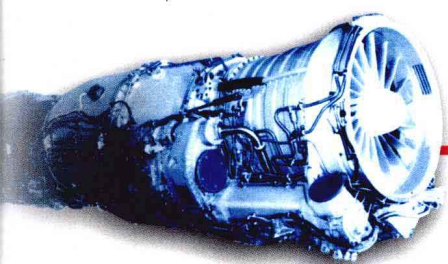


吴大观 著

航空发动机 研制工作

论文集



航空工业出版社

航空发动机研制工作 论文集

吴大观 著

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本文集是从作者在有关期刊、会议上曾经发表过的文章中选择汇编而成。共收集论文 55 篇, 分为航空发动机科研管理及经验教训、发动机结构完整性研究、研制程序和通用规范、核心机和验证机等 7 类。其中的所有论述, 都是作者结合自己从事发动机科研工作几十年的亲身体会, 查阅国内外资料, 反复调研, 研究总结国内外发动机研发工作的经验教训, 根据我国国情提出的。论文紧密联系工作实际, 认识深刻, 观点明确, 可供同行专家和领导同志研究参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

航空发动机研制工作论文集/吴大观著. —北京: 航空工业出版社, 2009. 7

ISBN 978 - 7 - 80243 - 350 - 2

I. 航… II. 吴… III. 航空发动机—研制—文集 IV. V23 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 108501 号

航空发动机研制工作论文集

Hangkong Fadongji Yanzhi Gongzuo Lunwenji

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64815615 010 - 64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2009 年 7 月第 1 版

2009 年 7 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 19.75

字数: 370 千字

印数: 1—5000

定价: 72.00 元

作者简介



吴大观，男，中共党员，我国著名航空发动机专家，1916年11月13日出生于江苏镇江。

1942年8月毕业于昆明西南联合大学航空系，毕业后到贵州大定航空发动机制造厂任技术员。1944年10月赴美国，先后在莱康明发动机厂、普·惠航空发动机公司等地方学习。1947年3月回国，到大定航空发动机制造厂广州分厂做筹建工作。1947年10月至1948年10月，在北京大学工学院机械系任讲师。

1948年11月，赴解放区石家庄参加革命，受到聂荣臻同志的接见。1949年11月加入中国共产党，任重工业部航空筹备组组长。1951—1956年，先后任航空工业局科长、处长，参与了新中国航空工业的筹建工作。

1957年，赴沈阳黎明发动机制造厂（410厂），任发动机设计室主任。在此期间领导研制了我国第一个喷气发动机——喷气教练机用的喷发1A发动机。

1961年，国家在沈阳组建国防部第六研究院航空发动机研究所（二所，606所），吴大观同志被任命为技术副所长。1963年参军，被授予上校军衔。“文化大革命”后期，1972年5月任606所革委会副主任，党委常委。1974—1976年厂所结合，任410厂革委会副主任兼主抓厂所协调和新机研制的总工程师。1976—1977年任606所革委会主任、党委副书记。在此期间，吴大观同志参与领导研制涡喷7甲（815甲）、涡扇5（61F）和涡扇6（910）发动机。

1977年底调任西安发动机制造厂（430厂）副厂长兼设计所所长，主抓涡扇9（斯贝）发动机的专利生产，组织进行了涡扇9发动机总装、试车和赴英考核试验，并主编了《英国罗·罗公司斯贝发动机设计技术资料》、《斯贝发动机赴英高空台试验、部件强度考核试验结果技术资料》等。

从1982年8月起，吴大观同志在北京任航空工业部（后为航空航天工业部、航空工业总公司、中国一航，现为航空工业集团公司）科技委常委、顾问。在此期间，他组织编写了《涡喷、涡扇发动机通用规范》、《涡桨、涡轴发动机通用规范》、《发动机结构完整性大纲》和《发动机结构设计准则研究报告（涡喷、涡扇）》等。主编了《涡扇发动机及其系统的性能研究》、《涡喷发动机试车中的性能研究与故障分析》等。参加航空发动机发展战略研究和许多重大型号及预研项目的论证、评审和咨询，编写出版了《航空发动机研制工作论文集》，为我国航空动力及航空工业的发展做出了重要贡献。

吴大观同志曾任第三届全国人大代表，第五、第六、第七届全国政协委员。北航、南航、西工大兼职教授，中国工程热物理学会荣誉理事，1991年美国航空航天学会（AIAA）会员。1956年被评为国家二级工程师。1991年被批准享受政府特殊津贴。1992年被中央国家机关工委授予优秀共产党员称号。1992年被授予航空航天工业部有突出贡献的老专家称号。1993年被国家人事部定为暂不离退休的专家。2001年被中央企业工委授予优秀共产党员称号。

2009年3月18日上午，吴大观同志因病在北京逝世，享年93岁。

出版说明

吴大观同志是我国著名的航空发动机专家，我国航空动力事业的开拓者与奠基人之一。新中国成立后，从重工业部航空筹备组到航空工业部科技委，从喷发1A、“红旗”2的研制到斯贝发动机的专利生产和我国第一部航空发动机通用规范的编制，他为我国航空工业，特别是航空动力事业的创建和发展做出了重要贡献。

在献身航空60多年的实践中，吴大观同志结合自己的亲身体会，研究、总结国内外航空发动机研究发展的经验教训，在有关报刊和会议上发表了大量文章，提出了许多深刻的见解和有益的建议。1999年，他亲自编辑出版了《航空发动机研制工作论文集》（内部发行），收集了论文46篇。2009年3月吴大观同志病逝，为了重温老前辈的教诲，我们又从他发表的其他文章中补充选入了9篇论文（用“*”注明），共55篇一并出版，公开发行，奉献给大家。相信对航空动力科研管理和干部的成长、提高，都具有参考价值和指导意义。

编委会

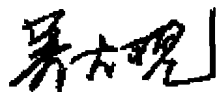
2009年6月

前 言

本文集是作者从事航空发动机研制工作时，在航空工业部系统的司局及下属的研究所、设计所主办的期刊上曾经发表过的文章选择汇编而成。共收集论文 46 篇，按文章性质分为 7 类：航空发动机科研管理及经验教训；发动机结构完整性研究与研制方法和程序；发动机设计师的素质与科研工作；核心机和验证机的内涵与相互关系；航空发动机研制必须贯彻通用规范及型号规范；国外航空发动机研制技术经验介绍；航空发动机试验技术和试验设备。由于我国航空工业的新机研制长期处于资金不足，预研基础薄弱，研制型号太少，从而缺乏实践经验的状态，航空发动机研制经历了漫长的艰辛道路。本文集中的论述，多系作者在 40 多年的发动机研制工作中的亲身体验，其中在研制生产第一线两个单位工作共 26 年，1982 年调到部科技委工作，继续跟踪基层新机研制进程，并回顾自己以往研制经历，从中发现研制技术管理、设计、制造、试验技术上暴露的问题，在研制方法和程序上，与军方在贯彻通用规范中出现的问题等，经过作者 1982 ~ 1998 年 16 年间利用科技委的有利条件，反复调研查阅国内外资料，研究国外发动机研制的成熟经验，进行对比分析，根据我国国情，写出针对性的文章，提出一些建议，供同行专家、领导同志们，在进一步改进研制工作中研究参考。

本文集承蒙总公司科技局的大力支持，并由科技委丁文慧、谭万诚同志协助整理、复印才得以顺利出版，在此一并表示谢忱。

文中论述的观点、所提建议，随着科学技术飞速进步、时间的推移及国内外社会发展和事物的变迁，错误和不当之处在所难免，供我国从事航空发动机研制工作的设计师、专家和领导同志们参考和指正。



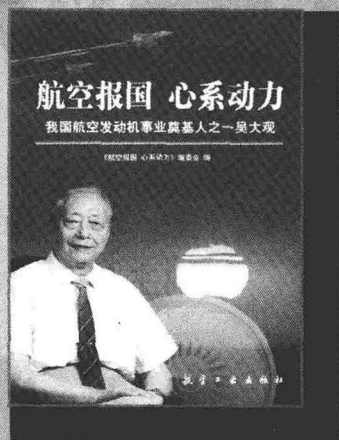
1998 年 10 月 12 日

《航空报国 心系动力》

吴大观同志是中国共产党的优秀党员，著名的航空发动机专家，我国航空动力事业的开拓者、奠基人之一。2009年3月18日因病在北京去世，享年93岁。吴大观同志有着坚定的理想信念和崇高的思想境界，为中国航空发动机的振兴发展做出了突出贡献。

为追怀和学习吴大观同志，本书收入了“吴大观同志口述自传”和原中国一航科技委、原中国一航发动机事业部等单位为吴大观同志九十华诞和从事航空事业65周年撰写的纪念文章，全面反映了吴大观同志爱国爱党、无私奉献、艰苦朴素、助人为乐、爱岗敬业、奋勇拼搏的光辉人生。

本书内容丰富、翔实、生动，是向吴大观同志学习的重要读物和学习资料。



定价36.00元

《我的中国心》

本书是吴大观同志的口述自传，全面回顾了他从航空救国到航空报国、从热血青年到党员专家，毕生献身航空发动机事业的光辉历程，总结了我国航空动力的发展历史和经验教训，从中反映出吴大观同志爱国爱党、无私奉献、艰苦朴素、助人为乐、爱岗敬业、殚精竭虑的赤诚情怀和高尚品质。

本次单独出版，特请中航工业林左鸣总经理作序，编者又增加了部分补记，使内容更加充实、生动，是向吴大观同志学习的重要读物和生动教材。



定价18.00元

目 录

(一) 航空发动机科研管理及经验教训

1. 参加首次研制喷气发动机的体会	3
2. 我国航空发动机发展的经验教训	7
3. 论发动机预先研究与型号研制的根源关系	14
4. 开展航空发动机可靠性管理工作的建议	21
5. 论可靠性管理与航空发动机型号研制的重要关系	25
6. 从经济效益和指导方针试论小发动机研制中的几个问题	29
7. 我国航空发动机改进改型工作的回顾与展望	34
8. 加速发展我国航空发动机事业的关键是改善科研管理	39
9. 航空发动机发展及研制的经验教训	43
10. 航空发动机发展及研制的经验教训 (1998 年补充材料)	58
11. 谈航空发动机的首翻期寿命问题	70
12. 谈武装直升机采用民用涡轴发动机必须重视的几个问题	74
13. 关于航空发动机改进计划问题	77
14. 浅谈试验与评审在航空发动机研制中的重要作用	80
15. 再论预先研究对航空发动机发展的重要性	85
16. 航空发动机研制的风险评定问题	88
17. 发人深省的航空喷气发动机发祥史 *	92
18. 我国航空发动机研制过程中的主要经验教训 *	97
19. 对航空发动机科研工作的几点看法 *	107
20. 探讨我国航空发动机发展中出现的问题 *	114
21. 对航空工业两个重大历史问题的思考 *	121
22. 回忆航空发动机研制的黄金时代 *	125

(二) 发动机结构完整性研究与研制方法和程序

23. 发动机结构完整性研究的回顾与展望	133
----------------------------	-----

24. 航空发动机技术发展的新动向及新问题	141
25. 再论航空涡轮发动机研制程序	148
26. 航空涡轮发动机结构研制基本方法的探讨	154
27. 《航空涡喷、涡扇发动机结构设计准则 (研究报告)》 的出版在发动机研制中的作用	165

(三) 发动机设计师的素质与科研工作

28. 浅谈航空发动机设计师的基本素质	171
29. 矢量喷管技术研究初议	175

(四) 核心机和验证机的内涵与相互关系

30. 谈谈航空发动机核心机的研究与发展	181
31. 再论核心机的试验方法	186
32. 航空发动机核心机的研制重点是提高耐久性	188
33. 10 年预研之花结成核心机丰硕之果	191
34. 从核心机研制看工艺的重要性	196
35. 航空发动机验证机的研究与发展	200
36. 浅论核心机与验证机的相互关系	205
37. 扩大验证机方法在发动机研制中的作用	210
38. 借鉴国外经验, 重视验证机在发动机研制中的作用	215
39. 关于先进核心机研制的几点意见*	219

(五) 航空发动机研制必须贯彻通用规范及型号规范

40. 航空发动机通用规范发展概况及对我国发动机研制 的作用	225
41. 积极贯彻通用规范提高航空发动机研制质量	233
42. 论航空发动机通用规范与型号规范的指导关系	239
43. 21 世纪我国开展标准化的几点意见*	242

(六) 国外航空发动机研制技术经验介绍

44. F414 发动机采用可靠性高、风险小的研制方法	249
45. 国外先进发动机屡出故障给我们的启示	252
46. 遑达 800 发动机的研制经验	255

47. 罗·罗公司遒达发动机的市场覆盖战略	260
(七) 航空发动机试验技术和试验设备	
48. 试验技术是航空发动机研制的三大技术支柱之一	269
49. 航空发动机试验设备必须经过严格校准方可使用	274
50. 航空发动机高空台和飞行台在我国的应用前景	277
51. 不容忽视发动机叶片动应力测量的作用	285
52. 研制一种航空发动机需要试车 10000h 以上	292
53. 应该十分重视发动机的试验工作	296
54. 严格区别两种不同性质的发动机长期试车规程	297
55. 航空发动机试验*	300
编委会	305

* 为本次出版补充的论文。

(一)

航空发动机科研 管理及经验教训

参加首次研制 喷气发动机的体会^①

中华人民共和国成立以后，我国航空工业在非常薄弱的基础上，从小到大，迅速成长壮大。1956年6月，我国第一台涡喷发动机涡喷5在沈阳航空发动机厂仿制成功；同年7月，安装该发动机的第一架喷气战斗机歼5也在沈阳飞机厂仿制成功，飞上蓝天。下一个新使命，就是如何向自行设计过渡，这也是我从国外回来参加革命的夙愿。

1956年11月，组织上把我从航空工业局调到沈阳航空发动机厂参加航空发动机研制工作。对这一光荣任务，我心中既高兴又担心。在当时的条件下，年轻的航空工业每向前走一步，都会付出很大的代价，要走自行设计喷气发动机的路子是十分艰难的。1956年，党中央、毛主席发出“向科学进军”的伟大号召，国家制定了12年科学技术发展远景规划，对创建航空科研机构起了巨大的推动作用。当时，航空工业局王西萍局长，段子俊、油江、徐昌裕副局长，对成立研究设计机构的决心很大。参加航空工业工作的技术人员都有新中国主人翁的自豪感和高昂的革命热情，有为我国设计自己的航空发动机的强烈愿望和献身精神。在短短的三年时间里，我们闯过了一个又一个难关，第一次自行设计出飞机和喷气发动机。吃了不少的苦头，也尝到不少的甜头。

一、如何确定第一台发动机选型方案

万事开头难。要开始设计第一台喷气发动机，该怎样起步？我多次与飞机设计室主任徐舜寿同志商量。他和我一同从航空工业局调到沈阳，是一位作风严谨、扎实、细致、敢于创新、才华出众的飞机设计师。我们反复分析当时的

① 本文发表于1989年9月。

国内经济、工业基础和技术水平，决定只能是先易后难、由小到大，先从教练机开始。最后选定设计喷气教练机，定名歼教 1，发动机定名喷发 1，推力为 1200kgf^①。由于这是首次设计喷气发动机，既缺乏实践经验和技术储备，又没有现成的试验设备，一切都得重新设计，技术风险确实很大。我与当时设计室副主任虞光裕同志研究决定，要寻找既有创新又符合我国国情、力所能及的方案，结果选定工厂刚仿制成功的涡喷 5（苏联 VK-1）和苏联 RD-45 发动机为原准机，采用相似定律进行缩型设计，这是一条风险小、把握大的捷径。1957 年 3 月，设计工作全面铺开。现在看来，发动机型号方案的选择，走什么途径，风险大小，是设计新发动机能否成功的关键。

二、设计人员从何处来，技术素质怎样提高

设计发动机要有设计人员，从哪里来？首先从沈阳航空发动机厂设计科和航空工业局选调了一些技术人员，但是还不够。后来又从哈尔滨航空发动机厂调来一些。国家还分配了一批新毕业生，他们多数来自南京航空专科学校，因为发展航空工业就提前毕业，只学了两年半的课程。到 1957 年上半年，总共调来设计人员 100 名左右。

在这些设计人员中，有一半以上是学活塞式发动机、发动机制造和装配修理专业的，对喷气发动机设计理论和设计方法都很生疏，我们于 1956 年 10 月向北京航空学院求援，请该院四系开设航空发动机设计速成班，主要学习喷气发动机原理和叶片机原理两门主要课程，我们送去的 20 多人，于 1957 年 4 月回到沈阳参加喷发 1 发动机设计，从而解决了燃眉之急。现在，他们多数已成为发动机研制工作的主要领导和技术骨干。

三、新机试制力量在哪里

航空工业局是 1956 年在北京筹建飞机和发动机设计室的，但北京没有相应的工厂，唯有依靠刚试制成功歼 5 飞机和涡喷 5 发动机的沈阳飞机厂和航空发动机厂，这样，喷发 1 发动机研制可以充分利用涡喷 5 发动机的生产技术以

^① 1kgf=9.8N。

及部分锻铸件毛料和工艺装备，以缩短研制周期。更重要的是，这里有一支生产工人队伍，是试制新机的雄厚基础。

试制并不是一帆风顺的。1958年3月空军审查歼教1木质样机时，认为发动机的推力不够，要求由1200kgf增加到1600kgf，因而发动机的直径必须相应增大。由于当时机匣、离心压气机、燃烧室、涡轮转子等部件已在加工，有几个车间人员的情绪产生了一些波动，莫文祥厂长亲自深入车间进行动员，使试制工作得以继续进行。在全厂职工的共同努力下，克服了重重困难，经过210天的奋战，终于在1958年6月把4台新发动机试制出来。新发动机通过了20h的长期试车后，便送沈阳飞机厂装机。

四、新发动机的部件试验怎样过关

在喷发1发动机研制中，最伤脑筋的问题是没有试验设备。喷发1发动机虽然是以涡喷5为原准机来缩型，可以省去一些部件试验，但有些重要部件仍需经过试验才能进行研制，否则设计成功的可能性就不大，比如，单管式燃烧室9个火焰筒，经过按相似定律缩小后，仍沿用原准机上的喷嘴，在缩型后的火焰筒内能否点着火和正常工作？这是燃烧室设计成功的要害问题。还有涡轮叶片缩型后，能否达到涡轮设计的功率？这也是一个要害问题。当时我们还想做离心压气机试验和涡轮模型试验，但是得不到相应的试验设备。即使是必不可少的火焰筒单管试验器和叶栅吹风试验器也无处可寻。这些试验设备只有靠自己设计制造，没有其他路可走。

在喷发1设计工作开始的同时，测试传感器的研制、试验设备的设计和制造也紧张地展开了。我们得到航空工业局油江副局长的批准和沈阳航空发动机厂的大力支持，在工厂抽调10多台设备、10多名老工人组建了试制车间。又抽调了几位技术人员成立测试传感器设计小组，负责研制试验用的压力、温度测量传感器和高温热电偶，并进行电子测量仪器的研究。为了测量部件强度，应变片、水银引电器及滑环引电器等也开始设计试制。为了便于测试技术人员学习电子学知识，我把自己从美国带回国的6真空管长短波收音机拿出来，供他们装拆练习。我还拿出从苏联买回来的幻灯机，供他们用来阅读测量压力排照相底片的数据。当时我们只能在因陋就简、土洋结合的条件下，克服困难，起步做测试工作。在不到一年的时间里，测试小组和试制车间的工人师傅就试制出了温度传感器和定向定位用多点测压靶子，用于单管燃烧室和叶栅风洞试

验，初步解决了喷发1发动机的火焰筒和涡轮叶栅两项最关键的试验。

这里值得特别提出的是，在喷发1设计图样发出前几个月，工厂非标准设备的设计人员就设计出了单管燃烧室试验器和叶栅风洞，并由工厂组织加工力量，抢时间、赶进度，将其制造出来，解决了喷发1发动机研制中的一大难题。这两台试验设备都靠近工厂空气压缩机站，可以利用工厂生产用气源，节省研制费用和建设气源的时间。白天试验的空气不够用，就改在夜间利用工厂停产的时间来做。这两项试验设备的建设经验，后来为很多厂、所效仿。

五、各级领导怎样支持这项研制工作

在筹建飞机和发动机设计机构中，航空工业局的领导在调集技术人员、决定飞机和发动机设计方案上做了大量工作，为首次研制自己的飞机和发动机创造了较好的条件。沈阳航空发动机厂党委和莫文祥厂长，在发动机设计室成立初期，对设计人员的生活、后勤供应等方面给予了物质上的支持，使设计人员减少后顾之忧，一心扑在工作上。

1958年5月，工厂试制新机正在紧张进行时，航空工业局的王西萍局长亲自到沈阳两厂作动员，使试制工作再次出现高潮。通过20h长期试车的新发动机提前于6月底送沈阳飞机厂，装上了歼教1型飞机。7月26日，飞机在沈阳飞机厂机场首飞成功。叶剑英元帅、空军司令员刘亚楼上将等亲临沈阳出席了庆功大会。1958年10月，装备喷发1发动机的两架歼教1飞机，从沈阳飞到北京南苑机场，接受中央领导同志的检阅。首次研制成功的飞机和发动机，得到党中央高度重视，使从事航空科研事业的技术人员、工人和干部受到莫大的鼓舞。

我是在沈阳和广大工人、设计人员一起度过青春年华的，是在大家的帮助下成长的。我能参加喷发1发动机的研制，对我以后从事航空发动机的研制工作有着深远的影响。在30多年的时间里，发动机行业经历了买专利仿制、测绘仿制、改进改型和自行设计，先后开发了40多种型号航空发动机，其中22种已投入生产，9种正在研制，共生产航空发动机近5万台。我国空军、海军装备的飞机发动机绝大多数是我国自己制造的。民用飞机发动机也已投入使用。我国航空发动机科研队伍的形成与发展速度是十分惊人的。我想，回顾首次研制喷发1发动机的工作，从中吸取更多的经验，对我们今后研制更先进的发动机是有益处的。