

国内首条生产线投产,年产能力可达3万台 芯片原子钟 不再“卡脖子”

出奇“制”胜

◎本报记者 陈曦

“嘀嗒”“嘀嗒”……日常生活中,时钟的精准度依赖于钟摆有规则地摆动。但时钟精度再高,每年也会有1分钟左右的误差。虽然对日常生活没有影响,但在对时间精度要求很高的生产、科研中,则需要更准确的计时工具。

目前,世界上最准确的计时工具就是原子钟,其精度可达到每2000万年误差1秒。近日,国内首条芯片原子钟生产线在天津滨海高新区企业——天津华信泰科技有限公司(以下简称华信泰)落成投产。该生产线的年生产能力可达3万台,它的投产表明我国在芯片原子钟领域打破了国外垄断,突破关键器件“卡脖子”问题,满足了相关领域的迫切需求。

芯片原子钟“个子小”、精度高、功耗低

原子钟利用原子吸收或释放能量时发出的电磁波实现计时。这种电磁波非常稳定,再加上一系列精密仪器的控制,保证了原子钟计时的准确性。目前用于原子钟的元素有氢、铯、铷等。

最初原子钟是物理学家创造出来用于探索宇宙本质的仪器。然而,随着科学技术的进步,时频精度的重要性日益凸显,听起来高大上的原子钟也越来越“接地气”。比如,我们所熟知的北京时间,就是全世界150多台原子钟共同计时并加权平均后的结果。各种电力系统、通信系统都离不开高精度的原子钟。

然而,由于体积大、功耗高、价格贵,原子钟未能真正进入普通电子类消费市场。

“芯片原子钟的出现解决了这个问题,其体积小、功耗低、精度高、可量产,很好地填补了传统原子钟的市场空白。”华信泰董事长梁小芄介绍,芯片原子钟是利用量子物理学的相干布局囚禁(CPT)原理制造的一种新型原子钟——由于不再需要微波谐振腔器件,因此可以真正做到微型化。

相比于传统原子钟,芯片原子钟是目前唯一能够用电池供电、长时间工作的原子钟。作为电子信息技术中时间频率技术领域的核心基础器件,芯片原子钟的应用前景十分广阔,从航空航天、卫星导航,到通信、海底勘探、物联网等领域均可使用。

打破国外垄断实现自主创新

芯片原子钟是一种高精度计时装置,生产工艺非常复杂。在此次华信泰芯片原子钟生产线投产之前,全球仅有一家美国公司实现了芯片原子钟的规模化生产。当时,国内用户想要购买国外的芯片原子钟,“买不起”“不好买”是常态。



技术人员正在为生产芯片原子钟进行筛选工作。受访单位供图

为打破这一垄断局面,华信泰的研发团队从2010年起,就承担起了芯片原子钟项目的研发工作。

“芯片原子钟是微系统技术与量子物理的典型结合应用,跨学科、跨专业,涉及物理、化学、材料等众多领域,研发难度很大。主要技术难点集中在真空封装和微系统集成技术上。”梁小芄举例,比如在真空封装研发方面,他们经过几百次尝试,反复斟酌调整结构设计、对比尝试材料选取和温度设置、不断改善工艺条件等,才最终达到目前高良品率的封装效果。

梁小芄指着比家庭常用的小闹钟还要小的芯片原子钟说,华信泰历时10年研究,潜心攻关,通过自主研发,突破了芯片原子钟的关键技术,所生产的芯片原子钟产品全部具有自主知识产权。

芯片原子钟不仅要在技术上取得突破,还要有实现量产的能力。“在进行海底石油勘探时,可能需要把几十个芯片原子钟安放在海底勘探节点上,这就需要我们有规模化生产的能力。”华信泰总经理刘瑞元说,“我们对规模化生产工艺的摸索也是从零开始,比如芯片原子钟的真空封装工艺和贴片工艺等,精度都达微米级,稍有差池就会导致产品稳定性和一致性变差。”

历时4年,华信泰完成规模生产的工艺摸索。这种制造方式对于厂房空间、配套设施等软硬件环境的需求格外苛刻。为了加快公司芯片原子钟产业化落地速度,从2021年开始,天津滨海高新区在“党建引领 共同缔造”理念指导下,与华信泰团队就选址问题进行了多轮对接,最终找到了兼具区位优势、厂房挑高优势、厂区配套设施优势的厂房进行落地。

厂房中,供电设备、空气净化设备、废水废气处理设备等等8套大型设备占据了厂房面积的三分之二左右,而这些设备全部服务于用来生产的400平方米洁净间。

国内首条芯片原子钟生产线由光刻机、真空包装机、深硅刻蚀机等设备组成,可实现芯片原子钟器件生产和检测、物理系统真空封装、芯片原子钟性能测试等全套生产流程,具备年产万台的生产能力。

芯片原子钟量产可带动其他行业发展

别看芯片原子钟个头不大,但以前依靠进口时价格不菲。“生产线建成后,大规模生产可大幅度降低芯片原子钟的成本。”刘瑞元对科技日报记者说。

芯片原子钟实现量产,也推动了很多行业的发展。比如可推动海底勘探节点(OBN)的应用,从而使我国海底石油勘探发生革命性升级。

梁小芄举例说,进行石油勘探时可在海底投放上万个以芯片原子钟作为核心器件的OBN,每一个节点都严格要求时间同步。而且在海底布放时间比较长,对电池的依赖性比较大,芯片原子钟的低功耗正好可以满足这一点。利用以芯片原子钟作为核心器件的OBN进行勘探较传统勘探方法成本更低、精度更高,而且还进一步扩大了勘探面积。

梁小芄表示:“这条生产线的投产,不仅标志着我国长期被国外垄断的芯片原子钟‘卡脖子’技术实现了突破,更重要的是成功将技术产品实现了产业化。下一步我们将根据生产需求、应用需求进一步扩大产能。不久的将来,公司将建设年产十万台乃至百万台的生产线。在研发方面,我们也会紧扣国际国内趋势,对产品进行升级,不断更新换代,推出更先进、体积更小、功耗更低的产品,力争走在国际前列。”

浙江青田:传统阀门产业上演数字化“突围”

◎洪恒飞 杨兴华 本报记者 江耘

“花4个月时间改造,让产品一次性合格率提高了30%,所有设备的生产数据一目了然。原来2名财务人员要用20多天结算工人工资,现在只要2天就可以完成,公开透明且没有纠纷。改变还不止这些……”谈及企业数字化改造的新成效,浙江瑞兴阀门有限公司董事长林建勋为兴奋。

近日,在浙江省丽水市青田县举行的智控阀门产业链提升暨中小企业数字化改造现场会上,科技日报记者了解到,当地借鉴浙江省其他地区“N+X”(“N”为细分行业基础数字化应用场景,“X”为企业个性化应用场景)数字化改造经验,结合产业发展现状,创新实施“6S”(即整理、整顿、清扫、清洁、素养、安全)精益化规范提升,对生产要素进行有效管理,形成了“N+X+6S”的推广模式。

2023年上半年,该县智控阀门产业总产值达19.2亿元,同比增长17%。部分企业甚至实现了产值翻番,数字赋能产业高质量发展成效显著。

构建改造工程“四梁八柱”

素有“九山半水半分田”之称的青田,是浙江省山区26县之一,却在相当有限的工业土地上,构建起以全球特种钢、时尚休闲、智控阀门等六大产业为支撑的现代生态工业体系。

浙江省智能制造专家委员会副主任、秘书长卢耀辉介绍,阀门产品在能源、冶金、制药等行业有广泛应用。经过半个世纪的淬炼,青田传统阀门产业如今以高端成套、高效节能、环境智控为方向,主攻生产成套阀门装备、进口替代铸件、关键部件等产品,但囿于区位条件,存在成本优势不足、利润空间有限、招工留工困难等问题。

2022年7月,浙江省人民政府办公厅印发《推进细分行业中小企业数字化改造行动方案》,提出根据细分行业共性和企业个性需求,打造数字化改造“N+X”应用场景。

“数字化是智控阀门产业转型升级的必由之路。去年8月以来,我们选择在这一细分行业先行先试,最终精选3家试点企业作为样本。”青田县经济商务局局长刘会荣介绍。

随后,青田县委、县政府制定《智控阀门产业提升三年行动方案》《阀门行业数字化改造实施方案》《阀门行业规范管理(6S现场管理)提升实施方案》《关于加快推进阀门产业链高质量发展的若干政策意见》系列政策,于去年11月全面启动实施智控阀门产业集群“N+X+6S”数字化改造。

成立于2004年的浙江瑞兴阀门有限公司,随着多年发展,仓库配件品种增多,但存放空间有限,未能有效进行精细化管理,长期依靠工人记录配件品种数量和摆放位置,仓库的高低库存(即最高库存量和最低库存量)不能得到有效控制,大大增加了库存成本。

“有时1个配件要找半天,效率极低。”林建勋介绍,作为试点企业进行数字化改造后,公司配件仓库有16000个物料号通过平台进行仓储管理,可精准定位每个配件的位置,并且实现库存高低位自动报警,库存积压成本降幅达25%。

刘会荣说,青田首先通过公开遴选确定杭州物源科技有限公司为智控阀门数字化改造总承包商,梳理出该行业9项共性和8项个性问题。随后在浙江省智能制造专家委员会的指导下,青田全方位整合资源,组织中小企业分类分批参与,企业、技术、政府三方形成合力,基本构建了数字化改造生态的“四梁八柱”。

样本推广坚持实效为先

青田县注重结合行业特点,引导智控阀门企业开展生产要素的“6S”整顿,包括优化厂房基建布局、科学规划物流通道和路线、建立二维码流转卡体系等,以此提升数据的准确性、物料流转的效率,为实施“N+X”改造夯实基础。

“9个共性问题中,订单交期难保障是关键问题。比如,作为数字化改造试点企业之一的浙江江正阀门科技股份有限公司,原先加工周期延长可达15天之久。”杭州物源科技有限公司董事长吴伟伟说,定制化程度高、采购零部件迟滞、自制零部件的在制品积压、与装配计划进度不匹配,是订单交期不可控的主要原因。

记者了解到,浙江江正阀门科技股份有限公司累计投入600多万元,历时4个多月进行自动化改造和“N+X+6S”数字化改造,其中在数字化改造上投入资金110万元。浙江江正阀门科技股份有限公司副总经理邹晓波介绍,经过“N+X+6S”数字化改造后,生产平台与集成化管理信息系统(ERP)进行系统集成,工单生产进度可实时查看,生产过程异常有即时提醒……数字化改造直接提升了材料领用、配送的效率,降低了生产作业的错误率,增强了与客户的黏性,准时交货率提升20%。

青田县委副书记、县长潘伟认为,在数字化改造中,政府搭台,企业唱主角,需要企业家坚守实业,做强主业,心无旁骛扎根实体经济,牢牢抓住政策窗口期。

卢耀辉说,在外部环境复杂多变、企业内部压力渐增的环境下,很多中小企业出现了订单下降、客户流失、利润下降等情况,导致一些企业数字化改造动力不足。但一些上游企业对下游企业有数字化要求,在此背景下,山区县增强企业数字化改造意识尤为可贵。

卢耀辉表示,数字化改造是企业提质、降本、增效的关键一招,必须以实效为先。试点企业要有好的绩效,数字化改造才能高效率推广。



在浙江瑞兴阀门有限公司内,员工正在进行产品终检。洪恒飞摄

“江城先锋号”盾构机掘进突破1000环 创新技术助“基建蛟龙”下穿长江

◎本报记者 吴纯新
通讯员 曾斯 王晓煥 史庆东

近日,在长江江底30米处,随着又一环管片拼装完成,“江城先锋号”盾构机掘进顺利突破第1000环(环,即盾构掘进的距离单位,该盾构机属于大直径盾构机,1环为2米)。

这标志着武汉地铁12号线全线控制性工程——国博中心南站至凌吴村站(以下简称凌国区间)越江盾构区间

已完成大半。

创造全断面泥岩地层单日掘进纪录

凌国区间为单洞双线隧道,设计全长3373.667米,隧顶最大埋深42.8米,水压最高达0.5兆帕。

江底地质情况复杂,业内公认掘进困难的泥岩等高黏性土层段总长约2.2千米,盾构机需在高水压条件下,长距离穿越江底复杂地层,同时需下穿鸪鹑堤、武

金堤等多个风险源,施工难度大、风险高。

凌国区间由武汉地铁集团有限公司、中铁开发投资集团有限公司参与投资建设,中铁隧道局集团有限公司承建。2022年7月,“江城先锋号”盾构机开始掘进,到今年3月初突破500环,如今不到半年就突破千环大关,取得里程碑式突破。这一结果离不开盾构机制造团队和项目施工团队的辛勤付出,也印证了我国盾构装备制造和盾构工程水平达到国际先进水平。

武汉地铁业主代表雷凯介绍,针对角砾土地层刀具磨损过快问题,团队联合刀具厂家对刀具进行针对性设计,提高刀具整体性能,延长其使用寿命;针对泥岩地层刀盘结泥饼这一世界性难题,团队对盾构机前期刀盘、刀具进行了针对性设计,创造了全断面泥岩地层单日掘进18米的施工纪录。

武汉地铁12号线全长59.9公里,设站37座,经过7个中心城区,可与18条线路实现换乘,线路两次穿越长江,一次穿越汉江。建成后,将有效提升环线客流吸引力,缓解中心城区客流压力,对加快城市经济发展、完善城市综合交通体系具有重要意义。

国产大直径盾构机长江“试水”

本次下穿长江的“江城先锋号”为大直径泥水平衡盾构机,开挖直径为12.56米,相当于4层楼高,开挖断面是常规地

铁盾构机的4倍;总功率约为7000千瓦,与和谐号动车组的总功率相当;整机推力约为16000吨,相当于长征五号运载火箭的11倍;整机重达2900吨,总长约105米,是名副其实的“基建蛟龙”。

“江城先锋号”盾构机由中铁隧道局集团有限公司与中铁工程装备集团有限公司共同研发制造,采用中国技术、中国标准,在武汉生产组装。这是武汉地铁建设史上第一次采用国产大直径盾构机下穿长江。

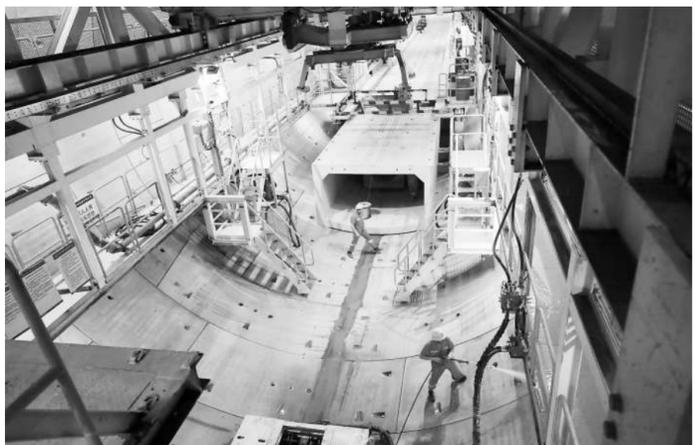
由于需穿越长江江底,地质条件复杂,盾构区间长,水土压力大,给盾构机刀盘掘进和环流渣带来极大挑战,增加了整机设计及制造难度。

在加工制造过程中,建造团队使用数控双柱立式车铣床、数控火焰切割机、数控等离子切割机等多个大型专用设备,针对50%以上的泥岩地层特性,增大开口率,有效降低结泥饼的概率。

同时,建造团队为盾构机配置了压力自动补偿、高效泥浆循环出渣系统等,通过改良刀盘环流系统,安装高压水刀装置,增强刀盘的泄渣能力。2021年12月,为武汉地铁12号线下穿长江定制化研发的“江城先锋号”在武汉顺利下线。

在20世纪90年代,国内盾构机几乎全部依赖进口,关键设备、技术受制于人,相关建设项目进度也常常被搁置。

在科研人员和专家学者的共同努力下,如今与“江城先锋号”类似的国产盾构机不仅服务于国内的多项工程,还出口全球多个国家。



“江城先锋号”盾构机作业人员正在清理设备。

袁永华摄