

施工组织设计

(2015年度论文集)

水利水电工程施工组织设计信息网 编
中水东北勘测设计研究有限责任公司



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

施工组织设计

(2015年度论文集)

水利水电工程施工组织设计信息网 编
中水东北勘测设计研究有限责任公司



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本论文集共收录论文 39 篇,围绕水利工程施工组织设计这个主题,内容涵盖专题论述、经验交流、研究探讨三个方面内容,展示近年来我国水利基础设施、水利新技术应用等方面的最新创新成果,汇集水利工程建设的新思路、新方法和新措施,为加快科技成果转化,提升水利科技在基础设施建设中的引领作用,全力推进经济社会平稳快速发展提供支持。

本书内容丰富、实用性强,适合从事水利工程的科研、设计、施工和管理工作的有关人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

施工组织设计. 2015年度论文集 / 水利水电工程施工组织设计信息网, 中水东北勘测设计研究有限责任公司编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2016. 7
ISBN 978-7-5170-4587-8

I. ①施… II. ①水… ②中… III. ①建筑工程—施工组织—设计—文集 IV. ①TU721-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第181279号

书 名	施工组织设计 (2015 年度论文集) SHIGONG ZUZHI SHEJI
作 者	水利水电工程施工组织设计信息网 编 中水东北勘测设计研究有限责任公司
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 14 印张 332 千字
版 次	2016 年 7 月第 1 版 2016 年 7 月第 1 次印刷
印 数	0001—1500 册
定 价	45.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

编 委 会



主 编：苏加林 齐志坚

副主编：黄 俊 陈立秋

黄相军 王福运

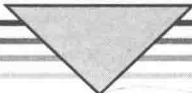
《施工组织设计（2015 年度论文集）》

联 系 人：陈立秋

电 话：0431-85092083

投稿邮箱：slsgzsj@126.com

前言



施工组织设计，就是对拟建工程的施工提出全面的规划、部署、组织，计划的一种技术经济文件，作为施工准备和指导施工的依据。它在每项工程中都具有重要的规划作用、组织作用、指导作用。通过编制施工组织设计，可以全面考虑拟建工程的具体施工条件、施工方案，技术经济指标。在人力和物力、时间和空间、技术和组织上，做出一个全面而合理符合好快省安全要求的计划安排，为施工的顺利进行做充分的准备，为施工单位切实的实施进度计划提供坚实的基础。合理的编制施工组织设计，能准备反应施工现场实际，节约各种资源，在满足建设法规规范和建设单位要求的前提下，有效地提高施工企业的经济效益。

本论文集共收录论文 39 篇，围绕水利工程施工组织设计这个主题，内容涵盖专题论述、经验交流、研究探讨三个方面内容，展示近年来我国水利基础设施、水利新技术应用等方面的最新创新成果，汇集水利工程建设的新思路、新方法和新措施，为加快科技成果转化，提升水利科技在基础设施建设中的引领作用，全力推进经济社会平稳快速发展提供支持。

由于文稿数量多，工作量大，时间紧，且编者水平有限，本书若有不当之处，敬请读者指正。

本书编委会

2016 年 3 月

目录

前言

专 题 论 述

龙开口水电站施工组织设计中的关键技术创新

..... 任金明 吕国轩 陈义军 邬 志 董宝顺 (3)	
塑性混凝土防渗墙技术在铧尖子水库除险加固工程中的应用	王刚锋 韩东海 (11)
钻孔注水试验检测地基渗透系数在尼泊尔上塔马克西项目上的应用介绍	张宝红 (16)
砂卵石隧洞开挖施工技术研究与应用	陈雪湘 (21)
中空自钻式注浆锚杆在边坡支护中的应用	王瑞璞 向子云 (29)
沉井在潜山县大沙河拦河堰中的应用	姜言亮 邵志豪 张 玮 (33)
旁多工程超百米深防渗墙施工综述	鞠发维 (38)
平底马蹄形断面中小型隧洞开挖技术研究与应用	陈雪湘 (43)
洞室爆破在料场开采中的应用	王瑞璞 向子云 (49)
夏家沟 4 号大桥地质灾害区人工挖孔桩施工技术	赵军峰 郭 瑶 (53)
丰满大坝病害调查	郑 志 杨 珺 (57)
西部水电工程泥石流防治工程方案与实践	江金章 (61)
浑江桓仁段防洪工程国民经济评价	韩东海 (69)

经 验 交 流

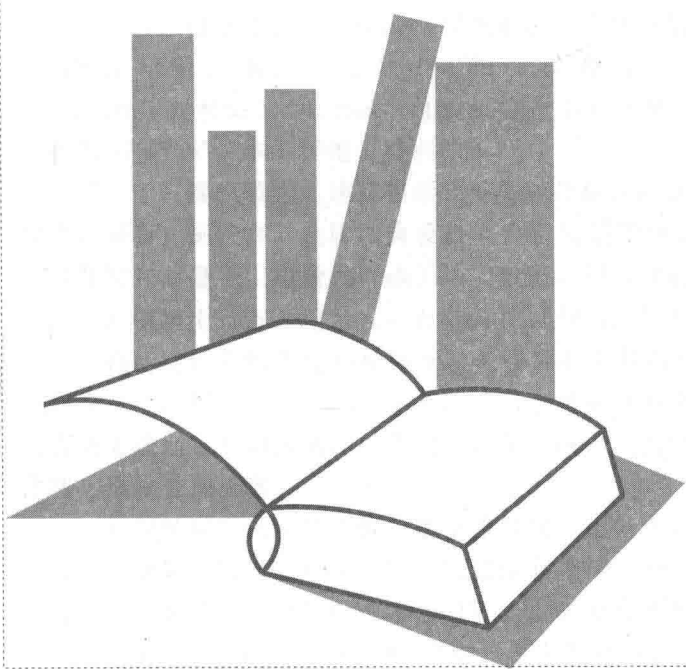
援外水利水电工程 EPC 项目施工规划	任金明 王凤军 (75)
盖下坝水电站工程泄水系统金属结构设备布置与设计	马会全 刘红宇 (83)
感潮河段堤防工程堤顶高程的确定	王刚锋 韩东海 (87)
济南市长清区钓鱼台水库施工导流方案	姜言亮 张 扬 耿福强 (92)
浅谈 SAP2000 在机架桥结构设计中的应用	孙承福 姜言亮 张 玮 (96)
市区大跨度混凝土连续箱梁桥切割拆除施工技术	金凤清 何文菊 (102)
敦化抽水蓄能电站砂石料加工系统工艺设计	赵宝华 王 金 (108)

东钱湖淤泥筑岛固结方案的设计比选	周俊	(112)
白鹤滩水电站矮子沟弃渣场泥石流防治及堆渣实施规划	曾建平 邓渊 王永明	(119)
长春河某小区段污水治理工程设计及施工简介	邓显羽 肖家祥 姜雪宾 于洪利	(125)
高海拔地区长隧洞施工方案选择	鞠发维	(129)
三河口挡潮蓄水闸施工导流设计	姜言亮 娄西国 王永强	(134)
廿里堡闸工程施工导流方案的选择	姜言亮 张玮	(139)

研究探讨

水电工程大型渣场设计标准研究现状与展望	任金明 曾建平 王永明	(145)
几种河道护岸工程施工设计探讨	金贤	(150)
设计单位开展 EPC 工程总承包业务浅谈	李强祖	(154)
多沙河流上水库防沙减淤调度方案设计及效果分析	王智 宗原	(159)
水电站支护工程质量通病及防治措施分析	胡云鹤	(164)
高寒地区沥青混凝土心墙坝超 100m 深河床覆盖层混凝土 防渗墙施工与河床基坑排水方法探析	马敬 蒋兵	(170)
浅析蒲石河抽水蓄能电站 4 号电抗器 B 相电缆对电抗器本体放电故障原因及处理	李成玉	(177)
堆石坝面板裂缝处理施工工艺分析	胡云鹤	(183)
浅谈施工项目成本管理	李亚胜 郭瑶	(187)
丰满水电站全面治理(重建)工程泄洪兼导流洞出口交通桥溅水 影响及改善措施的试验研究	郑志	(193)
望江楼水电站导流模型试验研究	肖家祥 邓显羽 姜雪宾 于洪利 贺延国	(198)
陕西省泾河东庄水利枢纽工程(导流洞)勘探试验洞施工进场方案比较分析	李正乾	(202)
蒲石河抽水蓄能电站地下厂房渗漏检测及处理	杜文才 张煜 王强 孙利 郝立勋	(211)

专题论述



龙开口水电站施工组织 设计中的关键技术创新

任金明 吕国轩 陈义军 邬志 董宝顺

(中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江杭州, 311100)

【摘要】 龙开口水电站勘测设计工作历经 10 余年, 施工组织设计贯穿于预可行性研究、可行性研究、招标设计及施工图设计等各个阶段, 根据该工程施工特点及具体情况, 主要对施工导流方式和方案选择, 混凝土骨料料源选择、开采、运输及加工, 缆机布置, 施工总布置规划等关键技术进行了研究, 取得了导流明渠底孔和缺口双层过流布置, 白云岩混凝土骨料料源选择和加工, 长距离空间曲线带式胶带机、多点大间距辐射式缆机布置等一系列创新技术。施工组织设计中的关键技术创新对龙开口水电站工程建设的顺利实施、节省投资发挥了极为重要的作用。

【关键词】 施工组织设计 关键技术 技术创新 龙开口水电站

1 引言

龙开口水电站是金沙江中游河段规划的 8 个梯级电站中的第 6 级, 上距金安桥水电站 41.4km, 下距鲁地拉水电站 99.5km, 工程规模为大(1)型, 电站正常蓄水位 1298.00m, 死水位 1290.00m, 总装机容量 1800MW ($5 \times 360\text{MW}$), 正常蓄水位对应的库容 5.07 亿 m^3 。本工程施工特点如下:

(1) 工程规模较大, 建筑物形式较多, 坝体由碾压混凝土、变态混凝土及常态混凝土构成, 坝身孔洞较多, 金属结构及机电设备安装工程量大, 施工较复杂且相互干扰较大。工程开挖和混凝土工程量大, 施工强度较高; 坝体浇筑方式多样, 料物运输量大。

(2) 枢纽土石方开挖量大, 石方开挖可利用量相对较少, 挖方中弃料较多, 利用率不高。工程区附近天然砂砾石料缺乏, 工程混凝土骨料所需石料主要从燕子崖石料场开采, 该料场开采高程在 2000.00m 以上, 是一个开采条件较好而运输条件较复杂的高位料场。故应统筹规划、全面协调、优化使用, 尽量减少二次倒运, 使骨料运输与施工安排衔接相协调, 形成合理流程。

(3) 坝址区河水水位变幅及洪枯流量变化比较大, 河水暴涨暴落, 施工导流工程规模较大, 且前期导流工程对工程施工总进度有直接影响。

(4) 坝址右岸高程 1350.00m 以上边坡为变形体, 该变形体规模较大, 上下游长 600~800m, 变形体顶高程 1480.00m, 高差约 130m。该变形体对右坝肩边坡开挖及缆机

右岸固定端施工有影响。

(5) 本电站与上游金安桥电站、下游鲁地拉电站相距较近,且为同期开发项目,本工程施工需考虑上、下游梯级电站的影响。

2 “左岸明渠、三期导流”施工导流关键技术

2.1 施工导流方式、方案选择及导流建筑物设计

根据水工枢纽布置,厂房布置在右岸台地上,主河道截流前在河床右侧台地上布置厂房围堰,可以保证厂房在工程一开工就具备施工条件和全年施工,争取到最快的发电工期;与此同时,布置在主河床部位的碾压混凝土重力坝则具有结构相对简单,施工速度快,又允许坝体汛期过水的特点。经对左岸明渠道流全年围堰方案和枯水期围堰导流方案、分期导流方案和隧洞导流方案综合比较,选定“左岸明渠、三期导流”的导流方案为施工导流推荐方案。

施工导流阶段分为一期、二期和三期三个阶段。各阶段导流情况如下:

(1) 一期导流。采用“一期围堰挡水、束窄的河床泄流”的导流方式。在导流明渠施工围堰的围护下,进行岸边导流明渠的开挖和混凝土浇筑(全年)施工;在厂房临时围堰的维护下进行右岸挡水坝段和厂房坝段的施工。来水由束窄的河床泄流。

(2) 二期导流。采用“二期围堰挡水、明渠道流底孔和明渠缺口联合泄流”的导流方式。以河床截流为标志,形成以上、下游围堰保护下的河床大基坑,进行主体工程的坝基开挖和混凝土浇筑施工,河水由明渠道流底孔和明渠缺口宣泄。

(3) 三期导流。采用“坝体挡水、导流底孔与坝身永久孔口联合泄流”的导流方式。以坝体临时挡水度汛为标志,河水由明渠道流底孔、部分溢流表孔、泄洪中孔和冲沙底孔宣泄。

施工导流关键技术及主要创新点如下:

(1) 创新了导流布置方式,在一期导流阶段,除了施工左岸导流明渠外,同时在河床右岸的大坝和厂房四周设置厂房临时围堰,使工程的关键项目在工程开工阶段就可进行施工,有效缩短了工程的工期,使工程达到提前受益的目的。龙开口工程创新地在一期导流阶段在河床两岸均设置了导流建筑物,为今后类似宽河床坝式水电站缩短工期提供了工程实例。

(2) 一期导流阶段厂房临时围堰的上下游段结合二期导流阶段的主围堰设置,降低了截流后二期导流阶段主围堰的施工强度,也为截流时机提供了较大的选择性。

(3) 导流明渠设计流量 $10800\text{m}^3/\text{s}$,枯水期最小流量约 $400\sim 500\text{m}^3/\text{s}$,根据本工程施工导流具有的设计流量规模大、洪枯流量差大的特点,导流明渠设计采取了洪枯时段分层过流,小流量的洪水由导流底孔下泄,大流量洪水由底孔和缺口双层过流。导流明渠在满足设计要求的前提下,充分利用其良好的地形、地质条件,同时避免了由于地质缺陷所带来的不利影响,明渠内和坝体双层过流泄流顺畅,流态平稳。导流明渠自 2009 年 1 月开始过流,已历经 4 个汛期的安全运行。

(4) 根据坝址地形、地质及水文条件,结合枢纽布置,经对不同坝线、不同坝址等多方案的枢纽布置格局的技术经济比较,最终选择导流明渠结合左岸挡水坝段进行布置,明

渠坝段下部设导流底孔,底孔上部预留缺口,明渠左右两侧导墙结合左岸5号、8号挡水坝段。导流方案与枢纽布置有机结合,永久建筑物与临时建筑物结合布置,施工导流布置的灵活性更好,工程可比投资相对较省;并为后期缺口封堵加高创造了提前施工的有利条件,有利于缩短工期;充分贯彻了“四节一环保”的绿色设计与施工理念。

(5)为保证导流底孔封堵期间向下游供水流量不小于 $380\text{m}^3/\text{s}$ 的环保需要,创新了导流底孔下闸方式,导流底孔下闸采用局开方式进行,即左导流底孔先一次下放到位,右导流底孔下闸时,闸门分两次下放,首先下至1217.50m高程,由右导流底孔和冲沙底孔向下游洪水;待上游水位蓄至1240.50m,冲沙底孔和泄洪中孔联合泄流达到 $380\text{m}^3/\text{s}$ 流量时右导流底孔的闸门再下放到位。

2.2 超标准洪水预案分析

龙开口水电站工程建设工期短,施工高峰强度大,受停工及不可预见的河中深槽处理影响,工程建设几起几落,几乎没有工程转序调整时间,龙开口水电站施工期安全度汛经受了较严峻的考验。

龙开口水电站二期导流采用20年一遇洪水标准。龙开口2009年超标准洪水预案分析专题研究对应急预案的标准、工程加固措施、水情测报以及超标洪水对上下游的影响等内容进行了深入分析,并对超标准洪水预案进行了多方案的比较,建议超标洪水预案工程措施按30年一遇考虑。为业主编制超标准洪水预案及启动相应的实施措施提供了很好的依据。

3 白云岩骨料料源选择和料场开采关键技术

3.1 混凝土骨料白云岩料源选择和料场开采

龙开口水电站主体工程混凝土总量约453万 m^3 ,其中常态混凝土约170万 m^3 ,碾压混凝土约281万 m^3 。本工程混凝土骨料料源选择经历了三个过程。2005年可研开始选择距坝址16km的松园灰岩料场,但经混凝土试验发现,灰岩原岩中碳质含量偏高,使用此类骨料的混凝土在工程中尚未有记载,混凝土长期耐久性不明确。2006年10月,骨料料源选择距坝址约10km的忠义村玄武岩料场,但经深入地质勘察发现,料场剥采比高,有用料内分布有多层凝灰岩和凝灰质角砾熔岩夹层,而凝灰岩和凝灰质角砾熔岩稳定性较差,岩芯放置数周后见干裂现象,不能用作混凝土骨料,而新鲜的此类岩样与玄武岩有用料无明显差别,难以区分别出。2007年10月,骨料料源选择距坝址约12km的燕子崖白云岩料场,原岩质量较好,经深入地质勘察及混凝土试验,可作为本工程混凝土骨料料源,已获得了总院咨询与业主的认可。西部工程由于地质构造的原因,石料场往往变化较大,地质勘察与骨料料源的研究选择难度较大。龙开口工程骨料料源历经三次变化,做了大量的勘察、试验、分析研究工作。

白云岩料源选择和料场开采关键技术及主要创新点如下:

(1)龙开口水电站主体工程混凝土需要砂石骨料近1000万t,坝址区石料分布广泛,料源选择却十分困难。在项目可研阶段,设计对坝址上下游20km范围内的石料场进行调查,先后对松园灰岩料场、小庄河玄武岩石料场、大菁沟玄武岩石料场、忠义村玄武岩石

料场、金河白云岩料场及燕子崖白云岩料场等 6 个料场开展勘测、试验和比选工作。前面 5 个料场由于种种原因先后被淘汰,最终确定采用燕子崖白云岩石料场作为主体工程混凝土骨料的料源。

(2) 目前在国内水利水电工程建设中,主体工程全部使用白云岩骨料的大中型工程的实例尚无先例,龙开口工程混凝土骨料采用白云岩人工骨料具有创新性。

(3) 燕子崖石料场为距坝址区距离较远的高位料场,料场的开采区与骨料生产系统高差大,水平距离近,半成品料运输线路布置难度大。料场开采区与砂石加工系统将分为料场开采、半成品运输、成品加工及成品骨料输送四个部分,系统建设与运行管理战线长。料场开采规划所取得的开采、运输方式研究成果(尤其是成品骨料利用长隧洞、长胶带机运输方案),可供西部水电工程借鉴。

3.2 混凝土人工骨料运输长距离空间曲线带式胶带机

燕子崖砂石加工系统承担龙开口水电站主体工程约 462万 m^3 的混凝土粗、细骨料生产任务。系统成品料生产能力约 1650t/h ,其中人工砂生产能力约为 570t/h ,供料时间约 4 年。燕子崖砂石加工系统位于坝址下游中江河右岸高程约 1460.00m 的坡地上,距离布置在坝区的主体工程混凝土生产系统直线距离约 5.8km ,公路里程约 18km ,高差约 130m ,成品骨料的输送强度约 2500t/h 。

根据运输距离较远、高差较大,沿程地形复杂等运输条件和特点,以及工程混凝土施工对运输强度的要求,运用先进的施工技术和理念,从环境、民生、经济效益、节能降耗及安全施工等多方面对骨料运输方案、布置型式、运行参数选择等进行分析,采用在国内水电行业中尚未使用运行的长距离空间转弯曲线胶带机运输成品骨料至坝区混凝土生产系统。该胶带机长约 6060m ,带宽 1200mm ,最小转弯半径 1000m ,带速 4m/s ,驱动功率 1680kW 。

截至 2011 年 11 月,龙开口长距离空间转弯曲线胶带机已运输成品骨料 660万 t ,综合设备、土建、运输费用等投资比较,胶带机综合运输价格约为 2.36元/t ,而同期的汽车运输综合价格则为 29.16元/t ,以运输混凝土骨料总量 800万 t 计,采用长距离曲线胶带机运输成品骨料较汽车运输方案可节约投资约 13300万元 。

长距离曲线胶带机在龙开口工程的成功应用,首开了我国水电工程应用国产长距离空间转弯曲线胶带机的先河,为我国水电工程特别是西部高原地区施工中骨料的运输创造了成功经验并起到积极的示范作用,为水电工程施工的发展方向。

龙开口工程建设进入筹建期后,为减少长胶带机建设征地,减少对当地农业耕作的影响,避免出现过多的政策处理问题,保证工程建设顺利进行,对长胶带机的线路和布置方式进行了优化调整。长胶带机由原设计的以明线布置为主调整为以隧洞布置为主,缩短了胶带机的长度,减少了长约 4400m 的明线胶带机的征地,避免了胶带机土建施工对沿线居民和农田的影响,提高了胶带机运行的安全性和骨料质量。同时充分利用长胶带曲线转弯布置的新技术,采用曲线布置,胶带机共由 5 个直线段和 4 个曲线段组成。龙开口工程采用曲线型布置的长距离胶带机,技术水平在国内水电行业居于领先地位,与传统的多段直线胶带机布置相比,具有减少胶带机转料处的辅助设施投入,避免成品骨料跌落逊径影响,生产工艺简单等优点。龙开口工程曲线型布置的长胶带机布置已申报国家专利。

长距离空间曲线带式胶带机关键技术及主要创新点如下:

(1) 根据龙开口工程特定的地形地质条件,通过调研,提出了空间转弯长距离曲线胶带机运输方案并最终被实施,胶带机连续小半径转弯,在国内水电工程中属首例。

(2) 在胶带机线型设计中,充分贯彻“节能、节地、注重环保”的设计理念,沿线以隧洞布置为主,减少土地征用,并利用了胶带机首尾高差产生的重力势能,有效地降低了设备运行能耗。

(3) 通过研究论证,对于高带速、大运量的曲线胶带机其转弯半径大于 1000m 时,能保证胶带机的安全运行和骨料的运输质量,线型设计中确定胶带机转弯半径为 1000m,为国内水电行业胶带机最小转弯半径。

(4) 在水电工程骨料运输方案选择中,采用长距离带式输送机替代传统的汽车运输,可缩短运距、运行安全、便于管理、减少 CO_2 等有害气体的排放,追求“绿色施工”的目标,在水电工程建设中认真贯彻国家产业政策的体现,为水电工程施工的发展方向。

(5) 龙开口长距离曲线胶带机线型设计方案适用于国产设备,同时认为国产设备不但在性能上可以满足工程要求,采购周期短,价格水平低于进口产品,同时具有良好的售后配套服务。因此,向业主提出输送线以采用国产设备为主的建议并最终被采纳。

4 多点大间距辐射式缆机布置关键技术

龙开口工程大坝为碾压混凝土重力坝,采用河床开敞式溢洪道,右岸坝后厂房布置方式,仅厂房坝段、泄洪建筑物坝段及部分挡水坝段为常态混凝土,为解决上述部位常态混凝土的浇筑运输以及引水钢管、泄洪中孔闸门、水轮发电机组部分附件吊装,需对大坝施工设备进行比较,通过比较高架门机和缆机两种设备,最终选择缆机浇筑方案。缆机设计中原布置方案比较了平移式和辐射式两个方案,在可研设计前期,地质提供的左右岸均为岩石边坡,其中左岸为坝肩开挖边坡,右岸覆盖层浅薄,所以推荐了平移式缆机,后来加深勘探过程中发现右岸有较大范围的变形体,通过比较平移式缆机和辐射式缆机布置选型,考虑右岸边坡地质条件的影响,最终采用三台辐射式缆机进行坝体常态混凝土浇筑、大坝金结安装和厂房机电安装。

龙开口工程大缆机总跨度约 1100m,3 台辐射式缆机单台水平荷载约 4720kN,为扩大辐射式缆机的覆盖范围,右岸固定端采用扩大间距的布置方式,2 台缆机固定端最小间距为 8.0m。

龙开口工程在缆机布置方案中,及时根据右岸缆机轨道平台的地质条件变化,调整缆机布置及缆机选型。在推荐的辐射式缆机布置方案的研究中,为避开右岸变形体,保证辐射式缆机的有效覆盖范围,解决多台辐射式缆机从固定端侧取料浇筑以及多台缆机抬吊的问题,本工程首次采用新型的多点大间距辐射式缆机布置形式,成功解决上述矛盾。缆机布置方案已于 2009 年 5 月完成首台机的安装运行,缆机运行正常。

多点大间距辐射式缆机布置关键技术及主要创新点如下:

(1) 缆机的布置与右岸变形体处理有机统一。龙开口水电站右岸缆机平台处于变形体范围内,该变形体处理范围及工程量均较大,采用辐射式缆机布置方案后,固定端设置于冲沟内,避免了大开挖变形体(开挖方量约 750 m^3),对缆机布置和右岸变形体处理均

为最佳技术方案和措施,避免了平移式缆机布置方案中发电工期长、投资大、对变形体开挖工程量大等诸多不利因素。

(2) 国内首创多点大间距辐射式缆机新设计。龙开口水电站的缆机布置方案是在国内水电工程现有缆机布置基础上的大胆创新,首创新型辐射式缆机布置方案,该方案已成功应用于龙开口水电站工程中。

(3) 首创辐射式缆机固定端最大距离。一般辐射式缆机相邻固定点间距为 2~4m,龙开口水电站的缆机固定点间距离为 8m,为目前国内水电工程中最大的固定点间距,创新了辐射式缆机的布置型式,有效解决了辐射式缆机抬吊操作难、相邻缆机在固定端侧供料平台取料时的干扰等问题。

(4) 首次成功验证了辐射式缆机主供料平台布置在固定端的可行性。龙开口水电站的辐射式缆机主供料平台布置在固定端,为国内大型水电工程中首次成功应用,成功解决了辐射式缆机布置缺陷,为今后辐射式缆机主供料平台布置在固定端的可行性提供了较好的参考先例。

(5) 节约投资。对于龙开口水电站的缆机布置,采用平移式和辐射式缆机布置方案在技术上虽均可行,但在经济效益上,辐射式缆机布置方案工程比平移式缆机布置方案节省约 10584.23 万元,有效节约了工程投资。

5 绿色环保施工总布置规划关键技术

根据本工程的枢纽布置特点、料源选择情况、施工场地条件及施工总布置格局,施工总布置规划以砂石加工系统和混凝土生产系统布置为主,其他工厂围绕上述系统布置为辅,同时在施工总布置中也考虑了施工总布置对工程分标的适应性。龙开口水电站主体工程划分为四个标段,导流明渠及左岸缺口以下挡水坝段(1~8号)为土建Ⅰ标,左岸缺口以上坝段(5~8号)、泄洪表孔坝段、厂房坝段及右岸挡水坝段为土建Ⅱ标,发电厂房为土建Ⅲ标,厂房机电设备安装单独成标。枢纽工程的重心在右岸,对外交通从右岸入场,混凝土骨料料源均分布在右岸,右岸施工场地布置条件相对较好。因此施工总布置以右岸布置为主,左岸布置为辅的施工总布置格局。具体分区规划布置如下:

(1) 考虑到本工程混凝土骨料料源采用燕子崖白云岩石料场,主体工程砂石加工系统布置于燕子崖石料场下方磨河沟右侧 1460.00~1550.00m 高程的缓坡地。

(2) 工程布置分三个混凝土生产系统:左岸混凝土系统、大坝工程混凝土系统及厂房工程混凝土系统,其中左岸混凝土系统为公用混凝土生产系统。

(3) 左岸挡水坝段及导流明渠的施工工厂以左岸布置为主,右岸大坝及厂房的施工工厂布置于右岸。

(4) 考虑生产及生活设施宜分开布置,承包商营地、业主营地等生活设施分别布置于大坝下游左、右两岸。

(5) 考虑前期工程施工及两岸交通需要,需在大坝上游及下游承包商营地附近分别布置 1 座临时交通桥,另在大坝下游布置 1 座永久交通桥。

(6) 弃渣场布置以库区为主。

施工总布置规划关键技术及主要创新点如下:

(1) 根据施工总布置原则, 结合龙开口水电站枢纽建筑物布置特点, 本着各枢纽建筑物运距最短, 施工干扰较小的原则对可利用的施工场地进行分区规划。

(2) 针对承包商营地的不同位置、混凝土拌和及制冷系统的不同位置及其他施工工厂布置的不同等, 拟定两个施工总布置方案进行详细比选, 同时对场内主要交通干线布置、砂石加工系统、混凝土生产系统、业主营地、炸药库、垃圾填埋场等设施的布置也进行了方案比选。

(3) 通过对征地及移民安置、混凝土系统布置、环境保护、投资及承包商营地布置等方面的技术经济的综合比较。施工总布置规划贯彻绿色环保的理念。

(4) 龙开口水电站的施工总布置规划系国内按照《水电工程可行性研究阶段施工总布置规划专题报告编制暂行规定》编制并经水电水利规划设计总院审查通过的第一份专题报告, 对《水电工程可行性研究阶段施工总布置规划专题报告编制暂行规定》的修订完善具有重要意义, 对于编制《水电工程可行性研究阶段施工总布置规划专题报告》有重要的借鉴价值。

6 结论

(1) 龙开口水电站工程勘测设计过程中, 以科研、技术创新引领、促进设计优化工作的开展, 夯实设计优化的基础。在设计优化过程中针对工程关键技术问题, 与国内一流高等院校和科研院所一起进行科研攻关, 分析研究工作扎实, 并采用新技术、新方法, 在多项设计优化工作中有所创新, 成果应用于工程实践中, 取得了良好的效果。

(2) 施工导流设计创新地在一期导流阶段在河床两岸均设置了导流建筑物, 使工程的关键项目在工程开工阶段就可进行施工, 有效缩短了工期, 使工程达到提前受益的目的。导流明渠结合左岸挡水坝段, 施工导流布置的灵活性更好, 工程可比投资相对较省, 为后期缺口封堵加高创造了提前施工的有利条件, 有利于缩短工期, 充分贯彻了“四节一环保”的绿色设计与施工理念。施工导流设计流量 $10800\text{m}^3/\text{s}$, 导流明渠设计采取了洪枯时段分层过流, 当流量小于 $2800\text{m}^3/\text{s}$ 时, 洪水由导流底孔下泄, 大流量洪水由底孔和缺口双层过流。本工程导流明渠双层过流是国内大型水电工程的首次成功应用, 为今后大型水电工程施工积累了经验。创新了导流底孔下闸方式, 导流底孔分两次下闸, 第二次下闸采用局开方式, 保证了导流底孔封堵期间向下游供水的需要。

(3) 本工程混凝土工程量较大, 混凝土骨料料源的选择对工程质量和投资有直接影响。根据我国近年有关大型水电工程的经验教训, 骨料料源选择研究工作是否充分, 是否满足工程的要求, 直接关系到工程建设能否顺利进行。因此, 针对龙开口工程混凝土骨料料源开展专题研究。西部由于地质构造的原因, 石料场往往变化较大, 地质勘察与骨料料源的研究选择难度较大。由于料源的原因, 导致水电工程延误、投资增加等。目前在国内水利水电工程建设中, 主体工程全部使用白云岩骨料的大中型工程的实例尚无先例, 因此, 龙开口工程混凝土骨料采用白云岩人工骨料具有创新性。针对燕子崖白云岩料场相对位置高、距坝址区距离较远的不利开采运输条件, 通过翔实的料场开采规划解决了料场的开采、运输难题, 尤其是成品骨料采用长隧洞、长胶带机运输方式, 可供西部水电工程借鉴。

(4) 采用辐射式缆机布置方案有效规避了该工程缆机右岸轨道布置在变形体上的风险,并利用创新技术,成功解决了辐射式缆机布置缺陷,对扩宽缆机布置思路,缩小缆机土建投资具有重要意义,同时该技术将扩展辐射式缆机布置的应用范围,对解决西部工程在高山峡谷的不利地形地质条件下应用缆机施工提出新的技术措施。可以预见,该创新技术还将在西部工程中得到更广应用,该技术的推广,将提升我院在施工设备选型布置的实力。依托本项目,“多点大间距辐射式缆机布置结构”已申请实用新型专利。

(5) 施工总布置规划体现了本工程的施工条件和特点、遵照因地制宜、因时制宜、有利生产、方便生活、经济合理的原则,从保护土地资源和满足环境保护要求的角度考虑,尽可能少占耕地和有利于移民安置和实施,充分贯彻执行了《大中型水利水电工程建设征地补偿和移民安置条例》(国务院令第 471 号)的要求。

【作者简介】

任金明(1963—),男,辽宁北票人,教授级高级工程师,主要从事水利水电工程施工组织设计和研究工作。