

责编:周燕 美编:黄山敏 组版:张宗健 校对:龙萍 吴刚飞 E-mail:ztrbsn@126.com 本期质量监察:周燕

渝昆高铁炳辉隧道建设团队科学设计方案,巧妙规避风险——

乌蒙深处凿通途

◆人民日报记者 叶传增



10多类高风险问题、22个作业面同步掘进、日均最高10万立方米涌水……渝昆高铁炳辉隧道全长21.17公里,是中国西南地区首座贯通的20公里以上、设计时速350公里的高速铁路特长隧道。几年来,建设团队创新工艺、日夜攻坚,不断克服隧道建设的各种地质、技术难题,拿下了这座西南铁路大动脉入滇的“咽喉工程”。

“在乌蒙山肚子里建‘迷宫’”

深埋于乌蒙山脉腹地的炳辉隧道,位于云南省昭通市彝良县境内。隧道采用双洞单线设计,属I级高风险隧道,是渝昆高铁全线控制性工程。

乌蒙山脉地质复杂,炳辉隧道穿过的地区,集低瓦斯、岩溶、软岩大变形、岩爆、涌水、断层破碎带流砂等多种不良地质于一体,日均涌水最高达10万立方米,极高风险段落14处、高风险段落30处,堪称一座“地质博物馆”。复杂的地质环境让建设者每推进一步都步履艰难。

风险等级高、工程规模大、工期进度紧……中铁五局渝昆高铁项目经理部二分部总工程师徐文坦言:“各种不利因素叠加下,建设20公里以上的特长隧道缺乏可借鉴经验,只能靠我们自己创新设计,突破难关。”

首先摆在建设者面前的,是如何科学设计最适合炳辉隧道的施工方案。徐文和团队白天在隧道里勘察了解地质和围岩情况,夜晚研究图纸、推演方案。经过和技术专家的一次次探讨评估,徐文和团队大胆提出“超前洞身导洞快速施工”方案。

这个方案利用导洞快速掘进的特点,右线先以导洞超前施工,超过左线一定距离后利用左、右线间的横通道为纽带,增设左线工作面。左线掘进进度跟上后,启动右线导洞扩挖。以此类推,形成导洞、左线、右线导洞扩挖三者的交叉、平衡及连续施工,直至实现三者的贯通。

“简而言之就是增加作业面,以空间换时间。”徐文介绍,多工作面同时施工考验着施工组织精细程度。施工期间,团队不断对方案进行细节调整和动态优化。施工高峰期,隧道

内多达22个作业面同步进行掘进作业。

“有多年隧道施工经验的老师傅感叹,这简直是在乌蒙山肚子里建‘迷宫’!”徐文说。

通过优化方案,炳辉隧道左线较原计划提前4个月贯通,隧道右线提前6个月贯通,施工效率大幅提升,成功实现了“长隧短打”。

“一定要堵住隧道里的‘水帘洞’”

隧道内,涌水如瀑布般倾泻而下。积水没过小腿,靴筒浸泡在泥浆中,每前进一步都很艰难。“这哪里是隧道,分明是‘水帘洞’!”2022年7月,初到隧道施工现场的石家庄铁源工程咨询有限公司高级工程师郭晓刚,被这里日均最高达10万立方米的涌水量震惊。

“一定要堵住隧道里的‘水帘洞’!”有着多年隧道监理经验的郭晓刚深知,反坡掘进的地形使得涌水极易在作业面积聚,排水效率成为影响施工进度的重要因素。

他和施工方一起研究图纸和数据,绘制出《隧底高差系数图》。其间,郭晓刚发现,当纵坡落差超过12米时,传统的排水系统可能会完全失效。“在炳辉隧道,用传统的单机泵站抽水就像用勺子舀河水,根本抽不完。”郭晓刚说。

怎么办?郭晓刚与团队技术人员创新设计出“分区截排+立体治水”的方案,通过梳理涌水风险点和水流路径,划分独立治理单元,采用“堵、截、排、固”等具体举措,形成治水闭环。

有一次,炳辉隧道的某个作业面,在挖掘过程中突遇涌水,水量最高飙升至每小时4100立方米。郭晓刚团队的治水方案迎来考验。

现场工作人员迅速执行治水应急预案。应急泵组快速启动,抓住“黄金30分钟”契机,一边抽水,一边喷射混凝土封闭作业面,堵住出水点。同时,在涌水点10米的范围内架设双层管棚,浇筑混凝土封堵墙,并采取环形注浆管注入特种水泥进行稳压,构筑第二道防线。

应急灯下,人影穿梭,水泵的轰鸣声与涌水的咆哮声交织,12个小时后,这场“大考”最终以涌水量下降92%结束,大家成功遏制了险情。

郭晓刚介绍,炳辉隧道在施工期间建立了“预判—导排—监测—应急”的四维防控体系,使富水段施工效率提升60%,创造了“零淹洞、零延误”的成绩。隧道贯通那天,郭晓刚取下了办公室悬挂的一幅治水“作战图”,上面标记着密密麻麻的水患点——共有35处。

“在岩层上‘绣花’,确保精准到厘米级”

一天,山腹响起一阵剧烈的轰鸣。烟尘刚一消散,中铁五局渝昆高铁项目经理部二

分部副经理王冲便上前检查刚爆破的断面。强光手电照射下,爆破后的岩壁更加平滑,半孔痕迹清晰规整。“成功了!‘绣花’成功了!”王冲的手轻轻抚过冰冷的岩壁,嘴角终于露出了笑容。这是2024年8月的一天,为了这一刻,他和团队在黑暗中“绣”了数百个日夜。

炳辉隧道的岩层软硬不均,采用传统的爆破方式如同“莽汉劈柴”,爆破后的岩壁犬牙交错,导致巷道出现超挖、欠挖的情况。“超挖,意味着要多喷射混凝土回填;欠挖,则要进行二次处理,安全风险高。”王冲说,爆破的效果直接影响施工的安全和效率,如何突破传统爆破方式,是团队必须啃下的“硬骨头”。

为此,王冲团队创新提出了“聚能水压光面爆破技术”。这是一种融合了聚能爆破与水压爆破的高压技术。炸药在聚能管内剧烈爆炸,释放的高压气体经过聚能槽的精准切割,能有效破碎岩石,进而呈现出光面效果。水袋在爆炸瞬间形成的水楔效应,不仅增强了爆破能量的扩散,还能显著减少爆破中产生的有害粉尘。

理论可行,实操却困难重重。聚能管的角度、水袋的位置、装药量的多少……这些具体参数差之毫厘,效果便谬以千里。最初几次实验,爆破效果都不理想。每次实验后,王冲都要打着手电,一点点查看残留下的炮眼痕迹,比对爆破振动数据,分析其中的原因。“这就相当于在岩层上‘绣花’,确保精准到厘米级。”王冲说。

为了确定最佳的爆破参数,王冲和技术人员引入数字化控制技术,利用智能化爆破设计软件和断面激光放样投影仪,将每一个炮眼的位置、角度、深度精准投射到岩壁上,钻进工人、装药工人据此作业。爆破后,技术人员立即使用手持3D扫描仪快速采集数据,与设计模型进行比对,找出微小的偏差,再进行动态调整。

经过一次次实验,王冲团队总结出针对不同岩性的爆破参数和调差值。最终,应用后的效果远超预期:作业面爆破效率提升30%,月平均进度提高约26%;周边孔孔距放大,钻孔数量减少,节约了人工和炸材成本;控制超欠挖节约喷射混凝土5.2万立方米……

群山延绵,掘进不止。随着炳辉隧道和其他隧道的陆续贯通,渝昆高铁云南境内隧道贯通已达98%,桥隧施工即将完成,渝昆高铁建设全面进入冲刺阶段。全线建成通车后,重庆到昆明的行车时间将大幅压缩,极大地提升西南地区与全国的交通便利性,促进区域经济协同发展。

渝昆高铁载期盼 “钢铁巨龙”待鸣笛

龙萍

渝昆高铁作为国家《中长期铁路网规划》中“八纵八横”高速铁路网京昆通道的重要组成部分,是连接成渝地区双城经济圈与滇中城市群的重要通道,其建设进程始终牵动着沿线群众的心。目前,渝昆高铁建设全面进入冲刺阶段。

这条钢铁大动脉横跨渝、川、黔、滇四省市,线路全长约700公里,设计时速350公里。全线共设21座车站,串联起渝西、川南、滇东北等多个高铁网络覆盖薄弱的区域。其中,重庆西至宜宾东段已于2024年9月顺利通车运营,通车后重庆西到宜宾站最快仅需48分钟,大幅拉近了两地间的时空距离,也为全线贯通积累了运营经验。当前,云南段建设进入最后攻坚期,今年底将通车。预计全线通车后,重庆至昆明的最快通行时间将从目前的5小时左右大幅

压缩至2小时左右。作为西南地区标志性的跨区域高铁工程,渝昆高铁不仅完善了西部高速铁路网络布局,更以其高效的运输能力,串联起沿线丰富的工业、农业、文旅资源,成为推动西南地区区域协同发展、产业深度融合、城乡协同共进的重要交通纽带。

从巴山蜀水到滇黔大地,沿线群众对渝昆高铁的全线贯通满怀热切期盼。这份期待扎根于日常烟火,寄托于发展愿景。

群众盼着时空距离再迎新突破。渝昆高铁全线贯通后,“早上在昆明吃一碗鲜香的过桥米线,中午到重庆吃一顿麻辣滚烫的火锅”的跨省生活将从想象变为现实,异地工作的上班族将告别长途奔波,远赴他乡求学的学子归家之路将不再漫长,分隔两地的亲人团圆将不再受距离阻隔,周末

跨省出游、短途休闲度假将成为日常,真正实现“说走就走的旅行”。

群众盼着文旅资源实现全域共享。渝昆高铁将大足石刻、四面山、蜀南竹海、李庄古镇、昭通大山包、珠江源、昆明滇池等沿线数十个自然景观、人文古迹、特色小镇串珠成链,织就一条跨省黄金旅游廊道,让原本的假日长途游变为周末短途游,也让西南文旅资源实现优势互补、客源互流,推动区域文旅产业提档升级。

群众盼着特色产业迎来新机遇。泸州桂圆、宜宾早茶、昭通苹果、宣威火腿、昆明鲜花等沿线的特色产品,将借高铁的“东风”打破物流时空限制,实现新鲜速达、全国流通。高铁带来的人流、物流、资金流、信息流加速涌动,将为沿线地区带来更多招商引资、项目落地的机会,催

生餐饮、住宿、商贸、物流等各类配套产业发展,为当地群众提供更多就业岗位和创业机会,让群众在家门口就能增收致富。

群众更盼着区域协同发展迈上新台阶。渝昆高铁的全线贯通,将彻底打通成渝地区双城经济圈与滇中城市群的快速连接通道,推动两大区域在产业布局、资源配置、科技创新、基础设施等方面实现深度协同,让川渝的工业优势、商贸优势与云南的文旅优势、沿边开放优势互补,充分释放西南地区的发展活力。

从乡村到城市,从田间到车间,沿线百姓都盼着这条“钢铁巨龙”呼啸而来,让生态优势真正转化为发展优势,让跨区域协同发展的红利惠及每一个家庭,让群众的日子过得越来越红火,让西南地区的共同发展之路越走越宽广。

