



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111811432 A

(43) 申请公布日 2020.10.23

(21) 申请号 202010548295.1

(22) 申请日 2020.06.16

(71) 申请人 中国民用航空飞行学院

地址 618300 四川省德阳市广汉市三水镇
高店村

(72) 发明人 魏永超 邓春艳 敖良忠 夏桂书

(74) 专利代理机构 成都正华专利代理事务所
(普通合伙) 51229

代理人 李蕊

(51) Int. Cl.

G01B 11/25 (2006.01)

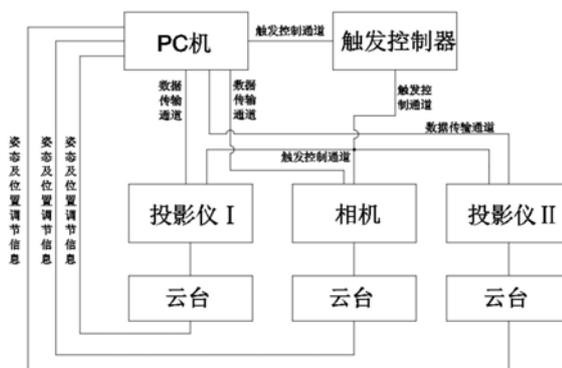
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种三维成像系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种三维成像系统及方法,涉及光谱成像技术领域,其中涉及到了PC机、相机、投影仪I和投影仪II,PC机与相机、投影仪I和投影仪II之间设置有触发控制通道和数据传输通道。投影仪I与投影仪II的投影光源波段不同;投影仪I能投影单波段的结构光。投影仪II能投影多种不同波段的结构光。相机位于所述投影仪I和投影仪II之间。相机、投影仪I和投影仪II均能升降调节,且它们的镜头水平朝向和上下朝向均可调节。相机、投影仪I和投影仪II的投影焦点汇于一点。本发明能投影多个光源波段结构光,能适用于不同材质物体的三维成像,可避免物体成像基础信息的缺失和不完整,单个系统便可实现多个光谱波段的信息采集,后期融合简单且误差较小。



1. 一种三维成像系统,其特征在于,包括PC机、相机、投影仪I和投影仪II,所述PC机与所述相机、投影仪I和投影仪II之间设置有触发控制通道和数据传输通道;

所述投影仪I与投影仪II的投影光源波段不同;

所述投影仪I能投影单波段的结构光;

所述投影仪II能投影多种不同波段的结构光;

所述相机位于所述投影仪I和投影仪II之间;

所述相机、投影仪I和投影仪II均能升降调节,且它们的镜头水平朝向和上下朝向均可调节;

所述相机、投影仪I和投影仪II的投影焦点汇于一点。

2. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述相机、投影仪I和投影仪II分别装配于三个云台之上,它们通过云台实现升降调节,以及镜头的水平朝向和上下朝向调节,所述云台与所述PC机电连接。

3. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述相机使用6-Pin的圆形连接器作为IO接口,其中包括触发控制端口以及数据输出口。

4. 一种三维成像方法,其特征在于,采用权利要求1~3任一向所述的三维成像系统,该方法包括:

S1、采用PC机生成结构光条纹,并上传至所述投影仪I和投影仪II;

S2、在相机、投影仪I和投影仪II的放置有被测物体的公共视野内进行系统标定,通过PC机获取相机、投影仪I和投影仪II之间的相对标定参数;

S3、根据环境光线以及投影仪在被测物体上的投影光强度,调节相机的曝光亮度;

S4、投影仪II待机,投影仪I向被测物体投影扫描单波段的结构光条纹,相机抓拍被测物体,获得一组物体变形条纹图,并上传至PC机;

S5、投影仪I待机,投影仪II向被测物体依次投影扫描N种不同波段的结构光条纹,在此过程中,相机抓拍被测物体,获得分别与N不同种波段的结构光条纹相对应的N组物体变形条纹图,并上传至PC机;

S6、三维扫描,PC机根据标定参数,分别对抓拍得到的N+1组物体变形条纹图进行计算,得到N+1组物体三维扫描数据;

S7、数据重建,根据标定参数对N+1组物体三维扫描数据进行融合得到统一坐标的三维数据,对该三维数据进行滤波,得到被测物体最终的三维点云数据,完成被测物体的三维成像。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述投影仪II能投影四种不同波段的结构光。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述投影仪I为红外投影仪,所述投影仪II为RGB投影仪。

7. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述步骤S1中,根据三维成像任务条件,基于时间相位和相移相位结构光算法生成所述结构光条纹。

8. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述步骤S2中,采用九点标定法获取所述标定参数。

9. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述步骤S3中,在调节相机的曝光亮度时,以

相机能清楚的获取到被测物体的图像为准。

10. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述步骤S6中,对于每组物体变形条纹图,首先基于时间和相移相位,获取其截断相位,再根据截断相位获取展开连续相位,最后利用标定参数和展开连续相位计算得到物体三维扫描数据。

一种三维成像系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光谱成像技术领域,具体而言,涉及一种多光谱结构光三维成像系统及方法。

背景技术

[0002] 多光谱成像技术是上世纪60年代初期出现的一种遥感技术,其波段范围及波段数的选择与应用目标直接相关,通过获得地物几个或更多波段的光谱信息,实现目标空间信息、辐射信息、光谱信息的同步获取,能够提高对目标特性的综合探测感知与识别,极大地扩展了遥感探测技术的目标分辨、监测能力。

[0003] 三维成像是通过光学手段提取物体三维信息,并在重建过程中可以完整地恢复物体的三维特征的技术。如何又快又好的获取一个场景的三维信息,是三维成像技术的关键。光学三维成像技术分为被动式和主动式两大类,两者的区别在于是否通过光源进行照明。被动三维成像采用非结构照明方式,从一个或多个摄像系统获取的不同视觉方向的二维图像中,通过计算机匹配、运算来重建物体的三维面形,该种方式对没有明显特征的图像计算量很大,匹配的准确度不能保证,要想完整精确的还原物体结构,需要多个二维图像进行逆运算。基于主动三维成像,需要主动去投射结构光到被测物体上,通过结构光的变形(或者飞行时间等)来确定被测物的三维信息,由于其高效和高精度,是目前主要的三维成像技术。

[0004] 现有的主动结构光三维成像系统通常仅能投射单一光源波段结构光,存在以下问题:

[0005] 1) 由于物体材质的差异,对不同光源波段吸收不同,单一光源会极大限制被测物体的材质。

[0006] 2) 单一光源造成物体成像信息的缺失和不完整。

[0007] 3) 需要多个系统联合才能完成多个光谱波段的信息采集,后期融合复杂且误差较大。

发明内容

[0008] 本发明在于提供一种三维成像系统及方法,其能够缓解上述问题。

[0009] 为了缓解上述的问题,本发明采取的技术方案如下:

[0010] 第一方面,本发明提供一种三维成像系统,包括PC机、相机、投影仪I和投影仪II,所述PC机与所述相机、投影仪I和投影仪II之间设置有触发控制通道和数据传输通道;

[0011] 所述投影仪I与投影仪II的投影光源波段不同;

[0012] 所述投影仪I能投影单波段的结构光;

[0013] 所述投影仪II能投影多种不同波段的结构光;

[0014] 所述相机位于所述投影仪I和投影仪II之间;

[0015] 所述相机、投影仪I和投影仪II均能升降调节,且它们的镜头水平朝向和上下朝向

均可调节；

[0016] 所述相机、投影仪I和投影仪II的投影焦点汇于一点。

[0017] 本技术方案的技术效果是：能投影多个光源波段结构光，能适用于多种不同材质的被测物体的三维成像，可避免物体成像基础信息的缺失和不完整，单个系统便可实现多个光谱波段的信息采集，后期融合简单且误差较小。

[0018] 进一步地，所述相机、投影仪I和投影仪II分别装配于三个云台之上，它们通过云台实现升降调节，以及镜头的水平朝向和上下朝向调节，所述云台与所述PC机电连接。

[0019] 本技术方案的技术效果是：云台作为现有成熟设备，易于获取，其能够满足相机、投影仪I和投影仪II的姿态及位置调节要求。

[0020] 进一步地，所述相机使用6-Pin的圆形连接器作为IO接口，其中包括触发控制端口以及数据输出口。

[0021] 本技术方案的技术效果是：结构灵活，可根据设备特点或被测物体需要，动态调整成像视场范围和区域，无需重新设计结构。

[0022] 第二方面，本发明提供一种三维成像方法，采用上述的三维成像系统，该方法包括：

[0023] S1、采用PC机生成结构光条纹，并上传至所述投影仪I和投影仪II；

[0024] S2、在相机、投影仪I和投影仪II的放置有被测物体的公共视野内进行系统标定，通过PC机获取相机、投影仪I和投影仪II之间的相对标定参数；

[0025] S3、根据环境光线以及投影仪在被测物体上的投影光强度，调节相机的曝光亮度；

[0026] S4、投影仪II待机，投影仪I向被测物体投影扫描单波段的结构光条纹，相机抓拍被测物体，获得一组物体变形条纹图，并上传至PC机；

[0027] S5、投影仪I待机，投影仪II向被测物体依次投影扫描N种不同波段的结构光条纹，在此过程中，相机抓拍被测物体，获得分别与N不同种波段的结构光条纹相对应的N组物体变形条纹图，并上传至PC机；

[0028] S6、三维扫描，PC机根据标定参数，分别对抓拍得到的N+1组物体变形条纹图进行计算，得到N+1组物体三维扫描数据；

[0029] S7、数据重建，根据标定参数对N+1组物体三维扫描数据进行融合得到统一坐标的三维数据，对该三维数据进行滤波，得到被测物体最终的三维点云数据，完成被测物体的三维成像。

[0030] 本技术方案的技术效果是：通过向被测物体投影多个光源波段结构光，然后抓拍获取物体图像，能适用于多种不同材质的被测物体的三维成像，可避免物体成像基础信息的缺失和不完整，整个操作方法简单，使用非常方便；一次可完成相机、投影仪以及投影仪与相机之间的全部标定，利用标定参数可直接融合N+1组测量数据，无需特征或标记点融合，计算简单精度高。

[0031] 进一步地，所述投影仪II能投影四种不同波段的结构光。

[0032] 本技术方案的技术效果是：能覆盖常见的可见光投影波段。

[0033] 更进一步地，所述投影仪I为红外投影仪，所述投影仪II为RGB投影仪。

[0034] 本技术方案的技术效果是：可覆盖常见的被测物体材质反射波段范围。

[0035] 进一步地，所述步骤S1中，根据三维成像任务条件，基于时间相位和相移相位结构

光算法生成所述结构光条纹。

[0036] 进一步地,所述步骤S2中,采用九点标定法获取所述标定参数。

[0037] 本技术方案的技术效果是:九点标定法利用二维平移台,可实现水平平移和360度旋转;标定板固定在二维平移台上,水平移动三个位置,在每个位置分别转动三个角度,使标定板平面与相机视场中心线分别成 90° , $90^\circ-\alpha$ 和 $90^\circ+\alpha$,其中 α 小于 30° ,从而保证标定板成像质量和标定的准确性;采集九个位置标定板图像后,利用已知标定板数据,可计算得到相机、投影仪的标定参数;标定板可采用标定点或棋盘格。

[0038] 进一步地,所述步骤S3中,在调节相机的曝光亮度时,以相机能清楚的获取到被测物体的图像为准。

[0039] 进一步地,所述步骤S6中,对于每组物体变形条纹图,首先基于时间和相移相位,获取其截断相位,再根据截断相位获取展开连续相位,最后利用标定参数和展开连续相位计算得到物体三维扫描数据。

[0040] 本技术方案的技术效果是:适用常用的主动结构光算法,可快速有效获取高精度的完整被测物体型面。

[0041] 为使本发明的上述目的、特征和优点能更明显易懂,下文特举本发明实施例,并配合所附附图,作详细说明如下。

附图说明

[0042] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0043] 图1是本发明实施例三维成像系统的结构示意框图;

[0044] 图2是本发明实施例采用九点标定法进行系统标定时的标定板位置点示意图;

[0045] 图3是本发明实施例相机及投影仪的布局示意图;

[0046] 图4是本发明实施例的触发控制示意图;

[0047] 图5是本发明实施例三维成像方法的流程图;

[0048] 图6是本发明实施例差频法相位计算及展开流程图。

具体实施方式

[0049] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0050] 因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0051] 请参照图1,本发明实施例提供一种三维成像系统,包括PC机、相机、投影仪I和投

影仪 II, PC机与相机、投影仪I和投影仪 II 之间设置有触发控制通道和数据传输通道。

[0052] 其中, 触发控制器用于连接于PC机与相机、投影仪I和投影仪 II 之间, 用于形成触发控制通道。

[0053] 其中, 投影仪I与投影仪 II 的投影光源波段不同; 投影仪I能投影单波段的结构光; 投影仪 II 能投影多种不同波段的结构光; 相机位于投影仪I和投影仪 II 之间; 相机、投影仪I和投影仪 II 均能升降调节, 且它们的镜头水平朝向和上下朝向均可调节; 相机、投影仪I和投影仪 II 的投影焦点汇于一点。

[0054] 在本实施例中, 相机、投影仪I和投影仪 II 分别装配于三个云台之上, 它们通过云台实现升降调节, 以及镜头的水平朝向和上下朝向调节, 云台与PC机电连接, 通过PC机可向云台发送姿态及位置调节信号, 以调节相机、投影仪I和投影仪 II 的姿态及上下位置。

[0055] 在本实施例中, 为了使投影仪与显示的图案同步, 投影仪 II 和投影仪I都支持一组触发输入和输出, 这些输入和输出通过“触发模式”部分和“触发控制”子选项卡进行配置。相机使用6-Pin圆形连接器做IO接口, 包括用于形成触发控制通道的触发控制端口以及用于形成数据传输通道的数据输出口。

[0056] 系统在连接时, 使相机的触发输入引脚与投影仪 II 的触发器输出接口相连, 通过在对应跳线的合适引脚的两端插入跳线来把投影仪 II 的触发器输出设定至所需的逻辑电压电平, 并与投影仪I的触发器输出端口的触发输出接口相连接。

[0057] 在本实施例中, 投影仪 II 选择使用能投影四种不同波段的结构光的设备; 投影仪I为红外投影仪, 投影仪 II 为RGB投影仪。投影仪I所选的型号为PDC03, 用于向被测物体投影红外图像; 投影仪 II 所选的型号为DLP®LightCrafter4500, 用于向被测物体投影红色、蓝色、绿色和白色图像; 相机所选的型号为M3S501M-H, 用于抓拍采集被测物体图像。

[0058] 图3为相机及投影仪的布局示意图, 其中, 相机位于两投影仪中间, 投影仪 II 位于相机左侧, 投影仪I位于相机右侧。投影仪 II 的镜头、相机镜头、投影仪I镜头在z方向位于同一高度, 相机镜头中心和投影仪 II 镜头中心之间的距离为 d_1 , 相机镜头中心和投影仪I镜头中心之间的距离也是 d_2 , 通常 $d_1 = d_2$ 。相机镜头光轴和投影仪 II 镜头光轴之间的夹角为 α , 相机镜头光轴和投影仪I镜头光轴之间的夹角为 β , 通常为了系统对称, $\alpha = \beta$ 。

[0059] 由于投影仪投影方向有差异, 有正投影(投影方向和其镜头光轴一致)、下投影(投影方向与其镜头光轴呈夹角, 即投影仪是向上一定角度投影的)和下投影(投影方向与其镜头光轴呈夹角, 即投影仪是向下一定角度投影的)。因此为了保证系统的方便性, 设计了云台, 通过云台调节它们的姿态及位置。通过云台投影仪可以根据需要调节至任意调节角度, 同时为了保证相机的成像画面范围, 相机的云台可以升降, 可根据需要调整相机水平高度, 从而保证成像的范围合适。

[0060] 在本实施例中, 对于投影仪I和相机, 两者的光轴与投影或成像方向一致。当投影仪I和相机水平放置时, 其光轴亦在水平方向。而投影仪 II 投影方向与其镜头光轴呈夹角, 即投影仪 II 是向上 θ 投影的。为了保证投影仪 II 投影画面中心与相机画面中心在同一平面内且在测量距离D处相交, 必须将投影仪 II 机器向下 θ 投影, 即与 xoz 平面的夹角为 θ 。

[0061] 请参照图1~图4, 本发明实施例还提供了一种三维成像方法, 采用上述的三维成像系统, 该方法包括:

[0062] 1)、采用PC机生成结构光条纹, 并上传至投影仪I和投影仪 II。

[0063] 在本实施例中,PC机根据三维成像任务条件,基于时间相位和相移相位结构光算法实现结构光的计算,生成结构光条纹。

[0064] 投影仪I和投影仪II通电并通过USB数据线与PC机连接,以形成数据传输通道,PC机通过该通道将生成的结构光条纹上传到投影仪中并存储。

[0065] 2)、系统标定

[0066] 在相机、投影仪I和投影仪II的放置有被测物体的公共视野内进行系统标定,通过PC机获取相机、投影仪I和投影仪II之间的相对标定参数。

[0067] 如图2所示,本发明实施例采用九点标定法进行系统标定,以获取标定参数。

[0068] 在摆放标定板时,需确保整个标定板在相机和投影仪的公共视野内,将标定板放置在该视野范围内9个不同位置并对其进行扫描。PC机通过触发控制通道向相机和投影仪发出触发控制指令,完成对标定板的扫描。

[0069] 扫描完成9个位置后,计算标定参数,标定完成,如果标定失败,重新执行标定过程。图2中c1为标定的成像最小距离,c2为标定的成像最大距离,在三维成像时,被测物体要在c1和c2之间,才能得到清晰的图像。

[0070] 3)、投影抓拍

[0071] 首先需根据环境光线以及投影仪在被测物体上的投影光强度,调节相机的曝光亮度。

[0072] 在调节相机的曝光亮度时,以相机能清楚的获取到被测物体的图像为准,在投影仪处于视频模式下相机画面可以清楚看到被测物体,且没有太多过曝时即完成调节,否则可以调整曝光时间改变画面亮度。

[0073] 在本实施例中,采用自适应曝光亮度调节,相机抓拍测试图像,计算机亮度,根据亮度分布区间,自动调节曝光亮度,使其在合适的亮度范围。

[0074] 在完成相机曝光亮度调节后进行投影扫描。

[0075] 首先,投影仪II待机,投影仪I向被测物体投影扫描红外结构光条纹,相机抓拍被测物体,获得一组物体变形条纹图,并上传至PC机;

[0076] 然后,投影仪I待机,投影仪II向被测物体依次投影扫描N=4种不同波段的结构光条纹,分别为红色结构光、蓝色结构光、绿色结构光和白色结构光,在此过程中,相机抓拍被测物体,获得分别与4不同种波段的结构光条纹相对应的4组物体变形条纹图,并上传至PC机。

[0077] PC机共获取到N+1=5组物体变形条纹图。

[0078] 在本实施例中,投影抓拍的触发原理如图4所示,系统工作时投影仪I和相机构成测量系统T1,投影仪II和相机构成测量系统T2。测量系统T1中相机处于接收触发信号的状态,投影仪I产生的触发信号传递给相机,相机接收到触发信号后被触发拍图。测量系统T2工作过程与T1相同。在系统工作时,首先测量系统T1对被物体实施的扫描,此时投影仪II处于等待状态,不投影任何图像。测量系统T1完成扫描后,将投影仪I置于等待状态,关闭图像投影,再激活测量系统T2分别产生红色、蓝色、绿色和白色结构光,实施对被物体的扫描。

[0079] 4)、三维扫描

[0080] 对于每一组物体变形条纹图,PC机首先基于时间和相移相位,获取其截断相位,再根据截断相位获取展开连续相位,最后利用标定参数和展开连续相位计算得到物体三维扫

描数据。

[0081] 最终一共计算得到5组物体三维扫描数据。

[0082] 在本实施例中,采用多频外差的三维扫描算法进行计算:

[0083] 外差原理是运用光调制技术以及电子相位计测量经过调制的光信号的相位,将波长为 $\lambda_1, \lambda_2 (\lambda_2 < \lambda_1)$ 的相位函数 ϕ_1 和 ϕ_2 经过叠加后得到新的相位函数 ϕ ,其波长为 λ 。则有:

$$[0084] \quad \lambda = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} \quad (1)$$

[0085] 公式(1)表明可以利用高频相位函数外差后得到低频相位函数,然后利用低频相位展示和低频函数的关系实现时间相位展开。已知 ϕ_1 和 ϕ_2 ,则外差低频相位函数可通过公式(2)计算得到。

$$[0086] \quad \phi = \begin{cases} \phi_2 - \phi_1 - 2\pi & \phi_2 - \phi_1 > \pi \\ \phi_2 - \phi_1 & -\pi \leq \phi_2 - \phi_1 \leq \pi \\ \phi_2 - \phi_1 + 2\pi & \phi_2 - \phi_1 < -\pi \end{cases} \quad (2)$$

[0087] 以三频时间相位展开为例,设投影条纹的频率分比为 $f_1 = \frac{1}{\lambda_1}, f_2 = \frac{1}{\lambda_2}, f_3 = \frac{1}{\lambda_3}$,其中 $\lambda_3 < \lambda_2 < \lambda_1$ 。构造光栅,使得 $f_4 = f_2 - f_1 = 1, f_5 = f_3 - f_1 = \sqrt{f_1}$ 。则利用时间相位展开可以实现对高频相位的展开,流程如图6所示。

[0088] 最后利用标定得到的几何模型参数,从连续相位反算得到高度信息。

[0089] S7、数据重建

[0090] 根据标定参数对5组物体三维扫描数据进行融合得到统一坐标的三维数据,对该三维数据进行滤波,得到被测物体最终的三维点云数据,完成被测物体的三维成像。

[0091] 在本实施例中,采用基于泊松方程的数据重建方法,可做到局部保形且全局最优。过程为:计算每组扫描数据的边界和法线向量,解泊松等式,使得模型指示函数梯度等于曲面法线场积分。

[0092] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。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。

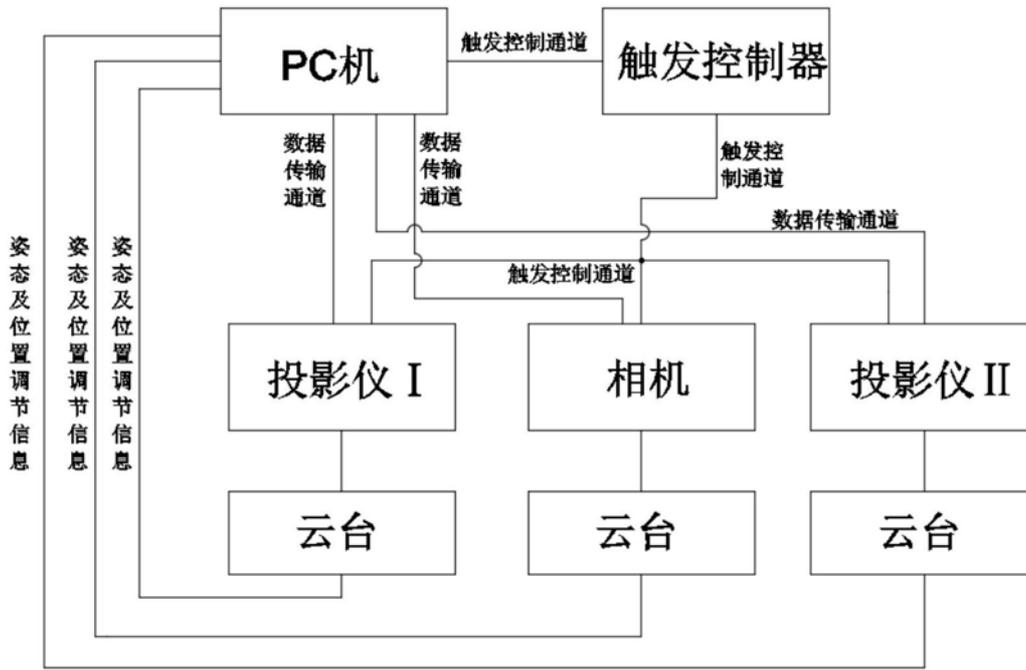


图1

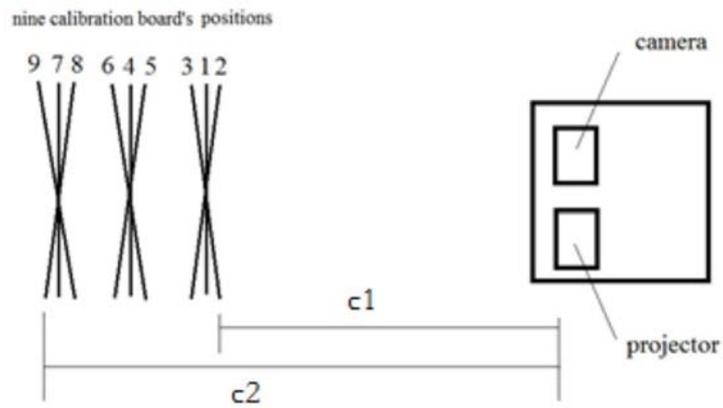


图2

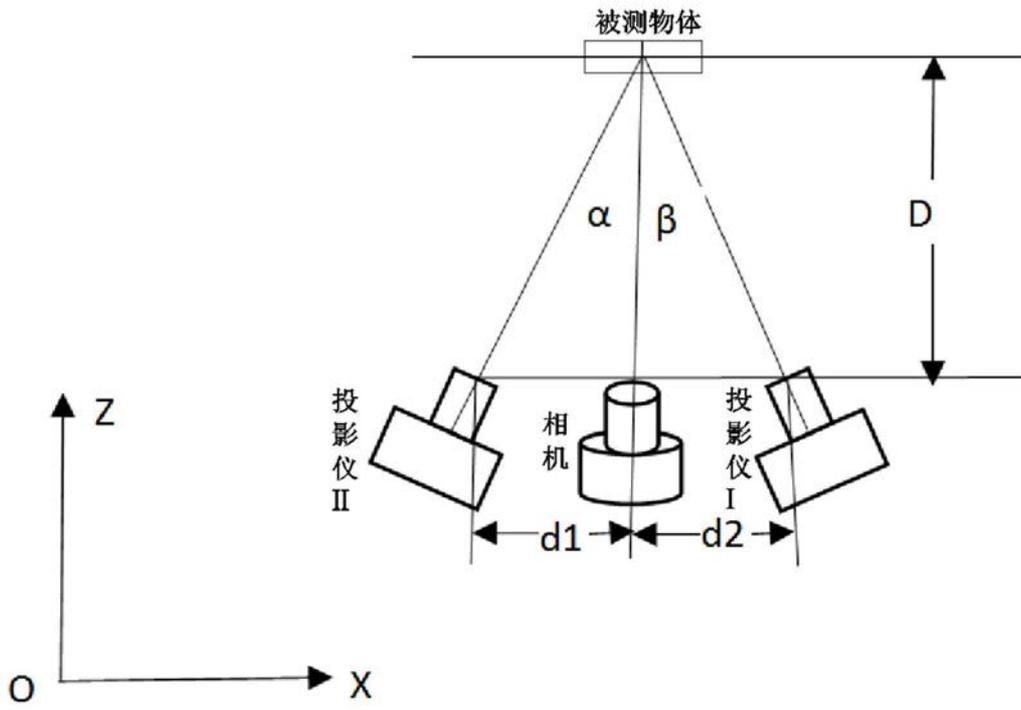


图3

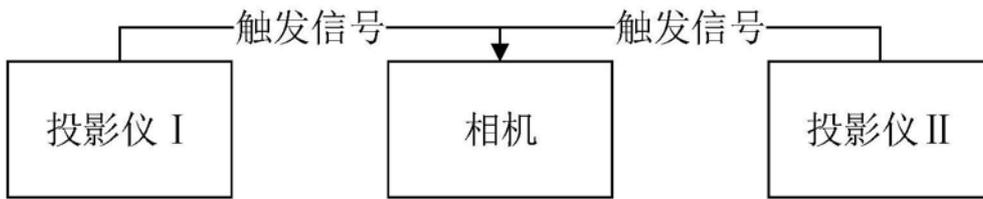


图4

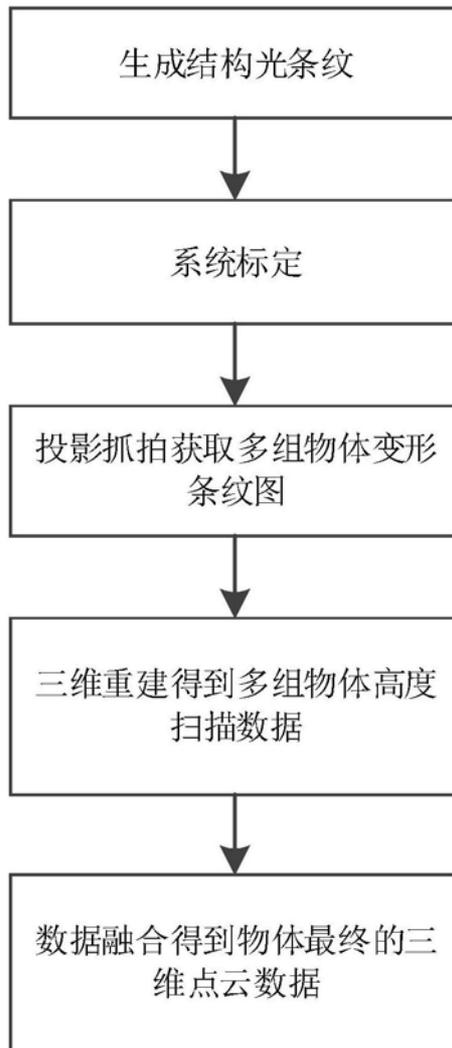


图5

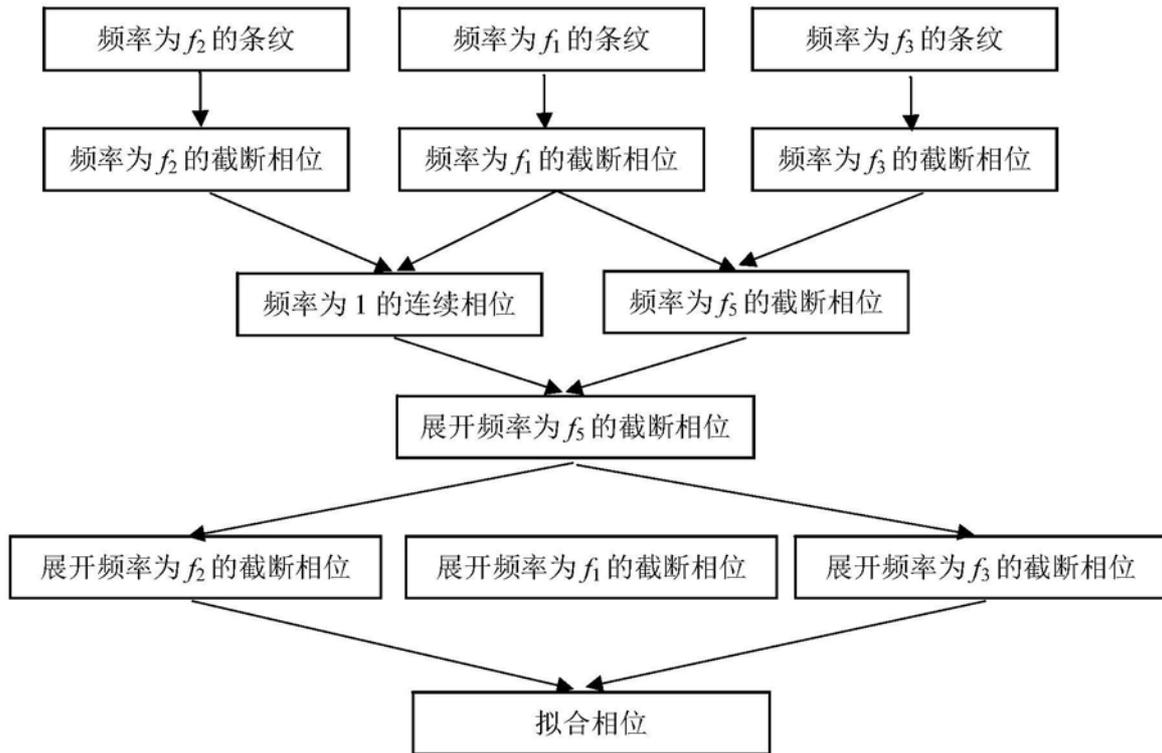


图6