

FEM之单元(2-3)---电磁分析中的棱边单元

原创 www.cae-sim.com [多物理场仿真技术](#)

收录于合集 #求解器开发 17个

四面体单元由于容易生成，而且适合处理各种复杂几何，成为有限元分析中常用的三维单元。

多物理场分析使用**三维四面体单元**时，同一个模型，热和电磁分析可以使用0阶线性单元，而结构应力分析需要使用1阶二次单元。这是因为热分析的基函数为温度，而且节点上自由度为1，而结构应力分析使用了节点位移（应力二次函数）为基函数，电磁则使用了自由度在边上的矢量单元。在多物理场分析中，为了避免网格重复生成，可以统一使用一阶二次网格单元。

连续介质中通过插值点数值来得到形函数，但在电磁计算中使用该方法会因为**没有强加散度条件**而出现伪解的情况。同时在材料界面和导体表面加边界条件很困难，处理导体和介质边缘也比较困难。用传统的有限元方法无法解决这些问题。

由此产生了Edge单元，这种单元使用矢量的方法，将自由度赋值在边上而不是节点上。因此也称之为棱边单元（Edge element）。使用棱边单元可以保证矢量基函数的连续性，同时保证了0旋度和非0散度，可以很理想的表达电流密度等电磁物理特性。

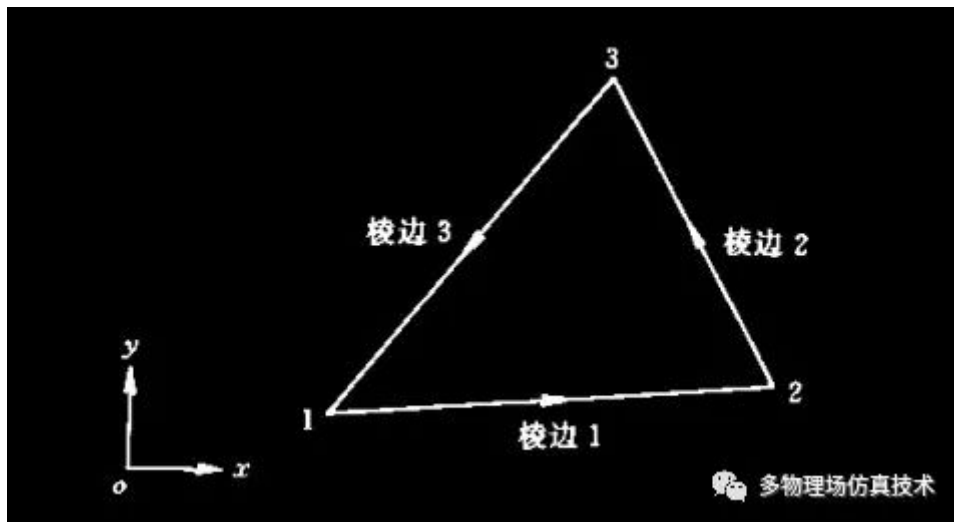


图1：棱边单元；

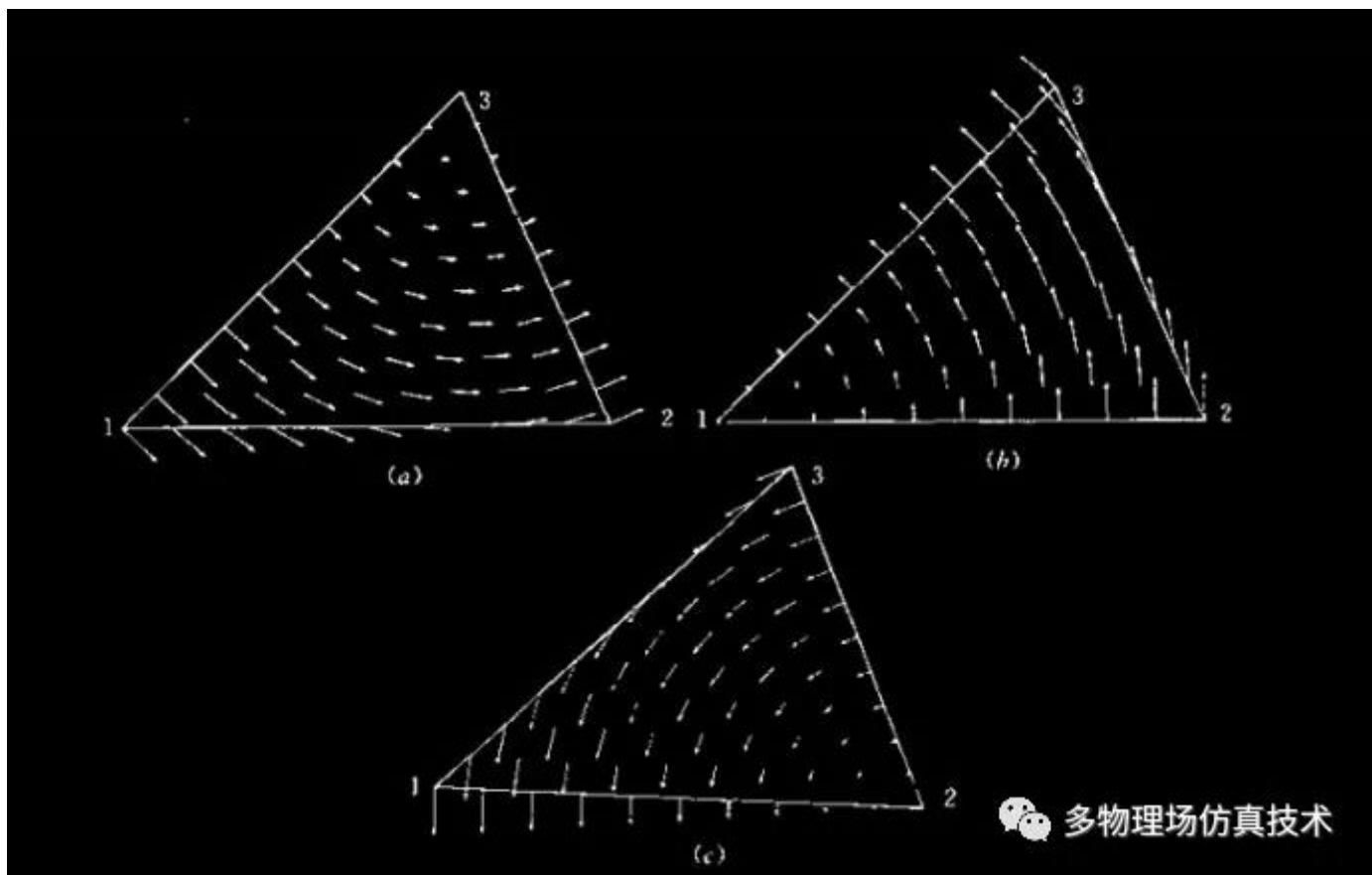


图2：三角形的矢量基函数

Ansys中提供了多种棱边单元类型，而专业高频电磁仿真软件HFSS则支持线性，一阶，二阶四面体单元棱边单元，并使用自适应网格的方法，省去了用户对单元的选择和对网格的操作。棱边的具体公式推导可以参考[金建铭](#)的《电磁场有限元方法》一书。