

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）

3.2 拱桥的施工控制目标、内容及方法

3.2.1 外置式拱架施工

外置式拱架施工法特点是施工简便，但由于拱架结构构造复杂，特别是大跨桥梁例如赣州东河大桥，对施工过程的模拟计算较难反映实际状况，所以对施工过程的监测与控制极为重要。其控制目标是：

（1）确保拱圈形成过程中拱架的受力与变形控制在容许范围内。像赣州东河大桥跨径60m的高24m的大型拱架配四套拱架周转使用，采用1:1比例实地放样，在装配式施工中严格控制误差，满足拖运、吊装过程中杆件强度、总体刚度和稳定要求，取得了满意的效果。

（2）确保拱圈在形成过程中，拱圈的受力、变形和稳定状态在控制范围内，避免结构出现裂缝。

赣州东河大桥在拱肋系形成过程中，有效地控制了拱肋圆弧曲线的沉陷变形，至安装结束，完全符合满载的静力变形。尤其是拱架脱架，采用砂筒对称、均匀、缓慢的卸拱方式，实现了逐步由拱架承载转移到结构承载，使拱肋系内力平稳增长，结构未出现任何异样，混凝土未出现开裂现象。

（3）为确保拱圈（落架后）在拱上结构形成过程中的受力、变形与稳定满足要求，可采用卡尔曼滤波法进行变形预控。

赣州东河大桥卸拱后形成由风撑连成整体的三道工字形拱肋系拱圈，在空腹式拱上结构和桥面系安装过程中，采用加配重的方式避免了因不对称吊装而引起的过大的拱脚内力，采取跟踪测量的方式，对吊装过程中每段完成后的拱肋变形

加以控制，较成功地完成了吊装过程中的内力和变形控制，实现了全桥完成后的拱圈和桥面系内力和变形基本符合设计的要求。

3.2.2 劲性骨架施工控制

劲性骨架混凝土拱桥属于埋置式拱架施工。我国钢管混凝土拱桥便属于此种形式。由于钢管较混凝土材质轻，刚度大，可先期形成桥梁拱圈结构一部分并形成支撑，来承受后期拱圈形成的荷载。它既是拱圈形成的支架又是拱圈运营阶段的受力构件。它可以是上承式拱桥，也可以是下承式拱桥或中承式拱桥；它可以跨越较大跨度，如主跨420m的万县长江大桥便为上承式拱桥，又如跨越360m的丫髻沙大桥及跨越460m的巫山长江大桥均为中承式拱桥。整个拱桥分为三部分，第一部分为埋置式桁架式钢管拱，其形成过程中的内力、变形要符合设计要求，误差控制在一定范围内；第二是钢管混凝土拱圈，其形成过程中要符合内力和变形控制要求；第三部分是拱上结构，施工过程中拱圈的内力、变形要符合控制要求。

（1）埋置式钢管桁架式拱形成过程中内力变形控制

劲性骨架即埋置式钢管桁架拱形成多采用悬索吊装或转体法等，像万县长江大桥采用缆索吊施工法，同时利用扣挂缆索进行拱肋线形控制。

劲性骨架吊装控制是后续混凝土施工和整个拱圈及拱桥形成的基础，而这部分往往是跨度大、相对刚度小，局部应力难控制，整体稳定要求高的阶段，其施工安全性远高于其运营阶段，如果劲性骨架调控失误，造成标高不准确，几何线形与设计相差较大，致使最终拱轴线调整困

难。因此要落实切实可行方案,要加强理论分析及施工技术上的可行性分析,并要严格施工步骤和施工中的控制。

(2) 在埋置拱架形成后整个拱圈混凝土形成的过程中,可采用如丹东河口桥,在河床为干枯情况下的锚索加载法或像宜宾南门金沙江大桥施工中采用的水箱加载法,再者邕江大桥中采用的斜拉扣索法,万县长江大桥多点平衡系浇筑法控制其拱圈的内力和变形,还要跟踪监测,以保证拱圈形成过程中内力和变形符合控制要求。

(3) 拱上结构形成过程中,拱圈的变形状态及内力变化和稳定取决于拱上结构的施工程序,可在跟踪监测的条件下采取预控措施进行施工控制。

3.2.3 预制吊装施工控制

预制吊装施工是在预制场预制拱肋段和拱上结构构件,通过缆索吊将预制构件吊运至安装位置,利用扣索对各拱段作临时固定,直至合拢段。对各拱段进行轴线调整后实施拱圈合拢,最后安装拱上结构。其施工控制的主要内容:

- (1) 预制拱段无应力几何状态控制;
- (2) 吊装过程中稳定控制;
- (3) 拱肋吊装合拢前各接头标高、拱肋轴线控制;
- (4) 拱上结构吊装过程中拱圈受力、变形和稳定控制。

控制的方法有:

- (1) 通过改变扣索张力来实现拱段接头标高的调整。
- (2) 通过设置足够浪风索来调整和控制边段就位时中线位置、拱肋合拢时横向位移和减小成拱自由长度,增加其稳定性。

由于预制吊装没有升置式拱架和埋置式拱架对拱圈标高和内力控制,因而吊装方案的结构受力、变形和稳定模拟分析很重要。在实施过程中,要跟踪监测临时塔变位、拱肋标高及应力变

化值,采取卡尔曼滤波法预控其误差值,采取调整索力方法进行施工控制,实现拱圈最终之受力和变形状态符合设计理想状态要求。

3.2.4 悬臂施工控制

拱的悬臂施工,对钢筋混凝土拱桥,可以采取挂篮悬臂浇筑法施工。即在桥墩台处设立临时塔,用斜拉索系吊已通过挂篮浇筑的拱圈段,这样浇一段系吊一段直至合拢。也可采取预制构件,用桥面吊机或浮吊安装,配合扣索就位的方式,这类似预制吊装法,但区别在于段数多,呈悬臂拼装方式,如上海卢浦大桥便如此。

悬臂现浇或拼装,与控制吊装的不同点是有挂篮和桥面吊机在已浇拱肋段或已拼装拱肋段上施工,其荷载数值是可观的。在施工控制模拟分析时,要充分考虑该施工荷载对拱圈曲线的影响。在施工控制时,可采用卡尔曼滤波法预控其误差值,采取控制索力的方法调整其内力和标高,以实现实际拱曲线与理想拱曲线的吻合。

3.3 工程实例

江西赣州东河大桥施工控制。

3.3.1 工程概况

江西赣州东河大桥主跨为9孔高24m、净跨60m的上承式空腹拱桥,拱圈为三道(由风撑横向连成整体)等截面圆弧形工字形钢筋混凝土肋拱结构,拱上为立柱,横梁及桥面系(预制车行道板、预制人行道梁、人行道板)共四千余件预制构件,采用预制装配施工方法。

该桥技术上解决了:满堂拱架在山区河流的使用;以小型设备和简单索具安装大型桥梁的各种施工操作方法;拱肋系结构在拱架上拖运及单向推进时拱架的均匀受载强度、稳定和变形控制;尤其是在拱上及桥面结构试用单向推进综合安装,利用反对称预加荷载平衡不对称安装引起的附加应力及变形控制,突破了建造推力拱桥只允许对称均匀受载的老框框,取得在8个月内完成全部拱桥施工的优异成果,见图14。

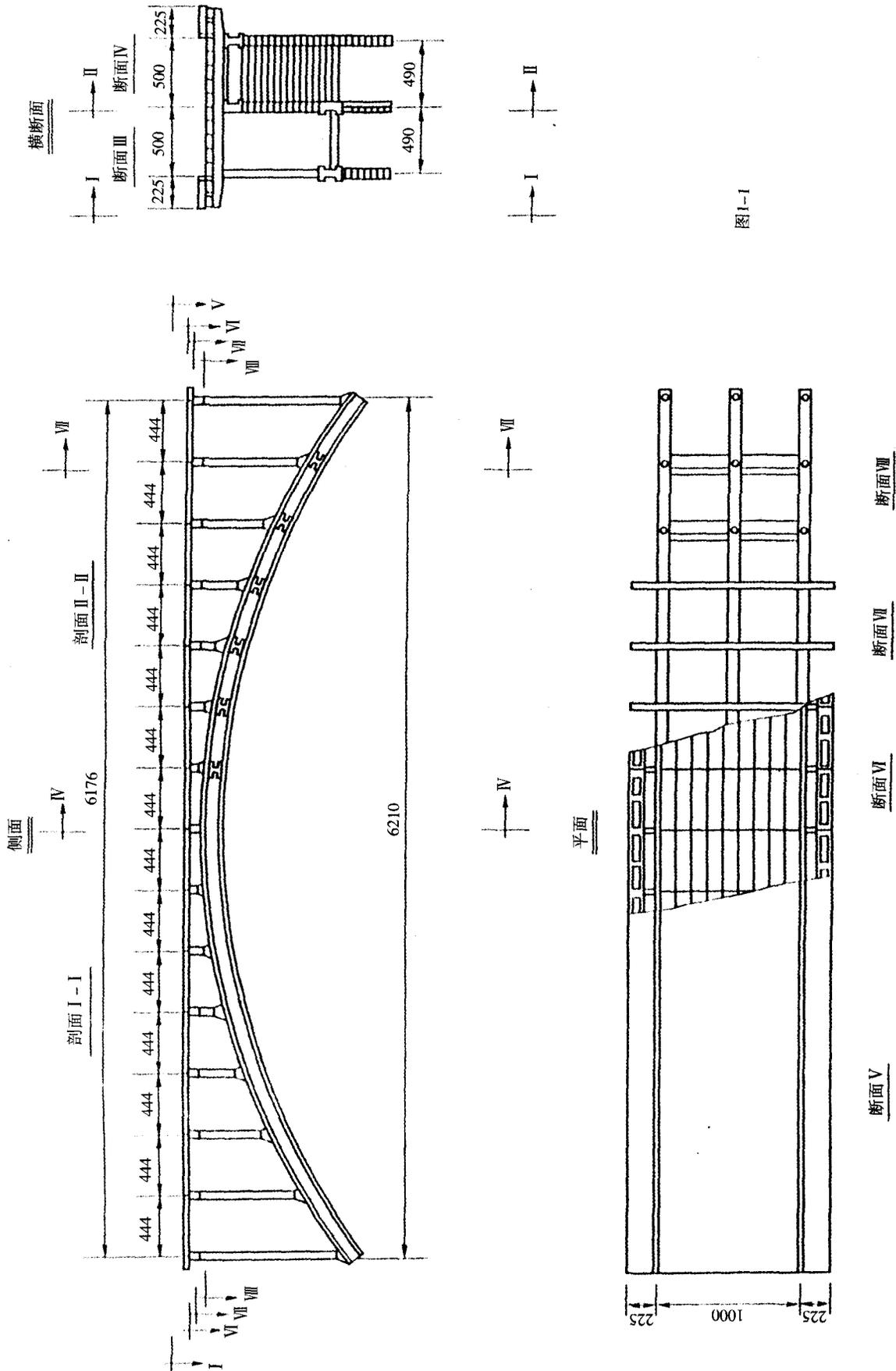


图1-1

(下期待续)

图14 东河大桥主跨单跨立面、平面、横断面图