

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 5 月 18 日 (18.05.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/079949 A1

- (51) 国际专利分类号:
G21C 17/10 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/094495
- (22) 国际申请日: 2015 年 11 月 12 日 (12.11.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 中广核工程有限公司 (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING COMPANY LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 中国广核集团有限公司 (CHINA GUANGDONG NUCLEAR POWER HOLDING CORPORATION) [CN/CN]; 中国广东省深圳市福田区上步中路 1001 号深圳科技大厦 17-19 楼, Guangdong 518000 (CN)。
- (72) 发明人: 李天友 (LI, Tianyou); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 曾力 (ZENG, Li); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 张睿

(ZHANG, Rui); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 杨浩 (YANG, Hao); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 王星 (WANG, Xing); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 田亚杰 (TIAN, Yajie); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 史赬 (SHI, Ji); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 汪伟 (WANG, Wei); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 彭华清 (PENG, Huaqing); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 陈卫华 (CHEN, Weihua); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 黄伟军 (HUANG, Weijun); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。 江辉 (JI-

[见续页]

(54) Title: NUCLEAR INSTRUMENTATION SYSTEM OF NUCLEAR POWER PLANT AND POSITIONING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 核电站核仪表系统及其定位方法

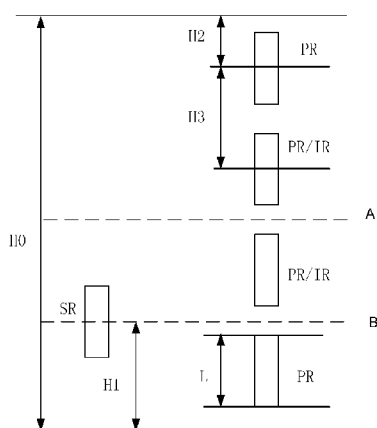


图 3

(57) Abstract: A nuclear instrumentation system of a nuclear power plant and positioning method therefor. The system comprises: a source range (SR) channel, an intermediate range (IR) channel, and a power range (PR) channel. Each channel comprises a detector disposed on the periphery of a pressure vessel. Each of the detectors of the PR channel and the IR channel comprises several fission chambers, and the detectors of the PR channel and the IR channel share some of the several fission chambers. Some detectors choose to use fission chambers, and therefore have improved anti-Gamma radiation capability, anti-noise performance, and anti-electromagnetic interference performance. Moreover, sharing fission chambers decreases the number of detectors and reduces subsequent workload for detector installation and positioning. Furthermore, increasing the redundancy of some channels improves system reliability. "Bucket-suspending type" installation allows easy detector installation and pull-out operations and protects persons against high radiation. A cable connection board is installed at a hoisting opening of an operating platform and away from a reactor core, such that signal transmission would not be easily interfered and affected by the reactor core environment.

(57) 摘要: 一种核电站核仪表系统及其定位方法, 系统包括: 源量程通道 (SR)、中间量程通道 (IR)、功率量程通道 (PR), 每个通道包括一个布设在压力容器外周的探测器; 功率量程通道 (PR) 和中间量程通道 (IR) 的探测器均包括若干个裂变室, 且所述功率量程通道 (PR) 和中间量程通道 (IR) 的探测器共用若干个裂变室。部分探测器选用裂变室, 抗 gamma 辐射能力、抗噪声性能、抗电磁干扰性能高, 且裂变室共用使得探测器数量减少, 减轻了后续的探测器安装定位工作量; 进一步地, 增加部分通道的冗余度, 提高系统可靠性; 采用"吊桶式"安装, 所以探测器的安装和取出操作方便, 且避免人员受高辐射; 电缆连接板安装在位于操作平台的吊装口, 远离反应堆堆芯, 使得传输信号不易受到堆芯环境的干扰和影响。

WO 2017/079949 A1



ANG, Hui); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518000 (CN)。

(74) **代理人: 深圳市顺天达专利商标代理有限公司 (SHENZHEN STANDARD PATENT & TRADE-MARK AGENT LTD.);** 中国广东省深圳市福田区深南大道 1056 号银座国际大厦 810-815 室, Guangdong 518040 (CN)。

(81) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

说明书

发明名称：核电站核仪表系统及其定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及核电系统领域，尤其涉及一种核电站核仪表系统及其定位方法。

背景技术

[0002] 核仪表系统也称RPN系统，是用分布于反应堆压力容器外的一系列探测器来测量反应堆功率、功率变化率以及功率的径向和轴向分布等。目前已知的RPN系统包含2个源量程探测器、2个中间量程探测器、4个功率量程探测器。其中，中间量程探测器由若干个补偿电离室构成，功率量程探测器由6段长电离室构成，由于采用补偿电离室、长电离室，中间量程探测器和功率量程探测器的抗gamma辐射能力、抗噪声性能、抗电磁干扰性能一般，稳定性、可靠性不高，因此无法满足核电站中对事故后的监测要求。

[0003] 另外，源量程、中间量程通道数量为2个，冗余度较低，所以在出现异常时，源量程、中间量程通道的信号的可靠性不高。进一步的，传统的RPN系统中，在径向方向的分布情况是：反应堆压力容器的0°、180°的径向位置为备用孔道，90°、270°的径向位置用于放置源量程以及中间量程探测器，45°、135°、225°、315°的径向位置分别用于放置功率量程探测器；在轴向方向上的分布情况是：源量程、中间量程探测器中心定位在堆芯1/4及1/2平面位置处，功率量程探测器中心定位在堆芯1/2平面处位置处。在安装定位时，由于压力容器支承环的存在，探测器圆筒支架不能直接安装于测量位置，参考图1，RPN系统通过“推拉小车式”进行探测器位置定位。图中，1表示压力容器上的封头，2表示盖子，3表示电缆连接板，4表示探测器，5表示堆芯，6表示测量位置，7表示拉出时的位置，8表示可移动定位装置。其中，源量程、中间量程探测器装在同一套筒内，功率量程装在一个套筒内，这些套筒分别通过位于不同角度的吊装孔道进入定位小车内固定（参考图中虚线所示的探测管），再由定位小车由预先设置好的路径推至工作位置，电缆通过上方孔洞连接到电缆连接件。检修期间可以通过上方孔洞将探测器吊出进行检修和安装。这种安装和定位方式不仅仅操作繁琐，而且

安装和维护空间大，运行维修不便。在停堆换料期间试验维护时，工作人员也需要受到不少的放射性剂量的辐照，若是进行探测器的检查或更换，则受到的辐照剂量更大。另外，由于电缆连接板非常靠近反应堆堆芯，热胀冷缩容易造成连接松动，易造成探测器测量信号突变或丢失。

技术问题

[0004] 本发明要解决的技术问题在于，针对现有技术的上述缺陷，提供一种核电站核仪表系统及其定位方法。

问题的解决方案

技术解决方案

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：构造一种核电站核仪表系统，用于对压力容器的反应堆堆芯参数进行监测，包括：源量程通道、中间量程通道、功率量程通道，每个通道包括一个布设在压力容器外周的探测器；所述功率量程通道和中间量程通道的探测器均包括若干个裂变室，且所述中间量程通道的探测器的所有裂变室全部共用所述功率量程通道中的裂变室。

[0006] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，所述功率量程通道的探测器包括依次连接的四个裂变室，且该四个裂变室沿所述压力容器的轴向方向均匀分布在堆芯1/2平面位置的两侧，所述中间量程通道的探测器全部共用所述功率量程通道的探测器的中间的两个裂变室。

[0007] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，所述源量程通道的探测器沿所述压力容器的轴向方向设置在堆芯1/4平面位置处。

[0008] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，所述源量程通道的数量为三个，中间量程通道、功率量程通道的数量均为四个。

[0009] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，所述中间量程通道的探测器和功率量程通道的探测器共同安装在一个仪表导向套筒内，所述源量程通道的探测器单独安装在一个仪表导向套筒内，且三个源量程通道的探测器沿着所述压力容器的周向均匀布置，四个中间量程通道/功率量程通道的探测器沿着所述压力容器的周向均匀布置，且源量程通道的探测器和中间量程通道/功率量程通道的探测器相互错开设置。

- [0010] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，所述源量程通道的探测器分布在压力容器的径向10°、190°和280°位置处，所述中间量程通道/功率量程通道的探测器分布在压力容器的径向45°、135°、225°和315°位置处。
- [0011] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，所述仪表导向套筒预埋在反应堆厂房土建结构中且底部为开孔结构，且所述仪表导向套筒沿墙体斜向下延伸至靠近压力容器顶部的位置，再竖直向下延伸并超过压力容器底部所在平面。
- [0012] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，所述核电站核仪表系统还包括若干个设置在反应堆厂房操作平台的连接盒内的吊装口，每个吊装口与一个所述仪表导向套筒连通，仪表导向套筒与连接盒连接，每个探测器的顶部与外部的吊装装置连接。
- [0013] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，每个所述吊装口安装有电缆连接板，探测器的电缆通过电缆连接板与核电站核仪表系统的保护柜连接。
- [0014] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，所述吊装装置为反应堆厂房环吊。
- [0015] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，所述核电站核仪表系统还包括四个保护柜，四个中间程通道/功率量程通道的探测器分别经由同轴电缆对应连接至四个保护柜，每个源量程通道的探测器分别经由同轴电缆连接一个保护柜。
- [0016] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，所述核电站核仪表系统还包括一个连接至各个保护柜的控制柜，所述控制柜还与外部系统连接。
- [0017] 在本发明所述的核电站核仪表系统中，所述核电站核仪表系统还包括与相应的保护柜连接的以下系统的接口系统：反应堆保护系统、棒控和棒位系统、主控室、堆芯在线监测系统。
- [0018] 本发明还公开了一种核电站核仪表系统的定位方法，所述核电站核仪表系统为上述的核电站核仪表系统，所述方法包括：
- [0019] S1、将每个探测器的顶部与吊装装置连接；
- [0020] S2、吊装装置将每个探测器吊起后放入对应的吊装口内；其中，所述吊装口设置在反应堆厂房操作平台的连接盒内，每个吊装口与一个仪表导向套筒连通，仪表导向套筒与连接盒连接，所述仪表导向套筒预埋在反应堆厂房土建结构中且底部为开孔结构，且所述仪表导向套筒沿墙体斜向下延伸至靠近压力容器顶

部的位置，再竖直向下延伸并超过压力容器底部所在平面；

[0021] S3、吊装装置控制每个探测器沿着仪表导向套筒斜向下延伸，直至每个探测器到达对应的位置。

[0022] 在本发明所述的核电站核仪表系统的定位方法中，所述功率量程通道的探测器包括依次连接的四个裂变室，且所述中间量程通道的探测器全部共用所述功率量程通道的探测器的中间的两个裂变室；所述步骤S3中所述的每个探测器到达对应的位置包括：

[0023] 所述源量程通道所对应的探测器沿所述压力容器的轴向方向设置在堆芯1/4平面位置处；

[0024] 所述功率量程通道和中间量程通道的探测器沿所述压力容器的轴向方向设置，且使得四个裂变室沿所述压力容器的轴向方向均匀分布在堆芯1/2平面位置的两侧。

发明的有益效果

有益效果

[0025] 实施本发明的核电站核仪表系统及其定位方法，具有以下有益效果：由于功率量程通道和中间量程通道的探测器均采用若干个裂变室构成，抗gamma辐射能力、抗噪声性能、抗电磁干扰性能同时提高，具有高稳定性、高可靠性、易于维护的优点，因此满足核电站的事故后监测要求；同时，中间量程通道的探测器的裂变室共用功率量程通道中的裂变室，不仅仅可以节省资源，减小耗材，而且使得待安装的探测器数量减少，减轻了后续的探测器的安装定位的工作量，减少了安装探测器所需的空間；

[0026] 进一步的，本发明增加了部分通道的数量，增加冗余度，提高系统可靠性，特别是对于中间量程通道而言，在提高冗余的同时，实质上减少了总体的探测器数量；另外，本发明采用“吊桶式”安装，将探测器通过仪表导向套筒引导安装并可沿仪表导向套筒从吊装口调出，而吊装口设置在反应堆厂房操作平台，相比于“推拉小车式”，其安装和取出不仅构紧凑，操作维护方便，且避免人员受到高辐照；另外，由于电缆连接板安装在位于操作平台的吊装口，远离反应堆堆芯，其传输信号不易受到堆芯环境的干扰和影响。

对附图的简要说明

附图说明

[0027] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明，附图中：

[0028] 图1是传统的核电站核仪表系统的探测器定位示意图；

[0029] 图2是本发明核电站核仪表系统的结构示意图；

[0030] 图3是本发明核电站核仪表系统中探测器的轴向分布示意图；

[0031] 图4是本发明核电站核仪表系统中探测器的径向分布示意图；

[0032] 图5是本发明核电站核仪表系统中探测器的定位示意图。

发明实施例

本发明的实施方式

[0033] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解，现对照附图详细说明本发明的具体实施方式。

[0034] 如图2所示，是本发明核电站核仪表系统的结构示意图。

[0035] 核电站核仪表系统主要是用于对压力容器的反应堆堆芯参数进行监测，例如反应堆功率、功率变化率以及功率的径向和轴向分布等。压力容器安置于厂房内，核电站核仪表系统包括获取监测信号的3种通道、接收这3种通道的信号进行功率监测的保护柜、以及实现声响计数率的监测和报警及其他的控制功能的控制柜。

[0036] 3种通道即源量程通道（Source Range，SR）、中间量程通道（Intermediate Range，IR）、功率量程通道（Power Range，PR），每个通道包括相应的一个探测器，核电站核仪表系统的所有的探测器分布在压力容器的周围。SR提供紧急停堆保护功能，主要目的是防止次临界提棒事故、硼稀释事故、弹棒事故引起的后果。IR也就是堆芯启动和低功率阶段提供的超功率保护，以防止该阶段发生次临界提棒事故和弹棒事故引起的后果。PR提供的超功率保护可以覆盖堆芯接近临界水平至满功率运行范围，其提供的紧急停堆保护主要在于防止功率运行下发生的提棒事故、弹棒事故、落棒事故等反应性事故引起的后果。PR提供的超功率保护在堆芯启动低功率阶段和IR提供的超功率保护有一定的重合，它为堆芯启动和低功率阶段提供一种冗余超功率保护。

[0037] 本发明中对IR、PR的探测器进行改进。IR、PR的探测器均包括若干个裂变电离室，简称裂变室，且PR和IR的探测器共用若干个裂变室。优选的，IR的探测器的所有裂变室全部共用PR中的裂变室。由于每个裂变室具有两个输出端所以通过连接对应的输出端完全可以共用裂变室，具体实施例中，PR的探测器包括依次连接的四个裂变室。

[0038] 参考图3，是本发明核电站核仪表系统中探测器的轴向分布示意图。

[0039] 图中虚线A表示堆芯1/2平面，虚线B表示堆芯1/4平面，右侧4个条形框表示4个裂变室，从上之下依次为1-4号裂变室，左侧的条形框表示SR的探测器，SR的探测器和现有技术相同，都是基于涂硼正比计数管实现。

[0040] 1-4号裂变室沿所述压力容器的轴向方向均匀分布在堆芯1/2平面位置的两侧，因为2、3号裂变室靠近堆芯，所以IR的探测器共用PR的探测器的2、3号裂变室。

[0041] 其中，SR的探测器主要是探测启堆相关的参数，所以SR的探测器沿所述压力容器的轴向方向设置在堆芯1/4平面位置处，和初级中子源位置相对应。

[0042] 例如，图3的具体实施例中，H0表示堆芯活性高度，为365.76 cm，H1代表堆芯1/4平面的高度，为91.44 cm，H2代表1号裂变室距离堆芯顶部的距离，为50.73 cm，H3代表两个裂变室之间的灵敏段中心距离，为88.1 cm。L代表每个裂变室的长度，为23.5 cm。可以理解的是，这些高度、长度的具体数值是根据实际情况设定的，对此并不做限制。

[0043] 由于IR、PR的程探测器均采用裂变室构成，裂变室探测器具有长寿命（可达40年）、高抗gamma辐射能力、高抗噪声性能、高抗电磁干扰性能、更好的稳定性、高可靠性、易于维护、探测器高压无需切除等优点，因此满足核电站事故后监测要求；同时，所述中间量程通道的探测器完全共用功率量程通道的部分裂变室，可以节省资源，减小耗材。而且，由于IR和PR共用裂变室，所以安装时将IR和PR的探测器共同容置在一个仪表导向套筒内，SR的探测器单独容置在一个仪表导向套筒内，如此探测器数量的减少减轻了后续的安装定位的工作量、减少了空间占位。

[0044] 参考图4，展示了对定位容器的俯视效果示意。图中压力容器的径向0°是根据

厂房的情况安置压力容器后设定的，此属于现有技术，此处不再赘述。

[0045] 在径向分布上，三个源量程通道的探测器沿着所述压力容器的周向均匀布置，四个中间量程通道/功率量程通道的探测器沿着所述压力容器的周向均匀布置，且源量程通道的探测器和中间量程通道/功率量程通道的探测器相互错开设置。

[0046] 一般SR的探测器是设置在0°、90°、180°、270°中的位置处，但是考虑到设备的实际情况，本实施例进行了10°的偏转，具体的，本实施例将SR的探测器分布压力容器的径向10°、190°和280°位置处。IR/PR的探测器与传统的方案相同，是分布在堆芯对角线位置，即压力容器的径向45°、135°、225°和315°位置处。

[0047] 参考图5，是本发明核电站核仪表系统中探测器的定位示意图。图中雪花填充区域表示厂房的墙体。M1表示反应堆厂房操作平台所在的位置高度，M2和M3之间的区域表示堆芯活性段，对应上述图3中的H1。

[0048] 仪表导向套筒200是预埋在反应堆厂房土建结构中且底部为开孔结构，以应对可能的操作错误及污垢清除。

[0049] 本发明在反应堆厂房操作平台的连接盒内开设吊装口100，吊装口100的数量与探测器的数量相同，每个吊装口100与一个仪表导向套筒200连通，仪表导向套筒200与连接盒进行法兰连接，即每个吊装口100安装一个探测器，仪表导向套筒200的材料可以是刚性材料。

[0050] 吊装口100可以开设在径向方向上远离压力容器的位置，仪表导向套筒200自吊装口100开始向下延伸，首先是竖直向下延伸，然后再斜向下延伸至靠近压力容器顶部的位置，再沿墙体再竖直向下延伸并超过压力容器底部所在平面。

[0051] 每个探测器的顶部与外部的吊装装置连接，比如反应堆厂房环吊。在安装探测器时，所述吊装装置将探测器对准吊装口100放入，然后伸入对应的仪表导向套筒200内并固定停留在压力容器所对应的位置，如果需要更换探测器或者对探测器进行维修，则可以利用吊装装置向上施力，将探测器沿仪表导向套筒200往上拉，最后从吊装口100调出。

[0052] 本发明采用“吊桶式”安装，将探测器通过仪表导向套筒引导安装并可沿仪表导向套筒从吊装口调出，而吊装口设置在反应堆厂房操作平台的连接盒内，相比于“推拉小车式”，其安装和取出不仅构紧凑，操作维护方便，且由于吊装口100

远离压力容器，避免人员受到高辐照。

[0053] 进一步的，每个所述吊装口100安装有电缆连接板（图中未示意），探测器的电缆通过电缆连接板与核电站核仪表系统的保护柜连接。

[0054] 由于电缆连接板安装在反应堆厂房操作平台的吊装口，远离反应堆堆芯，不易受到堆芯环境的干扰和影响。所以不会出现现有技术中的堆芯带来的热胀冷缩的影响，使得探测器的微小信号（ 10^{-11} A级）更稳定，不易造成探测器测量信号突变或丢失。避免出现信号的不稳定，有效避免弱信号的闪发。

[0055] 继续参考图2，考虑到提高系统的可靠性，本发明中设置SR的数量为三个，IR和PR的数量均为四个。

[0056] 相比于现有技术，SR和IR都增加了数量，实现冗余，提高系统可靠性，特别是对于IR而言，因为其是共用的PR的裂变室，所以在提高冗余的同时，实质上减少了总体的探测器数量。

[0057] 图2中，IP -

IVP分别表示四个保护柜：RPN1101AR、RPN1201AR、RPN1301AR、RPN1401AR，VP表示控制柜RPN2101AR，RPN1101AR、RPN1201AR、RPN1301AR、RPN1401AR、RPN2101AR为设备号。四个IR/PR的探测器分别经由同轴电缆对应连接至四个保护柜IP - IVP，三个SR的探测器分别经由同轴电缆连接至保护柜IP - IIIP。控制柜VP连接各个保护柜IP - IVP，并通过声频计数信号和中子噪声信号输出通道与外部系统连接。

[0058] 进一步的，本发明的所述核电站核仪表系统还包括与核电站核仪表系统的保护柜连接且用于与核电厂其他系统连接的以下系统的接口系统：反应堆保护系统（Reactor Protector System, RPS）、棒控和棒位系统（Rod Position Indicating and Rod Control, RGL）、主控室（MCR main Control Room）、堆芯在线监测系统（KSS）、松动部件和振动监测系统（KIR Loose Parts and Vibration Monitoring, KIR）。

[0059] 上述的RPS是用于处理核电站核仪表系统的发出的跳堆信号及跳堆闭锁信号；处理功率量程通道的信号，确定轴向功率偏差DPax，并用于超功率 ΔT 和超温 ΔT 反应堆紧急停堆整定值的计算。RGL是用于输出由核电站核仪表系统的产生的

自动和手动提棒闭锁逻辑和禁止信号；来自四个功率量程通道的功率信号，经高选单元产生最大的功率模拟信号，输入到RGL系统中进行处理。MCR是用于显示核电站核仪表系统的测量结果，监视堆芯工况，显示相应报警，储存堆芯运行历史参数等。KSS是用于显示核电站核仪表系统测量结果和处理的信号，监视堆芯工况，产生相应报警，储存堆芯运行历史参数等。KIR是用于接收来自功率量程通道中的中子电平和中子噪声信号。

[0060] 相应的，本发明还公开了一种核电站核仪表系统的定位方法，所述方法包括：

[0061] S1、将每个探测器的顶部与厂房外的吊装装置连接；

[0062] S2、吊装装置将每个探测器吊起后放入对应的吊装口内；其中，所述吊装口设置在反应堆厂房操作平台的连接盒内，每个吊装口与一个仪表导向套筒连通，仪表导向套筒与连接盒进行法兰连接，所述仪表导向套筒预埋在反应堆厂房土建结构中且底部为开孔结构，所述仪表导向套筒沿墙体斜向下延伸至靠近压力容器顶部的位置，再竖直向下延伸并超过压力容器底部所在平面；

[0063] S3、吊装装置控制每个探测器沿着仪表导向套筒斜向下延伸，直至每个探测器到达对应的位置。

[0064] 其中，到达对应的位置包括：

[0065] 对于SR的探测器，将其沿所述压力容器的轴向方向设置在堆芯1/4平面处；

[0066] 对于PR和IR的探测器，将其沿所述压力容器的轴向方向设置，且使得四个裂变室沿所述压力容器的轴向方向均匀分布在堆芯1/2平面位置的两侧。

[0067] 在需要取出探测器时，可以通过吊装装置向上施力将探测器沿着仪表导向套筒200往上拉再从吊装口100调出即可。

[0068] 综上所述，实施本发明的核电站核仪表系统及其定位方法，具有以下有益效果：由于功率量程通道和中间量程通道的探测器均采用若干个裂变室构成，抗gamma辐射能力、抗噪声性能、抗电磁干扰性能同时提高，具有高稳定性、高可靠性、易于维护的优点，因此满足核电站的事故后监测要求；同时，中间量程通道的探测器的裂变室共用功率量程通道中的裂变室，不仅仅可以节省资源，减小耗材，而且使得待安装的探测器数量减少，减轻了后续的探测器的安装定位的工作量，减少了安装探测器所需的空間；进一步的，本发明增加了部分通道

的数量，增加冗余度，提高系统可靠性，特别是对于中间量程通道而言，在提高冗余的同时，实质上减少了总体的探测器数量；另外，本发明采用“吊桶式”安装，将探测器通过仪表导向套筒引导安装并可沿仪表导向套筒从吊装口调出，而吊装口设置在反应堆厂房操作平台，相比于“推拉小车式”，其安装和取出不仅结构紧凑，操作维护方便，且避免人员受到高辐照；另外，由于电缆连接板安装在位于操作平台的吊装口，远离反应堆堆芯，其传输信号不易受到堆芯环境的干扰和影响。

[0069] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述，但是本发明并不局限于上述的具体实施方式，上述的具体实施方式仅仅是示意性的，而不是限制性的，本领域的普通技术人员在本发明的启示下，在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下，还可做出很多形式，这些均属于本发明的保护之内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种核电站核仪表系统，用于对压力容器的反应堆堆芯参数进行监测，包括：源量程通道、中间量程通道、功率量程通道，每个通道包括一个布设在压力容器外周的探测器；其特征在于，所述功率量程通道和中间量程通道的探测器均包括若干个裂变室，且所述功率量程通道和中间量程通道的探测器共用若干个裂变室。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的核电站核仪表系统，其特征在于，所述功率量程通道的探测器包括依次连接的四个裂变室，且该四个裂变室沿所述压力容器的轴向方向均匀分布在堆芯1/2平面位置的两侧，所述中间量程通道的探测器全部共用所述功率量程通道的探测器的中间的两个裂变室。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的核电站核仪表系统，其特征在于，所述源量程通道的探测器沿所述压力容器的轴向方向设置在堆芯1/4平面位置处。
- [权利要求 4] 根据权利要求1所述的核电站核仪表系统，其特征在于，所述源量程通道的数量为三个，中间量程通道、功率量程通道的数量均为四个。
- [权利要求 5] 根据权利要求4所述的核电站核仪表系统，其特征在于，所述中间量程通道的探测器和功率量程通道的探测器共同安装在一个仪表导向套筒内，所述源量程通道的探测器单独安装在一个仪表导向套筒内，且三个源量程通道的探测器沿着所述压力容器的周向均匀布置，四个中间量程通道/功率量程通道的探测器沿着所述压力容器的周向均匀布置，且源量程通道的探测器和中间量程通道/功率量程通道的探测器相互错开设置。
- [权利要求 6] 根据权利要求5所述的核电站核仪表系统，其特征在于，所述源量程通道的探测器分布在压力容器的径向10°、190°和280°位置处，所述中间量程通道/功率量程通道的探测器分布在压力容器的径向45°、135°、225°和315°位置处。
- [权利要求 7] 根据权利要求5所述的核电站核仪表系统，其特征在于，所述仪表导

向套筒预埋在反应堆厂房土建结构中且底部为开孔结构，且所述仪表导向套筒沿墙体斜向下延伸至靠近压力容器顶部的位置，再竖直向下延伸并超过压力容器底部所在平面。

- [权利要求 8] 根据权利要求5所述的核电站核仪表系统，其特征在于，所述核电站核仪表系统还包括若干个设置在反应堆厂房操作平台的连接盒内的吊装口，每个吊装口与一个所述仪表导向套筒连通，仪表导向套筒与连接盒连接，每个探测器的顶部与外部的吊装装置连接。
- [权利要求 9] 根据权利要求8所述的核电站核仪表系统，其特征在于，每个所述吊装口安装有电缆连接板，探测器的电缆通过电缆连接板与核电站核仪表系统的保护柜连接。
- [权利要求 10] 根据权利要求8所述的核电站核仪表系统，其特征在于，所述吊装装置为反应堆厂房环吊。
- [权利要求 11] 根据权利要求5所述的核电站核仪表系统，其特征在于，所述核电站核仪表系统还包括四个保护柜，四个中间程通道/功率量程通道的探测器分别经由同轴电缆对应连接至四个保护柜，每个源量程通道的探测器分别经由同轴电缆连接一个保护柜。
- [权利要求 12] 根据权利要求11所述的核电站核仪表系统，其特征在于，所述核电站核仪表系统还包括一个连接至各个保护柜的控制柜，所述控制柜还与外部系统连接。
- [权利要求 13] 根据权利要求11所述的核电站核仪表系统，其特征在于，所述核电站核仪表系统还包括与相应的保护柜连接的以下系统的接口系统：反应堆保护系统、棒控和棒位系统、主控室、堆芯在线监测系统。
- [权利要求 14] 一种核电站核仪表系统的定位方法，其特征在于，所述核电站核仪表系统为权利要求1所述的核电站核仪表系统，所述方法包括：
- S1、将每个探测器的顶部与吊装装置连接；
- S2、吊装装置将每个探测器吊起后放入对应的吊装口内；其中，所述吊装口设置在反应堆厂房操作平台的连接盒内，每个吊装口与一个仪表导向套筒连通，仪表导向套筒与连接盒连接，所述仪表导向套筒预

埋在反应堆厂房土建结构中且底部为开孔结构，且所述仪表导向套筒沿墙体斜向下延伸至靠近压力容器顶部的位置，再竖直向下延伸并超过压力容器底部所在平面；

S3、吊装装置控制每个探测器沿着仪表导向套筒斜向下延伸，直至每个探测器到达对应的位置。

[权利要求 15]

根据权利要求14所述的核电站核仪表系统的定位方法，其特征在于，所述功率量程通道的探测器包括依次连接的四个裂变室，且所述中间量程通道的探测器全部共用所述功率量程通道的探测器的中间的两个裂变室；所述步骤S3中所述的每个探测器到达对应的位置包括：

所述源量程通道所对应的探测器沿所述压力容器的轴向方向设置在堆芯1/4平面位置处；

所述功率量程通道和中间量程通道的探测器沿所述压力容器的轴向方向设置，且使得四个裂变室沿所述压力容器的轴向方向均匀分布在堆芯1/2平面位置的两侧。

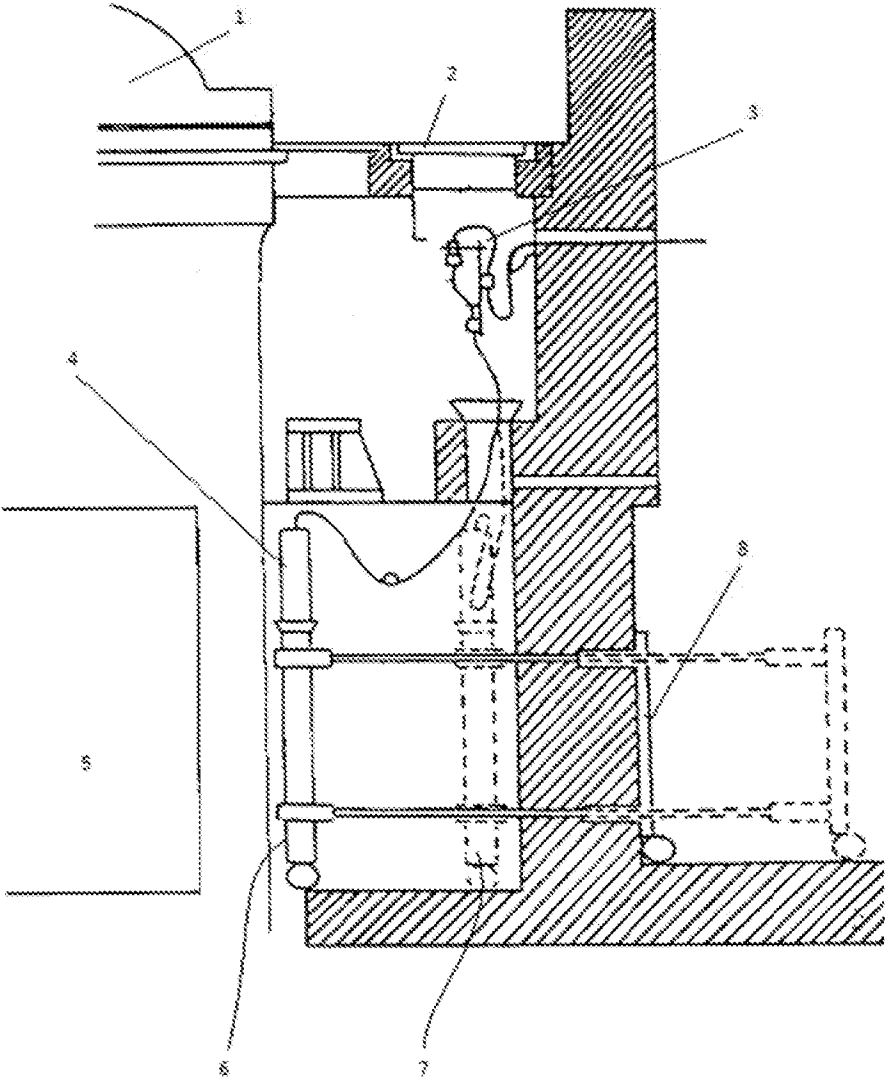


图 1

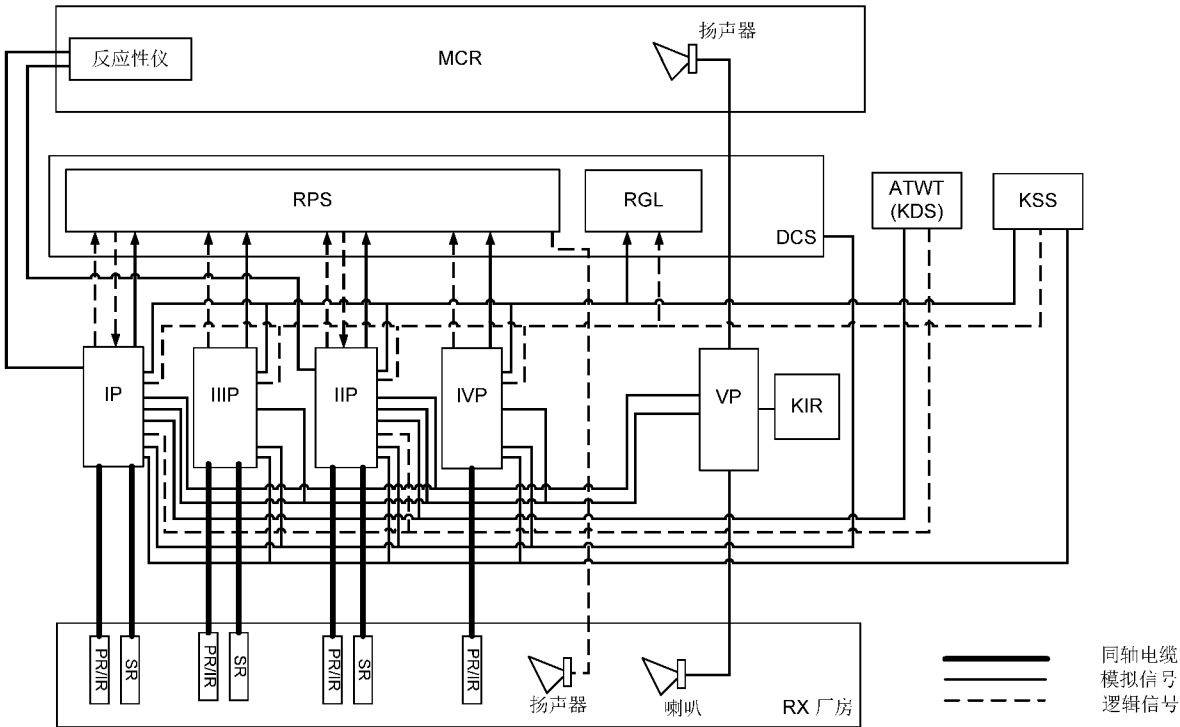


图 2

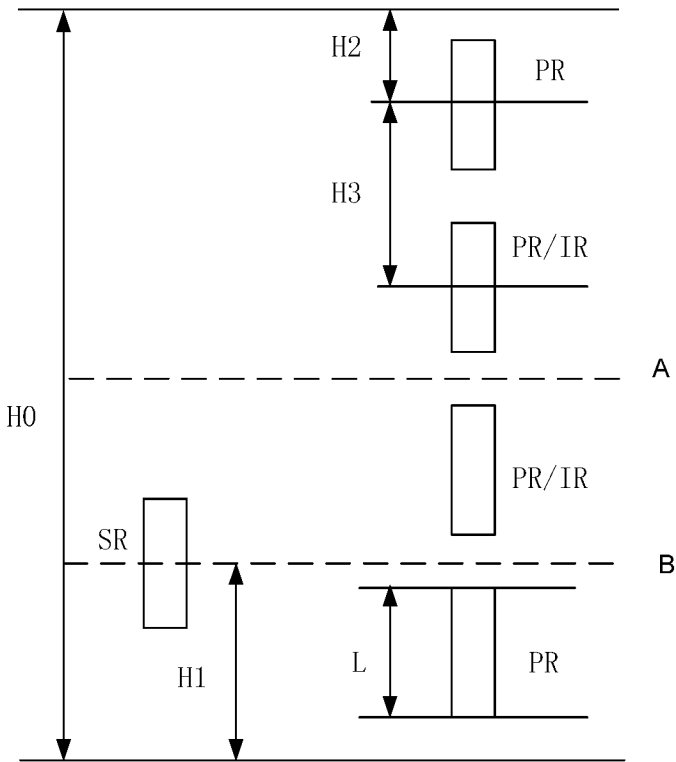


图 3

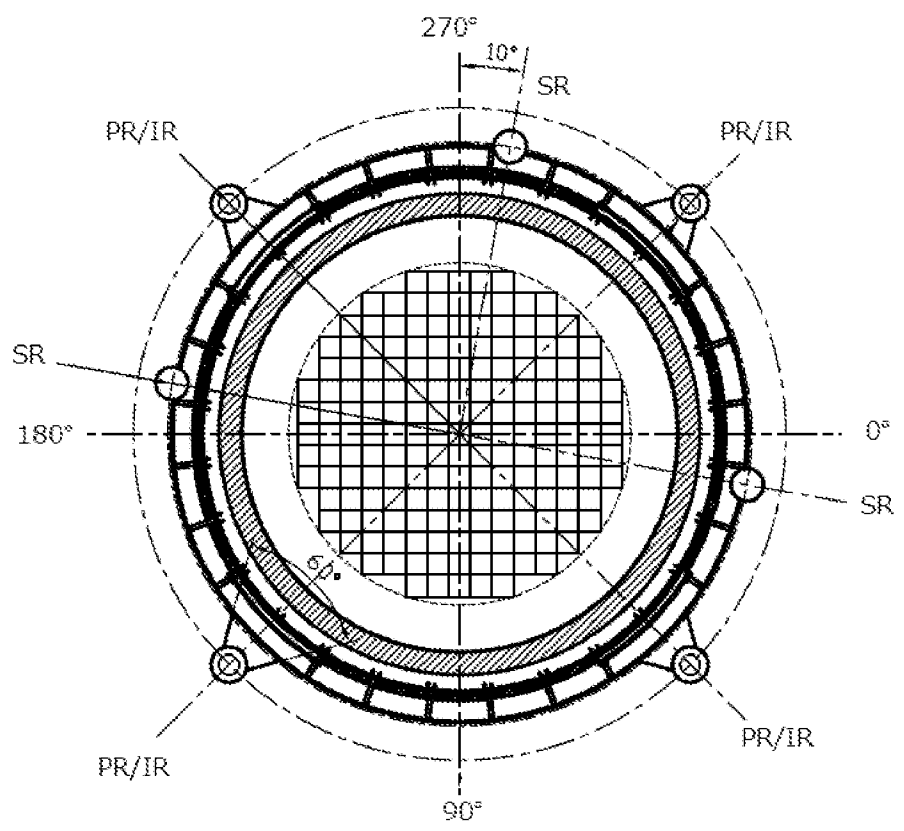


图 4

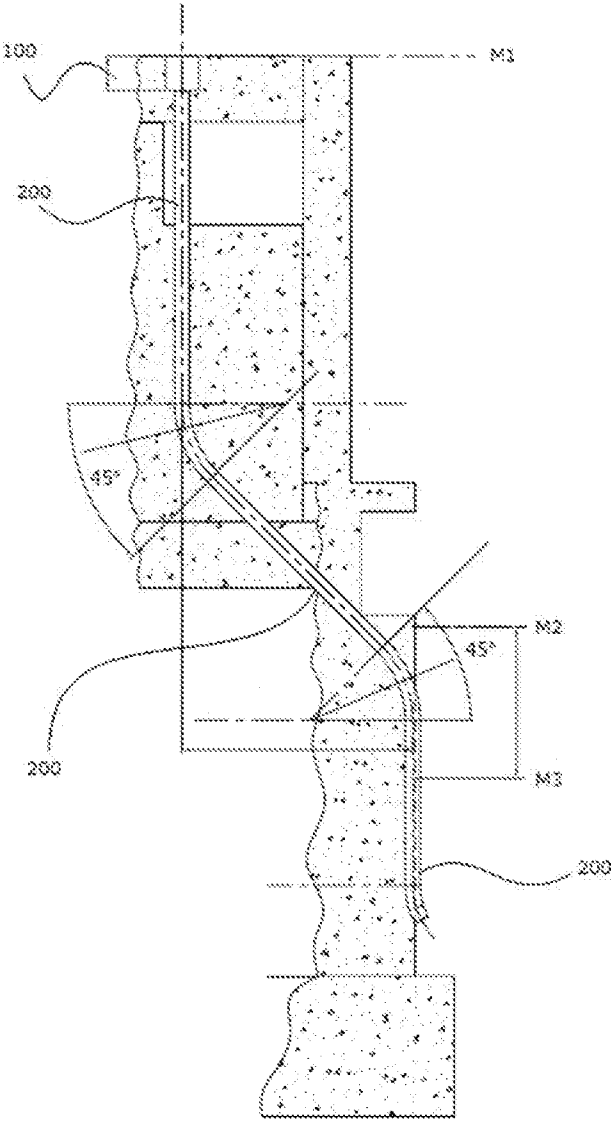


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2015/094495

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21C 17/10 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G21C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI; EPODOC; CNKI; CNPAT: china nuclear, dayawan, move, fissure room, source range, li tianyou, same, middle range, nuclear instrument, quantum, pressure vessel, power, fissi+, PRN, channel?, SR, nuclear, reactor?, core

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	CN 105448363 A (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD. et al.) 30 March 2016 (30.03.2016) description, paragraphs [0005]-[0024]	1-15
A	CN 103345950 A (ZHONGKEHUA NUCLEAR POWER TECHNOLOGY RESEARCH CO., LTD.) 09 October 2013 (09.10.2013) description, paragraphs [0008]-[0012], [0026]-[0031] and figures 1-7	1-15
A	CN 1292554 A (FRAMATOME CORP.) 25 April 2001 (25.04.2001) the whole document	1-15
A	CN 201146064 Y (NUCLEAR INSTRUMENT FACTORY CHINA NUCLEAR CORPORATION BEIJING) 05 November 2008 (05.11.2008) the whole document	1-15
A	US 2013010915 A1 (BATTELLE ENERGY ALLIANCE, L. L. C.) 10 January 2013 (10.01.2013) the whole document	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 17 May 2016	Date of mailing of the international search report 12 June 2016
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Haifeng Telephone No. (86-10) 010-62413550

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2015/094495

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105448363 A	30 March 2016	None	
CN 103345950 A	09 October 2013	None	
CN 1292554 A	25 April 2001	JP 4999222 B2	15 August 2012
		SE 522252 C2	27 January 2004
		FR 2796196 A1	12 January 2001
		JP 2001042079 A	16 February 2001
		SE 0002507 L	06 January 2001
		US 6430247 B1	06 August 2002
		CN 1147871 C	28 April 2004
		FR 2796196 B1	19 October 2001
		ZA 200003264 A	02 January 2002
CN 201146064 Y	05 November 2008	None	
US 2013010915	10 January 2013	None	

A. 主题的分类 G21C 17/10 (2006.01)i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																				
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G21C 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) WPI;EPDOC;CNKI;CNPAT:power, fissi+, 中广核, 大亚湾, PRN, 移动, 裂变室, 源量程, 李天友, 相同, 裂变, 共用, 同一, channel?, SR, 中间量程, 堆芯, IR, 核仪表, 通道, 核电, g21c, 压力容器, 量子, nuclear, reactor?, core。																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E</td> <td>CN 105448363 A (中广核工程有限公司 等) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 说明书第[0005]-[0024]段</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103345950 A (中科华核电技术研究院有限公司 等) 2013年 10月 9日 (2013 - 10 - 09) 说明书第[0008]-[0012]、[0026]-[0031]段及附图1-7</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1292554 A (法玛通公司) 2001年 4月 25日 (2001 - 04 - 25) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 201146064 Y (中核北京核仪器厂) 2008年 11月 5日 (2008 - 11 - 05) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2013010915 A1 (BATTELLE ENERGY ALLIANCE, L.L.C.) 2013年 1月 10日 (2013 - 01 - 10) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	E	CN 105448363 A (中广核工程有限公司 等) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 说明书第[0005]-[0024]段	1-15	A	CN 103345950 A (中科华核电技术研究院有限公司 等) 2013年 10月 9日 (2013 - 10 - 09) 说明书第[0008]-[0012]、[0026]-[0031]段及附图1-7	1-15	A	CN 1292554 A (法玛通公司) 2001年 4月 25日 (2001 - 04 - 25) 全文	1-15	A	CN 201146064 Y (中核北京核仪器厂) 2008年 11月 5日 (2008 - 11 - 05) 全文	1-15	A	US 2013010915 A1 (BATTELLE ENERGY ALLIANCE, L.L.C.) 2013年 1月 10日 (2013 - 01 - 10) 全文	1-15
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
E	CN 105448363 A (中广核工程有限公司 等) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 说明书第[0005]-[0024]段	1-15																		
A	CN 103345950 A (中科华核电技术研究院有限公司 等) 2013年 10月 9日 (2013 - 10 - 09) 说明书第[0008]-[0012]、[0026]-[0031]段及附图1-7	1-15																		
A	CN 1292554 A (法玛通公司) 2001年 4月 25日 (2001 - 04 - 25) 全文	1-15																		
A	CN 201146064 Y (中核北京核仪器厂) 2008年 11月 5日 (2008 - 11 - 05) 全文	1-15																		
A	US 2013010915 A1 (BATTELLE ENERGY ALLIANCE, L.L.C.) 2013年 1月 10日 (2013 - 01 - 10) 全文	1-15																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																				
国际检索实际完成的日期 2016年 5月 17日		国际检索报告邮寄日期 2016年 6月 12日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 王海峰 电话号码 (86-10)010-62413550																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/094495

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105448363	A	2016年 3月 30日	无			
CN	103345950	A	2013年 10月 9日	无			
CN	1292554	A	2001年 4月 25日	JP	4999222	B2	2012年 8月 15日
				SE	522252	C2	2004年 1月 27日
				FR	2796196	A1	2001年 1月 12日
				JP	2001042079	A	2001年 2月 16日
				SE	0002507	L	2001年 1月 6日
				US	6430247	B1	2002年 8月 6日
				CN	1147871	C	2004年 4月 28日
				FR	2796196	B1	2001年 10月 19日
				ZA	200003264	A	2002年 1月 2日
CN	201146064	Y	2008年 11月 5日	无			
US	2013010915	A1	2013年 1月 10日	无			