

什么是离散元 (DEM)

2017-08-16 王一强

行业背景

1977年，Cundal提出了一种研究非连续介质问题的数值模拟方法，随后被命名为离散单元法 (DEM)。随着运输颗粒材料和散装固体行业的规模越来越大，无需依靠多年经验和昂贵实验便可控制物料行为的技能需求就渐渐变得迫切。随着计算机硬件的性能提升，对复杂散料运输工程的虚拟设计和仿真也变成现实。于是近十五年间，离散元在全球范围内被快速普及。

什么是离散元？

我们来拆分一下它的英文名，DEM：Discrete Element Method。直译过来就是“离散单元法”或“离散元方法”。

Discrete Element Method

通俗地讲，离散元就是把每一个不同形状和大小的颗粒当做一个单元，通过计算每个单元的受力，进而计算出单元的运动信息，达到模拟物料运动的过程。一个经过校准的物料模型可以让人深入了解许多无法用肉眼或经验判断的工业过程。举几个运用到离散元的例子，比如矿业中的筛分和运输，转运站的设计，食物和药品的混合与干燥等。



Austin Engineering Optimise Custom Truck Body Performance using EDEM® software

Austin Engineering is a leading designer and manufacturer of customised dump truck bodies, buckets and ancillary products used in the mining industry. EDEM simulation software is a key tool used by Austin Engineering to model and virtually test the design of their truck bodies to improve durability and performance.

CHALLENGE

Austin Engineering designs and manufactures some of the world's leading truck bodies for use in off-highway environments. Each site where their equipment is deployed is different, and Austin Engineering has to customise their designs for each client to cope with the local environmental challenges and meet productivity requirements.

SOLUTION

Austin Engineering deploys EDEM in combination with ANSYS software to evaluate each of their truck body designs. EDEM, with its realistic material simulation, provides engineers with accurate pressure distributions of material acting on their equipment. Then, using the EDEM Add-in for ANSYS Workbench, these loads are used as inputs into structural and fatigue analysis in ANSYS Mechanical.

BENEFITS

The EDEM Add-in for ANSYS Workbench enables Austin Engineering to improve the durability and performance of each truck body design. The realistic material loads from EDEM significantly improve accuracy compared to traditional approaches and mean truck body designs are strong, efficient and will perform in a range of operational conditions.

离散元建立在牛顿运动定律的基础上，遵循的是经典的牛顿力学，所以其结果是可靠的！通过计算每一个单元的合力，追踪每一时间步后每个单元的加速度、速度和位移。合力包括了所有的接触力，体积力和静电力。离散元与分子动力学最大的不同之处在于，离散元中每个单元的碰撞和旋转对结果有决定性的作用。

牛顿运动定律——确定位移、速度、加速度之间的关系。

接触模型——确定力与位移之间的关系。

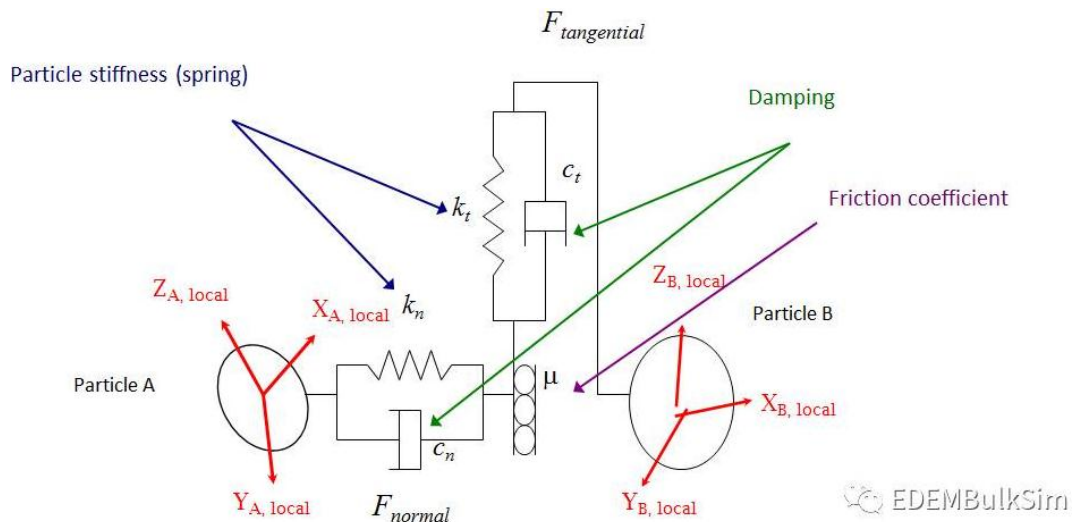
下面的视频是一个典型的通过 EDEM 软件的模拟仿真的离散元应用实例。这是一个一进三出的铁矿石转运站。面对这样复杂的工况，如果人为设计，工程师很可能出现计算错误、判断失误的情况，至少通过工程师的经验去设计这样的转运站是不可靠的。一旦设计出了问题，那很有可能引发的就是关乎生命的大事故。只有通过 EDEM 软件的离散元仿真和分析，避免了堵塞、扬尘、跑偏、撒料，减少扬尘，才有可能完成一个完美的散料运输工程！

背景详解

离散元是由 Cundall 在研究岩土颗粒时，面对岩面的不连续受力而提出的。岩土材料都是由离散的、尺寸不一、形状各异的颗粒或块体组成，例如，土就是松散颗粒的堆积物。同样，天然岩体被结构面切割成大小不一、形态各异的岩体。在离散元提出之前，连续介质力学只是把散粒体作为一个整体来考虑，无法体现颗粒间的复杂相互作用及高度非线性行为；无法真实刻画散料的流动性。

理论基础

这时便可引入 Cundall 提出离散元思想的最初思路：分子动力学方法，其核心是通过经典力学来计算分子间的运动。简单地说，离散单元法就是把分子动力学方法中的分子换成散料颗粒，去除分子间作用力，加上重力、接触力和内聚力等来计算、描述散料的流动行为。下图就是 EDEM 离散元仿真颗粒之间受力的计算模型之一。



与现实的关联

若想加上接触力、内聚力等外力，就涉及到了接触模型，包括了物料与物料、物料与运输设备之间的接触。根据不同的工况，通过不同计算方法，也就是不同的接触模型，EDEM 软件可以达到精准的仿真效果。系列软件中唯一的工程专用软件，EDEM Bulksim，就为工程师设置了多达 8 种接触模型。包括适合干燥散料的无滑动 Hertz-Mindlin 模型、线弹性模型，适合粘稠散料的 JKR Hertz-Mindlin 模型、粘结、Archard 磨损模型等。

当 EDEM 软件把一个时间点中每个颗粒的受力、颗粒的速度、加速度和位移都计算出来，便完成了这个时间点的仿真计算。如果每 0.01 秒计算一次，累积起来，就形成了完整的物料流动信息库。随后通过 EDEM 的后处理模块，导出仿真视频，方便观察分析。

最需要离散元的行业，比如粉体工程中的粉末混合、矿山上的矿产运输等，可以在 EDEM 软件离散元仿真分析的帮助下，达到行项目设计和优化的目的。通过离散元计算仿真出来的结果，可以有效地规避很多问题和风险，达到降低成本、保护环境、减少投资、提高效率等目的。