

桥梁施工控制技术 (续)

邱式中

(上海市基础工程公司特种基础设计所 上海 200002)

(续上期)

②安装

带伸臂的立柱(7、6、5及5'、6'、7')均采用两对葫芦同时平吊,凌空后转动吊臂居中。吊扒前移至安装节间,再缓缓松去辅助吊点,使构件翻身、垂直,然后就位安装,见图26a)、b)、c)。

③横梁安装

横梁用钢丝绳绑扎水平起吊、水平就位安装,见图27。

(3) 车行道板、人行道梁安装

①车行道板安装只需将板的预留孔套入横梁顶面伸出钢筋即可,见图28。

②人行道梁安装

人行道梁安装,需把梁底部之插筋插入横梁上一预留孔内,并保持人行道梁之边缘成一平顺直线,见图29。

(4) 桥面铺装及修饰工作

拱上结构及桥面系吊装结束后,最后进行沥青混凝土路面浇筑和人行道板、路缘石铺设及路灯、栏杆等修饰工程至全桥结束。

3.3.4 监测

监测是工程实际的检验,对于外援式支架法,拱圈形成的重点是控制其变形。赣州东河大桥测量控制有如下内容:

3.3.4.1 墩台测量

墩台距离采用了三角测量方法和直接量距测量方法。

3.3.4.2 拱肋结构施工测量

(1) 基桩定位测量

①打样桩定位法

用2台经纬仪交会方法,见图30。

②水上打桩

采用木尺交会定位法,见图31。

(2) 木排架安装测量

采用经纬仪测设木排架纵、横轴线。

(3) 砂筒安装测量

①经纬仪放出排架顶层各横梁上的纵横轴线。

②利用中层水准点测出砂筒处标高。

(4) 拱盔测量

①测定实际拱弧曲线;

②定出每块拱块的安装位置;

③定出拱上立柱的横轴线。

用测斜规测定拱弧曲线和定出每排拱上立柱的横轴线,再向立柱横轴线丈量弧长。定出拱块定位线,见图32。

(5) 拱块安装测量

拱上放样完成后,进行拱肋块件、风撑吊装,安装合拢后随即用经纬仪测定拱块的安装偏位。

3.3.4.3 拱上和桥面结构测量

(1) 立柱安装测量

(2) 横梁安装测量

3.3.4.4 变形观测

基桩的沉降观测点布置在每排量桩帽梁的两端上下游各13个测点,供测沉降用,见图33。

①拱架的沉降观测

在拱架的上、下游两侧面相应每一拱架立柱处,自拱顶挂下一根沉降尺,上下游共26根。在两个测量平台(上、下游各一只)上架水准仪观测,见图34。

②拱架横向位移、纵向位移观测

③卸拱观测

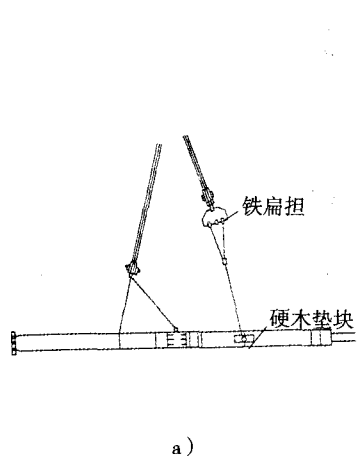
自拱肋接头挂下特别的水泥块,水泥块底面顶住千分表,观测千分表读数变化。上、下游拱肋各布置5~10只千分表,包括拱脚、拱顶、1/4处测点等。

④拱上结构安装时拱圈变形观测

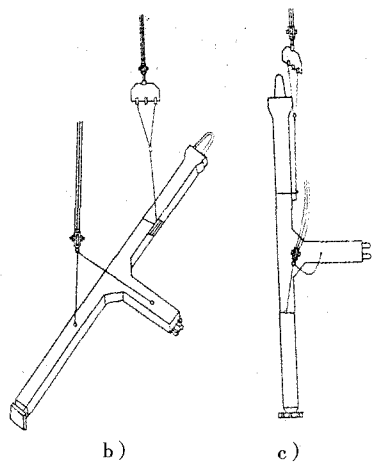
自拱顶和左、右1/4点挂下L25×25的角钢,角钢下端附有挂尺,可在墩帽上观测,每吊完一个节间观一次。

3.3.4.5 应力测试

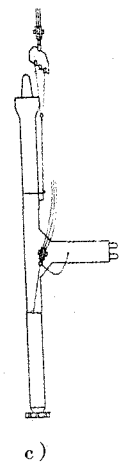
重点为拱上结构不对称安装时的应力观测,



a)



b)



c)

图26 立柱吊装图
 a) 起吊 b) 转身 c) 竖直

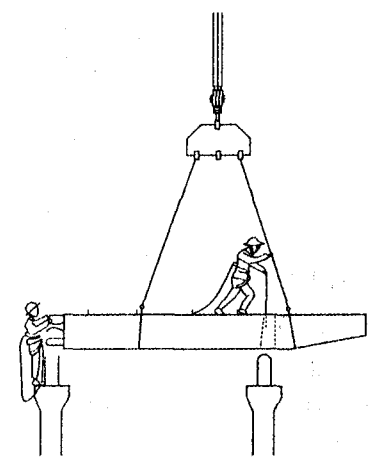


图27 横梁安装图

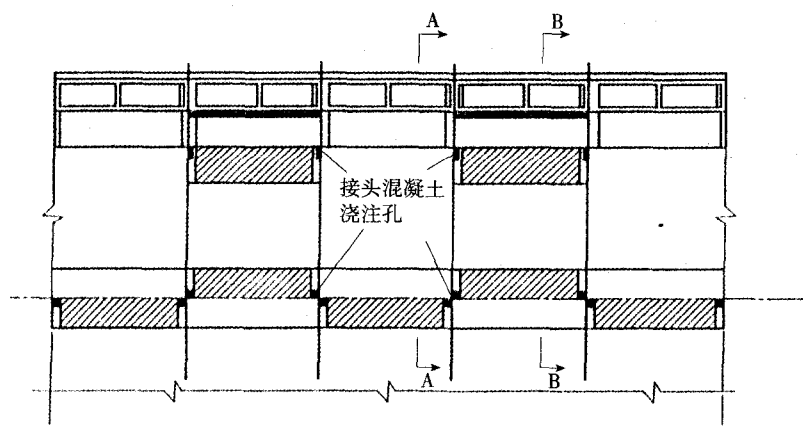
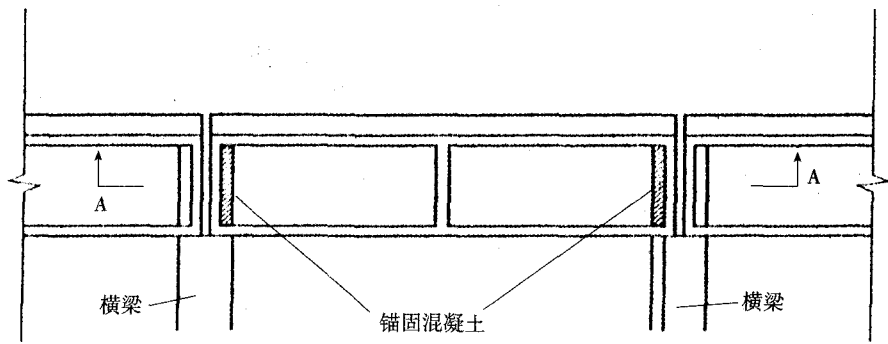
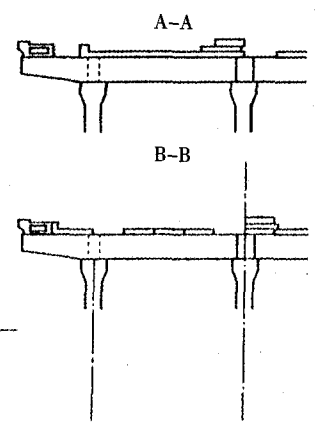


图28 车行道板安装示意图



A-A

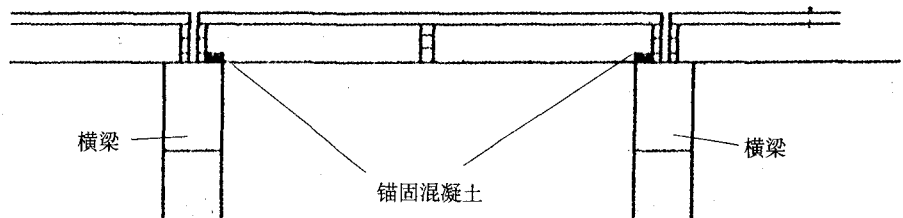


图29 人行道梁安装

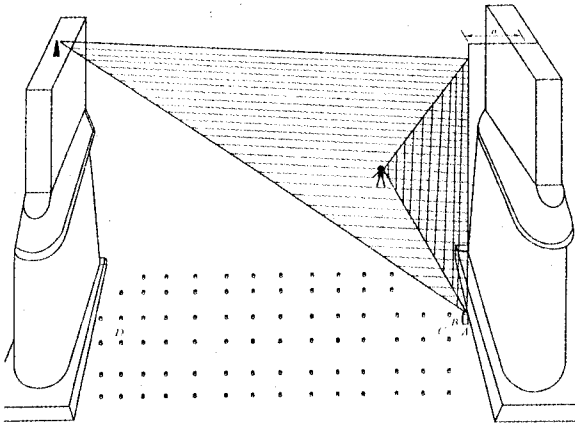


图30 两台经纬仪交会法

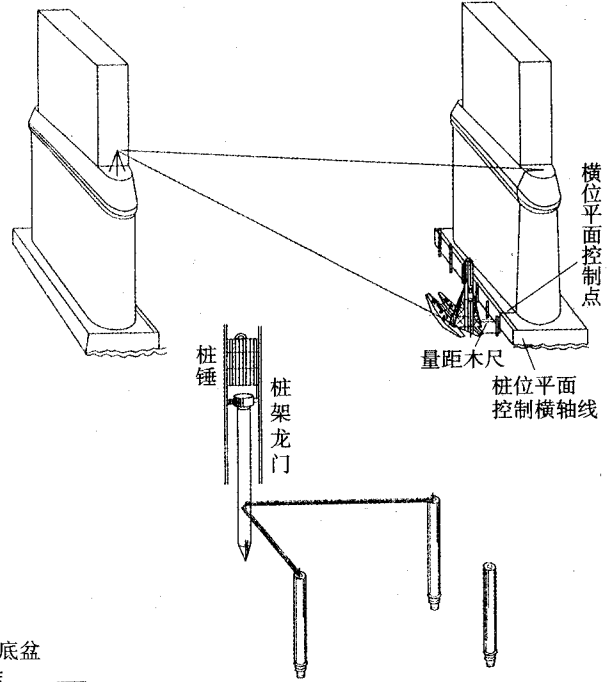


图31 木尺交会定位法

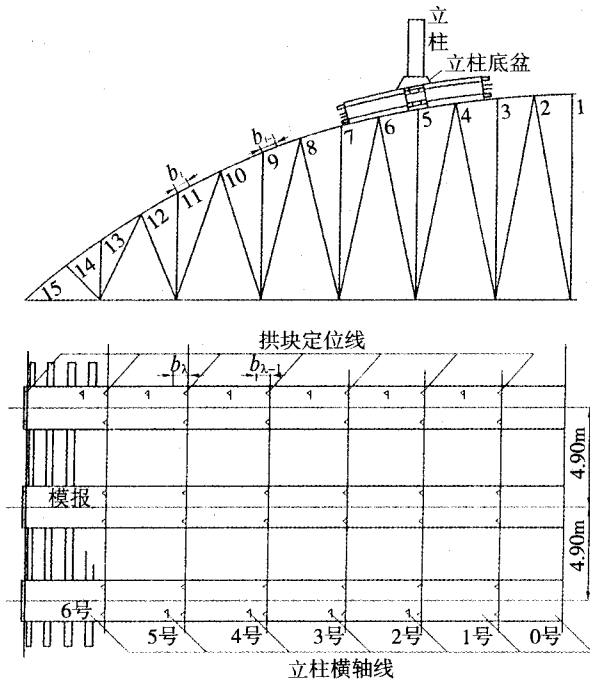


图32 拱盔测量

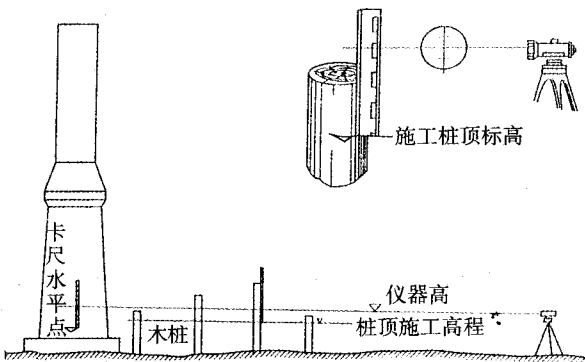


图33 基桩变形观测图

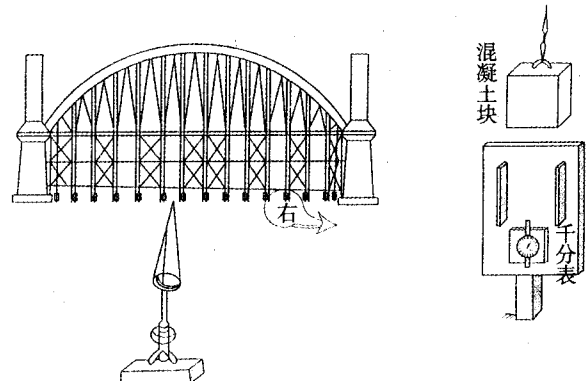


图34 拱架沉降观测

其拱脚的弯矩和内力值应小于设计值,其钢筋应力和混凝土应力值均应小于设计值。

3.3.5 施工控制

赣州东河大桥为外置式满堂拱架上承式钢筋混凝土拱桥,拱上结构为空腹式,其施工控制表现为以下三部分内容。

3.3.5.1 确保拱肋系形成过程中拱架受力、变形在容许范围内,满足稳定、安全要求

(1) 控制拱架形成质量

1) 选良材,使之满足截面参数要求

①选择良好的平直桩木,梢径不小于16~18cm。

②支架为拱架受压及传力结构,分上下两层立柱,梢径18~20cm。

③拱盔为主要受力结构,全部采用整柱式方案。

④中间垫块全为硬木垫块并上下刨平。

2) 精确放样制作,控制拱架受力变形

按1:1比例准确放样,首先计算出拱架每一特征点的坐标值,用经纬仪定向,定出拱弧点,放样时,将拱架设计预留拱度,按抛物线分配,加入每拱弧点的坐标值中,然后在平台上按控制点给制杆件节点大祥和螺孔位置。

套制样板用木纹平直、干燥(含水率小于18%)木板制成;样板尺寸必须严格按设计图纸放制,误差控制在±1mm之内。

样板拼拢,检查放样尺寸,无误才交付使用。

3) 确定合适的预留拱度

①按 $\Delta y = (6 - 2.5)(i - \frac{4x^2}{l^2})$ 变化。

②端部为2.5cm,拱顶为6cm。

4) 精心架立,控制其误差

①桩顶位偏差控制在10cm之内,凡超过10cm,采用花兰螺栓对拉纠正,个别无法纠正的,采取补桩或托木、帽梁加固措施。

②桩顶标高测量最大偏差控制在±0.4cm。

③木排架上横梁砂筒标高误差控制在±0.3cm。

④拱上圆弧线测量最大误差控制在±0.5cm,拱肋块定位横向偏差±0.5cm,纵向定位偏差±1.0cm。

支架同横梁、剪刀撑形成空间柱架结构,以承受拱肋块及风撑拱上拖拉及就位荷载。

(2) 三道工字形肋拱及风撑拱上拖运安装对拱架的影响

1) 拱上拖运构件时,水平推力对拱架影响为控制构件纵向沿拱弧面拖拽,尤其是爬坡时,经过托板滚轮与拱面模板的接触,将部分拖拽力传递到拱架上,可能引起拱面及拱架变形,宜采取如下措施:

①拱架安装时,保持拱面模板接头平整,弧弦木结合要紧,使得拱块拖运时经过滚动摩擦传给拱架的水平力减小(经计算约为383kN),且还可以扩散至整个拱架。

②对拖运范围的拱架,要格外检查其整体刚度,并要做剪刀撑加固处理,使之构成稳定的空间格柱体系,并在其上标出拱肋块件拖运之线路。

③布置拖运索具时,将各种导向葫芦、拉索等都固定在两边桥墩上,不与拱架发生关系。

④控制拖运速度,减少动载影响。

⑤采用以2m/min的速度,在拱架上试拖运,证明确实对拱架影响不大后,进行正式拖运。

实践证明,全桥拱肋系构件在拱架上拖运后未引起拱面和拱架纵向变形。

2) 构件不对称安装时,由于拱架不均匀受载,对拱弧曲线沉陷变形的影响

由于施工方案决定了拱肋系必须单侧安装,在安装过程中拱架受荷是不均匀的,是否会产生不容许的变形?答案是否定的。

①满堂木拱架是静定的梁柱结构,具有静定的受力条件,各部分受荷载时可以独立地沉陷变形,不会有较大的纵、横向传递,在满足整体稳定、安全条件下,仅是局部变形,待安装完成后,仍为一光滑的连续的圆弧曲线。

②拱面各部位在开始安装后,经过多次拖运构件,完成了预压,消除了接头部位非弹性变形,当成批构件上桥时,拱架已处于良好的工作条件。

③在试安装时,进行了详细观测,施工实践和观测资料证明,拱弧曲线的沉降变形,完全对应于加载顺序,基本上在受荷部位独立发生。至安装完毕,拱弧曲线沉降符合满载的静力变形,见表5。

3.3.5.2 确保拱肋系在形成过程中,拱的受力、变形、稳定状态在控制范围内,避免结构出现开裂

(1) 拱肋系,即工字形肋拱块和风撑在拱架上拖运吊装时,在拱架上、下游两侧相应观

测, 自拱块吊装开始至节点混凝土浇筑完毕, 拱稳定后为止, 全桥拱架变形控制在误差范围内。

(2) 卸拱

①采取正确卸拱方式, 使拱肋系充分做到对称、均匀和缓慢加载

卸拱过程就是使拱肋系逐渐与拱架脱离, 便于拱架拆除。为了使拱肋系在卸拱过程中符合设计的工作条件, 从产生附加的弯曲和不规则的变形情况看, 必须使拱肋系自重拱架卸拱过程中做到对称、均匀、缓慢而逐步地由拱架承受转移到拱肋承受, 使拱肋系内力平稳上升, 而不至于产生超过设计条件的内力和变形。

卸拱时, 控制每次卸拱量为0.5cm。在横向每排砂筒同时进行, 在纵向各行单次环循的区间是:

第一次0~3号, 第二次0~5号, 第三次0~7号, 并且对称进行。

②卸拱顺序按规定进行。卸拱后拱肋曲线观测值见表5。

3.3.5.3 保证拱肋系在拱上结构形成过程中受力、变形与稳定满足要求

拱上及桥面结构采用单向推进不对称安装, 由于不符合拱顶→拱脚→1/4拱跨对称安装顺序(本桥工程受到施工设备及技术力量条件限制), 会使拱肋系结构不均匀加载产生了超过设计容许的施工附加应力和变形, 在单向推进不对称安装过程中, 最不利情况是当完成半跨构件安装后(即半跨静重荷载), 吊机运行到拱顶并起吊构件时, 设计控制的另一侧拱脚截面, 计算

弯矩超过设计值12.5%, 而轴向压力仅为设计值48.7%, 见表6。

这样就使拱脚截面偏心弯矩大大增加, 使钢筋应力达到339.1MPa, 超过设计容许值69%, 混凝土应力达到21.2MPa, 超过设计容许值21%。经研究, 在反弯矩区域(即反对称部位)预加荷载以平衡不对称安装, 可减小最大弯矩值, 平衡重量施加在拱脚截面的弯矩, 影响线竖标位置最高, 则效果最为显著。经验算, 在一侧单向推进安装时, 半跨静重满载, 吊机自重及起吊构件共为4940kN, 但在另一侧反对称部位(4号~6号节点之间), 只需加600kN平衡重力, 即可使拱肋内力平衡, 应力控制在结构强度容许范围之内, 见图35。

利用8根横梁(8×7.65=61.2t)预先悬挂在拱肋上, 待安装吊机运行至该节点上方, 将吊钩放下, 直接将横梁提升上桥进行安装。配重工作可在安装准备期间进行, 不影响安装进度。

在技术保证前提下, 对第一孔进行了试装, 实践证明效果良好, 其变形观测见表7。实测资料表明, 在最不利不对称受载时, 受载一侧1/4跨沉陷变形1.8cm, 另侧1/4跨抬高1.7cm相对变形为3.5cm。但在安装完毕之后, 在满跨静载的工作条件下, 上述变形已基本完全恢复, 表明记录值都是安装过程中的弹性变形。对第三、八、九各孔观测, 变形规律和情况基本相同。观测资料表明, 方案是成功的, 效果是可嘉的。1号拱肋拱上结构安装变形情况表7。

表5 各孔拱架受荷沉降及卸拱拱弧曲线变形表(单位: mm)

第1孔																	
测点位置	变形内容	点号															
		7	6	5	4	3	2	1	0	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	
上游	拱架受荷沉降	-	16.00	21.00	15.00	21.00	21.00	28.00	35.00	39.00	45.00	44.00	44.00	36.00	23.0	-	
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	0.91	1.38	2.51	5.26	3.98	4.04	4.16	3.63	6.80	1.22	3.40	-	-	
下游	拱架受荷沉降	-	15.00	14.00	20.00	26.00	30.00	32.00	40.00	38.00	45.0	47.00	51.00	47.00	34.00	-	
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	1.15	1.96	2.03	5.98	5.48	6.42	5.40	4.83	3.52	3.25	3.97	-	-	
第2孔																	
测点位置	变形内容	点号															
		7	6	5	4	3	2	1	0	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	
上游	拱架受荷沉降	-	23.00	33.00	38.00	46.00	44.00	44.00	43.00	37.00	38.00	39.00	40.00	40.00	19.00	-	
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	4.29	-	8.77	-	9.65	-	6.76	-	7.23	-	-	-	
下游	拱架受荷沉降	-	19.00	32.00	33.00	42.00	39.00	37.00	49.00	47.00	51.00	47.00	45.00	37.00	20.00	-	
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	6.38	-	9.79	-	8.16	-	9.71	-	4.29	-	-	-	

(接下表)

(续上表)

第3孔																
测点位置	变形内容	变形量	点号													
			7	6	5	4	3	2	1	0	1'	2'	3'	4'	5'	6'
上游	拱架受荷沉降	-	42.00	54.00	53.00	59.00	62.00	64.00	62.00	60.00	53.00	54.00	59.00	49.00	28.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	0.30	-	4.32	-	7.06	8.18	9.89	8.35	9.35	-	4.03	-	0.65	-
下游	拱架受荷沉降	-	33.00	45.00	45.00	61.00	54.00	54.00	59.00	55.00	52.00	55.00	46.00	41.00	33.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	0.38	-	2.79	-	9.61	10.88	12.92	9.93	9.45	-	3.83	-	0.39	-
第4孔																
测点位置	变形内容	变形量	点号													
			7	6	5	4	3	2	1	0	1'	2'	3'	4'	5'	6'
上游	拱架受荷沉降	-	30.00	35.00	48.00	46.00	48.00	49.00	44.00	48.00	46.00	49.00	50.00	55.00	52.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	5.17	-	9.92	8.86	-	-	-	-	-	-	-
下游	拱架受荷沉降	-	37.00	34.00	39.00	42.00	46.00	45.00	59.00	59.00	53.00	83.00	55.00	63.00	52.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	5.03	-	9.24	10.11	9.97	-	5.79	-	-	-	-
第5孔																
测点位置	变形内容	变形量	点号													
			7	6	5	4	3	2	1	0	1'	2'	3'	4'	5'	6'
上游	拱架受荷沉降	-	51.00	45.00	69.00	82.00	68.00	73.00	82.00	76.00	68.00	75.00	66.00	61.00	47.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	-	-	-	5.30	-	-	-	-	-	-	-
下游	拱架受荷沉降	-	41.00	51.00	55.00	65.00	68.00	75.00	78.00	75.00	85.00	65.00	63.00	55.00	38.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	-	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
第6孔																
测点位置	变形内容	变形量	点号													
			7	6	5	4	3	2	1	0	1'	2'	3'	4'	5'	6'
上游	拱架受荷沉降	-	41.00	46.00	40.00	53.00	48.00	45.00	56.00	63.00	64.00	67.00	63.00	56.00	40.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	5.19	-	8.95	9.86	9.10	-	8.25	-	-	-	-
下游	拱架受荷沉降	-	43.00	49.00	56.00	64.00	65.00	70.00	73.00	70.00	74.00	74.00	73.00	67.00	48.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	5.82	-	9.29	9.41	8.82	-	7.67	-	-	-	-
第7孔																
测点位置	变形内容	变形量	点号													
			7	6	5	4	3	2	1	0	1'	2'	3'	4'	5'	6'
上游	拱架受荷沉降	-	37.00	51.00	54.00	57.00	69.00	69.00	70.00	65.00	60.00	56.00	50.00	52.00	37.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	9.29	-	10.94	14.28	10.95	-	8.85	-	-	-	-
下游	拱架受荷沉降	-	39.00	46.00	52.00	55.00	48.00	58.00	51.00	55.00	62.00	59.00	50.00	51.00	36.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	6.15	-	9.23	13.72	10.12	-	8.71	-	-	-	-
第8孔																
测点位置	变形内容	变形量	点号													
			7	6	5	4	3	2	1	0	1'	2'	3'	4'	5'	6'
上游	拱架受荷沉降	-	25.00	29.40	54.20	54.60	52.70	53.20	49.90	46.60	47.00	47.50	42.80	39.70	34.20	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	3.69	-	5.39	6.99	6.14	-	7.24	-	-	-	-
下游	拱架受荷沉降	-	32.20	41.50	45.00	52.90	59.10	61.50	63.00	69.10	70.00	61.50	63.60	58.30	40.40	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	6.56	-	8.97	9.04	9.70	-	7.95	-	-	-3	-
第9孔																
测点位置	变形内容	变形量	点号													
			7	6	5	4	3	2	1	0	1'	2'	3'	4'	5'	6'
上游	拱架受荷沉降	-	37.00	40.00	40.00	36.00	42.00	48.00	51.00	47.00	50.00	47.00	45.00	44.00	32.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	3.36	-	3.92	5.24	4.18	-	3.20	-	-	-	-
下游	拱架受荷沉降	-	44.00	43.00	37.00	36.00	43.00	40.00	42.00	47.00	48.00	48.00	44.00	38.00	26.00	-
	卸拱拱弧曲线变形	-	-	-	-	2.27	-	4.70	5.08	3.57	-	3.29	-	-	-	-

注：①拱架沉降值个别点不合乎规律，可能是吊尺受拱架上落物撞击的影响。

②落块变形某些点不合乎规律，是由于测锤与测锤的导向板之间摩擦而影响了千分表读数。

表6 拱上结构安装拱脚应力计算表

荷载情况	设计荷载作用	不加配重施工最不利情况	加60T配重后安装到跨中
拱脚最大内力			
M	4012.9kN·m	4509.4kN·m	3491.6kN·m
N	6611.0kN	3235.0kN·m	3511.8kN
钢筋应力 σ_s	188MPa	339.1MPa	199.68MPa
混凝土应力 σ_c	19.25MPa	21.2MPa	16.78MPa

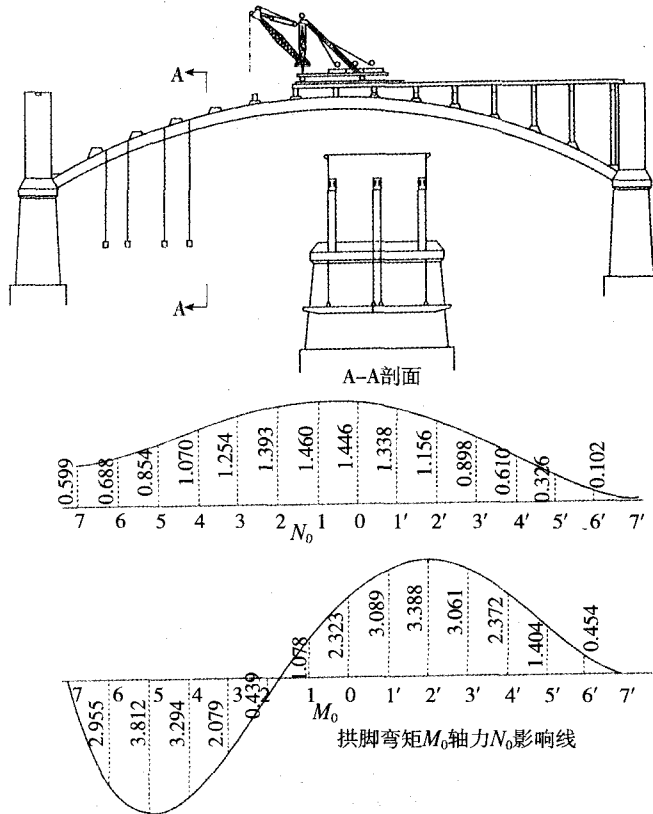


图35 平衡重作用下拱肋应力图

表7 1号肋拱上结构安装变形情况表

拱肋 观测点 变形量	上游			下游			观测时间	安装情况
	1	2	3	1	2	3		
始读数	-	-	-	-	-	-	1996年2月25日13时	13时30分开始安装
2	0	-2	-2	-2	-4	-1	27日17时	6~7构件全装好
3	1	-4	-3	1	-4	-2	3月3日16时50分	6~5构件及4#立柱
4	6	-5	-5	7	-5	-2	4日15时	5~4全部构件
5	1.2	-3	-5	1.4	-2	-2	5日13时	4~3全部构件
6	1.6	-4	-1.0	1.4	-1	-9	6日10时	3~2全部构件
7	1.8	-1	-9	1.7	-1	-9	6日14时	2~1全部构件
8	1.3	3	-1.7	1.6	4	-1.3	8日10时30	1~0全部构件
9	1.3	0	-1.6	8	0	-1.6	8日15时30	0~1'全部构件
10	1.0	7	-1.3	5	1	-1.6	9日9时50	1'~2'全部构件
11	9	5	-9	2	6	-1.2	10日8时	2'~3'全部构件
12	3	1	-8	1	1	-7	10日15时30	3'~4'全部构件
13	0	0	3	-2	-2	-2	13日11时	5'~6'全部构件
14	0	0	0	0	0	0		6'~7'全部构件

说明 测点: 1. 位于西半孔4'接头处; 2. 位于拱顶; 3. 位于东半孔4'接头处; 观测时4'、5'、6'接头处已配重900kN。

综上所述, 赣州东河大桥外置式拱架施工控制, 经过拱架施工控制、拱肋系吊装施工控制、拱上及桥面系施工控制, 满足各阶段拱肋系变

形、应力及稳定和安全要求, 最终基本达到设计的理想状态。

(全文完)