

# 执山河之笔 绘九曲新景

## ——世界最大直径水下盾构隧道掘进施工侧记

通讯员 李桂香 赵荣发



济南黄岗路黄河隧道。赵荣发 摄

九曲黄河，奔腾千年，滋养着华夏文明，也向建设者抛出沉甸甸的答卷。

8月17日，在泉城济南黄河之畔地下30米深处，开挖直径17.5米的“山河号”盾构机破壁而出，世界最大直径水下盾构隧道——济南黄岗路黄河隧道迎来胜利贯通时刻。

历时三百多个日夜，中铁十四局建设者手缚苍龙，通地前行，在创新和匠心的加持下，一路闯关，实现最高日掘进18米、月进尺426米的施工纪录，填补了我国在特大直径盾构隧道建造领域的诸多技术空白，在万里黄河之上镶嵌了又一颗璀璨的明珠。

### 智慧碰撞下的合理选型

在黄河南岸接收井，“山河号”半潜于碧水之下，静卧如龙。身后成型的隧道，线形流畅、内外兼美。这完美弧线的背后，是一场关乎成败的盾构机“选型之战”。

“隧道高效建设的关键，就在于盾构机选型的精准。”项目现场负责人周祥说。但作为工程机械之王，盾构机制造和隧道建设，直径每增加一米，难度都会呈几何式增加。17.5米的庞大体量，更意味着难度指数级飙升。

在黄河之下挖掘出一座6层楼高的隧道，如何保证安全？刀盘选择带压还是常压？怎样保证特大断面隧道的稳定性？从进场之初，位于南京总部的盾构专家们就和项目团队一起围绕盾构机选型开展了讨论研究。

“常规来说，我们采用300型号泥泵管机和500毫米管道就可以了，但如此大的开挖断面，能否满足高效施工的需求？”周祥说。会议中，考虑到黄河底的特殊地质，他们将目光投向了400型号的泥泵管和600毫米的管道。

但这一方案造价高达2000多万元，值吗？周祥算了一笔“风险账”，一次堵管，至少需要清理8~12小时，直接影响整体掘进工效。经过数次选型会的头脑风暴，他们最终拍板：用新方案，为的就是“血管”通畅，减少磨擦与滞排。

实践是检验真理的唯一标准。后续的掘进也证明了选型的正确性：开挖直径15.76米的济南济泺路黄河隧道最高掘进速度为每分钟25毫米，而17.5米的“山河号”可以达到每分钟35毫米。

“血管”通畅了，“牙口”也得锋利。项目团队大胆选用带压复合型刀盘，并显著提升刀盘开口率。“更大的开口率能有效‘防粘防堵’，更多的撕裂力攻克那些‘刁钻’的顽石。优化刀具配置还减轻了刀盘自重，主驱动负载和扭矩也降下来了……”周祥细数着刀盘的“升级秘籍”。

不仅如此，“山河号”盾构机还装配伸缩式主驱动、开挖仓伸缩摄像头等先进装备，应用了第四代同步双液注浆工艺，并搭载“五官”智能化装备系统，构建起盾构掘进的“智慧大脑”，实现全流程感知、预警与智能决策。

2024年5月19日，这台涂装“麒麟”图案的“山河号”盾构机在济南下线，高颜值、高性能的“巨无霸”为穿黄隧道建设按下了“快进键”，原计划日掘进6~8米，实际达到

12~18米。

### 与河底“顽石”智斗

河底深处，绝非坦途。特殊的地质、变幻的水文环境、历史的沉积，让施工如同在“变幻莫测的迷宫中穿行”。

根据勘探，黄岗路黄河隧道区间段内存在大量“钙质结核”，长度达2000米，占比超六成。它们大小不一，就像“顽石”，不规则地镶嵌在粉质黏土层中，宛如“黏糕里的硬骨头”。

“这些‘顽石’，当年在济泺路黄河隧道可没少让我们吃苦头，甚至让盾构掘进停滞不前。”项目盾构经理薛永超说。

随着“山河号”盾构机挺进钙质结核区，管道内石头碰撞的响声由疏变密、由弱变强。早有准备的项目团队也亮出了“法宝”，他们创新性设计的双采石箱，可以实现一用一备。

薛永超说，当采石箱压力变小，他们就进行切换和清理。掘进初期每环清理一次即可。而随着掘进进入密集区，清理频率飙升，最高峰的时候每环要清理50次。以往是单采石箱，需要人工往外搬，费时费事。如今通过远程控制和双箱轮换，每次清理仅需5分钟，实现不间断、快速的循环处理，硬是将“拦路虎”变成了高效掘进中的“小插曲”。

此外，面对强度高达41兆帕的“顽石”，项目团队为“山河号”配备了自主研发的金刚石刀具，这款刀具更具有耐磨性。他们还规划了两处换刀点，计划对盾构机刀具进行检查更换。

随着掘进的推进，“山河号”进入换刀点，伸缩摄像头传回的画面让人振奋。刀具完好，掌心面切割轨迹清晰。最终，项目团队创造了黄河下首次全程3.3公里连续掘进不换刀的纪录，为高效掘进赢得了宝贵时间，打赢了这场与“顽石”的攻坚战。

### 万方泥浆化为“清泉”

推开工程图，可以清晰地看到，黄岗路黄河隧道向北紧邻济南一级水源地鹤山水库，向南横贯黄河。

区间段内，地层以粉质黏土为主，比重提升快，泥浆黏度大，处理难度大。且“山河号”盾构机开挖面积达240平方米，每掘进1环就会产生1200立方米泥浆，每天会产生上万立方米泥浆。

泥浆能否高效处理，直接成为制约掘进速度的最大瓶颈。“我们考察过长江隧道采用的新型处理设备。”周祥坦言，“但在黄河这种特殊泥层下，它有点‘水土不服’。”别无选择，自主创新成为唯一出路。他们决定，自主搭建一套泥浆处理设备。

“这是行业内的新挑战，可借鉴经验少，参数配比确定更是难上加难。”拥有20年泥浆处理经验的泥水处理厂厂长胡修志深知不易。他们在类似地质的济泺路北延黄河项目泥浆池旁建起临时试验场地，开始了“从零开始”的压

滤试验。

“絮凝剂用量是关键。量少了泥饼含水量就会过高，达不到目的。量多了尾水絮凝剂含量超标，既达不到泥饼循环使用的标准，并且还会让成本剧增。”他们以2小时为周期反复试验，当看到压滤出来的尾水如矿泉水般清澈时，胡修志心头一热，“有戏了！”

然而，现场原位试验时，尾水却出现了浑浊。他们迅速“会诊”，推测是絮凝剂“醒发”时间不够。“就像是加入了酵母的面团，需要充分醒发。”为此，他们将膨化箱从2个增加到3个，给絮凝剂留足“反应时间”，这一次，效果立竿见影。

精益求精，他们进一步优化工艺，将原本必须匀速流转的泥浆管路，改造为可变速、间歇性供浆的“智能模式”，既能短时间内“大流量补浆”，又能有效防止罐底泥土“板结”。

2024年9月1日，“山河号”盾构机始发之际，这套完全自主创新的“絮凝+提浓+压滤”组合工艺同步启用。系统每小时可处理泥浆近600立方米，日处理效率提升50%，滤饼含水率降低至30%以下。

而这还远远不够。项目团队深度挖掘“绿色潜能”，对分离出来的尾水开展无害化及梯级资源化利用研究，将其再用于调制盾构泥水循环浆液，让其“生生不息”，真正实现了盾构尾水“零排放、再利用”。

### 群龙潜越绘就九曲新景

城市发展，交通先行，穿城而过的黄河，一直是制约济南城市发展空间的重大交通瓶颈。

曾几何时，浮桥是济南北跨黄河的唯一方式。长期的拥堵再加上凌汛时期需要反复拆除，早已无法满足两岸便捷通行的渴望，更严重制约着区域经济的发展。

随着济南启动“四桥四隧”工程建设，打通了跨黄河交通要道。泉城之下，黄河之腹，四条15米级以上的盾构隧道正拔节生长——如此大规模，成体系的“超级水下隧道群”，在世界工程史上亦属罕见！

2021年9月，济南济泺路黄河隧道率先建成通车，开车4分钟即可穿越黄河，比绕道黄河大桥节约近一小时，加速了济南从“大明湖时代”迈向“黄河时代”的进程。

如今，黄岗路黄河隧道的胜利贯通，即将为这条“超级水下隧道群”再添一条交通动脉。此刻，两座超级隧道已通车，一座实现贯通，一座正奋力掘进……黄河隧道群处于不同建设阶段，却共同为济南“携河北跨”发展奠定了坚实的基础。

大河奔流，追光逐梦。黄岗路黄河隧道顺利贯通，将进一步加速济南“拥河发展”，促进黄河南北两岸的经济社会交流与合作。傍晚时分，我们看到，黄河南岸群楼矗立，灯火通明；黄河北岸，塔吊林立，一片生机。黄河之上的一座座彩灯闪烁的大桥和静卧河底的隧道，就像动脉一样为北部崛起输送着无限动能。

## 高质量发展看基建

本报西安8月21日讯(通讯员郭可盈)

“矿山板块经营承揽突破71.5亿元，刷新了历史最好成绩；与鞍钢、本钢等多家单位签订战略合作协议……”日前，中铁十七局二公司主动响应和融入股份公司“1+9+N”科技创新体系，拓展深井矿山战新兴产业，实现了经营承揽、海外国别“双突破”。

依托建筑央企唯一矿山特级资质，该公司以矿山品牌建设为引领，通过参加2025年国产铁矿石全产业链高峰论坛、成立矿山深井产业新技术联合研发平台等形式，联合国内高校及专业企业高端研发力量，加大矿山深井施工、智慧矿山建设、矿山生态修复、矿山风险及灾害防控等领域技术攻关力度，推进深井矿山产业向精细化、智能化、绿色化发展。为推动企业转型升级、保障国家矿产资源安全贡献智慧和力量。

“双目高清摄像头360度环拍，智能中控系统实时采集、监控设备数据，并实时传输至分析平台。”走进国内最大的单体地下铁矿——辽宁鞍钢西鞍山铁矿项目3号回风井，操作人员正快速敲击键盘，通过监控室内的数据大屏动态显示，双驱大直径绕绳式提升机将矿渣从地下773米运送到地面。

这一高效作业的背后，是公司自主研发的长大泥质砂岩隧道综合施工技术和立体贯通式矿山竖井群高效建造技术等关键成果。该项技术成功破解了竖井全断面掘进垂直长距离高效排渣这一业界难题，使项目单井掘进速度持续领跑全国。

该公司在国内率先将高铁建设管理的先进经验引入矿山施工领域，将物联网、AI智能、数字孪生等先进技术与高原矿山、深井矿山施工技术深度融合，形成了“井下无人化、地面自动化、调度智能化”的“智慧矿山”体系，提供了“地质勘探、施工建造、设施配套、生态修复”全产业链一站式解决方案。

近年来，他们以“数智突围”跑出矿山新赛道，先后建成我国首个高原露天铁矿场甲玛铜矿，亚洲地区海拔最高、库容规模最大的西藏巨龙甲玛玛玛沟尾矿库，印尼首座尾矿库等30余项国内外矿业工程，以高品质工程和精细化服务打造具有竞争力的矿山品牌。

## 「数智突围」跑出矿山新赛道

## 为黄百铁路建设装上“数智大脑”

本报百色8月21日讯(记者邓联旭 通讯员闵佳鑫)

“沟谷地带3处雨量计监测正常、永乐特大桥滑坡体位移14处监测点数据正常，可以施工。”随着生产调度中心一声令下，中铁二十五局黄桶至百色铁路项目建设者开始了新一天的工作。

连日来，我国多地普降大到暴雨，全国防汛工作进入“七上八下”关键期。广西百色地区雨季持续时间长、降雨来得快且急，为保障雨季施工安全，建设者在既有有线、高边坡沟谷地带安装自动化雨量计、布设地表位移和深层位移监测点，一旦发现数值突破临界值，系统就会自动报警，确保人员和设备安全。这是该项目以数智化手段赋能工程建设的生动写照。

作为百色陆海新通道的重要组成部分，黄百铁路广西段沿线地质条件复杂，桥隧比高达90.6%，是目前广西现有铁路中建设难度最大、安全风险最高。

自开工以来，中铁二十五局利用大数据、云计算、人工智能等现代信息技术，将生产调度监控中心打造成为“数智大脑”，通过传感器以及视频终端返回的数据，实时掌握施工现场主要管控工程施工点的实施情况，高质高效推进项目建设。

“开始掘进，请注意纠偏……”距离百福一号隧道数公里外的生产调度监控中心内，大屏幕上各项生产数据不断更新，技术人员正通过“数智”系统实时调度并发送各项指令，指挥隧道现场施工。

“数智大脑对建设过程的生产调度、安全管理、应急指挥、信息收集全方位管控，使施工现场互通互联更智能、智能化更深入，大幅提升工作效率和安全生产管理水平，实现了管理升级、缩短工期、节约成本的目标。”项目工程部部长唐东意说道。

不只是安全和效率，“数智大脑”在环境保护方面也大派用场。那蒙澄碧河特大桥经过澄碧河水库，这是国家一级饮用水源地，也是国家保护野生动物中华秋沙鸭的越冬栖息地，环保要求极高。

“为保护周边资源环境，我们采用先进的水质监测设备，对可能由施工导致的水质污染相关指标进行实时监测。”项目部一分部负责人董永青介绍，监测信息通过设备云平台连接到信息化室和手机终端，一旦施工过程中发生泥浆泄漏、油污污染等情况，监控终端会自动报警，提醒施工人员及时处理。该设备启用后，未发生污染饮用水源的情况。

广西段首个连续梁0号墩顺利浇筑，标段内桥梁桩基已完成80%、15个隧道已贯通5座……在“数智大脑”赋能下，黄百铁路工程建设捷报频传，正朝着2028年建成通车的目标快速推进。项目开通后，将进一步完善区域铁路网布局，对于提升西部陆海新通道整体运输能力，更好地服务新时代西部大开发、成渝地区双城经济圈建设等重大国家战略，有机衔接“一带一路”具有重要战略意义。

## 包银高铁乌海段启动联调联试

本报乌海8月21日讯(通讯员杜荣荣)

近日，承接包银高铁检测任务的55201次Ⅱ号专业检测车驶入磴口站，标志着中铁十八局、中铁二十局、中铁建设、中国铁路电气化等单位参建的包银高铁乌海段正式启动联调联试，进入工程验收关键环节。

包银高铁内蒙古段起自包头市，经巴彦淖尔市、鄂尔多斯市至乌海市，设计时速250公里，线路全长约402公里。此次联调联试区段乌海段(磴口站-乌海南站)全长约114公里。中国铁路电气化局三公司负责该段弱电房屋及相关附属工程建设，以及通信信号光缆布放、机房设备安装、铁塔组立、轨道通信安装调试等相关工程施工。

建设过程中，项目团队优化接口管理流程，强化BIM技术应用，严控施工安全风险，用时4个月完成乌海段光电布放及室内外设备施工调试。

为确保联调联试顺利进行，项目团队精密部署，成立专项工作组，制定了详尽的实施方案和应急预案，“拉网式”复查确保设备“零缺陷”上线；高度协同相关单位精诚协作，对核心数据进行多轮校验和仿真测试，织密“保障网”力求万无一失；专业技术人员精细调校设备参数，排查潜在隐患严把“质量关”；组织全员专项安全培训，备齐应急物资和备品备件，筑牢“安全线”。

## 安全全天候

## 精细管控固屏障 安全防线筑根基

本报青岛8月21日讯(通讯员周瑞瑶 刘玉龙)“隐患大排查活动截至目前排查情况通报如下：陈显兵13处，王博仁10处，朱孟成9处……请大家再接再厉，踊跃参与。”这是中铁十四局市政公司烟台台海核电项目负责人开展隐患排查活动，筑牢终端安全防线的日常缩影。

今年以来，中铁十四局市政公司聚焦作业层管理末梢，通过制度执行与智能管控双轨并行，将安全责任穿透至最小作业单元。

该公司制定并推行《2025版项目本质安全建设管理手册》，清晰界定各层级安全职责与考核清单，厘清管理权限与岗位要求，实现安全履职全覆盖。他们建立红黄牌警示、安全责任人工资与包保兑现考核机制，构筑起安全管理标准化体系。《手册》同步配套安全标准化管理流程、风险管理及检查标准等13项核心规范，高风险作业安全监控要点更细化，实操性很强。”烟台东留公安置区项目安全总监介绍。

烟台台海核电项目通过强化分包队伍监督管理、严格执行领导带班生产制度、落实班前安全喊话、进行作业安全条件确认等一系列举措，狠抓关键班组培训、关键人员履职、关键环节落实和关键流程纠偏，确保安全管控措施有效执行。该项目创新安全监管形式，开展“安全隐患排查全员大竞赛”活动，评选“安全卫士”并进行奖励，激发了全员主动参与安全管理的积极性，现场习惯性违章同比下降32%。一系列有效的安全管控措施为山东省海洋强省建设重点项目的建设筑起了坚实的安全首道防线。目前，工程主体已完成封顶，项目全面转入机电安装阶段，向完工目标发起最后总攻。

智能监管延伸管控触角。“我们通过打造智慧工地，以信息化、智能化强化监管，不断提升安全管控能力。”平度味谷产业园项目安全部负责人表示，项目现场布设的200余个智能设备构成全天候防护网；塔吊传感器实时预警超载倾斜，螺旋松动监测仪自动推送报警信息，高清视频系统智能识别未佩戴安全帽等违规行为。近一个月，智慧平台累计触发预警41次，隐患处置时效提升65%。

此外，公司各项目纷纷开展应急演练，同步开展急救技能实训，在实践中淬炼应急能力。

本报襄阳8月21日讯(通讯员卓梦凡)“针对淮宿铁路跨河跨路施工需求，我们自主研发模块化运梁车SHYL1000-40，可根据桥梁跨度、地形坡度实时调整载重单元数量与排列方式，实现‘一车多用’，单次运输效率提升约40%。”在淮宿铁路施工现场，中铁十一局汉江重工技术质量部负责人介绍道。

近年来，中铁十一局汉江重工以智能建造为重要抓手，加快发展新质生产力，自主研发智能建造装备与数字化平台，显著提升施工效率与工程质量，为企业高质量发展注入新动能。

在合武铁路项目，该公司研发的上承式智能悬臂式造桥机实现全流程自动化控制，设备搭载高精度激光定位系统与力反馈传感器，将施工精度控制在±2毫米内，有效减少后期调平工作量，单孔施工成本降低18%。针对桥梁现浇施工周期长的痛点，该公司创新推出“登高号”空中造桥机，采用钢筋绑扎与混凝土浇筑同步作业模式，使单孔桥梁施工周期从12天缩短至8天，且减少高空作业人员60%，大幅提升了施工安全性。

除装备创新外，该公司同步推进运架装备数字化管理平台、智能工厂等数字化平台建设。自主研发的运架装备数字化管理平台已完成渝万高铁、沪昆高铁等3个项目的设备接入，覆盖运梁车、提梁机等重型装备，实现设备全生命周期管理。智能工厂改造项目已部署94台设备更新，实现关键工序100%自动化，产品交付周期缩短35%。“过去设备故障响应需4小时，现在平台提前48小时预警潜在风险，停机时间减少75%。”

全面提高风险防范意识，带头构建信用经济生态。应增强诚信兴商的政治自觉。我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，社会信用体系对促进国民经济循环高效畅通、构建新发展格局的重要意义更加凸显。“诚信兴商宣传月”活动是深入贯彻党的二十大精神及习近平总书记关于社会信用体系重要指示精神生动实践，是培育和践行社会主义核心价值观与推动商务信用体系建设高质量发展的具体表现。央企应广泛深入开展和深度参与“诚信兴商，央企先行”主题宣传活动，发挥诚信榜样示范引领作用，倡导诚信观念，加强诚信教育、普及诚信知识，带头宣传商务诚信文化和信用管理知识，让诚实守信成为企业及所有员工的共同理念与行为准则；广泛宣传诚信经营典型案例，开展线上线下多种形式的诚信宣传活动，以弘扬诚信文化推动企业高质量发展。

应增强诚信兴商的行动自觉。我国自古有着诚信重诺的传统美德，商业文明的延续中潜藏着诚信经商之道的古老基因。诚信原则也是民法的基本原则之一，被称为民法的“帝王条款”。央企要认真学习贯彻党和国家方针政策，带头执行各项法律法规、规章制度、行业标准和行业规范，依法诚信经营，依法诚信纳税，积极维护商业信誉，主动提升履约水平，自觉维护相关方的合法权益。建立健全以信用为核心的自我规范、自我约束和自觉维护相关方合法权益的诚信管理制度机制，将诚信理念贯穿融入企业生产经营管理全过程，带头开展公平竞争和互利合作。大力推进质量和品牌信用建设，将守法诚信要求落实到生产经营各环节，培育推出诚信经营、守信践诺的标杆企业，自觉接受社会监督、行业监督和政府监督。

人无信不立，业无信不兴，国无信不强。在实现第二个百年奋斗目标新征程上，让我们以习近平新时代中国特色社会主义思想为指引，用诚信经营推动企业高质量发展，在践诺守信中彰显“共和国长子”担当，坚定不移做强做优做大国有企业，充分发挥国有经济主导作用和战略支撑作用，为全面建设社会主义现代化国家、实现中华民族伟大复兴的中国梦作出更大贡献。

## 以“智”提质 向“新”而行

量，单孔施工成本降低18%。针对桥梁现浇施工周期长的痛点，该公司创新推出“登高号”空中造桥机，采用钢筋绑扎与混凝土浇筑同步作业模式，使单孔桥梁施工周期从12天缩短至8天，且减少高空作业人员60%，大幅提升了施工安全性。

除装备创新外，该公司同步推进运架装备数字化管理平台、智能工厂等数字化平台建设。自主研发的运架装备数字化管理平台已完成渝万高铁、沪昆高铁等3个项目的设备接入，覆盖运梁车、提梁机等重型装备，实现设备全生命周期管理。智能工厂改造项目已部署94台设备更新，实现关键工序100%自动化，产品交付周期缩短35%。“过去设备故障响应需4小时，现在平台提前48小时预警潜在风险，停机时间减少75%。”

## 恪守诚实守信，更显央企担当

郝 新

全面提高风险防范意识，带头构建信用经济生态。

应增强诚信兴商的政治自觉。我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，社会信用体系对促进国民经济循环高效畅通、构建新发展格局的重要意义更加凸显。“诚信兴商宣传月”活动是深入贯彻党的二十大精神及习近平总书记关于社会信用体系重要指示精神生动实践，是培育和践行社会主义核心价值观与推动商务信用体系建设高质量发展的具体表现。央企应广泛深入开展和深度参与“诚信兴商，央企先行”主题宣传活动，发挥诚信榜样示范引领作用，倡导诚信观念，加强诚信教育、普及诚信知识，带头宣传商务诚信文化和信用管理知识，让诚实守信成为企业及所有员工的共同理念与行为准则；广泛宣传诚信经营典型案例，开展线上线下多种形式的诚信宣传活动，以弘扬诚信文化推动企业高质量发展。

应增强诚信兴商的行动自觉。我国自古有着诚信重诺的传统美德，商业文明的延续中潜藏着诚信经商之道的古老基因。诚信原则也是民法的基本原则之一，被称为民法的“帝王条款”。央企要认真学习贯彻党和国家方针政策，带头执行各项法律法规、规章制度、行业标准和行业规范，依法诚信经营，依法诚信纳税，积极维护商业信誉，主动提升履约水平，自觉维护相关方的合法权益。建立健全以信用为核心的自我规范、自我约束和自觉维护相关方合法权益的诚信管理制度机制，将诚信理念贯穿融入企业生产经营管理全过程，带头开展公平竞争和互利合作。大力推进质量和品牌信用建设，将守法诚信要求落实到生产经营各环节，培育推出诚信经营、守信践诺的标杆企业，自觉接受社会监督、行业监督和政府监督。