

# 钢筋混凝土双曲拱桥检测与技术状况评定

洪晓江<sup>1,2</sup>, 余明东<sup>1,2</sup>

(1. 西昌学院土木与水利工程学院, 四川 西昌 615000;

2. 桥梁无损检测与工程计算四川省高校重点实验室, 四川 自贡 643000)

**摘要:**设计理论的“先天”不足和日益增长的交通量,使曾在我国得到广泛应用的钢筋混凝土双曲拱桥出现了诸多病害。按照相关规范和标准,对某一典型钢筋混凝土双曲拱桥的各构、部件进行现场勘查和全面检测,并根据技术状况评定结果提出合理的养护建议和治理措施,为同类型的桥梁检测评定提供参照。

**关键词:**钢筋混凝土双曲拱桥;病害检测;技术状况评定

**中图分类号:**U448.22<sup>+</sup>1 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2017)02-0047-04

## Detection and Technical Condition Evaluation of Reinforced Concrete Double Curved Arch Bridges

HONG Xiao-jiang<sup>1,2</sup>, YU Ming-dong<sup>1,2</sup>

(1. College of Civil Engineering and Hydraulic Engineering, Xichang University, Xichang, Sichuan 615000, China;

2. University Key Laboratory of Bridge Non-destruction Detecting and Engineering Computing in Sichuan Province, Zigong, Sichuan 643000, China)

**Abstract:** With the congenital deficiency in design and rapid increasing of traffic, problems in the widely used type of reinforced concrete double curved arch bridges arises. This paper puts forward reasonable and necessary maintenance suggestions and management measures after an overall prospect and detection on typical type of reinforced concrete double curved arch bridges arises according to related specification and standards, hoping to provide reference for the same type bridge detection and evaluation.

**Keywords:** reinforced concrete double curved arch bridges; diseases detection; technical condition evaluation

### 0 引言

双曲拱桥作为我国在20世纪60年代自主创造的一种桥型,具有结构新颖,施工工期短,修建成本低等优点<sup>[1]</sup>。这种桥型曾在国内得到广泛使用,据不完全统计,到1972年共修建3 000余座。但双曲拱桥采用“化整为零”“集零为整”的施工工艺,导致其在整体性能和耐久性能方面具有“先天”缺陷。加之使用时间的增长、交通量的增大及荷载等级的变化,许多双曲拱桥出现了诸多病害,承载能力和安全性能有所降低<sup>[2-3]</sup>。因此,必须对双曲拱桥进行准确的检测和等级评定,为后期的加固维修保养提供重要依据,从而延长桥梁的使用寿命。

农村公路桥梁的检测与等级状况评定已逐渐受到相关部门的重视,针对现存的老旧双曲拱桥安

全状况评定和管理养护已经迫在眉睫。本文依据《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG H21-2011)<sup>[4]</sup>,对某一典型钢筋混凝土双曲拱桥的使用现状进行调查与评定,并根据评定结果提出符合规范性的治理措施,对同类型的桥梁检测具有借鉴意义。

### 1 工程概况

某农村公路钢筋混凝土双曲拱桥位于广西省境内,为跨越河流而修建,于1965年建成通车。该桥全长81.20 m,全宽8.40 m,车行道宽7.20 m。跨径组合为7.00 m(浆砌片石拱)+2×3.00 m(浆砌片石拱)+50.00 m(钢筋混凝土双曲拱)+3.00 m(浆砌片石拱)。桥梁横向布置:0.60 m(栏杆)+7.20 m(车行道)+0.60 m(栏杆)。设计荷载:汽-10级,履带-50。

该桥上部结构主跨为钢筋混凝土双曲拱,主拱

圈净跨径为 50.00 m,拱圈宽 8.00 m,拱圈厚 1.20 m (包括拱波和拱肋),拱圈净矢高为 6.20 m,净矢跨比为 1/8.06;主跨腹拱圈净跨径为 3.00 m,腹拱圈厚 0.25 m,腹拱圈净矢高为 0.75 m;边跨为浆砌片石圪工拱,1#孔净跨径为 7.00 m,净矢高为 1.85 m,拱圈厚 0.30 m,其余边跨孔净跨径为 3.00 m,净矢高均为 0.75 m,拱圈厚 0.25 m;桥墩为浆砌片石重力式墩;桥台为浆砌片石重力式桥台;桥面用水泥混凝土铺装,栏杆采用钢筋混凝土栏杆;全桥无支座,无伸缩缝;桥面每侧各设有 6 个泄水孔。桥梁立面、平面、断面示意图见图 1~3。

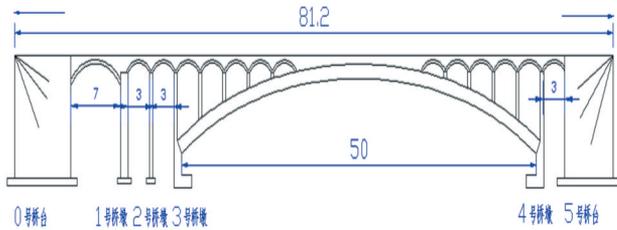


图1 大桥立面示意图(单位:m)

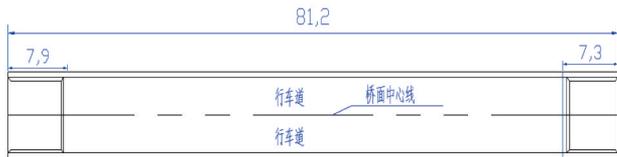


图2 大桥平面示意图(单位:m)

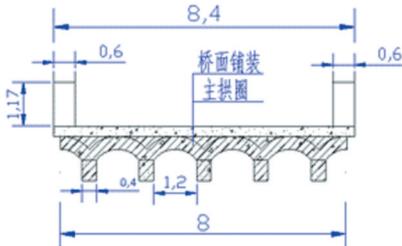


图3 横断面示意图(单位:m)

## 2 外观检查结果及成因分析

### 2.1 桥面系

经现场检测,桥面系的主要病害及形成原因分别为:(1)铺装层长时间行车运营导致磨损严重,超载致使全桥面范围内大面积压碎,多处坑洞,桥头跳车较严重。(2)车辆撞击导致栏杆变形,多处缺失、破损。(3)桥面因杂草滋生造成2侧个别泄水孔堵塞,桥面排水不畅。检测结果见图4、图5。



图4 铺装层压碎、坑洞



图5 栏杆缺失变形

### 2.2 上部结构

该桥上部结构主要为主拱圈、拱上结构等。

(1)主拱圈:主跨主拱圈大面积渗水、泛碱,3#拱波顶部纵向开裂,拱肋局部破损露筋;边跨主拱圈横向贯通、纵向开裂,渗水、泛碱(图6)。原因分析:拱波开裂原因推定为主拱横向刚度不足或拱波混凝土收缩;边跨拱圈开裂推定原因为拱脚发生位移导致拱圈受拉开裂;桥面防水层破损,雨水向下渗透最终从裂缝及构件结合位置渗出。

(2)拱上结构(主跨):各腹拱拱顶均存在横向贯通及纵向裂缝,拱顶及拱脚位置渗水、泛碱(图7)。原因分析:拱上横墙刚度不足,腹拱拱脚发生较大位移,导致腹拱横向开裂,裂缝处伴随渗水、泛碱。



图6 3#拱波纵向裂缝、渗水泛碱



图7 2#腹拱横向、纵向裂缝

### 2.3 下部结构

与最近一次定期检查结果对比,下部结构的病害主要是因为桥梁运营时间增长和河水长时间冲刷累积造成的,具体有以下病害:(1)桥台:0#、5#桥台护浆脱落,片石风化。(2)基础:5#桥台基础轻微冲刷淘空。(3)桥墩:桥墩表面护浆脱落,桥墩片石松动。

## 3 特殊检查结果

### 3.1 混凝土强度及碳化深度检测

抽取第3跨拱肋布置混凝土回弹测区,检测结

果详见表1。测试结果表明,拱肋实测混凝土抗压强度推定值在25.6~45.6 MPa之间,平均碳化深度5 mm。

表1 混凝土强度测试结果

构件名称	平均值/ MPa	标准差/ MPa	最小值/ MPa	平均碳化深度/ mm	强度推定值/ MPa
第3跨1#拱肋	42.9	2.38	38.7	5.0	38.7
第3跨2#拱肋	50.6	3.06	46.7	4.0	45.6
第3跨3#拱肋	46.5	2.50	41.4	4.0	42.4
第3跨4#拱肋	50.9	4.21	43.2	4.5	44.0
第3跨5#拱肋	32.2	4.02	26.0	6.0	25.6

### 3.2 钢筋保护层厚度检测结果

随机选取主跨主拱圈的10个测区进行钢筋保护层厚度测试。测试该区域内的钢筋直径、位置、保护层厚度以及钢筋之间平均间距,测试数据见表2。经检测,主筋直径22 mm,箍筋直径6 mm,主筋间距平均值140.0 mm,保护层厚度平均值46.0 mm。

表2 部分测区钢筋保护层厚度测试结果汇总表

测区位置	实测值/mm	
	保护层厚度	主筋直径
第3跨5#拱肋 距2#墩拱脚2.0 m处	43	22
第3跨1#拱肋 距3#墩拱脚2.0 m处	45	22
第3跨2#拱肋 距3#墩拱脚1.5 m处	47	22
第3跨4#拱肋 距3#墩拱脚1.5 m处	49	22
第3跨5#拱肋 距3#墩拱脚2.0 m处	46	22

### 3.3 桥面线形测量

由于资料不全,标高基准点取上游桥头1号点为零高程点,桥面高程为相对高程,测试结果如图8所示。根据实测桥面线型,分析得出以下结论:该桥修建年代较早,桥梁养护也不及时,桥面多处形成坑槽,造成桥面线形的不平顺。

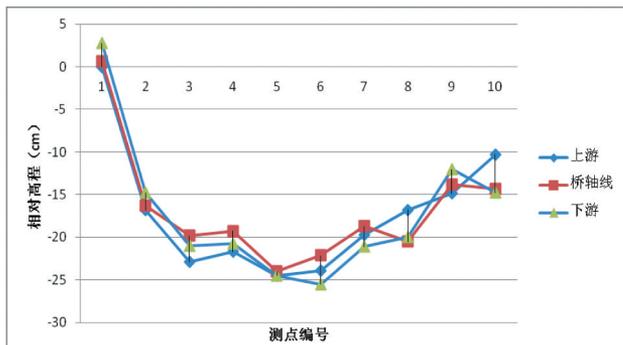


图8 桥面线形测试结果

### 3.4 拱轴线线形测量

选取主跨主拱圈进行测试。以测站点作为基准点进行测量,拱轴线线形均以测站点为参考的相对坐标,且规定测站点坐标为(100, 100, 100),单位为m。测试结果如图9所示,其中主拱净跨径为49.87 m,净矢高为6.20 m,净矢跨比为1/8.06。主拱线形暂未发现异常。

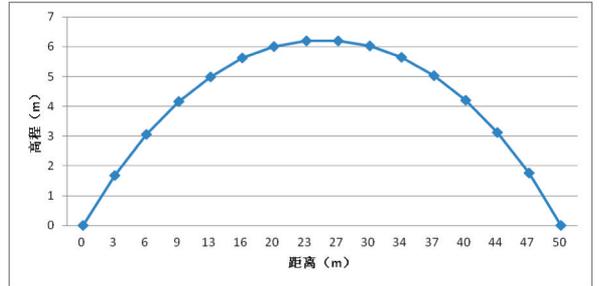


图9 拱轴线测试结果

## 4 桥梁技术状况评定

全桥结构技术状况评分是采用规范《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/TH21 - 2011)推荐的分层综合评定与5类桥梁单项控制指标相结合的方法,先对桥梁各构件进行评定,然后对桥梁各部件进行评定,再对桥面系、上部结构和下部结构分别进行评定,最后进行桥梁总体技术状况的评定,得到全桥的结构技术状况评分(表3)。

表3 全桥结构技术状况评分表

部位	评价 部件	重新分配 后权重	部件 得分	部件技术 状况评分	结构技术 状况评分
上部结构	上部承重结构	0.78	48.9	38.2	47.3
	上部一般构件	0.22	41.4	9.1	
下部结构	桥面板	—	—	—	68.9
	翼墙、耳墙	—	—	—	
	锥坡、护坡	—	—	—	
	桥墩	0.31	75.0	23.25	
	桥台	0.31	75.0	23.25	
	墩台基础	0.28	55.0	15.4	
	河床	0.07	100	7	
	调治构造物	—	—	—	
桥面系	桥面铺装	0.67	33.0	22.1	33.4
	伸缩缝装置	—	—	—	
	人行道	—	—	—	
	栏杆、护栏	0.16	25.5	4.1	
	排水系统	0.16	45.0	7.2	
	照明、标志	—	—	—	

由表3可以得到:

$$\begin{aligned}
 Dr &= BDCI \times 0.2 + SPCI \times 0.4 + SBCI \times 0.4 \\
 &= 33.4 \times 0.2 + 47.3 \times 0.4 + 68.9 \times 0.4 \\
 &= 53.2
 \end{aligned}$$

上式中,  $Dr$ 、 $BDCI$ 、 $PCI$ 、 $SBCI$  分别表示全桥、上部结构、下部结构和桥面系技术状况评分值。

### 5 结论与建议

根据桥梁可视部分构件定期检查结果, 评定该桥目前桥梁技术状况属于四类桥梁(处于差的状态)。结合规范相关要求, 提出以下养护建议<sup>[5]</sup>:

(1)对通行车辆进行限速限载交通管制;(2)封闭拱波及边跨主拱圈裂缝;(3)加固各跨主拱圈及主跨腹拱圈;(4)修补或重新铺装桥面铺装层;(5)重新安装栏杆, 疏通泄水孔;(6)加强桥梁养护管理。如何结合实际检测的数据准确地建模计算双曲拱桥的极限承载力, 是课题进一步深入研究的内容之一。

#### 参考文献:

- [1] 王灿, 朱新实. 双曲拱桥病害原因分析及处治对策的研究[J]. 公路, 2002, 19(11): 74-76.
- [2] 陈翱. 钢筋混凝土双曲拱桥检测评定及承载力分析[J]. 工程科技, 2005, 29(4): 389-393.
- [3] 汤建忠. 既有双曲拱桥检测、评定及加固技术改进研究[D]. 南京: 南京工业大学, 2015.
- [4] 中华人民共和国行业标准. (JTG H11-2004) 公路桥涵养护技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [5] 郭丰哲, 钱永久, 王振领, 等. 钢筋混凝土双曲拱桥检测及承载能力评估[J]. 四川建筑科学研究, 2005, 31(3): 66-69.

(上接第36页)

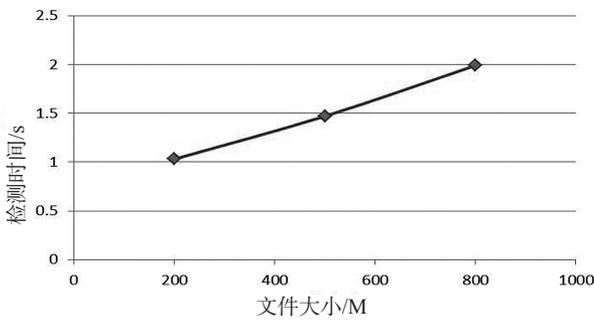


图4 文件大小与检测时间的关系

从图4可以看出: 文件大小确实影响着检测所需时间, 即当文件变大时, 其检测所需时间也随之增加。

### 4 结语

本文主要研究了当云数据出现硬件障碍时, 如何恢复出错数据, 而且还专门提出了基于存储节点的动态分级管理模式, 从而实现有效管理存储节点。该模式不仅提高了存储数据的可靠性和安全性, 而且显著提高了存储数据的完整性测试效果。

#### 参考文献:

- [1] 马晓亭, 陈臣. 基于云服务模式分析的数字图书馆云服务平台设计与实现[J]. 图书馆理论与实践, 2013 (6): 83-86.
- [2] 苑野, 伞晓娇. 云计算与网格计算比较研究[J]. 哈尔滨商业大学学报: (自然科学版), 2012 (2): 222-227.
- [3] 沈晓娟. 多效性RSA 数字签名技术及其应用[J]. 科技信息, 2008, 68 (31): 52-52.
- [4] NICOLAE B, CAPPELLO F, BLOB CR. Virtual Disk Based Checkpoint - restart for HPC Applications on IaaS Clouds[J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2013 (5): 698-711.
- [5] 赵波, 严飞, 张立强, 等. 可信云计算环境的构建[J]. 中国计算机学会通讯, 2012 (8): 28-34.
- [6] 谢琪, 吴吉义, 土贵林, 等. 云计算中基于可转换代理签密的可证安全的认证协议[J]. 中国科学: 信息科学, 2012(42): 303-313.
- [7] 唐春明. 防泄露的秘密共享方案及其在群身份认证协议中的应用[J]. 中国科学: 信息科学, 2012(42): 634-647.

(上接第39页)

#### 参考文献:

- [1] 杭州华三通信技术有限公司. 新一代网络建设理论与实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [2] 杨宇. 网络虚拟化资源管理及虚拟网络应用研究[M]. 北京: 北京邮电大学, 2013.
- [3] 王剑春. 快速建立稳定可靠的数据中心[J]. 中国计算机报, 2008 (3): 10-12.
- [4] 吴晨, 朱志祥, 胡清俊. 一种云数据中心虚拟交换的解决方案[J]. 西安邮电学院学报, 2011 (5): 54-58.
- [5] 薛碧玉. 虚拟化在电信新一代数据中心建设中的应用研究[M]. 南京: 南京邮电大学, 2009.
- [6] 王卫星, 李斌. 高校云计算数据中心虚拟化接入层技术的选择[J]. 开封教育学院学报, 2013, 33(2): 53-56.
- [7] 汪萌, 梁雨锋. 基于虚拟化环境下的网络安全监控技术应用[J]. 计算机技术与自动化, 2013, 32(1): 137-140.