(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
2022 年 10 月 27 日 (27.10.2022)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2022/222273 A1

(51) 国际专利分类号:
E01B 35/12 (2006.01) *E01B 7/02* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/104164

(22) 国际申请日: 2021 年 7 月 2 日 (02.07.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110440582.5 2021年4月23日 (23.04.2021) CN

(71) 申请人: 西安铁路信号有限责任公司 (XI'AN RAILWAY SIGNAL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国陕西省西安市国家民用航天产业基地航天南路396号, Shaanxi 710100 (CN)。 大连理工大学 (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。

(72) 发明人: 黄晨涛 (HUANG, Chentao); 中国陕西省西安市国家民用航天产业基地航天南路396号, Shaanxi 710100 (CN)。 卢智 (LU, Zhi); 中国陕西省西安市国家民用航天产业基地航天南路396号, Shaanxi 710100 (CN)。 丁召荣 (DING, Zhaorong); 中国陕西省西安市国家民用航天产业基地航天南路396号, Shaanxi 710100 (CN)。 南长江 (NAN, Changjiang); 中国陕西省西安市国家民用航天产业基地航天南路396号, Shaanxi 710100 (CN)。 任同群 (REN, Tongqun); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。 王大志 (WANG, Dazhi); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。 戴恒震 (DAI, Hengzhen); 中国辽宁省大连市甘井子区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。

(74) 代理人: 北京知联天下知识产权代理事务所（普通合伙） (BEIJING IPLING INTELLECTUAL

(54) **Title:** CALIBRATION APPARATUS AND METHOD FOR MEASURING DEVICE FOR SWITCH RAIL CRAWLING AND CLOSE-FITTING GAP

(54) 发明名称: 尖轨爬行及密贴间隙测量设备标定装置及方法

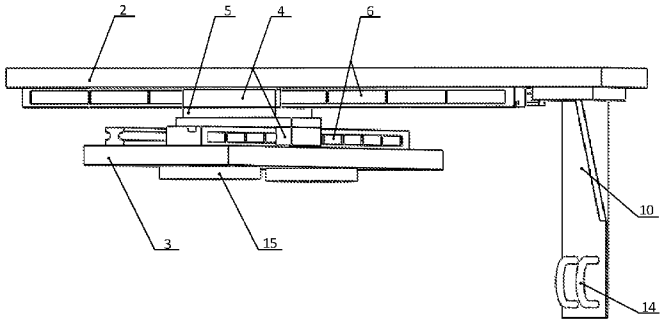

图 3

(57) **Abstract:** A calibration apparatus and method for a measuring device for a switch rail crawling and close-fitting gap. Once a measuring apparatus is installed, the calibration apparatus is installed at the top end of the measuring apparatus by means of a magnetic attraction manner, and a motion guiding end of the calibration apparatus is fixedly connected to a displacement output rod (13) of part of a switch rail (12). When the switch rail (12) moves, an orthogonal motion platform on the calibration apparatus is driven to generate the same translation. The translation is read by means of a grating ruler on the motion platform and is used as a standard displacement input quantity. Furthermore, a motion guide rod (7) in the measuring apparatus is converted into a corresponding angular and linear displacement. Given different input quantities, an equation set for calibration parameters is constructed by means of a calibration model, and the equation set is solved to obtain required calibration parameters. The apparatus is convenient to install and use. Obtained theoretical parameters serve as essential prerequisite inputs of a subsequent measurement process, thus providing the basis for the measurement process.

WO 2022/222273 A1

[见续页]

PROPERTY LAW FIRM)；中国北京市海淀区知春路56号天利大厦5层, Beijing 100098 (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, IT, 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, 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, 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)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：一种尖轨爬行及密贴间隙测量设备标定装置及方法。在测量装置安装完成后，将标定装置通过磁吸方式安装在测量装置顶端，其动作引导端与尖轨（12）部分的位移输出杆（13）固连。尖轨（12）移动时带动标定装置上的正交运动平台产生相同的平动，该平动通过运动平台上的光栅尺读出并作为标准位移输入量，且同时被测量装置中的动作引导杆（7）转化为相应的角度与直线位移量。给定不同的输入量，通过标定模型构建关于标定参数的方程组，求解得到需要的标定参数。该装置安装使用方便，所得理论参数作为后续测量过程必不可少的前提输入，为测量过程打好基础。

尖轨爬行及密贴间隙测量设备标定装置及方法

技术领域

本发明属于轨道交通安全领域，涉及一种尖轨爬行及密贴间隙测量设备标定装置及方法。

背景技术

在高速铁路运行中，道岔是构成铁路轨道的关键设备，具有数量多、构造复杂、养护维修投入大等特点，其中的道岔尖轨更是直接影响列车运行速度和安全。尖轨爬行和不密贴是道岔主要病害，尖轨爬行量指道岔尖轨相对于基本轨的纵向位移，尖轨密贴量是指转辙机与尖轨连接位置尖轨与基本轨之间的间隙。尖轨爬行和不密贴导致出现的事故如失稳、脱轨等，将造成重大的经济损失和人身安全灾难。因此，对尖轨爬行位移和密贴间隙实时监控进行研究具有非常大的意义。

尖轨纵向爬行和密贴间隙的测量，现有的测量装置主要是对爬行和密贴单独进行测量，发明专利号 201710719956.0 王鹏翔发明了一种基于图像识别的道岔尖轨爬行量监测方法，该方法中用到相机、标尺以及附加光源，在恶劣环境下维护困难。北京交通大学的史红梅在《高速铁路无缝钢轨纵向位移在线监测方法研究》中提出一种基于磁致伸缩位移传感器的钢轨纵向位移测量方法，可以实时测量钢轨纵向位移，但其易受磁场干扰，密封防护条件要求高。西门子密贴检查器和中国铁路通信信号集团公司 JM1 型密贴检查器是已商品化的密贴检查设备，但只能对尖轨密贴是否“到位”给出“通”与“不通”的“开关”信号，不能反映密贴时间隙的连续变化、变动幅度和频率。王洪涛在《基于光纤光栅技术进行尖轨密贴监测可行性研究》中提到使用搭载光纤光栅传感器的装置进行密贴间隙的连续测量，但受其传感器限制，该装置不适合进行动态测量，且受恶劣环境影响较大。

为了实现尖轨爬行和密贴间隙的一体化测量，发明专利号 201910630367.4

任同群等人设计了一种尖轨纵向爬行及密贴间隙的一体化实时测量装置，如今在其整体框架的基础上已经对其结构进行了较大的改进，以达到小型化和简易性的要求。该装置能够精确测量爬行和密贴间隙的前提是知道装置在初始安装状态下的理论杆长和偏角，在实际安装中，还需要考虑理论杆与实际杆的偏心量，因此亟需一种能够快速方便得到上述参数的标定方法。标定的基本思想是通过给定测量模型的标准输入来求解其他中间参数，如祝连庆在《变臂关节式坐标测量机的参数自标定方法研究》中提出一种基于逆运动学分析的自标定方法，根据到达同一标定点的多组可能位姿结合测量模型计算标定点的坐标值。

综上所述，为了实现尖轨纵向爬行及密贴间隙测量装置一体化实时测量，需要配合一套完整的标定方法与装置，该方法能够适用于测量现场，且同时得到多个初始安装状态参数。

发明内容

针对已有的尖轨纵向爬行及密贴间隙的一体化实时测量装置，本发明提出了一种标定装置及方法，将标定装置、测量装置和尖轨部分的位移输出杆连接完成后，根据制定的标定步骤和推导的标定模型完成标定任务。具体为：在测量装置安装完成后，将标定装置（主体为正交位移平台）通过磁吸方式安装在测量装置顶端，其动作引导端与尖轨部分的位移输出杆固连。尖轨移动时带动标定装置上的正交运动平台产生相同的平动，该平动通过运动平台上的光栅尺读出并作为标准位移输入量，且同时被测量装置中的动作引导杆转化为相应的角度与直线位移量。给定不同的输入量，通过标定模型构建关于标定参数的方程组，求解得到需要的标定参数。

本发明的技术方案如下：

一种尖轨爬行及密贴间隙测量设备标定装置，包括可产生正交运动的滑台 5、上滑台底板 2、下滑台底板 3、两个光栅尺、位移输出杆固定板 10 和 U 形固定环 14。

所述的测量装置是指将发明专利“尖轨纵向爬行及密贴间隙一体化实时测量装置”（专利号 201910630367.4）改进后的新型装置，其结构包括动作引导杆 7 以及布置于密封箱 1 中的转台 16、直线位移传感器 18、磁性块 20、传感器固定板 17、角度位移传感器 21 和数据采集处理单元 19；所述的转台 16 固定于密封箱 1 的底板上，所述的角度位移传感器 21 安装在转台 16 上，测量转台 16 的旋转角度；所述的数据采集处理单元 19 用于采集直线位移传感器 18 和角度位移传感器 21 的测量数据；所述的传感器固定板 17 为直角板形式，水平板固定在转台 16 的平台上，竖直板用来固定直线位移传感器 18；直线位移传感器 18 使用磁致伸缩的原理制成，其滑轨中心高度与动作引导杆 7 轴线等高，与直线位移传感器 18 配套的磁性块 20 固定在动作引导杆 7 上，当动作引导杆 7 产生直线运动时磁性块 20 上的凹槽会在直线位移传感器 18 的滑轨上无接触滑动；动作引导杆 7 的一端穿过转台 16 的圆弧形板上的滑动轴承孔，该结构同时起到导向和支撑的作用；位移输出杆 13 的一端与尖轨 12 固定连接，用于输出尖轨 12 的位移；位移输出杆 13 的另一端上固定有转轴 9，位移输出杆 13 轴线经过转轴 9 的轴心；动作引导杆 7 的另一端与 L 型转接头 8 的长边固定，转接头 8 短边一侧开有轴孔，用于套在转轴 9 上，尖轨 12 移动时转接头 8 可绕转轴 9 旋转，通过转接头 8 将动作引导杆 7 与位移输出杆 13 连接，以测量尖轨 12 的位移，且转接头 8 的形状使动作引导杆 7 端部与转轴 9 的轴心有一定偏移量；动作引导杆 7 与转接头 8 设有橡胶垫块 22 以消除加工面平面度误差而产生的连接间隙；当尖轨 12 出现爬行和密贴现象时，通过动作引导杆 7 将两个方向的直线位移转换成转台 16 的旋转运动和磁性块 20 的直线运动，引起角度位移传感器 21 和直线位移传感器 18 的示数变化，并将数据传输至数据采集处理单元 19 中。

所述的标定装置通过下滑台底板 3 下表面上的磁铁 15 吸附到密封箱 1 的上表面；所述的滑台 5 包括两个滑板和两条滑轨，滑轨固定在滑板的底部，两个滑板交叉布置，使滑台 5 可产生正交运动；所述的滑台 5 的两条导轨分别固定

于上滑台底板 2 的下表面和下滑台底板 3 上表面，可使上滑台底板 2 产生爬行方向和密贴方向的直线运动；所述的光栅尺包括标尺光栅 6 和光栅读数头 4，两个标尺光栅 6 分别固定在上滑台底板 2 和下滑台底板 3 上，两个光栅读数头 4 分别固定在滑台 5 的两个滑板上，滑台 5 移动时使每个光栅尺的两部分结构标尺光栅 6 和光栅读数头 4 产生相对位移，光栅读数头 4 上连接的数据线将数据传输至外部数显表上用于读数；所述的位移输出杆固定板 10 由两块直板和一块角板焊接而成，通过螺栓固定在上滑台底板 2 下表面的一端；U 形固定环 14 上附有螺纹，通过螺母将位移输出杆 13 端部的接头固定在位移输出杆固定板 10 上；标定过程中使用自身的两个光栅尺以及测量装置中的直线位移传感器 18 和角度位移传感器 21 进行数据采集。

一种尖轨爬行及密贴间隙测量设备标定方法，采用上述标定装置，具体步骤如下：

（1）初始时尖轨 12 和基本轨 11 处于最大间距状态，各部分装置连接完成后，转辙机推动尖轨 12 朝着靠近基本轨 11 的方向移动，在中间标定位置停下；通过角度位移传感器 21 得到测量装置动作引导杆 7 的角度变化值 $\Delta\theta_1$，通过直线位移传感器 18 得到动作引导杆 7 沿轴线方向的移动距离 Δl_1，通过外接数显表读出滑台 5 沿爬行方向的位移 s_1 和沿密贴方向的位移 t_1；

（2）转辙机推动尖轨 12 继续朝着靠近基本轨 11 的方向移动到终点标定位置，通过角度位移传感器 21 得到动作引导杆 7 的角度变化值 $\Delta\theta_2$，通过直线位移传感器 18 得到动作引导杆 7 沿轴线方向的移动距离 Δl_2，通过外接数显表读出滑台 5 沿爬行方向的位移 s_2 和沿密贴方向的位移 t_2；

（3）传感器数值和数显表读数分别通过数据线和上位机传入到数据采集处理单元 19 中，根据标定模型进行集中计算，得出初始安装状态下的理论杆长、安装角度和标定始末状态的偏角；最后通过数据采集处理单元 19 中的 CAN 通信模块将处理后得到的参数数据传输至远程上位机监控端，用于后续爬行和密

贴间隙的测量。

所述标定模型基于余弦定理和搜索法构建，根据两个标定位置得到的位移数据，将式（2）和（3）式代入式（1），建立一个只有动作引导杆 7 轴线与转轴 9 轴线之间的偏心距 a 作为未知参数的等式，将偏心距的设计值 a_0 作为初始值，通过搜索法不断优化，即可得到符合精度要求的偏心距的理论值 a：

$$\sqrt{4W_1+\left(\frac{\Delta l_1}{a}\right)^2}-\frac{\Delta l_1}{a}=\sqrt{4W_2+\left(\frac{\Delta l_2}{a}\right)^2}-\frac{\Delta l_2}{a} \quad （1）$$

$$W_1=\frac{s_1^{\,2}+t_1^{\,2}-\Delta l_1^{\,2}+2a\cdot\sin\Delta\theta_1\cdot\Delta l_1}{2a^2\left(1-\cos\Delta\theta_1\right)}-1 \quad （2）$$

$$W_2=\frac{s_2^{\,2}+t_2^{\,2}-\Delta l_2^{\,2}+2a\cdot\sin\Delta\theta_2\cdot\Delta l_2}{2a^2\left(1-\cos\Delta\theta_2\right)}-1 \quad （3）$$

将转轴 9 的轴心与转台 6 的旋转中心（即角度位移传感器 21 的轴心）之间的连线命名为理论摆杆，在得到偏心距的理论值 a 后，通过公式（4）和（5）分别求出初始安装位置和最终位置动作引导杆 7 与理论摆杆之间的偏角 γ_0 和 γ_2；再通过式（6）得到初始理论杆长 l_0' 和最终位置杆长 l_2'；最后通过式（7）得到理论摆杆的初始安装角度 β：

$$\gamma_0=\arctan\frac{2}{\sqrt{4W_2+\left(\frac{\Delta l_2}{a}\right)^2}-\frac{\Delta l_2}{a}} \quad （4）$$

$$\gamma_2=\arctan\frac{2}{\sqrt{4W_2+\left(\frac{\Delta l_2}{a}\right)^2}+\frac{\Delta l_2}{a}} \quad （5）$$

$$l_0'=\frac{a}{\sin\gamma_0} \qquad l_2'=\frac{a}{\sin\gamma_2} \quad （6）$$

$$\beta=90°-arctg\frac{t_2}{s_2}-arc\sin\left[\frac{l_2'\cdot\sin\Delta\theta_2}{\sqrt{s_2^{\,2}+t_2^{\,2}}}\right] \quad （7）$$

本发明具有以下有益效果：

（1）本发明将以往粗糙测量的参数如初始安装角 β、初始杆长 l_0'和动作引导杆与转轴之间的偏心距 a 等利用标定的方式测出，可以得到精确的理论数据，克服了安装、测量过程中累积的误差，为后续爬行和间隙测量任务奠定了基础；

（2）本发明采用磁铁吸附的方式安装在密封箱上，同时采用U形固定环与尖轨连接部分固定，没有破坏测量装置原本的测量结构；对中间标定位置没有具体的要求，只需在相应位置读出对应的各项数据即可；因此安装使用方便，对操作人员的技术要求较低；

（3）本发明对转接头带来的动作引导杆位置和理论摆杆位置之间的偏差通过优化设计方法进行了精确计算，保证偏心距计算值与真值之间的误差在允许的范围内。

附图说明

图1是本发明方法的标定过程图。

图2是本发明装置的整体布置图。

图3是标定装置局部放大图。

图4是测量装置内部结构简图。

图5是尖轨部分的位移输出杆及其连接结构图。

图6是标定位置模型示意图，其中：E为转台及角度位移传感器旋转中心点；A为初始安装状态下转轴轴线的位置；C为标定位置转轴轴线的位置；B为C向爬行方向所做垂线的垂足；D为标定位置理论摆杆的延长线与爬行方向线的交点；F为初始安装位置转轴轴线向动作引导杆轴线作的垂足；F'为标定位置转轴轴线向动作引导杆轴线作的垂足；a为转轴轴线向动作引导杆作垂线得到的偏心距；β为理论摆杆的初始安装角度，即初始安装状态下理论摆杆与密贴方向的夹角；γ_0为初始安装位置动作引导杆与理论摆杆之间的偏角；γ_i为标定位置动作引导杆与理论摆杆之间的偏角；s_i为纵向爬行位移（下角标i为1或2，分别代表中间和终点标定位置，下同）；t_i为横向密贴间隙；d_i为初始安装位置与标定位置之间转轴的连线；l_0为初始安装位置转台旋转中心E到垂足F之间的距离；l_0'为初始安装位置理论杆长；l_i'为标定位置理论杆长；$\Delta\theta_i$为两个位置的角度位移；Δl_i为两个位置的直线位移。

图中：1密封箱；2上滑台底板；3下滑台底板；4光栅读数头；5滑台；6

标尺光栅；7 动作引导杆；8 转接头；9 转轴；10 位移输出杆固定板；11 基本轨；12 尖轨；13 位移输出杆；14U 形固定环；15 磁铁；16 转台；17 传感器固定板；18 直线位移传感器；19 数据采集处理单元；20 磁性块；21 角度位移传感器；22 橡胶垫块。

具体实施方式

以下结合附图和技术方案，进一步说明本发明的具体实施方式。

一种尖轨纵向爬行及密贴间隙测量设备的标定过程如图 1 所示。

（1）如图 2、5 所示，将测量装置的动作引导杆 7 与尖轨 12 部分的位移输出杆 13 通过转接头 8 连接，转接头 8 可绕转轴 9 转动；位移输出杆 13 在下方绕过基本轨 11 和尖轨 12，与尖轨 12 内侧连接；

（2）如图 2、3 所示，将标定装置通过下滑台底板 3 下的磁铁 15 吸附到密封箱 1 的上表面，安装时尽量保证上滑台底板 2 和下滑台底板 3 分别与密封箱 1 的两条边平行；移动滑台 5，使 U 形固定环 14 可以将位移输出杆 13 的接头固定到位移输出杆固定板 10 上；标定装置上的两个标尺光栅 6 分别固定在上滑台底板 2 和下滑台底板 3 上，两个光栅读数头 4 分别固定在两个滑台 5 上，并通过数据线连接到外部数显表上；

（3）如图 4、6 所示，初始时尖轨 12 和基本轨 11 处于最大间距状态，转辙机推动尖轨 12 朝着靠近基本轨 11 的密贴方向移动，同时带来一定的纵向爬行量，在中间标定位置停下；此时尖轨部分的位移输出杆 13 带动测量装置的动作引导杆 7 绕着转台 16 顺时针旋转一定角度，同时沿自身轴线方向向后移动一定距离，理论摆杆的位置从 EA 变化到了 EC，通过角度位移传感器 21 得到角度数值，计算出角度变化值 $\Delta\theta_1$，通过直线位移传感器 18 得到动作引导杆 7 沿轴线方向的移动距离 Δl_1；同时位移输出杆 13 带动标定装置的滑台 5 在滑台底板 2、3 上运动，使光栅读数头 4 与标尺光栅 6 产生相对运动，通过外接数显表读出滑台沿爬行方向的位移 s_1 和沿密贴方向的位移 t_1；

（4）如图 4、6 所示，转辙机推动尖轨 12 继续朝着靠近基本轨 11 的方向移动到终点标定位置，此时尖轨 12 和基本轨 11 紧密接触；同样位移输出杆 13 带动测量装置的动作引导杆 7 绕着转台 16 旋转和沿轴线方向移动，通过角度位移传感器 21 读出角度数值，计算出角度变化值 $\Delta\theta_2$，通过直线位移传感器 18 读出动作引导杆 7 沿轴线方向的移动距离 Δl_2；同时位移输出杆 13 带动标定装置的滑台 5 产生相对运动，通过外接数显表读出滑台 5 沿爬行方向的位移 s_2 和沿密贴方向的位移 t_2；

（5）得到上述参数后，联立（1）~（3）式，配合搜索法即可得到动作引导杆 13 与转轴 9 轴线之间偏心距 a 的精确理论值；再配合（4）~（7）式，得到偏角、初始安装角度和理论杆长等参数，通过上位机将上述参数传输到数据采集处理单元 19 中，用于后续纵向爬行和密贴间隙的实时测量。

本发明提供的尖轨爬行及密贴间隙测量设备标定装置及方法，在尖轨移动时，利用易安装的标定装置测出标定位置的爬行和密贴间隙，同时测量装置将该运动转换成直线位移和角度位移，利用传感器读出；将测出的数据代入标定模型即可得到初始安装状态下多种参数的精确理论数值，没有通过设计尺寸或测量设备直接测量，大幅减小了由于安装误差和结构间隙等对参数带来的影响。通过标定得到的理论参数是后续实时测量的基础，将参数输入到数据采集处理单元中，才可进行后续测量工作。标定装置的安装和标定过程都十分方便，对操作人员的技术要求很低，可以在测量装置安装结束后迅速完成标定工作，因此降低了尖轨爬行及密贴间隙测量设备标定工作的复杂性和成本。

1.一种尖轨爬行及密贴间隙测量设备标定装置，其特征在于，所述的标定装置包括可产生正交运动的滑台（5）、上滑台底板（2）、下滑台底板（3）、两个光栅尺、位移输出杆固定板（10）和U形固定环（14）；

所述的测量装置包括动作引导杆(7)以及布置于密封箱(1)中的转台(16)、直线位移传感器(18)、磁性块(20)、传感器固定板(17)、角度位移传感器(21)和数据采集处理单元（19）；所述的转台（16）固定于密封箱（1）的底板上，所述的角度位移传感器（21）安装在转台（16）上，测量转台（16）的旋转角度；所述的数据采集处理单元（19）用于采集直线位移传感器（18）和角度位移传感器（21）的测量数据；所述的传感器固定板（17）为直角板形式，水平板固定在转台（16）的平台上，竖直板用来固定直线位移传感器（18）；直线位移传感器（18）使用磁致伸缩的原理制成，其滑轨中心高度与动作引导杆（7）轴线等高，与直线位移传感器(18)配套的磁性块(20)固定在动作引导杆(7)上，当动作引导杆（7）产生直线运动时磁性块（20）上的凹槽会在直线位移传感器（18）的滑轨上无接触滑动；动作引导杆（7）的一端穿过转台（16）的圆弧形板上的滑动轴承孔，起到导向和支撑的作用；位移输出杆（13）的一端与尖轨（12）固定连接，用于输出尖轨（12）的位移；位移输出杆（13）的另一端上固定有转轴（9），位移输出杆（13）轴线经过转轴（9）的轴心；动作引导杆（7）的另一端与L型转接头（8）的长边固定，转接头（8）短边一侧开有轴孔，用于套在转轴（9）上，尖轨（12）移动时转接头（8）可绕转轴（9）旋转，通过转接头(8)将动作引导杆(7)与位移输出杆(13)连接，以测量尖轨(12)的位移，且转接头（8）的形状使动作引导杆（7）端部与转轴（9）的轴心具有偏移量；动作引导杆（7）与转接头（8）设有橡胶垫块（22）以消除加工面平面度误差而产生的连接间隙；当尖轨（12）出现爬行和密贴现象时，通过动作引导杆(7)将两个方向的直线位移转换成转台(16)的旋转运动和磁性块(20)的直线运动，引起角度位移传感器（21）和直线位移传感器（18）的示数变化，

并将数据传输至数据采集处理单元（19）中；

所述的标定装置通过下滑台底板（3）下表面上的磁铁（15）吸附到密封箱（1）的上表面；所述的滑台（5）包括两个滑板和两条滑轨，滑轨固定在滑板的底部，两个滑板交叉布置，使滑台（5）可产生正交运动；所述的滑台（5）的两条导轨分别固定于上滑台底板（2）的下表面和下滑台底板（3）上表面，可使上滑台底板（2）产生爬行方向和密贴方向的直线运动；所述的光栅尺包括标尺光栅（6）和光栅读数头（4），两个标尺光栅（6）分别固定在上滑台底板（2）和下滑台底板（3）上，两个光栅读数头（4）分别固定在滑台（5）的两个滑板上，滑台（5）移动时使每个光栅尺的两部分结构标尺光栅（6）和光栅读数头（4）产生相对位移，光栅读数头（4）上连接的数据线将数据传输至外部数显表上用于读数；所述的位移输出杆固定板（10）由两块直板和一块角板焊接而成，通过螺栓固定在上滑台底板（2）下表面的一端；U 形固定环（14）上附有螺纹，通过螺母将位移输出杆（13）端部的接头固定在位移输出杆固定板（10）上；标定过程中使用自身的两个光栅尺以及测量装置中的直线位移传感器（18）和角度位移传感器（21）进行数据采集。

2.一种尖轨爬行及密贴间隙测量设备标定方法，采用权利要求 1 所述的标定装置，其特征在于，具体步骤如下：

（1）初始时尖轨（12）和基本轨（11）处于最大间距状态，各部分装置连接完成后，转辙机推动尖轨（12）朝着靠近基本轨（11）的方向移动，在中间标定位置停下；通过角度位移传感器（21）得到测量装置动作引导杆（7）的角度变化值 $\Delta\theta_1$，通过直线位移传感器（18）得到动作引导杆（7）沿轴线方向的移动距离 Δl_1，通过外接数显表读出滑台（5）沿爬行方向的位移 s_1 和沿密贴方向的位移 t_1；

（2）转辙机推动尖轨（12）继续朝着靠近基本轨（11）的方向移动到终点标定位置，通过角度位移传感器（21）得到动作引导杆（7）的角度变化值 $\Delta\theta_2$，

通过直线位移传感器（18）得到动作引导杆（7）沿轴线方向的移动距离 Δl_2，通过外接数显表读出滑台（5）沿爬行方向的位移 s_2 和沿密贴方向的位移 t_2；

（3）传感器数值和数显表读数分别通过数据线和上位机传入到数据采集处理单元（19）中，根据标定模型进行集中计算，得出初始安装状态下的理论杆长、安装角度和标定始末状态的偏角；最后通过数据采集处理单元（19）中的CAN 通信模块将处理后得到的参数数据传输至远程上位机监控端，用于后续爬行和密贴间隙的测量；

所述标定模型基于余弦定理和搜索法构建，根据两个标定位置得到的位移数据，将式（2）和（3）式代入式（1），建立一个只有动作引导杆（7）轴线与转轴（9）轴线之间的偏心距 a 作为未知参数的等式，将偏心距的设计值 a_0 作为初始值，通过搜索法不断优化，即可得到符合精度要求的偏心距的理论值 a：

$$\sqrt{4W_1+\left(\frac{\Delta l_1}{a}\right)^2}-\frac{\Delta l_1}{a}=\sqrt{4W_2+\left(\frac{\Delta l_2}{a}\right)^2}-\frac{\Delta l_2}{a} \qquad (1)$$

$$W_1=\frac{s_1^2+t_1^2-\Delta l_1^2+2a\cdot\sin\Delta\theta_1\cdot\Delta l_1}{2a^2\left(1-\cos\Delta\theta_1\right)}-1 \qquad (2)$$

$$W_2=\frac{s_2^2+t_2^2-\Delta l_2^2+2a\cdot\sin\Delta\theta_2\cdot\Delta l_2}{2a^2\left(1-\cos\Delta\theta_2\right)}-1 \qquad (3)$$

将转轴（9）的轴心与转台（6）的旋转中心之间的连线命名为理论摆杆，在得到偏心距的理论值 a 后，通过公式（4）和（5）分别求出初始安装位置和最终位置动作引导杆（7）与理论摆杆之间的偏角 γ_0 和 γ_2；再通过式（6）得到初始理论杆长 l_0' 和最终位置杆长 l_2'；最后通过式（7）得到理论摆杆的初始安装角度 β：

$$\gamma_0=\arctan\frac{2}{\sqrt{4W_2+\left(\frac{\Delta l_2}{a}\right)^2}-\frac{\Delta l_2}{a}} \qquad (4)$$

$$\gamma_2=\arctan\frac{2}{\sqrt{4W_2+\left(\frac{\Delta l_2}{a}\right)^2}+\frac{\Delta l_2}{a}} \qquad (5)$$

$$l_0' = \frac{a}{\sin\gamma_0} \qquad l_2' = \frac{a}{\sin\gamma_2} \qquad (6)$$

$$\beta = 90° - arctg\frac{t_2}{s_2} - arc\sin\left[\frac{l_2' \cdot \sin\Delta\theta_2}{\sqrt{s_2^{\,2} + t_2^{\,2}}}\right] \qquad (7)。$$

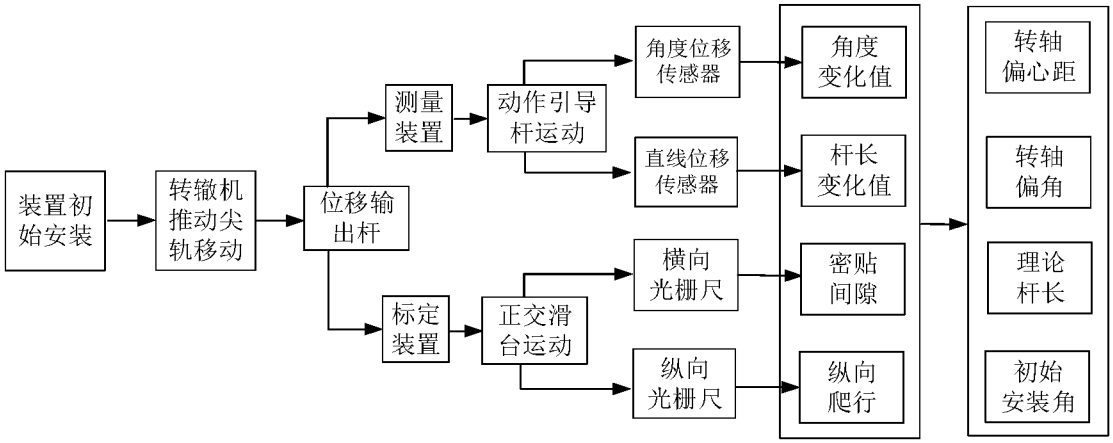
装置初始安装
转辙机推动尖轨移动
位移输出杆
测量装置
标定装置
动作引导杆运动
正交滑台运动
角度位移传感器
直线位移传感器
横向光栅尺
纵向光栅尺
角度变化值
杆长变化值
密贴间隙
纵向爬行
转轴偏心距
转轴偏角
理论杆长
初始安装角

图 1

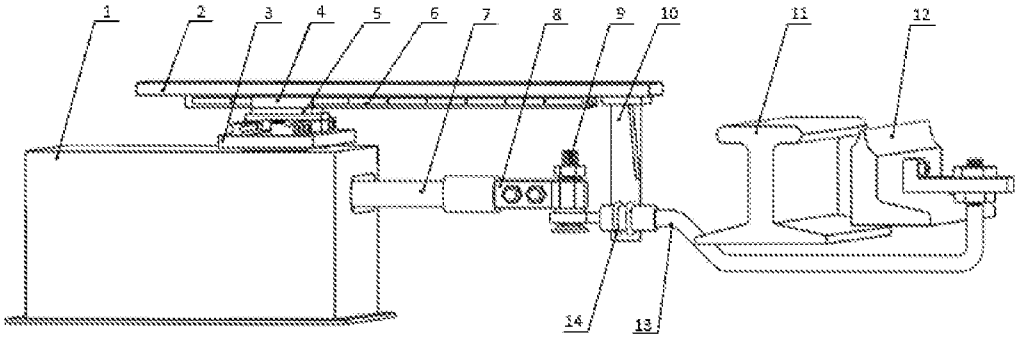
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

图 2

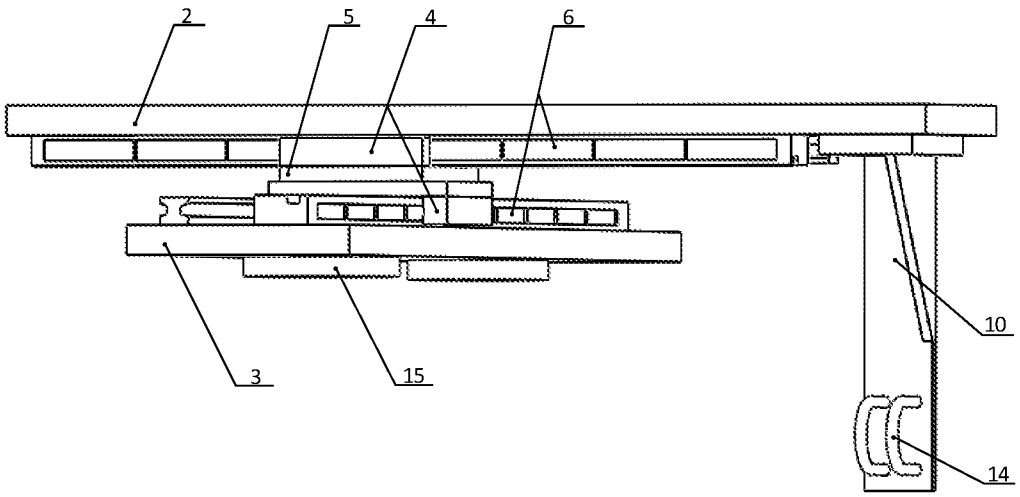
2
5
4
6
3
15
10
14

图 3

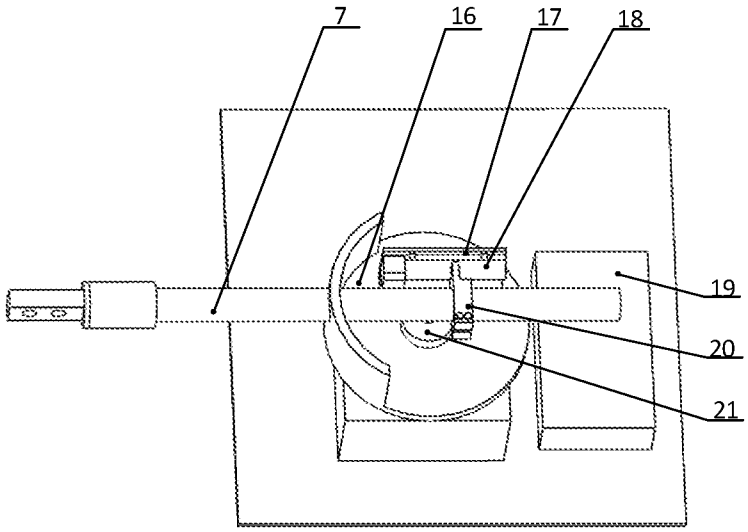
7
16
17
18
19
20
21

图 4

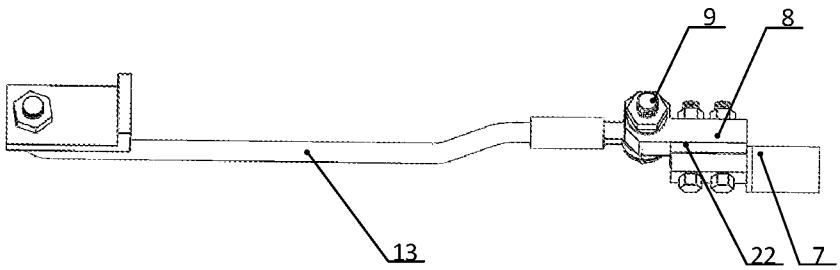
9
8
13
22
7

图 5

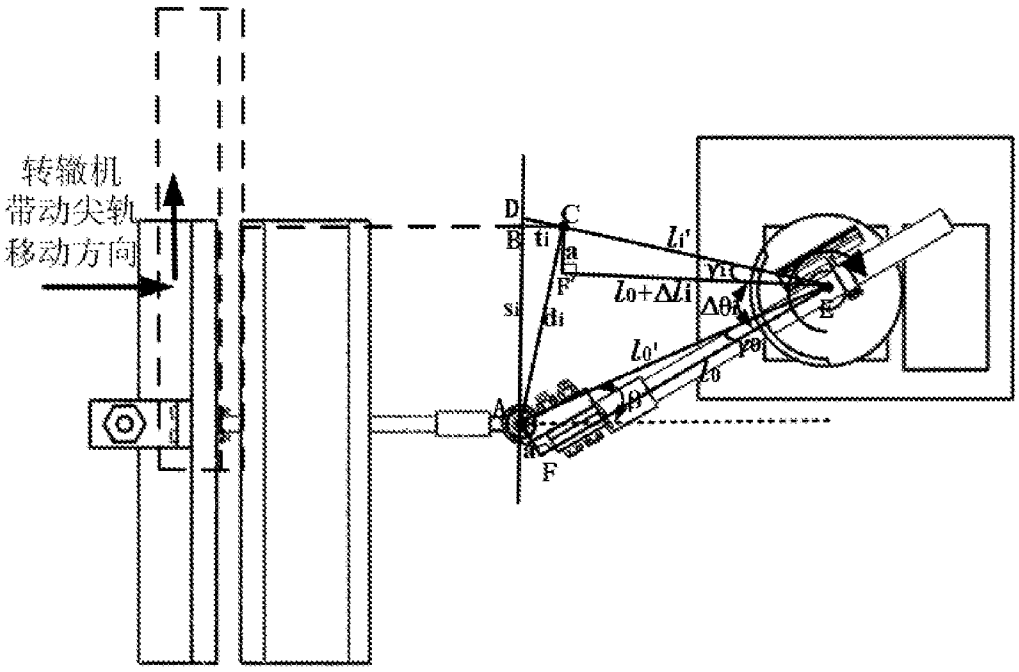
转辙机
带动尖轨
移动方向
D
C
B
ti
a
F'
si
di
A
F
li'
l0+Δli
Δθi
E
l0'
l0

图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2021/104164

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E01B 35/12(2006.01)i; E01B 7/02(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)

E01B

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; CNKI; VEN: 尖轨, 爬行, 密贴, 间隙, 标定, 磁吸, 光栅, calibration, crawling, contact, gap, displacement, linear, angular

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 110422198 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 08 November 2019 (2019-11-08) entire document	1-2
A	CN 202501835 U (AVIC CHENGDU AIRCRAFT DESIGN & RESEARCH INSTITUTE) 24 October 2012 (2012-10-24) entire document	1-2
A	CN 107858883 A (BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY; CHINA RAILWAY CORPORATION) 30 March 2018 (2018-03-30) entire document	1-2
A	JP 3171691 U (WEST JAPAN RAILWAY COMPANY et al.) 10 November 2011 (2011-11-10) entire document	1-2

☐ 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
17 January 2022	**24 January 2022**
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/CN2021/104164

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	110422198	A	08 November 2019	None	
CN	202501835	U	24 October 2012	None	
CN	107858883	A	30 March 2018	None	
JP	3171691	U	10 November 2011	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2021/104164

A. 主题的分类

E01B 35/12(2006.01)i; E01B 7/02(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)

E01B

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; CNKI; VEN:尖轨，爬行，密贴，间隙，标定，磁吸，光栅，calibration, crawling, contact, gap, displacement, linear, angular

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	CN 110422198 A (大连理工大学) 2019年11月8日 (2019-11-08) 全文	1-2
A	CN 202501835 U (成都飞机设计研究所) 2012年10月24日 (2012-10-24) 全文	1-2
A	CN 107858883 A (北京交通大学 中国铁路总公司) 2018年3月30日 (2018-03-30) 全文	1-2
A	JP 3171691 U (西日本旅客鉄道株式会社等) 2011年11月10日 (2011-11-10) 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
2022年1月17日	2022年1月24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	受权官员 任亮平 电话号码 86-010-62084926

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2021/104164

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 110422198 A	2019年11月8日	无	
CN 202501835 U	2012年10月24日	无	
CN 107858883 A	2018年3月30日	无	
JP 3171691 U	2011年11月10日	无	