



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105648862 B

(45)授权公告日 2017.07.28

(21)申请号 201410649222.6

审查员 谢敏

(22)申请日 2014.11.14

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105648862 A

(43)申请公布日 2016.06.08

(73)专利权人 中国航空工业六一八研究所

地址 710065 陕西省西安市雁塔区电子一路92号

(72)发明人 焦飞 雷宝权 郎斌 张金红

李玮奇 许大川

(74)专利代理机构 中国航空专利中心 11008

代理人 杜永保

(51)Int.Cl.

E01B 35/12(2006.01)

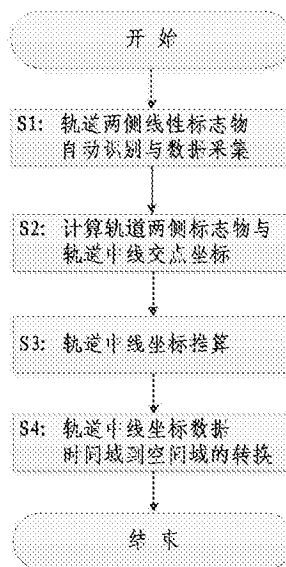
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

轨道中线坐标动态连续检测方法

(57)摘要

本发明轨道中线坐标动态连续检测方法,包括以下步骤:检测车平台沿铁路轨道运动,检测车平台上安装的高速相机及其数据采集系统对轨道左右两侧的线性标志物进行拍摄、数据采集、自动识别与计算;根据步骤1获得的数据,计算轨道左右两侧线性标志物与轨道中线交点的坐标;利用步骤2计算得到的轨道左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点坐标,推算两个相邻交点之间各点的坐标;通过里程仪将步骤3确定的轨道中线上各点的三维坐标数据从时间域转换到空间域。



1. 轨道中线坐标动态连续检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:检测车平台沿铁路轨道运动,检测车平台上安装的高速相机及其数据采集系统对轨道左右两侧的线性标志物进行拍摄、数据采集、自动识别与计算;

步骤2:根据步骤1获得的数据,计算轨道左右两侧线性标志物与轨道中线交点的坐标;计算轨道左右两侧线性标志物与轨道中线交点坐标的具体方法包括以下步骤:

步骤一:左右两侧线性标志物里程差计算

利用两侧标志物拍摄时所获取的同步左侧里程仪累计脉冲数 N_{odL} 和 N_{odR} ,计算左右两侧线性标志物的里程差如下:

$$\Delta N_{od} = |N_{odL} - N_{odR}|$$

$$\Delta L_{od} = \Delta N_{od} \cdot k_{od}$$

式中, ΔN_{od} 表示拍摄到左侧标志物时和拍摄到右侧标志物时的左侧里程仪脉冲数增量; N_{odL} 表示拍到左侧标志物时的左侧里程仪脉冲数, N_{odR} 表示拍到右侧标志物时的左侧里程仪脉冲数; ΔL_{od} 表示拍摄到左侧标志物时和拍摄到右侧标志物时的左里程增量, k_{od} 表示左侧里程仪刻度系数;

步骤二:左侧标志物与车体的水平距离和垂直距离转换到轨道中线

检测车平台各结构件之间为刚性连接,故计算左侧标志物到轨道中线的距离如下:

$$L_{HL} = D_{HL} + B_{HL}$$

$$L_{VL} = D_{VL} + B_{VL}$$

L_{HL} 左侧标志物到轨道中线的水平距离, L_{VL} 为左侧标志物到轨道中线的垂直距离, B_{HL} 为左侧相机检测左侧标志物水平距离基准点到轨道中线的固定水平距离, B_{VL} 为左侧相机检测左侧标志物水平距离基准点到轨道中线的固定垂直距离;

步骤三:左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点对应的左侧里程仪累计脉冲数计算

假设检测车平台首先拍摄到轨道右侧线性标志物,然后再拍摄到左侧标志物,则左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点对应的左侧里程仪累计脉冲数计算如下:

$$N_{odJ} = N_{odL} - \Delta N_{od} \cdot \frac{L_{HL}}{L_{HL} + L_{HR}}$$

N_{odJ} 表示左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点对应的左侧里程仪脉冲数, L_{HL} 和 L_{HR} 表示左侧标志物和右侧标志物分别到轨道中线的水平距离;

假设检测车平台首先拍摄到轨道左侧线性标志物,然后再拍摄到右侧标志物,则左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点对应的左侧里程仪累计脉冲数计算如下:

$$N_{odJ} = N_{odL} + \Delta N_{od} \cdot \frac{L_{HL}}{L_{HL} + L_{HR}}$$

步骤四:轨道法线在标志物坐标系的方位角计算

计算轨道法线在标志物坐标系的方位角如下:

$$\alpha = \arctan \frac{y_R - y_L}{x_R - x_L} + \arcsin \frac{\Delta L_{od}}{\sqrt{(x_R - x_L)^2 + (y_R - y_L)^2 + (z_R - z_L)^2}}$$

α 为轨道法线在标志物坐标系的方位角度, (x_L, y_L, z_L) 表示左侧标志物的三维坐标, (x_R, y_R, z_R) 为右侧标志物的三维坐标;

步骤五:左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点坐标计算

计算左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点的坐标如下:

$$L_H = L_{HL} + L_{HR}$$

$$\begin{cases} x_c = x_L + L_H \cos \alpha + (N_{odL} - N_{odR}) \cdot k_{od} \sin \alpha \\ y_c = y_L + L_H \sin \alpha - (N_{odL} - N_{odR}) \cdot k_{od} \cos \alpha \\ z_c = z_L + L_{VL} \end{cases}$$

L_H 为轨道两侧标志物分别到轨道中线的水平距离之和, (x_c, y_c, z_c) 为左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点坐标的计算结果,

步骤3:利用步骤2计算得到的轨道左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点坐标,推算两个相邻交点之间各点的坐标,推算两个相邻交点之间各点的坐标采用以下方法:

在左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点之外没有轨道两侧标志物作为计算基准的地方,即两个交点之间的地方,检测系统按照固定频率结合检测车平台实时航向角和俯仰角计算结果,按照下式获取轨道中线三维坐标的时间域推算结果,直至拍摄并识别到下一对轨道两侧标志物处,

$$x_c = x_{c0} + \int \Delta L_{od} \cos(\Delta \psi)$$

$$y_c = y_{c0} + \int \Delta L_{od} \sin(\Delta \psi)$$

$$z_c = z_{c0} + \int \Delta L_{od} \sin(\Delta \theta)$$

式中, x_c, y_c, z_c 为经过推算得到的轨道中线三维坐标; x_{c0}, y_{c0}, z_{c0} 为通过标志物精确计算得到的上一个左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点的三维坐标,作为坐标推算的初始值; ΔL_{od} 为推算时刻到计算得到标志物连线与轨道中线交点时刻之间的里程增量; $\Delta \psi$ 为推算时刻到标志物连线与轨道中线交点时刻之间的检测车平台的航向角变化量; $\Delta \theta$ 为推算时刻到标志物连线与轨道中线交点时刻之间的检测车平台的俯仰角变化量;

$$\Delta \psi = \psi_c - \psi_J$$

$$\Delta \theta = \theta_c - \theta_J$$

ψ_c 表示通过惯性测量组件积分运算得到的推算时刻检测车平台的航向角, θ_c 表示通过惯性测量组件积分运算得到的推算时刻检测车平台的俯仰角, ψ_J 表示通过惯性测量组件积分运算得到的标志物连线与轨道中线交点计算时刻检测车平台的航向角, θ_J 表示通过惯性测量组件积分运算得到的标志物连线与轨道中线交点计算时刻检测车平台的俯仰角;

步骤4:通过里程仪将步骤3确定的轨道中线上各点的三维坐标数据从时间域转换到空间域。

2. 根据权利要求1所述的轨道中线坐标动态连续检测方法,其特征在于,步骤1采用基于立体交汇的测量与分析方法,计算获取包括左侧线性标志物与左侧相机的横向距离 D_{HL} 、垂向距离 D_{VL} 、以及对应的左侧里程仪累计脉冲数 N_{odL} ;右侧线性标志物与右侧相机的横向距离 D_{HR} 、垂向距离 D_{VR} 、以及对应的左侧里程仪累计脉冲数 N_{odR} ;采用查表方法在线性标志物数据库中得到对应的左侧线性标志物三维坐标 (x_L, y_L, z_L) ,以及对应的右侧标志物三维坐标 (x_R, y_R, z_R) 。

轨道中线坐标动态连续检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于铁路轨道检测技术,涉及对铁路轨道中线三维坐标动态连续检测的方法。

背景技术

[0002] 轨道中线坐标主要用于描述线路在轨道控制网中的精确三维坐标,用于评价线路沉降。目前,国内轨道平顺度检查的内容仅包括轨道相对不平顺,并不包括线路的轨道中线坐标。

[0003] 现在测量轨道中线坐标的手段是采用全站仪配合天宝小车测量,首先需要搭建全站仪,在全站仪周围的4~6对线性标志物基桩上安装测量专用棱镜,使全站仪跟踪棱镜确定自身三维坐标;之后当检测设备在检测范围内(距全站仪10m-70m)的每一个扣件所在位置静止测量一次,通过全站仪与静态检测设备之间的距离和角度,确定检测设备的三维坐标,根据当前轨距和水平转换成该扣件对应的轨道中线和高程位置。这种方法属于静态测量,效率为600-700m/天,不能满足铁路快速发展的需要。

[0004] 轨道中线坐标动态连续检测方法所采用的检测装置与中国航空工业第六一八所已经获得中国国家知识产权局授权的发明专利“一种轨道标志物动态获取装置和获取方法”(专利号ZL201110089812.4)相同,主要包括:检测车平台、高分辨率光电里程仪、惯性测量组件、高性能相机组成的轨道线性标志获取装置等。轨道中线坐标动态连续检测方法中涉及到的轨道标志物动态获取方法也与此专利中所描述的方法相同。

发明内容

[0005] 本发明的目的是:提出一种能对轨道中线坐标进行动态连续检测的检测方法。

[0006] 本发明的技术方案是:

[0007] 本发明提供了轨道中线坐标动态连续检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0008] 步骤1:检测车平台沿铁路轨道运动,检测车平台上安装的高速相机及其数据采集系统对轨道左右两侧的线性标志物进行拍摄、数据采集、自动识别与计算;

[0009] 步骤2:根据步骤1获得的数据,计算轨道左右两侧线性标志物与轨道中线交点的坐标;

[0010] 步骤3:利用步骤2计算得到的轨道左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点坐标,推算两个相邻交点之间各点的坐标;

[0011] 步骤4:通过里程仪将步骤3确定的轨道中线上各点的三维坐标数据从时间域转换到空间域。

[0012] 进一步的,步骤1采用基于立体交汇的测量与分析方法,计算获取包括左侧线性标志物与左侧相机的横向距离 D_{HL} 、垂向距离 D_{VL} 、以及对应的左侧里程仪累计脉冲数 N_{odL} ;右侧线性标志物与右侧相机的横向距离 D_{HR} 、垂向距离 D_{VR} 、以及对应的左侧里程仪累计脉冲数 N_{odR} ;采用查表方法在线性标志物数据库中得到对应的左侧线性标志物三维坐标 $(x_L, y_L,$

z_L), 以及对应的右侧标志物三维坐标 (x_R, y_R, z_R) 。

[0013] 进一步的, 计算轨道左右两侧线性标志物与轨道中线交点坐标的具体方法包括以下步骤:

[0014] 步骤一: 左右两侧线性标志物里程差计算

[0015] 利用两侧标志物拍摄时所获取的同步左侧里程仪累计脉冲数 N_{odL} 和 N_{odR} , 计算左右两侧线性标志物的里程差如下:

$$[0016] \quad \Delta N_{od} = |N_{odL} - N_{odR}|$$

$$[0017] \quad \Delta L_{od} = \Delta N_{od} \cdot k_{od}$$

[0018] 式中, ΔN_{od} 表示拍摄到左侧标志物时和拍摄到右侧标志物时的左侧里程仪脉冲数增量; N_{odL} 表示拍到左侧标志物时的左侧里程仪脉冲数, N_{odR} 表示拍到右侧标志物时的左侧里程仪脉冲数; ΔL_{od} 表示拍摄到左侧标志物时和拍摄到右侧标志物时的左里程增量, k_{od} 表示左侧里程仪刻度系数;

[0019] 步骤二: 左侧标志物与车体的水平距离和垂直距离转换到轨道中线

[0020] 检测车平台各结构件之间为刚性连接, 故计算左侧标志物到轨道中线的距离如下:

$$[0021] \quad L_{HL} = D_{HL} + B_{HL}$$

$$[0022] \quad L_{VL} = D_{VL} + B_{VL}$$

[0023] L_{HL} 左侧标志物到轨道中线的水平距离, L_{VL} 为左侧标志物到轨道中线的垂直距离, B_{HL} 为左侧相机检测左侧标志物水平距离基准点到轨道中线的固定水平距离, B_{VL} 为左侧相机检测左侧标志物水平距离基准点到轨道中线的固定垂直距离;

[0024] 步骤三: 左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点对应的左侧里程仪累计脉冲数计算

[0025] 假设检测车平台首先拍摄到轨道右侧线性标志物, 然后再拍摄到左侧标志物, 则左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点对应的左侧里程仪累计脉冲数计算如下:

$$[0026] \quad N_{odJ} = N_{odL} - \Delta N_{od} \cdot \frac{L_{HL}}{L_{HL} + L_{HR}}$$

[0027] N_{odJ} 表示左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点对应的左侧里程仪脉冲数。 L_{HL} 和 L_{HR} 表示左侧标志物和右侧标志物分别到轨道中线的水平距离;

[0028] 假设检测车平台首先拍摄到轨道左侧线性标志物, 然后再拍摄到右侧标志物, 则左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点对应的左侧里程仪累计脉冲数计算如下:

$$[0029] \quad N_{odJ} = N_{odL} + \Delta N_{od} \cdot \frac{L_{HL}}{L_{HL} + L_{HR}}$$

[0030] 步骤四: 轨道法线在标志物坐标系的方位角计算

[0031] 计算轨道法线在标志物坐标系的方位角如下:

$$[0032] \quad \alpha = \arctan \frac{y_R - y_L}{x_R - x_L} + \arcsin \frac{\Delta L_{od}}{\sqrt{(x_R - x_L)^2 + (y_R - y_L)^2 + (z_R - z_L)^2}}$$

[0033] α 为轨道法线在标志物坐标系的方位角度, (x_L, y_L, z_L) 表示左侧标志物的三维坐标, (x_R, y_R, z_R) 为右侧标志物的三维坐标;

[0034] 步骤五:左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点坐标计算

[0035] 计算左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点的坐标如下:

[0036] $L_H = L_{HL} + L_{HR}$

$$[0037] \begin{cases} x_c = x_L + L_H \cos \alpha + (N_{odI} - N_{odL}) \cdot k_{od} \sin \alpha \\ y_c = y_L + L_H \sin \alpha - (N_{odI} - N_{odL}) \cdot k_{od} \cos \alpha \\ z_c = z_L + L_{VL} \end{cases}$$

[0038] L_H 为轨道两侧标志物分别到轨道中线的水平距离之和, (x_c, y_c, z_c) 为左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点坐标的计算结果。

[0039] 进一步的,推算两个相邻交点之间各点的坐标可以采用以下方法:

[0040] 在左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点之外没有轨道两侧标志物作为计算基准的地方,即两个交点之间的地方,检测系统按照固定频率结合检测车平台实时航向角和俯仰角计算结果,按照下式获取轨道中线三维坐标的时间域推算结果,直至拍摄并识别到下一对轨道两侧标志物处。

[0041] $x_c = x_{c0} + \int \Delta L_{od} \cos(\Delta \psi)$

[0042] $y_c = y_{c0} + \int \Delta L_{od} \sin(\Delta \psi)$

[0043] $z_c = z_{c0} + \int \Delta L_{od} \sin(\Delta \theta)$

[0044] 式中, x_c, y_c, z_c 为经过推算得到的轨道中线三维坐标; x_{c0}, y_{c0}, z_{c0} 为通过标志物精确计算得到的上一个左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点的三维坐标,作为坐标推算的初始值; ΔL_{od} 为推算时刻到计算得到标志物连线与轨道中线交点时刻之间的里程增量; $\Delta \psi$ 为推算时刻到标志物连线与轨道中线交点时刻之间的检测车平台的航向角变化量; $\Delta \theta$ 为推算时刻到标志物连线与轨道中线交点时刻之间的检测车平台的俯仰角变化量;

[0045] $\Delta \psi = \psi_c - \psi_J$

[0046] $\Delta \theta = \theta_c - \theta_J$

[0047] ψ_c 表示通过惯性测量组件积分运算得到的推算时刻检测车平台的航向角, θ_c 表示通过惯性测量组件积分运算得到的推算时刻检测车平台的俯仰角。 ψ_J 表示通过惯性测量组件积分运算得到的标志物连线与轨道中线交点计算时刻检测车平台的航向角, θ_J 表示通过惯性测量组件积分运算得到的标志物连线与轨道中线交点计算时刻检测车平台的俯仰角。

[0048] 本发明的优点是:

[0049] 本发明实现在轨道两侧具有线性标志物条件的铁路中线坐标的动态连续检测,数据输出间距可设置,可以精确定位轨道中线的偏移与沉降位置,提高了检测效率,起到了线路变形预警的效果。

附图说明

[0050] 图1是本发明检测方法的流程图;

[0051] 图2是本发明检测方法步骤2的流程图。

具体实施方式

[0052] 本发明在轨道线形监测中应用,应在装有高分辨率光电里程仪、惯性测量组件、高性能相机组成铁路线性标志获取装置等的轨道检测车平台上使用。具体操作步骤如下:

[0053] S1:铁路线性标志物的自动识别与数据采集

[0054] 步骤1.1:左右两侧线性标志物拍摄与数据采集

[0055] 高分辨率光电里程仪随着检测车平台的运动,按固定频率(如200Hz)向计算机发送累计脉冲数,其中左侧里程仪累计脉冲数记录为 N_{odL} 。

[0056] 当检测车平台在行驶过程中经过一个位于检测车平台左侧的线性标志物时,利用检测车平台左侧安装的一对共线的高性能工业相机,对铁路轨道左侧线性标志物进行自动拍摄与识别,基于立体交汇的测量与分析方法,计算获取包括左侧线性标志物与左侧相机的横向距离 D_{HL} 、垂向距离 D_{VL} 、以及对应的左侧里程仪累计脉冲数 N_{odL} 等数据。

[0057] 同样的,当检测车平台在行驶过程中经过一个位于检测车平台右侧的线性标志物时,利用检测车平台右侧安装的一对共线的高性能工业相机,对铁路轨道右侧线性标志物进行自动拍摄与识别,基于立体交汇的测量与分析方法,计算获取包括右侧线性标志物与右侧相机的横向距离 D_{HR} 、垂向距离 D_{VR} 、以及对应的左侧里程仪累计脉冲数 N_{odR} 等数据。

[0058] 步骤1.2:左右两侧线性标志物三维坐标获取

[0059] 采用查表方法在线性标志物数据库中可以得到对应的左侧标志物三维坐标 (x_L, y_L, z_L) ,以及对应的右侧标志物三维坐标 (x_R, y_R, z_R) 。

[0060] S2:两侧标志物与轨道中线交点的坐标计算

[0061] S201:左右两侧线性标志物里程差计算

[0062] 利用两侧标志物拍摄时所获取的同步左侧里程仪累计脉冲数 N_{odL} 和 N_{odR} ,计算左右两侧线性标志物的里程差如下:

$$[0063] \quad \Delta N_{od} = |N_{odL} - N_{odR}|$$

$$[0064] \quad \Delta L_{od} = \Delta N_{od} \cdot k_{od}$$

[0065] 式中, ΔN_{od} 表示拍摄到左侧标志物时和拍摄到右侧标志物时的左侧里程仪脉冲数增量; N_{odL} 表示拍到左侧标志物时的左侧里程仪脉冲数, N_{odR} 表示拍到右侧标志物时的左侧里程仪脉冲数; ΔL_{od} 表示拍摄到左侧标志物时和拍摄到右侧标志物时的左里程增量, k_{od} 表示左侧里程仪刻度系数。

[0066] S202:左侧标志物与车体的水平距离和垂直距离转换到轨道中线

[0067] 检测车平台各结构件为刚性连接,故计算左侧标志物到轨道中线的距离如下:

$$[0068] \quad L_{HL} = D_{HL} + B_{HL}$$

$$[0069] \quad L_{VL} = D_{VL} + B_{VL}$$

[0070] L_{HL} 左侧标志物到轨道中线的水平距离, L_{VL} 为左侧标志物到轨道中线的垂直距离, B_{HL} 为左侧相机检测左侧标志物水平距离基准点到轨道中线的固定水平距离, B_{VL} 为左侧相机检测左侧标志物水平距离基准点到轨道中线的固定垂直距离;

[0071] S203:左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点对应的左侧里程仪累计脉冲数计算

[0072] 假设检测车平台首先拍摄到轨道右侧线性标志物,然后再拍摄到左侧标志物,则左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点对应的左侧里程仪累计脉冲数计算如下:

$$[0073] \quad N_{odJ} = N_{odL} - \Delta N_{od} \cdot \frac{L_{HL}}{L_{HL} + L_{HR}}$$

[0074] N_{odJ} 表示左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点对应的左侧里程仪脉冲数。 L_{HL}

和 L_{HR} 表示左侧标志物和右侧标志物分别到轨道中线的水平距离。

[0075] 假设检测车平台首先拍摄到轨道左侧线性标志物,然后再拍摄到右侧标志物,则左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点所对应的左侧里程仪累计脉冲数计算如下:

$$[0076] \quad N_{odJ} = N_{odL} + \Delta N_{od} \cdot \frac{L_{HL}}{L_{HL} + L_{HR}}$$

[0077] S204:轨道法线在标志物坐标系的方位角计算

[0078] 计算轨道法线在标志物坐标系的方位角如下:

$$[0079] \quad \alpha = \arctan \frac{y_R - y_L}{x_R - x_L} + \arcsin \frac{\Delta L_{od}}{\sqrt{(x_R - x_L)^2 + (y_R - y_L)^2 + (z_R - z_L)^2}}$$

[0080] α 为轨道法线在标志物坐标系的方位角度, (x_L, y_L, z_L) 表示左侧标志物的三维坐标, (x_R, y_R, z_R) 为右侧标志物的三维坐标。

[0081] S205:左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点坐标计算

[0082] 计算左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点的坐标如下:

$$[0083] \quad L_H = L_{HL} + L_{HR}$$

$$[0084] \quad \begin{cases} x_c = x_L + L_H \cos \alpha + (N_{odJ} - N_{odL}) \cdot k_{od} \sin \alpha \\ y_c = y_L + L_H \sin \alpha - (N_{odJ} - N_{odL}) \cdot k_{od} \cos \alpha \\ z_c = z_L + L_{VL} \end{cases}$$

[0085] L_H 为轨道两侧标志物分别到轨道中线的水平距离之和, (x_c, y_c, z_c) 为左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点坐标的计算结果。

[0086] S3:轨道中线三维坐标的推算

[0087] 在左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点之外没有轨道两侧标志物作为计算基准的地方,检测系统按照固定频率(如200Hz)结合检测车平台实时航向角和俯仰角计算结果,按照下式获取轨道中线三维坐标的时间域推算结果,直至拍摄并识别到下一对轨道两侧标志物处。

$$[0088] \quad x_c = x_{c0} + \int \Delta L_{od} \cos(\Delta \psi)$$

$$[0089] \quad y_c = y_{c0} + \int \Delta L_{od} \sin(\Delta \psi)$$

$$[0090] \quad z_c = z_{c0} + \int \Delta L_{od} \sin(\Delta \theta)$$

[0091] 式中, x_c, y_c, z_c 为经过推算得到的轨道中线三维坐标; x_{c0}, y_{c0}, z_{c0} 为通过标志物精确计算得到的上一个左右两侧线性标志物连线与轨道中线交点的三维坐标,作为坐标推算的初始值; ΔL_{od} 为推算时刻到计算得到标志物连线与轨道中线交点时刻之间的里程增量; $\Delta \psi$ 为推算时刻到标志物连线与轨道中线交点时刻之间的检测车平台的航向角变化量; $\Delta \theta$ 为推算时刻到标志物连线与轨道中线交点时刻之间的检测车平台的俯仰角变化量;

$$[0092] \quad \Delta \psi = \psi_c - \psi_J$$

$$[0093] \quad \Delta \theta = \theta_c - \theta_J$$

[0094] ψ_c 表示通过惯性测量组件积分运算得到的推算时刻检测车平台的航向角, θ_c 表示通过惯性测量组件积分运算得到的推算时刻检测车平台的俯仰角。 ψ_J 表示通过惯性测量组件积分运算得到的标志物连线与轨道中线交点计算时刻检测车平台的航向角, θ_J 表示通过惯性测量组件积分运算得到的标志物连线与轨道中线交点计算时刻检测车平台的俯仰角。

[0095] S4:轨道中线三维坐标数据时间域到空间域转换

[0096] 为方便轨道故障的保养与维护,常需要以轨道线路里程对检测结果进行定位,这就需要将步骤5计算得到的固定频率(如200Hz)下的时间域检测结果,根据步骤1得到的里程,转换成固定里程长度(如0.625m)的空间域检测结果并输出给计算机,这些空间域检测结果,即轨道中线坐标标记为 (X_{cp}, Y_{cp}, Z_{cp}) 。

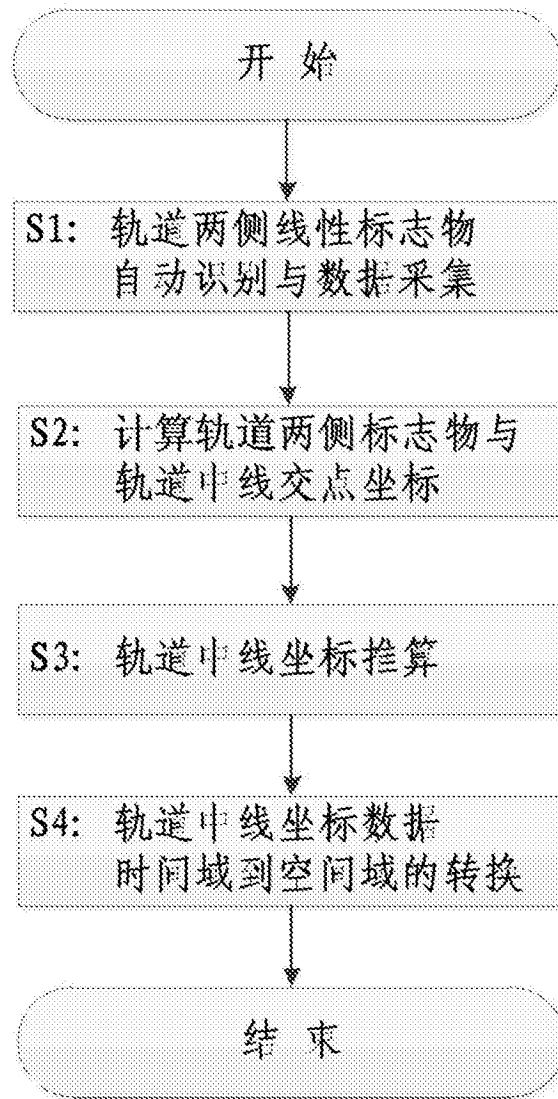


图1

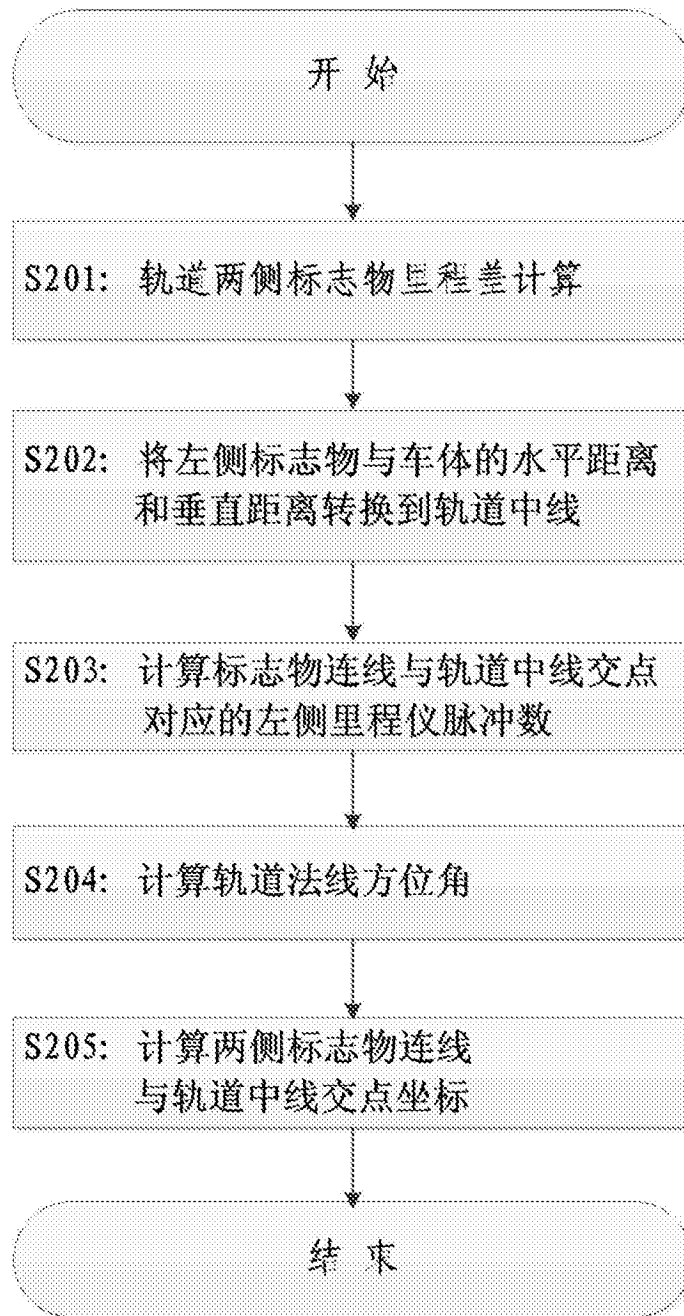


图2