

(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
2024 年 6 月 20 日 (20.06.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/124653 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06T 17/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/072122
- (22) 国际申请日: 2023 年 1 月 13 日 (13.01.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202211599959.2 2022 年 12 月 14 日 (14.12.2022) CN
- (71) 申请人: 阿里巴巴 (中国) 有限公司 (ALIBABA (CHINA) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市余杭区五常街道文一西路 969 号 3 幢 5 层 554 室, Zhejiang 311121 (CN)。
- (72) 发明人: 宋瑾 (SONG, Jin); 中国浙江省杭州市余杭区文一西路阿里巴巴西溪园区 969 号, Zhejiang

311121 (CN)。马林 (MA, Lin); 中国浙江省杭州市余杭区文一西路阿里巴巴西溪园区 969 号, Zhejiang 311121 (CN)。费义云 (FEI, Yiyun); 中国浙江省杭州市余杭区文一西路阿里巴巴西溪园区 969 号, Zhejiang 311121 (CN)。胡晓航 (HU, Xiaohang); 中国浙江省杭州市余杭区文一西路阿里巴巴西溪园区 969 号, Zhejiang 311121 (CN)。蒋健安 (JIANG, Jianan); 中国浙江省杭州市余杭区文一西路阿里巴巴西溪园区 969 号, Zhejiang 311121 (CN)。

(74) 代理人: 北京同钧律师事务所等 (BEIJING TONGJUN LAW FIRM et al.); 中国北京市海淀区西直门北大街 32 号院 1 号楼 7 层 808 室, Beijing 100082 (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,

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL SCENE RECONSTRUCTION METHOD, ONLINE HOME DECORATION METHOD, COM-MODITY ACQUISITION METHOD, DEVICE, AND MEDIUM

(54) 发明名称: 三维场景重建、在线家装与商品获取方法、设备及介质

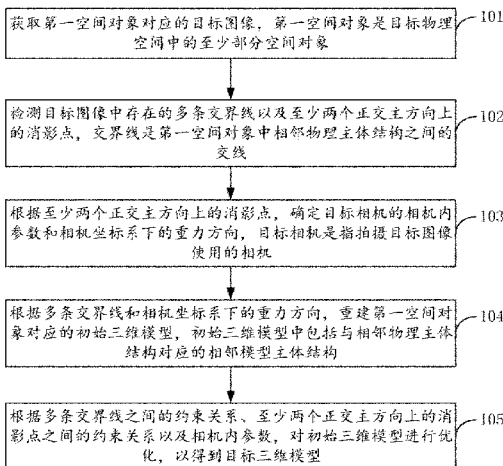


图 1b

- 101 Acquire a target image corresponding to a first space object, the first space object being at least some of space objects in a target physical space
- 102 Detect, from the target image, a plurality of boundary lines and vanishing points in at least two orthogonal main directions, the boundary lines being intersection lines between adjacent physical main body structures in the first space object
- 103 According to the vanishing points in the at least two orthogonal main directions, determine an intrinsic camera parameter of a target camera and a gravity direction in a camera coordinate system, the target camera being a camera used for capturing the target image
- 104 According to the plurality of boundary lines and the gravity direction in the camera coordinate system, reconstruct an initial three-dimensional model corresponding to the first space object, the initial three-dimensional model comprising adjacent model main body structures corresponding to the adjacent physical main body structures
- 105 According to constraint relationships between the plurality of boundary lines, constraint relationships between the vanishing points in the at least two orthogonal main directions, and the intrinsic camera parameter, optimize the initial three-dimensional model to obtain a target three-dimensional model

(57) Abstract: Embodiments of the present application provide a three-dimensional scene reconstruction method, an online home decoration method, a commodity acquisition method, a device, and a medium. In the embodiments of the present application, an image corresponding to a first space object is used as a basis; 2D visual information, such as boundary lines and vanishing points, present in the image are detected; by means of the 2D visual information and constraint relationships between the boundary lines and between the vanishing points, 3D structural information, i.e., a target three-dimensional model, corresponding to a first space is obtained; and the target three-dimensional model can reflect real scene information corresponding to the first space object, thereby facilitating the improvement of the application effects based on the three-dimensional model, for example, the improvement of the home decoration matching effects based on the three-dimensional model in a home decoration scene. Moreover, the three-dimensional model has higher stability, higher interpretability, and more robust effects; in addition, in the three-dimensional model generated in accordance with

CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

the constraint relationships between the boundary lines and between the vanishing points, higher fitting between model main body structures is achieved.

(57) 摘要: 本申请实施例提供一种三维场景重建、在线家装与商品获取方法、设备及介质。在本申请实施例中, 以第一空间对象对应的图像为基础, 通过检测图像中存在的交界线和消影点等2D视觉信息, 基于这些2D视觉信息, 结合交界线之间以及消影点之间存在的约束关系, 得到第一空间对应的3D结构信息, 即目标三维模型, 在该目标三维模型中可体现第一空间对象对应的真实场景信息, 有利于提高基于该三维模型的应用效果, 例如在家装场景中, 可以提高基于该三维模型的家装搭配效果。而且, 三维模型的稳定性更高, 可解释性更强, 效果更具鲁棒性; 同时, 结合交界线之间和消影点之间的约束关系, 所生成的三维模型中模型主体结构之间的贴合程度更高。

三维场景重建、在线家装与商品获取方法、设备及介质

本申请要求于 2022 年 12 月 14 日提交中国专利局、申请号为 202211599959.2、申请名称为“三维场景重建、在线家装与商品获取方法、设备及介质”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及三维重建技术领域，尤其涉及一种三维场景重建、在线家装与商品获取方法、设备及介质。

背景技术

随着互联网应用的发展，用户可以在线进行各种操作，例如选购商品、在线家装等。以在线家装为例，用户可以通过家装类应用（APP）选择与房屋户型相似度最高的已有 3D 样板间，在 3D 样板间中放置各种家具或装饰物，以查看家装效果，进而根据家装效果来选购家具进行线下实际家装。

但是，现有 3D 样板间是通过使用 3D 制图技术制作出立体的房屋三维模型，缺少用户真实的房屋场景信息，面对需要与真实房屋环境进行搭配的家装需求，家装搭配效果不是很理想。为此，亟需一种能够在房屋三维模型中体现真实房屋场景信息的解决方案，用以提高在线家装的搭配效果。

发明内容

本申请的多个方面提供一种三维场景重建、在线家装与商品获取方法、设备及介质，用以在三维场景模型中体现真实三维场景信息，提高基于三维场景模型的应用效果，例如家装搭配效果。

本申请实施例提供一种三维场景重建方法，包括：获取第一空间对象对应的目标图像，所述第一空间对象是目标物理空间中的至少部分空间对象；检测所述目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消影点，所述交界线是所述第一空间对象中相邻物理主体结构之间的交线；根据所述至少两个正交主方向上的消影点，确定目标相机的相机内参数和相机坐标系下的重力方向，所述目标相机是指拍摄所述目标图像使用的相机；根据所述多条交界线和所述相机坐标系下的重力方向，重建所述第一空间对象对应的初始三维模型，所述初始三维模型中包括与所述相邻物理主体结构对应的相邻模型主体结构；根据所述多条交界线之间的约束关系、所述至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及所述相机内参数，对所述初始三维模型进行优化，以得到目标三维模型。

本申请实施例还提供一种在线家装方法，包括：响应图像上传操作，获取第一空

间对象对应的目标图像，所述第一空间对象是目标物理空间中的至少部分空间对象；响应目标家装对象在所述目标图像上的放置操作，将所述目标家装对象融合到所述第一空间对象对应的目标三维模型中，以得到融合所述目标家装对象的目标三维模型；将融合所述目标家装对象的目标三维模型投影至所述目标图像上，以得到包含所述目标家装对象的家装效果图；其中，所述目标三维模型是根据本申请实施例提供的三维场景重建方法中的步骤构建的。

本申请实施例还提供一种商品选择方法，包括：响应商品页面上的选择操作，确定被选择的目標商品，所述目标商品具有商品三维模型；响应搭配效果查看操作，选择待与所述目标商品进行搭配的第一空间对象对应的目标图像；将所述商品三维模型添加至所述第一空间对象对应的目标三维模型中，以得到融合所述目标商品的目标三维模型；将融合所述目标商品的目标三维模型投影至所述目标图像上，以得到所述目标商品与所述第一空间对象的搭配效果图；其中，所述目标三维模型是根据本申请实施例提供的三维场景重建方法中的步骤构建的。

本申请实施例还提供一种电子设备，包括：存储器和处理器；所述存储器，用于存储计算机程序；所述处理器与所述存储器耦合，用于执行所述计算机程序，以用于执行本申请实施例提供的三维场景重建方法、在线家装方法或商品选择方法中的步骤。

本申请实施例还提供一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质，当所述计算机程序被处理器执行时，致使所述处理器能够实现本申请实施例提供的三维场景重建方法、在线家装方法或商品选择方法中的步骤。

在本申请实施例中，以第一空间对象对应的图像为基础，通过检测图像中存在的交界线和消影点等 2D 视觉信息，基于这些 2D 视觉信息，结合交界线之间以及消影点之间存在的约束关系，得到第一空间对应的 3D 结构信息，即目标三维模型，在该目标三维模型中可体现第一空间对象对应的真实场景信息，有利于提高基于该三维模型的应用效果，例如在家装场景中，可以提高基于该三维模型的家装搭配效果。

进一步，在本申请实施例中，直接从图像中检测交界线和消影点等 2D 视觉信息，之后再利用这些 2D 视觉信息和相关的约束关系生成 3D 结构信息，而不是直接从图像中回归出 3D 结构信息，因此，本申请实施例生成的三维模型的稳定性更高，可解释性更强，对于拍摄角度倾斜大、场景杂乱的情况，效果更具鲁棒性；同时，结合交界线之间和消影点之间的约束关系，所生成的三维模型中模型主体结构之间的贴合程度更高。

附图说明

此处所说明的附图用来提供对本申请的进一步理解，构成本申请的一部分，本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请，并不构成对本申请的不当限定。在附图中：

图 1a 为本申请示例性实施例提供的一种三维场景重建系统的结构示意图；

图 1b 为本申请示例性实施例提供的一种三维场景重建方法的流程示意图；

图 2a 为本申请示例性实施例提供的一种第一空间对象中的交界线的示意图；

图 2b 为本申请示例性实施例提供的一种消影点的结构示意图；

图 3a 为本申请示例性实施例提供的一种基于霍夫变换的交界线检测模型的结构示意图；

5 图 3b 为本申请示例性实施例提供的一种基于霍夫变换的消影点检测模型的结构示意图；

图 3c 为本申请示例性实施例提供的一种交界线之间的交点位置的示意图；

图 3d 为本申请示例性实施例提供的一种基准模型主体结构的结构示意图；

图 3e 为本申请示例性实施例提供的一种其它模型主体结构的结构示意图；

10 图 4a 为本申请示例性实施例提供的一种在线家装方法的流程示意图；

图 4b 为本申请示例性实施例提供的一种三维场景重建的过程示意图；

图 4c 为本申请示例性实施例提供的一种基于目标三维模型的在线家装效果示意图；

图 4d 为本申请示例性实施例提供的另一种基于目标三维模型的在线家装效果示意图；

图 4e 为本申请示例性实施例提供的一种商品选择方法的流程示意图；

15 图 5 为本申请示例性实施例提供的一种三维场景重建装置的结构示意图；

图 6 为本申请示例性实施例提供的一种电子设备的结构示意图。

具体实施方式

为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本申请具体实施例及相应的附图对本申请技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，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，都属于本申请保护的范围。

针对现有在线家装场景中房屋三维模型缺少用户真实的房屋场景信息导致家装搭配效果较差的技术问题，本申请实施例提供一种三维场景重建方法，在该方法中，以第一空间对象对应的图像为基础，通过检测图像中存在的交界线和消影点等 2D 视觉信息，基于这些 2D 视觉信息，结合交界线之间以及消影点之间存在的约束关系，得到第一空间对应的 3D 结构信息，即目标三维模型，在该目标三维模型中可体现第一空间对象对应的真实场景信息，有利于提高基于该三维模型的应用效果，例如在家装场景中，可以提高基于该三维模型的家装搭配效果，又例如在在线购物场景中，基于该三维模型与商品的搭配效果，
30 可提高购物体验，降低退换货概率。

以下结合附图，详细说明本申请各实施例提供的技术方案。

图 1a 为本申请示例性实施例提供的一种三维场景重建系统的结构示意图。如图 1a 所示，该系统包括：终端设备 10 和服务端设备 20。其中，终端设备 10 和服务端设备 20 通信连接。

35 在本实施例中，终端设备 10 可以是手机、笔记本电脑或台式电脑等，服务端设备 20

可以是物理服务器，云服务器或服务器阵列等，在图 1a 中以终端设备 101 是智能手机，服务端设备 20 是物理服务器为例进行图示，但并不限于此。

其中，终端设备 10 可以获取第一空间对象对应的目标图像，例如，终端设备自带相机，终端设备可以通过自带的相机在第一空间对象中采集目标图像；又例如，通过独立于终端设备 10 的相机采集第一空间对象对应的目标图像，由独立于终端设备的相机将采集到的目标图像提供给终端设备 10。

在本实施例中，终端设备 10 可以将获取到的第一空间对象对应的目标图像提供给服务端设备 20，由服务端设备 20 生成第一空间对象对应的目标三维模型。其中，服务端设备 20 生成第一空间对象对应的目标三维模型的过程包括：检测目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消影点，交界线是第一空间对象中相邻物理主体结构之间的交线；根据至少两个正交主方向上的消影点，确定目标相机的相机内参数和相机坐标系下的重力方向，目标相机是指拍摄目标图像使用的相机；根据多条交界线和相机坐标系下的重力方向，重建第一空间对象对应的初始三维模型，初始三维模型中包括与相邻物理主体结构对应的相邻模型主体结构；根据多条交界线之间的约束关系、至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及相机内参数，对初始三维模型进行优化，以得到目标三维模型。关于各操作的详细内容可参见后续实施例，在此暂不详述。

在目标三维模型的基础上，用户还可以在终端设备 10 上针对目标图像添加家装所需的物品，例如沙发、挂画、办公椅或办公桌等物品；终端设备 10 可以获取目标物品在目标图像中的位置范围信息，将目标物品的信息以及目标物品在目标图像中的位置范围信息提供给服务端设备 20；服务端设备 20 根据目标物品在目标图像中的位置范围信息，将该目标物品的三维模型融合在第一空间对象对应的目标三维模型中，并将融合目标物品后的目标三维模型投影至目标图像上，得到包含目标物品的目标图像，将包含目标物品的目标图像返回给终端设备 10，由终端设备 10 展示给用户，以实现在线家装搭配效果的展示。

在此说明，本申请实施例提供的三维场景重建方法不仅可以应用于图 1a 所示的三维场景重建系统，由终端设备和服务端设备相互配合完成，也可以由终端设备独立实施，在终端设备独立实施的情况下，原本由服务端设备执行的动作可以由本实施例中的终端设备执行，其它内容与图 1a 所示系统中的相同或相似，在此不再赘述。关于三维场景重建的过程可参见下述方法实施例中的描述。

图 1b 为本申请示例性实施例提供的一种三维场景重建方法的流程示意图。如图 1b 所示，该方法包括：

101、获取第一空间对象对应的目标图像，第一空间对象是目标物理空间中的至少部分空间对象；

102、检测目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消影点，交界线是第一空间对象中相邻物理主体结构之间的交线；

103、根据至少两个正交主方向上的消影点，确定目标相机的相机内参数和相机坐标系下的重力方向，目标相机是指拍摄目标图像使用的相机；

104、根据多条交界线和相机坐标系下的重力方向，重建第一空间对象对应的初始三维模型，初始三维模型中包括与相邻物理主体结构对应的相邻模型主体结构；

5 105、根据多条交界线之间的约束关系、至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及相机内参数，对初始三维模型进行优化，以得到目标三维模型。

在本实施例中，目标物理空间指的是特定场景下的空间区域，例如，目标物理空间可以是商场、超市、机场或房屋等各种具有空间概念的区域。目标物理空间中包含至少一个空间对象，换句话说，至少一个空间对象组成了目标物理空间。例如，目标物理空间可以是物理房屋，物理房屋中包括的多个空间对象，例如厨房、卧室、客厅和卫生间等。又例如，目标物理空间可以是商场，商场中包括多个楼层，不同楼层中具有不同商户，每个商户可视为一个空间对象。其中，为了便于区分和描述，将目标物理空间中的至少部分空间对象称为第一空间对象，例如，第一空间对象可以是目标物理空间中的一个空间对象，也可以是目标物理空间中的多个空间对象，如，2个或3个等；又例如，第一空间对象可以是某个空间对象中的局部空间。以目标物理空间是物理房屋为例，第一空间对象可以是整个物理房屋，也可以是其中的主卧、次卧或客厅等某个独立的空间对象，还可以是主卧、次卧或客厅等某个独立空间对象中的局部空间，还可以是同时包含多个独立空间对象中的局部空间，如同时包含部分客厅空间和部分阳台空间。

10

15

在本实施例中，可以获取第一空间对象对应的目标图像，例如，通过相机采集第一空间对象中的图像，从相机获取第一空间对象对应的目标图像，或者，终端设备上安装有相机，通过终端设备上的相机采集第一空间对象对应的目标图像。其中，目标图像是第一空间对象的环境图像，包含第一空间对象的真实环境信息。

20

在本实施例中，目标图像中存在多条交界线，交界线是第一空间对象中相邻物理主体结构之间的交线，其中，物理主体结构可以包含但不限于：墙面、天花板或地面等。其中，可以将墙面之间的交线称为墙线，将墙面和地面之间的交线称为地线，将墙面和天花板的之间的交线称为天花板线。如图2a所示，以第一空间对象是客厅的局部空间为例进行图示，第一空间对象中包括：天花板、地面和墙面，提取的地线为C1、提取的墙线为C2、提取的天花板线为C3。图2a中的地线C1、墙线C2以及天花板线C3均属于本申请实施例中的交界线的示例，但并不限于此。

25

在本实施例中，第一空间对象可以符合曼哈顿结构，其中，曼哈顿结构包含三个相互正交的主方向，例如，三个正交主方向分别是重力方向、主体墙面正对的方向以及侧边墙面正对的方向。其中，重力方向可以认为是与地面或者天花板垂直的方向；主体墙面是指与目标相机的光轴夹角最小的墙面，目标相机是拍摄目标图像使用的相机，目标相机的光轴是指通过镜头中心的线，主体墙面正对的方向就是垂直于主体墙面的方向，即主体墙面的法向量的方向；侧边墙面是相对于主体墙面而言的，主要是指与主体墙面相邻的墙面，

30

35

侧边墙面正对的方向是指垂直于侧边墙面的方向，通常来讲，在目标图像中可以有多多个侧边墙面，例如，2 个，多个侧边墙面是相对的或平行的，多个侧边墙面对应的方向是一样的，即侧边墙面的法向量方向。在此说明，目标图像中可能同时包含与三个正交主方向对应的物理主体结构，例如同时包含主体墙面、侧边墙面以及地面或天花板；也可能仅包含与两个正交主方向对应的物理主体结构，例如仅包含主体墙面和地面，或者仅包含侧边墙面和天花板，或者仅包含主体墙面、天花板和地面等。至于目标图像中是包含与三个正交主方向对应的物理主体结构，还是包含与两个正交主方向对应的物理主体结构，具体可视目标图像的拍摄视角而定。简单来说，目标图像中至少存在与两个正交主方向对应的物理主体结构。

在本实施例中，三维空间中的平行直线经过透视变化后在该三维空间对应的二维图像中相交于一点，该点即为消影点（Vanishing Points, VP），消影点的方向就代表相交得到该消影点的三维空间中的平行直线的方向。其中，在目标图像中存在多个消影点，这些消影点中包括位于至少两个正交主方向上的消影点；对于位于某个正交主方向上的消影点，相交得到该消影点的三维空间中的平行直线可以垂直于三维空间中的与该正交主方向对应的物理主体结构，而三维空间中的物理主体结构符合曼哈顿结构，每个物理主体结构对应主方向，也就是说，目标图像中位于某个正交主方向上的消影点的方向对应于三维空间中的一个主方向，即位于某个正交主方向上的消影点的方向代表某一物理主体结构的法向量的方向。在目标图像中至少存在与两个正交主方向对应的物理主体结构的情况下，也就意味着目标图像中包含至少两个正交主方向上的消影点。如图 2b 所示，其中线 1 与右侧墙面（即图 2b 中挂画的墙面）平行，线 1 相交得到的消影点 D1 的方向代表左侧墙面（即图 2b 中有窗户的墙面）的法向量方向；线 2 与左侧墙面（即图 2b 中有窗户的墙面）平行，线 2 相交得到的消影点 D2 的方向代表右侧墙面（即图 2b 中挂画的墙面）的法向量方向；线 3 与地面（或天花板）平行，线 3 相交得到的消影点 D3 的方向代表地面（或天花板）的法向量方向，即与重力方向平行的方向。

在本实施例中，可以检测目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消影点。其中，在检测交界线和消影点时，无需对目标图像进行分割，而是直接在目标图像的基础上进行检测，不会受到图像分割带来的干扰，因此检测到的交界线和消影点的准确度和精度均较高。

在本实施例中，目标图像中消影点的位置由目标相机的内参数和消影点对应的 3D 方向（即消影点所在的主方向）决定，目标相机的内参数是与目标相机自身特性相关的参数，例如，目标相机的焦距、像素大小以及主点位置（即相机光心位置）等。反过来讲，在已知目标图像上至少两个正交主方向上的消影点的情况下，可以根据至少两个正交主方向上的消影点，确定目标相机的相机内参数以及相机坐标系下的重力方向。具体地，可以根据至少两个正交主方向上的消影点，确定目标相机的相机内参数，根据相机内参数和重力方向上的消影点，确定相机坐标系下的重力方向。

在得到相机坐标系下的重力方向和目标图像中存在的多条交界线的基础上，可以根据目标图像中存在的多条交界线以及相机坐标系下的重力方向，重建第一空间对象对应的初始三维模型，初始三维模型中包括与相邻物理主体结构对应的相邻模型主体结构。物理主体结构是构成第一空间对象的主体结构，模型主体结构是构成初始三维模型的主体结构；
5 模型主体结构是物理主体结构在初始三维模型中的体现。其中，第一空间对象对应的初始三维模型是根据各个物理主体结构的平面方程构建的，例如可以根据房屋中包含的各个墙面、地面或天花板的平面方程构建出对应的房屋三维模型。其中，物理主体结构的平面方程可以唯一性的表示该物理主体结构，可选地，可以通过该物理主体结构的法向量和到相机光心的距离进行表示，但并不限于此。在得到初始三维模型之后，该初始三维模型中的
10 模型主体结构也具有平面方程，理论上模型主体结构的平面方程与其对应的物理主体结构的平面方向应该相同。

其中，根据目标图像中存在的多条交界线以及相机坐标系下的重力方向，重建第一空间对象对应的初始三维模型的大体原理为：根据相机坐标系下的重力方向，构建三维空间中的地平面，该地平面与相机坐标系下的重力方向是垂直的；基于目标图像中存在的多条
15 交界线，可以确定第一空间对象在地平面上形成的边界以及边界上存在的模型主体结构；进一步可以假定相机光心与地面的高度，即相机高度，基于假定的相机高度和预先假设的缩放比例，确定模型主体结构（如天花板）的高度，从而得到第一空间对象对应的初始三维模型。

在本实施例中，第一空间对象对应的初始三维模型是基于目标图像中的交界线进行构
20 建的，当交界线存在误差时，会导致初始三维模型中的透视关系不正确，如，相邻墙面之间不存在垂直关系，进一步，假定相机高度和缩放比例，也会导致生成的墙面高度并不准确。基于此，在本实施例中，在得到初始三维模型之后，还会根据多条交界线之间的约束关系，以及至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系，结合相机内参数，对初始三维模型进行优化，以得到目标三维模型。其中，多条交界线之间的约束关系为：形成交界
25 线的相邻物理主体结构之间相互垂直，该约束关系也可称为曼哈顿约束，即第一空间对象中存在相邻关系的墙面、地面以及天花板之间相互垂直。至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系为：任意两个正交主方向上消影点对应的物理主体结构之间相互垂直，同一消影点对应的物理主体结构的法向量方向与该消影点表示的平行直线的方向相互平行。基于这些约束关系，可以对每个初始三维模型中的模型主体结构对应的法向量方向和到相
30 机光心的距离进行优化，以得到位置关系、高度等均与物理主体结构高度吻合的模型主体结构。

在本申请实施例中，以第一空间对象对应的图像为基础，通过检测图像中存在的交界线和消影点等 2D 视觉信息，基于这些 2D 视觉信息，结合交界线之间以及消影点之间存在的约束关系，得到第一空间对应的 3D 结构信息，即目标三维模型，在该目标三维模型中
35 可体现第一空间对象对应的真实场景信息，有利于提高基于该三维模型的应用效果，例如

在家装场景中，可以提高基于该三维模型的家装搭配效果。进一步，在本实施例中，直接从图像中检测交界线和消影点等 2D 视觉信息，之后再利用这些 2D 视觉信息和相关的约束关系生成 3D 结构信息，而不是直接从图像中回归出 3D 结构信息，因此，本实施例生成的目标三维模型的稳定性更高，可解释性更强，对于拍摄角度倾斜大、场景杂乱的情况，效果更具鲁棒性；同时，结合交界线之间和消影点之间的约束关系，所生成的目标三维模型中模型主体结构之间的贴合程度更高。

在本申请一可选实施例中，在上述检测交界线和消影点时，可以基于霍夫变换检测目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消影点。其中，霍夫变换是一种特征提取（feature extraction）技术，被广泛应用在图像分析（image analysis）、计算机视觉（computer vision）以及数位影像处理（digital image processing）等领域，在本实施例中，利用霍夫变换可以检测目标图像中存在的多条交界线，如地线、墙线以及天花板线等，同时，基于霍夫变换还可以检测目标图像中包含的至少两个正交主方向上的消影点。

进一步可选地，在基于霍夫变换检测目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消影点时，可以基于霍夫变换的深度神经网络模型检测目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消影点。进一步可选地，基于霍夫变换的深度神经网络模型包括：基于霍夫变换的交界线检测模型和基于霍夫变换的消影点检测模型。基于霍夫变换的交界线检测模型可以是任何能够从图像中进行交界线的检测的神经网络模型，基于霍夫变换的消影点检测模型可以是任何能够从图像中进行消影点检测的神经网络模型。基于此，一方面可以将目标图像输入基于霍夫变换的交界线检测模型进行交界线的检测，以获取目标图像中存在的多条交界线；一方面可以将目标图像输入基于霍夫变换的消影点检测模型进行消影点检测，以获取目标图像中至少两个正交主方向上的消影点。下面分别针对进行交界线检测和消影点检测的神经网络模型的架构和检测过程进行示例性说明。

基于霍夫变换的交界线检测：

在一可选实施例中，如图 3a 所示，基于霍夫变换的交界线检测模型中包含：第一特征提取网络，第一特征提取网络是融合有跳跃连接（Skip Connections）和多尺度特征的神经网络。其中，多尺度特征是指针对目标图像提取多个不同尺度的特征图的技术，不同尺度的特征图包含不同的特征信息，特征图的尺寸越小，深度越大，属于深层网络特征；反之，特征图的尺寸越大，深度越小，属于浅层网络特征。深层网络特征的感受野（Receptive Field）比较大，特征图的分辨率低，语义信息表征能力强，几何细节信息的表征能力较弱；浅层网络特征的感受野比较小，特征图的分辨率高，语义信息表征能力弱，几何细节信息表征能力强。其中，感受野是卷积神经网络每一层输出的特征图（feature map）上的像素点在输入图片上映射的区域大小。其中，跳跃连接是一种简单而有效的融合深层网络特征和浅层网络特征的操作，跳跃连接可以将浅层网络特征与同尺度的深层网络特征进行元素级的相加。基于此，可以将目标图像输入基于霍夫变换的交界线检测模型中，利用融合跳跃连接和多尺度特征的第一特征提取网络对目标图像进行特征提取，得到多个尺度的特征图。

为了便于描述和区分，将这里的第一特征提取网络最终输出的多个尺度的特征图称为多个尺度的第一目标特征图。

其中，多个尺度的第一目标特征图属于图像像素空间中的特征，为了便于进行交界线提取，可以将图像像素空间中的特征转换为霍夫空间中的特征，对霍夫空间中的特征进行二分类，即区分霍夫空间中的特征是否为图像像素空间中的交界线对应的特征。基于此，如图 3a 所示，基于霍夫变换的交界线检测模型还包括：霍夫变换网络。基于该霍夫变换网络，可以利用基于极坐标的霍夫变换对多个尺度的第一目标特征图进行霍夫变换，以将目标图像中存在的直线映射为霍夫空间中的点，在霍夫空间中对转换得到的点进行二分类，例如，区分霍夫空间中哪些点是图像像素空间中的交界线形成的点，哪些点不是图像像素空间中的交界线形成的点。

其中，对任一尺度的第一目标特征图而言，都属于图像空间，即其采用的是像素坐标系，像素坐标系是以目标图像中心为原点，水平方向是 x 轴，垂直方向是 y 轴的坐标系，其单位长度是像素。与像素坐标系不同，霍夫空间使用的是极坐标系，在极坐标系下，目标图像中的一条线可以通过 (ρ, θ) 进行表示的， ρ 表示该条直线的末端到像素坐标系的原点的距离， θ 表示该条直线与像素坐标系的 x 轴的夹角，霍夫空间下的第一目标特征图的坐标为 (ρ, θ) ，因此通过极坐标表示目标图像的一条线就会变成一个点。其中，目标图像中存在的直线都会被映射为霍夫空间中的点，这些点包括由交界线映射而成的点，即与交界线特征匹配的点，也包括由非交界线映射而成的点，即不与交界线特征匹配的点，其中，为了便于区分和描述，将霍夫空间中与交界线特征匹配的点称为目标点。基于此，可以在霍夫空间中选择与交界线特征匹配的多个目标点，并将多个目标点重新映射到图像空间中，以得到目标图像中存在的多条交界线。如图 3a 所示，可以通过反向霍夫变换 (Reverse Hough transform, RHT)，将多个目标点重新映射到图像空间中，以得到目标图像中存在的多条交界线。

进一步可选地，如图 3a 所示，第一目标特征提取网络包括多个下采样模块、多个上采样模块以及跳跃连接模块。在一可选实施方式中，对目标图像进行特征提取，得到初始特征图，将该初始特征图作为最大尺度的第一中间特征图，利用下采样模块对最大尺度的第一中间特征图进行 N 次下采样 (undersampling) 处理，得到其它尺度的第一中间特征图，其中，N 为正整数，例如，N 可以是 2、3、4 或 6 等；将最小尺度的第一中间特征图作为最小尺度的第一目标特征图，利用上采样模块对最小尺度的第一目标特征图进行 N 次上采样 (upsampling) 处理，并在每次上采样处理中与下采样处理得到的相同尺度的第一中间特征图进行跳跃连接，以得到其它尺度的第一目标特征图。

如图 3a 所示，假设，最大尺度的第一中间特征图的尺度是 $512*512*3$ ， $N=3$ ，经过 3 次下采样处理可以得到尺度为 $256*256*3$ 、 $128*128*3$ 和 $64*64*3$ 的第一中间特征图；然后，将尺度为 $64*64*3$ 的第一中间特征图作为最小尺度的第一目标特征图，对第一目标特征图依次进行 3 次上采样处理，具体地，经过 1 次上采样处理可以得到尺度为 $128*128*3$

的第二中间特征图，将该第二中间特征图与尺度为 $128*128*3$ 的第一中间特征图进行跳跃连接，得到尺度为 $128*128*3$ 的第一目标特征图；继续对尺度为 $128*128*3$ 的第一目标特征图进行 1 次上采样处理得到尺寸为 $256*256*3$ 的第二中间特征图，将尺度为 $256*256*3$ 的第二中间特征图和 $256*256*3$ 的第一中间特征图进行跳跃连接，得到尺度为 $256*256*3$ 的第一目标特征图；继续对度为 $256*256*3$ 的第一目标特征图进行 1 次上采样处理得到尺度为 $512*512*3$ 的第二中间特征图，将尺度为 $512*512*3$ 的第二中间特征图与尺度为 $512*512*3$ 的第一中间特征图进行跳跃连接，得到尺度为 $512*512*3$ 的第一目标特征图。

进一步如图 3a 所示，霍夫变换网络包括：霍夫变换模块和特征融合模块。基于此，一种利用基于极坐标的霍夫变换对多个尺度的第一目标特征图进行霍夫变换，以将目标图像中存在的直线映射为霍夫空间中的点的实施方式，包括：利用霍夫变换模块对多个尺度的第一目标特征图 X 进行霍夫变换，以得到基于极坐标的霍夫空间中多个尺度的第二目标特征图 Y，其中，可以针对每个尺度的第一目标特征图 X 分别进行霍夫变换，得到该尺度下基于极坐标的霍夫空间中的第二目标特征图 Y；利用特征融合模块对多个尺度的第二目标特征图进行尺度变换，以得到尺度相同的多个特征图，并对尺度相同的多个特征图进行拼接，得到第三目标特征图 Z；对第三目标特征图进行卷积降维，以得到霍夫空间中的二维图像，二维图像使用的是极坐标系，二维图像中包含多个点，每个点的坐标为 (ρ, θ) ，每个点与目标图像中存在的直线对应。

其中，本实施例并不对第三目标特征图的尺度进行限定，例如，第三目标特征图的尺度可以是第二目标特征图对应的多个尺度中的任意一个尺度，优先地，第三目标特征图的尺度是第二目标特征图对应的多个尺度中的最大尺度；基于此，在对多个尺度的第二目标特征图进行尺度变换时，可以对非最大尺度的第二目标特征度进行上采样处理，以将其尺寸变为最大尺度。

如图 3a 所示，展示了第一目标特征图、第二目标特征图、第三目标特征图以及霍夫空间中的二维图像，另外，在本实施例中，霍夫变换是在深度特征图的基础上进行的，故称为深度霍夫变换 (Depth Hough transform, DHT)。在图 3a 中，特征融合模块通过带圈的 c 进行表示，该特征融合模块进一步包括上采样单元 (upsample) 和拼接单元 (Concat)，上采样单元用于对多个尺度的第二目标特征图进行尺度变换，以得到尺度相同的多个特征图；拼接单元 (Concat) 用于对尺度相同的多个特征图进行拼接，得到第三目标特征图 Z。

需要说明的是，在使用基于霍夫变换的交界线检测模型之前，可以预先进行模型训练得到基于霍夫变换的交界线检测模型。在本实施例中，创新性地将深度霍夫变换与神经网络模型的结合应用于图像中交界线的检测上，具体地，获取大量空间对象（如室内场景）的图片，对图片中存在的墙线、地线以及天花板线进行标注得到样本数据集，利用该样本数据集训练基于霍夫变换的基础神经网络，该基础神经网络包括第一特征提取网络和霍夫变换网络，第一特征提取网络包括上采样模块、下采样模块以及跳跃连接模块，用以对像素空间中的样本图像进行特征提取得到多尺度的样本特征图，霍夫变换网络包括霍夫变换

模块和特征融合模块，用以通过霍夫变换将多尺度的样本特征图变换到霍夫空间中并得到霍夫空间中的样本图像，接着，在霍夫空间中利用二分类方法对霍夫空间中的样本图像进行分类，具体是指将该样本图像中的点划分为与交界线对应的第一类点和与其它直线对应的第二类点；然后，根据标注结果和分类结果生成损失函数，可选地，可以采用交叉熵损失(Binary CrossEntropy Loss, BCELoss)函数，在损失函数不达标的情况下继续进行训练，直至损失函数达标或者模型训练时间或次数达到设定的时间或次数为止，得到基于霍夫变换的交界线检测模型。需要说明的是，在图 3a 中，展示了基于标注结果和分类结果进行损失函数计算的部分，这部分用于模型训练(Training only)阶段；另外，在图 3a 中还展示了通过反向霍夫变换将多个目标点重新映射到图像空间中，以得到目标图像中存在的多条交界线的过程，该过程用于模型推理阶段。

基于霍夫变换的消影点检测：

在一可选实施例中，如图 3b 所示，基于霍夫变换的消影点检测模型包括第二特征提取网络，第二特征提取网络可以是任何能够进行特征提取的网络，例如，图像分类中的骨干(backbone)网络，例如，UNet，堆积沙漏(Stacked Hourglass)模型等，其中，UNet是全卷积网络(Fully Convolutional Networks, FCN)的一种变体，其网络结构是对称的，形似英文字母 U，故而被称为 UNet；Stacked Hourglass 模型是一种利用多尺度特征来识别姿态的网络结构。其中，可以将目标图像输入基于霍夫变换的消影点检测模型中，利用第二特征提取网络对目标图像进行特征提取，得到第四目标特征图；如图 3b 所示，以目标图像是 $[512 \times 512] \times 3$ 为例，其中， $[512 \times 512]$ 为目标图像的尺度，3 为通道数；以第四目标特征图是 $[128 \times 128] \times 3$ 为例进行图示，但并不限于此。其中，可以将第四目标特征图映射至高斯球面空间，例如，将目标图像中的直线投影到以目标相机中心为球心的高斯球面空间，在高斯球面空间中，目标图像中相交于同一个点的直线会在一个点上响应最强，则可以根据高斯球面空间中各个点的响应值和角度来获取位于至少两个正交主方向上的消影点。进一步，如图 3b 所示，基于霍夫变换的消影点检测模型还包括基于高斯球面的霍夫变换网络。基于此，第四目标特征图被送入基于高斯球面的霍夫变换网络中，在该网络中，利用基于高斯球面的霍夫变换对第四目标特征图进行霍夫变换，以将目标图像中存在的直线映射为高斯球面空间中的点；然后，在高斯球面空间中选择概率值和角度值满足要求的至少两个点作为至少两个正交主方向上的消影点，并重新映射到图像空间中，以得到目标图像中至少两个正交主方向上的消影点。其中，高斯球面空间中包括多个点，每个点是由目标图像中的直线得到的，每个点具有亮度值和角度值两个属性，亮度值表示对应点是由直接相交得到的点(即消影点)的概率值，对应点在高斯球面上的亮度越大，表示该点是消影点的概率就越大；角度值表示该点对应的直线在图像空间中与 x 轴之间的夹角，根据该角度值可以确定高斯球面上各点对应的直线之间是否相互垂直。基于此，可以从在高斯球面空间中选择概率值和角度值满足要求的至少两个点作为至少两个正交主方向上的消影点。

进一步可选地，基于高斯球面的霍夫变换网络包括霍夫变换模块和高斯球面变换模块。

基于此,在对目标图像进行特征提取得到第四目标特征图后,可以将第四目标特征图依次变换到霍夫空间和高斯球面空间。在霍夫空间中,目标图像中的直线会被映射为一个点(简称霍夫点),但无法直接区分霍夫点是否是由多条直线相交的点;进一步,将霍夫点映射到高斯球面空间中,在高斯球面空间,每个点(简称高斯点)的响应值(即亮度值)会因

5 为高斯点对应直线数量的不同而有所不同,对于由一条直线形成的高斯点的响应值小于由多条直线相交而形成的高斯点的响应值,因此可以选择响应值最强的若干个高斯点作为消影点。具体地,将第四目标特征图输入霍夫变换模块,在该模块内部,对第四目标特征图进行霍夫变换,以得到基于极坐标的霍夫空间中的第五目标特征图,如图 3b 所示,以第五目标特征图的维度是 $[184 \times 180] \times 128$ 为例进行图示,但并不限于此,其中,184是 ρ 所代

10 表的距离维度上的最大值,180是 θ 角度维度的 180° ,128是通道数,图 3b 中,HT 表示霍夫空间, (ρ, θ) 是霍夫空间中的坐标。进一步,如图 3b 所示,在霍夫空间中对第五目标特征图进行霍夫卷积,以得到第六目标特征图,其中,第六目标特征图相对第五目标特征图的维度不变,在图 3b 中,霍夫卷积表示为 HT Conv。接着,如图 3b 所示,将第六目标特征图输入高斯球面变换模块,在该模块内部,对第六目标特征图进行球面高斯球面变

15 换,以得到高斯球面空间中的第七目标特征图,在图 3b 中, (α, β) 为高斯球面空间中的变量,以第七目标特征图的维度是 $[32768] \times 128$ 为例进行图示,128为通道数, $[32768]$ 表示高斯球面被离散为 32768 个点,通过该球面高斯球面变换,可以确定霍夫空间中的点对应于高斯球面空间中的离散点;在高斯球面空间中对第七目标特征图进行球面卷积,得到第八目标特征图,第八目标特征图中包括多个高斯点,每个高斯点与目标图像中存在的直线

20 对应,在图 3b 中以球面卷积为 Shperical Conv,第八目标特征图的维度是 $[32768] \times 128$ 为例进行图示,但并不限于此。

可选地,根据第八目标特征图中各个高斯点的概率值,从多个高斯点中选择概率值满足设定要求的点作为消影点,例如,将概率值超过设定概率阈值的点作为消影点,概率阈值可以是 80%、90%或 95%等;从消影点中选择角度大于设定角度的至少两个消影点,作为至少两个正交主方向上的消影点。这里说明,可以从消影点中选择角度最大的两个或三个消影点,作为至少两个正交主方向上的消影点,在图 3b 所示的高斯球面中,以选择 3 个消影点为例进行图示。

在本实施例中,上述根据至少两个正交主方向上的消影点,确定目标相机的相机内参数和相机坐标系下的重力方向,包括:在至少两个正交主方向上的消影点中包括

30 至少两个有限消影点的情况下,从至少两个有限消影点中选择两个目标消影点;根据两个目标消影点与相机内参数的约束关系,确定目标相机的相机内参数;根据相机内参数,将至少两个正交主方向中位于重力方向上的消影点转换到相机坐标系中,以得到相机坐标系下的重力方向。

其中,目标相机采集目标图像时,三维空间中两条平行直线经过透视变换会在目标图

35 像中相交形成消影点,这些消影点可能相交于无穷远处,也可能未相较于无穷远处。在本

实施例中，对无穷远处进行了一定的定义，例如，在消影点的像素坐标到像素坐标系的原点的距离大于目标图像的对角线长度的设定倍数（如 10 倍）时，认为消影点相交于无穷远处。为了便于区分和描述，将相交于无穷远处的消影点称为无限消影点，将未相交于无穷远处的消影点称为有限消影点。基于此，本申请实施例中的至少两个正交主方向上的消影点中，也可能包含无限消影点，也可能包含有限消影点。具体地，在至少两个正交主方向上的消影点中包括至少两个有限消影点的情况下，从至少两个有限消影点中选择两个消影点作为目标消影点。其中，从至少两个有限消影点中选择两个目标消影点的实施方式并不限定，例如，可以从至少两个有限消影点中随机选择两个消影点作为目标消影点；又例如，可以从至少两个有限消影点中选择距离相机光心最近的两个消影点作为目标消影点。其中，无论选择的目标消影点是哪两个，这两个目标消影点中可能包含位于重力方向上的消影点，也可能不包含位于重力方向上的消影点，对此不做限定。

其中，在选择出两个目标消影点之后，可以根据两个目标消影点与相机内参数的约束关系，确定目标相机的相机内参数。其中，两个目标消影点与相机内参数的约束关系为： $(K^{-1} * VP_1) \cdot (K^{-1} * VP_2) = 0$ ，该约束关系表示两个目标消影点在三维空间中对应的直线方向的点积运算的结果为 0，简单来说就是两个目标消影点在三维空间中对应的直线方向相互垂直， VP_1 ：表示第一个目标消影点的三维向量，该三维向量是第一个目标消影点的图像坐标后面增加一个维度形成的三维向量，如可以在图像坐标后面增加 1 形成第一个目标消影点的三维向量； K ：表示目标相机的内参数，是 3×3 的矩阵，包括焦距和主点位置，主点位置就是相机光心位置，例如，可以取图像坐标为 $(0.5, 0.5)$ 的位置作为相机光心位置，但不限于此，其中，焦距是待求解的，主点位置是已知的； K^{-1} ：表示相机内参数的逆； VP_2 ：是第二个目标消影点的三维向量，该三维向量是第二个目标消影点的图像坐标后面增加一个维度形成的三维向量，例如可以在图像坐标后面增加 1 形成第二个目标消影点的三维的向量。

其中， VP_1 和 VP_2 为已知，则可以通过两个目标消影点与相机内参数的约束关系，求解得到相机内参数。接着，可以利用相机内参数以及位于重力方向上的消影点，计算相机坐标系下的重力方向 $dir_y = K^{-1} * VP_y$ ，其中， y 方向表示重力方向， VP_y 表示图像空间中位于重力方向上的消影点的三维的向量， dir_y 表示相机坐标系下的重力方向。

进一步，消影点约束了对应主方向的透视关系，假定某一物理主体结构（如墙面）的法线方向为 N_i ， N_i 为待求量，该物理主体结构对应的消影点为 VP_i ，则需要满足该物理主体结构的法线方向和相交得到该消影点的平行直线所属的主方向互相平行的约束，即 $N_i \cdot (K^{-1} * VP_i) = 1$ 。

在一可选实施例中，在重建第一空间对象对应的初始三维模型时，可以确定第一空间对象中包含的基准物理主体结构，基准物理主体结构可以是地面，也可以是天花板，具体视目标图像中包含的物理主体结构而定，例如，若目标图像中包含地面，则将地面作为基准物理主体结构，若目标图像中不包含地面，而包含天花板，则将天花板作为基准物理主

体结构。在确定基准物理主体结构的基础上，根据相机坐标系下的重力方向，在相机坐标系下构建三维空间的基准平面，该基准平面与基准物理主体结构对应；从多条交界线中识别与基准物理主体结构相交的多条基准交界线，若基准物理主体结构为地面，则多条基准交界线可以是多个墙面与地面相交得到的多条地线，若基准物理主体结构为天花板，则多条基准交界线可以是多个墙面与天花板相交得到的多条天花板线；根据多条基准交界线之间的交点位置，在基准平面上构建与基准物理主体结构对应的基准模型主体结构；根据预设的相机光心到基准平面的高度和多条基准交界线之间的交点位置，在基准模型主体结构上构建与其它物理主体结构对应的其它模型主体结构，以得到第一空间对象对应的初始三维模型，其中，若基准物理主体结构为地面，则其它物理主体结构可以是墙面、天花板等。

如图 3e 所示为基准模型主体结构以及其它模型主体结构的示例性展示。示例性地，在图 3e 中，基准模型主体结构是指初始三维模型中的地面，其它模型主体结构是指初始三维模型中的墙面。

可选地，上述根据多条基准交界线之间的交点位置，在基准平面上构建与基准物理主体结构对应的基准模型主体结构的一种实施方式包括：从多条基准交界线中选择有效基准交界线，有效基准交界线的数量为多条，根据有效基准交界线与图像坐标系中 x 轴的夹角对有效基准交界线进行排序，以得到有效基准交界线之间的相邻关系；根据有效基准交界线之间的相邻关系，确定有效基准交界线之间的交点位置，并将交点位置划分为与目标图像的边界相交的第一交点位置以及未与目标图像的边界相交的第二交点位置，在图 3c 中示例性展示了第一交点位置和第二交点位置，但并不限于此；根据第一交点位置和第二交点位置，在基准平面上绘制基准物理主体结构对应的模型边界，以得到基准模型主体结构，如图 3d 所示。在图 3d 中，网格区域为基准平面，网格区域上的白色区域为基准物理主体结构对应的模型边界所形成的基准模型主体结构，接续于图 3c 所示的交点位置，图 3d 中的基准模型主体结构为白色区域形成的地面。

进一步可选地，本申请实施例对从多条基准交界线中选择有效基准交界线的方式并不限定，下面进行举例说明。

示例 B1: 根据多条基准交界线与图像坐标系中 x 轴的夹角，从多条基准交界线中选择第一基准交界线；例如，从多条基准交界线中选择与图像坐标系中 x 轴夹角小于设定角度阈值的基准交界线作为第一基准交界线，角度阈值可以是 10 度、15 度或 20 度等，进一步，在夹角小于该角度阈值的交界线为多条的情况下，可以从夹角小于该角度阈值的交界线中选择夹角最小的交界线作为第一基准交界线，或者，也可以从夹角小于该角度阈值的交界线中随机选择一条交界线作为第一基准交界线；再根据第一基准交界线剔除一些误检测的基准交界线，具体地，根据其它基准交界线与第一基准交界线之间的夹角，将夹角小于设定夹角阈值的基准交界线剔除，角度阈值可以是 3 度、5 度或 10 度等；将未被剔除的基准交界线和第一基准交界线作为有效基准交界线。

示例 B2: 根据多条基准交界线的长度，从多条基准交界线中选择第一基准交界线；例

如，从条基准交界线中选择长度大于设定长度阈值的基准交界线作为第一基准交界线，长度阈值并不限定，具体视目标图像的大小而定；再根据第一基准交界线剔除一些误检测的基准交界线，具体地，根据其它基准交界线与第一基准交界线之间的夹角，将夹角小于设定夹角阈值的基准交界线剔除，将未被剔除的基准交界线和第一基准交界线作为有效基准交界线。

示例 B3：根据多条基准交界线与图像坐标系中 x 轴的夹角和多条基准交界线的长度，从多条基准交界线中选择第一基准交界线；例如，从多条基准交界线中选择与图像坐标系中 x 轴夹角小于设定角度阈值的候选基准交界线，再从候选基准交界线中选择长度大于设定长度阈值的基准交界线作为第一基准交界线；根据其它基准交界线与第一基准交界线之间的夹角，将夹角小于设定夹角阈值的基准交界线剔除，将未被剔除的基准交界线和第一基准交界线作为有效基准交界线。

可选地，有效基准交界线之间的交点位置划分为第一交点位置和第二交点位置的情况下，根据预设的相机光心到基准平面的高度和多条基准交界线之间的交点位置，在基准模型主体结构上构建与其它物理主体结构对应的其它模型主体结构，以得到第一空间对象对应的初始三维模型的一种实施方式，包括：根据第二交点位置，确定基准模型主体结构上相交于第二交点位置的相邻模型边界；根据预设的相机光心到基准平面的高度和预设的缩放比例，确定其它模型主体结构的初始高度；根据其它模型主体结构的初始高度，在相交于第二交点位置的相邻模型边界上构建其它模型主体结构，以得到第一空间对象对应的初始三维模型。例如，以基准物理主体结构为地面，则在相交于第二交点位置的相邻模型边界上构建其它模型主体结构具体为，在相交于第二交点位置的相邻模型边界上构建墙面，进一步，在相邻墙面上方补充天花板，以得到第一空间对象对应的初始三维模型。

在一可选实施例中，上述根据多条交界线之间的约束关系、至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及相机内参数，对初始三维模型进行优化，以得到目标三维模型的一种实施方式包括：根据多条交界线之间的约束关系、至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及相机内参数，构建以各模型主体结构的位置参数和/或高度参数为优化变量的优化函数；采用最小二乘算法对优化函数进行求解，以得到各模型主体结构的优化后的位置参数和/或高度参数，根据优化后的位置参数和/或高度参数调整各模型主体结构的位置，以得到目标三维模型。

在本实施例中，基准模型主体结构和其它模型主体结构可以具有位置参数和/或高度参数，其中，位置参数包括模型主体结构的法向量和模型主体结构到相机光心的距离，这两个信息可以唯一确定模型主体结构在初始三维模型中的位置以及与其它模型主体结构之间的相对位置；高度参数为模型主体结构到基准平面的高度信息，例如，天花板的高度信息、墙面的高度信息以及地面的高度信息，其中，若以地面为基准平面，地面的高度信息为 0。

可选地，在构建以各模型主体结构的位置参数和/或高度参数为优化变量的优化函数时，

可以根据多条交界线之间的约束关系、至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及相机内参数，构建第一类优化项、第二类优化项和第三类优化项中的至少一种优化项，根据至少一种优化项生成优化函数。优选地，可以同时根据第一类优化项、第二类优化项和第三类优化项，生成优化函数。

5 其中，针对每一个模型主体结构，根据相机内参数和与该模型主体结构垂直的消影点，生成该模型主体结构在相机坐标系下的参考法向量，其中，理论上参考法向量与该模型主体结构的法向量应该是平行的，因此，以该模型主体结构的法向量与参考法向量的点积为1作为优化目标可以构建第一类优化项。

10 其中，针对任意相邻模型主体结构，任意相邻模型主体结构的法向量应当是垂直的，例如，地面与墙面之间垂直，墙面与天花板之间垂直，相邻墙面与墙面之间垂直，因此，以任意相邻模型主体结构之间的法向量的点积为0作为优化目标可以构建第二类优化项。

15 其中，针对任意相邻模型主体结构，根据相机内参数、任意相邻模型主体结构的法向量以及任意相邻模型主体结构到相机光心的距离，生成任意相邻模型主体结构在图像坐标系下的交界线；另外，基于霍夫变换检测目标图像中对应相邻物理主体结构之间的交界线，理论上讲，任意相邻模型主体结构在图像坐标系下的交界线（这里的交界线可以视为是初始三维模型中任意相邻模型主体结构之间的交界线在图像空间中的投影）与从目标图像中检测到对应相邻物理主体结构之间的交界线（这里的交界线可以视为是第一空间对象中相邻物理主体结构之间的交界线在图像空间中的投影）应当相同，因此，以任意相邻模型主体结构在图像坐标系下的交界线和目标图像中对应相邻物理主体结构之间的交界线相同
20 为优化目标可以构建第三类优化项。

下面以结合模型主体结构对应的平面方程对上述优化项的构建过程进行示例性说明。其中，待优化的模型主体结构为墙面、天花板以及地面，假设待优化的墙面方程为 $\{n_i, d_i\}$ ，由消影点估计出的第*i*面墙的法向量为 n_i^{vp} ，从图像中检测出的第*i*面墙与地面的交界线记做 t_i^{floor} ，从图像中检测出的第*i*面墙与第*j*面墙的交界线记做 t_{ij}^{wall} ，从图像中检测出的第*i*面墙和天花板的交界线记做 $t_i^{ceiling}$ ；其中， $\|\cdot\|$ 表示范数， n_i 是第*i*个墙面的法向量，属于待优化量，该法向量具有初始值（即初始三维模型中确定的值）， d_i 是第*i*个墙面到相机光心的距离，天花板的高度 $d_{ceiling}$ 是构建初始三维模型时假设的值，需要进一步优化，因此，优化变量为墙面的位置参数（如墙面方程），以及天花板的高度参数 $d_{ceiling}$ 。一种示例性的优化函数可表示如下：

$$\min_{n_i, d_i, d_{ceiling}} \sum_{i \in T} \|n_i \cdot n_i^{vp} - 1\| + \sum_{i, j \in T} \|n_i \cdot n_j\| + \sum_{i \in T} \|n_i \cdot n_{floor}\| + \sum_{i \in T} \left\| \left(\frac{n_i}{d_i} - \frac{n_{floor}}{d_{floor}} \right)^T K^{-1} - t_i^{floor} \right\| + \sum_{i \in T} \left\| \left(\frac{n_i}{d_i} - \frac{n_{ceiling}}{d_{ceiling}} \right)^T K^{-1} - t_i^{ceiling} \right\| + \sum_{i, j \in T} \left\| \left(\frac{n_i}{d_i} - \frac{n_j}{d_j} \right)^T K^{-1} - t_{ij}^{wall} \right\|$$

30 其中，T表示图像中出现的墙面集合。采用最小二乘算法对优化函数进行求解，是以优化函数中的所有项之和最小为优化目标，得到墙面的位置参数（如墙面方程）以及天花

板的高度参数。优化函数中包含六项，其中，第一项属于第一类优化项，第二项和第三项属于第二类优化项，第四项、第五项以及第六项属于第三类优化项。下面进行详细说明：

第一项，第 i 墙面的法向量 n_i ，以及根据消影点得到的该墙面的法向量 n_i^{vp} ，二者的方向应该是一致的，二者两者点积应该为 1，再减 1 之后应该为 0，其中， n_i 是待优化量。

5 第二项， n_i 和 n_j 属于相邻的墙面的法向量，相邻墙面的法向量垂直，二者法向量的点积为 0， n_i 和 n_j 均为待优化量。

第三项， n_i 和 n_{floor} 分别表示墙面和地面，墙面和地面是相互垂直的， n_i 和 n_{floor} 的点积为 0， n_{floor} 是已知的，即相机坐标系下的重力方向， n_i 是待优化量。

10 第四项， $(\frac{n_i}{d_i} - \frac{n_{floor}}{d_{floor}})^T$ 表示第 i 个墙面和地面之间的交界线， $(\frac{n_i}{d_i} - \frac{n_{floor}}{d_{floor}})^T K^{-1}$ 表示将该交界线投影至图像坐标系中，投影至图像坐标系的交界线与从图像中检测出的交界线 t_i^{floor} 的差为 0， t_i^{floor} 是已知的，是基于霍夫变换检测目标图像中存在的墙面与地面的交界线。

第五项，天花板交界线与从图像中检测出的天花板线 t_i^{floor} 之间的距离为 0。

15 第六项，相邻的第 i 个墙面和第 j 个墙面之间的交界线，与从图像中检测出的第 i 个墙面和第 j 个墙面之间的交界线 t_{ij}^{wall} 之间的差为 0。

在本实施例中，经过上述优化之后，可以得到第一空间对象对应的目标三维模型。在本申请实施例中，首先并不直接从目标图像中检测 3D 结构信息，而是从目标图像中直接检测出交界线和消影点等 2D 视觉信息，然后，利用这些 2D 视觉信息和室内场景的曼哈顿约束、消影点约束等生成 3D 结构信息，相对于直接基于目标图像回归 3D 结构信息的方法，
20 本申请实施例的稳定性更高，可解释性更强，对于用户拍摄角度倾斜大、场景杂乱的情况效果更具鲁棒性。另外，本申请实施例中，直接从目标图像中检测墙线、地线以及天花板线等交界线，并以这些交界线作为约束来优化墙面的三维方程，最后生成的目标三维模型和实际的墙面、地面以及天花板的分割线贴合程度更高，模型质量更高。可选地，在目标三维模型中还可以体现 2D 图像中的纹理等其它真实场景信息。

25 在得到第一空间对象对应的目标三维模型之后，基于目标三维模型可以开展各种应用。例如，可以将该目标三维模型展示给用户，以供用户查看或了解第一空间对象的三维结构。又例如，将目标三维模型应用于在线家装场景中，供用于查看家装对象（如挂画、沙发等）与第一空间对象真实环境的搭配效果，根据搭配效果选择家装方案。又例如，基于目标三维模型进行商品选购，以查看待选购商品与第一空间对象真实环境的搭配效果，根据搭配
30 效果进行商品选购。下面实施例中将以在线家装场景和在线购物场景为例进行说明。

图 4a 为本申请示例性实施例提供的一种在线家装方法的流程示意图。如图 4a 所示，该方法包括：

401a、响应图像上传操作，获取第一空间对象对应的目标图像，第一空间对象是目标物理空间中的至少部分空间对象；

35 402a、响应目标家装对象在目标图像上的放置操作，将目标家装对象融合到第一空间

对象对应的目标三维模型中，以得到融合目标家装对象的目标三维模型；

403a、将融合目标家装对象的目标三维模型投影至目标图像上，以得到包含目标家装对象的家装效果图。在本实施例中，在线家装方法可以在终端设备上实现，也可以由终端设备和服务端设备配合实现，对此不做限定。下面以终端设备和服务端设备配合实现为例进行描述。

其中，用户可以打开终端设备上的家装 App (Application)，进入在线家装页面；在在线家装页面上，包括多种家装方式，例如基于样板间的家装方式，基于真实背景图的家装方式等；用户可以选择基于真实背景图的家装方式，则响应于用户选择基于真实背景图的家装方式操作，可以展示真实背景图的添加页面。用户可以通过终端设备采集第一空间对象的目标图像，也可以直接从图库中选择第一空间对象的目标图像；家装 App 响应于图像采集操作或图像选择操作，可获取第一空间对象对应的目标图像，第一空间对象可以是目标物理空间中的至少部分空间对象。例如，目标物理空间是用户待装修的房屋，该房屋中包括卧室、客厅、厨房或卫生间等，第一空间对象可以是卧室和客厅，也可以是客厅的局部空间，对此不做限定，详细内容可参见前述实施例，在此暂不赘述。

在本实施例中，家装 App 获取第一空间对象对应的目标图像之后，可以将目标图像上传至服务端设备，服务端设备采用前述方法实施例中描述的三维场景重建方法，生成第一空间对象对应的目标三维模型，关于目标三维模型的生成方式可参见前述实施例，在此不再赘述。在此说明，生成目标三维模型的过程对用户来说无感知的。如图 4b 为本申请实施例示出的目标图像以及从目标图像到生成目标三维模型的过程示意图。在图 4b 中，从模型生成原理的角度对从目标图像到生成目标三维模型的带颜色的中间态模型和同时带颜色和纹理的中间态模型进行了示意，但实际过程中通常不会产生中间态模型。需要说明的是，中间态模型和目标三维模型的视角不同，但并不限于此。另外，图 4b 中的颜色未做明确体现，仅以灰度颜色进行示意。

在用户选择目标图像之后，家装 App 可以在目标图像的关联区域中展示多种家装对象，例如，家装对象可以是家电、家具或装饰物品等。在图 4c 和图 4d 中，以在目标图像的下发区域中展示沙发、茶几、地毯、单椅、挂画为例进行图示。在图 4c 和图 4d 中，用户可以从多种家装对象中选择目标家装对象，将目标家装对象放置在目标图像上，例如，可以拖动选中的目标家装对象的图像到目标图像上的相应位置，然后松开。家装 App 可以响应目标家装对象在目标图像上的放置操作，将目标家装对象的标识信息（例如名称、商品 ID 或图像等）以及目标家装对象在目标图像上的位置范围信息提供给服务端设备；服务端设备根据目标家装对象的标识信息，获取目标家装对应的三维模型，根据目标家装对象在目标图像上的位置范围信息，将目标家装对象的三维模型融合到该目标三维模型上中，并将融合目标家装对象的目标三维模型投影至目标图像上，以得到包含目标家装对象的家装效果图，并将该家装效果图提供给终端设备；终端设备展示该家装效果图。在图 4c 中，以用户选择挂画，并将该挂画放置到主体墙面的中心位置为例，图 4c 所示的家装效果图中透视

变形正确，同时可以限制挂画的移动区域为墙面部分，具有较高的精确度。在图 4d 中，以用户先后选择沙发和地毯，并将沙发放置在主体墙面和地面的中线上，将地毯铺贴在地面上为例，图 4d 所示的家装效果图中透视关系正确，放置位置合理。

在上述实施例中，以终端设备与服务端设备相互配合实施在线家装过程为例，但并不限于此。当然，也可以由终端设备独立实施。具体地，家装 App 在获取第一空间对象对应的目标图像之后，可以采用前述方法实施例中描述的三维场景重建方法，生成第一空间对象对应的目标三维模型；与此同时，家装 App 可以在目标图像的关联区域中展示多种家装对象，家装 App 可以响应目标家装对象在目标图像上的放置操作，获取目标家装对象的标识信息以及目标家装对象在目标图像上的位置范围信息；根据目标家装对象的标识信息，获取目标家装对应的三维模型，根据目标家装对象在目标图像上的位置范围信息，将目标家装对象的三维模型融合到该目标三维模型上中，并将融合目标家装对象的目标三维模型投影至目标图像上，以得到包含目标家装对象的家装效果图并展示该家装效果图。

在此说明，在上述实施例中，以实时构建目标三维模型为例进行说明，但并不限于此，例如，可以在首次上传目标图像时构建目标三维模型，在后续在线家装时，可以直接使用预先构建的目标三维模型。

图 4e 为本申请示例性实施例提供的一种商品选择方法的流程示意图。如图 4e 所示，该方法包括：

401b、响应商品页面上的选择操作，确定被选择的目标商品，目标商品具有商品三维模型；

402b、响应搭配效果查看操作，选择待与目标商品进行搭配的第一空间对象对应的目标图像；

403b、将商品三维模型添加至第一空间对象对应的目标三维模型中，以得到融合目标商品的目标三维模型；

404b、将融合目标商品的目标三维模型投影至目标图像上，以得到目标商品与第一空间对象的搭配效果图。

在本实施例中，商品选择方法可以在终端设备上实现，也可以由终端设备和服务端设备配合实现，对此不做限定。下面以商品选择方法在终端设备实现为例进行描述，但并不限于此。

在本实施例中，在购物场景中，用户在购买一些家具、家电或装饰类商品时，为了便于用户选购与实际环境更加适配的商品，用户可以将选择的商品添加到第一空间对象对应的目标图像中，查看添加后的搭配效果。其中，第一空间对象可以是家居环境、商场环境、办公场景等任何具有空间概念的区域，商品可以是任何需要放置在第一空间对象中的物品，例如，在家居环境中，商品可以是衣柜、挂画或桌椅等，商场环境中，商品可以是储物柜、置物架或货架等。

在本实施例中，终端设备上可以展示商品页面，商品页面上展示有多种商品，用户可

可以在商品页面上选择目标商品，终端设备可以响应商品页面上的选择操作，确定被选择的
目标商品，目标商品对应有商品三维模型。

在本实施例中，在购物车页面、下单页面或商品详情页面上可以增设搭配效果查看控
件，用户通过该控件可以发起查看商品搭配效果的操作，电商 App 响应于该操作，可以让
5 用户选择第一空间对象对应的目标图像；用户可以通过终端设备采集第一空间对象的目标
图像，也可以直接从图库中选择第一空间对象的目标图像；电商 App 获取目标图像之后，
可以采用上述实施例提供的三维场景重建方法构建出第一空间对象对应的目标三维模型，
并将用户选择的目标商品的商品三维模型添加至第一空间对象对应的目标三维模型中，以
得到融合目标商品的目标三维模型；将融合目标商品的目标三维模型投影至目标图像上，
10 以得到目标商品与第一空间对象的搭配效果图，并展示搭配效果图。用户通过该搭配效果
图可以确定是否选购该目标商品。进一步可选地，还可以根据预设的搭配规则或策略，自
动对搭配效果图进行评分并给出搭配分值，以辅助用户确定是否选购该目标商品，有利于
提高用户的购物体验，提高用户成功选购所需商品的概率，进而降低退换货概率。

需要说明的是，上述实施例所提供方法的各步骤的执行主体均可以是同一设备，或者，
15 该方法也由不同设备作为执行主体。比如，步骤 101 至步骤 103 的执行主体可以为设备 A；
又比如，步骤 101 和 102 的执行主体可以为设备 A，步骤 103 的执行主体可以为设备 B；
等等。

另外，在上述实施例及附图中的描述的一些流程中，包含了按照特定顺序出现的多个
操作，但是应该清楚了解，这些操作可以不按照其在本文中出现的顺序来执行或并行执行，
20 操作的序号如 101、102 等，仅仅是用于区分开各个不同的操作，序号本身不代表任何的
执行顺序。另外，这些流程可以包括更多或更少的操作，并且这些操作可以按顺序执行或
并行执行。需要说明的是，本文中的“第一”、“第二”等描述，是用于区分不同的消息、
设备、模块等，不代表先后顺序，也不限定“第一”和“第二”是不同的类型。

图 5 为本申请示例性实施例提供的一种三维场景重建装置的结构示意图，如图 5 所示，
25 该装置包括：获取模块 51、检测模块 52、确定模块 53、重建模块 54 和优化模块 55。

获取模块 51，用于获取第一空间对象对应的目标图像，第一空间对象是目标物理空间
中的至少部分空间对象；

检测模块 52，用于检测目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消
影点，交界线是第一空间对象中相邻物理主体结构之间的交线；

30 确定模块 53，用于根据至少两个正交主方向上的消影点，确定目标相机的相机内参数
和相机坐标系下的重力方向，目标相机是指拍摄目标图像使用的相机；

重建模块 54，用于根据多条交界线和相机坐标系下的重力方向，重建第一空间对象对
应的初始三维模型，初始三维模型中包括与相邻物理主体结构对应的相邻模型主体结构；

优化模块 55，用于根据多条交界线之间的约束关系、至少两个正交主方向上的消影点
35 之间的约束关系以及相机内参数，对初始三维模型进行优化，以得到目标三维模型。

在一可选实施例中，检测模块 52 具体用于：将目标图像输入基于霍夫变换的交界线检测模型进行交界线的检测，以获取目标图像中存在的多条交界线；将目标图像输入基于霍夫变换的消影点检测模型进行消影点检测，以获取目标图像中至少两个正交主方向上的消影点。

5 在一可选实施例中，检测模块 52 具体用于：将目标图像输入基于霍夫变换的交界线检测模型中，在该模型中，利用融合跳跃连接和多尺度特征的第一特征提取网络对目标图像进行特征提取，得到多个尺度的第一目标特征图；利用基于极坐标的霍夫变换对多个尺度的第一目标特征图进行霍夫变换，以将目标图像中存在的直线映射为霍夫空间中的点；在霍夫空间中选择与交界线特征匹配的多个目标点，并将多个目标点重新映射到图像空间
10 中，以得到目标图像中存在的多条交界线。

在一可选实施例中，检测模块 52 具体用于：对目标图像进行特征提取，得到最大尺度的第一中间特征图，对最大尺度的第一中间特征图进行 N 次下采样处理，得到多个其它尺度的第一中间特征图；将最小尺度的第一中间特征图作为最小尺度的第一目标特征图，对最小尺度的第一目标特征图进行 N 次上采样处理，并在每次上采样处理中与相同尺度的
15 第一中间特征图进行跳跃连接，以得到其它尺度的第一目标特征图。

在一可选实施例中，检测模块 52 具体用于：对多个尺度的第一目标特征图进行霍夫变换，以得到基于极坐标的霍夫空间中多个尺度的第二目标特征图；对多个尺度的第二目标特征图进行尺度变换，以得到尺度相同的多个特征图，对尺度相同的多个特征图进行拼接，得到第三目标特征图；对第三目标特征图进行卷积降维，以得到霍夫空间中的二维图
20 像，二维图像中包含多个点，每个点与目标图像中存在的直线对应。

在一可选实施例中，检测模块 52 具体用于：将目标图像输入基于霍夫变换的消影点检测模型中，在该模型中，利用第二特征提取网络对目标图像进行特征提取，得到第四目标特征图；利用基于高斯球面的霍夫变换对第四目标特征图进行霍夫变换，以将目标图像中存在的直线映射为高斯球面空间中的点；在高斯球面空间中选择概率值和角度值满足要求的至少两个正交主方向上的消影点，并重新映射到图像空间中，以得到目标图像中至少
25 两个正交主方向上的消影点。

在一可选实施例中，检测模块 52 具体用于：对第四目标特征图进行霍夫变换，以得到基于极坐标的霍夫空间中的第五目标特征图；在霍夫空间中对第五目标特征图进行霍夫卷积，以得到第六目标特征图；对第六目标特征图进行球面高斯球面变换，以得到高斯球面空间中的第七目标特征图；在高斯球面空间中对第七目标特征图进行球面卷积，得到第八目标特征图，第八目标特征图中包括多个点，每个点与目标图像中存在的直线对应。
30

在一可选实施例中，检测模块 52 具体用于：根据第八目标特征图中各个点的概率值，从多个点中选择概率值满足设定要求的点作为消影点；从消影点中选择角度大于设定角度的至少两个消影点，作为至少两个正交主方向上的消影点。

35 在一可选实施例中，确定模块 53 具体用于：在至少两个正交主方向上的消影点中包

括至少两个有限消影点的情况下，从至少两个有限消影点中选择距离相机光心最近的两个目标消影点；根据两个目标消影点与相机内参数的约束关系，确定目标相机的相机内参数；根据相机内参数，将至少两个正交主方向中位于重力方向上的消影点转换到相机坐标系中，以得到相机坐标系下的重力方向。

5 在一可选实施例中，重建模块 54 具体用于：根据相机坐标系下的重力方向，在相机坐标系下构建三维空间的基准平面，基准平面与第一空间对象中包含的基准物理主体结构对应；从多条交界线中识别与基准物理主体结构相交的多条基准交界线，根据多条基准交界线之间的交点位置，在基准平面上构建与基准物理主体结构对应的基准模型主体结构；根据预设的相机光心到基准平面的高度和多条基准交界线之间的交点位置，在基准模型主体结构上构建与其它物理主体结构对应的其它模型主体结构，以得到第一空间对象对应的初始三维模型。

10 在一可选实施例中，重建模块 54 具体用于：从多条基准交界线中选择有效基准交界线，根据有效基准交界线与图像坐标系中 x 轴的夹角对有效基准交界线进行排序，以得到有效基准交界线之间的相邻关系；根据有效基准交界线之间的相邻关系，确定有效基准交界线之间的交点位置，并将交点位置划分为与目标图像的边界相交的第一交点位置以及未与目标图像的边界相交的第二交点位置；根据第一交点位置和第二交点位置，在基准平面上绘制基准物理主体结构对应的模型边界，以得到基准模型主体结构。

15 在一可选实施例中，重建模块 54 具体用于：根据多条基准交界线与图像坐标系中 x 轴的夹角和/或多条基准交界线的长度，从多条基准交界线中选择第一基准交界线；根据其它基准交界线与第一基准交界线之间的夹角，将夹角小于设定夹角阈值的基准交界线剔除，将未被剔除的基准交界线和第一基准交界线作为有效基准交界线。

20 在一可选实施例中，重建模块 54 具体用于：根据第二交点位置，确定基准模型主体结构上相交于第二交点位置的相邻模型边界；根据预设的相机光心到基准平面的高度和预设的缩放比例，确定其它模型主体结构的初始高度；根据初始高度，在相交于第二交点位置的相邻模型边界上构建其它模型主体结构，以得到第一空间对象对应的初始三维模型。

25 在一可选实施例中，优化模块 55 具体用于：根据多条交界线之间的约束关系、至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及相机内参数，构建以各模型主体结构的位置参数和/或高度参数为优化变量的优化函数，位置参数包括模型主体结构的法向量和到相机光心的距离；采用最小二乘算法对优化函数进行求解，以得到各模型主体结构的优化后的位置参数和/或高度参数，根据优化后的位置参数和/或高度参数调整各模型主体结构的位置，以得到目标三维模型。

30 在一可选实施例中，优化模块 55 具体用于：针对每一个模型主体结构，根据相机内参数和与该模型主体结构垂直的消影点，生成该模型主体结构在相机坐标系下的参考法向量，以该模型主体结构的法向量与参考法向量的点积为 1 作为优化目标构建第一类优化项；针对任意相邻模型主体结构，以任意相邻模型主体结构之间的法向量的点积为 0 作为优化

目标构建第二类优化项；针对任意相邻模型主体结构，根据相机内参数和任意相邻模型主体结构的法向量和到相机光心的距离，生成任意相邻模型主体结构在图像坐标系下的交界线；以任意相邻模型主体结构在图像坐标系下的交界线和目标图像中对应相邻物理主体结构之间的交界线相同为优化目标构建第三类优化项；根据第一类优化项、第二类优化项和第三类优化项，生成优化函数。其中，上述各操作的详细实施方式，可参见前述实施例，在此不再赘述。

本申请实施例还提供一种在线家装装置，该装置包括：获取模块、融合模块和投影模块。其中，获取模块，用于响应图像上传操作，获取第一空间对象对应的目标图像，第一空间对象是目标物理空间中的至少部分空间对象。融合模块，用于响应目标家装对象在目标图像上的放置操作，将目标家装对象融合到第一空间对象对应的目标三维模型中，以得到融合目标家装对象的目标三维模型。投影模块，用于将融合目标家装对象的目标三维模型投影至目标图像上，以得到包含目标家装对象的家装效果图；其中，目标三维模型是根据本申请实施例提供的三维场景重建方法中的步骤构建的。其中，上述各操作的详细实施方式，可参见前述实施例，在此不再赘述。

本申请实施例还提供一种商品选择装置，该装置包括：确定模块、选择模块、添加模块和投影模块。确定模块，用于响应商品页面上的选择操作，确定被选择的目标商品，目标商品具有商品三维模型。选择模块，用于响应搭配效果查看操作，选择待与目标商品进行搭配的第一空间对象对应的目标图像。添加模块，用于将商品三维模型添加至第一空间对象对应的目标三维模型中，以得到融合目标商品的目标三维模型。融合模块，用于将融合目标商品的目标三维模型投影至目标图像上，以得到目标商品与第一空间对象的搭配效果图；其中，目标三维模型是根据本申请实施例提供的三维场景重建方法中的步骤构建的。其中，上述各操作的详细实施方式，可参见前述实施例，在此不再赘述。

图6为本申请示例性实施例提供的一种电子设备的结构示意图。如图6所示，该设备包括：存储器64和处理器65。

存储器64，用于存储计算机程序，并可被配置为存储其它各种数据以支持在计算平台上的操作。这些数据的示例包括用于在计算平台上操作的任何应用程序或方法的指令。

存储器64可以由任何类型的易失性或非易失性存储设备或者它们的组合实现，如静态随机存取存储器（SRAM），电可擦除可编程只读存储器（EEPROM），可擦除可编程只读存储器（EPROM），可编程只读存储器（PROM），只读存储器（ROM），磁存储器，快闪存储器，磁盘或光盘。

处理器65，与存储器64耦合，用于执行存储器64中的计算机程序，以用于：获取第一空间对象对应的目标图像，第一空间对象是目标物理空间中的至少部分空间对象；检测目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消影点，交界线是第一空间对象中相邻物理主体结构之间的交线；根据至少两个正交主方向上的消影

点，确定目标相机的相机内参数和相机坐标系下的重力方向，目标相机是指拍摄目标图像使用的相机；根据多条交界线和相机坐标系下的重力方向，重建第一空间对象对应的初始三维模型，初始三维模型中包括与相邻物理主体结构对应的相邻模型主体结构；根据多条交界线之间的约束关系、至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及相机内参数，对初始三维模型进行优化，以得到目标三维模型。

在一可选实施例中，处理器 65 在基于霍夫变换检测目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消影点时，具体用于：将目标图像输入基于霍夫变换的交界线检测模型进行交界线的检测，以获取目标图像中存在的多条交界线；将目标图像输入基于霍夫变换的消影点检测模型进行消影点检测，以获取目标图像中至少两个正交主方向上的消影点。

在一可选实施例中，处理器 65 在将目标图像输入基于霍夫变换的交界线检测模型进行交界线的检测，以获取目标图像中存在的多条交界线时，具体用于：将目标图像输入基于霍夫变换的交界线检测模型中，在该模型中，利用融合跳跃连接和多尺度特征的第一特征提取网络对目标图像进行特征提取，得到多个尺度的第一目标特征图；利用基于极坐标的霍夫变换对多个尺度的第一目标特征图进行霍夫变换，以将目标图像中存在的直线映射为霍夫空间中的点；在霍夫空间中选择与交界线特征匹配的多个目标点，并将多个目标点重新映射到图像空间中，以得到目标图像中存在的多条交界线。

在一可选实施例中，处理器 65 在利用融合跳跃连接和多尺度特征的第一特征提取网络对目标图像进行特征提取，得到多个尺度的第一目标特征图时，具体用于：对所述目标图像进行特征提取，得到最大尺度的第一中间特征图，对所述最大尺度的第一中间特征图进行 N 次下采样处理，得到其它尺度的第一中间特征图；将最小尺度的第一中间特征图作为最小尺度的第一目标特征图，对所述最小尺度的第一目标特征图进行 N 次上采样处理，并在每次上采样处理中与相同尺度的第一中间特征图进行跳跃连接，以得到其它尺度的第一目标特征图。

在一可选实施例中，处理器 65 在利用基于极坐标的霍夫变换对多个尺度的第一目标特征图进行霍夫变换，以将目标图像中存在的直线映射为霍夫空间中的点时，具体用于：对多个尺度的第一目标特征图进行霍夫变换，以得到基于极坐标的霍夫空间中多个尺度的第二目标特征图；对多个尺度的第二目标特征图进行尺度变换，以得到尺度相同的多个特征图，对尺度相同的多个特征图进行拼接，得到第三目标特征图；对第三目标特征图进行卷积降维，以得到霍夫空间中的二维图像，二维图像中包含多个点，每个点与目标图像中存在的直线对应。

在一可选实施例中，处理器 65 在将目标图像输入基于霍夫变换的消影点检测模型进行消影点检测，以获取目标图像中至少两个正交主方向上的消影点时，具体用于：将目标图像输入基于霍夫变换的消影点检测模型中，在该模型中，利用第二特征提取

网络对目标图像进行特征提取，得到第四目标特征图；利用基于高斯球面的霍夫变换对第四目标特征图进行霍夫变换，以将目标图像中存在的直线映射为高斯球面空间中的点；在高斯球面空间中选择概率值和角度值满足要求的至少两个正交主方向上的消影点，并重新映射到图像空间中，以得到目标图像中至少两个正交主方向上的消影点。

5 在一可选实施例中，处理器 65 在利用基于高斯球面的霍夫变换对第四目标特征图进行霍夫变换，以将目标图像中存在的直线映射为高斯球面空间中的点时，具体用于：对第四目标特征图进行霍夫变换，以得到基于极坐标的霍夫空间中的第五目标特征图；在霍夫空间中对第五目标特征图进行霍夫卷积，以得到第六目标特征图；对第六目标特征图进行球面高斯球面变换，以得到高斯球面空间中的第七目标特征图；在高斯球面空间中对第七目标特征图进行球面卷积，得到第八目标特征图，第八目标特征图中包括多个点，每个点与目标图像中存在的直线对应。

10 在一可选实施例中，处理器 65 在高斯球面空间中选择概率值和角度值满足要求的至少两个正交主方向上的消影点时，具体用于：根据第八目标特征图中各个点的概率值，从多个点中选择概率值满足设定要求的点作为消影点；从消影点中选择角度大于设定角度的至少两个消影点，作为至少两个正交主方向上的消影点。

15 在一可选实施例中，处理器 65 在根据至少两个正交主方向上的消影点，确定目标相机的相机内参数和相机坐标系下的重力方向时，具体用于：在至少两个正交主方向上的消影点中包括至少两个有限消影点的情况下，从至少两个有限消影点中选择距离相机光心最近的两个目标消影点；根据两个目标消影点与相机内参数的约束关系，确定目标相机的相机内参数；根据相机内参数，将至少两个正交主方向中位于重力方向上的消影点转换到相机坐标系中，以得到相机坐标系下的重力方向。

20 在一可选实施例中，处理器 65 在根据多条交界线和相机坐标系下的重力方向，重建第一空间对象对应的初始三维模型时，具体用于：根据相机坐标系下的重力方向，在相机坐标系下构建三维空间的基准平面，基准平面与第一空间对象中包含的基准物理主体结构对应；从多条交界线中识别与基准物理主体结构相交的多条基准交界线，根据多条基准交界线之间的交点位置，在基准平面上构建与基准物理主体结构对应的基准模型主体结构；根据预设的相机光心到基准平面的高度和多条基准交界线之间的交点位置，在基准模型主体结构上构建与其它物理主体结构对应的其它模型主体结构，以得到第一空间对象对应的初始三维模型。

25 在一可选实施例中，处理器 65 在根据多条基准交界线之间的交点位置，在基准平面上构建与基准物理主体结构对应的基准模型主体结构时，具体用于：从多条基准交界线中选择有效基准交界线，根据有效基准交界线与图像坐标系中 x 轴的夹角对有效基准交界线进行排序，以得到有效基准交界线之间的相邻关系；根据有效基准交界线之间的相邻关系，确定有效基准交界线之间的交点位置，并将交点位置划分为与目标图像的边界相交的第一交点位置以及未与目标图像的边界相交的第二交点位置；根据

第一交点位置和第二交点位置,在基准平面上绘制基准物理主体结构对应的模型边界,以得到基准模型主体结构。

在一可选实施例中,处理器 65 在从多条基准交界线中选择有效基准交界线时,具体用于:根据多条基准交界线与图像坐标系中 x 轴的夹角和/或多条基准交界线的长度,从多条基准交界线中选择第一基准交界线;根据其它基准交界线与第一基准交界线之间的夹角,将夹角小于设定夹角阈值的基准交界线剔除,将未被剔除的基准交界线和第一基准交界线作为有效基准交界线。

在一可选实施例中,处理器 65 在根据预设的相机光心到基准平面的高度和多条基准交界线之间的交点位置,在基准模型主体结构上构建与其它物理主体结构对应的其它模型主体结构,以得到第一空间对象对应的初始三维模型时,具体用于:根据第二交点位置,确定基准模型主体结构上相交于第二交点位置的相邻模型边界;根据预设的相机光心到基准平面的高度和预设的缩放比例,确定其它模型主体结构的初始高度;根据初始高度,在相交于第二交点位置的相邻模型边界上构建其它模型主体结构,以得到第一空间对象对应的初始三维模型。

在一可选实施例中,处理器 65 在根据多条交界线之间的约束关系、至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及相机内参数,对初始三维模型进行优化,以得到目标三维模型时,具体用于:根据多条交界线之间的约束关系、至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及相机内参数,构建以各模型主体结构的位置参数和/或高度参数为优化变量的优化函数,位置参数包括模型主体结构的法向量和到相机光心的距离;采用最小二乘算法对优化函数进行求解,以得到各模型主体结构的优化后的位置参数和/或高度参数,根据优化后的位置参数和/或高度参数调整各模型主体结构的位置,以得到目标三维模型。

在一可选实施例中,处理器 65 在根据多条交界线之间的约束关系、至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及相机内参数,构建以各模型主体结构的位置参数和/或高度参数为优化变量的优化函数时,具体用于:针对每一个模型主体结构,根据相机内参数和与该模型主体结构垂直的消影点,生成该模型主体结构在相机坐标系下的参考法向量,以该模型主体结构的法向量与参考法向量的点积为 1 作为优化目标构建第一类优化项;针对任意相邻模型主体结构,以任意相邻模型主体结构之间的法向量的点积为 0 作为优化目标构建第二类优化项;针对任意相邻模型主体结构,根据相机内参数和任意相邻模型主体结构的法向量和到相机光心的距离,生成任意相邻模型主体结构在图像坐标系下的交界线;以任意相邻模型主体结构在图像坐标系下的交界线和目标图像中对应相邻物理主体结构之间的交界线相同为优化目标构建第三类优化项;根据第一类优化项、第二类优化项和第三类优化项,生成优化函数。

进一步,如图 6 所示,该电子设备还包括:通信组件 66、显示器 67、电源组件 68、音频组件 69 等其它组件。图 6 中仅示意性给出部分组件,并不意味着电子设备只包括图 6

所示组件。

本申请实施例还提供一种电子设备，该电子设备的结构与图 6 所示电子设备的结构相同或相似，具体可参见图 6 所示电子设备的结构实现，本实施例提供的电子设备与图 6 所示实施例中电子设备的区别主要在于：处理器执行存储器中存储的计算机程序所实现的功能不同。对本实施例提供的电子设备来说，其处理器执行存储器中存储的计算机程序，可用于：响应图像上传操作，获取第一空间对象对应的目标图像，第一空间对象是目标物理空间中的至少部分空间对象；响应目标家装对象在目标图像上的放置操作，将目标家装对象融合到第一空间对象对应的目标三维模型中，以得到融合目标家装对象的目标三维模型；将融合目标家装对象的目标三维模型投影至目标图像上，以得到包含目标家装对象的家装效果图；其中，目标三维模型是根据本申请实施例提供的三维场景重建方法中的步骤构建的。

本申请实施例还提供一种电子设备，该电子设备的结构与图 6 所示电子设备的结构相同或相似，具体可参见图 6 所示电子设备的结构实现，本实施例提供的电子设备与图 6 所示实施例中电子设备的区别主要在于：处理器执行存储器中存储的计算机程序所实现的功能不同。对本实施例提供的电子设备来说，其处理器执行存储器中存储的计算机程序，可用于：响应商品页面上的选择操作，确定被选择的目标商品，目标商品具有商品三维模型；响应搭配效果查看操作，选择待与目标商品进行搭配的第一空间对象对应的目标图像；将商品三维模型添加至第一空间对象对应的目标三维模型中，以得到融合目标商品的目标三维模型；将融合目标商品的目标三维模型投影至目标图像上，以得到目标商品与第一空间对象的搭配效果图；其中，目标三维模型是根据本申请实施例提供的三维场景重建方法中的步骤构建的。

相应地，本申请实施例还提供一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质，计算机程序被执行时能够实现上述图 1b、图 4a 和图 4e 所示方法中的各步骤。

上述图 6 中的通信组件被配置为便于通信组件所在设备和其他设备之间有线或无线方式的通信。通信组件所在设备可以接入基于通信标准的无线网络，如 WiFi、2G、3G、4G/LTE、5G 等移动通信网络，或它们的组合。在一个示例性实施例中，通信组件经由广播信道接收来自外部广播管理系统的广播信号或广播相关信息。在一个示例性实施例中，通信组件还包括近场通信（NFC）模块，以促进短程通信。例如，在 NFC 模块可基于射频识别（RFID）技术，红外数据协会（IrDA）技术，超宽带（UWB）技术，蓝牙（BT）技术和其他技术来实现。

上述图 6 中的显示器包括屏幕，其屏幕可以包括液晶显示器（LCD）和触摸面板（TP）。如果屏幕包括触摸面板，屏幕可以被实现为触摸屏，以接收来自用户的输入信号。触摸面板包括一个或多个触摸传感器以感测触摸、滑动和触摸面板上的手势。触摸传感器可以不仅感测触摸或滑动动作的边界，而且还检测与触摸或滑动操作相关的持续时间和压力。

上述图 6 中的电源组件，为电源组件所在设备的各种组件提供电力。电源组件可以包

括电源管理系统，一个或多个电源，及其他与为电源组件所在设备生成、管理和分配电力相关联的组件。

上述图 6 中的音频组件，可被配置为输出和/或输入音频信号。例如，音频组件包括一个麦克风 (MIC)，当音频组件所在设备处于操作模式，如呼叫模式、记录模式和语音识别模式时，麦克风被配置为接收外部音频信号。所接收的音频信号可以被进一步存储在存储器或经由通信组件发送。在一些实施例中，音频组件还包括一个扬声器，用于输出音频信号。

本领域内的技术人员应明白，本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

在一个典型的配置中，计算设备包括一个或多个处理器 (CPU)、输入/输出接口、网络接口和内存。

内存可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器，随机存取存储器 (RAM) 和/或非易失性内存等形式，如只读存储器 (ROM) 或闪存(flash RAM)。内存是计算机可读介质的示例。

计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括，但不限于相变内存 (PRAM)、静态随机存取存储器 (SRAM)、

动态随机存取存储器 (DRAM)、其他类型的随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器 (CD-ROM)、数字多功能光盘 (DVD) 或其他光学存储、磁盒式磁带，磁带磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质，可用于存储可以被计算设备访问的信息。按照本文中的界定，计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体 (transitory media)，如调制的数

5 据信号和载波。

还需要说明的是，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

10

以上所述仅为本申请的实施例而已，并不用于限制本申请。对于本领域技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的权利要求范围之内。

权利要求书

1、一种三维场景重建方法，其特征在于，包括：

获取第一空间对象对应的目标图像，所述第一空间对象是目标物理空间中的至少部分空间对象；

5 检测所述目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消影点，所述交界线是所述第一空间对象中相邻物理主体结构之间的交线；

根据所述至少两个正交主方向上的消影点，确定目标相机的相机内参数和相机坐标系下的重力方向，所述目标相机是指拍摄所述目标图像使用的相机；

10 根据所述多条交界线和所述相机坐标系下的重力方向，重建所述第一空间对象对应的初始三维模型，所述初始三维模型中包括与所述相邻物理主体结构对应的相邻模型主体结构；

根据所述多条交界线之间的约束关系、所述至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及所述相机内参数，对所述初始三维模型进行优化，以得到目标三维模型。

15 2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，检测所述目标图像中存在的多条交界线以及至少两个正交主方向上的消影点，包括：

将所述目标图像输入基于霍夫变换的交界线检测模型进行交界线的检测，以获取所述目标图像中存在的多条交界线；

20 将所述目标图像输入基于霍夫变换的消影点检测模型进行消影点检测，以获取所述目标图像中至少两个正交主方向上的消影点。

3、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，将所述目标图像输入基于霍夫变换的交界线检测模型进行交界线的检测，以获取所述目标图像中存在的多条交界线，包括：

25 在基于霍夫变换的交界线检测模型中，利用融合跳跃连接和多尺度特征的第一特征提取网络对所述目标图像进行特征提取，得到多个尺度的第一目标特征图；

利用基于极坐标的霍夫变换对所述多个尺度的第一目标特征图进行霍夫变换，以将所述目标图像中存在的直线映射为霍夫空间中的点；

在所述霍夫空间中选择与交界线特征匹配的多个目标点，并将所述多个目标点重新映射到图像空间中，以得到所述目标图像中存在的多条交界线。

30 4、根据权利要求3所述的方法，其特征在于，利用基于极坐标的霍夫变换对所述多个尺度的第一目标特征图进行霍夫变换，以将所述目标图像中存在的直线映射为霍夫空间中的点，包括：

对所述多个尺度的第一目标特征图进行霍夫变换，以得到基于极坐标的霍夫空间中多个尺度的第二目标特征图；

35 对所述多个尺度的第二目标特征图进行尺度变换，以得到尺度相同的多个特征图，

对所述尺度相同的多个特征图进行拼接，得到第三目标特征图；

对所述第三目标特征图进行卷积降维，以得到霍夫空间中的二维图像，所述二维图像中包含多个点，每个点与所述目标图像中存在的直线对应。

5 5、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，将所述目标图像输入基于霍夫变换的消影点检测模型进行消影点检测，以获取所述目标图像中至少两个正交主方向上的消影点，包括：

在基于霍夫变换的消影点检测模型中，利用第二特征提取网络对所述目标图像进行特征提取，得到第四目标特征图；

10 利用基于高斯球面的霍夫变换对所述第四目标特征图进行霍夫变换，以将所述目标图像中存在的直线映射为高斯球面空间中的点；

在所述高斯球面空间中选择概率值和角度值满足要求的至少两个正交主方向上的消影点，并重新映射到图像空间中，以得到所述目标图像中至少两个正交主方向上的消影点。

15 6、根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，利用基于高斯球面的霍夫变换对所述第四目标特征图进行霍夫变换，以将所述目标图像中存在的直线映射为高斯球面空间中的点，包括：

对所述第四目标特征图进行霍夫变换，以得到基于极坐标的霍夫空间中的第五目标特征图；

在所述霍夫空间中对所述第五目标特征图进行霍夫卷积，以得到第六目标特征图；

20 对所述第六目标特征图进行高斯球面变换，以得到高斯球面空间中的第七目标特征图；

在所述高斯球面空间中对所述第七目标特征图进行球面卷积，得到第八目标特征图，所述第八目标特征图中包括多个点，每个点与所述目标图像中存在的直线对应。

25 7、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据所述至少两个正交主方向上的消影点，确定目标相机的相机内参数和相机坐标系下的重力方向，包括：

在所述至少两个正交主方向上的消影点中包括至少两个有限消影点的情况下，从所述至少两个有限消影点中选择距离相机光心最近的两个目标消影点；

根据所述两个目标消影点与相机内参数的约束关系，确定所述目标相机的相机内参数；

30 根据所述相机内参数，将所述至少两个正交主方向中位于重力方向上的消影点转换到相机坐标系中，以得到相机坐标系下的重力方向。

8、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据所述多条交界线和所述相机坐标系下的重力方向，重建所述第一空间对象对应的初始三维模型，包括：

35 根据所述相机坐标系下的重力方向，在相机坐标系下构建三维空间的基准平面，所述基准平面与所述第一空间对象中包含的基准物理主体结构对应；

从所述多条交界线中识别与所述基准物理主体结构相交的多条基准交界线，根据所述多条基准交界线之间的交点位置，在所述基准平面上构建与所述基准物理主体结构对应的基准模型主体结构；

5 根据预设的相机光心到所述基准平面的高度和所述多条基准交界线之间的交点位置，在所述基准模型主体结构上构建与其它物理主体结构对应的其它模型主体结构，以得到所述第一空间对象对应的初始三维模型。

9、根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，根据所述多条基准交界线之间的交点位置，在所述基准平面上构建与所述基准物理主体结构对应的基准模型主体结构，包括：

10 从所述多条基准交界线中选择有效基准交界线，根据所述有效基准交界线与图像坐标系中 x 轴的夹角对所述有效基准交界线进行排序，以得到所述有效基准交界线之间的相邻关系；

根据所述有效基准交界线之间的相邻关系，确定所述有效基准交界线之间的交点位置，并将所述交点位置划分为与所述目标图像的边界相交的第一交点位置以及未与
15 所述目标图像的边界相交的第二交点位置；

根据所述第一交点位置和所述第二交点位置，在所述基准平面上绘制所述基准物理主体结构对应的模型边界，以得到基准模型主体结构。

10、根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，根据预设的相机光心到所述基准
20 平面的高度和所述多条基准交界线之间的交点位置，在所述基准模型主体结构上构建与其它物理主体结构对应的其它模型主体结构，以得到所述第一空间对象对应的初始三维模型，包括：

根据所述第二交点位置，确定所述基准模型主体结构上相交于所述第二交点位置的相邻模型边界；

25 根据预设的相机光心到所述基准平面的高度和预设的缩放比例，确定所述其它模型主体结构的初始高度；

根据所述初始高度，在相交于所述第二交点位置的相邻模型边界上构建其它模型主体结构，以得到所述第一空间对象对应的初始三维模型。

11、根据权利要求 1-10 任一项所述的方法，其特征在于，根据所述多条交界线之间的约束关系、所述至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及所述相机内
30 参数，对所述初始三维模型进行优化，以得到目标三维模型，包括：

根据所述多条交界线之间的约束关系、所述至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及所述相机内参数，构建以各模型主体结构的位置参数和/或高度参数为优化变量的优化函数，所述位置参数包括模型主体结构的法向量和到相机光心的距离；

35 采用最小二乘算法对所述优化函数进行求解，以得到各模型主体结构的优化后的

位置参数和/或高度参数;

根据所述优化后的位置参数和/或高度参数调整各模型主体结构的位置,以得到目标三维模型。

5 12、根据权利要求 11 所述的方法,其特征在于,根据所述多条交界线之间的约束关系、所述至少两个正交主方向上的消影点之间的约束关系以及所述相机内参数,构建以各模型主体结构的位置参数和/或高度参数为优化变量的优化函数,包括:

针对每一个模型主体结构,根据所述相机内参数和与该模型主体结构垂直的消影点,生成该模型主体结构在相机坐标系下的参考法向量,并以该模型主体结构的法向量与参考法向量的点积为 1 作为优化目标构建第一类优化项;

10 针对任意相邻模型主体结构,以任意相邻模型主体结构之间的法向量的点积为 0 作为优化目标构建第二类优化项;

针对任意相邻模型主体结构,根据所述相机内参数和所述任意相邻模型主体结构的法向量和到相机光心的距离,生成任意相邻模型主体结构在图像坐标系下的交界线;并以任意相邻模型主体结构在图像坐标系下的交界线和所述目标图像中对应相邻物理主体结构之间的交界线相同为优化目标构建第三类优化项;

15 根据所述第一类优化项、所述第二类优化项和所述第三类优化项,生成所述优化函数。

13、一种在线家装方法,其特征在于,包括:

20 响应图像上传操作,获取第一空间对象对应的目标图像,所述第一空间对象是目标物理空间中的至少部分空间对象;

响应目标家装对象在所述目标图像上的放置操作,将所述目标家装对象融合到所述第一空间对象对应的目标三维模型中,以得到融合所述目标家装对象的目标三维模型;

25 将融合所述目标家装对象的目标三维模型投影至所述目标图像上,以得到包含所述目标家装对象的家装效果图;

其中,所述目标三维模型是根据权利要求 1-12 任一项所述方法中的步骤构建的。

14、一种商品选择方法,其特征在于,包括:

响应商品页面上的选择操作,确定被选择的目标商品,所述目标商品具有商品三维模型;

30 响应搭配效果查看操作,选择待与所述目标商品进行搭配的第一空间对象对应的目标图像;

将所述商品三维模型添加至所述第一空间对象对应的目标三维模型中,以得到融合所述目标商品的目标三维模型;

35 将融合所述目标商品的目标三维模型投影至所述目标图像上,以得到所述目标商品与所述第一空间对象的搭配效果图;

其中,所述目标三维模型是根据权利要求 1-12 中任一项所述方法中的步骤构建的。

15、一种电子设备,其特征在于,包括:存储器和处理器;所述存储器,用于存储计算机程序;所述处理器与所述存储器耦合,用于执行所述计算机程序,以用于执行权利要求 1-12、权利要求 13 以及权利要求 14 中任一项所述方法中的步骤。

- 5 16、一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质,其特征在于,当所述计算机程序被处理器执行时,致使所述处理器能够实现权利要求 1-12、权利要求 13 以及权利要求 14 中任一项所述方法中的步骤。

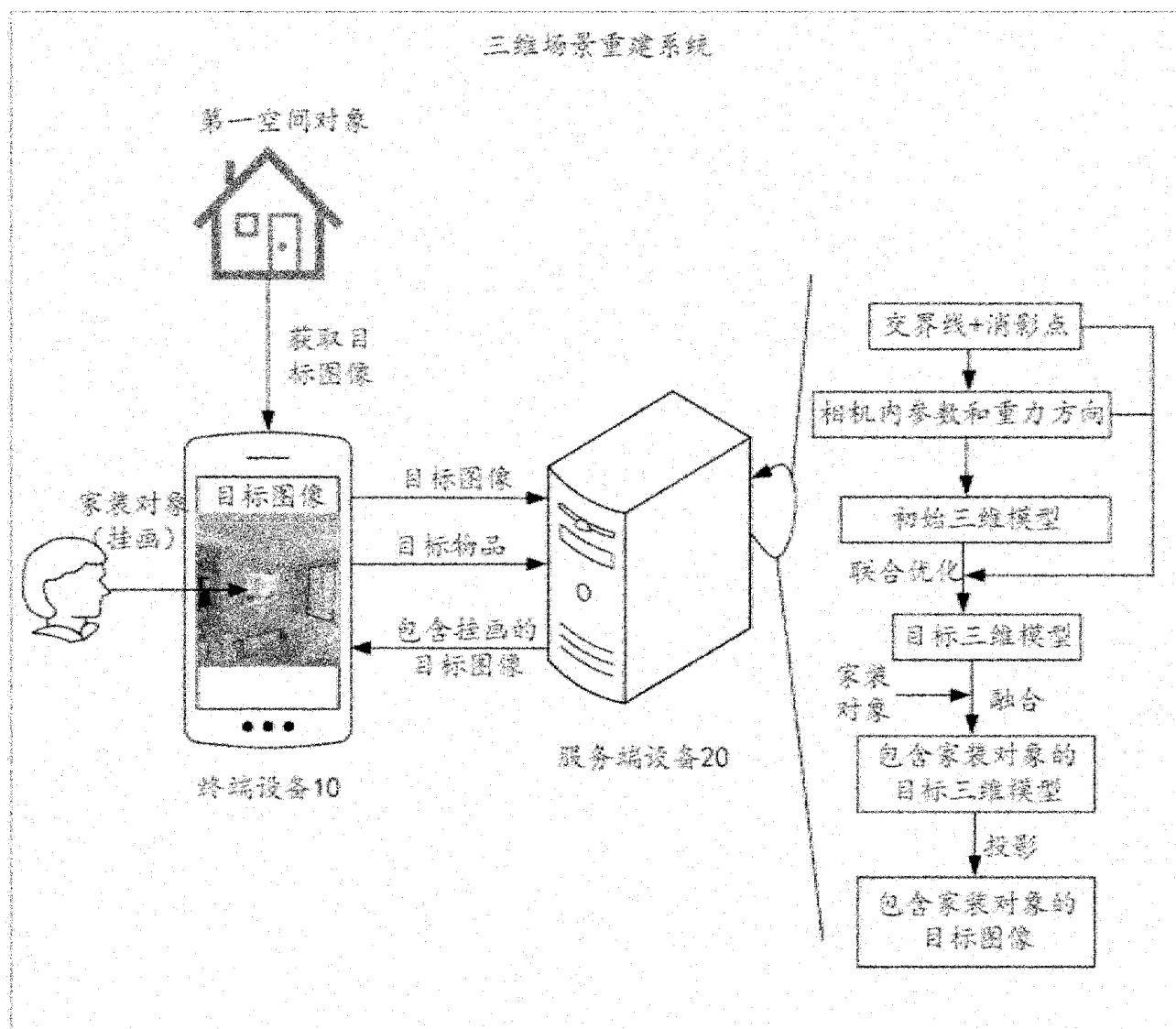


图 1a

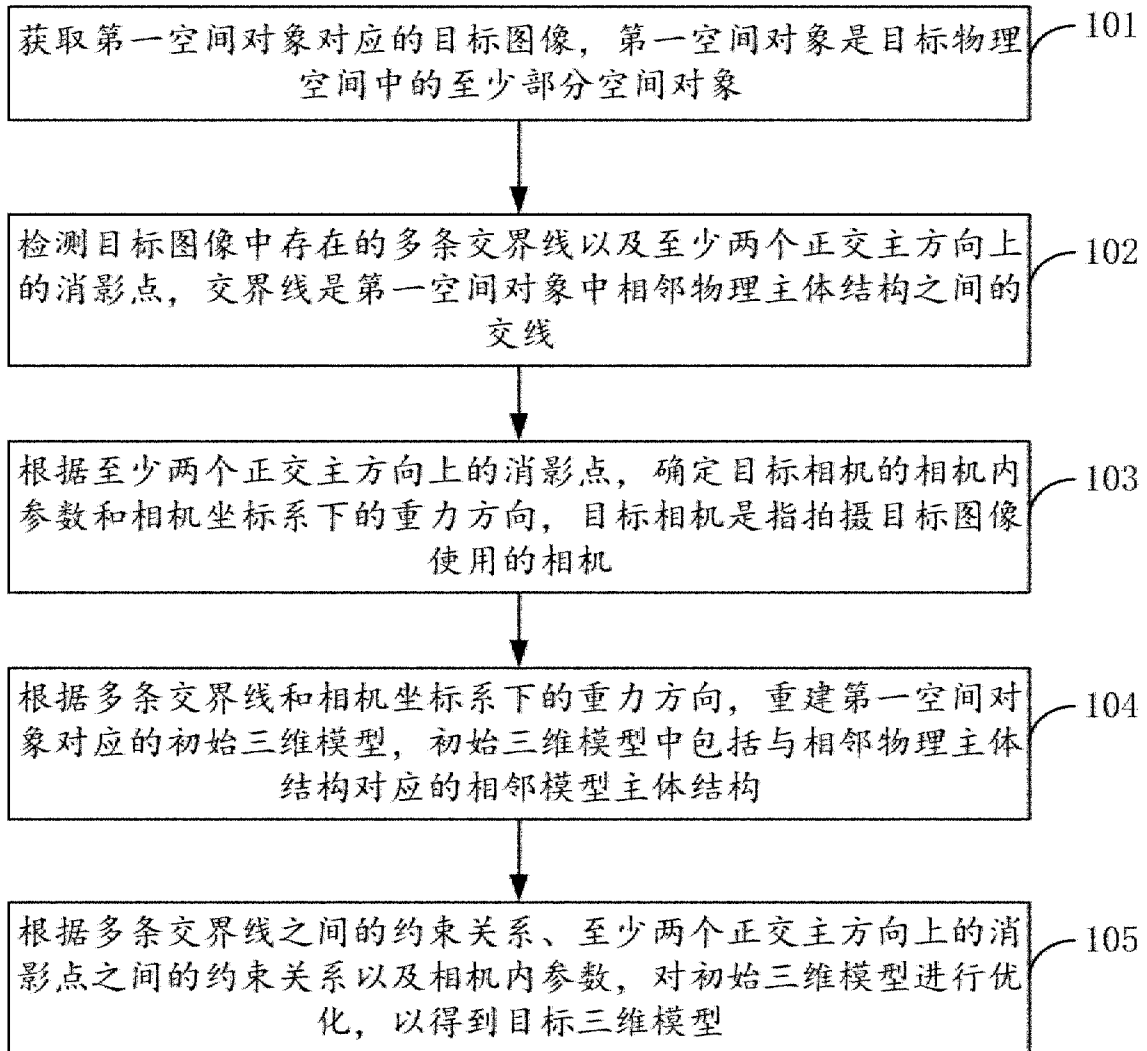


图 1b

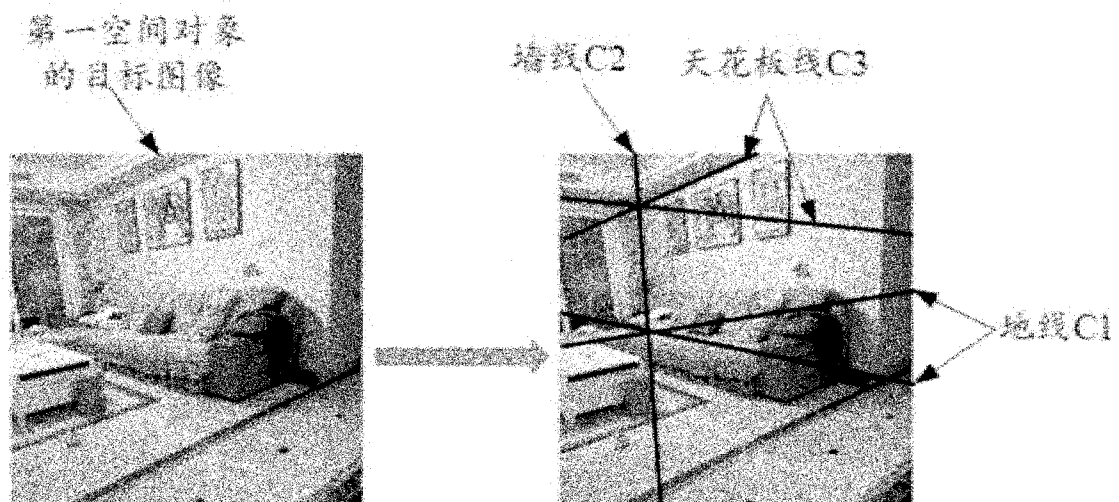


图 2a

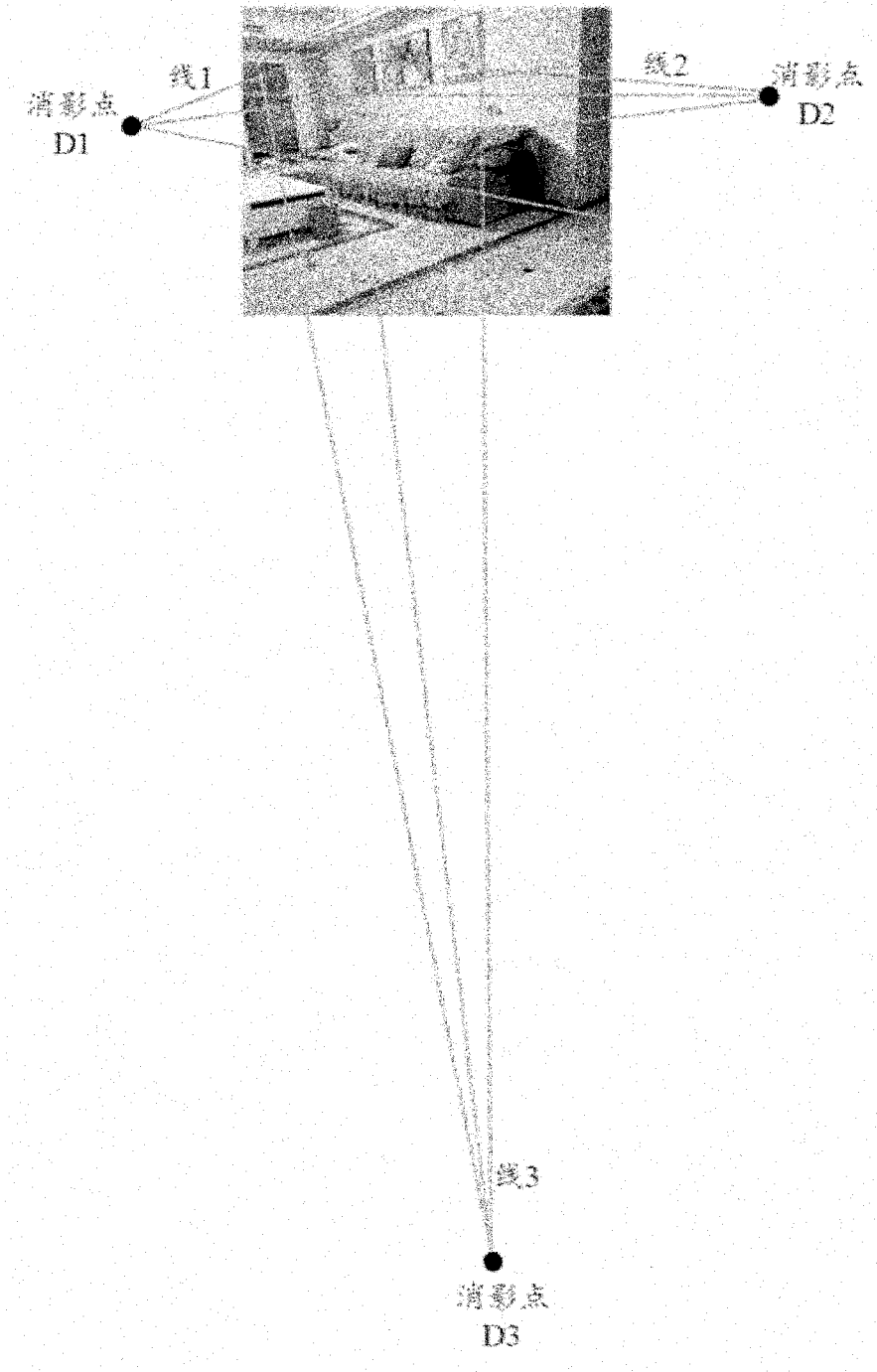


图 2b

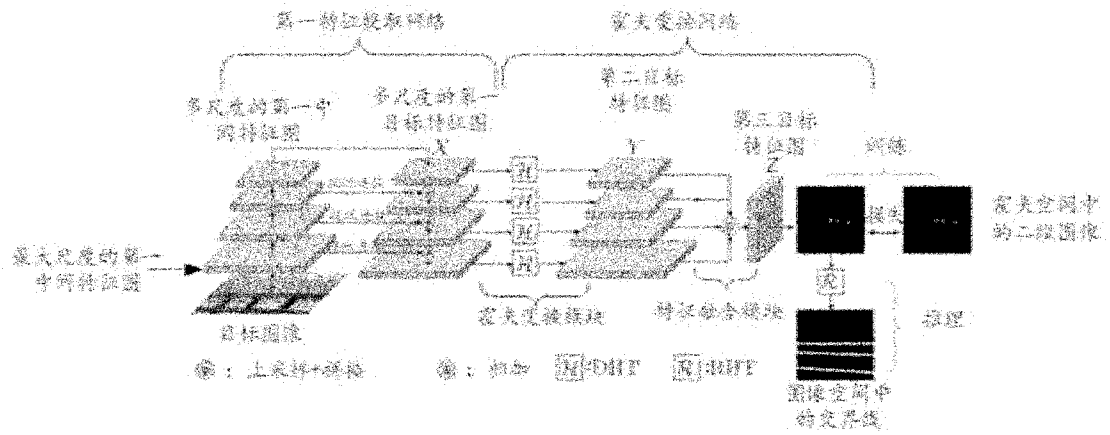


图 3a

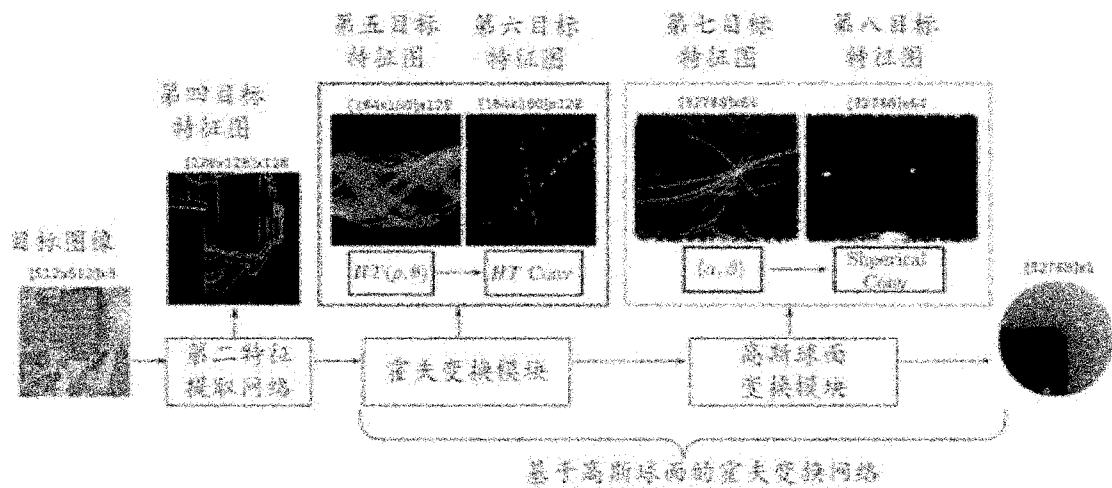


图 3b

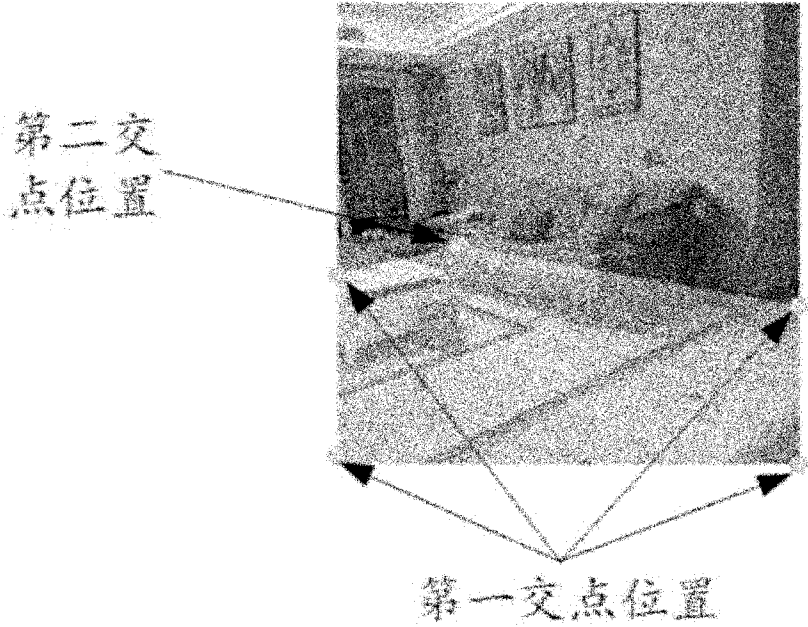


图 3c

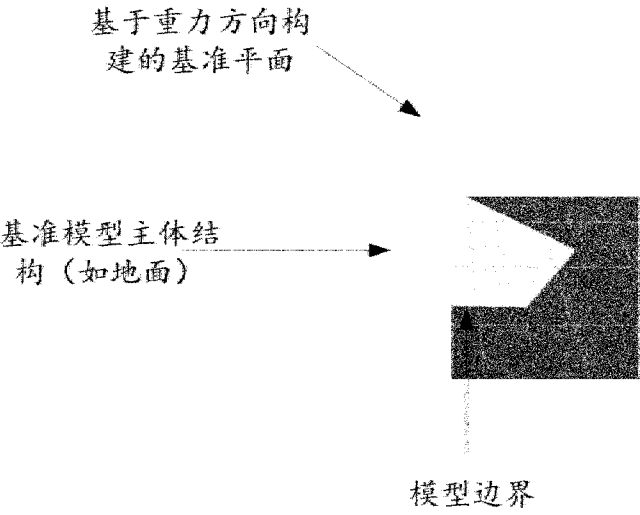


图 3d

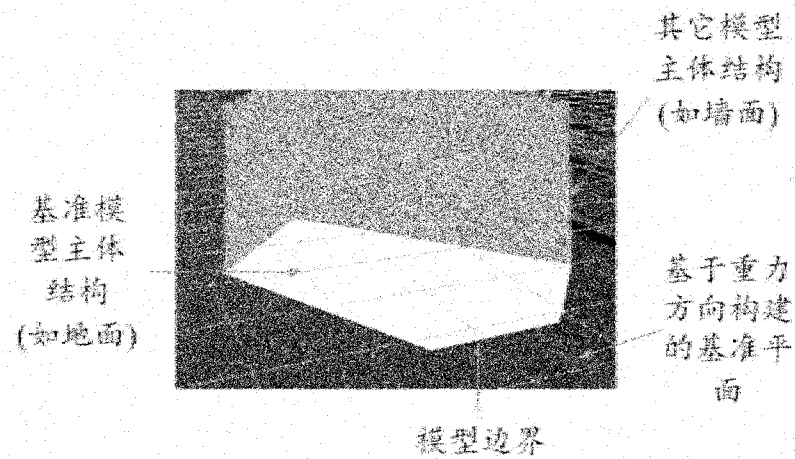


图 3c

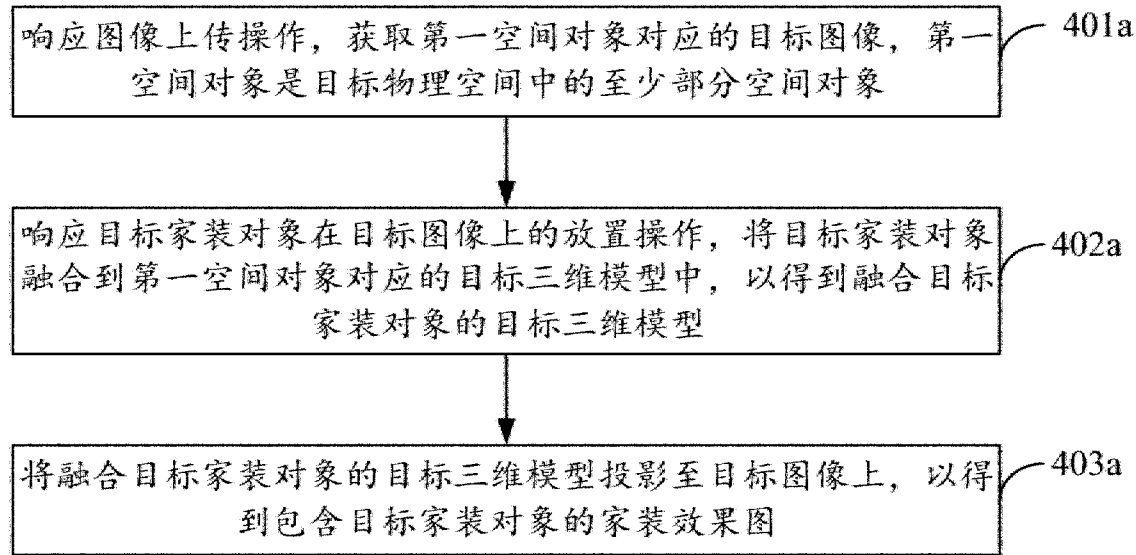


图 4a

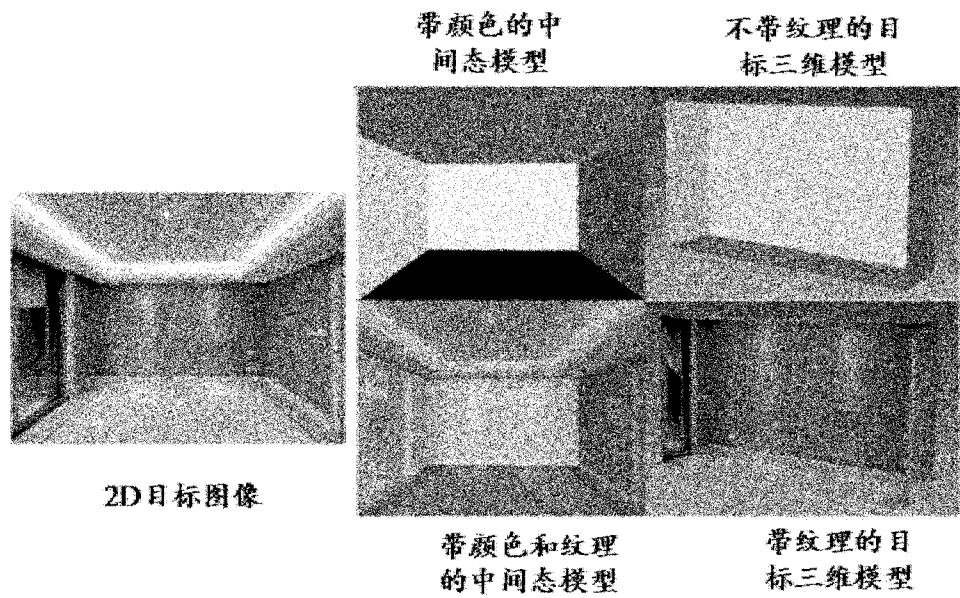


图 4b



图 4c

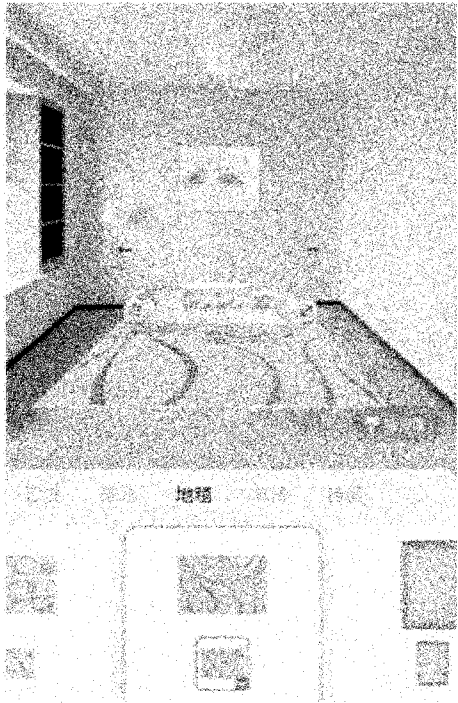


图 4d

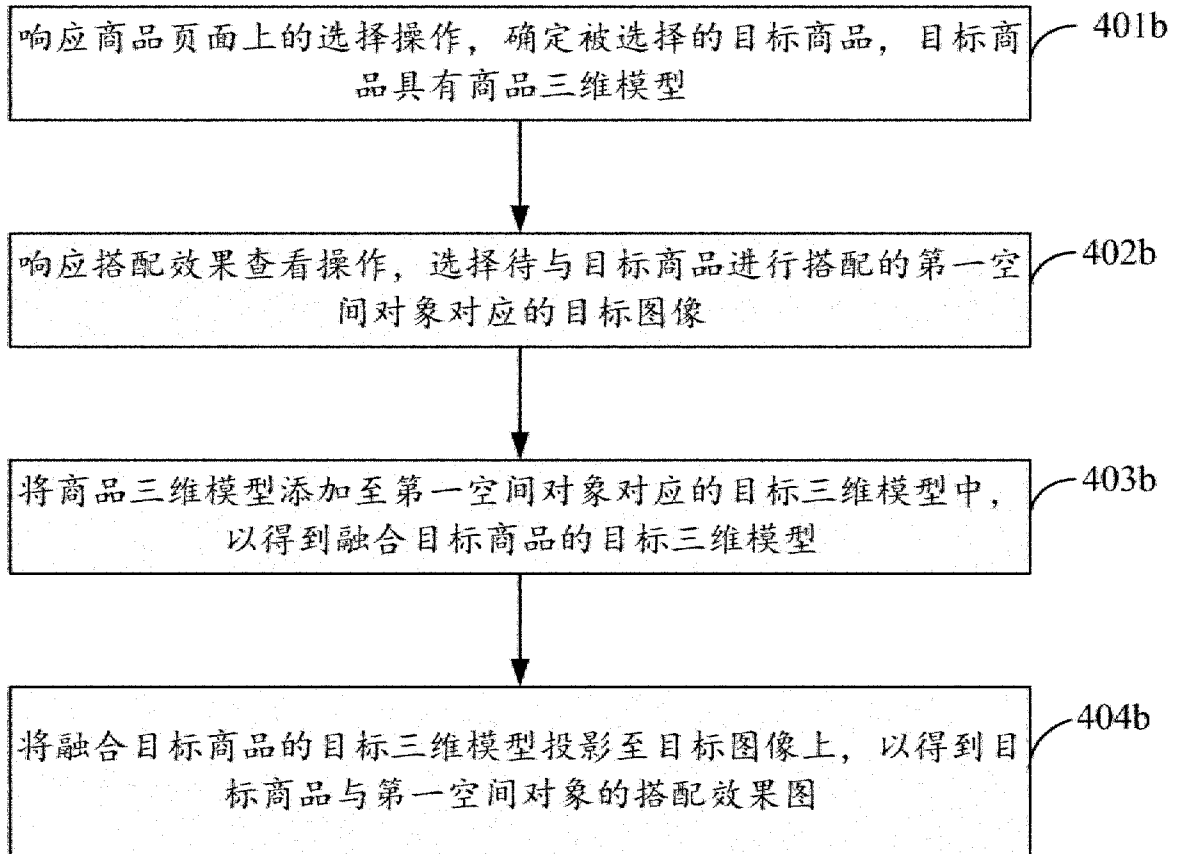


图 4e

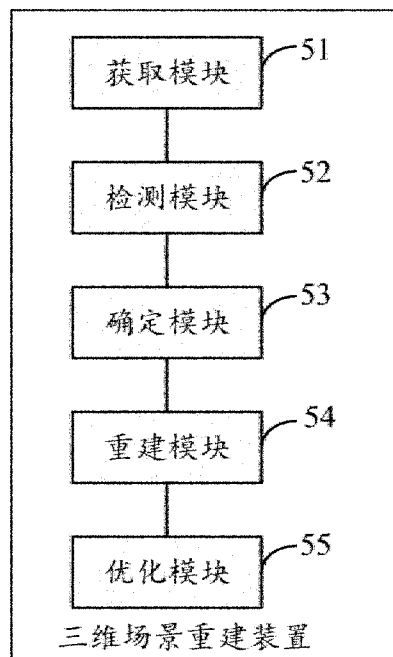


图 5

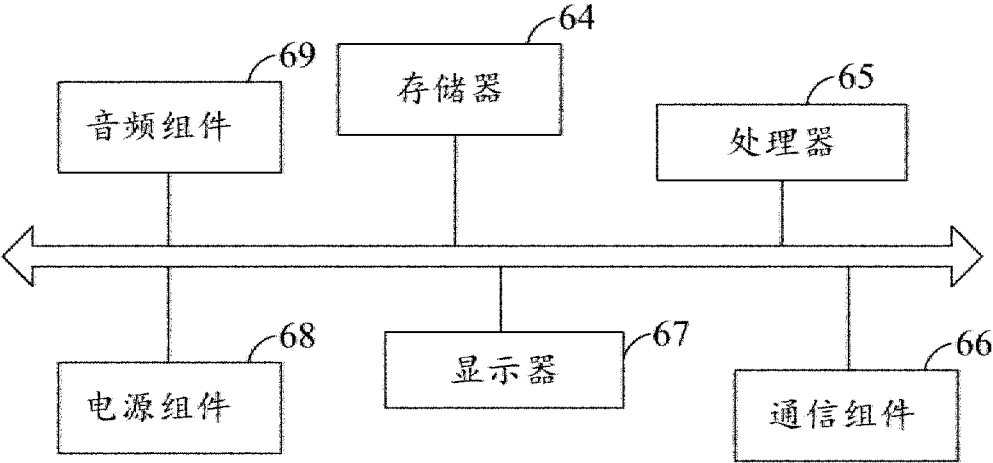


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/072122

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 17/00(2006.01)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)

IPC: G06T 17/-, G06K, G06F, G06Q

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)

DWPI, CNABS, WPABS, CNTXT, USTXT, CNKI, CJFD: 场景, 重建, 三维, 空间, 图像, 交界线, 消影点, 深度, 坐标, 相机, 重力, 坐标系, 模型, 特征图, 映射, 高斯球面, 家装, 装饰, 装修, 样图, 小样, scene, reconstruction, three-dimensional, 3D, space, image, interface line, vanishing point, depth, coordinate, camera, gravity, coordinate system, model, feature map, map, Gaussian sphere, home, decoration, map, sample,

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 114529566 A (BEIJING URBAN NETWORK NEIGHBOR INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 May 2022 (2022-05-24) description, paragraphs 17-83	1, 8, 15-16
Y	CN 114529566 A (BEIJING URBAN NETWORK NEIGHBOR INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 May 2022 (2022-05-24) description, paragraphs 17-83	13-16
Y	CN 114756919 A (MEIPING MEIWU (SHANGHAI) TECHNOLOGY CO., LTD.) 15 July 2022 (2022-07-15) description, paragraphs 35-176	13-16
A	CN 114549765 A (BEIJING JINGDONG SHANGKE INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 27 May 2022 (2022-05-27) entire document	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “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)
 “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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 August 2023

Date of mailing of the international search report

26 August 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/072122

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 110782524 A (CHONGQING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 11 February 2020 (2020-02-11) entire document	1-16
A	CN 115359192 A (ALIBABA (CHINA) CO., LTD.) 18 November 2022 (2022-11-18) entire document	1-16
A	CN 115439607 A (SECOND RESEARCH INSTITUTE OF CIVIL AVIATION ADMINISTRATION OF CHINA) 06 December 2022 (2022-12-06) entire document	1-16
A	US 2020005538 A1 (FACTUALVR INC.) 02 January 2020 (2020-01-02) entire document	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/072122

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114529566	A	24 May 2022	CN	114529566	B	22 November 2022
CN	114756919	A	15 July 2022	None			
CN	114549765	A	27 May 2022	None			
CN	110782524	A	11 February 2020	None			
CN	115359192	A	18 November 2022	CN	115359192	B	28 March 2023
CN	115439607	A	06 December 2022	None			
US	2020005538	A1	02 January 2020	US	10977868	B2	13 April 2021

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/072122

A. 主题的分类

G06T 17/00 (2006.01) 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)

IPC: G06T 17/-, G06K, G06F, G06Q

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))

DWPI, CNABS, WPABS, CNTXT, USTXT, CNKI, CJFD: 场景, 重建, 三维, 空间, 图像, 交界线, 消影点, 深度, 坐标, 相机, 重力, 坐标系, 模型, 特征图, 映射, 高斯球面, 家装, 装饰, 装修, 样图, 小样, scene, reconstruction, three-dimensional, 3D, space, image, interface line, vanishing point, depth, coordinate, camera, gravity, coordinate system, model, feature map, map, Gaussian sphere, home, decoration, map, sample,

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 114529566 A (北京城市网邻信息技术有限公司) 2022年5月24日 (2022 - 05 - 24) 说明书第17-83段	1, 8, 15-16
Y	CN 114529566 A (北京城市网邻信息技术有限公司) 2022年5月24日 (2022 - 05 - 24) 说明书第17-83段	13-16
Y	CN 114756919 A (每平每屋 (上海) 科技有限公司) 2022年7月15日 (2022 - 07 - 15) 说明书第35-176段	13-16
A	CN 114549765 A (北京京东尚科信息技术有限公司) 2022年5月27日 (2022 - 05 - 27) 全文	1-16
A	CN 110782524 A (重庆邮电大学) 2020年2月11日 (2020 - 02 - 11) 全文	1-16
A	CN 115359192 A (阿里巴巴 (中国) 有限公司) 2022年11月18日 (2022 - 11 - 18) 全文	1-16

☒ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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, 但为了理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

2023年8月24日

国际检索报告邮寄日期

2023年8月26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

田竞

电话号码 (+86) 62411749

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
A	CN 115439607 A (中国民用航空总局第二研究所) 2022年12月6日 (2022 - 12 - 06) 全文	1-16
A	US 2020005538 A1 (FACTUALVR INC) 2020年1月2日 (2020 - 01 - 02) 全文	1-16

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/072122

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	114529566	A	2022年5月24日	CN 114529566 B	2022年11月22日
CN	114756919	A	2022年7月15日	无	
CN	114549765	A	2022年5月27日	无	
CN	110782524	A	2020年2月11日	无	
CN	115359192	A	2022年11月18日	CN 115359192 B	2023年3月28日
CN	115439607	A	2022年12月6日	无	
US	2020005538	A1	2020年1月2日	US 10977868 B2	2021年4月13日