

新西安亭大桥箱梁架设施工技术的优化

王林中¹, 黄志坚²

(1. 顺德区交通建设指挥部, 广东佛山 528300; 2. 广东省佛山公路工程有限公司, 广东佛山 528000)

摘 要: 主要介绍广东佛山新西安亭大桥主桥上部 0[#]、1[#] 块段施工, 箱梁与墩身的临时固结、解除, 箱梁的悬臂施工及挠度的观测控制所采取的施工技术措施优化。

关键词: 连续箱梁桥; 施工; 技术措施优化; 佛山市

中图分类号: U445.46 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-7716(2005)02-0091-04

1 工程概况

新西安亭大桥位于广东佛山市顺德区中西部, 是龙洲公路上的一座重要桥梁。该桥位于龙江镇和勒流镇的交界处, 跨越甘竹河和德胜河的汇流处。主桥上部结构为三跨变高度预应力混凝土连续箱型梁, 桥跨组合为 75 m + 125 m + 75 m, 桥宽 11.15 m, 为单箱单室结构。箱梁中跨分为 37 个块段, 其中 19[#] 块段为合拢段; 边跨分为 23 个块段, 箱型断面底板宽 5.55 m, 顶板宽 11.15 m, 翼板悬臂根部最大厚度为 55 cm。箱梁高度由跨中的 2.8 m, 渐变到根部的 6.5 m, 其中根部高度与主要跨径(125 m) 比为 1/19.2, 跨中 2.8 m 高度与主要跨径(125 m) 比为 1/44.6。箱梁底板厚度由跨中的 28 cm 渐变到根部的 80 cm。箱梁高度和底板厚度均按 1.5 次方抛物线设置, 腹板厚度变化分为二段, 0[#] ~ 11[#] 块段为 55 cm, 其余为 35 cm。箱梁按双向预应力设计, 纵向预应力束分顶板和底板束, 顶板束采用 12 ϕ_1 15.24 mm 钢绞线, 底板束采用 19 ϕ_1 15.24 mm 钢绞线, 两端张拉, 预应力锚具采用 OVM(VLM, HVM)15-12 和 OVM(VLM, HVM)15-19 系列锚具。竖向预应力束采用直径为 ϕ^1 32 mm 的冷拉 IV 级精轧螺纹钢筋, 设计张拉吨位 510 kN, 采用箱梁顶单端张拉方式, 相应的锚具采用 JLM-32 锚具(图 1~图 3)。

2 0[#] 块段、1[#] 块段的施工及箱梁与墩身临时固结的施工优化

2.1 0[#] 块段、1[#] 块段的施工

根据桥梁的结构特点, 箱梁的 0[#] 块段、1[#] 块段

必须是联体一起施工, 因此采用支架施工方案。

施工支架必须具有足够的强度、刚度和稳定性, 还要承受在施工过程中产生的振动荷载, 必须满足竖向和水平向双向承载力的要求, 并确保在施工阶段不发生水平和垂直的变形和位移。

由于主墩承台平面尺寸为 8.2 m × 8.2 m, 0[#] 块段、1[#] 块段总长为 9 m, 箱梁底板宽为 5.55 m, 主墩墩身高为 5.769 m, 因此, 以承台面为支架基础, 保证了支架基础稳固。通过结构计算, 支架下层采用贝雷桁架井字叠放, 并连接牢靠, 上层纵向设置三排单层单排组合贝雷桁架, 横向根据受力计算间距, 铺设工 20 a 工字钢, 根据设计标高, 安装箱梁底模板。支架施工完毕后, 在支架面堆叠砂包对支架进行预压, 砂包重量为 0[#] 块段、1[#] 块段的自重及施工荷载的 1.25 倍, 以检验支架的承载能力和稳定性, 并消除非弹性变形。

支架预压完毕, 根据观测结果: 支架竖向位移为 5 mm, 水平向没有发生什么位移, 可以理解为是结构本身的压缩变形。按设计和规范要求立模板, 绑扎钢筋, 安装预应力束管道, 浇筑混凝土。为了保证箱梁混凝土的质量, 施工中采取以下技术措施:

(1) 水泥: 采用强度等级为 42.5 R, 水化热低的高强度水泥。

(2) 细骨料: 采用级配良好、质地坚硬、颗粒洁净、细度模数为 2.6~2.9 之间的中粗砂。

(3) 粗骨粒: 选用最大直径小于 25 mm, 颗粒形状好和级配良好的碎石。

(4) 掺加 HEA 高效抗裂防水剂: 对于 1[#] 块段、2[#] 块段和合拢段 19[#] 块段掺量为 8%, 对于其它块段掺量为 4%。

(5) 在浇筑混凝土时, 采用内、外同时振捣方式进行充分振捣。

(6) 保证混凝土的养护时间, 在养护期间内保持

收稿日期: 2004-09-05

作者简介: 王林中(1960-), 男, 江西南康人, 工程师, 佛山市顺德区公路局副局长、主任工程师, 从事公路桥梁工程建设管理、科研技术工作。

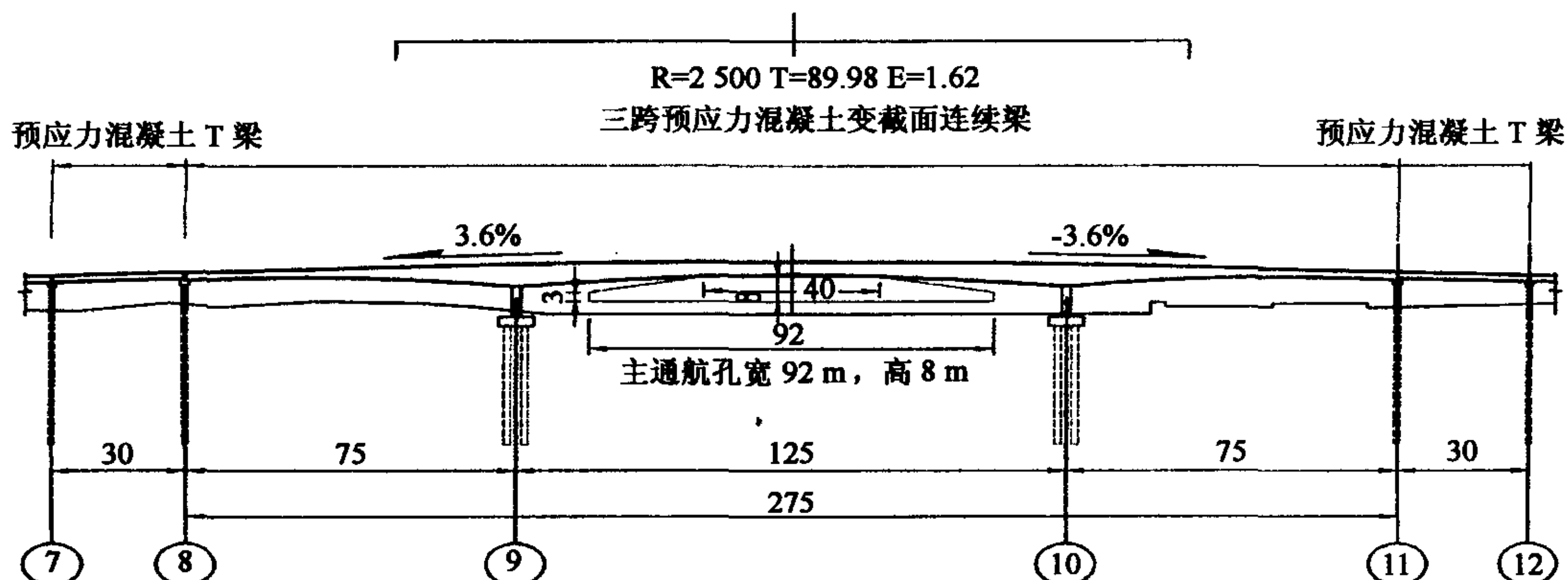


图 1 桥型立面布置图 (单位:m)

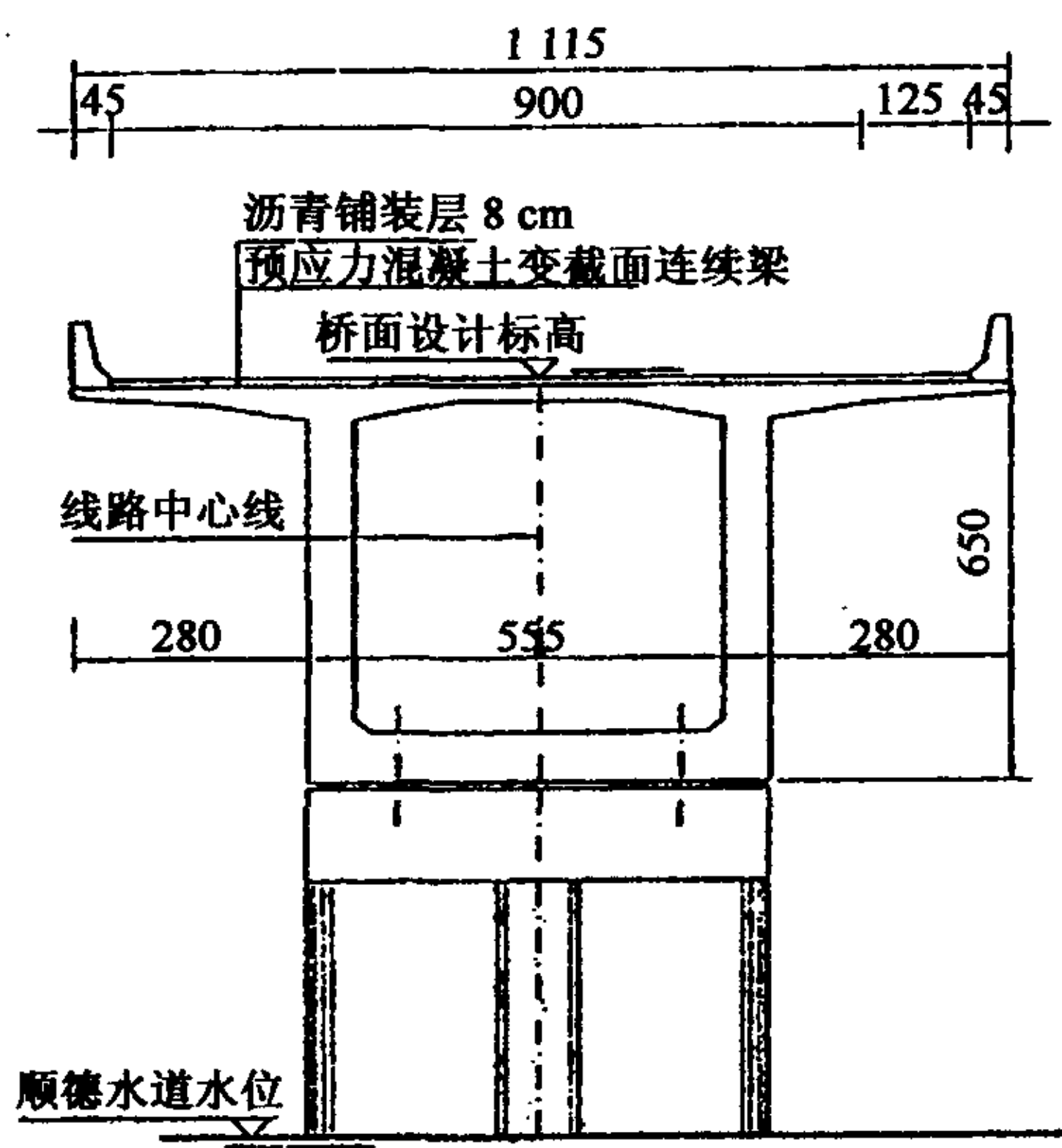


图 2 根部横断面图 (单位:cm)

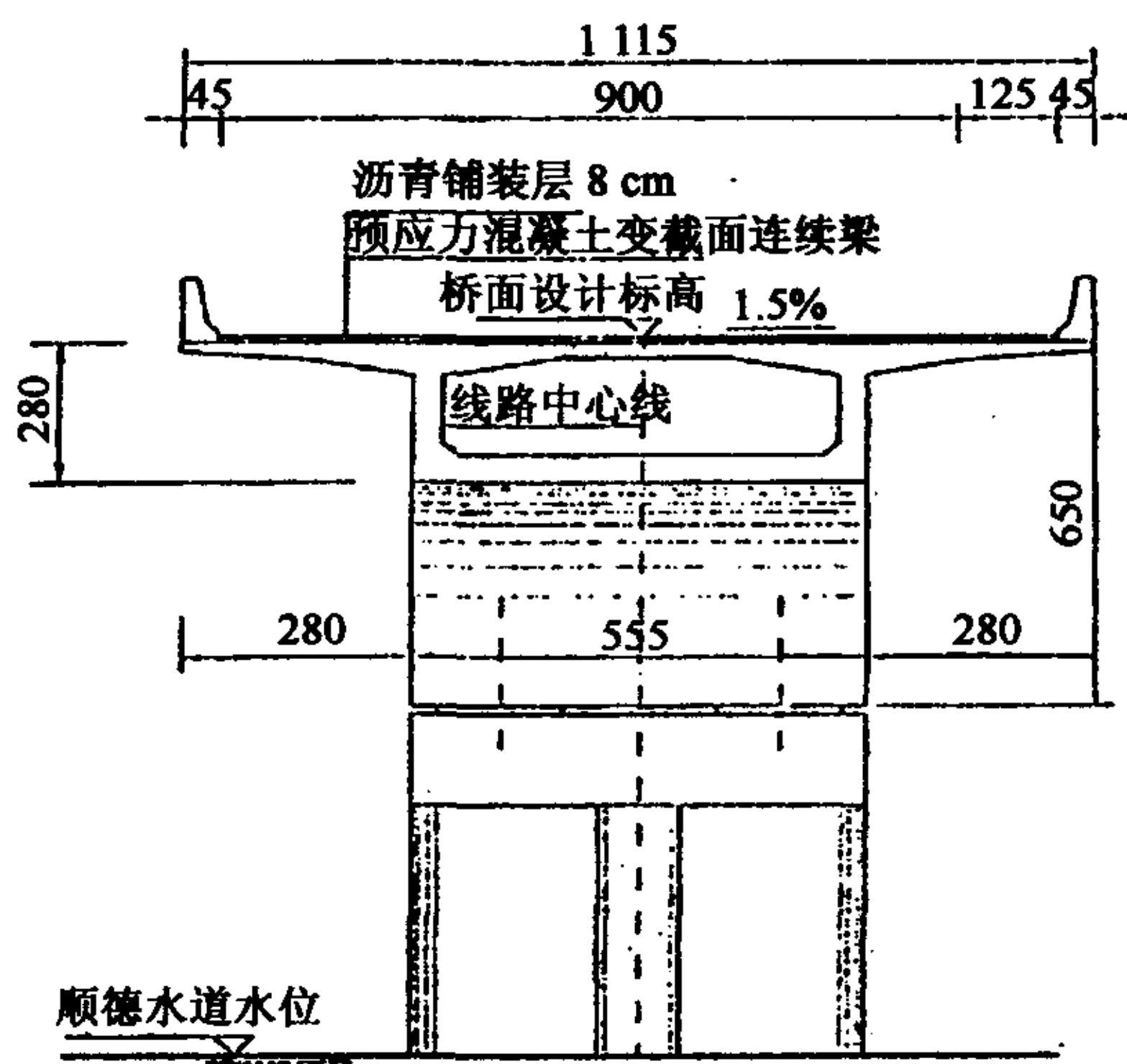


图 3 跨中横断面图 (单位:cm)

活动状态,施工时需要对桥梁结构体系进行转换,在悬臂施工时,箱梁和墩身采取临时固结的方法,桥梁的结构暂时转换为 T 形刚构,这样才允许采用挂篮悬臂浇筑的施工方法。待中跨合拢前边跨合拢后,解除箱梁和墩身临时固结的约束,桥梁结构变为简支悬臂梁的结构,中跨合拢后,就形成了连续梁结构体系。

主墩承台平面尺寸为 $8.2\text{ m} \times 8.2\text{ m}$ 的大承台,主墩墩身的平面尺寸为 $5.55\text{ m} \times 1.7\text{ m}$ 的薄壁墩,因此采取在桥墩两侧承台面各设置两根临时支承柱,临时支承柱的平面位置为:纵向距桥墩中心线 3 m ,横向距桥梁中轴线 2.3 m ,临时支承柱为 $\varphi 120\text{ cm}$ 钢筋混凝土柱,在柱顶设置临时支座。

箱梁与墩身的临时固结,根据要求可分为:(1)临时支承柱与主墩在施工过程中要共同参与受力。(2)只有临时支承柱在施工过程中受力,而主墩不参与受力。因此,临时支座的制作也相应不同。根据该工程的设计要求,临时支承柱与主墩在施工过程中要共同参与受力,而且要有刚性固结。临时支座的制作采用多层钢箱形式,大钢箱套小钢箱,分层焊接。焊接顺序:先小钢箱,再到大钢箱,与临时支座上下钢板焊接,见图 4。临时支座下钢板与临时柱预埋钢板预先焊接加工好,浇注临时柱混凝土前,调整好柱顶标高,将其准确预埋。临时支座上钢板与 1# 块段底板连接,箱梁与临时支承柱达到了刚性固结的目的。

为了更好地加强临时固结的结构在施工过程中的可靠性及抗偏载能力,临时固结还采用了承台内预埋钢绞线,在每根临时支承柱位置设两束 BM 15-5 钢绞线。整个临时固结共有 8 束钢绞线,钢绞线通过临时支承柱、临时支座及箱梁 1# 块段内的预留管道至箱梁顶板。待箱梁混凝土强度达到 75% 以上,在箱梁顶板进行张拉锚固。钢绞线的张拉控

混凝土表面湿润状态。

2.2 箱梁与墩身临时固结的施工

从 2# 块段开始,箱梁采用挂篮悬臂浇筑的方法施工,由于箱梁与墩身是通过盆式支座连接,呈自由

制应力为 744 MPa。

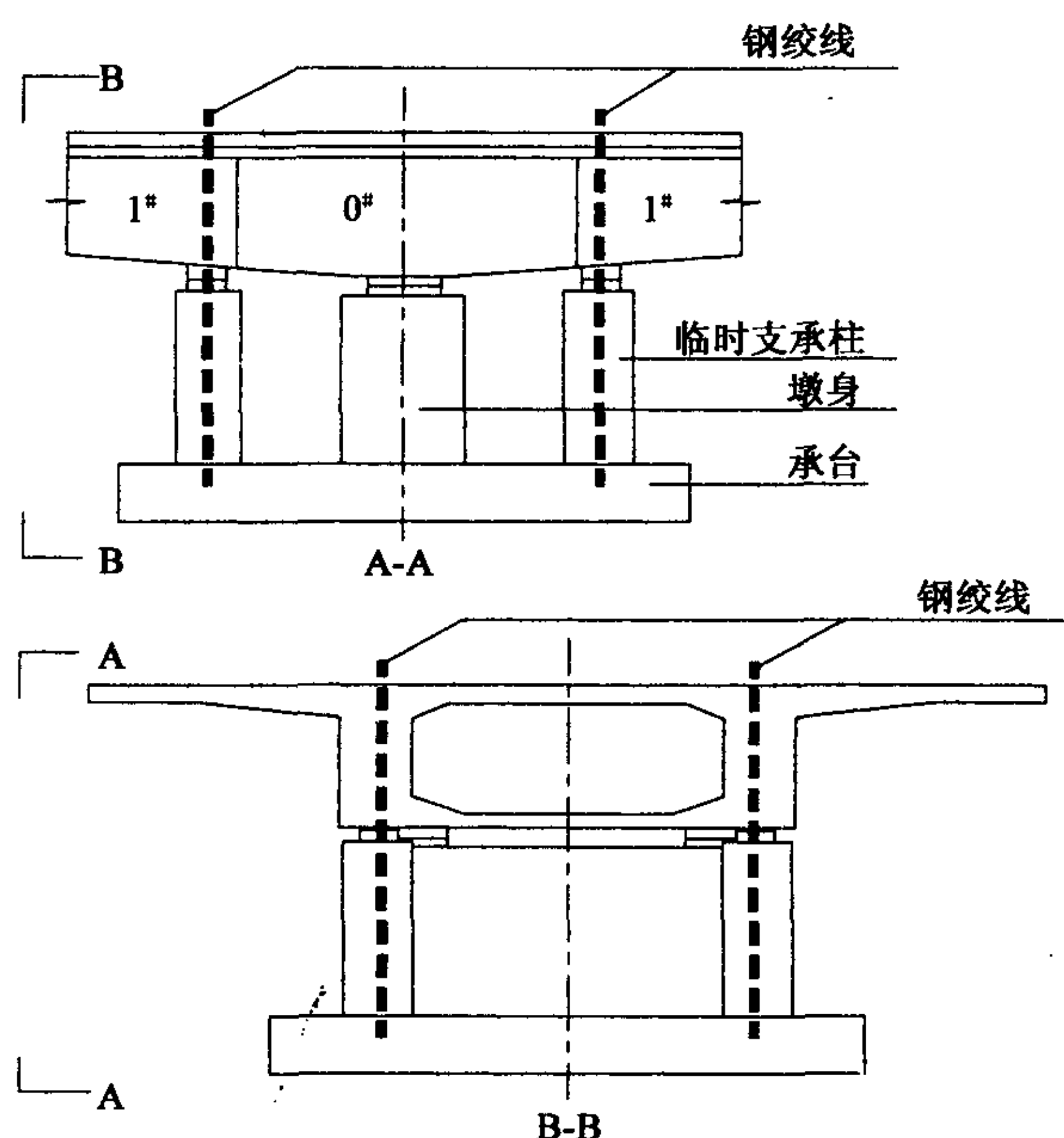


图 4 临时固结图

3 箱梁与墩身临时固结的解除

主桥连续箱梁的合拢,是有先后顺序的,先边跨合拢,后中跨合拢,箱梁与墩身临时固结的解除,是在中跨合拢前,边跨合拢后进行的。

由于在箱梁施工过程中,主墩盆式支座已承受荷载,因此,在结构体系转换过程中不存在落梁的问题,只有主墩盆式支座因压缩产生微小的变形,在解除约束时要注意以下几点:(1)解除约束前,测量各节段的高程;(2)在解除过程中要注意均衡对称,确保均匀地释放;(3)设立观测点,监控整个解除过程中箱梁的水平位移和垂直位移的变化。

解除约束的顺序:(1)首先解除箱梁顶 8 束钢绞线,采用 YC-25 型千斤顶,逐根把夹片从锚环中取出,解除钢绞线的约束力。(2)解除临时支座与箱梁底板的刚性连接,采用气割的方法,对 4 个临时支座的钢箱同时逐层缓慢开割,每割一层,注意观测箱梁的变化,直到箱梁与临时支承柱完全分离止。(3)解除约束后,测量各节段的高程变化。测量结果:各节段的高程变化值在 2 mm 范围内,符合设计要求,为中跨的合拢奠定了基础。

4 箱梁的悬臂施工技术优化

4.1 挂篮的构造

该工程使用的挂篮基本构造为三角斜拉、自锚、无压重的结构形式。其主要构件均选用标准型钢加

工而成。各杆件受力较为明确,而且大多是轴向受力,但各构件的联结点的受力较为复杂,在加工时,要确保挂篮的加工精度,满足施工要求,在施工过程中,要保证挂篮实际使用状况与计算模型尽量接近。

4.2 挂篮的结构组成

构成主体的杆件包括:主桁纵梁、横梁、立柱、平联、竖联、底篮纵梁、横梁、吊杆、前支腿、反压轮、模板等。

4.3 挂篮的安装及静载试压

由于受箱梁 0# 块段、1# 块段构造长度(长 9 m)的限制,在施工 2# 块段时,两对挂篮必须做成联体式。挂篮主桁在地面整体拼装完毕后,采用大吨位吊机吊置于箱梁 0# 块段、1# 块段现浇段上定位,锚固主桁,安装悬吊系内的各构件(图 5、图 6)。

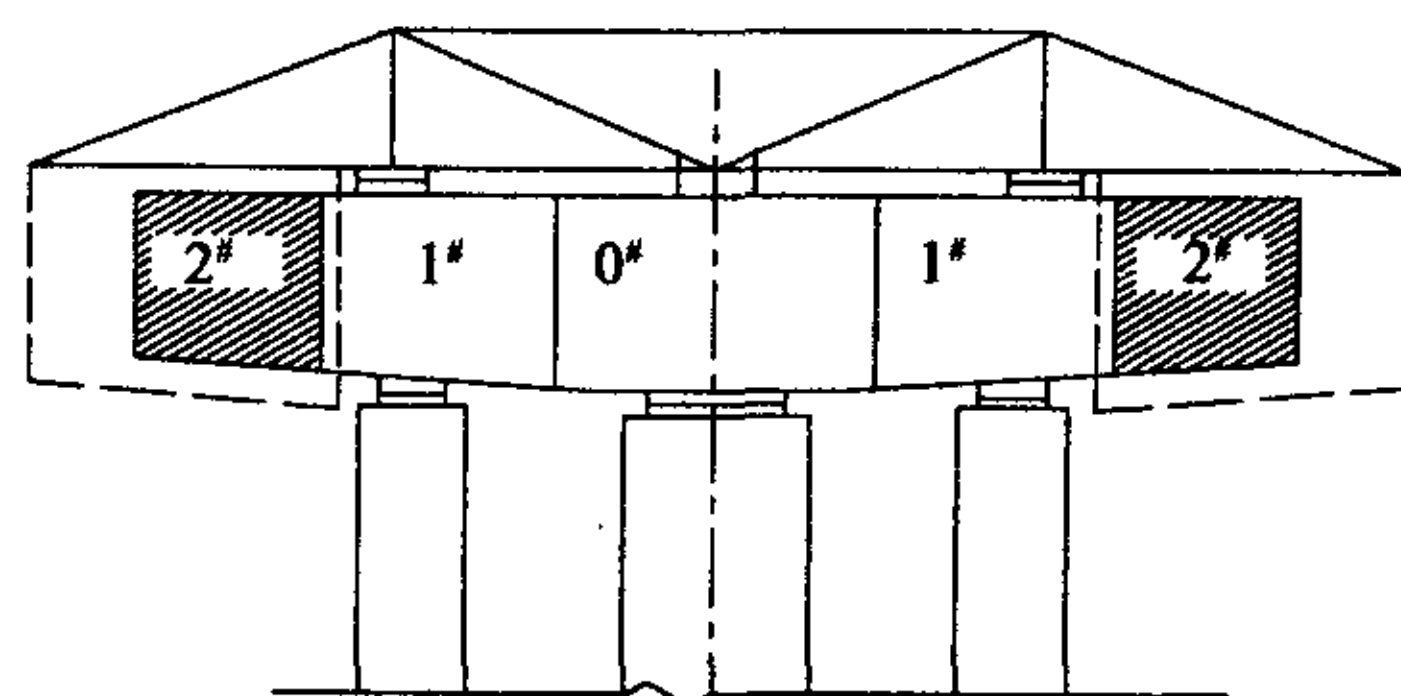


图 5 2# 块联体浇筑

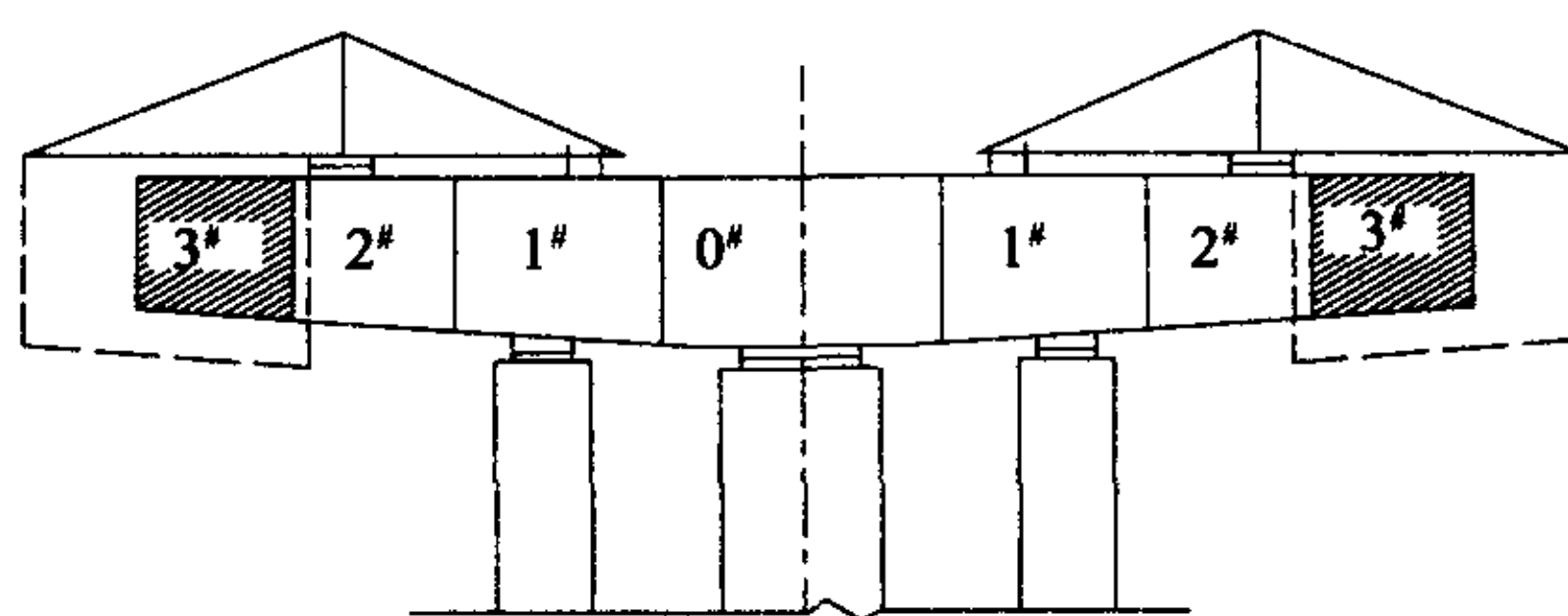


图 6 3# 块分体浇注

为了保证挂篮在施工中的可靠性和得到挂篮受力后的有关参数,还要对挂篮进行静载试压试验。静载试压试验按:100 kN、400 kN、700 kN、1 000 kN、1 250 kN 五个级别,逐级加载,每级挂荷 1 h,测量挂篮的变化数据,然后逐级卸载,测量挂篮的变化数据。表 1 为挂篮静载试压后获得的弹性变形和非弹性变形的数据。通过挂篮的静载试压试验,得出挂篮弹性变形和非弹性变形参数,作为控制挂篮悬浇高程的依据。

4.4 悬浇箱梁混凝土施工

组装模板并校正中线、外模及框架的长度和高度适应各节段的变化。内模由侧模、预模和内框架组成,便于拆模和修改。模板安装后严格测定位置核对标高(注意预留拱度即抛高量)、校正中线。模板和前一节段的混凝土面平整密贴。放置预应力管

表 1 挂篮底篮在各级荷载下弹性变形和非弹性变形的数据

部位	观测点	加载沉降量(mm)						卸载沉降量(mm)					
		0	100	400	700	1000	1250	1000	700	400	100	0	
中跨	1	0	-2	-2	-13	-19	-27	-24	-19	-15	-10	-3	
	2	0	-1	-7	-14	-19	-29	-27	-16	-12	-6	-2	
	3	0	-2	-5	-9	-12	-18	-15	-12	-8	-5	-2	
	4	0	-2	-6	-15	-22	-31	-25	-20	-13	-6	-3	
	5	0	-1	-3	-8	-17	-21	-18	-14	-9	-5	-1	
	6	0	-2	-4	-10	-14	-18	-16	-10	-6	-4	-1	
边跨	1	0	-2	-8	-13	-21	-29	-26	-20	-13	-6	-2	
	2	0	-5	-11	-15	-25	-33	-27	-19	-12	-7	-3	
	3	0	-1	-5	-9	-15	-20	-17	-12	-8	-5	-2	
	4	0	-6	-9	-16	-25	-32	-28	-22	-14	-8	-3	
	5	0	-2	-10	-17	-27	-33	-26	-19	-12	-5	-2	
	6	0	-2	-5	-9	-11	-15	-12	-8	-5	-3	-1	

道时要和前一节段的管道联结接头严密、线形和顺,并设置足够的定位钢筋,以保证灌注混凝土过程中位置正确。浇筑混凝土时,先从悬臂端开始,两个悬臂端应对称均衡地进行浇筑,并在浇筑混凝土的同时注意对预应力管道的保护,浇筑后及时对管道清孔,以利穿束。挂篮桁架行走前要测定已完成节段梁端标高,并定出箱梁中轴线。当解除挂篮的后锚固后,挂篮沿箱梁中轴线对称向两端推过去时,每前进 50 cm 作一次同步观测,防止挂篮转角、偏位造成挂篮受扭。根据箱梁截面高度情况,0[#]块段、1[#]块段分 2 次浇筑。其它块段采用 1 次浇筑,可在顶板中部留一洞口以供浇筑底板混凝土,待浇好底板后立即补焊钢筋封洞,并同时浇筑肋板混凝土,最后浇顶板混凝土,1 次完成。浇筑肋板混凝土时,两侧肋板同时分层进行。浇筑顶板及翼板混凝土时,从外侧向内侧一次完成,防止发生裂纹。分 2 次浇筑混凝土的块段,先浇底板到肋板的倒角以上,再浇筑肋板上段和顶板,其接缝按施工缝要求处理。

5 箱梁施工挠度的控制

由于主桥连续箱梁跨径大(125 m),挂篮悬臂施工长度为 62.5 m,后续施工阶段会对前期已施工节段标高产生影响。为保证成桥后结构线型达到设计要求,施工中必须对每一节梁段的定位标高设置预抛高,这使得施工挠度的观测控制成为连续箱梁合拢精度的关键,其主要反映在各个块段施工标高的动态控制上。

5.1 影响箱梁施工挠度的主要因素

(1)箱梁块段恒重的影响;(2)挂篮自重的影响;(3)箱梁悬臂长度的影响;(4)预应力钢束张拉后的

影响;(5)挂篮前移定位后的影响。

5.2 观测点的布设

设立特征点作为观测点,观测点分别设在箱梁顶板和底板上。箱梁顶板设在每个施工块段的前端,纵向距梁端约 20 cm,横向设在箱梁的中轴线和两条肋上;底板设在箱梁的中轴线上,采用圆头长螺杆预埋在箱梁上。

5.3 观测阶段的确定

为了能够全面准确分析连续箱梁在整个施工过程中各节段的挠度变化情况,必须严格按照块段特征进行观测控制。根据施工情况,每个块段分四个测量阶段:(1)浇注混凝土前,按施工控制标高值控制。(2)浇注混凝土之后,观测悬臂施工施加块段之后的挠度变形。(3)张拉预应力钢束后,观测箱梁悬臂的挠度变化。(4)挂篮前移定位后,观测箱梁悬臂的挠度变化。

各节段施工时,以挂篮静载试压所得的数据为依据,结合设计挠度理论值,得出各个块件较为合理的立模标高值,应用于各块段的悬浇施工之中。通过对混凝土浇注前后、预应力钢束张拉后、挂篮前移等各个工序的跟踪观测,并对得到的观测值与设计控制值对比,不断调整,以此来控制后节段箱梁施工高程以及合拢高差。从各节段梁的观测值反映,箱梁的混凝土浇注前后、钢束张拉后、挂篮前移后,挠度变化及变化幅度均存在着一定的规律和在一定范围内。混凝土浇注后,由于荷载的作用,挂篮产生弹性变形和箱梁端部受力,箱梁梁体下挠;混凝土达到 90% 的设计强度时,对钢束进行应力施加后,箱梁梁体上翘;挂篮前移,新浇注块段端部受力,箱梁梁体下挠。应用上述方法,中、边跨三个合拢段高差均控制在 10 mm 以内,效果较好。

6 结语

顺德新西安亭大桥于 2004 年 4 月 26 日通过了动静载试验,技术指标满足现行规范、标准和设计要求,并交付使用。该工程能顺利合拢使用,主要取决于主桥施工中采用优化施工方法和技术措施:首先,箱梁与墩身临时固结与解除的成功实施,为连续箱梁顺利施工奠定了基础。其次,严格控制箱梁施工挠度,合理调整箱梁每个节段施工的立模标高,保证了连续箱梁的合拢精度。第三,通过优化施工方法和技术措施,有效地缩短了施工工期,保证了工程质量,也为大跨径连续箱梁的施工积累了经验。