(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110977964 A
(43)申请公布日 2020.04.10

(21)申请号 201911176131.4

(22)申请日 2019.11.26

(71)申请人 汕头大学
地址 515063 广东省汕头市大学路243号

(72)发明人 吴涛 郁明翰 包能胜 李昌洪 孙雪杉 陈贤碧

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102
代理人 张金福

(51)Int.Cl.
B25J 9/16(2006.01)
B25J 18/00(2006.01)
B25J 19/00(2006.01)
B25J 19/02(2006.01)
B25J 19/04(2006.01)
G01D 21/02(2006.01)

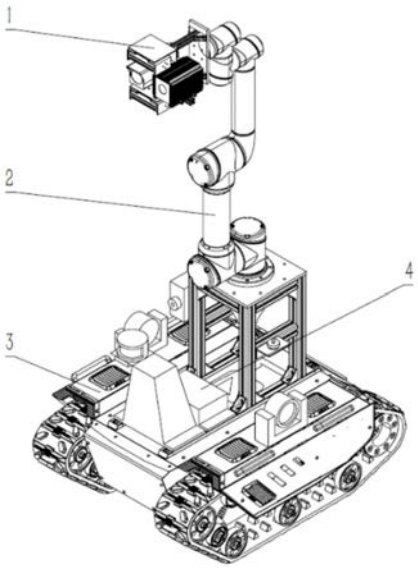
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人及检测方法

(57)摘要

本发明公开一种电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人及检测方法，包括自主巡检平台、机械臂、现场感知模块和工控模块，其中：自主巡检平台集成有机械臂、现场感知模块和工控模块，所述现场感知模块固定安装于机械臂工具端，可通过机械臂调整现场感知模块工作方位，工控模块接收远程控制中心的指令，控制自主巡检平台移动至各个待检测区域，待现场感知模块采集完成后，将采集到的现场情况通过远程通信模块反馈至远程控制中心。本发明通过6轴机械臂控制感知模块工作方位，使得感知系统可以绕开遮挡位置，或者接近待观测点，对检测区域进行全方位无死角的检查，克服现场强光或者昏暗等光照干扰、对微漏故障特征进行准确而快速的检测，避免故障扩散。



CN 110977964 A

1.一种电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人,其特征在于,包括自主巡检平台、机械臂、现场感知模块和工控模块,其中:

自主巡检平台集成有机械臂、现场感知模块和工控模块,所述现场感知模块固定安装于机械臂工具端,通过机械臂调整现场感知模块工作方位,工控模块接收远程远程控制中心的指令,控制自主巡检平台移动至各个待检测区域,待现场感知模块采集到的现场特征信息通过工控模块反馈至远程控制中心。

2.根据权利要求1所述的电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人,其特征在于,所述自主巡检平台包括AGV、导航模块、超声波避障模块以及电池组,其中:

所述电池组为自主巡检平台、机械臂、现场感知模块和工控模块供电,所述AGV在充电桩区域通过充电桩为电池组充电;

所述导航模块安装于AGV上,超声波避障模块安装于AGV内部前端或者四周。

3.根据权利要求2所述的电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人,其特征在于,所述AGV在充电桩区域通过充电桩为电池组充电采用自动充电或手动充电。

4.根据权利要求2所述的电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人,其特征在于,导航模块采用包括激光导航或二维码惯性导航或地磁导航的导航模式。

5.根据权利要求4所述的电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人,其特征在于,所述自主巡检平台还包括投光灯,所述投光灯安装于AGV车身两侧,通过工业数据总线与工控模块相连,由工控模块控制光源角度以及光源强度。

6.根据权利要求5所述的电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人,其特征在于,所述机械臂为6自由度柔性机械臂,现场感知模块安装于机械臂工作端,通过机械臂牵引,现场感知模块可调整位置、旋转角度、俯仰角度。

7.根据权利要求6所述的电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人,其特征在于,所述现场感知模块包括一体化云台、高清工业相机、红外热成像仪、紫外光源,其中:

一体化云台为各传感器集成安装支架,固定安装于机械臂工作端,提供若干安装位,用于现场感知模块中各传感器的安装;

高清工业相机用于对待检测区域进行漏水、漏油、冒烟故障检测,并可配合红外热成像仪进行过热、蒸汽故障检测,以及进行仪器仪表读数的读取;

红外热成像仪,用于对待检测区域进行过热、蒸汽泄漏、漏水故障检测,通过高清工业相机的配合,对待检测点进行红外热源感测;

紫外光源,是一种高能光源,与高清工业相机平行安装,用于对待检测区域的漏油特征进行照射显现。

8.根据权利要求7所述的电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人,其特征在于,所述现场感知模块还包括激光测振仪和拾音器,其中,所述激光测振仪安装于一体化云台上,拾音器集成安装于AGV上。

9.根据权利要求8所述的电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人,其特征在于,所述工控模块包括微型工控计算机和无线通讯子模块,其中:

通过无线通讯子模块接收来自远程控制中心的指令并将采集到的信息反馈至远程控制中心;

通过微型工控计算机对自主巡检平台、机械臂、现场感知模块进行控制。

10.一种电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人检测方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1：开启检测任务：机器人在未接收到指令前在充电桩充电位上处于待机状态，收到检测任务命令后启动，并依据巡检命令自主进行巡检工作；

S2：执行检测任务：机器人依据巡检指令，通过导航模块导航与定位，行驶至待检测区域目标点后停止，投光灯、紫外光源、机械臂、现场感知模块、激光测振仪、拾音器根据具体检测区域的需求启动工作；根据不同的环境，使用机械臂调整高清工业相机、红外热成像仪以及激光测振仪的位置与姿态，紫外灯辅助高清采集漏油故障，使用投光灯辅助红外和高清采集漏水，异常热，高温蒸汽，冒烟等特征，使用激光测振仪、拾音器采集振动、声音特征；

S3：传输检测数据：现场感知模块采集到的现场特征信息包括高清与红外图像，声音和振动频率，通过工业数据总线传送至工控模块，由工控模块将采集到的特征数据进行转制打包，通过无线通讯子模块传送至安装于厂区门口的通讯基站，通讯基站再通过光纤将数据传至信息处理中心；

S4：完成检测任务：机器人依照指令采集完所有区域的检测数据后，自动按照预设路线返回充电桩区域充电，并进入待机模式，等待接收下一次指令。

一种电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人及检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及火电厂巡检维护领域，更具体地，涉及一种电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人及检测方法。

背景技术

[0002] 我国电力的主要来源是火力发电，火电厂需要保证长期稳定且可靠的运行。为保证电厂的安全稳定的运行，需要定期进行巡检，而目前的巡检方式多采用人工巡检。火电厂内设备种类较多、设备较为集中、管道分布范围广、空间狭小、环境比较复杂，这使得人工巡检工作繁重、巡检效率低下；火电厂厂区内的工作环境为高热、高噪音等，对于巡检人员的身体健康影响巨大，而无人巡检检测效率高、精度高、不受恶劣工作环境影响，这使无人巡检代替人工巡检已成为必然趋势；另外，因为电厂现场检测环境恶劣、光照声音条件干扰严重、故障发生早期的特征不明显，使得对于电厂内设备早期的故障检测不够理想，如水、油、蒸汽微漏等。

[0003] 中国专利CN 109373979A提供了一种热电厂锅炉群巡检机器人，巡检机器人包括移动装置、检测装置、电池电量检测电路、无线传输设备、超声波避障系统、嵌入式CPU；检测装置搭载在所述移动装置上；检测装置包括一体化云台装置、红外热像仪、高清摄像机和环境检测装置；电池电量检测电路、无线传输设备、超声波避障系统、红外热像仪、高清摄像机和环境检测装置与嵌入式CPU相连；巡检机器人移动装置根据指令行进至目标点，通过一体化云台装置、环境检测装置采集检测数据；一体化云台装置中红外热像仪，用于采集热电厂锅炉群指定点或全部点的运行设备的红外热像图，一体化云台中高清摄像机，用于采集各类表计、泵和管道设备开关阀的高清图像，环境监测装置用于采集环境参数；采集到的检测数据在检测端进行处理识别，并将监测结果传至监控后台。但此专利所述方法中，首先，检测环节仍需要对待检测设备进行一定改装，无法通用于一般性设备，例如对漏水的检测需要通过喷涂在待检测设备上的涂漆遇水变色来实现；其次，厂区内检测区域设备集中、空间狭小、管道铺设范围广，在对目标设备进行检测时无法完整采集特征信息，例如设备或管路对目标点的遮挡；最后，在信息采集方面未使用相关的信息采集辅助，不足以应付电厂复杂的环境检测出设备故障，例如采集漏油故障油液特征时，未使用辅助光源对图像信息进行采集。

[0004] 中国专利CN 110319888 A提供了一种石油化工巡检机器人及其工作方法，巡检机器人包括底盘、折叠臂架装置、动力及驱动装置、数据采集及监控装置、控制装置；折叠臂架装置用于机器人巡检；动力及驱动装置用于为巡检机器人提供移动的动力并进行驱动；数据采集及监控装置用于采集现场数据并对现场进行监控；控制装置包括电控箱，电控箱位于底盘上，分别与折叠臂架装置、动力及驱动装置以及数据采集及监控装置电连接；工作时根据现场要求，将拟定好的巡检路径信息传输至机器人控制装置电控箱中，到达巡检时间后巡检机器人启动，通过动力及驱动装置驱动，行至待检测目标地点，信息采集及监控装置开始工作，通过传感器、监控云台以及摄像头采集检测信息；巡检完毕后回到启动点自动充

电，等待下一个巡检时间。机器人折叠臂架装置为三个自由度，使得巡检较为全面。但此专利所述机器人中，首先，信息采集及监控装置信息采集设备较为单一，无法对各待检设备进行多故障检测，例如其中的高清相机对故障特征信息的采集较为片面；其次，所述机器人使用了三自由度的折叠臂架装置，但是三自由度机械臂柔性不高，面对复杂的检测环境，无法完全满足全方位无死角的检测。

发明内容

[0005] 本发明的首要目的是提供一种电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人，克服厂区内复杂的检测环境，检测故障发生早期的弱特征故障，避免故障的进一步扩大。

[0006] 本发明的进一步目的是电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人检测方法。

[0007] 为解决上述技术问题，本发明的技术方案如下：

[0008] 一种电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人，包括自主巡检平台、机械臂、现场感知模块和工控模块，其中：

[0009] 自主巡检平台集成有机械臂、现场感知模块和工控模块，所述现场感知模块固定安装与机械臂工具端，通过机械臂调整现场感知模块工作方位，工控模块接收远程远程控制中心的指令，控制自主巡检平台移动至各个待检测区域，待现场感知模块采集到的现场特征信息通过工控模块反馈至远程控制中心。

[0010] 上述方案采用了“自主移动巡检平台+机械臂+现场感知模块+工控模块”的机器人结构形式，通过对机械臂的柔性控制，使图像信息采集设备可以到达检测区域的任意位置进行图像信息采集；现有技术将云台固定在移动装置之上，通过调节转角与俯仰角来进行图像信息采集，但是现实情况中，厂区内的环境复杂，设备繁多、管路复杂、空间有限，这使得图像信息采集十分困难，难以检测到故障，尤其是故障发生早期的弱特征故障；上述方案所搭载的机械臂可以很好的解决这一问题，高柔性机械臂可以使图像信息采集设备轻而易举的避开存在干扰的设备及管路，接近待检测设备、管路及区域，实现全方位、无死角的检测。

[0011] 优选地，所述自主巡检平台包括AGV、导航模块、超声波避障模块以及电池组，其中：

[0012] 所述电池组为自主巡检平台、机械臂、现场感知模块和工控模块供电，所述AGV在充电桩区域通过充电桩为电池组充电；

[0013] 所述导航模块安装于AGV上，超声波避障模块安装于AGV内部前端或者四周。后台信息处理中心按照规划路线生成电子地图，机器人根据任务指令，通过导航模块实现导航与定位。

[0014] 优选的，所述AGV可为履带式底盘，或者轮式底盘。

[0015] 优选地，所述AGV在充电桩区域通过充电桩为电池组充电采用自动充电或手动充电。

[0016] 优选地，导航模块采用包括激光导航或二维码惯性导航或地磁导航或视觉导航的导航模式。

[0017] 优选地，所述自主巡检平台还包括LED投光灯，所述LED投光灯安装于AGV车身两侧，通过工业数据总线与工控模块相连，由工控模块控制光源角度以及光源强度，辅助现场

感知模块进行数据采集。

[0018] 优选地，所述机械臂为6自由度柔性机械臂，现场感知模块安装于机械臂工作端，通过机械臂牵引，现场感知模块可调整位置、旋转角度、俯仰角度，保证现场感知模块发挥最佳的工作性能，实现对待检测设备全方位、无死角检测；机械臂通过工业数据总线与工控模块相连接，并由工控模块根据任务规划中的要求，控制机械臂运动至相应位置、调整至相应姿态。

[0019] 优选地，所述现场感知模块包括一体化云台、高清工业相机、红外热成像仪、紫外光源，现场感知模块对待检测区域进行漏水、漏油、过热、蒸汽泄漏、冒烟故障检测，以及仪器仪表读数的读取；设备所采集的检测数据通过工业数据总线传送至工控模块，再将数据转制打包再由无线通讯模块传送至信息处理中心处理，其中：

[0020] 一体化云台为各传感器集成安装支架，固定安装于机械臂工作端，提供若干安装位，用于现场感知模块中各传感器的安装；

[0021] 高清工业相机用于对待检测区域进行漏水、漏油、冒烟故障检测，并可配合红外热成像仪进行过热、蒸汽故障检测，以及进行仪器仪表读数的读取；

[0022] 红外热成像仪，用于对待检测区域进行过热、蒸汽泄漏、漏水故障检测，通过高清工业相机的配合，对待检测点进行红外热源感测；

[0023] 紫外光源，是一种高能光源，与高清工业相机平行安装，用于对待检测区域的漏油特征进行照射显现，用于配合高清工业相机对待检测区域进行漏油故障检测，由于油液在紫外光的照射下，会产生荧光效应，再通过高清工业相机对其特征进行捕捉，就可以获得清晰准确的检测数据。

[0024] 采用了辅助光源辅助图像信息采集设备进行图像数据采集，通过特定的光源来采集特定的故障信息，使得机器人对于各种故障信息的采集更为清晰准确；针对待检测区域漏水故障检测，通过搭载于AGV身侧的LED投光灯对待检测区域进行投光，通过对光线角度及光线强度的调节，使水积液在特定的光照角度和光照强度下充分暴露痕迹，使高清工业相机能够清晰准确却的采集漏水故障特征信息；针对检测区域的漏油故障检测，紫外光源集成于一体化云台上，与高清工业相机平行安装，油液在紫外光源的照射下，会产生荧光效应，这使得油液特征异常明显，降低了现场光照对油液特征提取的影响，使漏油故障图像信息的采集更为容易；现有的技术未有采取相关技术手段，使得对待检测区域的图像信息采集受现场环境影响很大，故障特征暴露不明显。

[0025] 优选地，所述现场感知模块还包括激光测振仪和拾音器，其中，所述激光测振仪安装于一体化云台上，拾音器集成安装于AGV上。

[0026] 优选地，所述工控模块包括微型工控计算机和无线通讯子模块，其中：

[0027] 通过无线通讯子模块接收来自远程控制中心的指令并将采集到的信息反馈至远程控制中心；

[0028] 通过微型工控计算机对自主巡检平台、机械臂、现场感知模块进行控制。

[0029] 一种电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人检测方法，包括以下步骤：

[0030] S1：开启检测任务：机器人在未接收到指令前在充电桩充电位上处于待机状态，收到检测任务命令后启动，并依据巡检命令自主进行巡检工作；

[0031] S2：执行检测任务：机器人依据巡检指令，通过激光导航模块导航与定位，行驶至

待检测区域目标点后停止，LED投光灯、紫外光源、机械臂、现场感知模块、激光测振仪、拾音器根据具体检测区域的需求启动工作；根据不同的环境，使用机械臂调整高清工业相机、红外热成像仪以及激光测振仪的位置与姿态，紫外灯辅助高清采集漏油故障，使用投光灯辅助红外和高清采集漏水，异常热，高温蒸汽，冒烟等特征，使用激光测振仪、拾音器采集振动、声音特征；

[0032] S3：传输检测数据：现场感知模块采集到的现场特征信息包括高清与红外图像，声音和振动频率，通过工业数据总线传送至工控模块，由工控模块将采集到的特征数据进行转制打包，通过无线通讯子模块传送至安装于厂区门口的通讯基站，通讯基站再通过光纤将数据传至信息处理中心；

[0033] S4：完成检测任务：机器人依照指令采集完所有区域的检测数据后，自动按照预设路线返回充电桩区域充电，并进入待机模式，等待接收下一次指令。

[0034] 与现有技术相比，本发明技术方案的有益效果是：

[0035] 本发明通过使用6自由度机械臂，可对检测区域的工作点进行多位置和多姿态检测，尽可能规避结构干扰，从而提高现场适应性；通过使用高能紫外光源、LED可调投光灯配合高清相机进行漏油特征采集，克服现场光照强干扰问题；使用多传感器融合的集成一体化云台，包括高清和红外相机，拾声器，激光测振仪等对微漏故障包括水、油、蒸汽、烟雾、过热、振动、异声等进行检测，提升了系统综合感知能力，可以在复杂的运行环境下发现其他检测系统不易甚至无法发现的微弱故障特征。

附图说明

[0036] 图1为电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人结构示意图。

[0037] 图2为现场感知模块结构示意图。

[0038] 图3为自主移动巡检平台结构示意图。

[0039] 图中，1为现场感知模块，11为一体化云台，12为红外热成像仪，13、15为紫外光源，14为高清工业相机，16为拾音器，2为机械臂，3为自主巡检平台，31为AGV，32为超声波避障模块，33、36为LED投光灯，34为激光测振仪，35为机械臂底座，4为工控模块。

具体实施方式

[0040] 附图仅用于示例性说明，不能理解为对本专利的限制；

[0041] 为了更好说明本实施例，附图某些部件会有省略、放大或缩小，并不代表实际产品的尺寸；

[0042] 对于本领域技术人员来说，附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

[0043] 下面结合附图和实施例对本发明的技术方案做进一步的说明。

[0044] 实施例1

[0045] 本实施例提供一种电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人，如图1，包括自主巡检平台3、机械臂2、现场感知模块1和工控模块4，其中：

[0046] 自主巡检平台3集成有机械臂2、现场感知模块1和工控模块4，所述现场感知模块1固定安装与机械臂2工具端，通过机械臂2调整现场感知模块1工作方位，工控模块4接收远

程远程控制中心的指令，控制自主巡检平台3移动至各个待检测区域，待现场感知模块1采集到的现场特征信息通过工控模块4反馈至远程控制中心。

[0047] 所述自主巡检平台3如图3，包括AGV31、导航模块、超声波避障模块32以及电池组，其中：

[0048] 所述电池组为自主巡检平台3、机械臂2、现场感知模块1和工控模块4供电，所述AGV31在充电桩区域通过充电桩为电池组充电。

[0049] 所述导航模块安装于AGV31上，超声波避障模块32安装于AGV31内部前端或者四周。

[0050] 所述AGV31在充电桩区域通过充电桩为电池组充电采用自动充电或手动充电。

[0051] 导航模块采用包括激光导航或二维码惯性导航或地磁导航的导航模式。

[0052] 所述自主巡检平台3还包括LED投光灯33、36，所述LED投光灯33、36安装于AGV31车身两侧，通过工业数据总线与工控模块4相连，由工控模块4控制光源角度以及光源强度。

[0053] 所述机械臂2为6自由度柔性机械臂2，现场感知模块1安装于机械臂2工作端，通过机械臂2牵引，现场感知模块1可调整位置、旋转角度、俯仰角度。

[0054] 所述现场感知模块1如图2，包括一体化云台11、高清工业相机14、红外热成像仪12、紫外光源13、15，其中：

[0055] 一体化云台11为各传感器集成安装支架，固定安装于机械臂2工作端，提供若干安装位，用于现场感知模块1中各传感器的安装；

[0056] 高清工业相机14用于对待检测区域进行漏水、漏油、冒烟故障检测，并可配合红外热成像仪12进行过热、蒸汽故障检测，以及进行仪器仪表读数的读取；

[0057] 红外热成像仪12，用于对待检测区域进行过热、蒸汽泄漏、漏水故障检测，通过高清工业相机14的配合，对待检测点进行红外热源感测；

[0058] 紫外光源13、15，是一种高能光源，与高清工业相机14平行安装，用于对待检测区域的漏油特征进行照射显现。

[0059] 所述现场感知模块1还包括激光测振仪34和拾音器16，其中，所述激光测振仪34安装于一体化云台11上，拾音器16集成安装于AGV31上。

[0060] 所述工控模块4包括微型工控计算机和无线通讯子模块，其中：

[0061] 通过无线通讯子模块接收来自远程控制中心的指令并将采集到的信息反馈至远程控制中心；

[0062] 通过微型工控计算机对自主巡检平台3、机械臂2、现场感知模块1进行控制。

[0063] 在具体实施过程中，电厂设备运行微漏探测用智能巡检机器人检测方法包括以下步骤：

[0064] S1：开启检测任务：机器人在未接收到指令前在充电桩充电位上处于待机状态，收到检测任务命令后启动，并依据巡检命令自主进行巡检工作；

[0065] S2：执行检测任务：机器人依据巡检指令，通过激光导航模块导航与定位，行驶至待检测区域目标点后停止，LED投光灯33、36、紫外光源13、15、机械臂2、现场感知模块1、激光测振仪34、拾音器16根据具体检测区域的需求启动工作；根据不同的环境，使用机械臂2调整高清工业相机14、红外热成像仪12以及激光测振仪34的位置与姿态，紫外灯辅助高清采集漏油故障，使用投光灯辅助红外和高清采集漏水，异常热，高温蒸汽，冒烟等特征，使用

激光测振仪34、拾音器16采集振动、声音特征；

[0066] S3：传输检测数据：现场感知模块1采集到的现场特征信息包括高清与红外图像，声音和振动频率，通过工业数据总线传送至工控模块4，由工控模块4将采集到的特征数据进行转制打包，通过无线通讯子模块传送至安装于厂区门口的通讯基站，通讯基站再通过光纤将数据传至信息处理中心；

[0067] S4：完成检测任务：机器人依照指令采集完所有区域的检测数据后，自动按照预设路线返回充电桩区域充电，并进入待机模式，等待接收下一次指令。

[0068] 相同或相似的标号对应相同或相似的部件；

[0069] 附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明，不能理解为对本专利的限制；

[0070] 显然，本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例，而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说，在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

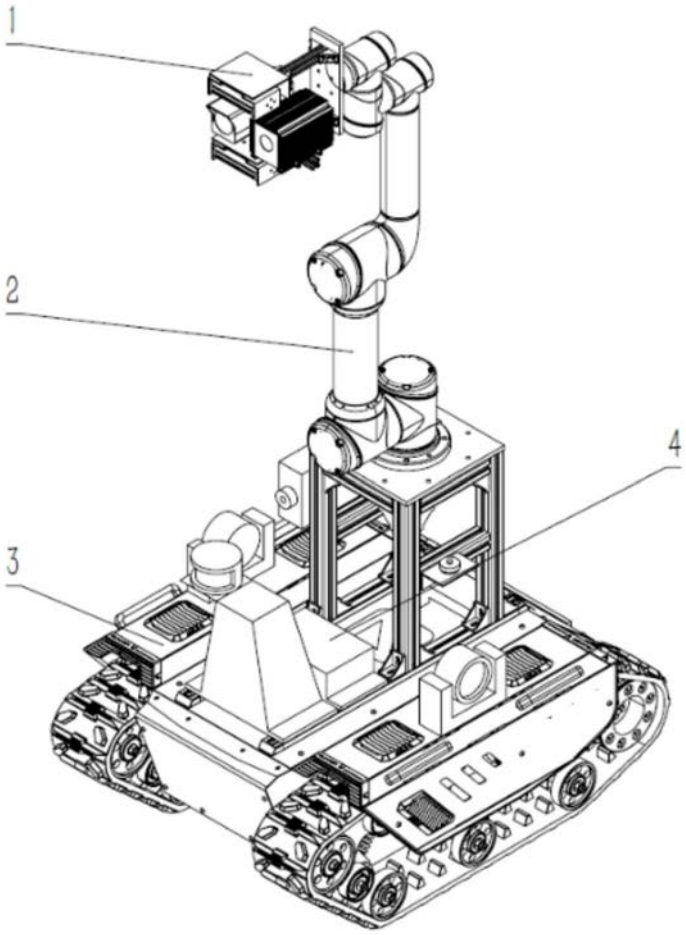


图1

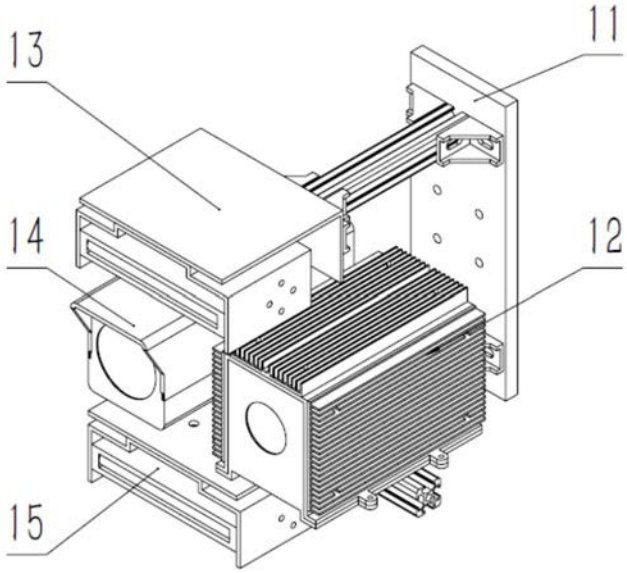


图2

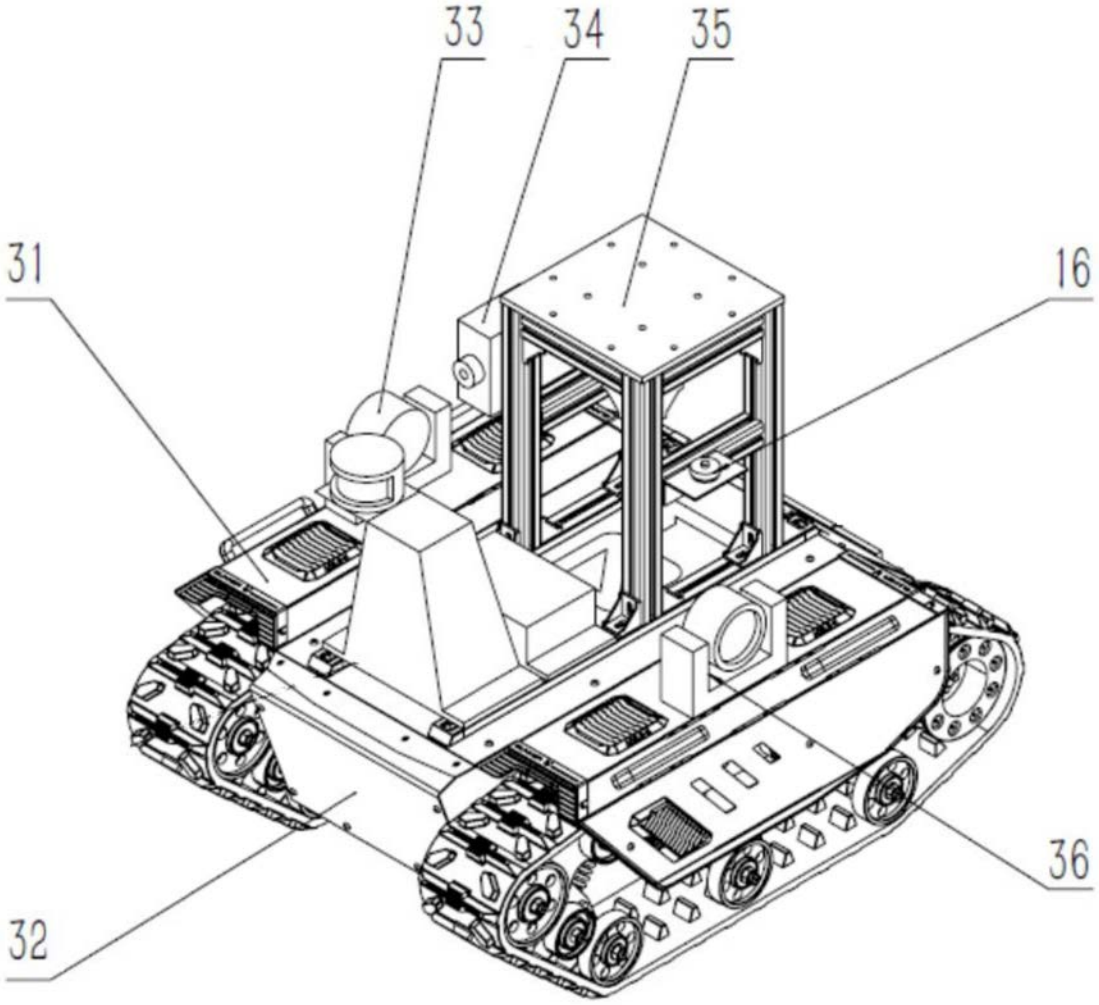


图3