

基于数字图象处理的油液污染检测

陈 果 高品贤

(西南交通大学 机械工程学院 成都 610031)

【摘 要】 介绍一种新的基于数字图象处理的油液污染检测技术。运用计算机图象处理,借用医学上的血球计数技术,摄取含污染物颗粒的照片,将照片扫描为计算机图象。利用图象处理软件,统计、显示污染颗粒的大小和数量。采用此方法成功地进行了检测实验。

【关键词】 污染检测;数字图象处理;颗粒分析

【分类号】 TP391.41

液压油污染检测是液压系统维修和故障诊断的重要环节。研究表明,液压系统的故障至少有 70%~80%是由于液压系统不清洁造成的^[1]。油液杂质的存在使液压元件过度磨损,从而引起系统性能恶化,严重时将造成元件损坏或系统失灵^[2,3]。

目前,国内外常用的油液污染评定方法主要有称重法、光测法、电测法、淤积法和计数法等。其中前 4 种方法虽然在一定程度上能定性或定量地确定出油液污染程度,但它们均不能给出油液中污染颗粒的形状、尺寸及其分布情况。而计数法则能定量地确定有关油液污染颗粒的信息。传统的光学显微镜计数法^[4]是将 100 ml 油样通过稀释、过滤,然后采用带有格子的特殊显微镜进行观察,并与 NAS1638 12 级的污染度标准或由文献[5]外推后得到的 NAS1638 16 级的污染度^[6]进行对比,以确定油液污染度等级。显然此方法的检测工作量大、精度低,而且检测速度也很慢。

1 检测方案

从图象处理的角度出发,如果根据 NAS1638 标准,对 100 ml 油液经稀释放大后所成的图象将大得惊人,在技术上无法实现。为了解决这个问题,采用了医学上的血球计数技术。从液压系统中取少量油样,稀释倍数设为 n 倍,然后在血球计数板上测出稀释后的 1 mm^3 油液中所含的各档尺寸的颗粒数目,重复几次取平均值,然后乘以 $n \times 10^5$ 即可得出 100 ml 油液中的颗粒数目,并以此根据 NAS1638 可以获得油液的污染等级。

油液中的颗粒数的测定,利用上海医用光学仪器厂所生产的 XB-K25 血球计数板。该板为一特制的玻璃片,上面分别刻有上、下两个计数室,见图 1。每室分为 9 个大方格,大方格每边长 1 mm,计数室深度为 0.1 mm,故每个大方格的容积为 0.1 mm^3 ,从上、下各取 5 格为颗粒计数格,则总容积为 1 mm^3 。

表 1 所示的实验数据为采用血液计数板在光学显微镜下观察得到的对同一油样随机抽样 16 次的测定结果。将 16 次测定数据划为第 1 试验组,按顺序将每 4 次测定的数据依此划分

为第 i 试验组。假设第 i 试验组均来自同一正态总体,它们之间无显著差异。按 t 检验法检验第 I 试验组与第 j 试验组是否有显著差异。

设组 I 来自正态总体 X ,均值为 μ_x ,样本数为 n_1 ,样本平均值为 \bar{X} ,样本标准差为 S_1 ;组 j 均来自正态总体 Y ,均值为 μ_y ,样本个数为 n_2 ,样本平均值为 \bar{Y} ,样本标准差为 S_2 。总体均值和方差均未知,在显著水平 α 下检验。假设

$$H_0: \mu_x = \mu_y \quad H_1: \mu_x \neq \mu_y$$

检验统计量

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{S_w \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

其中

$$S_w^2 = \frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

在 H_0 成立,即 $\mu_x = \mu_y$ 时

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{S_w \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \sim t(n_1 + n_2 - 2)$$

当 H_0 不成立时, $\mu_x \neq \mu_y$, $|T|$ 必然变大。在显著性水平 α 下,如果

$$|T| = \left| \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{S_w \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \right| > t_{\frac{\alpha}{2}}(n_1 + n_2 - 2)$$

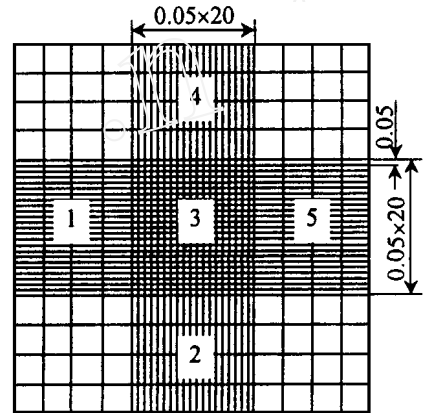


图 1 血球计数板计数室 (放大)

表 1 分组试验数据

试验组	试验号	单位体积 (mm ³) 油样中所含的颗粒		
		5 ~ 15 μm	15 ~ 25 μm	25 ~ 50 μm
	1	66	3	0
	2	51	2	0
	3	49	1	0
	4	48	3	0
	5	57	2	0
	6	47	2	0
	7	28	2	1
	8	27	4	0
	9	32	2	0
	10	30	3	0
	11	38	1	0
	12	54	1	0
	13	35	0	0
	14	43	0	0
	15	44	0	0
	16	37	4	0

则可认为在显著性水平 α 下拒绝 H_0 , 即总体 X 和 Y 存在显著差异。当自由度 $m = n_1 + n_2 - 2 = 16 + 4 - 2 = 18$ 时, 在 $\alpha = 5\%$ 的显著水平下有: $t_{\frac{\alpha}{2}}^{(18)} = t_{0.025}^{(18)} = 2.102$, 用表 1 的数值进行计算, 其结果见表 2。从表 2 可以看出, t 值均小于 2.101, 两总体的差异不显著, 即对同一油样随机抽样测定 4 次与测定 16 次所得的结果是一致的。

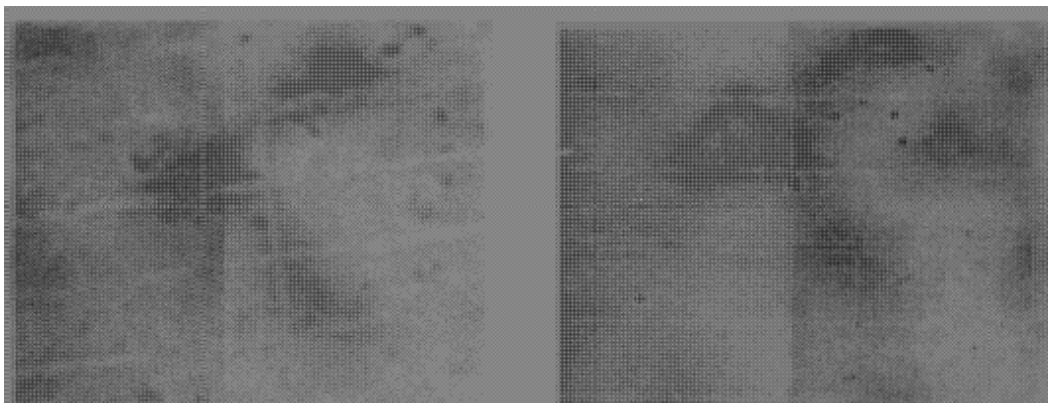
表 2 分组试验统计结果

试验组	测定次数	单位体积 (mm^3) 所含颗粒数		
		5 ~ 15 μm	15 ~ 25 μm	25 ~ 50 μm
	16	42.9 \pm 11.2	1.9 \pm 1.3	0.13 \pm 0.34
	4	53.5 \pm 8.4	2.3 \pm 1	—
	4	39.8 \pm 14.7	2.5 \pm 1	0.5 \pm 0.58
	4	38.5 \pm 10.9	1.8 \pm 1	—
	4	39.8 \pm 4.4	1 \pm 2	—
		1.75	0.57	0.72
		0.47	0.85	1.69
	t	0.7	0.14	0.72
		0.53	0.11	0.72

2 油液污染状态的图象获取及处理

实验设备为带照相机接口的光学显微镜、上海医用光学仪器厂 XB - K - 25 型血球计数板、厚 0.4 mm 长方形盖玻片及细玻棒。首先用石油醚将待测油样稀释并清洗计数板、盖玻片、细玻棒等, 然后用细玻棒蘸适量油样滴入计数室, 静置 1 min, 待颗粒下沉后用显微镜进行观察和拍照。在观察倍数为 10 \times 10 的时候正好一次拍下如图 1 所示的一个区域。对上下计数室分别进行 5 个区域的拍摄, 一次实验就可拍下 10 张照片。

为了形成对比, 对同一种液压油进行了同一种污染程度不同稀释倍数和不同污染程度相同稀释倍数的对比实验, 所获得的相片如图 2 ~ 图 4 所示。

图 2 污染重、稀释 8 倍 (\times 100)图 3 污染重、稀释 20 倍 (\times 100)图 4 污染轻、稀释 8 倍 (\times 100)

从对比中可以看出污染程度越重的液压油中的颗粒越多。加大稀释倍数可以使相片中的污染颗粒成象更清晰,但统计结果的可靠性自然要降低。

为了从理论上进行分析和探讨,采用文献 [7,8]中介绍的程序模块对图 2 进行图象处理。

该图象处理软件包括图象解压、图象剪裁、图象对比度增强、颗粒提取、二值化、区域标记及小区域消除、边沿提取、短线条消除以及利用边界跟踪算法进行的统计计算和结果显示。软件结构如图 5 所示。

每一模块所实现的功能为:

(1) 图象扫描。将前面获得的有关油液污染状态的黑白相片在扫描仪下扫描成一幅 256 级灰度、170 × 250 像素的数字图象, 图象文件格式为 pcx^[9]。

(2) 图象解压。从压缩过的 pcx 图象文件中读出图象数据。

(3) 预处理。 图象剪裁: 通过一定的算法将图象的白边剪去仅保留反映污染状况的部分; 对比度增强: 进一步将污染颗粒与背景区分开; 颗粒提取: 通过一定的算法将图象中的颗粒从复杂的背景中提取出来; 二值化: 将颗粒提取出来后的图象二值化, 最后的黑像素(灰度值为 0)表示污染颗粒, 以白像素(灰度值为 1)表示背景。

(4) 区域标记及小区域的消除。去除二值图象孤立点和麻点噪声。

(5) 边沿提取。将黑区域的边界轮廓提取出来, 并以此来反映污染颗粒外形。

(6) 短线条消除。去掉经边沿提取后所产生的短线条, 从而使每个颗粒外形封闭, 以便边界跟踪算法的实施。

(7) 统计计算。 边界跟踪: 通过一定算法获得边界上点的坐标, 然后求出两点间的最大距离, 并以此反映颗粒的大小; 结果显示: 将统计结果以直方图形式显示出来。图 6 即为对图 2 的统计结果。

有关资料表明^[10], 50 ~ 100 μm 以上的颗粒仅占 3%左右, 其值甚小, 因此不计入该档颗粒对检测结果基本上不产生影响。

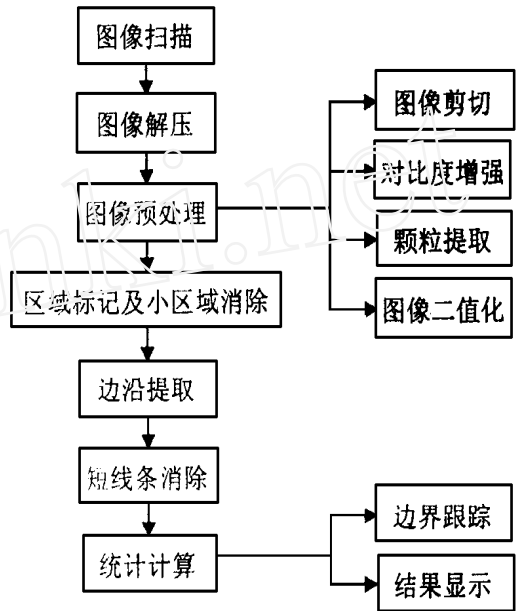


图 5 程序模块结构示意图

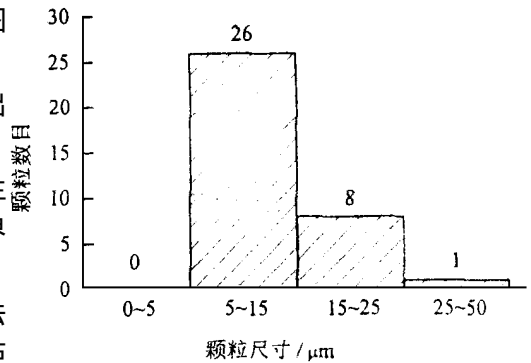


图 6 污染颗粒尺寸分布图

3 结束语

文中介绍了基于数字图象处理的油液污染检测技术的应用基础研究。如果将实验过程中的实验手段、设备和图象处理软件进一步完善,就可以设计成一个基于数字图象处理的油液污染检测系统,直接应用于实际油液污染检测,从而实现用计算机代替人工计数,为机器设备的故障诊断和状态维修提供更加迅速可靠的信息。

参 考 文 献

- 1 高澜庆,王保申,朱明臣.油液污染度现场测定的研究.液压与气动,1991;(3):37—40
- 2 杨学忠.液压工作油的污染及对液压元件的影响.液压与气动,1983;(2):28—30
- 3 王见同.美国俄克拉荷马州立大学流体动力研究中心关于液压污染的研究.液压与气动,1983;(3):36—40
- 4 中华人民共和国机械工业部.ZBE39001—86.汽车起重机和轮胎起重机液压油固体颗粒污染测量方法.北京:中国标准出版社,1986
- 5 美国航空工业协会.NAS1638污染度标准.美国国家科学院,1964
- 6 BHRA-RR1208.Statistical investigation of hydraulic installations by R. D. Lee.1973:1-30
- 7 田村秀行.赫荣成译.计算机图象处理技术.北京:北京师范大学出版社,1986:1-100
- 8 马建波,赵唯一.C语言图象处理程序集.北京:海洋出版社,1992:50-300
- 9 董士海,郑全成,徐曦等.图象格式编程指南.北京:清华大学出版社,1992:20-50
- 10 李太连.油液中微颗粒特性研究.液压与气动,1993;(3):11-13

Oil Pollution Measuring Based on Digital Image Processing

Chen guo Gao pinxian

(School of Mech. Eng., Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

【 Abstract 】 In this thesis, a new detection technique for oil pollution that based on digital image processing has been introduced. Using image processing the oil pollution degree can be tested through computer program, and automatic count of pollution particles, which existed in the oil can be attained. The new oil pollution measuring method which is introduced in the thesis is very valuable for the oil pollution measuring, the mechanical failure diagnose and state repair

【 Keywords 】 pollution measuring; digital image processing; particle size analysis