

(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 9 月 12 日 (12.09.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/183142 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/24 (2006.01) *F28D 20/00* (2006.01)
H02J 3/28 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/090446
- (22) 国际申请日: 2023 年 4 月 24 日 (24.04.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310210580.6 2023年3月6日 (06.03.2023) CN
- (71) 申请人: 西安热工研究院有限公司
(XI'AN THERMAL POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。
- (72) 发明人: 张建元 (ZHANG, Jianyuan); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。

马汀山 (MA, Tingshan); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。常东锋 (CHANG, Dongfeng); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。王伟 (WANG, Wei); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。雒青 (LUO, Qing); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。耿如意 (GENG, Ruyi); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。王东晔 (WANG, Dongye); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。李昊 (LI, Hao); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。王亚峰 (WANG, Yafeng); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。

(74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL

(54) Title: MOLTEN SALT ELECTRIC HEATER ADAPTED TO FREQUENCY MODULATION OF POWER GRID, AND OPERATION METHOD

(54) 发明名称: 适应电网调频的熔盐电加热器和运行方法

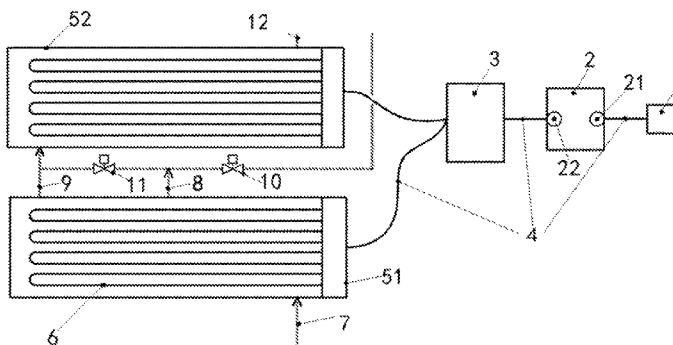


图 3

(57) Abstract: Provided is a molten salt electric heater adapted to the frequency modulation of a power grid, comprising: a power supply device, used for supplying electric energy to a molten salt electric heating unit; and the molten salt electric heating unit, electrically connected to the power supply device by means of a power regulating cabinet (3). The molten salt electric heating unit comprises at least one first heating unit (51) and one second heating unit (52), and is used for converting the electric energy into heat energy to heat molten salt. According to the flowing direction of the molten salt, the molten salt sequentially passes through the first heating unit (51) and the second heating unit (52) from bottom to top. A plurality of independent heating pipe groups (6) are arranged in each of the first heating unit (51) and the second heating unit (52).

(57) 摘要: 提出了适应电网调频的熔盐电加热器, 包括: 供电装置, 用于对熔盐电加热单元提供电能; 以及熔盐电加热单元, 其通过调功柜 (3) 与供电装置电连接; 熔盐电加热单元包括至少一个第一加热单元 (51) 和一个第二加热单元 (52), 用于将电能转化为热能加热熔盐; 根据熔盐流动方向, 熔盐由下到上依次经过第一加热单元 (51) 和第二加热单元 (52); 其中第一加热单元 (51) 和第二加热单元 (52) 中均布设多个独立的加热管组 (6)。



PROPERTY LLC; 中国北京市海淀区悦秀路99号4层2单元417, Beijing 100085 (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。

(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))。

适应电网调频的熔盐电加热器和运行方法

相关申请的交叉引用

本申请基于申请号为 202310210580.6、申请日为 2023 年 03 月 06 日的中国专利申请提出，并要求该中国专利申请的优先权，该中国专利申请的全部内容在此引入本申请作为参考。

技术领域

本公开涉及电网调频技术领域，尤其涉及适应电网调频的熔盐电加热器和运行方法。

10 背景技术

调频是维持电网安全运行的重要手段，主要分为一次调频和二次调频，现阶段电网调频基本依靠发电机组完成，调节速率和质量差异较大。目前风能、太阳能等可再生能源逐年迅猛发展，加之全社会用电量逐年攀升，电网用电峰谷差日益增大，电网对低成本、长寿命储能技术的需求越来越强。；而熔盐储热技术可以将电能转化为热能进行储存，具有平均成本低、使用寿命长、清洁无污染的优势，是未来应对新能源发展的主要储能手段之一。

利用熔盐储热技术进行电网调频是一种新兴技术，具有成本低、使用寿命长、精确度高的优点，其核心是将电加热器作为可控负载进行精准控制。现有熔盐电加热器的调功方式一般分为相位控制和零位控制两种，相位控制是指可控硅在每个周波内完成通断，根据通断时间确定输出功率，该模式下调功器输出功率稳定、但会产生大量谐波，零位控制是控制周波的通断数量以调整输出功率，避免了周波影响、但是会导致电流阶跃不稳定。基于 IGBT 技术的变流器也可以调节负载功率，但是价格高昂。因此，开发适用于电网调频的熔盐电加热器以及控制方法具有巨大的应用前景。

发明内容

根据本公开的第一个方面提出了一种适应电网调频的熔盐电加热器，包括：

供电装置，用于对熔盐电加热单元提供电能；以及

所述熔盐电加热单元，其通过调功柜与所述供电装置电连接；所述熔盐电加热单元包括至少一个第一加热单元和一个第二加热单元，用于将电能转化为热能加热熔盐；根据熔盐流动方向，熔盐由下到上依次经过所述第一加热单元和所述第二加热单元；其中所述第一加热单元和所述第二加热单元中均布设多个独立的加热管组。

在一些实施例中，所述第二加热单元中多个所述加热管组分布在三个或四个利用隔板间隔开来的流区内，且每个所述流区内至少包括一个所述加热管组，熔盐依次经过各所述流区；其中熔盐最后流经的所述流区内包括功率分别为 P1 和 P2 的两个所述加热管组；其余所述流区内所述加热管组的功率均为 P3；其中 $P1 < P2 < P3$ 。

在一些实施例中，在所述第二加热单元中，熔盐首先经过的所述流区位于熔盐最后流经的所述流区的下方。

在一些实施例中，所述第一加热单元包括在上下方向上排列且横截面积相同的N个流通区；每个所述流通区内至少包括一个功率均为P3的加热管组；熔盐由下到上依次经过各所述流通区中。

5 在一些实施例中，所述熔盐电加热单元还包括旁通管道，所述旁通管道设置在与所述第二加热单元连接的所述第一加热单元的上方，且包括第一输出端和第二输出端；所述第一输出端与该所述第一加热单元的一个输出端连通；所述第二输出端与所述第二加热单元的输出端连通；所述旁通管道的输入端与所述第一加热单元的另一输出端连通。

在一些实施例中，所述第一输出端与所述第一加热单元的一个输出端之间设置有第二阀门；第二输出端与所述第二加热单元的输出端之间设置有第一阀门。

10 在一些实施例中，所述供电装置包括电源和与所述电源连接的超级电容中储装置；其中所述超级电容中储装置中设有输入控制装置和输出控制装置；所述超级电容中储装置与所述调功柜电连接。

15 在一些实施例中，本公开的第二个方面提出了一种适应电网调频的熔盐电加热器的运行方法，运行上述任一实施例中所述的熔盐电加热器，所述熔盐电加热器包括预热模式和工作模式；

预热模式下：只打开第二加热单元和第一加热单元中熔盐最先经过的一个流区和一个流通区；在所述流通区内的加热管组功率不足时，打开相邻的所述流通区内的加热管组；

在工作模式下包括：熔盐电加热单元的功率不变阶段，电源为调功柜提供稳定电能，所述调功柜控制第二加热单元和第一加热单元中部分所述加热管组开启，并达到所需电功率；
20 所述熔盐电加热单元的功率可变阶段，超级电容中储装置发挥短时储电功能或放电功能，开启或关闭所述第二加热单元和所述第一加热单元中部分的所述加热管组。

在一些实施例中，所述第二加热单元和所述第一加热单元中，所述加热管组的开启方法为自上向下；所述加热管组的关闭方法为自下向上。

25 在一些实施例中，当熔盐中水分受热形成气泡时，打开第一阀门，将水蒸气排出至所述第二加热单元的输出端；而所述第一加热单元中所述加热管组上部，因流动阻力不均导致局部过热时打开第二阀门，并在所述第一加热单元正常运行时，保持第二阀门常开状态。

本公开附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本公开的实践了解到。

30 附图说明

本公开上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图1是本公开一实施例提出的适应电网调频的熔盐电加热器的结构示意图；

图2是本公开一实施例提出的适应电网调频的熔盐电加热器的结构示意图；

35 图3是本公开一实施例提出的适应电网调频的熔盐电加热器的结构示意图；

图4是本公开一实施例提出的第一加热单元和一个第二加热单元的横截面示意图；

图 5 是图 4 的另一示意图；

图中，1、电源；2、超级电容中储装置；21、输入控制装置；22、输出控制装置；3、调功柜；4、电路接线；51、第一加热单元；52、第二加热单元；6、加热管组；7、入口管道；8、旁通管道；9、中间连通管道；10、第一阀门；11、第二阀门；12、出口管道；13、隔板。

具体实施方式

下面详细描述本公开的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本公开，而不能理解为对本公开的限制。相反，本公开的实施例包括落入所附加权利要求书的精神和内涵范围内的所有变化、修改和等同物。

本公开旨在至少在在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。为此，本公开的目的在于提出适应电网调频的熔盐电加热器和运行方法，通过改进熔盐电加热器内电热管的布置方式，并结合运行方法能保证熔盐电加热器在正常工作时电流稳定、且在启动过程中电流缓慢升高，提高调频质量的同时延长了电阻丝使用寿命，解决现有熔盐电加热器用于电网调频时波动大、影响使用寿命的技术问题。

为达到上述目的，根据本公开的第一个方面提出了一种适应电网调频的熔盐电加热器，包括供电装置和熔盐电加热单元；其中供电装置用于对熔盐电加热单元提供电能，熔盐电加热单元将电能转化为一定功率的热能，可对熔盐进行加热。

本实施例中的熔盐电加热单元通过调功柜 3 与供电装置电连接；熔盐电加热单元包括至少一个第一加热单元 51 和一个第二加热单元 52；根据熔盐由下到上的流动方向，熔盐经过至少一个第一加热单元 51 加热后，最后通过第二加热单元 52 流出；其中第一加热单元 51 和第二加热单元 52 中均布设多个独立的加热管组 6。

其中，供电装置与调功柜 3 通过电路接线 4 实现电连接，而熔盐电加热单元包括至少一个第一加热单元 51 和一个第二加热单元 52，其中调功柜 3 通过电路接线 4 分别与至少一个第一加热单元 51 和第二加热单元 52 连接，且根据熔盐流动方向，熔盐先经过至少一个第一加热单元 51 加热，最后通过第二加热单元 52 流出。换言之，熔盐电加热单元包括一个、两个或多个第一加热单元 51 和一个第二加热单元 52，且根据熔盐流动方向，低温的熔盐先经过全部的第一加热单元 51 加热后，再最后通过第二加热单元 52 流出。在一些方案中，第一加热单元 51 位于第二加热单元 52 的下方，即熔盐流通方向为由下到上流通的在每个加热单元中，熔盐自下向上流动，流程上先流经第一加热单元，再流经第二加热单元。

示例的如图 1 所示，而熔盐电加热单元包括一个第一加热单元 51 和一个第二加热单元 52，其中调功柜 3 通过电路接线 4 分别与第一加热单元 51 和第二加热单元 52 连接。第一加热单元 51 包括入口管道 7，熔盐通过入口管道 7 进入第一加热单元 51 中由下至上流动，经过加热后的熔盐进入第二加热单元 52，并经过第二加热单元 52 上方的出口管道 12 流出。可知的，在一些方案中，如图 2 所示，而熔盐电加热单元包括两个第一加热单元 51 和一个

第二加热单元 52，其中调功柜 3 通过电路接线 4 分别与两个第一加热单元 51 和第二加热单元 52 连接；其中两个第一加热单元 51 和一个第二加热单元 52 依次排列并串联。熔盐通过一个第一加热单元 51 后进入与其相连的另一个第一加热单元 51，最后通入第二加热单元 52 加热后流出。

5 在本实施例中，第一加热单元 51 和第二加热单元 52 中均布设多个独立的加热管组 6；换言之，每一第一加热单元 51 和第二加热单元 52 中均包括多个加热管组 6，其中独立的加热管组 6 为开关可独立控制的结构，其通过调功柜 3 的控制，实现模块化分区加热熔盐。优选的；且第一加热单元 51 和第二加热单元 52 中加热管组 6 的总功率可设置为基本相同，便于工厂加工、配电柜采购，可以降低成本。

10 在一些实施例中，第二加热单元 52 中多个加热管组 6 分布在三个或四个利用隔板 13 间隔开来的流区内，且每个流区内至少包括一个加热管组 6；进入第二加热单元 52 中的熔盐依次经过各流区，并经最后的流区流出；其中熔盐最后流经的流区内包括功率分别为 P_1 和 P_2 的两个加热管组 6；其余流区内加热管组 6 的功率均为 P_3 ；其中 $P_1 < P_2 < P_3$ 。

其中，第二加热单元 52 和第一加热单元 51 均可理解为电加热器，其中电加热器包括空
15 心的壳体，壳体内布设加热管组 6，而壳体的形状为多种，本实施例以圆柱形结构为例进行描述。壳体被轴向隔板 13 划分为三个或四个流区；其中每个流区内至少包括一个加热管组 6，且一个加热管组 6 只分布在一个流区内。一个加热管组 6 对应的额定功率分别为 P_1 、 P_2 或 P_3 ，其中 $P_1 < P_2 < P_3$ ，通过控制电功率分别为 P_1 、 P_2 和 P_3 的多个加热管组 6 的开启和关闭，可以灵活调整熔盐电加热器的功率精度。进入第二加热单元 52 中的熔盐依次经过各
20 流区，并经最后的流区流出，而功率为分别为 P_1 和 P_2 的两个加热管组 6 共同设置在熔盐最后流经的流区内，其余流区内均设置功率均为 P_3 的加热管组 6。

示例的如图 4 所示，壳体被轴向隔板 13 划分为 Q_1 、 Q_2 和 Q_3 三个流区，从壳体的横截面处可知 Q_1 、 Q_2 左右对称、 Q_3 在 Q_1 和 Q_2 下方，熔盐依次经过 Q_3 、 Q_2 、 Q_1 ， Q_1 上设置有
25 出口管道 12，其中 Q_1 流区内设置额定功率分别为 P_1 和 P_2 的两个加热管组 6； Q_3 、 Q_2 流区内均设置额定功率为 P_3 的加热管组 6。再例如图 5 所示，壳体被轴向隔板 13 划分为 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 和 Q_4 四个流区，从壳体的横截面处观察，截面方向看 Q_1 、 Q_2 左右对称、 Q_3 、 Q_4 左右对称并位于 Q_1 和 Q_2 的下方。其中熔盐依次经过 Q_4 、 Q_3 、 Q_2 、 Q_1 ；而 Q_1 流区内设置额定功率分别为 P_1 和 P_2 的两个加热管组 6； Q_4 、 Q_3 和 Q_2 流区内均设置额定功率为 P_3 的加热管组 6。

30 在一些实施例中，第二加热单元 52 中，熔盐首先经过的流区位于熔盐最后经过的流区的下方。

其中，在第二加热单元 52 中，三个或四个流区可为上下方位进行排列，其中熔盐先经过下方的流区后，再进入上方的流区。示例的如图 4 所示， Q_1 、 Q_2 左右对称、 Q_3 在下方，熔盐依次经过 Q_3 、 Q_2 、 Q_1 ；再例如图 5 所示 Q_1 、 Q_2 左右对称、 Q_3 、 Q_4 左右对称并位于 Q_1 、 Q_2 的下方，熔盐依次经过 Q_4 、 Q_3 、 Q_2 、 Q_1 。

35 在一些实施例中，第一加热单元 51 中多个加热管组 6 分布在面积相同的 N 个流通区内，且每个流通区内至少包括一个功率均为 P_3 的加热管组 6； N 个流通区在上下方向上排列，进

入第一加热单元 51 中的熔盐由下到上依次经过各流通区，并经最顶部的流通区加热后进入第二加热单元 52 中。

其中，第一加热单元 51 中包括 N 个在上下方向上依次排列流通区，其中流通区的截面面积相同，且每一个流通区内至少包括一个功率均为 P3 的加热管组 6，进入第一加热单元 51 中的熔盐由下到上依次经过各流通区，并经最顶部的流通区加热后进入第二加热单元 52 中。示例的如图 4 和图 5 所示，第一加热单元 51 中包括可理解为电加热器，其中电加热器包括空心的壳体，壳体内布设加热管组 6，其中壳体的形状为多种，本实施例以圆柱形结构为例进行描述。壳体内从上到下被分成横截面积相等的 S1、S2、S3……Sn 区，相邻流通区之间无实物隔档，进入的熔盐从低处的 Sn 区向高处的 S1 区流动。其中本实施例中，Sn 处设置入口管道 7，且在 S1 区通过管道与第二加热单元 52 连通。

在一些实施例中，熔盐电加热单元还包括旁路输送单元；旁路输送单元包括旁通管道 8；旁通管道 8 设置在与第二加热单元 52 连接的第一加热单元 51 的上方，且包括第一输出端和第二输出端；第一输出端与该第一加热单元 51 的一个输出端连通；第二输出端与第二加热单元的输出口端连通；旁通管道 8 的输入端与第一加热单元 51 的另一输出端连通。

其中，第一加热单元 51 和第二加热单元 52 通过中间连管道 9 连接，示例的如图 4 所示，第一加热单元 51 包括横截面积相等的 S1、S2、S3……Sn 区，第二加热单元 52 包括 Q1、Q2 和 Q3 三个流区，其中 Sn 处设置入口管道 7，且在 S1 区通过中间连管道 9 与 Q3 流区连接，而 Q1 上设置出口管道 12，从而实现熔盐依次经过 Sn…S1，然后通过中间连管道 9 后经过第二加热单元 52 最后由 Q1 上的出口管道 12 流出。

本实施例中，旁路输送单元包括旁通管道 8，其中旁通管道 8 位于最上方的第一加热单元 51 的上方，即旁通管道 8 设置在第二加热单元 52 和第一加热单元 51 之间。其中旁通管道 8 包括两个输出端，即第一输出端和第二输出端；其中第一输出端与第一加热单元 51 的一个输出端连通，并在两者之间设置第二阀门 11；第二输出端与第二加热单元 52 的输出口端连通并在两者之间设置第一阀门 10；旁通管道 8 的输入端与第一加热单元 51 的另一个输出端连通。

其中当第一加热单元 51 内熔盐中的水分受热形成气泡时，可通过打开第一阀门 10，将熔盐中的水蒸气排出至出口管道 12，减缓第一加热单元 51 和第二加热单元 52 的振动；当第一加热单元 51 的加热管组 6 上部因流动阻力不均导致局部过热时，可通过打开第二阀门 11，降低加热管组 6 局部过热情况；当第一加热单元 51 和第二加热单元 52 正常运行时，第二阀门 11 可以保持常开状态，第一阀门 10 保持关闭状态。

在一些实施例中，供电装置包括电源 1 和与电源 1 连接的超级电容中储装置 2；其中超级电容中储装置 2 中设有输入控制装置 21 和输出控制装置 22；超级电容中储装置 2 与调功柜 3 电连接。

其中，本实施例中的供电装置包括电源 1 和与电源 1 连接的超级电容中储装置 2；其中超级电容中储装置 2 为可以发挥短时放电功能和短时储电功能的电器元件，其中超级电容中储装置 2 中设有输入控制装置 21 和输出控制装置 22。示例的如图 3 所示，电源 1、超级电

容中储装置 2 调功柜 3 和熔盐电加热单元之间通过电路接线 4 连接, 其中输入控制装置 21 和输出控制装置 22 可根据熔盐电加热单元的所需功率, 对熔盐电加热单元的功率进行调控。例如熔盐电加热单元的功率需要降低时, 则需要关闭处于开启状态的加热管组 6, 其中超级电容中储装置 2 发挥短时放电功能; 熔盐电加热单元的功率需要升高时, 根据功率需求开启处于关闭状态的加热管组 6, 超级电容中储装置 2 发挥短时储电功能。

在一些实施例中, 本公开的第二个方面提出了一种适应电网调频的熔盐电加热器的运行方法, 运行上述任一实施例中的熔盐电加热器, 其特征在于, 熔盐电加热器包括预热模式和工作模式;

预热模式下: 只打开第二加热单元 52 和第一加热单元 51 中熔盐最先经过的一个流区和一个流通区; 在流通区内的加热管组 6 功率不足时, 打开相邻的流通区;

在工作模式下包括: 熔盐电加热单元的功率不变阶段, 其中电源 1 为调功柜 3 提供稳定电能, 调功柜 3 控制第二加热单元 52 和第一加热单元 51 中部分加热管组 6 开启, 并达到所需电功率; 熔盐电加热单元的功率可变阶段, 超级电容中储装置 2 发挥短时储电功能或放电功能, 并根据熔盐电加热单元的功率, 开启或关闭第二加热单元 52 和第一加热单元 51 中的部分加热管组 6。

本实施例中以图 3 中的适应电网调频的熔盐电加热器为例, 其中电源 1、超级电容中储装置 2、调功柜 33 之间依次通过电路接线 4 连接; 其中超级电容中储装置 2 中设有输入控制装置 21 和输出控制装置 22。本实施例中的熔盐电加热单元包括一个第一加热单元 51 和一个第二加热单元 52, 调功柜 3 通过电路连接线分别与第一加热单元 51 和第二加热单元 52 电连接; 第二加热单元 52 包括 Q1、Q2 和 Q3 三个流区, 其中 Q1 流区内设置额定功率分别为 P1 和 P2 的两个加热管组 6; Q3、Q2 流区内均设置额定功率为 P3 的加热管组 6; 第一加热单元 51 包括 S1、S2、S3……S_n流通区, 每个流通区内设置一个额定功率为 P3 的加热管组 6。旁通管道 8 设置在第一加热单元 51 的上方, 旁通管道 8 通过第一阀门 10 与出口管道 12 连接并通过第二阀门 11 与中间连通管道 9 连接。

熔盐电加热单元按照以下方法运行: 在预热模式下, 只打开 Q3 区和 S_n 区内的加热管组 6, 若 S_n 区内加热管组 6 的电加热功率不足, 可打开 S_{n-1} 区内的加热管组 6, 以此类推。

熔盐电加热单元在正常工作模式下其电功率不变时, 先关闭 Q3 区和 S_n 区内的加热管组 6, 电源 1 为调功柜 3 提供稳定电能, 调功柜 3 控制第一加热单元 51 和第二加热单元 52 器中一部分的加热管组 6 开启, 其余加热管组 6 不工作, 达到所需电功率后, 调功柜 3 输出电流为稳定连续的正弦波, 超级电容中储装置 2 不发挥储电功能; 加热管组 6 将电能转化为热量, 低温熔盐从入口管道 7 流入第一加热单元 51, 经过吸热升温后从中间连通管道 9 流入第二加热单元 52 器继续吸热升温, 并最终从出口管道 12 流出。

当熔盐电加热单元的功率需要升高时, 根据功率需求开启处于关闭状态的加热管组 6, 开启加热管组 6 时按照自上向下的顺序, 即该加热管组 6 上方所有加热管组 6 都处于开启状态时, 才开启该加热管组 6。此时, 超级电容中储装置 2 发挥短时储电功能, 电源 1 提供的电能部分被超级电容中储装置 2 吸收, 该占比随时间由高到低, 剩余电能被新开启的加热管

组 6 吸收, 该占比随时间由低到高, 该部分加热管组 6 的功率逐渐升高, 避免阶跃性功率提升。

当熔盐电加热器功率需要降低时, 根据功率需求关闭处于开启状态的加热管组 6, 关闭加热管组 6 时按照自下向上的顺序, 即该加热管组 6 下方所有加热管组 6 都处于关闭状态时, 才关闭该加热管组 6。此时, 超级电容中储装置 2 发挥短时放电功能, 电源 1 和超级电容中储装置 2 提供的电能全部被加热管组 6 吸收, 被关闭的电加热管功率逐渐降低。

在一些实施例中, 当熔盐中水分受热形成气泡时, 打开第一阀门 10, 将水蒸气排出至第二加热单元 52 的输出端; 而第一加热单元 51 中加热管组 6 上部因流动阻力不均导致局部过热时, 打开第二阀门 11, 并在第一加热单元 51 正常运行时, 保持第二阀门 11 常开状态。

其中, 当第一加热单元 51 内熔盐中的水分受热形成气泡时, 可通过打开第一阀门 10, 将熔盐中的水蒸气排出至出口管道 12, 减缓第一加热单元 51 和第二加热单元 52 的振动; 当第一加热单元 51 的加热管组 6 上部因流动阻力不均导致局部过热时, 可通过打开第二阀门 11, 降低加热管组 6 局部过热情况; 当第一加热单元 51 和第二加热单元 52 正常运行时, 第二阀门 11 可以保持常开状态。

本公开提出的适应电网调频的熔盐电加热器和运行方法, 有效解决了现有熔盐电加热器调功模式不适应电网调频的问题, 通过本公开提出的运行方法, 熔盐电加热器的电流可以保持连续稳定的波形, 调频品质高, 其中加热管组 6 的功率也能实现缓慢提升或降低, 能保证熔盐电加热器在正常工作时电流稳定, 同时延长了加热管组 6 的使用寿命。且公开中第一加热单元 51 和一个第二加热单元 52 内加热管组 6 的布置结构, 能提高调频过程中熔盐电加热器出口温度的稳定性。

需要说明的是, 在本公开的描述中, 术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的, 而不能理解为指示或暗示相对重要性。此外, 在本公开的描述中, 除非另有说明, “多个”的含义是两个或两个以上。

流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为, 表示包括一个或更多个用于实现特定逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部分, 并且本公开的优选实施方式的范围包括另外的实现, 其中可以不按所示出或讨论的顺序, 包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序, 来执行功能, 这应被本公开的实施例所属技术领域的技术人员所理解。

在本说明书的描述中, 参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本公开的至少一个实施例或示例中。在本说明书中, 对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且, 描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

尽管上面已经示出和描述了本公开的实施例, 可以理解的是, 上述实施例是示例性的, 不能理解为对本公开的限制, 本领域的普通技术人员在本公开的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

权利要求书

1. 适应电网调频的熔盐电加热器，包括：

供电装置，用于对熔盐电加热单元提供电能；以及

5 所述熔盐电加热单元，其通过调功柜与所述供电装置电连接；所述熔盐电加热单元包括至少一个第一加热单元和一个第二加热单元，用于将电能转化为热能加热熔盐；根据熔盐流动方向，熔盐由下到上依次经过所述第一加热单元和所述第二加热单元；其中所述第一加热单元和所述第二加热单元中均布设多个独立的加热管组。

2. 根据权利要求 1 所述的熔盐电加热器，其中，所述第二加热单元中多个所述加热管组分布在三个或四个利用隔板间隔开来的流区内，且每个所述流区内至少包括一个所述加热管组，熔盐依次经过各所述流区；其中熔盐最后流经的所述流区内包括功率分别为 P_1 和 P_2 的
10 两个所述加热管组；其余所述流区内所述加热管组的功率均为 P_3 ；其中 $P_1 < P_2 < P_3$ 。

3. 根据权利要求 2 所述的熔盐电加热器，其中，在所述第二加热单元中，熔盐首先经过的所述流区位于熔盐最后流经的所述流区的下方。

4. 根据权利要求 1-3 任一所述的熔盐电加热器，其中，所述第一加热单元包括在上下方向
15 向上排列且横截面积相同的 N 个流通区；每个所述流通区内至少包括一个功率均为 P_3 的加热管组；熔盐由下到上依次经过各所述流通区。

5. 根据权利要求 4 所述的熔盐电加热器，其中，所述熔盐电加热单元还包括旁通管道，所述旁通管道设置在与所述第二加热单元连接的所述第一加热单元的上方，且包括第一输出端和第二输出端；所述第一输出端与该所述第一加热单元的一个输出端连通；所述第二输出端与
20 所述第二加热单元的输出端连通；所述旁通管道的输入端与所述第一加热单元的另一输出端连通。

6. 根据权利要求 5 所述的熔盐电加热器，其中，所述第一输出端与所述第一加热单元的一个输出端之间设置有第二阀门；第二输出端与所述第二加热单元的输出端之间设置有第一阀门。

25 7. 根据权利要求 1 所述的熔盐电加热器，其中，所述供电装置包括电源和与所述电源连接的超级电容中储装置；其中所述超级电容中储装置中设有输入控制装置和输出控制装置；所述超级电容中储装置与所述调功柜电连接。

8. 一种适应电网调频的熔盐电加热器的运行方法，运行权利要求 1-7 中任一所述的熔盐电加热器，其中，所述熔盐电加热器包括预热模式和工作模式；

30 预热模式下：只打开第二加热单元和第一加热单元中熔盐最先经过的一个流区和一个流通区；在所述流通区内的加热管组功率不足时，打开相邻的所述流通区内的加热管组；

在工作模式下包括：熔盐电加热单元的功率不变阶段，电源为调功柜提供稳定电能，所述调功柜控制第二加热单元和第一加热单元中部分所述加热管组开启，并达到所需电功率；所述熔盐电加热单元的功率可变阶段，超级电容中储装置发挥短时储电功能或放电功能，
35 开启或关闭所述第二加热单元和所述第一加热单元中部分的所述加热管组。

9. 根据权利要求 8 所述的运行方法，其中，所述第二加热单元和所述第一加热单元中，所述加热管组的开启方法为自上向下；所述加热管组的关闭方法为自下向上。

10. 根据权利要求 8 所述的运行方法，其中，当熔盐中水分受热形成气泡时，打开第一阀门，将水蒸气排出至所述第二加热单元的输出端；而所述第一加热单元中所述加热管组上部，因流动阻力不均导致局部过热时打开第二阀门，并在所述第一加热单元正常运行时，保持第二阀门常开状态。
- 5

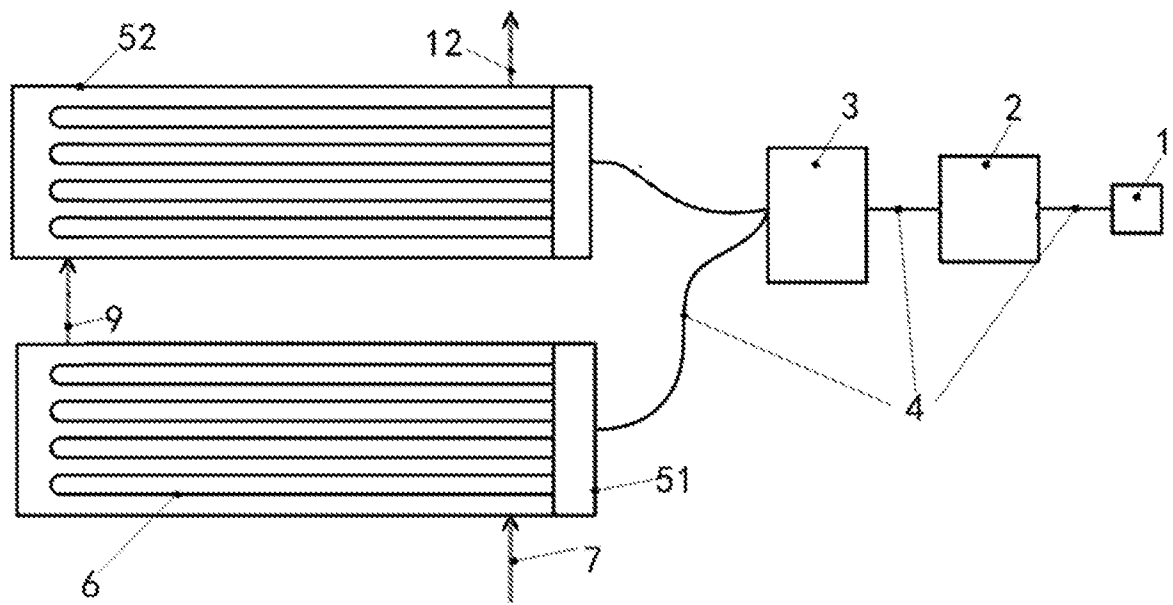


图 1

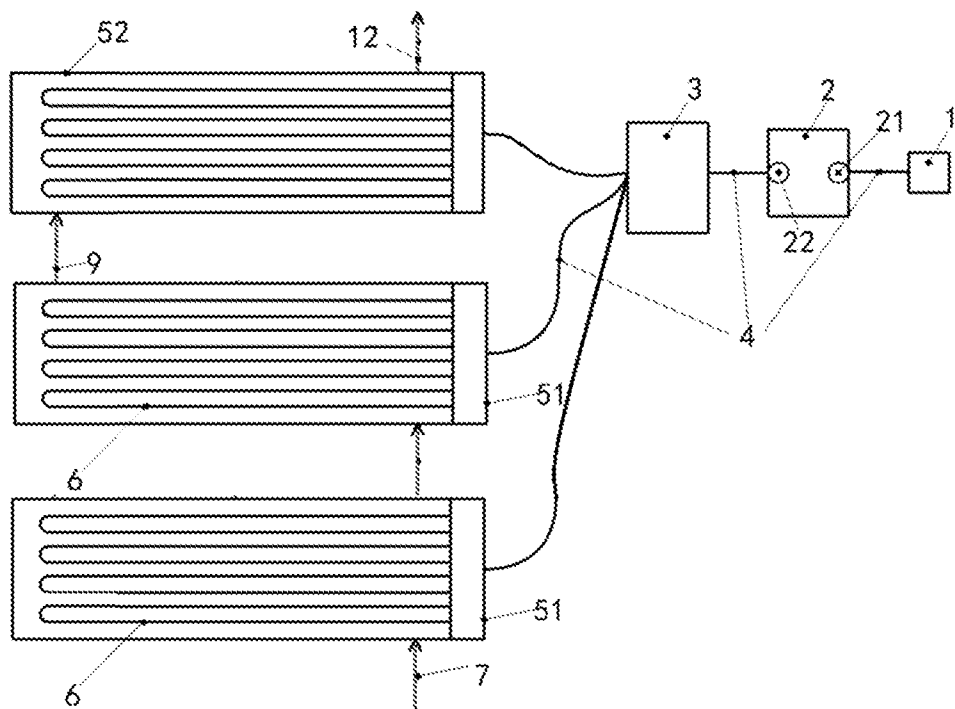


图 2

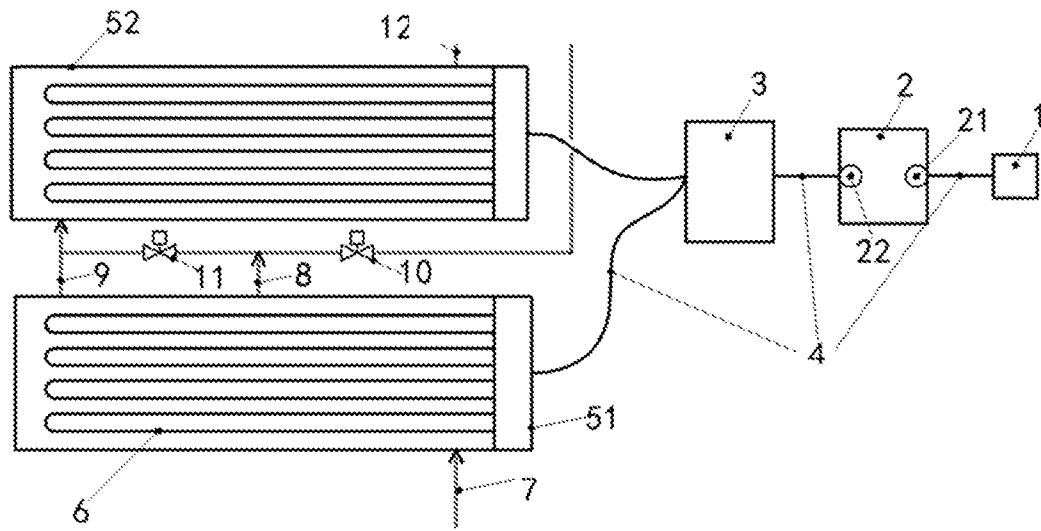


图 3

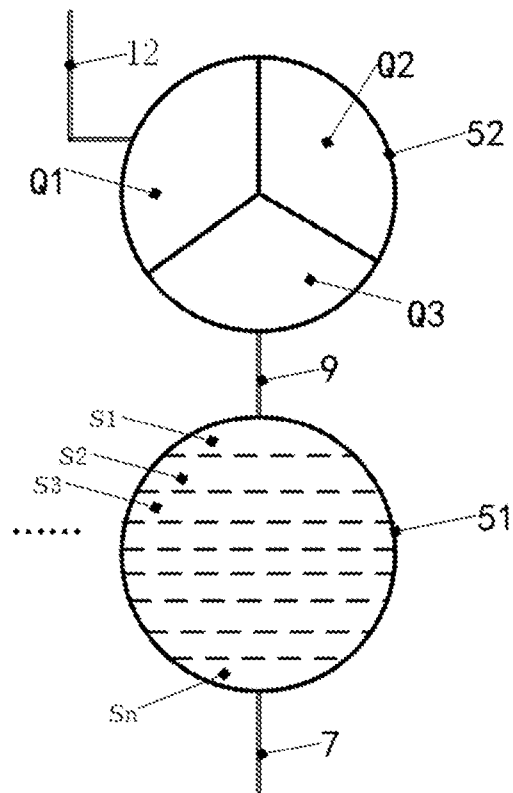


图 4

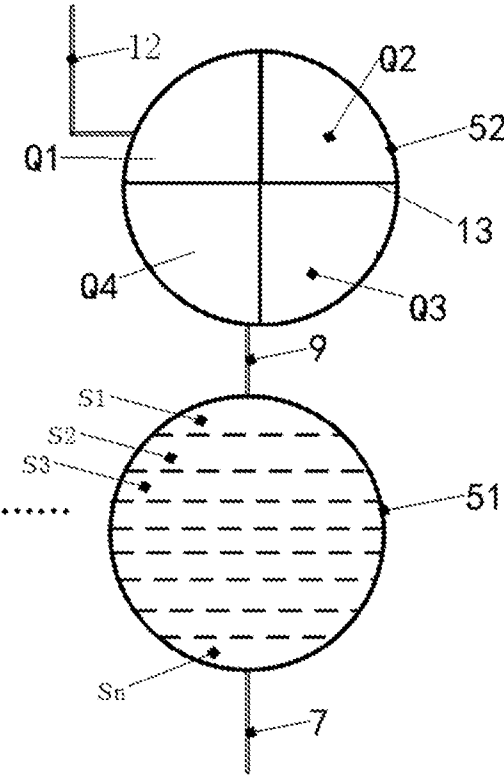


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/090446

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J3/24(2006.01)i; H02J3/28(2006.01)i; F28D20/00(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: H02J F28D

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)

CNTXT; DWPI; WPABS; ENTXTC; CNKI; 熔盐, 熔融盐, 调功, 调频, 隔板, 挡板, 腔, 室, 区, 蓄热, 第二, 加热, 功率, 旁通, 电容, 充电, 放电, 预热, salt, frequency, power, partition, baffle, cavity, zone, heat storage, second, bypass, capacit+, charg+, discharg+, preheat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 207351271 U (ZHONGTOUYIXING NEW ENERGY INVESTMENT CO., LTD.) 11 May 2018 (2018-05-11) description, paragraphs 3-34, and figures 1-4	1, 4-6, 8-10
Y	CN 207351271 U (ZHONGTOUYIXING NEW ENERGY INVESTMENT CO., LTD.) 11 May 2018 (2018-05-11) description, paragraphs 3-34, and figures 1-4	2-10
Y	CN 215984142 U (SUZHOU DACHU ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 March 2022 (2022-03-08) description, paragraphs 5-47, and figures 1-4	2-6, 8-10
Y	CN 113294832 A (SHANGHAI ELECTRIC GROUP CO., LTD.) 24 August 2021 (2021-08-24) description, paragraphs 43-77, and figure 1	7-10
A	CN 113028874 A (QIANGYE MACHINERY TECHNOLOGY (SHANGHAI) CO., LTD.) 25 June 2021 (2021-06-25) 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

“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

16 October 2023

Date of mailing of the international search report

06 November 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

International application No.

PCT/CN2023/090446

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 218102607 U (SHANDONG ZHIXIN ELECTRIC POWER TECHNOLOGY CO., LTD.) 20 December 2022 (2022-12-20) entire document	1-10
A	WO 2022088649 A1 (XI'AN XIRE ENERGY SAVING TECHNOLOGY CO., LTD.) 05 May 2022 (2022-05-05) entire document	1-10
A	JP 2014056811 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 27 March 2014 (2014-03-27) entire document	1-10
A	US 2020135345 A1 (TERRESTRIAL ENERGY USA, INC.) 30 April 2020 (2020-04-30) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/090446

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	207351271	U	11 May 2018	None			
CN	215984142	U	08 March 2022	None			
CN	113294832	A	24 August 2021	CN	216844842	U	28 June 2022
CN	113028874	A	25 June 2021	None			
CN	218102607	U	20 December 2022	None			
WO	2022088649	A1	05 May 2022	JP	2023506166	A	15 February 2023
				CN	112284169	A	29 January 2021
				CN	112284169	B	19 November 2021
JP	2014056811	A	27 March 2014	None			
US	2020135345	A1	30 April 2020	EP	3874522	A1	08 September 2021
				EP	3874522	A4	27 July 2022
				US	11101047	B2	24 August 2021
				WO	2020091911	A1	07 May 2020
				CA	3116659	A1	07 May 2020
				JOP	20210088	A1	30 January 2023
				BR	112021008335	A2	03 August 2021
				US	2022084698	A1	17 March 2022
				US	11756696	B2	12 September 2023
				US	2022084697	A1	17 March 2022
				EA	202191157	A1	05 August 2021
				IL	282607	A	30 June 2021

A. 主题的分类		
H02J3/24(2006.01)i; H02J3/28(2006.01)i; F28D20/00(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: H02J F28D		
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))		
CNTXT;DWPI;WPABS;ENTXTC;CNKI;熔盐, 熔融盐, 调功, 调频, 隔板, 挡板, 腔, 室, 区, 蓄热, 第二, 加热, 功率, 旁通, 电容, 充电, 放电, 预热, salt,frequency,power,partition,baffle,cavity,zone,heat storage,second,bypass, capacit+,charg+,discharg+,preheat+		
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
X	CN 207351271 U (中投亿星新能源科技有限公司) 2018年5月11日 (2018 - 05 - 11) 说明书第3-34段、图1-4	1,4-6,8-10
Y	CN 207351271 U (中投亿星新能源科技有限公司) 2018年5月11日 (2018 - 05 - 11) 说明书第3-34段、图1-4	2-10
Y	CN 215984142 U (苏州达储能源科技有限公司) 2022年3月8日 (2022 - 03 - 08) 说明书第5-47段、图1-4	2-6,8-10
Y	CN 113294832 A (上海电气集团股份有限公司) 2021年8月24日 (2021 - 08 - 24) 说明书第43-77段、图1	7-10
A	CN 113028874 A (强野机械科技(上海)有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 全文	1-10
A	CN 218102607 U (山东智信电力科技有限公司) 2022年12月20日 (2022 - 12 - 20) 全文	1-10
A	WO 2022088649 A1 (西安西热节能技术有限公司) 2022年5月5日 (2022 - 05 - 05) 全文	1-10
☒ 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10月16日		2023年11月6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		王萌
		电话号码 (+86) 027-59371813

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
A	JP 2014056811 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 2014年3月27日 (2014 - 03 - 27) 全文	1-10
A	US 2020135345 A1 (TERRESTRIAL ENERGY USA INC) 2020年4月30日 (2020 - 04 - 30) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/090446

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	207351271	U	2018年5月11日	无			
CN	215984142	U	2022年3月8日	无			
CN	113294832	A	2021年8月24日	CN	216844842	U	2022年6月28日
CN	113028874	A	2021年6月25日	无			
CN	218102607	U	2022年12月20日	无			
WO	2022088649	A1	2022年5月5日	JP	2023506166	A	2023年2月15日
				CN	112284169	A	2021年1月29日
				CN	112284169	B	2021年11月19日
JP	2014056811	A	2014年3月27日	无			
US	2020135345	A1	2020年4月30日	EP	3874522	A1	2021年9月8日
				EP	3874522	A4	2022年7月27日
				US	11101047	B2	2021年8月24日
				WO	2020091911	A1	2020年5月7日
				CA	3116659	A1	2020年5月7日
				JOP	20210088	A1	2023年1月30日
				BR	112021008335	A2	2021年8月3日
				US	2022084698	A1	2022年3月17日
				US	11756696	B2	2023年9月12日
				US	2022084697	A1	2022年3月17日
				EA	202191157	A1	2021年8月5日
				IL	282607	A	2021年6月30日