

我国海拔最高百万千瓦级水电站——

雅砻江两河口水电站投产发电

填补多项技术空白、解决多项世界难题,实现了大坝建设由数字化向智能化的跨越



两河口水库

两河口水电站全部建成后,平均每年发电量加上对下游梯级电站补偿效益增加的年发电量,相当于减少原煤消耗1330万吨,减少二氧化碳排放2130万吨,减少二氧化硫排放20万吨,相当于少建4座年产400万吨的大型煤矿。

9月29日,世界级高土石坝、我国海拔最高的百万千瓦级水电站、四川省内容容最大的水库电站——雅砻江两河口水电站正式投产发电。

两河口水电站位于四川省甘孜藏族自治州雅江县境内,电站砾石土心墙堆石坝坝高295米,是建成发电的世界第二高土石坝,也是我国西南六大水电基地投产的首个龙头水库电站。两河口水电站拥有世界水电工程综合规模最大的高边坡群、国内第一高泄洪水头及国内最大泄洪流速的复杂洞室泄洪设施,是雅砻江流域水电开发有限公司(以下简称“雅砻江公司”)在雅砻江中游开发的龙头水库电站,也是国家和四川省重点工程、西部大开发优化能源供给侧结构性调整的战略工程。两河口水电站核准投资总额664.57亿元,总装机容量300万千瓦,于2014年10月开工,2015年11月截流并开始围堰填筑,2020年12月开始下闸蓄水,计划于2023年工程竣工。

**世界级高土石坝,助力建设
世界级绿色清洁能源基地**

雅砻江发源于青藏高原巴颜喀拉山南麓,流经四川省甘孜州、凉山州、攀枝花市,干流全长1571公里,天然落差3830米,在全国规划的十三大水电基地中装机规模排名第三。根据国家授权,雅砻江公司全面负责雅砻江梯级水电站的建设和管理。经过综合分析和科学论证,雅砻江公司确立了“雅砻江流域水能资源开发四阶段战略”,在雅砻江干流规划开发22级水电站,装机容量约3000万千瓦。同时,为助力我国碳达峰、碳中和目标实现,雅砻江公司在水能资源开发的基础上,提出了流域新能源及抽水蓄能开发“四阶段”战略。根据国家规划,雅砻江流域水风光互补绿色清洁能源基地,总规模超8000万千瓦,其中风电、光伏发电超4000万千瓦、抽水蓄能发电超1000万千瓦。该基地已列入国家“十四五”规划,是我国九大清洁能源基地之一,建成后将成为世界最大的绿色清洁能源基地之一。

作为世界级高土石坝,两河口水电站大坝坝体总填筑量4300万立方米,相当于6个鸟巢体育场的体积。换算成1立方米的正立方体,可绕地球一圈还多。拥有高坝大库的两河口水电站投产,将使雅砻江流域整体开发价值得到极大提升——通过两河口等水库的优化调度和水电机组的快速调节,可以将随机波动的风电、光伏发电调整为平滑、稳定的优质电源。

水电水利规划设计总院总经理彭程认为,雅砻江流域具备水风光一体化开发运行的优异条件,充分发挥两河口等流域大型水库长周期储能能力,与水光结合,以社会成本最优模式开发流域风光新能源,为我国以新能源为主体的新型电力系统构建作出积极探索,形成可借鉴、可复制、可参考的模式。

据了解,两河口水电站建设期间投入环保水保费用超16亿元。电站全部建成后,平均每年发电量加上对下游梯级电站补偿效益增加的年发电量,相当于减少原煤消耗1330万吨,减少二氧化碳排放2130万吨,减少二氧化硫排放20万吨。

雅砻江梯级电站全部建成后,算上两河口水电站梯级补偿效益增加的电量,雅砻江流域年发电量将达到1500亿千瓦时,再加上风电、光电的打捆送出,全流域水风光互补绿色清洁能源示范基地每年可贡献清洁能源超2200亿千瓦时。源源不断的清洁能源输送成渝、华东、华中等长江经济带覆盖地区,为沿江省市产业基础高级化、产业链现代化提供能源保障,对推进长江经济带和成

渝地区双城经济圈建设具有重要意义。

**四川最大水库电站,使雅砻江成为
全国调节性能最好的大型河流**

两河口水电站水库总库容达108亿立方米,调节库容为65.6亿立方米,是四川省内最大的多年调节水库。电站投产后,与雅砻江干流已建成的锦屏一级和二滩水电站形成三大联合调节水库,总调节库容达148.4亿立方米,带来极强的径流调节能力,可实现雅砻江梯级电站多年调节,使雅砻江成为全国唯一一条由一个业主管理、在真正意义上实现多年调节的大型河流。

“两河口水电站建成后,与雅砻江干流已建成的锦屏一级水电站和二滩水电站形成三大联合调节水库,使雅砻江成为可实现多年调节的大型河流。它为雅砻江下游、金沙江下游和长江干流上的水电站带来的补偿效应,也就是增加的发电量,相当于自身发电量的三倍。这样计算下来,相当于少建4座年产400万吨的大型煤矿,节能减排的成效显著。”国家开发投资集团有限公司党组书记、董事长白涛向记者介绍,通过两河口等水库的优化调度和水电机组的快速调节,可进一步带动和促进总规模超8000万千瓦的雅砻江流域水风光清洁能源协同开发,大幅提高雅砻江清洁能源的整体利用率。

两河口水库是国家规划的长江中下游防洪体系的骨干水库,其投产后,雅砻江梯级电站防洪总库容达45亿立方米,在主汛期将充分发挥水库拦洪削峰的作用,分担长江防洪压力,助力长江中下游及川渝段防洪度汛;在枯水期将增加下泄流量约360立方米/秒,可改善金沙江及长江部分航道的枯水期航运条件,提升长江航道航运的安全性和能力。

两河口水电站“超级水库”还能有效减少下游河道泥沙含量,显著改善库区局部小气候,带来“高峡出平湖”的壮丽景观,促进当地生态旅游和生态农业发展。水库的湿地作用还能改善水库周边局地气候,促进植物生长,有利于长江上游水土保持和生态环境改善,对长江上游生态屏障保护发挥重要作用。

**开创9项世界建设之最,实现
大坝建设由数字化向智能化跨越**

两河口水电站施工区平均海拔3000米,是我国水电开发向高海拔寒冷地区发展的标志性工程,在世界水电建设史上具有里程碑意义。电站建设过程中开创9项世界之最,多项关键工程特性指标位居国内外同类型项目前列。

在中国科学院院士、中科院西北生态环境资源研究院院长赖远明看来,两河口水电站的建设为高海拔地区建设特大型水电工程积累了宝贵经验,创新了国内外高海拔地区防渗土料冻融防控理论、技术标准 and 施工技术,开创了高原季节性冻土区冬季土心墙大规模连续施工的先例,是高海拔高原高寒地区和少数民族地区建设大型水电工程的典范,是水电建设的又一里程碑。

两河口水电工程建设面临高海拔、高边坡、高土石坝、高地应力地下厂房、高泄洪流速等诸多世界级技术难题与挑战。特别是坝高295米的土石坝,填筑难度大、施工技术复杂,国内外均无成熟、可借鉴经验。同时,由于两河口水电站处于低纬度、高海拔的季节性冻土区域,全年有效施工时间仅200天左右,冬季雨季施工困难。

面对一系列世界级难题,雅砻江公司一方面深入开展自主创新,努力突破和掌握更多关键技术;另一方面充分借力国内智力资源,与国家自然科学基



两河口水电站首批投产机组



两河口水电站GIS接开关键站

金会设立雅砻江联合基金,成立以院士、大师和国内知名专家为主的特别咨询团、与国内权威机构和高校建立战略合作伙伴关系,探索出了一条运用市场化手段,集成科研资源,业主主导,联合创新的新路子。

“两河口水电站大坝嵌入海拔3000多米的V字形高原峡谷之中,连接奇峰陡立、峭壁对峙的雅砻江两岸,是一项技术难度位居世界前列的超级工程,建设难度前所未有。”中国水利水电第十二工程局有限公司党委书记、董事长刘光华对记者表示,中国电建水电十二局和水电五局组成联合体,承建两河口水电站世界级高坝,实施了世界首次高坝施工中大规模智能化、无人化作业,攻克了高海拔、高边坡群、高泄洪流速等多项世界级难题,取得了一系列重大开创性科技成果,刷新了坝工技术新高度。

目前,两河口水电站累计投入科研经费超过18亿元,获得128项专利,采用10余项新材料、20余项新技术、30余项新工艺以及多项新设备,推动了“水利土木工程由数字化建设向智能化建设的跨越”,填补了“高海拔寒冷地区300米级特高土石坝冬季施工和300米级特高土石坝安全监测”等多项空白,攻克了“高海拔超高速泄洪系统施工关键技术、大泄洪功率下大规模防冲旋挖桩群施工关键技术、高地应力大型地下厂房施工关键技术”等多项世界难题。

为解决大坝冬季施工难题,雅砻江公司针对性研究土壤冻融机理,通过持续监测掌握温度变化规律,创新了国内外高海拔地区防渗土料冻融防控理论、技术标准和施工成套技术,开创了高原冻土区冬季土心墙大规模连续施工的先例。两河口智能大坝取得一系列重大开创性成果,智能无人碾压累计填筑量突破320万立方米。国内首批智能碾压在两河口水电站正式应用,进一步促进了坝工技术进步和重大装备升级。

哈尔滨电气股份有限公司副总裁,哈尔滨电机厂有限责任公司(以下简称“哈电机”)党委书记、董事长王贵表示,哈电机承担了两河口电站全部6台水轮机的研制工作。“为切实打造两河口水电站精品水轮机设备,哈电机在其先进的大型水电机组技术和经验基础上,专门针对两河口的具体情况开展攻关研究,取得了一系列世界前沿的创新性成果。针对两河口的具体情况,进一步技术创新,研制出适应水头变幅更大的长短叶片转轮,使两河口电站水轮机在更大水头变幅的不利条件下,不仅加权效率高,低水头超出力能力强,而且实现全水头、全负荷安全稳定高效运行,是我国乃至世

界混流式水轮机技术的又一重要突破,成为大型混流式水轮机全水头、全负荷安全稳定高效运行的又一新的里程碑和代表作。”

中国工程院院士钟登华表示,两河口水电站是国内第一座用“施工全过程智能化技术”修建的300米级超高土石坝工程,填补了高寒地区超高土石坝的建设空白,实现了大坝建设由数字化向智能化的跨越,开创并引领了水利水电工程建设智能化的新方向,具有重要的科学意义和工程价值。中国工程院院士钮新强认为,两河口水电站创新了国内外高海拔地区防渗土料冻融防控理论、技术标准和施工成套技术,开创了高原冻土区冬季土心墙大规模连续施工的先例。

**助力地方经济社会发展、
民族团结进步和乡村振兴战略实施**

两河口水电站是四川省首批、甘孜州首座采用“逐年补偿”生产安置方式,并高质量全面一次性完成移民安置的大型水电项目,实现了无过渡安置、无群体性事件、无遗留问题,被政府和行业主管部门誉为四川省移民安置示范和标杆。电站建设使地方财政收入得到显著增长,有力带动地方建材、交通、运输等相关产业快速发展。电站建设期间将拉动四川省生产总值超1000亿元,拉动甘孜州地区生产总值超130亿元,为甘孜州财政贡献税费约60亿元,每年可直接带动就业约2万人;电站全部投产后,每年可为甘孜州贡献税费超6亿元,有力推动民族地区经济社会发展和乡村振兴战略实施。

四川省甘孜州乡村振兴局副局长曾德成介绍,两河口水电站是四川省甘孜州装机容量最大、淹没区域最广、移民人口最多、涉及民族文化最特殊的一座大型电站。“两河口水电站涉及甘孜州雅江、道孚、理塘、新龙四县,2020年8月两河口水电站高质量通过了四川省蓄水位阶段移民安置验收,创造了5000人以上大型项目蓄水前无一人过渡的最好成绩。两河口水电站是四川民族地区首座对移民安置方式、补偿补助体系、宗教寺庙迁建补偿、民族文化保护和传承进行专题研究,且成果转化后取得实质性成效的大型水电项目,也是甘孜州探索移民工程代建+施工总承包的水电移民工作示范工程。”

两河口水电站建设过程中,雅砻江公司投资121亿元,用于电站周边及电站库区基础设施重建升级,惠及甘孜州雅江、道孚、理塘和新龙4个县20个乡82个行政村。共建设通县通乡通村公路499公里,特大桥及大桥32座,隧道56条;电网线路530公里,供水管网66公里,通讯线路410公里;迁建集镇6座、安置点1处、寺庙4座。库区老百姓实现从土路到油路、油灯到电灯、水桶到水管的跨越式发展,电站建设促进了甘孜地区贫困县脱贫摘帽奔小康、经济社会可持续发展以及乡村振兴。电站开发建设对积累国内外,尤其是高海拔寒冷地区水电、铁路、公路等基础设施项目设计、施工、监理、征地移民、和谐共建等经验具有重要价值。

雅砻江流域水电开发有限公司党委书记、董事长祁宁春表示,随着雅砻江流域清洁能源基地纳入国家“十四五”规划,如何将这一规划蓝图变为现实,是雅砻江公司的使命。雅砻江公司将凭借一个主体开发一条江、多能互补优势显著、调节能力优越、基础条件坚实等优势,坚定实施绿色能源开发两个“四阶段”战略,全力推进雅砻江流域水风光互补绿色清洁能源示范基地建设,为实现我国碳达峰、碳中和目标贡献力量。“在推进大水电、新能源项目中,雅砻江公司将‘为民造福’在高质量发展中促进共同富裕’作为最重要的价值追求,继续发挥好大工程对地方经济、社会发展的拉动作用,将民族地区的自然资源优势转化为可持续发展的经济优势,使民族地区既守得住绿水青山,又留得住金山银山,接续推进民族地区脱贫攻坚与乡村振兴的有机衔接。”

白涛表示,“十四五”时期,我国进入以降碳为重点战略方向、促进经济社会发展全面绿色转型的关键时期,国投集团将坚决落实党中央碳达峰、碳中和重大决策部署,主动服务国家战略,在能源安全、产业引领、国计民生、公共服务等方面切实发挥好战略支撑作用,打造机制活、结构优、效益好、作用强的“新国投”。同时,进一步加快推进新能源开发布局,为我国经济社会全面绿色转型奉献更多的清洁能源。全力推进雅砻江全流域清洁能源开发,坚持科技创新、生态优先,充分发挥“一个主体开发一条江”的独特优势,按照“统一规划、分步实施、先期示范”原则,流域化、集约化、规模化、科学化推动雅砻江流域水风光互补绿色清洁能源示范基地建设,为我国实现碳达峰、碳中和目标提供有力保障。

(苏南 于亚 徐健)



两河口水电站大坝鸟瞰



四川省内最大水库电站——雅砻江两河口水电站