



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114895348 A

(43) 申请公布日 2022.08.12

(21) 申请号 202210549944.9

(22) 申请日 2022.05.20

(71) 申请人 中国原子能科学研究院

地址 102413 北京市房山区新镇三强路1号  
院

(72) 发明人 夏兆东 李航 李东朋 朱庆福  
侯龙 宁通 刘凯凯

(74) 专利代理机构 北京市创世宏景专利商标代  
理有限责任公司 11493

专利代理师 路东爽

(51) Int. Cl.

G01T 3/00 (2006.01)

G21C 19/50 (2006.01)

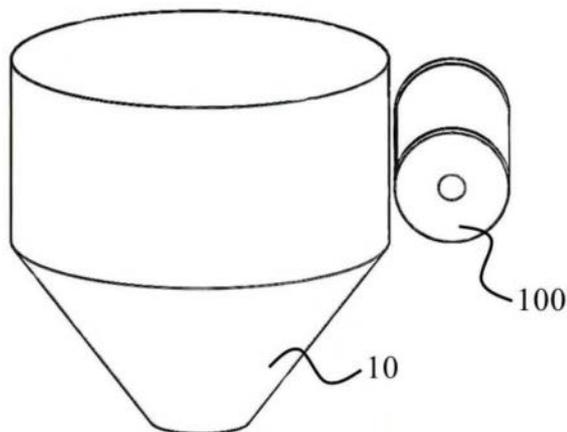
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

沉淀反应器核临界安全的监测系统

(57) 摘要

本发明的实施例公开了一种沉淀反应器核临界安全的监测系统。其中,所述沉淀反应器用于将硝酸铀溶液转化为铀沉淀,所述铀沉淀在所述沉淀反应器内壁上附着形成沉积物。所述监测系统包括:中子测量装置,设置于所述沉淀反应器外部,用于测量所述沉积物产生中子的中子计数率;控制装置,与所述中子测量装置连接,用于获取所述中子计数率,根据所述中子计数率确定所述沉积物的厚度和/或质量,并判断沉淀反应器的核临界安全状态。



1. 一种沉淀反应器核临界安全的监测系统,其特征在于,所述沉淀反应器用于将硝酸铀溶液转化为铀沉淀,所述铀沉淀在所述沉淀反应器内壁上附着形成沉积物;

所述监测系统包括:

中子测量装置,设置于所述沉淀反应器外部,用于测量所述沉积物产生中子的中子计数率;

控制装置,与所述中子测量装置连接,所述控制装置用于:获取所述中子计数率,根据所述中子计数率确定所述沉积物的厚度和/或质量,并判断所述沉淀反应器的核临界安全的状态。

2. 根据权利要求1所述的监测系统,其特征在于,所述中子测量装置包括:

中子探测器,用于测量中子计数率;

屏蔽准直器,包裹于所述中子探测器的外表面,用于屏蔽环境中的干扰中子以及准直目标沉积物产生的中子。

3. 根据权利要求2所述的监测系统,其特征在于,所述屏蔽准直器包括:

屏蔽体,所述屏蔽体包裹于所述中子探测器的外表面,所述屏蔽体用于慢化和吸收环境中的干扰中子;其中,所述屏蔽体朝向所述沉淀反应器的一侧设置有入射通道,所述入射通道用于为所述沉积物产生的中子入射至所述中子探测器提供通道;

慢化体,设置于所述入射通道中,用于慢化所述沉积物产生的快中子。

4. 根据权利要求3所述的监测系统,其特征在于,所述屏蔽体与所述中子探测器之间设置有吸收层,所述吸收层用于吸收经所述屏蔽体慢化后的热中子。

5. 根据权利要求1所述的监测系统,其特征在于,还包括:升降装置,所述中子测量装置安装于所述升降装置上,所述升降装置用于驱动所述中子测量装置在所述沉淀反应器的轴向方向上移动,以测量所述沉淀反应器不同高度位置的中子计数率。

6. 根据权利要求5所述的监测系统,其特征在于,所述升降装置包括:

支撑杆,

第一支撑板,所述第一支撑板沿所述支撑杆可滑动地设置,所述中子测量装置固定于所述第一支撑板上;

轴向移动部,所述轴向移动部设置于所述第一支撑板上,用于驱动所述第一支撑板沿所述支撑杆在轴向方向上移动。

7. 根据权利要求6所述的监测系统,其特征在于,所述升降装置还包括:第二支撑板,所述第二支撑板固定于所述支撑杆上;

所述轴向移动部包括:

传动件,转动连接于所述第一支撑板和第二支撑板之间,所述第一支撑板具有与所述传动件相配合的传动配合部;

驱动件,所述驱动件安装于所述第二支撑板上,与所述传动件驱动连接,用于驱动所述传动件转动以带动所述第一支撑板沿所述支撑杆移动。

8. 根据权利要求6或7所述的监测系统,其特征在于,所述控制装置包括:

控制模块,与所述轴向移动部连接,用于控制所述中子测量装置在所述沉淀反应器的轴向方向上定时移动至指定高度位置。

9. 根据权利要求1所述的监测系统,其特征在于,所述控制装置包括:

数据获取模块,与所述中子测量装置连接,用于获取所述中子测量装置探测到的中子计数率。

10. 根据权利要求9所述的监测系统,其特征在于,所述控制装置还包括:

存储模块,所述存储模块中预存有所述中子计数率与所述沉积物的厚度之间的线性关系;

数据分析模块,与所述数据获取模块通信连接,所述数据分析模块用于:根据测量到的所述沉淀反应器的中子计数率以及所述中子计数率与厚度的线性关系,确定所述沉淀反应器内壁上沉积物的厚度。

11. 根据权利要求10所述的监测系统,其特征在于,所述数据分析模块还用于:

根据所述沉淀反应器的不同高度位置的中子计数率以及中子计数率与沉积物的质量和分布状态的对应关系,确定所述沉淀反应器内壁上所述沉积物的质量以及分布。

12. 根据权利要求11所述的监测系统,其特征在于,所述中子计数率与所述沉积物的质量和分布状态的对应关系,基于所述沉淀反应器在试运行期间的中子计数率、所述线性关系以及所述硝酸钚溶液的成分来确定。

13. 根据权利要求11所述的监测系统,其特征在于,所述数据分析模块还用于:

根据所述沉淀反应器内壁上所述沉积物的质量和分布,分析确定所述沉淀反应器当前的核临界安全参数。

14. 根据权利要求11所述的监测系统,其特征在于,所述数据分析模块用于:

根据所述沉淀反应器内壁上所述沉积物的质量和分布,指示所述沉淀反应器是否需要清洗。

15. 根据权利要求14所述的监测系统,其特征在于,所述数据分析模块用于:

当所述沉积物的质量或分布等于或超出设定安全阈值时,指示所述沉淀反应器需要清洗。

16. 根据权利要求1所述的监测系统,其特征在于,所述控制装置包括:数据分析模块和报警模块;

所述数据分析模块用于:

判断所述中子测量装置实时监测到的所述中子计数率是否位于正常运行范围;

当所述中子计数率超出所述正常运行范围时,指示所述报警模块进行报警提示。

## 沉淀反应器核临界安全的监测系统

### 技术领域

[0001] 本发明的实施例涉及核临界安全技术领域,具体涉及一种沉淀反应器核临界安全的监测系统。

### 背景技术

[0002] 在乏燃料后处理的铀尾端处理中,大多数采用沉淀和煅烧的方式将硝酸铀溶液转化为固体二氧化铀。其采用的转化方式有多种,例如,利用过氧化氢、氢氟酸或草酸来沉淀铀。目前,通常采用沉淀反应器进行铀的沉淀过程。然而,沉淀反应器在多次使用后,内壁等处容易造成铀沉淀物的积存并形成结疤,导致每批沉淀料液中铀的质量增加,增加核临界安全风险。此外,随着沉积物的逐渐积累,可能掉落到沉淀器底部堵塞管道,对沉淀反应器的正常运行产生影响。

### 发明内容

[0003] 根据本发明的一个方面,提供了一种沉淀反应器核临界安全的监测系统。其中,所述沉淀反应器用于将硝酸铀溶液转化为铀沉淀,所述铀沉淀在所述沉淀反应器内壁上附着形成沉积物。所述监测系统包括:中子测量装置,设置于所述沉淀反应器外部,用于测量所述沉积物产生中子的中子计数率;控制装置,与所述中子测量装置连接,所述控制装置用于获取所述中子计数率,根据所述中子计数率确定所述沉积物的厚度和/或质量,并判断沉淀反应器的核临界安全状态。

### 附图说明

[0004] 通过下文中参照附图对本发明的实施例所作的描述,本发明的其它目的和优点将显而易见,并可帮助对本发明有全面的理解。

[0005] 图1是根据本发明一个实施例的监测系统的应用场景示意图。

[0006] 图2是图1中监测系统的剖视图。

[0007] 图3是根据本发明一个实施例的中子测量装置的结构示意图。

[0008] 图4是图3中中子测量装置的剖视图。

[0009] 图5是根据本发明一个实施例的升降装置的结构示意图。

[0010] 图6是根据本发明一个实施例的监测系统的结构示意图。

[0011] 需要说明的是,附图并不一定按比例来绘制,而是仅以不影响读者理解的示意性方式示出。

[0012] 附图标记说明:

[0013] 100、中子测量装置;110、中子探测器;120、屏蔽准直器;121、屏蔽体;122、慢化体;130、连接线缆;

[0014] 200、控制装置;210、控制模块;220、数据获取模块;230、数据分析模块;240、存储模块;250、报警模块;260、显示部件;270、输入部件;280、电源;

[0015] 300、升降装置;310、支撑杆;320、第一支撑板;321、固定部;330、轴向移动部;331、驱动件;332、传动件;340、第二支撑板;350、固定件;

[0016] 10、沉淀反应器;11、沉积物;12、保温层。

### 具体实施方式

[0017] 为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本申请实施例的附图,对本申请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申请的一个实施例,而不是全部的实施例。基于所描述的本申请的实施例,本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0018] 需要说明的是,除非另外定义,本申请使用的技术术语或者科学术语应当为本申请所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。若全文中涉及“第一”、“第二”等描述,则该“第一”、“第二”等描述仅用于区别类似的对象,而不能理解为指示或暗示其相对重要性、先后次序或者隐含指明所指示的技术特征的数量,应该理解为“第一”、“第二”等描述的数据在适当情况下可以互换。若全文中出现“和/或”,其含义为包括三个并列方案,以“A和/或B”为例,包括A方案,或B方案,或A和B同时满足的方案。此外,为了便于描述,在这里可以使用空间相对术语,如“上方”、“下方”、“顶部”、“底部”等,仅用来描述如图中所示的一个器件或特征与其他器件或特征的空间位置关系,应当理解为也包含除了图中所示的方位之外的在使用或操作中的不同方位。

[0019] 本发明的一个实施例提供了一种沉淀反应器核临界安全的监测系统。其中,所述沉淀反应器10用于将硝酸铀溶液转化为铀沉淀。如图2所示,所述铀沉淀容易在所述沉淀反应器10的内壁上附着并沉积形成沉积物11。此外,所述沉淀反应器10还设置有保温层12。所述保温层12,例如,保温玻璃纤维,包裹在沉淀反应器10内壁面外部,可以确保沉淀工艺开展所需要的温度条件。

[0020] 在一些示例中,使用草酸将所述硝酸铀溶液转化为草酸铀沉淀。本实施例中的所述沉积物11可以为草酸铀沉淀。所述草酸铀沉淀成分固定,结晶好,容易过滤和洗涤,而且草酸铀溶解度较低,可以获得较高的铀回收率。此外,草酸铀的生产过程稳定,容易控制,可以实现连续操作。

[0021] 本发明中的监测系统可以用于监测沉淀反应器在生产草酸铀沉淀过程中的核临界安全,从而保障沉淀反应器在长期使用下的核临界安全和工业安全。并且,中子测量装置100安装在所述沉淀反应器10外部,使得监测系统在使用过程中不会对铀沉淀的工艺过程产生影响。

[0022] 如图1所示,本发明一个实施例中的监测系统包括中子测量装置100和控制装置200。所述中子测量装置100设置于所述沉淀反应器10的外部。在一些实施例中,所述中子测量装置100靠近所述沉淀反应器10的外壁设置。所述中子测量装置100用于测量所述沉淀物11产生中子的中子计数率。

[0023] 所述控制装置200与所述中子测量装置100连接,用于获取所述中子计数率并根据所述中子计数率确定所述沉积物11的厚度和/或质量,可以判断所述沉淀反应器的核临界安全的状态。在一些示例中,所述中子测量装置100与所述控制装置200之间有线连接,例如,所述中子测量装置100通过连接线缆130连接至所述控制装置200,从而实现中子测量装

置100与控制装置200之间的通信。

[0024] 本发明的实施例通过探测中子计数率来确定沉淀物11的厚度和/或质量,基于所述沉积物11的厚度和/或质量,能够判断所述沉淀反应器10是否正常安全运行,以及判断所述沉淀反应器的核临界安全状态,从而保障沉淀反应器在长期使用下的核临界安全和工业安全。

[0025] 图3示出了根据本发明一个实施例中的中子测量装置的结构示意图。图4示出了图3的中子测量装置的剖视图。

[0026] 如图2至图4所示,所述中子测量装置100包括中子探测器110和屏蔽准直器120。其中,所述中子探测器110用于测量所述中子计数率,所述屏蔽准直器120包裹于所述中子探测器110的外表面,用于屏蔽环境中的干扰中子以及准直目标沉积物产生的中子,使得中子探测器110只能探测到所述中子探测器110正对的高度位置的沉积物11产生的中子,防止其他方向的中子入射至中子探测器110。在本实施例中,所述中子探测器110正对的高度位置的沉积物11即为目标沉积物。

[0027] 具体地,所述屏蔽准直器120包括屏蔽体121和慢化体122。所述屏蔽体121包裹于所述中子探测器110的外表面,所述屏蔽体121用于慢化和吸收环境中的干扰中子。其中,所述屏蔽体121朝向所述沉淀反应器10的一侧设置有入射通道,所述入射通道用于为所述沉积物产生的中子入射至所述中子探测器110提供通道。慢化体122设置于所述入射通道中,用于慢化所述沉积物11产生的快中子。

[0028] 在一个示例中,所述屏蔽体121为含硼聚乙烯,含硼聚乙烯可以有效地将其他方向的干扰中子慢化为热中子并被硼吸收,有效地屏蔽其他方向的干扰中子。所述其他方向为除中子探测器110正对所述沉淀反应器10的方向以外的方向。

[0029] 所述慢化体122可以有效地将所述沉积物11产生的快中子慢化为热中子,以使所述中子探测器110获取的热中子数量最大化,提高所述中子探测器110的探测效率。在一个示例中,所述慢化体122为聚乙烯。

[0030] 可选的,所述屏蔽准直器120为圆柱体,所述中子探测器110设置于所述屏蔽准直器120圆柱体的中心位置。所述圆柱体正对所述沉积物11的方向设置有慢化体122。

[0031] 在本实施例中,通过在所述中子探测器110正对沉积物11的方向设置慢化体122,在其他方向覆盖屏蔽体121,使得中子探测器110只能探测到所述中子探测器110正对的高度位置处沉积物11产生的中子,防止其他方向的中子入射至中子探测器110造成干扰,从而起到准直作用。

[0032] 在一些实施例中,所述屏蔽准直器120还包括吸收层。所述屏蔽体121与所述中子探测器110之间设置有吸收层,所述吸收层用于吸收经所述屏蔽体慢化后的热中子,从而最大程度地吸收其他方向的干扰中子,提高屏蔽准直器120对其他方向的干扰中子的吸收率,进一步防止其他方向的干扰中子进入中子探测器110。

[0033] 本实施例中的中子测量装置100位于所述沉淀反应器10外部的某一高度位置时,仅能够探测到该高度位置处的中子计数率,进而获得该高度位置处的沉积物的厚度和/或质量。

[0034] 为了探测整个沉淀反应器内沉积物11的分布情况,本实施例中的监测系统还可以包括升降装置300。所述中子测量装置100安装于所述升降装置300上,所述升降装置300用

于驱动所述中子测量装置100在所述沉淀反应器10的轴向方向上移动,以测量所述沉淀反应器10不同高度位置的中子计数率,从而实现整个沉淀反应器轴向方向上的扫描测量。

[0035] 需要说明的是,本实施例中的沉淀反应器10为轴对称的反应器,所述沉淀反应器10的各高度下内壁的周向方向上,所述沉积物11的分布大致相同。即,在某一高度下,所述沉积物11在内壁上沿所述沉淀反应器10的周向方向均匀分布。而沿所述沉淀反应器10的轴向方向,所述沉积物11的分布差异较大。在一个示例中,所述沉淀反应器10内壁的底部区域中存在较多的所述沉积物11。

[0036] 本实施例中采用升降装置300驱动所述中子测量装置100在所述沉淀反应器10的轴向方向上上下移动,从而可以确定所述沉积物11在所述沉淀反应器10的轴向方向上的分布情况。根据所述轴向方向上的分布情况,可以确定整个沉淀反应器10内壁上沉积物11的分别情况。

[0037] 如图5所示,所述升降装置300包括支撑杆310、第一支撑板320和轴向移动部330。其中,所述支撑杆310的下端设置有固定件350,所述固定件350可以将所述支撑杆310固定在地面上。所述第一支撑板320沿所述支撑杆310可滑动地设置,所述中子测量装置100固定于所述第一支撑板320上。所述轴向移动部330设置于所述第一支撑板320上,用于驱动所述第一支撑板320沿所述支撑杆310在轴向方向上移动,所述第一支撑板320上下移动即可带动所述中子测量装置100在所述轴向方向上移动。

[0038] 具体地,所述轴向移动部330包括驱动件331和传动件332。其中,所述升降装置300还包括第二支撑板340,所述第二支撑板340固定于所述支撑杆310上,并与所述第一支撑板320间隔设置。所述传动件332转动连接于所述第一支撑板320和第二支撑板340之间,所述第一支撑板320上具体与所述传动件332相配合的传动配合部。所述驱动件331安装于所述第二支撑板340上,所述驱动件331的输出轴与所述传动件332连接,所述驱动件331用于驱动所述传动件332转动。所述传动件332转动并通过所述传动件与所述传动配合部的配合,可以实现所述第一支撑板320沿所述支撑杆310的移动。

[0039] 在本实施例中,所述驱动件331为驱动电机,所述传动件332为丝杠。

[0040] 在一个示例中,所述第一支撑板320上设置有固定部321,所述固定部321用于固定所述中子测量装置100。示例地,所述固定部321上具有凹槽,所述中子测量装置100可以定位在所述凹槽中,防止所述中子测量装置100位移,还可以防止所述中子测量装置100发生转动导致慢化体122位移至不正对所述沉淀反应器10的方向。

[0041] 可选的,所述升降装置300可以包括支撑杆、第一支撑板、第二支撑板和轴向移动部。其中,所述第一支撑板和第二支撑板间隔地固定在所述支撑杆上,所述轴向移动部的传动件转动连接于所述第一支撑板和第二支撑板之间,所述驱动件安装于所述第一支撑板或第二支撑板上,用于驱动所述传动件转动。所述升降装置还包括固定部,用于固定安装所述中子测量装置。所述固定部可滑动地设置在所述传动件上,所述固定部上设置有与所述传动件相配合的传动配合部,转动所述传动件即可实现所述固定部的上下移动。

[0042] 如图6所示,本实施例中监测系统的控制装置200包括控制模块210,所述控制模块210与所述轴向移动部330连接,用于控制所述中子测量装置100在所述沉淀反应器10的轴向方向上定时移动至指定高度位置,从而实现中子测量装置100在轴向方向上定时定点的扫描测量。示例地,所述控制模块210用于控制所述驱动件331,进而控制所述中子测量装置

100在所述沉淀反应器10的轴向方向上从上到下移动,可以每隔预定时间移动预定距离,从而实现中子测量装置100在沉淀反应器10的轴向方向上的扫描测量,进而获得沉淀反应器10各高度位置上的沉积物11的厚度。

[0043] 在本实施例中,所述控制装置200包括数据获取模块220。所述数据获取模块220与所述中子测量装置100连接,用于获取所述中子测量装置100探测到的中子计数率,从而可以根据探测到的中子计数率确定沉积物11的厚度和/或质量。

[0044] 所述控制装置200还包括数据分析模块230,与所述数据获取模块220通信连接。所述数据获取模块220在采集到中子计数率后传输至数据分析模块230,所述数据分析模块230可以接收数据获取模块220采集到的中子计数率,从而分析处理探测到的中子计数率以确定所述沉积物11的厚度和/质量。

[0045] 在一个示例中,所述中子计数率与所述沉积物的厚度之间的线性关系是预先基于模拟计算得到的。基于建立的具有不同厚度沉积物的沉淀反应器的模型,计算不同厚度下中子探测器的响应及中子计数,得到中子计数率与沉积物厚度的关系为线性关系。

[0046] 本实施例中的控制装置200还包括存储模块240,所述中子计数率与所述沉积物11的厚度之间的线性关系可以预存在所述存储模块240中,从而便于数据分析模块230根据测量到的中子计数率和所述线性关系,确定所述沉淀反应器10内壁上沉积物11的厚度,例如,沉淀反应器10轴向方向上各高度位置上的沉积物11的厚度。

[0047] 在本实施例中,可以基于所述沉淀反应器10在试运行期间的中子计数率、所述线性关系以及所述硝酸铯溶液的成分,来确定所述中子计数率与所述沉积物11的质量和分布状态的对应关系。

[0048] 所述监测系统可以用于监测所述沉淀反应器10试运行期间的中子计数率。在所述沉淀反应器10试运行期间,通过中子测量装置100测量中子计数率,并根据测量得到的中子计数率以及预先模拟计算得到的所述线性关系,确定所述沉积物11的厚度。在确定所述沉积物11的厚度后,再结合所述沉淀反应器10内常处理的硝酸铯溶液的成分,包括硝酸铯溶液中多种铯同位素组分以及各组分的浓度或者硝酸铯溶液中各种铯同位素之间的比例,来确定所述沉积物11的质量。根据计算得到沉积物11的质量以及测量得到的中子计数率,即可确定所述中子计数率与所述沉积物11质量的对应关系。

[0049] 另外,在确定所述沉淀反应器10轴向方向上各高度位置上沉积物11的厚度以及质量后,即可确定所述沉积物11在所述沉淀反应器10内壁上的分布状态,所述分布状态包括:所述沉积物11在所述沉淀反应器10的轴向方向上的分布状态,例如,所述沉积物11的厚度和/或质量在所述轴向方向上的分布情况。根据计算分析得到沉积物11的分布状态以及测量得到的中子计数率,即可确定所述中子计数率与所述沉积物11分布状态的对应关系。

[0050] 可选的,所述中子计数率与沉积物11的质量和分布状态的对应关系,可以存储在所述存储模块240中,以便于所述监测系统在沉淀反应器10正式运行时对探测到的中子计数率进行分析。

[0051] 本实施例中的数据分析模块230可以用于根据所述沉淀反应器10的不同高度位置的中子计数率以及中子计数率与沉积物的质量和分布状态的对应关系,确定所述沉淀反应器10内壁上所述沉积物11的质量以及分布,例如,所述沉积物11在所述轴向方向上的厚度和/或质量分布。

[0052] 在所述沉淀反应器正式运行之前,可以通过中子测量装置100对所述沉淀反应器10进行扫描测量,从而确定所述沉淀反应器10内壁上所述沉积物11的质量和分布。

[0053] 需要说明的是,本发明实施例中所述各高度位置代表所述沉淀反应器10不同的高度所对应的各区域。在一个示例中,可以将所述沉淀反应器10从底部到顶部划分为多层,每层的高度为预定高度值,则各高度位置则代表所述沉淀反应器10各层所对应的区域。例如,所述预定高度值为10cm,则其中一个高度位置为所述沉淀反应器10的0~10cm高度所对应的区域。

[0054] 在一些实施例中,所述数据分析模块用于根据所述沉淀反应器10内壁上所述沉积物11的质量和分布,指示所述沉淀反应器10是否需要清洗。

[0055] 具体地,所述数据分析模块230可以在所述沉积物11的质量或分布等于或超出设定安全阈值时,指示所述沉淀反应器10需要清洗,从而给出明确的使用建议,及时提醒技术人员在使用前对沉淀反应器的内部进行清洗,避免发生危险,并且在确保核临界安全的同时,还可以提高设备的生产率。

[0056] 示例地,在所述沉淀反应器10的试运行期间,技术人员可以根据试运行结果(包括中子计数率以及沉积物厚度、质量以及分布),来设定安全阈值。所述设定安全阈值表示所述沉淀反应器10安全运行的范围。当等于或超出所述设定安全阈值时,表示所述沉淀反应器10可能发生或即将发生危险,需要进行清洗。

[0057] 所述控制装置200可以包括输入部件270,技术人员可以通过所述输入部件270在所述控制装置200中输入所述设定安全阈值。

[0058] 此外,所述数据分析模块230还可以根据所述沉淀反应器10内壁上所述沉积物11的质量和分布,分析确定所述沉淀反应器10当前的核临界安全参数。可选的,所述数据分析模块230可以基于预先建立的沉淀反应器模型,根据探测得到的所述沉积物11的质量和分布,计算得到所述沉淀反应器10当前的核临界安全参数。所述核临界安全参数包括有效增殖系数。

[0059] 在本实施例中,可以基于所述沉淀反应器10在试运行期间的中子计数率,确定所述沉淀反应器10的正常运行范围。

[0060] 示例地,所述监测系统可以用于监测所述沉淀反应器10试运行期间的中子计数率。在所述沉淀反应器10试运行期间,通过中子测量装置100测量中子计数率,并基于预先建立的模型计算得到所述沉淀反应器10在正常运行时的中子计数率的正常运行范围。确定所述正常运行范围后,可以将所述正常运行范围存储至所述存储模块240中。

[0061] 在本实施例中,所述控制装置200还包括报警模块250。在所述沉淀反应器10正式运行期间,所述中子测量装置100实时监测所述沉淀反应器10的中子计数率,所述数据分析模块230用于判断所述中子测量装置100实时监测到的所述中子计数率是否位于正常运行范围。当所述中子计数率在所述正常运行范围内时,表示所述沉淀反应器10当前的状态为正常运行,沉淀反应器处于安全运行状态。当所述中子计数率超出所述正常运行范围时,指示所述报警模块250进行报警提示,表示所述沉淀反应器10处于异常状态。

[0062] 所述报警模块250在接收到所述数据分析模块230的报警指示后,可以进行报警提示,例如采用声、光、信号等形式进行报警提示,从而可以在使用过程中对异常物料添加情况进行报警,减小沉淀反应器使用过程中的核临界安全风险,确保人员和设备的安全。

[0063] 此外,本实施例中的控制装置200还包括显示部件260,所述显示部件260用于显示探测到的中子计数率及其沿所述轴向方向的变化曲线,以及所述沉积物11的厚度、质量以及分布。

[0064] 在一个示例中,当所述数据分析模块230指示所述沉淀反应器10需要清洗时,所述显示部件260还可以显示所述清洗的建议,以指示技术人员对沉淀反应器内部进行清洗。

[0065] 在一个示例中,当所述报警模块250采用信号报警方式进行报警时,所述显示部件260用于显示报警提示。可选的,所述报警提示可以突出显示于所述显示部件260上,从而及时提示技术人员所述沉淀反应器处于异常状态。

[0066] 所述控制装置200还包括电源280,所述电源280至少用于为所述控制装置200和中子测量装置100供电。在一个示例中,所述电源280还可以为所述升降装置300供电。在一些实施例中,可以通过外部供电电源对监测系统进行供电,例如,监测系统可以接入市电来获取电力。本实施例中的电源280可以用作应急电源,在监测系统失去外部供电后,使用电源280对整个监测系统进行供电,从而确保监测系统正常运行,保证监测任务能够正常完成。

[0067] 本发明实施例中的监测系统可以对所述沉淀反应器的核临界安全进行监测,可在使用前明确是否需要沉淀反应器内部进行清洗,在确保核临界安全的同时提高设备生产率,给出明确的指导建议。可以在使用过程中对异常状态进行报警,减小核临界安全风险,确保人员和设备安全。

[0068] 对于本发明的实施例,还需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明的实施例及实施例中的特征可以相互组合以得到新的实施例。

[0069] 以上,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

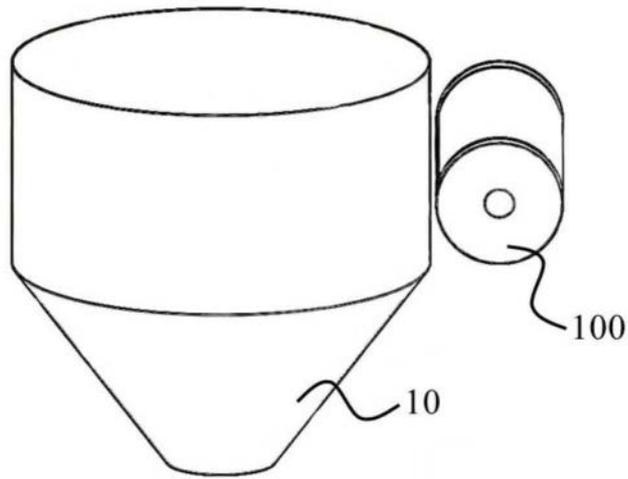


图1

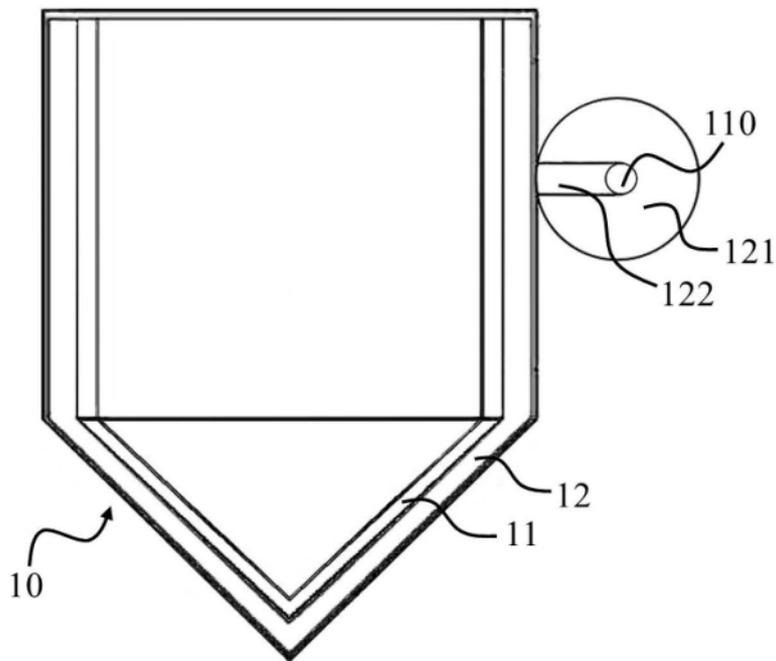


图2

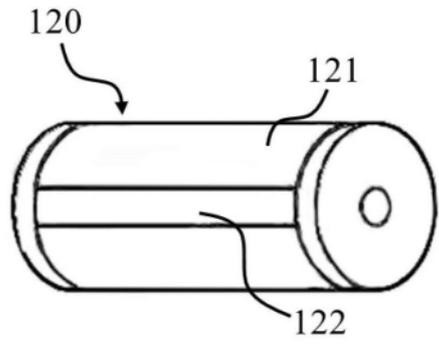


图3

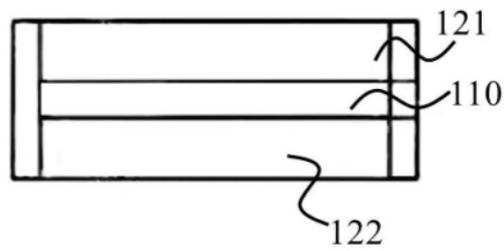


图4

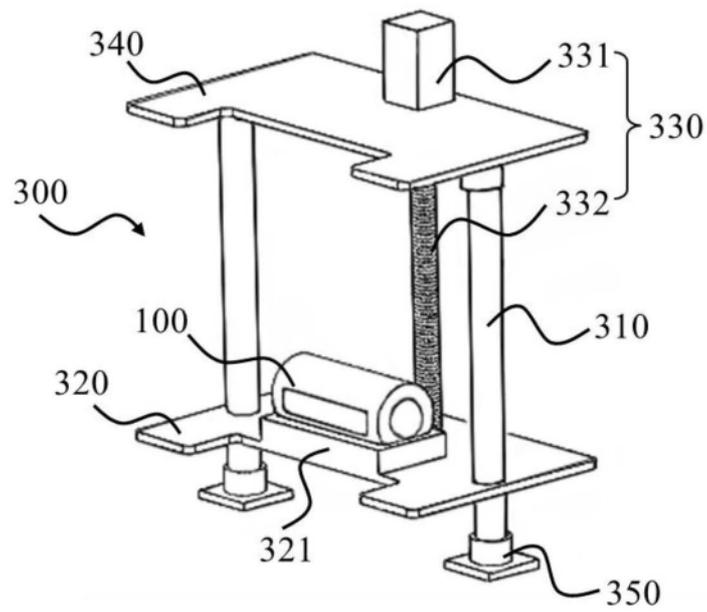


图5

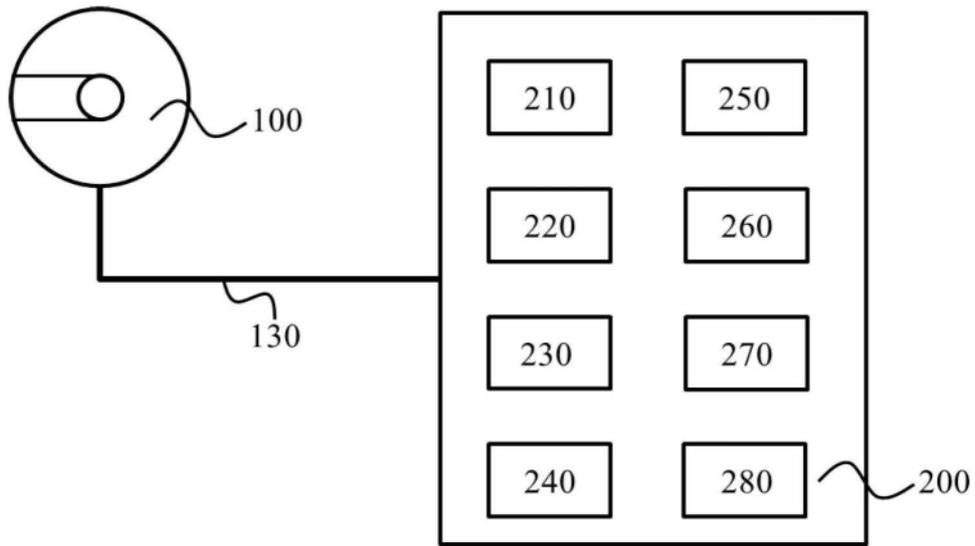


图6