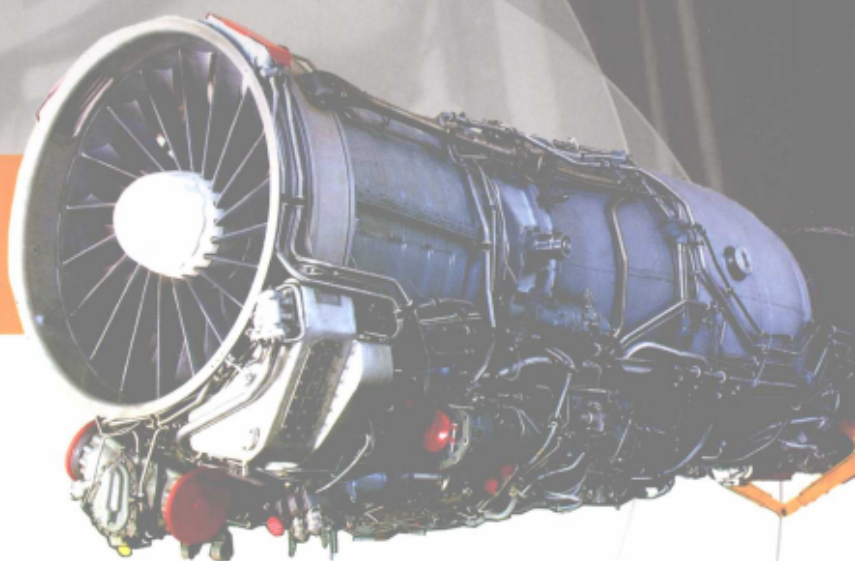


《航空发动机检验技术手册》编委会 编著

航空发动机 检验技术手册

中



航空工业出版社

责任编辑：高凤勤

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

中

《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. 中/《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 103637 号

航空发动机检验技术手册 (中)

Hangkong Fadongji Jianyan Jishu Shouce (Zhong)

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售

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)

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
第4章	涡轴、涡桨发动机	33
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

第5章	公差与配合	51
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
第6章 形位公差	94
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
第7章 表面粗糙度与表面波紋度	126
7.1 表面粗糙度概述	126
7.1.1 表面粗糙度和表面波紋度的区别	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 表面波紋度	131
7.3.1 表面波紋度的定义	131
7.3.2 表面波紋度的参数	131
7.3.3 表面波紋度的标识	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
第8章 法定计量单位及换算	137
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
第9章	制图符号	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

第 11 章 通用检测器具	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
第 12 章 几何形状、形位误差及表面粗糙度的测量	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
第13章 螺纹检验	493
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
第14章	平台测量技术	590
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
第15章	目视检验	613
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

15.2.2 仪器设备和环境控制	630
15.2.3 检验文件	630

中 册

第四篇 器材入厂检验

第16章 材料的一般知识	633
16.1 概述	633
16.2 常用材料的分类	633
16.2.1 金属材料的分类	633
16.2.2 陶瓷材料的分类	636
16.2.3 高分子材料的分类	637
16.2.4 复合材料的分类	638
16.3 常用材料的牌号表示方法	638
16.3.1 铸铁的牌号表示方法	638
16.3.2 铸钢材料牌号的表示方法	640
16.3.3 碳素钢牌号的表示方法	640
16.3.4 合金结构钢牌号的表示方法	642
16.3.5 合金工具钢牌号的表示方法	643
16.3.6 耐热不锈钢、耐磨不锈钢牌号的表示方法	643
16.3.7 铝合金牌号的表示方法	644
16.3.8 镁合金牌号的表示方法	647
16.3.9 铜合金牌号的表示方法	647
16.3.10 钛合金牌号的表示方法	648
16.3.11 高温合金牌号的表示方法	649
16.3.12 陶瓷材料牌号的表示方法	651
16.3.13 常用塑料牌号及典型用途	652
16.3.14 橡胶的种类及典型用途	653
16.3.15 化学纤维及典型用途	653
16.3.16 常用复合材料及典型用途	653
16.4 材料的保管及管理	655
16.4.1 材料入库前的管理	655
16.4.2 材料入库时及入库后的管理	655
16.5 库房的条件及管理要求	655
第17章 金属材料的入厂检验	657
17.1 概述	657
17.2 金属材料入厂检验的项目及要求	657
17.2.1 质保书审查	657
17.2.2 入库实物检查	658

17.2.3	理化性能测试	658
17.3	金属材料的包装、标识的检验	660
17.4	金属材料入厂检验过程的质量控制	661
17.5	出库前的实物检查	661
17.6	金属材料入厂检验过程中有关质量问题的处理	661
17.7	金属材料常用力学性能指标及含义	662
17.8	金属材料入厂检验的检验方法	663
17.8.1	钢材的火花鉴别	663
17.8.2	金属材料的看谱分析	665
17.8.3	金属材料的表面和尺寸检验	666
17.9	原始记录的管理	668
17.9.1	原始记录的内容	668
17.9.2	管理要求	668
17.10	常见的材料缺陷	668
17.10.1	变形钢常见缺陷及产生原因	668
17.10.2	铝合金材料常见缺陷及产生原因	671
17.10.3	钛合金锻件常见缺陷及产生原因	673
17.10.4	高温合金锻件常见缺陷及产生原因	674
第 18 章	非金属材料的入厂检验	676
18.1	概述	676
18.2	非金属材料的验收标准	677
18.2.1	塑料及其制品的验收标准	677
18.2.2	橡胶及其制品的验收标准	678
18.2.3	胶黏剂验收标准	679
18.2.4	密封材料验收标准	680
18.2.5	涂料验收标准	680
18.2.6	石油产品验收标准	681
18.2.7	纺织品材料验收标准	682
18.2.8	其他非金属材料验收标准	683
18.3	非金属材料的取样要求	684
18.3.1	粉状及易吸潮变质材料的取样	684
18.3.2	有方向性材料的取样	684
18.3.3	橡胶胶料的取样	684
18.3.4	石油和液体石油产品的取样	685
18.3.5	涂料产品和胶黏剂的取样	685
18.4	非金属材料入厂检验过程的质量控制	685
18.4.1	质保书审查	685
18.4.2	入库前的实物检验	686
18.4.3	理化性能测试报告的审查	686
18.4.4	工艺性能试验	686

18.4.5	器材入库质量证明的办法	686
18.4.6	检查过程中有关问题的处理	686
18.5	非金属材料入厂检验的项目及质量指标含义	687
18.5.1	非金属材料主要质量指标	687
18.5.2	非金属材料入厂检验的项目	690
18.6	非金属材料入厂检验的方法	690
18.6.1	外观和标志检验	690
18.6.2	尺寸检验	691
18.6.3	理化性能检验	691
18.6.4	工艺性能检验	691
18.6.5	非金属材料、工艺及测试方法	691
18.7	常见的缺陷及产生原因	711
18.8	原始记录的管理	713
18.8.1	质量原始记录内容	713
18.8.2	管理要求	713
第19章	油料的入厂检验	714
19.1	概述	714
19.2	油料入厂检验过程的质量控制	715
19.2.1	质保书审查	715
19.2.2	入库前的实物检验	715
19.2.3	理化性能测试报告的审查	715
19.2.4	工艺性能试验	715
19.2.5	油料入库质量证明的办法	716
19.2.6	检查过程中有关问题的处理	716
19.3	油料入厂检验的项目及要求	716
19.3.1	物理性能的测定	717
19.3.2	化学性能的测定	717
19.3.3	防锈油脂的防锈性	717
19.4	油料入厂检验的检验方法	717
19.4.1	外观和标志检验	717
19.4.2	理化性能检验	718
19.5	常见的缺陷及注意事项	721
19.6	原始记录的管理	722
19.6.1	质量原始记录	722
19.6.2	管理要求	722

第五篇 零组件的检验

第20章	航空发动机叶片的检验	725
20.1	概述	725

20.1.1	名词术语	725
20.1.2	叶片结构简介	727
20.1.3	叶片材料	729
20.2	叶片的锻造检验	731
20.2.1	叶片的锻造	731
20.2.2	叶片锻件质量检验的内容和方法	732
20.2.3	叶片锻造过程的检验	734
20.2.4	锻件的成品检验及外观检验	735
20.2.5	锻造过程中叶片常见缺陷	735
20.3	叶片铸造检验	737
20.3.1	叶片精密铸造	737
20.3.2	铸造叶片质量检验的内容和方法	740
20.3.3	叶片铸造过程的检验	741
20.3.4	铸造过程中叶片常见缺陷	744
20.4	叶片的机械加工及检验	746
20.4.1	涡轮转子叶片的机械加工及检验	746
20.4.2	导向器叶片机械加工及检验	751
20.4.3	压气机叶片的加工及检验	752
20.4.4	压气机整流叶片加工工艺及检验	760
20.5	叶片晶粒的检验	766
20.5.1	目的	766
20.5.2	检验要求	766
20.5.3	检验环境及检验条件	766
20.5.4	晶粒检验	767
20.6	叶片涂层的检验	767
20.6.1	涡轮工作叶片涂层的检验	767
20.6.2	涡轮导向叶片涂层的检验	768
20.6.3	压气机叶片涂层的检验	768
20.6.4	镀银层的检验	769
20.6.5	铜镍钢涂层的检验	770
20.6.6	磷酸基干膜润滑剂的检验	770
20.6.7	整流叶片涂层的检验	771
20.7	叶片焊接的检验	771
20.7.1	焊接工艺	771
20.7.2	焊接质量检验的内容和方法	772
20.7.3	叶片常见焊接缺陷	774
20.8	叶片的标识和可追溯性控制	775
20.8.1	目的	775
20.8.2	职责	775
20.8.3	产品标识	775

20.8.4	可追溯性标识	775
20.8.5	标识检验	777
20.9	叶片油封包装的检验	777
20.9.1	一般防腐措施	777
20.9.2	成品零部件的防锈包装方法及封存期限	777
20.9.3	叶片油封包装的检验	778
第 21 章	齿轮的检验	779
21.1	概述	779
21.2	圆柱齿轮的检验	780
21.2.1	检验项目简介	780
21.2.2	测量点的标识	780
21.2.3	单个齿距和齿距累积偏差的检验	781
21.2.4	齿廓偏差的检验	786
21.2.5	螺旋线偏差的检验	790
21.2.6	齿轮测量中心(或三坐标测量机)测量齿轮精度	792
21.2.7	切向综合偏差的检验	794
21.2.8	径向综合偏差 $\Delta F_r''$	798
21.2.9	径向跳动 F_r 的测量及偏心量 f_e 的确定	799
21.2.10	齿厚及侧隙的检验	800
21.2.11	齿轮坯、轴中心线和轴线平行度	803
21.2.12	轮齿波度的检验	807
21.2.13	齿根圆角 r 和齿根沉切量的检验	808
21.2.14	轮齿接触斑点的检验	808
21.3	圆锥齿轮和准双曲面螺旋锥齿轮的检验	811
21.3.1	概述	811
21.3.2	齿轮及齿轮副误差的检验	813
21.3.3	齿厚尺寸的检验	816
21.3.4	全齿高、根锥和齿根圆角尺寸的检验	816
21.3.5	齿面和齿根表面粗糙度的检验	817
21.3.6	齿面接触区的检验	817
21.3.7	检查结果的记录	825
21.4	渐开线花键的检验	825
21.4.1	概述	825
21.4.2	花键大径和小径的检验	825
21.4.3	内花键齿槽宽和外花键齿厚、渐开线终止圆直径和渐开线起始圆直径的检验	826
21.5	矩形花键的检验	827
21.5.1	概述	827
21.5.2	检验方法	828
21.6	齿轮磁粉检验	829
21.6.1	概述	829