

基于图像处理的管道分层流持液率测量方法

李晓平¹ 范志伟² 陈金金³ 刘海飞⁴ 张宏岩²

1. 中国石油大学(北京) 城市油气输配技术北京市重点实验室 (北京 102249)

2. 中国石化鲁宁输油处 临邑输油首站 (山东 德州 251500)

3. 中国石油工程设计西南分公司 (四川 成都 610017)

4. 中国科学院力学研究所 (北京 100190)

摘 要 持液率是气液两相流研究中的重要参数之一,是进行流型判断和压降计算的基础。介绍了一种算法简单但准确度高的基于图像处理的持液率计算方法;在两相流实验中,用高速摄像机获得气液分层流图像,在 Delphi 环境下提取图像几处的像素基色数值,对其分布特点分析观察,采用合适的二值化处理算法得到可区分气液相的二值图像,最后从二值图像获得各截面持液率大小。

关键词 两相流 持液率 图像处理 二值化

Abstract Liquid holdup is an important parameter in gas-liquid 2-phase fluid flow research as well as the basis of flow pattern estimation and pressure drop calculation. This paper introduces a simple but accurate way of liquid holdup calculation based on photo processing. In the 2-phase flow experiment, high-speed camera was adopted to catch the images of gas-liquid stratified flow and the numeric values of the pixel base color were extracted from several points of the images via Delphi. Based on the observation and analysis of the characters of distribution, binarization processing algorithm was employed to get the binary image able to distinguish gas and liquid phases. Finally, liquid holdup of each section was obtained from these binary images.

Key Words 2-phase fluid flow; liquid holdup; photo processing; binarization

持液率是多相流研究中的重要参数。测量持液率的方法很多,精度也在不断提高,传统的方法主要有:电学法、快关阀法、射线吸收法(γ 、 β 和 X 等射线)、射线散射法(γ 射线和中子射线法)、光学法、热学法、核磁共振法、微波法和模糊综合评判法等^[1]。目前,应用较为广泛的一种采用电导探针测量气液两相流的持液率技术,是基于安装在特殊管段上的两电极之间的电导与液膜厚度有一定的关系来测量的^[2,3]。一些研究人员开发出通过数据模拟的方法在原来实验数据基础上进行匹配模拟预测计算的软件来预测持液率^[4]。如通过采用有限体积法将 SIMPLE 算法推广到两相流形成 SIMPLE-MF 算法,用于双流体模型的求解效果较好,并开发了两相流瞬态模拟程序^[5];国外开发出的一种人工智能模型能用以预测确定水平多相流的流态和计算持液率^[6];而目前采用图像处理的方法来测量持液率的研究越来越深入,它是通过对在实验中高速摄像机所拍摄的照片用软件进行处理,以提取气液相界面轮廓来实现持液率的测量^[7-8]。文中介绍了一种基于图像处理的水平管道分层流持液率测量方法,这种方法没有提

取气液相界面轮廓,而是根据气液相基色特点直接将它们二值化为黑白不同的颜色,最后计算获取出各截面持液率;它的优点在于图像处理过程简单,处理后的图像和原图气液相比较吻合,获得的持液率比较精确。

1 图像基础介绍

图像的几种常见的格式有 BMP、GIF、JPEG、PCX、TIF 等;在本次图像处理过程中所处理的图像为 BMP 格式,BMP 格式的图像可以包含每个像点 1 位元、4 位元、8 位元或 24 位元,其中 1、4 和 8 位元图像有彩色映像,而 24 位元图像则是全彩的,这里介绍的图像处理过程中,所处理的图像都是 24 位元全彩的。BMP 图像的每个像点由红绿蓝(RGB)3 种基色组成,每种基色的取值范围为 0~255。当 3 种基色分别取 0~255 中的某个值时,可以组合成各种不同的颜色。图 1 表示一个像素点,其所组成的 3 种基色红绿蓝如图所示排布。当 3 种基色取值全为 0 时,表示黑色;全取 255 时则为白色。当图像只有黑白 2 种颜色时,称为二值图像。将彩色图像按某种算法转换

为二值图像的过程被称为二值化过程^[9]。

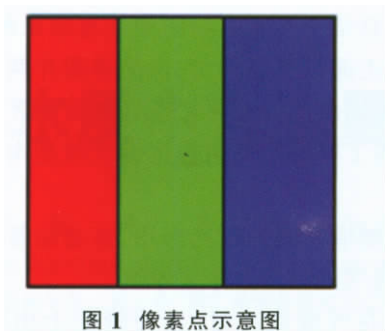


图1 像素点示意图

2 图像处理过程

图像处理在本质上是按一定的算法改变图像中各个像素点的基色数值大小,以达到所期望的效果。

2.1 数据提取

根据图像的数据特点,采用合适的处理算法进行处理是达到期望的效果的关键,所以在对图像进行处理前首先要提取像素点数据,以便观察,图2是本次要处理的分层流图像原图之一。沿图像中某一竖线提取像素数据,以观察气相位置和液相位置的数据特征。考察3种基色数据的分布特点可以看出气相部分的基色数值都比液相部分大,其中蓝色(B)数值分布特点为:气相部分的数值比液相部分大,而且液相部分的数值都很接近于0。通过这个特点,可以采用下面介绍的算法进行处理。



图2 分层流图像原图

2.2 二值化算法

为了得到能够分辨出气相和液相的二值图片,需要对原图进行合适的二值处理。通过前面的基色数据比较分析,已知图像中液相部分的3种基色数值都偏小,而且其中蓝色基色的数值都很接近于0。利用这一特点,提出了一种算法:将图像中的蓝色基色都减去某一个值,图像处理中将减去的这个值称之为对比度。选择合适的对比度时,会达到这样一种效果:液相部分的蓝色基色数值会小于或等于0,而气相部分的基色数值大于0。在程序控制中,当出现基色数值会小于或等于0的情况时,就令这些像素点的红绿蓝3种基色的值都取0,此时这些位置点就显示为黑色了,而其余部分的3种基色的值都取255,使之显示为白色。这样就完成了对图像的二值

化处理。

2.3 气液分界面的判断

将图像二值化后,下一步是计算每一个截面的液相高度。如何获得液相高度是这一步的关键。在程序中采用的方法是:对图像每一竖列从上到下进行判断处理,当出现基色数值为0时(黑色),则判断此处像素点位置就是这一截面的液面处,再转下一竖列进行判断。这样就可求出每一竖列的液相高度与管道直径的比值,在此称之为液高比 k 。

2.4 持液率的计算

在获取了各个截面的液相高与管道直径的比值 k 后,就可以计算出此截面的持液率,持液率的定义为:截面中液相部分的面积与管道截面积的比值^[10]。持液率的计算公式为:

$$\varphi = 1 - \frac{\arccos(2k-1) + 2 \times (2k-1) \sqrt{k-k^2}}{\pi} \quad (1)$$

式中 φ —持液率。

3 处理结果

在 delphi 环境下,对原图像进行二值处理并计算持液率。图3为程序界面,界面中彩图为要处理的图像,黑白图为二值化处理后的二值图像,设置间隔后点击“计算”按钮,界面中右边的文本框中为输出的计算结果。图4是在对比度取10时进行二值化处理后的图像。

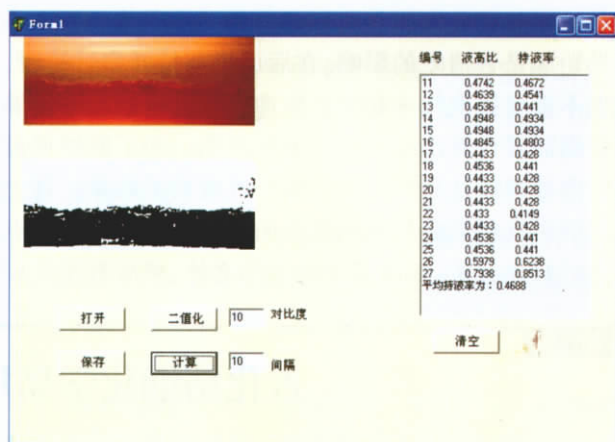


图3 程序界面



图4 二值化图像

表 1 列出了持液率计算结果,在图 4 中共抽取了 27 个取样截面,截面间距平均分布,间隔为 10 个像素点。

表 1 持液率计算结果

编号	液高比 k	持液率	编号	液高比 k	持液率
1	0.494 8	0.493 4	15	0.494 8	0.493 4
2	0.463 9	0.454 1	16	0.484 5	0.480 3
3	0.484 5	0.480 3	17	0.443 3	0.428 0
4	0.474 2	0.467 2	18	0.453 6	0.441 0
5	0.433 0	0.414 9	19	0.443 3	0.428 0
6	0.433 0	0.414 9	20	0.443 3	0.428 0
7	0.453 6	0.441 0	21	0.443 3	0.428 0
8	0.453 6	0.441 0	22	0.433 0	0.414 9
9	0.453 6	0.441 0	23	0.443 3	0.428 0
10	0.443 3	0.428 0	24	0.453 6	0.441 0
11	0.474 2	0.467 2	25	0.453 6	0.441 0
12	0.463 9	0.454 1	26	0.597 9	0.623 8
13	0.453 6	0.441 0	27	0.793 8	0.851 3
14	0.494 8	0.493 4	平均持液率为:0.468 8		

4 结 论

基于图像处理的管道分层流持液率测量方法是以气相和液相部分某一基色数值的特点为处理依据的,由于这种特点十分明显,所以能够得出如图 3 所示的明显区分气相与液相部分的二值图像,而不再受轮廓是否清晰的影响。在后面进行持液率计算时,也不需要提取气液相界面轮廓。所设计的程序能够根据需要计算出任意截面的持液率。为了能够通过图像处理以达到所期望的区分气液相的效果,首先应该对气相部分与液相部分的像素点的基色值特点进行对比分析,找出其中的不同之处,然后利用这一

不同点选择合适的算法处理图像。在对图像处理过程中,也总结了几点影响图像处理效果的因素:

(1)正面光照不均匀,这使得图片两端部分光照很暗以至难以区分边界,在处理前需要将较暗部分截去,表 1 中最后两组数据偏大就是由这一因素所引起的。

(2)玻璃管道的反光作用,这会给管道中局部反光部分的气液相区分带来难度。

(3)在气液流动时,会使管壁上出现一些附着物,如水滴、油滴等,这是影响测量结果的因素之一。

【参考文献】

- [1] 吕宇玲,陈振瑜.多相流相分率测量技术研究进展[J].管道技术与设备,2002(5):10-12.
- [2] Fossa M.Design and perofmance of a conductance probe for measuring the liquid in two-phase gas-liquid flows [J].Flow Measurement and Instrumentation,1998,9(2):103-109.
- [3] 吕宇玲,陈振瑜.电导探针测量气液两相流持液率的研究[J].工业计量,2003(S1):208-211.
- [4] Masella J M.Transient si mulation of two-phase flows in pipes[J].International Journal of Multiphase Flow,1998,(2415):739-755.
- [5] 李晓平,宫敬.气液两相流瞬态数值模拟[J].油气储运,2006,25(8):11-14.
- [6] A.Osman.Artificial neural network models for identifying flow regimes and predicting liquid hold-up in horizontal multiphase flow [J].EA SOC PETROLEUM ENG,2001(19):33-40.
- [7] 张东衡,唐志航,叶鸿明,等.一种气液两相流气相参数图像检测方法[J].计算机测量与控制,2006,14(5):597-599.
- [8] 梁法春,陈婧,曹学文.基于图像处理的分层流持液率测量[J].石油天然气学报,2008,30(4):161-165.
- [9] 刘骏.数字图像处理及高级应用[M].北京:科学出版社,2003.
- [10] 陈家琅.石油气液两相管流[M].北京:石油工业出版社,1989.

■ 作者简介

李晓平(1969-),男,副教授,主要从事油气管道长距离输送的研究工作。

■ 本文编辑:左学敏 收稿日期:2012-10-12

简 讯

吉化精细化学品厂升级装置仪表管理

为提高装置运行平稳率,吉林石化公司精细化学品厂紧盯春季安全生产实际,组织专业技术力量对厂区内各装置自控回路运行情况进行排查,升级管理,强化措施落实,切实提高仪表自控率的运行标准。

这个厂编制厂级提高装置自控率工作方案,并按照方案要求,对 8 套生产装置的自控回路运行状

况进行排查,对影响装置仪表自控率的疑难问题展开专题研究。

目前这个厂已实现 DCS 系统计算机所有自控回路“手动/自动切换时间”的历史查询及仪表自控率实时自动统计功能。

(小左摘自 <http://news.cnpc.com.cn> 2013-03-28)