

深度观察·重大技术装备这样攻关④

探访全球首台能爬陡坡的大直径硬岩掘进机“永宁号”

穿山打隧 铿锵突进

本报记者 李心萍

记者手记

采访过程中,记者发现,面对又一台全球首创掘进机的成功研制,中铁装备人有着令人钦佩的自信与从容。

自信从容向未来

自信源于底气。15年产业化发展,中铁装备依托我国完备的产业体系及配套优势,携手上下游企业及相关研发机构,一步步攻克滚刀、轴承、电机、液压泵等核心部件,不断夯实产业基础。地基石打得牢,工程师们在创新上愈发得心应手:全球首台全断面硬岩竖井掘进机、全球首台马蹄形盾构机、全球首创超小转弯半径硬岩掘进机……一系列具有标志性意义的新产品接连下线。中铁装备在创新之路上自信前行,近年来平均每年下线两台首创产品。

从容源于积累。我国国土辽阔、地形地貌多样、地质条件复杂,为盾构机提供了十分理想的“练兵场”。盾构机工程师们攻坚克难,身经百战,成功战胜高地热、高地应力、高地震烈度等复杂地质考验。被誉为“地质博物馆”的大瑞铁路高黎贡山隧道也被工程师们“征服”。他们自豪地说:“今后,无论遇到什么样的隧道地质都不怕了。”

怀揣自信与从容,工程师们把盾构机做出许多新花样:原本只能水平前进,如今能上坡、能下坡、能拐弯,还能垂直作业,综合水平跃居世界前列。眼下,中铁装备正努力攻克第五代掘进机技术,研发无人值守盾构机及新型破岩方式,为实现盾构机“无人值守、智能掘进”而不懈努力。

有底气、有积累,坚持创新,顽强拼搏,我国盾构机行业还将不断收获新成绩、开启新未来。

图①:2022年8月,“永宁号”掘进机正式下线。

图②:“永宁号”掘进机在河南洛宁抽水蓄能电站引水斜井工程作业。

以上均为中铁装备供图

本版责编:丁怡婷 版式设计:沈亦伶



“一个地方、一个企业,要突破发展瓶颈、解决深层次矛盾和问题,根本出路在于创新,关键要靠科技力量。”

2014年5月10日,在中铁工程装备集团有限公司盾构总装车间考察时,习近平总书记指出:“推动中国制造向中国创造转变、中国速度向中国质量转变、中国产品向中国品牌转变。”

盾构机,即全断面隧道掘进机,被誉为“钢铁穿山甲”,是开挖隧道的利器。钻山入地,穿江过海,近年来,国产盾构机穿梭在大江南北的工程现场,助力一个个高难度项目顺利完工。

近日,记者赶赴河南郑州市,探访由中国中铁工业旗下中铁装备集团研发的全球首台能爬陡坡的大直径硬岩掘进机“永宁号”。从“直来直去”到“能爬陡坡”,国产盾构机经历了哪些升级?攻克了哪些技术难关?记者进行了采访。

一旦停电,普通盾构机只是“趴窝”,无法正常工作,而爬坡盾构机却可能整体下坠、造成安全隐患。为此,设计团队研发了双重防溜车系统,还为盾构机设置了安全闸门,防止断电情况下渣石掉落。

2022年8月正式下线,2022年9月完成测试,2022年12月进场,2023年1月开挖。进入洛宁项目施工以来,“永宁号”表现不俗:最快时,一天可掘进7米;遇到断层破碎带,一天可掘进5米……“相比传统的爆破施工法,‘永宁号’的效率提升了近一倍。”于庆增很是自豪。

确保一次成功

盾构机的研发没有样机,只要下线就得投入施工,必须保证100%成功

盾构机往住身形庞大、成本高昂,因此行业一直遵循一个原则:样机即正品,试用即施工。即使是创新产品,也只能生产一台。一旦出厂,就要正式投入使用。

设计、制造、调试、安装、使用……每一步都无可借鉴,“永宁号”如何做到“一次成功”?在中国中铁装备集团深入采访,记者找到了答案。

求真——没机会进行整机测试,就努力创造条件,模拟真实工况进行核心部件实验。

在中铁装备总装车间一侧,有一个直径7米、深20米的大基坑。可别小瞧这个基坑,光改造费用就花费上百万元,只为模拟出“永宁号”的运行工况。

“一种全新的结构设计,只靠软件模拟、小样测试远远不够,必须保证100%安全。”中铁装备总工程师贾连辉说,防溜结构核心部件制作完成后,设计团队在基坑里进行了一个月的测试,确保任何极限工况下“永宁号”都不会溜滑。

设备——千吨重、百米长的“大家伙”,身上不少设备的尺寸却精确到微米。

滚刀,盾构机的“牙齿”。要想掘得快,必须“牙口好”。“永宁号”刀盘上共配备了49把滚刀,有200公斤重的大刀,也有155公斤的小刀。

中铁装备新乡生产基地,拥有全球唯一一条盾构滚刀滚刀装配检测生产线,可将12个刀具部件自动组装成一把完整的滚刀,并且确保高精度。此后,熔铸、打磨、淬火、回火、冷却……历经10多道工序,滚刀才能正式下线。

“每一个环节,都要追求最高品质。”中铁装备质量管理部负责人王劲松告诉记者,整个生产过程,材料的尺寸精确到微米,温度控制精确到个位数,就连热处理后的滚刀微观金属结构,也要用显微镜观察。

求严——每一名参与者都对产品质量终身负责。

一台盾构机,设计图纸超1万张,零部件超2万个,工序上百道,要想一次成功,每个环节都不能“掉链子”。

为此,中铁装备建立了包括质量预防、过程管理、质量约束、质量改进在内的质量制度体系,实施质量“一票否决制”、工序实名制和三级检验制,把质量贯穿设计、制造、服务全过程。

“每道工序都可追溯,每次操作都实名记录,每名参与者都终身负责。”贾连辉说,质量标准已成

为中铁装备人心中的“硬杠杠”。

从量变到质变

20多年的成长积淀,啃下一个个零部件“硬骨头”,开发新功能更加得心应手

2008年,我国第一台拥有自主知识产权的复合式土压平衡盾构机——“中铁1号”下线。“生产一台盾构机产品和盾构机产业化是两个概念。产业链上下游精诚合作、共同成长,让我们迎来从量变到质变的飞跃。”中铁装备总经理张志国说,这次研发“永宁号”,从启动立项到设备下线只花了两年时间。

15年攻坚克难,中铁装备携手上下游800家合作伙伴,将整机零部件国产化率一步步提高到90%以上,形成22项国际领先技术。一项项新技术新工艺新设备,令人备受鼓舞——

先看动力源。电机,驱动刀盘旋转的力量。“永宁号”能“啃”下花岗岩,靠的是刀盘旋转带动滚刀对硬岩进行挤压,使岩石破碎剥落,实现向前掘进。

“永宁号”的主驱动电机,正是8组国产350千瓦电机。”张志国说。早在2015年,中铁装备就开始联合国内电机厂家共同开发国产主驱动电机。经过一轮轮技术交流、修改方案、样机研制,成功生产出首台110千瓦主驱动电机。

此后,中铁装备积极寻找合适项目进行搭载试用,推动国产电机在常规地铁盾构机、大直径泥水盾构机、矿用硬岩掘进机等设备上先后落地。以用代测,不断反馈数据,多次优化升级,国内电机厂家技术越发成熟,电机功率不断升级,相继开发出200千瓦、250千瓦、300千瓦等不同功率产品。

再看减速器。盾构机上的电机转速极快,每分钟2000多转,不过,盾构机刀盘却要转得“够慢”,每分钟低至1.5转。巨大的转速落差,得靠减速器来实现。

在中国机械科学研究总院郑州机械研究所有限公司,记者见到了为盾构机配套的减速器。“减速器原理很简单,就是靠齿轮改变扭矩,实现降速增扭。不过,如何把齿轮做得更小、更精、更耐用却是

感言

勇攀高峰 创新为要

王杜娟

2001年我大学一毕业,就进入了盾构机行业工作。20多年来,我有幸见证了国产盾构机从无到有、茁壮成长的巨大变化。

记得2002年,中国中铁成立专门的研发项目组,开启了盾构机国产化的脚步。那时,每个关键点都是“硬骨头”,都需要有“哪怕磕掉牙齿也要啃下来”的勇气。历时6年,中铁工业旗下中铁装备成功研制出我国首台具有自主知识产权的复合式土压平

个难题。”郑州机械研究所有限公司高级工程师张祥儒说。

首要的是找到合适的合金钢。经过多年不懈努力,中国宝武成功研制出符合要求的新型合金钢,为高功率高密度减速器的诞生奠定了基础。

此后,郑州机械研究所有限公司利用60余年的研究积淀,在渗碳、离子渗氮、感应淬火等方面不断创新工艺,有效提高了高功率密度减速器齿轮的承载能力和可靠性。“现在,我们的减速机可以正常工作1万个小时无故障,与国外同工况减速机持平。”张祥儒说,国产减速机最初只能给直径9米级以下的小口径盾构机配套,如今已可以给12米级以上的超大直径盾构机配套。

最后看刀盘。刀盘,分为滚刀、刀圈、轴承和密封。经过多年研发升级,中铁装备的滚刀系列产品市场占有率国内第一,还成功出口海外。刀圈,却一度让企业感到头疼。早期,国产刀圈韧性较差、硬度偏高,异常失效的概率高于进口刀圈。为了补足短板,中铁装备决定从基础研究开始投入。2013年,他们与清华大学、东北大学等高校组建产学研攻关联合体,一道钻研高纯净耐磨钢的生产工艺。“作为整机厂商,我们经验丰富,能提供掘进参数、地质数据等基础信息。与高校合作,把理论搞透了,实践才能跟上。”张志国说。

攻克一个个技术难关,中铁装备对盾构技术的认识持续深化,盾构机产品谱系日益壮大:

看形状,不仅能挖圆形隧道,矩形、马蹄形也不在话下。特别是矩形盾构机,开创了过街隧道开挖新模式。

看场景,从最初只能挖地铁,到能挖大埋深、长距离的硬岩隧道,再到矿山、水电站,应用场景更加丰富。

看施工,从只能水平前进,到能竖向挖掘,再到能水平S形连续转弯、大倾角斜坡向上,本领越发高深。

在海拔4700米的青藏高原上,硬岩掘进机“雪域先锋号”,已经工作了一年多;在被誉为“地质博物馆”的大瑞铁路高黎贡山隧道,敞开式硬岩掘进机“彩云号”铿锵突进;在格鲁吉亚一条公路隧道施工现场,世界最大直径全断面硬岩掘进机“高加索号”已掘进突破6000米……2008年以来,中铁装备隧道掘进机订单超过1600台,安全掘进里程超4000公里,产品远销德国、法国、意大利、新加坡等30多个国家和地区。

“中国中铁将瞄准世界科技前沿,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,不断攀登掘进机技术制高点,推动中国制造向中国创造转变。”中国中铁党委书记、董事长陈云表示。



组合式矩形盾构机,可让地铁车站施工不再“开膛破肚”。

有创新才能有市场。依托强大的创新能力,中铁装备的盾构机产品出口到30多个国家和地区,海外销量连续3年保持两位数增长。其中,欧美等中高端市场占比88%,境外国际承包商占比83%。

惟创新者进,惟创新者强,惟创新者胜。聚焦盾构机关键核心技术,我们以“十年磨一剑”的坚守,用“从0到1”的突破抢占技术制高点,用“从1到1000”的项目落地在世界隧道掘进机领域不断开拓新的市场空间。新时代新征程上,我们将努力掌握更多硬核技术,打造更多凝聚中国创造、体现中国质量、代表中国品牌的大国重器,为推动中国制造由大到强添砖加瓦、贡献力量。

(作者为中国中铁装备集团首席专家)