

# 贝雷架在水电站大跨度板梁施工中的应用

毛应飞<sup>1</sup> 刘朝建<sup>2</sup>

(1. 贵州北盘江电力股份有限公司, 贵州 贵阳 550002;  
2. 中国水利水电第九工程局有限公司, 贵州 贵阳 550002)

**【摘要】** 马马崖一级水电站进水口、尾水出口板梁由于各种因素的限制,无法采用预制安装的施工方式,本文提出了以贝雷架为支撑,拉筋反拉的板梁整体现浇施工方案。该方案在保证板梁浇筑质量及施工安全的前提下,缩短了施工进度,节约了大型起重吊装设备租赁成本,效果良好。

**【关键词】** 水电站;贝雷架;大跨度板梁;整体现浇

中图分类号: TU642

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2018)07-022-04

## Application of Bailey truss in the construction of long-span plate girder of hydropower station

MAO Yingfei<sup>1</sup>, LIU Chaojian<sup>2</sup>

(1. Guizhou Beipanjiang Electric Power Co., Ltd., Guiyang 550002, China;  
2. China Water Conservancy and Hydropower Ninth Engineering Bureau Co., Ltd., Guiyang 550002, China)

**Abstract:** Mamaya level I hydropower station water inlet and tail water outlet plate girder cannot be constructed in the mode of prefabricated installation due to restriction of various factors. Integral cast-in-place construction plans of plate girder are embodied with Bailey truss as support, which is pulled backwards by tie bars. The plan shortens the construction progress, and saves the lease cost of large hoisting equipment under the precondition of ensuring plate girder casting quality and construction safety, thereby achieving sound effect.

**Key words:** hydropower station; Bailey truss; long-span plate girder; integral cast-in-place

### 1 工程概述

马马崖一级水电站位于北盘江中下游,地处贵州省关岭县花江大桥上游 20.20km 的峡谷中。为北盘江干流(茅口以下)梯级开发的第二个电站,其上游为光照水电站,下游为董箐水电站。电站装机容量 558MW,共安装 3 台单机容量为 180MW 的水轮发电机组和 1 台 18MW 的生态小机组。马马崖一级水电站是

一座以发电为主,兼顾航运功能的大(2)型工程。

进水口、尾水出口均布置在大坝左岸,进水口 EL592 平台与尾水出口 EL540.5 尾水平台均由 3 孔现浇板梁和 2 孔预制板梁组成,进水口 EL592 平台预制板梁底部为进水口 EL565.5 预留岩埂,预制板梁悬空高度 28.5m,尾水出口 EL540.5 平台预制板梁底部为尾水出口 EL500.5 预留岩埂,预制板梁悬空高度 40m。

## 2 工程重点及难点分析

### 2.1 预制板梁施工难度大

进水口、尾水出口预制板梁截面较大,主梁(T形)最大截面为 $1.51\text{m} \times 1.20\text{m}$ ,最大净跨达 $10.50\text{m}$ ,板梁自重大,预制板梁底部悬空高度达 $40\text{m}$ ,属于特级高空作业,质量、安全隐患突出。

### 2.2 施工限制因素多

进水口、尾水出口由于金结安装单位正在进行闸门吊装焊接,进水口平台及尾水出口平台已堆放了各种大型金属构件,造成施工场地狭窄,“T”形梁预制没有足够的施工场地,同时预制板梁自重较大,跨度较长,大型吊车现场吊运安装作业困难。

## 3 施工方案选择

根据以上工程特点分析,由于预制板梁施工受到场地环境因素影响,没有足够的场地进行板梁构件预制及吊装,为此必须对进水口及尾水出口预制板梁施工方案进行优化,将板梁构件预制调整为板梁整体现浇。

### 3.1 搭设满堂脚手架

由于预制板梁底部悬空高度较高,在板梁底部搭设满堂脚手架进行施工工程量大,在板梁结构施工完成后脚手架拆除工程量大,难度高,且等待龄期较长(28天)。

### 3.2 预埋工字钢

在板梁底部埋设工字钢作为支撑体系进行施工,工字钢预埋时需用吊车吊装就位,再采用人工焊接,工字钢两端支座需埋入混凝土内,同时由于工字钢在板梁底部,板梁混凝土浇筑施工完成后拆除时工字钢自重大,底部悬空高,梁板浇筑完成后已形成整体,工字钢在拆除时必须割成小块逐一转运,工字钢无法回收,费用较大,拆除难度高,安全隐患突出。

### 3.3 安装贝雷架

在板梁上方安装贝雷架,作为板梁支撑系统,单跨贝雷架只需一次组装完成,逐跨采用吊车吊装就位,在

第2孔板梁施工时可直接推送就位,同时贝雷架在板梁结构上部,安装拆除方便,板梁底部只需拆除底模及操作平台,拆除工程量小,施工难度及施工风险均较前两种方案有所减少,并且贝雷架不会埋入混凝土内,材料可重复利用,节约工程投资。

综上所述,采用第三种安装贝雷架方案作为支撑系统进行板梁施工风险、投资最小。

## 4 贝雷架选择及验算

根据设计蓝图计算分析,进水口预制梁跨度及截面均较尾水出口板梁大,在计算时,取进水口板梁作为计算对象,单孔板梁重量如下:

$$La_1 \text{ 梁 (共 2 根)} V_1 = 0.63\text{m}^2 \times 11.9\text{m} \times 2 = 14.994\text{m}^3。$$

$$La_2 \text{ 梁 (共 7 根)} V_2 = 0.684\text{m}^2 \times 11.9\text{m} \times 7 = 56.98\text{m}^3。$$

$$\text{横隔板 (共 3 道)} V_3 = 6.9\text{m}^2 \times 0.2\text{m} \times 3 = 4.14\text{m}^3。$$

$$\text{板面 } V_4 = 1.55\text{m}^2 \times 11.9\text{m} = 18.45\text{m}^3。$$

$$\text{楼板总重 } V = 14.994 + 56.98 + 4.14 + 18.45 = 94.56\text{m}^3 \times 3\text{t}/\text{m}^3 \text{ (钢筋混凝土密度)} = 283.68\text{t}$$

闸墩孔跨度为 $11.90\text{m}$ (实际净跨 $10.50\text{m}$ ),考虑5榀贝雷架承重,因此均布荷载为:

$$\text{荷载 } Q = 283.68\text{T} \times 10\text{kN}/\text{T} \div (5 \times 11.5\text{m}) = 49.34\text{kN}/\text{m}。$$

考虑荷载安全系数1.7,即最大弯距和剪力如下:

$$\text{弯矩 } M_{\max} = 1.7 \times ql^2 \div 8 = 1.7 \times 49.34 \times 11.5^2 \div 8 = 1386.61\text{kN} \cdot \text{M}$$

$$\text{剪力 } Q_{\max} = 1.7 \times ql \div 2 = 1.7 \times 49.34 \times 11.5 \div 2 = 482.30\text{kN}$$

经查阅《装配式公路钢桥多用途使用手册》中桁架结构容许内力表(见表1)可知,不加强桥梁双排单层最大弯矩为 $1576.4\text{kN} \cdot \text{M}$ ,最大剪力为 $490.5\text{kN}$ 。

故:

$$\text{弯矩 } M_{\max} = 1386.61\text{kN} \cdot \text{M} < 1576.4\text{kN} \cdot \text{M}$$

$$\text{剪力 } Q_{\max} = 482.30\text{kN} < 490.5\text{kN}$$

因此,采用5榀贝雷架结构满足要求。

表1 桁架结构容许内力

桥型 容许内力	不加强桥梁					加强桥梁				
	单排单层	双排单层	三排单层	双排单层	三排双层	单排单层	双排单层	三排单层	双排双层	三排双层
弯矩/(kN·M)	788.2	1576.4	2246.4	3265.4	4653.2	1687.5	3375	4809.4	6750	9618.8
剪力/kN	245.2	490.5	698.9	490.5	698.9	245.2	490.5	698.9	490.5	698.9

贝雷架单个桁架单元长度3m,预制梁跨度为11.50m,实际净跨10.50m,加上钢梁两端头搭接长度(按至少1.50m考虑),每榀贝雷架长度 $L = 11.50m + 1.50m + 1.50m = 14.50m$ ,单层需要贝雷片 $5片 \times 3m = 15m > 14.50m$ 。

所以单孔板梁贝雷架需要的材料:桁架单元 $5片 \times 2排 \times 5榀 = 50片$ ,销子 $8个 \times 2排 \times 5榀 = 80个$ ,连接片 $6个 \times 5榀 = 30个$ 。

#### 桁架单元荷载验算

根据《装配式公路钢桥多用途使用手册》,单个桁架单元承受的荷载标准值为75kN,经校核,单孔板梁每片桁架受力为:

$$283.68T \times 1.7(\text{安全系数}) \times 10kN/T \div 50(\text{片}) = 96.45kN > 75kN(\text{标准值})$$

因此单个桁架单元不能满足受力要求,必须在单个桁架单元上、下设置加强弦杆,设置加强弦杆后可成倍提高标准荷载值,即设置加强弦杆后单个桁架单元承受荷载标准值为150kN,单孔板梁每片桁架受力 $96.45kN < 150kN$ ,满足要求。

经以上计算,在贝雷架单个桁架单元上下设置加强弦杆,单孔板梁共增加 $50片 \times 2 = 100根$ 。综上所述,贝雷架所需主要材料见表2。

表2 单孔板梁贝雷架主要材料用量

序号	名称	单位	数量
1	桁架单元	片	50
2	销子	个	80
3	连接片	个	30
4	加强弦杆	个	100

贝雷架布置时,平均分布于进水口、尾水出口预制

板梁位置。为便于贝雷架拆除安装以及防止贝雷架将已浇筑的板面混凝土破坏,在贝雷架底部垫设枕木,并在枕木两侧设置工字钢。在贝雷架上方设置 $\phi 48$ 钢管架网,间排距 $0.60m \times 0.60m$ ,采用 $\phi 16$ 圆钢作为拉筋对板梁模板进行反拉加固。

$\phi 16$ 拉筋单根受力为42.20kN;拉筋间排距为 $0.60m$ ,即受力面积为 $0.36m^2$ ,木模板自重取 $0.50kN/m^2$ ,施工人员荷载取 $2kN/m^2$ ,混凝土下料时产生的水平荷载取 $2kN/m^2$ 。

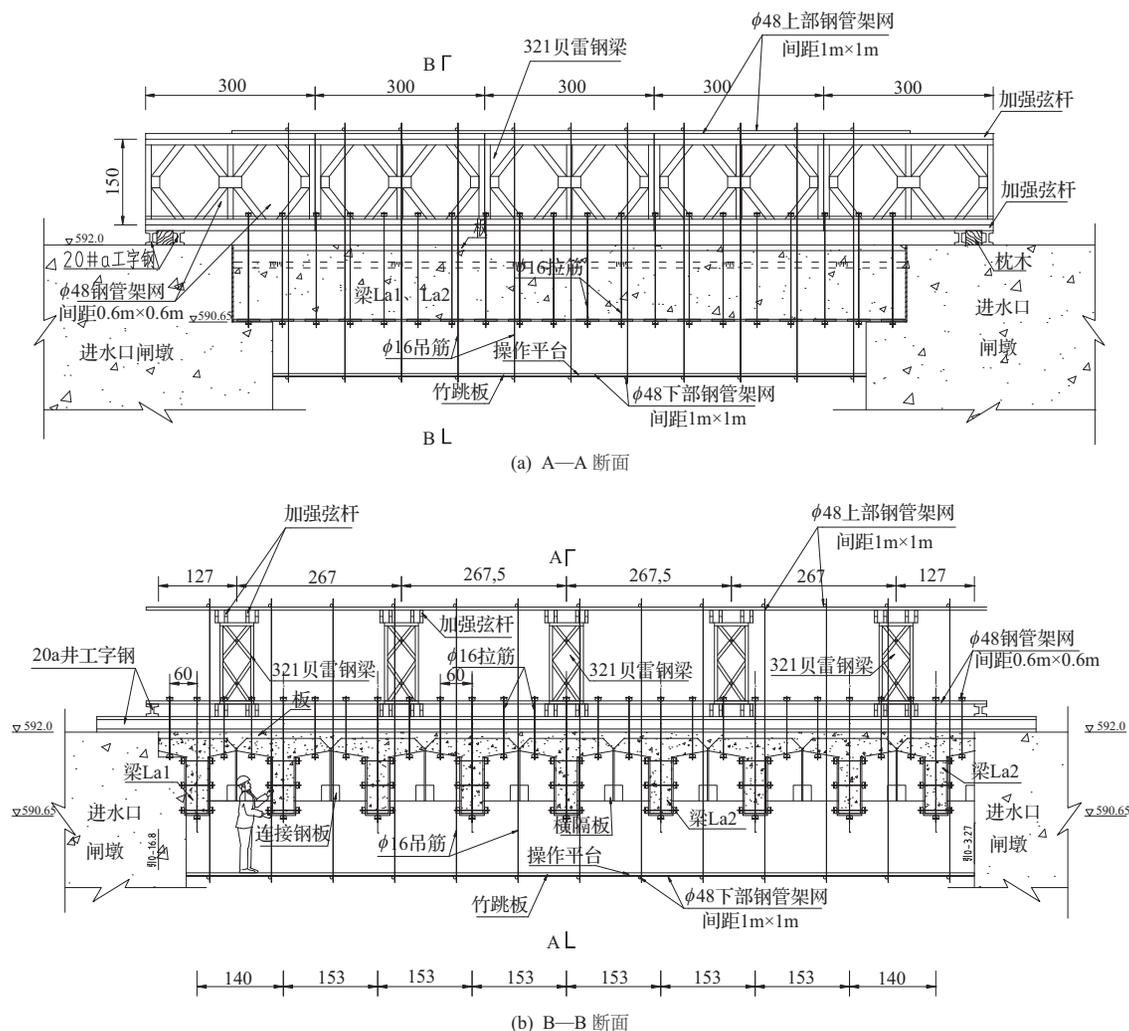
$$\text{作用在 } \phi 16 \text{ 拉筋的力 } N = P_{\text{总}} \times 1 \times 1 = (283.65 \times 1.7(\text{安全系数}) \times 10 \div (13.53 \times 11.9) + (0.50 + 2 + 2)) \times 0.60 \times 0.60 = 12.4kN < 42.20kN, \text{ 满足要求。}$$

同时,采用 $\phi 48$ 钢管在梁底部搭设操作平台,操作平台钢管间距 $1m \times 1m$ ,平台上满铺竹跳板。

## 5 贝雷架安装及梁底部操作平台搭设

贝雷架采用人工在进水口、尾水出口已浇筑的闸墩现浇板梁平台进行拼装,将桁架单元按照施工方案中贝雷架安装图有序排放,并采用连接销子连接,拼装好的贝雷架采用8t汽车吊吊运,人工配合安装。

贝雷架安装好后对贝雷架进行加固,在贝雷架两端各设置插筋将其固定,并在贝雷架顶部搭设钢管架网,间距 $1m \times 1m$ 。上部钢管架网搭设完成后进行梁底部操作平台钢管架网安装,上下两层钢管架网间采用 $\phi 16$ 吊筋连接,吊筋间距同钢管架网间距,吊筋上下均制作成“6”形,并将弯钩回弯焊接牢固。操作平台下部钢管网采用 $\phi 48$ 钢管沿吊筋弯钩内逐一穿过,最后形成钢管架网。为便于人员施工,在钢管架网上满铺竹跳板形成操作平台,并在操作平台四周设置安全护栏,保证作业人员安全。贝雷架布置见下页图。



贝雷架布置图

## 6 板梁模板安装及钢筋制安

预制板梁模板采用木模板进行安装,首先进行拉筋和钢管围楞施工,底模、边模上部采用“锁口、拉、衬”等方式加固,模板缝隙采用封口胶带作嵌缝处理,防止漏浆。在模板安装时,为便于后期模板及操作平台拆除,在板上部预留  $1.50\text{m} \times 1.50\text{m}$  进入孔,待后期材料拆除完毕后单独浇筑二期混凝土将其封闭。

板梁钢筋严格按照图纸进行下料制作,采用人工转运至作业面进行绑扎,首先进行梁的钢筋安装,最后进行板面的钢筋安装。

## 7 混凝土浇筑

由于施工场地狭窄,若采用普通混凝土泵进行浇

筑,则混凝土泵泵送距离较长,不利于混凝土浇筑。为便于混凝土浇筑入仓,保证浇筑质量,在板梁混凝土浇筑过程中采用混凝土汽车泵进行浇筑。同时,由于预制梁自重较大,为保证安全,在进水口、尾水出口梁浇筑过程中采取分区域、分段间隔下料,将每组贝雷架部位作为一个分区,间隔下料,各区域先浇筑“T”形梁下部梁腹一半高度,然后再进行剩余部分梁及板面混凝土浇筑。

## 8 贝雷片拆除

在板梁混凝土浇筑完成并达到龄期后,对板梁模板及贝雷架进行拆除,板梁底部模板及加固钢管等采用人工将模板、钢管等切割成块分批次从板面预留的孔洞中转运至地面。先进行板梁模板(下转第30页)