

论航空发动机发展的“渐改法”

温俊峰

(烟台大学, 山东烟台 264635)

[摘要] 文章简要论述了航空发动机发展的两种途径及其特点, 从国内外航空发动机改进发展广泛采用的作法和成功的经验事例, 论证了“渐改”发展模式的规律性和重要性, 提出了对发动机改进发展应加强组织领导和计划落实的建议。

[关键词] 航空发动机; 发动机发展途径; 渐改法

在近一个世纪的航空发展史中, 航空推进技术在很大程度上决定着飞机的发展与进步。发动机是飞机飞行速度、飞行高度、机动性、航程、有效载重、可靠性、经济性和环境影响的决定因素。发动机性能的提高, 是飞机飞跃发展的关键。

1 航空发动机的发展途径

航空发动机的发展有两种途径, 即全新设计研制和原型机派生(亦称衍生改进)。

1.1 全新设计研制

全新设计研制也有人称作型号发展模式, 是根据飞机的需要, 并考虑今后的发展趋势, 确定设计目标、选择最佳循环参数和采用最新技术所进行的一种全新的、最先进的、新型号的设计。当然要说明的是, 全新设计并非所有部件、所有系统都是从头开始的, 而是广泛采用了各公司自己的设计、使用与维修经验, 充分利用已有的一些组件与部件的设计, 并尽可能地将最新发展的技术引入新的设计中去。

1.2 原型机派生

原型机派生也有人称作使用发展模式, 我们通常称为改进改型, 是在一种使用中得到考验、积累了丰富使用经验的优良发动机的基础上逐渐改进而

发展的, 在改进发展时, 对循环参数、某些部件的结构进行改进、完善和提高, 并采用了先进的制造技术。原型机派生是采用“渐改法”的设计思想, 通过改进达到改型, 也就是改型设计研制, 最终使一种型号发动机逐渐改进发展成多种型别和批次的发动机系列。所以, 这种改进发展途径也称为“渐改”发展模式。

1.3 不断改进是航空发动机发展的规律^[1]

航空发动机的发展, 像任何事物的发展规律一样, 也有产生(研制定型)、发展(改进改型)、死亡(退役停产)的过程, 这是必然的过程。新机研制受到当时技术上(包括理论、实践和条件)的限制, 其性能不高、寿命不长、故障较多, 但随着使用中问题的暴露, 生产经验的积累和新技术的发展, 特别是新理论、新材料、新结构和新工艺的出现, 新的设计方法和新的试验方法的更加完善, 这就为产品改进提供了必要性和可能性。如防喘措施的成果可使压气机设计进而使整个发动机性能有新的突破; 新的冷却结构方案可使高温零组件进而使整个发动机的可靠性和寿命得到提高; 各种新材料的出现和广泛应用不仅减轻结构质量、提高推重比, 也是改善工作可靠性的物质保证。所以, 任何发动机不断地、逐渐地改进发展是必然的规律。

[收稿日期] 2000-01-10; **修回日期** 2000-02-02

[作者简介] 温俊峰(1929-), 男, 山东冠县人, 中国工程院院士, 烟台大学研究员级高级工程师

2 “渐改法”的产生与发展

“渐改法”是美国兰德公司在总结分析法国达索飞机公司的“幻影”系列战斗机发展经验的基础上提出的,并早已为许多国家所采用。“渐改法”不仅用于飞机的改进发展,也是航空发动机改进发展的常用作法;不仅用于军用航空产品,还广泛用于民用航空产品。由于全新设计研制一种新型发动机费用高昂,即使发动机公司已具备各种先进的生产与试验设备,也需10~15亿美元;再加之研制周期长、风险大,特别是新研制的发动机可靠性差,缺乏使用的经验和考验。因此,对已研制成功的发动机,在生产和使用过程中总是千方百计地挖掘其潜力,提高其性能,延长其寿命,改善其使用的可靠性和维护性,发展其型别,扩大其用途,以尽可能发挥其作用。“渐改”发展模式就是在发动机生产和使用过程中,不断利用新的技术、新的研究成果、新的设计试验方法和新的结构、材料、工艺等,对经过考验、使用可靠的发动机进行改进,发展成为一种新的型别或系列,这种改进发展从发动机投入使用开始,一直延续到完全退役停产,贯穿于一种发动机使用过程的始终。这种改进发展途径,不仅能降低新机研制成本和缩短研制周期,而且技术上稳妥可靠并能很快达到定型标准和投产使用。尤其是冷战结束以来,各国军费开支减少,这种改进发展的作法更加受到重视,因而,各国军方对航空新技术产品的发展思路也会随着世界政治和经济大环境的改变而发生变化,这将使多年来受性能要求驱动的军用航空产品发展在21世纪更加注重成本要求。当前世界上许多国家,包括发达国家和发展中国家,对现有军用航空产品提出了各种改进改型方案。可以预计,“渐改”发展模式将是各国空军(包括海军和陆军航空兵)更新装备的重要途径。

2.1 法国航空发动机“渐改”的成功经验

在法国不仅有达索飞机公司“幻影”系列战斗机“渐改”发展的经验,法国国营航空发动机研究制造公司(简称SNECMA公司)用“渐改法”对航空发动机的改进发展取得了明显的成效。如SNECMA公司的“阿塔”系列发动机用23年时间持续发展,推力由“阿塔”101A的2 200 daN发展到“阿塔”9K50的地面不加力推力达到5 000 daN,全加力推力达到7 200 daN,平均每年增长

200 daN。

“阿塔”系列推力增长情况如下:

$$\begin{array}{l}
 101A (2\ 200\ \text{daN}) \xrightarrow{\text{推力增长 } 9\%} 101B (2\ 400\ \text{daN}) \\
 \xrightarrow{16.7\%} 101C (2\ 800\ \text{daN}) \xrightarrow{7.1\%} 101D (3\ 000\ \text{daN}) \\
 \xrightarrow{16.7\%} 101E_3 (3\ 500\ \text{daN}) \xrightarrow{5.7\%} 101E_4 (3\ 700\ \text{daN}) \\
 \xrightarrow{15.6\%} 9C (4\ 280\ \text{daN}) \xrightarrow{9.8\%} 9K (4\ 700\ \text{daN}) \xrightarrow{6.4\%} \\
 9K50 (5\ 000\ \text{daN})
 \end{array}$$

SNECMA公司在总结了“阿塔”系列发动机发展经验的基础上,为满足80年代的高速高性能多用途战斗攻击机的需要,于1967年开始设计研制了M53单转子加力式涡轮风扇发动机,后又改进发展成M53系列:M53-2、M53-5、M53-P2等发动机;为满足90年代具有竞争力的多用途战斗机的要求,从70年代末开始设计研制M88双转子加力式涡轮风扇发动机。为满足多种用途的需要,SNECMA公司在M88-2核心机基础上研制推力范围5 000~7 000 daN的不加力型和7 500~10 500 daN的加力型发动机系列,具体型别如下^[2]:

a. M88-1。结构与早期的M88MK1相同,推重比从9.5提高到10.0,推力增大到8 317 daN。

b. M88-2。标准生产型,装用于单座型“阵风”C、双座型“阵风”B和“阵风”M海军型等战斗机上,其加力推力为7 500 daN,不加力推力为5 000 daN。

c. M88-3。用于JAS-39的中期寿命改型和更先进的90 kN级的出口型,还计划用于“阵风”的高推力型和“阵风”的中期寿命改型,其推力为8 820 daN。

d. M88-4。用于“幻影”2000战斗机以及其他重型单发战斗机,其推力为10 760 daN。

e. M88-2S/M88-3S。分别是M88-2和M88-3的不加力型,推力为4 880 daN和6 220 daN。还有M88-4S不加力型的改型发动机。

在M88高压核心机的基础上还将发展的新型发动机系列有:50—105 kN级的涡喷发动机M88-X、80—110 kN级的涡喷发动机、6—7.5 MW级的涡桨发动机和15 MW级的燃气涡轮发动机。

2.2 美国航空发动机“渐改”的典型实例^[3]

用“渐改法”改进发展航空发动机不仅在法国而且在上许多国家都早已广泛采用。众所周

知,美国空、海军航空兵的主力机种 F-14、F-15 和 F-16 战斗机,原用一统战斗机发动机天下的普·惠 F100 等发动机,因可靠性、耐久性、操纵性等问题出现了许多故障,甚至导致战斗机群停飞,促使美国空军实施改型战斗机发动机计划,GE 公司衍生改进的 F110 被选定为动力装置,并打破了原普·惠公司独家对 F-15、F-16、F-14 战斗机动力市场的垄断。F110 发动机是在 F101 发动机的基础上改进发展的。F101-GE-100 是专为 B-1 轰炸机研制的涡轮风扇发动机,GE 公司为了争夺战斗机发动机的市场,使 F101 核心机上成熟的技术得到广泛应用,减小了涵道比,提高了增压比,改进发展成为一种在性能、结构上都属一流的 F110 发动机。从 80 年代以来,GE 公司坚持走核心机型号衍生改进这一起点高、风险小、周期短、寿命期费用低的研制途径,在 F101 核心机的基础上,不断吸收和采用各种新技术,陆续又衍生出 F110 发动机系列的多种型别,主要有:F110-GE-100、F110-GE-400、F110-GE-129IPE(改进性能)、F110-GE-129R(延寿型)、F110-GE-129EFE(加强型战斗机发动机);此外,为了满足 F-15、F16 增强型未来推力的需要以及多用途战斗机和舰载轰炸机的需求,GE 公司制定了面向 2000 年的发展规划,重点是在 F110 核心机的基础上研制 F110X 和 F110XX。F110 系列各型发动机是世界上广泛应用的军用发动机之一,F110 系列改进发展的成功说明,走成熟核心机改进改型发展的途径确实是一条快速、可靠、高效的道路。又如美国普·惠公司最早设计研制并投入使用的推重比 8 一级的军用发动机 F100,因追求性能而忽视了使用可靠性、耐久性和维修性,曾一度使美国前线战斗机停飞。为此,普·惠公司投入大量改进改型资金,采取一系列措施,推出了 F100-PW-200 发动机,基本解决了 F100-PW-100 存在的问题,可靠性、耐久性和维修性均得到很大改善。在与 GE 公司竞争中,又改进发展了 F100 发动机系列:F100-PW-220、F100-PW-220E、F100-PW-220P 和 F100-PW-229。为了与 F110-GE-129EFE 竞争,又研制成功 F100-PW-229A,这是在 F100-PW-229 基础上改进研制的,也是 F100 军用发动机系列中最新的和最先进的改进型。

“渐改”发展模式在英国、前苏联和俄罗斯等

许多国家也都广泛采用。关于航空发动机改进改型的发展事例不胜枚举。

2.3 我国航空发动机坚持“渐改”发展原则

我国航空发动机的改进发展中,也坚持了“渐改”的原则,如贵州航空发动机研究所和黎阳公司在改进改型的使用发展道路上取得了有益的经验 and 明显的成效。从实际出发,在工作实践中,形成并遵循了“量力而行,有所作为,循序渐进,发展产品”的指导思想,实行了“厂所结合,公司统一领导”的管理体制,和坚持了“实事求是,一切通过实验”的工作方法。多年来,不断改进,改善和提高性能、排故和延长寿命、减轻质量和提高推重比,先后研制成功 16 个型别(型号及批次)的发动机。贵州黎阳公司生产的航空发动机由单一品种改进发展成涡喷-7 和涡喷-13 两个系列,推力从 5 640 daN 增加到 6 865 daN,首翻期寿命从 50 h 延长到 300 h(个别型别为 500 h),推重比从 5.38 提高到 6.17^[1]。涡喷-7 和涡喷-13 这两个系列的发动机是配装国内歼七系列和歼八 II 系列主战机种的动力装置,并出口创汇。

3 对我国航空发动机发展的建议

据统计,一种新型发动机研制成功后约有 30 年的使用寿命期。在此期间,不断利用预研成果,除排除使用中的故障、改进可靠性、延长寿命和降低成本外,还要不断提高性能和扩大用途。

综上所述,与全新设计研制相比,改进改型具有投资少、周期短、风险小和产品可靠性高等优点。实践证明,航空发动机“渐改”发展模式,不仅过去曾为世界各国广泛采用,当前更受到生产和使用部门普遍重视,今后对航空发动机发展也必将是更为重要的途径。在国外对航空发动机改进改型更加重视,并将改进发展计划列入整个新机研制计划的形势下,考虑到我国经济实力和技术基础的实际,航空发动机“渐改”发展模式对我国更具有特别的现实意义。针对我国航空发动机发展中存在的问题和当前的实际,必须确立实事求是的设计原则和指导思想,必须加强决策科学化和建立专门的决策机构,必须改革现行的组织结构和管理体制^[1]。建议我国负责航空工业发展的组织领导部门和决策机构,应把航空发动机的改进发展计划列入 21 世纪航空工业长远发展规划之中。国外在航空发动机发展中,都是全新设计研制和不断改进改型两种途

径同时采用, 以上所举的例子也充分说明这两种途径是相辅相成, 互为补充的。在我国航空发动机发展中, 为了赶上世界先进水平、满足飞机改进发展和国防装备的需要, 笔者认为: 全新设计研制新型号的发动机是极其重要的, 用“渐改法”不断改进型也是非常必要的。所以, 不仅要组织领导和计划落实航空发动机全新设计研制, 还必须对航空发动机的改进改型予以足够的重视, 并要有计划和经费落实, 对承担改进发展的重点企业给予重点保

证, 以使我国航空发动机能速度更快、效益更好、更全面地发展。

参考文献

- [1] 温俊峰. 航空发动机发展简述与思考 [J]. 世界科技研究与发展, 1998, 20 (6): 72~75
- [2] 胡晓煜, 方昌德. M88 加力式涡扇发动机 [R]. 航空信息研究报告, 1997, HY97012. 1~8
- [3] 方昌德. 世界航空发动机手册 [M]. 北京: 航空工业出版社, 1996

On Step by Step Method in Developing Aero-Engines

Wen Junfeng

(Yantai University, Yantai Shandong 264635, China)

[Abstract] Two ways to develop the aero-engines and their respective features are discussed in a summary manner. The regularity and importance of the mode of step by step development are discussed and justified with reference to the practices widely used at home and abroad for improving and developing aero-engines and to the experience therein, and a better organization and direction for improving and developing aero-engines are suggested to implement the planning of them.

[Key words] aero-engine; ways to develop aero-engines; step by step method.

天津大学数控 YAG 激光焊接机 获 1999 年“国家重点新产品”证书

1999 年 11 月科学技术部、外经贸部、国家质量技术监督局、国家税务总局、国家环保总局向天津大学精仪学院研制的“数控 YAG 激光焊接机”项目联合颁发了 1999 年“国家重点新产品”证书。该项目 1996 年和 1998 年分别通过天津市科委和国家科委技术鉴定, 被专家评定为国内领先水平。该产品已成功地被航天总公司、航空总公司、电子部、中船总公司所属的多家厂、所用于焊接惯导器件和仪表零件, 还为多条锂离子电池生产线配套, 密封焊接方形电池外壳、安全阀和极耳。焊接安全阀和极耳配有自动机电机构, 在微机控制下, 焊接过程自动进行, 每天工作 8 小时, 日焊 10 000 支。整机制作精良, 运行安全可靠, 且无需外水冷却。

(天津大学精仪学院激光器件研究室 张国顺)