

测定液体黏滞系数实验误差分析

宋鹏飞 07Q20117

引言

研究和测定液体的黏滞系数，不仅在材料科学研究方面，而且在工程技术以及其他领域有很重要的作用，历史上有不少人曾痴迷于液体的粘滞系数的测定与研究：1851年，Stokes 在流体为无限延伸的假设条件下，简化了微分方程，得出了著名的 Stokes 公式。1913年，Ossen 提出了流体力学中的著名的奥森方程。作者的工作：通过对实验数据的处理，主要针对一系列可能引起误差的因素，进行误差分析和误差修正，对更加准确的黏滞系数以及拟合曲线进行了研究。

斯托克斯的假定条件

历史上不少前辈，如前提到的 Stokes 与 Ossen 的研究都是基于液体无限广延的理想条件下实现的。而笔者结合对实验小球的下落过程的观察后，查阅教材发现在本实验中实验小球的直径，落球管的内壁直径和高度使得不能满足上述“无限广延”的条件，因此笔者从这一点出发，运用数学，物理，计算机等多种手段分析液体黏滞系数测量产生误差的原因

实验研究过程

1. 通过小球下落时公式的推导以供后续研究之用（推导出的 s ， v 公式）

$$v_{\max} = \frac{g d^2 (\rho_0 - \rho)}{18\eta} \quad S = \frac{\rho_0 (\rho_0 - \rho) g d^2}{324\eta^2} \left(\ln 1000 + \frac{1}{1000} \right)$$

2. 关于小球运动过程的分析，进行了对

小球运动中可能影响实验数据，产生误差的因素的分析 3. 雷诺数反映液体的流动状态，而大雷诺数时黏滞力公式发生改变，因此进行了关于雷诺数的分析及其修正 4. 最后为了使实验结果更具实际意义，进行了关于修正公式的分析和讨论



修正实验误差

实验中最关键的误差因素有两个：

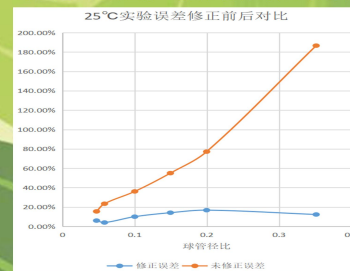
1. 管壁不满足无限广延的假设条件
2. 雷诺数较大时黏滞力表达式发生改变

相应的引入误差修正公式：

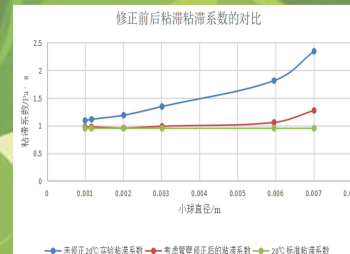
$$\eta = \frac{g d^2 (\rho_0 - \rho)}{18 v_0 \left(1 + 2.4 \frac{d}{D} \right) \left(1 + 3.3 \frac{d}{H} \right)}$$

$$\eta = \frac{1}{\left(1 + \frac{3Re}{16} \right) \left(1 - \frac{9(Re)^{-1}}{1080} \right)} \eta$$

下图是经过管壁修正前后的实验误差对比图



下图是经过修正前后的粘滞系数拟合曲线对比图



可以看到，经过误差的修正，显著地降低了实验的误差，我们所测的粘滞系数更加精确，同时，黏滞力的表达式依赖于流体力学的纳维-斯托克斯方程求解，被誉为偏微分方程中的“明珠”，是世界难题，笔者也希望能够在将来的学习中做出一点贡献。

东南大学第十七届本科生物物理实验研究论文竞赛