

文章编号: 1674—8247(2018)03—0036—05

## 沪昆高速铁路北盘江特大桥检查通道及 检查车设计

谢海清<sup>1</sup> 徐 勇<sup>1</sup> 梅仕伟<sup>2</sup>

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031; 2. 株洲时代新材料科技股份有限公司, 株洲 412007)

**摘 要:**大跨混凝土拱桥以其跨越能力强、刚度大、承载能力强的特点,近年在我国山区铁路中广泛应用。目前,我国尚未有统一的针对大跨拱桥的检查维修的相关规程及相关设备。文章以已建成的沪昆高速铁路北盘江特大桥为工程背景,针对大跨度混凝土拱桥后期运维的需要,介绍该桥的检查维修通道及针对该桥研发的一种新型的大跨混凝土拱圈检查车的设计。为同类大跨度拱桥的管养维护提供技术参考。

**关键词:**大跨度拱桥; 检查通道; 检查车; 轨道; 链条链轮驱动

**中图分类号:**U445.7 **文献标志码:**A

## Design of Inspection Lane and Inspection Vehicle for Beipan River Bridge of Shanghai-Kunming Passenger Dedicated Railway Line

XIE Haiqing<sup>1</sup> XU Yong<sup>1</sup> MEI Shiwei<sup>2</sup>

(1. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China;

2. Zhuzhou Times New Material Technology Co., Ltd., Zhuzhou 412007, China)

**Abstract:** In recent years, the long-span concrete archbridge has been widely used for railways in the mountainous areas in China because of strong span ability, strong stiffness and strong bearing capacity. At present, the unified relevant regulations and equipment for the inspection and maintenance of long-span arch bridge have not been made in our country. Based on the completed Beipan river bridge of Shanghai-Kunming passenger dedicated railway line, aiming at the inspection needs of long-span reinforced concrete arch bridge during the operation and maintenance period, the inspection lane and a new type of inspection vehicle for long-span concrete arch ring are presented, which can provide technical references for the maintenance of the same kind of long-span arch bridges.

**Key words:** long-span arch bridge; inspection lane; inspection vehicle; track; chain sprocket drive

### 1 工程背景

北盘江特大桥为沪昆高速铁路跨度最大的重点桥梁工程,大桥位于贵州省关岭县和晴隆县之间,在光照水电站下游跨越北盘江。桥梁中心里程为 D1K 881 + 943.0,桥梁全长 721.25 m。主桥为 445 m 上承式钢

筋混凝土拱桥,引桥及拱上孔跨布置为:(1×32)m 混凝土简支梁+(2×65+8×42+2×65)m 预应力混凝土刚构连续梁组合体系+(2×37)m 预应力混凝土连续梁,建成后为世界最大跨度的钢筋混凝土拱桥。桥跨布置总体示意如图 1 所示。

收稿日期:2017-05-15

作者简介:谢海清(1982-),男,高级工程师。

引文格式:谢海清,徐勇,梅仕伟. 沪昆高速铁路北盘江特大桥检查通道及检查车设计[J]. 高速铁路技术,2018,9(3):36-40.

XIE Haiqing, XU Yong, MEI Shiwei. Design of Inspection Lane and Inspection Vehicle for Beipan River Bridge of Shanghai-Kunming Passenger Dedicated Railway Line [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(3): 36-40.

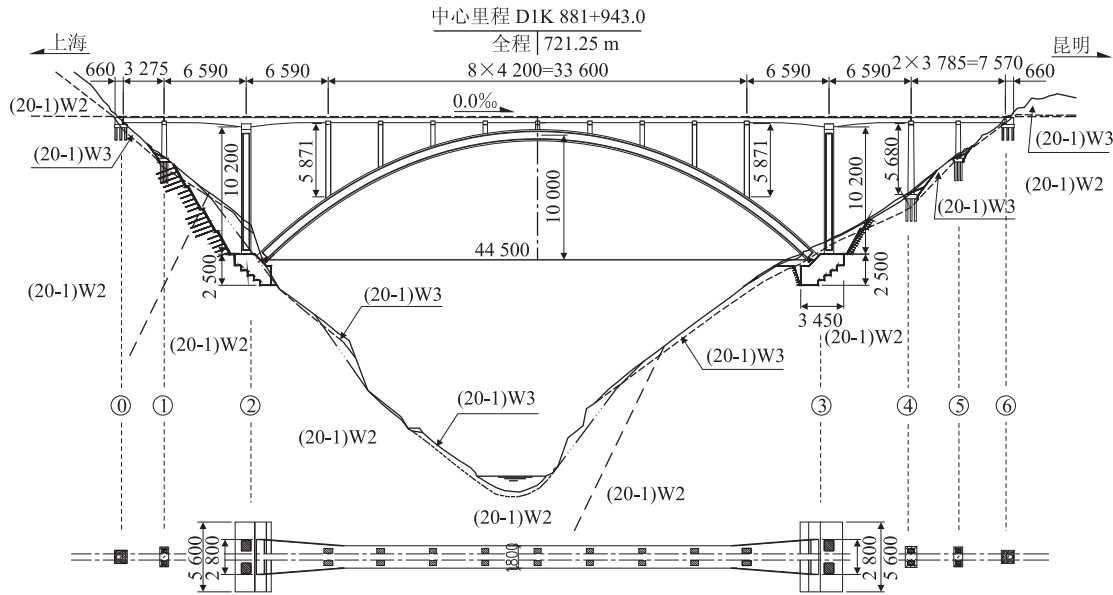


图1 北盘江特大桥总体布置图 (cm)

## 2 桥梁检查维修通道设计

北盘江特大桥检查通道主要分为梁部和墩顶检查通道、交界墩检查通道和主拱圈检查通道三个部分。主拱圈为大桥最为重要的受力构件,主拱圈检查通道又分为拱顶检查通道、箱内检查通道和拱底检查车三个部分,全桥检查通道设置示意如图2所示。

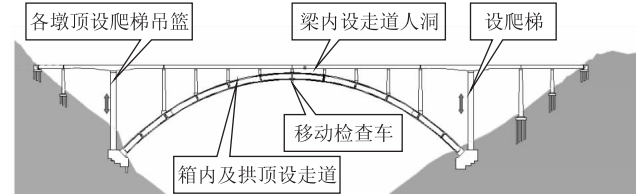


图2 北盘江特大桥全桥维修通道设置示意图

### 2.1 梁部和墩顶检查通道

北盘江特大桥全部梁体只设箱内检查通道,各梁隔板处设置过人洞,检查人员从两侧桥台处进入箱梁内部进行检查。在箱梁内部靠近各墩处,梁体底部设置100 cm × 80 cm 的检查洞,检查洞处设置检查梯到达各墩墩顶的吊篮,方便墩顶支座和速度锁定器的检查及更换。引桥墩及拱上墩均双侧设置吊篮,在引桥侧设置检查梯,实现墩顶与梁体进行互通,另一侧吊篮可通过墩顶箱梁与桥墩耳墙之间的通道通过到达,墩顶吊篮及检查梯示意如图3所示。拱顶墩柱处设置墩身爬梯实现箱梁与拱顶互通,从而形成拱上梁内—拱上5号墩吊篮—墩侧爬梯—拱圈顶面通道的互通,拱上5号墩吊篮及检查梯示意如图4所示。

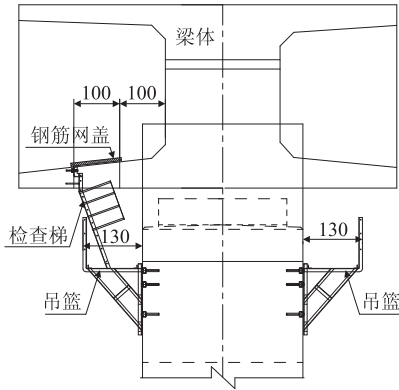


图3 墩顶吊篮及检查梯示意图 (cm)

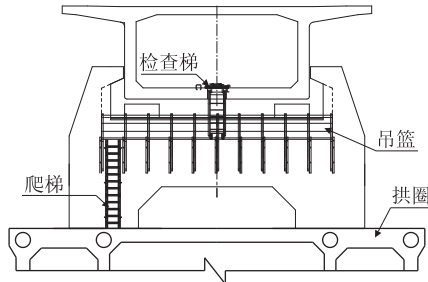


图4 拱上5号墩吊篮及检查梯示意图

### 2.2 交界墩检查通道

北盘江特大桥交界墩高102 m,中间共设3道横梁,间距25 m左右。在2号、3号交界墩靠山侧两墩柱上均设置通长的爬梯,交界墩横梁处引桥侧设置吊篮,主桥侧设置围栏;墩顶双侧设置吊篮及梁体检查梯。交界墩顶吊篮及检查梯、横梁吊篮及围栏、吊篮及墩侧爬梯如图5~图7所示。检查人员可从拱座顶面的墩

侧爬梯,经1号~3号横梁吊篮后,到达墩顶盖梁吊篮处,并通过梁体检查梯进入65 m T构梁体内。横梁处墩柱侧壁均留有人洞,并设置铁门,可进入墩内进行检查,实现检查人员对交界墩的检查,以及拱上梁、交界墩与拱座顶面互通<sup>[1]</sup>。

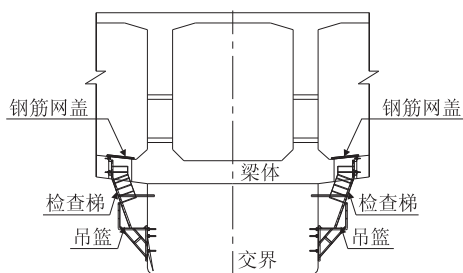


图5 交界墩顶吊篮及检查梯示意图

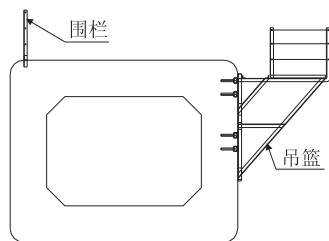


图6 交界墩横梁吊篮及围栏示意图

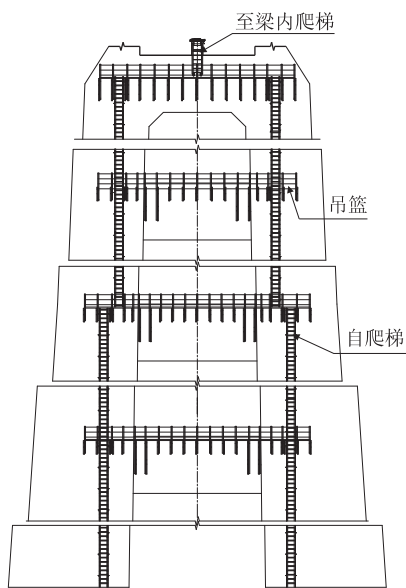


图7 交界墩吊篮及墩侧爬梯示意图

### 2.3 拱圈检查通道

北盘江特大桥主拱圈跨度445 m,矢高100.0 m,矢跨比1/4.45。拱圈为单箱三室、等高、变宽箱型截面,拱圈高9.0 m,拱圈中央315 m范围为18 m等宽,拱脚65 m范围为28~18 m线形变宽。

在主拱圈顶面和拱圈内部均设置了通长的检查通道。拱脚和拱顶处拱圈顶面均设置进人洞及爬梯,检查人员可从拱圈顶面进入拱圈内腔,实现了拱顶检查通道与箱内检查通道的互通。拱顶5号墩柱处有爬梯,实现拱上梁箱梁内部通道与拱顶检查通道的互通。

#### (1) 拱圈顶面检查通道

拱圈顶面设置沿桥轴线的全跨检查爬梯,并在拱脚和拱顶分别设置进人洞。在进入洞处设置竖向爬梯与箱内纵向检查梯连通,便于检查人员到达拱圈内部进行检查,检查梯如图8所示。

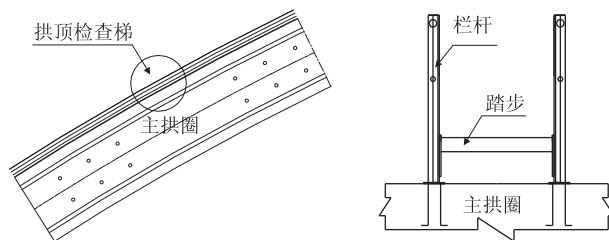


图8 拱圈顶面检查梯示意图

#### (2) 拱圈内部检查

拱圈为单箱三室截面,拱箱内每个箱室均设置有全跨检查梯(采用与拱顶检查梯相同结构),方便对拱箱内进行检查。在横隔板及腹板上设过人洞,满足检查通行,在箱内腹板过人洞处设置横向检查通道将箱内三个箱室连通。拱圈顶面在拱脚和拱顶均设置有进人洞,进入洞处设置爬梯,与拱圈顶面检查梯互通。

#### (3) 拱圈底面及侧面检查通道

在拱圈底面设置针对北盘江特大桥研发的自走行爬升检查小车,对拱圈底面和侧面进行检查,检查车横向宽28 m,纵向1.5 m。

## 3 拱圈检查车总体设计

北盘江特大桥检查车是为北盘江特大桥拱圈研发并制作的专用检查设备,旨在运送检查人员检查大桥的拱圈底部及拱圈侧面。要实现检查小车对全拱的检查,就必须实现沿拱圈自动行走。北盘江桥拱脚最大坡度为45°,为满足检查车驱动和制动的可操作性和安全性,根据调研,采用了爬坡能力强、技术相对成熟且安装方便的链条轨道式驱动装置。检查车上配备柴油发电机组,来提供独立电源。检查平台(桁架)沿固定安装在拱底的行走轨道行进,行走轨道上布置固定链条,链条侧有专门的U型槽保护轨,检查车行走机构上配备驱动电机,带动驱动链轮旋转在轨道上爬行,拱桥检查车总体安装示意如图9所示。

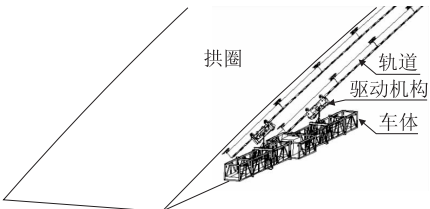


图9 拱桥检查车总体安装示意图

3.1 检查车使用条件

- 风速:风速 $\leq 6$ 级;
- 温度: $0^{\circ}\text{C} \leq \text{温度} \leq 40^{\circ}\text{C}$ ;
- 载荷:载荷 $\leq 5\text{kN}$ ;
- 集中载荷:集中载荷 $\leq 3\text{ kN}$ ;
- 作业人数:作业人数 $\leq 3$ 人(不包括专门操作检查车的1人)。

3.2 检查车主要技术参数

北盘江特大桥检查车技术参数如表1所示。

表1 北盘江特大桥拱圈检查车技术参数

序号	参数名称	数值
1	检查车运行速度/(m/min)	$\leq 10$
2	检查车结构尺寸 (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)/mm	28 000 $\times$ 2 800 $\times$ 3 100
3	电源(汽油发电机供电)	75 kW 3 相 50 HZ 400 V/220 V
4	检查车轨道	工字钢
5	驱动装置电动机	4 kW/台(共4台)
	夹轨器电动机	1.5 kW/台(共2台)

4 检查车结构设计

北盘江特大桥检查车主要由:①检查车车体,②轨道系统,③柴油发电机,④驱动悬挂装置(含阻尼器和夹轨器)和电气系统组成,如图10所示。

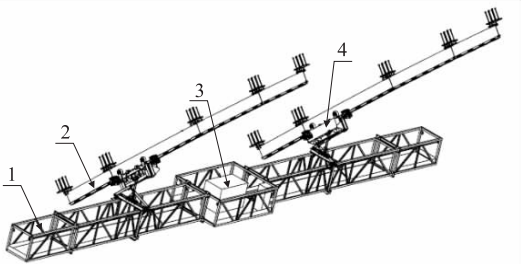


图10 北盘江特大桥检查车结构示意图

4.1 检查车车体

检查车车体的重量将影响上坡时的驱动和下坡时的制动设计,因此,设计应在满足车体受力要求和使用功能的情况下,尽量减轻其自重。从材料的密度、强度、可焊性及耐久性等方面综合考虑,本桥检查车车体

采用铝合金桁架结构,其重量只有钢结构车体的1/3。检查车车体采用铝材焊接而成,横向宽28 m,纵向宽1.5 m,如图11所示。主要分为中横梁组件(中间桁架)和主横梁组件(连接桁架和端桁架)两大部分,中横梁组件主要用于放置柴油发电机,主横梁组件是通往桥侧两端的通道,通道两端皆备有登高梯,用于近距离检查拱桥底部及轨道<sup>[2-3]</sup>。

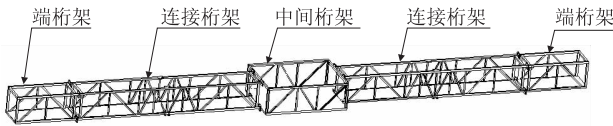


图11 检查车车体结构

4.2 检查车走行轨道

北盘江特大桥主跨为445 m,拱圈长度接近500 m,检查车走行轨道位于拱圈底部。走行轨道通过预埋于拱圈混凝土内的预埋件进行固定。在拱圈底部安装预埋件后,行走轨道首先与垫板焊接,再将与垫板焊接后的行走轨道通过焊接调节垫座及螺栓与拱底的预埋件栓接。行走轨道上布置有固定式链条,链条侧有专门的U型槽保护轨,U型槽保护轨焊接在轨道工字钢上,链条通过链条托板及螺栓固定在U型槽保护轨上,如图12所示<sup>[4]</sup>。

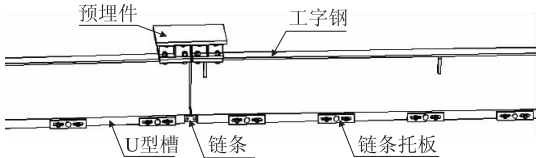


图12 轨道结构图

4.3 驱动悬挂装置

驱动悬挂装置骨架主要由槽钢组焊而成。上部装有滚轮组件,用于在轨道上行走,中部装有链轮组件,通过电机来驱动整个检查车,下部装有吊杆组件,吊杆组件上部与驱动悬挂装置骨架单点悬挂,底部与检查车车体固定连接。滚轮在链条链轮的驱动下,沿工字钢轨道下轮缘行走,驱动电机驱动链轮运动,并与安装在轨道上的链条配合,带动驱动机构沿链条运动,从而实现检查车沿拱底轨道走形。驱动悬挂装置如图13所示<sup>[5-7]</sup>。

4.4 阻尼器装置

阻尼器装置一端装于驱动悬挂装置两侧,另一端与检查车车体铰接。主要用于消耗检查车在特殊情况下(启动、急停、急风等)的瞬时冲击能量,以保持检查车的平稳性和安全可靠。

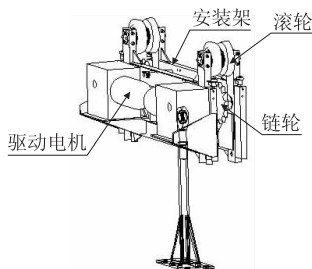


图13 驱动悬挂装置

#### 4.5 液压夹轨器装置

夹轨器装于驱动悬挂装置两侧,由液压系统单独控制,其默认为关闭状态,夹紧轨道。只有通电后4个夹轨器全部打开,检查车才能启动行走。紧急断电情况下,夹轨器会自动闭合,夹紧轨道,增加制动力。

#### 4.6 电气系统

电气系统由1台75 kW发电机提供三相交流380 V电源,采用三菱PLC和安川变频器先进技术控制,操作4台专用变频电动机的运行来控制检查车的行走机构,可在一定范围内调速,具备运行平稳、制动可靠功能。设有短路保护,过电流保护装置,动作限位开关保护,电机电磁制动与液压夹轨器联合保障设备的安全运行。此外,变频器中包含短路、过压、缺相、失压、过流、超速、接地等各种保护功能和故障自诊断及显示报警功能,可在电动机出现以上故障时起到保护作用,以提高整个系统的安全可靠性。

### 5 结束语

北盘江特大桥已通车运营,检查设施及检查车均已通过工务静态验收。北盘江特大桥设计的检查通道

及检查车,为大跨拱桥后期管养维护提供了平台,提升了我国桥梁管养维护的水平,可供同类桥梁借鉴参考。

### 参考文献:

- [1] TB 10002-2017 铁路桥涵设计规范[S].  
TB 10002-2017 Code for Design on Railway Bridge and Culvert [S].
- [2] 谢厚生,唐红文. 福建省吊钟岩拱桥检查装置方案设计[J]. 制冷空调与电力机械,2005,26(1):76-78.  
XIE Housheng, TANG Hongwen. Design Scheme of Inspecting Device on Diaozhongyan Arch Bridge in Fujian [J]. Air Conditioning and Electrical Machinery, 2005, 26(1): 76-78.
- [3] TB 10091-2017 铁路桥梁钢结构设计规范[S].  
TB 10091-2017 Code for Design on Steel Structure of Railway Bridge [S].
- [4] 梅仕伟,律伟,刘军,等. 一种并行桥梁检查车结构设计与受力分析[J]. 铁道建筑,2014,54(11):40-43.  
MEI Shiwei, LV Wei, LIU Jun, et al. Structural Design and Behavior Analysis on Inspection Vehicles in Parallel Bridges [J]. Railway Engineering, 2014, 54(11): 40-43.
- [5] 黄雍. 一种用于桥梁检测的轮胎式爬拱检查车行走系统[J]. 交通科技,2014,40(1):55-56.  
HUANG Yong. Design on Rubber-tyred Walking System for Arch Bridge Inspection Vehicle [J]. Transportation Science and Technology, 2014, 40(1): 55-56.
- [6] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京:化学工业出版社,2010.  
CHENG Daxian. Mechanical Design Manual [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.
- [7] 濮良贵,纪名刚. 机械设计[M]. 北京:高等教育出版社,2006.  
PU Lianggui, JI Minggang. Mechanical Design [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.

(编辑:刘会娟 苏玲梅)