

湍流噪声的大涡模拟

何国威, 王士召, 吴霆, 周志腾

中国科学院力学研究所 非线性力学国家重点实验室
中国科学院大学 工程科学学院

湍流噪声不仅是湍流理论研究的重要问题,也是高速航行器的卡脖子问题。著名的流体力学家 Lighthill 开创了湍流噪声的研究:把湍流噪声分为湍流声源与噪声传播的耦合过程,从而远场噪声的频率谱取决于湍流的频率波数能量谱,或简称为时空能谱。但是,如何从湍流的时空能谱确定湍流声源并计算远场噪声谱,仍然是一个具有挑战性的问题。本次报告将围绕该问题介绍我们近来的两个工作:(1)发展时间精准的大涡模拟方法,计算高速航行器标模的湍流噪声。针对标模壁面的复杂几何构形,我们采用了壁面模化的大涡模拟计算湍流声源,并采用带有固壁的 Lighthill 理论——Curle 积分计算远场的噪声,由此得到噪声频率谱的高低频段具有不同的标度指数,并且具有指向性特点,同时湍流声源具有偶极子特征;(2)发展了时空能谱的动态自回归模型。该模型不仅包含了 Taylor 模型的对流机制,并且引入二阶自回归力表征 Kraichnan 的随机下扫机制,从而预测了湍流的时空能谱。动态自回归模型可以与壁模型结合重构壁湍流的近壁流动,使得到的流场具有给定的时空能谱,并且可以用来识别湍流噪声的声源结构。最后,我们将讨论高速航行器湍流噪声全尺寸数值模拟的最新进度和存在的问题。

参考文献

1. Guowei He, Guodong Jin and Yue Yang, Space-time correlations and dynamic coupling in turbulent flows, *Annu. Rev. Fluid Mech.*,2017: 49, 51–70.
2. Ting Wu and Guowei He, Local modulated wave model for the reconstruction of space-time energy spectra in turbulent flows, *J. Fluid Mech.* ,2020: 886, A11.
3. Shizhao Wang, Beiji Shi, Yuhang Li, et al. A large eddy simulation of flows around an underwater vehicle model using an immersed boundary method, *Theor. & Appl. Mech. Lett.*, 6 (6):302-305.