

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102589534 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 18

(21) 申请号 201210018716. 5

(22) 申请日 2012. 01. 20

(71) 申请人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市大学路 1 号中国
矿业大学科技处

(72) 发明人 刘志平 郭广礼 赵自强 赵祥伟

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 唐惠芬

(51) Int. Cl.

G01C 15/00(2006. 01)

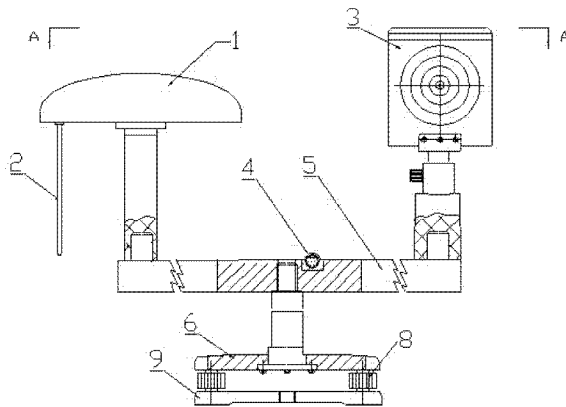
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 2 页

(54) 发明名称

基线约束的单站坐标转换装置及方法

(57) 摘要

一种基线约束的单站坐标转换装置及方法，属于控制测量用坐标转换装置及方法。利用该装置可进行坐标系之间转换参数的测定，装置包括：GPS 接收机、RTK 天线、全站仪棱镜、水平圆水准器、托杆、上底座、基座圆水准器、脚螺旋和下底座，托杆通过螺栓与上底座连接，托杆水平安装，在托杆的两端分别安装有 GPS 接收机、RTK 天线和全站仪棱镜，在托杆的中间位置连接有水平圆水准器和基座圆水准器，上底座通过脚螺旋与下底座连接。利用在野外测量采集到的数据结合设计的方法进行转换参数的解算；在已知点个数为 2 个的情况下，该装置及方法解决了工程实践中坐标转换参数确定的问题，不仅有利于实际工程数据的处理，结构简单，方法清晰、易实现，且携带方便，具有很好的实用性。



1. 一种基线约束的单站坐标转换装置,其特征在于:基线约束的单站坐标转换装置,包括:GPS 接收机、RTK 天线、全站仪棱镜、水平圆水准器、托杆、上底座、基座圆水准器、脚螺旋和下底座;

托杆通过螺栓与上底座连接,托杆水平安装,在托杆的两端分别安装有 GPS 接收机、RTK 天线和全站仪棱镜,在托杆的中间位置连接有水平圆水准器和基座圆水准器,上底座通过脚螺旋与下底座连接。

2. 一种基线约束的单站坐标转换方法,其特征是:基线约束的单站坐标转换方法步骤如下:

(1)、精确量取单站坐标转换装置中 GPS 接收机中心至全站仪棱镜中心的长度,量取精度为 mm;

(2)、在两个已知点 O 和 S 上分别架设全站仪和棱镜;

(3)、选取以 O 为中心,距离为 50~100m,三个方向大致均匀分布的 3-1、3-2、3-3 号点作为测点,依次架设单站坐标转换装置,并调节脚螺旋,使水平圆水准器和基座圆水准器中的气泡居中;

(4)、对全站仪和棱镜进行对中、整平,并进行后视定向;

(5)、首先将单站坐标转换装置安放在 3-1 号点,并调节脚螺旋使水平圆水准器和基座圆水准器中的气泡居中;启动 GPS RTK 测量,并设置坐标系统为 WGS-84,在信号固定之后开始采集数据,同时全站仪瞄准单站坐标转换装置中棱镜中心进行坐标测量;

(6)、以上述托杆方向作为初始方向,顺时针依次旋转 90° ,并重复第 4 步进行数据采集,直至旋转完一周,共四个方向为止;

(7)、采集完 3-1 号点的数据,将单站坐标转换装置依次安放到 3-2、3-3 号点,重复第 4、5 步的操作,并确认各事项都准确以后,便可进行下个点的观测;

(8)、数据采集的过程中,全站仪一次性架站,无须移动,设置的观测点数目不少于 3 个,且要均匀分布。

基线约束的单站坐标转换装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种控制测量用坐标转换装置及方法,特别是一种基线约束的单站坐标转换装置及方法。

背景技术

[0002] 目前,坐标表示方法大致有三种:经纬度及大地高,空间直角坐标,平面坐标及高程。全球卫星定位系统即 GPS 测量的坐标为空间直角坐标 XYZ,也可换算为经纬度及高程 BLH。我国常采用的是北京 54 平面坐标及高程 xyh,在已知投影基准和投影参数的情况下可转换为经纬度及高程 BLH。其中,GPS 坐标系统采用的是 WGS-84 椭球体,而北京 54 坐标系统采用的是克拉索夫斯基椭球体。基于相同椭球基准的坐标转换都是严密的,但在不同椭球体之间的坐标转换,因为它们基于两个不同的椭球基准,这种转换是不严密的。WGS-84 坐标和北京 54 坐标之间是不存在一套可以在全国范围通用的转换参数。

[0003] 对于三维空间坐标系之间的转换,目前普遍采用七参数法,所述的七参数法为布尔莎或莫洛金斯基模型,七个参数为:X 平移,Y 平移,Z 平移,X 旋转,Y 旋转,Z 旋转,尺度变化 K。由此可知,求解七个三维坐标转换参数,需要不少于 3 个公共点。对于二维平面坐标系之间的转换,目前普遍采用的方法是四参数法,四个参数为 X 平移,Y 平移,旋转 Θ ,尺度变化 K。由此可知,求解四个平面坐标转换参数,需要不少于 2 个公共点。

[0004] 要获得某区域的坐标转换参数,上述常规七参数法或常规四参数法要求控制点数量分别在 3 个或 2 个以上。为提高坐标转换精度,一般采用的控制点数量是以上限值的 2~3 倍,且要求控制点基本覆盖整个测区。然而,在山区及西部测图区控制点的数量是非常稀缺的。因此,采用常规七参数法或四参数法,在控制点稀缺地区必须进行控制点加密测量工作,这就大大增加了人力、物力和财力成本,延长了作业周期。

发明内容

[0005] 本发明的目的是要提供一种方法简单、无需进行控制点加密、快速准确地求解不同坐标系之间转换参数的基线约束的单站坐标转换装置及方法。

[0006] 本发明的目的是这样实现的:基线约束的单站坐标转换装置,包括:GPS 接收机、RTK 天线、全站仪棱镜、水平圆水准器、托杆、上底座、基座圆水准器、脚螺旋和下底座;

托杆通过螺栓与上底座连接,托杆水平安装,在托杆的两端分别安装有 GPS 接收机、RTK 天线和全站仪棱镜,在托杆的中间位置连接有水平圆水准器和基座圆水准器,上底座通过脚螺旋与下底座连接。

[0007] 基线约束的单站坐标转换方法步骤如下:

1、精确量取单站坐标转换装置中 GPS 接收机中心至全站仪棱镜中心的长度,量取精度为 mm;

2、在两个已知点 O 和 S 上分别架设全站仪和棱镜;

3、选取以 O 为中心,距离为 50~100m,三个方向大致均匀分布的 3-1、3-2、3-3 号点作为

测点,依次架设单站坐标转换装置,并调节脚螺旋,使水平圆水准器和基座圆水准器中的气泡居中;

4、对全站仪和棱镜进行对中、整平,并进行后视定向;

5、首先将单站坐标转换装置安放在 3-1 号点,并调节脚螺旋使水平圆水准器和基座圆水准器中的气泡居中;开启 GPS RTK 测量,并设置坐标系统为 WGS-84,在信号固定之后开始采集数据,同时全站仪瞄准单站坐标转换装置中棱镜中心进行坐标测量;

6、以上述托杆方向作为初始方向,顺时针依次旋转 90° ,并重复第 4 步进行数据采集,直至旋转完一周,共四个方向为止;

7、采集完 3-1 号点的数据,将单站坐标转换装置依次安放到 3-2、3-3 号点,重复第 4、5 步的操作,并确认各事项都准确以后,便可进行下个点的观测;

8、数据采集的过程中,全站仪一次性架站,无须移动,设置的观测点数目不少于 3 个,且要均匀分布。

[0008] 有益效果:由于采用了上述方案,依托于 GPS RTK 和全站仪野外采集的数据解算坐标转换参数,获得基于三维空间直角坐标转换的七参数,或者获得基于平面坐标转换的四参数。在求解七参数时,需要将全站仪采集的坐标转换为基于北京 54 椭球的三维空间直角坐标,GPS RTK 坐标则直接取 WGS-84 坐标系下的三维空间直角坐标数据。据此利用布尔莎模型和莫洛金斯基模型两种方法分别求得相应的转换七参数;在求解四参数时,需要将 GPS RTK 采集的坐标高斯投影到北京 54 椭球坐标系下,全站仪采集的坐标则直接取其测量的北京 54 平面坐标。据此利用四参数转换模型直接求解坐标转换的参数。结合了 GPS RTK 实时动态定位和全站仪联合测量的技术,在只需要两个通视控制点的条件下无需加密,即可精确求得该区域的转换参数,解决了控制点稀缺地区的坐标转换参数快速准确测定的问题。

[0009] 优点:仪器设备能够获得任意地区的地方坐标系与 WGS-84 坐标系之间的坐标系转换参数,尤其是山区和西部测图中控制点稀少地区的坐标转换参数。利用专利设计装置获取固定基线的长度值,以此作为约束条件,并结合不同的坐标转换模型求取坐标转换参数,有效地提高了参数的解算精度。结构简单,方法清晰、易实现,且携带方便,具有很好的实用性。

附图说明

[0010] 图 1 是本发明的装置结构图。

[0011] 图 2 是图 1 的 A-A 剖面俯视结构图。

[0012] 图 3 是本发明使用方法图。

[0013] 图中,1、GPS 接收机;2、RTK 天线;3、全站仪棱镜;4、水平圆水准器;5、托杆;6、上底座;7、基座圆水准器;8、脚螺旋;9、下底座;。

具体实施方式

[0014] 下面结合附图对本发明的具体实施方法作进一步描述。

[0015] 实施例 1:基线约束的单站坐标转换装置,包括:GPS 接收机 1、RTK 天线 2、全站仪棱镜 3、水平圆水准器 4、托杆 5、上底座 6、基座圆水准器 7、脚螺旋 8 和下底座 9。

[0016] 托杆 5 水平安装,在托杆 5 的两端分别安装有 GPS 接收机 1、RTK 天线 2 和全站仪棱镜 3,在托杆 5 中间位置连接有水平圆水准器 4,托杆 5 通过螺栓与上底座 6 连接,基座圆水准器 7 固连于上底座 6,上底座 6 通过脚螺旋 8 与下底座 9 连接。

[0017] 基线约束的单站坐标转换方法步骤如下:

1、精确量取单站坐标转换装置中 GPS 接收机 1 中心至全站仪棱镜 3 中心的长度,量取精度为 mm;

2、在两个已知点 O 和 S 上分别架设全站仪和棱镜;

3、选取以 O 为中心,距离为 50~100m,三个方向大致均匀分布的 3-1、3-2、3-3 号点作为测点,依次架设单站坐标转换装置,并调节脚螺旋 8,使水平圆水准器和基座圆水准器中的气泡居中。

[0018] 4、对全站仪和棱镜进行对中、整平,并进行后视定向;

5、首先将单站坐标转换装置安放在 3-1 号点,并调节脚螺旋使水平圆水准器和基座圆水准器中的气泡居中;开启 GPS RTK 测量,并设置坐标系为 WGS-84,在信号固定之后开始采集数据,同时全站仪瞄准单站坐标转换装置中棱镜中心进行坐标测量;

6、以上述托杆方向作为初始方向,顺时针依次旋转 90°,并重复第 4 步进行数据采集,直至旋转完一周,共四个方向为止;

7、采集完 3-1 号点的数据,将单站坐标转换装置依次安放到 3-2、3-3 号点,重复第 4、5 步的操作,并确认各事项都准确以后,便可进行下个点的观测;

8、数据采集的过程中,全站仪一次性架站,无须移动,设置的观测点数目不少于 3 个,且要均匀分布。

[0019] 对采集的数据进行处理,详细步骤如下:

(1) 本模型的基本原理

本发明要求托杆两仪器安置点之间的距离可根据实际要求设计为不同的长度(建议长度为 1m)和不同的形式(直杆式、折叠式和伸缩式等)。根据设计模型,在托杆两端分别安装 GPS 接收机、RTK 天线和全站仪棱镜, GPS 接收机中心和棱镜中心的连线为长设为 L_{AB} ,其水平投影长度为 l_{AB} (可直接量取),接收机中心到连接杆上端的垂直高度为 h_A ,棱镜中心到连接杆上端的垂直高度为 h_B ,其长度可在测量前精确量取。则 L_{AB} 可由下式求得:

$$L_{AB} = \sqrt{l_{AB}^2 + (h_A - h_B)^2}$$

由于 L_{AB} 和 l_{AB} 的基线长度是固定的,故以此基线长度作为 A、B 点坐标的约束条件。此外,计算 L_{AB} 和 l_{AB} 时,涉及将 A 点 RTK 测量坐标的转换,以此可以计算出坐标转换参数。本专利将针对不同坐标转换模型设计不同的求解方法。

[0020] (2) 全站仪坐标数据转换为空间直角坐标

根据本发明的要求,进行七参数计算时,需要将全站仪采集的坐标数据转换为基于北京 54 参考椭球系下的空间直角坐标。此过程涉及到高斯坐标的反算和大地坐标转换为空间直角坐标的计算。

[0021] (3) GPS RTK 坐标转换为高斯平面坐标

根据本发明的要求,进行四参数计算时,需将 GPS RTK 坐标转换到北京 54 椭球下的高

斯平面坐标。此过程涉及空间直角坐标转换为大地坐标和高斯坐标正算的计算,具体计算可参考有关的工程公式。

[0022] (4) 基线约束的坐标转换参数求解方法

4.1 基线约束的七参数求解有二种方法:

方法一:基线约束的布尔萨转换模型及其参数求解方法

1) 转换模型

$$L_{AB} = \|X_A - X_B^{TS}\|$$

$$X_A = C_B \cdot R$$

$$C_B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_A^{GPS} & Y_A^{GPS} & X_A^{GPS} \\ 0 & 1 & 0 & Z_A^{GPS} & 0 & -X_A^{GPS} & Y_A^{GPS} \\ 0 & 0 & 1 & -Y_A^{GPS} & X_A^{GPS} & 0 & Z_A^{GPS} \end{bmatrix}$$

$$R = (\Delta X \quad \Delta Y \quad \Delta Z \quad \varepsilon_1 \quad \varepsilon_2 \quad \varepsilon_3 \quad K)^T$$

$$X_A^{GPS} = [X_A^{GPS} \quad Y_A^{GPS} \quad Z_A^{GPS}]^T$$

$$X_B^{TS} = [X_B^{TS} \quad Y_B^{TS} \quad Z_B^{TS}]^T$$

式中, L_{AB} 表示 GPS 接收机中心和全站仪棱镜中心的基线长度;

X_A^{GPS} 为由 RTK 测量的 WGS-84 空间直角坐标;

X_A 为 X_A^{GPS} 转换至北京 54 参考椭球系统下的空间直角坐标;

X_B^{TS} 为由全站仪测量的坐标转换至北京 54 参考椭球系统下的空间直角坐标;

C_B 由 X_A^{GPS} 形成的转换模型设计矩阵;

R 为七个转换参数,包括三个平移参数、三个旋转参数和一个尺度参数。

[0023] 2) 七参数求解方法

$$\begin{aligned} L_{AB}(i) &= \|X_A(i) - X_B^{TS}(i)\| \\ &= \|C_B(i) \cdot R - X_B^{TS}(i)\| \end{aligned}$$

式中, $L_{AB}(i)$ 为第 i 次测量时基线的长度;

$C_B(i)$ 为由第 i 点 GPS RTK 测量坐标组成的设计矩阵;

$X_B^{TS}(i)$ 为全站仪测量所得第 i 点空间直角坐标。

[0024] 计算坐标转换七参数的迭代方法:

$$R^{k+1} = R^k + (A^T A)^{-1} A^T L$$

其中:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{1}{\rho_1} (C_B(1) \cdot R^{(k)} - X_B^{IS}(1))^T \cdot C_B(1) \\ \vdots \\ \frac{1}{\rho_n} (C_B(n) \cdot R^{(k)} - X_B^{IS}(n))^T \cdot C_B(n) \end{bmatrix}$$

$$C_B(i) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_A^{GPS}(i) & Y_A^{GPS}(i) & X_A^{GPS}(i) \\ 0 & 1 & 0 & Z_A^{GPS}(i) & 0 & -X_A^{GPS}(i) & Y_A^{GPS}(i) \\ 0 & 0 & 1 & -Y_A^{GPS}(i) & X_A^{GPS}(i) & 0 & Z_A^{GPS}(i) \end{bmatrix}$$

$$L = \begin{bmatrix} L_{AB}(1) - \rho_1 \\ \vdots \\ L_{AB}(n) - \rho_n \end{bmatrix}$$

$$\rho_i = \|C_B(i) \cdot R^k - X_B^{IS}(i)\|$$

$$X_B^{IS}(i) = [X_B^{IS}(i) \quad Y_B^{IS}(i) \quad Z_B^{IS}(i)]^T$$

$$R^0 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_B^{IS}(i) - X_A^{GPS}(i)) \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_B^{IS}(i) - Y_A^{GPS}(i)) \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_B^{IS}(i) - Z_A^{GPS}(i)) \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \right)^T$$

式中, A 为间接平差时的系数矩阵;

$X_B^{IS}(i)$ 为由全站仪测量的第 i 点的空间直角坐标;

R^0 为 R 的初始值;

R^k 为七参数第 k 次的迭代结果;

R^{k+1} 为七参数第 $k+1$ 次的迭代结果, 当相邻两次迭代误差小于设定限差时, 即可得到最终的 R 的值。

[0025] 方法二: 基线约束的莫洛金斯基转换模型及其参数求解方法

1) 转换模型

$$L_{AB} = \|X_A - X_B^{IS}\|$$

$$X_A = X_P + C_M \cdot R$$

$$C_M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -(Z_A^{GPS} - Z_P) & Y_A^{GPS} - Y_P & X_A^{GPS} - X_P \\ 0 & 1 & 0 & Z_A^{GPS} - Z_P & 0 & -(X_A^{GPS} - X_P) & Y_A^{GPS} - Y_P \\ 0 & 0 & 1 & -(Y_A^{GPS} - Y_P) & X_A^{GPS} - X_P & 0 & Z_A^{GPS} - Z_P \end{bmatrix}$$

$$R = (\Delta X \quad \Delta Y \quad \Delta Z \quad \varepsilon_x \quad \varepsilon_y \quad \varepsilon_z \quad K)^T$$

$$X_A^{GPS} = [X_A^{GPS} \quad Y_A^{GPS} \quad Z_A^{GPS}]^T$$

$$X_B^{IS} = [X_B^{IS} \quad Y_B^{IS} \quad Z_B^{IS}]^T$$

式中, L_{AB} 表示 GPS 接收机中心和全站仪棱镜中心的基线长度;

X_I^{GPS} 为由 GPS RTK 测量的 WGS-84 空间直角坐标;

X_P 为选择的参考点坐标;

X_I 为 X_I^{GPS} 转换至北京 54 参考椭球系统下的空间直角坐标;

C_M 由 X_I^{GPS} 形成的转换模型设计矩阵;

X_B^{NS} 为由全站仪测量的坐标转换为北京 54 参考椭球系统下的空间直角坐标;

R 为七个转换参数, 包括三个平移参数、三个旋转参数和一个尺度参数。

[0026] 2) 七参数求解方法

$$\begin{aligned} L_{AB}(i) &= \|X_I(i) - X_B^{NS}(i)\| \\ &= \|X_P + C_M(i) \cdot R - X_B^{NS}(i)\| \\ X_B^{NS}(i) &= [X_B^{NS}(i) \quad Y_B^{NS}(i) \quad Z_B^{NS}(i)]^T \end{aligned}$$

式中, $L_{AB}(i)$ 为第 i 次测量时基线的长度;

$C_M(i)$ 为由第 i 点 RTK 测量坐标组成的设计矩阵;

$X_B^{NS}(i)$ 为全站仪测量第 i 点转换所得的空间直角坐标。

[0027] 计算坐标转换七参数的迭代方法

$$R^{i+1} = R^i + (A^T A)^{-1} A^T L$$

式中,

$$A = \begin{bmatrix} \frac{1}{\rho_1} (X_P + C_M(1) \cdot R^{(i)} - X_B^{NS}(1))^T \cdot C_M(1) \\ \vdots \\ \frac{1}{\rho_n} (X_P + C_M(n) \cdot R^{(i)} - X_B^{NS}(n))^T \cdot C_M(n) \end{bmatrix}$$

$$C_M(i) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -(Z_I^{GPS}(i) - Z_P) & Y_I^{GPS}(i) - Y_P & X_I^{GPS}(i) - X_P \\ 0 & 1 & 0 & Z_I^{GPS}(i) - Z_P & 0 & -(X_I^{GPS}(i) - X_P) & Y_I^{GPS}(i) - Y_P \\ 0 & 0 & 1 & -(Y_I^{GPS}(i) - Y_P) & X_I^{GPS}(i) - X_P & 0 & Z_I^{GPS}(i) - Z_P \end{bmatrix}$$

$$L = \begin{bmatrix} L_{AB}(1) - \rho_1 \\ \vdots \\ L_{AB}(n) - \rho_n \end{bmatrix}$$

$$\rho_i = \|C_M(i) \cdot R^i - X_B^{NS}(i)\|$$

$$R^p = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_B^{NS}(i) - X_A^{GPS}(i)) \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_B^{NS}(i) - Y_A^{GPS}(i)) \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_B^{NS}(i) - Z_A^{GPS}(i)) \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \right)^T$$

$$X_p = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_A^{GPS}(i) \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_A^{GPS}(i) \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_A^{GPS}(i) \right]^T$$

式中, A 为间接平差时的系数矩阵;

$X_B^{NS}(i)$ 为由全站仪测量的第 i 点的空间直角坐标;

R^0 为 R 的初始值;

R^k 为七参数第 k 次的迭代结果;

R^{k+1} 为七参数第 $k+1$ 次的迭代结果, 当相邻两次迭代误差小于设定限差时, 即可得到最终的 R 的值。

[0028] 4.2 基线约束的四参数求解方法

1) 转换模型

$$l_{AB} = \|x_A - x_B^{NS}\|$$

$$x_A = x_A^{GPS} + C_p \cdot R_p$$

$$C_p = \begin{bmatrix} 1 & 0 & y_A^{GPS} & x_A^{GPS} \\ 0 & 1 & -x_A^{GPS} & y_A^{GPS} \end{bmatrix}$$

$$R_p = [\Delta x \quad \Delta y \quad \theta \quad m]^T$$

$$x_A^{GPS} = [x_A^{GPS} \quad y_A^{GPS}]^T$$

$$x_B^{NS} = [x_B^{NS} \quad y_B^{NS}]^T$$

式中, l_{AB} 表示 GPS 接收机中心和全站仪棱镜中心的水平基线长度;

x_A^{GPS} 为由 GPS RTK 测量的 WGS-84 空间直角坐标经过高斯投影后的平面坐标;

x_A 为由 x_A^{GPS} 坐标转换为北京 54 坐标系下的平面坐标;

C_p 由 x_A^{GPS} 形成的转换模型设计矩阵;

x_B^{NS} 为由全站仪测量北京 54 坐标系下的平面坐标;

R_p 为平面坐标转换四参数, 即两个平移参数、一个旋转参数和一个尺度参数;

2) 四参数求解方法

$$l_{AB}(i) = \|x_A(i) - x_B^{NS}(i)\|$$

$$= \|x_A^{GPS}(i) + C_p(i) \cdot R_p - x_B^{NS}(i)\|$$

$$x_A^{GPS}(i) = [x_A^{GPS}(i) \quad y_A^{GPS}(i)]^T$$

$$\mathbf{x}_A^N(i) = [\mathbf{x}_A^N(i) \quad \mathbf{y}_A^N(i)]^T$$

式中, $l_{AB}(i)$ 为第 i 次测量时水平基线的长度;

$\mathbf{C}_F(i)$ 为由第 i 点 GPS RTK 测量所得的高斯平面坐标组成的设计矩阵;

$\mathbf{x}_A^{GPS}(i)$ 为由 GPS RTK 所测坐标投影到北京 54 椭球下的平面坐标;

$\mathbf{x}_B^N(i)$ 为全站仪测量所得第 i 点的平面坐标。

[0029] 计算坐标转换四参数的迭代方法

$$\mathbf{R}_F^{k+1} = \mathbf{R}_F^k + (\mathbf{A}_F^T \mathbf{A}_F)^{-1} \mathbf{A}_F^T \cdot \mathbf{l}$$

式中,

$$\mathbf{A}_F = \begin{bmatrix} \frac{1}{\rho_1} (\mathbf{x}_A^{GPS}(1) + \mathbf{C}_F(1) \cdot \mathbf{R}_F^{(k)} - \mathbf{x}_B^N(1))^T \cdot \mathbf{C}_F(1) \\ \vdots \\ \frac{1}{\rho_n} (\mathbf{x}_A^{GPS}(n) + \mathbf{C}_F(n) \cdot \mathbf{R}_F^{(k)} - \mathbf{x}_B^N(n))^T \cdot \mathbf{C}_F(n) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{C}_F(i) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \mathbf{y}_A^{GPS}(i) & \mathbf{x}_A^{GPS}(i) \\ 0 & 1 & -\mathbf{x}_A^{GPS}(i) & \mathbf{y}_A^{GPS}(i) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{l} = \begin{bmatrix} l_{AB}(1) - \rho_1 \\ \vdots \\ l_{AB}(n) - \rho_n \end{bmatrix}$$

$$\rho_i = \|\mathbf{x}_A^{GPS}(i) + \mathbf{C}_F(i) \cdot \mathbf{R}_F^k - \mathbf{x}_B^N(i)\|$$

$$\mathbf{R}_F^k = \begin{bmatrix} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_B^N(i) - \mathbf{x}_A^{GPS}(i)) & \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\mathbf{y}_B^N(i) - \mathbf{y}_A^{GPS}(i)) & 0 & 1 \end{bmatrix}^T$$

式中, \mathbf{A}_F 为间接平差时的系数矩阵;

\mathbf{R}_F^0 为 \mathbf{R}_F 的初始值;

\mathbf{R}_F^k 为七参数第 k 次的迭代结果;

\mathbf{R}_F^{k+1} 为七参数第 $k+1$ 次的迭代结果, 当相邻两次迭代误差小于设定限差时, 即可得到

最终的 \mathbf{R}_F 的值。

[0030] 通过上述步骤和方法, 按照本发明提出的三种处理方案编写的相应程序软件, 进行处理即可得到坐标系之间的转换参数。

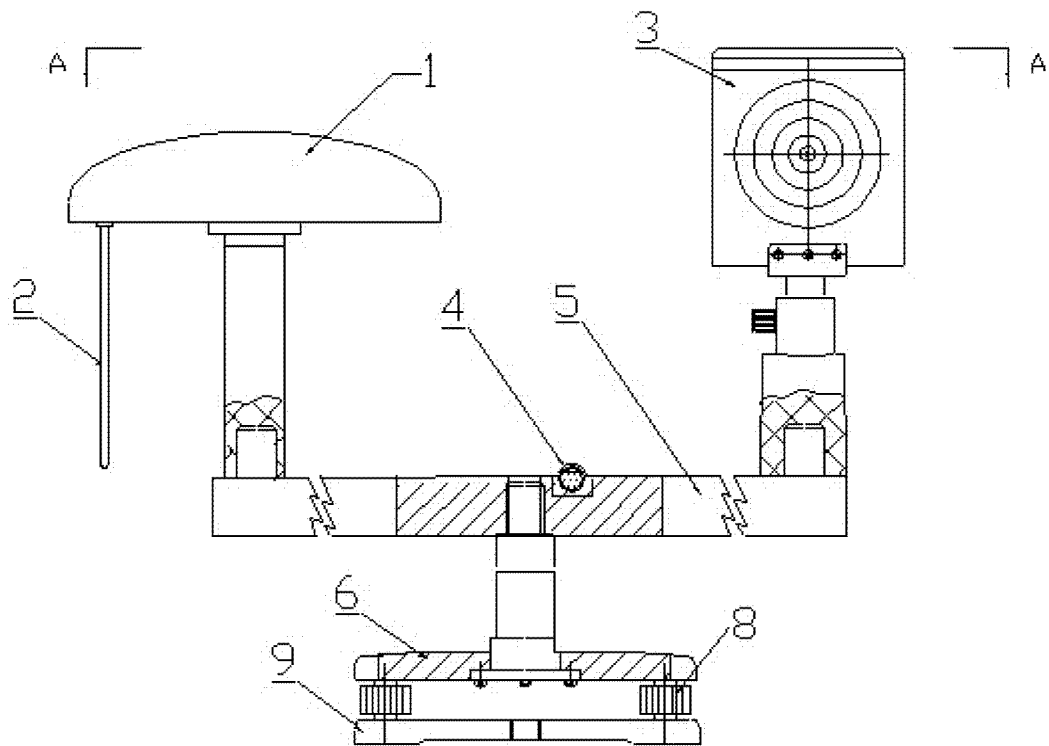


图 1

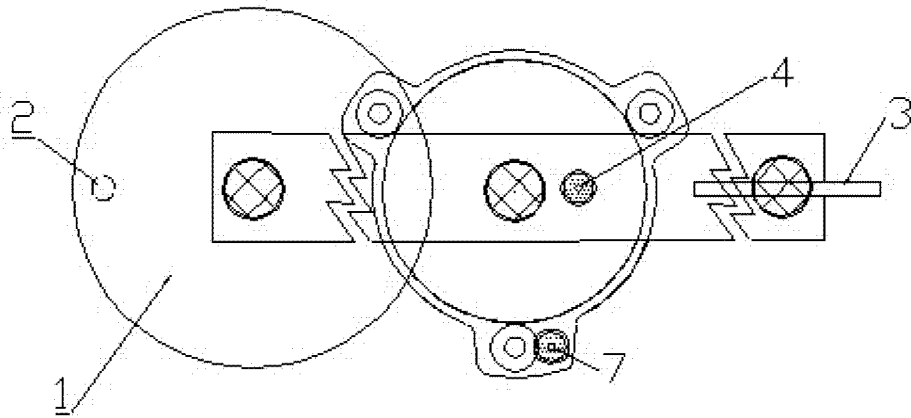


图 2

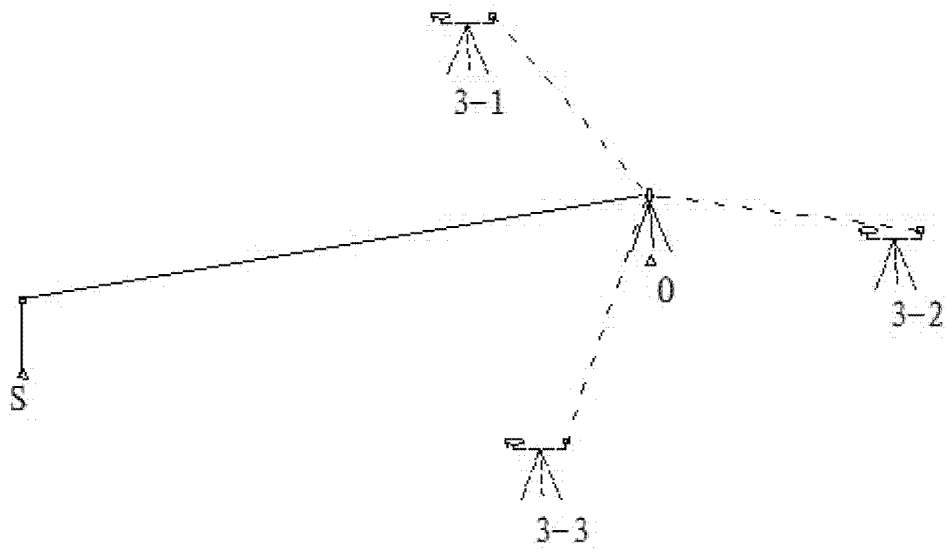


图 3