

刊名创意:王蒙 刊名题写:沈鹏
本刊主编:姜锦铭
值班责编:李牧鸣 刘小草
邮箱:worthreading01@163.com 电话:(010) 88051377



泥浆随时喷涌，就像在“豆腐脑”里打隧道，50多摄氏度的高温，工作一会就得“抱冰块”。山里打隧道还要划船？涌水形成了瀑布，甚至成为附近村民看热闹的“景观”。

大柱山隧道开工时，徐国军的女儿准备上小学，这条“最难掘进铁路隧道”贯通时，女儿已上高三。刚到隧道，刘昕华28岁，“当时，头型是三七分，现在是零分，无发可分了”。在临时板房前，当年工人们栽下了一棵小树苗，如今已长成了参天大树。

本报记者王长山、丁怡全、胡超

隧道开工时，女儿准备上小学，隧道贯通时，女儿已是高三学生；来到工地后，从检测瓦斯一直干到三工区领工……徐国军远离城市繁华和亲人相伴，坚守大山十几年，和同事们一道为了打通一条隧道。

“堪称水深火热”“像是在豆腐脑里掘进”“坐在冰块上降温”……4000多个日日夜夜，建设者们不懈鏖战。掘通“燕子窝”断层、实施反坡排水、克服高温环境……数千名勇士抱定“愚公移山”的信念，发誓击穿大山。

12年的掘进！掘进！再掘进！位于云南境内的大理至瑞丽铁路重点控制性工程、“最难掘进铁路隧道”——大柱山隧道终于在今年4月贯通。

“我们完成了别人眼中不可能完成的任务！”那一刻，徐国军百感交集，热泪顺脸而下。

“这里堪称火焰山！”“这里好比水帘洞！”现在，建设者们仍未停歇，正加紧后续施工，步入隧道，经过一个个区段，曾经冒险奋战的一幕幕场景，如过电影般出现在徐国军等人眼前，他们的思绪也不由自主地回到那些“啃硬骨头”的日子。

鏖战山中险

面临突泥涌水、瓦斯爆炸等风险

澜沧江奔腾不息，大柱山高耸入云。峰险谷深，云雾缭绕，风光美丽无比。但这里也是“路难行”“路难修”的代表区域，茶马古道的铃声早已消散，滇缅公路也已把传奇刻进历史。现在，一条重要铁路项目就要叩响这片大山。

大瑞铁路长约330公里，东起云南大理市，西至中缅边境地区的瑞丽市，是国家中长期铁路网规划中完善路网布局和西部开发的重要项目，同时也是推进“一带一路”建设部署和周边基础设施互联互通的重要铁路项目。位于保山市境内的大柱山隧道全长约14.5公里，是大瑞铁路的重点控制性工程。

这条隧道地质环境复杂，断裂构造发育，堪称“地质博物馆”，具有高地热、高地应力、高地震烈度和活跃的新构造运动、活跃的地热水环境、活跃的外动力地质条件、活跃的岸坡浅表改造过程的特征。

“隧道位于横断山南段，穿越6条断裂带，综合了复杂断层、突泥涌水、软弱围岩大变形、高地热、岩爆等风险。”中铁一局大瑞铁路项目经理部总工程师刘昕华说，“这注定我们要和各类艰险情况打交道。”

2008年8月，工程开工。由于特殊的地形、地貌，大柱山隧道没有竖井、斜井等辅助施工条件，只能从进、出口两端掘进。最大独头掘进8.3公里，为解决施工弃渣、通风、排水难题，施工人员在正洞左侧30米处，平行建设长约14.2公里的平导。

中铁一局大瑞项目经理部二工区负责从隧道的进口端掘进；三工区负责从出口端掘进。“大柱山隧道开工建设时，预计工期5年半。”中铁一局大瑞铁路项目指挥部常务副指挥长刘小荣说，后来因地质条件恶劣，工期一度调整为8年，再度调整为13年。隧道开工4个月后，意气风发的徐国军来到了三工区。当时，大柱山还未向试图击穿它的勇者们显露狰狞。“刚开始，进出口两端掘进都比较顺。”认真地干着监测瓦斯工作的徐国军认为隧道如期贯通没太大问题，印象深刻的是这里紫外线强烈，人晒得很黑。

新愚公穿山记

工程按计划推进，“拦路虎”也逐渐出现。2009年6月，建设者们迎来了一大考验——瓦斯。

在出口端开挖400米左右时，检测仪器报警：隧道内出现瓦斯气体。刘昕华说，经确认，这一段隧道围岩为煤系岩层，有产生瓦斯气体的条件，隧道内的瓦斯浓度在0.35%左右，属于低瓦斯段。

瓦斯浓度虽不太高，但三工区的建设者们丝毫不敢怠慢。因隧道是独头掘进，通风条件差，局部地段可能出现瓦斯积聚，瓦斯浓度如超过5%，就很危险了。这让徐国军十分紧张，隧洞的掘进速度也大幅放缓。

经过周密安排，施工单位加强隧道内瓦斯的浓度监测和通风。每1小时就要测试1次瓦斯浓度；装填炸药前、放炮作业前、放炮作业后都要测瓦斯浓度；对施工人员进行加强培训和防护……徐国军每天绷紧神经，忙碌了起来，为了保障低瓦斯段的施工安全，隧道内外的work都一丝不苟。

施工中，中铁一局严格按照《瓦斯隧道技术规范》《煤矿安全规程》相关要求，建立严格的门卫制度，加强进出洞管理，严禁火源及无关人员进洞。最终，用了14个月，安全地通过了长约1.3公里的瓦斯段。

“安全问题上，只有满分或0分，没有99分。”二工区安质部部长叶文说，大柱山隧道从开工到贯通，始终安全为首，没发生过一起重大伤亡事故。

勇掏“燕子窝” “豆腐脑”里打隧道

平均一个月掘进6米：岩层就像破了皮的汤圆向外流浆汁，如在豆腐脑里掘进……位于“燕子窝”的断层至今仍深深刻在33岁的杜伟峰脑海里。不只是杜伟峰，对于二工区全体建设者来说，最终能掏掉“燕子窝”，已成为可写入个人简历的一个荣誉，毕生难忘。

2008年底，陕西交通职业技术学院毕业的杜伟峰来到大柱山隧道二工区，成为实习生。爆破、排险、测量放线……他每天到隧道掌子面，跟着老职工学习施工。

爆炸过后，石块哗啦啦，大的石块几十公斤。第一次参加隧道爆破作业，杜伟峰跟在排险作业的挖掘机后面，很害怕。后来，在同事帮助下，他逐步克服畏惧心理，一点一点地成长。到工地的半年多时间里，隧道施工顺利，已掘进约1公里，杜伟峰也熟悉了施工流程。

意外突降！掌子面左上角突现直径约20厘米的溃口，暗红色的泥浆喷涌而出，溃口越来越大。

当时，杜伟峰正像往常一样在掌子面指导工人打孔、装填炸药。“大事不妙！”看到这一情况，惊出一身冷汗的杜



伟峰喊了一声，来不及多想，迅速组织工人撤离，刚到安全处，掌子面就被泥石流冲毁。

“溃口越来越大，掌子面附近一台20来吨重的挖掘机被涌出的泥浆推出了几十米远。”杜伟峰回忆当时的场景仍心有余悸，如迟疑片刻，没快速撤离人员，后果不堪设想。泥石流仍然不断外涌，200多米长、6米高的洞很快就被灌满。

刘昕华火急火燎赶到现场，眼前的场景让他心痛：过去几周的努力都废了，“燕子窝”断层施工难度超出想象。

“打隧道不怕硬就怕软！勘探时知道有断层，但没想到隧道围岩如此脆弱。”刘昕华说。

进口端的掘进工作叫停，大家不得不先清淤，几个月过去了，仍看不到前进的希望。在当时，我心里也打过退堂鼓，这么艰苦，不如换个工地干。”杜伟峰感叹。

不好打，那就绕过去？结合现场实际，绕开“燕子窝”断层的方案提出，建一条迂回导洞，避开软弱围岩。进一步勘探确认，断层核心地段156米，绕行不可能，只能正面较量。

“这隧道咋打？‘燕子窝’咋掏？”洞外工棚里灯火通明，专家和技术人员彻夜研究解决方案。“那段时间，我每天晚上都睡不着觉，经常掉头发。”刘昕华无比焦虑。

为攻克难题，中国铁路昆明局集团公司多次邀请相关专家到现场调研、指导。铁路专家到现场调研后认为，在“燕子窝”断层里打隧道，就像在豆腐脑里打隧道，最重要一步就是要让围岩坚固起来，“把豆腐脑变成冻豆腐”。经过反复研讨，基本确定了向围岩内注浆，提升围岩等级的方案。

无经验可借鉴，只能摸着石头过河。按专家组不同建议，建设者们就在隧道里检验不同施工工艺的效果。刘昕华说，经过反复尝试后，最终采用高压动水分段引排超高压聚合注浆工艺施工：工人们先用高压注浆设备，通过极大的压力把突涌出的泥浆顶回去，同时注入水泥，实现让泥浆变成混凝土的效果，然后再一点点掘进。

杜伟峰仍跟在现场，他说，注浆的压力压制断层的压力，如注不到位，可能会出现崩塌，不能有丝毫大意。

一次，“燕子窝”正洞掌子面刚立完拱架、喷完浆，上断面右侧的拱角突然裂开一个直径约60厘米的溶洞。不到10分钟，隧道里就涌出约50米长、半米厚的泥浆，而且裂口还在扩大。当时的工区总工韩方瑾正在查看施工进度，他立刻扛起一袋水泥趟着泥浆往豁口上爬去。现场的作业工人也顾不上安危，参与到抢险中。干了6个小时，险情排除了。一点点前进！每天掘进距离不多，但因掌握了“金钥匙”，穿越“燕子窝”就是

▲这是6月12日拍摄的大柱山隧道入口（左）一景。

▼大柱山隧道掌子面涌水淤泥是常态，铁路建设者常常“冒雨”作业（2018年6月8日摄）

►大柱山隧道内温度高，铁路建设者们用冰块降温。（摄于2017年8月31日）

时间问题了。后来又发生过几次大的突泥涌水，但都成功化解。26个月后的2011年10月，终于安全顺利地通过了“燕子窝”断层核心156米地段。

“那一刻很激动！”经此“一役”，杜伟峰成长为经验丰富的技术员。“掏过燕子窝，别的隧道也不怕了。”他说。

冲锋涌水洞 山里打隧道需要划船

“叮铃铃……”2014年6月4日凌晨4点多，一阵急促的电话铃声把刘昕华惊醒。到工地几年来，刘昕华已习惯了深夜来电，面对随时可能发生灾害的现实，他也做好了随时出发抢险的准备。

当时，三工区负责的出口端隧道已进入了反坡段，因掌子面高，贯通面低，掘进的线路得走一条“下坡路”，反坡坡度达23.5‰。听到三工区值班员说“掌子面突然发生涌水，瞬时水量超过每小时1800立方米水”后，刘昕华吓了一跳，紧急奔往现场。

水往低处流，向掘进处涌，反坡段施工排水难度大。“还没建起有效的梯级排水设施，处置不及时，就会淹井，整个掌子面也会淹没。”心急如焚的刘昕华赶到了掌子面：水已齐腰深，从掌子面向外淹了百余米。

万分紧急！刘昕华和同事快速制定方案，指导工人装水泵、接水管……早上9点多，才勉强实现涌水和抽水平衡，又继续增加水泵，3天左右才把水抽得差不多，掌子面重新恢复施工。

2012年，隧道进入反坡段施工后，在隧道出口端发生涌水司空见惯。但建设者们没想到，隧道里的水“多到能行船”，工人常划着船去掌子面，伸手就能摸到隧道顶。

“可以说是在水洞里掘进！”三工区经理陈志强说，从洞口开始2.7公里处进入大反坡，反坡施工段近6公里，一旦发生涌水，抽排难度极大。“有一次，突涌5万多立方米水！”

“掌子面的水位，大约1分钟就上升10多厘米。”三工区副总工程师高飞对一次参加水害抢险记忆深刻：掌子面向外200米被淹，6米高的隧道水位很快就到一半，机器被水淹没。

这时，电源已切断，隧道里黑乎乎，回荡着水流声。为搞清楚掌子面情况，高飞和几位同事带着手电筒，划着皮划艇进到掌子面。观测时，水位还在继续上升，坐在艇上，伸手就可摸到拱顶。

完成任务，几人回撤时，皮划艇不听招呼，在掌子面附近的水面打转。也顾不得许多了，大家一起使劲撑桨。费了九牛二虎之力，皮划艇驶离掌子面200米后才安全。“你想不到，在山里打隧道还要划船吧？”高飞说。

而这一次涌水，让出口端的掘进施

工停了1个多月。

经过多次涌水，项目部积累起了丰富的“驯水”经验，在出口端反坡段，先后建了7级抽水泵站，50多台大水泵和几十台小水泵接力，基本解决了反坡排水施工的难题，直到隧道平导贯通前，大柱山隧道反坡段总涌水量约8500万立方米。

排水问题解决了，但水还是源源不断地从岩体里出来，工人们只能每天冒“雨”作业，就像在水帘洞里一样。记者前不久进入隧道采访时，就涉水而过，洞内炎热而潮湿，空气仿佛能挤出水来。三工区副经理赵振锋说，常年这样的环境里工作，让不少人落下了病，一到天阴下雨的时候，腿关节就隐隐作痛。

在进口端，同样面临着涌水困扰，涌出的水顺隧道而出，在澜沧江一侧的峭壁上形成了瀑布，水量在1小时2000立方米左右。江边有一个古渡口遗迹，人来人往，附近村民来看打隧道打出的大瀑布，热闹了好几年。

大柱山像个大水箱，岩层里的水就像是被剧烈摇晃过的碳酸饮料，只要岩壁上有任何缝隙，它们就喷涌而出。“装填炸药时，必须在岩壁上打孔，水就往外喷，炸药填充难度极大；喷浆作业时，刚喷到岩壁上的混凝土也会被水冲下来。”二工区经理韩方瑾说，涌水量大时，工人们眼睛都睁不开。

进口端有一段隧道围岩以凝灰岩为主，这种围岩本身很硬，但遇水会变软，并不断吸水，导致围岩重量增大，经常把初期支护压得变形。韩方瑾曾目睹遇水后的凝灰岩垮塌下来，把初期支护的钢架拧成了“麻花”。不到一个小时，掌子面附近的隧道断面就缩小到原来的一半。为遏制隧道断面变形，建设者用硬度比较适当的碎石块回填到围岩中，隧道掘进就在支护、变形、回填等过程中艰难前进。

谈及与水打交道，刘小荣说，12年间，隧道总涌水量高达3.1亿立方米，仅抽水泵就用坏了140多台。

穿越火焰山

喝十几瓶水都不用上厕所

在掘进面旁的空地上，摆着堆冰块，这张照片记录的是打隧道时进入高温区段，工人靠冰降温的场景，也是项目高地温段施工的常态景象。

随着出口端的掘进，隧道渐渐进入高地温段，热的感觉逐步加深。“刚开始也没有意识到‘高地温’有多高。”三工区总工杜利军说，刚进入高地温段时，隧道内的温度也就在28摄氏度左右，有点热，但还是能承受。

随着隧道不断掘进，洞内温度不断升高，环境温度常年维持在40摄氏度左右，喷浆作业的时候，拱顶温度超过50摄



氏度。由于隧道内常年涌水，高地温段的湿度在80%左右。赵振锋说，施工者就像在桑拿房里面工作，在拱顶作业超过3分钟，就会呼吸困难，有一种要窒息的感觉。

项目部不得不每天使用冰块降温，一次要放好多吨，工人干一会活后，就要到冰上降温，否则就会晕倒，这些冰3个多小时就会融化完；一个班次3小时，喝上十几瓶水，都不用上厕所，汗水直流，全身湿透……

“有人晕倒了！”

在平导检查出口端隧道掌子面注浆施工时，徐国军为了不耽误施工进度，在隧道里连续工作近30个小时。他汗如雨下，汗水长时间进入眼睛，眼睛都肿了起来。通风条件差，加上连续工作，最终徐国军晕倒在现场。

工人们七手八脚抬起他，迅速把他送到洞外。呼吸到新鲜空气后，徐国军慢慢醒了过来。后来，他连续睡了一天多才恢复。

“如果是在高地温段，别说连续工作30个小时，就是工作3个小时也受不了。”徐国军说，自己当时的晕倒处还没进入号称“火焰山”的高地温段。

徐国军这样描述与高温战斗的情景：冰就放在作业面前，工人热得受不了的时候，就抱着冰，或者拿起冰块往身上贴。“如果在洞外感冒了，就来掌子面用天然方法治疗，出一身大汗就好了。”徐国军笑着说，这样的环境下作业，对身体真是一种考验。

面对滚滚热浪，技术人员没有退缩，每天都要到掌子面指导工人们施工。高飞觉得冬天的时候最麻烦，进洞前穿着大衣，快到掌子面的时候，就脱得只剩下内裤了。一次，在6米高的拱顶作业，50多摄氏度的温度，他仅待了两分多钟就感觉要虚脱了，赶紧走下工作面，躺到地面的积水里降温。“那真是汗如雨下。”

为了防止高温危害施工人员的健康和健康，降低温度，改善洞内施工环境，中铁一局大瑞项目经理部找到了大柱山隧道附近的一家制冰厂，从那里购买冰块送进掌子面。三工区物机部部长李春风说，他们专门买了台农用拖拉机运输冰块，总共消耗冰块上万吨。

冰块只能让掌子面的气温下降5摄氏度左右，施工人員每3小时就要轮换一次，他们干一会就能到冰块边坐一会儿，总算有了休息和快速降温的地方。

“冬天，洞里40多摄氏度，洞外五六摄氏度，一进一出，感冒的人特别多，三工区附近的药店和卫生所，是我们职工和工人经常光顾的地方。”杜利军说，到附近村卫生所治疗感冒发烧的病人中，大部分是施工人員。

（下转10版）