



十三届全国人大三次会议
全国政协十三届三次会议

科技日报

SCIENCE AND TECHNOLOGY DAILY

两会特别策划

8

SPECIAL EDITION

2020年5月29日

责编 段佳

钮新强代表：环保意识要贯穿水电建设各环节

两会连线

本报记者 唐婷 通讯员 杨泽亚



受访者供图

温厚敦实、低调内敛，是全国人大代表、中国工程院院士、长江设计院院长钮新强给人的第一印象。近40年来他主持和参与主持了国家重大水利水电工程设计10余项，其中包括人们耳熟能详的三峡工程、南水北调中线工程。

自2003年起，作为金沙江乌东德水电站勘察设计的负责人，钮新强和团队成员一道，见证了乌东德水电站从无到有的艰辛历程。在他看来，乌东德水电站设计攻克了多项世界级技术难题，充分展示了中国水电科技的强劲实力。

钮新强说，目前西部地区尤其是西南地区规划和在建的一批水电工程，包括乌东德水电站在内，往往都是高坝大库，面临更复杂的自然环境和建设条件的挑战，且建设规模和难度超出了现有技术水平和规范适用范围。

“在迈向世界水电新高峰的征途上，只有坚持科技创新，牢牢将水电工程核心技术掌握在自己手中，才能实现我国水利水电高质量发展，抢占世界水电科技的制高点。”钮新强强调。

钮新强认为，可以预见，科技创新将在工程安全、智慧建造、生态设计、高效运行等方面发挥重要作用。

高寒、高海拔、高地震烈度、高陡边坡、深厚覆盖层，自然条件恶劣，是西部地区高坝大库建设中无法回避的现实挑战。而科技创新对提升工程安全保障理念、提高安全保障能力等，无疑将起到重要的支撑作用。同时，通过研发新材料、新技术、新工艺、新设备，可以有效提升工程建设和运维保障能力。

以乌东德水电站为例，在建设过程中为确保工程建设和运行安全，技术团队结合无人机等精准勘探新技术，在边坡防治中提出了“先高位自然边坡防治，后工程建设”的新理念，同时采用了“高防预固、稳挖适护”的边坡防治新技术，成功破解了两岸高达千米级的超高陡边坡稳定问题。

“智能建造系统在大坝建设中的作用日益凸显。随着智能建造和工程建设的深度融合，我们可以对未来的智慧大坝有更多的期待。”

钮新强指出。

智慧大坝，是新一代信息技术与大坝建设融合形成的坝建创新模式。通过规范化建模、网络化交互、可视化认知、高性能计算以及智能化决策支持，打通信息技术和传统坝建建设接口，实现数字链驱动下从规划、设计、施工到运维全生命期的集成与高效率协同，是未来大坝建设和管理转型升级的发展方向。

作为一名水电人，钮新强一直秉持着对自然的尊重和敬畏之心。在他看来，从规划设计、建造施工到运行管理的各个阶段，都要有生态优先的意识和考量。

比如，在规划设计阶段，要从流域整体出发，优化工程的布局和方案，严格保护好生态空间，保障江河生态流量。在施工阶段，采用“精准勘察”“精细设计”“高效施工”“复垦造地”等绿色水电技术，最大限度地减少施工过程带来的不利影响。在运行管理阶段，将生态调度放在优先位置，优化工程调度，做到综合效益最大化。

运行在即，乌东德“点亮”水电智能新时代

300米级

作为一座特高拱坝，乌东德水电站大坝坝顶海拔高程988米，最大坝高270米，坝顶上游面弧长326.95米，厚高比仅为0.19，是目前世界上最薄的300米级双曲拱坝。

5月4日，乌东德水电站大坝最后一个坝段浇筑完成，大坝全线浇筑到顶，世界首座全坝应用低热水泥混凝土的特高拱坝拔地而起，巍然屹立。

许键摄



大事记

又一高峡平湖呼之欲出

本报记者 唐婷

位于云南禄劝县和四川会东县交界的金沙江干流上的乌东德水电站，是继三峡工程、溪洛渡水电站之后建设的又一座千万千瓦级水电站。

2015年 主体工程全面开工

2015年12月16日，国务院常务会议决定对金沙江乌东德水电站项目予以核准。

2015年12月24日，三峡集团在乌东德水电站工程现场召开建设动员会，标志着乌东德主体工程全面开工建设。至此，历经10多年科研、勘测、设计和筹建，乌东德水电站项目全面进入主体工程建设期。

乌东德水电站装机总容量1020万千瓦，工程动态总投资约1000亿元。电站建成后，多年平均发电量389.1亿千瓦时，平均每年可减少标煤消耗量超过1220万吨，减少二氧化碳排放量超过3050万吨。

2016年 完成部分关键节点

2016年7月，随着上游围堰填筑至设计高程873米，乌东德水电站大坝围堰工程施工全面完成，顺利实现围堰挡水目标，满足防洪度汛要求，为大坝后续基坑开挖与混凝土施工创造了良好的条件。

2016年12月，大坝基坑开挖至设计高程718米，建基面质量完全满足设计要求，坝基开挖工作如期顺利完成，是大坝建设中的关键节点。

2019年 机组步入总装阶段

2019年12月，乌东德水电站左、右岸地下电站先后实现首台85万千瓦水轮发电机组转子的成功吊装。转子顺利吊装，标志着左、右岸机组安装全面步入总装阶段。

2020年5月4日，乌东德水电站7号坝段最后一仓混凝土浇筑完成，大坝主体工程全线浇筑到顶。全线浇筑到顶后，大坝进入到表孔金属结构安装、表孔大梁施工等尾工阶段。

目前，乌东德水电站5条导流洞均已下闸并完成封堵施工，水库正在稳步蓄水，又一高峡平湖呼之欲出。5月26日，乌东德水电站首批机组启动试运行。按计划，今年7月将实现首批机组发电投产。

本报记者 唐婷

“5月26日，乌东德水电站首批机组启动试运行，这是继大坝主体工程全线浇筑到顶后，乌东德水电站建设中的又一个重要进展，这也意味着离计划中今年7月首批机组发电的目标更近了一步。”三峡集团乌东德工程建设部（以下简称乌东德建设部）主任杨宗立介绍，乌东德水电站大坝是目前世界上最薄的300米级特高拱坝，也是世界首座全坝应用低热水泥混凝土的特高拱坝。

弹指一挥间，包括杨宗立在内的工程建设者们不畏艰险、勇于创新，见证了乌东德水电站建设中的一个高光时刻。

在盘点乌东德水电站建设过程中的科技创新大事时，中国三峡集团董事长、党组书记雷鸣山表示：“乌东德水电站工程建设中，开展了一系列技术和管理创新，攻克了一项项世界级难题，在地下工程、坝工技术、装备制造等方面提升了中国乃至世界水电科技发展水平，展示了全球大型水电工程智能建造的‘中国智慧’。”

最薄拱坝“身体强健”

乌东德水电站是金沙江下游水电规划四个梯级电站中的第一梯级。从向家坝、溪洛渡，到白鹤滩、乌东德，溯江而上，河谷越来越窄，两岸山体越来越高，地质构造更为复杂。

精准勘察是科学设计的前提。早在勘察之初，长江设计院的技术人员采用遥感测绘、无人机勘察、三维地质激光扫描等技术，详细了解每一座山体、每一处岩石的情况，力求将地质勘察结果精确到米级。

近90度岩壁直插江底，近1800米两岸边坡高度、坝址区地震基本烈度高……大坝建设面临的挑战不言而喻。“不同于三峡、向家坝等，自然边坡高且陡峭，地质构造复杂，层状地层岩性变化大，是乌东德水电站设计施工中面临的突出难点。”乌东德水电站勘察设计项目总工程师翁永红介绍。

自然边坡高陡，意味着浅表层山体斜坡面随时有滚石坍塌的风险。坝址区岩石包括灰岩、白云岩、大理岩等多种类型。为确保设计施工安全和坝体结构稳定，大坝建设者在创新中寻找答案。

据介绍，项目设计团队首次采用“静力设计、动力调整”的设计新方法，为乌东德水电站大坝量身打造了“纤细”且“结实”的体型。作为一座特高拱坝，乌东德水电站大坝坝顶海拔高程988米，最大坝高270米，坝顶上游面弧长326.95米，厚高比仅为0.19，是目前世界上最薄的300米级双曲拱坝。

“静力设计、动力调整”，是指按静力条件初选坝体，再根据动力条件优选坝体，提高拱坝抗震安全度。翁永红介绍，实践证明，通过动力调整坝体，乌东德水电站大坝建设混凝土量仅增加3.1%，在不同工况条件下，大坝最大应力降低32%。

不仅有着“纤细”的身型，乌东德水电站大坝还首次采用了不设导流底孔的创新设计。坝体内设置导流孔来疏导江水，是大坝建设中的传统方式，像二滩、溪洛渡、小湾等水电站的大坝坝身均设有导流底孔。

而在乌东德水电站，经过长江设计院和三峡集团等多家单位的技术创新和联合论证，改变了这一常态，创造性地采用了将导流隧洞改建成弧门控制的泄水孔技术方案。

在乌东德建设部技术部副主任刘科看来，这一方案实现了一举多得。在缩短直线工期的同时，方便大坝浇筑和施工质量控制，同时还简化了坝体结构，改善坝体受力条件。

力求坝身“完美无缝”

不仅是目前世界最薄的300米级特高拱坝，乌东德水电站大坝也是世界首座全坝应用低热水泥混凝土的特高拱坝。追求设计创新的同时，建设施工过程中，在应用新材料、新技术上，乌东德水电站也走在了前面。

拱坝混凝土在浇筑硬化过程中产生大量的热量，由于混凝土体积较大，使得内外热胀冷缩的程度不同，容易形成温度裂缝。如何确保混凝土浇筑后的温度控制在设计要求内，以防止裂缝产生，一直是特高拱坝建设面临的世界级难题。

乌东德水电站大坝为混凝土双曲拱坝，共分15个坝段进行浇筑，混凝土浇筑总量约270万立方米。“由于地处金沙江干热河谷，气候炎热少雨，昼夜温差大，施工区大风频发，大体积混凝土温控防裂更是难上加难。”乌东德建设部大坝项目部主任牟荣峰介绍。

想要破题，材料是关键之一。2017年3月16日，随着第一罐青灰色混凝土从缆机吊桶倾泻而出，落在了8号坝段第一个仓面，乌东德水电站大坝工程由基础开挖全面转入主体混凝土浇筑阶段。

可不要小瞧这罐混凝土，它里面所使用的水泥是低热水泥。不同于普通水泥或者中热水泥，低热水泥发热量低，能显著降低混凝土最高温度，减少混凝土温度应力，有助于防止大坝温度裂缝发生。

“低热水泥也被称为大坝‘退烧药’，早在三峡工程建设期间，三峡集团就开始了低热水泥研究，通过不断试验和改进，首次在乌东德水电站大坝上实现全坝应用，是世界大坝建造史上的一项创举。”杨宗立表示。

大坝拥有“更强大脑”

和以三峡大坝为代表的重力坝相比，拱坝特别是高拱坝的结构，受力情况更为复杂，整个施工过程中，坝体的受力状况、自身应力都在不断调整。因此，特高拱坝也被认为是水工界最复杂的建筑物。

为了实现对大坝状况的实时感知，大坝建设者将目光转向了智能技术应用。在溪洛渡水电站建设中，技术人员进行了300米级特高拱坝智能化建设关键技术和应用，开发了智能拱坝建设与运行信息化平台(iDam)，有效支撑现场生产管理。

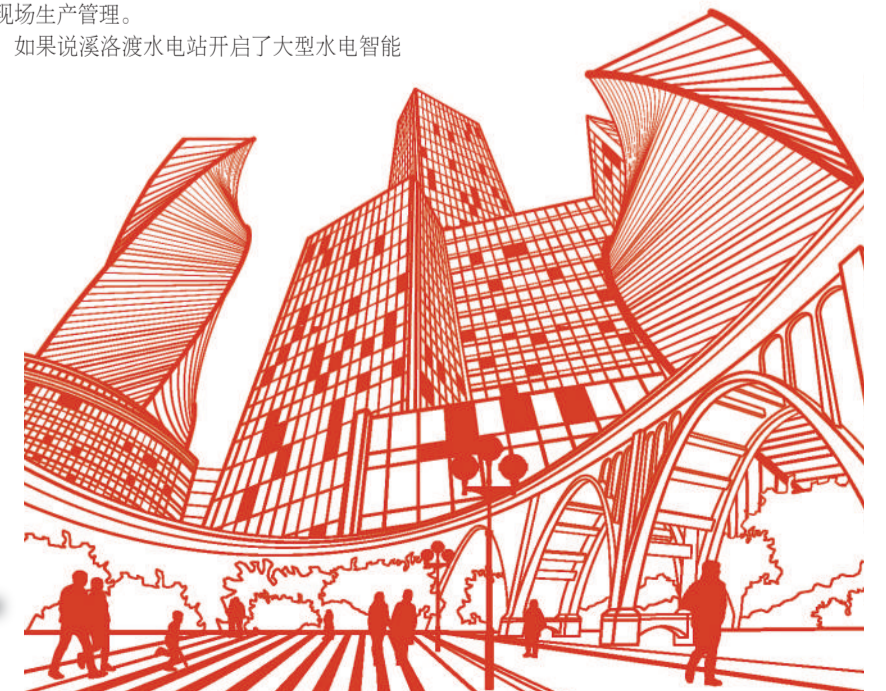
如果说溪洛渡水电站开启了大型水电智能

化的1.0时代，正在建设中的乌东德水电站则更进一步向水电智能化2.0时代迈进。据介绍，乌东德水电站探索建设的iDam2.0系统，借助大数据、物联网、云计算等技术，建立共享、协同、交互的智能大坝业务管理平台，可实时感知基础数据，并进行真实分析，最终实现智能温控、智能灌浆、智能喷雾等。

“技术人员通过iDam2.0系统，可随时了解它的‘头疼脑热’，及时进行动态调整，让大坝一直处于健康状态。”乌东德建设部工程师齐雨说。

以水电工程机器视觉智能建造项目为例，通过在水电工程建设施工中引进非接触式红外热成像测温设备，相关技术人员研发了将混凝土施工中的可见光与红外镜头相结合的双目重型监控云台，构建混凝土表面温度与出机口温度、浇筑温度相关模型，可以对大坝混凝土出机口温度、浇筑温度、表面温度进行全天候实时、在线、连续、高精度监控与快速精准测量，并具备超温预警预报功能。

2020
科技
看点



本版图片除标注外由视觉中国供图