

新型高速铁路专用桥梁检测车的设计方案

张效奎¹, 刘 伟¹, 韩国梁², 李娟娟¹

(1. 北京交通大学 机械与电子控制工程学院, 北京 100044; 2. 北京万桥兴业机械有限公司, 北京 101100)

摘要: 为了解决新型高速铁路桥梁取消人行便道、受“天窗”时间限制等传统桥梁检测维护设备不能达到检测要求的问题,提出了一种新型高速铁路专用桥梁检测车的机械设计方案。该检测车设计采用门式梁固联、导向梁和驱动梁交替行走结构形式;利用图像采集技术实施对高铁桥梁下表面及桥墩的检测;可在不影响列车正常通行的情况下,实现自动过墩。最后,用 Solidworks 完成了三维建模及动画仿真,并进行了虚拟样机试验。研究表明,该设计方案是可行的,为更多高速铁路桥梁检测维护设备研发提供了借鉴和参考。

关键词: 高速铁路;桥梁检测维修车;设计方案

中图分类号: TH122;U273

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)02-0151-04

Design scheme of bridge-inspection vehicle applies for new high-speed railway bridge

ZHANG Xiao-kui¹, LIU Wei¹, HAN Guo-liang², LI Juan-juan¹

(1. School of Mechanical, Electronic and Control Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. Beijing WOWJOINT Machinery Co., Beijing 101100, China)

Abstract: In order to solve the problems of new high-speed railway bridge cancel human pavement, the skylight time limit and other characteristics that traditional bridge test equipment maintenance can't reach the detection requirements, a mechanical design plan of new high-speed railway bridge-detection vehicle was investigated. This bridge-detection vehicle uses the structure of fixed gate-type girder, its guiding girder and drive girder walk alternately. This vehicle can detect the onderkant of the bridge and bridge piers with image acquisition technology and can pass the bridge pier automatically without affect the normal train traffic. And its 3D modeling and simulation animation was completed by Solidworks, the virtual prototype was tested. The experimental results show that this design scheme is feasible. This plan will provide reference to more testing and maintenance of railway bridge equipment research and development.

Key words: high-speed railway; bridge-inspection vehicle; design scheme

0 引 言

随着我国经济建设的需要,高速铁路飞速发展。根据 UICF(国际铁道联盟)的定义,高速铁路是指通过改造原有线路,使营运速率达到 200 km/h 以上,或者专门修建新的“高速线”,使营运速率达到每小时 250 km 以上的铁路系统。其建设也成为了国家重要的基础设施建设之一。而高速铁路很多路段都以桥梁的形式出现,铁道部“十一·五”规划中指出,2010 年铁路规划高速

客运网将达 20 000 km。在新建的客运专线线路中,80%以上为高架桥梁。由于环境载荷作用、疲劳效应、腐蚀效应和材料老化等不利因素对设施的长期影响,随着桥梁服役时间的增加,桥梁结构将不可避免地产生自然老化、损伤积累等各种各样的疲劳和损伤。加之养护技术落后,桥梁养护的难度较大,不及时消除桥梁建设、运行中的安全隐患,势必造成经济和人员的巨大损失,这就使桥梁的检测和维护显得尤为重要^[1]。因此,必须十分重视桥梁的养护管理,使桥梁能长期处

收稿日期:2011-09-01

作者简介:张效奎(1989-),男,山东菏泽人,主要从事机械系统设计及仿真方面的研究。E-mail:10121525@bjtu.edu.cn

通信联系人:刘 伟,男,副教授,硕士生导师。E-mail:liuw@bjtu.edu.cn

于良好状态,提高桥梁的技术状况及通行能力,延长桥梁的使用年限。特别是国内几次铁路大提速,桥梁安全成为保障能否顺利提速的重要因素。现今高速铁路桥梁与传统铁路桥梁有很大区别。高铁桥梁两侧无人行便道,道路封闭性增强,并在桥梁两侧加装防风隔音屏障。故传统铁路桥梁检测车无法满足当今高速铁路桥梁检测的作业需求。而现在国内外尚无专门用于铁路和高速铁路桥梁检测维修的专用设备,因此,设计开发一种安全有效的桥梁检测车尤为必要。

本研究主要探讨新型高速铁路专用桥梁检测车的设计方案。

1 铁路桥梁检测车基本情况

铁路桥梁检测车应是一种可以为桥梁检测人员在检测过程中提供作业平台、装备有桥梁检测仪器、用于流动检测或维修作业的专用车辆^[2-3]。它可以随时移动位置,能安全、快速、高效地让检测人员进入作业位置进行流动检测或维修作业。工作时不应影响正常的列车运行,而且可以在不收回臂架的情况下慢速行驶,同时能对桥底面桥墩尽可能的全面检测,其检测的范围有桥梁梁体本身、支座、桥墩以及连接螺栓等,还应能具有通过桥墩的能力^[4]。目前常用的桥梁检测手段有:①望远镜远距离观察;②搭设支架或船上搭架近距离检修;③利用铁路桥梁检测车近距离检修;④无人检测车或桥梁检测机器人近距离检查^[5-7]。铁路桥梁检测车应具有效率高、安全性好、适应性强、功率消耗低等优点,专用于高速铁路桥梁的预防性检查和维修作业,并为操作者在检测每一组成部分时提供安全保障,还可用于环境险恶不适合人工检测的场合。

目前,国内铁路检修主要借鉴国外高铁检修车模式,即采用桥面行走的形式,其主要代表厂家为德国 MOOG 公司^[8]。而适用于我国高铁的高速铁路桥梁检测车还没有产品出现。现有传统铁路桥梁检测车的主要型式有:折臂式、吊篮式桁架式等,如图 1 所示。



图 1 传统桥梁检测车

以上传统检测车的共同点就是均需要车载或拖挂,必须行走在轨道或者便道上。根据有关规定:京沪客运专线的箱梁宽度由以前的 13.4 m 改为现在的 12.6 m,减小了侧面空间,使得在桥梁两侧搭绞手架使用吊篮到桥下检修的方法成为不可能。汽车桥梁检测车或其他动力车辆又不允许开上轨道,不能进行铁路桥梁检测。鉴于以上情况,笔者设计了一种专门用于新型高速铁路的检测车。

2 高速铁路桥梁检测车关键技术及方案

2.1 技术背景

高速铁路桥梁检测车主要针对高速铁路桥的标准梁的新型结构设计,其示意图如图 2 所示。京沪高速铁路设计时速 350 km,初期运营时速 300 km,共设 21 个车站,全程运行时间为 5 h,正线全长约 1 318 km,桥梁占 1 000 多 km,为全长的 77%。途经河北、山东、安徽、江苏四省及北京、天津、上海三市,连接环渤海和长江三角洲两大经济区,也是东北、华北通往华东的必经之路。该高速铁路桥梁不再设有人行道,电力牵引,采用了刚度大、整体性好、较好的动力特性、架设可一次到位、无工地联接工作、工期较短的箱梁结构。其双线单箱单室整体箱形截面具有腹板少等优点,较厚的腹板有利于布置钢筋和提高耐久性^[9]。

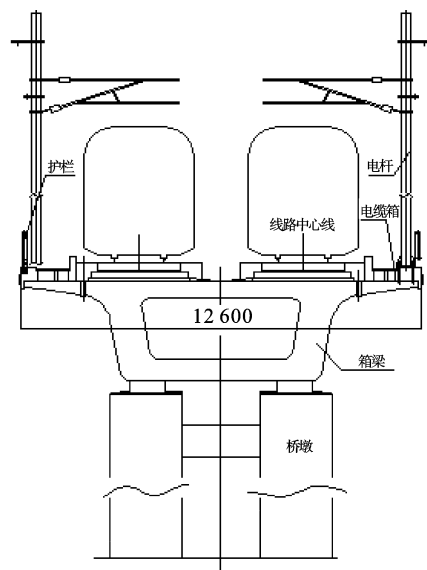


图 2 高铁桥梁截面示意图(单位:mm)

2.2 关键技术及方案确定

对高速铁路桥梁进行维护的总体原则是:在维护过程中所使用的桥梁检测维护设备不能影响正常的列车运行,还应具有通过桥墩的能力。在该设计原则的指导下,经反复论证和众多方案的比较,本研究提

出了以下较为可行的结构型式和设计方案。该设计主要由机械部分和电控部分组成。

2.2.1 机械部分

机械部分又分为:整车结构、作业平台、整机固定形式、整机行走装置、过墩机构。

(1) 整车结构形式。

门式桁架具有轻便,强度高特点,被广泛地运用于大型工程机械的整机结构中。为保证检测车的安全性,本研究采用门式桁架结构如图3所示。行走装置可设立在两侧护栏(或挡风墙)的基座上方,将两侧行走装置固联为整体。

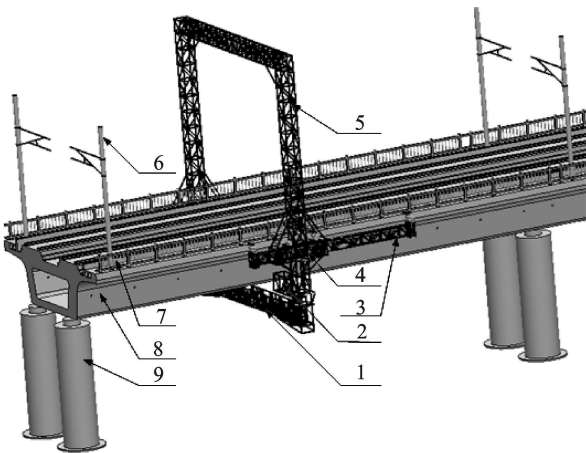


图3 检测车装配图

1—底部检修平台;2—侧面检修平台;3—导向梁;4—驱动梁;5—上环梁;6—电杆;7—护栏;8—标准梁箱;9—桥墩

(2) 作业平台的结构。

作业平台的结构可以分为折吊篮式和桁架式。对比传统检测车的工作平台结构形式,该检测车采用桁架通道式作业平台。

(3) 整机固定形式。

根据不能对桥体进行结构的改造(如预埋结构件)的有关规定,本研究中不再设置检查车侧向通道,桥面板搭接长度由200 mm调整为100 mm,遮板重心位于桥面板边缘外,施工中应注意遮板的稳定性,加强对钢筋的绑扎定位。所以,为满足以上要求,该检测车利用护栏(或挡风墙)和桥面之间的缝隙为着力点,采用电机驱动挂臂来固定检测车。

(4) 整机行走装置。

为完成检测车平稳行走并减轻检测车工作时对桥梁遮板表面碾压带来的破坏,本研究采用了挂臂式固定、交替自行铺轨行走的工作方式。挂臂式固定交替行走(即行走装置)如图4所示,包括导向梁和驱动梁及动力设备,在导向梁和驱动梁上分别安装两个有电机驱动的挂臂,在夹持装置上还装有限位开关。当检测车用8 t~16 t车吊配合安装到桥梁时,驱动梁上

的两个挂臂工作,使整车固定,同时驱动导向梁向前行进到合适的位置,导向梁上的两个挂臂工作,使导向梁固定,驱动梁上的两个挂臂打开并带着下面的检查装置向前行进,完成行走。

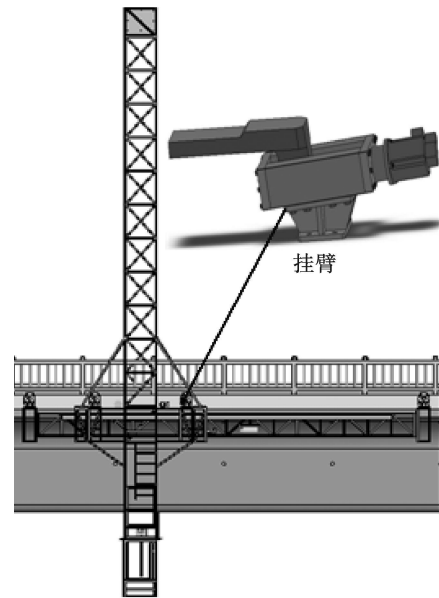


图4 整机行走装置

(5) 过墩机构方案。

为实现检测车沿桥梁方向连续运行平稳过墩的需要,目前构思有两种可行方案:侧面悬挂旋转机构,当需要绕墩时,工作台旋转90°,使工作台与桥墩侧面平行,平稳越过桥墩之后,工作台继续旋转270°合拢,继续工作。考虑到旋转平台连续旋转会对检测设备的电线形成干涉,故一般的回转平台设计分别向左右两侧水平旋转90°,但这样又会在过墩之后检测车整体要行进,为工作台的旋转回原位留出空间,工作台合拢之后再回退回来,增加了工作复杂性,降低了工作效率,所以旋转机构不适合连续工作的要求。

底部工作台设计成一种伸缩机构,当需要过墩时,作业平台的伸缩架收缩,过桥墩之后,工作台合拢,继续工作。检测设备安装在伸缩架内,检测设备电线可放置在布线履带内,可采用这种方式。

2.2.2 电控和驱动部分

该车设计采用全液压传动方式,由自备发动机直接驱动液压泵,其中变量泵驱动低速行走马达,作业机构由定量泵供油。发动机直接驱动柱塞变量泵为变量马达供油,变量马达通过轮边减速机将扭矩传递给驱动梁上的驱动轮,完成导向梁或驱动整机的行走运动。在该系统中,本研究通过调整泵的排量改变泵流量,就可以改变液压马达输出速度,通过调节马达的排量来适应外负载的变化。检测车的前进和后退可以通过改变液压泵的供油方向来实现^[10]。

由操作人员控制(或自动控制),设备就可以沿轨道行方向,对梁逐孔进行检测并记录^[11-12],并对相关传感器数据进行分析处理和存档,将缺陷部位的位置信息和缺陷种类信息存储到相应数据库中;当日检测完毕后,桥梁检测维修车可以退返基地或停留待来日继续工作,直到所需桥梁检测完成。而后配合汽车吊拆解,运送其他区段工作。这样可以对桥梁是否存在缺陷进行分析,又保存各传感器检测数据作为存档及供后续处理,同时提供桥梁缺陷位置的具体坐标,并能够实现桥梁全方位的表观缺陷检测,还具有自动检测和避障功能。根据检测的结果,如桥梁存在缺陷,检测维修车在无需开天窗的情况下,开至有缺陷的桥梁处,将维修人员送至桥下进行维修,从而降低人工检测的强度,为桥梁系统化、科学化的管理维护提供依据,提高桥梁检测的效率和水平。

3 新型桥梁检测车的功能及工作

3.1 功能

根据实际要求及以上设计原则,新型桥梁检测车具有整机实现桥梁梁体本身、支座、桥墩以及连接螺栓的检测,以及自动行走、过墩的功能。

3.2 工作及过墩过程

检测车处于正常工作状态,即伸缩架完全伸出,上环梁合拢,工作平台处于与桥梁底面相平行状态。此时,行走装置工作,驱动梁带动整机在导向梁上前进,同时,底部检修平台上的设备工作对桥底面进行图像采集。如果需要,工作人员还可以通过检修平台对桥体有缺陷部分进行进一步的检修。

当桥检车需要过桥墩时,伸缩架打开,并收缩,如

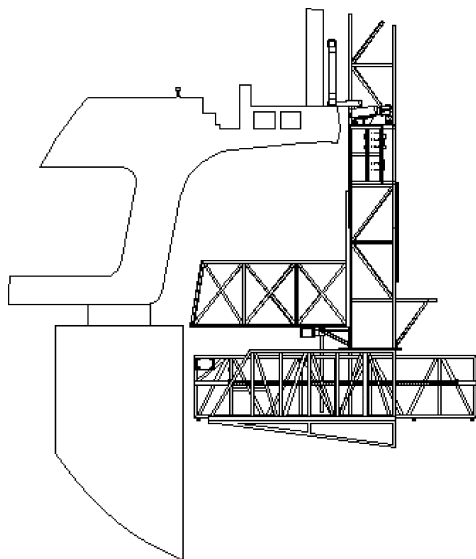


图 5 伸缩机构过墩

图 5 所示,同时在驱动梁的带动下检测车整体向前行进通过桥墩。过墩后,伸缩架合拢,继续进行检修作业。

4 结束语

该型桥梁检测车具备了传统检测车不具有的功能,不占用轨道,不影响列车正常运行,结构简单,功能完善,无需受制于开“天窗”的专门检修时段限制,为新型高速铁路专用桥检车。在结构方面其门式梁结构保证了安全性,其典型的伸缩架结构可完成过墩动作,采用图像采集技术对桥体检测,对比传统检测车提高了效率。

随着我国高速铁路的飞速发展,专门的桥梁检测设备会有广阔的市场空间,该新型检测车的研制可填补市场空白,为更多高铁桥梁检测设备的开发研制提供参考和借鉴。

参考文献(References):

- [1] 张俊平,周建宾. 桥梁检测与维修加固[M]. 北京:人民交通出版社,2006.
- [2] 龚栋梁. 国内外桥梁检测车发展概述 [J]. 商用汽车, 2009,28(6):100-102.
- [3] 张继文. 国内外之桥梁检测车发展概述 [J]. 交通世界, 2010,6(11):41-42.
- [4] 段汝娇. 计算机视觉技术在铁路检测领域的应用[J]. 中国铁路,2010,48(1):69-70.
- [5] METNI N, HAMEL T. A UAV for bridge inspection: Visual servoing control law with orientation limits [J]. **Automation in Construction**, 2007,17(1):3-10.
- [6] DAS A K, MEMBER S. A Vision-Based Formation Control Framework [J]. **IEEE Transactions on Robotics and Automation**, 2002,18(5):813-825.
- [7] 牟 斌. 探讨半导体激光技术在铁路检测领域的一些可能应用[J]. 中国铁道科学, 2000,21(3):114-115.
- [8] 李 淮, 陈 浩. 高速铁路专用新型桥梁检测维修车的研制[J]. 铁道标准设计, 2010,(10):35-36.
- [9] 文望青, 罗世东. 京沪高速铁路桥梁设计关键技术[J]. 铁道建筑技术, 2009,25(2):31-39.
- [10] 李建松, 赵静一, 王昕煜, 等. 自行式桥梁检测车行走驱动系统特性分析[J]. 机床与液压, 2010,38(10):25-25.
- [11] SITHOLE G, VOSELMAN G. Bridge detection in airborne laser scanner data[J]. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, 2006,61(1):33-46.
- [12] PICHENG T, YEANREN H, WU Ming-chang. The development of a mobile manipulator imaging system for bridge crack inspection [J]. **Automation in Construction**, 2002(11): 717-729.

[编辑:罗向阳]