

导弹与航天丛书  
飞航导弹系列

# 飞航导弹动力装置

(上)

 中国宇航出版社

导弹与航天丛书  
飞航导弹系列

# 飞航导弹动力装置

(上)

主 编 刘兴洲  
副主编 于守志 李存杰



中国宇航出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书系统阐述了飞航导弹动力装置(包括火箭发动机、冲压发动机、整体式火箭冲压发动机、涡喷涡扇发动机)的工作原理、性能特点、结构设计、地面调试、飞行试验等问题,内容侧重于总结我国自己的实践经验,并展望了未来的发展趋势。

本书可供从事飞航导弹设计、飞航导弹动力装置研制的科技人员阅读,也可作为高等院校相关专业师生的参考书。

版权所有 侵权必究

### 图书在版编目(CIP)数据

飞航导弹动力装置. 上/刘兴洲主编. —北京:中国宇航出版社,  
1992. 12(2009. 8 重印)

(导弹与航天丛书. 第4辑,飞航导弹系列)

ISBN 978-7-80034-548-7

I. 飞… II. 刘… III. 飞航导弹—动力装置 IV. TJ761.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 084631 号

责任编辑 谢 华 装帧设计 宇航数码

出 版 行 中国宇航出版社

社 址 北京市阜成路 8 号

邮 编 100830

网 址 www.caphbook.com

经 销 内部发行

零售店 读者服务部

(010)68371105

(010)68522384(传真)

承 印 北京画中国画印刷有限公司

版 次 1992 年 12 月第 1 版

2009 年 8 月第 2 次印刷

规 格 850×1168 开 本 1/32

印 张 18.25 字 数 471 千字

印 数 1001~1800

书 号 ISBN 978-7-80034-548-7

定 价 90.00 元

如有印装质量问题,可与读者服务部联系调换

道  
寸  
彈  
子  
航  
天  
丛  
书

张  
文  
海

《导弹与航天丛书》  
编辑工作委员会

名誉主任 宋 健 鲍克明

主 任 刘纪原

副 主 任 任新民 孙家栋

委 员 屠守锷 黄纬禄 梁守槃 陈怀瑾  
王 卫 权振世 谢昌年 赵厚君  
曹中俄 张新侠 高本辉

办 公 室 宋兆武 史宗田 任长卿 孙淑艳

## 飞航导弹系列 编辑委员会

主 任 梁守槃

副主任 易 生 姚绍福 王建民

委 员 路史光 王树声 吴宝初 李世培  
曹柏楨 沈世绵 袁英见 钟任华  
沈伯南 张 哲 王连俊 王祖全  
肖华山 常泊浚 于守志 刘兴洲  
潘荣霖 詹有根 唐国富 戴威岭  
熊辉丰 吕佐臣 吴玉祥 冯启宁

编辑部 张 哲 王连俊 肖华山 王祖康

《飞航导弹动力装置(上)》  
作者名单

主 编 刘兴洲

副主编 于守志 李存杰

作 者	于守志	张传民	李存杰	刘兴洲
	朱美玉	张克勋	傅巽权	安庆芳
	冯妙荷	郑吉人	韩捷初	张泰保
	钟毓和	方能柱	张振家	张学仁
	吴达章	司徒明	孙振宗	刘克珩

## 重印版序

我国的航天事业在 50 多年的发展历程中，从无到有，从小到大，创造了以“两弹一星”、载人航天和绕月探测为重要里程碑的辉煌成就，构筑了专业齐全、功能配套、设施完备的航天科技工业体系，掌握了一大批具有自主知识产权的核心技术，积累了独具特色的航天工程管理经验和方法，造就了一支技术精湛、作风优良的航天人才队伍，孕育形成了具有鲜明时代特征的航天精神、“两弹一星”精神和载人航天精神，在世界高科技领域占有了一席之地，并在一些重要技术领域跻身世界先进行列，为维护国家安全、带动科技进步、推动经济发展、促进社会和谐和振奋民族精神作出了重要贡献。

回顾 50 多年的发展与建设，我国的航天事业，在创业中起步，在探索中发展，在改革中腾飞，走出了一条具有中国特色的创新发展之路，在取得辉煌成就的同时，通过无数航天科技工作者的探索与实践，也创造积累了十分宝贵的经验。为了将这些知识财富传承下来，用以指导新时期的航天重大工程实践，促进航天科技成果在更加广阔的领域推广应用，为推动国民经济建设和社会进步发挥更大的作用，自 20 世纪 80 年代起，数以千计的航天科技工作者历时 20 余年，从导弹武器、运载火箭和空间飞行器等航天产品的设计、研制、生产、试验等各个方面，系统总结了在实践中形成的理论、方法和工程经验，编纂了一部共 156 册、6500 余万字的鸿篇巨制——《导弹与航天丛书》，奉献给广大读者。

当前，面对世界格局多极化、全球经济一体化、科学技术突飞猛进以及新军事变革不断向纵深发展的新形势，航天科技工业



作为国家的战略安全基石以及科技进步、经济发展、社会和谐的重要推动力量，越来越凸现出其重要的战略地位。十七大以来，党和国家高度重视航天科技工业的发展，提出了富国强军的明确要求，部署了包括载人航天工程第二步、探月工程二期、高分辨率对地观测系统、新一代运载火箭在内的一系列国家重大工程和重大科技专项任务，可以说，航天科技工业正处于历史上任务最多、发展最快的重大战略机遇期，形势和任务对航天科技工业的发展提出了新的更高要求。如何抓住难得机遇，乘势而上，圆满完成国家任务，从而推动我国航天事业全面、协调、可持续发展，真正担负起富国强军、建设创新型国家和推动我国成为航天大国、强国的历史责任，是新一代航天科技工作者必须面对的重大考验。

因此，在新时期航天事业蓬勃发展和读者需求的强力推动下，重印《导弹与航天丛书》凸显了重要的现实意义和深远的历史意义。希望这部丛书能够使我国航天事业 50 多年的创新成果和实践经验，在新的历史时期彰显出无穷活力，给人以更加深刻的启示，从而推动更多的航天科技工作者在新的航天工程实践中，不断继承、完善、发展航天事业 50 多年形成的宝贵经验，积极探索新形势下航天科技工业发展的内在规律，努力建设航天科技工业新体系，使我国的航天事业在新的起点上不断谱写更加辉煌的历史篇章。

马志瑞

2009年6月

# 总 序

导弹与航天技术是现代科学技术中发展最快的高技术之一。导弹武器的出现，使军事思想和作战方式发生了重大变革；航天技术把人类活动的领域扩展到太空，使人类认识自然和利用外层空间的能力发生了质的飞跃。

导弹与航天工程是复杂的系统工程，它运用了现代科学技术众多领域的最新成果，是科学技术与国家基础工业紧密结合的产物，是一个国家科学技术水平和工业水平的重要标志。

中国人民经过 30 年的努力，依靠自己的力量，勇于开拓，坚韧不拔，在经济和科学技术比较落后的条件下，走出了自己发展导弹与航天技术的道路；造就了一支能打硬仗的技术队伍；建立了具有相当规模和水平的导弹与航天工业体系；形成了遍布全国的科研、生产协作网。这是党中央独立自主、自力更生方针的伟大胜利，是全国各地区、各部门大力协同，组织社会主义大协作的丰硕成果。

30 年来，我国已有多种型号经历了研究、设计、生产、试验、装备、使用的全过程，装备了各种射程的战略和战术弹道导弹、各种类型的防空导弹和飞航导弹，用多种运载火箭发射了不同轨道和用途的人造卫星。我国导弹与航天工业的这些重大物质成果，对增强我国的国防实力、促进经济发展、带动科技进步发挥了重要的作用。

我们不仅取得了丰硕的物质成果，而且积累了宝贵的实践经验。为了发展中国的导弹与航天事业，多少人投入毕生的精力，贡献了宝贵的智慧，付出了辛勤的劳动，备尝了失败的苦痛和成功的欢欣。付出高昂代价取得的实际经验，从书本上学不到，更

不可能从外国买来，只能靠自己实践中总结。为了加速我国导弹与航天事业的发展，需要全面、系统地归纳以往研制过程中建立和应用的设计理论，总结其工程经验，用以指导今后的研制实践，并传授给导弹与航天事业一代又一代新生力量，使他们能在较高的起点上开始工作。为此，我们组织多年来从事导弹、人造卫星和运载火箭研制工作的专家与工程技术人员，编著了这套《导弹与航天丛书》。它以工程应用为主，力求体现工程的系统性、完整性和实用性，是我国导弹与航天技术队伍 30 年心血凝聚的精神成果，是多领域专业技术工作者通力合作的产物。

作为一项系统工程，要求参加导弹与航天工程研制工作的各类技术人员，不仅精通自己的专业，而且充分理解相关专业的要求和特点，在统一的总体目标下，相互协调、配合密切地工作。因此，本丛书也是导弹与航天技术队伍各专业间以及和其他有关人员进行技术交流的读物。

本丛书按液体弹道导弹与运载火箭（Ⅰ）、固体弹道导弹（Ⅱ）、防空导弹（Ⅲ）、飞航导弹（Ⅳ）、卫星工程（Ⅴ）等 5 个型号系列编排；对各系列共用的固体推进技术和空气动力学两种专业技术，将有关著作编为系列（Ⅵ和Ⅶ），其他共用专业技术则分别纳入 5 个型号系列中的一个系列，并供其他系列选用。

本丛书的各级编委会、各册的主编、副主编及各章节的作者是一个庞大的科学技术群体，为了编写好这部大型丛书，编著人员在组织和技术上都付出了巨大劳动。期望这套丛书能帮助人们加深对于导弹与航天技术的了解，促进中国的导弹与航天事业向更高的目标迈进。

《导弹与航天丛书》

编辑工作委员会

1987 年 8 月

# 飞航导弹系列

## 序 言

飞航导弹系列是《导弹与航天丛书》的系列之一。

我国的飞航导弹从引进仿制、改型提高到创新开发，经过了近30年的发展历程。按型号系统分类，进行研究、设计、试制、试验，并小批量生产，迄今已研制出了适应海防需要的近、中、远程三个导弹系列，走出了我国自己的道路。这三个系列是：以液体火箭发动机为动力的舰舰、岸舰和空舰导弹，衍生了十余个型号；以固体火箭发动机为动力的小型反舰导弹，被国外称为“中国飞鱼”，适于多种装载对象，已成为我国海防主要装备之一；以冲压发动机为动力的超声速飞航导弹，已有两种型号的飞行试验取得成功，表明我国的超低空、超声速飞航导弹的技术水平已跨入世界先进行列。这些导弹在主要战术技术指标上，已达到世界先进水平，为保卫祖国海疆、壮大国防力量发挥了重要作用。

在飞航导弹的研制工作中，广大科研人员、工人和各级领导干部，坚持自力更生、艰苦奋斗的方针，发扬团结协作和顽强拼搏的精神，依靠集体智慧，选准重点目标，狠抓预先研究，运用系统工程方法，实现了武器系统总体的优良性能。在基本型号研制成功的基础上，逐渐改进完善，创造性地开拓了我国的飞航导弹技术发展之路，为国防建设作出了自己的贡献。

飞航导弹的研制实践，锻炼出了一支理论基础扎实、实践经验丰富、善于攻克技术难关的优秀科研技术队伍。这是今后我国

飞航导弹事业赖以蓬勃发展的坚实基础。已有的理论和实践经验，是今后发展的重要基础，也是无处可买的宝贵财富。编写本系列图书的目的，在于把广大科技人员 30 多年来的科研成果和经验加以总结，作为后来者的工作参考。

飞航导弹系列图书按飞航导弹武器系统总体、分系统和专业技术三部分编写。总体部分是按型号的战术技术指标对分系统的设计要求以及从总体设计角度考虑来编写的。分系统和专业技术部分是按照总体设计要求、各分系统在导弹武器系统中的地位和作用，从原理、设计、制造、应用与技术发展等方面编写的。全系列包括飞航导弹总体设计、弹体结构、动力装置、控制系统、末制导装置、战斗部及引信、地面火控系统与发射装置、气动设计、电气系统设计、材料工艺与制造技术等共 24 册。

本系列图书以飞航导弹的研制技术为主，也简要论及了相关学科的技术问题，使其具有完整性、系统性。当前，科学技术发展日新月异，本系列图书中的某些论述，必然有其局限性，经过一定时间后，将结合新的情况，进行必要的修订和补充。

编写飞航导弹系列图书是一项艰巨的工作。由于我们首次尝试，知识水平和实践经验有限，书中难免有不足之处，欢迎广大读者批评指正。在编撰过程中，我们得到了各级领导、广大科技人员和宇航出版社众多同志的热情支持和多方面的有力协作，在此谨致以衷心的感谢。

飞航导弹系列  
编辑委员会  
1989 年 3 月

# 前 言

---

本书主要讨论飞航导弹使用的各种动力装置的研究、设计问题。

飞航导弹按射程有近程、远程之分；按空域有低空、高空之分；按速度又有亚声速、超声速之分，这就决定了飞航导弹动力装置的多样化。用于飞航导弹动力装置的有：固体火箭发动机、液体火箭发动机、冲压发动机、涡喷发动机、涡扇发动机和固体火箭冲压发动机等。

30年来，在自力更生、艰苦奋斗方针的指引下，我国逐步建立了飞航导弹动力装置研制基地，开展了大量的研究设计工作，研制出了中国自己的超低空反舰导弹、低空超声速反舰导弹的动力装置，取得了一批预研成果，为我国国防现代化建设贡献了力量。

本书是对多年来飞航导弹动力装置研究、设计工作的总结，目的是使经验系统化、完整化，供同行借鉴、参考，同时也为参加这一行列的新生力量提供熟悉工作的途径，鼓励他们在原来的基础上开拓、创新。

全书共6章，分上、下两册出版。

第1章简要介绍飞航导弹动力装置的特点，各种发动机的某些共性问题，如热力循环和性能参数，并概要说明各种发动机的适用范围和未来发展动向。

第2章讨论进气道。进气道是各种吸气式发动机的重要组成部分，是利用好来流空气的关键。文中对亚声速进气道、超声速轴对称进气道、超声速非轴对称进气道分别进行了阐述，并研究了进气道附面层和不稳定工作问题，对风洞实验和模型设计也进行了概括的介绍。

第3章系统介绍了冲压发动机的研制。研制冲压发动机的核

心是组织燃烧问题。在这一章中，对燃料、雾化蒸发、燃气热力性质、燃烧室等基础问题给予了必要的注意，接着对冲压发动机初步设计、性能计算、结构设计和各类试验进行了详细的叙述。供油和控制系统是冲压发动机的重要组成部分，文中对供油系统的小型化、控制系统的优化作了阐述。最后对正在发展的整体式冲压发动机和固体燃料冲压发动机作了扼要介绍。

第4章论述了固体火箭发动机的研制，包括助推器和主发动机。助推器关键在于加速性能，主发动机关键在于小推力长时间工作。我国在研制工作中解决了以上关键。在这一章中讨论了推进剂的选择、装药、点火装置、壳体、喷管等设计问题，还重点叙述了复合固体推进剂的研制。

第5章阐述整体式固体火箭冲压发动机。研制这种发动机的难点是双用途燃烧室和工况转换问题。文中对发动机总体、性能计算、燃气发生器、补燃室、助推发动机、工况转换、点火系统等问题进行了研究，还详述了贫氧推进剂和发动机试验等问题。

第6章研究弹用小涡喷、涡扇发动机。研究这种发动机的目的是设计出低成本、低油耗的小涡喷、涡扇发动机。在这一章中论述了发动机总体设计、部件设计、发动机特性和试验，最后对小涡扇发动机进行了专门叙述。

关于各种发动机的试验技术问题详见《飞航导弹动力装置试验技术》一书，本书从简。关于液体火箭发动机，另有专著，本书从略。

在本书编写过程中，梁守槃教授进行了悉心指导，提出了宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

冯妙荷、许绶文、张学仁、张克勋、戚月英等同志参与了本书编写提纲的拟定，还有很多同志对本书的编写、插图、出版给予了热情帮助和大力支持，我们对此深表感谢。

由于撰写人员技术水平和工作经验有限，书中缺点、错误仍属难免，敬请同行和读者提出宝贵意见。

编者

1990年10月

## 重印说明

20世纪80年代前期，我国向太平洋海域发射远程火箭、水下发射固体燃料火箭和发射地球静止轨道试验通信卫星等三项重要任务相继圆满完成，标志着中国航天事业的发展进入了新时期。面对更高的发展目标，以及航天技术干部平均年龄已达四十六七岁、许多技术专家年事已高、他们所掌握的理论和工程实践经验急需积累和传承的紧迫形势，当时的航天工业部领导果断决定：在圆满完成繁重的型号产品研制任务的同时，将我国导弹与航天事业创建以来各种型号产品研制的成果进行科学总结，编纂为《导弹与航天丛书》。20多年来，陆续出版的丛书为不断涌现的航天新技术、新型号，为成长中的新一代航天科技工作者提供了并将继续提供宝贵的营养，对于继承我国老一辈航天科技工作者创造的成果、坚持走创新之路所起的作用是无可替代的。

编纂出版《导弹与航天丛书》是一项宏大的文字系统工程，和研制导弹与航天型号产品一样，经历了艰辛的奋斗历程。回顾以往，我们对当年作出编纂丛书这一历史性决策的郑天翔、陆平、张钧、李绪鄂、宋健等老领导表示深深的敬意；对以鲍克明为主任的丛书编辑工作委员会的开创性工作表示深深的敬意。1991年以后，刘纪原担任丛书编辑工作委员会主任；在丛书编辑工作委员会的领导下，我们在2007年年底完成了全套丛书的出版工作。由于丛书出版工作历时20多年，各分册陆续推出，其间，丛书的很多分册已经售罄，应读者要求面世的按需印刷（POD）版也难以满足丛书配套使用的需要；《导弹与航天丛书》在航天事业发展中的重要性日益显现出来。

中国的航天事业，已进入到了新的历史时期，航天科技集团



公司正在全面推进航天科技工业新体系的建设，根据航天事业继承、创新、发展的需要，航天科技集团公司领导决定重印《导弹与航天丛书》。借此机会，我们对多年来所有参与丛书编纂、出版工作的航天科技工作者表示衷心的感谢。

中国宇航出版社

2009年6月