基于笛卡尔网格无粘求解器的耦合边界层动量积分方法研究

邱乐瑛　谢亮*

中山大学航空航天学院，深圳 518107

P000044　　* 通讯作者：谢亮

一、研究问题与耦合方法

传统贴体网格前处理复杂，近壁解析成本高。本文将笛卡尔网格欧拉求解器与边界层动量积分方程耦合，以位移厚度反馈粘性影响。

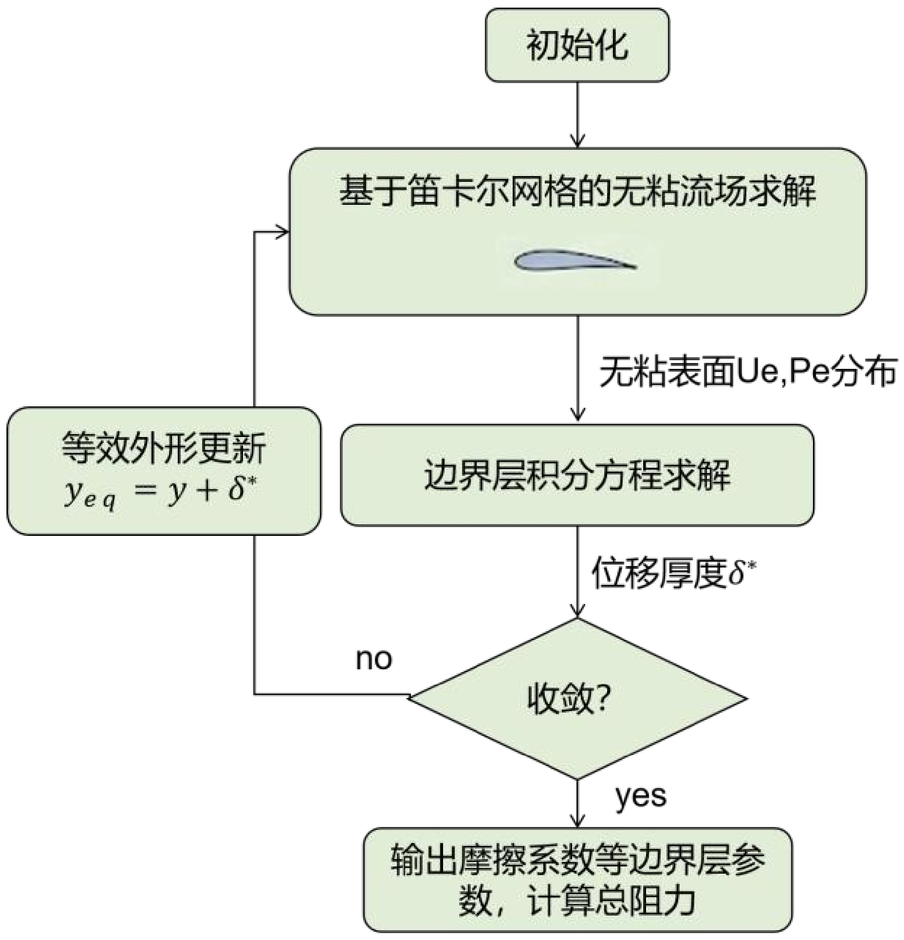


图1　无粘–有粘耦合迭代流程

二、位移反馈方法与传统方法局限

以位移厚度表征边界层质量流量亏损，沿物面法向更新等效外形。

$$\delta^* = H\theta$$

θ：动量厚度　H：形状参数　δ^*：位移厚度

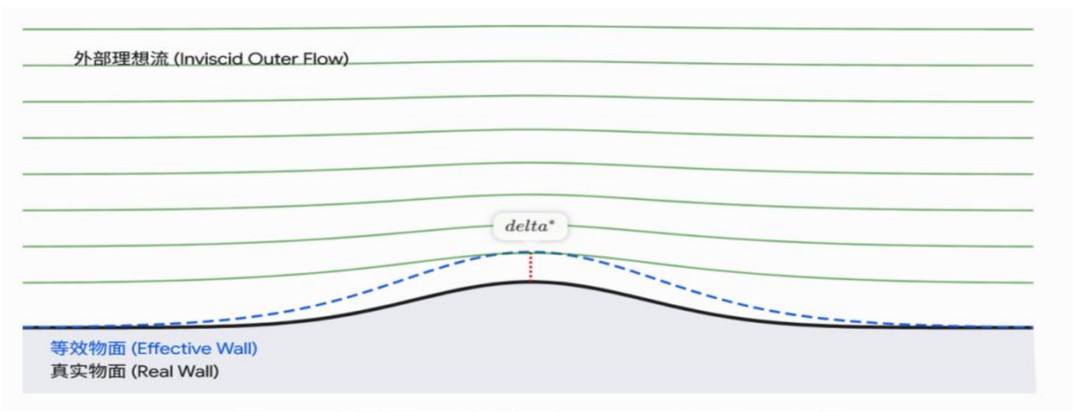


图2　边界层位移厚度构造等效物面示意图

将等效外形交回无粘求解器，迭代至收敛。

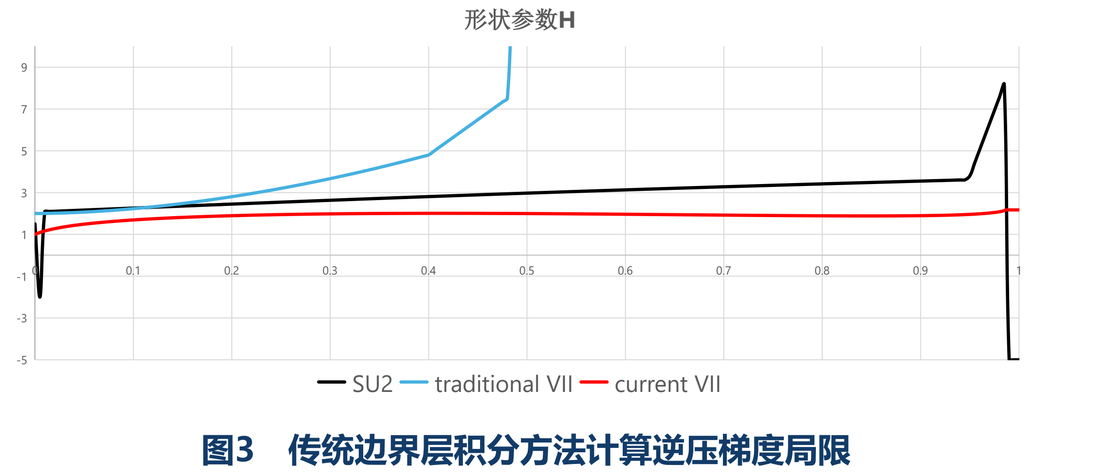


图3　传统边界层积分方法计算逆压梯度局限

三、等效外形演化与耦合收敛

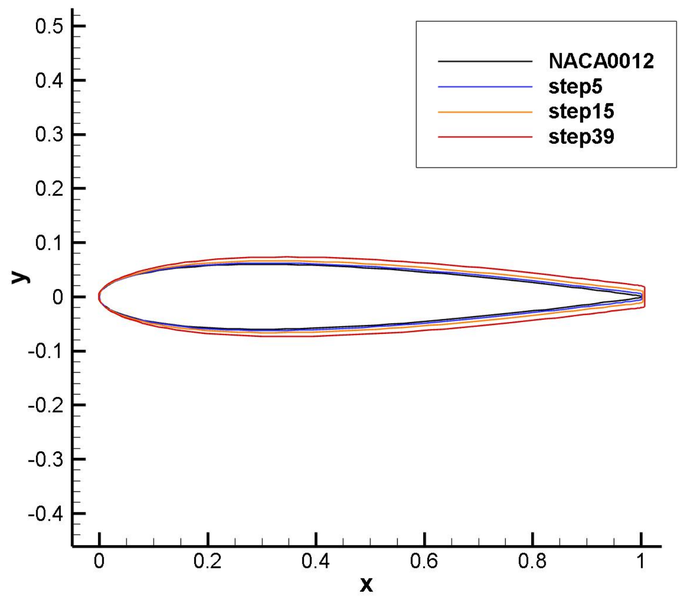


图4　原始翼型与第 5、15、39 步等效外形

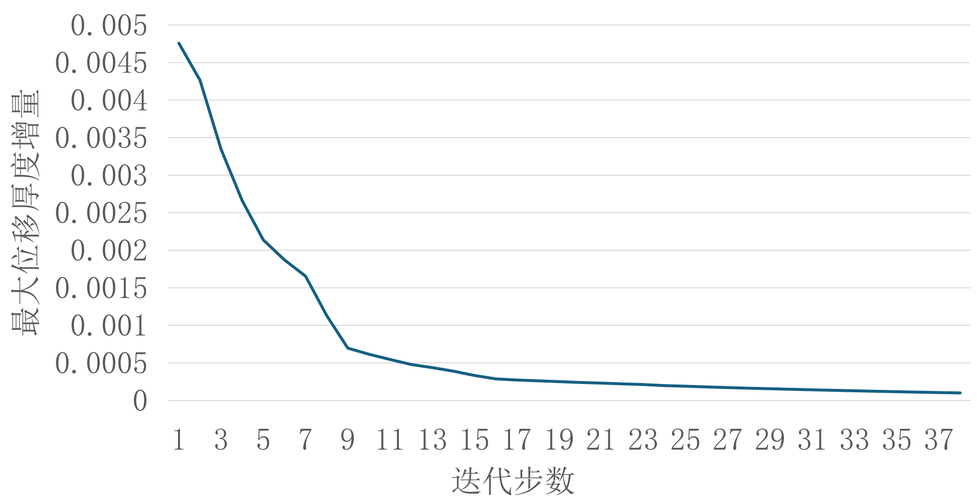


图5　最大位移厚度增量收敛曲线

位移厚度推动等效外形向外扩展。耦合计算在第 39 步达到收敛。

四、层流结果验证与结论

NACA0012　层流　Ma=0.1　α=0°　Re=2000

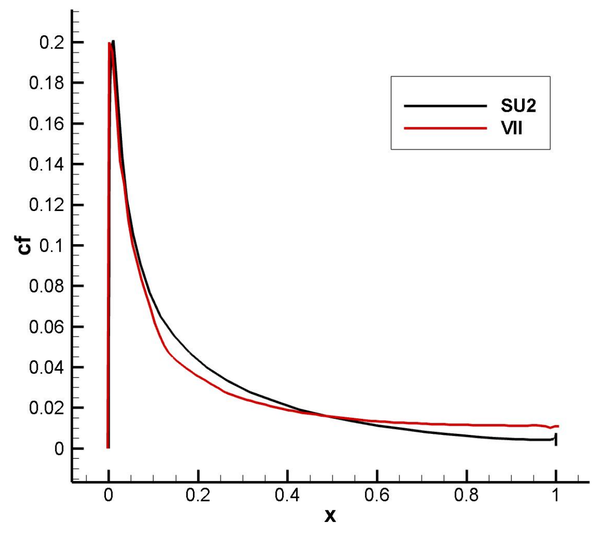


图6　表面摩擦系数 Cf 分布对比

4.597%　**总阻力系数相对误差以 SU2 为基准**

SU2	本文方法 VII	相对误差
0.089177	0.0850775	4.597%

研究结论

1　通过位移厚度实现无粘–有粘迭代耦合。
2　验证工况下，阻力相对误差为 4.597%。
3　无需直接求解完整 N-S/RANS 方程。

后续工作　湍流与转捩模型、三维流线耦合。