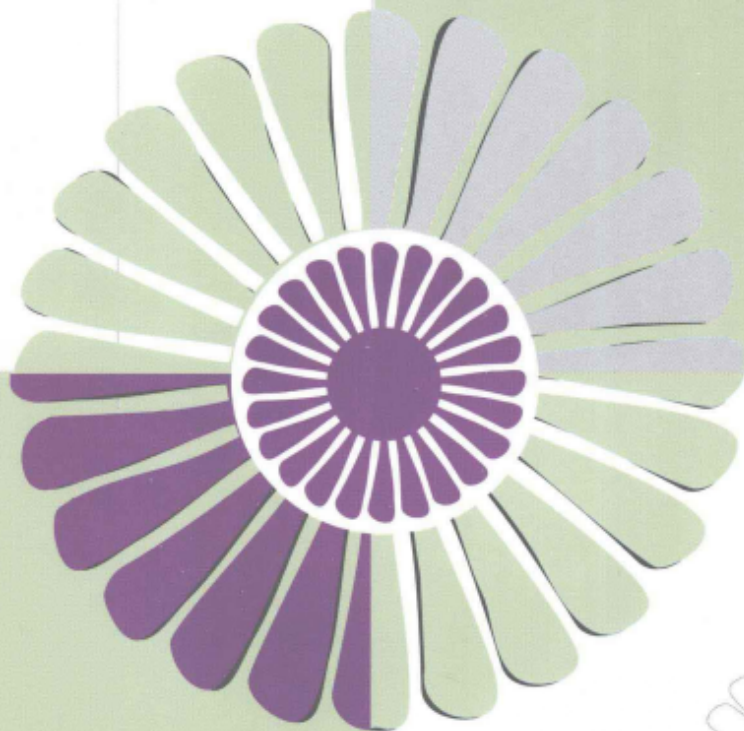


透平机械现代制造技术丛书

机匣制造技术

《透平机械现代制造技术丛书》编委会



沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司

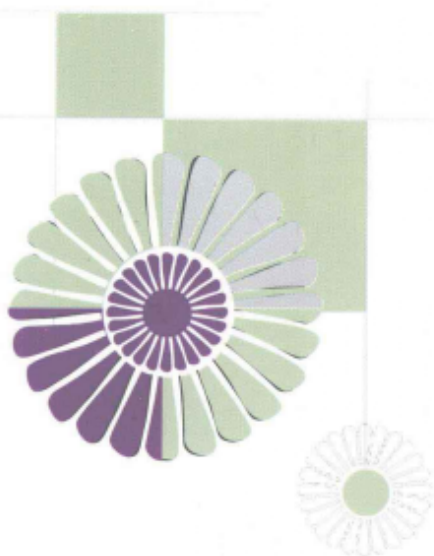


科学出版社
www.sciencep.com



透平机械现代制造技术丛书

- 装配试车技术
- 机匣制造技术
- 叶片制造技术
- 结构件制造技术
- 盘轴制造技术



ISBN 7-03-010794-2



9 787030 107947 >

ISBN 7-03-010794-2

定价: 36.00 元

透平机械现代制造技术丛书

机匣制造技术

《透平机械现代制造技术丛书》编委会

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为《透平机械现代制造技术丛书》之一。本书分五篇,共30章,主要介绍航空发动机用机匣类零件的结构特点,常用金属材料性能,典型机匣件的毛坯制造工艺,机械加工工艺,焊接工艺,热处理及表面处理工艺,特种加工工艺,先进制造技术及检测方法。

本书适合从事透平机械和航空发动机机匣制造的工程技术人员、技术工人、检验人员、技术管理人员以及相关航空院校师生阅读,亦适合新入厂的青年技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

机匣制造技术/《透平机械现代制造技术丛书》编委会.

-北京:科学出版社,2002

(透平机械现代制造技术丛书)

ISBN 7-03-010794-2

I. 机… II. 透 III. 航空发动机-壳体(结构)-制造 IV. 263.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第071986号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年10月第一版 开本:787×1092 1/16

2002年10月第一次印刷 印张:18 3/4

印数:1-3 000 字数:412 000

定价:36.00元

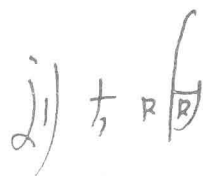
(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

序 言

1903年12月17日是一个值得永远纪念的日子,美国莱特兄弟在机械师查·泰勒的帮助下,自己动手制造一台12马力、重77.2公斤的活塞式汽油发动机装在“飞行者1号”飞机上,成功地进行了第一次持续的、有动力的、可操纵的载人飞行,这一划时代的创举,实现了人类飞上天空的梦想,开创了人类飞行的新纪元。此后,活塞式发动机的发展,促使飞机得到了广泛的应用;到20世纪30年代末和40年代初,英国、德国相继发明燃气涡轮发动机,使航空工业发生了一场“革命”,飞机从亚声速跨入了超声速飞行的新时代;20世纪60~70年代,涡轮风扇发动机的问世,军机飞行速度、航程和机动性出现了历史性的飞跃,民用宽体客机实现了不着陆的越洋飞行,地球变“小”了。可以毫不夸张地说,人类在航空领域中取得的每一次重大革命性进展,无不与航空动力技术的突破和进步相关。

现在,作为飞机“心脏”的航空发动机技术已成为一个国家科技水平、国防实力和综合国力的重要标志之一。而航空发动机的发展,又在很大程度上依赖于材料和制造技术的发展,因此,可以说新材料技术和现代制造技术是航空动力技术发展的重要基础,而新材料的创新和应用与其相应的制造技术又是密不可分的。很难想像没有先进的制造技术而能研制出先进的航空发动机。我国航空发动机技术,与发达国家相比存在较大差距,其中主要原因之一就是制造技术的落后。要想改变我国航空动力落后的面貌,除了在基础理论研究、应用研究、型号工程设计、新材料、试验和测试技术等方面努力之外,还必须在现代航空制造技术方面有所突破和创新。

《透平机械现代制造技术丛书》正是在这种背景下编写的。本丛书由沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司技术中心组织编写,遵循“求实、求是、求新、求精”的原则,紧紧围绕生产和研制中所出现的实际问题,总结了黎明公司几十年的实践经验,针对发动机的主要关键零件逐一进行编写,还对发动机装配、试车技术做了较系统的论述,将基础理论与工程实践紧密结合起来,可以说是从实践中来,到实践中去,弥补了学校教材中工程实际应用的不足,具有较强的工程实用价值。更为难能可贵的是,本丛书的作者大多是中青年科技人员,说明我们的事业后继有人,发展有望。本书以实用性为主,主要读者是从事透平机械、航空发动机制造工程的广大技术人员、检验人员、技术工人和各级技术管理干部,对大专院校相关专业的师生也有一定的参考价值。我相信,本丛书的出版,将促进航空发动机制造技术的交流,对培养高水平的专业技术人员和高级技术工人起到重要作用,并推动我国航空发动机制造技术不断向前发展。



编 者 序

黎明航空发动机(集团)有限责任公司从完成第一台燃气涡轮喷气发动机至今已有40多年的历史,随着各型燃气涡轮发动机的研制与生产,在制造技术方面积累了大量经验,取得了丰硕成果。

为了促进航空发动机制造技术的交流,推动我国航空发动机制造技术的进步,2000年8月决定将黎明公司在开发透平机械和发展透平机械制造技术方面的经验、成果汇总起来,编写成《透平机械现代制造技术丛书》出版。

本套丛书由黎明公司技术中心组织各制造研究室技术人员,并约请公司广大技术人员,聘请有关教授、专家,经过两年多的努力,编写了5个分册,即《机匣制造技术》、《盘轴制造技术》、《结构件制造技术》、《叶片制造技术》、《装配试车技术》。

编写这套丛书,坚持了求实、求是、求新、求精的原则,以航空燃气涡轮喷气、涡轮风扇发动机为重点,工艺学科为主线,在总体上强调综合性、系统性、科学性、实用性;在表达形式上以文字叙述为主,并辅以数据和必要的图、表、公式,力求这套丛书所述技术先进、概念准确、理性鲜明、论述简洁、排版合理和阅读方便,是一套为从事制造技术的广大科技人员提供有益指导和参考作用的科技丛书。

在编写这套丛书的过程中,对给予支持的单位和提供资料、参与编审的人员,表示衷心感谢。

首次组织撰写“丛书”,缺乏经验,加之参与编审人员水平有限,错误、不足之处在所难免,希望广大读者给予指正。

《透平机械现代制造技术丛书》编委会

2002年7月

主要符号说明

a_k	冲击韧性
B	预变形宽度
c_r	体积热容量
d	焦斑直径
f	透镜焦距
h	预变形高度
I	激光光强
	焊接电流
I_c	去除材料所需光强
I_o	焦斑中心光强
P	功率
	预变形载荷
q_v	焊接线能量
T_o	材料表面温度
T_s	材料熔化温度
T_v	材料汽化温度
U	焊接电压
V	焊接速度
W	能量
Δw	焊接综合收缩量
α	线膨胀系数
δ	压力
	材料厚度
δ_5	断裂后的相对伸长率(长度为 $L_0 = 5d_0$)
δ_s	延伸率
η	电弧热效率
θ	光束发散角
Δl	焊缝的纵向收缩量
λ	波长
$\sigma_{0.2}$	拉伸条件屈服极限(永久变形 0.2%)
σ_b	拉伸强度极限
σ_x	拉应力
Δt	焊缝横向收缩量
Ψ	断裂后的相对收缩率
ω	高斯光束腰粗

为世界发展

贡献力量

林长明

《透平机械现代制造技术丛书》
总编委会及办公室成员组成名单

总编委员会主任 庞 为

总编委会副主任 曹福泉 于培敏 崔荣繁 王 伟 石竖鲲

总编委会常务副主任 王 伟

总编委会委员 (按姓氏笔画排列)

于文怀	于培敏	王 伟	王 翱	王少刚	王全星
王聪梅	王德新	牛昌安	石竖鲲	艾银生	关志成
司克鑫	阴洪生	曲 伸	刘 艳	刘一鸣	刘秋生
刘隋建	李宝歧	李谱庄	宋宝玉	杨 坚	杨振辉
杨继业	张利生	张春刚	张树江	岳 滨	周 义
庞 为	庞庆华	庞继友	邵清安	赵瑞珊	姜雪梅
倪国雄	钱韶光	高 鸽	郭 旭	郭玉芬	曹福泉
盛 明	崔树森	崔荣繁	董书惠	谢瑞福	熊 瑛
潘永瑚	魏 政	魏鉴梅			

总编委会常务委员 (按姓氏笔画排列)

于文怀	王聪梅	石竖鲲	艾银生	刘 艳	刘秋生
宋宝玉	张春刚	赵瑞珊	姜雪梅	董书惠	潘永瑚
魏鉴梅					

总编委会办公室主任 石竖鲲

总编委会办公室成员 (按姓氏笔画排列)

艾银生	刘秋生	宋宝玉	张春刚	郭玉兰	潘永瑚
责任编辑	宋宝玉	艾银生			
封面设计	艾银生	隋雪冰			

《机匣制造技术》编委会

主 编 王聪梅

副 主 编 司克鑫 蒋洪权

编 委 (按姓氏笔画排列)

王宁生 王聪梅 司克鑫 闫 华 李金香
杨秀娟 宋宝玉 张炳海 蒋洪权
藏传礼

编写人员 (按姓氏笔画排列)

王 敏 王文博 王亚文 王敬和 王聪梅
石玉珂 李向东 李金香 吴太石 杨秀娟
张 鹏 张孝玲 张春华 张桂芝 陈桂荣
陈富林 周英杰 赵冬梅 胡著贤 施 颖
客字森 逢锐亮 黄青松 曹斌升 崔秀藩
崔宝林 鲁海洋 戴惠风 藏传礼

统 稿 王聪梅

提供资料人员 王 凤 宋金贵 金 浩

目 录

序言

编者序

主要符号说明

概论	1
1.1 机匣类零件按设计结构分类	1
1.2 机匣加工的新工艺	1

第1篇 环形机匣的制造

第1章 环形机匣分类及结构特点	2
1.1 整体式环形机匣壳体	2
1.2 对开式环形机匣壳体	2
1.3 带整流支板的机匣	3
第2章 环形机匣材料及毛坯	5
2.1 环形机匣材料及加工性能	5
2.1.1 压气机机匣材料及加工性能	5
2.1.2 燃烧室机匣材料及加工性能	6
2.1.3 涡轮机匣材料及加工性能	7
2.2 环形机匣的毛坯	7
2.2.1 环形机匣的锻造毛坯	7
2.2.2 环形机匣的铸造毛坯	10
第3章 环形机匣工艺程序设计	20
3.1 环形机匣的工艺分析	20
3.1.1 工艺分析的主要内容	20
3.1.2 整体环形机匣的工艺分析	20
3.1.3 对开式环形机匣的工艺分析	21
3.2 工艺阶段的划分	22
3.3 表面加工余量的分配	22
3.4 基准的选择原则	23
3.4.1 基准选择的基本原则	23
3.4.2 定位基准与测量基准的选择	23
3.5 辅助工序的安排	24
3.5.1 热处理工序	24
3.5.2 表面处理工序	24
3.5.3 特种检验工序	25
3.5.4 钳工打磨工序	25
3.5.5 洗涤工序	25
3.6 编制机匣加工工艺程序	25

3.6.1	整体式环形机匣工艺路线的设计	25
3.6.2	对开式环形机匣工艺路线	25
3.6.3	带整流支板环形机匣工艺程序	27
第4章	环形机匣的车加工	29
4.1	设备的选择	29
4.1.1	机匣车加工常选用的普通设备	29
4.1.2	机匣车加工可选用的数控设备	29
4.2	车削刀具及切削参数的选择	30
4.2.1	刀具材料的选择	30
4.2.2	刀具的几何尺寸	32
4.2.3	切削参数的确定	34
4.3	机匣壳体内外表面的车加工	35
4.3.1	前机匣壳体的车加工	35
4.3.2	三级机匣壳体的车加工	37
4.4	横向安装边的车削加工	39
4.5	螺纹槽的车削加工	40
4.5.1	螺纹槽的车削尺寸	40
4.5.2	车削螺纹槽的刀具	40
4.5.3	车削螺纹槽的切削参数	40
4.5.4	车削螺纹槽容易产生的问题	40
4.6	T形槽的车削加工	41
第5章	环形机匣的铣削加工	44
5.1	铣削加工设备的选择	44
5.2	铣削刀具的选择	46
5.3	内外表面的普通铣削加工	47
5.3.1	前机匣壳体的铣削加工	47
5.3.2	横向安装边的铣削加工	49
5.4	机匣外型面数控铣加工	51
5.4.1	数控加工简介	51
5.4.2	数控加工的优点	51
5.4.3	圆柱机匣外型面四坐标数控铣加工	52
5.4.4	圆锥机匣外型面五坐标数控铣加工	57
第6章	对开机匣纵向安装边的加工	62
6.1	对开机匣的剖切	62
6.1.1	用圆盘铣刀剖切	62
6.1.2	用电火花线切割剖切	62
6.2	纵向安装边的铣削	63
6.3	纵向安装边的研磨	63
6.3.1	研磨的特点	64
6.3.2	研磨工艺参数的选择	64
6.3.3	后机匣纵向安装边的研磨	65
6.4	纵向安装边的刮削	65

6.4.1	刮削余量的选择	65
6.4.2	刮削加工步骤	66
第7章	机匣上孔的加工工艺	67
7.1	钻、扩、铰和镗孔的加工范围及工艺特点	67
7.2	孔加工设备及刀具的选择	67
7.3	安装边上孔的加工	69
7.3.1	协同钻具的设计及应用	69
7.3.2	典型机匣安装边上孔的加工	72
7.4	机匣壳体上径向孔的加工	74
7.4.1	径向孔钻具的设计及应用	74
7.4.2	叶片安装孔及叶片安装定位孔的加工	77
7.4.3	通气孔的加工	77
7.5	异形孔的加工	78
7.5.1	异形孔的数控激光切割	78
7.5.2	激光加工在机匣件制造中的应用	79
7.5.3	激光加工设备简介	82
第8章	热工艺及特种工艺在机匣上的应用	85
8.1	环形机匣的热处理工艺	85
8.1.1	不锈钢类机匣的热处理	85
8.1.2	钛合金类机匣的热处理	85
8.1.3	高温合金类机匣热处理	86
8.2	机匣内表面封严涂层工艺	86
8.2.1	热喷涂原理	86
8.2.2	热喷涂材料	87
8.2.3	工艺过程	87
8.2.4	注意事项	87
8.3	涡轮机匣蜂窝封严工艺	88
8.3.1	蜂窝结构的特点	88
8.3.2	蜂窝结构用钎料	89
8.3.3	蜂窝结构真空钎焊工艺	90
8.3.4	蜂窝结构的修理	92
8.3.5	导向器蜂窝表面的电加工	93
第9章	环形机匣组合件的加工	99
9.1	压气机机匣的组合加工	99
9.1.1	压气机机匣组件的工艺分析	99
9.1.2	压气机机匣组件工艺程序设计	99
9.1.3	组合件主要表面的加工	100
9.1.4	压气机机匣组件的主要装配工艺	101
9.2	后机匣组合件加工工艺	104
9.2.1	后机匣组合件加工工艺分析	104
9.2.2	后机匣组合件加工工艺程序设计	104
9.2.3	后机匣组合件典型工序的加工	105

9.3	进气机匣组件的加工	110
9.3.1	进气机匣组件加工工艺分析	110
9.3.2	进气机匣加工工艺程序设计	111
9.3.3	进气机匣组件典型加工工序	113
第10章	环形机匣的检测	115
10.1	环形机匣的无损检测	115
	典型机匣的磁力探伤	115
10.2	环形机匣尺寸及技术条件的检测	116
10.2.1	机匣壳体尺寸和形位公差检查方法	116
10.2.2	两次装夹加工表面的同心度测量	117
第2篇 箱体机匣的制造		
第11章	箱体机匣的分类及结构特点	119
11.1	箱体机匣壳体的类型及结构特点	119
11.2	箱体机匣壳体的功用及安装部位	120
11.3	典型附件机匣壳体的结构和特点	120
11.3.1	附件机匣壳体的结构	121
11.3.2	附件机匣壳体的结构特点	122
11.3.3	附件机匣壳体的主要技术要求	122
第12章	箱体机匣壳体材料及毛坯	124
12.1	箱体机匣壳体材料及加工性能分析	124
12.1.1	机匣壳体的材料	124
12.1.2	加工性能分析	124
12.2	铝合金附件机匣壳体毛料的铸造工艺	125
12.2.1	铝合金附件机匣壳体铸件的结构特点	125
12.2.2	铝合金附件机匣壳体铸造工艺设计	125
第13章	箱体机匣壳体加工工艺程序设计	128
13.1	箱体机匣壳体的毛坯	128
13.2	箱体机匣壳体的工艺分析	128
13.3	箱体机匣加工工艺阶段的划分	131
13.4	加工基准的选择	131
13.4.1	粗基准的选择	131
13.4.2	精基准的选择	131
13.5	工序的集中与分散	132
13.6	辅助工序的安排	132
13.6.1	表面处理	132
13.6.2	机匣壳体的密封试验	132
13.6.3	质(重)量检验	132
13.7	典型箱体机匣壳体工艺程序	132
13.7.1	附件机匣壳体的工艺程序	133
13.7.2	附件机匣壳体工艺程序的特点	135
13.8	数控加工中心在箱体机匣加工中的应用	136
第14章	箱体机匣壳体的加工	138

14.1	壳体划线工艺	138
14.1.1	壳体划线步骤	138
14.1.2	附件机匣壳体划线工序	139
14.2	机匣壳体平面的加工	139
14.3	机匣壳体孔系的加工	139
14.4	机匣壳体定位销孔的加工	141
14.5	油路孔和螺纹孔的加工	141
14.5.1	油路孔的加工	141
14.5.2	螺纹孔的加工	144
14.6	机匣壳体油路的冲洗	144
14.6.1	冲洗壳体油路的设备与技术要求	146
14.6.2	冲洗方法	146
第15章	箱体机匣组合件的加工	147
15.1	轴承衬套的安装	147
15.1.1	压装衬套并用止动销固定	148
15.1.2	粘接衬套	149
15.2	安装螺桩	150
15.2.1	在螺纹孔中安装螺桩	150
15.2.2	光孔上螺桩	150
15.3	安装螺套和钢丝螺套	151
15.3.1	安装螺套	151
15.3.2	安装钢丝螺套	152
15.4	箱体机匣液压试验	153
15.4.1	油路液压试验	154
15.4.2	内腔液压试验	154
第16章	箱体机匣的检验	156
16.1	外部和尺寸检验	156
16.2	表面间位置误差的检验	157
16.3	箱体机匣平面的着色检查	158
16.4	三坐标测量机的应用	158

第3篇 焊接机匣的制造工艺

第17章	焊接机匣概述	159
17.1	焊接机匣的特点	159
17.1.1	焊接机匣的优点	159
17.1.2	焊接机匣的缺点	160
17.2	焊接机匣的分类	160
第18章	焊接机匣所用材料及其焊接性分析	162
18.1	焊接机匣所用材料	162
18.2	材料焊接性的概念	162
18.2.1	金属的焊接性	162
18.2.2	工艺焊接性	162

18.3	高温合金的焊接性	164
18.3.1	镍基高温合金	164
18.3.2	铁基高温合金	165
18.3.3	高温合金的焊接性分析	166
18.4	不锈钢的焊接性	167
18.4.1	不锈钢的分类	167
18.4.2	马氏体不锈钢的焊接性	167
18.4.3	奥氏体不锈钢的焊接性	168
18.5	钛合金的焊接性	169
第19章	焊接机匣的加工工艺路线	171
19.1	轴承机匣的加工工艺路线	171
19.1.1	轴承机匣的工艺分析	171
19.1.2	轴承机匣的加工工艺路线的安排	174
19.2	燃烧室机匣的加工工艺路线	178
19.2.1	燃烧室机匣的工艺分析	178
19.2.2	燃烧室机匣工艺路线的安排	179
19.3	进气机匣的加工工艺路线	180
19.3.1	进气机匣的结构特点	180
19.3.2	进气机匣主要的技术要求	182
19.3.3	进气机匣工艺路线的安排	182
第20章	机匣的焊前准备	183
20.1	机匣零件余量	183
20.1.1	焊接机匣余量的组成	183
20.1.2	各部分余量分析与计算	184
20.1.3	典型待焊零件余量	186
20.2	待焊零件表面的清理	186
20.2.1	待焊表面的机械清理法	186
20.2.2	待焊表面的化学清理法	187
20.3	待焊零件的装配定位	188
20.3.1	装配定位基准的选择原则	188
20.3.2	装配定位夹具的设计	188
第21章	机匣的焊接	192
21.1	机匣的氩弧焊	192
21.1.1	钨极氩弧焊设备	192
21.1.2	钨极氩弧焊参数的确定	193
21.2	机匣的电阻焊	193
21.2.1	点焊工艺参数的确定	193
21.2.2	缝焊工艺参数的确定	193
21.2.3	某压气机整流器的点焊	194
21.3	机匣的电子束焊	199
21.3.1	进气机匣的真空电子束焊	200
21.3.2	中介机匣的真空电子束焊接	202

第22章 机匣的焊后热处理	207
22.1 钛合金类机匣的焊后热处理	207
22.2 高温合金类机匣的焊后热处理	207
22.3 机匣的典型热处理缺陷及预防措施	208
第23章 焊缝的检测及排故	209
23.1 焊缝的着色探伤	209
23.2 焊缝的打压试验	210
23.3 焊缝的煤油渗透检测	210
23.4 焊缝的X射线检查	210
23.4.1 机匣焊缝射线照相检测	210
23.4.2 透照技术	211
23.4.3 焊缝中的缺陷	212
23.4.4 射线检验工艺图表的编制	213
23.4.5 射线检测应用实例	213
23.5 焊缝的荧光检验	216
23.5.1 荧光渗透检验原理	216
23.5.2 渗透检验的应用	216
23.5.3 焊缝常见的缺陷	216
23.5.4 焊缝裂纹检验要点	217
23.5.5 中介机匣焊接组合件的荧光检验	217
23.5.6 进气机匣的荧光检验	217
23.5.7 燃烧室机匣的荧光检验	217
23.6 电阻焊缝的检查	217
23.7 焊缝的排故补焊	218
第24章 焊接变形的控制方法	219
24.1 机匣的焊接变形及其控制方法	219
24.1.1 焊接变形的机理	219
24.1.2 焊接变形的影响	219
24.1.3 控制焊接变形的的方法	219
24.2 燃烧室机匣的预变形工艺	221
24.2.1 燃烧室机匣的结构	221
24.2.2 燃烧室机匣的变形情况	221
24.2.3 燃烧室机匣变形分析	222
24.2.4 燃烧室机匣焊接变形后的补救措施	223
24.2.5 预变形焊接工艺	223
24.2.6 预变形焊接的工艺装备	225
24.2.7 预变形焊接工艺结论	227
24.3 进气机匣的焊接变形控制	227
24.3.1 进气机匣的结构特点分析	227
24.3.2 进气机匣的变形及应力应变分析	228
24.3.3 控制进气机匣变形的的方法	229
24.4 扩散器外壁热校形工艺	230