

文章编号:1006—2106(2001)02—0022—04

高速行车条件下铁路桥梁的维修养护

卢文良* 许克宾

(北方交通大学 土木建筑工程学院,北京 100044)

提 要:本文从高速行车对桥梁状态的要求入手,结合近几年提速过程中发现的问题,探讨了高速行车条件下铁路桥梁的维修养护,并提出了有益的建议。

主题词:高速铁路;桥梁;维修养护

中图分类号: U445 **文献标识码:** A

近几年我国已在几大干线开展了列车提速。我国第一条按 200 km/h 行车速度设计的新线铁路——秦沈客运专线也正在建设中,从设计的具体情况看,建成后列车的最高时速很可能达到 250 km 以上。另外,我国经济发展迅速,已投入很大力量对高速铁路进行了前期研究,高速铁路的修建只是一个时间问题。因此,高速行车条件下桥梁的维修养护是一个必须面对的课题。本文从高速行车对桥梁的要求、既有线提速的经验教训、国外高速铁路桥梁维修养护经验等方面探讨我国高速行车条件下桥梁的维修养护问题。

1 高速行车对桥梁状态的要求

机车车辆高速过桥时,由于振动的影响,上部结构会产生更大的应力及挠度,同时会使桥上轨道的几何形状发生变化,从而影响行车安全和乘坐舒适的要求。因此,高速铁路要求桥梁结构具有足够的强度、抗挠和抗扭刚度,并要求桥上轨道几何形状保持良好状态。

近 30 年来,德国、法国、西班牙及日本等国家结合发展高速铁路的需要,对高速行车条件下桥梁的动力响应采用模型、模拟、现场等各种试验,进行理论分析和计算工作,总结分析后应用于高速铁路桥梁设计中,并在实践中改进。现将国内外有关高速铁路桥梁的主要技术标准、结构类型及其它有关研究成果简介如下,以便有针对性地开展维修养护工作。

1.1 竖向容许变形

挠度大时梁端转角也随之增大,此时各跨连接处

的线路不能成为平顺曲线,机车车辆通过时,由于产生向上的惯性力,使轮重减载,降低列车的安全度。因此,各国都制定了高速行车条件下的竖向挠度容许值:

(1)日本新干线由 P 标准荷载产生的竖向挠度 f 不超过以下限值:

$$\text{单跨: } \frac{f}{l} \leq \frac{1}{1600} \quad l \text{ 为桥梁跨度。}$$

多跨:

$l \leq 40$	$40 < l \leq 50$	$50 < l < 100$	$l \geq 100$
1/1800	1/2000	1/2500	1/2000

(2)法国国铁规定,在 UIC 运营荷载下,竖向挠度 f 不超过以下限值:

单跨: $l \leq 8 \text{ m}$ 时, $f \leq 1/1500$; $l \geq 16 \text{ m}$; $f \leq 1/800$; $8 < l < 16$ 时,内插。

$$\text{多跨: } f \leq 0.8 \frac{1}{10000}。$$

(3)意大利国铁规定,竖向挠度 f 限值为:圪工桥 $f \leq 1/4000$,钢桥 $f \leq 1/2000$ 。

$$(4) \text{国际铁路联盟(UIC)} \quad \frac{f}{l} \leq \frac{1}{800}。$$

$$(5) \text{苏联} \quad f \leq \frac{l}{800 - 1.25l} \leq \frac{1}{600}。$$

$$(6) \text{美国:根据 AREA1983 规定} \quad \frac{f}{l} \leq \frac{1}{640}。$$

应该说明的是,以上规定各国不尽相同,除考虑行车安全和乘坐舒适外,也为了避免产生共振。因此,还与机车车辆的类型有关。

1.2 水平容许变形

- (1)日本:对水平挠度的限值取竖向挠度的一半。
- (2)国际铁路联盟 $\frac{f_h}{l} \leq \frac{1}{4000}$
- (3)铁组 $\frac{f_h}{l} \leq \frac{1}{5000}$
- (4)苏联采用限制横向振动的周期的方法: $T \leq 0.017 \sqrt{T} \leq 1.5 \text{ s}$

1.3 桥梁结构方面

- (1)高速行车条件下,钢桥的工作状态不如混凝土桥,梁部结构应尽量采用感热迟钝的材料(如钢筋混凝土和预应力混凝土)。国外高速铁路新线多用混凝土桥,因此结构本身的维修量很少。
- (2)采用道碴桥面,轨枕下道碴一般不小于 0.25 m,底层设置一层厚 0.1~0.15 m 的小石子或其它耐水性好的透水材料(如密实的粗砂)。
- (3)由于金属的线性膨胀,桥面的位移量较大,在跨度大于 15 m 的桥梁桥面的一端设置活动支座,而相应桥面上的焊接长钢轨,可考虑设置一个伸缩装置。
- (4)桥头线路的过渡问题。为了防止桥梁和路基刚度差异引起的桥头跳车,与桥相连的路基需进行特殊处理。日本铁路对桥头路基填土的特殊处理措施是,桥台后三角棱体用砾石土壤或砂砾大小的硬碎石填满,要求压实到密度大于 90% 以上。
- (5)线间距问题:复线上的线间距一般采用 4.2~4.3 m,德国增大到 4.7 m,轨道中心线与近侧栏杆间距一般为 3.55~3.65 m,德国增大到 4.5 m。
- (6)一般应采用钢支座,尽量不采用橡胶支座。
- (7)整体桥面铺设密闭有效的防水层,还要有良好的排水设施和排水措施。

此外,国际铁路联盟、法、日都对高速铁路的冲击系数计算、转角、疲劳检算等做出规定。

2 我国既有线高速行车条件下养护维修需注意的问题及对策

根据我国国情和路情,提出对高速行车条件下养护维修需注意的问题及对策如下:

2.1 桥上线路

桥面状态对桥梁的动力响应有很大影响,高速铁路比一般线路的养护标准高,且要保持更严格的容许误差。要保证桥上线路的上拱度符合要求。因此,应加强桥上线路的检测、监视和维修养护工作,增加线路维修与巡回检查次数,并采用先进的设备以保证线路的

质量和行车安全。

2.2 钢梁

提速证明,高速行车对钢桥的影响较大,钢桥的振动,尤其是横向振动加剧,引起下承板梁主梁腹板裂纹;上、下承板梁平联水平拉杆断裂;铆钉或螺栓松动;护轨道钉浮离拔起,钩螺栓和枕木失效周期缩短;护轨螺栓断裂、松动。

因此,日常养护应着重注意:

- (1)钢桥的木枕扣件应从普通的改为 K 型扣件。并注意明桥面 K 式扣件扭力矩保持时间不足的问题。
- (2)明桥面的钩螺栓不许有松动,建议取消钩螺栓将桥枕与纵梁或主梁上翼缘直接相连。
- (3)注意观测钢桥的横向振幅。提速试验表明,上承板梁跨中横向振幅大大超过桥检规的参考限值。必要时可加固横联和平联。
- (4)注意观测钢桥的竖向振幅。提速试验表明一定速度下会产生竖向共振。
- (5)注意纵、横梁切口处的细部构造,及时监控裂纹发展。
- (6)注意铆钉、螺栓的松动。注意上盖板的腐蚀。

2.3 圬工梁

既有线提速试验结果表明,车速 160 km/h 时,跨中挠度、截面应力、横向振幅、冲击系数及桥梁振动特性均未超过现行规范容许值。但是发现混凝土梁横隔板开裂;双 T 普通混凝土和预应力混凝土梁跨中横隔板开裂,不能起到协调两片梁共同受力的作用;梁间无横隔板的双 T 梁,横向振动相位不一致,梁下缘内、外侧应变差明显,呈明显斜弯曲。

因此,养护维修应着重注意:

- (1)注意监控横隔板的状态,应将非预应力隔板改造为预应力隔板。
- (2)注意混凝土桥枕开裂问题。
- (3)注意监测梁的挠度、钢筋混凝土梁的裂纹发展及预应力混凝土梁的开裂。

2.4 支座

- (1)应注意圬工梁支座螺栓剪断问题。
- (2)防止弧形支座弧面压溃,上下摆不能自由滑动,应及时清理污垢进行涂油养护。
- (3)板式橡胶支座的倾斜、串动较多,可能使梁形成三条腿现象,威胁行车安全。要设置横向限位装置,并注意支座横向相对位移不大于 2 mm。

2.5 下部结构

下部结构的问题主要是强度不够。要注意支承垫石混凝土的开裂。注意监测桥墩和下部结构的下沉量。注意监控轻型墩横向振幅。

2.6 桥头路基

主要是桥头路基刚度与桥梁刚度不能协调过渡,要采取措施提高桥头路基的刚度。

2.7 养修设备

应配备一定数量的高性能养修设备,加强对桥梁的监控。如精密的水准测量仪器及电测仪表用来观测桥梁的挠度;高性能的无损检测设备如电阻探头、声发射探头等探测混凝土中钢筋的腐蚀情况;先进的超声波、射线设备检测钢结构的裂缝、缺陷;超声回弹仪测混凝土的强度;先进的防水堵漏材料和高压力的压浆设备;机械化的高强螺栓施拧扳手等。

3 国外高速行车条件下铁路桥梁养护维修的经验

3.1 维修管理

日常维修工作一般由相应的机构负责管理,和我国的工务段类似。维修方式也基本采取综合维修和经常保养相结合的方式。但国外非常重视日常检查的数据整理,将桥梁的技术状态参数如裂缝的长度、裂缝的宽度、钢构件的锈蚀情况、螺栓的上紧程度等汇总成表,并经数据化形成数据库,保持对桥梁的状态有深刻地了解,以方便日后的评估和大修。美国、丹麦及日本等国都已建立了计算机桥梁管理数据库系统。有些国家还开发了利用计算机进行桥梁诊断的程序系统。

关于养护维修原则各国大同小异,共同经验是:日常检修周期为 3~15 个月,每 3~5 年再进行详细的检查,之后再根据桥梁造价、检查费用、修理费用和工程残值建立检查周期目标函数。关于如何整治,有不坏不修、定期维修和保持结构不发生病害等不同的出发点。

总之,科学地养护维修应建立从状态预测和评估、必要的桥梁数据库直到各种维修工作的成套程序。还应注意日常科研、应付突发事件及人员培训等方面的事先安排。

3.2 大修管理

桥梁的大修工作国外一般由专门的维修公司来进行,比如通过招标,选择最合适的公司。大修前必须的

工作是对桥梁进行评估,评估的客观性一是依赖于前述桥梁日常维修建立的数据库,二是依赖于先进的计算理论,所以国外非常重视有关桥梁老化和腐蚀的研究工作。在评估的基础上,论证维修和换梁的优缺点。

由于行车密度加大,为了减少中断行车和限制行车速度的时间,应开辟“天窗”维修时间。在重视大修质量的同时,更重视对中断行车时间的控制。国外的大修方案制定得非常周密,要从交通量、桥梁的结构形式、桥址处的地形、现有的施工机具、人员等多种因素制定最省时的方案。

3.3 关于养修机械化

为了减少中断行车和限制行车速度的时间,应高度重视桥梁的养护维修,加大投入力度,提高维修养护的机械化程度及高性能设备的应用。美国就桥梁养修的机械化问题进行过专门的讨论。由于桥梁的形式多种多样,不像线路轨道那样单一,给桥梁养修的机械化带来很大困难,但各国一直在进行这方面的努力。德国、英国等国家已经研制了大型桥梁检查车,可对梁式结构桥梁的上部结构和下部结构方便地进行检查,提高了效率。另外,一些日常的小型养护维修工具例如钢梁的涂漆工具、高强螺栓的施拧工具也多为自动化设备。

4 对高速行车条件下我国铁路桥梁养护维修的建议

为了适应提速和高速的需要,我国对桥梁养护维修规则及标准一直在进行研究,根据研究结果,相继于 1995 年发布了《广深准高速铁路线桥养护维修暂行规则》;1996 年 6 月铁道部工务局发布《既有铁路桥隧设备(行车速度 120~160 km/h)暂行技术条件》;1997 年 12 月铁道部工务局发布《京广线 160~200 km/h 区段快速线路结构主要装备标准》(试行);2000 年 1 月 1 日起实施新的《铁路桥隧建筑物大修维修规则》,其中对行车时速 120~160 km 繁忙干线的桥隧设备行车技术条件作了规定。根据我国铁路桥梁养护维修现状,作者认为还应继续加强以下几方面的工作:

4.1 养修体制应进行改进

高速行车对桥梁结构本身及桥上线路的工作状态有了更高的要求,相应的养修体制也应进行改进。由于我国在高速铁路的养护维修方面缺少经验,列车提速后桥面养护的标准和结构状态的要求均有所提高,而养修管理体制却没有根本改进。

4.2 养修手段应进行提高

中断行车和限速会造成很大的经济损失,所以,养修手段要改进,养修质量必须有保证。基层工务部门应认真执行、真正贯彻落实《桥隧大维规》及其它相关规定中的各项检查制度,并注意国内外高速行车引起的桥梁病害和养护维修经验。还要加大投入,提高桥梁检修设备的机械化程度,提高工作效率。

4.3 完善桥梁动态管理数据库

科学地养护维修包含从桥梁状态预测、评估、加固维修直到更换的成套程序,其中桥梁状态数据库具有重要作用。因此,应高度重视日常检查的数据整理,将桥梁的各种技术状态参数汇总成表,经数据化形成数

据库,并注意及时更新,保持对桥梁工作状态时刻有清晰、深入地了解,以方便日后的评估和大修。

参考资料

[1] Dr. Christors Pyrgidis. High-speed railway system in revenus service worldwide;an overview of current networks and new links envisaged[J]. Rail Engineering International,February 2000.

[2] Jierome Kramer. Bridge inspection;conrail’s innovative approach[J]. RT & S,February 1998.

[3] Kristi Matoba. New techniques help bridges to last longer[J]. R T & S, April,2000.

[4] 铁道部第四勘测设计院. 高速铁路[M]. 北京:中国铁道出版社,1984.

BRIDGE MAINTENANCE OF HIGH-SPEED RAILWAY

LU Wen-liang,XU Ke-bin

Northern Jiaotong University

Abstract: Based on the demands for bridge of high-speed railway and the actual situation of upgrading the existing track in China,the problems about bridge maintenance of high-speed railway were analyzed. And some suggestions were provided.

Key Words: high-speed railway; bridge; maintenance

(上接第 58 页)

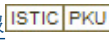
HE Meng-zhu

China Railway Second Engineering Bureau (Group) Co.

Abstract: There are many bridges and tunnels and a lot of extra-long slopes in the Daguan-Zhaotong Section of Nei-Kun Railway. The accumulative total length of the high slope sections is nearly 84 km, and the gradients of most sections are above 20‰, while the maximum line design gradient is 23.5‰. In order to guarantee the safety operation of track laying during construction, the reasons of vehicles sliding down the slope and its preventive measures are explored in this paper.

Key Words: Nei-Kun Railway; extra-long slope; vehicle sliding down the slope; exploration

高速行车条件下铁路桥梁的维修养护

作者: [卢文良](#), [许克宾](#)
作者单位: [北方交通大学, 土木建筑工程学院](#),
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF THE RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): 2001 (2)
被引用次数: 1次

参考文献(4条)

1. [Dr Christors Pyrgidis](#) [High-speed railway system in revenue service worldwide: an overview of current networks and new links envisaged](#) 2000
2. [Jierome Kramer](#) [Bridge inspection: conrail's innovative approach](#) 1998
3. [Kristi Matoba](#) [New techniques help bridges to last longer](#) 2000
4. [铁道部第四勘测设计院](#) [高速铁路](#) 1984

本文读者也读过(10条)

1. [陈龙珍](#), [张朝坤](#) [铁路提速后的桥梁维修养护问题探讨](#) [期刊论文] - [科技经济市场](#) 2007 (5)
2. [蒋万军](#) [浅谈如何搞好线路维修工作](#) [期刊论文] - [科技创新导报](#) 2008 (15)
3. [张勇](#) [地铁隧道工程整体道床施工技术](#) [期刊论文] - [西部探矿工程](#) 2004, 16 (4)
4. [蒋金洲](#), [卢耀荣](#), [JIANG Jinzhou](#), [LU Yaorong](#) [客运专线钢轨断缝允许值研究](#) [期刊论文] - [中国铁道科学](#) 2007, 28 (6)
5. [刘澎波](#), [曹江](#), [王连申](#) [中国建筑文化中心网架设计](#) [会议论文] - 1999
6. [李健](#), [孙彦明](#), [牛文政](#), [Li Jian](#), [Sun Yanming](#), [Niu Wenzheng](#) [提速线路道岔区晃车的预防性整治](#) [期刊论文] - [中国铁路](#) 2005 (10)
7. [程建伟](#) [某工程网架水平推力对支承框架的影响](#) [期刊论文] - [低温建筑技术](#) 2007 (3)
8. [周学军](#), [王振](#) [第十一届全运会省建综合训练馆钢结构工程设计](#) [会议论文] - 2008
9. [胡伦坚](#), [HU Lun-jian](#) [273m跨度落地网架施工](#) [期刊论文] - [施工技术](#) 2005, 34 (5)
10. [如何减少网架挠度](#) [会议论文] - 2004

引证文献(1条)

1. [陈龙珍](#), [张朝坤](#) [铁路提速后的桥梁维修养护问题探讨](#) [期刊论文] - [科技经济市场](#) 2007 (5)

引用本文格式: [卢文良](#), [许克宾](#) [高速行车条件下铁路桥梁的维修养护](#) [期刊论文] - [铁道工程学报](#) 2001 (2)