

# 高推比预研工程技术效益定量评价

燃气涡轮研究所 邵忠甫 斯永华 冯宝盛

北京航空航天大学 刘文阁

## 摘 要

本文提出了一种定量评价技术水平的相对比较法,对高推预研的72个课题。228个技术方面进行了计算,得到了我国航空发动机在这些方面的平均技术水平的变化情况,并分理论、实验两个方面分别进行了定量研究,给出了我国与国际先进水平差距的变化情况和相对于国际先进技术的进步速度。计算结果表明,高推预研工程的技术效益显著,使我国在228个研究方面的平均技术水平与国际先进水平的差距缩小了1.6年,相对技术进步速度为1.225。

## 一、引 言

高性能推进系统预研在我国已进行了多年,正确地评价其技术效益不仅有利于加深对预研特点和性质的认识,也对了解我国航空发动机的技术水平、发展速度和制订发展规划有重要意义。为了定量评价技术效益,首先应对技术水平进行定量描述。关于技术水平的度量,目前已有大量文献报导<sup>[1~5]</sup>。Gordon等提出了用产品的重要性能参数组合来代表技术水平的SOA方法。美国兰德公司的Nelson等提出了用航空发动机通过型号合格试车的时间TOA(Time Of Arrival)作为技术水平的度量,建立了美国航空发动机技术水平模型<sup>[3,4]</sup>。刘文阁和李大立用中国航空发动机的性能数据对兰德公司的模型进行了修正,对我国航空发动机产品的性能水平及其发展速度进行了定量研究<sup>[5]</sup>。

目前已提出的模型都是用体现产品技术水平的几个重要性能参数作为评价依据<sup>[1~4]</sup>。如果产品是工业界尽最大努力研制而得到的,则用其性能参数构成的模型在某种程度上确实反映了当时的技术水平。对于技术落后国家,技术引进和产品生产线引进已是一个比较重要的获得产品的途径。利用这种途径得到的产品的性能参数不能完全代表该国当时的设计技术水平,而只能代表当时的制造技术水平,因此在文献<sup>[5]</sup>中将中国航空发动机的TOA模型称为性能水平模型而非技术水平模型。因我国航空发动机产品主要是通过仿制和改进改型得到的。因此其性能水平不能完全反映我国航空发动机行业的技术水平。对此,本文提出一种度量技术水平的相对比较法,并用此方法对高推预研工程的技术效益进行了定量评价。

## 二、定量评价技术水平的相对比较法

针对技术落后国家的特点,即在大部分技术领域都比较落后,开展的研究也多半属于消化、摸底、跟踪型研究,本文提出了一种定量衡量技术水平的新方法,相对比较技术水平测度方法,简称相对比较法。具体做法是:以国际先进水平为测度基准,用年代作为技术水平

的量度,通过专家调查得到我国在各个技术领域在不同时期的技术水平相当于国际先进水平哪一年的水平。其中间发展过程用线性函数表示,将这些技术领域的技术水平在某一年代的平均值作为当时的技术水平。取不同的时间点进行计算可得到技术水平逐年的变化情况,并由此得出我国的技术水平相对于国际先进水平的进步速度。

我们对高推预研课题进行了广泛的调查,共调查了81位专家,72个课题,228个技术方面。调查范围包括发动机总体、风扇和压气机、燃烧室及加力燃烧室、涡轮、进排气系统、结构强度、控制等7个领域的研究课题。通过调查,得到下列数据:

1. 我国在第*i*个技术方面研究开始的时间 $T_i$ 和当时相当于国际先进水平的年代 $L_i$ 。
2. 我国在第*i*个技术方面研究结束时间 $T'_i$ 及当时相当于国际先进水平的年代 $L'_i$ 。

由以上数据可得图1,该图表示,通过对第*i*项技术研究,我国的技术水平由 $T_i$ 时的 $L_i$ 提高到 $T'_i$ 时的 $L'_i$ ;其中 $T$ 是时间, $L$ 是技术水平,以年代做为度量单位。不同的技术方面,开始研究的时间和结束的时间不一定一样,为便于统计,采用如下假设:1)在开始第*i*个方面的研究以前的一段时间内我国的技术水平为 $L_i$ ;2)在 $T_i$ 到 $T'_i$ 的时间内,我国的技术水平从 $T_i$ 的 $L_i$ 线性增长到 $T'_i$ 时的 $L'_i$ ;3) $T'_i$ 以后技术水平在一段时间内保持在 $L'_i$ 。如图1虚线所示。

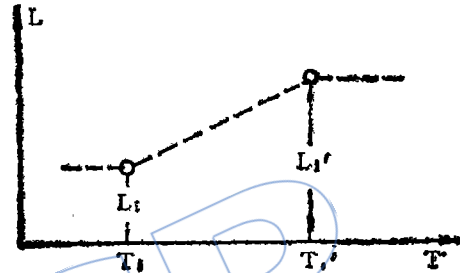


图1 第*i*个技术方面的水平变化

上述假设的理由是我国以前没有进行过系统的预研。大部分技术领域尚属空白,发展极缓慢,因而可认为预研开始时的水平代表了预研前相当一段时间的水平;做第2条假设是因为我们关心的是若干技术方面从预研开始到结束的我国平均技术水平变化情况,而并不主要研究某一方面技术发展的详细过程,故假设其技术水平提高的过程为最简单的线性过程;做第3条假设是因为当某个课题结束后,尽管还可能进一步发展,但因为还没有进一步投资,在短期内不会有长足发展,故假设在课题结束后的一段时间内仍保持在当时的水平不变。

若有*n*个技术方面,则对于每个方面,通过专家调查可得到下列数据。即:

$$\begin{aligned} &T_1, L_1, T'_1, L'_1 \\ &T_2, L_2, T'_2, L'_2 \\ &\vdots, \vdots, \vdots, \vdots \\ &T_n, L_n, T'_n, L'_n \end{aligned}$$

上述技术方面技术水平发展过程可用(1)式表示:

$$l_i(T) = \begin{cases} L_i & \text{当 } T < T_i \\ \frac{L'_i - L_i}{T'_i - T_i}(T - T_i) + L_i & \text{当 } T_i < T < T'_i \\ L'_i & \text{当 } T > T'_i \end{cases} \quad (1)$$

在任意一个时间点 $T_k$ 上,所考虑的*n*个技术方面的平均技术水平 $\bar{L}(T_k)$ 可按式计算:

$$\bar{L}(T_k) = \sum_{i=1}^n l_i(T_k) / n \quad (2)$$

取不同的时间点 $T_k$ 按(2)式计算可得到技术水平 $\bar{L}$ 的变化过程。也可求得在某一段时间内

如 $T_A$ 到 $T_B$ 内, 技术水平提高的相对速度,

$$V(T_A, T_B) = (\bar{L}(T_B) - \bar{L}(T_A)) / (T_B - T_A) \quad (3)$$

$V(T_A, T_B)$ 表示我国的平均技术水平在 $T_A$ 到 $T_B$ 这一段时间内相对于国际先进水平的提高速度。在时间 $T_k$ 时, 我国的平均技术水平与国际先进水平的差距为

$$G(T_k) = T_k - \bar{L}(T_k) \quad (4)$$

### 三、高推预研工程技术效益的定量分析

按上面介绍的相对比较技术水平测度方法, 本文对高推预研工程开展研究的228个技术方面进行了定量研究。并将其中包括的理论方面和实验方面的水平分别进行了计算。其计算结果见图2和图3。通过计算分析可以看出:

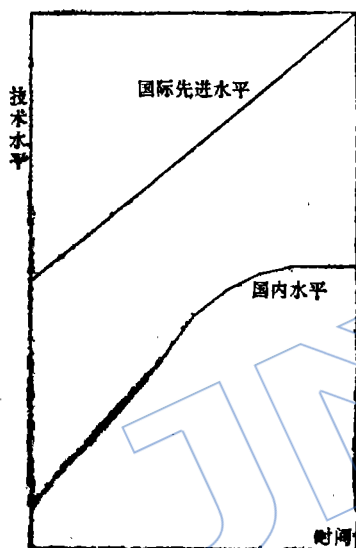


图2 高推预研开展的228个技术方面平均技术水平的变化

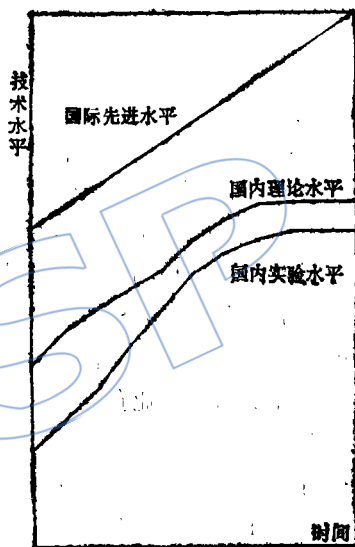


图3 高推预研工程理论与实验水平的变化

1. 高推预研开展研究的72个课题, 包括228个技术方面, 其平均技术水平通过高推预研工程, 以近似于国际水平提高的速度提高, 使我国在这228技术方面的平均水平与国际先进水平的差距缩短了1.6年。从高推预研开始到基本结束这段时间里, 我国在这228个技术方面的相对技术进步速率为1.225。见图2。

2. 在高推预研开展的228个研究方面中有117个方面属于理论研究。通过高推预研工程, 我国在这117个理论研究方面的平均水平与国际先进水平的差距缩短了0.45年, 其相对技术进步速率为1.086, 见图3。

3. 在高推预研开展的111个实验研究方面, 通过预研使其平均水平与国际先进水平的差距缩短了2.78年, 相对技术进步率为1.99。详见图3。

由图3可以看出, 我国在航空发动机的预先研究方面, 理论研究水平要高于实验研究水平, 这也是符合实际情况的。

航空发动机属于高技术范畴, 研制一台先进的航空发动机所涉及的技术基础范围广

泛,它所包含的技术方面数以千计,而高推预研工程限于国家的财力,开题有限,技术复盖面小,228个技术方面反映我们在高推预研中基本上保持了与国际先进水平同步发展,差距还有所缩小。但并不说明整个航空发动机行业的研究水平在同步发展和缩小差距,那些没有复盖到的技术方面的差距还在扩大,当然还有不属于高推预研工程的一些研究项目也取得了预期的技术效益。因此本文所述高推预研课题的技术水平不能完全代表航空发动机行业的研究水平,甚至也不能全部代表高推预研工程的技术效益,因为一部分综合技术验证课题还尚未结束。

高推预研是产品设计以前的预先研究项目,因此这里分析的我国与国际先进水平的差距是研究领域的差距,并不代表我国航空发动机设计技术水平方面的差距。考虑到从基础性研究到工程实用尚有一段移植推广应用的时间,以及高推预研工程的技术复盖面小等等因素,我国在航空发动机设计技术方面与国外的差距要比研究水平方面的差距大一些。

#### 四、结 论

综上所述,通过高推预研工程技术效益的定量分析,说明其效益是非常显著的。它使我国在228个研究方面的水平与国际先进水平基本上同步发展,使差距缩短了1.6年,理论研究方面的差距缩小了0.45年。实验研究方面的差距缩短了2.78年。高推预研的事实证明,只要我们积极开展预研,和国外的差距是能够逐步缩小的。

高推预研限于财力,开题复盖面小,没有立题开展研究的方面差距继续拉大,即使是开展研究的项目,研究过程中差距逐渐缩小,研究结束后,后续课题接不上,差距又开始拉大。因此,必须提高发动机行业预研的投资强度,扩大预研的技术复盖面,并注意保持预研技术流的连续不断。

发动机行业研究技术水平的差距要小于设计技术水平方面的差距,为此需加强预研部门与设计部门的合作和交流,加强预研技术成果向工程实用的转化工作,缩短研究成果移植推广所费的时间。

#### 参 考 文 献

- [1] Gordon, T.J. and Munson, T.R., "A Proposed Convention for Measuring the State of the Art of Products or Processes", *Technological Forecasting and Social Change*, vol.20, pp.1-26, 1981.
- [2] Edwards, K.L. and Gordon, T.J., "Further Research into a Convention for Measuring the State-of-the-Art of Products or Processes", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.24, pp.153-175, 1983.
- [3] Alexander, A.J. and Nelson, J.R., "Measuring Technological Change: Aircraft Turbine Engine", RAND-R-1017-ARPA/PR, 1972.
- [4] Birkler, J.R., Garfinkle, J.B. and Markes, K.B., "Development and Production Cost Estimating Relationships for Aircraft Turbine Engines", RAND-N-1882-AF, Oct. 1982.
- [5] 刘文阁、李大立, "中国航空发动机性能水平的定量分析及预测", *航空工业通讯(增刊)*, 第9期, 1988年。

## SELECTION OF R&D STRENGTH PROJECTS OF AEROENGINE

Feng Xinhai and Hu Jusheng

*(Gas Turbine establishment)*

Liu Wenge

*(Beijing University of Aeronautics and Astronautics)*

### Abstract

Fuzzy ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique A) and interdependence matrix method are applied to selecting interdependent projects of aeroengine strength and vibration research program, which comprises 23 project candidates. By using fuzzy ISODATA algorithms, the projects are fuzzily classified into 5 priority grades according to the evaluations made by experts in terms of the benefit contributions and the interrelationships of the projects. R&D project managers can obtain a number of feasible project sets by choosing and combining the priority grades of the benefit contribution and the project interrelations, and then select a set of projects on the basis of their experiences, preferences and resource restraints.

## EVALUATION OF TECHNOLOGICAL BENEFITS OF HPPSARP

Shao Zhongpu, Si Yonghua, Feng Baosheng

*(Gas Turbine Establishment)*

Liu Wenge

*(Beijing University of Aeronautics and Astronautics)*

### Abstract

An approach to measuring technological change is presented and applied to evaluating technological benefits of the HPPSARP, (High Performance Propulsion System Advanced Research Program) which comprises 72 projects relating to 228 technical feature aspects. The technological changes in theoretical and experimental aspects are illustrated. Technological gaps between Chinese and international advanced levels and relative technological change rates are analyzed. The analysis shows that the technological benefits of the program raise the state-of-the-art of China's aeroengine in the 228 technical aspects and reduce the technological gaps by 1.6 year. Moreover, the relative technological change rate is estimated to be up to 1.225.