

深筑百米地下长城 捍守高坝大库安澜

——记2018年度国家科技进步奖二等奖获得者宗敦峰及其团队

赵明华 李杰



宗敦峰,教授级高级工程师,曾任中国水利水电基础工程局(现已更名为中国水电基础局有限公司)局长,现任中国电力建设集团有限公司总工程师,国务院政府特殊津贴专家,全国优秀科技工作者,获得潘家铮奖、中国电力科学技术杰出贡献奖、中国大坝杰出工程师奖等荣誉称号。他还担任中国水力发电工程学会理事、中国建筑业协会常务理事、中国施工企业协会科技委员会副主任委员、中国水利协会副会长、中国电力建设协会副会长,以及中国水力发电工程学会施工专业委员会主任委员、碾压混凝土筑坝专业委员会主任委员、电力行业标准化委员会施工专业委员会主任委员等。

长期以来,面对超深与复杂地质条件混凝土防渗墙的诸多技术难题和工程建设的重大需求,他领导项目团队通过施工理论创新、技术攻关和工程应用,成功研发了具有我国自主知识产权的100米以上与200米级混凝土防渗墙施工成套装备和关键技术,破解了高坝深厚覆盖层超深与复杂地质条件下的混凝土防渗墙建设世界级难题。2004年、2013年,他两次获得国家科学技术进步奖二等奖。

作为2018年度国家科技进步奖二等奖项目“超深与复杂地质条件混凝土防渗墙关键技术”总负责人,他明确项目研究目标和总体思路,组织项目成套技术研发。同时,他还提出了超深与复杂地质条件混凝土防渗墙工法体系,主持了超深防渗墙混凝土浇筑成墙技术研究,主持了复杂恶劣地质条件地层成套处理技术研究。

江河水库之上,一座座大坝横跨飞跃,见证了中国乃至世界水利枢纽工程的发展鸿篇。

作为一项极其隐蔽的地下工程,防渗墙可视为整个水电水利工程大坝的“根系”,是大坝地基建造和渗流安全控制的重中之重,影响着高坝建设的各个环节和整体使用寿命,更关系到人民的生命财产安全。埋首防渗墙施工关键技术研究多年,以宗敦峰为首的项目团队站在数代前辈的深厚积淀之上,结合众多超深防渗墙工程的经验,勇担时代重任,通过新技术研究、新材料研发和新设备研制实现了钻孔成槽、槽壁稳定和浇筑成墙3大创造性成果。

如今,当宗敦峰带领一支跨机构、跨专业的攻关团队,第三次荣膺国家科学技术进步奖时,江河之下的固壁泥浆也又一次向世人展示了奉献、支撑的力量。

铸基江河 代代传承

对于宗敦峰和他领衔的项目团队而言,“超深与复杂地质条件混凝土防渗墙关键技术”能够成功突破,是以几代人的科研基础为前提,是几十年量变、十几年攻关积累所创造出的伟大跨越。

1959年中国水电基础局承建了华北地区最大水库——北京密云水库项目工程,开凿了国内第一道槽孔型防渗墙。自此,作为致力于水电基础处理工程的第一批成熟企业,它目睹了一代代水电基础人的成长,与中国水利水电科学研究院、清华大学等科研院校强强联合,顺利完成了地基与基础工程领域的“六五”“七五”“八五”科技攻关。时至20世纪八九十年代,毕业于清华大学水利水电工程专业的宗敦峰,带着对基础建设的一片赤诚融入其中。

15年时间,他们先后承担了三峡一期、二期、三期工程中难度最大的防渗体系搭建工作,因地制宜、不负众望,利用一系列国内领先、国际先进的首创施工工艺、技术和设备,为整个工程的圆满竣工护航。也由此,这个团队收获了国家及业内的普遍认可,在2004年荣得国家科技进步奖二等奖。

据宗敦峰介绍,20世纪末我国最深的防渗墙下挖深度仅为81.9米,虽已跻身国际先进水平之列,但当时国内实际规范使用深度小于70米,距离百米级建设目标仍存在巨大差距。

“防渗墙是极其重要的地下隐蔽工程,也是坝基建设的关键。复杂地质条件下的超深防渗墙作为大坝工程的生命线,施工难度更大,质量也关系到整个工程和众多人员的安全。”“高坝大库的安全是百年大计、千年大计,每一个步骤容不得半点马虎。”宗敦峰指出。

为此,即便施工要求超出项目团队认知和建设能力,以宗敦峰为首的科研队伍毫不怯懦,自2001

年依托大型水利水电工程,历时13年,通过“产学研用”的深度融合,成功研发了具有我国自主知识产权的100米以上与200米级混凝土防渗墙施工成套装备和关键技术,破解了高坝深厚覆盖层超深与复杂地质条件下的混凝土防渗墙建设世界级难题。

系列研究成果成功应用于国内所有超深防渗墙工程,创造了防渗墙201米的世界纪录,相关技术还在国内外其他186项水利水电工程中应用,并推广到交通、市政、矿山、环保工程等多个领域。研究成果获省部级科学技术特等奖1项、一等奖3项;授权专利35项,其中发明专利12项,获得国家级工法5项。他主编行业规范2部,出版论文113篇、专著13部;培养了一大批专业技术人才,有力推动了行业技术进步。

强夯地基 创新为魂

从四川冶勒水电站到重庆狮子坪水电站,从新疆大河沿引水工程到云南红石岩水利枢纽,一边是施工任务迫在眉睫,一边是百米级超深防渗墙建设能力不足,水利水电工程的发展进退维谷。对此,宗敦峰团队明确设备、工艺的缺陷,从施工的第一阶段着手,全力研制钻孔成槽的新技术和新设备。

不同于传统“钻劈法”“抓取法”“铣削法”等单一工艺,新型工法不但效率得到提升,还实现了钻机、抓斗、液压铣槽机等多种设备的最优组合,实现了实际挖槽偏斜率小于千分之二,同时保证一、二期墙体接缝紧密贴合形成连续墙体。其中“钻抓法”充分发挥钻机和抓斗的特长,与传统设备单一工法相比,复杂地层综合工效提高了10倍以上。

“我们从数百项防渗墙工程的海量数据中不断挖掘、分析,形成了不同设备和组合适应各种地质条件与工程要求的技术分析结果。在这个基础上,我们才提出了防渗墙造孔挖槽施工方案优化组合综合比选方法,利用设备组合地层适应性、工效与工期、工程与社会环境条件、经济比较等综合确定

方案,从而进一步提升施工方案决策的科学性。”

除了成功创新超深防渗墙造孔成槽施工工法技术体系,他们还配套研发了200米级超深防渗墙造孔成槽施工成套装备。

在其他研制或改进设备中,包括系列重型冲击钻机、ZD-20型重型钢丝绳冲击抓斗、35t重载破力器、16t重型冲击锤、重型液压抓斗、JHB-200型泥浆净化机等在内的多种创新设备,在钻孔成槽施工过程中,为保证成槽质量、大幅度提升成槽工效贡献了一份力量。项目团队也因此,在满足了超深防渗墙高效施工要求的同时,实现了成套国产装备的中国创造。

稳扎稳打 外包内固

泥浆在防渗墙施工当中更像是一把双刃剑,一方面由于具有黏性,某种程度的泥浆会增强挖掘的阻力,直接导致挖槽效率降低;另一方面,泥浆又是天然的黏合剂,其密度关乎槽壁失稳的可能性,是超深防渗墙槽壁稳定固壁技术的研发关键。

宗敦峰说:“在超深与复杂恶劣地质条件叠加作用下,传统分散型膨润土泥浆暴露出诸多不足,槽壁垮塌风险高,出渣效率低,传统分散型固壁泥浆无法满足造孔成槽安全高效施工要求。”正是基于对传统泥浆特点的充分认识,项目团队经过反复理论分析和试验实测,开发了超深与复杂恶劣地质条件防渗墙槽孔固壁技术。

为了更显著地提升泥浆固壁效果和防渗透性能,宗敦峰带领团队在系统试验的基础上研发了新型防渗墙固壁泥浆材料。这种新型泥浆材料因自身携带正电荷,能够完美地与呈现负电状态的水和土颗粒相结合,形成状态稳固的“MMH-水-黏土稳定复合体”。

面向设备的革新需要,针对超深防渗墙泥浆需求量巨大的特点,他们还研制了大体积泥浆自动搅拌系统,单机日生产能力达到840立方米,比传统单机设备生产量多出近10倍。而面向传统泥浆难以应对的严重漏浆、架空、塌孔等地

层,他们又研发了预灌浓浆、槽内灌浆和槽孔堵漏等技术,有效解决了特殊地层漏浆塌孔的技术难题。

从已经实施的工程应用来看,这些新技术和新材料的融入突破了传统固壁泥浆无法满足造孔成槽安全高效施工要求的技术难题,确保了200米级超深防渗墙槽壁的安全稳定。在西藏旁多和新疆大河沿水利工程中,201米和186.15米的防渗墙深度以国际领先纪录诠释着大国骄傲。

变革方法 深化体系

为了破解传统成槽施工技术无法满足超深槽孔成槽质量要求的技术难题,项目团队成员创新了超深防渗墙混凝土浇筑成槽技术体系,从接头管法、拔管操作、清孔换浆等多方面进行变革,实现了技术的突破性发展。

在超深防渗墙“接头管法”墙段连接技术方面,他们通过理论分析和室内、现场试验,摸清了深槽内混凝土凝结和接头管起拔力道的规律,首创了“限压拔管法”,并形成了国家级成套工法技术。

在拔管机设备改进方面,他们研制了YBJ系列卡键直顶式大口径液压拔管机,以卡键直接顶升接头管管体的方式保证了拔管机与接头管紧密结合。同时采用大小两个双油泵系统和限压报警装置,他们还实现了蠕动松管、慢速起拔和快速起拔3项操作的自动转换,使最大拔管直径可达2米,最大拔管深度可达200米。

在浇筑技术提升方面,他们打破国内外“气举法”槽孔清孔换浆技术最大深度小于100米的限制,研发形成了超深防渗墙“气举法”槽孔清孔换浆技术。

在拔管机、接头管、浇筑导管等配合下,超深防渗墙混凝土浇筑成槽圆满谢幕,为一项防渗墙筑造工程画下句点。而项目团队13年呕心沥血交出的答卷也有力支撑了我国西部地区水利水电工程建设,支持中国水电企业实施“走出去”战略和服务国家“一带一路”倡议,为世界范围内的基础设施领域建设提供宝贵借鉴。



西藏旁多水利枢纽防渗墙工程,创造201米单槽深墙世界纪录。