

# 曲线上 $2 \times 100\text{m}$ 钢筋混凝土箱拱扣索吊装施工设计的创新

钟启宾

**【摘要】**介绍曲线上两孔拱轴平面呈折线错位布置的钢筋混凝土箱拱扣索吊装施工方案设计的几项创新：双组缆索吊机—双扁担梁抬吊拱肋对位安装系统、用组合式预应力扣锚索体系取代传统的卷扬机—滑轮组扣、锚索体系。

**【关键词】** 双扁担梁 抬吊 对位安装 组合式预应力扣锚索体系 扣索 锚索 扣锚索

四川万梁高速公路一座位于曲线上的拱桥。主跨设计为 $2 \times 100\text{m}$ 双幅上承式钢筋混凝土箱拱，曲线半径 $R=580\text{m}$ ，矢跨比 $1/5$ ，两孔拱肋平面轴线正矢 $9\text{m}$ 。单幅主拱肋宽 $9\text{m}$ ，由2片边拱肋和4片中拱肋组成。每片拱肋分成两个拱脚段、两个中间段和一个拱顶段，每段长 $22\sim 22.7\text{m}$ ，最大重量 $36\text{t}$ 。设计采用缆索吊机、扣索吊装，单孔双基合龙后再对称吊装次边拱肋、边拱肋直至全桥合龙。桥址深沟最大相对高差 $70\text{m}$ ，曲线外侧有河道，顺河岸有高压线（低于桥面），曲线内侧山势陡峭，施工场地狭窄。

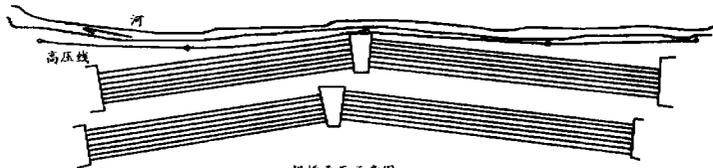
施工单位在考虑施工组织设计时，就下列问题于2001年4月向笔者咨询：如何安排缆索吊机

才能满足两孔拱轴线平面呈折线布置的120节预制钢筋混凝土箱拱节段对位安装的要求？在该桥特殊地形地貌条件下如何配置中扣塔扣索、锚索和边扣塔扣锚索才能达到安全、简捷、快速和经济的效果？

以下是施工单位认可的实施方案。

## 1. 双组缆索吊机、双扁担梁抬吊拱肋节段对位安装系统

1.1 双组缆索吊机 在直线上的拱桥当地形地貌条件允许时，采用双塔架、塔顶横梁、一组缆索吊机双吊钩吊装拱肋、横移两岸主索索鞍配合横向偏拉使拱肋对位；或采用一组缆索吊机双吊钩、单塔架、横移塔架和地锚对位安装拱肋等



拱桥平面示意图

钟启宾：中铁十八局集团有限公司教授级高工

方法往往因经济而被优选。但是,该桥在曲线上,如果采用一组缆索吊机、横移索鞍的方法,塔顶横梁的长度将超过40m,横梁的用料太多,不经济。如果采用一组缆索吊机,横移塔架和地锚,地形条件不允许。偏拉对位受高压线限制,也不能采用。

最终选择双组缆索吊机含盖主桥,设计跨度300m,每组设计净吊重36t,双吊钩。

1.2 扁担梁 由于双组缆索吊机不横移索鞍,也不横移塔架和地锚,为了对位安装每片拱肋,采用双组缆索吊机四吊钩(每个吊钩净吊重18t)、双组扁担梁抬吊拱肋。扁担梁由两片六四式铁路军用梁组成,扁担梁高1.5m,长32m,自重15t,其弦杆允许轴向力为131t(梁桥机),经核算满足设计要求。军用梁是制式器材,用后可以回收,一次性投入很少。

每组扁担梁上设置一套吊梁台车,扁担梁上设置横向轨道,使吊梁台车在起吊拱肋节段前横移并固定在被安装拱肋相应的纵轴线上。吊梁台车由台车架、定滑轮组、动滑轮组、吊带、横向转向滑轮、竖向转向滑轮等组成。为了保证安全,不在扁担梁上设置连续千斤顶提升系统,也不设置卷扬机,而是通过转向滑轮把起重索引至缆索吊机起重小车、转向至塔顶再转向至设置在地面的卷扬机。对位安装拱肋时,避免了施工人员在扁担梁上进行危险的高空作业。

为了降低缆索吊机塔架高度,吊钩同扁担梁的连接采用短吊带取代传统的千斤绳。当单孔双基肋合龙后,扁担梁不能下放到地面起吊拱肋节段,此时须将地面拱肋节段滑移至安装轴线位置,利用扁担梁的动滑轮组松至地面起吊拱肋节段。

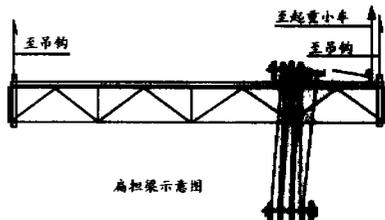
1.3 拱肋吊具 扁担梁动滑轮组同拱肋节段的连接也采用短吊带,减小了占用的工作高度,

当起吊拱肋节段通过中扣塔顶时,不会发生碰撞塔顶和扣索的事故,能确保安全。

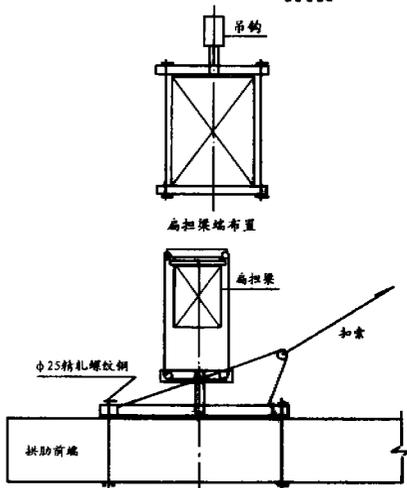
因拱肋之间几乎没有间隙,不能采用捆绑千斤绳,在节段预制时必须在相应吊点的腹板内侧预埋钢管(每段拱肋前后设置两处吊点,每处四根精扎螺纹钢),吊装前从钢管穿入精扎螺纹钢,同顶面传力型钢架连接牢固。

扁担梁的动滑轮组同传力型钢架用短吊带衔接,便于利用前后扁担梁动滑轮组吊钩的升降对位安装拱肋时调整拱肋节段的纵向角度。

由于预制钢筋混凝土箱拱节段在吊装时的整



扁担梁示意图



拱肋吊具示意图



多跨拱桥,中墩扣塔一般采用对称扣索,墩上张拉锚固和调整。由于该桥设计允许单跨双基肋合龙,则必须设置邻跨临时锚索作为平衡索以暂时保证中扣塔的稳定,待对称扣索张拉时逐步放松平衡索。

中墩扣塔对称扣索:根据计算,第一段拱肋扣索拉力为T1,其预应力束由三根7 $\phi$ 5钢绞线、圆形复式连接器、一根 $\phi$ 32精扎螺纹钢构成。同拱肋吊装千斤绳连接端称为固定端,由钢绞线端部P型锚、锚板、墙板、销轴和滑轮组成。精扎螺纹钢伸到扣塔上的张拉斜梁上方,构成张拉端。采用YC-60型穿心千斤顶、电动油泵、支撑脚、工作螺母和工具螺母进行张拉锚固(提供50t张拉能力)。第二段拱肋扣索拉力为T2,其预应力束由六根7 $\phi$ 5钢绞线、矩形复式连接器、两根 $\phi$ 32精扎螺纹钢构成。固定端的结构形式与T1扣索固定端相似。张拉端斜梁上方两根精扎螺纹钢伸入顶梁,采用100t普通千斤顶通过扁担梁、顶梁、工作螺母和工具螺母对精扎螺纹钢进行张拉锚固(提供100t张拉能力)。

平衡锚索:它的固定端设置在中扣塔顶部,采用钢绞线P型锚锚固在斜梁上。张拉端在锚碇伸出的拉杆或拉板连接的顶梁上,在张拉端的前上方适当位置,采用复式连接器将钢绞线束转换为精扎螺纹钢。用100t普通千斤顶通过扁担梁、顶梁、工作螺母和工具螺母对精扎螺纹钢进行张拉锚固。张拉时,必须与对称孔拱肋扣索的张拉力保持平衡,即同步进行。当平衡孔扣索张拉时,该平衡索应该随着扣索的张拉而逐步放松。

曲线上中墩扣塔由于拱轴中线呈折线布置,尽管有平衡索保证单孔双基肋合龙过程中的稳定,还采用多向风缆的调节作为保持中墩扣塔平

衡的辅助安全措施。

2.2 边扣塔扣锚索 由于地形条件限制,一侧利用缆索吊机塔架兼作边扣塔,另一侧单独设置边扣塔。边扣塔的扣索和锚索采用过塔连续式扣锚索,它充分体现了预应力体系的优点。塔上设置三轮式索鞍,轮轴纵向连线的半径大于1500mm的圆曲线,能保证钢绞线束过渡转向并均匀受力。

第一段拱肋的扣锚索为三根7 $\phi$ 5钢绞线,在张拉端前上方适当位置通过P型锚、圆形复式连接器转换为一根精扎螺纹钢,它的锚固端与中扣塔T1扣索的固定端形式相同。其张拉端与中扣塔平衡索的张拉端形式相同,只是采用YC-60穿心千斤顶通过顶梁、工作螺母和工具螺母对精扎螺纹钢进行张拉锚固。

第二段拱肋的扣锚索形式与中扣塔T2的扣锚索相同,只是张拉端在锚碇上方,其形式与平衡索张拉端相同。

### 3. 结语

2001年12月上旬,该桥已经顺利完成单孔双基肋合龙,实践证明了上述设计是合理、可行的。笔者从1989年开始采用预应力体系作为连续箱梁顶推的动力和牵引装置[1]、[2]、[3],之后又把预应力体系成功地应用于桥梁水平转体[4]、[5];桥梁整体安装垂直升降[6]和大跨度钢管拱肋竖转及横梁顶升施工[7]等。

该桥在施工方案设计时,用精扎螺纹钢或拉板预埋于锚碇并伸出适当长度,其上端连接锚梁,采用顶梁同精扎螺纹钢和千斤顶构成张拉端,比以往采用高出地面的钢筋混凝土锚碇墙作为张拉反力墙[8]更为简单、方便、经济。

曲线上2 $\times$ 100m钢筋混凝土箱拱扣索吊装采用双扁担梁台车对位、中墩扣塔对称扣索及平衡锚索、边扣塔扣锚索固定端和张拉端一整套技

术,为我国同类桥梁安装技术增添了新的一页。

期望今后的拱桥扣索吊装施工能优先采用上述技术,淘汰陈旧的滑轮组卷扬机体系,进一步提高我国大跨度拱桥安装施工技术水平。

#### 参考文献:

[1] 钟启宾.广环高速公路跨广北立交桥主梁施工技术.中国土木工程学会第五届年会暨第二次全国城市桥梁学术会议论文集 1990-5

[2] 钟启宾.拉杆式多点顶推新工艺的发展状况.铁路工程建设科技动态报告文集.1992

[3] 钟启宾.串联张锚体系在桥梁建设中的广泛应

用.全国桥梁结构学术大会论文集.1992

[4] 钟启宾.桥梁水平转体法综述.铁道建筑.1993

[5] 钟启宾.一座刚性索斜拉桥水平转体施工设计的几项创新.纪念茅以升诞辰一百周年学术交流会议论文集.1995

[6] 钟启宾.京东立交桥施工技术简介.铁道标准设计.1999

[7] 钟启宾.鹭江大桥钢管混凝土拱竖向往转体新技术.铁道建筑技术.2000

[8] 王幼云.邕宁邕江大桥钢骨拱桥架千斤顶斜拉扣柱悬拼架设工艺简介.桥梁学术讨论会(公路)论文集.1996

## 中国工程院院士阮雪榆到我厂考察

2002年1月9日上午,上海交通大学国家级有突出贡献的专家、中国工程院院士阮雪榆,博士生导师、教授李从心,副教授、博士邢渊等专家,在柳州市计委有关同志陪同下到我厂进行考察。

在我厂技术中心会议室,厂长陈谦向院士、专家们介绍了我厂的一些情况:我厂生产的预应力张拉机具和锚夹具,主要应用于市政、桥梁建设和超大、超高、越重等大型建筑的张拉和提升。如上海的南浦大桥、杨浦大桥、东方明珠广播电视塔、北京西客站、南京长江二桥、江阴长江大桥等。在机械制造业,我厂较早在产品开发上推行使用计算机CAD/CAE技术,计算机的应用给企业带来了巨大经济效益。我厂连续8年利润超千万元(其中有4个年份超过2000万元)。长期以来我厂与国内的大专院校科研院所进行紧密的合作,依靠科技创新、走产学研相结合之路,十几年间企业始终保持稳步的发展势头,确

立了OVM品牌在国内同行业的排头兵地位。今年,我厂与同济大学合作成立了同济OVM预应力研究中心,标志着面向新世纪的产学研工程的启动。我厂将与广大专家、合作单位一道为推进我国预应力技术的发展作出应有的贡献。

随后,院士、专家在陈厂长的陪同下先后考察了OVM展厅、机三分厂、技术中心试验室、总装车间。考察完毕,阮雪榆院士首先肯定了我厂工作所取得的成绩,肯定工厂基础很好。并指出现代企业必须重视生产制造技术的提高,要重视人才的培养和人员素质的提高。随着客户对产品的质量和安全感日益重视,要采用现代化的检测手段。阮院士还鼓励我们树立良好的企业形象,拿出高技术产品,尽早占领国际市场。

(丁子平)

