



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107369478 A

(43)申请公布日 2017. 11. 21

(21)申请号 201710641305.4

(22)申请日 2017.07.31

(71)申请人 清华大学天津高端装备研究院
地址 300300 天津市东丽区东丽湖度假区

(72)发明人 盛选禹 刘传 王亮君 徐雅晨
邵荣 张志擎 孔文文 孙嘉琦
成昱旻 陈贺 王岳巍

(74)专利代理机构 天津滨海科纬知识产权代理
有限公司 12211

代理人 杨慧玲

(51)Int. Cl.

G21C 7/22(2006.01)

G21C 9/033(2006.01)

G21C 1/06(2006.01)

G21C 15/14(2006.01)

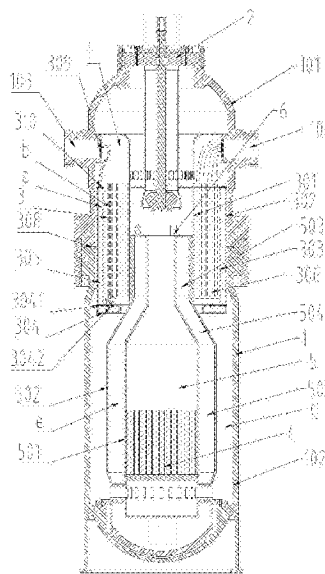
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

一种热容器型的一体化堆

(57)摘要

本发明创造提供了一种热容器型的一体化堆,包括压力壳筒体,压力壳筒体内的下部设置有毒物罐,毒物罐包括毒物罐内壳和毒物罐外壳,毒物罐内壳与毒物罐外壳之间形成用于容纳硼水的上硼水腔,上硼水腔上方的毒物罐上设置有非能动停堆系统,毒物罐内部底部中间设置有堆芯,毒物罐外部设置有蒸汽发生器,压力壳筒体内部设置有驱动装置;蒸汽发生器上方的压力壳筒体内设置有上腔室,上腔室将毒物罐与蒸汽发生器连通,毒物罐与压力壳筒体之间形成环形的下降通道,堆芯的下端的圆周侧开有径向的冷却剂流道,冷却剂流道将下降通道与堆芯连通。本发明创造取消了传统压水堆中的控制棒,是一种将毒物罐内装在压力容器内的堆型。



1. 一种热容器型的一体化堆,其特征在於:包括压力壳筒体(1),压力壳筒体(1)内的下部设置有与压力壳筒体(1)同轴心设置的毒物罐(5),毒物罐(5)包括毒物罐内壳(501)和毒物罐外壳(502),毒物罐内壳(501)与毒物罐外壳(502)之间形成用于容纳硼水的上硼水腔(e),上硼水腔(e)上方的毒物罐(5)上设置有用于控制反应堆的非能动停堆系统(6),毒物罐(5)内部底部中间设置有堆芯(4),毒物罐(5)上窄下宽,毒物罐(5)的窄部外部设置有蒸汽发生器(3),蒸汽发生器(3)用于二次侧回路的热交换,压力壳筒体(1)内部设置有用于驱动一次侧回路循环流动的驱动装置;

蒸汽发生器(3)上方的压力壳筒体(1)内设置有上腔室(f),上腔室(f)将毒物罐(5)内部与蒸汽发生器(3)连通,毒物罐(5)与压力壳筒体(1)之间形成环形的下降通道(g),堆芯(4)的下端的圆周侧开有径向的冷却剂流道(4041),冷却剂流道(4041)将下降通道(g)与堆芯(4)连通;

压力壳筒体(1)内堆芯(4)的下方设置有下硼水腔(d),上硼水腔(e)与下硼水腔(d)连通,堆芯(4)的下端设置有毒物流通器(406),毒物流通器(406)将堆芯(4)与下硼水腔(d)连通。

2. 根据权利要求1所述的热容器型的一体化堆,其特征在於:所述蒸汽发生器(3)包括蒸汽发生器内筒(301)、蒸汽发生器外筒(302)和位于蒸汽发生器内筒(301)、蒸汽发生器外筒(302)之间的蒸汽发生器中间筒(303),蒸汽发生器内筒(301)套在毒物罐(5)的上部,蒸汽发生器外筒(302)的下端固接在给水管(304)的一端,给水管(304)的另外一端不与蒸汽发生器内筒(301)和毒物罐(5)的外侧壁接触,蒸汽发生器中间筒(303)的下端固接在给水管(304)的上端面上,蒸汽发生器中间筒(303)两侧的给水管(304)上分别开有进水孔(3041)和出水孔(3042),给水管(305)位于蒸汽发生器外筒(302)与蒸汽发生器中间筒(303)之间的第一环腔(a)内,给水管(305)的一端与进水孔(3041)连接,给水管(305)的另外一端与设置在压力壳筒体(1)上的给水入口(103)连接;

蒸汽发生器内筒(301)与蒸汽发生器中间筒(303)之间的第二环腔(b)内容纳有螺旋管(306),螺旋管(306)围绕着蒸汽发生器内筒(301)螺旋向上,螺旋管(306)的下端与出水孔(3042)连接,螺旋管(306)的上端与设置在压力壳筒体(1)上的蒸汽出口(104)连接。

3. 根据权利要求1所述的热容器型的一体化堆,其特征在於:所述堆芯(4)包括燃料组件(401),燃料组件(401)位于燃料箱(402)内,燃料组件(401)和燃料箱(402)的下端分别固定在燃料板(403)上,燃料板(403)的下端与环形板(404)的上端固接,环形板(404)的下端固接有圆形下盖板(405),燃料板(403)、环形板(404)和圆形下盖板(405)组成一个密闭的冷却水流通空腔(c),环形板(404)的环壁上开有用于冷却剂流通的冷却剂流道(4041),毒物流通器(406)设置在圆形下盖板(405)上,毒物流通器(406)穿过圆形下盖板(405)且竖直设置,毒物流通器(406)的上端位于冷却水流通空腔(c)内,毒物流通器(406)的下端位于下硼水腔(d)内,冷却剂流道(4041)位于下硼水腔(d)的上方,下硼水腔(d)位于环形板(404)的下方。

4. 根据权利要求1所述的热容器型的一体化堆,其特征在於:所述驱动装置包括设置在压力壳筒体(1)顶端的主循环泵(2),主循环泵(2)的旋转轴线与压力壳筒体(1)的轴线重合,主循环泵(2)包括位于压力壳筒体(1)外部的电动机(201),电动机(201)的输出轴与主轴(202)的一端固接,主轴(202)的另外一端固接有叶轮(203),主轴(202)伸入到圆筒状的

泵外壳(204)内部,泵外壳(204)与主轴(202)同轴心,泵外壳(204)的上端固接在压力壳筒体(1)上,叶轮(203)位于泵外壳(204)内部,叶轮(203)上方的上腔室(f)内的泵外壳(204)的侧壁上开有用于排放冷却水的排放口(2041),排放口(2041)将上腔室(f)与毒物罐(5)连通。

5. 根据权利要求4所述的热容器型的一体化堆,其特征在于:所述叶轮(203)设置在毒物罐(5)上方的蒸汽发生器内筒(301)内部,泵外壳(204)的管径小于蒸汽发生器内筒(301)的内管径,蒸汽发生器内筒(301)向上延伸到给水入口(103)和蒸汽出口(104)的上方然后朝着压力壳筒体(1)内壁的方向弯折后其端部与压力壳筒体(1)的内壁固接,蒸汽发生器内筒(301)的侧壁上设置有若干与排出口对应的内筒溢流孔。

6. 根据权利要求4所述的热容器型的一体化堆,其特征在于:所述泵外壳(204)的下部通过固定板固定在蒸汽发生器内筒(301)上。

7. 根据权利要求1所述的热容器型的一体化堆,其特征在于:给水入口(103)和蒸汽出口(104)分别设置在上腔室(f)处的压力壳筒体(1)的侧壁上,给水入口(103)和蒸汽出口(104)的数量分别为四个,给水入口(103)和蒸汽出口(104)均匀交替设置,给水入口(103)和蒸汽出口(104)的轴心线在同一水平面内且相交于一点。

8. 根据权利要求1所述的热容器型的一体化堆,其特征在于:所述非能动停堆系统(6)包括气缸体(601),气缸体(601)内设置有活塞杆(602),活塞杆(602)的上端设置有活塞(603),活塞(603)的直径大于活塞杆(602)的直径,活塞(603)上方的活塞杆(602)的端部设置有阀门盖板(604),气缸体(601)固定在阀座(605)上,活塞(603)下方的气缸体(601)的侧壁上开设有气缸连通口(607),位于毒物罐(5)内部的气缸连通口(607)将气缸内部与硼水腔连通,阀门盖板(604)位于毒物罐(5)外部用于感受一次侧回路的压力,一次侧回路的压力大于硼水腔内的压力时阀门盖板(604)的下端面与气缸体(601)的上端面抵接,一次侧回路的压力小于硼水腔内的压力时阀门盖板(604)的下端面与气缸体(601)的上端面分离。

9. 根据权利要求1所述的热容器型的一体化堆,其特征在于:所述压力壳筒体(1)包括上封头(101)和下封头(102),上封头(101)和下封头(102)之间通过螺纹(6031)连接,毒物罐(5)设置在下封头(102)内,驱动装置设置在上封头(101)内。

10. 根据权利要求1所述的热容器型的一体化堆,其特征在于:所述毒物罐(5)包括毒物罐下段(505)、毒物罐过渡段(504)和毒物罐上段(503),毒物罐过渡段(504)为锥形管状,毒物罐上段(503)的管径小于毒物罐下段(505)的管径,蒸汽发生器内筒(301)套在毒物罐上段(503)外侧,蒸汽发生器内筒(301)的内径等于毒物罐上段(503)的外径。

一种热容器型的一体化堆

技术领域

[0001] 本发明创造属于核反应堆技术领域,尤其是涉及一种热容器型的一体化堆。

背景技术

[0002] 人类利用核能已有几十年的历史,核电也在世界各国的能源结构中扮演着重要的角色,针对不同的应用需求,各国提出了许多种新颖的反应堆设计方案。

[0003] 其中,压水反应堆由于其能量密度高、经济成本低的优势,成为世界范围内应用最为广泛的反应堆堆型之一,目前的压水堆多用于大规模供电,整个压水反应堆体积也过于庞大,对于海岛等不便直接供电的偏远区域来说,开发移动式核动力平台是一种有效的解决方案,而减少反应堆的体积是最关键的技术之一。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明创造旨在提出一种热容器型的一体化堆,以提出一种新型架构的热容器型的一体化堆。

[0005] 为达到上述目的,本发明创造的技术方案是这样实现的:

[0006] 一种热容器型的一体化堆,包括压力壳筒体,压力壳筒体内的下部设置有与压力壳筒体同轴心设置的毒物罐,毒物罐包括毒物罐内壳和毒物罐外壳,毒物罐内壳与毒物罐外壳之间形成用于容纳硼水的上硼水腔,上硼水腔上方的毒物罐上设置有用于控制反应堆的非能动停堆系统,毒物罐内部底部中间设置有堆芯,毒物罐上窄下宽,毒物罐的窄部外部设置有蒸汽发生器,蒸汽发生器用于二次侧回路的热交换,压力壳筒体内部设置有用于驱动一次侧回路循环流动的驱动装置;

[0007] 蒸汽发生器上方的压力壳筒体内设置有上腔室,上腔室将毒物罐内部与蒸汽发生器连通,毒物罐与压力壳筒体之间形成环形的下降通道,堆芯的下端的圆周侧开有径向的冷却剂流道,冷却剂流道将下降通道与堆芯连通;

[0008] 压力壳筒体内堆芯的下方设置有下硼水腔,上硼水腔与下硼水腔连通,堆芯的下端设置有毒物流通器,毒物流通器将堆芯与下硼水腔连通。

[0009] 进一步的,所述蒸汽发生器包括蒸汽发生器内筒、蒸汽发生器外筒和位于蒸汽发生器内筒、蒸汽发生器外筒之间的蒸汽发生器中间筒,蒸汽发生器内筒套在毒物罐的上部,蒸汽发生器外筒的下端固接在给水管的一端,给水管的另外一端不与蒸汽发生器内筒和毒物罐的外侧壁接触,蒸汽发生器中间筒的下端固接在给水管的上端面上,蒸汽发生器中间筒两侧的给水管上分别开有进水孔和出水孔,给水管位于蒸汽发生器外筒与蒸汽发生器中间筒之间的第一环腔内,给水管的一端与进水孔连接,给水管的另外一端与设置在压力壳筒体上的给水入口连接;

[0010] 蒸汽发生器内筒与蒸汽发生器中间筒之间的第二环腔内容纳有螺旋管,螺旋管围绕着蒸汽发生器内筒螺旋向上,螺旋管的下端与出水孔连接,螺旋管的上端与设置在压力壳筒体上的蒸汽出口连接。

[0011] 进一步的,所述堆芯包括燃料组件,燃料组件位于燃料箱内,燃料组件和燃料箱的下端分别固定在燃料板上,燃料板的下端与环形板的上端固接,环形板的下端固接有圆形下盖板,燃料板、环形板和圆形下盖板组成一个密闭的冷却水流通空腔,环形板的环壁上开有用于冷却剂流通的冷却剂流道,毒物流通器设置在圆形下盖板上,毒物流通器穿过圆形下盖板且竖直设置,毒物流通器的上端位于冷却水流通空腔内,毒物流通器的下端位于下硼水腔内,冷却剂流道位于下硼水腔的上方,下硼水腔位于环形板的下方。

[0012] 进一步的,所述驱动装置包括设置在压力壳筒体顶端的主循环泵,主循环泵的旋转轴线与压力壳筒体的轴线重合,主循环泵包括位于压力壳筒体外部的电动机,电动机的输出轴与主轴的一端固接,主轴的另外一端固接有叶轮,主轴伸入到圆筒状的泵外壳内部,泵外壳与主轴同轴心,泵外壳的上端固接在压力壳筒体上,叶轮位于泵外壳内部,叶轮上方的上腔室内的泵外壳的侧壁上开有用于排放冷却水的排放口,排放口将上腔室与毒物罐连通。

[0013] 进一步的,所述叶轮设置在毒物罐上方的蒸汽发生器内筒内部,泵外壳的管径小于蒸汽发生器内筒的内管径,蒸汽发生器内筒向上延伸到给水入口和蒸汽出口的上方然后朝着压力壳筒体内壁的方向弯折后其端部与压力壳筒体的内壁固接,蒸汽发生器内筒的侧壁上设置有若干与排出口对应的内筒溢流孔。

[0014] 进一步的,所述泵外壳的下部通过固定板固定在蒸汽发生器内筒上。

[0015] 进一步的,给水入口和蒸汽出口分别设置在上腔室处的压力壳筒体的侧壁上,给水入口和蒸汽出口的数量分别为四个,给水入口和蒸汽出口均匀交替设置,给水入口和蒸汽出口的轴心线在同一水平面内且相交于一点。

[0016] 进一步的,所述非能动停堆系统包括气缸体,气缸体内设置有活塞杆,活塞杆的上端设置有活塞,活塞的直径大于活塞杆的直径,活塞上方的活塞杆的端部设置有阀门盖板,气缸体固定在阀座上,活塞下方的气缸体的侧壁上开设有气缸连通口,位于毒物罐内部的气缸连通口将气缸内部与硼水腔连通,阀门盖板位于毒物罐外部用于感受一次侧回路的压力,一次侧回路的压力大于硼水腔内的压力时阀门盖板的下端与气缸体的上端面抵接,一次侧回路的压力小于硼水腔内的压力时阀门盖板的下端与气缸体的上端面分离。

[0017] 进一步的,所述压力壳筒体包括上封头和下封头,上封头和下封头之间通过螺纹连接,毒物罐设置在下封头内,驱动装置设置在上封头内。

[0018] 进一步的,所述毒物罐包括毒物罐下段、毒物罐过渡段和毒物罐上段,毒物罐过渡段为锥形管状,毒物罐上段的管径小于毒物罐下段的管径,蒸汽发生器内筒套在毒物罐上段外侧,蒸汽发生器内筒的内径等于毒物罐上段的外径。

[0019] 相对于现有技术,本发明创造所述的一种热容器型的一体化堆具有以下优势:

[0020] (1) 本发明创造取消了传统压水堆中的控制棒,是一种将毒物罐内装在压力容器内的堆型,毒物和一次侧回路之间的接口采用了依赖主循环泵排放压力而动作的非能动系统;

[0021] (2) 本发明创造设计灵活,堆芯内的压差和毒物罐的温度可独立设定;

[0022] (3) 本发明创造取消了控制棒系统,以毒物罐内装硼酸水来实现反应堆控制,精简了机构,提高了机构的可靠性,依靠包围在堆芯外的毒物罐中的硼酸水调节反应堆功率,当主循环泵压力下降时,毒物罐上部的非能动停堆系统开启,硼酸水自动注入堆芯,实现缓慢

停堆；

[0023] (4) 一次侧回路的冷却水在压力容器内部循环，二次侧冷却水从给水联箱进入，经螺旋管与一次侧水接触充分换热，从蒸汽出口流出，一次侧冷却水从上往下流，二次侧冷却水从下往上流，换热均匀。

附图说明

[0024] 构成本发明创造的一部分的附图用来提供对本发明创造的进一步理解，本发明创造的示意性实施例及其说明用于解释本发明创造，并不构成对本发明创造的不当限定。在附图中：

[0025] 图1为本发明创造一体化堆的整体结构示意图；

[0026] 图2为本发明创造实施例所述的主循环泵的结构示意图；

[0027] 图3为本发明创造实施例所述的蒸汽发生器的结构示意图；

[0028] 图4为本发明创造实施例所述的堆芯的主视图；

[0029] 图5为本发明创造实施例所述的堆芯的纵向剖视图；

[0030] 图6为本发明创造实施例所述的堆芯的俯视图；

[0031] 图7为本发明创造实施例所述的非能动停堆系统的结构示意图；

[0032] 图8为本发明创造实施例所述的一体化堆的俯视图。

[0033] 附图标记说明：

[0034] 1、压力壳筒体；101、上封头；102、下封头；103、给水入口；104、蒸汽出口；2、主循环泵；201、电动机；202、主轴；203、叶轮；204、泵外壳；2041、排放口；2042、喇叭口结构；205、外壳上法兰；206、泵内壳；207、内壳上法兰；208、轴封装置；209、内部下壳体；210、水中轴承；211、电动机台；212、间接连接器；3、蒸汽发生器；301、蒸汽发生器内筒；302、蒸汽发生器外筒；303、蒸汽发生器中间筒；304、给水联箱；3041、进水孔；3042、出水孔；305、给水管；306、螺旋管；307、多孔支撑板；308、环板；309、管板；310、盖板；4、堆芯；401、燃料组件；402、燃料箱；403、燃料板；404、环形板；4041、冷却剂流道；405、圆形下盖板；406、毒物流通器；407、毒物膨胀吸收器；408、固定环；4081、固定孔；4082、上固定块；4083、下固定块；5、毒物罐；501、毒物罐内壳；502、毒物罐外壳；503、毒物罐上段；504、毒物罐过渡段；505、毒物罐下段；6、非能动停堆系统；601、气缸体；602、活塞杆；603、活塞；6031、螺纹；604、阀门盖板；605、阀座；606、配平块；607、气缸连通口；608、间隙；a、第一环腔；b、第二环腔；c、冷却水流通空腔；d、下硼水腔；e、上硼水腔；f、上腔室；g、下降通道。

具体实施方式

[0035] 需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明创造中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0036] 在本发明创造的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明创造和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明创造的限制。此外，术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的，而不能理解为指示

或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”等的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明创造的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0037] 在本发明创造的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以通过具体情况理解上述术语在本发明创造中的具体含义。

[0038] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明创造。

[0039] 如图1至8所示,一种热容器型的一体化堆,包括压力壳筒体1,压力壳筒体1内的下部设置有与压力壳筒体1同轴心设置的毒物罐5,毒物罐5包括毒物罐内壳501和毒物罐外壳502,毒物罐内壳501与毒物罐外壳502之间形成用于容纳硼水的上硼水腔e,上硼水腔e上方的毒物罐5上设置有用于控制反应堆的非能动停堆系统6。毒物罐5内部底部中间设置有堆芯4,毒物罐5上窄下宽,毒物罐5的窄部外部设置有蒸汽发生器3,蒸汽发生器3为直流螺旋管式。蒸汽发生器3用于二次侧回路的热交换,压力壳筒体1内部设置有用于驱动一次侧回路循环流动的驱动装置。

[0040] 如图1所示,蒸汽发生器3上方的压力壳筒体1内设置有上腔室f,上腔室f将毒物罐5内部与蒸汽发生器3连通,毒物罐5与压力壳筒体1之间形成环形的下降通道g,堆芯4的下端的圆周侧开有径向的冷却剂流道4041,冷却剂流道4041将下降通道g与堆芯4连通。压力壳筒体1内堆芯4的下方设置有下硼水腔d,上硼水腔e与下硼水腔d连通,堆芯4的下端设置有毒物流通器406,毒物流通器406将堆芯4与下硼水腔d连通。

[0041] 如图3所示,蒸汽发生器3包括蒸汽发生器内筒301、蒸汽发生器外筒302和位于蒸汽发生器内筒302、蒸汽发生器外筒302之间的蒸汽发生器中间筒303。蒸汽发生器内筒302套在毒物罐5的上部,蒸汽发生器外筒302的下端固接在给水管304的一端,给水管304的另外一端不与蒸汽发生器内筒302和毒物罐5的外侧壁接触。蒸汽发生器中间筒303的下端固接在给水管304的上端面上,蒸汽发生器中间筒303两侧的给水管304上分别开有进水孔3041和出水孔3042。给水管305位于蒸汽发生器外筒302与蒸汽发生器中间筒303之间的第一环腔a内,给水管305的一端与进水孔3041连接,给水管305的另外一端与设置在压力壳筒体1上的给水入口103连接。

[0042] 如图3所示,蒸汽发生器内筒301与蒸汽发生器中间筒303之间的第二环腔b内容纳有若干根均匀分布的螺旋管306,螺旋管306围绕着内筒螺旋向上,螺旋管306的下端与出水孔3042连接,螺旋管306的上端与设置在压力壳筒体1上的蒸汽出口104连接。螺旋管306的外径为19mm,螺旋管306有若干根,螺旋管306与螺旋管306之间的间距为25mm。为了避免由螺旋管306的固有振动频率和一次侧水引起的卡门涡旋振动频率导致振动的可能性,螺旋管306通过若干多孔支撑板307进行支撑,多孔支撑板307位于蒸汽发生器内筒301与蒸汽发生器中间筒303之间且呈放射性布置,螺旋管306穿过多孔支撑板307螺旋上升。优选的,多孔支撑板307的数量为十六块。为了使得螺旋管306的螺旋空间更大,热交换更加的彻底,蒸汽发生器中间筒303位于蒸汽发生器内筒301与蒸汽发生器外筒302的中间靠近蒸汽发生器外筒302的一侧。

[0043] 如图3所示,蒸汽发生器外筒302的外壁上设置有用于固定的环板308,环板308固定在压力壳筒体1上。给水入口103处和蒸汽出口104处分别固接有管板309,管板309分别用于固定给水管305和螺旋管306,第一环腔a的顶部固接有盖板310,给水管305穿过盖板310。

[0044] 如图1和8所示,给水入口103和蒸汽出口104分别设置在上腔室f处的压力壳筒体1的侧壁上,给水入口103和蒸汽出口104的数量分别为四个,给水入口103和蒸汽出口104均匀交替设置,给水入口103和蒸汽出口104的轴心线在同一水平面内且相交于一点。

[0045] 如图4至6所示,堆芯4包括燃料组件401,燃料组件401位于燃料箱402内,燃料组件401和燃料箱402的下端分别固定在燃料板403上。燃料板403的下端与环形板404的上端固接,环形板404的下端固接有圆形下盖板405,燃料板403、环形板404和圆形下盖板405组成一个密闭的冷却水流通空腔c。冷却剂流道4041开设在环形板404的环壁上,冷却剂流道4041为若干个,冷却剂流道4041围绕着环形板404的环壁均匀分布。若干毒物流通器406设置在圆形下盖板405上,毒物流通器406穿过圆形下盖板405且竖直设置,毒物流通器406的上端位于冷却水流通空腔c内,毒物流通器406的下端位于下硼水腔d内,冷却剂流道4041位于下硼水腔d的上方,下硼水腔d位于环形板404的下方。毒物流通器406的上端位于冷却剂流道4041的下方,毒物流通器406的下端靠近下硼水腔d的底部。

[0046] 如图5和6所示,圆形下盖板405上还设置有用于减少硼酸水浓度的毒物膨胀吸收器407。毒物流通器406和毒物膨胀吸收器407均匀分布。六边形结构较容易顺利插入、提升,更适应换料时采用的水中机械手结构。为了抓取方便,燃料组件401设置成六边形的结构,燃料组件401的横截面积为六边形。冷却剂流道4041下方的环形板404的外侧壁上固接有用于固定的固定环408。固定环408上开设有若干用于固定的竖直方向的固定孔4081。固定件穿过固定孔4081固定在压力壳筒体1上。

[0047] 如图2所示,驱动装置包括设置在压力壳筒体1顶端的主循环泵2,主循环泵2的旋转轴线与压力壳筒体1的轴线重合,主循环泵2包括位于压力壳筒体1外部的电动机201,电动机201通过电动机台211支撑在压力壳筒体1的上方。电动机201的输出轴与主轴202的一端通过间接连接器212固接,主轴202的另外一端固接有叶轮203。主轴202伸入到圆筒状的泵外壳204内部,泵外壳204与主轴202同轴心,泵外壳204的上端通过外壳上法兰205固接在压力壳筒体1上。叶轮203位于泵外壳204内部,叶轮203的下端稍微突出于泵外壳204的下端。叶轮203上方的上腔室f内的泵外壳204的侧壁上开有用于排放冷却水的若干排放口2041,排放口2041将上腔室f与毒物罐5连通。排放口2041围绕着泵外壳204的轴心线均匀分布。

[0048] 如图1所示,叶轮203设置在毒物罐5上方的蒸汽发生器内筒301内部,泵外壳204的管径小于蒸汽发生器内筒301的内管径,蒸汽发生器内筒301向上延伸到给水入口103和蒸汽出口104的上方然后朝着压力壳筒体1内壁的方向弯折后其端部与压力壳筒体1的内壁固接,蒸汽发生器内筒301的侧壁上设置有若干与排放口2041对应的内筒溢流孔。排放口2041下方的蒸汽发生器内筒301通过固定板固定在蒸汽发生器内筒301的上端。

[0049] 如图2所示,叶轮203上方的主轴202与泵外壳204之间设置有用于支撑主轴202的泵内壳206,泵内壳206为圆筒状,泵内壳206与主轴202同轴心,泵内壳206靠近电动机201的一端固接有内壳上法兰207,内壳上法兰207固接在外壳上法兰205的上端,主轴202与内壳上法兰207之间通过轴封装置208连接。为了支撑主轴202,外壳上法兰205下方的泵内壳206

的内孔径略大于主轴202的直径,外壳上法兰205下方的泵内壳206的环壁内部中空。泵内壳206的下端与叶轮203之间设置有内部下壳体209,内部下壳体209内设置有用于固定主轴202的水中轴承210。水中轴承210为静压轴承。

[0050] 如图2所示,为了便于一次侧循环水更容易的被主循环泵2吸入,泵外壳204的下端设置成开口朝下的喇叭口结构2042。为了充分利用反应堆压力容器的内部空间,减小了整个压力容器的体积,同时可以减少反应堆运行过程中热膨胀产生的一系列问题。主轴202设置在压力容器的上部,主轴202的轴线与压力容器的轴线重合。

[0051] 如图7所示,非能动停堆系统6为水压动作阀,水压动作阀设置在毒物罐5的上端,水压动作阀的数量有三个。非能动停堆系统6包括气缸体601,气缸体601内设置有活塞杆602,活塞杆602的上端设置有活塞603,活塞603的直径大于活塞杆602的直径,活塞603上方的活塞杆602的端部设置有阀门盖板604。气缸体601固定在阀座605上,活塞603下方的气缸体601的侧壁上开设有气缸连通口607,位于毒物罐5内部的气缸连通口607将气缸内部与上硼水腔e连通,阀门盖板604位于毒物罐5外部用于感受一次侧回路的压力。一次侧回路的压力大于上硼水腔e内的压力时阀门盖板604的下端面与气缸体601的上端面抵接,此时硼水腔处于密闭状态,当一次侧回路的压力小于上硼水腔e内的压力时阀门盖板604的下端面与气缸体601的上端面分离,此时硼水腔打开。

[0052] 如图7所示,活塞603的侧壁设置有螺纹6031,活塞603与气缸的内侧壁之间留有用于硼酸水通过的5mm的间隙608。为了便于硼酸水的流通,阀门盖板604的边缘向上向外弯曲,阀门盖板604的纵截面为倒置的人字形结构。活塞杆602的下端设置有配平块606。配平块606内部中空,配平块606内部充有水。活塞603与配平块606之间的空间充满硼酸水。气缸连通口607设置在配平块606与活塞603之间。

[0053] 如图1所示,压力壳筒体1包括上封头101和下封头102,上封头101和下封头102之间通过螺纹连接,毒物罐5设置在下封头102内,驱动装置设置在上封头101内。毒物罐5包括毒物罐下段505、毒物罐过渡段504和毒物罐上段503,毒物罐过渡段504为锥形管状,毒物罐上段503的管径小于毒物罐下段505的管径,蒸汽发生器内筒301套在毒物罐上段503外侧,蒸汽发生器内筒301的内径等于毒物罐上段503的外径。

[0054] 本发明创造的工作原理:

[0055] 一次侧冷却水在压力容器内部循环,一次侧冷却水经过堆芯4加热后,在主循环泵2的作用下从下往上运动经过排放口2041和内筒溢流孔排放到上腔室f内,然后从蒸汽发生器3的螺旋管306的间隙向下流,经过下降通道g和冷却剂流道4041回到堆芯4内,完成一次冷却水的循环。

[0056] 二次侧冷却水从给水入口103经给水联箱304进入螺旋管306,经螺旋管306与一次侧冷却水接触充分换热,最后从蒸汽出口104流出,实现了一次侧回路的冷却和二次侧回路的加热。反应堆依靠包围在堆芯4外的毒物罐5中的硼酸水调节反应堆功率,当主循环泵2压力下降时,毒物罐5上端的三台非能动停堆系统6开启,硼酸水自动注入堆芯4中,实现反应堆的缓慢停堆。

[0057] 主循环泵2的工作原理:整个主循环泵2由电动机201通过间隔连接器带动主轴202进行转动,压力壳筒体1中的一次侧循环水在叶轮203的作用下向上流动,并通过在泵外壳204上的排放口2041将水排放出去,进入蒸汽发生器3的顶部进行换热。为了减少重量,提高

刚性,主轴202下部为空心,上部为实心,主轴202穿过外壳上法兰205。整个主循环泵2的径向载荷由设在壳体下部的水中轴承210和电动机201的径向轴承支撑,轴向载荷由电动机201的轴向轴承支撑。主循环泵2的水中轴承210是依靠主循环泵2自压作用的静压轴承,这种轴承不需要润滑油,其原理是在运行中非接触的,所以磨损少,基本上不用维护。在主轴202上部有轴封装置208封住了反应堆压力容器上部充满的高温高压蒸汽。主循环泵2安装在压力壳筒体1的正上方轴线处,不仅充分利用了反应堆压力壳筒体1的内部空间,减小了整个压力壳筒体1的体积,同时可以减少反应堆运行过程中热膨胀产生的一系列问题,使核反应堆设备结构紧凑,可靠性高、安全性好。

[0058] 蒸汽发生器3的工作原理:蒸汽发生器3采用大盘管式,设计为四个给水入口103和四个蒸汽出口104相邻交替布置。蒸汽发生器3二次侧水由给水入口103进入,通过给水管305向下进入到给水联箱304中,在压力的作用下给水联箱304的水进入到下部螺旋管306中,螺旋管306中水在上升的过程中通过与管外一次侧的水进行换热,形成蒸汽到蒸汽出口104,从而推动汽轮机做功并驱动发电机发电。一次侧和二次侧的水流向相反,可充分换热。通过对单个给水入口103的给水控制,可实现蒸汽发生器1/4功率运行,若不封堵,则蒸汽发生器3以满负荷的功率运行。

[0059] 本蒸汽发生器3不仅用于核反应堆上,还可以使用在其它换热的场合,比如火力发电系统或者化工的换热传热设备上。本发明创造采用压力容器和蒸汽发生器3一体化设计充分利用了反应堆压力容器的内部空间,同时设置四个给水入口103和蒸汽出口104,有效的缩小了整个蒸汽发生器3的体积,提高了换热效率。此外,通过对四个给水入口103的控制可实现蒸汽发生器3的功率调节,运行操作方便。

[0060] 反应堆的非能动停堆是通过非能动停堆系统6实现的,当一次侧回路压力高时,由于一次侧回路的压力大于硼酸水的压力,在压力作用下,阀门盖板604的下端面与气缸体601的上端面抵接,硼水腔d封闭,下硼水腔d内的硼酸水不能进入堆芯4。毒物流通器406,是一种蜂窝状的混合防止器,其可以在压差作用下控制硼水流量,实现对一次侧回路硼水浓度的调节,从而实现对反应堆功率的调节。当主循环泵2的转速降低时,或者一次侧回路内的压力下降时,阀门盖板604的下端面与气缸体601的上端面分离,硼水腔内的硼酸水可以通过活塞603与气缸之间的间隙608流出,然后通过引流管将流出的硼酸水引入下硼水腔d内,在压力的作用下,下硼水腔d内的硼酸水通过毒物流通器406流入到堆芯4内,硼酸有吸收中子的作用,从而实现了非能动停堆。

[0061] 以上所述仅为本发明创造的较佳实施例而已,并不用以限制本发明创造,凡在本发明创造的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明创造的保护范围之内。

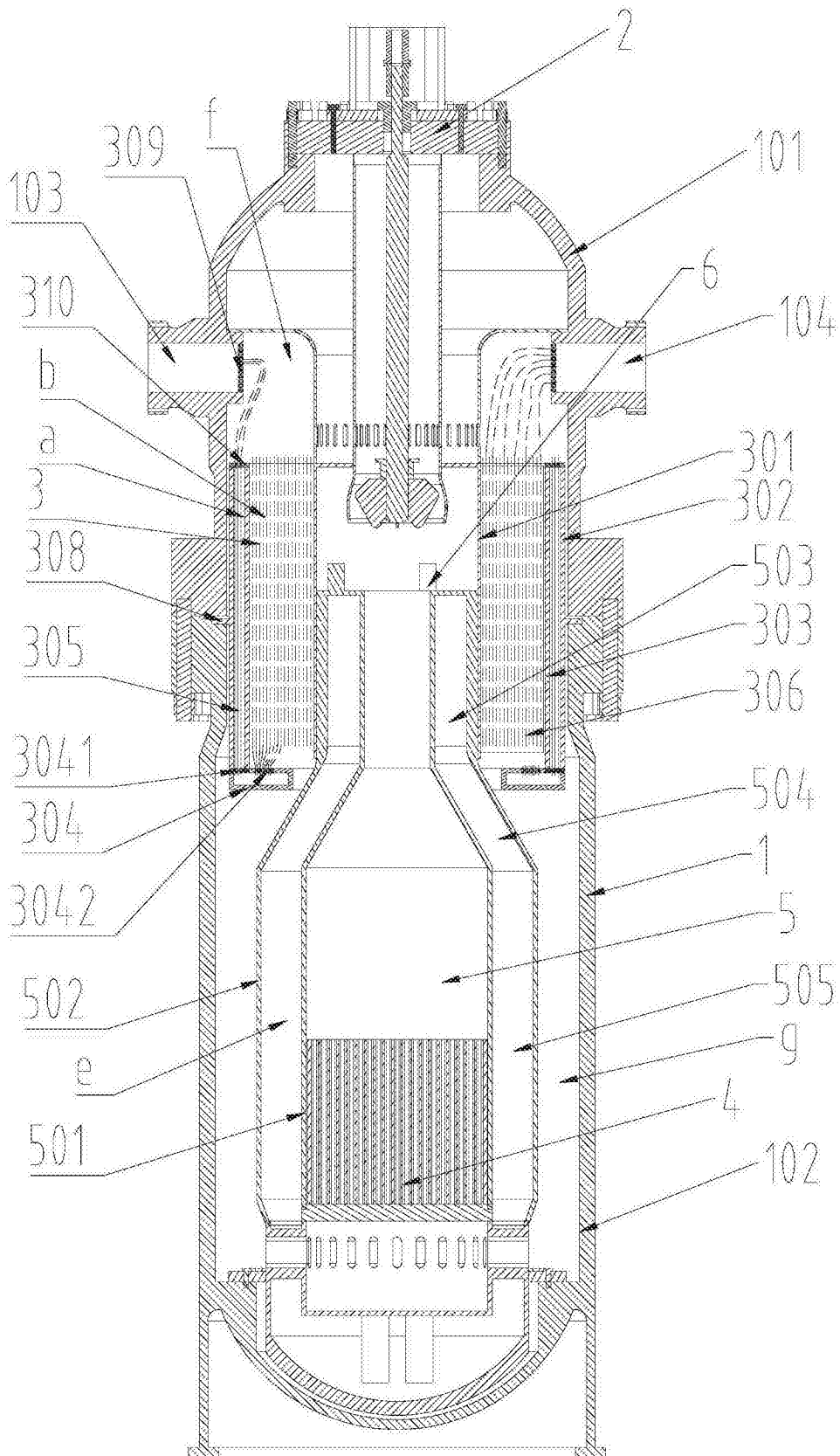


图1

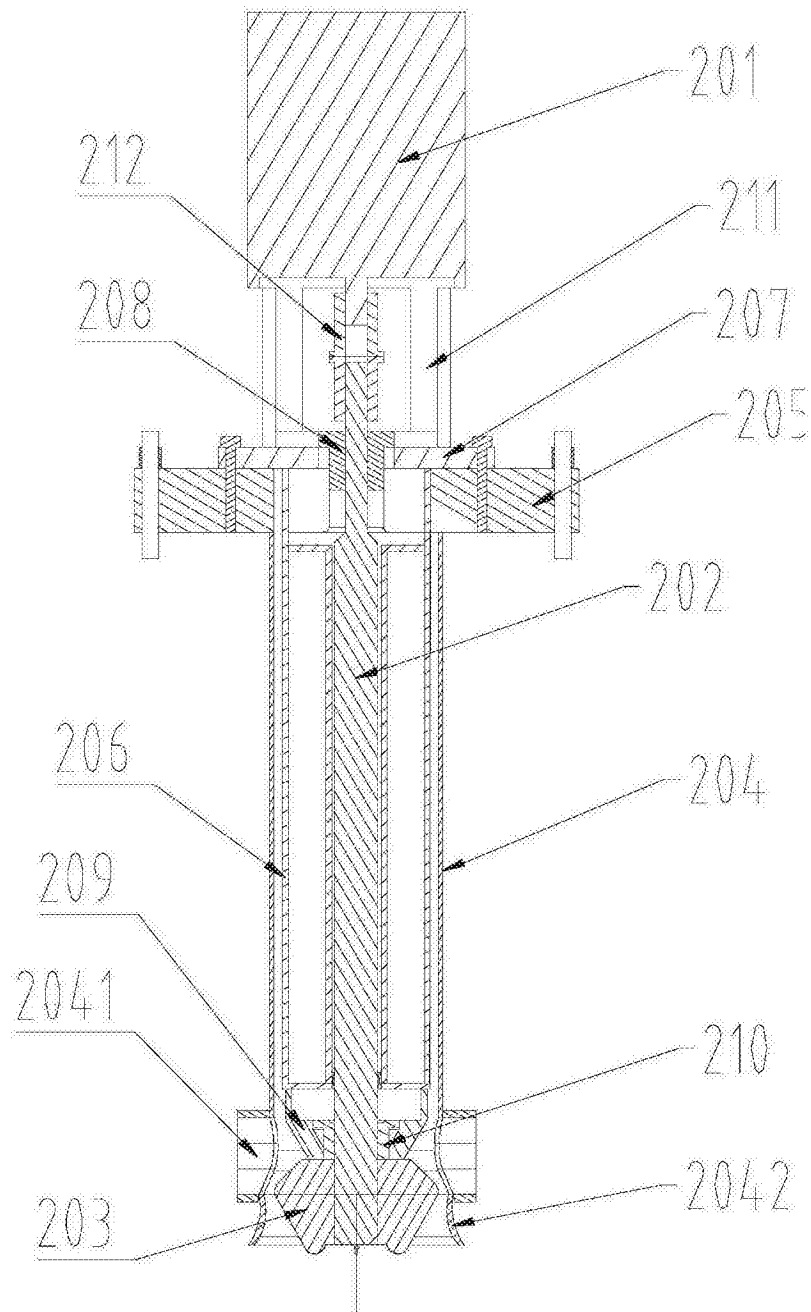


图2

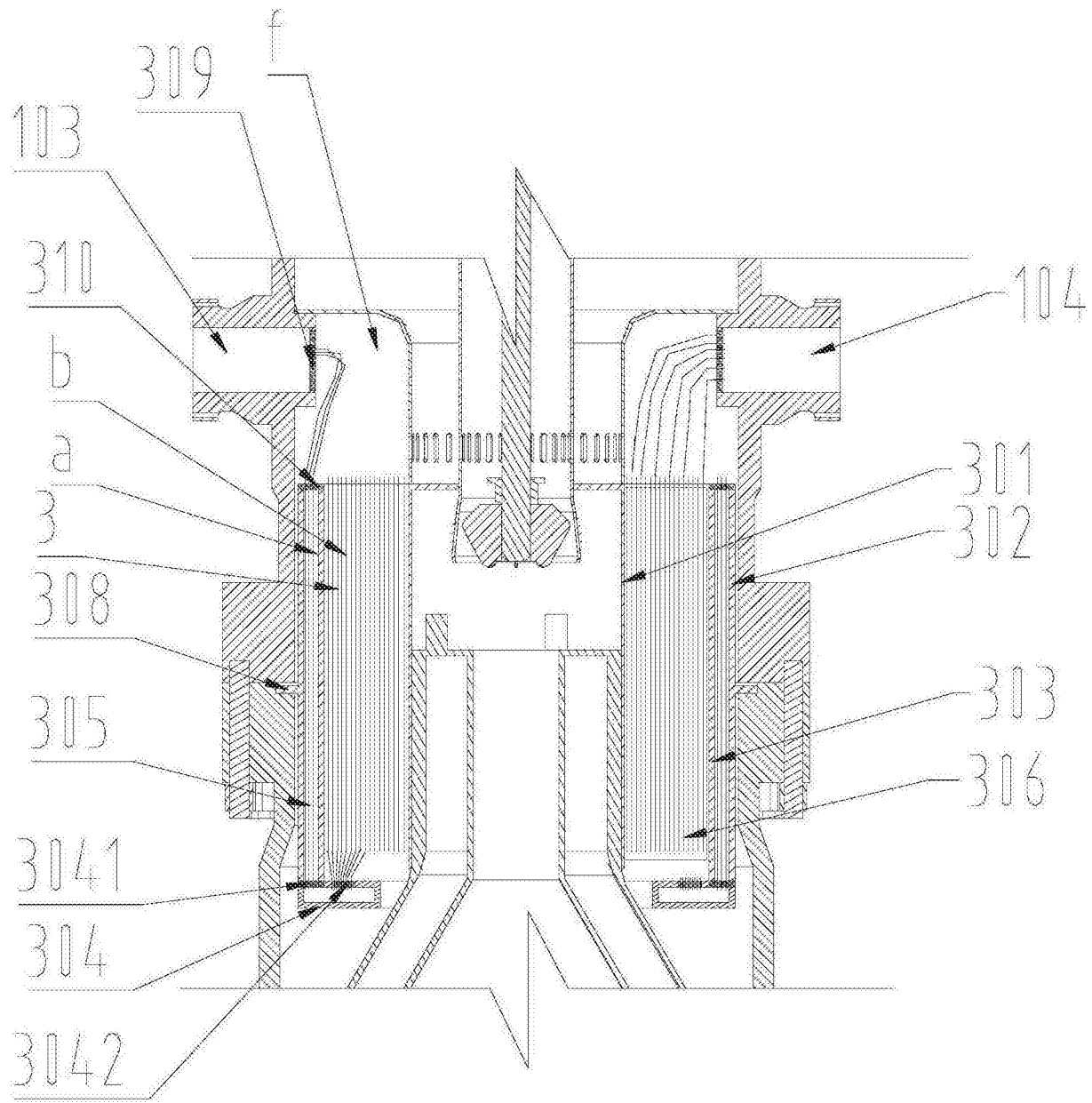


图3

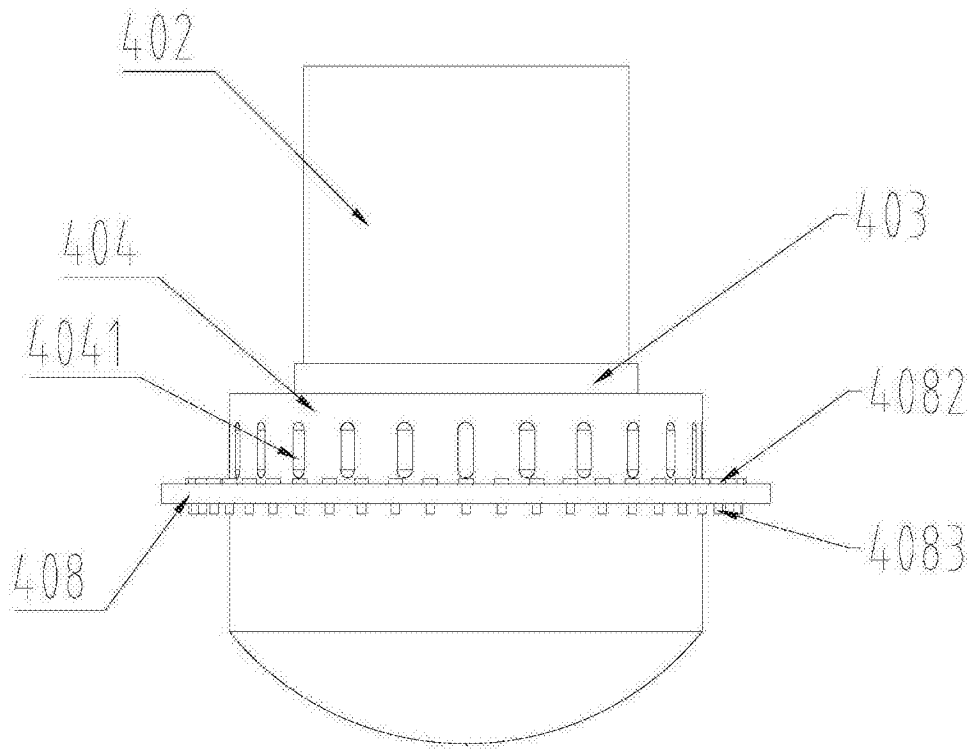


图4

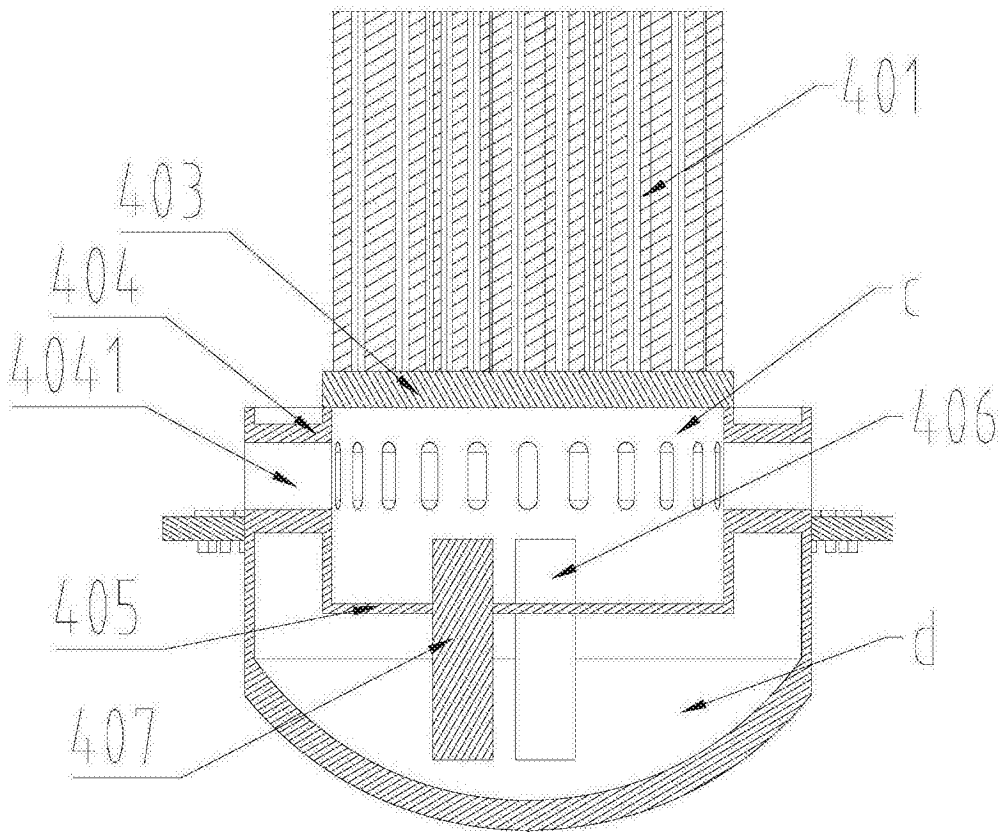


图5

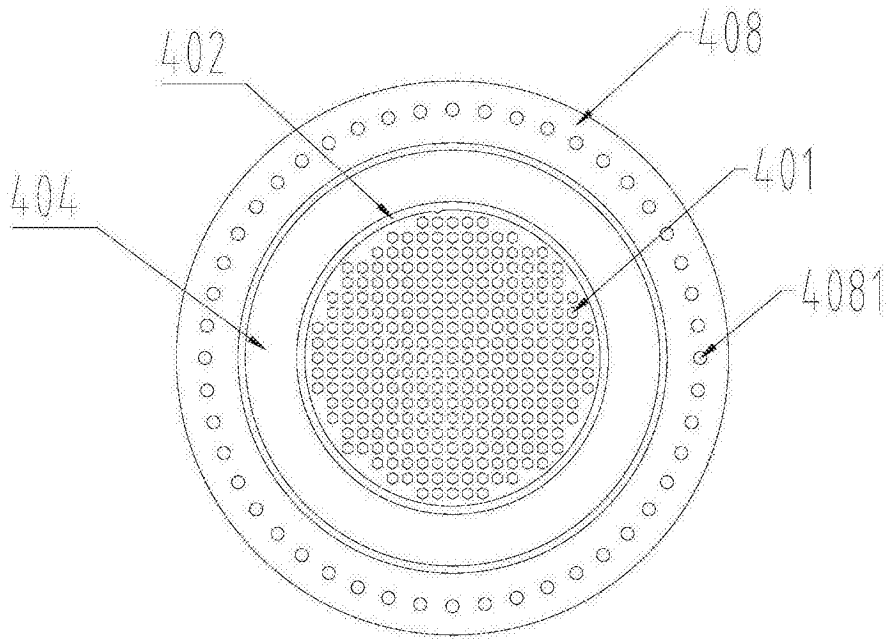


图6

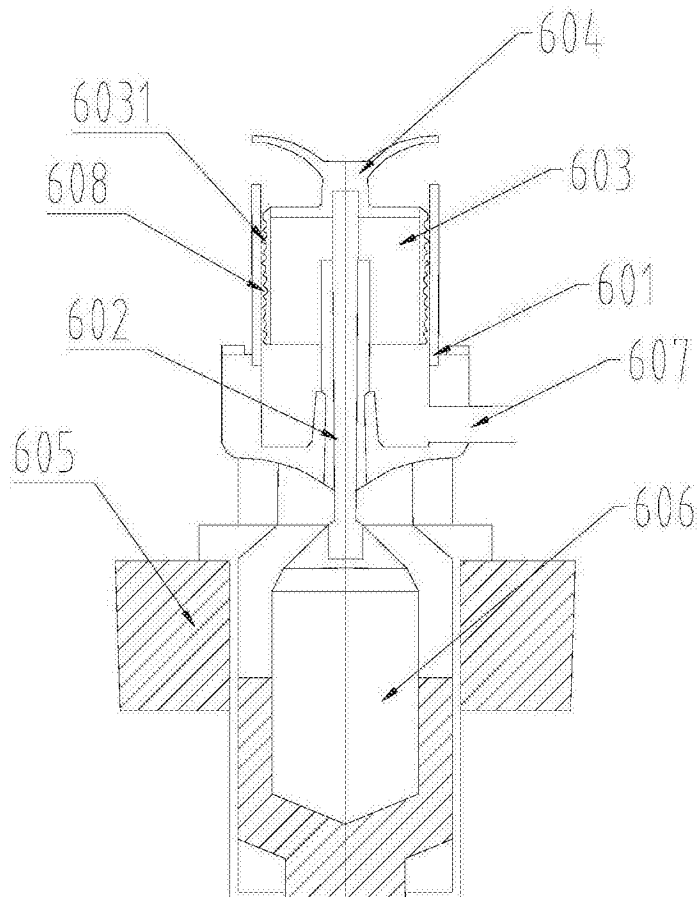


图7

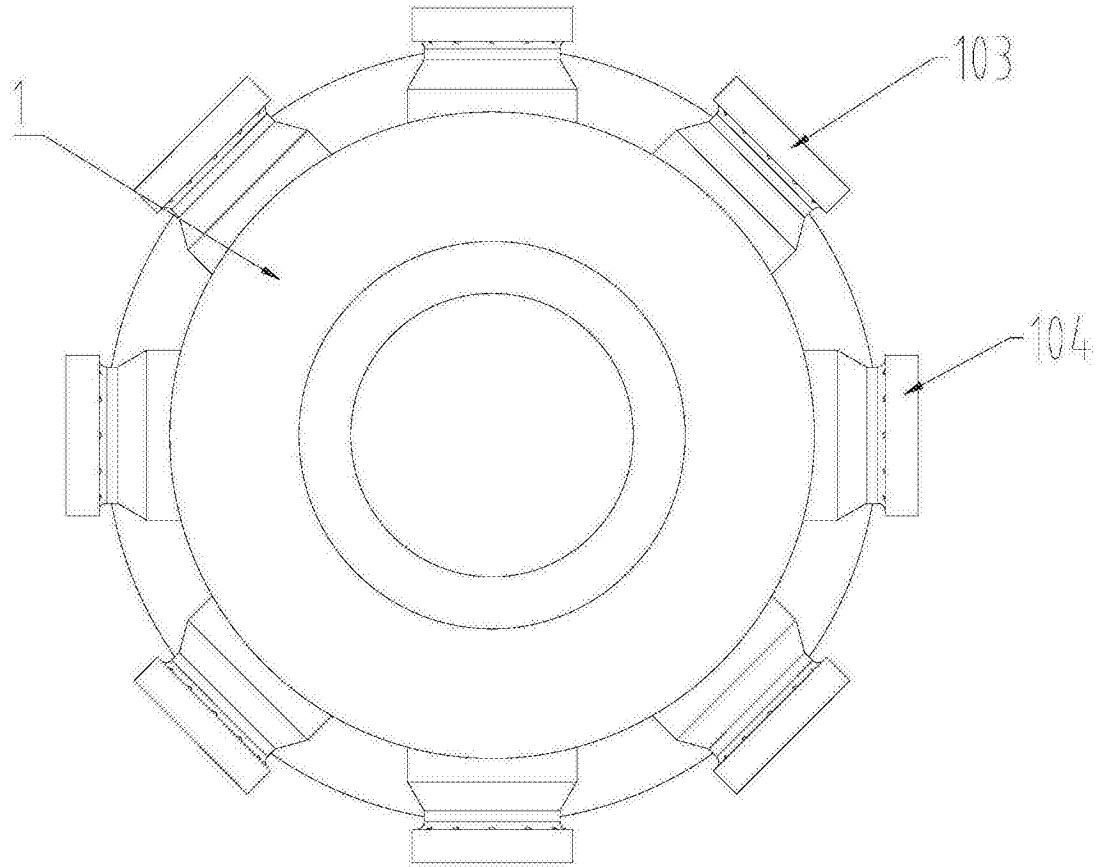


图8