

简述 G320 线花鱼洞大桥钢管拱吊装施工

瓦庆标

贵州省贵阳公路管理局 贵州 贵阳 550006

【摘要】钢管拱桥是当前应用和发展较快的一种桥型，其施工要点是如何将钢管拱安全的安装到预定的位置，本文通过对 G320 线花鱼洞大桥拆除重建的钢管拱桥的主拱圈的安装进行简述，对一些关键工序进行详细的介绍。

【关键词】钢管拱；吊装；施工

1 工程概况

本项目对原有 G320 线花鱼洞大桥进行拆除重建，原 G320 线花鱼洞大桥为贵黄公路上跨越红枫湖路段所设桥梁，全桥孔跨布置为 $5 \times 15\text{m} + 150\text{m} + 4 \times 15\text{m}$ ，主跨为 150m 预应力混凝土桁式组合拱桥。于 1991 年 3 月建成通车，2010 年至 2011 年进行过加固维修。由于使用时间较长，该桥于 2014 年经国家道路及桥梁质量监督检验中心检测鉴定为四类危桥，对其进行限载、限速。采取交通管制措施以来，给沿线的人民群众和各行各业带来了诸多不便，对经济社会发展影响较大。贵州省公路局 [2016]188 文的批复中同意该桥进行拆除重建。重建桥梁为 2~20m 钢筋混凝土箱梁 +1-180m 中承式提篮钢管混凝土变截面桁架拱 +1-20m 钢筋混凝土箱梁，全长 269.6m。桥面标准宽度为 12.5 米，在主跨吊索区域宽度为 14m。拱轴线采用悬链线，拱轴线系数 $m=1.8$ ，净矢高 $h=45.0\text{m}$ ，净矢跨比 $f=1/4$ 。

主拱圈采用提篮等宽度变高度空间桁架结构，横桥向由 2 片拱肋组成，每片拱肋为 4 肢钢管桁架式断面。拱脚拱肋高度为 5.5m(边到边)，拱顶拱肋高度为 3.5m(边到边)，单片拱肋宽度 1.5m(中到中)，横桥向 2 片拱肋间的中心距在拱脚处为 22.05m，2 片拱肋向内倾斜 10 度。上、下弦拱肋均采用等外径变厚度截面钢管，拱肋截面为 $850 \times 20 \sim 850 \times 25\text{mm}$ 的直缝焊接管，腹杆采用 $500 \times 12\text{mm}$ 、 $450 \times 12\text{mm}$ 、 $550 \times 28\text{mm}$ 直焊缝钢管；横联杆采用 $550 \times 12 \sim 16\text{mm}$ 直焊缝钢管。桁架中钢管及横向连接钢板均采用 Q345D 钢焊接连接。拱肋的上、下弦钢管内灌注 C50 微膨胀混凝土。

两个拱肋间共设置 7 道风撑，风撑布置纵向间距为 33.5、24.6m。跨中横撑采用采用“X”字型桁架风撑，其余均为 K 形桁架风撑，风撑为钢管桁架，风撑主管采用 $600 \times 12\text{mm}$ 直缝焊接管，风撑支管采用 $355 \times 10\text{mm}$ 无缝钢管。风撑钢管均采用 Q345D 钢管焊接形成桁架。主桥采用无支架斜拉扣挂缆索吊装系统施工。

2 钢管拱肋安装

2.1 钢管拱肋节段的制造加工

经过对国内多个钢结构制造厂家进行比较，从资质、业绩、技术和管理水平出发，并结合运输条件等因素综合考虑，选定由武汉辉创重工集团有限公司作为大桥主桥钢结构制造（包括工地现场组装焊接）分包单位。依据相关国家及行业标准及设计图纸要求，制订专项的钢结构制造施工组织方案，并进行相应的焊接工艺评定试验。

2.2 钢管拱肋节段的运输

钢管拱肋节段在工厂内制造完成后必须进行组拼，并检验合格后，整节段用汽车运至桥位。施工单位根据施工进度及结构吊装工序需要，制订与现场安装进度比较协调的详尽的运输方案。

2.3 拱脚预埋段安装

(1) 施工图设计已考虑每片拱肋对应一个钢支架预埋拱座上。拱脚预埋段靠定位钢支架支撑和定位。

(2) 拱座 C40 部分混凝土施工时，在混凝土表面上对应的钢支架节点处预埋钢板，用于定位钢支架。

(3) 拱脚预埋段用三维坐标定位方法精确定位，利用 25t 汽车吊进行安装。为控制拱脚预埋段的安装精度，安装前必须重新复核全桥测量控制网的精度，由两人独立测量、独立计算进行校对，并将满足要求的测量成果报监理工程师批准后方可使用。

(4) 定位支架和预埋段必须采用钢支撑作加固，确保新浇混凝土产生的侧压力不会使预埋件发生偏移。预埋段安装必须严格控制安装精度，尤其重视保证左右拱肋铰座铰轴的同轴度。

2.4 钢管拱肋吊装

2.4.1 索鞍横移

通过横移同一组主索的两岸索鞍，使这组主索水平面投影和待装拱肋节段成桥后水平面投影相重合，确保节段拱肋起吊后不需要横桥向做过多调整即可满足就位需要。实际吊装过程中，索塔顶索鞍异位布置，两岸错位 6 米。安装首节段时，安装侧索鞍置于中线侧 10 米处，另一岸置于中线侧 4 米处。

2.4.2 钢管拱肋节段翻身

将加工好的拱肋节段运至黄果树岸翻身龙门吊处,采用两台龙门吊4台卷扬机4个吊钩翻身。

首先将龙门吊四个吊钩都提高,然后一侧两个吊钩提高,另一侧两个吊钩逐渐降低,直至完全放松,将力完全转移到前一组吊点,完成翻身。

2.4.3 空间姿态调整

拱肋节段翻身,采用运拱平车将拱肋运输至起吊位置,拱肋节段翻身时就在每个吊点均采用精心调整的长短不同的两根钢丝绳千斤绳,将其分别捆绑在拱肋上弦两条主弦管上,使拱肋翻身完成后在自重作用下基本形成空间姿态,再进一步采用链子葫芦微调以达到设计要求的空间姿态。

2.4.4 纵向运输

拱肋节段姿态调整完成后,起高吊点并纵向运输到待安装位置。

2.4.5 拱肋节段就位

拱肋节段纵向运输到位后挂上扣索、安装好横向缆风后进行就位工作。通过升降前后吊点调整拱肋前后高差及标高,通过链子葫芦精细调整空间姿态,通过横向缆风调整轴线。全部符合要求后,完成与已安装拱肋的联接(法兰螺栓联接或马板焊接),从而完成就位。

2.4.6 斜拉扣挂

拱肋就位完成后要进行扣索张拉和吊点的放松及收紧横向缆风的工作,并使拱肋标高和轴线都满足规范的要求。

2.4.7 扣索布置

扣索前索布置与钢拱肋的水平投影在扣点位置大致相切,呈内八字布置。

2.4.8 扣索前锚点

拱肋扣索前锚点采用型钢加工而成,钢板一般不小于20mm,在拱肋出厂前焊接在拱肋前端,根据需要按5cm间距开设直径为2cm的圆孔,以便钢绞线穿过。前锚点一般尽可能设在拱肋节段前上部以减小扣索力。

2.4.9 后锚点

后锚点由后锚梁和锚垫板组成。后锚梁采用间距5cm槽钢加工而成,槽钢大小需按照计算结果选用,要根据所锚固扣索的角度进行安装。

2.4.10 扣索的安装和张拉

人工和卷扬机配合牵引扣索通过扣塔上扣索鞍后,采用缆索吊装系统工作索牵引到达拱肋节段安装位置,待拱肋运输到就位位置后,卡入扣点横梁,安装好扣索。扣索张拉时,先利用卷扬机初步收紧,然后在保持拱肋标高基本不变的前提下,一边放松缆索吊装系统起重吊点,一边利用YC250千斤顶逐根逐级张拉扣索钢绞线,使拱肋从依靠吊点力保持平衡向依靠扣索力的斜拉扣挂作用保持平衡逐渐转化,直至吊点彻底松开。

2.4.11 固定缆风

单吊单扣施工过程中,每段拱肋都必须设置对称横向

固定缆风,以保证因对称拱肋未安装而导致横联无法安装之前拱肋的稳定性,横向缆风采用21.5mm以上钢丝绳。扣索张拉完成吊点松开后,标高已满足规范要求,再通过横向缆风调整好拱肋轴线使标高和轴线都符合规范要求后,将缆风锁死,如标高超限则采用张拉或放松扣索调整。

2.4.12 横撑连接

为增加拱肋安全稳定性,在无永久横撑的节段必须使用临时横撑结构,临时横撑与钢拱肋弦管的连接采用栓接或焊接形式,临时横撑可根据计算使用钢管等材料,在安装节段的前端上下弦各设置一根,上、下弦临时横撑适当进行连接加强刚度。

2.4.13 接头焊接

为了保证拱肋安装稳定性,拱肋接头应及时及早焊接固结。

2.5 拱肋合龙

合拢前通过扣索、横向缆风索,对拱肋进行线形、标高的调整,并根据需要进行温度修正,选择温度稳定时段用临时合拢装置实施瞬时合拢。合拢后对拱肋线形及位置实施精确测量,通过扣索和拱顶合拢装置进行精调,调整合格后固定合拢装置,进行合拢节段间连接处的焊接工作,完成后拆除临时合拢装置。实践表明大桥一侧拱肋合拢而另一侧拱肋未合拢成拱的情况下,温度变化会对其拱肋产生少量不可消除的横向位移,因此,提篮拱应尽可能采用上下游拱肋同时合拢方式进行合拢。设计合拢温度为 15 ± 5 。

2.6 扣索的解除

扣索的拆出顺序原则上两岸对称拆出,最终拆出顺序以监控提供的拆出顺序为准。

2.7 拱圈砼灌注

(1) 监控单位完成各项测试,并经分析满足计算及规范要求后,即可浇筑上下弦管内混凝土。采用C50自密实微膨胀混凝土,以泵送顶升压注法施工。自拱脚向拱顶按设计的压注顺序,对称均衡地一次灌注完毕;待管内混凝土达到设计强度的90%后,再压注下一根钢管。灌注混凝土时应分不同阶段张拉监控指定的扣索及索力。

(2) 钢管混凝土压注前应清洗管内污物,湿润管壁,泵入适量水泥浆后再压注混凝土,直至钢管顶端排气孔排出合格的混凝土为止。混凝土压注完成后,应及时关闭设于压注口的倒流截止阀。管内混凝土的压注应连续进行,不得中断。为保证混凝土泵送工艺的顺利进行,我部备足能正常使用的高压泵送设备,并按实际泵送距离和高度进行模拟混凝土压注试验。当达不到一次性将混凝土自拱脚泵送至拱顶时,在L/4处采取“接力”措施。

(3) 管内混凝土质量控制:管内混凝土灌注的密实度要求大于99%。由于管内混凝土外表有钢管包裹,给检测、评定混凝土质量带来一定难度。为确保混凝土质量,首先应在施工中对事先通过试验确定的配合比进行严格控制,并按

规定预留混凝土检验试块,以便事后检查;其次在施工过程中应做好质量控制,特别是对现场砂的含水率、现场混凝土水灰比的配置及坍落度的事先确定进行严格监控。

(4) 管内混凝土质量检查方法:管内混凝土填充密实度检测应以超声波检测为主,人工敲击为辅。超声波检测参照《超声波检测混凝土缺陷技术规程》(CECS21:2000)进行。也可采用光纤监测技术,定量检测出管内混凝土脱空值的大小。

(5) 修复措施:对发现异常的地方应进行钻孔复验,存在不密实的部位应采用钻孔压浆法进行补强,压浆强度应高于管内混凝土的强度;然后将钻孔补焊封固。

(6) 管内混凝土质量检查标准:对管内混凝土浇筑质

量检查项目按照《公路工程质量检测评定标准》的要求进行。

(7) 管内混凝土设计

1) 配合比设计参数确定顺序:在试验过程中,为达到混凝土高流动、早强、免振自密,首先确定满足试配强度要求,其次是坍落度的要求,最后满足缓凝要求。当基本条件满足时再考虑满足微膨胀性能和容易泵送的条件。

2) 总的调整方法是:以水泥用量调整混凝土的抗压强度,利用添加剂的品种来调整坍落度和缓凝时间,以膨胀剂品种和用量调整混凝土的膨胀率,以粉煤灰用量来调整混凝土的可泵送性,反复调整使各项性能达到最佳状态。

【参考文献】

- [1] 韦治龙. 钢管拱桥的钢管拱吊装施工及安全控制 [J]. 中国科技博览, 2018 (04).
- [2] 田过勤. 大跨径钢管砼拱桥双肋整体缆索吊装施工 [J]. 甘肃科技纵横, 2011 (03).
- [3] 刘涛. 狭窄地形条件下钢管拱吊装施工研究 [J]. 四川建材, 2013 (06).