



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110440743 B

(45) 授权公告日 2021.05.14

(21) 申请号 201910686596.8

(56) 对比文件

(22) 申请日 2019.07.29

CN 106643673 A, 2017.05.10

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 108036765 A, 2018.05.15

申请公布号 CN 110440743 A

审查员 刘云

(43) 申请公布日 2019.11.12

(73) 专利权人 郑健

地址 100016 北京市朝阳区将台路卡布其
诺126栋5单元302室

(72) 发明人 郑健

(74) 专利代理机构 北京劲创知识产权代理事务
所(普通合伙) 11589

代理人 王志敏

(51) Int.Cl.

G01B 21/32 (2006.01)

G01C 15/00 (2006.01)

权利要求书3页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于基线的隧道变形监测方法、系统、
介质及设备

(57) 摘要

本发明涉及一种基于基线的隧道变形监测方法、系统、介质及设备,该方法包括:建立隧道变形监测坐标系;确定两个基准点在隧道变形监测坐标系中的坐标;根据两个基准点的坐标和全站仪测得的基准点参数计算全站仪的测站点的坐标;根据测站点的三维坐标和全站仪测得的至少两期测点参数计算各期各测点的三维坐标;根据各期各测点的三维坐标,确定各期各测点的三维位移矢量。本发明利用全站仪能够获取测点更全面的三维位移数据,结合基准点、测站点和测点的几何关系能够方便地计算出各测点的三维坐标,根据各期各测点的三维坐标数值得到的三维位移矢量即可进行变形信息的反馈监测工作,同时具有快速省力、数据处理自动化程度高和无须接近测点等特点。

B

CN 110440743



CN

1. 一种基于基线的隧道变形监测方法,其特征在于,包括以下步骤:
 建立隧道变形监测坐标系;
 确定两个基准点在所述隧道变形监测坐标系中的坐标;
 根据所述两个基准点的坐标和全站仪测得的基准点参数计算所述全站仪的测站点的坐标;
 根据所述测站点的三维坐标和所述全站仪测得的至少两期测点参数计算各期各测点的三维坐标;
 根据各期各测点的三维坐标,确定各期各测点的三维位移矢量;
 所述隧道变形监测坐标系在隧道轴线方向上以开挖方向为X轴正方向,开挖方向右侧并垂直于轴线为Y轴正方向,铅垂线向上方向为Z轴正方向;
 设A、B为基准点,A'、B'分别为基准点A、B在通过全站仪的测站点P点的水平面上的投影点,坐标分别为 $x_{A'}$ 、 $y_{A'}$ 、 $x_{B'}$ 、 $y_{B'}$, D_A 、 D_B 分别为A、B点的水平距离, $\alpha_{B'}$ 为PB'方向与PA'方向的水平夹角,所述根据所述两个基准点的坐标和全站仪测得的基准点参数计算所述全站仪的测站点的坐标,具体包括:

计算A'P方向的方位角 $\alpha_{A'P}$ 为:

$$\alpha_{A'P} = \alpha_{A'B'} + \gamma$$

其中,

$$\alpha_{A'B'} = \tan^{-1} \frac{y_{B'} - y_{A'}}{x_{B'} - x_{A'}}$$

$$\gamma = \sin^{-1} \frac{D_B \sin \alpha_{B'}}{D_{A'B'}}$$

$$D_{A'B'} = \sqrt{(y_{B'} - y_{A'})^2 + (x_{B'} - x_{A'})^2}$$

计算测站点P的坐标为:

$$x_P = x_{A'} + D_A \cos \alpha_{A'P}$$

$$y_P = y_{A'} + D_A \sin \alpha_{A'P}$$

设1、2为一期中的测点,1'、2'分别为测点1、2在通过全站仪的测站点P点的水平面上的投影点, S_A 、 S_B 、 S_1 、 S_2 分别为全站仪测得的A、B、1、2点的斜距, V_A 、 V_B 、 V_1 、 V_2 分别为全站仪测得的A、B、1、2点的竖直角, D_1 、 D_2 分别为1、2点的水平距离, H_A 、 H_B 分别为全站仪测得的A、B点的高程, $\alpha_{1'}$ 、 $\alpha_{2'}$ 分别为P1'、P2'方向与PA'方向的水平夹角,所述根据所述测站点的坐标和所述全站仪测得的至少两期测点参数计算各期各测点的三维坐标,具体包括:

计算1、2点的坐标分别为:

$$x_1 = x_P + D_1 \cos(\alpha_{PA'} + \alpha_{1'})$$

$$y_1 = y_P + D_1 \sin(\alpha_{PA'} + \alpha_{1'})$$

$$x_2 = x_P + D_2 \cos(\alpha_{PA'} + \alpha_{2'})$$

$$y_2 = y_P + D_2 \sin(\alpha_{PA'} + \alpha_{2'})$$

分别计算测站点P的高程 H_{P1} 、 H_{P2} :

$$H_{P1} = H_A - S_A \sin V_A$$

$$H_{P2} = H_B - S_B \sin V_B$$

对高程 H_{P1} 、 H_{P2} 进行平差处理, 得到 P 点的高程 H_P ;

分别计算 1、2 点的高程 H_1 、 H_2 :

$$H_1 = H_P - S_1 \sin V_1$$

$$H_2 = H_P - S_2 \sin V_2$$

2. 一种基于基线的隧道变形监测系统, 其特征在于, 包括:

建立模块, 用于建立隧道变形监测坐标系;

确定模块, 用于确定两个基准点在所述隧道变形监测坐标系中的坐标;

第一计算模块, 用于根据所述两个基准点的坐标和全站仪测得的基准点参数计算所述全站仪的测站点的坐标;

第二计算模块, 用于根据所述测站点的三维坐标和所述全站仪测得的至少两期测点参数计算各期各测点的三维坐标;

第三计算模块, 用于根据各期各测点的三维坐标, 计算各期各测点的三维位移矢量;

所述隧道变形监测坐标系在隧道轴线方向上以开挖方向为 X 轴正方向, 开挖方向右侧并垂直于轴线为 Y 轴正方向, 铅垂线向上方向为 Z 轴正方向;

设 A、B 为基准点, A' 、 B' 分别为基准点 A、B 在通过全站仪的测站点 P 点的水平面上的投影点, 坐标分别为 $x_{A'}$ 、 $y_{A'}$ 、 $x_{B'}$ 、 $y_{B'}$, D_A 、 D_B 分别为 A、B 点的水平距离, $\alpha_{B'}$ 为 PB' 方向与 PA' 方向的水平夹角, 所述第一计算模块, 具体用于:

计算 $A'P$ 方向的方位角 $\alpha_{A'P}$ 为:

$$\alpha_{A'P} = \alpha_{A'B'} + \gamma$$

其中,

$$\alpha_{A'B'} = \tan^{-1} \frac{y_{B'} - y_{A'}}{x_{B'} - x_{A'}}$$

$$\gamma = \sin^{-1} \frac{D_B \sin \alpha_{B'}}{D_{A'B'}}$$

$$D_{A'B'} = \sqrt{(y_{B'} - y_{A'})^2 + (x_{B'} - x_{A'})^2}$$

计算测站点 P 的坐标为:

$$x_P = x_{A'} + D_A \cos \alpha_{A'P}$$

$$y_P = y_{A'} + D_A \sin \alpha_{A'P}$$

设 1、2 为一期中的测点, $1'$ 、 $2'$ 分别为测点 1、2 在通过全站仪的测站点 P 点的水平面上的投影点, S_A 、 S_B 、 S_1 、 S_2 分别为全站仪测得的 A、B、1、2 点的斜距, V_A 、 V_B 、 V_1 、 V_2 分别为全站仪测得的 A、B、1、2 点的竖直角, D_1 、 D_2 分别为 1、2 点的水平距离, H_A 、 H_B 分别为全站仪测得的 A、B 点的高程, $\alpha_{1'}$ 、 $\alpha_{2'}$ 分别为 $P1'$ 、 $P2'$ 方向与 PA' 方向的水平夹角, 所述第二计算模块, 具体用于:

计算 1、2 点的坐标分别为:

$$x_1 = x_P + D_1 \cos(\alpha_{PA'} + \alpha_{1'})$$

$$y_1 = y_P + D_1 \sin(\alpha_{PA'} + \alpha_{1'})$$

$$x_2 = x_P + D_2 \cos(\alpha_{PA'} + \alpha_{2'})$$

$$y_1 = x_p + D_2 \sin(\alpha_{PA'} + \alpha_{2'})$$

分别计算测站点P的高程H_{P1}、H_{P2}:

$$H_{P1} = H_A - S_A \sin V_A$$

$$H_{P2} = H_B - S_B \sin V_B$$

对高程H_{P1}、H_{P2}进行平差处理,得到P点的高程H_P;

分别计算1、2点的高程H₁、H₂:

$$H_1 = H_p - S_1 \sin V_1$$

$$H_2 = H_p - S_2 \sin V_2$$

3. 一种计算机可读存储介质,包括指令,其特征在于,当所述指令在计算机上运行时,使所述计算机执行根据权利要求1所述的方法。

4. 一种计算机设备,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上的并可在所述处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时实现如权利要求1所述的方法。

一种基于基线的隧道变形监测方法、系统、介质及设备

技术领域

[0001] 本发明涉及测量技术领域,具体涉及一种基于基线的隧道变形监测方法、系统、介质及设备。

背景技术

[0002] 在地铁隧道施工过程中,隧道变形监测是一项重要的工作内容,其核心是要及时、有效地获得隧道施工过程中围岩和支护的力学动态及稳定状况完整、可靠的数据,为评价和修改初期支护参数、力学分析及二次衬砌施作时间提供信息依据;通过信息反馈及预测预报来优化施工组织设计,指导现场施工,确保隧道施工的安全与质量和工程项目的社会、经济和环境效益。

[0003] 目前,隧道变形监测主要采用传统位移监测方法,其传统项目是拱顶下沉和周边收敛。其中,隧道周边的收敛测量采用收敛计,尽管收敛计本身的读数精度很高,但在监测过程中,受到设备安置等各种因素的影响,实际重复精度只能达到0.3-0.5mm左右。同时,这种方法受限于隧道周边上各点之间的相对距离,且只能求得一点相对于另一点的位移,另外,也无法测出隧道不对称变形和纵向位移。隧道拱顶下沉的监测采用传统水准测量的方法,可以达0.5-1mm的精度,但当测量边墙的点时,则很难进行测量,因而也不甚精确。并且,进行水准测量和获取收敛读数因需要投入一定的人力和时间来收集数据,从而在一定程度上干扰了施工进程。此外,由于施工通风、施工机械和设备及其它障碍物的影响,采用传统方法经常不能获得连续的变形信息。

发明内容

[0004] 针对上述技术问题,本发明提供一种基于基线的隧道变形监测方法、系统、介质及设备。

[0005] 本发明解决上述技术问题的技术方案如下:一种基于基线的隧道变形监测方法,包括以下步骤:

[0006] 建立隧道变形监测坐标系;

[0007] 确定两个基准点在所述隧道变形监测坐标系中的坐标;

[0008] 根据所述两个基准点的坐标和全站仪测得的基准点参数计算所述全站仪的测站点的坐标;

[0009] 根据所述测站点的三维坐标和所述全站仪测得的至少两期测点参数计算各期各测点的三维坐标;

[0010] 根据各期各测点的三维坐标,确定各期各测点的三维位移矢量。

[0011] 本发明的有益效果是:利用全站仪能够获取测点更全面的三维位移数据,结合基准点、测站点和测点的几何关系能够方便地计算出各测点的三维坐标,根据各期各测点的三维坐标数值得到的三维位移矢量即可进行变形信息的反馈监测工作,同时具有快速省力、数据处理自动化程度高和无须接近测点等特点。

- [0012] 为实现上述发明目的,本发明还提供一种基于基线的隧道变形监测系统,包括:
- [0013] 建立模块,用于建立隧道变形监测坐标系;
- [0014] 确定模块,用于确定两个基准点在所述隧道变形监测坐标系中的坐标;
- [0015] 第一计算模块,用于根据所述两个基准点的坐标和全站仪测得的基准点参数计算所述全站仪的测站点的坐标;
- [0016] 第二计算模块,用于根据所述测站点的三维坐标和所述全站仪测得的至少两期测点参数计算各期各测点的三维坐标;
- [0017] 第三计算模块,用于根据各期各测点的三维坐标,计算各期各测点的三维位移矢量。
- [0018] 本发明还提供一种计算机可读存储介质,包括指令,当所述指令在计算机上运行时,使所述计算机执行上述方法。
- [0019] 本发明还提供一种计算机设备,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上的并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现上述方法。

附图说明

- [0020] 图1为本发明实施例提供的一种基于基线的隧道变形监测方法的流程图;
- [0021] 图2为本发明实施例提供的一种基于基线的隧道变形监测方法的观测原理图。

具体实施方式

- [0022] 以下结合附图对本发明的原理和特征进行描述,所举实例只用于解释本发明,并非用于限定本发明的范围。
- [0023] 图1为本发明实施例提供的一种基于基线的隧道变形监测方法的流程图,如图1所示,该方法包括以下步骤:
- [0024] S1、建立隧道变形监测坐标系;
- [0025] S2、确定两个基准点在所述隧道变形监测坐标系中的坐标;
- [0026] S3、根据所述两个基准点的坐标和全站仪测得的基准点参数计算所述全站仪的测站点的坐标;
- [0027] S4、根据所述测站点的三维坐标和所述全站仪测得的至少两期测点参数计算各期各测点的三维坐标;
- [0028] S5、根据各期各测点的三维坐标,确定各期各测点的三维位移矢量。
- [0029] 具体的,所述隧道变形监测坐标系在隧道轴线方向上以开挖方向为X轴正方向,开挖方向右侧并垂直于轴线为Y轴正方向,铅垂线向上方向为Z轴正方向。
- [0030] 由两个已知坐标的基准点作为后视点,首先求得测站点的坐标,然后通过测站点坐标测算出前视测点的坐标;整个过程中,测站点的坐标仅起传递作用,从而每次测量时,测站点的位置可以是随意的(但每次位置应大致相同),即采用“自由测站”方式,这种方式很好地适应施工中隧道的客观条件,观测原理如图2所示。
- [0031] 设A、B为基准点,A'、B'分别为基准点A、B在通过全站仪的测站点P点的水平面上的投影点,坐标分别为 $x_{A'}$ 、 $y_{A'}$ 、 $x_{B'}$ 、 $y_{B'}$, D_A 、 D_B 分别为A、B点的水平距离, $\alpha_{B'}$ 为 PB' 方向与 PA' 方向的水平夹角,则步骤S3,具体包括:

[0032] 计算A'P方向的方位角 $\alpha_{A'P}$ 为:

[0033] $\alpha_{A'P} = \alpha_{A'B'} + \gamma$

[0034] 其中,

[0035] $\alpha_{A'B'} = \tan^{-1} \frac{y_{B'} - y_{A'}}{x_{B'} - x_{A'}}$

$$\gamma = \sin^{-1} \frac{D_B \sin \alpha_{B'}}{D_{A'B'}}$$

[0036] $D_{A'B'} = \sqrt{(y_{B'} - y_{A'})^2 + (x_{B'} - x_{A'})^2}$

[0037] 计算测站点P的坐标为:

[0038] $x_P = x_{A'} + D_A \cos \alpha_{A'P}$

[0039] $y_P = y_{A'} + D_A \sin \alpha_{A'P}$

[0040] 如图2所示,设1、2为一期中的测点,1'、2'分别为测点1、2在通过全站仪的测站点P点的水平面上的投影点, S_A 、 S_B 、 S_1 、 S_2 分别为全站仪测得的A、B、1、2点的斜距, V_A 、 V_B 、 V_1 、 V_2 分别为全站仪测得的A、B、1、2点的竖直角, D_1 、 D_2 分别为1、2点的水平距离, H_A 、 H_B 分别为全站仪测得的A、B点的高程, $\alpha_{1'}$ 、 $\alpha_{2'}$ 分别为P1'、P2'方向与PA'方向的水平夹角,步骤S4,具体包括:

[0041] 计算1、2点的坐标分别为:

[0042] $x_1 = x_P + D_1 \cos(\alpha_{PA'} + \alpha_{1'})$

[0043] $y_1 = y_P + D_1 \sin(\alpha_{PA'} + \alpha_{1'})$

[0044] $x_2 = x_P + D_2 \cos(\alpha_{PA'} + \alpha_{2'})$

[0045] $y_2 = y_P + D_2 \sin(\alpha_{PA'} + \alpha_{2'})$

[0046] 分别计算测站点P的高程 H_{P1} 、 H_{P2} :

[0047] $H_{P1} = H_A - S_A \sin V_A$

[0048] $H_{P2} = H_B - S_B \sin V_B$

[0049] 对高程 H_{P1} 、 H_{P2} 进行平差处理,得到P点的高程 H_P ;

[0050] 分别计算1、2点的高程 H_1 、 H_2 :

[0051] $H_1 = H_P - S_1 \sin V_1$

[0052] $H_2 = H_P - S_2 \sin V_2$

[0053] 根据1、2点的高程即可换算得到1、2点在隧道变形监测坐标系下z轴坐标,结合前面计算得到的1、2点在隧道变形监测坐标系下x轴和y轴坐标,即可得到1、2点的三维坐标,将各期各测点的三维坐标与第一次测算的三维坐标进行比较,即可测得各期各点的三维位移量。

[0054] 本发明实施例提供一种基于基线的隧道变形监测系统,该系统中各个模块的功能原理已在前述内容中进行了具体介绍,以下不再赘述。

[0055] 该系统包括:

[0056] 建立模块,用于建立隧道变形监测坐标系;

[0057] 确定模块,用于确定两个基准点在所述隧道变形监测坐标系中的坐标;

[0058] 第一计算模块,用于根据所述两个基准点的坐标和全站仪测得的基准点参数计算

所述全站仪的测站点的坐标；

[0059] 第二计算模块，用于根据所述测站点的三维坐标和所述全站仪测得的至少两期测点参数计算各期各测点的三维坐标；

[0060] 第三计算模块，用于根据各期各测点的三维坐标，计算各期各测点的三维位移矢量。

[0061] 可选地，在该实施例中，所述隧道变形监测坐标系在隧道轴线方向上以开挖方向为X轴正方向，开挖方向右侧并垂直于轴线为Y轴正方向，铅垂线向上方向为Z轴正方向。

[0062] 可选地，在该实施例中，设A、B为基准点，A'、B'分别为基准点A、B在通过全站仪的测站点P点的水平面上的投影点，坐标分别为 $x_{A'}$ 、 $y_{A'}$ 、 $x_{B'}$ 、 $y_{B'}$ ， D_A 、 D_B 分别为A、B点的水平距离， $\alpha_{B'}$ 为PB'方向与PA'方向的水平夹角，所述第一计算模块，具体用于：

[0063] 计算A'P方向的方位角 $\alpha_{A'P}$ 为：

$$[0064] \alpha_{A'P} = \alpha_{A'B'} + \gamma$$

[0065] 其中，

$$[0066] \alpha_{A'B'} = \tan^{-1} \frac{y_{B'} - y_{A'}}{x_{B'} - x_{A'}}$$

$$\gamma = \sin^{-1} \frac{D_B \sin \alpha_{B'}}{D_{A'B'}}$$

$$[0067] D_{A'B'} = \sqrt{(y_{B'} - y_{A'})^2 + (x_{B'} - x_{A'})^2}$$

[0068] 计算测站点P的坐标为：

$$[0069] x_P = x_{A'} + D_A \cos \alpha_{A'P}$$

$$[0070] y_P = y_{A'} + D_A \sin \alpha_{A'P}$$

[0071] 可选地，在该实施例中，设1、2为一期中的测点，1'、2'分别为测点1、2在通过全站仪的测站点P点的水平面上的投影点， S_A 、 S_B 、 S_1 、 S_2 分别为全站仪测得的A、B、1、2点的斜距， V_A 、 V_B 、 V_1 、 V_2 分别为全站仪测得的A、B、1、2点的竖直角， D_1 、 D_2 分别为1、2点的水平距离， H_A 、 H_B 分别为全站仪测得的A、B点的高程， $\alpha_{1'}$ 、 $\alpha_{2'}$ 分别为P1'、P2'方向与PA'方向的水平夹角，所述第二计算模块，具体用于：

[0072] 计算1、2点的坐标分别为：

$$[0073] x_1 = x_P + D_1 \cos(\alpha_{PA'} + \alpha_{1'})$$

$$[0074] y_1 = y_P + D_1 \sin(\alpha_{PA'} + \alpha_{1'})$$

$$[0075] x_2 = x_P + D_2 \cos(\alpha_{PA'} + \alpha_{2'})$$

$$[0076] y_2 = y_P + D_2 \sin(\alpha_{PA'} + \alpha_{2'})$$

[0077] 分别计算测站点P的高程 H_{P1} 、 H_{P2} ：

$$[0078] H_{P1} = H_A - S_A \sin V_A$$

$$[0079] H_{P2} = H_B - S_B \sin V_B$$

[0080] 对高程 H_{P1} 、 H_{P2} 进行平差处理，得到P点的高程高程 H_p ；

[0081] 分别计算1、2点的高程 H_1 、 H_2 ：

$$[0082] H_1 = H_p - S_1 \sin V_1$$

[0083] $H_2 = H_p - S_2 \sin V_2$ 。

[0084] 本发明实施例还提供一种计算机可读存储介质,包括指令,当所述指令在计算机上运行时,使所述计算机执行上述方法实施例中的方法步骤;或者存储上述系统实施例的各个软件模块对应的指令。

[0085] 本发明实施例还提供一种计算机设备,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上的并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现上述方法实施例中的方法步骤。

[0086] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

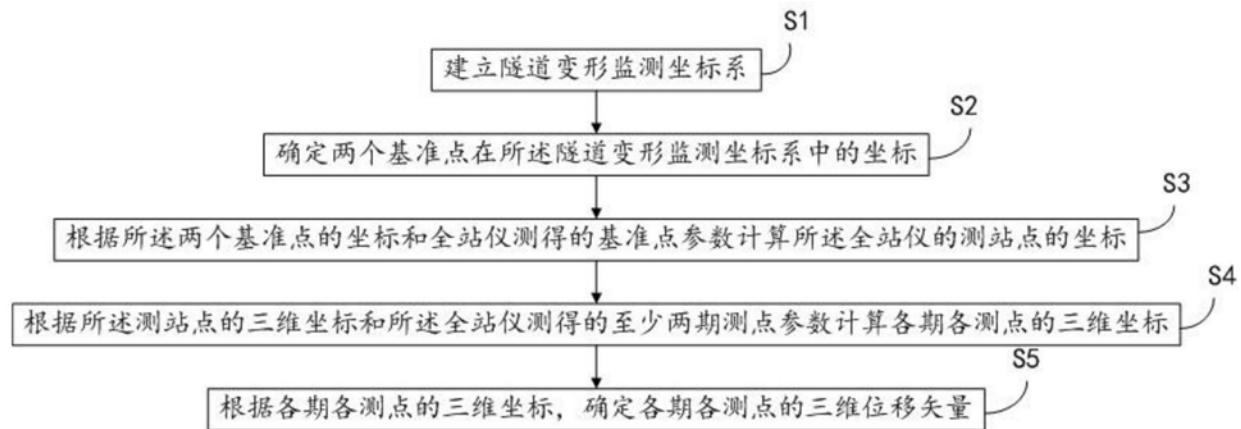


图1

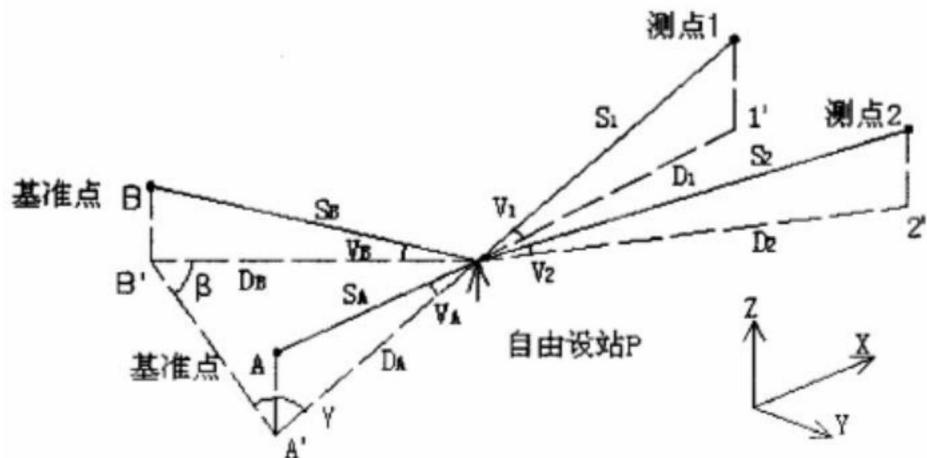


图2