

文章编号: 1005-8451 (2009) 05-0033-03

GPS 里程自动修正系统的原理与应用

杨超, 王卫东

(中国铁道科学研究院 基础设施检测研究所, 北京 100081)

摘 要: 论述 GPS 里程自动修正系统的定位原理和系统结构, 提出 GPS 延迟和匹配算法, 解决线路的上下行和单复线的自动判别问题; 介绍 GPS 在专业检测车等专用车辆里程定位上的应用; 其成果有效提高了专业检测车数据空间定位的精度, 大幅度减轻了检测人员的劳动强度。

关键词: GPS; 自动修正; 定位原理; 应用

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

Principle and application to GPS Mileage Automatic Calibration System

YANG Chao, WANG Wei-dong

(Infrastructure Inspection Research Institute, China Academy of Railways Science, Beijing 100081, China)

Abstract: It was discussed the positioning principle and system architecture of the GPS Mileage Automatic Calibration System, put forward GPS delay algorithm and matching algorithm, solved the up line or down line and single-double-track automatic identification problem. It was also introduced the GPS application to the professional vehicle mileage positioning of the professional detect vehicles. The results effectively improved the data space positioning accuracy of the professional detect vehicles and greatly reduced the detection staff's labor intensity.

Key words: GPS; automatic calibration; positioning principle; application

轨道检查车、钢轨探伤车和电务检查车等大型动态检测设备的检测数据需加上准确的里程标记, 相关单位才可准确地找到铁路基础设施出现病害的位置, 并根据具体情况对铁路基础设施进行养护维修; 检测系统的里程标记是由安装在轮轴上的光电编码器获取, 当车轮旋转一周时, 光电编码器会发给系统一定数量的脉冲信号, 检测系统根据脉冲数量累计里程数, 以此形成检测系统自身的里程标记。

但是, 这个里程可能会出现不准确的情况, 其原因有两种: (1) 车轮原因: 车轮自身磨损造成圆周变小, 或列车制动打滑; (2) 线路原因: 线路设置的公里牌, 由于施工改线, 造成长短链; 或者线路的连线, 会出现里程跳变。

因此, 需对检测车的里程进行修正。传统方法是靠人工对里程牌进行观察, 在检测车运行到特定里程处进行里程的修正; 这种方式存在的问题在于: (1) 列车速度过快造成操作人员无法看清公里牌, 对里程修正过早或过迟; (2) 天气原因

使操作人员的视线受到影响, 例如雾、雨、雪和风等天气; (3) 操作人员劳动强度加重。

本文所述的新型 GPS 延迟和匹配算法, 满足了专业检测车在里程精度和输出频率上的较高要求, 同时利用 GPS 测量出的方向角, 解决了在单线时自动判断车辆运行的方向, 在复线时自动判断车辆所在上下行的问题, 使操作更为简单实用。并可结合铁路电子地图, 建立动态铁路地理信息系统, 在车辆运行过程中实时显示车辆的运行轨迹、所经过的铁路局、线路、车站和工务段等相关信息。

1 基本原理及系统介绍

1.1 基本原理

GPS 里程自动修正方式的工作原理是利用 GPS 接收机实时输出的经度、纬度和方向角等相关参数, 与已经建立的线路上的公里牌的经纬度及方向角的数据库, 进行匹配比较和延迟输出处理, 而得到正在运行的列车确切公里数, 并将实时计算出来的公里数每隔一个周期实时输出到检测系统中, 达到修正检测系统的里程标识。

收稿日期: 2008-11-23

基金项目: 中国铁道科学研究院基金资助项目 (0451JJ1206)

作者简介: 杨超, 助理研究员; 王卫东, 研究员。

图 1 为用流程图的方式介绍系统的核心技术，即：匹配比较和延迟输出算法的实现过程。

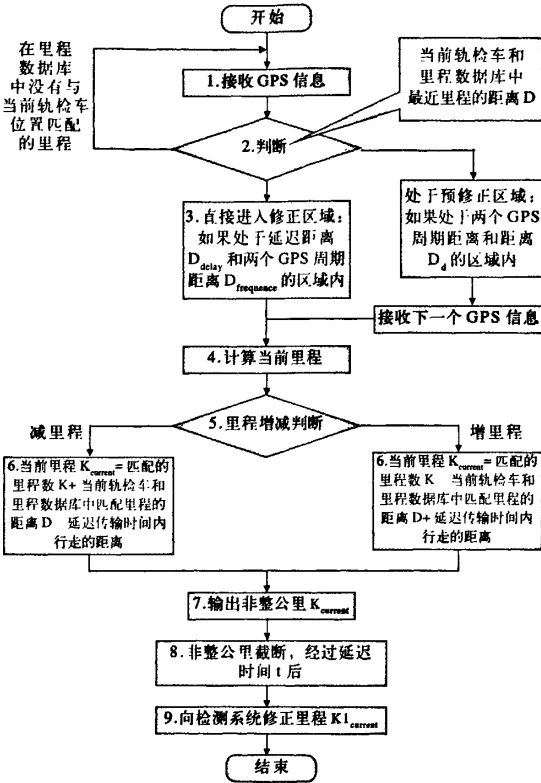


图 1 GPS 里程自动匹配过程的流程图

步骤 1：接收 GPS 数据；

步骤 2：判断在里程数据库中是否有与当前轨检车位置相匹配的里程，如果无相匹配的里程则返回步骤 1，如果有相匹配的里程则进行步骤 3；

步骤 3：基于延迟时间 T_{delay} 的距离修正；在步骤 3 中，如果处于当前轨道车和里程数据库中最近的距离 D 位于延迟距离 D_{delay} （依据速度和延迟时间计算）和两个 GPS 周期距离 $D_{\text{frequency}}$ 的区域内，则直接进入修正区域，即采用所接收的 GPS 数据给出的路程数据，进入步骤 4 的处理；如果当前轨道车和里程数据库中最近的距离 D 处于两个 GPS 周期距离 $D_{\text{frequency}}$ 和距离 D_{df} （依据 GPS 周期加上延迟时间再加上 GPS 传输时间）的区域内，距离 D_{df} 是可能的最大误差，则采用下一个 GPS 数据给出的路程数据，进入步骤 4 的处理，把步骤 2 所接收的 GPS 数据作为处于预修正区域的指令。

步骤 4：计算当前里程；

步骤 5：里程增减判断；

步骤 6：里程增减处理，包括减里程处理和增里程处理，即根据里程数据库中相匹配的里程与距离修正后的数据，进行里程增减处理；

步骤 7：输出当前里程 K_{current} ，当前里程 K_{current} 是一非整公里数据；

步骤 8：为非整公里截断，经过延迟时间 T ；

步骤 9：为向检测系统输出修正里程 $K1_{\text{current}}$ ；

其中延迟时间 T_{delay} 是指 GPS 接收机自身延迟时间，传输时间 T_{transfer} 指从 GPS 接收机的一段 GPS 数据传输到 GPS 处理计算机的时间，等于接收到 GPS 数据的开始时间减去接收到 GPS 数据的结束时间。

1.2 系统介绍

该系统主要由 GPS 天线和接收机、处理计算机、铁路地理信息系统及轨检系统接口组成，如图 2。处理计算机通过串行口连接 GPS 接收机，并通过另外一个串行口连接检测车检测系统，GPS 接收机设置在主机台上，设有单独的供应电源，GPS 接收机将接收到的 GPS 定位数据以串行口传输给处理计算机中的铁路地理信息系统（RailsGIS），在 RailsGIS 中进行定位延迟、里程判断和方向判断处理，处理后的数据传输给检测系统。

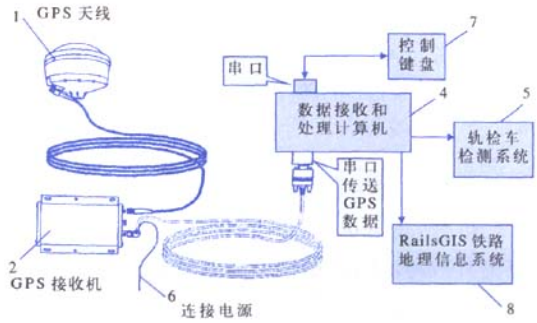


图 2 GPS 里程自动修正结构图

系统的核心是自动修正和 RailsGIS 软件，RailsGIS 软件直接从串口接收 GPS 接收机传输来的 GPS 信息，对这些信息进行延迟算法处理并和里程数据库中的里程信息匹配，计算到达修正里程所需的时间，经过计算出来的延迟时间再通过另外一串口向检测系统中主程序实时传输里程，实现整个检测系统里程的修正。同时，该 RailsGIS 软件还显示铁路地图，并动态显示检测车的位置

信息和运行轨迹。

RailsGIS 软件的功能模块介绍如下:

(1) 里程数据库建立(标定点过程)

该功能利用人工对检测系统修正里程的同时,进行里程数据库的建立,将经过处理的 GPS 信息和里程信息包括里程的公里数、增减里程、是否单复线以及里程所属的线路名称记录到数据库中,供里程自动修正使用。

(2) 里程自动修正

在建立 GPS 里程数据库的基础上,该系统可进行里程自动修正;同时,不仅可在原有打点处输出精确的里程,结合光电编码器累加里程,在进入隧道或接收条件较差时保证了该系统的可靠性。

(3) 线路的上下行和单复线自动判别

利用 GPS 测量出的经纬度、方向角和数据库中的里程记录相对比,可判断车辆目前运行线路的上下行和单复线。

(4) 里程修正周期选择

为用户设置了选择修正周期的选项。

(5) 车辆状态显示

显示目前车辆位置的经度、纬度、海拔高度、速度和 GPS 接收机状态。

(6) 线路信息显示

显示目前车辆所处位置的铁路局、车站、线路、车站里程和工务段信息。

(7) 地图查看模式

选择按行政区或铁路局模式显示。

(8) 地图按铁路局查询

选择铁路局名称,显示该铁路局的管界地图。

(9) 新线路的建立

根据列车运行轨迹在电子地图上建立新线路,并保存。

2 误差估计及精度验证

由于里程修正方式较为特殊,人工修正里程建立里程数据库时存在人为的误差,而这个误差是无法定量的,因此我们利用检测系统中的检测数据波形图对比软件进行波形重复性比较,能较为精确地计算修正里程的误差值;在两次检测过程中,首先检测的数据波形是完全重合的,因此在此基础上我们可以看到在同一公里处两次修正里程

的差值,而这个值可使用 Windbc 测量工具(注:该软件是轨道检测数据专用软件)进行测量。

在京广线我们选择了一组自动修正的公里标,并测量其误差,统计结果是 98% 以上的自动修正公里标误差都在 5 m 以内,唯一的第 10 组数据的误差达到了 21 m,分析该误差的原因:在京广线 991 km 处,周围有遮挡,造成 GPS 接收机的接收条件较差,因此系统的定位精度受到较大影响。但是从整体来分析,该系统的定位精度和可靠性都很高,达到该项目预期的技术指标,完全可投入到实际应用中。

3 应用实例

该系统已在多辆轨道检查车中推广并应用,包括 GJ-3G、GJ-4、GJ-4G 和 GJ-5 型轨检车等,使用效果良好达到预期技术指标,如兰州铁路局轨检车(车号:WX999026)已采用此系统进行了约 20 万 km 的检测。

西安铁路局地基检查车也采用本系统,该车为自带动力型轨道车,用于对轨道地质结构的探测,速度较低,但对定位精度要求高, GPS 里程自动修正系统满足了该车对定位精度更高的要求。

4 结束语

本系统达到初步设计时的各项技术参数,其里程修正精度在 5 m 内(不受环境影响,相对于标定点位置),适合速度在 0 km/h-300 km/h,还可根据用户需求升级为差分 GPS,使里程修正精度进一步提高;同时,针对车辆的不同需求和特性,为用户定制,满足用户的多种要求。目前已在许多铁路局多台检测车上应用,用户反应良好。

本文成果拟在如下几方面进一步扩展:

(1) 增加铁路基础设施台帐信息的联动查询,作为线路里程输出的辅助查询手段;(2) 使用专业 GPS 手持设备或与低速铁路检测设备如钢轨探伤车结合,对线路里程进行精确标定,建立精确的里程数据库;(3) 利用检测车在全国各大线路运行的优势,建立精度高的全国铁路电子地图;(4) 结合高速综合检测列车,为其搭载的多个检测系统提供统一精确的里程定位。