(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 107299568 A
(43)申请公布日 2017.10.27

(21)申请号 201710458566.2

(22)申请日 2017.06.16

(71)申请人 中铁工程设计咨询集团有限公司
地址 100055 北京市丰台区广安路15号中铁咨询大厦

(72)发明人 张金龙 马文静 袁玫

(74)专利代理机构 北京集智东方知识产权代理有限公司 11578
代理人 关兆辉 程立民

(51)Int.Cl.
E01B 35/00(2006.01)

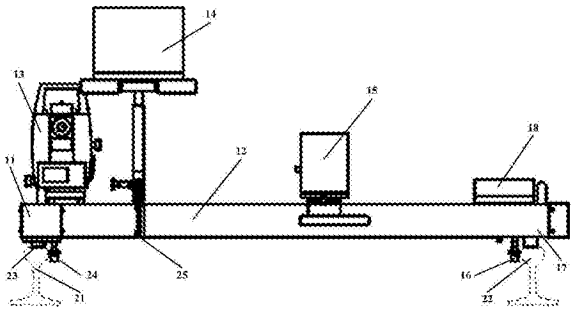
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

一种轨道动态测量系统及方法

(57)摘要

本发明提供了一种轨道动态测量系统及方法。该系统包括：纵梁、横梁、全站仪、控制器、惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器。应用本发明可以在保证轨道绝对测量精度的前提下，大大提高轨道测量效率，避免GNSS信号在长大隧道中缺失且测量精度不满足使用要求的问题，实现轨道动态测量精度与效率的平衡。



CN 107299568 A

1.一种轨道动态测量系统，其特征在于，该系统包括：纵梁、横梁、全站仪、控制器、惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器；

所述纵梁沿一根钢轨的延伸方向设置；所述纵梁的两端的下方设置有至少两个与钢轨顶面接触的走行轮以及两个与钢轨内侧面接触的测量轮；所述测量轮用于为轨距测量提供基准；

所述横梁的一端与所述纵梁垂直连接，所述横梁的另一端的下方设置有至少一个与另一根钢轨顶面接触的走行轮以及一个与另一根钢轨内侧面接触的轨距传感器；

所述控制器设置在所述横梁的顶部，用于当所述轨道动态测量系统静止时，向所述全站仪发送观测指令；当所述轨道动态测量系统运动时，向所述惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令，并对惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行时间同步控制；还用于根据所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息；

所述全站仪设置在所述纵梁的顶部，用于根据接收到的观测指令，观测距离最近的轨道控制网CPIII的控制点上的反射棱镜并获取控制点观测值；将所述控制点观测值传输给所述控制器；

所述惯性导航装置设置在所述横梁的顶部，用于根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量得到其所在位置的空间三维姿态数据，并将测量得到的空间三维姿态数据传输给所述控制器；

所述轨距传感器，用于根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量两根钢轨之间的轨距，并将轨距测量值传输给所述控制器；

所述里程传感器设置在所述横梁靠近所述轨距传感器的一端，用于根据接收到的测量指令，在预定的时间点进行里程测量，并将里程测量值传输给所述控制器。

2.根据权利要求1所述的系统，其特征在于，所述控制器还包括：数据同步采集板和计算单元；

所述数据同步采集板，用于当所述轨道动态测量系统静止时，向所述全站仪发送观测指令；当所述轨道动态测量系统运动时，向所述惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令，并对惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行时间同步控制，并将所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值传输给所述计算单元；

所述计算单元，用于根据所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息。

3.根据权利要求2所述的系统，其特征在于，所述轨道内外部几何状态信息包括：

左右轨平面坐标、左右轨高程、轨距、超高、扭曲、长短波轨向平顺性和长短波高低平顺性。

4.根据权利要求1所述的系统，其特征在于：

所述横梁的一端通过法兰盘与所述纵梁垂直连接。

5.根据权利要求1所述的系统，其特征在于，所述控制点观测值包括：

斜距、水平角、高度角、北坐标、东坐标和高程。

6.根据权利要求1或5所述的系统，其特征在于：

所述控制点观测值通过蓝牙通信传输给所述控制器。

7.根据权利要求1所述的系统，其特征在于：

所述测量轮与钢轨内侧面的接触点位于钢轨顶面以下16mm处。

8.根据权利要求1所述的系统，其特征在于，所述轨道动态测量系统还进一步包括：电源；

所述电源，用于为所述轨道动态测量系统供电。

9.一种轨道动态测量方法，其特征在于，该方法包括如下步骤：

A、将轨道动态测量系统设置在待测的一对钢轨上，并将轨道动态测量系统推行至轨道控制网CPIII的一个控制点附近后静止；

B、在距离最近的控制点上设置反射棱镜，轨道动态测量系统中的控制器向设置在轨道动态测量系统的顶部的全站仪发送观测指令；

C、全站仪根据接收到的观测指令，观测距离最近的控制点上的反射棱镜并获取控制点观测值；将所述控制点观测值传输给所述控制器；

D、判断所述距离最近的控制点是否为最后一个控制点，如果是，则执行步骤J；否则，执行步骤E；

E、驱动所述轨道动态测量系统沿待测轨道向下一个控制点前进，控制器向设置在轨道动态测量系统上的惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令，并对惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行时间同步控制；

F、惯性导航装置根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量得到其所在位置的空间三维姿态数据，并将测量得到的空间三维姿态数据传输给所述控制器；

G、轨距传感器根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量两根钢轨之间的轨距，并将轨距测量值传输给所述控制器；

H、里程传感器根据接收到的测量指令，在预定的时间点进行里程测量，并将里程测量值传输给所述控制器；

I、轨道动态测量系统推行至下一个控制点附近后静止，返回执行步骤B；

J、控制器根据所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息。

一种轨道动态测量系统及方法

技术领域

[0001] 本申请涉及测量与控制技术领域，尤其涉及一种轨道动态测量系统及方法。

背景技术

[0002] 当前，轨道交通已经日益成为人们出行的重要交通方式，与此同时，现代社会也对轨道交通的安全性及舒适性提出了越来越高的要求，也即要求建成轨道具有很高的平顺性以及三维绝对位置精度。轨道的平顺性以及三维绝对位置精度是通过轨道检测设备对轨道进行测量及数据分析后才能进行评判的，因此，满足实际作业需求的轨道检测设备是建成高平顺性轨道的前提。

[0003] 在现有技术中，静态轨道检测技术的典型应用场景是：

[0004] 1、基于轨道线路两旁建成的三维控制基准(例如，CPIII或导线网)进行整平状态下的全站仪自由设站，然后通过解算得到全站仪的站心三维坐标及定向参数；

[0005] 2、自由设站完成后，使用全站仪观测轨检设备上的反射棱镜，获取反射棱镜的三维坐标，然后再结合轨检设备采集的轨距、超高等信息，解算得到轨检设备当前所处位置的轨道三维坐标。

[0006] 在上述第二步的数据采集过程中，全站仪保持不动，轨检设备也保持不动；当一个点的数据采集完成后，推动轨检设备到轨道上的下一个点，再次进行数据采集；重复上述过程，则可以得到关于轨道的数据序列，然后可以进行轨道平顺性分析。

[0007] 现有技术中的上述轨道检测技术的优点是精度高，能够获取轨道的内外部几何状态信息(轨距、超高、扭曲、长短波平顺性、三维坐标等)，但其缺点是：静态数据采集导致作业效率低下，而且维持全站仪较高测量精度的使用条件也较为苛刻(例如，整平、大气稳定、温度适中等因素)，从而进一步降低了作业效率。

[0008] 因此，现有技术中还提出了一些动态轨道检测技术。例如：

[0009] 1、动态轨道检测技术之一：将陀螺仪安装在轨检设备上，实现轨检设备在轨道上运动时其姿态变化情况的测量，然后基于三轴姿态(俯仰、横滚、航向)及里程、轨距等测量值，解算轨道的内部几何参数(例如，超高、扭曲、长短波平顺性等)。该轨道检测技术的优点是不需要使用全站仪、能够进行动态测量、作业效率高，而缺点则是：不能测量轨道的外部几何参数(三维空间坐标)，不能将轨道测量数据用于有砟轨道捣固车捣固作业。

[0010] 2、动态轨道检测技术之二：在授权公告号为CN103207403B的中国专利中，公开了一种惯性测量技术与全球定位系统(GPS，Global Positioning System)卫星测量技术相组合的轨道动态检测方法，并制定了一套数据处理方案。该方法使用双GPS天线构成的短基线测量值来校准惯性导航系统的俯仰及航向测量值，通过数据离线处理得到轨道的轨向及高低不平顺。该方法的主要缺点有如下几点：

[0011] 1)、该方法对左右钢轨单独进行测量，不能检测轨距、超高等项目；

[0012] 2)、该方法需要使用GPS测量数据用于校准，因此不能解决长大隧道中GPS信号缺失情况下的惯导校准数据的来源问题；

[0013] 3)、该方法的绝对位置坐标依赖于GPS测量及惯导系统的位置积分，精度难以满足高速铁路轨道测量对位置精度的要求。

[0014] 3、动态轨道检测技术之三：在授权公告号为CN103343498B的中国专利中，公开了一种惯性导航系统与全球导航卫星系统(GNSS,Global Navigation Satellite System)相组合的轨道动态检测方法。该方法解决了轨距及超高的测量问题，同时扩展了卫星测量范围，兼容美国的GPS、俄罗斯的格洛纳斯(GLONASS)、中国的北斗卫星导航系统(BDS,BeiDou Navigation Satellite System,BDS)等主要的导航系统，采用事后动态差分定位算法进行GNSS数据解算，结合惯导数据组合解算得到轨道平顺性。该方法的主要缺点为：

[0015] 1)、未能解决长大隧道中GNSS信号缺失情况下的轨道测量问题；

[0016] 2)、轨道绝对定位精度未能达到高速铁路测量所要求的毫米级精度。

[0017] 针对第一个缺点，在公开号为CN103821054A的中国专利中，公开了一种改进方案，该方案在长大隧道中GNSS信号缺失时，基于6-8个轨道控制网(CPIII,Control Point III)的控制点的自由设站法进行全站仪的设站及定向，然后采用全站仪观测数据与惯导数据相组合解算轨道的平顺性。该方法仅是作为GNSS信号缺失时的一种补充，仍然未能解决轨道绝对位置测量精度的问题，且在隧道中每隔30s左右进行一次6-8个CPIII点的自由设站操作，也极大地影响了轨道测量效率。

[0018] 综上可知，现有技术中的轨道检测技术未能很好地平衡轨道检测绝对精度与检测效率之间的矛盾。其中的静态轨道检测技术的精度高，但效率低；而动态轨道检测技术的效率高，但绝对位置精度低。但是，恰好是轨道绝对位置检测数据对于轨道维护具有重要作用，不可缺少。

发明内容

[0019] 有鉴于此，本发明提供了一种轨道动态测量系统及方法，从而可以在保证轨道绝对测量精度的前提下，大大提高轨道测量效率，避免GNSS信号在长大隧道中缺失且测量精度不满足使用要求的问题，实现轨道动态测量精度与效率的平衡。

[0020] 本发明的技术方案具体是这样实现的：

[0021] 一种轨道动态测量系统，该系统包括：纵梁、横梁、全站仪、控制器、惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器；

[0022] 所述纵梁沿一根钢轨的延伸方向设置；所述纵梁的两端的下方设置有至少两个与钢轨顶面接触的走行轮以及两个与钢轨内侧面接触的测量轮；所述测量轮用于为轨距测量提供基准；

[0023] 所述横梁的一端与所述纵梁垂直连接，所述横梁的另一端的下方设置有至少一个与另一根钢轨顶面接触的走行轮以及一个与另一根钢轨内侧面接触的轨距传感器；

[0024] 所述控制器设置在所述横梁的顶部，用于当所述轨道动态测量系统静止时，向所述全站仪发送观测指令；当所述轨道动态测量系统运动时，向所述惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令，并对惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行时间同步控制；还用于根据所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息；

[0025] 所述全站仪设置在所述纵梁的顶部，用于根据接收到的观测指令，观测距离最近

的轨道控制网CPIII的控制点上的反射棱镜并获取控制点观测值;将所述控制点观测值传输给所述控制器;

[0026] 所述惯性导航装置设置在所述横梁的顶部,用于根据接收到的测量指令,在预定的时间点测量得到其所在位置的空间三维姿态数据,并将测量得到的空间三维姿态数据传输给所述控制器;

[0027] 所述轨距传感器,用于根据接收到的测量指令,在预定的时间点测量两根钢轨之间的轨距,并将轨距测量值传输给所述控制器;

[0028] 所述里程传感器设置在所述横梁靠近所述轨距传感器的一端,用于根据接收到的测量指令,在预定的时间点进行里程测量,并将里程测量值传输给所述控制器。

[0029] 较佳的,所述控制器还包括:数据同步采集板和计算单元;

[0030] 所述数据同步采集板,用于当所述轨道动态测量系统静止时,向所述全站仪发送观测指令;当所述轨道动态测量系统运动时,向所述惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令,并对惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行时间同步控制,并将所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值传输给所述计算单元;

[0031] 所述计算单元,用于根据所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值,解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息。

[0032] 较佳的,所述轨道内外部几何状态信息包括:

[0033] 左右轨平面坐标、左右轨高程、轨距、超高、扭曲、长短波轨向平顺性和长短波高低平顺性。

[0034] 较佳的,所述横梁的一端通过法兰盘与所述纵梁垂直连接。

[0035] 较佳的,所述控制点观测值包括:

[0036] 斜距、水平角、高度角、北坐标、东坐标和高程。

[0037] 较佳的,所述控制点观测值通过蓝牙通信传输给所述控制器。

[0038] 较佳的,所述测量轮与钢轨内侧面的接触点位于钢轨顶面以下16mm处。

[0039] 较佳的,所述轨道动态测量系统还进一步包括:电源;

[0040] 所述电源,用于为所述轨道动态测量系统供电。

[0041] 本发明还提供了一种轨道动态测量方法,该方法包括如下步骤:

[0042] A、将轨道动态测量系统设置在待测的一对钢轨上,并将轨道动态测量系统推行至轨道控制网CPIII的一个控制点附近后静止;

[0043] B、在距离最近的控制点上设置反射棱镜,轨道动态测量系统中的控制器向设置在轨道动态测量系统的顶部的全站仪发送观测指令;

[0044] C、全站仪根据接收到的观测指令,观测距离最近的控制点上的反射棱镜并获取控制点观测值;将所述控制点观测值传输给所述控制器;

[0045] D、判断所述距离最近的控制点是否为最后一个控制点,如果是,则执行步骤J;否则,执行步骤E;

[0046] E、驱动所述轨道动态测量系统沿待测轨道向下一个控制点前进,控制器向设置在轨道动态测量系统上的惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令,并对惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行时间同步控制;

[0047] F、惯性导航装置根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量得到其所在位置的空间三维姿态数据，并将测量得到的空间三维姿态数据传输给所述控制器；

[0048] G、轨距传感器根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量两根钢轨之间的轨距，并将轨距测量值传输给所述控制器；

[0049] H、里程传感器根据接收到的测量指令，在预定的时间点进行里程测量，并将里程测量值传输给所述控制器；

[0050] I、轨道动态测量系统推行至下一个控制点附近后静止，返回执行步骤B；

[0051] J、控制器根据所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息。

[0052] 如上可见，在本发明中的轨道动态测量系统及方法中，由于在纵梁和横梁上分别设置了全站仪和惯性导航装置，另外还在纵梁和横梁上分别设置了控制器、轨距传感器和里程传感器，因此，在进行轨道的动态检测时，可以推动该轨道动态测量系统沿待测轨道前进，移动到轨道控制网(CPIII)的某一个控制点附近后静止，此时，控制器可以控制全站仪观测该控制点上的反射棱镜并获取该处的控制点观测值；测量完成后，继续推动该轨道动态测量系统沿待测轨道前进；在运动过程中，控制器则可以控制惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器分别进行测量，并分别得到空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值。当轨道动态测量系统运动到下一个控制点附近时静止，再次进行全站仪观测，全站仪、惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器分别在轨道动态测量系统的静止状态下和运动状态下进行测量，并由控制器记录、存储观测数据；依次类推，直到完成待检轨道及所有预设数量的控制点的检测。当所有的测量工作完成之后，控制器即可根据其所记录的各个控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息，完成对轨道的动态检测。

[0053] 在本发明的技术方案中，由于采用了惯性导航装置与智能型全站仪相结合的轨道动态测量技术，因此可以在保证轨道绝对测量精度优于5mm的前提下，大幅度地提高轨道测量效率，例如，测量速度可达3km/h，优于现有技术中已公布的轨道动态测量方案。而且，由于本发明的技术方案中所采用的是高速铁路全线统一的CPIII控制网作为轨道绝对测量的三维控制基准，因此避免了GNSS信号在长大隧道中缺失且测量精度不满足使用要求的问题；另外，本发明的技术方案中采用了惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器等高速传感器实现对轨道的动态测量，并通过数据同步采集机制实现了多源传感器数据采集的时间同步；此外，本发明的技术方案中还可采用多种有效的数据处理方法进行动态数据处理，获得轨道所有的内外部几何状态信息及与设计线位的偏差信息；还可采用多种数据输出方式，以满足现场对数据的使用要求。所以，通过使用本发明中的轨道动态测量系统和方法，实现了轨道动态测量精度与效率的平衡，解决高速铁路轨道测量的效率与精度的兼顾问题，满足了当前高速铁路对轨道测量技术的需求。

附图说明

[0054] 图1为本发明实施例中的轨道动态测量系统的俯视图。

[0055] 图2为本发明实施例中的轨道动态测量系统的正视图。

[0056] 图3为本发明实施例中的轨道动态测量方法的流程示意图。

[0057] 图4为本发明实施例中的数据采集时序示意图。

具体实施方式

[0058] 为使本发明的技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及具体实施例，对本发明作进一步详细的说明。

[0059] 图1为本发明实施例中的轨道动态测量系统的俯视图，图2为本发明实施例中的轨道动态测量系统的正视图。如图1和图2所示，本发明实施例中的可以设置在一对钢轨上的轨道动态测量系统包括：纵梁11、横梁12、全站仪13、控制器14、惯性导航装置15、轨距传感器16和里程传感器17；

[0060] 所述纵梁沿一根钢轨21的延伸方向设置；所述纵梁的两端的下方设置有至少两个与钢轨顶面接触的走行轮23以及两个与钢轨内侧面接触的测量轮24；所述测量轮用于为轨距测量提供基准；

[0061] 所述横梁的一端与所述纵梁垂直连接，所述横梁的另一端的下方设置有至少一个与另一根钢轨顶面接触的走行轮以及一个与另一根钢轨22内侧面接触的轨距传感器；

[0062] 所述控制器设置在所述横梁的顶部，用于当所述轨道动态测量系统静止时，向所述全站仪发送观测指令；当所述轨道动态测量系统运动时，向所述惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令，并对惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行时间同步控制；还用于根据所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息；

[0063] 所述全站仪设置在所述纵梁的顶部，用于根据接收到的观测指令，观测距离最近的轨道控制网CPIII的控制点上的反射棱镜并获取控制点观测值；将所述控制点观测值传输给所述控制器；

[0064] 所述惯性导航装置设置在所述横梁的顶部，用于根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量得到其所在位置的空间三维姿态数据，并将测量得到的空间三维姿态数据传输给所述控制器；

[0065] 所述轨距传感器，用于根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量两根钢轨之间的轨距，并将轨距测量值传输给所述控制器；

[0066] 所述里程传感器设置在所述横梁靠近所述轨距传感器的一端，用于根据接收到的测量指令，在预定的时间点进行里程测量，并将里程测量值传输给所述控制器。

[0067] 根据上述的轨道动态测量系统的结构可知，在本发明的技术方案中，在纵梁和横梁上分别设置了全站仪和惯性导航装置，另外还分别设置了控制器、轨距传感器和里程传感器。因此，在进行轨道的动态检测时，可以推动该轨道动态测量系统沿待测轨道前进，移动到CPIII的某一个控制点附近后静止，此时，控制器可以控制全站仪观测该控制点上的反射棱镜并获取该处的控制点观测值；测量完成后，继续推动该轨道动态测量系统沿待测轨道前进；在运动过程中，控制器则可以控制惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器分别进行测量，并分别得到空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值。当轨道动态测量系统运动到下一个控制点附近时静止，再次进行全站仪观测。全站仪、惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器分别在轨道动态测量系统的静止状态下和运动状态下进行测量，并由控制器记录、存储观测数据；依次类推，直到完成待检轨道及所有预设数量的控制点的检测。当所

有的测量工作完成之后，控制器即可根据其所记录的各个控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息，完成对轨道的动态检测。

[0068] 另外，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，所述控制器还可包括：数据同步采集板和计算单元；

[0069] 所述数据同步采集板，用于当所述轨道动态测量系统静止时，向所述全站仪发送观测指令；当所述轨道动态测量系统运动时，向所述惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令，并对惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行时间同步控制，并将所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值传输给所述计算单元；

[0070] 所述计算单元，用于根据所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息。

[0071] 另外，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，所述轨道内外部几何状态信息可以包括：左右轨平面坐标、左右轨高程、轨距、超高、扭曲、长短波轨向平顺性和长短波高低平顺性等信息。

[0072] 此外，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，所述横梁的一端通过法兰盘25与所述纵梁垂直连接。

[0073] 因此，在上道作业时，可以通过所述法兰盘将纵梁和横梁连接在一起作为一个整体；而在作业完毕后，则可以将其拆分，从而便于安放及运输。

[0074] 另外，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，所述控制点观测值可以包括：斜距、水平角、高度角、北坐标和东坐标和高程等数值。

[0075] 另外，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，所述控制点观测值可以通过蓝牙通信传输给所述控制器。

[0076] 此外，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，所述全站仪还可用于根据接收到的观测指令，与距离最近的轨道控制网CPIII的控制点上的反射棱镜进行目标自动照准，向所述反射棱镜发送测量光束(例如，可见激光束或红外光束)，并接收被所述反射棱镜的反射表面反射的反射光束，进而计算得到控制点观测值，例如，所述全站仪与所述反射棱镜的反射表面之间的观测距离、斜距、水平角、高度角、北坐标、东坐标和高程等数值。

[0077] 另外，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，所述测量轮与钢轨内侧面的接触点位于钢轨顶面以下16mm处，可以用于为轨距测量提供基准。

[0078] 另外，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，所述轨道动态测量系统还可以进一步包括：电源18；

[0079] 所述电源18，用于为所述轨道动态测量系统供电。

[0080] 此外，根据上述的轨道动态测量系统，本发明中还提供了一种轨道动态测量方法。

[0081] 图3为本发明实施例中的轨道动态测量方法的流程示意图。如图3所示，本发明实施例中的轨道动态测量方法可以包括如下所述的步骤：

[0082] 步骤301，将轨道动态测量系统设置在待测的一对钢轨上，并将轨道动态测量系统推行至CPIII的一个控制点附近后静止。

[0083] 在本发明的技术方案中，轨道线路的两旁同步建设有点对形式的CPIII(这也是我

国高速铁路的建设要求)，因此，一般情况下，轨道两旁每隔约50-60米就设置有一对控制点。由于CPIII具有全线路统一的三维坐标基准，且每个控制点都具有高精度的三维坐标，因此各个控制点是用于轨道测量及控制的绝佳参考点。

[0084] 因此，在本步骤中，可以先将轨道动态测量系统按照要求组织完毕后，设置在待测的一对钢轨上，然后推动该轨道动态测量系统前进至CPIII的一个控制点附近后静止。

[0085] 步骤302，在距离最近的控制点上设置反射棱镜，轨道动态测量系统中的控制器向设置在轨道动态测量系统的顶部的全站仪发送观测指令。

[0086] 步骤303，全站仪根据接收到的观测指令，观测距离最近的控制点上的反射棱镜并获取控制点观测值；将所述控制点观测值传输给所述控制器。

[0087] 通过上述的步骤302和303，即可获得该距离最近的控制点的观测值。此时，虽然轨道动态测量系统处于静止状态，但是惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器仍然处于工作状态，但不进行数据采集。

[0088] 在上述的步骤302和303中，在上述全站仪的观测过程中，轨道动态测量系统将停留在轨道上保持静止。上述的全站仪在观测时，可以将望远镜视线方向大致瞄准CPIII控制点上的反射棱镜，即可利用全站仪的目标自动照准功能完成观测，节省了现有技术中全站仪需要整平后才能观测的整平步骤，使得整个观测过程的持续时间可以不超过25s，从而大大提高了观测效率，节约了测量时间。

[0089] 步骤304，判断所述距离最近的控制点是否为最后一个控制点，如果是，则执行步骤310；否则，执行步骤305；

[0090] 步骤305，驱动所述轨道动态测量系统沿待测轨道向下一个控制点前进，控制器向设置在轨道动态测量系统上的惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令，并对惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行时间同步控制。

[0091] 在本步骤中，当所述轨道动态测量系统运动时，全站仪将停止工作，控制器将向所述惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令，并对惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行时间同步控制。

[0092] 其中，通过上述的时间同步控制，可以使得惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器在进行数据采集(即测量)时，各个测量操作之间的时间差足够小，以保证同一组测量数据在空间上指向钢轨的同一个位置，从而可以保证最终测量结果的准确性和精度。

[0093] 步骤306，惯性导航装置根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量得到其所在位置的空间三维姿态数据，并将测量得到的空间三维姿态数据传输给所述控制器。

[0094] 在本发明的技术方案中，由于惯性导航装置与载体(即上述的轨道动态测量系统)固连，将随着载体的运动而运动，因此能够准确的反应载体在运动状态下的空间三维姿态变化，并进行高频率(例如，大于100Hz)的空间三维姿态数据输出。所输出的空间三维姿态数据可以被所述控制器获取并存储下来。由于所述的轨道动态测量系统是在轨道上运动，载体的空间三维姿态的变化是由轨道在里程方向的三维空间位置的变化所引起的，因此惯性导航装置所测量的空间三维姿态数据，所反映的就是轨道在里程方向的三维空间中位置变化。

[0095] 步骤307，轨距传感器根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量两根钢轨之间的轨距，并将轨距测量值传输给所述控制器。

[0096] 步骤308，里程传感器根据接收到的测量指令，在预定的时间点进行里程测量，并将里程测量值传输给所述控制器。

[0097] 另外，在本发明的技术方案中，上述的步骤306～308可以是同步进行的，也可以是根据测量指令按照预设执行顺序和执行时间顺序执行的。

[0098] 例如，较佳的，图4为本发明实施例中的数据采集时序示意图，如图4所示，控制器(或者控制器中的数据同步采集板)可以在t1时刻向全站仪发送观测指令，全站仪根据该观测指令获取距离最近的控制点的控制点观测值；将所述控制点观测值传输给所述控制器，该观测过程将于t2时刻结束。在t1～t2这段时间内，惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器处于工作状态，但不进行数据采集。

[0099] 在t2时刻，轨道动态测量系统沿待测轨道向下一个控制点前进，控制器向惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令。

[0100] 在本发明的技术方案中，惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器等传感器均为高速传感器。例如，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，所述惯性导航装置内部的陀螺仪和加速度计等敏感器件响应速度很快，惯性导航装置中的系统处理器为高速DSP处理器，与外部通信采用高速异步串口或CAN总线，因而测量系统响应速度很快。再例如，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，轨距传感器可以是磁致伸缩位移传感器，其接口采用高速同步串行接口(SSI)，借助专用SSI协议解析芯片SSI208P，可以实现轨距传感器的实时数据读取。再例如，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，所述里程传感器可以是采用正交编码脉冲方式的增量光电编码器，因此可以借助采集计算机(即控制器)的正交编码(QEP)功能模块实现对编码器的无缝实时数据解析。

[0101] 因此，在控制器中的数据同步采集板的控制下，可以对上述的惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行高速采样，于t3时刻完成一轮数据采集，使t2～t3的时间差小于100ms，从而可以确保各传感器之间的时间误差。所以，在轨道动态测量系统被沿着轨道推行的过程中，可以由控制器中的数据同步采集板自动接收惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器连续测量得到的测量数据并存储，从而完成对轨道的动态测量。

[0102] 步骤309，轨道动态测量系统推行至下一个控制点附近后静止，返回执行步骤302；

[0103] 步骤310，控制器根据所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息。

[0104] 例如，较佳的，在本发明的一个具体实施例中，可以根据所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，采用卡尔曼滤波(Kalman Filter)、希尔伯特-黄变换(HHT，Hilbert-Huang Transform)等数据处理方法，经解算得到轨道的左右轨平面坐标、左右轨高程、轨距、超高、扭曲、长短波轨向平顺性、长短波高低平顺性等一系列轨道内外部几何状态信息及与设计线位相比较的偏差信息。

[0105] 另外，在本发明的技术方案中，上述的轨道内外部几何状态信息可以以多种形式的报表导出，以满足线路养护维修对数据的使用需要。其中，最为重要的一种数据导出，是利用轨道动态测量系统与捣固车的数据接口技术，将轨道实际位置与设计线位相比较而得到的平面偏差及高程偏差等信息输出，从而可以指导捣固车按照轨道检测数据进行线路的捣固作业，实现在数据引导下的线路养护维修作业模式。

[0106] 通过上述的步骤301～310，即可完成对轨道的动态检测。

[0107] 在上述的步骤306中，通过惯性导航装置测量得到了其所在位置的空间三维姿态数据，并将测量得到的空间三维姿态数据传输给所述控制器。

[0108] 通过上述惯性导航装置测量得到的数据的一个显著特征就是随着时间的推移，数据将呈现一种发散状态。不管是空间三维姿态数据还是经过对时间的二次积分而得到的空间三维位置数据，都具有这种特征。

[0109] 为了解决这个问题，现有技术中一般是利用GNSS动态观测数据融合惯导测量值进行组合解算，从而有效控制三维姿态及位置数据的发散问题。但是，三维位置精度的上限为GNSS的动态测量精度。在现有技术中，单点GNSS动态测量的方法有动态差分定位(RTK)、精密单点定位(PPP)、单点定位(SPP)等，在数据处理方面又有在线解算及事后解算两种方式，并可利用连续运行参考站(CORS)的数据来进一步提高解算精度。然而，当前的现有技术中的所有上述GNSS动态测量方式的三维位置精度均达不到5mm的量级，因此也就从根本上决定了GNSS与惯导相组合的测量方式不能为轨道维护提供足够精度的空间三维位置信息。

[0110] 而在本发明的技术方案中，是采用了智能型全站仪观测铁路轨道两旁的CPIII控制点来为整个轨道动态测量系统提供绝对位置基准，且不论隧道内与隧道外都可采用这种方式而不受环境的限制。由于根据我国高速铁路建设要求，轨道线路的两旁都同步建设有点对形式的CPIII，轨道两旁每隔约50-60米就设置有一对控制点，而且CPIII具有全线路统一的三维坐标基准，且每个点都具有高精度的三维坐标，因此，将全站仪观测CPIII控制点的控制点观测值与惯性导航装置测得的空间三维姿态数据相融合，经组合解算即可得到轨道的空间三维坐标，而且测量精度优于5毫米，完全能够满足有砟高速铁路线路捣固作业对轨道测量数据的精度要求。而且，在此基础上通过分析轨道的轨向、高低等平顺性指标，还可进一步得到轨道更为精细的调整量，并为无砟轨道的扣件精调服务。

[0111] 综上所述，在本发明的技术方案中，由于在纵梁和横梁上分别设置了全站仪和惯性导航装置，另外还在纵梁和横梁上分别设置了控制器、轨距传感器和里程传感器，因此，在进行轨道的动态检测时，可以推动该轨道动态测量系统沿待测轨道前进，移动到CPIII的某一个控制点附近后静止，此时，控制器可以控制全站仪观测该控制点上的反射棱镜并获取该处的控制点观测值；测量完成后，继续推动该轨道动态测量系统沿待测轨道前进；在运动过程中，控制器则可以控制惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器分别进行测量，并分别得到空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值。当轨道动态测量系统运动到下一个控制点附近时静止，再次进行全站仪观测，全站仪、惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器分别在轨道动态测量系统的静止状态下和运动状态下进行测量，并由控制器记录、存储观测数据；依次类推，直到完成待检轨道及所有预设数量的控制点的检测。当所有的测量工作完成之后，控制器即可根据其所记录的各个控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息，完成对轨道的动态检测。

[0112] 因此，本发明的技术方案实际上是一种采用惯性导航装置与智能型全站仪相结合的轨道动态测量技术，可以在保证轨道绝对测量精度优于5mm的前提下，大幅度地提高轨道测量效率，例如，测量速度可达3km/h，优于现有技术中已公布的轨道动态测量方案。而且，由于本发明的技术方案中所采用的是高速铁路全线统一的CPIII作为轨道绝对测量的三维

控制基准，因此避免了GNSS信号在长大隧道中缺失且测量精度不满足使用要求的问题；另外，本发明的技术方案中采用了惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器等高速传感器实现对轨道的动态测量，并通过数据同步采集机制实现了多源传感器数据采集的时间同步；此外，本发明的技术方案中还可采用多种有效的数据处理方法进行动态数据处理，获得轨道所有的内外部几何状态信息及与设计线位的偏差信息；还可采用多种数据输出方式，以满足现场对数据的使用要求。所以，通过使用本发明中的轨道动态测量系统和方法，实现了轨道动态测量精度与效率的平衡，解决高速铁路轨道测量的效率与精度的兼顾问题，满足了当前高速铁路对轨道测量技术的需求。

[0113] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明保护的范围之内。

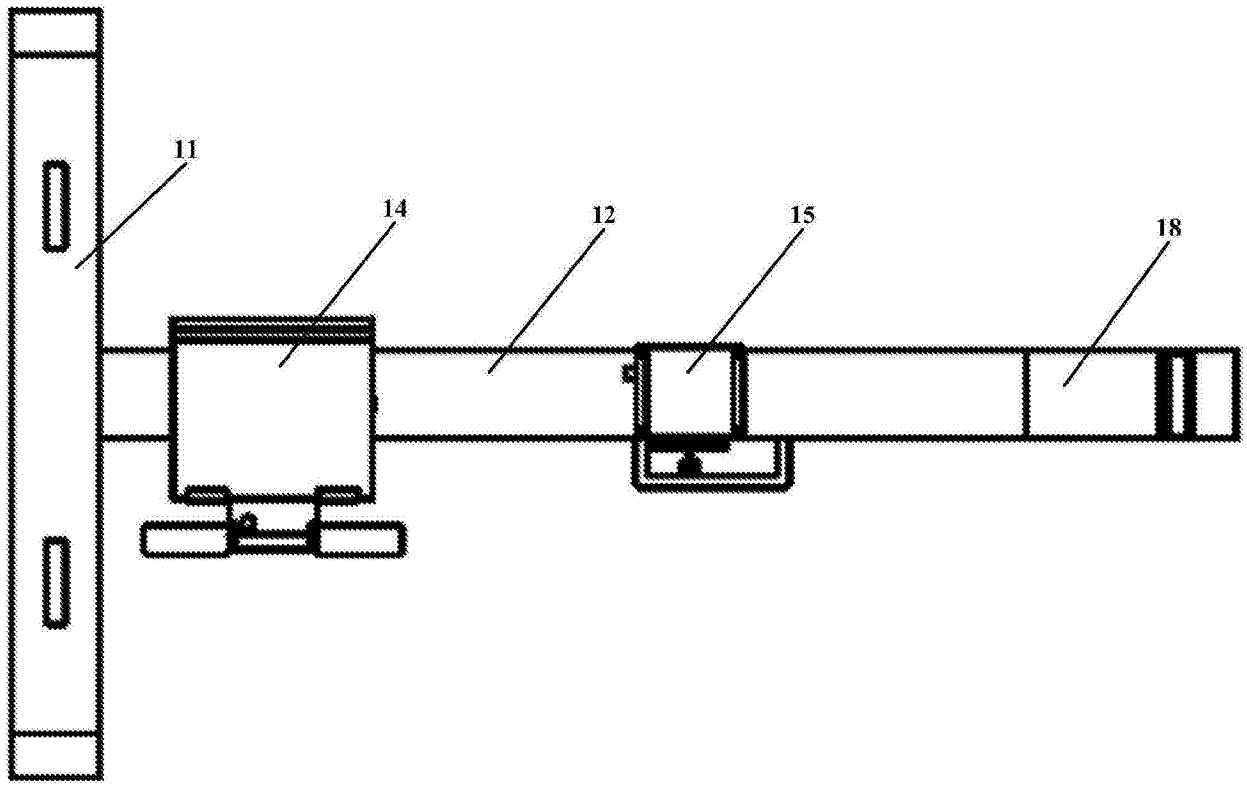


图1

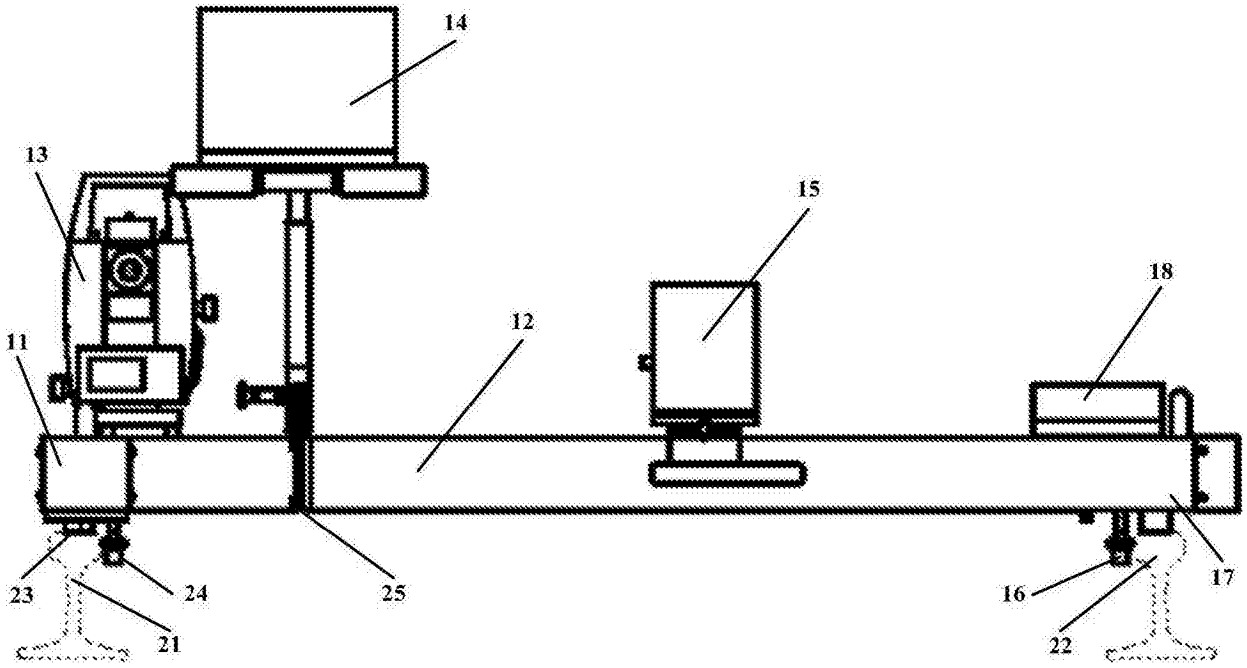


图2

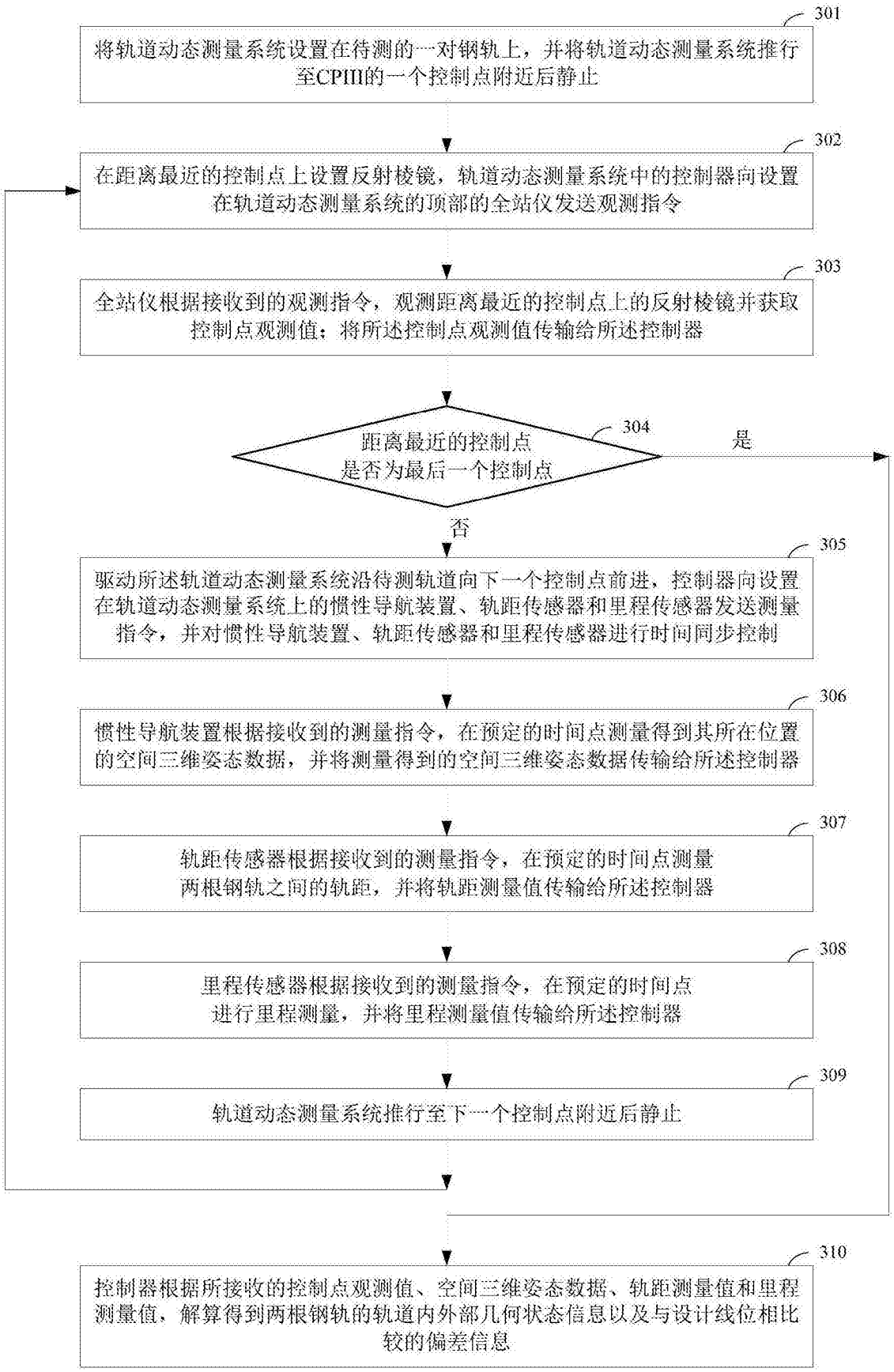

301
将轨道动态测量系统设置在待测的一对钢轨上，并将轨道动态测量系统推行至CPIII的一个控制点附近后静止
302
在距离最近的控制点上设置反射棱镜，轨道动态测量系统中的控制器向设置在轨道动态测量系统的顶部的全站仪发送观测指令
303
全站仪根据接收到的观测指令，观测距离最近的控制点上的反射棱镜并获取控制点观测值；将所述控制点观测值传输给所述控制器
304
距离最近的控制点是否为最后一个控制点
是
否
305
驱动所述轨道动态测量系统沿待测轨道向下一个控制点前进，控制器向设置在轨道动态测量系统上的惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器发送测量指令，并对惯性导航装置、轨距传感器和里程传感器进行时间同步控制
306
惯性导航装置根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量得到其所在位置的空间三维姿态数据，并将测量得到的空间三维姿态数据传输给所述控制器
307
轨距传感器根据接收到的测量指令，在预定的时间点测量两根钢轨之间的轨距，并将轨距测量值传输给所述控制器
308
里程传感器根据接收到的测量指令，在预定的时间点进行里程测量，并将里程测量值传输给所述控制器
309
轨道动态测量系统推行至下一个控制点附近后静止
310
控制器根据所接收的控制点观测值、空间三维姿态数据、轨距测量值和里程测量值，解算得到两根钢轨的轨道内外部几何状态信息以及与设计线位相比较的偏差信息

图3

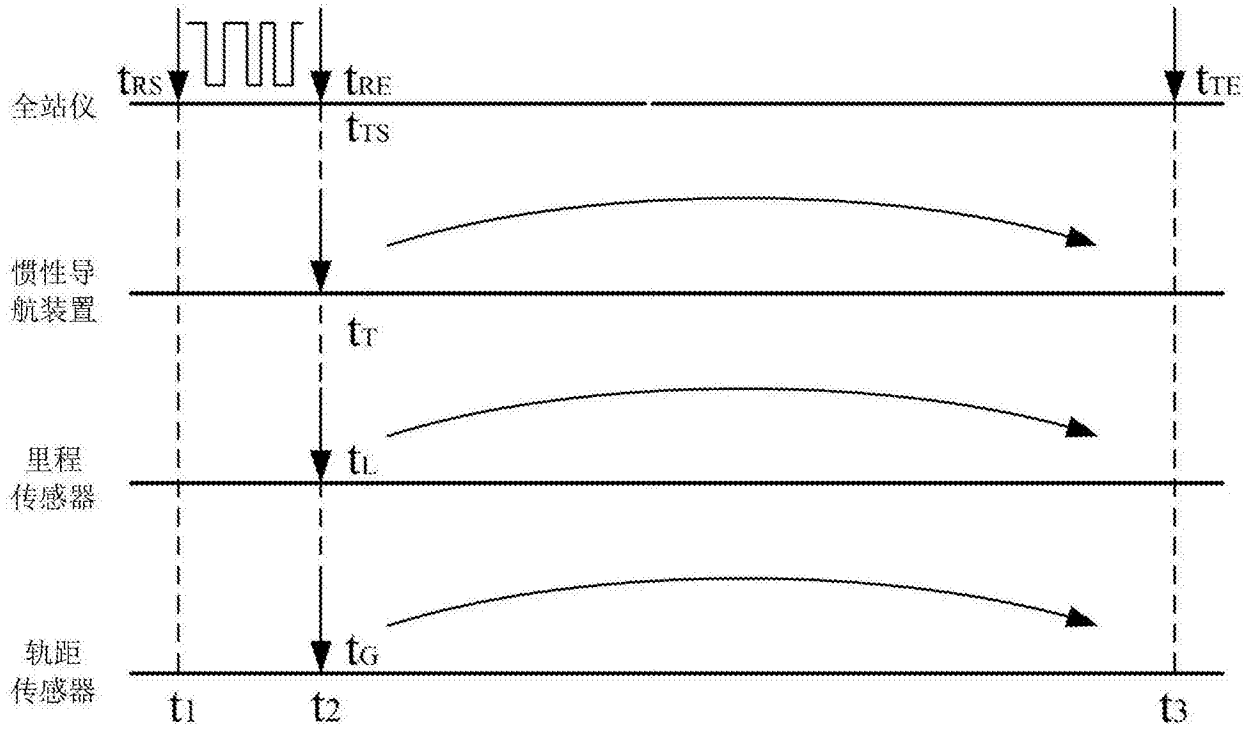


图4