

乐安水电站下游交通桥梁施工技术

强 蕾, 冯 凯

(中磊工程造价咨询有限公司, 北京 102500)

摘 要:乐安水电站建设期间,为了满足水电站施工的需求,根据设计规划在其下游修建了一座交通桥,该桥采用 $3\text{ m} \times 30\text{ m}$ 预应力混凝土 T 梁结构。鉴于该交通桥地理环境特殊,同时横跨雅砻江及 S217 省道,导致其现场作业空间受限,施工安全风险性较高。通过多方案比选,项目部最终决定采用汽车吊架梁配合钓鱼扒杆法进行 T 梁的架设方案。阐述了对汽车吊选型、吊装扒杆设计、架设等关键施工技术进行的分析过程,在安全高效的前提下按时完成了架梁任务。

关键词:预制 T 梁;汽车吊架梁;乐安水电站;钓鱼扒杆法

中图分类号:TV741;TV7;TV52

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)增 2-0108-05

Construction Technology of Traffic Bridge T-beams Erection at the Downstream of Le'an Hydropower Project

QIANG Lei, FENG Kai

(Zhonglei Engineering Cost Consulting Co., Ltd., Beijing 102500)

Abstract: In order to meet the construction needs during the construction of Le'an Hydropower Project, a traffic bridge was built according to the design plan. The bridge design adopts $3\text{ m} \times 30\text{ m}$ prestressed concrete T-beam structure. Due to the special geographical environment of the bridge, which spans the Yalong River and S217 provincial Road at the same time, the site operation space was limited, and the construction safety risks were high. Through the comparison and selection of multiple schemes, the T-beam erection scheme was finally adopted by combining the automobile hanger beam with the fishing rod method. At the same time, the key construction technologies such as the selection of automobile crane, the design and erection of the lifting rod were analyzed, and the beam erection task was completed on time under the premise of safety and efficiency.

Key words: Prefabricated T-beam; Automobile hanger beam; Le'an Hydropower Project; Fishing rod method

1 概 述

乐安水电站下游交通桥起讫里程桩号为 $K0+260.00 \sim K0+359.00$, 全长 99 m , 设计采用 $3\text{ m} \times 30\text{ m}$ 预应力混凝土 T 梁结构。该预应力混凝土 T 梁高 2 m , 采用 C50 混凝土在林达桥梁场进行预制, 从林达桥至乐安桥的运距约为 10 km 。鉴于施工现场的雅砻江右岸无施工道路, 左岸无 T 梁回转空间, 导致架梁条件复杂。

在原招标文件中考虑将乐安桥 T 梁预制场布置在右岸平缓阶地处, 但根据现场的实际情况, 受乐安下游切衣吊桥通行的限制, 其右岸不具备设置 T 梁预制场的条件; 同时, 因设计桥位的调整, 加之桥头接线未修, 调整桥位后的乐安桥基本

垂直于省道 S217, 且乐安桥台至里侧护坡墙的距离仅宽 11.2 m (其中路面宽 7 m , 路面里侧宽 4.2 m), 里侧边坡很陡, 目测坡比为 $1:0.3 \sim 1:0.5$, 基本无植被覆盖, 为崩坡积块碎石土, 且其部分坡体已经发生滑移。S217 的路面高程为 3128.42 m , 乐安桥的设计桥面高程为 3131.09 m , 其设计桥面与现有省道路面高程相差 2.67 m 。

2 架梁施工方案之比选

受架梁施工条件的限制, 项目部对以下三种方案进行了比选:

方案一: 由于运梁车回转半径为 35 m , 而目前桥台距里侧护坡的距离仅为 11.2 m 宽, 需要将 S217 省道里侧边坡开挖 24 m , 开挖后对边坡进行支护, 同时将桥址位置的省道 S217 填高

收稿日期: 2024-02-28

2.67 m,在桥两侧设置缓坡以保证通行并提供出梁体回转场地,然后采用扒杆钓鱼法进行吊装。

方案二:将梁体放在 S217 省道上,在江滩上填筑吊车回转平台,采用 3 台 150 t 吊车接力进行吊装^[1]。安装完第一跨后,将剩余两跨的梁体采用吊车抬吊至第一跨上,然后采用扒杆钓鱼法进行剩余两跨的梁体吊装。

方案三:修建下江运梁便道,将梁体运至江滩上,然后采用 240、70 t 吊车各一台在梁体两端进行抬吊(240 t 吊车布置在河滩,70 t 吊车布置在 S217 省道 0 号桥台旁)。安装完成第一跨后,将剩余两跨的梁体采用吊车抬吊至第一跨上,然后采用扒杆钓鱼法进行剩余两跨的梁体吊装。

经过比较得知:方案一的开挖方量较大,预计达 2.5 万 m^3 ;同时,为保证安全,其支护工程量亦较大,施工时间较长,省道保通的相关协调工作难度较大,且涉及后期连接线重复建设问题;项目部将方案三与方案二相比较得知:节省了 1 台吊车,但须修建下江运梁便道,同时还需增加部分吊装平台的填筑量。经总体测算:方案三比方案二节省工作量。

项目部最终选择了方案三进行乐安桥的架梁施工。该方案采用钓鱼扒杆法将扒杆与简易缆索吊相结合,在待架梁的前后墩台上各设置一副人字扒杆,配合运梁设备以绞车相互牵吊,利用前后扒杆作为承重塔,前后吊钩共同起吊梁体前端,前钩作为导向、后钩承重且随前后卷扬机的紧、放逐渐变为后钩导向、前钩承重,然后后钩摘掉起吊梁后端、落梁,利用无支架、无导梁支托的情况将梁悬空吊过桥孔,最后利用前后扒杆将梁横移落梁,到位安装。

3 架梁的施工步骤

根据实际情况需要修建施工下江施工便道和江滩吊装平台。该运梁便道根据运梁车要求其坡度不得超过 5% 的坡率,填筑时需推平碾压以保证其平整和压实度。使用运梁车将梁体运至 0 号桥台和 1 号桥墩之间。考虑到采用吊车在两端直接进行抬吊的站位和回转空间,其平台尺寸为向河中心填筑 35 m,顺河流方向填筑 55 m。平台填筑往河中心进展时,需要准备部分大块石和钢筋笼进行抛投。填筑完成后,为防止冲刷,对于上游端头和临江侧需要采用 2 m $\times$ 1.5 m $\times$ 1 m,主

筋 $\Phi 22$,副筋 $\Phi 16$,间距 25 cm 的钢筋石笼进行防护。鉴于吊装场地使用周期较长,为了保证场地的平整度,将吊车站位范围的场地碾压后硬化 20 cm 厚 C25 混凝土。

T 梁在林达桥梁场进行预制,采用龙门吊喂梁吊装,吊装采用兜托梁底起吊,运梁平车运梁^[2]。240、70 t 吊车各一台在梁体两端进行抬吊,240 t 吊车布置在河滩,70 t 吊车布置在 S217 省道 0 号桥台旁。240 t 吊车在 S217 省道伸腿作业时,考虑到省道的通行,首先在便道里侧改道并在上、下游设置安全员进行警戒。考虑到吊车站位的现场施工情况,吊装时采取先下游侧边梁 $\rightarrow$ 两片边梁 $\rightarrow$ 上游侧边梁的顺序进行吊装。

安装完成第一跨后,在第一跨上铺设轨道作为移梁过道。将剩余两跨的梁体采用吊车吊至第一跨上,然后采用扒杆钓鱼法进行剩余两跨的梁体吊装。具体的现场吊装平面布置情况见图 1。

4 吊车的选型

根据相关规定:采用双机抬吊时,宜选用同类型或性能相近的起重机,且其负载分配应安全合理。因此,采用 2 台吊机抬吊边梁时,将起重机的安全系数取 1.25。以最不利工况(吊装 30 m T 梁(边梁))为例,其起吊净重量为 69.2 t,吊索具与吊钩重量合计为 1 t,总起吊重量为 70.2 t。运梁车停于吊装平台上,根据吊装工况条件,考虑到双机抬吊,最终选择了 QY70K-I 起重机,其臂长为 11 m,工作半径为 5 m,起重量为 42 t;QAY240 起重机,臂长为 17.3 m,工作半径为 12 m,起重量为 55 t,考虑 1.25 的安全系数,即 $42+55=97\text{ t}>69.2\times 1.25=86.5\text{ t}$,能够满足现场吊装施工需求。

5 吊装扒杆的设计与制作

采用角钢焊制钢构架扒杆 2 根,主肢角钢为 $\angle 90\text{ mm}\times 90\text{ mm}\times 8\text{ mm}$,扒杆高 18 m,分三节,每节长 6 m。扒杆中间采用 M24 螺栓连接,顶部采用钢丝绳捆绑。上节上端部尺寸为 450 mm $\times$ 450 mm,中节断面尺寸为 800 mm $\times$ 800 mm,下节下端部尺寸为 450 mm $\times$ 450 mm^[3]。

①扒杆端部受力分析。将 T 梁前端运至扒杆下部时(即刚开始起吊时)扒杆受力最大,为最不利工况,假设在此最不利工况下,后缆风锚碇点至扒杆底部间的水平距离为 30 m,后缆与水平线

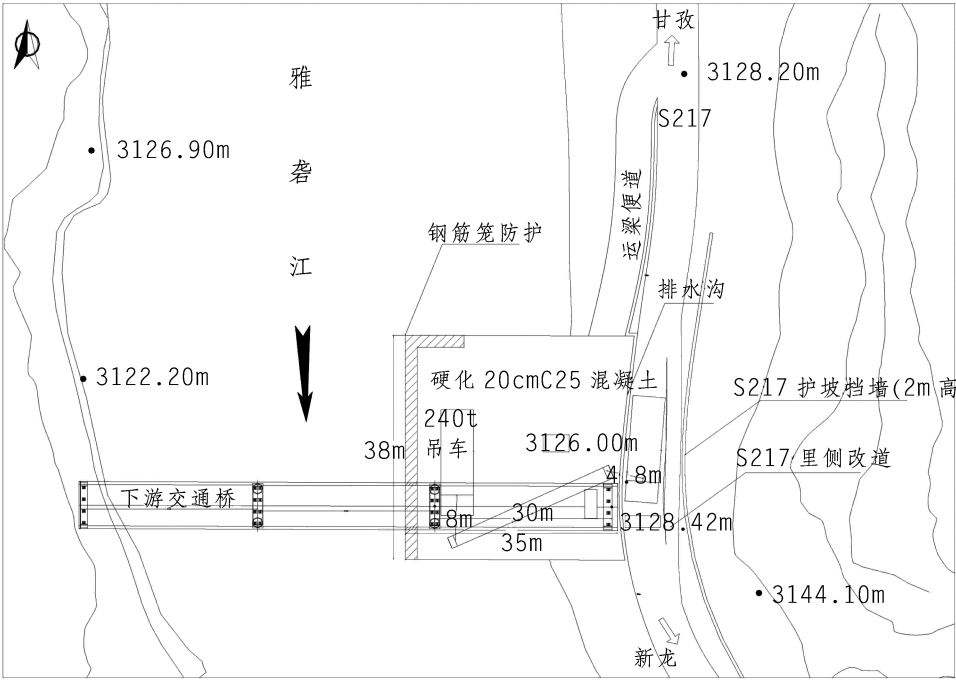


图 1 现场吊装方案平面布置图

的夹角为 $29^{\circ}35'42''$ ，起重索与扒杆的偏角为 5° ，则后缆与扒杆的夹角为 $55^{\circ}24'18''$ 。设 N 为扒杆的支撑力； G 为梁的重量，计算时取为 100 t ； T 为钢丝绳的拉力。根据力矩平衡关系进行受力分析： $T\cos29^{\circ}35'42''-N\cos85^{\circ}=0$ ； $T\sin29^{\circ}35'42''$

$+G/2-N\sin85^{\circ}=0$ （取动载系数为 1.25 ， $G=100\times1.25=125$ ）解得： $T=6.6\text{ t}$ ， $N=66.1\text{ t}$ 。

②扒杆吊装受力分析。T 梁前端吊运至跨中时其后缆受力为最不利状况，此时的扒杆吊装受力情况见图 2。

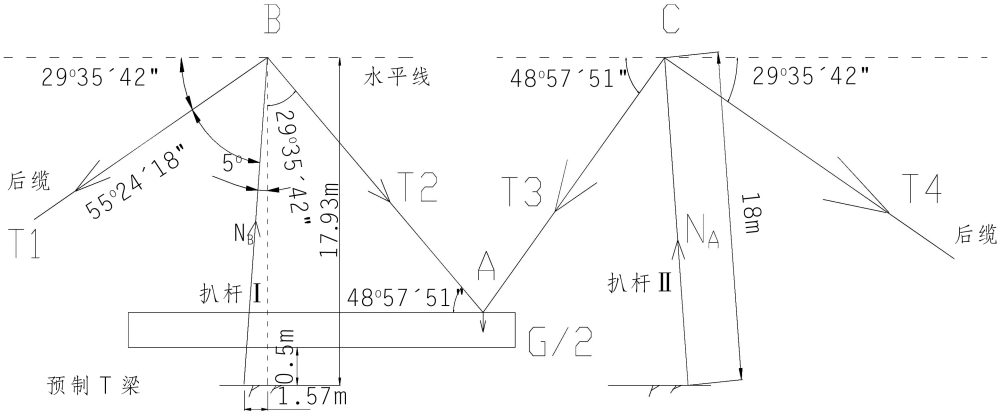


图 2 扒杆吊装受力分析图

a. 取吊点 A 为对象： $T_2=T_3$ 和 $T_2\sin48^{\circ}57'51''+T_3\sin48^{\circ}57'51''=G/2$
解得： $T_2=T_3=41.4\text{ t}$ 。

b. 取节点 B 为对象： $T_1\cos29^{\circ}35'42''-NB\cos85^{\circ}-T_2\cos48^{\circ}57'51''=0$
 $T_1\sin29^{\circ}35'42''-NB\sin85^{\circ}+T_2\sin48^{\circ}57'51''=0$

解得： $T_1=T_4=36.19\text{ t}$ ； $NB=NA=49.29\text{ t}$ 。

③扒杆的稳定性分析。因吊装边梁过程中可能会产生偏吊现象，故按独脚扒杆进行了受力验算。作用于扒杆顶部的总压力 $N_0=N_1+N_2+N_3=106.9\text{ t}$ ；作用于扒杆中部的总压力 $N_{cp}=N_1+N_2+N_3+N_4=107.65\text{ t}$ 。
式中： N_1 为荷载作用于扒杆的压力； N_2 为起重

滑轮组对扒杆的压力; N_3 为风缆自重对扒杆的压力; N_4 为核算断面的扒杆自重。

通过分析扒杆所受到的弯矩及杆部应力得知:扒杆结构能够满足施工需求。

④桥头地锚稳定性分析。该桥头的地锚埋置在风化岩体里,采用 C25 混凝土地锚。浇筑地锚时应尽量将其埋深,其几何尺寸为长 2 m,宽 1 m,深 2.5 m,混凝土容重 $\gamma=25\text{ kN/m}^3$ 。根据地锚的几何形式和地基岩层情况,可按重力式地锚进行验算。地基为风化页岩,地锚倾覆时会绕某一点转动(去掉表皮的松土和不稳定的风化岩 50 cm),通过对地貌进行抗倾覆分析得知:其上拔力及混凝土剪切应力能够满足施工需求。

6 吊装过程

6.1 汽车吊试吊

梁片与汽车吊吊钩固定完成并经现场安全人员检查确认后,下达试吊指令。两台汽车吊同时将梁片抬起 10 cm 后停止起吊,静态停止 3 min,检查吊车支腿、吊具及梁片状况,吊车司机检查仪表盘状态,在全面检查完毕并确认安全后起吊。梁片起吊到预定高度后吊车转臂,将梁片转至墩

柱上方。转臂过程中需密切关注其受力情况,发现问题立即停止转臂并进行排查处理^[4]。

6.2 支座的安装

预制 T 梁安装前,应提前在盖梁上放出支座中心线及盖梁中心线的位置,然后标识出每片 T 梁的边缘位置,再在支座垫石上按设计图标出支座位置中心线,同时在支座垫石上画出橡胶支座的边线。支座安放前,清理支座垫石的顶面,保证垫石表面清洁、平整、无油污。将支座安放在垫石上,使支座中心线与垫石中心线重合,支座就位准确^[5]。

6.3 第一跨吊车吊装

采用 240、70 t 吊车各一台在梁体两端进行抬吊,240 t 吊车布置在河滩,70 t 吊车布置在 S217 省道 0 号桥台旁。240 t 吊车在 S217 省道伸腿作业时,考虑到省道通行的因素,首先在便道里侧改道,并在上、下游设置安全员进行警戒。考虑到吊车站位现场施工情况,吊装时采取先下游侧边梁→两片主梁→上游侧边梁的顺序进行吊装。架梁的具体步骤见图 3。

6.4 第二、三跨扒杆吊装过程

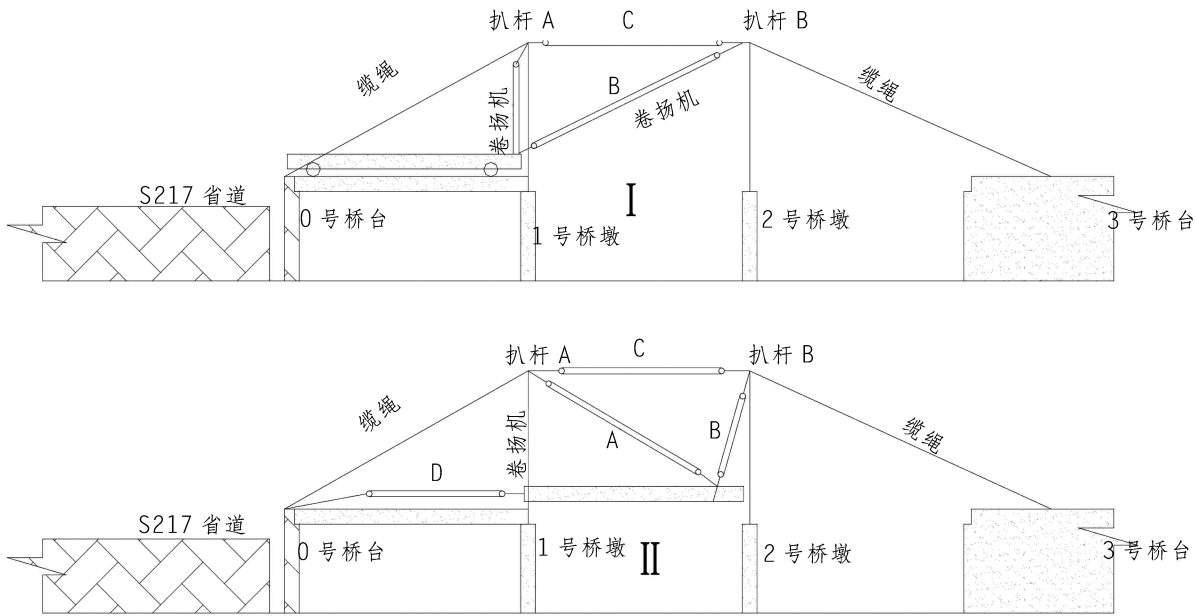


图 3 架梁步骤示意图

(1)首先将人字扒杆 A 固定在 1 号桥墩上,将人字扒杆 B 固定在 1 号墩盖梁上并用缆风绳固定,扒杆底脚采用楔形木块垫稳。扒杆上端部挂 80 t 滑轮组、穿起重钢丝绳。

(2)待预制 T 梁达到规定强度后用粗钢丝绳将梁的一端绑住、再用简易龙门吊将 T 梁吊起,人工将运梁小车放到 T 梁下面,然后将 T 梁平稳地放到运梁小车上并加以固定。将龙门吊移到 T

梁的另一端,同样将 T 梁的另一端放到另一台运梁小车上,使用一台卷扬机慢慢拉动运梁小车、直至人字扒杆 A 下方。

(3)使用卷扬机 A 吊起 T 梁的前端、用卷扬机 B 同样挂在 T 梁的前端孔内。起动卷扬机 A 将 T 梁吊起、卸掉运梁小车,再将 T 梁放平。

(4)启动卷扬机 B,同时放松卷扬机 A,使 T 梁前移。

(5)当 T 梁达到 B 点时,从 T 梁后面设防溜拉索(卷扬机 D)。使用卷扬机 B 和卷扬机 D 将 T 梁固定并将卷扬机 A 从 T 梁前端移至后端。

(6)用卷扬机 A、B 起吊,将 T 梁安装就位。

(7)第一片梁安装完成后,采用齿条式千斤顶横向移动人字扒杆到第二片梁的位置。

(8)第二跨梁吊装完成后,将扒杆 A 纵向移到原扒杆 B 的位置,此时扒杆 B 相应纵移到后面的桥墩上。架设第三孔 T 梁时,在第二孔 T 梁上安设厚木板作为临时移梁的过道。

7 结 语

乐安水电站受地形条件限制且因其同时横跨雅砻江及 S217 省道,导致现场作业空间受限,施

工安全风险较高。项目部经研究后根据现场实际条件采用两台吊车和扒杆配合、顺利完成了 T 梁吊装。现场实践证明:该架梁方法有效地克服了跨河、跨路、回转半径不足、施工作业空间受限等不利条件,无需龙门吊、架桥机等重型设备即可完成预制梁板的安装工作,所取得的经验可为类似施工条件下的架梁施工参考。

参考文献:

[1] 卢红军. 钢扒杆“双钓鱼”架梁施工技术[J]. 价值工程, 2015,34(23):81-83.

[2] 李晓龙. 炮车喂梁组合双吊机架梁施工技术在上跨桥工程中的应用[J]. 上海铁道科技, 2017,11(1):100-102.

[3] 谭继承. 薛公岭隧道大桥人字扒杆双钓鱼法架梁施工[J]. 山西建筑, 2004,30(4):109-110.

[4] 王海中. 复杂条件下大吨位汽车吊架梁施工技术[J]. 国防交通工程与技术, 2020,13(增刊 1):26-29.

[5] 代路云. 40 m 预制 T 梁吊车架施工在江通高速的应用[J]. 云南水力发电, 2022,38(4):139-143

作者简介:

强 蕾(1989-),女,陕西西安人,助理工程师,学士,从事电力行业经营管理工作;

冯 凯(1980-),男,北京房山人,工程师,学士,从事电力行业经营管理工作. (编辑:李燕辉)

(上接第 81 页)

参考文献:

[1] 周国平. 隧洞蚀变岩层洞段开挖支护施工技术研究与实践——以硬梁包水电站引水隧洞为例[J]. 四川水力发电, 2021,40(3):10-14,35.

[2] 严厚治,周正清. 大断面引水隧洞塌方处理技术研究与实践——以硬梁包水电站引水隧洞为例[J]. 四川水力发电, 2021,40(3):22-27.

[3] 项正军. 引水隧洞不良地质三维地震反射波法超前预报技术应用[J]. 四川水利, 2021,42(增刊 2):15-19.

(上接第 95 页)

实用、安全可靠,不断推动检测方法的进步。

参考文献:

[1] 岩土锚杆(索)技术规程:CECS 22:2005[S].

[2] 基坑土钉支护技术规程:CECS 96:97[S].

[3] 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范:GB 50086-2015[S].

[4] 建筑地基基础设计规范:GB 50007-2011[S].

[5] 建筑基坑支护技术规程:JGJ 120-2012[S].

[4] 胡杰,何满潮,李兆华,等. 基于三维离散-连续耦合方法的 NPR 锚索-围岩相互作用机理研究[J]. 工程力学, 2020,37(7):27-34.

[5] 蒋波. 浅论复杂地质条件下特大断面水工隧洞开挖施工技术的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2018,6(5):127-128.

作者简介:

罗 勇(1986-),男,湖北赤壁人,项目常务副经理兼总工程师,工程师,从事水电工程施工技术与管理工. (编辑:李燕辉)

[6] 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程:JTG F80-1-2017[S].

[7] 建筑地基基础工程施工质量验收标准:GB 50202-2018[S].

[8] 建筑边坡工程技术规范:GB 50330-2013[S].

[9] 公路隧道施工技术规范:JTG F3660-2020[S].

作者简介:

石伟伟(1982-),男,四川成都人,副高级工程师,学士,从事工程质量检测工作. (编辑:李燕辉)