



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103837126 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201210479252. 8

(22) 申请日 2012. 11. 22

(73) 专利权人 施泮立

地址 100080 北京市海淀区中关村新科祥园
5号楼 1304室

(72) 发明人 施泮立

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 梁爱荣

(51) Int. Cl.

G01C 1/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101082497 A, 2007. 12. 05,

US 2007/0228218 A1, 2007. 10. 04,

EP 1111402 A1, 2001. 06. 27,

JP 特开平 7-208979 A, 1995. 08. 11,

CN 101751662 A, 2010. 06. 23,

CN 102540200 A, 2012. 07. 04,

CN 102445195 A, 2012. 05. 09,

李春艳等. 高精度星敏感器天文标定方法及
观测分析. 《光学精密工程》. 2006, 第 14 卷 (第
4 期),

朱敏等. 双(多)基地雷达系统中的若干关
键技术研究. 《现代雷达》. 2002, (第 6 期),

纪元法等. 基于 MATLAB 的 GPS 卫星预报软件
设计. 《计算机应用与软件》. 2009, 第 26 卷 (第
10 期),

李彬彬等. 异类传感器三维空间数据关联算
法研究. 《宇航学报》. 2011, 第 32 卷 (第 7 期),

审查员 裴显

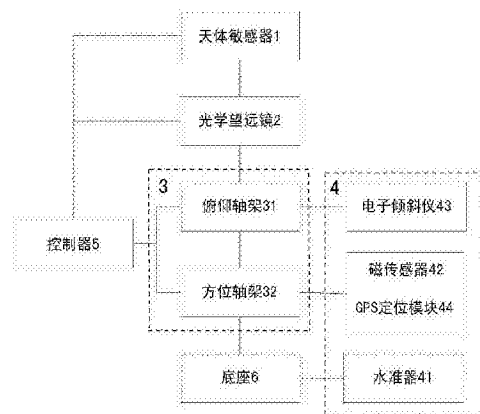
权利要求书3页 说明书10页 附图10页

(54) 发明名称

以天体位置作为标校基准的三维空间方向角
测量装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种以天体位置作为标校基准
的三维空间方向角测量装置及方法,它由天体敏
感器、光学望远镜、方位俯仰轴架、多个传感器、控
制器和底座组成。在方位俯仰轴架的俯仰轴上安
置光学望远镜,在光学望远镜镜筒上方或俯仰轴
轴头上安装天体敏感器,并要求天体敏感器主光
轴与光学望远镜镜筒的主光轴平行。因为天体敏
感器可以感知天空中恒星和行星天体的位置,这
样就可以利用恒星和行星天体的位置作为空间测
量的标校基准,提供三维空间的高精度指向角,从
而可以进一步提高三维空间方向仪的空间指向角
精度。同时,还能提供水平基准面、倾斜基准面和
正东、正南、正西、正北及垂线方向的高精度指向,
指向角精度高达角秒级甚至亚角秒级。



CN 103837126 B

1. 一种以天体位置作为标校基准的三维空间方向角测量装置,其特征在于,所述装置由天体敏感器、光学望远镜、方位俯仰轴架、多个传感器、控制器和底座组成,其中:

方位俯仰轴架,包括有俯仰轴架和方位轴架,俯仰轴架的俯仰轴和方位轴架的方位轴相互正交安置;方位轴架的一端安置于底座中;方位轴架的另一端与俯仰轴架连接,这样俯仰轴位于方位轴的上方;

光学望远镜安置在俯仰轴架上,光学望远镜在白天用于观测和测量目标,获取目标的位置信息;

天体敏感器安装在光学望远镜的镜筒上方;天体敏感器的主光轴与光学望远镜的主光轴平行,使天体敏感器与光学望远镜镜筒的指向角一致;天体敏感器和光学望远镜一起绕俯仰轴架中的俯仰轴和方位轴架中的方位轴转动,天体敏感器用于感知夜晚天空中恒星和行星的位置,这样就能利用恒星和行星的位置作为空间位置测量的标校基准,提高光学望远镜的指向精度;

多个传感器包括水准器、磁传感器、电子倾斜仪和 GPS 定位模块;其中:

水准器置于底座上,用于为底座获取水平基准面;

磁传感器位于方位轴架上,用于为底座上的方位轴架的水平面提供正南或正北指向基准;

电子倾斜仪位于俯仰轴架上,用于为俯仰轴架中的俯仰轴提供俯仰角度量基准;

GPS 定位模块位于方位轴架上,用于为三维空间方向角测量装置提供在地心地固坐标系中的位置;

控制器的输入输出端分别与天体敏感器、光学望远镜、俯仰轴架和方位轴架的输入输出端连接,控制器控制俯仰轴架的俯仰轴和方位轴架的方位轴转动,控制俯仰轴架带动光学望远镜的镜筒及其上的天体敏感器一起转动;

在夜晚时对三维空间方向角测量装置的轴位进行校正,校正时利用控制器控制方位俯仰轴架转动,使天体敏感器观测到天体,利用天体敏感器中的小于毫角秒精度的天体位置星表查找出观测到的天体位置数据,结合由 GPS 定位模块测量到的观测点在地心地固坐标系中的位置数据进行计算,得到观测点对观测到的天体的理论指向角;再对照方位俯仰轴架上的轴位显示器显示的观测到的天体的方位角和俯仰角,得到天体观测的方位角和俯仰角的偏差,并将天体观测方位角和俯仰角的偏差存储到控制器内的存储芯片中;这样当再控制方位俯仰轴架转动时,利用存储在控制器内的存储芯片中的方位角和俯仰角指向偏差值,修正转动的方位俯仰轴架及光学望远镜主轴线的指向,即利用天体观测方位角和俯仰角的偏差修正三维空间方向检测装置的轴角精度,使三维空间方向角装置能实现亚角秒级精度的三维空间指向角的观察、测量、校正和引导。

2. 如权利要求 1 所述的三维空间方向角测量装置,其特征在于,用 XY 轴架或赤经赤纬轴架替换所述方位俯仰轴架。

3. 如权利要求 1 所述的三维空间方向角测量装置,其特征在于,所述的天体敏感器除了安装在光学望远镜的镜筒上方外,或安装在俯仰轴架的俯仰轴的轴头上。

4. 如权利要求 1 所述的三维空间方向角测量装置,其特征在于,

在俯仰轴架的俯仰转动方向,俯仰轴能提供 0 至 90 度的连续指向转动;

在方位轴架的方位转动方向,方位轴能提供 0 至 360 度的连续指向转动;从而为光学望

远镜筒的光轴和天体敏感器的光轴提供半空域的指向覆盖。

5. 如权利要求 1 所述的三维空间方向角测量装置,其特征在于,所述天体敏感器中成像的器件采用 CCD 器件或 CMOS 器件中的一种。

6. 如权利要求 1 所述的三维空间方向角测量装置,其特征在于,控制器与天体敏感器、光学望远镜和方位俯仰轴架的连接方式采用无线传输方式或有线传输方式。

7. 如权利要求 1 所述的三维空间方向角测量装置,其特征在于,仅由天体敏感器、控制器和 GPS 定位模块组成方向角测量组件,用于对已具有俯仰轴、方位轴和轴位检出显示单元的被监测设备做三维空间的方向角检测,这时直接将测量组件安装到被监测设备的俯仰轴上的光学望远镜的镜筒上方或安装到被监测设备的天线俯仰轴的轴端上,其中天体敏感器主视线应与光学望远镜镜筒的主视线或微波天线电轴主视线方向平行。

8. 如权利要求 7 所述的三维空间方向角测量装置,其特征在于,所述的被监测设备是光学经纬仪,或是全站仪,这样就成为驮有天体敏感器的高精度数字经纬仪或高精度数字全站仪。

9. 如权利要求 7 所述的三维空间方向角测量装置,其特征在于,所述的被监测设备若是抛物面盘状微波天线,在抛物面盘状微波天线的俯仰轴一端,将方向角测量组件的带有圆锥形配合面的圆锥形轴头,插入到俯仰轴轴端头的圆锥孔内,使方向角测量组件的圆锥形轴头的配合面与俯仰轴轴端头的圆锥形的孔面贴合,最后用夹环和螺钉固紧;或把过渡曲尺支架一侧面固接于俯仰轴的轴端,再将天体敏感器固定于过渡曲尺支架上,这样就能利用天体位置信息标校微波天线的指向角精度,即通过对天体中恒星和行星位置的观测,使微波天线具有角秒级甚至亚角秒级的高精度三维指向精度和校正精度。

10. 如权利要求 1 所述的三维空间方向角测量装置,其特征在于,通过转动天体敏感器得到不同角度情况下的多于三个方向的指向角,但三个观测方向要拉开角度间隔,这时所述装置可作为天文导航仪,用于测量得到所述装置的位置坐标。

11. 一种对权利要求 1 所述三维空间方向角测量装置的三维空间方向角的调整测量方法,所述方法是以恒星、行星位置基准作为标校基准的三维空间指向角精度调整检测方法,采用的具体步骤如下:

步骤 1: 所述装置先在白天进行作业,利用所述装置的多个传感器调整测量所述装置基准面的水平度、方位指向起始点的正北、仰角标零点和测定所述装置的地理位置;

步骤 2: 若在晴朗夜晚,通过所述装置的天体敏感器观测天空中的天体,得到并显示恒星或行星的实际观测角度;同时识别出观测到的恒星或行星的编号,从星表中查阅这些观测到的行星及恒星的位置,在步骤 1 中已测定了所述装置的地理位置,这样用步骤 1 的数据经计算得到天体中恒星或行星的理论观测角度,把理论观测角度与实际观测角度作比对,求得方位俯仰轴架的方位轴和俯仰轴轴系指示的方位轴的方位角度和俯仰轴的俯仰角度与理论观测角度之间的偏差值,得到所述装置的指向角误差测量值;

步骤 3: 若在全天空域众多方向上,观测成百上千颗恒星和行星,提供空中多方向上的恒星与行星的观测角,同时对照这些观测到的恒星与行星在方位俯仰轴架上对应的轴位指示检出角度值进行计算,便得到观测天体指向角误差偏离值;把这些由观测得到的误差偏离值通过广义延拓插值模型进行数据处理,生成空间指向角误差数据;用这些空间指向角误差数据,便能对具有空间指向的方位俯仰轴架的所述装置进行指向角误差分辨,包括所

述装置水平基面的水平度偏角或倾斜面的倾斜度偏角,或解算出方位轴架的方位指向与正东、正南、正西、正北及垂线方向的偏差,以及俯仰角零值的标校偏差;利用这些标校得到的偏差就能测量和标校水平面、倾斜面;能测量和标校正北方向和垂线方向;同时也能解算分离出方位轴和俯仰轴指向角的残余误差,利用这些残余的指向角误差能生成整个指向范围内的指向角误差数据库和指向角误差修正曲面;利用这些方位轴和俯仰轴的指向角误差修正量,便能使方位俯仰轴架的俯仰轴和方位轴具有三维高精度的空间指向功能,也能校准或引导其它指向仪器或设备实现高精度指向。

以天体位置作为标校基准的三维空间方向角测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及天文技术与测量技术领域,具体涉及一种用恒星和行星等天体位置作为测量和标校基准的高精度三维空间方向角测量装置。

背景技术

[0002] 指向和测向技术古而有之,作为我国古代四大发明之一的指南针就是利用地磁的物理特征,指示出正南正北方向,指引人们找到行进的方向,特别是当它用于航海时,可以使海船在茫茫大海中不迷失方向。以后也有利用望远镜观测北极星来确定正北指向的。但上述两种方向角测量仪能指示的仅仅是二维平面上的方位指向角,而且方向角指示精度偏低。使用指南针时,因为在不同的地理位置,磁偏角是不一样的,所以当利用地磁指向时会受测量点地理位置的影响,使测向精度存在较大的偏差,一般为 0.5° 至 4° ,虽可以通过修正磁偏角来提高指向精度,但测向精度仍然受到很大的限制。利用北极星指向也同样有应用价值,因为人们似乎感觉不到北极星的变动,认为它总是位于北天极处,似乎不参与周日运动,但实际上北极星也有自行和岁差,只是距极点的偏差较小,不足 1° 而已,所以可以用于正北近似指向。上述两种装置都可以提供基本的正北方向,但指向精度有限,也无法提供三维空间角指向。

[0003] 近代,由于光学仪器和电子仪器的迅速发展,出现了经纬仪、水平仪、全站仪等光学测角测姿仪器及雷达、射电望远镜、通信装置等指向天线。特别是近年内,随着电子和数字技术的广泛应用于这些装置和仪器,使这些仪器成为数字化的观测装置和仪器,精度已可高达角秒级。但要进一步提高这类仪器的指向测角精度,一般说来很难,其最大的瓶颈是缺少三维空间的角度标校基准。为此,本专利提出利用恒星或行星等天体位置作为空间方向角测量的基准点和校准点的方法及检测装置,实现三维空间方向角亚角秒级的测角精度。

发明内容

[0004] 现有观测仪器缺少三维空间的角度标校基准,指向精度受限,不能达到亚角秒级测角精度。为了解决观测仪器不能实现高精度测向这一技术问题,本发明提出利用恒星和行星天体的空间位置作为这类仪器空间方向角测量校正基准的设计理念,并构造了实现这一理念的相关技术和以恒星和行星天体位置作标校基准的三维空间方向角测量装置及方法。

[0005] 为达到上述目的,本发明第一方面,提出一种以天体位置作标校基准的三维空间方向角测量装置,所述装置由天体敏感器、光学望远镜、方位俯仰轴架、多个传感器、控制器和底座组成,其中:

[0006] 方位俯仰轴架,包括有俯仰轴架和方位轴架,俯仰轴架的俯仰轴和方位轴架的方位轴相互正交安置;方位轴架的一端安置于底座中;方位轴架的另一端与俯仰轴架连接,

这样俯仰轴位于方位轴的上方；

[0007] 光学望远镜安置在俯仰轴架上,光学望远镜在白天用于观测和测量目标,获取目标的位置信息；

[0008] 天体敏感器安装在光学望远镜的镜筒上方；天体敏感器的主光轴与光学望远镜的主光轴平行,使天体敏感器与光学望远镜镜筒的指向角一致；天体敏感器和光学望远镜一起绕俯仰轴架中的俯仰轴和方位轴架中的方位轴转动,天体敏感器用于感知夜晚天空中恒星和行星的位置,这样就能利用恒星和行星的位置作为空间位置测量的标校基准,提高光学望远镜的指向精度；

[0009] 多个传感器包括水准器、磁传感器、电子倾斜仪和 GPS 定位模块；其中：

[0010] 水准器置于底座上,用于为底座获取水平基准面；

[0011] 磁传感器位于方位轴架上,用于为底座上的方位轴架的水平面提供正南或正北指向基准；

[0012] 电子倾斜仪位于俯仰轴架上,用于为俯仰轴架中的俯仰轴提供俯仰角度量基准；

[0013] GPS 定位模块位于方位轴架上,用于为三维空间方向角测量装置提供在地心地固坐标系中的位置；

[0014] 控制器的输入输出端分别与天体敏感器、光学望远镜、俯仰轴架和方位轴架的输入输出端连接,控制器控制俯仰轴架的俯仰轴和方位轴架的方位轴转动,控制俯仰轴架带动光学望远镜的镜筒及其上的天体敏感器一起转动；

[0015] 在夜晚时对三维空间方向角测量装置的轴位进行校正,校正时利用控制器控制方位俯仰轴架转动,使天体敏感器观测到天体,利用天体敏感器中的小于毫角秒精度的天体位置星表查找出观测到的天体位置数据,结合由 GPS 定位模块测量到的观测点在地心地固坐标系中的位置数据进行计算,得到观测点对观测到的天体的理论指向角；再对照方位俯仰轴架上的轴位显示器显示的观测到的天体的方位角和俯仰角,便得到天体观测的方位角和俯仰角的偏差,并将天体观测方位角和俯仰角的偏差存储到控制器内的存储芯片中；这样当再控制方位俯仰轴架转动时,利用存储在控制器内的存储芯片中的方位角和俯仰角指向偏差值,修正转动的方位俯仰轴架及光学望远镜主轴线的指向,即利用天体观测方位角和俯仰角的偏差修正三维空间方向检测装置的轴角精度,使三维空间方向角装置能实现亚角秒级精度的三维空间指向角的观察、测量、校正和引导。

[0016] 为达到上述目的,本发明第二方面,提出一种对三维空间方向角测量装置的三维空间方向角调整测量方法,所述方法是以恒星、行星位置基准作为标校基准的三维空间指向角精度调整检测方法,采用的具体步骤分为以下几步：

[0017] 步骤 1:所述装置先在白天进行作业,利用所述装置的多个传感器调整测量所述装置基准面的水平度、方位指向起始点的正北、仰角标零点和测定所述装置的地理位置；

[0018] 步骤 2:若在晴朗夜晚,通过所述装置的天体敏感器观测天空中的天体,得到并显示恒星或行星的实际观测角度；同时识别出观测到的恒星或行星的编号,从星表中查阅这些观测到的行星及恒星的位置,在步骤 1 中已测定了所述装置的地理位置,这样用步骤 1 的数据经计算得到天体中恒星或行星的理论观测角度,把理论观测角度与实际观测角度作对比,求得方位俯仰轴架的方位轴和俯仰轴轴系指示的方位轴的方位角度和俯仰轴的俯仰角度与理论观测角度之间的偏差值,得到所述装置的指向角误差测量值；

[0019] 步骤3:若在全天空域众多方向上,观测成百上千颗恒星和行星,提供空中多方向上的恒星与行星的观测角,同时对照这些观测到的恒星与行星在方位俯仰轴架上对应的轴位指示检出角度值进行计算,便得到观测天体指向角误差偏离值;把这些由观测得到的误差偏离值通过广义延拓插值模型进行数据处理,生成空间指向角误差数据;用这些空间指向角误差数据,便能对具有空间指向的方位俯仰轴架的所述装置进行指向角误差分辨,包括所述装置水平基面的水平度偏角或倾斜面的倾斜度偏角,或解算出方位轴架的方位指向与正东、正南、正西、正北及垂线方向的偏差,以及俯仰角零值的标校偏差;利用这些标校得到的偏差就能测量和标校水平面、倾斜面;能测量和标校正北方向和垂线方向;同时也能解算分离出方位轴和俯仰轴指向角的残余误差,利用这些残余的指向角误差能生成整个指向范围内的指向角误差数据库和指向角误差修正曲面;利用这些方位轴和俯仰轴的指向角误差修正量,便能使方位俯仰轴架的俯仰轴和方位轴具有三维高精度的空间指向功能,也能校准或引导其它指向仪器或设备实现高精度指向。

[0020] 本发明的有益效果:本发明以天体位置作标校基准的三维空间方向角测量装置及方法,是以恒星和行星天体的空间位置作为测量标校基准的三维空间方向角测量装置,利用恒星或行星等天体位置作为空间方向测量的基准点和校准点,通过观测及观测数据的处理,可以实现三维空间全空域的高精度指向、测向和指向校正,从而能改变现有指南针等方向仪仅能提供二维指向的局限性,解决现缺少三维空间的高精度角度标校基准这一技术问题,从而使得观测仪器指向精度提高,使本发明的三维空间的角度测量装置能提供亚角秒级的空间指向精度,所以本发明能组成三维高精度指向仪,或测向仪,或方向角校正测量组件。对方位俯仰转轴配置的要求可以是正交轴系也可以是非正交轴系。轴系所处位置可以是水平方向和垂直方向,也可以是非水平非垂直方向,所以适用范围比较广。

[0021] 本发明以恒星和行星天体的空间位置作为测量标校基准的三维空间方向角测量装置,其方位轴架的能提供方位轴位指示角,俯仰轴架能提供俯仰轴位指示角,还能测水平面、垂线方向,也能标校各种倾斜面;对测量的轴系,除了标校上述由方位和俯仰轴系组成的正交轴系以外,还能标校由非水平轴或非垂直轴组成的正交轴系的各转轴的转角误差,甚至可以检测非正交轴系的转角和误差。

[0022] 本发明的以天体位置基准作为标校基准的三维空间方向角测量仪,作为一种对三维指向装置的高精度标校和校正仪器,可提高三维空间指向装置的精度,应用于经纬仪、全站仪、雷达装置、天线、望远镜和火箭导弹发射装置等设备,可以实现角秒级,甚至亚角秒级的三维空间指向角引导和指向角校准,以及大型建筑物和工程设施的角秒级甚至亚角秒级的空间指向角和基准面的测量。也可以作为角度引导源,引导经纬仪、全站仪、导弹、炮弹发射架、雷达天线,望远镜或其他装置的指向。

附图说明

[0023] 图1 本发明三维空间方向角测量装置的组成方框图;

[0024] 图2 本发明三维空间方向角测量装置工作流程图;

[0025] 图3 本发明三维空间方向角测量装置中的控制器的修正误差数据生成流程图;

[0026] 图4 本发明三维空间方向角的调整测量方法的流程图;

[0027] 图5 本发明实施例的测向组件中带圆锥状安装锥面结构的示意图;

- [0028] 图 6 本发明实施例的测向组件在天线轴头安装示意图；
- [0029] 图 7 本发明三维空间方向角测量装置结构前侧向视图；
- [0030] 图 8 本发明三维空间方向角测量装置结构后右向视图；
- [0031] 图 9 本发明三维空间方向角测量装置结构后左向视图；
- [0032] 图 10 本发明三维空间方向角测量装置的控制器的示意图。
- [0033] 附图标号说明：
- [0034] 天体敏感器 1、光学望远镜 2、
- [0035] 方位俯仰轴架 3、
- [0036] 俯仰轴架 31、方位轴架 32、调平螺栓 34、
- [0037] 方位转动旋钮 35、俯仰转动旋钮 36、
- [0038] 多个传感器 4、水准器 41、磁传感器 42、
- [0039] 电子倾斜仪 43、GPS 模块 44、
- [0040] 控制器 5、显示器 51、
- [0041] 底座 6、
- [0042] 测量组件 8、支套架 81、过渡曲尺支架 82、
- [0043] 天线 83、天线座 84、螺栓 85、
- [0044] 安装配合面 A、轴端配合面 B。

具体实施方式

[0045] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本发明的三维空间方向角检测仪装置进行具体实施方式阐述。

[0046] 实施例一：

[0047] 如图 1 示出一种以天体位置作标校基准的三维空间方向角测量装置，它是以恒星和行星天体的空间位置作为测量基准的三维空间方向角测量装置，所述装置是利用恒星和行星等天体位置作为测量的标定和校正基准，所述装置由天体敏感器 1、光学望远镜 2、方位俯仰轴架 3、多个传感器 4、控制器 5 和底座 6 组成，其中：

[0048] 方位俯仰轴架 3，包括有俯仰轴架 31 和方位轴架 32，俯仰轴架 31 的俯仰轴和方位轴架 32 的方位轴相互正交安置；方位轴架 32 的一端安置于底座中；方位轴架 32 的另一端与俯仰轴架 31 连接，这样俯仰轴位于方位轴的上方；

[0049] 光学望远镜 2 安置在俯仰轴架 32 上，光学望远镜 2 镜在白天用于观测和测量目标，获取目标的位置信息；

[0050] 天体敏感器 1 安装在光学望远镜 2 的镜筒上方；天体敏感器 1 的主光轴与光学望远镜 2 的主光轴平行，使天体敏感器 1 与光学望远镜 2 的镜筒的指向角一致；天体敏感器 1 和光学望远镜 2 一起绕俯仰轴架 31 中的俯仰轴和方位轴架 32 中的方位轴转动，天体敏感器 1 用于感知夜晚天空中恒星和行星的位置，这样就能利用恒星和行星的位置作为空间位置测量的标校基准，提高光学望远镜 2 的指向精度（参见图 7）；

[0051] 多个传感器 4 包括水准器 41、磁传感器 42、电子倾斜仪 43 和 GPS 定位模块 44；其中：

[0052] 水准器 41 置于底座 6 上表面上，用于为底座 6 获取水平基准面，即用于测量方位

轴架 32 和俯仰轴架 32 位于水平基准上的状况；；

[0053] 磁传感器 42 位于方位轴架 32 上,用于为底座 6 上的方位轴架 32 的水平面提供正南或正北指向基准；

[0054] 电子倾斜仪 43 位于俯仰轴架 31 上,用于为俯仰轴架中 31 的俯仰轴提供俯仰角度量基准；

[0055] GPS 定位模块 44 位于方位轴架 32 上,用于为三维空间方向角测量装置提供在地心地固坐标系中的位置；

[0056] 控制器 5 的输入输出端分别与天体敏感器 1、光学望远镜 2、俯仰轴架 31 和方位轴架 32 的输入输出端连接,控制器 5 控制俯仰轴架 31 的俯仰轴和方位轴架 32 的方位轴转动,控制俯仰轴架 31 带动光学望远镜 2 的镜筒及其上的天体敏感器 1 一起转动;图 10 示意了控制器 5,控制器 5 上有显示器 51,可以显示出方位俯仰轴架方位轴的转角和俯仰轴的转角。

[0057] 在夜晚时对三维空间方向角测量装置的轴位进行校正,校正时利用控制器 5 控制方位俯仰轴架 31 转动,使天体敏感器 1 观测到天体,利用天体敏感器 1 中的小于毫角秒精度的天体位置星表查找出观测到的天体位置数据,结合由 GPS 定位模块 44 测量到的观测点在地心地固坐标系中的位置数据进行计算,得到观测点对观测到的天体的理论指向角;再对照方位俯仰轴架 31 上的轴位显示器 51 显示的观测到的天体的方位角和俯仰角,得到天体观测的方位角和俯仰角的偏差,并将天体观测方位角和俯仰角的偏差存储到控制器 5 内的存储芯片中;这样当再控制方位俯仰轴架 3 转动时,利用存储在控制器 5 内的存储芯片中的方位角和俯仰角指向偏差值,修正转动的方位俯仰轴架 3 及光学望远镜 2 主轴线的指向,即利用天体观测方位角和俯仰角的偏差修正三维空间方向检测装置的轴角精度,使三维空间方向角装置能实现亚角秒级精度的三维空间指向角的观察、测量、校正和引导。

[0058] 对所述三维空间方向角测量装置的三维空间方向角的调整测量方法,所述方法是以恒星、行星位置基准作为标校基准的三维空间指向角精度调整检测方法,采用的具体步骤如下:

[0059] 步骤 1:所述装置先在白天进行作业,利用所述装置的多个传感器 4 调整测量所述装置基准面的水平度、方位指向起始点的正北、仰角标零点和测定所述装置的地理位置;

[0060] 步骤 2:若在晴朗夜晚,通过所述装置的天体敏感器 1 观测天空中的天体,得到并显示恒星或行星的实际观测角度;同时识别出观测到的恒星或行星的编号,从星表中查阅这些观测到的行星及恒星的位置,在步骤 1 中已测定了所述装置的地理位置,这样用步骤 1 的数据经计算得到天体中恒星或行星的理论观测角度,把理论观测角度与实际观测角度作比对,求得方位俯仰轴架 3 的方位轴和俯仰轴轴系指示的方位轴的方位角度和俯仰轴的俯仰角度与理论观测角度之间的偏差值,得到所述装置的指向角误差测量值;

[0061] 步骤 3:若在全天空域众多方向上,观测成百上千颗恒星和行星,提供空中多方向上的恒星与行星的观测角,同时对照这些观测到的恒星与行星在方位俯仰轴架 3 上对应的轴位指示检出角度值进行计算,便得到观测天体指向角误差偏离值;把这些由观测得到的误差偏离值通过广义延拓插值模型进行数据处理,生成空间指向角误差数据;用这些空间指向角误差数据,便能对具有空间指向的方位俯仰轴架的所述装置进行指向角误差分辨,包括所述装置水平基面的水平度偏角或倾斜面的倾斜度偏角,或解算出方位轴架 32 的方

位指向与正东、正南、正西、正北及垂线方向的偏差,以及俯仰角零值的标校偏差;利用这些标校得到的偏差就能测量和标校水平面、倾斜面;能测量和标校正北方向和垂线方向;同时也能解算分离出方位轴和俯仰轴指向角的残余误差,利用这些残余的指向角误差能生成整个指向范围内的指向角误差数据库和指向角误差修正曲面;利用这些方位轴和俯仰轴的指向角误差修正量,便能使方位俯仰轴架 3 的俯仰轴和方位轴具有三维高精度的空间指向功能,也能校准或引导其它指向仪器或设备实现高精度指向。

[0062] 本发明装置的工作流程

[0063] 如图 2 示出的本发明的三维空间方向角测量装置工作流程框图,图中示出了轴位角度读取单元、误差修正数据库、驱动转动单元、测量参数分析处理模块、天体敏感器 1、光学望远镜 2、方位俯仰轴架 3、控制器 5。方位俯仰轴架 3 分手动转动和电动驱动转动两类。电动驱动时,俯仰轴和方位轴都应配有驱动转动单元,俯仰轴和方位轴还应该轴位(轴转角)检出和显示单元。驱动转动单元的输入端分别与控制器 5 输出端和误差修正数据库输出端连接;驱动转动单元的输出端与方位俯仰轴架 3 的转轴连接;轴位角度读出单元装在方位俯仰轴架 3 的转轴上,测量参数分析处理模块的输入端分别与天体敏感器 1 输出端和控制器 5 输出端连接;从图 2 可知,当三维空间方向角测量装置检测装置中的方位轴、俯仰轴指向角误差时,由控制器 5 控制方位俯仰轴架 3 和光学望远镜 2 的镜筒的转动,这时方位俯仰轴架 3 能输出方位轴和俯仰轴的轴位角度,并把方位轴和俯仰轴的轴位角度输出给测量参数分析处理模块;同时安装在俯仰轴轴端上的天体敏感器 1 通过观测天体,也可以输出天体的测量数据馈给测量参数分析处理模块,方位轴和俯仰轴的轴位角度和天体的测量数据经测量参数分析处理模块处理折算,可以计算得到方位轴和俯仰轴的轴位角度数据和天体的测量数据两者之间的偏差值,利用这些偏差值可以生成方位俯仰角的误差修正数据,利用这些生成的方位俯仰角的误差修正数据,可以存储起来,在存储器中形成误差修正数据库。这样,当控制器 5 发出指令再控制方位俯仰轴架 3 和光学望远镜 2 的镜筒转动时,利用连接于驱动转动子单元的误差修正数据库,就可以对轴位角度读取单元读取到的转动角度输入量作修正,从而就能使指向精度明显提高,使方位俯仰轴架 3 指向正确的角度上。

[0064] 图 3 是控制器的修正误差数据生成框图,所述误差数据生成的步骤包括:

[0065] 步骤 51:是先根据 GPS 定位模块 44 测量得到的测量点的地心地固坐标系中的位置,以及由天体敏感器 1 测得星体,在天体星图数据库中,查到测得的恒星或行星的编号和星体位置,计算得到理论观测角度;

[0066] 步骤 52:是把理论观测角度与实际观测角或指示角作比照,对观测天体的理论方位轴角和俯仰轴角分别与方位俯仰轴架 3 的方位轴和俯仰轴轴系指示的方位轴角度和俯仰轴角度求差,得到两者之差值,这差值即为方位轴角和俯仰轴角的指向角误差测量值;

[0067] 步骤 53:是表示用广义延拓插值方法和模型对指向角误差测量值进行数据处理,生成得到全空域上的方向角角位的误差修正值;第四框是表示把全空域上的方向角角位的误差修正值生成整个指向范围内的指向角误差数据库和指向误差修正曲面。

[0068] 测量组件 8 仅由天体敏感器 1、控制器 5 和 GPS 定位模块 44 等组成。将测量组件通过连接装置,直接安装到被检测设备的转轴上或主视线设备上方。把上述带有天体敏感器的测量组件直接安装到被检测装置的转轴上或主视线方向设备上以后,通过对恒星和行

星位置的观测,同样可以使被检测设备具有三维空间的高精度指向精度和校正精度。所述的带有天体敏感器的测量组件,其所述高精度可以高达亚角秒级。

[0069] 所述三维空间方向测量装置和测量组件 8,当其安装在某一装置的一个基面上之后,通过转动方位俯仰轴架 3 上的天体敏感器 1,在全空域众多方向上,观测到成百上千颗恒星和行星,获得空间多方向上的恒星与行星观测角,对照天文年历中的星表,对照方位俯仰轴架 3 上对应的方位轴和俯仰轴的轴位输出指示角度值,便得到指向角误差偏离值,这些误差量通过广义延拓插值等数据处理,经归算可以解算出安装基面的水平面的水平度偏角或倾斜面的倾斜度偏角,或解算出方位轴架 32 的方位轴角指向与正东、正南、正西、正北及垂线的偏差,以及俯仰角零值的标校偏差;还能测水平面、垂线方向,生成空间指向的误差曲面或误差修正数据库。图 3 示出修正误差数据生成框图,利用误差修正曲面或生成的误差修正数据库对具有空间指向的方位俯仰轴架 3 进行指向误差修正,可以使其具有角秒级,甚至亚角秒级的转轴空间指向精度。

[0070] 除了标校上述由方位轴和俯仰轴组成的正交轴系以外,还能标校由非水平轴或非垂直轴组成的正交轴系的各转轴的转角误差,甚至可以检测非正交轴系的转角和误差。

[0071] 本发明的原理

[0072] 天体敏感器 1 是测角仪器,它的测角分辨率主要取决于星体大小和座方位俯仰轴架 3 的相关精度。星体图像视角大小一般小于 2",所以只要安装天体敏感器 1 的方位俯仰轴架 3,特别是轴系和驱动转动单元做得足够精细,就能保证小于 2" 的测角精度。若再采用星体图像的中心分割分辨算法,便可以达到亚角秒分辨率。

[0073] 令方位俯仰轴架 3 的大地坐标为 (λ, φ) ,天体敏感器 1 所观测的某星体赤道坐标为 (α, δ) (通过查取天文星表可得),则由下列公式便可计算得到理论观测方位角 \hat{A} 与理论观测高度角 \hat{z} :

[0074]

$$\begin{cases} \cos \hat{z} = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \\ -\sin \hat{z} \sin \hat{A} = \cos \delta \sin t \\ \sin \hat{z} \cos \hat{A} = \sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos t \end{cases} \quad (1)$$

[0075] $t = s - \alpha \quad (2)$

[0076] 式中, t 为时间, s 为恒星时。

[0077] 若测得的方位角为 A ,仰角为 z ,求解上述模型公式 1 和公式 2,便可得到基面正东、正北方向偏差 Δx 、 Δy 及仰角零点起始偏差 ΔB :

$$\begin{cases} \Delta x = A - \hat{A} \\ \Delta y = A - \hat{A} \\ \Delta B = z - \hat{z} \end{cases} \quad (3)$$

[0079] 因此,根据上述偏差可以对三维空间方向角测量仪进行精确的指向角修正。当对多个星体进行观测和解算时,还能基于最小二乘原理获得精度更高的指向角修正参数。

[0080] 总而言之,天体敏感器 1 与方位俯仰轴架 3 的方位轴、俯仰轴一起在空间转动,若能在各个方向上测量天上的恒星和行星位置,并通过星表,查到观测的恒星位置,便可以求

出两者的指向偏差角。当分布较合理的测量点多于一定数量以后,可以用这些测量得到的误差数据,并通过广义延拓逼近方法,生成三维空间指向角的误差曲面 $\Delta \alpha_e(\alpha, \beta)$ 、 $\Delta \beta_e(\alpha, \beta)$ (其中 α 为方位角、 β 为仰角)。有了这个误差曲面,或由其生成的误差修正数据库,就可以在方位俯仰轴架 3 指向某一角度时,从误差修正数据库中找到修正值 $\Delta \alpha_e$ 和 $\Delta \beta_e$ 。这样,便可以求得高精度的指向角度。

$$[0081] \quad \hat{\alpha} = \alpha - \Delta \alpha_e \quad (4)$$

$$[0082] \quad \hat{\beta} = \beta - \Delta \beta_e \quad (5)$$

[0083] 式中, α 为方位俯仰轴架 3 测得的方位角值, β 为方位俯仰轴架 3 测得的仰角值, $\hat{\alpha}$ 为修正后的方位角值, $\hat{\beta}$ 为修正后的仰角值, $\Delta \alpha_e(\alpha, \beta)$ 为方位角 $\Delta \alpha$ 及仰角 $\Delta \beta$ 时方位角的误差修正量, $\Delta \beta_e(\alpha, \beta)$ 为方位角 $\Delta \alpha$ 及仰角 $\Delta \beta$ 时仰角的误差修正量。

[0084] 本发明的实施流程

[0085] 如图 4 所示为本发明的三维空间方向角测量装置实施三维空间方向角测量时的操作流程,基本环节如下:

[0086] 步骤 a:在白天进行作业或实际使用时,利用多个传感器对所述装置作粗调整,先用水准器 41 为标准,旋转水平调平螺母 34(参见图 7)调整所述装置基准面的水平度;用磁敏感器 42 指示正北方向,标校方位转角起始点;用电子倾斜仪 43 测量或标校仰角的刻度值,用 GPS 定位模块 44 定位本发明装置所处的地理坐标,从而完成本发明装置的粗调整。

[0087] 步骤 b:粗调整后,当进入晚间时,若是晴朗天气,则可在全空域众多方向上,通过转动轴架 3,使天体敏感器 1 测得不同角度情况下可观察天体的方向角(即为方位角和俯仰角)。若用所述装置的天体敏感器 1 观测到成百上千颗恒星和行星,从而能提供空间多方向上的恒星与行星的观测角。

[0088] 步骤 c:识别观测到的恒星或行星的编号,自动从内置的星表中查阅到行星及恒星的位置。在步骤 a 中已测定了所述装置的地理位置,这样用步骤 a 的数据经计算得到天体中恒星或行星的理论观测角度,把理论观测角度与实际观测角度作比对,求得方位俯仰轴架 3 的方位轴和俯仰轴轴系指示的方位轴的方位角度和俯仰轴的俯仰角度与理论观测角度之间的偏差值,便得到方向所述装置的指向角误差测量值;

[0089] 步骤 d:对照这些观测到的恒星与行星在方位俯仰轴架 3 上对应的轴位指示检出角度值计算,便得到观测天体指向误差偏离值。把这些由观测得到的误差偏离值通过广义延拓插值模型进行数据处理,生成空间指向误差数据;用这些空间指向误差数据,能对具有空间指向的方位俯仰轴架 3 的所述装置进行指向角误差影响量的分辨,包括所述装置水平基面的水平度偏角或倾斜面的倾斜度偏角,或解算出相关的各类偏差,包括校准检测装置水平基面的水平度偏角或倾斜面的倾斜度偏角,方位轴架 32 的方位指向偏差及正东、正南、正西、正北和垂线的偏差,以及俯仰角零值的标校偏差。利用这些偏差就能测量和标校水平面、倾斜面,能测量和标校正北方向和垂线方向。同时也解算分离出方位轴和俯仰轴的残余误差。

[0090] 步骤 e:去除了上述这些指向角误差影响量以后,用解算分离出的方位轴和俯仰轴的残余指向角误差,经广义延拓插值模型进行数据处理,便可以生成得到全空域上的方

向角角位的误差修正值,生成整个指向范围内的指向角误差数据库和指向误差修正曲。

[0091] 用天体传感器 1 对恒星或行星的指向角进行测量,来精密校正或调整所述装置的三维空间指向,从而成为一种经过精确标校的三维空间方向角测量装置,成为一种对三维空间指向误差实现高精度检测的装置。

[0092] 利用这些残余误差生成的整个指向范围内的指向角误差数据库和指向误差修正曲面,可以对方位轴和俯仰轴的指向角误差进行修正,使方位俯仰轴架 3 的俯仰轴和方位轴具有三维高精度的空间指向功能,也能校准或引导其它指向仪器或设备实现高精度指向。

[0093] 所述方位俯仰轴架 3 除了用俯仰轴架 31 和方位轴架 32 外,还可以用 XY 轴架或赤经赤纬轴架中的任一种。

[0094] 所述的天体传感器 1 除了安装在光学望远镜 2 的镜筒上方外,还可以安装在俯仰轴架 31 的俯仰轴的轴头上(参见图 8)。

[0095] 在俯仰轴架 31 的俯仰转动方向,俯仰轴能提供 0 至 90 度的连续指向转动;在方位轴架 32 的方位转动方向,方位轴能提供 0 至 360 度的连续指向转动;从而为光学望远镜 2 的镜筒的光轴和天体传感器 1 的光轴提供半空域的指向覆盖。

[0096] 所述天体传感器 1 中成像的器件采用 CCD 器件或 CMOS 器件中的一种。

[0097] 控制器 5 与天体传感器 1、光学望远镜 2 和方位俯仰轴架 3 的连接方式采用无线传输方式或有线传输方式(参见图 1)。

[0098] 实施例二

[0099] 所述三维空间方向角测量装置,当被检测设备已具有俯仰轴、方位轴和轴位检测装置时,可以简化本发明装置的组成,即将本发明装置简化成为测量组件形式。方向角测量组件 8 仅由天体传感器 1、控制器 5 和 GPS 定位模块 44 等组成(参见图 5 和图 8)。

[0100] 仅由天体传感器 1、控制器 5 和 GPS 定位模块 44 组成方向角测量组件,用于对已具有俯仰轴、方位轴和轴位检出显示单元的被监测设备做三维空间的方向角检测,这时直接将测量组件 8 安装到被监测设备的俯仰轴上的光学望远镜 2 的镜筒上方或安装到被监测设备的天线俯仰轴的轴端上,其中天体传感器 1 的主视线应与光学望远镜 2 的镜筒的主视线或微波天线电轴主视线方向平行。

[0101] 这时直接将测量组件 8 安装到被监测设备的俯仰轴上的光学望远镜 2 镜筒上方或安装到被监测设备的天线俯仰轴的轴端上,其中天体传感器 1 主视线应与光学望远镜 2 镜筒的主视线或微波天线电轴主视线方向平行。通过对恒星和行星位置的观测,同样可以使被检测设备具有三维空间的高精度指向精度和校正精度。所述的带有天体传感器 1 的测量组件 8,其所述高精度可以高达亚角秒级。所述的被监测设备是光学经纬仪,或是全站仪,这样就成为驮有天体传感器的数字经纬仪或数字全站仪。

[0102] 所述已具有转轴装置和轴位检测装置的被监测设备,其轴架形式可以是方位俯仰轴架、XY 轴架、赤经赤纬轴架等多种轴架形式。

[0103] 实施例三

[0104] 所述的被监测设备若是抛物面盘状微波天线,在抛物面盘状微波天线的俯仰轴一端,可以采用三维空间方向角测量组件 8,在抛物面盘状微波天线的俯仰轴一端,将方向角测量组件 8 的带有圆锥形配合面的圆锥形轴头,插入俯仰轴轴端头的圆锥孔内,使方向角

测量组件 8 的圆锥形轴头的配合圆锥面 A 与俯仰轴轴端头的圆锥孔面相贴合,安装后再用夹环和螺钉固紧,或把过渡曲尺支架 82 的一侧面固接于俯仰轴的一轴端,再将天体敏感器 1 固定于过渡曲尺支架 82 上(参见图 6)。安装后,这样就能利用天体位置信息标校微波天线的指向角精度,即通过对天体中恒星和行星位置的观测,使微波天线具有角秒级甚至亚角秒级的高精度三维指向精度和校正精度。

[0105] 具体实施时所述的三维空间方向角测量组件根据连接方式的不同分为两种,图 5 示出本发明实施例的测向组件 8 中带圆锥状安装锥面结构的示意图;三维空间方向角测量组件由天体敏感器 1 和支套架 81、螺栓 85 组成,它可以安装在具有轴位高精度方向指示或输出的方位俯仰轴架 3 上,一般装在俯仰轴的回转轴轴头部分,采用安装配合面 A 联接,但安装后需要用螺钉固紧位置。

[0106] 图 6 为本发明实施例的测向组件 8 在天线轴头安装示意图;图 6 中采用轴端配合面 B 与俯仰轴轴端联接,图 6 中示意了联接过渡曲尺支架 82、天线 83、天线座 84;除上述两种联接方式外,实际上还可以采用其它联接方式。

[0107] 实施例四

[0108] 通过转动天体敏感器 1 得到不同角度情况下的多于三个方向的指向角,但三个观测方向要拉开角度间隔,这时所述装置作为天文导航仪,可以用于测量得到所述装置的位置坐标。

[0109] 实施例中所述的三维空间方向角装置根据天体敏感器 1 安置位置的不同分为两种,一种是天体敏感器 1 置于光学望远镜 2 镜筒的上方;另一种是天体敏感器 1 置于俯仰轴架 31 的俯仰轴轴端。如图 7 和图 8 示意了本发明的天体敏感器 1 置于俯仰轴架 31 的俯仰轴轴端的数字经纬仪装置结构的前侧向视图和后右向视图;图 9 示意了本发明驮有天体敏感器的数字经纬仪装置结构为后向视图。

[0110] 俯仰轴架 31 的俯仰轴的与方位轴架 32 的方位轴的转动分电动和手动两种。手动转动时,可以转动方位轴的转动旋钮 35,来转动调整方位轴转动;可以转动俯仰轴的转动旋钮 36,来转动调整方位轴转动(参见图 7)。

[0111] 图 10 示意了控制器 5,控制器 5 上有显示器 51,可以显示出方位俯仰轴架方位轴的转角和俯仰轴的转角。

[0112] 以上所述,仅为本发明中的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉该技术的人在本发明所揭露的技术范围内,可理解想到的变换或替换,都应涵盖在本发明的包含范围之内。

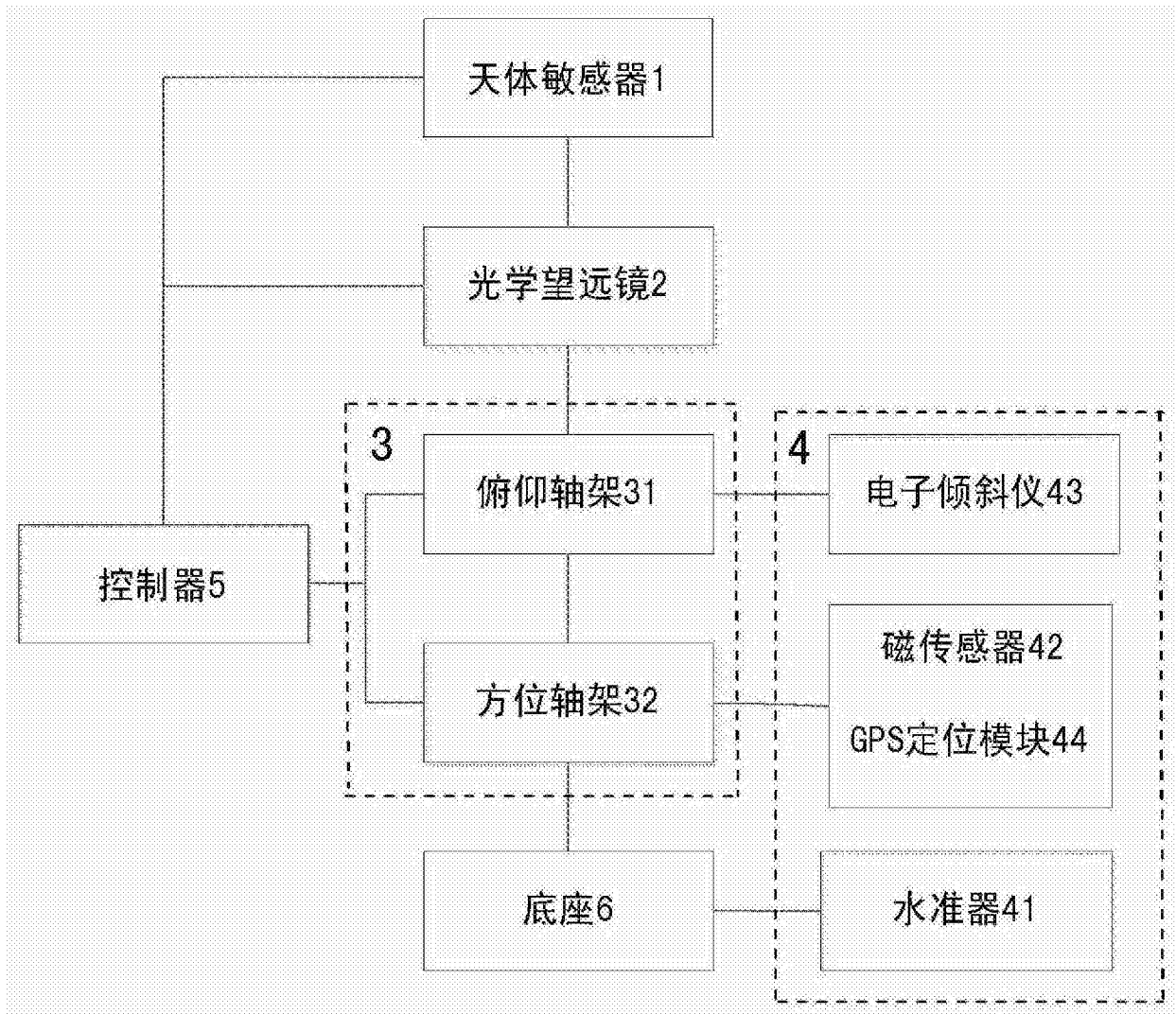


图 1

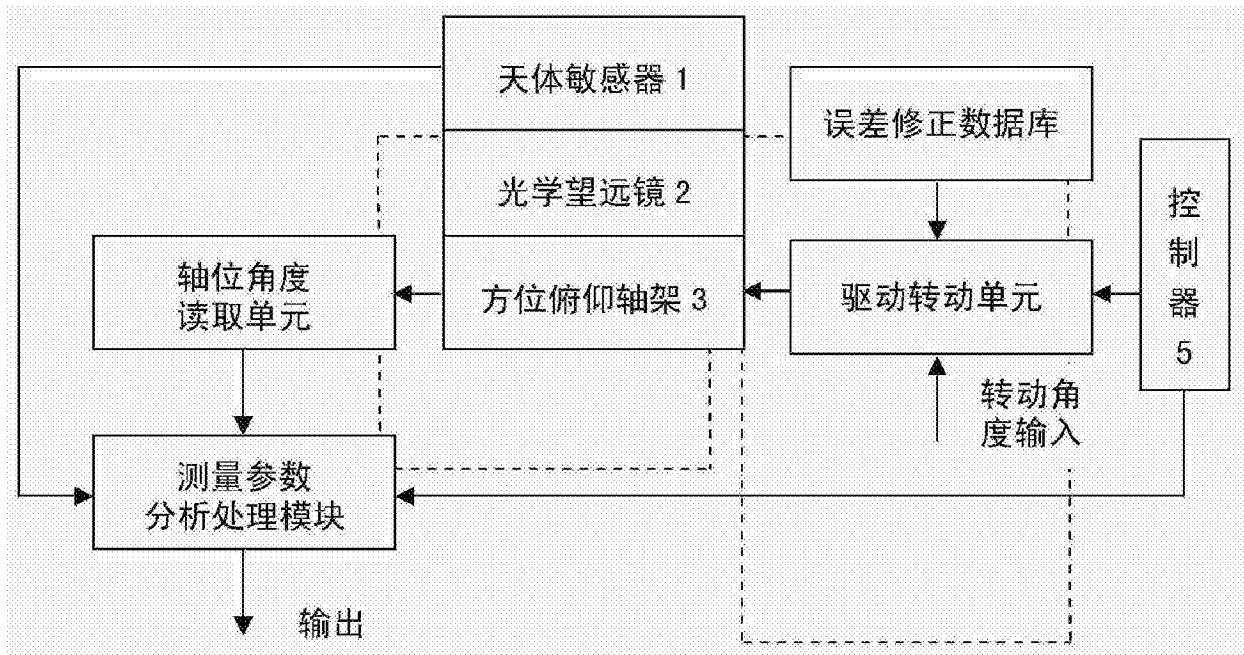


图 2

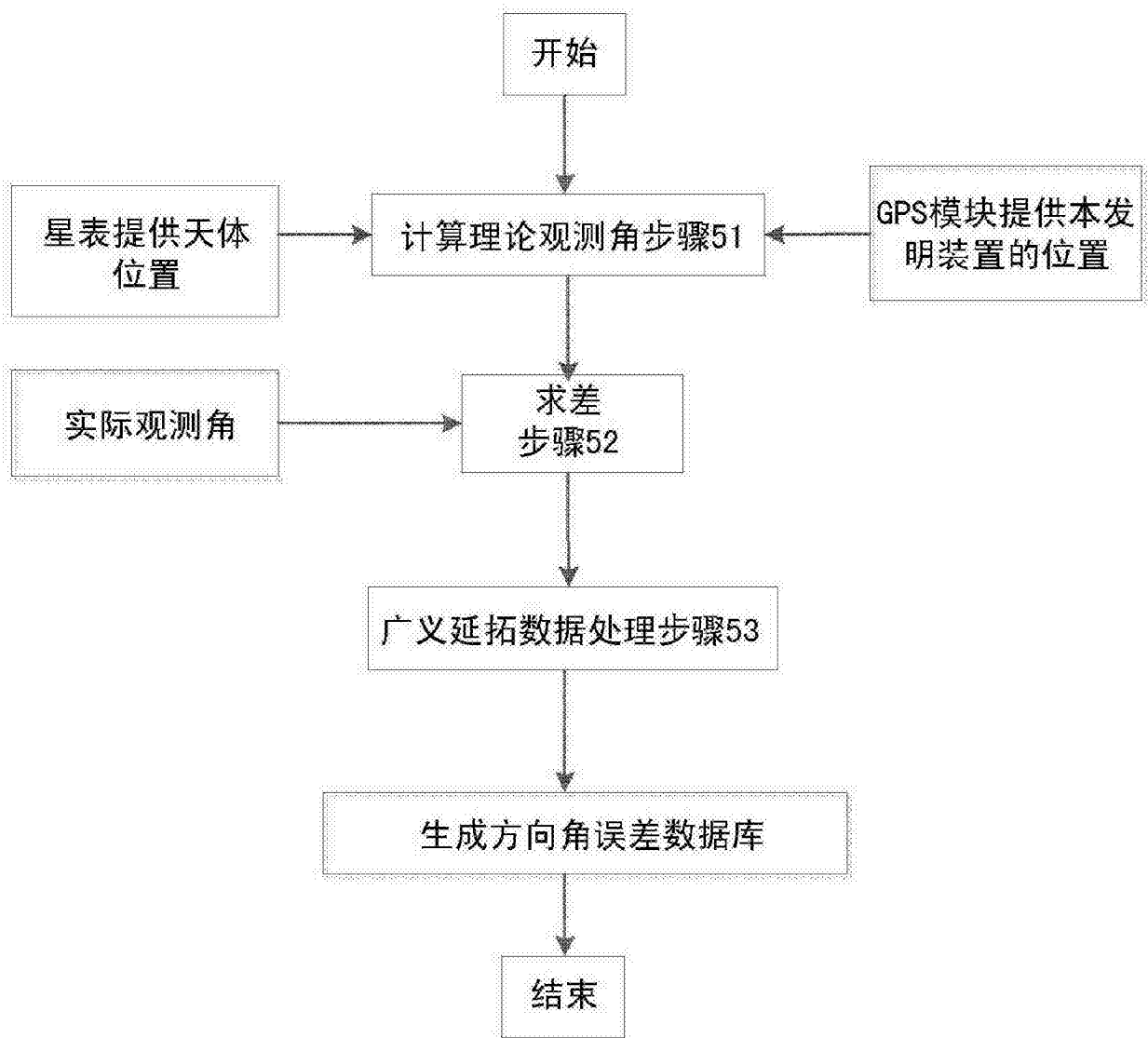


图 3

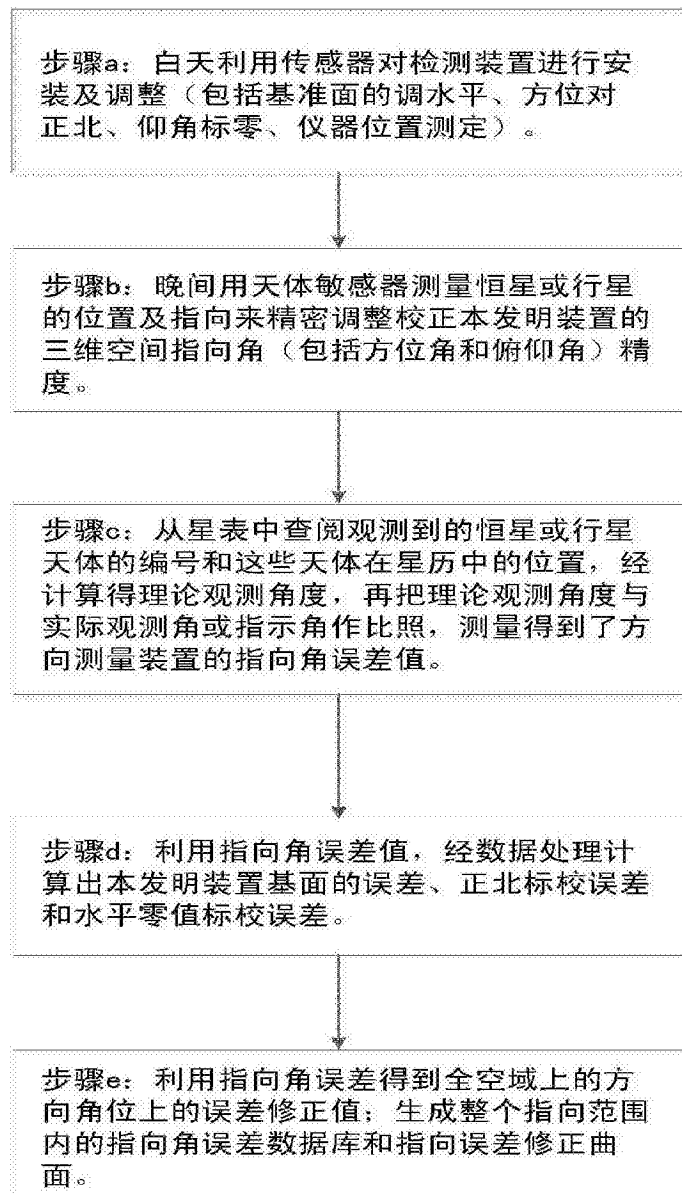


图4

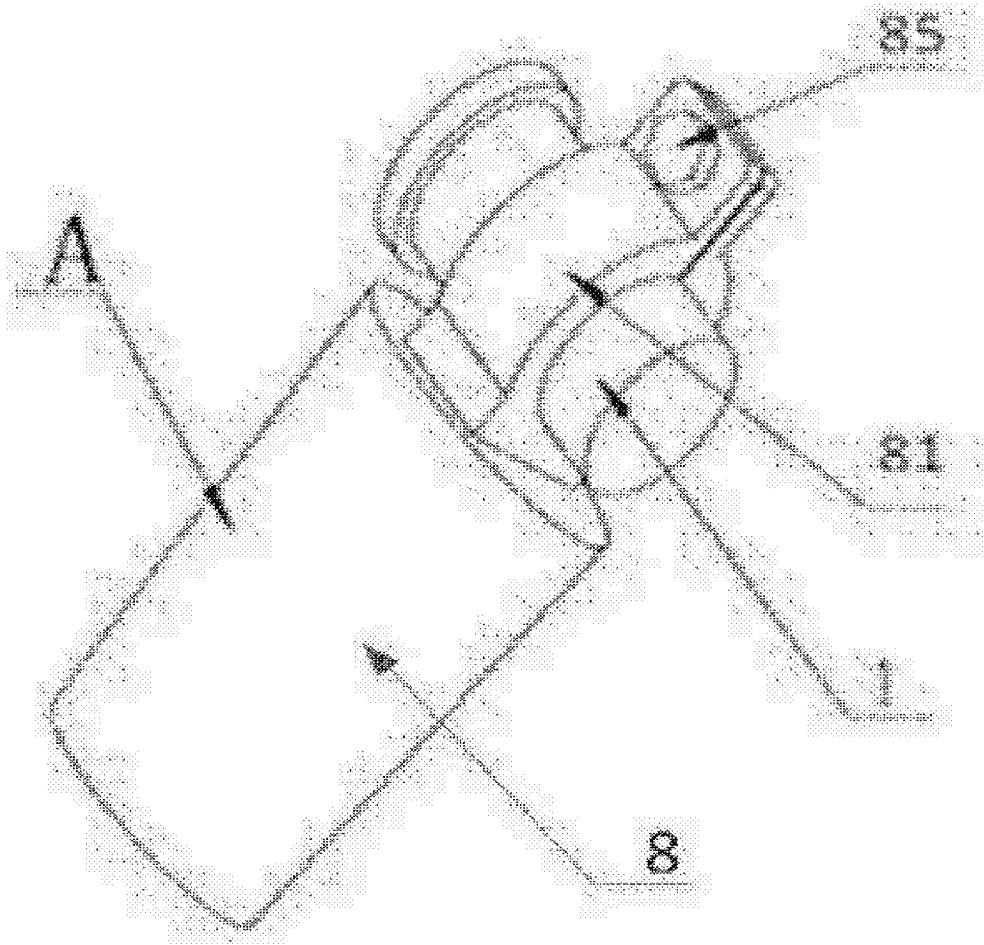


图 5

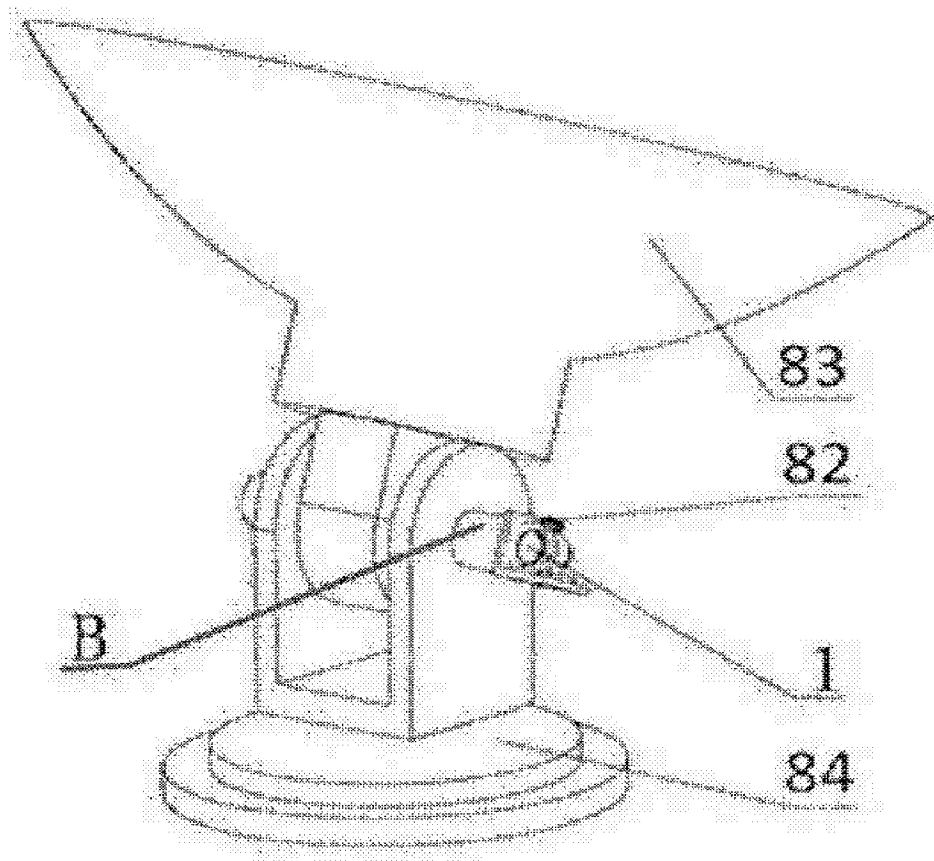


图 6

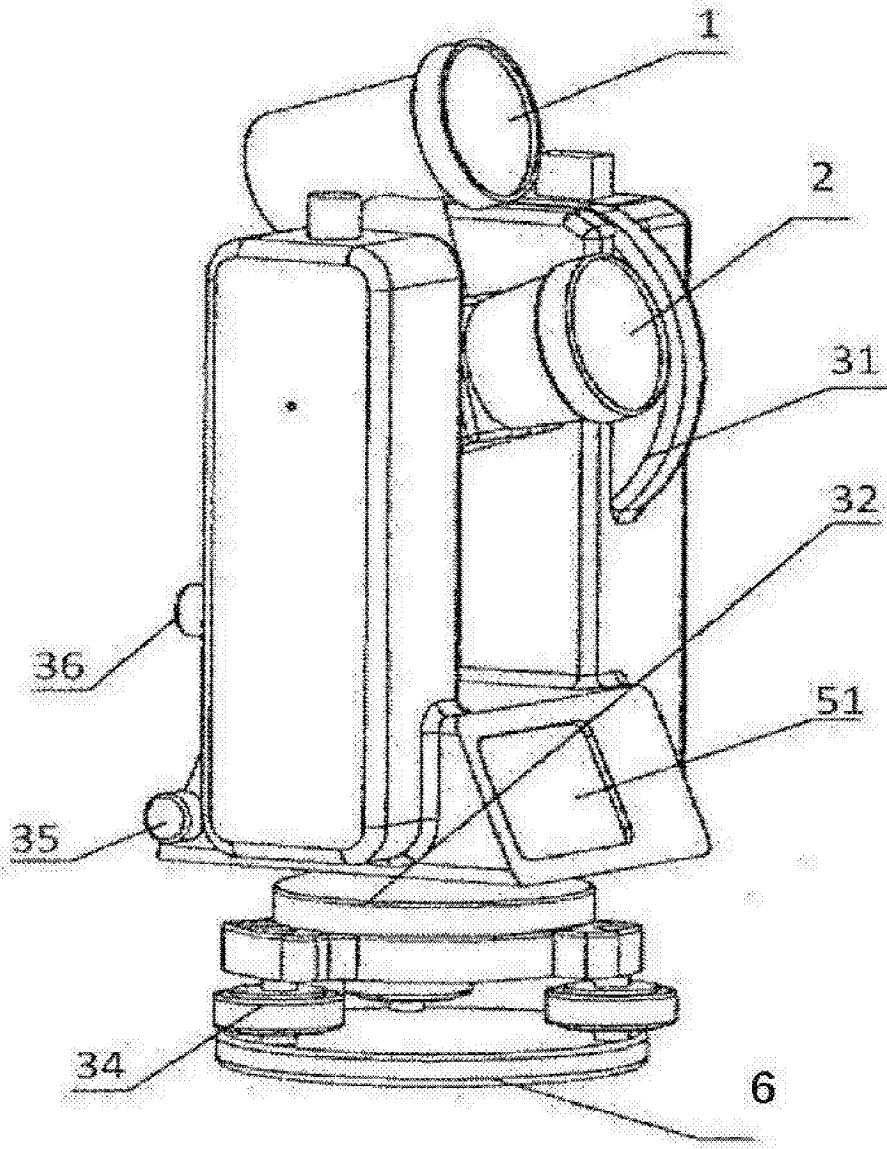


图 7

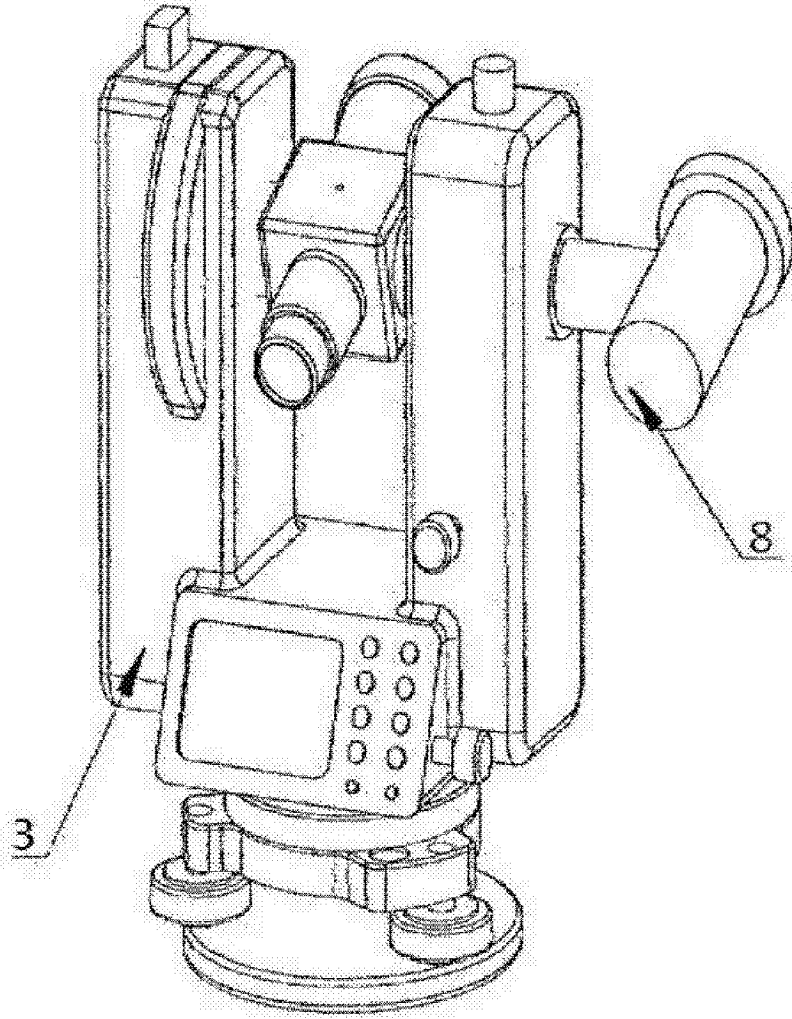


图 8

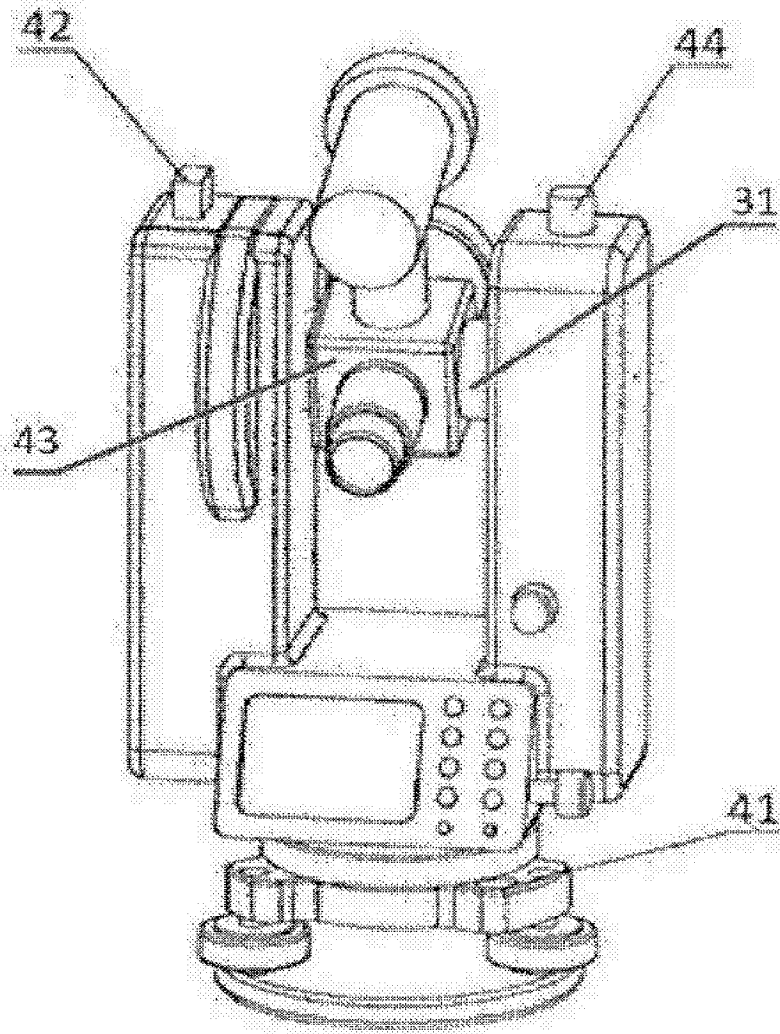


图 9

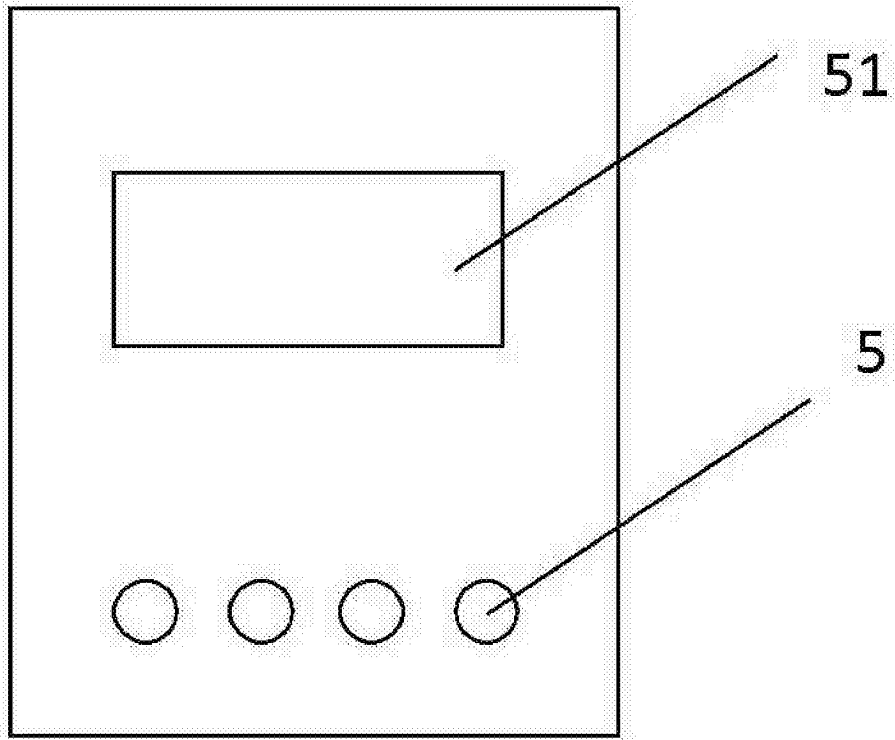


图 10