

氢氧发动机装配单元制造模式研究

王志东¹ 敖洪峰¹ 沙建军² 宋 鸽¹

(1. 首都航天机械公司, 北京 100076; 2. 国家开发银行宁夏分行, 宁夏 750004)



摘要: 通过对氢氧发动机的流程进行研究分析, 从工艺合理性和并行作业等方面对工艺流程进行优化, 将串行装配流程改进为并行装配流程, 固定各作业子单元的人数需求, 合理调配人员使用, 缩短装配周期, 提高发动机装配效率, 使氢氧发动机装配从研制单件生产模式向批生产模式转化, 显著提高了发动机装配的交付能力。

关键词: 氢氧发动机; 批生产; 单元制造

Research on Assembly Unit of LOX/LH Engine

Wang Zhidong¹ Ao Hongfeng¹ Sha Jianjun² Song Ge¹

(1. Capital Aerospace Machinery Company, Beijing 100076;

2. China Development Bank Corporation Ningxia Branch, Ning xia 750004)

Abstract: Based on the research and analysis of the assembly process of the LOX/LH engine, the assembly process is optimized in the process rationality and parallel operation, and so on. It is improved from the serial assembly process to the parallel assembly process, The number of people in each operation sub-unit is also fixed, and the staffs are used reasonably, too. The assembly cycle is shortened, and the efficiency of the engine assembly is also improved. The assembly mode of the LOX/LH engine, which is conversed from the development mode of a single engine to the mass production mode, significantly improves the delivery capacity of the engine.

Key words: LOX/LH engine; mass production; assembly unit

1 引言

近年来, 由于运载火箭发射任务激增, 与之配套的氢氧发动机的交付任务也相应增多。增加人员、加班加点等传统提高产能的方式, 只能短期内小幅度地提高生产交付能力, 无法长期满足上述任务形势需求。简单的扩大生产规模提高产能的方式, 又限于硬件资源、人员培训、成本控制等因素, 无法实施。因此, 通过单元建设手段, 探索了一套适应批产需求的发动机装配流程, 以适应发动机批产交付的需求。

2 产品装配流程分析

氢氧发动机的装配是在配套完成后, 工人围绕固定工位(装配型架), 按装配顺序依次进行相关零、部、组件的装配, 并对发动机进行性能检测, 合格后交付。流程如图1所示。

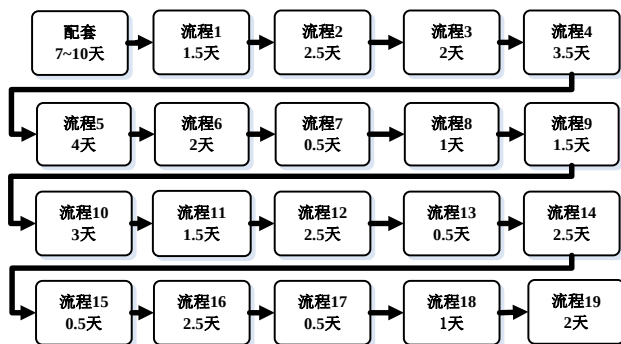


图1 氢氧发动机装配流程

作者简介: 王志东(1971-), 研究员, 焊接专业; 研究方向: 发动机装配技术。

收稿日期: 2012-12-07

从图 1 可以看出，发动机装配流程较长，装配过程是典型的串行装配流程，生产周期较长，串行单机装配时间为 35 天（不含配套时间）。这种流程作业方式，在单件研制生产时，可以满足交付需求，但在交付任务较多的批产模式下，就突显出与生产任务的严重不适应。经对流程分析，主要有以下制约发动机装配产能的因素：

- a. 配套周期较长，开工等待时间长：1 台单机的实物配套，需配套员进行实物的核对、检查、上架等工作，约需 7~10 天时间。整台份配套完成后，才可以进行发动机的装配。
- b. 串行工作方式效率低：由于发动机装配流程是典型的串行流程，装配周期长（单机 35 天），效率低。
- c. 人员调配不合理，劳动生产率低：现有生产模式是 4 名装配工人负责一台发动机的装配，从开始到结束，中间不能离岗进行其他工作，但发动机整个装配过程中并不是一直需要 4 名装配工人，这样就造成人力资源的浪费。同时，由于人员固定在一台发动机上，也使现场可以同时开工的发动机台数减少。

3 发动机装配单元模式建设

针对上述制约生产效率的关键因素，通过改进配套方式、优化装配工艺流程、合理的人员调配等方式，对发动机装配流程进行了单元化建设。

3.1 发动机装配单元的组建

实施发动机装配单元，需要在保证质量的前提下，通过“并行作业”和“提高人员利用率”等改进、

缩短发动机装配周期。故此，在发动机装配子单元的划分上，需依据以下原则：

- a. 并行作业原则：为最大限度地减少乃至消除发动机在装配型架上的等待时间，在子单元的划分上，把发动机装配流程中可以并行的工作划分为独立子单元，实现并行作业；
- b. 人员最小需求原则：在发动机装配、试验过程中，各环节需要的人数不一致，子单元内各工序占用人数相近，划分为子单元后，为其配备完成工作所需的人员最少，这样可以有效地减少人员闲置和资源浪费；
- c. 功能独立，保证质量原则：各子单元的工作内容相对独立，某一子单元工作结束后要具备可检查性，保证本子单元的装配质量，同时提高生产组织安排的灵活性。

依据上述原则，将发动机装配流程划分为 13 个子单元，包括 5 个独立子单元（D01~D05）和 8 个连续子单元（L01~L08）。

独立子单元是能够并行工作的流程，在独立子单元中，将几个配套件组合形成一个新的“工艺组合件”，将这个“工艺组合件”作为发动机总装配套使用。这样可以使独立子单元与发动机装配主流程脱离，实现预生产或与发动机装配流程同步进行，缩短总周期，提高发动机装配交付能力。连续子单元是需要按顺序进行串行装配的流程，不能打乱顺序或并行生产，是将原发动机装配流程按一定原则划分为几个相对独立的子单元。

子单元划分完成后，发动机单机装配的流程如图 2 所示。

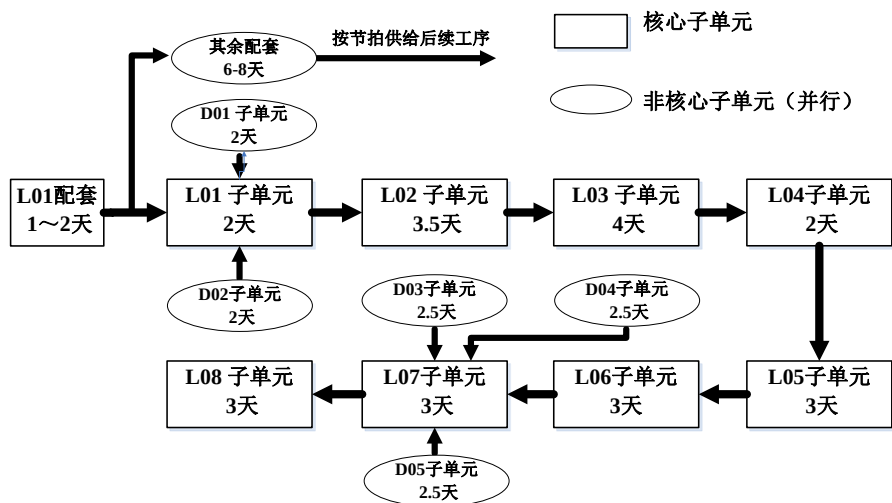


图 2 单元模式下发动机装配流程图

3.2 发动机装配单元的运行与管理

发动机装配单元有别于传统管理模式。工艺管理、质量管理、人员调配、生产配套等各环节都需按单元模式运行。

3.2.1 数字化配套管理

发动机传统装配模式是在整台发动机配套件全部齐套后才可以开工,配套与装配流程是串行关系,发动机配套完成后,才能开工装配。整台份配套一方面是为了现场装配的领用,另一方面是清理缺项,作为后续生产协调的依据,来保证发动机装配的有序进行。在这种实物配套模式下,配套周期约7~10天,生产线经常会出现因等待而停顿。单元模式下,配套采用数字化方式进行:

a. 整台发动机采用数字配套

根据工艺制定的配套表,使用配套软件,直接提取库存零件电子信息,自动对整台发动机进行配套,并生成缺项清单。

b. 按子单元齐套

将原来的整台份发动机齐套后开工,改进为按单元齐套后开工,即在第一单元实物齐套后即可开工装配,这样,降低了齐套要求,大幅度缩短了开工等待时间。

c. 配套与装配并行作业

在领用第一个子单元的配套件后,配套员进行下一子单元的实物配套,形成配套与现场装配的并行作业。

3.2.2 工艺管理

为适应单元化生产模式的需求,工艺文件由原来的一套改编为13套,分别与13个子单元对应。

3.2.3 生产管理

按单元模式组织和安排生产,依据子单元的类型,发动机台份生产中,同一台份的连续子单元需按编号顺序进行生产;独立子单元可视情况与其他子单元并行安排,条件许可时(配套件齐备)也可以多台份组批生产。

3.2.4 质量管理

在单元装配模式后,各子单元作为一项单独的任务进行施工,为保证过程控制水平,按“质量控制点前移”理念,将原流程中整机交付前的总检查,提前至各个子单元内,在每个子单元的最后一道工序,均设置子单元总检查工序,对于单元的全部工作进行检查、确认,以确保本子单元的装配质量。

3.2.5 精益化的人员配置

按单元划分的原则之一“子单元内人数固定”,依据子单元工作内容、复杂程度等,按需分配各子单元的人数。同时,为了保证发动机装配全过程质量受控,实施“台份负责人制”,指定一人作为一台发动机装配的负责人,该负责人要从始至终参加发动机的装配,负责整台份产品状态的落实、遗留问题的处理等。

3.2.6 基于单元的考核与激励机制

在单元化制造模式下,奖金的分配由原来的平均分配,改进为按子单元进行奖金划分,操作者也按完成的子单元来计算奖金,充分体现按劳取酬、多劳多得的理念,激励装配人员不断提高生产效率。

4 单元化建设成效

4.1 基于仿真的单元化装配能力分析

为更好地指导单元化实施方案,本研究采用基于Tecnomatix仿真工具Plant simulation模块模拟单元化实施前后的的装配能力变化和人员利用率变化情况。

输入的仿真条件包括:工艺过程、工位设置、人员配备和操作工时。现设定运行时间为一年,按330个工作日(每周加一天班)计算,分别对单元化实施前后的年产能进行仿真,仿真结果为:串行模式下单机工位每年可组装单机13台,单元化实施后单机工位共可组装27台单机,改进效果明显;对比单元化实施前后的人员总体利用率,单元实施前人员利用率70.8%,单元实施后为93.9%,利用率大幅度提高。

从仿真结果可以看出,单元化的装配流程优化显著提高了装配人员的总体利用率,并使装配产能提高到原来的2倍,因此我们可借鉴此仿真结果进行单元的组建与实施。

4.2 取得的效果

通过发动机装配单元制造模式的应用,取得了良好效果,大幅度提高了氢氧发动机的装配效率,和生产交付能力。

4.2.1 装配开工等待时间显著缩短

原来一台发动机配套完成后开工,等待时间7~10天;实施单元化后,整台份采用计算机配套,加上第一子单元的实物配套仅需1~2天时

(下转第18页)

