接触角滞后现象的模拟与分析

摘要: 两相流问题在应用数学中是较活跃的研究课题之一, 在数学物理等领域都有重要的应用. 浸润问题是一种典型的两相流问题, 接触角滞后现象是指液体前进接触角不等于液体后退接触角的现象. 在工业生产和日常生活中都有着广泛的应用. 在物理上, 浸润问题已有了不少研究, 如刻画粗糙界面上宏观接触角大小的经典 Wenzel 和 Cassie 公式已经被广泛使用. 但它们的正确性并没有得到普遍认可[15, 17, 19], 缺少完善的数学分析. 在数学上, 人们也发展了许多方法对浸润问题进行研究, 但仍有一些问题需要探讨[3].

本文详细介绍了研究浸润问题已有的数学模型, 包括界面能量极小模型与相场模型, 推导了描述浸润问题的 Allen-Cahn 方程和 Cahn-Hilliard 方程, 并简要说明了两种模型的关系. 然后介绍了研究界面演变问题的 Threshold 方法, 将该方法推广应用于描述浸润现象的 Allen-Cahn 方程, 构造了非均匀水平界面上浸润问题的 Threshold 算法, 由此模拟了化学性质非均匀水平界面上浸润问题的滞后现象. 最后, 对粗糙界面上的浸润问题作渐近分析, 通过内外展开, 作适当的变量替换并利用匹配条件, 推导出接触角与接触点位置所满足的常微分方程, 通过数值算例, 研究了其对应的滞后现象.