

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

**粘性流体力学**

**平板边界层测量实验报告**



学生姓名: 危国锐

学生学号: 120034910021

专 业: 海洋科学

指导教师: 田伟

学院 (系): 海洋学院

1. **边界层速度剖面（注意：壁面处速度为0）：**

实验数据表明，流体速度的*v*分量非常小，故下面只讨论速度的*u*分量。

边界层速度剖面示于下图，图中已补充无滑移壁面相应的数据点。



**图1 边界层速度剖面，将所有***x***位置上的***u***剖面绘于同一图中。在实验数据的基础上，添加了无滑移壁面“在***y* = 0**处，***u* = 0”**相应的数据点。**

1. **边界层厚度：**

为减弱原始数据“噪声”的影响，将位置*x*处的边界层厚度定义为：记最大*u*为*U*；从壁面起，第6个超过0.99 *U* 的数据点的*y*坐标。

这里，将位移厚度、动量厚度的积分范围设定为：从壁面到边界层顶。

边界层厚度、位移厚度、动量厚度示于下图。可见：（1）边界层厚度 > 位移厚度 > 动量厚度；（2）位移厚度和动量厚度在流动方向上仅略有增加，表明实验段中的边界层已接近充分发展。



**图2 边界层厚度、位移厚度、动量厚度**

1. **边界层位移厚度：**

见图2。

1. **边界层动量厚度：**

见图2。

1. **利用****多项式拟合边界层速度剖面：**

记边界层内速度为*u*，边界层外势流速度为*U*，假定边界层内的速度剖面形如

计算实验数据中每个数据点的其中*U*取同一个*x*坐标上（而不是整个实验段）*u*的最大值，*δ*取同一个*x*坐标上的边界层厚度。用式（1）拟合实验数据（示于图3），得一个拟合

这里已考虑壁面处的无滑移边界条件，即引入约束。



**图3 利用二次多项式拟合边界层速度剖面。在拟合中仅使用实验数据点，即未考虑无滑移壁面“在***y* = 0**处，***u* = 0”

1. **利用动量积分方程计算****位移厚度、动量厚度及壁面剪切应力：**

将实验段的流动近似为定常、二维、不可压、层流、无限大平板上的平行流动，则有动量积分方程

式中各符号同惯常意义。假定式（3）左端第二项的量级远小于第一项的，则该式可简化为

下面使用多项式拟合的边界层速度剖面（2），利用简化的动量积分方程（4），求位移厚度、动量厚度及壁面剪切应力。

由（2）得动量厚度

其中位移厚度

其中壁面切应力

其中

将（5）（7）代入（4）得

为便于积分（8），假定动力粘度和边界层外势流速度都与*x*无关，则在边界条件下积分（8）得

其中无量纲数

被称为雷诺数。

将（9）代入（5）（6）（7）得动量厚度、位移厚度及壁面剪切应力：

要求：要有明确的计算过程

**附录 实验数据和代码**

参见：<https://grwei.github.io/SJTU_2021-2022-1-MS3406/>.