



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111429578 B

(45) 授权公告日 2023.05.26

(21) 申请号 202010216258.0

(22) 申请日 2020.03.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111429578 A

(43) 申请公布日 2020.07.17

(73) 专利权人 华电莱州发电有限公司
地址 261400 山东省济南市莱州市金城镇
海北嘴村北
专利权人 北京必可测科技股份有限公司

(72) 发明人 刘清亮 张志强 王俊强 宫伟基
张敬 张灯 邵帅

(74) 专利代理机构 北京方圆嘉禾知识产权代理
有限公司 11385
专利代理师 姚丽娜

(51) Int.Cl.

G06T 17/10 (2006.01)

G06T 15/20 (2011.01)

(56) 对比文件

CN 110163979 A, 2019.08.23

CN 110765528 A, 2020.02.07

CN 103761683 A, 2014.04.30

CN 104200516 A, 2014.12.10

CN 110766805 A, 2020.02.07

审查员 田雨润

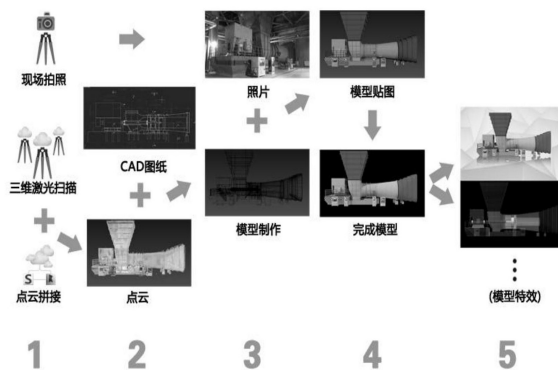
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种火电厂机组的三维模型生成方法及三维虚拟检修系统

(57) 摘要

本发明提供一种火电厂机组的三维模型生成方法及三维虚拟检修系统,三维模型生成方法包括:采用三维激光扫描仪生成火电厂机组的点云数据;根据点云数据采用逆向工程技术生成火电厂机组的三维模型;获取火电厂机组的照片;根据照片对所述三维结构模型进行贴膜,生成贴膜后的三维模型;采用多细节层次技术和动态遮挡剔除技术对贴膜后的三维模型进行渲染,生成渲染后的三维模型;对渲染后的三维模型采用画质自适应技术进行显示。本发明采用逆向工程生成三维模型,并利用照片进行贴膜,建立了直观形象的三维设备模型,采用多细节层次技术和动态遮挡剔除技术对模型进行渲染,采用画质自适应技术进行显示,提高了三维模型的运行速度,提升了用户体验。



1. 一种火电厂机组的三维模型生成方法,其特征在于,所述三维模型生成方法包括如下步骤:

采用三维激光扫描仪生成火电厂机组的点云数据;

根据所述点云数据采用逆向工程技术生成火电厂机组的三维模型;

获取火电厂机组的照片;

根据所述照片对所述三维结构模型进行贴膜,生成贴膜后的三维模型;

采用多细节层次技术和动态遮挡剔除技术对贴膜后的三维模型进行渲染,生成渲染后的三维模型;

对渲染后的三维模型采用画质自适应技术进行显示;

所述采用多细节层次技术和动态遮挡剔除技术对贴膜后的三维模型进行渲染,生成渲染后的三维模型,具体包括:

基于多细节层次技术,根据用户当前的观察视角实时计算摄像机距离,当摄像机距离大于预设阈值时,使用第一面数的三维模型来标识设备的外形,当摄像机不大于预设阈值时,使用第二面数的三维模型来标识设备的外形,所述第二面数大于所述第一面数;

基于动态遮挡剔除技术,根据用户当前的观察视角实时计算摄像机的角度,根据角度计算结果确定三维模型的内部被遮挡的结构,内部被遮挡的结构停止渲染。

2. 根据权利要求1所述的火电厂机组的三维模型生成方法,其特征在于,所述根据所述点云数据采用逆向工程技术生成火电厂机组的三维模型,之后还包括:

根据火电厂机组的图纸,采用图纸建模的方式,生成火电厂机组的三维模型的内部结构。

3. 一种火电厂机组的三维虚拟检修系统,其特征在于,所述三维虚拟检修系统包括:基础数据层、三维场景层和三维应用层;

所述基础数据层用于根据三维激光扫描仪生成火电厂机组的点云数据采用权利要求1-2任一项所述的火电厂机组的三维模型生成方法,生成火电厂机组的三维模型,并根据火电厂机组的技术资料生成业务数据;所述技术资料包括系统流程图、设计文档、工艺原理说明、材料、图纸、运行和检修规程、专家知识库文档;

所述三维场景层用于将所述业务数据挂接在所述三维模型上,生成包含业务数据的三维场景;

所述应用层用于采用交互漫游的方式与用户进行交互。

4. 根据权利要求3所述的火电厂机组的三维虚拟检修系统,其特征在于,所述包含业务数据的三维场景包括机组级场景、系统级场景和设备级场景;

机组级场景包括电厂生产区的建筑和钢结构,机组设备结构、机组设备间的连接管道;

系统级场景包括机组设备的空间分布,机组设备间的连接管道的布置和阀门位置;

设备级场景包括机组设备的零部件的模型,机组设备的零部件的自由的视角切换模型和机组设备的零部件的分解视图。

5. 根据权利要求3所述的火电厂机组的三维虚拟检修系统,其特征在于,所述应用层包括结构原理学习模块、检修过程学习模块、典型故障学习模块;

所述结构原理学习模块用于根据用户指令展示机组设备的组成结构和工作原理;

检修过程学习模块用于根据用户指令模拟机组设备的检修过程;

典型故障学习模块用于根据用户指令利用机组设备的三维场景的效果演示故障现象。

一种火电厂机组的三维模型生成方法及三维虚拟检修系统

技术领域

[0001] 本发明涉及机组建模技术领域,特别是涉及一种火电厂机组的三维模型生成方法及三维虚拟检修系统。

背景技术

[0002] 目前三维检修仿真技术在火电厂中尚处于起步阶段,大多存在现场沉浸感差、装配场景不够智能、交互界面不够友好、系统的功能不够完善等缺点。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种火电厂机组的三维模型生成方法及三维虚拟检修系统,以建立直观形象的三维设备模型,完善三维虚拟检修系统的功能,提升用户体验。

[0004] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0005] 一种火电厂机组的三维模型生成方法,所述三维模型生成方法包括如下步骤:

[0006] 采用三维激光扫描仪生成火电厂机组的点云数据;

[0007] 根据所述点云数据采用逆向工程技术生成火电厂机组的三维模型;

[0008] 获取火电厂机组的照片;

[0009] 根据所述照片对所述三维结构模型进行贴膜,生成贴膜后的三维模型;

[0010] 采用多细节层次技术和动态遮挡剔除技术对贴膜后的三维模型进行渲染,生成渲染后的三维模型;

[0011] 对渲染后的三维模型采用画质自适应技术进行显示。

[0012] 可选的,所述根据所述点云数据采用逆向工程技术生成火电厂机组的三维模型,之后还包括:

[0013] 根据火电厂机组的图纸,采用图纸建模的方式,生成火电厂机组的三维模型的内部结构。

[0014] 可选的,所述采用多细节层次技术和动态遮挡剔除技术对贴膜后的三维模型进行渲染,生成渲染后的三维模型,具体包括:

[0015] 基于多细节层次技术,根据用户当前的观察视角实时计算摄像机距离,当摄像机距离大于预设阈值时,使用第一面数的三维模型来标识设备的外形,当摄像机不大于预设阈值时,使用第二面数的三维模型来标识设备的外形,所述第二面数大于所述第一面数;

[0016] 基于动态遮挡剔除技术,根据用户当前的观察视角实时计算摄像机的角度,根据角度计算结果确定三维模型的内部被遮挡的结构,内部被遮挡的结构停止渲染。

[0017] 一种火电厂机组的三维虚拟检修系统,所述三维虚拟检修系统包括:基础数据层、三维场景层和三维应用层;

[0018] 所述基础数据层用于根据三维激光扫描仪生成火电厂机组的点云数据采用火电厂机组的三维模型生成方法生成火电厂机组的三维模型,并根据火电厂机组的技术资料生成业务数据;所述技术资料包括系统流程图、设计文档、工艺原理说明、材料、图纸、运行和

检修规程、专家知识库文档；

[0019] 所述三维场景层用于将所述业务数据挂接在所述三维模型上，生成包含业务数据的三维场景；

[0020] 所述应用层用于采用交互漫游的方式与用户进行交互。

[0021] 可选的，所述包含业务数据的三维场景包括机组级场景、系统级场景和设备级场景；

[0022] 机组级场景包括电厂生产区的建筑和钢结构，机组设备结构、机组设备间的连接管道；

[0023] 系统级场景包括机组设备的空间分布，机组设备间的连接管道的布置和阀门位置；

[0024] 设备级场景包括机组设备的零部件的模型，机组设备的零部件的自由的视角切换模型和机组设备的零部件的分解视图。

[0025] 可选的，所述应用层包括结构原理学习模块、检修过程学习模块、典型故障学习模块；

[0026] 所述结构原理学习模块用于根据用户指令展示机组设备的组成结构和工作原理；

[0027] 检修过程学习模块用于根据用户指令模拟机组设备的检修过程；

[0028] 典型故障学习模块用于根据用户指令利用机组设备的三维场景的效果演示故障现象。

[0029] 根据本发明提供的具体实施例，本发明公开了以下技术效果：

[0030] 本发明提供一种火电厂机组的三维模型生成方法及三维虚拟检修系统，三维模型生成方法包括：采用三维激光扫描仪生成火电厂机组的点云数据；根据点云数据采用逆向工程技术生成火电厂机组的三维模型；获取火电厂机组的照片；根据照片对所述三维结构模型进行贴膜，生成贴膜后的三维模型；采用多细节层次技术和动态遮挡剔除技术对贴膜后的三维模型进行渲染，生成渲染后的三维模型；对渲染后的三维模型采用画质自适应技术进行显示。本发明采用逆向工程生成三维模型，并利用照片进行贴膜，建立了直观形象的三维设备模型，采用多细节层次技术和动态遮挡剔除技术对模型进行渲染，采用画质自适应技术进行显示，提高了三维模型的运行速度，提升了用户体验。

附图说明

[0031] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0032] 图1为本发明提供的一种火电厂机组的三维模型生成方法的原理图；

[0033] 图2为本发明提供的一种火电厂机组的三维虚拟检修系统的结构图；

[0034] 图3为本发明提供的一种火电厂机组的三维虚拟检修系统的应用层的结构组成图。

具体实施方式

[0035] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0036] 本发明的目的是提供一种火电厂机组的三维模型生成方法及三维虚拟检修系统,以建立直观形象的三维设备模型,完善三维虚拟检修系统的功能,提升用户体验。

[0037] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0038] 为实现上述目的,本发明考虑将数据可视化、逆向工程、虚拟现实(VR)等多种可视化技术相结合,构建三维模型,形成百万机组的检修培训平台。建立具有直观形象的三维设备模型库、检修规则知识库、考评知识库,实现电厂检修培训、演练和考评一体化的交互式应用。打破原来电厂只能进行运行仿真培训的瓶颈,扩展职工检修技能培训的途径,提升和评价检修人员操作技能。

[0039] 具体包括:如图1所示,本发明提供一种火电厂机组的三维模型生成方法,所述三维模型生成方法包括如下步骤:

[0040] 采用三维激光扫描仪生成火电厂机组的点云数据;

[0041] 根据所述点云数据采用逆向工程技术生成火电厂机组的三维模型。根据火电厂机组的图纸,采用图纸建模的方式,生成火电厂机组的三维模型的内部结构。

[0042] 具体包括:本发明的三维模型的建立过程使用了逆向工程技术。逆向工程对已建设完成的资产进行设计技术再现,构建三维虚拟培训系统需要的模型需要使用逆向工程得到。逆向工程使用的原始数据为激光扫描点云、图纸和照片。

[0043] 采用激光扫描方法得到的模型,无论是设计院或厂家提供的设计模型与竣工状态之间的差异,或者是电厂在运营中对设备进行了改造,都可以通过重新扫描确保模型与现场的一致性。不同时期扫描点云作为历史数据,还可作为判断资产状态改变的依据。对于模型精度有要求,现场又能提供扫描条件的设备,都推荐使用激光扫描方式建模。对于激光扫描无法到达的(比如地下、设备内部)地方,使用图纸建模作为补充。

[0044] 获取火电厂机组的照片。

[0045] 根据所述照片对所述三维结构模型进行贴膜,生成贴膜后的三维模型。

[0046] 采用多细节层次技术和动态遮挡剔除技术对贴膜后的三维模型进行渲染,生成渲染后的三维模型。

[0047] 具体包括:为了保证电厂用户的普通办公电脑使用三维系统的效率,需要采取模型轻量化技术:Dynamic OC、Levels of Detail、画质自适应等,控制单台设备同时被渲染的三角面数量尽可能低。

[0048] LOD(Levels of Detail,多细节层次)技术可根据物体模型的节点在显示环境中所处的位置和重要度,决定物体渲染的资源分配,降低非重要物体的面数和细节度,从而获得高效率的渲染运算。对于三维虚拟检修的模型,根据用户当前的观察视角实时计算摄像机距离,当摄像机距离较远时,将使用一个面数较少的模型来标识设备的外形,当摄像机靠近时,将模型替换成面数较多细节更丰富的模型,从而达到提升整体渲染速度的效果。

[0049] 动态遮挡剔除 (Occlusion Culling) 是一种通过避免渲染背对观察者的几何体面来提高性能优化措施。

[0050] 对于三维虚拟检修的模型, 根据用户当前的观察视角实时计算摄像机的角度, 设备内部被遮挡的结构会自动停止渲染, 当摄像机旋转时, 则根据实时的计算结果逐步显示内部结构, 从而达到提升整体渲染速度的效果。

[0051] 对渲染后的三维模型采用画质自适应技术进行显示。

[0052] 具体包括: 根据所使用的客户端硬件, 自动调节画质。可保证在高性能设备上有较好的显示效果, 在性能差的设备上可流畅运行。

[0053] 如图2所示, 本发明还提供一种火电厂机组的三维虚拟检修系统, 所述三维虚拟检修系统包括: 基础数据层、三维场景层和三维应用层;

[0054] 所述基础数据层用于根据三维激光扫描仪生成火电厂机组的点云数据采用火电厂机组的三维模型生成方法生成火电厂机组的三维模型, 并根据火电厂机组的技术资料生成业务数据; 所述技术资料包括系统流程图、设计文档、工艺原理说明、材料、图纸、运行和检修规程、专家知识库文档; 具体的, 在数据层主要完成现场实物和把非结构化的数据转变成标准的三维模型和结构化数据的工作。基础数据包括三维激光扫描仪生成的点云数据、系统流程图、设计文档、工艺原理说明、材料、图纸、运行和检修规程、专家知识库文档等。通过逆向工程和标准化工作, 得到满足系统要求的标准格式三维模型和各类静态、动态的业务数据。

[0055] 三维建模资料方案是为了对电厂大量的现场实物和非结构化数据进行抽象整理, 得到满足建模要求的数据资料。此过程的输入物是原始资料, 输出物是三维建模资料。

[0056] 首先针对需要实现三维建模的设备, 根据现场具体条件, 收集以下原始资料如表1所示。

[0057] 表1三维建模的原始资料表

种类	描述	设备	备注
点云	对设备的外观以及检修期间能够露出的内部结构,使用三维激光扫描仪进行 360 度扫描,获取点云数据。	根据现场具体条件,选择可以解体的设备	对于检修重点部位,如果结构复杂且图纸描述不够详细,则必须使用激光扫描
[0058] 图纸	由设计院、厂家提供的和设备检修相关的图纸。	全部设备	
文档	与设备检修相关的说明书、检修规程、检修方案、检修报告等文档。	全部设备	
照片	对设备的外观以及检修期间能够露出的内部结构进行拍照。	全部设备	

[0059] 在收集原始资料时,基本原则就是检修过程中需要表现的零部件,至少需要图纸、照片、点云数据中的一项,才可保证设备建模能进行。如果条件允许,则应当使资料的种类尽可能的多,这样可以提高建模效率并保证模型尺寸的准确性。

[0060] 本发明的三维建模过程以图纸和点云为基础,结合设备的照片和相关文档,使用建模工具(CAD、3DMAX、SolidWorks等)进行完成线框模型和贴图。根据三维作业指导的要求,在需要表现工作原理和拆解步骤的部分加上特效。模型输出格式为FBX。本发明的三维模型的指标如表2所示:

[0061] 表2三维模型的指标

项目	标准
建模依据	设计院或厂家模型、图纸。对于图纸无法完整描述的部分，补充现场激光扫描数据。
[0062] 模型精度	扫描建模：<2mm 图纸建模：0mm（与图纸一致） 模型导入：0mm（与原始模型一致）
模型细度	满足三维虚拟检修要求
模型格式	FBX
纹理贴图	实景照片
渲染方式	实时

[0063] 为了保证电厂办公电脑使用三维模型的效率，采取模型轻量化技术：Dynamic OC（动态遮挡剔除）、Levels of Detail（多细节层次），在保证产品模型可用性的前提下，对原始模型数据进行压缩、过滤及优化，以减少模型规模、降低内存使用量、加快显示速度，控制单台设备同时被渲染的三角面数量不超过100万面。本发明的模型标准化后的运行参数如表3所示。

[0064] 表3模型标准化后的运行参数

项目	标准
模型文件	线框模型：小于10MB
加载时间	<30s
运行速度	FPS>30

[0066] 所述三维场景层用于将所述业务数据挂接在所述三维模型上，生成包含业务数据的三维场景；具体的，三维场景层负责将标准化的数据配置成包含业务数据的三维场景。所述包含业务数据的三维场景包括机组级场景、系统级场景和设备级场景；机组级场景包括电厂生产区的建筑和钢结构，机组设备结构、机组设备间的连接管道；系统级场景包括机组设备的空间分布，机组设备间的连接管道的布置和阀门位置；设备级场景包括机组设备的零部件的模型，机组设备的零部件的自由的视角切换模型和机组设备的零部件的分解视图。具体的，为了保证渲染效率，将电厂划分为三个级别的场景：机组级场景、系统级场景、设备级场景。机组级场景体现电厂生产区的建筑和钢结构，机组主要设计及其连接管道，表现机组的各个组成系统，并将其表现为一个有机的整体。系统级场景主要体现设备的空间分布，管道的布置和阀门位置。系统级场景和二维流程图能产生鲜明的对比，直观感受真实的生产现场。设备级场景体现零部件级的精细化建模，自由的视角切换以及分解视图，能查看到设备每一个零件和细节。

[0067] 所述应用层用于采用交互漫游的方式与用户进行交互。

[0068] 所述应用层包括结构原理学习模块、检修过程学习模块、典型故障学习模块；所述

结构原理学习模块用于根据用户指令展示机组设备的组成结构和工作原理;检修过程学习模块用于根据用户指令模拟机组设备的检修过程;典型故障学习模块用于根据用户指令利用机组设备的三维场景的效果演示故障现象。

[0069] 具体的,三维虚拟检修功能模块方案是选择合适的三维引擎,经过二次开发实现系统预定的全部功能。此过程的输入物是标准化模型和数据,输出物是三维虚拟检修系统。基于Unity3D进行二次开发,制作出符合设备模拟检修的三维场景编辑器,以配置方式,实现UI和交互动作定制,并能根据新需求快速扩展,形成资源库,高效完成复杂界面组态和三维应用。如图3所示本发明的应用层包括三大功能模块:结构原理学习模块、检修过程学习模块、典型故障学习模块。结构原理学习模块:包括零部件树形图、爆炸图分解、工作原理演示等功能,全面介绍一台设备的组成结构和工作原理。检修过程模块:综合运用字幕、音频、动画,挂接相关文档,演示检修全过程。用户可模拟一次检修的全过程,包括修前准备、拆解顺序、质检点内容和标准等。典型故障学习模块:将各设备的典型故障按故障现象、故障原因和预防处理进行分类整理,利用三维场景的各种效果来直观演示故障现象。

[0070] 如图3所示,本发明的应用层包括登录页面,本发明的登录页面包括:登录窗口用于输入用户名和密码,用于检测用户的合法身份。帮助按钮用于弹出帮助文档,上面记录有功能菜单介绍、操作方法、常见故障排除等内容。

[0071] 本发明的应用层还包括设备选择页面,本发明的设备选择页面列出厂区示意图和全部可选设备,第一次点击显示被选设备的介绍文字,并在厂区示意图上标示出设备的空间方位,第二次点击进入对应的设备场景。

[0072] 本发明的应用层还包括结构原理学习模块(图3中的结构原理模块),本发明的结构原理学习模块包括:

[0073] 设备部件对象树:在结构展示状态下,会显示设备部件对象树。点击对象名称前的单选框,控制该对象模型的显示和隐藏;点击对象名称后的展开按钮,控制对象树的展开和收起;点击对象名称,对应的模型高亮提示;双击对象名称,镜头聚焦到该对象的三维模型。

[0074] 爆炸图:在结构展示状态下,点击爆炸图按钮控制设备的爆炸和恢复状态,在爆炸图模式下,对象树的所有操作依然有效。

[0075] 标签显示:在结构展示状态下,点击标签按钮控制标签的显示和隐藏。

[0076] 场景交互功能:在结构展示状态下,单击模型会高亮提示,同时显示该部件的文字介绍和语音朗读,同时对象树光标指向该对象;双击模型,镜头居中聚焦该对象。点击右键,取消被选中状态。

[0077] 原理展示:列出该设备的工作原理、技术参数、运行指南等内容,点击对应的菜单开始演示。

[0078] 本发明的应用层还包括检修过程学习模块(图3中的检修过程模块)本发明的检修过程学习模块包括:

[0079] 检修过程状态栏:检修过程状态栏显示如下内容:检修作业的阶段划分和当前步骤的位置;当前步骤的名称;质检体系点、质保体系点和检修记录点的位置;步骤的前进和后退控制。

[0080] 检修步骤演示:步骤序号附着在本步骤需要操作的对象模型上,鼠标悬停时显示相关的文字和状态提示;已进行的步骤显示为灰色,未进行的步骤显示为白色;步骤演示的

方式有字幕、动画、语音、视频、图片等。

[0081] 考评模式:考评模式下,步骤序号不再显示,用户必须按正确的顺序去点击当前的步骤序号,点击正确时正常演示该步骤,点击错误时系统记录并提示用户操作错误,直到点击正确的步骤为止。

[0082] 考试题:点击考试题后,系统自动从该设备的题库中抽取若干道题目,题干以文字描述和三维场景结合的方式展现,题型为客观题,用户选择答案后自动进入下一题,全部作答完毕,系统给出正确答案并对用户的答案给出判断。

[0083] 本发明的应用层还包括典型故障学习模块,本发明的典型故障模块的主要功能是将各设备的典型故障按故障现象、故障原因和预防处理进行分类整理,利用三维场景的各种效果来直观演示故障现象。

[0084] 在虚拟环境中,由于用户的交互和物体的运动,物体间很可能经常性的发生相互碰撞,此时为保持环境的真实性,需要及时检测到这些碰撞,并计算相应的碰撞反应,更新绘制结果,以防止物体间发生穿透现象,破坏虚拟环境的真实感和用户的沉浸感。通过交互漫游用户可以灵活、准确地对视景进行全方位观察,拾取其中的虚拟物体,查询信息。交互漫游的过程就是一个根据交互控制命令连续不断改变视点位置或视线方向并渲染视景的过程。

[0085] 与检修相关的文档、图纸、照片、视频可以挂接在各交互步骤中,方便用户随时查阅参考。当资料有更新时,用户可自行修改配置文件进行增删改。

[0086] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:

[0087] 本发明提供一种火电厂机组的三维模型生成方法及三维虚拟检修系统,三维模型生成方法包括:采用三维激光扫描仪生成火电厂机组的点云数据;根据点云数据采用逆向工程技术生成火电厂机组的三维模型;获取火电厂机组的照片;根据照片对所述三维结构模型进行贴膜,生成贴膜后的三维模型;采用多细节层次技术和动态遮挡剔除技术对贴膜后的三维模型进行渲染,生成渲染后的三维模型;对渲染后的三维模型采用画质自适应技术进行显示。本发明采用逆向工程生成三维模型,并利用照片进行贴膜,建立了直观形象的三维设备模型,采用多细节层次技术和动态遮挡剔除技术对模型进行渲染,采用画质自适应技术进行显示,提高了三维模型的运行速度,提升了用户体验。

[0088] 本发明综合利用逆向工程将现场设备还原为高精度三维模拟,对建模工具和三维引擎的二次开发以配合检修模拟功能的高效开发和配置。

[0089] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0090] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

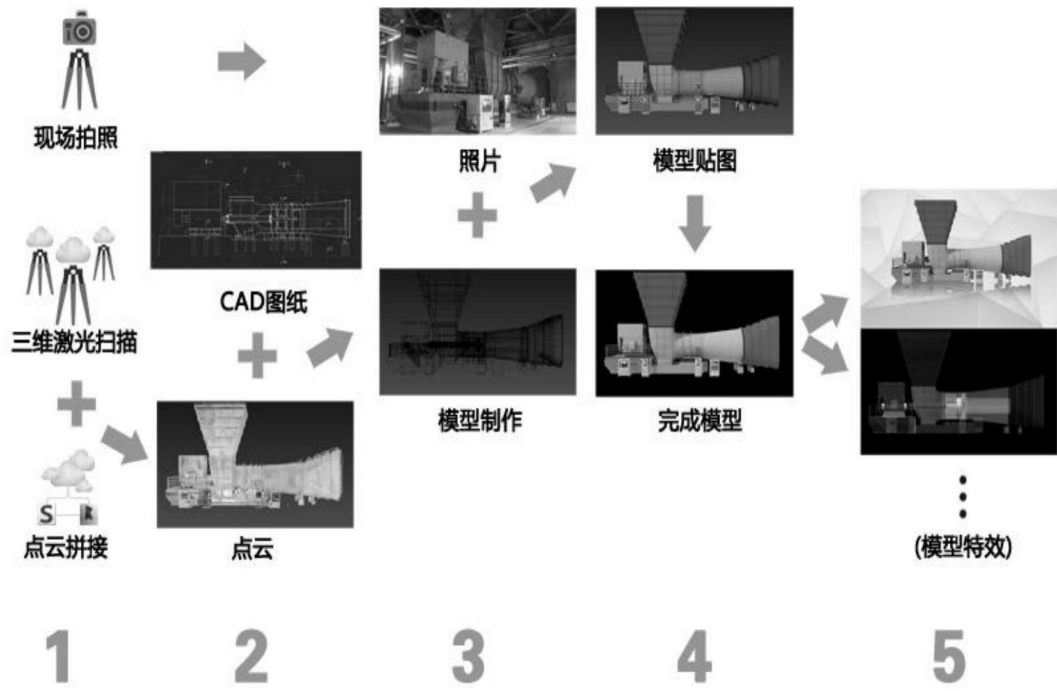


图1

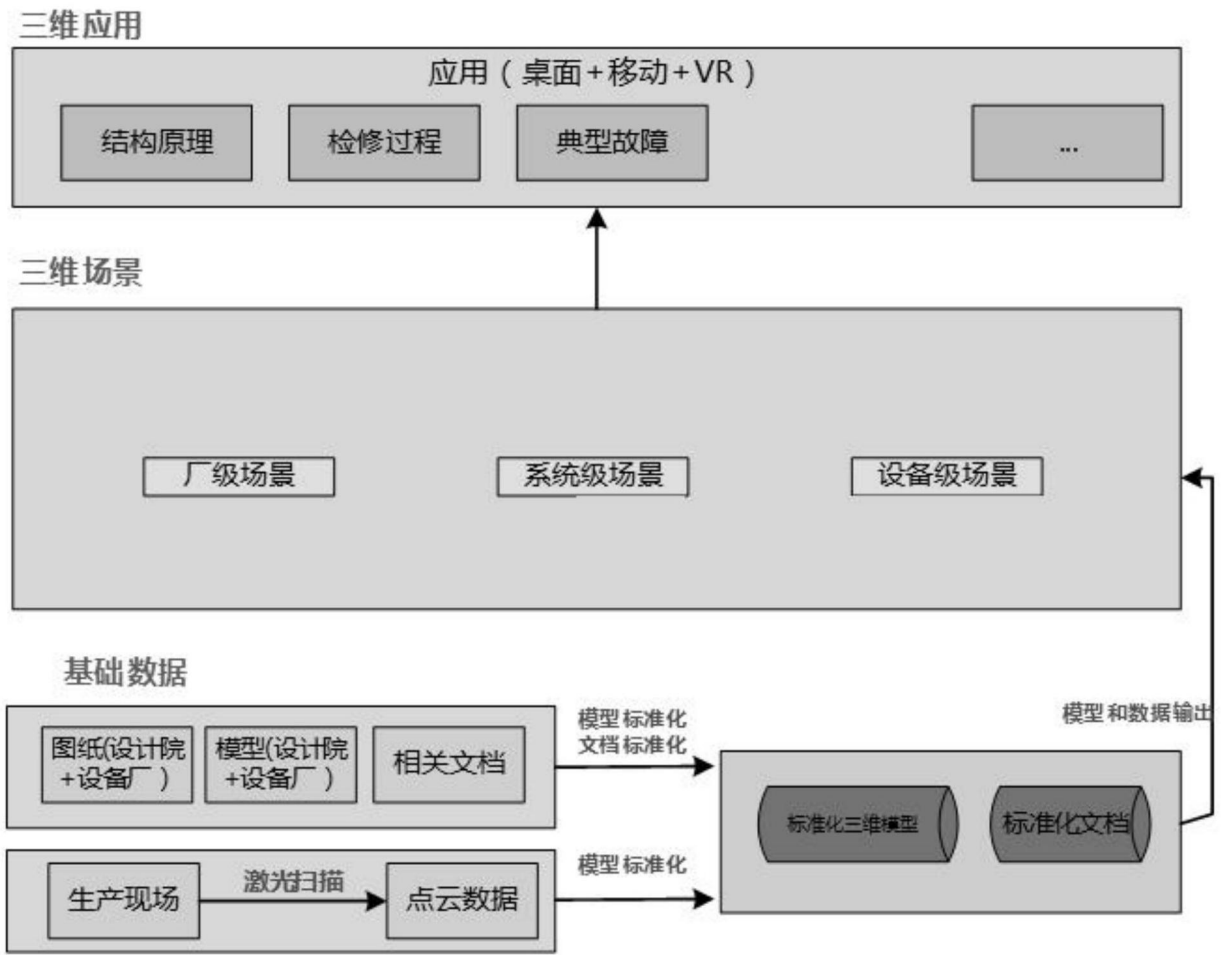


图2

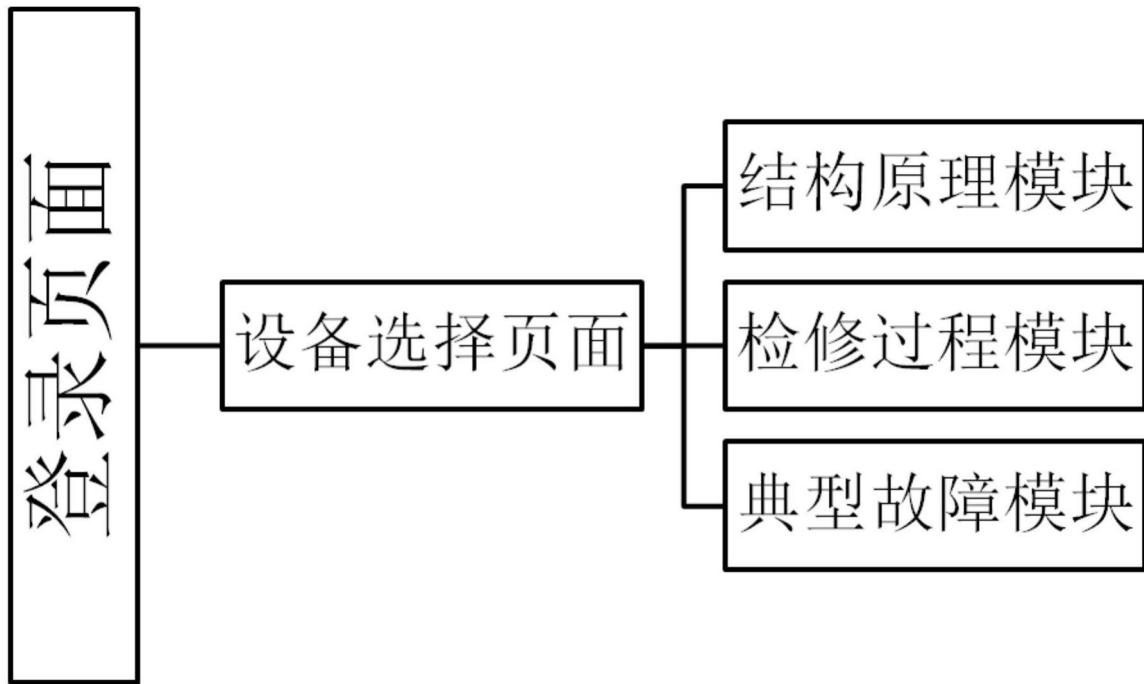


图3