

面向工业湍流的大涡模拟

何国威

(中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室)

摘要: 大涡模拟是新一代计算流体力学软件的核心工具。它不仅在湍流模型和数值算法等理论问题上取得了较大的进展,并且广泛应用于湍流的理论研究,取得了丰硕的成果。现阶段研究的一个重要课题是:大涡模拟是否能够进入工业界成为工业湍流数值模拟的工具?这要求大涡模拟不仅能完成现有计算流体力学软件能够完成的工况,而且能够完成非定常和多物理过程等现有计算流体力学软件不能完成的工况。本文以下面三个典型案例的讨论说明,大涡模拟正在逐步应用于工业湍流。(1) 潜航器标模的湍流噪声:湍流噪声不仅涉及到空间尺度,还涉及到时间尺度,是一个典型的非定常过程。针对潜航器标模,我们采用了壁面模化的大涡模拟计算湍流声源,并采用 FWH 积分计算远场的噪声,不仅得到了远场噪声的强度,还得到它们的频率谱,由此发现了潜航器标模的湍流噪声指向性特点。(2) 湍流燃烧的大涡模拟:湍流燃烧涉及流动,混合和化学反应三个物理过程,其中挑战性的问题是混合和化学反应特征时间的匹配。大涡模拟能够计算大涡的运动,模拟小涡对混合和化学反应的影响,因此能够正确地计算湍流燃烧,并且数值再现湍流燃烧的点火和燃烧过程。(3) 高升力构型的壁面模化大涡模拟:高升力构型数值模拟的困难在于构件间的气动干扰。雷诺平均和大涡模拟的混合方法不仅能够正确预测升阻力曲线,而且还能够较为准确地预测失速迎角及非定常气动力。最近的研究表明,壁面模化的大涡模拟方法也能够预测高升力装置的升阻力曲线。