



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105508324 B

(45)授权公告日 2018.02.13

(21)申请号 201510592305.0

F15B 13/16(2006.01)

(22)申请日 2015.09.17

E02B 1/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 户秀妹

申请公布号 CN 105508324 A

(43)申请公布日 2016.04.20

(73)专利权人 浙江大学宁波理工学院

地址 315100 浙江省宁波市钱湖南路1号

(72)发明人 刘毅 俞育堃 王登 蒋余新

王贤成 陈俊华 戚凯科 龚国芳

(74)专利代理机构 杭州宇信知识产权代理事务

所(普通合伙) 33231

代理人 张宇娟

(51)Int.Cl.

F15B 11/08(2006.01)

F15B 13/04(2006.01)

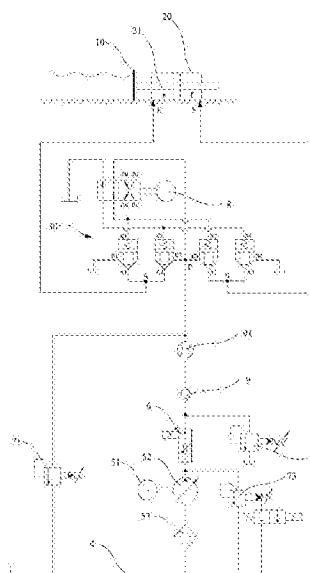
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

液压振动式大功率造波系统的控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种液压振动式大功率造波系统及其控制方法,造波系统包括推波板、液压缸、控制阀组、供油装置、控制器、调速阀、步进电机以及油箱,推波板连接于所述液压缸的活塞杆,推波板能够在活塞杆的直线往复作用带动下生成模拟波浪。控制阀组的A口连接于液压缸的E口,控制阀组的B口连接于液压缸的F口,供油装置能够从油箱中吸取油液且能够通过控制阀组向液压缸供应油液。该造波系统使用由阀芯旋转式换向阀和四个插装阀组成的控制阀组来控制液压缸的运动,从而可以兼具阀芯旋转式换向阀的换向频率控制精度高、控制范围广以及插装阀通流流量大的优点。阀芯旋转式换向阀设有可旋转的阀芯,步进电机连接于阀芯旋转式换向阀的阀芯。



1. 液压振动式大功率造波系统的控制方法,所述液压振动式大功率造波系统,包括推波板、液压缸、控制阀组、供油装置、控制器以及油箱,所述推波板连接于所述液压缸的活塞杆,所述推波板能够在所述活塞杆的直线往复作用带动下生成模拟波浪,所述供油装置能够从所述油箱中吸取油液且能够通过所述控制阀组向所述液压缸供应油液,液压振动式大功率造波系统还包括调速阀和步进电机,所述控制阀组设有A口、B口和P口以及所述控制阀组包括阀芯旋转式换向阀和四个插装阀,所述阀芯旋转式换向阀设有可旋转的阀芯,所述步进电机连接于所述阀芯旋转式换向阀的阀芯;所述液压缸为双作用双活塞液压缸且设有e腔、f腔以及E口、F口,所述控制阀组的A口连接于所述液压缸的E口从而与所述液压缸的e腔相连通,所述控制阀组的B口连接于所述液压缸的F口从而与所述液压缸的f腔相连通,所述供油装置连接于所述调速阀的进油口,所述调速阀的出油口连接于所述控制阀组的P口;所述控制器分别电连接于所述步进电机、所述调速阀和所述供油装置;其特征在于,启动液压振动式大功率造波系统,在控制器中预先设定将要由液压振动式大功率造波系统模拟的波浪的波形参数,所述波形参数包括波长和波高;控制器根据已设定好的波形参数计算出推波板的预设运动轨迹,所述推波板的预设运动轨迹的轨迹参数包括推波板的位移和移动速度;

所述液压振动式大功率造波系统设有位移传感器,在液压振动式大功率造波系统启动之后,位移传感器将实际检测出的推波板的位移发送至控制器,控制器根据接收到的推波板的位移并结合记录的时间计算出推波板的移动速度;进一步地,控制器根据实际检测出的推波板的位移以及计算出的推波板的移动速度绘制出推波板的实际运动轨迹,然后将推波板的实际运动轨迹与预设运动轨迹相比较,得出运动轨迹偏差;之后,控制器根据该运动轨迹偏差经算法控制后输出控制信号以调节调速阀的阀口大小以及步进电机的转速大小,从而使得推波板的实际运动轨迹跟踪预设运动轨迹;此为推波板的运动轨迹闭环控制且该闭环控制循环运行;

所述液压振动式大功率造波系统还设有比例溢流阀和浪高仪,所述比例溢流阀的进油口连接于所述调速阀的出油口,所述比例溢流阀的出油口连接于所述油箱;所述浪高仪电连接于所述控制器,所述浪高仪检测液压振动式大功率造波系统实际生成的波浪的波高,并将该波高传递至控制器;进一步地,控制器对实际检测出的波高和预设的所述波形参数的波高进行比较,计算出波高偏差;之后,控制器根据该波高偏差经算法控制后输出控制信号以调节所述比例溢流阀的溢流压力。

2. 根据权利要求1所述的控制方法,其特征在于,所述液压振动式大功率造波系统的供油装置包括变频电机和液压泵,所述控制器电连接于所述变频电机,变频电机连接于所述液压泵且变频电机能够带动液压泵转动,从而控制器能够控制液压泵转动并从油箱吸取油液向液压缸泵送;控制器通过控制变频电机的转速来调节液压泵的输出流量,以改变调速阀的输出流量范围。

3. 根据权利要求1所述的控制方法,其特征在于,所述液压振动式大功率造波系统还设有加速度传感器,所述加速度传感器电连接于所述控制器;加速度传感器用于检测推波板的加速度,并将检测出的推波板的加速度传递至控制器,控制器根据接收到的推波板的加速度辅助修正计算出的推波板的实际运动轨迹。

## 液压振动式大功率造波系统的控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于波浪模拟领域,具体涉及一种液压振动式大功率造波系统及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 在船舶、港口、海岸工程、海洋工程等领域,造波技术是一项重要的试验技术,造波技术是由作为重要的实验室装置的造波系统来模拟实现的。造波系统由控制器、驱动装置和推波板等组成,在控制器的控制下,驱动装置带动推波板按照一定的控制规律运动,推波板推动流体介质,形成各种形式的模拟波浪,用于研究波浪对行船、码头及堤坝等水中建筑物的作用。

[0003] 根据驱动装置的不同,可以将造波系统分为两类:基于电机驱动的造波系统和基于液压驱动的造波系统。在轻载工况下,造波系统较多地采用电机驱动方式。而在重载工况下,造波系统一般采用液压驱动方式。

[0004] 基于液压驱动的造波系统通常使用液压缸推动推波板做直线往复运动,以此来生成波浪。为了使液压缸的活塞工作于交替换向模式,需要控制连接于液压缸的换向阀并使其交替工作于不同的阀芯位置以实现输入液压缸的油液方向的变换。

[0005] 现有的基于液压驱动的造波系统通常采用滑阀形式的换向阀,滑阀形式的换向阀响应速度较慢,而且难以实现较高的换向频率以及较佳的换向精度。滑阀形式的换向阀无论是采用电磁换向还是液动换向,在换向频率受到限制的同时,还会受到通流流量的限制,无法兼顾造波系统对换向频率和通流流量的要求,以致于现有的造波系统无法模拟实现期望波形较复杂的波浪时。

### 发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是提供一种液压振动式大功率造波系统及其控制方法,该造波系统使用由阀芯旋转式换向阀和四个插装阀组成的控制阀组来控制液压缸的运动,从而可以兼具阀芯旋转式换向阀的换向频率控制精度高、控制范围广以及插装阀通流流量大的优点。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明采用如下的技术方案:

[0008] 一种液压振动式大功率造波系统,包括推波板、液压缸、控制阀组、供油装置、控制器以及油箱,所述推波板连接于所述液压缸的活塞杆,所述推波板能够在所述活塞杆的直线往复作用带动下生成模拟波浪,所述供油装置能够从所述油箱中吸取油液且能够通过所述控制阀组向所述液压缸供应油液。

[0009] 液压振动式大功率造波系统还包括调速阀和步进电机,所述控制阀组设有A口、B口和P口以及所述控制阀组包括阀芯旋转式换向阀和四个插装阀,所述阀芯旋转式换向阀设有可旋转的阀芯,所述步进电机连接于所述阀芯旋转式换向阀的阀芯。所述液压缸为双作用双活塞液压缸且设有e腔、f腔以及E口、F口,所述控制阀组的A口连接于所述液压缸的E

口从而与所述液压缸的e腔相连通,所述控制阀组的B口连接于所述液压缸的F口从而与所述液压缸的f腔相连通,所述供油装置连接于所述调速阀的进油口,所述调速阀的出油口连接于所述控制阀组的P口。所述控制器分别电连接于所述步进电机、所述调速阀和所述供油装置。

[0010] 进一步的,所述阀芯旋转式换向阀设有T0口、P0口、A0口和B0口,所述阀芯旋转式换向阀的T0口连接于所述油箱,所述阀芯旋转式换向阀的P0口与所述控制阀组的P口相连通。

[0011] 所述阀芯旋转式换向阀具有两个工作位,分别为左位和右位,所述步进电机带动所述阀芯旋转式换向阀的阀芯转动时,所述阀芯旋转式换向阀交替工作在左位和右位。所述阀芯旋转式换向阀工作在左位时,所述阀芯旋转式换向阀的A0口和T0口相连通,且P0口和B0口相连通。所述阀芯旋转式换向阀工作在右位时,所述阀芯旋转式换向阀的T0口和B0口相连通,且A0口和P0口相连通。

[0012] 所述控制阀组的四个插装阀分别为第一插装阀、第二插装阀、第三插装阀和第四插装阀,所述第一插装阀的B1口和所述第四插装阀的B4口分别连接于所述油箱,所述阀芯旋转式换向阀的B0口分别连接于所述第一插装阀的X1口和所述第三插装阀的X3口,所述阀芯旋转式换向阀的A0口分别连接于所述第二插装阀的X2口和所述第四插装阀的X4口。所述控制阀组的A口分别与所述第一插装阀的A1口和所述第二插装阀的A2口相连通,所述控制阀组的B口分别与所述第三插装阀的A3口和所述第四插装阀的A4口相连通,所述控制阀组的P口分别与所述第二插装阀的B2口和所述第三插装阀的B3口相连通。

[0013] 进一步的,液压振动式大功率造波系统还包括传感器集合,所述传感器集合包括加速度传感器、位移传感器、流量传感器和浪高仪,所述控制器分别电连接于所述加速度传感器、位移传感器、浪高仪和所述流量传感器。所述调速阀通过所述流量传感器连接于所述控制阀组的P口,其中,所述流量传感器的进油口连接于所述调速阀的出油口,所述流量传感器的出油口连接于所述控制阀组的P口。

[0014] 所述加速度传感器和所述位移传感器用于测量所述推波板的加速度和位移,所述浪高仪用于测量模拟出的波浪的波高。

[0015] 进一步的,所述供油装置包括变频电机和液压泵,所述变频电机连接于所述液压泵并能够带动所述液压泵转动,所述控制器电连接于所述变频电机;所述液压泵的进油口连接于所述油箱,所述液压泵的出油口连接于所述调速阀的进油口。

[0016] 进一步的,液压振动式大功率造波系统还包括单向阀、比例溢流阀和电磁溢流阀,所述控制器电连接于所述比例溢流阀和所述电磁溢流阀;所述电磁溢流阀的进油口连接于所述液压泵的出油口,所述电磁溢流阀的出油口连接于所述油箱;所述调速阀的出油口连接于所述单向阀的进油口,所述单向阀的出油口分别连接于所述比例溢流阀的进油口和所述控制阀组的P口,所述比例溢流阀的出油口连接于所述油箱;从而,所述液压泵依次通过所述调速阀、所述单向阀、所述控制阀组向所述液压缸提供油液。

[0017] 进一步的,所述液压泵为变量液压泵,所述控制器电连接于该变量液压泵的排量调节装置。

[0018] 进一步的,液压振动式大功率造波系统还包括安全阀,所述安全阀的进油口连接于所述调速阀的出油口,所述安全阀的出油口连接于所述油箱,所述液压泵的进油口连接

所述油箱的管路上设有过滤器。

[0019] 液压振动式大功率造波系统的控制方法,具体如下:

[0020] 启动液压振动式大功率造波系统,在控制器中预先设定将要由液压振动式大功率造波系统模拟的波浪的波形参数,所述波形参数包括波长和波高;控制器根据已设定好的波形参数计算出推波板的预设运动轨迹,所述推波板的预设运动轨迹的轨迹参数包括推波板的位移和移动速度;

[0021] 所述液压振动式大功率造波系统设有位移传感器,在液压振动式大功率造波系统启动之后,位移传感器将实际检测出的推波板的位移发送至控制器,控制器根据接收到的推波板的位移并结合记录的时间计算出推波板的移动速度;进一步地,控制器根据实际检测出的推波板的位移以及计算出的推波板的移动速度绘制出推波板的实际运动轨迹,然后将推波板的实际运动轨迹与预设运动轨迹相比较,得出运动轨迹偏差;之后,控制器根据该运动轨迹偏差经算法控制后输出控制信号以调节调速阀的阀口大小以及步进电机的转速大小,从而使得推波板的实际运动轨迹跟踪预设运动轨迹;此为推波板的运动轨迹闭环控制且该闭环控制循环运行;

[0022] 所述液压振动式大功率造波系统还设有比例溢流阀和浪高仪,所述比例溢流阀的进油口连接于所述调速阀的出油口,所述比例溢流阀的出油口连接于所述油箱;所述浪高仪电连接于所述控制器,所述浪高仪检测液压振动式大功率造波系统实际生成的波浪的波高,并将该波高传递至控制器;进一步地,控制器对实际检测出的波高和预设的所述波形参数的波高进行比较,计算出波高偏差;之后,控制器根据该波高偏差经算法控制后输出控制信号以调节所述比例溢流阀的溢流压力。

[0023] 进一步的,所述液压振动式大功率造波系统的供油装置包括变频电机和液压泵,所述控制器电连接于所述变频电机,变频电机连接于所述液压泵且变频电机能够带动液压泵转动,从而控制器能够控制液压泵转动并从油箱吸取油液向液压缸泵送;控制器通过控制变频电机的转速来调节液压泵的输出流量,以改变调速阀的输出流量范围。

[0024] 进一步的,所述液压振动式大功率造波系统还设有加速度传感器,所述加速度传感器电连接于所述控制器;加速度传感器用于检测推波板的加速度,并将检测出的推波板的加速度传递至控制器,控制器根据接收到的推波板的加速度辅助修正计算出的推波板的实际运动轨迹。

[0025] 采用本发明具有如下的有益效果:

[0026] 1、本发明采用阀芯旋转式换向阀来控制液压缸的活塞的换向动作,由于连接于阀芯旋转式换向阀的步进电机具有较优的控制特性,使得该造波系统可以在较广的换向频率范围和较优的控制精度下对推波板的运动轨迹进行控制。

[0027] 2、本发明采用具有较佳通流特性的插装阀,可以向液压缸输出大流量的油液,从而可以使该造波系统具有较大的输出功率特性。

[0028] 3、本发明可以同时输入至液压缸的油液的流量、压力及方向进行控制,采用不同的控制手段及闭环控制方式全方位反馈控制,可以实现不同形式及类型的波浪模拟。

[0029] 4、本发明使用模块化的由阀芯旋转式换向阀和四个基本的插装阀组成的控制阀组,其采用标准化的插装阀且插装阀具有下述优点:通流能力大,适用于大流量场合;阀芯动作灵敏、快速;密封性好,泄漏小,油液流经阀口压力损失小;结构简单,易于实现标准化。

## 附图说明

[0030] 图1为本发明实施例液压振动式大功率造波系统的工作原理图；

[0031] 图2为本发明实施例使用的控制阀组的工作原理图。

## 具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0033] 图1示出了本发明所述的液压振动式大功率造波系统的工作原理图。如图1中所示,液压振动式大功率造波系统包括推波板10、液压缸20、控制阀组30、供油装置、控制器、油箱4、调速阀6和步进电机8。推波板10连接液压缸20的活塞杆21,推波板10能够在活塞杆21的带动下做直线往复运动,推波板10来回推动流体介质从而生成模拟波浪。

[0034] 供油装置包括变频电机51、液压泵52和过滤器53,变频电机51连接于液压泵52并带动液压泵52转动,从而液压泵52通过过滤器53从油箱4中吸取油液,然后经调速阀6和控制阀组30向液压缸20供应油液。在调速阀6与控制阀组30之间设有单向阀9和流量传感器91,控制阀组30设有A口、B口和P口以及控制阀组30包括阀芯旋转式换向阀35和四个插装阀。所述液压缸为双作用双活塞液压缸且设有e腔、f腔以及E口、F口。

[0035] 各液压元器件的连接关系如下:过滤器53的进油口连接于油箱4,过滤器53的出油口连接于液压泵52的进油口,液压泵52的出油口连接于调速阀6的进油口,调速阀6的出油口连接于单向阀9的进油口,单向阀9的出油口连接于流量传感器91的进油口,流量传感器91的出油口连接于控制阀组30的P口,控制阀组30的A口连接于液压缸20的E口从而与液压缸20的e腔相通,控制阀组30的B口连接于液压缸20的F口从而与液压缸20的f腔相通。

[0036] 阀芯旋转式换向阀35设有可旋转的阀芯,步进电机8连接于阀芯旋转式换向阀35的阀芯。控制器分别电连接于步进电机8、调速阀6和变频电机51,从而,控制器可控制阀芯旋转式换向阀35的换向频率、调速阀6的阀口大小以及液压泵52的转速。

[0037] 如图2所示,示出了控制阀组30的工作原理图。其中,阀芯旋转式换向阀35设有T0口、P0口、A0口和B0口,阀芯旋转式换向阀35的T0口连接于油箱4,阀芯旋转式换向阀35的P0口与控制阀组的P口相通。

[0038] 此外,阀芯旋转式换向阀35具有两个工作位,分别为左位和右位,步进电机8带动阀芯旋转式换向阀35的阀芯转动时,阀芯旋转式换向阀35交替工作在左位和右位。阀芯旋转式换向阀35工作在左位时,阀芯旋转式换向阀35的A0口和T0口相通,且P0口和B0口相通;阀芯旋转式换向阀35工作在右位时,阀芯旋转式换向阀35的T0口和B0口相通,且A0口和P0口相通。

[0039] 进一步地,控制阀组30的四个插装阀分别为第一插装阀31、第二插装阀32、第三插装阀33和第四插装阀34,第一插装阀31的B1口和第四插装阀34的B4口分别连接于油箱4,阀芯旋转式换向阀35的B0口分别连接于第一插装阀31的X1口和第三插装阀33的X3口,阀芯旋转式换向阀35的A0口分别连接于第二插装阀32的X2口和第四插装阀34的X4口。控制阀组30

的A口分别与第一插装阀31的A1口和第二插装阀32的A2口相连通,控制阀组30的B口分别与第三插装阀33的A3口和第四插装阀34的A4口相连通,控制阀组30的P口分别与第二插装阀32的B2口和第三插装阀33的B3口相连通。

[0040] 本发明所述的液压振动式大功率造波系统还包括比例溢流阀71、安全阀72和电磁溢流阀73,控制器分别电连接于比例溢流阀71和电磁溢流阀73。其中,电磁溢流阀73的进油口连接于液压泵52的出油口,电磁溢流阀73的出油口连接于油箱4。以及比例溢流阀71的进油口连接于控制阀组30的P口,比例溢流阀71的出油口连接于油箱4。

[0041] 在图1所示的实施例中,根据比例溢流阀71、安全阀72和电磁溢流阀73连接于主油路的位置的不同,分别具有下述不同的作用:1)通过改变比例溢流阀71的溢流压力值,可以设定流入控制阀组30以及液压缸20的工作油液压力值。2)安全阀72起到保护液压系统的作用,防止液压系统的压力超过安全压力范围。3)在停止造波工作期间,可控制电磁溢流阀73使造波系统处于卸荷状态,此时,无论供油装置是否工作,油液均通过电磁溢流阀73返回油箱,进一步起到安全防护作用。

[0042] 进一步地,本发明所述的液压振动式大功率造波系统还包括传感器集合,传感器集合包括加速度传感器、位移传感器、浪高仪以及上文提到的流量传感器91,控制器分别电连接于加速度传感器、位移传感器、浪高仪和流量传感器。加速度传感器和位移传感器安装于推波板10并用于测量推波板10的加速度和位移,浪高仪安装于流体介质中并用于测量造波系统模拟生成的波浪的波高。

[0043] 一种实施例中,液压泵52为定量液压泵,供油装置输出的油液流量只可以通过改变变频电机51的转速来调节。另一种实施例中,液压泵52为变量液压泵,此时,控制器电连接于液压泵52的排量调节装置,从而,控制器可以通过调节变频电机51的转速或者调节液压泵52的排量或者同时调节这两者来控制供油装置输出的油液流量。

[0044] 在上文对本发明所述的液压振动式大功率造波系统的组成及连接方式进行描述的基础上,下面对该造波系统的工作原理做进一步的说明。

[0045] 结合图1和图2,造波系统的工作油液的流动路径为:油液从油箱4开始,在液压泵52的泵送作用下,依次经过滤器53、液压泵52、调速阀6、单向阀9以及流量传感器91流入控制阀组30的P口。

[0046] 之后,若控制阀组30工作在左位,油液从控制阀组的P口经阀芯旋转式换向阀35的P0口和B0口流至第一插装阀31的X1口和第三插装阀33的X3口,从而第一插装阀31和第三插装阀33在高压油液的作用下处于不导通状态。而第二插装阀32的X2口和第四插装阀34的X4口经阀芯旋转式换向阀35的A0口和T0口与油箱4相连通,由于第二插装阀32的B2口与控制阀组30的P口相连通,故第二插装阀32在高压油液的作用下处于导通状态。故,油液在流入控制阀组30的P口之后,经第二插装阀32的B2口以及A2口流至控制阀组30的A口,最后,油液从液压缸20的E口流入e腔,高压油液推动液压缸20的活塞向右(以图1所示布置方向为例)运动,从而,活塞杆21带动推波板10向右运动。而液压缸20的f腔中的油液经F口以及控制阀组30的B口和第四插装阀34的A4口、B4口流回油箱。

[0047] 反之,若控制阀组30工作在右位,油液从控制阀组的P口经阀芯旋转式换向阀35的P0口和A0口流至第二插装阀32的X2口和第四插装阀34的X4口,从而第二插装阀32和第四插装阀34在高压油液的作用下处于不导通状态。而第一插装阀31的X1口和第三插装阀33的X3

口经阀芯旋转式换向阀35的B0口和T0口与油箱4相连通,由于第三插装阀33的B3口与控制阀组30的P口相连通,故第三插装阀33在高压油液的作用下处于导通状态。故,油液在流入控制阀组30的P口之后,经第三插装阀33的B3口以及A3口流至控制阀组30的B口,最后,油液从液压缸20的F口流入f腔,高压油液推动液压缸20的活塞向左(以图1所示布置方向为例)运动,从而,活塞杆21带动推波板10向左运动。而液压缸20的e腔中的油液经E口以及控制阀组30的A口和第一插装阀31的A1口、B1口流回油箱。

[0048] 在控制器的控制下,步进电机8带动阀芯旋转式换向阀35的阀芯旋转,使阀芯旋转式换向阀35交替工作在左位和右位,从而,液压缸20的活塞杆21循环带动推波板10做直线往复运动,推波板10以此在流体介质中生成模拟波浪。

[0049] 在上述的液压振动式大功率造波系统的工作原理的基础上,对适用于该造波系统的控制方法做部分阐述。

[0050] 启动液压振动式大功率造波系统,在控制器中预先设定将要由液压振动式大功率造波系统模拟的波浪的波形参数,波形参数包括波长和波高。控制器根据已设定好的波形参数计算出推波板10的预设运动轨迹,推波板10的预设运动轨迹的轨迹参数包括推波板10的位移和移动速度。

[0051] 在液压振动式大功率造波系统启动之后,位移传感器将实际检测出的推波板10的位移发送至控制器,控制器根据接收到的推波板10的位移并结合记录的时间计算出推波板的移动速度 $v_1$ 。进一步地,控制器根据实际检测出的推波板10的位移以及计算出的推波板10的移动速度绘制出推波板10的实际运动轨迹,然后将推波板10的实际运动轨迹与预设运动轨迹相比较,得出运动轨迹偏差。之后,控制器根据该运动轨迹偏差经算法控制后输出控制信号以调节调速阀6的阀口大小以及步进电机8的转速大小,从而使得推波板10的实际运动轨迹跟踪预设运动轨迹。此为推波板10的运动轨迹闭环控制且该闭环控制循环运行。

[0052] 液压振动式大功率造波系统中设置的加速度传感器可用于辅助控制并修正推波板10的实际运动轨迹。例如,加速度传感器检测推波板10的加速度并将检测出的推波板10的加速度传递至控制器,控制器根据接收到的推波板10的加速度并结合记录的时间计算出推波板10的移动速度 $v_2$ ,进一步地,控制器根据移动速度 $v_1$ 和 $v_2$ 求出平均速度 $v$ ,然后在绘制推波板10的实际运动轨迹时使用该平均速度 $v$ ,以此方式来辅助修正计算出的推波板10的实际运动轨迹。

[0053] 另外,浪高仪检测液压振动式大功率造波系统实际生成的波浪的波高,并将该波高传递至控制器。进一步地,控制器对实际检测出的波高和预设的波形参数的波高进行比较,计算出波高偏差。之后,控制器根据该波高偏差经算法控制后输出控制信号以调节比例溢流阀71的溢流压力。

[0054] 上述的算法控制可以是PID算法控制,或者其他类型的只用于闭环控制的算法控制。

[0055] 从上述控制方法可以看出,对调速阀6的阀口大小的控制的目的在于,控制流至液压缸20的油液的流量。而对比例溢流阀71的溢流压力的控制的目的在于,控制流至液压缸20的油液的压力。众所周知地,若不考虑效率问题,液压缸20的输出功率由流至液压缸20的油液的流量和压力决定,从而也决定了推波板10的输出功率,最终影响至造波系统所生成的模拟波浪的波形参数,例如波高。以及阀芯旋转式换向阀35的换向频率(与步进电机8的



转速有关)也直接影响波浪的波形参数,例如波长。在调速阀6、步进电机8和比例溢流阀71的综合控制以及闭环控制作用下,可较优地控制所生成的波浪的形状。

[0056] 除去上述控制外,控制器还可以通过控制变频电机51的转速来调节液压泵52的输出流量,以改变调速阀6的输出流量范围,从而为调速阀6的流量控制提供更大的灵活性。在另一种实施方式中,若液压泵52为变量液压泵,控制器还可以控制液压泵52的排量来调节液压泵52的输出流量。

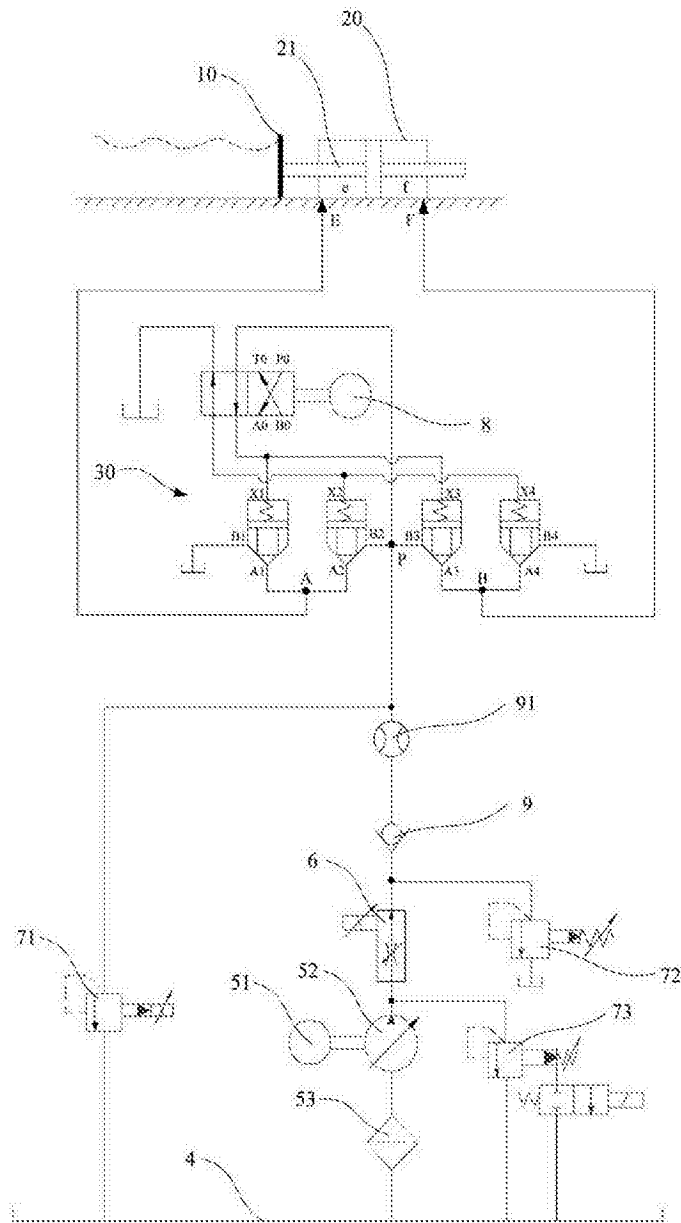


图1

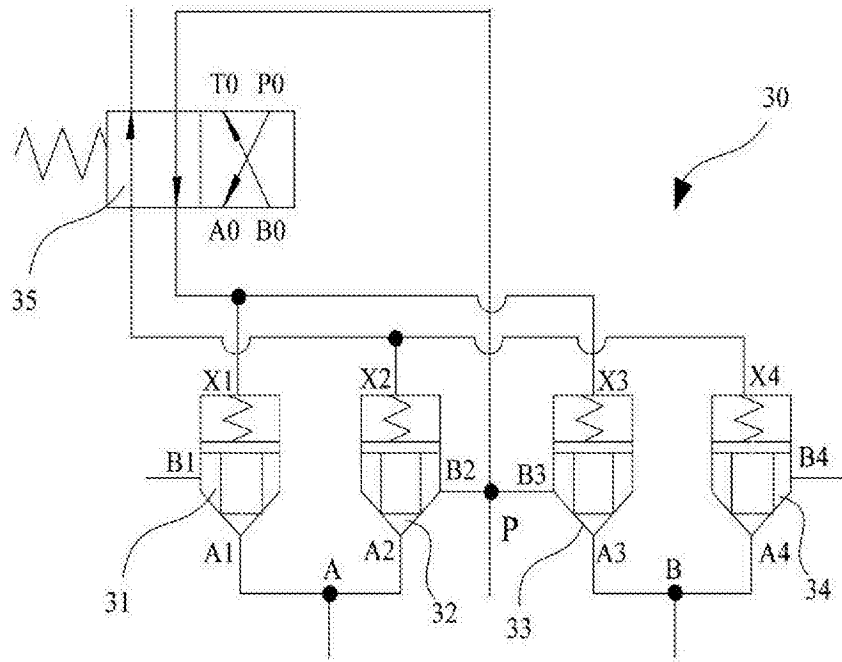


图2