

来自智能生产一线的报道

走进三一重工北京桩机工厂——

“钢铁大象”灵动起舞

本报记者 叶子

红色的钻杆高高竖起，在蓝天白云的映衬下显得格外鲜亮——三一重工北京桩机工厂外，一排排高大的旋挖钻机整齐排放，这是工厂的主打产品。除了旋挖钻机，工厂还生产连续墙抓斗、双轮铣、水平定向钻共四大类五十余种型号的产品。这些机械动辄高达数十米、重达上百吨，可谓是“钢铁大象”。

传统印象里，生产这样的重型装备，需要大量人力来搬运、组装、焊接……其过程很难与数字化、智能化联系起来。然而2021年，改造后的三一重工北京桩机工厂成功入选“灯塔工厂”，代表当今全球制造业领域智能制造和数字化的最高水平。

近日，本报记者走进位于北京市昌平区南口产业园的三一重工北京桩机工厂，看看在全球重工行业首家“灯塔工厂”里，这些“钢铁大象”如何灵动起舞。

5G+工业互联网，打造智能工厂数字底座

记者到达桩机工厂时，约为上午10时，工厂里机器轰鸣，正在热火朝天地生产中。戴好安全帽，三一重工北京桩机工厂研究所所长尹言虎带着记者走进厂房内。

在面积达4万平方米的工厂里，共有8个柔性制造工作中心，16条自动化产线，500台设备，工人却没见过几个。在一个个柔性制造工作中心前驻足，记者看到，有的是机械臂正在精准地抓取部件，然后进行装配；有的是配备自动焊枪的机器人，正按着红外线靶点和轨迹进行焊接，火花飞溅。从备料到焊接，从涂装到装配……每个环节独立作业又互相配合，有条不紊。

尹言虎介绍，在数字化改造前，工厂完全是另一番景象：零部件生产主要靠人，每道工序都离不开人，一处不到位就得返工。加上零部件都很“笨重”，工人们围着机械设备爬上爬下，挥汗如雨、满身油污都是常态。赶上生产繁忙时，整个过程就像打乱战。如今，工厂能在工人很少的情况下井然有序地运转，是因为布局了5G和工业互联网。以5G连接为神经，工厂就像打通了的“任督二脉”一般，把肌肉、骨骼、大脑等都协调起来，组成了智能制造的有机整体。

2019年桩机工厂率先部署5G网络基础设施，探索5G与工业互联网深度融合。那时，三一重工提出：“数字化转型要么翻身，要么翻船”，其推进数字化的决心可见一斑。

依托5G技术大带宽、广连接、低时延、高可靠等特性，桩机工厂成功将500台生产设备、传感器和公司自研的“根云”工业互联网平台，焊接、涂装等全部工艺都能覆盖到，这就相当于让大量“聋哑设备”都学会了“听从”指令、“说出”信息。同时，通过“智能大脑”，订单可快速分解到每条柔性生产线、每个工作岛、每台设备、每



▲从空中俯瞰北京市昌平区南口产业园的三一重工北京桩机工厂。
资料图片

▶图为三一重工北京桩机工厂内部的智能化生产车间。
资料图片



个工人，从订单到交付，全流程都由数据来驱动。

以桩机下料区的切割机为例，改造前，工厂中5台等离子切割机需要5名人员现场操作，作业现场环境较差。通过5G+工业互联网建立管理驾驶舱后，8台激光切割机只需2人巡检，现场情况通过5G视频和工业互联网数据实时回传，加工任务的开始、复位、寻边操作等均可远程实施，远程控制延时低于10毫秒。

在工厂中间位置一块超大的可视化屏幕上，可以看到各台机器的实时情况，哪一台处于瓶颈、哪一台效率低下、哪一台暂时冗余，一举一动尽在掌握。甚至三一重工所有桩机产品在各地的运行情况都一目了然。

5G+工业互联网，打造了智能工

厂的数字底座。“虽然我们肉眼看不见，但‘根云’工业互联网平台在日夜不停地计算。”尹言虎说，以前，不同生产系统相互独立，成为数据孤岛，管理难度高。现在，“根云”平台对工厂23000多个数据采集点收集的工业大数据进行计算与分析，可以为每道工序、每个机型等匹配最优参数，优化生产流程。30台高价值加工中心设备通过动态识别和效能分析，能优化转速和负载等关键参数，机床产能提高了5%以上。

“手臂”“眼睛”“飞毛腿”，助力“柔性智造”

除了看不见的“神经网络”，工厂里还有看得见的“手臂”“眼睛”“飞毛腿”……

作为重型装备，桩机机械的生产模式属典型的离散制造，多品种、小批量、工艺复杂。更大的挑战在于，工件又大又重又长，例如170多种钻杆中最长的有27米，20多种动力头中最重的达16吨。

尹言虎介绍，基于这种情况，桩机工厂自行研发生产控制系统，通过应用模块化技术，将产品拆解为独立部件或模块，并对各模块进

行独立设计、组装、测试和维护，使自动化产线在投资最少的条件下根据不同的订单、工况快速调整，实现多种产品混线生产。

顺着尹言虎所指的方向看过去，在加工不同机型时，机械臂确实会自动选取最合适的工装夹具。机械臂是如何做到快速识别、抓取和装配不同型号工件的呢？原来，“聪明”的“手臂”，离不开“慧眼”的助力。

机器视觉系统，就是工厂内无处不在的“慧眼”。借助2D/3D视觉传感技术、AI算法以及高速的5G网络，桩机工厂实现了智能工业机器人在大型装备自适应焊接、高精度装配等领域的深入应用。

数字化改造的道路并非一蹴而就。此前，团队在设备上安装高清摄像头时，位置放低了生产场景拍不全，放高了图片分辨率又不达标，再加上机械振动、光线反射等噪声干扰，要反复调试才能选准数据采集点。通过不断摸索，团队决定采取先拍照再修正的办法，利用图像模式识别、2D/3D视觉定位技术等，精准识别工件的种类和位姿，再由“智慧大脑”指导机械手平稳作业。

有了“慧眼”后，工厂解决了

“16吨动力头的无人化装配”“厚40毫米、宽60毫米的钻杆方头多层单道连续焊接”等多个难题。有工人打比方：“就像戴上了高清眼镜，拿菜的手和切菜的刀都更有准头了”。

现在，桩机工厂可生产50余种机型，“柔性智造”水平全球领先，让“大象”灵动起舞。工厂的订单来自全国各地，有时候，客户根据施工场景定制的非标型号，一年下来也生产不了几台，但智能工厂依然可以“从容”接单。从“刚”到“柔”的转变，让生产潜能得到极大发挥。相比于改造前，桩机工厂的产值翻了一番，总体生产设备作业率从66.3%提升到86.7%，平均故障时间下降58.5%。

在工厂里，记者还发现，地面上有许多二维码。“这是供AGV（自动导引运输车）小车识别用的。”尹言虎说，智能工厂还应用了物流调度系统，系统将生产计划依据生产工艺生成拣配任务清单，立体仓库同步执行拣配工作，物流机器人将物料送至对应工位，全流程数据实时传输。“这样一来，从原材料入库到成品发货，全过程都能实现生产自动化，拣配效率提升75%，拣配周期由2天缩短至4小时。”

不同于汽车制造、服装生产等

其他行业，为了适配桩机工厂的特殊需求，数字化改造的不少功能都是专门定制。例如，钻杆是桩机的核心工作部件，单节杆长度27米，重8吨，在以往的生产中，都是采用“叉车”“行车”进行工序间的转运，效率低、安全隐患大。为此，工厂首创双车联动物流机器人，基于5G和激光定位的重载物流机器人，可以实现双车同步举升、同步行进，定位精度小于10毫米，轻松完成超长重型物料的自动配送及上下料。

这些来去自如的物流机器人，可谓工厂里的“飞毛腿”。“我们的自动化焊接线物料全部由物流机器人搬运后，钻杆缓存区的面积由200平方米下降至80平方米，钻杆焊接的生产准备时间也由17分钟下降至8.5分钟。有了‘飞毛腿’，高效又安全。”尹言虎说。

老师傅带出机器人“徒弟”，人机协同更高效

面对这么多复杂工序，机器人上岗，能与老师傅的工艺媲美吗？尹言虎笑着告诉记者：“完全不用担心，这些机器人也成了老师傅的‘徒弟’呢。”

以焊工为例，传统焊接方式工人劳动强度大、效率低，桩机工厂就收集了焊接工程师数以万计的焊接记录，形成一个焊接工艺的数字模型，将工程师成熟的焊接经验参数化，编制到机器人焊接程序中，让工匠技术在人机之间实现传承。

以前，有个工位对于技能要求比较高，如果焊工技术不过硬，焊接出来的产品在使用时容易断，因此这个环节一直由两名老工人“操刀”。老师傅做出来的产品合格率高一些，但难免还是会出现瑕疵。现在换上了机器人“徒弟”，在老师傅的经验帮助下，产出更稳定。工厂还请来了外部的焊接专家，对这些参数进行指导和验证优化，并通过检测焊接效果实现生产工艺升级迭代。在大家眼里，今天工厂里的许多机器人也成了“脑子聪明、眼疾手快的工程师”，成为经验丰富的“老师傅”。

机器高效运转，工人也各司其职。记者在工厂里遇到徐建磊。工厂数字化改造前，他是一名焊工；如今，他成为一名机器人调试工程师，负责现场机器人编程、调试、异常处理和自动化设备的技术支持。例如，有些设备运行时间久了后，会出现微小的偏差，这个时候就需要他去优化程序。

“听说工厂要进行数字化改造，我们大多数工人的第一反应是担忧，害怕自己没工作了。”徐建磊坦言，自己也曾忧虑过未来发展，后来他参加培训、不断学习，从一线焊工，变成了“看机器人的人”，忧虑随之消失。在4万平方米大的工厂里，一天步行两三万步对徐建磊而言是“标配”，不过他很喜欢现在的工作。“工厂变得智能化了，我们工人也学习进步了。以前我只会单一的焊接工种，现在学会了操作自动化产线，技能提升了，收入也有提升，未来更有前途。”徐建磊说。

事实上，桩机工厂在数字化改造过程中并不追求完全的无人化。尹言虎解释说，工程机械行业周期性较强，导致企业用工弹性较大，淡旺季招工数量不一；此外，以前工人工作强度大，工作环境也需要提升。数字化改造后，传统的劳累活、危险活不再需要人力操作，工人的劳动强度降低，工作舒适度提升，连带着产品性能和质量也会提高。从这些角度看，数字化改造是很有必要的。但是，数字化改造离不开提高生产效率、降低成本这个核心，如果有的工序更合适人机协同，那就还是保留人工的岗位。数据显示，在桩机工厂，人机协同下的重型工件劳动生产率提高85%，生产周期缩短77%。

如今，三一重工桩机工厂的诸多数字化经验已实现能力外溢，持续对产业链伙伴和行业赋能。



杨继波摄

近日，青岛智能制造装备产业链百亿级大项目——潍柴（青岛）智慧重工智造中心项目（如图）顺利投产。项目总投资103亿元，建设用地面积469亩，总建筑面积20.5万平方米，由中建八局承建，主要包括联合厂房、精饰车间、发运车间、试验车间及各种附属设施。项目的投产，将带动超2000人就业，实现年产各类高端大型挖掘设备23000台，填补青岛市在重型机械智能制造领域的空白，对于促进人工智能与装备制造产业的深度融合和加速青岛实体经济振兴具有重要意义。



11月18日，在重庆市垫江县高新区一家公司的数字车间内，机器人在生产线上进行生产工作。
孙凯芳摄（人民图片）



11月29日，在江苏省扬州市市汽轻量化（江苏）汽车技术有限公司的智能工厂内，智能搬运机器人正在进行搬运作业。
孟德龙摄（人民图片）