

车轮踏面擦伤动态定量测量新方法

冯其波 赵雁 崔建英

(北方交通大学理学院 北京 100044)

摘要: 车轮踏面擦伤是危及列车运行安全的主要原因之一。如何准确测量其大小是高速和重载列车发展中必须首先要解决的关键测量问题。提出一种新的车轮擦伤动态测量方法, 不仅能实现对踏面擦伤和磨损的定量测量, 同时能克服已有技术测量不能定量、测量结果受外界很多因素影响的特点。测量系统主要由平行四边形机构、传感器、数据采集与处理等部分组成。现场试验表明: 当列车速度低于 $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, 系统的测量误差小于 0.2 mm 。

关键词: 擦伤 磨损 动态测量 轮对

中图分类号: U279.3 U279.5

0 前言

列车车轮的运行状况在整个车辆轨道系统中起着非常重要的作用, 它直接关系到列车的运行安全。车轮踏面为车轮在钢轨面上滚动接触的部位。踏面的擦伤、磨损等缺陷会给车辆与钢轨带来振动和噪声, 尤其是踏面擦伤会给车轮轴承与钢轨带来巨大的额外冲击载荷, 其附加冲击的大小随擦伤的深度、长度及列车的速度、载重量的不同可达到车轮静载荷的几倍到几十倍, 并且是引起轮对轴承损伤、造成轴温升高、轮轴断裂、钢轨和混凝土轨枕断裂的主要原因之一^[1, 2]。因此, 如何准确测量车轮踏面擦伤和磨损的大小成为高速列车和重载列车发展中必须解决的关键技术问题。目前国内外已有几种方法来测量车轮踏面擦伤。例如, 用加速度传感器来测量擦伤车轮通过钢轨时的垂直冲击加速度或使用应变片测量其冲击力的大小, 并由此来判断车轮擦伤等^[3, 4]。但是, 这些方法仅限于定性测量, 不能准确给出擦伤值。此外, 由于测量结果受到车速、列车型号、重量以及钢轨质量、类型等诸多因素的影响, 其测量精度较低, 无法满足铁路日益发展的需要。如何定量测量车轮擦伤与磨损已成为铁路安全技术领域内研究人员普遍关心的问题。本文提出一种定量测量车轮踏面擦伤及磨损的新方法和测量装置, 并获得一项国家专利^[5], 可实现列车低速运行下擦伤及磨损的高精度动态测量。

1 测量原理

车轮踏面擦伤及磨损动态定量测量的原理示意

如图 1 所示, 整个测量系统的构造如图 2 所示。

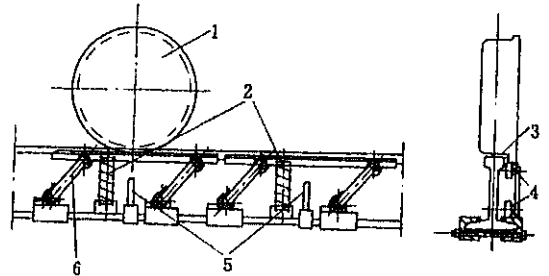


图 1 车轮擦伤及磨损测量原理图

1. 车轮 2. 弹簧 3. 踏面 4. 轴承
5. 非接触式位移传感器 6. 平行四边形机构

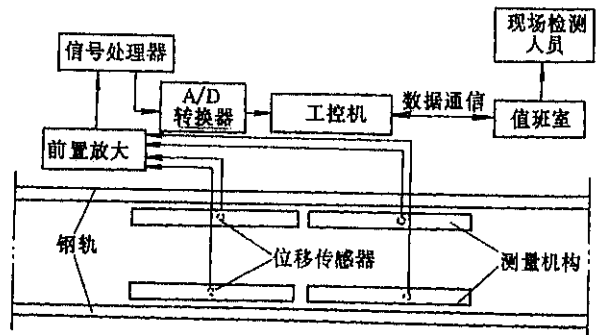


图 2 车轮擦伤及磨损动态测量系统构成

测量系统主要包括: 平行四边形机构、位移传感器、数据采集处理系统以及计算机与数据通信系统四大部分。其测量原理是: 当列车通过此测量装置时, 车轮轮缘顶部压下平行四边形机构的上平板, 使得此平板产生平动, 非接触式位移传感器可以直接测量平板相对于钢轨的垂直位移。理想情况下, 如果平行四边形机构及钢轨不存在加工误差, 平行四边形机构与钢轨之间处于理想的装配条件, 新车轮和磨损擦伤车轮通过传感器得到的输出波形如图 3 所示。由图通过简单的数据处理可以直接测量出踏面擦伤及磨损量。

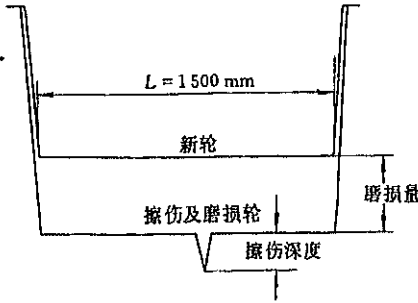
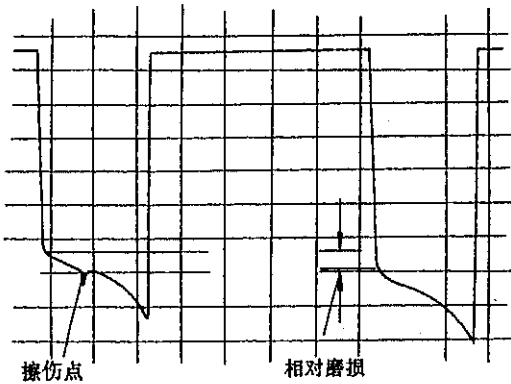
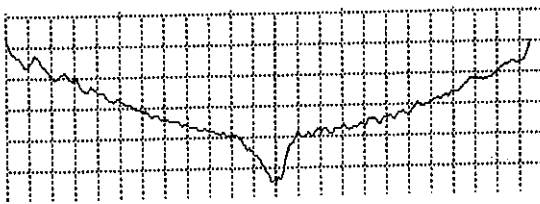


图3 理想条件下传感器得到的波形

实际中, 由于机构的各种加工误差和安装误差, 实际输出信号与以上理想情况有所不同。图4和图5分别为XY记录仪和计算机得到列车低速运行下典型的试验曲线。同样通过数据处理并与新轮比较可以得到踏面的擦伤及磨损量。

图4 列车低速运行下XY记录仪直接得到的试验结果
(速度 $<10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$)图5 计算机得到的现场试验结果(速度为 $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$)

为避免两个车轮同时踏在同一个平板上, 必须满足以下两个条件。其一, 在铁路线路的两根钢轨内侧分别安装至少两套相同的平行四边形机构和相应的位移传感器, 同时两个板的长度应大于踏面轮缘的展开周长, 如图2所示。其二, 平行四边形机构的平板长度必须小于最小轴距。否则, 即使发现擦伤车轮, 也无法得到擦伤车轮的位置。在本系统中, 测量板长 L 为 1500 mm , 满足以上条件。

相比其他测量方法, 本测量方法具有以下几个优点: 一方面, 以轮缘顶部为测量基准来测量踏面磨损和擦伤, 这与在工作车间中手工测量所使用的基准一致。另一方面, 由于整个测量机构固定在钢轨上, 避免了钢轨本身振动给测量结果带来的影响, 提高了测量精度。

当列车通过该测量机构时, 同侧的两个传感器测得一系列如图5所示的波形。计算机经过简单分析, 可以自动计轴计辆, 从而得到缺陷车轮的准确位置。

2 试验结果与分析

整个测量系统试验分为原理试验、现场模拟试验以及正线试验3个阶段。原理试验时, 人工推动擦伤车轮快速滚过测量装置, 用XY记录仪记录得到传感器的输出曲线如图4所示。现场模拟试验时, 用机车拖挂两节车厢, 以不同的速度从正反两个方向通过测量装置, 在平行四边形机构的平板上垫不同厚度的钢片来模拟不同深度的擦伤车轮, 并与本测量的测量结果进行比较。表1为模拟试验结果。

表1 现场模拟试验结果

列车速度 $v/(\text{km}\cdot\text{h}^{-1})$	测量结果(模拟擦伤值 0.56 mm)	
	传感器1	传感器2
1~2	0.55	0.57
5	0.51	0.52
10	0.53	0.63
15	0.57	0.58
20	0.60	0.58
25	0.52	0.78
30	0.50	0.66
35	0.65	0.65
40	0.50	0.56
结果	0.55 ± 0.15	0.61 ± 0.23

将测量系统分别安装在郑州铁路局平顶山列检所和郑州车辆北段进行现场正线试验。表2为某列货车经过该测量系统时得到的现场测量报告。现场试验表明, 当列车速度低于 $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 时, 系统性能非常稳定, 测量精度和测量的准确率均很高。同时理论分析表明, 列车速度越低, 测量精度越高。通过与技术人员使用传统的专用机械卡尺所得到的结果相比较, 系统的测量误差为 0.2 mm , 因此本系统现可直接应用于诸如客车进库时列车低速运行情况下踏面磨损及擦伤的动态定量测量。然而当车速较高时, 当车轮轮缘顶部与平行四边形机构上的平板前端接触的瞬间, 会给平行四边形测量机构产生较大的冲击, 导致平行四边形机构本身的振动, 使得轮缘顶部与平板瞬间不接触, 失去了测量基准, 造成漏测。同样当车轮踏面存在擦伤时, 擦伤处也给平行四边形测量机构本身带来一定的振动, 对测量精度有一定的影响, 但此影响较小。为避免和减少由于冲击等因素造成测量机构本身振动给测量结果带来的影响, 提高测量系统响应列车速度的能

力, 必须在平行四边形机构上安装适当的振动阻尼器和吸振系统^[6]。实际上, 经过改进后的系统已通过有关部门的技术评审, 即将在铁路上获得大面积推广。但限于本论文的篇幅, 具体原理不在此讨论。

表2 正线试验结果

车速 $v/(km \cdot h^{-1})$	车辆序号	轴号	方向	擦伤值 δ/mm	
				预报	实测
30	10	2	南侧	1.0	0.8
28	14	1	北侧	0.7	0.6
25	28	3	北侧	0.5	0.3
24	51	2	南侧	0.7	0.4
24	53	4	南侧	0.8	0.6
23	60	3	北侧	0.9	0.7

由于现场的恶劣环境, 试验信号与理想信号有较大的区别, 给数据处理带来一定的困难, 也给测量结果带来一定的误差。实际上数据处理的主要任务是寻找擦伤点, 并计算擦伤和磨损量的大小, 确定这些缺陷的位置, 最后向现场工作人员打印输出测量报告, 给出超限的车轮磨损和擦伤值及其位置。

3 结论

通过简单的平行四边形机构实现了列车运行条件下踏面擦伤及磨损的定量测量, 克服了已有测量方法不能定量、测量结果受诸多外界因素影响的缺点。解决好测量机构的振动与冲击问题, 此测量系统能在铁路上全面推广使用, 为列车的行车安全提供技术设备保障。

参 考 文 献

- 1 Kigawa, et al. Influences of skidding pattern upon the occurrences of skid damage to railway wheels. *Wear*, 1993, 167(2): 143~154
- 2 Newton S G, et al. An investigation into the dynamic errors on the track or wheel flats on railway vehicles. *Journal Mechanical Engineering Science*, 1979, 21(4): 287~297
- 3 Product news. Flat wheel detectors pass rails. *Rly. Gaz. Inter.*, 1988, 143(12): 835
- 4 葛林富, 尹治本. 机车踏面擦伤计算机智能检测原理及

实现. *铁道学报*, 1993, 15(2): 35~39

- 5 冯其波, 谢敦沐, 虞开元, 等. 列车车轮踏面擦伤及磨损动态测量装置, 中国实用新型专利, 专利号: 96 2 16065. 2
- 6 冯其波, 崔建英. 列车车轮踏面擦伤及磨损动态测量装置, 中国实用新型专利, 专利号: 00 2 43380. X

NEW DYNAMIC METHOD TO QUANTITATIVELY MEASURE WHEEL FLATS OF TRAINS

Feng Qibo Zhao Yan Cui Jianying
(Northern Jiaotong University)

Abstract: Wheel flats on any tread of trains are one of the main causes that threaten safety of trains. How to measure correctly and quantitatively values of wheel flats is a key problem that must be solved in the development of high-speed and heavy load trains. Currently, there are several methods to measure wheel flats, however, almost all these methods are qualitative. Moreover, the measurement results got by these methods are greatly influenced by other factors such as the speed, the weight of the train. A totally new method to measure dynamically and quantitatively wheel flats is put forward in this paper, and both the values of wheel flats and abrasion in any tread of trains can be got when a train passes through the measuring device. The measurement system mainly consists of several sets of parallelogram mechanisms, displacement transducers and data collecting and processing system, and it was installed in the railway site. Through a lot of in-situ experiments, the accuracy of about 0.2 mm in the measurement of both wheel flat and abrasion can be obtained by the system when the moving speed of a train is less than 15 km/h.

Key words: Wheel flat Abrasion Dynamic measurement Train wheels

作者简介: 冯其波, 男, 1962年出生, 工学博士, 教授, 博士生导师。主要从事精密计量、仪器仪表及铁路安全检测技术等方面的研究。获得6项国家专利, 发表论文40余篇。1998~1999年在美国北卡大学夏洛特分校从事数控机床动态测量方面的研究。