

“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



燃气涡轮原理 (第6版)

Gas Turbine Theory Six Edition

(加) HIH 萨拉瓦纳穆图 (HIH Saravanamuttoo)

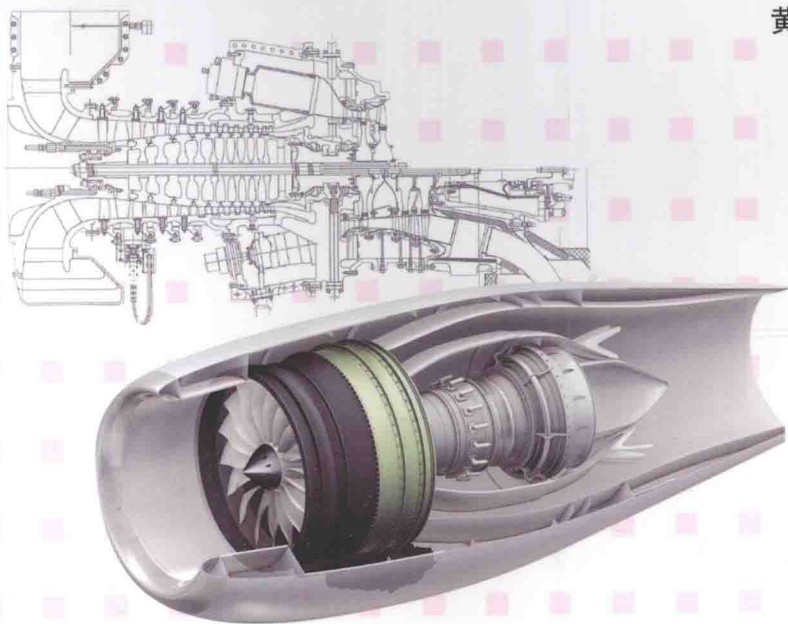
(英) GFC 罗杰斯 (GFC Rogers)

(英) H 科恩 (H Cohen)

(加) PV 史泰尼克 (PV Straznicky)

著

黄维娜 等 译



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

燃气涡轮原理（第6版）

Gas Turbine Theory, Sixth Edition

(加) H.H. 萨拉瓦纳穆图 (H.H. Saravanamuttoo)

(英) G.F.C. 罗杰斯 (G.F.C. Rogers)

(英) H. 科恩 (H. Cohen) 著

(加) P.V. 史泰尼克 (P.V. Straznicky)

黄维娜 等 译

航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本书用通俗易懂的语言讲述了燃气涡轮发动机这一复杂机械的深奥工作原理。同时,书中也对多个具体发动机案例的气动设计、结构设计和机械设计细节进行阐述。其主要内容包括燃气涡轮机的概述、轴功率循环、飞机推进系统的燃气涡轮循环、离心压气机、轴流压气机、燃烧系统、轴流和径流涡轮、燃气涡轮发动机结构设计、简单燃气轮机的性能预测等。本书原版图书是关于燃气涡轮发动机的一本经典图书,得到相关领域的多位科学家和工程师的高度评价。

本书对于在航空发动机、燃气轮机等领域从事设计、制造、试验和使用维护等工作的科研管理人员十分有用。本书也可以作为高等院校相关专业教材或学习用书。

图书在版编目(CIP)数据

燃气涡轮原理:第6版/(加)萨拉瓦纳穆图
(Saravanamuttoo)等著;黄维娜等译. --北京:航空
工业出版社,2015.10

(航空发动机出版工程)

书名原文:Gas Turbine Theory,Sixth edition

ISBN 978-7-5165-0909-8

I. ①燃… II. ①萨… ②黄… III. ①航空发动机—
燃气轮机 IV. ①V235.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第243445号

北京市版权局著作权合同登记

图字:01-2011-2805

This translation of GAS TURBINE THEORY, Sixth Edition is published by arrangement with
Pearson Education Limited. Copyright © Pearson Education Limited 1951, 2009.

燃气涡轮原理(第6版)

Ranqi Wolun Yuanli (Di 6 Ban)

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10月第1版

2015年10月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:29 字数:690千字

印数:1—2000

定价:120.00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

《燃气涡轮原理（第6版）》译者

黄维娜 李刚团 曹志鹏 周 山 陆德雨
曾 军 周人治 郭 琦 王巍巍 陈玉洁
李 茜 陈小丽 康 涌 兰发祥 尹红顺
徐华胜 古远兴 钟世林 廖华琳 钟 燕
李秀祥 李 龙 马 健

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的重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

原 书 序

弗兰克·惠特尔第一台简单燃气涡轮发动机面世至今已有 70 年的历史，而在这个改写历史的事件发生后不到 15 年，这本经典教材的第 1 版就已经出版了，给早期的学生和工程师带来了详尽易懂的燃气涡轮发动机原理。《燃气涡轮原理》已经成为大学学生的教辅宝典——20 世纪 60 年代我有幸在布里斯托尔大学听了罗杰斯和萨拉瓦纳穆图教授的授课，也用了这本书。这本书如此卓越，以至于从我在罗尔斯·罗伊斯公司就职至今，在一代又一代的工程师桌上都看到过这本书的后续版本。

燃气涡轮发动机从最开始只为军用喷气飞机提供动力，到今天成为高效、经济、环境友好型发动机的整个过程中，已经有了显著的进步。燃气涡轮发动机的用途也已经得到了很大的拓展，除了在航空领域的显著增长，在各类舰船和工业中的应用也更加普遍。《燃气涡轮原理》一书已经加入了有关这些新应用和新技术的内容，相信能给读者带来燃气涡轮领域最全面的知识盛宴。

这本书的每一个版本都和第一版一样，脉络非常清晰，而且相比于上一版，又及时加入了燃气涡轮发动机行业的最新动态。到现在，该书的内容已经远远超出了燃气涡轮发动机基本原理，介绍了如实际循环、部件设计和研制等，不仅包含设计点工作情况，而且也包括过渡态和非设计点性能。该书还讲述了与燃气涡轮发动机有关的最新、实时热点问题，如 21 世纪高速发展的燃气涡轮发动机行业必须面对的环境问题 and 经济挑战等。

《燃气涡轮原理》依然是一本最好理解的书，因为它以简单、可读性强带来了基础和不那么基础的东西，更重要的是这本书里包含燃气涡轮发动机实际应用。它涵盖了燃气涡轮发动机的历史和最新技术，以及对这一诱人产业未来发展的展望。我推荐学生购买这本书，在学习生涯中仔细品味，并在进入令人振奋的燃气涡轮发动机技术领域后一直珍藏。

马克·贝斯利
(Mark Baseley)
2008 年 3 月

译者序

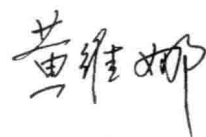
《燃气涡轮原理》一书是我留学英国克莱菲尔德大学攻读硕士学位时的课本。该书作者 H. I. H 萨拉瓦纳穆图是克莱菲尔德大学的外聘教授，亲自到校给我们讲授该课程。该书用通俗易懂的语言阐述燃气涡轮发动机这一复杂机械的深奥工作原理，同时通过对具体发动机案例的气动设计、结构设计和机械设计细节的阐述，为工程技术人员提供了非常有价值的参考。因此，本书不仅是国外高等院校航空发动机专业用书，而且也成为英国罗尔斯·罗伊斯公司工程师案头必备的参考书。很多长期从事航空发动机研究的科学家和工程师们都对此书给出了高度评价。

《燃气涡轮原理》一书还有一个鲜明的特点就是不断与时俱进。该书于 1951 年发行第 1 版，至今已经出版了第 6 版。每一新版本都加入了当时燃气涡轮发动机新的知识点、新的应用领域和研究热点。从最初主要介绍军用发动机，到加入对民用发动机的阐述，又加入舰船和发电等用途的工业燃气轮机，到今天的高效、经济、环境友好型发动机，从而不断融入新的设计思想和行业发展动态，涵盖了军用、民用航空发动机和燃气轮机等各个重要领域，紧紧跟上时代发展和技术进步的步伐。

中国航空工业集团公司选派航空发动机研制者到英国学习，以开阔我们的国际视野。该书是我们在英国攻读航空发动机专业硕士学位时的教学用书。对于在航空发动机、燃气轮机等领域从事设计、制造、试验和使用维护等工作的科研管理人员十分有用。在英国时我就想将该书翻译成中文，以使更多的航空发动机研制者获益。由于此书内容极其丰富、涉及面广，专业知识深入，为此我邀请了中航工业派出的第一批赴克莱菲尔德大学留学的同学、贵州航空发动机研究所和中国燃气涡轮研究院同事与我共同完成了此书的翻译。为了提高翻译质量，把好技术关，还特别邀请了部分中航工业首席专家、涡轮院副总师、集团公司和发动机公司专家对全书进行了多轮技术校对。为保证全书从译文形式到质量的高度统一，又邀请了涡轮院外语与技术方面都具有丰富经验的专家进行了统校。在本书中文译本付梓之际，向为本书翻译和出版工作付出辛勤劳动的所有同仁表示诚挚的感谢。

近年来，航空发动机的发展问题引起了全国上下的高度关注。随着我国持续增加对发动机行业的投入，发动机行业在基础理论研究、预先研究及型号研制方面都做了大量的工作，取得了显著的进步，我们对航空发动机研制规律的认识在理论上和实践上都在不断深入。作为航空发动机设计者，我真切希望打上“中国创造”铭牌的发动机产品能够早日飞上蓝天，为国防建设和经济发展提供强劲的“中国心”，也由衷地希望，本

书的出版能为发动机事业发展和发动机从业人员提供有益的帮助。

A handwritten signature in black ink, reading '黄维娜' (Huang Weina).

中国燃气轮机研究院总设计师
2015年7月, 成都

原书第6版前言

第1版《燃气涡轮原理》于56年前出版，当时我作为一名大学本科生有幸成为这本书最早的读者之一。事实上，我当时并没有意识到它对我整个职业生涯乃至退休后都产生了不可磨灭的影响。当我收到出版商让我编写第6版《燃气涡轮原理》的消息时感到非常高兴。不幸的是，我的好友兼同事戈登·罗杰斯在2003年去世了，三人小组只剩下我一个。

科恩和罗杰斯关于这本书最初的想法是简单介绍一下燃气涡轮发动机的基本原理，这就是它的雏形。当我受邀加入他们参加第2版《燃气涡轮原理》的编写时，我正从事飞机和工业燃机研究活动，以至于在第2版中加入了更多关于设计过程、工作过程和应用方面的内容。渐渐地，《燃气涡轮原理》就不只讲述燃气轮机的基本原理，而开始对设计的细节有了更多的需求。第6版相对于第5版，添加了一个关于燃气涡轮发动机结构设计的新章节。在此，我对我的同事——保罗·史泰尼克教授对此章节的倾情奉献致以最诚挚的谢意；保罗在高性能旋转机械设计方面有着多年的设计经验，所以他在此章节中的陈述也非常精彩，材料丰富。

自1955年大学毕业以来，我见证了燃气涡轮发动机从单纯的军用喷气发动机发展成为各型客机的动力，以及发电和管道运输的主角的整个过程。随着空气动力学、冶金技术和制造技术的不断进步，燃气涡轮发动机的功率和效率极大提高，但它的基本原理没有改变。有趣的是，按照今天的标准来说当时循环设计要求的涡轮温度和压比都非常低，但这些要求竟然在21世纪重现了，包括热交换，间冷和再热等。

目前市面上已经存在可以进行高精度计算的商业软件，而且各主要燃气涡轮发动机制造商也有自己开发的相关软件。我致力于为大家提供一个不强调绝对精度的循环计算最基本的基础知识，我坚定地认为这才是一本导论的正确写法。乔希姆·库兹开发的GASTURB程序对深入研究很有用；该程序的基本版本可在www.gasturb.com.de网站上下载。

在我漫长的职业生涯中，我认为我最大的成就就是培养了很多工程师，他们遍布世界各地，其中很多都在燃气涡轮发动机行业已经达到了很高水准。现在看到我的学生慢慢退休是一种享受，有一天我也会步他们的后尘。特别鸣谢兰迪·巴腾（普拉特·惠特尼加拿大公司），马克·贝斯利（罗尔斯·罗伊斯公司）和格雷格·查普曼（霍尼韦尔公司）对这本书的贡献。我与GasTOPS机构已经紧密合作很多年了，该机构由伯纳德·麦克艾塞克博士于1979年成立，现由戴夫·缪尔运营，在此对二位这些年对我提供的帮助致以诚挚的谢意。

最后,真诚感谢 GasTOPS 的珍妮·琼斯对原稿修改录入的出色工作,也谢谢我妻子海伦近 50 年来的支持和鼓励。

H. I. H. S
2007 年 9 月

原书第5版前言

为纪念《燃气涡轮原理》从1951年第1版印刷至今50周年，该书第5版荣耀诞生。当科恩和罗杰斯提出包括循环设计、各部件气动力学和热力学以及非设计状态在内的这种新推动力的基础理论时，燃气涡轮发动机还处在襁褓中尚未成熟。50年后，本书的结构本质上还是一致的，但是内容上已经大大扩展并涵盖了燃气涡轮发动机后续的发展和日益广阔的应用。

在1951年，燃气涡轮发动机的作用非常有限，主要作为军用喷气发动机，推力“大”到约15kN。其没有在民用飞机上应用，并且制造的试验性的工业燃机也屈指可数；它们都不能撼动柴油发动机和蒸汽涡轮的地位。自20世纪50年代早期被引入商业喷气运输机开始（直接导致了越洋客轮和北美横穿大陆列车没落），在过去的50年中，燃气涡轮发动机已经有了巨大的影响。燃气涡轮发动机的应用已经导致了燃气管路运输工业革命性的增长，在最近对发电业也产生了类似的影响。现在单台工业燃气轮机接近300MW功率级，并且热效率超过了40%，而组合燃气和蒸汽循环的效率更是接近了60%。在21世纪初，就可以预见到微型燃机广泛应用于分布式发电站上，并且燃气轮机与燃料电池结合使用。燃气涡轮发动机突出的可靠性，已通过越洋航线双发客机的大量使用得以证明，其发动机实现了高达40000飞行小时而不用大修的目标。

在该版本中，绪论已经更新并扩展到涉及目前新的发展方向，新增了大量的推进装置相关内容，还增加了有关性能衰退方面新的章节，此外还进行了众多细节的改进。同时本书对燃气涡轮发动机及其应用的要素进行广泛介绍的宗旨没有变。

当今，燃气涡轮发动机巨大的知识体系，使得在各方面齐头并进是非常困难的。我诚挚地向多年来给我提供信息和帮助的众多工程师表示感谢。我还从与航空研究和发展咨询委员会（Advisory Group on Aeronautical Research and Development, AGARD）以及美国机械工程师学会（American Society of Mechanical Engineers, ASME）、国际燃气涡轮协会（International Gas Turbine Institute, IGTI）长期的协作中获得了益处。加拿大自然科学和工程研究委员会（Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada）的长期资助对我的工作帮助也是无价的。

作为一个在第二次世界大战中成长的男孩，我对飞机着迷，而喷气发动机的出现则是一项特别令人兴奋的进步。1951年还是我开始大学学习的第一年。在最后一所大学时光，我开始学习燃气涡轮，使用的书就是普遍为人所知的科恩和罗杰斯的书。1964年，在加拿大燃气涡轮行业工作10年后，我加入了罗杰斯教授在布里斯托尔大学的团队，开始和他一起工作。我对《燃气涡轮原理》的首次参与是在1972年出版第2版时。

我相信几代的燃气轮机工程师,包括我本人,都对亨利·柯恩和戈登·罗杰斯教授在燃气轮机教育方面的先驱努力怀着深深的感谢之情,并且我非常高兴能够继续去完成《燃气轮机原理》半个世纪的不断出版工作。

最后,我也很想感谢我的妻子海伦,感谢她40多年来不懈的支持和鼓励。

H. I. H. S
2000年9月

作者和出版方感谢以下公司允许在本书中采用其图表和照片:英国阿尔斯通动力公司、鲍曼动力系统公司、通用电气公司(GE公司)、霍尼韦尔公司、普·惠加拿大公司、罗·罗公司(只有在获得罗·罗公司允许的情况下,才可在其他出版物中转载)、西门子威斯汀豪斯动力公司、索拉透平公司、横贯亚博达能源公司。

原书第 4 版前言

从我通过一本被简称为科恩和罗杰斯的书开始燃气涡轮的学习至今正好 40 年。在燃气涡轮行业工作 10 年后，我很幸运地参加了布里斯托尔大学罗杰斯教授的工作团队，并且很荣幸被邀参加原作者于 1971 年第 2 版的编写工作。令人难过的是，科恩博士在 1987 年去世了，但是我相信如果他知道他 1951 年始创的这本书依然受欢迎他一定会很欣慰。虽然罗杰斯教授已经退休了，但是他作为一个批评家依然保持着充分的活力，约束着系里的后辈教职员；他的意见对我非常有益。

自从 1987 年出版《燃气涡轮原理》第 3 版以来，燃气涡轮发动机的应用范围逐渐扩大，这在新的绪论中也有体现。燃气涡轮发动机越来越广泛地作为联合循环装置中的一部分，用于基本载荷发电，联合循环在该版中也受到了更多的关注。随着燃气涡轮发动机使用的增加，对有害排放物的控制也变得比以往更重要。燃烧的那一章已经扩充增加了大量的排放物影响因素的讨论以及这个问题目前的一些解决方法。还增加了煤碳气化的章节。最后，借机对正文和案例进行了许多细小但是很重要的改进和补充。

正如第 3 版一样，本版并没有尝试去介绍叶轮机气动设计的计算方法，只限定在基本处理方法上；希望做这方面专门研究的人必须参照当前迅速变化的文献。如果读者希望有一套个人电脑使用的性能计算程序，将会发现由乔希姆·库兹教授开发的商业程序 GASTURB 非常有用，该程序可以进行设计和非设性能计算。获得此种程序的方法在附录 B 的红字标题中有叙述。

我想表达我对戈登·罗杰斯教授最由衷的感谢之情，是他引领我进入大学教育事业，并在 30 多年里成为我的老板、导师、同事和朋友。还有亨利·科恩，他的早期工作引导我进入了燃气涡轮发动机事业生涯，能与他共事这么多年是我的荣幸。

再次感谢加拿大自然科学和工程研究委员会对我工作多年来的资助。最后，衷心感谢罗伊斯·微兰斯女士在手稿准备期间的耐心和幽默。

H. I. H. S
1995 年 9 月

原书第 3 版前言

自从 1951 年《燃气涡轮原理》第 1 版问世以来，该书的连续使用意味着原作者的目标是正确的。对于罗杰斯和萨拉瓦纳穆图教授巨大的遗憾是，科恩博士不能加入他们这次新版的准备工作。尽管如此，他们很想表达对科恩博士早期贡献的感激之情，特别是他对本书的创始工作的感谢。

自 1972 年第 2 版出版后，燃气涡轮发动机已经取得了相当大的进步，并且确立了广泛的用途。这就要求对该版本进行大量的更新，特别是绪论部分。轴动力循环这一章增加了包括混合燃气和蒸汽循环、热电联供系统和闭式循环等章节，并且考虑到最近的发展，全书也进行了许多细小的修正。对轴流压气机这章进行了重写和扩展，详细介绍了满足匹配范例涡轮气动要求的压气机详细设计过程。涡轮这一章也增加了径向涡轮部分。

为了保持该书导论性的本色和原理性的视角，没有尝试介绍叶轮机流体预测使用的现代计算方法。然而，为了鼓励学生去追踪此类更高深的主题，已经增加相应的参考文献。

根据许多海外读者的要求，萨拉瓦纳穆图教授已经同意出一本解答附录 B 问题的手册。手册可以通过写信到以下的地址购买：加拿大安大略湖 K1S 5B6 渥太华市卡尔顿大学书店。

最后想说的是，如果没有加拿大自然科学和工程研究委员会对萨拉瓦纳穆图教授研究的慷慨支持，该版的出版是不可能的。萨拉瓦纳穆图教授特别想表达他对 GasTOPS 公司的伯纳德·麦克艾塞克博士和普·惠加拿大公司、罗·罗公司和英国皇家海军的工程师们多年来的通力合作的谢意。

G. F. C. R., H. I. H. S

1986 年 3 月

原书第 2 版前言

按照出版商的建议，作者同意按照国际标准单位制作新版的《燃气涡轮原理》。第 1 版的连续使用鼓励作者相信，该书的总体构架和范围对于主题的介绍基本上是正确的，并且书的主题如在第 1 版前言中所描述的一直不变。尽管如此，21 年间燃气涡轮发动机技术取得了如此大的进步，必须完全重写该书，甚至要求对总体构架也有一些改变。例如，因为气体动力学现在是大多数大学本科流体力学课程的一部分，对此仅安排一个章节就不合适了。所以，作者在附录中提供了一个相关内容的概述。总体构架的其他变化包括，将飞机推进系统扩展成单独的一章，增加了更复杂的喷气发动机性能预测及过渡态特性的章节。不用说，术语已经全部改变，以符合国际标准和当前的使用惯例。

原作者都很高兴萨拉瓦纳穆图博士参加该书新版的编写。他为本书呕心沥血、提供了其他作者并不熟悉的燃气涡轮方面的知识，做出了巨大贡献。他们也很高兴出版商使用更宽的页面，这样第三作者的名字就不用缩写了。萨拉瓦纳穆图博士本人向罗·罗公司、国家燃气涡轮研究院和奥伦达发动机公司的许多一起共事的人员表示感谢。作者也诚挚地感谢 G. M. 戴维斯小姐对手稿的专业打印。

H. C. , G. F. C. R. , H. I. H. S
1971 年 10 月