

# 借数字技术东风 立车门制造潮头

◎本报记者 张晔 实习生 赵雨佳  
通讯员 郭晶晶 李传碧

胶条装配、窗框打磨、底涂涂覆、门板打胶、玻璃装配……8月1日，科技日报记者走进位于南京经济技术开发区的南京康尼机电股份有限公司(以下简称康尼机电)智能化车间，7台庞大而灵巧的“机器人”正挥舞手臂，一丝不苟地进行地铁车门的玻璃粘接工作。

7月底，国家知识产权局公布第二十四届中国专利奖评选结果，康尼机电斩获中国专利优秀奖。该专利技术让工程师足不出户就可以实现城市轨道交通车门远程智能诊断。

作为工信部评选的城市轨道交通车门系统产品的制造业单项冠军示范企业，康尼机电持续提升智能化制造水平，增强产品核心竞争力。目前，公司生产效率提高50%以上，产品研制周期缩短30%，产品固有可靠性提升100%。其研发生产的地铁门等产品在全球细分市场的占有率保持前列。

## 不断探索“智改数转”

当精益管理碰上智能制造，二者又将擦出怎样的火花?

先进轨道交通装备是我国制造业重点突破的领域之一。2015年，康尼机电率先启动了智能化改造和数字化转型，并制定了康尼机电智能制造发展规划。

但传统制造业始终存在生产模式复杂、工作效率低、不可控因素多等一系列痛点，与精益生产、管理的目标相去甚远。

以轨道交通车门系统的关键零部件丝杆为例，2018年以前，康尼机电丝杆生产车间内有13名操作人员，搬料、送料，忙碌一天却仅能产出50根丝杆。

在“智改数转”的探索中，康尼机电首先从传统制造向精益生产、精益管理迈进，在提升管理基础的同时提高传统制造水平，“软硬兼施”，为智能制造转型夯实基础。

同时，康尼机电制定智能制造转型的三步走战略：2018年实现数字化，2020年实现互联网化，2025年实现智能化。

智能制造转型最关键的一步应该落在哪里?康尼机电将目光瞄向生产线。“生产过程是实现产品制造的最核心过程。”康尼机电轨道交通事业部副总经理兼总工程师刘落明说。

为达到精益生产、管理的目标，康尼机电把“零不良”“零浪费”融入智能制造核心思想。

轨道交通车门制造属于典型的离散型制造，由多个零件加工装配而成，螺母、丝杆、门板……各个零件的生产状况都与产品的质量、成本、交期直接相关。为实现“零不良”，康尼机电以智能制造技术为抓手，让生产线进行了“精”且“益”的转型。

康尼机电优化了可能产生质量问题的生产环节，将制造过程数字化，应用APS和MES系统实现生产计划智能排产，将原先的三级指令简化为一级指令，直接排产到机台。2018年，康尼机电完成丝杆产线全线自动化转型，产品合格率提升至100%。

## 攻克世界级海底隧道施工难题

# “妈湾号”一身硬功破岩穿海

◎本报记者 矫阳

不久前，在深圳妈湾跨海通道南线，“妈湾号”盾构机精准驶出预先设计好的接收洞，至此，妈湾跨海通道2标段隧道顺利贯通。

妈湾跨海通道是粤港澳大湾区互联互通交通建设重点示范工程，也是深圳首条跨海通道，隧道管片外径15米，为我国在建最大直径的采用盾构法施工的跨海隧道。

深圳妈湾跨海通道工程分为右线和左线，中铁隧道局集团有限公司负责承建右线部分——深圳妈湾跨海通道2标段，项



在深圳妈湾跨海通道工程建设现场，工作人员在“妈湾号”盾构机旁工作。  
新华社记者 毛思倩摄

目盾构段全长2063米，是整条线路的控制性工程。施工过程中，攻克了填海区域松软地层掘进、穿越海底高压水长距离软硬不均地层及全断面硬岩地层等世界级海底隧道施工难题。

为妈湾跨海通道海底隧道建设量身定制的“妈湾号”盾构机，由中铁工程装备集团有限公司(以下简称中铁装备)研发，开挖直径15.53米，相当于五层楼高，全长约140米、重量达4650吨。

## 掘进应对“长、难、深、大”四项挑战

妈湾跨海通道工程位于广东省深圳市

南山区，分为地面道路和地下道路两部分，其中地下道路规划等级为城市快速路，双向6车道，设计时速80公里，地下隧道全长6280米。

“妈湾号”盾构机施工段全长2063米，在掘进过程中需应对“长、难、深、大”四项挑战。

“长”，指设备穿越高强度岩层距离长，考验刀盘破岩能力的同时也使得刀具因磨损需要频繁更换。

“难”，指施工段中一半的地形存在软硬不均岩层，容易导致盾构上部切削过快而造成盾构机整体姿态上抬，进而偏离预设轨迹。

“深”，指海底隧道位于水下40多米深处，最大水压达500千帕，施工风险高。

“大”，指隧道断面大，管片外径15米，是目前国内在建的最大直径海底隧道，对设备性能和施工技术要求极高。

如何应对这四大挑战，成了研发团队面临的难关。

## 盾构机搭载多项先进技术

“为高质量建设妈湾海底隧道，中铁装备研制了气垫式泥水平衡盾构机‘妈湾号’。该盾构机搭载了多项先进技术。”中铁装备掘进机研究院工程师张鹏豪说。

“我们运用了一种首创的滚刀安装专利技术，改善了滚刀受力情况，大大提高了滚刀的使用寿命。”张鹏豪说。

超大直径盾构机在软土地层掘进，容易引起刀盘结泥，无法有效掘进，这是行业性难题。为解决这一难题，研发团队为“妈湾号”配备了高精度保压系统、高效渣石筛分处理系统、大流量泥浆循环系统等。



图为南京康尼机电股份有限公司的丝杆智能生产线。受访单位供图

## 机器人助力生产效率提升

在康尼机电国家级智能制造示范工厂，玻璃粘接机器人、钣金机器人、丝杆机器人等智能设备身手敏捷、有条不紊地忙碌着……在智能化生产车间的“大后方”，是负责发号施令的生产指挥控制中心。

工作人员介绍，这个生产指挥控制中心就像是智能制造车间的“总司令”，通过录入订单数据、对车间发出生产指令，实现统一管理调度，并实时监控生产、物料、质量等异常报警信息，解决异常问题。

轨道交通车门系统是车辆A类核心部件，可靠性指标要求高。过去，康尼机电的车门包边工作全部由人工完成，6名工人4分钟才可完成一块门板的手工包边。传统生产模式不但造成车门品质不一，而且生产效率非常低下，面对国内轨道交通建设的巨大需求，显得捉襟见肘。

2016年，康尼机电许慈团队成功研发“门板包边机器人”，使用该机器人只需80秒即可完成一块门板的自动包边工作，再结合团队首创的无胎膜滚边工艺，使生产效率提升了18倍。

之后，康尼机电又引进玻璃粘接机器人、钣金机器人、丝杆机器人等一系列智能设备，其中玻璃粘接智能化车间更是将产能效率提升了100%，在用工环节，比原来减少工人20多人。此外，康尼机电还将自动化生产与SCADA数据采集调度系统等信息编程技术相结合，实现产品混线生产与快速换型，在满足客户个性化和定制化需求的同时有效缩短产品制造周期，整个过程实现了自动化。

“30多台套机器人上马后，车间数控自动化设备应用率在70%以上，数控自动化设备联网比例达到92%。”康尼

机电轨道交通事业部副总经理张洪斌说。

近年来，康尼机电建设智能工厂，大量应用数控自动化设备，带来了生产方式的彻底改变，以及生产效率和产品质量的大幅提升，其轨道交通门系统安全性已达到最高安全SIL4等级，可靠性远高于行业标准。

## “智能医生”远程诊断故障

获第二十四届中国专利优秀奖的“一种地铁车辆门系统异常工况和部件退化的同步检测方法”，是康尼机电“城市轨道交通车门智能诊断系统及运维方法”的核心专利之一。刘落明介绍，康尼机电将智能化与网联化有机结合，自主研发了轨道交通车门故障预测与健康管理系统，可对全国各地的地铁门、高铁门、站台门进行远程监测，一旦检测到突发故障即可立即实施快速维修工作。

而这个远程“医生”不仅能处理突发故障，还会对车门亚健康状态进行预警。运维平台通过挖掘分析车门工作状态数据识别车门的早期故障征兆，达到“治病”与“体检”相结合的目的，其中故障诊断准确率在95%以上，节省了约35%的人工巡检工作量，在提升运维效率的同时大幅降低成本。

人才是引领发展的第一动力，创新人才已成为康尼机电高质量发展源源不断的澎湃动能。在南京经济技术开发区的人才政策支持和人才引育服务下，康尼机电在智能制造和创新研发领域引进了多名省、市级高层次人才，并获批建设国家级博士后工作站、研究生工作站、工程技术研究中心、企业技术中心、工程研究中心等创新平台。高层次人才和创新平台为企业提供了源头性创新成果与技术供给。

研发团队还为“妈湾号”搭载了刀具状态实时监测系统，可对滚刀的旋转状态、磨损状况进行检测，并且可以实时反馈开挖地层的图像信息，全方位提高了泥水盾构机的可感知能力。“这套刀具状态实时监测系统可靠性高、准确度达95%以上，免除了人工对刀具的频繁抽检。”张鹏豪说。

## 最大推力超“复兴号”牵引动力10%

“妈湾号”盾构机在海底40米施工，承受的压力有5公斤左右，相当于盾构机实时推进时，要克服5公斤的压力，否则就会发生海水倒灌的严重安全事故。

“这台盾构机设计的承载压力是10公斤，相当于普通人不带任何辅助设备，潜水100米所承受的压力。为克服这个压力，我们设计的这台盾构机的最大推力达到了2.5万吨，装机总功率超过1.15万千瓦，比‘复兴号’动车的总牵引力还要高10%。”张鹏豪说。

2021年1月18日，“妈湾号”超大直径泥水平衡盾构机在中铁装备顺德基地成功下线。为了把这个庞然大物运输到现场，工程师把刀盘分成了13块，壳体分成了10块，大大小小上万块零件，通过上百辆运输车运输至现场。2021年7月15日，“妈湾号”如期始发。

“掘进过程中，我们连续克服了填海区域深厚淤泥质地层基岩开挖、超大直径盾构浅覆土始发、高压水环境复杂地层掘进等关键性挑战，取得了盾构机在上软下硬地层最高月掘进172米的优异成绩，以及单日最高掘进10米的海底大盾构日掘进全国纪录。”张鹏豪说。

◎本报记者 滕继濮 符晓波

说起经编，很多人并不了解。但它其实无处不在：如今我们脚上穿的大部分运动鞋都是由经编材料制作而成的。

近日，科技日报记者来到素有“中国鞋都”之称的福建晋江，探访运动鞋及鞋辅材料经编纺织企业，了解这一材料背后的科技支撑。记者看到，传统纺织行业在经济转型、产业升级的关键时期，顺势而变，依靠创新走上了发展快车道。

## 用传感器检测取代人盯机台

走进福建省晋江市华宇铮莹集团智能化车间，记者看到，一排排自动化纺织机飞速运转，一根根白色纱线穿梭其间，转瞬之间一根丝就变为一匹广泛应用于鞋材、服装的经编网布。

“经编网布结构稳定，其横向包裹性和纵向稳定性都比较高，是各大运动鞋品牌普遍采用的材料。”华宇铮莹集团研发中心副总监邓魏告诉记者，作为一家主营鞋面纺织材料的企业，该集团现在年产经编网布4万多吨。

然而在产量如此大的车间内，却仅有几名工人在现场巡查设备，为何鲜见纺织工人?

“10年前，车间里到处是笨重的机器和忙碌的工人。今天，有了智能化设备和源源不断的数据，企业决策更科学了，车间也敞亮了许多。”华宇铮莹集团执行总裁苏成喻回忆，起初他的想法很简单，“如果有一台机器，能代替人盯着机台就好了。”

2013年，在当地政府的帮助下，企业与高校科研团队牵手，研发“视觉检测系统”，利用传感器检测取代了传统的“人盯机台”。苏成喻说，研发初期，晋江市政府通过项目资金承担了企业八成以上的研发费用，免除了企业转型的后顾之忧。

经过4年反复试验，这套检测系统成功落地。由此，经编机台运转效率从70%提高至85%，产品良品率也从85%攀升到90%，苏成喻备受鼓舞。随后，华宇铮莹集团又围绕智能物流、智能仓储、智能找布等，与高校院所开展多项技术攻关。

技术成果给企业带来了丰厚的回报。数据显示，2022年，华宇铮莹集团用工不到30人的车间，可生产1万多吨各类高品质经编面料，而同规模的普通车间，用工人数为300人左右。

## 数字化改造提质增效

“2004年我刚入职时，每名工人最多看管1到2台机台；如今，每名工人可以看管10到15台机台。”该集团车间技术工曾美绿告诉记者，现在的经编机非常智能，运行状态一目了然。

邓魏进一步解释，智能化升级后的机台，搭载摄像头、传感器、吹风自停系统等，能自动收集原料数据、开机时长、运行效率等各类数据，由此组成一个个小的信息单元。这些小的信息单元最终汇总到车间后台，可以实时反映整个车间的生产情况，有助于企业计划排产，了解产品进度，进行质量把控。

智能制造还缩短了生产周期，破解传统鞋企库存积压的问题。鞋企如何快速选材，进行个性化设计?华宇铮莹集团设计研发的找布系统和3D仿真设计系统为这一问题找到了解决方案。

“一个类型的经编网布有成百上千种，一些布料色彩相似度很高，怎么从庞大的布库中精准找布?以前只能靠人，费时费力。”邓魏向记者展示了他们与西安工程大学合作研发的找布系统，只需拍张照片，系统就能在2分钟内准确检索到布料的型号。而利用他们研发的仿真3D设计系统，鞋企只需线上选材修改，就能直观地看到设计的仿真效果，而不再需要生产样鞋。

苏成喻说，完成数字化改造后，华宇铮莹集团的产品研制周期从平均30天缩减到15天，产品不良率从25%降到5%，设备能耗降低23%；2018年以来，集团销售额每年增长20%以上。

## 推动全产业链创新提速

记者在采访时了解到，经编、织布等各环节全面实现数字化控制的华宇铮莹集团在当地民营企业中并非孤例。随着AI、工业互联网、5G等技术落地，众多企业家正积极拥抱数字化，一座座智能化工厂如雨后春笋般涌现。

在位于晋江的中国皮革和制鞋工业研究院(晋江)有限公司里，有400多台仪器设备为鞋提供智能“体检”服务。“从有鞋穿，到穿舒适的鞋、好看的鞋、健康的鞋，几十年来，中国的制鞋标准在不断提高。”该研究院院长王文琪介绍，作为我国唯一的国家级皮革和制鞋行业综合性科研机构，这里集研发设计、标准检测、应用推广、行业服务于一体，为周边鞋企提供科学技术支撑。

近年来，晋江市围绕产业链布局创新链，聚焦关键领域和创新链薄弱环节，建设引进9家高水平研发检测平台，推动企业与高校院所开展产学研合作，为鞋革产业高质量发展注入新动能。

作为全国乃至全球知名的运动鞋生产基地，福建晋江已形成年产值过千亿元的运动鞋及鞋辅材料产业集群，产业链完整、企业数量庞大。面对市场新变化，越来越多的企业舍得投入、抱团发展、协同创新，共同打造晋江鞋业竞争优势，一起迈向高质量发展新阶段。



图为华宇铮莹集团5G数字工厂。本报记者 符晓波摄

晋江鞋企从经编织造走向「经编智造」