计算传热学第二次作业

基于格子-Boltzmann方法，编写程序实现二维流动的数值模拟，并自选一个算例进行模拟研究。提交：（1）大作业报告，包括格子-Boltzmann方法、程序实现和计算算例及结果；（2）可正确运行源代码程序；（3）需最终报告和答辩，报告人和答辩人现场随机确定。

**1 格子-Boltzmann方法**

**1.1数学模型**

将流体运动理解成流体粒子的碰撞，质量动量交换通过粒子的迁移与碰撞实现

定义一个分布函数，函数的意义由积分表达式定义： ，表示在t时刻，x空间位置处单位体积内的粒子数，即数密度

通过刚球碰撞模型，可以导出分布函数控制方程



一般来说难以求解，Maxwell给出了单组分单原子气体不受外力作用下的分布：*f* eq

**1.2方程近似**

为了求解该方程，需要做近似，通常采用BGK近似，认为碰撞的作用是为了使得粒子分布趋近于平衡态分布，因此作用的强弱与偏离平衡态的程度成正比：



式子前面的系数可以理解为碰撞的频率，定义两次碰撞时间间隔相当于：



方程中在速度空间上是无穷维，在空间上也是无穷维，为了求解需要进行离散，离散速度：



空间离散(双曲型方程沿特征线积分，利用积分中值定理)：



上式表明时空离散不独立，为了满足下个时刻粒子运动到另一个格子：



由上面知道分布函数的控制方程为：



通过对分布函数控制方程展开，代换，能得到流体控制方程：





BGK方程得到的流体控制方程质量方程与N-S方程一致，但动量方程存在一个小量的偏差，在密度为常数，低马赫数下，偏差是一个小量。

**2 计算算例**

**2.1算例描述**

选择顶盖驱动方腔流动，如下图：



方腔内为空气，雷诺数为：

**2.2计算结果**

**2.2.1不同网格数下的结果**

**2.2.2不同雷诺数下结果**

**3 结论**