

## 国内首个百万千瓦级 EPC 水电项目——

# 雅砻江杨房沟水电站并网发电

走进四川省大凉山深处的雅砻江流域水电开发有限公司(以下简称“雅砻江公司”)杨房沟建设管理局,门口岩壁上“贡献绿色能源服务国家发展”12个大字熠熠生辉。6月30日,杨房沟水电站首台机组并网发电,第二台机组设备数据正在检测,3、4号机组也在紧锣密鼓地安装。

杨房沟水电站位于凉山州木里县境内的雅砻江中游河段,坝高155米,电站总装机容量150万千瓦,多年平均发电量约68.56亿千瓦时,工程总投资约200亿元。该电站于2015年7月13日正式

开工建设,2018年10月30日大坝首仓混凝土开始浇筑,2020年12月17日大坝全线浇筑到顶,2020年12月30日开始下闸蓄水,计划于2023年全面竣工。

作为国家清洁能源重大工程,以及国家和四川省重点电源项目,杨房沟水电站是国内首个百万千瓦级 EPC 水电项目,也是雅砻江中游第一个并网发电的水电工程。该电站并网发电,对优化四川电网电源结构,助力绿色低碳发展,促进受电地区经济社会发展和凉山州脱贫地区走向全面振兴具有重要意义。

## 清洁能源总量相当于四个三峡,流域开发提速

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,该公司确立了雅砻江流域水能资源开发“四阶段”战略。杨房沟水电站是雅砻江中游首个投产发电的梯级电站,“龙头”水库两河口水电站也将于年内投产发电。杨房沟水电站首台机组发电后,雅砻江公司已投产水电装机超过1500万千瓦,全流域水电开发完成过半。

为助力我国减碳目标实现,雅砻江公司在“四阶段”战略的基础上,提出了流域新能源及抽水蓄能开发“四阶段”战略。根据最新研究成果,雅砻江流域沿岸60公里范围内,可开发风电和太阳能4000万千瓦左右,抽水蓄能电站1000万千瓦左右,与常规水电合计装机规模可达8000万千瓦左右,相当于四个三峡水电站。全面开发完成后,将成为世界最大的绿色清洁能源基地,每年可贡献清洁电力

2200亿千瓦时,相当于节约原煤消耗约1.2亿吨,减少二氧化碳排放约2.3亿吨。

目前,雅砻江流域绿色清洁能源基地已写入国家“十四五”规划和2035年远景目标纲要,是我国九大清洁能源基地之一。“雅砻江清洁能源基地的特点是‘水风光’互补,关键和基础在水电。”水电水利规划设计总院党委书记、董事长郑声安说,风电和光电具有间歇性、波动性、随机性和离散性,水电的优势在于为风光的开发利用提供关键支撑,提高“风光”质量和利用效率。

郑声安提及的“关键和基础”目前正驶入“高速路”。据了解,雅砻江中游卡拉、孟底沟等水电站已核准在建,牙根一级、牙根二级、楞古等三座水电站前期工作有序开展;上游“一库十级”规划正在积极推进,雅砻江全流域呈现“首尾呼应、多点开花、全江联动、有序推进”的生动格局。

两河口水电站首台机组也将于今年发电,其水库调节库容为65亿立方米,与二滩、锦屏形成三大控制性水库,总调节库容可达148亿立方米,联合运行可以实现流域水电的多年调节,能更好地调节风电、光电的波动。



2020年12月17日,杨房沟水电站大坝全线浇筑到顶。

## 优化电网电源结构,助力碳达峰、碳中和目标落地

杨房沟水电站单独运行时具有日调节性能,与两河口水电站联合运行时具有年调节性能。通过两河口水库的蓄丰补枯、联合补偿调节,杨房沟水电站平枯期电量将达到30.9亿千瓦时,占多年平均发电量的45%,水量利用率大幅提高。

四川电网水电比重大,且多为径流式水电站,水电丰、枯出力变幅较大,易引起季节性缺水。杨房沟水电站可为四川电网提供丰枯期较为均匀的电力,改善四川水电丰枯出力悬殊的状况,有利于提高枯水期供电能力、优化四川电网电源结构。同时,可以发挥良好的调峰作用,提高电网运行质量,有利于电网系统经济运行。

测算显示,杨房沟水电站4台机组全部投产后,每年发出的清洁电能相当于西藏2018年的全社会用电量,足够544万辆家用电动汽车全部行驶1万公里;每年贡献的绿色电能,相当于节约标准煤消耗约230万吨,减少二氧化碳排放约475万吨,减少二氧化硫约3.4万吨。

通过雅中±800千伏特高压直流输

电工程,包括杨房沟水电站在内的雅砻江中游梯级电站在满足四川电网需求的前提下,还可向华中、西南等长江经济带覆盖地区输送大量清洁能源。通过发挥大型水电站的调节互补能力,还可以将雅砻江流域丰富的风电和光电打捆外送,实现清洁可再生能源的协同开发。源源不断的清洁电能为沿江省市产业基础高级化、产业链现代化提供能源保障,对构建国家绿色低碳安全高效能源体系、实现节能减排目标,以及推进长江经济带建设、成渝经济圈协调发展和新时代西部大开发战略实施都具有重要意义。

水电水利规划设计总院党委副书记、总经理彭程提出,雅砻江流域具备“水风光”一体化开发运行的优异条件,充分发挥流域水库长周期储能能力,与风光“任性”结合起来,以社会成本最优模式开发流域“风光”新能源,为以新能源为主体的新型电力系统构建作出探索,在全国率先示范,形成可借鉴、可复制、可参考的模式。

## 大胆采用创新模式建设,被誉为“第二次鲁布革冲击”

在我国百万千瓦级水电项目中,雅砻江公司率先在杨房沟水电站采用EPC(设计、施工总承包)模式建设,是一次“大胆”的模式创新,被业内誉为“第二次鲁布革冲击”。

我国水电建设早期管理模式主要采用“自营式”管理模式,即由一个主管部门下的设计院和工程局设计施工,建成后移交给电厂。自上世纪80年代“鲁布革冲击波”(公开招标引入竞争)后,我国水电建设全面进入DBB(设计-招标-建造)建设管理模式,雅砻江二滩水电站便是其中的代表性工程。

近年来,随着电力体制改革逐步深化,水电开发成本越来越高,雅砻江公司适应新的发展形势,在杨房沟水电项目上创新采用EPC模式。该模式将设计、科研、施工单位深度融合,最大限度整合资源,最大程度挖掘强强联合的巨大潜力,提升工程效率和效益。

“传统水电建设管理模式,设计是上半场,施工是下半场,无形中‘延长’了建设周期。杨房沟是设计施工联合‘跑全场’,更是‘拧成一股绳’。”中国电建水电七局华东院杨房沟总承包常务副经理陈雁高告诉

记者,在“全场”赛道上,设计和施工充分发挥一体化优势,将设计院的严谨思路、技术优势和施工单位的现场经验、设备资源充分整合,共同服务工程建设。例如,杨房沟水电站的每张设计图纸都要经过工程管理部及具体施工区共同会签,主动吸纳施工工区的意见并融入设计方案。重大施工组织设计报审前,由设计会签,确保施工方案实现设计意图。

尤其值得一提的是,杨房沟水电站开工以来,工程建设安全和质量“零事故”,较合同工期提前1年下闸蓄水,提前6个月机组并网发电,工程投资全面受控。“以地下厂房建设为例,一般同等规模的水电站地下厂房开挖、支护最快需30个月,而杨房沟水电站通过设计与施工多方面深度协同融合,创新运用地质监测预报等先进手段,只用了26个月就完成了地下厂房的开挖、支护。”华东院杨房沟副总设计师魏海宁对记者表示,EPC总承包因其特有的优势,在国际工程中已成为工程建设普遍采用的组织管理模式。

杨房沟水电站EPC模式产生了“1+1>2”的效果,创造了多项国内纪录:首

次研发大型水电工程EPC模式大坝智能建造质量智慧管理系统,首次在大水电工程总承包建设期实施全范围、全过程设计监理,首次建立了大型水电工程总承包完备、高效、可靠的设计监理管理制度和流程等。

“EPC模式较好解决了以前水电建设中设计、施工‘两层皮’的问题,设计与施工完全融合为一体,提高了工作效率。以往水电建设过程中经常出现超出投资概算的问题,而杨房沟项目不仅没有提高投资金额,反而有5%-10%的结余。”杨房沟建设管理局局长曾新华对记者坦言。

“杨房沟水电站是我国大型水电EPC项目‘第一个吃螃蟹’的。”长江委监理中心总监杨剑锋说,“从目前监测数据看,其建筑物工作状态良好,外观质量得到专家高度评价,可谓水电行业建设精品。”

中国水力发电工程学会理事长张野评价:“杨房沟水电站率先开始的大型水电工程EPC建设管理的探索与实践,为新常态下水电市场转型升级提供新的发展方向,对于未来我国水电建设具有示范意义。”

## 打造国内水电首个智能建造平台,实现电站全过程数字化建设管理

在杨房沟水电站坝顶,记者见到了刚刚从大坝取出来的28.15米混凝土长芯,其穿过8个浇筑层、7层水平施工缝面,56个浇筑层,竟看不到一点连接缝隙。这根混凝土长芯,不仅刷新芯样世界纪录,更是杨房沟水电站智能建造的一个缩影。

在流域梯级水电站开发建设的经验、成果基础上,雅砻江公司开展智能建造关键技术的研究和快速、全面推广应用,形成基于BIM(建筑信息模型)的杨房沟水电站智能建造平台。这是国内水电首个智能建造平台,实现了电站全过程数字化建设管理。通过该平台,杨房沟水电站实现了国内水电行业第一个工程档案的数字化、自动化,工程竣工并可同步生成一个与实体工程一致的“数字电站”。

通过构建统一的工程数据中心,杨房沟水电站智能建造平台整合了设计管理、质量管理、进度管理等业务数据,并集成智能温控、智能灌浆、水情测报等智能建设应用,实现了大型水电工程

EPC项目的设计施工一体化管控。同时,利用三维数字化建模,集成工程实施进度、质量检测和验收、工程量和投资信息等,实现了电站建设全过程数字化管理。

EPC联合智能建造,不仅改变了传统水电建设智慧管理的碎片化状态,形成了覆盖全工程、全要素、多角色、多层次、全生命周期、多源数据全面采集共享的EPC项目智能建造统一平台,更创下多个“首次”:首个全面运用三维数字化协同设计施工一体化技术和工程全生命周期管理技术,首次实现大型水电工程全过程数字化质量验评,首次实现水电工程电力文档在线归档,首次系统梳理水电工程数字化配套管理考核制度体系等。

杨房沟水电站的创新成果目前共获得12项省部级奖励,28项实用新型专利,3项发明专利。其中,“杨房沟水电站EPC工程数字化技术综合应用”获得中国电力规划设计协会电力数字化工程(EIM)大赛特等奖,“杨房沟水电站大坝



2018年10月30日,杨房沟水电站大坝首仓混凝土开始浇筑。

智能建造质量智慧管理系统”获得了第四届全国质量创新大赛QIC-V级奖(最高奖),“基于总承包模式的大型水电工程设计管理研究与应用”获得中国电力建设企业协会2020年度电力创新奖一等奖。

中国工程院院士钟登华评价,杨房沟水电工程智能建造关键技术研究与应用是国内水电行业首个覆盖工程全生命周期、全生命周期的智能建造统一平台,走在行业前列,可作为行业标准范本推广。

## 依托电站项目建设,助力民族地区乡村振兴

杨房沟水电站库区所处的凉山州木里藏族自治县和甘孜州九龙县,为经济欠发达的地区。电站建设有力推动了当地经济发展和社会进步,并迅速提高了当地第二、三产业在地区生产总值中的比重,优化了以第一产业为主的产业结构,形成当地重要的经济辐射点。过去五年间,杨房沟水电工程带动投资超过75亿元,采购当地建材超过6亿元。

如今,杨房沟水电站周边交通条件得到极大改善。电站建设前,当地仅有简易的林场道路和依附于雅砻江边悬崖绝壁的羊肠小道可供通行。如今,一条全长91.3公里的三级公路(卡杨公路)贯通重峦叠嶂的山脉,连接电站对外公路直达西昌。打通雅砻江中游梯级电站建

设瓶颈的同时,卡杨公路成为当地群众的对外交通路和致富路,彻底改变了当地农产品无对外运输通道的历史。

木里县县长伍松说:“如果不是因为杨房沟水电站的开发,麦地龙乡不可能在这么短的时间内通上这么便捷的水泥路。现在沿线几个乡镇每年四五千万产值的松茸可以非常方便地送到市场,电站建设为我们的脱贫攻坚、乡村振兴以及推进县域经济高质量发展发挥了重要作用。”

根据测算,雅砻江流域风光资源开发预计总投资约1600亿元,建设期贡献税费预计160亿元,每年可直接带动当地就业超5500人;全部投产后经营期每年可缴纳税费约20亿元,可持续带动就

业超12000人。

雅砻江流域水电开发有限公司党委书记、董事长祁宁春介绍,杨房沟水电站建设期间,雅砻江公司坚持以“开发一座电站,带动一方经济,改善一片环境,造福一方百姓”的思路,稳步推进杨房沟水电工程建设、生态环境、电力生产筹备各项工作,高标准、高质量打造一流精品工程。

随着雅砻江流域清洁能源基地列入国家“十四五”规划,雅砻江公司正肩负着更大的历史重任。祁宁春表示,以风电、光伏为代表的新能源开发需要新一轮“加速跑”,赋予了雅砻江流域清洁能源开发更加广阔的舞台和空间。雅砻江公司将借鉴“一个主体开发一条江”经验,推进雅砻江流域风光资源集约化开发,打造雅砻江流域风光互补绿色清洁能源示范基地,助力构建清洁低碳、安全高效的能源体系,为我国实现“碳达峰、碳中和”目标提供有力保障。

“同时,我们将持续探索清洁能源与生态环保有机结合的新机制,助力地方经济社会发展实现全面绿色转型、推动长江经济带高质量发展。雅砻江公司还将持续发挥好中央企业履行社会责任表率作用,坚持以工程帮扶、产业帮扶为主,继续加大帮扶力度,着力推进脱贫攻坚与乡村振兴有效衔接,助力脱贫地区走向全面振兴。”祁宁春介绍。(苏南)



杨房沟水电站的雅砻江中游鱼类增殖放流站



杨房沟水电站大坝泄洪