



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112212842 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 15

(21) 申请号 202011109683.6

G01C 25/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.10.16

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

李永军.《浅谈高速铁路精测控制网的测量》.《四川水泥》.2015,

申请公布号 CN 112212842 A

王晓凯.《高速铁路控制与精密工程测量问题研究》.《中国优秀硕士论文电子期刊网》

(43) 申请公布日 2021.01.12

.2018,

(73) 专利权人 中铁上海设计院集团有限公司

周太平等.《轨检小车在高速铁路轨道检测及精调中的应用》.《电脑与电信应用技术与研究》.2018,

地址 200070 上海市静安区共和新路1265号

(72) 发明人 范先鋒 王文庆

审查员 苗萍

(74) 专利代理机构 上海申蒙商标专利代理有限公司 31214

专利代理师 周宇凡

(51) Int. Cl.

G01C 15/00 (2006.01)

G01S 19/14 (2010.01)

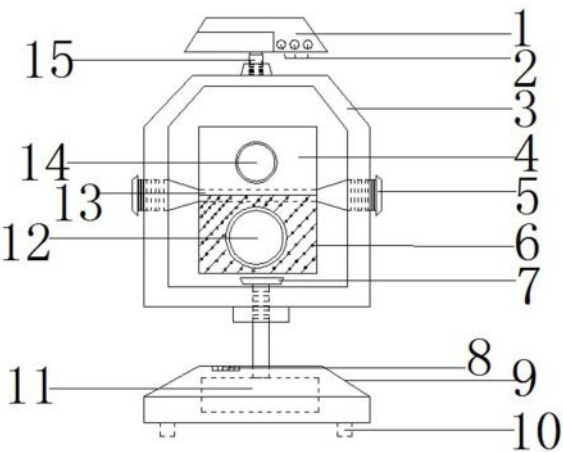
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

一种高铁直线段多模AI精测机器人

(57) 摘要

本发明涉及高铁运营期精测网技术领域,尤其是一种高铁直线段多模AI精测机器人,其特征在于:包括AI主机控制端、微型电子水准仪、微型全站仪、北斗GNSS接收机、金属轻钢框以及运动装置,其中所述微型电子水准仪和所述微型全站仪安装在所述金属轻钢框内,所述北斗GNSS接收机安装在所述金属轻钢框的上方,所述金属轻钢框安装在所述运动装置的上方,所述AI主机控制端连接控制所述微型电子水准仪、所述微型全站仪、所述北斗GNSS接收机以及所述运动装置。本发明的优点是:摆脱了传统测绘的人工干预,实现在高铁精测网项目无人工干预自动测量,人为操作只需选择相应测量模块即可,该发明减少作业工机具,提高施测效率,降低用工成本。



1. 一种高铁直线段多模AI精测机器人,其特征在于:包括AI主机控制端、微型电子水准仪、微型全站仪、北斗GNSS接收机、金属轻钢框以及运动装置,其中所述微型电子水准仪和所述微型全站仪安装在所述金属轻钢框内,所述北斗GNSS接收机安装在所述金属轻钢框的上方,所述金属轻钢框安装在所述运动装置的上方,所述AI主机控制端连接控制所述微型电子水准仪、所述微型全站仪、所述北斗GNSS接收机以及所述运动装置;

所述微型全站仪上具有多位元纳米光感存储面,所述多位元纳米光感存储面与安置在棱镜端上的聚焦强光灯对应,所述多位元纳米光感存储面连接有光控单元,所述光控单元通过AI主机控制器连接控制旋转马达以调整所述微型全站仪的朝向;

所述微型电子水准仪用于实现CPⅢ高程自动测量,所述微型全站仪用于实现CPⅢ平面自动测量,所述北斗GNSS接收机用于实现CPI或线上CPⅡ自动测量;

所述运动装置四周分别设置有钢瓦尺装载器,每个所述钢瓦尺装载器内均设置有带UWB传感发射器的钢瓦尺,四把所述钢瓦尺以矩形环形式布置。

2. 根据权利要求1所述的一种高铁直线段多模AI精测机器人,其特征在于:所述金属轻钢框的与所述运动装置之间设置有水平基座,所述水平基座上设置具有旋转马达以及水平气泡,所述旋转马达通过转动轴承与所述金属轻钢框相传动连接并由所述AI主机控制端连接控制以实现所述微型电子水准仪的照准方向;所述水平气泡用于判断所述微型电子水准仪的水平状态。

3. 根据权利要求1所述的一种高铁直线段多模AI精测机器人,其特征在于:还包括水准螺旋器和螺旋连接转动器,所述水准螺旋器设置在所述微型电子水准仪的两侧,所述螺旋连接转动器设置在所述微型电子水准仪的底部,所述水准螺旋器和所述螺旋连接转动器由所述AI主机控制端连接控制旋进拧紧,用于实现安装在所述金属轻钢框内的所述微型电子水准仪的姿态固定。

4. 根据权利要求1所述的一种高铁直线段多模AI精测机器人,其特征在于:还包括OLED触摸屏及指纹开机按钮,所述指纹开机按钮信号连接所述OLED触摸屏,所述OLED触摸屏连接所述AI主机控制端以实现人机交互。

5. 根据权利要求1所述的一种高铁直线段多模AI精测机器人,其特征在于:在所述运动装置的两侧设置有多节防雨升缩器。

6. 根据权利要求1所述的一种高铁直线段多模AI精测机器人,其特征在于:所述运动装置上设置有摄像头,所述摄像头可通过数据连接实现息交互。

7. 根据权利要求1所述的一种高铁直线段多模AI精测机器人,其特征在于:所述运动装置上设置有用于存放所述微型全站仪所配套使用的棱镜的临时放置柜。

8. 根据权利要求1所述的一种高铁直线段多模AI精测机器人,其特征在于:所述运动装置上设置有防撞报警器。

## 一种高铁直线段多模AI精测机器人

### 技术领域

[0001] 本发明涉及高铁运营期精测网技术领域,尤其是一种高铁直线段多模AI精测机器人。

### 背景技术

[0002] 高铁运营线路轨道控制网测量实施起来难度大,有众多特殊地段,且必须在天窗点内作业,所有的工作必须建立在既有线行车安全、确保动车组平稳运行的大前提,该类的项目特点是安全管控、数据准确性和高精度方面。为保障高速铁路安全平稳、可靠运行,根据《运营高速铁路基础变形监测管理办法》、《运营高速铁路精密测量控制网管理办法》等要求,运营高速铁路要做好精测网复测与基础变形监测。精测网平面复测包含线下CPI复测、线上CPⅡ复测与CPⅢ平面复测,线上精测网高程复测是在兼顾同步建立线下沉降基准网的前提下,对线上CPⅢ控制网的高程测定。

[0003] 其特征对监测点(CPI、线上CPⅡ、CPⅢ)水平位移、沉降做周期监测,CPI或线上CPⅡ作业采用GNSS接收机或全站仪自由设站进行施测,通过比较周期变化研判是否发生变。线上CPⅢ采用全站仪边角交会自动化监测,采用测量棱镜作为变形监测点的观测对象,通过在观测期间相对变化量研判高铁沿线该地段是否发生明显变化。CPⅢ高程采用电子水准仪,采用钢瓦尺作为变形监测点的观测对象,通过观测期间相对变化判断区段是否发生沉降。以上三类若发生较大变形,则尽早通知设备管理单位采取线路安全养护措施。

[0004] 高铁精测网CPI、线上CPⅡ、CPⅢ平面、高程复测常规作业模式及流程汇总如下:

[0005] 1、CPI、线上CPⅡ控制网使用GNSS观测,应采用经检定合格精度不低于 $5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$ 的双频GNSS接收机施测,采用边联结方式构网,形成由三角形或大地四边形组成的带状网。在线路起点、终点或与其他线路平面控制网衔接地段,必须有2个及以上的CPI、CPⅡ控制点相重合。常规作业方式为GNSS接收机摆放在该点位后,对基座对中整平,钢尺测取天线高并记录后开机观测,如图1所示。

[0006] 2、高铁精测网复测过程中CPⅢ平面网观测的自由测站间距一般约为120 m,自由测站到CPⅢ点的最远观测距离不应大于180 m;每个CPⅢ点至少应保证有3个自由测站的方向和距离观测量,序号1-12为变形监测点,点位上放置传统棱镜,棱镜方向必须沿直线方向指向仪器,如图2所示。

[0007] 其中,仪器在A点将监测点测量完毕后需要到B点进行下一站测量,此时5、6、7、8点位的四个棱镜由于测站A至B的变动,其方向必须随测站发生变化,常规方法通过人为干预手动转动棱镜朝向解决此问题,运营线天窗作业时间短,常规方法浪费作业时间,影响作业效率。

[0008] 3、CPⅢ控制网水准测量采用矩形环单程水准网或往返测水准路线构网观测,水准测量示意图如图3所示。CPⅢ水准网与线上水准基点联测时,应按相应等级水准测量要求进行往返测。

## 发明内容

[0009] 本发明的目的是根据上述现有技术的不足,提供了一种高铁直线段多模AI精测机器人,将GNSS接收机、水准仪、全站仪集成于一体化,划分为三个模块:线路或轨道控制网自动化水准、轨道控制网(CPIII)平面测量与基础或线路控制网(CPI、CPII)平面测量模块,实现了无人工干预的自动测量。

[0010] 本发明目的实现由以下技术方案完成:

[0011] 一种高铁直线段多模AI精测机器人,其特征在于:包括AI主机控制端、微型电子水准仪、微型全站仪、北斗GNSS接收机、金属轻钢框以及运动装置,其中所述微型电子水准仪和所述微型全站仪安装在所述金属轻钢框内,所述北斗GNSS接收机安装在所述金属轻钢框的上方,所述金属轻钢框安装在所述运动装置的上方,所述AI主机控制端连接控制所述微型电子水准仪、所述微型全站仪、所述北斗GNSS接收机以及所述运动装置。

[0012] 所述运动装置四周分别设置有钢瓦尺装载器,每个所述钢瓦尺装载器内均设置有带UWB传感发射器的钢瓦尺,四把所述钢瓦尺以矩形环形式布置。

[0013] 所述金属轻钢框的与所述运动装置之间设置有水平基座,所述水平基座上设置具有旋转马达以及水平气泡,所述旋转马达通过转动轴承与所述金属轻钢框相传动连接并由所述AI主机控制端连接控制以实现所述微型电子水准仪的照准方向;所述水平气泡用于判断所述微型电子水准仪的水平状态。

[0014] 还包括水准螺旋器和螺旋连接转动器,所述水准螺旋器设置在所述微型电子水准仪的两侧,所述螺旋连接转动器设置在所述微型电子水准仪的底部,所述水准螺旋器和所述螺旋连接转动器由所述AI主机控制端连接控制旋进拧紧,用于实现安装在所述金属轻钢框内的所述微型电子水准仪的姿态固定。

[0015] 所述微型全站仪上具有多位元纳米光感存储面,所述多位元纳米光感存储面连接有光控单元,所述光控单元通过AI主机控制器连接控制旋转马达以调整所述微型全站仪的朝向。

[0016] 还包括OLED触摸屏及指纹开机按钮,所述指纹开机按钮信号连接所述OLED触摸屏,所述OLED触摸屏连接所述AI主机控制端以实现人机交互。

[0017] 在所述运动装置的两侧设置有多节防雨升缩器。

[0018] 所述运动装置上设置有摄像头,所述摄像头可通过数据连接实现息交互。

[0019] 所述运动装置上设置有用存放所述微型全站仪所配套使用的棱镜的临时放置柜。

[0020] 所述运动装置上设置有防撞报警器。

[0021] 本发明的优点是:

[0022] 1)摆脱了传统测绘的人工干预,实现在高铁精测网项目无人工干预自动测量,人为操作只需选择相应测量模块即可,该发明减少作业工机具,提高施测效率,降低用工成本。

[0023] 2)解决了高铁运营监测中免人工干预对CPI或线上CPII、线上CPIII平面、高程复测,达到高铁运营期精测网项目的作业工艺创新。

[0024] 3)不同施测场景多种测量自主模式切换,强化高铁运营期精测网复测外业数据采集精度,保证外业实施过程中风控安全,提高实际测量生产效率。

- [0025] 4)实现免人工对CPIII点进行水准测量,提高作业效率,降工降本。
- [0026] 5)采用光控实现仪器自动观测,避开传统人为干预手动转动,运营线天窗作业时间短,节约了作业时间,影响作业效率。
- [0027] 6)对中整平采取触摸屏方式直观的进行,避开外界环境不良的测量误差,优化基础控制网测量精度。

## 附图说明

- [0028] 图1为传统GNSS外业测量方法的示意图;
- [0029] 图2为现有高铁运营期测量作业模式的示意图;
- [0030] 图3为现有矩形环单程CPIII水准网测量观测示意图;
- [0031] 图4为本发明中机器人流动站定点位置功能原理图;
- [0032] 图5为本发明中机器人和基站的距离示意图;
- [0033] 图6为本发明中待测节点和对应两个基站俯仰角的示意图;
- [0034] 图7为本发明中方向角度预测的示意图;
- [0035] 图8为本发明中机器人的上部结构示意图;
- [0036] 图9为本发明中机器人的下部结构示意图;
- [0037] 图10为水准观测的技术要求表;
- [0038] 图11为等级平面要求表;
- [0039] 图12为各等级水准要求表;
- [0040] 图13为CPIII平面测量参数要求表。

## 具体实施方式

[0041] 以下结合附图通过实施例对本发明特征及其它相关特征作进一步详细说明,以便于同行业技术人员的理解:

[0042] 如图1-13所示,图中标记1-33分别表示为:北斗GNSS接收机1、功能按钮2、金属轻钢框3、微型电子水准仪4、水准螺旋器5、多位元纳米光杆存储面6、螺旋连接转动器7、水平气泡8、水平基座9、分离接口10、旋转马达11、微型全站仪及物镜12、全站仪转动轴承13、镜头14、北斗GNSS接收机连接头15、钢瓦尺装载器16、多节防雨升缩器17、超宽带钢瓦尺18、摄像头19、指纹开机按钮20、AI主机控制端21、IMU惯性测量单元22、光控单元23、防撞报警器24、轨道滚轮、水准尺升降控制器25、三合一元件26、轨道滚轮27、激光28、CPI或线上CPII测点29、履带30、运动装置31、锂电池32、OLED触摸屏33。

[0043] 实施例:本实施例中的高铁直线段多模AI精测机器人将GNSS接收机、水准仪、全站仪集成于一体化,划分为三个模块:线路或轨道控制网自动化水准、轨道控制网(CPIII)平面测量与基础或线路控制网(CPI、CPII)平面测量模块以摆脱了传统测绘的人工干预,实现在高铁精测网项目无人工干预自动测量,人为操作只需选择相应测量模块即可,该发明减少作业工机具,提高施测效率,降低用工成本。以下结合测量原理以及相应的操作方法对本实施例中的多模AI精测机器人进行说明,具体如下:

[0044] 一、线路或轨道控制网自动化水准

[0045] 本实施例中的多模AI精测机器人的核心技术要点为机器人找到定点位置(距水准

尺合适的距离)与自动观测(水准仪改造后自主转动朝向水准尺合适角度)。基于上述要点,本实施例利用中国北斗卫星导航系统作为主流的室外定位导航系统,在高铁沿线空旷的环境下定位精度可达米级,满足机器人启动自动化水准仪自主定点确定施测位置的精度要求。同时,在水准尺上安置基准站定位传感器,利用超宽带(UWB)技术实现得到各水准尺概略坐标,通过水准尺概略位置坐标反算得到机器人应该定点在某个满足等级水准要求的合理距离判定施测位置,该位置始终根据水准尺基站位置变化而居中变化,比如本站施测完毕后,水准尺基站移动搬站结束,机器人会根据最新水准尺位置重新寻找准确的位置进行定点,进而完成施测前期准备。在完成定点开始施测后,根据各水准尺与机器人定点位置坐标关系反算合适角度,以此实现机器人搭载的水准仪根据输出端得到的角度值自由旋转。整体的仪器转动由旋转马达与AI主机控制端实现。同时,高铁沿线隧道段(困难地段)无法接受北斗卫星信号,在一定程度上需要克服UWB技术定位中信号丢失或异常,利用超宽带(UWB)技术与惯性测量单元(IMU)的捷联式惯性导航系统定位过程中可以减少累计误差,让机器人自主在隧道内保持姿态前进并控制机器人定点位置精度,该技术只运用机器人位置定点,对精度要求非精密测量高要求,误差允许控制在米级(约1-2米)。

[0046] 本发明采用导航坐标系,室内定位系统在导航时使用的坐标系,需要在不同的应用场景和环境中择优挑选适合的坐标系为导航服务,位置坐标均为相对坐标。

[0047] 机器人找到定点位置(距水准尺合适的距离)原理:常规水准测量通过模块选择相应等级,根据《高速铁路工程测量规范》要求,系统会自动设定好各等级水准测量限差,具体依据为如图10所示。

[0048] 针对高铁CPIII高程特有的矩形环水准高程传递通过点到点的距离,在水准尺上安装基准站,基准站信号位置可以反算流动站(机器人)的概略位置,满足机器人定点进行施测。定点位置功能原理如图4所示。

[0049] 同时,还需要满足如下条件:

[0050] 
$$\begin{cases} \text{DAC} - \text{DCB} \leq \text{相应等级水准的前后视距差} \\ \text{DAC、DCB} \leq \text{相应等级水准视距} \end{cases}$$

[0051] A相对坐标 $(X_1, Y_1)$ , B相对坐标 $(X_2, Y_2)$ , C相对坐标 $(X_3, Y_3)$ , D相对坐标 $(X_4, Y_4)$ , 这4个水准尺基站点取合适位置给机器人做定点(移动待测点), 利用TOA算法, 需要移动待测点与基站点之间发信号, 加时间戳。所以该方法对整个系统的时钟, 特别是移动待测节点和基站的时钟同步要求较高。从时间戳中获得超宽带信号在基站和待测节点之间的传播时间 $t$ , 光速 $c$ 是一个已知的常量, 通过速度位移公式 $d=c*t$ , 很容易得到各个基站和待测节点的距离 $d$ 。

[0052] 该算法示意图如图5所示, A、B、C、D三个基站的天线为圆心, 用移动机器人和基站的距离 $d_A$ 、 $d_B$ 、 $d_C$ 、 $d_D$ 为半径做圆。理想情况下待测移动节点M(机器人)的坐标点就是这四个圆的交点。但是实际误差环境下, 四个圆的交点可能不止一个, 因此需要添加冗余项, 设立 $N$  ( $N \geq 4$ ) 个基站联立方程组。

[0053] 
$$\begin{cases} d_A^2 = (x_A - x)^2 + (y_A - y)^2 \\ d_B^2 = (x_B - x)^2 + (y_B - y)^2 \\ \vdots \\ d_N^2 = (x_N - x)^2 + (y_N - y)^2 \end{cases}$$

[0054] 自动观测(水准仪改造后自主转动朝向水准尺合适角度)原理:

[0055] 待测节点相对于基站点的入射角度可以通过天线阵列测量出,如上图5,设有两个基站点A和B,坐标分别为 $(x_i, y_i)$  ( $i=1, 2$ ),测量出机器人定点(待测节点)M  $(x, y)$  分别在基站点A和B的 $\theta_1$ 和 $\theta_2$ 角度方向,如果沿着这两个方向做射线,移动待测节点M的所在的位置就是这两条非平行射线的交点。待测节点M、基站节点A和B的坐标以及相对基站的角度 $\theta_1$ 和 $\theta_2$ 有以下公式关系,如图6所示。

$$[0056] \quad \begin{cases} \tan\theta_1 = \frac{x-x_1}{y-y_1} \\ \tan\theta_2 = \frac{x-x_2}{y-y_2} \end{cases}$$

[0057] 在二维的平面上,不平行的两条线必定交与一点,但是在三维的定位环境下,仅仅知道移动待测节点和两个基站点的方位关系,还不足以解出它的空间位置,还需要知道,移动待测节点和这两个基站俯仰角信息。

[0058] 二、轨道控制网(CPIII)平面测量

[0059] 当机器人在做轨道控制网(CPIII)平面测量时,启动小车滚轮后平放置轨道顶部,利用轨道低摩擦保正施测速度。

[0060] 全站仪端具备光控感应,可在棱镜端上安置聚焦强光灯,该强光灯配备数控照度计,可自由根据照度需求值调节强弱,当机器人位于某一测站时,通过现场将棱镜的强光灯照度标准数值调节为300Lx后对准机器人(全站仪控制转动条件光源照度值为250-350Lx),300Lx满足转动条件250-350 Lx的范围,全站仪控制端会识别该照度的所有棱镜后,建立本测站模拟场景,如图7所示。

[0061] 本发明全站仪端装配光控感应材质为多位元纳米存储器(铁酸铋),该材质光控感应可减少读取光照后转动延迟时间,大幅加快演算信息传递速度。通过接收光源转换数据信号,由机器人控制端反馈给全站仪基座驱动旋转马达,由AI主机控制端执行自主转动命令。其中,该数据命令为光控感应材质多位元纳米存储器(铁酸铋)接受光源方向角度预测值 $\theta$ ,通过反算,角度预测值 $\theta$ 在三对CPIII测点(约150米)方向设置为取30°至90°范围,如图7所示。

[0062] 通过角度预测值 $\theta$ 输出给机器人控制端,控制端利用角度预测值 $\theta$ 命令基座马达产生适宜该光照角度力一个转动方向指标 $\Delta\alpha$ ,譬如图2中为实现7号点转动到3号点,7号点

角度预测值 $=\frac{1}{2}\theta_{7\frac{\pi}{2}}$ ,3号点角度预测值 $=\frac{1}{2}\theta_{3\frac{\pi}{2}}$ ,则 $\Delta\alpha = \frac{1}{2}\theta_{7\frac{\pi}{2}} - \frac{1}{2}\theta_{3\frac{\pi}{2}}$ ,旋转马达收讯后

根据全站仪整体转动方向为指标 $\Delta\alpha$ 进行旋转,达到自动转动效果。

[0063] 三、基础或线路控制网(CPI、CPII)平面测量

[0064] 将需要施测CPI、CPII的上期成果导入到机器人控制中心端,人员抵达现场后,将机器人放置该点位附近,机器人可以根据该导入成果现场自主搜寻直至静止。点位搜索完成后,机器人可自主抬升底座板,让其中心轴距点位较近。因盖住后,点位环境表现为一片漆黑,此时机器人底座端会自动开启发光器与摄像头,触摸屏上会有点位画面详细,激光对

中器开启后可以在显示屏内直观清楚看到红点是否居于点位正中心,此事通过人为干预,对机器人微动操作左右前后,使激光正对到点位中心后,对基座端整平,进而满足GNSS接收机静态施测条件。

[0065] 现场测点情况会通过发光器与摄像头反馈到触摸显示屏上,若机器人下端盖住之后在触摸屏上看不到点位具体图像,则控制端会在触摸屏上提示施测人员手动调整直至将点位完全覆盖进去。激光正对到点位中心其原理:通过激光对中器若激光未直射到对中器下端测点(CPI、线上CPII)的十字丝,通过对触摸屏选择灵敏度,灵敏度越低,则仪器对中过程幅度越低,对中精度越高,直至激光与十字丝处于垂线状态,完成施测条件准备工作。

[0066] 最后,根据等级平面要求(如图11所示),选择相应等级,机器人便会根据规范等级进行作业时间的控制。采集数据结束后便会自动关闭机器,避免人为关机操作不当或忘记定时关机。

[0067] 本实施例在操作时,结合图8和图9所示,具有如下操作模式:

[0068] 首先,本失水中的多模AI精测机器人仅针对高铁运营维护测量作业模式进行改进,同时仅限于高铁沿线直线段区间可以运用本机器人实现免人工干预测绘,极大降低高铁运营测量大部分人工工作量,为项目整体的降工降本创造良好条件。

[0069] 其次,所有操作命令由AI主机控制端21执行,所有功能可视化由OLED触摸屏33与测量作业员进行人机交互。AI主机控制端21具备三种模式及对应的主要仪器如下所示:

[0070] 1、CPIII高程自动测量:微型电子水准仪4;

[0071] 2、CPIII平面自动测量:微型全站仪12;

[0072] 3、CPI或线上CPII自动测量:北斗GNSS接收机1。

[0073] 如图8所示,微型电子水准仪4、微型全站仪12安装在金属轻钢框3的框架体内部,金属轻钢框3起到保护微型电子水准仪和微型全站仪12的作用,而北斗GNSS接收机1通过北斗GNSS接收机接头15架设在金属轻钢框3的顶部使两者可拆卸,同时保证接收信号的通畅。在一侧配置有用于控制北斗GNSS接收机1的功能按钮2,该功能按钮2一般包括开机、卫星、记录键。

[0074] 图8所示的为本实施例中多模AI精测机器人的上部仪器,而图9为下部机身,上部仪器是设置在下部机身的上方,下部机身主体为运动装置。锂电池32为多模AI精测机器人整体供电。

[0075] 操作员在通过指纹开机按钮20后,AI主机控制端21经信号连接接收到指纹开机按钮20的开机信号,OLED触摸屏33亮起同时会提示操作员在触摸屏上进行上述三种模式的选择。选择指定模式之后,AI主机控制端21会切换到开启对应仪器进行后续作业。

[0076] 当模式切换为“CPIII高程自动测量”流程操作步骤:

[0077] 1)微型电子水准仪4、北斗GNSS接收机1会被唤醒,OLED触摸屏33上会弹出微型电子水准仪4所对应的操作触摸界面方便作业员人工进行干预,人员可以通过屏幕选择所需施测水准的等级,程序会根据水准测量的等级进行对仪器端照准水准尺后转动方式控制,具体转动参照标准如图12所示。

[0078] 同时机器人收回轨道滚轮、水准尺升降控制器25,启动履带30,履带式为机器人在高铁沿线水准作业中前进主要方式,该方式针对高铁沿线困难地段设计,可以在线中突变或者遇凸起圆弧障碍依然保持稳定姿态前进。

[0079] 2) AI主机控制端21会控制水准螺旋器5与螺旋连接转动器7自动拧紧,让微型电子水准仪4保持固定姿态。水准螺旋器5和螺旋连接转动器7贯穿金属轻钢3布置,且水准螺旋器5和螺旋连接转动器7的旋进端均朝向微型电子水准仪4,即水准螺旋器5和螺旋连接转动器7可朝向微型电子水准仪4旋进从而实现对其位置状态的固定。

[0080] 3) 北斗GNSS接收机1开启后模式自动切换为快速定位,其主要目的将机器人所在位置坐标反算传递给AI主机控制端21。

[0081] 4) 放下超宽带钢瓦尺18,该超宽带钢瓦尺18通过将其自带的UWB传感发射器与钢瓦尺改装结合,同时钢瓦尺设计为两段式方便放置在钢瓦尺装载机16内,而钢瓦尺装载机16则安装在运动装置的四周位置。

[0082] 5) 钢瓦尺装载机16与机器人手臂相类似,其主要功能放置超宽带钢瓦尺18,同时在轨道滚轮、水准尺升降控制器25的驱动下具备抬升下降功能,目的是在做线下CPI或线上CPII时增大地面接触面积提升机器人整体稳定性。

[0083] 钢瓦尺装载机16共有4把,将四把超宽带钢瓦尺18以矩形环形式水平放置在CPIII测点上,其装配的超宽带传感发射器通过传播纳秒级或者微秒级的窄脉冲会获得尺子与机器人测距、测角数据信息,其时间分辨率高,可以带来厘米级的定位服务,该精度完全可以满足水准仪经过解算后。首先机器人会根据4把超宽带钢瓦尺18的测距,始终将其主体定位在矩形环的居中位置(该位置为理论值反馈给机器人),超宽带钢瓦尺18的位置坐标会根据UWB信号采用扩频的方式调制传递给机器人,机器人启动IMU惯性测量单元22的测量趋势机器人保持直线的姿态前进,直抵达上述居中位置的理论坐标值附近(误差为1米)。

[0084] 其次,通过判断是否符合所选的等级水准路线长度(具体参数要求见上表),满足后,控制端会指令旋转马达11将微型电子水准仪4使其镜头12转动到所需照准的超宽带钢瓦尺18的角度,微型电子水准仪14进而开始照准超宽带钢瓦尺18的读数,实现水准仪的一整套的自动转动并且照准,其参数原理详见上述功能段落。旋转马达11设置在金属轻钢框3下方的水平基座9内,该水平基座9作为金属轻钢框9与下方运动装置之间的连接部件。

[0085] 6) 分离接口10为上部仪器整体与机身衔接与通电。AI主机控制端21可自主调节微型电子水准仪4是否置平,若水平气泡8居中满足要求,微型电子水准仪4方可施测。水平气泡8的判断可采用常规的机器人视觉技术实现。

[0086] 7) 机器人动力方式为:由AI主机控制端21与运动装置交互,履带30由马达前进系统带动,以2m/s速度完成机器人定点前进。在马达前进系统位置还设置有棱镜临时放置柜,即构成图9所示的马达前进系统、棱镜临时放置柜31。

[0087] 当模式切换为“CPIII平面自动测量”流程操作步骤:

[0088] 1) 微型全站仪12、北斗GNSS接收机1会被唤醒,OLED触摸屏33上会弹出微型全站仪12所对应的操作触摸界面方便作业员人工进行干预,人员可以通过屏幕选择所需施测正线CPIII作业模式,程序会根据CPIII外业测量精度等级进行对仪器端照准棱镜后,对于外业不合格自动采取重测措施,具体参数如图13所示。

[0089] 2) AI主机控制端21会控制全站仪转动轴承13在一个测回结束后进行仪器翻转,此时螺旋连接转动器7自动松开并根据旋转马达11转动而转动,旋转马达11转动主要由AI主机控制端21程序命名执行,综上,实现微型全站仪12保持与全站仪转动轴承13、螺旋连接转动器7之间联动,以调整微型全站仪12的朝向。

[0090] 3) 在“CPIII平面自动测量”模式下,履带30会自动收起,轨道滚轮27根据钢轨间距调节宽度后,让机器人整体在钢轨上自动前进。“CPIII平面自动测量”模式下机器人定点方式不同于“CPIII高程自动测量”模式,此处采用棱镜上配置强光,通过在微型全站仪端所配置多位元纳米光感存储面6接受照度,通过光控单元23具体照度区分,区分棱镜光源与其他光源原理已阐述。在接收到棱镜(带光照)概略位置信息后,机器人会模拟CPIII平面场景,其位置适中会设置第三、第四对棱镜间,由于CPIII平面采用自由设站方法,故对距离未要求。当机器人在钢轨上自动前进抵达第三、第四对棱镜之间后,根据模拟场景的光源反算角度,确定每个棱镜概略位置,照准精度约 $3^{\circ}$ ~ $5^{\circ}$ ,满足条件后,微型全站仪12便定点自主根据程序要求完成整平,开始对CPIII棱镜自由观测,全站仪观测过程较为常规,此处不再阐述。

[0091] 4) 机器人动力方式为:由AI主机控制端21与马达前进系统交互,滚轮由马达带动,以3m/s速度完成机器人定点前进。

[0092] 当模式切换为“CPI或线上CPII自动测量”流程操作步骤:

[0093] 1、北斗GNSS接收机1会被唤醒,OLED触摸屏33上会弹出GNSS接收机对应的操作触摸界面方便作业员人工进行干预,人员可以通过屏幕选择所需施测类别(CPI、CPII),程序会根据平面控制网外业测量等级进行划定作业时长,具体参数已阐述。

[0094] 2、机器人具备搜寻功能,通过蓝牙与AI主机控制端21交互导入上期CPI或线上CPII测点位置可以判定概略实际地理信息,到点位附近后需人工辅助具体找到点位将机器人牵引过去。定点后,机器人轨道滚轮、水准尺升降控制器25中的水准尺升降控制器会下落至点位水平面进行固定机体,此时由激光对中器、发光器、微型摄像头所构成的三合一元件26发射激光28与CPI或线上CPII测点29进行对中操作,通过发光器照亮底部点测点,微型摄像头将底部测点信息传输给AI主机控制端21,AI主机控制端21将画面信息投影到OLED触摸屏33,此时人为干预进行点位校正,触摸屏画面会有圆心,该圆心是激光与点位是否在同一垂线上的标准,也是北斗GNSS接收机1的正中心位置。人工滑动触摸屏进行微调,使点位与屏幕圆心同一位置,进而进一步在触摸屏端选择自动整平操作。

[0095] 3) 最终选择开始测量选项,机器人开始对CPI或线上CPII自动测量。

[0096] 为了进一步保证多模AI精测机器人的使用,其还设置了以下功能:

[0097] 1) 多节防雨升缩器17为两截式防雨器,主要材质为塑料,当遇到雨天或者雪天等恶劣天气,系统会自动开启本功能,首先将第一截抬升并与钢瓦尺装载机16平行,随后第二截会与第一截形成垂直,第二截为防雨主要屏障。

[0098] 2) 当机器人远离作业员,通过摄像头19(可夜视)启动蓝牙与手机交互,可以在手机移动端直观了解现场情况,遇到困难地段特殊情况第一时间发现,启动应急预案。

[0099] 3) 棱镜临时放置柜31在作业结束后可以将回收的棱镜集中在这里,方便作业组进出高铁工务通道口。

[0100] 4) 若遇到困难地段机器人无法通行,会启动防撞报警器24,报警器产生频率为400赫兹的声音提醒现场人员,此时人工干预对机器人调整位置。

[0101] 虽然以上实施例已经参照附图对本发明目的的构思和实施例做了详细说明,但本领域普通技术人员可以认识到,在没有脱离权利要求限定范围的前提条件下,仍然可以对本发明作出各种改进和变换,故在此不一一赘述。

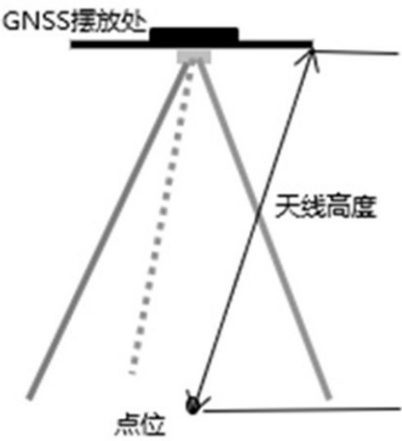


图1

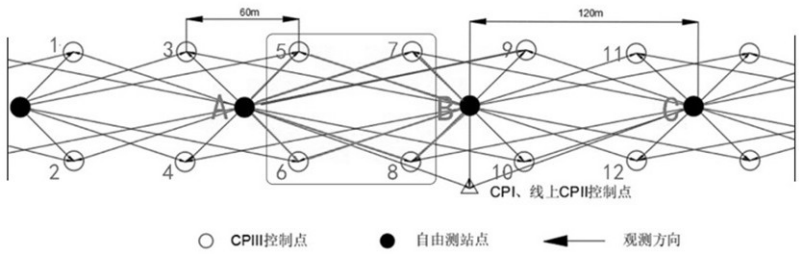


图2

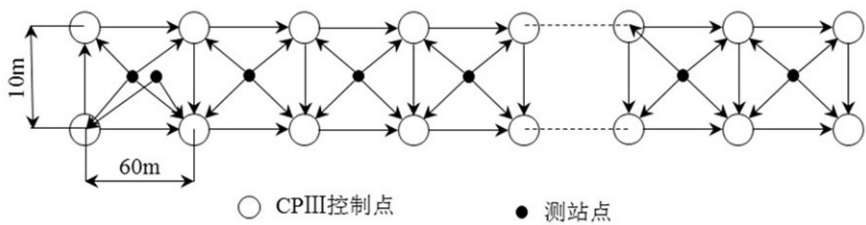


图3

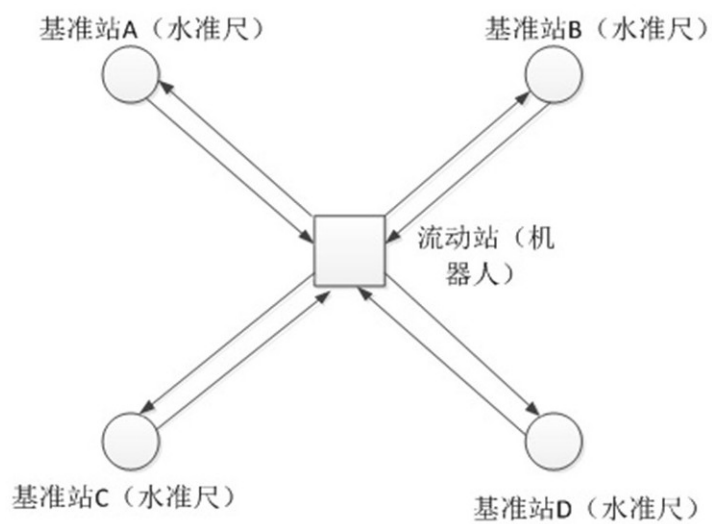


图4

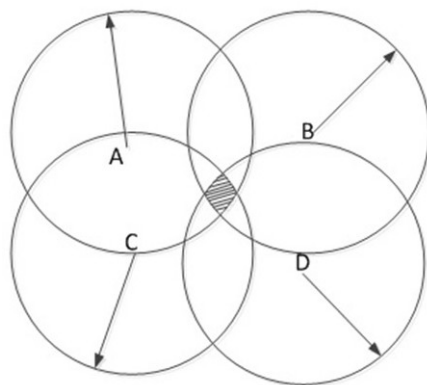


图5

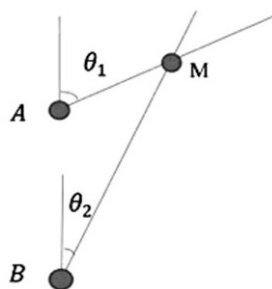


图6

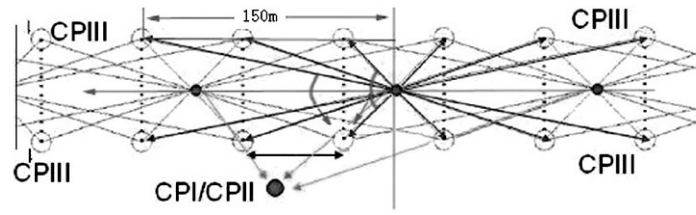


图7

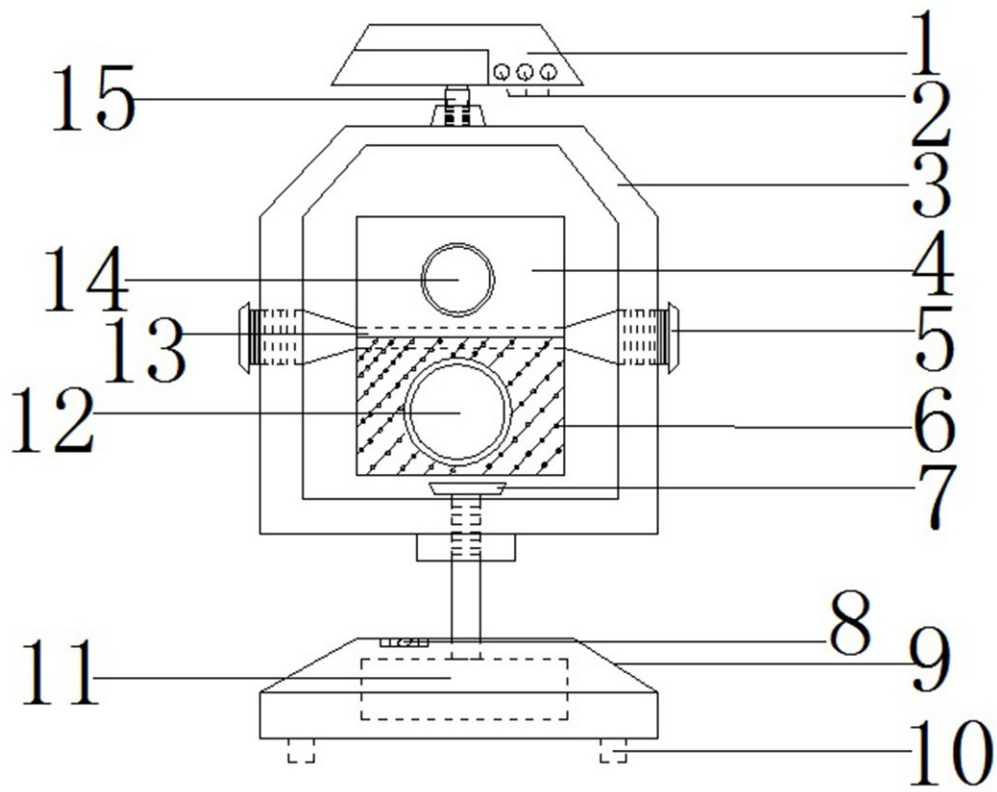


图8

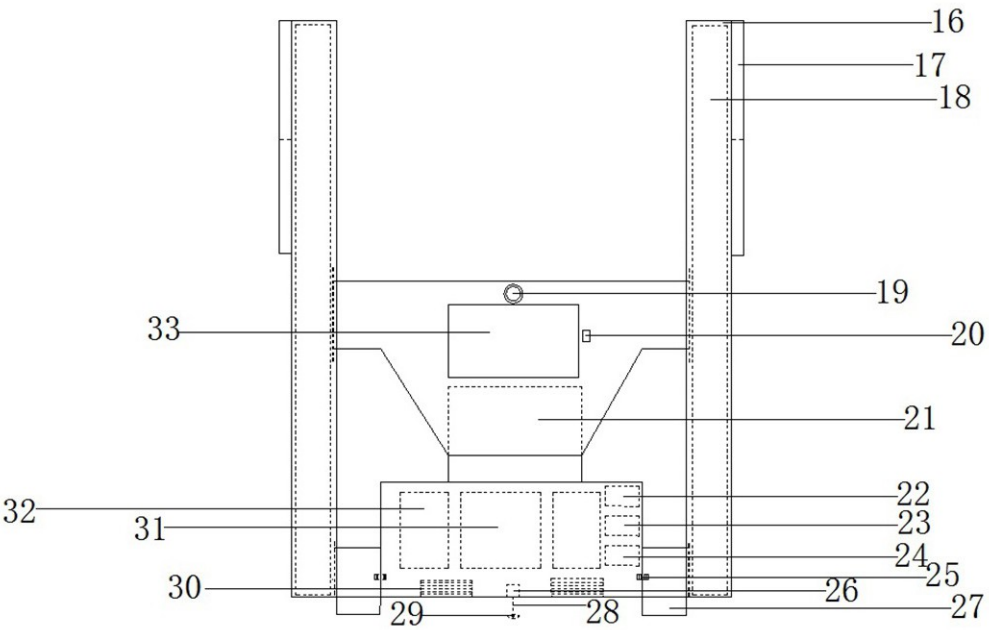


图9

| 等级       | 水准<br>仪类<br>型 | 水准<br>尺类<br>型 | 视距<br>(m) |            | 前后视距差<br>(m) |       | 测段的前后视<br>距累积差 (m) |       | 视线高度<br>(m)    | 数字水准<br>仪重复测<br>量次数 |
|----------|---------------|---------------|-----------|------------|--------------|-------|--------------------|-------|----------------|---------------------|
|          |               |               | 光学        | 数字         | 光学           | 数字    | 光学                 | 数字    |                |                     |
| 二等       | DS1           | 因瓦            | ≤ 50      | ≥ 3 且 ≤ 50 | ≤ 1.0        | ≤ 1.5 | ≤ 3.0              | ≤ 6.0 | ≤ 2.8 且 ≥ 0.55 | ≥ 2 次               |
| 精密<br>水准 | DS1           | 因瓦            | ≤ 60      | ≥ 3 且 ≤ 60 | ≤ 1.5        | ≤ 2.0 | ≤ 3.0              | ≤ 6.0 | ≤ 2.8 且 ≥ 0.45 | ≥ 2 次               |
| 三等       | DS1           | 因瓦            | ≤ 100     | ≤ 100      | ≤ 2.0        | ≤ 3.0 | ≤ 5.0              | ≤ 6.0 | ≥ 0.35         | ≥ 1 次               |

图10

| 等级项目     |             | 特等   | 一等      | 二等      | 三等      | 四等      | 五等      |
|----------|-------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 接收机类型    |             | 双频   | 双频      | 双频      | 双频      | 双频/单频   | 双频/单频   |
| 静态<br>测量 | 卫星截止高度角 (°) | ≥15  | ≥15     | ≥15     | ≥15     | ≥15     | ≥15     |
|          | 同时观测有效卫星数   | ≥4   | ≥4      | ≥4      | ≥4      | ≥4      | ≥4      |
|          | 时段长度 (min)  | ≥300 | ≥120    | ≥90     | ≥60     | ≥45     | ≥40     |
|          | 观测时段数       | ≥4   | ≥2      | ≥2      | ≥1      | ≥1      | ≥1      |
|          | 数据采样间隔 (s)  | 30   | 10 ~ 20 | 10 ~ 20 | 10 ~ 20 | 10 ~ 20 | 10 ~ 20 |
|          | PDOP 或 GDOP | ≤6   | ≤6      | ≤6      | ≤8      | ≤10     | ≤10     |

图11

| 等级   | 观测次数    |         | 观测方法        |
|------|---------|---------|-------------|
|      | 与已知点联测  | 附和或环线   |             |
| 二等   | 往返      | 往返      | 奇数站：后-前-前-后 |
|      |         |         | 偶数站：前-后-后-前 |
| 精密水准 | 往返      | 往返      | 奇数站：后-前-前-后 |
|      |         | 单程闭合环   | 偶数站：前-后-后-前 |
| 三等   | 往返/左右路线 | 往返/左右路线 | 后-前-前-后     |

图12

| 控制网<br>名称 | 仪器<br>等级 | 测回数 | 半测回<br>归零差 | 不同测回同一方<br>向 2C 互差 | 同一方向归零后<br>方向值较差 |
|-----------|----------|-----|------------|--------------------|------------------|
| CPIII平面网  | 0.5"     | 2   | 6"         | 9"                 | 6"               |

图13