

一个新的统一形式的壁面律公式及其在壁面模化大涡模拟中的应用¹⁾

张风顺^{*,+,**}, 周志登^{+,**}, 张欢^{*}, 杨晓雷^{+,**,2)}

* (兰州大学 土木工程与力学学院 力学系, 兰州 7300030)

+ (中国科学院力学研究所 非线性力学国家重点实验室, 北京 100049)

** (中国科学院大学 工程科学学院 北京 100049)

摘要: 本研究中, 我们提出了一个新的统一形式的壁面律公式 (称为 LOG-EXP 公式), 用于预测壁面附近不同区域的平均速度剖面。在推导 LOG-EXP 公式时, 我们通过引入修正项来模化混合长度涡粘模型与近壁雷诺应力之间的差异。文中使用不同雷诺数的槽道湍流直接数值模拟数据、平板上边界层流动以及圆管流动的实验数据对公式进行了验证。此外, 我们基于 LOG-EXP 公式训练了一个能够显式计算壁面切应力的神经网络壁模型。然后, 我们将其成功地应用在壁模型大涡模拟中, 并使用三个不同雷诺数的槽道湍流进行测试。对于文中考虑的所有算例中, LOG-EXP 公式的整体性能表现良好。在细化网格时, 雷诺应力的计算没有得到显著的改善。这是因为影响壁面模化大涡模拟的因素有很多, 例如, 所采用的网格和亚格子模型等等。未来需要进一步的工作来量化这些因素的影响并改进壁面模化大涡模拟在较精细网格上的预测。

关键词: 壁面律; 壁模型; 大涡模拟; 神经网络

1) 资金资助项目: 国家自然科学基金 (No. 11988102)