

桂林市丽泽自锚式悬索桥施工技术

徐惠纯

(铁道建筑研究设计院桥梁处 北京 102600)

摘要: 主要介绍桂林市丽泽桥上部结构施工技术及自锚式悬索桥的施工特点。

关键词: 自锚式; 悬索桥; 施工技术

中图分类号: U448.25 文献标识码: B 文章编号: 1004-2954(2004)04-0029-03

1 工程概况

桂林市丽泽桥(原名丽君桥)是我国第一座柔性悬索钢桁梁桥,位于丽君路和三多路的交叉口至环卫处附近。丽泽桥为25 m+70 m+25 m三跨自锚式悬索钢桁梁桥,桥面宽25.5 m,机动车道按4车道设计为14 m,分隔带2×1.25 m,非机动车道2×2.5 m,人行道为2×2 m,桥长120 m,桥中心线为直线,设计荷载为城市B级。中跨悬索垂跨比为1/5.49,中跨结构高跨比为1/40.7,边跨结构高跨比为1/14.53。

主缆采用451根7 mm镀锌高强钢丝,吊杆为61根7 mm镀锌高强钢丝,桥面为纵、横向钢桁架梁,桥面板为0.2 m厚现浇钢筋混凝土板,与纵、横向钢桁架梁共同作用形成结合梁。纵、横梁之间在腹板处用高强螺栓连接,纵、横梁自身在上下翼缘处高强螺栓或焊缝连接。恒载作用下由主索和吊索承受,受力结构为柔性悬索桥,恒载通过吊索传至主索,活载主要由桁架结合梁承受。

索塔为钢筋混凝土现浇塔身和横梁,基础为扩大基础和桩基础2种。该桥立面布置见图1。

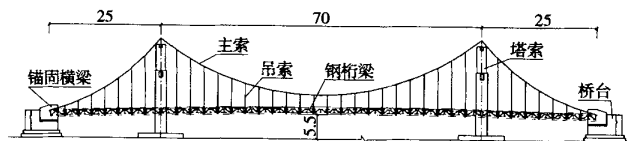


图1 桂林市丽泽桥立面布置(单位:m)

2 施工要点

2.1 索塔施工

索塔为门式结构,在中部及顶端各设一道横梁。索塔高度为19.927 m,下塔柱截面尺寸为1.8 m ×

2.5 m,中塔柱截面尺寸为1.2 m ×2.5 m,上塔柱的截面尺寸为0.8 m ×2.1 m。

因为索塔的高度较低,截面较小,所以使用碗扣式钢管脚手架和方木横梁搭设施工支架,大块竹胶模板立模,泵送混凝土施工。施工方法简单,受力明确。

2.2 钢桁梁拼装施工

钢桁梁在自锚式悬索体系中,是受力的关键部分之一,既承受桥面活载产生的压力,又要受平衡主索传递下来的水平拉力,所以钢桁梁拼装施工的质量好坏,直接影响到全桥的受力体系,施工技术要求较高。

钢桁梁是由8榀纵梁及40榀横梁组成,纵、横梁均为型钢组焊的桁架式结构,桁高1.52 m,纵梁的杆件长度为3 m,横梁的杆件长度为:5.125、4.575、6.1 m三种,纵、横梁之间采用高强螺栓进行连接。设计采用工厂预制,施工现场拼装架设的方法完成。

(1) 拼装支架

根据实际情况,拼装支架采用满堂碗扣式钢管支架,在钢桁梁的节点位置设置支撑垫梁,支撑垫梁的高程根据节点处的设计预拱度进行设置,利用碗扣的撑托进行调整。钢桁梁结构中横梁处荷载较大,支架设计时对相应位置进行增加钢管立杆的处理。

(2) 拼装顺序

考虑到对工期的影响,当边跨4榀横梁调整完成,并且有7榀横梁拼装上桥后,锚固横梁便可施工。这样,锚固横梁混凝土28 d龄期可以提前到钢桁梁拼装结束前,钢桁梁拼装完成即可施工主索。因此,采用了两边跨向跨中合龙的钢桁梁拼装顺序。施工流程见图2。

(3) 拼装作业

拼装用的冲钉和粗制螺栓总数不少于孔眼总数的1/3,其中冲钉占2/3。孔眼较少的部位,冲钉和粗制螺栓总数不得少于6个,或将全部孔眼插入冲钉或粗制螺栓。自拼装开始起,即应保证钢梁的建筑拱度及中性心

收稿日期:2003-12-01

作者简介:徐惠纯(1971—),男,工程师。1994年毕业于长沙铁道学院桥梁工程专业。

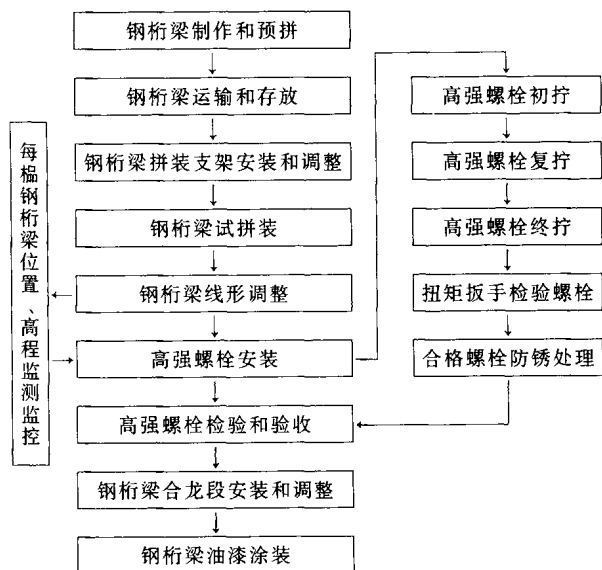


图2 钢桁梁施工工艺流程

位置正确,如发现不正确时,应检查原因,立即调整。

(4) 高强螺栓的安装

高强螺栓的施拧方法采用扭矩法,施拧工艺为:初拧—复拧—终拧。螺栓的施拧顺序为由节点中央开始逐渐向四周边缘进行,大节点板应从板的中央顺杆件向外进行。初拧须使板层达到密贴,初拧扭矩宜为终拧扭矩的50%,复拧扭矩等于初拧扭矩。终拧采用示功扳手按规定扭矩施拧,完成后宜普遍再拧一遍,以防先拧的螺栓轴力下降,并应考虑增加8%的应力松弛损失量。终拧后的螺栓须用油漆在螺母上作标记,经验收合格的螺栓,凡外露部分应立即涂上油漆,板层间用腻子腻成流水坡,防止雨水侵入。

2.3 悬索安装施工(图3)

(1) 索鞍的安装

索鞍的施工是悬索桥施工中的重点项目,它包括反力托架、预埋底板和索鞍的安装,以及在加载过程中的调整。

反力托架及预埋底板为永久结构与临时结构的结合体,它由纵横向的工字钢组焊而成,在施工索塔时进行施工。反力托架及预埋底板皆在地面上进行加工,然后在索塔施工至该位置后用汽车吊分别吊装到位,测量定位后,用型钢进行固定,并与塔柱钢筋焊接。

采用汽车吊将索鞍的各构件逐一起吊安装。安装时用全站仪对其轴线、位置、高程进行定位测量,保证其符合设计要求。定位后将临时固定装置锁紧,主索入鞍定位后,在鞍槽与索体间添塞铅板,以增加主索在鞍内的抗滑力,然后利用塔顶反力托架和千斤顶压紧压盖,安装螺栓,在悬挂系统安装调整时,旋松临时固定装置,控制索鞍的偏移及塔柱的偏移。

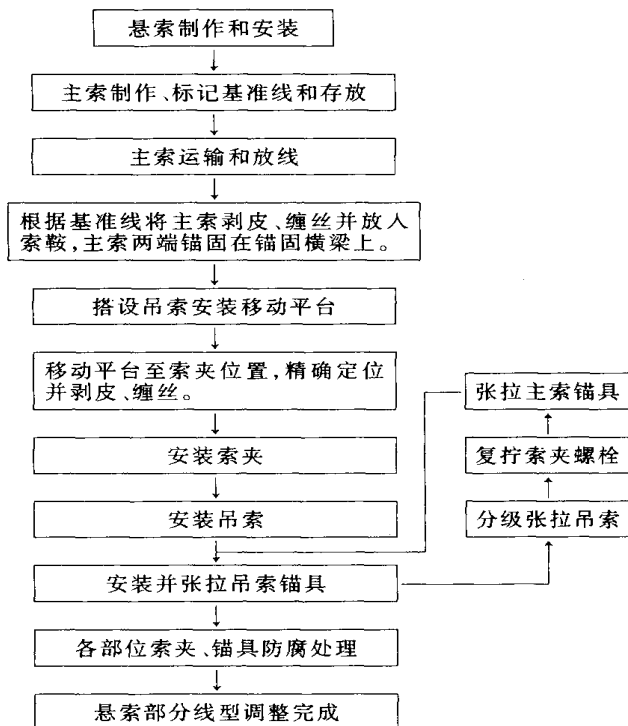


图3 悬索安装施工工艺流程

(2) 主索的安装

架设主索时,在已拼装好的钢桁梁上沿纵桥向铺设两道4m宽的便道,在便道上设置滚轮支架,用卷扬机牵引主索沿便道直线展开。将主索两端冷铸锚穿入锚固横梁,旋上螺母,调整锚具位置,使锚具中心与锚垫板中心同轴。在主索上选择合适吊点,用吊车配合卷扬机起吊放入索鞍槽内。

(3) 空索线型调整

调整步骤:工厂制索时标记出主索锚头锚固点的位置,索鞍、索夹在主索上的位置,以及控制主索纵向扭角的主索基准线;在现场实测出锚固横梁、索塔顶部、索鞍的坐标,对工厂标记进行修正;调整锚头位置,锚固锚头;纵向移动使主索上索鞍位置标记与索鞍标记重合。

(4) 索夹的安装

根据主索上的标记点,剥除索夹位置处的聚乙烯护套,用直径1mm的软钢丝缠绕,增大索夹与主索间的摩擦力。用吊车将索夹吊起,精确定位后安装到主索上。用YDCLLJ500-100A型螺栓紧固千斤顶对索夹螺栓施加预应力。为保证索夹螺栓轴力,每个索夹螺栓安装1台YDCLLJ500-100A型螺栓紧固千斤顶,以并联方式连接,确保同一索夹上所有螺栓同步受力。在施工过程中,需多次检查复拧索夹螺栓。

(5) 吊索的安装

安装时,用倒链将吊索吊起,先将吊索上锚头通过

钢销与索夹连接,再将吊索下锚头穿过钢桁梁锚孔,安装偏转矫正装置,拧上锚具螺母,根据设计要求进行张拉。循环操作,完成全桥吊索的安装。

(6) 体系转换

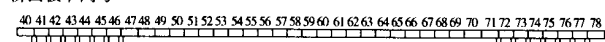
吊索安装调整完毕,主索线型符合设计要求后,拆除钢桁梁下的满堂脚手架,使钢桁梁重量全部由吊索和主索承受,调整吊索索力,复拧索夹螺栓,完成体系转换。用千斤顶调整索鞍位置,测量索塔顶偏移量,防止超出设计允许值。

2.4 配重横梁和桥面板的施工

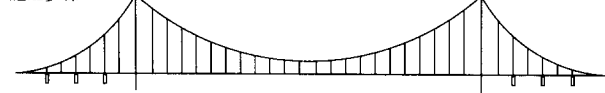
根据施工工况的要求,配重横梁分两次浇筑施工,第一次支架现浇两边跨各3根,第二次剩余8根配重横梁与桥面板混凝土浇筑施工同时进行。

桥面板的施工过程是对结构进行加载的动态的过程,施工的顺序直接影响其结构的受力和变形,因此应重点控制。控制的主要原则是:一要尽量均衡加载,索的受力平衡,二要控制由于结构变形造成桥面板混凝土开裂。配重横梁和桥面板施工顺序见图4。

桥面板节间号



施工步骤1



对称、平衡浇筑两边跨各3根配重横梁,并进行脱架前预张拉。

施工步骤2



对称、平衡浇筑混凝土桥面板的第56、57、58、59、60、61、62节间和两边剩余的各4根配重横梁;

施工步骤3



对称、平衡浇筑混凝土桥面板的第40、41、42、78、77、76节间

施工步骤4



对称、平衡浇筑两边跨第43、44、45、75、74、73节间和中跨第52、51、50、66、67、68节间混凝土桥面板

施工步骤5



对称、平衡浇筑两边跨第46、47、71、72节间和中跨第48、49、69、70节间混凝土桥面板,并于索塔处合龙混凝土桥面板;在混凝土桥面板的两合龙段施工时(负弯矩区)为减少和细化裂缝开展,可采用下述两个措施:①在支座处按计算将加劲梁顶高,在混凝土达到100%强度时落下;②提高配筋率。

图4 配重横梁和桥面板施工顺序

3 施工控制

(1) 施工控制的必要性

丽泽桥是一座形式独特的自锚式悬索桥,属于高次超静定结构。本桥主索锚固在桥梁两端的锚固横梁

上,加劲钢桁梁的两端也分别埋入锚固横梁中,锚固横梁通过板式橡胶支座支撑在桥台上。主索水平力与加劲钢桁梁水平力相平衡,如主索张力过大则引起加劲钢桁梁内力超限,造成加劲梁局部失稳,甚至全桥跨塌;若主索鞍座偏心过大,会造成主塔弯曲拉应力过大,导致施工过程的不安全。主缆架设线型、加劲梁拼装线型对吊索的安装起着关键作用,同时直接关系到成桥线型及主缆和加劲梁的内力。

因此,进行施工过程主索、加劲钢桁梁的线型和内力的监控是十分必要的。

(2) 施工监测的内容

施工监控内容包括:施工控制计算、施工控制测量、参数识别和下达监控指令等。其中施工控制计算有:施工过程中主索在空索状态下的线型和内力的计算,主索、主塔和加劲钢桁梁在每一工况下的线型和内力计算,吊索的张拉计算。施工控制测量有:主索线型测量、主塔内力及塔顶位移测量、钢桁梁内力及线型测量、主索及吊索内力测量以及温度测量等。

施工监测监控是一个“施工—测量—计算分析—修正—预告”的循环过程,最根本的要求是在确保结构安全施工的前提下,做到主梁线型和内力符合设计规定的允许误差范围。

4 结语

自锚式悬索桥是利用桥梁桥面系来平衡主索产生的水平拉力,从而取消桥梁两侧大体积混凝土锚碇基础,在地基条件较差的地区,可以大幅度节省建造费用,其优越性是显而易见的。技术关键在于明确形成自锚体系的桥面系与主索、吊索之间的刚度比值和受力分配。

在设计方面,技术方法为假定刚度比值代入有限元程序计算,再根据实测的吊索内力计算吊索和桥面系的受力分配比例,以便找出桥面系的使用刚度值及其参与主索吊索体系受力的分配值。这就是与其他地锚式悬索桥不同的地方。

在施工方面,实际工程中很少采用这种结构,其原因之一是在自锚体系形成之前,刚度较弱的连续梁的施工是十分困难的,通常地解决办法是采用满堂脚手架或临时斜拉体系。

参考文献:

[1] JTJ041-2000,公路桥涵施工技术规范[S].