

# 大国重器与世界奇迹

(上接第1版)

有遗憾才会有更多牵挂,有期待才会有梦圆的时刻。眼下,白鹤滩水电站就要投产发电了。人生垂暮,能亲眼看到祖国百年梦想的实现,蔡兴楷老人能不激动吗?

真正的大国重器,技术一定要掌握在自己手里。这一切,都必须靠自己。白鹤滩水电站的勘测设计和核心技术就是这项国之重器的灵魂和支柱,建设者们深深知道。

“白鹤滩水电站的建设不仅是项目业主和参建单位的责任,还是中国政府对世界作出的承诺!”建设之初,华东院院长张春生这样说过。

在白鹤滩水电站建设推进最快的十年里,那些标志性事件,深深镌刻在时间的齿轮上。

从2006年到2010年,整整5年,1800多个日夜,华东院驻巧家办公楼里的灯光,几乎没有熄灭过。设计人员熬更守夜、加班加点,所有的辛劳和付出,都是为了白鹤滩水电站能够按照既定的时间和目标开工。

陈森从西安理工大学毕业后,便来到华东院。第一次到白鹤滩时,陈森才22岁。这里留给他最深的印象,就是气候。“那时候的巧家县城规模不大,没有什么高楼,遍地都是甘蔗,就连空气都是甜丝丝的。冬天非常暖和,毛衣都不用穿。夏天就不行了,整个峡谷像个大火笼。”五六月份,白鹤滩天气最干最热,地面温度常常在40℃左右,像是着了火。陈森的头上、身上经常汗水淋漓,脸上常常一脸灰,用手一抹,就是几道黑手印。

2018年以来,为了尽快推动淹没区移民工作,华东院集全院之力,开展移民工程施工图勘测、设计工作,将相关专业人员抽调至现场集中办公,尽全力提高出图效率和设计质量,“一切都是为了让水电站建设项目早点‘跑’起来。”陈森说。

从春天到冬天,许多员工每年在施工现场的时间都在200天以上,有些甚至是夫妻俩一同进驻施工现场。无暇照顾家里的老人与孩子,他们把所有的精力都投入眼前的工作中。华东院市场总监、白鹤滩库区项目部经理翁小康告诉我们,那个时候,他们现场勘测设计人员,持续保持在100人以上,高峰时有1000多人,设计的各种工程图达1万张以上。从中可见工程规模之大、投入之多。有一次,钻机需求量太大,他们千方百计从各地筹措钻机资源,仅用一个多月时间,就调来209台钻机,高效地完成钻探作业。

“世间万物都有其规律,认真掌握它、遵循它,才能事半功倍。”为解决工程沉降控制问题,华东院的工程师梅龙带人开展技术攻关,嘴唇上急得起了泡。他带着勘测设计和施工管理人员,实地考察,了解现场施工中的问题及作用机理,最终提出“智能碾压”和“智能强夯”的数字化方案。他们这一组人马,不知道吃了多少苦,不知道跑坏了多少双鞋子,但他们精神饱满,没有一个人叫苦叫累。

“最美好的青春年华都献给白鹤滩,这是人生之大幸,我无怨无悔。”被金沙江河谷的太阳晒得黝黑的地质队员王贤彪,是单位的骨干。他向我们绘声绘色地描述着白鹤滩这几年的变化,讲自己与这块土地的血肉相连。起初几年,他到白鹤滩,舍不得坐飞机。常常要倒两次火车,忍受60个小时的长途跋涉。通常是现场作业大半年,才有机会回杭州看望家人;野外作业时,对于那些沉重的器材,自己能背就背、能扛就扛,舍不得花钱请人……

伴随大国重器一起成长的岁月里,建设者们对这里的一草一木、一事一物都充满了深厚的感情。技术方案撰写,工艺方案的优化,协调参建单位、联系专家攻克重点难点等,华东院这个优秀的团队,对工作的精益求精十分苛刻。十余年后,他们熬过的每个夜晚,流过的每一滴汗水、承载的每一次压力,如今都化成了铸就新时代大国重器的基石,镌刻在白鹤滩水电站上。

2011年1月1日,新年的钟声敲响。随之而来的,是一个重磅消息:三峡集团公司与川、滇两省,共同发出了金沙江白鹤滩水电站工程占地和淹没区禁止新增建设项目及迁入人口的通告。这是一份凝聚了各方智慧、心血和汗水的通告。

从这一天开始,白鹤滩水电站建设又翻开了全新的一页。

## 重器之基,急难显担当

时光荏苒,凯歌奏响。回想当年,2017年8月3日,白鹤滩水电站主体工程经过核准,开工建设。这是继溪洛渡、向家坝水电站建成投产和乌东德水电站核准建设后,中国乃至世界水电史上又一具有里程碑意义的事件。

多年来,汪志林一直跟着江河走,参

与了我国多项水电工程的建设工作。2007年,他出任中国三峡总公司溪洛渡工程建设部副主任,在水电工程方面,积累了丰富的经验。2014年12月,他溯流而上,来到白鹤滩峡谷,担任白鹤滩工程建设部主任,主持白鹤滩工程建设部工作。

与建在地面上的水电站不同,白鹤滩水电站的机组厂房全部建在地下。厂房、输水系统、泄洪系统、交通网络等在金沙江畔的大山内部纵横交错。所有地下洞室连接起来,总长度达217公里,跟庞大的“地下宫殿”一样。而坝区岩体容易破碎、变形,这就好像在一个奶油蛋糕夹层里掏洞一样,既要保证安全,还要让外部不

对汪志林来说,这是新的挑战。汪志林与一班人上阵了。为了找到最佳施工方案,他实地考察各种隧道、铁路开挖工程,寻找可以借鉴的技术。不分白天、黑夜,他与设计团队、施工团队不断地探讨施工方式。肯定,再否定;否定,再肯定。方案从无到有,在不断地打磨中逐

提升到世界领先水平。

在白鹤滩水电站的6年中,王克祥在家只过了一个春节。他说:“能参加大国重器建设,我自豪,家人也因而感到光荣。”

要将40%以上的长江水资源调动起来,使其源源不断地输出清洁的电力,白鹤滩水电站必须有强大、健康、充满活力的“心脏”。这颗“心脏”,就是精准、稳定、高效的水轮发电机组。

白鹤滩百万千瓦机组发电机总设计师张天鹏,自2013年起,就和团队一道,进行了若干轮仿真计算、试验验证。在经历了不知道多少次挫折后,他们终于成功研发出磁极绕组空内冷技术,为发热的水轮发电机有效降温起到重要作用。4年后,他们又研制出“平衡受力”的新型转子支架,以此确定了结构静强度等指标最优的转子支架方案。

这些年,他们还在机组总体设计、水力、电磁、冷却、绝缘等9个技术领域进行了专项科研攻关,研发出一系列具有自主

## 水蕴精华,百姓有情怀

2021年1月21日早上6时许,天未亮。施绍飞打着灯,把大大小小的东西搬上车。他催促父亲:“爸,你再看看老屋里,还有啥东西要搬走?”

“以后再难见到了,爸再看看吧!”老施扶着门框说。

离开,并不是件轻松的事。老施走出老屋,站在院坝里,朝着那几棵颇有年头的芒果树、万年青和黄葛兰看了很长时间。儿子再次催促,他坐上搬家的车,不挣气的泪水悄然涌出了他的眼窝。

别了,曾经生活了几十年的家园;别了,金塘双河社区高粱地的老屋;别了,这里的一沟一坎、一草一木……

施家父子搬离的第二天,白鹤滩水电站巧家库区正式举行了移民搬迁入住启动仪式。人声鼎沸,热闹非凡。上午8时30分,数十辆满载搬迁物资的货车,次第开进金塘镇移民安置区。新区有了人气,

地流下眼泪,因为电站建设,巧家县渔坝村现有的甘蔗种植面积将减半。72岁的万兴全拿出10多万元积蓄,在淹没区外给糖坊安了新家。在当地政府的帮助下,村民在水位线以外增加甘蔗种植面积,让小碗红糖不因电站建设而减产。万兴全很满意。

有人提醒他:“有啥子要做的,找政府去,这时候,不怕他们不答应。”

“这是国家行动,我只能分忧,不能添乱。要不是党的政策好,哪来今天的好日子!”老人想起往事,满怀感恩。“这些年,党给了我们一家太多了。搬了新家,我们要更勤劳,日子才会更甜,才对得起各级组织。”

包保干部刘成祥心有牵挂。老万搬家后,他还不忘来回访,同时了解下步的产业发展有啥问题。老万日子不错,100多平方米的安置房干净整洁,客厅、厨房、卫生间功能齐全,使用方便。老万紧紧握住他的手说:“放心,我不仅要搞好生产,这榨糖手艺,还要传给下一代哩!”

在采访中,我们了解到,万兴全一家四代30多口人,就有8位是共产党员。年龄最小的一位,是政法大学毕业的孙女,眼下在昆明官渡区人民法院工作。也难怪,他有这么高的觉悟。

“金沙自古不通舟,水急天高一望愁。何日天人开一线,联樯衔尾往来游。”这首清诗刻在白鹤滩绝壁上,寄托着巧家多少代人开发金沙江的夙愿。如今,随着白鹤滩水电站下闸蓄水,往事将沉入江底。但是曾经发生和存在的一切,绝不会在岁月的苍烟落照中消亡。

据有关资料显示,白鹤滩水电站建设过程中,滇、川两省共搬迁人口达10万余人。这些移民群众,难道不就是支持国家建设的重器之“基”、精神之“基”吗?

## 非凡十年,高峡呈巨变

如今,金沙江畔,白鹤滩水电站大坝横空出世,横跨碧波,以雄伟的身姿,矗立在世人面前。

时光飞逝,自首批机组发电以来,白鹤滩水电站的建设者,依然肃肃宵征,夙夜在公,他们像一台台永动的机器,夜以继日地推动进度,向全面发电的规划时点不断冲刺:2022年1月初,右岸16号百万千瓦机组当日顺利完成72小时试运行;6月27日,白鹤滩水电站已有9台机组相继投产发电,累计发电量291亿千瓦时;8月2日,白鹤滩水电站7号机组正式投入商业运行,至此白鹤滩水电站已投产机组总装机容量达到1000万千瓦;11月5日,白鹤滩水电站右岸10号机组通过72小时试运行。这是白鹤滩水电站投产发电的第15台百万千瓦水轮发电机组。也就是说,白鹤滩水电站总安装的16台机组全部投产发电将很快实现。

金沙江蜿蜒曲折,拥有巨大的天然落差。在这条江流上,仅是上游和中游,就建有数十座巨型水电站。而下游的向家坝、溪洛渡、白鹤滩、乌东德4座梯级水电站,均为世界级巨型水电站。源于中国“心”的绿色电能,为长江经济带发展再添新动力,为美丽中国建设增光添彩。

白鹤滩水电站还为长江中下游再添一道防洪屏障,其预留的防洪库容达75亿立方米,是长江流域防洪体系的重要组成部分。白鹤滩水电站与金沙江下游几座梯级水库携手相连,为四川宜宾、泸州等城市防洪起到重要作用。

进入初秋,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。

“电站建好后,这里形成了高峡出平湖的景观,实在是太壮美了!”巧家县土生土长的摄影家张万高深有感触地说。最近10年,他走遍了白鹤滩的每个角落,用镜头记录下无数精彩的瞬间。他储存的上万张珍贵照片,详细记录下了这里发生的变化。

非凡十年,伟大变革。在多次奔赴工程建设一线采访的过程中,透过那些坚毅的眼神、挺拔的脊梁、坚实的脚步、坚强的信念,我们终于明白,白鹤滩水电站建成的背后,蕴藏着中华民族五千年不懈奋斗、生生不息的精神密码。这密码就是:坚韧不拔、不达目的誓不休的攻坚精神,迎难而上、破解困境的创新精神,不忘初心、牢记使命的革命精神,老百姓舍小家、顾大家的奉献精神……

我们赞美白鹤滩,她是新时代中国能源建设版的“千里江山图”,壮阔多彩、万千气象;我们赞美白鹤滩,大国重器与绿水青山相得益彰,自然之美、生态之美、创新之美交相辉映。截断高峡出平湖,百年梦圆白鹤滩。经过一代又一代人艰苦卓绝的努力,今天,白鹤滩水电站创造了世界水电建设的传奇,巍然屹立于金沙江上,成为“西电东送”的重要能源基地。



白鹤滩水电站10号机组投产发电。

通讯员 闫科任 摄

步成形。在白鹤滩水电站建设过程中,汪志林还多次组织力量进行科技攻关,形成一系列创新成果:全面应用智能通水技术、实现大坝混凝土精准化温控、应用低热水泥建设高拱坝……

艰难方显勇毅,磨砺始得玉成。2018年元旦,当很多人正沉浸在节日的喜悦氛围中,华东院的方丹却突然接到工地一线的紧急电话:右岸地下厂房南端洞段围岩变形量突然增大,喷层混凝土开裂,衬砌混凝土发生鼓胀,钢筋明显弯折。方丹意识到,如果不及及时解决,洞室随时都会坍塌,后果将不堪设想!白鹤滩水电站建设有世界最大地下洞室群、最大调压室群,哪怕洞内掉下一块石头,都是巨大危险。方丹是华东院驻守施工现场的相关技术负责人。情况万分危急,容不得半点迟疑,她立即返回工地,加入白鹤滩工程建设部临时组建的青年创新攻关小组。一帮人夜以继日、不眠不休,鏖战了三天三夜,终于找到了原因——C4号层间错动带再次发生异动。接着,又是几个废寝忘食的日夜,攻关小组以最快速度,拿出解决方案,最终顺利排除了险情。

这支青年创新攻关小组,当时的平均年龄不到33岁。他们个个生龙活虎,身上仿佛有用不完的力量。在白鹤滩,他们累计开展科研创新活动50余项,发表相关论文80余篇,申请专利100余项。这些努力与成绩,让白鹤滩水电站的基础更加牢固。

白鹤滩水电站蓄水以来,每天清晨,白鹤滩工程建设部大坝项目部副主任王克祥都会来到大坝各层廊道、各个堵头处,这里摸摸,那里照照,仔细查看有没有渗水、变形等异常情况。一趟下来,至少需要4个小时。

王克祥参与过长江三峡、溪洛渡等10余座水电站的建设,在水电行业工作刚好30个年头。6年前,王克祥完成溪洛渡水电站工程施工任务后,转战白鹤滩。上岗不久,白鹤滩水电站大坝在坝基开挖时,遇到山体裂隙多、土壤松驰的难题。不知熬了多少夜晚,掉了多少头发,查了多少资料,王克祥与团队通过数十次技术论证和现场试验,终于创造性地提出操作方案,成功解决了难题。他们在白鹤滩河床坝基固结灌浆中,创下每天超过3000米的强度纪录,把我国的灌浆施工技术水平

知识产权的关键技术。

单丝不成线,独木不成林。如果说一个人的力量是一滴水的话,那么团队的力量,就是一片汪洋大海。在施工现场,我们看到,大坝上空有7台颜色各异的缆机,正在有条不紊地工作。与缆机协同作战的,是一群“娘子军”,由36名女工组成。缆机凌空高架,操作强度很大,要求操作者必须有良好的心理素质和高度的责任心。听说,这群女工刚开始操作时,看着脚下的江面,没有不害怕的,有的人甚至坐在缆机轨道上大哭不止。但是,令人惊讶的是,她们很快克服了困难,适应了这份工作。她们从容冷静、一丝不苟,不仅与缆机配合默契,还能在嘈杂的生产施工现场,辨识出设备偶然的异响,用肉眼就能发现常人不易发现的问题,能用鼻子嗅到器械里释放的味道。中医传统文化里的“望、闻、问、切”,居然被她们一用上。

“水平一流、技术创新”是白鹤滩工程的建设目标。中国科学院、工程院等多位院士、专家组成中国水电行业的“最强阵容”,他们全心全意为白鹤滩水电站研究、建设倾尽所有的智慧。在院士顾问组的指导下,在三峡集团的组织领导下,潜心钻研,攻坚克难,历经数十年努力,白鹤滩水电站300米级不对称特高拱坝、世界最大规模地下洞室群、世界最大规模地下厂房等陆续建成,世界单机容量最大百万千瓦水轮发电机组一台台在地下深处安家落户。

我们走进白鹤滩水电站的洞室群,感觉就像进入巨大的地下宫殿:2500立方米的开挖总量能填满10座胡夫金字塔,364个地下洞室错综复杂,形成了令人向往的神奇迷宫。在一个个专家和建设者们的努力下,白鹤滩水电站实现了多个“第一”:单机容量100万千瓦居世界第一;圆筒式尾水调压井规模居世界第一;无压泄洪洞群规模居世界第一;地下洞室群规模居世界第一;300米级高坝抗震参数居世界第一;首次在300米级特高拱坝全坝使用低热水泥混凝土……

大国重器的背后,汇集的是中国顶尖的水电技术人才,书写的是中国水电由跟跑、并跑走向领跑的动人传奇,凝聚的是解决世界性水电难题的“中国智慧”和民族精神。

一下子活络起来。

为让搬迁群众顺利入住、安居乐业,巧家县干部纷纷深入社区包保,所有干部使出了十八般武艺。动脑不说,更得动手;操心不说,还得操劳;白天干不完,晚上接着干。就是节假日,也全都搭进去。他们帮助群众把家具、食物搬上搬下,修水龙头、换锁、送春联、秩序维护等等。事无巨细,跑前跑后,乐此不疲,尽心服务。

移民搬迁那段时间,巧家县8个移民集中安置区里里外外,车水马龙,人潮涌动。电动车、摩托车、货车、客车载着移民群众的眷恋和期盼,穿梭于各个楼栋之间。一批又一批移民群众,相继离开开祖辈生活了多年的家园,搬进了窗明几净、温馨舒适的新家。

2月26日,吴香发一家老老小小17口人,围坐在土坯砌成的老屋里,过了最后一个元宵节。老吴举起酒杯,对着一家老小说:“以后老房子要淹了,大家都搬进高楼大厦,不管住在哪里,都要过好各自的生活,兄弟姐妹相互照应。”说完便一饮而尽。2月28日,他们开始搬家了。早春的空气,潮湿,还有一丝泥土的甜味。破晓的晨光中,78岁的老吴早早起床,收拾东西。子女们整理物品,搬上面包车,再清理场地,忙得不亦乐乎。不一会儿,两辆车就装得满满当当。东西装好后,孩子们催促老吴赶紧上车,可是老吴却不紧不慢,他还想看看老家。老吴在房前屋后转了两圈,抓两把土握在手心,舍不得缩回手来。这养育了吴家一代又一代人、给他们幸福和快乐的地方,怎么会说走就走了!但为了支持白鹤滩水电站建设,就是心头肉,他们也是值得的。

老吴一家告别土坯房,心情愉快地搬进了白鹤滩镇天生梁子安置区3号地块12栋303号的新家。屋内窗明几净,室外天清气朗。在这里,大儿子分得了3套不同户型的房子,另外两个儿子也分得了2套面积不小的房子。几个孩子都有一两间安身立命的技术。对于以后的生活,个个信心十足,美好的生活属于他们。

江水渐往上涨。尽管知道这一天迟早要来,巧家县小碗红糖传承人万兴全的内心,复杂的感情交织在一起,情不自禁