



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204023380 U

(45) 授权公告日 2014. 12. 17

(21) 申请号 201420484694. 6

(22) 申请日 2014. 08. 26

(73) 专利权人 长安大学

地址 710064 陕西省西安市南二环路中段

(72) 发明人 宋宏勋 邵志超 刘玉龙 韩毅

王建锋 李平 户相玉 郑凤玺

华学礼 彭昭辉 余彦军 陈伟

(74) 专利代理机构 西安文盛专利代理有限公司

61100

代理人 李中群

(51) Int. Cl.

E01C 23/01 (2006. 01)

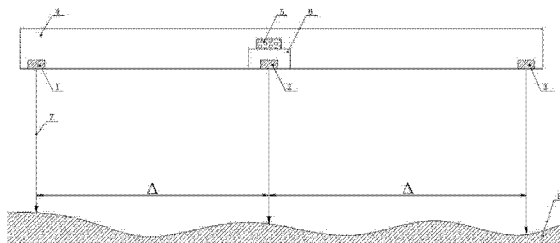
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 实用新型名称

基于多传感器的路面平整度检测装置

(57) 摘要

本实用新型公开了一种基于多传感器的路面平整度检测装置和方法,包括刚性检测梁、三只位移传感器、陀螺仪、GPS、旋转编码器,刚性检测梁沿车身方向悬挂在汽车尾部底部或汽车前端,三只位移传感器沿车身方向间隔设置在刚性检测梁上,用于获取路面局部范围内的平整度;陀螺仪用于获取汽车行驶过程中检测梁的姿态方位角;旋转编码器用于获取汽车的行驶里程;GPS用于获取汽车的经度、纬度和海拔高度。本实用新型运用小步长的基准传递原理的非惯性纵断面检测理论,实现了纵断面在变速和慢速条件下的小波长检测,同时运用GPS高程与陀螺仪高程的数据融合方法,实现了路面纵断面大波长的精确检测,并结合纵断面小波长,实现了路面全波长的精确检测。



1. 一种基于多传感器的路面平整度检测装置,其特征在于:包括刚性检测梁、三只位移传感器、陀螺仪、GPS、旋转编码器,所述的刚性检测梁沿车身方向悬挂在汽车尾部底部或汽车前端,所述的三只位移传感器沿车身方向间隔设置在刚性检测梁上,用于获取路面局部范围内的平整度;所述的陀螺仪设置在刚性检测梁上,用于获取汽车行驶过程中检测梁的姿态方位角;所述旋转编码器设置在车轴和车身上,用于获取汽车的行驶里程;所述的GPS用于获取汽车的经度、纬度和海拔高度。

2. 根据权利要求1所述的基于多传感器的路面平整度检测装置,其特征在于:所述的三只位移传感器的间距小于等于0.25米。

3. 根据权利要求1所述的基于多传感器的路面平整度检测装置,其特征在于:所述的位移传感器上方设置有保护罩,所述的陀螺仪设置在保护罩上。

4. 根据权利要求1所述的基于多传感器的路面平整度检测装置,其特征在于:所述的位移传感器为激光位移传感器。

5. 根据权利要求1所述的基于多传感器的路面平整度检测装置,其特征在于:所述的GPS包括设置在车顶的两个GPS天线,所述的GPS天线间距大于3米。

## 基于多传感器的路面平整度检测装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于道路桥梁技术领域,涉及一种基于多传感器的路面平整度检测装置。

### 背景技术

[0002] (1) 现有的路面平整度检测技术

[0003] 路面平整度是路面施工验收和路面状况评价中的一个重要指标,它反映路面纵向的不平整性及行车舒适性。路面平整度检测与评价的主要内容是根据检测出的路面纵断面凹凸不平情况计算国际平整度指数 IRI,根据 IRI 的大小,确定道路的行驶质量。

[0004] 目前路面平整度检测设备主要有水准仪、三米直尺、连续式平整度仪、车载式颠簸累积仪、ARRB 手推式断面仪、激光平整度仪,这些检测设备依据不同的检测技术和原理,给出反应路面不平整的指标。

[0005] (2) 各种路面平整度检测设备的优点和缺点

[0006] 一、水准仪:通过检测路面的相对高程计算国际平整度指数 IRI,是一种最基本的检测方法,是其它各种路面平整度检测方法标定的基础。不足之处是手工操作,检测效率低,一般仅用于标定工作。

[0007] 二、直尺:通过直接检测直尺与路面之间的最大间隙反映路面的平整度,主要用于施工的质量监控。该设备不足之处是费时费工,检测结果受人为因素的影响。

[0008] 三、连续式平整度仪:通过直接检测接地触轮的上下位移值,求其均方差作为平整度指标。该仪器不足之处是受路面颠簸影响大,重复性不理想。检测结果与连续式平整度仪支架的长度有关。长度短,不能反映出路面的长波成分;长度长,操作又不方便。

[0009] 四、车载式颠簸累积仪:其检测原理是当车辆以一定速度行驶在不平整的路面上,检测车辆后轴与车体之间的单向位移累积值。其不足之处是,需要经常对仪器标定,而标定工作是一项费时费力的工作。

[0010] 五、ARRB 手推式断面仪:该设备采用加速度传感器和陀螺仪,给出路面的断面,计算路面的国际平整度指数。不足之处是检测速度慢,对被测路面有一定的要求,价格昂贵。

[0011] 六、激光平整度仪:该仪器采用加速度传感器测出车辆的颠簸,利用激光位移传感器测量车辆到路面的距离,通过数据处理计算路面的国际平整度指数。采用惯性基准加速度计检测车辆的振动,往往存在较大误差。由于加速度计频响范围的限制,为了减小测量误差,必须提高行车检测速度,但实际检测过程中检测车速度受很多因素的影响,尤其是市政路况,在交叉路口出现红灯必须停车。故该检测技术不能进行低速和变速行驶检测。

[0012] 七、长安大学研究开发的非惯性基准路面平整度检测方法和技术,虽然可以实现慢速、变速检测,但安装激光位移传感器的检测梁较长(一般要大于3米),该系统必须安装在轴距较长的车辆上。较长的大型检测车辆需要较大的存放空间,一般的存放空间不便于停放,这给使用带来不便。

[0013] 以上平整度的检测技术和方法,均不能同时满足路面平整度检测中的特殊条件下

的需求,如可以同时检测不同波长的路面平整度,可以慢速、变速检测平整度,检测系统结构尺寸小型化等。

[0014] 道路路面的纵断面包含了从低频到高频较大范围的波长信号。由于目前的仪器硬件及传感器性能和检测精度的限制,仅使用单一的传感器很难覆盖所有路面波长,故不能实现路面纵断面的全波段检测,另外,对于行车速度的变化,特殊场合和路段的慢速及随时停车检测以及城市道路与叉口的停止等情况,现有方法还不很好地满足。因此需要采用组合先进检测方法和多种传感器同时检测,以获取路面不平、车辆振动及行车路线的信息,通过数据处理和融合实现路面平整度的高精度检测。

### 实用新型内容

[0015] 本实用新型的目的在于针对目前的路面平整度检测技术在路面检测的应用缺陷和不足,提供一种基于多传感器的路面平整度检测装置,用以实现路面纵断面的全波段检测。

[0016] 本实用新型的技术方案如下:

[0017] 一种基于多传感器的路面平整度检测装置,包括刚性检测梁、三只位移传感器、陀螺仪、GPS、旋转编码器,刚性检测梁沿车身方向悬挂在汽车尾部底部或汽车前端,三只位移传感器沿车身方向间隔设置在刚性检测梁上,用于获取路面局部范围内的平整度;陀螺仪位置在刚性检测梁上,用于获取汽车行驶中检测梁的姿态方位角;所述旋转编码器设置在车轴和车身上,用于获取汽车的行驶里程;GPS用于获取汽车的经度、纬度和海拔高度。

[0018] 上述基于多传感器的路面平整度检测装置中,相邻位移传感器的距离小于等于0.25米。

[0019] 上述基于多传感器的路面平整度检测装置中,位移传感器上方设置有保护罩,所述的陀螺仪设置在保护罩上。

[0020] 上述基于多传感器的路面平整度检测装置中,位移传感器为激光位移传感器。

[0021] 上述基于多传感器的路面平整度检测装置中,GPS包括设置在车顶的两个GPS天线,所述的GPS天线间距大于3米。

[0022] 根据该路面平整度检测装置进行路面平整度检测的方法包括以下步骤:

[0023] 【1】汽车沿刚性检测梁方向移动,对三只位移传感器的数据进行处理,获取被检测路面小波长纵断面参数;

$$[0024] \quad g^{(n)} = \sum_{i=1}^n (n-i+1)(2x_2^{(i)} - x_1^{(i)} - x_3^{(i)})$$

[0025]  $g^{(n)}$  表示汽车沿刚性梁方向移动到第  $n\Delta$  处的纵断面高度,  $\Delta$  表示相邻位移传感器之间的间距,  $n$  表示汽车沿刚性梁方向移动了  $n$  个  $\Delta$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ 。  $x_1^{(i)}$ 、 $x_2^{(i)}$ 、 $x_3^{(i)}$  分别表示汽车沿刚性梁方向移动到第  $i$  个  $\Delta$  处检测出的传感器 1、传感器 2、传感器 3 到路面的距离;

[0026] 【2】陀螺仪获取车辆的俯仰角,并结合旋转编码器获取汽车行驶里程,计算得到路面大波长纵断面参数;

$$[0027] \quad g(t) = g(0) + \int_0^t s(t) \sin(\phi_g) dt = g(0) + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{i=0}^t ((s(t' + \Delta t) - s(t')) \sin(\phi_g))$$

[0028] 其中： $g(t)$  表示  $t$  时刻的路面高程， $g(0)$  表示起始位置的路面高程， $s(t)$  表示经过时间  $t$  时车辆行驶的里程， $\phi_g$  为检测车在时刻  $t$  时所处位置的俯仰角度；

[0029] 【3】GPS 获取车辆行驶路段的经度、纬度和海拔高度，结合旋转编码器获取的汽车行驶里程，计算得到路面的高程曲线；

[0030] 【4】对步骤【1】获取的路面小波长纵断面参数、步骤【2】获取的路面大波长纵断面参数和步骤【3】获取的路面的高程曲线进行数据融合处理，将【1】获取的路面小波长纵断面参数叠加到步骤【2】或步骤【3】获取的路面高程曲线上，获得全波段的路面平整度参数。

[0031] 本实用新型具有的有益技术效果如下：

[0032] (1) 基于位移传感器，运用小步长的基准传递原理的非惯性纵断面检测理论，实现了纵断面在变速和慢速条件下的小波长检测，解决了路面纵断面惯性检测中的速度限制问题。

[0033] (2) 运用 GPS 高程与陀螺仪高程的数据融合方法，实现了路面纵断面大波长的精确检测，并结合纵断面小波长，实现了路面全波长的精确检测，解决了传统检测方法检测波长范围小的问题。

[0034] (3) 通过去趋势项处理和拟合方法将小波长和大波长融合，实现路面纵断面的全波段检测。

## 附图说明

[0035] 图 1 为本实用新型所述路面平整度检测装置原理示意图；

[0036] 图 2 为本实用新型所述路面平整度检测装置一个具体实施例的结构示意图；

[0037] 图 3 为本实用新型基于位移传感器的小波长纵断面参数测量原理示意图；

[0038] 图 4 为本实用新型基于陀螺仪检测大波长高程曲线原理示意图。

[0039] 图中各标号分别是：1- 激光位移传感器，2- 激光位移传感器，3- 激光位移传感器，4- 刚性检测梁，5- 陀螺仪，6- 保护罩，7- 激光，8- 检测路面纵断面，9-GPS 接收天线，10- 旋转编码器，11- 路面基准，12- 车辆行驶方向，13- 位置 2 示意，14- 位置 1 示意。

## 具体实施方式

[0040] (1) 检测装置组成

[0041] 参见附图 1 和 2，本实用新型所述的路面平整度检测装置由刚性检测梁、陀螺仪、激光位移传感器、GPS、旋转编码器等组成。把刚性检测梁安装到检测车后车轮后部（也可以将检测梁安装到检测车尾部或前部），保证刚性检测梁和路面之间有一定的距离。在该标准刚性检测梁上等间隔  $\Delta$ （ $\Delta$  小于等于 0.25 米）分别安装三个激光位移传感器 1、2、3，激光位移传感器在保护罩 6 的保护下，将陀螺仪 5 安装保护罩 6 上，实时获得汽车行驶的俯仰角，两个 GPS 接收天线 9 安装在车顶，两个 GPS 接收天线间距  $S$  要大于 3 米，使用 GPS 系统能够测量天线中心所在位置的经度、纬度和海拔高度的数据，旋转编码器 10 固定在车轴和车身上测量检测车行驶的里程。

[0042] (2) 激光位移传感器检测纵断面小波长工作原理

[0043] 如图 3 所示,在检测过程中,当刚性检测梁沿检测方向移动时,假设  $g_1$ 、 $g_2$ 、 $g_3$  分别表示路面上各点的高度; $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  分别表示刚性检测梁上各处的激光位移传感器到路面的距离。图 3 中  $g_1^{(1)}$ 、 $g_2^{(1)}$ 、 $g_3^{(1)}$  分别表示为位置 1 时,激光传感器 1、2、3 检测出的激光传感器到路面的距离,当刚性检测梁向前移动  $\Delta$ ,也就是相邻位移传感器的间距时,检测出的激光位移传感器到路面的距离为  $x_1^{(2)}$ 、 $x_2^{(2)}$ 、 $x_3^{(2)}$ ,其中上标的数字表示为刚性检测梁向前移动一个步长  $\Delta$  的步长数,下标对应传感器序号。

[0044] 在位置 1 时,由图中的几何关系,可以得到

$$[0045] \quad x_1^{(1)} + g_1^{(1)} + x_3^{(1)} + g_3^{(1)} = 2(x_2^{(1)} + g_2^{(1)}) \quad (1.1)$$

[0046] 式子 (1.1) 可变形为:

$$[0047] \quad g_3^{(1)} = 2g_2^{(1)} - g_1^{(1)} + V^{(1)} \quad (1.2)$$

[0048] 其中:

$$[0049] \quad V^{(1)} = 2x_2^{(1)} - x_1^{(1)} - x_3^{(1)}$$

[0050] 在位置 2 时,有如下式子:

$$[0051] \quad x_1^{(2)} + g_1^{(2)} + x_3^{(2)} + g_3^{(2)} = 2(x_2^{(2)} + g_2^{(2)}) \quad (1.3)$$

[0052] 同样可以变形为:

$$[0053] \quad g_3^{(2)} = 2g_2^{(2)} - g_1^{(2)} + V^{(2)} \quad (1.4)$$

[0054] 其中:

$$[0055] \quad V^{(2)} = 2x_2^{(2)} - x_1^{(2)} - x_3^{(2)}$$

[0056]  $V^{(1)}$  和  $V^{(2)}$  为路面特征参数,表示了刚性检测梁的倾斜和检测路面的坡度变化。当刚性检测梁向前移动  $\Delta$  时,可以得到:

$$[0057] \quad g_3^{(2)} = 2g_2^{(2)} - g_1^{(2)} + V^{(2)}$$

$$[0058] \quad V^{(2)} = 2x_2^{(2)} - x_1^{(2)} - x_3^{(2)}$$

$$[0059] \quad g_2^{(2)} = g_3^{(1)}, \quad g_1^{(2)} = g_2^{(1)}$$

$$[0060] \quad \dots\dots \quad (1.5)$$

$$[0061] \quad g_3^{(n)} = 2g_2^{(n)} - g_1^{(n)} + V^{(n)}$$

$$[0062] \quad V^{(n)} = 2x_2^{(n)} - x_1^{(n)} - x_3^{(n)}$$

$$[0063] \quad g_2^{(n)} = g_3^{(n-1)}, \quad g_1^{(n)} = g_2^{(n-1)}$$

[0064] 在 (1.5) 式中,下标对应传感器序号,上标对应刚性检测梁的位置。从 (1.5) 可以看出,通过  $g_3^{(i)}$  获得就获得了被检测路面的纵断面断面形状。整理 (1.4)、(1.5) 式,可以得到:

$$[0065] \quad g_3^{(n)} = (n+1)g_2^{(1)} - ng_1^{(1)} + \sum_{i=1}^n (n-i+1)V^{(i)}$$

[0066] 式中  $V^{(i)}$  为刚性检测梁在第  $i$  处的特征参数。当确定起始点后可以使  $g_2^{(i)} = g_1^{(i)} = 0$ , 此时可改写为:

$$[0067] \quad g^{(n)} = \sum_{i=1}^n (n-i+1)(2x_2^{(i)} - x_1^{(i)} - x_3^{(i)})$$

[0068]  $g^{(n)}$  表示汽车沿刚性梁方向移动到第  $n\Delta$  处的纵断面高度,  $n$  表示汽车沿刚性梁方向移动了  $n$  个  $\Delta$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ 。  $x_1^{(i)}$ 、 $x_2^{(i)}$ 、 $x_3^{(i)}$  分别表示汽车沿刚性梁方向移动到第  $i$  个  $\Delta$  处检测出的传感器 1、传感器 2、传感器 3 到路面的距离。

[0069] 由上式可以看出:路面纵断面的高程是一个递推公式,只要知道检测时 3 个激光位移传感器测量值,就可以计算任意点处的高程,即获得路面的纵断面;检测过程中各点的高程总保持同一个基准;计算过程中的  $x^{(n)}$  量只与传感器的检测精度有关,与检测速度无关;检测过程中由于路面颠簸引起的刚性检测测量的上行振动和倾斜不影响检测结果。采用此方法可以实现路面纵断面小波长的检测,其检测过程与速度无关。

[0070] (3) 陀螺仪检测路面纵断面大波长工作原理

[0071] 本实用新型使用的陀螺仪测量传感器能够以 100Hz 的采集频率测量车辆的俯仰角度。当检测车行驶时,结合车轮上的旋转编码器和陀螺仪测量系统就能够实时获得汽车行驶的里程及俯仰角,就可以计算出道路的大波长高程曲线形状。

[0072] 如图 4 所示,当检测车在路面上行驶时,通过陀螺仪测量系统,能够实时的测量出检测车的前进方向与水平方向之间的角度  $\phi_g$ , 即车辆的俯仰角。

$$[0073] \quad g(t) = g(0) + \int_0^t s(t) \sin(\phi_g) dt = g(0) + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{t=0}^t ((s(t+\Delta t) - s(t)) \sin(\phi_g))$$

[0074] 其中:  $g(t)$  表示  $t$  时刻的路面高程,  $g(0)$  表示起始位置的路面高程,  $s(t)$  表示经过时间  $t$  时车辆行驶的里程,  $\phi_g$  为检测车在时刻  $t$  时所处位置的俯仰角度。

[0075] 在实际应用过程中,对光电编码器的脉冲计数的采样频率为 22kHz, 这样选取的  $\Delta t = 1/22000s = 45\mu s$ , 根据上式计算出任意  $t$  时刻路面的高度  $g(t)$ 。就描绘出了路面的大波形起伏曲线。

[0076] (4) 基于 GPS 的高程测量原理

[0077] 在检测装置中使用的 GPS 系统能够测量天线中心所在位置的经度、纬度和海拔高度的数据,最高采样频率为 20Hz。因此利用 GPS 返回的 GPGGA 指令中的海拔数据并配合光电编码器的里程数据,就能够计算出路面的高程曲线。

[0078] (5) 激光位移传感器、GPS 和陀螺仪之间的数据融合:

[0079] 测量路面纵断面小波长是通过三个激光位移传感器测量其到路面距离的迭加来求得的,在小范围误差很小,大范围误差很大。GPS 在隧道、林荫或市区时由于树木、建筑物等的遮挡以及在某些特殊的气象环境下, GPS 的信号是不好或不可用的。由于 GPS 只存在单点测量误差,不存在累计误差,而且测量误差是固定的。陀螺仪测量纵断面大波长高程的优点是采样速率高,整个检测过程中全路段都有数据,不足之处是由于通过里程和检测车俯仰角度的迭加来实现的,所以计算环节中有累加运算,因此存在累积误差。故可以用激光位移传感器检测方法确定路面的小趋势, GPS 和陀螺仪确定路面的大趋势。三者之间的融合方法如下:

[0080] 一、当 GPS 数据有效时,采用卡尔曼滤波的方法来融合 GPS 和陀螺仪这两种传感器的信号从而通过计算获得该段路面的大波长高程。

[0081] 二、当 GPS 数据无效时,找到之前 GPS 数据有效时的最末点,并从该点开始利用陀螺仪的数据来计算该段路面大波长高程。

[0082] 三、当 GPS 数据从无效恢复到有效时,数据可能会出现跳变,这时可以将前面采用图五中的原理计算得到陀螺仪路面大波长高程数据利用直线拟和的办法连接到 GPS 数据有效的起始点,再根据 (1) 的方法进行计算该段路面大波长高程。

[0083] 四、对激光位移传感器测得的路面小波长高程使用最小二乘法进行去趋势项处理。将去趋势项处理结果数据叠加到以上三种情况的路面大波长高程上,最终可得到全波段的路面平整度数据。



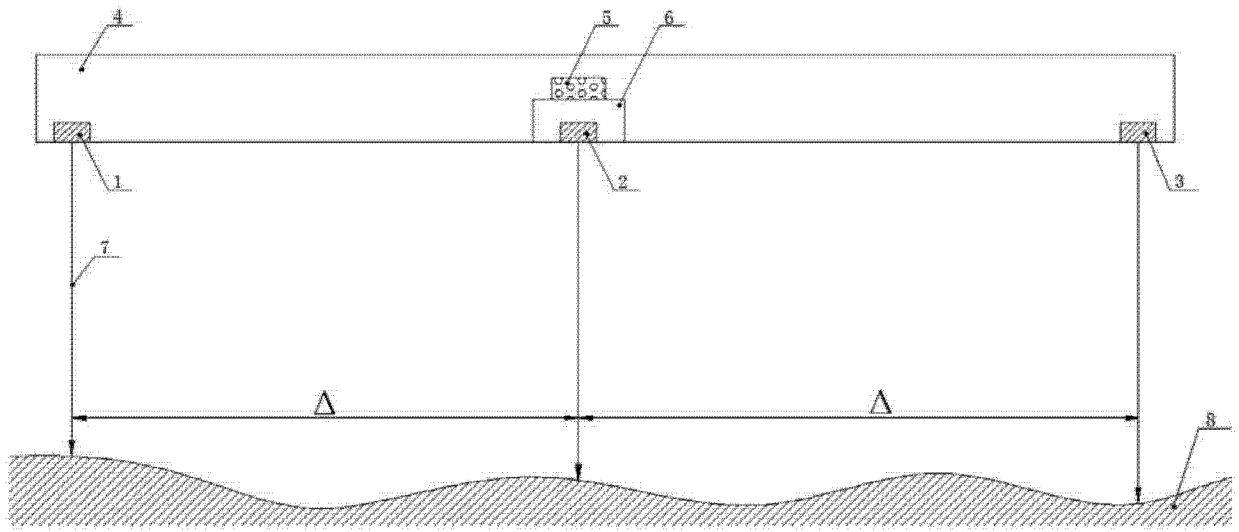


图 1

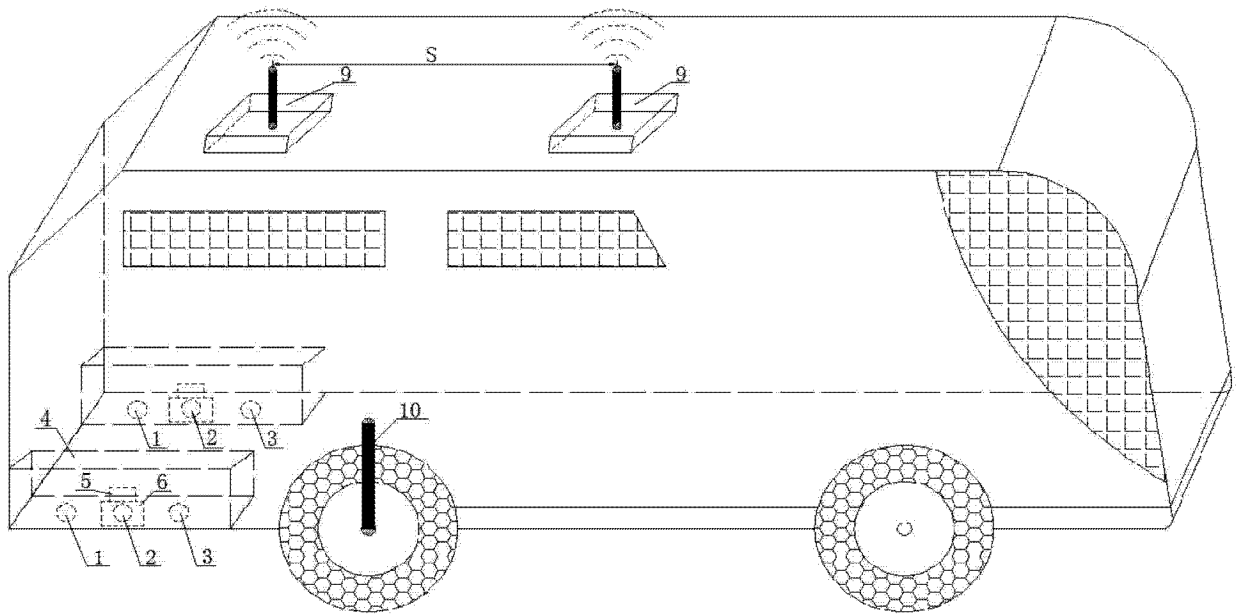


图 2

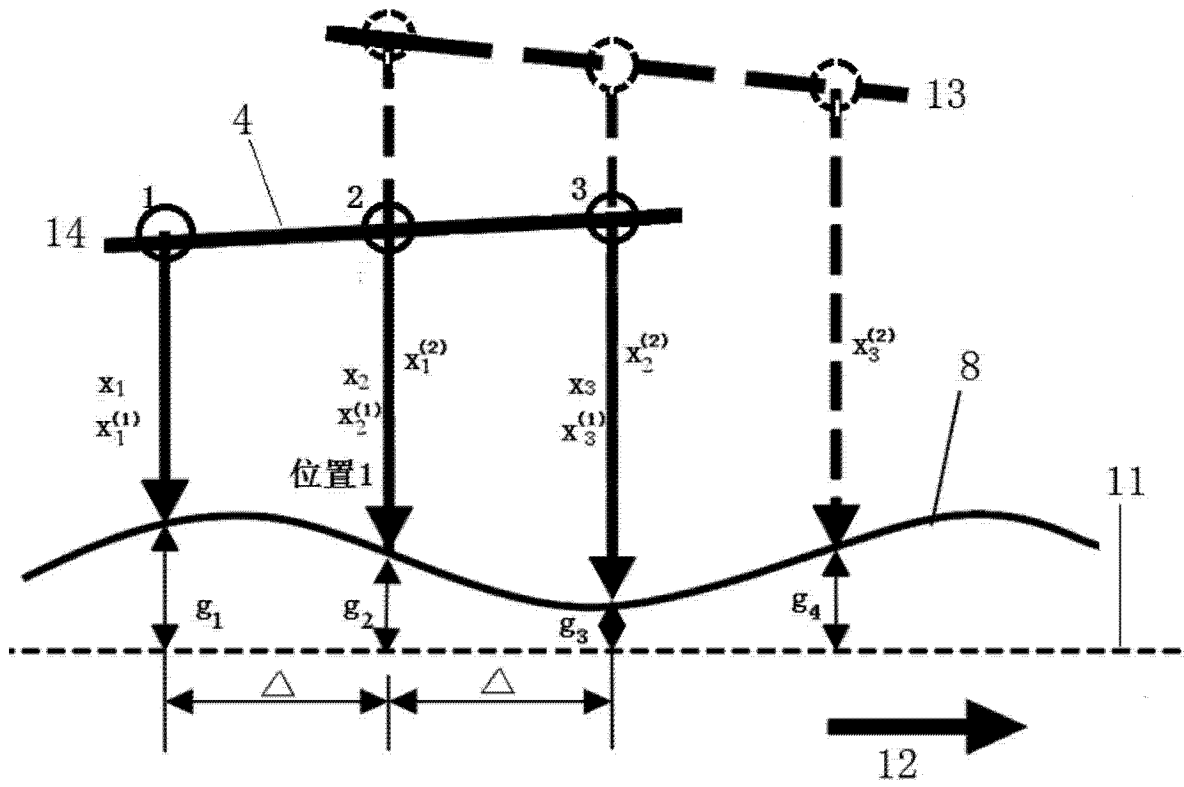


图 3

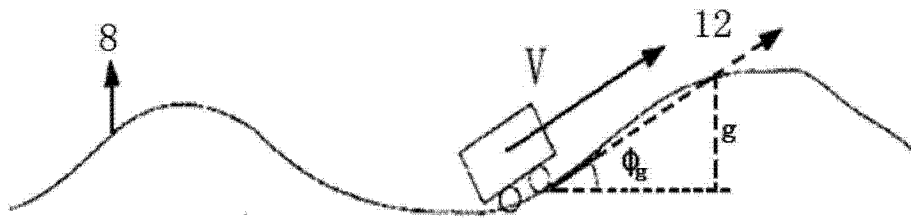


图 4