第28卷 第1期 石家庄铁道大学学报(自然科学版) Vol. 28 No. 1
2015年3月 JOURNAL OF SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY (NATURAL SCIENCE) Mar. 2015

重载铁路桥梁劣化评定标准化技术研究

刘寿山

(朔黄铁路发展有限责任公司,河北 沧州 062350)

摘要:重载铁路运输的快速发展提高了铁路的运输能力和经济效益,但列车轴重提高和编组增加使既有铁路桥梁病害日益加剧。现有的铁路桥梁劣化评定标准中的检查内容、检查方法和等级评定标准等存在着一定的局限性,按照既有规范进行劣化等级评定不能准确反映重载桥梁结构的实际技术状况,因此,迫切需要进行重载铁路桥梁标准化劣化评定技术的研究。本文主要针对朔黄铁路桥梁劣化现状,结合既有规范对铁路桥梁劣化评定进行研究,并根据研究结果对朔黄铁路桥梁进行了劣化评定,以此形成一套重载铁路桥梁标准化劣化评定技术规程。

关键词:重载铁路;劣化评定;桥梁

中图分类号:U443 文献标志码:A 文章编号:2095-0373(2015)01-0022-06

重载铁路与一般铁路相比,对桥梁结构的作用主要表现在桥梁所受的动载强度加大,受载频率增高,引起荷载效应加大、材料应力幅加大,进而导致桥梁的使用寿命缩短,结构的强度、刚度、稳定性等方面的安全储备下降。通过对朔黄铁路典型桥梁的常用梁和墩台进行的现场调研、实桥测试和理论分析表明,我国既有铁路桥梁设计标准偏低,开行重载列车后,既有铁路桥梁病害明显增多、结构劣化速度加快[1]。

1 重载铁路桥梁劣化研究现状

1.1 重载运输对铁路桥梁的影响

重载铁路输送能力大,经济和社会效益显著,发展铁路重载运输,已成为世界各国铁路运输发展的方向,也是我国加速提高铁路运输能力的主要途径。我国重载运输起步于20世纪80年代初,当初为缓解繁忙干线运输能力紧张状况,以开行组合列车为主。最近10年来,我国重载运输已初具规模,为我国重载铁路科技进步和国民经济快速发展发挥了重要作用[2]。重载铁路运输对桥梁结构的影响主要体现在以下几个方面:

(1) 重载运输列车轴重由21 t提高到25 t以上,竖向荷载增大必然导致桥梁的竖向挠度增大。

(2) 列车横向摇摆力与竖向力成正比关系,竖向荷载增加,横向摇摆力增大,导致桥梁横向振幅过大。

(3) 重载运输列车轴重的增大引起列车制动力也会增大,使桥梁的纵向振动加剧。

(4) 从国内外实践证实,动力系数值与行车速度有关。列车速度提高后,不平顺的车轮或轨道产生的冲击力相当可观,不容忽视。

(5) 随着列车轴重的增加,支座承受的竖向压力、列车摇摆力、列车制动力等都会增加,造成支座位移大、转角超限等病害,影响桥梁结构的伸缩或转动。

(6) 随着列车轴重提高,车速加快,桥梁横向振动加剧,桥墩承受的动荷载也随之增大,影响到桥墩承载能力。

收稿日期:2014-01-13 责任编辑:刘宪福 DOI:10.13319/j.cnki.sjztddxxbzrb.2015.01.05
作者简介:刘寿山(1964-),男,高级工程师,主要从事铁道工程施工与管理工作。
基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)(2009AA11Z102-4)
刘寿山.重载铁路桥梁劣化评定标准化技术研究[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2015,28(1):22-27.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(7) 由于受地基、台背后填土、设计与施工方案、路桥结构刚度不协调等因素影响,桥涵过渡段出现不均匀沉降。

1.2 重载铁路桥梁劣化评定技术研究现状

我国对铁路桥梁劣化评定方面的研究始于 20 世纪 80 年代。1987 年在武汉召开会议讨论形成了“桥隧建筑物大修维修规则”(讨论稿),初步规定了铁路桥梁劣化评定的内容和评定方法。1997 年—1999 年,以《铁路技术管理规程》等规章及有关国家标准、行业标准为依据,以铁路桥梁的研究设计、运营养护经验为基础,参照日本“桥梁的保养、修补、诊断”和德国“DS805-93”规范编制了《铁路桥隧建筑物劣化评定标准》,分为隧道、钢梁、支座、桥渡、明桥面、涵渠、混凝土梁、墩台基础等,评定标准中规定了不同结构构件的劣化类型、劣化等级划分、劣化等级评定标准和劣化检测方法。2010 年铁道部铁运[2010]38 号文发布了《铁路桥隧建筑物修理规则》(TG/GW103-2010),明确把桥梁劣化按桥面、梁体、支座、墩台及桥渡水文共 5 方面考虑,每一方面按若干分项给出了评定标准。

虽然我国铁路桥梁相关规范给出了桥梁劣化评定方面的标准,但既有规范中劣化评定的检查内容、检查方法和等级评定标准等存在着一定的局限性,既有规范对铁路桥梁在重载作用下产生的部分病害没有给出详细的规定,缺少详细的病害检查方法和等级评定标准,并且状态等级分类也比较模糊,按照既有规范进行劣化等级评定不能准确反映重载桥梁结构的实际技术状况。随着重载列车的不断开行,铁路桥梁病害日益严重,已经严重危害了行车安全,因此,迫切需要进行重载铁路桥梁标准化劣化评定技术的研究,并形成一套重载铁路桥梁标准化劣化评定技术规程,为重载铁路桥梁的日常检查提供科学依据。

2 重载铁路桥梁标准化劣化评定研究内容

本文主要依据国内外重载铁路桥梁结构检查规范和方法,以朔黄铁路为依托,结合自主创新技术,开展重载铁路桥梁标准化劣化评定技术研究并制定标准化劣化评定技术规程,为重载铁路桥梁结构的日常检查提供技术支撑,主要研究内容包括: ①研究重载铁路桥梁劣化评定内容,参考《铁路桥隧建筑物劣化评定标准》、《铁路桥隧建筑物修理规则》和《铁路桥梁检定规范》等标准规范,结合朔黄等重载铁路实际情况,对铁路桥梁劣化状况进行修改、增项和完善,制定所有劣化评定参数的具体检测方法和常用的仪器设备,细化具体的操作使用方法; ②针对目前重载铁路桥梁劣化检查过程中存在的仪器设备缺乏、测试手段少的现状,研究开发桥梁劣化检查专用的仪器设备,主要包括线梁偏心检测尺、梁体纵向位移观测尺、上拱度观测标志等,提高劣化检查速度和效率; ③针对不同结构形式的桥梁结构,制定出重载铁路桥梁劣化评定具体的作业指导书,并对作业指导书进行图解,形成完整的劣化评定规程,指导桥梁劣化评定作业的具体操作实施。

2.1 重载铁路桥梁劣化检查内容

参考《铁路桥隧建筑物劣化评定标准》、《铁路桥隧建筑物修理规则》和《铁路桥梁检定规范》等标准规范,以朔黄铁路为依托,重载铁路桥梁劣化检查按照结构主要分为混凝土梁(钢梁)、墩台基础、支座、桥面和桥渡 5 部分。按照材料梁又分为混凝土梁和钢梁[3-4]。

2.1.1 混凝土梁

既有规范中,铁路桥梁混凝土梁的劣化类型主要包括: 防排水措施失效、混凝土裂缝、混凝土劣化、梁体损伤、钢筋锈蚀、横隔板断裂、上拱度异常、梁体不能自由伸缩、道砟厚度不足或超厚、承载能力不足、挠度过大、横向振幅超限等。

在重载铁路桥梁运营过程中,梁体纵向位移和线梁偏心劣化状况越来越严重,因此在重载铁路桥梁劣化类型中增加这两项作为劣化评定的指标。既有重载铁路桥梁缺少设计、施工和运营等方面的资料和梁体徐变数据,因此该指标采用梁顶预埋水准点长期测量桥梁在重载运输条件下梁体相对线形变化。

2.1.2 钢梁

参考既有规范,重载铁路桥梁钢梁的劣化类型主要包括裂纹、异常变位、铆钉或者高强螺栓的失效(松动、断裂或脱落)、腐蚀导致的构件断面削弱或蚀坑、疲劳累计损伤、结构或构件现有承载力以及附属

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

设施等。

2.1.3 墩台基础

参考既有规范,重载铁路桥梁墩台基础的劣化类型主要包括墩台裂纹、墩台变位、墩台身损伤、基础损伤以及墩台基础综合刚度不足等。

2.1.4 支座

参考规范并结合朔黄铁路桥梁支座常见病害,重载铁路桥梁支座分为板式橡胶支座、盆式橡胶支座和钢支座。

板式橡胶支座多用于跨度范围为8~16 m的混凝土梁,板式橡胶支座的劣化类型包括裂纹、钢板外露、不均匀鼓凸与脱胶、脱空、剪切超限、支座位置串动以及钢部件锈蚀等。

盆式橡胶支座多用于跨度范围为20~32 m的混凝土梁,盆式橡胶支座的劣化类型包括钢件裂纹和变形、钢件脱焊、锈蚀、聚四氟乙烯板磨损、支座位移超限、支座转角超限、锚栓剪断以及支座橡胶板外露等。

钢支座多用于跨度范围为32 m及以上的混凝土梁和钢梁,钢支座的劣化类型包括钢部件损伤、锚固件及定位件失效、上下座板变形、活动支座不活动、位移超限、转角超限以及支撑垫石部位缺陷等。

2.1.5 桥面

《铁路桥隧建筑物劣化评定标准》中仅仅对明桥面进行劣化评定,对于道碴桥面并没有评定指标,因此重载铁路桥梁桥面劣化评定分为明桥面和道碴桥面两部分。明桥面的劣化类型包括明桥面木桥枕、护木、钢轨伸缩调节器、钢轨零部件以及人行道板等;道碴桥面劣化类型包括混凝土枕、钢轨伸缩调节器、钢轨零部件、挡碴墙以及人行道板等。

2.1.6 桥渡

重载铁路桥梁为跨域河流时需要对桥渡进行劣化评定,桥渡劣化类型包括桥涵净空及孔径过洪能力、桥墩台基础埋置深度以及导治(河调)和防护建筑物。

2.2 重载铁路桥梁劣化检查方法

重载铁路桥梁劣化检查方法主要可分为资料信息收集整理、外观检查、无损检测以及荷载试验。

2.2.1 桥梁资料信息收集整理

资料信息收集整理包括收集重载铁路桥梁结构设计图、施工图、现场桥梁照片等相关技术资料,对桥梁结构按照结构类型、梁-墩-支座-基础组合形式进行分类,明确重载铁路桥梁劣化评定的目的与主要检查内容,总结桥梁在重载作用下对应的劣化类型及其表现形式进行重点检查,制定相关劣化评定参数的具体检测方法和常用的仪器设备,并制定具体的操作使用方法。若桥梁跨越河流,则需要调查当地的水文资料。

2.2.2 外观检查

外观检查主要是检查桥梁结构在重载作用下外观劣化状况,外观检查劣化参数主要包括混凝土梁排水措施、裂缝、混凝土劣化、梁体损伤、钢筋锈蚀、横隔板断裂;钢梁裂纹、铆钉或者高强螺栓的失效(松动、断裂或脱落)、腐蚀、附属设施;墩台基础裂纹、墩台身损伤;支座裂纹及变形、钢板外露、不均匀鼓凸与脱胶、脱空、支座位置串动、钢件脱焊、锈蚀、聚四氟乙烯板磨损、支座位移超限、支座转角超限、锚栓剪断、支座橡胶板外露、锚固件及定位件失效、上下座板变形、活动支座不活动、支撑垫石部位缺陷;桥面桥枕、钢轨伸缩调节器、钢轨零部件、人行道板、挡碴墙。

2.2.3 无损检测

无损检测主要包括混凝土强度检测、混凝土碳化深度测量、混凝土梁上拱度异常、梁体纵向位移测量、线梁偏心测量、墩台变位、支座位移、转角、剪切测量。

混凝土梁上拱度异常主要检查预应力混凝土梁徐变上拱变化过大造成桥面道砟厚度不均以及冲击系数、恒载增大等情况。而既有桥梁缺少设计、施工等方面的资料和梁体徐变数据,因此该指标采用梁顶预埋水准点长期测量桥梁线形变化。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

梁体纵向位移检查梁体在运营状况下纵向位移是否过大，通过设计梁体纵向位移测量尺安装在梁体进行长期测量。

线梁偏心检查在运行荷载作用下，是否存在线梁偏心及其偏心程度，结合线梁偏心测量尺进行测量。

2.2.4　荷载试验

荷载试验测量参数主要包括梁体跨中横向振幅及其自振频率、梁体跨中竖向位移、墩台顶横向振幅及其自振频率、支座纵向位移、支座竖向位移、支座横向位移等[5]。

2.2.5　重载铁路桥梁劣化评定标准

参考《铁路桥隧建筑物劣化评定标准》，将重载铁路桥梁状态评定按劣化程度分为 A、B、C、D 4 级(见表 1)，A 级又分为 AA、A1 两等。

表 1　铁路桥梁劣化等级表

劣化等级	对结构功能及行车安全的影响	措施
AA 等(极严重)	结构物或主要构件功能严重劣化，危及行车安全	立即采取措施
A1 等(严重)	结构物或主要构件功能严重劣化，进一步发展会危及行车安全	尽快采取措施
B 级(较重)	劣化继续发展将会升级为 A 级	加强监视，必要时采取措施
C 级(中等)	影响较小	正常维修，加强检查
D 级(轻微)	无影响	正常检查保养

3　朔黄铁路崧阳岔河大桥劣化评定

3.1　桥梁概况

朔黄铁路西起山西省神池县神池南站，与神朔铁路相联，东至河北省黄骅市黄骅港口货场。朔黄铁路崧杨岔河大桥(128#桥)，中心里程 K269 + 642.37，桥全长 165.41 m，孔跨样式: (1-24 m + 4-32 m) 普通高度预应力混凝土梁。该桥为双线桥，两线间距 4 m，全桥位于直线上，全桥支座均采用盆式橡胶支座，固定支座设于黄骅方向，支座中心距为 1.80 m。桥墩均为双线双柱式桥墩，桥墩基础为沉井基础，地基土由下向上依次为白云岩、黏土、卵石土和新黄土，1#、2#、3#、4#墩高分别为 12.67 m、13.27 m、16.27 m、16.27 m。崧杨岔河大桥实景图如图 1 所示，劣化评定如图 2 ~ 图 10 所示。

图 1　崧阳岔河大桥实景图

图 2　混凝土表面劣化

图 3　混凝土梁局部损伤

图 4　混凝土腐蚀露筋

3.2　桥梁劣化状况

经评定，该桥劣化状态如下: 混凝土梁体表面有蜂窝麻面现象，梁体局部缺损、露筋，实测跨中挠度最

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

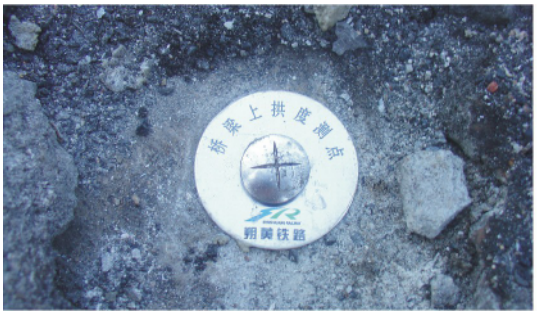

图5 梁体顶面水准测点布置

图6 线梁偏心测量

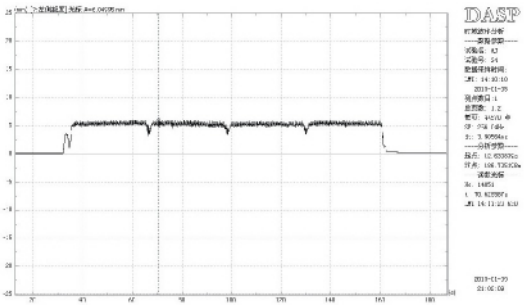

图7 混凝土梁跨中动挠度测试

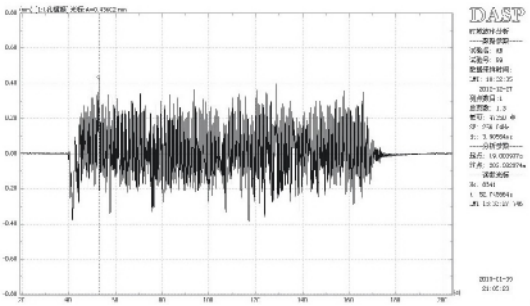

图8 混凝土梁跨中横向振幅

图9 梁体纵向位移测量尺安装测量

图10 桥墩裂缝开展状况

大值为8.46 mm,跨中横向振幅最大值为0.56 mm,最大线梁偏心距23 mm;墩台基础0#台台帽支撑垫石竖向裂缝(2条),宽0.10~0.30 mm,长0.35~0.43 m,1#墩墩帽竖向裂缝3条,宽0.10~0.30 mm,长0.26~0.64 m,墩顶横向振幅最大值为0.50 mm,1#墩横向自振频率为2.13 Hz;支座转角差 $S_{max} - S_{min} = 3.4$ mm。

根据以上劣化检测结果,参照《铁路桥隧建筑物劣化评定标准》中的有关规定要求,该桥各部件劣化状况:混凝土梁劣化等级为C级;墩台基础劣化等级为C级;支座及其他部位并无明显劣化状况。综上所述,崧阳岔河大桥劣化等级为C级,对铁路线路运营影响较小,保持正常维修,加强检查劣化部位。

4 结语

本文研究成果可以直接指导桥梁结构现场劣化检查工作,全面评价桥梁结构的状态等级,准确掌握桥梁结构的技术状况,节约桥梁检测费用。同时,本文研究成果为重载铁路桥梁的养护、维修及管理提供了科学依据,保证了桥梁结构的安全,间接经济效益巨大。同时对重载运输条件下的桥梁运营状态与病害演变控制具有重要的现实意义。

参 考 文 献

[1] 魏井奎,李辰中. 重载运输——中国铁路货运发展之路[J]. 科技资讯,2008(10):190-191.
[2] 钱立新. 世界铁路重载运输技术的最新进展[J]. 世界轨道交通,2007(12):20-23.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[3] 中华人民共和国铁道部. 铁运涵 [1999] 2820. 1-8 铁路桥隧建筑物劣化评定标准 [S]. 北京: 中国铁道出版社,1999.
[4] 中华人民共和国铁道部. 铁运涵 [2010] 38 号 铁路桥隧建筑物修理规则 [S]. 北京: 中国铁道出版社,2010.
[5] 中华人民共和国铁道部. 铁运涵 [2004] 120 号 铁路桥梁检定规范 [S]. 北京: 中国铁道出版社,2004.

Standardization Technical Research of the Bridge Deterioration of Heavy-Duty Railway

Liu Shoushan

(The Development Co. Ltd. of the Shuo-Huang Railway, Suning 062350, China)

Abstract: The rapid development of the transportation of Heavy-duty Railways improve the transport capacity of the railway and economic benefits, but the train axle load and marshalling increase railway bridge disease aggravation. The existing railway bridge deterioration evaluation standard check the contents, norms in the deterioration of inspection method and evaluation standard, there are some limitations, in accordance with the existing norms of deterioration rating does not accurately reflect the actual technical condition of heavy-duty of bridge structure. Therefore, we need to study the bridge of heavy-duty railway standardization deterioration evaluation technology, This article in view of the present situation of Shuo-Huang railway bridge deterioration, combined with the deterioration of the existing norms of railway bridges assessment study and based on the findings of Shuo-Huang railway bridges were assessed deterioration, thus forming a set of heavy haul railway bridge deterioration standardized assessment of technical regulations.

Key words: heavy-duty railway; deterioration assessment; bridge

(上接第 16 页)

参 考 文 献

[1] 李小珍. 高速铁路列车-桥梁系统耦合振动理论及应用研究 [D]. 成都: 西南交通大学土木工程学院, 2005.
[2] 夏禾,张楠. 车辆与结构动力相互作用 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2005.
[3] 曹雪琴,陈晓. 轮轨蛇行引起桥梁横向振动随机分析 [J]. 铁道学报, 1986,8(1):89-97.
[4] 北京金土木软件技术有限公司,中国建筑标准设计研究院. SAP2000 中文版使用指南 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2006.
[5] 苏金明, 阮沈勇. MATLAB 实用教程 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
[6] 陈嵘. 高速铁路车辆-道岔-桥梁耦合振动理论及应用研究 [D]. 成都: 西南交通大学土木工程学院, 2009.

Train-bridge Coupling Dynamic Response Analysis of (48 + 80 + 80 + 88 + 48) m Turnout Continuous Beam of Han-river Bridge

Wang Huidong[1], **Ma Qisen**[2]

(1. School of Civil Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;
2. Qingdao Hongrui Power Engineering Consulting Co. LTD., Qingdao 266100, China)

Abstract: This article studies the bridge responses to the space coupling vibration of high speed train and turnout continuous beam of Han-river Bridge with spans of 48 + 2 × 80 + 88 + 48 meters on Xiamen-Shenzhen Railway. In the research, the dynamic equation is formed with modal coordinates method, the parameters of vibration modes are gained by SAP2000, and the solver is written in Matlab. Some helpful conclusions of Han-river Bridge are obtained.

Key words: turnout continuous beam; vehicle-structure coupling vibration; modal coordinates method

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net