

三维模型的渲染方法、装置、电子设备及存储介质

本申请要求于 2022 年 08 月 19 日提交的申请号为 202210996952.8、发明名称为“三维模型的渲染方法、装置、电子设备及存储介质”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

本申请实施例涉及图像处理技术领域，特别涉及一种三维模型的渲染方法、装置、电子设备及存储介质。

背景技术

随着计算机性能的提升和图像处理技术的发展，常常用三维模型来表示物体，例如，用植物的三维模型来表示植物。电子设备可以对三维模型进行渲染，以实现在电影、游戏、工程设计等场景中显示三维模型所表示的物体。

相关技术中，需要先建模出物体的三维模型，三维模型包括多个子模型，子模型为带有纹理数据的三角网格，三角网格包括多个三角形。由于三角网格的数据量较大，严重影响了渲染效率，因此，可以通过将至少两个三角形合并成一个三角形的方式来简化三角网格，从而实现对子模型的简化，以便于提高渲染效率。通过渲染简化后的各个子模型，得到三维模型的渲染结果。

上述技术中，由于简化了三角网格，导致子模型会出现变形的现象，从而导致三维模型的渲染效果不佳。

发明内容

本申请提供了一种三维模型的渲染方法、装置、电子设备及存储介质，可用于解决相关技术中三维模型的渲染效果不佳的问题，所述技术方案包括如下内容。

一方面，提供了一种三维模型的渲染方法，所述方法包括：

获取截面数据集，所述截面数据集是基于物体的三维模型包括的多个子模型构建得到的，所述子模型分别表示所述物体的部件，所述子模型的纹理数据表征所述部件的纹理信息，所述截面数据集包括多条截面数据，所述截面数据用于指示至少一个子模型的包络框的截面；

获取所述截面数据集中的各条截面数据对应的纹理贴图，任一个纹理贴图用于表示将相应截面数据对应的各个子模型的纹理数据投影到所述相应截面数据指示的截面上的纹理数据，所述相应截面数据是所述多条截面数据中与所述任一个纹理贴图对应的一条截面数据；

基于所述截面数据集中的各条截面数据和对应的纹理贴图渲染所述三维模型。

另一方面，提供了一种三维模型的渲染装置，所述装置包括：

获取模块，用于获取截面数据集，所述截面数据集是基于物体的三维模型包括的多个子模型构建得到的，所述子模型分别表示所述物体的部件，所述子模型的纹理数据表征所述部件的纹理信息，所述截面数据集包括多条截面数据，所述截面数据用于指示至少一个子模型的包络框的截面；

所述获取模块，还用于获取所述截面数据集中的各条截面数据对应的纹理贴图，任一个纹理贴图用于表示将相应截面数据对应的各个子模型的纹理数据投影到所述相应截面数据指示的截面上的纹理数据，所述相应截面数据是所述多条截面数据中与所述任一个纹理贴图对应的一条截面数据；

所述渲染模块，用于基于所述截面数据集中的各条截面数据和对应的纹理贴图渲染所述三维模型。

另一方面，提供了一种电子设备，所述电子设备包括处理器和存储器，所述存储器中存储有至少一条计算机程序，所述至少一条计算机程序由所述处理器加载并执行，以使所述电

子设备实现上述任一所述的三维模型的渲染方法。

另一方面，还提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质中存储有至少一条计算机程序，所述至少一条计算机程序由处理器加载并执行，以使电子设备实现上述任一所述的三维模型的渲染方法。

另一方面，还提供了一种计算机程序或计算机程序产品，所述计算机程序或计算机程序产品中存储有至少一条计算机程序，所述至少一条计算机程序由处理器加载并执行，以使电子设备实现上述任一种三维模型的渲染方法。

本申请提供的技术方案至少带来如下有益效果：

本申请提供的技术方案中，先获取截面数据，截面数据用于指示至少一个子模型的包络框的截面，再获取截面数据对应的纹理贴图，截面数据对应的纹理贴图是根据截面数据对应的各个子模型的纹理数据确定的。由于纹理贴图表示将截面数据对应的各个子模型的纹理数据投影到任一条截面数据指示的截面上的纹理数据，使得各个子模型投影后的外形不容易出现变形的现象，从而基于截面数据和对应的纹理贴图进行渲染时可以提高渲染效果。

附图说明

图1是本申请实施例提供的一种三维模型的渲染方法的实施环境示意图；

图2是本申请实施例提供的一种三维模型的渲染方法的流程图；

图3是本申请实施例提供的一种基叶模型的截面数据的获取示意图；

图4是本申请实施例提供的一种各个层级的数据集的示意图；

图5是本申请实施例提供的一种索引结构的示意图；

图6是本申请实施例提供的一种纹理贴图的示意图；

图7是本申请实施例提供的一种渲染的示意图；

图8是本申请实施例提供的一种植物模型的渲染示意图；

图9是本申请实施例提供的一种植物模型的渲染结果的示意图；

图10是本申请实施例提供的另一种植物模型的渲染结果的示意图；

图11是本申请实施例提供的又一种渲染结果的示意图；

图12是本申请实施例提供的一种三维模型的渲染装置的结构示意图；

图13是本申请实施例提供的一种终端设备的结构示意图；

图14是本申请实施例提供的一种服务器的结构示意图。

具体实施方式

图1是本申请实施例提供的一种三维模型的渲染方法的实施环境示意图，如图1所示，该实施环境包括终端设备101和服务器102。其中，本申请实施例中的三维模型的渲染方法可以由终端设备101执行，也可以由服务器102执行，或者由终端设备101和服务器102共同执行。终端设备101可以是智能手机、游戏主机、台式计算机、可穿戴设备、平板电脑、膝上型便携计算机、智能电视、智能车载设备、智能语音交互设备、智能家电等。服务器102可以为一台服务器，或者为多台服务器组成的服务器集群，或者为云计算平台和虚拟化中心中的任意一种，本申请实施例对此不加以限定。服务器102可以与终端设备101通过有线网络或无线网络进行通信连接。服务器102可以具有数据处理、数据存储以及数据收发等功能，在本申请实施例中不加以限定。终端设备101和服务器102的数量不受限制，可以是一个或多个。本申请实施例提供的技术方案可以基于云技术（Cloud Technology）实现。云技术是指在广域网或局域网内将硬件、软件、网络等系列资源统一起来，实现数据的计算、储存、处理和共享的一种托管技术。云技术基于云计算商业模式应用的网络技术、信息技术、整合技术、管理平台技术、应用技术等的总称，可以组成资源池，按需所用，灵活便利。云计算技术将变成重要支撑。技术网络系统的后台服务需要大量的计算、存储资源，如视频网站、图片类网站和更多的门户网站。伴随着互联网行业的高度发展和应用，将来每个物品都有可能存在自己的识别标志，都需要传输到后台系统进行逻辑处理，不同程度级别的数据将

会分开处理，各类行业数据皆需要强大的系统后盾支撑，只能通过云计算来实现。

在图像处理技术领域，电子设备通过对物体的三维模型中的各个子模型进行渲染，可以实现在电影、游戏、工程设计等场景中显示三维模型所表示的物体。通常情况下，三维模型的每一个子模型是一个三角网格，三角网格包括多个三角形，子模型的纹理数据可以表征物体上对应部件的纹理信息。在渲染任一个子模型时，将该子模型的部分三角形合并成大三角形，从而简化了三角网格，即简化了子模型。该过程导致子模型出现变形，从而导致三维模型的渲染效果不佳。本申请实施例提供了一种三维模型的渲染方法，该方法可应用于上述实施环境中，以解决上述三维模型的渲染效果不佳的问题。以图 2 所示的本申请实施例提供的一种三维模型的渲染方法的流程图为例，为便于描述，将执行本申请实施例中的三维模型的渲染方法的终端设备 101 或者服务器 102 称为电子设备，该方法可以由电子设备来执行。如图 2 所示，该方法包括步骤 201 至步骤 203。

步骤 201，获取截面数据集，截面数据集是基于物体的三维模型包括的多个子模型构建得到的，子模型分别表示物体的部件，子模型的纹理数据表征部件的纹理信息，截面数据集包括多条截面数据，截面数据用于指示至少一个子模型的包络框的截面。

本申请实施例中，电子设备可以先获取物体的三维模型，再基于三维模型包括的各个子模型构建得到截面数据集。在本申请中，截面数据集包括多条截面数据，一条截面数据对应至少一个子模型，一个子模型与物体的一个部件相对应。

下面对三维模型的内容进行描述。

可以采用三维模型的建模技术，对任意的物体进行建模，得到该物体的三维模型。本申请实施例不对建模方式做限定，可以利用任意的建模工具对物体进行建模，例如，可以采用建模工具（如 Speed Tree）对任意的植物进行建模，得到植物的三维模型（简称植物模型）。

电子设备可以直接获取建模出的三维模型，该三维模型包括多个子模型。一般情况下，任一个物体可以视作由多个部件组成，对任一个部件进行建模，可以得到表征该部件的子模型。例如，植物包括树根、树干、树枝、树叶等部件，以树叶为例，对树叶进行建模得到表征树叶的子模型，该表征树叶的子模型可以称为树叶模型。

每一个子模型均存在其对应的三角网格，三角网格是计算机图形学中的一种多边形网格（简称网格）。在计算机图形学和三维实体建模中，多边形网格是定义多面体物体形状的顶点、边和面的集合。三角网格由一组三角形（通常是三维空间内的三角形）组成，这组三角形由共同的边或角连接起来。简单来讲，三角网格包括多个三角形，通过三角网格可以表征出子模型对应的部件的外形、轮廓等信息。

本申请实施例中，子模型对应的三角网格是一个带有纹理数据的三角网格，该三角网格通过三角网格数据和纹理图像来表达。

通常情况下，子模型对应的三角网格数据中记载了子模型对应的三角网格中各个顶点的数据。任一个顶点的数据包括该顶点的三维坐标、该顶点的标识信息以及该顶点的 UV 坐标（即纹理坐标）等。可选地，三角网格中的三个顶点可以确定出一个三角面，三角网格数据中除包括各个顶点的数据之外，还可以包括三角面的数据。三角面的数据包括三角面的平面方程、三角面中任意两个顶点所在直线的直线方程、三角面的法向量、三角面中各个顶点的数据等中的至少一项。

子模型对应至少一张纹理图像，纹理图像包括反照率贴图、法线贴图、次表面散射贴图和位置贴图等。其中，子模型对应的反照率贴图可以体现子模型的颜色与纹理。子模型对应的法线贴图是通过在子模型的凹凸表面上的每个点作法线，利用像素值来表征法线方向后得到的贴图，因此，子模型对应的法线贴图可以体现子模型的凹凸表面。子模型对应的次表面散射贴图可以体现光照射在子模型的表面之后的视觉效果。子模型对应的位置贴图中任一个像素点的像素值对应三维空间中一个点的三维坐标，因此，子模型对应的位置贴图可以体现

子模型的三维结构。

需要说明的是，基于顶点的 UV 坐标可以确定出顶点对应的纹理颜色值（简称纹理值），因此，子模型对应的三角网格中各个顶点的 UV 坐标可以反应子模型对应的部件的纹理信息，而子模型对应的纹理图像也可以反应子模型对应的部件的纹理信息，因此，子模型对应的各个顶点的 UV 坐标和纹理图像均属于子模型对应的纹理数据。

例如，树叶模型对应的三角网格数据中记载了树叶模型对应的三角网格中的各个顶点的三维坐标、各个顶点的标识信息和各个顶点的纹理坐标，通过三角网格中的各个顶点的三维坐标可以表征出树叶的外形、轮廓等信息。树叶模型还对应反照率贴图、法线贴图、次表面散射贴图和位置贴图，通过这些贴图以及三角网格中的各个顶点的纹理坐标可以表征出树叶的纹理数据。

上文描述了三维模型的内容。由上文可知，三维模型包括多个子模型，本申请实施例中，电子设备可以基于至少一个子模型确定出一条截面数据，通过这种方式，基于多个子模型可以确定出截面数据集中的各条截面数据。其中，截面数据用于指示至少一个子模型的包络框的截面。由于子模型属于三维模型，因此，包络框为三维的几何体。可选地，包络框为多面体，截面为该多面体的任意截面。本申请实施例不对截面的形状做限定，示例性的，截面为四边形、三角形、六边形等。示例性的，截面数据用于指示至少一个子模型的包络框的截面的各个像素点的三维坐标、截面的法向量、截面的平面方程中的至少一种。

可选地，包络框为包围至少一个子模型的最小长方体，此种情况下，截面可以是经过最小长方体的中心的横截面。也就是说，截面数据用于指示包围至少一个子模型的最小长方体的横截面，且该横截面经过最小长方体的中心。可选地，截面数据所指示的截面由位于同一个平面的三角面构成，例如，最小长方体的横截面是一个长方形，该长方形由两个三角面构成，且这两个三角面位于同一个平面。

步骤 201 的一种可能实现方式包括如下所示的实现方式 A。

实现方式 A，截面数据集包括至少两个层级的数据集，任一个层级的数据集包括至少一条截面数据，上一层级的一条截面数据对应下一层级的至少一条截面数据。

至少两个层级的数据集属于多细节层次（Levels of Detail, LOD）的数据结构。由于上一层级的一条截面数据对应下一层级的至少一条截面数据，因此，上一层级的数据集包括的截面数据的数量小于下一层级的数据集包括的截面数据的数量。

在本申请实施例中，任一个层级的细节程度与该层级的数据集包括的截面数据的数量相关。任一个层级的数据集包括的截面数据的数量越多，则该层级的细节程度越精细（即越高）；任一个层级的数据集包括的截面数据的数量越少，则该层级的细节程度越粗糙（即越低）。由于上一层级的数据集包括的截面数据的数量小于下一层级的数据集包括的截面数据的数量，因此，上一层级的细节程度要低于下一层级的细节程度。

在实现方式 A 的情况下，步骤 201 之前还包括步骤 2011 至步骤 2012。

步骤 2011，基于下一层级的数据集确定上一层级的数据集，下一层级为至少两个层级中的最低层级时，下一层级的数据集基于三维模型中的各个子模型对应的截面数据确定。

本申请实施例中，可以先确定三维模型中的各个子模型对应的截面数据，将三维模型中的各个子模型对应的截面数据作为至少两个层级中的最低层级的数据集的各条截面数据。或者，对三维模型中的各个子模型对应的截面数据进行聚合，得到至少两个层级中的最低层级的数据集，聚合方式可以见下文有关步骤 B1 的描述，在此暂不赘述。接着，从最低层级开始，采用基于下一层级的数据集确定上一层级的数据集的方式，可以得到至少两个层级的数据集。即，截面数据集包括最低层级的截面数据和聚合后的截面数据，最低层级的截面数据与子模型一一对应，聚合后的截面数据对应多个子模型。

下面介绍最低层级的数据集的确定方式。

在一种可能的实现方式中，可以采用如下所示的步骤 A1 至步骤 A3 来确定三维模型中的

各个子模型对应的截面数据，得到最低层级的数据集。

步骤 A1，确定三维模型中的基本子模型，基本子模型是三维模型中的任意一个子模型。确定从基本子模型变换到其他子模型的变换信息，其他子模型是三维模型中除基本子模型之外的任意一个子模型。

在建模得到三维模型的过程中，可以先建模出设定数量的子模型，这些子模型可以称为基本子模型。通过三维（3-Dimension, 3D）仿射变换的方式，对基本子模型进行变形得到其他的子模型。例如，对于植物模型来讲，植物模型中树叶模型的数量大于数量阈值时，说明植物模型中树叶模型的数量较多，可以建模出设定数量的树叶模型，这部分树叶模型作为基叶模型（即基本子模型），对基叶模型进行变形得到其他的树叶模型。

通常情况下，在建模三维模型的过程中，每建模出一个基本子模型，会在设定的存储空间中存储该基本子模型对应的三角网格（即三角网格数据和至少一张纹理图像）。每次对基本子模型进行变形得到其他子模型时，会在该存储空间中存储变换信息，以利用变换信息记录该变形操作。因此，基本子模型除对应三角网格之外，还对应一个变换文件，该变换文件记录了从该基本子模型变换到多个其他子模型的变换信息。

可选地，变换信息包括平移信息、缩放信息、旋转信息中的至少一项。基本子模型变换到任一个其他子模型的变换信息由 8 个数据类型为浮点数的数据段组成，浮点数是一种既包含小数又包含整数的数据类型。其中，平移信息对应 3 个数据类型为浮点数的数据段，用于记录平移变换。缩放信息对应 1 个数据类型为浮点数的数据段，用于记录均匀缩放变换。旋转信息对应 4 个数据类型为浮点数的数据段，其中，1 个数据类型为浮点数的数据段用于记录旋转角度，3 个数据类型为浮点数的数据段用于记录旋转轴。

本申请实施例中，可以直接从存储空间中读取各个基本子模型对应的三角网格和变换文件，从而得到三维模型中的基本子模型和从基本子模型变换到其他子模型的变换信息。

在一种可能的实现方式中，三维模型中包括各个子模型对应的三角网格。电子设备在将三维模型存储在存储空间之后，存储空间中存储有各个子模型对应的三角网格，而不是存储基本子模型对应的三角网格和变换文件。此时，需要基于三维模型中的各个子模型对应的三角网格，确定出三维模型中的基本子模型和变换信息。

可选地，确定三维模型中的基本子模型，包括：根据三维模型中各个子模型的纹理数据，将三维模型中的各个子模型分为至少一个类别；对于任一个类别，从任一个类别的各个子模型中选择任一个子模型作为任一个类别的基本子模型。

本申请实施例中，存在多种变换方式，任一种变换方式均可将基本子模型变换到其他子模型。以通过 3D 仿射变换的方式，将基本子模型变换到其他子模型为例进行说明。在通过 3D 仿射变换的方式进行变换时，三角网格中各个顶点的三维坐标会发生变化。由于顶点的三维坐标会发生变化，导致三角面的平面方程、三角面中任意两个顶点所在直线的直线方程、三角面的法向量会发生变化。而三角网格中各个顶点的标识信息、各个顶点的纹理坐标不会发生变化。也就是说，将基本子模型变换到其他子模型时，子模型的外形会发生变化，而子模型的纹理数据不会发生变化。

因此，当三维模型中任两个子模型的纹理数据相同时，表明这两个子模型是由同一个基本子模型变换得到的，可以将这两个子模型分在同一个类别中。通过这种方式，可以将三维模型中的各个子模型分到各个类别中。可选地，当两个子模型对应的纹理坐标的数量相同（也就是顶点的数量相同）时，确定这两个子模型的纹理数据相同。可选地，在两个子模型对应的纹理坐标的数量相同的情况下，还可以对子模型对应的各个顶点的纹理坐标进行排序，当两个子模型对应的排序后的纹理坐标相同时，这两个子模型的纹理数据相同。

可选地，每一个子模型对应一个材质信息，例如，树叶模型对应材质信息可以是塑料、纸张或者布匹等。在将基本子模型变换到其他子模型时，子模型对应的材质信息也不会发生变化，因此，还可以基于各个子模型的纹理数据和材质信息，将各个子模型分为至少一个类

别。当任两个子模型的纹理数据和材质信息相同时，这两个子模型分在同一个类别中。通过该方式，可以将三维模型中的各个子模型分到多个类别中。例如，根据各个树叶模型的材质信息预先将多个树叶模型进行分类，对于分出的每一个类别，根据树叶模型的纹理数据对该类别进行再分类。或者，根据各个树叶模型的纹理数据预先将多个树叶模型进行分类，对于分出的每一个类别，根据树叶模型的材质数据对该类别进行再分类。也就是说，本申请实施例不对分类所依据的纹理数据、材质数据的先后顺序做限定。

在将多个子模型分为至少一个类别之后，可以从任一个类别的各个子模型中选择任一个子模型作为任一个类别的基本子模型。接着，确定从基本子模型变换到其他子模型的变换信息，包括：确定从任一个类别的基本子模型变换到任一个类别的其他子模型的变换信息，任一个类别的其他子模型是任一个类别中除任一个类别的基本子模型之外的子模型。本申请实施例中，对于任一个类别，可以基于该类别的基本子模型的三角网格和该类别的其他子模型的三角网格，计算从该类别的基本子模型变换到该类别的其他子模型的变换信息。

在一种可能的实现方式中，确定从任一个类别的基本子模型变换到任一个类别的其他子模型的变换信息，包括：确定任一个类别的基本子模型的第一包络框；确定任一个类别的其他子模型的第二包络框；基于第一包络框和第二包络框，确定从任一个类别的基本子模型变换到任一个类别的其他子模型的变换信息。可以获取到基本子模型对应的三角网格数据。由于三角网格数据中记载了基本子模型对应的三角网格中各个顶点的数据，因此，可以基于各个顶点的数据（例如各个顶点的三维坐标）确定基本子模型的包络框的数据，从而确定出第一包络框（即基本子模型的包络框），其中，第一包络框包围了基本子模型对应的各个顶点和各个三角面。在一种可能的实现方式中，第一包络框是包围基本子模型的最小包络框（即边界框）。可选地，采用主成分分析（Principal Component Analysis, PCA）的方法，通过对基本子模型对应的三角网格数据进行分析，可以确定出三个坐标轴的方向、三个边的长度、中心点的坐标等中的至少一项信息，确定出这些信息就相当于确定出包围基本子模型的最小包络框，该最小包络框为一个长方体。

在三维情境中，可以采用 PCA 的方法从三维空间中寻找一组相互正交的坐标轴，以得到最小包络框的三个坐标轴的方向。其中，第一个坐标轴的方向满足使基本子模型对应的各个顶点投影在该坐标轴之后，各个投影后的顶点的方差最大；第二个坐标轴的方向满足在与第一个坐标轴正交的平面中且使基本子模型对应的各个顶点投影在该坐标轴之后，各个投影后的顶点的方差最大；第三个坐标轴的方向满足在与前两个坐标轴正交的平面中且使基本子模型对应的各个顶点投影在该坐标轴之后，各投影后的顶点的方差最大。对基本子模型对应的各个顶点的三维坐标求平均，可以得到基本子模型的中心点的坐标，并将基本子模型的中心点的坐标作为最小包络框的中心点的坐标。最小包络框的三个边的长度是基于基本子模型对应的各个顶点在三个坐标轴上的分布来确定的。

最后，按照上述第一包络框的确定方式，可以确定出其他子模型的包络框的数据，从而确定出第二包络框（即其他子模型的包络框），基于基本子模型的包络框的数据和其他子模型的包络框的数据，可以计算出从该基本子模型变换到该其他子模型的变换信息。

本申请实施例中，存储从基本子模型到其他子模型的变换信息时所需的存储资源要小于存储其他子模型的三维网格数据和纹理图像时所需的存储资源，因此，通过确定基本子模型和从基本子模型到其他子模型的变换信息，使得电子设备只需存储基本子模型和变换信息，而不用存储其他子模型，从而减少了存储资源的占用，减少对电子设备的硬件要求。

步骤 A2，确定基本子模型对应的截面数据。

本申请实施例中，可以基于基本子模型对应的三角网格数据，确定基本子模型的包络框的数据。基于包络框的数据，确定出表征包络框的任意截面的截面数据，得到基本子模型对应的截面数据。

可选地，包络框为最小包络框，最小包络框对应多个经过最小包络框的中心的横截面，

每一个横截面对应一个横截面的数据。对于任一个横截面，将基本子模型投影到该横截面上，得到该横截面对应的投影面积。例如，将基本子模型对应的三角网格中的各个三角面投影到该横截面上，得到投影后的各个三角面，可以确定任一个投影后的三角面的面积，将各个投影后的三角面的面积进行相加，得到该横截面对应的投影面积。从各个横截面对应的投影面积中，选择最大投影面积，将最大投影面积对应的横截面的数据作为基本子模型的截面数据。

请参见图 3，图 3 是本申请实施例提供的一种基叶模型的截面数据的获取示意图。其中，图 3 中的 (1) 中的标号 301 所示的模型为基叶模型，可以先确定基叶模型的最小包络框，如图 3 中的 (1) 中的标号 303 所示。接着，确定经过最小包络框的中心的多个横截面。对于任一个横截面，确定基叶模型投影到该横截面上的投影面积，得到该横截面对应的投影面积。基于各个横截面对应的投影面积，选择最大投影面积对应的横截面，如图 3 中的 (1) 中的标号 302 所示。将最大投影面积对应的横截面的数据作为基叶模型的截面数据，以利用基叶模型的截面数据来表征出基叶模型的最小包络框中最大投影面积对应的横截面，如图 3 中的 (2) 所示，该横截面由位于同一个平面的三角面构成。

步骤 A3，基于基本子模型对应的截面数据和变换信息，确定其他子模型对应的截面数据。

在已确定出从基本子模型变换到其他子模型的变换信息和基本子模型对应的截面数据之后，可以基于变换信息对截面数据进行变换，得到变换后的截面数据，变换后的截面数据即为其他子模型对应的截面数据。由于基于变换信息对截面数据进行变换时所涉及的计算量小于通过子模型对应的三角网格数据来确定子模型对应的截面数据时所涉及的计算量，因此，本申请实施例可以快速准确的获取到各个子模型的截面数据，减少了运算量。

当然，在实际应用时，也可以采用与确定基本子模型的截面数据相同的原理，先基于其他子模型的三维网格数据确定其他子模型的包络框的数据，再基于其他子模型的包络框的数据确定其他子模型对应的截面数据，在此不再赘述。

本申请实施例中，下一层级可以是至少两个层级中除最高层级之外的任意一个层级，包括但不限于至少两个层级中的最低层级。本申请实施例基于下一层级的数据集来确定上一层级的数据集。

在一种可能的实现方式中，基于下一层级的数据集确定上一层级的数据集，包括步骤 B1 和步骤 B2。

步骤 B1，对于下一层级的数据集中的任两条截面数据，若任两条截面数据满足聚合条件，则基于任两条截面数据对应的子模型，确定任两条截面数据对应的截面数据。

在确定了下一层级的数据集中的各条截面数据之后，可以对各条截面数据进行聚合，以利用一个新的截面数据来逼近聚合前的至少两条截面数据。

本申请实施例中，可以确定下一层级的数据集中的任两条截面数据是否满足聚合条件。可选地，任两条截面数据满足聚合条件包括情况 C1 和情况 C2 中的至少一项。

情况 C1，任两条截面数据指示的截面之间的距离小于距离阈值。

本申请实施例中，可以确定截面数据指示的截面的中心坐标，以利用中心坐标来表征截面的中心。利用两条截面数据的中心坐标，计算这两个截面的中心之间的距离，将该距离作为这两个截面之间的距离。

若两个截面之间的距离小于距离阈值，则这两个截面对应的截面数据满足聚合条件。本申请实施例不对距离阈值做限定。示例性的，距离阈值与当前层级的层级数相关。当前层级的层级数越小，表明当前层级越高，当前层级的细节程度越粗糙，当前层级的数据集包括的截面数据的数量越少，距离阈值越大。可选的，距离阈值是通过预先设置得到的。

情况 C2，任两条截面数据指示的截面之间的法向量夹角小于夹角阈值。

本申请实施例中，任一个子模型对应的三角网格数据中可以包括该子模型对应的三角网格中各个三角面的法向量，或者，基于任一个子模型对应的三角网格数据中各个顶点的数据，

可以确定该子模型对应的三角网格中各个三角面的法向量。每一个法向量对应一个方向，该方向可以是正方向（由于模型的包络框的内部指向外部），也可以是负方向（由于模型的包络框的外部指向内部）。

由于任一条截面数据对应至少一个子模型，因此，可以基于至少一个子模型对应的各个三角面的法向量所对应的方向，统计出平均方向，基于平均方向和截面数据确定截面数据指示的截面的法向量。

若任两条截面数据指示的截面的法向量之间的夹角（即法向量夹角）小于夹角阈值，则这两条截面数据满足聚合条件。本申请实施例不对夹角阈值做限定，示例性地，夹角阈值是设定的数值，如夹角阈值为 30 度。可选的，夹角阈值与当前层级的层级数相关。当前层级的层级数越小，表明当前层级越高，当前层级的细节程度越粗糙，当前层级的数据集包括的截面数据的数量越少，夹角阈值越大。可选的，夹角阈值是通过预先设置得到的。示意性的，第三层级的夹角阈值预先设置为第三夹角数值，第二层级的夹角阈值预先设置为第二夹角数值，第三夹角数值小于第二夹角数值。

对于满足聚合条件的两条截面数据，可以采用与“确定基本子模型的截面数据”相同的原理，基于两条截面数据对应的子模型，确定出一条截面数据，将该截面数据作为两条截面数据对应的截面数据，以利用该截面数据来逼近两条截面数据，实现对两条截面数据的聚合。即将两条截面数据对应的子模型作为一个组合，确定这个组合的包络框的数据，基于包络框的数据，确定出组合对应的截面数据，得到两条截面数据对应的截面数据，此过程可以见上文有关步骤 A2 的描述，在此不再赘述。

通过步骤 B1，实现了根据下一层级的截面数据指示的截面的位置和方向，聚合下一层级中满足聚合条件的两条截面数据，且这两条截面数据不与下一层级中其他的截面数据聚合。通过聚合操作，减少了截面数据的数量，降低了细节程度。

步骤 B2，若候选数据集中截面数据的数量小于参考数量，则将候选数据集作为上一层级的数据集，候选数据集中包括满足聚合条件的任两条截面数据对应的截面数据和满足聚合条件的截面数据。

可以理解的是，在对下一层级的截面数据进行聚合时，除满足聚合条件的两条截面数据可以聚合成一条截面数据之外，还有部分截面数据未能聚合。本申请实施例中，满足聚合条件的任两条截面数据对应的截面数据可以用于与满足聚合条件的另外两条截面数据对应的截面数据进行聚合，或者可以用于与不满足聚合条件的截面数据进行聚合，而不满足聚合条件的截面数据还用于与另外一个不满足聚合条件的截面数据进行聚合，因此，满足聚合条件的任两条截面数据对应的截面数据和满足聚合条件的截面数据的用法相同。为了便于描述，将满足聚合条件的任两条截面数据对应的截面数据和满足聚合条件的截面数据视为一个集合中的截面数据，该集合称为候选数据集。

通过对下一层级的截面数据进行聚合，得到候选数据集中的截面数据，使得截面数据的数量在降低的同时，截面数据对应的子模型的数量可能会有所提高，使得后续在对截面数据进行渲染时可以一次性渲染多个子模型，提高了渲染速度和渲染效率。

若候选数据集中截面数据的数量小于参考数量，则将候选数据集作为上一层级的数据集，本申请实施例不对参考数量做限定，示例性地，参考数量与上一层级的层级数相关，层级数越小，表明层级越高，则参考数量越小。可选的，参考数量是通过预先设置得到的。

本申请实施例中，该方法还包括步骤 B3，步骤 B3 在步骤 B1 之后执行。

步骤 B3，若候选数据集中截面数据的数量不小于参考数量，则将候选数据集作为下一层级的数据集，循环执行若任两条截面数据满足聚合条件，则基于任两条截面数据对应的子模型，确定任两条截面数据对应的截面数据，直至候选数据集中截面数据的数量小于参考数量，将候选数据集作为上一层级的数据集。

本申请实施例中，若候选数据集中截面数据的数量不小于参考数量，则将候选数据集作

为下一层级的数据集，重新执行步骤 B1，得到候选数据集。根据候选数据集中截面数据的数量确定执行步骤 B2 还是步骤 B3。当执行步骤 B2 时，循环结束，得到上一层级的数据集，当执行步骤 B3 时，循环持续。通过这种方式，对下一层级的数据集进行一次或多次的截面数据聚合，直到得到小于参考数据的截面数据，从而得到上一层级的数据集。

请参见图 4，图 4 是本申请实施例提供的一种各个层级的数据集的示意图。其中，图 4 中的 (1) 示出了植物模型中的所有树叶模型，共有 6004752 个树叶模型。图 4 中的 (2) 是基于图 4 中的 (1) 确定的最低层级的数据集，该数据集包括 307936 条截面数据。对图 4 中的 (2) 所示的数据集进行一次或多次的截面数据聚合，得到图 4 中的 (3) 所示的数据集，该数据集为最低层级的上一层级的数据集，且该数据集包括 15408 条截面数据。对图 4 中的 (3) 所示的数据集进行一次或多次的截面数据聚合，得到图 4 中的 (4) 所示的数据集，该数据集为最低层级的上两个层级的数据集，且该数据集包括 762 条截面数据。其中，图 4 中颜色越深的区域，表明该区域对应的截面的法向量的方向越向正方向趋近，颜色越浅的区域，表明该区域对应的截面的法向量的方向越向负方向趋近。

步骤 2012，响应于满足设定条件，基于各个层级的数据集得到截面数据集。

本申请实施例不对设定条件做限定。示例性的，满足设定条件是上一层级为至少两个层级中的最高层级，或者，每执行一次步骤 2011，更新一次循环次数，即在上一循环次数的基础上加 1，得到当前循环次数，则满足设定条件是循环次数达到设定次数。

本申请实施例中，该方法还包括步骤 2013。其中，步骤 2013 在步骤 2011 之后执行。

步骤 2013，响应于不满足设定条件，将上一层级的数据集作为下一层级的数据集，循环执行基于下一层级的数据集确定上一层级的数据集，直至满足设定条件，基于各个层级的数据集得到截面数据集。

本申请实施例中，在不满足设定条件时，将上一层级的数据集作为下一层级的数据集，循环执行步骤 2011，并判断是否满足设定条件。在满足设定条件时，循环终止，得到截面数据集，在不满足设定条件时，循环持续。通过这种方式，可以基于最低层级的数据集，不断地确定上一层级的数据集，直至得到截面数据集。

本申请实施例中，上一层级的任一条截面数据对应下一层级的至少一条截面数据，通过这种方式，将不同层次的截面数据关联了起来。本申请实施例中，可以利用一个索引结构来存储各个层次的截面数据，该索引结构也可以称为 LOD 的数据结构，且该索引结构为树结构，因此，可以将该索引结构称为 LOD 树结构。

LOD 树结构包括至少两个层级，最高层级对应至少一个根节点，最低层级对应多个叶子节点。当只有两个层级时，最高层级的一个根节点对应最低层级的至少一个叶子节点，且一个根节点表征最高层级的数据集中的一条截面数据，因此，根节点的数量等于最高层级的数据集中的截面数据的数量。叶子节点没有子节点，一个叶子节点表征最低层级的数据集中的一条截面数据，因此，叶子节点的数量等于最低层级的数据集中的截面数据的数量。在一种可能的实现方式中，最低层级的数据集中包括三维模型中各个子模型的截面数据，因此，叶子节点的数量等于子模型的数量。

当 LOD 树结构多于两个层级时，LOD 树结构还包括至少一个中间层级，中间层级是除最低层级和最高层级之外的任一层级。一个中间层级对应多个中间节点。此时，最高层级的一个根节点对应下一中间层级的至少一个中间节点，上一中间层级的一个中间节点对应下一中间层级的至少一个中间节点。最后一个中间层级的一个中间节点对应最低层级的至少一个叶子节点。

请参见图 5，图 5 是本申请实施例提供的一种 LOD 树结构的示意图。该 LOD 树结构包括层级 0 至层级 $n+1$ ， n 为正整数。其中，任一个层级对应多个节点，一个节点表征一条截面数据。层级 $n+1$ 为最低层级，层级 $n+1$ 的各条截面数据依次对应植物模型的各个树叶模型，因此，层级 $n+1$ 的截面数据的数量与植物模型的树叶模型的数量相同。层级 n 的任一条截面

数据对应层级 $n+1$ 的至少一条截面数据，以此类推，直至层级 0。层级 0 为最高层级，层级 0 的任一条截面数据对应层级 1 的至少一条截面数据。

步骤 202，获取截面数据集中的各条截面数据对应的纹理贴图，任一个纹理贴图用于表示将相应截面数据对应的各个子模型的纹理数据投影到相应截面数据指示的截面上的纹理数据，相应截面数据是多条截面数据中与任一个纹理贴图对应的一条截面数据。

本申请实施例中，对于截面数据集中的任一条截面数据，根据任一条截面数据对应的各个子模型的纹理数据，确定任一条截面数据对应的纹理贴图。对截面数据集中的所有截面数据，每条截面数据对应的纹理贴图，均是根据该截面数据对应的各个子模型的纹理数据确定得到的。对应的在基于 N 个子模型确定出一条截面数据时，可以获取这 N 个子模型的纹理数据，将这 N 个子模型的纹理数据投影到这条截面数据指示的截面上，得到的纹理数据为该截面数据对应的纹理贴图。由于将子模型的纹理数据投影到截面数据指示的截面上时，截面上包括投影后的纹理数据所在的区域，该区域上的纹理数据可以反应子模型投影后的纹理，而该区域的轮廓可以反应子模型投影后的外形。因此，截面数据对应的纹理贴图可以反应截面数据对应的各个子模型投影后的纹理和外形，保证子模型投影后的外形不会发生变形的情况，且保证了子模型投影后的纹理的逼真度。

在一种可能的实现方式中，获取截面数据集中的各条截面数据对应的纹理贴图之前，还包括：对于任一条截面数据对应的任一个子模型，将任一个子模型的纹理数据投影到任一条截面数据指示的截面上，得到任一个子模型的纹理贴图；将任一条截面数据对应的各个子模型的纹理贴图进行融合，得到任一条截面数据对应的纹理贴图。

本申请实施例中，对于截面数据对应的任一个子模型，该子模型对应的纹理数据包括该子模型对应的各个顶点的 UV 坐标和该子模型对应的至少一张纹理图像。一般来说，顶点的 UV 坐标用于确定顶点对应的纹理值，而纹理图像包括多个像素点的纹理值，因此，子模型对应的纹理数据可以理解为各个像素点的纹理值。

可选地，以像素点为单位，将子模型对应的任一个像素点投影到任一条截面数据指示的截面上，得到投影后的像素点，并将任一个像素点的纹理值赋予投影后的像素点，使得投影后的像素点的纹理值与投影前的像素点的纹理值相同。通过将子模型对应的各个像素点进行投影，可以得到子模型的纹理贴图。

可以理解的是，子模型属于三维模型，子模型对应的纹理数据相当于 3D 的纹理数据，而子模型的纹理贴图属于二维贴图，因此，本申请实施例是将 3D 的纹理数据投影到 2D 的 UV 域中。在投影时，像素点需要投影在截面上，也就是说，子模型对应的每一个三角面需要投影在截面区域上。

在一种可能的实现方式中，可以将子模型的顶点投影到截面区域上，得到子模型投影后的顶点。此时，针对任一个像素点，根据子模型投影后的顶点确定该像素点的重心坐标，根据重心坐标和子模型的顶点获取投影前的像素点的纹理值，将投影前的像素点的纹理值赋予投影后的像素点。

通过上述方式，可以将任一条截面数据对应的各个子模型的纹理数据投影到该截面数据指示的截面上，得到该截面数据对应的各个子模型的纹理贴图。接着，将该截面数据对应的各个子模型的纹理贴图进行融合，得到该截面数据对应的纹理贴图。例如，截面数据指示的截面上的任一个点对应至少两个像素点，且这两个像素点属于不同子模型的纹理贴图，则至少两个像素点的像素值进行求平均计算，可以得到新的像素值，从而实现将至少两个像素点进行融合。通过这种方式，可以实现将该截面数据对应的各个子模型的纹理贴图进行融合。可选地，可以根据像素点的位置适当的调整像素点的深度，以优化纹理贴图。

本申请实施例中，截面数据集中的每一条截面数据均存在其对应的纹理贴图。假设截面数据集中包括 N 条截面数据，则纹理贴图也有 N 个。可选地，在 UV 域中均匀的划分出 $M = (\lceil \sqrt{N} \rceil + 1)^2$ 个 UV 网格，将前 N 个 UV 网格分配给 N 条截面数据，每一个 UV 网格存储

对应截面数据的纹理贴图。

可选地，截面数据指示的截面由位于同一个平面的三角面构成，假设三角面的数量为 A 个，则每一个 UV 网格会被细分为 A 个 UV 子网格，一个 UV 子网格用于存储一个三角面的纹理贴图。

请参见图 6，图 6 是本申请实施例提供的一种纹理贴图的示意图。其中，图 6 中的 (1) 示出了截面数据集中某一个层级的各条截面数据指示的截面，该截面共有 9440 个，图 6 中的 (2) 的左半部分示出了 9440 条截面数据对应的纹理贴图，图 6 中的 (2) 的右半部分示出了一些纹理贴图的放大图，由图 6 中的 (2) 可以看出，至少一个子模型的纹理数据投影到一条截面数据指示的截面上，得到该截面数据对应的纹理贴图，而纹理贴图可以反应各个子模型投影后的纹理和外形。

步骤 203，基于截面数据集中的各条截面数据和对应的纹理贴图渲染三维模型。

本申请实施例中，对于截面数据集中的任一条截面数据，可以将该截面数据对应的纹理贴图渲染在该截面数据指示的截面上，得到该截面数据的渲染结果。由于截面数据用于指示至少一个子模型的包络框的截面，而截面数据对应的纹理贴图用于表示将该截面数据对应的各个子模型的纹理数据投影到该截面数据指示的截面上的纹理数据，因此，截面数据的渲染结果相当于子模型的渲染结果。通过渲染三维模型的各个子模型，可以得到三维模型的渲染结果。

在一种可能的实现方式中，截面数据集包括至少两个层级的数据集，任一个层级的数据集包括至少一条截面数据，上一层级的一条截面数据对应下一层级的至少一条截面数据；步骤 203 包括步骤 2031 和步骤 2032。

步骤 2031，对于上一层级的任一条截面数据，若任一条截面数据满足第一渲染条件和第二渲染条件，根据任一条截面数据对应的纹理贴图对任一条截面数据进行渲染，得到任一条截面数据的渲染结果。

可选地，从至少两个层级的任一层级（例如最高层级）开始，按照从上到下的顺序，遍历任一层级及其下面的各个层级的截面数据，对满足第一渲染条件和第二渲染条件的截面数据进行渲染，得到该截面数据的渲染结果。

任一条截面数据满足第一渲染条件包括任一条截面数据指示的截面在视图截锥内；任一条截面数据满足第二渲染条件包括任一条截面数据在屏幕的尺寸数据不大于尺寸阈值。

在开始渲染时，可以获取到相机位置、相机参数以及三维模型的位置，相机参数可以指示出相机与屏幕的相对关系。一方面，通过相机位置、相机参数以及三维模型的位置，可以确定出截面数据指示的截面是否在视图截锥内。其中，视图截锥是一个三维区域，若物体处于该三维区域，则该物体在屏幕上可见，因此，视图截锥相当于相机的视野。另一方面，通过相机位置、相机参数以及三维模型的位置，可以计算出截面数据在屏幕的尺寸数据，其中，尺寸数据可以是截面数据指示的截面在屏幕的周长、面积、对角线的长度等中的任一项。

本申请实施例中，对于上一层级的任一条截面数据，若该截面数据满足第一渲染条件，表明该截面数据指示的截面的全部或者部分位于视图截锥内。此时，该截面数据对应的各个子模型处于相机视野内，因此，需要对这部分子模型进行渲染。

若该截面数据满足第二渲染条件，即该截面数据在屏幕的尺寸数据不大于尺寸阈值，表明该截面数据对应的各个子模型距离相机相对较远，可以直接获取该截面数据对应的纹理贴图，利用像素着色器 (Pixel Shader) 将该截面数据对应的纹理贴图渲染在该截面数据对应的截面上，得到该截面数据的渲染结果。本申请实施例不对尺寸阈值做限定，示例性的，尺寸阈值是设定的数值。

步骤 2032，若上一层级满足第一渲染条件的各条截面数据均满足第二渲染条件，则基于各条截面数据的渲染结果，得到三维模型的渲染结果。

若上一层级满足第一渲染条件的各条截面数据均满足第二渲染条件，则这些截面数据均

已经按照步骤 2031 的方式得到了渲染结果,此时,在相机视野内的所有子模型均已经渲染完成,基于各条截面数据的渲染结果可以得到三维模型的渲染结果。

在一种可能的实现方式中,该方法还包括步骤 2033 和步骤 2034。其中,步骤 2033 和步骤 2034 可以在步骤 2031 之后执行。

步骤 2033,若上一层级不为至少两个层级的最低层级且上一层级存在满足第一渲染条件但不满足第二渲染条件的目标截面数据,则循环执行确定目标截面数据对应的下一层级的各条截面数据;将下一层级作为上一层级;对于上一层级的任一条截面数据,若任一条截面数据满足第一渲染条件和第二渲染条件,根据任一条截面数据对应的纹理贴图对任一条截面数据进行渲染,得到任一条截面数据对应的渲染结果;直至上一层级满足第一渲染条件的各条截面数据均满足第二渲染条件。

若上一层级不为至少两个层级的最低层级,且上一层级满足第一渲染条件的各条截面数据中存在不满足第二渲染条件的截面数据,此时开始循环。先将这部分不满足第二渲染条件的截面数据作为目标截面数据。再将目标截面数据对应的下一层级的各条截面数据作为上一层级的截面数据,执行步骤 2031,得到任一条截面数据对应的渲染结果。当上一层级满足第一渲染条件的各条截面数据中存在不满足第二渲染条件的截面数据,循环持续;当上一层级满足第一渲染条件的各条截面数据均满足第二渲染条件时,循环结束。

步骤 2034,基于各条截面数据的渲染结果,得到三维模型的渲染结果。

在循环结束时,任一个层级均可能有部分截面数据参与渲染,因此,各条截面数据的渲染结果包括至少一个层级的截面数据的渲染结果。基于各个层级的截面数据的渲染结果,可以得到三维模型的渲染结果。

需要说明的是,参与渲染的截面数据均需要满足第一渲染条件,即截面数据指示的截面需全部或者部分在视图截锥内。由于本申请实施例是按照从上到下的顺序,逐层遍历任一层级及其下面的各个层级的截面数据,因此,若某一层级的某条截面数据指示的截面全部在视图截锥外,则这条截面数据不参与渲染,这条截面数据对应的位于这个层级下面的各层级的截面数据也不参与渲染。若这条截面数据指示的截面全部或者部分在视图截锥内,则在满足第二渲染条件的情况下,这条截面数据参与渲染,或者,在不满足第二渲染条件的情况下,这条截面数据对应的下一层级的各条截面数据均需要判断是否满足第一渲染条件和第二渲染条件,根据判断结果确定是否参与渲染。通过这种方式,可以快速高效地剔除掉完全不可见的截面,节省需要渲染的截面数据的数量,提高渲染性能。

在一种可能的实现方式中,该方法还包括步骤 2035 至步骤 2037。其中,步骤 2035 至步骤 2037 可以在步骤 2031 之后执行。

步骤 2035,若上一层级为至少两个层级的最低层级且上一层级存在满足第一渲染条件但不满足第二渲染条件的目标截面数据,则获取目标截面数据对应的目标子模型。

本申请实施例中,在上一层级为至少两个层级的最低层级且上一层级存在目标截面数据的情况下,由于不存在目标截面数据对应的下一层级的截面数据。因此,可以获取目标截面数据对应的目标子模型,以对目标子模型进行渲染,提高渲染效果。

可选地,获取目标截面数据对应的目标子模型,包括:若目标截面数据对应的目标子模型为基本子模型,则获取基本子模型;若目标截面数据对应的目标子模型为其他子模型,则获取基本子模型和从基本子模型变换到其他子模型的变换信息,基于基本子模型和变换信息获取其他子模型。

三维模型中的子模型包括基本子模型和除基本子模型之外的其他子模型。基本子模型和从基本子模型变换到其他子模型的变换信息的确定方式在上文已有描述,在此不再赘述。

由于通过基本子模型和从基本子模型变换到其他子模型的变换信息,可以将基本子模型变换至其他子模型,因此,基本子模型和其他子模型具有相类似的外形和纹理。通过在存储空间中存储基本子模型和从基本子模型变换到其他子模型的变换信息,使得电子设备仅需要

存在基本子模型的外形和纹理，而不需要存在其他子模型的外形和纹理，可以避免存储重复的子模型的外形和纹理，降低存储空间的占用情况。尤其是当子模型的数量较多、子模型的复杂度较高（即子模型的顶点、三角面较多）时，可以大大降低存储空间的占用情况。

本申请实施例中，三维模型中的每一个子模型存在其对应的标识信息，可以在存储空间中存储标识信息与基本子模型之间的第一映射关系以及标识信息与基本子模型、变换信息之间的第二映射关系。可以基于目标截面数据确定出该目标截面数据对应的任一个标识信息，从而确定出该标识信息对应的目标子模型。若第一映射关系中包括该标识信息，说明目标子模型为基本子模型，可以直接从存储空间中获取该标识信息对应的目标子模型；若第二映射关系中包括该标识信息，说明目标子模型为其他子模型，可以直接从存储空间中获取该标识信息对应的基本子模型和变换信息，基于变换信息对基本子模型进行变换，得到该标识信息对应的目标子模型。

步骤2036，对目标子模型进行渲染，得到目标子模型的渲染结果。其中，可以利用像素着色器对目标子模型进行渲染，其渲染方式在此不做限定。

步骤2037，基于各条截面数据的渲染结果和目标子模型的渲染结果，得到三维模型的渲染结果。

在本申请实施例中，三维模型中的部分子模型是对其截面数据进行渲染，而另一部分子模型是直接对其进行渲染，因此，可以基于各条截面数据的渲染结果和目标子模型的渲染结果，直接得到三维模型的渲染结果。

需要说明的是，三维模型中可能存在所有的子模型都是直接对其进行渲染得到的，此时，基于各个目标子模型的渲染结果，直接得到三维模型的渲染结果。

请参见图7，图7是本申请实施例提供的一种渲染的示意图，本申请实施例是基于图5所示的LOD树结构进行渲染的。本申请实施例中，从层级0开始，从上到下遍历LOD树结构的节点。针对层级0中的任一个节点，该节点对应一条截面数据，可以基于网格着色器701确定截面数据在屏幕的尺寸数据。网格着色器701对应至少一个线程，其中一个线程用于确定截面数据在屏幕的尺寸数据，即该线程用于确定截面数据指示的截面投影在屏幕上时的边缘长度（即周长）。之后执行步骤702，判断是否旋转下一层级的截面数据。若尺寸数据不大于尺寸阈值，则确定不选择该截面数据对应的下一层级（即层级1）的截面数据，对该截面数据进行光栅化703之后，利用像素着色器704对光栅化703后的截面数据进行渲染。其中，对截面数据进行光栅化703就是将截面数据指示的截面投影在屏幕上，得到屏幕上的截面，之后，像素着色器704可以基于该截面数据的纹理贴图对屏幕上的截面进行渲染，得到该截面数据的渲染结果。例如，图7中黑色节点对应的截面数据被光栅化703之后，利用像素着色器704进行渲染。若尺寸数据大于尺寸阈值，则确定选择该截面数据对应的下一层级的截面数据，并将下一层级的截面数据存储在图形处理器（Graphics Processing Unit, GPU）缓冲器中，即将该截面数据对应的层级1的截面数据存储在GPU缓冲器705中。例如，图7中灰色节点对应的下一层级的各个节点存储在GPU缓冲器705中。

当层级0的各个节点均被遍历之后，可以基于网格着色器701对GPU缓冲器705中存储的各个节点进行遍历。由于GPU缓冲器705中存储有层级0中尺寸数据大于尺寸阈值的节点所对应的下一层级的节点，因此，可以按照层级0中的节点的处理方式，依次对这部分节点进行相同的处理，在此不再赘述。需要说明的是，GPU缓冲器705中存储的各个节点是有序排列的，这样可以保证内存访问连续，以便于更快的进行信息检索。

当GPU缓冲器705中存储有层级n中尺寸数据大于尺寸阈值的节点所对应的下一层级（即层级n+1）的节点时，可以基于网格着色器701对层级n+1中的这部分节点进行遍历。对于任一个节点，若该节点对应的尺寸数据不大于尺寸阈值，则可以对节点对应的截面数据进行光栅化703，像素着色器704基于该节点对应的纹理贴图对光栅化703后的截面数据进行渲染，若该节点对应的尺寸数据大于尺寸阈值，则可以对节点对应的树叶模型进行光

栅化 703, 像素着色器 704 可以对光栅化 703 后的树叶模型进行渲染。

本申请实施例中, 虽然是对截面数据进行渲染, 当截面数据指示的截面为四边形时, 该四边形可以看做由两个三角形构成, 计算量看起来较小, 且基于 LOD 树结构进行渲染可以减少需要渲染的截面数据的数量, 但是在大规模的场景下, 计算量依旧较大。通过使用网格着色器来计算截面数据在屏幕的尺寸数据, 可以快速确定是否对截面数据进行渲染, 从而加快了渲染速度, 保证了渲染的实时性, 使得本申请实施例即使在视频场景、游戏场景等实时互动场景中依旧具有较好的渲染效果。其中, 网格着色器可以利用其他的 GPU 硬件 (例如, 计算着色器) 来替代。

在一些相关技术中, 其直接对整个三维模型进行渲染, 基于这样的渲染方式在渲染连续两帧图像时, 相当于对整个三维模型进行直接替换。若连续两帧图像对应的相机位置、相机参数的变动较大, 三维模型的变动会比较突然, 容易造成视觉缺陷。而在本申请实施例中, 一方面, 为三维模型的子模型构建不同层级的截面数据, 后续可以根据相机位置、子模型位置以及相机参数, 灵活选择某一个层级的截面数据进行渲染。即使相机位置、相机参数的变动较大, 通过在子模型的层面进行渲染, 会使整个三维模型的变动相对平滑, 从而避免了因三维模型的变动较大而导致突然的视觉缺陷。另一方面, 基于截面数据对应的纹理贴图对截面数据进行渲染, 由于纹理贴图可以保留子模型的外形、纹理等信息, 因此, 即使相机位置、相机参数的变动较大, 子模型也不会发生变形, 一定程度上也会降低视觉缺陷。

需要说明的是, 本申请所涉及的信息 (包括但不限于用户设备信息、用户个人信息等)、数据 (包括但不限于用于分析的数据、存储的数据、展示的数据等) 以及信号, 均为经用户授权或者经过各方充分授权的, 且相关数据的收集、使用和处理需要遵守相关国家和地区的相关法律法规和标准。例如, 本申请中涉及到的三维模型等都是在充分授权的情况下获取的。

上述方法中, 先获取截面数据, 截面数据用于指示至少一个子模型的包络框的截面, 再获取截面数据对应的纹理贴图, 截面数据对应的纹理贴图是根据截面数据对应的各个子模型的纹理数据确定的。由于纹理贴图表示将截面数据对应的各个子模型的纹理数据投影到任一条截面数据指示的截面上的纹理数据, 使得各个子模型投影后的外形不容易出现变形的现象, 从而基于截面数据和对应的纹理贴图进行渲染时可以提高渲染效果。

上述从方法步骤的角度阐述了本申请实施例提供的三维模型的渲染方法, 下面结合场景来进一步描述。在本申请实施例的场景中, 三维模型为植物模型, 子模型为树叶模型。

请参见图 8, 图 8 是本申请实施例提供的一种植物模型的渲染示意图。

步骤 801, 获取植物模型, 植物模型包括多个树叶模型。

步骤 802, 确定多个树叶模型中的基叶模型和从基叶模型变换到其他树叶模型的变换信息。这里的其他树叶模型是多个树叶模型中除基叶模型之外的树叶模型。基叶模型对应于上文提及的基本子模型, 其他树叶模型对应于上文提及的其他子模型。

步骤 803, 确定基叶模型的截面数据, 基于基叶模型的截面数据和变换信息确定其他树叶模型的截面数据, 得到最低层级的各条截面数据。接着执行步骤 S1-1。

步骤 S1-1, 若下一层级的任两条截面数据满足聚合条件, 则基于任两条截面数据对应的树叶模型确定这两条截面数据对应的截面数据。

步骤 S1-2, 将满足聚合条件的任两条截面数据对应的截面数据和不满足聚合条件的截面数据作为候选数据集中的截面数据。

步骤 S1-3, 若候选数据集中截面数据的数量不小于参考数量, 则将候选数据集中的各条截面数据作为下一层级的各条截面数据。重新执行步骤 S1。

步骤 S1-4, 若候选数据集中截面数据的数量小于参考数量, 则将候选数据集中的各条截面数据作为上一层级的各条截面数据。

步骤 S1-5, 若不满足设定条件, 将上一层级的各条截面数据作为下一层级的各条截面数

据，重新执行步骤 S1-1；

步骤 S1-6，若满足设定条件，基于各个层级的截面数据得到 LOD 树结构，确定 LOD 树结构中各条截面数据对应的纹理贴图。

步骤 S2-1，对于上一层级的任一条截面数据，若该截面数据满足第一渲染条件和第二渲染条件，根据该截面数据对应的纹理贴图对该截面数据进行渲染。

步骤 S2-2，若上一层级不为最低层级且存在满足第一渲染条件但不满足第二渲染条件的目标截面数据，则确定目标截面数据对应的下一层级的各条截面数据，将下一层级作为上一层级，重新执行步骤 S2-1。

步骤 S2-3，若上一层级为最低层级且存在满足第一渲染条件但不满足第二渲染条件的目标截面数据，则对目标截面数据对应的目标子模型进行渲染，得到植物模型的渲染结果。

步骤 S2-4，若上一层级满足第一渲染条件的各条截面数据均满足第二渲染条件，则得到植物模型的渲染结果。

通过图 8 所示的方式，实现了对植物模型的渲染。可选地，在操作系统为 Windows 10、配备有 24 个中央处理器（Central Processing Unit, CPU）内核、128 个 CPU 内存存储、NVIDIA GeForce RTX 3090 GPU（一种显卡）的电子设备上，使用 DirectX 12 作为图形应用程序编程接口（Application Programming Interface, API），采用图 8 所示的方式对植物模型进行渲染。本申请实施例中，基于 15 种植物模型，利用上述电子设备对 10000 个植物模型的树叶模型进行渲染。为了更好的测试树叶模型的渲染效率，可以降低其他任务对 GPU 的占用。在这种情况下，渲染效率可高达 1500 每秒传输帧数（Frame Per Second, FPS），每帧图像最多占用 463 兆（MB）的 GPU 内存。渲染结果如图 9 所示。其中，图 9 中的（1）、（2）是在渲染帧率可高达 1321FPS、1557FPS 的情况下且植物模型与相机距离较近时植物模型的渲染结果。图 9 中的（3）、（4）是在渲染帧率可高达 785FPS、894FPS 的情况下且植物模型与相机距离适中时植物模型的渲染结果。图 9 中的（5）、（6）是在渲染帧率可高达 1002FPS、1032FPS 的情况下且植物模型与相机距离较远时植物模型的渲染结果。

本申请实施例中，可以获取 4 种植物模型，每一种植物模型的数量设置为 500 个，一共得到 2000 个植物模型。一方面，基于 4 种植物模型，利用上述电子设备，采用相关技术中的渲染方法（如 Nanite 方法）对 2000 个植物模型进行渲染，得到图 10 中的（1）所示的渲染结果。另一方面，基于这 4 种植物模型，利用上述电子设备，采用图 8 所示的渲染方法对 2000 个植物模型进行渲染，得到图 10 中的（2）所示的渲染结果。由于 Nanite 需要在 UE5（一种虚幻引擎）中使用，因此，相关技术中的渲染方法和图 8 所示的渲染方法均是在 UE5 的基础上进行渲染的。由于在 UE5 的基础上进行渲染会引入额外的渲染成本，比如全局照明和阴影，而图 8 所示的渲染方法可以不在 UE5 的基础上进行渲染，因此，图 8 所示的渲染方法的渲染效率会有所降低。对比图 10 中的（1）和（2）可以得出，（1）中虚线框所示的内容没有显示植物模型，而（2）中虚线框所示的内容有显示植物模型，因此，采用图 8 所示的渲染方法可以提高植物模型的渲染效果，避免植物模型的消失。此外，图 10 中的（1）是使用内存为 1146MB 的 GPU 和 5.7 毫秒/帧的树叶模型，在高达 76FPS 的渲染场景下渲染得到的，而图 10 中的（2）是使用内存为 630MB 的 GPU 和 2.5 毫秒/帧的树叶模型，在高达 102FPS 的渲染场景下渲染得到的。由此可知，图 8 所示的渲染方法具有更高的渲染效率，且渲染所使用的计算资源较少。本申请实施例提供的三维模型的渲染方法可以应用中很多场景中，比如 3D 视频游戏、虚拟现实、地理环境可视化等场景。请参见图 11，图 11 是本申请实施例提供的又一种渲染结果的示意图，图 11 示出了在游戏场景中的森林。由于本申请实施例可以提高植物模型的渲染效果，因此，可以改善游戏体验。

在一个实施例中，三维模型为宇宙模型，子模型为星球模型。

获取宇宙模型，宇宙模型包括多个星球模型。确定多个星球模型中的基础星球模型和从

基础星球模型变换到其他星球模型的变换信息。这里的其他星球模型是多个星球模型中除基础星球模型之外的星球模型。基础星球模型对应于上文提及的基本子模型，其他星球模型对应于上文提及的其他子模型。确定基础星球模型的截面数据，基于基础星球模型的截面数据和变换信息确定其他星球模型的截面数据，得到最低层级的各条截面数据。

若下一层级的任两条截面数据满足聚合条件，则基于任两条截面数据对应的星球模型确定这两条截面数据对应的截面数据。将满足聚合条件的任两条截面数据对应的截面数据和满足聚合条件的截面数据作为候选数据集中的截面数据。若候选数据集中截面数据的数量不小于参考数量，则将候选数据集中的各条截面数据作为下一层级的各条截面数据。若候选数据集中截面数据的数量小于参考数量，则将候选数据集中的各条截面数据作为上一层级的各条截面数据。若不满足设定条件，将上一层级的各条截面数据作为下一层级的各条截面数据；若满足设定条件，基于各个层级的截面数据得到 LOD 树结构，确定 LOD 树结构中各条截面数据对应的纹理贴图。对于上一层级的任一条截面数据，若该截面数据满足第一渲染条件和第二渲染条件，根据该截面数据对应的纹理贴图对该截面数据进行渲染。若上一层级不为最低层级且存在满足第一渲染条件但不满足第二渲染条件的目标截面数据，则确定目标截面数据对应的下一层级的各条截面数据，将下一层级作为上一层级。若上一层级为最低层级且存在满足第一渲染条件但不满足第二渲染条件的目标截面数据，则对目标截面数据对应的目标子模型进行渲染，得到宇宙模型的渲染结果。若上一层级满足第一渲染条件的各条截面数据均满足第二渲染条件，则得到宇宙模型的渲染结果。

在一个实施例中，三维模型为城市模型，子模型为建筑模型。

获取城市模型，城市模型包括多个建筑模型。确定多个城市模型中的基础建筑模型和从基础建筑模型变换到其他建筑模型的变换信息。这里的其他建筑模型是多个建筑模型中除基础建筑模型之外的建筑模型。基础建筑模型对应于上文提及的基本子模型，其他建筑模型对应于上文提及的其他子模型。确定基础建筑模型的截面数据，基于基础建筑模型的截面数据和变换信息确定其他建筑模型的截面数据，得到最低层级的各条截面数据。

若下一层级的任两条截面数据满足聚合条件，则基于任两条截面数据对应的建筑模型确定这两条截面数据对应的截面数据。将满足聚合条件的任两条截面数据对应的截面数据和满足聚合条件的截面数据作为候选数据集中的截面数据。若候选数据集中截面数据的数量不小于参考数量，则将候选数据集中的各条截面数据作为下一层级的各条截面数据。若候选数据集中截面数据的数量小于参考数量，则将候选数据集中的各条截面数据作为上一层级的各条截面数据。若不满足设定条件，将上一层级的各条截面数据作为下一层级的各条截面数据；若满足设定条件，基于各个层级的截面数据得到 LOD 树结构，确定 LOD 树结构中各条截面数据对应的纹理贴图。对于上一层级的任一条截面数据，若该截面数据满足第一渲染条件和第二渲染条件，根据该截面数据对应的纹理贴图对该截面数据进行渲染。若上一层级不为最低层级且存在满足第一渲染条件但不满足第二渲染条件的目标截面数据，则确定目标截面数据对应的下一层级的各条截面数据，将下一层级作为上一层级。若上一层级为最低层级且存在满足第一渲染条件但不满足第二渲染条件的目标截面数据，则对目标截面数据对应的目标子模型进行渲染，得到城市模型的渲染结果。若上一层级满足第一渲染条件的各条截面数据均满足第二渲染条件，则得到城市模型的渲染结果。

图 12 所示为本申请实施例提供的一种三维模型的渲染装置的结构示意图，如图 12 所示，该装置包括：

获取模块 1201，用于获取截面数据集，截面数据集是基于物体的三维模型包括的多个子模型构建得到的，子模型分别表示物体的部件，子模型的纹理数据表征部件的纹理信息，截面数据集包括多条截面数据，截面数据用于指示至少一个子模型的包围框的截面；

获取模块 1201，还用于获取截面数据集中的各条截面数据对应的纹理贴图，任一个纹理

贴图用于表示将相应截面数据对应的各个子模型的纹理数据投影到所述相应截面数据指示的截面上的纹理数据，所述相应截面数据是所述多条截面数据中与所述任一个纹理贴图对应的一条截面数据；渲染模块 1202，用于基于所述截面数据集中的各条截面数据和对应的纹理贴图渲染所述三维模型。获取模块 1201，还用于执行上述图 2 所示的方法实施例中步骤 201 和步骤 202 的相关操作。渲染模块 1202，还用于执行上述图 2 所示的方法实施例中步骤 203 的相关操作，具体内容请参考上述方法实施例。

图 13 示出了本申请一个示例性实施例提供的终端设备 1300 的结构框图。该终端设备 1300 包括有：处理器 1301 和存储器 1302。

处理器 1301 可以包括一个或多个处理核心，比如 4 核心处理器、8 核心处理器等。处理器 1301 可以采用 DSP (Digital Signal Processing, 数字信号处理)、FPGA (Field-Programmable Gate Array, 现场可编程门阵列)、PLA (Programmable Logic Array, 可编程逻辑阵列) 中的至少一种硬件形式来实现。处理器 1301 也可以包括主处理器和协处理器，主处理器是用于对在唤醒状态下的数据进行处理的处理器，也称 CPU (Central Processing Unit, 中央处理器)；协处理器是用于对在待机状态下的数据进行处理的低功耗处理器。在一些实施例中，处理器 1301 可以集成有 GPU (Graphics Processing Unit, 图像处理器)，GPU 用于负责显示屏所需要显示的内容的渲染和绘制。一些实施例中，处理器 1301 还可以包括 AI (Artificial Intelligence, 人工智能) 处理器，该 AI 处理器用于处理有关机器学习的计算操作。

存储器 1302 可以包括一个或多个计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质可以是非暂态的。存储器 1302 还可包括高速随机存取存储器，以及非易失性存储器，比如一个或多个磁盘存储设备、闪存存储设备。在一些实施例中，存储器 1302 中的非暂态的计算机可读存储介质用于存储至少一个计算机程序，该至少一个计算机程序用于被处理器 1301 所执行以实现本申请中方法实施例提供的三维模型的渲染方法。

在一些实施例中，终端设备 1300 还可选包括有：外围设备接口 1303 和至少一个外围设备。处理器 1301、存储器 1302 和外围设备接口 1303 之间可以通过总线或信号线相连。各个外围设备可以通过总线、信号线或电路板与外围设备接口 1303 相连。

本领域技术人员可以理解，图 13 中示出的结构并不构成对终端设备 1300 的限定，可以包括比图示更多或更少的组件，或者组合某些组件，或者采用不同的组件布置。

图 14 为本申请实施例提供的服务器的结构示意图，该服务器 1400 可因配置或性能不同而产生比较大的差异，可以包括一个或多个处理器 1401 和一个或多个的存储器 1402，其中，该一个或多个存储器 1402 中存储有至少一条计算机程序，该至少一条计算机程序由该一个或多个处理器 1401 加载并执行以实现上述各个方法实施例提供的三维模型的渲染方法，示例性的，处理器 1401 为 CPU。当然，该服务器 1400 还可以具有有线或无线网络接口、键盘以及输入输出接口等部件，以便进行输入输出，该服务器 1400 还可以包括其他用于实现设备功能的部件，在此不做赘述。

在示例性实施例中，还提供了一种计算机可读存储介质，该存储介质中存储有至少一条计算机程序，该至少一条计算机程序由处理器加载并执行，以使电子设备实现上述任一种三维模型的渲染方法。

可选地，上述计算机可读存储介质可以是只读存储器 (Read-Only Memory, ROM)、随机存取存储器 (Random Access Memory, RAM)、只读光盘 (Compact Disc Read-Only Memory, CD-ROM)、磁带、软盘和光数据存储设备等。

在示例性实施例中，还提供了一种计算机程序或计算机程序产品，该计算机程序或计算机程序产品中存储有至少一条计算机程序，该至少一条计算机程序由处理器加载并执行，以使电子设备实现上述任一种三维模型的渲染方法。

权 利 要 求 书

1.一种三维模型的渲染方法，其中，所述方法由终端设备执行，所述方法包括：

获取截面数据集，所述截面数据集是基于物体的三维模型包括的多个子模型构建得到的，所述子模型分别表示所述物体的部件，所述子模型的纹理数据表征所述部件的纹理信息，所述截面数据集包括多条截面数据，所述截面数据用于指示至少一个子模型的包络框的截面；

获取所述截面数据集中的各条截面数据对应的纹理贴图，任一个纹理贴图用于表示将相应截面数据对应的各个子模型的纹理数据投影到所述相应截面数据指示的截面上的纹理数据，所述相应截面数据是所述多条截面数据中与所述任一个纹理贴图对应的一条截面数据；

基于所述截面数据集中的各条截面数据和对应的纹理贴图渲染所述三维模型。

2.根据权利要求1所述的方法，其中，所述截面数据集包括至少两个层级的数据集，任一个层级的数据集包括至少一条截面数据，上一层级的一条截面数据对应下一层级的至少一条截面数据；

所述获取截面数据集之前，还包括：

基于下一层级的数据集确定上一层级的数据集，所述下一层级为所述至少两个层级中的最低层级时，所述下一层级的数据集基于所述三维模型中的各个子模型对应的截面数据确定；

响应于满足设定条件，基于各个层级的数据集得到所述截面数据集。

3.根据权利要求2所述的方法，其中，所述方法还包括：

确定所述三维模型中的基本子模型，所述基本子模型是所述三维模型中的任意一个子模型；

确定从所述基本子模型变换到其他子模型的变换信息，所述其他子模型是所述三维模型中除所述基本子模型之外的任意一个子模型；

确定所述基本子模型对应的截面数据；

基于所述基本子模型对应的截面数据和所述变换信息，确定所述其他子模型对应的截面数据。

4.根据权利要求3所述的方法，其中，所述确定所述三维模型中的基本子模型，包括：

根据所述三维模型中各个子模型的纹理数据，将所述三维模型中的各个子模型分为至少一个类别；

对于任一个类别，从所述任一个类别的各个子模型中选择任一个子模型作为所述任一个类别的基本子模型；

所述确定从所述基本子模型变换到其他子模型的变换信息，包括：

确定从所述任一个类别的基本子模型变换到所述任一个类别的其他子模型的变换信息，所述任一个类别的其他子模型是所述任一个类别中除所述任一个类别的基本子模型之外的子模型。

5.根据权利要求4所述的方法，其中，所述确定从所述任一个类别的基本子模型变换到所述任一个类别的其他子模型的变换信息，包括：

确定所述任一个类别的基本子模型的第一包络框，所述第一包络框为包围所述基本子模型的三维几何体；

确定所述任一个类别的其他子模型的第二包络框，所述第二包络框为包围所述其他子模型的三维几何体；

基于所述第一包络框和所述第二包络框，确定从所述任一个类别的基本子模型变换到所述任一个类别的其他子模型的变换信息。

6.根据权利要求2至5任一所述的方法，其中，所述基于下一层级的数据集确定上一层级的数据集，包括：

对于所述下一层级的数据集中的任两条截面数据，若所述任两条截面数据满足聚合条件，

则基于所述任两条截面数据对应的子模型，确定所述任两条截面数据对应的截面数据；

若候选数据集中截面数据的数量小于参考数量，则将所述候选数据集作为上一层级的数据集，所述候选数据集中包括满足所述聚合条件的任两条截面数据对应的截面数据和不足所述聚合条件的截面数据。

7.根据权利要求 6 所述的方法，其中，所述任两条截面数据满足聚合条件包括以下至少一项：

所述任两条截面数据指示的截面之间的距离小于距离阈值；

所述任两条截面数据指示的截面之间的法向量夹角小于夹角阈值。

8.根据权利要求 6 或 7 所述的方法，其中，所述方法还包括：

若所述候选数据集中截面数据的数量不小于所述参考数量，则将所述候选数据集作为所述下一层级的数据集，循环执行所述若所述任两条截面数据满足聚合条件，则基于所述任两条截面数据对应的子模型，确定所述任两条截面数据对应的截面数据，直至所述候选数据集中截面数据的数量小于所述参考数量，将所述候选数据集作为所述上一层级的数据集。

9.根据权利要求 2 至 8 任一所述的方法，其中，所述方法还包括：

响应于不满足所述设定条件，将所述上一层级的数据集作为下一层级的数据集，循环执行所述基于所述下一层级的数据集确定上一层级的数据集，直至满足所述设定条件，基于各个层级的数据集得到所述截面数据集。

10.根据权利要求 1 至 9 任一所述的方法，其中，所述获取所述截面数据集中的各条截面数据对应的纹理贴图之前，还包括：

对于所述任一条截面数据对应的任一个子模型，将所述任一个子模型的纹理数据投影到所述任一条截面数据指示的截面上，得到所述任一个子模型的纹理贴图；

将所述任一条截面数据对应的各个子模型的纹理贴图进行融合，得到所述任一条截面数据对应的纹理贴图。

11.根据权利要求 1 至 10 任一所述的方法，其中，所述截面数据集包括至少两个层级的数据集，任一个层级的数据集包括至少一条截面数据，上一层级的一条截面数据对应下一层级的至少一条截面数据；

所述基于所述截面数据集中的各条截面数据和对应的纹理贴图渲染所述三维模型，包括：

对于上一层级的任一条截面数据，若所述任一条截面数据满足第一渲染条件和第二渲染条件，根据所述任一条截面数据对应的纹理贴图对所述任一条截面数据进行渲染，得到所述任一条截面数据的渲染结果；

若所述上一层级满足所述第一渲染条件的各条截面数据均满足所述第二渲染条件，则基于各条截面数据的渲染结果，得到所述三维模型的渲染结果。

12.根据权利要求 11 所述的方法，其中，所述方法还包括：

若所述上一层级不为所述至少两个层级的最低层级且所述上一层级存在满足所述第一渲染条件但不满足所述第二渲染条件的目标截面数据，则循环执行确定所述目标截面数据对应的下一层级的各条截面数据；将所述下一层级作为上一层级；对于所述上一层级的任一条截面数据，若所述任一条截面数据满足所述第一渲染条件和所述第二渲染条件，根据所述任一条截面数据对应的纹理贴图对所述任一条截面数据进行渲染，得到所述任一条截面数据对应的渲染结果；直至所述上一层级满足所述第一渲染条件的各条截面数据均满足所述第二渲染条件；

基于各条截面数据的渲染结果，得到所述三维模型的渲染结果。

13.根据权利要求 11 或 12 所述的方法，其中，所述方法还包括：

若所述上一层级为所述至少两个层级的最低层级且所述上一层级存在满足所述第一渲染条件但不满足所述第二渲染条件的目标截面数据，则获取所述目标截面数据对应的目标子模型；

对所述目标子模型进行渲染，得到所述目标子模型的渲染结果；

基于所述各条截面数据的渲染结果和所述目标子模型的渲染结果，得到所述三维模型的渲染结果。

14.根据权利要求 13 所述的方法，其中，所述获取所述目标截面数据对应的目标子模型，包括：

若所述目标截面数据对应的目标子模型为基本子模型，则获取所述基本子模型；

若所述目标截面数据对应的目标子模型为其他子模型，则获取所述基本子模型和从所述基本子模型变换到所述其他子模型的变换信息，基于所述基本子模型和所述变换信息获取所述其他子模型。

15.根据权利要求 14 所述的方法，其中，所述变换信息包括平移信息、缩放信息、旋转信息中的至少一项。

16.根据权利要求 11 至 15 中的任一项所述的方法，其中，所述任一条截面数据满足所述第一渲染条件包括所述任一条截面数据指示的截面在视图截锥内；

所述任一条截面数据满足所述第二渲染条件包括所述任一条截面数据在屏幕的尺寸数据不大于尺寸阈值。

17.一种三维模型的渲染装置，其中，所述装置包括：

获取模块，用于获取截面数据集，所述截面数据集是基于物体的三维模型包括的多个子模型构建得到的，所述子模型分别表示所述物体的部件，所述子模型的纹理数据表征所述部件的纹理信息，所述截面数据集包括多条截面数据，所述截面数据用于指示至少一个子模型的包络框的截面；

所述获取模块，还用于获取所述截面数据集中的各条截面数据对应的纹理贴图，任一个纹理贴图用于表示将相应截面数据对应的各个子模型的纹理数据投影到所述相应截面数据指示的截面上的纹理数据，所述相应截面数据是所述多条截面数据中与所述任一个纹理贴图对应的一条截面数据；

所述渲染模块，用于基于所述截面数据集中的各条截面数据和对应的纹理贴图渲染所述三维模型。

18.一种电子设备，其中，所述电子设备包括处理器和存储器，所述存储器中存储有至少一条计算机程序，所述至少一条计算机程序由所述处理器加载并执行，以使所述电子设备实现如权利要求 1 至 16 任一所述的三维模型的渲染方法。

19.一种计算机可读存储介质，其中，所述计算机可读存储介质中存储有至少一条计算机程序，所述至少一条计算机程序由处理器加载并执行，以使电子设备实现如权利要求 1 至 16 任一所述的三维模型的渲染方法。

20.一种计算机程序产品，其中，所述计算机程序产品中存储有至少一条计算机程序，所述至少一条计算机程序由处理器加载并执行，以使电子设备实现如权利要求 1 至 16 任一所述的三维模型的渲染方法。