第四章 整体渲染框架的实现

4.1 概述

此部分内容是本文的后处理系统实现的核心。本文在第二章和第三章中提到了两种最主要的效果的渲染算法，即粒子表示的模型的表面重构和粒子表示的碎片云等介质体效果的渲染方法。然而，对于一套后处理渲染系统来说，光有每一部分的实现算法是不够的。该后处理系统的基本目标是，用户读取仿真结果的数据文件，并进行简单的用户参数设置（如光照信息，模型位置，观察视角等）便可自动地生成渲染结果图形。

本系统主要针对清华大学航天航空学院计算动力学研究室的物质点法计算软件MPM3DPP的仿真计算结果,其仿真结果的数据文件为VTK非结构网格数据类型（.vtu文件）。该文件结构只存储顶点信息和与各顶点相关联的单元信息。对于物质点法数据结果，一个粒子对应一个顶点和一个单元，其中每个粒子携带物质的各种物理量，如位置，速度，失效信息，能量，温度等等信息。对于有限元法结果，一个单元对应8个顶点，为六面体单元。在所有数据均为粒子信息的情况下，我们并不能确定哪一部分粒子代表固体或液体，需要表面重构，哪一部分粒子代表碎片云，需要使用介质体的体渲染算法，所以我们需要一个自动归类算法，将不同物质的粒子分开；当对模型进行缩放时，要保证渲染效果相同，还需要对模型进行预处理；而当各类物质有交叠时，还需要实现正确的深度、阴影等效果，这需要一个正确的渲染框架。

4.2模型预处理及自动的粒子归类算法

对于使用SPH、MPM等无网格法仿真的冲击爆炸类问题，其所有的物质都是使用粒子来表示的，不同粒子并没有本质上的差别，也就是说粒子不会有其属于整块物质还是碎片云的信息，这也正是此类方法用来处理冲击爆炸类问题的优势。

对于MPM3DPP的计算结果数据，可以选择输出粒子的”fail”属性和”damg”属性，”fail”属性标示该粒子是否失效，是一个0或1的布尔量，”damg”属性是一个[0,1]区间内的实数量，标示该粒子对应物质的损坏程度，0为完全没有损坏，1为全部损坏。这里我选取fail=0以及damg<0.5的粒子为总体非失效粒子，其余为总体失效粒子。如果粒子非失效，则可判断其一定属于相连的物质块，需要进行表面重构；而对于失效粒子，其可能为碎片云中被彻底粉碎的部分，也可能为被击碎飞溅而出的物质小颗粒，而后者也是需要被表面重构的部分。

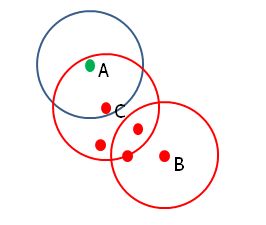
如图【4-1】-a，板中间红色的粒子为失效的粒子，但是其依然附着在板上，并未飞溅而出，此部分显然也应该去重构表面；图【4-1】-b是将所有失效粒子当做介质体渲染的结果，可以明显的看到其浓度过高，和周围的碎片云极不协调。

基于此，本文提出了一种基于对模型求粒子半径的预处理算法来实现自动归类。

首先，将读入的粒子数据组织为一颗平衡的k-d树，然后对每个粒子使用KNN算法求其3个最近邻粒子，将这三个粒子到的距离平均，记为的半径；

其次，将所有的非失效粒子的半径进行平均，得到，即为第二章中提到的长度量纲参考长度。

为了找到失效粒子中需要被重构的粒子，对每一个失效粒子使用KNN算法在的半径内搜索2个最近邻粒子，如果搜索到2个结果，则认定该粒子和周围粒子“连接”，将其归类为需要重构表面的粒子；若没有搜索到粒子或仅搜索到1个结果，则认为该粒子和周围粒子“脱离”，归类为碎片云粒子。如图【】



图中所搜半径（红色和蓝色的圆）均为，其中红的的粒子均能在该范围内搜索到2个及以上的邻近粒子，这些粒子连接比较紧凑，可以认为是“一整块”，且其平均距离小于，可以认为该小块的密度和非失效粒子所代表的整块物体接近，所以将其归为一类，认为是需要重构表面皿的部分。对于为什么要搜索2个最近邻，可以看图中的A粒子，虽然A和C的距离在以内，但是和其它粒子的距离均较远，这样导致A粒子和红色粒子组成的紧凑的“块”比较孤立，只有线段AC这一个连接，这样的连接不足以认定它和该“块”真的是一个整体，所以归为碎片云一类。

图【】为使用该算法分离的一个例子

左图为原始的全部粒子，中图为分离出的需要重构表面部分的粒子，右图为碎片云部分粒子，下图为三种情况下渲染出来的结果，可见分离结果还是精度很高的，已经没有了图【4-1】-b中密度过高的“浓烟核”效果。需要指出的是，从渲染结果看，并非所有分离出来的需要表面重构的颗粒都被渲染了，这就是第二章中讨论过的较大光线步进长度导致的微小结构捕捉不到的问题，有待今后的工作完善此内容。

4.3 基于光跟踪算法的渲染框架设计