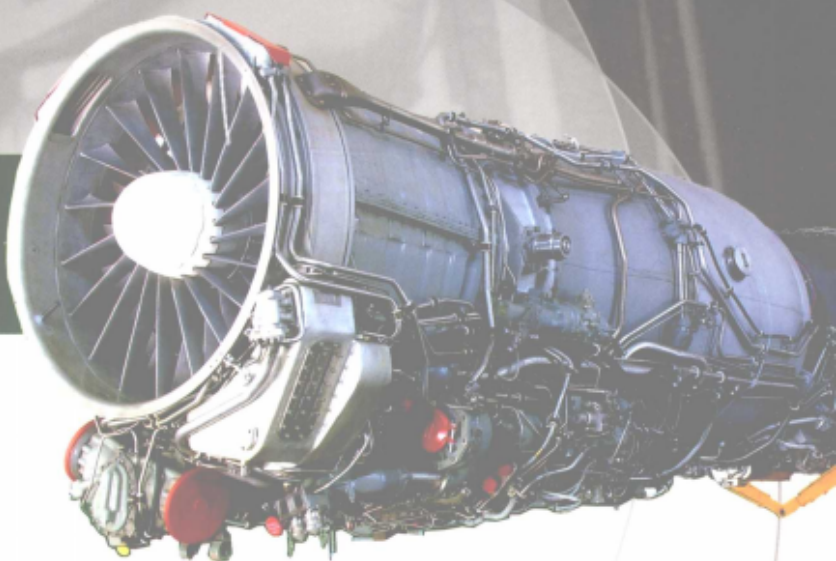


《航空发动机检验技术手册》编委会 编著

# 航空发动机 检验技术手册

上



航空工业出版社

责任编辑：高风勤

封面设计：王楠



ISBN 978-7-80243-170-6



9 787802 431706 >

定价：380.00元(上中下)

# 航空发动机检验技术手册

上

《航空发动机检验技术手册》编委会 编著

航空工业出版社

北京

## 内 容 提 要

《航空发动机检验技术手册》分上、中、下三册，共八篇52章，第一篇是航空发动机的主要结构及基本原理，第二篇是检验技术的一般知识，第三篇是检验技术的基本技能，第四篇是器材入厂检验，第五篇是零组件的检验，第六篇是发动机的装配和试车，第七篇是特殊过程的检验，第八篇是无损检测。本手册覆盖了从原材料入厂到最终产品交付航空发动机检验所需的各个环节，既继承了原有检验技术的精髓，又吸收了许多新的检验理念，是一套完整的、系统的、全面而先进的航空发动机检验技术工具书。

本手册可作为从事航空发动机设计、制造和检验技术人员的工具书，也可供其他相关人员参考。

### 图书在版编目 ( C I P ) 数据

航空发动机检验技术手册. 上/《航空发动机检验技术手册》编委会编著. —北京: 航空工业出版社, 2008. 7  
ISBN 978 - 7 - 80243 - 170 - 6

I. 航… II. 航… III. 航空发动机—检验—技术手册  
IV. V263 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 103633 号

航空发动机检验技术手册 (上)  
Hangkong Fadongji Jianyan Jishu Shouce (Shang)

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

北京中航凯普印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

2008 年 7 月第 1 版

2008 年 7 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 117

字数: 3069 千字

印数: 1—1200

定价: 380.00 元 (上中下)

# 《航空发动机检验技术手册》 编审委员会

主任： 颜 冬

副主任： 李锦华 范岳明 冉 拓 辜 希

李 伟 张进明 吉世强

委 员：（按姓氏笔画排序）

王 鸣 王冀生 刘 威 李 平

李治帮 杨 森 杨忠新 陈 锦

陈国柱 陈豪湘 易建新 黄 光

黄名禄 康自阅 彭建武 臧 川

# 《航空发动机检验技术手册》

## 编辑委员会

主 编：吉世强

副主编：王桂武 韦清源 宗友光

编 委：（按姓氏笔画排列）

于吉锴	王 敏	王伟生	王彦权	王桂武
王德辉	尹铁成	龙北云	卢新华	田文正
冯小珍	邢建湘	刘 博	刘 璇	刘元轩
刘怀南	刘承然	刘烈萍	江 镇	江小平
汤宁照	汤亚林	许 浩	孙洪胤	严 军
李 刚	李 伟	李凤升	李桂贤	李福英
杨克杰	何 露	宋 涛	张 伟	张元伟
张世林	张华珍	张孝玲	张利敏	林 军
范云峰	畅小户	罗维川	郑 琪	周丛梅
周殿旺	赵 伟	赵秀梅	柯 军	段占峰
侯瑞菊	敖 斌	高林军	唐秀清	徐仁冬
陶守慷	戚钢志	董德秀	曾西军	雷云莲
窦 华	谭革元	熊 英		

# 序

航空工业作为国家战略产业，经过 50 余年的发展和积累，随着国家综合国力的不断提升，歼 10 上天、ARJ21 下线、L15 首飞、直 15 上马、大飞机项目启动、航空工业重组……一系列重大事件传递出一个强烈的信息，中国航空工业以气吞山河之势展开了波澜壮阔的伟大历史画卷。

伴随这一如火如荼的光辉岁月，我们隐隐地感觉一块“心病”，激情奔放的蓝天畅想需要气势磅礴的动力共鸣。我们不能让时代前沿的中国制造依靠他国心脏起搏，“非我族类，其心必异”！中国航空发动机产业必须肩负起神圣使命，奏响辉煌的乐曲，谱写奋进的篇章。

千里之行，始于足下。万丈高楼，起于基础，航空发动机制造的质量控制和检验技术是这一产业的基础工程，夯实基础是实现远大理想的必由之路。鉴于此，我们借鉴国内外常规和先进的检验技术、方法和实践，组织力量研究并编写了《航空发动机检验技术手册》，用于指导我国航空发动机制造业的实际工作。

该手册体现了航空发动机制造的全过程和全要素，从原材料、零部件、特殊过程、无损检测到装配试车，对人、机、料、法、环、测进行了全面的论述。涉及产品的原理、结构、特点，检验的技术、技能、管理，测量的方法、步骤、标准，示例的插图、照片、表格，具有全面性、基础性、知识性、权威性和可操作性。

愿该手册成为拧紧中国航空工业腾飞机体的“螺丝钉”。

中国航空工业第二集团公司质量监督部部长

# 前 言

在国防科工委和中国航空工业第一、第二集团公司机关的坚强领导和大力支持下，汇聚我国航空发动机产业近百名检验技术人员的共同智慧和实践经验，本着“起点高、知识新、实用性强”的原则，我们组织编写了这套《航空发动机检验技术手册》。本手册的编写不仅继承了20世纪70年代和90年代先后出版的两套检验技术手册的精髓，总结了近三十年来的最新理论成果和实践经验，并积极吸收了国外航空发动机检验技术先进成果，具有知识丰富、内容严谨和科学适用的特点。本手册适用于从事航空发动机科研、生产的专业检验技术人员和一线操作者，也可供企事业设计、工艺和相关人员检验技术的基础教材和常用工具书。

本手册分为上、中、下三册，共八篇52章，累计300余万字。上册共三篇15章，包括航空发动机的主要结构及基本原理，检验技术的一般知识和基本技能。中册共三篇22章，内容包括原材料入厂检验，零组（部）件的检验和发动机的装配与试车。下册共两篇15章，主要讲述了特殊过程的检验和无损检测技术。

本手册的编写由中国航空综合技术研究所负责抓总，国内所有航空发动机制造厂和设计所共同参与，并分别承担相关章节的编写工作。其中，第1、第3章由沈阳飞机设计研究所组织编写，第2、第4、第9章由株洲航空动力机械研究所组织编写，第6~第8章由中国航空综合技术研究所组织编写，第10章由常州兰翔机械总厂组织编写，第11~第15、第42、第43章由哈尔滨东安发动机（集团）公司组织编写，第16~第19、第44、第46章由贵州黎阳航空发动机公司组织编写，第20章由贵州新艺机械厂组织编写，第21章由长沙中南传动机械厂组织编写，第22~第25章由西安航空发动机（集团）有限公司组织编写，第26~第29、第45章由成都航空发动机（集团）有限公司组织编写，第30、第31、第



38 ~ 第 41 章由南方航空动力机械有限责任公司组织编写, 第 5、第 32 ~ 第 37、第 47 ~ 第 52 章由沈阳黎明发动机制造公司组织编写。

由于本手册涉及的检验技术门类多、知识面广, 加之编者水平有限, 手册中难免存在错误和不足之处, 恳请广大读者提出宝贵意见。

《航空发动机检验技术手册》编委会

二〇〇八年七月三十日

# 目 录

## 上 册

### 第一篇 航空发动机的主要结构及基本原理

第 1 章 航空发动机概述	3
1.1 基本类型	3
1.2 活塞式发动机	4
1.3 空气喷气式发动机	4
1.3.1 无压气机的空气喷气式发动机	4
1.3.2 有压气机的空气喷气式发动机	5
第 2 章 活塞式发动机	8
2.1 基本原理	8
2.1.1 工作原理	8
2.1.2 主要参数	10
2.2 类型和特点	10
2.3 主要结构	12
第 3 章 涡喷、涡扇发动机	13
3.1 涡喷、涡扇发动机的基本原理	13
3.1.1 涡喷发动机推力的产生	13
3.1.2 涡扇发动机推力的产生	13
3.1.3 涡喷、涡扇发动机的主要参数	14
3.2 涡喷发动机的类型和特点	14
3.2.1 离心式涡喷发动机	14
3.2.2 轴流式涡喷发动机	14
3.3 涡扇发动机的类型、特点及发展	16
3.3.1 涡扇发动机的类型和特点	16
3.3.2 涡扇发动机的发展	18
3.4 涡喷、涡扇发动机的主要结构	19
3.4.1 进气装置	19
3.4.2 压气机	20
3.4.3 燃烧室	23
3.4.4 涡轮	24
3.4.5 加力燃烧室	27

3.4.6	排气装置 .....	28
3.4.7	外涵道 .....	30
3.4.8	传动及润滑系统 .....	31
3.4.9	控制及燃油系统 .....	32
3.4.10	其他工作系统 .....	32
<b>第4章</b>	<b>涡轴、涡桨发动机 .....</b>	<b>33</b>
4.1	基本原理 .....	34
4.1.1	工作原理 .....	34
4.1.2	主要参数 .....	35
4.2	类型和特点 .....	35
4.3	主要结构 .....	38
4.3.1	基本构造 .....	38
4.3.2	粒子分离器 .....	39
4.3.3	压气机 .....	40
4.3.4	燃烧室 .....	42
4.3.5	涡轮 .....	42
4.3.6	排气装置 .....	43
4.3.7	红外抑制装置 .....	44
4.3.8	减速器 .....	44
4.3.9	工作系统 .....	46
4.4	涡轴、涡桨发动机与活塞发动机的比较 .....	47

## 第二篇 一般知识

<b>第5章</b>	<b>公差与配合 .....</b>	<b>51</b>
5.1	基本术语及定义 .....	51
5.1.1	尺寸的术语及定义 .....	51
5.1.2	公差与偏差的术语与定义 .....	52
5.1.3	配合的术语及定义 .....	55
5.2	极限与配合标准的基本规定 .....	57
5.2.1	配合制 .....	57
5.2.2	标准公差系列 .....	59
5.2.3	基本偏差系列 .....	61
5.2.4	另一极限偏差数值的确定 .....	69
5.2.5	极限偏差表 .....	70
5.2.6	公差带 .....	70
5.2.7	线性尺寸的未注公差 .....	73
5.3	极限与配合的选用 .....	74
5.3.1	基准制的选用 .....	74
5.3.2	公差等级的选用 .....	75

5.3.3 配合的选用 .....	77
5.4 一般公差 (HB 5800—1999) .....	81
5.4.1 总则 .....	81
5.4.2 应用 .....	81
5.4.3 切削加工件 .....	81
5.4.4 冷冲压件 .....	86
5.4.5 管子弯曲件 .....	91
5.4.6 焊接件 .....	91
5.4.7 塑压件 .....	92
<b>第6章 形位公差</b> .....	<b>94</b>
6.1 形位公差的符号及标注方法 .....	94
6.1.1 形位公差的符号 .....	94
6.1.2 被测要素、基准要素的标注及其他附加符号 .....	94
6.1.3 公差框格 .....	101
6.1.4 特殊表示法 .....	101
6.2 形位公差带 .....	103
6.3 形位公差未注值 .....	123
6.3.1 一般要求 .....	123
6.3.2 冲压件形位公差未注值 .....	124
6.3.3 焊接件形位公差未注值 .....	125
<b>第7章 表面粗糙度与表面波纹度</b> .....	<b>126</b>
7.1 表面粗糙度概述 .....	126
7.1.1 表面粗糙度和表面波纹度的区别 .....	126
7.1.2 测量表面粗糙度的基准线 .....	126
7.1.3 取样长度 .....	127
7.1.4 评定长度 .....	128
7.2 评定符号、参数、标注 .....	129
7.2.1 表面粗糙度符号 .....	129
7.2.2 表面粗糙度的参数 .....	130
7.3 表面波纹度 .....	131
7.3.1 表面波纹度的定义 .....	131
7.3.2 表面波纹度的参数 .....	131
7.3.3 表面波纹度的标识 .....	135
7.4 表面加工纹理 .....	135
7.4.1 表面加工纹理的标注 .....	135
7.4.2 表面加工纹理的符号说明 .....	136
<b>第8章 法定计量单位及换算</b> .....	<b>137</b>
8.1 法定计量单位 .....	137
8.1.1 国际单位制 .....	137
8.1.2 国家选定的非国际单位制 .....	138

8.1.3	用于构成十进制倍数和分数单位的词头	139
8.2	计量单位的换算	140
8.2.1	计量单位计算修约	140
8.2.2	计量单位换算关系	140
<b>第9章</b>	<b>制图符号</b>	147
9.1	航空产品图样用图形符号 (摘自 HB 6369—1989)	147
9.1.1	航空产品图样用图形符号	147
9.1.2	航空产品图样用图形符号标注示例	149
9.1.3	工艺装配图样简化规定中的部分符号 (摘自 HB 6603—1992)	151
9.2	航空产品无损检测图形符号 (摘自 HB 8268—2002)	152
9.2.1	航空产品无损检测图形符号	152
9.2.2	航空产品无损检测图形符号的标注方法	154
9.3	螺纹及螺纹紧固件表示法 (摘自 GB/T 4459.1—1995)	156
9.3.1	螺纹的表示法	156
9.3.2	螺纹的标注方法	158
9.3.3	螺纹副的标注方法	161
9.3.4	在装配图中螺纹紧固件的简化画法	162
9.3.5	螺套的画法和标记	164
9.4	中心孔表示法 (摘自 GB/T 4459.5—1999)	165
9.4.1	中心孔的符号	165
9.4.2	中心孔的标记	166
9.4.3	中心孔的表示法	167
9.5	机构运动简图符号 (摘自 GB/T 4460—1984)	168
9.5.1	齿轮机构简图符号	168
9.5.2	轴承和弹簧组件简图符号	171
9.6	金属结构件表示法 (摘自 GB/T 4656—1984)	173
9.7	焊缝符号表示法 (摘自 GB/T 324—1988)	174
9.7.1	通用要求	174
9.7.2	符号	175
9.7.3	焊缝尺寸符号及其标注位置	179
9.7.4	金属焊接及钎焊方法在图样上的表示代号 (摘自 GB/T 5185—1985)	182
9.7.5	金属焊接及钎焊方法在图样上用代号的表示方法	184
9.8	特性分类的符号及其标注 (摘自 GJB 190—1986)	185
9.8.1	特性分类符号	185
9.8.2	特性分类符号的标注	185
9.9	零组件标印方法的代号及在图样上的标注 (摘自 HB 5936—1986)	187

## 第三篇 基本技能

第 10 章 管理要求 .....	193
10.1 检验记录 .....	193
10.1.1 检验记录定义 .....	193
10.1.2 要求 .....	193
10.1.3 航空发动机卷宗 .....	193
10.1.4 履历本 .....	193
10.1.5 检验文件的保存 .....	194
10.2 检验印章 .....	194
10.2.1 检验印章的作用 .....	194
10.2.2 检验印章的管理 .....	194
10.2.3 检验印章的刻制和发放 .....	195
10.2.4 检验印章的使用 .....	195
10.2.5 检验印章更换与作废 .....	195
10.3 不合格品管理 .....	195
10.3.1 不合格品 .....	195
10.3.2 不合格品的分类 .....	195
10.3.3 不合格品的标识 .....	196
10.3.4 不合格品的处置 .....	196
10.4 首件三检 .....	197
10.4.1 首件三检的含义 .....	197
10.4.2 首件三检的条件 .....	197
10.4.3 首件三检的内容 .....	197
10.4.4 首件三检的要求 .....	197
10.5 首件鉴定 .....	198
10.5.1 首件鉴定含义 .....	198
10.5.2 工作内容 .....	198
10.5.3 检验要求 .....	198
10.6 计量器具的管理 .....	199
10.6.1 职责 .....	199
10.6.2 管理 .....	199
10.7 标准样件的管理 .....	200
10.7.1 标准样件 .....	200
10.7.2 标准样件分类 .....	200
10.7.3 标准样件的管理 .....	200
10.8 计算机软件的质量控制 .....	201
10.8.1 概述 .....	201
10.8.2 生产过程中计算机软件的质量控制 .....	201

<b>第 11 章 通用检测器具</b> .....	204
11.1 通用检测器具的分类及选择 .....	204
11.1.1 通用检测器具的分类 .....	204
11.1.2 通用检测器具的选择原则 .....	204
11.2 通用检测器具的使用 .....	211
11.2.1 量具的使用 .....	211
11.2.2 量规的使用 .....	235
11.2.3 检测仪器类的使用 .....	239
11.2.4 坐标测量仪器的使用 .....	278
11.2.5 检测光栅、激光类测量仪器 .....	293
11.2.6 齿轮仪器 .....	304
11.2.7 扭矩扳手的工作原理及使用 .....	312
11.2.8 硬度计的结构原理、性能参数与使用 .....	316
11.3 通用检测器具的日常使用注意事项 .....	332
11.3.1 量规使用的注意事项 .....	332
11.3.2 检测仪器使用注意事项 .....	332
11.4 通用检测器具的维护与保养 .....	333
11.5 常用检测仪器精度公式汇编 .....	335
<b>第 12 章 几何形状、形位误差及表面粗糙度的测量</b> .....	339
12.1 几何形状检验的基础知识 .....	339
12.1.1 测量方法的分类 .....	339
12.1.2 测量误差与测量不确定度 .....	341
12.1.3 测量器具的选择 .....	346
12.1.4 测量基准的选择 .....	346
12.1.5 公差原则 .....	348
12.2 形位误差的检测 .....	353
12.2.1 检测符号说明 .....	353
12.2.2 检测原则 .....	353
12.2.3 检测精度要求 .....	358
12.2.4 检测知识 .....	358
12.3 形状误差的测量 .....	422
12.3.1 直线度误差的测量 .....	422
12.3.2 平面度误差的测量 .....	430
12.3.3 圆度误差的测量 .....	434
12.3.4 圆柱度误差的测量 .....	441
12.3.5 轮廓度误差的测量 .....	444
12.4 位置误差的测量 .....	446
12.4.1 定向位置误差的测量 .....	446
12.4.2 定位位置误差的测量 .....	457
12.4.3 跳动误差的测量 .....	463

12.5 角度和锥度的测量	465
12.5.1 角度的测量	465
12.5.2 锥度的测量	468
12.6 空间直线的测量	469
12.6.1 空间直线角度的测量	470
12.6.2 空间直线位置尺寸的测量	473
12.7 空间平面的测量	473
12.7.1 空间平面角度测量	473
12.7.2 空间平面位置尺寸的测量	476
12.8 表面粗糙度的测量	477
12.8.1 表面粗糙度的测量原则	477
12.8.2 表面粗糙度测量程序和方法	477
12.8.3 常用的粗糙度仪器测量方法	481
12.9 表面波纹度的测量	484
12.9.1 平面波纹度的测量	484
12.9.2 圆形表面波纹度的测量	486
12.9.3 齿轮螺旋线波纹度误差的测量	490
<b>第13章 螺纹检验</b>	<b>493</b>
13.1 概述	493
13.1.1 螺纹分类及使用要求	493
13.1.2 螺纹的主要术语定义 (摘自 GB/T 14791)	493
13.1.3 螺纹的主要几何参数	495
13.1.4 普通螺纹基本尺寸的计算 (GB/T 196—2003)	497
13.2 螺纹公差与标准	507
13.2.1 普通螺纹公差 (GB/T 197—2003)	507
13.2.2 特殊螺纹基本尺寸及其公差	519
13.2.3 几何参数对螺纹互换性的影响	523
13.3 螺纹综合测量	531
13.3.1 综合测量的基础	531
13.3.2 螺纹量规及其使用规则	531
13.3.3 螺纹量规的公差	534
13.3.4 螺纹量规的周期检验和保养	535
13.4 圆柱螺纹参数的单项测量	536
13.4.1 中径的测量	536
13.4.2 螺距的测量	554
13.4.3 牙型角的测量	557
13.5 圆柱内螺纹参数的单项测量	559
13.5.1 中径的测量	559
13.5.2 螺距的测量	568
13.5.3 内螺纹牙型角的测量	572



13.6 圆锥螺纹及其测量	573
13.6.1 概述	573
13.6.2 圆锥螺纹的综合测量	573
13.6.3 圆锥外螺纹参数的单项测量	574
13.6.4 圆锥内螺纹参数的单项测量	587
<b>第14章 平台测量技术</b>	<b>590</b>
14.1 平台测量原理	590
14.1.1 平台测量的方法	590
14.1.2 平台测量的步骤	590
14.1.3 平台测量特点	591
14.2 平台测量中常用的器具	591
14.2.1 平板	591
14.2.2 方箱	591
14.2.3 刀口尺	592
14.2.4 平尺	592
14.2.5 圆柱角尺	592
14.2.6 标准圆柱和圆球	592
14.2.7 数显测高仪	592
14.3 平台测量中常用的几何、三角等数学概念	592
14.3.1 几何学基础知识	592
14.3.2 有关三角形的定理	593
14.3.3 有关圆的定理	593
14.3.4 三角形的解法	593
14.4 在平台上测量尺寸的一般方法	594
14.4.1 交点尺寸的测量	594
14.4.2 相关尺寸的测量	597
14.4.3 斜孔坐标尺寸的测量	598
14.4.4 平面角度的测量	601
14.4.5 内外锥体的测量	603
14.4.6 内凹孔径的测量	606
14.4.7 圆弧半径的测量	607
14.4.8 燕尾槽的测量	608
14.4.9 花键的测量	610
<b>第15章 目视检验</b>	<b>613</b>
15.1 目视检验基本内容	613
15.1.1 产品多余物检验	613
15.1.2 产品表面质量检验	613
15.1.3 产品标识检验	619
15.2 产品目视检验管理要求	629
15.2.1 人员要求	630