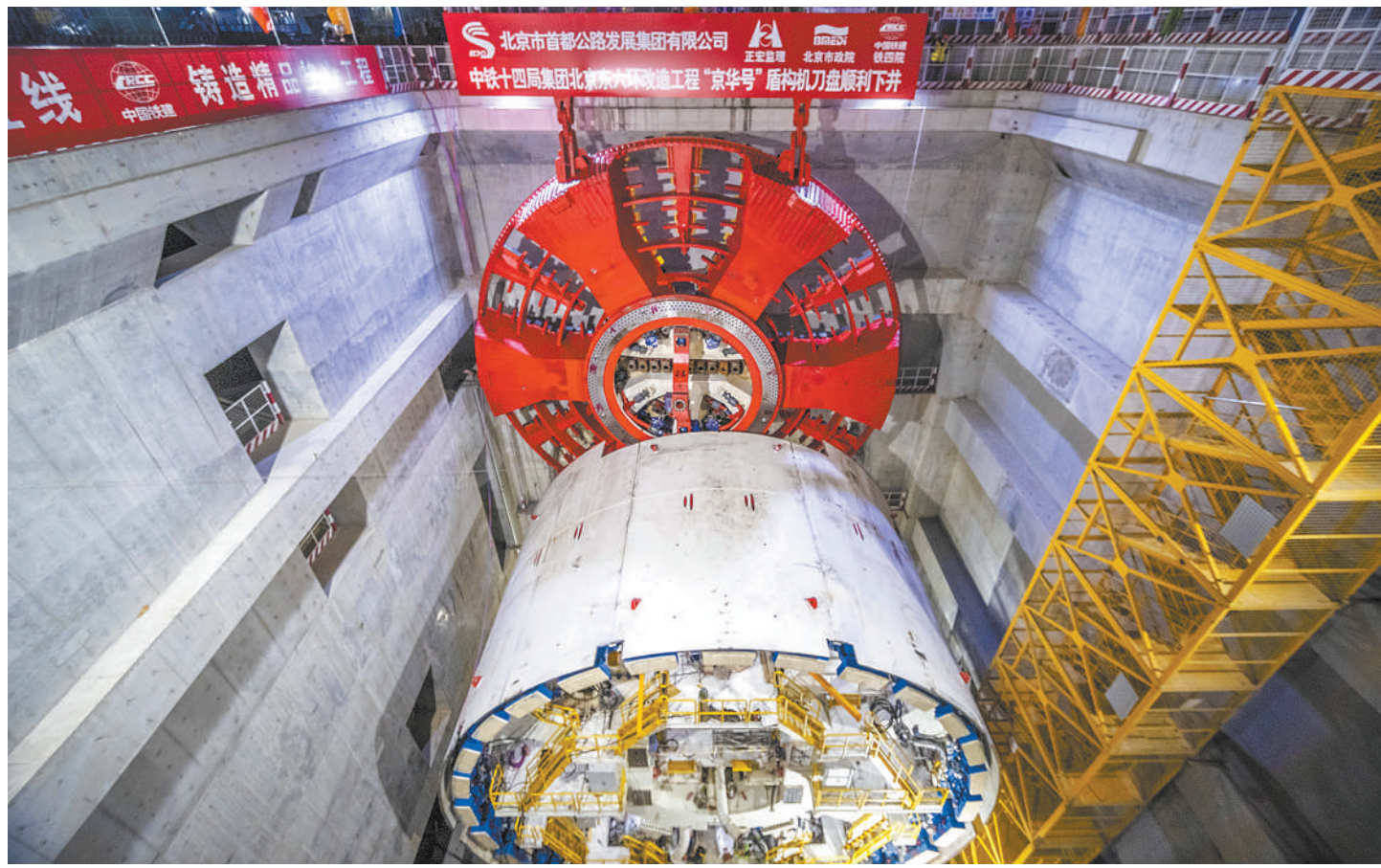


因为这些科技突破点赞④

施工技术与制造技术相互促进,我国盾构机从无到有、从进口到出口

# “地下蛟龙”领跑记

喻思南 李美华



“京华号”盾构机刀盘正在吊装下井。

马金波摄

盾构机,号称“地下蛟龙”,名副其实的大国重器。

近日,记者走进北京东六环入地改造项目(以下简称北京东六环项目)现场,我国迄今研制的最大直径盾构机“京华号”正在这里作业。中铁十四局的建设者操纵着它,在地面30米以下,开挖一条长7.4公里的隧道,同时也检验着我国自主研发盾构机性能和施工技术水平。

十几年前,我国盾构机主要依赖进口,甚至盾构施工都难以独立完成。十几年后,我国盾构机从无到有、从进口到出口,实现了从“跟跑”到“领跑”的跨越。

## 北京东六环改走地下,盾构机让7.4公里隧道一次成型

东六环穿越北京城市副中心核心区,为方便交通、融合城市,建设方提出了大胆的设计:让地上的东六环改走地下。

东六环入地改造设计了两条隧道,每条隧道共三层,开挖断面超过200平方米,是一般地铁隧道的5倍。常规直径的盾构机难以胜任,直径16.07米的“京华号”迎难而上。

这是国内施工中首次应用16米级的国产盾构机。“京华号”始发竖井位于东六环西侧路,由北向南,任务是掘出一条长7.4公里的隧道。

记者沿竖井安全梯向下约30米,便到了盾构机的作业现场。“京华号”长约150米,如一系列小火车,5组不同功能的台车依次相连,关键部件集成在“火车头”——1号台车上。顶在最前端的巨大圆形刀盘,在电机驱动下切削土层、石块,隧道由此向前延伸。

隧道管片拼装与掘进、出渣等工序同步。每掘进2米为一个施工循环,工程人员将预制好的管片拼成一个完整圆环,隧道便一次成型。管片拼缝不渗不漏,拼装精度要求极高。要建成这条隧道,需要拼装3600多环,共计36680块管片。

中铁十四局北京东六环项目负责人孙旭涛告诉记者,在国内超大直径盾构施工中,“京华号”首次应用了双液注浆技术。与单一的水泥浆相比,由水泥浆和水玻璃配成双液浆,浆液固结时间从8小时缩短到1小时以内,极大改善了隧道成型效果。

盾构施工是革命性的。有20多年土建经验的北京东六环项目副经理顾传生感慨:“过去,工程队施工打眼放炮,挖个隧道特别费劲,噪音大、尘土满天,一天下来,脱下棉口罩,黑乎乎的;现在,作业环境敞亮,操作机器、运输管片、铺设电线,工作高效而有序。”

## 从设计到下线,“京华号”盾构机仅用6个半月

“每台盾构机都不一样。”中铁十四局大盾构专家陈鹏解释,由于施工的土层、埋深、沉降要求各不相同,没有能包打天下的盾构机。“量身定制”的特点,要求盾构机施工方、制造方和科研单位从一开始就要反复沟通,三方合作贯穿始终。

2020年中标北京东六环项目后,施工方中铁十四局联合制造方铁建重工,仅用6个半月,就完成了盾构机的设计、生产、调试、下线等工作。这体现了我国盾构施工和盾

构机研制技术的强大实力,也是我国集中力量办大事制度优势的生动实践。

“与其他盾构机比,除直径更大外,‘京华号’还集成了多年的创新成果,表明我国盾构机研制及盾构施工技术日趋成熟。”陈鹏表示。

我国盾构制造起步于1953年,因技术落后而一度停滞。上世纪90年代,我国花巨资引进两台盾构机,用于秦岭铁路隧道建设。此后,基建施工使用盾构机越来越多,但相当长时间内,我国不仅盾构机依赖进口,甚至施工也依靠国外团队。

陈鹏讲述了当年国内盾构施工的情景:要花高价钱请外国工程师调试设备,安装、维修零部件。因为技术实行封锁,不许中方人员靠近,更不用说学习参数计算方法、设备管理理念。

我国技术人员一边施工一边摸索钻研,通过反复操作、维修、保养等,慢慢掌握了盾构施工的基本要领。2007年,陈鹏参加了中标的南京长江隧道工程建设,这是在长江隧道项目中,国内施工团队首次独立使用大直径盾构机施工。之后,我国盾构施工技术一日千里,如今多项技术处于国际领先水平。

中国依赖国外盾构机的局面也被打破。一台常规直径盾构机,重量超过3000吨,机、电、液、气、传感等零部件超过3万个。如此多部件集成在一起,如何保证协调运转?这曾令研发人员头疼不已。铁建重工掘进机总厂总工程师孙雪丰说,研制盾构机需要一个庞大的跨学科、跨专业、跨行业的产业技术体系支撑,制造工艺复杂,光设计图纸就有数千张。

2002年,盾构机研制被列入“863计划”,中铁隧道集团牵头。经过多年产学研攻关,于2008年制造出我国首台具有自主知识产权的盾构机。其间,我国盾构技术攻关的队伍日益壮大,有浙江大学、华中科技大学等科研机构,也有铁建重工、北方重工、中交天和等制造厂商。

目前,“京华号”已顺利掘进400多米,盾构机的多项设计指标在施工中得到验证。这意味着我国自主研发的最大直径盾构机总体达到国际先进水平,我国实现了盾构机研制和盾构施工技术从“跟跑”到

“领跑”的跨越。

## 迭代优化,盾构机常压换刀技术历经四代

制造盾构机,发达国家有上百年历史,我国何以能快速实现追赶?业界专家的答案是:施工技术与制造技术相互促进是关键。

专家表示,盾构机研制技术的不断优化,更多来自施工的持续反馈。

以盾构机换刀技术为例。在盾构机掘进中,刀具损坏了怎么办?传统的方式是带压换刀,这需要繁琐的加压进舱、减压出舱等操作,耗时长、费用高,还存在安全风险。在施工过程中,技术人员提出常压换刀设想。在南京长江隧道工程中,中铁十四局施工团队联合制造商,调整了盾构机结构,研发并成功试用了第一代常压换刀技术。

2010年,中铁十四局负责施工的南京地铁10号线过江隧道工程,面对复杂的地质和高水压,技术人员联合科研人员重新设计了换刀的结构体系,研发出第二代常压换刀技术——套筒缸式换刀技术,并首次应用在11米级直径盾构施工中。

换刀技术在工程实践中持续改进创新。在2015年中标的武汉地铁8号线工程掘进中,针对江底不同岩性复合地层的地质条件,中铁十四局施工团队首次开发了滚齿互换式换刀技术,成为第三代常压换刀技术。

据介绍,“京华号”配备的已是第四代常压换刀技术。从带压到常压,迭代优化,这一从实践中反馈研发、不断提升的换刀技术,如今已成为大盾构研制的常规选项。

“我国盾构施工市场需求大,遇到的地质种类多,能够持续反馈,推动盾构机自主研发快速更新迭代。”陈鹏说,比如,2017年9月我国研制的超大直径盾构机“沉安号”就配置了常压换刀,在新技术应用上,国内盾构机很快赶上了国际一流水平。

丰富多样的基建施工需求,也推动我国盾构产品向小微型、巨型化、异形化发展。

除大直径泥水平衡盾构机“京华号”外,国产大直径土压平衡盾构机、大直径硬岩盾构机等产品也纷纷下线,开创了一系列隧道新型开挖模式。

盾构机制造水平的提升,反过来为盾构施工应用打开了广阔的市场,在铁路工程、水利工程、城市改造等领域大显身手。

## 国产盾构机走出去,成为中国制造的亮丽名片

我国盾构装备的跨越发展,带动了配套产业跃升。孙旭涛告诉记者,以刀具为例,2015年以前国内盾构机配备的刀具基本靠进口,现在国产化刀具不逊于国际品牌。

有统计显示,国内市场国产盾构机占有率已超过九成,全球市场份额接近七成。走出去的国产盾构机,成为中国制造的亮丽名片。专家分析,中国精细的管理和施工标准与大型装备一同出口,形成了“中国品牌”。

“就像好的车,需要懂车的人开一样,操作盾构机也是个技术活。”孙旭涛说。2018年8月,苏通长江GIL综合管廊隧道工程贯通,中铁十四局使用的盾构机完好率超过97%,盾构刀盘出水的时候,连下线时涂在盘面的红漆都清晰可见。精细化的管理、维护,令外方赞叹。

凭借过硬的质量和技术,我国盾构机在海外大显身手。如今,在以高标准著称的新加坡市场,中国生产的盾构机在交通建设中留下了身影;意大利公司采购我国盾构机,成功建设了黎巴嫩大贝鲁特供水工程;在丹麦、法国等国家的地下工程中,中国盾构机也越来越被运用。

“智能化、自动化是未来盾构技术发展的方向。”陈鹏说,在北京东六环项目上,工程人员尝试打造智慧工地,施工过程与物联网、大数据等结合,实行精细化、流程化、智能化管理,进一步提高我国的盾构施工能力。

创新谈

发展关键核心技术,我国既有巨大的市场需求,更有丰富的应用场景,为技术发明及其升级换代提供了广阔的土壤和试验田。坚持需求导向、以应用为牵引,我们同样可以在“无人区”闯出一片新高地

拥有关键核心技术的重大装备是名副其实的国之重器。不到20年,我国在盾构机研制上实现了从“跟跑”到“领跑”的重大跨越。回顾这一赶超过程不难发现,隧道建设中积累、提升的施工技术有力推动了盾构机制造技术的更新换代。这揭示了科技创新的一个普遍规律:应用需求是技术进步的重要推动力。

从新技术发明到成熟产品绝非一蹴而就,重大装备更是如此。重大装备是各类知识、多种技术的系统集成,其实用性、稳定性、可靠性等都需要在实际应用中不断调整、完善,很难一步到位。时下火热的语音识别、机器视觉等人工智能技术,之所以能在近些年快速升温,离不开移动互联网时代提供的多样化的应用场景。

发展关键核心技术,我国既有巨大的市场需求,更有丰富的应用场景,为技术发明及其升级换代提供了广阔的土壤和试验田。一款国产自主软件,或许刚面世时界面还不友好,稳定性也不高,但只要越来越多人敢于吃螃蟹的人大胆应用、试错、提升,就能不断优化。10多年前,我国动力电池研制整体上落后国外,得益于有效的扶持政策和强大的市场支撑,如今已跻身世界先进行列;在铁路建设需求的牵引、助推下,我国逐步掌握了高铁制造的核心技术,研制能力逐年提升,“复兴号”列车纵横驰骋。这些事实充分说明,坚持需求导向、以应用为牵引,我们同样可以在“无人区”闯出一片新高地。

要想真正掌握关键核心技术,不能只在实验室里打转转,必须到广阔的实践中打磨、锻造,进而提高其稳定性、实用性、成熟度,引领产业升级换代。只有这样,我们才能真正称得上掌握了关键核心技术。如果只满足于停留在科研层面上的“重大突破”,不去实践中试水试错、锤炼提升,就很难实现从0到1的实质性突破。因此,要大力倡导产学研合作,在成果转化和产业发展中改进、提升关键核心技术。

基础研究是科技创新的源头。我国面临的很多“卡脖子”技术问题,根子是基础理论研究跟不上,源头和底层的东西没有搞清楚。基础研究一方面要遵循科学发现自身规律,以探索世界奥秘的好奇心来驱动,鼓励自由探索和充分的交流辩论;另一方面要通过重大科技问题带动,在重大应用中抽象出理论问题,进而探索科学规律,使基础研究和应用研究相互促进。

科技创新的赛场上,我们在加速,别人也在加速,比拼的是谁的速度更快、谁的速度更能持续。只要我们遵循科技创新规律,在强化基础研究的同时不断发挥应用需求的牵引作用,就一定能够打赢关键核心技术攻坚战。

新闻速递

### 2021年青少年高校科学营落幕

本报电 日前,由中国科协、教育部共同主办的2021年青少年高校科学营活动圆满落幕。本次活动以“科技梦·青春梦·中国梦”为主题,通过线上线下相结合的方式,为广大青少年及社会公众打造了一场暑期科技盛宴。据介绍,全国71个分营共邀请两院院士35人、专家学者近200人为营员做名家大师报告。“云上科学营”平台开辟了“党史故事百校讲述”“弘扬科学家精神”专栏,让营员感受我国科技工作者的爱国情怀和科研精神。(冯华)

### 趣味科学实验节目助力科普

本报电 为体验太阳带来的热量,通过凸透镜聚光做饭;为直观感受不同介质比热容的差异,乘坐冰船在海上航行……近日,浙江卫视推出趣味科学综艺节目,用亲手操作实验的方式,通过打造沉浸式科普环境,拉近与观众的距离,开拓知识传播新渠道。该节目旨在激发大众特别是年轻人的好奇心、想象力,助力科普事业。节目注重提高科学实验过程的新奇性、趣味性,同时邀请科学家对实验内容进行原理指导,使实验结论做到准确和严谨。(陈文)

### 中科曙光发布新的大数据中心方案

本报电 日前,中科曙光在京发布曙光生态级一体化大数据中心方案。该方案围绕绿色、安全、服务三大生态体系,通过前沿技术应用与创新,携手产业链伙伴,践行绿色集约、统筹规划、安全可信等理念。作为新基建的重要数字基础设施,数据中心建设普遍面临能耗高难题。中科曙光副总裁、曙光数创公司总经理何继盛表示,在构建传统大型数据中心方面,曙光拥有液冷节能、高端计算、底层安全等领先技术与能力,今后将开放更多的技术与能力,携手合作伙伴,推动数据中心行业实现高质量发展。(李云起)

## 深入田间地头,云洋物联用人工智能技术赋能传统农业

# 种菜用上“棚联网”

谷业凯 李云起

提供这些技术与服务的,是一家农业科技创业企业——云洋物联公司。公司首席执行官赵洪敏说:“我们通过各类传感器来采集、监测环境数据和作物生长数据,例如温湿度、光照、作物果实茎围和高度等,将数据汇聚到边缘计算的智能网关设备上并上传大数据云平台,挖掘‘环境—作物—管理’的最优关系,做到降本增效,提质增收。”

近年来,随着设施大棚单体规模化、产业集群化程度的快速提升,设施农业数字化改造迎来机遇。其中,建立作物种植模型是产业数字化的一大难点。赵洪敏认为,传统

的农业种植方式依赖个人的经验,现在通过“棚联网”,一方面能实现种植过程的数据化,进而集成“好把式”的丰富经验,并通过数学模型“固定”下来、推而广之;另一方面,他们和农业科技专家开展合作,不断试验测试,进一步优化、迭代模型算法。

“单个作物的种植模型建立需要很长的时间,第一年形成初步模型,第二年优化校正,第三年进一步充实,第四年可以推向市场再验证,进行深度学习后的模型再优化,为大批量推向市场夯实基础。”云洋物联首席科学家崔伟告诉记者。

在山东省潍坊市寿光市的王家留营村,种植大户孙明山的冬暖式蔬菜大棚里多了几个新助手:各类智能传感器、自动卷帘机、智能放风机、智能雾化机、智能补光灯等。正午时分,棚内气温陡升,他在家拿起手机,就能调节放风口大小,精确控制温度;多云天气光照不足时,智能补光灯就会根据蔬菜的需求,自动设定补光时间……

寿光是全国闻名的设施农业基地,大棚蔬菜畅销大江南北。对于种了半辈子菜的孙明山来说,靠天吃饭的经验正在逐渐被物联网智能设备与大数据取代,手机成了他必不可少的新“农具”。刚过去的这个夏天,依靠智能雾化机的雾化降温功能,孙明山大棚里的黄瓜生长期延长了近1个月,收益较往年提高了1/4。他有信心,今年冬天继续取得好成绩。

信心来自“棚联网”这一专为设施农业产业量身定制的数字化整体解决方案。提

在赵洪敏看来,做智慧农业,关键要从实践出发,深入田间地头、与农民长时间地磨合。“一开始我们去找农民做推广,人家说,你们这个好东西,但是能用1年还是5年?”赵洪敏说,刚开始农民不懂他们的技术,交流起来也很困难。“所以必须要真正到生产一线去,从农民那里获得最直接的需求,然后不断地优化、升级。农民是最讲实惠的,目前我们的技术很受欢迎,每周售出搭载‘大脑’的智能物联网设备有上千套。”

从2017年开始,云洋物联选择了辣椒、茄子、黄瓜、樱桃等7个作物进行试验,部分作物种植模型已开始大范围推广,赋能山东、河北、内蒙古等地的1.6万多个大棚,覆盖种植面积近10万亩。

创新故事