

清华大学研究生学位论文答辩记录

(答辩记录请用黑色墨水笔书写或直接套表打印, 不得粘贴)

研究生姓名	朱辉	攻读 力学 博士 学位
指导教师姓名	符松	
论文题目	基于通量重构方法的高精度湍流模拟研究	
答辩日期	2017. 5. 26	
答辩地点	蒙民伟科技大楼 N404	

答辩记录: (答辩中提出的主要问题、回答的要点及简要情况)

展示环节:

基于通量重构方法的高精度湍流模拟研究

先进湍流模拟: DNS, LES, 高精度数值方法, 非结构网格。

雷诺平均用于高精度方法会有数值刚性。研究目标: 高精度隐式大涡模拟, 壁模型, 高精度转捩模拟。进行了曲边网格的处理。采用多物理场模拟程序Music。简单的测试算例: 无粘等熵涡和层流边界层验证程序。对比不同的大涡模拟方法, 发现隐式大涡模拟效果较好, 比较有潜力。通过 $Re=3900$ 的圆柱绕流验证大涡模拟的精确性。从壁面上压力分布与实验的对比, 验证计算的精度。该方法很好的捕捉到了尾迹区时均速度, 雷诺应力等相关物理量的分布。

大涡模拟处理壁面的方法: 涡粘模式——在壁面附近引入RANS涡粘系数。

壁面的处理采用的是Durbin对SA模型的渐进分析得到的近壁代数近似。

计算了不同雷诺数的槽道湍流, 验证了提出的新的壁面模型的可靠性。

在超出涉及范围的计算工况——周期山, 该工况有很强的顺压和逆压梯度, 使用了壁面模型的计算得到的再附位置与实验吻合的非常好。

前台阶是否会影响转捩的研究。该问题适合采用隐式大涡模拟。相同工况下, 平板上并没有出现显著的转捩现象。总结得到了有台阶情况下的转捩的机理。

提问环节:

刘: 没有参考中文文献? 是什么原因?

答: 以英文文献为主。

吴: 教育部查论文, 引用论文的时候要引用国内专家。

答: 后续会补充中文文献。

刘: 槽道流动是不是无压的?

答: 不是, 是有压力驱动的。

(接下页)

刘: smagorinsky是耗散机制没有错, 但是我认为湍流中就是这样的。槽道里面有没有负耗散?

答: 有的时候有特殊情况

史: 工作很好! 隐式大涡模拟最主要的缺点是什么?

答: 如何定量分析粘性应力。

史: 希望分析一下隐式大涡模拟的粘性到底是什么形式。线性的形式强涡弱涡耗散一样, 但是实际上强的耗散大。有没有办法具体评估?

答: 定量推导很困难, 暂时只能做定性的分析。

任: 推导的过程中, $u^+ y^+$ 用的都是时均的, 但计算的时候不是。所以加了脉动进入时均的东西里面?

答: 由于涡粘系数模化了大部分的脉动, 所以实际计算中的值和时均值很接近。

任: 不加壁模型与加了之后的对比有没有? 改进是不是不是特别大? 加密网格是不是就不需要这些壁模型了?

答: 主要在稀网格上体现这种影响。只有在极密的网格下才不需要壁模型。

任: 细节问题, solution point的分布并不是光滑的, 这个对计算的影响有了多大? 通过改变solution point的分布, 对结果的影响有多大?

答: 我觉得影响有限, 但暂时没有做具体的比较。

符: 壁面模型转换的位置有没有具体要求?

答: 定在了 $y^+=25$, 在粘性底层和对数区之间。

任: 是不是一个网格里面用壁面模型就都用, 还是部分solution point用?

答: 是在一个网格里面都用, 但是 y^+ 大于30之后涡粘系数自动回到零。

任: 用SA得到的关系虽然简单, 但是实际上其他人有另外一个无理的关系。

答: 这个关系式和Allmaras推导得到的完全等价。

任: 底层是线性关系么? 实际上应该是线性关系。

答: 从图上看应该是匹配上的。

记录人签名: