

叶巴滩水电站大坝跨江照明系统施工技术

黄艳梅, 任定春

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213)

摘要:水电工程的大坝混凝土施工夜以继日,其夜间施工的照明及安全的重要性可想而知。阐述了叶巴滩水电站大坝施工时充分利用山区地形特点设置跨江照明系统,既满足了施工照明的需要,亦可起到高空安全警示的作用,使其成为工地一道亮丽的景观。近年来跨江照明系统在水电工程建设中开始逐步尝试使用,但其在高原高海拔恶劣气候环境地区使用尚属国内首次。鉴于今后的水电工程建设逐步向高山峡谷地区转移,叶巴滩水电站大坝跨江照明系统的成功应用即可为今后高原跨江照明系统的设计与施工提供经验。

关键词:跨江照明;主绳;检修绳;照明;施工技术;叶巴滩水电站

中图分类号:TV7;TV52;TV53

文献标识码:B

文章编号:1001-2184(2022)04-0033-04

Construction Technology of Cross-River Lighting System in Yebatan HEP

HUANG Yanmei, REN Dingchun

(Sinohydro Bureau 7 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610213)

Abstract: Given the concrete placement of dam is carried out day and night in hydropower project, the lighting system is of great importance. This paper elaborates the design of the cross-river lighting system in Yebatan hydropower project by full use of the terrain characteristics of the mountain area, which not only meets the needs of construction lighting, but also plays the role of high-altitude safety warning, making it a beautiful landscape on the construction site. In recent years, the river crossing lighting system has been gradually used in hydropower projects, but it was the first time in China that used in the plateau high-altitude harsh climate environment. Since more and more hydropower projects will be built in alpine and canyon areas in the future, the success application of the cross-river lighting system in Yebatan HEP can provide reference for the design and construction of the cross-river lighting system on the plateau in the future.

Key words: Cross river lighting; Main rope; Maintenance rope; lighting, Yebatan HEP

1 概述

叶巴滩水电站座落在四川与西藏界河——金沙江上游河段,系金沙江上游 13 个梯级水电开发中的第 7 级,上游为波罗水电站,下游与拉哇水电站衔接。叶巴滩水电站坝址位于金沙江支流降曲河口下游 600 m 处,左岸属四川省甘孜藏族自治州白玉县,右岸属西藏自治区昌都地区贡觉县。叶巴滩水电站大坝为混凝土双曲拱坝,坝顶高程 2 894 m,最大坝高 217 m,坝顶中心线弧长为 579.509 m。

叶巴滩水电站多年平均气温 9.2℃,极端最高气温 37.1℃,极端最低气温 -23.5℃,自然环境恶劣,气候寒冷干燥,昼夜温差大,多大风。叶巴滩水电站坝区两岸山体雄厚,河谷狭窄,谷

坡坡度一般为 45°~55°,为基本对称的深切“V”型峡谷。

叶巴滩水电站大坝施工时,在高程 3 000 m 处安装有 4 台 30 t 缆机。为保证缆机安全运行及大坝施工照明需求,综合考虑在高程 3 060 m 处架设了两套(1 号和 2 号)跨江照明系统,每套跨江照明系统均安装照明光带和彩灯带,照明光带包括 10 套照明灯组(单组 NTC9221 投光灯×6、照明半径 150 m、布置间距 60 m),形成了一条高空光带向下照射,完全满足大坝夜间施工照明、高空安全警示、美化工地夜景等要求。

1 号跨江照明系统跨度为 790 m,垂度为 7%,主钢丝绳采用 φ36 mm(6×36 mm+1)钢丝绳,检修钢丝绳采用 φ14 mm(6×36 mm+1)钢

收稿日期:2022-05-05

丝绳,跨江照明索道的主钢丝绳及检修钢丝绳分别锁定在左右岸高程3 060 m马道预埋的主绳及检修绳锁定地锚上^[1]。鉴于2号跨江照明系统跨度略小且施工方法相同,施工难度小,故文中不做叙述。于后阐述了1号跨江照明系统采用的施工技术。

2 跨江照明系统施工技术

2.1 总体施工思路

叶巴滩水电站大坝左、右岸高程3 000 m处有混凝土硬化过的平台且场地开阔并有施工道路可以到达,故最终选择将大坝左、右岸高程3 000 m平面作为跨江照明系统的主要安装平台。

通过对跨江照明系统主绳安装进行受力计算与分析后最终决定:在左岸高程3 000 m平台布置一台25 t卷扬机、右岸高程3 000 m平台布置一台10 t卷扬机^[2],作为主钢丝绳和检修钢丝绳的安装设备,并在左、右岸高程3 000 m平台各布置一台25 t汽车吊用于卷扬机的安装、拆除及材料的装卸。左、右岸卷扬机布置在1号跨江照明系统轴线下游约50 m处。

10 t、25 t卷扬机拆除后,在该位置安装了两台5 t检修卷扬机,以方便跨江照明系统在使用过程中的检修和维护。

2.2 跨江照明系统施工工艺流程

跨江照明系统施工的关键是主绳、检修绳过江。叶巴滩水电站大坝跨江照明系统的施工工艺流程为:施工准备→地锚安装→10 t及25 t卷扬机安装→10 t及25 t卷扬机上绳→跨江照明系统主绳安装→跨江照明系统检修绳及灯具等安装→10 t及25 t卷扬机拆除→2台5 t检修卷扬机安装→场地清理。

2.3 跨江照明系统采用的主要施工技术

2.3.1 地锚安装

地锚包括卷扬机安装用的锚板、卷扬机的导向地锚、跨江照明系统的锁定地锚三种,分述如下:

(1)卷扬机安装用的锚板。卷扬机安装用的锚板布置在左、右岸高程3 000 m平台的卷扬机安装处。每台卷扬机设置4个地锚锚板,每个锚板水平布置;每个地锚锚板焊接2根锚筋,锚筋采用 $\varphi 25$ mm砂浆锚杆,垂直锚入平台基岩4.5 m深。锚板通过锚杆与基岩牢固连接。

(2)卷扬机的导向地锚。卷扬机导向地锚布置于高程3 060 m马道上方1 m(即高程3 061 m)处,左、右岸各布置两个,共4个。其中两个分别布置在左、右岸卷扬机中心轴线处(即跨江照明系统轴线下游约50 m处),另外两个导向地锚分别布置在左、右岸跨江照明系统轴线正下方。导向地锚锚板铅垂布置,每个地锚锚板设置8根锚筋,锚筋采用 $\Phi 28$ mm砂浆锚杆,水平锚入边坡基岩4.5 m深。为加强锚杆与边坡基岩的锚固,利用膨胀螺栓的构造原理,将锚杆底部劈开楔入三角形铁块并将铁块与锚杆焊接形成整体。另外,为加强导向地锚锚板、锚杆与边坡的有效连接,在导向地锚锚板处浇筑800 mm长、800 mm高的锚墩混凝土^[3]与边坡形成整体,待锚墩混凝土强度达到设计强度后,对导向地锚实施拉拔试验,以确定其是否满足30 t的设计要求。

(3)跨江照明系统的锁定地锚。跨江照明系统的锁定地锚布置在卷扬机导向地锚上方1 m(即高程3 062 m)处,左、右岸跨江照明系统轴线正下方,左、右岸各布置了3个(分别为主钢丝绳锁定地锚、检修钢丝绳锁定地锚、临时锁定地锚),共6个。锁定地锚的锚板、锚杆和锚墩混凝土设计均与卷扬机的导向地锚相同,在此不再叙述。

2.3.2 10 t及25 t卷扬机的安装及上绳

(1)卷扬机安装。25 t和10 t卷扬机分别布置在左、右岸高程3 000 m平台1号跨江照明系统轴线下游50 m处。卷扬机安装在之前设置的水平锚板处并与水平锚板焊接牢固。

(2)25 t卷扬机上绳。在左岸高程3 000 m平台,将1 000 m长、 $\varphi 36$ mm钢丝绳的绳盘用25 t汽车吊吊起、安装在钢丝绳绳盘支架上,然后将 $\varphi 36$ mm钢丝绳绳头引出连接至25 t卷扬机上,通过25 t卷扬机收绳将1 000 m长、 $\varphi 36$ mm钢丝绳带力1.5 t安装至卷扬机上。必须注意将钢丝绳排列整齐。

(3)10 t卷扬机上绳。在右岸高程3 000 m平台,将1 000 m长、 $\varphi 26$ mm钢丝绳的绳盘用汽车吊吊起安装在钢丝绳绳盘支架上,然后将 $\varphi 26$ mm钢丝绳绳头引出连接至10 t卷扬机上,通过10 t卷扬机收绳将1 000 m长、 $\varphi 26$ mm钢丝绳带力1.5 t安装至卷扬机上,钢丝绳排列

整齐。

2.3.3 跨江照明系统主绳的安装^[4]

(1)将右岸 10 t 卷扬机的 $\varphi 26$ mm 钢丝绳由人工拖拽的方式依次通过右岸的两个导向地锚牵引至右岸固定式缆机轴线下方；

(2)将左岸 25 t 卷扬机的 $\varphi 36$ mm 钢丝绳通过人工拖拽的方式依次通过两个导向地锚，牵引至左岸固定式缆机轴线下方；

(3)将 $\varphi 36$ mm 钢丝绳有绳环的一端挂于固定式缆机大钩上，另一端通过绳卡与右岸 10 t 卷扬机 $\varphi 26$ mm 钢丝绳连接牢固(绳卡共安设 7 个，每个间距 300 mm， $\varphi 26$ mm 钢丝绳与 $\varphi 36$ mm 单绳环锁定绳连接后留 10 m 长的绳头以便于与左岸 $\varphi 36$ mm 钢丝绳连接)，固定式缆机需吊 15 t 配重，以防止大钩被钢丝绳拉斜^[5]；

(4)通过固定式缆机，将右岸 $\varphi 26$ mm 钢丝绳缓慢牵引至左岸 25 t 卷扬机已引出的 $\varphi 36$ mm 钢丝绳处；

(5)将预留的 $\varphi 26$ mm 钢丝绳 10 m 长的绳头与 $\varphi 36$ mm 钢丝绳通过钢丝绳绳卡连接牢固(绳卡共安设 10 个，每个绳卡间距 300 mm)，然后将 25 t 卷扬机收绳，使 $\varphi 36$ mm 单绳环锁定绳松弛，拆除 $\varphi 36$ mm 单绳环锁定绳，完成 $\varphi 26$ mm 牵引钢丝绳过江。其中 $\varphi 36$ mm 钢丝绳与 $\varphi 26$ mm 钢丝绳连接后一定要预留 10 m 长的绳头以便于其与右岸主绳锁定地锚连接；

(6)通过 25 t 卷扬机放绳，10 t 卷扬机收绳，将 $\varphi 36$ mm 主钢丝绳缓慢牵引至右岸主绳锁定地锚处；

(7)将预留的 $\varphi 36$ mm 主钢丝绳 10 m 长的绳头形成绳环(绳卡要安装牢固，绳卡共安设 11 个，前 10 个绳卡每个绳卡间距 300 mm，最后在距第 10 个绳卡 500 mm 处安设 1 个安全绳夹以便于观察钢丝绳有无滑移)，然后将制作好的绳环与右岸主绳锁定地锚连接牢固；

(8)通过 10 t 卷扬机缓慢放绳使 $\varphi 26$ mm 钢丝绳松弛后，解除 $\varphi 26$ mm 钢丝绳与 $\varphi 36$ mm 钢丝绳连接的绳卡；

(9)通过 25 t 卷扬机收绳、将 $\varphi 36$ mm 主绳张紧(经计算，张紧后的 $\varphi 36$ mm 主绳的垂度应控制在 6.7%，后续将 $\varphi 36$ mm 主绳固定在左岸主

绳锁定地锚后，主绳垂度增大到 7%)；

(10)在左岸利用 1 根 5 m 长的 $\varphi 36$ mm 单绳环锁定绳将 $\varphi 36$ mm 主绳临时锁定至左岸临时锁定地锚上(锁定绳绳环的一端与临时地锚连接，锁定绳绳头的另一端通过绳卡与 $\varphi 36$ mm 主绳连接)；

(11)截断多余的 $\varphi 36$ mm 主绳，通过与右岸相同的方式将 $\varphi 36$ mm 主钢丝绳与左岸主绳锁定地锚连接牢固；

(12)在 25 t 卷扬机上截断部分 $\varphi 36$ mm 钢丝绳，通过绳卡与锁定好的 $\varphi 36$ mm 主钢丝绳连接牢固；

(13)通过 25 t 卷扬机收绳，使 $\varphi 36$ mm 单绳环锁定绳放松，然后拆除 $\varphi 36$ mm 单绳环锁定绳与 $\varphi 36$ mm 主绳的连接；

(14)通过 25 t 卷扬机放绳，拆除 $\varphi 36$ mm 主钢丝绳上的绳卡，完成 1 号跨江照明系统主绳的安装。

2.3.4 跨江照明系统检修绳及灯具的安装

(1)将右岸 10 t 卷扬机上的 $\varphi 26$ mm 钢丝绳退出并盘到钢丝绳绳盘上，然后采用与上述相同的方式将 1 200 m 长、 $\varphi 14$ mm 钢丝绳安装至 10 t 卷扬机上；

(2)将左岸 25 t 卷扬机上的 $\varphi 36$ mm 钢丝绳退出并盘到钢丝绳绳盘上，然后采用与上述相同的方式将 1 200 m 长、 $\varphi 14$ mm 钢丝绳安装至 25 t 卷扬机上；

(3)将右岸 10 t 卷扬机上的 $\varphi 14$ mm 钢丝绳采用人工拖拽的方式依次通过右岸的导向地锚牵引至右岸高程 3 000 m 平台固定式缆机轴线下方；

(4)将左岸 25 t 卷扬机上的 $\varphi 14$ mm 钢丝绳采用人工拖拽的方式依次通过导向地锚牵引至左岸高程 3 000 m 平台固定式缆机轴线下方；

(5)将 $\varphi 14$ mm 单绳环锁定绳绳环的一端挂于固定式缆机大钩上，绳头的另一端通过绳卡与 $\varphi 14$ mm 钢丝绳连接牢固(绳卡共安设 6 个，每个间距 100 mm， $\varphi 14$ mm 钢丝绳与 $\varphi 14$ mm 单绳环锁定绳连接后留 5 m 长的绳头以便于其与左岸 $\varphi 14$ mm 钢丝绳连接)，固定式缆机需吊 15 t 配重以防止大钩被钢丝绳拉斜；

(6)通过固定式缆机将右岸 $\varphi 14$ mm 钢丝绳缓慢牵引至左岸已引出的 $\varphi 14$ mm 钢丝绳处;

(7)将预留的 5 m 长、 $\varphi 14$ mm 钢丝绳与左岸 $\varphi 14$ mm 钢丝绳通过钢丝绳绳卡连接牢固(绳卡共安设 6 个,每个绳卡间距 100 mm),然后 25 t 卷扬机收绳,使 $\varphi 14$ mm 单绳环锁定绳松弛,拆除 $\varphi 14$ mm 单绳环锁定绳与 $\varphi 14$ mm 钢丝绳上的绳卡,完成 $\varphi 14$ mm 牵引钢丝绳的过江。其中左岸 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳与 $\varphi 14$ mm 牵引钢丝绳连接后需预留 5 m 长的绳头,以便于其与右岸检修绳锁定地锚连接;

(8)通过 25 t 卷扬机放绳,10 t 卷扬机收绳将 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳缓慢牵引至右岸检修绳锁定地锚处;

(9)在 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳从左岸锁定地锚处放出的同时安设彩灯带,彩灯带用挂钩与检修钢丝绳连接(每个挂钩间距约 1 m);

(10)当 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳放出约 110 m 时,同步进行照明灯组的安装,每个照明灯用滑轮挂于主钢丝绳上并与检修钢丝绳连接,照明灯电缆亦与检修钢丝绳用挂钩连接(每个挂钩间距约 1 m),第一组照明灯组安装完成后,每隔 60 m 进行下一组照明灯组的安装,总计安装 10 组;

(11)检修钢丝绳到达右岸后,将预留的 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳 5 m 长的绳头形成绳环(绳卡要安装牢固,绳卡共安设 7 个,前 6 个绳卡每个绳卡的间距为 100 mm,最后在距第 6 个绳卡 500 mm 处安设 1 个安全绳卡以便于观察钢丝绳有无滑移),然后将制作好的绳环与右岸检修绳锁定地锚连接牢固;

(12)通过右岸 10 t 卷扬机放绳,使右岸 $\varphi 14$ mm 牵引钢丝绳放松,解除右岸 $\varphi 14$ mm 牵引钢丝绳与左岸 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳连接的绳卡;

(13)通过 25 t 卷扬机收绳,将 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳张紧(张紧后应将 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳的垂度控制在 7.5%);

(14)在左岸利用 1 根 3 m 长的 $\varphi 14$ mm 单绳环锁定绳将 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳临时锁定至左岸临时锁定地锚上(锁定绳绳环的一端与临时地锚连接,锁定绳绳头的另一端通过绳卡与 $\varphi 14$ mm

检修钢丝绳连接);

(15)截断多余的 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳,通过与右岸相同的方式将 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳与左岸检修钢丝绳锁定地锚连接牢固;

(16)在 25 t 卷扬机上截断部分 $\varphi 14$ mm 钢丝绳,再通过绳卡与锁定好的 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳连接牢固;

(17)通过 25 t 卷扬机收绳,使 $\varphi 14$ mm 单绳环锁定绳放松,然后拆除 $\varphi 14$ mm 单绳环锁定绳与 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳的连接;

(18)通过 25 t 卷扬机放绳,拆除 $\varphi 14$ mm 检修钢丝绳上的绳卡,完成 1 号跨江照明系统检修钢丝绳及灯具的安装。

2.3.5 10 t、25 t 卷扬机的拆除

完成跨江照明系统安装后,利用氧气、乙炔将焊接固定于左、右岸的 25 t 及 10 t 卷扬机分别拆除,拆除后分别利用 25 t 汽车吊装车将其运输至仓库妥善存放。

2.3.6 两台 5 t 检修卷扬机的安装

在拆除 25 t 及 10 t 卷扬机的锚板位置分别安装两台 5 t 检修卷扬机并将其与锚板焊接牢固。

3 结语

叶巴滩水电站凌空跨江照明系统的成功实施,为大坝混凝土浇筑(特别是夜间施工)奠定了基础,为大坝混凝土的施工安全和进度提供了保障,使其成为高原、山区工地的一道亮丽景观,为枯燥乏味的工地生活增添了色彩,其取得的经济效益和社会效益显著,值得类似工程借鉴。

参考文献:

- [1] 重要用途钢丝绳,GB8918-2006[S].
- [2] 建筑卷扬机,GB/T1955-2019[S].
- [3] 混凝土结构设计规范,GB50010-2010[S].
- [4] 叶红学,袁青,陈小超.跨江照明系统在乌东德水电站大坝施工中的应用[J].科技风,2018,31(16):174+178.
- [5] 起重机械安全规程,GB6067.1-2015[S].

作者简介:

黄艳梅(1979-),女,四川仁寿人,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

任定春(1976-),男,四川盐亭人,项目常务副经理,工程师,从事市政工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)