(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109584314 B
(45)授权公告日 2020.07.10

(21)申请号 201811615665.8

(22)申请日 2018.12.27

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109584314 A

(43)申请公布日 2019.04.05

(73)专利权人 重庆交通大学
地址 400074 重庆市南岸区学府大道66号

(72)发明人 张生军 吴仕勋 胡江

(74)专利代理机构 北京知呱呱知识产权代理有限公司 11577
代理人 丁彦峰 赵白

(51)Int.Cl.
G06T 7/80(2017.01)
G06T 7/246(2017.01)
G06T 7/277(2017.01)
G06T 3/40(2006.01)
G01M 10/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 105389468 A,2016.03.09,
CN 103728465 A,2014.04.16,

审查员 牛力敏

权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

一种测量水域表面流场方法、装置及电子设备

(57)摘要

本发明公开了一种测量水域表面流场方法，涉及图像处理、视频分析技术领域，包括：设定并记录辅助标定相机的位置，用辅助标定相机采集水面大场景视频，对辅助标定相机进行坐标三维标定，得到三维标定数据；根据辅助标定相机的位置调整测量相机的位置，用测量相机采集水面局部波纹细节视频；对水面大场景视频和水面局部波纹细节视频坐标映射，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标；对水面局部波纹细节视频做波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息，再根据三维标定数据校准，得到流速矢量数据，根据相对坐标和流速矢量数据对每一帧水面局部波纹细节视频图像进行拼接，得到广域流场数据，以高精度测量广域流场。



CN 109584314 B

1.一种测量水域表面流场方法,其特征在于,包括:

设定并记录辅助标定相机的位置,采用所述辅助标定相机采集水面大场景视频,对所述辅助标定相机进行坐标三维标定,得到三维标定数据;

根据所述辅助标定相机的位置调整测量相机的位置,采用所述测量相机采集水面局部波纹细节视频;

对所述水面大场景视频和所述水面局部波纹细节视频进行坐标映射,得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标;

采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理,得到波浪的运动矢量信息;

根据所述辅助标定相机的三维标定数据对所述波浪的运动矢量信息进行校准,得到流速矢量数据,根据所述相对坐标和所述流速矢量数据对每一帧水面局部波纹细节视频图像进行拼接,得到广域流场数据。

2.如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述设定并记录辅助标定相机的位置,包括:

调整辅助标定相机的位置,使得采集区域视场和采集图像清晰度同时满足预设条件,记录辅助标定相机的位置。

3.如权利要求1所述的方法,其特征在于,设定所述辅助标定相机的位置,还包括:

调整辅助标定相机的PTZ位置,使辅助标定相机能够进行坐标三维标定。

4.如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对所述辅助标定相机进行坐标三维标定,得到三维标定数据,包括:

设置棋盘格标定板,采用棋盘格3D标准算法对所述辅助标定相机进行坐标三维标定,得到三维标定数据。

5.如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述辅助标定相机的位置调整测量相机的位置,采用所述测量相机采集水面局部波纹细节视频,包括:

将所述测量相机视场调整至所述辅助标定相机的视场中某个位置,使用所述测量相机采集水面局部波纹细节视频;

将所述测量相机视场调整至下一个所述辅助标定相机视场的位置处采集水面局部波纹细节视频。

6.如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对所述水面大场景视频和所述水面局部波纹细节视频进行坐标映射,得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标,包括:

对水面局部波纹细节视频进行解析,得到每一帧水面局部波纹细节视频图像及对应的时间戳信息,对获取到的每一帧水面局部波纹细节视频图像进行金字塔尺度变换,得到与之对应的尺度变换后的图像,采用尺度不变特征提取算法从尺度变换后的图像中提取图像特征点;

对水面大场景视频进行解析,得到水面大场景视频的全部图像及对应的时间戳信息,对每一帧水面大场景视频图像采用尺度不变特征提取算法提取图像特征点,根据图像特征点将时间戳信息相同的水面大场景视频图像和水面局部波纹细节视频图像的不同层进行匹配,获取水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标。

7.如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法

对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息，包括：

对水面局部波纹细节视频，采用卡尔曼滤波对波纹运动和空间位置进行预测，结合均值漂移算法对波浪跟踪，并记录波浪的运动矢量信息。

8.一种测量水域表面流场装置，其特征在于，包括：

辅助标定模块，用于设定并记录辅助标定相机的位置，采用所述辅助标定相机获取水面大场景视频，对所述辅助标定相机进行坐标三维标定，得到三维标定数据；

测量模块，用于根据所述辅助标定相机的位置调整测量相机的位置，采用所述测量相机采集水面局部波纹细节视频；

映射模块，用于对所述水面大场景视频和所述水面局部波纹细节视频进行坐标映射，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标；

波浪跟踪模块，用于采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息；

流场合成模块，根据所述辅助标定相机的三维标定数据对所述波浪的运动矢量信息进行校准，得到流速矢量数据，根据所述相对坐标和所述流速矢量数据对每一帧水面局部波纹细节视频图像进行拼接，得到广域流场数据。

9.一种测量水域表面流场电子设备，其特征在于，包括：

辅助标定相机，具备PTZ功能，用于采集水面大场景视频；

测量相机，具备PTZ功能，用于采集水面局部波纹细节视频；

以及分别与所述测量相机和所述辅助标定相机连接的工控机，所述工控机用于设定并记录辅助标定相机的位置，对所述辅助标定相机进行坐标三维标定，得到三维标定数据；

还用于根据所述辅助标定相机的位置调整测量相机的位置；

还用于对所述水面大场景视频和所述水面局部波纹细节视频进行坐标映射，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标，采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息，根据所述三维标定数据对所述波浪的运动矢量信息进行校准，得到流速矢量数据，根据所述相对坐标和所述流速矢量数据对每一帧水面局部波纹细节视频图像进行拼接，得到广域流场数据。

10.一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令，其特征在于，当该指令被处理器执行时可以实现如上权利要求1-7任一项所述的测量水域表面流场方法。

一种测量水域表面流场方法、装置及电子设备

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及图像处理、视频分析技术领域，具体涉及一种测量水域表面流场方法、装置及电子设备。

背景技术

[0002] 在内河航道中，如果水流流向与航道轴线不一致，则将产生横向水流，船舶航行过程中航道内的横向流速关系到船舶能否安全通过该航道。有研究者对不同航线航行情况下受到的水流影响进行了分析，结果表明，航线选择不同，船舶受水流的影响也不同；船舶受横流的影响程度与船型和静水航速等因素有关，船舶尺寸越大，受横流的影响越大；船舶静水航速越大，受横流的影响越小。研究人员通过概化连续弯道船模试验，研究了千吨级机动驳船在内河航道(Ⅲ级)中的通航条件，结果表明：船舶下行漂角随着流速、水深及中心角的增大而增大，并提出了漂角同这些参数的相关关系式。研究人员通过概化水槽试验，比较了有、无桥墩的时均流速和紊流强度横向分布变化，得出桥墩对时均流速和紊流强度的影响幅度和范围，并给出了桥墩最大紊流宽度随断面平均流速变化的关系。综上，精确掌握河道水流流场情况，是保障水道行船安全、确保水利工程安全的必要工作。

[0003] 目前，流场测量方法众多，但现有各种流场量测方法都存在不同缺陷，均不能同时实现高精度的广域河流流场测量，因此，缺乏高精度广域流场的量测系统是目前国内外河道行船安全保障和水资源开发的巨大阻碍。

发明内容

[0004] 为此，本发明实施例提供一种测量水域表面流场方法、装置及电子设备，以解决现有技术中缺乏高精度广域流场的测量问题。

[0005] 为了实现上述目的，本发明的实施方式提供如下技术方案：

[0006] 在本发明的实施方式的第一方面中，提供了一种测量水域表面流场方法，包括：

[0007] 设定并记录辅助标定相机的位置，采用所述辅助标定相机采集水面大场景视频，对所述辅助标定相机进行坐标三维标定，得到三维标定数据；

[0008] 根据所述辅助标定相机的位置调整测量相机的位置，采用所述测量相机采集水面局部波纹细节视频；

[0009] 对所述水面大场景视频和所述水面局部波纹细节视频进行坐标映射，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标；

[0010] 采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息；

[0011] 根据所述辅助标定相机的三维标定数据对所述波浪的运动矢量信息进行校准，得到流速矢量数据，根据所述相对坐标和所述流速矢量数据对每一帧水面局部波纹细节视频图像进行拼接，得到广域流场数据。

[0012] 在本发明的一个实施例中，设定并记录辅助标定相机的位置包括：调整辅助标定

相机的位置，使得采集区域视场和采集图像清晰度同时满足预设条件，记录辅助标定相机的位置。

[0013] 在本发明的另一实施例中，设定所述辅助标定相机的位置包括：调整辅助标定相机的PTZ位置，使辅助标定相机能够进行坐标三维标定。

[0014] 在本发明的又一个实施例中，对所述辅助标定相机进行坐标三维标定，得到三维标定数据，包括：设置棋盘格标定板，采用棋盘格3D标准算法对所述辅助标定相机进行坐标三维标定，得到三维标定数据。

[0015] 在本发明的再一个实施例中，根据所述辅助标定相机的位置调整测量相机的位置，采用所述测量相机采集水面局部波纹细节视频，包括：

[0016] 将所述测量相机视场调整至所述辅助标定相机视场中的某个位置，使用所述测量相机采集水面局部波纹细节视频；

[0017] 将所述测量相机视场调整至下一个所述辅助标定相机视场的位置处采集水面局部波纹细节视频。

[0018] 在本发明的再一个实施例中，对所述水面大场景视频和所述水面局部波纹细节视频进行坐标映射，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标，包括：

[0019] 对水面局部波纹细节视频进行解析，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像及对应的时间戳信息，对获取到的每一帧水面局部波纹细节视频图像进行金字塔尺度变换，得到与之对应的尺度变换后的图像，采用尺度不变特征提取算法从尺度变换后的图像中提取图像特征点。

[0020] 对水面大场景视频进行解析，得到水面大场景视频的全部图像及对应的时间戳信息，对每一帧水面大场景视频图像采用尺度不变特征提取算法提取图像特征点，根据图像特征点将时间戳信息相同的水面大场景视频图像和水面局部波纹细节视频图像的不同层进行匹配，获取水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标。

[0021] 在本发明的一个实施例中，采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息，包括：

[0022] 对水面局部波纹细节视频，采用卡尔曼滤波对波纹运动和空间位置进行预测，结合均值漂移算法对波浪跟踪，并记录波浪的运动矢量信息。

[0023] 在本发明的实施方式的第二方面中，提供了一种测量水域表面流场装置，包括：

[0024] 辅助标定模块，用于设定并记录辅助标定相机的位置，采用所述辅助标定相机获取水面大场景视频，对所述辅助标定相机进行坐标三维标定，得到三维标定数据；

[0025] 测量模块，用于根据所述辅助标定相机的位置调整测量相机的位置，采用所述测量相机采集水面局部波纹细节视频；

[0026] 映射模块，用于对所述水面大场景视频和所述水面局部波纹细节视频进行坐标映射，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标；

[0027] 波浪跟踪模块，用于采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息；

[0028] 流场合成模块，根据所述辅助标定相机的三维标定数据对所述波浪的运动矢量信息进行校准，得到流速矢量数据，根据所述相对坐标和所述流速矢量数据对每一帧水面局

部波纹细节视频图像进行拼接，得到广域流场数据。

[0029] 在本发明的实施方式的第三方面中，提供了一种测量水域表面流场电子设备，包括：

[0030] 辅助标定相机，用于采集水面大场景视频；

[0031] 测量相机，用于采集水面局部波纹细节视频；

[0032] 以及分别与所述测量相机和所述辅助标定相机连接的工控机，所述工控机用于设定并记录辅助标定相机的位置，对所述辅助标定相机进行坐标三维标定，得到三维标定数据；

[0033] 还用于根据所述辅助标定相机的位置调整测量相机的位置；

[0034] 还用于对所述水面大场景视频和所述水面局部波纹细节视频进行坐标映射，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标，采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息，根据所述三维标定数据对所述波浪的运动矢量信息进行校准，得到流速矢量数据，根据所述相对坐标和所述流速矢量数据对每一帧水面局部波纹细节视频图像进行拼接，得到广域流场数据。

[0035] 在本发明的实施方式的第四方面中，提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令，当该指令被处理器执行时可以实现上述测量水域表面流场方法。

[0036] 根据本发明的实施方式，具有如下优点：结合辅助标定相机对测量相机所采集的图像信息进行定位和标定，扩大了测量范围，同时采用辅助标定相机与测量相机相结合的方式，能够获取清晰的水波信息，避免了图像大小与分辨率的矛盾。通过获取波浪的运动矢量信息，并对其进行校准，以此完成波纹运动跟踪、流速测量，与粒子图像测速法相比，不需要抛撒额外示踪粒子，避免在自然环境中粒子无法均匀铺撒。综上所述，本发明技术方案具有对水域图像采集范围大、采集精度高，操作简单易执行的优点。

附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案，下面将对实施方式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示例性的，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，还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0038] 图1为本发明的一实施例提供的一种测量水域表面流场方法流程图；

[0039] 图2为本发明实施例步骤402的细化流程图；

[0040] 图3为本发明的另一实施例提供的一种测量水域表面流场装置结构示意图；

[0041] 图4为本发明实施例中辅助标定模块601的结构示意图；

[0042] 图5为本发明实施例中测量模块602的结构示意图；

[0043] 图6为本发明的另一实施例提供的一种测量水域表面流场电子设备结构示意图。

[0044] 图中：601为辅助标定模块、602为测量模块、603为映射模块、604为波浪跟踪模块、605为流场合成模块，6011为辅标位置调整子模块、6012为辅标位置判定子模块、6013为辅标图像采集子模块、6014为三维标定子模块，6021为测量位置调整子模块、6022为测量图像

采集子模块、6023为测量图像调控子模块，801为辅助标定相机、802为测量相机、803为工控机。

具体实施方式

[0045] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式，熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效，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。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做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。

[0046] 本发明第一方面提供一种测量水域表面流场方法，如图1所示，包括：

[0047] 步骤401：设定并记录辅助标定相机的位置，采用辅助标定相机采集水面大场景视频，对辅助标定相机进行坐标三维标定，得到三维标定数据；

[0048] 在本发明的一个实施例中，可以采用辅助标定相机AC采集水域上的场景视频，具体可以采用辅助标定相机AC通过短焦距拍摄的方式采集水面大场景视频AS。在辅助标定相机AC拍摄水面大场景视频AS之前，还需调整及确定辅助标定相机AC的位置，可以根据当前待测量水域对辅助标定相机AC的云台方位进行调整，该调整包括但不限于对云台的上下左右移动，及镜头变倍、变焦控制放大、平移。在进行调整时，以有明显的光斑变化特性为最佳，确定位置Pi。采用这种方式调整辅助标定相机AC的位置，不仅可以获得较大的拍摄视场，也包括了尽可能多的要测量的水域表面区域场景。

[0049] 其中，设定并记录辅助标定相机的位置，采用辅助标定相机采集水面大场景视频的方法包括：

[0050] 步骤4011：调整辅助标定相机的位置；

[0051] 在本发明实施例中，辅助标定相机AC可安装于岸边，与水面成30°～80°夹角。其中，辅助标定相机AC为分辨率高、焦距短视场大、数据采样率高的摄像头。具体可以根据当前待测量水域调整辅助标定相机AC PTZ位置，在进行调整时，以有明显的光斑变化特性为最佳。

[0052] 步骤4012：判断采集区域视场以及采集图像清晰度是否同时满足预设条件，是则执行步骤4013；否则返回步骤4011；

[0053] 在本发明实施例中，对采集区域视场以及采集图像的清晰度分别进行判断，在采集区域视场以及采集图像的清晰度分别满足对应的标准的情形下，执行标准4013。

[0054] 步骤4013：采集水面大场景视频，并记录当前辅助标定相机的位置。

[0055] 本发明实施例中，在采集区域视场以及采集图像清晰度均符合预设条件时，采集水面大场景视频AS，并记录当前辅助标定相机云台控制PTZ的位置，记做辅助标定相机的位置Pi。

[0056] 在确定辅助标定相机AC的位置后，在岸边设置棋盘格标定板，采用棋盘格3D标准算法对辅助标定相机AC进行坐标三维标定，得到三维标定数据，通过对辅助标定相机AC的坐标进行三维标定操作，能够得到辅助标定相机AC成像的坐标。

[0057] 需要说明的是，在本步骤中，在调整辅助标定相机AC位置时，还需要考虑是否可以进行坐标三维标定操作，在不可以标定的情形下需要重新调整辅助标定相机AC的位置。也就是说，辅助标定相机AC的位置不仅需要满足采集区域视场以及采集图像清晰度符合预设

条件，还需要满足处于该位置辅助标定相机AC能够进行坐标三维标定。判定辅助标定相机AC能够进行坐标三维标定的方法至少可以为，通过判断辅助标定相机AC视频采集区域的全画面是否存在参考信息，若都是水纹图像，没有参考信息，则判定无法进行标定。

[0058] 步骤402：根据辅助标定相机的位置调整测量相机的位置，采用测量相机采集水面局部波纹细节视频；

[0059] 在本发明实施例中，根据辅助标定相机AC的PTZ位置调整测量相机MC的PTZ位置，使得测量相机MC在辅助标定相机AC的位置处采用云台控制PTZ为长焦距拍摄的方式，获取包含水域表面局部细节如水域表面波纹细节信息的水面局部波纹细节视频(MS)。

[0060] 具体方法如图2所示，包括：

[0061] 步骤4021：将测量相机调整至辅助标定相机的位置；

[0062] 本发明实施例中，将测量相机调整至辅助标定相机AC的位置Pi处，调整测量相机的云台控制PTZ位置，使得水域表面波纹的细节信息清晰可见，以便后续采集水面局部波纹细节视频更清晰。

[0063] 步骤4022：使用测量相机采集水面局部波纹细节视频。

[0064] 在本发明实施例中，使用测量相机MC在Pi位置处采集水域表面细节的视频，即水面局部波纹细节视频(MSi,Pi)。

[0065] 步骤4023：将测量相机调整至不同于辅助标定相机的位置处采集水面局部波纹细节视频。

[0066] 在本发明实施例中，通过调整测量相机的位置，使测量相机处于不同位置处采集视频，进而得到若干水面局部波纹细节视频，与上述测量相机在Pi位置处采集到的水面局部波纹细节视频(MSi,Pi)一同构成了水面局部波纹细节视频数据的集合，记作：{(MS1,P1),(MS2,P2)…(MSi,Pi)…(MSn,Pn)}。

[0067] 步骤403：对水面大场景视频和水面局部波纹细节视频进行坐标映射，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标；

[0068] 在本发明实施例中，对水面局部波纹细节视频进行解析，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像及对应的时间戳信息，对获取到的每一帧水面局部波纹细节视频图像进行金字塔尺度变换，得到与之对应的尺度变换后的图像，采用尺度不变特征提取算法从尺度变换后的图像中提取图像特征点，其中，图像特征点包括但不限于波纹、水面其他参照物如水面漂浮物、甚至比较浑浊的泥沙。

[0069] 对水面大场景视频进行解析，得到水面大场景视频的全部图像及对应的时间戳信息，对每一帧水面大场景视频图像采用尺度不变特征提取算法提取图像特征点，根据图像特征点将时间戳信息相同的水面大场景视频图像和水面局部波纹细节视频图像的不同层进行匹配，获取水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标。

[0070] 具体地，获取水面局部波纹细节视频MS的第一帧图像水面局部波纹细节视频图像Ii及对应的时间戳信息Ti，对获取到的第一帧水面局部波纹细节视频图像进行金字塔尺度变换，得到与之对应的尺度变换后的图像Iij，采用尺度不变特征提取算法从尺度变换后的图像中提取图像特征点。

[0071] 对水面大场景视频AS进行解析，得到水面大场景视频AS的全部图像及对应的时间戳信息，对每一帧水面大场景视频AS图像采用尺度不变特征提取算法提取图像特征点，将

时间戳信息为Ti的水面大场景视频图像和水面局部波纹细节视频图像不同层基于图像特征点进行匹配，得到与水面局部波纹细节视频MS的第一帧图像Ii匹配的水面大场景视频图像Fi，获取水面局部波纹细节视频图像Ii在水面大场景视频图像Fi中的相对坐标(X1,Y1)。对水面局部波纹细节视频的每一帧图像采用上述方法进行图像匹配，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在相应的水面大场景视频图像中的相对坐标，即：得到所有水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标集合：{(MS1,P1,X1,Y1)，(MS2,P2,X2,Y2)…(MSi,Pi,Xi,Yi)…(MSn,Pn,Xn,Yn)}。

[0072] 在本发明实施例中，还包括：根据已采集到的水面局部波纹细节视频和水面大场景视频补充采集水面局部波纹细节视频，以使通过补充采集操作达到水面局部波纹细节视频能够覆盖水面大场景视频中所包含的全部局部细节表面信息。

[0073] 本发明实施例采用双摄像头的方法，结合辅助标定相机AC，通过云台控制操作测量相机MC可以获取尽可能清晰的水波信息，避免了单相机基于图像无粒子流速测量方法测量水面流速时，为确保采集范围不得不缩小相机焦距，造成所采集图像分辨率降低，进而引入更多测量误差，综上所述，本发明所采用的方法避免了图像大小与分辨率的矛盾，使得采集图像的精度更高。

[0074] 步骤404：采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息；

[0075] 在本发明实施例中，针对水面局部波纹细节视频数据的集合{(MS1,P1,X1,Y1)，(MS2,P2,X2,Y2)…(MSi,Pi,Xi,Yi)…(MSn,Pn,Xn,Yn)}中的每一水面局部波纹细节视频，采用Kalman(卡尔曼)滤波对波纹运动和空间位置进行预测，结合均值漂移算法对波浪跟踪，并记录波浪的运动矢量信息。

[0076] 与现有粒子图像流速PIV相比，本发明技术方案仅需根据波纹运动跟踪进行流速测量，不需要抛撒额外示踪粒子。避免在自然环境中粒子无法均匀铺撒的问题。

[0077] 步骤405：根据三维标定数据对波浪的运动矢量信息进行校准，得到流速矢量数据；

[0078] 在本实施例中，根据辅助标定相机的三维标定数据对波浪的运动矢量信息进行坐标转换，完成对波浪的运动矢量信息校准，得到校准后的矢量数据为流速矢量数据。

[0079] 步骤406：根据相对坐标和流速矢量数据对每一帧水面局部波纹细节视频图像进行拼接，得到广域流场数据。

[0080] 在本发明实施例中，通过将所有经过校准得到的流速矢量数据进行拼接，得到广域流场数据。

[0081] 在自然水域中，通常水面的范围比较大，进行图像采集时，采集视场小，视场内全画面都是水纹图像，没有参考信息，无法进行标定，进而无法进行流场的测量。本发明技术方案采用结合辅助标定相机AC对测量相机MC所采集的图像信息进行定位和标定的方式，扩大了对水域的测量范围。

[0082] 在本发明的另一个实施例中，提供一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令，当该指令被处理器执行时可以实现如上所述的测量水域表面流场方法。

[0083] 第二方面本发明提供一种测量水域表面流场装置，如图3所示，包括：

[0084] 辅助标定模块601,用于设定并记录辅助标定相机的位置,采用辅助标定相机获取水面大场景视频,对辅助标定相机进行坐标三维标定,得到三维标定数据;

[0085] 在本发明的一个实施例中,辅助标定模块601具体如图4所示,包括:

[0086] 辅标位置调整子模块6011,用于调整辅助标定相机的位置,并触发辅标位置判定子模块6012;

[0087] 辅标位置判定子模块6012,用于判断采集区域视场以及采集图像清晰度是否同时满足预设条件,在同时满足预设条件的情形下,触发辅标图像采集子模块6013;在不能同时满足预设条件的情形下,触发辅标位置调整子模块6011。

[0088] 在本发明实施例中,辅标位置判定子模块6012具体可以通过对采集区域视场以及采集图像的清晰度分别进行判断,在采集区域视场以及采集图像的清晰度分别满足对应的标准的情形下,触发辅标图像采集子模块6013,其中,需判定采集区域视场全画面是否存在参考信息,若都是水纹图像,没有参考信息,则判定无法进行三维标定,即不符合采集区域视场对应的标准。

[0089] 辅标图像采集子模块6013,用于采集水面大场景视频,并记录当前辅助标定相机的位置,触发三维标定子模块6014。

[0090] 三维标定子模块6014,用于对辅助标定相机进行坐标三维标定,得到三维标定数据,触发测量模块602。

[0091] 在本发明一个实施例中,三维标定子模块6014,用于在确定辅助标定相机的位置后,在岸边设置棋盘格标定板,采用棋盘格3D标准算法对辅助标定相机进行坐标三维标定,得到三维标定数据,触发测量模块602。三维标定子模块6014通过对辅助标定相机的坐标进行三维标定操作,能够得到辅助标定相机成像的坐标。

[0092] 测量模块602,用于根据辅助标定相机的位置调整测量相机的位置,采用测量相机采集水面局部波纹细节视频;

[0093] 在本发明的一个实施例中,测量模块602具体如图5所示,包括:

[0094] 测量位置调整子模块6021,用于将测量相机调整至辅助标定相机的位置,触发测量图像采集子模块6022。

[0095] 在本发明实施例中,测量位置调整子模块6021,具体用于将测量相机MC调整至辅助标定相机AC的位置Pi处,调整测量相机的云台控制PTZ位置,使得水域表面波纹的细节信息清晰可见,以便后续采集水面局部波纹细节视频更清晰。

[0096] 测量图像采集子模块6022,用于使用测量相机采集水面局部波纹细节视频。

[0097] 在本发明实施例中,测量图像采集子模块6022,具体用于使用测量相机MC在Pi位置处采集水域表面细节的视频,即水面局部波纹细节视频(MSi,Pi)。

[0098] 测量图像调控子模块6023,用于将测量相机调整至不同于辅助标定相机的位置处采集水面局部波纹细节视频。

[0099] 在本发明实施例中,测量图像调控子模块6023,具体用于通过调整测量相机的位置,使测量相机处于不同位置处采集视频,进而得到若干水面局部波纹细节视频,与上述测量相机在Pi位置处采集到的水面局部波纹细节视频(MSi,Pi)一同构成了水面局部波纹细节视频数据的集合,记作:{(MS1,P1),(MS2,P2)…(MSi,Pi)…(MSn,Pn)}。

[0100] 映射模块603,用于对所述水面大场景视频和所述水面局部波纹细节视频进行坐

标映射，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标；

[0101] 在本发明实施例中，映射模块603，用于对水面局部波纹细节视频进行解析，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像及对应的时间戳信息，对获取到的每一帧水面局部波纹细节视频图像进行金字塔尺度变换，得到与之对应的尺度变换后的图像，采用尺度不变特征提取算法从尺度变换后的图像中提取图像特征点。

[0102] 映射模块603，还用于对水面大场景视频进行解析，得到水面大场景视频的全部图像及对应的时间戳信息，对每一帧水面大场景视频图像采用尺度不变特征提取算法提取图像特征点，根据图像特征点将时间戳信息相同的水面大场景视频图像和水面局部波纹细节视频图像的不同层进行匹配，获取水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标。

[0103] 本发明的一个实施例中，映射模块603，用于获取水面局部波纹细节视频MS的第一帧图像水面局部波纹细节视频图像Ii及对应的时间戳信息Ti，对获取到的第一帧水面局部波纹细节视频图像进行金字塔尺度变换，得到与之对应的尺度变换后的图像Iij，采用尺度不变特征提取算法从尺度变换后的图像中提取图像特征点。

[0104] 映射模块603，还用于对水面大场景视频AS进行解析，得到水面大场景视频AS的全部图像及对应的时间戳信息，对每一帧水面大场景视频AS图像采用尺度不变特征提取算法提取图像特征点，将时间戳信息为Ti的水面大场景视频图像和水面局部波纹细节视频图像的不同层基于图像特征点进行匹配，得到与水面局部波纹细节视频MS的第一帧图像Ii匹配的水面大场景视频图像Fi，获取水面局部波纹细节视频图像Ii在水面大场景视频图像Fi中的相对坐标(X1,Y1)。对水面局部波纹细节视频的每一帧图像采用上述方法进行图像匹配，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在相应的水面大场景视频图像中的相对坐标，即：得到所有水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标集合：{(MS1，P1,X1,Y1)，(MS2,P2,X2,Y2)…(MSi,Pi,Xi,Yi)…(MSn,Pn,Xn,Yn)}。

[0105] 本发明实施例中，结合辅助标定相机AC，通过云台控制操作测量相机MC可以获取尽可能清晰的水波信息，避免了单相机基于图像无粒子流速测量方法测量水面流速时，为确保采集范围不得不缩小相机焦距，造成所采集图像分辨率降低，进而引入更多测量误差，综上所述，本发明所采用的方法避免了图像大小与分辨率的矛盾，使得采集图像的精度更高。

[0106] 波浪跟踪模块604，用于采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息；

[0107] 在本发明一个实施例中，波浪跟踪模块604，用于针对水面局部波纹细节视频数据的集合{(MS1,P1,X1,Y1)，(MS2,P2,X2,Y2)…(MSi,Pi,Xi,Yi)…(MSn,Pn,Xn,Yn)}中的每一水面局部波纹细节视频，采用Kalman(卡尔曼)滤波对波纹运动和空间位置进行预测，结合均值漂移算法对波浪跟踪，并记录波浪的运动矢量信息。

[0108] 与现有粒子图像流速PIV相比，本发明技术方案仅需根据波纹运动跟踪进行流速测量，不需要抛撒额外示踪粒子。避免在自然环境中粒子无法均匀铺撒的问题。

[0109] 流场合成模块605，根据所述三维标定数据对所述波浪的运动矢量信息进行校准，得到流速矢量数据，根据相对坐标和流速矢量数据对每一帧水面局部波纹细节视频图像进行拼接，得到广域流场数据。

[0110] 在本发明实施例中，流场合成模块605根据辅助标定相机的三维标定数据对波浪的运动矢量信息进行坐标转换，完成对波浪的运动矢量信息校准，得到校准后的矢量数据为流速矢量数据，通过根据所有经过校准得到的流速矢量数据和相对坐标对每一帧水面局部波纹细节视频图像进行拼接，得到广域流场数据。

[0111] 本发明技术方案采用辅助标定模块601与测量模块602相结合的方式，将测量模块602所采集的图像信息进行定位和标定的方式，扩大了对水域的测量范围，并且有效避免了在自然水域中，由于水面的范围比较大，进行图像采集时，采集视场小，视场内全画面都是水纹图像，没有参考信息，无法进行标定，进而无法进行流场的测量的问题。

[0112] 本发明的第三方面提供一种测量水域表面流场电子设备，如图6所示，包括：

[0113] 辅助标定相机801，具备PTZ功能，用于采集水面大场景视频；

[0114] 测量相机802，具备PTZ功能，用于采集水面局部波纹细节视频；

[0115] 以及分别与测量相机801和辅助标定相机802连接的工控机803，

[0116] 工控机803，用于设定并记录辅助标定相机的位置，对辅助标定相机进行坐标三维标定，得到三维标定数据；

[0117] 还用于根据辅助标定相机的位置调整测量相机的位置；

[0118] 还用于对水面大场景视频和水面局部波纹细节视频进行坐标映射，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标，采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息，根据三维标定数据对波浪的运动矢量信息进行校准，得到流速矢量数据，根据相对坐标和流速矢量数据对每一帧水面局部波纹细节视频图像进行拼接，得到广域流场数据。

[0119] 在本发明实施例中，结合辅助标定相机(AC)对测量相机(MC)所采集的图像信息进行定位和标定，进一步扩大测量范围。避免由于自然水面范围大，在相机采集某个区域时，全画面都是水纹图像，没有参考信息，无法进行标定，也就无法进行流场测量的问题。同时，采用辅助标定相机AC与测量相机MC相结合的方式，通过PTZ操作测量相机MC可以获取清晰的水波信息，避免了图像大小与分辨率的矛盾。

[0120] 另外，本发明技术方案中通过获取波浪的运动矢量信息，并对其进行校准，以此完成波纹运动跟踪、流速测量，与现有粒子图像流速PIV相比，不需要抛撒额外示踪粒子，避免在自然环境中粒子无法均匀铺撒的问题。

[0121] 虽然，上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述，但在本发明基础上，可以对之作一些修改或改进，这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此，在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进，均属于本发明要求保护的范围。

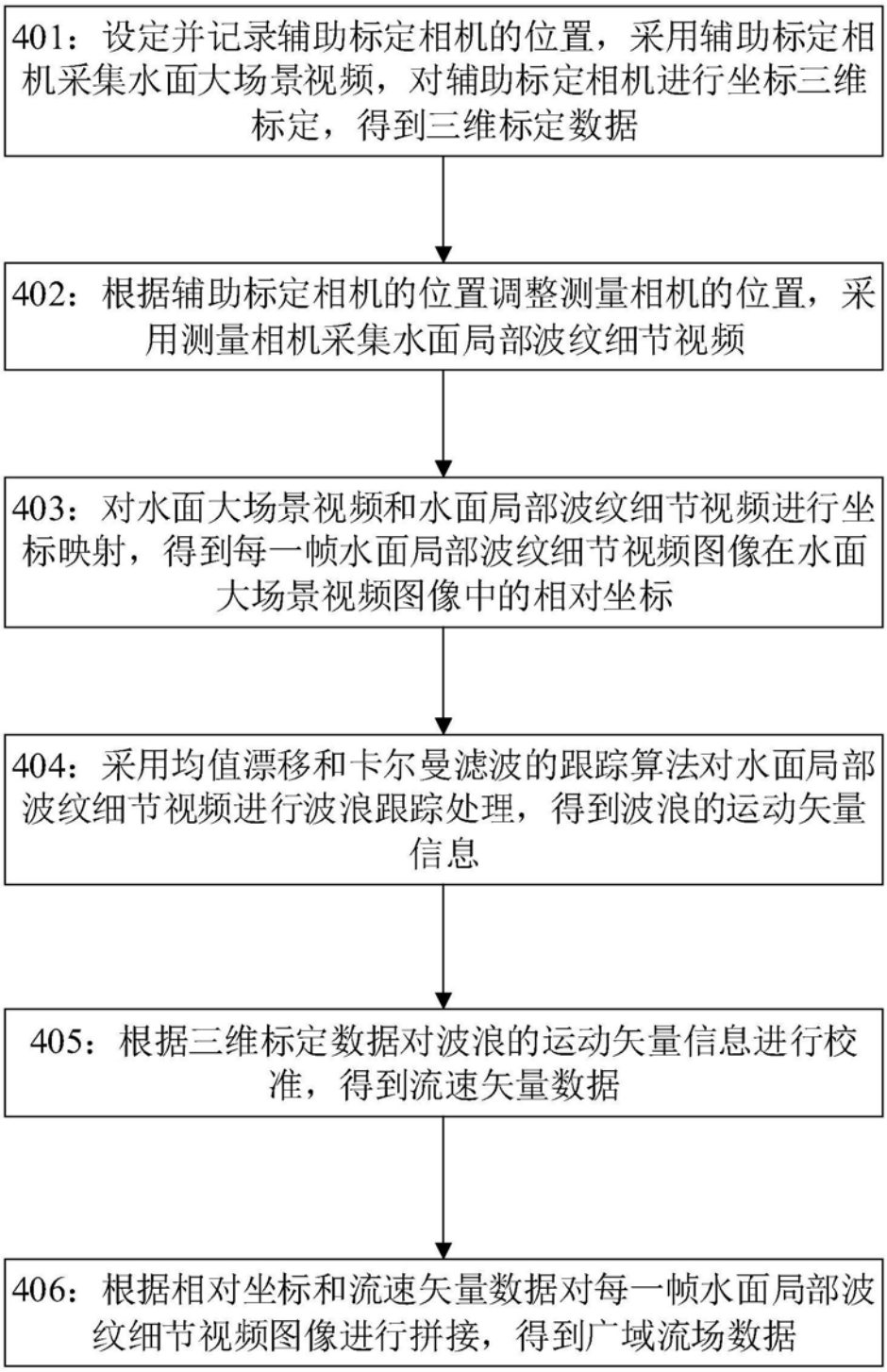

401：设定并记录辅助标定相机的位置，采用辅助标定相机采集水面大场景视频，对辅助标定相机进行坐标三维标定，得到三维标定数据
402：根据辅助标定相机的位置调整测量相机的位置，采用测量相机采集水面局部波纹细节视频
403：对水面大场景视频和水面局部波纹细节视频进行坐标映射，得到每一帧水面局部波纹细节视频图像在水面大场景视频图像中的相对坐标
404：采用均值漂移和卡尔曼滤波的跟踪算法对水面局部波纹细节视频进行波浪跟踪处理，得到波浪的运动矢量信息
405：根据三维标定数据对波浪的运动矢量信息进行校准，得到流速矢量数据
406：根据相对坐标和流速矢量数据对每一帧水面局部波纹细节视频图像进行拼接，得到广域流场数据

图1

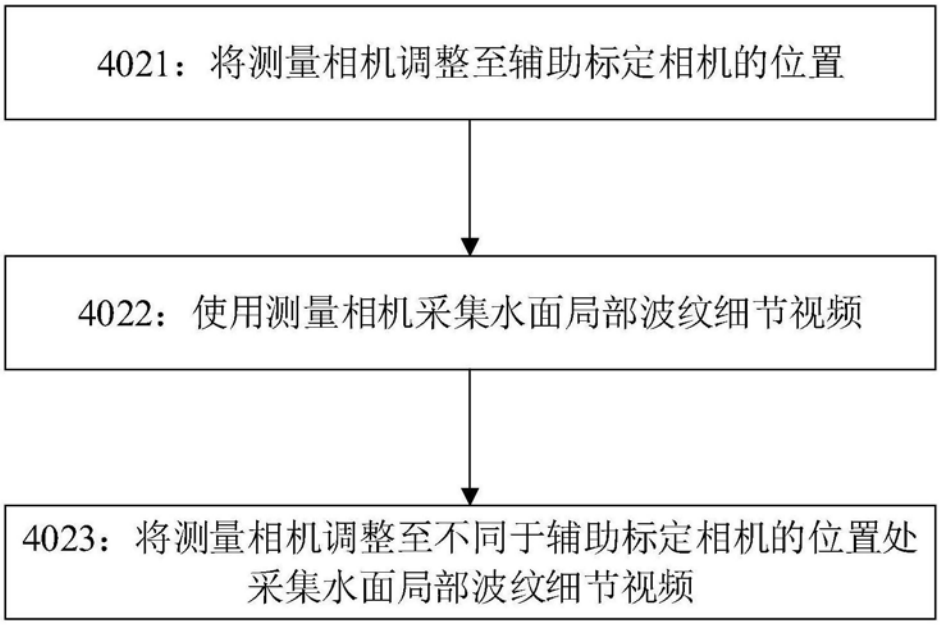

4021：将测量相机调整至辅助标定相机的位置
4022：使用测量相机采集水面局部波纹细节视频
4023：将测量相机调整至不同于辅助标定相机的位置处采集水面局部波纹细节视频

图2

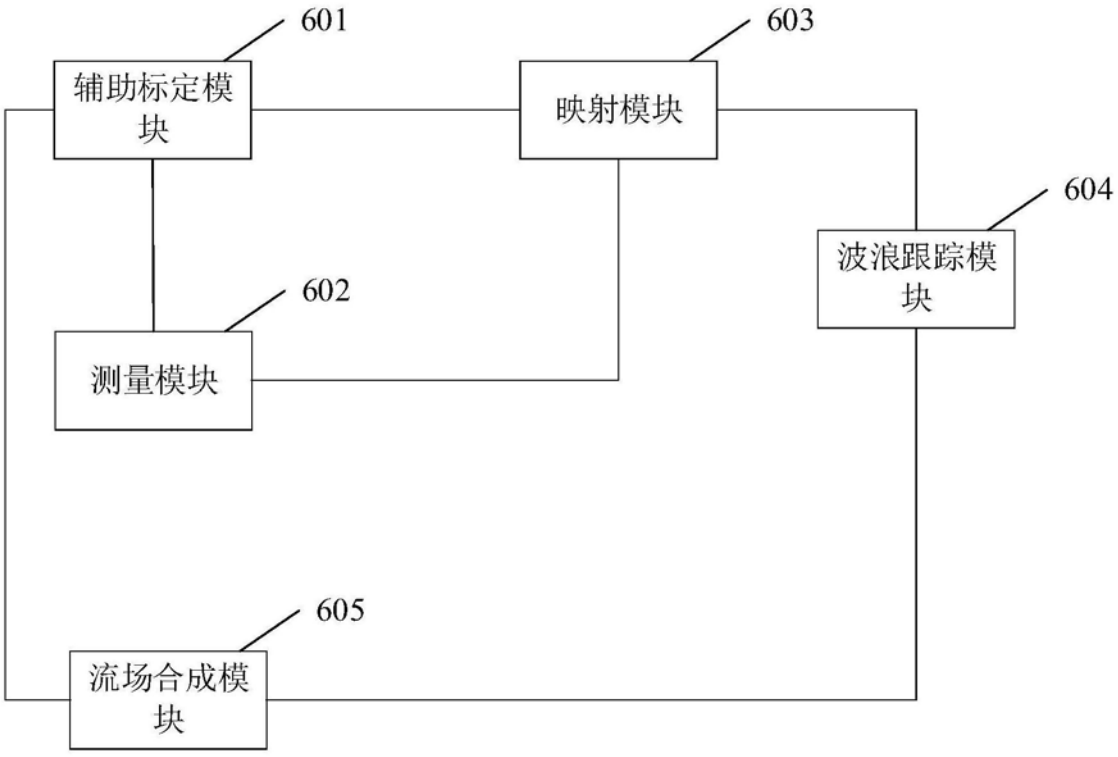

601
辅助标定模块
603
映射模块
604
波浪跟踪模块
602
测量模块
605
流场合成模块

图3

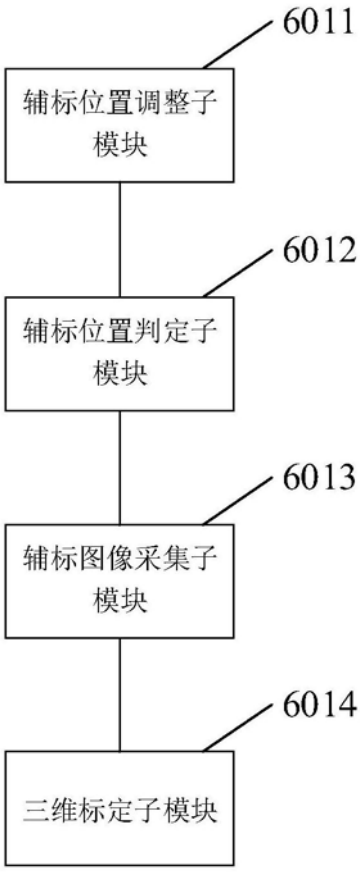

6011
辅标位置调整子模块
6012
辅标位置判定子模块
6013
辅标图像采集子模块
6014
三维标定子模块

图4

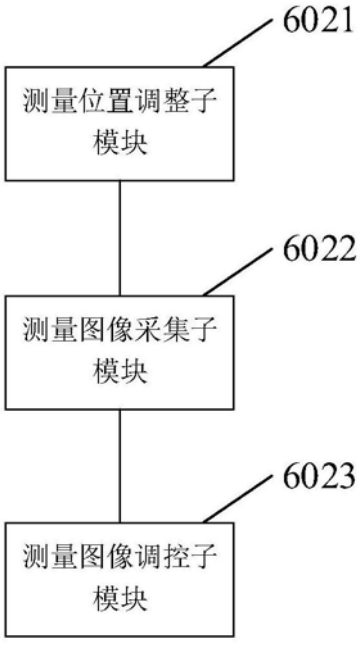

6021
测量位置调整子模块
6022
测量图像采集子模块
6023
测量图像调控子模块

图5

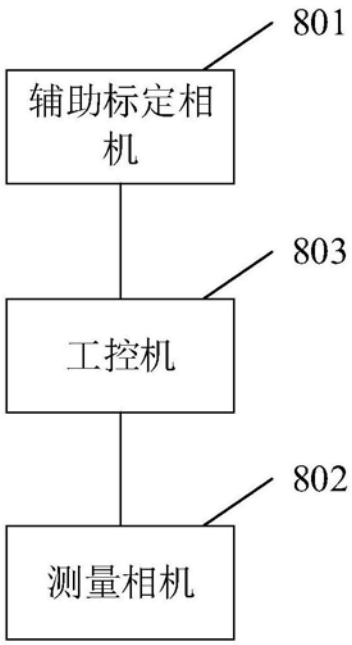


图6