(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116045042 A
(43)申请公布日 2023.05.02

(21)申请号 202310113569.8

(22)申请日 2023.01.28

(71)申请人 中国核电工程有限公司
地址 100840 北京市海淀区西三环北路117号

(72)发明人 石雪垚 荆春宁 王辉 陈巧艳 杨长江 王广飞 吴宇翔

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112
专利代理师 邓伯英 罗建民

(51)Int.Cl.
F16K 17/02(2006.01)
F16K 17/04(2006.01)

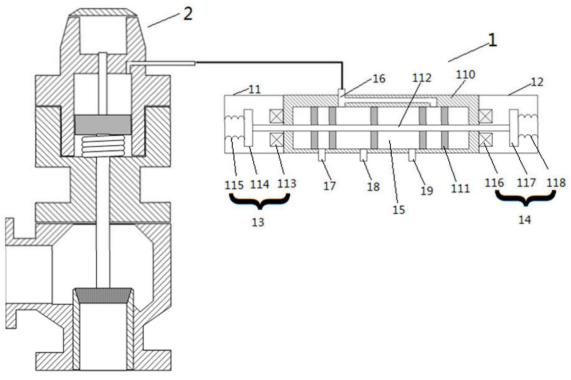
权利要求书3页 说明书11页 附图2页

(54)发明名称

核电厂一回路液压式卸压阀组

(57)摘要

本发明提供一种核电厂一回路液压式卸压阀组，包括：主阀和三位四通控制阀，主阀包括：主阀体和阀芯，主阀体具有密封腔和阀腔，阀芯的一端位于密封腔内，另一端位于阀腔内，其能够在进入密封腔内介质的压强作用下在主阀体内滑动，以打开或关闭阀腔，介质开启主阀的压强整定值P_{0main}满足：大气压<P_{0main}<Pacc，三位四通控制阀的出口能与第一、第二和第三入口中的其中一个连通，其出口与密封腔连通，第一入口与一回路容积控制箱或卸压箱连通，第二入口与一回路冷却剂连通，第三入口与恒压源连通。本发明能够实现在一回路满足条件下的自动开启以及始终维持开启状态，且能实现手动开启主阀和保证停堆换料时主阀的有效隔离。



CN 116045042 A

1.一种核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,包括:主阀(2)和三位四通控制阀(1),

所述主阀(2)包括:主阀体和阀芯,所述主阀体具有密封腔(215)和阀腔,阀腔用于连通一回路冷却剂和大气,所述阀芯的一端位于密封腔(215)内,另一端位于阀腔(24)内,所述阀芯能够在进入密封腔(215)内介质的压强作用下在主阀体内滑动,以打开或关闭所述阀腔,

所述三位四通控制阀(1)具有第一输入口(17)、第二输入口(18)、第三输入口(19)和输出口(16),所述输出口(16)与所述密封腔(215)连通,第一输入口(17)与大气压强源连通,第二输入口(18)与一回路冷却剂连通,第三输入口(19)与恒压源连通,

所述三位四通控制阀(1)具有输出口(16)与第一输入口(17)连通且均与第二输入口(18)和第三输入口(19)断开连接的第一状态,其还具有输出口(16)与第二输入口(18)连通且均与第一输入口(17)和第三输入口(19)断开连通的第二状态,以及具有输出口(16)与第三输入口(19)连通且均与第一输入口(17)和第二输入口(18)断开连通的第三状态,其能够在第一状态、第二状态和第三状态之间切换,以改变进入密封腔(215)内介质及压强,进入密封腔(215)内介质开启主阀(2)的压强整定值P_{0main}满足:P0<P_{0main}<Pacc,其中,P0为大气压强,Pacc为恒压源的压强。

2.根据权利要求1所述的核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,

所述三位四通控制阀(1)包括控制阀体(110)、控制活塞组件、第一电磁阀(13)和第二电磁阀(14),

所述控制阀体(110)具有主腔室(15)、第一边腔室(11)和第二边腔室(12),第一边腔室(11)和第二边腔室(12)分设于主腔室(15)的两端,控制活塞组件设于主腔室(15)内,第一电磁阀(13)设于第一边腔室(11)内,第二电磁阀(14)设于第二边腔室(12)内,

第一输入口(17)、第二输入口(18)、第三输入口(19)和输出口(16)均开设于控制阀体(110)上且均与主腔室(15)连通,控制活塞组件包括控制活塞杆(112)和固定于控制活塞杆(112)上的多个控制活塞(111),多个控制活塞(111)沿控制活塞杆(112)轴向依次密封滑设于主腔室(15)内,以将主腔室(15)分隔为多个分腔,控制活塞杆(112)的两端均伸出所述主腔室(15)外,其一端与第一电磁阀(13)相连,另一端与第二电磁阀(14)相连,

所述输出口(16)位于控制活塞杆(112)径向方向的一侧,第一输入口(17)、第二输入口(18)和第三输入口(19)均位于控制活塞杆(112)径向方向的另一侧且沿活塞杆轴向方向依次布置,当第一电磁阀(13)得电时,其能够驱动控制活塞组件朝向第二电磁阀(14)移动至输出口(16)通过其中一个分腔仅与第三输入口(19)连通,以使三位四通控制阀(1)位于第三状态,当第二电磁阀(14)得电时,其能够驱动控制活塞组件朝向第一电磁阀(13)移动至输出口(16)通过其中一个分腔仅与第一输入口(17)连通,以使三位四通控制阀(1)位于第一状态,当第一电磁阀(13)和第二电磁阀(14)均失电时,所述控制活塞组件能够轴向移动至输出口(16)通过其中一个分腔仅与第二输入口(18)连通,以使三位四通控制阀(1)位于第二状态。

3.根据权利要求2所述的核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,

所述控制活塞(111)的数量为五个,五个控制活塞(111)将所述主腔室(15)依次分为第一分腔、第二分腔、第三分腔、第四分腔、第五分腔和第六分腔,

当所述三位四通控制阀(1)位于第一状态,所述输出口(16)通过第三分腔仅与第一输入口(17)相连通,

当所述三位四通控制阀(1)位于第三状态,所述输出口(16)通过第四分腔仅与第三输入口(19)相连通,

当所述三位四通控制阀(1)位于第二状态,所述输出口(16)通过第三分腔仅与第二输入口(18)相连通。

4.根据权利要求2所述的核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,

第一电磁阀(13)包括第一吸盘(114)、第一线圈(113)和第一复位弹簧(115),第二电磁阀(14)包括第二吸盘(117)、第二线圈(116)和第二复位弹簧(118),第一线圈(113)和第二线圈(116)分设于主腔室(15)沿控制活塞杆(112)轴向方向的两端的外端壁上,第一吸盘(114)和第二吸盘(117)分设于控制活塞杆(112)的两端,第一复位弹簧(115)连接于第一边腔室(11)的腔壁和第一吸盘(114)之间,第二复位弹簧(118)连接于第二边腔室(12)的腔壁和第二吸盘(117)之间,

第一电磁阀(13)得电时,第一吸盘(114)朝向第一线圈(113)移动至与其固连,以带动控制活塞组件朝向第二电磁阀(14)移动至三位四通控制阀(1)位于第三状态,控制活塞组件朝向第二电磁阀(14)移动过程中第一复位弹簧(115)被拉长且第二复位弹簧(118)被压缩,

第二电磁阀(14)得电时,第二吸盘(117)朝向第二线圈(116)移动至与其固连,以带动控制活塞组件朝向第一电磁阀(13)移动至三位四通控制阀(1)位于第一状态,控制活塞组件朝向第一电磁阀(13)移动过程中第二复位弹簧(118)被拉长且第一复位弹簧(115)被压缩,

当第一电磁阀(13)和第二电磁阀(14)均失电时,第一复位弹簧(115)和第二复位弹簧(118)均复位,以驱动控制活塞组件轴向移动至三位四通控制阀(1)位于第二状态。

5.根据权利要求1所述的核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,

所述三位四通控制阀(1)设有多个,多个三位四通控制阀(1)并联设置。

6.根据权利要求2-5任一项所述的核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,第一电磁阀(13)和第二电磁阀(14)均设有多个,多个第一电磁阀(13)串联设置,多个第二电磁阀(14)也串联设置。

7.根据权利要求1-5任一项所述的核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,所述阀芯包括主活塞组件和主弹簧(26),所述主活塞组件包括主活塞杆、主活塞(25)和阀盘(28),主活塞杆滑设于主阀体内,主活塞(25)固定于主活塞杆上且位于密封腔(215)内,阀盘(28)固定于主活塞杆上且位于阀腔(24)内,主弹簧(26)位于密封腔(215)内且压缩于主活塞(25)和阀腔(24)的底壁之间。

8.根据权利要求7所述的核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,

所述阀腔(24)位于密封腔(215)的下部,所述主阀体上开设有与阀腔分别连通的阀入口(29)和阀出口(211),阀入口(29)开设于主阀体的底部,用于与一回路冷却剂相连通,阀出口(211)开设于主阀体的侧面,用于与大气连通,主活塞组件竖向滑设于主阀体内,以打开或关闭所述阀入口(29),

进入密封腔(215)内介质开启主阀(2)的压强整定值P_{0main}还满足:$P_{0main}\times(A1-A2)+G=$

F,其中,A1为主活塞(25)的横截面积,A2为阀盘(28)的横截面积,G为主活塞组件的重力,F为主阀(2)关闭时主弹簧的弹力。

9.根据权利要求7所述的核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,所述主弹簧(26)穿设于主活塞杆上。

10.根据权利要求7所述的核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,

所述阀盘(28)的外径从上至下逐渐递减,以使阀盘(28)的外壁形成第一圆锥面,

所述阀入口(29)安装有喷嘴(210),所述喷嘴(210)内壁的上部具有与第一圆锥面配合的第二圆锥面,主活塞组件下移至第一圆锥面和第二圆锥面配合时,所述阀盘(28)关闭所述阀入口(29)。

11.根据权利要求7所述的核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,

所述主阀体从下至上包括依次固连的阀壳(21)、阀座(22)和阀芯(23),所述阀壳(21)的内腔形成所述阀腔(24),

所述阀座(22)的顶面开始有第一槽,所述阀芯(23)的下部伸入第一槽中且与第一槽的槽壁密封相连,所述阀芯(23)的底面开设有第二槽,第二槽的槽壁与第一槽的底壁围合形成所述密封腔(215)。

12.根据权利要求11所述的核电厂一回路液压式卸压阀组,其特征在于,

所述主活塞杆包括工作段(27)和定位段(213),所述工作段(27)的下端与阀盘(28)固连,其上端穿过阀座(22)后伸入密封腔(215)内且与主活塞(25)固连,所述主弹簧(26)穿设于工作段(27)上,

所述阀芯(23)的上部具有密封的排气腔(212),所述阀芯(23)顶部设有打开或密闭所述排气腔(212)的阀盖(216),所述定位段(213)的下端与活塞固连,其上端穿过阀芯(23)后伸入所述排气腔(212)内。

核电厂一回路液压式卸压阀组

技术领域

[0001] 本发明涉及核电安全技术领域,具体涉及一种核电厂一回路液压式卸压阀组。

背景技术

[0002] 在压水堆核电站中,反应堆冷却剂系统作为放射性物质包容的最重要的屏障之一,直接关系到核电厂的安全性能。

[0003] 核电厂反应堆冷却剂系统在正常运行时压强较高,为了保证发生事故后系统不超压,并且保证在事故后堆芯得到持续的冷却,就需要在反应堆冷却剂系统上设置超压保护阀和一回路卸压阀。

[0004] 目前应用的超压保护阀和卸压阀主要有以下几种:

[0005] (1)弹簧式安全阀,当系统压强达到安全阀整定压强时自动开启卸压,目前工艺系统超压保护应用最广泛。该类型安全阀的特点在于只能执行超压保护功能,在压强低于开启压强时阀门关闭,无法手动开启。

[0006] (2)先导式安全阀,与弹簧式安全阀类似,当系统压强达到安全阀整定压强时自动开启卸压,相比于弹簧式安全阀可靠性更高,目前主要应用于稳压器安全阀。该类型安全阀在开启时需要的功率较小,缺点在与当需要手动开启时,需要始终维持通电状态,并且在低压时无法维持开启状态。

[0007] (3)电动或气动隔离阀,当系统压强达到设计要求定值时,通过电源控制阀门开启或关闭。该类型阀门的特点在与可以在任何时刻开启,并且失去电源后仍维持原状态,缺点在于开启时需要较大的功率。

[0008] (4)爆破阀,开启阀门信号触发阀门内部的爆破单元,产生高压气体推动阀门内的活塞运动,在冲击运动中,可以切断阀门通径的剪切盖,从而接通阀门进出口,实现了系统卸压的安全功能。该类型阀门特点在于一旦开启,始终保持开启状态,无法恢复。

发明内容

[0009] 本发明所要解决的技术问题是针对现有技术中存在的上述不足,提供一种核电厂一回路液压式卸压阀组,能够实现主阀在一回路满足条件下的自动开启以及始终维持开启状态,且能实现手动开启主阀和保证正常运行及停堆换料时主阀的有效隔离。

[0010] 解决本发明技术问题所采用的技术方案是:

[0011] 本发明提供一种核电厂一回路液压式卸压阀组,包括:主阀和三位四通控制阀,

[0012] 所述主阀包括:主阀体和阀芯,所述主阀体具有密封腔和阀腔,阀腔用于连通一回路冷却剂和大气,所述阀芯的一端位于密封腔内,另一端位于阀腔内,所述阀芯能够在进入密封腔内介质的压强作用下在主阀体内滑动,以打开或关闭所述阀腔,

[0013] 所述三位四通控制阀具有第一输入口、第二输入口、第三输入口和输出口,所述输出口与所述密封腔连通,第一输入口与大气压强源连通,第二输入口与一回路冷却剂连通,第三输入口与恒压源连通,

[0014] 所述三位四通控制阀具有输出口与第一输入口连通且均与第二输入口和第三输入口断开连接的第一状态，其还具有输出口与第二输入口连通且均与第一输入口和第三输入口断开连通的第二状态，以及具有输出口与第三输入口连通且均与第一输入口和第二输入口断开连通的第三状态，其能够在第一状态、第二状态和第三状态之间切换，以改变进入密封腔内介质及压强，进入密封腔内介质开启主阀的压强整定值P_{0main}满足：P0<P_{0main}<Pacc，其中，P0为大气压强，Pacc为恒压源的压强。

[0015] 可选地，所述三位四通控制阀包括控制阀体、控制活塞组件、第一电磁阀和第二电磁阀，

[0016] 所述控制阀体具有主腔室、第一边腔室和第二边腔室，第一边腔室和第二边腔室分设于主腔室的两端，控制活塞组件设于主腔室内，第一电磁阀设于第一边腔室内，第二电磁阀设于第二边腔室内，

[0017] 第一输入口、第二输入口、第三输入口和输出口均开设于控制阀体上且均与主腔室连通，控制活塞组件包括控制活塞杆和固定于控制活塞杆上的多个控制活塞，多个控制活塞沿控制活塞杆轴向依次密封滑设于主腔室内，以将主腔室分隔为多个分腔，控制活塞杆的两端均伸出所述主腔室外，其一端与第一电磁阀相连，另一端与第二电磁阀相连，

[0018] 所述输出口位于控制活塞杆径向方向的一侧，第一输入口、第二输入口和第三输入口均位于控制活塞杆径向方向的另一侧且沿活塞杆轴向方向依次布置，当第一电磁阀得电时，其能够驱动控制活塞组件朝向第二电磁阀移动至输出口通过其中一个分腔仅与第三输入口连通，以使三位四通控制阀位于第三状态，当第二电磁阀得电时，其能够驱动控制活塞组件朝向第一电磁阀移动至输出口通过其中一个分腔仅与第一输入口连通，以使三位四通控制阀位于第一状态，当第一电磁阀和第二电磁阀均失电时，所述控制活塞组件能够轴向移动至输出口通过其中一个分腔仅与第二输入口连通，以使三位四通控制阀位于第二状态。

[0019] 可选地，所述控制活塞的数量为五个，五个控制活塞将所述主腔室依次分为第一分腔、第二分腔、第三分腔、第四分腔、第五分腔和第六分腔，

[0020] 当所述三位四通控制阀位于第一状态，所述输出口通过第三分腔仅与第一输入口相连通，

[0021] 当所述三位四通控制阀位于第三状态，所述输出口通过第四分腔仅与第三输入口相连通，

[0022] 当所述三位四通控制阀位于第二状态，所述输出口通过第三分腔仅与第二输入口相连通。

[0023] 可选地，第一电磁阀包括第一吸盘、第一线圈和第一复位弹簧，第二电磁阀包括第二吸盘、第二线圈和第二复位弹簧，第一线圈和第二线圈分设于主腔室沿控制活塞杆轴向方向的两端的外端壁上，第一吸盘和第二吸盘分设于控制活塞杆的两端，第一复位弹簧连接于第一边腔室的腔壁和第一吸盘之间，第二复位弹簧连接于第二边腔室的腔壁和第二吸盘之间，

[0024] 第一电磁阀得电时，第一吸盘朝向第一线圈移动至与其固连，以带动控制活塞组件朝向第二电磁阀移动至三位四通控制阀位于第三状态，控制活塞组件朝向第二电磁阀移动过程中第一复位弹簧被拉长且第二复位弹簧被压缩，

[0025] 第二电磁阀得电时，第二吸盘朝向第二线圈移动至与其固连，以带动控制活塞组件朝向第一电磁阀移动至三位四通控制阀位于第一状态，控制活塞组件朝向第一电磁阀移动过程中第二复位弹簧被拉长且第一复位弹簧被压缩，

[0026] 当第一电磁阀和第二电磁阀均失电时，第一复位弹簧和第二复位弹簧均复位，以驱动控制活塞组件轴向移动至三位四通控制阀位于第二状态。

[0027] 可选地，所述三位四通控制阀设有多个，多个三位四通控制阀并联设置。

[0028] 第一电磁阀和第二电磁阀均设有多个，多个第一电磁阀串联设置，多个第二电磁阀也串联设置。

[0029] 所述阀芯包括主活塞组件和主弹簧，所述主活塞组件包括主活塞杆、主活塞和阀盘，主活塞杆滑设于主阀体内，主活塞固定于主活塞杆上且位于密封腔内，阀盘固定于主活塞杆上且位于阀腔内，主弹簧位于密封腔内且压缩于主活塞和阀腔的底壁之间。

[0030] 可选地，所述阀腔位于密封腔的下部，所述主阀体上开设有与阀腔分别连通的阀入口和阀出口，阀入口开设于主阀体的底部，用于与一回路冷却剂相连通，阀出口开设于主阀体的侧面，用于与大气连通，主活塞组件竖向滑设于主阀体内，以打开或关闭所述阀入口，

[0031] 进入密封腔内介质开启主阀的压强整定值P_{0main}还满足：$P_{0main}\times(A1-A2)+G=F$，其中，A1为主活塞的横截面积，A2为阀盘的横截面积，G为主活塞组件的重力，F为主阀关闭时主弹簧的弹力。

[0032] 可选地，所述主弹簧穿设于主活塞杆上。

[0033] 可选地，所述阀盘的外径从上至下逐渐递减，以使阀盘的外壁形成第一圆锥面，

[0034] 所述阀入口安装有喷嘴，所述喷嘴内壁的上部具有与第一圆锥面配合的第二圆锥面，主活塞组件下移至第一圆锥面和第二圆锥面配合时，所述阀盘关闭所述阀入口。

[0035] 可选地，所述主阀体从下至上包括依次固连的阀壳、阀座和阀芯，所述阀壳的内腔形成所述阀腔，

[0036] 所述阀座的顶面开始有第一槽，所述阀芯的下部伸入第一槽中且与第一槽的槽壁密封相连，所述阀芯的底面开设有第二槽，第二槽的槽壁与第一槽的底壁围合形成所述密封腔。

[0037] 可选地，所述主活塞杆包括工作段和定位段，所述工作段的下端与阀盘固连，其上端穿过阀座后伸入密封腔内且与主活塞固连，所述主弹簧穿设于工作段上，

[0038] 所述阀芯的上部具有密封的排气腔，所述阀芯顶部设有打开或密闭所述排气腔的阀盖，所述定位段的下端与活塞固连，其上端穿过阀芯后伸入所述排气腔内。

[0039] 本发明通过将三位四通控制阀与主阀组合，以形成核电厂一回路液压式卸压阀组，其中，主阀的主阀体具有密闭腔和阀腔，其阀芯滑设于主阀内，阀芯能够在进入密封腔内介质的压强作用下在主阀体内滑动，以打开或关闭阀腔；三位四通控制阀的第一输入口与大气压(如一回路容积控制箱或卸压箱)连通，其第二输入口与一回路冷却剂连通，其第三输入口与恒压源连通，其输出口与主阀的密封腔连通，主阀开启整定值P_{0main}满足：大气压$<P_{0main}<$Pacc，由此：

[0040] 在一回路压强正常时(约15.5MPa)，将三位四通控制阀切换至第二状态(即其输出口与第二输入口连通)，此时主阀的密封腔内为一回路压强，远大于主阀开启整定值P_{0main}，

主阀关闭，从而实现了一回路正常运行时及高压下(Prcs>P_{0main})主阀的隔离，在一回路故障至压降小于主阀开启整定值P_{0main}时，主阀自动开启，从而实现了一回路压强异常时主阀的自动开启；

[0041] 在某些情况下需要主阀手动开启时，将三位四通控制阀切换至第一状态(即其输出口与第一输入口连通)，此时主阀的密封腔内的压强为大气压，低于主阀的开启整定值P_{0main}，从而主阀开启；

[0042] 在停堆换料(需将一回路压强下降至常压)不希望主阀开启时，将三位四通控制阀切换至第三状态(即其输出口与第三输入口连通)，此时主阀的密封腔内为恒压源压强(如安注箱的压强约为4-5MPa)，大于主阀开启整定值P_{0main}，主阀关闭，从而实现了一回路低压情况下下(Prcs<Pacc)主阀的隔离。

[0043] 该卸压阀组设计在满足华龙后续机型一回路卸压要求的同时，具备以下技术优势：

[0044] 1)能实现手动开启：仅需要给电磁阀通电，即可实现在任何状态下阀门的手动开启。

[0045] 2)保证有效隔离：实现在电厂不同的运行状态下，均能够保证阀门有效隔离。

[0046] 3)始终维持开启状态：在阀门开启后，能够始终维持在开启状态，不需要任何电源来维持开启状态，保证了一回路长期的卸压和长期再循环。

附图说明

[0047] 图1为非能动堆芯冷却系统的结构示意图；

[0048] 图2为本发明实施例1提供的核电厂一回路液压式卸压阀组的结构示意图；

[0049] 图3为实施例1的卸压阀组中的主阀的结构示意图。

[0050] 图中：1、三位四通控制阀；11、第一边腔室；12、第二边腔室；13、第一电磁阀；14、第二电磁阀；15、主腔室；16、输出口；17、第一输入口；18、第二输入口；19、第三输入口；110、控制阀体；111、控制活塞；112、控制活塞杆；113、第一线圈；114、第一吸盘；115、第一复位弹簧；116、第二线圈；117、第二吸盘；118、第二复位弹簧；2、主阀；21、阀壳；22、阀座；23、阀芯；24、阀腔；25、活塞；26、弹簧；27、工作段；28、阀盘；29、阀入口；210、喷嘴；211、阀出口；212、排气腔；213、定位段；214、导管；215、密封腔。

具体实施方式

[0051] 下面将结合本发明中的附图，对发明中的技术方案进行清楚、完整的描述，显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，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的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明的范围。

[0052] 在本发明的描述中，需要说明的是，属于“上”等指示方位或位置关系是基于附图所示的方位或者位置关系，仅是为了便于和简化描述，而并不是指示或者暗示所指的装置或者元件必须设有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0053] 在本发明的描述中，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或者

暗示相对重要性。

[0054] 在本发明的描述中，需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“连接”、“设置”、“安装”、“固定”等应做广义理解，例如可以是固定连接也可以是可拆卸地连接，或者一体地连接；可以是直接相连，也可以是通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域技术人员而言，可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0055] 本发明提供一种核电厂一回路液压式卸压阀组，包括：主阀和三位四通控制阀，

[0056] 所述主阀包括：主阀体和阀芯，所述主阀体具有密封腔和阀腔，阀腔用于连通一回路冷却剂和大气，所述阀芯的一端位于密封腔内，另一端位于阀腔内，所述阀芯能够在进入密封腔内介质的压强作用下在主阀体内滑动，以打开或关闭所述阀腔，

[0057] 所述三位四通控制阀具有第一输入口、第二输入口、第三输入口和输出口，所述输出口与所述密封腔连通，第一输入口与大气压强源连通，第二输入口与一回路冷却剂连通，第三输入口与恒压源连通，

[0058] 所述三位四通控制阀具有输出口与第一输入口连通且均与第二输入口和第三输入口断开连接的第一状态，其还具有输出口与第二输入口连通且均与第一输入口和第三输入口断开连通的第二状态，以及具有输出口与第三输入口连通且均与第一输入口和第二输入口断开连通的第三状态，其能够在第一状态、第二状态和第三状态之间切换，以改变进入密封腔内介质及压强，进入密封腔内介质开启主阀的压强整定值P_{0main}满足：P0<P_{0main}<Pacc，其中，P0为大气压强，Pacc为恒压源的压强。

[0059] 实施例1：

[0060] 如图2所示，本实施例提供一种核电厂一回路液压式卸压阀组，包括：主阀2和三位四通控制阀1，

[0061] 主阀2包括：主阀体和阀芯，主阀体具有密封腔215和阀腔，阀腔用于连通一回路冷却剂和大气，阀芯的一端位于密封腔215内，另一端位于阀腔24内，阀芯能够在进入密封腔215内介质的压强作用下在主阀体内滑动，以打开或关闭阀腔，

[0062] 三位四通控制阀1具有第一输入口17、第二输入口18、第三输入口19和输出口16，输出口16与密封腔215连通，第一输入口17与大气压强源连通，第二输入口18与一回路冷却剂连通，第三输入口19与恒压源连通，

[0063] 三位四通控制阀1具有输出口16与第一输入口17连通且均与第二输入口18和第三输入口19断开连接的第一状态，其还具有输出口16与第二输入口18连通且均与第一输入口17和第三输入口19断开连通的第二状态，以及具有输出口16与第三输入口19连通且均与第一输入口17和第二输入口18断开连通的第三状态，其能够在第一状态、第二状态和第三状态之间切换，以改变进入密封腔215内介质及压强，进入密封腔215内介质开启主阀2的压强整定值P_{0main}满足：P0<P_{0main}<Pacc，其中，P0为大气压强，Pacc为恒压源的压强。

[0064] 非能动堆芯冷却是第三代压水堆核电技术的技术路线之一。

[0065] 以AP1000为例，如图1所示，其非能动堆芯冷却系统包括：

[0066] 堆芯补水箱：压强与一回路一致(15.5MPa)，承担在高压时的堆芯补水功能。

[0067] 安注箱：4-5MPa左右，承担压强在4-5MPa以下的补水功能。

[0068] IRWST(重力注水箱)：压强与大气压一致，低至0.1MPa，承担一回路压强下降到常压时的补水功能。

[0069] ADS阀门(爆破阀):承担卸压功能,将一回路压强从15.5逐级下降到常压,实现上述三个补水措施依次投入,最终实现IRWST重力注水,才能实现堆芯的长期冷却,保证长期安全。

[0070] 为了避免卸压速度过快带来的问题,ADS1-3+ADS4依次投入。

[0071] 其中ADS1-3卸压速度较小,主要承担高压下的卸压功能。

[0072] ADS4卸压速度较快,因此需要一回路压强低于一定阈值之后才能打开(大约8-9MPa)。

[0073] ADS4开启后,一回路压强能够很快下降到安注箱投入的压强,并且最终下降到IRWST注入压强。

[0074] ADS现有技术主要采用爆破阀和电动阀,爆破阀和电动阀的均是在在检测到一回路压强下降至阈值时,输出电信号触发阀门开启。电动阀由于其设备体积大、开启所需能量大等原因,对卸压系统设计带来了诸多困难。爆破阀的优势在于密封性好、开启动力小,但在可靠性数据、知识产权等方面仍存在一定问题。

[0075] 华龙后续机型采用非+能的安全系统设计理念,采用非能动安全系统应对设计基准事故。在该设计理念下,需要一种成熟可靠的一回路卸压系统,能够及时有效的将一回路压强降低至重力注水压强。因此,急需新的阀门设计方案,实现华龙后续机型一回路卸压的功能及应用场景要求。

[0076] 本发明的卸压阀组主要用于替代ADS-4的功能,即当一回路压强下降到8-9MPa的时候,能够手动开启,并且要求开启速度快,不用电甚至少用电(可以蓄电池供电,增加在丧失电源后的可靠性)。

[0077] 本发明通过将三位四通控制阀1与主阀2组合,以形成核电厂一回路液压式卸压阀组,其中,主阀2的主阀体具有密闭腔215和阀腔24,其阀芯滑设于主阀2内,阀芯能够在进入密封腔215内介质的压强作用下在主阀体内滑动,以打开或关闭阀腔24;三位四通控制阀1的第一输入口17与大气压(如一回路容积控制箱或卸压箱)连通,其第二输入口18与一回路冷却剂连通,其第三输入口19与恒压源连通,其输出口16与主阀2的密封腔215连通,主阀2开启整定值P_{0main}满足:大气压<P_{0main}<Pacc,由此:

[0078] 在一回路压强正常时(约15.5MPa),将三位四通控制阀1切换至第二状态(即其输出口16与第二输入口18连通),此时主阀2的密封腔215内为一回路压强,远大于主阀2开启整定值P_{0main},主阀2关闭,从而实现了一回路正常运行时主阀2的隔离,在一回路故障至压降小于主阀2开启整定值P_{0main}时,主阀2自动开启,从而实现了一回路压强异常时主阀2的自动开启;

[0079] 在一回路故障至压强下降至8-9MPa情况下,需要主阀2手动开启时,将三位四通控制阀1切换至第一状态(即其输出口16与第一输入口17连通),此时主阀2的密封腔215内的压强为大气压,低于主阀2的开启整定值P_{0main},从而主阀2开启;

[0080] 在停堆换料(需将一回路压强下降至常压过程中)不希望主阀2开启时,在一回路压强Prcs下降至P_{0main}-Pacc之间时,将三位四通控制阀1切换至第三状态(即其输出口16与第三输入口19连通),此时主阀2的密封腔215内为恒压源压强(如安注箱的压强约为4-5MPa),大于主阀2开启整定值P_{0main},主阀2关闭,从而实现了一回路低压情况下下主阀2的隔离。

[0081] 进一步地，本发明的液压式卸压阀组与背景技术中提到的几种核电安全领域常用的超压保护阀和卸压阀的优缺点对比如表1所示。

[0082] 表1

[0083]

	缺点	本方案优点
弹簧式安全阀	只能执行超压保护功能，在压强低于开启压强时阀门关闭，无法手动开启	依靠三位四通阀控制主阀顶部活塞压强，实现阀门在任何压强下均能够手动开启和关闭。
先导式安全阀	需要始终维持通电才能维持阀门开启状态；	依靠三位四通阀控制主阀顶部活塞压强，实现阀门的手动开启和关闭； 维持阀门状态无需外部电源； 依靠自身弹簧储能，在低压时保持阀门开启状态。
电动或气动隔离阀	需要大功率电源支持。 开启阀门所需功率较大。 开启速度慢。 无法自动开启。	仅需要低压低功率电源通过三位四通阀控制主阀活塞压强来开启或关闭阀门。 维持开启或关闭状态无需电源支持。 所需功率较小。 开启速度快。
爆破阀	一旦开启，始终保持开启状态，无法恢复。	在阀门开启后，仍能够通过向顶部活塞施加压力，关闭阀门。

[0084] 本实施例中，三位四通控制阀1包括控制阀体110、控制活塞组件、第一电磁阀13和第二电磁阀14，

[0085] 控制阀体110具有主腔室15、第一边腔室11和第二边腔室12，第一边腔室11和第二边腔室12分设于主腔室15的两端，控制活塞组件设于主腔室15内，第一电磁阀13设于第一边腔室11内，第二电磁阀14设于第二边腔室12内，

[0086] 第一输入口17、第二输入口18、第三输入口19和输出口16均开设于控制阀体110上且均与主腔室15连通，控制活塞组件包括控制活塞杆112和固定于控制活塞杆112上的多个

控制活塞111，多个控制活塞111沿控制活塞杆112轴向依次密封滑设于主腔室15内，以将主腔室15分隔为多个分腔，控制活塞杆112的两端均伸出主腔室15外，其一端与第一电磁阀13相连，另一端与第二电磁阀14相连，

[0087] 输出口16位于控制活塞杆112径向方向的一侧，第一输入口17、第二输入口18和第三输入口19均位于控制活塞杆112径向方向的另一侧且沿活塞杆轴向方向依次布置，当第一电磁阀13得电时，其能够驱动控制活塞组件朝向第二电磁阀14移动至输出口16通过其中一个分腔仅与第三输入口19连通，以使三位四通控制阀1位于第三状态，当第二电磁阀14得电时，其能够驱动控制活塞组件朝向第一电磁阀13移动至输出口16通过其中一个分腔仅与第一输入口17连通，以使三位四通控制阀1位于第一状态，当第一电磁阀13和第二电磁阀14均失电时，控制活塞组件能够轴向移动至输出口16通过其中一个分腔仅与第二输入口18连通，以使三位四通控制阀1位于第二状态。

[0088] 本实施例中，控制活塞111的数量为五个，五个控制活塞111将主腔室15依次分为第一分腔、第二分腔、第三分腔、第四分腔、第五分腔和第六分腔，

[0089] 当三位四通控制阀1位于第一状态，输出口16通过第三分腔仅与第一输入口17相连通，进一步地，只有第二输入口18位于第四分腔内，只有第三输入口19位于第五分腔内，从而避免不同输入口压差给活塞杆112带来的轴向作用力，

[0090] 当三位四通控制阀1位于第三状态，输出口16通过第四分腔仅与第三输入口19相连通，进一步地，只有第一输入口17位于第一分腔内，只有第二输入口18位于第四分腔内，从而避免不同输入口压差给活塞杆112带来的轴向作用力，

[0091] 当三位四通控制阀1位于第二状态，输出口16通过第三分腔仅与第二输入口18相连通，进一步地，只有第一输入口17位于第二分腔内，只有第三输入口19位于第四分腔内，从而避免不同输入口压差给活塞杆112带来的轴向作用力。

[0092] 本实施例中，第一电磁阀13包括第一吸盘114、第一线圈113和第一复位弹簧115，第二电磁阀14包括第二吸盘117、第二线圈116和第二复位弹簧118，第一线圈113和第二线圈116分设于主腔室15沿控制活塞杆112轴向方向的两端的外端壁上，第一吸盘114和第二吸盘117分设于控制活塞杆112的两端，第一复位弹簧115连接于第一边腔室11的腔壁和第一吸盘114之间，第二复位弹簧118连接于第二边腔室12的腔壁和第二吸盘117之间，

[0093] 第一电磁阀13得电时，第一吸盘114朝向第一线圈113移动至与其固连，以带动控制活塞组件朝向第二电磁阀14移动至三位四通控制阀1位于第三状态，控制活塞组件朝向第二电磁阀14移动过程中第一复位弹簧115被拉长且第二复位弹簧118被压缩，

[0094] 第二电磁阀14得电时，第二吸盘117朝向第二线圈116移动至与其固连，以带动控制活塞组件朝向第一电磁阀13移动至三位四通控制阀1位于第一状态，控制活塞组件朝向第一电磁阀13移动过程中第二复位弹簧118被拉长且第一复位弹簧115被压缩，

[0095] 当第一电磁阀13和第二电磁阀14均失电时，各个电磁阀的吸盘和线圈解除连接，第一复位弹簧115和第二复位弹簧118均复位，以驱动控制活塞组件轴向移动至三位四通控制阀1位于第二状态。

[0096] 本实施例中，三位四通控制阀1设有多个，多个三位四通控制阀1并联设置。

[0097] 本实施例中，第一电磁阀13和第二电磁阀14均设有多个，多个第一电磁阀13串联设置，多个第二电磁阀14也串联设置。

[0098] 本实施例中，阀芯包括主活塞组件和主弹簧26，主活塞组件包括主活塞杆、主活塞25和阀盘28，主活塞杆滑设于主阀体内，主活塞25固定于主活塞杆上且位于密封腔215内，阀盘28固定于主活塞杆上且位于阀腔24内，主弹簧26位于密封腔215内且压缩于主活塞25和阀腔24的底壁之间。

[0099] 本发明中的主阀2是用于一回路卸压时流体的主要流通路径，阀门内部承受高温高压流体，为了避免一回路高温流体、震动对阀门控制、驱动系统带来的影响，本发明采用驱动活塞+驱动弹簧作为主阀2的开启、关闭能量来源。主阀2通过先导管线与三位四通控制阀1相连，用于控制密封腔215内的压强，进一步控制主阀2的开启和关闭。

[0100] 本实施例中，阀腔24位于密封腔215的下部，主阀体上开设有与阀腔分别连通的阀入口29和阀出口211，阀入口29开设于主阀体的底部，用于与一回路冷却剂相连通，阀出口211开设于主阀体的侧面，用于与大气连通，主活塞组件竖向滑设于主阀体内，以打开或关闭阀入口29，

[0101] 进入密封腔215内介质开启主阀2的压强整定值P_{0main}还满足：$P_{0main}\times(A1-A2)+G=F$，其中，A1为主活塞25的横截面积，A2为阀盘28的横截面积，G为主活塞组件的重力，F为主阀2关闭时主弹簧的弹力。

[0102] 本发明的卸压阀组中主阀的开启、关闭及密封性的保持依靠驱动弹簧、驱动活塞压强和系统压强的共同作用，具体如下：

[0103] 驱动活塞面积大于阀盘面积，当密封腔室压强×驱动活塞面积+活塞组件重力>驱动弹簧压力+阀门入口压强×阀盘面积时，阀门处于关闭状态，并且依靠不等式前后的压差保持阀门的密封；

[0104] 当密封腔室压强×驱动活塞面积+活塞组件重力<驱动弹簧压力+阀门入口压强×阀盘面积时，阀门在驱动弹簧的压力和系统内压作用下开启，并且依靠驱动弹簧压力使阀门始终处于开启状态。

[0105] 如图3所示，本实施例中，主弹簧26穿设于主活塞杆上，为驱动活塞的上下移动提供动力。

[0106] 本实施例中，阀盘28的外径从上至下逐渐递减，以使阀盘28的外壁形成第一圆锥面，

[0107] 阀入口29安装有喷嘴210，喷嘴210内壁的上部具有与第一圆锥面配合的第二圆锥面，主活塞组件下移至第一圆锥面和第二圆锥面配合时，阀盘28关闭阀入口29。

[0108] 阀盘与喷嘴采用倾斜接触面，在阀门关闭时，喷嘴与阀盘能够在压差作用下紧密配合，更好地保持密封，防止冷却剂泄漏。

[0109] 本实施例中，主阀体从下至上包括依次固连的阀壳21、阀座22和阀芯23，阀壳21的内腔形成阀腔24，

[0110] 阀座22的顶面开始有第一槽，阀芯23的下部伸入第一槽中且与第一槽的槽壁密封相连，阀芯23的底面开设有第二槽，第二槽的槽壁与第一槽的底壁围合形成密封腔215。

[0111] 本实施例中，阀芯23内固定有导管214，导管214的一端伸入密封腔215内，另一端伸出阀芯23外且与三位四通控制阀1的输出口16相连通。

[0112] 本实施例中，主活塞杆包括工作段27和定位段213，工作段27的下端与阀盘28固连，其上端穿过阀座22后伸入密封腔215内且与主活塞25固连，主弹簧26穿设于工作段27

上，

[0113] 阀芯23的上部具有密封的排气腔212，阀芯23顶部设有打开或密闭排气腔212的阀盖216，定位段213的下端与活塞固连，其上端穿过阀芯23后伸入排气腔212内。

[0114] 本发明的液压式卸压阀组用于实现一回路快速卸压，其实现功能如下：

[0115] 通过第一电磁阀13和第二电磁阀14的控制，实现对三位四通控制阀1输出压强的控制，进而实现主阀2的开启和关闭控制。

[0116] 假设一回路压强为Prcs，在核电厂正常运行状态下，Prcs＝15.5MPa，在核电厂正常停堆、换料大修情况下，可逐步降低至0.1MPa，恒压源安注箱压强为Pacc，通常压强约4-5MPa，卸压箱或容积控制箱压强为P0，通常压强为0.1MPa。

[0117] 第一电磁阀13和第二电磁阀14分别通电、断电时，主阀2的活塞压强以及主阀2实现的功能见下表2。

[0118] 表2

[0119]

电磁阀状态		主阀密封腔215压强	主阀实现功能
第一电磁阀	第二电磁阀		
通电	断	Pacc	Prcs<Pacc时，低压下隔离
断	断	Prcs	Prcs>P0main时，高压下隔离
			Prcs<P0main时，自动开启
断	通电	P0	手动开启

[0120] 主阀2实现的功能说明：

[0121] 自动开启：第一电磁阀13、第二电磁阀14均处于断电状态时，事故下一回路从15.5MPa降压至压强低于主阀2的开启压强时，主阀2自动开启。

[0122] 手动开启：核电厂在某些情况下需要操作员手动开启卸压阀，此时，第一电磁阀13断电，第二电磁阀14通电，导致主阀2活塞压强＝P0，此时主阀2在驱动弹簧和一回路压强的作用下开启，并且能够始终维持开启状态。

[0123] 高压下隔离：核电厂在正常运行时，一回路压强为15.5MPa，在停堆换料情况下，一回路从15.5MPa逐渐下降至P_{0main}，直至降压至大气压，在正常运行和停堆换料情况下，当一回路压强Prcs>P_{0main}时，不希望主阀1开启，从而需要隔离卸压阀，此时第一电磁阀13、第二电磁阀14均处于断电状态，导致主阀活塞压强＝Prcs，由于主阀门活塞面积大于阀盘面积，当Prcs大于一定压强时(P_{0main}，与主阀活塞面积与驱动弹簧驱动力有关)，仍保持主阀关闭状态。

[0124] 低压下隔离：当一回路压强Prcs<Pacc并且进一步降低至P0main时，需要切换到低压隔离状态，此时第一电磁阀通电，主阀活塞压强＝Pacc，由于Pacc始终恒定为4-5MPa，可以保证主阀始终处于关闭状态。

[0125] 该卸压阀组设计在满足华龙后续机型一回路卸压要求的同时，具备以下技术优

势：

[0126] 1)能实现手动开启：仅需要给电磁阀通电，即可实现在任何状态下阀门的手动开启。

[0127] 2)保证有效隔离：实现在电厂不同的运行状态下，均能够保证阀门有效隔离。

[0128] 3)始终维持开启状态：在阀门开启后，能够始终维持在开启状态，不需要任何电源来维持开启状态，保证了一回路长期的卸压和长期再循环。

[0129] 4)可靠性高：通过电磁阀的并联和串联组合，满足系统单一故障原则，为阀门开启、关闭提供了冗余的手段，可以实现阀门在任何状态下均能够可靠的开启与关闭，误触发概率低。

[0130] 5)泄漏率低，正常运行时，依靠一回路自身对主阀活塞施加的压力进行密封。

[0131] 可以理解的是，以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式，然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言，在不脱离本发明的精神和实质的情况下，可以做出各种变型和改进，这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

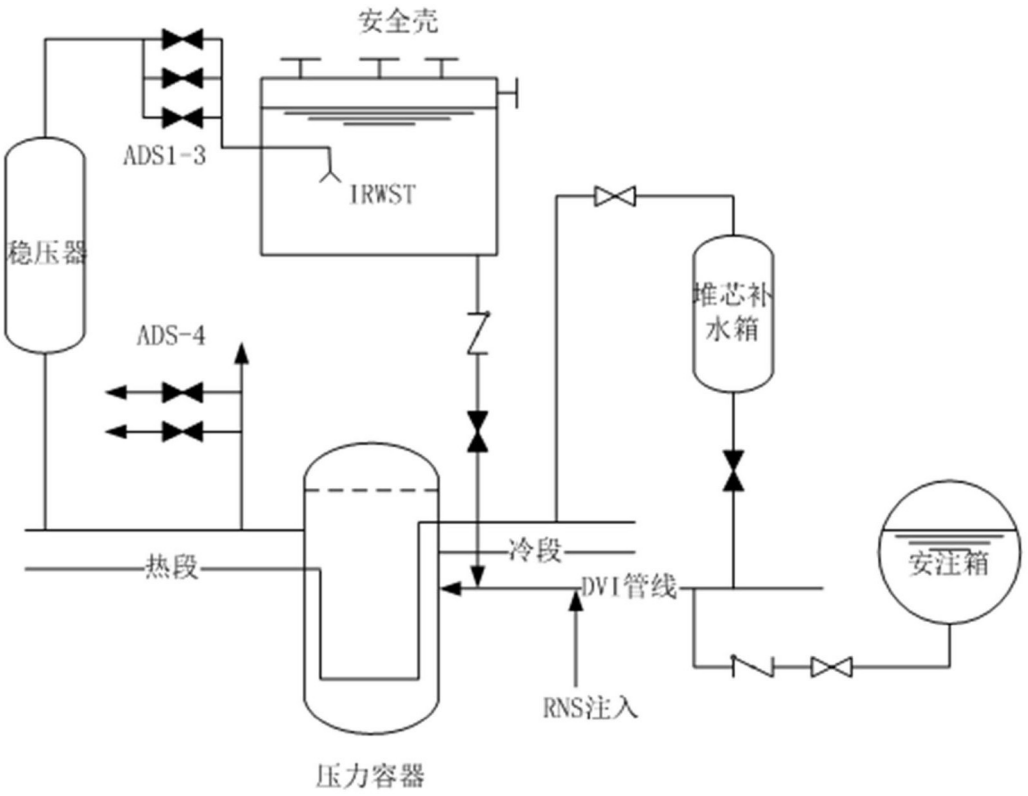

安全壳
ADS1-3
IRWST
稳压器
堆芯补水箱
ADS-4
热段
冷段
DVI管线
安注箱
RNS注入
压力容器

图1

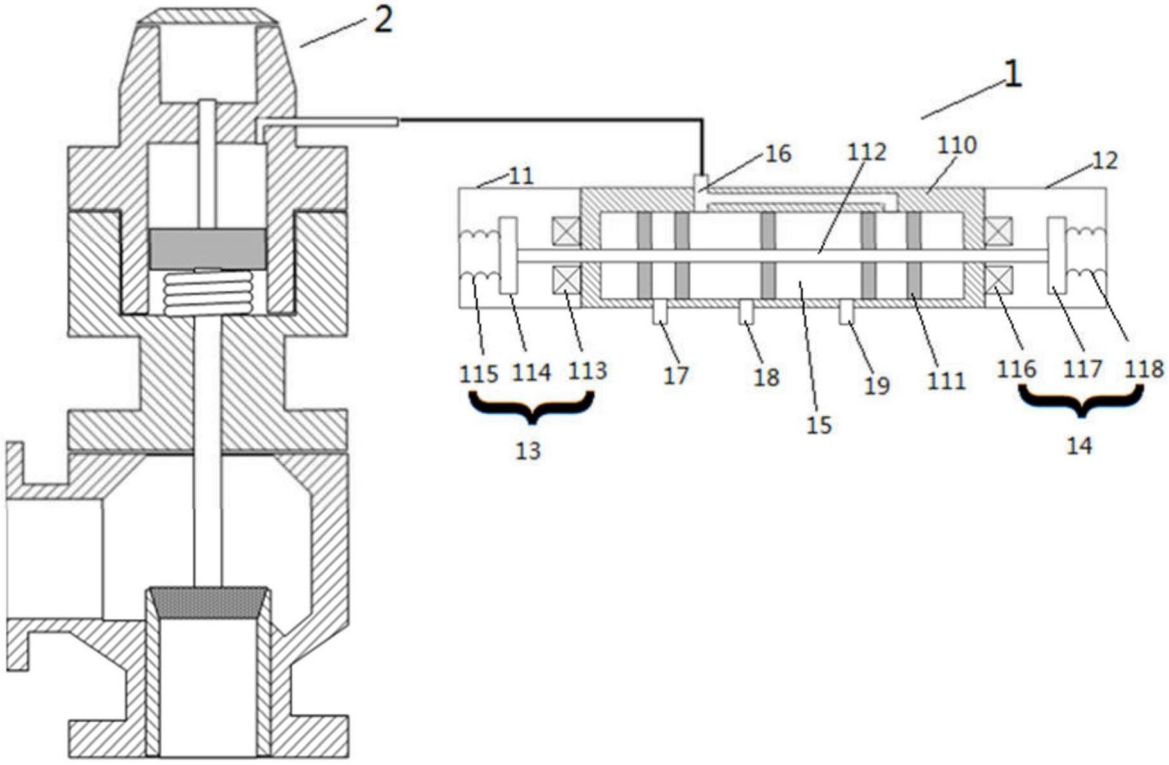

2
1
11
16
112
110
12
115
114
113
17
18
15
19
111
116
117
118
13
14

图2

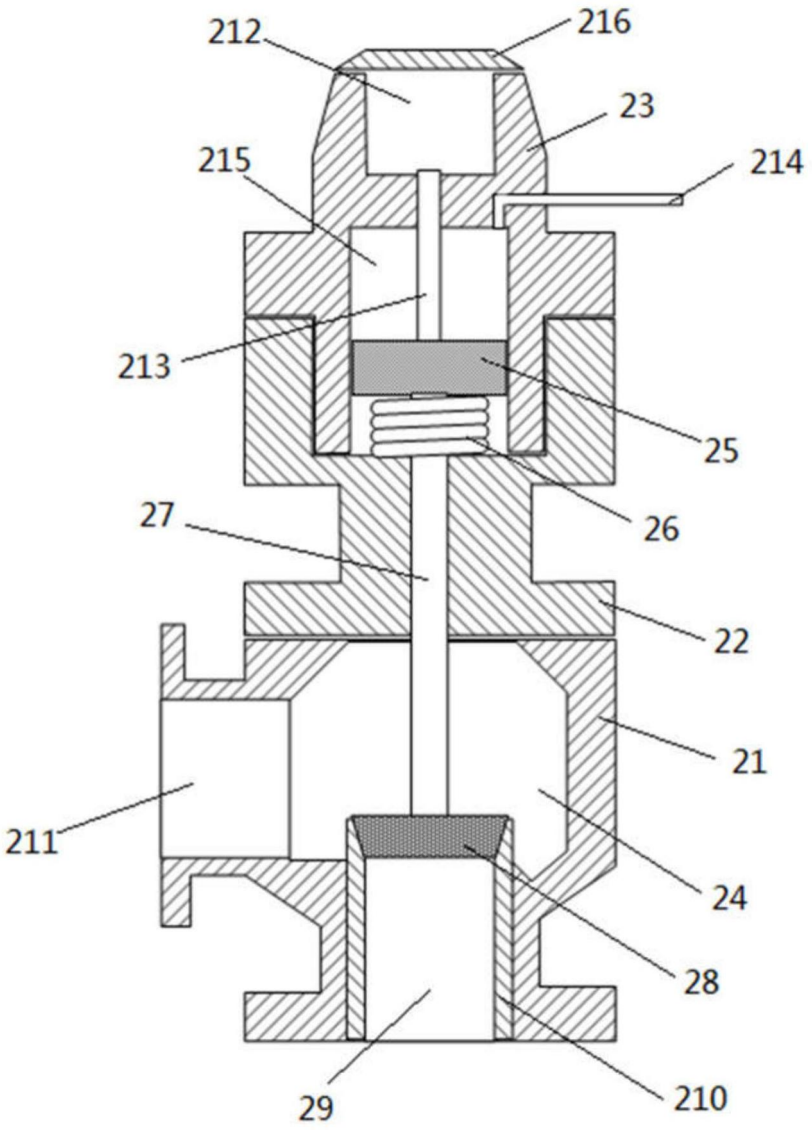


图3