在习近平新时代中国特色社会主义思想指引下
——新时代新作为新篇章

长达34公里,穿越多处地震带、温泉群,施工难度堪称“世界级”,这条世界第七长、亚洲最长、中国最长的铁路隧道该如何攻坚——

看大国重器“彩云号”的十八般武艺

“隆隆隆”,幽暗的高黎贡山隧道里,机身抖动、噪音震耳,“彩云号”硬岩掘进机犹如一头吞砂噬岩的巨兽,埋头向前,无坚不摧。

这是中国最长铁路隧道的施工现场。从今年2月1日“彩云号”启动以来,一路挺进,从未卡刀,不仅成功穿越第一个地层交接涌水带,而且即使算上磨合期,其掘进效率也比同工区的进口装备高出不少。

“34公里的长大隧道,穿越地震带、地热群,如果采用传统钻爆法施工,每一寸都是煎熬,而进口硬岩掘进机贵得让人望而生畏。”中铁隧道局集团大瑞铁路项目部项目经理张建设说,有了中国自主研发的“彩云号”硬岩掘进机,施工效率成倍提高,“从大直径硬岩掘进机的核心技术被我们掌握的这一刻起,中国铁路长大隧道项目的机械化施工不再受制于人!”

A “三高”犹如拦路虎

怒江西岸,横断山脉最西部,高黎贡山犹如滇西翡翠,宁静而耀眼。驱车盘山而上,千岩竞秀,云蒸霞蔚,世界第七长大隧道、亚洲最长铁路山岭隧道、中国最长铁路隧道——云南大瑞铁路高黎贡山隧道工地就在山中。

大瑞铁路,起于大理,止于瑞丽,设计时速仅140公里,全长不过330公里。如果仅从长度、速度来衡量,它似乎只是中国铁路版图中微不足道的一处“短横”。

然而,大瑞铁路的价值却不容忽视。大瑞铁路沿线有白、彝、回、傈僳、苗、纳西等10多个少数民族聚集区,建成后,大理与瑞丽的通行时间将从现在的六七小时缩短至约3小时,保山、德宏等滇西南地区也将结束不通火车的历史。大瑞铁路也是联通中缅国际铁路中国境内的“最后一段”,昆明至瑞丽实现朝发夕至,也有利于推动我国与东南亚国家交流合作。

作为脱贫致富线、民族团结线、国际合作线,大瑞铁路的建设刻不容缓,而34.5公里的高黎贡山隧道就是这条铁路绕不过去的拦路虎。作为我国第一条穿越横断山脉的干线铁路隧道,高黎贡山隧道仅进口段就穿越18种岩性、12条断层,出口段则穿越8种岩性、7条断层,即便24次选线、3次完善设计,目前仍需面对世界级的“三高”挑战。

高地热。隧道地处活跃的地热水环境,有4条导热断层,堪称高温热害严重。“周边有温泉上百处,深孔钻探实测地下水温最高达102摄氏度,足以使施工现场像桑拿房一样难熬。”中铁隧道局大瑞铁路项目部总工程师司景钊介绍,此前中国还没有成熟的高温环境下隧道施工技术综合方案,“如何减少热水对隧道施工和结构的影响,如何开展高温水环境下的注浆堵水技术,如何保证高温环境下混凝土施工质量,以及如何降低高温环境对人员、设备的不利影响,这些都是前所未有的难题。”

高地应力。高黎贡山隧道最大埋深1155米,应力集中,容易发生轻微或中等岩爆。“高黎贡山位于印度板块与欧亚板块的碰撞缝合带,山里每一块岩石都算得上‘压力山大’,而且越是深埋的区域,压力就越大。一旦打破了原本的受力平衡,岩石就可能爆炸,对施工装备和人员的损害难以估量。”司景钊预测,全隧有可能发生岩爆的区段累计总长度约2公里。

高地震烈度。隧道位于滇西南地震带,地震活动强度非常大,频度高,仅断层破碎带就要穿越16个。“高黎贡山隧道所处区域是地质监测的重中之重,称得上‘地质博物馆’,施工难度极大,风险极高,具有很强的挑战性,因此修成高黎贡山隧道将极大地完善和提高我国隧道修建技术。”中国工程院院士卢耀如说。

B “大国重器”是支撑

工欲善其事,必先利其器。世界级工程,必有“大国重器”支撑。

“受高黎贡山地质条件制约,采用传统钻爆法施工,8公里就是极限。要想高质量、高效率地完工,必须有大型的硬岩掘进机挑大梁。”中铁隧道股份有限公司党委副书记李华坤说。

硬岩掘进机,英文缩写TBM,是集机、电、液、气、激光、传导、测量、预报于一体的高技术含量工程装备,被誉为“地下工程施工的航母”,能够解决长距离、复杂地层条件下人工钻爆法无法完成的山岭隧道施工难题。

硬岩掘进机的另一大优势,则是施工污染低、地层扰动小,能够最大程度保护生态环境。高黎贡山是三江并流世界自然遗产的重要组成,被誉为“物种基因库”“东亚植物区系的摇篮”。早在2000年,联合国教科文组织就把高黎贡山国家级自然保护区接纳为世界生物圈保护区网络成员。“在这种生态要求极高的区域作业,如果通过钻孔、装药、爆破的传统钻爆法开挖,不仅施工风险大,还会对保护区内的生态产生不可逆转的负面影响。”李华坤说。

可是,这个能应对如此复杂地质条件的大直径硬岩掘进机从哪来呢?

彼时,国内尚未有直径超9米的硬岩掘进机,而施工方想根据地质特点对装备进行功能完善时,外国企业都拒绝了。

工产学研“握拳”!2015年10月,中铁高新工业股份有限公司旗下的中铁装备集团联合中国中铁隧道局集团、中国电建水电十四局及石家庄铁道大学,开始为大瑞铁路高黎贡山隧道量身打造世界最先进的大直径敞开式隧道硬岩掘进机“彩云号”。

2017年8月1日,“彩云号”成功下线。这台长230米、开挖直径达9.03米、重1900吨的“巨无霸”,一举填补了我国9米以上大直径硬岩掘进机的空白。

更让人欣喜的是“彩云号”的工作效率。2017年11月24日进入导洞施工的国外老牌掘进机“罗宾斯”,盾构机直径6.39米,施工难度更低,截至今年4月22日累计掘进了943米,中间“卡壳”两次,每次都要停工20天以上。而今年2月1日才在主洞始发的“彩云号”,截至4月22日已挺进583米,从未停机。

“一般来说,硬岩掘进机进场的前两个月是调试磨合期,此后进入正常工作阶段。这么算来,‘彩云号’比‘罗宾斯’的效率提高得太多了。”司景钊说,“过去想做没做成、一些外国企业还不给我们做的,我们中国人自己研制成功了,而且作业效率更高、效果更好。”

C “中国创造”解难题

“彩云号”凭什么能战胜国外老牌盾构机?就凭“中国创造”赋予的“十八般武艺”。

——“千里眼”让“彩云号”看得远,提前掌握地质特点。

隧道施工在黑暗中前行,即便有前期地质勘探,在实际掘进中前方会遇到哪些具体的地质难题、遭遇哪些不可控的地质灾害,也难以知道。为了破解这个地下工程的最大挑战,“彩云号”装上了全周嵌藏式超前探测钻机。

“我们实现了地下工程从‘盲挖’到‘心中有数’的转变。”中铁装备集团设研总院副院长贺飞指着“彩云号”的钻机说,这个装有摄像头的钻机,平时藏在主机平台下方,不影响正常作业,需要时自动升降,可探测刀盘前方30米的地质。

——“顺风耳”让“彩云号”听得清,准确识别不良地质。

“彩云号”上的另一个宝贝是中铁工业与山东大学等机构联合研发的超前地质预报系统。通过反射波,“彩云号”能“听波辨位”,对刀盘前方一定距离内的断层、溶洞、含水构造等不良地质进行准确定位识别并三维成像。

“不良地质的三维成像结果会显示在主控室操作屏幕上,为施工决策及时提供重要的地质资料。这项技术是国内首创,国外也没有。”贺飞说。

——“三头六臂”让“彩云号”出手快,应对突泥涌水无障碍。

“彩云号”增设前区应急喷灌混凝土机械手系统、超前注浆系统等辅助系统。一旦遭遇围岩变形、断层破碎带和突水突泥等风险,这些“助手”该出手时就出手,可提前进行注浆加固。

“过去遇到涌水、突泥,只能靠人工去堵,又脏又累还风险极高,现在有了这些新型的机械手,大大降低了劳动强度,也更好保证了施工人员的人身安全。”司景钊说,“无论是超前探测钻进,还是应急喷灌混凝土机械手,这些都是我们急需的,而外国供应商不愿意为我们提供。这些能更好适应中国地质条件的工程装备,还得靠咱们自主创新。”

在掘进突破1000米后,“彩云号”运转状态良好,各项技术指标正常,已经开始向新目标发起冲击。“不过前面的挑战还有不少,一是高地应力有可能造成掘进断面变形,甚至还有可能遭遇威力可击穿钢板的岩爆;二是掘进将穿过7个透水层,比现在1小时120多立方米的涌水量更大,水压也更大。这些需要我们继续迎难而上。”

据人民网