

## 盾构及掘进技术国家重点实验室

# 开辟盾构数字化智能化新征程

文·本报记者 乔地 通讯员 申阳

随着城市化进程的不断加快,地下空间开发已步入全新阶段,地铁、高铁的四通八达,给人们带来了交通的快速便捷,带来文明进程的加速前进。在日渐复杂、密集的地下交通网络脉络中,盾构扮演着越来越重要的角色,这个集光、机、电、液、信息于一体的隧道施工专用设备,构造复杂,却在复杂的地质条件下快速、安全掘进,如同穿山甲一般穿山越岭、贯通地下。

如何在盾构自主研发、技术创新上走得更

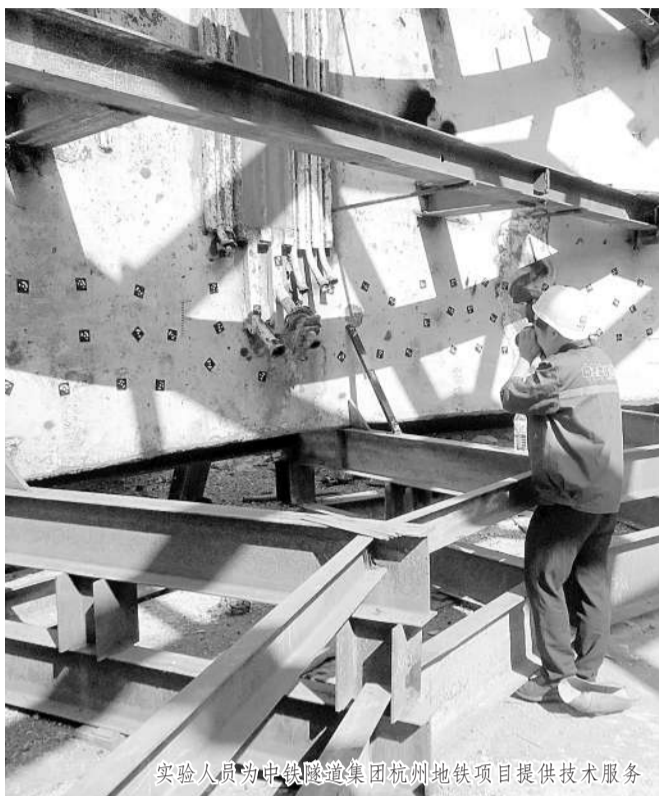
远,实现国产盾构数字化智能化,这是洪开荣和他带领的盾构及掘进技术国家重点实验室要解答的命题。

洪开荣强调:“作为建筑施工行业唯一的国家公共研究平台,实验室始终瞄准盾构数字化智能化目标,在产、学、研、用全过程中发挥国家公共研究平台的突出作用。”

十年积淀,两年建设,两年运行,洪开荣和他率领的创新团队在盾构自主创新与跨越的道路上已经走向前人不曾企及的高度。

为了加速我国盾构产业化进程,2010年年初,科技部正式批准以中铁隧道集团为依托,筹建盾构及掘进技术国家重点实验室,承担起一批国家级科研课题。2012年11月,盾构及掘进技术国家重点实验室通过科技部验收正式运行。

盾构及掘进技术国家重点实验室现有三大研究方向11大实验系统,先后取得地市级以上科技成果奖励28项(其中国家科技进步一等奖1项,省部级科技进步一等奖2项),出版专著4部,发表论文105篇(其中SCI/EI收录论文17篇);获得授权发明专利9项、实用新型专利8项、软件著作权1项。



实验人员为中铁隧道集团杭州地铁项目提供技术服务

62米,地质复杂多变、高压、强透水、掘进风险大,由于久攻不克,成为广深港高铁的“最后拦路虎”,隧道专家都认为“风险太大,理论上不可能完成”。

为确保广深港高铁的通车节点,时任项目经理的洪开荣誓要啃下这块硬骨头。五年的时间,他带领研发团队逐一攻克了水下隧道施工面临的八大技术难题,逐步探索出一套软硬不均地层特长水下隧道泥水盾构施工技术,首次采用的

“相向掘进、地中对接、洞内解体”的施工方式,标志着我国攻克了盾构江底对接世界级难题,最终狮子洋隧道捧回了世界项目管理大奖,与英法海峡隧道、东京湾海底隧道等并肩而立立于世界级海底隧道,成为我国盾构及掘进技术成功应用的经典,也是我国盾构工法逐步强大、步入穿江越海时代的象征,更是洪开荣和他带领的盾构及掘进技术国家重点实验室研发团队产学研结合、以研促产、以研促用的最佳证明。

## 数字化,引领盾构行业发展

洪开荣说过,“盾构国产化是我们的使命,我们必须做行业科技创新的引领者。”作为第二批企业国家重点实验室中首家通过国家建设验收的实验室,目前已逐步建立起国内一流的技术研发基地、人才培养基地和学术交流基地,与国内外的盾构生产制造厂家、盾构施工应用企业、高校及科研院所有着密切的联系,能够快速有效的整合盾构产业链的上下游优势资源,把机械、施工、新工艺及相应机械、地质预报技术、地面探查新技术及地面处理技术结合,实现多学科交叉的联合研究和优势互补。

目前国家重点实验室的十一个实验系统已经投入使用,自动化实验平台能够远程连接盾构施工项目,通过数字仿真系统采集和分析施工数据,进行模拟实验,对解决地面变形、掘进失效、方向失准等国际公认的难题提供理论支撑,目前远程故障诊断技术已在长株潭城市轨道交通项目、重庆地铁六号线等项目展开试点,成功解决了长株潭地铁掘进过程中的控制问题、重庆地铁六号线的刀盘刀具应用等问题,确保了盾构施工的进度、精度和稳定性。

2013年3月26日,洪开荣主持的中铁隧道集团首个973计划“先进数字化制造装备技术基础”项目“基于高效破岩的盾构刀盘刀具数字化设计基础研究”课题在北京正式通过国家科技部专家组验收。洪开荣指出,通过刀盘刀具研究针对典型地质状况和工程环境条件,紧紧围绕盾构装备的地质适应性,通过理论与实践相结合,开展刀盘应力状态分布特征、刀盘刀具与围岩相互作用规律的研究。结合重庆地铁六号线典型地质,洪开荣带领研发团队,用两年的时间自主创新研制了直径2m、刀间距可调的回转式盾构刀盘刀具作用综合实验台,同时也是国际唯一的一台三刀岩作用综合实验平台;完善了刀盘刀具高效破岩理论模型,开发了刀盘数字化设计软件,能够有效指导制造企业研制高破岩效率的盾构刀盘刀具,带动了自主设计制造盾构主机和关键部件产品的创新。

“这是中铁隧道首个973课题,我们既要当开路先锋,引领盾构施工工程实践,也要做盾构掘进技术领域数字化智能化创新的追梦人。”洪开荣说。

## 洋盾构,远水不解近渴

21世纪初,我国地下工程施工大量采用盾构施工,但进口的洋盾构,现场人员对相关技术一知半解,出现问题一筹莫展,在修建广州地铁时,眼看隧道即将贯通,但盾构出现故障,国内自己的技术人员解决不了,需要国外厂家才能解决,不仅德国厂家从国外来解决问题耗时长,且费用高昂,工期不等人,受制于人的现状让洪开荣感到巨大的压力,他开始带着技术人员从解决洋盾构的故障入手,逐步了解和掌握盾构设计、制造和施工的关键技术,对盾构的整机研究也逐步深入。在洪开荣的带领下,不仅将德国盾构的使用说明译成了中文,而且编写了德国盾构的安全操作指南和维修保养指南,极大地提高了国内技术人员的管

养修水平,施工进度也产生质的飞跃。

从2002年开始,以国家863计划为依托,中铁隧道集团开始着手盾构的自主研发,洪开荣辗转于各个盾构施工的现场,通过丰富的现场实践,汇总分析来自国内外隧道施工现场和设计制造生产第一线的难题,最终凝练出盾构技术的攻关目标:首先是盾构施工风险控制问题,国内外盾构法隧道施工中时常常发生地面塌陷事故;其次是掘进工效问题,盾构施工经常发生关键部件失效,影响掘进效率;三是导向精度问题,盾构掘进方向跑偏,严重影响隧道质量。这“失稳、失准和失效”三大问题是长期困扰盾构施工行业的国际难题。

## 产学研,不分彼此十几年

洪开荣充分发挥校企结合的优势,与浙江大学紧密合作,与中国工程院院士、盾构及掘进技术国家重点实验室学术委员、浙江大学杨华勇教授带领的创新团队联合攻关。杨华勇院士强调,对盾构关键技术的突破,大学和企业,谁也离不开,大学理论创新,企业技术创新,只有产学研紧密结合,才能创新跨越,大学成果的出口是通过企业,企业需要新方案、新工具,我们长期稳定地合作,不分彼此已经十几年了。

通过联合高校、施工企业和科研院所的研究,洪开荣和他的研发团队通过与浙江大学、中铁装备工程集团有限公司、上海隧道工程股份有限公司等产学研合作,在盾构技术上取得了三大突破,首先是关键核心技术取得突破,解决了失稳、失效、失准等世界难题;其次是实验平台取得

突破,研制出多套具有自主知识产权的仪器设备;三是盾构产业快速发展,以解决三失三性为代表的盾构技术已达到或超越国际先进水平,突破了土压平衡盾构、泥水平衡盾构和复合盾构关键技术。

2008年4月,第一台中铁隧道集团自主设计制造的具有自主知识产权的“中国中铁”号盾构下线,整机性能达到国内先进水平,多项关键技术达到国际领先水平。

持续十多年的研究,以杨华勇和洪开荣牵头承担的“盾构装备自主设计制造关键技术及产业化”项目,获得了2012年国家科技进步一等奖。该项目不仅成功孵化了国内三大盾构产业基地,并促成了盾构及掘进技术国家重点实验室的成功建设,在盾构产业化进程中发挥着重要推动作用。

## 克难题,步入穿江越海时代

洪开荣的记忆里,广州似乎永远离不开炎热、酷暑这样的字眼。广州地铁二号线建设工地,这是盾构法在广州首次由国内施工企业建设,洪开荣暗自发誓,只能成功、不能失败。虽然盾构法是世界最先进的隧道掘进技术,但是面对中国复杂多变的复合地层,任何一个微小的细节都可能给掘进工作带来巨大的困难。沉重的压力使得洪开荣几乎夜不能寐,他日夜都在思考如何安全穿越泥石混杂的地质带,如何克服地下巨量涌水的险情,最终他带领研发团队逐一攻克这

些难题,并总结了开创盾构法在复合地层施工的“三从四得”,即“从地质勘探入手,从盾构设备挖潜、从科学管理抓效”、“掘得进、稳得住、排得出、耐得住”。洪开荣总结的“三从四得”,使得中国的城市轨道交通进入了盾构法施工的创新与跨越时代。

对于洪开荣而言,狮子洋是职业生涯中绕不开的一笔浓墨重彩。洪开荣压力重重,狮子洋隧道是迄今中国最深的水下隧道和首条水下铁路特长盾构隧道,全段要三次穿江越海,深埋处

## ■ 读数·读图



盾构及掘进技术国家重点实验室滚刀扭矩检测



盾构及掘进技术国家重点实验室滚刀岩机作用实验台



盾构及掘进技术国家重点实验室人员进行盾构掘进远程监控



盾构及掘进技术国家重点实验室电流控制综合实验台

## ■ 实验室动态

### 环境模拟与污染控制国家重点实验室设立建滔(河北)研发基地

“北京师范大学环境模拟与污染控制国家重点实验室—建滔(河北)研发基地”在河北建滔工业园区正式揭牌。建滔集团与北京师范大学合作,投资成立环境模拟与污染控制国家重点实验室后,搭建了聚集国内外顶尖节能环保技术的平台。该实验室将以生态文明建设为指导原则,带动企业环保技术创新,提升企业环保水平,实现高校和企业的可持续发展,为邢台地区环境保护和污染控制做出最大努力。

据了解,“北京师范大学环境模拟与污染控制国家重点实验室—建滔(河北)研发基地”研发应用领域将包括工业废气治理、水污染防治、固体废物处理及资源化等方面。实验室和研发基地还将根据自身优势,投资建设先进的环保设施,力争在温室气体回收、工业废水处理和循环经济模式设计等方面建成节能、降耗、减排的全国环保示范基地。

### 国内最大机器人企业落户青岛建设机器人产业创新平台及产业化基地

近日,青岛市政府、青岛高新区与新松机器人自动化股份有限公司分别就机器人产业创新平台、新松北方区域总部项目进行签约。标志着国家级机器人产业创新平台以及新松机器人北方区域总部落户青岛。

根据协议,青岛市政府与新松机器人将共建新松—青岛机器人产业创新平台,包括新松青岛中央研究院、机器人国家重点实验室、国家机器人工程技术分中心、博士后科研工作站、院士工作站等,组织相关科研团队开展研发工作,培育中小企业及上下游产业链企业,推动青岛机器人产业全面发展。

新松北方区域总部项目总投资36.23亿元,将在青岛高新区设立区域性控股集团公司,建设机器人产业创新平台及产业化基地,主要产品包括各类新型工业机器人、服务机器人、军用机器人、智能制造装备及能源自动化成套装备,将从事高端数字制造解决方案的研发和生产,产品全方位满足工业、交通、国防、能源、民生等国民经济重点领域对以机器人及自动化技术为核心的高端装备需求。

据悉,青岛高新区大力发展机器人及高端装备制造产业,正全力打造占地千亩、中国北方最大的机器人产业基地。为此,高新区组建了高端智能制造事业部,制定实施了极具吸引力的机器人发展8项政策,成立了1亿元规模的机器人产业基金,建立了机器人产品融资租赁平台及人才培训基地,获批智能机器人高新技术产业特色园区。累计引进软控科技、日本安川、宝佳、诺力达、速霸数控设备等30余个机器人项目,总投资近30亿元。预计到2016年,青岛高新区的机器人企业将达到50家;到2020年,实现产值100亿元。

青岛高新区相关负责人表示,此次新松机器人项目落户青岛高新区,建设国家级机器人产业创新平台和北方区域总部,充分体现了对高新区的信任和期待。作为国内的龙头企业,该项目的建设将成为青岛高新区机器人产业发展的重要里程碑,引领全市机器人产业方向,提升区域技术研发水平,打造高端智能制造产业链,拓宽下游应用领域,进而对加快青岛市传统产业的改造、转型和升级,推进信息化与工业化的深度融合,起到积极的促进作用。

## ■ 一线对话

# 洪开荣:集多方之力实现企业国家重点实验室“自转”

文·本报记者 乔地 通讯员 申阳

走进中铁隧道集团总工程师、盾构及掘进技术国家重点实验室主任洪开荣的办公室,映入眼帘的是2014年中铁隧道集团遍布全国的工程分布图,说起隧道及地下工程项目,时常深入项目施工现场开展工作的洪开荣主任更是如数家珍。

当记者问起盾构及掘进技术国家重点实验室的建设历程时,洪开荣陷入回忆,他说中铁隧道集团作为中国隧道及地下工程领域的开路先锋,坚持四位一体发展战略,把科研创新作为兴企的根本,而自从接触到盾构这个隧道施工的特种装备后,中铁隧道集团把盾构设计研发制造列入每年的工作计划和五年发展规划中,更是集中投入大量的人力、物力开展盾构自主研发创新。

### 三个“第一”

世纪之初的中国隧道施工市场,洋盾构一枝独秀,浅埋暗挖法施工如火如荼,中国的盾构制造行业是一块诱人的蛋糕,更是重大装备制造业的朝阳产业。中铁隧道集团有限公司紧紧抓住国家863计划这个重大机遇,开启了盾构自主创新、自主研发、自主制造的崭新征程。

洪开荣说,这十几年来是国产盾构的研发黄金时期,我们通过与高校联合,特别是浙江大学的杨华勇教授和他的团队,我们是密不可分的一个研发整体,他们探索基础理论,我们探索关键技术和成果转化应用,在这样的一个过程中,诞生了中国第一台自主制造的复合盾构,并投入市场应用,诞生了中国最大的盾构产业化基地——中铁隧道集团有限公司,诞生了中国盾构及掘进技术领域的唯一国家公共研究平台——盾构及掘进技术国家重点实验室。



他们探索基础理论,我们探索关键技术和成果转化应用,在这样的一个过程中,诞生了中国第一台自主制造的复合盾构,并投入市场应用,诞生了中国最大的盾构产业化基地——中铁隧道集团有限公司,诞生了中国盾构及掘进技术领域的唯一国家公共研究平台——盾构及掘进技术国家重点实验室。

在访谈中,洪开荣强调,国家重点实验室是应运而生的。为了加速我国盾构产业化进程,2010年年初,科技部正式批准以中铁隧道集团为依托,筹建盾构及掘进技术国家重点实验室,承担起一批国家级科研课题。2012年11月,盾

构及掘进技术国家重点实验室通过科技部验收正式运行。

国家重点实验室(企业)作为国家技术创新体系的重要组成部分,是开展行业应用基础研究、聚集和培养优秀科技人才、开展科技交流的重要基地,是发展共性关键技术、增强技术辐射能力、推动产学研相结合的重要平台,带动和促进行业技术水平和企业自主创新能力的不断提高。在企业建立重点实验室,深化了科技体制改革,是企业自身发展的需要,更是产业、国家发展的需要。

### 一套机制

企业国家重点实验室作为科技部的创造性举措,运行管理机制不如高校国家重点实验室健全完善,至今科技部尚未出台正式的管理办法,各个已建成运行的企业国家重点实验室都在摸索创新中前进。洪开荣强调,盾构及掘进技术国家重点实验室依托中铁隧道集团建设,背后有中国中铁整个系统的优势资源支撑,建设伊始,中国中铁领导层高度重视,要求结合企业发展探索国家重点实验室的运行发展模式。

盾构及掘进技术重点实验室经过多次考察调研,并结合实际,积极探索了一套目前较为完善的运行管理机制,建立了理事会领导、学术委员会指导的主任负责制,发布了《盾构及掘进技术国家重点实验室理事会章程》,初步形成了“以理事会为决策层、依托单位为管理层、重点实验室为执行层”的运行管理模式。在2010年的企业国家重点实验室运行管理机制交流会议上,得到了科技部领导的认可和肯定。

谈到管理制度,洪开荣指出,国家重点实验室在明确运行管理模式后,积极完善运行机

制,搭建内控管理体系,在运行机制建设层面,促成依托单位中铁隧道集团发布了《盾构及掘进技术国家重点实验室管理办法(暂行)》,明确了重点实验室的建设目标、发展定位与管理体制。先后制订发布了重点实验室《薪酬管理办法》《节点目标考核奖励办法》《科管例会制度》等20余项规章制度,在借鉴高校、参考其他企业国家重点实验室经验做法的基础上,发布了《重点实验室章程》《学术委员会工作条例》《学术活动管理条例》等10余项开放与运行制度,并在依托单位内控体系框架内,对重点实验室内部管理制进行系统汇编,初步搭建起重点实验室内控管理体系。

### 三项“需要”

洪开荣称,盾构及掘进技术国家重点实验室的运行管理机制虽然初见成效,但如何更好的实现产学研用有机结合,以企业国家重点实验室为中心构建产学研用联盟,仍然处于探索阶段,国家重点实验室现有的运行管理机制尚不能很好的解决这个问题。

促成企业国家重点实验室更大的发挥国家公共研究平台的作用,需要科技部出台更为具体和正式的企业国家重点实验室管理办法,明确企业国家重点实验室的运行管理模式与经费来源,需要依托企业积极将企业国家重点实验室纳入发展规划,为企业国家重点实验室提供长期的经费支持机制和发展管理机制,需要企业国家重点实验室自身探索更为完备的人才培养激励机制和科研成果转化应用机制,集多方之力实现国家重点实验室的自转,实现国家重点实验室对企业的技术反哺,实现国家重点实验室对行业的创新引领。