

成组技术在典型航天产品生产调度中的应用

Application of Group Technology to Production Scheduling in Typical Space Product

兰州物理研究所 石晓强

[摘要] 对典型产品的特性进行了相似性分析,并根据成组技术中的相似性原理对组成产品的零件进行了分类。在对典型产品现有的生产调度方法进行分析的基础上,根据每类零件的生产特点,采用不同的调度方法组织生产,以实现生产线的均衡,提高了生产线的生产能力。

关键词: 成组技术 航天产品 生产调度 应用研究

[ABSTRACT] Similarity analysis on the characteristic of typical space product is carried out and the group product workpiece is classified according to similarity principle of group technology. Based on analysis on existing production scheduling method of typical product and the characteristic of each sort of product, manufacture is organized by different production scheduling to balance the product line. By applying above measure, the manufacture capability of product line is improved.

Keywords: Group technology Space product Production scheduling Application research

随着我国空间事业的快速发展,中国空间技术研究院的型号研制工作面临着由研制应用型向装备和业务服务型转变、由单机研制向批生产转变的新形势,处于能力提升的关键阶段。

兰州物理研究所承担星用贮箱、气瓶的研制生产工作已有 30 多年的历史,经过多年的发展,建立了比较完善的贮箱、气瓶生产线,成为航天压力容器的定点生产单位,并承担着星用压力容器 95% 以上的研制任务。面对卫星对贮箱、气瓶不断增长的需求,现有的生产能力与需求之间存在差距。为了适应新需求,需要对生产调度方法进行优化,以最大限度地提升生产能力。

1 产品特性分析

航天器用压力容器的基本组成为壳体组件和管理组件(贮箱类)。壳体组件由半球壳体、接头、筒体等零件组成、管理组件由连接组件、收集器组件、筒环类组件

等零组件组成。所有压力容器的零件有如下几方面的特性。

① 零件材料相似。航天器用贮箱、气瓶产品的构成零件所用材料基本为钛合金。

② 零件结构相似。航天器用压力容器的零件可根据形状分为回转体(包括半球类、轴类、筒类、板类零件)、特殊结构零件 2 类,其功能表面、精度要求、加工方法和工序均有很多相似之处。

③ 工艺过程相似。航天器用压力容器零件材料和结构的相似性在一定条件下决定了制造工艺过程的相似性。结构类似的零件毛坯成型所用的方法相同,热处理方法和程序一致。相似性产品各加工环节所用加工方法和设备基本相同,加工工艺路线相似,各工序环节所用的夹具功能相似,检验所用的量具也相同或相似。

通过以上分析可知,航天器用压力容器结构上有较多的相似性,具有良好的成组技术应用前景。

2 零件分组

现以某贮箱为例进行说明(以每年生产该贮箱 10 只为例)。

该产品各类零件数量的分布如图 1 所示,具体分为大型零件、板类零件、筛网类零件、接嘴类零件、轴套类零件。其中大型零件包括半球、筒体、球缺,板类零件包括各类收集器支压板、导向板,筛网类零件包括各类收集器组件筛网,轴套类零件包括各类收集器骨架及其他轴套类零件,接嘴类零件包括气口、液口。

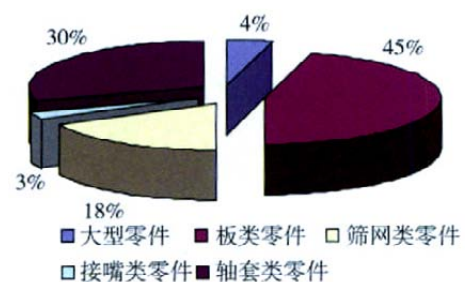


图 1 零件数量统计图

Fig.1 Statistic of product number

① 每只贮箱需大型零件 5 只,占零件数量的 4%。该类零件的加工合格率较高,一般按 1:1 进行投产,因此 10 只贮箱共需大型零件 50 只。

② 板类零件 54 只,占零件数量的 45%。该类零件需要和筛网类零件进行组焊,所以一般按 3 倍的比例进行投产,因此 10 只贮箱共需板类零件 1 620 只。

③ 筛网类零件 21 只,占零件数量的 18%。考虑产品的合格率,该类零件按 3 倍的比例进行投产,因此 10 只贮箱共需筛网类零件 630 只。

④ 轴套类零件 35 只,占零件数量比例的 30%。考虑到产品焊接合格率,按 3 倍的比例进行投产,因此 10 只贮箱共需轴套类零件 1 050 只。

⑤ 接嘴类零件 3 只,占零件数量比例的 3%。该类零件的合格率较高,一般按 1:1 进行投产,因此 10 只贮箱共需复杂类零件 30 只。

按各类零件构造和加工工艺过程的复杂程度,对贮箱所有零件的加工难易程度进行分析、统计,并依据零件结构形状的复杂程度、加工工艺过程的复杂程度及件数的统计量,得出零件复杂程度分布图如图 2 所示。

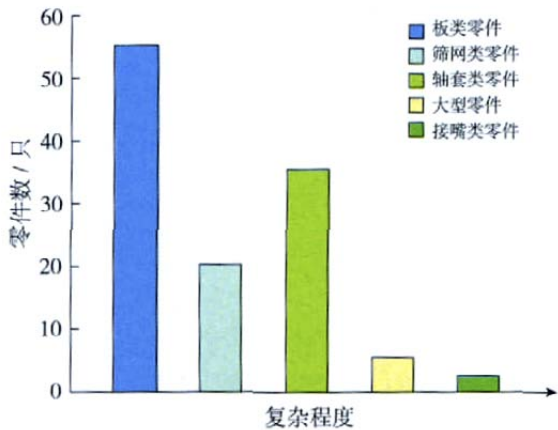


图 2 零件复杂程度分布曲线

Fig.2 Distributing curve of product complexity

由图 2 可见,各类零件的复杂程度按板类零件、筛网类零件、轴套类零件、大型零件、接嘴类零件顺序依次增加,板类零件复杂程度最低,接嘴类零件复杂程度最高。

3 应用研究

根据各组零件的结构特点,按零件分类对其采用不同生产调度方法,以确保整条生产线上每个生产环节的能力发挥到最佳。

3.1 大型零件

根据前文,大型零件的年需求量约为 50 只,其机械加工采用专用设备。该类零件的生产能力受设备的生产能力限制较大,因此设备的生产能力是零件生产过程中的主要因素,所以大型零件的生产采用“流水作业”,做到连续不断生产。

3.2 板类零件

根据前文,板类零件的年需求量约为 1 620 只,其生产工时基本集中在车、钳、线切等工序。考虑到实际生产过程中分摊到该类零件车加工、钳加工、线切加工等环节的生产设备有限,对板类零件进行如下方式组织生产。

对该类零件进行多批次不同数量的投产,并比较加工周期可得:

① 当投产数量少于 90 只时,生产周期随着投产数量的增加而逐渐增加;当投产数量在 90~110 只时,生产周期不随投产数量改变;当投产数量大于 110 只后,生产周期随投产数量的增加成缓慢增加的趋势。得出该类零件的投产数量 - 生产周期关系图(见图 3)。因此板类零件的投产数量一般应控制在 90~110 只之间最佳。

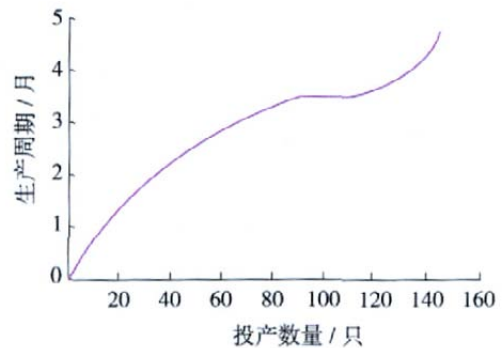


图 3 投产数量 - 生产周期关系

Fig.3 Relationship between production number and production cycle

② 投产批次与生产周期成分段线性关系,当投产批次为 4 批时,生产周期为 7.5 月/批;投产批次为 8 批时,周期降为每批 6.4 月/批;投产批次为 12 批时,生产周期降为 4.5 月/批;当投产批次为 16 批时,每批的生产周期则降至最低的 3.2 月/批;当投产批次大于 16 批时,每批的生产周期也随之增加。得出该类零件的投产批次 - 生产周期关系(见图 4)。因此板类零件的投产批次应控制在 16 批左右,考虑到实际生产的零件数量应比需求数量略多些,实际投产批次控制在 17 批最佳,在生产过程中每批之间可考虑交叉投产。

板类零件每批的投产数量控制在 100~110 只且投

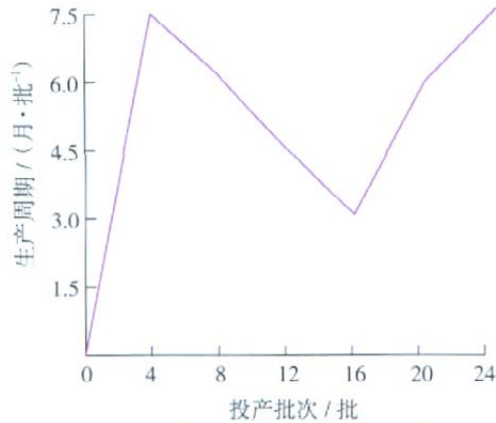


图4 投产批次-生产周期关系

Fig.4 Relationship between production batch and production cycle

产批次控制在 17 批时,产品的生产周期最短,大约需要 3.2 月/批,板类零件的年生产总量应为 1 700 只左右,且在实际生产过程中可考虑交叉投产。

3.3 筛网类零件

筛网类零件的生产工序一般包括下料、清洗、泡破点检验等。该类零件生产工序较少、工艺过程相似性高,各零件不仅具有相同的加工工序,而且工序顺序也相同,且生产设备均为专用设备,因此其生产方式采用传统的“加工流水线”,该生产方式有利于按零件的加工顺序布置加工设备,组织流水生产,接近于大量生产。

筛网类零件的年需求量约为 630 只,其生产周期为各类零件中最短的,因此该类零件的生产以生产过程中清洗环节每次清洗的最大量(50 片)为每批投产数量,并按各零件组焊的先后顺序进行生产。

3.4 轴套类零件

轴套类零件的年需求量约为 1 050 只,其生产工时基本集中在车加工上,同时该类零件占用车加工生产设备的数量相对教多,考虑实际生产情况,生产线上分摊到该类零件车加工的实际设备为 6 台。由于该类零件车加工任务量大,生产设备相对有限,因此需基于该需求量,对轴套类零件采用“均衡生产”的方式组织生产。

因该类零件的生产设备相对独立,所以在投产时一般以“使每台生产设备的负荷”均衡为原则,根据各零件在本加工单元的生产工时多少,对各生产单元内的生产设备进行均衡。表 1 为各生产设备生产工时均衡表(举例)。

由表 1 可知,9 种零件的平均生产工时约为 250h,在组织生产时考虑各生产设备的均衡性,零件 7 可考虑同时安排 2 台生产设备(设备 1、2)组织生产;零件 4 和

表 1 设备生产工时均衡表

零件名称	工时/h	投产数量/只	合计工时/h
零件 1	7	30	210
零件 2	6.5	30	195
零件 3	14	30	420
零件 4	3	30	90
零件 5	23	30	690
零件 6	2	30	60
零件 7	6.5	240	1 560
零件 8	4	240	960
零件 9	10	30	300

零件 5 安排在 1 台设备(设备 3)上生产;零件 1、零件 2、零件 6、零件 9 安排在 1 台设备(设备 4)上生产;零件 3 和零件 8 安排在 2 台设备(设备 5、6)上生产。这样就需要 6 台设备来完成如上 9 种零件的加工工作,可以保证所有零件同时投产、同时加工完成。图 5 为每台设备负荷情况。

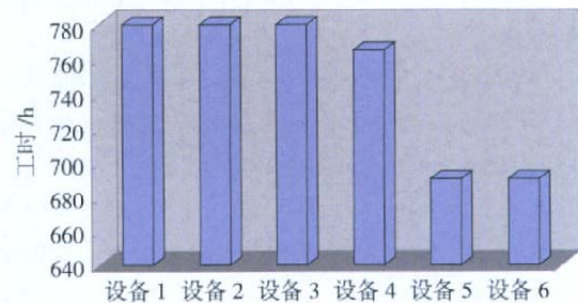


图 5 生产设备负荷图

Fig.5 Load of production facility

由图 5 可见,每台设备的负荷基本平衡,设备的利用率也得到了提高。

3.5 接嘴类零件

接嘴类零件包括气口、液口等,该类零件结构复杂,因此生产工艺过程相对较长、生产工序较多,涉及到的生产设备也相对较多,且每工步均需有专用的工装辅助完成。但该类零件的数量只占零件总数量的 5%,因此其生产采用现有的“单件生产方式”。

4 结束语

通过对产品零件进行相似性分类,根据每类零件的生产特点,按不同的方法组织生产,使生产线上各类生产资源得到了合理的利用,有效地缓解了产品之间抢占关键资源的情况,各类关键资源加班加点的情况得到一定程度的改善,提升了生产线的生产能力。(责编 小颖)