

Development of Automatic Measurement Device of Steel Rail Abrasion Based on PSD

Ming Jin, Xiufeng Zhang*

College of Electromechanical Engineering, Dalian Nationalities University (DLNU), Dalian Liaoning
Email: zhx7710@dlnu.edu.cn

Received: Aug. 26th, 2016; accepted: Sep. 13th, 2016; published: Sep. 16th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to meet the actual demand, a new detection method of steel rail abrasion based on PSD (Position Sensitive Device) is proposed after research current characteristics and methods of steel rail abrasion detecting equipment at home and abroad. Developed detecting device uses photoelectric detector, microprocessor and data analysis. Finally, the paper has carried on the experiment and analyzed the results; throughout the experiment, it can conduct the detector with high speed and accurate data and reliable performance. The developed device is portable and accurate detector with human machine conversation function. It improved many disadvantages of hodiernal detectors, such as low-efficiency, big size, unwieldy mass.

Keywords

Rail Abrasion, PSD, Microprocessor, Measurement Device

基于PSD的钢轨磨耗自动检测装置的开发

金 铭, 张秀峰*

大连民族大学机电工程学院, 辽宁 大连
Email: zhx7710@dlnu.edu.cn

收稿日期: 2016年8月26日; 录用日期: 2016年9月13日; 发布日期: 2016年9月16日

*通讯作者。

摘要

在分析了目前国内外钢轨磨耗检测技术的特点及方法的基础上, 结合实际需求, 提出了基于PSD位置传感器的钢轨磨耗检测方法。利用光电检测技术、微处理器技术及数据处理技术完成了检测装置的开发, 并进行了试验测试, 结果表明检测系统具有检测速度快、精度高、性能可靠的特点。开发的装置便于携带、具有人机对话功能, 解决了目前检测设备普遍体积过大、携带不方便及检测效率低等问题。

关键词

钢轨磨耗, PSD, 微处理器, 检测装置

1. 引言

钢轨主要应用于铁路、电梯、升降机及娱乐设施等和人们生活息息相关的场所, 钢轨是否存在磨耗及磨耗程度, 直接影响着设备运行的安全性[1]。钢轨磨耗检测的结果是判断钢轨运行状态的唯一依据, 是制定线路大、中、小维修工作计划的基本参数[2] [3]。

目前, 我国在钢轨磨耗检测方面有接触卡具测量、涡流检测、光学三角测量等主要方法, 检测结果往往取决于检测工人的态度和仪器使用的经验, 这些方法存在着检测效率低、检测精度不高等诸多问题, 已不能满足目前高速化的发展需要[1] [4]。本文设计一种基于 PSD 集成光电传感器的智能化全自动钢轨状态检测装置, 能够有效检测钢轨的磨耗程度、位置等信息, 具有体积小、精度高、使用灵活方便等优点。

2. 原理分析

钢轨的损伤主要包括磨耗、断裂和内部损伤几个主要方面[5]-[8], 其中磨耗比较普遍且检测难度大, 本文主要讨论磨耗。磨耗主要出现在钢轨的头部, 磨耗包括顶面磨耗和侧面磨耗, 检测时必须同时检测这两个数值, 来综合判断钢轨的磨耗程度。根据光线在物体表面会产生反射, 当钢轨表面出现磨耗时, 光的反射面发生变化, 使得反射光线偏离原来的路线, 如图 1 所示。确定装置的整体结构, 在反射光线照射在 PSD 位置传感器表面上的位置发生改变时, 反射光线的偏离程度和磨耗量直接相关; 通过 PSD 位置传感器的输出信号判断反射光线位置, 经过数据分析获得偏离程度, 从而确定被检钢轨表面的磨耗量。

位置灵敏传感器 PSD (Position Sensitive Device) 是半导体材料元件, 一般采用 PN 结构, 具有精度高、采集信号灵敏、响应速度快和配置电路简单清晰等优点。PSD 位置传感器分为一维和二维两种, 一维为线形结构, 只有 2 个输出电极; 二维为面形结构, 有 4 个输出电极, 其中二维 PSD 位置传感器基本原理如图 2 所示。

如果采用 PSD 中心作为坐标原点, PSD 上各电极光电流预入射光斑几何位置的关系为:

$$X = \frac{(I_3 + I_2) - (I_4 + I_1) L}{I_1 + I_2 + I_3 + I_4} \quad (1)$$

$$Y = \frac{(I_2 + I_4) - (I_1 + I_3) L}{I_1 + I_2 + I_3 + I_4} \quad (2)$$

式中, I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 分别为图 2 中 X_1 、 X_2 、 Y_1 、 Y_2 引脚输出的电流; L 为 PSD 传感器光敏面的长度。从计算公式中可知 X 、 Y 的坐标值与光强无关, 只与入射光斑的位置有关。

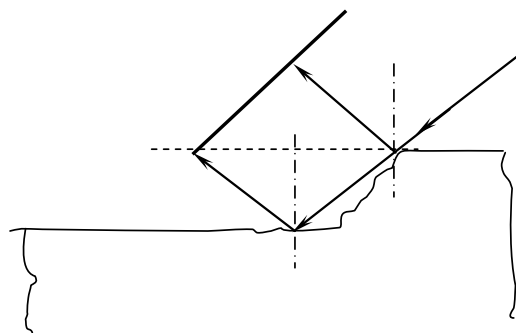


Figure 1. Schematic diagram of reflect light direction

图 1. 反射光线方向变化示意

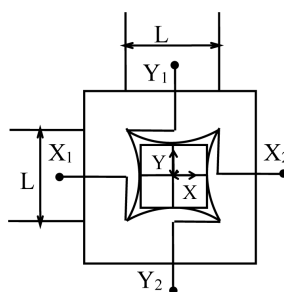


Figure 2. Schematic diagram of PSD

图 2. PSD 原理图

3. 整体设计及数据处理

根据对铁路工务段的走访了解, 钢轨磨耗检测系统是需要工作在野外铁道线路上, 由铁路巡道工或维护人员操作使用, 因此, 检测系统的整体结构设计要求是体积紧凑、便于携带、性能可靠并容易操作 [6]。铁路钢轨一般里程较长, 出于能耗和工作时长等方面考虑, 采用蓄电池供电, 尽量提高电容量, 蓄电池可以通过太阳能充电; 另外, 由于钢轨磨耗量一般较大, 导致激光照射在完整钢轨与有磨耗钢轨的表面上时反射光线方向偏差较大, PSD 传感器接收光面上光斑位置的变化也会比较大, 所以需要有效面积较大的传感器, 本设计采用上海欧光的 S2-0023 型 PSD 传感器, 有效面积为 $20 \cdot 20 \text{ mm}$ 。

检测装置主要由光源部分、反射光线检测传感器、信号调节单元、主控单元(CPU)、执行单元以及外围电路等几个主要部分组成, 整个装置结构如图 3 所示。光源采用可见波段的红色激光器, 激光器功率较大; 反射光线由 PSD 位置传感器接收, 并输出相应的电信号。当反射光照射在 PSD 传感器感光面上的位置发生改变时, 传感器各引脚输出电流发生相应的变化, 经过压流转换模块变换为电压信号。微处理器对电压信号进行采集和分析, 判断反射光照射位置, 从而得到轨的磨耗信息, 并判断导轨磨耗的具体量值, 将导轨的磨耗量和具体位置存储到内部存储器, 并通过液晶模块进行实时显示, 当磨耗量超限时启动声光报警装置。操作人员可以随时查询导轨磨好信息及报警次数, 做出导轨状态的判断, 并具体处理; 也可以定期将监测数据发送给上位机, 通过上位机数据处理软件分析钢轨状态信息, 给出维护、更换等决断信息。

PSD 传感器输出电流信号非常微弱, 且电流信号不利于转换为数字信号, 因此先将电流通过转换电路变换为相应的电压, 再进行数据采集。由于 I/V 转换是单的线性关系, 采用精密电阻及高精度放大器完成 I/V 转换。电压信号调理电路的好坏直接影响着检测装置的精度, 4 路电流信号处理方式相同, 采用两级放大。

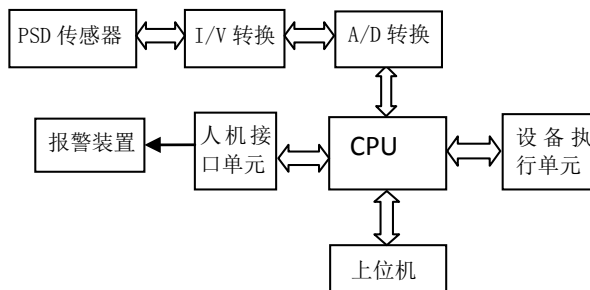


Figure 3. Structure diagram of measurement device
图 3. 检测装置结构图

Table 1. Test data and value of rail abrasion (1)
表 1. 检测数据与磨耗值(1)

记录	1		2		3		4		5	
光斑位置坐标 (mm)	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	0.35	0.42	0.36	0.42	0.35	0.41	0.37	0.40	0.34	0.43
磨耗量 W (mm)	8.75		8.85		8.63		8.72		8.78	
	$\bar{W} = 8.746$									

Table 2. Test data and value of rail abrasion (2)
表 2. 检测数据与磨耗值(2)

记录	1		2		3		4		5	
光斑位置坐标 (mm)	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	0.63	0.52	0.62	0.52	0.63	0.51	0.61	0.53	0.62	0.52
磨耗量 W (mm)	13.07		12.99		12.97		12.93		12.99	
	$\bar{W} = 12.990$									

设计采用 TLC2543 作为 A/D 转换器, 该转换器输出信号为串行数据。在高精度时钟脉冲的控制下对模拟信号进行转换, 当转换完毕后, 转换结果采用高位在前低位在后的方式进行传输。由于传输数据采用串行方式, 大大的减小了微处理器和 A/D 芯片接口引脚的数量, 给电路的设计带来很大的方便, 同时也减少了很多干扰。微处理器对采集到的 4 路电压信号进行存储和处理, 利用式(1)和式(2)分别计算光斑位置横纵坐标, 确定光斑位置, 进而确定钢轨的磨耗量。

4. 实验与结果分析

项目研究开发的检测检测装置主要功能是完成对钢轨磨耗数据等主要故障信息的检测及数据处理工作, 同时为了进一步分析处理检测数据, 形成有效的钢轨磨耗参数报表。检测装置需要检测钢轨磨耗、断裂等损伤信息, 进行分析、判断和存储; 利用 PC 机强大的数据分析处理功能, 对检测数据进行处理, 生成钢轨状态信息的参数表。

检测装置每个位置的测量设定采集三组数据, 每组数据包括 4 个电压信号, 微处理器对采集到的电压信号进行分析, 通过电压值判断光斑中心坐标, 进一步确定光斑位置, 计算出光斑中心位置与坐标原点的距离, 从而得出磨耗量。光斑中心位置与坐标原点的距离和磨耗量之间的对应关系如下:

$$W = 16 \times A = 16 \times \sqrt{x^2 + y^2} \tag{3}$$

选择两条带有最普通、常见磨耗的工务段淘汰的 60 号钢轨做实验对象, 钢轨头宽 73 mm, 头高 16.5 mm。实验进行多点测试, 每个检测点采集五组数据, 分别计算出钢轨磨耗量, 并求出磨耗量的平均值, 即为被测点的磨耗量。从中选择两组具有代表性的数据, 如表 1、表 2 所示, 两组数据分析得到的对应位置的磨耗量。检测装置的总体检测性能指标为顶面磨耗检测范围: 0~20 mm, 检测精度为: ± 0.1 mm。

5. 结语

本文研制的小型钢轨损伤自动检测装置是一个集信号采集、数据实时处理及显示、超限报警及上位机数据管理分析系统为一体的具有人机对话功能的智能化检测设备, 主要是利用传感器技术、微处理器控制技术、数据库技术, 结合计算机软件编程技术, 研究开发的新型检测装置。该系统具有体积小、重量轻、精度高、时处理、操作简单等特点, 解决了目前检测设备体积较大、携带不方便、检测数据精度低及分析处理能力差等缺点, 较好地考虑了钢轨磨耗检测的实际需要及新型检测技术的运用, 通过实验测试表明, 系统具有检测效率高、检测精度好、操作简单和性能可靠等特点, 具有很好的实际运用价值。

基金项目

大连市科学技术基金项目(2013J21DW015), 金州新区高新技术项目(2011G03)。

参考文献 (References)

- [1] 王德明, 王桂宝, 张广明, 等. 基于激光轮廓扫描仪的钢轨磨耗检测系统[J]. 仪表技术与传感器, 2015(10): 90-91.
- [2] 陈坤. 便携式钢轨磨耗检测系统的研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2007: 1-8.
- [3] Jin, W.R., Zhan, X.Q. and Jiang, B.H. (2007) Non-Contact Rail-Wear Inspecting System Based on Image Understanding. *Proceeding of the 2007 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, Harbin, 3854-3858.
- [4] 郑树彬, 柴晓冬, 安小雪, 等. 基于动态模板的钢轨磨耗测量方法研究[J]. 中国铁道科学, 2013, 23(2): 7-11.
- [5] 张秀峰. 小型钢轨损伤自动检测装置的开发[J]. 大连民族大学学报, 2016, 18(3): 217-220.
- [6] 占栋, 于龙, 邱存勇, 等. 钢轨轮廓测量中的车体振动补偿问题研究[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(7): 1625-1632.
- [7] 徐会杰, 刘启斌, 彭华, 等. 基于轮轨接触的高速铁路钢轨磨耗量[J]. 北京交通大学学报: 自然科学版, 2014, 38(3): 44-49.
- [8] 孟佳, 高晓蓉. 钢轨磨耗检测技术的现状与发展[J]. 铁道技术监督, 2005(1): 34-36.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>