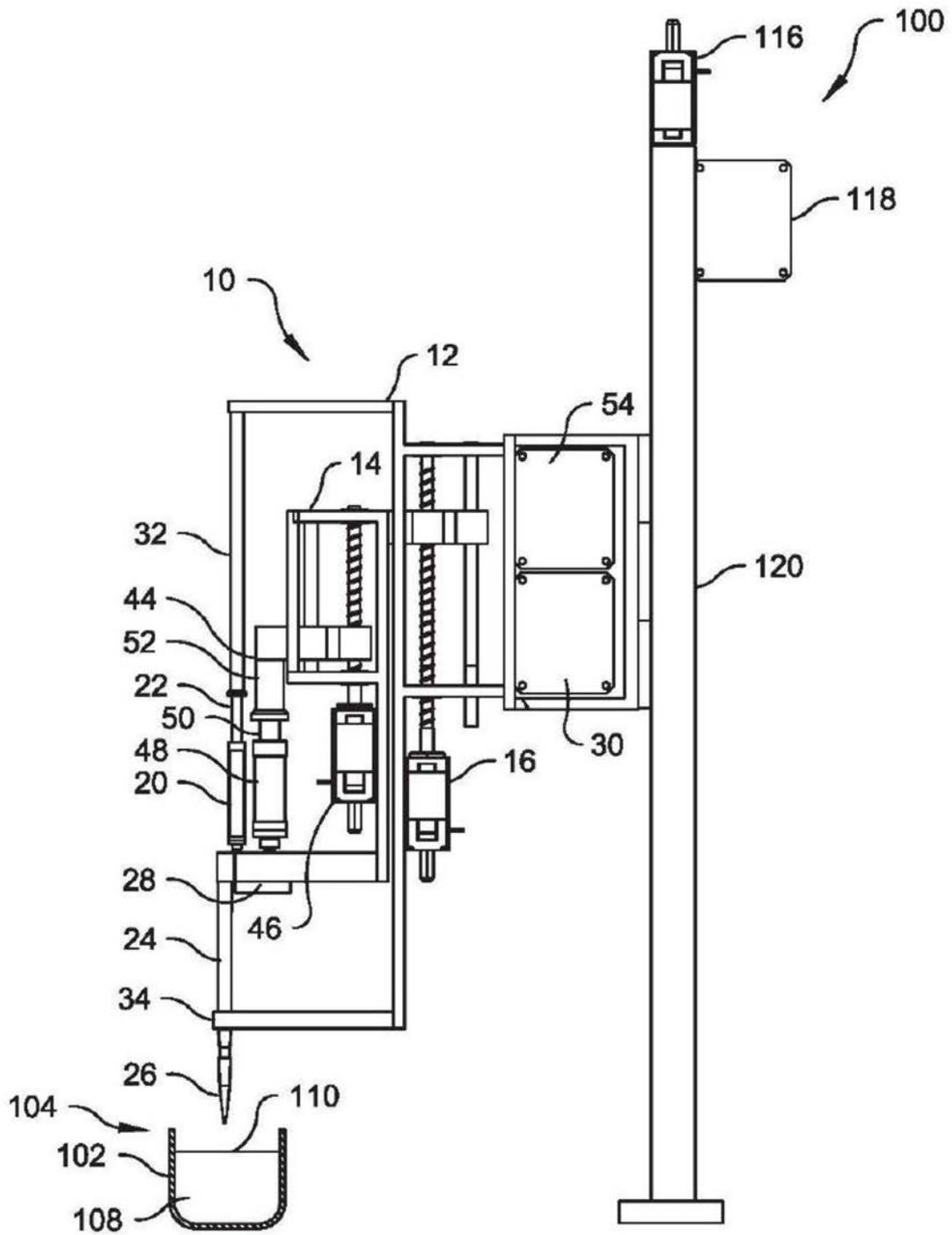


图4

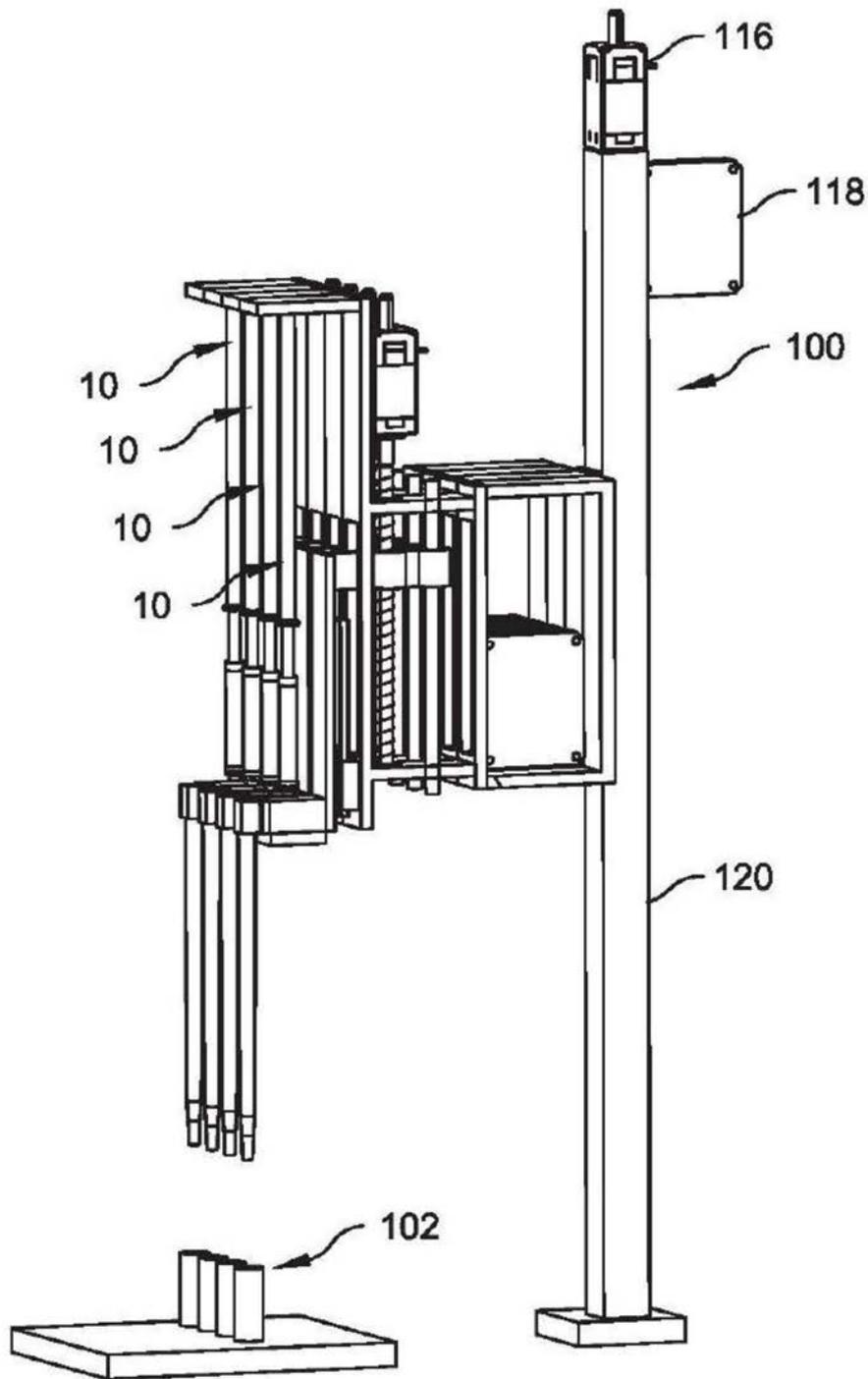


图5

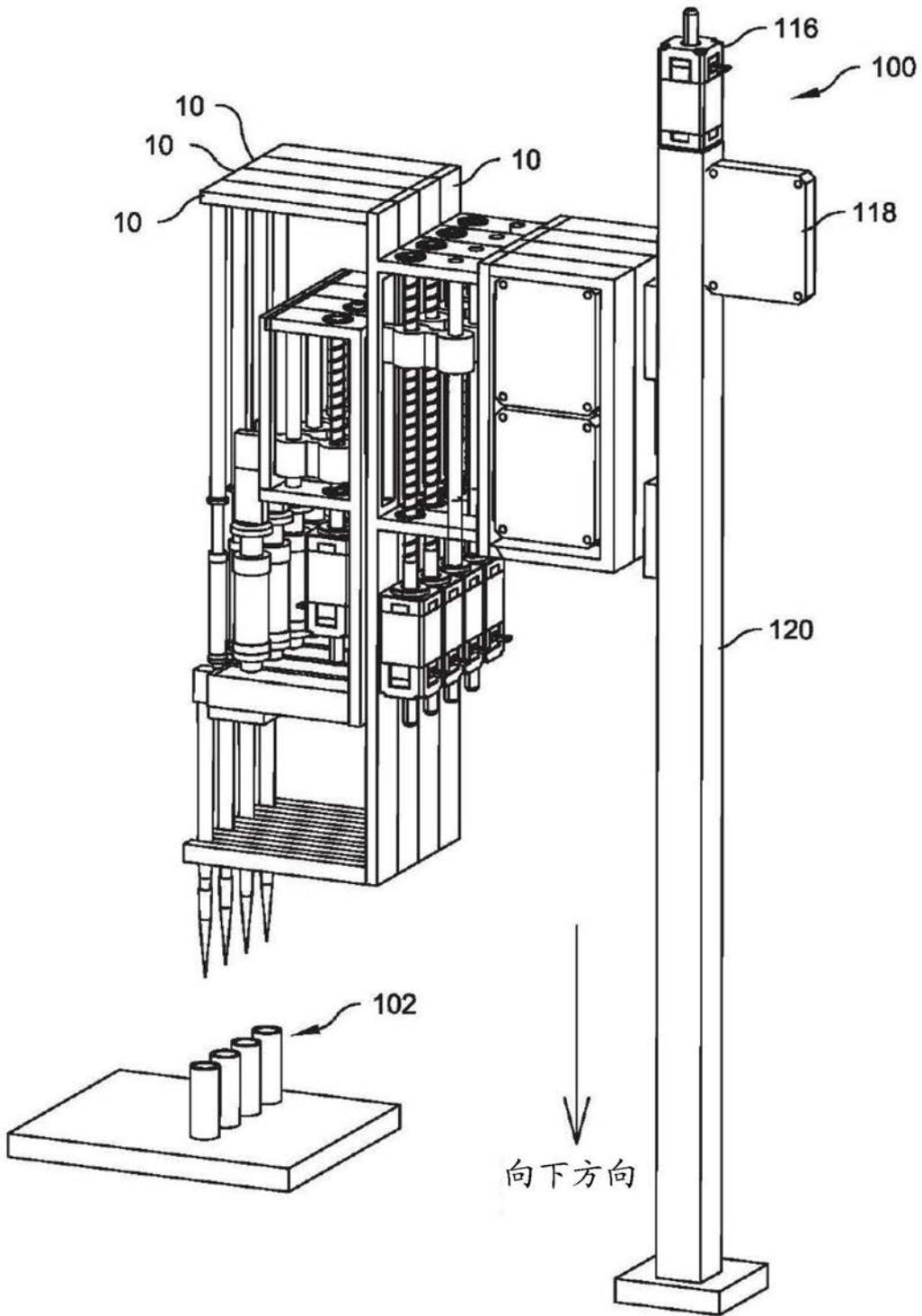


图6

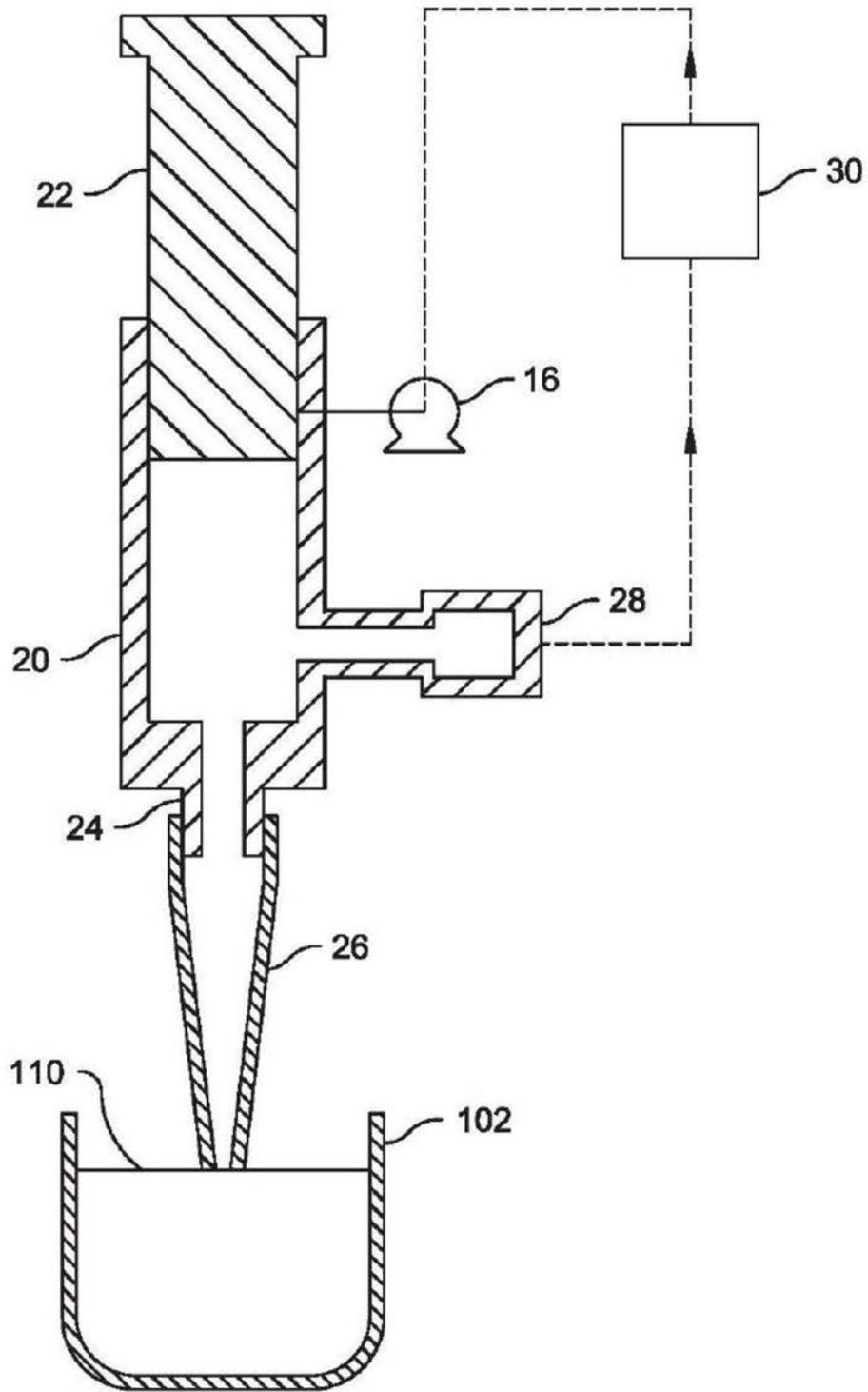


图7

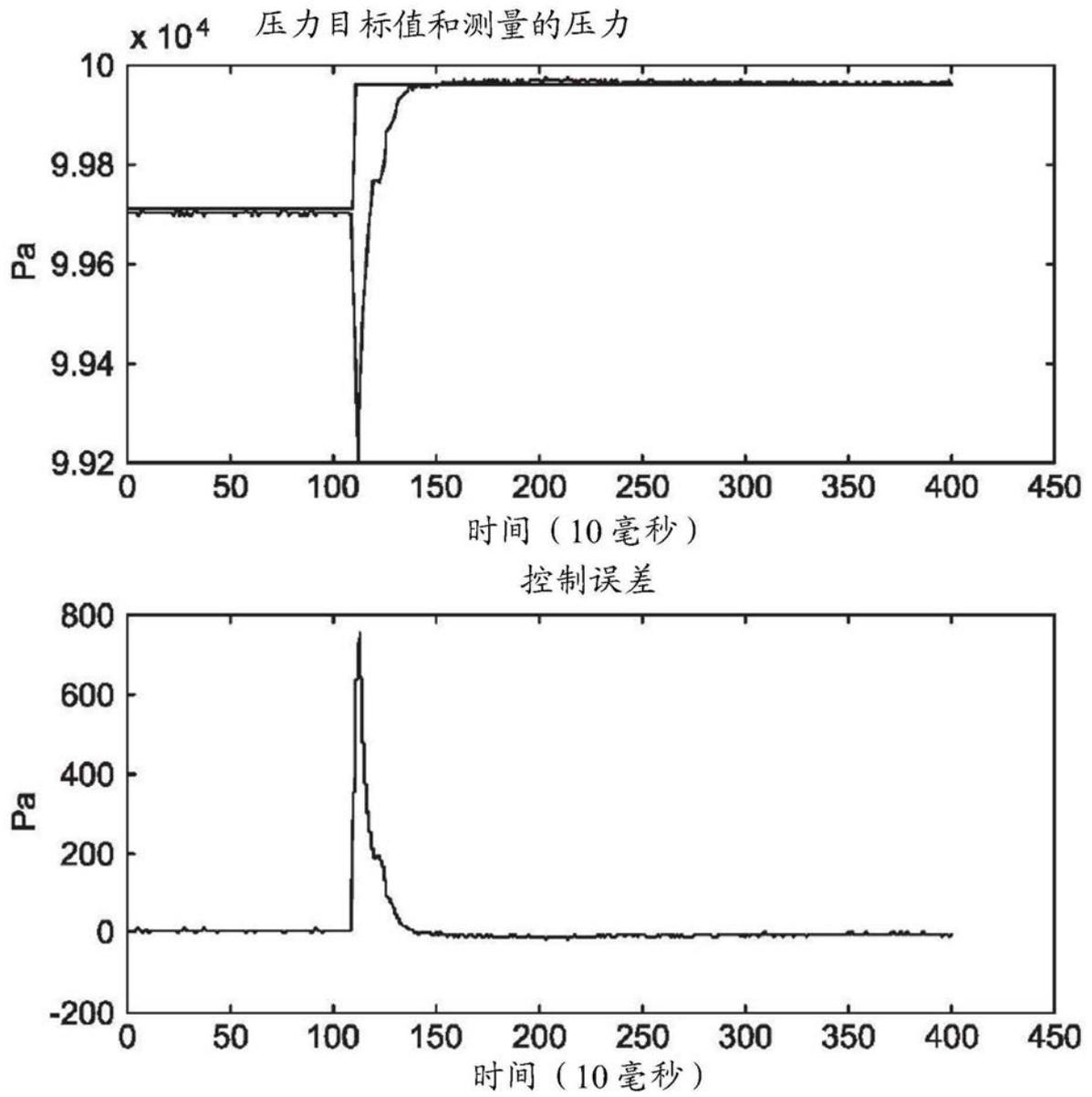


图8.1

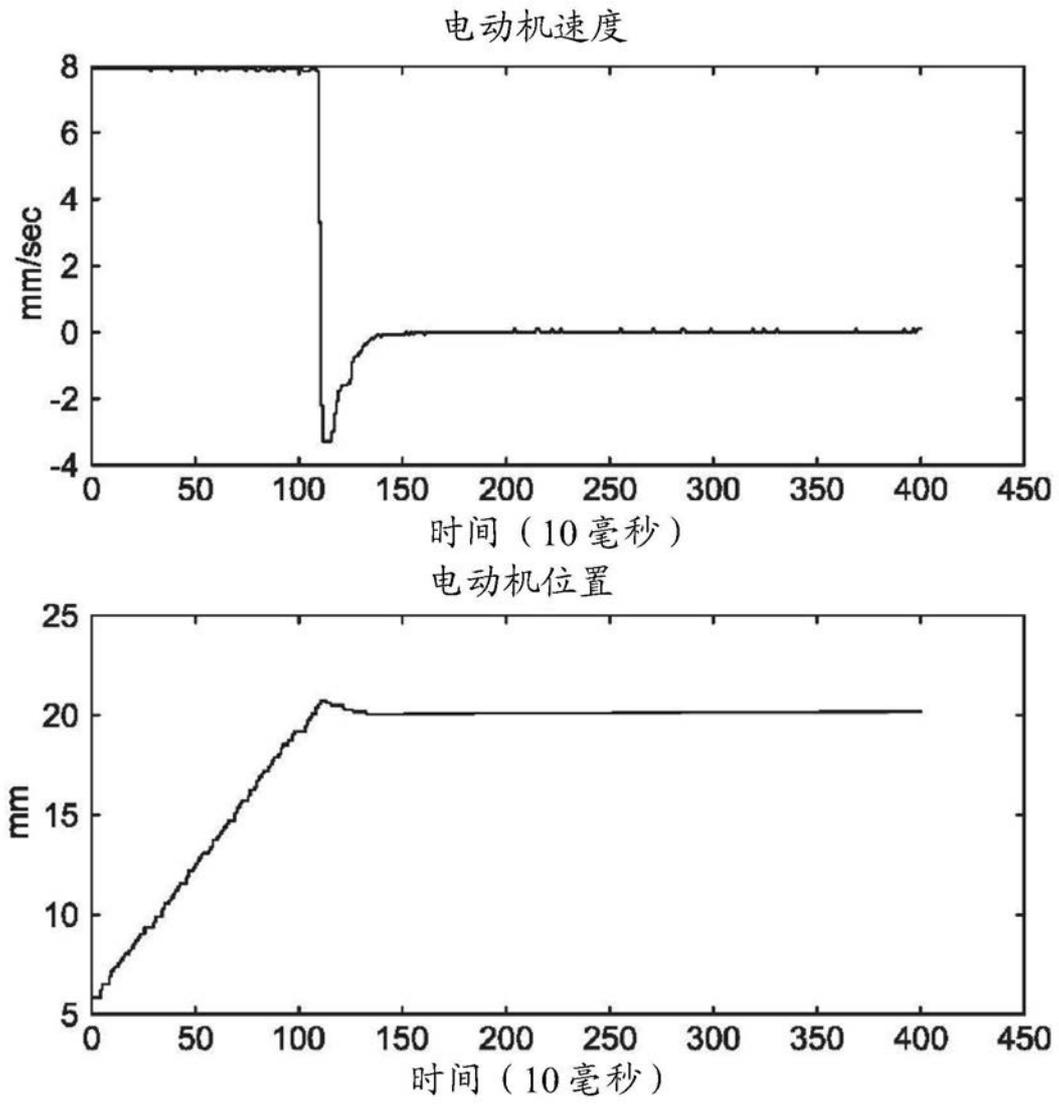


图8.2

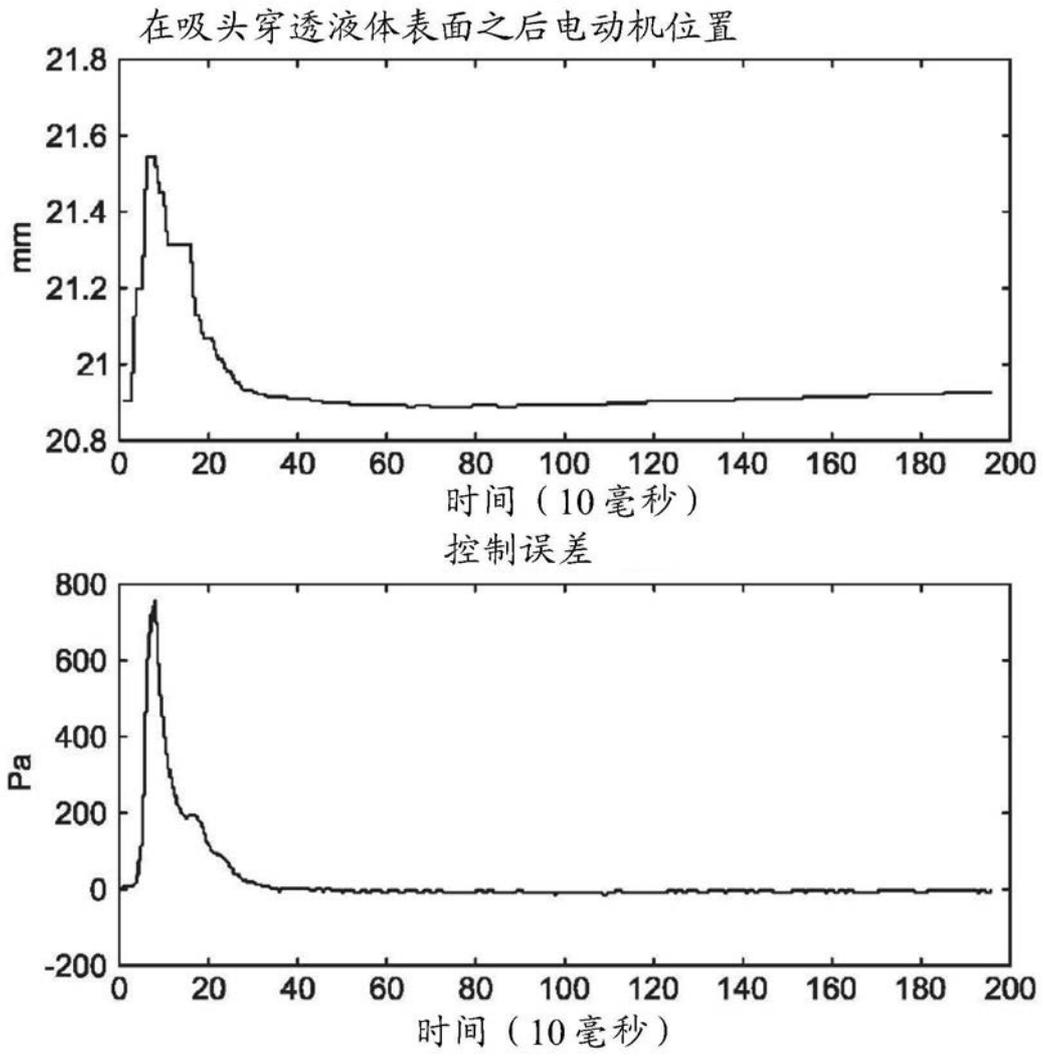


图8.3