

讲述·弘扬科学家精神

北风猎猎,吹皱黄沙。在甘肃北山国家高放废物处置地下实验室施工现场,来自东北大学深部金属矿

通过大量科学试验、安全监测与预警研究,提高岩爆预警准确性

矿产资源是支撑人类生存和发展的重要物质基础。地球深部蕴藏着丰富的资源和能源,开采好、利用好这些深埋地下的宝贵“财富”,对于支撑国民经济建设和保障国防安全具有十分重要的意义。

然而,向地球深部进军,任重而道远。以深部岩石工程建设为例,其建设质量和水平取决于岩石力学与工程技术的突破,但昂贵的设备和技术一度制约相关领域发展。

岩爆是深部工程或深埋隧道建设过程中常见的一种动力灾害。随着隧道的开挖,原本致密的岩石被挖走,一侧凌空,另一侧仍连接着原本的岩体。积蓄的能量可能在瞬间爆发,岩块呈片状四处飞溅,如同爆炸,这就是“岩爆”,其释放的强大能量能让一颗小石子变成“子弹”。

保障深部工程安全进行,开展针对岩爆的规律、特征等研究势在必行。自2011年12月获教育部批准建设起,10余年来,该实验室围绕这一领域,提出科学的预警方法,同时研发能有效应用于现场的相关仪器、设备。

由于岩爆孕育机制复杂,很长一段时间里,学界普遍认为一些岩爆是不可预测的,但从工程建设实际需要而言,展开提前预警,在危险发生之前及时把人员和设备转移出来,其意义不可估量。

如今,实验室牵头的重大科技基础设施“超大型深部工程灾害物理模拟设施”建设正稳步推进。“使用这一装置,如同为隧道装上岩爆‘听诊器’,我们能够在国际上首次实现深部工程灾害5米级超逼真度物理模型试



东北大学深部金属矿开采科研团队矢志攻关

为隧道装上岩爆‘听诊器’

本报记者 辛阳

攻关岩爆预测的世界性难题,最大程度提高预警准确性;研发系列设备、坚守工程一线,为重大工程建设提供安全保障……东北大学深部金属矿开采教育

编者

验,有助于保障深部工程安全,破解诱发地震、储气库泄漏、超长时滞型岩爆等前沿科学问题。”冯夏庭说。

重大工程在哪里建设,团队就把实验室‘搬’到哪里

当前,国家战略矿产资源、能源、交通等重大工程都在向深部发展,但深部工程特有的地质特征、环境条件,极易诱发岩爆、大变形和塌方等灾害。国家战略需要就是科研努力的方向。

我国“西电东送”的标志性工程——锦屏二级水电站建设长大深埋引水隧洞群项目,平均洞线长达16.67千米,最大埋深2525米,施工过程伴随着极高的岩爆风险。

“为了摸清深部工程围岩的‘脾气’,我们深入一线开展分析研究,逐步形成了系统的、操作性较强的风险调控方案。”实验室实验技术人员、高级实验师姚志宾说,“通过近4年的努力,我们自主研发高原铁路隧道岩爆智能微震监测预警技术,实现从岩爆定性预警到对等级和位置定量预警的升级,精确程度大幅提升。”

位于青藏高原的巴玉隧道,工程途经一段强岩爆区,岩爆发生强度高、频率高。面对

编辑手记

扎实科研,让工程更安全

孙佩瑾

高原戈壁地下数百米,条件复杂的隧道深处,深部工程建设伴随各种安全风险。面对困难与挑战,东北大学深部金属矿开采教育

安全保障何以延续?一代代科研工作者的严谨和坚守。岩石一旦爆裂,便会导致重大事故。置身危险环境,实验室成员从不言退,他们在实干中快速成长,用所学知识不断创造科技成果,将青春献给祖国最需要的地方。

面对外部的质疑声,科研团队立足实际,走自

高海拔、强岩爆等诸多挑战,研究团队的师生和工人一起下井。在海拔3500米的隧道里,高温高湿再加上缺氧和高分贝的噪声,无不考验着团队成员的体力和精力。

对于隧道内的工作环境,2021级博士研究生张文灿形象地总结为“两进两出”:其一是“白口罩进,黑口罩出”,隧道内通风不好,需要佩戴口罩完成工作,每次出洞口罩都会变黑;其二是“干衣服进,湿衣服出”,由于温度和湿度高,每次进洞作业都是一身汗。

徒步上万余米调试设备,每天与施工方研究施工方案,发生灾害后第一时间抵达现场展开分析……谈到隧道建设过程,实验室青年教师胡磊感触很深:“作为新时代的科研人员,我们要勇于直面困难,真正为国家重大工程解决实际问题。”

以科研促培养,带动更多年轻人在一线提高创新和实践能力

甘肃北山,因位于河西走廊北部而得名。这里气候干燥,地下水稀少,是一片风沙肆虐的无人区。

国家“十三五”重大工程——高放废物处置地下实验室便坐落于此。作为该项目的参与团队之一,深部金属矿开采教育重点实验室主要负责地下实验室螺旋斜坡道围岩开挖过程微震监测与损伤程度评价,进而为地下实验室顺利建成及持久运营提供安全保障。

“由于掘进机工作过程中会产生大量热量,导致环境温度升高,所以每次安装完传感器,衣服都会被汗水浸透。”全程参与项目的2021级博士研究生朱宝全特意把自己的微信名改为“2026”,也就是项目预计完成的年份,“虽然工作辛苦,但每天都有很多收获。能参与国家重大工程建设,在祖国最需要的地方实现青春价值,我感到由衷的自豪。”

以科研促培养,以实干显担当,在项目参与者之中,同朱宝全一样的年轻力量不在少数。“推动更多年轻人走向一线,激发他们的创新能力和实践能力,才能培养出更多适应时代需求的采矿人才。”实验室成员、东北大学教授顾晓薇多年来一直引领团队加强课程建设及教学改革,鼓励课题组组员传承东大老一辈采矿人“敢为人先、实干报国”的精神。

“当年,老一辈东大人义无反顾地奔赴祖国最需要的地方,给我们留下宝贵的精神财富。我们要弘扬这种精神,坚守老一辈采矿人的初心。”冯夏庭说。

从十几人到几十人,研究队伍不断补充着新鲜血液,成员涵盖国家级科技创新领军人才、国家级青年人才等。如今,实验室正向着深层油气开发与储存、深层地热开发利用与高放废物地质处置等更广阔的领域前进。

(刘颖慧参与采访)

图①:姚志宾(右一)在介绍岩爆监测情况。

图②:冯夏庭(中)在指导学生做实验。以上照片均为东北大学深部金属矿开采教育重点实验室提供



守望

山东济南摄影师刘福海——

38年,用镜头定格黄河之美

本报记者 李蕊

“近了,近了!”刘福海(见上图,受访者供图)身体伏在岩石上,眼睛紧贴相机,额头沁出了汗珠。黄河水声如万马奔腾,从石崖上飞泻直下,忽地,跌入深潭,溅起巨大浪花,激起一团团水雾……刘福海屏住呼吸,“咔嚓咔嚓”,迅速按下快门,捕捉壶口瀑布的恢弘气势。

2024年,刘福海再一次来到壶口瀑布拍摄黄河。按下快门的那一刻,他的内心依然激动不已。

那过七旬的刘福海家住山东济南,是中国摄影家协会会员、中国艺术摄影学会会员。38年时间里,他追随黄河的脚步从未停止,自黄河源头出发,至入海口山东东营,他拍下了几万张关于黄河的照片,仅壶口瀑布就去过40余次,每次往返近2000公里。

对黄河感兴趣,源自刘福海的少年时期。“那时候,大家喜欢去黄河大坝上玩儿。”刘福海说,看着黄河滚滚向前,连绵不断的浪花卷着泥浪跌宕起伏,给他带来深深的震撼。

上世纪80年代,刘福海进入济南一家汽车制造厂上班。1987年,为了给公司拍摄宣传素材,他与同事背着行囊、长途跋涉,来到壶口瀑布拍摄黄河。“那时正值酷暑时节,我们沿着黄河岸边向壶口瀑布前进,忽然隐约听到阵阵沉闷的轰鸣声。”刘福海回忆,“那声音由远而近,越近越清晰,再走近,隐约看到远处瀑布的轮廓,声音如同列车呼啸而过,我们都兴奋得跳了起来。”

站在壶口瀑布前,眼前是黄河的气势磅礴,少年时的记忆涌上心头。刘福海湿了眼眶:“这或许就是母亲河的神奇力量。”

能不能让更多人欣赏到黄河的美?返程路上,刘福海下定决心,要为黄河拍照。

拍出黄河之美不易,得先磨炼拍摄技能。刘福海查阅了大量关于黄河的摄影图集,四处请教,构图、曝光、焦距、滤镜……渐渐地,他摸索出自己的门道。

拍摄路上,刘福海曾陷入险境。有一次,为了找更好的拍摄机位,他光着脚走进黄河滩涂,没想到陷进泥坑里,越想挣脱,陷得越深。“最后大半个身子陷了进去,我第一反应还是把相机举高点,保护好里面的照片,毕竟太珍贵了。”刘福海说,幸亏同行的队友将他救出,但他的脚底却因被碎石划破而感染,从此落下病根。

为何要去那么危险的地方?多数人能够到达的地方,拍出来的影像大同小异,很难再出奇出新。”刘福海说,“想要拍到不同寻常的黄河影像,只有找更特别的拍摄角度,去平常到不了的地方。”

2019年,刘福海出版了一本黄河主题摄影艺术作品集。翻阅画册,同一条河,千姿百态,有的如毛发,有的似泥浆,有的像丝绸;时而洒脱,时而豪迈,每张照片似乎在讲述不同的故事。“我想通过强烈的视觉冲击力,展现黄河的澎湃和沿途各地的发展变化。”刘福海说。

刘福海用镜头呈现了黄河沿岸风土人情的变迁,也记录着经济社会的快速发展。“你看,有的地方曾经道路不畅,进出都很不方便。”刘福海一边翻照片一边说,“依托旅游业,当地老百姓富了起来,镜头里也慢慢有了人流,再到如今人山人海的场景。这些都是真实可感的变化。”

2024年夏天,“黄河与尼罗河的文明对话”摄影展在中非民间论坛展出。为了参加这个摄影展,刘福海格外忙碌,奔赴各地继续拍摄黄河照片。

在刘福海的工作室,陈列着各种各样的摄影作品,湍流撞击的瞬间被镜头定格,化作永恒,似无声,却又有声。“我想继续用镜头记录黄河之美,讲好黄河故事,一直拍下去。”刘福海说。

下图:刘福海的黄河摄影作品(局部)。受访者供图



本版责编:张彦春 刘涓溪 曾亦辰

本版制图:蔡华伟



(上接第一版)

从高速公路到临时道路,由大车运;到临时道路到索道起点,用骡马驮;再经由一次索道转送至二次索道,好似“蚂蚁搬大象”。“从四川泸定县到施工现场,要经过100余处S形或U形弯道;一条索道平均每天运输不到5吨塔材,以143吨重的铁塔为例,理想情况下也需1个月才能完成,更别说最重的一座塔有近400吨重。”邹忠旋说。

建设险,湍急大河上架线。不到900米的距离,要跨越3条110千伏输电线路、2条省道和宽350余米的大渡河。2024年7月,金上至湖北特高压跨越大渡河导线展放工作全部完成。

“那几天总下雨,导线和滑车的摩擦力变小,如果牵引过快导线容易脱落,因此每分钟只能非常仔细地放到60米。”川10标段施工班长盛宇强说,跨越大渡河期间,3条110千伏输电线路需要停电,由其他线路临时转供,为减少对居民生活影响,他们“两班倒”轮换作业、缩短工期。

重庆段,山地地形占比超60%,累计跨越高铁及高速公路9次、通航河流6次、重要电力线路30次;湖北段,两次跨越长江,其中恩施段60%的铁塔塔基处在喀斯特地貌区,塔基溶洞遍布……

挑战再多也要建!重要原因就在于金上至湖北特高压项目具有多重重要意义。一方面,川藏高原清洁能源送出“有渠

道”。工程投产后,预计每年可替代燃煤超过1700万吨、减少二氧化碳排放约3400万吨,大幅提高华中地区绿电比例。另一方面,华中地区电力供应“有支撑”。预计到2030年,湖北省全社会用电量将增至4050亿千瓦时,而当地火电、水电等常规电力机组增长速度有限,金上至湖北特高压每年送电约400亿千瓦时,将带来更有力的电力支撑。

强化自主创新,提升施工安全和效率水平

面对诸多建设难题,金上至湖北特高压强化自主创新,不断突破现有高压输电技术、设备和施工能力。

全景可视化,导线展放更安全。“能见度只有100米左右,牵引速度不要太快。”四川雅安荣经县,钢丝绳联通牵引走板,牵引着2根直径4.3厘米的导线缓缓升空。牵引场技术人员观察着走板和导线的行进状态,用对讲机与数公里外的张力机操作手进行沟通。

与之前的放线施工不同,这次作业应用了全景可视化及智能仿真张力放线系统,能够提前模拟导线展放过程,实时监控收集滑车、走板等关键设备的工作状态,将数据集成到现场控制指挥中心。如此一来,施工效率提升约25%,可靠性大幅提升。

放线后的效果如何检测、后期如何运维?在重庆,电力公司创新研发自行走导线查验

机器人,可通过无人机快速起吊安装在导线上,自己“行走”质检。“通过快速定位、激光扫描等技术,机器人可以对线路外观质量、导线弧度、通道障碍物等数据进行采集和识别,雨雾、夜间等工况下都能作业,提高查验效率。”国网重庆市电力公司建设部特高压建设处副处长陈进介绍。

一站分两站,水风光送出更高效。常规特高压直流送端多是单个换流站,通常占地400亩左右。但金上至湖北特高压的送端,地形破碎,项目团队选择拆分成两个串联、占地面积均为200多亩的换流站:在四川甘孜水电为主的能源基地,建设帮果换流站;在西藏昌都水风光混合能源基地,建设卡麦换流站。

“换流站拆分后仍需作为一个整体运行,实现可再生能源的分址送出、多能互补。但中间连接的线路较长,设备复杂程度和运维要求都要更高。”国网四川直流水电运维分部副主任周立龙说。

与此同时,我国自主研发的首台550千伏快速断路器,将首次在帮果换流站换流变压器进行开关试点应用,能够将分闸时间从50毫秒缩短至25毫秒以内,有效降低换流站充油型电气设备故障时的运行风险。

稳投资、促就业、惠民生,产生多重效益

“这份工作收入不错,边干边学,还掌

握了混凝土搅拌、接地线敷设等技术。”2023年7月,荣经县楠林村村民赵青祥来到特高压工程打工,做一些基础浇筑、开挖沟的工作。金上至湖北特高压基础设施高峰期,仅四川段就有上千名当地人员加入建设。

对于荣经县先锋村村民刘文龙来说,工程为运输材料修建的一条约6公里长的道路,让村里的花椒、核桃等山货外运更便捷,“以前上山不容易,十天半个月才能采到足够的山货。如今有了盘山路,当天就能用三轮车运下山。”

特高压工程投资大,在稳投资、促就业、惠民生中发挥着重要作用。据估算,金上至湖北特高压可带动上下游产业投资数百亿元,提供就业岗位上万个。

近年来,我国持续优化电力流向布局,形成“西电东送”北、中、南三大通道的跨省跨区输电格局。截至2024年底,我国已建成投运42项特高压交直流工程,其中国家电网38项、南方电网4项,跨省跨区输电能力超过3亿千瓦。在特高压工程的支撑下,我国可再生能源装机规模由2012年的超3亿千瓦增加至2023年的超15亿千瓦。

国家能源局有关负责人表示,2025年,我国还将核准建设一批重点电力互济工程,积极推动蒙西至京津冀、藏东南至粤港澳大湾区、甘肃巴丹吉林沙漠基地送电四川、南疆送电川渝等输电通道核准开工。