

软件使用指南

一、 文件系统

1. 点云的格式转换

	pcl::PointCloud	pcl::PCLPointCloud2	pcl::PolygonMesh	pcl::TextureMesh
PCD (ASCII/BINARY/COMPRESSED)	loadPCDFile	loadPCDFile		
PLY (ASCII/BINARY)	loadPLYFile	loadPLYFile	loadPLYFile	
OBJ (ASCII)	loadOBJFile	loadOBJFile	loadOBJFile	loadOBJFile
IFS	loadIFSFile	loadIFSFile	loadIFSFile	
STL (ASCII/BINARY)			loadPolygonFileSTL	
VTK			loadPolygonFileVTK	
CSV/ASCII	via pcl::ASCIIReader			
Automatic format detection	load	load	load	load

	pcl::PointCloud	pcl::PCLPointCloud2	pcl::PolygonMesh	pcl::TextureMesh
PCD ASCII	savePCDFile	savePCDFile		
PCD BINARY	savePCDFile	savePCDFile		
PCD COMPRESSED	savePCDFileBinaryCompressed	via pcl::PCDWriter		
PLY ASCII	savePLYFile	savePLYFile	savePLYFile	
PLY BINARY	savePLYFile	savePLYFile	savePLYFileBinary	
OBJ (ASCII)			saveOBJFile	saveOBJFile
IFS	saveIFSFile	saveIFSFile		
STL (ASCII/BINARY)			savePolygonFileSTL	
VTK		saveVTKFile	saveVTKFile or savePolygonFileVTK	
Automatic format detection	save	save	save	save

图 1 软件支持的格式

2. 点云的保存

在项目中特别设置了 STL 格式的保存方式，通过泊松重建、贪婪三角化等方式将点云转换为网格，最后利用 savePolygonFileSTL 函数进行存储，保存后得到的 STL 点云网格如图 2 所示。

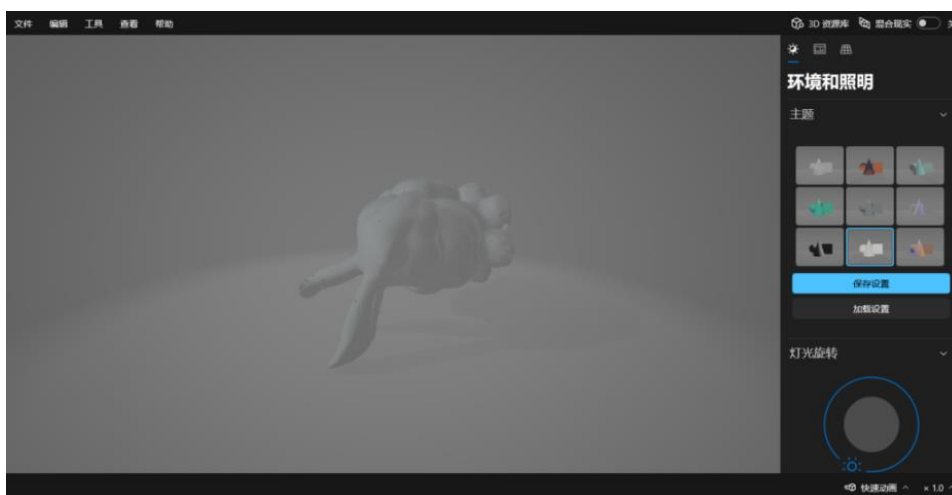


图 2 3D 查看器中的模型文件

二、 操作窗口

本软件设置了两大操作窗口，分别为点云可视化操作界面：负责点云可视化界面的视图转换以及高程渲染，选择渲染的轴向（包括 X、Y、Z 轴）以及渲染颜色（包括蓝色渐变，红色渐变，黄色渐变、彩色渐变）；点云处理操作界面：负责点云的预处理、插值、三维曲面重建等操作，如图 3、图 4 所示。



图 3 点云可视化窗口



图 4 点云处理操作窗口

三、 离群点移除

离群点去除采用了 PCL 库中的滤波工具函数 StatisticalOutlierRemoval，该算法对输入点云中的每个点计算其到它

的 K 邻域内所有点的平均距离 d ，从而得到一个包含各点 d 值的数组，记为 $distance$ 。对于输入点云中的所有点，假设得到 $distance$ 数组中的各元素构成一个高斯分布，该数组即为一个样本，样本容量为点云包含的点数目。高斯分布曲线的形状由样本的均值和标准差决定， d 值在标准范围之外的对应点，可被定义为离群点并将其从数据集中去除掉。

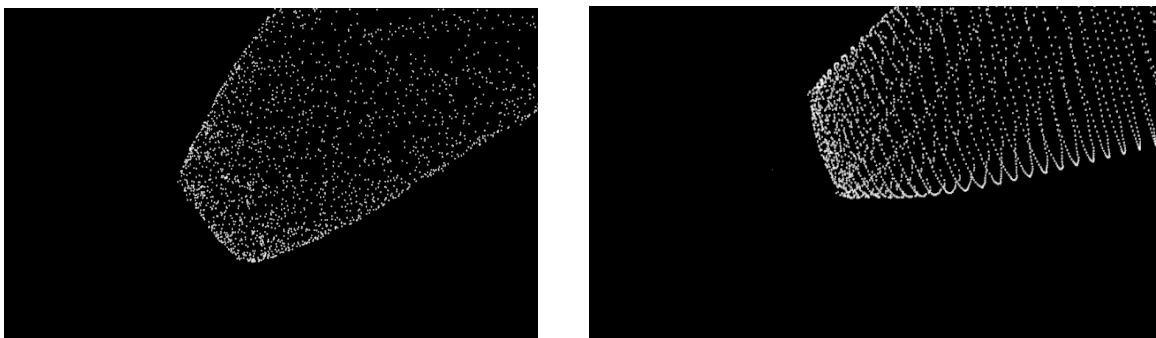


图 5 离群点去除前后对比

四、 滤波

1. 体素滤波器

体素滤波器可以去除一定程度的噪音点及离群点，进行降采样。它的原理是根据输入的点云，首先计算一个能够刚好包裹住该点云的立方体，然后根据设定的分辨率，将该大立方体分割成不同的小立方体。对于每一个小立方体内的点，计算他们的质心，并用该质心的坐标来近似该立方体内的若干点。

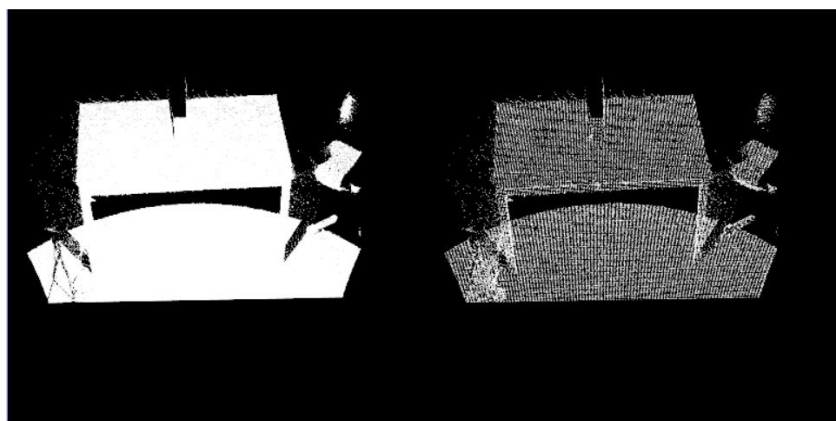


图 6 体素滤波点云对比图

2. 直通滤波器

直通滤波器的原理是制定一个维度以及该维度下的值域，遍历点云中的每个点，判断该点在指定维度上的取值是否在值域内，删除取值不在值域内的点，留下的点即构成滤波后的点云。

3. 半径离群点滤波器

半径离群点滤波器的原理是通过设定一个半径值和近邻点数量临界值，来检测并移除点云中的离群点。当一个点在给定半径之内邻居点数量没有达到最小要求，将被视为离群点并被去除，留下的点构成滤波后的点云。

4. 统计离群点滤波器

统计离群点滤波器的原理是通过计算每个点与其邻近点的平均距离，并根据这些距离的分布情况来识别和剔除离群点。当一个点的平均距离超过了要求，将被视为离群点并被去除，留下的点构成滤波后的点云。

5. 投影参数化模型滤波器

投影参数化滤波器是一种在点云处理中常用的技术，主要用于

将点云数据投影到一个参数化模型上，如平面或球面，并通过滤波处理来去除噪声或异常值。

五、 分割

1. 点云分割

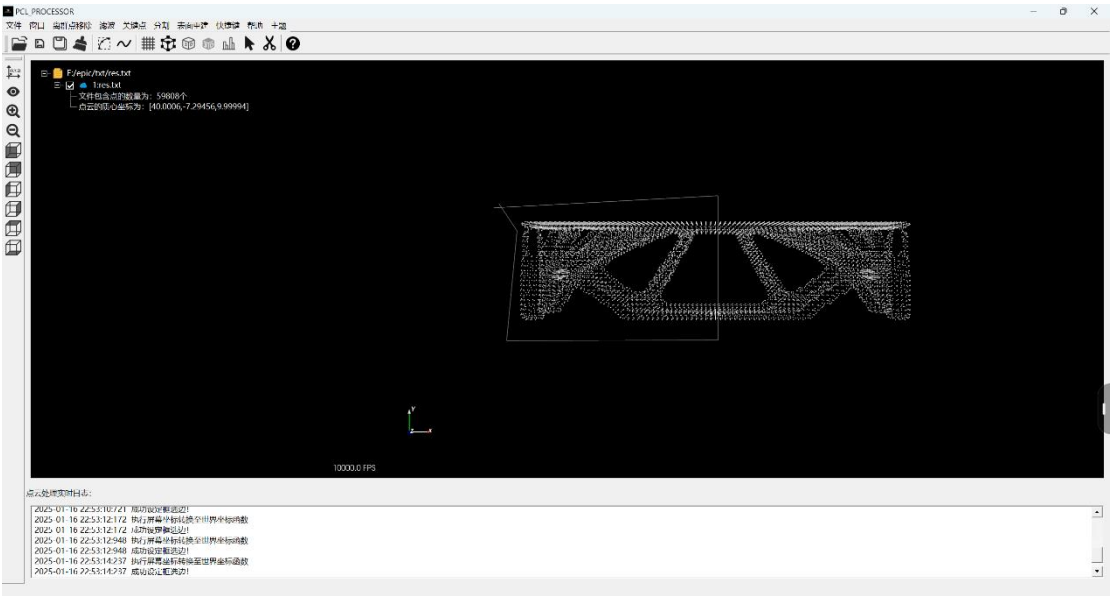


图 7 分割前效果图

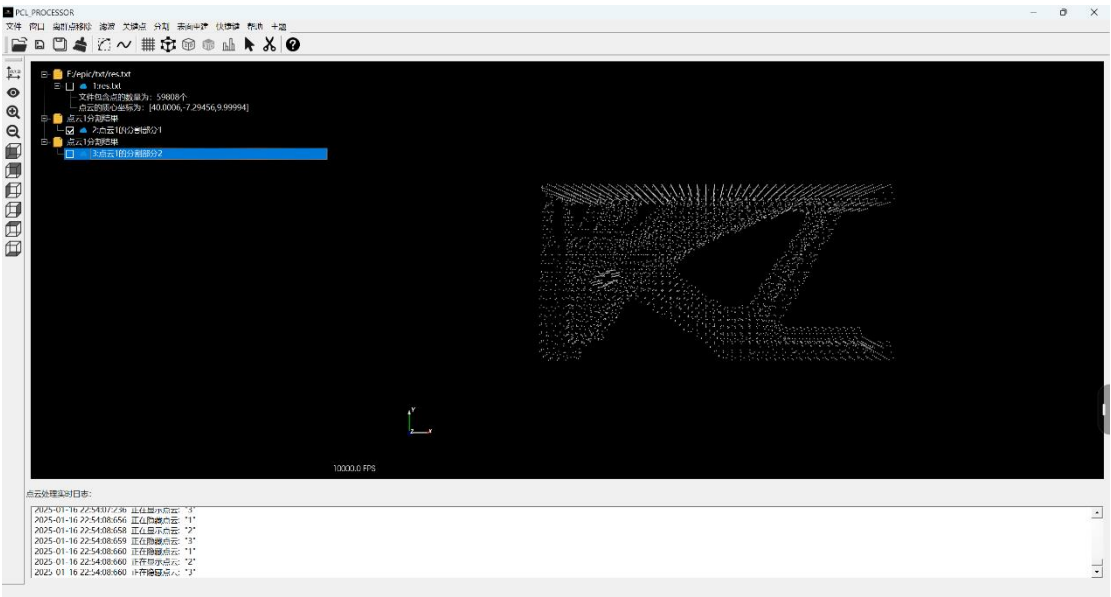


图 8 分割后效果图

2. 点云拼接

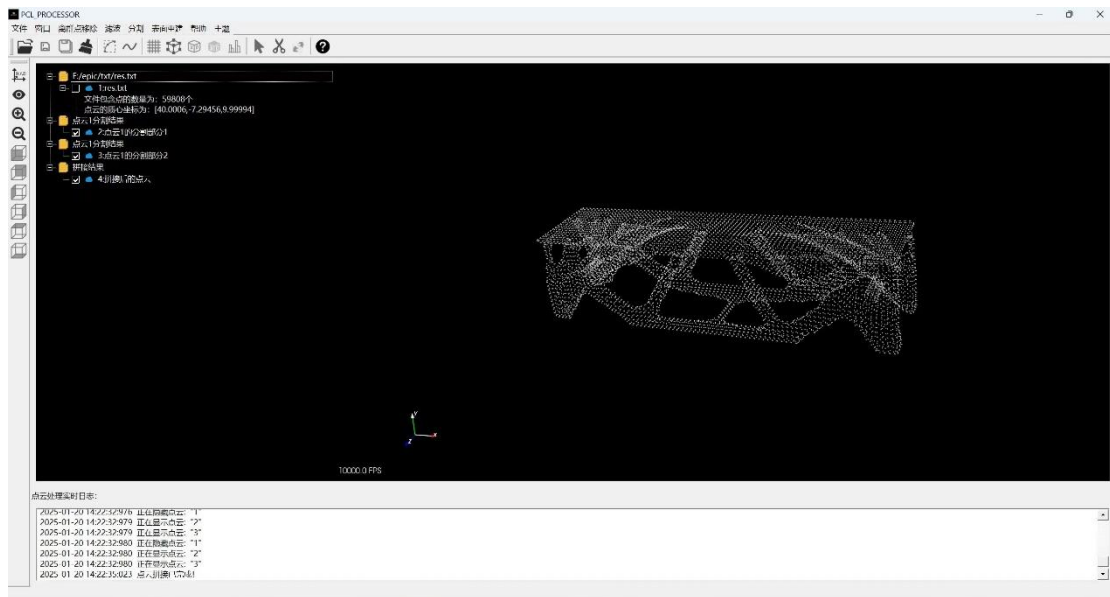
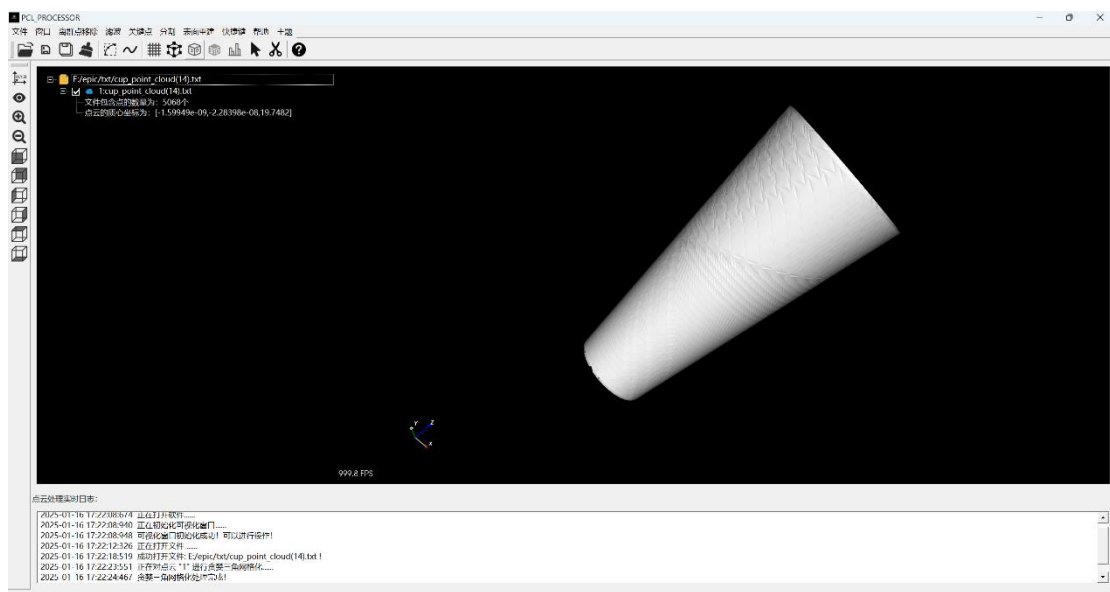


图 9 拼接后效果图

六、 表面重建

1. 贪婪三角化

贪婪三角网格化是一种对原始点云进行快速三角化的算法，该算法假设曲面光滑，点云密度变化均匀，不能在三角化的同时对曲面进行平滑和孔洞修复。对应方法为：将三维点通过法线投影到某一平面；对投影得到的点云作平



面内的三角化；根据平面内三位点的拓扑连接关系获得一个三角网格曲面模型。

图9 贪婪三角化效果图

2. 泊松重建

泊松重建法是一种基于隐式函数的三角网格重建算法，该方法通过对点云数据进行最优化的插值处理之后来获取近似的曲面。

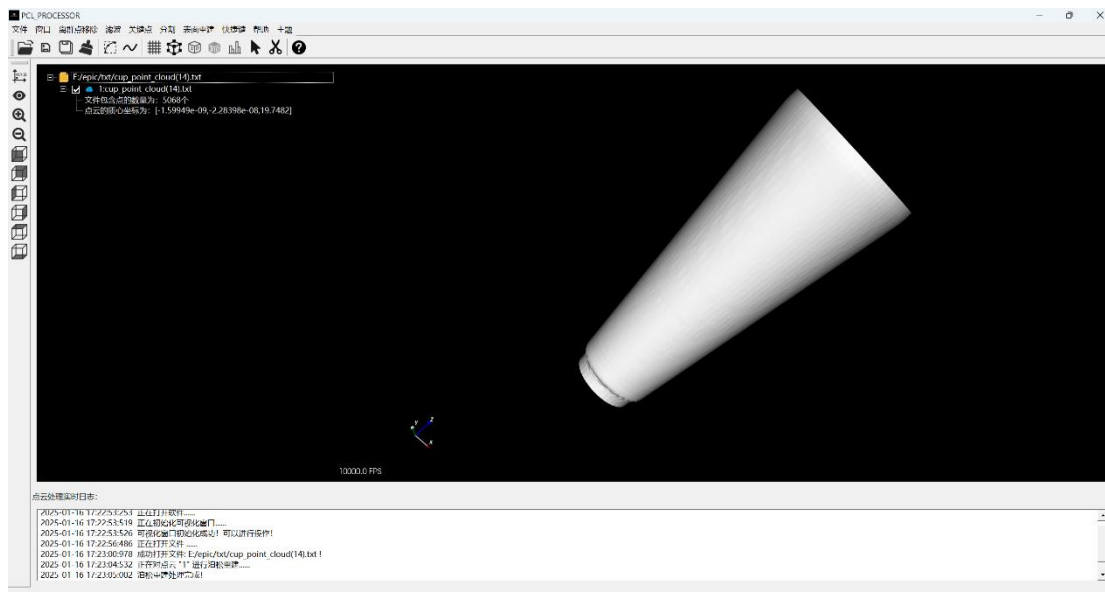


图 10 泊松重建效果图

3. 移动立方体重建

移动立方体算法是一种用于从三维标量场中提取等值面的经典算法。该算法的主要思想是通过遍历三维数据场中的每个体素（小立方体），利用线性插值来逼近等值面，从而构建出三维表面的模型。

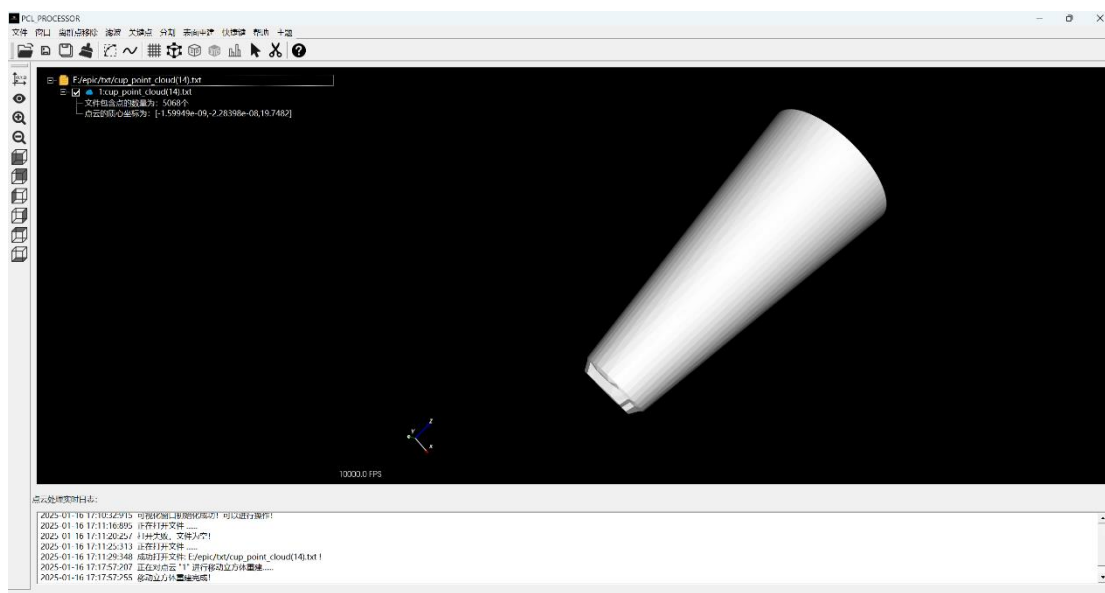


图 11 移动立方重建效果图

4. a-shape 凹包重建

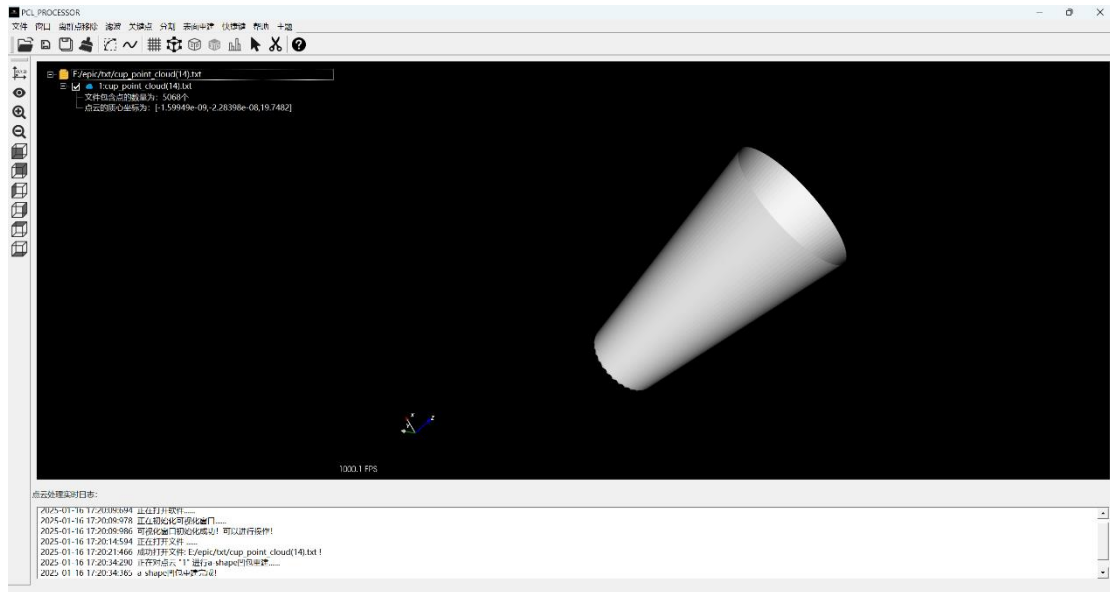


图 12 a-shape 凹包重建效果图

七、 使用流程

1. 打开文件

在文件窗口中打开需要进行处理的点云数据。

2. 分割

根据点云的数据，形状等特点进行分割操作。

3. 点云处理

对每个部分进行点云处理，如滤波，上采样，下采样，平滑处理等等。

4. 拼接

使用点云拼接功能，将分割开并处理好的点云数据重新拼接为一个点云文件。

5. 重建

将拼接好的点云文件进行三维重建。

6. 保存

将三维重建完成的文件保存为合适的格式。