

doi: 10.7690/bgzdh.2025.05.005

军工企业适应快速交付的数字化柔性生产模式建设

黄金元

(中国电子科技集团公司第十研究所综合管理部, 成都 610036)

摘要: 针对军工产品快速交付和装备复杂化给传统生产方式带来的挑战, 提出一种军工企业适应快速交付的柔性数字化生产模式。通过开展柔性数字化生产模式的顶层设计, 实现传统生产方式变革, 将建设专用生产线变为建设通用生产线, 以提升装备加工、装配、调测全线生产能力为抓手, 通过产线通用化、自动化、数字化的做法, 打造全链条的柔性数字化能力, 打造军工装备柔性数字化生产模式, 助力装备快速交付。结果表明: 该方法可以为企业提升快速交付能力提供一定借鉴。

关键词: 生产模式变革; 柔性化生产; 通用化生产; 自动化生产; 数字化生产

中图分类号: TP278 **文献标志码:** A

Military Enterprises Adapt to the Construction of Digital Flexible Production Mode with Rapid Delivery

Huang Jinyuan

(General Management Department of No. 10 Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chengdu 610036, China)

Abstract: In view of the challenges brought by the rapid delivery of military products and the complexity of equipment to the traditional production mode, a flexible digital production mode for military enterprises to adapt to the rapid delivery is proposed. Through the top-level design of flexible digital production mode, the transformation of traditional production mode can be realized, and the construction of special production line can be transformed into the construction of general production line, so as to enhance the production capacity of equipment processing, assembly and commissioning, and through the practice of generalization, automation and digitalization of production line, the flexible digital capability of the whole chain can be built. Rapid delivery of power equipment. The results show that this method can provide a reference for enterprises to improve the ability of rapid delivery.

Keywords: production mode change; flexible production; universal production; automatic production; digital production

0 引言

传统的军工电子装备生产模式以手工/半自动化/专用化生产为主, 通用化/自动化/数字化程度低, 产能有限, 产品交付能力有限。面向军工电子装备多品种、小批量、变批量的生产特点, 在产量需求快速增长的情况下, 只能通过加大仪器设备和人员投入等资源堆砌方式来弥补产能缺口。在新产品导入生产时, 现有产线柔性化不足, 无法兼容新产品生产, 只能通过新建专用产线方式完成生产任务。随着技术发展, 大量新技术、新工艺、新方法被应用于新装备的研制中, 装备更新换代频繁, 产品谱系和应用场景多样, 不同应用场景产品其功能/性能、外形结构、对外接口差异极大, 致使军工电子装备统型困难, 也给柔性化生产带来了巨大难题。面对这些问题, 传统的手工/半自动/专用化生产模式已无法支撑装备快速交付, 唯有变革生产模

式, 突破军工电子装备外形结构、对外接口统型难题, 打破产线型号专用枷锁, 才能实现产线生产能力通用化/自动化/数字化; 因此, 笔者提出一种军工企业适应快速交付的柔性数字化生产模式, 以满足军工电子装备快速交付的需求。

1 数字化柔性生产模式设计

建设适应快速交付的柔性数字生产能力, 在产线建设之初就要基于多种型号产品兼容生产, 进行资源和设计的统筹调研和论证, 如工作站建设、自动化生产、数字化管理等都要进行柔性、数字化设计。生产中调度冲突、串行等待需进行并行设计; 低效率、重复性、简单化操作进行自动化转变^[1]; 经验式管理要向数字化管理提升。使生产线能够柔性适配多种型号产品兼容生产或者新的型号产品生产只需要将原产线进行适配改造即可上线生产^[2],

收稿日期: 2024-08-07; 修回日期: 2024-09-08

第一作者: 黄金元(1978—), 男, 四川人, 硕士。

解决传统生产线柔性化不足带来的装备生产周期长、手工生产交付吃力、生产运行效率低、生产型号单一等问题,满足装备柔性动态交付需求,化解

快速交付难题,同时兼顾企业资产效能的发挥以及成本控制,柔性数字化生产模式理念转变如图 1 所示。

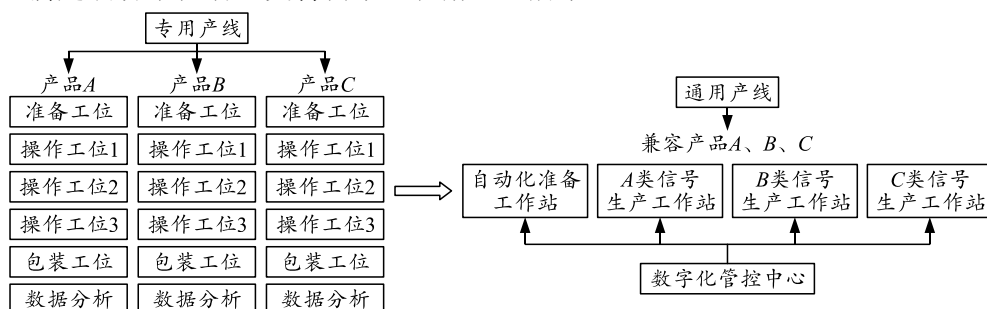


图 1 用到通用的模式转变

2 通用化生产工作站构建

将产品整件生产执行的要素和资源按特征归集为具有共同性的生产单元,比如某型产品在生产阶段有 100 项测试指标,可以按其信号特征进行同类项归集,分为 A 类、B 类、C 类……,这样就可以将复杂的整件生产化繁为简,提升产线执行对象的灵活性,再将原有整件所属资源按信号特征进行重组归类,形成具有特定生产能力的资源子集,将特征信号与特定资源子集相互组合形成具备某特征属

性的通用生产工作站,比如 A 类信号通用测试工作站、B 类信号通用测试工作站、C 类信号通用测试工作站(图 2),各个工作站独立完成生产即整件完成生产。这些工作站站点灵活机动,整体目标统一,摆脱了产品属性的束缚,当某新型号产品具备相同信号时,可直接到对应信号生产工作站完成生产,线到站的转变不仅实现了产线生产能力的通用化,而且可以大幅缩短产品上线等待时间,降低企业资金投入,对快速交付具有重要意义。

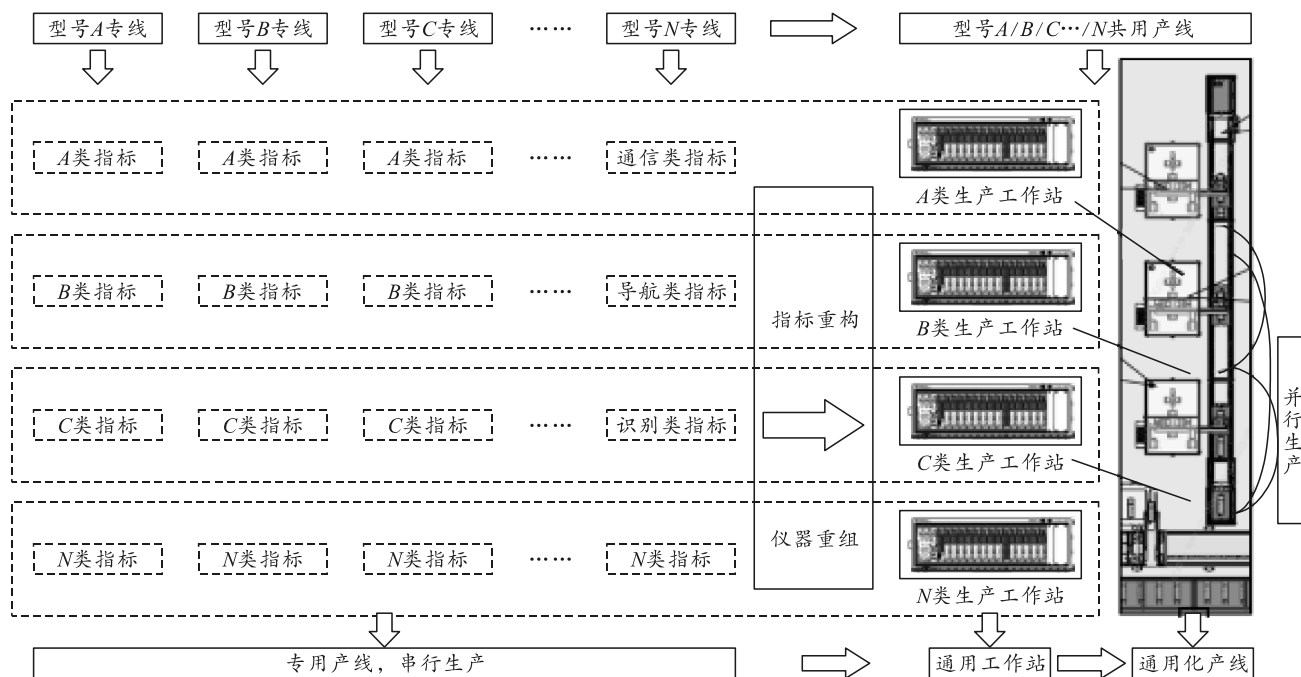


图 2 工作站建设思路

3 自动化生产方法实施路径

生产线转变为通用单元工作站,使产线通用化能力得到大幅提升,但传统的以手工为主的生产方式,大幅制约了工作站的产出能力,因此手工生产必须向自动化生产进行转变,将以人为驱动的生产过

程转化为机器执行,笔者提出 3 个能力的转变过程。

3.1 产品标准化

自动化的前提是标准化,只有标准化才能保障多品种产品能够上线自动化生产平台,而军工产品因其复杂化特点,个性化设计鲜明,尺寸结构、对

外接口有明显差异化,试图完成大量不同用途产品原始统型设计不具备可执行性。为了解决这一问题,需根据不同型号产品设计不同适配器,以满足工作站柔性适配不同规格产品生产需求。例如电子装备模块调试适配器,其框架和背板根据产品实物进行设计匹配,但适配器面板设计上保证了对外接口与尺寸的统一,这就解决了产品尺寸结构差异化的难题;在产品数字信号转换方面,适配器面板采用多芯连接器,大于所装夹的产品最大连接器针脚数量,满足信号转换传输需要,这就解决了对外接口控制问题,2种措施共同实施下,便解决了产品标准化的问题,为自动化测试生产扫清了硬件障碍,适配器设计原理如图3所示。

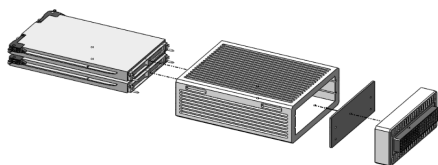


图3 产品标准化

3.2 工艺数字化

在生产业务由手工式、定制化向数字化、柔性化方向发展的推动下,生产工艺需从“人工语言”到“机器语言”进行重塑。在生产环节中,加工、装配在数字化工艺方向已有一定发展基础,如加工的数控编程、装配的表面贴装编程都能实现驱动设

备自动运行,但测试工艺仍处于文本载体阶段,不能直接驱动自动化测试,为了解决这一问题,将测试工艺具体操作方法与操作流程通过代码进行固化,并由计算机自动执行。将“人工语言”的测试工艺转变为能被计算机识别并自动执行的“机器语言”,实现数字化测试工艺^[3],具体实施步骤如下:

1) 制定生产工艺标准。

构建数字化测试工艺设计标准,对数字化测试工艺结构框架、生成流程、表述方式、工艺组成、实现过程等内容作出要求,规范数字工艺设计过程、呈现形式、设计条件等,形成包括数字化测试工艺设计要求、数字测试工艺数据要求等标准文件,测试工艺的标准化,提供了测试资源与测试过程的唯一描述,使得不同测试工艺师的工艺语言统一在同一维度,为计算机理解工艺语言奠定基础。

2) 构建生产资源模型。

自动化执行系统顶层应用部分与底层驱动部分进行分离,使顶层应用与生产工艺结合,生产工艺成为自动生产系统的一部分。针对该部分内容进行分类,形成仪器、产品、工装、方法等类型信息,将这些类型信息进行结构化、数字化,并以模型的形式呈现(图4),使其成为数字化生产工艺的设计资源,又是数字化生产工艺自动执行的底层驱动资源^[4-5],形成“机器语言”的执行工艺。

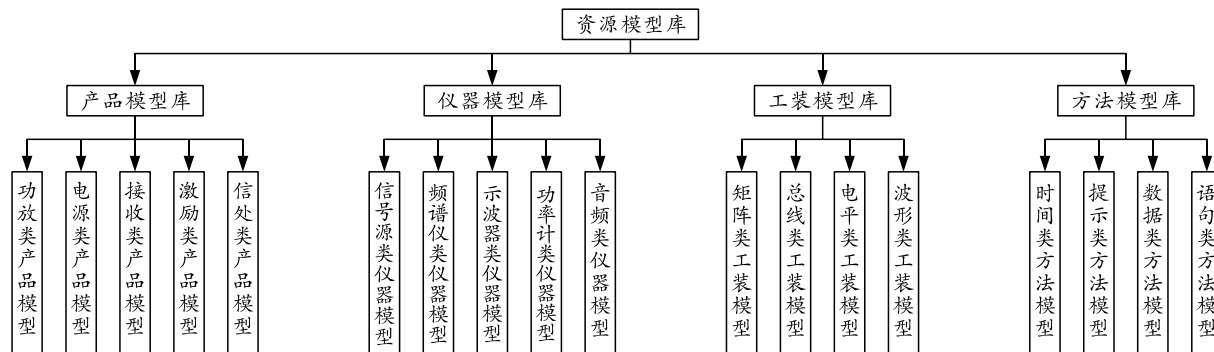


图4 生产资源模型架构设计

3) 变革工艺设计方法。

针对测试工艺设计过程与执行过程的业务流程,开发数字化测试工艺设计软件,将数字化测试工艺的设计资源呈现给工艺师,固化其设计过程与方式。测试工艺师基于该软件,编制规范化的调测流程,输入资源配置、测试指标与仪器参数等,形成计算机能够执行的数字化测试工艺^[6-7]。

4 数字化赋能生产管理

柔性数字化生产能力还需加持精准化管理才能

发挥最大效能,有2个关键过程。

4.1 基于资源的排程调度

1) 硬件资源集约。

基于生产最小执行单元,虽然其内部是由多个生产操作项集合而成,但这些小单元生产执行原理相似、操作相近,生产所要使用到的设备仪器资源相同,将各单元对应的仪器设备看做一个资源子集,那么型号产品的全套生产资源就可以根据各个单元子集分解为对应的资源子集,这些生产资源子集能

兼容多型产品的同类操作,实现生产资源的集约化,打破了“专型专建”传统模式,将繁多的生产仪器设备化整为零,化繁为简,形成操作对象集中的最小生产通用单元。

2) 设备柔性组线。

建立软件、设备仪器、产品数据项三者之间的关系,产线根据工艺路线和参数,自动匹配需要使用的设备仪器,形成生产流程与设备仪器之间的关系。其次,以人员、设备仪器和计划为约束条件,实现以工艺流程为依据的工位执行计划排程,并根据约束条件的历史瓶颈数据,自动优化约束条件优先级^[8-9],排程结果以生产资源为对象,将所有生产任务按照产线布局自动分配至生产工作站,实现基于工作站能力的动态排程和柔性调度。

4.2 基于数据的产线管理决策

对生产线的人、机、料、法、环、测全要素数据进行采集和管理,建立以任务和工艺规划双驱动的现场模块化执行流程管理^[10],形成历史和实时数据集,以图表、报表、平面图、3 维图等可视化手段,可实时掌握当前产线的计划、质量、库存、物流等全方位管理对象的状态。建立面向计划、质量、物流、库存、资源 5 大业务对象的异常判断模型,对采集的数据进行处理、统计、分析,及时发现生产过程中异常情况,实时告警,减少生产异常。

基于数据中台提供的数据处理分析能力,利用线性分析、关联分析、决策树等算法,进行交付预测、故障分析等大数据分析,系统所有辅助决策和智能分析预测结果均通过可视化手段呈现给生产管理人员,支持以层层钻取的方式查看支撑分析结果的底层数据,并结合历史问题处置方法,自动推荐决策指令,实现管理水平的智能化提升^[11]。

5 实践成效

基于军工企业适应快速交付的数字化柔性生产模式提出的生产线通用化、自动化、数字化方法,在军工电子行业某企业进行深入实践,初步构建起了完整的数字化柔性生产能力体系,建成了西南地区长度最长/设备种类最多的数字化柔性加工产线和军工电子行业首条数字化柔性调测产线,设备利用率从 64%提高到 88%;生产操作人员数量降低

63%以上;在生产能力建设资金投入降低 32.3%情况下,实现主要产品产能提升 2.76 倍,主要产品生产周期缩短 32%;实现从手工/半自动的专用生产模式向通用化/自动化/数字化的柔性生产模式转变,生产柔性适配能力得到极大提升。

6 结束语

笔者通过军工电子企业适应快速交付的数字化柔性生产模式建设,为企业装备快速生产构建了一种生产转型方法,通过对生产流程、工艺设计、资源、管理等方面的设计,大幅提升了装备生产效率,降低了企业生产投入。该研究成果可以助力企业实现资金投入降低、人员投入减少、产能翻倍的高质量发展,形成的建设模式可借鉴、复制、扩展。相较传统生产模式,既满足了装备常态供应的刚性要求,又满足了应急交付的柔性需求,为其他企业在柔性数字化生产模式建设提供了一定借鉴。

参考文献:

- [1] 邹德军,赵秀才,陈鹏飞,等. 电子装备生产调测线网络化测试技术研究[J]. 电子测试, 2020, 27(6): 63-65.
- [2] 高涛,周威杰,吴家安,等. 多批次小批量生产模式下的生产交期管理实践[J]. 工业控制计算机, 2023, 36(5): 116-118.
- [3] 徐东,黄海艇,肖楠. 基于 MES 平台的生产线数据自动化采集系统[J]. 电子设计工程, 2022, 30(20): 88-91.
- [4] 王强. 基于生产节拍的计划排产研究[J]. 智能制造, 2021, 28(3): 89-92.
- [5] 肖勇. 通用自动测试系统软件平台中仪器互换技术的研究[J]. 计量与测试技术, 2020, 47(2): 22-24.
- [6] 周阳明. 基于 Python 语言的自动测试系统通用软件平台实现[J]. 电子设计工程, 2019, 27(5): 81-85.
- [7] 王燕君. 基于 Python 的武器装备数字化测试工艺设计[J]. 现代电子技术, 2023, 46(16): 82-84.
- [8] 徐东,杨俊,柳龙. 基于工业互联网的车间生产数据采集系统设计[J]. 电子设计工程, 2023, 31(5): 37-40.
- [9] 李华,许化龙,宋敏达. 并行测试技术及在导弹测试中的应用研究[J]. 计算机测量与控制, 2009, 17(11): 2216-2219.
- [10] 李学兵. 小批量多品种装配生产管理系统的开发与应用[J]. 现代制造工程, 2011, 34(3): 23-25.
- [11] 任燕,许辉. 基于柔性生产线的数字化工厂系统搭建[J]. 现代制造技术与装备, 2021, 57(2): 81-82.