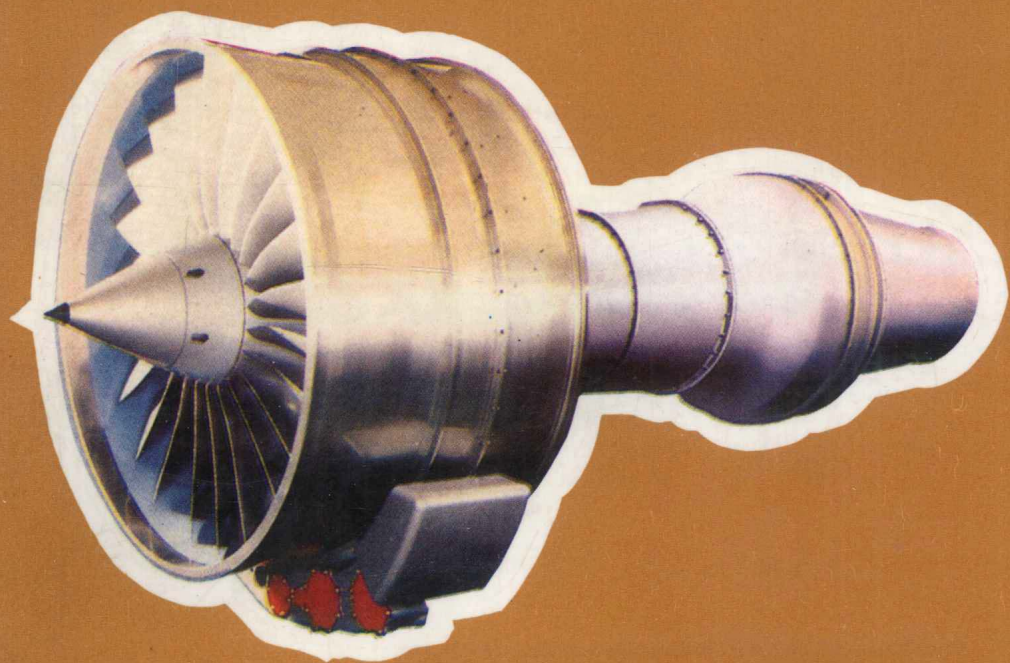




第七分册

航空航天
工业部 高效节能发动机文集编委会 主编

航空工业出版社

高效节能发动机文集

高效节能发动机文集

第七分册 结构和材料

航空航天
工业部 高效节能发动机文集编委会 主编

航空工业出版社

1991

(京)新登字161号

内 容 提 要

本分册详细介绍了E³结构与材料工艺。全书分两大部分。结构部分叙述了E³核心机与低压部件组合体发动机轴承、传动及布局; E³核心机发动机轴承、传动及外部布局; E³结构性能、收益与成本研究; E³计划技术效益与成本研究。材料工艺部分叙述了E³空心风扇叶片; E³高压涡轮单晶叶片制造技术; 未来航空发动机用先进材料的费效分析; 航空涡轮发动机先进材料的费效分析。其中较详细的分析了E³采用先进技术后获得的效益。为了对节能运输机有一个全面了解, 还介绍了除E³以外采用的一些先进技术, 如翼梢小翼、主动控制等。全书约有60万字、320幅图, 内容新颖、图文并茂。对从事航空发动机研究和设计的技术人员很有参考价值, 也是航空院校教师、学生的一部很好的参考书。

高 效 节 能 发 动 机 文 集 第七分册

航空航天
工 业 部 高效节能发动机文集编委会 主编

航空工业出版社出版发行
(北京市安定门外小关东里14号)

— 邮政编码: 100029 —

航空工业出版社印刷厂印刷

1991年12月第1版	1991年12月第1次印刷
开本: 787×1092 毫米1/16	印张: 25.25
印数: 1—800	字数: 651千字

ISBN 7-80046-402-4/V·098

定价: 28.00 元

序 言

70年代中期到80年代初，美国为保持商用航空运输动力发展上的优势，由NASA主持实施了高效节能发动机（Energy Efficient Engine），即E³研究计划，目的是为下一代民用航空发动机研制提供技术储备。这一计划的实施，不仅使高负荷跨音速压气机、低污染短环燃烧室和跨音速大负荷涡轮等部件设计研制技术有了更大进展，而且按预定目标完成了样机的整机试验。它的研究成果很快被应用于80年代新研制的航空发动机，如CF6-80C2、CFM56-5、PW2037、PW4000、V2500等。许多新设计的军用发动机和现役发动机的改进改型也都从这些成果中吸取了有益的经验。目前美国GE公司、法国SNECMA公司以及意大利FIAT公司即将联合研制的大推力、全新设计的大涵道比民用涡扇发动机GE90，广泛采用E³发动机的研究成果，并将直接应用E³发动机的核心机技术。

目前该项目的大部分研究报告均已公开发表，其中包括飞机发动机一体化、发动机总体方案设计以及风扇、压气机、燃烧室、涡轮等各部件和结构、声学等各方面设计、试验报告，是一套内容非常丰富的发动机设计研究工作的经验总结。由于我国发动机设计研究尚未走完一个完整的研制过程，这套资料对我国的民用和军用发动机研制无疑具有较大参考价值。

为了落实中央关于下决心把航空发动机抓上去的指

示，努力扭转航空航天动力被动落后局面，我国航空航天动力战线上的广大科技人员正在为加快先进发动机研制工作、突破90年代发动机关键技术以及建立国家级航空推进实验室而全力奋斗。

只有在独立自主、自力更生为主的基础上，认真学习并消化吸收国外先进技术，才能少走弯路，加快步伐，尽快走出自己的发展道路。我们请航空科技情报研究所组织有关专家、教授编辑出版这套文集正是为此目的。衷心希望它有助于正在为航空动力发展而努力拼搏着的同志们。

张汝谋

1990年9月5日

前 言

在进一步强调“加强预研”、“动力先行”，大力开展航空发动机新机研制，落实中央关于下决心把航空发动机抓上去的指示的时候，航空航天工业部计划司和中国航空发动机总公司积极倡议，组织国内航空发动机专家、教授编译出版高效节能发动机文集（即E³文集）。这一倡议得到了航空航天工业部科技委、科技司的大力支持，经部领导批准，将资料的收集工作、编译的组织工作和编辑出版工作交给航空科技情报研究所承担，并要求尽早正式出版。

我们从由GE和P&W公司公开发表的几千万字的技术资料中选编出版一套E³文集，共八册500余万字，这是一项工作量浩大的工程。由于领导的支持，专家、教授们的努力，组织工作的严密，使E³文集自1991年起得以陆续出版。这个文集将使我国航空发动机行业的研究所、制造厂和有关部门的领导、广大科技人员从他人的经验和教训中得到借鉴和启示，这必将有助于加速我国新型航空发动机的研究与发展工作，搞好现有发动机的改进工作。

E³文集以相应专业和几大部件为主要内容，独立成册出版。第一分册为计划与费效分析；第二分册为总体设计、调试和匹配研究；第三分册为风扇、压气机设计与试验；第四分册为燃烧室设计与试验；第五分册为涡轮设计和试验；第六分册为排气混合器和短舱；第七分册为结构和材料；第八分册为控制系统设计。

本文集在编译、审定、出版过程中，自始至终得到了航空航天工业部领导的关注，林宗棠部长亲自为文集题了书名，何文治副部长为文集出版题了词，姜燮生副部长和计划司、科技司、发动机总公司领导给予多方面的关心和支持。发动机总公司、北京航空航天大学、清华大学、中国科学院工程热物理研究所、航空科技情报研究所和其他单位的专家和教授们大力配合，并付出了辛勤的劳动，在此表示衷心的感谢。尽管我们的编译和编辑人员悉心努力，但由于工作量大，时间紧迫，加之原文资料的图文质量欠佳，不足之处在所难免，敬请读者指正。

孫珏

1991年1月

高效节能发动机文集编辑委员会

主 任：张汝谋

副主任：陈 濬 朱伯贤 孙 巩 周晓青

委 员：（以姓氏笔画为序）

马恒儒 叶大钧 朱筱云 刘孝安

陈乃兴 何恂晋 吴大观 吴文东

吴寿生 张 池 林星山 侯志兴

唐智明 詹孟萱 魏永山

各分册主编和主审

第一分册主编：	张汝谋	孙 巩	主审：	吴大观
第二分册主编：	陈 濬	詹孟萱	主审：	陈大光
第三分册主编：	唐智明	詹孟萱	主审：	崔济亚
第四分册主编：	刘高恩	吴文东	主审：	周晓青
第五分册主编：	蔡睿贤	王存诚	主审：	叶大钧
第六分册主编：	吴寿生	侯志兴	主审：	魏志祥
第七分册主编：	周晓青	陈石卿	主审：	陈 光
第八分册主编：	梁钧襄	侯志兴	主审：	毛可久

第七分册 编辑人员

主 编：周晓青

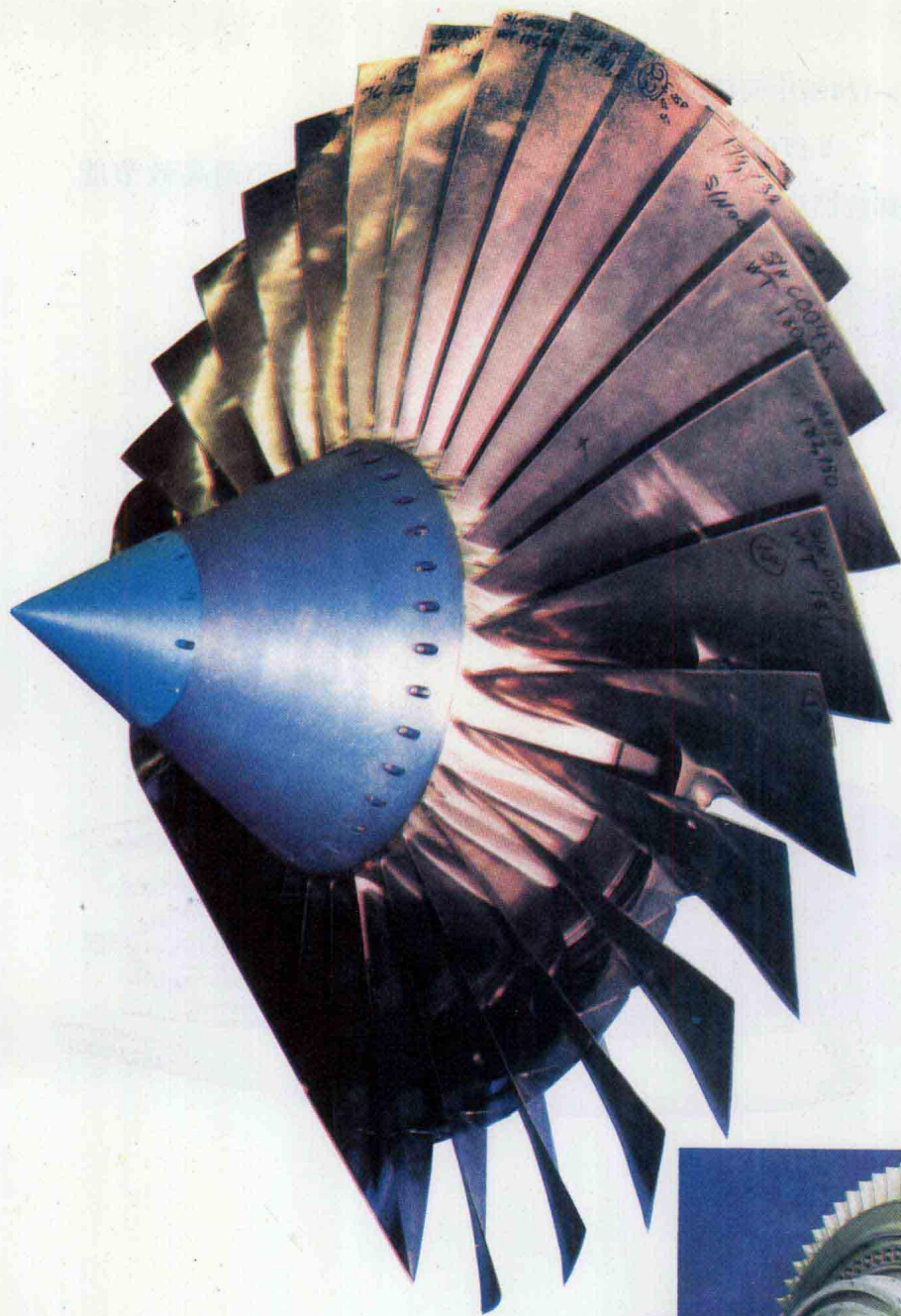
副主编：陈石卿

主 审：陈 光

责任编辑：张 洁

出版编辑：许桂凤

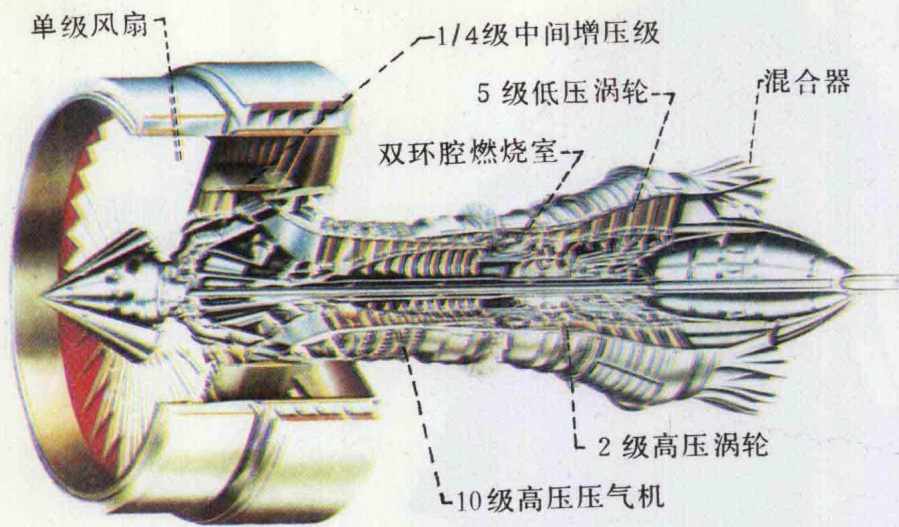
美术编辑：霍振源



GE 公司高效节能
发动机风扇

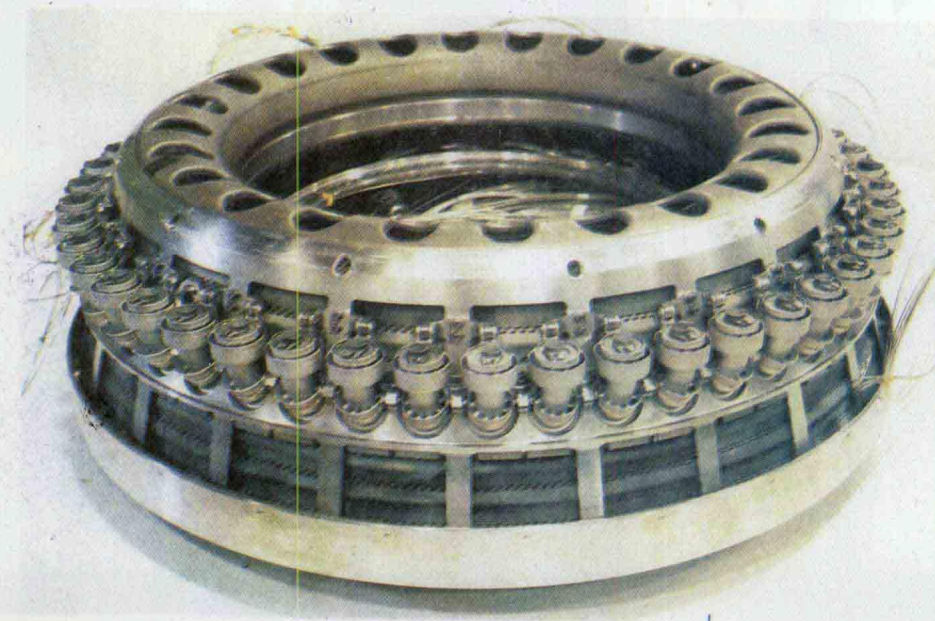
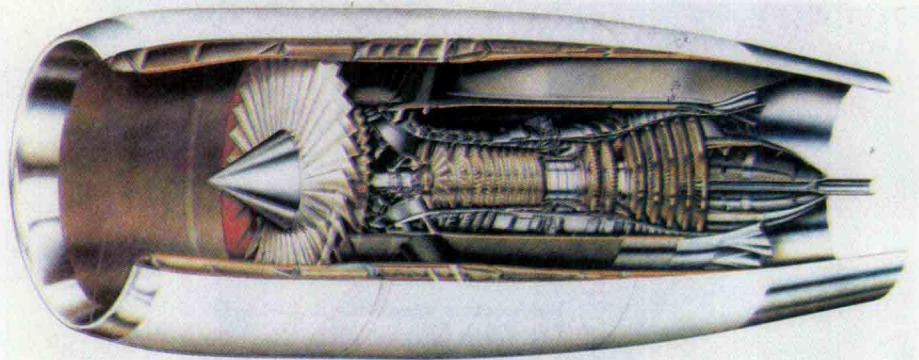
GE 公司高效节能发动机
2 级高压涡轮



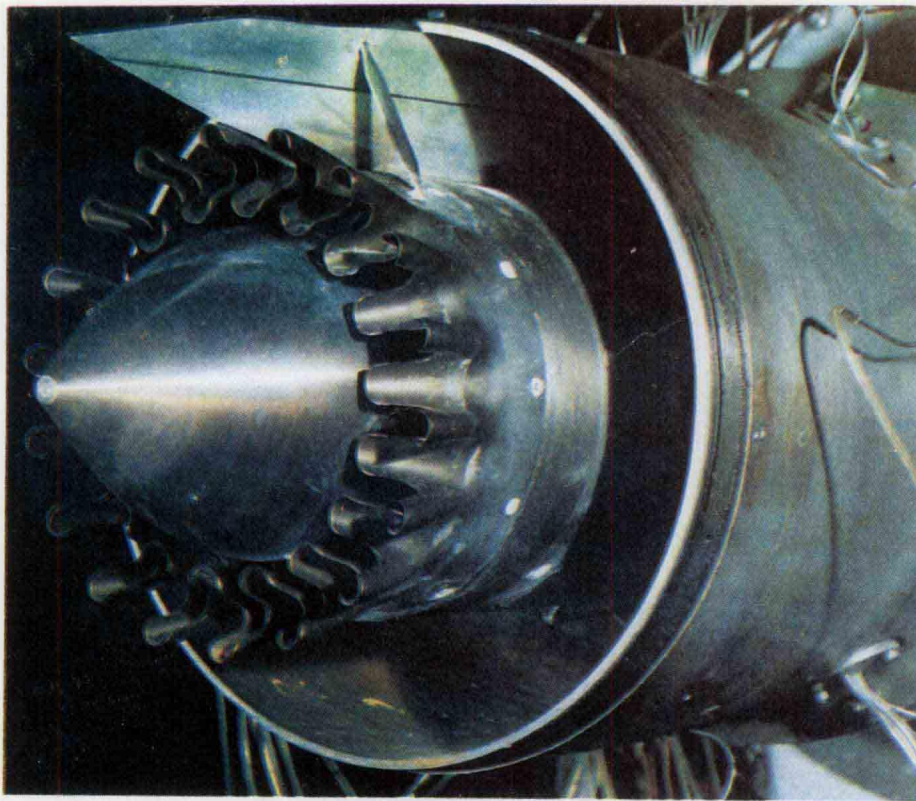


GE 公司高效节能
发动机

GE 公司高效节能
发动机轮廓图

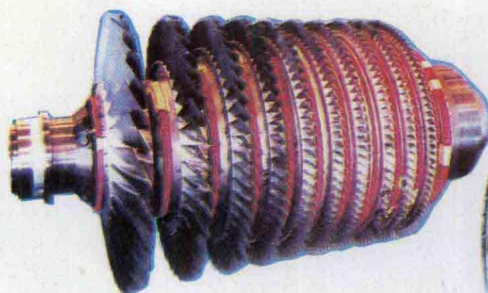


P&W 公司 高效节能
发动机双环腔燃烧室
总装图



GE公司高效节能
发动机排气混合器

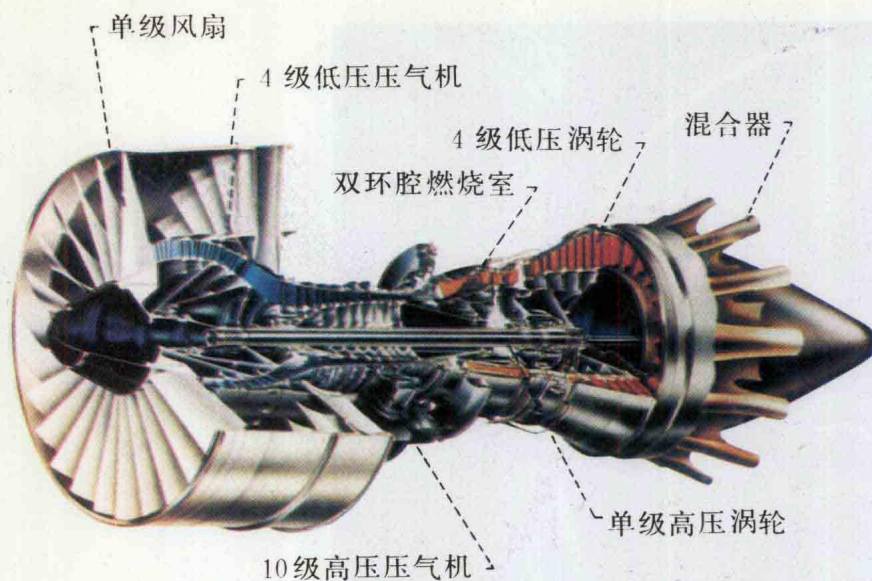
GE公司高效节能
发动机10级高压压
气机



转子

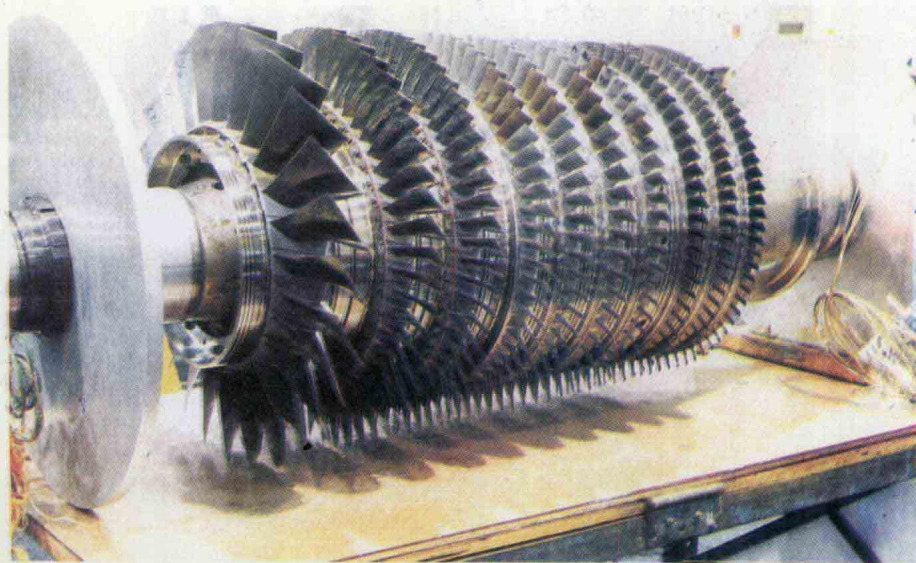
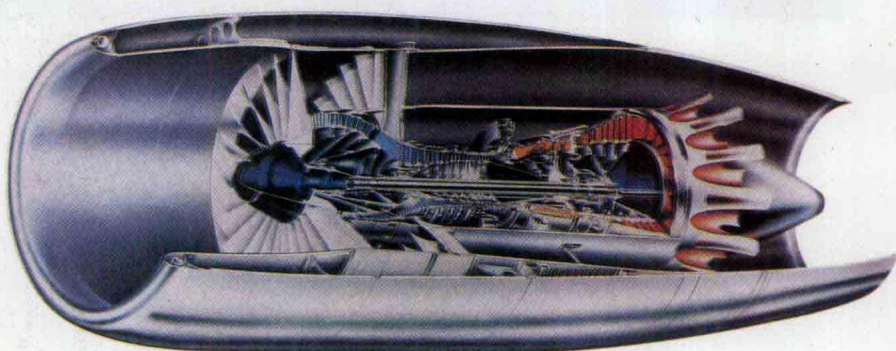


前机匣



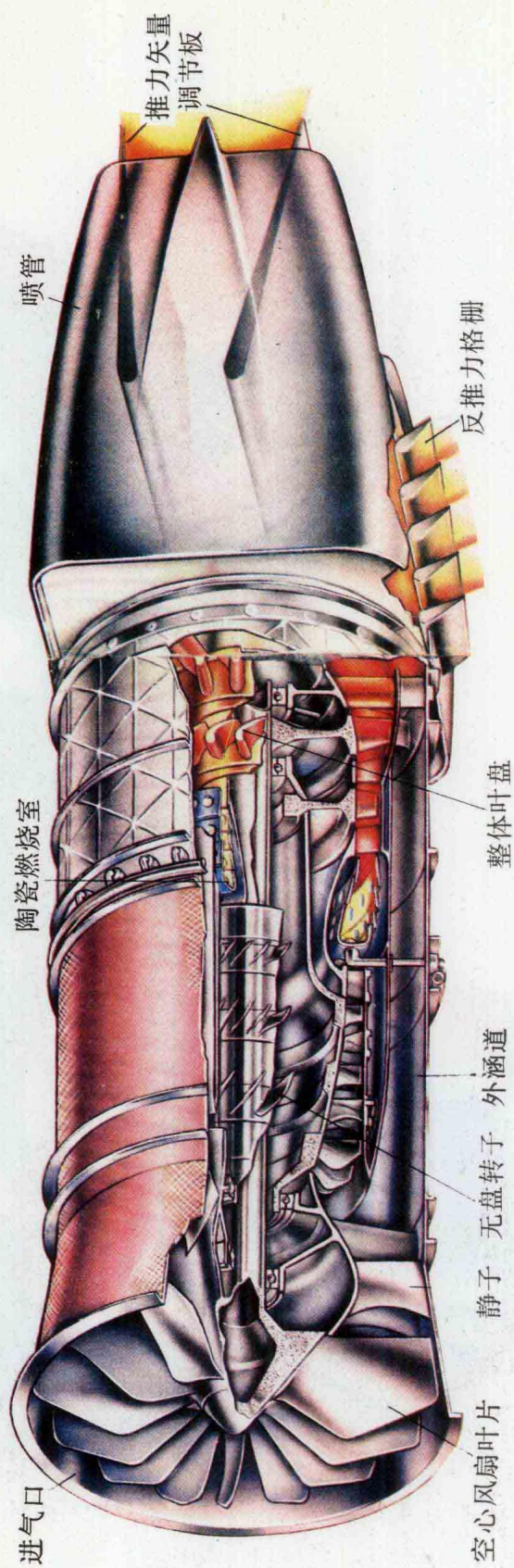
P & W 公司高效
节能发动机

P & W 公司高效节能
发动机轮廓图

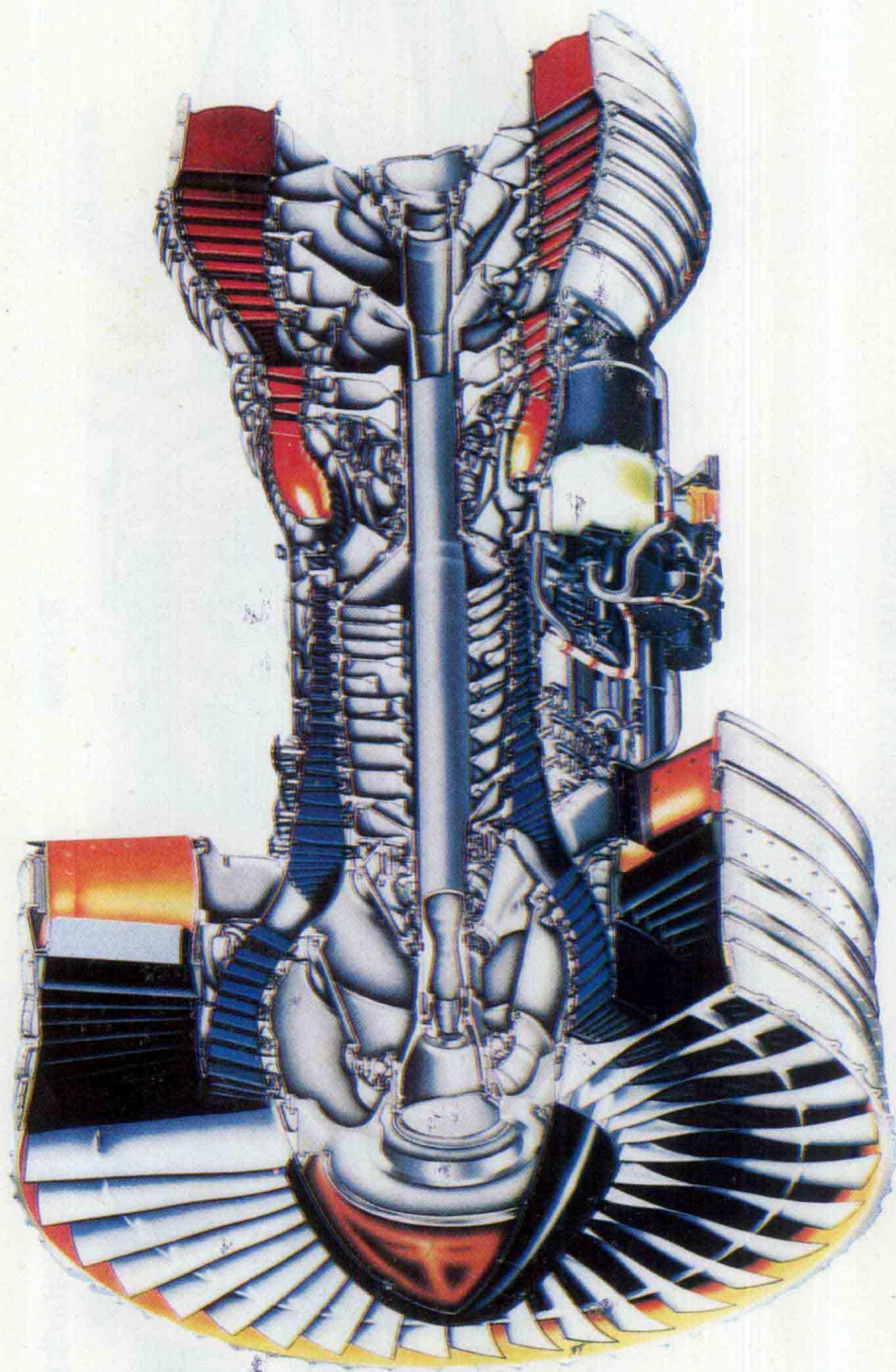


P & W 公司高效节能
发动机高压压气机
转子组件

未来的高性能涡轮发动机



PW 4000 涡扇发动机



目 录

第一篇 节能运输机	(1)
第一章 引言	(1)
第二章 翼型	(1)
第三章 翼梢小翼	(3)
第四章 机体和发动机	(5)
第五章 高升力	(6)
第六章 层流	(8)
第七章 表面涂层	(10)
第八章 主动控制	(11)
第九章 计算机	(14)
第十章 飞行试验	(14)
第十一章 工业界	(15)
第二篇 GE 公司 E ³ 核心发动机轴承、 传动及外部布局详细设计报告	(19)
第一章 概述	(19)
第二章 引言	(19)
第三章 前油腔	(21)
3.1 止推轴承减振器设计	(23)
3.2 止推轴承设计	(24)
3.3 油腔封严	(26)
3.4 支承机匣的应力	(27)
第四章 后油腔	(28)
4.1 后滚棒轴承	(30)
4.2 后油腔篦齿封严	(31)
4.3 后油腔结构应力	(32)
第五章 传动系统	(33)
5.1 功率输出(PTO)设计	(34)
5.2 附件传动机匣(AGB)设计	(36)
第六章 润滑系统	(39)
第七章 辅助空气系统与转子推力	(40)
第八章 外部布局设计	(43)
参考文献	(44)

第三篇	GE 公司 E ³ 核心机和低压部件组合体发动机轴承、 传动及外部布局详细设计报告.....	(45)
第一章	概述	(45)
第二章	引言	(45)
第三章	前油腔	(47)
3.1	核心机推力轴承的设计.....	(49)
3.2	前油腔低压系统的轴承设计.....	(51)
3.3	支座结构的设计分析.....	(54)
第四章	后油腔	(56)
4.1	后油腔轴承的设计.....	(58)
4.2	支座结构的设计分析.....	(60)
第五章	低压涡轮轴	(61)
第六章	传动系统	(64)
6.1	功率输出装置的设计.....	(65)
6.2	附件传动机匣的设计.....	(67)
6.3	径向传动轴.....	(71)
第七章	润滑系统	(74)
第八章	辅助空气流、压力和转子推力系统.....	(75)
第九章	外部布局设计	(78)
缩略语		(81)
参考文献		(82)
第四篇	结构性能、效益、成本研究.....	(83)
第一章	概述	(83)
第二章	引言	(85)
第三章	分析方法	(86)
3.1	研究发动机和飞机.....	(86)
3.2	直接使用成本.....	(88)
3.3	现值.....	(88)
3.4	概念的秩评定.....	(90)
第四章	先进概念研究	(91)
4.1	循环性能的改进研究.....	(92)
4.2	改善高压涡轮的金属冷却	(104)
4.3	高压涡轮可调节的冷却流	(105)
4.4	提高高压涡轮的金属温度	(106)
4.5	改进金属涂层	(108)
4.6	缩短的风扇结构	(109)
4.7	高压压气机的主动间隙控制	(118)
4.8	先进风扇叶片的研究	(124)