

(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
2023 年 5 月 25 日 (25.05.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/087529 A1

- (51) 国际专利分类号:
G21C 17/00 (2006.01) *G21C 17/108* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/071875
- (22) 国际申请日: 2022 年 1 月 13 日 (13.01.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202111372535.8 2021 年 11 月 18 日 (18.11.2021) CN
- (71) 申请人: 中 广 核 研 究 院 有 限 公 司 (CHINA NUCLEAR POWER TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE CO., LTD) [CN/CN]; 中国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), Guangdong 518031 (CN)。中国广核集团有限公司(CHINA GENERAL

NUCLEAR POWER CORPORATION) [CN/CN]; 中国广东省深圳市福田区深南大道 2002 号中广核大厦南楼 33 楼, Guangdong 518028 (CN)。中国广核电力股份有限公司(CGN POWER CO., LTD) [CN/CN]; 中国广东省深圳市福田区深南大道 2002 号中广核大厦南楼 18 楼, Guangdong 518028 (CN)。中广核工程有限公司(CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., 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 518124 (CN)。

(72) 发明人: 卢 向 晖 (LU, Xianghui); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。胡 艺 嵩 (HU, Yisong); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

(54) Title: ONLINE PROTECTION METHOD AND SYSTEM

(54) 发明名称: 在线保护方法及系统

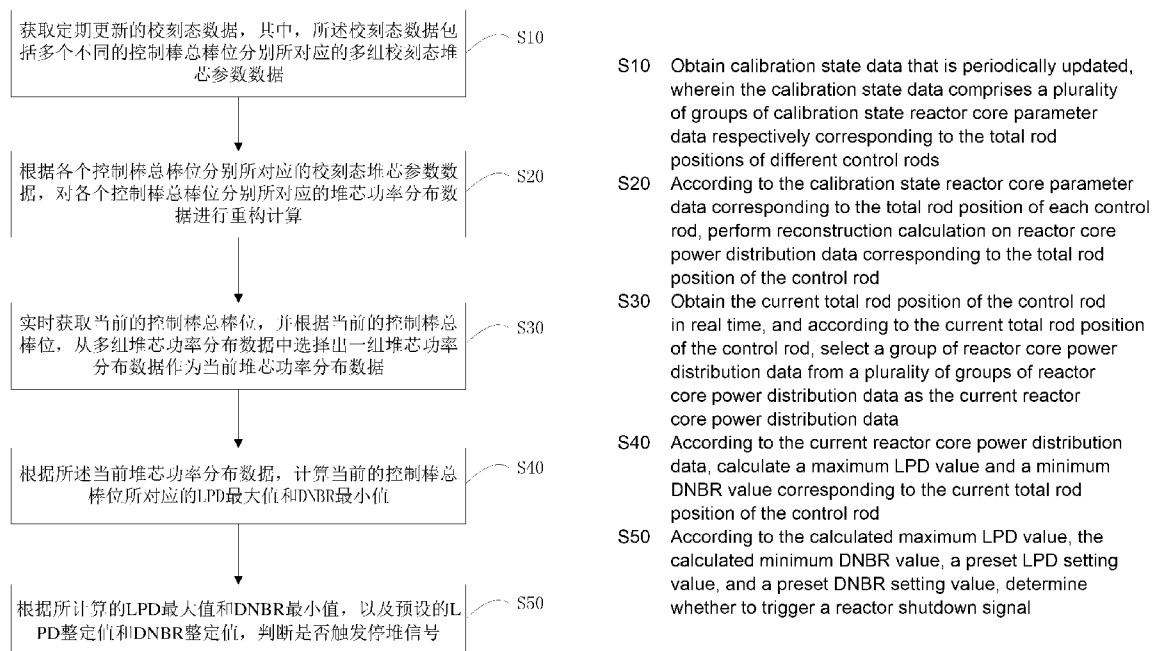


图 1

(57) Abstract: An online protection method and system. The online protection method comprises: obtaining calibration state data that is periodically updated (S10); performing reconstruction calculation on reactor core power distribution data corresponding to the total rod positions of control rods (S20); obtaining the current total rod position of each control rod in real time, and selecting a group of reactor core power distribution data from a plurality of groups of reactor core power distribution data as the current reactor core power distribution data (S30); calculating a maximum LPD value and a minimum DNBR value corresponding to the current total rod position



冯英杰(FENG, Yingjie); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

张一骏(ZHANG, Yijun); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

王伟如(WANG, Weiru); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

胡友森(HU, Yousen); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

李可嘉(LI, Kejia); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

何明涛(HE, Mingtao); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

黄禹(HUANG, Yu); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

吴宇婷(WU, Yuting); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

陈天铭(CHEN, Tianming); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

毛玉龙(MAO, Yulong); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

张薇(ZHANG, Wei); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

彭思涛(PENG, Sitao); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

程艳花(CHENG, Yanhua); 中国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), Guangdong 518031 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市瑞方达知识产权事务所(普通合伙)(SHENZHEN REFINED INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国广东省深圳市南山区科兴路11号深南花园裙楼B区413室, Guangdong 518057 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))。



of the control rod (S40); and according to the calculated maximum LPD value, the calculated minimum DNBR value, a preset LPD setting value, and a preset DNBR setting value, determining whether to trigger a reactor shutdown signal (S50).

(57) 摘要：一种在线保护方法及系统，该在线保护方法包括：获取定期更新的校刻态数据（S10）；对各个控制棒总棒位分别所对应的堆芯功率分布数据进行重构计算（S20）；实时获取当前的控制棒总棒位，并从多组堆芯功率分布数据中选择出一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据（S30）；计算当前的控制棒总棒位所对应的LPD最大值和DNBR最小值（S40）；根据所计算的LPD最大值和DNBR最小值，以及预设的LPD整定值和DNBR整定值，判断是否触发停堆信号（S50）。

在线保护方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及核电设计领域，尤其涉及一种在线保护方法及系统。

背景技术

[0002] 为保证反应堆安全，在设计中要求燃料组件表面的最大热流密度小于临界热流密度，从而引入了DNBR (Departure from Nucleate Boiling Ratio, 偏离泡核沸腾比) 保护。同时，为了避免堆芯线功率密度过高，引入了LPD (Linear Power Density, 线功率密度) 保护。

[0003] DNBR及LPD计算除了与主泵转速、冷段温度、冷却剂压力有关外，还与堆芯功率分布数据有关，而且，堆芯功率分布监测对反应堆安全运行至关重要。目前，压水堆一般通过中子探测器对堆芯中子通量进行探测，再结合堆外核仪表监测数据来定期计算堆芯功率分布，但这种方式计算精度不够高，且响应时间也较慢，从而无法很好地实现LPD和DNBR保护功能。

发明概述

技术问题

[0004] 本发明要解决的技术问题在于，现有技术存在的计算精度不高且响应时间较慢的缺陷。

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：构造一种在线保护方法，用于反应堆LPD和DNBR保护，包括：

[0006] 步骤S10. 获取定期更新的校刻态数据，其中，所述校刻态数据包括多个不同的控制棒总棒位分别所对应的多组校刻态堆芯参数数据；

[0007] 步骤S20. 根据各个控制棒总棒位分别所对应的校刻态堆芯参数数据，对各个控制棒总棒位分别所对应的堆芯功率分布数据进行重构计算；

[0008] 步骤S30. 实时获取当前的控制棒总棒位，并根据当前的控制棒总棒位，从多组

堆芯功率分布数据中选择出一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据；

[0009] 步骤S40. 根据所述当前堆芯功率分布数据，计算当前的控制棒总棒位所对应的LPD最大值和DNBR最小值；

[0010] 步骤S50. 根据所计算的LPD最大值和DNBR最小值，以及预设的LPD整定值和DNBR整定值，判断是否触发停堆信号。

[0011] 优选地，在所述步骤S30中，根据以下方式当前堆芯功率分布数据：

[0012] 将校刻态数据中的多个控制棒总棒位分别与当前的控制棒总棒位相减，将差值为最小的正数的控制棒总棒位所对应的一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据。

[0013] 优选地，所述步骤S50包括：

[0014] 判断所计算的LPD最大值是否大于预设的LPD整定值；

[0015] 判断所计算的DNBR最小值是否小于预设的DNBR整定值；

[0016] 若所述LPD最大值大于所述LPD整定值，或者，所述DNBR最小值小于所述DNBR整定值，则触发停堆信号。

[0017] 优选地，在所述步骤S10中，根据以下方式获取校刻态数据：

[0018] 根据预先建立的三维模型来获取校刻态数据。

[0019] 优选地，在所述步骤S10中，根据以下方式获取校刻态数据：

[0020] 通过试验的方式来获取校刻态数据。

[0021] 优选地，在所述步骤S10中，根据以下方式获取校刻态数据：

[0022] 反应堆在各个校刻态下运行时，通过设置在堆内的多个中子探测器来探测堆芯中子通量。

[0023] 本发明还构造一种在线保护系统，用于反应堆LPD和DNBR保护，包括：

[0024] 获取模块，用于获取定期更新的校刻态数据，其中，所述校刻态数据包括多个不同的控制棒总棒位分别所对应的多组校刻态堆芯参数数据；

[0025] 功率重构模块，用于根据各个控制棒总棒位分别所对应的校刻态堆芯参数数据，对各个控制棒总棒位分别所对应的堆芯功率分布数据进行重构计算；

[0026] 确定模块，用于实时获取当前的控制棒总棒位，并根据当前的控制棒总棒位，

从多组堆芯功率分布数据中选择出一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据；

[0027] 计算模块，用于根据所述当前堆芯功率分布数据，计算当前的控制棒总棒位所对应的LPD最大值和DNBR最小值；

[0028] 判断模块，用于根据所计算的LPD最大值和DNBR最小值，以及预设的LPD整定值和DNBR整定值，判断是否触发停堆信号。

[0029] 优选地，所述确定模块，用于将校刻态数据中的多个控制棒总棒位分别与当前的控制棒总棒位相减，将差值为最小的正数的控制棒总棒位所对应的一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据。

[0030] 优选地，所述判断模块包括：

[0031] 第一判断子单元，用于判断所计算的LPD最大值是否大于预设的LPD整定值；

[0032] 第二判断子单元，用于判断所计算的DNBR最小值是否小于预设的DNBR整定值；

[0033] 停堆触发单元，用于在所述LPD最大值大于所述LPD整定值，或者，所述DNBR最小值小于所述DNBR整定值时，触发停堆信号。

[0034] 优选地，所述获取模块，用于通过定期对反应堆在各个校刻态下的运行进行三维模拟或试验来获取校刻态数据。

发明的有益效果

有益效果

[0035] 在本发明所提供的技术方案中，在获取到定期更新的校刻态数据（多个不同的控制棒总棒位分别所对应的多组校刻态堆芯参数数据）后，按照不同的控制棒总棒位分段重构不同的全堆芯功率分布，然后再根据现场的实时总棒位来从多组全堆芯功率分布数据中选择出一组全堆芯功率分布数据，进而实时确定实时的LPD最大值和DNBR最小值，这种方法不但能够降低计算不确定度，而且可提高保护的响应速度。

对附图的简要说明

附图说明

[0036] 图1是本发明在线保护方法实施例一的流程图；

[0037] 图2是本发明在线保护系统实施例一的逻辑结构图。

发明实施例

本发明的实施方式

- [0038] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动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。
- [0039] 首先说明的是，控制棒作为一种快速控制反应性的工具，可在正常运行时调节反应堆的功率，在事故工况下快速引入负反应性，使反应堆快速停堆。试验证明，控制棒的总棒位也影响反应堆的功率分布。基于此，在本申请的技术方案中，首先按照不同的控制棒插入总步数，分段重构不同的全堆芯功率分布，然后再根据现场的总棒位选择一段重构后的全堆芯功率分布，进而现场实时确定LPD与DNBR取值，这种方法能够降低计算不确定度，而且可提高保护的响应速度，获得更多的安全裕量。
- [0040] 图1是本发明在线保护方法实施例一的流程图，该实施例的在线保护方法用于反应堆LPD和DNBR保护，且包括以下步骤：
- [0041] 步骤S10. 获取定期更新的校刻态数据，其中，所述校刻态数据包括多个不同的控制棒总棒位分别所对应的多组校刻态堆芯参数数据；
- [0042] 在该步骤中，堆芯参数数据是指进行功率重构计算的推衍系数矩阵，而且，利用该推衍系数矩阵，可根据实时得到的多个探测器（SPND）的探测信号重构出此刻全堆芯每个燃料组件的功率，例如，在177堆芯中，探测器的数量为42个，且每个探测器在轴向上共有7个测量点，那么，便可利用相应的推衍系数矩阵，根据42*7个探测信号重构出该177堆芯的三维功率分布。另外，校刻态数据有多组，分别对应不同的总棒位，例如，总棒位R1时的校刻态堆芯参数数据；总棒位R2时的校刻态堆芯参数数据；总棒位R3时的校刻态堆芯参数数据；总棒位R4时的校刻态堆芯参数数据。应理解，堆芯参数数据分的组数越多，计算的越精准，但同时也增加了计算量，因此，工程上一般会做权衡，比如，获取3个总棒位分别所对应的三组校刻态堆芯参数数据。
- [0043] 关于校刻态数据的获取方式，在一个具体例子中，根据预先建立的三维模型来

获取校刻态数据，具体地，采用三维物理软件计算堆芯的理论物理库，获得校刻态情况下的堆芯理论状态数据，即，根据三维理论计算的校刻态数据。在另一个具体例子中，通过试验的方式来获取校刻态数据，而且，在反应堆在各个校刻态下运行时，通过设置在堆内的多个中子探测器来探测堆芯中子通量，并根据堆芯中子通量来计算堆芯通量图。具体地，在反应堆启堆试验时，将堆芯的控制棒等状态调整到校刻态的棒位状态，此时得到的试验数据就是试验的校刻态数据。

[0044] 另外，需说明的是，校刻态数据可由上位机（非安全级设备）生成或更新，并定期将其传送至下位机（安全级设备），即，下位机从上位机获取定期更新的校刻态数据，然后执行步骤S20至步骤S50。

[0045] 步骤S20. 根据各个控制棒总棒位分别所对应的校刻态堆芯参数数据，对各个控制棒总棒位分别所对应的堆芯功率分布数据进行重构计算；

[0046] 在该步骤中，在进行堆芯功率分布数据的重构计算时，可采用权重系数法、耦合系数法或谐波综合法，而且，分别根据不同总棒位所对应的校刻态堆芯参数数据重构不同的全堆芯功率分布数据，例如，根据总棒位R1时的校刻态堆芯参数数据重构出对应总棒位R1的全堆芯功率分布，根据总棒位R2时的校刻态堆芯参数数据重构出对应总棒位R2的全堆芯功率分布，根据总棒位R3时的校刻态堆芯参数数据重构出对应总棒位R3的全堆芯功率分布，根据总棒位R4时的校刻态堆芯参数数据重构出对应总棒位R4的全堆芯功率分布。

[0047] 步骤S30. 实时获取当前的控制棒总棒位，并根据当前的控制棒总棒位，从多组堆芯功率分布数据中选择出一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据；

[0048] 在该步骤中，需说明的是，可从测量机构获取控制棒的各个棒的棒位测量信号，从而获取控制棒的当前总棒位。在获取到当前的控制棒总棒位后，再根据当前的从棒位从多组堆芯功率分布数据中选择出一组堆芯功率分布数据，并将其作为当前堆芯功率分布数据。

[0049] 步骤S40. 根据所述当前堆芯功率分布数据，计算当前的控制棒总棒位所对应的LPD最大值和DNBR最小值；

- [0050] 在该步骤中，在确定出当前堆芯功率分布数据后，可利用该当前堆芯功率分布数据计算当前总棒位下各燃料组件的各发生点的LPD值和DNBR值，应理解，LPD及DNBR的计算方法均为现有方法，在此不做赘述。然后，从计算出的多个LPD值中确定出LPD最大值，以及，从计算出的多个DNBR值中确定出DNBR最小值，例如，假如某堆芯有177个燃料组件，且每个组件有44个发生点，那么将产生177*44个LPD值及177*44个DNBR值。
- [0051] 步骤S50. 根据所计算的LPD最大值和DNBR最小值，以及预设的LPD整定值和DNBR整定值，判断是否触发停堆信号。
- [0052] 在该步骤中，需说明的是，LPD整定值和DNBR整定值均是根据事故分析结果提前设定的。
- [0053] 进一步地，在一个具体实施例，在步骤S30中，可根据以下方式当前堆芯功率分布数据：将校刻态数据中的多个控制棒总棒位分别与当前的控制棒总棒位相减，将差值为最小的正数的控制棒总棒位所对应的一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据。例如，假设某一时刻，堆芯控制棒的当前总棒位为R，若 $0 \leq R \leq R_1$ 时，选用对应总棒位 R_1 的堆芯功率分布数据计算DNBR最小值和LPD最大值；若 $R_1 < R \leq R_2$ 时，选用对应总棒位 R_2 的堆芯功率分布数据计算DNBR最小值和LPD最大值；若 $R_2 < R \leq R_3$ 时，选用对应总棒位 R_3 的堆芯功率分布数据计算DNBR最小值和LPD最大值；若 $R_3 < R \leq R_4$ 时，选用对应总棒位 R_4 的堆芯功率分布数据计算DNBR最小值和LPD最大值。
- [0054] 进一步地，在一个具体实施例，步骤S50包括：
- [0055] 判断所计算的LPD最大值是否大于预设的LPD整定值；
- [0056] 判断所计算的DNBR最小值是否小于预设的DNBR整定值；
- [0057] 若所述LPD最大值大于所述LPD整定值，或者，所述DNBR最小值小于所述DNBR整定值，则触发停堆信号。
- [0058] 图2是本发明在线保护系统实施例一的逻辑结构图，该在线保护系统用于反应堆LPD和DNBR保护，且包括：获取模块10、功率重构模块20、确定模块30、计算模块40和判断模块50，其中，获取模块10用于获取定期更新的校刻态数据，其中，所述校刻态数据包括多个不同的控制棒总棒位分别所对应的多组校刻态堆

芯参数数据；功率重构模块20用于根据各个控制棒总棒位分别所对应的校刻态堆芯参数数据，对各个控制棒总棒位分别所对应的堆芯功率分布数据进行重构计算；确定模块30用于实时获取当前的控制棒总棒位，并根据当前的控制棒总棒位，从多组堆芯功率分布数据中选择出一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据；计算模块40用于根据所述当前堆芯功率分布数据，计算当前的控制棒总棒位所对应的LPD最大值和DNBR最小值；判断模块50用于根据所计算的LPD最大值和DNBR最小值，以及预设的LPD整定值和DNBR整定值，判断是否触发停堆信号。

[0059] 进一步地，获取模块10用于通过定期对反应堆在各个校刻态下的运行进行三维模拟或试验来获取校刻态数据。

[0060] 进一步地，确定模块30用于将校刻态数据中的多个控制棒总棒位分别与当前的控制棒总棒位相减，将差值为最小的正数的控制棒总棒位所对应的一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据。

[0061] 进一步地，判断模块40包括第一判断子单元、第二判断子单元和停堆触发单元，其中，第一判断子单元用于判断所计算的LPD最大值是否大于预设的LPD整定值；第二判断子单元用于判断所计算的DNBR最小值是否小于预设的DNBR整定值；停堆触发单元用于在所述LPD最大值大于所述LPD整定值，或者，所述DNBR最小值小于所述DNBR整定值时，触发停堆信号。

[0062] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何篡改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的权利要求范围之内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种在线保护方法，用于反应堆LPD和DNBR保护，其特征在于，包括：
- 步骤S10. 获取定期更新的校刻态数据，其中，所述校刻态数据包括多个不同的控制棒总棒位分别所对应的多组校刻态堆芯参数数据；
- 步骤S20. 根据各个控制棒总棒位分别所对应的校刻态堆芯参数数据，对各个控制棒总棒位分别所对应的堆芯功率分布数据进行重构计算；
- 步骤S30. 实时获取当前的控制棒总棒位，并根据当前的控制棒总棒位，从多组堆芯功率分布数据中选择出一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据；
- 步骤S40. 根据所述当前堆芯功率分布数据，计算当前的控制棒总棒位所对应的LPD最大值和DNBR最小值；
- 步骤S50. 根据所计算的LPD最大值和DNBR最小值，以及预设的LPD整定值和DNBR整定值，判断是否触发停堆信号。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的在线保护方法，其特征在于，在所述步骤S30中，根据以下方式当前堆芯功率分布数据：
- 将校刻态数据中的多个控制棒总棒位分别与当前的控制棒总棒位相减，将差值为最小的正数的控制棒总棒位所对应的一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的在线保护方法，其特征在于，所述步骤S50包括：
- 判断所计算的LPD最大值是否大于预设的LPD整定值；
- 判断所计算的DNBR最小值是否小于预设的DNBR整定值；
- 若所述LPD最大值大于所述LPD整定值，或者，所述DNBR最小值小于所述DNBR整定值，则触发停堆信号。
- [权利要求 4] 根据权利要求1所述的在线保护方法，其特征在于，在所述步骤S10中，根据以下方式获取校刻态数据：
- 根据预先建立的三维模型来获取校刻态数据。

- [权利要求 5] 根据权利要求1所述的在线保护方法，其特征在于，在所述步骤S10中，根据以下方式获取校刻态数据：
通过试验的方式来获取校刻态数据。
- [权利要求 6] 根据权利要求5所述的在线保护方法，其特征在于，在所述步骤S10中，根据以下方式获取校刻态数据：
反应堆在各个校刻态下运行时，通过设置在堆内的多个中子探测器来探测堆芯中子通量。
- [权利要求 7] 一种在线保护系统，用于反应堆LPD和DNBR保护，其特征在于，包括：
获取模块，用于获取定期更新的校刻态数据，其中，所述校刻态数据包括多个不同的控制棒总棒位分别所对应的多组校刻态堆芯参数数据；
功率重构模块，用于根据各个控制棒总棒位分别所对应的校刻态堆芯参数数据，对各个控制棒总棒位分别所对应的堆芯功率分布数据进行重构计算；
确定模块，用于实时获取当前的控制棒总棒位，并根据当前的控制棒总棒位，从多组堆芯功率分布数据中选择出一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据；
计算模块，用于根据所述当前堆芯功率分布数据，计算当前的控制棒总棒位所对应的LPD最大值和DNBR最小值；
判断模块，用于根据所计算的LPD最大值和DNBR最小值，以及预设的LPD整定值和DNBR整定值，判断是否触发停堆信号。
- [权利要求 8] 根据权利要求7所述的在线保护系统，其特征在于，
所述确定模块，用于将校刻态数据中的多个控制棒总棒位分别与当前的控制棒总棒位相减，将差值为最小的正数的控制棒总棒位所对应的一组堆芯功率分布数据作为当前堆芯功率分布数据。
- [权利要求 9] 根据权利要求7所述的在线保护系统，其特征在于，所述判断模块包括：

第一判断子单元，用于判断所计算的LPD最大值是否大于预设的LPD整定值；

第二判断子单元，用于判断所计算的DNBR最小值是否小于预设的DNBR整定值；

停堆触发单元，用于在所述LPD最大值大于所述LPD整定值，或者，所述DNBR最小值小于所述DNBR整定值时，触发停堆信号。

[权利要求 10] 根据权利要求7所述的在线保护系统，其特征在于，
所述获取模块，用于通过定期对反应堆在各个校刻态下的运行进行三维模拟或试验来获取校刻态数据。

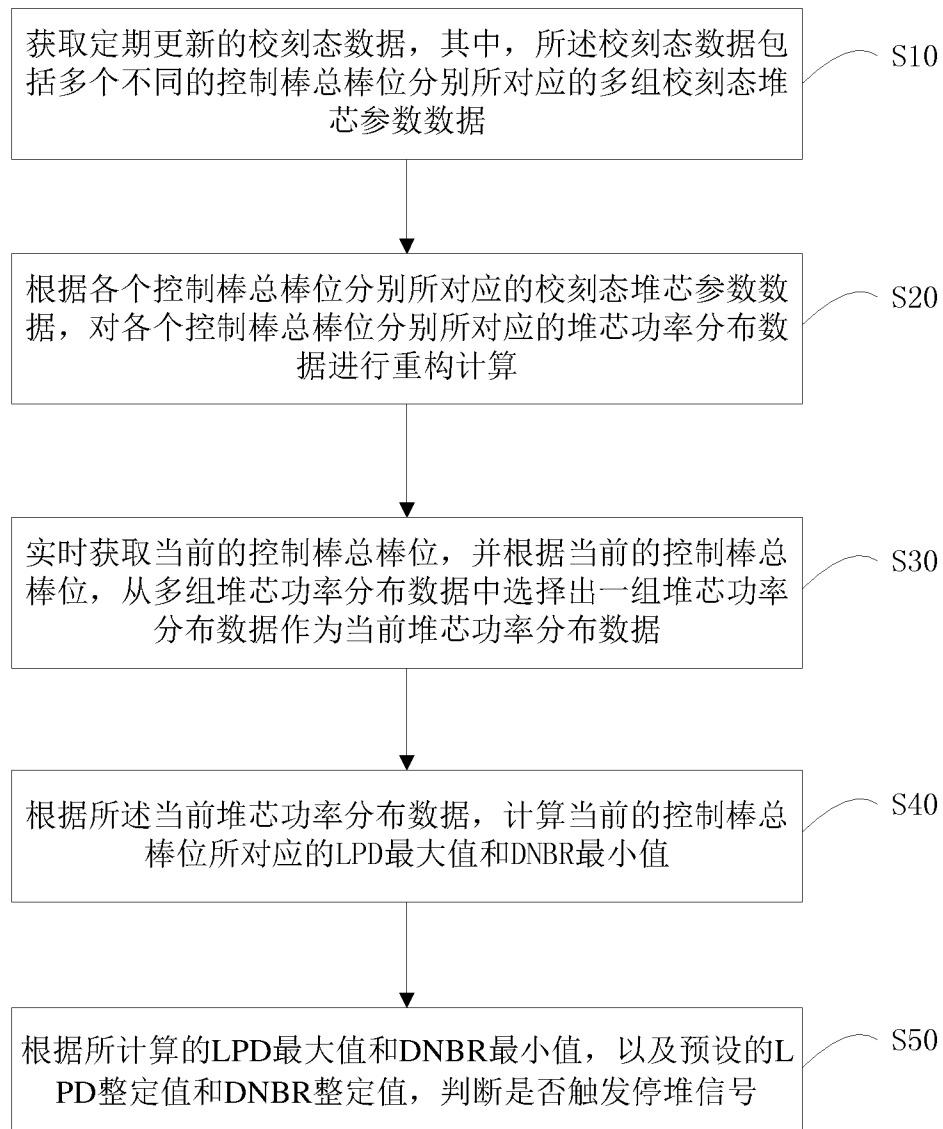


图 1

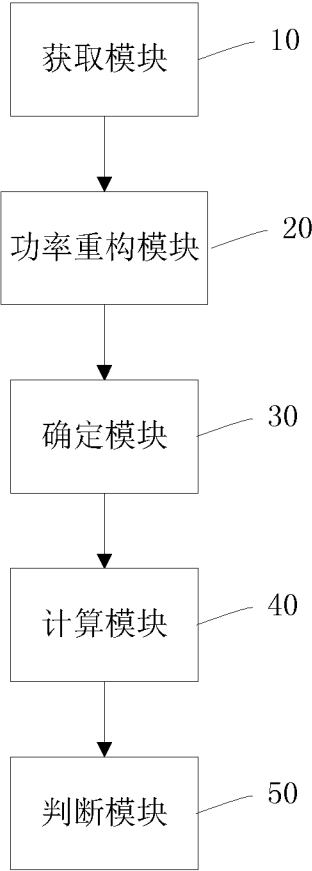


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/071875

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21C 17/00(2006.01)i; G21C 17/108(2006.01)n

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)

G21C17

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 校刻态, 堆芯, 功率, 分布, 数据, 重构, LPD, DNBR, 触发, 停堆, corrected, state, core, power, distribution, data, reconstruct+, trigger, trip

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 110322976 A (NUCLEAR POWER INSTITUTE OF CHINA) 11 October 2019 (2019-10-11) description, paragraphs 1-55, and figures 1-2	1-10
A	CN 111737869 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 02 October 2020 (2020-10-02) entire document	1-10
A	CN 106340332 A (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD. et al.) 18 January 2017 (2017-01-18) entire document	1-10
A	CN 105247619 A (KOREA HYDRO & NUCLEAR POWER CO., LTD.) 13 January 2016 (2016-01-13) entire document	1-10
A	US 2002052673 A1 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 02 May 2002 (2002-05-02) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 June 2022

Date of mailing of the international search report

01 July 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/071875

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110322976	A	11 October 2019	CN	110322976	B	24 November 2020
CN	111737869	A	02 October 2020	None			
CN	106340332	A	18 January 2017	None			
CN	105247619	A	13 January 2016	EP	3007176	A1	13 April 2016
				WO	2014192997	A1	04 December 2014
US	2002052673	A1	02 May 2002	JP	2002168988	A	14 June 2002
				KR	20020034011	A	08 May 2002
				KR	399759	B1	29 September 2003

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/071875

A. 主题的分类 G21C 17/00(2006.01)i; G21C 17/108(2006.01)n 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) G21C17 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)) CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC: 校刻态, 堆芯, 功率, 分布, 数据, 重构, LPD, DNBR, 触发, 停堆, corrected, state, core, power, distribution, data, reconstruct+, trigger, trip																				
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>A</td> <td>CN 110322976 A (中国核动力研究设计院) 2019年10月11日 (2019 - 10 - 11) 说明书第1-55段、附图1-2</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111737869 A (西安交通大学) 2020年10月2日 (2020 - 10 - 02) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106340332 A (中广核工程有限公司 等) 2017年1月18日 (2017 - 01 - 18) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105247619 A (韩国水力原子力株式会社) 2016年1月13日 (2016 - 01 - 13) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2002052673 A1 (KOREA ADVANCED INST. SCI. & TECH.) 2002年5月2日 (2002 - 05 - 02) 全文</td> <td>1-10</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	A	CN 110322976 A (中国核动力研究设计院) 2019年10月11日 (2019 - 10 - 11) 说明书第1-55段、附图1-2	1-10	A	CN 111737869 A (西安交通大学) 2020年10月2日 (2020 - 10 - 02) 全文	1-10	A	CN 106340332 A (中广核工程有限公司 等) 2017年1月18日 (2017 - 01 - 18) 全文	1-10	A	CN 105247619 A (韩国水力原子力株式会社) 2016年1月13日 (2016 - 01 - 13) 全文	1-10	A	US 2002052673 A1 (KOREA ADVANCED INST. SCI. & TECH.) 2002年5月2日 (2002 - 05 - 02) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
A	CN 110322976 A (中国核动力研究设计院) 2019年10月11日 (2019 - 10 - 11) 说明书第1-55段、附图1-2	1-10																		
A	CN 111737869 A (西安交通大学) 2020年10月2日 (2020 - 10 - 02) 全文	1-10																		
A	CN 106340332 A (中广核工程有限公司 等) 2017年1月18日 (2017 - 01 - 18) 全文	1-10																		
A	CN 105247619 A (韩国水力原子力株式会社) 2016年1月13日 (2016 - 01 - 13) 全文	1-10																		
A	US 2002052673 A1 (KOREA ADVANCED INST. SCI. & TECH.) 2002年5月2日 (2002 - 05 - 02) 全文	1-10																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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																
* 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 2022年6月9日		国际检索报告邮寄日期 2022年7月1日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(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		受权官员 刘博 电话号码 86-(10)-53962619																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/071875

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	110322976	A	2019年10月11日	CN	110322976	B	2020年11月24日
CN	111737869	A	2020年10月2日	无			
CN	106340332	A	2017年1月18日	无			
CN	105247619	A	2016年1月13日	EP	3007176	A1	2016年4月13日
				WO	2014192997	A1	2014年12月4日
US	2002052673	A1	2002年5月2日	JP	2002168988	A	2002年6月14日
				KR	20020034011	A	2002年5月8日
				KR	399759	B1	2003年9月29日