



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 91108238.7

[51] Int.Cl⁵

G01N 19/00

[43] 公开日 1993年5月19日

[22] 申请日 91.11.13

[71] 申请人 南京航空学院

地址 210016 江苏省南京市御道街 29 号

[72] 发明人 左洪福

[74] 专利代理机构 南京航空学院专利事务所

代理人 谢振龙 宋 澜

G01N 27/00

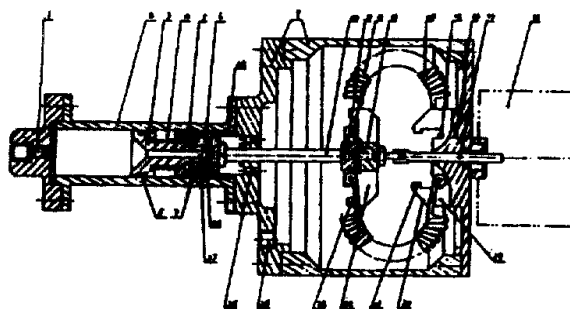
说明书页数: 7

附图页数: 3

[54] 发明名称 在线式液压系统污染粒子监测器

[57] 摘要

一种在线式液压系统污染粒子监测器, 由灵敏滑阀、恒力驱动装置和位移传感器组成, 通过给油液提供一个前后液压差恒定的、大小适当的间隙 X_0 , 使流经该间隙的油液中的污染粒子信息能由该间隙被淤积的情况来反映, 从而对液压系统实现在线状态的监测。将该监测器与以单板机为核心的监测仪配套使用, 则可对系统进行连续动态监测, 如油液污染状况的观察、异常污染源的判定、系统的功能预报、零部件的寿命预测等。



<35>

一种在线式液压系统污染粒子监测器，其特征在于由灵敏滑阀、恒力驱动装置和位移传感器组成；其中灵敏滑阀由单向阀、油缸、活塞、阀芯、阀套、复位弹簧和密封件组成，恒力驱动装置由恒力弹簧、上下弹簧座、上下保持架、导杆及外壳组成，单向阀位于油缸进口处，进油方向自外向里，活塞头部与油缸之间有密封件，阀芯套在活塞尾部，活塞轴心处为一通孔，阀芯上有一横向通孔与活塞心孔相交，阀芯外是阀套，阀套的外径小于油缸内径，阀芯与阀套之间留有圆周间隙 x_0 ，但在阀芯通孔之前加有密封件，阀套前有一复位弹簧套在活塞中部，当阀套尾端位于阀芯通孔之前时复位弹簧处于最大压缩状态，油缸后部设一内挡肩，内挡肩内径不得小于阀套内径、也不得大于阀套外径，从内挡肩前端到油缸底部的距离必须大于阀芯通孔到阀芯尾端的距离，油缸尾端与恒力驱动装置的外壳相连，活塞尾端与恒力驱动装置的导杆相连，外壳上开有泄油孔和回油孔，恒力弹簧由弹簧臂偏置的拉伸弹簧偏心受压而成，至少要一对，弹簧座基体为圆盘状，其上有母线为弧状的圆锥台，保持架也为圆盘状基体，沿其周边有环状凸起，弹簧座和保持架上还开有与弹簧个数相应的，且不达轴心、沿轴心两两对称的开口槽，恒力弹簧的两端分别通过套环卡在上下弹簧座的弧面上，且弹簧臂相应地嵌在保持架的开口槽内，即每对弹簧沿弹簧座轴心两侧对称安置，上弹簧座装于导杆下部，下弹簧座与外壳底部相连，上下弹簧座的圆锥台顶相对，弹簧座与保持架上的开口槽亦相互对应，位移传感器装于恒力驱动装置的外壳底部外，传感器的测量杆与导杆相连。

在线式液压系统污染粒子监测器

本发明属于对流体中的固相粒子进行测量的装置。

液压零部件素有较高的配合精度，系统中的污染粒子会严重影响这些零部件的功能甚至造成卡死现象，从而影响系统的可靠性，有时还会引发严重事故，造成巨大的经济损失和人员伤亡；同时，系统中的污染情况（如粒子大小、浓度等）也反映了系统中零部件的磨损状态和功能漂移程度。因此，除了采用各种过滤技术外（以压力损失为代价），各种有效的污染监测技术越来越为人们所重视。目前对液压系统的污染监测多采用定期抽取油样、离线分析诊断的方式，如铁谱仪、光谱仪、粒子计数器等。离线分析方式由于存在时间上的滞后，不能适时诊断并预报系统故障，故在应用上受到一定限制。

本发明的目的在于提供一种能对液压系统实现在线状态监测的污染粒子监测器。

本发明所涉及的污染粒子监测器由灵敏滑阀、恒力驱动装置和位移传感器三部分组成；其中灵敏滑阀由单向阀、油缸、活塞、阀芯、阀套、复位弹簧和密封件组成，单向阀位于油缸进口处，进油方向自外向里，活塞头部与油缸之间有密封件，阀芯套在活塞尾部，活塞轴心处为一通孔，阀芯上有一横向通孔与活塞心孔相交，阀芯外是阀套，阀套外圆小于油缸内径，阀芯与阀套之间留有圆周间隙 x_0 ，但在阀芯通孔之前加有密封件，阀套前有一复位弹簧套在活塞中部，当阀套尾端位于阀芯通孔之前时复位弹簧处于最大压缩状态，油缸后部设一内挡肩，内挡肩内径不得小于阀套内径，也不得大于阀套外径，从内挡肩前端到油缸底部的距离必须大于阀芯通孔到阀芯

尾端的距离，油缸尾端与恒力驱动装置的外壳相连，活塞尾端与恒力驱动装置的导杆相连，恒力驱动装置由恒力弹簧、上下弹簧座、上下保持架、导杆及外壳所组成，外壳上开有泄油孔和回油孔，恒力弹簧由弹簧臂偏置的拉伸弹簧偏心受压而成，至少要一对，弹簧座基体为圆盘状，其上有母线为弧状的圆锥台，保持架也为圆盘状基体，沿其周边有环状凸起，弹簧座和保持架上还开有与弹簧个数相应、且不达轴心的、沿轴心两两对称的开口槽，恒力弹簧的两端分别通过套环卡在上下弹簧座的弧面上，且弹簧臂相应地嵌在保持架的开口槽内，即每对弹簧沿弹簧座轴心两侧对称安置，上弹簧座装于导杆下部，下弹簧座与外壳底部相连，上下弹簧座的圆锥台顶相对，弹簧座与保持架上的开口槽相互对应，位移传感器装于恒力驱动装置的外壳底部外，传感器的测量杆与导杆相连。

下面结合附图及实施例对本发明的技术方案作进一步的描述。

附图 1 监测器设计原理图

附图 2 监测器结构示意图

附图 3 恒力弹簧的示意图，a) 形成原理，b) 特性曲线

附图 4 监测仪框图

附图 5 监测系统示意图，a) 并联方式，b) 串联方式

监测器的设计原理如下（见附图 1）：

当一个滑块在力 F 的作用下在油缸内作轴向滑动时，封闭在油缸中的油液就会在压力作用下沿滑块四周的圆周形间隙流出。由于普通液压油液流经这种间隙时呈层流状态，故满足下式

$$Q = \frac{\pi d x_0^3 \Delta P}{12 \eta l} \quad (x_0 \ll l) \quad [1]$$

式中 Q 为油液流量， ΔP 为滑块前后油液的压差， x_0 为所设计的圆周间隙量， l 为间隙长度， d 为油缸内径， η 为油液粘度。

当滑块所受的驱动力 F 为常量时，压差 ΔP 即为常量，而 d 、 η 、 l 也均为常量，故式〔1〕中的流量 $Q \propto x_0^3$ 。如果油缸中是纯净的液压油，则毫无疑问，被封闭的油液将以等流量从该间隙中流出。但如果油液中含有一定量的固体污染粒子，且该间隙量较小，则混有污染粒子的油液流经该间隙时，污染粒子就会淤积在该间隙中，从而使流量降低。淤积越严重，则流量 Q 降低越多。当淤积后的间隙 $x_0 \rightarrow 0$ 时，流量 $Q \rightarrow 0$ 。

在其它条件不变时，由于污染粒子在该间隙中淤积的速度与粒子本身的浓度、粒度有关，故通过测定流量 $Q \rightarrow 0$ （即滑块位移速度 $ds/dt \rightarrow 0$ ）时滑块的位移量 s 就可获得油液中的污染粒子信息。

根据以上基本原理，所设计的监测器结构如附图 2 所示，它由灵敏滑阀、恒力驱动装置和位移传感器三部分组成，灵敏滑阀的作用是提供一个适当的间隙 x_0 ，恒力驱动装置的作用是向灵敏滑阀的活塞提供一个恒定的驱动力 F ，而位移传感器则是将活塞的位移量 s 转换成电信号以供检测方便。其中灵敏滑阀由油缸（2）、活塞（3）、单向阀（1）、阀芯（5）、阀套（6）、复位弹簧（4）和密封件（7，8）组成。单向阀前接油管，油液经单向阀进入油缸内。活塞头部侧边置密封环（8）使活塞前方的这部分油缸内腔形成采样区。活塞轴心处的通孔（27）前端呈喇叭口起导向作用，这样能方便油样进入通孔。阀芯上的通孔（26）横贯两侧，即两边均可泄油。阀芯与阀套之间采用间隙配合以形成所需的圆周间隙 x_0 ，而在阀芯通孔之前的阀芯与阀套之间通过设置密封环（7）使油液不致往前泄出。复位弹簧为一压缩弹簧，当阀套罩住阀芯、形成所需的圆周间隙 x_0 时，复位弹簧处于部分压缩状态，而当阀芯向后移至阀芯通孔暴露在阀套之外时，复位弹簧处于最大压缩状态。内挡肩（28）的作用是阻止阀套运动到油缸底部，而保持阀芯仍能在活塞带动下向后移动到至

少能暴露出阀芯通孔。恒力驱动装置则由恒力弹簧 (14)、上下弹簧座 (11, 16)、上下保持架 (13, 20)、导杆 (10) 及外壳 (9) 组成。它的外壳直接与油缸相连, 形成油缸底部, 同时也起定位作用, 使灵敏滑阀与恒力驱动装置保持同心, 外壳上开有泄油孔 (25) 和回油孔 (24) 使经过圆周间隙 x_0 进入油缸后部的油液经此返回被检测油路。恒力弹簧的形成可见附图 3, 它是将在绕制时具有初始并紧力的、弹簧臂偏置的拉伸弹簧偏心受压 (见附图 3a), 其刚度特性在极值点附近就表现出一段较好的“零刚度”区, 从而具有定载荷特性 (见附图 3b)。上下弹簧座及保持架上所开的槽 (19, 22) 及保持架上的凸起 (21, 23) 是为了保持恒力弹簧工作中不失稳。弹簧的两端分别用上下套环 (12, 15) 卡在弹簧座的弧面上, 可使各弹簧受力均匀、减少偏载。导杆与外壳之间为间隙配合, 这样可使导杆沿轴向自由运动, 对驱动力 F 起导向和传递的作用。同样, 位移传感器的测量杆 (17) 与外壳之间也采用间隙配合以减小运动阻力。位移传感器 (18) 则选用测量杆的位移阻力尽可能小的产品, 其量程最好大于 60mm。

在上述设计方案中, 通过灵敏间隙 x_0 的油液流量为

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{ds}{dt} \quad [2]$$

式中 D 为活塞直径, s 为活塞位移, ds/dt 为活塞移动速度。当活塞行程 s_{\max} 足够长, 且油液中污染粒子的最大粒径小于设计间隙 x_0 时, 根据式 [1] 与 [2], 可得

$$\frac{ds}{dt} = \frac{d}{D^2} \frac{\Delta P}{3\eta l} x_i^3 \quad (x_{i=0} = x_0) \quad [3]$$

显然当 $x_i \rightarrow 0$ 时, $dx/dt \rightarrow 0$, 此时活塞的位移量 s 与油样中污染粒子的重量比浓度 c 存在如下关系

$$S|_{\frac{ds}{dt} \rightarrow 0} = 4 \frac{dl}{D^2} \frac{\rho_s}{\rho_0} x_0 \frac{1}{c} \quad [4]$$

式〔3〕、〔4〕中， x_t 为 t 时刻粒子淤积后的剩余间隙量， d 为灵敏间隙处的直径， ρ_s 是污染粒子的密度， ρ_0 是油液密度。而污染粒子浓度

$$c \triangleq \frac{w_s}{w_0 + w_s} \doteq \frac{w_s}{w_0}$$

其中 w_s 为固相的污染粒子的相对重量， w_0 为油液的相对重量。

因此

$$c = \frac{\pi d x_0 l \rho_s}{\frac{\pi}{4} D^2 S|_{\frac{ds}{dt} \rightarrow 0} \rho_0} = \frac{4dl}{D^2} \frac{\rho_s}{\rho_0} x_0 \frac{1}{S|_{\frac{ds}{dt} \rightarrow 0}} (S|_{\frac{ds}{dt} \rightarrow 0} \neq s_{\max}) \quad [5]$$

由此可见，当活塞位移速度 $\frac{ds}{dt} \rightarrow 0$ 时活塞所走过的位移量 s 与被测油样的污染浓度 c 成反比。根据测得的位移量即可得到被测的污染粒子浓度。

本监测器的工作过程如下：被检测油液经单向阀进入油缸，此时系统中液压油的压力大于恒力驱动装置的驱动力，油液把活塞及阀芯推到油缸底部（即附图2中油缸最右边的位置），阀套即被内挡肩打开，此时油路是畅通的，采样区中的油液经活塞心孔及阀芯通孔泄出。当把检测油路切断、油液停止进入油缸时，油缸中的油液压力会逐渐降低（因为此时泄油油路仍是畅通的），当油压降到低于恒力驱动装置的驱动力时，活塞在恒力驱动下开始向左移动，带动阀芯、阀套一起，但同时阀套又在复位弹簧作用下向右移动，因此阀芯阀套之间的圆周间隙 x_0 即形成，油液中的污染粒子开始在该间隙中淤积，活塞位移速度逐渐降低，活塞位移量 s 由位移传感器检出。当 $ds/dt \rightarrow 0$ 时检出的活塞位移量 s 可供换算成污染粒子浓度。若

此时将检测油路重新接通，则系统中的液压油冲入油缸推动活塞快速向右移动，使阀套与内挡肩之间形成足够的撞击力以打开油路，在复位弹簧和恒力弹簧引起的阀套轴向振动及液压油的冲刷下，淤积在圆周间隙处的污染粒子被清洗干净，油路重又处于畅通状态。

将本监测器直接应用于系统的在线监测时，最好采用一套自动监测仪与之配套使用。监测仪的核心部分为一个单板机，它不仅能满足采样和控制等基本要求，还能记忆一个较长采样时序的油样样本，以便进行趋势分析和故障诊断等。监测仪的框图如附图 4 所示，来自监测器的位移电信号经 A/D 转换器 (29) 进入单板机的动态存储器 (30)，该存储器能自动刷新，始终保持当前状态下若干油样 (例如 128 个，由设计者选定) 的序列样本，该样本一方面由分析处理单元 (32) 进行分析、处理，另一方面当需要时可由磁带机 (31) 读出，分析、处理后的数据信号到显示器 (34) 显示，并配有报警装置。控制信号经 PIO 口 (35) 和放大器 (36) 放大后控制电磁换向阀动作。功能键盘 (33) 供操作人员使用。

应用本监测器及其配套的监测仪对液压系统进行在线检测时，可以采用并联或串联两种联接方式与被检测油路相联，见附图 5。并联式是在主油路中设一条分油路作检测油路，油液经 2 位 2 通电磁换向阀 (37) 到监测器 (38)，再从监测器出来经回油管到主油路，而位移信号则从监测器到监测仪 (39)，经分析处理后发出控制信号给电磁换向阀。串联式的就不设检测分路，将电磁换向阀和监测器直接连接在主油路中，此时电磁换向阀要采用 2 位 3 通的。

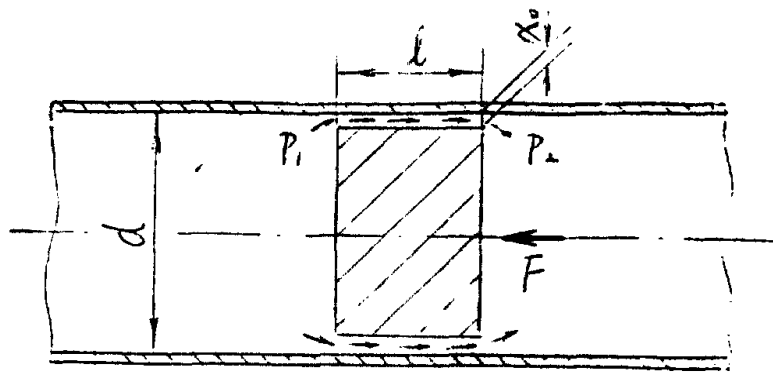
检测过程如下：采样周期开始时由监测仪发出指令，电磁换向阀打开，油液采集入油缸中；当检测周期开始，监测仪发出信号使电磁换向阀换位，切断油路；检测周期结束后，监测仪再发出信号使电磁换向阀换位，油路接通，此时监测器又进入采样周期；依次

循环。

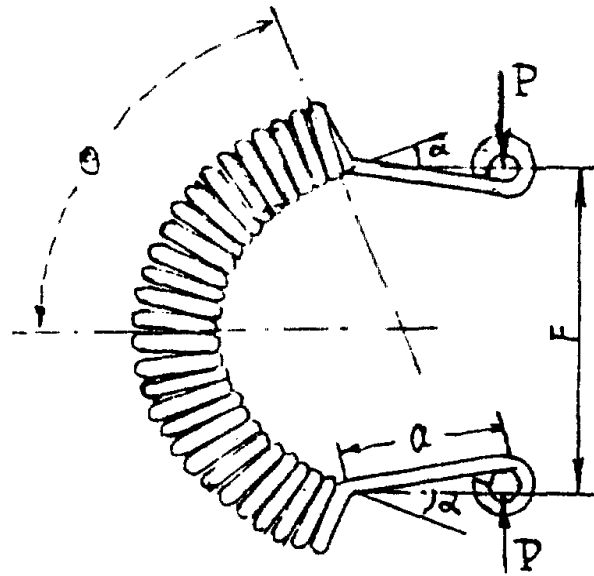
在本发明的实施例中，单向阀采用的是球形阀，复位弹簧为普通的压缩弹簧，密封件由 O 型密封圈与聚四氟挡环组合而成，圆环形的内挡肩直接由恒力驱动装置的外壳上加工而成，恒力弹簧用了三对，下弹簧座与下保持架加工成一体，位移传感器采用差动变压器式，单板机采用 TP801 型。

本发明的监测器能满足的技术要求为：污染粒子粒度范围为 $1\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ ，浓度范围为 $1\text{ppm}\sim 500\text{ppm}$ 。

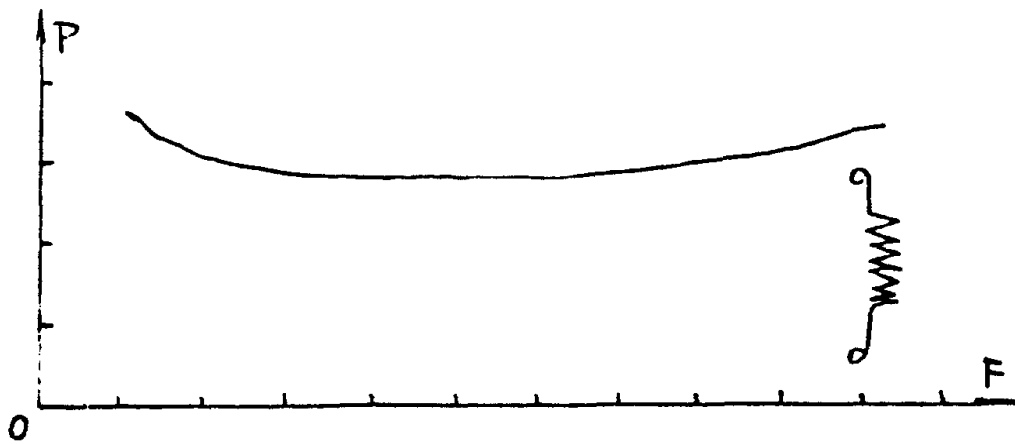
应用本发明的监测器及配套的监测仪可以对液压系统中的污染粒子浓度实行连续的、动态的在线状态监测，当污染浓度超过上限值时还可自动报警，根据连续采样的数据中污染浓度的变化情况及浓度值大小：1. 可决定系统是否需要换油；2. 可判定系统中是否有异常污染源；3. 可对系统的功能、零部件的寿命等进行趋势分析和预报。



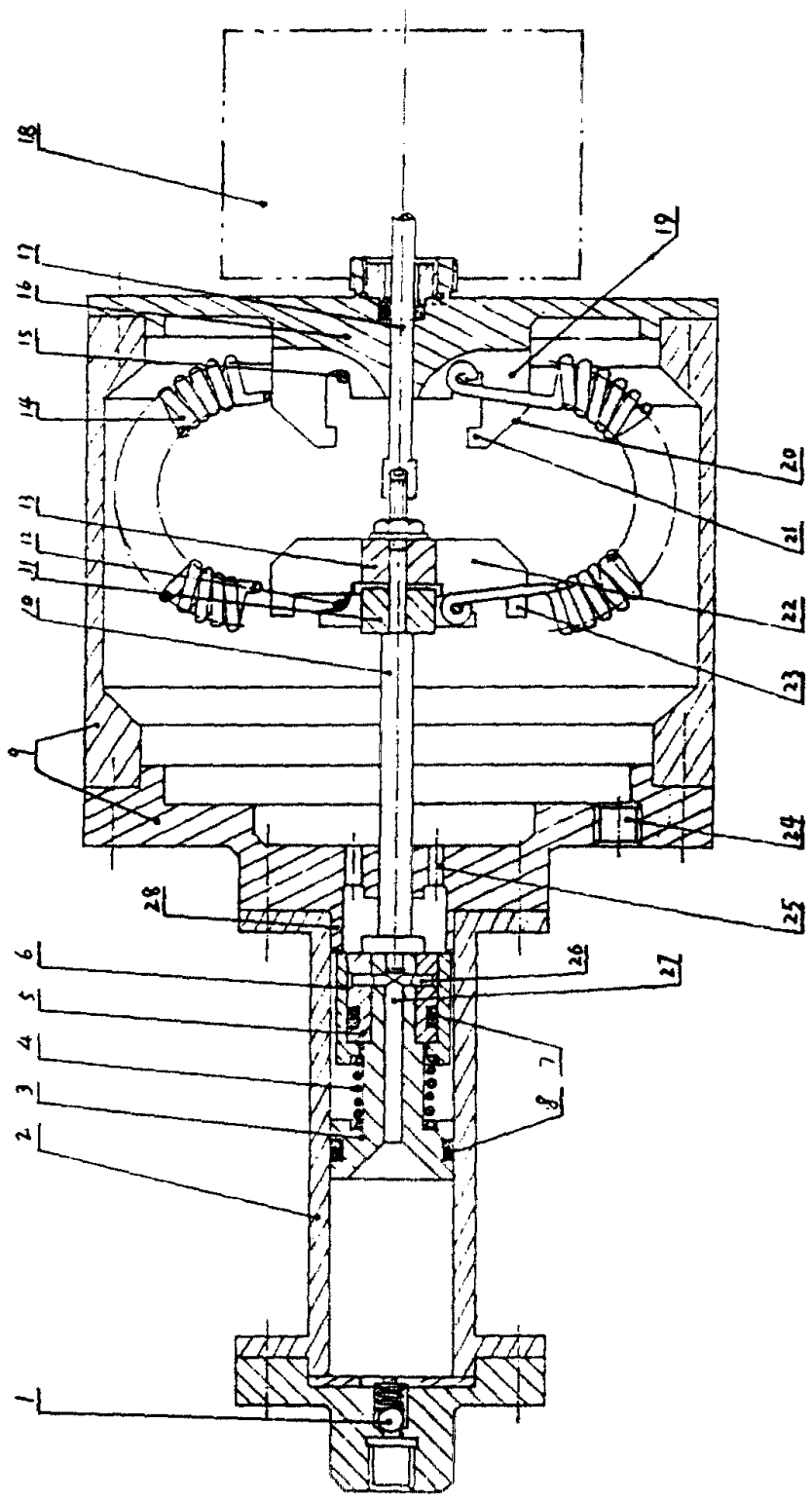
附图 1



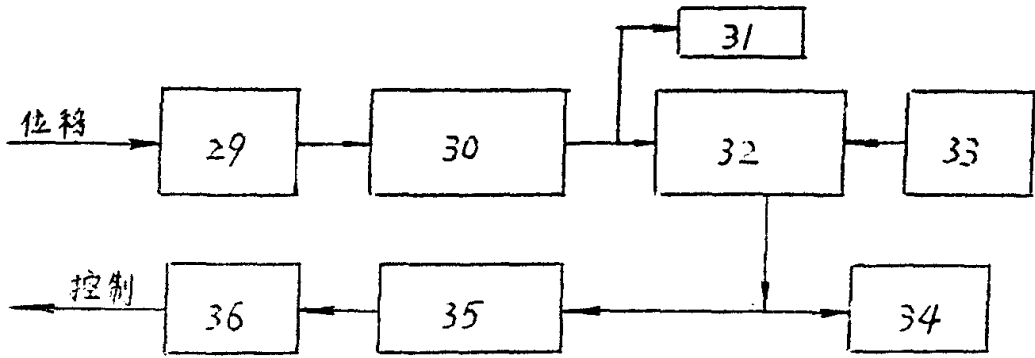
附图 3 a)



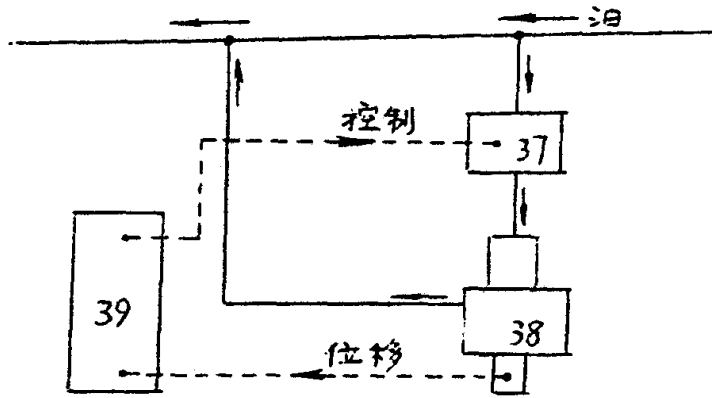
附图 3 b)



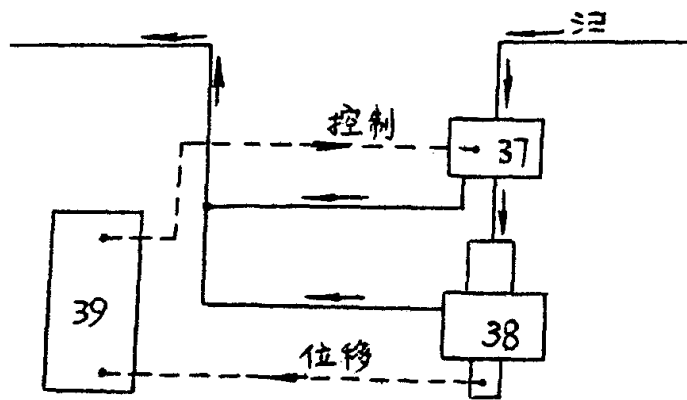
附图 2



附图 4



附图 5 a)



附图 5 b)