经济聚焦·走进“中国智造”

带着上下游，人形机器人加速跑起来

探访年产能万台人形机器人工厂

“量产难在造得稳、造得一致”

本报记者　姜晓丹

走进位于广东佛山南海区的东方元启智能机器人（广东）有限公司机器人工厂，车间整洁明亮、智能设备有序运行。这座由乐聚智能（深圳）股份有限公司与广东东方精工科技股份有限公司联合打造的智能制造工厂，是一个年产能万台的人形机器人规模化生产基地。

人形机器人规模化生产，难点在哪儿？暨南大学人工智能教研室主任李德平介绍，人形机器人全身多关节相连，螺丝松紧等细微差别会被放大，导致机器人行走、抓取动作出现明显偏差。此外，行业零部件统一标准缺失，传感器、仿生配件配套不完善，不同机型还要单独调试运动、力度控制参数，使得规模化生产性能一致的产品难度很高。

眼前这座量产工厂，依靠整套智能化产线设计，针对性化解量产难点。

在智能物料管理区，高度自动化的物料系统让人眼前一亮。工作人员只需通过身份验证，对应物料柜便自动开启，所需零部件整齐摆放、精准取用。取用完成后，系统自动称重、计数、核对。一颗螺丝、一个垫片的变化，都能被精准捕捉并实时更新。

物料出库分拣后，AGV（自动导引车）化身“智能搬运工”，将零部件精准送达各个工位。重载型AGV负责长距离跨区转运躯干、机架等重型部件；轻载型AGV在装配区内运送螺丝、线缆、传感器等小件；带升降平台的顶升式AGV，可直接将物料托盘送到流水线指定高度，与产线无缝对接……不同AGV按规划路径自动避让、有序通行，全程无需人工跟车，物料流转高效有序。

继续向前，便来到了人形机器人核心装配区域。与传统流水线不同，这里采用模块化、同步化、柔性化生产模式，手腿部、躯干、头部等关键部件在不同工位同步装配，工作人员与自动化设备紧密配合。结构件安装、线路连接、传感器调试等数十道工序有条不紊推进，整条产线安静平稳、持续运行。

让人印象深刻的，还有产线的“百变能力”。在产线中间区域，不同型号、不同配置的人形机器人同步生产。“我们从设计之初就走柔性化路线，只需在系统切换生产指令，就能快速调整型号和配置，几分钟就完成切换。”乐聚智能助理副总裁曹雨说，硬件层面仅更换末端执行器与特定关节模组，无需重构物理产线；软件层面由系统自动加载对应装配参数与适配程序，无缝衔接。

质量管控从零部件入场时便已启动。针对轮臂、人形等不同品类机器人，质检环节大部分通用，仅根据产品定位调整检测侧重点。曹雨举例，轮臂机器人重点测轮式底盘，看轮子行驶、转向稳不稳定；人形机器人则更关注步态平衡与双臂配合，测试上下台阶、复杂路面能否平稳行走。

在生产线末端，每一台机器人都要接受“上岗体检”——工作人员大力推动机身，机器人要稳稳站立；机器人还能180度转腰、灵活关节屈伸，动作流畅自然；行走、转向、定位，在高精度设备监控下逐项校验。工作人员还会模拟真实场景，对机器人进行多维度测试，确保其能在实际环境中稳定工作，只有全部达标，才能顺利通过考核。

“不在造得多、造得快，量产难在造得稳、造得一致。”东方元启技术负责人介绍，这也是规模化生产的重要考验之一，“在测试阶段多下功夫，是为了不让存在隐患的产品流向市场。”

曹雨表示，人形机器人已在工业生产、商业服务、教育科研等场景初步应用。未来，随着技术不断成熟、场景不断丰富、需求不断扩大，人形机器人将承担更丰富的任务、扮演更重要的角色，而这一切的基础，正是稳定可靠的量产能力。

暨南大学机器人智能技术研究院院长柳宁认为，当前人形机器人仍处于产业初期，受限于传感器、仿生执行机构技术短板，加上成熟商用场景不多，市场大规模订单尚未释放，但长远来看，随着硬件技术迭代、各类落地场景持续拓展，市场需求持续扩容，大规模量产是行业发展必然趋势。

尝试为人形机器人穿新衣

不止外套，还在进化为“皮肤”

本报记者　黄晓慧

“咔哒、咔哒……”上海嘉定区江桥镇的制衣车间里，缝纫机声依旧，但雷文手中的衣物却变了——不再是厚重的工装，而是一件银白色的人形机器人外衣。这件衣服能随着机械臂180度扭转，又能在机器人意外跌倒时，像气囊一样护住昂贵的关节部件。“一条胳膊摔坏了，损失就不小。”雷文仔细检查着人形机器人关节处无缝包覆的细节。

2004年，从老家湖北仙桃到上海闯荡的雷文创办了上海紫羲公司，裁制传统工装。几年下来，他在纺织新材料及服装加工企业聚集的江桥镇扎下根来。随着智能制造的到来，雷文观察到一个现象：一套进口工业机器人的防护服动辄上万元，还要等几个月才能拿到。他带领团队攻克面料耐高温难题，自主研发的焊接、喷涂防护服售价仅为进口防护服的一半，拿到不少企业的订单。

2023年，一名工程师抛出一个问题：能不能做一件高弹罩子？不像工业防护服那样笨重，必须阻燃、透气，能跟随关节弯折不卡死，运动时不脱落，最好还能拆洗。为了啃下这个难题，雷文的制衣车间里搬进了智能排料裁剪、3D激光扫描仪等设备，通过数字化建模模拟机器人各轴运动轨迹来优化版型。

“你看肩膀处。”雷文指着样衣上的无缝拼接处说，“我们加了防滑硅胶条，实际测试中，机器人连做几十个急停，衣服位移不到几毫米。”一次次的技术积累，让公司在机器人产业的急速发展中抢占先机。2025年，公司人形机器人服装出货量1000套，成为宇树科技、智元机器人等企业的供应商。“过去，我们要上门给机器人量体裁衣，现在企业都主动把机器人送来研发新样式。”眼下，公司正联合高校和面料企业，研发可集成温度、压力传感阵列的织物表层，试图让人形机器人的外套具备碰撞检测和体表温感，一点点进化为“电子皮肤”。

在雷文忙着给机器人做柔性外衣时，松江区的一间研发工作室内，针织服装设计师丁罕青正在为机器人手指编织针织套。丁罕青团队的主业一直是研发针织服装，直到去年下半年，一家具身智能公司请他们用针织面料设计机器人的外观。丁罕青回忆：“当时客户需要服装近乎皮肤一样严丝合缝包裹每一个工业曲面，扭转弯折不起皱，为每个传感器接口留孔，让衣服变成可穿戴设备。”

丁罕青团队把早先为时装开发的“3D针织算版”技术移植过来，将机械曲面逐一转为针织版片，选用高弹纱线控制薄厚与回弹，使外衣像皮肤一样附着在机体上，还可拆洗更换。目前，团队接到的机器人“皮肤”订单已与传统针织开发业务持平，客户涵盖具身智能、医疗康复及灵巧手企业。团队正尝试在针织结构中植入导电纱线，结合算法探索压力感知与接触反馈功能。“还在测试阶段，但方向很明确——未来的机器人要能‘感觉’被碰了一下。”丁罕青说。

揭秘人形机器人专用电工钢

0.2毫米迸发的强劲力量

本报记者　王云杉

电工钢，电能与磁能高效转换的核心材料，被誉为钢铁工业皇冠上的“明珠”。

在新能源汽车里，它为长续航与强动力打下基础；在大型变压器中，它支撑电流的稳定输送与高效转换；在高端家电内部，它让能耗更低、运行更稳……从家电到新能源，从特高压到智能电网，薄薄一片电工钢，串联起现代产业的动力脉络。

在河北迁安首钢智新EVI（供应商早期介入）实验室，研发工程师张豹正俯身研究一片样品——0.2毫米超薄人形机器人专用电工钢。

张豹介绍，当前人形机器人加速进化，这款专为机器人量身打造的超薄钢片，厚度仅相当于发丝直径，却能让小巧电机迸发强劲力量，精准适配人形机器人轻量化、高扭矩密度、高功率密度的严苛需求。“一台机器人身上往往搭载四五十个乃至更多的电机，每个电机都离不开电工钢的支撑，助力机器人灵活行走、精准操作、稳定发力。”

相比新能源汽车电机，人形机器人电机体积更小巧、集成度更高，对材料部分性能的要求也更为极致。

例如，高扭矩意味着电机更“有劲”，支撑机器人迈步、举物、完成复杂动作；低铁损则对应低发热、低耗电，让机器人运动时无需复杂的散热系统……“两者之间存在性能矛盾，提升一方往往会制约另一方。”张豹说。

如何在方寸之间破解这一矛盾？首钢研发团队在实验室开展了600多次配方试验，历经10余次工业验证，耗时整整一年，终于在磁感、铁损与扭矩之间找到最佳平衡点。相比市面常规产品，这款0.2毫米厚的专用钢片铁损降低了20%—30%，让机器人电机更小、更强、更高效。

虽然人形机器人眼下仍处于起步阶段，规模化应用尚需时日，但首钢坚持提前卡位，为未来产业的蓬勃发展打下基础。

“2015年，在家电用电工钢卖得最火的时候，我们就意识到新能源汽车处于爆发前夜，毅然转向新能源汽车用电工钢的研发。”首钢智新首席技术专家安冬洋告诉记者。如今，首钢的电工钢产品应用已实现全球新能源汽车销量前十车企全覆盖，国内市场占有率达1/3。

“据估算，每1万台人形机器人约用百吨电工钢，未来人形机器人走进千家万户，这片‘薄钢’将打开千亿元级新市场。”安冬洋说。

从更大的视角看，首钢在细分赛道的深耕，是我国电工钢产业整体向上突破的缩影。

在供给侧，“十四五”时期，我国全面掌握了先进的电工钢生产技术及工艺，特别是新能源汽车电工钢、特高压输配电工程电工钢等高端产品，均达到或超越世界同行先进水平。中国钢铁工业协会数据显示：2025年，我国电工钢总产量约1963.3万吨，同比增长9.6%，占全国粗钢总产量的2.04%。

在需求侧，中钢协科技环保部专家顾问陈卓分析，面向“十五五”，电工钢的需求增长主要来自三个方面——

新能源汽车的持续放量。我国新能源汽车市场渗透率预计将持续上升，是无取向电工钢需求最大的增量市场之一。

电力行业的投资拉动。“十五五”时期我国电网固定资产投资将达5万亿元以上，用于变压器的高端取向电工钢需求有望随之增长。

新兴领域的加速崛起。低空经济中，无人机舵机、飞行汽车电驱动系统等场景，将推动超高性能电工钢等材料的应用。机器人关节电机、扫地机器人等智能终端大量使用小型化、智能化的微特电机，将对电工钢形成稳定需求。

图①：东方元启智能机器人生产车间里，工作人员给机器人“体检”。　本报记者　**姜晓丹**摄

图②：首钢智新电工钢成品库。　**汤丰宁**摄（人民视觉）

图③：工作人员为机器人穿防火工服。　**孙阳阳**摄（人民视觉）

高质量发展在一线·小城宝藏

山西怀仁优化产业布局

为陶瓷不断注入新元素

本报记者　郑洋洋

在山西怀仁市，每天有上百万件日用瓷器从自动化产线下线，销往各地、奔赴海外市场。

走进亿家亲陶瓷有限公司生产车间，智能设备有序运转。环形输送线上，白色石膏模具匀速流转，泥料经设备精准喂入后，上方的滚压头高速旋转施压。数秒间，一团陶泥便被塑造成碗、盘的规整雏形。一旁的气动机械手灵活作业，完成脱模、洗边等工序，修坯、施釉实现全程自动化。

“智能化生产线整合多道工序，生产效率成倍提升，产品合格率稳步上升，工人劳作负担也大幅减轻。”公司负责人刘敏说。

“自动化产线生产在怀仁陶瓷行业已成常态，产业面貌焕然一新。”怀仁市工信局局长尹高峰介绍，“前些年，本地陶瓷企业分散布局、工艺落后，陷入增产不增收的困境。如今，怀仁加大企业技改扶持力度，陶瓷产业加速向自动化、智能化迭代，现有自动化生产线80台（套），智能化水平位居全国陶瓷行业前列。”

怀仁制瓷底蕴深厚，境内留存金代始烧的三处古窑遗址，镌刻着北方陶瓷的发展印记。“除了历史传统，我们的产业优势十分明显：本地煤矸石储量富足，可加工提纯优质高岭土；新中国成立后国营陶瓷厂落地投产，为产业积淀了成熟的烧制工艺。”尹高峰介绍。

为突破产业分散、配套不足的发展瓶颈，2012年，怀仁市规划建设金沙滩陶瓷园区，整合各类产业资源。“我们坚持集群化、链条化发展思路，以省级专业镇建设为抓手，优化产业布局，完善上下游配套。”怀仁市常务副市长田勇表示，当地已构建起龙头引领、分工协作、互补共生的产业体系，告别粗放零散的发展模式。

科技创新，是怀仁陶瓷跳出低端的关键抓手。在锦泰陶瓷有限公司展厅，一件件通透温润的骨瓷整齐陈列，瓷身山水纹饰雅致细腻。公司负责人王希毕拿起两只瓷碗轻轻相碰，清亮的声音缓缓散开。

“不同于普通白瓷，骨瓷素来有着‘薄如纸、白如玉、明如镜、声如磬’的美誉，是公认的高档瓷种。”王希毕指尖轻抚瓷面，灯光映照在瓷盘之上，内底的人手剪影清晰透现。

“颜值出众的传统骨瓷，曾有着难以规避的短板。”王希毕介绍，传统骨瓷胎体偏薄，耐腐蚀性弱，长期使用易泛黄留渍，且无法适配微波炉、洗碗机，日常使用受限。为破解行业痛点，企业持续深耕研发，反复调试原料配比，创新性添加含铷元素的乌兰茶晶石，成功改良研发出第三代骨瓷。改良后的瓷器硬度、透明度、抗菌易洁性同步提升。

一边攻坚高端日用瓷，一边布局文创差异化赛道，怀仁陶瓷走出多元发展之路。

走进福鑫琉璃瓷公司展厅，色彩鲜亮、造型精巧的琉璃构件格外醒目。“我们的琉璃曾用于故宫博物院、北京大学图书馆等建筑的修复。”企业负责人张军介绍。小巧的文创产品“转转葫芦”同样出圈。一件掌心大小的“转转葫芦”琉璃摆件，内置精密轴承，可360度顺滑旋转。

多年深耕培育，怀仁已搭建起成熟完备的陶瓷产业生态。目前，怀仁拥有陶瓷经营主体118家，其中规上企业41家，布设陶瓷生产线123条，年生产能力35亿件，全产业链产值达63亿元，带动从业人员5.6万人。

从土窑粗陶到智能制造，产好瓷、产高质量的瓷，这座北方瓷城正稳步向百亿级陶瓷产业集群迈进。

上半年中老铁路进出口货值171.7亿元

同比增长33.8%

本报昆明7月27日电　（记者**叶传增**）记者从昆明海关所属勐腊海关获悉：今年上半年，经中老铁路进出口货值171.7亿元、同比增长33.8%，跨境贸易持续激活。

进口方面，进口鲜榴莲、山竹、龙眼等热带水果42.2亿元、同比增长25.8%；出口方面，新能源汽车、光伏产品等“新三样”产品出口货值21.4亿元、同比增长3.5倍，跨境电商B2B（企业对企业）出口货值同比增长1.2倍，成为出口增长新引擎。

截至今年6月30日，中老铁路累计开行国际货物列车超2.2万列，进出口货运量1935.3万吨、货值902.8亿元。进出口货物品类从开通初期的10余种，拓展到新能源汽车、热带水果、温凉蔬菜、中药材等3900余种，辐射19个国家和地区，服务国内7000余家外贸经营主体，中国与东盟国家互利共赢的经贸新图景加速绘就。

大型游乐设施安全领域基础性强制性国家标准公开征求意见

本报北京7月27日电　（记者**林丽鹂**）为全面筑牢游乐园和景区大型游乐设施安全底线，规范大型游乐设施设计、制造、安装和使用全链条技术要求，市场监管总局组织修订了《大型游乐设施安全要求（征求意见稿）》，现面向全社会公开征集意见。

作为我国大型游乐设施安全领域基础性、强制性的国家标准，征求意见稿汲取了近年来大型游乐设施事故教训，系统梳理了全国在用大型游乐设施运行痛点，同步对标国际先进游乐设施安全标准，适应行业新技术发展需求，制定符合我国国情的大型游乐设施全生命周期基本安全要求。

征求意见稿坚持以风险防控为导向，遵循安全性、适用性和科学性相统一的原则，对相关技术要求进行了系统修订与完善，力求提高标准的可操作性和前瞻性，增强对行业安全运行的指导作用。

国家级零碳工厂建设工作启动

本报北京7月27日电　（记者**刘温馨**）工业和信息化部近日印发《关于组织开展国家级零碳工厂建设工作的通知》，组织开展国家级零碳工厂（含零碳算力设施）建设工作。

零碳工厂建设是指通过技术创新、结构调整和管理优化等减排措施，实现边界内二氧化碳排放的持续降低、逐步趋向于近零的过程。

通知提出选择具备一定建设基础、建设目标明确、实施路径清晰，并承诺在规定期限内完成建设目标的制造型企业、算力设施，择优纳入国家级零碳工厂建设名单。

建设评估指标体系包括核心指标和引导指标两部分。核心指标是对零碳工厂建设具有基础性、决定性和约束性的关键因素。同时，设置4类8项引导指标，系统引导企业在节能降碳改造、节能装备应用、数字化能碳管理等方面持续提升。

工业和信息化部将不定期对建设单位开展抽查核验，并按照“成熟一批，验收一批”的原则组织验收，通过验收评估的，正式成为国家级零碳工厂。

到2030年全国现代农业气象防灾减灾能力将显著提升

本报北京7月27日电　（记者**蒋雪鸿**）近日，中国气象局出台《现代农业气象防灾减灾业务能力建设方案（2026—2030年）》。

方案明确，到2030年，全国现代农业气象防灾减灾能力将显著提升。国内农业气象灾害风险预警覆盖短中长期，重点区域预警空间分辨率和农业产量预报空间分辨率均达到地块级。具备全球粮食安全气象风险预警能力。农业气象观测基本实现自动化，建成农业气象服务专题数据库。完成新一轮全国农业气候资源普查和区划，形成五大类农业气候区划和25种主要农作物气候区划图谱。

锚定这一目标，方案围绕提升现代农业气象精密监测能力、提升现代农业气象预报预警能力、提升现代农业气象服务能力、提升现代农业气象科技支撑能力、开展现代农业气象服务示范建设等5个方面，明确22项重点任务。

方案将加快构建新型气象为农服务体系，着力提升数智化、场景化农业气象防灾减灾业务能力。

本版责编：吴　燕　韩文榕　黄金玉