

## 基于冻结流假设滤波的湍流四极子噪声边界通量模型

周志腾<sup>1,2</sup>, 王士召<sup>1,2\*</sup>

\* (中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 北京市海淀区北四环西路 15 号, 邮编: 100190)

+ (中国科学院大学工程科学学院, 北京市石景山区老山街道玉泉路 19 号甲, 邮编: 100049)

**摘要:** 湍流噪声预测是工程应用中的难题。Ffowcs Williams-Hawkings (FW-H) 声比拟方法是计算湍流噪声的重要方法。在 FW-H 积分边界上穿入穿出的湍流四极子源常导致虚假噪声问题。我们提出了一种边界通量模型以抑制湍流四极子源导致的虚假噪声。利用 Green 函数的远场近似, 我们避免了现有模型中 Green 函数高阶导数的复杂计算。在湍流四极子源冻结的假设下, 我们考虑了湍流四极子源对流速度的空间非均匀性。并且, 我们发现边界通量模型中的系数本质上体现了对流算子的作用, 由此可以将边界通量模型重新整理为湍流四极子源滤波的形式, 与最新的基于滤波压力的声外插方法存在一致性。本文使用二维对流涡标准算例以及非定常钝体绕流算例来验证所提出的模型。为了研究湍流四极子源对流速度的空间非均匀性对边界通量模型的影响, 本文对比了非均匀边界通量模型与均匀边界通量模型预测的远场噪声。结果表明, 当 FW-H 积分面位于近尾迹区时, 使用非均匀边界通量模型预测的远场声压比均匀边界通量模型更准确。同时, 使用非均匀边界通量模型, 远场湍流噪声对 FW-H 积分面位置的依赖性也得到了改善。这是因为湍流四极子源的对流速度在近尾迹区中具有明显的空间非均匀性。

**关键词:** 湍流噪声; 四极子源; 边界通量模型; 冻结流假设; 非均匀对流速度

1) 国家自然科学基金委重大研究计划重点支持项目“曲面动边界不可压湍流的时空演化与非定常作用力”(92252203)