

“十二五”国家重点图书出版规划项目

中航工业科技与信息化部组织编写



航空发动机出版工程

# 苏联/俄罗斯/乌克兰 航空发动机的发展

A History of Soviet Union / Russian /  
Ukrainian Aero Engine

彭友梅 主编



航空工业出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目  
航空发动机出版工程

# 苏联/俄罗斯/乌克兰 航空发动机的发展

彭友梅 主编

航空工业出版社

北京

## 内 容 提 要

本书是介绍苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机发展的综述性专业技术读物。概括介绍了其航空发动机工业发展历程、预先研究工作和新概念航空发动机的发展。对活塞、涡喷、涡扇、涡桨、涡轴各型发动机以及航改燃气轮机首先给出综述,然后选取若干典型型号进行了详细介绍。

本书可供航空动力行业及相关领域的管理、研发和教学人员参考,也可供广大航空爱好者阅读,从中了解苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机发展的历史和经验。

### 图书在版编目(CIP)数据

苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机的发展/彭友梅主  
编.--北京:航空工业出版社,2015.11

(航空发动机出版工程)

ISBN 978-7-5165-0907-4

I. ①苏… II. ①彭… III. ①航空发动机—技术史—  
苏联②航空发动机—技术史—俄罗斯③航空发动机—技术  
史—乌克兰 IV. ①V23-095.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第242004号

苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机的发展  
Sulian/Eluosi/Wukelan Hangkong Fadongji de Fazhan

---

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑2号院 100012)

发行部电话:010-84936597 010-84936343

三河市华骏印务包装有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2015年11月第1版

2015年11月第1次印刷

开本:710×1000 1/16 印张:44.5 插页:6 字数:731千字

印数:1—3000

定价:136.00元

## 《航空发动机出版工程》编委会

主任：林左鸣

常务副主任：谭瑞松

副主任：张新国 李方勇

委员：陈元先 杨圣军 魏金钟 丁俊 庞为  
王英杰 王之林 张健

## 《航空发动机出版工程》专家委员会

主任：刘大响

副主任：郭恩明

委员：陈浚 唐智明 周晓青 彭友梅 张皖南  
张恩和 严成忠 杨士杰 李概奇 怀寿章  
殷云浩 吴学仁 江和甫 江义军 马光辉  
胡晓煜

## 编委会办公室

主任：魏金钟

副主任：陈刚 焦鹤 刘鑫

成员：王晓文 向明 潘陆原 王伟 胡晓煜  
彭友梅 姜向禹 石英 龙明灵 刘宁  
王少雄

## 总 序

自1903年12月17日人类首次实现有动力飞行以来，航空事业获得了迅猛发展，极大地促进了人类社会文明的进步，对世界各国的政治、经济和军事都产生了深远的影响。航空发动机作为飞机的“心脏”，不仅是飞机飞行的动力，也是促进航空事业发展的重要推动力，人类航空史上的每一次重要变革都与航空发动机的技术进步密不可分。飞机进入喷气时代始于涡轮喷气发动机的发明，飞机突破声障、实现马赫数2和马赫数3的飞行主要是由于加力式大推力发动机的出现；飞机实现垂直起降则仰仗于可旋转喷管发动机的研制成功；巨型宽体客机的问世更少不了大涵道比、大推力的涡扇发动机；第四代战斗机的超声速巡航和超机动性主要是依靠发动机的高推重比和矢量喷管。

经过百余年的发展，航空发动机已经发展为可靠性极高的成熟产品，正在使用的航空发动机包括涡轮喷气/涡轮风扇发动机、涡轮轴/涡轮螺旋桨发动机、冲压发动机和活塞式发动机等多种类型，不仅作为各种用途的军民用飞机、无人机和巡航导弹动力，而且利用航空发动机派生发展的燃气轮机还广泛用于地面发电、船用动力、移动电站、天然气和石油管线泵站等领域。航空发动机的发展也极大地带动了机械制造、电子、控制、材料和石油化工等相关产业的发展，带来了巨大的收益。目前，

全球飞机发动机及其零部件制造业的收入已占航空制造业总收入的 40% 左右，年收入超过 1000 亿美元，到 2015 年将达到 1220 亿美元，人均年收入 35 万美元，仅美国从事航空发动机及零件制造的公司就有 1000 多家，年收入超过 600 亿美元。

进入 21 世纪，航空发动机正在进一步加速发展，将为人类航空领域带来新的更大变革。目前，传统的航空发动机正在向齿轮传动发动机、变循环发动机、多电发动机、间冷回热发动机和开式转子发动机发展，非传统的脉冲爆震发动机、超燃冲压发动机、涡轮基组合发动机，以及太阳能动力和燃料电池动力等也在不断成熟，这些发动机的发展将使未来的航空器更快、更高、更远、更经济、更可靠，并能够满足更加严格的环保要求，并将使高超声速航空器、跨大气层飞行器和可重复使用的天地往返运输成为现实。

但是，航空发动机的发展绝非易事，作为人类科学技术发展的最高端产品之一，航空发动机被誉为“工业之花”“皇冠上的明珠”，具有技术难度大、风险高、耗资多、周期长等特点，要求在相关的工程技术领域具备雄厚的基础和丰富的实践经验积累，是一个国家工业基础、综合国力和科技水平的集中体现。美国将航空发动机技术描绘为：“它是一个技术精深得使新手难以进入的领域，它需要国家充分保护并稳定利用该领域的成果，长期的专门技能和数据的积累，以及国家大量的投资。”法国将航空发动机工业描绘为：“航空发动机工业是一个与众不同的工业，是当代尖端技术的标志。进入这个竞技场的顶级‘玩家’数量非常有限，其门槛设置得比其他航空专业更高，这意味着竞争者进入的难度更大。”目前，能够独立研制航空发动机的只有美国、英国、俄罗斯、法国和中国等少

数国家。

我国航空发动机工业起步并不晚，在中华民国时期就曾试图建立航空发动机工业，中华人民共和国成立后，我国于1951年开始建立航空发动机修理厂，经过60多年几代航空人的艰苦努力，如今我国已建成比较完整的航空发动机科研、生产体系，研制生产出了6万多台航空发动机，已进入世界少数能够独立研制航空发动机的国家行列。但是，我国航空发动机在技术水平和产品研制方面与先进国家还存在很大差距，学习国外航空发动机的先进发展经验，对我国航空发动机的发展势必起到良好的借鉴作用。

中国航空工业集团公司组织出版《航空发动机出版工程》的目的是为广大读者提供一个全面了解世界航空发动机发展历史、现状和未来的平台，使读者对航空发动机的基本概念和工作原理有更科学、系统的认识，对国外航空发动机的产品发展经验、组织管理方法和技术发展路线有更深刻的理解，对航空发动机发展对国防建设和国民经济发展的必要性有更充分的重视，以唤起广大读者对航空发动机事业的关注和热爱，并积极投身到这项光荣而伟大的事业中来。期望这套丛书能够为中国航空发动机的人才培养，航空发动机的科研、生产和使用提供参考和借鉴，为中国航空发动机事业的更大发展做出贡献！



中国航空工业集团公司董事长

2013年3月

# 《苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机的发展》

## 编写组

主 审 刘大响

主 编 彭友梅

编写人员 胡晓煜 张东波 李东海 梁春华 王 雷  
张之兰 刘 静 刘红霞 郭 琦 王巍巍  
高海红 王 乐 顾 杨 罗安阳 周辉华  
田正平 唐正佳 吴军华 冯子轩 景小燕

责任编辑 何晓红



## 序

苏联/俄罗斯/乌克兰是世界航空工业强国之一，在飞机、发动机领域占据重要位置。俄罗斯航空发动机工业走过了一条漫长的发展道路，开始是在沙皇制度留下来的手工业作坊里组装、仿制外国发动机；“十月革命”胜利后，逐步自主创新研制并快速发展，创造了辉煌的业绩和许多航空发动机世界之最，如功率最大的活塞发动机，功率最大的涡桨、涡轴发动机，推力最大的军用加力涡喷发动机，推力最大的民用涡扇发动机，世界第一台装备使用的桨扇发动机，等等。

早在苏维埃政权建立之初，列宁签署的第一道科技发展方面的命令就是建立苏联中央空气流体动力学研究院，1930年又建立了苏联中央航空发动机研究院，把发展航空工业和航空发动机放在优先发展的地位。20世纪30~70年代，苏联加大航空工业的投资力度，建立了一整套适应社会主义制度的航空发动机研究和发展体系，除国家级的中央航空发动机研究院，还建立了多个发动机设计局和批生产厂。在鼎盛时期，苏联的航空发动机设计局多达14个，都配有强大的新机试制工厂和试验设施，这大大保证了新机的研制进度和质量。

1991年苏联解体后，航空工业的主要继承者俄罗斯和乌克兰经济处于困难时期，航空发动机制造业陷入停顿状态，新

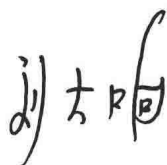
发动机的研制很少，许多企业不得不靠老机的改进改型、对外出口和维护修理为生。2000年后，在普京总统领导下，俄罗斯航空工业改革整顿，进行体制机制创新，逐步恢复发展，航空发动机研制和生产开始出现了加快发展的新态势。

21世纪初，俄罗斯制订并实施了2015年前的民用航空工业发展规划，其中发动机项目占22个。军用发动机方面，进展最大的是苏-27飞机的AL-31F发动机的改进研制，包括带推力矢量喷管的AL-31FP和专供出口的AL-31FN。之后，又实施了一个3阶段的改进计划，定型投产了苏-35飞机装用的117S发动机。同时，俄罗斯正在抓紧第五代标准型发动机的研制，并着手进行第六代军用发动机技术的预研。为学习先进技术，打入国际市场，俄罗斯逐步与美国、英国、法国等国开展民用航空发动机合作，利用中国、印度的资金和市场开展军用航空发动机合作，以及与东欧等欠发达国家的合作等。

中苏（俄）两国在航空工业上有着几十年长期合作的历史，新中国初期的航空工业就是在苏联政府的直接帮助下建立起来的。近年来，俄罗斯民用航空发动机虽然落后于西方先进水平，但军民用发动机整体研发能力仍然处于世界第二位，有许多成功的经验值得我们学习和借鉴。在我国迎来航空发动机快速发展的重大机遇期之际，编辑出版有关苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机的书籍，具有重要意义和参考价值。

由中航工业科技委顾问彭友梅研究员牵头组织编写的《苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机的发展》一书，系统介绍了100年来苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机的研究工作和型号的发展情况，展现了其航空发动机从无到有、从仿制到自主研

发、从活塞发动机到燃气涡轮发动机的发展历程、特色和成果。衷心希望我国航空动力行业的科技和管理人员能够从本书中汲取宝贵的知识，同时积极借鉴其航空发动机的发展经验，探索适合我国国情的航空发动机发展之路，彻底扭转发动机落后的被动局面，早日研制出先进、可靠、耐用的军民用航空发动机，用“中国心”装备国产的军民用飞机，为实现中华民族伟大复兴的“中国梦”做出更大的贡献！

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Li Rui' (李锐), written in a cursive style.

2015年6月18日

# 前 言

为配合“航空发动机及燃气轮机”重大项目，助力我国航空动力产业的振兴发展，中国航空工业集团公司于2013年启动实施了“航空发动机出版工程”，并被列为“十二五”国家重点图书出版规划项目。在讨论制订出版书目时，专家委员会和办公室一致认为：在翻译出版美欧西方国家有关图书的同时，很有必要编写出版一本介绍苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机的书。

俄罗斯是最早开展燃气涡轮发动机理论研究的国家之一，乌瓦洛夫最早提出了叶片机理论，留里卡提出了喷气发动机的基本循环和理论基础，并研制了轴流式涡喷发动机验证机。在第二次世界大战结束后，苏联在测绘仿制德国和英国喷气发动机的基础上，经过60多年的发展，建立了完整的航空和地面燃气轮机的研制和生产体系，成功发展了上百种各种型号的航空发动机和动力装置，留里卡、米库林、图曼斯基、克里莫夫、库兹涅佐夫、伊甫琴科、索洛维耶夫等著名发动机设计师群星璀璨，形成独具特色的航空发动机研制流派，成为了与美国并驾齐驱的世界航空发动机强国。据统计，在20世纪80年代鼎盛时期，苏联占据了全球25%民用飞机和45%军用飞机的市场份额。苏联全国航空工业企业和科研机构300余家，从

业人数达 100 ~ 200 万人。1991 年苏联解体以后，俄罗斯和乌克兰继承了苏联航空工业的遗产。由于俄罗斯、乌克兰国内外政治、军事、经济形势的影响，政局动荡，经济滑坡，航空发动机工业一度衰退停滞，但其基础和能力尚在。21 世纪以来，通过调整、改革，经济正在逐步复苏。这期间，根据双方的需要，我国与俄罗斯、乌克兰开展了 20 多年的产品引进和技术合作。在合作交流过程中，对其航空发动机的研发体系和技术能力有了更深刻的认识。

新中国的航空工业是苏联援建的，我们航空工业的基础和体系有着非常深的俄罗斯印记，随后长期保持着密切的联系，并至今影响着我国航空工业的发展。他山之石可以攻玉，研究苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机的发展历史，追寻其航空发展的足迹，探寻航空发动机发展的内在规律，分析和借鉴其经验和教训，对我国航空发动机的发展具有重要的参考价值和现实意义。

但经多方努力没有找到合适的俄文或中文著作，遂决定组织有关同志研究编写。然而，苏联/俄罗斯/乌克兰发动机资料公开发布较少，且比较零散，加之时间长、变化大，常有误错；而编写人员多数年轻且分散，科研任务繁忙，因此撰写编辑工作遇到很大困难。一年多来，同志们团结协作、加班加点，航空报国、无私奉献，终于拿出了基本可用的书稿。本书的出版，填补了这一方面的缺憾，为我国航空动力行业干部职工和院校师生提供了参考。

本书定名为《苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机的发展》，主要选择了军民用航空发动机和航改燃气轮机这部分内容，属于综述性专业技术读物。内容包括航空发动机工业发展历程综

述、预先研究工作和典型型号的详细介绍，不是纯粹的发展史或教科书或发动机手册。全书共分为7篇16章及5个附录。

为了编写本书，成立了由中航工业科技委、606所、608所、624所等9个单位共23人组成的编写组。总顾问和主审是中航工业科技委副主任刘大响院士。主编和统稿是中航工业科技委顾问彭友梅研究员。各篇编写和审校人员分别是：第1篇航空发动机发展历程由李东海、张东波编写，彭友梅、王雷审校；第2篇航空发动机预先研究由高海红、王巍巍编写，郭琦、王雷审校；第3篇活塞发动机由刘静、王乐编写，刘红霞、王巍巍审校；第4篇涡喷/涡扇发动机由张之兰、刘静、高海红、王乐、吴军华、刘红霞编写，梁春华、郭琦审校；第5篇涡桨/涡轴发动机由周辉华、田正平编写，罗安阳、唐正佳审校；第6篇非传统新型航空发动机由胡晓煜、王巍巍编写，彭友梅、梁春华审校；第7篇航改燃气轮机由王乐编写，顾杨、梁春华审校。冯子轩、景小燕参加了有关资料的补充和校对。责任编辑是中航传媒何晓红。全体同志都参加了编写大纲和有关篇章的研讨，还有不少领导和专家对本书的编辑出版给予了大力支持和帮助，在此一并致以衷心的感谢！

由于时间紧、资料散、编者水平有限，肯定会有疏漏和不足。特别是有些机构的名称，前后变化很大，可查证资料不足，虽经多次反复校核，仍很难做到准确、统一。恳请读者批评指正！以后再版时进一步修订完善。

彭友梅

2015年3月20日

# 目 录

## 第 1 篇 航空发动机发展历程

<b>第 1 章 创建与成长时期 (1917 ~ 1945 年)</b>	<b>3</b>
1.1 指导思想和方针政策	4
1.2 组织机构和基础建设	12
1.3 标志性技术成果和综合效益	21
<b>第 2 章 快速发展时期 (1946 ~ 1990 年)</b>	<b>23</b>
2.1 指导思想和方针政策	23
2.2 组织机构和基础建设	34
2.3 标志性技术成果和综合效益	38
<b>第 3 章 衰退、改革与复苏时期 (1991 ~ 2015 年)</b>	<b>44</b>
3.1 俄罗斯	44
3.2 乌克兰	73
<b>小结 苏联/俄罗斯/乌克兰航空发动机发展特点</b>	<b>81</b>

## 第 2 篇 航空发动机预先研究

<b>第 4 章 预研工作概述</b>	<b>87</b>
<b>第 5 章 中央航空发动机研究院</b>	<b>89</b>
5.1 概述	89
5.2 试验基地	92

5.3	科技人才	101
<b>第6章</b>	<b>部分研究工作和成果</b>	<b>105</b>
6.1	基础理论研究	105
6.2	活塞发动机研究	109
6.3	航空涡轮发动机研究	112
6.4	材料、工艺研究	135
6.5	特点和启示	148

## 第3篇 活塞发动机

<b>第7章</b>	<b>活塞发动机发展概述</b>	<b>153</b>
7.1	早期仿制和自主研制初探 (1917 ~ 1925 年)	154
7.2	自主研制与仿制并行 (1925 ~ 1931 年)	157
7.3	自主研制的深入发展 (1931 ~ 1941 年)	160
7.4	卫国战争时期的发展 (1941 ~ 1945 年)	166
7.5	第二次世界大战后的发展 (1945 ~ 1990 年)	168
7.6	苏联解体后的发展 (1991 年至今)	169
7.7	结束语	170
<b>第8章</b>	<b>活塞发动机典型型号</b>	<b>177</b>
8.1	M - 11	177
8.2	M - 34 (AM - 34)	183
8.3	ASH - 62IR	191
8.4	AI - 14R (M - 14)	194
8.5	ASH - 73TK	204
8.6	ASH - 82T	207
8.7	VD - 4K	209



## 第4篇 涡喷/涡扇发动机

<b>第9章 涡喷/涡扇发动机概述</b>	<b>221</b>
9.1 第一代涡喷/涡扇发动机	223
9.2 第二代涡喷/涡扇发动机	225
9.3 第三代涡喷/涡扇发动机	227
9.4 第四代涡扇发动机	230
9.5 第五代涡扇发动机	233
<b>第10章 涡喷/涡扇发动机典型型号</b>	<b>238</b>
10.1 TR-1	238
10.2 VK-1	244
10.3 AM-3	249
10.4 VD-7B	252
10.5 AM-5	255
10.6 RD-9B	257
10.7 AL-7	259
10.8 R11-300	265
10.9 AL-21F	269
10.10 R13-300	273
10.11 R15-300	275
10.12 R25-300	277
10.13 R29-300	280
10.14 NK-8	284
10.15 D-30	290
10.16 AI-25	303