



沈惠平

用激光测速技术测定搅拌流场的实验研究

沈惠平 张镇龙 张国忠 葛乐通
(江苏石油化工学院 常州 213016)

TQ027.2

摘要 总结了用二维激光测速系统测定三维搅拌流场的实验技术调试方法,分析了可能产生实验误差的影响因素,并介绍了实验数据的微机处理系统。

关键词 激光测速 搅拌流场 数据处理
中图分类号 TG801

搅拌器

引言

激光测速技术(Laser Doppler Velocimeter, LDV)已被有效地用来测定搅拌槽内流体的三维流场^[1]及其它流体的流场规律^[2]。由于激光测速系统是集机、电、光、仪于一体的高新实验技术,调试测量时牵涉到上述各方面的许多实际问题,这些问题对能否正确有效地测定流场,有着十分密切的关系,甚至影响到测试的成败,尤其是调试工作往往是靠人工完成的,人工的调试技术及经验不可忽视。但目前有关文献均未对激光测速时的实验技术、经验及方法进行介绍。作者用国产二维25mw 氦氖激光测速系统直接对圆筒玻璃缸的搅拌流场进行测定,测得了径向、周向、轴向三维运动规律,本文对这一实验调试过程进行了总结,给出了实验调试技术及方法,特别是搅拌装置的调试方法,对实验误差进行了分析,并介绍了实验数据的微机处理系统。

1 实验调试技术及方法

实验调试是整个激光测速实验的最重要而又困难的一个环节,决定着实验能否顺利进行。图1所示为二维激光测速系统的组成示意图。

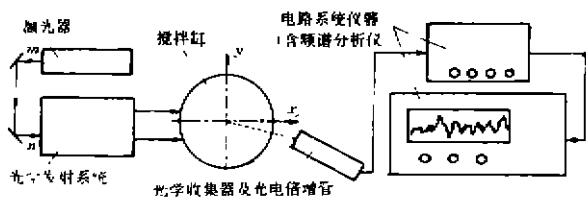


图1 二维激光测速系统

实验调试内容主要包括相互牵连和影响的四个方面,现分别阐述如下:

1.1 激光器及光学发射系统的调试

激光器及光学发射系统的内部元件一般已由厂方校准完善,不宜擅自盲目调节。实验中的调试内容主要是:

- (1) 激光器四只调节活动脚的调节,保证激光器(支架)的角稳定性最好,使光束稳定输出。
- (2) 二个反光镜位置的调节;保证光束 m 能尽量减少损失,全部进入光学发射系统,且保证二激光束 m, n 平行且处于同一(水)平面上。
- (3) 激光输出调节螺钉的调节;保证激光输出光强最大,调正时可用微功率计监视其输出功率。

1.2 搅拌装置几何中心位置的调试

激光是红色可见光,利用激光的红色可见性可使测量对中十分准确、简易及方便,本文即利用了激光对中的方法来进行调试对中。

搅拌装置几何中心位置的对中是指搅拌缸几何中心轴线与搅拌轴中心线的对中调试。具体做法如下

- (1) 一般是电机(轴线)先固定在三维坐标架上,然后将搅拌缸放在电机下方。自制一吊线锤,吊线锤上端是短接轴(或轴套)与电机轴配合联接,下端为标准倒三角线锤(250g)。待吊线锤稍稳定后,先用直尺校准,大致将圆缸放妥,然后盛一定清水并打开激光器,让铅垂方向的二束红色激光(遮住水平方向的另一束激光)穿过水层打在吊线锤的吊线上,由于圆缸外径 D 尺寸已知,调节 y 方向坐标架使之沿 y 轴反向产生 Δy ,如图2所示(也可沿 y 轴正向移动),相对静止的激光束对移动的搅拌缸会发生折射,折射现象可在清水中看得很清楚; y 越大,光折射程度越明显。但当 $y = D/2$ 时,若红光束已在缸壁之外进入空气,这时有 $\Delta y = (y - D/2) > 0$;若红光束未能达到 b 处,仍会看到红光束折射,这时有 $\Delta y = (y - D/2) < 0$,这两种情况说明均未调中,如图2a。

中石化科技研究开发项目资助课题
收稿日期:1997-06-28

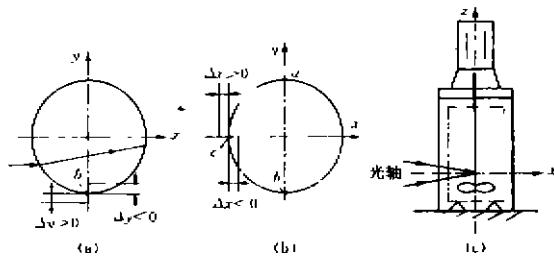


图2 搅拌装置几何中心位置调试

此时根据 $\Delta y < 0$ 或 $\Delta y > 0$, 沿 y 轴正向或反向再微调玻璃圆缸, 重复上述过程, 直至 $y = D/2$ 时, 不会见到红光折射, 此时红光束正好达到 b 处, 若沿 y 轴正向退回 $y = D/2$ 时, 激光束一定会打在吊线上, 这说明搅拌缸几何中心 O_1 与搅拌轴中心 O 在 y 方向上已重合对中; 记下此位置时 y 导轨的相对坐标值。

(2) 同样地, 根据测量点位置的修正公式: $S_i = S_o \cdot K$ (其中: $K = \tan \alpha / \tan \gamma = 1.3297; \sin \gamma = (N_1 / N_2) \cdot \sin \alpha$; 而 S_i, S_o 分别为激光束交点在水中及空气中的移动的距离; N_1, N_2 分别为空气、水的折射率; α, γ 分别为光的入射角、折射角), 先让激光束交点打在吊线上, 沿 x 轴反方向调节坐标架使之走动 $X_o = (D/2) \cdot 1/k$ 时, 此时激光交点若正好移动了 $X = k \cdot X_o = D/2$, 即能正好打在 c 点(用一白纸紧贴在缸壁上, 可清楚地看见光束交点), 这说明搅拌缸几何中心 O_1 与搅拌轴中心 O 在 x 方向上也已对中重合, 图2b。反之, 依照同样的方法, 视 $\Delta X = (X - D/2) > 0$ 或 $\Delta X < 0$, 沿 x 轴正向或反向再微调玻璃圆缸, 反复调试至对中, 同样, 记下此位置时坐标架 x 导轨的相对坐标值。

(3) 在上述基础上, 在 X 一定时, 让红光束交点打在吊线上, 调节三维坐标架使之沿 Z 导轨移动, 移动过程中, 若激光束交点始终能打在吊线上, 这说明 Z 导轨与搅拌轴线已平行。反之, 则可用水平仪校正玻璃缸几何轴线至铅垂方向。

1.3 光轴与坐标架导轨位置的调试

(1) x 轴导轨与光轴的对中(重合)

在上述搅拌缸几何中心与搅拌轴中心重合的基础上, 由于需要测定流速沿半径的分布情况, 须将缸沿 x 向调距, 因此, 在此过程中必须保证光轴始终与

x 轴重合, 若以图1所示布置光路, 则光轴应严格通过圆缸左端极限母线 c 。为此先让坐标架靠近光源且让红光束打在吊线上, 调节坐标架使玻璃缸沿 x 轴正向移动, 若发现红光未打在吊线上, 这说明 x 导轨已偏离光轴方向, 且移动量 x 越大, 偏移量 S 越大, 假如偏离方向如图3所示, 则

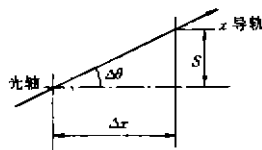


图3 光轴与坐标架导轨位置的调试

须沿顺时针微调坐标架, 使之转动一微小角度 $\Delta \theta$, 使 x 导轨得到校正, 当不论沿 x 轴正向还是反向, 调节 x 时, 若激光束始终打在吊线上, 这说明光轴与 x 导轨已严格对中重合。

(2) y 轴导轨与光轴的垂直度

由于三维坐标架的 X 导轨与光轴已调试成对中重合, 因此自然保证了其 y 导轨与光轴垂直。

1.4 光学收集系统及光电管焦距调试

由于测点在半径方向上变化, 因此常常需要调整光电管的位置, 以获取测点处的光的散射频率信号, 调整的幅度依据测点变化量而定。调整时可自制一简易对焦尺。该对焦尺为固定于一可沿电机支架 x 向移动的一短横杆上, 并开一长通孔的厚度为 1mm 左右的铁皮, 如图4所示。长通孔一侧紧贴一层硫酸纸, 光束交点打在硫酸纸上, 既能较易看清, 光又能穿过硫酸纸, 因为长孔, 所以在任意高度位置上都能使光电管能收到较强信号。由于对焦尺具有一定的刚性, 通过短横杆移动较易控制光束交点在半径方向上一布点距离。调节光学收集头的孔径光阑口径, 尽可能增强信号强度, 使二束相干光波相交的测量体积通过针孔光阑被光电倍增管接收, 微调其调节螺栓, 可使光电管得到的散射频率信号较明显。

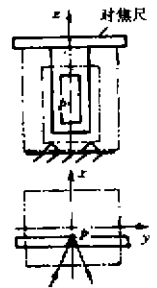


图4 对焦尺使用

频谱分析仪采用 HP-3585A 型, 用来测定记录散射频率, 选择中心频率 $f = 600\text{kHz}$, 其具体使用方法可参见操作手册。

2 实验误差分析

分析影响 LDV 测速误差的因素, 大致有:

2.1 调试误差

- (1) 搅拌缸几何中心与搅拌轴线中心对中误差;
- (2) 光轴与坐标架导轨位置误差;
- (3) 光电管焦距调试误差;
- (4) 光路及激光器调试误差。

2.2 仪器本身误差

- (1) 搅拌缸本身几何结构误差(厚薄不匀、不圆度、表面粗糙度);
- (2) 光学发射系统及收集系统本身误差;
- (3) 三维坐标架机械调整装置误差;
- (4) 电路系统仪器误差及灵敏度。

2.3 粒子跟随性好坏引起的误差

流体中粒子的浓度及粒子颗粒直径大小也影响实验误差。

上述误差大小决定测量信号的可靠性及强弱, 另外人工记录频率时还会产生读数误差, 这些都影响实验数据的正确性; 另外, 为测量方便起见和减少测量误差, 一般应选择搅拌缸几何中心轴线为测量基准。

3 微机数据处理系统

激光测速需要记录或采集大量数据,人工记录的数据需计算机处理才能完成,为此编制了微机数据处理系统。该系统包括:

- (1) 用编辑器 Editor 记录、按一定的方式管理所有的数据,建立原始数据文件;
- (2) 编制专用计算机程序,打开、读取并计算上述原始数据,并建立输出数据文件;
- (3) 根据输出数据,用软件 Bxcel. 5. 0 电子表格分别制作三维速度分布曲线(包括拟合曲线)。

4 结论

(1) 激光测速实验是一门牵涉到较多领域的高精技术,技术要求较高,实验调试比较复杂,而调试的好坏对实验能否顺利进行及实验结果影响较大。

(2) 利用激光器本身产生的红色可见激光来进行对中调试具有准确、方便、简易等优越性。

(3) 本文总结的实验调试技术及方法(包括自制的吊线锤及对焦尺)对直接测定圆筒形搅拌缸内的流场十分有效。

(4) 激光测速实验误差影响因素较多,其中调试误差为决定性因素,调试误差中的各子项误差互相牵连,因此调试必须细致耐心。

(5) 微机处理 LDV 实验数据效率较高,用 Bxcel. 5. 0 应用软件作流场速度分布曲线是快捷的。

致谢:江苏理工大学周浩生博士、罗锡乾教授、杨诗通教授给予研究工作大力支持与帮助,在此深表谢意。

参 考 文 献

- 1 毛德明等. 用 LDA 研究搅拌釜内的流场. 高校化学工程学报, 1996(4)
- 2 陈建孟等. 旋板上流场的 LDA 实验研究. 化学工程, 1996(3)

Experimental Research on Measurement of Agitation Flow Field by Laser Doppler Velocimeter

Shen Huiping Zhang Suolong
Zhang Guozhong Ge Letong
(Jiangsu Institute of Petrochemical
Technology, Changzhou 213016)

Abstract This paper presents the authors experiment adjusting technique and method for measurement of agitation flow field by laser doppler velocimeter, and analyses the affecting factors that bring experiment errors, and introduces the computer program of experiment data process.

Keywords Laser doppler velocimeter Agitation flow field Data process