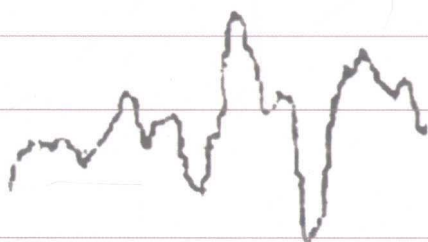


准高速轨检车 检测原理及应用

邓学通 叶一鸣 主编



中国铁道出版社

准高速轨检车检测原理及应用

邓学通 叶一鸣 主编

中 国 铁 道 出 版 社

2004年·北 京

内 容 简 介

本书在介绍国内外轨检车发展的基础上,全面介绍了适用于准高速铁路轨道检测的4型轨检车的检测原理、使用和管理方法、常见故障排除和维修、检测性能优化与检测实践、利用检测资料分析指导线路养护维修等。

图书在版编目(CIP)数据

准高速轨检车检测原理及应用/邓学通,叶一鸣主编.
北京:中国铁道出版社,2004.8
ISBN 7-113-06085-4

I. 准… II. ①邓…②叶… III. 高速铁路—轨道
(铁路)—检查车 IV. U216.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第075590号

书 名: 准高速轨检车检测原理及应用
作 者: 邓学通 叶一鸣
出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
策划编辑: 傅希刚
责任编辑: 傅希刚 编辑部电话: 路(021)73142
封面设计: 薛小卉
印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司
开 本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 6.875 字数: 177千
版 本: 2004年8月第1版 2004年8月第1次印刷
印 数: 1~4000册
书 号: ISBN 7-113-06085-4/U·1693
定 价: 20.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

联系电话: 路(021)73169

序 言

轨道检查车是铁路工务部门获得轨道状态信息、提供养修决策、指导现场作业、评价工作质量、实施科学管理的重要手段，是使轨道设备经常保持均衡良好状态、确保列车按规定的最高速度安全、平稳、不间断运行的技术保障。

新中国成立以来，在铁道部技术政策指引下，我国铁路的轨道检查车经过三次换代升级和不断完善提高，其检测原理、检测功能日趋先进。在半个多世纪的运用实践中，广大工务工作者积累了宝贵的经验。随着我国铁路五次大面积提速的成功实施，对轨道检测技术和轨道质量控制技术提出了更新更高的要求。如何正确掌握轨道检查车检测原理，科学应用检测资料进行轨道养修决策和现场作业，这是工务工作适应跨越式发展，实现科学养路、科学管理的必由之路。

《准高速轨检车检测原理及应用》一书，较全面、系统地介绍了国内外轨道检查车的概况、准高速轨道检查车检测原理与技术特点、准高速轨道检查车的使用和管理、常见故障排除和维护、现有准高速轨道检查车检测性能的优化及利用检测资料指导轨道养修，是一本实用性、现场指导性较强的应用书籍，对于广大工务管理干部、技术人员和基层养路工作者具有一定的阅读价值。企盼本书能有助于我国铁路轨道检测水平的进一步提高与发展。

李庆鸿

2004年6月28日

编委会名单

主 任：王志平

副主任：羊关怀 汪 勤 高静华

委 员：杨渊源 黎国清 储成武 许玉德

奚绍良 谢 华 俞 峰 陈东生

顾世平 张义桂 贡照华

主 编：邓学通 叶一鸣

主 审：赵国堂

目 录

1 概 述	1
1.1 国外轨检车概况	1
1.2 国内轨检车发展概况	3
1.3 准高速轨检车技术特点	5
1.3.1 采用捷联式检测系统结构	5
1.3.2 采用先进测量原理	5
1.3.3 应用当代高新检测技术	5
1.3.4 测量项目多、精度高	6
2 检测原理	7
2.1 检测系统简介	7
2.2 轨道几何参数检测	7
2.2.1 高 低	7
2.2.2 轨 距	11
2.2.3 曲 率	14
2.2.4 轨 向	16
2.2.5 水平(超高)	17
2.2.6 三角坑(轨道扭曲)	20
2.3 车辆加速度检测	21
2.4 地面标志	22
2.5 速度及里程	24
3 使用和管理	25
3.1 准高速轨检车配置	25

3.1.1	检测系统配置	25
3.1.2	动力电气及生活设施配置	27
3.2	标定及养护	28
3.2.1	日 标 定	28
3.2.2	周期标定	29
3.2.3	段修标定	29
3.2.4	轨检车对标	52
3.3	检测系统操作程序	52
3.3.1	电测系统启动	52
3.3.2	电算系统启动	53
3.3.3	计算机检测操作系统启动	53
3.3.4	计算机终端与操作	54
3.4	轨道质量评价	59
3.4.1	峰值扣分法	59
3.4.2	轨道质量指数评价法	61
3.4.3	峰值扣分法与轨道质量指数评价法的比较	62
3.5	影响动态检测结果的几个因素	63
3.5.1	偏差等级数据采集标准不同对检测 结果的影响	63
3.5.2	同一线路数据采集标准不同对检测 结果的影响	64
3.5.3	传感器接触不良对检测结果的影响	66
3.5.4	线路上杂物对轨距检测结果的影响	66
3.5.5	外界强干扰电源对检测结果的影响	67
3.5.6	人、机标定误差对“轨距”、“水平”检测 结果的影响	67
3.5.7	大半径曲线状态不良对检测结果的影响	68
3.5.8	不同曲线半径加宽值对检测结果的影响	68
3.6	动静态对标	69

4 常见故障排除和维修	71
4.1 高低检测项目常见故障	71
4.1.1 高低位移计故障	71
4.1.2 高低加速度计故障	72
4.1.3 其他故障	73
4.2 轨距检测项目常见故障	73
4.2.1 轨距位移计故障	73
4.2.2 轨距光电传感器故障	75
4.2.3 轨距伺服机构故障	75
4.2.4 其他故障	76
4.3 轨向检测项目常见故障	76
4.3.1 轨向加速度计故障	76
4.3.2 轨向位移计故障	77
4.4 走纸机故障	77
4.4.1 夹纸故障	77
4.4.2 电路板接触不良故障	77
4.4.3 程序故障	77
4.5 光电传感器故障	78
4.5.1 光电编码器损坏	78
4.5.2 光电编码器传动皮带或联轴节故障	79
4.6 故障排除准则	79
5 检测性能优化与实践	80
5.1 简 述	80
5.2 系统组成	80
5.2.1 网络服务器	81
5.2.2 网 络	81
5.2.3 数据采集系统	82
5.2.4 数据处理工作站	82

5.2.5	数据管理工作站	82
5.3	系统功能.....	82
5.3.1	数据采集	83
5.3.2	数据处理	83
5.3.3	数据输出	83
5.3.4	数据维护	84
5.3.5	数据查询	84
5.3.6	数据复现	84
5.4	信息流程.....	84
5.4.1	数据处理工作站	85
5.4.2	数据管理工作站	86
5.4.3	地面系统	88
5.5	技术特点.....	89
5.5.1	分级超限扣分法则及评判技术	89
5.5.2	轨道质量指数计算及评判技术	90
5.5.3	曲线判别及优良率评判技术	91
5.5.4	道岔判别及优良率评判技术	92
5.5.5	用 GPS 数据校正里程的数据处理技术	93
5.5.6	数据自动编辑技术	94
5.5.7	实测数据按速度分级处理技术	94
5.5.8	检测数据计算机图形处理技术	95
5.6	新检测系统动静态检测试验.....	97
5.6.1	新检测系统地面动态测试对比试验	97
5.6.2	测试数据判读、采样及计算结果	98
5.6.3	测试结果统计分析	99
5.6.4	轨检车新检测系统动静态检测对比试验	101
5.7	新老检测系统对照	103
5.7.1	新老检测系统各检测数据对比分析	103
5.7.2	新老检测系统主要功能对照分析	106
5.8	新老检测系统里程校对误差及误差	

统计分析	109
5.8.1 里程人工校对误差及误差统计分析	109
5.8.2 GPS 静态测试数据误差及误差统计分析	111
5.8.3 GPS 动态测试数据误差及误差统计分析	113
5.8.4 测试结果分析	114
5.9 新检测系统操作	115
5.9.1 系统开机	115
5.9.2 采集终端	115
5.9.3 处理终端	115
5.9.4 管理终端	122
5.9.5 轨检车地面处理系统操作说明	157
6 利用检测资料分析指导线路养护维修	169
6.1 图表的识别	169
6.1.1 轨道状态波形图	169
6.1.2 检测结果报告表	171
6.2 检测报表的应用	183
6.2.1 超限报告表的应用	183
6.2.2 轨道质量指数的应用	183
6.2.3 曲线摘要报告表的应用	185
6.2.4 区段总结报告表	185
6.3 超限病害的查找	185
6.3.1 利用轨道状态波形图查找	185
6.3.2 利用超限报表查找	187
6.3.3 利用编辑终端屏幕查找	187
6.3.4 振动加速度病害的查找	187
6.3.5 复合病害的查找	188
6.4 现场实际病害的复核	188
6.4.1 直接复核法	188
6.4.2 特征点复核法	188

6.4.3 参照复核法	189
6.5 轨道病害成因分析	191
6.5.1 高低不平顺病害的危害及成因分析	191
6.5.2 轨距病害的危害及成因分析	191
6.5.3 轨向病害的危害及成因分析	192
6.5.4 水平病害的危害及成因分析	192
6.5.5 三角坑病害的危害及成因分析	193
6.5.6 车体振动加速度病害的危害及成因分析	194
6.6 快速区段轨道几何状态控制	194
6.6.1 提速后轨检车动态检测结果发生的变化	194
6.6.2 提速后轨检车动态检测出分原因分析	195
6.6.3 对策措施	203
参考文献	208

1 概 述

1.1 国外轨检车概况

轨道检查车是检查轨道病害、指导轨道维修、保障行车安全的大型动态检测设备，也是实现轨道科学管理的重要手段，为此各国铁路都重视轨道检查车的开发和应用。轨道检查车的发展有近百年的历史，特别是 20 世纪 70 年代以来，欧、美、日等许多发达国家相继研究各种先进的轨道检测技术和新的测量原理，开发出应用现代高新技术的轨检车，提高了检测精度和速度，增加了检测功能，为保证线路运行的安全和舒适发挥了重要作用。

日本铁路为确保高速铁路新干线的安全运行，从 1975 年开始先后装备了 4 列电气轨道综合试验列车，承担对新干线的电气和轨道状态的动态检查，每列车由 7 辆车组成，其中第 5 辆为轨检车，其他检测车检查电力、通信信号、接触网、电源回路状态，最高检测速度为 210 km/h。1998 年以后轨检车又有较大的技术进步，车辆转向架由 3 台改为 2 台，从而将传统的弦测法由等弦改为不等弦测量，传递函数有了明显的改善。1997 年 JR 东海开发成功用于既有线的 3 辆车构成的综合检测车，第 2 辆为轨检车，两种轨检车均采用 PSD 新技术测量轨距；计算机设备、数据处理方法和软件系统也有很大的改进；还应用图像处理技术测量车辆前方环境、扣件状态和道床形状。日本铁路轨道状态的评定，除采用测量轨道各点的不平顺幅值，判断是否超过规定的管理值来评价轨道的好坏外，还采用 500 m 轨道区段轨道不平顺指数 P 值来评定轨道的均衡质量。

美国各铁路公司均拥有自己的轨检车。美国联邦铁路总署（FRA）还委托 ENSCO 公司研制了技术先进的 T10 型轨检车，用

于抽查各铁路公司的线路质量，控制列车的运行速度。ENSCO 公司除了为 AMTRAK 旅客运输公司装配新型轨检车外，还承担了 AMTRAK 线路检查合同。ENSCO 研制的轨检车均采用惯性基准测量原理和无接触测量方法，应用光电、伺服、数字滤波技术，最近又应用微机局域网技术替换了原有分立的计算机系统，还增加了钢轨断面测量系统和记录轨道前方环境的图像处理系统，使轨检车的功能更加齐全，轨检车的检测速度达 192 km/h (120 英里/h)。

为适应奥地利高速铁路的检测需要，Plasser 公司于 1993 年开发出速度为 250 km/h 的 EM250 型高速轨检车。其主要技术特点是采用惯性基准原理、光电转换技术和多处理机技术等，除了测量轨道几何参数和车辆振动参数之外，还能测量环境图像、钢轨断面、轮轨作用力等。EM250 型轨检车采用两种方法和程序来评定轨道质量：第一种方法是采用 ADA-Ⅱ 程序来获得轨道质量系数，评定轨道区段的整体不平顺状态；第二种方法是采用 ADA-Ⅲ 程序来判断超过规定限界值的幅值大小，并对不同等级轨道病害进行分类和统计，既能及时发现危及运输安全的轨道病害，也能评定单元区段的线路质量。

德国从 20 世纪 80 年代开始研制 OMWE 型轨检车，1995 年又在此基础上研制成功 Railab 型轨检车。其技术特点是在车下建立一个测量框架，在车内安装一个与框架相连的三轴稳定性平台，不管车辆如何运动，平台始终稳定在当地水平位置，为轨道几何参数的测量建立一个惯性平台，结合安装在测量框架上的光电传感器，测量相对平台的位移量，经计算机处理合成即可测出轨道的高低、水平、轨向的实际值，检测速度达 300 km/h。轨道质量状态的评定方法包括：摘取超限峰值，判断和统计超过 A、B、C 三个等级的个数和长度，以及计算 500 m 轨道区段的 TQI、起拨道指数和捣固指数。

俄罗斯 1997 年研制成功 ЦНИИ-4 型轨检车。其技术特点是采用非接触式光电技术、三维转角陀螺平台和卫星定位系统

GPS, 应用 3 台联网微机处理检测数据, 轨道状态评定采用摘取超限峰值, 按公里统计不同等级超限值的个数和计算扣分数。扣分数越高, 线路质量越差。

1.2 国内轨检车发展概况

我国第一代轨道检查车于 1953 年面世, 它是由我国自行设计制造的轨道检查车, 其检测装置与瑞士 Matisa 公司生产的 PV-6 轨道检查车基本相同。检查时利用车轮和测量轮的位移拉动钢丝绳和弹簧, 经滑轮、杠杆的导向和计算, 再通过拉条带动圆珠笔在白纸上记录轨道几何偏差波形, 可检测三角坑、左右轨接头高低 (3.4 m 弦)、轨距、曲线外轨的曲率变化、车体摇晃和列车速度等项目, 是一种采用机械装置传导、计算测量信号, 用圆珠笔记录波形的机械式轨道检查车 (简称 1 型)。

我国第二代轨道检查车于 1969 年试制成功, 检查时利用车轮和测量轮的位移, 改变旋转变压器的输出电压, 通过电路计算和传导检测信号, 用磁笔仪记录轨道几何偏差波形, 可检测三角坑、左右轨接头高低 (3.4 m 弦)、水平、高低 (18.5 m 弦)、车体摇晃和列车速度等项目, 是一种电气式轨道检查车 (简称 2 型)。

无论是机械式还是电气式轨道检查车, 其检测原理均为“弦测法”, 线路超限评判和线路质量评定均由人工进行。

我国第三代轨道检查车于 1986 年在上海铁路局 2 型轨道检查车上试制成功, 并于 1988 年通过部级鉴定。它是由 CP-3 型惯性基准轨道不平顺测量装置、DCZ4 型多功能低频振动测量仪、IBM-PC 微机轨检数据处理系统、电平调节装置、R&A 公司轨距轨向检测系统 (断面测量处理分析系统)、速度里程装置等组成了 GJ-3 型轨道检测系统 (简称 3 型), 可检测高低、轨距、轨向、水平 (包括超高)、三角坑、车体水平振动加速度、车体垂直振动加速度、轴箱振动加速度和速度、里程

等项目，线路超限评判和线路质量评定均由计算机来完成。该系统采用惯性基准法检测原理。由于用非接触式测量替代了以往的接触式测量，测量速度大大提高，适用于 120 km/h 以下的线路。

准高速轨道检查车（简称 4 型）是 1993 年我国从国外引进的新型轨检车。该车装有美国 ENSCO 公司最先进的 T10 轨道检测设备，与计算机系统组成了当前世界上先进的轨道检测系统。该系统采用惯性基准法检测原理，应用光电、伺服、陀螺、激光、电磁、电子、自动控制、数字处理、计算机等先进技术，还采用了信号模拟滤波和数字滤波相结合的混合滤波处理方式，轨道几何参数通过计算机合成运算，具有精度高、漂移小、重复性好的特点。由于用非接触式测量，计算能力大大提高，检测速度最大可达到 160 km/h，所以一般称为准高速轨道检查车。国内技术人员在学习吸收 T10 轨检车技术的基础上，已开发出达到 T10 技术性能的准高速轨检车，称为 GJ-4 型轨检车。

准高速轨道检查车能检测轨道高低、轨向、轨距、水平、三角坑、车体垂直振动加速度、车体水平振动加速度及速度、里程等项目，还能提供曲线超高、曲率等轨道信息，对各检测数据能实时处理和事后分析处理，能实时打印公里小结表、区段总结报告表、曲线摘要报告表、三级超限报告表和轨道质量指数报告表，能摘取超限位置、超限项目、超限峰值及超限长度，能反映出曲线起止点、曲线长度、平均曲率（半径）、平均超高、平均加宽、曲线最高允许速度、曲线限制点等，同时能提供每 200 m 区段轨道质量指数，各检测项目结果实时显示在显示屏和波形记录纸上，并存储在磁带上。与国内其他类型轨检车相比，准高速轨检车具有检测项目多、精度高、可靠性强、技术先进及很强的数据处理能力的特点。它的使用为监控轨道质量、指导现场养护维修、保障行车安全提供了极为重要的技术手段，为进一步研究轨道状态变化规律、探索轮轨作用关系、实现轨道状态信息现代化管理打下了基础。

1.3 准高速轨检车技术特点

1.3.1 采用捷联式检测系统结构

检测系统将所有传感器信号经模拟信号预处理后直接由A/D转换成数字信号，然后全部送入计算机，利用计算机进行信息处理，误差补偿和修正、数字滤波后合成轨道几何参数，然后进行超限检测、加权计算、汇总统计并输出轨道状态图表。该车结构简单，具有很高的精度和可靠性。

1.3.2 采用先进测量原理

第一代、第二代轨检车均采用弦测法测量轨道高低和轨向，由于弦测法存在传递函数不恒等于1的固有缺陷，影响了测量精度，甚至出现失真现象。4型轨检车为克服弦测法的不足，采用惯性基准原理测量高低、水平和轨向，既能更真实地测量出轨道的实际状态，而且还可利用计算机将空间曲线转换成2.5 m、5 m、15 m等不同弦长的波形，以便于现场人员用弦绳测量轨道状态时核对。

1.3.3 应用当代高新检测技术

轨检车测量系统涉及多种精密传感器、机械传动构件、模拟信号处理和数字信号处理系统等多学科技术，在轨检车测量系统中是否应用高新技术和设备已成为现代化轨检车的重要标志。4型轨检车采用半导体激光器和伺服跟踪控制技术测量轨距；采用陀螺传感器和加速度补偿技术（CAS）测量水平和曲线超高；采用光电编码器测量速度和里程；采用模拟信号和数字信号混合处理技术测量高低和轨向，克服不同速度和正反向测量的影响。这一系列高新技术的应用，提高了轨检车的检测速度和精度，保证了轨检车连续动态测量的稳定性和可靠性。

1.3.4 测量项目多、精度高

4 型轨检车包括以下测量项目：

- 轨道高低、水平、轨距、轨向、三角坑、曲线超高、曲率等轨道几何参数；
- 车体垂直和水平振动加速度、轴箱振动加速度等车辆动力参数；
- 列车运行速度及里程位置；
- 检测公里标和百米标、道口、道岔、桥梁和轨距拉杆等线路标志。

上述各项测量参数具有较宽的测量范围和很高的测量精度，完全能满足轨道状态检测的需要。各项参数的测量范围和精度见表 1—1。

表 1—1 准高速轨检车检测项目与精度

检 测 项 目	测 量 范 围	检 测 精 度
距 离	0 ~ 2 999.9 km	$\leq \pm 0.1\%$
速 度	0 ~ 160 km/h	$\leq \pm 0.2 \text{ km/h}$
轨 距	1 415 ~ 1 480 mm	$\leq \pm 0.8 \text{ mm}$
曲 率	$\pm 23^\circ/30 \text{ m}$	$\leq \pm 0.05^\circ/30 \text{ m}$
水平及超高	$\pm 200 \text{ mm}$	$\leq \pm 1.5 \text{ mm}$
高 低	$\pm 60 \text{ mm}$	$\leq \pm 1.5 \text{ mm}$
轨 向	$\pm 100 \text{ mm}$	$\leq \pm 1.5 \text{ mm}$
扭 曲	$\pm 100 \text{ mm}$	$\leq \pm 1.5 \text{ mm}$
车体振动加速度	$\pm 1g$	$\leq \pm 0.01g$
轴箱振动加速度	$\pm 150g$	$\leq \pm 1g$