

# 创新创效战高寒 防渗铸基启新篇

中国水电七局“高寒地区宽大裂隙帷幕灌浆技术研究”项目荣获第四届工程建造微创新技术大赛一等奖

▶ 杨富平 唐应鹏 王新锋

我国内乃至国际大坝基础工程施工经常遇到宽大裂隙的情况，在围堰及地下厂房地基处理过程中，已研究出一套较完整的应对处理技术，但在高寒地区主体工程中尚未有过先例。高寒地区宽大贯通裂隙帷幕灌浆技术的研究与应用，有效解决了高寒条件下永久防渗帷幕区域宽大贯通裂隙的处理难题，其内涵深远，意义重大。

该课题研究依托于地处雪域高原、高山峡谷区域的斜卡水电站，电站坝顶高程3168米，冬季环境温度低，最低温度达到-15.6℃，昼夜最大温差达27.8℃，浆液凝结时间长。不止环境和气候，该工程地质条件也十分复杂，卸荷、张拉裂隙发育，尤其是右岸施工区域，多发育宽大贯通裂隙，浆液扩散范围大。

在坝址防渗帷幕处理中，面临着浆液可控性差、低温条件下浆液初凝时间长、施工工效低及工期时间紧等问题。

## 以实用为驱动

研究团队针对高寒地区复杂地质条件和宽大贯通裂隙灌浆的特性，通过室内浆材试验及现场帷幕灌浆试验，确定采用“辅助帷幕+主帷幕”的布孔方式。根据环境温度和岩石裂隙发育程度，采用自密实砂浆、双液灌浆法对辅助帷幕进

行控制性灌浆处理，待形成相对封闭区域后，再采用较高压力的普通水泥灌浆进行主体帷幕施工，以起到围挤压的挤压作用，确保了幕体质量，节约了工程投资。

紧紧围绕高寒地区宽大裂隙帷幕灌浆处理研究的关键技术，以斜卡水电站首部枢纽基础处理工程施工为背景，结合电站特殊地质条件，进一步推动和研究、优化宽大贯通裂隙处理措施向多元化方向发展；形成以双液灌浆为主，自密实砂浆相结合的控制性灌浆方案。双液灌浆用于宽大裂隙控制性灌浆，兼顾中小裂隙，低温季节用于缩短水泥浆液凝结时间，由于其使用受孔深及地下水影响小，在现场得到了大规模的应用；自密实砂浆主要用于右岸死水位3115米以上高程浅表30—60米宽大贯通裂隙及空腔充填式灌浆，膏状浆液在永久防渗帷幕中进行了灌浆试验，为类似工程膏状浆液施工积累了经验。

## 以创新求发展

该技术研究过程中，取得了众多技术成果。其中，团队研发了一组自密实砂浆配比及其搅拌、灌注工艺，该自密实砂浆不离析、不泌水、填充密度高、遇水不分散，首次在宽大贯通裂隙帷幕灌浆中成功运用，填补该项技术空白，水泥用量减少，节约投资，节能减排。

与此同时，还研发了抗剪屈服强度大于200Pa的膏状浆液，内聚力和塑性黏度大，具有自堆积性能，浆液扩散范围小，在永久防渗主体帷幕中首次采用。在同等水灰比条件下，浆液结石的抗压、轴心抗压、静力抗压弹模均略高于纯水泥浆液；抗疲劳性能、抗折、抗剪、抗冻、抗硫酸盐侵蚀、抗水渗透性略低于纯水泥浆液结石，但均在80—90%以上，相当于水泥浆液增大一个级别的数值，能够满足设计要求。

一种适合高寒地区的速凝灌浆材料及其灌浆工艺也应运而生，采用随时混合即时灌入灌浆工艺，浆液具有黏度时变性，混合初期为宾汉体，中期为膏状体，后期迅速为塑性体硬塑性体，浆液在流动过程中不沉淀、不析水。根据外加剂掺量调整浆液凝结时间和黏度，控制浆液扩散范围，减少水泥用量，缩短凝结时间，加快工程进度。双液灌浆塞使得两种浆液在孔内混合，解决可泵时间短的问题；水泥浆液与外加剂单独搅拌，利用高喷中定喷的原理，解决外加剂与水泥浆液混合不均匀的问题。

## 以科技获荣誉

高寒地区宽大裂隙帷幕灌浆技术凭其先进性和实用性，获得多项荣誉，可谓硕果累累。2015年，该项技术被中国电力建设专



家委员会鉴定为国内领先水平，并先后获得发明专利：一种自密实砂浆组合机其制备方法、一种自密实砂浆及其深孔帷幕灌注施工方法、一种双液法灌浆塞及采用该灌浆塞的灌浆方法；获得实用新型专利：一种双液法灌浆塞、一种浆液灌浆模拟试验装置、一种灌浆用孔口封闭装置；获得工法：《高寒地区宽大贯通裂隙双液灌浆施工工法》先后获得中国电建工法、电力建设工法、四川省级工法、水利水电工程建设工法；获得科技奖项：第四届工程建造微创新技术大赛一等奖、2017年度四川水利发电科学技术二等奖等。

## 以效益促推广

高寒地区宽大裂隙帷幕灌浆技术作为一种新工艺、新技术，因

其较强的适应性和经济性，使它具有广阔的应用前景和发展空间。依托项目斜卡水电站已安全运行整整十年，该技术已在锦屏一级水电站大坝左岸工程、锦屏一级水电站基础处理工程、西藏扎曲果多水电站大坝土建及金结安装工程、叶巴滩水电站大坝工程边坡支护等工程成功运用，并取得了较好的经济效益和社会效益。

该技术的推广应用，可以有效解决高寒地区、宽大贯通裂隙的地质缺陷部位加固处理及工程防渗问题，可达到缩短工期、提高质量、降低成本、节省投资，保障安全的目的。不但对依托工程有重要的现实指导意义，还为类似工程积累资料和提供参考，在我国西部水电开发建设中具有广阔的应用前景，社会效益十分显著。

**固安信通信号技术股份有限公司：**

# 发展新质生产力 打造轨道交通的高质量发展样本

▶ 本报记者 苏浩然

身处“京南第一县”，与北京隔河相望，扎根于京津雄黄金三角战略腹地的固安信通信号技术股份有限公司（以下简称：“固安信通”），自1993年成立至今，已坚持创新发展30余年。其生产的200多种产品，被广泛应用于国家铁路、地方铁路、城市轨道交通等领域，覆盖18个铁路局约7000个车站。

多年来，固安信通始终聚焦产业链中的关键技术研发，生动诠释了科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力的科学内涵，为轨道交通行业的新质生产力发展提供了实践样本。

## 科创赋能 为新质生产力发展注入澎湃动能

在固安信通副总经理李虎看来，新质生产力意味着融合了前沿科技的创新驱动。以人工智能、大数据、区块链、物联网等为代表的新兴技术，不再是孤立的应用，而是相互融合、协同创新，催生出全新的生产方式和商业模式。

作为一家专注于轨道交通信号控制系统设备的研发、生产、销售和技术服务为一体的高新技术企业，固安信通自成立之日起，便一直将技术创新和新产品研发作为发展战略的核心，着力开发适合



市场需求的高安全性、高可靠性、高科技含量、高附加值的系统产品，着力提高技术创新的研发平台。

据悉，为了扩大自由研发规模，积极推动技术创新和自动化转型，固安信通研发投入持续多年占营业收入的10%。同时，还在不断加快智能搬运设备、自动检测工装、智能运输、智能监控、AI自动识别等方面的研发创新步伐，优化生产流程等，极大提高了企业的生产效率和竞争力。

## 优化供应链 为轨道交通行业提供成熟服务

李虎强调，固安信通处于轨道交通行业产业链的装备设计制造环节，牢牢抓住科技研发是供应链高效运转的底层逻辑。建立行业优势、优化供应链，为轨道交通行业提供成熟服务是固安信通不变的市场战略。

多年来，固安信通持续优化自身产品及服务范围。已从成立伊始的产品配套提供商，转变为提供系统解决方案、谱系化运维系列产品、系统集成、工程承包服务及全生命周期维保服务的系统解决方案提供商。

为了适应新质生产力的发展需求，固安信通不断对供应链进行安全升级，通过产品和行业解决方案上形成的独特竞争优势，可助力客户解决关键核心技术“卡脖子”问题，为轨道交通及相关行业发展提供强有力的技术支持，助推行业信息化设备的高可靠性和高安全性发展。

值得一提的是，固安信通下属的固安信通交通技术（北京）有限公司、思盛科技（北京）有限公司、杭州固铁通号信息技术有限责任公司、北京固信康达铁路信号设备有限公司、北京昌铁建设工程有限公司，均与公司总部战略布局一一对应，以其铁路信号、人工智能、建筑工程、网络安全、军民融合为主要经营方向，为固安信通的供应链创新提供了强有力的支持。

## 内外兼修 引领行业发展

据悉，在国内市场业绩延续稳定增长趋势的同时，固安信通的国际化表现也十分亮眼。尼日利亚、

肯尼亚、埃塞俄比亚、老挝、几内亚等多个国家的部分铁路线路，均采用了固安信通的轨道电路和电码化设备，并因质优价美的产品特质而广受好评。

上下同欲者胜，风雨同舟者兴。在李虎看来，这一佳绩的背后，是公司全员意识教育与激励机制创新效应显现等多重因素驱动的综合成果。

李虎介绍，近年来，固安信通坚持设定明确的绩效指标，并以提高效率、科技创新为导向，严格落实与提质增效相关的多元化绩效考核体系。

具体到实际，鼓励员工定期参加当地组织的关于新质生产力培训，将与新质生产力相关的目标纳入绩效考核体系。同时，通过物质奖励、精神激励以及提供职业发展机会等一套完善的成长方案和晋升体系，调动工作人员的主观能动性，全面提升各领域人才能力水平。

此外，秉持开放合作的精神，固安信通还与高等院校、科研院所所建立长期合作，构建产、学、研合作模式，强强联合、互惠共赢，带动和引领企业和行业技术发展。

李虎表示，未来，固安信通将继续扎根轨道交通行业，以核心技术优势产品为依托，继续加大科研投入力度，努力成为引领行业发展、迸发蓬勃朝气的现代化企业。