(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111326269 A
(43)申请公布日 2020.06.23

(21)申请号 202010130514.4

(22)申请日 2020.02.28

(71)申请人 中广核研究院有限公司
地址 518000 广东省深圳市福田区上步中路西深圳科技大厦15层(1502-1504、1506)
申请人 生态环境部核与辐射安全中心
中国广核集团有限公司
中国广核电力股份有限公司

(72)发明人 周星杰 李亮 邓森 庞松涛 罗海林 陈双军 郑福家 谢君豪 李伯洋 彭尧 邱波

(74)专利代理机构 深圳汇智容达专利商标事务所(普通合伙) 44238
代理人 熊贤卿

(51)Int.Cl.
G21C 17/112(2006.01)
G21C 17/108(2006.01)
G21C 17/02(2006.01)

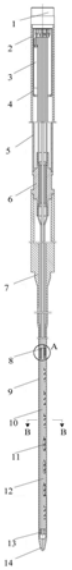
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器

(57)摘要

本发明公开了一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器,其至少包括依次设置的接插件、转接插座管焊装、转接封装管、内部密封接头、组件密封外壳、承压外壳、底部固定套管以及堵头。在承压外壳内设置有多个自给能探测器,以堆芯中心轴为轴,自下而上以螺旋式上升;每一个自给能探测器尾部连接有一尾部固定丝与所述底部固定套管连接,以实现对所述自给能探测器的定位,保证堆芯中子注量率测量结果及堆芯功率密度分布监测结果的准确性;同时,在承压外壳内部设置热电偶导热块结构,使热电偶与组件外壳紧密接触,提高热电偶与堆芯出口冷却剂的传热效率,进而提高热电偶对堆芯温度的测量灵敏度,缩短响应时间,提高测量精度,确保反应堆的安全运行。



CN 111326269 A

1.一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器，其特征在于，其至少包括依次设置的接插件、转接插座管焊装、转接封装管、内部密封接头、组件密封外壳、承压外壳、底部固定套管以及堵头，其中：

在组件密封外壳与堵头之间的内部设置有一内部支撑柱；

在所述承压外壳内壁与内部支撑柱之间设置有多个用于测量反应堆堆芯内部的中子注量率的自给能探测器，所述多个自给能探测器以堆芯中心轴为轴，自下而上以螺旋式上升；每一个自给能探测器尾部连接有一尾部固定丝与所述底部固定套管连接，以实现对所述自给能探测器的定位；

在所述承压外壳内壁进一步固定设置有热电偶，所述热电偶安装在热电偶导热块中，所述热电偶的固定位置与堆芯燃料组件冷却剂出口处于同一水平高度；

所述多个自给能中子探测器和热电偶的信号传输电缆经内部密封接头固定排布后引出，延伸至接插件处，并与所述接插件的插针固定连接。

2.如权利要求1所述的一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器，其特征在于，在转接插座管焊装中设置有恒温铜套，形成恒温腔；在所述恒温腔中设置有PT100温度传感器，所述PT100温度传感器与所述接插件的插针相固定，对所述热电偶进行冷端补偿。

3.如权利要求2所述的一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器，其特征在于，所述承压外壳为管状结构，其一端与所述堵头焊接固定，另一端与所述组件密封外壳的一端相固定；而内部密封接头焊接在所述组件密封外壳与所述连接封装管之间，而转接插座管焊装两端分别与所述接插件和转接封装管相焊接；所述底部固定套管设置于所述承压外壳内部，与所述堵头相固定。

4.如权利要求3所述的一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器，其特征在于，所述导热块与所述承压外壳内壁相贴合，所述热电偶卡设在所述导热块内部。

5.如权利要求4所述的一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器，其特征在于，所述多个自给能探测器的灵敏段中心位置按照燃料组件格架相对位置进行布置，以使所述自给能探测器活性段完全位于燃料组件内部。

6.如权利要求5所述的一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器，其特征在于，所述多个自给能中子探测器组的排布方式为螺旋上升而形成的圆柱形排布结构。

7.如权利要求1至6任一项所述的一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器，其特征在于，在所述组件密封外壳上设置有一段光滑圆柱状结构，与SWAGELOK密封卡件相配合，以调节所述组件密封外壳与反应堆堆芯测量探测器孔道的配合密封位置。

一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及核电厂反应堆堆芯中子通量与温度测量技术领域，具体涉及一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器。

背景技术

[0002] 通常在核电站反应堆堆芯会设置堆芯中子和温度测量仪表，用于测量堆芯中子通量和燃料组件出口温度，测量得到的信号用于监测堆芯三维功率分布、堆芯冷却状态等反应堆运行情况。

[0003] 对于不同堆型的核电站，其所设置的测量仪表类型有所不同。在现有技术中，一般所设置测量方式是采用从顶部插入热电偶，从底部插入微型可移动裂变室的测量方式，测量燃料组件出口温度和堆芯中子通量，如秦山核电二期和岭澳核电二期均采用的是此种测量方式和相应的测量仪表。采用该测量方式和测量仪表，需要在压力容器底部开孔，设置大量的贯穿管，将增加反应堆冷却剂泄漏的风险。

[0004] 随着对核电站安全性要求的不断提高以及技术进步，减小反应堆冷却剂泄漏的风险，需要将堆芯温度和中子测量的仪表置于堆芯之上，即堆芯仪表从顶部贯穿进入堆芯，不允许在主管道以下的压力容器侧壁和底部开孔。进而需要适应该结构性变化的新的中子通量和温度的探测装置。

[0005] 同时，目前的设备的可操作性差且对堆芯不同参数测量精度不够高。作为中子探测器的自给能探测器和作为温度探测器的电缆型热电转换器没有严格进行固定，也导致中子通量和温度测定的误差。除此之外，在组件运行过程中，探测器有可能改变最初的位置，这也会导致测量精度的降低。

[0006] 目前的堆芯中子及温度测量探测器组件存在某些昂贵组件利用率较低的情况，无法充分发挥该组件在中子通量及温度测量过程中的作用；若某个组件出现故障，导致整个测量组件所测堆芯状态信息的丢失，很难检查核反应堆容器的内部状态以便以最佳的方式处理严重事故，难以建立起积极有效的事故处理决策。

发明内容

[0007] 为解决上述技术问题，本发明提供了一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器，可以快速精准地测量堆芯中子通量与堆芯燃料组件冷却剂出口温度，并缩短堆芯出口温度探测器的响应时间，提高堆芯中子和温度的测量精度与设备的可靠性。

[0008] 本发明提供一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器，其至少包括依次设置的接插件、转接插座管焊装、转接封装管、内部密封接头、组件密封外壳、承压外壳、底部固定套管以及堵头，其中：

[0009] 在组件密封外壳与堵头之间的内部设置有一内部支撑柱；

[0010] 在所述承压外壳内壁与内部支撑柱之间设置有多个用于测量反应堆堆芯内部的中子注量率的自给能探测器，所述多个自给能探测器以堆芯中心轴为轴，自下而上以螺旋

式上升;每一个自给能探测器尾部连接有一尾部固定丝与所述底部固定套管连接,以实现对所述自给能探测器的定位;

[0011] 在所述承压外壳内壁进一步固定设置有热电偶,所述热电偶安装在热电偶导热块中,所述热电偶的固定位置与堆芯燃料组件冷却剂出口处于同一水平高度,所述导热块与所述承压外壳内壁相贴合;

[0012] 所述多个自给能中子探测器和热电偶的信号传输电缆经内部密封接头固定排布后引出,延伸至接插件处,并与所述接插件的插针固定连接。

[0013] 优选地,在转接插座管焊装中设置有恒温铜套,形成恒温腔;在所述恒温腔中设置有PT100温度传感器,所述PT100温度传感器与所述接插件的插针相固定,对所述热电偶进行冷端补偿。

[0014] 优选地,所述承压外壳为管状结构,其一端与所述堵头焊接固定,另一端与所述组件密封外壳的一端相固定;而内部密封接头焊接在所述组件密封外壳与所述连接封装管之间,而转接插座管焊装两端分别与所述接插件和转接封装管相焊接;所述底部固定套管设置于所述承压外壳内部,与所述堵头相固定。

[0015] 优选地,所述导热块与所述承压外壳内壁相贴合,所述热电偶卡设在所述导热块内部。

[0016] 优选地,所述多个自给能探测器的灵敏段中心位置按照燃料组件格架相对位置进行布置,以使所述自给能探测器活性段完全位于燃料组件内部,其测量的中子注量率能够准确反映反应堆运行情况。

[0017] 优选地,所述多个自给能中子探测器组的排布方式为螺旋上升而形成的圆柱形排布结构。

[0018] 优选地,在所述组件密封外壳上设置有一段光滑圆柱状结构,与SWAGELOK密封卡件相配合,以调节所述组件密封外壳与反应堆的堆芯测量探测器孔道的配合密封位置。

[0019] 实施本发明实施例,具有如下的有益效果:

[0020] 在本发明提供的本发明基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器中,通过将堆芯中子通量和温度测量探测器设计成一体化的传感器,可以减少核反应堆安全壳的开孔数量,提高了反应堆安全壳压力边界的安全系数,提升了反应堆的运行安全性;

[0021] 在本发明实施例中,自给能探测器在外壳内部轴向分布布置,并设置了内部支撑柱与尾部固定丝结构,内部支撑柱与尾部固定丝在组件底部与底部固定套管焊接在组件外壳上,能够对自给能探测器的位置进行精确控制,保证了自给能探测器的定位精度;

[0022] 在本发明实施例中,通过设置一个热电偶的导热结构,将热电偶与外壳紧密接触,以增加了热传导效率,解决了目前核电站堆芯温度在线测量响应慢与精度不高的问题,实现堆芯温度的在线精确测量;

[0023] 在本发明的实施例中,通过设置内部密封组件结构,可以确保传感器的外壳破损时能够防止反应堆压力容器发生泄漏;

[0024] 在本发明的实施例中,通过将多个自给能中子探测器沿堆芯轴心自下而上,以螺旋式上升的方式进行固定,使得内部元件的排布更为合理,提高了自给能探测器的定位精度,从而提高堆芯中子注量率的测量精准度,也可以更好地掌握堆芯功率密度的三维分布信息,为反应堆的控制提供数据支撑;

[0025] 在本发明的实施例中，在组件密封外壳中具有一段光滑圆柱状结构，在组件安装时与SWAGELOK密封卡件进行密封，密封时可以实现组件的上下调节，能够根据反应堆孔道尺寸调节密封位置，实现对测量点位置的调整。

附图说明

[0026] 图1是本发明提供的一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器的结构示意图；

[0027] 图2是图1中局部A的放大图；

[0028] 图3为本发明一个实施例中B-B处的承压外壳内部的结构示意图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图1以及图2对本发明的结构及原理作进一步的说明。

[0030] 如图1所示，示出了本发明提供的一种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器的结构示意图；一并结合图2所示。在本实施例中，本发明提供的种基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器，其至少包括依次设置的接插件1、转接插座管焊装2、转接封装管5、内部密封接头6、组件密封外壳7、承压外壳9、底部固定套管13以及堵头14，其中：

[0031] 所述承压外壳9为管状结构，其一端与所述堵头14焊接固定，另一端与所述组件密封外壳7的一端相固定；而内部密封接头6焊接在所述组件密封外壳7与所述连接封装管之间，而转接插座管焊装2两端分别与所述接插件1和转接封装管5相焊接；所述底部固定套管13设置于所述承压外壳9内部，与所述堵头14相固定。

[0032] 更加具体地，堵头14位于最下端，其设置成子弹头的形状以降低插入工作环境中的阻力；堵头14是传感器外壳的重要组成部分，其与承压外壳9通过氩弧焊接技术焊接固定密封；承压外壳9内部底端为底部固定套管13及尾部固定丝12，二者共同为承压外壳9内部的元件提供定位，便于元件的焊接固定。

[0033] 在堵头14与组件密封外壳7与之间的内部设置有一内部支撑柱10；

[0034] 在所述承压外壳9内壁与内部支撑柱10之间设置有多个用于测量反应堆堆芯内部的中子注量率的自给能探测器11(图1中示出了7个)。所述多个自给能探测器11形成一个探测器组，用于测量反应堆堆芯内部的中子注量率及监测堆芯功率密度分布。所述自给能探测器11以堆芯中心轴为轴，自下而上以螺旋式上升，自给能探测器11螺旋环绕在内部支撑柱11周围，由内部支撑柱10提供支撑；每一个自给能探测器11尾部连接有一尾部固定丝12与所述底部固定套管13焊接连接实现定位；具体地，所述多个自给能探测器11在承压外壳9内部轴向分布布置，围绕在内部支撑柱10外侧，且内部支撑柱10与尾部固定丝11在组件底部与底部固定套管13焊接在承压外壳9上，能够对所述多个自给能探测器11的位置进行精确控制，保证了自给能探测器11的定位精度；

[0035] 具体地，如图3所示，示出了承压外壳9内部的结构示意图。其中，多个自给能探测器11围绕在内部支撑柱10四周并螺旋分布，由于图3为一个截面图，图中只示出了一个自给能探测器11，而自给能探测器尾部的尾部固定丝12设置于内部支撑柱10的外侧；其他的铠装双芯电缆16用于传输自给能探测器11的信号(图中示出了四个)。

[0036] 在所述承压外壳9内壁进一步焊接固定有热电偶8，所述热电偶8通过导热块15与

承压外壳9内壁相贴合，所述热电偶8的固定位置与堆芯燃料组件冷却剂出口处于同一水平高度；更加具体地，在一个例子中，更加具体地，在一个实施例中，如图2所示。所述热电偶8卡设在所述导热块15内部，所述导热块15与所述承压外壳9内壁相贴合。其中，热电偶8用于测量反应堆堆芯燃料组件冷却剂出口的温度，热电偶8的导热块15用于快速将外壳外部冷却剂的温度传导到热电偶8，以缩短热电偶8的响应时间，提高堆芯燃料组件冷却剂温度的测量效率及测量精度。

[0037] 承压外壳9与组件密封外壳7采用氩弧焊接技术进行焊接密封，组件密封外壳7与内部密封接头6的内部密封结构在主体外壳的保护结构基础上，再添加一层密封保护层，确保本发明的传感器的外壳破损时能够防止反应堆压力容器发生泄漏。

[0038] 所述多个自给能中子探测器11和热电偶8的信号传输电缆经内部密封接头6固定排布后引出，再敷设延伸至接插件处，并与接插件1的插针进行固定连接，例如在一个实施例中，每个信号传输电缆可以采用诸如铠装双芯电缆(图3中以16进行标示)。其中，电缆从内部密封接头6引出后，需要一个金属管作为外壳提供保护及支撑，转接封装管5即充当此角色；转接封装管5采用激光焊接技术与内部密封接头6进行焊接密封。接插件1通过转接插座管焊装2与转接封装管5连接，转接封装管5与转接插座管焊装2之间采用激光焊接技术进行焊接密封，接插件1与转接插座管焊装2之间采用激光焊接技术进行焊接密封。相关信号传输电缆经内部密封接头6固定排布后引出，在转接封装管4内部完成导线转接，然后将导线再敷设延伸至接插件1处，采用锡焊技术与接插件1的插针进行连接，以保证稳定的信号传输及电能供应。

[0039] 同时，在转接插座管焊装2中设置有恒温铜套4，形成恒温腔；在所述恒温腔中设置有PT100温度传感器3，所述PT100温度传感器3与所述接插件的插针相固定，对所述热电偶进行冷端补偿；具体地，在转接插座管焊装2内部与接插件1焊接处，还焊接固定着一个恒温铜套4；PT100温度传感器3与接插件1的一根插针通过锡焊连接；恒温铜套4作为恒温腔，为PT100温度传感器3提供一个恒温环境，用于PT100温度传感器3对热电偶8的冷端进行温度补偿，以提高堆芯燃料组件冷却剂出口温度测量的准确性。

[0040] 更加具体地，在一个实施例中，在所述组件密封外壳7上设置有一段光滑圆柱状结构，与SWAGELOK密封卡件相配合，用于调节所述组件密封外壳7与堆芯测量探测器孔道的配合密封位置。具体地，在进行传感器安装时，SWAGELOK密封卡件可以实现在组件的上下调节，从而根据测量需求与反应堆孔道的尺寸调节密封位置，以实现传感器对测量点位置的调整。可以理解的是，其中，SWAGELOK密封卡件是本领域技术人员所熟知的部件，在此不进行详述。

[0041] 更加具体地，在一个实施例中，所述多个自给能探测器的灵敏段中心位置按照燃料组件格架相对位置进行布置，以使自给能探测器活性段完全位于燃料组件内部，其测量的中子注量率能够准确反映反应堆运行情况。在本发明的实施例中，通过将多个自给能中子探测器沿堆芯轴心自下而上，以螺旋式上升的方式进行固定，使得内部元件的排布更为合理，提高了自给能探测器的定位精度，从而提高堆芯中子注量率的测量精准度，也可以更好地掌握堆芯功率密度的三维分布信息，为反应堆的控制提供数据支撑。

[0042] 实施本发明实施例，具有如下的有益效果：

[0043] 在本发明提供的本发明基于自给能探测器及热电偶的堆芯测量传感器中，通过将

堆芯中子通量和温度测量探测器设计成一体化的传感器，可以减少核反应堆安全壳的开孔数量，提高了反应堆安全壳压力边界的安全系数，提升了反应堆的运行安全性；

[0044] 在本发明实施例中，自给能探测器在外壳内部轴向分布布置，并设置了内部支撑柱与尾部固定丝结构，内部支撑柱与尾部固定丝在组件底部与底部固定套管焊接在组件外壳上，能够对自给能探测器的位置进行精确控制，保证了自给能探测器的定位精度；

[0045] 在本发明实施例中，通过设置一个热电偶的导热结构，将热电偶与外壳紧密接触，以增加了热传导效率，解决了目前核电站堆芯温度在线测量响应慢与精度不高的问题，实现堆芯温度的在线精确测量；

[0046] 在本发明的实施例中，通过设置内部密封组件结构，可以确保传感器的外壳破损时能够防止反应堆压力容器发生泄漏；

[0047] 在本发明的实施例中，通过将多个自给能中子探测器沿堆芯轴心自下而上，以螺旋式上升的方式进行固定，使得内部元件的排布更为合理，提高了自给能探测器的定位精度，从而提高堆芯中子注量率的测量精准度，也可以更好地掌握堆芯功率密度的三维分布信息，为反应堆的控制提供数据支撑；

[0048] 在本发明的实施例中，在组件密封外壳中具有一段光滑圆柱状结构，在组件安装时与SWAGELOK密封卡件进行密封，密封时可以实现组件的上下调节，能够根据反应堆孔道尺寸调节密封位置，从而实现对测量点位置的调整。

[0049] 以上所述仅为本发明的较佳实施例，并非用以限定本发明的权利要求范围，因此凡其它未脱离本发明所揭示的精神下所完成的等效改变或修饰，均应包含于本发明的权利要求范围内。

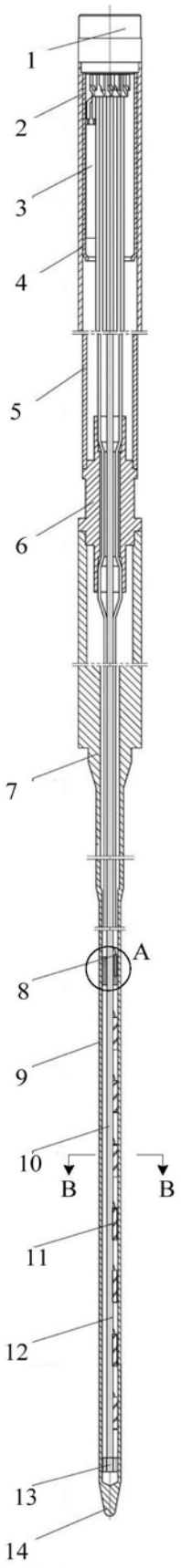


图1

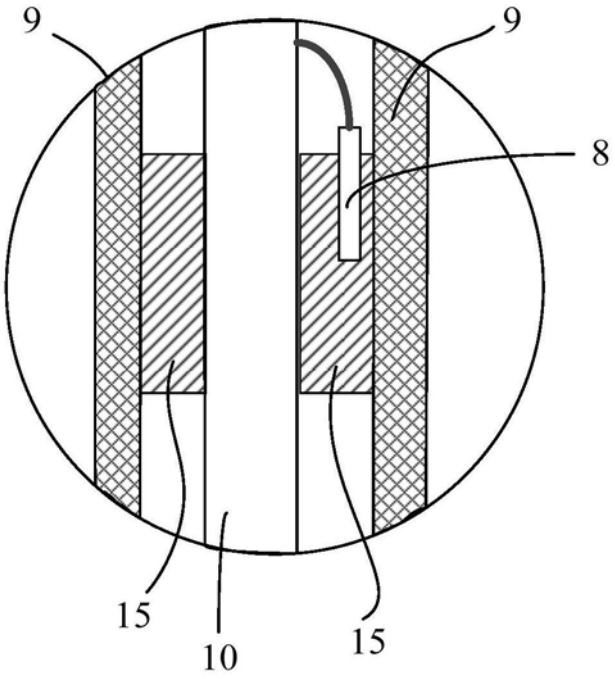


图2

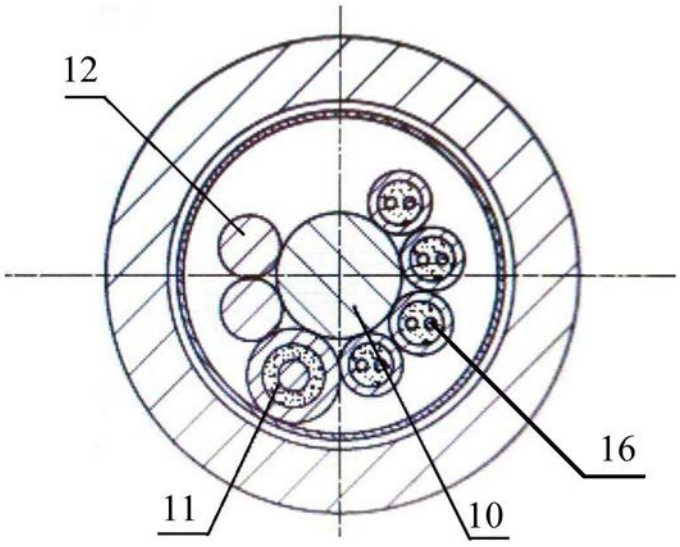


图3