

气浮工艺中微气泡的数码显微动态测量

陈福泰, 王东升, 栾兆坤

(中国科学院 生态环境研究中心环境水质学国家重点实验室, 北京 100085)

摘 要: 数码显微摄像系统是集显微动态摄像法与计算机技术于一体的一种先进的测量手段。为此研制了数码显微摄像系统并对气浮工艺中微气泡进行了在线动态测量。试验结果表明, 该系统优于已开发的其他气泡测量方法, 具有分辨率高、准确可靠、简单省时、可连续在线检测等特点, 尤其适合于液相体系的瞬间测量。

关键词: 气泡测量; 动态监测; 数码显微摄像

中图分类号: TU991.63 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2003)13 - 0120 - 02

表征气泡粒径大小与分布对研究和提高气浮效率有着极为重要的影响^[1]。测量气泡的方法有电导探针法、光导纤维法、透光法、显微摄像法等。

电导和光纤探针法是利用气体与液体电导率或折光率的不同来测量气泡大小。由于测量时探针必须穿刺气泡, 所以这两种方式只适合于粒径 $> 5\text{ mm}$ 的气泡。透光法是利用气体与液体导光性质的不同来测量气泡粒径。当分散相浓度过大或者两相运动速度过大时, 该法测量的偏差较大。

显微摄像法可以测量粒径较小的微气泡, 它又分为静态显微摄像法和动态显微摄像法。动态显微摄像法是直接对取样器中的气泡进行拍摄, 能较好地反映运动气泡的实际情况。但通常由于采用普通相机耗时间长、工作量大, 另外还存在照明系统要求同步光源、显微镜选择与调试困难等缺点。

数码显微摄像系统则是集显微动态摄像法与计算机技术于一体的一种先进的测量手段。

1 原理与构造

数码显微摄像系统主要包括照明系统、样品池、图像采集系统和图像分析处理系统组成(见图 1)。

① 照明系统

照明系统的光源由两部分组成: 一部分是 CCD 自身所带的二极管光源, 另一部分是外加的特定冷

光源。试验结果表明, 光源对图像效果的影响非常大, 必须提供良好的照明才有清晰的图像。

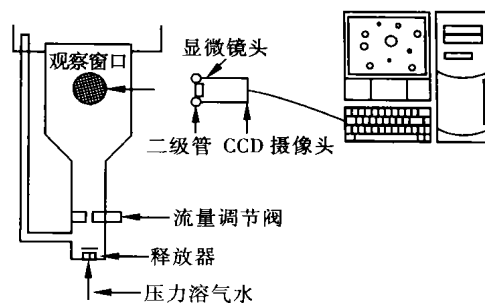


图 1 气泡测量装置

② 样品池

样品池是在国外装置的基础上改造而成的^[2,3], 添加了溢流管以便更好地分流溶气释放水。

③ 图像采集系统

图像采集系统包括由计算机控制的 CCD、40~140 倍显微镜头、图像采集卡、计算机、显示器等部分。其中显微镜头是目前国际上最为先进的一体化成像镜头, 具有体积小、效果好等显著优点。

④ 图像分析处理系统

图像分析系统包括专用的颗粒图像分析软件 (MiVnt) 和 Origin 数据处理软件。

2 试验过程与结果

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2002AA601120); 国家自然科学基金资助项目(50078051)

2.1 标定与聚焦

为了准确测量气泡的粒径尺寸,试验前要进行标定和聚焦。

标定时先开启测量系统,将十字型测微尺放在采样池中气泡流经的轨迹处,调节 CCD 焦距,使测微尺在显示器屏幕上得到清晰图像,用快照功能保存图像,然后用该图像标定单位像素点尺寸。

聚焦时先开启测量系统,将一根 $100\ \mu\text{m}$ 的铜线放在采样池中气泡轨迹处,微调 CCD 焦距,使铜线在显示器屏幕上得到清晰图像,然后就可以通入气泡做试验了。

显微镜镜头的放大倍数是 $40\sim 140$ 倍,试验中发现气泡粒径主要集中在 $30\sim 80\ \mu\text{m}$ 之间,在低倍数下不同大小气泡的图像差距较小,容易造成图像分析时误差扩大,而在高倍数情况下采集的气泡图像大小适于分析,因此调节成 140 倍进行采样。

分析图像时先调节图像的对比度以得到更为清楚的气泡图像。

2.2 试验方法

采用中国科学院生态环境研究中心开发并已申请发明专利的 ES 新型溶气系统。该系统在循环离心泵的压水管和吸水管之间连有一环流管路,管路上装有一个射流器和一个静态混合器。空气通过射流器的自吸引入,并被射流器内高强度紊流的水体切割粉碎成小气泡并溶解,接着又被静态混合器和循环泵进一步切割粉碎并溶解,最后大部分水体流到释放器处进行释放,小部分留在环流管线中继续被切割溶解。这种形式的溶气方法与传统压力溶气罐溶气方式相比,具有节省基建投资和占地面积、操作简单、维护方便等优点。

先开启 ES 溶气系统,当水流和气量运行稳定后打开释气系统阀门,向样品池中进样并开始试验。流量调节阀用以控制样品池中气泡的运动速度,使得显示和采集的气泡图像和运动轨迹更为清晰。

试验设定了不同的压力、环流比、表观气水比、喷嘴形状及喷嘴流量,测定了溶气水释气量和释气效率。

2.3 统计测量

气泡粒径分布、平均直径和 Sauter 平均直径均可以通过计算机统计并计算后得到。图 2、3 分别为一定条件下的气泡粒径分布图和气泡粒径累计分布

图。

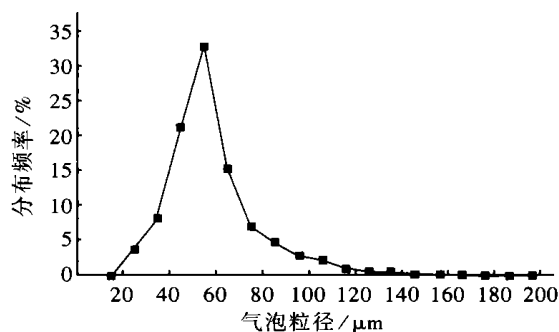


图 2 气泡粒径分布图 (P = 500 kPa)

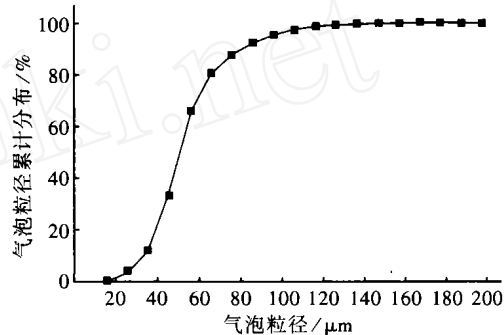


图 3 气泡粒径累计分布图 (P = 500 kPa)

3 结论

① 利用数码显微摄像系统对气浮系统中的微气泡进行了测量,试验结果表明,该系统克服了以往气泡测量方法的缺点,将传统摄像法与现代计算机图像处理技术有机结合起来,可实现在线连续检测,结果准确,使用方便。

② 溶气法产生的气泡粒径分布均匀、粒径细小,气泡粒径集中在 $30\sim 80\ \mu\text{m}$ 范围内。

参考文献:

- [1] Edzwald J K. Principles and applications of dissolved air flotation[J]. Wat Sci Tech, 1995, 31(3~4): 1 - 23.
- [2] Rykaart E M, Haarhoff J. Behavior of air injection nozzles in dissolved air flotation[J]. Wat Sci Tech, 1995, 31(3~4): 25 - 35.
- [3] Rijik de S E, Graaf van der J H J M, Blanken den J G. Bubble size in flotation thickening[J]. Water Res, 1994, 28(2): 465 - 473.

电话: (010) 62849150

E-mail: tbear2068@163.com

收稿日期: 2003 - 05 - 18