(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
2014 年 10 月 2 日 (02.10.2014)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2014/153988 A1

(51) 国际专利分类号:
G21C 19/02 (2006.01) *G21F 5/008* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2013/089191

(22) 国际申请日: 2013 年 12 月 12 日 (12.12.2013)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201310106049.0 2013 年 3 月 29 日 (29.03.2013) CN

(71) 申请人: **中国核电工程有限公司 (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD.)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。

(72) 发明人: **常宗虎 (CHANG, Zonghu)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **李建奇 (LI, Jianqi)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **欧阳立华 (OUYANG, Lihua)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **张磊 (ZHANG, Lei)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **孙福江 (SUN, Fujiang)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **张鹏 (ZHANG, Peng)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **张鑫 (ZHANG, Xin)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **徐思敏 (XU, Simin)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **谢亮 (XIE, Liang)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **李波 (LI, Bo)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **吴明 (WU, Ming)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **汪勇 (WANG, Yong)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **马宁 (MA, Ning)**; 中国北京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。 **何志军 (HE, Zhijun)**; 中国北

[见续页]

(54) **Title**: FUEL TRANSFER DEVICE, TRANSPORT TROLLEY THEREFOR, AND CONTROL SYSTEM AND METHOD FOR RELAY DRIVE OF SAME

(54) **发明名称** : 燃料转运装置及其运输小车接力驱动的控制系统及方法

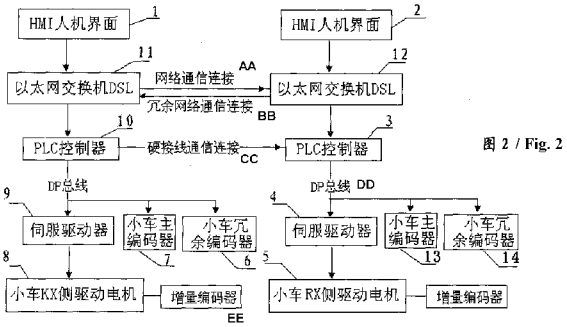


图 2 / Fig. 2

1 HUMAN-MACHINE INTERFACE (HMI)
2 HUMAN-MACHINE INTERFACE (HMI)
3 PLC CONTROLLER
4 SERVO DRIVER
5 DRIVE MOTOR AT THE RX SIDE OF A TROLLEY
6 REDUNDANT ENCODER OF THE TROLLEY
7 PRIMARY ENCODER OF THE TROLLEY
8 DRIVE MOTOR AT THE KX SIDE OF THE TROLLEY
9 SERVO DRIVER
10 PLC CONTROLLER
11 ETHERNET SWITCH DSL
12 ETHERNET SWITCH DSL
13 PRIMARY ENCODER OF THE TROLLEY
14 REDUNDANT ENCODER OF THE TROLLEY
AA NETWORK COMMUNICATION CONNECTION
BB REDUNDANT NETWORK COMMUNICATION CONNECTION
CC HARD-WIRED COMMUNICATION CONNECTION
DD DP BUS
EE INCREMENTAL ENCODER

(57) **Abstract**: A fuel transfer device, transport trolley therefor, and control system and method for relay drive of same. The fuel transfer device comprises a transport trolley, and drive gear assemblies disposed respectively at a fuel facility side (KX side) and at a reactor facility side (RX side) for driving the transport trolley; an overrunning clutch is disposed between a bevel gear and a drive gear of the drive gear assemblies respectively arranged at the KX side and the RX side; the bevel gear is connected to the power input shaft of the overrunning clutch; the drive gear is connected to the output shaft of the overrunning clutch; an absolute-position encoder is provided on the transport trolley; an incremental encoder for controlling the speed of the transport trolley is disposed at each of the KX and the RX drive motor sides respectively of the transport trolley; and the drive gears at the KX side and the RX side respectively are each provided with an underwater limit switch for determining a relay-drive handover position, thus realizing bidirectional relay drive of the transport trolley. The control system and method for relay drive of the transport trolley avoid during transfer, by means of the joint control by PLC controllers at the fuel facility side and the reactor facility side, possible conflicts in the initial stage of the rack and pinion meshing, as well as possible unsteady trolley operation caused by incomplete synchronization between two drive gears simultaneously driving the transport trolley.

(57) **摘要**:

[见续页]

WO 2014/153988 A1

京市海淀区西三环北路 117 号, Beijing 100840 (CN)。

(74) **代理人**: **北京天悦专利代理事务所（普通合伙）** **(BEIJING TIANYUE GIP LAW FIRM)**; 中国北京市海淀区彩和坊路 8 号天创科技大厦 715-716 室, Beijing 100080 (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, LT, 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, 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))。

一种燃料转运装置及燃料转运装置运输小车接力驱动的控制系统及方法。所述燃料转运装置包括运输小车和分别设置在燃料厂房 KX 侧和反应堆厂房 RX 侧的用于驱动运输小车的驱动齿轮组件，KX、RX 两侧各自的驱动齿轮组件的伞齿轮与驱动齿轮之间分别设有超越离合器，伞齿轮与超越离合器的动力输入轴连接，驱动齿轮与超越离合器的输出轴连接，运输小车上设有小车绝对位置编码器，运输小车的 KX、RX 侧各自驱动电机侧还分别设有用于控制运输小车速度的增量编码器；KX、RX 两侧的驱动齿轮上还分别设有用于判断接力驱动位置的水下限位开关。实现了运输小车的双向接力驱动。运输小车接力驱动的控制系统及方法通过燃料厂房侧与反应堆厂房侧的 PLC 控制器的共同控制，避免了转运时齿轮齿条初始啮合阶段可能出现的冲击和两个驱动齿轮同时驱动运输小车期间可能出现的因两个驱动齿轮不能完全同步造成的小车运行不平稳的问题。

燃料转运装置及其运输小车接力驱动的控制系统及方法

技术领域

本发明属于核电站双安全壳燃料转运装置的控制领域，具体涉及一种燃料转运装置，及燃料转运装置运输小车接力驱动的控制系统及方法。

背景技术

双安全壳燃料转运装置是反应堆换料的关键设备，在反应堆厂房（以下简称：RX 侧）和燃料厂房（以下简称：KX 侧）之间水下运输燃料组件。从国内外核电站的运行经验来看，转运装置的综合性能对核电站的经济性和燃料组件操作的安全性会产生直接影响。ACP1000 堆型相对于二代改进型的核岛厂房布置发生了诸多的变化，其中燃料转运通道加长后，受限于燃料转运舱长度的限制，现有的运输小车驱动机构及小车手动应急机构已经不能满足使用要求，运输小车无法达到预定的工作位置，需要设计一种新型的燃料转运装置及其控制系统，使运输小车能够到达指定的工作位置。

发明内容

针对现有技术不能满足 ACP1000 堆型燃料转运装置的工艺需求，本发明的目的在于提供一种燃料转运装置，及其运输小车接力驱动的控制系统及方法，提高转运装置运输小车转运的安全性。

为实现上述目的，本发明采用的技术方案如下:

一种燃料转运装置，包括运输小车和设置在燃料厂房 KX 侧的用于驱动运输小车的 KX 侧驱动齿轮组件，该装置还包括设置在反应堆厂房 RX 侧的用于驱动运输小车的 RX 侧驱动齿轮组件，KX 侧驱动齿轮组件的伞齿轮与驱动齿轮之间以及 RX 侧驱动齿轮组件的伞齿轮与驱动齿轮之间分别设有超越离合器，伞齿轮与超越离合器的动力输入轴连接，驱动齿轮与超越离合器的输出轴连接，运输小车上设有小车绝对位置编码器，运输小车的 KX 侧驱动电机侧与 RX 侧驱动电机侧还分别设有用于控制运输小车速度的增量编码器；KX 侧

驱动齿轮上与 RX 侧驱动齿轮上还分别设有用于判断接力驱动位置的水下限位开关。

进一步，如上所述的一种燃料转运装置，所述的小车绝对位置编码器包括小车主编码器和小车冗余编码器。

一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制系统，包括分别设置在 KX 侧和 RX 侧的控制台， X 侧控制台通过 KX 侧交换机与 KX 侧 PLC 控制器连接，KX 侧 PLC 控制器通过 KX 侧伺服驱动器与 KX 侧驱动电机连接、通过水下限位开关、小车绝对位置编码器和增量编码器控制运输小车的速度；RX 侧控制台通过 RX 侧交换机与 RX 侧 PLC 控制器连接，RX 侧 PLC 控制器通过 RX 侧伺服驱动器与 RX 侧驱动电机连接、通过水下限位开关、RX 侧的小车绝对位置编码器和增量编码器控制运输小车的速度；RX 侧 PLC 控制器分别通过以太网和硬接线方式与 KX 侧 PLC 控制器连接。

进一步，如上所述的一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制系统，RX 侧 PLC 控制器通过现场总线方式与 RX 侧伺服驱动器连接；KX 侧 PLC 控制器通过现场总线方式 KX 侧伺服驱动器连接。

再进一步，如上所述的一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制系统，RX 侧 PLC 控制器通过现场总线方式与 RX 侧的小车绝对位置编码器连接；KX 侧 PLC 控制器通过现场总线方式与 KX 侧的小车绝对位置编码器连接。

一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制方法，包括以下步骤：

（1）当运输小车由 KX 侧向 RX 侧转运时，KX 侧控制台向 KX 侧 PLC 控制器发出启动指令，KX 侧 PLC 控制器根据接收到的启动指令控制启动 KX 侧驱动电机，使运输小车向 RX 侧运动；

（2）当运输小车与 RX 侧超越离合器的距离达到设定值时，KX 侧 PLC 控制器控制运输小车减速；

（3）运输小车的驱动齿条与 RX 侧驱动齿轮啮合时，KX 侧 PLC 控制器与

RX 侧 PLC 控制器分别控制两侧的驱动电机速度，使两侧驱动电机的驱动速度一致；

（4）运输小车的驱动齿条与 KX 侧驱动齿轮脱离时，RX 侧 PLC 控制器控制 RX 侧驱动电机加速完成转运，KX 侧 PLC 控制器控制 KX 侧驱动电机停止。

进一步，如上所述的一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制方法，步骤（3）中，所述的设定值为 300mm。

一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制方法，包括以下步骤：

1）当运输小车由 RX 侧向 KX 侧转运时，RX 侧控制台向 RX 侧 PLC 控制器发出启动指令，RX 侧 PLC 控制器根据接收到的启动指令控制启动 RX 侧驱动电机，使运输小车向 KX 侧运动；

2）当运输小车与 KX 侧超越离合器的距离达到设定值时，RX 侧 PLC 控制器控制运输小车减速；

3）运输小车的驱动齿条与 KX 侧驱动齿轮啮合时，RX 侧 PLC 控制器与 KX 侧 PLC 控制器分别控制两侧的驱动电机速度，使两侧驱动电机的驱动速度一致；

4）运输小车的驱动齿条与 RX 侧驱动齿轮脱离时， KX 侧 PLC 控制器控制 KX 侧驱动电机加速完成转运，RX 侧 PLC 控制器控制 RX 侧驱动电机停止。

进一步，如上所述的一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制方法，步骤 3）中，所述的设定值为 300mm。

本发明的有益效果在于：本发明所述的转运装置很好的能够满足燃料转运通道加长后燃料的安全转运，小车接力驱动的控制系统及方法能够实现运输小车的双向接力驱动，避免齿轮齿条初始啮合阶段可能出现的冲击及两个驱动齿轮不能完全同步造成的小车运行不平稳的问题，保证了燃料组件转运的安全和效率。

附图说明

图 1 为本发明一种燃料转运装置的部分结构示意图;

图 2 为本发明一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制系统的示意图;

图 3 和图 4 为本发明一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制方法的流程图;

图 5 为具体实施方式中燃料转运装置运输小车接力驱动的控制方法中协调控制算法的流程图;

图 6 和图 7 为齿轮齿条准备啮合时的示意图;

图 8 为齿轮齿条完成啮合的示意图;

图 9 为运输小车齿条与 KX 侧驱动齿轮脱离的示意图。

具体实施方式

下面结合说明书附图与具体实施方式对本发明做进一步的详细说明。

本发明采用的接力驱动方案以不增加现有运输小车长度为设计出发点，在保持原来的燃料转运舱侧驱动齿轮组件的基础上，在反应堆厂房的换料水池 0° 一侧再增加一套相同的驱动齿轮组件，由两套驱动齿轮组件相继接力驱动运输小车运动，使运输小车完成在反应堆厂房和燃料厂房之间转运燃料组件的任务。

图 1 示出了本发明一种燃料转运装置的一侧的结构示意图，该燃料转运装置包括运输小车 A、设置在燃料厂房 KX 侧的用于驱动运输小车运动的 KX 侧驱动齿轮组件和设置在反应堆厂房 RX 侧的用于驱动运输小车运动 RX 侧驱动齿轮组件，驱动齿轮组件通过一个万向轴 E 将驱动电机的动力从水上传递到水下，在水下再通过驱动齿轮组件的伞齿轮 B 换向后将动力传递到驱动齿轮组件的驱动齿轮 C 直接驱动运输小车运动。其中，KX 侧驱动齿轮组件的伞齿轮 B 与驱动齿轮 C 之间,以及 RX 侧驱动齿轮组件的伞齿轮 B 与驱动齿轮 C 之间分别设有超越离合器 D,伞齿轮 B 与超越离合器 D 的动力输入轴(不具备超越能力)连接,运输小车的驱动齿轮 C 与超越离合器 D 的输出轴(具有超越能力）连接，运输小车上设有小车绝对位置编码器，小车绝对位置编码器包

括小车主编码器和小车冗余编码器，主控程序通过小车绝对位置编码器来测量运输小车的位置。运输小车的 KX 侧驱动电机侧以及 RX 侧驱动电机侧还分别设有增量编码器，通过增量编码器来实现运输小车速度的控制 KX 侧驱动齿轮上与 RX 侧驱动齿轮上还分别设有水下限位开关，通过水下限位开关来判断运输小车正常的接力驱动位置，进行运输小车加减速的控制。

在转运过程中，以运输小车由燃料厂房侧向反应堆厂房侧运动为例（由 KX 侧向 RX 侧运动）：首先是燃料厂房侧的驱动齿轮通过驱动安装在运输小车上的齿条 F 使运输小车向反应堆厂房 RX 侧运动，在燃料厂房侧的驱动齿轮与齿条脱开前，反应堆厂房侧的驱动齿轮先与齿条完成啮合，之后接力驱动齿条，使运输小车向反应堆厂房继续运动，直至将运输小车驱动到反应堆厂房的预定位置后停止运动。燃料厂房侧驱动齿轮与齿条脱离后，驱动电动机停止转动。

图 2 示出了基于图 1 中一种燃料转运装置的一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制系统的示意图，由图中可以看出，该系统包括分别设置在 KX 侧的控制台（人机界面 1），设置在 RX 侧的控制台（人机界面 2），KX 侧控制台通过 KX 侧交换机（以太网交换机 11）与 KX 侧 PLC 控制器 10 连接，KX 侧 PLC 控制器 10 通过 KX 侧伺服驱动器 9 与 KX 侧驱动电机 8 连接，PLC 控制器 10 通过水下限位开关、KX 侧的小车绝对位置编码器（小车主编码器 7 和小车冗余编码器 6）以及增量编码器控制运输小车的速度；RX 侧控制台通过 RX 侧交换机（以太网交换机 12）与 RX 侧 PLC 控制器 3 连接，RX 侧 PLC 控制器 3 通过 RX 侧伺服驱动器 4 与 RX 侧驱动电机 5 连接、PLC 控制器 3 通过水下限位开关、RX 侧的小车绝对位置编码器（小车主编码器 13 和小车冗余编码器 14）以及增量编码器控制运输小车的速度；RX 侧 PLC 控制器 3 分别通过以太网和硬接线方式与 KX 侧 PLC 控制器 10 通信连接。两侧的 PLC 控制器均通过现场总线方式分别与其伺服驱动器、小车绝对位置编码器 13 连接。

图 3 和图 4 分别示出了基于图 2 中运输小车接力驱动控制系统的一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制方法的流程图，图 3 为运输小车由燃料厂房侧向反应堆厂房侧转运的流程图，图 4 为运输小车由反应堆厂房侧向燃

料厂房侧转运的流程图。运输小车由燃料厂房侧向反应堆厂房侧转运时，该控制方法包括以下步骤:

（1）当运输小车由 KX 侧向 RX 侧转运时，KX 侧控制台向 KX 侧 PLC 控制器发出启动指令，KX 侧 PLC 控制器根据接收到的启动指令控制启动 KX 侧驱动电机，使运输小车向 RX 侧运动;

（2）当运输小车与 RX 侧超越离合器的距离达到设定值时，KX 侧 PLC 控制器控制运输小车减速;

（3）运输小车的驱动齿条与 RX 侧驱动齿轮啮合时，KX 侧 PLC 控制器与 RX 侧 PLC 控制器分别控制两侧的驱动电机速度，使两侧驱动电机的驱动速度一致;

（4）运输小车的驱动齿条与 KX 侧驱动齿轮脱离时，RX 侧 PLC 控制器控制 RX 侧驱动电机加速完成转运，KX 侧 PLC 控制器控制 KX 侧驱动电机停止。

运输小车由反应堆厂房侧向燃料厂房侧转运时，该控制方法包括以下步骤:

1）当运输小车由 RX 侧向 KX 侧转运时，RX 侧控制台向 RX 侧 PLC 控制器发出启动指令，RX 侧 PLC 控制器根据接收到的启动指令控制启动 RX 侧驱动电机，使运输小车向 KX 侧运动;

2）当运输小车与 KX 侧超越离合器的距离达到设定值时，RX 侧 PLC 控制器控制运输小车减速;

3）运输小车的驱动齿条与 KX 侧驱动齿轮啮合时，RX 侧 PLC 控制器与 KX 侧 PLC 控制器分别控制两侧的驱动电机速度，使两侧驱动电机的驱动速度一致;

4）运输小车的驱动齿条与 RX 侧驱动齿轮脱离时， KX 侧 PLC 控制器控制 KX 侧驱动电机加速完成转运，RX 侧 PLC 控制器控制 RX 侧驱动电机停止。

其中，上述两种控制方法中，步骤（3）和步骤 3）中的设定值可以根据需要进行设置，本实施方式中的设定值为 300mm。

在运输小车转运的接力驱动的过程中，两侧的 PLC 控制器采用协调控制算法，实现运输小车的速度平稳控制，避免速度不同步带来的齿轮卡齿现象。

其中协调算法的流程示意图如图 5 所示:

以 KX 向 RX 侧运动为例: 在实现整个接力驱动的过程中，KX 侧小车首先在 KX 侧驱动电机驱动下高速运行，当小车绝对位置编码器系统检测到 KX 侧小车距离 RX 侧超越离合器一定距离（本实施方式中为 300mm）时，KX 侧驱动电机控制运输小车减速并以低速运行,小车齿条与 RX 侧超越离合器所带驱动齿轮（RX 侧驱动齿轮）啮合，运输小车保持低速运行，在此过程中，两侧的 PLC 控制器协调 RX、KX 侧电机速度以及力矩参数，保证两侧电机驱动力矩一致，同步运行。当小车齿条与 KX 侧超越离合器所带齿轮脱离后，RX 侧电机高速驱动转运小车运行。在网络通信故障的情况下，由于编码器的信号不能通过网络传输，采用硬接线的方式进行通信，PLC 采集齿轮靠近开关和齿条靠近开关的位置，全程慢速驱动运输小车，确保小车能安全到达 KX 侧厂房，保证燃料组件转运安全。

图 6-图 9 示出了运输小车由燃料厂房侧向反应堆厂房侧转运的整个过程示意图，在转运时，运输小车首先在 KX 侧驱动电机的驱动下，由驱动齿轮组件的驱动齿轮驱动小车的齿条，使运输小车在 KX 侧驱动电机驱动下高速运行，当小车编码器系统检测到运输小车与 RX 侧超越离合器 300mm 的距离时，KX 驱动电机减速，小车低速运行，当小车齿条与 RX 侧超越离合器所带的驱动齿轮啮合时,如图 6 和图 7 所示,运输小车由 KX 侧驱动电机驱动低速运行，在此过程中，两侧的 PLC 控制器协调 RX 侧与 KX 侧驱动电机速度以及力矩参数，使两侧的驱动电机同步运行，RX 侧驱动齿轮超越完成齿轮齿条啮合，如图 8 所示，此时，RX 侧驱动齿轮尚未主动旋转。最后，当运输小车的齿条与 KX 侧超越离合器所带的齿轮脱离后，如图 9 所示，RX 侧驱动电机高速驱动运输小车运行，完成转运，停止 KX 侧驱动电机。

显然，本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其同等技术的范围之内，则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

权 利 要 求

1. 一种燃料转运装置，包括运输小车和设置在燃料厂房 KX 侧的用于驱动运输小车的 KX 侧驱动齿轮组件，其特征在于：该装置还包括设置在反应堆厂房 RX 侧的用于驱动运输小车的 RX 侧驱动齿轮组件，KX 侧驱动齿轮组件的伞齿轮与驱动齿轮之间以及 RX 侧驱动齿轮组件的伞齿轮与驱动齿轮之间分别设有超越离合器，伞齿轮与超越离合器的动力输入轴连接，驱动齿轮与超越离合器的输出轴连接，运输小车上设有小车绝对位置编码器，运输小车的 KX 侧驱动电机侧与 RX 侧驱动电机侧还分别设有用于控制运输小车速度的增量编码器；KX 侧驱动齿轮上与 RX 侧驱动齿轮上还分别设有用于判断接力驱动位置的水下限位开关。

2. 如权利要求 1 所述的一种燃料转运装置，其特征在于：所述的小车绝对位置编码器包括小车主编码器和小车冗余编码器。

3. 一种权利要求 1 或 2 所述的燃料转运装置的运输小车接力驱动的控制系统，包括分别设置在 KX 侧和 RX 侧的控制台，其特征在于：KX 侧控制台通过 KX 侧交换机与 KX 侧 PLC 控制器连接，KX 侧 PLC 控制器通过 KX 侧伺服驱动器与 KX 侧驱动电机连接、通过水下限位开关、小车绝对位置编码器和增量编码器控制运输小车的速度；RX 侧控制台通过 RX 侧交换机与 RX 侧 PLC 控制器连接，RX 侧 PLC 控制器通过 RX 侧伺服驱动器与 RX 侧驱动电机连接、通过水下限位开关、RX 侧的小车绝对位置编码器和增量编码器控制运输小车的速度；RX 侧 PLC 控制器分别通过以太网和硬接线方式与 KX 侧 PLC 控制器连接。

4. 如权利要求 3 所述的一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制系统，其特征在于：RX 侧 PLC 控制器通过现场总线方式与 RX 侧伺服驱动器连接；KX 侧 PLC 控制器通过现场总线方式 KX 侧伺服驱动器连接。

5. 如权利要求 4 所述的一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制系统，其特征在于：RX 侧 PLC 控制器通过现场总线方式与 RX 侧的小车绝对位置编码器连接；KX 侧 PLC 控制器通过现场总线方式与 KX 侧的小车绝对位置编码器连接。

6. 一种权利要求 1 或 2 所述的燃料转运装置的运输小车接力驱动的控制方法，包括以下步骤:

（1）当运输小车由 KX 侧向 RX 侧转运时，KX 侧控制台向 KX 侧 PLC 控制器发出启动指令，KX 侧 PLC 控制器根据接收到的启动指令控制启动 KX 侧驱动电机，使运输小车向 RX 侧运动;

（2）当运输小车与 RX 侧超越离合器的距离达到设定值时，KX 侧 PLC 控制器控制运输小车减速;

（3）运输小车的驱动齿条与 RX 侧驱动齿轮啮合时，KX 侧 PLC 控制器与 RX 侧 PLC 控制器分别控制两侧的驱动电机速度，使两侧驱动电机的驱动速度一致;

（4）运输小车的驱动齿条与 KX 侧驱动齿轮脱离时，RX 侧 PLC 控制器控制 RX 侧驱动电机加速完成转运，KX 侧 PLC 控制器控制 KX 侧驱动电机停止。

7.如权利要求 6 所述的一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制方法，其特征在于: 步骤（3）中，所述的设定值为 300mm。

8. 一种权利要求 1 或 2 所述的燃料转运装置的运输小车接力驱动的控制方法，包括以下步骤:

1）当运输小车由 RX 侧向 KX 侧转运时，RX 侧控制台向 RX 侧 PLC 控制器发出启动指令，RX 侧 PLC 控制器根据接收到的启动指令控制启动 RX 侧驱动电机，使运输小车向 KX 侧运动;

2）当运输小车与 KX 侧超越离合器的距离达到设定值时，RX 侧 PLC 控制器控制运输小车减速;

3）运输小车的驱动齿条与 KX 侧驱动齿轮啮合时，RX 侧 PLC 控制器与 KX 侧 PLC 控制器分别控制两侧的驱动电机速度，使两侧驱动电机的驱动速度一致;

4）运输小车的驱动齿条与 RX 侧驱动齿轮脱离时， KX 侧 PLC 控制器控制 KX 侧驱动电机加速完成转运，RX 侧 PLC 控制器控制 RX 侧驱动电机停止。

9.如权利要求 8 所述的一种燃料转运装置运输小车接力驱动的控制方法，其特征在于: 步骤 3）中，所述的设定值为 300mm。

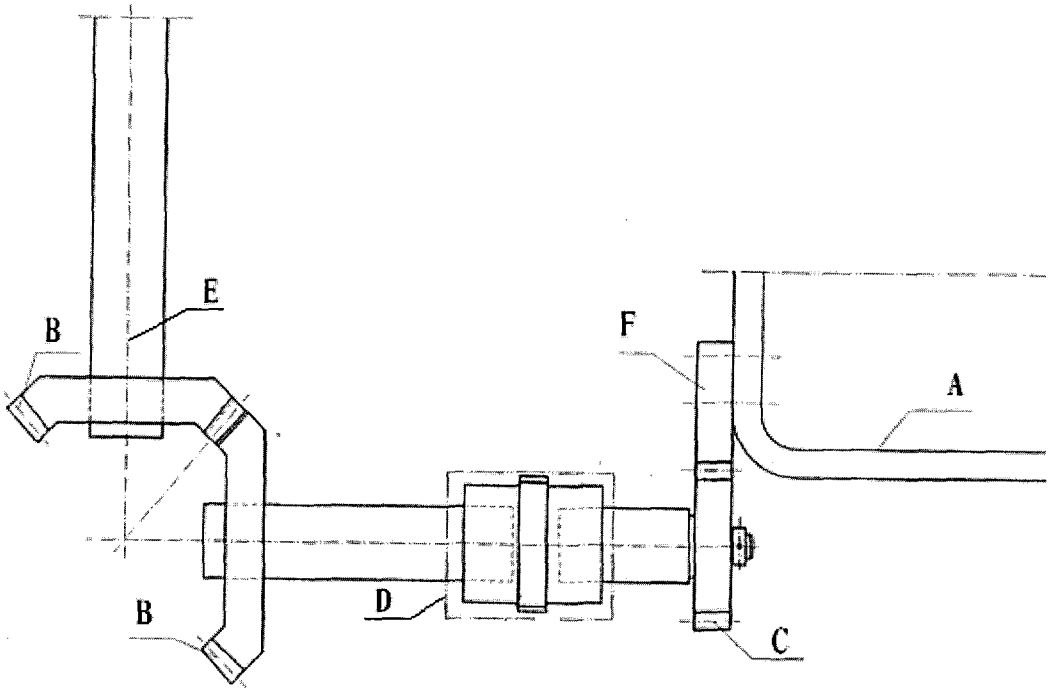

E
B
F
A
B
D
C

图 1

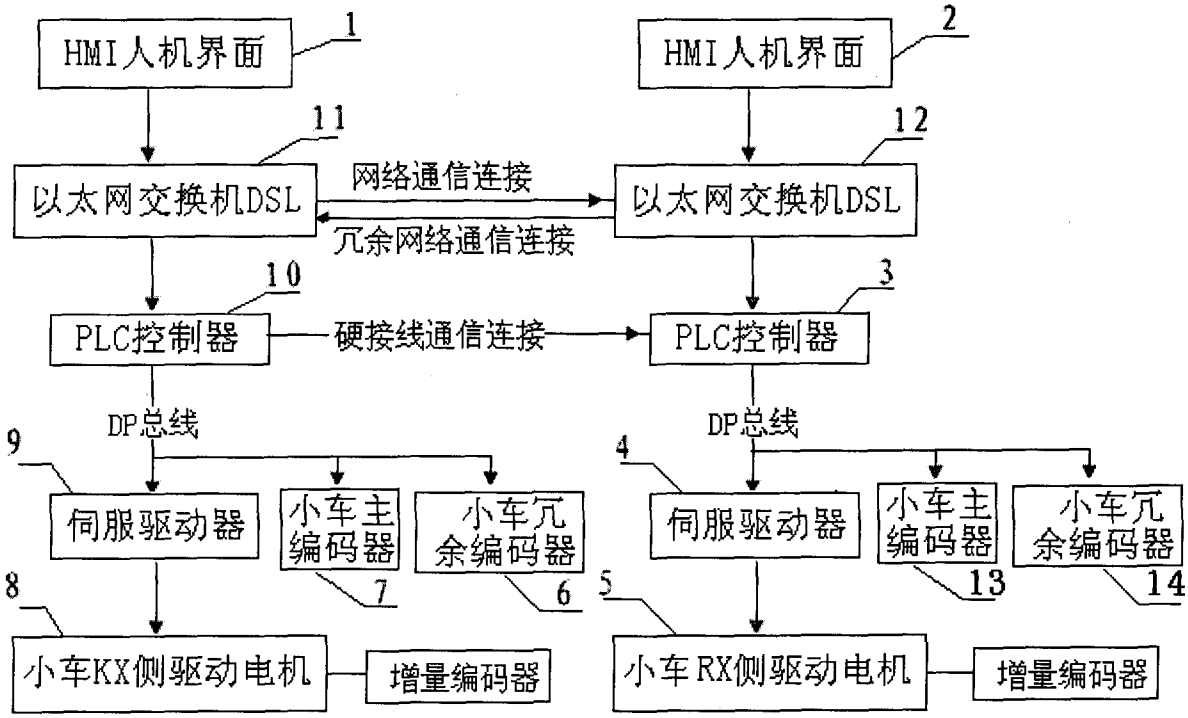

HMI人机界面
1
HMI人机界面
2
11
12
以太网交换机DSL
网络通信连接
冗余网络通信连接
以太网交换机DSL
10
3
PLC控制器
硬接线通信连接
PLC控制器
DP总线
DP总线
9
4
伺服驱动器
小车主编码器
小车冗余编码器
伺服驱动器
小车主编码器
小车冗余编码器
7
6
13
14
8
5
小车KX侧驱动电机
增量编码器
小车RX侧驱动电机
增量编码器

图 2

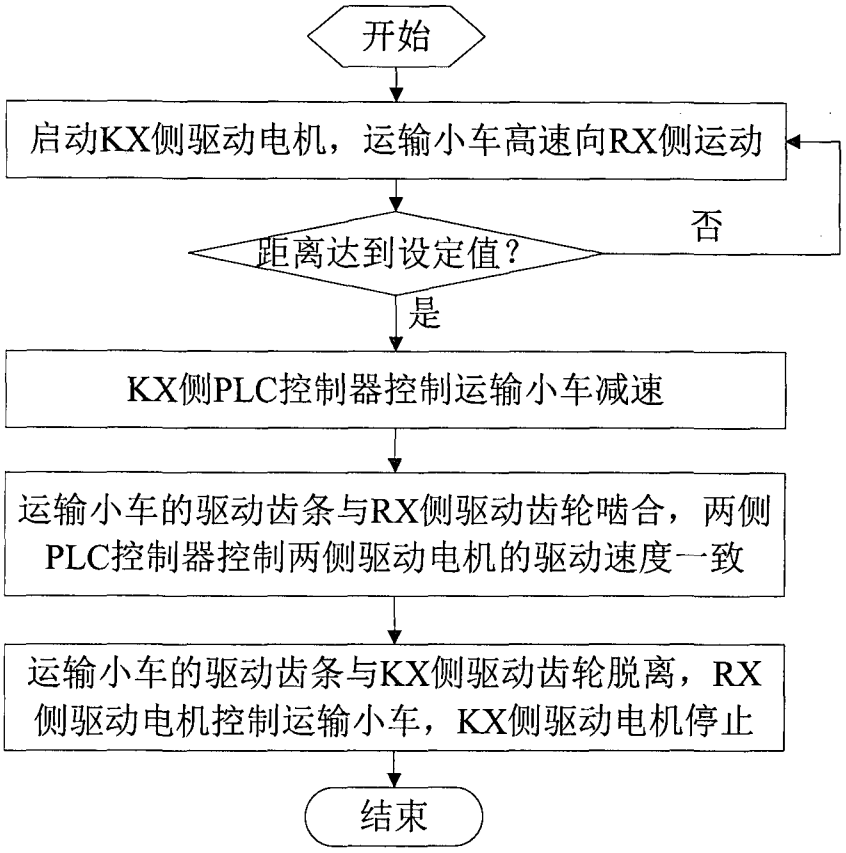

开始
启动KX侧驱动电机，运输小车高速向RX侧运动
距离达到设定值？
否
是
KX侧PLC控制器控制运输小车减速
运输小车的驱动齿条与RX侧驱动齿轮啮合，两侧PLC控制器控制两侧驱动电机的驱动速度一致
运输小车的驱动齿条与KX侧驱动齿轮脱离，RX侧驱动电机控制运输小车，KX侧驱动电机停止
结束

图 3

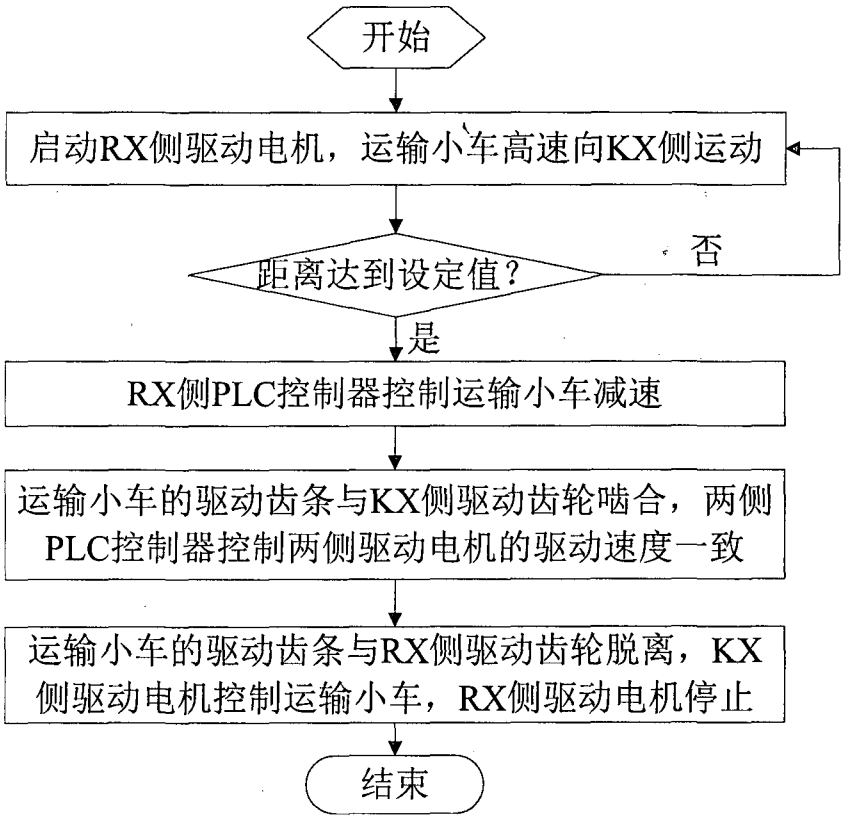

开始
启动RX侧驱动电机，运输小车高速向KX侧运动
距离达到设定值？
否
是
RX侧PLC控制器控制运输小车减速
运输小车的驱动齿条与KX侧驱动齿轮啮合，两侧PLC控制器控制两侧驱动电机的驱动速度一致
运输小车的驱动齿条与RX侧驱动齿轮脱离，KX侧驱动电机控制运输小车，RX侧驱动电机停止
结束

图 4

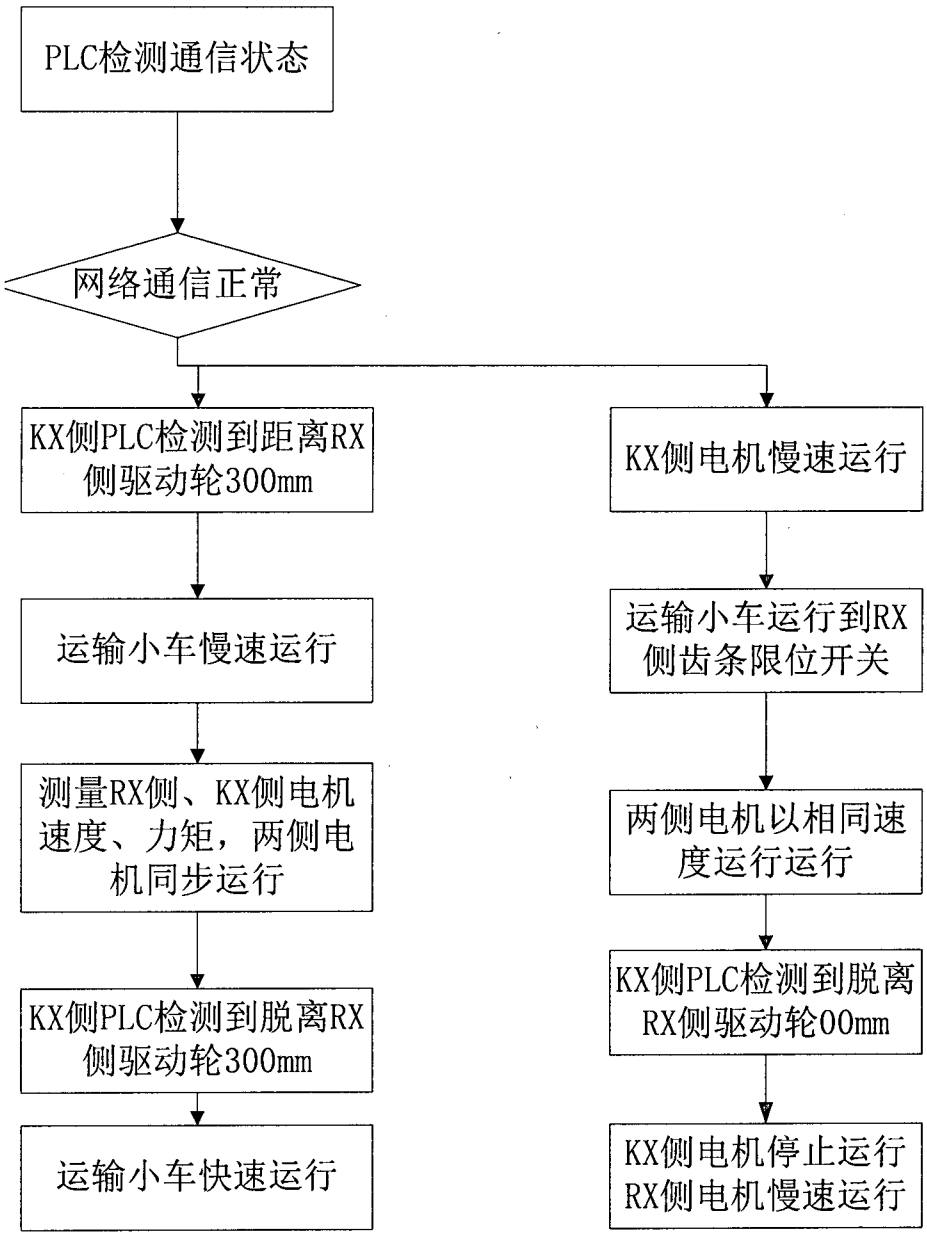

PLC检测通信状态
网络通信正常
KX侧PLC检测到距离RX侧驱动轮300mm
运输小车慢速运行
测量RX侧、KX侧电机速度、力矩，两侧电机同步运行
KX侧PLC检测到脱离RX侧驱动轮300mm
运输小车快速运行
KX侧电机慢速运行
运输小车运行到RX侧齿条限位开关
两侧电机以相同速度运行运行
KX侧PLC检测到脱离RX侧驱动轮00mm
KX侧电机停止运行
RX侧电机慢速运行

图 5

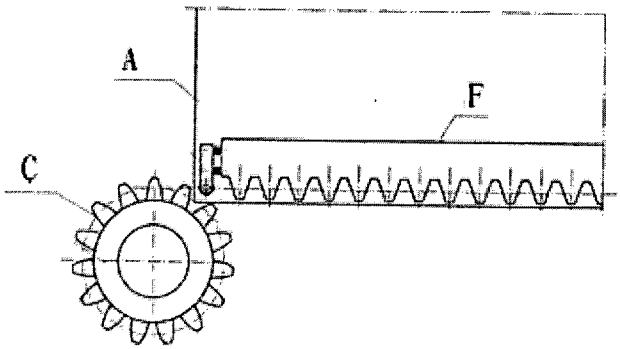


图 6

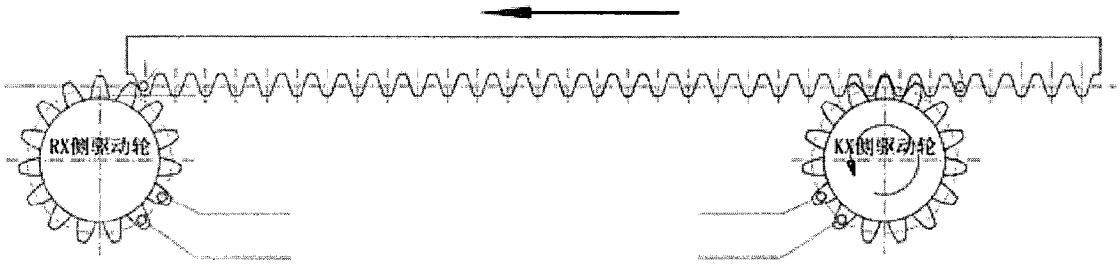


图 7

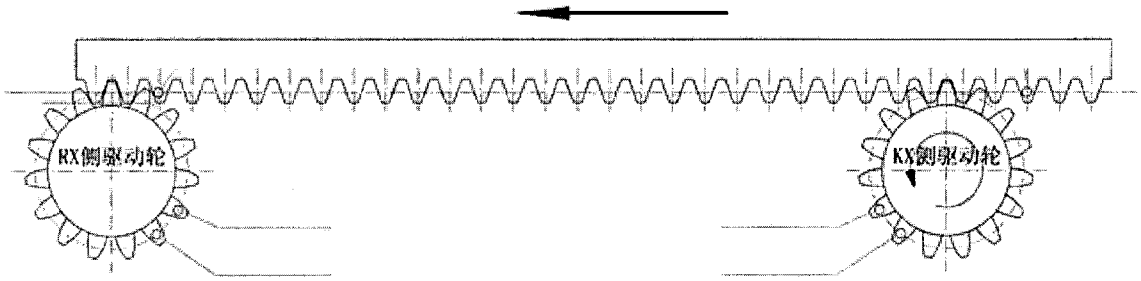


图 8

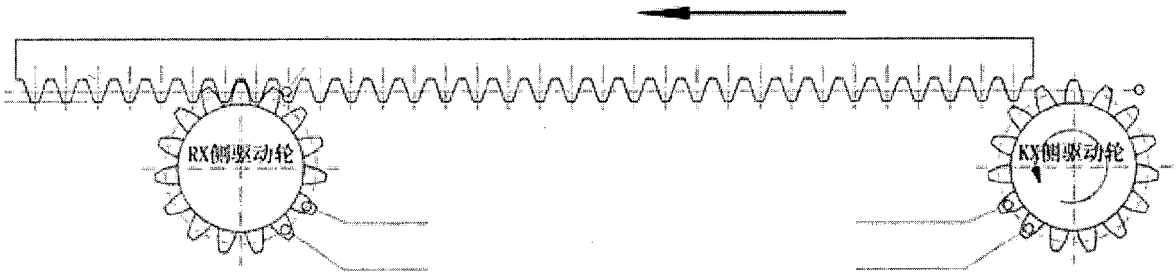


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/089191

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

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 19

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)

CNABS, VEN, CNKI, Google, PLC, fuel, transfer, transport, gear, clutch

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	CN 103219056 A (CHINA NUCLEAR & POWER ENG CO., LTD.) 24 July 2013 (24.07.2013) claims 1-9	1-9
X	CN 201408555 Y (CHINA NUCLEAR & POWER ENG CO., LTD.) 17 February 2010 (17.02.2010) description, page 3, lines 7-29, and figure 1	1, 2
X	ZHANG, Jiabin et al. MDX60B Drive Inverters Application in the Fuel Transfer System of Nuclear Power Plant. Computer Knowledge and Technology. August 2012, vol. 8, no. 22, pp. 5463-5469	3-9
A	CN 202754482 U (GUIZHOU KAILIN GROUP CO., LTD.) 27 February 2013 (27.02.2013) the whole document	1, 2
A	CN 201584178 U (QINSHAN NUCLEAR POWER CO., LTD. et al.) 15 September 2010 (15.09.2010) the whole document	3-9

☒ 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	Date of mailing of the international search report
04 March 2014 (04.03.2014)	20 March 2014 (20.03.2014)
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 ZHAO, Xiaoyu Telephone No. (86-10) 62084132

Form PCT/ISA /210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/089191

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102903408 A (CHINA NUCLEAR & POWER ENG CO., LTD.) 30 January 2013 (30.01.2013) the whole document	1, 2
A	DE 4402446 A1 (FRAMATOME SA) 04 August 1994 (04.08.1994) the whole document	1, 2
A	US 4649016 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 10 March 1987 (10.03.1987) the whole document	1, 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/089191

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103219056 A	24 July 2013	None	
CN 201408555 Y	17 February 2010	None	
CN 202754482 U	27 February 2013	None	
CN 201584178 U	15 September 2010	None	
CN 102903408 A	30 January 2013	None	
DE 4402446 A1	04 August 1994	FR 2700881 A1	29 July 1994
US 4649016 A	10 March 1987	EP 02109318 A	22 April 1987
		JP 6288998 A	23 April 1987

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/089191

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

G21C 19/02 (2006.01) i

G21F 5/008 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2013/089191

A. 主题的分类

参见附加页

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 19

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）)

CNABS,VEN,CNKI,Google 燃料，转运，齿轮，离合器，PLC

fuel, transfer,transport,gear,clutch

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
P，X	CN 103219056 A (中国核电工程有限公司) 24.7 月 2013 (24.07.2013) 权利要求 1-9	1-9
X	CN 201408555 Y (中国核电工程有限公司) 17.2 月 2010 (17.02.2010) 说明书第 3 页第 7-29 行以及附图 1	1-2
X	张嘉斌等 MDX61B 驱动变频器在核电站燃料转运装置中的应用 电脑知识与技术 2012 年 8 月， 第 8 卷，第 22 期，5463-5469 页；	3-9
A	CN 202754482 U (贵州开磷(集团)有限责任公司) 27.2 月 2013(27.02.2013) 全文	1-2
A	CN 201584178 U (秦山核电有限公司等) 15.9 月 2010 (15.09.2010) 全文	3-9
A	CN 102903408 A (中国核电工程有限公司)30.1 月 2013 (30.01.2013) 全文	1-2

☒ 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	国际检索报告邮寄日期
04.3 月 2014 (04.03.2014)	**20.3 月 2014 (20.03.2014)**
ISA/CN 的名称和邮寄地址： 中华人民共和国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号： (86-10)62019451	受权官员 赵晓宇 电话号码：(86-10) **62084132**

C(续). 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	DE 4402446 A1（FRAMATOME SA）04.8 月 1994 (04.08.1994) 全文	1-2
A	US 4649016 A（WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP）10.3 月 1987 (10.03.1987) 全文	1-2

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/089191

检索报告中引用的专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 103219056 A	24.07.2013	无	
CN 201408555 Y	17.02.2010	无	
CN 202754482 U	27.02.2013	无	
CN 201584178 U	15.09.2010	无	
CN 102903408 A	30.01.2013	无	
DE 4402446 A1	04.08.1994	FR 2700881 A1	29.07.1994
US 4649016 A	10.03.1987	EP 02109318 A	22.04.1987
		JP 6288998 A	23.04.1987

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:

G21C 19/02 (2006.01) i

G21F 5/008 (2006.01) i