



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104174220 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 03

(21) 申请号 201410452707. 6

(22) 申请日 2014. 09. 05

(71) 申请人 上海华畅环保设备发展有限公司
地址 201505 上海市金山区亭林镇东新村
14 组

申请人 中广核工程有限公司

(72) 发明人 杨锦春 徐银香 郎红芳 汪华林
欧国勇 刘毅 沈其松 李剑平

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 项丹

(51) Int. Cl.

B01D 36/04 (2006. 01)

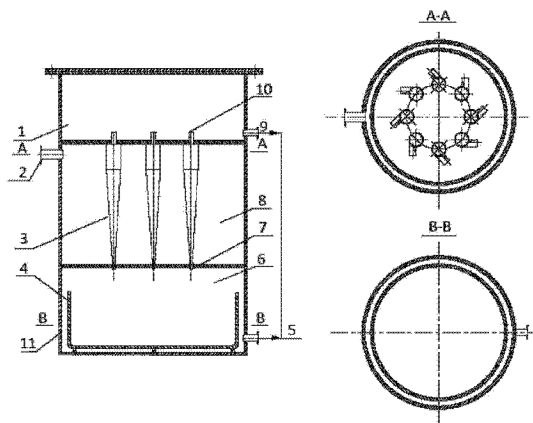
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化方法与装置

(57) 摘要

本发明涉及压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化方法与装置, 提供了一种压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化方法, 该方法包括以下步骤: (i) 提供微旋流分离成套装置, 该装置包括: 包含上部腔体 (1)、中部腔体 (8) 和下部腔体 (6) 的壳体 (11); 置于中部腔体 (8) 中的微旋流芯管 (3); 置于下部腔体 (6) 中的灰斗 (4); (ii) 将冷却水输送到该微旋流分离成套装置的中部腔体中, 通过微旋流芯管对冷却水进行旋流分离, 以脱除夹带的固体杂质, 得到浓缩液和净化水; (iii) 将所得的浓缩液送入下部腔体中, 在灰斗中沉降, 得到滤液; (iv) 将所得的滤液和所得的净化水汇合后流至下游设备。



1. 一种压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化方法,该方法包括以下步骤:

(i) 提供微旋流分离成套装置,该装置包括:包含上部腔体(1)、中部腔体(8)和下部腔体(6)的壳体(11);置于中部腔体(8)中的微旋流芯管(3);置于下部腔体(6)中的灰斗(4);

(ii) 将冷却水输送到该微旋流分离成套装置的中部腔体中,通过微旋流芯管对冷却水进行旋流分离,以脱除夹带的固体杂质,得到浓缩液和净化水;

(iii) 将所得的浓缩液送入下部腔体中,在灰斗中沉降,得到滤液;

(iv) 将所得的滤液和所得的净化水汇合后流至下游设备。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述微旋流芯管的分离效率为90%~99%。

3. 如权利要求1或2所述的方法,其特征在于,在步骤(iii)中,固体杂质被灰斗周边的滤网阻拦沉降在底部,而滤液通过灰斗周边的滤孔滤出或通过灰斗边缘溢出;所得的滤液不含固体杂质。

4. 一种压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化装置,该装置包括:

包含上部腔体(1)、中部腔体(8)和下部腔体(6)的壳体(11);

置于中部腔体(8)中的微旋流芯管(3);

置于下部腔体(6)中的灰斗(4)。

5. 如权利要求4所述的装置,其特征在于,所述壳体为圆筒状。

6. 如权利要求4所述的装置,其特征在于,所述壳体中的上部腔体、中部腔体和下部腔体通过管板形成,是三个封闭腔体。

7. 如权利要求4-6中任一项所述的装置,其特征在于,所述微旋流芯管采取正置形式装配在壳体内。

8. 如权利要求4-6中任一项所述的装置,其特征在于,所述微旋流芯管绕壳体轴线均匀地环形分布。

9. 如权利要求4-6中任一项所述的装置,其特征在于,所述灰斗采取活动式装配结构;灰斗周边为滤孔结构,滤孔尺寸根据固体杂质颗粒粒径分布确定。

10. 如权利要求4-6中任一项所述的装置,其特征在于,所述灰斗与壳体间留有缝隙,灰斗上沿与壳体顶盖间留有空间,以便于滤出或溢出的净化水排出。

压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化方法与装置

技术领域

[0001] 本发明属于核电环保领域,涉及一种连续运行周期长、因设备更换造成放射性固废产生量低的微旋流分离技术及装置,具体涉及一种集成微旋流分离技术及过滤灰斗装置脱除核电站反应堆水池净化回路冷却水中固体杂质的方法,以及实施该方法所用的装置。

背景技术

[0002] 目前在石油化工、煤化工以及核电发电产业生产装置中存在大量的水质净化过程,而目前主要固液分离采用的是重力沉降、过滤分离和旋流分离技术。重力沉降主要是借助地心引力而无需外加力量进行分离,是最经济的做法,但需要有足够的沉降面,并且固体颗粒的终端沉降速度慢。过滤分离通常是指用固定孔径的滤网以阻挡或截留悬浮液中的固体,达到固液分离的目的,固体杂质在分离过程中容易堵塞滤孔,因此在不同时段会形成表面和深层过滤。旋流分离技术是利用流体旋转时产生强大的比重力大几十到几百倍的离心力,使旋流场中不同密度的物质达到快速分离之目的,针对大流量固体杂质少的流体固液分离,旋流分离是非常有效的且能实现快速分离,能满足后续工段的需求。

[0003] 大亚湾核电站和岭澳一期核电站等多采用地坑式过滤器。地坑式过滤器用于过滤由于主蒸汽管道破口而产生的大量碎片,以防止碎片进入 EAS/RIS 泵中。这些碎片一旦积聚在地坑过滤器上就会形成碎片床,增加过滤器的压头损失,严重时可能造成 EAS/RIS 泵的汽蚀裕量不足,导致 RIS/EAS 泵的停运,使安全壳内失去冷源,温度升高导致堆熔,对核安全构成严重的威胁。过滤器在再循环工况下的工作状况直接影响到应急堆芯冷却系统、安全壳喷淋系统的正常运行,对于核安全有重要意义。核电站安全壳地坑过滤器的潜在堵塞风险已经成为核电站面临的重大共模安全问题。目前大亚湾、岭澳一期的过滤器属于旧设计,容易发生堵塞和破口事件,因此需要对原有的过滤器进行改造或提出新型的固液分离设备。

[0004] 旋流分离作为一种高效的分离技术,早已广泛应用于医药、化工、环境保护、水处理等领域。相比过滤器而言,旋流器具分离效率高、能耗低、高效快速地实现固液分离,关键是旋流分离过程产生的压降小,分离过程稳定,能解决因固体杂质堆积过多堵塞滤孔造成压降增大的问题。目前旋流器已广泛应用至石油化工、生物医药等众多行业。

[0005] 例如,中国专利申请 201180041888 公开了水力旋流器的离心分离作用在浓缩核电厂放射性废液中用于丢弃的固体方面尤其有效。中国专利 ZL200780000799.2 公开了用旋流器或高速离心机提纯核电站核废料处理剂蒙脱石的方法。中国专利申请 201010588028.3 公开了油页岩干馏系统循环瓦斯利用装置,其主要是利用旋流分离器的旋转湍流场和瓦斯塔的水洗工艺脱除循环瓦斯中夹带的气溶胶颗粒,解决了加热炉结垢、结灰问题。中国专利 ZL200810042712.6 公开了一种利用微旋流器对 MTO(甲醇制烯烃)急冷水和水洗水进行微旋流分离以却除其中含有的催化剂颗粒的方法。中国专利 ZL200810038621.3 公开了一种利用旋流分离器对加氢裂化反应得到产物进行旋流分离,以

除去循环氢中夹带的高分油液滴的方法。

[0006] 但是,上述现有技术文献都没有给出较好地解决目前压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水的问题。

[0007] 在反应堆水池和乏燃料冷却和处理系统 (PTR) 中反应堆水池系统作为应急作用间断运行,为了解决水池结垢问题和满足系统运行水质的要求,在反应堆水池净化回路中安装有过滤器,考虑到过滤器滤芯更换造成的环境污染和贯彻 1995 年 IAEA (国际原子能组织) 发表的《核电厂和核燃料循环终端放射性废物的最少化》条例,本领域迫切需要开发出一种新颖的压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水的净化方法,以有效节约设备成本、产生更少固废、同时避免设备更换对工作人员造成的辐射。

发明内容

[0008] 本发明提供了一种新颖的压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化方法与装置,在核电站中用旋流器分离成套装置代替过滤器来净化放射性溶液,与传统的过滤器分离工艺相比,其装置连续运行周期更长、固废产生更少、能减少因滤芯更换造成核辐射的危险性。

[0009] 一方面,本发明提供了一种压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化方法,该方法包括以下步骤:

[0010] (i) 提供微旋流分离成套装置,该装置包括:包含上部腔体、中部腔体和下部腔体的壳体;置于中部腔体中的微旋流芯管;置于下部腔体中的灰斗;

[0011] (ii) 将冷却水输送到该微旋流分离成套装置的中部腔体中,通过微旋流芯管对冷却水进行旋流分离,以脱除夹带的固体杂质,得到浓缩液和净化水;

[0012] (iii) 将所得的浓缩液送入下部腔体中,在灰斗中沉降,得到滤液;

[0013] (iv) 将所得的滤液和所得的净化水汇合后流至下游设备。

[0014] 在一个优选的实施方式中,所述微旋流芯管的分离效率为 90%~99%。

[0015] 在另一个优选的实施方式中,在步骤 (iii) 中,固体杂质被灰斗周边的滤网阻拦沉降在底部,而滤液通过灰斗周边的滤孔滤出或通过灰斗边缘溢出;所得的滤液不含固体杂质。

[0016] 另一方面,本发明提供了一种压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化装置,该装置包括:

[0017] 包含上部腔体、中部腔体和下部腔体的壳体;

[0018] 置于中部腔体中的微旋流芯管;

[0019] 置于下部腔体中的灰斗。

[0020] 在一个优选的实施方式中,所述壳体为圆筒状。

[0021] 在另一个优选的实施方式中,所述壳体中的上部腔体、中部腔体和下部腔体通过管板形成,是三个封闭腔体。

[0022] 在另一个优选的实施方式中,所述微旋流芯管采取正置形式装配在壳体内。

[0023] 在另一个优选的实施方式中,所述微旋流芯管绕壳体轴线均匀地环形分布。

[0024] 在另一个优选的实施方式中,所述灰斗采取活动式装配结构;灰斗周边为滤孔结构,滤孔尺寸根据固体杂质颗粒粒径分布确定。

[0025] 在另一个优选的实施方式中,所述灰斗与壳体间留有缝隙,灰斗上沿与壳体顶盖间留有空间,以便于滤出或溢出的净化水排出。

附图说明

[0026] 根据结合附图进行的如下详细说明,本发明的目的和特征将变得更加明显,附图中:

[0027] 图 1 是根据本发明的一个实施方式的压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化的工艺流程图。

[0028] 图 2 是根据本发明的实施例的包含本发明的压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化装置的压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化的工艺流程图。

具体实施方式

[0029] 本申请的发明人在经过了广泛而深入的研究之后发现,旋流器具有操作方便、压降低、耗能少、分离效率高、适用范围广等优点,将其应用于核电站固液分离净化系统,对于大流量且含固量低的固液体系进行分离净化效果显著;而装置中的活动灰斗将固体杂质收集在灰斗底部,因此周边滤孔不会堵塞,使得整个分离工艺更加稳定高效;因此,用微旋流分离工艺成套装置代替核电站反应堆水池冷却和处理系统中的过滤器来脱除固体颗粒杂质可以达到冷却水净化要求。基于上述发现,本发明得以完成。

[0030] 在本发明的第一方面,提供了一种高效低耗脱除压水堆核电站水池净化回路冷却水中固体颗粒的方法,它包括以下步骤:

[0031] 经由泵将冷却水输送到微旋流分离成套装置的中部腔体中,通过微旋流芯管对冷却水进行旋流分离,以脱除夹带的污垢等固体杂质;

[0032] 分离出的浓缩液经微旋流芯管底流口进入下部腔体中的过滤性灰斗中沉降,固体杂质被灰斗周边的滤网阻拦沉降在底部,而液相通过灰斗周边的滤孔滤出或通过灰斗边缘溢出;

[0033] 经过灰斗滤出的滤液和上部腔体中的微旋流芯管溢流口的净化水汇合通过管道流至下游设备,以满足后续工况。

[0034] 本发明的旋流分离技术适用于核电站反应堆水池冷却和处理系统固液分离净化工艺。

[0035] 在本发明中,微旋流芯管组件初步浓缩冷却水中夹带的污垢等固体杂质,实现大部分溶液的分离净化。通过模拟设定含微量固体杂质冷却水的流量为 $10\text{m}^3/\text{h}$,经过旋流分离后,固体颗粒分离效率达到 $90\% \sim 99\%$,且分离装置压降持续在 0.15MPa 左右。

[0036] 在本发明中,微旋流芯管底流液直接汇集至灰斗后,污垢等固体杂质经过沉降留在灰斗底部;液相则通过灰斗四周滤网和灰斗顶端排出,滤液基本不含固体杂质。

[0037] 在本发明中,针对进口泵进口压力为 0.15MPa (表压),流量为 $10\text{m}^3/\text{h}$ 的冷却水进行净化处理,通过合理设计灰斗布置结构和尺寸,可确保灰斗的更换周期达到 10 年。在安装空间和设备条件允许时,灰斗在机组大修期间通过专用工具更换。

[0038] 在本发明的第二方面,提供了一种用于上述方法的装置,它包括:

[0039] 含有三个腔室(即,上部腔体、中部腔体和下部腔体)的用于集成整套分离工艺的

壳体,位于中部腔室中的用于固液分离的微旋流芯管组件,位于下部腔室中的过滤灰斗,以及该装置的进口管路和出口管路。

[0040] 在本发明中,所述壳体中的微旋流芯管组件数量可根据混合液处理量做出适当调整、并相应调整灰斗结构和尺寸,以满足不同系统和流程中的溶液净化。

[0041] 在本发明中,用于集成整套分离工艺的壳体优选为圆筒状。

[0042] 在本发明中,装置内通过管板形成三个封闭腔室,分别为中部的进料腔、顶端的溢流汇集腔和底端的底流汇集腔。

[0043] 在本发明中,微旋流芯管优选采取正置形式装配在壳体内。

[0044] 在本发明中,微旋流芯管优选绕壳体轴线均匀地环形分布。

[0045] 在本发明中,底流过滤灰斗优选采取活动式装配结构,便于后续更换。

[0046] 在本发明中,灰斗周边为滤孔结构,滤孔尺寸根据固体颗粒粒径分布确定,以确保固体颗粒全部被收集在灰斗中。

[0047] 在本发明中,灰斗更换周期可大幅延长至 10 年,避免了传统工艺中采用过滤器更换滤芯所造成的大量放射性固废。

[0048] 在本发明中,灰斗与壳体间留有缝隙,灰斗上沿与壳体顶盖间也留有空间,便于滤出或溢出的净化水排出。

[0049] 在本发明中,浓缩液经过灰斗边壁过滤或静置沉降溢出的清液可以达到核反应堆冷却水净化要求。

[0050] 以下根据附图详细说明本发明的方法。

[0051] 图 1 是根据本发明的一个实施方式的压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化的工艺流程图。如图 1 所示,微旋流分离成套装置包括:包含上部腔体 1、中部腔体 8 和下部腔体 6 的壳体 11;置于中部腔体 8 中的微旋流芯管 3,该微旋流芯管 3 包括置于上部腔体 1 中的溢流口 10 和置于下部腔体 6 中的底流口 7;置于下部腔体 6 中的灰斗 4;该壳体 11 还包括进口管路 2、出口管路 5 和上部腔体出口 9,其中,冷却水经进口管路 2 输送到装置的中部腔体 8 中,通过微旋流芯管 3 对冷却水进行旋流分离,以脱除夹带的污垢等固体杂质;分离出的浓缩液经微旋流芯管底流口 7 进入下部腔体 6 中,在过滤性灰斗 4 中沉降,固体杂质被灰斗 4 周边的滤网阻拦沉降在底部,而液相通过灰斗 4 周边的滤孔滤出或通过灰斗边缘溢出;经过灰斗滤出的滤液经出口管路 5 流出,与上部腔体 1 中的微旋流芯管溢流口 10 中经上部腔体出口 9 流出的净化水汇合流至下游设备,以满足后续工况。图 1 还示出了其中 A-A 线和 B-B 线的剖面图。

[0052] 图 2 是根据本发明的实施例的包含本发明的压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化装置的压水堆核电站反应堆水池净化回路冷却水旋流净化的工艺流程图。如图 2 所示,反应堆水池净化回路是一个环形回路;打开反应堆水池 21 底部的阀门开关,由泵将冷却水输送到两个并列的旋流净化装置 22 的中部腔体,其中微旋流芯管对冷却水进行旋流分离,以脱除夹带的污垢等固体杂质;被净化的冷却水从微旋流芯管溢流口排出,而底流浓缩液汇集至灰斗;浓缩液中的固体杂质被灰斗周边的滤网截留沉降在灰斗底部,而清液通过灰斗周边的滤孔滤出或通过灰斗顶部溢出;经过灰斗滤出的滤液和上部腔体中微旋流芯管溢流口的净化水汇合通过管道返回到反应堆水池;循环净化以确保反应堆水池底部没有污垢为后续工艺流程提供净化水。

[0053] 本发明的主要优点在于：

[0054] 采用本发明的方法净化冷却水，不但快速高效地完成水质的净化而且将反应堆水池冷却和处理系统连续运行周期延长至 10 年，有效地节约了设备成本、避免了设备更换对工作人员造成的辐射。与传统的过滤器分离工艺相比，其装置连续运行周期更长、固废产生更少、能减少因滤芯更换造成核辐射的危险性。

[0055] 实施例

[0056] 下面结合具体的实施例进一步阐述本发明。但是，应该明白，这些实施例仅用于说明本发明而不构成对本发明范围的限制。下列实施例中未注明具体条件的试验方法，通常按照常规条件，或按照制造厂商所建议的条件。除非另有说明，所有的百分比和份数按重量计。

[0057] 实施例 1：

[0058] 反应堆水池净化回路中用微旋流分离成套装置脱除固体颗粒杂质

[0059] 1. 实施流程

[0060] 如图 2 所示。

[0061] 2. 关键设备

[0062] 该工艺流程中的关键设备为耦合了微旋流芯管和过滤性灰斗的成套微旋流分离装置。其中，并列正立式的微旋流芯管组件置于微旋流分离装置之内，过滤性灰斗置于微旋流分离装置底端以衔接微旋流芯管底流。设备处理量为 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，外形尺寸为 $\Phi 600 \times 2400$ 。而顶端采取管板式封闭，采用活动灰斗便于后续灰斗更换。

[0063] 3. 控制

[0064] 满负荷工况下，该工艺流程循环流量为 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，泵的最高吸入压头为 0.15MPa （表压），操作温度为常温。

[0065] 4. 运行结果

[0066] 实验选用分散相密度为 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 、浓度为 10ppm 的含树脂碎粒料液，正常工况下其流量为 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，操作温度为常温。运行工况下，含固体颗粒杂质的溶液在泵作用下进入微旋流分离装置，通过在微旋流分离装置中部的进料腔汇聚后进入微旋流芯管，利用流体旋转流动产生的比重力大几十到几百倍的离心惯性和固液密度差迅速在微旋流芯管内实现快速分离。微旋流芯管溢流中分散相固体浓度被大幅降低，而被大幅浓缩后的底流物进入灰斗。浓缩液固体颗粒在灰斗内通过缓慢静置逐渐在灰斗内沉积，而连续相清水从灰斗侧边滤孔或顶部逐渐排出，并与微旋流芯管溢流液汇合到下游设备。实验室在线分离效率均超过 90% ，满足核电站反应堆水池冷却水分离精度要求。

[0067] 在此过程中，所述微旋流芯管的压力损失（即微旋流芯管入口与溢流口之间的压力差）约为 0.15MPa ，相对于过滤器分离，运行更加稳定、同时也降低能耗和降低了对泵的要求；灰斗的沉降过滤过程产生的压降并不对实际工艺流程造成影响。

[0068] 操作范围和稳定性方面，过滤器在初步过滤和深度过滤时对水质的净化程度不一样，并且只能过滤固定尺寸的颗粒，而微旋流芯管分离过程稳定并且对分离的固体杂质粒径方面选择范围更广，有利于后续工况的稳定运行。整个运行过程稳定，即使有明显波动，微旋流芯管和灰斗沉降过滤效率基本正常。

[0069] 5. 技术效果

[0070] (a) 延长设备连续运行周期

[0071] 对于核电机组,尤其是针对含放射性物质的系统,其中的过滤器会有放射性。而放射性过滤器滤芯会定期或压差达到设定值时就会进行更换,其周期基本不超过一年。设备的更换不仅威胁着机组维修的关键路径,更造成不必要的放射性介质泄露的危险性,以及周边工作人员不必要的辐射剂量。通过采取旋流分离工艺,设备通过合理设计灰斗尺寸,可确保分离器的连续运行周期达到十年,这相对过滤器不到一年的运行周期有了明显的提升。

[0072] (b) 降低放射性固废产生量

[0073] 通过采用微旋流分离工艺替代传统的过滤分离技术净化放射性溶液,显著降低了因过滤器滤芯更换造成的大量固废、以及配套备品备件耗费数量,产生了显著的经济效益和环境效益。过滤后的单个废滤芯重量视处理量和处理精度要求不尽相同,有的重达 100 公斤,粗略估算每 10 年单个过滤器滤芯更换造成的放射性固废重达一吨;而本发明的成套分离装置中的单个灰斗不超过 100 公斤,10 年更换一次才产生 100 公斤的放射性固体废物。由此得出,通过采取微旋流分离工艺不但避免了滤芯的反复更换、降低了整体的固废量,而且满足 IAEA 逐步降低核电站固废的要求,产生了积极的环境效益;同时也因为滤芯耗费的减少而产生突出的经济效益。

[0074] (c) 分离稳定、节约成本

[0075] 传统的过滤器设计压降通常在 0.25MPa,滤渣的逐步集聚将滤孔堵塞,压降逐步增加,能耗增加。通过不断优化设备结构,用旋流器代替过滤器,其优点在于,在进料流量基本稳定条件下,分离过程产生的压降基本控制 0.15MP 以内,灰斗中产生的压降对分离过程没有明显影响,因此降低了对泵耗的要求。这套分离器结合了高速旋转快速分离和静置沉降分离,分离效率达 90%~99%,完全能满足机组运行要求。同时,旋流器在进口流量稳定的情况可确保压降始终稳定。

[0076] 通过实验研究完整模拟了核反应堆一回路冷却剂水质微旋流分离工艺,其过程运行稳定,操作便捷,操作范围大,实现快速高效分离,分离效率达到 90%~99%,且压降不超过 0.15MPa,此举完全满足了现场机组运行要求。同时,采用旋流分离工艺替代传统的过滤器分离工艺,不仅将明显降低机组的运行成本,而且将大幅降低固废产生量,还将系统的稳定运行周期由过滤器时代的不到一年提高到十年,不仅降低了滤芯更换的工作量,也降低了运行人员不必要的辐射剂量,具有显著的环保效益和经济效益。

[0077] 在本发明提及的所有文献都在本申请中引用作为参考,就如同每一篇文献被单独引用作为参考那样。此外应理解,在阅读了本发明的上述讲授内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

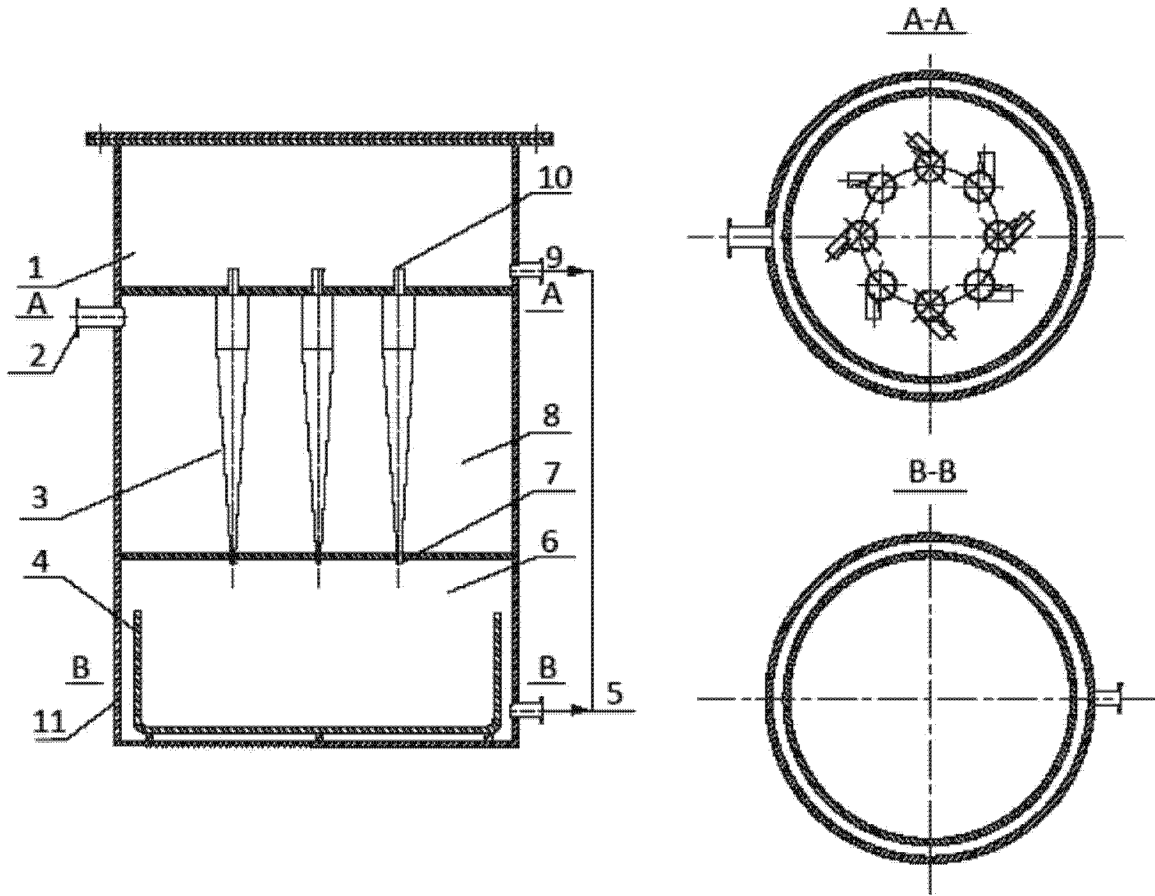


图 1

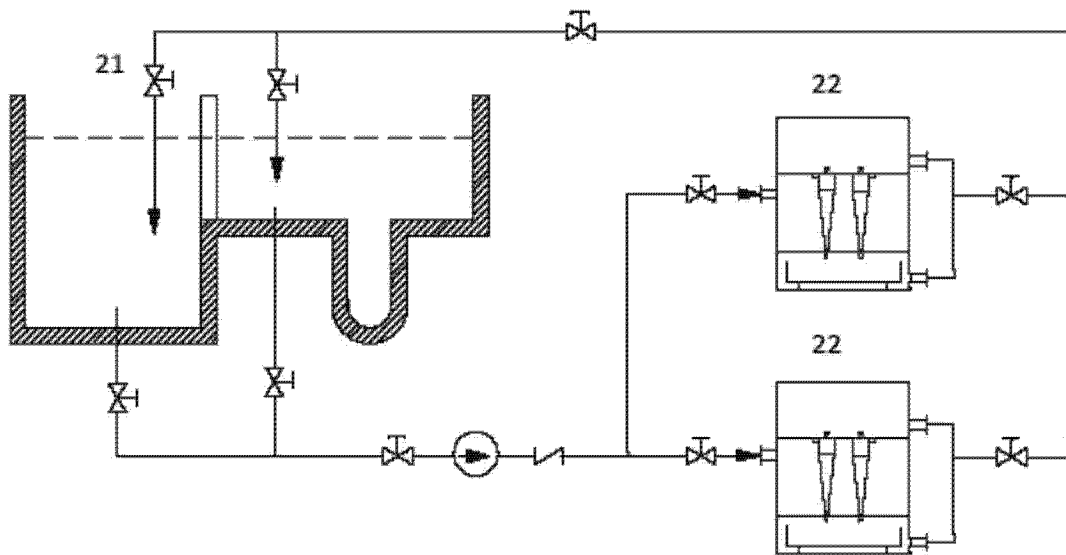


图 2