

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021 年 7 月 8 日 (08.07.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/134219 A1

(51) 国际专利分类号:
G06T 7/80 (2017.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/129932

(22) 国际申请日: 2019 年 12 月 30 日 (30.12.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(72) 发明人: 陈亦伦(CHEN, Yilun); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129

(CN)。 李涵(LI, Han); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 北京弘权知识产权代理事务所 (普通合伙) (CHINABLE IP); 中国北京市朝阳区安定路 35 号六层 35-10-2 内 620 室, Beijing 100029 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: PARAMETER CALIBRATION METHOD AND APPARATUS

(54) 发明名称: 参数标定方法及装置

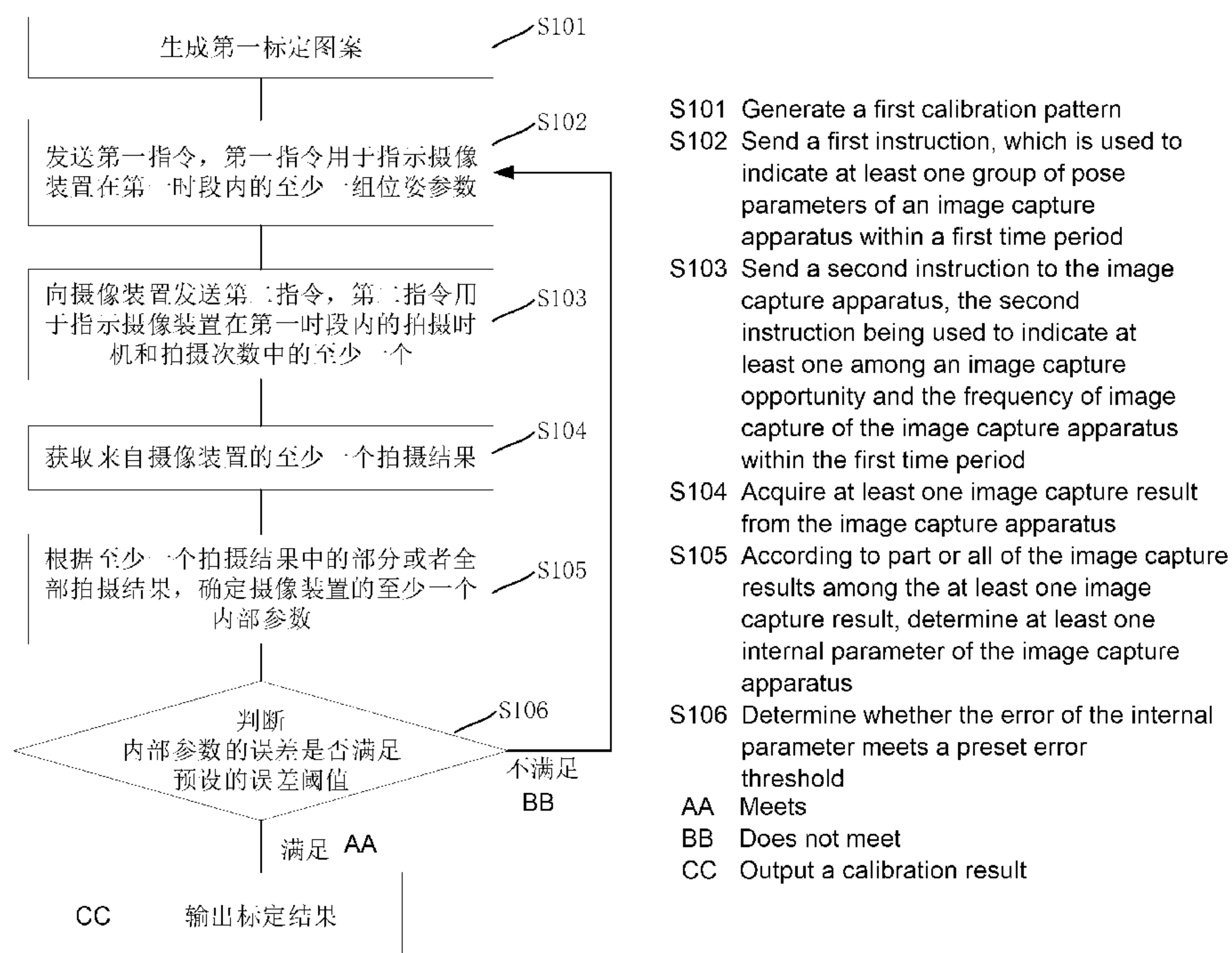


图 11

(57) Abstract: A parameter calibration method and apparatus, which can be applied to the calibration of an internal parameter and external parameter of an image capture apparatus (300); in the situation in which the position of a calibration pattern does not change, a means of changing pose parameters of the image capture apparatus (300) is used to precisely adjust the position and angle of the image capture apparatus (300) relative to the calibration pattern such that the image capture apparatus (300) performs precise image capture on the calibration pattern at various set positions and angles relative to the calibration pattern so as to obtain at least one image capture

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区
保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：
— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

result. The image capture result above can precisely correspond to the coordinates of a pixel coordinate system and a world coordinate system, thus the precision of a correspondingly calculated internal parameter and external parameter is higher, thus increasing the precision of calibration.

(57) 摘要：一种参数标定方法及装置，可以应用于摄像装置（300）的内部参数和外部参数的标定，在标定图案的位置固定不变的情况下，通过变化摄像装置（300）的位姿参数的方式，精准调整摄像装置（300）相对于标定图案的位置和角度，使摄像装置（300）在相对于标定图案各个既定的位置和角度对标定图案进行精确拍摄，得到至少一个拍摄结果，上述拍摄结果能够与像素坐标系和世界坐标系的坐标精确对应，使得相应计算得到的内部参数和外部参数的准确性更高，提高了标定精度。

参数标定方法及装置

技术领域

本申请涉及光学技术领域，尤其涉及一种参数标定方法及装置。

5 背景技术

在机器视觉/计算机视觉等技术的实际应用中，为确定空间物体表面某点的三维几何位置与其在摄像头采集的图像中对应点之间的相互关系，必须建立摄像头成像的几何模型，这些几何模型的参数可以被概括为摄像头参数（或相机参数）。在大多数情况下，摄像头参数必须通过实验和计算才能够求解得到，通过实验和计算求解摄像头参数的过程被称为摄像头标定（或相机标定）。
10

目前的摄像头标定方法，将待标定的摄像头固定，然后，人工手持标定板出现在摄像头的视野中，移动标定板以改变标定板的角度和位置，使得摄像头拍摄不同角度和位置下的标定板的图像；最后，通过标定板的特征点在三维世界中的真实位置和摄像头成像的图像中的位置联立求解摄像头的内部参数和外部参数。

15 目前的标定板是在各类板材上印制的，其平整度和打印精度会影响到世界坐标系的精度，当平整度和打印精度较低时，世界坐标系的精度较低，影响标定精度。并且，人工移动标定板的方式使得标定板的位置无法精确确定，也会影响标定精度。

发明内容

本申请提供了一种参数标定方法及装置，以提高摄像装置的标定精度。

20 第一方面，本申请提供了一种参数标定方法。该方法包括：生成第一标定图案；发送第一指令，第一指令用于指示至少一个摄像装置在第一时间段内的至少一组位姿参数；向至少一个摄像装置发送第二指令，第二指令用于指示至少一个摄像装置在第一时间段内的拍摄时机和拍摄次数中的至少一个；获取来自至少一个摄像装置的至少一个拍摄结果；根据至少一个拍摄结果中的部分或者全部拍摄结果，确定至少一个摄像装置的至少一个内部参数，部分或者全部摄像结果中的任意摄像结果包含第一标定图案的部分或者全部图案。
25

本申请提供的参数标定方法，可以应用于摄像装置的内部参数和外部参数的标定，该方法在标定图案的位置固定不变的情况下，通过变化摄像装置的位姿参数的方式，精准调整摄像装置相对于标定图案的位置和角度，使摄像装置在相对于标定图案各个
30 既定的位置和角度对标定图案进行精确拍摄，得到至少一个拍摄结果，上述拍摄结果能够与像素坐标系和世界坐标系的坐标精确对应，使得相应计算得到的内部参数和外部参数的准确性更高，提高了标定精度。

在一种实现方式中，发送第一指令，包括：向运动装置发送第一指令，运动装置承载至少一个摄像装置，至少一组位姿参数用于运动装置控制至少一个摄像装置的位姿。由此，运动装置可以根据位姿参数精确地控制摄像装置的位姿，并可以实现位姿
35 的重现，有利于提高标定精度。

在一种实现方式中，拍摄结果包括来自至少一个摄像装置的、响应于第二指令拍摄的至少一张照片和/或至少一段视频。由此，参与计算摄像装置的内部参数的图像可以从照片中选取，也可以从视频的视频帧中选取，方式灵活。

在一种实现方式中，发送第一指令，包括：在第一时段内发送多个第一指令；向至少一个摄像装置发送第二指令，包括：在第一时段内向至少一个摄像装置发送多个第二指令；其中，多个第一指令和多个第二指令交替发送。由此，通过第一指令和第二指令可以根据实际需求指示摄像装置在不同的位姿下拍摄不同的照片或者视频，例如使得第一标定图案出现在摄像装置视野的各个位置，提高标定精度。

在一种实现方式中，内部参数中的至少一个参数具有对应的误差阈值，当内部参数中的至少一个参数的重复精度大于对应的误差阈值时，该方法还包括：调整第一标定图案为第二标定图案，和/或，调整从至少一个拍摄结果中提取的对应至少一个摄像装置各个视野的特征点数量，和/或，调整第一标定图案的图像质量。由此，本申请可以对摄像装置执行多次标定，使摄像装置的内参矩阵和外参矩阵不断迭代更新，标定精度不断提高，直至标定精度的取值小于对应的阈值。

在一种实现方式中，第一标定图案和第二标定图案中的标志物的数量和/或尺寸不同。

在一种实现方式中，调整从至少一个拍摄结果中提取的对应至少一个摄像装置各个视野的特征点数量，包括：确定第一标定图案包含的至少一个子区域，将至少一个子区域的特征点的数量进行均一化调整。由此，使得各个子区域的特征点的数量区域统一，以提高标定精度。

在一种实现方式中，第一标定图案为预设的灰度板图案，内部参数包含至少一个摄像装置的白平衡参数。

在一种实现方式中，第一标定图案为预设的单色图案，内部参数包含至少一个摄像装置的影晕参数。

在一种实现方式中，第一标定图案为预设的包含多种标准颜色的色卡图案，内部参数包括至少一个摄像装置的色差参数。

在一种实现方式中，第一标定图案为预设的包含不同角度线条的标板图案，内部参数包括至少一个摄像装置调制传递函数参数。

第二方面，本申请提供了一种参数标定装置。该装置包括：生成单元，用于生成第一标定图案；第一发送单元，用于发送第一指令，第一指令用于指示至少一个摄像装置在第一时段内的至少一组位姿参数；第二发送单元，用于向摄像装置发送第二指令，第二指令用于指示至少一个摄像装置在第一时段内的拍摄时机和拍摄次数中的至少一个；获取单元，用于获取来自至少一个摄像装置的至少一个拍摄结果；处理单元，用于根据至少一个拍摄结果中的部分或者全部拍摄结果，确定至少一个摄像装置的至少一个内部参数，部分或者全部摄像结果中的任意摄像结果包含第一标定图案的部分或者全部图案。

本申请提供的参数标定装置，可以应用于摄像装置的内部参数和外部参数的标定，该方法在标定图案的位置固定不变的情况下，通过变化摄像装置的位姿参数的方式，精准调整摄像装置相对于标定图案的位置和角度，使摄像装置在相对于标定图案各个

既定的位置和角度对标定图案进行精确拍摄，得到至少一个拍摄结果，上述拍摄结果能够与像素坐标系和世界坐标系的坐标精确对应，使得相应计算得到的内部参数和外部参数的准确性更高，提高了标定精度。

5 在一种实现方式中，第一发送单元具体用于向运动装置发送第一指令，运动装置承载至少一个摄像装置，至少一组位姿参数用于运动装置控制至少一个摄像参数的位姿。由此，运动装置可以根据位姿参数精确地控制摄像装置的位姿，并可以实现位姿的重现，有利于提高标定精度。

10 在一种实现方式中，拍摄结果包括来自至少一个摄像装置的、响应于第二指令拍摄的至少一张照片和/或至少一段视频。由此，参与计算摄像装置的内部参数的图像可以从照片中选取，也可以从视频的视频帧中选取，方式灵活。

15 在一种实现方式中，第一发送单元，用于在第一时段内发送多个第一指令；第二发送单元，用于在第一时段内向至少一个摄像装置发送多个第二指令；其中，多个第一指令和多个第二指令交替发送。由此，通过第一指令和第二指令可以根据需求指示摄像装置在不同的位姿下拍摄不同的照片或者视频，例如使得第一标定图案出现在摄像装置视野的各个位置，提高标定精度。

20 在一种实现方式中，内部参数中的至少一个参数具有对应的误差阈值；处理单元，用于确定内部参数中的至少一个参数的重复精度是否大于对应的误差阈值；生成单元，用于当重复精度大于对应的误差阈值时，调整第一标定图案为第二标定图案，和/或，调整第一标定图案的图像质量；处理单元，用于当重复精度大于对应的误差阈值时，调整从至少一个拍摄结果中提取的对应至少一个摄像装置各个视野的特征点数量。由此，本申请可以对摄像装置执行多次标定，使摄像装置的内参矩阵和外参矩阵不断迭代更新，标定精度不断提高，直至标定精度的取值小于对应的阈值。

在一种实现方式中，第一标定图案和第二标定图案中的标志物的数量和/或尺寸不同。

25 在一种实现方式中，处理单元用于确定第一标定图案包含的至少一个子区域，将至少一个子区域的特征点的数量进行均一化调整。由此，使得各个子区域的特征点的数量区域统一，以提高标定精度。

在一种实现方式中，第一标定图案为预设的灰度板图案，内部参数包含至少一个摄像装置的白平衡参数。

30 在一种实现方式中，第一标定图案为预设的单色图案，内部参数包含至少一个摄像装置的影晕参数。

在一种实现方式中，第一标定图案为预设的包含多种标准颜色的色卡图案，内部参数包括至少一个摄像装置的色差参数。

35 在一种实现方式中，第一标定图案为预设的包含不同角度线条的标板图案，内部参数包括至少一个摄像装置调制传递函数参数。

第三方面，本申请提供了一种参数标定装置。该装置包括：存储器和处理器；存储器和处理器耦合；存储器用于存储计算机程序代码，计算机程序代码包括计算机指令，当处理器执行计算机指令时，使该装置执行上述第一方面及其任意实现方式中的方法。

第四方面，本申请提供了一种参数标定系统。该系统包括：控制设备，用于生成第一标定图案；显示屏，耦合至控制设备，用于显示第一标定图案；运动装置，用于承载至少一个摄像装置，使至少一个摄像装置的视野面向显示屏，运动装置耦合至控制设备；控制设备，还用于向运动装置发送第一指令，第一指令用于指示至少一个摄像装置在第一时间段内的至少一组位姿参数；运动装置，还用于根据至少一组位姿参数控制至少一个摄像装置的位姿；控制设备，还用于向至少一个摄像装置发送第二指令，第二指令用于指示至少一个摄像装置在第一时间段内的拍摄时机和拍摄次数中的至少一个；以及，获取来自至少一个摄像装置的至少一个拍摄结果；以及，根据至少一个拍摄结果中的部分或者全部拍摄结果，确定至少一个摄像装置的至少一个内部参数，部分或者全部摄像结果中的任意摄像结果包含第一标定图案的部分或者全部图案。

第五方面，本申请还提供了一种计算机存储介质。该计算机存储介质计算机指令，当计算机指令在控制设备上运行时，使得控制设备执行上述第一方面及其任意实现方式中的方法。

第六方面，本申请还提供了一种包含指令的计算机程序产品，当其在计算机上运行时，使得计算机执行上述第一方面及其任意实现方式中的方法。

第七方面，本申请还提供了一种芯片系统，该芯片系统包括处理器，用于支持上述装置或设备实现上述第一方面及其任意实现方式中所涉及的功能，例如，生成或处理上述方法中所涉及的信息。

附图说明

- 图 1 是摄像头的基本结构示意图；
图 2 是物体从三维场景映射到二维图像的示意图；
图 3 是各个坐标系转换关系的示意图；
图 4 是摄像头的畸变的示意图；
图 5 是一种摄像头标定方法的示意图；
图 6 是本申请实施例示出的一些标定板的示意图；
图 7 是本申请实施例提供的一种用于参数标定的硬件系统的示意图；
图 8 是本申请实施例提供的一种用于参数标定的硬件系统的示意图；
图 9 是本申请实施例示出的控制设备的结构示意图；
图 10 是本申请实施例示出的运动装置的结构示意图；
图 11 是本申请实施例提供的一种参数标定方法的流程图；
图 12 是本申请实施例提供的调整摄像装置位姿的示意图；
图 13 是本申请实施例提供的调整摄像装置位姿的示意图；
图 14 是本申请实施例提供的摄像装置拍摄的示意图；
图 15 是本申请实施例提供的摄像装置拍摄的示意图；
图 16 是本申请实施例提供的摄像装置拍摄的示意图；
图 17 是本申请实施例提供的摄像装置拍摄的示意图；
图 18 是特征点的示意图；
图 19 是控制设备调整标定图案的示意图；
图 20 是控制设备调整标定图案的示意图；

图 21 是控制设备调整标定图案的示意图；

图 22 是本申请实施例提供的其他标定图案的示意图；

图 23 是本申请实施例提供的一种参数标定装置的示意图。

具体实施方式

5 在机器视觉/计算机视觉等技术领域中，摄像头通常被用于对客观世界的对象和场景进行成像，以便于根据摄像头的成像对客观对象和场景进行三维重建，实现利用机器对客观世界的三维识别，例如识别对象的形状、尺寸、距离观察点的距离、质地和运动特征等。机器视觉/计算机视觉技术可以被应用到虚拟现实、高级辅助驾驶系统、无人机巡航系统、视觉检测、生物特征识别、距离测量、三维重建等领域。近年来，随着智能手机、平板电脑、虚拟现实设备、搭载辅助驾驶系统的汽车、无人机等产品的不断普及，机器视觉/计算机视觉技术得到不断发展。

10 在机器视觉/计算机视觉等技术的实际应用中，为确定空间物体表面某点的三维几何位置与其在摄像头采集的图像中对应点之间的相互关系，必须建立摄像头成像的几何模型，这些几何模型参数可以被概括为摄像头参数（或相机参数）。在大多数情况下，摄像头参数
15 必须通过实验和计算才能够求解得到，通过实验和计算求解摄像头参数的过程被称为摄像头标定（或相机标定）。摄像头标定是机器视觉/计算机视觉等领域的重要环节，其标定结果的精度及算法的稳定性直接影响图像推理结果的准确性，因此，做好摄像头标定是做好后续工作的前提，快速准确地完成摄像头标定则是提高后续工作效率的基础。

20 下面结合一些附图和文字对摄像头标定的基本原理和涉及到的主要技术概念进行具体地解释说明。需要注意的是，在不同的表述方式和习惯中，一些技术概念的表述方式可能不同，例如，将一个概念表述为多个子概念，或者将几个概念通过拆分或组合的方式概括为一个或者多个其他概念，这些表述方式仅仅是习惯上的改变，不够成对本申请实施例的实质区别。

25 图 1 是摄像头的基本结构示意图。如图 1 所示，摄像头包括光学镜头 10 和光电传感器 20。其中，光学镜头 10 用于将空间物体的光学影像投影到光电传感器 20 上，光电传感器 20 用于将光学镜头 10 投影的光信号转换成电信号，最终借助图像信号传感器等其他器件的处理形成图像。一般来说，光电传感器 20 可以包括电荷耦合器件（charge-coupled device, CCD）或者互补式金属氧化物半导体有源像素传感器（CMOS active pixel sensor）等。

30 如图 2 所示，现实空间中的物体是三维的，而其对应的图像中的物体是二维的，因此，从三维场景中的物体到其对应的二维图像之间可以认为存在一个三维到二维的映射模型，该映射模型使得三维场景中的物体到其对应的图像之间形成从三维到二维或者二维到三维的转换。那么，容易理解的是，在摄像头拍摄对三维场景中的物体拍摄图像时，摄像头就可以被认为是这个映射模型，而摄像头参数就是这个映射模型的
35 参数。因此，只要求得摄像头参数，就可以由物体在图像中的像素坐标反推出物体在空间中的世界坐标，由此实现视觉检测、生物特征识别、距离测量、三维重建等功能。

一般来说，摄像头标定中会涉及到以下概念：

摄像头的内部参数（简称摄像头内参）：是指与摄像头自身特性相关的参数，可以通过光学镜头和光电传感器等在摄像头模组内安装的位置确定。摄像头内参可以包

括：焦距、像素大小、光学畸变、白平衡、分辨率、反差、晕影和暗角等参数中的至少一个。

摄像头的外部参数（简称摄像头外参）可以包含以下中的至少一个：

- 5 世界坐标系（world coordinate）：也称为测量坐标系，是一个三维直角坐标系，以其为基准可以描述摄像头和待测物体在客观世界的空间位置。世界坐标系的位置可以根据实际情况自由确定。

摄像头的外部参数和摄像头的内部参数统称为摄像头参数。

- 10 摄像头坐标系（camera coordinate）：是一个三维直角坐标系，原点位于光学镜头的光心处（其中，即光学中心，是指光学镜头的透镜的中心点），x、y 轴分别与摄像头的图像平面的两边平行，z 轴为光学镜头的光轴，与成像平面垂直。

像素坐标系（pixel coordinate）：是一个二维直角坐标系，反映了相机 CCD/CMOS 芯片中像素的排列情况。像素坐标系的原点位于图像的左上角，u 轴、v 轴分别与图像平面的两边平行。像素坐标系中坐标轴的单位是像素（整数）。

- 15 图像坐标系（image coordinate）：是一个二维直角坐标系，其坐标轴的单位通常为毫米（mm），原点是摄像头的光轴与图像平面的交点（称为主点），即图像的中心点，X 轴、Y 轴分别与像素坐标系的 u 轴、v 轴平行。图像坐标系和像素坐标系之间是平移关系，即可以通过平移就可得到。

图 3 是各个坐标系转换关系的示意图。下面结合图 3 介绍各个坐标系之间的转换关系，进而对本申请实施例需要标定的摄像头参数进行具体说明：

- 20 1、世界坐标系转换为摄像头坐标系可以通过以下矩阵变换实现：

$$\begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

其中，R 为 3*3 的旋转矩阵，t 为 3*1 的平移矢量， $(x_c, y_c, z_c, 1)^T$ 为摄像头坐标系的坐标， $(x_w, y_w, z_w, 1)^T$ 为世界坐标系的坐标。因此，从世界坐标系转换为摄像头坐标系实际上包括了一个旋转过程和一个平移过程。

- 25 2、图像坐标系转换为像素坐标系可以通过以下矩阵变换实现：

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/dX & 0 & u_0 \\ 0 & 1/dY & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix}$$

其中， $(X, Y, 1)^T$ 为图像坐标系的坐标， $(u, v, 1)^T$ 为像素坐标系的坐标，dX、dY 分别为像素在 X、Y 轴方向上的物理尺寸， u_0, v_0 为光心坐标。

- 3、摄像头坐标系转换为图像坐标系如图 3 所示是一个透视投影的过程：

- 30 例如，空间内任意一点 P 与摄像头光心 C 的连线为 CP，CP 与图像平面的交点 p 即为空间点 P 在图像平面上的投影，该投影可以通过以下矩阵变换实现：

$$s * \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \\ 1 \end{bmatrix}$$

其中，S 为比例因子（S 不为 0），f 为摄像头的有效焦距（光心到图像平面的距

离)， $(x_c, y_c, z_c, 1)^T$ 是空间点 P 在摄像头坐标系中的坐标， $(X, Y, 1)^T$ 是像点 p 在图像坐标系中的坐标。

4、世界坐标系转换为像素坐标系：

根据上述 1~3 示出的各个坐标系之间的转换矩阵，世界坐标系转换为像素坐标系可以通过以下矩阵变换得到：

$$S \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/dX & 0 & u_0 \\ 0 & 1/dY & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} a_x & 0 & u_0 & 0 \\ 0 & a_y & v_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = M_1 M_2 X_w = M X_w \quad \dots\dots(1)$$

其中：

$$M_1 = \begin{bmatrix} a_x & 0 & u_0 & 0 \\ 0 & a_y & v_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad M_2 = \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad M = M_1 M_2$$

在上述矩阵中，M 为摄像头的参数矩阵，即摄像头参数；其中， M_1 为摄像头的内参矩阵，即摄像头的内部参数； M_2 为摄像头的外参矩阵，即摄像头的外部参数。摄像头标定即包括求解上述内参矩阵 M_1 和/或外参矩阵 M_2 。例如：求解得到摄像头的像元尺寸 $1/dX$ 和 $1/dY$ 、摄像头的焦距 f 、摄像头的光心位置 (v_0, u_0) 、旋转矩阵 R 和平移变量等参数。

需要补充说明的是，摄像头的实际成像通常会有变形，可以称为畸变。如图 4 所示，畸变具体可以分为切向畸变和径向畸变。其中，径向畸变来自于摄像头的透镜本身，来源于“鱼眼”和“桶形”的影响，在透镜成像的边缘更加明显；切向畸变是透镜制造上的缺陷或者安装存在偏差使得透镜本身与图像平面不平行而产生的。当考虑切向畸变和径向畸变时，上述 1~3 示出的矩阵变换还可以扩展出：

$$x'_c = x_c / z_c$$

$$y'_c = y_c / z_c$$

$$x''_c = x'_c \frac{1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6}{1 + k_4 r^2 + k_5 r^4 + k_6 r^6} + 2p_1 x'_c y'_c + p_2 (r^2 + 2x'^2_c)$$

$$y''_c = y'_c \frac{1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6}{1 + k_4 r^2 + k_5 r^4 + k_6 r^6} + 2p_2 x'_c y'_c + p_1 (r^2 + 2y'^2_c)$$

$$r^2 = x'^2_c + y'^2_c$$

其中， k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 和 k_6 为径向畸变系数， p_1 和 p_2 为切向畸变系数，因此，对摄像头标定的过程还可以确定摄像头的畸变参数。

为了求解摄像头参数，在实验室环境下，一种摄像头标定方法如图 5 所示，首先，将待标定的摄像头固定在实验室空间环境中的某个位置；然后，人工手持标定板出现在摄像头的视野中，移动标定板以改变标定板的角度和位置，使得摄像头能够相对于标定板以不同的位姿拍摄标定板的图像；最后，通过标定板的特征点在三维世界中的真实位置（即特征点在世界坐标系中的坐标）和摄像头成像的图像中的位置（即特征点在图像的像素坐标系中的坐标）联立求解摄像头的内部参数和外部参数。工业级摄

像头的标定一般需要借助大型机械臂，将标定板吊装在大型机械臂上，通过机械臂的摆臂动作改变标定板的角度和位置，但是，机械臂的摆臂和摆臂后的姿态稳定都需要消耗大量时间，导致摄像头标定的效率很低，难以大规模应用。

图 6 是本申请实施例示出的一些标定板的示意图。如图 6 所示，标定板之上可以印制棋盘格图案、圆点图案、二维码图案或者其他特定图案，对于标定板来说，其中的任意一个图案单元，例如棋盘格图案的任意一个方格、圆点图案的任意一个圆点，均可以称作一个标志物。从标志物中可以确定一些特征点，以用于计算摄像头参数。除了图 6 示出的一些标定板之外，为了标定摄像头的其他参数，还会用到其他形式的标定板，例如：通过包含色卡的标定板标定摄像头的白平衡参数，通过均匀漫反射材质的标定板配合均匀照明的光源标定摄像头的晕影参数，通过包含特殊设计图案的标定板标定摄像头的光学分辨率调制传递函数（modulation transfer function, MTF）。

结合图 5 和图 6 示出的参数标定方法在实际应用中会存在以下问题：

由于标定板是在各类板材上印制的，标定板的平整度和打印精度会影响到世界坐标系的精度，当平整度和打印精度较低时，世界坐标系的精度较低，影响标定精度。并且，人工移动标定板的方式使得标定板的位置无法精确确定，也会影响标定精度。标定不同的参数需要在不同的板材上印制不同图案的标定板，标定板之间相互独立，并且标定不同的摄像头参数时的标定板的照明条件和形状尺寸不尽相同，使得标定板无法实现重用。并且，在摄像头标定过程中，为了获取摄像头的内参和外参等集合参数，以及摄像头的镜头畸变等参数，需要将标定板移动到摄像头视野中的各个局部位置，采用手动移动标定板或者机械臂移动标定板的方法费时费力，降低标定效率。另外，采用手动移动标定板或者机械臂移动标定板的方法实现对标定过程的完全重复，使得标定过程中出现的问题难以复现。

为了解决上述技术问题，本申请实施例提供了一种参数标定方法及装置。该方法和装置可以应用于各类消费级摄像头和各类工业级摄像头的标定，以获取摄像头的内部参数、外部参数、镜头畸变参数、白平衡参数和色差和 MTF 等参数。其中，上述消费级摄像头例如可以包括用于安装在手机、平板电脑、相机、虚拟/混合/增强现实设备、带有摄像头的无人机、基于摄像头的辅助驾驶设备/系统中的各类摄像头或摄像头阵列；工业级摄像头例如可以包括应用于工业场景中的监控摄像头、测距/测速摄像头，以及各类工业相机包含的摄像头或摄像头阵列。

图 7 示例性地提供了一种硬件系统。如图 7 所示，该硬件系统例如可以包括：控制设备 100、显示屏 200、摄像装置 300 和运动装置 400，控制设备 100 与显示屏 200、摄像装置 300 和运动装置 400 建立有通信连接。其中，显示屏 200 在本申请实施例中可以用于显示各种标定图案、标定结果和其他信息。运动装置 400 包括至少一个用于安装摄像头的安装工位 410，每个安装工位 410 可以用于安装至少一个待标定的摄像装置 300，每个摄像装置 300 包括至少一个待标定的摄像头，当摄像装置 300 包括两个或者两个以上摄像头时，该硬件系统可以用于对两个或者两个以上摄像头执行双目或者多目标定，以及对包含多个摄像头的摄像头阵列进行标定。运动装置 400 可以驱动安装工位产生位移和旋转，进而改变摄像头的位姿。另外，该硬件系统中的显示屏 200 和运动装置 400 应该具有以下位置关系：显示屏 200 面向摄像头的视野 310 设置，

使得运动装置 400 驱动摄像头的位姿发生变化时，显示屏 200 能够出现在摄像头视野 310 的各个位置。

需要补充说明的是，图 7 示出的硬件结构仅仅用于说明实现摄像装置相对于显示屏产生位姿变化的可行性，不构成对本申请实施例的方法和硬件系统的具体限定。例如，在一些其他的实施方式中，如图 8 所示，可以包括多个控制设备 100，和/或，多个显示屏 200，和/或，多个运动装置 400。本申请实施例对上述硬件结构的具体实现方式不做限定。

图 9 是本申请实施例示出的控制设备 100 的结构示意图。该控制设备 100 例如可以包括计算机、手机、平板电脑、嵌入式系统（**embedded system**）等设备。如图 9 所示，该控制设备 100 可以包括：处理器 110、存储器 120、接口单元 130 和输入单元 140。其中，处理器 110、存储器 120、接口单元 130 和输入单元 140 耦合连接。存储器 120 中存储有可读的程序指令，处理器 110 用于读取和执行存储器 120 中的程序指令，以执行本实施例的参数标定方法的相关步骤，例如：通过接口单元 130 向运动装置发送指令，使得运动装置驱动摄像装置产生位移和旋转等，或者，通过接口单元 130 向摄像装置发送指令，使得摄像装置拍摄图像或者录制视频等。存储器 120 中还可以存储有标定图案对应的文档素材，处理器 110 可以读取并解码上述文档素材，发送到显示屏进行显示。存储设备 120 还可以用于标定过程中产生的结果文件、中间结果文件、日志、调试信息和其他信息。

本申请实施例中，控制设备 100 的处理器 110 可以包括一个或者多个处理单元，例如系统芯片（**system on a chip, SoC**）、中央处理器（**central processing unit, CPU**）、微控制器（**microcontroller, MCU**）、存储控制器等。其中，不同的处理单元可以是独立的器件，也可以集成在一个或多个处理器 110 中。

本申请实施例中，控制设备 100 的存储器 120 可以包括一个或者多个存储单元，例如可以包括易失性存储器（**volatile memory**），如：动态随机存取存储器（**dynamic random access memory, DRAM**）、静态随机存取存储器（**static random access memory, SRAM**）等；还可以包括非易失性存储器（**non-volatile memory, NVM**），如：只读存储器（**read-only memory, ROM**）、闪存（**flash memory**）、硬盘驱动器 **HDD** 和固态硬盘 **SSD** 等。其中，不同的存储单元可以是独立的器件，也可以集成或者封装在一个或者多个处理器 110 或者接口单元 130 中，成为处理器 110 或者接口单元 130 的一部分。

本申请实施例中，控制设备 100 的接口单元 130 例如可以包括网络适配器（**network adapter**）、网卡（**network interface card**）、局域网接收器（**LAN adapter**）、网络接口控制器（**network interface controller, NIC**）、调制解调器（**modem**）和天线等。其中，接口单元 130 可以是独立的器件，也可以部分或者全部地集成或者封装在处理器 110 中，成为处理器 110 的一部分。

本申请实施例中，输入单元 140 例如可以包括耦合至处理器 110 的键盘、鼠标、触控显示屏、摇杆控制器、触摸板等。

可以理解的是，本申请实施例示意的结构并不构成对控制设备 100 的具体限定。在本申请另一些实施例中，控制设备可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者拆分某些部件，或者不同的部件布置。图示的部件可以以硬件，软件或

软件和硬件的组合实现。

图 10 是本申请实施例示出的运动装置 400 的结构示意图。如图 10 所示，该运动装置包括三轴移动平台 420、两轴旋转平台 430 和安装工位 410，其中，两轴旋转平台 430 安装于三轴移动平台 420 之上，安装工位 410 固定于两轴旋转平台 430，并且安装有待标定的摄像装置 300。三轴移动平台 420 可以沿着图中的 X 轴、Y 轴和 Z 轴方向产生位移，以改变摄像装置 300 在世界坐标系（即真实空间）中的位置，两轴旋转平台 430 可以以 Y 轴和 Z 轴为旋转轴产生旋转，以改变摄像装置 300 在世界坐标系中的俯仰角度和水平角度。

在一种实施方式中，运动装置 400 的位移和旋转可以通过电机驱动实现。例如图 10 所示的运动装置 400 可以包括至少一个用于驱动三轴移动平台 420 产生位移的电机和至少一个用于驱动两轴旋转平台 430 产生旋转的电机。适应性地，运动装置 400 还可以包括可编程的控制器，控制器可以与电机和控制设备 100 的接口单元 130 耦合，用于根据控制设备 100 发出的指令驱动电机运转。可以理解的是，运动装置 400 的位移和旋转还可以通过其他方式实现，例如液压驱动、电磁驱动等，此处不做具体限定。

需要注意的是，本申请实施例提供的运动装置 400，可以有多种不同的形态，并可以通过多种方式实现。上文所讨论的运动装置 400 的结构，仅仅是一些优选实施方式，用于阐述本申请实施例所述方法和结构的可行性，不对本申请实施例的保护范围进行限制。通过其它方法或顺序实现本申请实施例的运动装置 400，亦在本申请实施例的保护范围之内。

本申请实施例提供了一种参数标定方法，该方法例如可以应用于图 7-图 10 任意所示的控制设备。基于图 7-图 10 所示的硬件系统，本方法中的摄像装置可以包括一个摄像装置（例如图 7），也可以包括多个摄像装置（例如图 8）。因此，本申请实施中的“摄像装置”还可以被描述为“至少一个摄像装置”。

如图 11 所示，该方法步骤 S101-步骤 S106：

步骤 S101，生成第一标定图案。

具体实现中，第一标定图案可以通过编程方式生成，并且第一标定图案可以根据本实施例在先使用的标定图案的标定结果和标定需求动态变化。

在一种实现方式中，当采用编程的方式生成第一标定图案时，控制设备可以获取第一标定图案对应的配置参数，根据第一标定图案的配置参数生成第一标定图案，并将第一标定图案对应的图像信号发送到显示屏，使显示屏显示第一标定图案。

为达到上述目的，控制设备可以预先存储有多个标定图案的配置参数，按照预设的标定图案的生成顺序，或者响应于用户在输入单元执行的输入动作，从上述多个配置参数中选择第一标定图案的配置参数，以生成标定图案。或者，控制设备可以在显示屏显示用于引导用户输入配置参数的交互界面，使用户根据对摄像装置的标定需求输入和调试配置参数；控制设备还可以基于用户已经输入的配置参数，在显示屏实时生成对应的第一标定图案，并根据用户对配置参数的调整，实时刷新第一标定图案，直到第一标定图案满足用户需求。对于标定图案的生成方式，本申请不做具体的限定。

可以理解的是，当第一标定图案不相同，标定图案的配置参数也不相同。

示例地，当第一标定图案是棋盘格图案或者圆点图案时，配置参数例如可以包括：

标志物的分布区域（例如：在显示屏的全屏、居中、左上角、左下角、右上角和右下角分布等）、标志物的密度（例如：在显示屏的一个单位大小的显示区域内包含多少个棋盘格/圆点）、标志物的总数量、棋盘格/圆点的尺寸（例如：棋盘格的每个正方形的长度和宽度，圆点的直径等，上述长度、宽度和直径可以通过像素数量确定）和标志物之间的水平间距和垂直间距等（上述水平间距和垂直间距可以通过像素数量确定）。

在其他示例中，当第一标定图案是灰度板图案时，配置参数例如可以包括：色卡的数量、位置、尺寸、每个色卡的灰度值和颜色等参数。

具体实现中，第一标定图案可以根据对应的图像文件生成，控制设备的存储器中还可以预先存储有至少一张图像文件，每个图像文件包含一种标定图案。上述图像文件例如可以包含棋盘格图案、圆点点阵图案、灰度板图案、条纹图案、纯色图案等。

在一种实现方式中，当存储器存储有图像文件时，控制设备可以按照预设的标定图案的生成顺序，从上述至少一张图像文件中选择第一标定图案对应的第一图像文件，对第一图像文件进行解码以生成图像信号，将图像信号输出至显示屏进行显示，从而使得显示屏显示第一标定图案。

在另一种实现方式中，当存储器存储有图像文件时，显示屏可以显示用于浏览和选择图像文件的图形操作界面，使得用户可以基于图形操作界面使用输入单元执行各种输入动作，控制设备响应于用户在输入单元的输入动作，从至少一张图像文件中选择第一图像文件，生成对应的第一标定图案的预览并发送到显示屏进行显示，当用户进一步执行输入动作以确认该选择时，控制设备使显示屏显示第一标定图案。

应当理解的是，本申请实施例的标定图案还可以通过多种方式实现，上述各个实现方式仅仅是一些优选的实施方式，不对本申请实施例的保护范围进行限制，能够在本申请实施例应用的其他生成标定图案的方式，亦在本申请实施例的保护范围之内。

需要补充说明的是，本申请实施例中的显示屏可以优选使用具备主动光源的自发光显示屏，以提高标定图案的质量，进而提高摄像装置的标定质量。其中，自发光显示器例如可以包括：有机发光二极管（organic light-emitting diode, OLED）显示屏、有源矩阵有机发光二极管（active-matrix organic light-emitting diode, AMOLED）显示屏、量子点显示屏（quantum dot display）等。与传统的印刷形成的标定板相比，使用自发光的显示屏显示标定图案具有以下优点：

1、显示屏显示的标定图案由控制设备控制，具有可再现、可动态调整的能力。

2、显示屏各个位置的标定图案不受环境光源变化和照明条件差异的影响，一致性高，有利于提高摄像装置拍摄的图像的质量、避免在后续的图像处理过程中出现特征点检测失败、边缘检测失败等问题，有利于提高标定质量。

3、传统标定板在印刷过程中，色彩模式会从其他模式转换成印刷模式（例如：CMYK），使得一些色彩丢失或改变，因此无法用于标定摄像装置的色差、白平衡等参数。而显示屏可以使用与摄像装置拍的是图片相同的色彩模式和色域，能够实现对摄像装置的色差和白平衡等参数的标定。

步骤 S102，发送第一指令，第一指令用于指示摄像装置在第一时段内的至少一组位姿参数。

本申请实施例中，摄像装置相对于控制设备的位姿可以由一组位姿参数确定，每

一组位姿参数可以确定摄像装置的一个位姿。具体实现中，一组位姿参数可以包括至少一个位置参数，和/或，至少一个角度参数。其中，位置参数用于确定摄像装置在世界坐标系中的位置，例如，位置参数可以包括摄像装置在世界坐标系中的 X 轴、Y 轴和 Z 轴坐标的部分或者全部坐标值，例如 (X_1, Y_1, Z_1) 、 (X_2, Y_2) 、 (X_3, Z_3) 或 (X_4) 等，可以选择的是，当一组位姿参数包含有部分位置参数时，表明摄像装置在缺失的位置参数所对应的坐标值不发生变化。角度参数用于确定摄像装置相对于世界坐标系的各个坐标轴的角度，例如，角度参数可以包括摄像装置在世界坐标系中相对于 X 轴、Y 轴和 Z 轴的部分或者全部角度值，例如 $(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$ 、 (α_2, γ_2) 、 (β_3, γ_3) 或 (β_4) 等，可选择的是，当一组位姿参数包含有部分角度参数时，表明摄像装置在缺失的角度参数所对应的坐标值不发生变化。

具体实现中，基于图 7 所示的硬件系统，控制设备可以向运动装置发送第一指令，运动装置可以承载至少一个摄像装置，根据第一指令指示的至少一组位姿参数，驱动摄像装置平移和旋转，以控制至少一个摄像装置的位姿。

图 12 是本申请实施例提供的调整摄像装置位姿的示意图。如图 12 所示，在一种实现方式中，控制设备可以在第一时段内向运动装置发送多个第一指令，每个第一指令指示一组位姿参数，不同的第一指令指示的位姿参数不同或者相同。由此，运动装置在第一时段内能够接收到多个第一指令，每接收到一个第一指令，运动装置就会根据该第一指令指示的位姿参数执行一次平移和旋转，将摄像装置调整到对应的位姿。可选的，上述第一时段内的多个第一指令的发送可以是依次在不同时刻进行。

示例地，如图 12 所示，在第一时段内的 N 个（N 为自然数）时刻，控制设备向运动装置发送了第一指令 1 至第一指令 N，第一指令 1 至第一指令 N 依次指示第 1 组位姿参数至第 N 组位姿参数。那么，在 t_1 时刻，控制设备向运动装置发送第一指令 1，调整摄像装置的位姿从初始位姿 0 至位姿 1；在 t_2 时刻，控制设备向运动装置发送第一指令 2，调整摄像装置的位姿从位姿 1 至位姿 2；在 t_3 时刻，控制设备向运动装置发送第一指令 3，调整摄像装置的位姿从位姿 2 至位姿 3；以此类推……，在 t_N 时刻，控制设备向运动装置发送第一指令 N，调整摄像装置的位姿从位姿 N-1 至位姿 N。

图 13 是本申请实施例提供的调整摄像装置位姿的示意图。如图 3 所示，在一种实现方式中，控制设备可以在第一时段内只发送一个第一指令，该第一指令包含多个不同的位姿参数，上述多个不同的位姿参数能够连接成一条移动轨迹，以及，摄像装置的角度变化趋势。由此，运动装置在接收了第一指令之后，可以驱动摄像头沿着第一指令指示的移动轨迹进行移动，并在移动过程中调整摄像装置的角度，使得摄像装置在第一时段内具有不同的位姿。

示例地，如图 13 所示，在第一时段内的某一时刻，控制设备向运动装置发送第一指令 1，该第一指令 1 通过多个不同的第 1 组位姿参数-第 M 组位姿参数（M 为自然数）指示一条移动轨迹 L1。运动装置响应于第一指令 1，沿着轨迹 L1 移动摄像装置，使得摄像装置的位姿从位姿 0 至位姿 M 发生变化。在变化过程中，如果运动装置接收到了新的第一指令 2，运动装置可以中断沿着轨迹 L1 的移动过程，转而沿着新的第一指令 2 指示的轨迹 L2，继续调整摄像装置的位姿；或者，如果运动装置接收到了新的第一指令 2，运动装置可以继续沿着轨迹 L1 移动，在沿着轨迹 L1 移动完成后，再沿

着新的第一指令 2 指示的轨迹 L2，继续调整摄像装置的位姿。

在一种实现方式中，基于图 10 所示的运动装置，第一指令指示摄像装置的位姿参数可以通过以下方式实现：第一指令可以包含运动装置的至少一个控制参数，例如：三轴移动平台沿 X 轴、Y 轴和 Z 轴位移的距离、线速度和/或者位移时间，两轴旋转平台围绕 Y 轴和 Z 轴旋转的角度、角速度和/或者旋转时间等。上述控制参数可以被发送到运动装置的控制器，使得控制器根据上述控制参数确定电机的旋转方向、转速和旋转时间等信息，进而驱动电机运转，使得三轴移动平台和两轴旋转平台产生上述控制参数对应的位移或旋转，进而将摄像装置调整到对应的位姿。

步骤 S103，向摄像装置发送第二指令，第二指令用于指示摄像装置在第一时段内的拍摄时机和拍摄次数中的至少一个。

具体实现中，摄像装置执行至少一次拍摄包括拍摄照片和/或拍摄视频。

在一种实现方式中，当摄像装置拍摄照片时，控制设备可以在第一时段内交替向摄像装置发送多个第一指令和多个第二指令，摄像装置每接收到一个第二指令，即对应拍摄一张照片，由于摄像装置在第一时段内的位姿参数在发生变化，摄像装置能够拍摄到位姿参数不同的多张照片，在上述多张照片中，显示屏的标定图案可能全部或者部分地出现在照片中，并且，在不同的照片中，标定图案出现的位置也可能不同。

示例地，如图 14 所示，在第一时段内的 t_0 时刻，摄像装置位于显示屏的左上方，位姿参数为 0。在第一时段内的 N 个（ N 为自然数）时刻，控制设备依次向运动装置发送了第一指令 1 至第一指令 N ，第一指令 1 至第一指令 N 依次指示第 1 组位姿参数至第 N 组位姿参数，并且，与 N 个第一指令交替地，控制设备还依次向运动装置发送了多个（例如 N 个）第二指令，使得摄像装置在不同的位姿参数下拍摄照片。例如：在 t_1 时刻，控制设备向运动装置发送第一指令 1，调整摄像装置的位姿从初始位姿 0 至位姿 1，然后，控制设备向摄像装置发送第二指令 1，使得摄像装置在位姿 1 拍摄至少一张照片；在 t_2 时刻，控制设备向运动装置发送第一指令 2，调整摄像装置的位姿从位姿 1 至位姿 2，然后，控制设备向摄像装置发送第二指令 2，使得摄像装置在位姿 2 拍摄至少一张照片；在 t_N 时刻，控制设备向运动装置发送第一指令 N ，调整摄像装置的位姿从位姿 $N-1$ 至位姿 N ，然后，控制设备向摄像装置发送第二指令 N ，使得摄像装置在第 N 组位姿参数拍摄至少一张照片。

在一种实现方式中，当摄像装置拍摄照片时，第二指令具体可以用于指示摄像装置拍摄照片的时间间隔 ΔT ，因此，控制设备可以只需要向摄像装置发送一次第二指令。使得摄像装置在位姿参数变化的过程中，每隔 ΔT 拍摄至少一张照片。其中，第一指令和第二指令可以同时发送，也可以不同时发送，例如，先发送第一指令后发送第二指令，或者，先发送第二指令后发送第一指令。

示例地，如图 15 所示，在 t_0 时刻，控制设备向运动装置发送第一指令，该第一指令通过多个不同的第 1 组位姿参数-第 M 组位姿参数（ M 为自然数）指示一条轨迹 L1。运动装置响应于第一指令，沿着轨迹 L1 移动摄像装置，使得摄像装置的位姿从位姿 0 至位姿 M 发生变化。在摄像装置沿着轨迹 L1 移动的过程中，控制设备可以向摄像装置发送第二指令，该第二指令指示时间间隔 ΔT ，使得摄像装置每隔 ΔT 拍摄一张照片，直至摄像装置沿轨迹 L1 移动完毕。

在一种实现方式中，当摄像装置拍摄视频时，控制设备可以在第一时段内仅向摄像装置发送一次第二指令，摄像装置在接收到第二指令之后，即开始拍摄视频，随着摄像装置位姿的变化，显示屏的标定图案可能全部或者部分地出现在视频中，并且，在不同的视频帧中，标定图案出现的位置也可能不同。其中，第一指令和第二指令可以

5 可以同时发送，也可以不同时发送，例如，先发送第一指令后发送第二指令，或者，先发送第二指令后发送第一指令。

可选地，在控制设备向摄像装置发送第二指令之后，控制设备还可以向摄像装置发送终止指令，使得摄像装置停止拍摄视频。

示例地，如图 16 所示，在时刻 t_0 ，控制设备向运动装置发送第一指令，该第一指令通过多个不同的第 1 组位姿参数-第 M 组位姿参数(M 为自然数)指示一条轨迹 L1。运动装置响应于第一指令，沿着轨迹 L1 移动摄像装置，使得摄像装置的位姿从位姿 1 至位姿 M 发生变化。在摄像装置沿着轨迹 L1 移动的过程中，控制设备可以向摄像装置发送第二指令，使得摄像装置开始一边变化位姿，一边拍摄视频。在之后的某个时刻 t_M ，例如摄像装置沿着轨迹 L1 移动结束之后，控制设备向摄像装置发送终止指令，

15 使得摄像装置停止拍摄视频。

可选的，当第二指令用于指示摄像装置拍摄视频时，控制设备可以多次交替地发送第二指令和终止指令，使得摄像装置在位姿改变过程中拍摄多个视频片段。

示例地，如图 17 所示，在摄像装置沿着轨迹 L1 移动的过程中，控制设备在 t_{11} 时刻发送第一个第二指令，在 t_{12} 时刻发送第一个终止指令，使摄像装置拍摄 t_{11} - t_{12} 时刻的视频片段 1；控制设备在 t_{21} 时刻发送第二个第二指令，在 t_{22} 时刻发送第二个终止指令，使摄像装置拍摄 t_{21} - t_{22} 时刻的视频片段 2；控制设备在 t_{P1} 时刻(P 为自然数)发送第 P 个第二指令，在 t_{P2} 时刻发送第 P 个终止指令，使摄像装置拍摄 t_{P1} - t_{P2} 时刻的视频片段 P。其中，上述 t_{11} 时刻例如可以是摄像装置移动到位姿 1 之前， t_{12} 时刻例如可以是摄像装置移动到位姿 1 之后，使得视频片段 1 包含摄像装置在位姿 1 拍摄的视频帧； t_{21} 时刻例如可以是摄像装置移动到位姿 2 之前， t_{22} 时刻例如可以是摄像装置移动到位姿 2 之后，使得视频片段 2 包含摄像装置在位姿 2 拍摄的视频帧； t_{31} 时刻例如可以是摄像装置移动到位姿 3 之前， t_{32} 时刻例如可以是摄像装置移动到位姿 3 之后，使得视频片段 3 包含摄像装置在位姿 3 拍摄的视频帧。

步骤 S104，获取来自摄像装置的至少一个拍摄结果。

具体实现中，其中，上述拍摄结果包括摄像装置拍摄的照片和/或者视频。摄像装置可以将拍摄的照片和视频回传给控制设备，控制设备将摄像装置回传的照片和视频保存在存储器中，以供后续步骤中计算摄像装置的内部参数使用。例如，摄像装置可以将照片和视频的模拟信号发送给采集卡，由采集卡进行信号的模拟-数字转换，然后将转换得到的照片和视频的数字信号发送给控制设备进行存储。

35 步骤 S105，根据至少一个拍摄结果中的部分或者全部拍摄结果，确定摄像装置的至少一个内部参数。

其中，上述“部分或者全部摄像结果”中的任意拍摄结果应当包含第一标定图案的部分或者全部图案。进一步可选的，所述“部分或者全部摄像结果”使得第一标定图案出现在照片或视频的各个位置(即摄像装置视野的各个位置)，尤其是畸变严重

的位置。

具体实现中，当拍摄结果是照片时，控制设备可以从上述“部分或者全部”照片中检测获取特征点。每个特征点都有在照片中的像素坐标系坐标和在显示屏中的世界坐标系坐标，根据上述特征点的像素坐标系坐标和世界坐标系坐标，就可以求解上述

5 “世界坐标系转换为像素坐标系”的公式（即公式（1））中 M_1 、 M_2 等内部参数。

具体实现中，当拍摄结果是视频时，控制设备可以从视频中提取至少一个视频帧，所提取的每个视频帧都包含有第一标定图案的部分或者全部图案。然后，控制设备可以从上述至少一个视频帧中检测获取特征点。每个特征点都有在视频帧中的像素坐标系坐标和在显示屏中的世界坐标系坐标，根据上述特征点的像素坐标系坐标和世界坐标系坐标，就可以求解上述“世界坐标系转换为像素坐标系”的公式（即公式（1））中 M_1 、 M_2 等内部参数。

如图 18 所示，特征点可以是容易从第一标定图案中识别的点。例如，棋盘格标定图案的特征点可以是各个方格的角点，圆点标定图案的特征点是可以各个圆点的圆心点。特征点可以通过对照片或者视频帧进行二值化处理和边缘检测等方法得到，此处不再赘述。

步骤 S106，判断至少一个内部参数中的至少一个目标内部参数的误差是否均满足其各自对应的误差阈值，如果有任何一个目标内部参数的误差不满足其对应的误差阈值，返回步骤 S102；如果所有的目标内部参数均满足其各自对应的误差阈值，输出标定结果。

在具体实现场景中，技术人员可能会对摄像装置的标定有不同的需求，例如：在一些实现场景中，技术人员希望标定摄像装置全部的内部参数，在另一些实现场景中，技术人员只希望标定摄像装置的一部分内部参数。为了便于区分需要标定的内部参数和不需要标定的内部参数，这里将需要标定的内部参数称作目标内部参数。可以理解的是，目标内部参数可以有一个或者多个，并且，目标内部参数可以是上述“至少一个内部参数”的全部参数或者部分参数。

本申请实施例中，如公式（1）所示，内部参数部分或者全部地包含在内参矩阵中，因此，求解内部参数的过程实际上可以是求解内参矩阵的过程。当所有的内部参数或者目标内部参数都满足其对应的误差阈值时，可以认为内参矩阵是准确的，满足输出条件，因此，在步骤 S106 中，如果所有的目标内部参数均满足其各自对应的误差阈值，输出标定结果，如果有任何一个目标内部参数的误差不满足其对应的误差阈值，则需要返回步骤 S102 继续标定，使内参矩阵实现迭代更新，得到更多准确的内部参数。

本申请实施例中，内部参数的误差例如可以包括重复精度、重投影误差等。本申请实施例中可以默认第一次标定得到的内部参数是不准确的，从而在第一次标定之后，返回步骤 S102 执行第二次标定以及后续的重复标定，以便于计算标定误差。

其中，重复精度是指在相同的标定环境下重复执行多次标定所得到的多次内部参数之间的偏差。偏差越小，说明内部参数的误差越小；偏差越大，说明内部参数的误差越大。上述相同的标定环境是指至少两次标定所使用的标定图案、摄像装置的位姿变化轨迹、显示屏的亮度、对比度、特征点的数量、提取精度、用于计算标定结果的照片或者视频帧的数量、拍摄的位姿等部分或者全部相同。

具体实现中，内部参数中的至少一个参数可以具有对应的误差阈值，该误差阈值可以对应重复精度或者重投影误差，例如：焦距阈值、光心阈值、像元尺寸阈值、光学畸变阈值、白平衡阈值等。那么，作为示例地，在计算重复精度时，如果至少两次标定的焦距的偏差大于焦距阈值，和/或，两次标定的光心的偏差大于光心阈值，和/或，两次标定的像元尺寸的偏差大于像元尺寸阈值，和/或，两次标定的光学畸变的偏差大于光学畸变阈值，和/或，两次标定的白平衡的偏差大于白平衡阈值，则需要返回步骤 S102 继续标定。

另外，使用标定得到的摄像装置的内部参数和外部参数，对世界坐标系中的坐标点进行投影计算，能够得到该坐标点在像素坐标系中的投影值，同时，该坐标点在摄像装置的拍摄结果中还对应一个像素坐标系的观测值，投影值与观测值的误差就是重投影误差。重投影误差越小，说明内部参数的误差越小，重投影误差越大，说明内部参数的误差越大。

具体实现中，例如可以采用以下方式执行重复标定：

方式一：可以改变标定图案。

示例地，如图 19 所示，当采用棋盘格图案或者圆点图案（例如：第一标定图案）标定摄像装置的内部参数时，标定图案在一次标定过程中是固定不变的，即标志物的数量和大小不变。在这种情况下，如果标定精度不满足精度要求，可能是特征点的数量不足。因此，在下一次标定时，可以通过减小标志物的尺寸、并增加标志物的数量的方式得到新的标定图案（例如：第二标定图案），以提高控制设备在步骤 S105 中从拍摄结果中提取到的特征点的数量，以提高标定精度。

示例地，如图 20 所示，当采用棋盘格图案或者圆点图案（例如：第一标定图案）标定摄像装置的内部参数时，如果标定精度不满足精度要求，可能是标定图案不够清晰，导致了特征点提取精度较差。因此执行重复标定时，可以通过增大标志物的尺寸的方式得到新的标定图案（例如：第二标定图案），以提高特征点的提取精度。

方式二：调整从至少一个拍摄结果中提取的对应摄像装置各个视野的特征点数量。

示例地，如图 21 所示，当采用棋盘格图案或者圆点图案标定摄像装置的内部参数时，如果标定精度不满足精度要求，可能是特征点没有均匀地分布在摄像装置视野的各个区域，例如：特征点集中在某个区域，或者，某个区域没有分布特征点或者只分布了极少数的特征点，影响了内参矩阵算法的权重。因此，特征点集中在某个区域，执行重复标定时，可以删除该区域的部分特征点，或者增加其他区域的特征点。

具体实现中，如图 21 所示，可以将摄像装置的视野切分为 K 个子区域，例如通过九宫格切分为子区域 1-子区域 9。控制设备从拍摄结果中提取特征点之后，可以分别统计子区域 1-子区域 9 中的特征点的数量。如果某个子区域，例如子区域 5 的特征点的数量明显多于其他子区域（例如：子区域 5 的特征点的数量比其他子区域的特征点的数量多出某个预设的百分比），则删除子区域 5 中的部分节点，使子区域 5 的特征点的数量与其他任意子区域的特征点的数量趋近。如果某个子区域，例如子区域 1 的特征点的数量明显小于其他子区域，则可以移动摄像装置的位姿，使标定图案位于子区域 1 内，并再次拍摄视频或者照片，从再次拍摄的视频帧或者照片中提取特征点，以补足子区域 1 的特征点。需要补充说明的是，在一次调整中，控制设备可以对个子

区域的特征点进行动态的均一化调整，使得各个子区域的特征点的数量趋于统一，以提高标定精度。

方式三：可以调整标定图案的图像质量。

5 示例地，当采用棋盘格图案或者圆点图案标定摄像装置的内部参数时，如果标定精度不满足精度要求，可能是显示屏的亮度、对比度等影响图像质量的参数设置不合理，或者对拍摄结果进行二值化处理和边缘检测使用的相关阈值不合理。因此执行重复标定时，还可以改变显示屏的亮度和对比度，或者调整二值化处理和边缘检测的相关阈值，以提高特征点的提取精度。

10 可以理解的是，基于上述示例的重复标定的方法，本申请实施例可以对摄像装置执行多次标定，使摄像装置的内参矩阵和外参矩阵不断迭代更新，标定精度不断提高，直至标定精度的取值小于对应的阈值。

15 需要补充说明的是，当采用棋盘格图案或者圆点图案标定摄像装置时，不同的摄像装置的视野（field of view, FOV）范围和景深的差异较大，对标定的准确性会带来不同的影响。为了提高各种视野范围和景深的摄像装置的标定精度，本申请实施例的方法在具体实施时可以根据摄像装置的视野范围和景深动态调整标定参数。例如：当摄像装置的视野范围较小时，可以适当减小标定图案中的标志物的数量，以增加视野内的特征点的数量；当摄像装置的视野范围较大时，可以适当增大标定图案中的标志物的数量，以减小视野内的特征点数量并提高特征点的识别精度。另外，在摄像装置改变位姿的过程中，应当使标定图案出现在摄像装置视野的各个位置，尤其是摄像装置
20 的视野边缘（视野边缘往往是畸变严重的区域），使得后续提取到的特征点能够均匀地分布在摄像装置的视野中，提高标定精度。

由以上技术方案可知，本申请实施例提供的参数标定方法，可以应用于摄像装置
25 的内部参数和外部参数的标定，该方法在标定图案的位置固定不变的情况下，通过变化摄像装置的位姿参数的方式，精准调整摄像装置相对于标定图案的位置和角度，使摄像装置在相对于标定图案各个既定的位置和角度对标定图案进行精确拍摄，得到至少一个拍摄结果，上述拍摄结果能够与像素坐标系和世界坐标系的坐标精确对应，使得相应计算得到的内部参数和外部参数的准确性更高，提高了标定精度。

可以理解的是，当第一标定图案不同时，本申请实施例的方法还可以用于标定不同的参数。

30 示例地，如图 22 所示，当第一标定图案是包含不同灰度、不同颜色的灰度板图案时，本申请实施例的方法可以用于标定摄像装置的白平衡参数。当第一标定图案是单色图案时，通过调整摄像装置的位姿参数，使单色图案出现在摄像装置视野的各个位置并拍摄相应的照片或视频，可以根据拍摄结果计算摄像装置的晕影参数。当第一标定图案是包含不同角度线条的标板图案时，通过调整摄像装置的位姿参数，使线条出
35 现在摄像装置视野的各个位置并拍摄相应的照片或视频，可以标定摄像装置的光学分辨率调制传递函数 MTF。当第一标定图案是包含多种标准颜色的色卡图案时，可以标定摄像装置的色差参数，上述各种标定图案可以预设于控制设备中，以在需要的时候生成。

上述本申请提供的实施例中，分别从设备本身、以及从设备之间交互的角度对本

申请提供的数据转发方法、数据缓存方法的各方案进行了介绍。可以理解的是，各个设备，例如上述网络设备和存储设备为了实现上述功能，其包含了执行各个功能相应的硬件结构和/或软件模块。本领域技术人员应该很容易意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，本申请能够以硬件或硬件和计算机软件的结合形式来实现。某个功能究竟以硬件还是计算机软件驱动硬件的方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

上述本申请提供的实施例中，分别从设备/装置本身、以及从设备/装置之间交互的角度对本申请提供的参数标定方法的各方案进行了介绍。可以理解的是，各个设备/装置，例如上述控制设备和运动装置为了实现上述功能，其包含了执行各个功能相应的硬件结构和/或软件模块。本领域技术人员应该很容易意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，本申请能够以硬件或硬件和计算机软件的结合形式来实现。某个功能究竟以硬件还是计算机软件驱动硬件的方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

例如，上述控制设备通过软件模块来实现相应的功能。该控制设备例如可以包括计算机、手机、平板电脑、嵌入式系统（**embedded system**）等设备。

在一个实施例中，如图 23 所示，用于实现上述控制设备行为的功能的参数标定装置包括：生成单元 501，用于生成第一标定图案；第一发送单元 502，用于发送第一指令，所述第一指令用于指示至少一个摄像装置在第一时段内的至少一组位姿参数；第二发送单元 503，用于向摄像装置发送第二指令，所述第二指令用于指示所述至少一个摄像装置在第一时段内的拍摄时机和拍摄次数；获取单元 504，用于获取来自所述至少一个摄像装置的至少一个拍摄结果；处理单元 505，用于根据所述至少一个拍摄结果中的部分或者全部拍摄结果，确定所述至少一个摄像装置的内部参数，所述部分或者全部摄像结果中的任意摄像结果包含所述第一标定图案的部分或者全部图案。

本申请提供的参数标定装置，可以应用于摄像装置的内部参数和外部参数的标定，该方法在标定图案的位置固定不变的情况下，通过变化摄像装置的位姿参数的方式，精准调整摄像装置相对于标定图案的位置和角度，使摄像装置在相对于标定图案各个既定的位置和角度对标定图案进行精确拍摄，得到至少一个拍摄结果，上述拍摄结果能够与像素坐标系和世界坐标系的坐标精确对应，使得相应计算得到的内部参数和外部参数的准确性更高，提高了标定精度。

可选的，所述第一发送单元 502，具体用于向运动装置发送第一指令，所述运动装置承载所述至少一个摄像装置，所述运动装置用于根据所述至少一组位姿参数控制所述至少一个摄像参数的位姿。由此，运动装置可以根据位姿参数精确地控制摄像装置的位姿，并可以实现位姿的重现，有利于提高标定精度。

可选的，所述拍摄结果包括所述至少一个摄像装置响应于所述第二指令拍摄的至少一张照片和/或至少一段视频。由此，参与计算摄像装置的内部参数的图像可以从照片中选取，也可以从视频的视频帧中选取，方式灵活。

可选的，所述第一时段内包括多个所述第一指令和多个所述第二指令，所述第一

发送单元 502 和所述第二发送单元 503 具体用于交替发送所述多个所述第一指令和多个所述第二指令。由此，通过第一指令和第二指令可以根据需求指示摄像装置在不同的位姿下拍摄不同的照片或者视频，例如使得第一标定图案出现在摄像装置视野的各个位置，提高标定精度。

5 可选的，所述内部参数中的至少一个参数具有对应的误差阈值；所述处理单元 505，用于确定所述内部参数中的至少一个参数的重复精度是否大于对应的所述误差阈值；所述生成单元 501，用于当所述重复精度大于对应的所述误差阈值时，调整所述第一标定图案为第二标定图案，和/或，调整所述第一标定图案的图像质量；所述处理单元 505，用于当所述重复精度大于对应的所述误差阈值时，调整从所述第一标定图案提取的特征点的数量。由此，本申请可以对摄像装置执行多次标定，使摄像装置的内参矩阵和外参矩阵不断迭代更新，标定精度不断提高，直至标定精度的取值小于对应的阈值。

可选的，所述第一标定图案和所述第二标定图案的标志物的数量和/或尺寸不同。

15 可选的，所述处理单元 505，用于将所述第一标定图案切分为至少一个子区域，将所述至少一个子区域的所述特征点的数量进行均一化调整。由此，使得各个子区域的特征点的数量区域统一，以提高标定精度。

可选的，所述第一标定图案为预设的灰度板图案，所述内部参数包含所述至少一个摄像装置的白平衡参数。

20 可选的，所述第一标定图案为预设的单色图案，所述内部参数包含所述至少一个摄像装置的影晕参数。

可选的，所述第一标定图案为预设的包含多种标准颜色的色卡图案，所述内部参数包括所述至少一个摄像装置的色差参数。

可选的，所述第一标定图案为预设的包含不同角度线条的标板图案，所述内部参数包括所述至少一个摄像装置调制传递函数参数。

25 另外，例如，上述设备通过硬件模块来实现相应的功能。

30 在一个实施例中，控制设备的上述功能可以通过图 9 所示的结构实现。例如，接口单元 130 用于向运动装置发送第一指令，以及，向至少一个摄像装置发送第二指令，以及，获取来自至少一个摄像装置的至少一个拍摄结果；存储器 120 用于存储计算机程序代码，该计算机程序代码包括计算机指令；当处理器 110 执行计算机指令时，使控制设备执行上述各实施例中涉及的方法，例如：生成第一标定图案；发送第一指令，所述第一指令用于指示至少一个摄像装置在第一时段内的至少一组位姿参数；向所述至少一个摄像装置发送第二指令，所述第二指令用于指示所述至少一个摄像装置在第一时段内的拍摄时机和拍摄次数；获取来自所述至少一个摄像装置的至少一个拍摄结果；根据所述至少一个拍摄结果中的部分或者全部拍摄结果，确定所述至少一个摄像装置的内部参数，所述部分或者全部摄像结果中的任意摄像结果包含所述第一标定图案的部分或者全部图案。

本申请实施例还提供一种参数标定系统。如图 7 所示，该参数标定系统包括：控制设备 100，用于生成第一标定图案；显示屏 200，耦合至控制设备 100，用于显示第一标定图案；运动装置 400，用于承载至少一个摄像装置 300，使至少一个摄像装置 300

的视野面向显示屏 200，运动装置 400 耦合至控制设备 100；控制设备 100，还用于向运动装置 400 发送第一指令，第一指令用于指示至少一个摄像装置 300 在第一时段内的至少一组位姿参数；运动装置 400，还用于根据至少一组位姿参数控制至少一个摄像装置 300 的位姿；控制设备 100，还用于向至少一个摄像装置 300 发送第二指令，
5 第二指令用于指示至少一个摄像装置 300 在第一时段内的拍摄时机和拍摄次数；以及，获取来自至少一个摄像装置 300 的至少一个拍摄结果；以及，根据至少一个拍摄结果中的部分或者全部拍摄结果，确定至少一个摄像装置 300 的内部参数，部分或者全部摄像结果中的任意摄像结果包含第一标定图案的部分或者全部图案。

本申请实施例还提供一种计算机存储介质，计算机存储介质中存储有计算机指令，
10 令，当其在计算机上运行时，使得计算机执行上述各方面的方法。

本申请实施例还提供一种包含指令的计算机程序产品，当其在计算机上运行时，使得计算机执行上述各方面的方法。

本申请还提供了一种芯片系统。该芯片系统包括处理器，用于支持上述装置或设备实现上述方面中所涉及的功能，例如，生成或处理上述方法中所涉及的信息。在一种可能的设计中，芯片系统还包括存储器，用于保存上述装置或设备必要的程序指令和数据。该芯片系统，可以由芯片构成，也可以包含芯片和其他分立器件。
15

以上的具体实施方式，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上仅为本发明的具体实施方式而已，并不用于限定本发明的保护范围，凡在本发明的技术方案的基础之上，所做的任何修改、等同替换、改进等，
20 均应包括在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种参数标定方法，其特征在于，

生成第一标定图案；

发送第一指令，所述第一指令用于指示至少一个摄像装置在第一时段内的至少一

5 组位姿参数；

向所述至少一个摄像装置发送第二指令，所述第二指令用于指示所述至少一个摄像装置在第一时段内的拍摄时机和拍摄次数中的至少一个；

获取来自所述至少一个摄像装置的至少一个拍摄结果；

10 根据所述至少一个拍摄结果中的部分或者全部拍摄结果，确定所述至少一个摄像装置的至少一个内部参数，所述部分或者全部摄像结果中的任意摄像结果包含所述第一标定图案的部分或者全部图案。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述发送第一指令，包括：

15 向运动装置发送所述第一指令，所述运动装置承载所述至少一个摄像装置，所述至少一组位姿参数用于所述运动装置控制所述至少一个摄像装置的位姿。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述拍摄结果包括来自所述至少一个摄像装置的、响应于所述第二指令拍摄的至少一张照片和/或至少一段视频。

20 4、根据权利要求 1-3 任一项所述的方法，其特征在于，

所述发送第一指令，包括：在所述第一时段内发送多个所述第一指令；

所述向所述至少一个摄像装置发送第二指令，包括：在第一时段内向所述至少一个摄像装置发送多个第二指令；

其中，多个所述第一指令和多个所述第二指令交替发送。

25

5、根据权利要求 1-4 任一项所述的方法，其特征在于，所述内部参数中的至少一个参数具有对应的误差阈值，当所述内部参数中的至少一个参数的重复精度大于对应的所述误差阈值时，所述方法还包括：调整所述第一标定图案为第二标定图案，和/或，调整从所述至少一个拍摄结果中提取的对应所述至少一个摄像装置各个视野的特征点数量，和/或，调整所述第一标定图案的图像质量。

30

6、根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述第一标定图案和所述第二标定图案中的标志物的数量和/或尺寸不同。

35

7、根据权利要求 5 或 6 所述的方法，其特征在于，所述调整从所述至少一个拍摄结果中提取的对应所述至少一个摄像装置各个视野的特征点数量，包括：确定所述第一标定图案包含的至少一个子区域，将所述至少一个子区域的所述特征点的数量进行均一化调整。

8、根据权利要求 1-7 任一项所述的方法，其特征在于，所述第一标定图案为预设的灰度板图案，所述内部参数包含所述至少一个摄像装置在白平衡参数。

5 9、根据权利要求 1-7 任一项所述的方法，其特征在于，所述第一标定图案为预设的单色图案，所述内部参数包含所述至少一个摄像装置的影晕参数。

10、根据权利要求 1-7 任一项所述的方法，其特征在于，所述第一标定图案为预设的包含多种标准颜色的色卡图案，所述内部参数包括所述至少一个摄像装置的色差参数。

10

11、根据权利要求 1-7 任一项所述的方法，其特征在于，所述第一标定图案为预设的包含不同角度线条的标板图案，所述内部参数包括所述至少一个摄像装置调制传递函数参数。

15 12、一种参数标定装置，其特征在于，包括：

生成单元，用于生成第一标定图案；

第一发送单元，用于发送第一指令，所述第一指令用于指示至少一个摄像装置在第一时段内的至少一组位姿参数；

20 第二发送单元，用于向摄像装置发送第二指令，所述第二指令用于指示所述至少一个摄像装置在第一时段内的拍摄时机和拍摄次数中的至少一个；

获取单元，用于获取来自所述至少一个摄像装置的至少一个拍摄结果；

处理单元，用于根据所述至少一个拍摄结果中的部分或者全部拍摄结果，确定所述至少一个摄像装置的至少一个内部参数，所述部分或者全部摄像结果中的任意摄像结果包含所述第一标定图案的部分或者全部图案。

25

13、根据权利要求 12 所述的装置，其特征在于，

所述第一发送单元，具体用于向运动装置所述发送第一指令，所述运动装置承载所述至少一个摄像装置，所述至少一组位姿参数用于所述运动装置控制所述至少一个摄像参数的位姿。

30

14、根据权利要求 12 或 13 所述的装置，其特征在于，所述拍摄结果包括来自所述至少一个摄像装置的、响应于所述第二指令拍摄的至少一张照片和/或至少一段视频。

15、根据权利要求 12-14 任一项所述的装置，其特征在于，

35 所述第一发送单元，用于在所述第一时段内发送多个所述第一指令；

所述第二发送单元，用于在第一时段内向所述至少一个摄像装置发送多个第二指令；

其中，多个所述第一指令和多个所述第二指令交替发送。

16、根据权利要求 12-15 任一项所述的装置，其特征在于，

所述内部参数中的至少一个参数具有对应的误差阈值；

所述处理单元，用于确定所述内部参数中的至少一个参数的重复精度是否大于对应的所述误差阈值；

5 所述生成单元，用于当所述重复精度大于对应的所述误差阈值时，调整所述第一标定图案为第二标定图案，和/或，调整所述第一标定图案的图像质量；

所述处理单元，用于当所述重复精度大于对应的所述误差阈值时，调整从所述至少一个拍摄结果中提取的对应所述至少一个摄像装置各个视野的特征点数量。

10 17、根据权利要求 16 所述的装置，其特征在于，所述第一标定图案和所述第二标定图案中的标志物的数量和/或尺寸不同。

18、根据权利要求 16 或 17 所述的装置，其特征在于，

15 所述处理单元，用于确定所述第一标定图案包含的至少一个子区域，将所述至少一个子区域的所述特征点的数量进行均一化调整。

19、根据权利要求 12-18 任一项所述的装置，其特征在于，所述第一标定图案为预设的灰度板图案，所述内部参数包含所述至少一个摄像装置的白平衡参数。

20 20、根据权利要求 12-18 任一项所述的装置，其特征在于，所述第一标定图案为预设的单色图案，所述内部参数包含所述至少一个摄像装置的影晕参数。

25 21、根据权利要求 12-18 任一项所述的装置，其特征在于，所述第一标定图案为预设的包含多种标准颜色的色卡图案，所述内部参数包括所述至少一个摄像装置的色差参数。

22、根据权利要求 12-18 任一项所述的装置，其特征在于，所述第一标定图案为预设的包含不同角度线条的标板图案，所述内部参数包括所述至少一个摄像装置调制传递函数参数。

30 23、一种参数标定装置，其特征在于，包括：存储器和处理器；所述存储器和所述处理器耦合；所述存储器用于存储计算机程序代码，所述计算机程序代码包括计算机指令，当所述处理器执行所述计算机指令时，使所述装置执行如权利要求 1-11 中任一项所述的方法。

35 24、一种参数标定系统，其特征在于，包括：
控制设备，用于生成第一标定图案；
显示屏，耦合至所述控制设备，用于显示所述第一标定图案；
运动装置，用于承载至少一个摄像装置，使所述至少一个摄像装置的视野面向所

述显示屏，所述运动装置耦合至所述控制设备；

所述控制设备，还用于向所述运动装置发送第一指令，所述第一指令用于指示至少一个摄像装置在第一时段内的至少一组位姿参数；

5 所述运动装置，还用于根据所述至少一组位姿参数控制所述至少一个摄像装置的位姿；

所述控制设备，还用于向所述至少一个摄像装置发送第二指令，所述第二指令用于指示所述至少一个摄像装置在第一时段内的拍摄时机和拍摄次数中的至少一个；以及，

获取来自所述至少一个摄像装置的至少一个拍摄结果；以及，

10 根据所述至少一个拍摄结果中的部分或者全部拍摄结果，确定所述至少一个摄像装置的至少一个内部参数，所述部分或者全部摄像结果中的任意摄像结果包含所述第一标定图案的部分或者全部图案。

15 25、一种计算机存储介质，其特征在于，包括计算机指令，当所述计算机指令在控制设备上运行时，使得所述控制设备执行如权利要求 1-11 中任一项所述的方法。

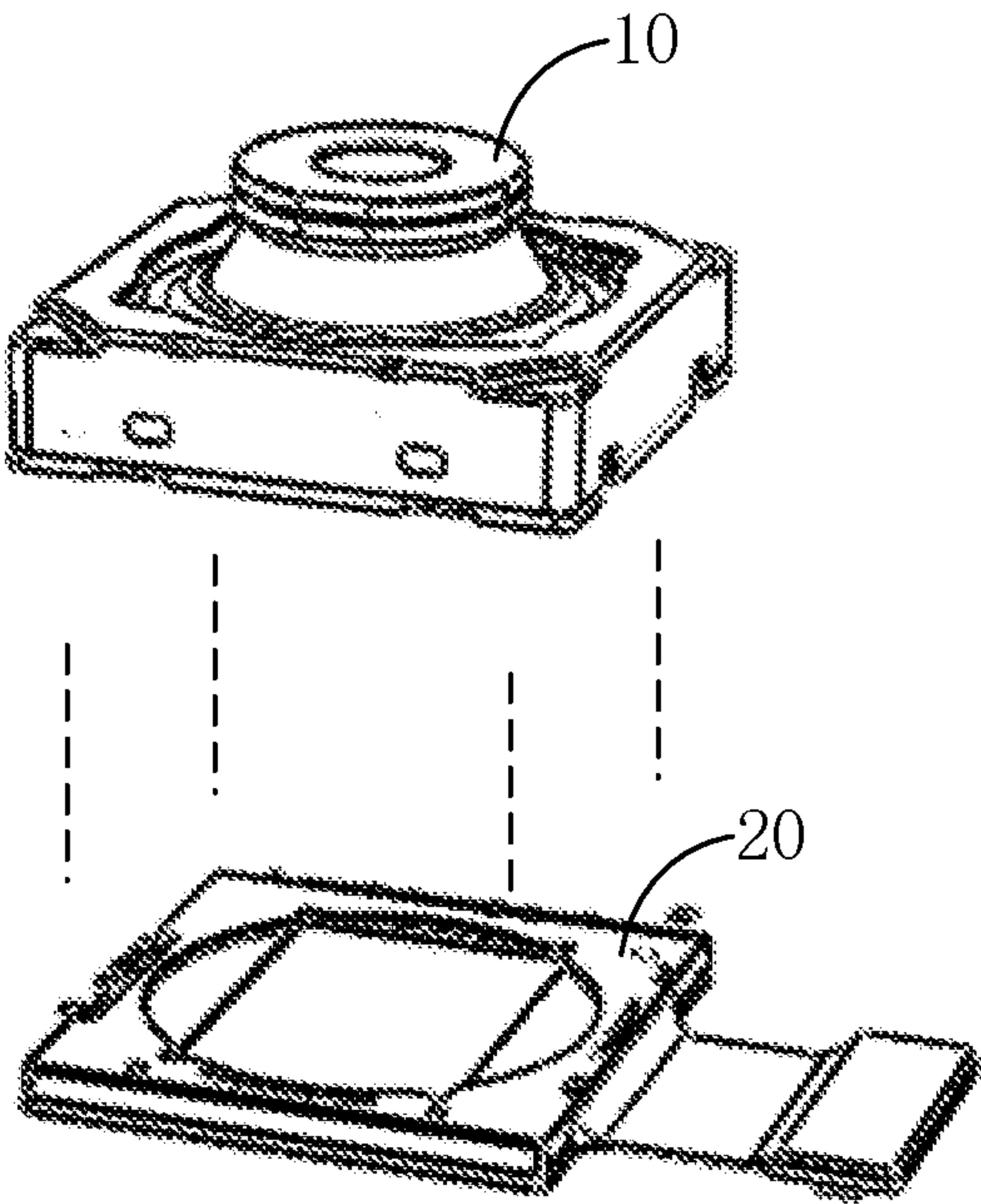
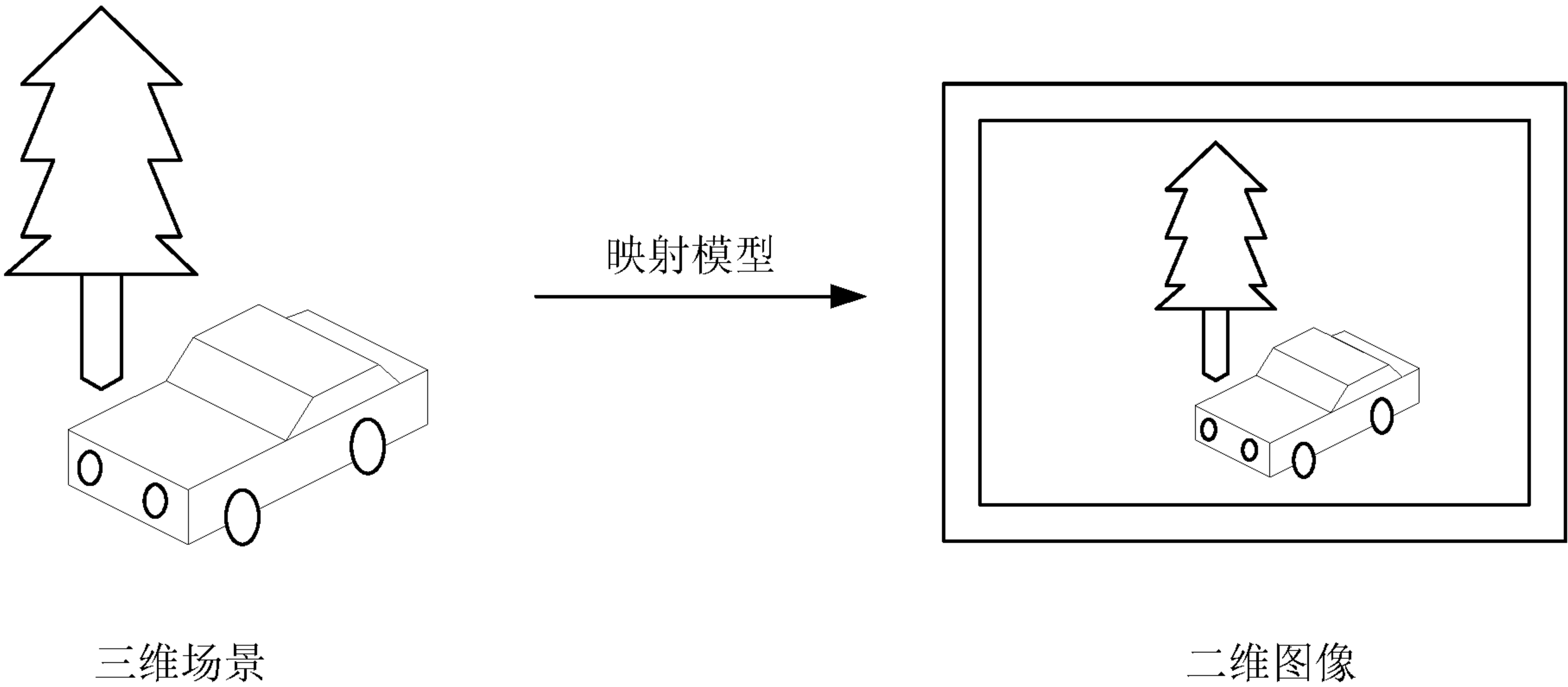


图 1



三维场景

二维图像

图 2

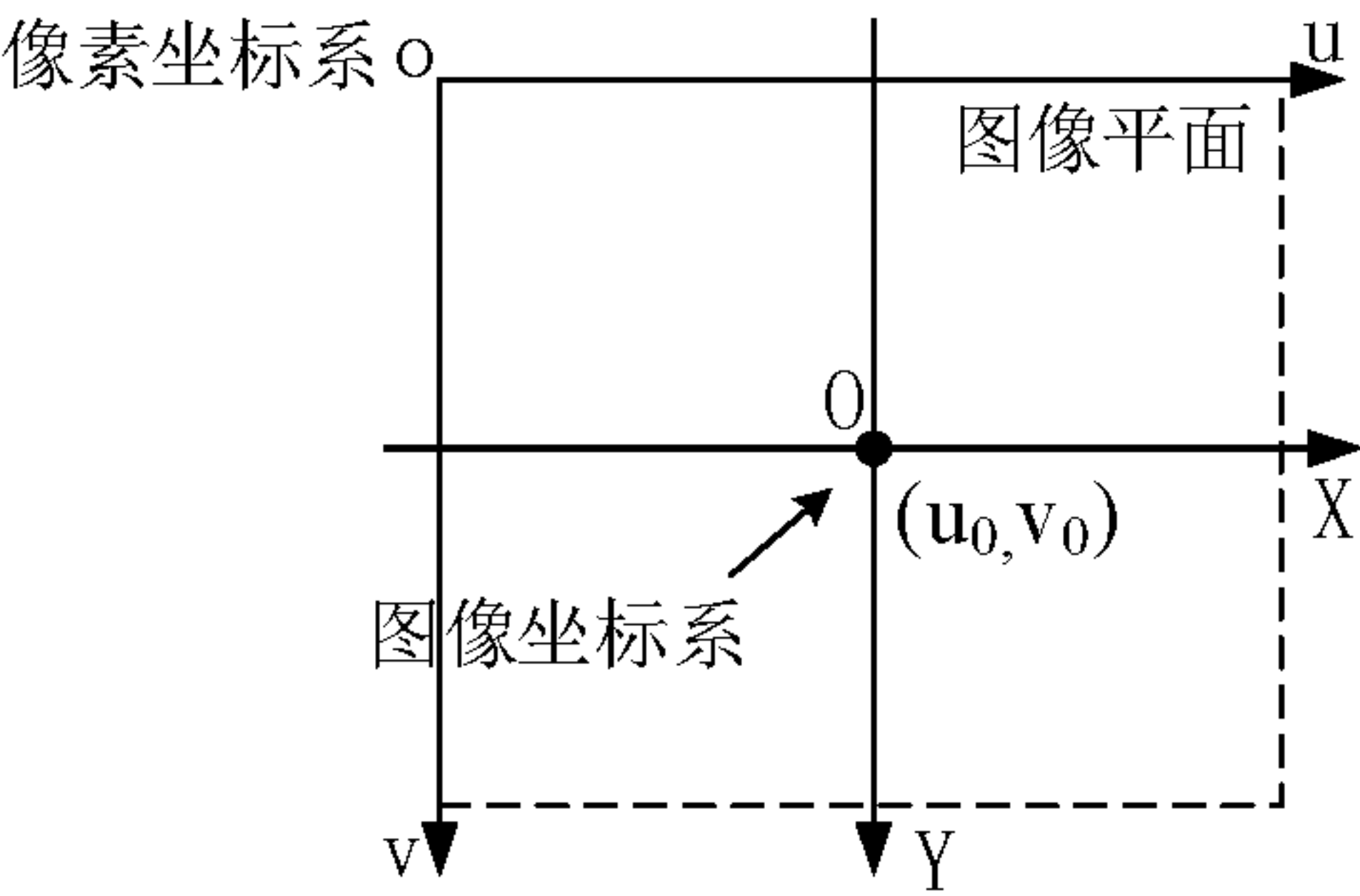
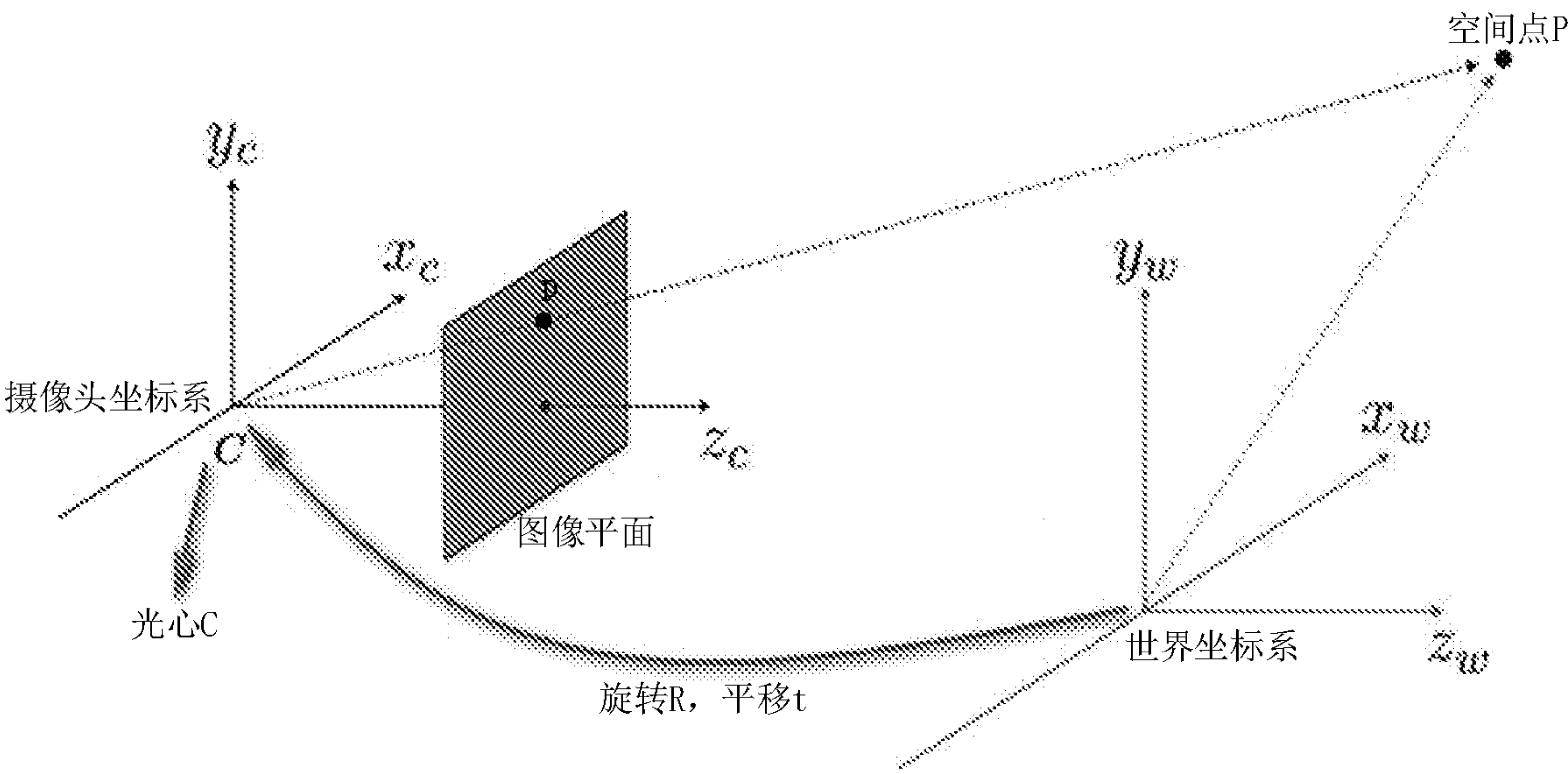


图 3

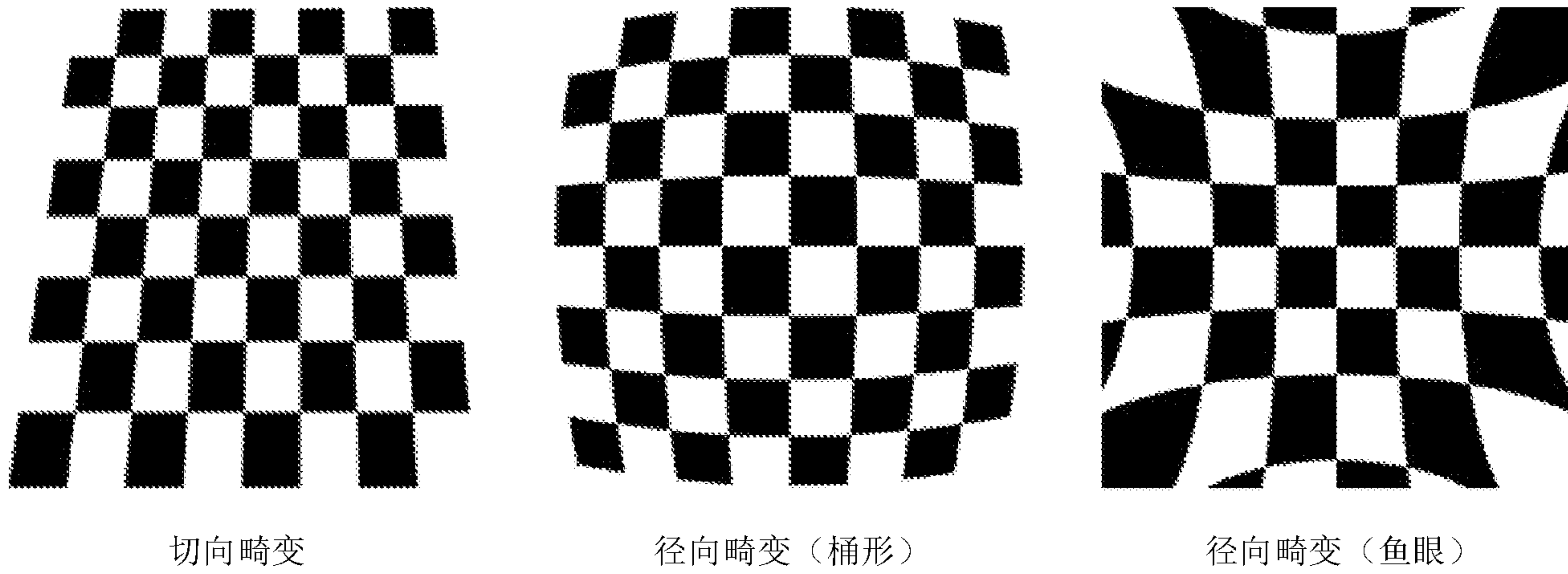


图 4

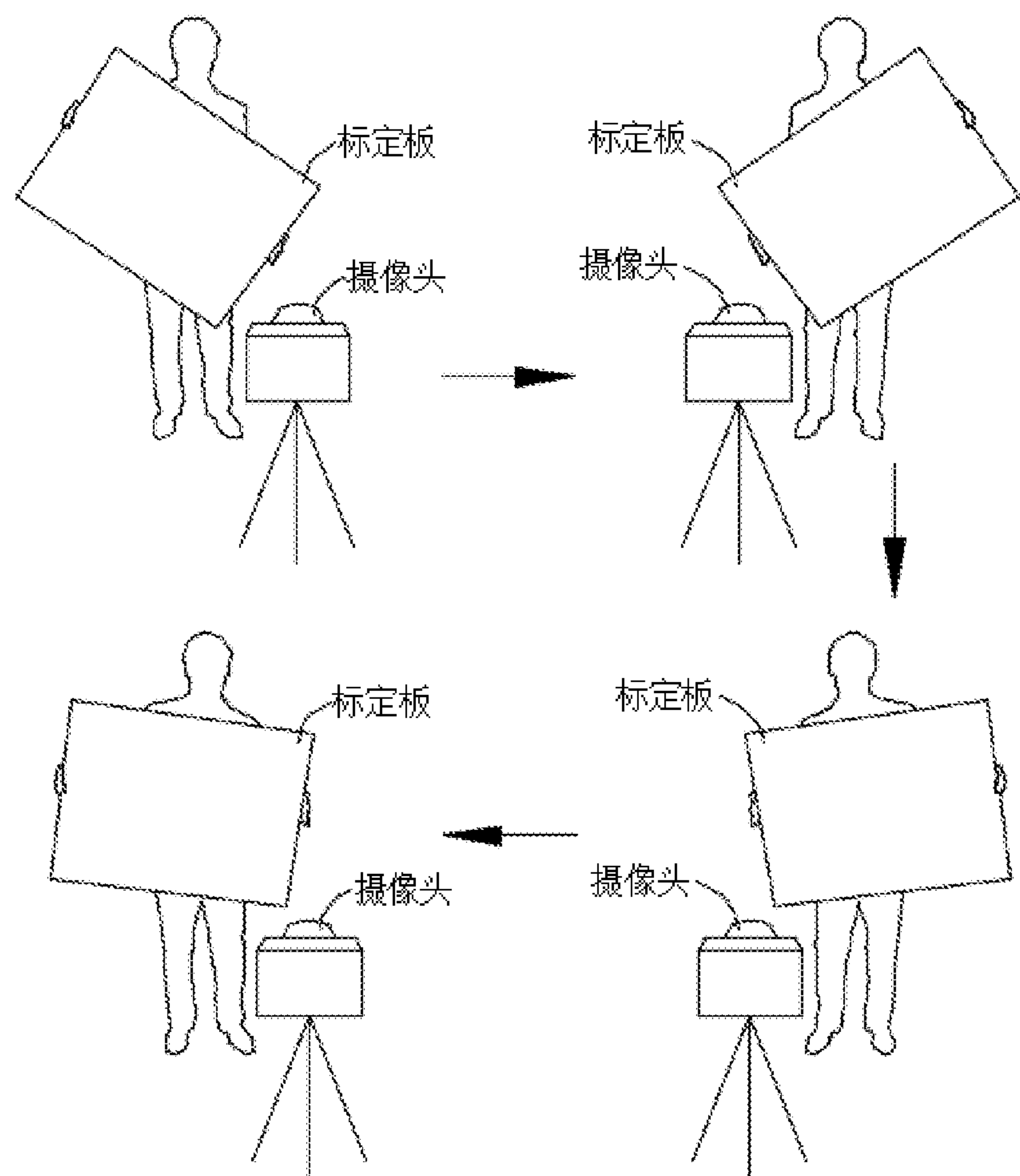


图 5

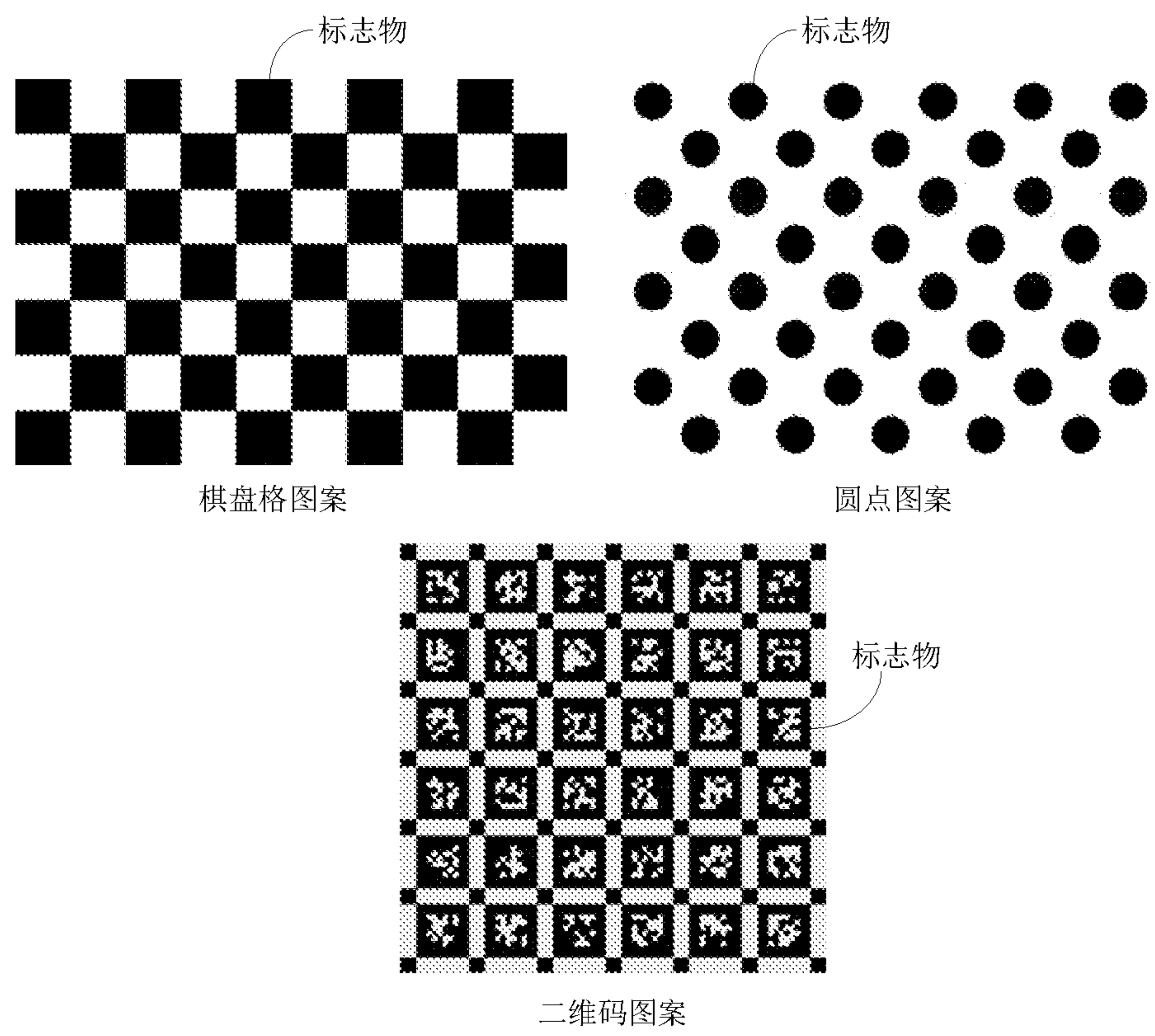


图 6

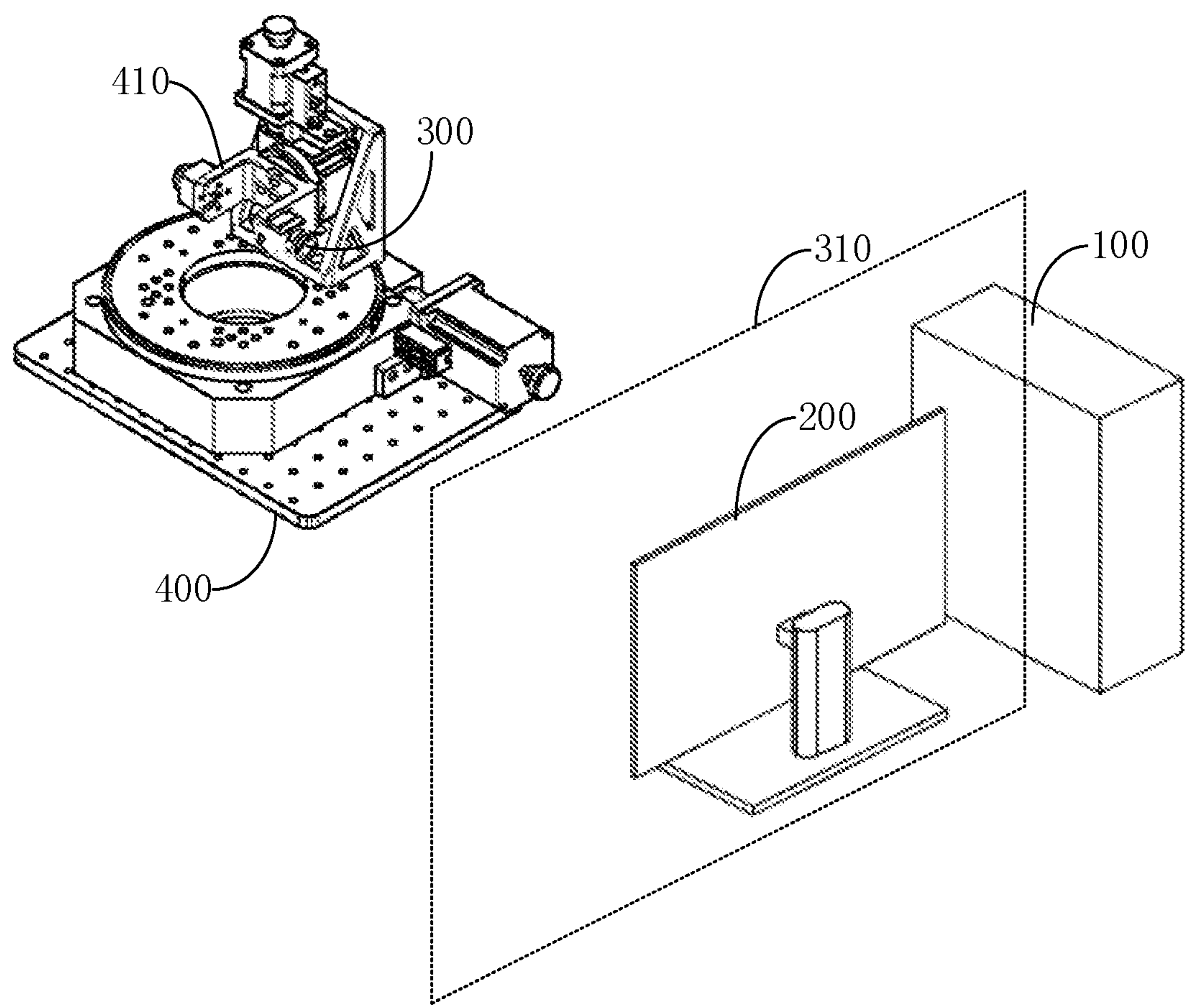


图 7

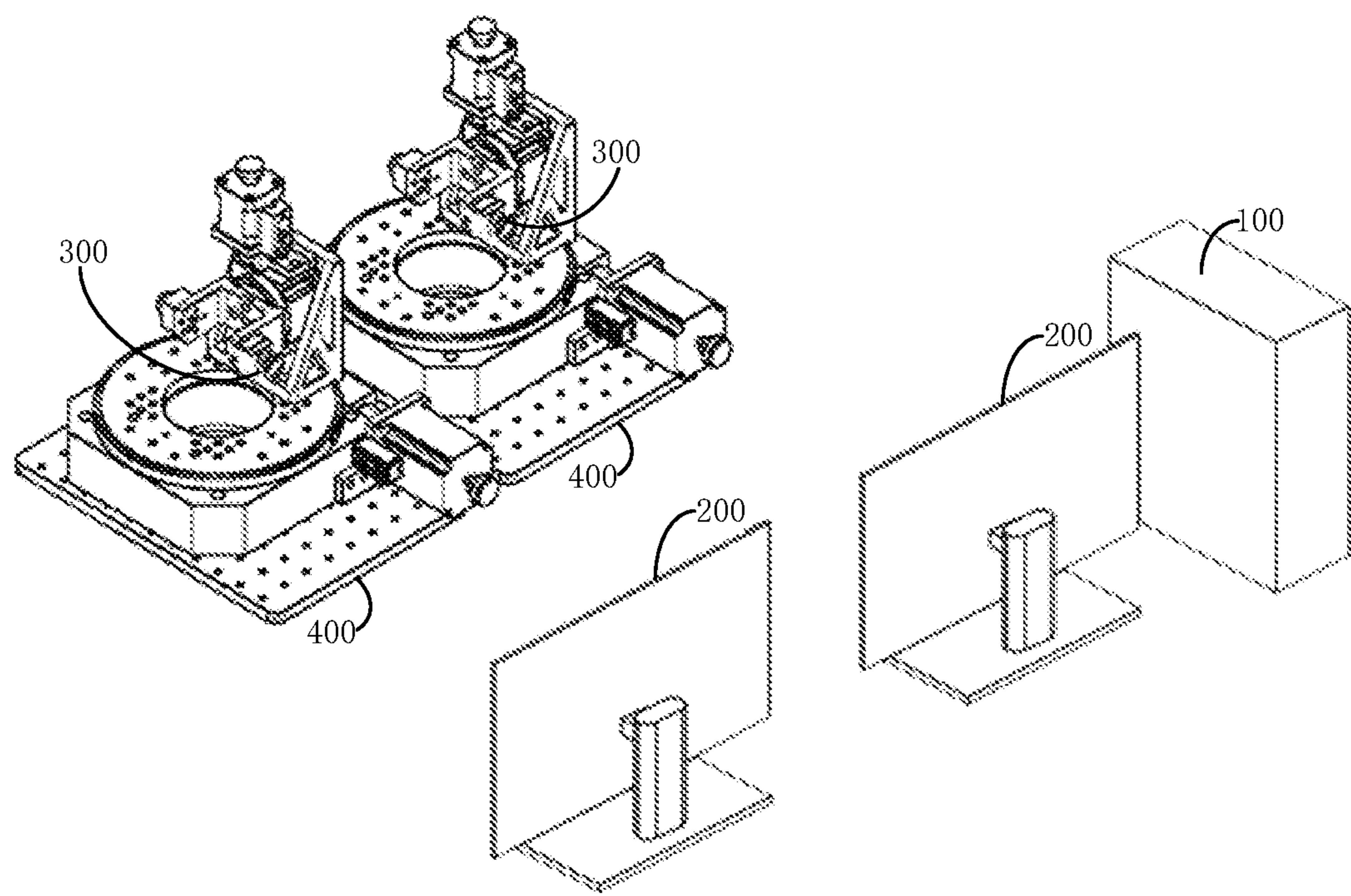


图 8

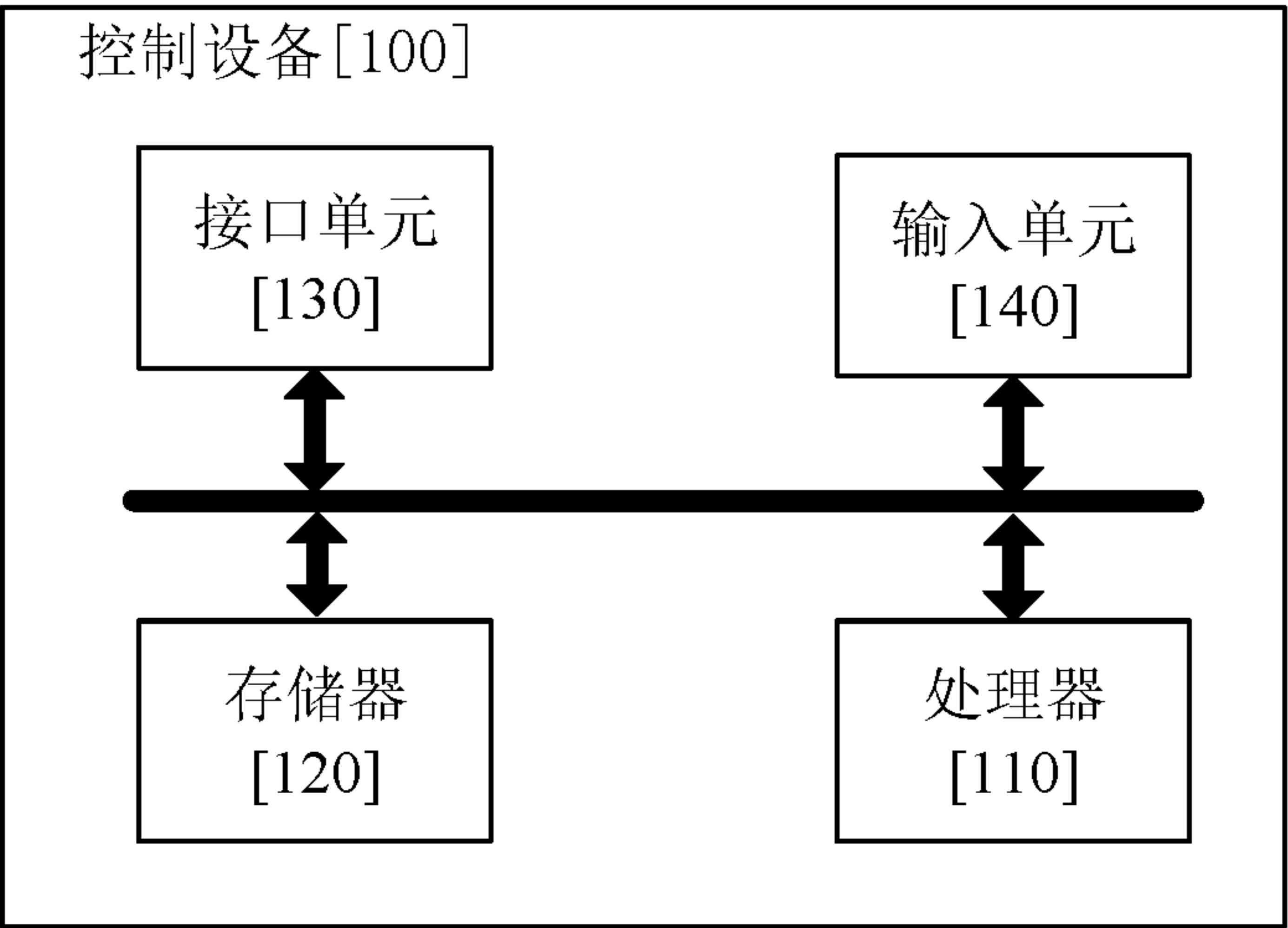


图 9

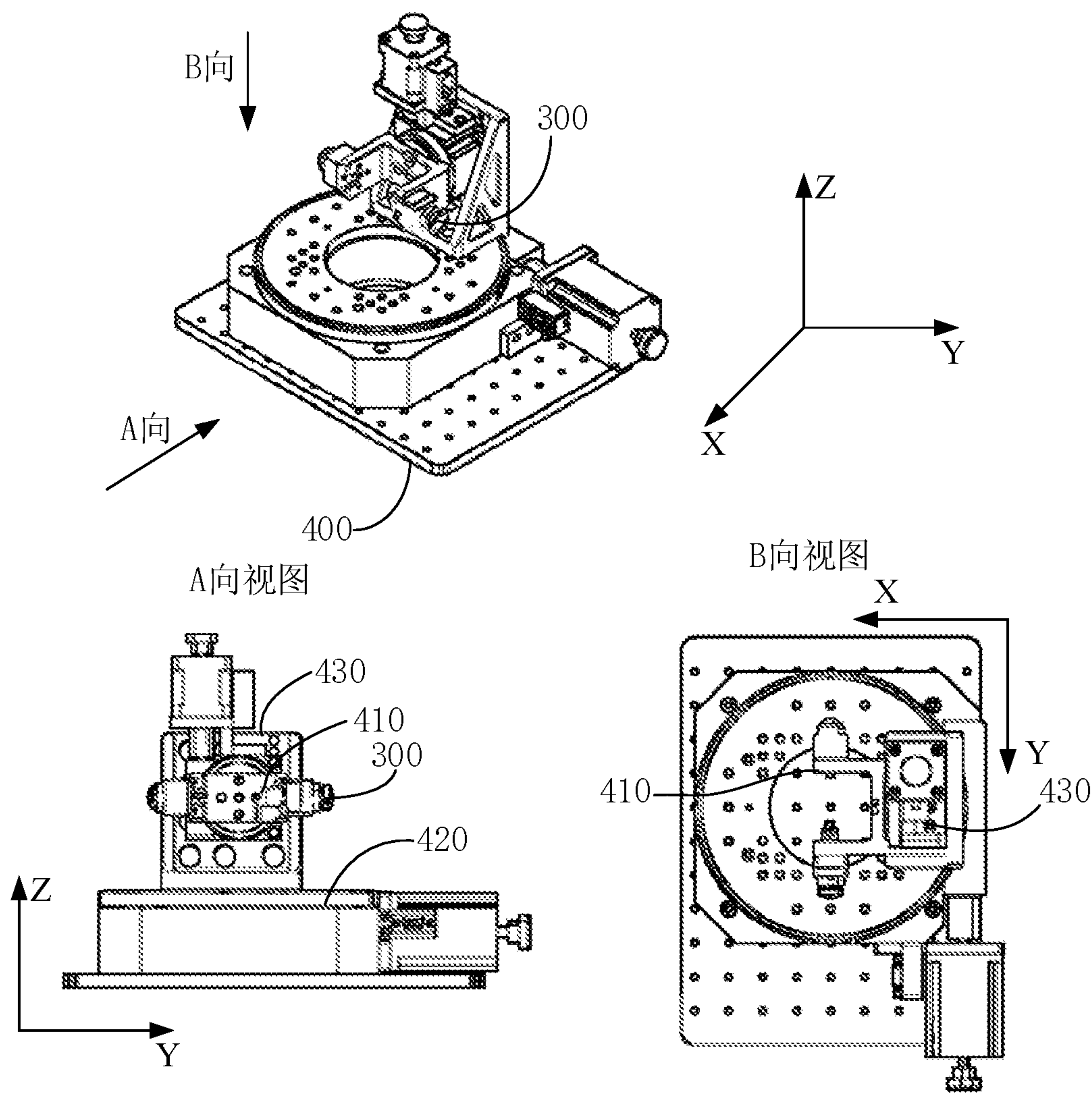


图 10

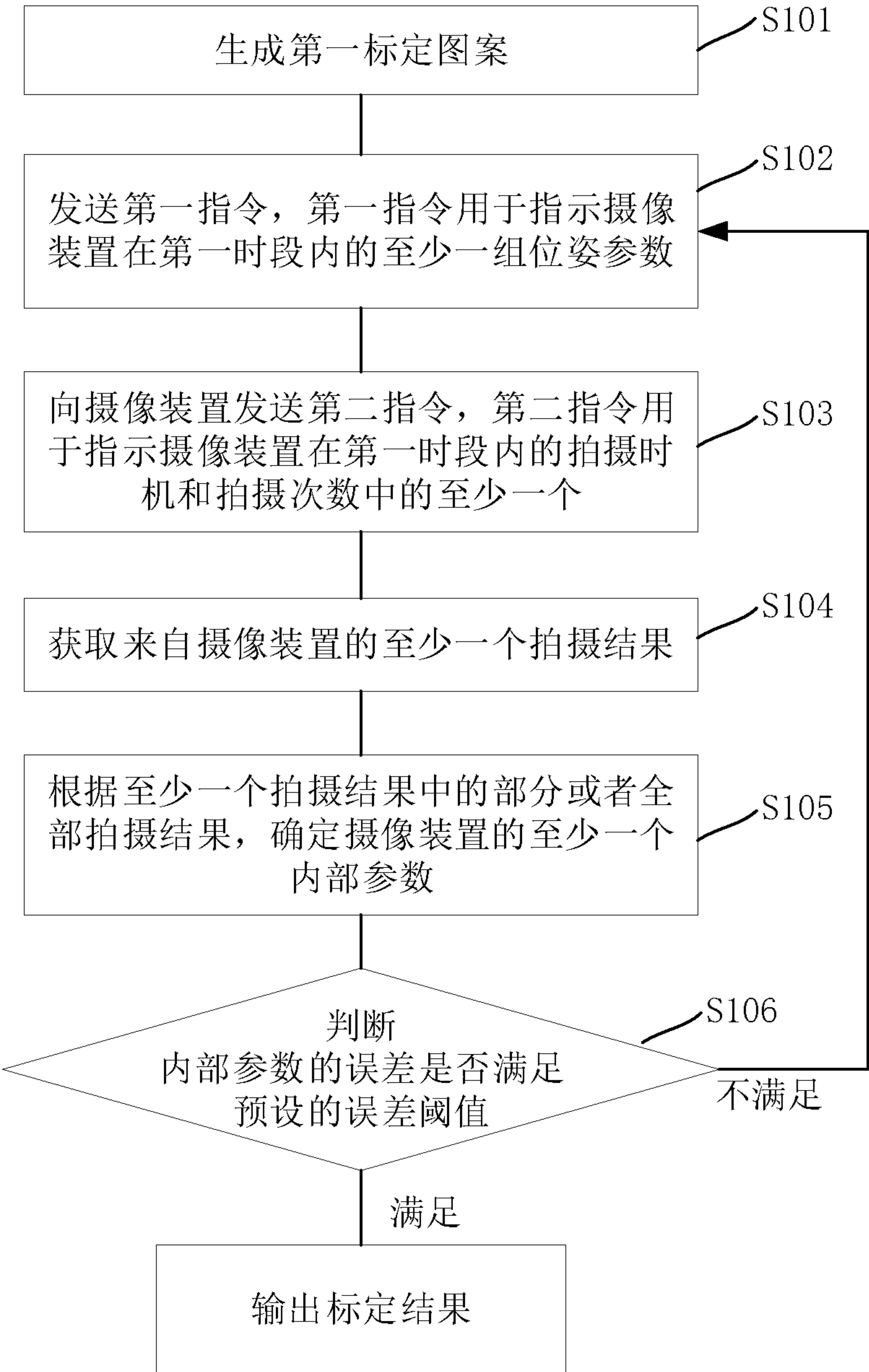


图 11

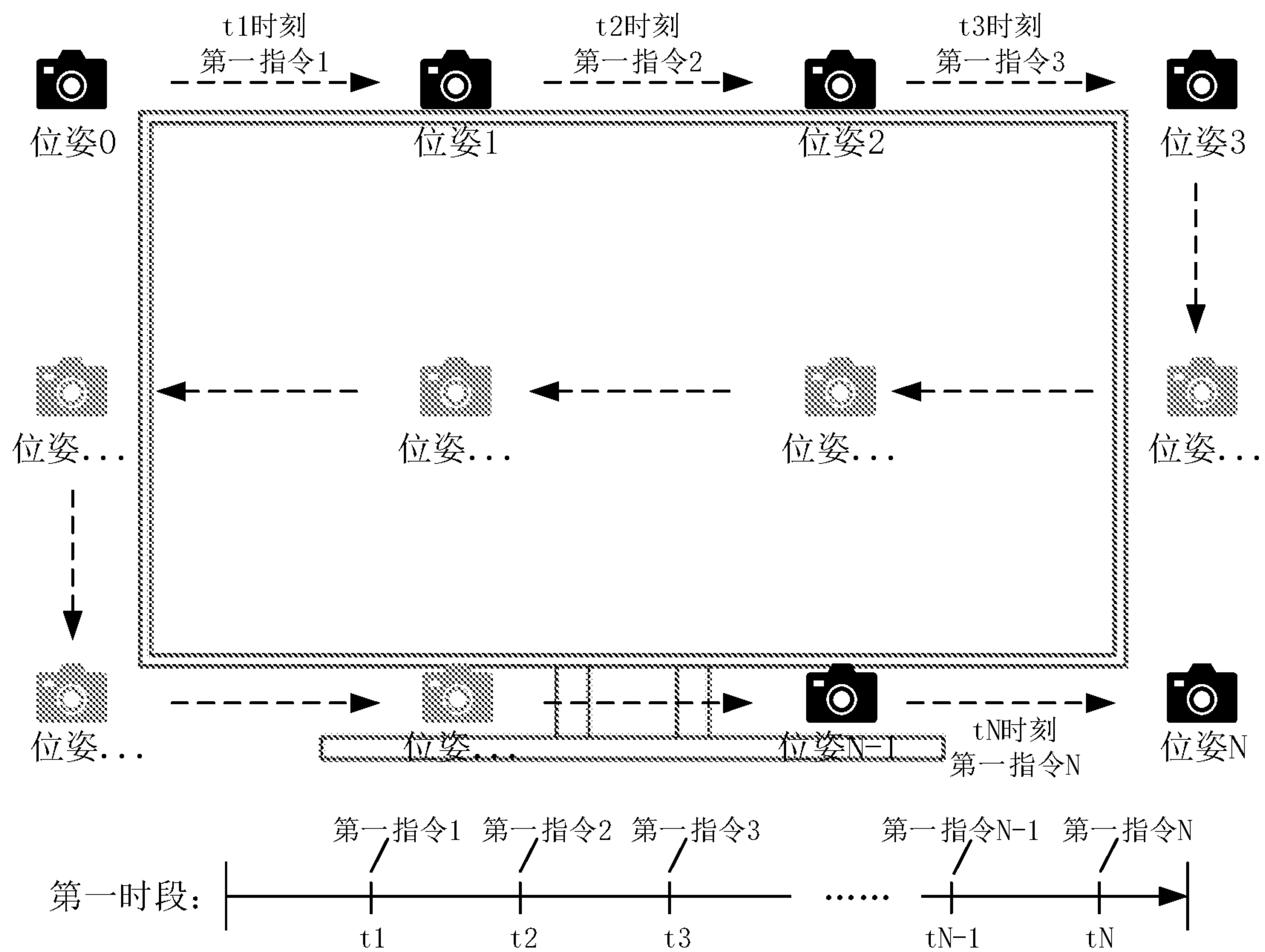


图 12

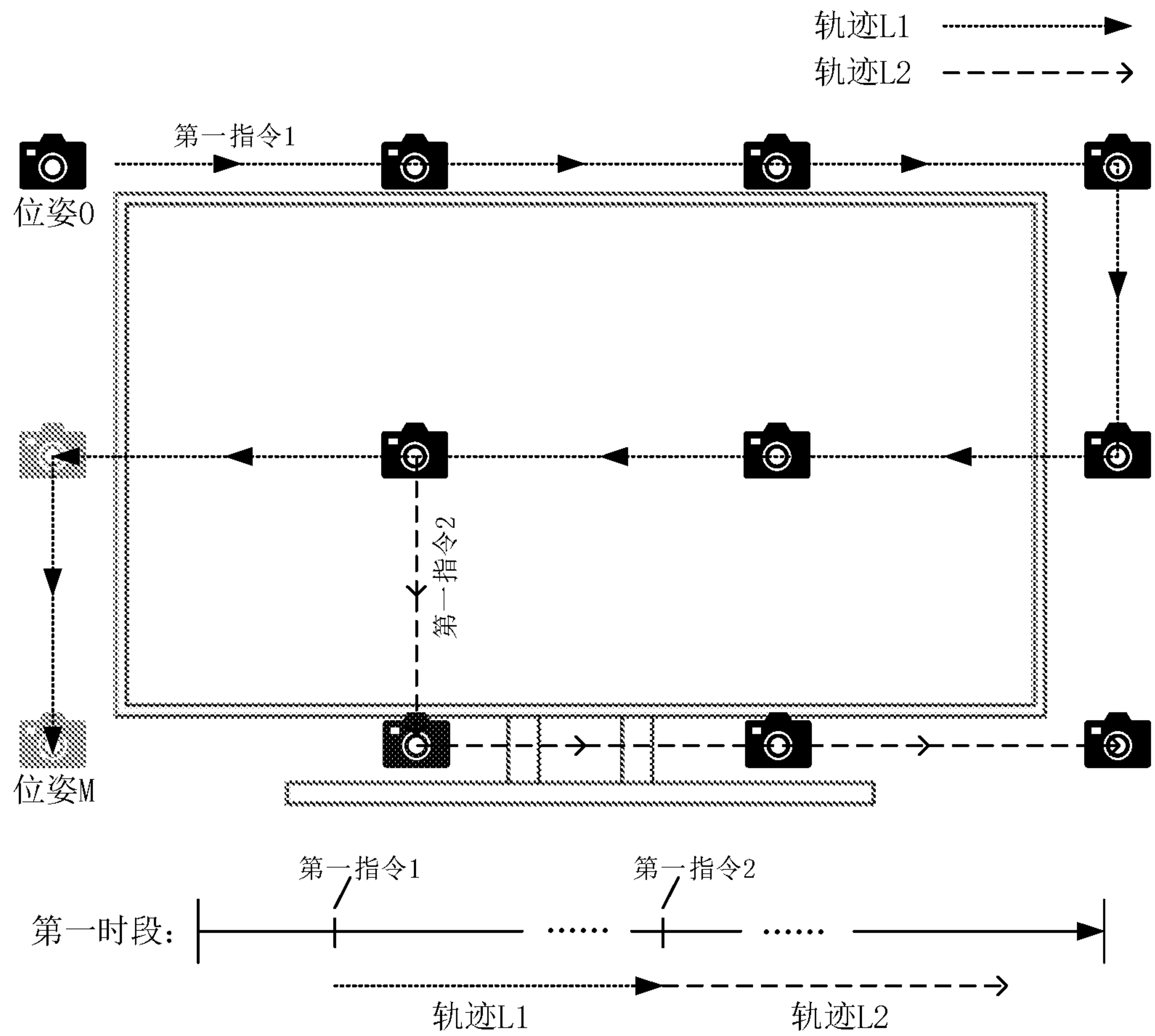


图 13

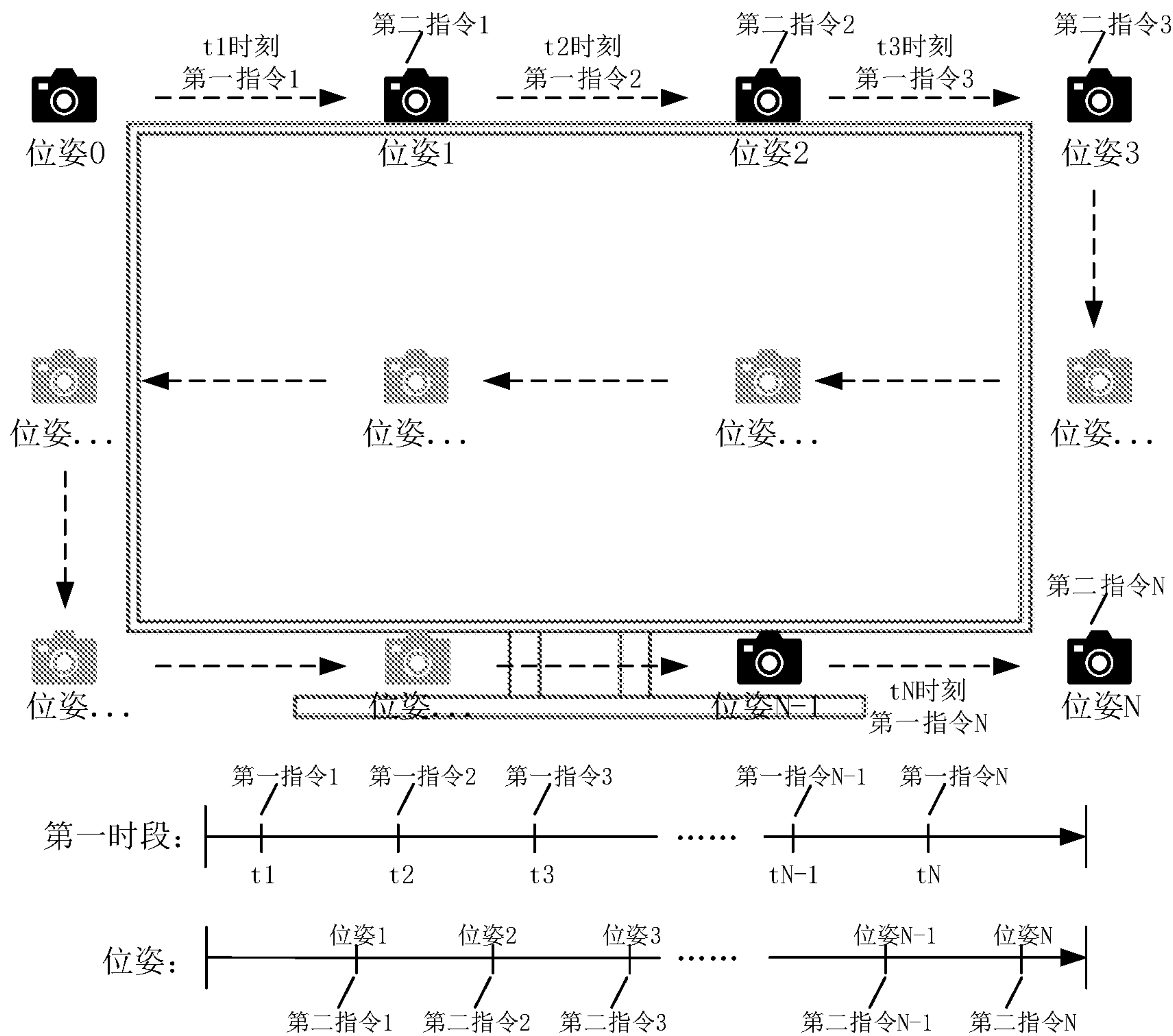


图 14

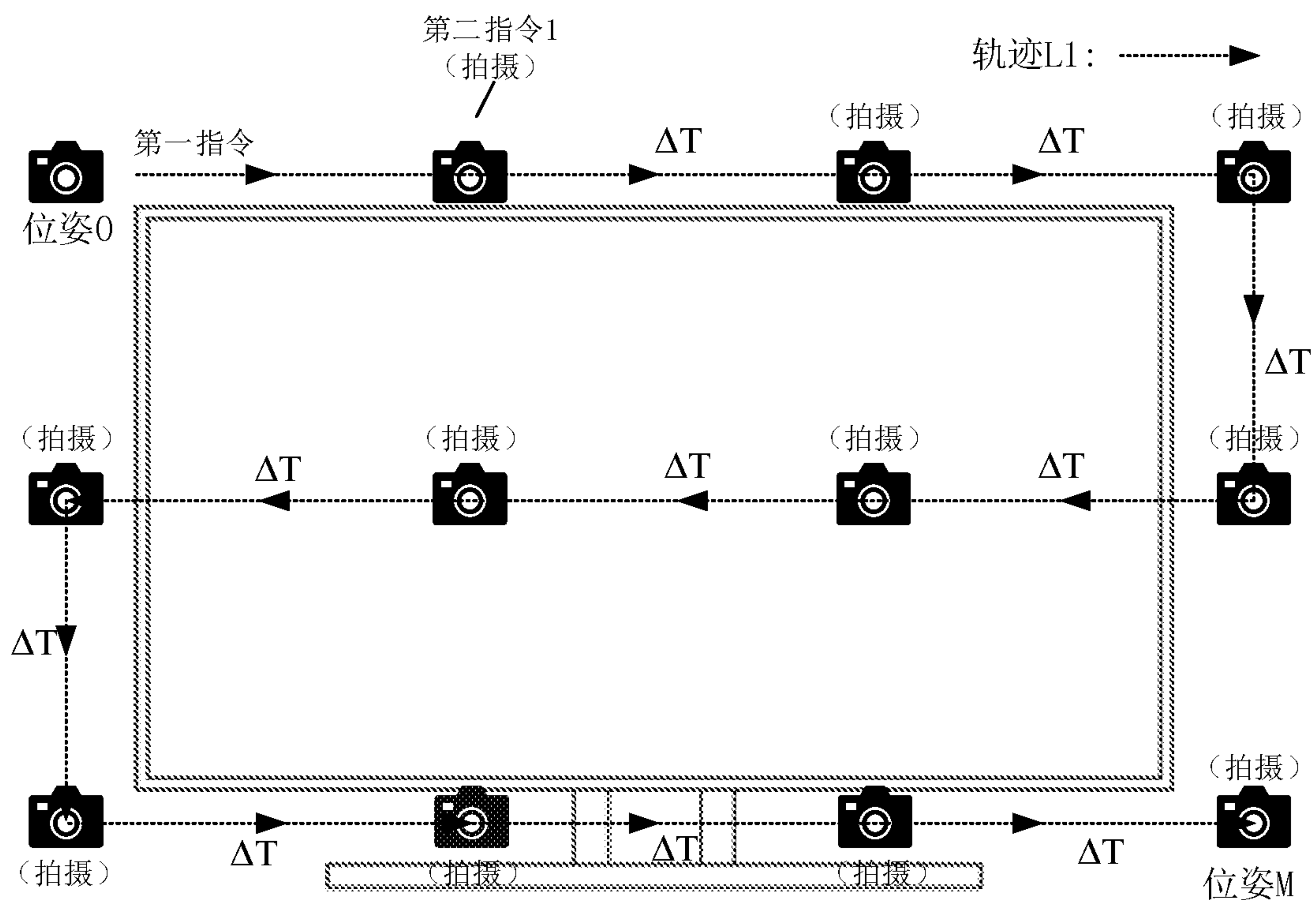


图 15

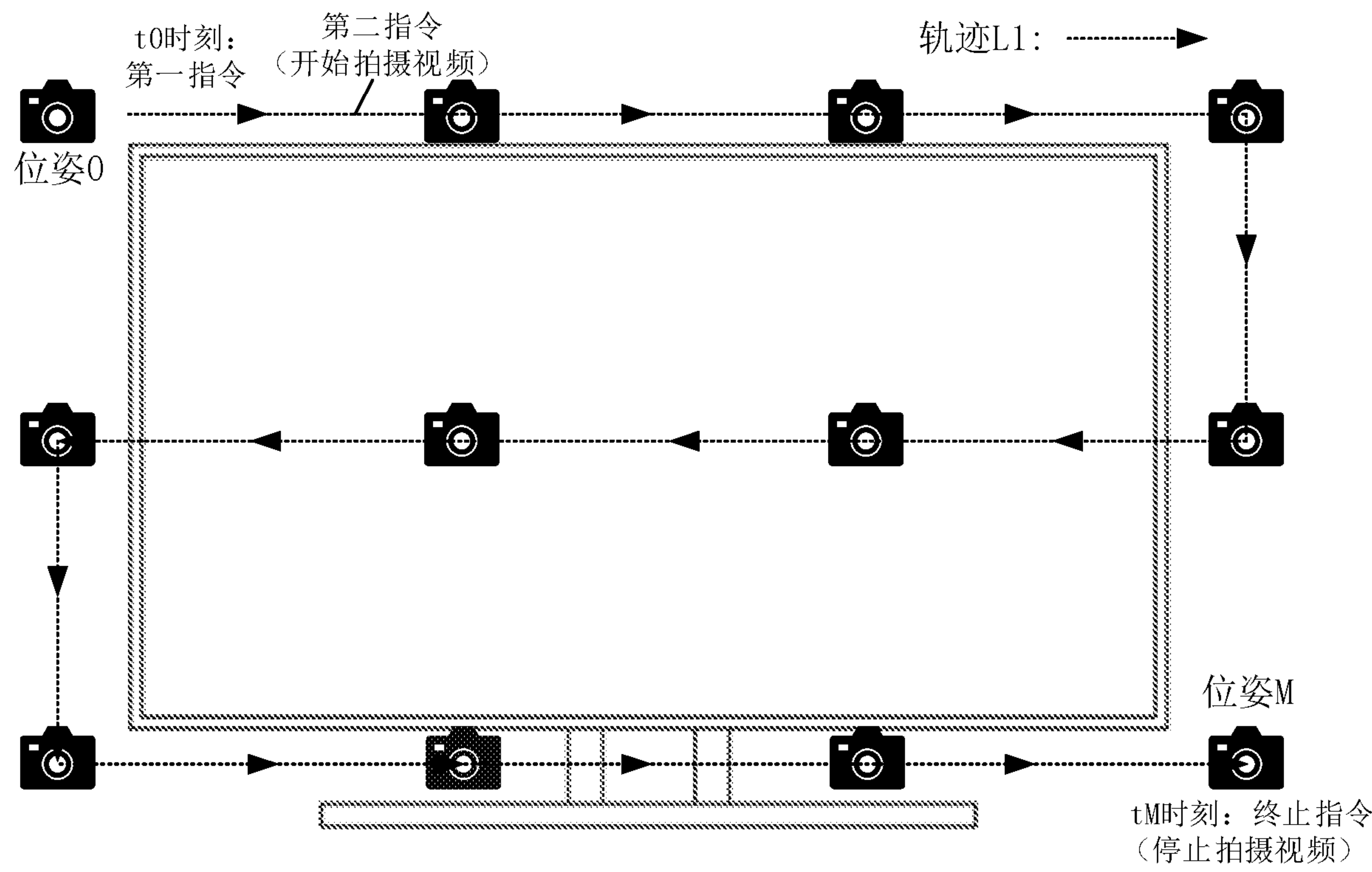


图 16

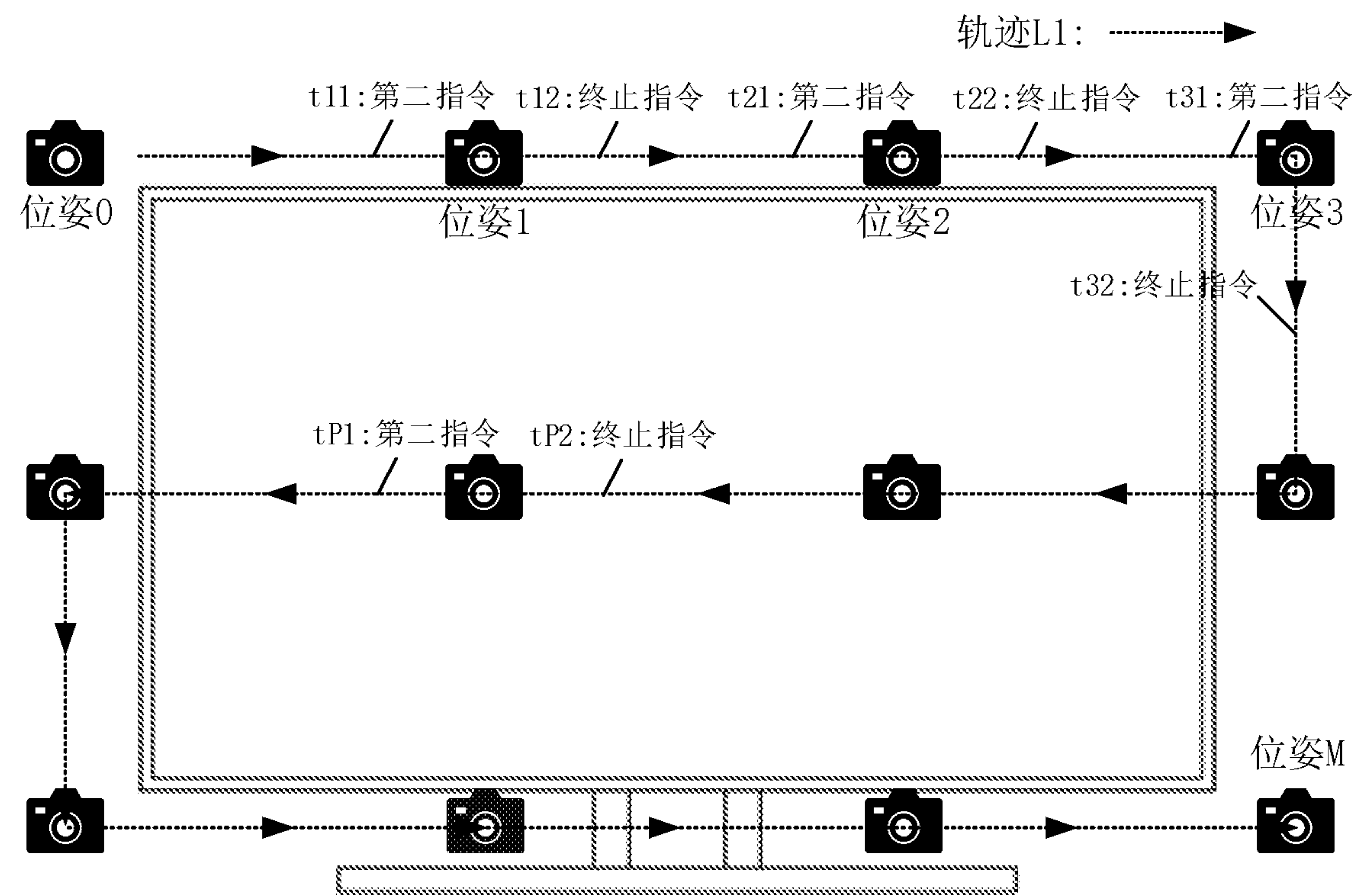


图 17

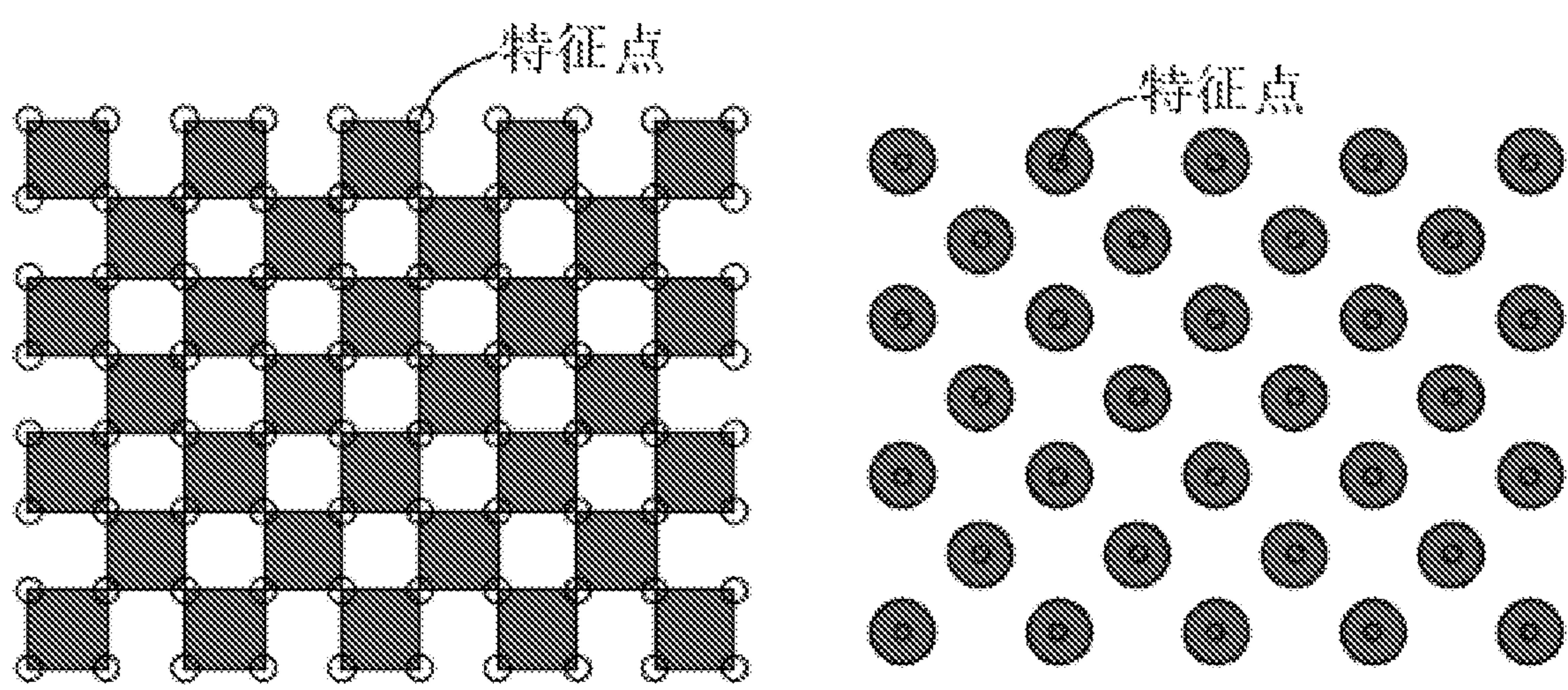


图 18

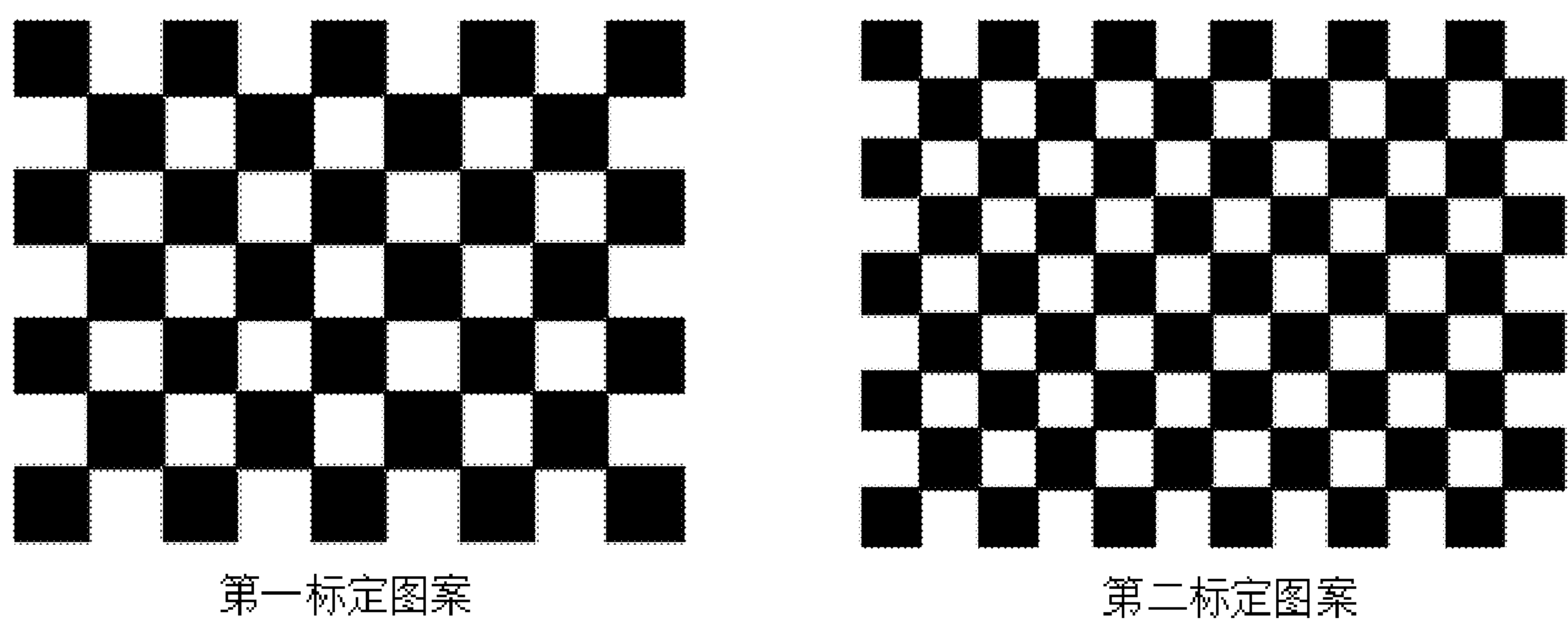


图 19

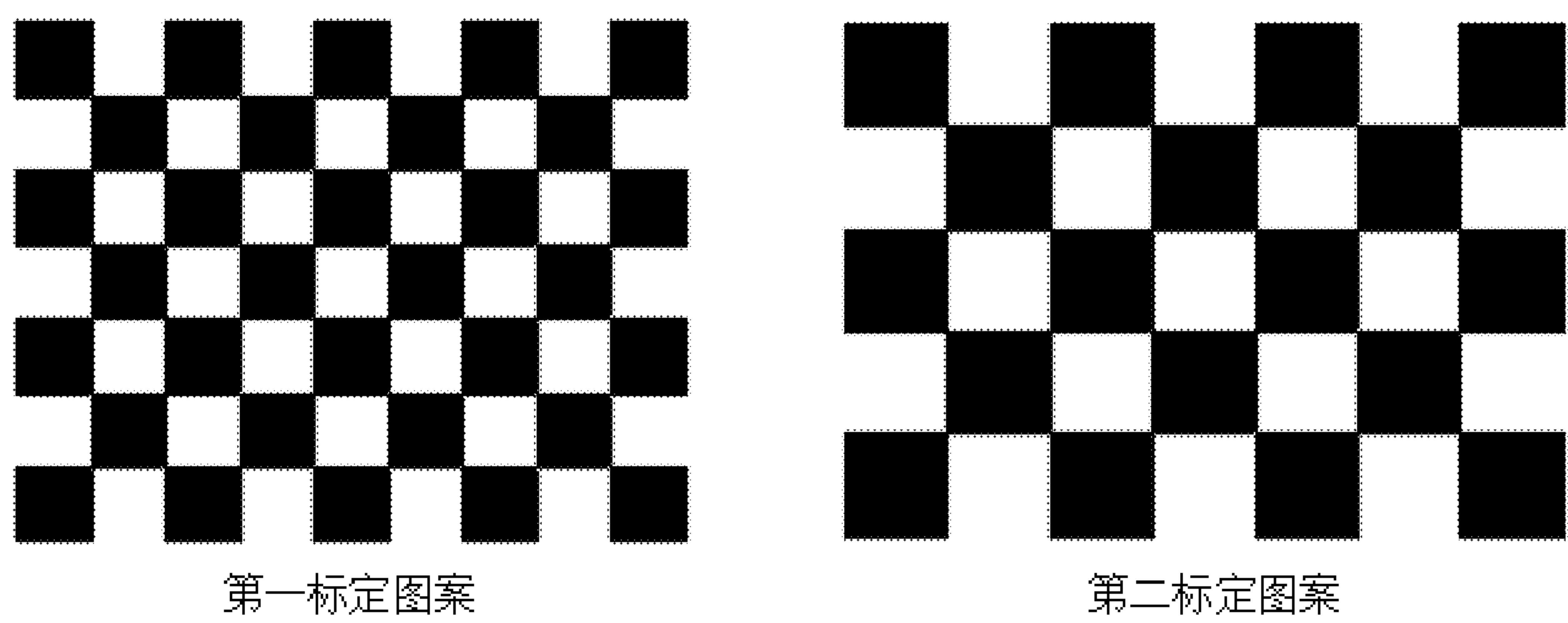
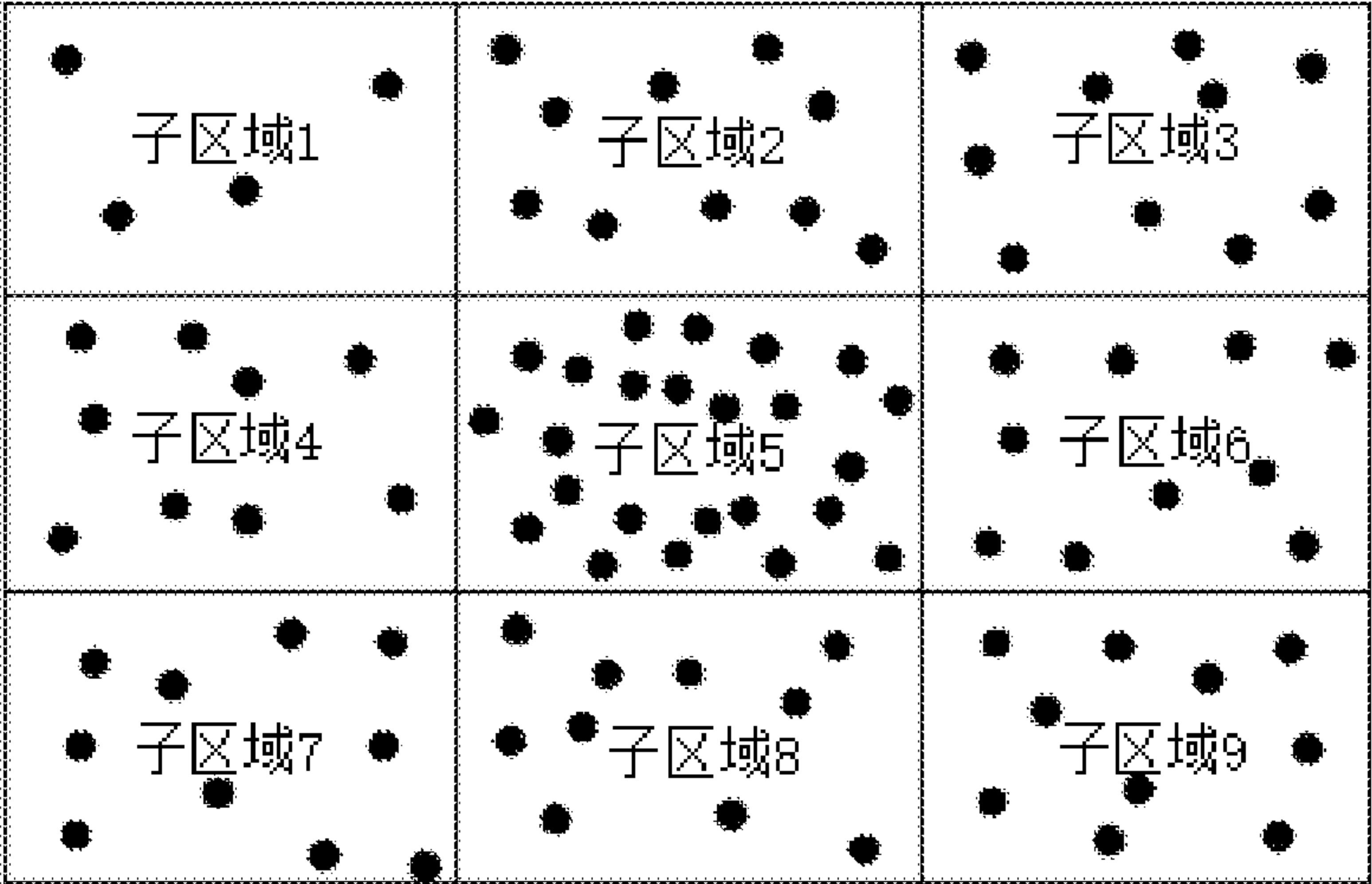
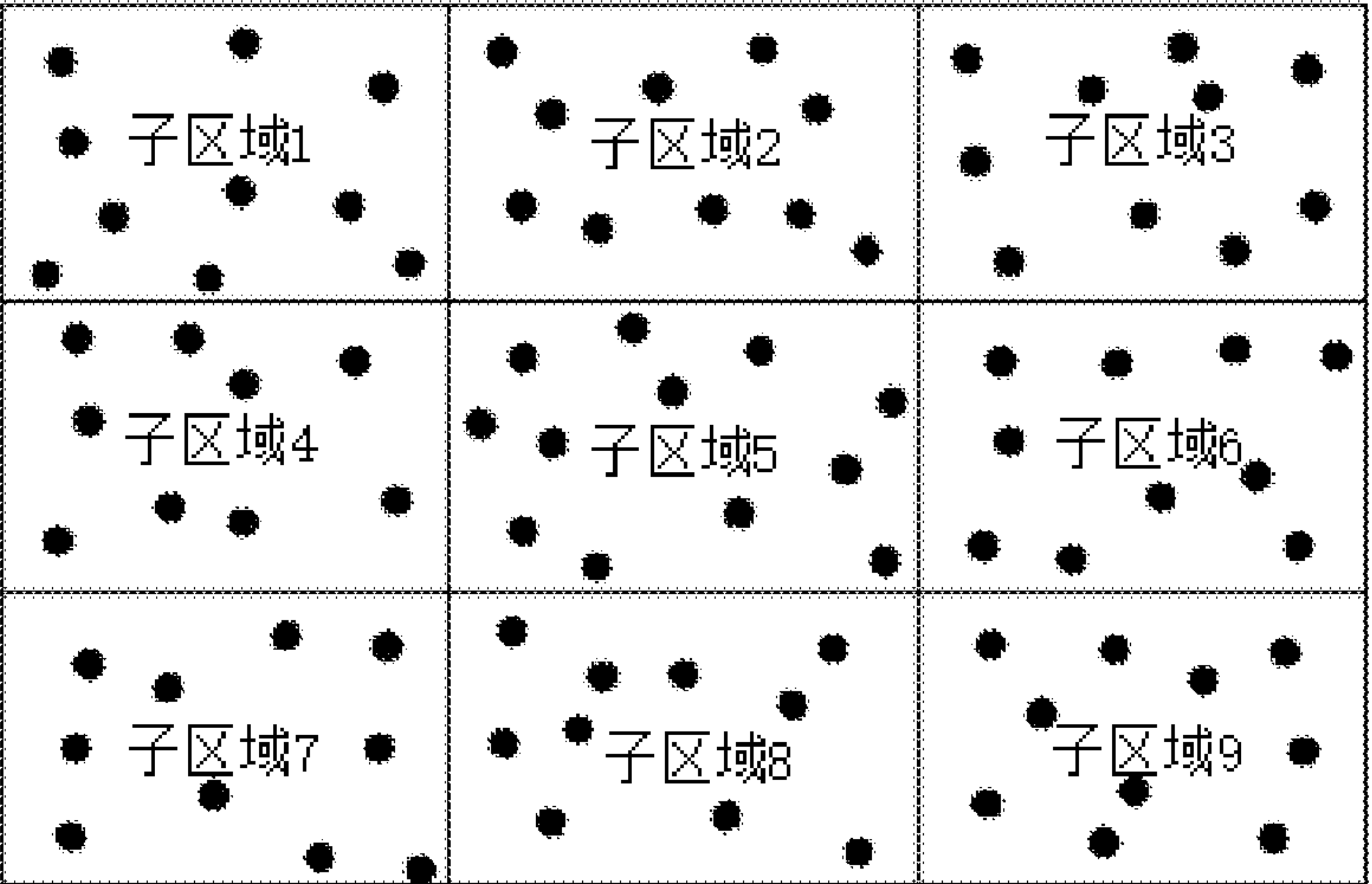


图 20

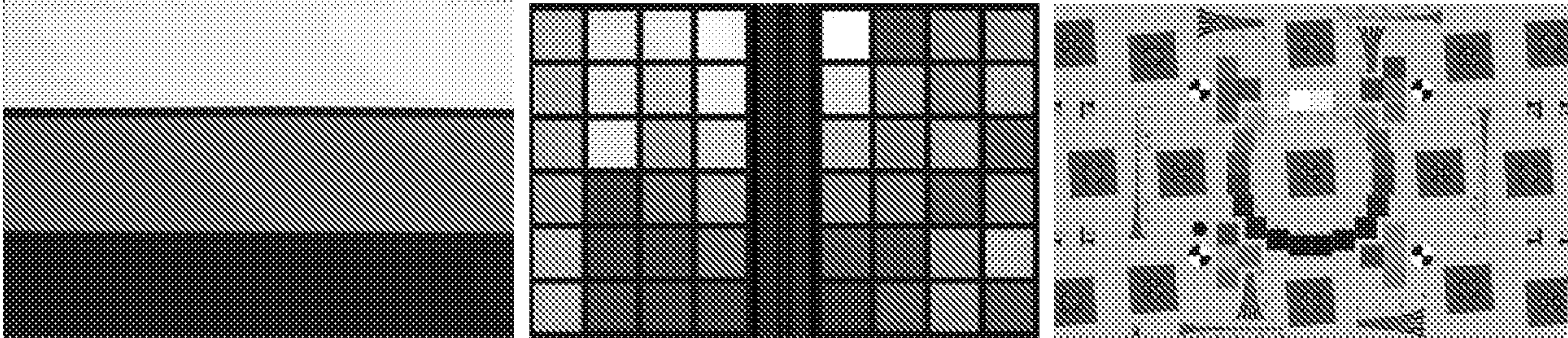


特征点调整前



特征点调整后

图 21



灰度板

标准颜色

色条

图 22

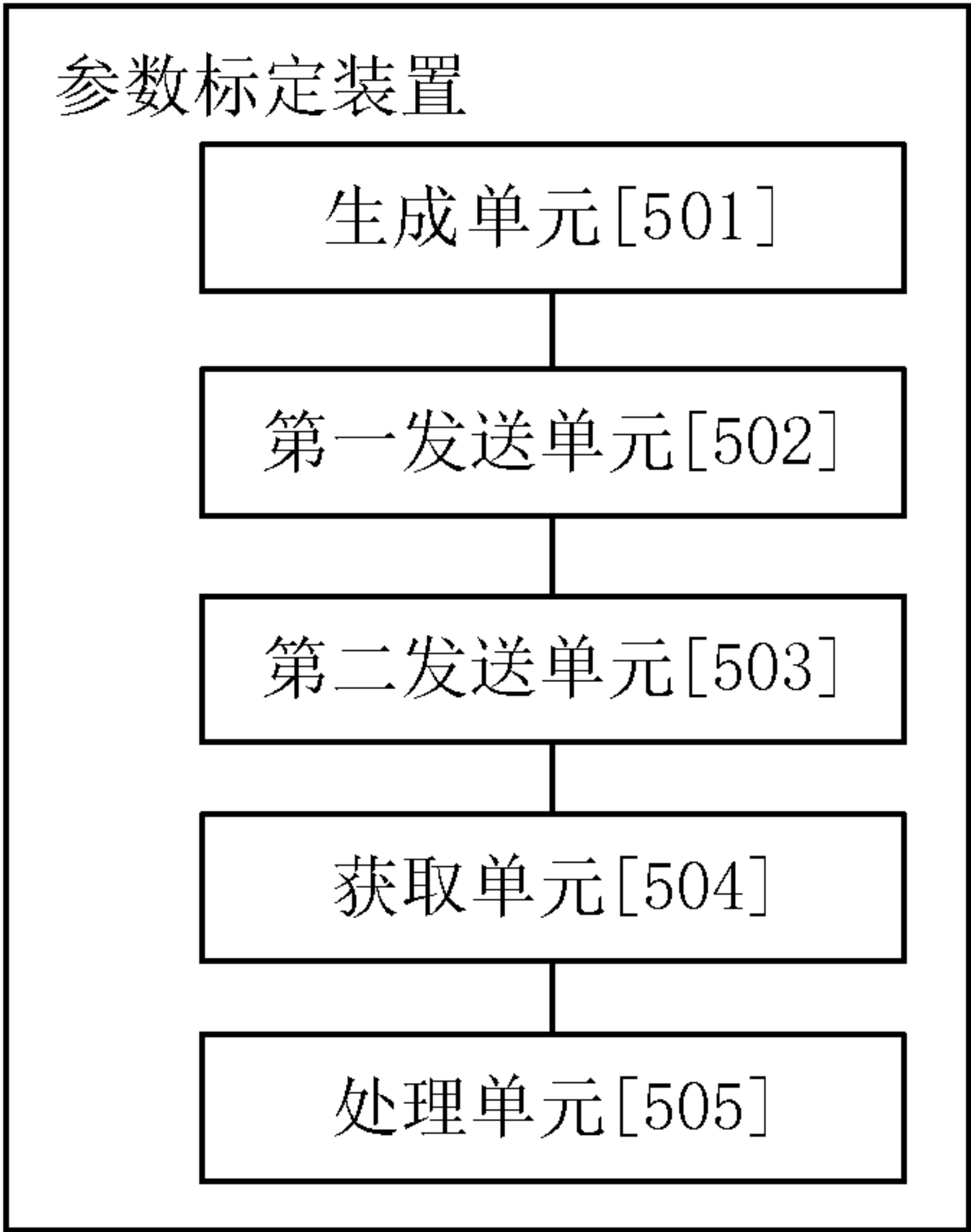


图 23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/129932

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/80(2017.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T 7/-

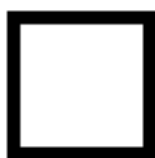
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 华为, 陈亦伦, 李涵, 摄像 OR 相机 OR CCD, 标定, 内部参数 OR 内参, (位姿 OR 姿态 OR 位置 OR 角度) 4d 改变, 转动 OR 移动 OR 平移, 生成 4d (图案 OR 图片 OR 图像); carama?, CCD, calibrat+, intrinsic 2d parameter?, rotat+, moving OR movable, image

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106887023 A (CHENGDU TOPPLUSVISION SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.) 23 June 2017 (2017-06-23) description paragraphs [0077]-[0119], [0168]-[0182], figures 2-4, 6	1-25
A	CN 101998136 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 30 March 2011 (2011-03-30) entire document	1-25
A	CN 101527040 A (SHENZHEN HUAWEI COMMUNICATION TECHNOLOGIES CO., LTD.) 09 September 2009 (2009-09-09) entire document	1-25
A	CN 109416744 A (MAGIC LEAP INC.) 01 March 2019 (2019-03-01) entire document	1-25
A	CN 108942934 A (GREE ELECTRIC APPLIANCES, INC. OF ZHUHAI) 07 December 2018 (2018-12-07) entire document	1-25
A	US 2010302366 A1 (ZHAO, Bingyan et al.) 02 December 2010 (2010-12-02) entire document	1-25



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

02 September 2020

Date of mailing of the international search report

27 September 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/129932

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106887023	A	23 June 2017	None			
CN	101998136	A	30 March 2011	CN	101998136	B	16 January 2013
CN	101527040	A	09 September 2009	US	8416314	B2	09 April 2013
				EP	2252088	A1	17 November 2010
				WO	2009109125	A1	11 September 2009
				CN	101527040	B	19 December 2012
				US	2010315512	A1	16 December 2010
CN	109416744	A	01 March 2019	US	2017374360	A1	28 December 2017
				WO	2018005561	A1	04 January 2018
				US	10547833	B2	28 January 2020
				JP	2019530261	A	17 October 2019
				KR	20190021342	A	05 March 2019
				US	2020128235	A1	23 April 2020
CN	108942934	A	07 December 2018	None			
US	2010302366	A1	02 December 2010	JP	5606786	B2	15 October 2014
				DE	102010029110	A1	02 December 2010
				JP	2010276603	A	09 December 2010
				US	8310539	B2	13 November 2012

国际检索报告		国际申请号 PCT/CN2019/129932
A. 主题的分类 G06T 7/80(2017.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G06T 7/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC:华为, 陈亦伦, 李涵, 摄像 OR 相机 OR CCD, 标定, 内部参数 OR 内参, (位姿 OR 姿态 OR 位置 OR 角度) 4d 改变, 转动 OR 移动 OR 平移, 生成 4d (图案 OR 图片 OR 图像); carama?, CCD, calibrat+, intrinsic 2d parameter?, rotat+, moving OR movable, image		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 106887023 A (成都通甲优博科技有限责任公司) 2017年 6月 23日 (2017 - 06 - 23) 说明书第[0077]-[0119]、[0168]-[0182]段, 图2-4、6	1-25
A	CN 101998136 A (华为技术有限公司) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 全文	1-25
A	CN 101527040 A (深圳华为通信技术有限公司) 2009年 9月 9日 (2009 - 09 - 09) 全文	1-25
A	CN 109416744 A (奇跃公司) 2019年 3月 1日 (2019 - 03 - 01) 全文	1-25
A	CN 108942934 A (珠海格力电器股份有限公司) 2018年 12月 7日 (2018 - 12 - 07) 全文	1-25
A	US 2010302366 A1 (ZHAO, Bingyan 等) 2010年 12月 2日 (2010 - 12 - 02) 全文	1-25
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2020年 9月 2日		国际检索报告邮寄日期 2020年 9月 27日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 尹眉 电话号码 86-(10)-53962626

国际检索报告 关于同族专利的信息				国际申请号 PCT/CN2019/129932			
检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	106887023	A	2017年 6月 23日	无			
CN	101998136	A	2011年 3月 30日	CN	101998136	B	2013年 1月 16日
CN	101527040	A	2009年 9月 9日	US	8416314	B2	2013年 4月 9日
				EP	2252088	A1	2010年 11月 17日
				WO	2009109125	A1	2009年 9月 11日
				CN	101527040	B	2012年 12月 19日
				US	2010315512	A1	2010年 12月 16日
CN	109416744	A	2019年 3月 1日	US	2017374360	A1	2017年 12月 28日
				WO	2018005561	A1	2018年 1月 4日
				US	10547833	B2	2020年 1月 28日
				JP	2019530261	A	2019年 10月 17日
				KR	20190021342	A	2019年 3月 5日
				US	2020128235	A1	2020年 4月 23日
CN	108942934	A	2018年 12月 7日	无			
US	2010302366	A1	2010年 12月 2日	JP	5606786	B2	2014年 10月 15日
				DE	102010029110	A1	2010年 12月 2日
				JP	2010276603	A	2010年 12月 9日
				US	8310539	B2	2012年 11月 13日