

喜迎二十大

北纬26° 91′,东经102° 93′,在四川省凉山州宁南县与云南省巧家县交界的金沙江峡谷上,一座全球在建装机规模最大的水电站——金沙江白鹤滩水电站拔地而起。

金沙江上,陡壁丛生,江水滔滔。巨大的落差,让无数代水电人在此找寻中国水能发展的契机。从青海省唐古拉山主峰格拉丹冬雪山发源,穿行于川、藏、滇三省区之间,形成我国最大的水电基地,金沙江是“西电东送”的主要

独一无二

单机百万千瓦前无古人后无来者

9月22日,万众瞩目下,白鹤滩水电站左岸机房内,液晶显示器上的数字不断跳动,白鹤滩水电站8号机组顺利通过并网调试72小时试运行,正式转入商业运行,这标志着白鹤滩水电站左岸机组全部投产发电。

白鹤滩水电站工程枢纽部分设计总工程师陈建林说,单机百万千瓦是整个水电站最为独一无二的标签。

“单机百万千瓦,可以说是前无古人后无来者。”陈建林说,在白鹤滩水电站前期论证过程中,发现白鹤滩的流量和水头具有得天独厚的优势,可以达到百万千瓦标准。在此之前,总发电量世界第一的三峡大坝单机发电量也只有70万千瓦。“要建造百万千瓦的单机容量,没有任何标准可以参考借鉴。”他说。

如何建成单机百万千瓦发电机组?“对于中国电建集团华东勘测设计研究

电源点。而白鹤滩水电站,是这条大江能源开发中最为重要的一环。

“鹤舞金沙”,这个建成后仅次于三峡工程的世界第二大水电站,创下6项世界第一。左右岸16个机组总装机容量1600万千瓦,其研制、安装调试难度远大于世界在建和已投运的任何机组,被誉为当今世界水电行业的“珠穆朗玛峰”。如今,白鹤滩水电站正以鹤立群雄的姿态,告诉世人中国水电建造的新实力。

鹤舞金沙

被誉为水电行业的「珠穆朗玛峰」
白鹤滩水电站创六项世界第一



2021年6月10日拍摄的白鹤滩水电站(无人机照片)。 新华社发

规模宏大

水电站地下洞室群规模世界第一

即使有着锦屏二级水电站、杨房沟水电站等多个大型水电站设计修建经验,对陈建林而言,白鹤滩水电站仍是其职业生涯中截至目前最难的一个。而难上加难的,是地下工程的挖掘。“就像一个黑盒子,根本不知道里面是什么样的。”陈建林说。

要将16个重量超过8000吨的百万千瓦水电机组装在陡峭的山体下,意味着需要在左右岸掏出两个长约450米、宽34米、高88.7米的“庞大宫殿”,相当于要在地下挖出两个足球场。而这个“黑盒子”里面的地质条件,陈建林用“充满了

不确定性”来形容。

指针拨回到2014年,地下厂房启动首层开挖,“一定要保证地下厂房安全”是其修建的关键。“从某种程度上来说,这个难度比修建大坝高得多。”陈建林说。

2018年元旦前几日,在白鹤滩水电站右岸小桩号部位,围岩变形连续几天出现了突增,单日最大增幅超过4毫米,大大超过了每天0.2毫米的允许变形增量,连续超过了“预警”和“危险”两个等级。

面对如此严峻的围岩变形突变,陈建林率领设计团队立即紧急攻关,及时拿出了应对方案,并迅

速与参建方达成了共识。经过灌浆、增强预应力锚索等方式,成功将其补强加固,及时避免了危险的产生。

2019年,历时50多个月的精心“打磨”,这个总长438米的地下厂房终于建成。

白鹤滩水电站两岸地下洞室群规模宏大,规模达世界第一。左右岸的引水发电系统及附属洞室、施工洞室、交通洞室,构成了一个庞大的地下洞室群,两岸地下洞室总长达217千米,地下洞室的总开挖量达2500万立方米,足够填满两个西湖。

“电力巨无霸” 白鹤滩水电站

- 水轮发电机单机容量为100万千瓦位居世界第一
- 地下洞室群规模世界第一
- 圆筒式尾水调压室规模世界第一

- 300米级高拱坝抗震参数世界第一
- 无压泄洪洞群规模世界第一
- 首次全坝使用低热水泥混凝土



工人对白鹤滩水电站发电机组所需的转轮进行局部消缺处理。

新华社发



白鹤滩水电站右岸主厂房。

(资料图)

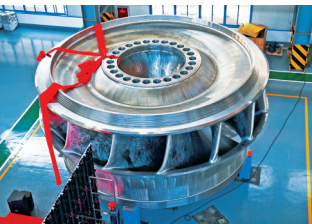
引领全球

白鹤滩水电站 创六项世界第一

从2011年2月正式启动白鹤滩水电站建设,到2022年9月左岸全部机组成功发电,12年工期,无数水电人在白鹤滩世界级难题。水轮发电机单机容量为100万千瓦位居世界第一、地下洞室群规模世界第一、圆筒式尾水调压室规模世界第一、300米级高拱坝抗震参数世界第一、无压泄洪洞群规模世界第一、首次全坝使用低热水泥混凝土,六项世界第一,让这个联系川滇、横跨金沙江的“电力巨无霸”有了更骄傲的头衔。

陈建林说,白鹤滩水电站的每一个地方都是壮举。在他的眼里,白鹤滩水电站就像一个不听话的孩子。在几代水电人的不断“调教”下,这个不听话的孩子慢慢长大,将金沙江流水化成滚滚电流送到长江那头,化作千万照明点亮万家灯火。“荣耀、欣慰、骄傲。”当看到一台台百万千瓦机组顺利投产发电,陈建林心中感慨万千。

白鹤一跃金沙亮,现在的白鹤滩水电站仍在为早日实现所有机组发电而不断努力,白鹤滩水电站背后的故事也还在继续。未来,这个承载中国电力最核心竞争力的大国重器,还将在金沙江上谱写属于自己的辉煌故事。



完工交付的转轮。新华社发

本版采写:
唐小艳
华西都市报·封面新闻
见习记者 罗石芊

| 对话

白鹤滩水电站工程枢纽部分设计总工程师陈建林:

这是利国利民的大国工程

能提供较大的发电量、具有防洪功能、能改善下游航运条件……谈到白鹤滩水电站的功能和作用时,白鹤滩水电站工程枢纽部分设计总工程师陈建林说:“它凝聚了几代水电人的心血,是利国利民的大国工程。”

记者:除了能提供巨大的发电量,白鹤滩水电站还有哪些大的功能 and 作用?

陈建林:白鹤滩水电站还有防洪功能。它有206亿立方米的库容,其中防洪库容达75亿立方米,与金沙江下游乌东德、溪洛渡和向家坝梯级水库联合运用,可使长江沿岸的宜宾、泸州以及重庆等城市的防洪标准进一步提高;同时可减少进入三峡水库的洪水,配合三峡水库运用,承担长江中下游的防洪任务。此外还有改善下游航运条件和促进地方经济社会发展、节能减排等综合效益,白鹤滩水电站每年平均发电量达624亿千瓦时,可节约燃煤1968万吨,减排二氧化碳5160万吨,为早日实现“双碳”战略贡献着“白鹤滩力量”。

记者:作为完整参与白鹤滩水电站



白鹤滩水电站工程枢纽部分设计总工程师陈建林。

建设环节的总设计师,您会用哪些关键词形容白鹤滩水电站?

陈建林:首先是巨型水电工程,单机发电量达百万千瓦是我们最引以为傲的。其次是雄伟壮观,例如大坝,特别在泄洪的时候,场面极其壮观,还有地下洞室规模也是非常宏大的。第三是大国工程,这项工程凝聚几代水电人的心血,是利国利民的工程。

| 记者手记

在金沙江感受大国重器的“心跳”

对于白鹤滩水电站,此前我只在电视上见过。至于它有多厉害,除了一堆数据,我没有太多概念。

今年夏天,我第一次来到白鹤滩水电站。沿着漆黑深邃的地下隧道,我来到了左岸机组厂房。“隧道怎么这么长”“岔路怎么那么多”……这是我对这个“地下宫殿”的第一印象。

当时,左岸的第八个机组还没有投产发电,我有幸透过机组外壳上的透明玻璃罩看到了机组里的“管道”模样。在这个被称为电站心脏的地方,巨大的发电轰鸣声响彻厂房,看着8个发电机组和控制柜上的发电数值,第一次,我如此近距离感受着这个大国重器的“心跳”。

第二次来到白鹤滩水电站,是左岸全部发电机组投产发电的第四天。当时我已采访完白鹤滩水电站工程枢纽部分设计总工程师陈建林,对水电站的了解也不仅只停留在6个世界第一。当水电站泄洪项目部主任王孝海

再次带我走进厂房、走到坝上,和我讲述他们与白鹤滩水电站的故事时,在不断的交谈中,我对白鹤滩水电站的了解越来越深,之前模糊的概念也越来越清晰。在这些数据中,我感受到的不仅是大国重器的威严和震撼,更是这群中国工匠用精益求精、下马看花的精神,一遍遍锻造百年工程的毅力和决心。

写稿时,我反复思考了很久,应该选择哪些部分作为讲述重点。但就像陈建林说的那样,白鹤滩水电站的每一个地方都是壮举,每一个地方都值得我花心思去反复筛选和打磨。“水电在哪里,水电人就在哪里。”寥寥几千字,很难讲完几代水电人为白鹤滩水电站付出的艰辛和努力,但白鹤滩水电站可以。每一根钢筋、每一方混凝土、每一度电、每一滴水,白鹤滩水电站可以用百年不倒的身躯,大声宣告中国水电的核心竞争力,讲述着中国水电的故事与奇迹。



白鹤滩水电站泄洪洞正在泄洪。王孝海供图

打破“魔咒”

上万只传感器筑起智能无缝大坝

陡峭的崖壁间,一个300米级特高级拱坝横跨江面,709米弧长的拱形大坝宛若一块“盾牌”,守护着背后206.27亿立方米的金沙江巨大水库,见证滔滔江河化电向东。20世纪50年代,国家就着手白鹤滩水电站的相关规划,但大坝从选址到落成,却花了半个多世纪。

作为坝高达289米的300米级特高混凝土双曲拱坝,白鹤滩水电站大坝需要克服背后巨大水库带来的约1650万吨总水推力。这相当于1.5万多个长征五号火箭的推力。

水电混凝土大坝都面临一个“魔咒”——无坝不裂。“面对如此大的推力,大坝一旦开裂,后果不堪设想。”陈建林说。为了解决这一问题,白鹤滩水电站的设计师和工程师们开始了精巧的“设计和建造”。

为了确保大坝的安全稳定,设计师们将坝身在水平和竖直两个方向都设

计成弧形,形成精巧的双曲拱形结构,同时“借力打力”,将巨大的水推力传到两侧,借助山体反作用力,保持坝体的稳定平衡。

由于白鹤滩大坝两边地形复杂且不对称,设计师们通过精妙的结构设计,让大坝每一处都受力均匀,使其不仅能承载巨大的水推力,也成为世界上抗震设防标准最高的300米级高坝。

大体积混凝土温控防裂这一世界级难题,也是摆在大坝修建者面前的一道难题。800余万方混凝土,如何保证不开裂?

工程师们不断研发试验,首次运用自主研发的低热水泥混凝土,并突破温度控制的理论和技术,确保大坝混凝土“不裂”。为能够实时了解和感知大坝动态,工程师们还在拱坝体内预埋了上万只传感器,通过智能技术掌握施工全过程,成功建成智能无缝大坝。

白鹤滩水电站 效益优势

发电效益

白鹤滩水电站是“西电东送”骨干电源点之一,总装机容量1600万千瓦,多年平均发电量624.43亿千瓦时。

生态效益

白鹤滩水电站建成投产,相当于每年可节约标煤约1968万吨,减少排放二氧化碳5160万吨。

防洪效益

白鹤滩水电站是金沙江下游四座梯级电站中库容最大、梯级效益最为显著的水电站,是长江防洪体系的重要组成部分。

航运效益

白鹤滩水电站全部建成投产,可增加下游河段枯水期河道流量,改善航道通航条件。

大国工程
我来建