



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111060141 A

(43)申请公布日 2020.04.24

(21)申请号 202010115679.4

(22)申请日 2020.02.25

(71)申请人 航天金鹏科技装备(北京)有限公司  
地址 100085 北京市海淀区上地西里颂芳园4号楼4层411-413室

(72)发明人 周士国 冯建新 卿宇

(74)专利代理机构 北京华智则铭知识产权代理有限公司 11573  
代理人 李树祥

(51)Int.Cl.  
G01C 25/00(2006.01)

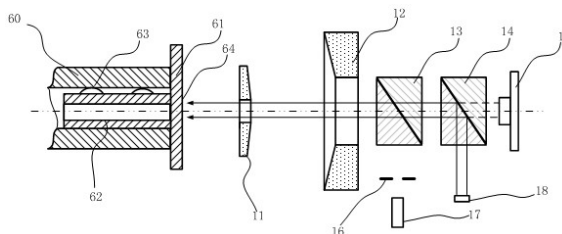
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

一种基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置和方法

(57)摘要

一种基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置,包括校靶仪主机、主控单元和基准平面镜;校靶仪主机包括安装在机壳内部的光学系统、图像处理单元和惯性测量仪组成;所述惯性测量仪的航向轴方向与光学系统的光轴方向保持一致;所述的基准平面镜安装在飞机待校准轴上,基准平面镜的法线与待校准轴的轴线方向平行;主控单元根据惯性测量仪的角度数据和图像处理单元的轴向偏差角数据,计算得到待校准轴的姿态角参数。本发明通过光学系统与惯性测量仪相组合实现了武器装备多轴向平行性的校准,标校精度高,使用方便快捷,不仅适用于飞机(直升机)在维护和装配情况下使用,还可在舰载、机库、强风或狭小而杂乱的工作空间下使用。



1. 一种基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置,其特征在于:包括校靶仪主机、主控单元(20)和基准平面镜(61);校靶仪主机包括安装在机壳(5)内部的光学系统(1)、图像处理单元(2)和惯性测量仪(4)组成;所述惯性测量仪(4)的航向轴方向与光学系统(1)的光轴方向保持一致;所述的基准平面镜(61)安装在飞机待校准轴上,基准平面镜(61)的法线与待校准轴的轴线方向平行;

所述的光学系统(1)包括聚焦透镜组和在聚焦透镜组焦点处设置的图像传感器(15),光源经过聚焦透镜组发出平行光束,经过基准平面镜(61)反射后聚焦成像在图像传感器(15)上形成像点(21),图像处理单元(2)对图像传感器(15)的图像进行数据处理,得到轴向偏差角;主控单元(20)根据惯性测量仪(4)的角度数据和图像处理单元(2)的轴向偏差角数据,计算得到待校准轴的姿态角参数。

2. 根据权利要求2所述的基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置,其特征在于:所述的光学系统还包括光源,所述的聚焦透镜组光轴上设置有第一胶合半反棱镜(13),所述的光源为在第一胶合半反棱镜(13)的反射光路上设置的钨丝灯(17)。

3. 根据权利要求2所述的基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置,其特征在于:所述钨丝灯(17)和第一胶合半反棱镜(13)之间设置有十字形光阑(16)。

4. 根据权利要求2所述的基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置,其特征在于:所述的光学系统还包括光源,所述的聚焦透镜组光轴上设置有第二胶合半反棱镜(14),所述的光源为在第二胶合半反棱镜(14)的反射光路上设置的可见光激光器(18)。

5. 根据权利要求4所述的基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置,其特征在于:所述的可见光激光器(18)为输出光斑为十字的绿光激光器。

6. 根据权利要求2所述的基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置,其特征在于:所述的基准平面镜(61)包括基准镜面(64)、固定圆柄(62)和定位簧片(63),固定圆柄(62)插入在待校准轴或其工装圆孔内,并依靠定位簧片(63)弹力使得固定圆柄(62)的外圆面(65)与待校准轴或工装圆孔的内圆表面紧密贴合。

7. 根据权利要求1所述的基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置,其特征在于:所述的惯性测量单元(4)为光纤捷联式惯性导航系统,所述的图像传感器(15)为CCD传感器。

8. 根据权利要求1所述的基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置,其特征在于:校靶仪主机上还包括显示屏(3)。

9. 利用权利要求1-8任意之一所述的基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置进行校准的方法,其特征在于,包括以下步骤:

**【1】**在飞机纵轴上安装基准平面镜,校靶仪的光源出射平行光至基准平面镜,图像传感器获取像点的位置坐标,计算得到轴向偏差角;主控单元根据轴向偏差角和惯性测量仪的测量得到的角度参数,计算得到飞机纵轴的轴向姿态角参数,并以此为基准构建得到飞机的虚拟数字几何纵轴;

**【2】**在飞机待校准轴上基准平面镜,校靶仪的光源出射平行光至基准平面镜,图像传感器获取像点的位置坐标,计算得到轴向偏差角;主控单元根据轴向偏差角和惯性测量仪的测量得到的角度参数,计算得到待校准轴的轴向姿态角参数;

**【3】**将待校准轴的姿态角参数与虚拟数字几何纵轴的姿态角参数进行数据比对后得到待校准轴的轴偏角参数;

【4】根据轴偏角参数值大小决定是否需要进行机械校轴。

10. 根据权利要求9所述的基于惯导和光学测量的飞机轴向校准方法,其特征在於:轴向姿态角参数表示为 $\Omega(\alpha+\theta_x, \beta+\theta_z, \gamma)$ ;

其中 $\theta_x=L_x/2f$ ,  $\theta_z=L_z/2f$ 分别表示入射平行光轴线在X轴和Z轴方向的轴向偏差角,  $f$ 为校靶仪中聚焦透镜组的焦距,  $L_x$ 和 $L_z$ 为聚焦像点在图像传感器的x轴和z轴上的坐标值;  $(\alpha, \beta, \gamma)$ 为惯性测量仪的测量得到的角度参数。

## 一种基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置和方法

[0001]

### 技术领域

[0002] 本发明属于武器装备技术领域,涉及一种基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置和方法。

[0003]

### 背景技术

[0004] 武装飞机(直升机)可以携带导弹、火箭、航炮、炸弹等多种武器,对敌目标实施空中打击,打击效果依赖于武器系统的精度。但在实际使用中,由于受温度、冲击、振动及疲劳变形等因素的影响,武器系统的瞄准精度会发生变化,因此需要采用校靶仪定时对飞机(直升机)的武器系统的轴向进行标校,简称校靶。

[0005] 校靶是使武器系统各装置的光、电、机械轴线与基准坐标轴线协调一致或保持一定的空间位置关系的所有校准、调整操作的总称,它是一项经常性的、直接关系到机载武器命中率及整个武器系统任务效率的重要工作。现有的校靶方法是采用原始的顶飞机、对准、立靶标或画靶图、再调整的方法进行武器系统校靶,这种校靶方法费时费力、效率低、精度低,而且校靶设备的结构复杂,严重制约着校靶工作的效率、武器命中率和大批出动速度。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置和方法,可快速、准确、高自动化的标校出武器系统的轴向偏差,实现武装飞机上多个轴向校准,它不仅适用于飞机(直升机)在陆地停放下的校靶,更适用于舰载情况下的小空间动态校靶,具有通用性强、智能化程度高、效率显著的特点。

[0007] 本发明的技术方案如下:

一种基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置,包括校靶仪主机、主控单元和基准平面镜;校靶仪主机包括安装在机壳内部的光学系统、图像处理单元和惯性测量仪组成;所述惯性测量仪的航向轴方向与光学系统的光轴方向保持一致;所述的基准平面镜安装在飞机待校准轴上,基准平面镜的法线与待校准轴的轴线方向平行;

所述的光学系统包括光源、聚焦透镜组和聚焦透镜组焦点处设置的图像传感器,光源经过聚焦透镜组发出平行光束,经过基准平面镜反射后聚焦成像在图像传感器上形成像点,图像处理单元对图像传感器的图像进行数据处理,得到轴向偏差角;主控单元根据惯性测量仪的角度数据和图像处理单元的轴向偏差角数据,计算得到待校准轴的姿态角参数。

[0008] 上述基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置中,所述的光学系统还包括在聚焦透镜组光轴上设置的第一胶合半反棱镜,所述的光源为在第一胶合半反棱镜的反射光路上设置的钨丝灯。

[0009] 上述基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置中,所述钨丝灯和第一胶合半反棱镜之间设置有十字形光阑。

[0010] 上述基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置中,所述的光学系统还包括在聚焦透镜组光轴上设置的第二胶合半反棱镜,所述的光源为在第二胶合半反棱镜的反射光路上设置的可见光激光器。

[0011] 上述基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置中,所述的可见光激光器为输出光斑为十字的绿光激光器。

[0012] 上述基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置中,所述的基准平面镜包括基准镜面、固定圆柄和定位簧片,固定圆柄插入在待校准轴或其工装圆孔内,并依靠定位簧片弹力使得固定圆柄的外圆面与待校准轴或工装圆孔的内圆表面紧密贴合。

[0013] 上述基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置中,所述的惯性测量单元为光纤捷联式惯性导航系统,所述的图像传感器为CCD传感器。

[0014] 上述基于惯导和光学测量的飞机轴向校准装置中,校靶仪主机上还包括显示屏。

[0015] 一种基于惯导和光学测量的飞机轴向校准方法,包括以下步骤:

**【1】**在飞机纵轴上安装基准平面镜,校靶仪的光源出射平行光至基准平面镜,图像传感器获取像点的位置坐标,计算得到轴向偏差角;主控单元根据轴向偏差角和惯性测量仪的测量得到的角度参数,计算得到飞机纵轴的轴向姿态角参数,并以此为基准构建得到飞机的虚拟数字几何纵轴。

[0016] **【2】**在飞机待校准轴上基准平面镜,校靶仪的光源出射平行光至基准平面镜,图像传感器获取像点的位置坐标,计算得到轴向偏差角;主控单元根据轴向偏差角和惯性测量仪的测量得到的角度参数,计算得到待校准轴的轴向姿态角参数;

**【3】**将待校准轴的姿态角参数与虚拟数字几何纵轴的姿态角参数进行数据比对后得到待校准轴的轴偏角参数;

**【4】**根据轴偏角参数值大小决定是否需要进行机械校轴。

[0017] 上述基于惯导和光学测量的飞机轴向校准方法中,轴向姿态角参数表示为 $\Omega(\alpha+\theta_x, \beta+\theta_z, \gamma)$ ;

其中 $\theta_x=L_x/2f, \theta_z=L_z/2f$ 分别表示入射平行光轴线在X轴和Z轴方向的轴向偏差角, $f$ 为校靶仪中聚焦透镜组的焦距, $L_x$ 和 $L_z$ 为聚焦像点在图像传感器的x轴和z轴上的坐标值; $(\alpha, \beta, \gamma)$ 为惯性测量仪的测量得到的角度参数。

[0018] 本发明的有益技术效果如下:

1、本发明通过光学系统与惯性测量仪相组合实现了武器装备多轴向平行性的校准,综合校靶仪中利用光学技术手段,精准导引出飞机(直升机)基准轴和被校靶武器系统轴的方向,并采用了惯性测量技术来实时获取飞机(直升机)基准轴和被校靶武器系统轴的空间姿态,经计算机判读和运算能够自动测量出当前时刻武器系统的轴向偏差。这种校靶方法标校精度高,使用方便快捷,克服了传统主观测量存在的判读误差,增加了校靶的自动化程度,不仅适用于飞机(直升机)在维护和装配情况下使用,还可在舰载、机库、强风或狭小而杂乱的工作空间下使用。

[0019] 2、本发明可实时测量飞机(直升机)的空间姿态,对其进行定位定向,完成飞机(直升机)自身校靶,尤其适用于舰载机停放状态下的校靶操作,可实现飞机(直升机)武器挂

架、航炮、火箭发射器、平视显示器等设备的定期检修、射击训练前检修及作战前武器系统的特定检修等工作,将操作人员从繁杂而冗长的校靶过程中解放出来。

[0020] 3、本发明在对武器系统轴向误差的测算过程中,采用了对比和差值补偿方法,有效解决了机载惯导初始对准精度较低而严重影响校靶精度的问题。整个校靶过程中只有校靶仪上的自带的高精度惯导存在漂移误差,对于控制在1小时以内的校靶过程来说,惯导漂移较小,而且系统采用CCD图像显示和计算机运算,全程均通过传感器直接检查,避免了人眼判读带来的误差,这就大大提高了校靶系统的精度。

[0021] 4、本发明使用中只须将综合校靶仪主机或主机配合平面反射镜使用,即可瞬间测算出待校靶武器系统(武器发射轴、平视显示器、武器挂架等)的轴向误差,设备体积小,重量轻,可手持操作,同时采用模块化设计,维修性好,互换性好,容易拓展到所有武装飞机(直升机)。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明综合校靶仪主机的组成原理示意图;

图2为本发明综合校靶仪光学系统的组成原理图;

图3为本发明反射镜引起角度偏转原理;

图4为本发明斜入射光线引起的成像偏差原理示意图;

图5为本发明校靶仪中光学系统和惯导组合实现空间姿态参数测量原理图;

图6为本发明基准平面镜的结构示意图

图7为本发明综合校靶仪用于多类轴向校准原理图;

图8为本发明综合校靶仪校靶工作原理图;

图9为本发明综合校靶仪用于激光测距机轴向校准原理图;

图10为本发明综合校靶仪用于武器相机校准原理图;

图11为本发明综合校靶仪对飞机轴向校准的流程图。

[0023] 附图标记如下:

1-光学系统;2-图像处理单元;3-显示屏;4-惯性测量单元;5-机壳;6-镜筒;10-光轴;11-次镜;12-主镜;13-第一胶合半反棱镜;14-第二胶合半反棱镜;15-图像传感器;16-光阑;17-钨丝灯;18-可见光激光器;20-主控单元;21-像点;22-聚焦透镜组;23-理想镜面;24-实际镜面;50-激光测距机;51-光衰减片;52-光吸收片;60-飞机纵轴;61-基准平面镜;62-固定圆柄;63-定位簧片;64-基准镜面;65-外圆面;70-相机透镜。

## 具体实施方式

[0024] 如图1-5所示,综合校靶系统由综合校靶仪主机、主控单元20、基准平面镜61及其工装、武器系统转接件、三脚架和连接电缆组成。

[0025] 图2中,综合校靶仪主机包括安装在机壳5内部的光学系统1、图像处理单元2、显示屏3和惯性测量仪4组成;其中惯性测量仪的航向轴方向与光学系统1的光轴方向保持一致。

[0026] 光学系统1包括依次按照光轴10方向同轴设置的次镜11、主镜12、第一胶合半反棱镜13、第二胶合半反棱镜14和图像传感器15,次镜11和主镜12均为中空结构,空间位置上构成了聚焦透镜组;在第一胶合半反棱镜13、第二胶合半反棱镜14的反射光路上分别设置有

钨丝灯17和可见光激光器18,钨丝灯17和第一胶合半反棱镜13之间设置有十字形光阑16,可见光激光器18为输出光斑为十字的绿光激光器,光斑呈十字,发散角不大于0.2mrad。钨丝灯17发射光谱为0.47~5 $\mu$ m,兼顾可见光、近红外和中红外。光学系统安装在镜筒6内,镜筒6的出口端为与光轴10高精度垂直的第一基准面7。图像传感器15采用CCD对所得图像进行数字化处理,克服了传统主观测量存在的判读误差,提高了校靶精度,也缩短了校靶时间。

[0027] 应用时,绿光十字激光器18发射准直十字激光,经第二胶合半反棱镜14反射后直接通过次镜11的中心通光孔传输到待测目标上,利用此光路可对武器挂架的轴线进行校靶。同时还可利用钨丝灯17发光,通过十字光阑16后入射到第一胶合半反棱镜13上,再反射到由次镜11、主镜12组成的卡式系统中,从而准直输出到待测目标上;钨丝灯17可在可见光传感器和红外传感器上成像,利用此光路对可见光/红外传感器进行校靶。系统调试中可见光激光器18发出的激光与钨丝灯17和光阑16组合发出的光具有较高的同轴度,故光学系统为自准直系统,可适用于外场矫正红外光相机和可见光相机光轴,也可接受激光入射到自准直仪中来矫正激光光轴。

[0028] 惯性测量单元4采用市售的光纤捷联式惯性导航系统,基于光纤陀螺原理,体积小、重量轻,以方便手持测量,光纤捷联惯性导航组件由高精度三轴光纤陀螺和加速度计组成,安装在综合校靶仪主机的基机壳上,与准直光学测量组件轴向平行放置,主要用于实时测量综合校靶仪主机的姿态角。光纤捷联惯性导航通过测量载体的转动角速率和加速度信息,高速实时计算出载体的航向角、俯仰角、横滚角等数据信息。

[0029] 图像处理单元2对发射光束和反射光束的成像视频数据进行处理和计算,综合校靶仪主机上安装有一块显示屏3,主要用于控制指令的输入和测量结果的显示,选用8寸液晶显示屏,带触屏功能,用于开机后校靶模式、校靶时间、机型、机号等数据输入和的选择,同时可以显示两惯性导航的测量误差、成像位置和校靶测量结果。

[0030] 主控单元20由工控机、供电电源模块组成,它是系统的运算控制中心,通过接收机载惯导的姿态数据、综合校靶仪主机的姿态数据以及CCD的空间成像数据进行运算和图像处理,最终计算出武器系统的轴偏角。

[0031] 校靶时需要在载机上安装基准平面镜,基准平面镜的法线的方向与飞机(直升机)待校准轴方向一致。这样基准平面镜就为系统提供了一个与飞机(直升机)基准轴垂直的基准面,它主要用于完成综合校靶仪主机的初始对准。

[0032] 图3中,从校靶仪中沿光轴10出射的光线经基准平面镜反射后在入射至校靶仪内部。理想情况下,基准平面镜的理想镜面23与光轴10垂直,但由于装配和长期使用的缘故,实际镜面24与理想镜面23之间存在偏差角 $\theta$ ,这也是飞机需要经常校轴的原因。根据光反射原理,经实际镜面24反射后的光线与光轴的夹角变为 $2\theta$ 。

[0033] 图4中,当反射光线以 $2\theta$ 的夹角(近傍轴条件)入射至校靶仪的聚焦透镜组22后,在与图像传感器15距离L的位置成像,由于聚焦透镜组22的焦距为f,则有

$$L=2f\theta$$

反之,根据L和f也可计算出偏差角 $\theta$ 。

[0034] 如图5所示,本发明校靶仪的方向和角度参照机载导航的姿态定义。其中光轴10的方向与校靶仪惯性测量单元4的航向轴(Y轴)方向一致,从基准平面镜反射回的光线经过聚

焦透镜组22后,成像在图像传感器15的像点21上,x轴和z轴代表图像传感器15的像素坐标轴。根据图3和图4的原理可知,只要获取像点21在图像传感器的x轴和z轴上的坐标 $L_x$ 和 $L_z$ ,以及聚焦透镜组22的焦距 $f$ ,即可知道基准平面镜的偏差角,从而计算得到被校准轴在X轴和Z轴方向的轴向偏差角 $\theta_x$ 和 $\theta_z$ ,并有

$$\theta_x=L_x/2f$$

$$\theta_z=L_z/2f$$

而光轴10的方向与校靶仪惯性测量单元4的航向轴(Y轴)方向一致,故计算中将惯性测量单元4的角度参数与光学系统的轴向偏差角相加即可换算为被校准轴的姿态角,其中 $\alpha$ 表示航向角, $\beta$ 表示俯仰角, $\gamma$ 表示横滚角。假设被校准轴的真实姿态角为 $\Omega(\alpha_2,\beta_2,\gamma_2)$ ,而校准仪上惯性测量系统获得的角度参数为 $(\alpha_1,\beta_1,\gamma_1)$ ,校准仪上轴向偏差角为 $(\theta_x,\theta_z)$ ,则由 $\Omega(\alpha_1+\theta_x,\beta_1+\theta_z,\gamma_1)$ 经过简单的坐标变换可以得到 $\Omega(\alpha_2,\beta_2,\gamma_2)$ 。实际测量中只要经基准平面镜的反射光线与光轴的夹角不要太大,确保成像点21在图像传感器15的有效像素范围内即可满足测量要求,实现快速的轴向校准。

[0035] 如图6和图7所示,基准平面镜8通过各种工装和转接件与武器和传感器联接,与飞机(直升机)有精确的装配关系,使得基准平面镜的镜面法线可以准确反映待校靶武器/传感器的方位和俯仰角。通常飞机(直升机)出厂时,飞机纵轴60(基准轴)、武器系统发射轴等的工装已配备在飞机上,故只需要将基准平面镜8固定安装在待校准的轴上的工装上,使镜面垂直于被校准轴,镜面法线可以准确反映机身的航向角和俯仰角。基准平面镜61的结构示意图如图6所示,包括基准镜面64、固定圆柄62和定位簧片63,固定圆柄62插入在飞机纵轴或武器系统发射轴的工装圆孔内,固定圆柄62表面为高精度加工的外圆表面,并依靠定位簧片63的弹力作用使得固定圆柄62的外圆面65与工装圆孔的内圆面紧密贴合,确保固定圆柄62与工装的轴线同轴,进而保证基准镜面64的法线与被校核轴的轴线同轴,确保安装精度;基准镜面64才是这个部件的功能部分,用于把校靶仪发出的光反射回校靶仪内部,并在CCD上成像,完成光学测量。

[0036] 应用时,光学系统1内部的光源钨丝灯17和可见光激光器18发出的光经过物镜(即次镜11和主镜12)或者直接通过次镜11内部的通孔,形成一束平行光,照射在基准平面镜61上,如果基准平面镜61垂直于物镜光轴,则反射光线按原路返回,经过物镜后,成像点将落在物镜的焦点,也就是图像传感器CCD的中心位置,这一位置被确定为成像点的零位;如果基准平面镜61与物镜光轴不垂直,根据图5的原理可计算得到轴向偏差角,一旦偏差角超出允许的范围,则需要对被测轴进行机械调校。

[0037] 三脚架(可选):支撑综合校靶仪主机,保证设备的稳定架设。

[0038] 连接电缆:包括通信电缆和供电电缆,用于图像视频的传输和设备供电连接。

[0039] 本发明的综合校靶仪可实现以下轴向的校准:(1)飞机机轴和光电吊舱瞄准装置的光轴校准;(2)各类武器挂架(导弹、火箭弹、航炮等)武器轴线的校准功能;(3)平视显示器瞄准轴线的校准功能;(4)光电雷达安装误差的标校功能。

[0040] 众所周知,飞机(直升机)在陆地停放时的校靶情况较为简单,而在舰载情况下,由于飞机(直升机)的机身姿态会受舰体移动发生实时变化,并且校靶场地狭小、海洋气候环境恶劣,同时机体还会受海浪影响发生摇摆,或受轮胎弹性形变发生倾斜,或受起落架减震装置的影响发生晃动等,给舰载机的校靶工作增加了很多困难。为了有效地解决这些问题,



综合校靶仪中采用了惯性测量技术来实时获取飞机(直升机)基准轴和被校靶武器系统轴的空间姿态,并利用光学技术手段,瞬间获取校靶仪与飞机、被校靶设备之间的空间位置关系,经计算机判读和运算能够自动测量出当前时刻武器系统的轴向偏差,从而将武器相关的轴线方向调整为飞机纵轴相一致或规定角度。

[0041] 综合校靶仪的技术关键在于如何快速获取飞机纵轴方向。该系统通过在机身的指定位置和工装安装基准平面镜61,使镜面与机身基准轴垂直,即镜面法线的方向就代表了机身基准轴的方向。这就为快速建立机体坐标系提供了依据。用同样的方法测量出各被测点的姿态角,通过计算得到各被测点的误差。应用时,综合校靶仪主机对准安装在飞机纵轴上的基准平面镜61发射一束平行光,经镜面反射后折返到校靶仪主机中,并在焦平面的CCD上成像,根据前述原理,即可测量出飞机纵轴也就是机身基准轴的空间姿态。将综合校靶仪的测量结果与机载惯导的姿态角数据进行比对,检测出两惯导的测量数据的差值,保存此差值,并对机载惯导的测量数据进行补偿;将补偿后的飞机纵轴的空间姿态作为系统标校的零基准,以此为基准建立机身的空间立体坐标系。

[0042] 在此空间坐标系中,对武器系统的各个轴进行校准,利用准直光学成像和图像判读的方式,测量出武器系统轴的姿态数据,从而最终得出武器系统的轴向偏差,进而指导武器系统空间位置的调整。将所有武器系统的轴向误差调为一致(最好是0误差),就可以保证所有被标校武器系统的轴线都与飞机纵轴也就是机身基准轴处于平行状态(或规定角度),从而实现武器系统的一致性校靶。如果标校出的轴向误差超出了系统分配的误差范围,那么就需要调校武器系统的机械结构,使其轴向误差限定在系统允许的范围内。操作员通过显示屏3进行校靶模式选择和操作指令输入,图像处理单元2将校靶结果输出到显示屏3上进行显示,显示屏3包括上位屏和侧位屏,根据现场操作的方便程度分别显示不同的内容。

[0043] 如图8-10所示,下面给出某型号无人机武器校准的过程。图8中,校准过程包括飞机纵轴、武器系统轴、光学系统瞄准轴,其中光学瞄准轴又包括激光测距机、可见光相机、近红外相机和平视显示器,其中武器系统轴和光学系统瞄准轴平行。校靶工作实质是把武器系统轴、光学瞄准轴和其他轴调整到与飞机纵轴(机身基准轴)平行或成规定的角度,或者测量得到武器系统轴、光学瞄准轴和其他轴与飞机纵轴之间的角度偏差。方法如下:

飞机纵轴:通过工装在飞机纵轴接口上安装基准平面镜61,让基准平面镜61的法线与飞机纵轴平行,这样基准平面镜61的法线就可以代表飞机的纵轴。如图6所示,可见光激光器18发出一束平行光,这束平行光遇到安装在机身上的基准平面镜61时就回被反射回来,重新进入校靶仪主机,并在CCD上成像。通过对成像点位置的计算,就可以计算出光准直测量仪轴线与平面反射镜法线的夹角 $\delta$ ,从而得到飞机纵轴的空间姿态参数,具体工作原理如图6所示。

[0044] 武器系统轴:通过工装在每个武器纵轴的接口上安装独立的基准平面镜61,让基准平面镜61法线与武器的发射轴一致,这样基准平面镜61的法线就代表了每个武器的发射轴,具体校准方法同飞机纵轴方法一致,具体工作原理如图6所示对于其他平台的武器例如导弹、火箭弹、机枪及炸弹挂架,也采取相同的校靶方法,其目的就是要把它们的轴线方向与飞机纵轴调整到相互平行就行。

[0045] 光学系统瞄准轴:光学瞄准轴又包括激光测距机、可见光相机、近红外相机和平视显示器。

[0046] 激光测距机可以发出一束激光,这束激光的方向就是瞄准轴的方向,利用综合校靶仪的光学系统可以测量出这束激光的方向。如图9所示,瞄准轴测量方法与前面类似,区别是光源不是由光准直测量仪发出,是由机上激光测距机发出的激光。激光测距机发出的激光很强,为了保护光学系统不被激光烧坏,测量前应在次镜11前加光衰减片51,保证进入系统的激光能量不会烧坏光学系统;必要时在光衰减片51和次镜1之间加装光吸收片52,光吸收片52的口径大于次镜11中心通孔的尺寸,确保经过衰减片51后入射之次镜的光不会对测量产生影响,否则会直接穿过次镜的中心通孔在ccd上二次成像,特别是斜入射时产生成像光斑的畸变,影响到像点21位置的判断。

[0047] 可见光相机和红外相机光轴:可见光相机和红外相机都是成像设备,包括光学透镜和CCD,可以输出视频信号。如图10所示,校准时综合校靶仪的光学系统正对相机镜头,相机对校靶仪发出的平行光成像,成像在相机的CCD上,将该图像通过光电吊舱上视频接口接到校靶仪上,参照图3和图4的原理,校靶仪就可以对其进行解算,得到校靶仪与相机光轴之间的夹角,进而得到相机光轴与飞机纵轴之间的角度偏差。

[0048] 平视显示器轴线:在其引出轴上安装转接件工装,再按照与武器系统轴相同的校轴方法即可进行校准,最终得出平视显示器的轴偏角。其他的航炮和火箭发射器均采用特定的转接件工装进行转接后测量。

[0049] 需要说明的是,对于激光测距机、可见光相机和红外相机的光轴校准,除了不需要安装基准平面镜61外,入射激光的方向即为光轴的方向,即图4中的入射角为 $\theta$ 而不是 $2\theta$ ,则校准后的轴向姿态角参数表示为 $\Omega(\alpha+\theta_x, \beta+\theta_z, \gamma)$ ;其中 $\theta_x=L_x/f$ , $\theta_z=L_z/f$ 分别表示入射激光轴线在X轴和Z轴方向的轴向偏差角, $f$ 为相机中成像透镜单元的焦距, $L_x$ 和 $L_z$ 为聚焦像点在相机图像传感器的x轴和z轴上的坐标值; $(\alpha, \beta, \gamma)$ 为惯性测量仪的测量得到的角度参数。

[0050] 如图11和图8所示,综合校靶仪的工作流程如下:

#### 1) 机载惯导测量误差的检测

在飞机纵轴上安装基准平面镜61,综合校靶仪出射平行光至基准平面镜61,图像传感器获取像点位置坐标,结合惯性测量仪的角度数据得到飞机纵轴的轴向姿态角,记为载机姿态1;将其与飞机上安装的机载惯导测量得到的机身基准轴(飞机纵轴)的轴向姿态角(记为载机姿态2)比较,二者的差值即为机载惯导的测量误差,主控单元记录并保存此值,用于在计算轴向误差时进行系统补偿。主要原因是本发明为校准设备,故采用了比机载惯导更高精度的惯性测量仪,可对机载惯导数据的误差进行校准及修正补偿。

#### [0051] 2) 建立飞机(直升机)的虚拟数字几何纵轴

以经果校准后的机载惯导数据或者本设备实测的飞机纵轴的轴向姿态角数据作为基准,构建出飞机的虚拟数字几何纵轴,根据不同的飞机情况,该数字几何纵轴与实际飞机纵轴平行或呈一定的夹角,通常情况下为平行。

[0052] 随后进入校靶模式的选择,对飞机上多个轴向进行校准。

#### [0053] 3) 武器系统轴、武器挂架轴的校准

在武器系统轴上安装基准平面镜61,校靶仪发射平行光,经基准平面镜61反射至校靶仪内部,图像传感器获取像点位置坐标,结合惯性测量仪的角度数据解算得到武器系统轴、武器挂架轴的姿态角,并与前面获得的飞机数字几何纵轴的姿态角比较,得到武器系统轴、

武器挂架轴的轴向偏差,如果偏差大于允许的范围,则进行机械校轴。

[0054] 4) 激光测距机光轴校准

激光测距机发射激光,经过光衰减片51和光吸收片52后入射至校靶仪内部,图像传感器获取像点位置坐标,结合惯性测量仪的角度数据解算得到激光测距机光轴的姿态角,并与前面获得的飞机数字几何纵轴的姿态角比较,得到激光测距机光轴的轴向偏差,如果偏差大于允许的范围,则进行机械校轴。

[0055] 5) 可见光/红外相机光轴校准

综合校靶仪主机依次发射可见和红外平行光至可见光/红外相机镜头,可见光/红外相机内部的图像传感器获取像点的位置坐标,结合惯性测量仪的角度数据解算得到可见光/红外相机轴线的姿态角,并与前面获得的飞机数字几何纵轴的姿态角比较,得到可见光/红外相机轴线的轴向偏差,如果偏差大于允许的范围,则进行机械校轴。

[0056] 6) 平视显示器轴线校准

取下平视显示器,在其位置安装转接件及其基准平面镜61及其工装,校靶仪发射平行光,经基准平面镜61反射至校靶仪内部,图像传感器测量像点位置坐标,结合惯性测量仪的角度数据解算得到平视显示器的姿态角,并与前面获得的飞机数字几何纵轴的姿态角比较,得到平视显示器的轴向偏差,如果偏差大于允许的范围,则进行机械校轴。

[0057] 本发明的综合校靶仪可在对机载惯导校准的基础上,实现了对武器系统轴、武器挂架轴、激光测距机、可见光/红外相机、平视显示器等飞机上关联轴线的校准,整个校靶过程中只有综合校靶仪的惯导存在漂移误差,对于控制在1小时以内的校靶过程来说,惯导漂移较小,而且系统采用CCD图像显示和计算机运算,全程都是通过传感器直接检查,避免了人眼判读带来的误差,这就大大提高了校靶系统的精度。

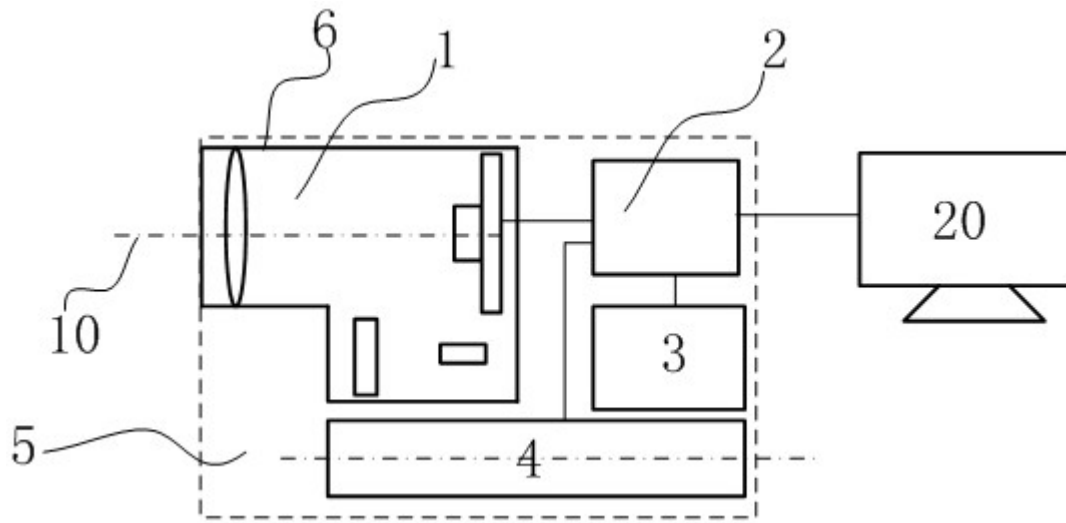


图1

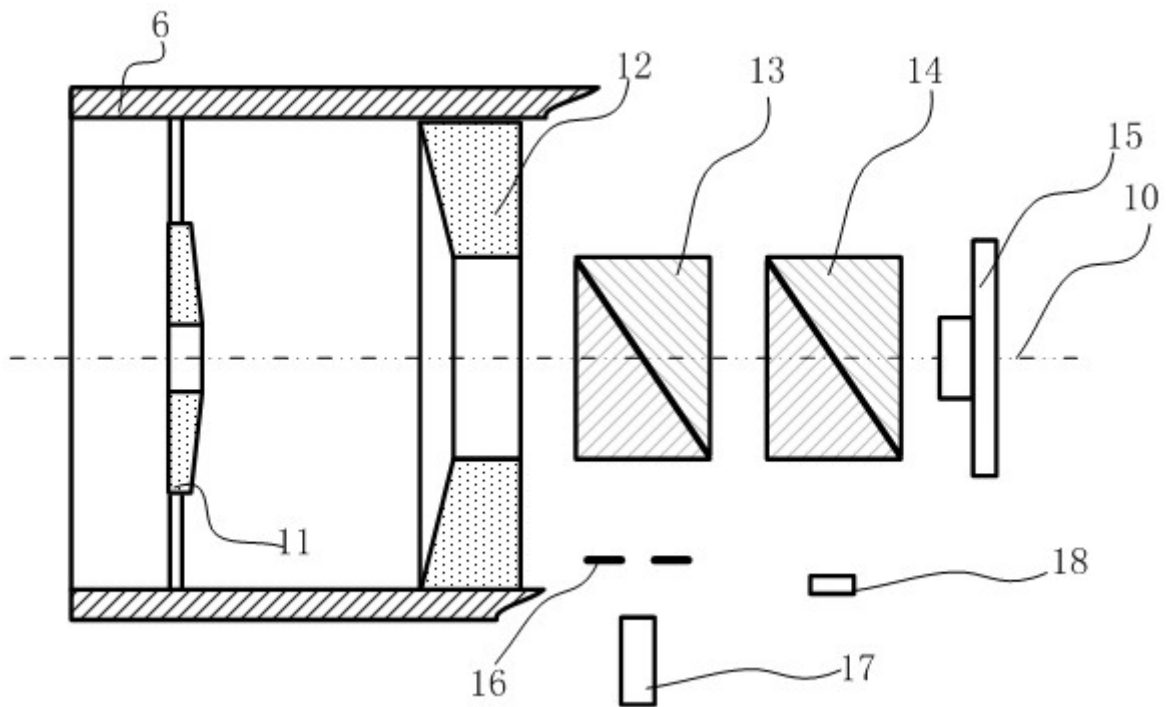


图2

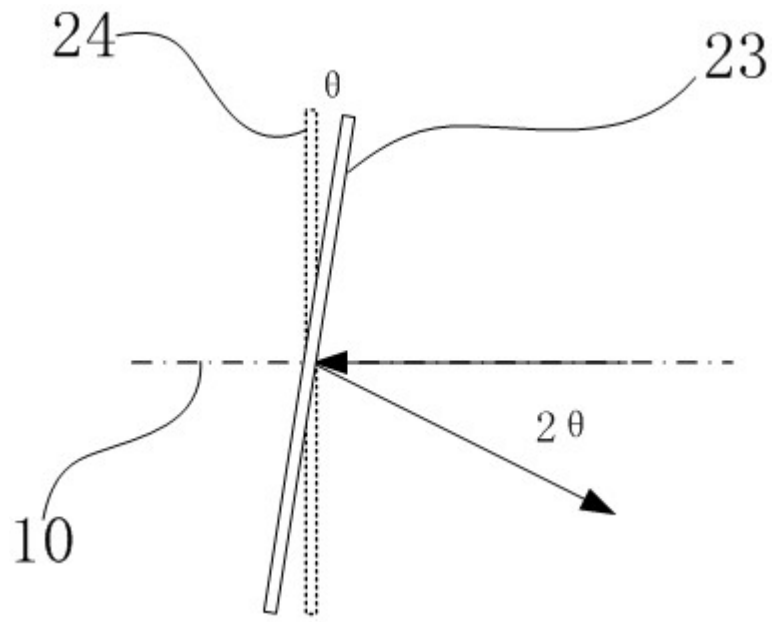


图3

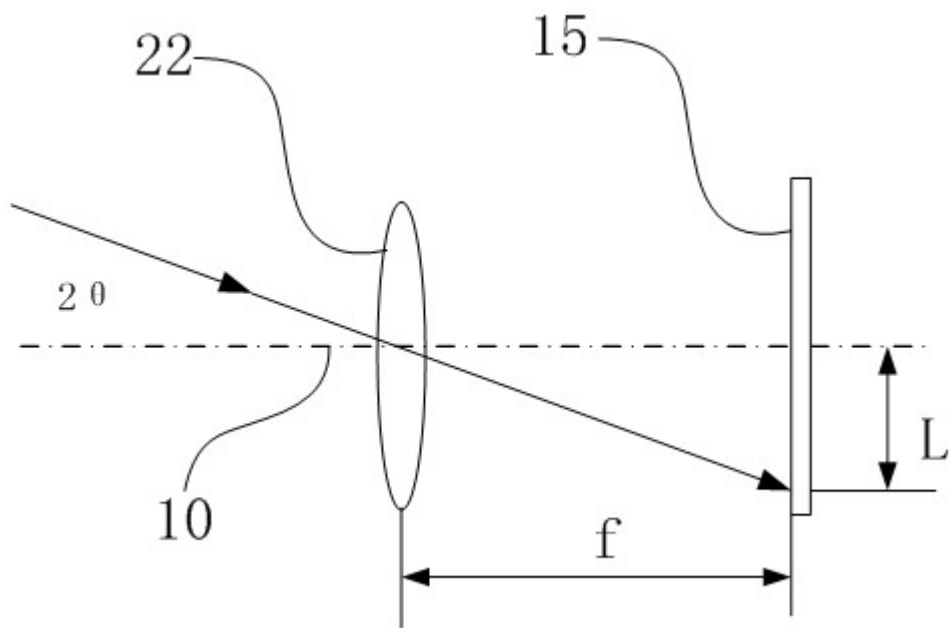


图4

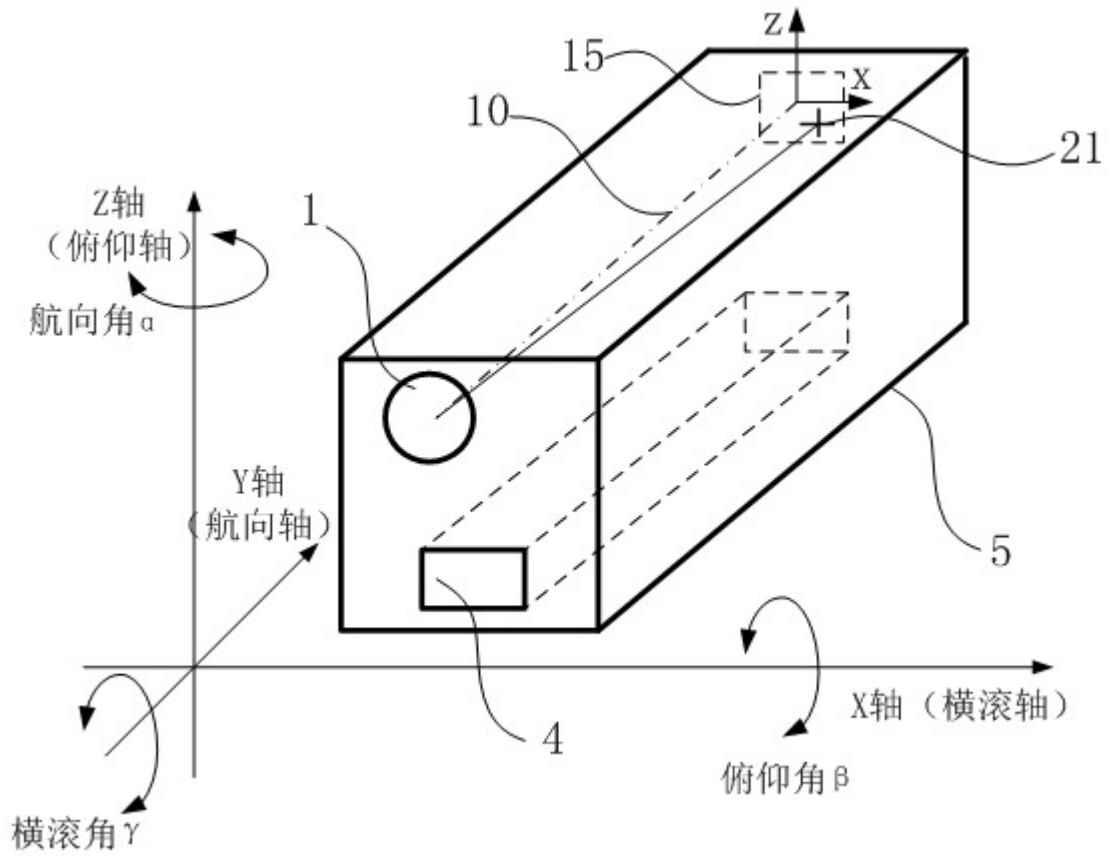


图5

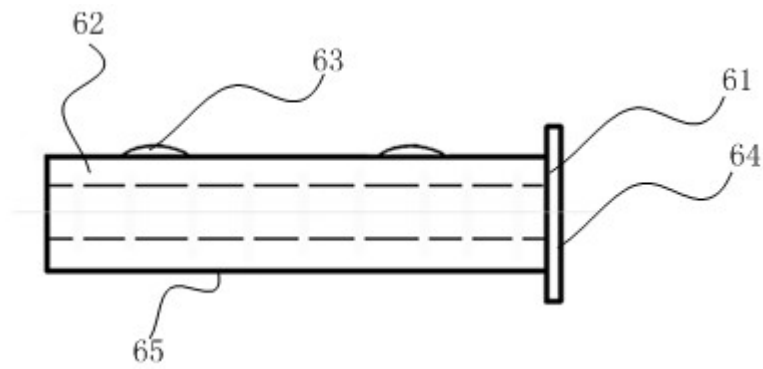


图6

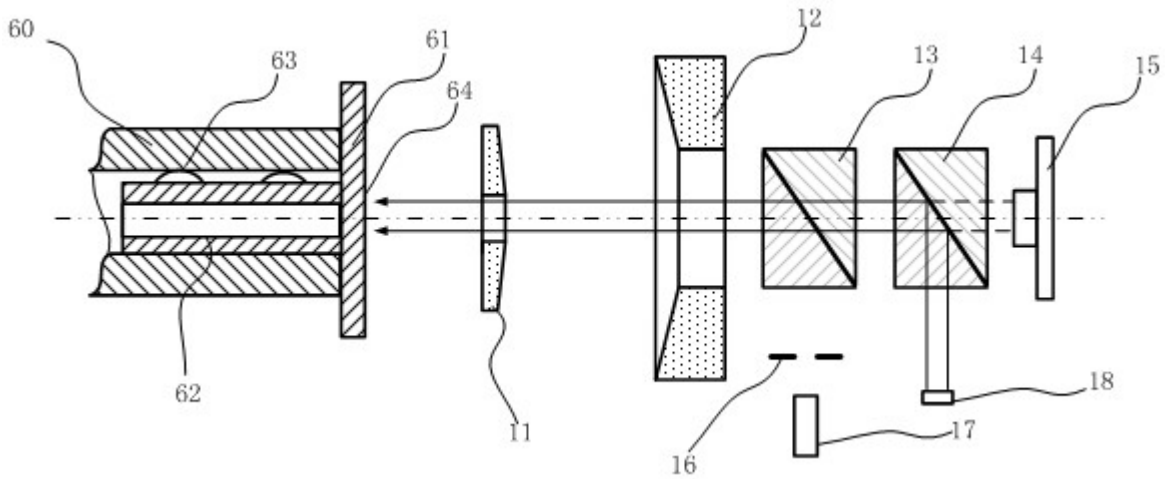


图7

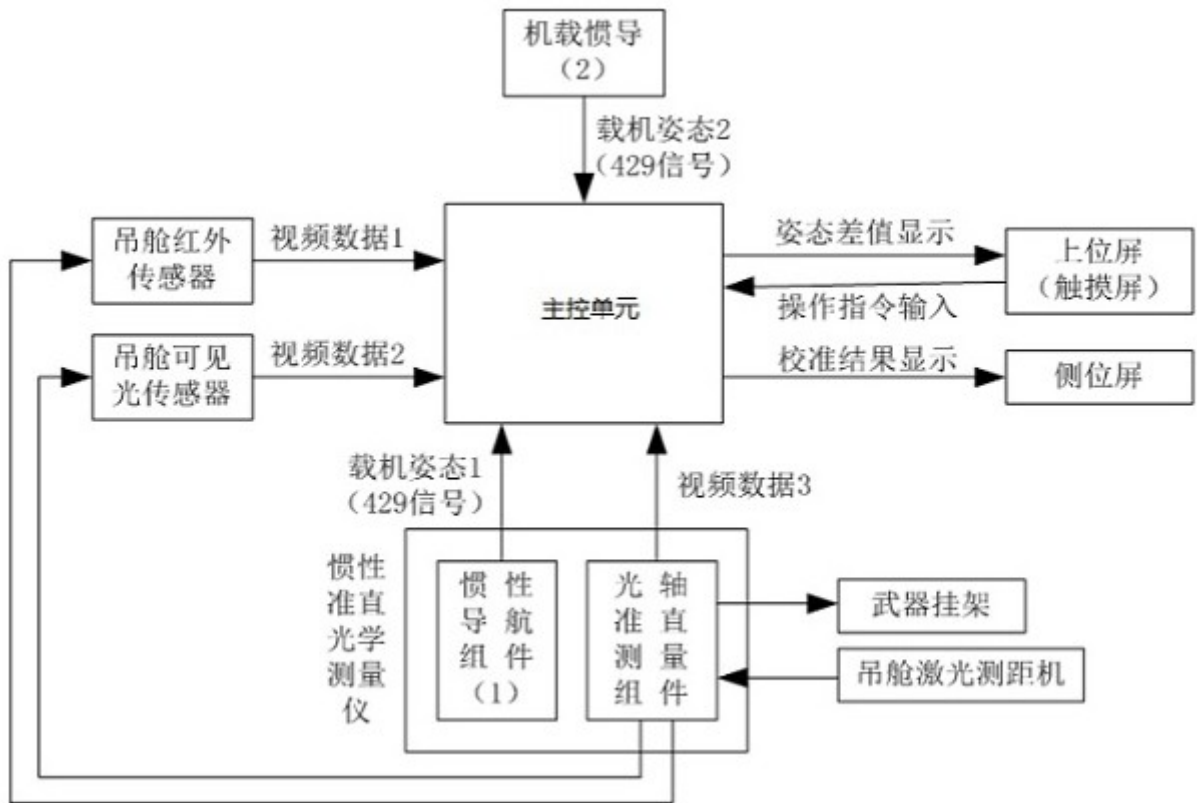


图8

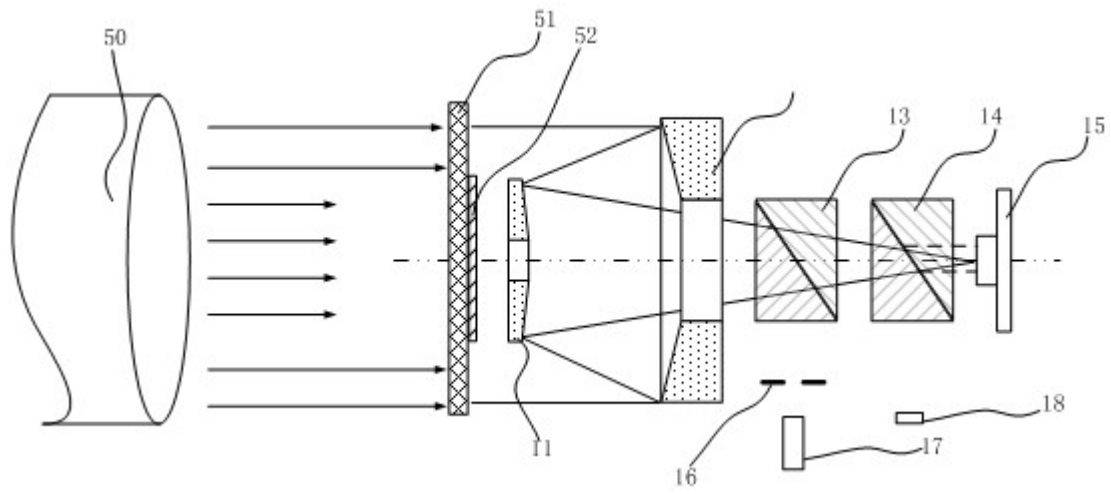


图9

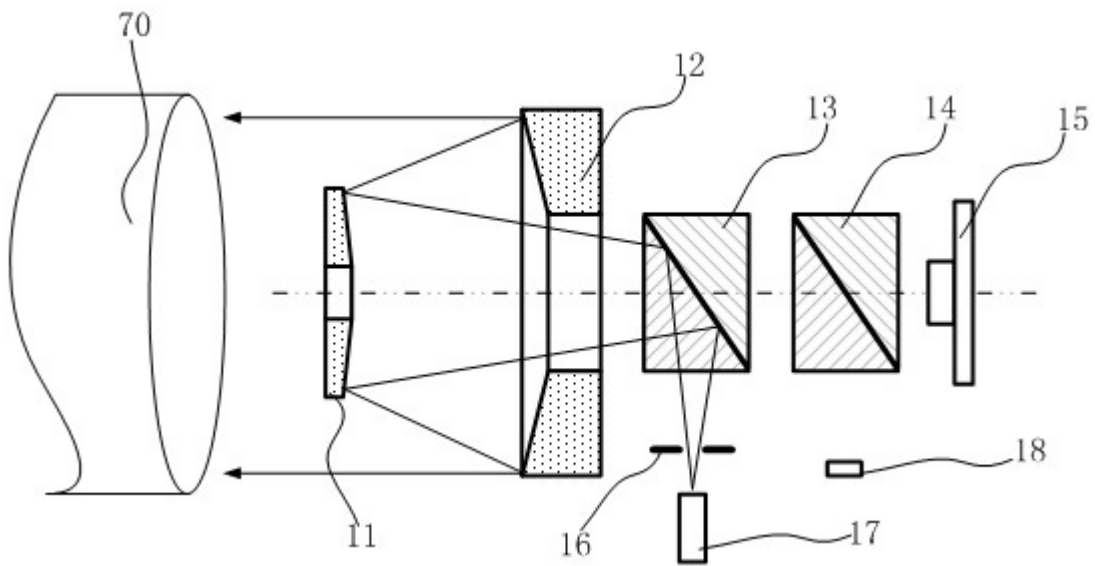


图10



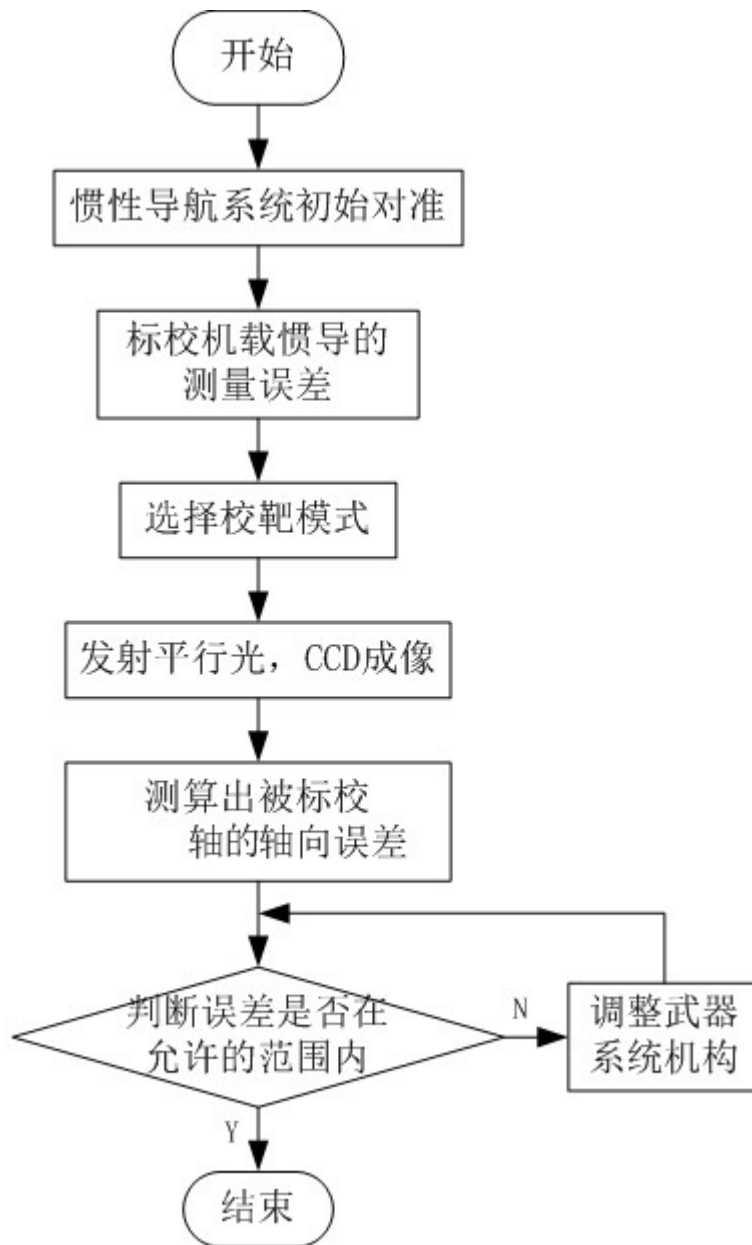


图11