

(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
2024 年 12 月 19 日 (19.12.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/254954 A1

- (51) 国际专利分类号:
G21C 15/18 (2006.01) *G21C 15/02* (2006.01)
G21C 15/14 (2006.01) *G21C 19/04* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/110672
- (22) 国际申请日: 2023 年 8 月 2 日 (02.08.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310694342.7 2023年6月12日 (12.06.2023) CN
- (71) 申请人: 上海交通大学 (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国上海市闵行区东川路800号, Shanghai 200240 (CN)。
- (72) 发明人: 胡珀 (HU, Po); 中国上海市闵行区东川路800号, Shanghai 200240 (CN)。

- (74) 代理人: 上海段和段律师事务所 (DUAN & DUAN LAW FIRM); 中国上海市浦东新区陆家嘴金融贸易区银城中路 501 号上海中心大厦 58 层 5801-5808 室, Shanghai 200120 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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。

(54) **Title:** PULSE WATER FLOW ADJUSTING DEVICE WITHOUT ROTATING COMPONENT, AND NUCLEAR POWER PLANT REACTOR COOLING STRUCTURE

(54) 发明名称: 无转动部件的脉冲水流调节装置及核电厂反应堆冷却结构

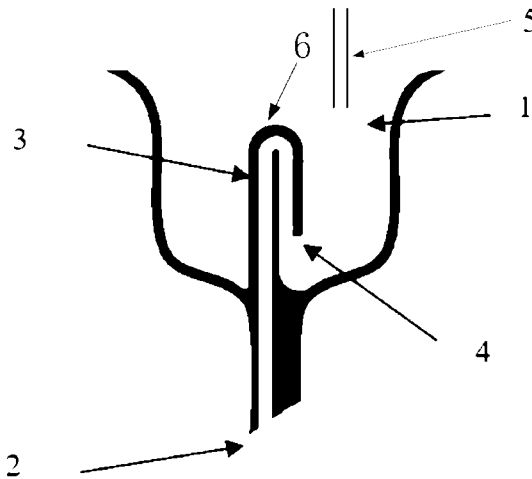


图 1

(57) **Abstract:** Provided in the present invention are a pulse water flow adjusting device without a rotating component, and a nuclear power plant reactor cooling structure. The pulse water flow adjusting device without the rotating component is configured to cool down a wall surface to be cooled, and during cooling, a pulse water flow is sprayed onto the wall surface to be cooled. The water flow adjusting device comprises a water container, a water output flow channel and a device inlet, wherein outside cooling water enters the water container through the device inlet; the water output flow channel has an inverted-U-shaped structure, and is provided with a water outlet and a flow channel inlet; the flow channel inlet is located in the water container; the water outlet penetrates the bottom of the water container, and guides the water flow onto the wall surface to be cooled; and the cross-sectional area of the water container is



(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

greater than that of the water output flow channel. Provided in the present invention is a method for reducing temperature by means of pulse water cooling. By using the method, the proportion of the evaporative heat exchange of a water film can be increased, and under the same heat exchange requirement, the required total water film flow is effectively reduced, thereby reducing the volume of a cooling water storage tank.

(57) 摘要: 本发明提供了一种无转动部件的脉冲水流调节装置及核电厂反应堆冷却结构。所述无转动部件的脉冲水流调节装置, 用于对待冷却降温壁面进行冷却降温, 冷却降温时, 向待冷却降温壁面上浇淋脉冲水流; 所述水流调节装置包括盛水容器、出水流道以及装置入口; 外界冷却水通过装置入口进入盛水容器; 所述出水流道为倒U型结构, 所述出水流道具有出水口与流道入口; 流道入口位于所述盛水容器内, 出水口穿过所述盛水容器的底部, 将水流导流至待冷却降温壁面上; 所述盛水容器的横截面积大于所述出水流道的横截面积。本发明提供了一种脉冲水冷降温方式, 能够提高水膜蒸发换热占比, 在同等换热需求下, 将有效降低所需要总的水膜流量, 减小冷却水储存水箱的容积。

无转动部件的脉冲水流调节装置及核电厂反应堆冷却结构

技术领域

本发明涉及水流冷却降温技术领域，具体地，涉及一种用于水流冷却降温的无转动部件的脉冲式水流调节装置及核电厂反应堆冷却结构，尤其地，涉及一种无转动部件的脉冲水流调节装置及核电厂反应堆冷却结构。

背景技术

在压水堆核电厂反应堆发生冷却剂流失事故或主蒸汽管道破裂事故时，内层安全壳内水蒸气含量迅速增加，导致内部压力和温度大幅度升高。在压力和温度升至冷却水储存水箱底部的隔离阀开启的整定值后，冷却水在重力作用下从处于安全壳顶部的冷却水储存水箱中流出，流过水膜分配装置，并在安全壳外壁面形成均匀分配的降水膜流动，其中水膜流速由冷却水储存水箱的液位控制。水膜在沿安全壳外壁面流动过程中，通过和水膜表面空气流的对流作用，发生大量的表面蒸发换热，同时水膜温度沿流动方向持续增加上升发生单相对流换热，这两种主导的换热模式将安全壳内聚集的热量带走，使安全壳内温度与压力维持在安全水平。

由于水膜的蒸发换热效率强于其单相对流换热效率，所以在同等换热需求下，提升水膜蒸发换热热量在总换热热量中的占比，将有效降低所需要总的水膜流量，减小冷却水储存水箱的容积，因此亟需设计一种能够提高水膜蒸发换热占比的水流调节装置。

发明内容

针对现有技术中的缺陷，本发明的的实施例的目的是提供一种无转动部件的脉冲水流调节装置及核电厂反应堆冷却结构。

根据本发明的实施例提供一种无转动部件的脉冲水流调节装置，

所述水流调节装置用于对待冷却降温壁面进行冷却降温，冷却降温时，向待冷却降温壁面上浇淋脉冲水流；

所述水流调节装置包括盛水容器、出水流道以及装置入口；

外界冷却水通过装置入口进入盛水容器；

所述出水流道具有出水口与流道入口；流道入口位于所述盛水容器内，出水口穿过所述盛水容器的底部，将水流导流至待冷却降温壁面上；

所述盛水容器的横截面积大于所述出水流道的横截面积。

进一步地，所述出水流道为倒 U 型结构，所述出水口与流道入口分别位于所述倒 U 型结构的两端。

进一步地，所述盛水容器的顶部、倒 U 型结构所具有的弧形顶部、流道入口及出水口依次由高向低布置。

进一步地，所述装置入口的水流流量小于所述出水流道的水流流量。

进一步地，所述出水流道的数量为一个，所述装置入口的横截面积小于所述出水流道的横截面积。

进一步地，出水流道的数量为多个，所述装置入口的横截面积小于多个所述出水流道的横截面积之和。

进一步地，还包括冷却水储存水箱，所述冷却水储存水箱用于盛装冷却水，所述冷却水通过装置入口进入盛水容器。

本发明还提供了一种核电厂反应堆冷却结构包括所述的无转动部件的脉冲水流调节装置。

附图说明

通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述，本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显：

图 1 为本发明的结构示意图；

图 2 为本发明的原理示意图；

图中示出：

盛水容器 1	流道入口 4
出水口 2	装置入口 5
出水流道 3	弧形顶部 6

具体实施方式

下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技

术人员进一步理解本发明，但不以任何形式限制本发明。应当指出的是，对本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变化和改进。这些都属于本发明的保护范围。

本发明提供了一种无转动部件的脉冲水流调节装置，如图 1 所示，所述水流调节装置用于对待冷却降温高温壁面进行冷却降温，冷却降温时，向待冷却降温壁面上浇淋脉冲水流；

所述水流调节装置包括盛水容器 1、出水流道 3 以及装置入口 5；所述出水流道 3 具有出水口 2 与流道入口 4；流道入口 4 位于所述盛水容器 1 内，出水口 2 穿过所述盛水容器 1 的底部，将水流导流至待冷却降温壁面上；所述盛水容器 1 的横截面积大于所述出水流道 3 的横截面积。在一个优选例中，所述装置入口 5 可为带有阀门或不带有阀门的管道结构，所述管道结构位于盛水容器 1 的上方，或通过盛水容器 1 侧壁上的开孔与盛水容器 1 连通。

所述出水流道 3 为倒 U 型结构，所述出水口 2 与流道入口 4 分别位于所述倒 U 型结构的两端。所述盛水容器 1 的顶部、倒 U 型结构所具有的弧形顶部 6、流道入口 4 及出水口 2 依次由高向低布置。

所述装置入口 5 的水流流量小于所述出水流道 3 的水流流量。在一个优选例中，所述出水流道 3 的数量为一个，所述装置入口 5 的横截面积小于所述出水流道 3 的横截面积。在另一个优选例中，出水流道 3 的数量为多个，所述装置入口 5 的横截面积小于多个所述出水流道 3 的横截面积之和。

在一个优选例中，所述水流调节装置还包括冷却水储存水箱，所述冷却水储存水箱用于盛装冷却水，所述冷却水通过装置入口 5 进入盛水容器 1。

本发明的工作原理如下：

当上游往盛水容器 1 内连续注水时，容器内水位从底部开始上升，当水位达到流道入口 4 时，倒 U 型流道近流道入口 4 一侧也会逐渐进水，其水位与盛水容器 1 内水位一致，但由于倒 U 型流道内液面压力与外部盛水容器内液面压力都为环境气压，压力平衡，不会有水流从出水口 2 流出。

如图 2 所示，当水位持续上升超过倒 U 型流道的弧形顶部 6 后（上限水位，高于上限水位时，出水口 2 开始出水），此时盛水容器 1 内的水位高于倒 U 型出水流道 3 内的水位，此水位差形成的压力差将驱使出水流道 3 中的水流从出水口 2 流出，而且由于盛水容器截面大于倒 U 型流道截面，所以盛水容器 1 内液面下降总比倒 U

型流道（即出水流道 3）内液面下降慢，从而总能维持水位差即压力差，保证出水口 2 持续水流，同时，由于上游的连续注水流量小于出水口 2 的流量（即所述装置入口 5 的液体水流流量小于所述出水流道 3 的水流流量），也能保证盛水容器 1 内的在上游注水不断的情况下水位连续下降。

直至盛水容器内水位降低到倒 U 型出水流道入口 4 时（下限水位，低于此出水口断流），由于没有水流再能进入倒 U 型流道，出水口 2 的水流便停止了。

与此同时，由于上游的入口（装置入口 5）水流仍持续不断，在出水口 2 断流情况下，盛水容器 1 内水位又开始上升，从而重复上述的过程。

综上所述，本发明能依靠水位变化造成的压差改变来实现脉冲式水流，没有任何转动部件，设计更加简单可靠，形成的脉冲水流浇淋高温壁面。能提高水膜蒸发换热占比，在同等换热需求下，将有效降低所需要总的水膜流量，减小冷却水储存水箱的容积。

在本申请的描述中，需要理解的是，术语“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本申请和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本申请的限制。

与现有技术相比，本发明具有如下的有益效果：

1、本发明提供了一种脉冲水冷降温方式，能够提高水膜蒸发换热占比，在同等换热需求下，将有效降低所需要总的水膜流量，减小冷却水储存水箱的容积。

2、本发明通过虹吸原理，利用水位在盛水容器中的变化，将持续水流改为脉冲式水流，当水膜流量为 0 时，待冷却壁面表面温度会短暂升高，之后水流流下将热量带走，再然后水流停止，周而复始，这种模式下，较高的壁面温度会提升水膜的温度，从而导致更高的水膜蒸发率，实现提高水膜蒸发换热占比的目的，进而在同等换热需求下，将有效降低所需要总的水膜流量，减小冷却水储存水箱的容积，结构可靠，方便实施。

3、本发明通过无需外动力驱动，且无需转动结构既能实现脉冲水流，结构简单，可靠，节能环保。

以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是，本发明并不局限于上述特定实施方式，本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变化或修改，

这并不影响本发明的实质内容。在不冲突的情况下，本申请的实施例和实施例中的特征可以任意相互组合。

权利要求书

1、一种无转动部件的脉冲水流调节装置，其特征在于，

所述水流调节装置用于对待冷却降温壁面进行冷却降温，冷却降温时，向待冷却降温壁面上浇淋脉冲水流；

所述水流调节装置包括盛水容器（1）、出水流道（3）以及装置入口（5）；

外界冷却水通过装置入口（5）进入盛水容器（1）；

所述出水流道（3）具有出水口（2）与流道入口（4）；流道入口（4）位于所述盛水容器（1）内，出水口（2）穿过所述盛水容器（1）的底部，将水流导流至待冷却降温壁面上；

所述盛水容器（1）的横截面积大于所述出水流道（3）的横截面积。

2、根据权利要求1所述的无转动部件的脉冲水流调节装置，其特征在于，所述出水流道（3）为倒U型结构，所述出水口（2）与流道入口（4）分别位于所述倒U型结构的两端。

3、根据权利要求2所述的无转动部件的脉冲水流调节装置，其特征在于，所述盛水容器（1）的顶部、倒U型结构所具有的弧形顶部（6）、流道入口（4）及出水口（2）依次由高向低布置。

4、根据权利要求1所述的无转动部件的脉冲水流调节装置，其特征在于，所述装置入口（5）的水流流量小于所述出水流道（3）的水流流量。

5、根据权利要求1所述的无转动部件的脉冲水流调节装置，其特征在于，所述出水流道（3）的数量为一个，所述装置入口（5）的横截面积小于所述出水流道（3）的横截面积。

6、根据权利要求1所述的无转动部件的脉冲水流调节装置，其特征在于，出水流道（3）的数量为多个，所述装置入口（5）的横截面积小于多个所述出水流道（3）的横截面积之和。

7、根据权利要求1所述的无转动部件的脉冲水流调节装置，其特征在于，还包括冷却水储存水箱，所述冷却水储存水箱用于盛装冷却水，所述冷却水通过装置入口（5）进入盛水容器（1）。

8、一种核电厂反应堆冷却结构，其特征在于，包括权利要求1-7任一项所述的无转动部件的脉冲水流调节装置。

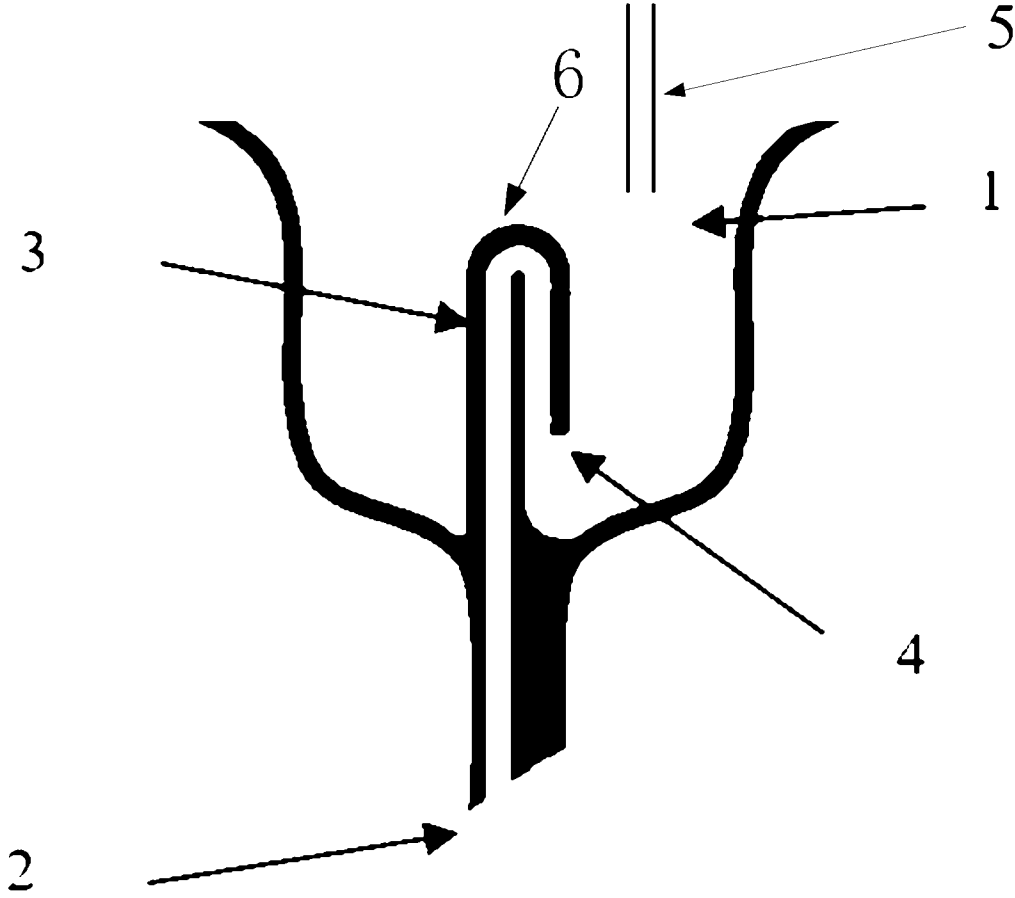


图 1

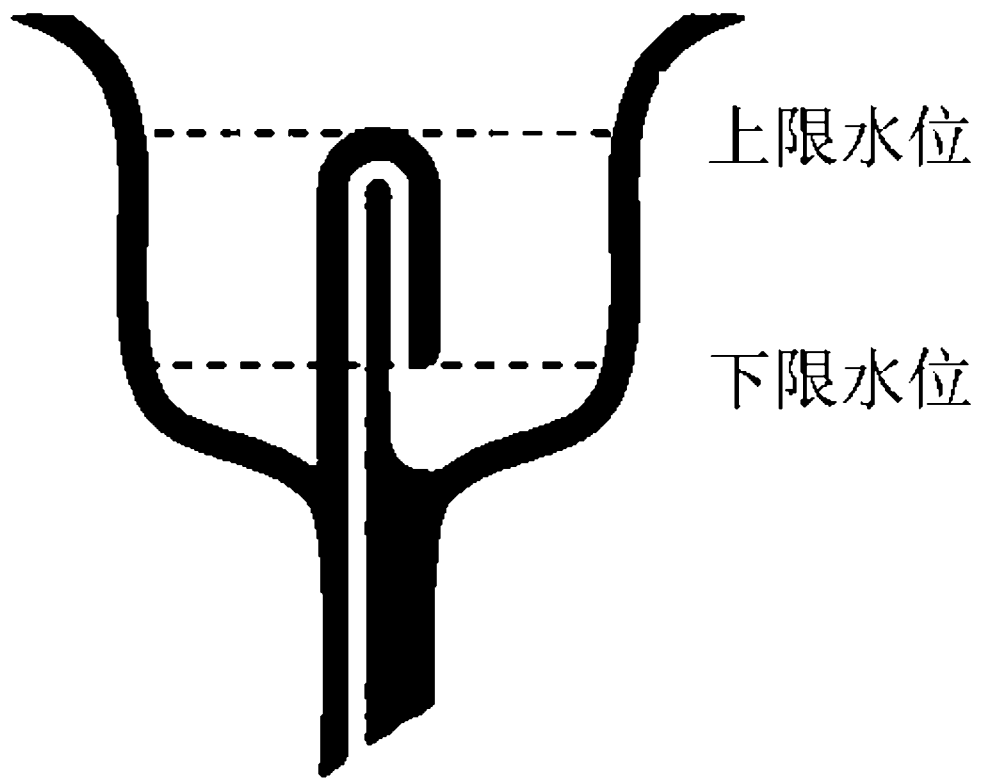


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/110672

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21C 15/18(2006.01)i; G21C 15/14(2006.01)i; G21C 15/02(2006.01)i; G21C 19/04(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)

IPC: 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)

WPABSC; CNTXT; ENTXTC; CNKI; WPABS; ENTXT: 上海交通大学, 胡珀, 脉冲, 水, 调节, 虹吸, 压力, 平衡, 进水, 出水, U形, pulse, water, siphon, pressure, equilibrium, u-shaped

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116525156 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 01 August 2023 (2023-08-01) claims 1-8	1-8
X	CN 109835983 A (HANGZHOU KAIYUAN ENVIRONMENTAL ENGINEERING CO., LTD.) 04 June 2019 (2019-06-04) description, paragraphs [0005]-[0023], and figure 1	1-8
A	CN 111750724 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 09 October 2020 (2020-10-09) entire document	1-8



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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

02 December 2023

Date of mailing of the international search report

11 December 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2023/110672

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	116525156	A	01 August 2023	None	
CN	109835983	A	04 June 2019	None	
CN	111750724	A	09 October 2020	None	

A. 主题的分类		
G21C 15/18(2006.01)i; G21C 15/14(2006.01)i; G21C 15/02(2006.01)i; G21C 19/04(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)		
IPC: 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))		
WPABSC;CNTXT;ENTXTC;CNKI;WPABS;ENTXT:上海交通大学, 胡珀, 脉冲, 水, 调节, 虹吸, 压力, 平衡, 进水, 出水, U形, pulse, water, siphon, pressure, equilibrium, u-shaped		
C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 116525156 A (上海交通大学) 2023年8月1日 (2023 - 08 - 01) 权利要求1-8	1-8
X	CN 109835983 A (杭州开源环保工程有限公司) 2019年6月4日 (2019 - 06 - 04) 说明书第[0005]-[0023]段, 附图1	1-8
A	CN 111750724 A (上海交通大学) 2020年10月9日 (2020 - 10 - 09) 全文	1-8
☐ 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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		国际检索报告邮寄日期
2023年12月2日		2023年12月11日
ISA/CN的名称和邮寄地址		授权官员
中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		张咏
		电话号码 (+86) 0512-88997577

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/110672

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	116525156	A	2023年8月1日	无	
CN	109835983	A	2019年6月4日	无	
CN	111750724	A	2020年10月9日	无	