

# 丰沙下行线永定河七号大桥病害观测分析

李胜利 赵德录

===== (北京铁路分局项目管理部) =====

【提要】分析永定河七号桥支座上摆螺栓折断及墩台裂纹产生的原因,提出加强工务维修、延长该桥使用寿命的有关建议。

【关键词】中承式拱桥 螺栓折断 墩台裂纹

## 1 概况

丰沙下行线永定河七号桥位于珠窝东至沿河城西区间,为跨越永定河的单线桥。线路与河流交角为 $70^\circ$ ,上游距官厅水库大坝约28 km,下游距珠窝水库大坝4.7 km。河谷较窄,水深约11 m,两岸为矽质石灰岩露头,地震烈度八度。

桥长217.98 m,共5孔( $8\text{ m} \times 1 + 150\text{ m} \times 1 + 12\text{ m} \times 2 + 16\text{ m} \times 1$ ),除主跨为钢筋混凝土中承拱外,其余边跨均为钢筋混凝土Ⅱ形梁。桥上线路为直线平坡(图1)。

主跨结构形式:计算跨度150 m,中承式无铰拱桥,矢高40 m,两侧拱肋中心距7.5 m。拱轴线为二次抛物线。拱肋截面为 $4\text{ m} \times 2\text{ m}$ 的箱形截面,拱脚一段为长1.5 m的实体。纵梁两侧设H形截面风弦,横梁跨度7.5 m,Ⅱ形截面( $1.8\text{ m} \times 1.6\text{ m}$ )。纵梁采用跨度10.2 m七孔连续梁。吊杆全部是先张预应力构件,3号及3'号吊杆为矩形截面,其余为工字形截面( $0.8\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ )。跨中简支梁跨度为9.6 m。全桥装配构件227块,工地预制,拱肋为C50混凝土,吊杆为C40混凝土,撑杆为C35混凝土,纵梁、风弦及横梁为C35混凝土,1、2号拱座就地浇注。

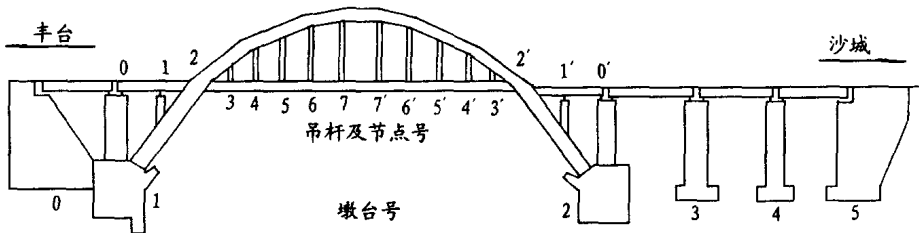


图1 桥梁结构简图

的点其权重采用1,对多于一个数据的点,则凡增加一个数据,权重加0.01。初步处理后,用最小二乘法对数据进行回归分析,回归出 $\Delta u = f(i, R)$ ,然后检验其显著性,形成影响水平的关系模型: $W = u - f(i, R)$ 。系统的基本仿真流程见图3。

## 参 考 文 献

- 1 广州铁路(集团)公司.广深准高速铁路运营状态追踪分析评估及养护维护方法研究报告.1998

- 2 竹下邦夫.轨道检测车的水准狂い误差の简易辅正方法.铁道总研报告,1998(3):5~10
- 3 广钟岩译.高速轨检车的运用.人民铁道出版社,1978
- 4 童大坝.铁路轨道.中国铁道出版社,1988:3~5
- 5 汪国鑫.解析几何.四川大学出版社,1989:81~83
- 6 徐洗主编.计算机模拟与信息技术.国防工业出版社,1997:95~100

改回日期:2001-03-05

(责任审编 李从薰)

该桥 1960 年 5 月 1 日开工,1966 年 12 月竣工,1972 年 10 月运营通车。开通运营以来,机车类型不断更新:先后采用前进型蒸汽机车、ND<sub>4</sub> 型内燃机车、法国进口 8K 型电力机车。随着时代的进步,除了机车更新外,运行环境得到了很大的改善。但随着运量及行车密度的增大,桥梁病害也不断增多,给工务养护维修带来很大困难。

## 2 桥梁病害的检查观测

### 2.1 支座的检查观测

运营通车头 2 年主体结构未发现异常现象。自 1974 年 12 月起至 1976 年 6 月,正桥两端桥头堡顶部的纵梁及风弦支座上摆螺栓共 32 根全部折断,纵梁还发生了横向位移,最大值达 40 mm,随后中间挂孔纵梁支座上摆螺栓相继折断。到目前为止,共计折断支座螺栓 43 根,仅剩沙方下游风弦一个支座螺栓完好。动载作用时中间挂孔丰方支座发生偏移,上摆逆时针扭转。

### 2.2 桥梁裂纹的检查观测

经过检查观测发现:丰方和沙方拱座处均发生纵向裂纹,最大裂纹宽度为 0.7 mm;桥头堡墩身发生环状裂纹,丰方 1 号墩较明显,最大裂纹宽度 0.5 mm(向河心一侧),横向两侧裂纹宽度 0.3 mm,裂纹距拱座顶 160 cm,见图 2;较

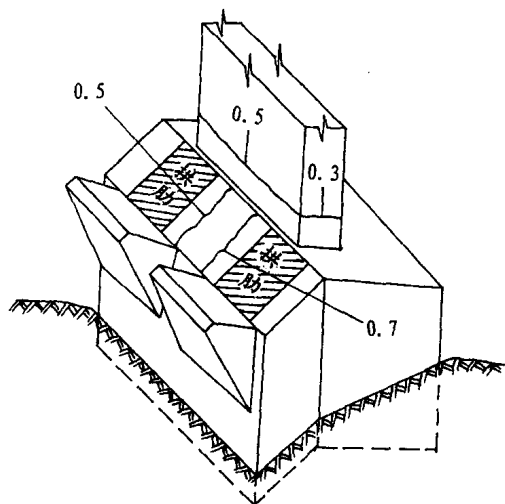


图 2 1 号墩裂纹(单位:mm)

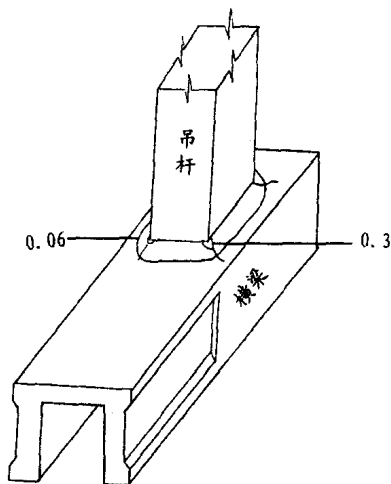


图 3 吊杆与横梁交接处的裂纹(单位:mm)

长吊杆与横梁交接处环裂,见图 3。

### 2.2 其它检查观测

除了对桥梁支座和桥梁裂纹进行检查观测外,还对桥上线路爬行、方向、轨距、偏心等进行了检查,同样发现不同程度地存在问题。

## 3 病害原因分析与整治

### 3.1 桥头堡顶部支座上摆螺栓折断原因分析

#### 3.1.1 支座质量不佳,设计强度不足

虽然弧形支座活动端上摆纵向有一定的自由活动量,但由于上摆刚度不够,出现了弯曲,上下摆相对移动量减小,致使锚螺栓承受过大的纵向剪力(包括温度伸缩力、列车制动力、垂直活载作用下的挠曲力、钢轨爬行造成的纵向力等);另外,锚螺栓直径仅 16 mm,显然比一般采用的 25 mm 偏小。

#### 3.1.2 横向作用力过大

由于拱肋与连续纵梁相交的部位是在工地整体浇注的,其整体性很强,纵、横向刚度很大。为了保证连续纵梁在纵向能够自由伸缩,同时也为了避免桥面因拱肋变形而受附加力的作用,设计上采用了中间挂孔简支梁,相当于三条杆用两铰连接,这就大大降低了桥跨结构的横向刚度。加之桥梁跨度大、桥上线路状态不良,

列车通过时梁跨横向摇摆较大,梁跨结构的横向振动使连续纵梁绕“拱肋与纵梁的相交点”的横向往复转动,导致支座上摆偏转,引起上摆螺栓产生附加剪力。当这种附加剪力与纵向剪力的合力超过锚螺栓的抗剪极限值时,必然导致锚螺栓折断。

### 3.1.3 其它不良因素的影响

当列车在桥上运行时,列车荷载经由拱肋传到拱座上。当桥跨横向摆动时,两拱肋受力不均交替变化,若桥梁存在线路偏心,拱肋受力不均更为明显。拱肋受力不均导致对拱座中心产生两个方向相反的横向弯矩,使拱座上部受拉,日久产生拱座纵向裂纹。分析桥头堡墩身的受力情况,可知它承受以下三种力矩的作用:①经由拱肋传递到拱座的作用力对墩身产生的附加弯矩;②纵梁在半跨承力时,承载的半跨拱肋下压,另半跨拱肋上挑,使桥头堡支座承受一个纵向附加推力,传递给墩身的则是附加弯矩;③列车制动力、线路爬行产生的纵向力及温度伸缩力等传递到墩身产生的弯矩。这3种弯矩的最不利组合最终导致墩身产生裂纹。

为此,三家店工务段于1979年11月将桥头堡顶部支座全部更换为平板橡胶支座。由于这种新型支座弹性好,能满足纵向及横向位移,荷载过后还可使梁恢复原位,具有很大的优越性。自更换后到目前未发现异常。

## 3.2 中间挂孔支座病害分析

跨中两节点间采用简支梁挂接,共有8个支座,到目前已有7个支座的28根上摆锚螺栓全部折断,主要原因分析如下:

(1)跨中刚度不足。从螺栓折断的破坏情况看,在上摆底板处顺桥方向(面向丰方)有一个挤压面,高20 mm,水平压入深度3 mm,说明顺桥方向有一个很大的挤压力。从螺栓断口处测得断口有效直径16 mm,螺栓直径偏小,而且断口四周有部分光滑的研磨面,无明显塑性变形,有疲劳破坏脆断的特征。由于7号和7'号吊杆刚度较小,并且中间挂梁与两端连续纵梁的连接相当于铰接,在列车动载作用下产生强烈的竖向振动和横向摆动,使上摆在纵向位移

的同时发生扭转,吊杆与横梁连接处产生环裂。当列车在丰方连续梁上行驶时,可从7'号吊杆处观测到丰方桥面在摆动,上摆偏位。

(2)附加作用力过大。检查发现,当列车在桥上通过时,7号和7'号吊杆顶部和下部出现反相位的剧烈振动,反映了拱肋与桥面系产生相反方向的振动。列车速度越高,振动幅度越大。冲击力的增大表明复杂的空间振动给桥跨结构带来很不利的影响。

由此可以看出,由于吊杆及纵向连接的刚度不足,简支梁在活载作用下承受着较大冲击荷载,这些荷载最终传递到支座,从而导致支座病害。

(3)弧形支座不能有效地发挥吸收纵梁位移的作用,以致造成上摆锚螺栓剪断。

中间挂梁支座螺栓的折断,较之桥头堡支座螺栓折断更为不利,因为挂梁两端无特殊连接装置,挂搭在两横梁上。在150 m跨度的桥梁中间存在着这样的不安全因素,对铁路运输安全构成严重威胁。经研究提出了更换平板橡胶支座的建议,并对挂梁进行抗震加固。

## 3.3 病害原因综合分析

(1)施工质量不佳。实际拱轴线与设计的不吻合,使梁跨承受较大的附加内力;

(2)支座材质不良,限制了梁的活动量,锚螺栓直径偏小,降低了抗剪能力;

(3)桥梁中间挂孔大大削弱了桥梁的横向和纵向刚度;

(4)许多裂纹的出现并非由于设计强度不够,而是由于附加次应力改变了桥跨正常的受力图式。

## 4 对今后养护维修工作的建议

由于这些病害尚未彻底整治,其发展情况也未得到控制,因此日常维修养护非常重要。为此,提出以下建议:

### 4.1 加强检查

在病害没有得到有效控制的情况下,检查观测是保证安全的重要手段,对于这种复杂结

(下转第41页)

在南新城站改造新电气集中开通过渡施工中主要有两个控制点:①前期控制点是供电接触网施工与线路施工之间相互制约,既有接触网杆塔影响新线路、道岔的铺设或预铺道岔的纵横移设,既有线路又影响新接触网杆塔的架立,新架立杆塔又需利用既有线路行驶轨道车。由于采取了分体预铺、新线路按工程线开通等措施,不仅有效地解决了工务、电化施工之间的矛盾,且将对运输的干扰压缩到最低限度。在短时间内,多工种交叉作业一环扣一环,一个工序紧接一个工序,并采用网络图进行控制,把各工种、各工序紧密地衔接起来,做到互不干扰。②后一阶段的控制点是电务的信号专业工程与线路施工之间的矛盾。开通当天,全站 106 组道岔,106 个轨道区段、87 架信号机进行单项联锁试验,对Ⅱ场的场间联系、连续显示、对相邻的获鹿站、玉村站的自动闭塞也要进行试验,务必做到万无一失。在控制网络图时,对关键的电务施工利用时间控制,在规定的时间内必须完成网络图上规定的试验项目,才能确保南新城站新电气集中按时完成开通。

## 4 体会

(1)成立开通施工领导小组,由分局负责同

志任指挥长,成员有设计单位、施工单位、配合单位的负责人,以及分局各业务处室的同志,统一组织和协调,负责对施工和安全工作统一指挥,及时处理解决施工中的问题。

(2)各单位要做出详细的安排,定责定岗,定岗到人。使所有参加施工的人员都清楚自己的作业内容、要求、时间、步骤、安全关键部位及保证措施。同时要开好施工预备会,组织有关部门到现场检查施工准备情况,并对全体施工人员进行安全教育。

(3)在施工过程中,要抓住网络中的关键部位,各部门各负其责,车务部门重点做好调度命令的接受、复诵、闭塞的办理,进路的确认工作;电务部门重点做好联锁试验,拆旧的确认工作;工务部门重点保持线路和道岔的状态;机务部门派驻站人员重点做好行车凭证的受理,行车速度的控制;乘务人员加强进路瞭望;车务、机务部门共同把好车、机联控关,及时应答;供电、水电部门要确保可靠供电。

由于在站场施工中采用了网络管理,使全部施工有序可控,各单位密切配合,提前完成了开通任务,提高了工程质量和管理水平。

改回日期:2001-04-05

(责任审编 邵根大)

(上接第 37 页)

构,除按《维修规则》规定进行经常检查外,还要进行特殊的监视、检查和观测。建立专门档案,记录桥梁的设计、施工运营的有关技术文件资料,并注意积累和总结经验。

### 4.2 加强线路维修,改善线路受力状态

(1)线桥工区做好桥上线路的养护维修工作,消灭桥上及桥两端线路方向、轨距不良和桥上线路偏心情况,减小列车的横向作用力。

(2)根据具体情况,冻结桥上线路一部分钢轨接头,消灭线路高低不良情况,减小列车的竖向冲击作用力。

(3)加强桥梁两端各 100 m 范围线路的维

修和防爬锁定,减轻线路爬行造成的不利影响。

(4)加强桥上护轨的养护维修和防爬锁定,增大桥面刚度,减小纵向力的作用。

(5)对大于 0.3 mm 的混凝土裂纹,压入环氧树脂砂浆或使用混凝土修补胶进行修补,以免钢筋锈蚀。

丰沙下行线永定河七号桥病害特别是中间挂孔病害是非常令人担忧的,我们正想方设法进行整治,力争通过加强日常养护维修,最大限度地延长桥梁使用寿命,保证列车运行安全。

改回日期:2001-04-05

(责任审编 李从熹)