

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102251451 B

(45) 授权公告日 2013. 04. 10

(21) 申请号 201110139583. 2

JP 2008076058 A, 2008. 04. 03,

(22) 申请日 2011. 05. 27

傅勤毅

(73) 专利权人 长沙高新开发区瑞智机电科技有
限公司

邢湘利

申宇明

地址 410075 湖南省长沙市岳麓区长沙高新
开发区麓谷麓山路

王晓军. 基于Trimble S8全站仪的轨道三维
精确测量系统研究. 《铁路计算机应用》. 2010, 第
19卷(第9期), 11-14.

(72) 发明人 傅勤毅

审查员 周冬

(74) 专利代理机构 长沙星耀专利事务所 43205
代理人 姜芳蕊 宁星耀

(51) Int. Cl.

G01C 5/00(2006. 01)

E01B 35/00(2006. 01)

E01B 35/02(2006. 01)

E01B 35/04(2006. 01)

E01B 35/06(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101625235 A, 2010. 01. 13,

CN 101962925 A, 2011. 02. 02,

CN 201527266 U, 2010. 07. 14,

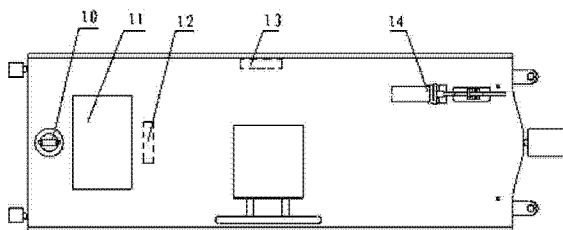
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

基于多源信息融合的轨道几何状态测量方法

(57) 摘要

基于多源信息融合的轨道几何状态测量系统
和方法, 该基于多源信息融合技术的轨道几何状
态测量系统包括轨检小车和全站仪, 轨检小车上
设有配备有测量软件的计算机、轨距传感器、纵向
倾角传感器、横向倾角传感器、里程传感器和三维
陀螺箱。本发明还包括基于多源信息融合技术的
轨道几何状态测量方法。本发明测量精度高, 适用
范围广, 综合了全站仪绝对测量的优势和三维陀
螺箱轨迹测量的优势, 测量的效率显著提高。



1. 基于多源信息融合的轨道几何状态测量方法,该测量方法所用的设备包括全站仪、轨检小车,轨检小车上设有棱镜,轨检小车上设置有配备有测量软件的计算机、轨距传感器、纵向倾角传感器、横向倾角传感器、里程传感器,其特征在于,还设有三维陀螺箱,各传感器均与包含有中央处理单元的电路板连接,中央处理单元通过一无线通讯单元与计算机连接,全站仪通过另一无线通讯单元与计算机连接;其特征在于,

所述基于多源信息融合的轨道几何状态测量方法包括以下步骤:

(1) 将轨检小车放置于一个测量区段的起点处,全站仪安装于距轨检小车 10~80 米范围内的轨道道心或路肩处,并确保全站仪调平;

(2) 全站仪利用铁路线路两侧的 CPIII 精密控制网自由设站,利用其自动跟踪功能照准轨检小车上的棱镜;

(3) 将全站仪的测量数据和轨距传感器、纵向倾角传感器、横向倾角传感器的数据同时获取,采用源数据融合得到起点处的轨道三维地理坐标信息;

在解算轨道单点的绝对测量三维地理坐标时,计算小车左侧轨道中心坐标 e 、 n 、 h 的核心算法为:

$$e=e_0-(\sin \alpha \cos \beta \sin \theta -\cos \alpha \sin \beta \cos \theta) \times z_0-\cos \alpha \cos \beta \times (x_0+w/2)$$

$$n=n_0+(\sin \alpha \sin \beta \cos \theta +\cos \alpha \cos \beta \sin \theta) \times z_0-\sin \alpha \cos \beta \times (x_0+w/2)$$

$$h=h_0-\cos \beta \cos \theta \times z_0-\sin \beta \times (x_0+w/2)$$

其中: w 为钢轨的宽度, β 为横向水平倾角传感器的输出, θ 为纵向倾角传感器的输出, α 为测点位置的线路方向角, x_0 为棱镜点离左轨道中心的距离, z_0 为棱镜点距离轨面的高差, e_0 、 n_0 和 h_0 为全站仪测量的棱镜点的东、北、高坐标, e 、 n 和 h 为小车左侧轨道中心的东、北、高坐标;

(4) 轨检小车匀速推行,自动等间隔采集里程传感器、三维陀螺箱、轨距传感器、横向倾角传感器和纵向倾角传感器的相对测量数据;

三维陀螺箱测量轨道相对轨迹的测量,水平面内坐标 x_i 、 y_i 计算公式为:

$$x_i = \int_0^{L_i} \cos(\int_0^l d\alpha) dl$$

$$y_i = \int_0^{L_i} \sin(\int_0^l d\alpha) dl$$

其中: α 为三维陀螺箱实时测量的水平面内的角度变化, l 为里程传感器测量的结果, L_i 为起点到计算点的里程, t_i 为测量过程中的时间微量;

(5) 在测量区段的终点,停止数据采集,安装、调平全站仪,重复步骤 (2);

(6) 重复步骤 (3),获取的是区段终点的轨道三维地理坐标信息;

(7) 重复步骤 (4)、(5)、(6),直到测量结束;

(8) 所获得的轨道三维地理坐标信息和相对测量数据进行中层信息融合,得到所有测量区段的轨道三维坐标信息;测量的任意点平面坐标 e_i 、 n_i 算法公式为:

$$e_i=e_A+(x_i \times \cos \alpha -y_i \times \sin \alpha)$$

$$n_i=n_A+(x_i \times \sin \alpha +y_i \times \cos \alpha)$$

式中, α 的计算公式为:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{n_B - n_A}{e_B - e_A}\right) - \arctan\left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}\right)$$

其中： e_A, n_A 为起点 A 的东、北坐标， x_A, y_A 为起点 A 在坐标系 xoy 内的坐标， e_B, n_B 为终点 B 的东、北坐标， x_B, y_B 为终点 B 在坐标系 xoy 内的坐标；

(9) 轨道的三维地理坐标信息与轨道设计数据通过高层信息融合，获取轨道的偏移量、平顺性参数。

2. 根据权利要求 1 所述的基于多源信息融合技术的轨道几何状态测量方法，其特征在于，所述测量区段的距离为 150 ~ 300 米。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于多源信息融合技术的轨道几何状态测量方法，其特征在于，所述步骤(4)中，轨检小车通过里程传感器的同步时钟，进行相对测量数据的等间隔连续采样。

基于多源信息融合的轨道几何状态测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种轨道几何状态测量方法,尤其是涉及一种基于多源信息融合技术的轨道几何状态测量方法。

背景技术

[0002] 铁路高速化是当今世界铁路运输发展的趋势。随着我国大规模客运专线建设并投入运营,给铁路轨道提出了更高的要求。铁路轨道准确的几何尺寸是保证列车安全运行的最基本条件,只有高平顺的轨道,才能保证列车高速安全的运行。为此,除对铁路线下工程和轨道工程的设计施工等有特殊的要求外,还必须建立一套与之相适应的完整、高效且精确的工程测量体系。现有客运专线在修建中就建立了轨道精密控制网,对于提速线路,也进行了三维地理坐标体系的布设,一般采用在沿线的电力接触网杆上镶嵌观测桩标的方式。

[0003] 在铁路的修建过程中,通过引进、消化和创新,国内外已经研制了相应的测量装备。目前,轨道几何状态测量主要通过全站仪完成。普遍采用的测量方式是:在轨道道心或路肩处架设全站仪,通过对小车上棱镜,及轨道轨距、水平等参数的测量,解算轨道的三维地理坐标。但是,这种测量方式中,在所有测量点处,小车都必须停止运行,确保测量在小车静止状态下进行,这种模式称为单点静态测量模式,测量效率低下,外业作业的速度一般在 100~200m/h 左右。由于采用定点独立的测量方式,轨道的平顺性参数的测量精度不能满足运营维护的需求,测量精度低,适用范围小。因此这类设备与现场实际应用的客观需求存在较大的差距,必须研究一套适合铁路运营维护的高精度、高效率的轨道几何状态测量方法和系统。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有轨道测量技术和设备的不足,提供一种测量精度高,适用范围广的基于多源信息融合技术的轨道几何状态测量方法。

[0005] 该测量方法所用设备包括全站仪、轨检小车,轨检小车上设有棱镜,其特征在于,轨检小车上还设有配备有测量软件的计算机、轨距传感器、纵向倾角传感器、横向倾角传感器、里程传感器和三维陀螺箱,各传感器均与包含有中央处理单元的电路板连接,中央处理单元通过一无线通讯单元与计算机连接,全站仪通过另一无线通讯单元与计算机连接。

[0006] 各传感器的测量值信息,经常规的信号调理等预处理后,通过中央处理单元传入计算机,内置于计算机中的测量软件对各传感器的测量值信息、轨道设计参数信息、其它参数信息和输入信息进行多源信息融合,解算轨道的三维地理坐标信息,并依据铁路测量的要求计算相应的评价指标,保存到计算机的数据库中。所述多源信息融合包括源数据级融合、中层信息融合和高层信息融合。所有的操作都通过计算机的人机界面来完成。

[0007] 本发明之基于多源信息融合技术的轨道几何状态测量方法的基本思想为:

[0008] 全站仪利用预知的布设在铁路线路两侧的精密控制网(CPIII)自由设站,全站仪利用其自动跟踪功能照准轨检小车上棱镜,获取轨检小车上棱镜的地理坐标信息,并以

此将地理坐标引入到轨道坐标的测量中。该地理坐标信息与安装于轨检小车上的轨距传感器、纵向倾角传感器、横向倾角传感器获得的轨道内部几何信息,通过空间几何解析技术进行源数据级融合,解算轨检小车测量点的三维地理坐标信息,这就是轨道单点的绝对测量三维地理坐标;轨检小车推行过程中,通过里程传感器、三维陀螺箱以及轨距传感器、横向倾角传感器和纵向倾角传感器获取轨道相对几何参数,即相对测量数据,绝对测量三维地理坐标与相对测量的数据通过空间坐标变换和轨迹推算的技术进行中层信息融合,解算线路段的轨迹及整个测量区段的三维地理坐标信息;轨道的三维地理坐标信息与轨道设计数据依据轨道的测量要求,通过高层信息融合的方式,获取轨道的偏移量、平顺性等评价参数,完成轨道参数的精密测量工作。

[0009] 所述预知的布设即指高铁中的 CPIII 网,在铁路的修建过程中已完成布设,并进行复核测量。

[0010] 轨检小车宜匀速运行,等间隔采集里程传感器、三维陀螺箱、轨距传感器、横向倾角传感器和纵向倾角传感器的数据。

[0011] 综上所述,本发明之基于多源信息融合技术的轨道几何状态测量方法,包括如下步骤为:

[0012] (1) 将轨检小车放置于一个测量区段的起点处,全站仪安装于距轨检小车 10 ~ 80 米范围内的轨道道心或路肩处,并确保全站仪调平;

[0013] (2) 全站仪利用铁路线路两侧的 CPIII 精密控制网自由设站,利用其自动跟踪功能照准轨检小车上的棱镜;

[0014] (3) 将全站仪的测量数据和轨距传感器、纵向倾角传感器、横向倾角传感器的数据同时获取,采用源数据融合得到起点处的轨道三维地理坐标信息;

[0015] 在解算轨道单点的绝对测量三维地理坐标时,计算小车左侧轨道中心坐标 e 、 n 、 h 的核心算法为:

[0016]

$$e = e_0 - (\sin \alpha \cos \beta \sin \theta - \cos \alpha \sin \beta \cos \theta) \times z_0 - \cos \alpha \cos \beta \times (x_0 + w/2)$$

[0017]

$$n = n_0 + (\sin \alpha \sin \beta \cos \theta + \cos \alpha \cos \beta \sin \theta) \times z_0 - \sin \alpha \cos \beta \times (x_0 + w/2)$$

[0018]

$$h = h_0 - \cos \beta \cos \theta \times z_0 - \sin \beta \times (x_0 + w/2)$$

[0019] 其中: w 为钢轨的宽度, β 为横向水平倾角传感器的输出, θ 为纵向倾角传感器的输出, α 为测点位置的线路方向角, x_0 为棱镜点离左轨道中心的距离, z_0 为棱镜点距离轨面的高差, e_0 、 n_0 和 h_0 为全站仪测量的棱镜点的东、北、高坐标, e 、 n 和 h 为小车左侧轨道中心的东、北、高坐标;

[0020] (4) 轨检小车匀速推行,自动等间隔采集里程传感器、三维陀螺箱、轨距传感器、横向倾角传感器和纵向倾角传感器的相对测量数据;

[0021] 三维陀螺箱测量轨道相对轨迹的测量,水平面内坐标 x_i 、 y_i 计算公式为:

[0022]

$$x_i = \int_0^l \cos(\int_0^l d\alpha) dl$$

[0023]

$$y_i = \int_0^l \sin(\int_0^l d\alpha) dl$$

[0024] 其中： α 为三维陀螺箱实时测量的水平面内的角度变化， l 为里程传感器测量的结果， l_i 为起点到计算点的里程， t_i 为测量过程中的时间微量；

[0025] (5) 在测量区段的终点，停止数据采集，安装、调平全站仪，重复步骤(2)；

[0026] (6) 重复步骤(3)，获取的是区段终点的轨道三维地理坐标信息；

[0027] (7) 重复步骤(4)、(5)、(6)，直到测量结束；

[0028] (8) 所获得的轨道三维地理坐标信息和相对测量数据进行中层信息融合，得到所有测量区段的轨道三维坐标信息；测量的任意点平面坐标 e_i 、 n_i 算法公式为：

[0029]

$$e_i = e_A + (x_i \times \cos \alpha - y_i \times \sin \alpha)$$

[0030]

$$n_i = n_A + (x_i \times \sin \alpha + y_i \times \cos \alpha)$$

[0031] 式中， α 的计算公式为：

[0032]

$$\alpha = \arctan\left(\frac{n_B - n_A}{e_B - e_A}\right) - \arctan\left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}\right)$$

[0033] 其中： e_A, n_A 为起点 A 的东、北坐标， x_A, y_A 为起点 A 在坐标系 xOy 内的坐标， e_B, n_B 为终点 B 的东、北坐标， x_B, y_B 为终点 B 在坐标系 xOy 内的坐标；

[0034] (9) 轨道的三维地理坐标信息与轨道设计数据通过高层信息融合，获取轨道的偏移量、平顺性参数。

[0035] 上述测量过程中，测量区段的起点和终点的单点坐标是通过全站仪进行绝对坐标测量来完成的。

[0036] 通过本发明，可获取轨道任意位置的三维地理坐标。

[0037] 每个测量区段的距离一般可达300米，至少可达150米，测量区段的距离宜为150~300米。在区段中小车的推行速度力求匀速为佳。

[0038] 所述步骤(4)中，轨检小车通过里程传感器的同步时钟，进行相对测量数据的等间隔连续采样。

[0039] 本发明测量精度高，适用范围广。在区段测量中，起点和终点进行了绝对坐标的测量，区段过程中进行相对轨迹的测量，采用信息融合方法解算区段内轨道的三维地理坐标信息。同时综合了全站仪绝对测量的优势和三维陀螺箱轨迹测量的优势，是一种完美的优势结合方法。测量的效率显著提高，一般外业的作业速度可达1000~2000m/h。

附图说明

[0040] 图 1 为本发明基于多源信息融合的轨道几何状态测量方法所用设备中的轨检小车主视图；

[0041] 图 2 为图 1 所示基于多源信息融合的轨道几何状态测量方法所用设备中的轨检小车俯视图；

[0042] 图 3 为本发明基于多源信息融合的轨道几何状态测量方法的原理模型示意图；

[0043] 图 4 为本发明三维陀螺箱测量轨道相对轨迹的原理图；

[0044] 图 5 为本发明中层信息融合的原理图。

具体实施方式

[0045] 以下结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0046] 本发明之基于多源信息融合技术的轨道几何状态测量方法所使用的设备包括全站仪(图中未示出)和轨检小车。

[0047] 参照图 1, 轨检小车包括机架 8, 轨检小车左端设有相互垂直安装的左侧走行轮 1 和左侧测量轮 2, 右端对称设有相互垂直安装的右侧走行轮 6 和右侧测量轮 7, 机架 8 下方设有与走行轮 1 同轴的编码器 9, 机架 8 设有棱镜柱 3 和可折叠旋转的小车推杆 4, 棱镜柱 3 上安装有棱镜 10 (参见图 3), 小车推杆 4 上设有计算机支撑架 5, 计算机支撑架 5 上设有配备有测量软件的计算机(图中未示出)。

[0048] 参照图 2, 机架 8 上设有可拆卸的三维陀螺箱 11、纵向倾角传感器 12、横向倾角传感器 13、轨距传感器 14 和里程传感器, 各传感器均与包含有中央处理单元的电路板(图中未示出)连接, 中央处理单元通过一无线通讯单元与计算机连接, 全站仪通过另一无线通讯单元与计算机连接, 轨距传感器 14 的活动端与右侧测量轮 6 相连。

[0049] 本发明之基于多源信息融合技术的轨道几何状态测量方法, 包括如下步骤:

[0050] (1) 轨检小车放置于一个测量区段的起点处, 全站仪安装于距轨检小车 50 米范围内的轨道道心或路肩处, 并确保全站仪调平;

[0051] (2) 全站仪利用铁路线路两侧的 CPIII 精密控制网后方交会自由设站, 利用其自动跟踪功能照准轨检小车上的棱镜 10;

[0052] (3) 将全站仪的测量数据和轨距传感器 14、纵向倾角传感器 12、横向倾角传感器 13 的数据同时获取, 采用源数据融合得到起点处的轨道三维地理坐标信息;

[0053] (4) 轨检小车匀速推行, 自动等间隔采集里程传感器、三维陀螺箱、轨距传感器 14、横向倾角传感器 13 和纵向倾角传感器 12 的相对测量数据;

[0054] (5) 在测量区段的终点, 停止数据采集, 安装、调平全站仪, 重复步骤 (2);

[0055] (6) 重复步骤 (3), 获取的是区段终点的轨道三维地理坐标信息;

[0056] (7) 重复步骤 (4)、(5)、(6), 直到轨检小车走完整个测量轨道, 测量结束;

[0057] (8) 所获得的轨道三维地理坐标信息和相对测量数据进行中层信息融合, 得到所有测量区段的轨道三维坐标信息;

[0058] (9) 轨道的三维地理坐标信息与轨道设计数据通过高层信息融合, 获取轨道的偏移量、平顺性参数。

[0059] 所述步骤(4)中, 轨检小车通过里程传感器的同步时钟, 进行相对测量数据的等间隔连续采样。

[0060] 图3示出了本发明的数据融合原理模型。全站仪利用预知的布设在铁路线路两侧的精密控制网(CPIII)自由设站,确定全站仪本身的地理坐标信息,全站仪照准小车上棱镜10,自动获取轨检小车上棱镜10的地理坐标信息,该地理坐标信息与安装于轨检小车上的轨距传感器14、纵向倾角传感器12、横向倾角传感器13获得的轨道内部几何信息,均输入计算机,通过空间几何解析技术进行源数据级融合,解算轨检小车测量点的三维地理坐标信息,这就是轨道单点的绝对测量三维地理坐标;轨检小车推行过程中,通过里程传感器、三维陀螺箱11以及轨距传感器14、横向倾角传感器13和纵向倾角传感器12获取轨道相对几何参数,即相对测量数据,绝对测量三维地理坐标与相对测量的数据通过空间坐标变换和轨迹推算的技术进行中层信息融合,解算线路段的轨迹及整个测量区段的三维地理坐标信息;轨道的三维地理坐标信息、轨道设计参数信息、以及其它参数信息和输入信息,通过高层信息融合的方式,获取轨道的偏移量、平顺性等评价参数,完成轨道参数的精密测量工作,同时将数据保存到计算机的数据库中。所有的操作都通过计算机的人机界面来完成。

[0061] 在解算轨道单点的绝对测量三维地理坐标时,计算小车左侧轨道中心坐标的核心算法为:

[0062]

$$e = e_0 - (\sin \alpha \cos \beta \sin \theta - \cos \alpha \sin \beta \cos \theta) \times z_0 - \cos \alpha \cos \beta \times (x_0 + w/2)$$

[0063]

$$n = n_0 + (\sin \alpha \sin \beta \cos \theta + \cos \alpha \cos \beta \sin \theta) \times z_0 - \sin \alpha \cos \beta \times (x_0 + w/2)$$

[0064]

$$h = h_0 - \cos \beta \cos \theta \times z_0 - \sin \beta \times (x_0 + w/2)$$

[0065] 其中: w 为钢轨的宽度, β 为横向水平倾角传感器的输出, θ 为纵向倾角传感器的输出, α 为测点位置的线路方向角, x_0 为棱镜点离左轨道中心的距离, z_0 为棱镜点距离轨面的高差, e_0 、 n_0 和 h_0 为全站仪测量的棱镜点的东、北、高坐标, e 、 n 和 h 为小车左侧轨道中心的东、北、高坐标。

[0066] 轨检小车推行过程中,通过里程传感器、三维陀螺箱11以及轨距传感器14、横向倾角传感器13和纵向倾角传感器12获取轨道相对几何参数,即相对测量数据。三维陀螺箱测量轨道相对轨迹的测量原理见图4,以水平面内坐标计算为例,其相对坐标算法公式为:

[0067]

$$x_i = \int_0^{L_i} \cos\left(\int_0^s d\alpha\right) dl$$

[0068]

$$y_i = \int_0^{L_i} \sin\left(\int_0^s d\alpha\right) dl$$

[0069] 其中: α 为三维陀螺箱实时测量的水平面内的角度变化, L_i 为里程传感器测量的结果, L_i 为起点到计算点的里程, t_i 为测量过程中的时间微量。

[0070] 绝对测量的三维地理坐标与相对测量的数据通过中层信息融合解算线路段的轨迹及整个测量区段的三维地理坐标信息。以平面坐标的中层融合算法为例,其原理见图5。

测量的任意点 (x_i, y_i) 的平面坐标算法公式为：

[0071]

$$e_i = e_A + (x_i \times \cos \alpha - y_i \times \sin \alpha)$$

[0072]

$$n_i = n_A + (x_i \times \sin \alpha + y_i \times \cos \alpha)$$

[0073] 式中, α 的计算公式为：

[0074]

$$\alpha = \arctan\left(\frac{n_B - n_A}{e_B - e_A}\right) - \arctan\left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}\right)$$

[0075] 其中： e_A, n_A 为起点 A 的东、北坐标, x_A, y_A 为起点 A 在坐标系 xOy 内的坐标, e_B, n_B 为终点 B 的东、北坐标, x_B, y_B 为终点 B 在坐标系 xOy 内的坐标。

[0076] 轨道的三维地理坐标信息与轨道设计数据通过高层信息融合, 获取轨道的偏移量、平顺性参数, 完成轨道参数的精密测量过程。

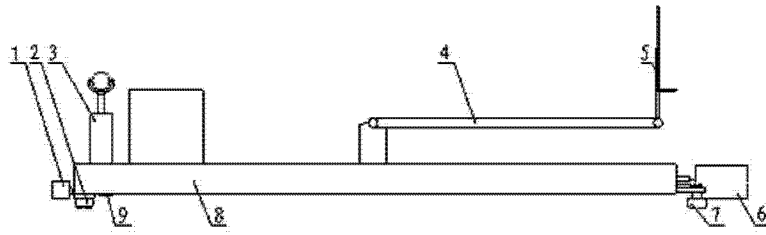


图 1

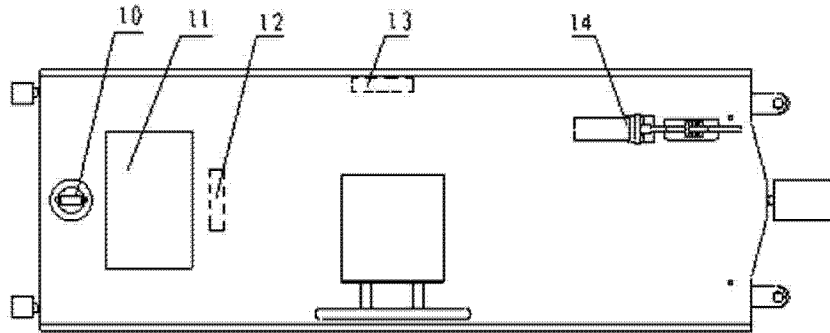


图 2

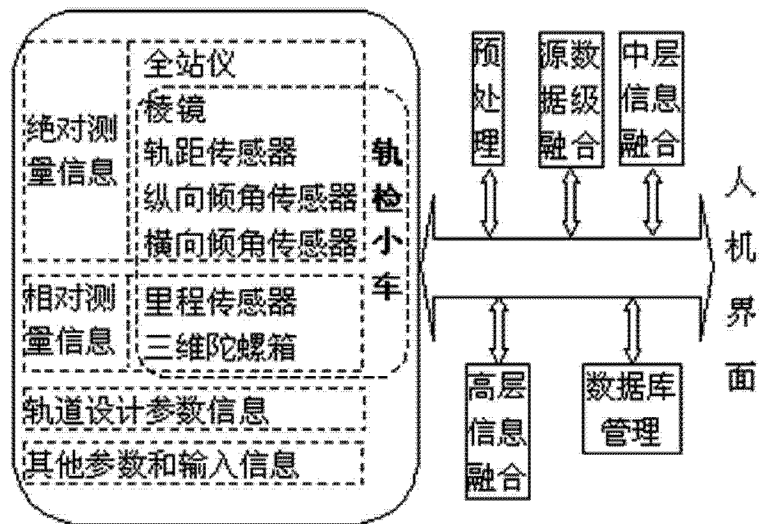


图 3

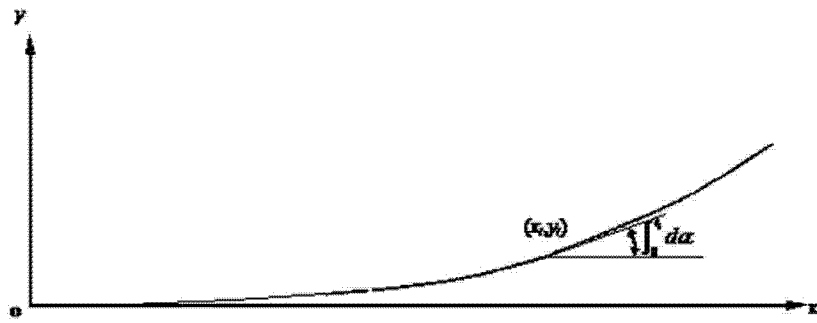


图 4

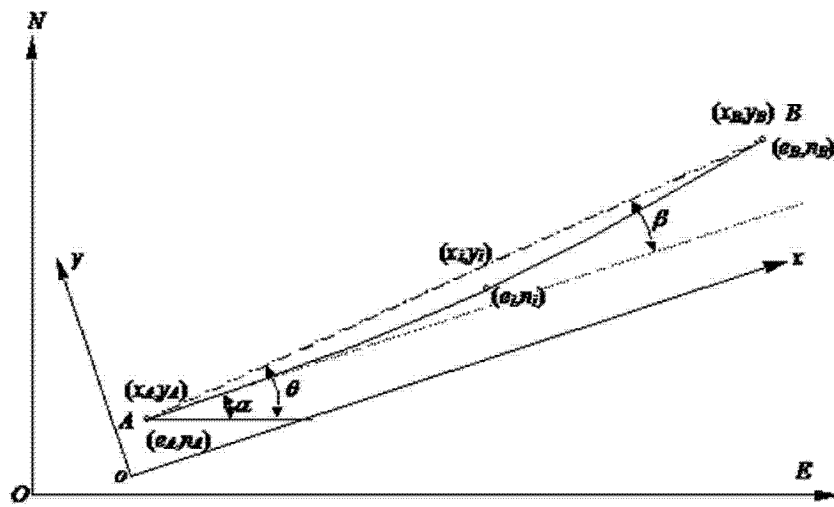


图 5