

# 系杆拱桥吊杆更换设计

冯敏祎, 杨兵, 赵林强

(杭州市城建设计研究院有限公司, 浙江杭州 310001)

**摘要:** 该文以杭州市叶青兜桥的吊杆更换工程为背景, 简要介绍了该桥吊杆更换的设计和施工。

**关键词:** 系杆拱桥; 吊杆; 更换; 施工; 杭州市

**中图分类号:** U448.225 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2005)02-0060-03

## 0 引言

系杆拱桥因其造型优美、形式多变, 而被大量运用于现代桥梁中。早期建造的系杆拱桥由于受当时技术条件的限制, 在吊杆防腐设计方面考虑不够, 造成杆身锈蚀、钢丝束松弛等病害, 严重危及到桥梁的运营安全, 需要进行吊杆更换。而设计时往往都未考虑吊杆的可更换性, 给吊杆更换带来了诸多不便。

本文以杭州市叶青兜桥为背景, 简要介绍了该桥吊杆更换的设计与施工步骤, 希望能为类似桥梁的吊杆更换设计提供一些参考。

收稿日期: 2005-02-05

作者简介: 冯敏祎(1979-), 男, 上海人, 硕士, 助理工程师, 从事桥梁工程设计工作。

## 1 工程概况

叶青兜桥位于杭州市文晖路跨京杭大运河处, 于1993年建成通车, 是一座刚拱刚梁的混凝土系杆拱桥(见图1)。主桥计算跨径71.6m, 矢高14.32m; 横断面布置为3.25m(人)+1.6m(系梁)+18m(车)+1.6m(系梁)+3.25m(人), 总宽27.7m; 设计荷载汽车-20级, 挂车-100, 人群荷载4kN/m<sup>2</sup>。全桥共有吊杆34根, 吊杆间距4m, 吊杆规格为120φ5高强钢丝, 锚头为冷铸墩头锚, 两者均由施工单位现场制作。吊杆的防护采用φ203×8mm无缝钢管, 内灌水泥砂浆; 导管与锚杯之间灌入环氧砂浆进行封闭, 锚头则分别埋入拱肋和系梁内。受当时施工技术条件的限制, 未采取真空压浆工艺, 因此吊

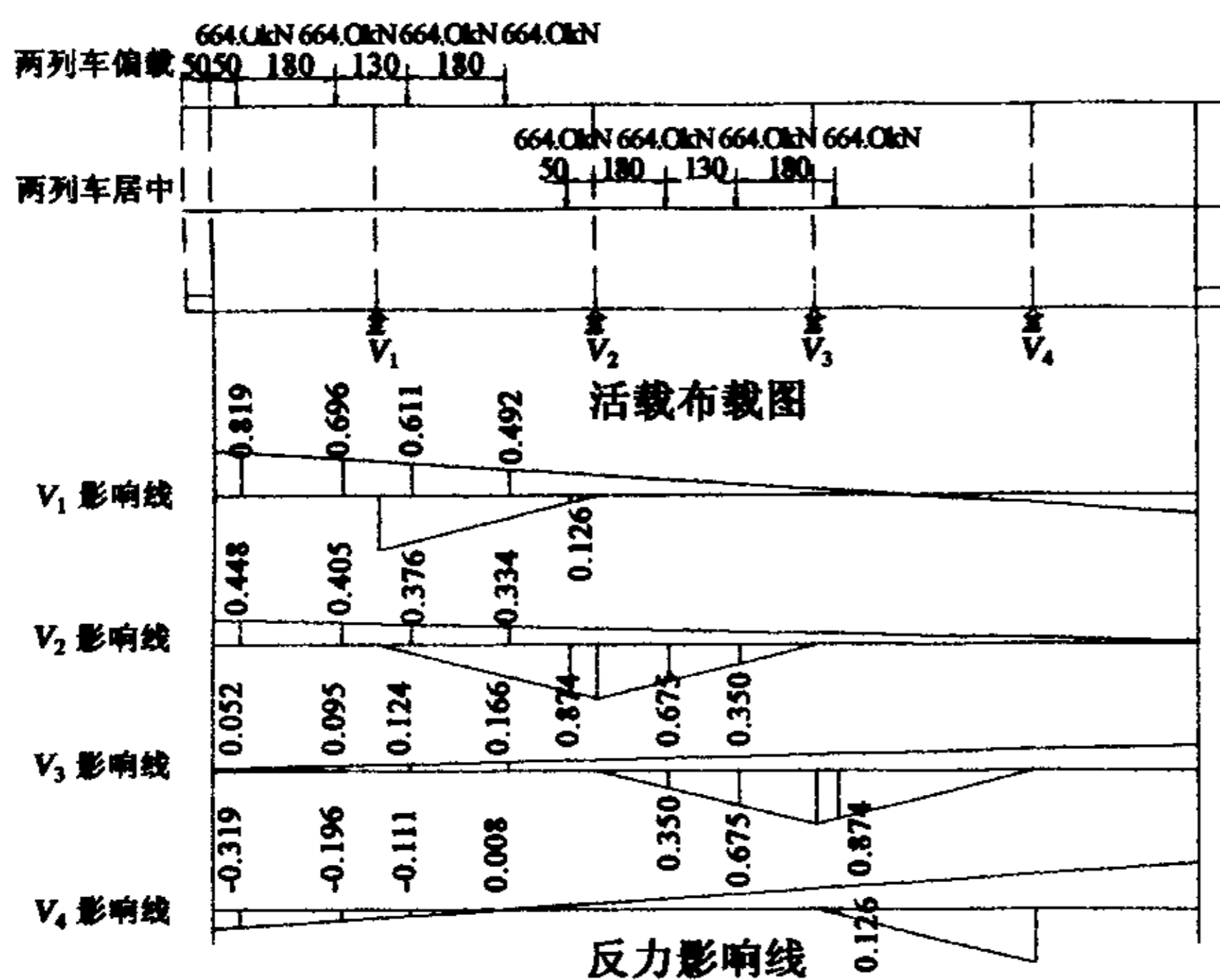


图4 横防梁活载计算简图

$$F_1 = 1166.1 \text{ kN} \quad F_2 = 695.9 \text{ kN}$$

$$F_3 = 193.9 \text{ kN} \quad F_4 = -276.1 \text{ kN}$$

两列车居中时, 采用杠杆法计算出  $R_i$  的影响线, 并在影响线上加载, 计算出反力  $F_i$  (计算过程略):

$$F_1 = 74.7 \text{ kN} \quad F_2 = 1253.3 \text{ kN}$$

$$F_3 = 1253.1 \text{ kN} \quad F_4 = 74.7 \text{ kN}$$

### (4) 横隔梁内力计算:

按图3的计算模式, 把  $F_i$  代入即可计算出横隔梁内力, 弯矩包络图见图5a。为了验证本文介绍计算方法的准确性, 同时采用较精确的梁格法对本桥梁结构进行计算分析, 以便与简化法的计算结果比较, 弯矩包络图见图5b。

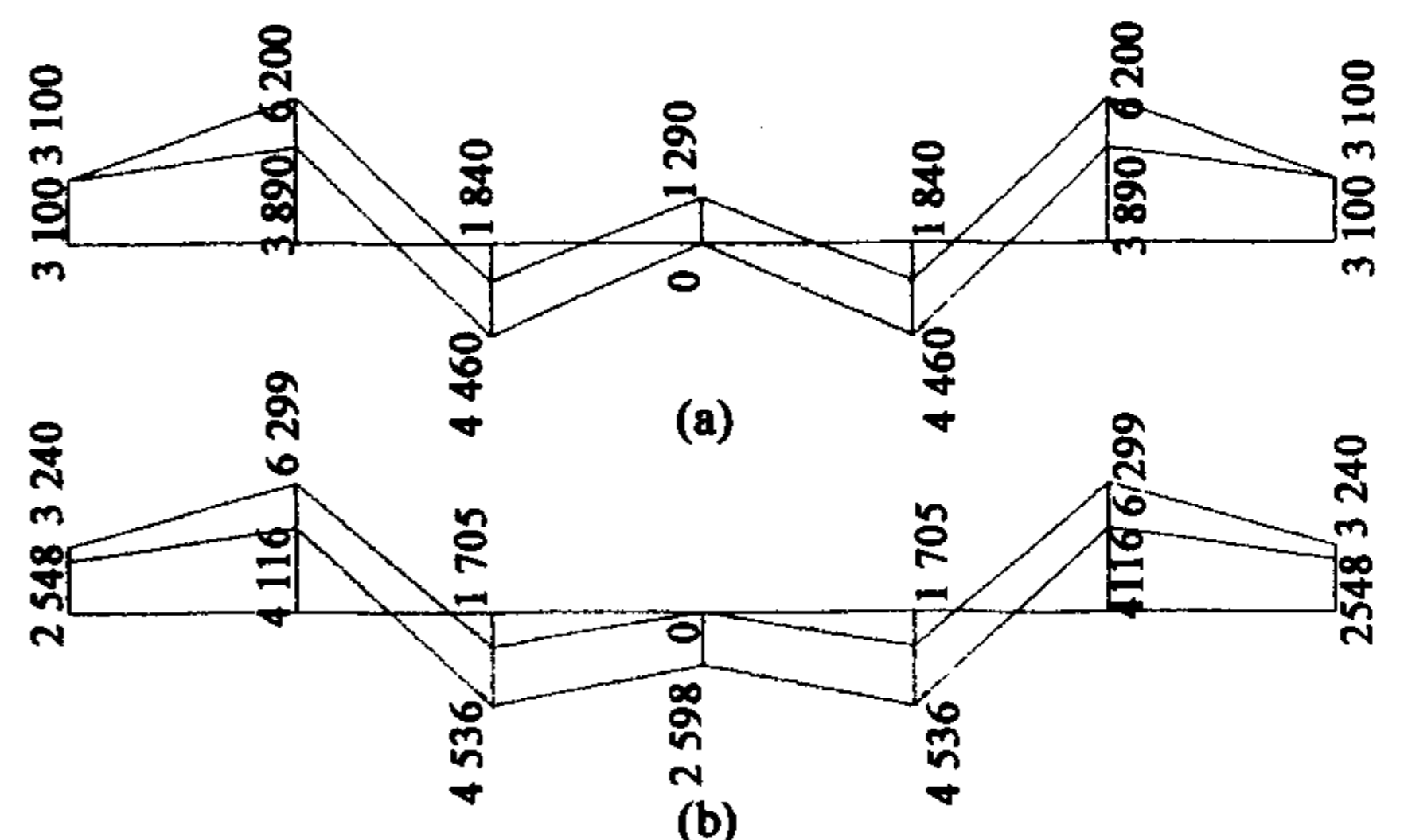


图5 弯矩包络图(kN·m)

两种方法比较: 最大负弯矩误差-2%, 最大正弯矩误差-2%, 跨中弯矩相差较大, 检算时可用其附近腹板处截面代替。由此可见, 采用此简化方法, 是可以满足工程设计所需的精度要求。



杆的防腐存在一些问题。近年来经过有关部门的检测发现吊杆与防护钢管内的水泥砂浆不密实导致吊杆内存在强碱性的积水,钢丝腐蚀严重;吊杆外层钢丝明显松弛;钢丝的有效受力面积已有很大削弱,严重影响到桥梁的运营安全。经过专家会议的研究讨论,拟对全桥34根吊杆全部进行更换。

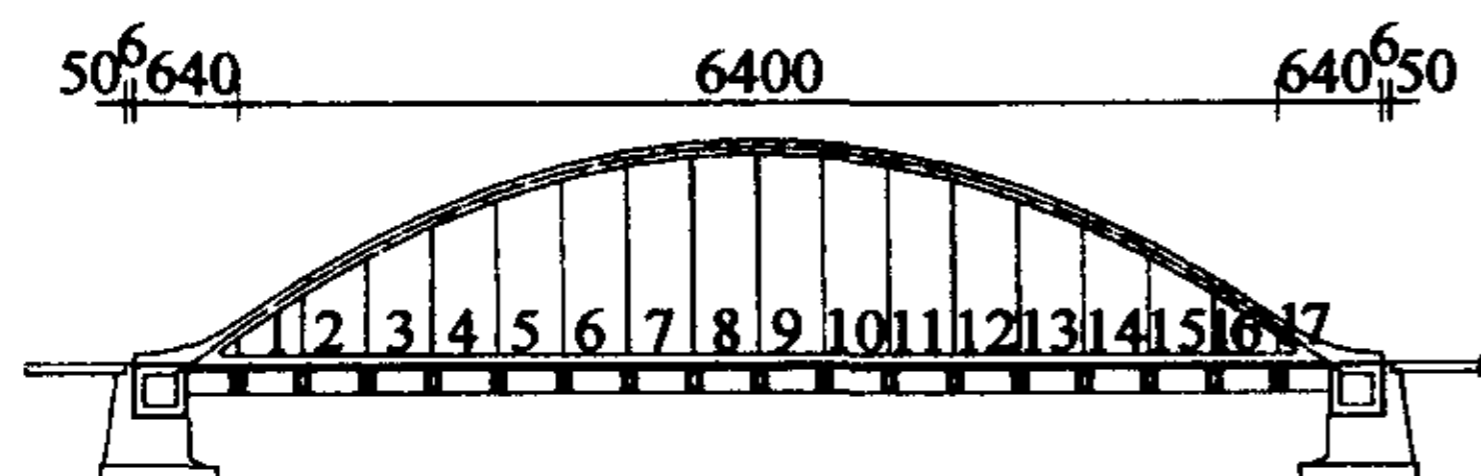


图1 叶青兜桥布置图

## 2 计算分析模型

对叶青兜桥建立有限元计算模型,整个计算模型由三维梁单元和杆单元组成,其中横梁、系梁和拱肋采用梁单元,吊杆采用杆单元。全桥共有205个梁单元和34个杆单元。根据设计施工图提供的资料,计算桥梁在恒载状态下的吊杆力。因为结构对称,所以图2只列出一侧吊杆力的计算值。吊杆更换时以图2中列出的计算值作为新吊杆的张拉力。

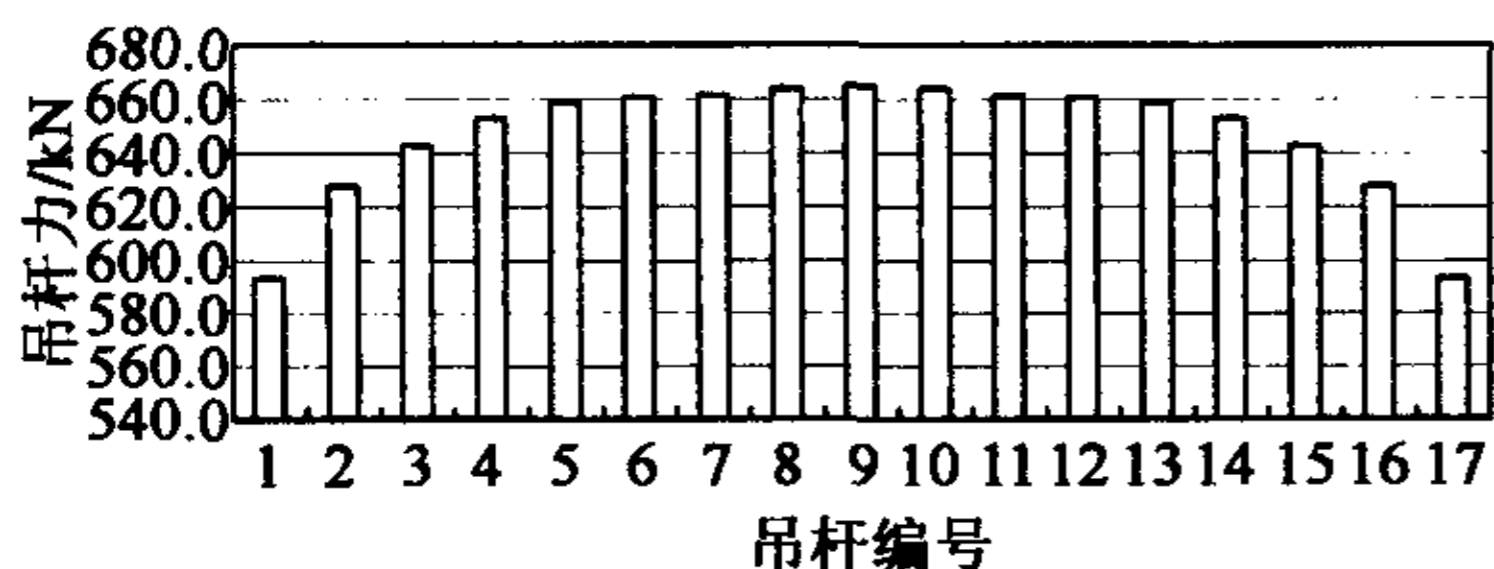


图2 叶青兜桥吊杆力计算值

由于更换吊杆前的吊杆力(通过测量得到)与计算值之间存在差异,因而引起对应的拱肋和系梁的高程也存在差异,图3为由吊杆力差值引起的桥面处高程的变化。施工时以两者高程的差值作为施工监控的依据之一。



图3 桥面高程变化

## 3 施工方案设计

### 3.1 设计原则

(1)由于叶青兜桥处于交通繁忙地段,业主要求在全桥更换吊杆期间尽可能保持正常交通。所以整

个吊杆更换期间应尽量减少对交通的影响,力求施工工序少,工期短,施工方便;

(2)新更换的吊杆及锚具应满足最新的标准,并保证新吊杆耐久适用;

(3)更换吊杆不得损坏桥梁其它构件,更换后仍应满足原设计的安全和使用功能要求。

### 3.2 方案总体设计

整个方案设计可分为安装临时吊杆、拆除原吊杆和安装新吊杆三个部分。

安装临时吊杆的主要目的是承担原有吊杆的荷载。这样即使原有吊杆拆除,整个结构的受力也不会发生很大的变化,保证吊杆更换期间桥梁的安全。为了使临时吊杆力与原有吊杆力之间能够平稳转换,采取逐级卸载的方法将原有吊杆力转移到临时吊杆上,直至原吊杆完全卸载后再将其拆除。

原吊杆设计未考虑到吊杆的更换,整个锚头埋在拱肋内,锚杯与导管间被灌入环氧砂浆,所以不能采取从锚头上方抽拉钢丝的方式拆除吊杆,只能采取逐根割断、逐根抽拔的方法拆除吊杆内的钢丝。

为便于今后的更换,将新吊杆的整个锚头移到拱肋外。新吊杆安装到位之后,采取逐级加载的方法将临时吊杆力重新转移到新吊杆上,直至新吊杆达到设计值后再拆除临时吊杆。

所有吊杆更换完毕后测量全桥的新吊杆力,与设计值误差较大的吊杆需调整吊杆力。最后对露出拱肋的锚头进行防腐处理,并在锚头外加装饰以使桥梁更加美观。

另外施工时对系梁、拱肋的标高和应力进行监控,确保高程和应力的变化在允许的范围内,防止过大的变形使拱肋、系梁等构件出现裂缝。

## 4 施工步骤

### 4.1 准备工作

施工前在拱肋和系梁需要的部位贴上应变片以检测应变;测定恒载状态下各吊杆位置处桥面的标高,作为施工中高程控制的基准。为了保证测量的准确性,此项工作应在晚上中断交通的情况下进行,为此应与有关部门制定相应的交通管制方案。

### 4.2 安装临时吊杆

临时吊杆采用4根 $\phi 32$ 精轧螺纹粗钢筋。上下吊点由[20 a型槽钢焊接而成,上吊点放置在三角垫块上,下吊点则吊住横梁底部。考虑到河道通航和张拉方便,将临时吊点的张拉端放置在上吊点。三



角垫块的顶面呈水平状态,底面与拱肋曲线吻合,并与拱肋紧密贴合。临时吊杆安装到位后用四台千斤顶略微张拉临时吊杆,以使临时吊杆绷紧。

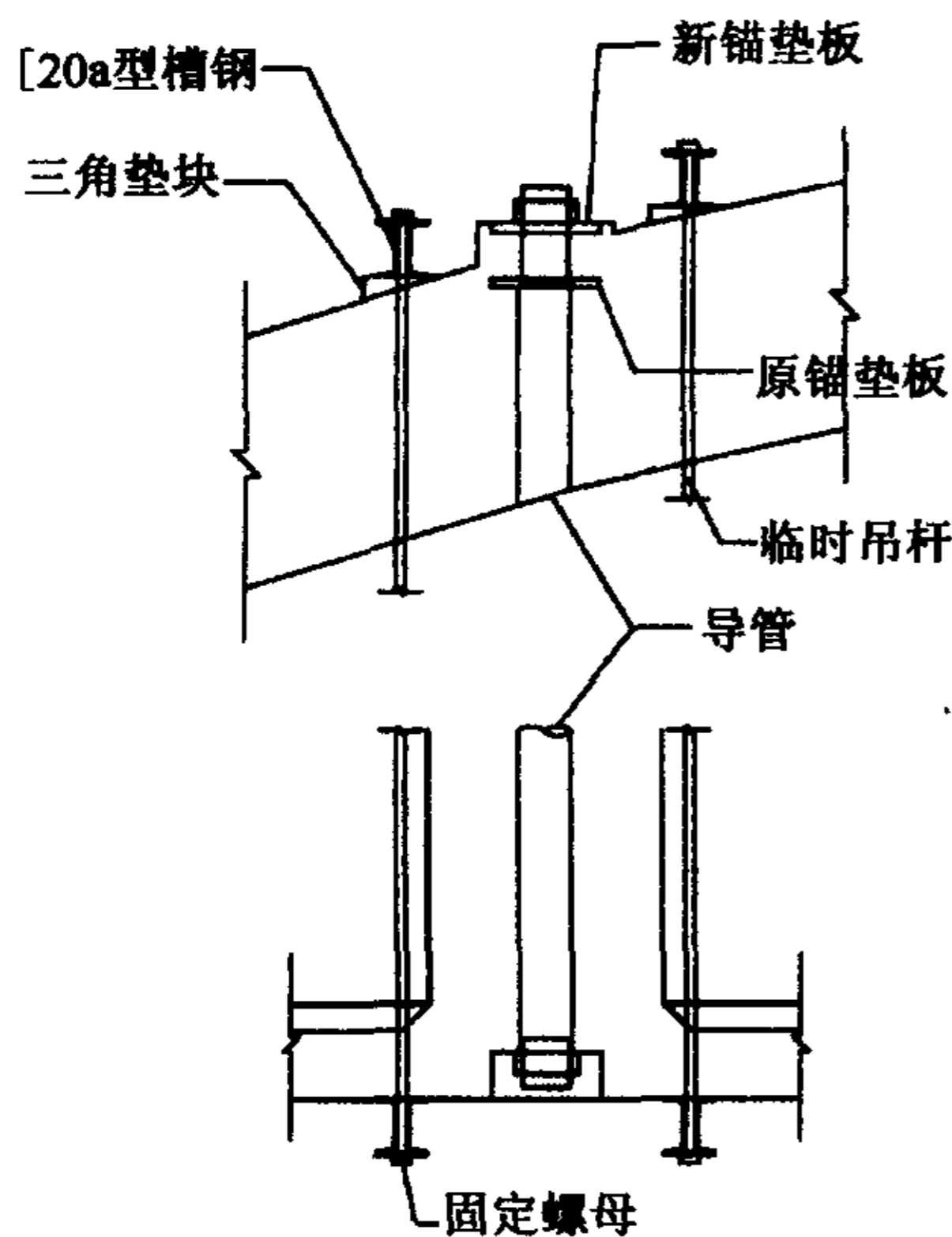


图4 临时吊杆布置图

#### 4.3 拆除原吊杆

凿除拱肋和系梁上的封锚混凝土,直至露出锚垫板。用四台千斤顶同时张拉临时吊杆,每根吊杆的受力必须相等且总和等于计算吊杆力的20%,以使临时吊杆绷紧。然后按24根一批,共5批割断吊杆内的钢丝。每次割断一批钢丝前,临时吊杆力加载计算吊杆力的20%。等到钢丝全部割除后,由内向外依次逐根抽拔钢丝。

钢丝拆除完毕之后,对原有的锚垫板和导管进行除锈,具体步骤为:先用钢刷去除原有锚垫板和导管内侧表面的铁锈,直至露出金属本色,然后再用丙酮进行二次除锈。为方便今后的再次更换,设计将整个新吊杆锚移至拱肋外,具体步骤为:首先将导管接长至设计标高,然后将拱肋内原先割断的钢筋重新焊接,并布置钢筋网。设置模板灌入锚下混凝土,待混凝土达到设计强度之后,安装新的锚垫板。

#### 4.4 安装新吊杆

待锚下混凝土达到设计强度后,根据产品说明书要求安装新吊杆并再次进行吊杆力的转换。具体步骤为:采用逐步加载的方法,先对新吊杆加载20%的计算吊杆力,不使其松弛。然后逐步减小临时吊杆力,同时张拉新吊杆。卸载的临时吊杆力等于加载的新吊杆力,直至临时吊杆力完全卸载而新吊杆力达到计算值。新吊杆为61φ7高强钢丝,外包双层PE防护,新吊杆的破断力和尺寸均符合原设计要求。

每根吊杆更换前后均需监测吊杆处的桥面高程和全桥关键部位的应变,使其变化在控制范围内。全桥吊杆更换完毕后测量全桥吊杆力,与计算值相差较大的吊杆应再次张拉调整。

新吊杆张拉到位后,拆除上下吊点。对露出拱肋外的吊杆锚内灌入油脂,以防渗水,外部加装防水罩和锚头罩。锚头罩、防水罩和锚垫板应进行防腐处理,具体步骤为:喷砂除锈,要求达到Sa2.5级;电弧热喷铝不少于200 μm;氟碳漆防锈底漆2道共计70 μm;涂氟碳面漆2道共计70 μm。新安装的吊杆锚在保护罩外另加装饰,使桥梁更具美感。

#### 4.5 注意事项

- (1) 凿除封锚混凝土前应仔细研究竣工图纸,尽量减小因更换吊杆对拱肋面积的削弱;
- (2) 上下吊点的位置必须对齐,以保证临时吊杆能够竖直受力;
- (3) 加载和卸载时,千斤顶泵油量应相等以保持临时吊杆均衡受力;
- (4) 在吊杆力的更换期间,应对拱肋、系梁等主要受力构件进行应力和标高监控。
- (5) 吊杆力转换期间,需短暂中断交通,建议在晚上10时至次日凌晨5时进行。
- (6) 由于吊杆更换工作在杭州尚属首次,为保证此项工程万无一失,建议先选取一根吊杆更换以积累经验,然后再进行其它吊杆的更换工作。

## 京津城际将建轨道

京津城际轨道交通项目的可行性研究报告经国务院通过,已于2004年12月3日由国家发改委批复下达,将于2005年7月开工建设。建成后,旅客乘火车来往京津0.5 h即可到达。北京至天津城际轨道交通项目是中长期铁路网规划的环渤海地区城际客运系统的重要组成部分,也是沟通北京、天津两大直辖市的便捷通道。沿线至少设北京南、京庄、永乐、武清、天津等5个以上车站,线路全长115 km,工程总投资123.4亿元,预计2007年12月建成,2008年7月投入运营。