

从三峡大坝到白鹤滩

# 中国工程师打破“无坝不裂”魔咒

文/图 湖北日报全媒记者 戴文辉  
通讯员 李洋 吴辉特 实习生 李杰锋

把大坝想成一块巨型蛋糕。蛋糕刚出炉时,外皮先冷,内芯还烫,一缩一张就“咔”地裂开。大坝也一样:水泥在水里“发烧”,表面被江风迅速吹凉,里外温差一大,就会拉出一道道“皱纹”——这些皱纹就是温度裂缝。裂缝虽小,却能让大坝漏风渗水,久而久之危及安全。这就是“无坝不裂”的魔咒。

三峡集团混凝土中心主任李文伟用了30多年打破这一魔咒。从长江到金沙江,从三峡大坝到向家坝、溪洛渡、白鹤滩、乌东德,他率领团队溯流而上,破解了巨型大坝混凝土材料难题,创建高抗裂高耐久大坝混凝土技术体系,树立起新的行业标杆。

9月24日,第六届杰出工程师颁奖典礼在北京举行。获奖后,李文伟近日向湖北日报全媒记者讲述了攻关无缝大坝的故事。

## 上百种配比试验 选定最具耐久性的材料

建筑混凝土大坝的过程,有些像烘焙蛋糕——做好模具,将材料灌装进去,等待冷却成型。这个过程中,往往会产生温度裂缝。“大坝浇筑,更像是一场与自然环境的较量。”李文伟说,出现温度裂缝后,需要再往裂缝里灌浆、填充裂缝,不仅耗时耗力,还留下了隐患。

1986年从武汉水利电力学院(现武汉大学水利水电学院)毕业后,李文伟去了宜昌,赶上葛洲坝工程建设的尾巴,紧接着又参与三峡工程的前期研究,“要让大坝无缝,首先要提升混凝土质量。我接受任务组成了一个团队,研究大坝开裂及耐久性问题。”

当时的主流设计理念以提高混凝土强度为主。李文伟则提出,应当综合衡量混凝土的多个性能,特别是耐久性。从高强度到高耐

久,随着设计理念转变,混凝土配制的技术路线、原材料选择都发生明显变化。

“我们从源头入手,选择抗裂性、抗冻耐久性更好的中热硅酸盐水泥。根据三峡大坝的特殊要求,对其进行改进,使它具有微膨胀特性,进一步提升其抗裂性,又在国家标准的基础上,对性能指标提出更严格、更科学、更精细化的要求。”李文伟说。

他和团队将实验室建在三峡工程施工现场,除了材料测试、模拟试验、现场应用研究,还和其他科研团队同步开展平行验证试验。1997年,通过上百种配比试验,李文伟团队调试出适用于三峡大坝的中热硅酸盐水泥。2006年5月,三峡大坝浇筑到顶。经多次抽取混凝土芯样验证,大坝混凝土砂子、石子分布均匀,胶结优良。

李文伟团队,初战告捷。

## 发电量近4000亿千瓦时 未出现一条温度裂缝

2000年起,依托国家重大科技项目,李文伟团队开始研究低热水泥。此后6年,他们通过优化水泥矿物组成、重构矿物晶体结构、改变水化反应速率,攻克“高性能低热硅酸盐水泥”制备技术。之后在向家坝、溪洛渡两座水电站均局部应用了低热水泥,实际效果良好。后续开发建设的乌东德、白鹤滩水电站,要不要全面使用低热水泥混凝土技术?各方意见不一。

疑虑是客观存在的:两座大坝均位于干热河谷,局地气候恶劣,昼夜温差大,大风天气多;两坝都是“瘦高型”的双曲拱坝,犹如弯曲的、薄薄的鸡蛋壳镶嵌在峡谷之中,承受巨大的水压力;最令人担心的是,大规模低热水泥混凝土技术应用没有先例,风险不明。

李文伟斩钉截铁:“有人说传统技术成熟,即使微裂也不会出大问题,但我就是要追求一点都不裂。”

他的团队提交了一份内容扎实的研究报告,并通过一系列实验结果,最终说服了决策层,将低热水泥混凝土技术推广到乌东德、白鹤滩。大坝浇筑过程中,李文伟每天“如临深渊、如履薄冰”,“只要电话铃一响,我的心就一紧。”

2023年4月12日,白鹤滩大坝破纪录地取出一根长度为36.74米的芯样——大约13层楼那么高。如果层间结合不好,芯样会很快断开;芯样越长,说明混凝土质量越高。

从中热水泥到低热水泥,虽仅一字之差,却意味着无缝大坝技术在环境、气候等方面的全面突破。如今,乌东德、白鹤滩已投产多年,累计发电量近4000亿千瓦时。“各项监测数据正常,大坝运行状态良好。截至目前,没有出现一条温度裂缝。”李文伟说。

## “无缝大坝是中国水电 整体进步的体现”

“能建成无缝大坝,并不是我们一个团队的成就,而是中国水电整体进步的体现。”李文伟说,大坝建设是一个系统工程,水泥只是解决材料问题,前期的勘察预判、施工期间的质量控制、建成后的运维等,都决定着大坝质量。

李文伟说,三峡集团有“追求完美极致”的基因。目前,他的团队正策划实施“百年混凝土工程计划”——持续跟踪研究服役大坝混凝土性能演变,并在已建成的大坝内安装传感器,实时监测混凝土的温度、湿度、应力等关键参数,为大坝的全生命周期管理提供科学依据。团队还积极引入AI技术,“以往做混凝土配比设计与试验,必须做出样品。将来可以用AI技术进行智能设计、数字试验,效率更高。”李文伟说。

2006年,李文伟在美国科罗拉多州访学,参加一个全大大坝建设论坛。嘉宾们发言完毕后,主持人仅仅出于礼貌地问了一句:来自



李文伟获得杰出工程师奖。

中国的代表有什么要说的吗?

李文伟“腾”地一下站起来,说:“我有新东西要介绍!”他讲了半小时,全面介绍了三峡工程的技术水平、中国水电发展现状以及中国工程建设三峡工程的科学态度,引起强烈反响。事后,好几家美国高校、研究机构请他去做报告。

近20年来,中国水电的飞速发展举世瞩目。李文伟参与建设长江干流上的5座巨型水电站,加上葛洲坝,构成世界最大清洁能源走廊。这条绿色走廊跨越1800多公里、水位落差超900米,总装机容量7169.5万千瓦,年均生产清洁电能约3000亿千瓦时。

# 『二〇二五』全球十大工程成就

湖北日报讯(记者彭磊、通讯员郑雁林)10月13日,由中国工程院院刊《Engineering》组织评选的“2025全球十大工程成就”发布。由长江委长江设计集团规划勘测设计的南水北调中线工程上榜“2025全球十大工程成就”,这是继三峡水利枢纽工程入选“2021全球十大工程成就”后的第二座“长江设计”。

据介绍,《Engineering》期刊与中国工程院“全球工程前沿”项目组,自2021年以来每年共同组织开展年度“全球十大工程成就”评选活动。在本年度评选中,南水北调中线工程与毅力号火星探测器、欧几里得空间望远镜、全海深载人潜水器、塔克拉玛干沙漠锁边工程、Blackwell GPU架构、DeepSeek开源大语言模型、高性能碳纤维复合材料、人形机器人、抗体偶联药物共同上榜“2025全球十大工程成就”。

南水北调中线工程是当今世界最宏伟的跨流域调水工程,是解决中国北方地区水资源短缺,优化水资源配置,改善生态环境的重大战略举措,是保障中国经济社会和生态协调可持续发展的特大型基础设施。在评选中,该项目被誉为“实现了跨流域大规模水资源优化配置,点亮地球水脉可持续治理的新航标”。

长江设计集团完成了南水北调中线工程总体规划和总体设计,提出“全程自流、全线立交”的设计理念并成功实施,承担了丹江口大坝加高、陶岔枢纽、湍河渡槽和穿黄隧洞等关键建筑物的设计工作。

## “襄阳造”航空座椅俏销 襄阳低空经济 跑出加速度

湖北日报讯(记者周升蕾、通讯员李艳、张明琦)近日,中国航空工业集团航空救生装备有限公司(简称“航空工业航空”)收到上海时的科技有限公司(E20倾转旋翼飞行器座椅研制项目唯一供应商定地点函。此前,湖北航空嘉泰飞机设备有限公司(简称“嘉泰公司”)已交付沃飞长空AE200-100型飞机座椅,“襄阳造”航空座椅俏销,襄阳低空经济跑出“加速度”。

航空工业航空是我国唯一从事航空防护救生、空降空投装备研制的高科技企业,在适座座椅领域深耕30余年,拥有多款座椅满足民航CCAR23/27部适航标准。“根据客户需求,这款座椅既要满足严酷的静态载荷和动态冲击载荷,同时又要轻量化设计。”航空工业航空副总工程师闫如刚介绍,座椅大量采用碳纤维、高强度铝合金等材料,同时开发多款吸能装置,与座椅主结构高度集成,有效保障乘坐者人身安全。

去年12月,嘉泰公司成功跻身沃飞长空座椅备选供应商行列。公司组建专项团队,历经十个月攻坚,成功破解供应链紧张、技术迭代频繁、试验验证复杂三大核心难题,圆满完成首型产品平台的工程验证任务,为沃飞长空AE200-100型飞机进入适航验证阶段提供关键配套支持。目前,嘉泰公司已成为该机型唯一具备工程验证配套能力的座椅供应商。

近年来,襄阳将低空经济作为培育新质生产力的关键抓手,明确“一区两地”的产业发展蓝图——聚焦打造湖北低空整机及零部件制造产业核心集聚区、中部低空航空器适航检测服务和试验验证基地、鄂西北低空生态培育和场景开放应用高地,加速布局“低空经济”产业格局,“襄阳造”航空产品在低空飞行器中的应用越来越广泛。

## 做大“朋友圈” 宜昌蜜橘抢“鲜”出海

湖北日报讯(记者高伊洛、通讯员宋深耕)“手上不得停,但质量肯定能保证!”近日,位于枝江市仙女镇的湖北农发集团下属金桔进出口贸易有限公司加工厂内,工人陈永芹正熟练地分拣蜜橘。再过不久,这些色泽金黄、品质优良的蜜橘便将销到俄罗斯、东南亚等国家和地区。

金秋时节,宜昌蜜橘迎来出口“黄金期”。各企业正开足马力,将品质上乘的早熟蜜橘加速发往海外市场。

“我们公司构建了从种植、采购、分级清洗到冷链物流的标准化供应链体系,确保蜜橘抢鲜出海。”湖北农发金桔进出口贸易有限公司董事长吕学芳介绍,目前,公司已开拓俄罗斯、越南、泰国和朝鲜等国际市场,蜜橘发货近300万斤,在库常备库存超250万斤。

在夷陵红生态农业开发有限公司的加工车间,自动化设备正有序运转,蜜橘经过清洗、风干,再按果径、糖度、外观等标准进行精细分级,最终打包发往俄罗斯、马来西亚等国际市场。

“每天有超过80吨蜜橘发往俄罗斯。”公司销售部经理万忠波介绍,预计今年10月公司蜜橘出口量较去年同期增长20%以上。出口收购商胡利琴表示,今年预计向俄罗斯大型商超发送蜜橘约5000吨。

公司总经理王恩珍表示,当前正值蜜橘品质与口感最佳时期,国际市场需求旺盛,企业正紧抓窗口期全力生产。目前,该公司每天出口蜜橘约150吨。

订单的增长得益于宜昌不断做大柑橘产业“朋友圈”。近年来,宜昌加强柑橘出口推介,在内蒙古满洲里、新疆霍尔果斯、黑龙江佳木斯、云南瑞丽等口岸城市以及泰国、迪拜等国家和地区举办20余场专场推介会。在巩固同俄罗斯等国家传统市场合作关系的基础上,宜昌大力开拓新兴市场,柑橘鲜果出口到20多个国家和地区,销售渠道从过去“上门找客户”转变成了现在的“客户找上门”。

储备粮吸氮气吹空调,全谷物健康更美味

# 科技赋能吃干榨尽每粒荆楚大米

湖北日报全媒记者 陈莉霖 通讯员 陈亮

10月16日是第45个世界粮食日。今年世界粮食日的主题是“手拉手共倡多样美食,聚合力同创美好未来”。全国粮食安全宣传周的主题为“粮食节约 人人有责”。

10月15日,湖北省2025年世界粮食日和全国粮食安全宣传周主会场活动在咸宁举行。见证近一年来,湖北交出的闪亮答卷。

## 粮仓粮企携手节约粮食

粮食“吸”氮气、吹空调,住进“好房子”。经过持续三年的升级改造,湖北省2024年已实现地方储备粮低温存储全覆盖,全省储备粮都住进了“空调房”。2025年开始进一步提档升级,重点推进氮气管调储粮技术,让害虫缺氧窒息、霉菌无法繁

殖。湖北省储备粮油集团有限公司已经梳理出42项绿色储粮技术,仓库保管员打开手机,粮情信息、虫情信息、氮气监测、光伏制冷等储粮动态尽在掌握。目前,省域国内有粮食企业完好仓容达到1500万吨。

减少粮食加工损失,只能牺牲食味和口感?有企业“鱼与熊掌”兼得。湖北畅健生态农业科技有限公司曾率先在2019年发布湖北首个胚芽米产品企业标准,推动全谷物加工从“经验生产”向“标准制造”的跨越。近年来,该公司对加工环节进行智能化改造,通过低温慢碾技术最大程度保留稻谷营养层,不仅降低加工损耗,还让每一粒米都达到“外观晶莹、营养完整”的双重标准,实现“减损不减质”。

湖北省粮食局自2021年起在全国率先实施粮食科技项目揭榜制,推动技术创新和成果转化。今年,与畅健生态、明乔科技一

样在加工环节实现节粮减损,我省共有4家企业入选全国粮油适度加工标准化试点。

## 全社会共倡多样美食

今年,湖北正式启动“全谷物行动”,通过实施“谷六条”,助力提升居民的全谷物消费占比,促进大众营养均衡。

为何推广全谷物?以稻米为例,仅去除稻壳,全谷的得米率可达80%。如果一粒谷变成精米,重量剩余不足60%,营养成分损失80%。简言之,谷物精加工,相当于浪费了1/5的粮食,也丢失了大部分的营养。

“主动拥抱全谷物,不做买椟还珠人。”今年4月,湖北大学知行学院成立“全谷物科普学生志愿者团队”,200名学生志愿者在5位专业导师带领下,每个周末深入武汉市一个大型社区,开展“从稻谷到餐桌”主题科普活动。累计吸引千余户家庭参与,共回

# 从“轿顶仓”到智能库 三代粮仓共守粮安

文/图 湖北日报全媒记者 鲁腾  
通讯员 陈绪开 黄坤全

10月14日,宣恩县展宏粮食储备有限公司院内车流不息:满载稻谷的货车依次停靠,扦样机在车厢里精准取样。每一批新粮都经过严格检测和除杂工序,合格后方可入仓储存。

院落中央,一座青瓦白墙的老建筑静静矗立——这便是始建于1951年的宣恩县第一粮库。放眼望去,三代粮库错落有致:上世纪70年代的砖仓和80年代的改良仓、2011年建成的智能新库,共同勾勒出一幅粮食安全保障的时空画卷。

## 老粮库的新使命:从储粮仓到文物仓

深秋晨光透过木窗,在斑驳的地板上投下细长光影。走进这座73岁的老粮库,木架挺拔耸立,仓廩整齐排列,空气中弥漫着淡淡米香。

“这座粮库融合了苏联设计图纸与宣恩本地吊脚楼技艺,采用榫卯结构,木石相叠。”宣恩县展宏粮食储备有限公司负责人王俊介绍,该库占地面积961.28平方米,仓容80万公斤,是新中国成立后宣恩首座专用粮库,2025年被列入恩施州文物普查重要新发现。

据《宣恩县粮食志》记载,该库因外形似轿,又名“轿顶仓”。其独特结构形成天然温控系统,夏季凉爽,冬季保温,实现自然低温储粮。每个仓廩设有两个天窗用于倾倒粮食,底部由数百根石柱将粮仓抬高1.1米,这种“干根柱头落地”的设计,既通风散热又隔绝潮气。

在粮库工作30多年的保管员覃章顺指着出粮口的木板说:“这些不规则的纹路,都

是年复一年粮食出库时摩擦留下的痕迹。”2013年该库结束储粮使命后,宣恩县按照“整旧如旧”原则进行全面修缮,如今作为粮食安全教育的活教材被保存下来。

## 技术跨越:从“靠经验”到“智能化”

走进2011年建成的5号新仓,仓管员正踩着踏板平整新粮。仓温稳定控制在

20摄氏度以下,8路测温系统、24个测量点位实时监测着粮堆各层温度。

与依靠自然通风的“轿顶仓”相比,新库实现了储粮技术的跨越式升级。覃章顺感慨道:“过去检测粮温全靠探粮杆人工插入,费时费力还容易漏检。现在温度异常立即预警,处置效率大大提高。”

技术进步让扦样器、竹制通风器等“老

物件”成为展品,但覃章顺仍保留着传统技艺:定期用探粮杆抽查,手搓稻谷检验品质,摇筛筛选确保存储质量。“多一种手段,多一份安心。”他认真地说。

作为县级储备粮油承储企业,展宏公司近年投入100万元升级信息化安防、防雷设施,持续强化“人防、物防、技防”能力,推动粮食储备管理向现代化、精细化转型。



上世纪80年代改良仓

2011年智能新库

上世纪50年代轿顶仓

宣恩三代粮库共守粮安。