



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114530264 B

(45) 授权公告日 2024. 02. 20

(21) 申请号 202210002248.6

G21C 7/28 (2006.01)

(22) 申请日 2022.01.04

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114530264 A

CN 112133457 A, 2020.12.25

JP 2008051767 A, 2008.03.06

CN 112133458 A, 2020.12.25

(43) 申请公布日 2022.05.24

CN 103456374 A, 2013.12.18

(73) 专利权人 中国原子能科学研究院

CN 105957561 A, 2016.09.21

地址 102413 北京市房山区新镇三强路1号
院

CN 105957562 A, 2016.09.21

CN 112366008 A, 2021.02.12

(72) 发明人 安伟健 郭键 葛攀和 胡古

李清 葛思淼 薛慧哲

CN 113270210 A, 2021.08.17

CN 209216592 U, 2019.08.06

JP H02206794 A, 1990.08.16

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

专利代理师 任晓 浦彩华

洪兵. 锂热管冷却空间反应堆堆芯物理特性研究.《中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑》.2018, (第10期), 第58页、第65-70页.

(51) Int. Cl.

G21C 7/02 (2006.01)

审查员 华艳

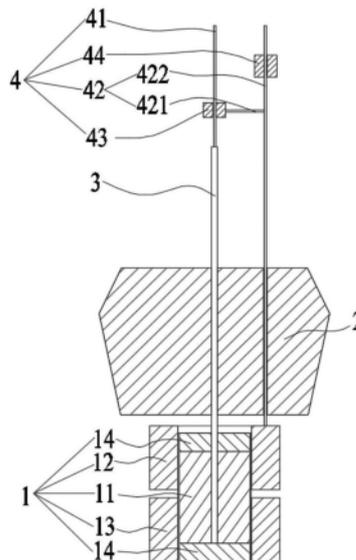
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种空间堆

(57) 摘要

本申请提供一种空间堆,包括:堆芯、屏蔽体、热管以及联动机构。堆芯包括活性区、滑移径向反射层、固定径向反射层、以及轴向反射层。联动机构连接热管和滑移径向反射层。本申请实施例的空间堆在启动前,滑移径向反射层和固定径向反射层存在预留间隙。空间堆进入额定运行状态后,活性区传递给热管的热量相应减少,导致热管产生轴向收缩。热管通过联动机构驱动滑移径向反射层向下运动。滑移径向反射层和固定径向反射层之间距离的减少会减小堆芯的中子泄漏率,引入正反应性,从而补偿燃料反应性损失,维持空间的临界运行状态。使得在空间堆运行过程中,无需控制系统对活性区的反应性下降进行主动干预,减少了空间堆的故障率,提高了系统的可靠性。



1. 一种空间堆,其特征在于,包括:

堆芯(1),所述堆芯(1)包括活性区(11)、滑移径向反射层(12)、固定径向反射层(13)、以及位于所述活性区(11)轴向相对两侧的轴向反射层(14),所述滑移径向反射层(12)与所述固定径向反射层(13)沿轴向间隔布置;

屏蔽体(2),所述屏蔽体(2)置于所述堆芯(1)的轴向一侧;

热管(3),所述热管(3)的底端伸入所述堆芯(1)内,所述热管(3)的顶端从所述屏蔽体(2)远离所述堆芯(1)的一侧伸出;

联动机构(4),所述联动机构(4)连接所述热管(3)和所述滑移径向反射层(12),所述滑移径向反射层(12)悬挂于所述联动机构(4)的下方,所述热管(3)冷缩时,所述热管(3)通过所述联动机构(4)驱动所述滑移径向反射层(12)向下运动;

所述联动机构(4)包括:

热管驱动轴(41),所述热管驱动轴(41)与所述热管(3)固定连接;

传动杆(42)以及设置于所述传动杆(42)上的第一锁止机构(43),所述联动机构(4)通过所述传动杆(42)与所述滑移径向反射层(12)固定连接;

所述第一锁止机构(43)用于锁紧或释放所述热管驱动轴(41),以使得所述热管驱动轴(41)和所述传动杆(42)之间连接或断开动力传递;

其中,所述传动杆(42)包括相互连接的连接杆(421)和反射层驱动轴(422),反射层驱动轴(422)和所述热管驱动轴(41)平行设置,所述连接杆(421)一端连接所述第一锁止机构(43),所述连接杆(421)另一端连接所述反射层驱动轴(422),所述反射层驱动轴(422)底端固定连接所述滑移径向反射层(12)。

2. 根据权利要求1所述的空间堆,其特征在于,所述热管驱动轴(41)与所述热管(3)同轴布置。

3. 根据权利要求1所述的空间堆,其特征在于,所述联动机构(4)包括:

第二锁止机构(44),用于选择性地将所述传动杆(42)锁紧,固定至所述空间堆的固定结构上,或者释放所述传动杆(42)。

4. 根据权利要求1所述的空间堆,其特征在于,所述连接杆(421)垂直于所述反射层驱动轴(422)。

5. 根据权利要求1所述的空间堆,其特征在于,所述热管(3)的底端部与所述活性区(11)下方的所述轴向反射层(14)顶端接触。

6. 根据权利要求1所述的空间堆,其特征在于,所述热管(3)材质为Ni-Cr基固溶强化型变形高温合金,所述热管(3)底部灌装有固态的钠。

7. 根据权利要求1所述的空间堆,其特征在于,当所述空间堆运行至寿期末时,滑移径向反射层(12)与固定径向反射层(13)合拢。

一种空间堆

技术领域

[0001] 本发明属于空间堆技术领域,具体涉及一种空间堆。

背景技术

[0002] 空间堆在发射成功并启动运行后,由于燃料的不断消耗会导致反应性的持续下降。相关技术中,需要由控制系统监测空间堆的运行状态,并根据运行状态发送相应调节指令。例如:控制系统通过调节控制机构(如控制鼓、滑移式反射层等)进行调节动作补偿反应性的下降量。由于空间堆在运行过程中需要控制系统对活性区的反应性下降进行主动干预,控制系统的可靠性直接影响到空间堆的运行寿命。

发明内容

[0003] 有鉴于此,本申请实施例期望提供一种在运行过程中无需控制系统对活性区的反应性下降进行主动干预即可维持临界运行状态的空间堆。

[0004] 本申请实施例提供一种空间堆,包括:

[0005] 堆芯,所述堆芯包括活性区、滑移径向反射层、固定径向反射层、以及位于所述活性区轴向相对两侧的轴向反射层,所述滑移径向反射层与所述固定径向反射层沿轴向间隔布置;

[0006] 屏蔽体,所述屏蔽体置于所述堆芯的轴向一侧;

[0007] 热管,所述热管的底端伸入所述堆芯内,所述热管的顶端从所述屏蔽体远离所述堆芯的一侧伸出;

[0008] 联动机构,所述联动机构连接所述热管和所述滑移径向反射层,所述滑移径向反射层悬挂于所述联动机构的下方,所述热管冷缩时,所述热管通过所述联动机构驱动所述滑移径向反射层向下运动。

[0009] 在一些实施方案中,所述联动机构包括:

[0010] 热管驱动轴,所述热管驱动轴与所述热管固定连接;

[0011] 传动杆以及设置于所述传动杆上的第一锁止机构,所述联动机构通过所述传动杆与所述滑移径向反射层固定连接;

[0012] 所述第一锁止机构用于锁紧或释放所述热管驱动轴,以使得所述热管驱动轴和所述传动杆之间连接或断开动力传递。

[0013] 在一些实施方案中,所述热管驱动轴与所述热管同轴布置。

[0014] 在一些实施方案中,所述联动机构包括:

[0015] 第二锁止机构,用于选择性地将所述传动杆锁紧,固定至所述空间堆的固定结构上,或者释放所述传动杆。

[0016] 在一些实施方案中,所述传动杆包括:

[0017] 相互连接的连接杆和反射层驱动轴,反射层驱动轴和所述热管驱动轴平行设置,所述连接杆一端连接所述第一锁止机构,所述连接杆另一端连接所述反射层驱动轴,所述

反射层驱动轴底端固定连接所述滑移径向反射层。

[0018] 在一些实施方案中,所述连接杆垂直于所述反射层驱动轴。

[0019] 在一些实施方案中,所述热管的底端部与所述活性区下方的所述轴向反射层顶端接触。

[0020] 在一些实施方案中,所述热管材质为Ni-Cr基固溶强化型变形高温合金,所述热管底部灌装有固态的钠。

[0021] 在一些实施方案中,当所述空间堆运行至寿期末时,滑移径向反射层与固定径向反射层合拢。

[0022] 本申请实施例的空间堆,利用热管的热胀冷缩原理和联动机构实现滑移径向反射层向下移动,即空间堆启动前,活性区的燃料尚未开始核裂变,滑移径向反射层和固定径向反射层存在预留间隙。当空间堆启动后,活性区的燃料开始核裂变,温度升高,带动热管温度升高上升。热管受热膨胀,在轴向有一定的伸长量。经过一段时间空间堆进入额定运行状态后,活性区温度产生小幅下降,传递给热管的热量相应减少,导致热管产生轴向收缩。热管通过联动机构驱动滑移径向反射层向下运动。滑移径向反射层和固定径向反射层之间距离的减少会减小堆芯的中子泄漏率,引入正反应性,从而补偿燃耗反应性损失,维持空间堆的临界运行状态。使得在空间堆运行过程中,无需控制系统对活性区的反应性下降进行主动干预,减少了空间堆的故障率,提高了系统的可靠性。

附图说明

[0023] 图1为本申请一实施例的空间堆的示意图;

[0024] 图2为图1中滑移径向反射层12与固定径向反射层13合拢的示意图。

[0025] 附图标记说明

[0026] 堆芯1;活性区11;滑移径向反射层12;固定径向反射层13;轴向反射层14;屏蔽体2;热管3;联动机构4;热管驱动轴41;传动杆42;连接杆421;反射层驱动轴422;第一锁止机构43;第二锁止机构44

具体实施方式

[0027] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的技术特征可以相互组合,具体实施方式中的详细描述应理解为本申请宗旨的解释说明,不应视为对本申请的不当限制。

[0028] 本发明实施例提供一种空间堆,请参阅图1至图2,包括:堆芯1、屏蔽体2、热管3以及联动机构4。

[0029] 堆芯1包括活性区11、滑移径向反射层12、固定径向反射层13、以及位于活性区11轴向相对两侧的轴向反射层14,滑移径向反射层12与固定径向反射层13沿轴向间隔布置。屏蔽体2置于堆芯1的轴向一侧。

[0030] 热管3的底端伸入堆芯1内。热管3的底端伸入堆芯1内的深度不限,例如,一些实施例中,热管3的底端可以贯穿堆芯1中的活性区11,另一些实施例中,热管3的底端也可以不贯穿堆芯1的活性区11。

[0031] 热管3的顶端从屏蔽体2远离堆芯1的一侧伸出。联动机构4连接热管3和滑移径向

反射层12, 滑移径向反射层12悬挂于联动机构4的下方, 联动机构4用于承载滑移径向反射层12的重量, 实现滑移径向反射层12在热管3轴向的定位, 保障空间堆处于额定运行状态前, 滑移径向反射层12与固定径向反射层13的预留间隙不变。

[0032] 热管3冷缩时, 热管3通过联动机构4驱动滑移径向反射层12向下运动。

[0033] 由于热管3底端固定于堆芯1中, 热管3顶端为自由端。故热管3由于热量降低体积收缩时, 表现为热管3的顶端高度降低, 热管3通过联动机构4与滑移径向反射层12构成刚性连接, 故可驱动滑移径向反射层12向下运动。

[0034] 需要说明的是, 本申请实施例中, 联动机构4的热胀冷缩量远远小于热管3的热胀冷缩量, 几乎可以忽略不计。

[0035] 本申请实施例的空间堆, 利用热管3的热胀冷缩原理和联动机构4实现滑移径向反射层12向下移动, 即空间堆启动前, 活性区11的燃料尚未开始核裂变, 滑移径向反射层12和固定径向反射层13存在预留间隙。当空间堆启动后, 活性区11的燃料开始核裂变, 温度升高, 带动热管3温度上升。热管3受热膨胀, 在轴向有一定的伸长量。空间堆启动一段时间后进入额定运行状态, 活性区11温度产生小幅下降, 传递给热管3的热量相应减少, 导致热管3产生轴向收缩。热管3通过联动机构4驱动滑移径向反射层12向下运动。滑移径向反射层12和固定径向反射层13之间距离的减少会减小堆芯1的中子泄漏率, 引入正反应性, 从而补偿燃耗反应性损失, 维持空间堆的临界运行状态。使得在空间堆运行过程中, 无需控制系统对活性区的反应性下降进行主动干预, 减少了空间堆的故障率, 提高了系统的可靠性。

[0036] 需要说明的是, 在空间堆进入额定运行状态之前, 热管3和联动机构4之间处于断开连接的状态, 热管3的热膨胀不会带动联动机构4运动, 即不会影响滑移径向反射层12的轴向位置。在空间堆进入额定运行状态之后, 热管3和联动机构4之间处于连接状态, 以形成一个联动整体, 热管3的收缩会带动联动机构4运动, 进而带动滑移径向反射层12向下移动。

[0037] 联动机构4的具体结构形式不限, 示例性地, 请参阅图1, 联动机构4包括传动杆42、设置于传动杆42上的第一锁止机构43以及与热管3固定连接的热管驱动轴41。

[0038] 联动机构4通过传动杆42与滑移径向反射层12固定连接; 第一锁止机构43用于锁紧或释放热管驱动轴41, 以使得热管驱动轴41和传动杆42之间连接或断开动力传递。

[0039] 该实施例中, 在空间堆未启动之前, 第一锁止机构43处于释放热管驱动轴41的状态, 即热管3和联动机构4之间处于断开连接的状态, 热管驱动轴41与传动杆42之间没有动力传递。在空间堆启动并进入额定运行状态之前, 第一锁止机构43仍然处于释放热管驱动轴41的状态, 随着活性区11升温, 热管3温度升高, 热管3受热膨胀, 在轴向有一定的伸长量, 推动热管驱动轴41向上运动。热管驱动轴41不会带动传动杆42运动, 保证滑移径向反射层12不随热管驱动轴41的运动产生向上移动。

[0040] 在空间堆进入额定运行状态之后, 此时设置于传动杆42上的第一锁止机构43锁紧热管驱动轴41, 热管3和传动杆42之间处于连接状态, 形成一个联动整体。热管3温度降低时, 在轴向有一定的收缩量, 拉动热管驱动轴41向下运动, 热管驱动轴41通过设置于传动杆42上的第一锁止机构43传递动力, 驱动传动杆42向下运动。

[0041] 热管驱动轴41与热管3在空间中的布置方式不限, 可以是同轴布置, 也可为非同轴布置。示例性地, 请参阅图1, 热管驱动轴41与热管3同轴布置。

[0042] 该实施例中, 热管驱动轴41与热管3同轴利于热管3轴向长度变化产生的载荷均匀

施加在热管驱动轴41上,热管驱动轴41随着热管3的伸缩进行往复运动,同时同轴布置方式使得两者之间布局紧凑合理,节省了空间堆内部空间。

[0043] 为了保证空间堆处于额定运行状态前滑移径向反射层12与固定径向反射层13的预留间隙不产生变化,可增加固定滑移径向反射层12的装置。

[0044] 示例性地,请参阅图1,联动机构4包括:固定于空间堆的固定结构上的第二锁止机构44,第二锁止机构44用于选择性地锁紧或释放传动杆42。

[0045] 该实施例中,空间堆的固定结构独立于联动机构4,固定结构相对固定径向反射层13的位置不变。固定结构的具体结构不限。

[0046] 空间堆启动前,第二锁止机构44锁紧传动杆42,第一锁止机构43释放热管驱动轴41。第二锁止机构44对传动杆42的锁紧保证滑移径向反射层12不产生运动。

[0047] 空间堆启动并进入额定运行状态之前,第二锁止机构44继续锁紧传动杆42,第一锁止机构43仍然处于释放热管驱动轴41的状态。此时热管驱动轴41和传动杆42之间断开动力传递,保证滑移径向反射层12不受热管3体积膨胀的影响,不产生运动,与固定径向反射层13的预留间隙不变。当空间堆处于额定运行状态后,第一锁止机构43释放热管驱动轴41,使得热管驱动轴41和传动杆42之间连接动力传递。第二锁止机构44释放传动杆42,使其不干涉传动杆42驱动滑移径向反射层12运动。

[0048] 第一锁止机构43和第二锁止机构44的结构形式不限,示例性地,可以为采用内锥形套和钢珠配合使用的锁紧装置或采用拉杆配合筒夹的锁紧装置等。

[0049] 传动杆42的具体结构形式不限,示例性地,传动杆42包括:相互连接的连接杆421和反射层驱动轴422,连接杆421一端连接第一锁止机构43,连接杆421另一端连接反射层驱动轴422,反射层驱动轴422和热管驱动轴41平行设置,反射层驱动轴422底端固定连接滑移径向反射层12。

[0050] 该实施例中,空间堆处于额定运行状态后,第一锁止机构43锁紧热管驱动轴41。随着堆芯1反应性消耗,活性区11以及热管3温度逐渐降低。热管3产生轴向收缩,带动热管驱动轴41沿热管3轴向向下运动。热管驱动轴41通过第一锁止机构43、连接杆421以及反射层驱动轴422驱动滑移径向反射层12向下移动。

[0051] 反射层驱动轴422和热管驱动轴41平行设置的方式利于实现滑移径向反射层12的滑移顺畅、无卡滞。

[0052] 连接杆421与反射层驱动轴422在空间中的布置方式不限,可以是垂直连接,也可倾斜连接。示例性地,请参阅图1,连接杆421垂直于反射层驱动轴422。

[0053] 该实施例中,相较连接杆421倾斜连接于反射层驱动轴422的结构,可减少连接杆421的长度,节省了材料。

[0054] 连接杆421和反射层驱动轴422的连接方式不限,例如,可以为焊接、螺纹连接等方式。

[0055] 连接杆421和反射层驱动轴422的材质不限,在一些实施例中,连接杆421和反射层驱动轴422可以为Haynes 230(海恩斯230合金)、40Cr、GCr15等材质。

[0056] 为了尽量减少空间堆运行中堆芯1的中子泄漏量,示例性地,热管3的底端部与活性区11下方的轴向反射层14顶端接触。

[0057] 该实施例中,热管3仅贯穿了活性区11和活性区11上方的轴向反射层14,并未进入

活性区11下方的轴向反射层14,活性区11下方封闭的轴向反射层14利于反射活性区11逃逸出来的中子,有效减少中子损失。

[0058] 为了便于迅速均匀传热,实现热胀冷缩。热管3应具有良好的轴向等温性。示例性地,热管3材质为Ni-Cr基固溶强化型变形高温合金,例如,选用海恩斯230合金,热管3底部灌装有固态的钠。

[0059] 该实施例中,热管3选用Haynes 230(海恩斯230合金)。Haynes 230是一种以镍、铬、钼、钨等元素组成的镍基高温合金,含镍量约为58%。Haynes230镍基合金综合了多数高温合金的强度及可加工性,具有卓越的力学性能,耐高温蠕变性能,出色的表面稳定性和耐腐蚀(氧化)性能。

[0060] 热管3底部灌装有固态的钠,当热管3受热后固态钠转化为钠蒸汽,沿着热管3轴向向上传递热量,使得热管3具有较好的轴向等温性,即热管3延伸于堆芯1外的部分和堆芯1内的部分具有相近的温度。

[0061] 所选热管3良好的轴向等温性以及所选热管3材质良好的蠕变性能,保证热管3整体受热均匀,提高了热管3的使用寿命。

[0062] 需要说明的是,根据具体实际应用中选择的堆功率、堆芯中的燃料类型,进行燃耗计算即可得到反应性的下降量,根据反应性的下降量预留滑移径向反射层12和固定径向反射层13之间的距离。

[0063] 示例性地,如图2所示,当空间堆运行至寿期末时,滑移径向反射层12与固定径向反射层13合拢。

[0064] 该实施例中,通过合理预留滑移径向反射层12和固定径向反射层13之间的距离,保证了在空间堆运行过程中最大程度减小堆芯1的中子泄漏率,避免了活性区11燃料的浪费,使得空间堆在释放相同热量时可尽可能减少活性区11燃料的用量。

[0065] 需要说明的是,由于滑移径向反射层12在移动很小距离的情况下即可引入较大的反应性。因此,通过合理设置热管3长度(热管3长度越长,其对应的等效负温度反馈系数也就越大),可使得在堆芯1温度变化较小的情况下即可引入较大反应性。即本申请的空间堆通过滑移径向反射层12移动引入正反应性即可较大程度补偿燃耗反应性损失,维持空间堆的临界运行,不需任何控制系统对活性区11的反应性下降进行主动干预。

[0066] 本申请提供的各个实施例/实施方式在不产生矛盾的情况下可以相互组合。以上仅为本申请的较佳实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

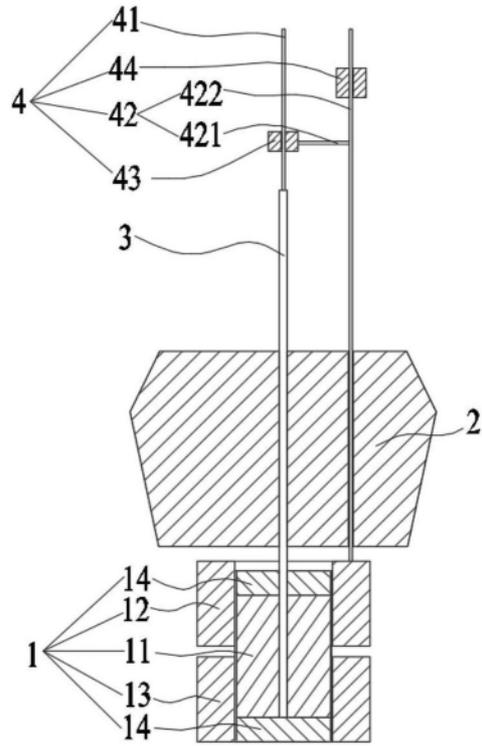


图1

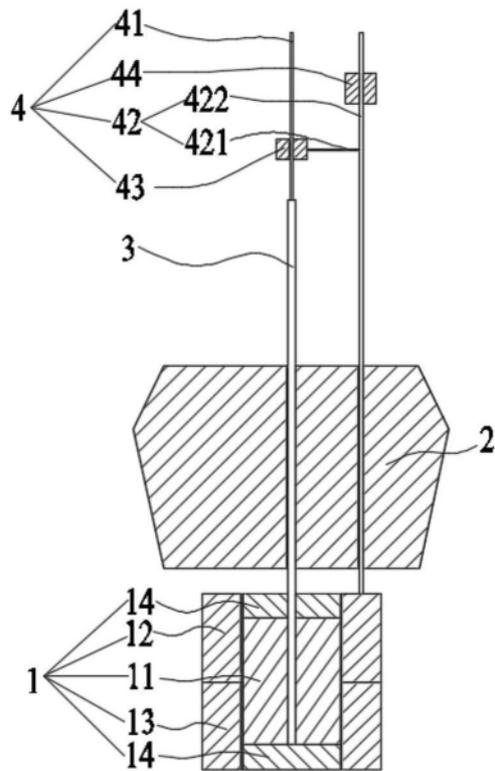


图2