

# 聚合物槽道湍流的直接数值模拟

张劲柏 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, 北京 100080)

人们知道聚合物湍流减阻现象已经有半个世纪了, 并且在工程实践中得到了广泛的应用。但是, 对于这个现象的认识还很不清晰, 人们还没有建立起令人信服的物理图像解释, 定量的理论更是缺乏。本文致力于聚合物槽道湍流的直接数值模拟, 期望达到对聚合物槽道湍流的流场有所了解。本文的数值计算方法采用谱方法, 时间积分采用两阶精度的时间分裂格式。本文应用 O-B 模型对 Weissenberg 数  $We=2.0$  和  $We=4.0$  的三维聚合物槽道湍流 ( $Re_m=5600, \beta=0.9$ ) 进行了定流量的直接数值模拟计算, 并对它们的流动特征进行了初步研究。计算结果表明,  $We=2.0$  的算例属于聚合物湍流减阻的低减阻形式,  $We=4.0$  的算例属于聚合物湍流减阻的高减阻形式。在低减阻形式中聚合物对湍流的影响主要发生在壁面区, 而高减阻形式中聚合物对湍流的影响则遍及全流场。其他的结果还有: 聚合物增厚了槽道湍流的过渡层, 降低了 Reynolds 应力; 聚合物减小了槽道湍流法向和展向的速度脉动, 加大了流向的速度脉动; 聚合物使得湍流的关联尺度变长、能谱的衰减更快。本文的分析还表明, 聚合物对湍流的影响主要发生在壁面附近和流动方向上。这应该和聚合物分子主要在流向上被拉伸有关。