



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118429428 B  
 (45) 授权公告日 2024.10.29

(21) 申请号 202410896400.9

G06V 10/46 (2022.01)

(22) 申请日 2024.07.05

G06T 17/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G06T 19/00 (2011.01)

申请公布号 CN 118429428 A

G06T 7/90 (2017.01)

(43) 申请公布日 2024.08.02

## (56) 对比文件

CN 116468788 A, 2023.07.21

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

CN 115767043 A, 2023.03.07

地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街  
道高新技术产业园南区粤兴一道18号  
香港理工大学产学研大楼205室

审查员 黄坤

(72) 发明人 郑湃 逢嘉振

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事  
务所(普通合伙) 44268

专利代理人 李可

(51) Int.Cl.

G06T 7/73 (2017.01)

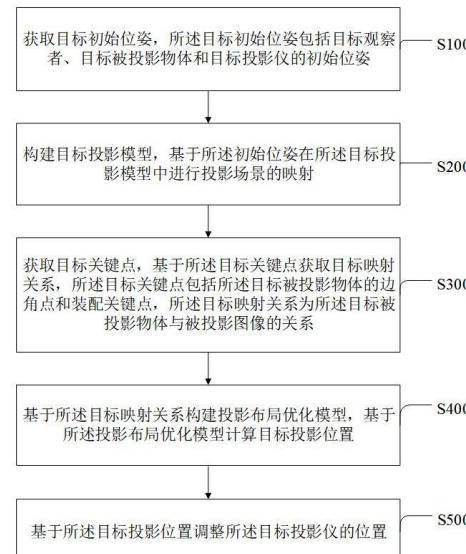
权利要求书3页 说明书10页 附图3页

## (54) 发明名称

面向人机协作装配的投影优化方法、装置、  
终端及介质

## (57) 摘要

本发明公开了面向人机协作装配的投影优化方法、装置、终端及介质。方法包括：获取目标初始位姿，所述目标初始位姿包括目标观察者、目标被投影物体和目标投影仪的初始位姿；构建目标投影模型，基于所述初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射；获取目标关键点，基于所述目标关键点获取目标映射关系，所述目标映射关系为所述目标被投影物体与被投影图像的关系；基于所述目标映射关系构建投影布局优化模型，基于所述投影布局优化模型计算目标投影位置；基于所述目标投影位置调整所述目标投影仪的位置。本发明提供的面向人机协作装配的投影优化方法能有效的提高投影布局的灵活性，实现了人机协作环境下的投影布局的自适应生成。

B  
CN 118429428

CN

1. 一种面向人机协作装配的投影优化方法,其特征在于,包括:

获取目标初始位姿,所述目标初始位姿包括目标观察者、目标被投影物体和目标投影仪的初始位姿;

构建目标投影模型,基于所述目标初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射;

基于所述目标投影模型获取目标关键点,基于所述目标关键点获取目标映射关系,所述目标关键点包括所述目标被投影物体的边角点和装配关键点,所述目标映射关系为所述目标被投影物体与被投影图像的关系;

基于所述目标映射关系和所述目标观察者的位置构建投影布局优化模型,基于所述投影布局优化模型计算目标投影位置;

基于所述目标投影位置调整所述目标投影仪的位置;

所述获取目标初始位姿,包括:

构造现场坐标系,定义初始方向,基于红外标记点方法记录所述目标观察者、所述目标被投影物体和目标投影仪的位置参数和姿态参数作为所述目标初始位姿,所述位置参数表示物体在所述现场坐标系中的位置,所述姿态参数表示物体相对于所述初始方向的偏移角度;

所述构建目标投影模型,包括:

获取目标投影仪参数,基于所述目标投影仪参数采用针孔模型对所述目标投影仪进行建模,得到目标投影仪模型;

基于目标大小的圆柱体对所述目标观察者进行建模,得到目标观察者模型;

获取所述目标被投影物体的关键点、关键面信息,基于所述关键点、关键面信息构成的多组三角面片格式,对所述目标被投影物体进行建模,得到目标被投影物体模型;

基于所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型构建所述目标投影模型;

所述基于所述目标初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射,包括:

构建与所述现场坐标系相同的虚拟坐标系;

基于所述位置参数将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型放置至所述虚拟坐标系中与所述位置参数对应的位置;

基于所述姿态参数和所述初始方向将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型旋转至与所述姿态参数对应的位置角度;

所述基于所述目标映射关系和所述目标观察者的位置构建投影布局优化模型,包括:

基于所述目标关键点、所述目标映射关系和所述目标投影仪的位姿对所述被投影图像的位置和大小的进行逆运算,得到目标被投影图像;

获取目标约束,基于所述目标约束,以所述目标被投影图像最大为目标构建所述投影布局优化模型;

所述目标约束包括投影距离在所述目标投影仪的焦距范围内,所述目标投影仪不被所述目标观察者遮挡、投影结果具有完整性以及投影位置在所述目标投影仪的可达区域内。

2. 根据权利要求1所述的面向人机协作装配的投影优化方法,其特征在于,所述基于所述目标关键点获取目标映射关系,包括:

获取所述目标投影仪的目标内参矩阵和目标外参矩阵；  
基于所述目标内参矩阵和所述目标外参矩阵计算每个所述目标关键点与所述被投影图像上对应的二维像素点的映射关系。

3. 根据权利要求1所述的面向人机协作装配的投影优化方法，其特征在于，所述基于所述目标关键点、所述目标映射关系和所述目标投影仪的位姿对所述被投影图像的位置和大小的进行逆运算，得到目标被投影图像，包括：

基于所述目标映射关系获取所述目标关键点对应在所述被投影图像上的目标像素点；  
基于所述目标像素点对所述被投影图像进行变换，得到满足所述目标像素点的位置的所述目标被投影图像。

4. 一种面向人机协作装配的投影优化装置，其特征在于，所述装置包括：  
位姿获取模块，用于获取目标初始位姿，所述目标初始位姿包括目标观察者、目标被投影物体和目标投影仪的初始位姿；

构建模块，用于构建目标投影模型，基于所述目标初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射；

映射模块，用于基于所述目标投影模型获取目标关键点，基于所述目标关键点获取目标映射关系，所述目标关键点包括所述目标被投影物体的边角点和装配关键点，所述目标映射关系为所述目标被投影物体与被投影图像的关系；

优化模块，用于基于所述目标映射关系和所述目标观察者的位置构建投影布局优化模型，基于所述投影布局优化模型计算目标投影位置；

调整模块，用于基于所述目标投影位置调整所述目标投影仪的位置；  
所述获取目标初始位姿，包括：  
构造现场坐标系，定义初始方向，基于红外标记点方法记录所述目标观察者、所述目标被投影物体和目标投影仪的位置参数和姿态参数作为所述目标初始位姿，所述位置参数表示物体在所述现场坐标系中的位置，所述姿态参数表示物体相对于所述初始方向的偏移角度；

所述构建目标投影模型，包括：  
获取目标投影仪参数，基于所述目标投影仪参数采用针孔模型对所述目标投影仪进行建模，得到目标投影仪模型；  
基于目标大小的圆柱体对所述目标观察者进行建模，得到目标观察者模型；  
获取所述目标被投影物体的关键点、关键面信息，基于所述关键点、关键面信息构成的多组三角面片格式，对所述目标被投影物体进行建模，得到目标被投影物体模型；

基于所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型构建所述目标投影模型；

所述基于所述目标初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射，包括：  
构建与所述现场坐标系相同的虚拟坐标系；

基于所述位置参数将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型放置至所述虚拟坐标系中与所述位置参数对应的位置；

基于所述姿态参数和所述初始方向将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型旋转至与所述姿态参数对应的位置角度；

所述基于所述目标映射关系和所述目标观察者的位置构建投影布局优化模型,包括:

基于所述目标关键点、所述目标映射关系和所述目标投影仪的位姿对所述被投影图像的位置和大小的进行逆运算,得到目标被投影图像;

获取目标约束,基于所述目标约束,以所述目标被投影图像最大为目标构建所述投影布局优化模型;

所述目标约束包括投影距离在所述目标投影仪的焦距范围内,所述目标投影仪不被所述目标观察者遮挡、投影结果具有完整性以及投影位置在所述目标投影仪的可达区域内。

5.一种终端,其特征在于,所述终端包括:处理器、与处理器通信连接的存储介质,所述存储介质适于存储多条指令,所述处理器适于调用所述存储介质中的指令,以执行实现上述权利要求1-3任一项所述的面向人机协作装配的投影优化方法的步骤。

6.一种存储介质,其特征在于,所述存储介质存储有一个或者多个程序,所述一个或者多个程序可被一个或者多个处理器执行,以实现如权利要求1-3任一项所述的面向人机协作装配的投影优化方法的步骤。

## 面向人机协作装配的投影优化方法、装置、终端及介质

### 技术领域

[0001] 本发明涉及大尺寸复杂零件高精度装配领域技术领域,特别涉及面向人机协作装配的投影优化方法、装置、终端及介质。

### 背景技术

[0002] 壁板、蒙皮等大尺寸零件广泛应用于航空、航天、船舶等行业的复杂大型产品中,由于复杂产品的零件定制化程度高,对装配人员的作业水平也有更高的要求。空间增强现实技术能够将装配工艺信息直接投影到零件表面,对于帮助装配工人更加便利进行装配作业操作具有重要的工程意义。目前相关学者在装配现场中开展了空间增强现实技术的研究主要采用固定投影布局的方式,主要用于桌面式装配。此方法灵活性差,当投影布局发生改变时,重新配置投影布局耗时较高,且需要人工调整投影仪位置,十分不便。

[0003] 因此,现有技术还有待改进和提高。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术的上述缺陷,提供面向人机协作装配的投影优化方法、装置、终端及介质,旨在解决现有技术中在进行人机协作装配时灵活性差,且需要人工调整投影仪位置的问题。

[0005] 本发明的第一方面,提供一种面向人机协作装配的投影优化方法,包括:

[0006] 获取目标初始位姿,所述目标初始位姿包括目标观察者、目标被投影物体和目标投影仪的初始位姿;

[0007] 构建目标投影模型,基于所述初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射;

[0008] 获取目标关键点,基于所述目标关键点获取目标映射关系,所述目标关键点包括所述目标被投影物体的边角点和装配关键点,所述目标映射关系为所述目标被投影物体与被投影图像的关系;

[0009] 基于所述目标映射关系构建投影布局优化模型,基于所述投影布局优化模型计算目标投影位置;

[0010] 基于所述目标投影位置调整所述目标投影仪的位置。

[0011] 所述的面向人机协作装配的投影优化方法,其中,所述获取目标初始位姿,包括:

[0012] 构造现场坐标系,定义初始方向,基于红外标记点方法记录所述目标观察者、所述目标被投影物体和目标投影仪的位置参数和姿态参数作为所述目标初始位姿,所述位置参数表示物体在所述现场坐标系中的位置,所述姿态参数表示物体相对于所述初始方向的偏移角度。

[0013] 所述的面向人机协作装配的投影优化方法,其中,所述构建目标投影模型,包括:

[0014] 获取目标投影仪参数,基于所述目标投影仪参数采用针孔模型对所述目标投影仪进行建模,得到目标投影仪模型;

- [0015] 基于目标大小的圆柱体对所述目标观察者进行建模,得到目标观察者模型;
- [0016] 获取所述被投影物体的关键点、关键面信息,基于所述关键点、关键面信息构成的多组三角面片格式,对所述被投影物体进行建模,得到目标被投影物体模型;
- [0017] 基于所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型构建所述目标投影模型。
- [0018] 所述的面向人机协作装配的投影优化方法,其中,所述基于所述初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射,包括:
- [0019] 构建与所述现场坐标系相同的虚拟坐标系;
- [0020] 基于所述位置参数将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型放置至所述虚拟坐标系中与所述位置参数对应的位置;
- [0021] 基于所述姿态参数和所述初始方向将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型旋转至与所述姿态参数对应的位置角度。
- [0022] 所述的面向人机协作装配的投影优化方法,其中,所述基于所述目标关键点获取目标映射关系,包括:
- [0023] 获取所述目标投影仪的目标内参矩阵和目标外参矩阵;
- [0024] 基于所述目标内参矩阵和所述目标外参矩阵计算每个所述目标关键点与所述被投影图像上对应的二维像素点的映射关系。
- [0025] 所述的面向人机协作装配的投影优化方法,其中,所述基于所述目标映射关系构建投影布局优化模型,包括:
- [0026] 基于所述目标关键点、所述目标映射关系和所述目标投影仪的位姿对所述被投影图像的位置和大小的进行逆运算,得到目标被投影图像;
- [0027] 获取目标约束,基于所述目标约束,以所述目标被投影图像最大为目标构建所述投影布局优化模型。
- [0028] 所述的面向人机协作装配的投影优化方法,其中,所述基于所述目标关键点、所述目标映射关系和所述目标投影仪的位姿对所述被投影图像的位置和大小的进行逆运算,得到目标被投影图像,包括:
- [0029] 基于所述目标映射关系获取所述目标关键点对应在所述被投影图像上的目标像素点;
- [0030] 基于所述目标像素点对所述被投影图像进行变换,得到满足所述目标像素点的位置的所述目标被投影图像。
- [0031] 本发明的第二方面,提供一种面向人机协作装配的投影优化装置,包括:
- [0032] 位姿获取模块,用于获取目标初始位姿,所述目标初始位姿包括目标观察者、目标被投影物体和目标投影仪的初始位姿;
- [0033] 构建模块,用于构建目标投影模型,基于所述初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射;
- [0034] 映射模块,用于获取目标关键点,基于所述目标关键点获取目标映射关系,所述目标关键点包括所述目标被投影物体的边角点和装配关键点,所述目标映射关系为所述目标被投影物体与被投影图像的关系;
- [0035] 优化模块,用于基于所述目标映射关系构建投影布局优化模型,基于所述投影布

局优化模型计算目标投影位置；

[0036] 调整模块，用于基于所述目标投影位置调整所述目标投影仪的位置。

[0037] 本发明的第三方面，提供一种终端，包括：处理器、与处理器通信连接的存储介质，存储介质适于存储多条指令，处理器适于调用存储介质中的指令，以执行实现上述任一项所述的面向人机协作装配的投影优化方法的步骤。

[0038] 本发明的第四方面，提供一种存储介质，其中，存储介质存储有一个或者多个程序，该一个或者多个程序可被一个或者多个处理器执行，以实现上述任一项所述的面向人机协作装配的投影优化方法的步骤。

[0039] 有益效果：与现有技术相比，本发明提供了面向人机协作装配的投影优化方法、装置、终端及介质，本发明提供的面向人机协作装配的投影优化方法中，通过获取目标初始位姿，所述目标初始位姿包括目标观察者、目标被投影物体和目标投影仪的初始位姿，然后构建目标投影模型，基于所述初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射，进一步地，获取目标关键点，通过所述目标关键点获取目标映射关系，所述目标关键点包括所述目标被投影物体的边角点和装配关键点，所述目标映射关系为所述目标被投影物体与被投影图像的关系，之后，基于所述目标映射关系构建投影布局优化模型，基于所述投影布局优化模型计算目标投影位置，最后，基于所述目标投影位置调整所述目标投影仪的位置。通过本发明提供的面向人机协作装配的投影优化方法对大型人机协作装配的投影场景进行优化，能有效的提高投影布局的灵活性和适应程度，实现了人机协作环境下的投影布局的自适应生成。

## 附图说明

[0040] 图1为本发明提供的面向人机协作装配的投影优化方法的实施例的流程图；

[0041] 图2为本发明提供的面向人机协作装配的投影优化方法的实施例中模型结构示意图；

[0042] 图3为本发明提供的面向人机协作装配的投影优化方法的实施例中投影场景示意图；

[0043] 图4为本发明提供的面向人机协作装配的投影优化装置的实施例的结构示意图；

[0044] 图5为本发明提供的终端的实施例的结构原理图。

## 具体实施方式

[0045] 为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确，以下参照附图并举实施例对本发明进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0046] 本技术领域技术人员可以理解，除非特意声明，这里使用的单数形式“一”、“一个”、“所述”和“该”也可包括复数形式。应该进一步理解的是，本发明的说明书中使用的措辞“包括”是指存在所述特征、整数、步骤、操作、元件和/或组件，但是并不排除存在或添加一个或多个其他特征、整数、步骤、操作、元件、组件和/或它们的组。应该理解，当我们称元件被“连接”或“耦接”到另一元件时，它可以直接连接或耦接到其他元件，或者也可以存在中间元件。此外，这里使用的“连接”或“耦接”可以包括无线连接或无线耦接。这里使用的措

辞“和/或”包括一个或更多个相关联的列出现项的全部或任一单元和全部组合。

[0047] 本技术领域技术人员可以理解,除非另外定义,这里使用的所有术语(包括技术术语和科学术语),具有与本发明所属领域中的普通技术人员的一般理解相同的意义。还应该理解的是,诸如通用字典中定义的那些术语,应该被理解为具有与现有技术的上下文中的意义一致的意义,并且除非像这里一样被特定定义,否则不会用理想化或过于正式的含义来解释。

[0048] 本发明提供的一种面向人机协作装配的投影优化方法,可以应用于具有计算能力的终端中,终端可以执行本发明提供的面向人机协作装配的投影优化方法对待处理图像中的目标位置进行检测定位。

[0049] 实施例一

[0050] 目前,随着增强现实、数字孪生、IoT、机器人等技术的发展,在装配辅助技术逐步从被动信息显示逐步转向主动自适应引导。在人机协作概念下,数字孪生技术可以为人与机器人协作空间提供一种融合、互补的自适应增强现实引导方法。为此,在本实施例中,提供一种面向人机协作装配的投影优化方法,在数字孪生的投影场景中进行自适应的投影布局优化,提高投影系统的灵活性,减少重新配置投影布局所消耗的时间,更好支持人机协作的装配。

[0051] 具体地,在本实施例中,提供一种面向人机协作装配的投影优化方法。如图1所示,本发明提供的面向人机协作装配的投影优化方法包括步骤:

[0052] S100、获取目标初始位姿,所述目标初始位姿包括目标观察者、目标被投影物体和目标投影仪的初始位姿。

[0053] 参照图2,在本实施例中,是基于投影场景虚实映射模块进行现实场景到有计算能力的终端上的映射,将现实场景映射为虚拟场景后,基于关键点逆向图像生成模块在该虚拟场景中进行被投影图像的逆向生成,最后,基于多要素投影布局优化模块进行投影布局的优化。具体地,在投影场景虚实映射阶段,首先获取现实投影场景中观察者、被投影物体和投影仪位置。

[0054] 所述获取目标初始位姿,包括:

[0055] 构造现场坐标系,定义初始方向,基于红外标记点方法记录所述目标观察者、所述目标被投影物体和目标投影仪的位置参数和姿态参数作为所述目标初始位姿,所述位置参数表示物体在所述现场坐标系中的位置,所述姿态参数表示物体相对于所述初始方向的偏移角度。

[0056] 在对人机协作装配的投影场景进行优化时,首先需要获取现场情况,收集现实场景信息,通过红外相机动态捕捉制造现场的环境并构造所述现场坐标系。

[0057] 具体地,在制造现场红外相机动作捕捉环境中,以制造现场中心地面位置为原点构建投影坐标系,垂直地面方向为Z轴,地面方向相互垂直两个方向为X与Y轴。在投影坐标系下,采用红外标记点方法进行所述目标观察者O、所述目标被投影物体的表面S、所述目标投影仪P的标记点的所述位置参数和所述姿态参数的获取。其中,所述位置参数表示物体在所述现场坐标系中的位置,也是在所述现场坐标系中,物体离原点在X,Y,Z方向上的距离,用( $x_n, y_n, z_n$ )来表示;所述姿态参数表示物体相对于所述初始方向的偏移角度,用( $\alpha_n, \beta_n, \gamma_n$ )来表示其相对于所述初始方向在X,Y,Z轴上旋转的角度,具体地,所述初始方向

为提前设定好的默认方向向量。

[0058] 具体地,采用一组标记点、标记面的所述位置参数和所述姿态参数表示刚性物体也就是所述目标被投影物体的投影空间中姿态;对于所述目标观察者,采用躯干位置的标记点确定其在场地平面中的中心位置,无需获取姿态参数;而所述目标投影仪则是获取其光心位置作为其所述位置参数,且需要获取投影仪的所述姿态参数。

[0059] S200、构建目标投影模型,基于所述初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射。

[0060] 所述构建目标投影模型,包括:

[0061] 获取目标投影仪参数,基于所述目标投影仪参数采用针孔模型对所述目标投影仪进行建模,得到目标投影仪模型;

[0062] 基于目标大小的圆柱体对所述目标观察者进行建模,得到目标观察者模型;

[0063] 获取所述被投影物体的关键点、关键面信息,基于所述关键点、关键面信息构成的多组三角面片格式,对所述被投影物体进行建模,得到目标被投影物体模型;

[0064] 基于所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型构建所述目标投影模型。

[0065] 具体地,使得现实场景映射为虚拟场景,还包括获取所述目标投影参数,所述目标投影参数包括投影仪投射比以及被投影图像的尺寸信息,基于所述目标投影参数构建与现实场景的物理空间相映射的三维虚拟投影空间。

[0066] 在本实施例中,针对所述目标投影仪的建模是采用针孔模型进行投影过程的建模,将投影仪的光心所在位置作为小孔成像的中心,根据光沿直线传播的原理将被投影图像像素点经过光心进行投影仿真,其中,所述投影仪投射比决定了投影的范围,所述被投影图像的尺寸决定了投影增强信息的大小;针对所述目标观察者,采用躯干中心所在位置的圆柱区域表示人体对投影的遮挡的表示,当投影仿真路径被观察者所对应圆柱体遮挡,即投影受到观察者干扰;针对被投影物采用其对应的三维模型的包含点与面信息的三角面片格式进行空间几何信息的表达,当被投影图像像素经过投影模型与三维模型的三角面片产生了交点,即完成了投影过程的描述。

[0067] 所述基于所述初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射,包括:

[0068] 构建与所述现场坐标系相同的虚拟坐标系;

[0069] 基于所述位置参数将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型放置至所述虚拟坐标系中与所述位置参数对应的位置;

[0070] 基于所述姿态参数和所述初始方向将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型旋转至与所述姿态参数对应的位置角度。

[0071] 也就是说,使得现实场景映射为虚拟场景,还包括进行投影场景的映射。具体地,构建与所述现场坐标系相同的虚拟坐标系,对于所述目标投影仪、所述目标观察者与所述目标被投影物体,将其初始姿态下的标记点位置与所述目标初始位姿进行空间姿态匹配,并进行空间姿态的计算。

[0072] 基于所述位置参数将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型放置至所述虚拟坐标系中与所述位置参数对应的位置,并基于所述姿态参数和所述初始方向将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型旋

转至与所述姿态参数对应的位置角度。

[0073] 具体地,默认各元素初始位置处于 $(0,0,0)$ ,投影仪投影方向为 $(0,1,0)$ ,被投影物体姿态与其在设计坐标系中相同。对于投影仪、观察者与被投影物体等元素,同样的,采用位置参数 $(x_n, y_n, z_n)$ 表示第n个点或面在投影空间坐标系中在X,Y,Z轴上距离原点的距离,姿态参数 $(\alpha_n, \beta_n, \gamma_n)$ 表示其相对于所述初始方向在X,Y,Z轴上旋转的角度,映射出的场景图如图3所示。

[0074] S300、获取目标关键点,基于所述目标关键点获取目标映射关系,所述目标关键点包括所述目标被投影物体的边角点和装配关键点,所述目标映射关系为所述目标被投影物体与被投影图像的关系。

[0075] 所述基于所述目标关键点获取目标映射关系,包括:

[0076] 获取所述目标投影仪的目标内参矩阵和目标外参矩阵;

[0077] 基于所述目标内参矩阵和所述目标外参矩阵计算每个所述目标关键点与所述被投影图像上对应的二维像素点的映射关系。

[0078] 具体地,对于所述目标被投影物体,提取所述目标被投影物体上的空间投影点云,在其中选取一系列关键点 $PC_T = \{P_{T(1)}, P_{T(2)}, \dots, P_{T(n)}\}$ ,关键点可以为所述目标被投影物体上的边角点或者有工程需要的点,用于保证在投影时的现实效果符合预期。

[0079] 然后,获取所述目标投影仪的所述目标内参矩阵和所述目标外参矩阵,采用矩阵计算的方式计算投影空间坐标系中三维投影点 $[x_w, y_w, z_w]$ 到投影仪二维被投影图像上二维像素 $[u, v]$ 的映射关系 $[u, v, 1] = M_{Int} M_{Ext} [x_w, y_w, z_w, 1]$ ,

[0080]  $M_{Ext}$ 为所述目标外参矩阵:

$$[0081] M_{Ext} = \begin{bmatrix} R & T \\ 0^T & 1 \end{bmatrix};$$

[0082] 其中, $R$ 和 $T$ 表示投影仪在投影空间中的旋转与平移参数,可以根据所述目标投影仪对应的所述目标初始位姿参数 $(x_M, y_M, z_M, \alpha_M, \beta_M, \gamma_M)$ 对应的6自由度与所述目标投影仪对应的所述目标初始位姿参数之间的变化关系计算得到。

[0083]  $M_{Int}$ 为所述目标内参矩阵:

$$[0084] M_{Int} = \frac{1}{Z_c} \begin{bmatrix} \frac{1}{dx} & 0 & u_0 \\ 0 & \frac{1}{dy} & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix};$$

[0085] 其中, $f$ 表示投影仪的焦距, $dx$ 和 $dy$ 表示单位像素的真实长度。 $u_0$ 和 $v_0$ 表示图

像中宽度上和高度上的像素数量。当所有三维空间投影需要的所述目标关键点信息到二维的所述被投影图像关键像素进行映射后,就能得到二维的所述被投影图像上的关键像素列表 $L$ ,所述关键像素列表 $L$ 按照一定规则的顺序包含了所有像素点在被投影图像中的位置,即为所述目标映射关系。

[0086] S400、基于所述目标映射关系构建投影布局优化模型,基于所述投影布局优化模型计算目标投影位置。

[0087] 所述基于所述目标映射关系构建投影布局优化模型,包括:

[0088] S410、基于所述目标关键点、所述目标映射关系和所述目标投影仪的位姿对所述被投影图像的位置和大小的进行逆运算,得到目标被投影图像。

[0089] 所述基于所述目标关键点、所述目标映射关系和所述目标投影仪的位姿对所述被投影图像的位置和大小的进行逆运算,得到目标被投影图像,包括:

[0090] S411、基于所述目标映射关系获取所述目标关键点对应在所述被投影图像上的目标像素点;

[0091] S412、基于所述目标像素点对所述被投影图像进行变换,得到满足所述目标像素点的位置的所述目标被投影图像。

[0092] 具体地,在所述被投影图像中,原关键像素点位置由初始像素列表 $L_0$ 表示,其顺序与所述关键像素列表 $L$ 中顺序相同。根据关键像素列表 $L$ 与原关键像素点列表 $L_0$ 中位置的对应关系,进行所述被投影图像的变换。对于曲面零件上的被投影图像生成可以采用薄板样条插值算法,对于平面上的被投影图像生成可以采用仿射变化插值算法,以得到由空间增强现实结果到二维的所述目标被投影图像的逆运算。

[0093] S420、获取目标约束,基于所述目标约束,以所述目标被投影图像最大为目标构建所述投影布局优化模型。

[0094] 具体地,以所述目标被投影图像的面积占比最大为目标,在目标可达投影域内找到最佳投影位置,共包含4个约束。约束1表达投影仪的焦距位置。约束2表达投影仪不被人的位置遮挡。约束3表达投影结果具有完整性。约束4表达投影仪位置在可达区域内。所述投影布局优化模型为:

$$\begin{aligned}
 & \text{target : MAX}(\text{SIZE}(DTimage)) \mid DTprojector \quad DTprojector \in \mathbb{R}^3 \\
 [0095] \quad s.t. : & \left\{ \begin{array}{l} 1. \quad DTprojector \in \left\{ x \mid \|x - \overline{DTdisplay}\| = r \right\} \\ 2. \quad DTprojector \cap \{F\_work\} = \emptyset \\ 3. \quad \text{PIXEL}(DTimage) = \text{PIXEL}(DTdisplay) \\ 4. \quad DTprojector \in \{F\_Reach\} \end{array} \right. ;
 \end{aligned}$$

[0096] 其中,优化目标为使得所述被投影图像的面积占比最大;约束1为投影仪的焦距范围;约束2为投影仪不被人的位置遮挡范围;约束3为投影结果完整性;约束4为投影仪位置在目标可达投影域内。

[0097] 基于所述投影布局优化模型,在4项投影布局约束下,遍历N个可能的投影位置,进行所述目标被投影图像面积占比的计算。保留最大的所述目标被投影图像结果所对应的位

置作为投影布局优化结果,以输出所述目标投影位置。

[0098] S500、基于所述目标投影位置调整所述目标投影仪的位置。

[0099] 具体地,所述目标投影位置即为当前投影场景下的所述目标投影仪的指导位置,可通过自动或手动的方式将所述目标投影仪调整至所述目标投影位置。

[0100] 可以看出,本实施例通过一系列的操作,将现实的大型部件的装配场景一比一的投射到一虚拟场景中,再在虚拟场景中,基于三维的被投影物体反向推理出投影仪在可达投影域内的各个位置下对应的二维被投影图像的大小及形态,以被投影图像的面积占比最大为目标,构建优化模型,以此得到最佳的投影位置,并将投影仪移至最佳投影位置处,以完成面向人机协作装配的投影优化。

[0101] 这样,通过构建虚实映射的投影仿真场景,在虚拟场景中刻画了投影过程的光学特性,为投影布局的评估提供基础;然后通过采用三维投影特征点与二维被投影图像特征像素的映射方法,实现了被投影图像的逆向生成;进一步地,通过构建投影布局优化模型,实现了人机协作环境下的投影布局的自适应生成,解决了现有的大尺度产品的空间增强辅助过程中投影布局的灵活性差、适应程度低问题。

[0102] 综上所述,本实施例提供一种面向人机协作装配的投影优化方法,通过获取目标初始位姿,所述目标初始位姿包括目标观察者、目标被投影物体和目标投影仪的初始位姿,然后构建目标投影模型,基于所述初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射,进一步地,获取目标关键点,通过所述目标关键点获取目标映射关系,所述目标关键点包括所述目标被投影物体的边角点和装配关键点,所述目标映射关系为所述目标被投影物体与被投影图像的关系,之后,基于所述目标映射关系构建投影布局优化模型,基于所述投影布局优化模型计算目标投影位置,最后,基于所述目标投影位置调整所述目标投影仪的位置。通过本实施例提供的面向人机协作装配的投影优化方法对大型人机协作装配的投影场景进行优化,能有效的提高投影布局的灵活性和适应程度,实现了人机协作环境下的投影布局的自适应生成。

[0103] 应该理解的是,虽然本发明说明书附图中给出的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示,但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明,本发明中的步骤的执行并没有严格的顺序限制,这些步骤可以以其它的顺序执行。而且,本发明步骤的至少一部分步骤可以包括多个子步骤或者多个阶段,这些子步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成,而是可以在不同的时刻执行,这些子步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行,而是可以与其它步骤或者其它步骤的子步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0104] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程,是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读取存储介质中,该计算机程序在执行时,可包括如上述各方法的实施例的流程。其中,本发明所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用,均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器(ROM)、可编程ROM(PROM)、电可编程ROM(EPROM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器(RAM)或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限,RAM以多种形式可得,诸如静态RAM(SRAM)、动态RAM(DRAM)、同步DRAM(SDRAM)、双数据率SDRAM(DDRSDRAM)、增强

型SDRAM (ESDRAM)、同步链路 (Synchlink) DRAM (SLDRAM)、存储器总线 (Rambus) 直接RAM (RDRAM)、直接存储器总线动态RAM (DRDRAM)、以及存储器总线动态RAM (RDRAM) 等。

[0105] 实施例二

[0106] 基于上述实施例,本发明还提供了一种面向人机协作装配的投影优化装置,其功能模块示意图如图4所示,该面向人机协作装配的投影优化装置包括:

[0107] 位姿获取模块,用于获取目标初始位姿,所述目标初始位姿包括目标观察者、目标被投影物体和目标投影仪的初始位姿,具体如实施例一中所述;

[0108] 构建模块,用于构建目标投影模型,基于所述初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射,具体如实施例一中所述;

[0109] 映射模块,用于获取目标关键点,基于所述目标关键点获取目标映射关系,所述目标关键点包括所述目标被投影物体的边角点和装配关键点,所述目标映射关系为所述目标被投影物体与被投影图像的关系,具体如实施例一中所述;

[0110] 优化模块,用于基于所述目标映射关系构建投影布局优化模型,基于所述投影布局优化模型计算目标投影位置,具体如实施例一中所述;

[0111] 调整模块,用于基于所述目标投影位置调整所述目标投影仪的位置,具体如实施例一中所述。

[0112] 实施例三

[0113] 基于上述实施例一所述的面向人机协作装配的投影优化方法,本发明还提供了一种终端,其原理框图可以如图5所示。该终端包括存储器10和处理器20,存储器10中存储有面向人机协作装配的投影优化程序,该处理器10执行计算机程序时至少可以实现以下步骤:

[0114] 获取目标初始位姿,所述目标初始位姿包括目标观察者、目标被投影物体和目标投影仪的初始位姿;

[0115] 构建目标投影模型,基于所述初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射;

[0116] 获取目标关键点,基于所述目标关键点获取目标映射关系,所述目标关键点包括所述目标被投影物体的边角点和装配关键点,所述目标映射关系为所述目标被投影物体与被投影图像的关系;

[0117] 基于所述目标映射关系构建投影布局优化模型,基于所述投影布局优化模型计算目标投影位置;

[0118] 基于所述目标投影位置调整所述目标投影仪的位置。

[0119] 其中,所述获取目标初始位姿,包括:

[0120] 构造现场坐标系,定义初始方向,基于红外标记点方法记录所述目标观察者、所述目标被投影物体和目标投影仪的位置参数和姿态参数作为所述目标初始位姿,所述位置参数表示物体在所述现场坐标系中的位置,所述姿态参数表示物体相对于所述初始方向的偏移角度。

[0121] 其中,所述构建目标投影模型,包括:

[0122] 获取目标投影仪参数,基于所述目标投影仪参数采用针孔模型对所述目标投影仪进行建模,得到目标投影仪模型;

- [0123] 基于目标大小的圆柱体对所述目标观察者进行建模,得到目标观察者模型;
- [0124] 获取所述被投影物体的关键点、关键面信息,基于所述关键点、关键面信息构成的多组三角面片格式,对所述被投影物体进行建模,得到目标被投影物体模型;
- [0125] 基于所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型构建所述目标投影模型。
- [0126] 其中,所述基于所述初始位姿在所述目标投影模型中进行投影场景的映射,包括:
- [0127] 构建与所述现场坐标系相同的虚拟坐标系;
- [0128] 基于所述位置参数将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型放置至所述虚拟坐标系中与所述位置参数对应的位置;
- [0129] 基于所述姿态参数和所述初始方向将所述目标投影仪模型、所述目标观察者模型和所述目标被投影物体模型旋转至与所述姿态参数对应的位置角度。
- [0130] 其中,所述基于所述目标关键点获取目标映射关系,包括:
- [0131] 获取所述目标投影仪的目标内参矩阵和目标外参矩阵;
- [0132] 基于所述目标内参矩阵和所述目标外参矩阵计算每个所述目标关键点与所述被投影图像上对应的二维像素点的映射关系。
- [0133] 其中,所述基于所述目标映射关系构建投影布局优化模型,包括:
- [0134] 基于所述目标关键点、所述目标映射关系和所述目标投影仪的位姿对所述被投影图像的位置和大小的进行逆运算,得到目标被投影图像;
- [0135] 获取目标约束,基于所述目标约束,以所述目标被投影图像最大为目标构建所述投影布局优化模型。
- [0136] 其中,所述基于所述目标关键点、所述目标映射关系和所述目标投影仪的位姿对所述被投影图像的位置和大小的进行逆运算,得到目标被投影图像,包括:
- [0137] 基于所述目标映射关系获取所述目标关键点对应在所述被投影图像上的目标像素点;
- [0138] 基于所述目标像素点对所述被投影图像进行变换,得到满足所述目标像素点的位置的所述目标被投影图像。
- [0139] 实施例四
- [0140] 本发明还提供了一种存储介质,存储介质存储有一个或者多个程序,该一个或者多个程序可被一个或者多个处理器执行,以实现上述实施例所述的面向人机协作装配的投影优化方法的步骤。
- [0141] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

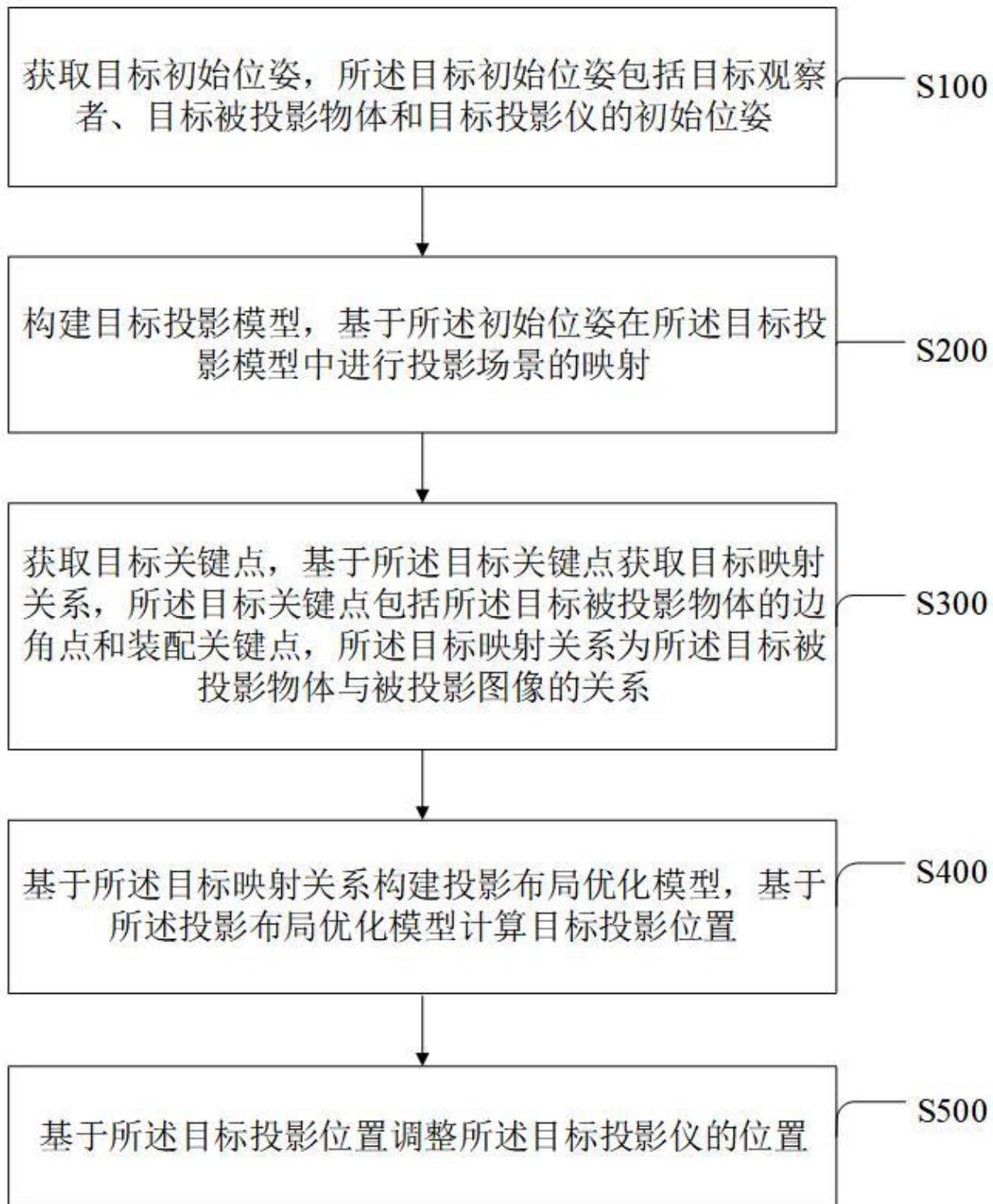


图 1

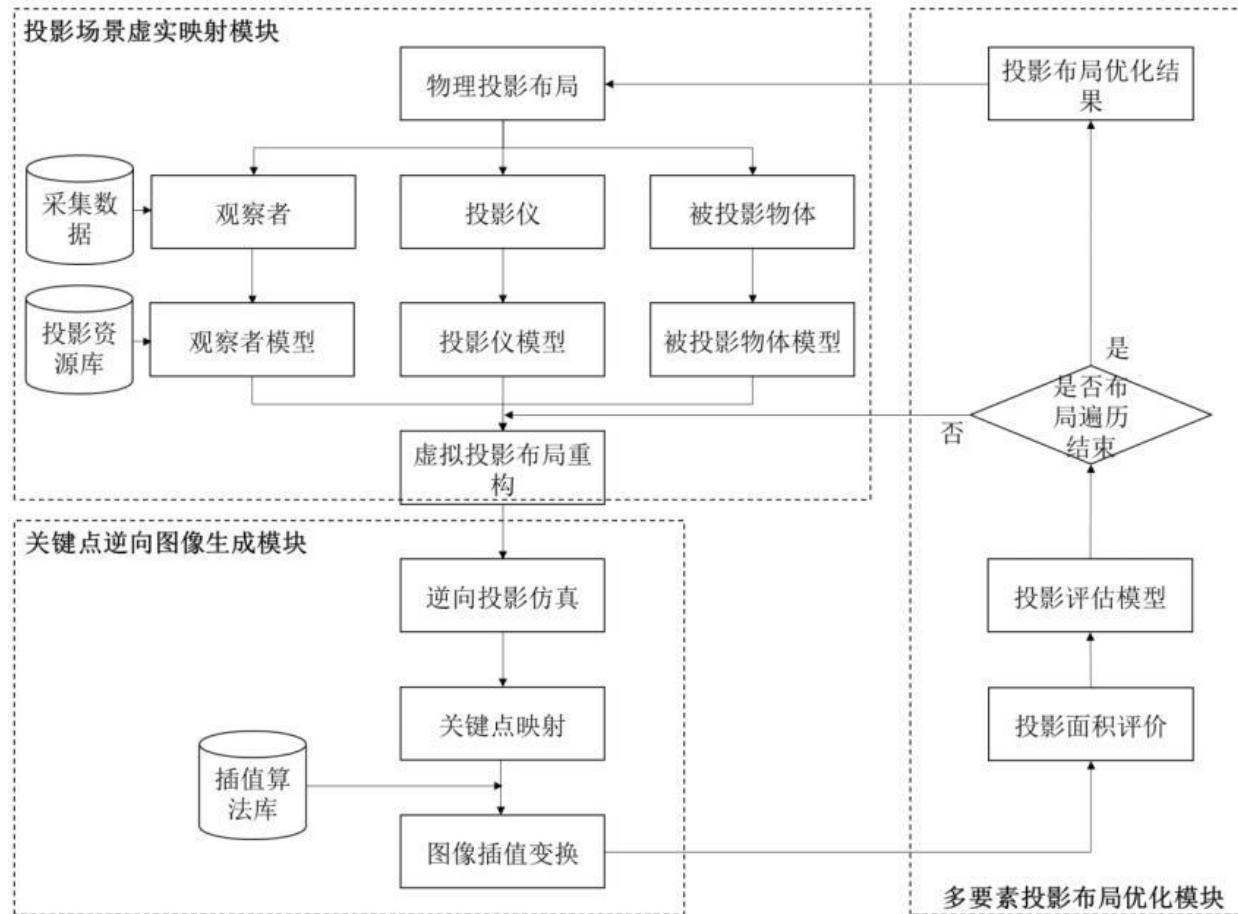


图 2

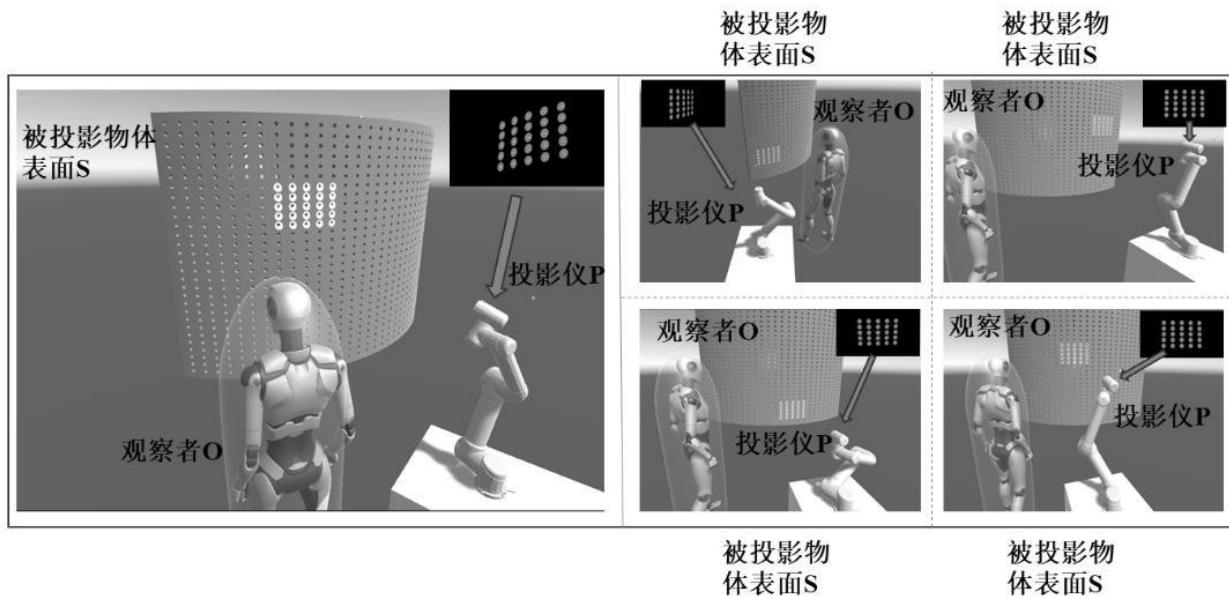


图 3

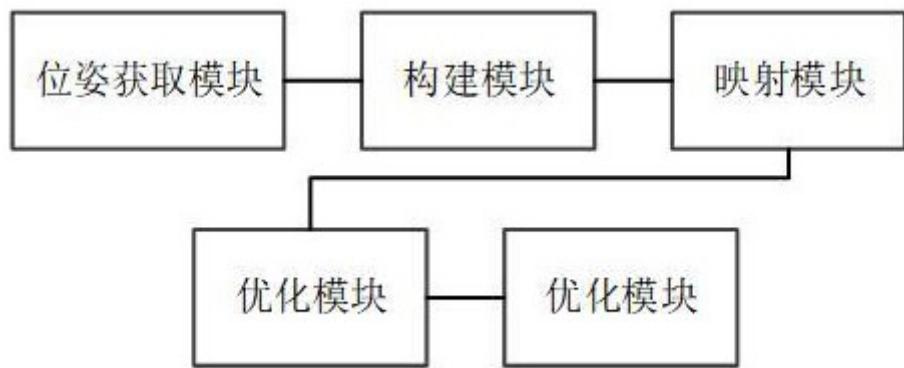


图 4

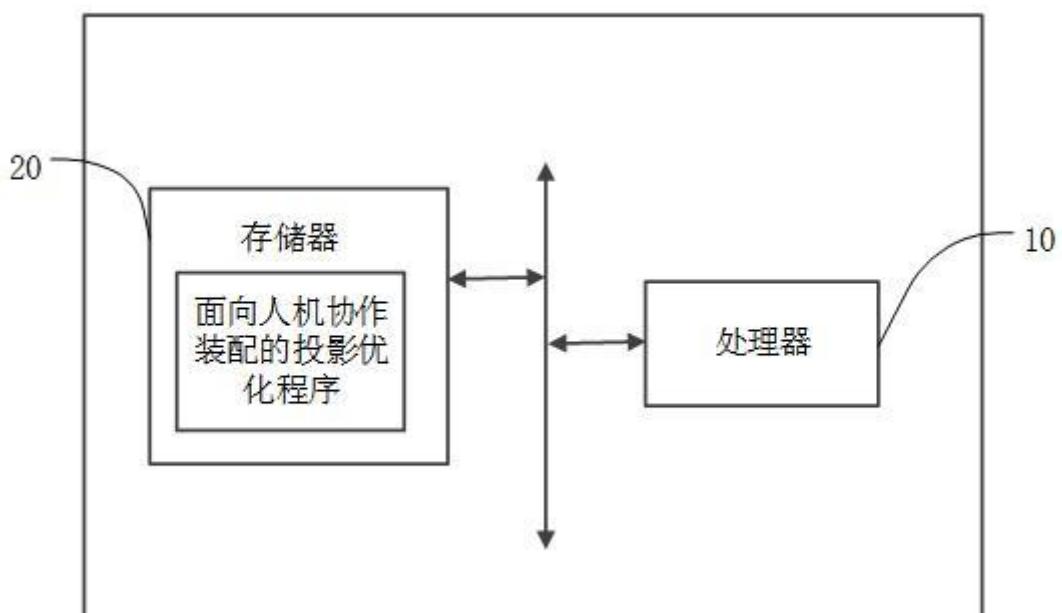


图 5