



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112648887 B

(45) 授权公告日 2022.08.16

(21) 申请号 202011482611.6

(22) 申请日 2020.12.16

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112648887 A

(43) 申请公布日 2021.04.13

(73) 专利权人 航天科工微电子系统研究院有限公司

地址 610000 四川省成都市天府新区天府
新经济产业园B区湖畔路北段269号

(72) 发明人 武春风 王晓丹 吴丰阳 朱珺
梁国斌

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理有限公司 51214
专利代理师 贾年龙

(51) Int.Cl.

F41H 13/00 (2006.01)

F41G 1/46 (2006.01)

F41G 1/473 (2006.01)

G01S 13/66 (2006.01)

G01S 13/88 (2006.01)

审查员 俞舟燕

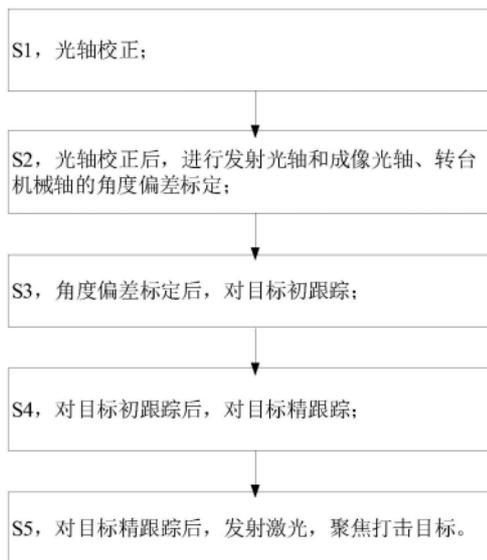
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法

(57) 摘要

本发明公开了基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法,包括步骤:S1,光轴校正;S2,在光轴校正后,对发射光轴和成像光轴、转台机械轴进行角度偏差标定;S3,标定完轴以后,目标进行实时初跟踪;S4,在实现对目标的初跟踪后,进行精跟踪;S5,在实现稳定精跟踪目标后,对目标进行发射打击调焦,通过发射激光则将激光的能力聚焦在目标上等;本发明实现了多模复合探测一体化的功能,跟踪和打击精度高等。



1. 基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法,其特征在于,包括步骤:

S1,光轴校正,发射导引光,通过设置的快反镜(16)和库德光路导光后,到达精跟踪系统中的可见光精跟踪相机(10),由该可见光精跟踪相机作为光轴的标定误差,输出图像的脱靶量;将脱靶量提供给二维调节动镜一(11)和二维调节动镜二(12),通过调节二维调节动镜一(11)的俯仰和水平方位,通过调节二维调节动镜二(12)的俯仰和水平方位,使得在可见光精跟踪相机(10)上的脱靶量的值最小,实现了光轴的校正;

S2,光轴校正后,发射主激光,经过反射镜一(23)准直,准直后的激光,经过扩束系统(24),经过反射镜二(25)反射到分光镜(26),经过分光镜(26)透过去的部分弱光经过角锥棱镜(28)角锥折反后,返回到精跟踪短波相机(9),精跟踪短波相机(9)和准直透镜组(22)用于构成控制闭环系统,准直透镜组(22)为一个二维的电动调节镜组,通过调节准直透镜组(22)实现在精跟踪短波相机(9)上的脱靶量最小,实现发射光轴和成像光轴、转台机械轴的角度偏差标定;

S3,标定完轴以后,共架雷达(3)的搜索雷达子模块捕获到目标后,将目标的信息反馈到共架雷达(3)的跟踪雷达子模块,跟踪雷达子模块和光电跟踪转台的角度解码器实现控制闭环,使得光电跟踪转台转动,指向跟踪的目标,实现对目标的捕获,指向目标后,通过目标测距机(5)对目标实时测距,测距后获得目标的距离信息;初跟踪系统的可见光跟踪成像相机(7)和红外跟踪成像相机(4),对指定目标下的物体实现实时变焦和调焦,变焦、调焦后则能够获得清晰的目标图像,从而实现对目标的实时初跟踪;

S4,实现对目标的初跟踪后,则由初跟踪系统转入到精跟踪系统的发射望远镜(1)、库德导光光路、分光镜(26)、成像分光镜(27)、精跟踪短波相机(9)、可见光精跟踪相机(10)、快反镜(16)和显示器,并在显示器的显控屏幕上获得放大物体的清晰图像;当物体在实时移动的时候,通过目标测距机(5)实现对目标的实时测距,获得的距离信息则反馈至初跟踪系统的红外跟踪成像相机(4)和可见光跟踪成像相机(7),红外跟踪成像相机(4)用于晚上,可见光跟踪成像相机(7)用于白天;当物体在移动时,初跟踪系统的成像相机获得图像的脱靶量,脱靶量信息反馈至跟踪光电跟踪转台的水平电机和俯仰电机的解码器,实现光电跟踪转台的二维运动,实时跟踪物体,获得的距离信息同时反馈至精跟踪系统中成像相机的调焦组件;精跟踪系统中,由精跟踪短波相机(9)、可见光精跟踪相机(10)、快反镜(16)和电机构成成像模块;通过电机驱动的快反镜(16)与精跟踪系统的精跟踪短波相机(9)、可见光精跟踪相机(10)实现控制闭环,能够实时校正图像的高频的晃动;

S5,实现稳定精跟踪目标后,激光发射头(21)发射出激光,依次通过反射镜一(23)、扩束系统(24)、分光镜(26)、库德导光光路、快反镜(16)、发射望远次镜(15)、发射望远主镜(17)后发射到目标上;扩束系统(24)能够对发射激光调焦,当精跟踪系统中的相机锁定目标并持续跟踪目标后,通过目标测距机(5)反馈的信息,同时传输给扩束系统(24),通过扩束系统(24)的镜组,实现对目标的发射打击调焦,通过发射激光则将激光的能力聚焦在目标上。

2. 根据权利要求1所述的基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法,其特征在于,在步骤S1中,包括图像解耦步骤,通过图像解耦步骤后输出图像的脱靶量。

3. 根据权利要求1所述的基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法,其特征在于,在步骤S4中,用于驱动快反镜(16)的电机包括音圈电机。

4. 根据权利要求1~3任一所述的基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法,其特征在于,包括激光照明步骤,通过照明激光装置(6)对目标进行激光照明,配合初跟踪系统和精跟踪系统,实时对目标进行跟踪。

5. 根据权利要求1所述的基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法,其特征在于,共架雷达(3)获得目标信息后,与光电跟踪转台的编码器形成控制回路,调整光电跟踪转台的方位和俯仰并对准目标,然后交班给初跟踪系统的红外跟踪成像相机(4)、可见光跟踪成像相机(7)获得目标的图像信息,初跟踪后,通过导引将目标转给精跟踪系统。

6. 根据权利要求1所述的基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法,其特征在于,所述共架雷达(3)与光电跟踪转台的俯仰轴系(2)、水平轴系(8)共架,雷达的扫描波束能够随光电跟踪转台转动。

基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光电跟踪领域,更为具体的,涉及基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法。

背景技术

[0002] 光束控制与跟踪装备(简称ATP)是激光武器和多功能激光战车的重要组成部分,其目的是将高能激光经过中继传输光路传输到发射望远镜上,聚焦到远场目标上,对目标实现打击和摧毁。其主要作用是完成高功率激光传输、指向控制、目标识别和跟踪、主动照明、瞄准和打击等功能环节。

[0003] 目前,ATP装备存在结构庞大笨重、集成度低、使用成本高、作战应用环境单一、工作效能低下,且在对目标捕获、跟踪和打击精度上存在提升的空间等问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法,实现了多模复合探测一体化的功能,跟踪和打击精度高等。

[0005] 本发明的目的是通过以下方案实现的:

[0006] 基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法,包括步骤:

[0007] S1,光轴校正,发射导引光,通过设置的快反镜16和库德光路导光后,到达精跟踪系统中的可见光精跟踪相机10,由该可见光精跟踪相机作为光轴的标定误差,输出图像的脱靶量;将脱靶量提供给二维调节动镜11和二维调节动镜12,通过调节二维调节动镜一11的俯仰和水平方位、通过调节二维调节动镜二12的俯仰和水平方位,使得在可见光精跟踪相机10上的脱靶量的值最小,实现了光轴的校正;

[0008] S2,光轴校正后,发射主激光,经过反射镜一23准直,准直后的激光,经过扩束系统24,经过反射镜二25反射到分光镜26,经过分光镜26透过去的部分弱光经过角锥棱镜28角锥折反后,返回到精跟踪短波相机9,精跟踪短波相机9和准直透镜组22用于构成控制闭环系统,准直透镜组22为一个二维的电动调节镜组,通过调节准直透镜组22实现在精跟踪短波相机9上的脱靶量最小,实现发射光轴和成像光轴、转台机械轴的角度偏差标定;

[0009] S3,标定完轴以后,共架雷达3的搜索雷达子模块捕获到目标后,将目标的信息反馈到共架雷达3的跟踪雷达子模块,跟踪雷达子模块和光电跟踪转台的角度解码器实现控制闭环,使得光电跟踪转台转动,指向跟踪的目标,实现对目标的捕获,指向目标后,通过目标测距机5对目标实时测距,测距后获得目标的距离信息;初跟踪系统的可见光跟踪成像相机7和红外跟踪成像相机4,对指定目标下的物体实现实时变焦和调焦,变焦、调焦后则能够获得清晰的目标图像,从而实现对目标的实时初跟踪;

[0010] S4,实现对目标的初跟踪后,则由初跟踪系统转入到精跟踪系统的发射望远镜1、库德导光光路、分光镜26、成像分光镜27、精跟踪短波相机9、可见光精跟踪相机10、快反镜16和显示器,并在显示器的显控屏幕上获得放大物体的清晰图像;当物体在实时移动的时

候,通过目标测距机5实现对目标的实时测距,获得的距离信息则反馈至初跟踪系统的红外跟踪成像相机4和可见光跟踪成像相机7,红外跟踪成像相机4用于晚上,可见光跟踪成像相机7用于白天;当物体在移动时,初跟踪系统的成像相机获得图像的脱靶量,脱靶量信息反馈至跟踪光电跟踪转台的水平电机和俯仰电机的解码器,实现光电跟踪转台的二维运动,实时跟踪物体,获得的距离信息同时反馈至精跟踪系统中成像相机的调焦组件,初跟踪系统的图像信息转到精跟踪系统的相机时,精跟踪系统中相机的视场比初跟踪较小,焦距比初跟踪系统中相机较大,则能够实现完全放大清晰的显示目标的图像;精跟踪系统中,由精跟踪短波相机9、可见光精跟踪相机10、快反镜16和电机构成成像模块;通过电机驱动的快反镜16与精跟踪系统的精跟踪短波相机9、可见光精跟踪相机10实现控制闭环,能够实时校正图像的高频的晃动;

[0011] S5,实现稳定精跟踪目标后,激光发射头21发射出激光,依次通过反射镜一23、扩束系统24、分光镜26、库德导光光路、快反镜16、发射望远次镜15、发射望远主镜17后发射到目标上;扩束系统24能够对发射激光调焦,当精跟踪系统中的相机锁定目标并持续跟踪目标后,通过目标测距机5反馈的信息,同时传输给扩束系统24,通过扩束系统24的镜组,实现对目标的发射打击调焦,通过发射激光则将激光的能力聚焦在目标上。

[0012] 进一步地,在步骤S1中,包括图像解耦步骤,通过图像解耦步骤后输出图像的脱靶量。

[0013] 进一步地,在步骤S4中,用于驱动快反镜16的电机包括音圈电机。

[0014] 进一步地,包括激光照明步骤,通过照明激光装置6对目标进行激光照明,配合初跟踪系统和精跟踪系统,实时对目标进行跟踪。

[0015] 进一步地,共架雷达3获得目标信息后,与光电跟踪转台的编码器形成控制回路,调整光电跟踪转台的方位和俯仰并对准目标,然后交班给初跟踪系统的红外跟踪成像相机4、可见光跟踪成像相机7获得目标的图像信息,初跟踪后,通过导引将目标转给精跟踪系统。

[0016] 进一步地,所述共架雷达3与光电跟踪转台的俯仰轴系2、水平轴系8共架,雷达的扫描波束能够随光电跟踪转台转动。

[0017] 本发明的有益效果是:

[0018] (1)本发明实现了多模复合探测一体化的功能,跟踪和打击精度高,使用了快反镜和动镜来实现光轴和视轴的偏差校正,小型化、集成度高,系统简单,易于实现;将跟踪雷达放在了光束跟踪与控制装备的上面进行跟踪扫描探测,降低了跟踪雷达的波束,节约了成本。

附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0020] 图1为本发明的实施装置结构图;

[0021] 图2为本发明的实施装置的光学系统结构图;

[0022] 图3为本发明的方法步骤流程图；

[0023] 图中,1-发射望远镜,2-俯仰轴系,3-共架雷达,4-红外跟踪成像相机,5-目标测距机,6-照明激光装置,7-可见光跟踪成像相机,8-水平轴系;21-QBH激光发射头,22-准直透镜组,23-反射镜一,24-扩束系统,25-反射镜二,26-分光镜,27-成像分光镜,28-角锥棱镜,9-精跟踪短波相机,10-可见光精跟踪相机,11-二维调节动镜一,12-二维调节动镜二,13-发射窗口镜,14-导引光,15-发射望远次镜,16-快反镜,17-发射望远主镜。

具体实施方式

[0024] 本说明书中所有实施例公开的所有特征,或隐含公开的所有方法或过程中的步骤,除了互相排斥的特征和/或步骤以外,均可以以任何方式组合和/或扩展、替换。

[0025] 如图1,2所示,基于共架雷达复合探测的光电跟踪与控制方法,包括步骤:

[0026] S1,光轴校正,发射导引光,通过设置的快反镜16和库德光路导光后,到达精跟踪系统中的可见光精跟踪相机10,由该可见光精跟踪相机作为光轴的标定误差,输出图像的脱靶量;将脱靶量提供给二维调节动镜11和二维调节动镜12,通过调节二维调节动镜一11的俯仰和水平方位、通过调节二维调节动镜二12的俯仰和水平方位,使得在可见光精跟踪相机10上的脱靶量的值最小,实现了光轴的校正;

[0027] S2,光轴校正后,发射主激光,经过反射镜一23准直,准直后的激光,经过扩束系统24,经过反射镜二25反射到分光镜26,经过分光镜26透过去的部分弱光经过角锥棱镜28角锥折反后,返回到精跟踪短波相机9,精跟踪短波相机9和准直透镜组22用于构成控制闭环系统,准直透镜组22为一个二维的电动调节镜组,通过调节准直透镜组22实现在精跟踪短波相机9上的脱靶量最小,实现发射光轴和成像光轴、转台机械轴的角度偏差标定;

[0028] S3,标定完轴以后,共架雷达3的搜索雷达子模块捕获到目标后,将目标的信息反馈到共架雷达3的跟踪雷达子模块,跟踪雷达子模块和光电跟踪转台的角度解码器实现控制闭环,使得光电跟踪转台转动,指向跟踪的目标,实现对目标的捕获,指向目标后,通过目标测距机5对目标实时测距,测距后获得目标的距离信息;初跟踪系统的可见光跟踪成像相机7和红外跟踪成像相机4,对指定目标下的物体实现实时变焦和调焦,变焦、调焦后则能够获得清晰的目标图像,从而实现对目标的实时初跟踪;

[0029] S4,实现对目标的初跟踪后,则由初跟踪系统转入到精跟踪系统的发射望远镜1、库德导光光路、分光镜26、成像分光镜27、精跟踪短波相机9、可见光精跟踪相机10、快反镜16和显示器,并在显示器的显控屏幕上获得放大物体的清晰图像;当物体在实时移动的时候,通过目标测距机5实现对目标的实时测距,获得的距离信息则反馈至初跟踪系统的红外跟踪成像相机4和可见光跟踪成像相机7,红外跟踪成像相机4用于晚上,可见光跟踪成像相机7用于白天;当物体在移动时,初跟踪系统的成像相机获得图像的脱靶量,脱靶量信息反馈至跟踪光电跟踪转台的水平电机和俯仰电机的解码器,实现光电跟踪转台的二维运动,实时跟踪物体,获得的距离信息同时反馈至精跟踪系统中成像相机的调焦组件,初跟踪系统的图像信息转到精跟踪系统的相机时,精跟踪系统中相机的视场比初跟踪较小,焦距比初跟踪系统中相机较大,则能够实现完全放大清晰的显示目标的图像;精跟踪系统中,由精跟踪短波相机9、可见光精跟踪相机10、快反镜16和电机构成成像模块;通过电机驱动的快反镜16与精跟踪系统的精跟踪短波相机9、可见光精跟踪相机10实现控制闭环,能够实时校

正图像的高频的晃动；

[0030] S5,实现稳定精跟踪目标后,激光发射头21发射出激光,依次通过反射镜23、扩束系统24、分光镜26、库德导光光路、快反镜16、发射望远次镜15、发射望远主镜17后发射到目标上;扩束系统24能够对发射激光调焦,当精跟踪系统中的相机锁定目标并持续跟踪目标后,通过目标测距机5反馈的信息,同时传输给扩束系统24,通过扩束系统24的镜组,实现对目标的发射打击调焦,通过发射激光则将激光的能力聚焦在目标上。

[0031] 进一步地,在步骤S1中,包括图像解耦步骤,通过图像解耦步骤后输出图像的脱靶量。

[0032] 进一步地,在步骤S4中,用于驱动快反镜16的电机包括音圈电机。

[0033] 进一步地,包括激光照明步骤,通过照明激光装置6对目标进行激光照明,配合初跟踪系统和精跟踪系统,实时对目标进行跟踪。

[0034] 进一步地,共架雷达3获得目标信息后,与光电跟踪转台的编码器形成控制回路,调整光电跟踪转台的方位和俯仰并对准目标,然后交班给初跟踪系统的红外跟踪成像相机4、可见光跟踪成像相机7获得目标的图像信息,初跟踪后,通过导引将目标转给精跟踪系统。

[0035] 进一步地,所述共架雷达3与光电跟踪转台的俯仰轴系2、水平轴系8共架,雷达的扫描波束能够随光电跟踪转台转动。

[0036] 在本发明的其他实施例中,如图1,2所示,它为本发明的实施设备,即光电跟踪与控制装备总图,从该总图中可以看到,包括发射望远镜1、光电跟踪转台(水平轴系8和俯仰轴系2)、共架雷达3、目标测距机5、照明激光装置6,以及目标识别探测初跟踪系统和目标识别探测精跟踪系统。其中,目标识别探测初跟踪系统包括红外跟踪成像相机4和可见光跟踪成像相机7,目标识别探测精跟踪系统包括快反镜16、精跟踪短波相机9和可见光精跟踪相机10。

[0037] 如图2所示,它为本发明的光电跟踪与控制装备的光学系统图。图2中,导引光14可选532nm绿光,其发出后通过设置的快反镜16和库德导光光路后,通过精跟踪系统中的可见光精跟踪相机10,由该可见光精跟踪相机作为光轴的标定误差,输出图像的脱靶量;在光电跟踪转台水平和俯仰转动的时候,转台的机械轴和光轴会有一定的轴差,反映在可见光精跟踪相机10上,与标定的光轴中心会有一定偏差,通过图像解耦后输出图像的脱靶量,将脱靶量提供给二维调节动镜一11和二维调节动镜二12,通过调节二维调节动镜一11的俯仰和水平方位、通过调节二维调节动镜二12的俯仰和水平方位,使得在可见光精跟踪相机10上的脱靶量的值最小,实现了光轴的校正。

[0038] 光轴校正后,主激光可通过QBH激光发射头21(可为光纤激光发射头)输出后,经过反射镜一23准直,准直后的光,经过扩束系统24(包含调焦功能),经过反射镜二25反射到分光镜26,经过分光镜26透过去的部分弱光经过角锥棱镜28角锥折反后返回到精跟踪短波相机9,精跟踪短波相机9和准直透镜组22共同构成控制闭环系统,其中,准直透镜组22为一个二维的(上下和水平)电动调节镜组,通过调节准直透镜组22实现在精跟踪短波相机9上的脱靶量最小,实现了在复杂环境上,特别是温度差异大、振动环境强时的发射光轴和成像光轴、转台机械轴的角度偏差。

[0039] 标定完轴以后,共架雷达(3)的搜索雷达子模块捕获到目标后,将目标的信息反馈

到跟踪雷达子模块,跟踪雷达子模块通过和转台的角度解码器实现控制闭环,解耦的数值使得转台转动,指向跟踪的目标,实现对目标的捕获,指向目标后,通过目标测距机5对目标实时测距,测距后获得目标相对光电装备的距离信息。此刻,可见光跟踪成像相机7和红外跟踪成像相机4,对指定目标下的物体实现实时变焦和调焦,变焦、调焦后则可以获得清晰的目标图像,从而实现对目标的实时初跟踪。

[0040] 实现对目标的初跟踪后,则由初跟踪系统转入到精跟踪系统的发射望远镜1、库德导光光路、分光镜26、成像分光镜27、精跟踪短波相机9、可见光精跟踪相机10、快反镜16和显示器,并在显示器的显控屏幕上获得放大物体的清晰图像。

[0041] 当物体在实时移动的时候,通过目标测距机5实现对目标的实时测距,获得的距离信息则反馈至初跟踪系统的红外跟踪成像相机4和可见光跟踪成像相机7,红外跟踪成像相机4重点用于晚上,和可见光跟踪成像相机7用于白天;当物体在移动时,初跟踪系统的成像相机获得图像的脱靶量,脱靶量信息反馈至跟踪光电跟踪转台的水平电机和俯仰电机的解码器,实现光电跟踪转台的二维运动,实时跟踪物体,获得的距离信息同时反馈至精跟踪系统中成像相机的调焦组件,初跟踪系统的图像信息转到精跟踪系统的相机时,精跟踪系统中相机的视场比粗跟踪较小,焦距比初跟踪系统中相机较大,则能够实现完全放大清晰的显示目标的图像。分光镜26可以用于高能主激光光束分束和成像光波段光束分束,成像分光镜27用于短波 $1\mu\text{m}\sim 1.3\mu\text{m}$ 成像光束分束和可见光 $460\text{nm}\sim 760\text{nm}$ 成像光束分束。

[0042] 精跟踪系统中,由精跟踪短波相机9、可见光精跟踪相机10、快反镜16和电机构成其成像模块,轴系的高频振动、温度变化引起的光轴漂移、目标指向的高频抖动都会使得跟踪目标的跟踪精度降低,通过电机驱动的快反镜,通过与精跟踪系统的精跟踪短波相机9、可见光精跟踪相机10实现控制闭环,能够实时校正图像的高频的晃动,本发明实施例则通过音圈电机驱动的快反镜,通过与精跟踪的成像相机实现控制闭环,实时校正图像的高频的晃动,显著提高了目标的跟踪精度。

[0043] 本发明实现稳定跟踪目标后,激光器通过QBH激光发射头21发射出激光,依次通过反射镜一23、扩束系统24、分光镜26、库德导光光路、快反镜26、发射望远次镜15、发射望远主镜17后发射到目标上。

[0044] 本发明中发射窗口镜13与俯仰轴系2连接,扩束系统24具有发射激光调焦的功能,当精跟踪系统中相机锁定目标并持续跟踪目标后,通过目标测距机5反馈的信息,同时传输给扩束系统24,通过调焦扩束系统24的镜组,实现对目标的发射打击调焦,通过发射激光则将激光的能力聚焦在目标上。

[0045] 除以上实例以外,本领域技术人员根据上述公开内容获得启示或利用相关领域的知识或技术进行改动获得其他实施例,各个实施例的特征可以互换或替换,本领域人员所进行的改动和变化不脱离本发明的精神和范围,则都应在本发明所附权利要求的保护范围内。

[0046] 本发明功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,在一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)以及相应的软件中执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而

前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、或者光盘等各种可以存储程序代码的介质,进行测试或者实际的数据在程序实现中存在于只读存储器(Random Access Memory,RAM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)等。

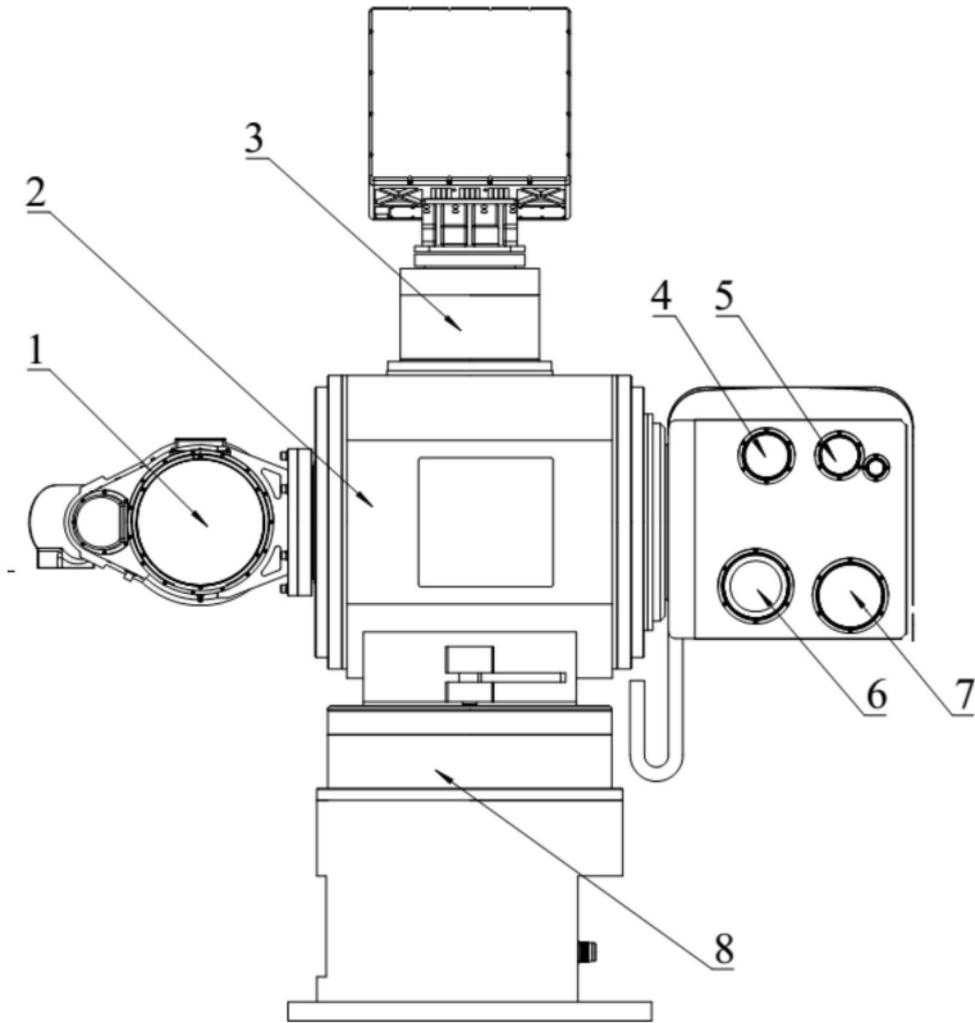


图1

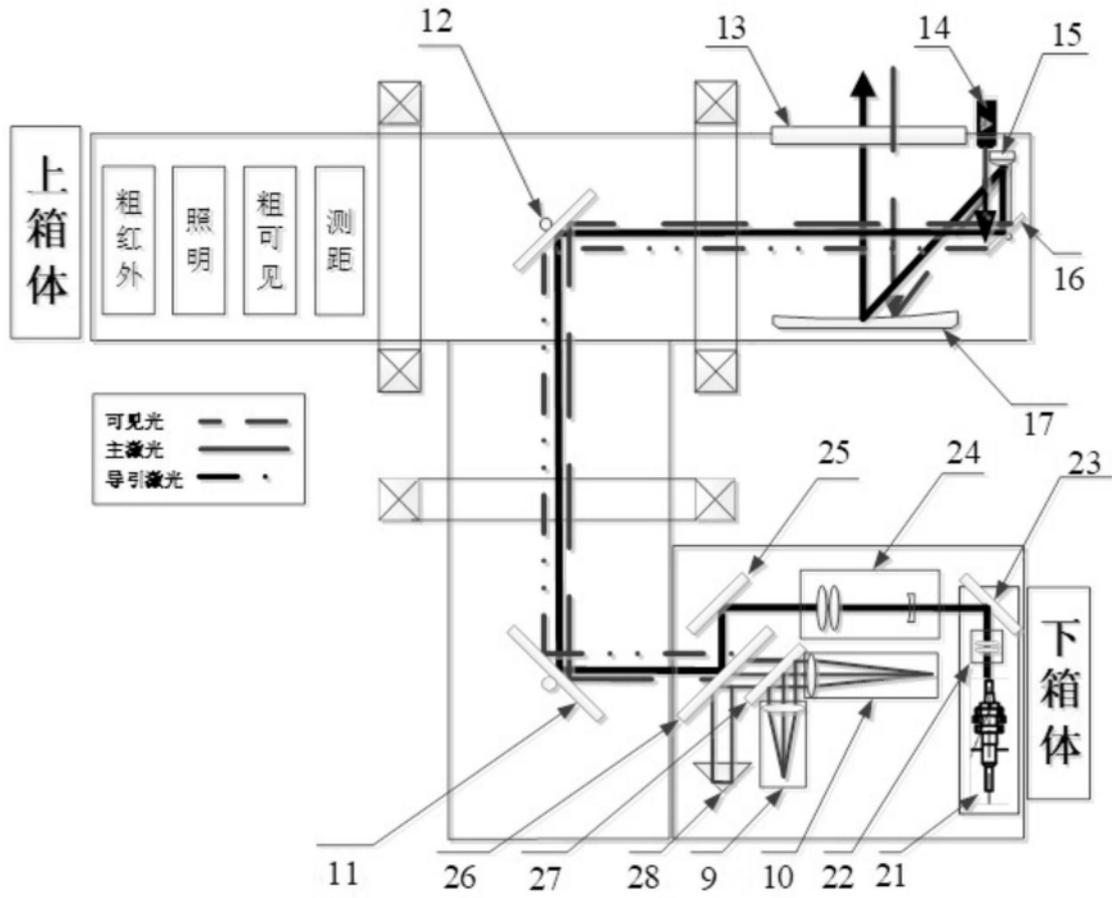


图2

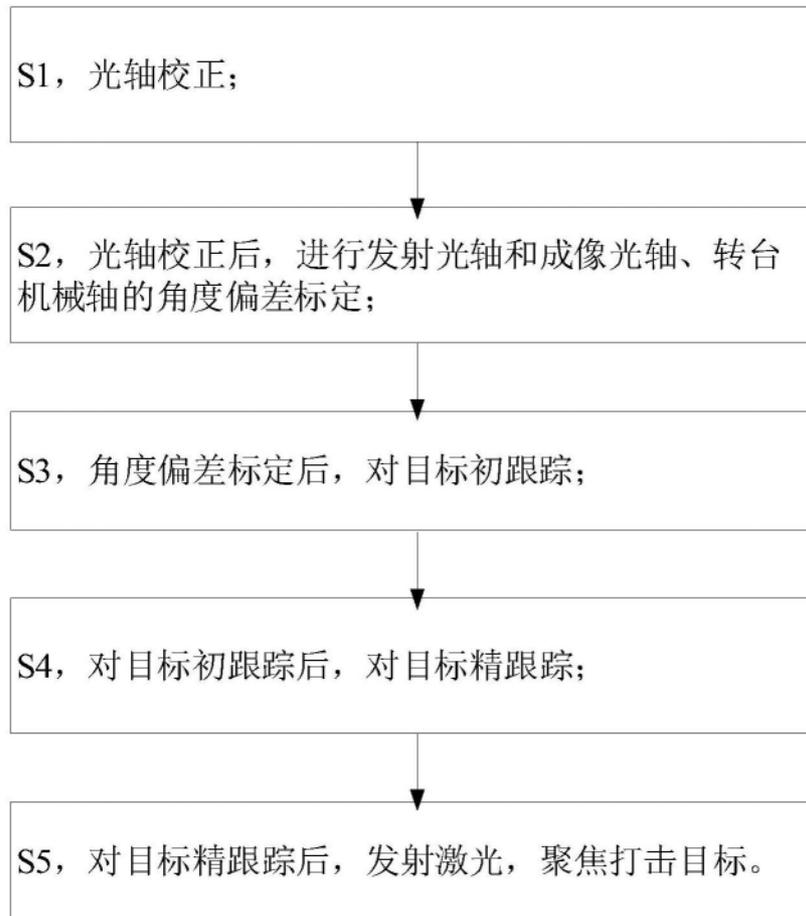


图3