

高速铁路轨道几何状态检测及管理

高鸽子

西安铁路职业技术学院土木工程学院 陕西 西安 710600

【摘要】：高速铁路轨道几何状态是否良好，比普通铁路对列车行驶的安全性、平稳性和舒适性影响更明显，因此，需要在运营过程中不断加强和完善，才能保证列车正常运行。近几年，我国高铁蓬勃发展，2021年12月底全国高铁汇总里程数据约4.1万公里，时速250-350公里准高铁占比约为85%，传统轨道检测技术已经不能满足高铁提出的“高速度、高安全、低成本”的现状，极大的阻碍了我国工务管理的水平的发展。对目前世界各国的轨道几何状态检测技术和方法进行了全面的分析，并对其进行了总结，提出了对轨道结构的监测和评估的必要性和紧迫性，为实现运行安全、舒适的运行和发展奠定了一定的技术保障。

【关键词】：轨道；几何状态；综合检测列车；轨检小车

1 轨道几何状态概述

轨道几何形状包括了轨道各个部件的几何形状、相对位置和基础尺寸等。线路进入运营期后，列车重复荷载、温度力等会引起轨道几何形位偏离设计时的理想位置，我们把这种偏离称为轨道几何不平顺^[1]。

通常所说的轨道不平顺主要是三方面的不平顺：

(1) 轨道静态不平顺，主要指的是轨道尺寸偏差引起的不平顺因素；

(2) 轨道动态不平顺，主要指列车运行的过程中，由于轮轨之间作用力和路基刚度不均所引起的不平顺；

(3) 局部突发不平顺，主要指钢轨在温度力等的作用下引起的局部胀轨、断轨引起的不平顺。

轨道几何不平顺对高铁的平稳性、舒适性、安全性有很大的影响，是高铁轨道检测维修中的重点。作为目前铁路工务部门的一项核心工作之一，轨道几何状态的质量，它对铁路车辆的安全运行、旅客出行的舒适性、设备的使用寿命和后续的各种维护成本都有很大的影响。因此，相关人员需要定期对轨道几何状态进行检测与管理^[2]。

2 高铁轨道几何状态检测技术

2.1 国内外轨道检测技术发展概况

美国T形轨检测设备在60年代的成功开发，是我国大规模生产和生产的重要标志。

它利用惯性基准方法进行高程、轨向的检测，在超高、水平上分别采用了加速度补偿的技术，在轨距上采用了激光跟踪系统。自从第二次世界大战之后，像激光、滤波、信号处理、计算机数据处理等先进技术的出现，为我国轨道平顺技术的不断发展奠定了坚实的基础。

2.2 轨道几何状态动态检测技术

动态直接测量法主要是采用铁路检验车或综合检测列

车直接测量轨道动力不平顺^[4]。从1953年，铁道部铁科院自主研发第一辆机械式轨道检查车，至今以来，综合检测列车GJ-6已基本达到世界同类产品检测水平。本系列轨道不平度探测设备包括有：激光摄像、惯性测量、信号处理、数据处理等检测设备。

高速综合检测列车是保障高铁运行安全的“体检列车”，是对铁路各项设备进行全面检查的关键技术设备。它的作用是对轨道的几何状态、轴箱结构、车身加速度、轨道表面状态、接触网和水流状态、轮轨与轨道的作用力、无线通信、信号等都有涉及^[5]。自从1975年日铁“Doctor Yellow”综合检测列车服役以来，意、法、英等国分别研制了属于自己的高速铁路综合检测列车，我国第一辆综合检测列车“白医生”也于2006年正式下线。

2.3 轨道几何状态静态检测技术

长期以来，我国铁路静态测试仍是采用手工方式进行，道尺、拉弦等简易工具是工务检测设备的主要组成部分。但是，采取手工操作的测试方式显得测量效率比较低，劳动的强度比较大，检测的项目少，可以是一种低精度、低密度静态测量方法。高铁大提速战略拉开了我国铁路高速化与现代化的序幕。需要与铁路“检、养、修分开”改革相配合，目前亟待开发一种功能与运营条件匹配、经济便携、抗干扰能力强的便携式轨检仪。轨检车是一种基于准静态不平顺的测试仪，它对新线的施工、整道、检查铺设精度和验收作业质量都可以起到了很大的作用。根据我国《铁路线路修理规则》规定，在检修过程中，技术人员要积极运用检测仪对线路进行检查，以提高线路的静态检查质量，强化线路的设备状况，并对新的、实习期间的维修工作进行指导。

有德国GEDOCE，瑞士Amberg等国外品牌，南昌日月明，四川什郁瑞邦，资阳立信，长沙悦城，中铁顾问等。

目前，国内铁路轨道检测仪的技术水平处于国际先进水

平,可以在正常运行条件下,一般会通过使用列车的间隔或天窗的方式对铁路进行例行的检测。铁路几何位置相对测量技术是我国铁路工程质量管理的重要组成部分,也是实现国家铁路提速战略的重要保证。

3 轨道的几何状态管理与评价

3.1 轨道几何状态的管理

目前,我国的轨道平顺性状态管理包含静态几何尺寸容许偏差管理、动态不平顺管理与车辆动力学指标管理等内容。在这些标准中,静几何尺寸允许偏差可以分为各种标准级别,如各项作业的验收、经常定期或者不定期的维修、临时修理和行驶速度的限制(160公里/小时)。高铁轨道施工验收的标准可参考下面表1和从《高速铁路无砟线路养护规程(试行)》中选出的。

表1 线路轨道静态几何尺寸作业验收容许偏差管理值

项目		无砟轨道		有砟轨道	
		(200, 250) km/h	(250, 350) km/h	(200, 250) km/h	(250, 350) km/h
轨距/mm		-1~+1	-1~+1	-2~+2	-2~+2
水平/mm		2	2	3	2
高低/mm	10m 弦	2	2	3	2
	5m/30m	≤2			
	150m/300m	≤10			
轨向/mm	10m 弦	2	2	3	2
	20m 弦	2	2	2	2
	5m/30m	≤2			
	150m/300m	≤10			
扭曲/mm/3m-1		2	2	3	2
轨距变化率		1/1500	1/1500	1/1500	1/1500

我国的动态不平顺管理包含峰值管理与均值管理两类。不平顺管理分为两大类:峰值型和均值型。在最高层管理中,每个管理值都是轨道不平顺的实际振幅的一半峰,共计有10个项目,每个项目偏差划分I级(经常保养)、II级(舒适度)、III级(临时补修)与IV级(限速)等4个标准等级(见表2、表3)所示。

表2 200~250km/h 线路轨道动态质量容许偏差管理值

项目		经常保养	舒适度	临时补修	限速(160km/h)
偏差等级		I级	II级	III级	IV级
轨距/mm		-3~+4	-4~+6	-6~+8	-8~+12
水平/mm		5	8	10	13
扭曲(基长3m)/mm		4	6	8	10
高低/mm	波长 1.5~42m	5	8	11	14
轨向/mm		5	7	8	10
高低/mm	波长	6	10	15	/

轨向/mm	1.5~70m	6	8	12	/
车体垂向加速度/m·s ⁻²		1.0	1.5	2.0	2.5
车体横向加速度/m·s ⁻²		0.6	0.9	1.5	2.0
轨距变化率(基长3m)/‰		1.0	1.2	/	/

表3 250~350km/h 线路轨道动态质量容许偏差管理值

项目		经常保养	舒适度	临时补修	限速(160km/h)
偏差等级		Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级
轨距/mm		-3~+4	-4~+6	-5~+7	-6~+8
水平/mm		5	6	7	8
扭曲（基长 3m）/mm		4	6	7	8
高低/mm	波长 1.5~42m	4	6	8	10
轨向/mm		4	5	6	7
高低/mm	波长 1.5~120m	7	9	12	15
轨向/mm		6	8	10	12
复合不平顺/mm		6	8	/	/
车体垂向加速度/m·s ⁻²		1.0	1.5	2.0	2.5
车体横向加速度/m·s ⁻²		0.6	0.9	1.5	2.0
轨距变化率(基长 3m)/‰		1.0	1.2	/	/

3.2 轨道几何状态的评价

与一般结构物相似,铁路轨道结构几何状态变化也是一个周期性的、逐渐劣化的过程。

国内外研究与实践证明,在线路上,对列车运行速度有两个主要的影响:平纵截面和轨道的平滑。在不良好的轨道平顺性条件下,当列车的速度增加时,列车车身产生的振动和车轮的作用力将会相应地大幅增加,严重的情况下会造成列车出现脱轨的情况。出现了轨道不平度的评估和控制,为此,国内外都专门对此进行了大量的研究,并已经取得了卓有成效的成果。

目前,我国铁路轨道日常的管理中多以超限分析、公里小结和分析等有限的指标为主,同时更多的是采用“事后修”或“故障修”的方式来进行的,因此,铁路轨道养护维修的工作量和养护维修费用始终处于相当高的状态。

近几年,随着行车速度的不断提高,人们对轨道几何状态的检测、管理和评价的重要性也更加重视,各种技术也比较成熟了,但尽管如此,因管理的思路、管理方法、管理手段等多方面因素的影响,还有待提高,从而使之形成相对完整的轨道几何状态综合评估体系。

4 结论

铁路几何状态不平顺性包括静态不平顺和动态不平顺,鉴于此,对铁路轨道检测应动静结合。尽管动态检测具有高效、高速、综合测量等这些特点,但从便利性和经济性来看,不能匹配工务部门的日常养护要求,所以动态静态检查间关

系当是互补而不存在替代。目前工务养护作业是在静态条件下完成的,特别是近两年来,随着静态检测技术的快速发展以及对静态检测数据分析的迫切需求,静态轨检仪得到了比较有效的普及和推广应用。

轨道的几何状态随着列车的运行随时都在发生变化,其

评价与管理也是一个发展的过程。随着铁路行车速度不断的提高、新设备的生产及其应用的扩大,这些都对轨道几何状态评价的方法和评价体系产生影响,也要求相关人员不断学习,不断充实和完善轨道几何状态变化规律分析方法和手段,以适应不同时期、不同行车条件下的轨道几何状态的控制要求。

参考文献:

- [1] 赵政权.高速铁路轨道平顺性测量相关技术问题的研究[D].成都:西南交通大学,2008.
 - [2] 魏辉.高速铁路轨道平顺性静态检测理论与精调技术研究[D].南昌:南昌大学,2014.
 - [3] 董宏英,王超超,陈桂林,等.基于陀螺仪的轨道高低不平顺检测[J].铁道建筑,2018,58(10):120-123.
 - [4] 王志勇,朱洪涛等.便携式轨检仪研究[J].铁道建筑,2014,(9):117-120.
 - [5] 唐恩奎.运营期高速铁路轨道平顺性测量与计算方法研究[D].成都:西南交通大学,2017.
 - [6] 袁曼飞,胡俊勇,王涛.高速铁路轨道几何状态三维检测系统设计与开发[J].河南科学,2016,34(05):770-774.
 - [7] 余毅.基于车载近景摄影测量的高速铁路轨道几何状态检测[D].西南交通大学,2014.
 - [8] 王国祥,高俊,卢建康.高速铁路轨道几何状态控制指标及检测技术探讨[J].铁道勘察,2012,38(01):1-4+24.
 - [9] 陈强,刘丽瑶,杨莹辉,余毅.高速铁路轨道几何状态的车载摄影快速检测方法与试验[J].铁道学报,2014,36(03):80-86.
 - [10] 余乐义.高速铁路轨道静态检测数据管理软件研制[D].西南交通大学,2015.
 - [11] 左玉良.轨道几何状态检测技术的应用研究[D].同济大学,2007.
 - [12] 龚志强,侯俊岭.高速铁路轨道几何状态测量仪检测方法研究[J].铁道勘察,2011,37(05):13-16.
 - [13] 刘丽瑶.近景摄影测量检测高速铁路轨道几何状态的精度研究[D].西南交通大学,2012.
 - [14] 张勇,田林亚,王建,杨建中,产光杰.轨检小车用于高速铁路轨道几何状态检测的关键问题研究[J].铁道标准设计,2013(05):5-9.
- 2021年度教育厅科研计划项目,项目编号:21JK0816,项目名称:光纤陀螺仪在高铁轨检中的应用技术研究,承担单位:西安铁路职业技术学院。