

(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
2020 年 7 月 2 日 (02.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/134187 A1

(51) 国际专利分类号:
B25J 5/00 (2006.01) *E21F 17/18* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/105330

(22) 国际申请日: 2019 年 9 月 11 日 (11.09.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910803529.X 2019 年 8 月 28 日 (28.08.2019) CN

(71) 申请人: 山东科技大学 (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。

(72) 发明人: 曾庆良 (ZENG, Qingliang); 中国山东省青岛黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。 孙志远 (SUN, Zhiyuan); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。 万丽荣 (WAN, Lirong); 中国山东省青岛黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。 戴汉政 (DAI, Hanzheng); 中国山东省青岛黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。 田明倩 (TIAN, Mingqian); 中国山东省青岛黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。 杨扬 (YANG, Yang); 中国山东省青岛黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。 逯振国 (LU, Zhenguo); 中国山东省青岛黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。

(74) 代理人: 济南金迪知识产权代理有限公司 (JINAN JINDI INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO.,

(54) Title: MINING WORKFACE INSPECTION ROBOT AND APPLICATION THEREOF

(54) 发明名称: 一种采掘工作面巡检机器人及其应用

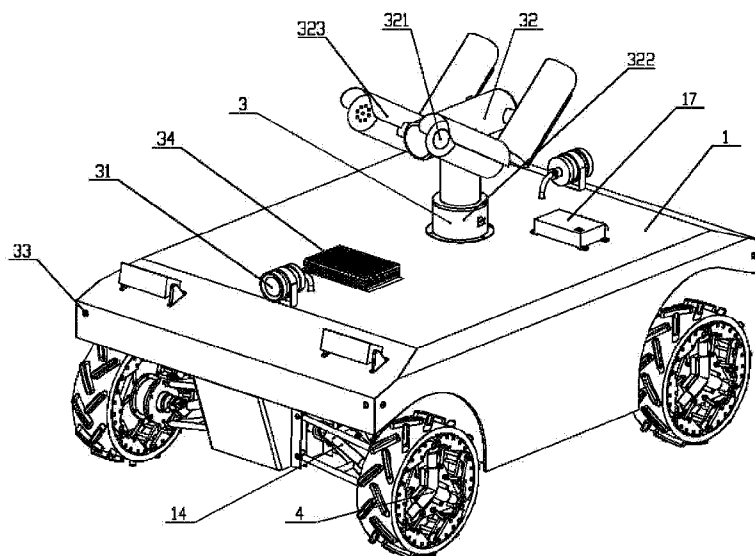


图 1

(57) Abstract: A mining workface inspection robot and an application thereof, said inspection robot comprising a machine body (1), an explosion-proof omnidirectional vehicle-mounted platform (32), a sensor integration module (34), an explosion-proof infrared camera (323) and an intrinsically safe wireless communication device (17); four independent suspension apparatuses (14) are symmetrically arranged around a chassis (11), and respectively connected to locomotion apparatuses (4); an explosion-proof servo motor (12) is connected to a transmission apparatus (13), and the transmission apparatus is connected to the locomotion apparatuses; an explosion-proof steering gear (15) is connected to the independent suspension apparatuses, and controls the steering of the locomotion apparatuses. The mining workface inspection robot can monitor workface roof deformation, gushing water and equipment operations in real time,



WO 2020/134187 A1

LTD); 中国山东省济南市历城区山大南路 29 号山大鲁能科技大厦 A 座四楼 410 室, Shandong 250199 (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, 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, 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, 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)。

根据细则 4.17 的声明:

- 关于发明人身份 (细则 4.17(i))

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第 21 条 (3))。
- 在修改权利要求的期限届满之前进行, 在收到该修改后将重新公布 (细则 48.2(h))。
- 根据申请人的请求, 在条约第 21 条 (2) (a) 所规定的期限届满之前进行。

and can monitor workface temperatures and harmful gas concentrations in real time. The mounted locomotion apparatuses can switch between wheel-type and track-type, and can perform all-terrain operations. The present invention not only enables inspection personnel to be removed from dangerous environments to ensure their safety, but also discovers abnormal mining workface conditions in real time, for timely detection and treatment.

(57) 摘要: 一种采掘工作面巡检机器人及其应用, 该巡检机器人包括机体 (1)、防爆全向车载云台 (32)、传感器集成模块 (34)、防爆红外摄像头 (323)、本安型无线通讯器 (17); 四个独立悬挂装置 (14) 对称设置在机架 (11) 的前后左右, 并分别连接行走装置 (4); 防爆伺服电机 (12) 连接传动装置 (13), 传动装置连接行走装置; 防爆舵机 (15) 与独立悬挂装置连接, 控制行走装置的转向。该采掘工作面巡检机器人, 能够实时监控工作面顶板变形、突涌水和设备运行情况, 能够实时监测工作面的温度和有害气体浓度, 其搭载的行走装置能够实现轮式和履带式的转换, 可进行全地形作业, 不仅能够使巡检人员从危险环境中脱离保证巡检人员的安全, 而且能够及时发现采掘工作面的异常情况, 做到及时发现及时处理。

一种采掘工作面巡检机器人及其应用

技术领域

本发明涉及一种采掘工作面巡检机器人及其应用，属于特种机器人技术领域。

背景技术

煤炭是我国的主体能源，也是最经济和可以清洁高效利用的能源。我国煤炭以井工开采为主，经过多年发展，矿井生产的机械化、信息化和自动化程度得到很大提高，井下安全形势得到好转，各类事故率和人员死亡率均大幅下降。但是井工开采的井下环境复杂，还是有各类事故发生。

煤矿五大自然灾害为水、瓦斯、煤尘、火和顶板。顶板灾害是煤矿最常见、最容易发生的事故。在煤矿五大灾害中，无论是发生次数，还是死亡人数，顶板事故都居煤矿各类事故之首。随着工作面的开采，煤层上面的顶板岩层失去了支撑，原来的压力平衡遭到破坏，煤层顶板在上覆岩层压力的作用下，发生变形、破坏。如果我们支护不及时或支护强度不够，很容易使工作面的顶板岩层发生断裂和冒落，造成人员伤亡和财产及设备的损失。煤层中常伴随瓦斯（甲烷等），若与一定浓度的煤尘混合形成易燃易爆气体，容易引发爆炸事故。同时煤层中的瓦斯有时伴随一氧化碳等有害气体，对井下工作人员生命安全造成极大威胁。矿井突水是掘进或采矿过程中当巷道揭穿导水断裂、富水溶洞，大量地下水突然涌入矿山井巷的现象。矿井突水是煤矿生产过程最具威胁的灾害之一，人员伤亡大，经济损失列于煤矿三大事故的榜首。因此，对井下的瓦斯、一氧化碳、二氧化碳、氧气、煤尘浓度、顶板变形和采掘设备运行情况的监测关乎生产安全和工作人员安全。

现有的腿式机器人运动效率低，控制复杂，无法满足井下的复杂的环境要求。轮式机器人具有结构简单、高速度、控制简单、运动稳定和低能耗等优点，但是它不适合于跨越像沟壑、通过泥泞路面等，越障能力、通过性差。履带式机器人相比轮式机器人有着较强的地形适应能力，在陡峭地形、复杂环境下有着较高的越障能力和良好的环境适应性，但由于存在较大的摩擦阻力，其能耗很高且运动速度较低。因此，针对井下复杂的环境，单一的行走方式已不能够满足需要。

煤矿井下岩巷环境十分恶劣，瓦斯、煤尘、碎岩、沟壑、积水、泥泞等复杂情况相

互交织，地面上的机器人的防爆性、防水性、绝缘性、通过性均不能够满足井下采掘工作面的使用要求。

为推进煤矿安全发展，进一步实现采掘工作面的智能化和无人化，亟需一种具备自主移动、感知、预警和图像采集功能的采掘工作面巡检机器人。

发明内容

针对现有技术的不足，本发明提供一种采掘工作面巡检机器人，其满足煤矿井下采掘工作面的防爆、防水、绝缘的要求，可以实现对采掘工作面有害气体、温度、粉尘、设备运行状态、顶板变形情况、突涌水情况和煤壁情况进行检测，并将数据信息通过无线通信网络上传到井上控制中心，进行实时监控与分析。且能够在各种路况条件下实现轮式和履带式的自由转换，满足不同路况的需求，提高地形适应性。

本发明还提供上述一种采掘工作面巡检机器人的工作方法。

本发明的技术方案如下：

一种采掘工作面巡检机器人，包括机体、防爆全向车载云台、传感器集成模块、防爆红外摄像头、本安型无线通讯器；

机体包括机架、防爆伺服电机、传动装置、独立悬挂装置、行走装置、防爆舵机、隔爆本安电源和隔爆箱；防爆伺服电机、隔爆本安电源、防爆舵机、隔爆箱均设置在机架底部；四个独立悬挂装置对称设置在机架的前后左右，并分别连接行走装置；防爆伺服电机通过传动装置驱动行走装置；防爆舵机与独立悬挂装置连接，控制行走装置的转向；

机架的前后两端各设置有一个防爆红外摄像头，防爆全向车载云台通过转向台安装在机架上，防爆全向车载云台包括防爆摄像机和防爆 LED 红外灯，本安型无线通讯器设置在机架上；

隔爆箱内设置有主控制器、伺服电机控制器、离合制动控制器、电缸控制器、舵机控制器及数据信息处理器；传感器集成模块、防爆红外摄像头、防爆摄像机、防爆 LED 红外灯分别与数据信息处理器连接；数据信息处理器、伺服电机控制器、离合制动控制器、电缸控制器、舵机控制器、本安型无线通讯器、防爆本安电源、防爆摄像机、防爆 LED 红外灯分别与主控制器连接。

优选的，所述行走装置包括行星齿轮减速机构、活动组合式轮毂机构和橡胶履带传动机构；行星齿轮减速机构通过防爆电缸、支撑杆与活动组合式轮毂机构连接，通过防

爆电缸工作使活动组合式轮毂机构改变外部形状；橡胶履带传动机构与活动组合式轮毂机构连接，当活动组合式轮毂机构外部形状改变时，实现橡胶履带传动机构的轮式形态与履带式形态之间的转换。

优选的，所述行星齿轮减速机构包括前行星架、后行星架、驱动轴、太阳轮、行星轴、行星轮、防爆制动器和防爆离合器；太阳轮固定安装在驱动轴上，且驱动轴穿过后行星架通过万向联轴器连接传动装置；行星轮通过轴承连接安装在行星轴上，三个行星轮与太阳轮相啮合，行星轴连接于前行星架和后行星架之间，防爆制动器和防爆离合器安装于驱动轴上并位于后行星架一侧。

优选的，所述活动组合式轮毂机构包括毂板、加强板和承重轴；防爆电缸固定安装在前行星架上，防爆电缸支柱的两侧对称铰接毂板，每侧毂板通过承重轴对应连接加强板，支撑杆一端与毂板铰接、另一端与前行星架或后行星架铰接。

优选的，所述活动组合式轮毂机构包括十二块毂板，每四块毂板对称铰接于同一防爆电缸支柱的两侧。此设计的好处是，采用十二块毂板就可组成圆形轮毂，同时采用最少三个防爆电缸就可实现十二块毂板在圆形轮毂和履带形态之间的转换。

优选的，所述橡胶履带传动机构包括橡胶履带、驱动轮、承重轮；行星轮左右两侧各有一个驱动轮且驱动轮安装于行星轴上，承重轮安装在毂板与加强板之间的承重轴上，橡胶履带包裹着驱动轮和承重轮，且橡胶履带内侧与驱动轮啮合。

优选的，所述毂板与加强板之间布置有四个承重轮。

优选的，所述独立悬挂装置包括上摆臂、下摆臂、转向支架、减震器和方向机连杆；上摆臂的一端与转向支架和减震器分别铰接、另一端与机架铰接，减震器的另一端与机架铰接，下摆臂两端分别与转向支架和机架铰接，方向机连杆一端与转向支架铰接、另一端与防爆舵机连接。

优选的，所述防爆伺服电机、防爆舵机、防爆离合器、防爆制动器、防爆电缸分别由伺服电机控制器、舵机控制器、离合制动控制器、电缸控制器进行连接控制。此设计的好处是，上述控制器统一由主控制器控制，以使各部分能够相互协调工作。

优选的，所述传动装置包括前主轴、后主轴、主轴万向联轴器、差速器；防爆伺服电机集成有减速器，前主轴与防爆伺服电机连接，后主轴通过主轴万向联轴器与防爆伺服电机连接，前主轴和后主轴的另一端各自连接差速器，差速器的两个输出轴分别与左右两侧的万向联轴器连接。

优选的，所述防爆舵机与方向机连杆之间通过齿轮齿条结构连接。此设计的好处是，方向机连杆上有齿条结构，防爆舵机与方向机连杆形成齿轮齿条结构，以此实现行走装置的转向。

优选的，所述传感器集成模块包含煤尘检测仪、甲烷传感器、一氧化碳传感器、二氧化碳传感器、氧气传感器、温度传感器和姿态传感器。此设计的好处是，传感器集成模块为一集合模块，能够获取多种数据信息，并将数据信息传输给主控制器，以此作为巡检机器人相应工作状态调整的依据。

优选的，所述机架的四周设置有多接近传感器，接近传感器与数据信息处理器连接。

一种采掘工作面巡检机器人的工作方法，包括以下步骤：

在采掘工作面，巡检机器人通过传感器集成模块对采掘工作面的煤尘、甲烷、一氧化碳、二氧化碳和氧气的浓度进行检测，同时温度传感器检测工作面环境温度，通过姿态传感器和接近传感器检测自身周围障碍和自身位姿，防爆红外摄像头与防爆全向车载云台相互配合，对地面路况、突涌水情况、顶板变形情况及设备运行情况进行实时监控，将采集到的数据信息传入数据信息处理器中，进行数据的转换处理后，传输到主控制器中；

主控制器通过本安型无线通讯器与控制中心进行实时通讯，将采掘工作面的数据信息传输给控制中心，接收控制中心的控制命令，然后由主控制器统一向伺服电机控制器、离合制动控制器、电缸控制器、舵机控制器下发程序指令，使防爆伺服电机、防爆舵机、防爆离合器、防爆制动器、防爆电缸相互协调作业；

巡检机器人具有两种行走模式，轮式与履带式，根据地面路况决定：

当需要轮式形态行驶时，防爆电缸收起防爆电缸支柱，轂板向内收缩组成圆形轮轂，防爆制动器分离，防爆离合器接合闭锁行星排，整个行星排与橡胶履带跟随驱动轴同步转动，从而实现由履带式向轮式形态的转换；

或

当需要履带式形态行驶时，防爆制动器接合，防爆离合器分离，驱动轴驱动太阳轮，太阳轮带动行星轮，进而带动驱动轮驱动橡胶履带，防爆电缸升起防爆电缸支柱，轂板向外扩散组成三角形轮轂，从而实现由轮式向履带式形态的转换。

本发明的有益效果在于：

1) 本发明采掘工作面巡检机器人, 设置了防爆红外摄像头和防爆全向车载云台, 能够实时监控工作面顶板变形、突涌水和设备运行情况, 设置了温度传感器和多种气体传感器, 能够实时监测工作面的温度和有害气体浓度, 并将数据信息通过本安型无线通讯器传输到井上控制中心, 不仅能够使巡检人员从危险环境中脱离保证巡检人员的安全, 而且能够及时发现采掘工作面的异常情况, 做到及时发现及时处理。

2) 本发明采掘工作面巡检机器人, 行走装置设置了行星齿轮减速机构、活动组合式轮毂机构和橡胶履带传动机构, 能够通过防爆制动器、防爆离合器和防爆电缸的相互配合控制轮式与履带式形态之间的相互转换, 因此可以根据采掘工作面巡检机器人行驶的需要进行快速的形态转换, 在平坦硬路面上, 转换成轮式形态, 从而提高行驶速度, 降低功率消耗; 在松软地面上, 转换成履带式形态, 从而增大接地面积, 提高牵引力, 提高通过性, 进而提高采掘工作面巡检机器人的工作效率。

3) 本发明采掘工作面巡检机器人, 结构设计科学合理, 操作使用方便, 替代了人工在采掘工作面的巡检作业, 能够全面地收集温度、湿度、有害气体、顶板形变等多种信息, 并能够及时传输到井上控制中心, 从而实现巡检机器人的实时操控, 针对不同的作业环境做出相应的调整, 其具有工作效率高, 适用范围广的优点。

附图说明

图 1 为采掘工作面巡检机器人轮式形态的结构示意图;

图 2 为采掘工作面巡检机器人系统框图;

图 3 为采掘工作面巡检机器人中机体内部结构布置图;

图 4 为采掘工作面巡检机器人轮式形态的结构简图;

图 5 为采掘工作面巡检机器人履带式形态的结构简图;

图 6 为采掘工作面巡检机器人中行走装置轮式形态的结构示意图;

图 7 为采掘工作面巡检机器人中行走装置与独立悬挂装置连接方式结构示意图;

图 8 为采掘工作面巡检机器人中行走装置履带式形态的结构示意图;

图 9 为采掘工作面巡检机器人中行走装置轮式形态下轮毂的结构示意图;

图 10 为采掘工作面巡检机器人中行走装置履带式形态下轮毂的结构示意图;

图 11 为采掘工作面巡检机器人中行走装置行星减速机构的结构示意图;

图 12 为采掘工作面巡检机器人中行走装置活动式毂板与承重轮安装示意图;

图中: 1-机体; 11-机架; 12-防爆伺服电机; 13-传动装置; 14-独立悬挂装置; 141-

上摆臂；142-下摆臂；143-转向支架；144-减震器；145-方向机连杆；15-防爆舵机；16-隔爆本安电源；17-本安型无线通讯器；

2-隔爆箱；21-主控制器；22-伺服电机控制器；23-离合制动控制器；24-电缸控制器；25-舵机控制器；26-数据信息处理器；27-隔爆箱体；

3-信息采集模块；31-防爆红外摄像头；32-防爆全向车载云台；321-防爆摄像机；322-转向台；323-防爆LED红外灯；33-接近传感器；34-传感器集成模块；

4-行走装置；41-行星齿轮减速机构；411-前行星架；412-后行星架；413-驱动轴；414-太阳轮；415-行星轴；416-行星轮；417-防爆制动器；418-防爆离合器；419-万向联轴器；42-活动组合式轮毂机构；421-毂板；422-防爆电缸支柱；423-防爆电缸；424-支撑杆；425-加强板；426-承重轴；43-橡胶履带传动机构；431-橡胶履带；432-驱动轮；433-承重轮。

具体实施方式

下面通过实施例并结合附图对本发明做进一步说明，但不限于此。

实施例 1：

如图1至图12所示，本实施例提供一种采掘工作面巡检机器人，该巡检机器人主要包括机体1、防爆全向车载云台32、传感器集成模块34、防爆红外摄像头31、本安型无线通讯器17；

机体1包括机架11、防爆伺服电机12、传动装置13、独立悬挂装置14、行走装置4、防爆舵机15、隔爆本安电源16和隔爆箱2，其中防爆伺服电机12、隔爆本安电源16、防爆舵机15、隔爆箱2均安装在机架11底部。四个独立悬挂装置14对称设置在机架11的前后左右，防爆伺服电机12连接传动装置13，传动装置13连接驱动行走装置，通过万向节实现四驱，防爆舵机15与独立悬挂装置14的方向机连杆145连接，控制巡检机器人的转向，隔爆本安电源16安装于机架11左侧，为巡检机器人提供能源与动力，本安型无线通讯器17安装在机架11上表面，以保障同控制中心的实时通讯。

独立悬挂装置14包括上摆臂141、下摆臂142、转向支架143、减震器144和方向机连杆145；上摆臂141的一端与转向支架143和减震器144分别铰接、另一端与机架11铰接，减震器144的另一端与机架11铰接；下摆臂142两端分别与转向支架143和机架11铰接，方向机连杆145一端与转向支架143铰接、另一端设置有齿条且齿条与防爆舵机15输出轴连接的齿轮啮合，后续防爆舵机15通过齿轮齿条结构带动方向机连杆145

实现行走装置的转向，转向支架 143 通过法兰盘与防爆制动器 417 固定连接。

隔爆箱 2 置于机架右侧，隔爆箱 2 包括主控制器 21、伺服电机控制器 22、离合制动控制器 23、电缸控制器 24、舵机控制器 25、数据信息处理器 26 和隔爆箱体 27，上述电气设备均安装于隔爆箱体 27 内，线缆通过隔爆接口引出引入隔爆箱 2。

信息采集模块 3 包括防爆红外摄像头 31、防爆全向车载云台 32、接近传感器 33 和传感器集成模块 34。防爆红外摄像头 31 在机架 11 前后各安装一个，防爆全向车载云台 32 安装于机架 11 上方，接近传感器 33 在机架 11 的前后左右对称设置八个，传感器集成模块 34 安装于机架 11 上方。

防爆全向车载云台 32 包括防爆摄像机 321、转向台 322 和防爆 LED 红外灯 323，两组防爆摄像机 321 和防爆 LED 红外灯 323 分别安装于转向台 322 的顶端，两组成夹角设计，转向台 322 能够实现 360 度的旋转，采用常规设备即可实现，能够避免巡检机器人顶部监控死角。

传感器集成模块 34 包括煤尘检测仪、甲烷传感器、一氧化碳传感器、二氧化碳传感器、氧气传感器、温度传感器和姿态传感器。煤尘检测仪、甲烷传感器、一氧化碳传感器、二氧化碳传感器、氧气传感器、温度传感器和姿态传感器均选用本安型设备，由于该模块集成有气体传感器和温度传感器，故该模块的外壳留出均匀密布的小孔。

机架 11 的前后左右对称设置有四个行走装置 4，每一行走装置 4 通过独立悬挂装置 14 与机架 11 连接。行走装置 4 包括行星齿轮减速机构 41、活动组合式轮毂机构 42 和橡胶履带传动机构 43；行星齿轮减速机构 41 通过防爆电缸 423、支撑杆 424 与活动组合式轮毂机构 42 连接，通过防爆电缸 423 的伸缩工作使活动组合式轮毂机构 42 改变外部形状；橡胶履带传动机构 43 与活动组合式轮毂机构 42 连接，当活动组合式轮毂机构 42 外部形状改变时，实现橡胶履带传动机构 43 的轮式形态与履带式形态之间的转换。

行星齿轮减速机构 41 包括前行星架 411、后行星架 412、驱动轴 413、太阳轮 414、行星轴 415、行星轮 416、防爆离合器 418 和万向联轴器 419；太阳轮 414 固定安装在驱动轴 413 上，驱动轴 413 通过万向联轴器 419 与传动装置 13 连接，驱动轴 413 穿过后行星架 412，行星轮 416 通过轴承连接安装在行星轴 415 上，三个行星轮 416 与太阳轮 414 相啮合，并与前行星架 411 和后行星架 412 结合组成行星排，行星轴 415 安装连接于前行星架 411 和后行星架 412 之间，防爆离合器 418 安装于驱动轴 413 与后行星架 412 之间。这里的防爆离合器 418 用来连接或断开后行星架 412 与驱动轴 413，从而决定行星架

是否跟随驱动轴 413 和太阳轮 414 同步转动。

传动装置 13 为常规设计，主要包括前主轴、后主轴、主轴万向联轴器、差速器；防爆伺服电机集成有减速器，前主轴与防爆伺服电机连接，后主轴通过主轴万向联轴器与防爆伺服电机连接，前主轴和后主轴的另一端各自连接差速器，差速器的两个输出轴分别与左右两侧的万向联轴器 419 连接，进而驱动行走装置实现四驱。

行星齿轮减速机构 41 还包括防爆制动器 417，防爆制动器 417 安装于后行星架 412 与转向支架 143 之间，这里的防爆制动器 417 主要是用于使行星架与独立悬挂装置 14 保持静止，以实现行星传动。本实施例中防爆制动器 417、防爆离合器 418 选用矿用防爆设备。

本实施例中共有三个防爆电缸 423 安装在前行星架 411 上，三个防爆电缸 423 之间等间隔分布，防爆电缸支柱 422（活塞杆）为一 T 型结构，前端为一 T 型块。

活动组合式轮毂机构 42 包括毂板 421、支撑杆 424、加强板 425 和承重轴 426；防爆电缸 423 固定安装在前行星架 411 上，防爆电缸支柱 422 的两侧对称铰接毂板 421（毂板一端铰接在 T 型块上），每侧毂板 421 通过承重轴 426 对应连接加强板 425，支撑杆 424 一端与毂板 421 铰接、另一端与前行星架 411 或后行星架 412 铰接，此时毂板 421、防爆电缸支柱 422、防爆电缸 423 和支撑杆 424 组成含有一个移动副的四连杆机构。本实施例中由十二块毂板 421 组成轮毂机构，左右两端均安装六块，每四块毂板 421 对称铰接于同一防爆电缸支柱 422 的两侧。采用十二块毂板就可组成圆形轮毂，同时采用最少三个防爆电缸就可实现十二块毂板在圆形轮毂和履带形态之间的转换，部件少，成本低。

橡胶履带传动机构 43 包括橡胶履带 431、驱动轮 432、承重轮 433；驱动轮 432 安装于行星轴 415 并固定连接在行星轮 416 上，行星轮 416 左右两端各有一个驱动轮 432，驱动轮 432 与行星轮 416 同步转动，承重轮 433 安装在毂板 421 与加强板 425 之间的承重轴 426 上，毂板 421 与加强板 425 之间布置有四个承重轮 433，橡胶履带 431 包裹着驱动轮 432 和承重轮 433，且橡胶履带 431 内侧与驱动轮 432 啮合。

所用电气设备均符合《爆炸性气体环境用电气设备》（GB3836-2010）系列国家标准，以达到防爆隔爆的使用要求。

本实施例技术方案采用矿用防爆型电气设备，同时对一般型电气设备做防爆隔爆处理，并且采用新型行走装置，使巡检机器人可以根据采掘工作面复杂的地形在轮式形态与履带式形态之间相互转换，提高巡检机器人的地形适应能力；采用温度传感器、煤尘

检测仪、多种气体传感器和红外摄像头，可以对采掘工作面有害气体、粉尘、温度、顶板变形、煤壁和突涌水情况进行实时监测，并通过本安型无线通讯器传输至控制中心。

实施例 2:

如实施例 1 所述的采掘工作面巡检机器人的工作方法，具体工作过程如下：

采掘工作面巡检机器人工作于采掘工作面，通过传感器集成模块 34 中的煤尘检测仪、甲烷传感器、一氧化碳传感器、二氧化碳传感器和氧气传感器对采掘工作面的煤尘、甲烷、一氧化碳、二氧化碳和氧气的浓度进行检测，同时温度传感器检测工作面环境温度，通过姿态传感器和接近传感器 33 检测自身周围障碍和自身位姿，防爆红外摄像头 31 与防爆全向车载云台 32 相互配合，对地面路况、突涌水情况、顶板变形情况及设备运行情况进行实时监控。将采集到的数据信息传入数据信息处理器 26 中，进行数据的转换处理后，传输到主控制器 21 中。

防爆伺服电机 12、防爆舵机 15、防爆离合器 418、防爆制动器 417、防爆电缸 433 分别由伺服电机控制器 22、离合制动控制器 23、电缸控制器 24 和舵机控制器 25 进行控制，上述控制器统一由主控制器 21 控制，其中防爆离合器 418 和防爆制动器 417 统一由离合制动控制器 23 连接控制，以使各部分能够相互协调工作。

主控制器 21 通过本安型无线通讯器 17 与控制中心进行实时通讯，将采掘工作面的数据信息传输给控制中心，接收控制中心的控制命令。采掘工作面巡检机器人具有两种运行模式，按照预先设定好的巡视路径对工作面进行监测，或控制中心对机器人的运动进行实时控制。

采掘工作面巡检机器人具有两种行走模式：轮式与履带式，其形态的选择由地面路况决定：

当需要轮式形态行驶时，防爆电缸 423 收起防爆电缸支柱 433，毂板 421 向内收缩组成圆形轮毂，防爆制动器 417 分离，防爆离合器 418 接合闭锁行星排，整个行星排与橡胶履带锁定并跟随驱动轴 413 同步转动，从而实现由履带式向轮式形态的转换；

当需要履带式形态行驶时，防爆制动器 417 接合，防爆离合器 418 分离，驱动轴 413 驱动太阳轮 414，太阳轮 414 带动行星轮 416，进而带动驱动轮 432 驱动橡胶履带 431，防爆电缸 433 升起防爆电缸支柱 432，毂板 431 向外扩散组成三角形轮毂，从而实现由轮式向履带式形态的转换。

在轮履形态转换过程中，通过控制防爆电缸支柱的伸缩，使轮毂的形状发生变化，

并且在此过程中保证轮毂外圈周长基本保持不变，以使橡胶履带与驱动轮正确啮合。

权利要求书

1. 一种采掘工作面巡检机器人，其特征在于，包括机体、防爆全向车载云台、传感器集成模块、防爆红外摄像头、本安型无线通讯器；

机体包括机架、防爆伺服电机、传动装置、独立悬挂装置、行走装置、防爆舵机、隔爆本安电源和隔爆箱；防爆伺服电机、隔爆本安电源、防爆舵机、隔爆箱均设置在机架底部；四个独立悬挂装置对称设置在机架的前后左右，并分别连接行走装置；防爆伺服电机通过传动装置驱动行走装置；防爆舵机与独立悬挂装置连接，控制行走装置的转向；

机架的前后两端各设置有一个防爆红外摄像头，防爆全向车载云台通过转向台安装在机架上，防爆全向车载云台包括防爆摄像机和防爆 LED 红外灯，本安型无线通讯器设置在机架上；

隔爆箱内设置有主控制器、伺服电机控制器、离合制动控制器、电缸控制器、舵机控制器及数据信息处理器；传感器集成模块、防爆红外摄像头、防爆摄像机、防爆 LED 红外灯分别与数据信息处理器连接；数据信息处理器、伺服电机控制器、离合制动控制器、电缸控制器、舵机控制器、本安型无线通讯器、防爆本安电源、防爆摄像机、防爆 LED 红外灯分别与主控制器连接。

2. 如权利要求 1 所述的采掘工作面巡检机器人，其特征在于，所述行走装置包括行星齿轮减速机构、活动组合式轮毂机构和橡胶履带传动机构；行星齿轮减速机构通过防爆电缸、支撑杆与活动组合式轮毂机构连接，通过防爆电缸工作使活动组合式轮毂机构改变外部形状；橡胶履带传动机构与活动组合式轮毂机构连接，当活动组合式轮毂机构外部形状改变时，实现橡胶履带传动机构的轮式形态与履带式形态之间的转换。

3. 如权利要求 2 所述的采掘工作面巡检机器人，其特征在于，所述行星齿轮减速机构包括前行星架、后行星架、驱动轴、太阳轮、行星轴、行星轮、防爆制动器和防爆离合器；太阳轮固定安装在驱动轴上，且驱动轴穿过后行星架通过万向联轴器连接传动装置；行星轮通过轴承连接安装在行星轴上，三个行星轮与太阳轮相啮合，行星轴连接于前行星架和后行星架之间，防爆制动器和防爆离合器安装于驱动轴上并位于后行星架一侧。

4. 如权利要求 3 所述的采掘工作面巡检机器人，其特征在于，所述活动组合式轮毂

机构包括毂板、加强板和承重轴；防爆电缸固定安装在前行星架上，防爆电缸支柱的两侧对称铰接毂板，每侧毂板通过承重轴对应连接加强板，支撑杆一端与毂板铰接、另一端与前行星架或后行星架铰接。

5. 如权利要求4所述的采掘工作面巡检机器人，其特征在于，所述活动组合式轮毂机构包括十二块毂板，每四块毂板对称铰接于同一防爆电缸支柱的两侧。

6. 如权利要求4所述的采掘工作面巡检机器人，其特征在于，所述橡胶履带传动机构包括橡胶履带、驱动轮、承重轮；行星轮左右两侧各有一个驱动轮且驱动轮安装于行星轴上，承重轮安装在毂板与加强板之间的承重轴上，橡胶履带包裹着驱动轮和承重轮，且橡胶履带内侧与驱动轮啮合。

7. 如权利要求1所述的采掘工作面巡检机器人，其特征在于，所述独立悬挂装置包括上摆臂、下摆臂、转向支架、减震器和方向机连杆；上摆臂的一端与转向支架和减震器分别铰接、另一端与机架铰接，减震器的另一端与机架铰接，下摆臂两端分别与转向支架和机架铰接，方向机连杆一端与转向支架铰接、另一端与防爆舵机连接。

8. 如权利要求3所述的采掘工作面巡检机器人，其特征在于，所述传动装置包括前主轴、后主轴、主轴万向联轴器、差速器；防爆伺服电机集成有减速器，前主轴与防爆伺服电机连接，后主轴通过主轴万向联轴器与防爆伺服电机连接，前主轴和后主轴的另一端各自连接差速器，差速器的两个输出轴分别与左右两侧的万向联轴器连接。

9. 如权利要求7所述的采掘工作面巡检机器人，其特征在于，所述防爆舵机与方向机连杆之间通过齿轮齿条结构连接；所述机架的四周设置有多接近传感器，接近传感器与数据信息处理器连接。

10. 一种如权利要求1-9任一项所述的采掘工作面巡检机器人的工作方法，包括以下步骤：

在采掘工作面，巡检机器人通过传感器集成模块对采掘工作面的煤尘、甲烷、一氧化碳、二氧化碳和氧气的浓度进行检测，同时温度传感器检测工作面环境温度，通过姿态传感器和接近传感器检测自身周围障碍和自身位姿，防爆红外摄像头与防爆全向车载云台相互配合，对地面路况、突涌水情况、顶板变形情况及设备运行情况进行实时监控，将采集到的数据信息传入数据信息处理器中，进行数据的转换处理后，传输到主控制器中；

主控制器通过本安型无线通讯器与控制中心进行实时通讯，将采掘工作面的数据信

息传输给控制中心，接收控制中心的控制命令，然后由主控制器统一向伺服电机控制器、离合制动控制器、电缸控制器、舵机控制器下发程序指令，使防爆伺服电机、防爆舵机、防爆离合器、防爆制动器、防爆电缸相互协调作业；

巡检机器人具有两种行走模式，轮式与履带式，根据地面路况决定：

当需要轮式形态行驶时，防爆电缸收起防爆电缸支柱，轂板向内收缩组成圆形轂，防爆制动器分离，防爆离合器接合闭锁行星排，整个行星排与橡胶履带跟随驱动轴同步转动，从而实现由履带式向轮式形态的转换；

或

当需要履带式形态行驶时，防爆制动器接合，防爆离合器分离，驱动轴驱动太阳轮，太阳轮带动行星轮，进而带动驱动轮驱动橡胶履带，防爆电缸升起防爆电缸支柱，轂板向外扩散组成三角形轂，从而实现由轮式向履带式形态的转换。

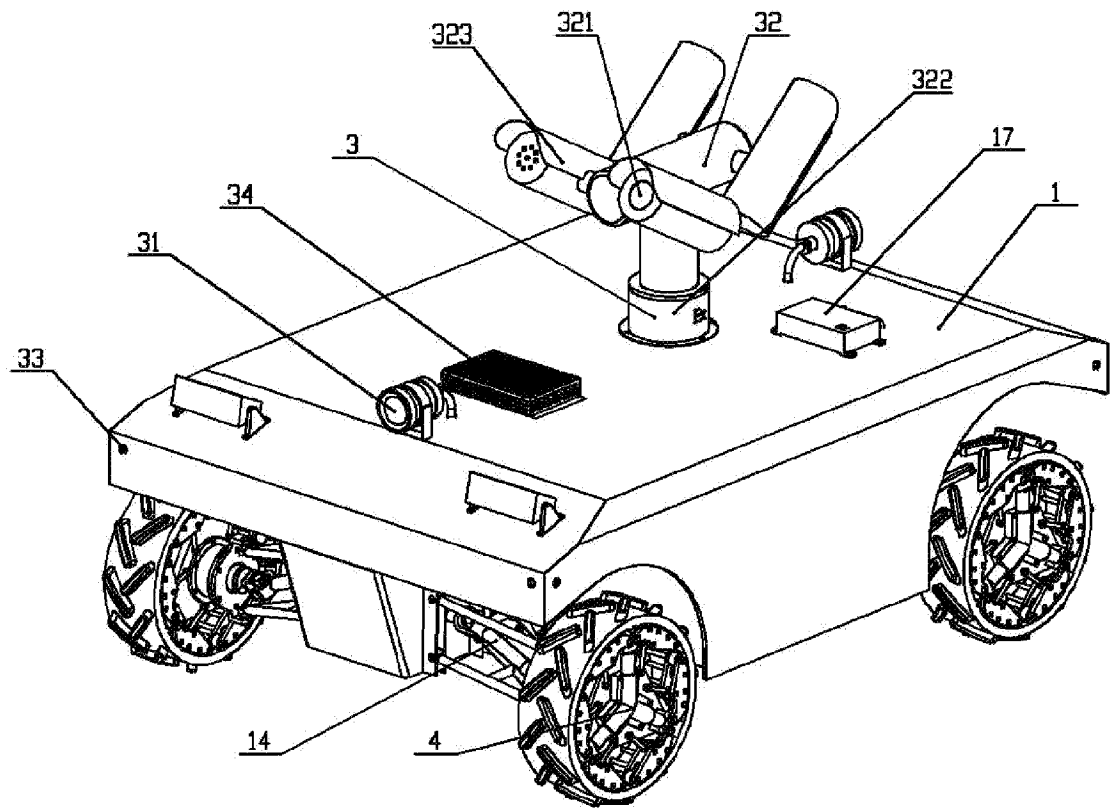


图 1

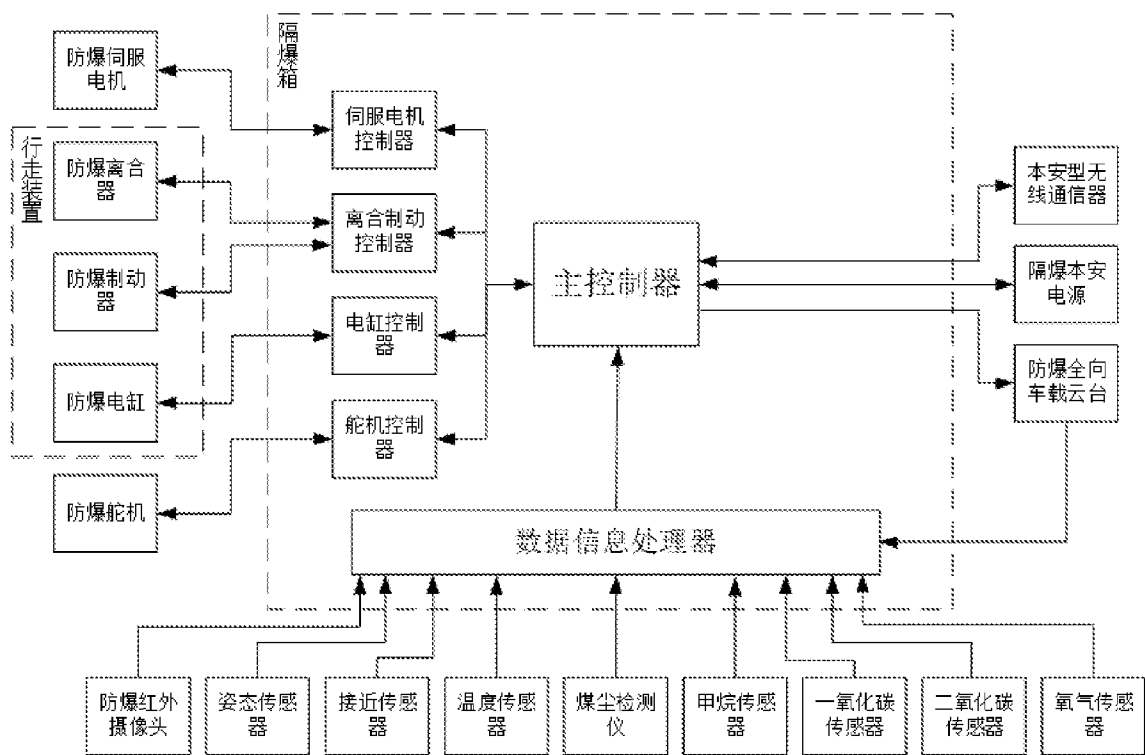


图 2

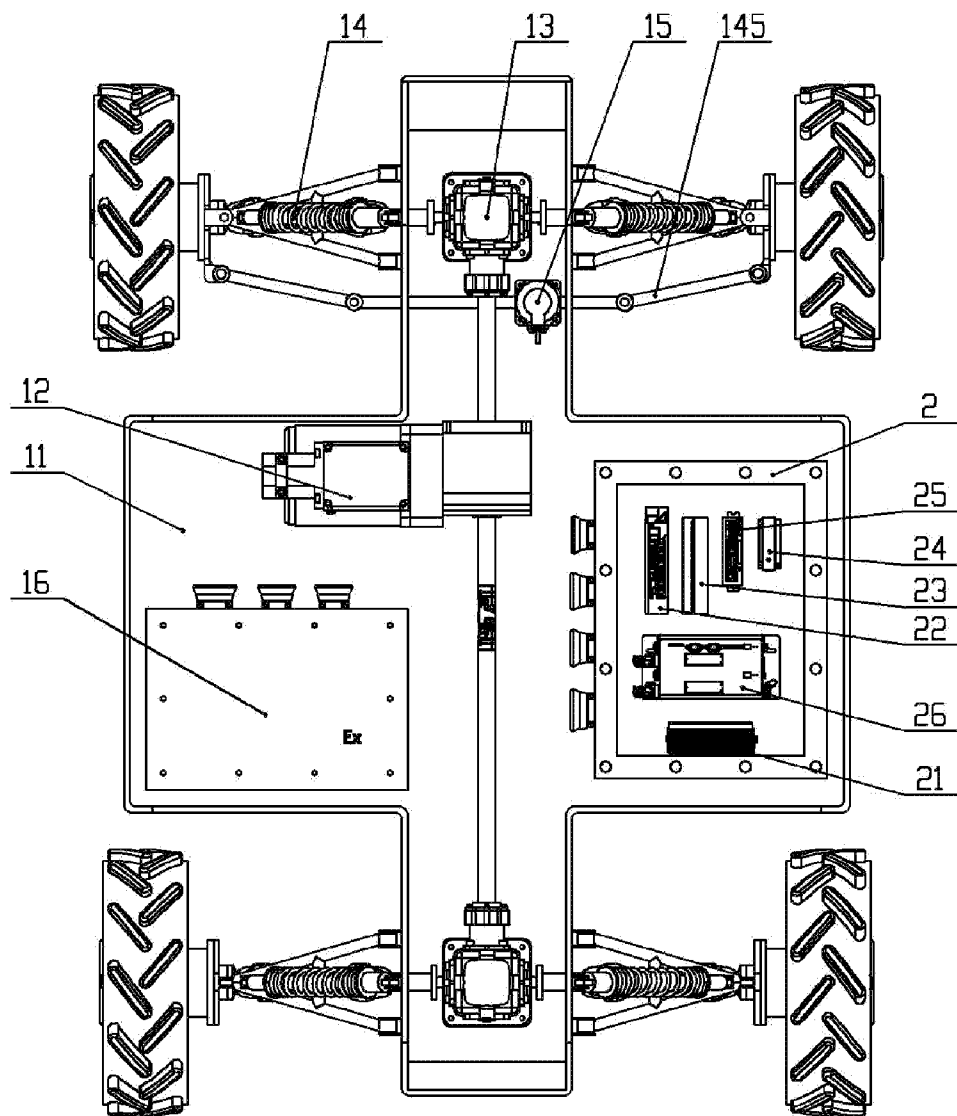


图 3

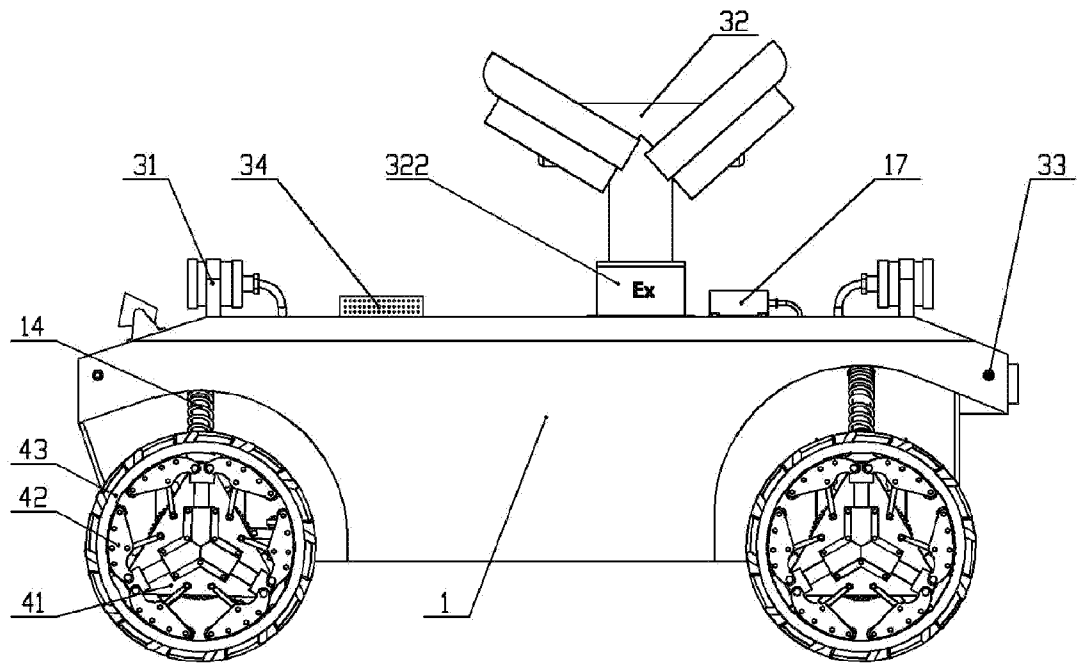


图 4

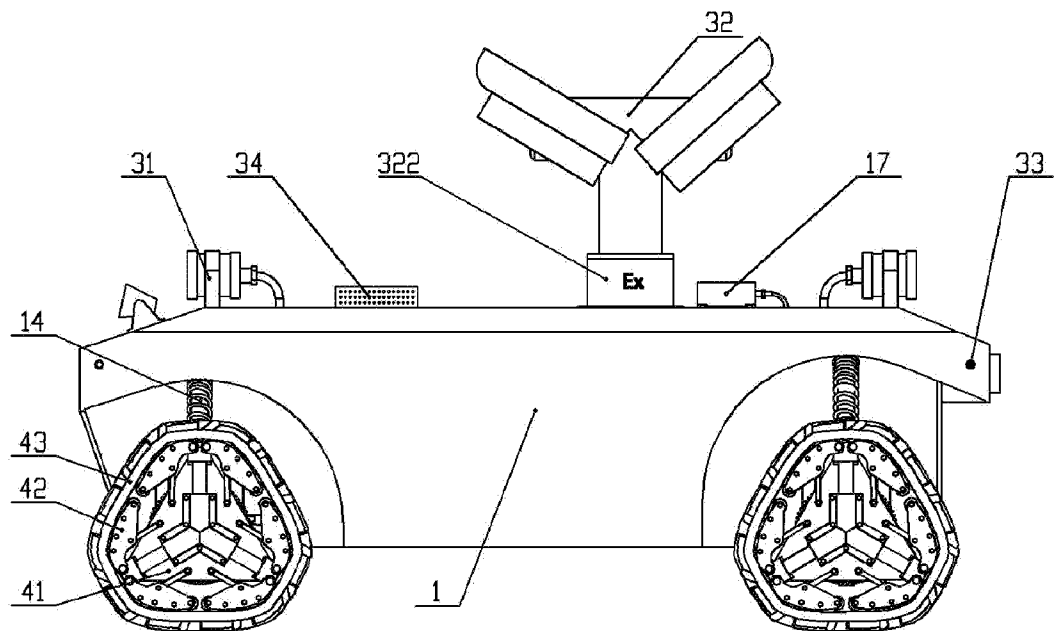


图 5

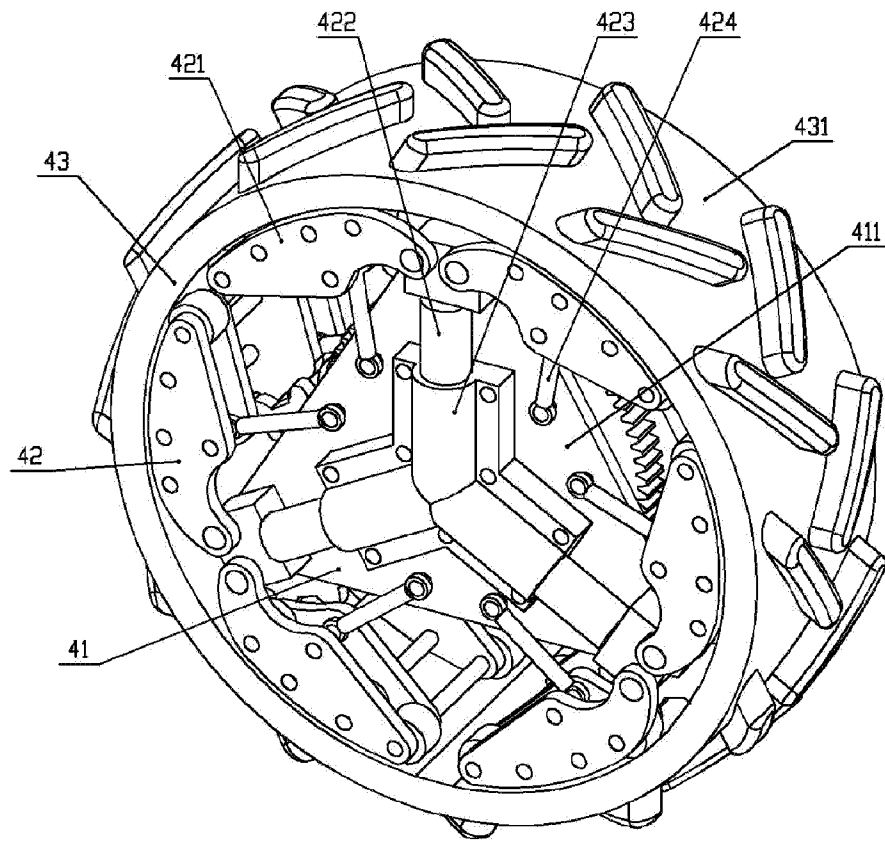


图 6

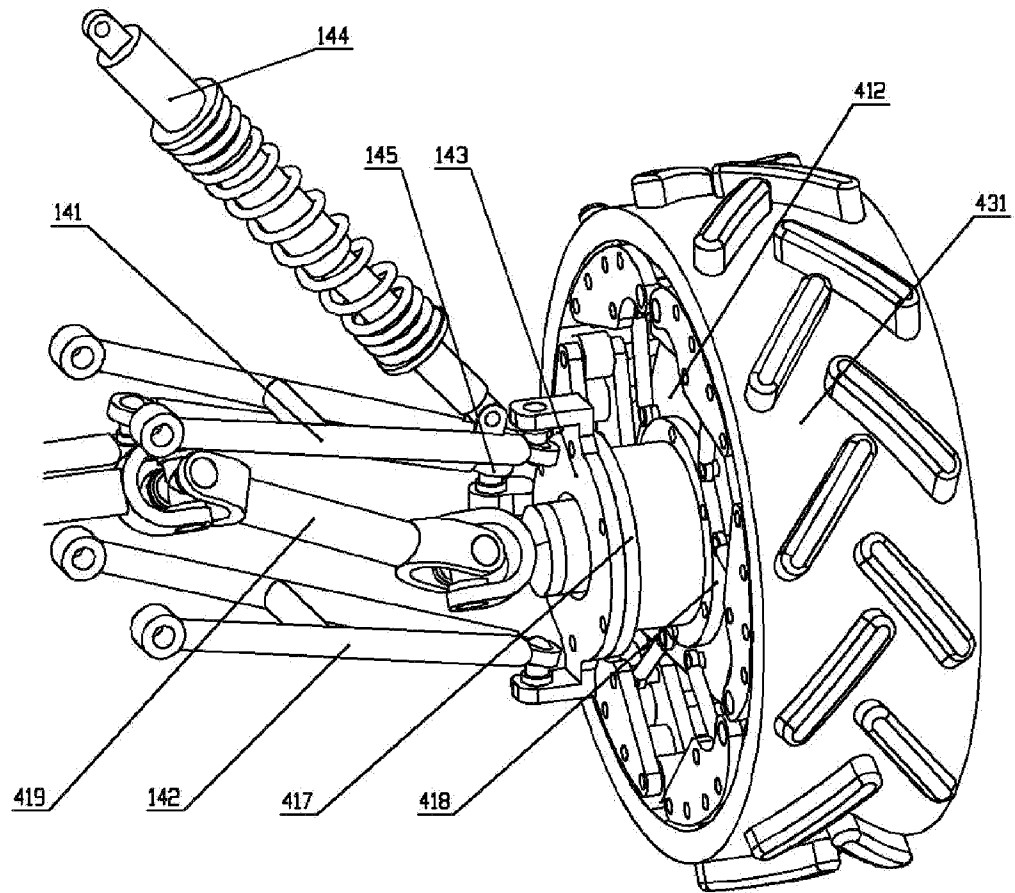


图 7

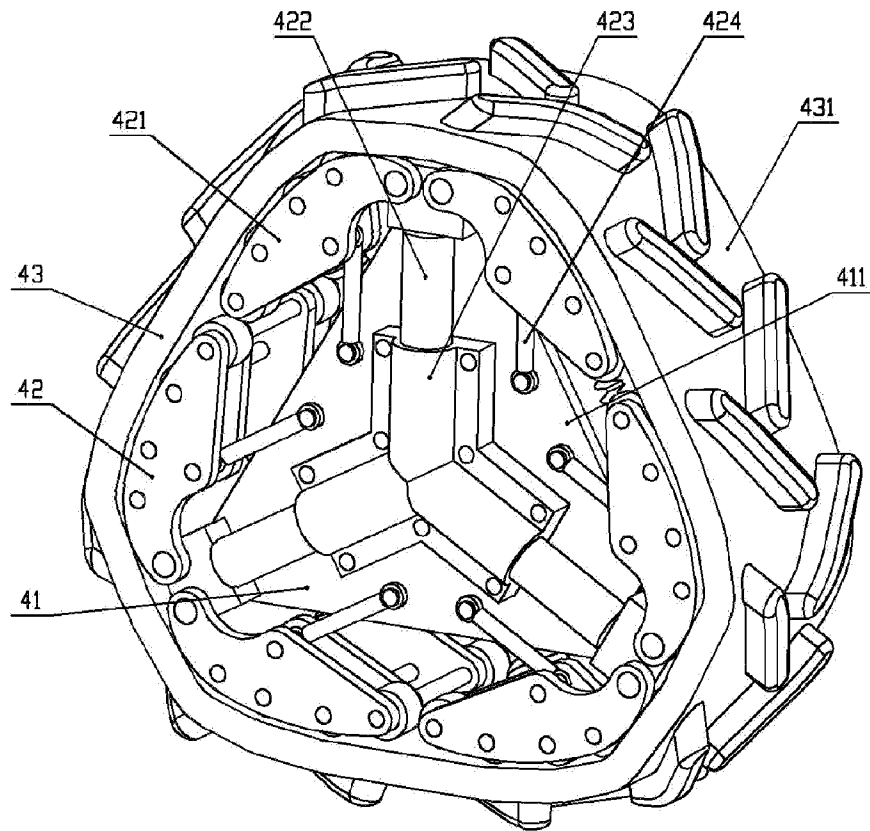


图 8

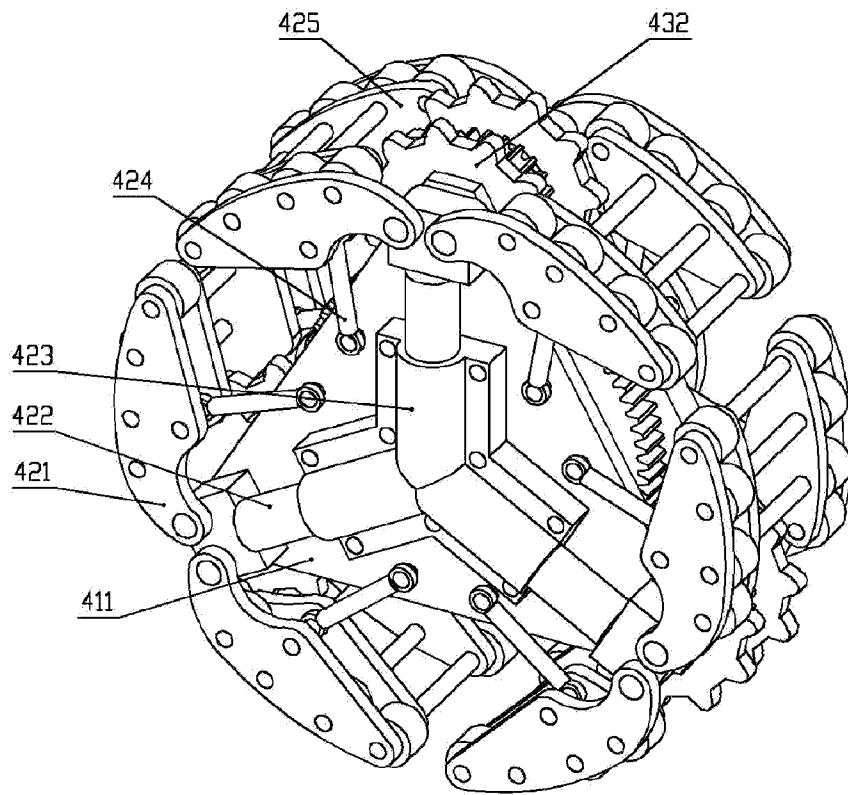


图 9

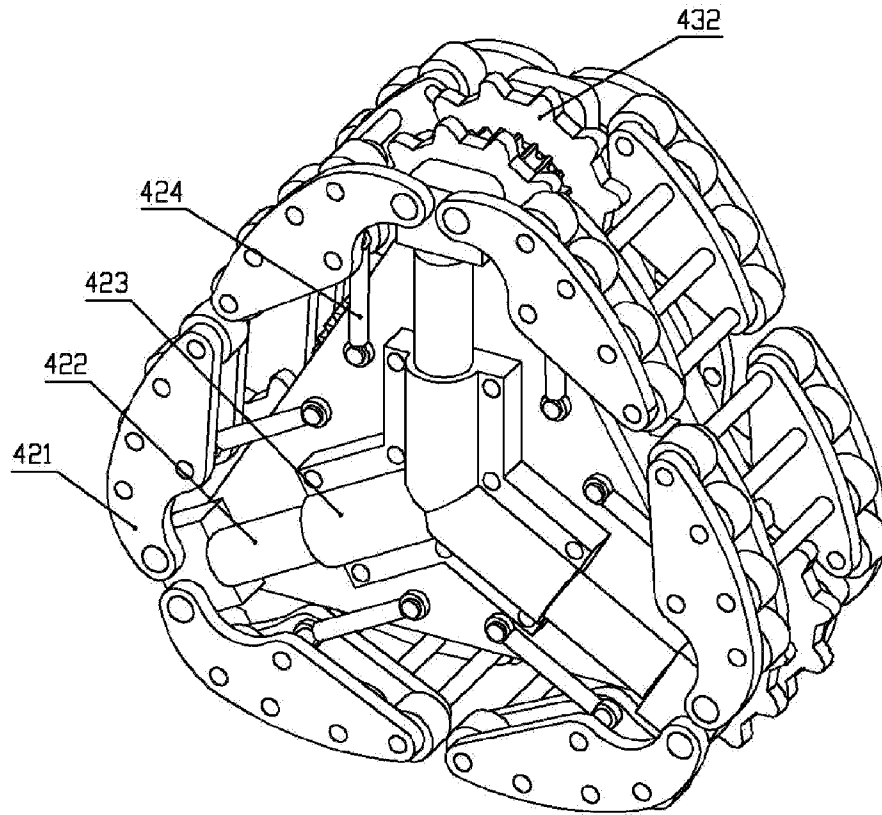


图 10

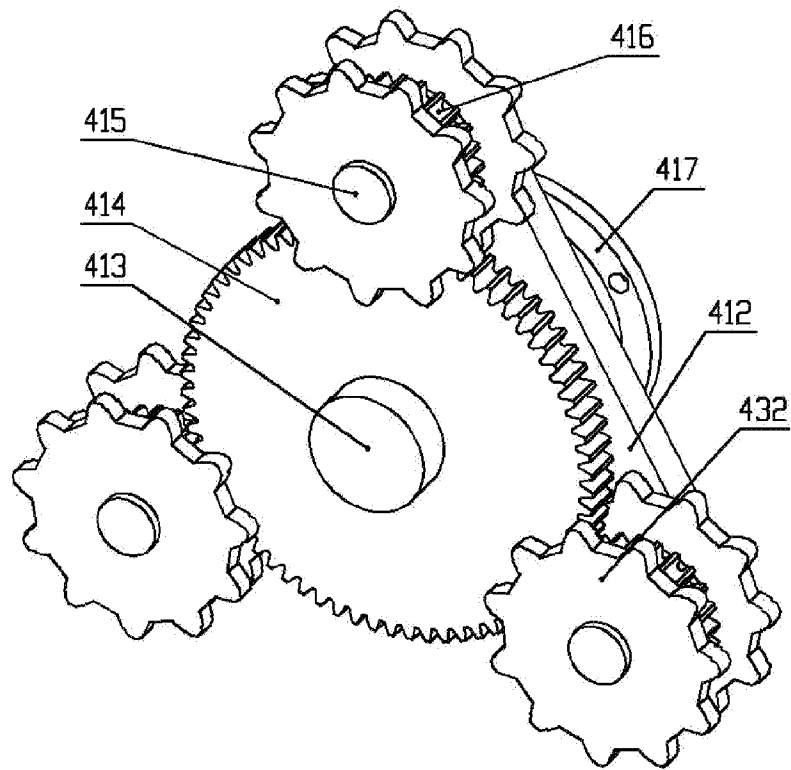


图 11

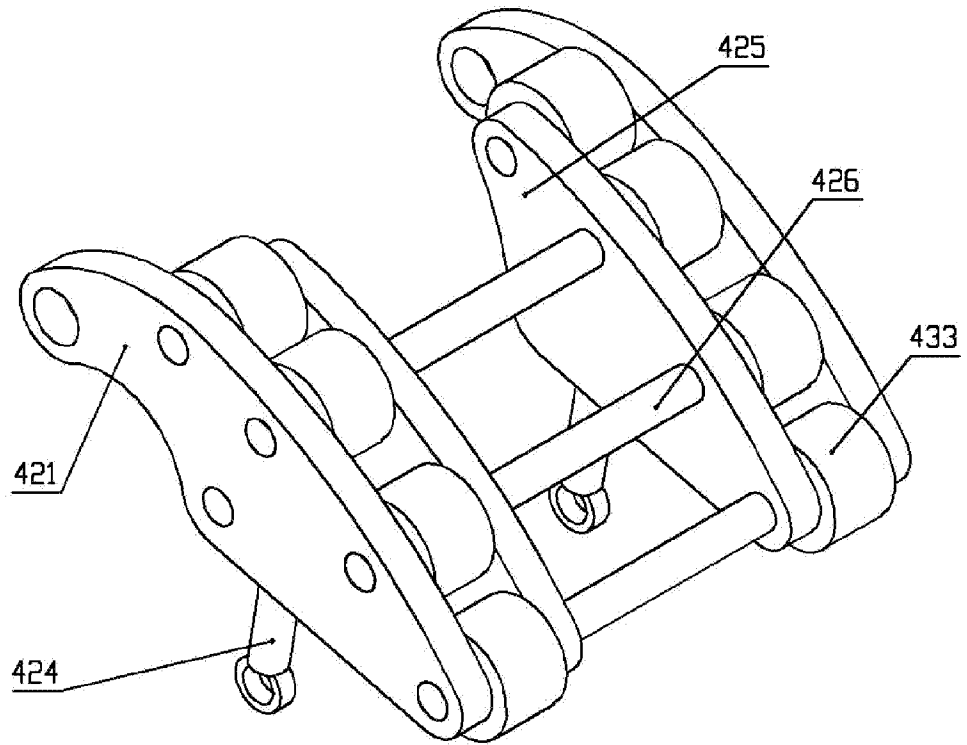


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/105330

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 5/00(2006.01)i; E21F 17/18(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)

B25J;E21F

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)

SIPOABS; CNABS; CNKI: 机器人, 采掘, 防爆, 履带, 轮, 传感器, robot, car, track+, sensor+, explosion, proof

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 108189004 A (ZHEJIANG KECONG INTELLIGENT TECH CO., LTD.) 22 June 2018 (2018-06-22) embodiment 1 and figures 1-5	1-10
Y	CN 109649075 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 19 April 2019 (2019-04-19) specific embodiments, and figures 1-10	1-10
A	KR 20090087186 A (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY) 17 August 2009 (2009-08-17) entire document	1-10
A	JP 3926138 B2 (NONAMI K) 06 June 2007 (2007-06-06) entire document	1-10
A	CN 108000482 A (CITIC HEAVY INDUSTRY KAICHENG INTELLIGENT EQUIPMENT CO., LTD.) 08 May 2018 (2018-05-08) 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

08 April 2020

Date of mailing of the international search report

26 April 2020

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/CN2019/105330

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108189004	A	22 June 2018	None			
CN	109649075	A	19 April 2019	None			
KR	20090087186	A	17 August 2009	KR	100985051	B1	04 October 2010
JP	3926138	B2	06 June 2007	JP	2003148899	A	21 May 2003
CN	108000482	A	08 May 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/105330

A. 主题的分类

B25J 5/00(2006.01)i; E21F 17/18(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)

B25J;E21F

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))

SIPOABS;CNABS;CNKI:机器人, 采掘, 防爆, 履带, 轮, 传感器, robot, car, track+, sensor+, explosion, proof

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
Y	CN 108189004 A (浙江科聪智能科技有限公司) 2018年 6月 22日 (2018 - 06 - 22) 实施例1及附图1-5	1-10
Y	CN 109649075 A (山东科技大学) 2019年 4月 19日 (2019 - 04 - 19) 具体实施方式及附图1-10	1-10
A	KR 20090087186 A (IUCF HYU) 2009年 8月 17日 (2009 - 08 - 17) 全文	1-10
A	JP 3926138 B2 (NONAMI K) 2007年 6月 6日 (2007 - 06 - 06) 全文	1-10
A	CN 108000482 A (中信重工开诚智能装备有限公司) 2018年 5月 8日 (2018 - 05 - 08) 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

“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

2020年 4月 8日

国际检索报告邮寄日期

2020年 4月 26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

授权官员

陈宁

电话号码 62085383

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/105330

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	108189004	A	2018年 6月 22日	无	
CN	109649075	A	2019年 4月 19日	无	
KR	20090087186	A	2009年 8月 17日	KR 100985051 B1	2010年 10月 4日
JP	3926138	B2	2007年 6月 6日	JP 2003148899 A	2003年 5月 21日
CN	108000482	A	2018年 5月 8日	无	