



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108444432 B

(45)授权公告日 2020.02.21

(21)申请号 201810511537.2

G01C 15/00(2006.01)

(22)申请日 2018.05.24

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108444432 A

CN 106087621 A, 2016.11.09,  
CN 102390405 A, 2012.03.28,  
JP 特开2004-061278 A, 2004.02.26,  
杨永林.《既有提速线路绝对坐标精密控制网建网精度研究》.《企业技术开发》.2010,第29卷(第15期),

(43)申请公布日 2018.08.24

(73)专利权人 北京交通大学  
地址 100044 北京市海淀区西直门外上园村3号  
专利权人 北京力铁轨道交通设备有限公司

审查员 王芳芳

(72)发明人 白洪林 杨松林 汪小庆 王凯

(74)专利代理机构 北京维正专利代理有限公司  
11508

代理人 罗焕清

(51)Int.Cl.

G01B 21/20(2006.01)

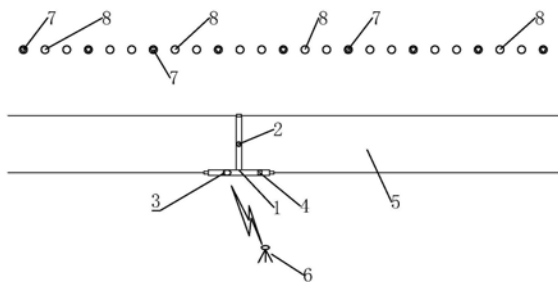
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种铁路既有线控制网及轨道线形同步测量方法

(57)摘要

本发明公开了一种铁路既有线控制网及轨道线形同步测量方法,解决了现有技术不适应于既有线建网及轨道精测的问题。技术要点包括在线路的接触网柱上安装控制点;在待测路线区段的测量起点进行里程定位,测量小车对控制点坐标、轨道中心坐标进行测量,为线路建立绝对控制,用于指导轨道维修。本系统及方法使得控制网建网及线路精测同步一次完成,极大提高了作业效率,建网简捷、快速,建网过程中不需要跨线,确保作业人员和线路运营安全。通过本系统及方法获得的控制点坐标及轨道精测获得的线路坐标能有效满足既有线的维护要求。



1. 一种铁路既有线控制网及轨道线形同步测量方法,包括如下步骤:

S1,在线路的接触网柱(8)上安装控制点(7);

S2,在待测线路区段(5)周边10km以内架设一台GNSS全球定位系统接收机作为基准站(6);在测量小车(1)上设置一台GNSS全球定位系统接收机作为流动站(3);流动站(3)与基准站(6)之间通过电台实现无线通讯;

S3,就近参照一个铁路里程标进行里程定位,计算出待测线路区段(5)的测量起点位置;

S4,将测量小车(1)驶至测量起点位置,测量小车(1)上的流动站(3)同时接收基准站(6)和卫星信号,通过差分定位的方式获得自身的绝对坐标;

S5,根据流动站(3)获得的自身绝对坐标,结合测量小车(1)内部标定参数换算出轨道中心坐标;

S6,驱使测量小车(1)在线路上行驶,直至测量小车(1)行驶至待测线路区段(5)的测量终点位置——在此过程中间隔180m-220m由流动站(3)采集一个绝对坐标,由全站仪(2)测量各控制点至线路中心的水平距离和垂直距离;在测量小车(1)行驶过程中,由惯性导航系统(4)连续采集行驶过程中线路的相对坐标;

S7,将步骤S3-S6中获得的所有数据进行综合计算处理,得到同一个绝对坐标系下的线路坐标和控制点坐标,同步完成控制网的建网和轨道精测。

2. 根据权利要求1所述的铁路既有线控制网及轨道线形同步测量方法,其特征在于,流动站(3)采集绝对坐标以及全站仪(2)测量控制点距离线路中心的水平距离和垂直距离时,测量小车(1)相对线路均处于静止状态。

3. 根据权利要求1所述的铁路既有线控制网及轨道线形同步测量方法,其特征在于,所述惯性导航系统(4)的采样频率为10-100Hz。

4. 根据权利要求1所述的铁路既有线控制网及轨道线形同步测量方法,其特征在于,在步骤S3-S7中获得的所有数据包括测量小车(1)上的流动站(3)接收到的坐标数据、惯性导航系统(4)的相对坐标数据以及全站仪(2)采集的各控制点(7)到线路中心的水平距离和垂直距离。

## 一种铁路既有线控制网及轨道线形同步测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及工程测量技术领域,更具体地说,它涉及一种铁路既有线控制网建网及轨道精测方法。

### 背景技术

[0002] 截止到2016年底铁路总运营里程12.4万公里,其中高速铁路2.2万公里。控制网及轨道精测技术在高速铁路上已获得广泛应用。为了提高既有线的养护维修水平,提升线路质量,铁路总公司提出要在既有线上推广使用控制网及轨道精测技术。铁路总公司工务部门已经对此工作做了总体安排,各铁路局工务部门也逐渐在其管内线路上开展此项工作。

[0003] 1. 铁路既有线现状

[0004] 1) 作业干扰大

[0005] 既有线不是垂直天窗,即如果左线封闭维修,那么右线还是在运营的。因此,既有线运输压力大、天窗时间短,天窗时间内不可以跨线作业,作业过程中,邻线来车频繁,须频繁中断。传统的“导线控制网”或“CP3控制网”方法在建网时必须跨线作业,效率低且危险。

[0006] 2) 资金预算有限

[0007] 既有线维修养护预算较低,难以按照高铁的技术标准建网并进行轨道精测。既有线一般行车速度低于160km/h,行车速度低对线路平顺性的技术要求低,对控制网点位的精度要求也要低一些。高铁运营速度高,线路线形需具有高平顺性,那么控制网点位精度就需要非常高。因此,既有线建网及轨道精测也没有必要照搬高铁的技术标准,应研发一种适用于既有线的建网及轨道精测技术方案。

[0008] 2. 现有布网及轨道精测方法

[0009] 现有方法布网与轨道精测分两步进行,即先布网再精测。步骤如下:

[0010] 1) 在线路周边地面或电杆上埋设控制点桩,建立控制网。

[0011] 2) 利用全站仪、水准仪按照一定技术标准对控制网点进行观测,并经平差后得到控制网点的三维绝对坐标。

[0012] 3) 利用控制点的三维坐标,使用测量小车等仪器测量线路的三维绝对坐标。现有各种测量小主要分成两类:

[0013] (1) 以全站仪作为主要测量模块的常规静态测量小车。

[0014] (2) 基于惯性导航系统(INS)和全球卫星导航系统(GNSS)的快速连续测量小车。

[0015] 常规静态测量小车工作时全站仪放置在三角架上,和小车相距约70m,后视一定数量的控制点,确定全站仪的坐标位置后,测量小车上反射棱镜的坐标来确定轨道坐标。全站仪和测量小车之间一般通无线通讯模块进行数据交换。这种设备技术成熟,测量精度高,但集成度不高,效率很低。

[0016] 现有技术中存在一种基于惯性导航系统(INS)与全站仪组合的测量小车,可以实现对轨道的快速测量,但是无法同时对控制网进行测量。

[0017] 4) 将测量的一定间隔的(一般是5m)三维绝对坐标导出来,用软件进行线形拟合,得到线路线形及轨道偏差(起、拨道量)。

[0018] 现有的测量方法效率较低,投资也非常大,尤其是控制网测量时需要先架设好控制点,然后使用全站仪和水准仪对控制网进行观测,然后进行平差,因此非常耗时,如现有的“四等导线网”测量方法。既有的轨道精测系统均是基于已经建好控制网的前提下对轨道线形进行精测,无法实现控制网与轨道的同步测量。

## 发明内容

[0019] 针对现有技术存在的不足,本发明的目的之一在于提供一种能够对铁路既有线控制网及轨道线形进行同步测量的测量系统,无需提前布设控制网,在对轨道线形测量的同时即可获得控制网内各控制点的绝对坐标位置。

[0020] 为实现上述目的,本发明提供了如下技术方案:

[0021] 一种铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统,包括沿待测线路区段至少一侧布设的控制点、测量小车、两台GNSS全球定位系统接收机、惯性导航系统、全站仪和控制计算机,惯性导航系统、全站仪和控制计算机均设置在测量小车上;一台GNSS全球定位系统接收机作为基准站设置于待测线路区段10km以内,一台GNSS全球定位系统接收机作为流动站设置于测量小车上,流动站和基准站之间通过电台进行通讯连接和数据传输。

[0022] 优选地,所述控制点布设在待测线路区段沿线的接触网柱上,间隔2-3根接触网柱设置一个控制点。

[0023] 优选地,针对单线铁路,在位于线路任一侧的接触网柱上安装控制点;针对双线铁路,在线路两侧接触网柱上均安装控制点。

[0024] 优选地,每个控制点包括一个反射棱镜,通过卡箍将反射棱镜安装在接触网柱上。

[0025] 优选地,所述基准站的布设位置与待测线路区段起点和终点的间距相等,基准站布设位置的偏移误差为 $\pm 300\text{m}$ 。

[0026] 优选地,所述接触网柱间距为55-65m,每隔2个接触网柱安装一个控制点。

[0027] 在该进一步优选方案中,相邻控制点间距是随着相邻接触网柱的间距变动的,在布设接触网柱时,施工要求一般为间距60m架设一根接触网柱,然而由于地形限制或施工误差等,该间距不可避免的会发生改变。

[0028] 本发明的目的二在于提供一种基于上述测量系统实现的铁路既有线控制网及轨道线形同步测量方法。

[0029] 为实现上述目的,本发明提供了如下技术方案:

[0030] 一种铁路既有线控制网及轨道线形同步测量方法,包括如下步骤:

[0031] S1,在线路的接触网柱上安装控制点;

[0032] S2,在待测线路区段周边10km以内的一个大地控制点上架设一台GNSS全球定位系统接收机作为基准站;在测量小车上设置一台GNSS全球定位系统接收机作为流动站;流动站与基准站之间通过电台实现无线通讯;

[0033] S3,就近参照一个铁路里程标进行里程定位,计算出待测线路区段的测量起点位置;

[0034] S4,将测量小车驶至测量起点位置,测量小车上的流动站同时接收基准站和卫星

信号,通过差分定位的方式获得自身的绝对坐标;

[0035] S5,根据流动站获得的自身绝对坐标,结合测量小车内部标定参数换算出轨道中心坐标;

[0036] S6,驱使测量小车在线路上行驶,直至测量小车行驶至待测线路区段的测量终点位置——在此过程中间隔180m-220m由流动站采集一个绝对坐标,由全站仪测量各控制点至线路中心的水平距离和垂直距离;在测量小车行驶过程中,由惯性导航系统连续采集行驶过程中线路的相对坐标;

[0037] S7,将步骤S3-S6中获得的所有数据进行综合计算处理,得到同一个绝对坐标系下的线路坐标和控制点坐标,同步完成控制网的建网和轨道精测。

[0038] 在该方案中,如在步骤S2中仅设置流动站时为单点定位,精度是10m级别;同时设置基准站和流动站,流动站同时接收卫星与基准站的信号进行GPS差分定位,精度为厘米级别;此外,流动站采样间隔过大或过小均会影响由线路中心绝对坐标拟合得到的线路线形。针对铁路既有线,间隔200m左右由流动站采集一次绝对坐标,拟合得到的线形精度满足铁路既有线的精度规范要求。

[0039] 优选地,流动站采集绝对坐标以及全站仪测量控制点距离线路中心的水平距离和垂直距离时,测量小车相对线路均处于静止状态。

[0040] 优选地,在步骤S6中,所述惯性导航系统的采样频率为10-100Hz。在该进一步优选方案中,惯性导航系统的采样频率可根据实际需求调整。

[0041] 优选地,在步骤S3-S7中获得的所有数据包括测量小车上的流动站接收到的坐标数据、惯性导航系统的相对坐标数据以及全站仪采集的各控制点到线路中心的水平距离和垂直距离。

[0042] 综上所述,本发明具有以下有益效果:

[0043] 本发明铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统及方法,控制网建网和轨道精测一次同步完成,较传统的“先建网、后精测”方法极大的节省了投资,提高了效率;且整个作业过程简洁、快速,整个作业过程中不需要跨线,保证了人员及线路运营的安全。通过本方法获得的控制点坐标及轨道精测获得的线路坐标能有效满足铁路既有线的维护要求,适宜在既有线上应用推广。

## 附图说明

[0044] 图1为本发明铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统及方法的具体实施方式示意图。

[0045] 图2为本发明铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统及方法的测量小车的结构示意图;

[0046] 图3为通过本发明铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统及方法对某一线路区段进行三次测量,获得的控制点坐标计算得到的相邻控制点水平距离减去参考值后重复性对比图;

[0047] 图4为通过本发明铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统及方法对某一线路区段进行三次测量,获得的控制点坐标计算得到的相邻控制点高差减去设参考后重复性对比图;

[0048] 图5为通过本发明铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统及方法对某一线路区段进行三次测量获得的轨道平面偏差减去参考值后重复性对比图；

[0049] 图6为通过本发明铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统及方法对某一线路区段进行三次测量获得的轨道高程偏差减去参考值后重复性对比图。

[0050] 附图标记:1-测量小车;2-全站仪,3-GNSS全球定位系统接收机;4-惯性导航系统;5-待测线路区段;6-基准站;7-控制点;8-接触网柱。

### 具体实施方式

[0051] 以下结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0052] 一种铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统,包括沿待测线路区段5至少一侧布设的控制点7、测量小车1、两台GNSS全球定位系统接收机、惯性导航系统4和全站仪2,惯性导航系统4和全站仪2均设置在测量小车1上,一台GNSS全球定位系统接收机作为基准站6在待测线路区段5的一定范围内的大地控制点上布设,一般为10km以内。一台GNSS全球定位系统接收机作为流动站3设置于测量小车1上,流动站3和基准站6之间通过电台进行通讯连接和数据传输。

[0053] 所述控制点7布设在待测线路区段5沿线的接触网柱8上,间隔2-3根接触网柱8设置一个控制点7。

[0054] 针对单线铁路,在位于线路任一侧的接触网柱8上安装控制点7;针对双线铁路,在线路两侧接触网柱8上均安装控制点7。

[0055] 每个控制点7包括一个反射棱镜,通过卡箍将反射棱镜安装在接触网柱8上。

[0056] 所述基准站6的布设位置与待测线路区段5起点和终点的间距相等,基准站6布设位置的偏移误差为 $\pm 300\text{m}$ 。

[0057] 所述接触网柱8间距为55-65m,每隔两个接触网柱8安装一个控制点7。

[0058] 按严格施工要求,相邻两接触网柱8之间的间距为60m,相邻控制点7间距一般为180m,因此,可将控制点7的反射棱镜直接安装在接触网柱8上,每间隔两个接触网柱8安装一个控制点7,减少了反射棱镜支架的布设工序。而在实际的线路施工时,接触网柱8间距或大或小,对应的相邻控制点7的间距也是随着接触网柱8的间距变化随动的。

[0059] 所述基准站6的布设位置与待测线路区段5起点和终点的间距相等,基准站6布设位置的偏移误差为 $\pm 300\text{m}$ 。

[0060] 一种既有线控制网布设及轨道精测方法,包括如下步骤:

[0061] S1,在线路的接触网柱8上安装控制点7;

[0062] S2,在待测线路区段5周边10km以内一个大地控制点上架设一台GNSS全球定位系统接收机作为基准站6;在测量小车1上设置一GNSS全球定位系统接收机作为流动站3;流动站3与基准站6之间通过电台实现无线通讯和数据传输;

[0063] S3,就近参照一铁路里程标进行里程定位,计算出待测线路区段5的测量起点位置;

[0064] S4,将测量小车1驶至测量起点位置,测量小车1上的流动站3同时接收基准站6和卫星信号,通过差分定位的方式获得自身的绝对坐标;

[0065] S5,根据流动站3获得的自身绝对坐标,结合测量小车1内部的标定参数换算出轨

道中心坐标;

[0066] S6, 驱使测量小车1在线路上行驶, 直至测量小车1行驶至待测线路区段5的测量终点位置——在此过程中间隔180m-220m由流动站3采集一个绝对坐标, 由全站仪2测量各控制点至线路中心的水平距离和垂直距离; 在测量小车1行驶过程中, 由惯性导航系统4连续采集行驶过程中线路的相对坐标;

[0067] S7, 将步骤S3-S6中获得的所有数据进行综合计算处理, 得到同一个绝对坐标系下的线路坐标和控制点7坐标, 同步完成控制网的布设和轨道精测。

[0068] 在该方案中, 如在步骤S2中仅设置流动站3时为单点定位, 精度是10m级别; 同时设置基准站6和流动站3, 流动站3同时接收卫星与基准站6的信号进行GPS差分定位, 精度为厘米级别。

[0069] 流动站3采集绝对坐标以及全站仪2测量控制点距离线路中心的水平距离和垂直距离时, 测量小车1相对线路均处于静止状态。此外, 流动站3采样间隔过大或过小均会影响由线路中心绝对坐标拟合得到的线路线形。针对铁路既有线, 间隔200m左右由流动站3采集一次绝对坐标拟合得到的线形精度满足铁路既有线的精度规范要求。

[0070] 在步骤S6中, 所述惯性导航系统4的采样频率为10-100Hz。惯性导航系统4采集的数据量较大, 一般均通过测量小车1上的控制计算机(图中未示出)现场进行数据的存储及处理。

[0071] 在该进一步优选方案中, 惯性导航系统4的采样频率可根据实际需求在上述范围内调整。

[0072] 在步骤S3-S6中获得的所有数据包括测量小车1上的流动站3接收到的坐标数据、惯性导航系统4的相对坐标数据以及全站仪2采集的各控制点7到线路中心的水平距离和垂直距离。

[0073] 坐标获取: 通过流动站3采集其当前所在位置的绝对坐标, 通过流动站3在测量小车1内部的标定参数, 换算得出全站仪2及线路中心的绝对坐标; 通过全站仪2采集控制点7与全站仪2之间的垂直距离和水平距离, 进而得到控制点7相对线路中心的相对坐标, 通过线路中心的绝对坐标计算得到控制点7的绝对坐标。

[0074] 轨道中心点相对坐标获取: 通过惯性导航系统4的陀螺仪建立导航坐标系, 根据加速度计的输出解算出测量小车1在导航坐标系中的速度和位置, 进而得到线路轨迹, 计算出轨道中心点相对坐标。

[0075] 为验证本同步测量方法的测量精度及可靠性, 在京沪高铁高速客运专线上进行了实验(在高铁专线上进行验证主要在于, 高铁专线上的控制点的绝对坐标和轨道线形偏差均为已知量, 因此可将上述已知量作为参考值, 验证本系统和方法的精度和可靠性), 实验中对同一段轨道及线路右侧的控制点进行了三次测量。测量的轨道长度为3.4km, 共计控制点19个, 从外符合精度和内符合精度两个方面对测试结果进行评估分析。

[0076] 由于控制点坐标数据数值很大, 不便对比, 并且评价控制点精度主要是通过相邻控制点的水平距离和高差测量精度来评价, 所以将设计控制点坐标和测量得到的控制点坐标换算成相邻控制点直之间的水平距离值和高差值进行对比分析。

[0077] 图3为通过本发明铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统及方法对某一线路区段进行三次测量获得的控制点坐标计算得到的相邻控制点水平距离减去参考值后重复

性对比图。

[0078] 图4为通过本发明铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统方法对某一线路区段进行三次测量获得的控制点坐标计算得到的相邻控制点高差减去参考值后重复性对比图。

[0079] 从图3和图4中可以看出,三次测量获得控制点平面坐标所计算出来的距离和高差重复性非常好,三次测量互差值小于5mm。

[0080] 外符合精度的评估方法:计算出来相邻控制点的设计距离值和高差值,与通过本发明系统及方法测得的控制点坐标计算得到实测的距离值与高差值,然后进行比较。从图3和图4中偏差曲线可以看出,与已知数据最大偏差在8mm以内。参照铁路工程测量规范,控制点测量精度满足既有线控制网布设精度要求。

[0081] 轨道线形测量精度:

[0082] 图5为通过本发明铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统及方法对某一线路区段进行三次测量获得的轨道平面偏差减去参考值后重复性对比图;

[0083] 图6为通过本发明铁路既有线控制网及轨道线形同步测量系统及方法对某一线路区段进行三次测量获得的轨道高程偏差减去参考值后重复性对比图。

[0084] 将铁路管理部门的约500米的测量数据与通过本系统及方法测量的轨道坐标数据进行线形拟合后得到的轨道偏差数据进行对比。

[0085] 如图5和图6所示,三次测量重复性表明,内符合精度较好,三次较差在5mm以内,且三次测量扣除某一固定误差值后的平顺性较好,表面线形测量精度较高。

[0086] 外符合精度:从图5和图6中偏差曲线可以看出,平面偏差在15mm以内,高程偏差在20mm以内,这与两个系统的系统差(测量工具不同必然存在系统差)有关系。

[0087] 两种测量系统的系统差及同一测量系统两次测量数据之间的固定误差(由基准站架位置不同、惯性导航系统初始化等因素导致)对线路平顺性评价没有直接影响。以上测量精度可以满足铁路既有线平顺性测量精度要求。

[0088] 本具体实施例仅仅是对本发明的解释,其并不是对本发明的限制,本领域技术人员在阅读完本说明书后可以根据需要对本实施例做出没有创造性贡献的修改,但只要在本发明的权利要求范围内都受到专利法的保护。



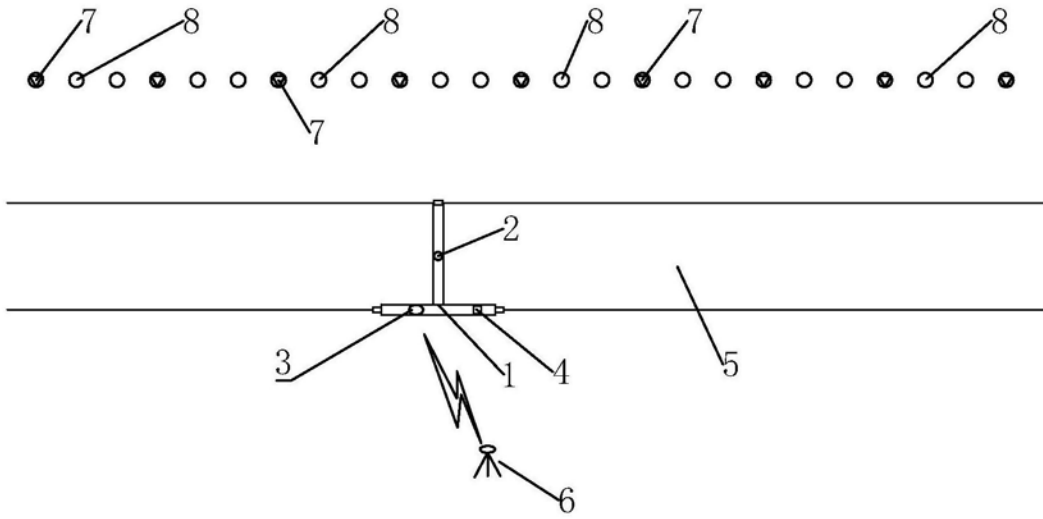


图1

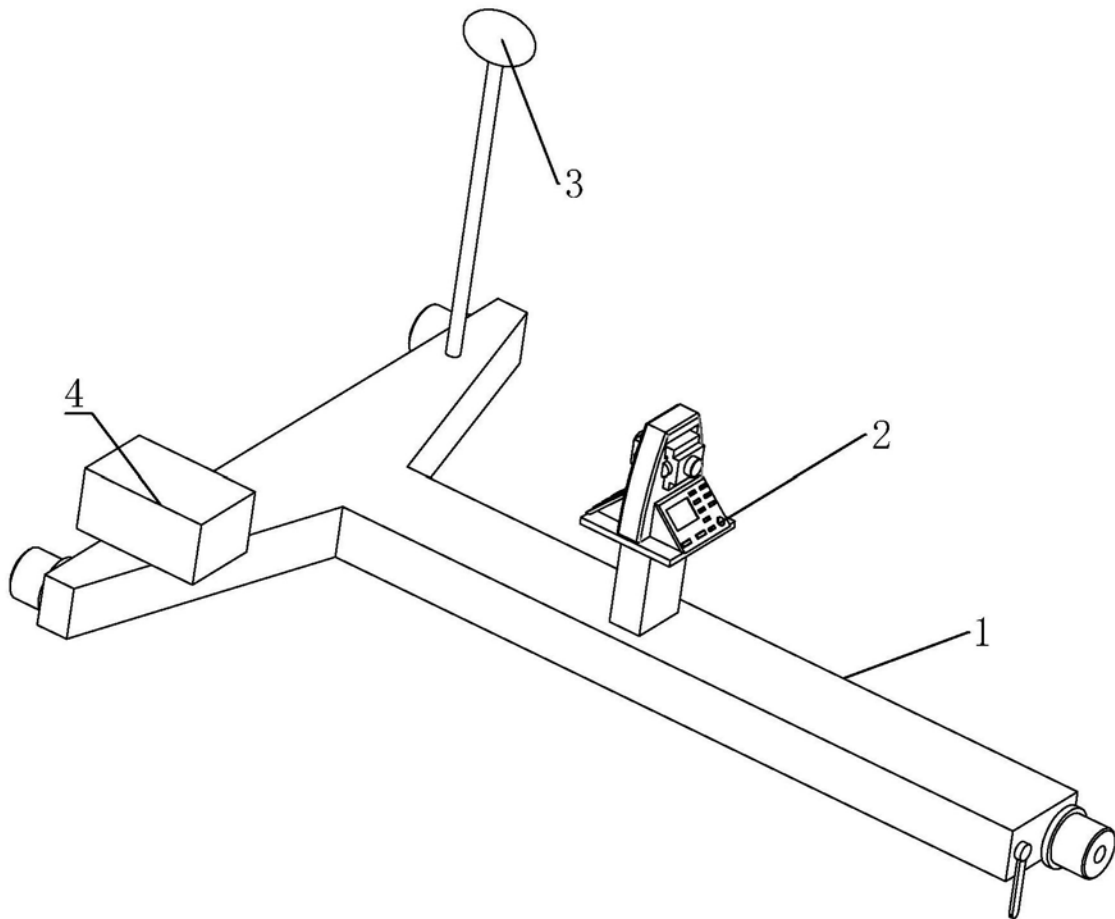


图2

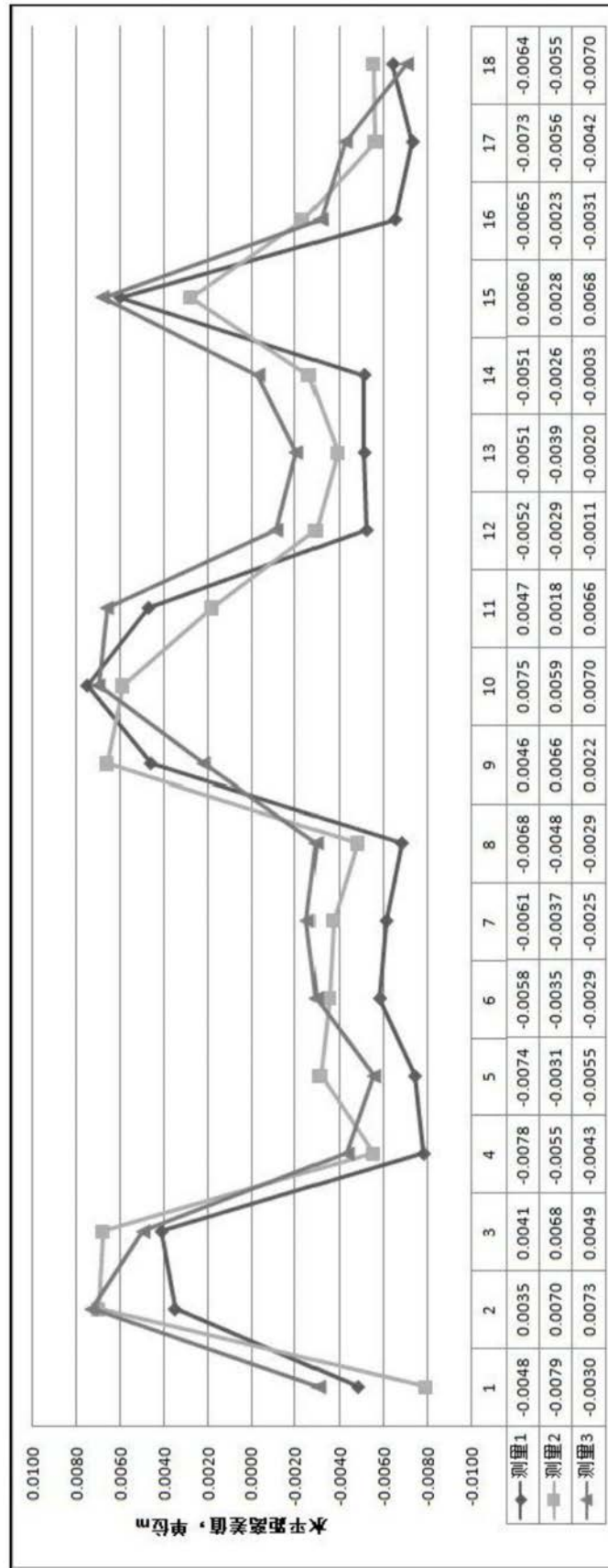


图3

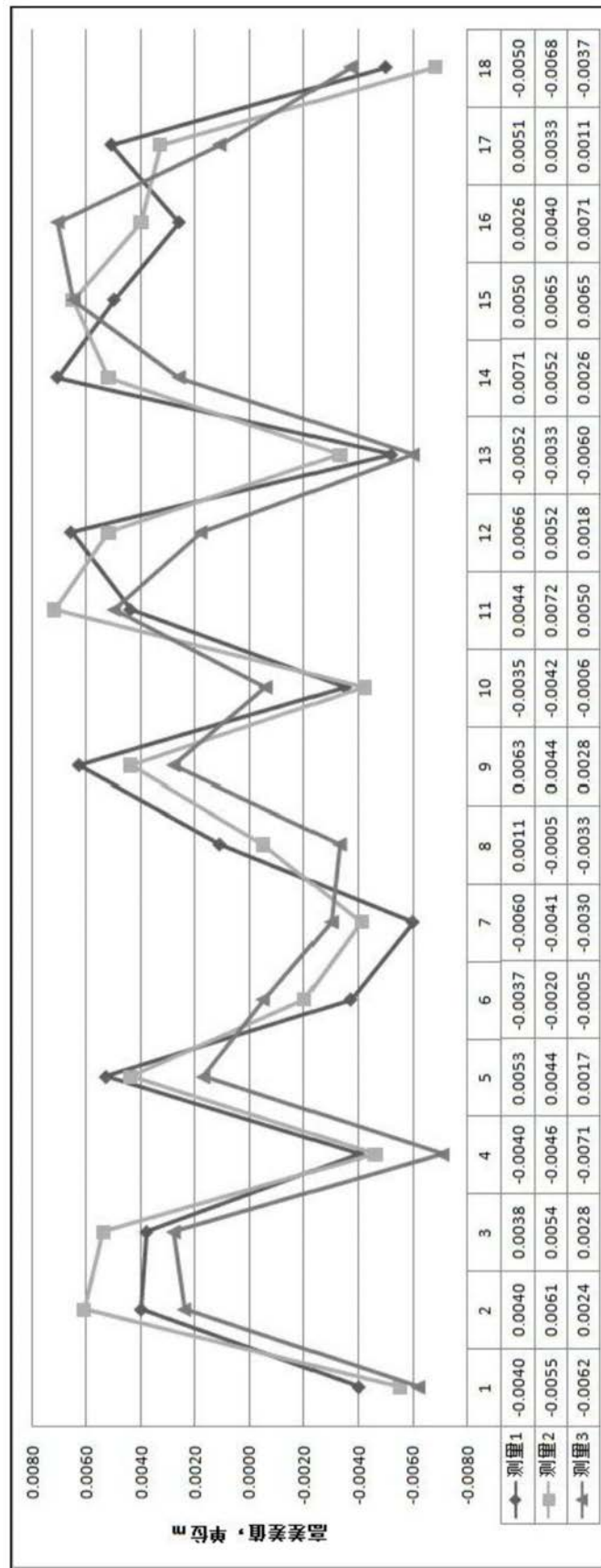


图4

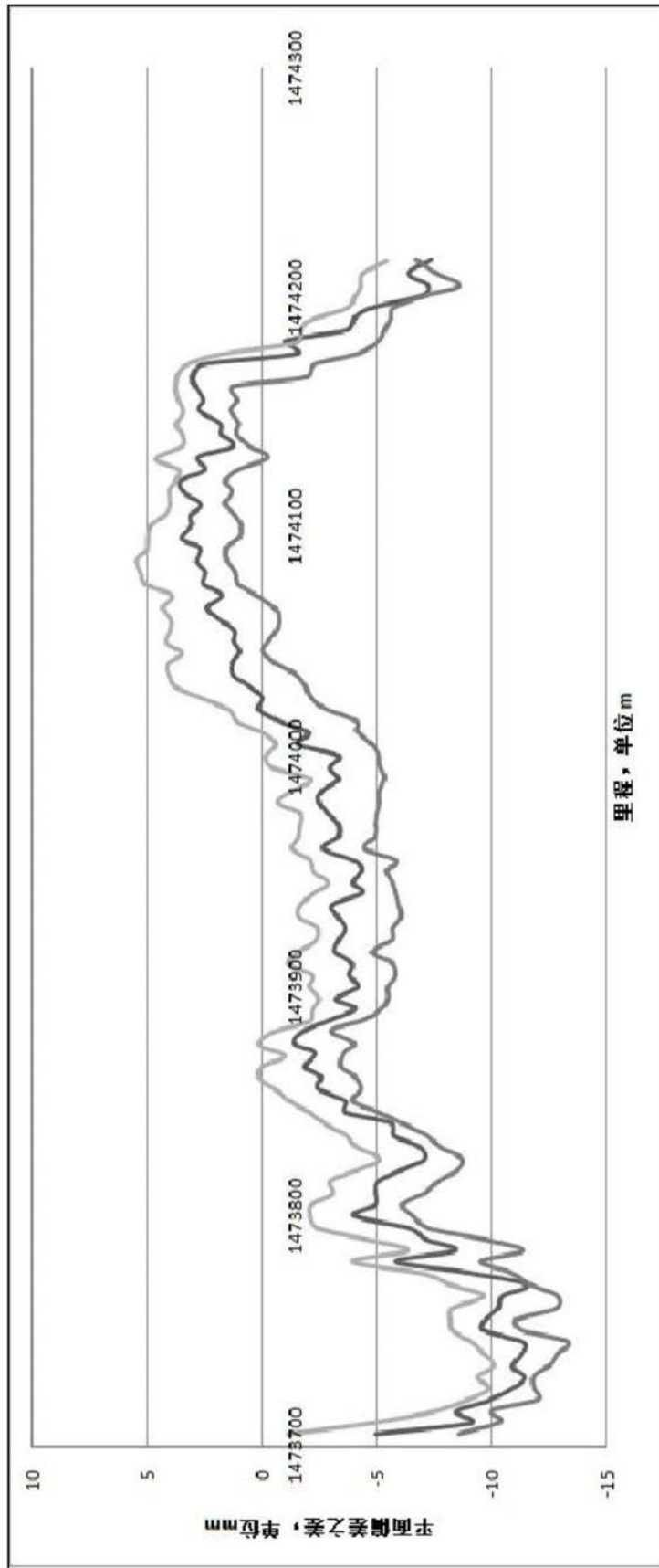


图5

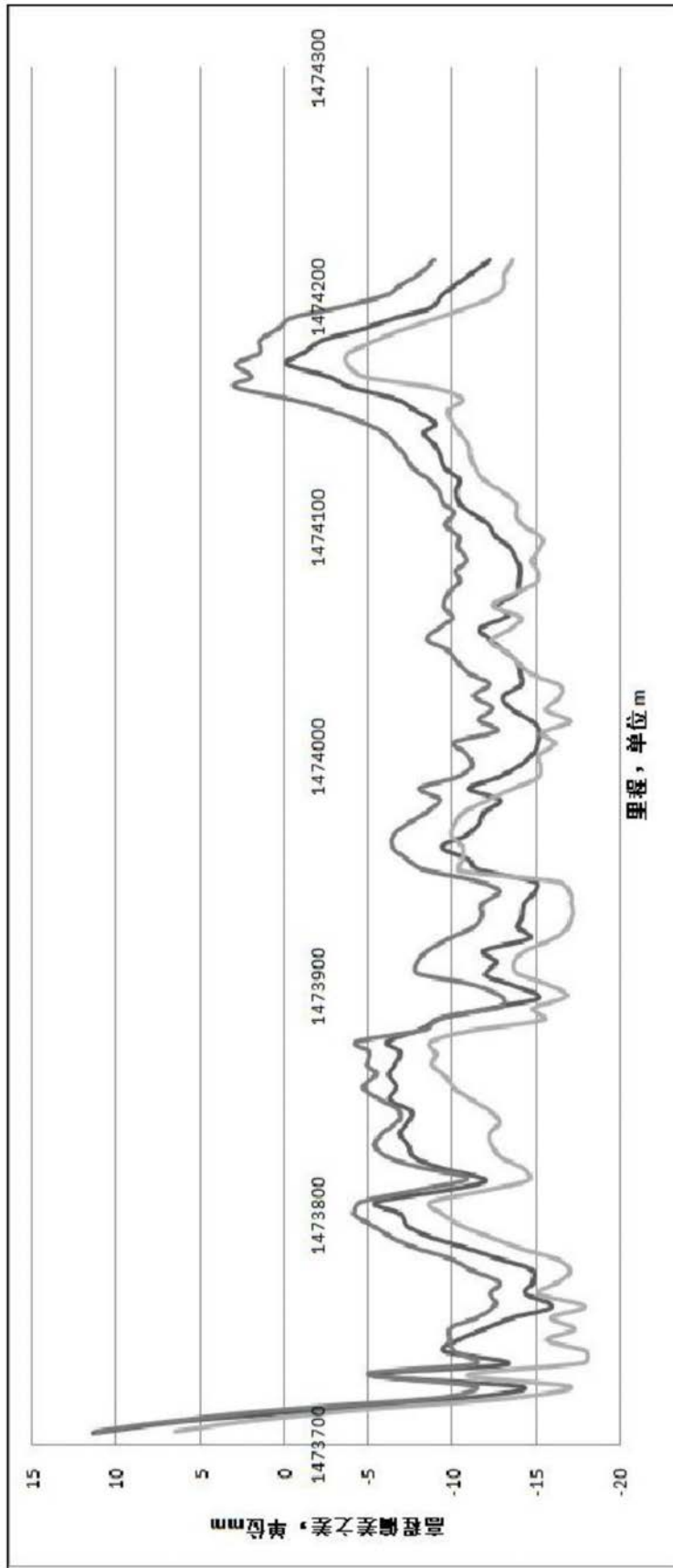


图6