

# 以“科技+绿色”助力中国水电事业领跑全球

## “两河口水电站 300m 特高土石坝关键技术与应用”项目斩获中国电建集团 2024 年度科学技术奖特等奖

王峰 杨建 高云

在全球聚焦绿色能源与可持续发展的时代,中国水电工程再传捷报——雅砻江中游,一座凝聚无数智慧与匠心的世界级工程,向世人展现了中国科技的硬核实力。近日,中国电建集团公布 2024 年度科学技术奖授奖名单,由成都勘测设计研究院有限公司原总工程师余挺和副总工程师、四川省工程勘察设计大师金伟及其团队主导的“两河口水电站 300m 特高土石坝关键技术与应用”项目斩获特等奖。这项研究不仅在全球土石坝技术领域独树一帜,更成为我国水利水电科技迈向新高度的里程碑之作。在 144 项优秀成果中,五项特等奖脱颖而出,而“两河口”无疑是其中最耀眼的明星。

这一荣誉的背后,是中国建设者在土石坝建设、设计与技术创新方面的持续攀登,是对绿色发展目标与科技力量结合的生动诠释,也是新时代能源建设从大国制造到强国创造的辉煌见证。

### 两河口水电站:世界级土石坝的科技奇迹

在川西高原的群山之巅,一座巍峨壮丽的工程如定海神针般屹立,它不仅是雅砻江流域的龙头水库电站,更是世界土石坝建设的巅峰之作——两河口水电站。这一特大型水电站位于四川甘孜藏族自治州雅江县境内,是我国海拔最高的百万千瓦级水电工程,其装机容量达 300 万千瓦,坝高 303 米,不仅刷新了世界土石坝的高度纪录,也将中国的水电技术推向全球领先地位。

这项历时半个世纪筹划与建设的宏伟工程,代表着我国从规划设计到施工技术的全面突破。面对海拔 3000 米的极端自然环境,工程建设者们克服了常人难以想象的挑战:特高土石坝完全没有设计和施工经验,高海拔的低氧环境和严寒气候给工程设计带来了前所未有的挑战,高地应力的地下厂房和 684 米高、1.5 公里长的陡峭高边坡,需要攻克世界级勘察设计技术难关;超高流速、极狭窄河谷的泄洪建筑物设计。

在设计过程中,团队创新性地提出并解决了堆石料源条件差和防渗土料质量严苛的难题。通过多源复杂料场的精细化勘察与动态调控技术,合理分层使用岩石与土料,确保了坝体结构的稳定性和耐久性。同时,在高寒高海拔环境下首次实现大坝智能化建设,成功应用无人驾驶碾压机组,完成全方位、全过程智能监测,使工程在技术层面达到国际先进水平。

两河口水电站不仅是中国水电工程的里程碑,更是全球绿色能源发展的典范。它以高坝大库的形式,为雅砻江流域提供了强大的水资源调节能力,为实现国家“碳达峰、碳中和”目标注入了



源源不断的绿色动力。这一凝聚着无数心血与智慧的大坝,不仅承载了能源的供给,更成为人与自然和谐共生的伟大见证。

### 技术突破:引领国际土石坝建设潮流

在两河口水电站的建设中,金伟团队以卓越的创新精神攻克了多项世界级技术难题,将中国土石坝技术推向国际前沿。他们深入研究复杂地质条件下的坝体材料特性,提出了基于关键粒径控制的土料分类标准,并通过三维云图分析技术,精确勘察料场分布,实现了施工料场资源的优化配置。这项技术不仅提高了土料利用率,更有效降低了坝体材料的施工损耗,为后续土石坝项目提供了科学范例。

针对特高土石坝的设计与抗震难题,团队开发了流固耦合弹性计算方法,深入揭示了坝体变形和高孔隙水压力的成因及演变规律。在此基础上,进一步完善了抗震设计理论,提出复合抗震加固技术,使坝体能够在极端地震条件下保持稳定。这一系列技术突破,不仅增强了特高土石坝的抗震能力,也为全球类似工程提供了可借鉴的技术路径。

在坝体施工与运行安全监测方面,团队同样走在行业前列。他们率先应用柔性测斜仪和电磁沉降环等先进设备,结合超宽带雷达监测系统,实现了坝体变形的全天候、全方位监测。这套全生命周期的监测技术能够实时反馈坝体状态,为施工和运行决策提供了可靠依据。这一创新填补了特高土石坝监测技术的空白,为世界高土石坝建设设立了新标准。

金伟首创了高土石坝防渗心墙的剪切渗漏控制理论及分析方法,并提出了特高土石坝的计算理论与设计方法。作为设计负责人,他建立了心墙土料在冬季冻融条件下的空天地一体化智能监测、识别与预测体系,并提出了冬季连续施工的冻融防控新标准。此外,工程首次实现了高原冻土区土心墙冬季大规模连续施工的突破。金伟团队的研究成果已推广应用于双江口、长河坝等重大工程,进一步巩固了我国在土石坝建设领域的国际领先地位。这些技术不仅提高了工程安全性和经济效益,也推动着土石坝技术

从经验性迈向科学化、智能化,为全球水利工程树立了标杆。

### 匠心筑梦:项目主导人的伟大实践

每一项伟大的工程背后,都有一群默默付出的追梦人,而金伟正是其中一位无声铸造奇迹的实践者。他不仅是技术创新的引领者,更是两河口水电站这一世界级工程的灵魂人物。从事水利水电设计近三十年,金伟亲历了 40 余项重大工程的设计与建设。他的水电梦,源于儿时父亲的耳提面命。父亲作为白山水电站的设计者之一,为大坝矗立在江河之间贡献了毕生心血。金伟在这一片波澜壮阔的事业熏陶下成长,对水电的热爱早已深植心底。从东北寒冬里对高土石坝的技术钻研,到川西高原面对自然极限的挑战,他始终怀抱初心,用专业精神书写着属于他的水电传奇。在两河口水电站的建设中,金伟的付出尤为艰辛。从项目初期规划到施工技术实施的全过程,他带领团队一次次深入高寒高海拔的险峻山区。在料场勘察中,他和同事常常在恶劣天气中工作,翻山越岭确认每一个土料和岩石的分布特点,为坝体材料的科学使用提供了第一手的数据。

伴随着我国水电建设从川西高原到雅鲁藏布江向高海拔地区挺进,高寒、缺氧、坚守成为西部水电人的代名词!按他的话说:夏天睡觉像踢足球,冬天像打篮球,从未拥有过一个完整的睡眠。

尽管如此,金伟始终与团队并肩作战,无数次跋涉在冰雪覆盖的陡坡间,每一次标记都是一份责任,每一个数据点都饱含汗水。施工阶段的技术攻关更是对毅力与智慧的双重考验。为了攻克超高流速泄洪系统的设计难题,他在实验室和工地之间奔波,夜以继日地模拟计算流体参数,逐一验证设计细节。在面对高烈度地震区抗震加固的挑战时,他带领团队连续数周加班,调整模型、优化方案。有人形容说:“那段时间,他几乎没有离开过现场,仿佛是大坝的一部分。”

而在料场动态调控和智能化施工领域,金伟提出了精细化勘察与动态调控技术,这不仅是理论上的突破,更是无数次实验和现场勘察的积累。他和团队反复试验每一种坝料的组合、碾压工

艺和土料配比,以确保坝体能够在极端条件下保持稳定。金伟常说:“伟大的时代造就伟大的工程。”这句话是他对团队的鼓励,更是对他自己的鞭策。他所参与的工程指标创造了九项世界之冠,综合技术难度居世界最高水平,攻克高寒、高海拔、特高坝、世界第二泄水流速、高边坡等系列技术难题,是水电开发向高海拔寒冷地区发展的标志性工程。这不仅是一项伟大的工程,更是一段承载着梦想与使命的水电人生。金伟以梦为帆,凭借匠心与智慧,踏浪前行,为世界留下了这座堪称奇迹的高坝,也为中国水电事业树立了不朽的丰碑。

### 绿色引擎:两河口水电站驱动可持续未来

两河口水电站的建成,是我国能源战略布局中的重要里程碑。这座世界级工程不仅刷新了土石坝建设的技术高度,更为雅砻江流域的水资源调节能力提供了极大助力。作为中国调节性能最好的水库,两河口大坝总库容达 108 亿立方米,能够与下游的锦屏一级、二滩电站形成联合调节体系。通过优化水资源配置,不仅增加了下游平枯期出力,还增加了相当于两河口 1.5 倍的年发电量。



在助力我国“碳达峰、碳中和”目标实现的征程中,两河口水电站发挥着不可或缺的作用。其全年稳定的清洁能源输出,大幅减少了对火电等化石能源的依赖,每年向长江经济带和成渝双城经济圈输送 2200 亿千瓦时的清洁电能。通过打捆风能、光能与水电的协同开发,该电站已成为我国首个水风光互补清洁能源示范基地的重要组成部分。源源不断的绿色能源,不仅照亮了城市,也为中国绿色低碳发展注入了澎湃动力。

与此同时,两河口水电站的建设本身也体现了工程与自然和谐共存的理念。从无人驾驶碾压机组到智能监测技术,大坝施工全程实现了智能化、精准化,极大减少了人力投入与资源浪费。在高寒高海拔的特殊环境中,智能设备的运用不仅提高了施工效率,还降低了对生态环境的干扰,使得这座高坝成为绿色建设的典范。无人碾压技术累计填筑 352 万立方米堆石料,不仅确保了施工质量,还标志着我国土石坝建设迈入“无人化”时代。

雅砻江奔流千里,而两河口水电站以其超凡的调节能力与绿色使命,赋予了这条河流新的意义。它不仅是一座巍峨的大坝,更是人与自然协同共进的见证。从高原峡谷到城市社区,两河口电站传递的不仅是能源,更是一种对未来发展持续发展的坚定承诺。

### 迈向新高:从两河口到未来的中国水电蓝图

两河口水电站的建成,不仅是一座超越极限的工程奇迹,更是中国智慧在水电领域的全新里程碑。这座大坝以其宏伟的规模、先进的技术和绿色的理念,展现了中国在全球能源转型中的担当与实力。从高寒高原的艰难施工,到多项世界级技术的突破,这项工程凝聚了无数工程师和建设者的心血与梦想。它的建成,不仅为雅砻江流域的水资源调节提供了卓越能力,还成为我国实现“双碳”目标的有力支点。作为清洁能源发展的典范,两河口水电站为长江经济带和成渝双城经济圈注入了源源不断的绿色动能,同时也是人与自然和谐共生的生动见证。

然而,这座伟大工程的故事并未画上句号。作为两河口水电站的设计核心人物,金伟在荣获中国电建科学技术奖特等奖之后,目光

早已投向了未来。他将这份殊荣视为新的起点,激励自己在更高层次上推动技术进步和能源创新。他计划深入探索超高土石坝筑坝技术的极限应用,攻克复杂地质和极端环境中的施工难题,同时推进新型材料在水电工程中的应用,以进一步优化坝体结构的耐久性和抗震性能。此外,金伟还将致力于超大规模水风光互补清洁能源基地的建设,研究水电与新能源协同发展的动态平衡,为构建高效、清洁的新型能源体系提供技术支持。

以服务国家重大需求为己任,用一生的精力成就一部部好作品,是水电设计工程师共同的职业追求。从两河口到未来,金伟带着责任与使命,继续在水利水电的技术前沿披荆斩棘。他深信,中国水电事业将在科技创新与实践探索中不断超越极限,迈向更加辉煌的明天,而他的奋斗将为这一伟大征程增添更多生动的注脚。两河口水电站 300m 特高土石坝是一个开始,更是新时代中国水电向未来进发的象征。