

# 适合多品种小批量均衡排产的可插入式制造方式

## Suitable for Many Varieties of Small Quantities Balanced Scheduling Pluggable Manufacturing Method

中国运载火箭技术研究院北京精密机电控制设备研究所 项 迎

**[摘要]** 精益生产方式,为航天企业应对多品种、小批量和“边研制、边定型、边批产”的生产现状,提供了可以借鉴的先进的生产组织方式。而能否真正实现准时化生产(Just In Time, JIT)一直制约着航天企业。提出的可插入制造方式,给航天伺服企业运用精益生产的拉动式的均衡排产,提供了可实现手段。

**关键词:** 多品种小批量 均衡排产 可插入制造 精益生产 准时化生产 拉动式

**[ABSTRACT]** For aerospace enterprises to deal with many varieties, small batch and "edge developed edge styling, while batch production status, lean production provides advanced production organization which can learned from. The ability to realize the just-in-time production (Just In Time, JIT) restricts the aerospace enterprises. The pluggable manufacturing way with the the quick facelift LSWEDM fixture of selection, provides a means of achieving with aerospace servo enterprises ensuring balanced use of lean production scheduling.

**Keywords:** Variety of small quantity Balanced scheduling Pluggable manufacturing Lean manufacturing Just-in-time Pull

20世纪初,从福特汽车建造第一条汽车流水生产线以来,大规模的流水线生产一直以低成本、高效率打动人心。现今,进入到市场个性化需求阶段,多品种、小批量成为主要制造模式,尤其在航空航天领域一直备受品种多、批量小、产品质量和可靠性要求高以及研发周期短等诸多因素困扰。以伺服产品生产为例,其主要特点是:(1)多型号产品要求同时交货。由于资源(人和设备)有限,不能实现多型号大面积铺开的生产,生产过程中会遇到产品同时堆积到某一类设备和某一人员面前,造成长时间等待。(2)过程易反复。由于产品质量要求严,新产品的技术不能完全吃透或者试验数据不理想等,需要对工艺方案适时进行改进。“边研制、边定型、边批产”的生产组织方式,也会造成生产过程反复<sup>[1]</sup>。(3)生产过程不连续。受加工周期长,结构复杂等影响,会出现

工艺装备的等待、首件检验的等待等,造成生产不连续。(4)工序的批周期长。航天传统排产方式是以一个经济批量安排生产,在伺服产品上,经济批大多是50件/批,对时间相对较长的工序,每批产品完成全部加工时间很长,有时达到2~3个月,造成后续工序以及其他产品的等待。(5)产品具有相似性。伺服产品虽然分属不同型号、不同顾客,但产品的专业种类是基本一致的,产品的工艺路线也基本一致,相似性特点突出,利于资源(人和设备)共享。(6)生产计划“倒排”。按照产品交付周期,往前各推一定时间,分别为备料时间节点(生产准备时间节点)、零件加工齐套时间节点、完成装配时间节点、完成调试测试时间节点等,这样得“倒排”计划,缺乏科学依据,以于是按时完成节点计划是根本不可能实现的。整个生产任务越是在临近交货期时越是要“抢”,这样一抢,打乱了原有的总体计划,造成恶性循环。

总之,探索一种适合航天制造企业的先进生产组织模式,成为我们的首要任务。

### 1 应对策略

日本丰田汽车公司为顺应市场个性化需求,历经20多年的探索和完善,并由美国麻省理工学院组织世界上17个国家的专家、学者,花费5年时间,耗资500万美元,将其理论化并著书《改变世界的机器》,第一次把丰田生产方式定名为Lean Production,即精益生产方式。这是当前工业界认为最佳的一种生产组织体系,也是航天制造可借鉴的有效模式<sup>[2]</sup>。

北京精密机电控制设备研究所为了实现产品的快速研发,依靠国防基础科研课题,开展了“基于成组技术的伺服机构快速研制技术研究”,尝试了GT-CAD/CAPP的研究和应用,建立了为战术型号配套伺服阀的成组生产示范单元,都收到了良好的效果。开展的产品化工程、工艺规范体系建设、编制毛坯预制品图册等,也符合精益生产倡导的标准化作业的概念。设计与工艺相结合,工艺人员从方案阶段就开始介入设计工作,也体现了精益生产倡导的并行作业理念。现在开展的“零缺陷”,一次就把事情做对活动,也是精益生产的工具之一。

精益生产方式,对航天企业应对多品种、小批量和“边研制、边定型、边批产”生产现状,缩短研制周期,在规定时间内生产出规定数量的客户急需的高质量产品等将产生极大推力。正确运用精益生产的另一大工具——准时化生产(JIT),采用拉动式的均衡生产方式排产,可以清楚地看到精益生产带来的效果。

## 2 可插入制造的提出

“准时化生产(JIT)”能否顺利实施,突破“可插入制造”这一难点成为关键。

“可插入制造”也可称为“可中断制造”,最早在我所引进慢走丝线切割设备的一个功能中被发现,具体描述为:慢走丝设备完成某一零件的全部加工程序可能需要数天的时间,在这期间,如果有一个重要的零件需要立刻加工完成,就需要中断原有零件的程序,去执行新产品的插入加工。加工完成后,返回到原中断点,继续执行原加工程序的加工。将其应用于产品制造的生产安排方式上,再加时间的约束,快速地完成不同零件的程序和装备的转换调整,安排新零件的加工,我们将其称为“可插入式制造”或“可中断式制造”。

由于航天产品品种多,拉动式生产要求每个环节都按规定的时间节点,为后续工序提供所需规定数量的合格零件。由于资源的限制,必须实行混流生产并解决均衡化问题。因此,可插入式制造方式被推广开来。

当制造中变换型号和品种时,会遇到工装夹具的调整、数控设备的程序调整以及首件加工的检验,会占用一定的时间,这个时间在工程上被称为——准备结束时间,即准结工时。调整一次,所延误的时间成本要分摊到本批的生产的每个零件上,于是就出现了经济批量的概念。在投产批量大于经济批量时,零件的制造成本适宜,如果投产批量小于经济批量,就会“赔本”(如:组合夹具的调整时间为12h,程序调整、首件检验有可能是8h),在现生产安排状态,这个等待时间工人是不能创造正常价值的。推行“可插入式制造”就能为我们解决这个问题,工人完全可以在等待的时间,插入其他零件,继续其他任务生产。例如,数控铣加工中心的工人在等待时间中,如果机床工作台面足够大,可在空闲部位安装另一种产品的卡具进行加工,待前面零件质量得到确认后,装在原卡具上继续加工。

那么,遇到设备的工作台面没有余地的情况如何实现可插入式制造呢?准确记忆前面零件卡具的安装空间位置,然后将其拆下,换装后面零件的卡具,开始另外零件的加工。将这个拆装动作做到最快,实现快速换装,并保证换装前后定位基准不发生空间位置的改变,就可实现可插入式制造。

一种电加工快速换装卡卡具,可实现空间X、Y、Z3个方向的定位和锁紧,为我们实现可插入加工所利用。这就是瑞典的System 3R公司的micro系列1min换装卡具,其原理如图1所示。

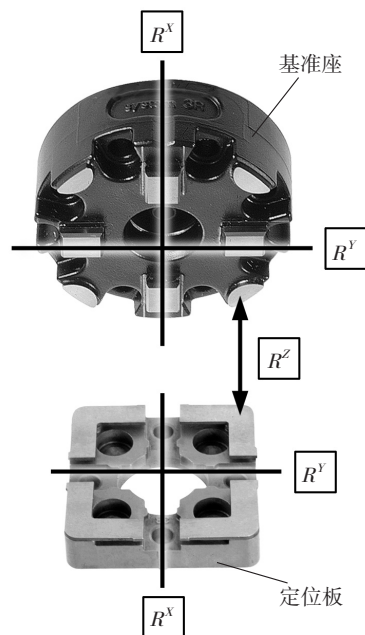


图1 Micro系列1min换装卡具原理图  
Fig.1 Micro series clamp

可将卡具的基准座永久地固定在机床工作台上,将卡具的定位板设计组装在专用工装或组合卡具定位面上,换装时靠拉钉紧固,专用工装一经被调整好,靠数控程序记住“零位参考点”投入正常生产,无论何时都可将卡具拆下,并快速更换新卡具。该卡具的空间定位重复精度为 $\pm 1\mu\text{m}$ 。这类卡具被我们合理的运用到可插入式制造,使准时化生产成为现实。

## 3 可插入制造的作用

可插入制造为多品种、小批量制造企业,特别是航天企业推行精益生产方式提供支撑。总结归纳可插入制造,具有以下优势:

(1) 推行准时化生产的必要手段。

精益生产是运用拉动方式来实现准时化生产的,拉动方式的生产过程是从生产终点——产品调试测试开始,根据每单位时间可完成多少台产品的调试这一依据,依次“由前工序在必要的时间,提供必要数量的必要零部件给后道工序”。零件的加工,则是要针对不同型号的不同装配、调试工位的。这样,加工线就要在不同的时刻,为不同的工位,提供不同型号的必需数量的零件,需要实现多品种混流均衡生产。零件加工生产线,就需要不断的变换和不断的调整。而可插入制造带来

表1 某台设备按照传统排产的任务计划

零件品种	数量 / 件	单件工时 / h	准结工时 / h	完成时间 / 周															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	50	4	12	→															
B	50	3	8					→											
C	50	5	10									→							

表2 改进后排产

零件品种	根据拉动需要每周为后道工序完成任务 / 件
A	5
B	3
C	2

的高柔性,正好可以解决变换和调整的及时性问题。

例,某台设备按照传统排产的任务计划如表1所示,改进后排产如表2所示。

完成5件A零件的加工后,快速换装成B零件,进行3件的加工,再快速换装成C零件,进行2件的加工,周期为一周。

原来3种零件要到第10周后才能开始齐套装配;改进排产后,第2周即可开始装配,均衡化生产水平得以大大提升。

(2)用以消除生产中的等待时间。

现有生产形式中,零件的首件检验等待、程序调整后确认的等待都是制约生产效率提高的因素,实现可插入制造后,完全可以利用这种等待时间去完成后续其他零件的加工。如有需要,还可以倒班的方式,由同种设备、不同人员完成追加订单任务,提高设备利用率。

(3)促进工艺的不断改进。

产品定型后,如果进行技术改进,须完成足够的工艺试验,证实改进有效且无不良影响,方可采纳。但在现有状况下,工艺改进试验受制约,通常不能被安排。如果实现可插入式制造,就能促进持续改进活动的开展。

(4)为新产品的研发试制提供保障。

生产计划一经制定,产品的交付任务就面临严峻的形势,不要说新产品研制的插入,就是计划任务本身,总是处于“抢”的状态。航天企业对于这点,认识颇深,而引入可插入式制造,一切就变得简单了。在不打乱正常计划的前提下,只要安排适当的加班,通过可插入式制造,新产品研发的任务就很容易得以解决。

#### 4 结束语

精益生产方式是航空航天领域多品种小批量制造

企业可参照并且可以立见成效的生产组织方式,可插入制造是践行精益生产方式的准时化生产的重要手段。通过精益生产所倡导的永无止境的自我完善、自我改进,我们的企业在激烈的市场竞争中就将永远立于不败之地。

#### 参考文献

[1] 樊明喜,徐道峰,黄阿兰,等.多品种小批量条件下的生产管理初探.航天工业管理,2009(5):31-35.  
 [2] 胡燕海,叶飞帆.基于成组技术的精益生产方式及实例.宁波大学学报(理工版),2002,15(4):59-61. (责编 亦非)

(上接第69页)

基于ANFIS的轴向钻削力预测方法。以钻头转速和进给量为输入,轴向钻削力为输出,通过9组试验数据训练ANFIS系统,实现轴向钻削力的系统仿真,并通过2组检验数据验证了该预测方法的有效性。

#### 参考文献

[1] 张厚江,樊锐,陈五一,等.高速钻削碳纤维复合材料钻削力的研究.航空制造技术,2006(12):76-79.  
 [2] 张厚江.碳纤维复合材料(CFRP)钻削加工技术的研究[D].北京:北京航空航天大学,1998.  
 [3] 陈继光.MATLAB与自适应神经网络模糊推理系统.济南:山东省地图出版社,2002:161-175.  
 [4] Samhouri M S, Surgenor B W. Surface roughness in grinding: on-line prediction with adaptive neuro-fuzzy inference system. Transactions of NAMRI/SME, 2005, 33: 57-64.  
 [5] Dubey A K. Performance optimization control of ECH using fuzzy inference application. Journal of Advanced Mechanical Design, Systems and Manufacturing, 2009, 3(1): 22-34.  
 [6] 颜振萍,艾剑良.ANFIS在飞机稳定控制系统中的应用.复旦学报(自然科学版),2010,49(4):532-534.  
 [7] 吴晓莉,林哲辉.MATLAB辅助模糊系统设计.西安:西安电子科技大学出版社,2002:130-150. (责编 深蓝)

(上接第75页)

空空导弹弹体结构三防设计是一项系统工程,需要多方面密切配合。恰当的三防定位、合理的电气设计、良好的结构形式、先进的三防工艺、有效的管理方式,是达到三防设计目标、提高导弹三防性能的根本保证。

#### 参考文献

[1] (德)H·E·毕勒,(德)D·维斯腾贝格.合理的防腐蚀设计.北京:化学工业出版社,1990.  
 [2] 陈克忠.金属表面防腐蚀工艺.北京:化学工业出版社,2011.  
 [3] 龚光福.雷达产品三防设计初探.现代电子,2001(1):54-62. (责编 夏宛)