

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.06.013

基于加权最小二乘法的光纤管分类研究*

张德朝, 史伟民, 杨亮亮*, 刘宜胜

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 针对光纤管内径的精确测量和快速分类问题, 将光纤管孔径与标准检测棒之间摩擦力呈线性变化的原理应用到光纤管分类处理中。开展了对已采集的各类标准光纤管孔径与标准检测棒之间的实际摩擦力数据的分析, 并通过加权最小二乘法进行了数据拟合, 获取了各类光纤管孔径下的标准摩擦力模型, 通过计算标准摩擦力模型的特征数据得出了相应的摩擦力模型数据库, 建立了各类光纤管孔径与摩擦力模型数据库的关系, 提出了通过将实际采集的光纤管摩擦力特征数据与标准摩擦力模型数据库进行对比以实现光纤管分类的方法; 在DSP上对该分类方法进行了评价, 并进行了各类光纤管分类实验。实验结果表明, 该光纤管分类方法可行, 其准确性高达99%, 并且能够实现每分钟检测18根光纤管, 提高了检测准确率和速度。

关键词: 光纤管分类; 分类处理; 加权最小二乘法

中图分类号: TP27; TH39 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)06-0696-04

Fiber-optic tube classification based on weighted least squares method

ZHANG De-chao, SHI Wei-min, YANG Liang-liang, LIU Yi-sheng

(School of Machinery and Automatic Control, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the precise measurement of the optical tube diameter and rapid classification, the principle that the friction between the fiber-optic tube aperture and standard stick varies linearly was investigated. After the analysis of the actual friction data collected between the different kinds of standard fiber-optic tube and standard detection stick, the standard friction model of each kind of the fiber tube aperture with the weighted least squares method was gotten, and the friction model database was achieved by the calculation of the characteristic of the standard friction model, the relation between all kinds of standard fiber-optic tube and the friction model database was established. A classification method was presented to compare the friction characteristics of actual data collected with the friction model database. The method was evaluated on the DSP, the classification was tested. The experimental results indicate that the classification method is feasible, it can detect 18 fiber tubes per minute with accuracy of up to 99%, and improves the accuracy and speed of detection.

Key words: fiber tube classification; classification processing; weighted least squares method

0 引 言

光纤通信具有容量大、衰减小和防干扰性能好等优点, 随着通信要求的不断提高, 光纤通信正在被广泛地使用。而在光纤通信中, 光纤连接器对整个通信的质量有着重大影响, 因此光纤连接器直接影响到光纤通信质量的好坏。其中, 光纤管又是光纤连接器的

核心部件之一, 只有在光纤管与光纤插针相配套的时候, 才能将通信损耗降到最低。由于在光纤管的生产工艺上未能保证其内径都符合要求, 研究者需要按照光纤管的不同内径进行分类。

目前, 针对光纤管分类的文献并不多见。有的利用超声波测距原理实现在埋地管道中内径的检测, 误差不超过5 mm, 完全可满足管道内径检测实际需求^[1]。有

收稿日期: 2012-12-18

基金项目: 浙江省现代纺织装备技术创新团队资助项目(2011R09018); 浙江省重中之重学科(机械设计及理论)和浙江理工大学重点实验室优秀青年人才培养基金资助项目(ZSTUMD2012B004)

作者简介: 张德朝(1988-), 男, 河南信阳人, 主要从事运动控制方面的研究. E-mail: zdc110527@gmail.com

通信联系人: 杨亮亮, 男, 讲师, 博士. E-mail: yangliangliang@zstu.edu.cn

的采用气动测量仪,使用PLC控制器对步进电机及气缸的控制,实现对待检轴承内圈工件内径的自动检测与分类^[2]。有的基于LabVIEW平台,采用电涡流传感器构建测量系统,对双螺杆注塑机“∞”型长机筒的内径磨损量检测,测量精度可达0.3 mm^[3]。有的通过对图像轮廓上各像素点相对质心力矩大小来进行判断,实现对孔类零件内径的精确检测^[4]。以上文献都是针对不同的对象采取不同的检测方法。也有研究者采用机器视觉方案,通过图像处理方式来测量光纤管的内径,从而实现分类^[5],但该方案的成本较高。目前,人工分类存在效率低、成本高等问题。

本研究将结合现有人工分类的原理,设计基于TMS320F28335的自动分类系统^[6],以实现准确、快速的自动分类。

1 光纤管分类系统工作流程

在光纤管分类中,人工分类是将检测棒穿过光纤管,根据光纤管与检测棒之间摩擦力大小来分类,在检测棒穿过整个光纤管的过程中,如果摩擦力大小近似为线性变化则为非喇叭口,否则为喇叭口,在非喇叭口中,取检测棒到达光纤管中间位置时的摩擦力大小来分类。光纤管可分为6类:0~1 N、1~2 N、2~4 N、4~5 N、5 N以上和喇叭口。本研究根据以上原理,设计出相应的自动分类系统。

自动分类系统的机械结构图如图1所示。

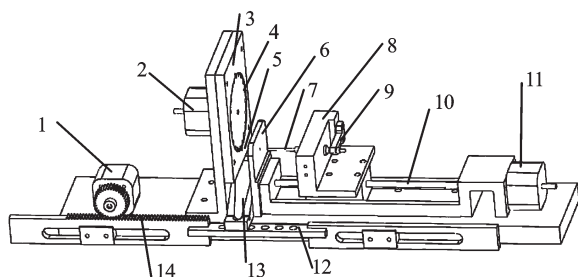


图1 光纤管分类机械整体结构图

1—漏斗电机;2—旋转电机;3—进料口;4—旋转转盘;5—检测槽;6—检测挡板;7—检测棒;8—检测台;9—压力传感器;10—丝杆模组;11—平推电机;12—分类口;13—漏斗槽;14—齿轮齿条

自动分类系统的分类流程为进料、检测和出料,同时提供显示当前一些参数。

1.1 进料

光纤管通过震动下料盘进入进料口,然后在旋转电机的转动下带动旋转转盘,将光纤管送入检测槽,完成进料过程。

1.2 检测

平推电机带动丝杆模组推动检测台前进,当检测棒接触到光纤管之后开始穿过光纤管,由于光纤管和

检测棒之间存在摩擦力,压力传感器有压力信号变化,此时压力传感器将摩擦力大小转换为电信号,经过放大之后输入CPU中。检测完成之后光纤管落于漏斗槽。

1.3 出料

CPU根据采集的数据进行分类处理,然后平推电机带动齿轮齿条,通过分类口将光纤管送入对应的分类结果中。

1.4 显示

系统实时显示当前的分类结果以及计数结果,同时对异常情况进行报警提示。

2 光纤管分类处理

数据采集到分类过程为:压力传感器输入的电信号经过放大之后,进行A/D转换,CPU根据采集来的数据进行分类处理。

自动分类软件设计流程如图2所示。

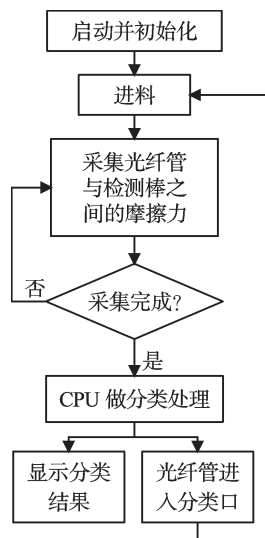


图2 自动分类软件设计流程图

理论上,除去喇叭口,系统采集到的摩擦力数据应该符合一条单调递减的一次函数的变化,而喇叭口管的摩擦力数据应该在某一段中基本无变化。但在实际的工作过程中,由于一些外界因素的干扰,致使采集到的摩擦力的数据变化规律与理论存在一些偏差。通过Matlab绘制出的实际采集的6类管与检测棒之间的摩擦力大小变化规律如图3所示^[7]。

从图3中可以看出,0~1 N管的数据在第30个采样点之后基本接近于0,这是因为该类管内径较大,基本检测不到摩擦力;1~2 N、2~4 N、4~5 N和5 N以上的管的数据的变化规律基本符合单调递减的一次函数的变化;喇叭口的管的摩擦力数据在第20~30个采样点的区间中基本无变化。虽然采样数据和理论值有一定偏差,但是数据的规律还是存在的,因此,研究

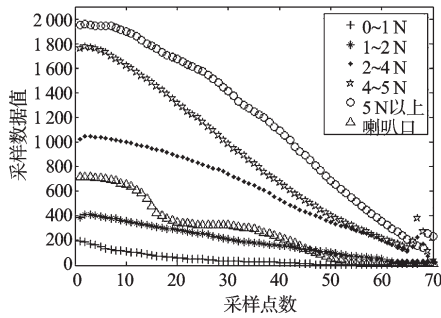


图3 六类管采样数据值

者可以先进行加权数据拟合,再根据拟合之后曲线的斜率来进行分类,内径越小的光纤管,采集的数据的斜率越大,喇叭口管拟合的曲线中,存在一段斜率基本为零的曲线。

针对实际采集的摩擦力大小变化规律,本研究提出3种分类处理方案。

2.1 平均值法

本研究取一段连续的采样点的值,然后计算其平均值,根据平均值大小进行分类,但该方法无法分辨出喇叭口。

从第 k 个采样点开始,连续取 n 个采样值,记其平均值为 G ,则:

$$G = \frac{1}{n} \sum_k^{k+n-1} P_k \quad (1)$$

式中: P_k —第 k 个采样点值。

2.2 斜率法

依次取第 $k_i (i=1,2,3,4,5,6)$ 个采样点的值,记为 P_{k_i} ,其中 $k_{i+1} - k_i = n (i=1,3,5)$, $k_i < k_i + 1 (i=2,4)$ 。

记:

$$\alpha_j = \left| \frac{P_{k_i} - P_{k_{i-1}}}{n} \right| \quad (2)$$

式中: $i=2,4,6, j=i/2$ 。

如果 $\alpha_j (j=1,2,3)$ 中有一个值为零或者近似为零,则为喇叭口管;有两个值为零或者近似为零,则为0~1 N管;否则根据 α_2 的大小来进行分类。

2.3 加权最小二乘法

在实际问题中,研究者常常需要对已测的数据进行处理,去寻找一个合适的函数来模拟这些数据的规律,最常用的方法就是使已测的数据与模拟的数据之间差的平方和最小,这也就是平常所说的最小二乘法。

如果记采样数据点为 (x_i, y_i) (其中 $i=1,2,3, \dots, n$), 模拟后的函数为:

$$y = a_m x^m + a_{m-1} x^{m-1} + \dots + a_0 \quad (3)$$

式中: m —函数 y 的最高阶次。

采样数据与模拟数据之间差值(误差),记为 e_i ,即:

$$e_i = y_i - y = a_m x_i^m + a_{m-1} x_i^{m-1} + \dots + a_0 \quad (4)$$

则 n 个数据点的差值的平方和可记为:

$$E = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - y)^2 \quad (5)$$

求出使 E 值最小的时候,参数 a_m, a_{m-1}, \dots, a_0 的值。

在式(5)中,各个点的权值都是等同的,都为1,也就是各个点对整个数据的变化规律同等重要^[8-11],但是在实际采样中,中间段的数据更能反映整个管数据变化规律,因为系统采集中间段的数据的时候,数据的采样性能更稳定,受外界的影响小。

因此,在数据拟合的时候,本研究将中间段的数据点赋予更大的权重,而在采样开始和结束时候采样的数据点赋予较小的权重。

对于加权后的函数, n 个数据点的差值的平方和为:

$$E = \sum_{i=1}^n f_i e_i^2 = \sum_{i=1}^n f_i (y_i - y)^2 \quad (6)$$

式中: f_i —对于采样数据点的权值, $0 \leq f_i \leq 1, i=1,2,3, \dots, n$ 。

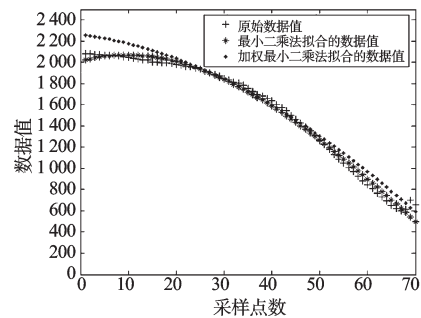


图4 最小二乘法与加权最小二乘法分别拟合的线

在Matlab中对实际采样数据的拟合曲线如图4所示,从图4中可以看出,在数据的开始端和末端,加权最小二乘法拟合的曲线与原始数据偏离较大,而在中间段与原始数据偏离很小,加权后的曲线能更好地反映了该类光纤管与检测棒之间摩擦力大小的变化。

使用最小加权二乘法的数据处理步骤为:

- (1) 将采集到的数据进行加权拟合;
- (2) 再根据斜率法进行分类处理。

3 实验结果及分析

3.1 重复性测量

研究者要保证分类的准确性,需要验证对于单个光纤管而言,所采样的数据能否满足重复性,也就是对同一根管同一端进行多次测量,观测每次采样的数据是否一致。本研究对同一根管同一端进行连续的5次测量,然后将采样数据绘制成曲线,曲线图如图5所示。

从图5中可以看出,采样的数据满足其重复性。

3.2 分类结果

本研究取每类样品100根,根据3种方法对采集

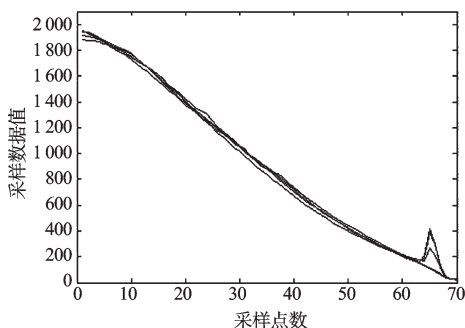


图5 数据重复性验证

的摩擦力大小进行分类处理。

3种方法的光纤管分类准确率如表1所示。

表1 光纤管分类准确率

| 分类方法 | 准确率/(%) | | | | | 喇叭口 | 总计 |
|---------|---------|-------|-------|-------|--------|-----|-------|
| | 0~1 N | 1~2 N | 2~4 N | 4~5 N | 5 N 以上 | | |
| 平均值法 | 96 | 97 | 98 | 97 | 97 | — | 97 |
| 斜率法 | 96 | 95 | 96 | 96 | 97 | 95 | 95.83 |
| 加权最小二乘法 | 98 | 97 | 98 | 97 | 99 | 98 | 97.83 |

从表1可以看出,加权最小二乘法的准确率最高。如果去掉喇叭口,采样平均值法的准确率也是很高,可以达到98%。

4 结束语

根据以上分析和结果,加权最小二乘法在该自动系统中分类准确性最高。本研究将该分类方法应用于自动分类系统中,结合DSP本身具有的高速数字处理能力,能够快速处理加权最小二乘法的算法,为实

现准确快速的分类提供了良好基础。

该自动分类系统已经能够投入实际使用,分类方法已得到了验证,完全满足生产的需求,适合大批量的分类检测,提高了生产的效率,降低了生产的成本。

参考文献(References):

- [1] 任宏伟,黄世峰,邹金龙. 超声波在管道内径检测中应用研究[J]. 北京电力高等专科学校学报, 2010(10): 108-109.
- [2] 王勇峰. 轴承内径在线检测系统的研究:[D]. 沈阳:沈阳理工大学机械学院,2008:1-7.
- [3] 谢会琴,杨铁牛,侯曙光. 注塑机机筒内径磨损量的检测方法研究[J]. 制造业自动化,2011,33(12):17-19,33.
- [4] 李海华,陈利. 利用图像实现孔类零件内径检测的方法[J]. 工具技术,2011,45(6):91-93.
- [5] 陈晓圆,陈彪. 基于机器视觉的光纤连接插芯内径测量系统[J]. 机电工程,2012,29(4):394-396,438.
- [6] 刘陵顺,高艳丽,张树团,等. TMS320F28335 DSP原理及开发编程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2011.
- [7] 张德丰. Matlab语言高级编程[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [8] 代冬岩,李智勇,张宏礼. 最小二乘法拟合及其Matlab实现[J]. 黑龙江科技信息,2009(21):35-36.
- [9] 张卫东,雷敏. 加权最小二乘估计中的拟合优度[J]. 中国统计,2006(8):53-54.
- [10] 徐永康,张雷. 基于Matlab空间四连杆引纬机构运动仿真[J]. 轻工机械,2012,30(3):17-21.
- [11] 丁毓峰. Matlab函数查询及应用案例(配视频教程)[M]. 北京:电子工业出版社,2011.

[编辑:张翔]

(上接第685页)

形态的力学响应行为。当时间段足够小时,能够满足求解精度的要求。通过对座椅地锁系统的显式计算和试验数据对比,两者保持了很好的一致性。

(2) 通过显式动力学求解分析,能够获得结构任意时刻的响应行为,通过正确的建模,能够捕捉到物理实验无法获得的中间段的微观响应行为,而相对物理试验获取时程曲线有一定的难度,追踪物理破坏的形成机理达不到量化的研究目标。

(3) 本研究通过显式动力学分析方法,获取了锁块的非线性接触波动行为是由多种力学因素合成的时变耦合行为,尤其是材料的应力超过屈服极限后的后屈服阶段,这种耦合行为愈加明显。

参考文献(References):

- [1] 韩玉坤,王立新,李军民,等. 20MN快锻液压机机架动力学分析[J]. 中国重型装备,2011(1):14-17.
- [2] 刘阳,魏昕,卫亮. 基于ANSYS/LS-DYNA的E型卡

簧安装过程的动态仿真[J]. 机电工程技术,2012,41(9): 64-66.

- [3] 陈国兴,陈磊,景立平,等. 地铁地下结构抗震分析并行计算显式与隐式算法比较[J]. 铁道学报,2011,32(11): 111-117.
- [4] 魏巍,孙恬恬,闰清东,等. 对数螺线及直线型面单向联轴器摩擦自锁机制的显式动力学数值模拟比较研究[J]. 润滑与密封,2009,34(3):41-43.
- [5] 高建民,郝磊斌,张刚,等. 谷粒冲击压电力敏元件数值模拟与试验[J]. 农业机械学报,2009,40(6):63-66.
- [6] 张乐乐,谭南林,樊莉. 滚动轴承故障的显式动力学仿真与分析[J]. 上海交通大学学报,2007,41(9):1506-1509.
- [7] 赵玉清. 基于Ansys/Ls-Dyna的模锻成形研究[J]. 邢台职业技术学院学报,2009,26(5):72-75.
- [8] 张秀华,张春巍,段忠东. 爆炸荷载作用下钢框架柱冲击响应与破坏模式的数值模拟[J]. 沈阳建筑大学学报:自然科学版,2009,25(4):656-662.

[编辑:张翔]