



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102831945 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 19

(21) 申请号 201210292198. 6

(22) 申请日 2012. 08. 16

(71) 申请人 中国科学院等离子体物理研究所
地址 230031 安徽省合肥市蜀山区蜀山湖路
350 号

(72) 发明人 倪国华

(74) 专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理
有限公司 34112

代理人 余成俊

(51) Int. Cl.

G21F 9/32(2006. 01)

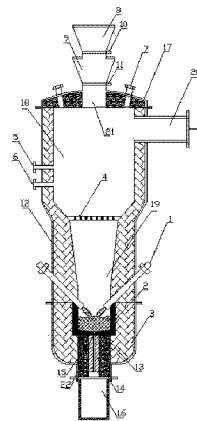
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

热等离子体处理低、中水平放射性固体废弃物装置与方法

(57) 摘要

本发明公开了一种热等离子体处理固体低、中水平放射性固体废弃物的装置与方法, 包括有等离子体熔融气化炉、热等离子体发生器、工作气体制备供应装置、冷却水供应装置、进料装置、玻璃固化体排放及接收装置、尾气净化处理系统以及相应的测量控制及监测系统。本发明利用热等离子体在炉膛的低温区气化废弃物中的有机和无机含碳成分, 产生的灰烬和废弃物中的无机物在炉膛高温区被熔融, 通过调节添加玻璃形成体, 将放射性核素稳定的固定在玻璃体中, 烟气经净化处理满足空气质量标准的排放要求; 提供了一种环境友好、处理过程安全可靠、可大幅减少放射性废物处置存储空间以及符合国家排放标准的固体低、中水平放射性废物的处理装置和方法, 达到放射性废物的最小化和稳定化处理的目的。



1. 一种用于低、中水平固体放射性废物处理的热等离子体处理装置,其特征在于:包括有等离子体熔融气化炉,所述的等离子体熔融气化炉的炉体包括有相扣的炉身和炉盖,所述炉身底部的中心部位设有采用耐火材料制成的熔池坩埚,所述的熔池坩埚与炉盖之间的区域构成炉膛,所述的炉膛由炉排分隔为上下两个部分,上部分为气化区,下部分为熔融区;所述炉身上半部开有三个与所述炉膛的气化区相通的侧孔,分别为空气导入孔、蒸汽导入孔和烟气排出管道,所述的炉盖上设有若干个和炉膛连通的通孔,分别为进料口、观察和测量窗口,所述的进料口上端连接有进料装置;所述的炉膛与所述的炉身的外壳之间砌有隔热保温层;所述的熔池坩埚的侧上方位安装有产生热等离子体射流为熔池坩埚加热的热等离子体发生器,所述的熔池坩埚底部的中心位置设有有一与外界相通的通孔,所述熔池坩埚底部设有热阀,所述热阀内设有中心排放管,中心排放管与所述的熔池坩埚底端的通孔对接构成排渣管;所述的热阀下方设有与热阀相扣对接的容器;所述的烟气排出管道通向尾气净化处理系统。

2. 根据权利要求1所述的用于低、中水平固体放射性废物处理的热等离子体处理装置,其特征在于:所述的热等离子体发生器为非转移弧直流等离子体炬,采用氩气、氮气或空气作为等离子体工作介质。

3. 根据权利要求2所述的用于低、中水平固体放射性废物处理的热等离子体处理装置,其特征在于:所述的直流等离子体炬被均布于等离子体熔融气化炉熔池坩埚侧上方的四周,其轴向方向与炉体的中心轴成小于 90° 的夹角,直流等离子体炬的使用个数为2-4个,分别外接等离子体放电电源。

4. 根据权利要求1所述的用于低、中水平固体放射性废物处理的热等离子体处理装置,其特征在于:所述的进料口上方连接的进料装置包括有上、下相连的上进料仓、下进料仓,上进料仓、下进料仓的底部设有对应的控制阀。

5. 根据权利要求1所述的用于低、中水平固体放射性废物处理的热等离子体处理装置,其特征在于:所述的炉排设置在熔池坩埚的上端,由耐热金属棒铺设而成,耐热金属表面覆盖有耐火材料。

6. 根据权利要求1所述的用于低、中水平固体放射性废物处理的热等离子体处理装置,其特征在于:所述的热阀的中心排放管采用高功率石墨,周围布有感应线圈,外接中频电源。

7. 根据权利要求1所述的用于低、中水平固体放射性废物处理的热等离子体处理装置,其特征在于:所述的炉膛的轴向布有多个热电偶用于炉膛内轴向温度分布的监测。

8. 根据权利要求1所述的热等离子体处理低、中水平放射性固体废弃物的装置,其特征在于:所述的尾气净化处理系统包括有依次连接二次燃烧室、热交换器、急冷塔、碱液洗涤塔、袋式除尘器、HEPA 高效过滤器、活性炭吸附塔、选择性催化还原脱硝反应器、引风机和烟囱。

9. 利用权利要求1所述的装置处理低、中水平放射性固体废弃物的方法,其特征在于:具体方法包括有以下步骤:

(1) 首先开启工作气体供应装置和冷却水供应装置,将等离子体工作气体引入等离子体炬并启动等离子体放电电源产生热等离子体射流,通过热等离子体射流产生的高温加热炉膛;

(2) 当气化区温度达到 800-1000℃时,启动进料运输装置,将经过预处理的低、中水平放射性固体废弃物从进料口投入所述的等离子体熔融气化炉中,熔池坩埚的温度工作在 1200-1600℃,控制进料速率,确保废弃物在炉膛内保持所需的气化和熔融时间;

(3) 根据废物的组成,分别从空气导入孔和蒸汽导入孔适量通入空气或水,气化废弃物中的有机成分和无机含碳废弃物,调节添加玻璃形成体与废弃物一并投入熔池坩埚中,捕集和固化放射性核素;

(4) 所产生的高温烟气在外接引风机的作用下,经所述烟气排出管道进入尾气净化处理系统,经处理后达标排放;所产生的固体产物熔渣,经所述的排渣管,在热阀的控制下流入到设置在热阀下方的容器中。

10. 根据权利要求 9 所述的处理低、中水平放射性固体废弃物的方法,其特征在于:所述的尾气净化处理系统产生的飞灰等固体废弃物通过进料口送入炉膛内循环处理,产生的残液等液体废弃物通过蒸汽导入孔送入炉膛内循环处理。

热等离子体处理低、中水平放射性固体废弃物装置与方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用热等离子体减容和固化处理低、中水平放射性固体废弃物技术领域。

背景技术

[0002] 核电厂的运行和维护以及放射性同位素在生产及物理化学实验中的广泛应用,所产生的各类放射性废物的妥善管理和安全处置已成为急需解决的重要问题之一。放射性废物的减容和放射性核素的固定,是放射性废物处理的焦点。水泥固化法和混凝土固定法是目前最常用的放射性废物的处理方法。然而,水泥固化和混凝土固定都是增容处理工艺,尽管可采用压缩机对废物包进一步压缩等。但这些处理工艺的减容效果有限,并且不能从根本上解决废物中核素浸出和扩散的问题。焚烧可以对可燃废物有比较显著的减容效果,但是,焚烧过程中所产生的二噁英污染问题一直是备受人们关注的焦点。同时,由于焚烧产生的烟气量非常大,大量的烟气不仅增加了尾气处理的负担及成本,而且极易造成放射性核素随烟气的进一步扩散,不利于对放射性核素的捕集和控制。此外,焚烧的温度有限,产生的不可燃物,如灰渣不能被熔融,无法捕集及固化对环境有严重污染的放射性核素及其它重金属。

[0003] 为了解决背景技术中存在的上述技术问题,本发明提供了一种对环境友好的、处理过程安全可靠、废弃物减容显著,得到可有效捕集和固化放射性核素的最终产物——玻璃固化体,同时符合国家排放标准的热等离子体处理低、中水平放射性固体废弃物装置和方法。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种热等离子体处理低、中水平放射性固体废弃物的装置与方法,在等离子体熔融气化炉(等离子体反应器)低温区对其中有机和无机含碳的固体废弃物进行气化,气化产生的残余灰烬和废弃物中的无机类不可燃放射性废物,经反应器高温区进行高温熔融,通过调节添加玻璃形成体,对放射性核素进行捕集和固化,得到可直接安全处置的、极低浸出率的玻璃固化体,实现等离子体气化与熔融固化一并完成,并达到减容化、稳定化处理的最终目的。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

一种用于低、中水平固体放射性废物处理的热等离子体处理装置,其特征在于:包括有等离子体熔融气化炉,所述的等离子体熔融气化炉的炉体包括有相扣的炉身和炉盖,所述炉身底部的中心部位设有耐火砖砌成的或直接采用耐火材料制成的熔池坩埚,所述的熔池坩埚与炉盖之间的区域构成炉膛,所述的炉膛由炉排分隔为上下两个部分,上部分为气化区,下部分为熔融区;所述炉身上半部开有三个与所述炉膛的气化区相通的侧孔,分别为空气导入孔、蒸汽导入孔和烟气排出管道,所述的炉盖上设有若干个和炉膛连通的通孔,分别为进料口、观察和测量窗口,所述的进料口上端连接有进料装置;所述的炉膛与所述的炉身的

外壳之间砌有隔热保温层；所述的熔池坩埚的侧上方位安装有产生热等离子体射流为熔池坩埚加热的热等离子体发生器，所述的熔池坩埚底部的中心位置设有有一与外界相通的通孔，所述熔池坩埚底部设有热阀，所述热阀内设有中心排放管，中心排放管与所述的熔池坩埚底端的通孔对接构成排渣管；所述的热阀下方设有与热阀相扣对接的容器；所述的烟气排出管道通向尾气净化处理系统。

[0006] 所述的热等离子体发生器为非转移弧直流等离子体炬，采用氩气、氮气或空气作为等离子体工作介质。

[0007] 所述的直流等离子体炬被均布于等离子体熔融气化炉熔池坩埚侧上方的四周，其轴向方向与炉体的中心轴成小于 90° 的夹角，直流等离子体炬的使用个数为 2-4 个，分别外接等离子体放电电源。

[0008] 所述的进料口上方连接的进料装置包括有上、下相连的上进料仓、下进料仓，上进料仓、下进料仓的底部设有对应的控制阀。通过运输装置将放射性固体废弃物运输至上进料仓中，由控制阀控制废弃物进入炉膛内。

[0009] 所述的炉排设置在熔池坩埚的上端，由耐热金属棒铺设而成，耐热金属表面覆盖有耐火材料。

[0010] 所述的热阀的中心排放管采用高功率石墨，周围布有感应线圈，外接中频电源。

[0011] 所述的炉膛的轴向布有多个热电偶用于炉膛内轴向温度分布的监测。

[0012] 所述的尾气净化处理系统包括有依次连接二次燃烧室、热交换器、急冷塔、碱液洗涤塔、袋式除尘器、HEPA 高效过滤器、活性炭吸附塔、选择性催化还原脱硝反应器、引风机和烟囱。

[0013] 利用权利要求 1 所述的装置处理低、中水平放射性固体废弃物的方法，其特征在于：具体方法包括有以下步骤：

(1) 首先开启工作气体制备供应装置和冷却水供应装置，将等离子体工作气体引入等离子体炬并启动等离子体放电电源产生热等离子体射流，通过热等离子体射流产生的高温加热炉膛；

(2) 当气化区温度达到 $800-1000^\circ\text{C}$ 时，启动进料运输装置，将经过预处理的低、中水平放射性固体废弃物从进料口投入所述的等离子体熔融气化炉中，熔池坩埚的温度工作在 $1200-1600^\circ\text{C}$ ，控制进料速率，确保废弃物在炉膛内保持所需的气化和熔融时间；

(3) 根据废物的组成，分别从空气导入孔和蒸汽导入孔适量通入空气或水，气化废弃物中的有机成分和无机含碳废弃物，调节添加玻璃形成体与废弃物一并投入熔池坩埚中，捕集和固化放射性核素；

(4) 所产生的高温烟气在外接引风机的作用下，经所述烟气排出管道进入尾气净化处理系统，经处理后达标排放；所产生的固体产物熔渣，经所述的排渣管，在热阀的控制下流入到设置在热阀下方的容器中。

[0014] 所述的尾气净化处理系统产生的飞灰等固体废弃物可通过进料口送入炉膛内循环处理，产生的残液等液体废弃物可通过蒸汽导入孔送入炉膛内循环处理。

[0015] 等离子体熔融气化炉为全密闭装置，炉膛运行在微负压工作状态，系统装置全过程密闭和全自动控制操作。低、中水平放射性固体废弃物经热等离子体高温熔融处理后产生的熔渣为玻璃熔融体，冷却后形成玻璃固化体，可有效捕集放射性核素、重金属或其它有

毒有害物质,且浸出率极低;有机物在供氧不足的条件下气化,生成 CO、H₂、CO₂ 和 CH₄ 等气体。

[0016] 本发明的有益效果在于:

本发明利用热等离子体在炉膛的低温区气化废弃物中的有机和无机含碳成分,产生的灰烬和废弃物中的无机物在炉膛高温区被熔融,通过调节添加玻璃形成体,将放射性核素稳定的固定在玻璃体中,烟气经净化处理满足空气质量标准的排放要求;提供了一种环境友好、处理过程安全可靠、可大幅减少放射性废物处置存储空间以及符合国家排放标准的固体低、中水平放射性废物的处理装置和方法,达到放射性废物的最小化和稳定化处理的目的。

附图说明

[0017] 图 1 为本发明的设别的工艺流程示意图。

[0018] 图 2 为本发明的等离子体熔融气化炉主视图。

[0019] 图 3 (a) 为本发明的等离子体熔融气化炉中布置 2 个等离子体炬俯视剖面图。

[0020] 图 3 (b) 为本发明的等离子体熔融气化炉中布置 3 个等离子体炬俯视剖面图。

[0021] 图 3 (c) 为本发明的等离子体熔融气化炉中布置 4 个等离子体炬俯视剖面图。

具体实施方式

[0022] 参见图 1、2、3,一种热等离子体处理低、中水平放射性固体废弃物的装置包括有等离子体熔融气化炉,炉体包括有相扣合的炉身 12 和炉盖 17,炉身 11 的下部设有熔池坩埚 2,炉内设置的炉排 4 将炉膛分隔为上部的气化区 18 和下部的熔融区 19 两部分,炉体下部侧壁设有多个延伸到熔池坩埚 2 上端的通孔,可根据需要安装有 2-4 个直流等离子体炬 1,并通过电缆外接到等离子体放电电源,等离子体炬工作气体和冷却系统通过管道外接工作气体制备供应装置和冷却水供应装置;炉盖 17 上设有多个通孔,其中的中心通孔作为进料口 21,进料口 21 上设置有 2 个进料仓,分别为上进料仓 8 和下进料仓 9,并通过上阀 10 和下阀 11 的互锁控制,将被处理固体废弃物馈入炉膛内,并保持炉膛与外界环境的隔离,此外,炉盖 17 上还设有测量或观察窗口 7;炉膛气化区 18 和熔融区 19、熔池坩埚 2 与炉身 12 的外壳之间砌有隔热保温层 3,炉膛气化区 18 上端的一侧开有三个侧孔,分别为空气导入孔 5、蒸汽导入孔 6 和烟气排出管道 20,烟气排出通道 20,在引风机 31 作用下将高温烟气依次引入二次燃烧室 23、热交换器 24、急冷塔 25、碱液洗涤塔 26、袋式除尘器 27、HEPA 高效过滤器 28、活性炭吸附塔 29、选择性催化还原脱销反应器 30 的尾气净化处理系统进行净化处理,并经烟囱 32 外排;在袋式除尘器 27 前端设有利用热交换器 24 产生的余热对烟气加热的装置 33;熔池坩埚 2 底部的中心位置有通孔 22,通孔 22 底端连接有向下穿过炉身 12 并伸出底端的热阀 13,热阀 13 内设中心排放管 14,与熔池坩埚 2 底部的通孔 22 对接,中心排放管 14 周围布有感应线圈 15,通过中频电源感应加热控制热阀 13 的开启,热阀 13 下端对接有容器 16 用于承载玻璃熔融体。该系统装置运行全过程密闭和全自动控制操作。

[0023] 利用上述装置处理低、中水平放射性固体废弃物的方法,包括有以下步骤:

(1) 首先开启工作气体制备供应装置和冷却水供应装置,将等离子体工作气体引入等离子体炬 1 并启动等离子体放电电源产生热等离子体射流,通过热等离子体射流产生的高

温加热炉膛；

(2) 当气化区温度达到 800-1000℃时,启动进料运输装置,将经过预处理的低、中水平放射性固体废弃物从进料口投入所述的等离子体熔融气化炉中,熔池坩埚的温度工作在 1200-1600℃,控制进料速率,确保废弃物在炉膛内保持所需的气化和熔融时间；

(3) 根据废物的组成,分别从空气导入孔和蒸汽导入孔适量通入空气或水,气化废弃物中的有机成分和无机含碳废弃物,调节添加玻璃形成体与废弃物一并投入熔池坩埚中,捕集和固化放射性核素；

(4) 所产生的高温烟气在外接引风机的作用下,经所述烟气排出管道进入尾气净化处理系统,经处理后达标排放；所产生的固体产物熔渣,经所述的排渣管,在热阀的控制下流入到设置在热阀下方的容器中。

[0024] 尾气净化处理系统产生的飞灰等固体废弃物可通过进料口送入炉膛内循环处理,产生的残液等液体废弃物可通过蒸汽导入孔送入炉膛内循环处理。

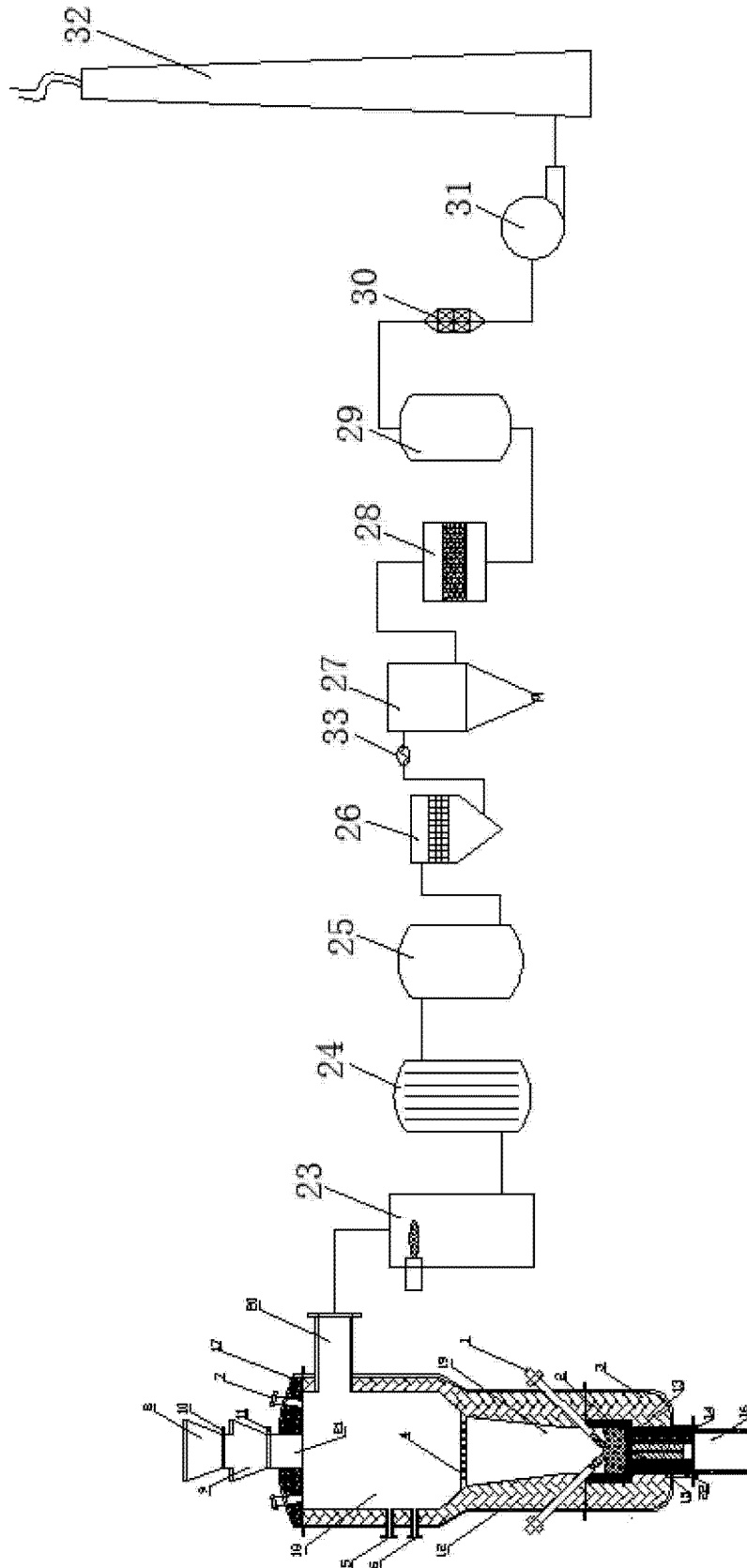


图 1

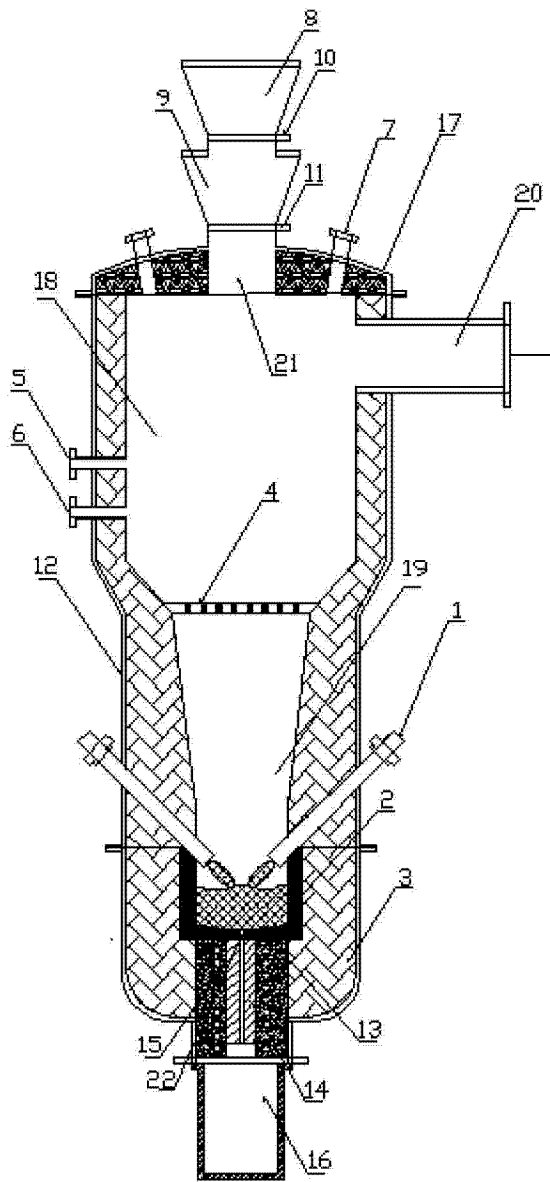


图 2

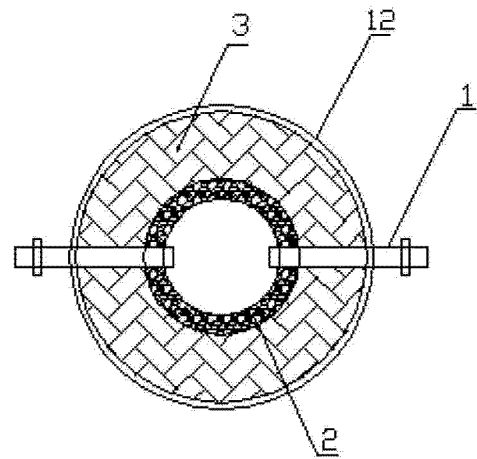


图 3(a)

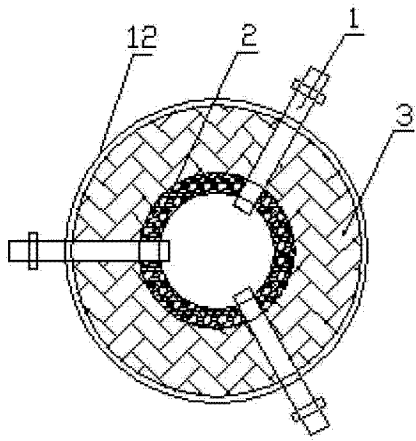


图 3(b)

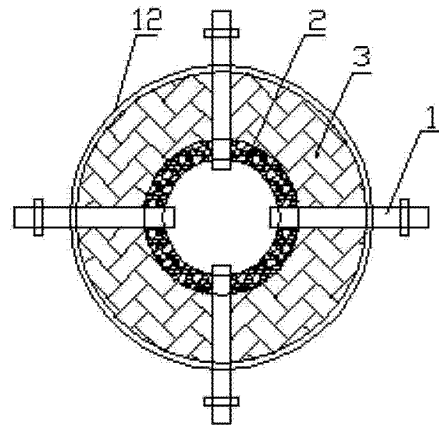


图 3(c)