

某传感器的多品种小批量单元生产模式研究

廖声冲 何 伟

(航天长征火箭技术有限公司, 北京 100076)



摘要: 针对某传感器产品的生产特点, 深入分析了当前“单人完结式”生产模式存在的问题。然后, 针对当前生产模式的问题, 提出了多品种、小批量单元生产模式的设计思路, 给出了制造单元的实施步骤及设计方案。最后, 对单元生产模式的实施效果进行了分析, 并给出了进一步的研究方向。

关键词: 传感器; 多品种小批量; 单元生产

A Multi-varieties and Small-batch Cellular Manufacturing Mode for Sensor Products

Liao Shengchong He Wei

(Aerospace Long March Launch Vehicle Technology Co.,Ltd, Beijing 100076)

Abstract: Aiming at the production features of sensor products, the current problems of the “single-end type” production mode were analyzed thoroughly. Then, design ideas about multi-varieties and small-batch production model unit were put forward to cope with the current production model problem, and the implementation steps and design for the manufacturing unit were also provided. Finally, implementation effect of the unit production patterns were analyzed, and further research directions were given.

Key words: sensor; multi-varieties and small-batch; cellular manufacturing

1 引言

传感器是航天各种武器和运载型号应用最多的产品之一, 由于其工作原理、生产工艺、产品结构的多样性, 导致产品种类的多样化, 是典型的多品种、小批量生产方式。近几年, 随着航天事业的迅速发展, 产品需求增加, 现有的生产方式已经远远不能满足日益增加的型号配套要求, 探索一种新的生产模式迫在眉睫。

单元生产模式是精益生产的重要组成部分, 是企业提升生产效率、持续改进并实现精益管理的有效途径。单元生产模式基于成组技术, 通过将加工设备按工艺流程及相关制造要求布置在特定生产区域内, 并由一个制造团队实现原料准备到成品产出的全过程制造管理^[1]。由于单元生产将制造过程组织为高效协

调的物流, 可显著缩短制造周期、避免库存积压、节约生产面积、提高物流效率及设备利用率。经调查, 相比传统制造模式, 单元生产可有效减少 67%~90% 的物流距离, 压缩 50%~90% 的库存, 同时显著加快在制品的流动^[2-3]。

单元生产模式在生产工艺相对固定并能形成一定批量的情况下效益十分显著, 但如何在多品种、小批量的生产环境下建立高柔性的单元生产模式, 一直是该模式面临的主要难题。为此, 制造业陆续提出了许多更为先进的单元生产模式, 如自治生产单元、敏捷生产单元、精益生产单元、可重组制造的工作单元、原子式单元等, 提倡在制造柔性提升的同时, 通过管理模式的创新来提高生产单元的适应能力和生产效率^[4-8]。

本文将基于上述先进单元生产模式的理念, 结合

作者简介: 廖声冲 (1987-), 硕士, 机械电子工程专业; 研究方向: 工艺技术研究及工艺管理。

收稿日期: 2014-06-24

某传感器产品的生产特点,分析当前生产模式存在的问题,提出单元生产模式的设计思路、设计方案及实施步骤,从而对适应多品种小批量的单元生产模式进行有益的探索。

2 现有生产模式的诊断分析

目前,某传感器产品的生产主要采用“单人完结式”生产模式。这种生产模式基于该类传感器小批量的生产特点和多年的生产经验而形成,其优势在于:

a. 由于生产批量小,一个派工单所有产品的所有工序由单人负责完成,责任明确,易于质量追溯;

b. 由于主要工序由人工作业组成,单人完结式有利于连续工作,避免不必要的工序分割和交接工作;

c. 在单人完结模式下,由于作业者负责所指派产品的所有工序的作业,因此可根据生产实际情况灵活安排和调整生产任务,生产组织的灵活性较高。

近年来,随着交货期要求越来越短和产品持续多样化的趋势,单人完结式生产模式越来越难以满足生产的要求:

a. 个人专长不利于充分利用。单人完结式对作业者要求高,需要作业者掌握大多数类型产品的所有作业工序,不利于发挥个人专长和专业化分工作业的高效率优势。

b. 个人工作计划随意性大。由于生产流程复杂、周期长、干扰因素多,由单人负责多个订单的所有工序生产,易造成作业者对工作安排的随意性大,频繁发生流程中断和切换的情况,造成时间的浪费。

c. 个人工作方法随意性大。由于生产的主要工序均由人工作业组成,单人完结式导致每人的工作方法依靠个人标准和工作经验,工作时间波动大,难以制定、贯彻统一的工作标准并进行监督。

d. 个人移动过于频繁。单人完结式需要个人携带物料遍历所有工序,无论批量多少,都需要频繁地行走移动,造成个人体力和时间上的大量消耗。

e. 生产管理难度大。由于个人工作计划随意性大、工作方法随意性大,单人完结模式很难对每种产品的标准作业时间进行测定和评价,造成对生产周期难以预测,生产计划无法精确下达,对生产过程也难以监控和评价。

3 单元生产模式的设计思路

分析发现,导致上述问题的根本原因有两个:首先,以单人为单位完成与产品相关的所有工序,没有体现团队和组织分工的优势;其次,单人所负责的生产流程过于复杂、周期过长,生产过程无法实现精益管理。因此,如何在此基础上进行改造,建立适合多品种小批量的单元生产模式,是解决当前问题的基本出发点。

为此,考虑将若干“单人”根据其技能的专业性和互补性组合为“生产小组”,同时将产品根据工艺相似性和产量均衡性分成“产品族”,“生产小组”与“产品族”的合理组合即构成若干生产单元。在此基础上,引入先进生产单元“自治”、“敏捷”、“精益”的理念,形成如下设计思路:

a. 根据产品的工艺特征,设置装配作业区和特定工艺作业区。其中,装配作业区主要处理手工装配生产任务,特定工艺作业区主要处理需要设备或特殊技能完成的生产任务。通过工作路线的优化解决单人生产流程过长、单人行走过于频繁的问题。

b. 传感器产品种类繁多,通过对每类产品特征的详细分析,根据成组技术和工艺相似性原则,并考虑每种产品的生产能力平衡,将所有传感器产品进行产品族划分,每一产品族对应一个生产单元。

c. 提取每一产品族的共性特定工艺,如烧结、点焊、热沉等,组成特定工艺生产单元。这类工艺的特点是需要特殊设备、需要批量处理、或需要特定技能的操作人员才能完成。将特定工艺组成生产单元,并根据其他装配生产单元的需求进行拉式生产。这一方案可保证特定工艺有足够的工作量从而与手工装配作业实现节拍均衡;可保证特定设备和专业技能人员实现专业化分工和充分利用;可保证手工装配生产单元的高效连续作业,避免一人完结式生产模式的弊端。由于传感器生产的临时生产任务较多,还可将特定工艺生产单元作为柔性单元承接临时或紧急生产任务,从而保证对临时计划的快速反应,同时保证计划变更对整个制造系统的影响较小。

d. 在单元生产模式下,生产任务下达到单元,单元内部采取小组自治管理,不再“单兵作战”,而是通过团队中多能工的分工合作完成生产任务。多能工制度可保证生产人员在单元内的工作可以及时互换,从而提高生产的效率和灵活性。生产任务下达后,自治小组针对生产任务根据每个人的当前状态自行进行作业调度和分工合作方式,实现对任务的快速反应。在生产单元内部,作业人员不再被动接受工作任

务，而是主动参与管理，因此可提高作业人员的主人翁意识和工作积极性。除常规的生产作业外，生产单元的作业调度、物料管理、质量管理、设备维护、生产统计也由作业人员自治完成，通过工作的多样化以及持续学习可有效提高工作效率，同时避免工作的枯燥感。

e. 划分生产单元后，再根据作业连续性和节拍平衡的原理对各产品工序进行组合，作业计划以工序组合下达，在进行任务调度时工序组合不能中断。这样，作业人员不会再随意频繁切换任务。工序组合的划分，也使得对生产过程实现监控成为可能：每个生产单元工作小组在每天工作结束时对本小组负责的订单根据工序组合进行报工，管理层可以清楚地了解每个订单当前所处的工序节点的完成数量，从而对计划的执行过程进行实时监控和调整。按照工序组合下达计划并进行监控，使得生产车间的管理从开环系统成为一个闭环可控系统，是提升生产能力的有力保障。

4 单元生产模式的实施步骤

基于上述设计思路，某传感器产品的单元生产模式实施步骤如下：

- a. 基于传感器的产品族分类以及生产需求、资源能力，划分采取单元生产的产品族类和人力资源配置；
- b. 对单元化改造的生产区域进行布局设计，形成

若干生产单元；

- c. 对各类产品“一人完结”式生产流程进行分解，划分单元生产的工序组合；
- d. 对生产单元内的工序步骤进行取消、合并、重排、简化操作，均衡工序节拍，完成工序优化与重组；
- e. 考虑工艺顺序与产品零部件流转难易程度，合理安置设备，合理设计物料存放位置，完成生产单元的物流设计；
- f. 进行作业测定与工作方法研究，制定标准作业方法和标准工时，并通过制定管理制度进行固化和贯彻执行；
- g. 完成生产单元运行管理机制的设计，建立生产过程闭环控制流程和相应制造过程管理(MES)系统，保证生产单元的有效运行。

5 单元生产模式的设计方案分析

5.1 产品单元划分及生产路线

通过对所有类别产品的工序特征进行分析，建立产品类别-工艺矩阵并进行聚类，将当前的 21 类产品分为 5 大产品族(产品族 A~产品族 E)。针对 5 大产品族建立了 5 个装配生产单元。另外，将所有特殊工艺规整为一个特殊工艺生产单元，负责烧结、点焊、热沉等工序。考虑到车间布局及物流线路，形成了如图 1 所示的单元布局图。

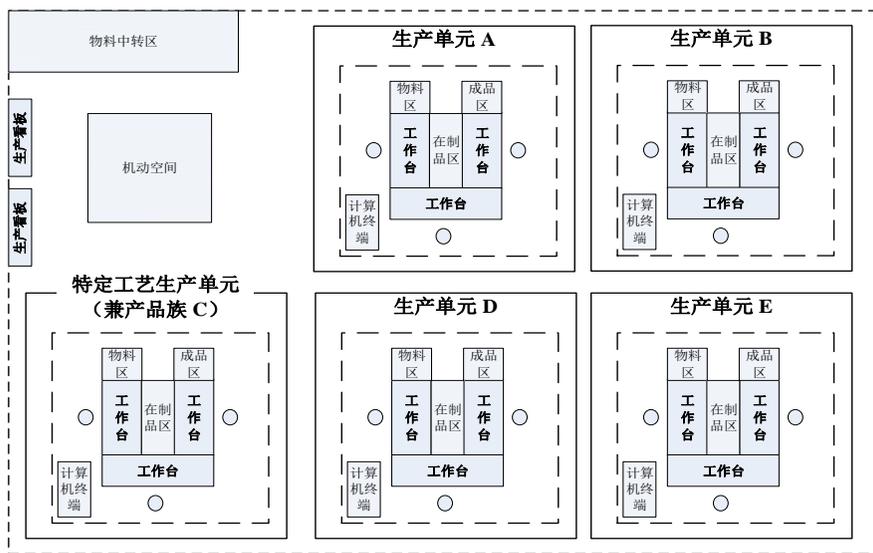


图 1 某传感器车间的生产单元布局

生产单元经上述布局后，从根本上解决了单人生产流程过长、单人行走过于频繁的问题。图 2 是前后

两种生产模式生产路线的对比图，划分单元后的行走次数得以减少和距离可得到缩短。

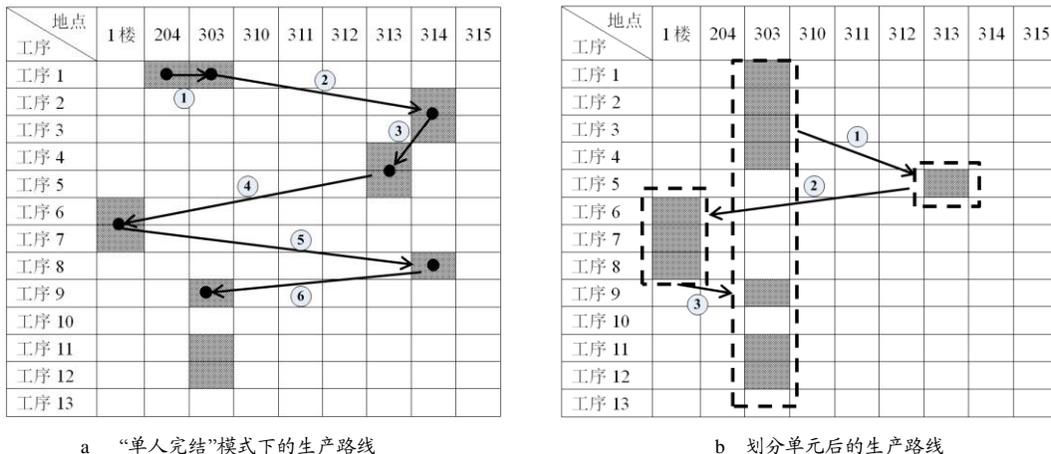


图2 划分单元前后的生产路线对比

5.2 人员技能配置

基于单元划分, 作业人员不再需要掌握大多数类型产品的所有作业工序, 而只需要掌握本单元的相关作业组合。表1、表2是前后两种生产模式作业人员

的技能配置对比(阴影表示操作人员需要掌握对应产品族类的操作技能), 从表1、表2可知, 单元模式更加有利于发挥个人专长和专业化分工作业。

表1 当前人力资源配置情况

产品族类 \ 操作人员	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
员工1	阴影																				
员工2	阴影																				
员工3	阴影																				
员工4	阴影																				
员工5	阴影																				
员工6	阴影																				
员工7	阴影																				
员工8	阴影																				
员工9	阴影																				
员工10	阴影																				
员工11	阴影																				
员工12	阴影																				

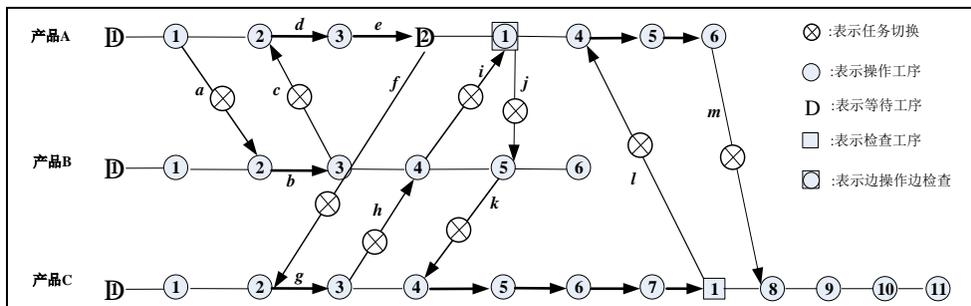
表2 生产单元人力资源配置方案

产品族类 \ 操作人员	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
员工1	阴影																				
员工2	阴影																				
员工3	阴影																				
员工4	阴影																				
员工5	阴影																				
员工6	阴影																				
员工7	阴影																				
员工8	阴影																				
员工9	阴影																				
员工10	阴影																				
员工11	阴影																				
员工12	阴影																				

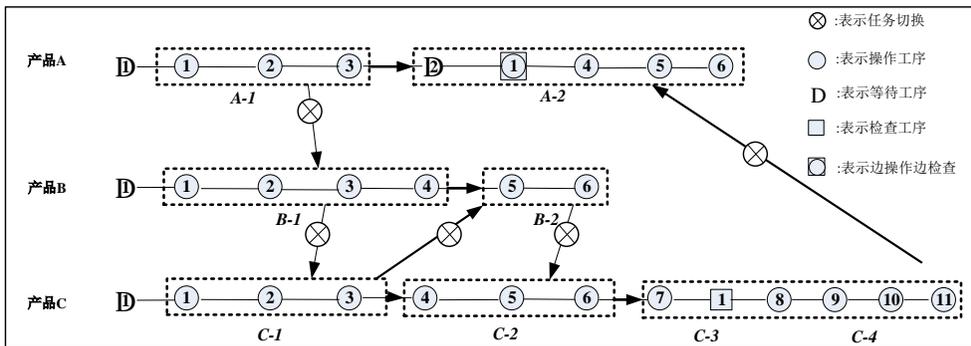
5.3 工序组合及作业流程

通过工序组合划分,可以有效减少任务切换,避

免作业人员工作的随意性,并为制造过程的闭环控制提供基础。图3是前后两种生产模式的作业顺序。



a “单人完结”模式下混乱的作业流程



b 单元模式下基于工序组合的作业流程

图3 两种生产模式对应的作业流程

5.4 闭环生产过程控制

基于单元布局、组织配置、作业流程的变革,

单元生产模式可实现闭环生产过程控制,如图4所示。

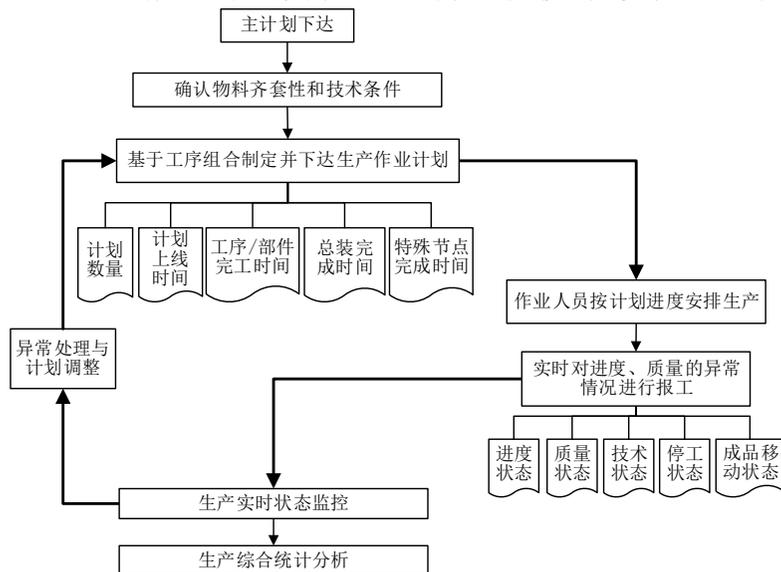


图4 单元制造模式下的生产计划流

首先,基于各生产单元所涉及产品的工序组合标准时间、资源动态能力约束、订单优先级规则,通过人机集成的调度算法编制车间作业计划,输出批次订单的开始时间,工序组合关键点计划时间、订单完成

时间,以及相应的资源需求方案。其次,车间作业人员通过的数据采集终端进行实时报工,包括订单的技术状态信息、开工时间记录、完工时间记录、数量信息以及质量信息,为车间生产控制的动态决策及产能

统计提供基础数据。第三，车间管理人员随时对订单的执行过程进行监控，实现动态调度、紧急插单或异常情况下作业计划的人工干预，保证生产过程的透明化并处于受控状态。第四，根据车间生产数据统计分析的需求，实现生产进度、质量信息、在制品信息、人员负荷等数据的归集与统计分析，以可视化图表的形式呈现当前生产的最新状态，通过数据挖掘分析当前生产的问题点及瓶颈，从而对生产过程进行进一步优化。

经过为期 12 月的设计及实施，单元生产模式下的生产路线平均缩短 30%，作业人员的个人工作效率平均提高 20%，车间所有产品的月平均总产能提升 20%，产品平均台套加工周期缩短 30%~40%。

6 结束语

本文结合某传感器车间生产特点，应用先进单元生产模式的设计理念，对温度传感器车间单元现有的生产模式进行了诊断，在此基础上形成了多品种、小批量单元生产模式的设计思路。在这一思路的指导下，详细给出了制造单元的实施步骤及设计方案。实施效果表明所提出的单元生产模式有效解决了当前面临的问题，为多品种小批量的航天电子产品生产柔

性和管理水平的提高提供了途径。需要指出的是，单元生产的实现并没有一成不变的模式，需要结合自身的产品特点、生产特点和用户需求进行适应性设计，才能取到预期的效果，并且需要建立长期的持续改善机制，保证实施效果的稳定。

参考文献

- 1 Shahrukh A. Irani. Hand-book of Cellular Manufacturing Systems. New York: Wiley, 2007
- 2 Salvendy G. Handbook of Industrial Engineering (3rd Edition), New York: Wiley, 2001
- 3 刘飞, 但斌, 张晓冬, 等. 先进制造与管理. 中国高等教育出版社, 2008
- 4 Schlick C, Reuth R, Luczak H Comparative simulation study of work processes in autonomous production cells. Human Factors in Manufacturing, 2002, 12(1): 31~54
- 5 陈雪芳, 张洁. 敏捷化智能制造单元及其关键技术. 组合机床与自动化加工技术, 2005, 6: 13~16
- 6 孟飏, 范玉青, 林楠. 模块化精益生产组织改造评估与决策. 计算机集成制造系统, 2006, 12(7): 1141~1145
- 7 张晓冬, 张志强, 余沛一, 等. 基于人机协同模型的生产单元组织配置仿真. 计算机集成制造系统, 2013, 19(3): 499~505
- 8 Zhang Xiaodong, Zhao Dongfang, Xie Kunde, et al. Simulation and analysis of a motorcycle engine production cell. Key Engineering Materials, 2011: 1511~1515



(上接第 4 页)

、成形表面球化、内部缺陷形成机理、组织性能与高精度协同调控等方面开展深入的技术基础研究。

SLM 除在钛合金、高温合金材料上应用外，还将向高熔点合金（如钨合金、铌钽合金等）以及陶瓷材料方向应用延伸。

4.2.2 SLM 装备向多光束、大成形尺寸、高制造效率方向发展

现有的单光束 SLM 成形设备的适用范围较小，生产效率还较低，不能满足较大尺寸复杂构件的整体制造。但从航空、航天型号需求来看，对较大尺寸复杂构件的需求比较迫切，因此未来 SLM 设备将会向多光束、大成形尺寸、高制造效率方向发展。

4.3 LMD 技术的工程应用将得到进一步拓展和推广

国内历经十余年的基础研究、关键技术攻关，解决了技术关键，并已实现成功应用，技术相对较成熟。LMD 技术可以拓展用于“零件修复”。

4.4 电子束增材制造技术应用领域将会进一步扩大

从目前掌握的资料来看，国际上从事 EBm 装备制造厂商主要是瑞典的 Arcam 公司，该公司除了设备制造外，还掌握了钛合金、钛铝合金等材料的 EBm 制造工艺，在医学领域有一定的应用，在航空领域也有少量的应用，电子束增材制造技术应用领域将会进一步扩大。

4.5 高能束增材制造设备研制将会进一步商业化

从国外的发展情况来看，对于每一项增材制造技术，都有一家或数家成熟的商业设备制造商，形成了系列化的增材制造装备。同时，国外的设备制造商除了硬件设备制造外，还进行了大量典型材料成形工艺与材料性能的研究，掌握典型材料成形工艺核心技术，形成较为完备的工艺参数数据库。面对应用需求的日益扩大，高能束增材制造设备研制将会进一步商业化。