

离散相模型应用

流化床分类

流速达到某一限值时，床层刚刚能被流体托动时，床内颗粒就开始流化起来，这时的流体空床线速度称为临界流化速度 u_0 。

散式流化床：对于液固系统，液体与颗粒的密度相差不大，故 u_{mf} 一般很小，流速进一步提高时，床层膨胀均匀且波动小，颗粒在床内的分布比较均匀，故称做散式流化床。

聚式流化床：对气固系统而言，一般在气速超过临界流化速度后，将会出现气泡。气速越高，气泡造成的扰动越剧烈，使床层波动频繁，这种形态的流化床称作聚式流化床或气泡床。聚式流化床有分为：

鼓泡床：在流化床中床面以下的部分称密相床，床面以上的部分称稀相床，密相床中形如水沸，故称作鼓泡床。

湍流床：随着气速的加大，流化床中的湍动程度也跟着加剧，故有人称那时的情况叫湍动床。

快速床：当气速一旦超过了颗粒的带出速度，则粒子就会被气流所带走成为快速床。

聚式流化床中存在有明显的两相：主要是气体的气泡相（也称稀相）；由颗粒和颗粒间气体所组成的乳相（也称颗粒相或密相），其中鼓泡流化床和湍动流化床都属于聚式流态化。而散式流化床是指颗粒都较均匀地分布在床层中的流化床，一般多见于液固流化床，在高密度气体流化床中也会出现。

在连续相中离散相颗粒间的相互作用成为影响流动的主要因素时，这种流动为颗粒流（granular flows），例如泥浆管道、山体滑坡、流化床等等。CFD模拟颗粒流动时，有双欧拉模型（Eulerian-Eulerian）和欧拉-拉格朗日模型（Eulerian-Lagrangian）两种方法，其中双欧拉模型忽略了分散相的离散性，一般只能来获得颗粒流动的宏观特性，而欧拉-拉格朗日模型考虑了离散相中每个颗粒（或颗粒微团）的运动，更加适合研究颗粒流动的微观机理。

颗粒的耦合方式

DPM模型是处理密相气固流动，我认为处理颗粒粒径的下限到50 μm 左右，因为再小的颗粒需要考虑更多的力了，比如静电力等；没有上限的，可以非常大，因为颗粒处理用软球模型，但是注意网格尺寸要随时保证大概是颗粒粒径的3-5倍。rebound边界跟Fluent等软件设置一样，亦即颗粒和壁面有粘附、反弹以及穿透三种作用。稀相，扩散时候一般不考虑颗粒之间的碰撞。DPMFoam是考虑空隙率的密相求解器，你虽然关掉了曳力以及软球，硬球模型，但是空隙率这一项还是会出现在连续性和动量方程里面的。体积分数没有下限，我说的粒径50微米是考虑到这个求解器是用来求解流化床等密相问题的。如果把它改成稀相的求解器，也就是只有颗粒和流体之间有相互作用力，那么颗粒粒径再小很多也没关系的。DPM模型和CFDEM里面的DEM模型是一种完全的DEM，我们称为“四向耦合”，考虑了颗粒-流体，颗粒-颗粒，颗粒-壁面之间的相互作用力，颗粒-颗粒碰撞采用软球模型或者硬球模型(现在一般是软球模型)来进行模拟。所以对于一个实验室尺度（<1m）的流化床来说，我们可以采用DDPM, MP-PIC或者OpenFOAM中的DPMFoam或者CFDEM来模拟。而Fluent中的DPM模型是不能用来模拟这样的密相问题的。Fluent的DPM模型是“双向耦合”，不考虑孔隙率和颗粒碰撞。

单向耦合或不耦合方法：流体→颗粒-这只适用于颗粒浓度非常低(< 0.01%体积分数)的情况，对湍流没有显著影响。流场的计算是在没有颗粒固定连续相流场(即颗粒注入流场之前)的情况下进行的，并在颗粒注入流场时进行跟踪。这些粒子在其贯穿流域的轨迹中不与任何其他粒子相互作用。

双向耦合: 流体 ↔ particle -当粒子体积分数在0.01% ~ 10%范围内时，这种耦合变得重要，并影响TKE的耗散和产生。流体的流动必然是随着拉格朗日粒子的运动而求解的。在ANSYS FLUENT中，这是通过在离散相模型对话框中打开“与连续相交互”选项来实现的。为了控制粒子被跟踪和DPM源被更新的频率，“每个DPM迭代的连续阶段迭代数”选项存在。选项“每次流迭代更新DPM源”可用于非稳定模拟。

四向耦合: 流体 ↔ 粒子+粒子碰撞: 当粒子体积分数为> 10%时，粒子-粒子相互作用变得重要。需要注意的是，由于固体和气/液的密度差异很大，质量分数还可以更高

Lagrangian库代码调用UML