



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113871041 B

(45) 授权公告日 2024.05.10

(21) 申请号 202111129136.9

(22) 申请日 2021.09.26

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113871041 A

(43) 申请公布日 2021.12.31

(73) 专利权人 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 王浩仲 夏凡 王明政 杨孔雳
吴水金 谷继品 于团结 钱博
牟佳冬 王渊渊 苏喜平 刘川川
刘志芳 张威 王长玲 徐宝玉

(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 刘向辉

(51) Int. Cl.

G21C 19/02 (2006.01)

G21C 19/20 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 103000237 A, 2013.03.27

CN 112837832 A, 2021.05.25

EP 0300745 A2, 1989.01.25

GB 1491552 A, 1977.11.09

JP H10142385 A, 1998.05.29

US 2013044850 A1, 2013.02.21

US 2019252082 A1, 2019.08.15

US 3494827 A, 1970.02.10

US 3773617 A, 1973.11.20

US 4374801 A, 1983.02.22

US 4637914 A, 1987.01.20

CN 105489255 A, 2016.04.13

GB 817265 A, 1959.07.29

JP H10132985 A, 1998.05.22

TW 476072 B, 2002.02.11

DE 69108640 D1, 1995.05.11

CN 104919534 A, 2015.09.16

CN 1308340 A, 2001.08.15

苏喜平等. CFR600堆芯组件自由跌落试验的
冲击响应分析. 强度与环境. 2021, 第48卷(第3
期), 第28-35页.

H. Gross. The BWR hybrid 4 control
rod. Nuclear Engineering and Design. 1988,
第108卷(第3期), 第 433-436页. (续)

审查员 吴波

权利要求书3页 说明书12页 附图13页

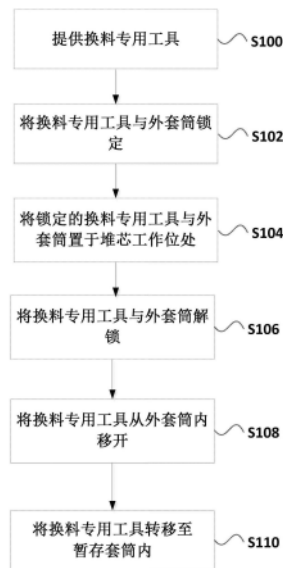
(54) 发明名称

控制棒组件的安装方法、取出方法以及更换
方法

(57) 摘要

一种控制棒组件的安装方法、取出方法以及
更换方法。所述控制棒组件包括移动体和外套
筒。其中在反应堆堆芯内安装控制棒组件的方
法包括: 所述反应堆外部将所述换料专用工具
与所述外套筒锁定; 将锁定的所述换料专用工
具与所述外套筒置于所述反应堆内的堆芯空位
处; 将所述换料专用工具与所述外套筒解锁; 以
及将所述换料专用工具从所述外套筒内移开。
本发明提供了一种适用于分体式控制棒组件的
安装方法。

CN 113871041 B



[接上页]

(56) 对比文件

莫锦涛;方浩宇;陈训刚;颜达鹏;李长香;邓朝俊;牛昊轩.一种基于动网格的反应堆控制棒落棒行为分流域耦合仿真方法.中国核电.2020,(第03期),第328-332页.

王浩仲等.一种分体式控制棒组件换料工艺

路线设计.科技创新导报.2020,(第19期),第55-58页.

王浩仲;吴水金;杨孔雳;谷继品;苏喜平;夏凡;刘川川.分体式控制棒组件换料工艺路线设计.科技创新导报.2020,(第19期),第55-58页.

1. 一种在反应堆堆芯内安装控制棒组件的方法,所述控制棒组件包括移动体和外套筒,其特征在于,所述方法包括:

提供换料专用工具,所述换料专用工具能够在所述外套筒内与所述外套筒锁定或解锁;

在所述反应堆外部将所述换料专用工具与所述外套筒锁定;

将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒置于所述反应堆内的堆芯工作位处;

将所述换料专用工具与所述外套筒解锁;以及

将所述换料专用工具从所述外套筒内移开;

所述反应堆堆芯预留有第一预留空位,所述第一预留空位内设有用于临时存放所述换料专用工具的暂存套筒;所述方法在将所述换料专用工具从所述外套筒内移开之后,还包括:将所述换料专用工具转移至所述暂存套筒内;所述反应堆堆芯预留有第二预留空位,

所述方法在将所述换料专用工具从所述外套筒内移开之后,还包括:提供换料专用套筒,所述移动体能够在所述换料专用套筒内与所述换料专用套筒锁定或解锁;在所述反应堆外部将所述移动体与所述换料专用套筒锁定;将锁定的所述移动体与所述换料专用套筒置于所述反应堆堆芯的第二预留空位处;将所述移动体与所述换料专用套筒解锁;以及将所述移动体转移至所述外套筒内;

所述换料专用工具能够在所述换料专用套筒内与所述换料专用套筒锁定或解锁;所述方法在将所述移动体与所述换料专用套筒解锁之后,还包括:将所述换料专用工具转移至所述换料专用套筒内,与所述换料专用套筒锁定;以及将锁定的所述换料专用工具和所述换料专用套筒移出所述反应堆;

所述换料专用套筒包括主管体、管脚、移动体锁定结构以及换料工具锁定结构,所述主管体内部形成收容腔,用于收容所述移动体;所述管脚与所述主管体的下端固定连接;

所述移动体锁定结构包括第一管体、活动套管以及弹簧,所述第一管体下端与所述主管体固定连接,所述第一管体的管壁上沿周向设有多个能够沿径向移动的滚珠,所述活动套管活动地套设在所述第一管体上;所述活动套管沿周向内陷形成多个收容槽,当所述活动套管相对于所述第一管体绕轴线转动时,所述滚珠可沿径向向内移动至锁定位置或沿径向向外移动至解锁位置;在所述锁定位置处,所述滚珠与所述移动体的环形凹槽配合,从而实现所述换料专用套筒与所述移动体的锁定;在所述解锁位置处,所述滚珠与所述移动体的所述环形凹槽相分离,从而实现所述换料专用套筒与所述移动体的解锁;

所述弹簧套设在所述第一管体上,用于向所述活动套管提供轴向向上的抵接力,以将所述活动套管保持在所述第一管体的上部位置;

所述换料专用工具能够通过所述换料工具锁定结构与所述换料专用套筒进行锁定或解锁。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,

在所述反应堆内,通过所述反应堆堆内换料系统的换料机和旋塞的配合,实现所述换料专用工具和所述移动体的转移,以及所述换料专用工具与所述外套筒的解锁、所述移动体与所述换料专用套筒的解锁、所述换料专用工具与所述换料专用套筒的锁定。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,

所述暂存套筒的结构与所述外套筒的结构相同。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述在所述反应堆外部将所述换料专用工具与所述外套筒锁定,包括:

在新燃料库房内,将所述换料专用工具与所述外套筒锁定;

所述方法还包括:

将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒运至反应堆大厅内;以及

将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒运至所述反应堆堆芯内。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述在所述反应堆外部将所述移动体与所述换料专用套筒锁定,包括:

在新燃料库房内,将所述移动体与所述换料专用套筒锁定;

所述方法还包括:

将锁定的所述移动体与所述换料专用套筒运至反应堆大厅内;以及

将锁定的所述移动体与所述换料专用套筒运至所述反应堆堆芯内。

6. 一种将控制棒组件从反应堆堆芯取出的方法,所述控制棒组件包括移动体和外套筒,其特征在于,所述反应堆堆芯预留有第一预留空位和第二预留空位,其中所述第一预留空位内设有用于临时存放换料专用工具的暂存套筒;所述方法包括:

提供换料专用套筒,所述移动体能够在所述换料专用套筒内与所述换料专用套筒锁定或解锁;

提供换料专用工具,所述换料专用工具能够分别在所述外套筒和所述换料专用套筒内与所述外套筒和所述换料专用套筒锁定或解锁;

在所述反应堆外部将所述换料专用工具与所述换料专用套筒锁定;

将锁定的所述换料专用工具与所述换料专用套筒置于所述反应堆堆芯内的所述第二预留空位处;

将所述移动体转移至所述暂存套筒内;

将所述换料专用工具与所述换料专用套筒解锁;

将所述换料专用工具转移至所述外套筒内,与所述外套筒锁定;以及

将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒移出反应堆;

所述换料专用套筒包括主管体、管脚、移动体锁定结构以及换料工具锁定结构,所述主管体内部形成收容腔,用于收容所述移动体;所述管脚与所述主管体的下端固定连接;

所述移动体锁定结构包括第一管体、活动套管以及弹簧,所述第一管体下端与所述主管体固定连接,所述第一管体的管壁上沿周向设有多个能够沿径向移动的滚珠,所述活动套管活动地套设在所述第一管体上;所述活动套管沿周向内陷形成多个收容槽,当所述活动套管相对于所述第一管体绕轴线转动时,所述滚珠可沿径向向内移动至锁定位置或沿径向向外移动至解锁位置;在所述锁定位置处,所述滚珠与所述移动体的环形凹槽配合,从而实现所述换料专用套筒与所述移动体的锁定;在所述解锁位置处,所述滚珠与所述移动体的所述环形凹槽相分离,从而实现所述换料专用套筒与所述移动体的解锁;

所述弹簧套设在所述第一管体上,用于向所述活动套管提供轴向向上的抵接力,以将所述活动套管保持在所述第一管体的上部位置;

所述换料专用工具能够通过所述换料工具锁定结构与所述换料专用套筒进行锁定或解锁。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,在将所述换料专用工具与所述换料专用套筒解锁后还包括:

将所述移动体转移至所述换料专用套筒内,以与所述换料专用套筒锁定;以及
将锁定的所述移动体与所述换料专用套筒移出反应堆。

8. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,
所述暂存套筒的结构与所述外套筒的结构相同。

9. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,
在所述反应堆内,通过所述反应堆堆内换料系统的换料机和旋塞的配合,实现所述换料专用工具和所述移动体的转移,以及所述换料专用工具与所述换料专用套筒的解锁、所述换料专用工具与所述外套筒的锁定、所述移动体与所述换料专用套筒的锁定。

10. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述在所述反应堆外部将所述换料专用工具与所述换料专用套筒锁定包括:

在新燃料库房内,将所述换料专用工具与所述换料专用套筒锁定;

所述方法还包括:

将锁定的所述换料专用工具与所述换料专用套筒运至反应堆大厅内;以及
将锁定的所述换料专用工具与所述换料专用套筒运至所述反应堆堆芯内。

11. 一种控制棒组件的更换方法,所述控制棒组件包括移动体和外套筒,其特征在于,所述方法包括:

按照如权利要求7所述的方法,将换料专用工具和乏外套筒移出反应堆,将乏移动体和换料专用套筒移出反应堆;

按照如权利要求1所述的方法,将新外套筒移入反应堆堆芯的堆芯工作位,将新移动体移入所述新外套筒内。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,

将所有控制棒组件的乏外套筒和乏移动体均移出所述反应堆之后,再向所述反应堆堆芯的堆芯工作位内移入所述新外套筒和新移动体。

控制棒组件的安装方法、取出方法以及更换方法

技术领域

[0001] 本发明涉及反应堆技术领域,具体涉及一种在反应堆堆芯内安装控制棒组件的方法、将控制棒组件从反应堆堆芯取出的方法、以及控制棒组件的更换方法。

背景技术

[0002] 中国实验快堆为国内第一座钠冷快堆,控制棒组件外形与燃料组件相同,其结构为一体式结构,控制棒组件的换料工艺流程与燃料组件相同。

[0003] 示范快堆内控制棒组件在中国实验快堆结构的基础上进行改进,采取了分体式结构:控制棒组件由移动体与外套筒两部分组成,移动体与外套筒之间相互独立不存在连接关系,移动体内部装有用于吸收中子的棒束,外套筒主体为六角形套管下部为圆柱形管脚。在反应堆堆芯内,外套筒管脚固定插在堆芯小栅板联箱的空位(即堆芯空位)处,移动体置于外套筒内。控制棒驱动机构抓取移动体的头部并带动移动体在外套筒内上下移动,通过移动体的上下移动改变吸收体棒束插入反应堆堆芯内的深度,从而调节反应堆堆芯内的功率。

[0004] 现有控制棒组件的换料工艺主要针对整体式的燃料组件,并不适用于分体式结构的控制棒组件的换料操作。因此需针对分体式控制棒组件设计新的换料工艺,实现堆芯内控制棒组件的更换、安装或移除。

发明内容

[0005] 本发明第一方面提供了一种在反应堆堆芯内安装控制棒组件的方法,所述控制棒组件包括移动体和外套筒,所述方法包括:

[0006] 提供换料专用工具,所述换料专用工具能够在所述外套筒内与所述外套筒锁定或解锁;

[0007] 在所述反应堆外部将所述换料专用工具与所述外套筒锁定;

[0008] 将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒置于所述反应堆堆芯内的堆芯工作位处;

[0009] 将所述换料专用工具与所述外套筒解锁;以及

[0010] 将所述换料专用工具从所述外套筒内移开。

[0011] 本发明第二方面提供了一种将控制棒组件从反应堆堆芯取出的方法,所述控制棒组件包括移动体和外套筒,所述反应堆堆芯预留有第一预留空位和第二预留空位,其中所述第一预留空位内设有用于临时存放换料专用工具的暂存套筒;所述方法包括:

[0012] 提供换料专用套筒,所述移动体能够在所述换料专用套筒内与所述换料专用套筒锁定或解锁;

[0013] 提供换料专用工具,所述换料专用工具能够分别在所述外套筒和所述换料专用套筒内与所述外套筒和所述换料专用套筒锁定或解锁;

[0014] 在所述反应堆外部将所述换料专用工具与所述换料专用套筒锁定;

[0015] 将锁定的所述换料专用工具与所述换料专用套筒置于所述反应堆堆芯内的所述第二预留空位处；

[0016] 将所述移动体转移至所述暂存套筒内；

[0017] 将所述换料专用工具与所述换料专用套筒解锁；

[0018] 将所述换料专用工具转移至所述外套筒内，与所述外套筒锁定；以及

[0019] 将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒移出反应堆堆芯。

[0020] 本发明第三方面提供了一种控制棒组件的更换方法，所述控制棒组件包括移动体和外套筒，所述方法包括：

[0021] 按照如前所述的取出方法，将换料专用工具和外套筒移出反应堆，将移动体和换料专用套筒移出反应堆；

[0022] 按照如前所述的安装方法，将新外套筒移入反应堆堆芯的堆芯工作位，将新移动体移入所述新外套筒内。

附图说明

[0023] 通过下文中参照附图对本发明所作的描述，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。

[0024] 图1是根据本申请实施例所采用的换料专用工具的结构示意图；

[0025] 图2是抓手套、小栅板联箱、锁定的换料专用工具和外套筒之间的配合剖视图；

[0026] 图3是图2中沿A-A方向的剖视图；

[0027] 图4是根据本申请实施例所采用的换料专用套筒的结构示意图；

[0028] 图5是图4中沿B-B方向的剖视图；

[0029] 图6是抓手套、小栅板联箱、锁定的换料专用套筒和移动体之间的配合图；

[0030] 图7是图6中沿C-C方向的剖视图；

[0031] 图8是图6中D区域的局部放大图；

[0032] 图9是根据本发明一个实施例的在反应堆堆芯内安装控制棒组件的方法流程图；

[0033] 图10是根据本发明另一个实施例的在反应堆堆芯内安装控制棒组件的方法流程图；

[0034] 图11示出了在反应堆堆芯内安装控制棒组件的过程中堆芯的变化；

[0035] 图12是根据本发明一个实施例的将控制棒组件从反应堆堆芯取出的方法流程图；

[0036] 图13示出了在将控制棒组件从反应堆堆芯取出的过程中堆芯的变化；以及

[0037] 图14是根据本发明一个实施例的控制棒组件的更换方法流程图。

[0038] 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。

具体实施方式

[0039] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例的附图，对本发明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发明的一个实施例，而不是全部的实施例。基于所描述的本发明的实施例，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，都属于本发明保护的范围。

[0040] 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发明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。

[0041] 在相关技术中,对于分体式控制棒组件,通常,移动体每1年进行一次更换,外套筒每1.5年进行一次更换。相关技术中针对移动体和外套筒的更换方法,通常是单独地更换移动体或单独地更换外套筒。

[0042] 在相关技术中,移动体和外套筒具有各自的换料工艺。在移动体或外套筒的换料工艺中,需要采用以新换旧的替换方式,即利用换料专用工具(或换料专用套筒)携带一个新外套筒(或新移动体)进入反应堆堆芯,然后携带一个乏外套筒(或乏移动体)出反应堆。具体地,换料专用工具能够在外套筒内与外套筒锁定或解锁;在反应堆堆芯内,可通过反应堆堆内换料系统的换料机抓取换料专用工具的操作头带动换料专用工具移动,从而带动外套筒移动。此外,在反应堆堆芯内,可通过反应堆堆内换料系统的换料机的操作实现换料专用工具与外套筒锁定或解锁,从而在将新外套筒放入堆芯工作位后,可将新外套筒与换料专用工具解锁,再将换料专用工具与乏外套筒锁定,之后利用换料专用工具携带乏外套筒移出堆芯。

[0043] 相应地,移动体能够在换料专用套筒内与换料专用套筒锁定或解锁。在反应堆内,可通过反应堆堆内换料系统的换料机抓取移动体的操作头带动移动体移动,从而带动换料专用套筒移动。此外,在反应堆内,可通过反应堆堆内换料系统的换料机单独或与旋塞配合实现移动体与换料专用套筒锁定或解锁,从而可将新移动体与换料专用套筒解锁,以将新移动体放入堆芯外套筒,再将乏移动体与换料专用套筒锁定,利用乏移动体携带换料专用套筒移出堆芯。

[0044] 由于堆内、外换料系统中设备如:装卸料提升机,乏组件转换桶等设备用于接收乏燃料组件或乏外套筒,单独的换料专用工具缺少与上述设备的接口尺寸,因此单独的换料专用工具不能运出反应堆堆芯,换料专用工具必须与外套筒或暂存套筒锁定,外形尺寸完整才能运出反应堆堆芯。因此,在设计更换外套筒时,必须要考虑换料专用工具从反应堆内移出的问题。

[0045] 在相关技术中,对于这样的换料工艺,在反应堆堆芯初次安装时,需要人工在反应堆堆芯工作位处放置控制棒组件模型,控制棒组件模型包括移动体模型和外套筒模型,其中移动体模型的形状与移动体相同,但内部不设置中子吸收材料;外套筒模型的形状与外套筒相同。在反应堆堆芯安装完成之后,通过反应堆堆内换料系统的换料机单独或与旋塞的配合,利用换料专用工具实现新外套筒替换外套筒模型,并利用换料专用套筒实现新移动体替换移动体模型,从而完成控制棒组件的安装。

[0046] 而在反应堆运行时,每隔几年(如3年)就需要同时对移动体和外套筒进行更换,相关技术中单独地更换移动体或外套筒的效率太低。

[0047] 此外,在反应堆退役时,需要将全部控制棒组件移出反应堆。在相关技术中,只能利用控制棒组件模型采用以“新”换“旧”的替换方式,将全部控制棒组件替换出来。

[0048] 由此可见,相关技术中,无论是在反应堆堆芯初次安装控制棒组件时,还是同时对

移动体和外套筒进行更换时,还是反应堆退役时,均需要单独地安装(或移除)移动体或外套筒,并且仅能采用以“新”换“旧”的换料方式,显然,这样的换料工艺的换料效率太低。

[0049] 由此,本发明提供了一种新的分体式控制棒组件的更换方法,在本发明的方法中,特别地将换料专用工具和换料专用套筒设置成能够使得换料专用工具在换料专用套筒内与换料专用套筒锁定或解锁。例如,可对相关技术中的换料专用套筒的结构进行改进,使换料专用套筒具有与外套筒相似的锁定结构,实现与换料专用工具的锁紧与解锁。从而,本发明能够实现乏移动体(或乏外套筒)的移出与新移动体(新外套筒)的放入过程分开进行,在移出乏控制棒组件时,利用换料专用工具携带换料专用套筒进入反应堆,两者分别携带乏外套筒和乏移动体出堆;在装入新控制棒组件时,换料专用工具和换料专用套筒分别携带新外套筒和新移动体进入堆芯,之后由换料专用工具携带换料专用套筒移出反应堆。由此,本发明能够同时对控制棒组件的移动体和外套筒进行移出(或安装),从而能够提高分体式控制棒组件的更换效率。

[0050] 在本发明实施例中,换料专用工具能够插入外套筒内,二者能够相互锁定(或锁紧)和解锁;移动体能够插入换料专用套筒内,二者能够相互锁定(或锁紧)和解锁。当换料专用工具与外套筒锁定后,其外形结构与燃料组件外形结构相似;当换料专用套筒与移动体锁定后,其外形结构与燃料组件外形结构相似,可实现兼容现有换料系统内的各相关设备。同时,换料专用工具可插入换料专用套筒内,二者能够相互锁定(或锁紧)和解锁,两者锁定时,其外形结构与燃料组件外形结构相似,也可兼容现有换料系统内的相关设备。

[0051] 图1是根据本申请实施例所采用的换料专用工具的结构示意图。参见图1,控制棒组件外套筒的换料专用工具100可包括:操作头110、与操作头110固定连接的套管组件120以及底部结构130。

[0052] 操作头110的形状可以与燃料棒的操作头类似,以便于适配整个换料系统,例如,新组件装载机、转运机、换料机的抓手套、水池操作机等均可抓取换料专用工具100的操作头110。

[0053] 操作头110可包括头部111、肩部113、以及连接头部111和肩部113的连接部112。操作头110的头部111和肩部113均依次包括直径渐扩的圆台部、直径均匀的圆柱部、以及直径渐缩的倒圆台部。连接部112为直径均匀的圆柱部。

[0054] 操作头110的肩部113沿周向设有多个限位凸起1131,用于与反应堆内换料系统的抓手套上的多个竖直槽配合。当利用抓手套抓持操作头110时,抓手套作用于操作头110的肩部113,抓手套上设有下方开口的竖直槽,操作头110的限位凸起1131位于该竖直槽内,从而可由抓手套带动换料专用工具100转动。

[0055] 图2是抓手套、小栅板联箱、锁定的换料专用工具和外套筒之间的配合剖视图。参见图2,外套筒200通过其管脚25插入小栅板联箱300的插筒(即堆芯工作位)内。换料专用工具100的套管组件120和底部结构130位于外套筒200内部。

[0056] 外套筒200的管脚25内设置弹簧24和锁紧套筒23。锁紧套筒23可沿轴向上下滑动,弹簧24用于向锁紧套筒23提供向上的抵接力。

[0057] 锁紧套筒23内形成凹槽,底部结构130伸入凹槽内部。锁紧套筒23的凹槽与底部结构130的横截面均为六边形,从而锁紧套筒23能够与换料专用工具100共同在抓手套400的作用下绕轴线转动(此时,外套筒200相对于小栅板联箱300保持静置,锁紧套筒23相对于小

栅板联箱300转动)。

[0058] 底部结构130的周向设有多个凸台131。外套筒200内设有多个凸台21,相邻两个凸台21之间形成开槽22。当换料专用工具100在抓手套400的作用下绕轴线转动时,底部结构130的凸台131可位于凸台21的下方或开槽22的下方。

[0059] 换料专用工具100在抓手套400的作用下绕轴线转动预设角度之后,若底部结构130的凸台131位于凸台21的下方,则抓手套400向上移开,在弹簧24的作用下,换料专用工具100上移,从而换料专用工具100的凸台131的上表面与外套筒200的凸台21抵接,此时换料专用工具100在外套筒200内部与外套筒200锁定。

[0060] 换料专用工具100在抓手套400的作用下绕轴线转动预设角度之后,若底部结构130的凸台131位于开槽22的下方(如图3所示),则换料专用工具100在外套筒200内部与外套筒200解锁。此时,抓手套400可带动换料专用工具100向上移动离开外套筒200。

[0061] 锁紧套筒23的周壁设有销柱,当锁紧套筒23随换料专用工具100共同在抓手套400的作用下绕轴线转动时,销柱能够与设置在小栅板联箱300上的限位槽锁定或解锁。

[0062] 图4是根据本申请实施例所采用的换料专用套筒的结构示意图。图5是图4中沿B-B方向的剖视图。参见图4和图5,换料专用套筒500包括主管体52、管脚53、移动体锁定结构51以及换料工具锁定结构。

[0063] 主管体52内部形成收容腔,用于收容控制棒组件的移动体600。管脚53与主管体52的下端固定连接,对主管体52起支撑作用,管脚53能够插入堆芯的小栅板联箱300。

[0064] 图6是抓手套、小栅板联箱、锁定的换料专用套筒和移动体之间的配合图;图7是图6中沿C-C方向的剖视图,图8是图6中D区域的局部放大图。参见图4至图8,移动体锁定结构51用于与移动体600的操作头610上的环形凹槽601进行配合,以将移动体600与换料专用套筒500进行锁定或解锁。

[0065] 在图示的实施例中,移动体锁定结构51包括第一管体511、活动套管512以及弹簧513。

[0066] 第一管体511下端与主管体52固定连接,第一管体511的管壁上沿周向设有多个能够沿径向移动的滚珠5111。活动套管512活动地套设在第一管体511上。活动套管512的上端向上延伸形成的凸起5121。通过凸起5121与抓手套400的竖直槽的配合,实现活动套管512和抓手套400两者周向定位,从而在抓手套400带动移动体600转动时,活动套管512也同时绕轴线转动。

[0067] 活动套管512沿周向内陷形成多个收容槽(图中未示出),当活动套管512相对于第一管体511绕轴线转动时,滚珠5111可沿径向向内移动至锁定位置或沿径向向外移动至解锁位置。在锁定位置处,滚珠5111与移动体600的环形凹槽601配合,从而实现换料专用套筒500与移动体600的锁定。在解锁位置处,滚珠5111与移动体600的环形凹槽601相分离,从而实现换料专用套筒500与移动体600的解锁。

[0068] 具体地,在抓手套400带动活动套管512转动的过程中,若滚珠5111错开活动套管512的收容槽,则滚珠5111在活动套管512管壁的作用下沿径向向内移动至锁定位置。若滚珠5111面对活动套管512的收容槽,则允许滚珠5111沿径向向外移动至解锁位置。

[0069] 弹簧513套设在第一管体511上,用于向活动套管512提供轴向向上的抵接力,以将活动套管512保持在第一管体511的上部位置。弹簧513例如可为压缩弹簧。

[0070] 换料工具锁定结构包括自主管体52内壁径向向内延伸的多个凸台,相邻两个凸台之间形成开槽。换料工具锁定结构与外套筒的锁定结构相似,在此不予赘述。

[0071] 由于换料工具锁定结构与外套筒的锁定结构相似,因此,换料工具能够通过换料工具锁定结构与专用套筒进行锁定或解锁。

[0072] 在本发明实施例的方法中,可以在反应堆堆芯储存井(即小栅板联箱)处预留两个空位:第一预留空位和第二预留空位,其中第二预留空位完全空出,第一预留空位预置一个外套筒作为暂存套筒,通过该布置实现控制棒组件在堆芯内的更换操作。

[0073] 由于乏移动体(或乏外套筒)的移出与新移动体(新外套筒)的放入过程是分开的,并且,可同时对控制棒组件的移动体和外套筒进行移出或安装。因此,本发明的更换方法还可进一步扩展至一种在反应堆堆芯内安装控制棒组件的方法以及一种将控制棒组件从反应堆堆芯取出的方法。从而,在反应堆堆芯初次安装控制棒组件时,无需人工在反应堆堆芯工作位处放置控制棒组件模型,而可在反应堆堆芯安装完成之后,再将新的控制棒组件安装进反应堆堆芯工作位;并且,也可在反应堆退役时能够将乏控制棒组件完全换出反应堆,而不需要利用控制棒组件模型替换。

[0074] 图9是根据本发明一个实施例的在反应堆堆芯内安装控制棒组件的方法流程图,参见图9,本发明实施例提供的一种在反应堆堆芯内安装控制棒组件的方法(以下简称安装方法)包括步骤S100至步骤S108。

[0075] 步骤S100,提供换料专用工具,所述换料专用工具能够在所述外套筒内与所述外套筒锁定或解锁;

[0076] 步骤S102,将所述换料专用工具与所述外套筒锁定;

[0077] 步骤S104,将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒置于所述反应堆堆芯内的堆芯工作位处;

[0078] 步骤S106,将所述换料专用工具与所述外套筒解锁;以及

[0079] 步骤S108,将所述换料专用工具从所述外套筒内移开。

[0080] 在步骤S100中,提供的换料专用工具如图1所示,所述换料专用工具能够在所述外套筒内与所述外套筒锁定或解锁。

[0081] 在步骤S102中,可在新燃料库房内,将所述换料专用工具与所述外套筒锁定。安装方法还包括:将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒运至反应堆大厅内;再通过堆内外换料系统将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒运至反应堆堆芯内。

[0082] 步骤S104中,在所述反应堆内,通过所述反应堆堆内换料系统的换料机抓取换料专用工具的操作头,将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒置于所述反应堆堆芯内的堆芯工作位处。本领域技术人员容易理解,在本申请中,在反应堆堆芯内安装控制棒组件时,堆芯内存在多个用于安装控制棒组件的堆芯工作位。该安装过程可以是在反应堆堆芯初次安装控制棒组件时,也可以是在更换控制棒组件时。在更换控制棒组件时,至少一个控制棒组件的乏移动体和乏外套筒均已移出堆芯以在堆芯处留有至少一个用于安装新外套筒和新移动体的堆芯工作位。

[0083] 在步骤S106中,在将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒置于所述反应堆堆芯内的堆芯工作位处之后,可利用堆内换料系统的换料机和旋塞的配合,将换料专用工具与所述外套筒解锁,在换料专用工具与所述外套筒解锁的同时,外套筒与小栅板联箱锁定。

[0084] 在步骤S108中,利用堆内换料系统的换料机将解锁后的换料专用工具从所述外套筒内移开。

[0085] 通过步骤S100至步骤S108,将控制棒组件的外套筒安装于所述反应堆堆芯内的堆芯工作位处。

[0086] 在一些实施例中,所述反应堆堆芯预留有第一预留空位,所述第一预留空位内设有用于临时存放所述换料专用工具的暂存套筒。容易理解,该堆芯空位为小栅板联箱上的一个堆芯空位,专门用于放置暂存套筒。在一些实施例中,第一预留空位的位置保持不变,即,小栅板联箱上固定的一个堆芯空位用于放置暂存套筒。

[0087] 在这样的实施例中,在步骤S108之后,安装方法还可包括步骤S110,将所述换料专用工具转移至所述暂存套筒内。

[0088] 在一些实施例中,所述反应堆堆芯预留有第二预留空位,该第二预留空位也为小栅板联箱上的一个堆芯空位。在一些实施例中,第二预留空位的位置保持不变,即,小栅板联箱上固定的一个堆芯空位用于作为第二预留空位。

[0089] 在一些实施例中,参见图10,安装方法在步骤S108之后或者在步骤S110之后,还可包括步骤S112至步骤S120,以将移动体放置于外套筒内。

[0090] 步骤S112,提供换料专用套筒,所述移动体能够在所述换料专用套筒内与所述换料专用套筒锁定或解锁;

[0091] 步骤S114,将所述移动体与所述换料专用套筒锁定;

[0092] 步骤S116,将锁定的所述移动体与所述换料专用套筒置于所述第二预留空位处;

[0093] 步骤S118,将所述移动体与所述换料专用套筒解锁;

[0094] 步骤S120,将所述移动体转移至所述外套筒内。

[0095] 通过步骤S100至步骤S120,实现将外套筒放置于堆芯工作位处,以及将移动体放置于外套筒内,即完成一组控制棒组件的安装。

[0096] 在步骤S112中,提供的换料专用套筒如图4所示,所述移动体能够在所述换料专用套筒内与所述换料专用套筒锁定或解锁。

[0097] 在步骤S114中,可在新燃料库房内,将所述移动体与所述换料专用套筒锁定。所述安装方法还包括:将锁定的所述移动体与所述换料专用套筒运至反应堆大厅内;再通过堆内外换料系统将锁定的移动体与所述换料专用套筒运至反应堆堆芯内。

[0098] 在步骤S116中,在所述反应堆内,通过所述反应堆堆内换料系统的换料机抓取移动体的操作头,将锁定的移动体与所述换料专用套筒置于所述反应堆堆芯内的第二预留空位处。

[0099] 在步骤S118中,在将锁定的所述移动体与所述换料专用套筒置于第二预留空位之后,可利用堆内换料系统的换料机和旋塞的配合,将移动体与所述换料专用套筒解锁。

[0100] 在步骤S120中,利用堆内换料系统的换料机将解锁后的移动体转移至所述外套筒。

[0101] 在一些实施例中,换料专用工具设置成能够在换料专用套筒内与换料专用套筒锁定或解锁。

[0102] 在这样的实施例中,参见图10,在步骤S120之后,安装方法还可包括步骤S122和步骤S124,以将换料专用工具和所述换料专用套筒移出所述反应堆。

[0103] 步骤S122,将所述换料专用工具转移至所述换料专用套筒内,与所述换料专用套筒锁定;

[0104] 步骤S124,将锁定的所述换料专用工具和所述换料专用套筒移出所述反应堆。

[0105] 在步骤S122中,在将所述换料专用工具转移至所述换料专用套筒内之后,可利用堆内换料系统的换料机和旋塞的配合,将换料专用工具与所述换料专用套筒锁定。

[0106] 在步骤S124中,可利用装卸料提升机将锁定的所述换料专用工具与换料专用套筒运至反应堆外部。

[0107] 本领域技术人员可以理解,在所述反应堆内,可通过所述反应堆堆内换料系统的换料机和旋塞的配合,实现所述换料专用工具和所述移动体的转移,以及所述换料专用工具与所述外套筒的解锁、所述移动体与所述换料专用套筒的解锁、所述换料专用工具与所述换料专用套筒的锁定。

[0108] 在一些实施例中,所述暂存套筒的结构可以与所述外套筒的结构相同。

[0109] 在一些实施例中,在将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒置于所述反应堆堆芯内的堆芯工作位处之前,所述安装方法还包括:在所述反应堆外部将所述换料专用工具与所述暂存套筒锁定;将锁定的所述换料专用工具与所述暂存套筒置于所述反应堆堆芯内的第一预留空位处;将所述换料专用工具与所述暂存套筒解锁;以及将所述换料专用工具移出暂存套筒。即,在堆芯安装控制棒组件之前,可提前在第一预留空位处放置暂存套筒。

[0110] 在一些实施例中,可以在新燃料库房内,将所述换料专用工具与所述暂存套筒锁定;所述安装方法还包括:将锁定的所述换料专用工具与所述暂存套筒运至反应堆大厅内;以及将锁定的所述换料专用工具与所述暂存套筒运至所述反应堆堆芯内。

[0111] 当然,在一些实施例中,也可在反应堆堆芯初次安装控制棒组件时(即反应堆密封充钠之前),由人工放置暂存套筒。

[0112] 图11示出了在反应堆堆芯内安装控制棒组件的过程中堆芯的变化。

[0113] 反应堆堆芯初始状态参见图11a。其中反应堆堆芯具有堆芯工作位30、第一预留空位31和第二预留空位32,第一预留空位31内设置有暂存套筒4。

[0114] 具体地,安装控制棒组件的过程包括:

[0115] (1)通过旋塞与换料机相的配合操作,将锁紧的换料专用工具6与新外套筒7放至堆芯内的堆芯工作位30处(参见图11b);

[0116] (2)通过旋塞与换料机的配合操作,将换料专用工具6与新外套筒7解锁并将换料专用工具6转移至位于第一预留空位31的暂存套筒4内,此时新外套筒7内空出(参见图11c);

[0117] (3)通过旋塞与换料机的配合操作,将锁紧的换料专用套筒5与新移动体8放至第二预留空位32内(参见图11d);

[0118] (4)通过换料机的操作,将新移动体8与换料专用套筒5解锁,并将新移动体8放至新外套筒7内,新控制棒组件完成装料操作(参见图11e);

[0119] (5)通过旋塞与换料机的配合操作,将位于暂存套筒4内的换料专用工具6放至位于第二预留空位32的换料专用套筒5内(参见图11f),并将二者锁紧运出反应堆(参见图11g,即反应堆堆芯安装一组新控制棒组件的状态)。

[0120] 本发明实施例还提供了一种将控制棒组件从反应堆堆芯取出的方法。所述反应堆

堆芯预留有第一预留空位和第二预留空位,其中所述第一预留空位内设有用于临时存放换料专用工具的暂存套筒。

[0121] 图12是根据本发明一个实施例的将控制棒组件从反应堆堆芯取出的方法流程图。参见图12,将控制棒组件从反应堆堆芯取出的方法(以下简称取出方法)包括步骤S200至步骤S212。

[0122] 步骤S200,提供换料专用套筒,所述移动体能够在所述换料专用套筒内与所述换料专用套筒锁定或解锁;提供换料专用工具,所述换料专用工具能够分别在所述外套筒和所述换料专用套筒内与所述外套筒和所述换料专用套筒锁定或解锁;

[0123] 步骤S202,将所述换料专用工具与所述换料专用套筒锁定;

[0124] 步骤S204,将锁定的所述换料专用工具与所述换料专用套筒置于所述反应堆堆芯内的所述第二预留空位处;

[0125] 步骤S206,将所述移动体转移至所述暂存套筒内;

[0126] 步骤S208,将所述换料专用工具与所述换料专用套筒解锁;

[0127] 步骤S210,将所述换料专用工具转移至所述外套筒内,与所述外套筒锁定;

[0128] 步骤S212,将锁定的所述换料专用工具与所述外套筒移出反应堆。

[0129] 通过步骤S200至步骤S212,实现将外套筒移出堆芯。

[0130] 在步骤S200中,提供的换料专用工具如图1所示,所述换料专用工具能够在所述外套筒内与所述外套筒锁定或解锁。提供的换料专用套筒如图4所示,所述移动体能够在所述换料专用套筒内与所述换料专用套筒锁定或解锁。

[0131] 在步骤S202中,在新燃料库房内,将所述换料专用工具与所述换料专用套筒锁定;取出方法还包括将锁定的所述换料专用工具与所述换料专用套筒运至反应堆大厅内;以及将锁定的所述换料专用工具与所述换料专用套筒运至所述反应堆堆芯内。

[0132] 在一些实施例中,在将所述换料专用工具与所述换料专用套筒解锁后还包括:将所述移动体转移至所述换料专用套筒内,以与所述换料专用套筒锁定;以及将锁定的所述移动体与所述换料专用套筒移出反应堆。从而,实现将移动体移出堆芯。

[0133] 在所述反应堆内,通过所述反应堆堆内换料系统的换料机和旋塞的配合,实现所述换料专用工具和所述移动体的转移,以及所述换料专用工具与所述换料专用套筒的解锁、所述换料专用工具与所述外套筒的锁定、所述移动体与所述换料专用套筒的锁定。

[0134] 在一些实施例中,所述取出方法还包括:在所述反应堆外部将所述换料专用工具与所述暂存套筒锁定,将锁定的所述换料专用工具与所述暂存套筒置于所述反应堆堆芯内的所述第一预留空位处;将所述换料专用工具与所述暂存套筒解锁;以及将所述换料专用工具移出暂存套筒。即,可提前在第一预留空位处放置暂存套筒。

[0135] 当然,在一些实施例中,也可在反应堆堆芯初次安装控制棒组件时(即反应堆密封充钠之前),由人工放置暂存套筒。

[0136] 图13示出了在将控制棒组件从反应堆堆芯取出的过程中堆芯空位的变化。

[0137] 反应堆堆芯初始状态参见图13a。其中反应堆堆芯具有第一预留空位31和第二预留空位32,第一预留空位31内设置有暂存套筒4。

[0138] 具体地,取出控制棒组件的过程包括:

[0139] (1)通过堆内换料系统的换料机与旋塞相配合,将锁紧的换料专用工具6与换料专

用套筒5转移至堆芯内第二预留空位32处(参见图13b);

[0140] (2)通过换料机与旋塞相配合,将堆芯内需要被换出的乏控制棒组件的乏移动体2转移至第一预留空位31处的暂存套筒4内,需被换出的乏控制棒组件的乏外套筒1空出(参见图13c);

[0141] (3)通过换料机操作将位于第二预留空位32处锁紧的换料专用工具6与换料专用套筒5解锁,然后将换料专用工具6转移至堆芯内空出的乏外套筒1内,并将换料专用工具6与乏外套筒1锁紧(参见图13d);

[0142] (4)通过换料机与旋塞相配合,将乏移动体从第一预留空位31处的暂存套筒4内抽出转移至位于第二预留空位32处的换料专用套筒5内,并将乏移动体2与换料专用套筒5锁紧(参见图13e);

[0143] (5)将锁紧的换料专用套筒5与乏移动体2,换料专用工具6与乏外套筒1运出反应堆(参见图13f)。

[0144] 针对移动体与外套筒同时到达换料周期的情况,本发明实施例还提供了一种控制棒组件的更换方法。所述反应堆堆芯预留有第一预留空位和第二预留空位,其中所述第一预留空位内设有用于临时存放换料专用工具的暂存套筒。

[0145] 图14是根据本发明一个实施例的控制棒组件的更换方法流程图。参见图14,所述更换方法包括步骤S300至步骤S308。

[0146] 步骤S300,提供换料专用套筒和换料专用工具;

[0147] 步骤S302,将换料专用工具和乏外套筒从堆芯空位移出反应堆;

[0148] 步骤S304,将乏移动体和换料专用套筒从第二预留空位移出反应堆;

[0149] 步骤S306,将新外套筒移入反应堆堆芯的堆芯工作位;

[0150] 步骤S308,将新移动体移入新外套筒内。

[0151] 在步骤S302和步骤S304中,利用前述取出方法将换料专用工具和乏外套筒移出反应堆,将乏移动体和换料专用套筒移出反应堆。

[0152] 在步骤S306和步骤S308中,利用前述安装方法将新外套筒移入反应堆堆芯的堆芯工作位,将新移动体移入所述新外套筒内。

[0153] 下面结合图11和图13对本发明所提供的一种用于分体式换控制棒组件的换料工艺流程进行详细说明。

[0154] 1、在新燃料库内,首先将换料专用工具与换料专用套筒锁紧,然后通过现有组件换料工艺路线中的新组件工艺运输路线将锁紧的换料专用工具与换料专用套筒运至反应堆大厅内;

[0155] 2、将二者运至反应堆大厅后,通过现有组件换料工艺路线中的堆外与堆内换料工艺路线将锁紧的换料专用工具与换料专用套筒运至反应堆堆芯内;

[0156] 3、在反应堆堆芯内:

[0157] 反应堆堆芯初始状态参见图13a。其中反应堆堆芯具有第一预留空位31和第二预留空位32,第一预留空位31内设置有暂存套筒4。

[0158] (1)通过堆内换料系统的换料机与旋塞相配合,将锁紧的换料专用工具6与换料专用套筒5转移至堆芯内第二预留空位32处(参见图13b);

[0159] (2)通过换料机与旋塞相配合,将堆芯内需要被换出的乏控制棒组件的乏移动体2

转移至第一预留空位31处的暂存套筒4内,需被换出的乏控制棒组件的乏外套筒1空出(参见图13c);

[0160] (3) 通过换料机操作将位于第二预留空位32处锁紧的换料专用工具6与换料专用套筒5解锁,然后将换料专用工具6转移至堆芯内空出的乏外套筒1内,并将换料专用工具6与乏外套筒1锁紧(参见图13d);

[0161] (4) 通过换料机与旋塞相配合,将乏移动体2从第一预留空位31处的暂存套筒4内抽出转移至位于第二预留空位32处的换料专用套筒5内,并将乏移动体2与换料专用套筒5锁紧(参见图13e);

[0162] (5) 将锁紧的换料专用套筒5与乏移动体2,换料专用工具6与乏外套筒1运出反应堆(参见图13f)。

[0163] 4、将运出反应堆的乏移动体2与换料专用套筒5、乏外套筒1与换料专用工具6通过现有组件换料工艺路线中的乏组件工艺运输路线将其运至乏燃料水池内存放;

[0164] 5、在新燃料库内,将换料专用工具与新外套筒、新移动体与换料专用套筒锁紧,然后通过现有组件换料工艺路线中的新组件工艺运输路线将其运至反应堆大厅内;

[0165] 6、将二者运至反应堆大厅后,通过现有组件换料工艺路线中的堆外与堆内换料工艺路线将锁紧的换料专用工具与新外套筒、新移动体与换料专用套筒运至反应堆堆芯内;

[0166] 7、在反应堆堆芯内:

[0167] (1) 通过旋塞与换料机相配合,将锁紧的换料专用工具6与新外套筒7放至堆芯内的堆芯工作位30处(参见图11b);

[0168] (2) 通过旋塞与换料机的操作,将换料专用工具6与新外套筒7解锁并将换料专用工具6转移至位于第一预留空位31的暂存套筒4内,新外套筒7内空出(参见图11c);

[0169] (3) 通过旋塞与换料机配合操作,将锁紧的换料专用套筒5与新移动体8放至第二预留空位32内(参见图11d);

[0170] (4) 通过换料机的操作,将新移动体8与换料专用套筒5解锁,并将新移动体8放至新外套筒7内,新控制棒组件完成装料操作(参见图11e);

[0171] (5) 通过旋塞与换料机的操作,将位于暂存套筒4内的换料专用工具6放至位于第二预留空位32的换料专用套筒5内(参见图11f),并将二者锁紧运出反应堆(参见图11g,即反应堆堆芯安装一组新控制棒组件的状态)。

[0172] 8、将运出堆芯的换料专用工具换料专用套筒,通过现在组件换料工艺路线中的乏组件工艺运输路线将其运至乏燃料水池内存放。

[0173] 由此可见,本发明实施例至少具有以下有益效果:

[0174] (1) 能够在换料系统现有设备的操作下实现控制棒组件的更换操作;

[0175] (2) 该换料工艺流程不影响燃料组件的换料操作;

[0176] (3) 通过该换料工艺流程能够提高分体式控制棒组件的更换效率;

[0177] (4) 通过该换料工艺流程在反应堆退役时能够将乏控制棒组件完全换出反应堆;

[0178] (5) 通过该换料工艺流程能够实现当乏控制棒组件完全换出堆芯时,新控制棒组件能够装入堆芯。

[0179] 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。

[0180] 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。

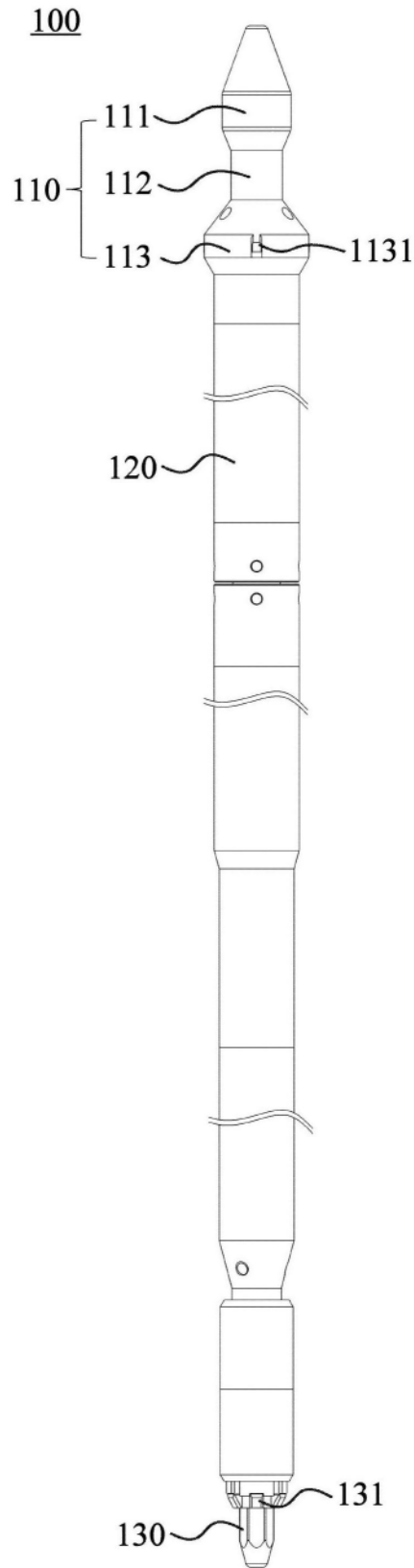


图1

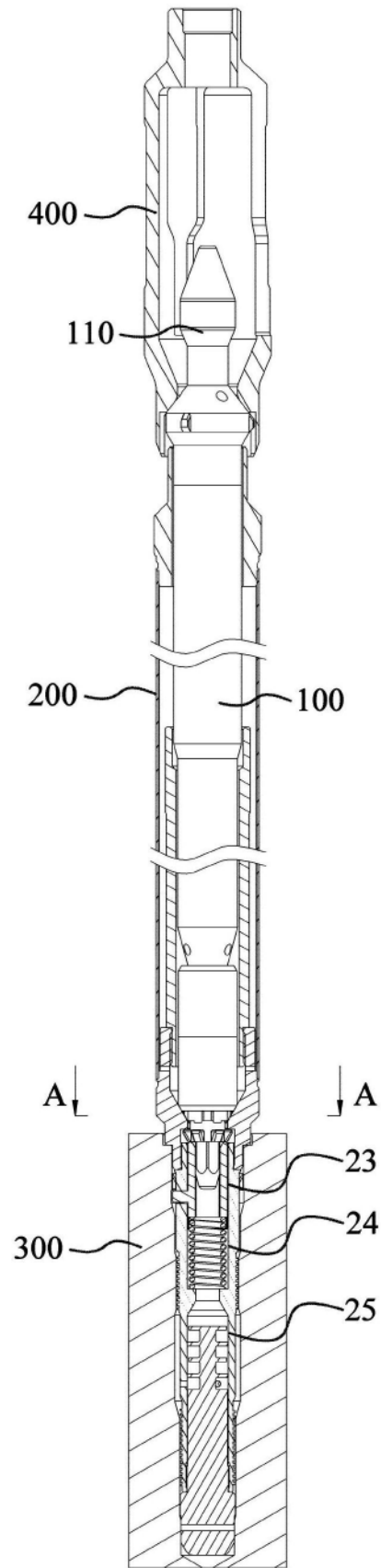


图2

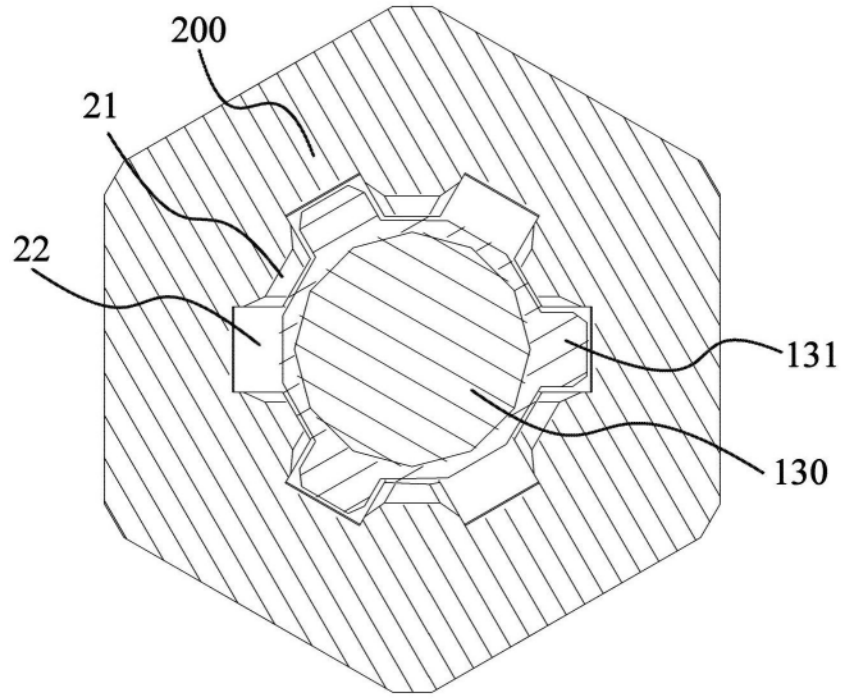


图3

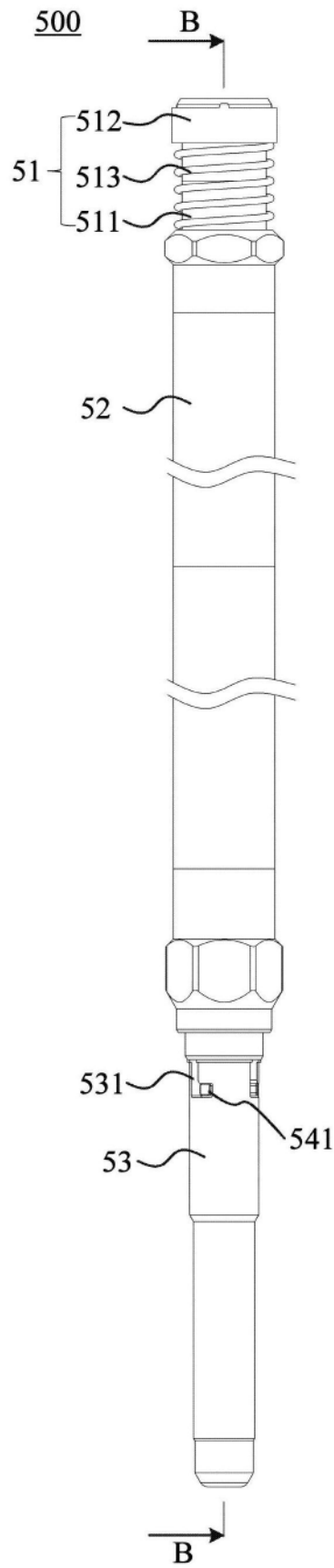


图4

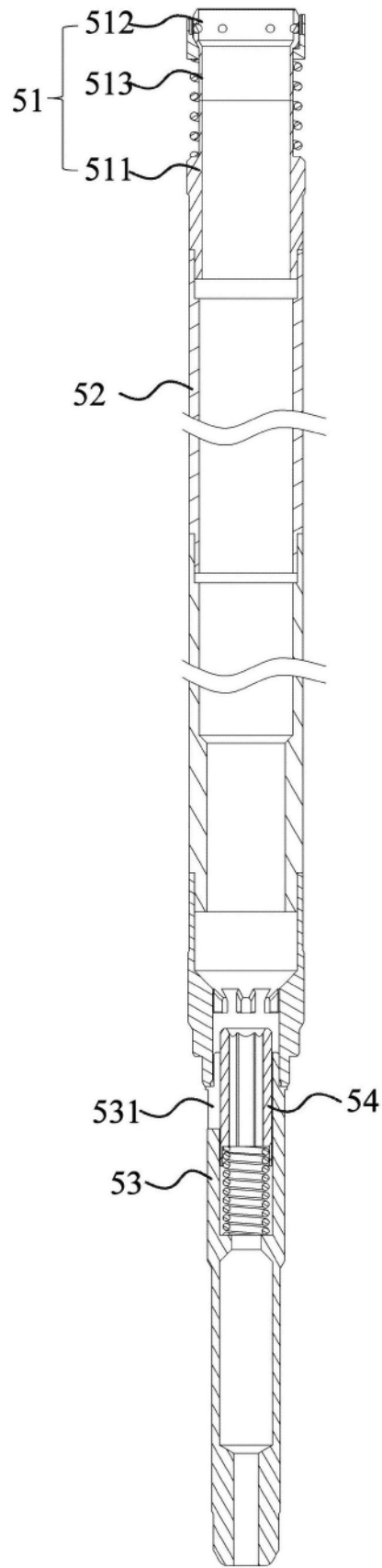


图5

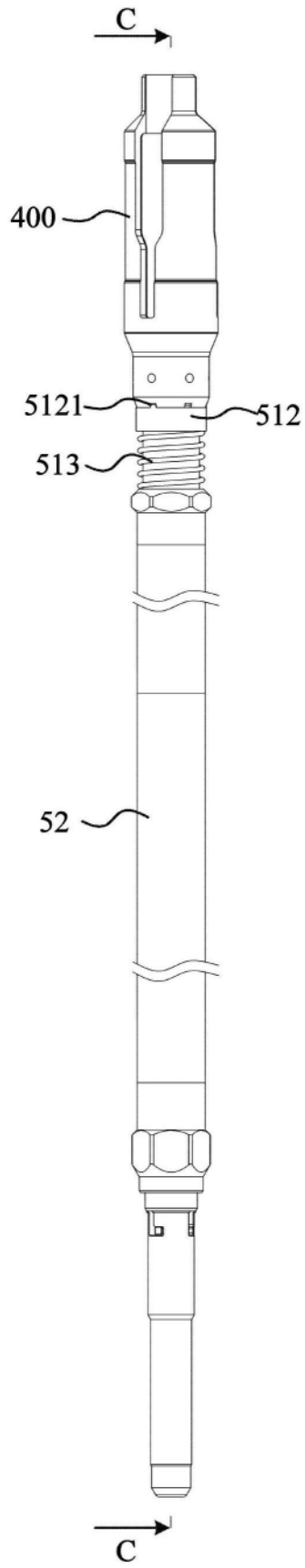


图6

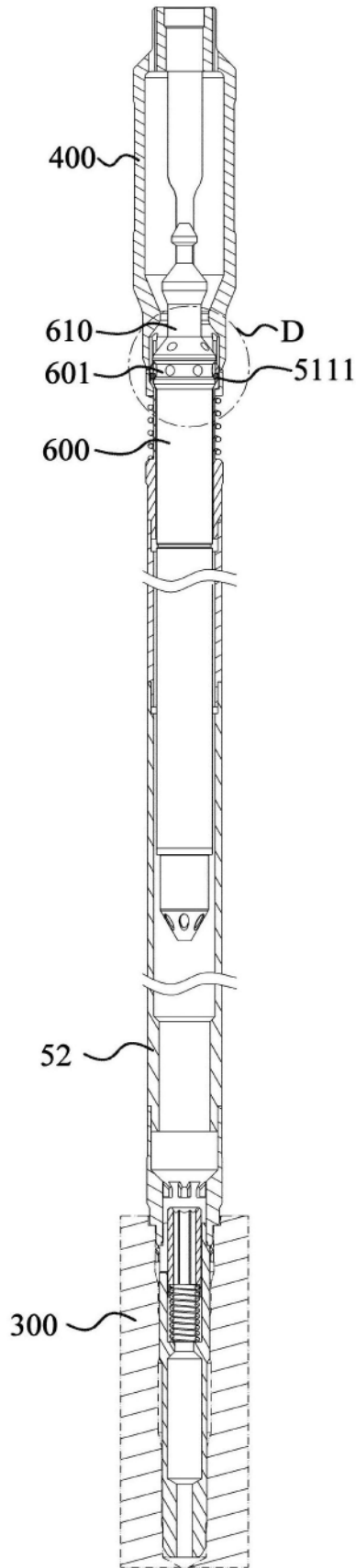


图7

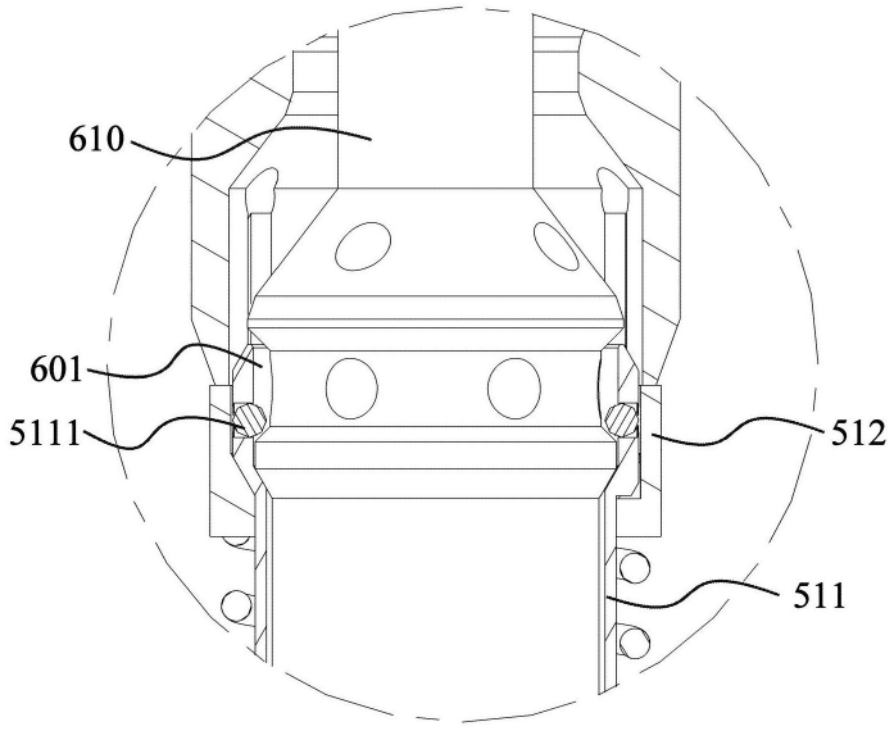


图8

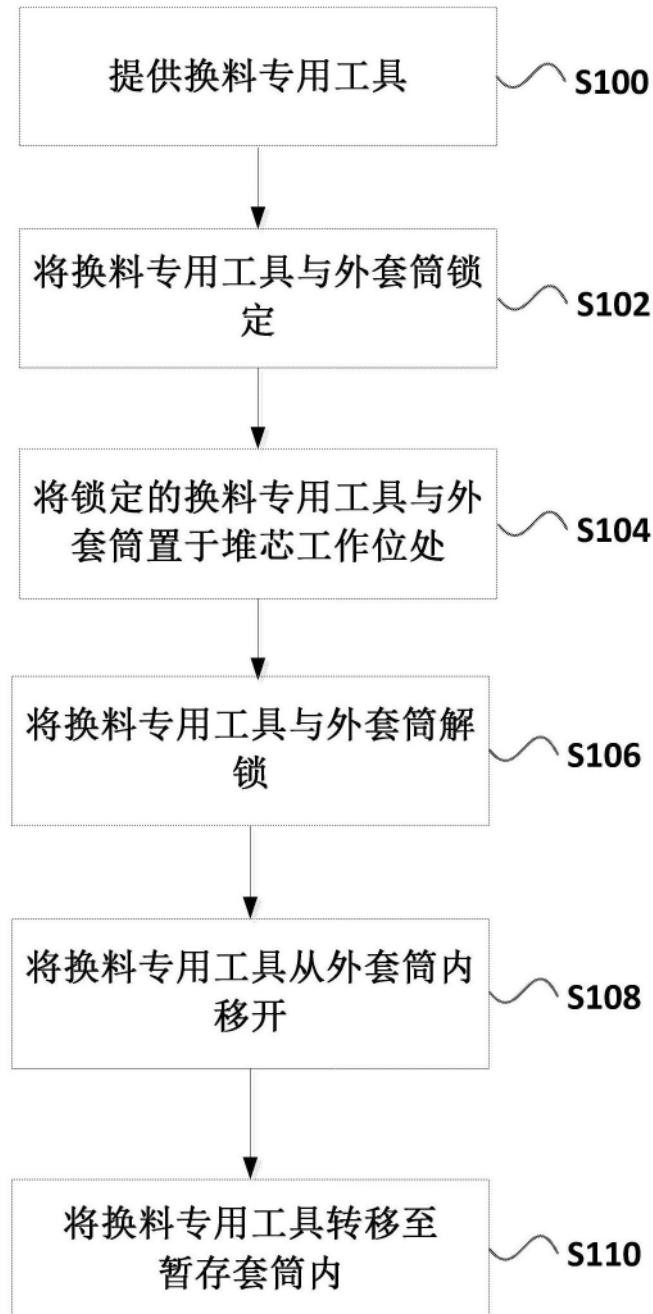


图9

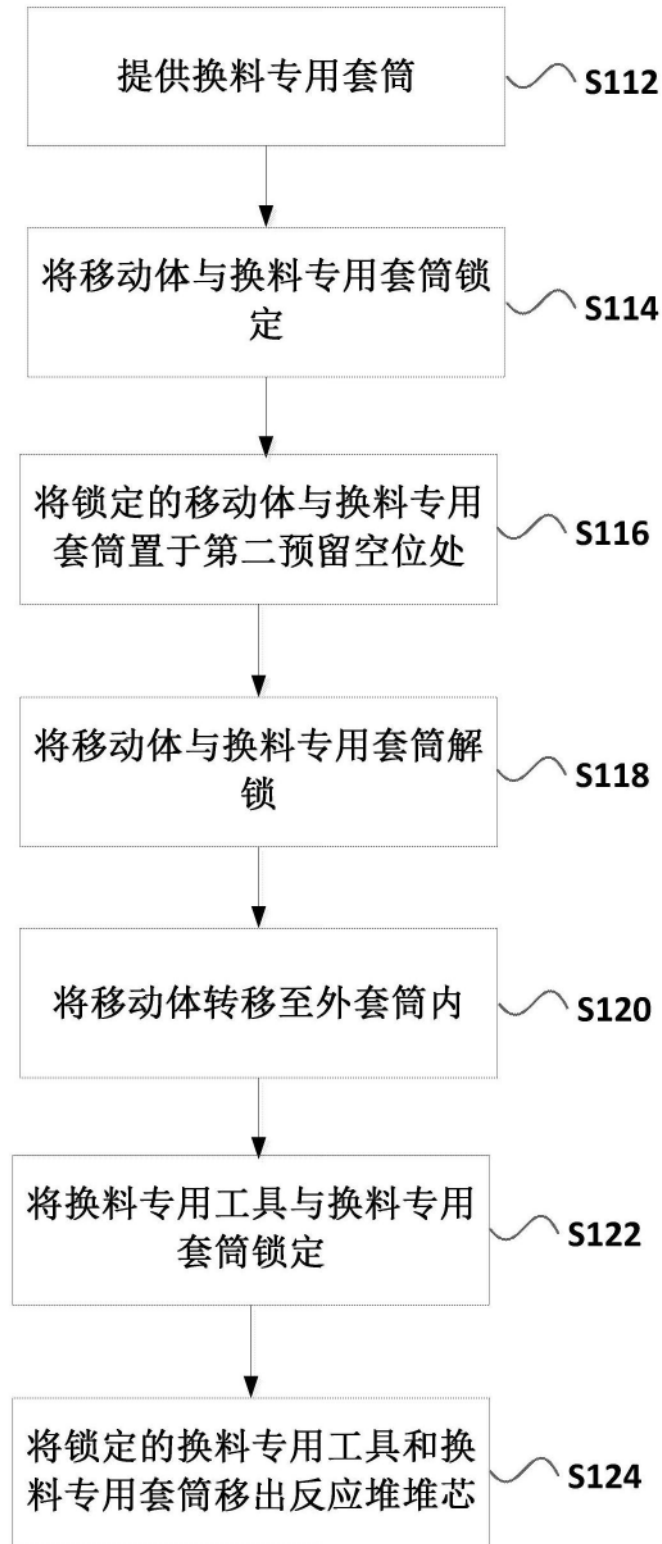


图10

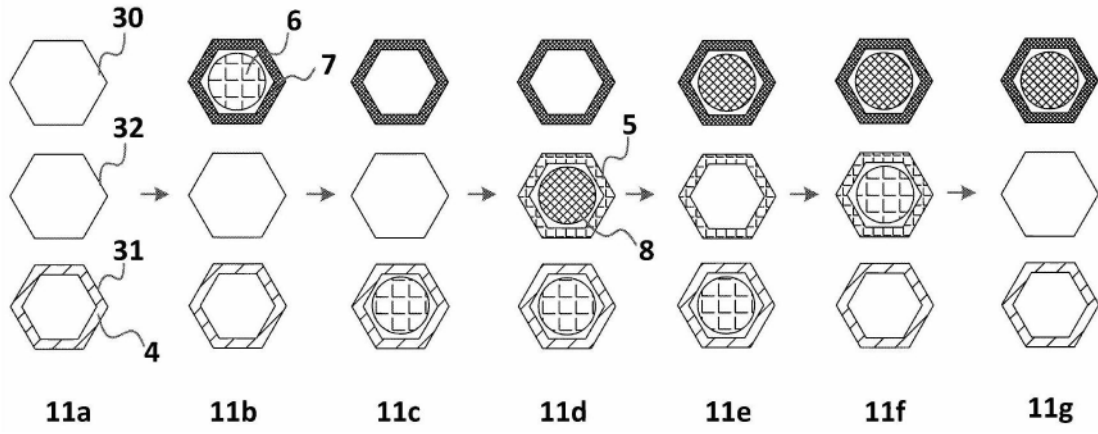


图11

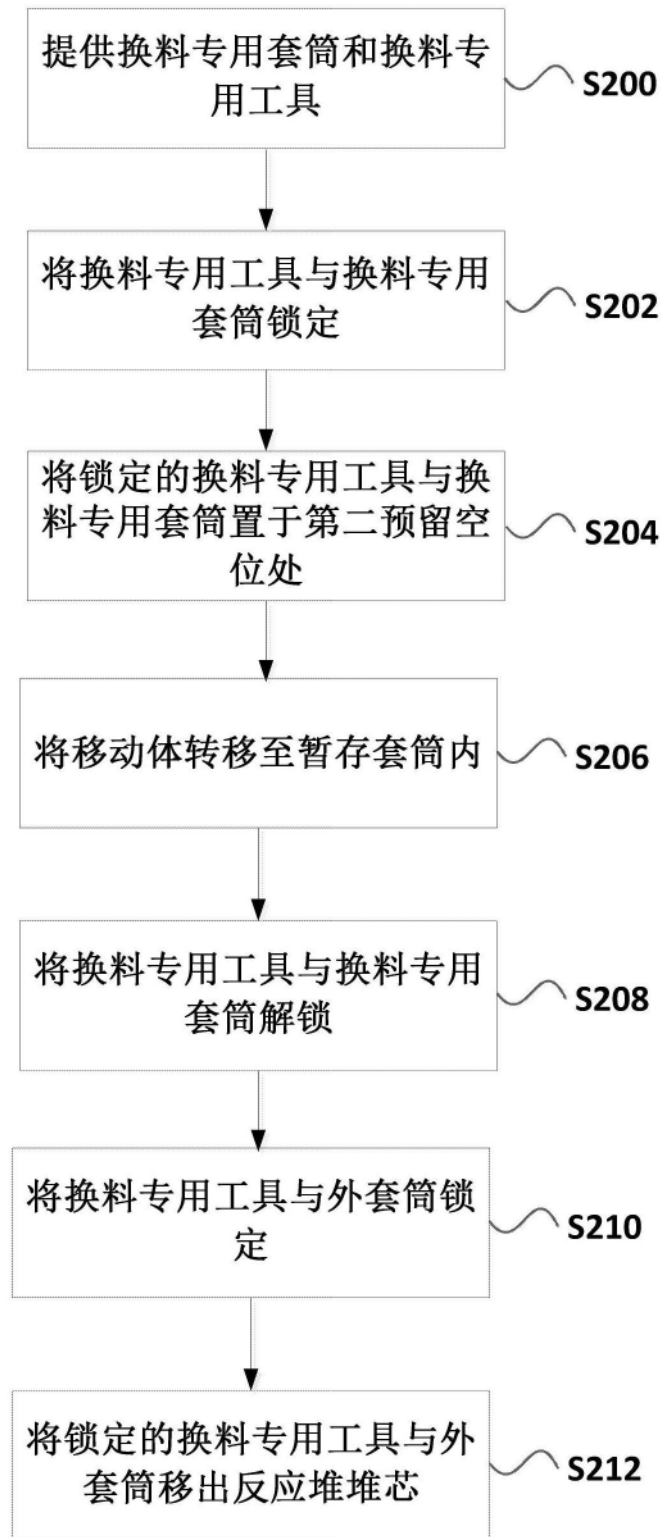


图12

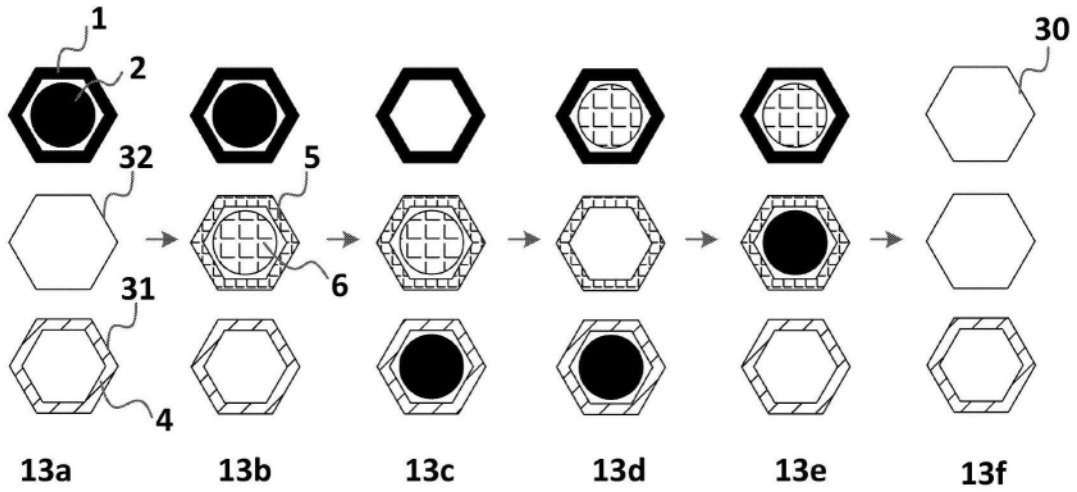


图13

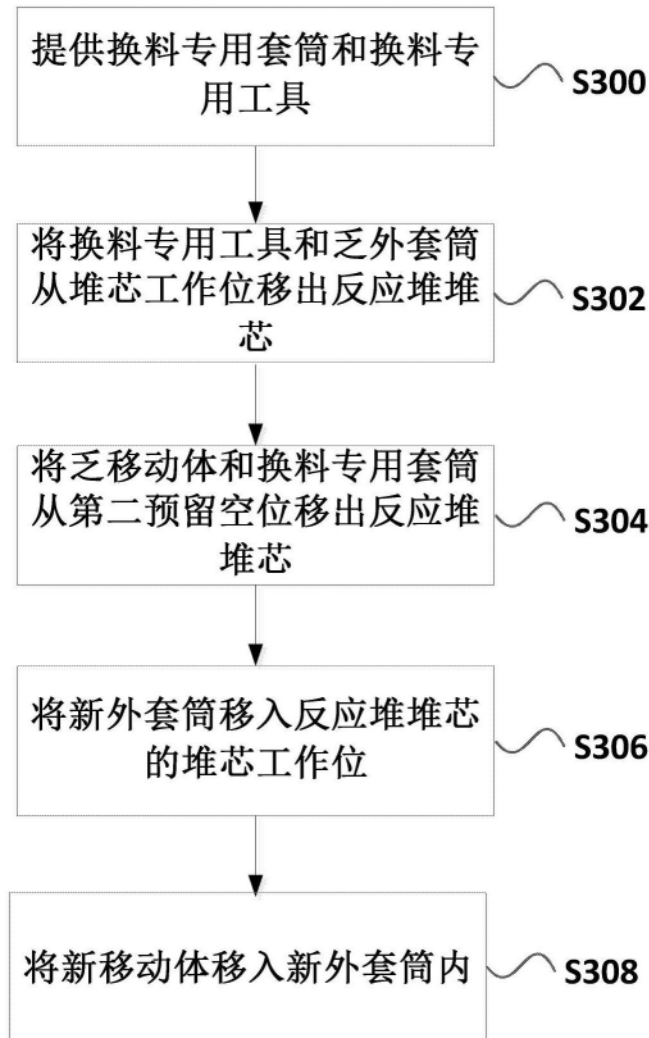


图14