

数控车床加工石油油套管磨损缺陷自动检测系统设计

王鹏

(中海油能源发展装备技术有限公司 加工制造分公司,天津 300400)

摘要:为提高石油油套管加工合格率,设计一套数控车床加工石油油套管磨损缺陷自动检测系统,其硬件部分包括油套管缺陷检测装置模块、A/D转换器、信号分析处理软件部分;软件设计包括用户界面、页面显示控件、程序运行模式设计以及程序架构设计。给出了油套管缺陷检测流程以及检测信号处理流程,并获取了数控车床石油油套管加工缺陷信号。经数据预处理,获得了更为精准的石油油套管磨损缺陷位置,优化了数控车床相关参数,实现了磨损缺陷的自动检测。

关键词:数控车床;石油油套管加工;磨损缺陷;自动检测

中图分类号:TP272 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)05-0222-04

Design of Automatic Detection System for Wear Defects of Petroleum Oil Casing on CNC Lathe

WANG Peng

(Processing and Manufacturing Branch, CNOOC Energy Development Equipment Technology Co., Ltd., Tianjin 300400, China)

Abstract: In order to improve the pass rate of oil casing processing, a set of CNC lathe processing oil casing wear defect automatic detection system is designed, whose hardware includes tubing sleeve defect detection device module, A/D converter and signal analysis and processing software, and its software parts consist of user interface, page display controls, program operation and program architecture. The oil casing pipe defect inspection process and signal processing are presented, and the numerical control lathe oil casing flaw signal is obtained. Through data preprocessing, more accurate oil casing wear defect position is defined and related parameters of CNC lathe is optimized, leading to the realization of automatic detection for wear defects.

Keywords: CNC lathe; petroleum casing processing; wear defects; automatic detection

0 引言

国内外的各个油田都存在大量油管^[1]。石油油管在地下工作时承受拉伸、挤压、压井等物理作用以及管内注水、酸化等化学作用,导致油管内局部可能出现磨损、泄漏和脱扣等情况^[2],若不及时处理,油管缺陷过于严重后,必须重新下管,其成本及风险将大大升高。因此,必须研究出可自动检测油管缺陷的方法^[3]。

吴秀东等^[4]人提出基于 Halcon 的石油油套管磨损缺陷检测系统设计方法,通过 CCD 相机采集油套管表面图像并传输到计算机中,提取目标图像并进行滤波去噪及缺陷边缘检测处理,连通缺陷区域以求缺陷面积,进而实现油套管磨损缺陷检测。该方法增加数据传输时间,降低了传输速率。王恒迪等^[5]人提出石油油套管磨损缺陷检测系统设计方法,在硬件的基础上综合油套管图像采集、图像预处理、图像定位和剪裁、差影处理、形态学运算与缺陷标记识别,以此检测出油套管中的缺陷,实现油套管磨损缺陷检测,该方法增加了油管套磨损缺陷检测误差率。马宗正等^[6]人提出基于结构光表面的石油油套管磨损缺陷检测系统设计方法,该方法能够获取石油油套管表面缺陷的立体数据,实现油套管磨损缺陷检测,但该方法通过直流放大器将油套管磨损缺陷信号放大,存在检测灵敏度

低的问题。

为了解决上述方法中存在的问题,提出数控车床加工的石油油套管(以下简称油套管)磨损缺陷自动检测系统设计方法。

1 油套管磨损缺陷检测系统硬件设计

在油管井口处安装缺陷自动检测装置,当数控车床加工油套管开始作业时,检测传感器可接受信号,基于信号特征利用信号处理器处理信号,并输入 A/D 转换器,以此简化缺陷信号数字化的转换^[7],最终将数字输入计算机,若油套管缺陷超标则检测装置发出警报,并进行波形打印,且自动生成缺陷检测报告。检测流程图如图 1 所示。

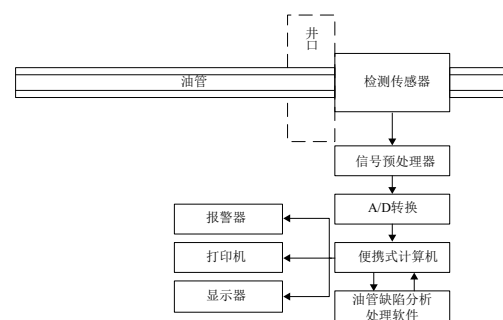


图 1 油套管缺陷检测系统

作者简介:王鹏(1983—),男,天津人,高级技师,本科,研究方向为石油类机加工产品、特殊螺纹检验。

1.1 油套管缺陷检测装置模块

油套管缺陷检测装置即缺陷检测传感器,在油套管周围放置 4 个检测探头,且每个探头中含有两组不一样的缺陷检测零件,此零件可检测不同方向的漏磁场信号^[8]。为确保零件之间的密闭性不影响检测精度,在数控车床加工油套管时,将传感器安装在封口器上,这样既可过滤油蜡还可防止原油卡死装置和传感器影响检测效果。传感器安装效果图如图 2 所示。

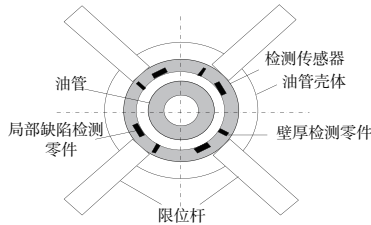


图 2 油套管缺陷检测装置效果示意图

1.2 信号预处理模块

由于油套管磨损缺陷检测装置中的检测零件向外发出的信号难以捕捉,因此在输出信号前需对信号进行预处理。经过数控车床加工后的石油油套管局部发生腐蚀后检测出的信号是突变信号,所以可将检测零件输出的信号经过交流耦合及滤波处理后输入交流放大器中将信号扩大,但其中特殊的柱状缺陷属于缓变信号,因此它的处理方式是采用直流叠加和滤波处理后再利用直流放大器进行扩大,其流程图如图 3 所示。

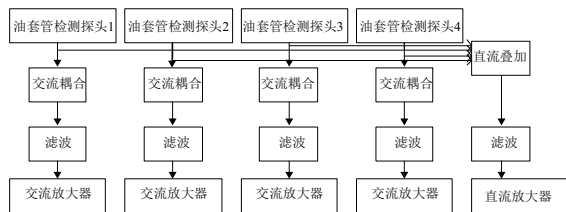


图 3 检测零件信号处理流程图

检测零件的信号经过预处理后具有 5 种可输出的信号,除其中一种为杆状偏磨导致的壁厚变化信号外,其余都是腐蚀孔洞信号。

1.3 A/D 转换器

A/D 转换器是位于信号打印口的核心为 MAX197 的数据信号采集设备,此设备含有采样频率高的特性,且可以程控多量程选取。MAX197 信号采集器的芯片中自身含有标准电压、+5 V 单电源工作电压、信号采样保持器与时钟,使得信号转换不仅变得十分简便,且符合油套管检测的监测要求,并且此设备的信号传输率已达到 ISA 总线的程度,因此转换后的信号在打印时只需将插头插入打印口即可,不需要打开计算机插卡。

1.4 信号分析处理软件

经过 A/D 转换后的缺陷信号进入计算机时,信号分

析处理软件根据获取到的信号及有关报废要求进行分析处理,并将信号保存在计算机内,在油套管检测时,若某些缺损情况已超过报废条件,计算机将自动发出警告。检测结束后,计算机将自动生成油套管磨损缺陷检测报告。

2 电磁超声探伤系统软件设计

2.1 用户界面设计

在利用 Qt creator 进行用户互换界面时,即将某些可视化的空间均匀排列在一起,且将页面细分为五大栏,分别是底边栏、顶边栏、侧边栏、绘图区和光标显示区。其中顶边栏就是设置绘画区参数的区域,此区域可以调整信号样本回波的增益大小值,还可体现出 USB 图标、电池电量以及信号样本取值范围;底边栏含有换能器、发射电路和全部系统的 7 个参数定义栏,当用户选择底边栏中的某一控件时,侧边栏会立即出现不同的页面,可根据需要选择出对应的参数进行设置;绘图区可以及时体现出样本信号的波形;光标显示区就是通过光标运用绘图区。整体结构如图 4 所示。

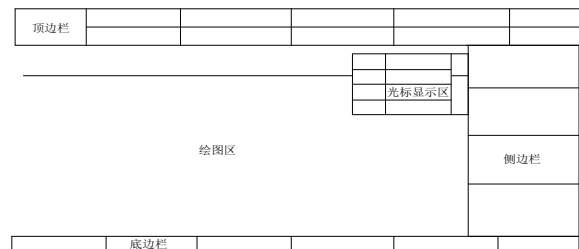


图 4 页面布局结构图

2.2 页面控件显示设计

为使页面效果一目了然且功能齐全,因此需要设置显示控件。因为侧边栏及顶边栏的显示效果均不相同,所以需要提前确定页面子控件的显示效果,再提升显示框的子控件的效果。在修改显示效果的过程中,为不改变边栏控件代码,在设置显示控件时需要采用 C++ 的多重继承特性,利用父类的接口统一接收信号,并以此使得页面显示出不同效果,继承关系如图 5 所示。

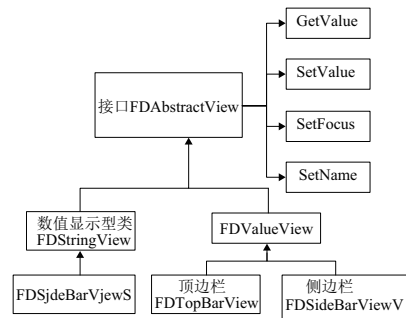


图 5 显示控件继承关系示意图

由于设计控件时将数据分成数字和字符两种类型,这两种数据类型都可秉承抽象接口类型的 FAbstractView。

此类型的 FDAbstractView 具有两种显示数据的特征,当得到目前控件的数值时,则定义出目前控件的数值、名称和焦点,侧边栏可直接继承接口类的数值型 FDValueView。侧边栏接口可以临时借用接口定义出自己的控件,若取得目前的控件数值,可以直接定义控件的数值,侧边栏直接具有属于自己的显示效果,顶边栏虽可以直接继承接口,但可定义的效果不一样。

2.3 程序架构设计

通过总结所有软件内容,将软件程序分成用户交换图像层、逻辑运算及油套管缺陷数据管理层两部分。为保证两者之间既能独立运行又能关联,可通过用户交换界面及数据分离的数据结构进行数据处理,即 Model/View 结构,如图 6 所示。

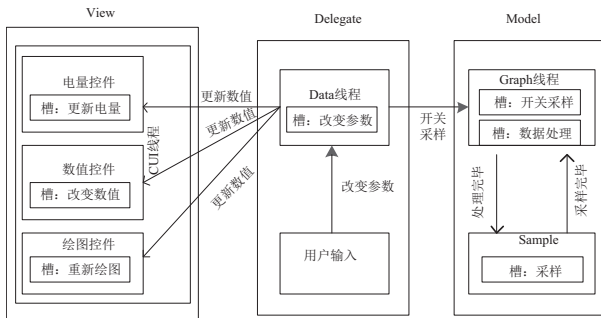


图 6 数据分离数据结构图

在此数据结构中,需要构建底层数据之间的关联 Model 类,它可以处理和访问底层数据,同时为页面显示提供信号接口;还需构建与之相关的 View 类,此类在 Model 类中取得数据,在 Delegate 类的基础上将变化后的数据传送到底层数据进行交换。其中,Model 类不负责界面显示,只考虑底层数据的互相交换;View 类只关注数据如何显示,不考虑数据的保存和改写;Delegate 类既不负责数据处理也不负责数据显示,它只是在数据显示的元件发生变化时进行改写并启用 Delegate 类,并利用 View 类向 Delegate 类传送变化后的信号,同时生成 View 类可利用的程序编辑器,最后将设置好的信号传送给 Model 类,实现底层数据的预处理。此数据结构的优点是抓住每层之间的数据变化即可大幅度降低软件程序间的耦合度,从而更加合理且便利地处理各层之间的程序,使得程序层次更加可靠。

2.4 程序运行模式设计

程序设计模式中的单例模式属于主动创建型,其确保一个类只建立一个实例,以此保证此类有且只有一个信号访问点,通常情况下各个类都阻止不了用户变换出多个实例,因此只能在程序中自行设置出一个实例。

因为 FDsideBarViewV 类在页面的边栏中被多次借用,在油套管缺陷检测系统中大部分模块都会经过此类并访问,因此会出现某些模块同时借用此类情况,从而产生资源冲突,导致程序冗余过多。因此可总结出单例模式的优点为减少资源浪费且保证全局有且仅有一个信号访问点,其余类在借用 FDsideBarViewV 类时也只需访问此点即可,其单例模式如图 7 所示。

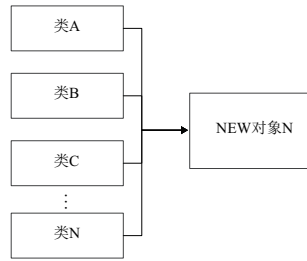


图 7 单例模式示意图

利用此软件程序并综合上述硬件系统即可实现油套管磨损缺陷的自动检测。

3 实验结果与分析

为了验证所提方法的整体有效性,需要在 Windows7 32 位操作平台中对油套管分别用本文设计的自动检测方法、文献[4]方法和文献[5]方法对系统进行传输数据速率、缺陷检测误差率和检测灵敏度的测试。

3.1 油套管产品合格率

为验证系统的有效性,采用不同系统下对油套管产品合格率进行检测,得到结果如图 8 所示。

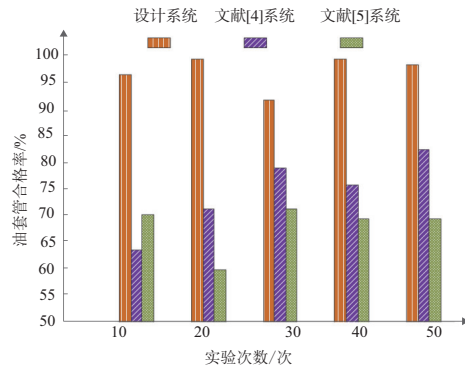


图 8 油套管产品合格率

分析图 8 可知,当实验次数为 10 次时,文献[4]系统的油套管产品合格率为 64%,文献[5]系统的油套管产品合格率为 71%,设计系统的油套管产品合格率为 97%。当实验次数为 50 次时,文献[4]系统的油套管产品合格率为 83%,文献[5]系统的油套管产品合格率为 69%,设计系统的油套管产品合格率为 98%。本文所设计系统的油套管产品合格率明显高于其他方法。这是因为在自动检测油套管缺陷过程中,系统自动对采集到的信号进行耦合处理,因此电路元件之间可以互相传输信息,信号之间可以获取其重复信息并排除,提升油套管产品加工合格率。

3.2 缺陷面积检测误差率

为验证系统的有效性,采用不同系统下对油套管产品缺陷面积检测误差率进行检测,得到结果如图 9 所示。

选取不同油套管深度,利用三种系统得出缺陷面积误差率。从图 9 中的数据可看出,油套管深度会影响系统检测结果,导致检测出的缺陷面积与实际缺陷面积产生误差,而设计

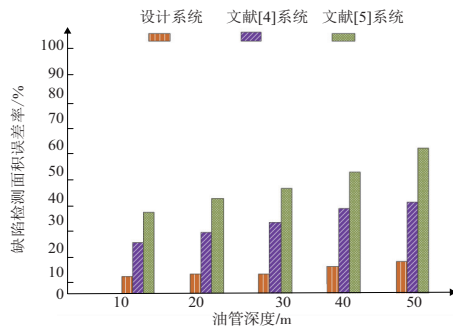


图9 三种系统的检测面积误差率

系统的误差率始终不超过 20%。文献[5]系统的误差率始终居高不下,最高误差超过 50%,文献[4]系统次之,而本文所设计系统保证误差不超 20%。这是因为在实现油套管缺陷检测前采用直流叠加和滤波处理,能去除所有影响信号误差的因素,更加清晰地检测出信号缺陷,从而检测出的油套管缺陷更加完整,以此降低了检测误差。

3.3 检测灵敏度

为验证系统的有效性,采用不同系统下对油套管产品缺陷检测灵敏度进行检测,得到结果如图 10 所示。

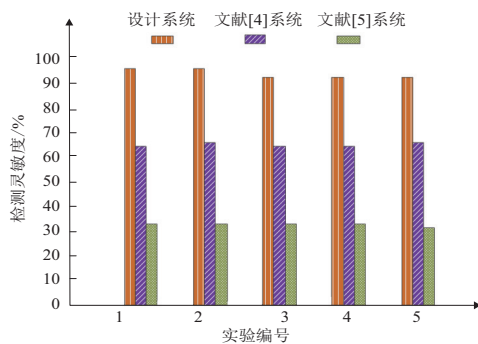


图10 不同系统的检测灵敏度

系统的检测灵敏度可说明系统的优劣,经过多次迭代得出图 10 数据,设计系统可检测的缺陷大小精确到 0.01 mm,从而得出设计系统的检测灵敏度趋近于 100%,其他两种系统由于各种原因灵敏度皆低于设计系统,这是因为所提方法利用直流放大器将信号放大,使得检测出的缺陷信号更加精确,进而在简便操作的基础上也能精确检测出缺陷信号,以此提高检测灵敏度。

4 结语

为解决目前所用方法的不足,提出数控车床加工油套管磨损缺陷自动检测系统设计方法。该方法首先设计出含有多个模块的硬件系统,在此基础上综合单独运行的多模块单例模式软件程序,实现油套管磨损缺陷自动检测。经试验表明,该方法能够有效提升油套管加工的产品合格率、降低缺陷检测误差率,提高检测灵敏度,降低了油套管加工成本,提高了效率。

参考文献:

- [1] 乔湘洋,王海芳,祁超飞,等. 基于机器视觉的线缆表面缺陷检测系统设计与算法研究[J]. 机床与液压, 2020, 48(5):49-53.
- [2] 卢颖颖,孙育. 基于机器视觉的电镀件表面缺陷检测系统[J]. 电镀与环保, 2019, 39(2):59-61.
- [3] 刘国华,孙宝佳. 基于机器人视觉的坍塌缺陷检测系统[J]. 机械设计, 2019, 36(2):40-45.
- [4] 吴秀东,李东兴,常晓刚,等. 基于 Halcon 的钢球表面缺陷检测系统设计[J]. 轴承, 2018(10):53-58.
- [5] 王恒迪,郝琳博,杨建玺,等. 轴承外观缺陷检测系统的设计与实现[J]. 现代制造工程, 2018(5):156-161.
- [6] 马宗正,刘杰,潘高杰,等. 基于结构光表面缺陷检测系统设计与开发[J]. 现代制造工程, 2018(5):139-143.
- [7] 张文学,王继红,任戈. 光学元件缺陷在线检测光学系统设计[J]. 应用光学, 2019, 40(5):779-785.
- [8] 李建明,杨挺,王惠栋. 基于深度学习的工业自动化包装缺陷检测方法[J]. 包装工程, 2020, 41(7):175-184.

收稿日期:2021-03-11

(上接第 207 页)

- [12] XIE G N, WANG Q W, ZENG M, et al. Heat transfer analysis for shell-and-tube heat exchangers with experimental data by artificial neural networks approach [J]. Applied Thermal Engineering, 2007, 27(5/6):1096-1104.
- [13] WANG Q W, CHEN G D, CHEN Q Y, et al. Numerical studies of a novel combined multiple shell-pass shell-and-tube heat exchanger with helical baffles [C]// Proceedings of ASME 2008 Heat Transfer Summer Conference Collocated With the Fluids Engineering, Energy Sustainability, and 3rd Energy Nanotechnology Conferences, Jacksonville, Florida, USA. 2009:23-31.
- [14] 吴峰,曾敏,王秋旺,等. 通道深宽比对液体火箭发动机推力室再生冷却的影响[J]. 航空动力学报, 2007, 22(1):114-118.
- [15] 吴峰,王秋旺,罗来勤,等. 液体推进剂火箭发动机推力室再生冷却通道三维流动与传热数值计算[J]. 航空动力学报, 2005, 20(4):707-712.

- [16] 吴峰,王秋旺,罗来勤,等. 液体火箭发动机推力室冷却通道传热优化计算[J]. 推进技术, 2006, 27(3):197-200.
- [17] 吴峰,王秋旺,罗来勤,等. 液体火箭发动机推力室冷却通道流动与传热数值研究[J]. 推进技术, 2005, 26(5):389-393.
- [18] 邓哲,胡春波,卢子元,等. Metal/N₂O 粉末火箭发动机实验研究[J]. 固体火箭技术, 2015, 38(2):220-224.
- [19] 王立武,田维平,郭运强,等. 固体火箭发动机燃气科氏加速度的影响分析[J]. 推进技术, 2019, 40(3):481-486.
- [20] 徐义华,胡春波,张胜敏,等. 固体火箭发动机羽流红外辐射特性研究[J]. 固体火箭技术, 2010, 33(2):176-181.
- [21] 李鸿,吴优,张兴浩,等. 磁路温度对霍尔推力器放电稳定性影响[J]. 推进技术, 2018, 39(1):231-240.
- [22] 李文博,胡俊锋,孙昊,等. 电推进空心阴极热子的寿命评估研究[J]. 推进技术, 2017, 38(9):2146-2151.
- [23] 欧阳磊,宁中喜,夏国俊,等. 无热子空心阴极冷启动特性研究[J]. 推进技术, 2016, 37(6):1195-1200.

收稿日期:2020-09-24