

缆索起重机索道系统主索拆除施工新技术

王石连, 范道林, 刘晓军

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213)

摘要:缆索起重机因其具有跨度大、施工效率高且能够在场地狭窄、岸壁陡峭的高山峡谷中应用的优点已在国内水电项目使用长达 50 余年。鉴于现有缆索起重机索道系统主索拆除的传统工艺存在拆除工期长、高空作业风险高的弊端,总结并开发出一种缆索起重机索道系统主索拆除施工新技术,彻底解决了主索空中作业的安全风险,省去了架设和拆除临时承载索工序和临时承码安拆工序,有效节约了缆索起重机主索拆除的施工工期,减少了临时承载索和承码保距绳等资源的投入,使得施工效率、经济效益和社会效益显著提高,具有很好的实用价值和推广借鉴意义。

关键词:亭子口水利枢纽;缆索起重机;索道系统;主索拆除

中图分类号:TV7;TV52;TV53+2

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)05-0067-04

New Technology for Demolition of Main Cable of Cable Crane Cableway System

WANG Shilian, Fan Daolin, LIU Xiaojun

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

Abstract: The cable crane has the advantages of large span, high construction efficiency, and can be used in narrow sites and steep canyons. It has been used in domestic hydropower projects for more than 50 years. The existing cable crane cableway system of hydropower projects that uses traditional technology has the disadvantages for removing main cables, such as long demolition period and high risk of high-altitude operations. A new technology for the removal of the main cable of the cable crane ropeway system has been summarized and developed, which completely solves the safety risks of aerial operations of main cable, eliminates the process of erecting and dismantling temporary load-bearing cables and the process of installing and removing temporary bearings, effectively saves the construction period for the main cable removal and reduces the investment in resources such as temporary load-bearing cables and bearing distance ropes, and significantly improves the efficiency, economic benefits and social benefits. It has strong practical value and promotion significance.

Key words: Tingzikou Water Conservancy Project; Cable crane; Cableway system; Main cable removal

1 概述

缆索起重机具有跨度大、施工效率高且能够在场地狭窄、岸壁陡峭的高山峡谷中应用的优点,主要用于完成大坝主体工程的混凝土浇筑、大型模板的安拆、仓面设备和材料的吊运以及机电设备的安装等工作。鉴于缆索起重机拆除时段电站已进入生产运营期,在其拆除过程中需要保证电厂高压线的安全运行、坝顶及升船机引航道设备的安全运行和坝前库区的安全运行。缆索起重机拆除的最大安全风险在于缆索起重机索道系统的拆除,而索道系统拆除施工工艺中的最大安全风

险则存在于主索拆除工序。传统缆索起重机主索的拆除工艺为:架设临时承载索→安装临时承码→放松主索(将主索落放到临时承码上)→主索上主索卷筒→主索回收过江→临时承码拆除→临时承载索拆除^[1-2]。

笔者对缆索起重机索道系统主索拆除关键技术进行了研究,总结并开发出一种缆索起重机索道系统拆除施工新技术,并获得了发明专利“一种缆索起重机主索拆除施工方法(专利号:20191037518.1),将主索拆除空中作业优化为地面作业,从而彻底解决了临时承载索和承码空中施工的安全风险,既节约了施工资源,亦缩短了施工工期。

收稿日期:2024-06-30

2 缆索起重机索道系统主索拆除施工技术

2.1 原理

其特点是将缆索起重机主索全部落放至坝面布置的过江通道内,从而实施地面主索回收施工作业:利用缆索起重机自带的主索张紧机构,通过加长主索张紧机构钢丝绳实现主索的松索落放施工。若缆索起重机未自带主索张紧机构,亦可采用增加卷扬机、导向地锚和动滑轮组的方式实现主索的松索落放施工。将空中主索的过江通道优化到水电站大坝坝面形成一条地面通道,在坝面采用托辊、导向地锚等辅助设施布置一条主索地面通道,将主索拆除的空中作业优化为地面作业,省去了临时承载索架设、拆除和临时承码的安装与拆除。

2.2 主要工作内容

缆索起重机索道系统安装的主要工作由前期卷扬机地锚、导向地锚、临时承载索地锚等的设计、制作与埋设,拖拉往复绳的架设、临时承载索的架设,承载索(主索)过江的安装,牵引绳和小车的安装,提升绳大钩和承码的安装等组成。缆索起重机索道系统主索拆除的主要工作内容由坝面主索通道的设计与施工、坝端头主索回收系统的设计与施工、第一次松放主索、主索张紧机构钢丝绳的选型及长度计算、更换张紧机构的钢丝绳、第二次落放主索、主索上卷筒回收、拆除主索回收通道等组成。

2.3 施工工艺流程及施工关键技术

2.3.1 施工工艺流程

施工准备→坝面主索通道的设计与施工→坝端头主索回收系统的设计与施工→第一次松放主索(1.5~2 m)→主索张紧机构钢丝绳的选型及长度计算→更换张紧机构的钢丝绳→第二次落放主索→解除主索与张紧机构活动端的连接→主索上卷筒的回收→拆除主索的回收通道。

2.3.2 施工关键技术

(1) 布设主索的地面通道,包括在缆索起重机主索下方布设托辊装置和导向地锚。托辊装置沿主索回收移动路线间隔布设于地面。导向地锚布设于主索在地面回收移动的各转向处。

(2) 第一次放松主索是利用缆索起重机自身携带的张紧机构进行初步落放,待其达到自身张紧机构能落放到的最大长度后减小主索张力,以

便将张紧机构的钢丝绳更换为辅助钢丝绳,用以继续落放主索。

(3) 第二次放松主索是当主索最低点降落到地面后、根据地面主索通道布置的走向,利用布置在地面各转向位置的卷扬机将主索按照预先规划的路线拖拉到位,同时,缆机副车根据主索落放线路的导向方向同步向相同的方向移动,使副车与副车段主索保持在导向方向同步平移。在主索导向和副车移动过程中,张紧机构同步落放主索。

在第二次放松主索过程中,当主索落放全部贴坡时,在该侧岸边的端头布置汽车吊予以配合将主索自该侧端头截断,由汽车吊吊放到地面通道。

在主索回收过程中,另一侧的卷扬机继续落放主索。在主索上盘过程中,主索的最大导向偏移角度 $\leq 13^\circ$ 。由于主索全程落放在弧形托辊上,在钢绳拖动过程中产生的摩擦力较小,按克服主索自重的1.2倍考虑,在其回收端布置了两台卷扬机和两套相应的动滑轮组作为主拖动主索回收动力装置;布置了一台卷扬机作为主索卷筒卷动主索的动力装置;作为辅助拖动卷扬机,在卷筒的一侧加装挡板使用该卷扬机驱动卷筒以方便主索缠绕至卷筒上,并采用5 t手拉葫芦引导排绳以保证主索在卷筒上排列整齐。在主索缠绕至卷筒过程中,一定要保证主索具有一定的张力,使主索缠绕紧密。

3 工程实例

亭子口水利枢纽工程布置了2台QP30 t/1 270 m平移式无塔架缆索起重机,2台缆机的主车布置于左岸高程566.00 m平台,副车布置于右岸高程550.00 m平台,设计跨度为1 300 m。其中缆索起重机主索的铰点高程为567.625 m,副车主索的铰点高程为549.290 m;缆索起重机主车前后垂直轨道的轨距为6.5 m,副车前后垂直轨道的轨距为3.5 m,主、副车的跨度为1 272.25 m,缆索起重机左右岸的轨道长度均为192 m,覆盖了整个大坝和厂房。缆索起重机主索直径为108 mm,主索总重100 t,起升绳的直径为34 mm,牵引绳的直径为32 mm。亭子口工程通过采用该技术,既保证了施工安全和质量,加快了施工进度,又降低了能耗,达到了节能减排的社会环境目标。

3.1 施工准备

3.1.1 拖拉绳导向地锚的设计与布置

(1) 拖拉绳导向地锚主要用于缆索起重机主索拆除的导向拖拉绳,其左岸主车侧距拖拉绳导向地锚埋设中心的高程为 565.00 m。在混凝土轴线 X0-016.00 处理设了一组 30 t 导向地锚。

(2) 右岸副车侧拖拉绳导向地锚布置于右岸排架柱底部,其高程为 525.00 m。在对正轴线 X0-016.00 处理设了一组 30 t 导向地锚。

(3) 采用抛物线法计算拆除主索时的导向地锚受力情况可知:当跨度为 1 270 m、垂度为 7.5%(即 95.25 m、钢绳不入水)时,选用 $\Phi 32$ 钢丝绳,左右岸铰点的高差为 40 m,则左岸侧地锚受到的张力为 20.12 t,右岸侧地锚受到的张力为 19.62 t,2 组 30 t 导向地锚能够满足缆索起重机拆除的使用要求^[3]。

3.1.2 拖拉绳导向地锚埋件螺栓的强度校核

30 t 导向地锚采用 6 根材质为 Q345 的圆钢作为锚杆,直径为 30 mm,锚固深度为 2 400 mm,其顶部采用一块 30 mm 厚、1.2 m 直径的钢板割孔后套在 6 根地锚上焊接。经对单根锚杆受力、混凝土对螺栓的粘结力校核后得知其满足设计要求。

3.1.3 主索导向地锚埋件螺栓的强度校核

10 t 主索导向地锚采用 4 根材质为 Q235 的圆钢,直径为 28 mm,锚固深度为 2 000 mm。经对单根锚杆受力及混凝土对螺栓的粘结力校核后得知其满足设计要求。

3.2 坝面主索通道的设计与施工

根据坝面结构,在上闸首安装了 3 组导向装置,在 20 号与 21 号坝段设置了 1 组导向装置,厂房段设置了 3 组导向装置;其余部位每隔 2 m 采用弧形导向托辊装置对主索进行支撑。

3.3 坝端头主索回收系统的设计与施工

(1) 在左、右岸缆索起重机轨道附近各设置了 1 台 16 t 和 1 台 20 t 卷扬机作为拆除主索的驱动装置。

(2) 主索卷筒的布置。将主索卷筒布置于左岸端头,将主索卷筒支放于卷筒支架上。在卷筒一侧加装挡板,使用 10 t 卷扬机驱动卷筒以便于主索缠绕至卷筒,采用 5 t 手拉葫芦引导排绳。

3.4 第一次放索(1.5~2.0 m)

主索在左岸回收,两台缆索起重机共用一组主索拆除设备。缆索起重机主索拆除的顺序为先拆上游、再拆下游。主索右岸侧采用张紧机构接绳的方式落放索头;左岸主索利用起升卷筒配合滑轮组的方式落放索头。为避免主索与山坡上的树木、岩石等发生擦挂而造成主索被破坏,采用 150 t 汽车吊辅助吊装两侧山坡段的主索。

收紧右岸主索张紧装置,退出副车拉板上的张紧调节轴,先将主索放出 2 m,再次穿上拉板张紧调节轴,此时副车侧的最大张力为 245.122 t。

3.5 主索张紧机构钢丝绳的选型及长度计算

(1) 张紧机构由 14 根钢丝绳承受主索张力,单根钢丝绳的受力为 17.51 t, $\Phi 34$ 钢丝绳的破断拉力为 60.112 t, $\Phi 34$ 钢丝绳作为落放主索的安全系数为 3.433(满足设计要求),张紧机构钢丝绳卷筒(双卷筒)的容绳量为 930 m。

3.6 更换张紧机构钢丝绳

将 $\Phi 43$ 钢丝绳更换成 $\Phi 34$ 钢丝绳能够满足主索总共放出 50 m 的要求,主索最低点的相对下落高度为 111.084 m,满足主索全部落放至坝面和右岸边坡的要求。故将 $\Phi 43$ 钢丝绳更换成长度为 900 m 的 $\Phi 34$ 钢丝绳。

3.7 第二次落放主索

(1) 当主索最低点降落到坝面后,利用布置在坝顶各转向位置的卷扬机将主索按照设计规划的路线拖拉到位;同时,缆索起重机副车根据主索落放线路的导向方向同步向下游移动,使副车与右岸段主索保持向下游方向同步平移。

(2) 在主索导向和副车移动过程中,张紧机构同步落放主索。当右岸主索头累计退出 50 m 时,索头位于右岸边坡上方距副车铰点的距离为 80 m 处,主索及拉板落放到右岸山坡上。

3.8 解除主索与张紧机构活动端的连接

(1) 索头由卷扬机导向滑轮绳头牵引,主索与滑轮间用绳头锁住,将主索端头割断,由卷扬机慢慢落放主索绳头至右岸坝端头,由汽车吊辅助主索端下落。

(2) 右岸主索落放后,将左岸主索与滑轮组连接固定并张紧滑轮组,在索头附近用钢丝绳捆扎后将索头切除,利用卷扬滑轮系统将左岸主索落放到坝面。

3.9 主索回收

在左岸主索落放全部贴坡时,在左岸端头布置汽车吊配合将主索自左岸坝端头截断,然后由汽车吊将主索吊放到左岸侧坝面公路上,并将主索卷盘回收。

3.10 效益分析

亭子口水利枢纽工程中的缆索起重机索道系统的主索拆除采用了文中所述的施工技术,工期缩短了1个月,减少了 $\Phi 52$ 临时承载索4根,长度为5 280 m, $\Phi 16$ 承码保距绳1 320 m,节约人工成本和设备使用成本约72万元,材料成本约50万元,总体节约施工成本122万余元。

4 结 语

在水电站建设过程中,缆索起重机拆除时水电站已进入生产运营期。缆索起重机的拆除需要保证电厂高压线的安全运行、坝顶及升船机引航道设备的安全运行和坝前库区的安全运行。缆索起重机拆除的最大安全风险在于缆索起重机索道系统主索的拆除施工。根据现有技术研发出的缆索起重机主索拆除施工技术,提供了一种更为安全、高效率、能够减少复杂施工环节、避免高空作业安全风险的缆索起重机主索拆除施工方法^[4-5]。

实践证明:该技术的应用能够满足缆索起重

(上接第23页)

进行补救,以提高隧道的稳定性。同时,针对变形产生的原因进行分析,找出施工过程中的薄弱环节,以便在今后的施工过程中加以改进。

总之,针对软岩大变形的现场判识和控制技术在实际工程中具有重要的意义。通过对软岩大变形进行深入研究,不断优化和完善控制技术,有助于降低软岩工程造成的风险,提高施工的安全性和经济效益。

参考文献:

- [1] 尹建勋. 软弱炭质板岩隧道大变形特征及应对措施研究[J]. 铁道建筑技术, 2019, 11(6): 32-34.
- [2] 郭新新, 朱安龙, 王万平, 等. 高应力炭质板岩隧道大变形特征及其机理分析[J]. 隧道与地下工程灾害防治, 2021, 7

机索道系统主索拆除的施工要求,切实做到了节能减排、节约人力、设备和材料资源,彻底解决了缆索起重机索道系统主索拆除的高空作业风险,保证了缆索起重机索道系统拆除的施工质量,创造出较大的社会效益,所取得的经验可为类似工程施工时借鉴。

参考文献:

- [1] 严自勉. 大中型水利水电工程施工用缆索起重机的选用和布置问题[J]. 发电技术, 2003, 24(3): 51-55.
- [2] 严自勉. 国产重型缆索起重机的发展与现状[J]. 制冷空调与电力机械, 2004, 25(3): 61-68.
- [3] 杨钦, 李承铭. ANSYS 索结构找形及悬链线的模拟[J]. 土木建筑工程信息技术, 2010, 2(4): 61-65.
- [4] 顾志刚, 王章忠. 小湾水电站左岸大坝混凝土施工[J]. 水利水电技术, 2009, 40(10): 76-79.
- [5] 陈启湘, 蔡扬. 构皮滩电站国产30 t缆索起重机技术特点与应用[J]. 水利电力机械, 2007, 29(10): 19-21.

作者简介:

王石连(1980-),男,广西桂林人,水电部副主任,副高级工程师,学士,从事水利水电工程建设技术与管理工
范道林(1978-),男,黑龙江齐齐哈尔人,副高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工
刘晓军(1984-),男,四川眉山人,工程师,从事市政与建筑工程施工技术与质量管理工作。

(编辑:李燕辉)

(4): 46-48.

- [3] 张德华, 刘士海, 任少强. 基于围岩-支护特征理论的高地应力软岩隧道初期支护选型研究[J]. 土木工程学报, 2015, 5(1): 77-80.
- [4] 邓启华. 软岩大变形隧道变形规律及控制措施[J]. 施工技术, 2016, 14(12): 68-70.
- [5] 曹小平, 张云鹏. 高地应力板状软岩隧道大变形控制试验研究[J]. 铁道工程学报, 2020, 22(1): 3-4.

作者简介:

余春模(1976-),男,四川仪陇人,工程师,从事建设工程施工技术与质量管理工作;
孙慕楠(1995-),男,天津宝坻人,工程师,学士,从事建设工程施工技术与质量管理工作。

(编辑:李燕辉)