

# 渝广高速公路桥梁薄壁空心高墩施工技术

王花馥, 郑道明

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

**摘要:**介绍了在渝广高速公路桥梁薄壁空心高墩施工中根据现场实际情况选择了结构简单、安全可靠、费用较低的“提升翻模法”施工薄壁空心高墩,充分利用了常用设备且工艺简单易行的过程。特别是在钢模板制作过程中采用的新型定型模板配合施工作业平台,最大限度地节约了施工成本,提高了工作效率,解决了安全等问题,取得了较好的效果。

**关键词:**薄壁空心高墩;提升翻模;塔吊;变型模板;新型爬梯;渝广高速公路

中图分类号:TV52;TV544

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)增1-0079-04

## 1 概述

在公路桥墩施工中,对于墩身高度大于30 m的桥墩统称为高墩,其墩身形式多为薄壁、空心、变截面矩形墩。目前进行高墩施工的方法有滑升模板法、提升模板法、提升翻模法(主要用于不变坡的方形高墩)、爬升模板法以及钢管脚手架配合拼装钢模板法等。上述施工方法均需要大型施工机械设备的配合,如塔机、液压提升、爬升设备等;而采用滑模和爬模法施工投资较大,设备复杂,不易操作,但其安全性好,混凝土的外观质量易于控制。

在重庆渝北至四川广安高速公路跳石河大桥左幅(起止桩号为Z1K0+563~Z1K0+676),长875 m;右幅(起止桩号为K0+359.5~K0+756.5),长887 m。桥梁上部结构采用装配式预应力混凝土先简支、后连续T梁,下部桥墩采用双柱式墩或矩形空心墩、桩基础形式,桥台采用U型桥台以扩大基础。在跳石河大桥中有矩形薄壁空心高墩12处,墩柱高度为49.65~67.22 m,最大墩高为左7#墩。在跳石河大桥施工过程中,根据工程现场实际情况,经比较采用了“提升翻模法”施工薄壁空心高墩并充分利用常用设备,使工艺简单、易操作,特别是在钢模板制作过程中采用了新型的定型模板并配制了施工作业平台,最大限度地节约了施工成本,提高了工作效率。

## 2 施工准备

### 2.1 矩形墩塔机的布置

跳石河特大桥有矩形薄壁空心墩12个,墩高

为49.65~67.22 m,采用汽车吊及塔机为其垂直起降工具。在前期施工过程中,空心墩高度较矮或施工现场不满足安装塔吊时,采用汽车吊垂直起吊材料。空心墩开始全面施工后,选用多座轻塔吊,该塔吊的有效起吊高度按实际墩身高度确定。由于塔吊达到一定高度(通常为28 m)后要附着器与墩身连接,故塔吊基础必须与高墩基础平行且在一条直线上。

塔吊基础的施工必须严格按照生产厂家给定的图纸严格进行,待基础混凝土强度达到设计强度的80%后才能进行塔吊安装。

### 2.2 塔吊安装的工艺标准

(1)塔吊必须做好接地保护,防止雷击(采用横断面不小于 $10\text{ mm}^2$ 的多股铜线用焊接的方法连接),接地电阻值不大于 $4\ \Omega$ 。

(2)塔吊安装完成后,在无荷载的情况下,塔身与地面的垂直度偏差值不得超过 $3/1000$ 。

(3)塔吊各部件的连接螺栓、销轴预紧力应符合要求。液压系统、安全阀的数值、电器系统保护装置的调整值及其它机构部件的调整值均应符合要求。

(4)力矩限制器的综合误差不大于其额定值的8%。超过额定值时,力矩限制器应切断吊钩上升和幅度增大方向的电源,机械可做下降和减小幅度方向的运动。

(5)超高限制器:当吊钩架上升高度距定滑轮不小于1 m时,超高限制器应能切断吊钩上升方向的电源。

(6)变幅限制器:当小车行驶至吊臂端部0.5

m 处时,应能切断小车运行方向的电源。

(7)塔吊安装完成并经检查无误后,需经重庆市特种设备研究院特种设备检验中心检验合格后方可交付使用。

### 2.3 测量放线

薄壁空心高墩施工前由测量人员在承台顶精确放出墩柱中心十字线或四角坐标,然后对墩柱范围内的承台混凝土进行凿毛(凿至新鲜混凝土面),经凿毛的混凝土用高压水冲洗干净。

### 3 钢筋的加工与安装

钢筋进场后分类堆码整齐,下垫、上盖,防止钢筋锈蚀。钢筋在加工场内集中加工,加工时严格按照设计图纸和技术交底进行,其允许偏差见表 1。

表 1 钢筋加工的允许偏差表 /mm

项 目	允 许 偏 差
受力钢筋顺长度方向加工后的全长	±10
钢筋弯钩各部分的尺寸	±20
箍筋、螺旋筋各部分的尺寸	±5

墩柱钢筋在钢筋厂制成半成品,运输到墩位现场进行安装。对于  $\varphi 20$  以上主筋,采用直螺纹快速接头连接,其它构造或架立钢筋采用绑扎搭接或焊接,绑搭长度应不小于  $30d$ ,焊接长度单面焊应不小于  $10d$ ( $d$  为钢筋直径),双面焊应不小于  $5d$ 。由于全桥墩柱高度大,钢筋骨架不能一次安装到顶,因此采用随着墩柱混凝土浇筑高度的增加逐渐接高钢筋骨架的方式。骨架制作时应注意预留错头长度,以保证钢筋同一截面搭接数量不能超过 50%,错开距离至少应为  $35d$ 。钢筋骨架安装中,以劲性骨架定位。

墩柱钢筋的连接采用直螺纹套筒连接(机械连接),套筒和钢筋在加工厂集中加工,套筒强度不小于钢筋强度的 1.1 倍。对于钢筋接头丝扣长度要严格控制,保证套筒安装到位后外露丝扣不大于 1 圈,螺纹直径不小于钢筋的公称直径。安装时,钢筋的级别、直径、根数和间距要符合设计要求,绑扎和焊接的钢筋骨架不能有变形、松脱和开焊。

### 4 施工通道的布置

空心墩施工的上下人行通道采用承插型施工安全爬梯,安全爬梯的主要构件有立杆、横杆、横撑、梯子、扶手和斜杆等。安全爬梯每隔 1.5 m 安放一张带踏步、Z 字形梯步,每隔 4 ~ 5 m 安置扣

墙件,最大搭设高度为 100 m。安全爬梯见图 1。

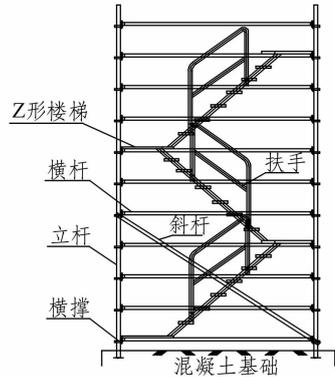


图 1 安全爬梯示意图

### 5 模板的安装

对所购置的模板在其进场后按要求对模板进行检验,质量合格的模板应堆码整齐。安装前,对模板表面进行清理,并均匀地在模板上涂抹脱模剂,脱模剂可以选用液压油或按 1:4 的比例调配柴油和机油,严禁使用废弃的机油。

每次浇筑以 4.5 m 为一个单元。首先在承台上准确放出墩柱边线位置并弹上墨线,将墨线内的混凝土凿毛,然后用 4 cm 厚的木方垫在放样位置(便于拆除模板),接下来按正模、侧模、侧模、正模的顺序将翻模吊运至安装位置,模板下端与木方内口对齐,然后将模板相互用螺栓连成整体并安装工作平台;对于内模,须在倒角处设方便拆卸的三角木条,然后用两台经纬仪按交会法进行调位:首先对模板四个角点进行高程测量,使之等高;再调侧模,使之铅垂并平行于该墩副轴线,之后调整正模,使之铅垂并平行于该墩副轴线后再调侧模,如此反复几次,直至侧模、正模同时符合偏差要求。

模板安装完成后,由测量人员对模板进行检测,使模板实测的四角坐标与设计坐标的偏差在允许偏差内(10 mm),模板平整度用 2 m 靠尺、塞尺检测。模板安装允许偏差见表 2。

表 2 模板安装允许偏差表 /mm

项 目	允 许 偏 差
模板标高	±10
模板内部尺寸	±20
轴线偏位	10
模板相邻两板表面高低差	2
模板表面平整	5

施工中除严格控制轴线位置外,还应严格控制模板垂直度。根据现场实际情况,施工中运用分层投点测量控制墩身模板的垂直度,该方法是在承台顶面距墩身一定距离、其四角放样出四个基准点,根据基准点,用重5 kg铜丝测绳每隔一定施工高度用长钢尺在已完成的墩身上沿着墩身向上引测,检查模板偏差情况。

## 6 矩型墩混凝土浇筑

墩柱设计为C40混凝土。施工前进行了多组配合比试验,混凝土由拌和楼生产,混凝土运输车运至现场,墩柱混凝土直接用泵车(低段)或塔吊配合配料斗直接运输入仓。料斗浇筑的混凝土坍落度以10~13 cm为宜;泵车输送混凝土坍落度以15~18 cm为宜。为确保混凝土在下落过程中不离析,在模板顶布置了溜筒以串接混凝土到仓号中(垂直高度为1.5 m左右)。

为确保混凝土浇筑质量,墩身混凝土分层摊料,分层厚度为30~50 cm,每层混凝土用插入式振捣器振捣,捣棒操作应快进慢起、多点作业,振捣时要满足下列要求:

(1)插入式振捣器要垂直或略有倾斜地插入混凝土中,倾斜度不宜过大,更不能放在混凝土表面。

(2)插入式振捣器振捣时的移动间距不应超过振捣器振捣半径的1.5倍(40~50 cm),振捣器与侧模应保持5~10 cm的距离,应插入到下层混凝土5~10 cm,使上下层混凝土结合牢固。

(3)混凝土浇筑时,应进行振捣,振捣时间控制在25~40 s。振捣时出现下列情况之一时表明混凝土已振捣完成:①混凝土表面停止沉落,或沉落不明显;②振捣过程中不再出现显著气泡,或振捣器周围无气泡冒出;③混凝土表面较平坦、起浆,模板边角部位填满并充实。

混凝土的浇筑要连续进行,如因故必须间断时,间断时间要小于前层混凝土的初凝时间。

## 7 薄壁空心墩盖梁的施工

### 7.1 承重体系及底模的施工

浇筑最后一段墩身混凝土前,在墩身模板上标出带横坡的顶面线,在墩顶横向三等分处预留三道外径为180 mm的盖梁牛腿孔道,预埋PVC管按计算高度和长度布设,位置一定要准确(含坡度),并用铁丝将PVC管与墩身钢筋绑扎牢固,

墩身前、后、侧对应的孔道应在同一轴线上且水平。盖梁施工时,在三道贯通预留孔内穿一根 $\phi 130$ 钢轴(外露50 cm),在钢轴上贴墩身横向架设双拼I45工字钢,在I45工字钢上搭设盖梁横向施工平台,然后在I45工字钢纵向两头悬空部分60 cm间距均匀布设20工字钢,搭设盖梁纵向施工平台,平台支撑体系应保证有足够的强度,防止出现下挠。平台搭设完成、安装好安全围栏及安全网后再进行底模(斜模)的安装。盖梁底模安装完成之后,由测量人员对模板的轴线、起坡点高程、平面轴线进行检查、复测,待其合格之后开始安装盖梁钢筋。

### 7.2 钢筋与侧模的安装

钢筋在加工场制作成半成品,运至现场进行吊装和绑扎。制作时,严格控制钢筋骨架的尺寸,防止骨架过大或过小,用塔吊将钢筋吊到底模上进行安装。安装绑扎时严格按图纸控制骨架位置、箍筋间距,骨架安装必须保证竖直、固定,不得倾斜,并按保护层厚度支垫混凝土垫块。在预应力盖梁内埋设波纹管及锚环并穿钢绞线,波纹管定位要准确,每隔1 m安装定位筋将其固定,波纹管接头应牢固密封。侧模安装采用组合钢模板,用塔吊起吊到墩顶进行安装,侧模安装完成后进行加固,测量人员实施校模,检查横、纵轴线、高程,放出边挡块位置,在确定其钢筋位置后再安装挡块钢模、预埋钢筋垫石。盖梁侧模长拉杆的对拉一定要拉紧,拉杆分两至三层水平对拉,不得斜拉并保证侧模的垂直度。

### 7.3 盖梁混凝土浇筑

混凝土浇筑采用塔吊吊料斗浇筑,混凝土罐车运输。混凝土浇筑顺序采用先两边、后中间,底层铺满后分层浇筑的方式,浇筑混凝土时采用插入式振捣器震捣密实。

盖梁混凝土采用一次浇筑成型。浇筑时分层浇筑的每层混凝土厚度不得超过50 cm,斜向坡度不大于1:3,新旧混凝土浇筑间隔时间不大于初凝时间。振捣采用插入式振捣器振捣,振捣时采用快插慢拔的方法,并使插入后的振捣棒在混凝土中停留约30 s后再慢慢拔出。在振捣棒拔出的同时,带出混凝土中的气泡,待第二层混凝土浇筑时对第一层混凝土进行复振,以排除混凝土中的残余气泡。振捣器移动间距不得超过振捣半

径的1.5倍并与侧模保持5~10 cm的距离;振捣时应深入下层混凝土中5~10 cm。每一次振捣时应边振捣、边徐徐拔出振捣棒,并避免振捣棒碰撞模板、钢筋。在浇筑过程中,安排1个模板工观测模板情况,发现问题及时处理。

## 8 养护与拆模

薄壁空心高墩柱混凝土浇筑完成后,应按规范要求及时养护。当混凝土强度达到2.5 MPa时方可拆除侧、端模板;混凝土强度达到设计强度的70%时方可拆除支撑结构和底模。拆模后立即用塑料薄膜对墩柱进行包裹,每天定时进行洒水养护,使混凝土表面经常处于湿润状态,养护时间不少于7 d。

## 9 结语

项目部在渝广高速公路跳石河大桥薄壁空心高墩施工中,采用塔机、无支架翻模和承插型安全爬梯配合施工工艺取得了良好的效果,由此可以看出采用多种工艺配合施工是行之有效的办法。新工艺的使用,不仅可以节约人力、物力,而且解决了墩身过高造成的施工困难,并提高了施工速度,保证了工期,该施工工艺可进一步推广到其它桥梁高墩施工中。

### 作者简介:

王花馥(1973-),男,湖北浠水人,经营部副主任,经济师,从事水电工程施工技术与经营管理工作;

郑道明(1955-),男,重庆市人,调研员,教授级高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

# 乌东德水电站枢纽工程可行性研究报告通过审查

4月20日至23日,受国家发展和改革委员会委托,水电水利规划设计总院在北京主持召开会议,审查并通过了《金沙江乌东德水电站可行性研究报告》(枢纽部分)。会议认为,报告达到了可行性研究阶段勘测设计工作内容和深度的要求,基本同意该报告。标志着我国继三峡、溪洛渡之后的第三座千万千瓦级巨型水电工程、“西电东送”的骨干电源建设迈出了具有里程碑意义的一步。会议指出,乌东德水电站建设对解决广东省和华中、华东地区能源紧缺以及全国范围能源资源优化配置具有重要作用,符合我国能源发展战略要求。电站的建设将改善周边地区基础设施条件并带动当地产业发展,对推进长江经济带发展战略、促进区域协调发展具有重要意义。

会议认为,乌东德水库预留防洪库容24.4亿立方米,配合下游白鹤滩、溪洛渡、向家坝水库联合运用,可进一步提高川江沿岸城市防洪标准;配合三峡水库运用,可有效减少长江中下游地区成灾洪水和分洪损失,是长江防洪体系的组成部分。电站装机容量为10200兆瓦,多年平均年发电量389亿千瓦时,可替代燃煤发电,年节约标煤1220万吨,减少二氧化碳排放3050万吨。国家能源局新能源司副司长史立山,水电水利规划设计总院院长郑声安,云南省人民政府党组成员张登亮,四川省能源局副局长张绍军,三峡集团党组成员、副总经理毕亚雄、樊启祥,长江设计院党委书记石伯勋出席会议并发言。史立山在发言中强调,对乌东德水电站技术方案进行综合性审查是电站核准建设重要的管理环节,对确保工程方案安全可靠和经济合理具有重要作用。他提出三点希望,一是要更加重视工程长期的运行和风险控制工作,二是统筹协调好各方面的利益关系,三是高度重视施工技术选择和施工过程控制。相关各方要齐心协力、求同存异、密切配合,共同为电站尽早开工建设作出积极贡献。郑声安在发言中说,要认真总结分析已建工程经验教训,结合乌东德工程实际做好关键问题预测和预控,注意设计优化和设计过程中的控制管理,加强施工期质量控制。水电水利规划设计总院将一如既往做好技术审查和服务工作,努力推动电站工程建设和水库移民工作。张登亮、张绍军在发言中表示,云南、四川两省政府和人民将按照国家的决策部署,一如既往地积极做好乌东德水电站核准建设相关工作,为年内实现核准目标共同努力,并为三峡集团项目提供有力支持和服务。毕亚雄、樊启祥在发言中表示,三峡集团将以对国家、对工程、对人民高度负责的态度和科学严谨的作风,认真听取各方意见和建议;会同组织设计单位,主动沟通两省及国家部委,积极落实意见和建议;按照国家有关法律法规和规范程序,在尊重历史、有据可依、适应新常态的基础上,科学合理地修改完善报告。希望在国家发改委、国家能源局强有力的组织领导下,在国家有关部委和川滇两省关心支持和配合下,经过各方共同努力,乌东德电站能够早核准、早开工、早建设,为两省经济社会发展,为建设美丽中国和实现中华民族伟大复兴的中国梦早作贡献。石伯勋在发言中感谢与会领导、专家和代表对长江院设计工作的肯定,他表示,会后将逐条落实会议意见和建议,尽快完善和修改设计方案,确保工程设计方案安全、经济、合理。会议听取了长江勘测规划设计研究公司关于《金沙江乌东德水电站可行性研究报告》(枢纽部分)主要设计成果的汇报,并分水工、规划、地质、施工、机电、环保、造价、安全等8个专业组进行了认真的讨论和审议。会议成立了由国家发展和改革委员会、国家能源局等有关部委,云南、四川两省政府及有关部门,水电水利规划设计总院,三峡集团,长江勘测规划设计研究公司等单位领导和代表以及专家组正、副组长参加的领导小组,负责协调和解决审查中的有关技术、经济、资源、环境等重大问题;特别邀请了梁应辰、陈厚群、王思敬、曹文宣、张楚汉、陆佑楣、张超然、陈祖煜、钟登华等院士和专家,成立了由特邀专家和水电水利规划设计总院专家组成的专家组。30多个相关部门和单位的领导、专家及代表近300人出席会议。