

钢管混凝土拱竖向转体新技术

钟启宾

11448.3846

【摘要】介绍鸳江大桥钢管混凝土拱竖转的施工设计;铰座、铰轴、扣锚索、临时塔架及索鞍、连续牵转动力体系、铰轴向铰座对位的安装系统;简述竖转的操作程序;横梁顶升法安装新技术。

【关键词】鸳江大桥 钢管混凝土拱 竖转 连续牵转动力体系 顶升法

一、工程概况

鸳江大桥(又称桂江三桥)位于广西梧州市区,桂江与西江丁字交叉处,跨越桂江。主桥设计为40+175+40m三跨连续自锚中承式钢管混凝土拱,它的特点是充分发挥了材料的性能,以抗压强度高的钢管混凝土作为拱肋,以抗拉强度高的钢绞线束作为系杆,通过边拱的重量,随着施工加载顺序逐步张拉系杆中的预应力束,以平衡主拱所产生的水平推力,最终形成对拱座基础只有较小水平推力的拱桥。这就大大降低了由于巨大不平衡水平推力所增加的基础费用,从而使拱座基础变得较为轻巧,为在大江大河修建大跨度拱桥提供了理论依据。采用的竖转最新技术也被施工实践证明是先进、简捷、安全、经济的。

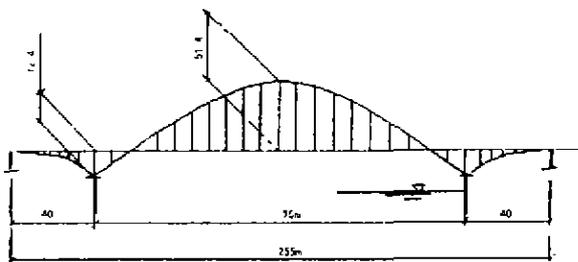


图1 桂江三桥正面示意图

1、主拱肋

主拱为双肋拱,矢高43.75m,跨度175m。矢跨比1/4,拱轴线采用悬链线($m=1.347$),沿拱轴采用等高度($h=3.3m$)等宽度截面($B=1.$

钟启宾:铁道部第十八工程局教授级高工

8m)。每片拱肋主要由4根 $\Phi 750 \times 14$ 的钢管混凝土组成。在两边拱脚附近有可能遭受河水腐蚀的地方,钢管由 $\Phi 750 \times 14$ 增大到 $\Phi 762 \times 20$,并使用热喷锌铝后,再涂油漆。钢管拱由横向缀板、腹杆(缀条)连接成钢管桁架。在两边离拱座30m长度范围内,拱肋两边增加两片腹板,其内也填充混凝土。两条主拱肋中距17.8m,在桥面以下设2个K字横撑,在桥面以上仅设5条一字横撑。主拱肋采用厂内制造、拼成半拱、浮运到位、竖向转体、拱顶合龙的施工方法。

2、边拱肋

边拱肋为两片半拱,矢高东边为11.061m,西边为12.407m,半拱跨度为40m,拱轴线为抛物线,拱肋为钢管混凝土构件,截面宽度为1.8m,截面高度由2.8m变化到2m。

3、系杆

系杆采用无粘结预应力钢绞线, $\Phi 15.24$, $R^b=1860\text{Mpa}$,锚具OVM15-19型,系杆锚固于两边跨的端横梁上。

4、横梁、立柱及吊杆

桥面系与拱肋相交处为钢管混凝土横梁,就地现浇。立柱与吊杆处为预应力混凝土横梁,采用群锚,每个横梁重50t,长25.34m。岸上预制、浮运到位、顶升安装。

二、两边拱竖转合龙的施工设计和实施

由于桥址没有架设缆索吊车的条件,河道航

转体技术

运繁忙, 场地狭窄, 排除了有支架缆索吊装、无支架缆索吊装和水平转体法等施工方案, 依据自锚式体系的特点, 施工单位坚持采用自锚式两半拱竖转合龙的施工方法。这个方法在投标过程中就受到了评标委员的一致好评。

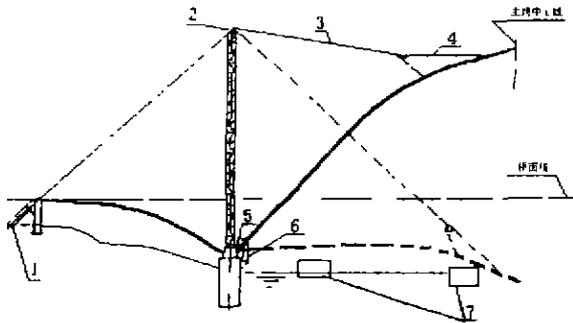


图2中: 1、牵转动装置; 2、索鞍; 3、扣锚索;
4、千斤顶; 5、临时铰; 6、提升架; 7、浮运驳船

图2 半拱竖转示意图

1、临时铰 临时铰由铰座和铰轴构成。在每个拱肋拱脚的设计拱肋安装线和拱轴线交点处设置铰座。它由钢板卷制而成, 半径50cm, 横向长100cm, 横向两端设钢极限位, 使拱肋竖转过程中, 铰轴不发生横向位移, 铰轴也由钢板卷制, 焊接在拱肋端面的钢板上。它的内部除了加劲板, 还填充了C50混凝土。铰座和铰轴之间吻合面的最大压应力为5Mpa, 铰座和铰轴的制造与安装误差小于5mm。

施工中, 上、下游铰座的中心距离必须严格控制。半拱两铰轴之间的中心距离应与铰座完全

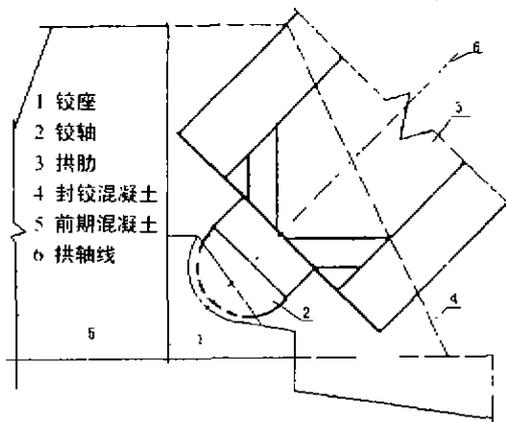


图3 临时铰示意图

吻合。竖转前, 在铰轴和铰座的表面涂抹黄油。

2、临时塔架与索鞍

在两岸拱脚上设置塔架, 高度50m, 由六五式铁路军用墩器材拼装而成。其稳定压应力 $\delta < 2100\text{kg/cm}^2$, 纵向稳定由连接两岸塔顶的压塔索 ($\Phi 46$) 和塔后背索控制, 横向稳定由风缆滑车组控制。塔顶设置索鞍, 每个索鞍有三道承重轮, 其轮轴中心连线的半径大于1500mm。实践证明, 索鞍的设计满足了竖转的需要, 扣锚索能在索鞍上正常纵移、塔顶位移较小。

3、牵转动装置与扣锚索 由于半拱自重近500t, 最大牵转力达700t, 如果再用卷扬机-滑车组, 各方面都难以适应工程的需要。基于工程实践的理论、经验和工厂的能力, 在施工设计中, 毅然采用200t连续千斤顶作为牵转动装置, 安装在边拱后端, 每半拱6台。配置液压泵站和主控制台, 以保证6台千斤顶同步运行。千斤顶前端与边拱端面之间设计了锚索特制锚箱, 扣锚索采用过塔连续式的 $\Phi 15-19-1860\text{Mpa}$ 级钢绞线束, 竖转过程中, 扣索最大拉力为550t, 最大长度为110m; 锚索最大拉力770t, 最大长度54m; 扣锚索的拉力安全系数为4。每道锚索通过双道 $\Phi 46$ 千斤顶与吊点捆绑千斤绳连接。前吊点距半拱前缘10m, 距后吊点15m, 每个吊点设置三道 $\Phi 46$ 捆绑千斤绳, 每道千斤绳围绕拱肋两侧, 千斤绳的拉力安全系数为5.6。为了使前后吊点受力均衡, 确保扣索与千斤绳连接的安全, 设计了特殊的扣索前端连接装置, 它能有效地随

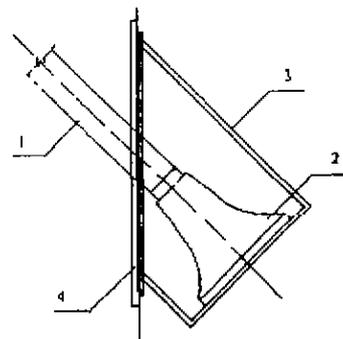


图4中:

1、锚索孔道; 2、锚下垫板; 3、锚箱; 4、边拱端面系杆锚板。

图4 锚索特殊锚箱

转体技术

时自动调整双吊点千斤绳的内动力, 取代了以往工程上的常用的平衡梁, 简化了施工设计, 便于操作。

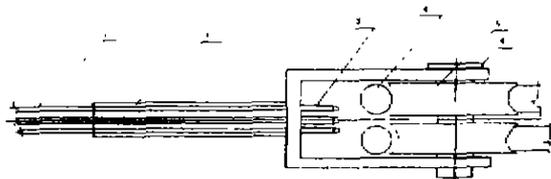


图5中: 1、钢绞线; 2、环氧沙浆筒; 3、P型锚;
4、双吊点千斤绳; 5、滑轮; 6、轴

图5 索前端连接装置

4、半拱铰轴向铰座对位吻合的特殊设施
由于施工水位低于拱脚标高, 半拱铰轴必须经过垂直提升、平移, 使铰轴与铰座吻合。为此, 设计了一套特殊设施: 在拱脚墩的纵向相应位置预埋支架, 其上用六五式铁路军用桥墩器材拼装支架, 顶部设置滑道, 在对应铰轴的滑道上方安装100t连续千斤顶和 $\Phi 15-6$ 钢绞线 (每片拱肋2台千斤顶, 半拱共4台)。

当半拱浮运到位后, 用钢绞线束连接铰轴端, 4台千斤顶通过2台液压泵站和一台主控台的操纵将半拱铰轴端同步提升到安装标高, 再用20t倒链水平牵引铰轴端, 使之同铰座对位吻合。与此同时, 浮运船只随之纵移。

施工中, 由于半拱500t重, 4台千斤顶只发挥其额定能力的62%, 4台20t倒链只承受25t摩擦力, 因此操作非常顺利。为保证河道通航, 每次只能安装半拱。但是, 必须准备两套浮运设备。

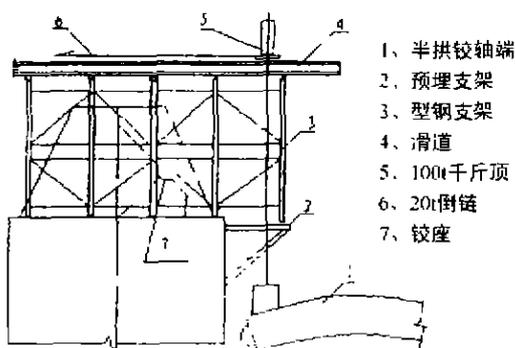


图6 半拱铰轴端就位系统示意图

以便提前在船上拼装半拱, 使两半拱尽快合龙。

5、边拱后端预压200t 经计算, 在竖转时, 边拱的自重不能平衡竖转时锚索产生的垂直力, 为使边拱下翼缘不致发生过大拉应力而导致结构开裂或破坏, 在每个边拱拱肋端部预压200t, 采用边拱墩基础预埋无粘结钢绞线 (下端为P型锚), 上面采用型钢作为扁担梁对钢绞线进行张拉实现预压。

6、两半拱竖转合龙的实施过程 东半拱: 1999年6月6日浮运到位; 7日捆绑千斤绳, 在提升支架上安装100t连续千斤顶及其液压泵站和主控台、安装扣锚索、200t连续千斤顶、液压泵站、主控台; 8日半拱铰轴端垂直提升并使铰轴与铰座吻合; 9日拆除垂直提升支架、对6根扣锚索的索力进行调整, 使之均衡; 10日继续调索; 11日16时开始竖转; 12日10时30分拱顶竖转到预计标高。西半拱: 14日浮运到位; 15日捆绑千斤绳、安装提升与竖转动力体系; 16日14时铰轴与铰座吻合; 17日拆除垂直提升支架; 18-21日调索; 22日竖转; 23日11时10分两半拱顺利合龙。为了使半拱就位处于可控状态, 浮运机动船始终控制浮船 (而不是浮运到位即撤走机动船) 这是在桂江上施工的重要经验。

三、采用顶升法安装

拱桥中横梁的安装方法, 多年来一直是采用卷扬机-滑车组或浮吊等传统设备。在许多场合, 施工多有不便。笔者在天津彩虹大桥 (3孔168m钢管混凝土拱) 首次提出采用连续千斤顶、工具吊杆、连接器体系顶升安装75t重预应力混凝土中横梁新方法, 施工中获得成功。在本桥施工设计时, 再次采用顶升法安装50t重的预应力混凝土中横梁。安装过程中, 水位到横梁设计标高有18m, 采用顶升法安装横梁, 显得更为必要。它充分利用了吊杆的连接和承重条件, 采用由连接器、钢绞线组成的工具吊杆, 通过100t

转体技术

连续千斤顶沿着工具吊杆提升,就把横梁提升到位了。操作中,在浮运船上设置横梁支撑架,以便在横梁两端吊杆预留孔下方安装连续千斤顶和简易工作吊架(悬挂在横梁上)。在浮运横梁的船上应设置一台发电机、一台液压泵站和一台主控台。当横梁浮运到位后,把预先安装的工具吊杆穿进横梁的预留孔,再把工具吊杆穿入锚固螺母和连续千斤顶,经过预紧后即可开始同步顶升横梁。当横梁顶升到位时,把吊杆锚固螺母拧到吊杆锚杯上,使其处于工作状态,工具吊杆便可以拆除,同时,千斤顶由倒链放下来。为了尽可能减少反复调整横梁标高的次数,经施工单位建议,设计院预先考虑影响横梁标高的各种因素进行计算,给出了每个横梁的安装标高,几乎能使横梁一次到位,大大简化了横梁安装的施工程序,提高了安装工程的施工效率。在天津彩虹大桥安装横梁施工中,由于受潮汐的影响,每天可以安装一片横梁。在鹭江大桥,由于可以连续浮运,每天可以安装2片横梁。采用连续千斤顶、钢绞线工具吊杆动力体系的顶升法安装横梁,1998年在天津彩虹大桥初试成功,1999年在鹭江大桥再次采用此法安全、迅速地安装了中横梁。这一新的安装方法,是国内首创,它为拱桥施工创造了更为简便的安装方式,受到了工程界广泛的充分肯定和赞誉。

四、结语

鹭江大桥采用200t连续千斤顶、钢绞线束扣锚索、特制扣索前端连接装置和边拱后端特制锚箱新型牵转体系成功地实现了两半拱竖转合龙,它标志我国拱桥施工技术提高到了新的水平、为大跨度拱桥的竖转施工技术开辟了新的途径(平转同样适用)。它使用的机具设备少;操作简单、安全;施工效率高;降低了安装费用。

应该指出的是:中横梁顶升法安装和两半拱竖转新体系虽然具有许多优点,在工程上必然广

泛应用,但是,它还不是最完美的体系,在施工中表现出的主要缺点是:连续千斤顶沿着钢绞线束只能上升、不能下降!这就不能完全满足工程的需要。在天津彩虹大桥横梁安装过程中,由于千斤顶不能自动下降,当需要把横梁标高下调时,必须手工放松夹片,这是非常困难的。一旦控制夹片的小螺钉拉断,要取出夹片就更费时间。同样的问题出现在鹭江大桥两半拱竖转合龙调整标高到位的操作上;顶升安装横梁时,千斤顶也必须用倒链放下来。这是采用钢绞线束作为扣锚索或工具吊杆必然存在的问题,因为这个体系依靠群锚的工作原理,每一组夹片夹紧一根钢绞线,夹片本身就很小,控制夹片的螺钉就更小,它很容易被拉断。此外,当顶升安装横梁时,工具吊杆要多次使用,而夹片在每一次夹紧钢绞线时,都会刻伤钢绞线,工具吊杆使用几次必须更换,很难确定。为了完善这一新体系,使它的功能更加全面,必须研制上下自如的液压收放机,笔者正在同厂家合作,从事这项有益的工作,相信在不长的时间里,第三代连续液压收放机就会在广泛的工程领域中发挥巨大的作用。

参考文献

- 王道斌等, 中承式钢管混凝土拱桥施工技术研究, 1995年11月, 宜昌, '95 纪念茅以升诞辰一百周年学术交流会论文集
- 钟启宾, 串联张锚体系在桥梁建设中的广泛应用, 1992年, 武汉, 全国桥梁结构学术大会论文集, 同济大学出版社
- 钟启宾, 京东立交桥施工技术简介, 1999年, 北京, 铁道部标准设计, 1999-10
- 钟启宾, 大跨度钢管混凝土拱桥安装新技术, 1999年, 北京, 铁道部标准设计, 1999-12