

两河口水电站大桥悬索吊装施工技术

张瑞麟

(中国葛洲坝集团第二工程有限公司,四川 成都 610091)

摘要:就劲性骨架钢筋混凝土箱型拱桥的施工从设计与安全参数验算、起重吊装准备、起重吊装三个方面进行了详细论述,经工程实际施工检验,此桥梁悬索吊装技术能很好地满足雅砻江流域桥梁施工,其安全性、经济性良好。

关键词:路桥工程;桥梁;吊装施工技术;两河口水电站

中图分类号:U445.4;U445.3;U448.25

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)04-0104-03

1 工程概述

玻璃沟大桥为雅砻江两河口水电站库区复建县道的一座劲性骨架钢筋混凝土箱型拱桥,净跨170 m,孔跨布置为3×13 m连续板+170 m劲性骨架钢筋混凝土箱型拱桥+20 m简支空心板,拱桥总长247 m。桥面净宽:2×3.25 m车道+2×0.75 m防撞护栏,桥梁全宽8 m;设计荷载为:公路-I级,特-220验算;桥梁纵坡-1.6%。

2 悬索吊装系统的布置

2.1 总体布置

根据玻璃沟大桥实际地形特点,确定吊装索跨为105 m+288.175 m(主跨)。悬索系统直接利用现有地形锚固于山体上,主锚碇设计为锚索分配梁结构,通过锚索锚固型钢分配梁,再在分配梁上设置座(拉)板和转向滑轮来锚固钢索;主锚碇用于主索、工作索、二扣扣索等的锚固。

2.2 吊重的确定

根据劲性骨架设计图及吊装分段布置,节段最大净重量为46.7 t,在吊装计算中,按劲性骨架 $G=46.7$ t控制设计,计算重量 $P_{\max}=(G+8) \times 1.2=65.64$ t=643.272(kN),其中80 kN为吊具(含跑车、起吊滑车、起吊牵引钢绳)及配重,1.2为冲击系数。

2.3 主索

主索按静力平衡原理进行计算,先假定主索初始垂度,计算重索垂度。初始(空索)垂度(f_0)确定以后,空索长度(S_0)为定值,在荷载作用下必然引起弹性伸长,受载后的总长度 S 应等于空索长度 S_0 加上由于荷载引起的弹性伸长值 ΔS ,

即 $S=S_0+\Delta S$ 。

在塔顶布置2组2 $\phi 56(6 \times 37S+FC)$ 的麻芯钢索作为主索,公称抗拉强度1770 MPa。单根钢绳最小破断拉力为1830 kN。悬索跨度 $L=288.175$ m,空索垂度 $f_0=12.5$ m,矢跨比约为1/23。当吊运至索跨跨中时,主索垂度为 $f_{\max}=21.834$ m,矢跨比为1/13.2,主索最大张力 $T_{\max}=2201.524$ kN,拉力安全系数 $K=3.32>[3]$,张力安全系数满足要求。跑车轮作用处考虑弯曲作用的主索应力 $\sigma=684.3$ MPa,安全系数 $K=2.59>[2]$;考虑接触作用的主索应力 $\sigma=523.8$ MPa,安全系数 $K=3.38>[2]$;应力安全系数满足要求。

每根主索空索计算长度为403.827 m,考虑主索回头锚固长度,每根主索实际需要长度为450 m,全桥主索用量为 $2 \times 2 \times 450=1800$ (m)。

2.4 工作索

考虑到吊运扣索、检修滑车及运送小型机具等的需要,在每组主索内侧0.6 m位置布置了1根 $\phi 46(6 \times 37S+FC)$ 工作索。工作索公称抗拉强度为1770 MPa,最小破断拉力为1240 kN。工作索安装垂度 $f_0=10$ m,按最大计算重量80 kN(含起吊牵引绳、吊具、配重及冲击系数)进行控制,吊重索跨跨中垂度 $f_{\max}=19.521$ m,最大张力 $T_{\max}=340.909$ kN,拉力安全系数 $K=3.64>[3]$ 。工作索用量为 $2 \times 450=900$ (m)。

2.5 劲性骨架拱肋扣索

每道扣索皆采用4 $\phi 32(6 \times 37S+FC)$ 的麻芯钢索,公称抗拉强度为1770 MPa。单根钢索最小破断拉力为598 kN。

全桥共计4道(16根)扣索,扣索长短采用滑

收稿日期:2016-05-20

车组卷扬机调整。左岸一扣扣索长约 75 m,二扣扣索长约 160 m,右岸一扣扣索长约 65 m,二扣扣索长约 228 m。全桥扣索用量: $\varphi 32(6 \times 37S + FC)$ 钢索 2 080 m。扣挂体系采用《通用结构分析与设计软件 SAP2000》V14.1 按空间杆系结构进行计算。

2.6 起重索

起重索采用 $\varphi 24(6 \times 37S + FC)$ 的麻芯钢索,公称抗拉强度为 1 770 MPa,钢丝绳最小钢绳破断拉力为 336 kN。按两组主索前后 4 个吊点抬吊拱架,每个吊点采用 1 台 80 kN 中速卷扬机起吊,跑头经右岸塔顶及塔脚导向滑轮后进入设置于塔后的起吊卷扬机。全桥运输主索需 4 台 80 kN 起吊卷扬机,起吊卷扬机容绳量应不小于 800 m。

按劲性骨架计算重量 643.272 kN 控制计算,起吊滑车组走 4 线布置,计算时考虑 1.25 倍吊点受力不均匀系数,计算跑头拉力 $F = 55.025$ kN,张力安全系数 $K = 6.11 > [5]$ 。考虑接触作用应力 $\sigma = 283.6$ MPa,应力全系数 $K = \sigma_{\max} / \sigma = 1770 / 283.6 = 6.24 > [3]$ 。安全系数皆满足要求。

全桥起重索 $\varphi 24$ 钢索用量为 $4 \times 850 = 3400$ (m)。

2.7 牵引索

牵引索采用 $\varphi 124(6 \times 37S + FC)$ 的麻芯钢索,公称抗拉强度为 1 770 MPa,钢绳最小破断拉力为 336 kN。牵引索每组主索设置一组,每组牵引滑车按来回线走 3 线布置(不含来回线通线),设置 1 台 80 kN 中快速卷扬机牵引天跑车,跑头经右岸塔顶及塔脚导向滑轮后进入牵引卷扬机。全桥共需 2 台 80 kN 牵引卷扬机。前后两台天跑车之间采用 $2\varphi 30(6 \times 37S + FC 1770 \text{ MPa})$ 钢绳进行连接并同步。塔顶牵引导向滑轮连接固定千斤绳卡在主索后拉索上,使索力直接传入锚碇。

牵引索牵引力由跑车运行阻力、起吊索跑头阻力、后牵引松弛张力三部分组成,按右岸及左岸拱脚段安装、运输至索跨跨中共计算 3 个状态的牵引力,最大牵引力发生在左岸拱脚就位阶段,计算两组共同的最大牵引力为 329.515 kN,单个跑头最大拉力 $F = 59.534$ kN,张力安全系数 $K = 5.64 > [5]$ 。考虑接触作用应力 $\sigma = 305$ MPa,应力安全系数 $K = \sigma_{\max} / \sigma = 1770 / 305 = 5.8 > [3]$ 。

安全系数皆满足要求。

全桥牵引索 $\varphi 24$ 钢索用量为 $2 \times 1280 = 2560$ (m)。

2.8 工作索起吊与牵引

工作索起吊采用 $\varphi 19.5$ 麻芯钢索($6 \times 37S + FC 1700 \text{ MPa}$),滑车组走 3 线布置,采用 50 kN 卷扬机做起吊动力。工作索牵引采用 $\varphi 19.5$ 麻芯钢索($6 \times 37S + FC 1700 \text{ MPa}$),滑车组走 2 线布置(不含来回线通线),采用 50 kN 卷扬机牵引。

全桥工作索起吊牵引需 50 kN 中速卷扬机 4 台, $\varphi 19.5$ 钢索 3 280 m。

2.9 天跑车系统及起吊滑车组

全桥共有 4 个 2 线天跑车(每个跑车有跑车轮 4 个)。跑车采用 $\varphi 400$ 铸钢轮,销轴直径为 65 mm,肋板中部为 $2 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 钢板,边板为 10 mm 厚钢板,材质为 Q345。肋板之间采用 M24 套筒螺栓限位。

每个吊点采用 2 门 20 t 滑车组 1 付(全桥 4 付),滑车组在市场上购置由专业起重设备生产厂家生产的合格产品。

3 吊装系统的施工

3.1 塔架安装

缆吊塔架为 M 型万能杆件组拼结构,塔架安装靠人工散拼完成,利用独脚拔杆配合卷扬机滑车组提升万能杆件。

塔架拼装完成后,收紧风缆,调正塔架轴线后再进行主索、工作索等的安装。

3.2 导索、承重索的安装

导索和承重索分别利用缆索吊机自身 $\varphi 24$ 起重索和牵引索。导索起循环牵引作用,而承重索则作为主索安装时的承重结构,在空中挂索过程中,将导索和承重索的垂度控制在 $L/20$ 以上,以减少主索安装过程中的牵引力。

3.3 主索安装

主索为 $\varphi 56$ 麻芯钢丝绳,单重 11.6 kg/m。首先将主索索盘置于右岸后锚索盘拖架上,利用塔架循环索将主索绳头牵到塔顶,跨过主索索鞍,将绳头与导索用绳卡连接,安装滑钩。起动塔底部导索卷扬机,将导索连同主索一起向跨中牵引,牵引的同时后面用卷扬机放主绳,边牵引边安装滑钩,滑钩间距为 50 m,一直将主索牵至左岸锚

梁,并将绳头绕过主索锚固滑轮后用索卡固定,单根主索索卡数量为15个。此时右岸塔架顶也将主索临时卡住,将主索从索盘中放出,在右岸安装走4线滑车组,定滑轮锚固于主锚碇预埋件上,用卷扬机作动力,将滑车组与放出的主索绳头连接,并用卷扬机稍微带上劲,然后将塔顶索卡放松索力转换到滑车组上,随后收回滑钩。启动滑车组卷扬机,将主索绳头牵至右岸后锚,调整主索的安装垂度为12.5 m,锚固主索绳头。

3.4 天车及起吊滑车组的安装

利用塔架循环绳将天车散件吊上塔顶,逐个按图安装于主索上并相互联接好联杆,整个天车用千斤绳梢于塔顶附近,防止天车向跨中滑动。利用导索将后锚处 $\varphi 24$ 钢丝绳从索盘中牵上塔顶,起重绳走4线穿入上、下滑车组,并将滑车组另一侧绕出的起重绳的绳头固定于定滑车销轴上。后锚处起重绳绕出索盘进80 kN起重卷扬机。

采用同样的方法安装另一台天车及起吊滑车组,然后穿牵引索,牵引索按来回线布置,将牵引索在牵引卷扬机滚筒上缠绕3~5圈,两端头分别经过塔脚导向滑轮后进入塔顶导向轮,右岸牵引走3线后将绳头卡于右侧天跑车轴上;另一绳头经右岸塔头导向轮至左岸锚梁处导向轮走通线,然后走3线将绳头卡于左侧天跑车轴上,牵引索长度应控制好,将系统松弛一侧(后牵引)垂度控制在1/20左右。牵引索穿线完毕、放松天跑车临时固定千斤绳,同时应事先连接好前后跑车之间的 $2\varphi 30$ 连接绳,开动80 kN牵引卷扬机,慢慢前移天跑车。此时,缆索部分及天车和起吊滑车组安装完毕。

4 劲性骨架的吊装

4.1 试吊方案

(1)根据有关技术规范的规定、结合本桥的

实际情况,以本桥劲性骨架节段最大设计吊重 $G = 643.272 \text{ kN}$ 为100%试吊重量,按50% G (322 kN)→100% G (643.272 kN)→120% G (772 kN)确定。

吊重物分别选用:20 m空心板边板1块(325 kN)→劲性骨架最重节段(643.272 kN)→劲性骨架最重节段+129 kN钢筋等配重(772 kN)。重物行走完索跨全程后再回到起吊位置;试吊过程中,分别在起吊处、索跨跨中位置及两岸拱脚位置做短暂停留(约5 min),以便观测。

4.2 劲性骨架的安装方法

劲性骨架分5段吊装,全桥劲性骨架共有5个吊装节段。

劲性骨架在桥垂直下方组拼焊接成吊装分段,经检验节段几何参数、加工质量及横向连接情况符合设计要求后,准备吊装。

劲性骨架吊装利用千斤绳捆绑吊装,吊、扣点采用捆绑连接,吊扣点设置于距端头6~8 m位置的上弦节点竖杆与腹杆交叉处。扣索皆通过30 tH板、转向轮及扁担梁,捆绑绳与劲性骨架上弦钢管连接。捆绑千斤绳安全系数应大于8,劲性骨架每个吊点采用 $\varphi 32$ 捆绑千斤绳,扣点采用 $\varphi 38$ 捆绑千斤绳。同时注意吊、扣点捆绑位置应设置在腹杆之间的节点位置,防止捆绑绳前后滑移。

5 结语

两河口水电站大桥悬索吊装采用的施工技术合理、有效,取得了较为满意的效果,可为同类工程借鉴。

作者简介:

张瑞麟(1986-),男,甘肃白银人,项目机电物资部部长,助理工程师/中级经济师,学士,从事设备管理和机电工程管理。

(责任编辑:李燕辉)

《水电工程钢闸门液压自动挂脱梁系列参数》、

《气体绝缘金属封闭开关设备配电装置设计规范》送审稿通过审查

2016年6月17日、19日,《水电工程钢闸门液压自动挂脱梁系列》《气体绝缘金属封闭开关设备配电装置设计规范》送审稿通过水电水利规范设计总院审查。审查认为,《水电工程钢闸门液压自动挂脱梁系列参数》编制组提交审查的标准有关技术文件齐全,编制依据充分,框架清晰,内容全面,语言文字规范、准确,满足送审稿的要求,同意该标准送审稿通过审查;《气体绝缘金属封闭开关设备配电装置设计规范》与国内相关标准相协调,内容全面,具有可操作性,语言文字规范、准确,符合《工程建设标准编写规定》(建标[2008]182)的规定,满足送审稿的要求,同意该标准送审稿通过审查。审查组要求编制组根据本次审查会议意见和建议,进一步修改完善该标准,适时召开定稿会,形成报批稿,以便尽早报国家能源局批准发布实施。