

PLAXIS 网格优化方法介绍

筑信达 孙立超

几何信息定义完成之后需要在网格模式中进行网格划分。切换至网格模式时程序会自动根据已建立的几何对象进行布尔运算，结构模式和网格模式中几何对象对比如图 1 所示。

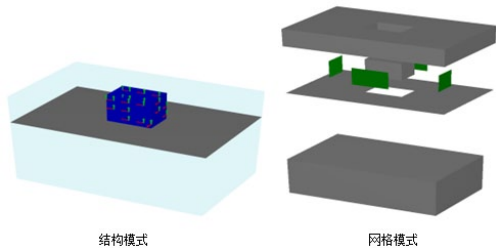


图 1 结构模式和网格模式中几何对象

在网格模式中可以定义网格优化信息，定义完成之后程序将自动划分网格（2D 和 3D 中结构单元和实体单元会根据节点数自动匹配）。网格优化包含两个层面，一个层面是网格可以划分成功，对模型整体或感兴趣的区域进行的优化，如图 2 所示。此时网格优化是在计算精度和计算时间中寻找一种平衡。有限元方法是整体离散成单元，单元任意位置的计算信息利用插值函数根据节点和应力点得到。当划分的单元数量较多时，导致计算时间增长，计算精度提高。另外一个层面是网格划分失败，对几何模型进行处理，如图 3 所示。

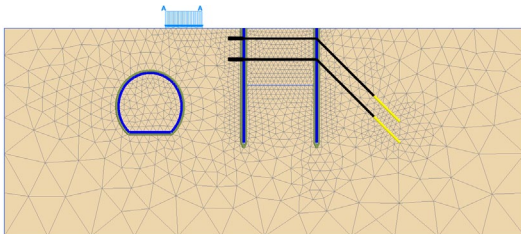


图 2 网格局部细化

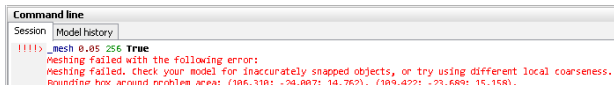


图 3 网格划分失败信息提示

1 网格分布优化

当模型中单元数量较多时会导致计算时间成本增加，尤其是 3D 模型所需单元数量往往较多。因此考虑到计算时间成本，需要控制单元数量。软件中提供了两种方法控制单元数量，一是使用不同层级单元分布，另一个是使用粗糙系数。

1.1 单元分布

根据单元尺寸的大小，软件一共划分了 5 个层级，

即很粗、粗、中等、细、很细，如图 4 所示。同时为了可视化网格粗细，不同粗细网格使用不同颜色显示。颜色越绿，网格越密，颜色越黄，网格越疏，如图 5 所示。初步分析时可以使用很粗或者粗，当后续精细化分析时，需要选择不同层级，然后根据不同层级计算结果差值大小来判断模型对网格的依赖性。

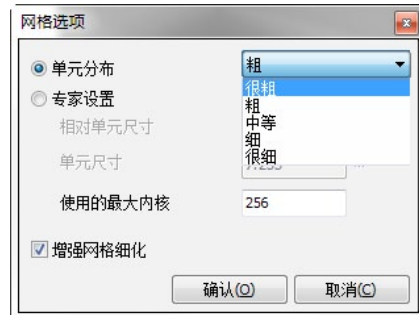


图 4 单元分布选项

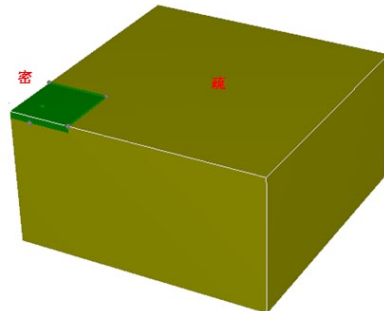


图 5 可视化网格疏密

1.2 粗糙系数

修改粗糙系数，可以对局部对象进行网格优化，如图 6 所示。对于结构单元或者施加荷载的位置往往是我们感兴趣的区域，程序自动在这些位置加密，如图 7 所示。对于 2D 模型来说，结构单元和荷载粗糙系数默认为 0.25，土层默认为 1.0，粗糙系数取值范围 [0.03125 8]。对于 3D 模型，如图中板单元，锚杆和荷载自动加密，粗糙系数默认为 0.5，土层为 1.0，粗糙系数取值范围 [0.0625 8]。对于边界附近地层，这部分区域不是我们感兴趣区域，可以进行粗化。



图 6 粗糙系数

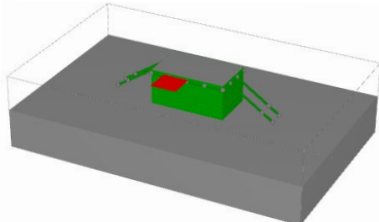


图 7 结构单元和荷载自动加密

1.3 查看网格质量

当网格划分成功后就可以在输出窗口中检查网格划分情况。通过隐藏工具，切面工具等可以查看内部网格划分情况，图 8 显示了模型内部网格划分情况。可以看到在结构单元周边网格进行了加密，在模型边界位置处网格相对来说体积较大。点击网格 >> 性能菜单，将会输出网格质量最大值和最小值。一般情况下网格质量最小值不小于 10^{-6} ，通过推拽图例上的黄色进度条可以显示小于该值的单元分布图，如图 9 所示。

网格质量有两个评价指标，即单元密度和单元形状。单元密度影响差值误差和梯度误差，进而影响计算精度和计算时间。因此计算结构单元时单元密度可以小一些，如果计算应力，则单元密度需要大一些。单元形状影响梯度误差和矩阵质量误差，导致计算时间增加，甚至网格划分不成功。软件假设正四面体网格质量为 1，按照正四面体进行标准化，四面体压扁或拉长，则网格质量变差，如图 10 所示。

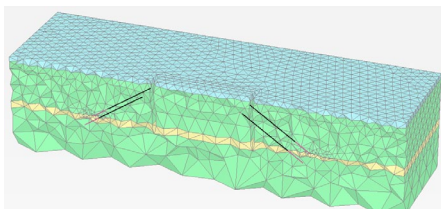


图 8 划分的网格

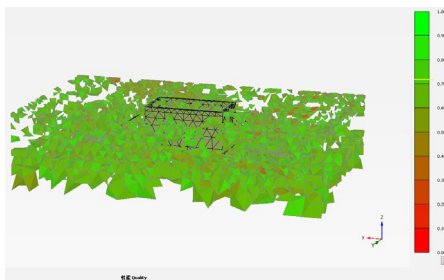


图 9 网格质量性能显示

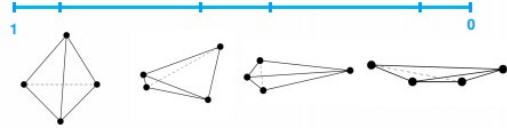


图 10 网格质量定义

2 网格处理方法

单元形状出现畸形时会导致网格划分失败。当网格划分失败时，在命名行的进程中会有信息提示。比如，提示网格划分失败原因以存在问题的区域。如图 3 所示，模型中存在未精确捕捉或者网格使用不同局部粗糙系数，并指出在哪坐标位置处存在问题。

解决这类问题的基本思路是：首先，要仔细阅读错误信息和警告信息提示，找到存在问题的几何对象（切换对象显示和隐藏以及缩放功能可以更好的查看对象）；然后可以选择不同单元分布值、适当修改对象（未精确捕捉时）、移动对象（几何对象相交出现极小对象时）、建立辅助面以及尝试使用较简单的结构单元模拟力学模型，如排桩简化为板单元，梁单元（只考虑轴力）简化为锚杆单元等。建立辅助面的基本思路：由于软件会把面当作网格划分的分割面，如图 1 所示，因此对于形状非规则的位置处，可以建立一些辅助面，将非规则位置用面包住，这样会使得网格划分的质量更高。

网格划分失败常见问题及处理方法：

- 1) 点线面未精确捕捉到指定对象这种情况。这种情况出现比较多的情况是利用导入工具导入几何对象。处理方法：根据错误信息提示找到存在问题的几何对象，再在模型导入的软件中处理存在问题的对象。
- 2) 当模型非常复杂时，可能会由于几何交叉，出现非常小的几何对象。处理方法：一种方法可以尝试使用简单的结构单元，或者建立辅助面。另外一种方法找到出现此种情况的对象，并移动微小距离。

3 小结

根据日常技术支持工作经验以及参考手册相关章节，从两个方面介绍了网格优化方法。更多相关内容请访问筑信达教学视频和网络课堂，如下：

- 1) PLAXIS 2D AE_生成和优化有限元网格
- 2) PLAXIS 网格划分设置

