# 钢轨表面缺陷自动检测系统应用*

赵铁英，田颖鹏，刘志强

（内蒙古包钢钢联股份有限公司轨梁轧钢厂，内蒙古 包头 014010）

**摘　要：** 目前钢轨表面缺陷的检查主要依靠人工目视觉检测的方式，但这种方式存在易疲劳、检测速度慢和检出率低等缺点。钢轨在线表面缺陷检测系统，通过高速、超高分辨率数字图像采集技术，获得高清晰钢轨表面图像；运用图像处理和检测技术，准确定位缺陷位置；利用现代人工智能技术，计算缺陷几何和灰度特征，对缺陷进行分类识别。

**关键词：** 钢轨表面缺陷；自动检测；图像处理；双目立体视觉

**中图分类号：** TG334.9+1　　**文献标识码：** B　　**文章编号：** 1009－5438(2017)04－0057－03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.04.016

## Application of Automatic Detection System for Rail Surface Defects

*ZHAO Tie－ying, TIAN Ying－peng, LIU Zhi－qiang*

(*Rail and Beam Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*)

**Abstract:** At present, inspection of rail surface defects mainly depend on the way of artificial vision detection, but this way has many disadvantages, such as fatigable, slow detection and low detection rate. The rail on－line surface defect detection system obtains high definition rail surface images by high－speed and ultrahigh resolution digital image acquisition technology; the location of defects is accurately located by using image processing and detection technology; the defect geometry and gray feature are calculated by using modern artificial intelligence technology to classify and identify the defects.

**Key words:** rail surface defects; automatic detection; image processing; Binocular Stereo Vision

在生产加工过程中，钢轨表面有时会出现结疤、裂纹、刮伤、磷皮、孔洞、麻点等不同类型的缺陷。这些缺陷不仅影响产品的外观，而且降低了产品的耐磨性、耐压性、抗脆断性和抗疲劳断裂性等性能。对我国日渐提速的高速铁路运输也是严重的安全隐患，因此必须要在钢轨出厂前进行全面的质量检测。而传统钢轨质量检查方式是由人工目测质量检查，为了检查细小的缺陷，在运行过程中，质量检查人员需要全神贯注于钢轨表面，依靠经验判断表面缺陷，记录位置，填写质量记录卡；由于条件的限制，质量人员基本上是对钢轨的保证面进行记录，无法（或难度很大）对钢轨进行全面的质量进行记录；在发生质量争议时，因质量记录卡受人为因素的影响，无法客观反映钢轨的质量情况，很难让用户信服，争议较多。同时人工目测可适应的钢轨运行速度为0.4 m/s，而钢轨的轧制速度为4 m/s，矫直速度为1.4 m/s，这也成为制约钢轨生产效率的一个瓶颈。

## 1　概述

钢轨表面质量检测仪利用图像处理、模式识别

*　**收稿日期：** 2017－05－08

**作者简介：** 赵铁英（1977－），女，河北省衡水市人，工程师，现从事设备运行管理与改造。

中国知网 https://www.cnki.net

及机器视觉等技术，通过围绕钢轨四周搭建多套检测设备实现了钢轨的踏面、底面和轨腰面的全方位覆盖测量。通过采取主动条纹光源和双目视觉技术，实时提取钢轨表面轮廓，从而检测钢轨表面的三维缺陷。钢轨表面质量检测仪实现了对钢轨表面缺陷的在线测量，不仅可以提高检测速度和精度，而且可以大大节省人力物力。

为满足现代化生产的需要，研发一套在线表面自动检测系统，使钢轨的生产管理者彻底摆脱了无法全面掌握产品表面质量的状态。该检测系统满足下面的要求：①尽早检测出表面缺陷并采取相应措施；②减少对废品的昂贵的后续处理；③实现100%的在线检测。

## 2 钢轨检测的特殊性

目前，国内外对板带钢表面质量在线检测使用的二维表检技术（从颜色变化上寻找缺陷）研究较多，但对钢轨这样具有多曲面的型材表面质量在线检测技术研究却很少。与板带钢比起来重轨表面质量检测难度更大，首先重轨在形状上远比板带钢复杂，被检测面均为不规则曲面，检测时需多个面同时采集数据并分析。其次重轨表面缺陷形状各异、种类繁多，以缺陷深度为主要判断依据，且要求精度很高，对于深度的检测二维表检是无能为力的。第三重轨表面情况十分复杂，无深度变化的杂讯非常多，对二维表检造成了很大困扰。

针对钢轨缺陷的特殊性，确定对钢轨表面采用三维检测的方法，即使用“双目视觉”、“条纹投影”等技术手段将钢轨外形轮廓尺寸准确计算出来，从三维轮廓上提取带有深度信息的三维缺陷。

## 3 设备原理

系统检测结构图如图1所示，系统主要由一个投影单元和两个高分辨率的面阵CCD相机组成。测量时投影仪将一组条纹光场投影到被测物体表面，两个照相机分别从不同方向观察因受物体形状调制而变形的条纹图像。提取条纹的相位信息后，系统自动建立起两个照相机像素间的对应关系（即在两个相机上找出对应同一物体点的像素对（匹配点），再利用两个相机之间的几何关系，重建物体三维坐标[1]。

如图2所示，投影仪投射出一组平直条纹，当被测物表面存在深度缺陷时，沿相机方向采集的图像，条纹将发生形变，其形变程度与凹坑深度有关。利用左右CCD面阵相机采集的条纹图像，即可通过条纹形变信息求出三维缺陷的深度信息。同时辅佐条纹投影技术，由于被测物表面并没有明显的图像特征点，所以使用条纹投影技术，在被测物表面投影一幅条纹光场，主动制造双目立体视觉需要的“匹配点”[2]。

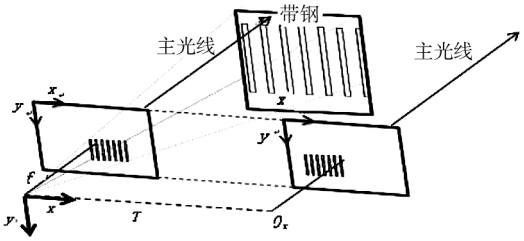
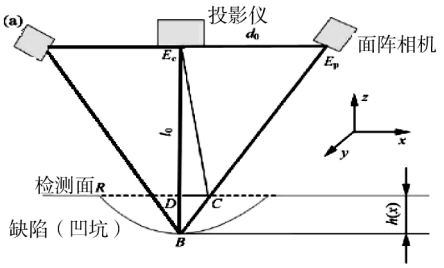



图1 处理原理图




（a）数字条纹投射结构图

（b）受表面缺陷调制变形条纹图

图2 缺陷测量系统模型图

左右相机分别对拍摄到的条纹图像进行处理，提取条纹的相位信息，并对其进行匹配。之后利用双目视觉的三维坐标计算方法，回复被测物的表面轮廓，通过测量出的轮廓与标准轮廓的对比，判断钢轨表面是否存在缺陷。

## 4 实施方案

钢轨的断面形状采用具有最佳抗弯性能的工字形断面，有轨头、轨腰以及轨底三部分组成。钢轨的

中国知网 https://www.cnki.net

表面是多平面——多曲面的复合面，为了能够同时对钢轨的 4 个面（踏面、底面和两个腹面）进行检测，需要对系统的照明光场、拍摄方式进行全面设计。拍摄到钢轨的清晰图像后，系统采用了基于多 PC 的多处理器实时并行处理技术，每台采集端采集处理完数据后传送到服务器，由服务器进行整理保存，记录下缺陷发生的位置、类型，并且把缺陷的图像保存到磁盘中，同时对各种缺陷情况通过专家系统与缺陷图库进行分析、对比，得到统计数据，通过这些数据来指导优化工艺。可以识别凹坑，夹杂，起皮，结疤，轧疤、裂纹、划伤等机械损伤类缺陷，专家系统通过不断学习可以逐步提高缺陷识别率。

4.1　现场工艺条件

为全面准确掌控钢轨产品质量，提高钢轨质量管理控制能力，在钢轨轧线上构建表面缺陷自动检测系统，以对正在生产中的钢轨表面进行在线连续非接触式检测。经过试验室分析，钢轨表面缺陷自动检测系统在以上工艺条件下，完全可以进行正常检测工作，可以满足实际需求。生产线相关工艺参数：钢轨规格为 50#、60#、75#及道岔钢轨；检测方式为连续、在线；检测区域为上、下轨面，轨腰；生产线速度为 2 ~ 4 m/s；

检测精度为 0.25 mm × 0.25 mm；环境温度为常温；安装位置在人工检测房。

4.2　检测环境要求

为保证表面缺陷自动检测系统能够正常运行，对使用现场有如下环境要求：①系统安装位置提供稳定的电压及接地线：AC，（220 ± 10%）V，（50 ± 2%）Hz；②稳定的网络方便数据交互；③必要的设备安装空间，如隔震、地沟、数据线缆布线空间；④对于被测产品表面的灰尘，水滴、薄雾，尽可能的吹扫清洁干净。

4.3　检测设备构成

钢轨的表面是多平面 - 多曲面的复合面，为了能够同时对钢轨的 4 个面（踏面、底面和两个轨腰面）进行检测，如图 3 所示采取 6 套检测设备（单套条纹投影光源和 2 面阵 CCD）实现对钢轨表面的完全测量，如果钢轨表面不存在深度缺陷，则 6 套设备检测出的钢轨轮廓较平滑。如果钢轨表面存在深度缺陷，则测量出的轮廓将出现高度变化，根据变化程度即反应缺陷及对应高度信息。

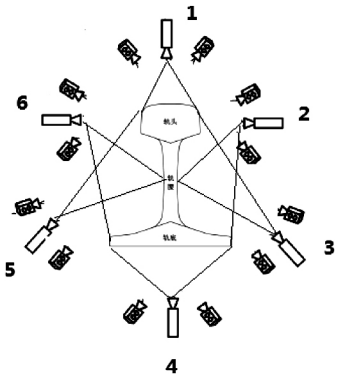



图 3　布置图

系统采取了客户端和服务器的组成方式，如图 4 所示，系统由三台客户端和一台服务器组成，其中每台客户端负责处理两套检测设备，客户端最终与服务器连接，将检测结果传输至服务器终端。

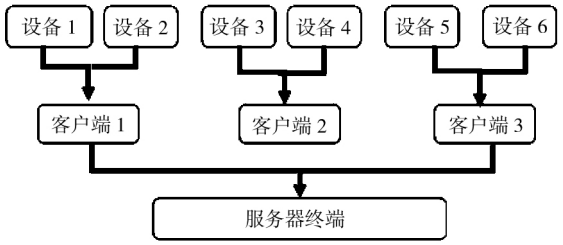



图 4　系统功能结构图

4.4　试验结果比对

通过对 200 根钢轨进行检测，将设备检测结果与人工检查结果进行比对，人工检测”轧疤”缺陷 9 处，设备匹配 9 处，匹配率为 100%。

## 5　结论

（1）钢轨表面自动检测系统具有支持对连续缺陷的合并，形成一个整体的长缺陷；对周期性缺陷的检测，并及时报警；可对不同的钢轨进行不同的设置参数，系统能够自动调整；用户对按照缺陷大小严重程度设置声光报警；测量数据可存储一年；数据库维护简单等特点。

（2）用此套设备代替人可以有效解决轧机轧制速度与人工检测速度不匹配，形成生产瓶颈的难题，将轧机的产能发挥出来。例如：轧机的轧制速度为 4 m/s，而人工检测最高速度为 0.4 m/s，虽然有各区

（下转第 72 页）

中国知网　https://www.cnki.net

将近2年,通过拆下衬板检测数据显示,牌坊表面基本无腐蚀磨损现象,进一步证明了该修复方法的可行性。

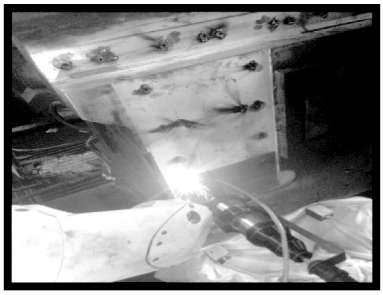


图2 对轧机窗口衬板底面进行修复

## 6 结束语

采用激光熔覆的方法对轧机牌坊表面进行修复,解决了轨梁厂长期以来提高产品精度的难题,该方法是一种轧机牌坊在线防腐耐磨的处理方法,提高了牌坊的耐磨性和耐腐蚀性,修复后使用时间较长。该项技术提高了轨梁厂产品成材率及市场竞争力,成本较低,利用大中修时间就可以完成,维修时间较短且方便,适合于轧机生产时间较长且产品质量要求较高的生产线使用。

### 参 考 文 献

[1] 王东生,田宗军,沈理达. 激光熔覆研究现状及其发展,应用激光[J]. 2012,(6):85-91.

[2] 孙会来,赵方方,林树忠. 激光熔覆研究现状与发展趋势,热加工工艺[J]. 2008,14(4):77-80.

(上接第59页)

域台架进行过渡,但也限制了生产效率。现在以包钢轨梁厂为例,若生产60百米轨,用人工检测钢轨缺陷,轧机每小时的生产数量为22根,若使用自动检测设备每小时的生产数量为27根,全年就多生产4万根重轨。

### 参 考 文 献

[1] 朱铮涛. 镜头畸变及其校正技术[J]. 光学技术,2005,(1):136-139.

[2] 谭优. 基于FTP的动态物体三维面形测量系统的研究[D]. 成都:西南交通大学,2008.

中国知网 https://www.cnki.net