

峡谷地区大跨度贝雷桥施工技术研究

熊 涛, 罗朝贵, 李佳宾

(中国水利水电第九工程局有限公司, 贵州 贵阳 550081)

摘 要:某水电站勘探便道位于西藏自治区昌都市,是电站场内道路和导流洞等能够尽快施工的必要条件。勘探便道跨澜沧江部位采用单跨、净跨 54.864 m 贝雷桥。为使便道能尽快投入使用,满足电站关键项目施工工期要求,采用 200 型双层上下加强型贝雷钢桥,通过悬臂推送法施工,在原有施工方法的基础上进行改进,利用钢桥的构件循环使用,在不增加额外导梁部件的前提下,15 d 内完成全桥的架设,以节约成本,取得经济效益的最大化,可供类似工程借鉴。

关键词:峡谷地区;大跨度;贝雷桥;悬臂推送法

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)08-0196-05

0 引 言

在我国,早期贝雷桥主要应用于军事上即军用钢桥。现在,贝雷桥除了作为战备钢桥外,已经广泛应用于抢险救灾、交通工程、危桥加固等各领域。比如 2008 年 5·12 汶川地震期间,就有大量的贝雷桥用于抢险救灾。贝雷桥对抗震救灾物资前运、伤员后送及群众撤离起到了较为关键的作用^[1]。贝雷桥架设的方法很多,如悬臂推送法、浮运架设法、整孔吊装法、就地拼装法、尾架推出法等,但一般都采用设备简单的悬臂推送法。该方法架设迅速,安全可靠,不需要大的起重设备,工人稍加培训就能承担架设任务。贝雷桥大多为多跨设计,单跨、净跨为大跨度的贝雷桥一直是技术人员所关注的。西藏波罗水电站贝雷桥达到单跨 45 m,采用配重法安装,实现贝雷桥的成功架设。西藏 ZM 水电站中采用 CB200 型贝雷桥,采用悬臂推移法,在高海拔地区积累了成功经验。圣巴勃罗水电站中贝雷桥总长 51.816 m,亦是采用最简单的悬臂平推法,12 d 完成全桥施工。白石窑枢纽二线船闸门库段地连墙区贝雷桥跨度为 36 m,通过研制贝雷桥整体吊装及稳定加固装置,保证吊装过程中贝雷桥整体稳定性和吊装安全性。

1 工程概述

某水电站勘探便道位于西藏自治区昌都市,是

电站场内道路和导流洞等能尽快施工的必要条件。沿线布置隧洞 2 座,总长 419 m,贝雷桥 1 座,净跨 54.864 m,总长 68.764 m。

贝雷桥设计为单车道,桥面宽 4.2 m,设计荷载为 60 t;设计行车速度 5 km/h,设计洪水频率为 20 a 一遇,采用 200 型贝雷片,双层上下加强型。

2 施工方案对比分析

悬臂推送法:贝雷桥安装最简单、安全的方法,贝雷桥为 18 跨即需要 54 m 的安装场地,左岸桥台安装场地具备悬臂平推法安装条件。此方案可行。

门架钢丝绳吊装法:采用两岸桥台门架钢丝绳吊索安装方法,所需两条主索钢丝绳需要专门制作加工,左右岸门架钢材用量大,且设备无法到达右岸,主索跨河架设难度大、时间长,成本昂贵,而且安装风险较大,任何一个吊具、地锚出现问题,后果都不堪设想。此方案不可行。

直接吊装法:采用 120~160 t 大吨位吊车吊装,一是进场沿线道路窄、弯拐大,吊车无法到达吊装现场;二是吊装费用高。此方案不可行。

根据现场实际安装地形条件,经现场方案论证,最终决定采用悬臂推送法。同时,贝雷桥施工右岸无临时道路,导梁构件无法及时转运,施工难度大^[2]。基于上述,创新贝雷桥导梁构件运输装置,利用右岸边坡原走线基础,布置钢丝绳滑索,推出岸设置卷扬机,人工配合滑轮将构件材料直接转运至推出岸,用于主桥架设。

收稿日期:2022-06-24

作者简介:熊涛(1996—),男,本科,助理工程师,从事水利水电工程、公路工程施工技术与管理工作。

3 大跨度贝雷桥快速施工工艺

3.1 前期准备工作

根据施工现场的地形、道路状况,在推出岸的桥头具备堆放钢桥部件、工具的位置和建桥车辆掉头的场地。钢桥构件的堆放考虑装配式人工搬运距离最短,在接收岸,对岸桥头使用的座板、平滚和其他材料在导梁过河时,随鼻架推出时,运送到岸^[3]。

贝雷桥单跨最长 54.864 m,在推出岸除堆放场地外,拼装作业约需长 60 m、宽 8 m 左右,且拼装场地的高程较桥台承载面高 10 cm 的平整场地,后场 1%缓坡下降,同时测量出钢桥的中心线、边线和起点位置,作为施工中的参照。安装场地如图 1 所示。

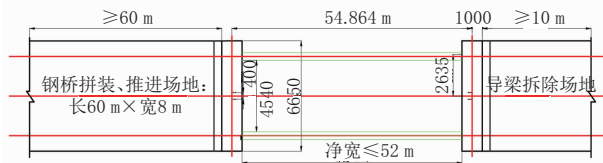


图1 贝雷桥安装场地(单位:mm)

3.2 导梁设计

在桥体正式施工前,根据桥型设计导梁的结构,并对其进行相应的计算以确保安全。正常情况下,导梁取主桥的长度的一半再加上一节即可。但本案中由于没有预留导梁部件,而是用原桥部分构件当作导梁使用,因此导梁长度比标准导梁 $18/2+1=10$ 节要适当增加。根据以往经验及现场情况将导梁的结

构确定为 8 节 SSR(单排单层下加强)+8 节 DSR(双排单层下加强)+18 节主桥(三排单层下加强),减少导梁部分自重,降低下挠。

同时在导梁推出时,由于悬臂部下挠或者是对岸地形较高,致使导梁端部到达对岸后,低于平滚,无法搭上。为解决这一问题,在导梁下弦设专用下弦接头,将鼻架翘起一定高度(见图 2)^[4]。



图2 单排导梁部位设置下弦接头

下弦接头嵌在两桁架下弦之间,它的前端最多只能用 4 节桁架,若翘起的高度仍不能满足要求,则在 4 节桁架间还可再装一个接头。

导梁在前期的推进过程中,处于悬臂状态,在导梁 SSR 结构全部伸出平滚时、导梁 DSR 结构全部伸出平滚时和主桥 TSR 下加强结构伸出平滚这 3 个状态下,导梁处于危险状态。对这 3 个状态进行校核,详见图 3、表 1。

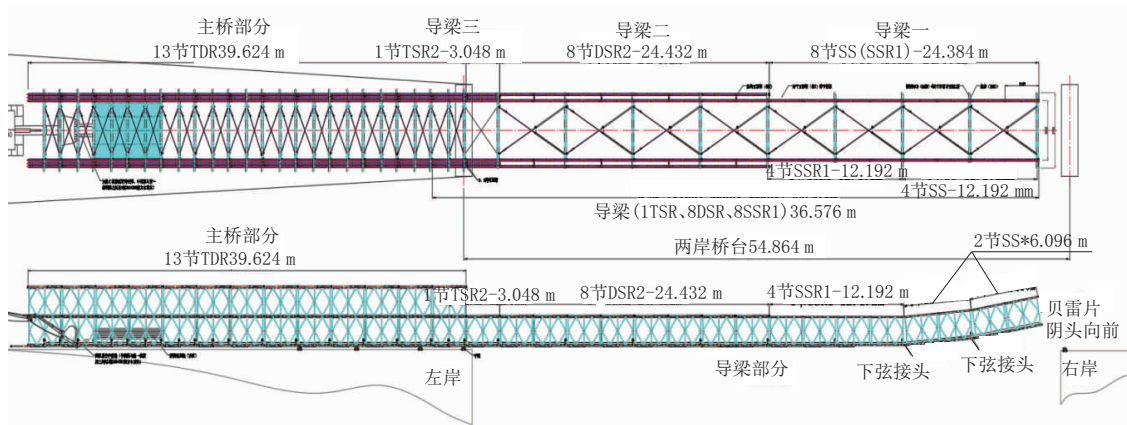


图3 贝雷桥推送导梁最不利工况结构验算模拟图

3.3 桥体拼装

3.3.1 滚轴安放

将平滚设在推出岸和接收岸的桥台位置,推出岸的平滚用于桥架的推出;对岸的平滚用于桥架的接收。平滚安置在推出岸迎水面之后 60 cm 位置,平滚作为导向工具,在单排导梁下的位置如图 4 所示。

双排导梁平滚位置如图 5 所示。

在推出岸平滚之后每隔约 6m 安置一组平滚,用于单排、双排导梁及主桥的推送。

3.3.2 导梁的安装

根据导梁设计,在确定好位置的平滚上安装第 1 节导梁,贝雷片的阴头端朝向对岸,同时在阴头竖杆处安装第 1 根横梁,并用枕木作为临时支撑,垫在阳头竖杆处,如图 6 所示。

安装导梁 SSR 并推进,两侧贝雷片下弦间隔

表 1 贝雷桥推送结构稳定验算分析表

序号	工况	验算结果	备注
1	单排导梁 8 节 SSR 结构全部伸出平滚	单排导梁 8 节自重为 78.1 kN 其在平滚处悬臂部分产生最大弯矩为 952.2 kN/m, 小于 3 810 kN/m 其在悬臂部分产生最大剪力为 78.1 kN, 小于 508 kN	结构稳定安全
2	双排导梁 8 节 DSR 结构 + 单排导梁 8 节 SSR 结构全部伸出平滚	单排导梁产生的弯矩为 2 857 kN/m 双排导梁 8 节自重为 171 kN 双排导梁产生的弯矩为 2 085 kN/m 则弯矩为 4 942 kN/m, 小于 10 164 kN/m 其在平滚处悬臂部分产生最大剪力为 250 kN, 小于 1 016 kN	结构稳定安全
3	三排主桥 + 双排导梁 + 单排导梁全部伸出推出岸平滚(最不利工况)	单排导梁产生的弯矩为 3 095 kN/m 双排导梁产生的弯矩为 2 607 kN/m 三排主桥导梁自重为 33.53 kN 三排主桥导梁产生的弯矩为 51.1 kN/m 则弯矩为 5 753.1 kN/m, 小于 15 246 kN/m 其在平滚处悬臂部分产生最大剪力为 282.63 kN, 小于 15 246 kN	结构稳定安全

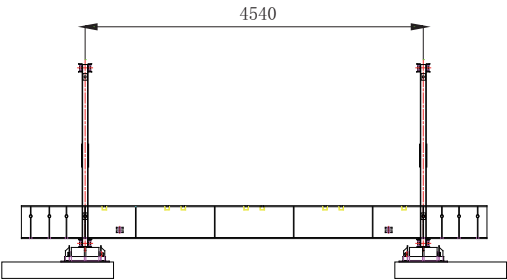


图 4 单排导梁平滚布置示意图(单位:mm)

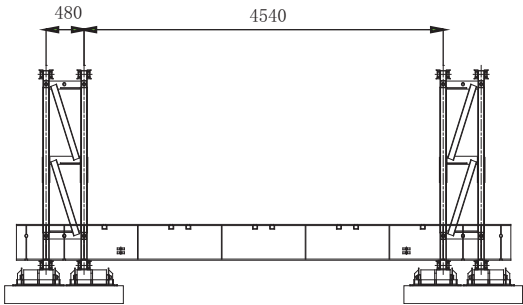


图 5 双排导梁平滚布置示意图(单位:mm)



图 6 导梁安装

6.096 m 处各加装下弦接头。

将前 8 节 SSR 导梁安装完毕,并在第 2 节和第 3 节贝雷片之间增加下弦接头,同时第 1 节和第 3 节横梁间用临时抗风拉杆(扁钢)拉紧,注意保持对角线相等,并安装斜撑,布置好横梁和简易抗风拉杆(见图 7)。

同之前步骤安装一节 SSR 结构导梁,然后在外



图 7 简易横梁、抗风拉杆安装

侧增加一排 SSR 结构的弦杆,并安装竖向支撑架,使之成为 DSR 结构导梁(见图 8)。由于 DSR 结构的导梁有下加强弦杆,在推进过程中会起到阻碍作用,在施工过程中如遇到上述情况,可以将 SSR 导梁用千斤顶支撑起,将平滚移至 DSR 导梁下后继续推进。



图 8 双排导梁

3.3.3 主桥安装

开始安装主桥 TSR 结构,并使用标准抗风拉杆固定,如图 9 所示。

主桥上部结构贝雷片在安装过程中不安装加强弦杆,只安装竖向支撑架。上部贝雷片的安装按照先装内侧两排,再装外侧一排的原则,后一节贝雷片安装完成后安装前一节的上加强弦杆和水平支撑架,螺丝都不要上紧,最终在安装 4 到 5 节上层贝雷片时返回拧紧弦杆螺栓和撑架螺栓。



图 9 单层主桥部分

如果在安装上层贝雷片过程中由于钢桥主体下挠导致拼装困难,可以使用 M30-310 mm 的弦杆螺栓作为特殊应力控制用螺栓。到贝雷桥主体安装后期,该螺栓可以作为标准螺栓使用,拼装场地的主桥结构产生稳定力矩足以抵消前端导梁自重产生的倾覆力矩。

3.3.4 主桥推送

采用平滚 +5 t 卷扬机 +5 变速滑轮组将卷扬机运行速度降低,在卷扬机牵引下,缓慢将桥体往对岸推出。在推出过程中要注意导梁的走向与之前测量出的钢桥中心线和边线保持基本一致,以免走偏。若发现桥体推送路线左右偏移,通过反向调整平滚的角度进行路线纠正。

3.3.5 导梁构件转运

当前端导梁到达对岸后,由于推出岸已无贝雷片和横梁等主要构件,需将对岸的导梁架设后倒运到推出岸一侧,然后继续安装主桥并推进。

导梁的架设和倒运方法,一般情况下都是结合现场情况,以安全和方便施工为原则,用机械将到达对岸的导梁拆除绕道转运回拼装岸,投入主桥施工。

创新利用行走小车在贝雷桥上弦杆上形成简易桁车,利用接收岸锚固及推出岸卷扬机形成简易滑索,将对岸的构件运回推出岸,如此反复,完成构件的倒运。

3.4 主桥落桥

(1)钢桥两端支座中心线间的距离,正好是钢桥的跨度,故支座安装好后,要进行检查校正。待完全符合设计要求后,才能开始落桥。

(2)落桥时,将千斤顶设在钢桥两端各排桁架下弦杆的底部,其位置最好在桁架弦杆与腹杆的交点处。千斤顶与桁架之间设置垫板,将千斤顶的力均匀分布到桁架弦杆的两槽钢上,同时千斤顶应支承在稳定的、具有足够强度的垫板上。

(3)将桥跨结构一端两侧同时顶起 50 mm,从桥

跨结构端节间下移走架设滚,同时在各端柱下设置等高的稳定垫板,并将桥跨结构一端两侧同时降落到垫板上。顶起桥跨结构,逐渐降低端柱下的垫板高度,使桥跨结构下降。反复交替进行,直到桥跨结构落到钢桥支座上。

(4)为了保证落桥安全,不能在钢桥的两头同时将钢桥顶起,必须将桥的一端降落后,才能降落另一端。落桥时,各千斤顶的降落速度要保持一致,以免将钢桥的重量集中在一个千斤顶上,造成千斤顶和桁架弦杆的损坏^[5]。一般情况下,千斤顶应座在垫木上,将钢桥的压力分布在较宽大的地面上,每排桁架下弦只允许施加 100 kN 的力。超过此力,应增加千斤顶的数量。

贝雷桥主桥落桥后,安装桥面板,利用小型装载机吊运,人工辅助安装。

3.5 荷载试验

针对此次工程中所通行的荷载绝大部分均为挖机、装载机等特性,试验时根据现场采用设备情况,分级增加荷载停驶于桥中最大剪力部位,作为对试验钢桥产生的荷载。测其挠度值应满足国家相关标准。

根据现场设备情况,总共进行了 5 组试验,分别为空载情况、荷载 10 t、荷载 20 t、荷载 40 t、荷载 60 t (满载,见图 10),分别观测对应情况下贝雷桥最大挠度变化。



图 10 荷载试验(满载工况)

在满载工况下,贝雷桥跨中最大剪力处静荷载产生的竖向弹性容许挠度为 9.9 cm,左右岸支点沉降值达到 1/540,达到军用桥梁设计准则容许挠度值 36 cm 的 28%。

4 技术经济分析

通过对峡谷地区大跨度贝雷桥快速施工技术研究,对配重、创新运输方式的施工技术进行优化,技术经济分析对比详见表 2。

表 2 技术经济分析

编号	项目	原方案	金额 / 万元	调整后方案	金额 / 万元	备注
1	配重方案	需增加配重,保证贝雷桥的抗倾覆荷载	18	取消配重方案,利用桥梁本身构件往前推送	0	仅运费
2	创新运输方式	在接收岸设置 200 m ³ 的导梁堆放平台或者直接通过现有便道转运	无法实施	取消堆放平台,利用接收岸原有基础布置滑索,利用运输小车将构件直接转运回接收岸	1	
3	合计		18		1	

通过表 2 可以看出,通过峡谷地区大跨度贝雷桥快速施工技术,在成本方面直接节约 17 万元。同时,加快贝雷桥的施工进度,缩短整个便道工程总工期。

5 结 语

峡谷地区大跨度贝雷桥具有跨度大、地处偏僻、强风等特点,在目前公路行业内可借鉴的类似工程施工经验较少。通过对配重方案、创新运输方式及制定各项安全防护措施,实现峡谷地区大跨度贝雷桥快速、安全施工,在 15 d 内完成贝雷桥的架设施工。荷载试验表明:贝雷桥挠度允许值达到了军用桥梁

设计 3 倍的标准,为后续类似工程提供了借鉴经验。

参考文献:

[1] 罗翌,田战锋,詹筱霞.贝雷桥在升船机设备层板梁施工中的可行性研究[J].江西理工大学学报,2015,36(1):69-73.
[2] 李海斌.窄场地条件下贝雷桥安装方案讨论[J].科技创新与应用,2013(20):204.
[3] 马中山.装配式公路钢桥“悬臂推出法”架设施工技术[J].北方交通,2007(9):38-41
[4] 黄绍金,刘陌生.装配式公路钢桥多用途使用手册[M].北京:人民交通出版社,2002.
[5] 周志雄.浅谈下游贝雷桥施工技术[J].四川水力发电,2018,37(2):137-140.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com