

国产经观察·细看产品七十二变④

掘进方向从水平到斜向、竖向、拐弯掘进,刀盘直径从0.5米到超16米

# 盾构机,“百变金刚”本领强

本报记者 李心萍

河南郑州,“帕蒂加朗号”盾构机下线,开挖直径达15.7米,将出口澳大利亚,这是我国出口的最大直径盾构机;

上海崇明,“领航号”盾构机掘地潜行,以“有人值守、无人操作”的方式抵达长江江心……

盾构机,全称为全断面隧道掘进机,被誉为“工程机械之王”。刀盘直径从0.5米到超16米,掘进方向从水平到斜向、竖向、拐弯掘进……如今,在中国工程师手里,盾构机成了“百变金刚”,种类繁多、本领高强。

## 掘进方向之变 从水平到斜向、竖向、拐弯掘进

过往,盾构机多是水平掘进。今天,中国制造的盾构机不仅能横着挖,还能斜向上挖、斜向下挖、直线向上挖、直线向下挖。

能爬坡,挖斜井。  
说起斜向上挖的盾构机,不得不提全球首台大直径会“爬陡坡”的隧道掘进机“永宁号”。去年9月,“永宁号”顺利完成洛宁抽水蓄能电站2号引水斜井的挖掘任务。这是一条坡度达38.742度、全长约873米的斜井。“永宁号”不仅成功爬坡,还取得了月掘进332米、单日最高进尺22.75米的佳绩,大幅提升了斜井的施工效率。

能下坡,助采矿。  
有了“永宁号”的成功经验,中铁装备研发团队又开发了全球首台大倾角下坡掘进矿用隧道掘进机“中铁1285号”。

眼下,“中铁1285号”已完成淮北矿业集团临涣煤矿作业任务。它不仅实现了长距离15度下坡掘进,还成功穿越落差达330米的大断层,一口气完成下坡、拐弯等高难度动作。

向下走,挖车库。  
在上海静安区广延路一处绿地,占地面积不足300平方米的围挡内,上海首个垂直掘进(盾构)地下智慧车库项目正在进行最后的调试。

中铁十五局项目负责人王文灿告诉记者,与传统垂直车库采用明挖法或沉井法施工不同,这个项目使用了全球最大直径竖井掘进机“梦想号”,验证了垂直掘进施工工法的可行性。

向上走,挖竖井。  
在浙江景宁抽水蓄能电站,国内首台超大直径反井钻机“中铁1361号”正进行排风竖井施工。从山脚“顶压向上”前行,“中铁1361号”通过创新采用“一扩成井”工艺,可实现直径7米、深度311米的井筒一次性开挖成型。

新的开挖方向,适用于新的应用场景。  
“长期以来,盾构机主要用于交通基础设施建设。随着我国交通基础设施逐步完善,盾构机未来的市场在哪里?”中铁装备技术中心副主任贺飞坦言,这是企业一直在思考的问题。

水利、水电、煤矿、非煤矿山、城市综合管廊、停车场……在中铁装备眼中,这些项目均是盾构机大展身手的场景。他们成立多个研发团队,开展针对性开发,让盾构机不仅可以多方向开挖,而且具备圆形、方形、马蹄形、椭圆形等不同形状的开挖能力,拓展了盾构机的应用场景。

新的开挖方向,代表着更强的研发能力。  
每一款新挖掘方向盾构机的问世,都凝聚着一系列技术创新。就拿“永宁号”来说,其爬山模式借鉴了爬山虎的结构,50多名专家开展了历经数月的研究、设计、试验,最终



决定为“永宁号”加装前后4组共8条“腿”、16个“脚”,助力其安全“爬上山顶”。

再看“中铁1361号”,为实现盾构机“顶压向上”,研发团队对重载钻杆、钻杆一键自动化拆卸、多功能变频主驱动及智能化控制等方面展开针对性设计,做到大直径竖井一次反拉成井,设备安全、高效、可靠运行。

## 体量身型之变 直径从15米级跃升至16米级

15.4米!2024年1月,“领航号”盾构机下线,成为世界最大直径高泥水平衡盾构机。  
超16.6米!2024年10月,“江海号”盾构机下线,成为我国自主研制的超大直径盾构机。

国产盾构机,为何直径越造越大?  
“算总账,大直径盾构隧道‘性价比’更高。”中铁十四局盾构专家陈健从两方面作了详细介绍——

大直径隧道,可实现单管多线布设。以前,穿江越海隧道大多设计为单管单线的双管方案,即上下行分为双洞。随着盾构机直径升级,用单条超大直径隧道替代传统双管,可有效节约地下空间资源。

大直径隧道,还可实现多功能集中布设。15米级及以上的盾构隧道,可构建地下立体空间,实现市政道路、轨道交通、综合管廊同管布设。这就避免了隧道的重复开挖,可降低建设、运营、维护等综合建造成本。

我国水域广阔,江河纵横,各沿江沿海城市对跨越水域、联通两岸、畅通出行有着刚性需求。超大直径盾构机恰可满足建设需求。相比桥梁,超大直径盾构隧道在减少航道影响、保护沿岸生态、应对恶劣气候等方面具有明显优势。

不过,直径越大,盾构机制造的难度就越大。

“盾构机直径超过15米后,随着开挖直

径增大,不良地质可能引起呈幂级增长的隧道灾难,给盾构机的结构强度、控制精度、材料疲劳等提出更高需求。”贺飞说。

就拿推进系统来说,15米级以上盾构机,其承受的水土压力可达5巴以上,因此需要30组以上液压千斤顶同时“发力”,才能推动盾构机前行,而6米级盾构机仅需16组。千斤顶数量越多,同步控制难度越大,但对盾构机而言,推进系统任何微小的不同步,都会导致盾体“卡壳”或轴线偏移。

此外,类似刀盘驱动轴承等关键核心部件,都需要采用新材料、新结构、新设计,才能满足应用需求。贺飞表示,对15米以上超大直径盾构机,直径每增加1米,都会对盾构机的结构设计、密封承压、出渣处理等提出新挑战,“每一次升级都绝非易事”。

攻克技术难点,成果接踵而至。2017年10月,我国首台具有自主知识产权的15米级超大直径泥水平衡盾构机“中铁306号”成功下线,首次打破国外对大直径盾构机的垄断。

此后,从开挖直径15.8米的“春风号”到直径16.07米的“京华号”,再到直径超16.6米的“江海号”,国产超大直径盾构机实现了从“跟随”到“引领”的跃变。

“目前,我国已在超大直径盾构机的研制和应用领域实现新跨越,形成了超大直径盾构机全产业链能力。”贺飞说。

## 操作方式之变 从人工驾驶到自动掘进

目前,我国国产盾构机已占据全球市场近七成份额。中国工程师正努力让盾构机更智能、更绿色。

走进“领航号”盾构机驾驶室,屏幕上跳动的各项数据,实时反馈当前设备掘进状态,盾构机长只监测、不操作。这是因为研发团队为“领航号”这个“金刚钻”装上了“千里眼”和“智慧脑”。

“传统盾构施工就像盲人走路,由于无法

100%了解周围地质情况,施工过程中安全风险较高。”中铁装备“领航号”盾构机主设计师廖兆锦说。为此,“领航号”搭载超前地质预报系统,可对刀盘前方10米到40米的地质条件进行精准探测,智能感知系统也可对地质条件进行实时分析,保证盾构正常掘进。

“智慧脑”则让“领航号”拥有了智能分析和自主判断的能力。在长达14.25千米的隧道里,它可以不借助任何“帮手”即完成独头掘进,实现了“有人值守、无人操作”状态下毫米级的掘进精度。“有了智能系统助力,施工效率和质量提高了,我们还能实时监测设备运行状态及工程潜在风险,确保工程平稳推进。”中铁隧道局崇太长江隧道项目副总工程师傅博伟说。

再看绿色化。  
2024年7月23日,世界首台绿色盾构机“中铁1237号”顺利始发,开挖直径为9.16米、设备长度约135米、总重达1900吨。

何为绿色盾构?“我们为盾构机搭载了智能系统,通过对盾构掘进过程中各系统的自动智能管理,自主达到掘进效率和能源消耗的最佳匹配,实现绿色节能。”“中铁1237号”主设计师曹书磊说。

此外,该盾构机还采用了节能智造工艺和先进除尘技术,可减少粉尘排放;搭载连续掘进、快速换模等技术,可使得掘进效率大幅提升,节能减排效果显著。

目前,“中铁1237号”已出口意大利,用于意大利西西里岛高速铁路隧道建设,代表着国际市场对中国绿色盾构的认可。

穿山海、畅途途:“啃”岩石、钻山体;遁地行,拓空间……“下一步,我们将在更大掘进直径、更快掘进速度、更深掘进深度和更复杂工况上持续发力,推动盾构机研发向智能化、绿色化迈进,不断攀登盾构机技术制高点。”中国中铁党委书记、董事长陈文健表示。

上图:日前,国产超大直径盾构机“江海号”顺利始发,建设世界最长水下公路盾构隧道——海太长江隧道。

范少文撰

## 国现象台

加快完善消费基础设施,有利于我们更好统筹投资和消费,以有潜能的消费拉动有效益的投资,推动投资效益提高和消费扩容升级良性互促

篮球、网球、足球,各式场地应有尽有;射击体验区、赛车模拟器,数字娱乐设备种类繁多;观赛餐厅内,大屏幕滚动播放各类体育赛事……“五一”假期,北京南三环一家室内综合运动场馆全新开张,吸引不少健身爱好者前来打卡。

值得注意的是,这个场馆建在一座十分知名的家具城内。这些年,房地产市场深度调整,居民添置家具、装修房屋的需求增势放缓,家具卖场生意不及以往。该家具城把数万平方米空间拿出来,改造成充满时尚气息的健身场馆,家具卖场焕发了新活力,市民健身也有了好去处,可谓一举多得。

这样的改造之举,正是消费基础设施提档升级的一个典型案例。今年3月,中办、国办印发《提振消费专项行动方案》(以下简称《方案》),提出“扩大消费基础设施,消费服务功能提升类、消费新业态新模式的有效投资”,4月下旬,国家发展改革委发布稳就业稳经济推动高质量发展的若干举措,“完善消费基础设施”也是其中一项。在全方位扩大国内需求的当下,这项既关联投资也拉动消费的工作尤为重要。

这是大力提振消费的重要一环。我国有超大规模市场,消费潜力巨大。随着经济发展,社会进步,消费结构在动态变化,消费需求在不断升级。无论百货商场、大型卖场、特色商业街,还是旅游景点、电影院线、运动场地,诸多消费基础设施如果“原地踏步”,就很难适应结构变化、满足更高“胃口”,进而成为阻碍消费潜力释放的堵点。与时俱进地调整、改造、提升、完善,才能打造更多居民喜闻乐见的消费场景,切实增强消费意愿。

这是提高投资效益的有效举措。消费基础设施,直接服务“吃穿游购娱”等日常生活需求,是“投资于人”的重要体现。设计科学、建设到位,就能在投用后一段时间内聚拢人气、回笼资金,实现经济效益与社会效益的双赢。

可以说,加快完善消费基础设施,有利于我们更好统筹投资和消费,以有潜能的消费拉动有效益的投资,推动投资效益提高和消费扩容升级良性互促。推进这项工作,也要做好投资和消费两方面文章。

消费端,要瞄准需求、精准发力。当前,我国居民消费形态已由商品消费为主向商品和服务消费并重转变,文娱、旅游、体育等服务消费蒸蒸日上。完善消费基础设施,就要聚焦服务消费新需求,打造更多新业态、新场景、新空间。此外,配套设施也要同步完善。景点建起来了,服务中心、旅游道路、旅游厕所要跟上;推动夜间消费,活动场地、交通运输力、临时停车位等方面保障也要加强,这些都是完善消费基础设施的应有之义。

投资端,要充分发挥各方面投资力量。消费基础设施点多、面广、体量不一。像百货商场、购物中心等商业不动产,所需资金多、回报周期长、投资门槛高。为解决资金难题,《方案》已明确“中央预算内投资等加力支持教育医疗、技能培训、养老托育、文旅体育等领域项目建设”“支持符合条件的消费、文化旅游等领域项目发行基础设施领域不动产投资信托基金(REITs)”,安徽等省份也提出加大财政资金在消费基础设施上的投入。落实落细相关举措,有利于降低投资门槛,让更多社会投资参与进来。

全方位扩大国内需求是当前经济工作的重点任务。期待更多地方在完善消费基础设施上出实招、见实效,让内需潜力在消费升级的进程中源源释放。

## 国资讯速递

### 一季度钢铁企业效益同比改善

**本报电** 记者从中国钢铁工业协会获悉:一季度,钢铁行业生产经营基本稳定,得益于1、2月份企业控产较好,效益同比有所改善。重点统计会员钢铁企业利润总额215.83亿元,同比增长1.08倍;平均利润率为1.50%,同比上升0.82个百分点;3月末,重点统计会员钢铁企业资产负债率为62.98%,同比下降0.11个百分点。总体看,企业资金状况继续好转。中钢协副会长兼秘书长姜维表示,一季度,钢铁行业稳的态势在持续,新的动能在成长,绿的特征在扩展,但也面临供给强于需求、钢价震荡下行、出口形势严峻等困难,持续推动行业向稳向好仍需付出艰苦努力。(王云杉)

### 国家数据发展研究院揭牌

**本报电** 近日,国家数据发展研究院在京揭牌。作为国家数据局直属事业单位,国家数据发展研究院的主要职责是以服务国家重大战略部署为首要目标,紧紧围绕发展改革中心工作和数据领域重点任务,深入开展数据领域基础性前瞻性战略性问题研究,研究提出数据资源整合共享政策建议,承担数据相关基础制度建设和重大项目论证评估,推进算力监测、运营和调度平台建设,协助推进数据集、语料库开发建设,推动搭建数据领域国际合作新平台。(宋佳航)

## 国新视点

### 第二艘国产大型邮轮顺利实现坞内起浮

本报记者 刘志强

日前,第二艘国产大型邮轮“爱达·花城号”(H1509)顺利实现坞内起浮,由结构和舾装建造阶段转入内装和系统完工调试阶段,为2026年底完工交付打下基础。

起浮是大型邮轮建造的关键节点。在中船集团协调下,外高桥造船公司制定了周密的起浮工作方案,形成涵盖项目管理、安全、质量、舾装、涂装、内装等部门的起浮期间陆上/船上一级和二级指挥体系。H1509船经过起浮,释放全船残余应力、测定重量重心等关键工艺要素和技术指标,验证了邮轮在设计、工艺、生产准备、总装建造等阶段取得的科研成果。

从入坞总装搭载到实现首次起浮这一节点,H1509船较首艘国产大型邮轮“爱达·魔都号”用时缩短了1个月。这背后,凝聚着中船集团和外高桥造船公司的努力。他们从设计建造、工艺工法、项目管理、内装工程等方

面,对“爱达·魔都号”的研制建造进行了总结,并在此基础上推动流程优化和技术攻坚。

应用新工法。外高桥造船公司先后实施大型总段移位、舱室材料总段封舱等新工法、建造策略、关键工艺共106项,进一步提升H1509船总段及船坞建造效率和质量。相继攻克大型邮轮薄板分总段在激光复合焊接、运输吊装、总组搭载等环节质量精度的控制技术,保障全船77个总段、42只分段的吊装任务,支撑了船体结构的快速精准总装搭载。

引入新设备。针对邮轮舾装量大、舾装区域狭窄等特点,外高桥造船公司大范围推进应用“共用支架”,相较传统方式减少30%密集区域支撑件数量、20%的支架重量,为后期舾装和绝缘施工提供了空间上的便利。H1509船在建造中,还注重强化供应链本土化建设,阳台工程包、升降娱乐系统等已完成国产化替代。



图为第二艘国产大型邮轮“爱达·花城号”起浮现场。

中船集团供图

本版责编:刘温馨