

西门子成都工厂：数字化最耀眼的注解

撰文 / 吴双

历史上的 1913 年，福特汽车创造了世界上的第一条自动化生产线，让“每个人都拥有一辆汽车”的平等主义理想照进现实。一百年后的初春，中国第一条秉承德国原汁原味的数字化生产线，西门子自动化产品生产及研发基地（SEWC）在成都建成投产，在中国大陆开辟了数字化集成的新型生产方式。五年过去，西门子成都工厂已经接待了超过 3 万名各界人士的观摩，但是对很多人来说，这个“中国最智能的工厂”依然保持着神秘的面纱。

获评“灯塔工厂”，打造自动化柔性生产样板

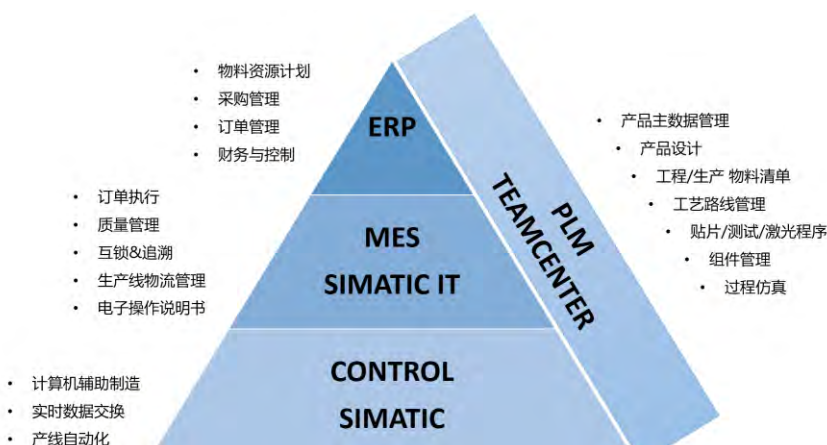
世界经济论坛（WEF）今年下半年公布了全球 9 家应用第四次工业革命技术、实现生产现代化方面有突出表现的“灯塔工厂”，SEWC 为其中之一。在灯塔工厂评价组看来，西门子成都工厂的亮点在于充分实现了工业 4.0 的众多技术，包括利用 3D 模拟、MES 系统、增强现实等技术提升了设计、生产和运营环节的灵活性，在大幅提高产量的同时实现了周期缩减和全过程追溯。

实际上，SEWC 在工业 4.0 的探索不止于此。通过 PLM、MOM、TIA 等数字化企业套件与工业通讯、工业安全以及工业服务

之间的协同，成都工厂实现了从研发设计到制造过程、质量管理的高度数字化，整个生产环节的自动化率达到 75%。

西门子认为，工业数字化的基础在于工程设计，而工程设计最新的趋势则是融合。对此，成都工厂通过 Siemens NX 软件对虚拟与现实进行融合，这款集成了 CAD、CAM 和 CAE 功能的交互式系统能够高效实现结构、运动、热学和流体等应用领域的多学科仿真，大约节省了 90% 的编程时间。研发人员利用该软件进行概念设计、三维建模及模拟组装，从而将对产品的构想完整投射到数字化世界中。

产品生命周期管理（PLM）平台帮助成都工厂实现



资料来源:SEWC

了开发设计和生产领域的无缝对接。该平台上一款名为 Tecnomatix 的软件能够对制造流程和生产系统进行虚拟仿真及验证,并利用集成化生产线规划工厂布局和相关细节。这与成都工厂的“可重构工厂”的理念不谋而合,车间内的设备根据该软件的仿真结果可以进行灵活移动,保证产线与工艺间始终维持良好的适配度,从而不断提高制造精度和效率。

从 MES 系统生成并下达电子任务单开始, SIMATIC IT 系统就会对产品路线进行全程规划,并根据沿途的传感器扫描和 RFID 识别结果作出相应指示。同时,每一道工序的末端还会有机器视觉设备对产品进行光学检测,通过与后台数据、图像进行比较,对贴片位置、焊接精度等质量信息作出准备判断,以此引导产品进入下一个步骤。而在经过大约 20 个质量控制点后,产品将会搭载自动引导小车通过集成轨道达到包装工站,该工站会扫描确认产品是否通过所有检测,并根据相应结果作出开始自动包装或停止任务的判断。

比起打造一个智能制造的样板工厂, SEWC 更追求实实在在的效率。由于 MES 系统可以自动根据生产工艺捡取对应的产品和原料,成都工厂里已经高度实现了“混线生产”。几乎每条生产线上都能够实现不同的工艺或者生产、装配不同的产品,仅就笔者所见,某条 SMT-THT-ICT 生产线的产能已经达到了 600 万件。而得益于生产资源的有效配置和防呆系统的清晰指令,这些生产线在实现高度柔性化的同时也遵循着严格的质量标准,过去 5 年内工厂的产品合格率高达 99.999%,及时交货率也保证在了 99% 以上。

值得关注的是,成都工厂内部已经形成了“自增长”的高效闭环。虽然工厂里的设备很大一部分是由外部厂商根据西门子提供的参数规范和技术图纸进行定制或集成,但是作为西门子工业自动化产品的生产基地和研发中心,相关 PLC 软硬件则全部来自于自主研发制造。这也就是说, SEWC 生产的 SIMATIC 产品很可能会直接流向成都工厂的下一条新增产线中,进而对生产环节进行控制。而这一过程的实现在很大程度上依赖于产品制造过程中向 SIMATIC IT 系统反馈的数据,这些数据不仅是柔性生产的关键,也反过来为研发验证提供了有力支撑。

突破空间限制,仓储物流快、准、省不同于大多数智能仓库动辄数亩的占地面积,成都工厂立体仓库的布局极为紧凑。这个高达 18 米的二层空间乍看之下十分平淡,但是这里容纳了将近 4 万个物料存放盒,却是让同类设施望尘莫及,

借助于数字化物流的理念,实现了“小空间、大肚量”。

建成之初的成都工厂只有 3 个货架。这两年来,随着产能逐渐扩大并扭亏为盈,仓库也顺利按照设计之初的构想进行了升级,此前预留的大量扩展槽和圆孔接口派上用场,为升级时增添和调整设备提供了重要的环境条件。而如今,仓库内的 7 个巷道均已经开展有序作业,并由 12 名员工以每班 4 人的方式进行轮值管理。

所有物料的管理流程都依托于西门子自主开发的仓储物流系统进行,该系统已经集成了包括卸货、重包装、入库、回库、检验、传输在内的自动一体化,只需要一个简单的指令就能够实现整个物料流的传输存取。

具体来看,成都工厂的存放捡取是通过“堆取料机”用数字定位抓取的方式实现。ERP 系统接到订单指令后,会自动计算物料消耗及补给需求并告知仓库补库和取货,这一过程的运动控制精度很高,相应的存取速度达到每小时 120 箱。而对于经过装配的产品也是如此,通过数据读取,产品会通过无缝对接的集成轨道和升降井传送至指定位置。无论是原料出库还是产品入库,整个物流过程都控制在了 15 分钟以内。

除了主体仓库外,成都工厂还分别在一期、二期车间内设立了 3 个高度自动化的中转仓,用于中间品或原材料的暂存。中转仓可以通过左右、上下的多向移动,实现物料在生产线与车间之间的转送,往往加工好的电路板和其他零部件会在进入装配线之前先行在这里进行存放一小段时间,等待装配线配置产能。如此一来,也实现了生产周期的有效衔接和过渡。

比起一味追求如梦似幻的全自动化,成都工厂的建设充分地考虑了投入产出之间的平衡,并以此确定了人机协同的整体模式。目前,厂内物料流的自动化率在 90% 左右,这是由于集成轨道的承重及工业电脑的产能都相对有限,IPC 及其结构材料都统一通过人工进行搬运堆放。随着该类产品扩产, SEWC 打算适时引入 AGV、IGV 小车等智能设备代替人工。所有的投入,都是以效益最大化为前提。

从“黑箱”走向透明,形成信息闭环

比起打造全自动化的无人工厂, SEWC 似乎更想对数字化进行实体定义。依托成熟的数字化企业套件,成都工厂里已经实现了数据智能的全周期应用,信息流在这里实现了自由畅通,形成了从数据集成到分析预测再到决策控制的智

能闭环。

从某种角度来看, SEWC 就像是一个开放式的黑匣子, 满满当当地记录着这个空间里形成的全部信息。有些信息依托于无线射频标识直接附着在产品、元器件上, 经过解析之后沿着生产流程进行传递; 另外一些信息则被记录在数字化软硬件、工业以太网这类的基础设施上, 例如在 Siemens NX 中设计完成的产品模型和参数信息, 会通过计算机辅助制造 CAM 系统输送至对应的生产线, 成为引导、优化生产, 实现数据驱动型制造的工具。

Teamcenter 可能是成都工厂里最重要的中枢。无论是传感器通过 RFID 标签识别出的产品信息, 还是工业以太网检测采集到的设备状态, 最后都会统一集成到该数据中心。通过 Teamcenter, 实时更新的数据流不仅能在 SEWC 的开发人员、产品工程师、生产工程师以及仓储管理人员之间进行交换共享, 还能进一步实现与安贝格工厂以及外部供应商的互联互通, 从而有效地提高了沟通和开发效率, 并使产品的上市时间平均缩短了 50% 左右。

在成都工厂, 信息之间的交互是一个无缝集成的过程。储存在 Teamcenter 上的产品基础数据和更新信息会自动映射到 ERP 系统当中, 后者将接收到的信息比对分析后会制定相应的生产计划下达至 MES 系统进行分解, 进而生产电子任务单以指导车间作业。整个过程, ERP 都会持续向 MES 抓取大量的实时数据, 对物料管理情况和生产制造过程进行监测跟踪。进一步地, 这些数据还会以可视化的形式传递到对应的质量系统里, 支撑工程师们快速定位、解决问题。而随着数据在流通循环中不断形成增加值, 成都工厂也在逐步跨越原有生产方式的极限。

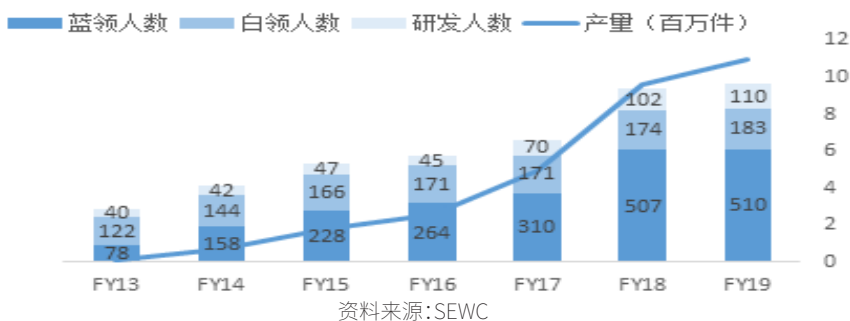
交出第一份五年答卷: 产量年均翻番

在刚刚结束的 2018 财年, 成都工厂实现了每 3-5 秒下线一件产品的生产率和百万分之 6.1 的不良率, 平均每天加工 1000 万个元器件, 生产将近 4 万件产品, 全年设备意外性停机不超过 40 小时, 系统有效性达到了 95% 以上。而如果对比投产之初的 2013 财年, 可以发现, 除了产量实现年均翻番, 能耗、不良率、原材料种类等指标的优化曲线也非常明显。从数据来看, SEWC 交出了一份不错的答卷。

和德国的姊妹安贝格工厂相似, SEWC 也负责研发和生产 SIMATIC 工业自动化系列产品。其中最主要的是 PLC 可编程逻辑控制器, 占据了成都工厂约 70% 的产能, 这些产品性能稳定, 可扩展性强, 已经可以实现对六轴机器人的全面控制, 在下线后将会通过苏州和纽伦堡的物流中心发往世界各地, 供应于各领域、各类型的工业制造过程。其他从成都工厂诞生的产品还包括 SIMATIC HMI 人机交互界面和 IPC 工业电脑等, 大多也都是模块化的产品, 也因此可以通过利用数字设施进行标准化生产、组装提高生产效率。

正如前面提到的, 西门子倡导人与机器的紧密协作, 产业工人在成都工厂扮演着至关重要的角色。在 7x24 全年运转的生产模式下, SEWC 目前雇佣了 510 名蓝领人员, 约占全部人员的 60% 左右, 有些操作员、技术员可能不直接从事生产作业, 但是在计划、质量、采购和物流等环节中不可或缺。与此同时, 随着人均劳产率不断提高, 成都工厂对于蓝领人员的需求开始趋稳趋缓。

非常有意思的现象是, 研发人员的数量伴随着 PLC 市场进入迭代周期, 在未来一段时间内正在极速增加。这是一个非常积极的信号, 意味着成都工厂已经开始向新阶段的智能而跨越。



事实上, SEWC 的发展速度快于人们的预期。原定于 2019 年建设完成的二期厂房目前已经全面投产并满负荷运行, 只是西门子并不打算止步于 10 亿元的投资规模和 5.1 万平方米的建筑面积。随着三期项目获得政府批复并开始紧锣密鼓的筹备, 成都工厂计划继续扩大生产规模, 不断增强研发实力, “数字化工程”还将升级。

数字化背后, 西门子成都工厂的组织文化同样具有特色。为促进员工转换思维方式, 激发点燃创新烈焰的火花, 成都工厂发起了“3i (创意、主动、冲动)”计划, 鼓励员工在工艺、技术和日常运营中的创新, 并每月遴选出 best practice 进行

公开表彰奖励。同时，SEWC 提倡推行零伤害文化，楼道里的安全绿十字信息栏上显示，截止笔者访问日前的 500 天里，成都工厂未发生任何损工事故。

归根到底，SEWC 的全部探索都是为了可持续发展。为了降低能耗和成本，成都工厂在设计之初就采用了节能泵、气候控制系统和高能效照明系统等智能楼宇技术，大约每年节省电费 12 万欧元，耗水量和二氧化碳排放量相对于类似建筑物分别降低了 2500 公吨、820 公吨左右，是成都首个获得能源和环境设计先锋（LEED）金牌认证的工厂。在此基础上，每个财年初西门子都会对 SEWC 下达具体的能耗目标值，从建筑物照明及插座用电到餐厅废弃物再到打印纸使用情况都是重点的监测和考核对象。可以说在一定程度上，精益管理就是成都工厂发展茁壮的隐形基石。



资料来源：笔者整理

雄心之上，数字化帝国版图初现

西门子正在工业软件的路程狂飙猛进。从 2006 年收购 UGS 开始到现在，西门子共投入上百亿美元收购了 28 家数字化软件公司，成为在数字化全价值链上拥有最完整业务组合的庞大集团。

正如在成都工厂所见，目前西门子的数字化企业套件已经依托产品生命周期管理系统 PLM 和制造运营管理系统 MOM 覆盖了企业层、管理层、操作层、控制层到现场层的全部环节，并进一步地基于 TIA 系统实现了全集成自动化。西门子的最新财报显示，这些数字化产品及服务在 18 财年第三季度为该集团贡献了 54% 的同比利润增长率，很大程度上弥补了能源等传统板块的疲软表现。

而对于未来，西门子正在围绕全新的物联网操作系统 Mindsphere 进行布局，在物联网集成服务市场领域，将再雇佣 1 万名员工。9 月下旬，西门子就该系统落地中国的技术路线及实施方案和阿里巴巴达成了协议，预计在明年初发布面向内地市场的“MindSphere on Alibaba Cloud”。此

前西门子刚刚收购了云原生低代码应用开发平台 Mendix，帮助编程人员通过图形的简单拖拽完成 APP 开发。而更重要的是，西门子德国总部的服务器上已经集成了包括 SEWC 等内外部工厂在内的海量现场数据，这些数据就像是乳香树里流淌出来的琥珀色汁液，经过投射，将会成为 Mindsphere 上最宝贵的成分。

西门子的野心还要更大。为了护航数字化板块，上月初该公司专门成立了负责网络信息安全的新部门。此外，通过与地方政府、孵化器开展密切合作以及直接赋能中小企业等形式，近年来西门子的数字化布局明显加快。而从财报中制定的目标利润率来看，显然西门子已经把未来的增长极压注在了数字化业务上。

结语

成都工厂相比较早在 1989 年就已经建成投产的安贝格工厂，5 岁的 SEWC 还有很长的路要走。同样作为 SIMATIC 工控产品的研发生产基地，成都工厂的生产自动化率在 75% 左右，总计生产约 800 种产品，而安贝格工厂则已经突破 80% 的生产自动化率，实现了 1000 余种 PLC 产品的混线生产。不过工业 4.0 本来就是一个不断进化和迭代的过程，从投产之初依赖于人工包装的半自动化生产，到最近批量新增数条全自动化生产线，SEWC 已经开始加速向 EWA 看齐。

今年底，距离 SEWC 不远的西门子智能制造（成都）创新中心也将建成落地，这是西门子在中国投资最大的也是唯一一家自主挂牌运营的创新中心，而同期落户的还有 Mindsphere 全球研发中心。西门子在成都的下一个五年，充满着崭新而无限可能。