

管道湍流被动标量混合的实验研究

李慧鑫^{*,+}, 徐多^{*,+}

^{*} (中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 北京 100190)

⁺ (中国科学院大学工程科学学院, 北京 101408)

摘要: 湍流混合与日常生活和工程应用息息相关, 研究湍流混合对湍流理论以及湍流燃烧、化学工程等重要领域具有重要意义。以往的研究主要关注各向同性均匀湍流中被动标量混合过程, 然而工程应用中大多数情况是剪切湍流。当考虑剪切湍流的被动标量混合时, 湍流混合将变得更为复杂。本文通过实验研究管道湍流的非均匀性对被动标量混合的影响。在充分发展的管道 (直径 40 mm) 湍流中注入罗丹明6G 荧光染色剂 (施密特数 Sc 约为 2000, 被动标量), 注入位置位于管道中心, 注入速度与主流平均速度保持一致, 注入喷口内径 2 mm。通过平面激光诱导荧光技术, 在距离注入位置下游 10 倍管道直径的位置, 测量了被动标量湍流混合过程。实验中管道湍流的雷诺数 (Re) 为 10000、15000 和 20000。初步结果表明, 标量脉动延径向分布近似为高斯分布, 并且标量脉动的概率密度函数 (PDF) 呈现尖峰、倾斜的特征, 其峰值随着 Re 的增加或径向位置的减小而变小。此外, 不同径向位置标量脉动梯度的 PDF 均呈现近似对称分布, 可能与被动标量混合的 Ramp-cliff 结构在空间中的方向变得更加随机化相关。

关键词: 被动标量湍流混合; 管道湍流; 激光诱导荧光; 标量脉动

1) 国家自然科学基金 (92152106, 11988102); 中国博士后科学基金第 73 批面上资助 (2023M733589)