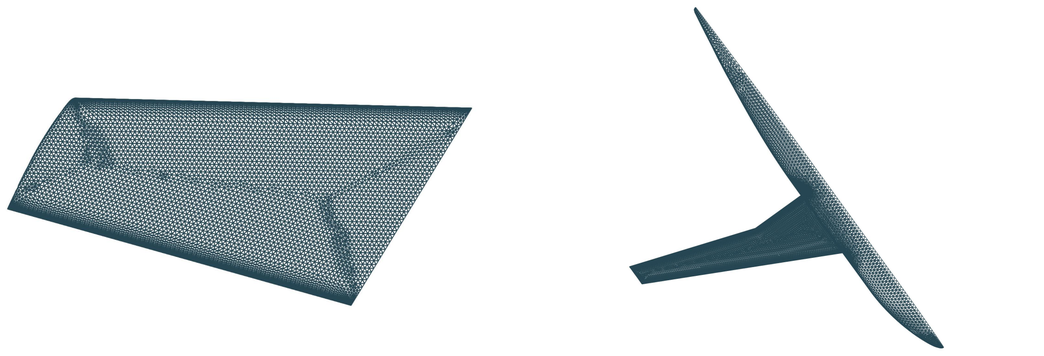
考虑边界层细分的高阶混合网格翻转检测与修正方法

胡卓然　徐岗*

杭州电子科技大学　　*通信作者：gxu@hdu.edu.cn

一、研究背景与网格特征

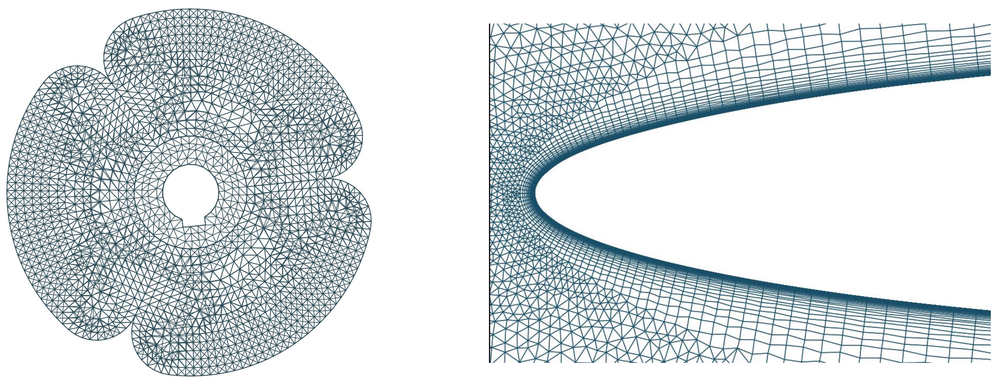
边界投影与内部节点变形可能引起单元翻转。
有限点采样难以排除 Jacobian 的零点或变号。
对象：四面体、六面体与三棱柱混合网格。



M6　　F6



2822（x–z 侧视）　　30P（x–z 侧视）



Propeller　　2822 前缘局部

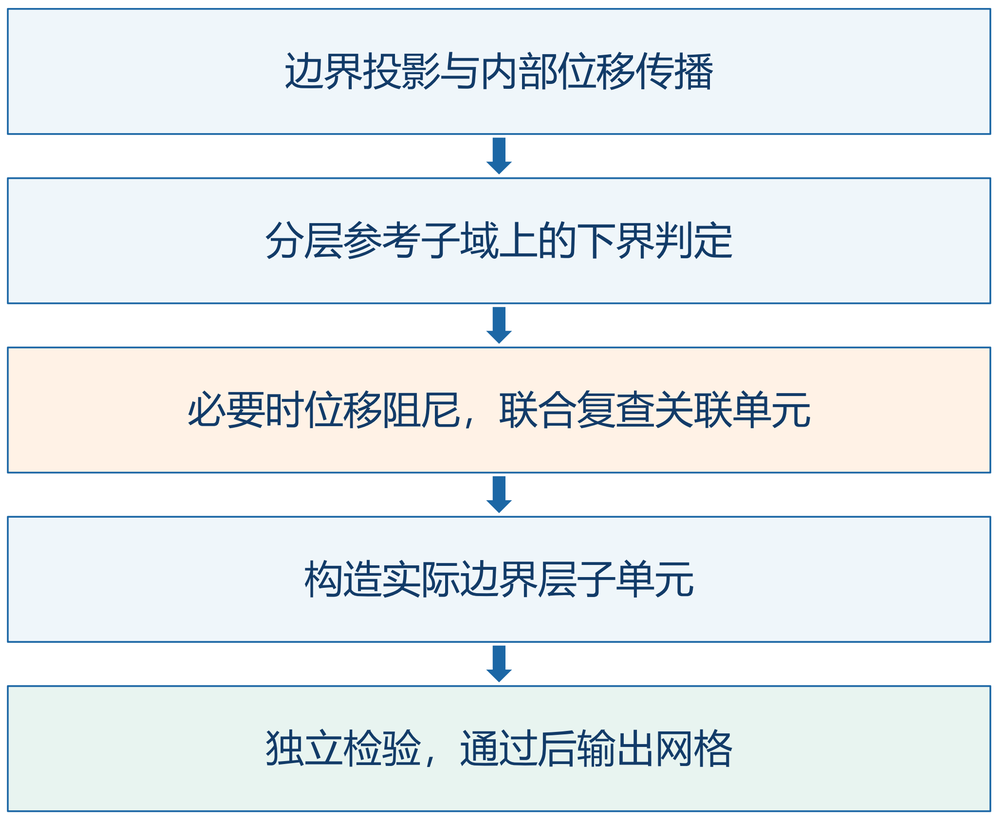
图1 五组模型及网格细节；近壁区域呈各向异性。

二、分层约束与联合修正

基于已有 Bernstein 判据，以分层参考子域
的下界约束候选位移，并联合检查关联单元。

$$\min c_\nu > \tau \;\Rightarrow\; g_V(\xi) > \tau,\quad \xi \in \Omega_V$$

c_ν：定向 Jacobian 的 Bernstein 系数（对 ν 取最小）；
g_V：定向 Jacobian；Ω_V：参考域；τ：正阈值。



未通过下界判定：继续修正或报告未决。

图2 修正与检验流程；细分后的子单元独立检查。

三、工程算例与高阶验证

五组 P2 算例最终均满足数值判定条件

算例	输出体单元数	平均形状质量	未通过数
M6	1,122,839	0.294995	**0**
F6	1,301,309	0.349319	**0**
2822	72,820	0.173235	**0**
30P	14,997	0.110482	**0**
Propeller	362,741	0.180283	**0**

表1 五组 P2 输出网格统计；形状质量无量纲。

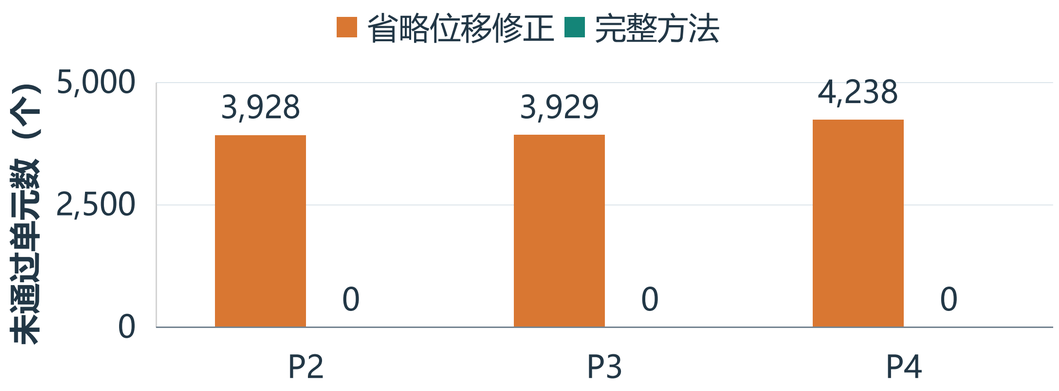


图3 2822 的 P2–P4 对照；相同输入与参数下，
完整修正后的最终未通过数均为 0。

四、结论与适用范围

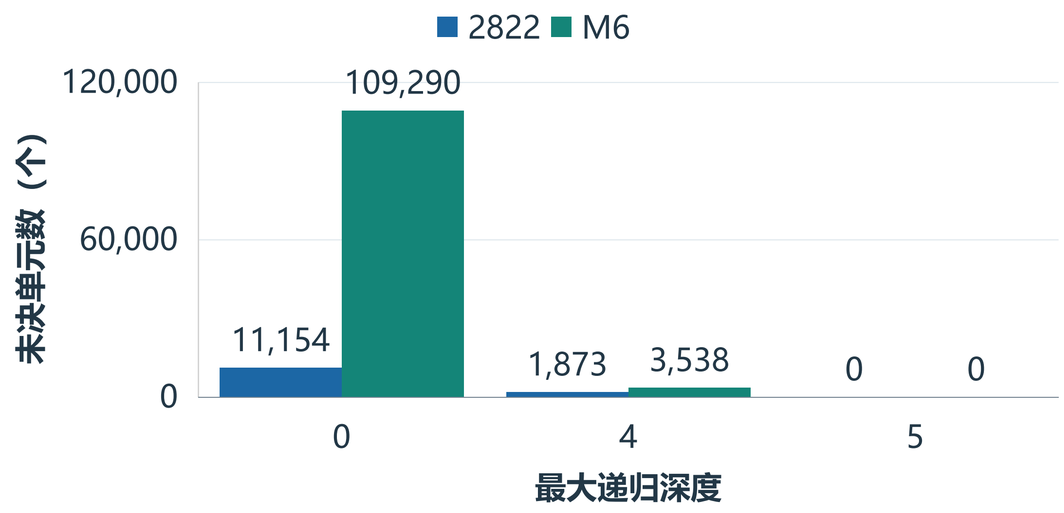


图4 固定修正后网格的判定（相对容差 10^{-10}）
加深递归有助于减少未决项；未决不等同于翻转。

1. 将分层下界约束与位移阻尼、共享节点联合复查结合；在映射相容条件下分析母子单元下界传递，并对实际子单元独立检验。
2. 修正后网格均通过最终数值判定，验证了方法在所测模型、阶次与参数范围内的可行性。
3. 无翻转判据在精确算术下为充分条件，双精度实现尚无严格舍入误差保证；修正可能增大几何偏差，且不必然提高形状质量。