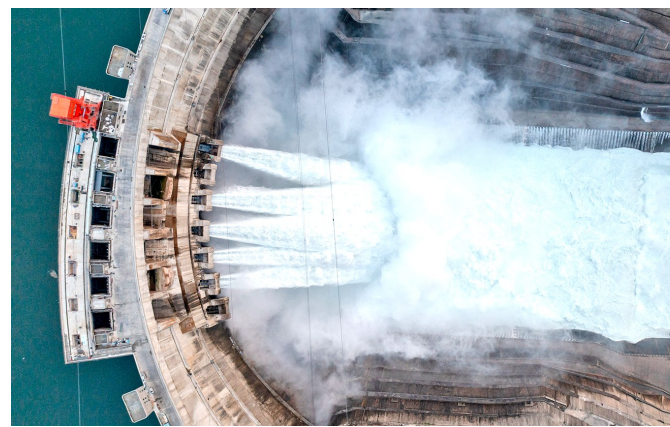




■白鹤滩水电站过流。 新华社发

# 金沙江上 “白鹤”起舞

## 白鹤滩水电站16台百万千瓦水轮发电机组全部投产发电,创造六项世界第一



■俯瞰白鹤滩水电站。 新华社发

今日,在建规模世界第一、装机规模全球第二大水电站——白鹤滩水电站16台百万千瓦水轮发电机组将全部投产发电,这标志着我国在长江之上全面建成世界最大清洁能源走廊。

白鹤滩水电站工程规模巨大,地质条件复杂,工程地处金沙江干热河谷地带,综合技术难度位居世界第一,主要技术指标创6项世界第一。

## 百万千瓦水轮发电机组如何发电?

白鹤滩水电站位于四川省宁南县和云南省巧家县交界处金沙江干流河段,是金沙江下游四座梯级电站中的第二个梯级。主体工程于2017年7月全面开工建设,2021年6月28日首批机组投产发电。

水电站左右两岸共布置16台单机容量100万千瓦水轮发电机组,是目前世界上单机容量最大的水轮发电机组。单台机组重8000多吨,机组水力设计、电磁设计、通风冷却、高性能材料研发应用等达到世界领先水平。

重达8000多吨的庞然大物是如何发电的?发电效率如何?据介绍,白鹤滩水电站有两个世界规模最大的地下厂房,它们位于大坝两侧的山体深处。地下厂房长438米,宽34米,高88.7米,可以轻松停下13架大型客机。

地下厂房的水轮发电机组核心部件为转子,转轮、发电机轴、水轮机轴,它们像“串糖葫芦”一般“串”起来高速运转。

从200多米高处下来的水流推动转轮转动产生机械能,机械能再带动转子转动切割磁场产生电能,其中能量的转换特别容易有损耗。但工程师把这个损耗降到了最低,单位水的能量96%以上转化为电能,可以说做到了极致。

当一台机组每转一圈就可发电约150度,相当于一个普通家庭一个月的用电量。运行一个小时,就可以发出100万度电。

## 产生的电去了哪里?

白鹤滩水电站是实施“西电东送”的国家重大工程,强劲的清洁电能将通过“白鹤滩-江苏”“白鹤滩-浙江”两条特高压直流工程直送江浙两省,为长三角经济发展注入绿色动力。

白鹤滩送江苏±800千伏特高压输电工程,止于江苏省苏州,途经四川、重庆、湖北、安徽、江苏5省(市),线路全长2080千米。白鹤滩-浙江±800千伏特高压直流输电工程,止于浙江杭州,线路全长2140.2公里,输电容量8000兆瓦,预计2023年整体投运。

“发电机组发出的电能,通过出线场向外输送到送端的换流站。经过升压和换流,就转变成了正负800千伏的特高压直流。

输送线路就像一条西电东送的高速公路,实现了白鹤滩的电能安全高效低损耗地输送到对端的江苏和浙江的用户。”三峡集团白鹤滩水力发电厂厂长刘海波介绍。

作为长江上游的干流河段,金沙江全长3479公里,天然落差达5100米,占长江干流总落差的95%,水能资源蕴藏量达1亿千瓦。金沙江下游河段,是金沙江水能富藏的“黄金河段”,三峡集团在这里梯级滚动开发了乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝四个巨型电站,总装机容量4600多万千瓦。目前,四个电站多年年平均发电量将达到2000多亿度,约相当于两个三峡工程的发电量。

## 白鹤滩水电站 创造六项世界第一

**1 发电机组单机容量100万千瓦世界第一**

左右岸各安装**8**台百万千瓦的水轮发电机组。单台机组高**50**米,重达**8000**多吨。每台机组运转一个小时发出一百万度电,可满足一家人**400**年的用电。

**2 地下洞室群规模世界第一**

地下洞室开挖量**2500**万立方米,由**400**多条洞室组成,总长度达**217**公里。

**3 无压泄洪洞群规模世界第一**

泄洪洞群实现快速下泄洪水,好比为洪水修建**3**条高速公路,最高达到**47**米每秒,相当于**170**公里每小时,**15**分钟就能灌满一个西湖。

**4 圆筒式尾水调压室规模世界第一**

设计有**8**个圆筒式尾水调压室,直径**42~49**米,直墙高度为**77~92**米,为世界上已建水电工程中直径、高度最大的尾水调压室。

**5 世界首次全坝使用低热水泥混凝土**

白鹤滩水电站大坝为混凝土双曲拱坝,顶部弧线长度**709**米,最大坝高达到了**289**米,相当于**100**层楼高。白鹤滩大坝全坝应用低热水泥混凝土,低热水泥混凝土总量**803**万立方米。

**6 300米级高拱坝抗震参数世界第一**

白鹤滩混凝土结构抗裂安全系数超过2.0,大坝长期承受**1650**万吨世界第二大水推力,相当于**1.5**万个“长征五号”火箭的推力。

## 怎样打破“无坝不裂”魔咒?

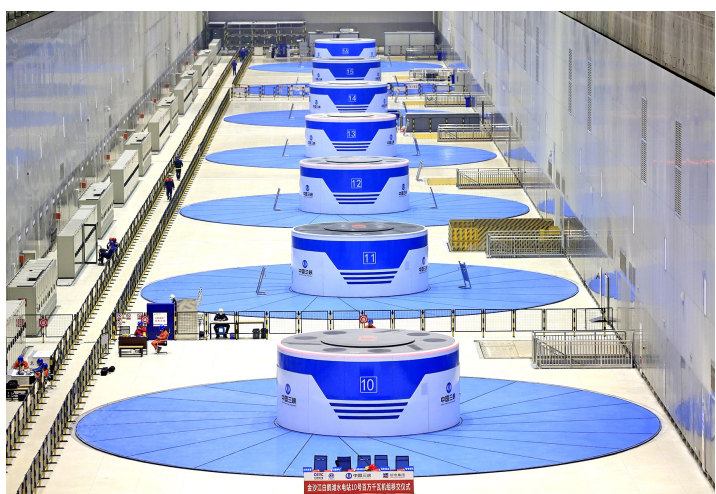
“水电站建设中,大体积混凝土的温控防裂一直是公认的世界级难题。”中国三峡建工(集团)有限公司白鹤滩水电站工程建设部教授级高级工程师孙明伦表示,大坝建设需要浇筑大量混凝土,混凝土中的水泥水化反应会产生热量,使得混凝土浇筑后温度上升。如果不采取有效的温度控制措施,任由混凝土热胀冷缩,难免会产生裂缝。

为了从源头上解决大坝的温度裂缝问题,白鹤滩水电站首次全坝采用了低热硅酸盐水泥,也叫低热水泥,俗称大体积混凝土的“退烧药”。与常规使用的中热水泥混凝土相比,低热水泥混凝土具有水化热低、高后期强度、高抗裂性、高耐久性、耐冲刷

性等特点,为解决大体积混凝土开裂问题提供了技术途径。

事实上,白鹤滩水电站应用低热水泥并非是突发奇想,而是经过了长期的工程实践与论证。2003年,低热水泥首次在三峡工程三期围堰防浪墙上使用,之后又用于坝后背管、右岸地下厂房岩锚梁和部分洞室的封堵,现场试验监测表明,低热水泥混凝土性能优良、温升低、防裂效果明显。

2017年4月12日,白鹤滩水电站大坝正式拉开低热水泥混凝土浇筑序幕;2021年5月31日,白鹤滩大坝浇筑到顶。1510个日夜奋战,大坝浇筑低热水泥混凝土803万立方米。



■白鹤滩水电站右岸地下厂房发电机组。 新华社发

## 为何与三峡水电站形状各异?

三峡大坝是一条笔直的大坝,两侧很宽,又矮又长,横截面是一个直角梯形。而白鹤滩大坝则看起来又薄又高,犹如一弯新月镶嵌在河谷之中。是什么造成了这种区别呢?

据介绍,三峡大坝和白鹤滩大坝,是两类最重要水坝的典型代表:重力坝和拱坝。

水坝的两侧水压不均,上游压力大,下游压力小。随着两侧

水高度差的增加,这种压力差往往能达到十几个大气压之多。水坝要想正常工作,就必须平衡这一巨大的压力差。其中,重力坝是依靠坝体自重产生的压力来抵消水压力的,而拱坝则是借助于拱的形状将水压传递给两侧的岩体。

白鹤滩水电站采用拱坝模式,大大提高了坝体的利用效率,让大坝的每一处都能均匀受力。

## 延伸阅读 “观光小镇” 热闹起来

进入秋季后,白鹤滩水电站库区更美了。放眼望去,起伏的群山与碧波粼粼的湖面互相映衬,显得生机盎然。

“我们正在打造‘美丽白鹤滩’观光项目。”白鹤滩工程建设部党委书记何炜介绍,高速公路沿线的宁南、会东、会理、攀枝花等地,均在白鹤滩库区覆盖范围,它可以串联起以白鹤滩水电站为主题的旅游线路。

目前,左右岸各一个观景台及人行步道已搭建完成。在选址绝佳的观景台上,可近距离看到白鹤滩水电站的巍峨壮丽,全球最大的缆机群、世界最大无压泄洪洞群建设难度超高的边坡等尽收眼底。

一个“观光小镇”已初具雏形。走进白鹤滩库区会东县大崇迁建集镇,一栋栋临湖小楼鳞次栉比,道路宽阔平坦,周边学校、超市、农贸市场等配套设施一应俱全。随着白鹤滩水电站蓄水,小镇形成半岛景观,蜕变为美丽的滨江小镇。大崇迁建集镇提出,将依托白鹤滩水电站建设形成的高峡平湖景观,积极培育以大国重器、湖光山色、民俗文化为特色的旅游产业,着力打造观光旅游度假与区域性特色康养胜地。

小镇人口开始回流。杨世亮是在新集镇开始经营的首家商户——在农贸市场旁边开了一家餐馆。村民李香禄则把理发店从西昌市搬回小镇,“回到集镇上开店,压力变小了。如果没有白鹤滩水电站建设,就没有现在这么好的发展机遇,我们这儿越来越美,欢迎大家来度假旅游。”

大崇迁建集镇上已陆续开起家具店、电器店、瓷砖店、理发店等各类商铺。目前集镇北片区商家已达数百家。未来,借助白鹤滩水电站和沿江高速公路的联动效应,金沙江沿线的“观光小镇”将迎来更大发展机遇。

(综合新华社、人民网、央视网、四川日报)  
整理/珠江时报记者 黎国栋