

# 空心板梁桥纠偏复位的关键设计及施工技术

窦勇芝 刘文 韦福堂 肖朝辉

(柳州欧维姆工程有限公司 广西柳州 545006)

**摘要:**以 $6 \times 20\text{m}$ —联预应力空心板梁桥纠偏复位工程为背景,结合现场空心板梁自身结构特点及梁下空间,设计了顶升、滑移千斤顶同步系统,利用三向千斤顶提供主动纠偏力,驱动顶升顶及梁体滑移,实现梁体横向纠偏复位。其中重点介绍了纠偏复位方案的关键设计要点及施工技术。工程实践表明设计合理,施工经济便捷,达到了预期的工程效果,对同类工程具有可借鉴及推广性。

**关键词:**空心板梁桥 纠偏复位 设计 施工技术

**DOI:** 10.13211/j.cnki.pstech.2014.05.008

## 1 工程概况

昆明某高速公路( $5 \times 20$ ) m + ( $6 \times 20$ ) m 两联预应力砼先简支后连续空心板结构桥梁(如

图1、2),桥面净宽10.75m。墩柱自地面线以上高度为20m~29m。

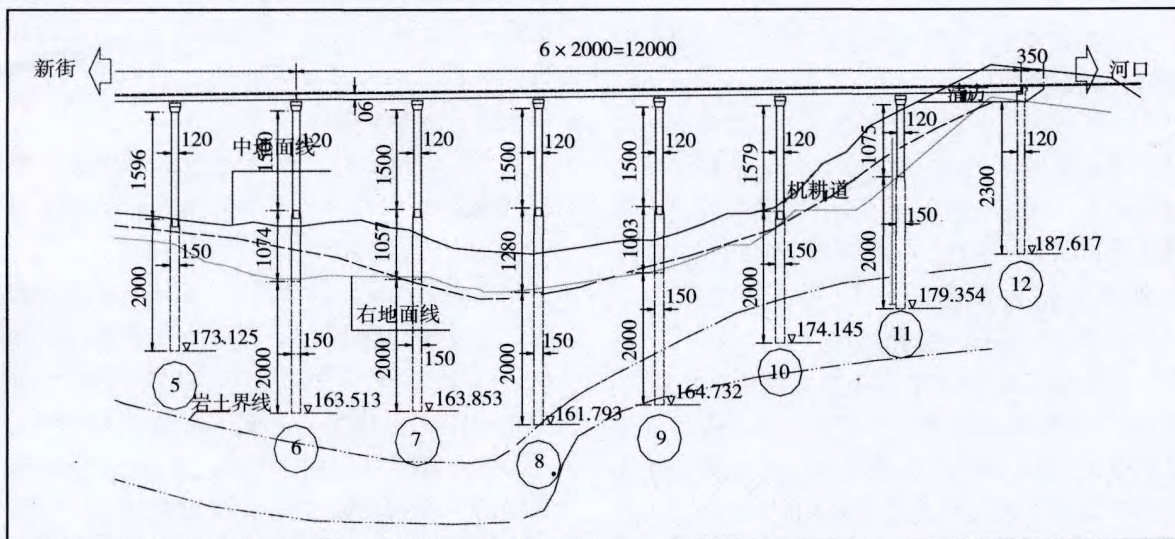


图1 右幅第二联桥型布置

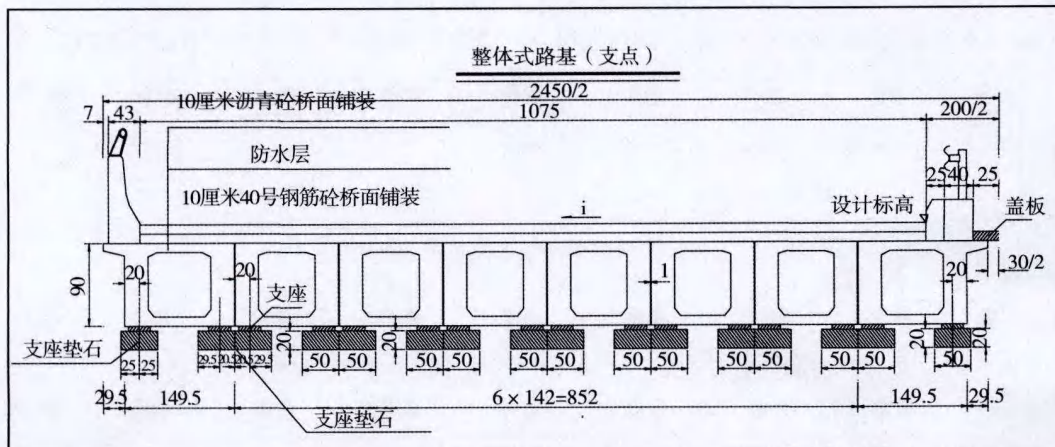


图2 上部结构横断面布置图



图3 右幅第二联6#墩偏位情况

由于当地于2010年8月局部普降大暴雨,导致右幅第二联桥6#墩产生轻微变形,从而造成右幅第二联端头梁板桥面在6#墩处向外侧产生约2.8cm位移(如图3),同时导致6#墩盖梁上的部分桥梁支座破损。经两年持续监测,现变形已趋稳定。

于2012年8月考虑对该桥右幅第二联端头桥面进行纠偏复位。

本纠偏复位工程结合现场空心板梁自身结构特点及梁下操作空间,设计了顶升、滑移千斤顶同步系统,利用三向千斤顶提供主动纠偏力,驱动顶升顶及梁体滑移,实现梁体横向纠偏复位。

## 2 纠偏复位方案设计

### 2.1 纠偏复位设计总体思路

经现场勘测梁底至盖梁顶高度为0.255m~0.29m,相邻两梁板底面不平齐,垫石边缘至盖梁边缘0.52m~0.65m。6#设伸缩缝墩处第二联桥面系相对第一联向外侧产生2.8cm位移,其中第一联桥面系相对支座无偏移,第二联桥面系相对支座有较大偏移。7#连续墩桥面系相对支座有约0.5cm偏移,支座顶部有向外剪切变形。8#连续墩

桥面系相对支座无偏移,支座顶部向外剪切变形不明显。

结合桥面偏移及支座受损情况,拟定在6#~8#墩顶安装竖向千斤顶,竖向千斤顶底布置滑移体系,按比例顶升量将主梁同步顶起,同时在6#、7#墩上设置三向千斤顶(可竖向、横向和纵向调整千斤顶)提供横向纠偏力,驱动其余竖向顶及梁体按比例纠偏量进行桥面复位。采取同一墩上千斤顶以位移量控制为主,顶升力、纠偏力复核的同步控制策略。另外,防止横向复位过程中纠偏反作用力使桥墩继续向外偏移,将对6#、7#桥墩墩柱设置墩顶斜拉风缆限位。

### 2.2 竖向顶选型及布置

根据设计文件,设伸缩缝墩边板单个支座恒载+汽车活载支反力为276.5kN,中板单个支座恒载+汽车活载支反力为285kN,连续墩边板单个支座恒载支反力为499.5kN,中板单个支座恒载支反力为453.5kN。

单个支座顶升力按2倍安全系数考虑,设伸缩缝墩边板553kN,中板570kN;连续墩边板999kN,中板907kN。

结合梁底至盖梁顶高度,且考虑到相邻板梁板底不平齐,采用竖向顶横向布置在梁端腹板处,以及垫石边缘至盖梁边缘区域。6#设伸缩缝墩布置1排共计16台千斤顶(如图4),其中4台为型号HYG III-85三向千斤顶,其余12台为型号YBD100-15竖向顶,7#连续墩布置2排共计32台千斤顶(如图5),其中4台为型号HYG III-85三向千斤顶,其余28台为型号YBD100-15竖向顶,8#连续墩共计布置32台型号YBD100-15竖向顶(如图6)。

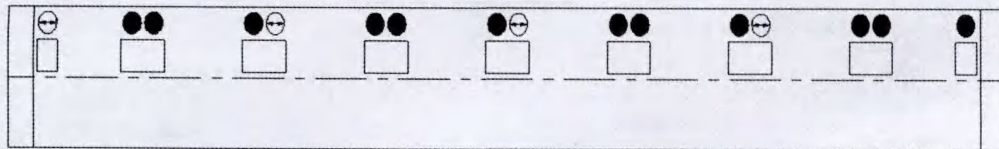


图4 6#墩千斤顶平面布置示意图

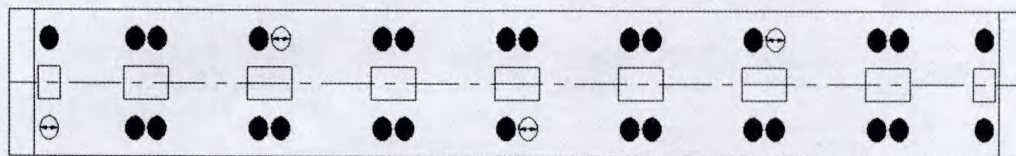


图5 7#墩千斤顶平面布置示意图

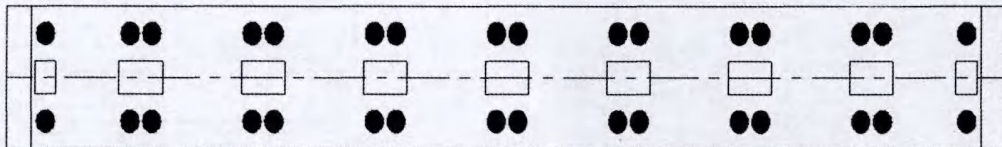


图6 8#墩千斤顶平面布置示意图

注意：空心圆为三向千斤顶，实心圆为竖向顶

### 2.3 竖向顶滑移体系

盖梁上设置下底板，竖向顶底面上底板与下底板间布置四氟乙烯滑板，竖向顶顶部依次设置球铰支座板、橡胶板，利用四氟乙烯滑板低摩擦系数特性，确保竖向顶可横向滑移（如图7）。

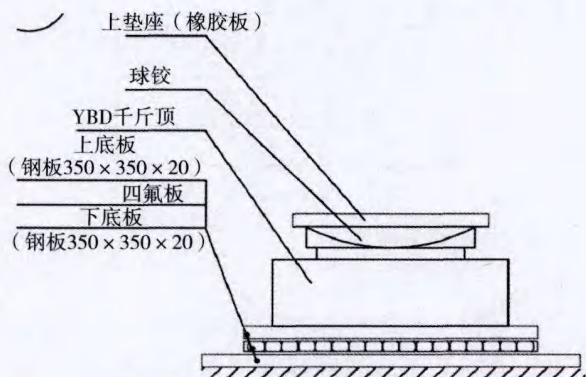


图7 竖向顶滑移体系示意图

### 2.4 三向千斤顶

三向千斤顶采用承德市双桥普宁液压工程机械厂生产的型号HYGⅢ-85三向千斤顶，其特点是一种起重位移的专用千斤顶，能实现对重物低高度、短距离的垂直方向、横向和纵向的位移。其滑动摩擦副由不锈钢板与四氟乙烯滑板组成（如图8）。

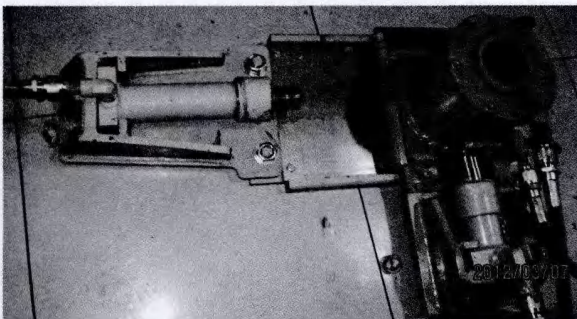


图8 手摇泵式HYGⅢ-85三向千斤顶

### 2.5 限位装置

限位装置主要考虑对桥面系、墩柱限位。

桥面系限位：在每个墩台的挡块与板梁间填充木块或薄钢板，以防止在顶升中再次偏移。

墩柱限位：为避免复位过程中纠偏反作用力使桥墩继续向外偏移，对桥墩两墩柱顶进行斜拉风缆限位（如图9）。

### 2.6 墩顶接触面局部承压验算

单个顶升顶底设下底板规格0.35m（长）×0.35m（宽）×0.02m（厚），墩顶接触面局部承压验算<sup>[1-2]</sup>如下：

$$A_{Ln} \geq \frac{\gamma_0 F_{ld}}{1.3 \eta_a \beta f_{cd}} \quad (1)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{A_b}{A_L}} \quad (2)$$

式中 $\gamma_0$ 为桥梁结构的重要系数，取1.1； $F_{ld}$ 为单个顶升千斤顶的最大顶升力，取570kN； $f_{cd}$ 为桥墩混凝土轴心抗压强度，C40取18.4MPa； $\eta_a$ 为混凝土强度影响系数，当混凝土强度等级为C50及以下时，取1； $\beta$ 为混凝土局部受压强度提高系数，按公式（2）计算取值； $A_L$ 为桥墩接触面混凝土局部受压面积，按千斤顶底座面积计算，型号YBD100-15底座面积取0.038m<sup>2</sup>； $A_{Ln}$ 为桥墩接触面混凝土局部受压净面积，型号YBD100-15底座面积直径0.22m，按0.02m厚垫板45°刚性角再扩大的面积直径为0.26m， $A_{Ln}$ 取0.053m<sup>2</sup>； $A_b$ 为局部承压的计算底面积，取0.212m<sup>2</sup>；

由上述取值分别代入公式（1）、（2）求得：

$$A_{Ln} = 0.038 \text{m}^2 > \frac{\gamma_0 F_{ld}}{1.3 \eta_a \beta f_{cd}} = 0.011 \text{m}^2$$

满足局部承压要求。

### 2.7 梁底接触面局部承压验算

计算方法同上，不予赘述。

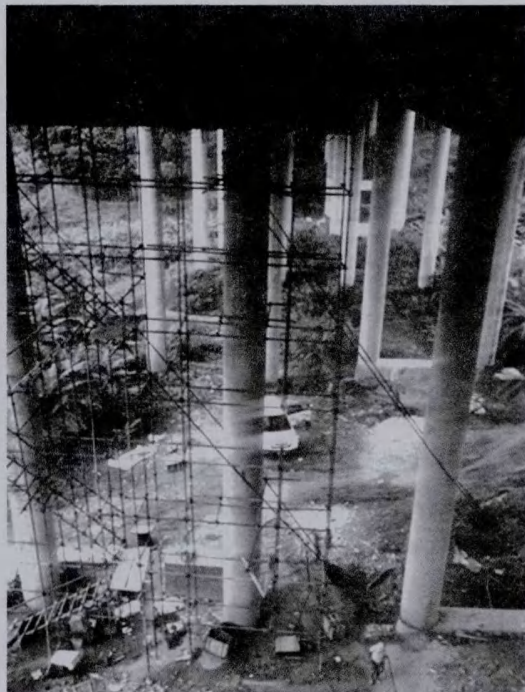


图9 墩柱顶斜拉风缆限位示意

## 2.8 顶升方案设计

按6孔一联先简支后连续的空心板梁建模计算,顶升工况6#墩顶升位移5mm、7#墩顶升位移4mm、8#墩顶升位移4mm,按恒载+顶升工况组合进行验算(如图10)。

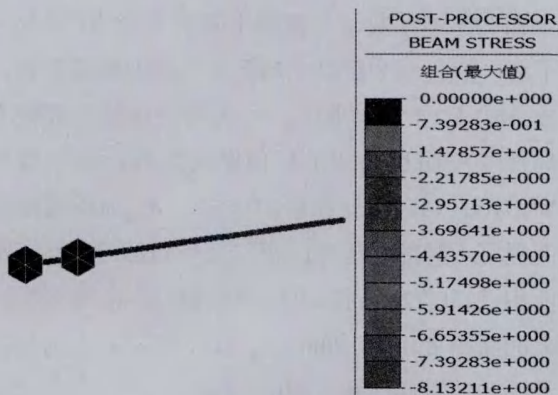


图10 边梁顶升工况组合应力

(单位: MPa)

经验算最大组合应力为 $-0.005\text{MPa}$ ,最小组合应力为 $-8.13\text{MPa}$ ,均为在梁体结构产生拉应力,满足部分预应力A类构件设计要求。

## 3 纠偏复位施工方案及实施

### 3.1 施工工艺流程



图11 施工工艺流程图

## 3.2 主要施工要点

### 3.2.1 施工平台搭设

在墩柱四周搭设两排脚手架工作平台,横距、纵距各1.5m,步距1.8m。施工平台面距梁底1.7m,宽1m,沿盖梁通长布置。脚手架和工作平台通过连接件与桥墩柱连接成整体,确保安全可靠。

### 3.2.2 解除桥面纵、横向约束

解除伸缩缝处护栏等附属构件纵向约束,并清除伸缩缝及梁端间杂物;清除两幅桥间中间分隔带处的泥土、盖板等横向约束,以留出横向纠偏距离3cm。

### 3.2.3 千斤顶及垫板安装

清理盖梁顶放置千斤顶位置的混凝土基面,打磨平整,并抹高强砂浆找平确保垫板与混凝土面抄垫实(如图12)。

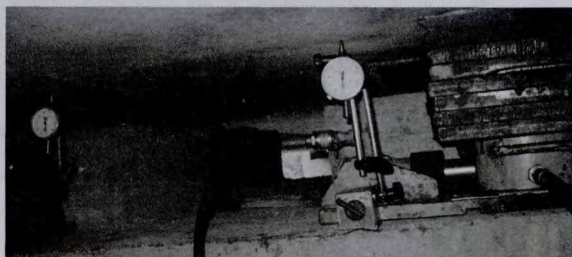


图12 千斤顶及垫板安装

### 3.2.4 横向限位设置

分别对6#、7#桥墩两墩柱顶进行斜拉风缆限位,利用滑轮组、拉力计监测风缆拉力。

另外,在每个墩台的挡块与板梁间填塞木块或薄钢板,并保证与板梁间有3mm间隙,实现在顶升复位过程中限位。

### 3.2.5 初始状态检查、记录

(1) 检查梁底、盖梁顶混凝土破损情况,尤其对支撑部位、限位挡块处重点检查记录。若有破损,需进行处理后方可进入下道工序;

(2) 用红油漆标记安放新橡胶支座的位置以及各墩板梁与盖梁间的相对位置;

(3) 标记6#、7#、8#墩顶初始位置。可在墩顶作标记,用经纬仪观测墩柱初始垂直度以及施工过程中墩顶位移量,并以墩顶位移预警值进行复位施工控制。

### 3.2.6 试顶

启动液压同步顶升系统,使得6#墩、7#墩、8#墩依次顶升1mm,检查液压设备可靠性及管路的密封性。

### 3.2.7 正式分级顶升

(1) 将千斤顶与油泵油管接好,检查无误后,等待指挥信号发出。在顶升过程中设置一名指挥长,统一指挥各油泵操作员。指挥长用对讲机下达指令,油泵操作员开动油泵,缓慢将梁顶起,以每1mm为一级(设计可计算出相邻顶位间允许偏差量),千斤顶到达设定高程时停顿,由监控人员将位移值报告给指挥长。等到每台千斤顶都到达同一高程时,再由指挥长向油泵操作人员发出下一级操作指令,重复上述步骤直至将梁顶起至所需高度(梁体脱离支座)。

(2) 对于同墩上各梁板顶升,采用多台分油泵同时控制多台千斤顶等高顶举,顶升过程采用顶升量与顶升力同步双控,使整个顶升过程平稳同步。

### 3.2.8 横向复位

梁体同步顶升到位后,利用三向千斤顶横向移位,横向误差在允许范围之内。

(1) 6#、7#墩墩顶斜拉限位风缆施加约2t拉力预紧,按四级加载。以利于复位及防止横向

复位时墩柱加大向外偏移值;

(2) 6#、7#、8#墩同步顶升到位后,在风缆拉力及墩柱的回复力作用下,各墩顶产生向内侧的回复位移。

(3) 6#、7#墩三向千斤顶同步逐级加力,此时各墩顶产生向内侧的回复位移。

表1 初始、复位各墩测点偏移量比较

墩号	6#墩	7#墩	8#墩
初始偏移量(单位:mm)	28	5	0
复位偏移量(单位:mm)	-4	2	0

### 3.2.9 更换支座

待梁板复位就位后,抄垫临时垫块,更换6#墩四氟板式支座。

### 3.2.10 同步落梁就位

复位验收合格后,将千斤顶缓慢卸压落梁到位。落梁工艺采用逆顶升法缓慢下落。下落时,同顶升过程分级缓慢下落,确保梁就位准确且与支座密贴。

## 4 施工效果

(1) 由表1数据可知,桥面系复位满足要求,各墩向外偏移值均得到减小,墩柱偏心受力状况得到进一步改善。

(2) 第二联桥面系复位后,对第一联桥面系未产生偏移,满足要求。

(3) 经过复位施工后连续两周观测,无偏移反复现象。

该纠偏复位工程自施工准备至纠偏复位完成,工期共计24天。另外,桥梁使用后期需加强对桥墩及桥面系观测,至少半年内观测2次。

## 5 结语

本纠偏工程充分利用梁下千斤顶可布置操作空间,结合三向千斤顶可主动横移特点,通过同步顶升梁体至滑移体系面,实现梁体纠偏复位。该施工工艺优点:充分利用原结构空间,不需要设置反力支架,施工可操作性强,便捷经济,工期短,对同类纠偏工程具有可借鉴和推广性。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准. JTG D62-2004公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [2] 江苏省地方标准. DB32/T 2173-2012公路桥梁相交支座更换技术规程[S].