

钢板表面质量机器视觉检测系统设计

Design of Steel Plate Surface Quality Inspection System Based on Machine Vision

王丹民¹ 康勇²

(中冶京诚工程技术有限公司¹,北京 100176;辽宁电力有限公司²,辽宁 沈阳 110006)

摘要: 针对国内钢厂采用人工方法检查钢板表面缺陷存在可靠性差的问题,开发设计了基于机器视觉技术的带钢表面缺陷自动检测系统。系统通过摄像头采集带钢表面的图像,然后采用图像处理及模式识别算法对图像进行实时处理和分析,从而检测出钢板表面缺陷,并对缺陷进行自动分类识别。实验结果表明,系统能够对带钢表面进行实时在线监测,并能正确识别常见的带钢表面缺陷。

关键词: 机器视觉 表面检测 带钢 表面缺陷 图像处理

中图分类号: TG335.6+2

文献标志码: A

Abstract: At present, in domestic iron and steel plants, the manual inspection method for surface defects of the steel plates features poor reliability, thus the automatic detection system based on machine vision technology has been developed and designed. Through collecting the images of surface of steel strip by the cameras, then the images are processed and analyzed in real time with image processing and pattern identification algorithm for inspecting the defects in surface of the steel plate, and the defects are automatically classifying and identifying. The result indicates that the system can monitor the surface of the steel strip online in real time, and correctly identify the common surface defects of steel strips.

Keywords: Machine vision Surface inspection Steel strip Surface defect Image processing

0 引言

钢板在生产过程中有时会产生结疤、裂纹、夹杂、划痕、麻点、压痕、重皮、气泡和折迭等表面缺陷。目前,国内钢厂主要通过人工方法来检查钢板表面缺陷。这种方法可靠性差,且缺乏检测的准确性、一致性和实时性;检测到的缺陷数据不方便保存,难以对缺陷进行统计分析并以此指导生产;检测环境恶劣,对人身危害较大等^[1]。

如今一些发达国家钢铁厂的生产线已普遍配备表面缺陷检测识别系统,在国内,该技术也已开始被各钢厂逐步采用。本文在借鉴北京科技大学等科研机构的研究成果的基础上^[2-3],综合利用图像处理、模式识别和人工神经网络等现代化信息技术,开发设计了基于机器视觉的钢板表面缺陷自动检测及识别系统。

1 系统设计概述

本文通过对钢板表面缺陷产生原因和外在特征的分析,基于机器视觉技术,利用多个 CCD 摄像机实时采集生产线上钢板的表面图像;同时,采用快速图像处

理及模式识别算法对图像进行实时处理和分析,从而检测钢板表面缺陷,并对缺陷进行自动分类识别^[4]。系统设计主要解决了以下问题:

① 光源设计和并行计算系统设计,以及摄像机采集速度与钢板运行速度的匹配;

② 图像处理,包括钢板有效区域提取、噪声去除和图像变换分割等预处理;

③ 缺陷分类器的设计,包括缺陷及缺陷特征提取、缺陷特征降维选择、缺陷分类器逻辑结构和分类规则等;

④ 钢板表面液体等良性缺陷与表面质量缺陷的纹理特征区别。

2 系统结构设计

2.1 硬件结构

系统硬件主要包括摄像机组、光源、并行计算摄像头计算机组、服务器和控制台等,如图 1 所示。

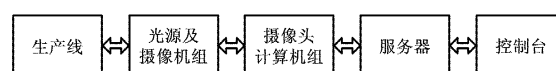


图 1 硬件系统

Fig. 1 Hardware system

2.1.1 摄像机组

摄像机组由若干 CCD 摄像头组成。系统根据生产线宽度及检测精度等要求,在钢板上、下表面各配置

修改稿收到日期:2010-08-04。

第一作者王丹民,男,1970年生,2007年毕业于北京科技大学控制理论与控制工程专业,获博士学位,高级工程师;主要从事钢铁生产过程自动化、图像识别等方面的研究。

了若干个摄像头。摄像机组主要完成图像采集功能,通过采集钢板表面反射光得到钢板表面图像。本系统钢板上、下表面各配置了5个摄像头,且相邻摄像头扫描的图像之间有重叠,以确保系统能够扫描到整个钢板表面。

系统选用 DH-SV400FC/FM 摄像机,其分辨率为 780×582 ,采集速度为 50 帧/s,每帧 625 线,最小曝光时间为 $1/50\,000$ s,信噪比为 45 dB。

2.1.2 光源

光源为钢板提供反射光,根据摄像机组要求,在钢板上、下表面各配置了1个光源。光源的选择需要考虑被检测物体的表面情况以及缺陷类型。为了获取背景图像光强均匀分布的钢板表面图像,系统采用频闪高亮度 LED 光源,并与摄像机保持同步。LED 光源具有亮度高、寿命长和可靠性高等优点,且光照均匀性好。

2.1.3 摄像头计算机组

摄像头计算机组由多台摄像头计算机组成,主要实现图像的并行实时处理功能,每个摄像头都与1台单独的摄像头计算机相连。摄像头将采集到的图像信号传给与它相连的摄像头计算机,并在摄像头计算机中进行处理,以保证能够对图像信号进行并行处理,从而提高系统的运算能力,达到实时检测的要求。所有缺陷检测与分类运算都在摄像头计算机中完成。设计中,图像采集卡的选择十分关键,本系统选择了 V510 型高精度黑白专业图像采集卡。该采集卡数据处理为 10 bit,具有前端 A/D 转换和 PCI 总线传输功能,支持 3 路复合视频输入和 1 路复合视频输出。

2.1.4 服务器

服务器负责接收由并行计算客户机组得到的检测结果,并对这些结果进行合并和集成,从而得到整个钢板的缺陷分布情况,以便对钢板的表面质量进行总体评价;同时,服务器还将钢板的缺陷分布情况保存在数据库中。此外,系统还可以配备附加的存储装置,以便保存大量的钢板表面质量信息。

2.1.5 控制台

系统将表面缺陷检测出来之后,将结果以报表等各种客户需要的形式显示在控制台端,现场质检部门通过控制台可以直接了解到当前钢板的表面缺陷检测情况,且质检部门的人员可以根据需要,对检测结果进行汇总和打印等处理。

2.2 软件结构

系统软件采用 C/S 架构,包括摄像头客户端和服务器端两部分^[5]。摄像头客户机工作示意图如图 2 所示。

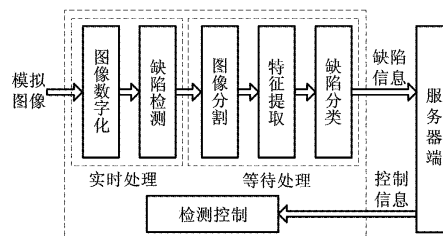


图 2 客户机工作示意图

Fig. 2 Sketch map of the client

2.2.1 摄像头客户端

在每个客户机中安装由 HALCON 开发的图像处理及分析软件,再把多个客户机安装在一个标准的控制机柜中,则构成了并行计算系统。客户机数据流的输入为摄像头采集到的视频图像,输出为视频图像中存在的钢板表面缺陷信息。客户机的主要工作步骤为图像采集与数字化、缺陷检测、图像分割、特征提取和缺陷分类^[6]。为了满足系统实时检测的要求,图像采集数字化和缺陷检测这两个步骤都需要实时完成,而图像分割、特征提取和缺陷分类这三个步骤可以在计算机有空闲的时候执行,即采用等待处理方式,具体描述如下。

① 图像采集与数字化,当客户机得到钢板到位信号后,会给摄像机发出开始扫描的信号,利用客户机中的图像卡采集由摄像头传来的钢板表面图像信息并进行数字化处理,且客户机可以根据钢板的运动速度调整图像采集速度,以保证采集到的表面图像不重叠。

② 缺陷检测的作用是检测图像中是否存在缺陷。由于采集到的图像存在噪声,需要对其进行滤波和去噪处理。如果图像中没有缺陷,就不需要再做进一步处理;如果存在缺陷,则等待进一步处理。

③ 图像分割的作用是确定缺陷所在的区域位置。该位置横向坐标由行扫描的时序来确定,纵坐标由起始信号、钢板运行速度及时间来确定。图像分割采用边缘提取方法,通过图像分割后得到一个比较完整的缺陷区域,从而可对缺陷进行标定。

④ 特征提取的作用是计算缺陷的特征值,以便对缺陷进行分类。图像的特征值有多种类型,如几何形状特征、投影特征、纹理特征、分形特征和频谱特征等。通过对样本的分析,系统主要选用了几何形状特征和灰度值特征,如目标空间位置和大小,灰度的平均值、方差、歪度、峭度、能量等^[7]。

⑤ 缺陷分类的作用是采用分类器,根据输入的特征值对缺陷进行分类,以确定缺陷的类型和等级。分类器的设计非常关键,包括建立分类器的逻辑结构和分类规则。系统采用人工神经网络方法,即基于大量的缺陷

样本,经过训练建立起神经网络分类器。另外,在生产过程中如果产生了新的缺陷类型,需要把新的缺陷类型添加到样本集中,用新的样本集对分类器进行重新训练。

2.2.2 服务器端

服务器工作过程如图3所示。

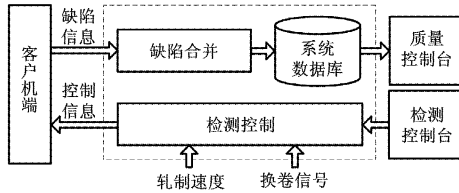


图3 服务器工作示意图

Fig. 3 Sketch map of the server

摄像头客户端通过以太网传递给服务器的缺陷信息分别是单个摄像头的处理结果。由于缺陷分布在不同摄像头采集到的图像中,所以需要在服务器中对这些缺陷进行合并,并对钢板表面质量进行评估,将缺陷图像及评估结果保存在数据库中。服务器还可以发出控制指令,控制整个检测工作过程,如检测的开始、停止、暂停、缺陷报警以及钢板的加入和结束等。此外,服务器还具有其他重要功能,如离线缺陷数据分析、统计报表汇制以及整套系统的各种交互控制等,从而使质检部门工作人员通过控制台就可以直接了解到当前钢板的表面缺陷检测情况。

3 结束语

介绍了一种新的基于图像处理的带钢表面自动监测系统。综合利用图像处理、模式识别和人工神经网络等现代化信息技术,使系统具有适用性好、检出率高等优点;采用由多台摄像头计算机和一台服务器组成的并行计算机处理系统,保证了对带钢表面的实时检测;特征量是对带钢表面缺陷进行分类的关键,尽可能多地提取各种类型的特征量并对其进行优化选择,可实现缺陷的准确分类和处理。

参考文献

- [1] 张洪涛,段发阶,丁克勤,等. 钢板表面缺陷在线视觉检测系统研究[J]. 传感技术学报,2007,20(8):1989-1902.
- [2] 徐科,徐金梧,梁治国,等. 冷轧带钢表面质量自动检测系统的在线应用研究[J]. 冶金自动化,2003(1):51-53.
- [3] 欧阳奇,张兴兰,陈登福,等. 高温连铸坯表面缺陷的机器视觉无损检测[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2007,30(11):27-31.
- [4] 王崇涛. 基于机器视觉的表面缺陷检测仪在冷轧生产的应用[J]. 河南冶金,2007,15(9):57-60.
- [5] 刘伟嵬,颜云辉,孙宏伟. 冷轧带钢表面缺陷在线检测软件体系结构设计[J]. 计算机工程与设计,2008,29(5):1276-1278.
- [6] 徐科,徐金梧,鹿守理,等. 冷轧带钢表面自动监测系统的研究[J]. 钢铁,2000,35(10):63-66.
- [7] 徐科,徐金梧,班晓娟. 冷轧带钢表面质量自动监测系统的模式识别方法研究[J]. 钢铁,2002,37(6):28-31.

(上接第41页)

- [4] 姚振群,杨东方. PLC 闭环控制系统中 PID 控制器的实现[J]. 现代机械,2005(4):20-25.
- [5] 章丽英. PID 算法在 PLC 过程控制中的实现[J]. 张家口职业技术

学院学报,2007,20(1):47-50.

- [6] 陶永华. 新型 PID 控制及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,1998.
- [7] 刘金琨. 先进 PID 控制与 MATLAB 仿真[M]. 北京:电子工业出版社,2000.

(上接第43页)

际控制偏差分别为 $\pm 0.08 \text{ mm}$ 、 $\pm 0.06 \text{ mm}$,实际控制精度远远高于考核值 $\pm 1 \text{ mm}$ 。

3 结束语

本套 CVC 中间辊窜动系统采用位置反馈闭环控制系统与上、下中间辊同步控制系统相结合的控制方法,为中间辊窜动的位置精度控制,速度控制及上、下位置偏差控制提供了有力保障,且避免了轧制中因伺服阀发生漂移而导致位置发生偏移的问题。上、下中间辊位置控制精度达 $\pm 1 \text{ mm}$,上、下中间辊位置偏差控制精度达 $\pm 1 \text{ mm}$,对获得高质量板形和最优使用设备起到了重要作用。

在实际应用中,可将本控制系统中的位置控制替换

为其他变量控制,用于其他工程应用,具有广泛的应用性。

参考文献

- [1] 郭京林,王治国. CVC 技术在现代冷轧机中的控制策略和手段[J]. 轻合金加工技术,2003,31(12):12-15.
- [2] 曹建国,顾云舟,张杰,等. 1700mm 冷轧带钢轧机板形控制能力研究[J]. 钢铁研究,2002,30(3):16.
- [3] 刘佳伟,王军生,张殿华,等. 六辊 UC 轧机中间辊轴向移动速度的研究[J]. 钢铁,2009,44(12):59-61.
- [4] 刘玉礼,胡锡增,赵永和. HC 轧机辊间接触压力分布及辊系变形计算[J]. 燕山大学学报,1989,13(4):12.
- [5] 赵家骏,魏立群. 冷轧带钢生产问题[M]. 北京:冶金工业出版社,2005:1-25.
- [6] 李晓燕,张杰,陈先霖,等. 冷轧平整机板形问题的特点及对策[J]. 钢铁,2003,38(12):26-29.
- [7] 华建新,王贞祥. 全连续式冷轧机过程控制[M]. 北京:冶金工业出版社,2000.