

机械工程
手册

R78.073

878

V.13

机 械 工 程 手 册

第 13 卷 机 械 产 品 (三)

机械工程手册
电机工程手册 编辑委员会



机 械 工 业 出 版 社

本卷主要介绍动力机械——锅炉、汽轮机、燃气轮机、内燃机、水轮机的基本原理、结构、特点、设计计算和试验方法，并对上述动力机械的发展趋势作了简要的介绍。

D1102/16

机械工程手册

第13卷 机械产品(三)

机械工程手册
电机工程手册

编辑委员会 编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 43·插页 2·字数 1284 千字

1982年10月北京第一版·1982年10月北京第一次印刷

印数 00,001—22,500·定价 5.60元

*

统一书号: 15033·4684

封面设计 王 伦

编辑委员会

主任委员：沈 鸿

副主任委员：周建南 汪道涵 张 维 史洪志

委员(按姓氏笔划为序)：叶 铮 孙 琪 许力以 张 影
张大奇 陈文全 陈元直 寿尔康 金实蓬 施泽均 俞宗瑞
陶亨咸 翁迪民 章洪深 曹维廉 程 光

《机械工程手册》特约编辑

(按姓氏笔划为序)

丁 淳 马恒昌 万定国 王万钧 王补宣 支少炎 史绍熙 匡 襄
朱广颐 朱景梓 刘庆和 刘晋春 孙珍宝 余 俊 李 策 李 嶽
李兴贵 李庆春 李华敏 陈力展 陈士梁 杜庆华 张作梅 张明之
张国良 张德庆 张鼎丞 杨绍侃 闵学熊 邱宣怀 吴敬业 沈增祚
孟少农 孟宪源 郑林庆 林宗棠 范景春 金福长 祝大年 胡茂弘
陶 炜 陶正耀 陶鼎文 徐 灏 高文彬 郭可谦 郭芷荣 凌业勤
袁裕生 曹 泛 黄明慎 程干亨 舒光冀 蔡习传 薛景瑄

《机械工程手册》编辑及编辑组负责人

(按姓氏笔划为序)

王力中 王光大 王兴垣 王自新 王树勋 王崇云 王德维 冯子珮
叶克明 刘 镇 刘向亭 朱亚冠 许绍高 曲彩云 任赞黄 陈 湖
陈文全 陈元直 陈庚文 陈国威 张 端 张大奇 张劲华 张继铤
张斌如 陆元章 杨谷芬 余果慈 李荫成 李增佐 吴恕三 吴曾评
郑秉衡 施泽均 姚洪朴 钱寿福 徐佳瑞 黄克孚 崔克明 康振章
曹敬曾 谢 健 粟 滋 韩云岑 韩丙告 韩宗贵 蒋聚培 蔡德洪

序

期望已久的《机械工程手册》和《电机工程手册》终于分卷合订成册,正式出版了。这是对我国机电工程科学技术领域的一个贡献。两部手册的编写队伍,由国内有专长、有经验的学者、专家所组成。这两部手册扼要地总结了我国机电工程各主要方面的科学技术成就,同时也吸收了一些国外的成熟经验。聚沙成塔,集腋成裘。名为手册,实则巨著。

读书不易,写书颇难,写工具书更难,写综合性工具书可谓难中之难。为了编好两部“立足全局,勾划概貌,反映共性,突出重点”,而又全面的、完整的、彼此协调的手册,同志们做了很大努力,从无到有,诸事草创,困难重重,艰辛备尝。恰似唐朝韩愈所说的:“贪多务得,细大不捐。焚膏油以继晷,恒兀兀以穷年。”值此合订本出版之际,我谨向各主编单位、各编写单位和印刷出版单位,向数以千计的全体编审同志,向遍及全国的为两部手册提供资料和其他方便条件的单位和同志们,表示衷心的感谢。

两部手册的第一版,现在完成了。对编写者来说,已经有了成果。而对阅读手册的工厂、学校、院所、机关同志们来说,还只是两朵鲜花。在成千上万人的应用中使鲜花结成果实——发展机电工程科学技术事业,为现代化建设服务——才是更丰硕的成果。这才是我们的目的。

一般说来,工具书分两种类型:一种是综合性的,一种是专业性的。综合性的工具书从广度来说是较为全面的,从深度来说是不足的;而专业性的工具书则反之。二者各有所长,相辅相成。我们这两部手

册是综合性的工具书，主要供从事技术工作的各类人员查阅使用。对于搞专业性技术工作的人员来说，还可从中猎取相邻专业和其他有关专业的知识，帮助他们从专业分工的局限性中开拓思路，从科学技术各个环节的相互联系上，综合地、全面地研究和解决技术问题。也唯有以渊博的科学技术知识作为基础，才能不断创新。在编写这两部手册时，考虑到专业手册还比较少，而且一时又出不了那么多，因此在内容的深度上也予以顾及，以适当满足专业工作的需要。所以，它的篇幅已经超过一般常见的综合性手册了。实践是检验真理的唯一标准。我们将严肃认真地听取广大读者的反映和意见，作为评价和改进两部手册的主要依据。国外这类工具书已经有了几十年、甚至百余年的历史，而我们则刚刚开始。现在是从无到有，将来是精益求精。让我们在新的长征途中，戮力同心，再接再厉，去完成时代赋予我们的光荣使命。

机械工程手册
电机工程手册

编辑委员会主任委员

沈 鸿

一九八二年 北京

编 辑 说 明

一、《机械工程手册》、《电机工程手册》的分卷合订工作是在试用本的基础上进行的。试用本的编写工作始于一九七三年,一九七七年以后陆续出版发行,一九八一年出齐。这次分卷合订主要做了三方面工作:一是在技术内容上做了订正;二是尽可能用已颁布的新标准取代老标准;三是按卷编制了索引。

二、《机械工程手册》包括基础理论、机械工程材料、机械设计、机械制造工艺、机械制造过程的机械化与自动化、机械产品等六个部分,共七十九篇,二千余万字,分为十四卷。《电机工程手册》包括基础理论、电工材料、电力系统与电源、电机、输变电设备、工业电气设备、仪器仪表与自动化等七个部分,共五十篇,一千余万字,分为九卷。

三、参加这两部手册编写工作的,有全国许多地区和部门的工厂、科研设计院所、高等院校,近五百个单位,作者两千余人。提供资料和参加审定稿件的单位和人员,更为广泛。各篇在编写、协调、审查、定稿等环节中,既注意发挥学者、专家的骨干作用,又注意集中群众的智慧和力量。

四、这两部手册因系初版,囿于条件,所采用的名词、术语、符号、代号以及单位制,尚有不尽统一之处。此外,内容上也有重复、遗漏、甚至错误的地方;在设计、印刷、装帧等方面也还存在一些问题。我们将通过手册的不断修订再版,逐步改进。

五、手册合订本的署名,采用单位和个人相结合的方式。各篇的主编单位、编写单位和主编、编写人均按篇署名,置于相应篇的前面。编写人的署名以其编写的章号为序。特约编辑以姓氏笔划为序,集中署于卷首。编辑(包括总编辑、副总编辑)及编辑组负责人亦按姓氏笔划为序,署于卷首。

另外,参加两部手册编写、审查、组织、协调的单位和同志还很多,恕不一一署名。

机 械 工 程 手 册
电 机 工 程 手 册 编辑委员会编辑组

目 录

序 编辑说明

第 71 篇 锅 炉

常用符号

第 1 章 概 述

- 1 锅炉类型及蒸汽参数系列71-1
- 2 锅炉的可靠性和经济性71-3
- 3 发展趋向71-3

第 2 章 总 体 设 计

- 1 设计程序71-4
- 2 总体设计的主要问题71-5
 - 2.1 炉型71-5
 - 2.2 循环方式71-6
 - 2.3 锅炉热力系统71-9
 - 2.4 燃烧方式71-12

第 3 章 热 力 计 算

- 1 内容和要求71-14
- 2 燃烧产物和燃料消耗量计算71-14
 - 2.1 理论空气量和烟气量71-14
 - 2.2 热损失71-15
 - 2.3 热效率71-16
 - 2.4 燃料消耗量71-16
- 3 炉膛传热计算71-16
 - 3.1 基本方程式71-16
 - 3.2 计算方法71-17
- 4 对流受热面传热计算71-17
 - 4.1 基本方程式71-17
 - 4.2 计算方法71-20

第 4 章 炉膛和燃烧器

- 1 炉膛(燃烧室)71-20
 - 1.1 设计基本要求71-20
 - 1.2 形状和尺寸71-20
 - 1.3 主要热力参数选择71-21

- 1.4 炉壁热负荷(热流)分布71-23
- 2 燃烧器71-24
 - 2.1 分类71-24
 - 2.2 设计基本要求71-27
 - 2.3 煤粉燃烧器71-27
 - 2.4 油燃烧器71-31
 - 2.5 天然气燃烧器71-34
 - 2.6 高炉煤气燃烧器71-35
 - 2.7 燃烧器的自动控制71-36
 - 2.8 点火器和火焰检测71-36
- 3 燃烧器的布置方式71-38
 - 3.1 布置方式(火焰形式)71-38
 - 3.2 直流式燃烧器的布置要求71-38
 - 3.3 旋流式燃烧器的布置要求71-39
 - 3.4 燃烧器的配置只数和布置71-39

第 5 章 锅筒锅炉蒸发系统

- 1 水循环71-41
 - 1.1 自然循环工作原理71-41
 - 1.2 自然循环的工作可靠性71-42
 - 1.3 自然循环回路设计原则71-43
 - 1.4 自然循环回路主要设计参数选择71-43
 - 1.5 辅助循环71-43
- 2 水冷壁71-44
 - 2.1 类型71-44
 - 2.2 结构设计71-44
 - 2.3 刚性梁71-45
- 3 锅筒及其内部装置71-46
 - 3.1 锅筒71-46
 - 3.2 蒸汽净化原理71-47
 - 3.3 内部装置设计71-48

第 6 章 直流锅炉蒸发受热面

- 1 管屏型式和主要设计参数选择71-53

VIII 目 录

1.1 管屏型式	71-53
1.2 主要设计参数选择	71-54
1.3 复合循环锅炉管屏的设计 参数选择	71-54
2 水动力特性	71-55
2.1 脉动	71-55
2.2 多值性流动	71-56
2.3 停滞和倒流	71-57
2.4 热偏差	71-57
2.5 节流圈计算	71-58
3 膜态沸腾	71-58
3.1 现象和特点	71-58
3.2 计算方法	71-59
3.3 防止措施	71-59
3.4 超临界流体的类膜态沸腾	71-60

第7章 过热器、再热器和省煤器

1 过热器和再热器的结构型式	71-60
1.1 对流过热器	71-60
1.2 屏式过热器	71-61
1.3 辐射式(墙式)过热器	71-62
1.4 包墙管过热器	71-62
1.5 再热器	71-62
2 过热器和再热器的系统及布置	71-62
3 汽温调节	71-64
3.1 汽温变化特性	71-64
3.2 汽温调节方法	71-64
4 热偏差	71-67
4.1 工质侧流量不均匀	71-67
4.2 烟气侧吸热不均匀	71-68
5 高温腐蚀	71-68
5.1 煤粉锅炉的高温腐蚀	71-68
5.2 燃油锅炉的高温腐蚀	71-68
6 省煤器的结构型式	71-69
7 省煤器的磨损和防磨措施	71-69

第8章 空气预热器

1 作用和类型	71-70
2 管式空气预热器	71-70
2.1 主要设计参数选择	71-70
2.2 结构	71-70
3 回转式空气预热器	71-71

3.1 受热面回转式	71-71
3. 风罩回转式	71-71
3.3 主要设计参数和结构选择	71-72
4 设计和运行中几个问题	71-73
4.1 管式预热器的振动	71-73
4.2 回转式预热器的漏风	71-73
4.3 低温腐蚀和堵灰	71-74

第9章 炉墙和构架

1 炉墙	71-74
1.1 分类和要求	71-74
1.2 材料	71-75
1.3 结构实例	71-77
1.4 计算特性实例	71-78
2 构架	71-79
2.1 分类和要求	71-79
2.2 布置方法	71-80
2.3 设计与计算	71-81
2.4 地震区和露天锅炉构架设计	71-82

第10章 汽水管道的、阀门附件 和除灰排渣装置

1 汽水管道用阀门附件	71-83
2 汽水管道	71-85
2.1 给水操作台	71-85
2.2 减温水管道	71-86
2.3 排污、疏水和放气管道	71-86
2.4 锅筒附件	71-86
2.5 蒸汽出口集箱附件	71-86
3 除灰装置	71-88
4 排渣装置	71-88

第11章 起动系统和旁路系统

1 起动系统	71-89
1.1 作用和型式	71-89
1.2 起动压力及起动流量的选择	71-91
1.3 起动分离器	71-91
2 旁路系统	71-91
2.1 作用和型式	71-91
2.2 系统选择	71-92
2.3 布置方式	71-93
3 汽水膨胀	71-94
3.1 现象和原因	71-94

3.2 影响因素	71-94
3.3 减少膨胀量的措施	71-94
4 振动和噪声	71-94
4.1 起动系统中的振动和噪声	71-94
4.2 节流管束	71-94
4.3 旁路系统中的振动和噪声	71-95
5 对锅炉和辅机设计的要求	71-95
5.1 对锅炉设计的要求	71-95
5.2 对辅机设计的要求	71-95

第12章 自动控制

1 内容和要求	71-95
2 锅筒锅炉自动调节	71-96
2.1 给水自动调节系统	71-96
2.2 汽温自动调节系统	71-97
2.3 燃烧过程自动调节系统	71-98
3 直流锅炉和低倍率循环锅炉 的自动调节	71-99
3.1 直流锅炉的动态特性	71-99
3.2 直流锅炉自动调节系统	71-100
3.3 低倍率循环锅炉自动调节系统	71-101

第13章 水处理

1 水处理内容	71-102
2 水质标准	71-102
3 补给水处理系统	71-103
3.1 软化	71-103
3.2 化学除盐	71-105
4 凝结水处理系统	71-105
5 水处理设备	71-105
5.1 澄清池和过滤池	71-105
5.2 离子交换器	71-105
5.3 覆盖过滤器和电磁过滤器	71-106
5.4 除氧器和除碳器	71-106

第14章 锅炉热工和热

化学试验

1 主要试验项目	71-107
2 锅炉热效率试验	71-107
2.1 正平衡法	71-107

2.2 反平衡法	71-108
2.3 试验时间及负荷要求	71-108
2.4 工业锅炉的试验准确度	71-109
3 锅炉测试技术	71-109
3.1 温度和热流测量	71-109
3.2 速度和流量测量	71-110
3.3 烟气成分分析	71-112
3.4 等速取样	71-113
3.5 汽水品质监测	71-113

第15章 工业锅炉

1 分类、型号及参数系列	71-114
2 总体设计	71-115
2.1 燃烧设备选择	71-115
2.2 锅炉型式确定	71-115
2.3 受热面布置和计算	71-116
3 燃料和燃烧设备	71-117
3.1 燃料	71-117
3.2 手烧炉排	71-117
3.3 链条炉排	71-119
3.4 振动炉排	71-120
3.5 往复炉排	71-120
3.6 抛煤机	71-121
3.7 沸腾炉	71-121
3.8 煤粉炉	71-122
3.9 下饲式炉排	71-122
3.10 其他燃料的燃烧设备	71-122
3.11 燃煤燃烧设备常用设计数据和 特性比较	71-123
4 锅炉型式	71-123
4.1 火管锅炉	71-123
4.2 水管锅炉	71-125
4.3 其他锅炉	71-128
5 辅助设备及管道附件	71-129
5.1 水处理设备	71-129
5.2 自动调节和保护装置	71-130
5.3 给水和通风设备	71-131
5.4 管道附件	71-131
6 消烟除尘	71-131
参考文献	71-133

第 72 篇 汽 轮 机

常用符号

第 1 章 总 论

1 汽轮机的原理及分类	72-1
1.1 基本原理	72-1
1.2 分类及型号编制方法	72-2
2 汽轮机的发展	72-3
2.1 概况	72-3
2.2 发展特点	72-3
2.3 核电站汽轮机	72-3
2.4 双工质联合装置	72-4
3 汽轮机的总体设计	72-4
3.1 热力系统	72-4
3.2 蒸汽参数	72-5
3.3 机炉电配合	72-6
3.4 运行方式	72-6
3.5 本体布置	72-6
3.6 结构选型	72-7

第 2 章 汽轮机装置的热力循环

1 基本热力循环及热经济性指标	72-7
1.1 朗肯循环	72-7
1.2 效率	72-8
1.3 热经济性指标	72-8
2 提高热经济性的途径及主要参数的选择	72-9
2.1 提高蒸汽初参数	72-9
2.2 降低终参数(背压)	72-9
2.3 给水回热	72-10
2.4 中间再热	72-11
2.5 热电联合生产	72-12
3 给水回热系统及热平衡计算	72-13
3.1 给水回热系统	72-13
3.2 热平衡计算	72-13

第 3 章 通流部分热力设计

1 概述	72-15
2 调节阀设计	72-16
2.1 调节阀名义直径和数目	72-17

2.2 调节阀升程及提升力	72-17
3 等截面叶片级	72-19
3.1 叶栅	72-19
3.2 反动度、汽流速度和轮周功率	72-22
3.3 静、动叶出口面积	72-22
3.4 级的损失	72-23
3.5 级效率和速比	72-24
3.6 双列级设计特点和计算示例	72-24
4 扭叶片级设计	72-27
4.1 简单径向平衡法	72-27
4.2 完全径向平衡法	72-30
5 多级汽轮机设计	72-31
5.1 原始数据	72-31
5.2 设计步骤简述	72-31

第 4 章 汽轮机的变动工况

1 汽轮机的配汽方式	72-33
1.1 喷嘴配汽	72-33
1.2 节流配汽	72-33
1.3 滑压调节(滑参数调节)	72-33
2 级和级组的变动工况	72-34
2.1 喷嘴的变动工况	72-34
2.2 级的反动度及其变化	72-34
2.3 级组的流量与压力关系式	72-35
3 汽轮机的变动工况及其特性曲线	72-36
3.1 凝汽式汽轮机的特性曲线	72-36
3.2 背压式汽轮机的特性曲线	72-36
3.3 抽汽式汽轮机的特性曲线 工况图	72-37
4 工况变化对汽轮机主要零部件 强度的影响	72-37
4.1 叶片及隔板	72-37
4.2 止推轴承	72-37
5 蒸汽参数改变对汽轮机功率和经济性 的影响	72-38
5.1 热耗修正	72-39
5.2 功率修正	72-40

第 5 章 本体结构及系统

1 基本结构分析	72-40
----------------	-------

1.1 通流部分布置型式	72-41
1.2 低压缸同凝汽器的连接方式	72-42
2 支承和热膨胀	72-42
2.1 静子的支承方式	72-42
2.2 滑销系统和热膨胀	72-44
3 本体主要系统	72-45
3.1 汽封系统	72-45
3.2 疏水系统	72-47
3.3 法兰、螺栓加热系统	72-47
3.4 油系统	72-47

第6章 动 叶 片

1 概述	72-49
2 叶片强度	72-50
2.1 由蒸汽作用力产生的弯应力	72-50
2.2 由离心力产生的拉应力	72-51
2.3 偏心弯应力——安装位置计算	72-52
2.4 叶根及轮缘的应力计算	72-52
3 叶片振动	72-54
3.1 等截面叶片的静频计算	72-56
3.2 扭叶片的静频计算	72-57
3.3 叶片动频计算	72-59
3.4 叶片调频	72-59
4 叶片材料和安全余量	72-59
4.1 叶片材料的选择	72-59
4.2 安全余量	72-59
4.3 避开共振的安全范围	72-60
5 叶片事故分析及处理	72-60
5.1 事故原因	72-60
5.2 事故处理	72-61

第7章 转 子

1 概述	72-62
1.1 转子的基本结构型式	72-62
1.2 转子的平衡	72-63
2 叶轮强度与振动	72-63
2.1 应力的二次算法	72-64
2.2 按松动转速计算过盈及应力	72-66
2.3 叶轮振动	72-68
3 整体转子强度	72-68
3.1 整锻转子强度计算	72-68

3.2 焊接转子强度计算	72-70
4 转子临界转速	72-70
4.1 力学模型的简化	72-70
4.2 转子临界转速计算	72-71
4.3 影响临界转速的因素	72-72
5 联轴器和轴颈应力核算	72-72
6 材料及许用应力	72-73

第8章 其它零部件

1 汽缸	72-74
1.1 设计要求	72-74
1.2 结构分析	72-74
1.3 强度计算	72-78
2 隔板	72-79
2.1 作用和结构	72-79
2.2 强度和挠度计算	72-79
3 主汽阀和调节阀	72-81
3.1 作用和要求	72-81
3.2 结构分析	72-81
3.3 操纵机构	72-83
4 材料和许用应力	72-83
4.1 材料	72-83
4.2 许用应力	72-84

第9章 调节保安系统

1 概述	72-84
1.1 静态特性	72-85
1.2 动态特性	72-85
1.3 保安装置	72-86
2 调节系统的类型	72-86
2.1 凝汽式	72-86
2.2 背压式	72-88
2.3 抽汽式	72-89
2.4 中间再热式	72-89
2.5 变速汽轮机调节	72-91
3 调节保安系统各主要元件	72-91
3.1 调速器	72-91
3.2 调压器	72-94
3.3 放大元件	72-96
3.4 执行元件(油动机)	72-98
3.5 超速保安元件	72-99

XII 目 录

第10章 凝汽设备

- 1 概述72-102
 - 1.1 凝汽设备的作用及其组成72-102
 - 1.2 凝汽器设计要点72-102
- 2 表面式凝汽器的热力与水阻计算72-103
 - 2.1 热力计算72-103
 - 2.2 水阻计算72-103
 - 2.3 变工况特性72-104
- 3 结构设计及管子振动计算72-104
 - 3.1 结构设计72-104
 - 3.2 管子振动计算72-106
- 4 抽气设备72-107
 - 4.1 射水抽气器72-107
 - 4.2 射汽抽气器72-109

第11章 表面式给水加热器

- 1 概述72-110
 - 1.1 给水加热器的型式72-110
 - 1.2 加热器设计要点72-111
- 2 传热和阻力计算72-113
 - 2.1 热平衡72-113
 - 2.2 纯凝结放热加热器的传热72-113
 - 2.3 具有过热蒸汽冷却段、凝结段和疏水冷却段加热器的传热72-115
 - 2.4 壳侧阻力72-117
- 3 结构设计72-119
 - 3.1 管束72-119
 - 3.2 水室72-120
 - 3.3 壳体72-120
- 4 附属设备72-121

- 4.1 疏水装置72-121
- 4.2 高压加热器保护装置72-121

第12章 汽轮机性能试验

- 1 热力性能试验72-122
 - 1.1 试验概要72-122
 - 1.2 常用仪表和测量方法72-123
 - 1.3 试验结果的整理72-124
- 2 调节保安系统性能试验72-126
 - 2.1 试验的准备72-126
 - 2.2 转子静止时的试验72-126
 - 2.3 空载时的试验72-126

第13章 工业汽轮机

- 1 概述72-128
- 2 工业汽轮机系列化72-128
- 3 工业汽轮机的选型72-128
 - 3.1 主要参数的确定72-129
 - 3.2 机组级数72-130
 - 3.3 机组型式72-130
 - 3.4 机组布置72-130
- 4 工业汽轮机设计特点72-131
 - 4.1 叶片强度和振动72-131
 - 4.2 转子设计72-131
 - 4.3 调节系统72-131
- 5 工业汽轮机安装、运行、维护的特点72-131
 - 5.1 露天装置72-131
 - 5.2 管道的设置72-132
 - 5.3 防振72-132
 - 5.4 运行维护72-132
- 参考文献72-132

第73篇 燃气轮机

常用符号

第1章 概 述

- 1 燃气轮机的工作原理73-1
- 2 燃气轮机的特点73-1
- 3 燃气轮机的应用73-2
- 4 燃气轮机的发展73-2

- 4.1 提高机组效率73-3
- 4.2 燃用多种燃料和廉价燃料73-3
- 4.3 提高单机功率73-3

第2章 燃气轮机的总体设计

- 1 总体方案的选择73-4
 - 1.1 热力循环和轴系型式的选择73-4
 - 1.2 热力参数的选择73-6

2 总体结构和布置	73-6
2.1 压气机、燃烧室和透平的选型和 排列方式	73-6
2.2 支承和滑销系统	73-7
2.3 总体布置	73-8
3 起动设备	73-8
4 设备保护及环境保护	73-9
4.1 高温元件的热腐蚀	73-9
4.2 进口空气净化	73-10
4.3 噪声	73-10
4.4 防爆	73-11

第3章 燃气轮机的热力循环

1 开式简单循环及热力性能指标	73-11
1.1 开式简单循环	73-11
1.2 热力性能指标	73-12
2 循环参数对热力性能指标的影响	73-13
2.1 温比的影响	73-13
2.2 压比的影响	73-13
2.3 透平和压气机等主要分部效率的 影响	73-13
2.4 压力损耗的影响	73-14
3 热力循环的计算	73-14
3.1 比热法	73-14
3.2 精确算法	73-16
4 复杂循环	73-17
4.1 回热循环	73-17
4.2 中间冷却和中间再热循环	73-19

第4章 压气机与透平

1 压气机	73-20
1.1 分类与特点	73-20
1.2 燃气轮机对压气机的要求	73-20
1.3 压气机与透平的匹配	73-21
1.4 压气机的设计	73-21
2 透平	73-21
2.1 透平的热力计算	73-21
2.2 透平的变工况	73-26
2.3 透平的冷却	73-29
2.4 平面温度场计算	73-31
3 压气机和透平主要部件的结构	73-33

3.1 转子	73-33
3.2 透平叶片	73-34
3.3 气缸	73-35
3.4 轴承和轴承座	73-35
3.5 材料的选择	73-35

第5章 燃 烧 室

1 燃烧室的工作过程	73-36
1.1 燃烧区	73-36
1.2 火焰管壁的冷却	73-38
1.3 高温燃气的掺冷	73-38
2 燃烧室的结构	73-38
3 燃料喷嘴	73-41
3.1 液体燃料喷嘴	73-41
3.2 气体燃料喷嘴	73-43
4 点火	73-44
4.1 燃气轮机常用的点火器	73-44
4.2 影响点火性能的因素	73-44
5 燃烧室的调整试验	73-44
5.1 燃烧室的低压近似模化试验	73-44
5.2 试验测定项目	73-45
6 燃烧室的故障及排除	73-46

第6章 燃气轮机的变工况

1 变工况计算方法	73-47
1.1 机组各分部的变工况规律	73-47
1.2 各类用户的负荷特性	73-49
1.3 机组变工况的计算方法	73-49
2 单轴燃气轮机的变工况	73-49
2.1 单轴机组变工况分析	73-49
2.2 单轴恒速机组的变工况计算	73-51
2.3 单轴机组变工况特性网	73-51
3 分轴燃气轮机的变工况	73-51
3.1 串联透平的压比分配规律	73-51
3.2 可调喷嘴低压动力透平	73-52
3.3 分轴机组变工况分析	73-52
3.4 分轴机组的变工况计算	73-52
4 大气条件对燃气轮机工况的影响	73-55
4.1 气压、气温和海拔对机组工况的 影响	73-55
4.2 折合参数特性网的应用	73-55

XIV 目 录

- 5 燃气轮机的过渡工况73-56
 - 5.1 起动过程.....73-56
 - 5.2 起动和加速的时间.....73-56

第7章 调节保安系统

- 1 调节保安系统的原则方案73-57
 - 1.1 主调节系统.....73-57
 - 1.2 保安系统.....73-59
 - 1.3 过渡工况的控制.....73-60
- 2 调节保安系统的类型73-61
 - 2.1 用于交流发电机组的调节保安系统...73-62
 - 2.2 用于机车动力机组的调节保安系统...73-62
 - 2.3 用于输气管线增压机组的调节保安系统.....73-63
- 3 燃气轮机的自动化73-63
 - 3.1 检测仪表.....73-64

- 3.2 程序控制和联锁保护.....73-64
- 4 调节系统的研究和设计73-64

第8章 机组热力性能试验

- 1 试验前的准备73-65
- 2 测量项目、测点布置及要求73-66
- 3 试验数据整理73-68
 - 3.1 用热平衡法计算空气流量和透平进口温度.....73-68
 - 3.2 功率和效率的计算和修正.....73-69
 - 3.3 分部性能.....73-70
- 4 机组无因次特性线的试验测定73-70
 - 4.1 目的.....73-70
 - 4.2 试验测定方法.....73-70
- 附录 轴流式压缩机73-72
- 参考文献73-97

第74篇 内 燃 机

常用符号

第1章 概 述

- 1 内燃机在国民经济中的地位74-1
- 2 内燃机的主要特点及其主要分类74-3
 - 2.1 内燃机的主要特点74-3
 - 2.2 内燃机的主要分类74-3
- 3 现代内燃机的发展74-4
 - 3.1 发展趋势74-4
 - 3.2 在发展中受到的限制74-5
- 4 内燃机总体设计概述74-6
 - 4.1 主要结构型式和尺寸的确定74-6
 - 4.2 总体布置74-6
 - 4.3 内燃机的研制步骤74-6

第2章 基本工作原理

- 1 工作循环74-7
 - 1.1 理想循环74-7
 - 1.2 实际循环74-8
 - 1.3 工作过程主要参数74-9
- 2 内燃机主要性能指标74-11
- 3 内燃机主要特性74-11

- 3.1 负荷特性.....74-11
- 3.2 速度特性.....74-12
- 3.3 调速特性.....74-12
- 3.4 推进特性.....74-13
- 3.5 万有特性.....74-13
- 4 曲柄连杆机构的运动分析74-13
- 5 曲柄连杆机构的动力分析74-14
 - 5.1 单缸内燃机的惯性力.....74-14
 - 5.2 多缸内燃机的惯性力和惯性力矩.....74-15
 - 5.3 作用在曲柄连杆机构上的力和力矩...74-16
- 6 内燃机的平衡74-16
 - 6.1 内燃机的平衡分析.....74-16
 - 6.2 内燃机的平衡方法.....74-18
- 7 曲轴轴系的扭转振动74-19
 - 7.1 扭振现象及其危害.....74-19
 - 7.2 扭振计算步骤.....74-19
 - 7.3 扭振许用应力.....74-23
 - 7.4 扭振的消减.....74-23

第3章 燃烧与燃烧室

- 1 柴油机的燃烧与燃烧室74-24
 - 1.1 燃烧过程.....74-24
 - 1.2 典型燃烧室.....74-24

2 汽油机的燃烧与燃烧室	74-27
2.1 燃烧过程	74-27
2.2 不正常燃烧	74-27
2.3 汽油机燃烧室的设计要求	74-27
2.4 典型燃烧室	74-27

第4章 主要零部件

1 活塞与连杆	74-29
1.1 活塞	74-29
1.2 活塞环	74-30
1.3 活塞销	74-32
1.4 连杆	74-33
1.5 连杆螺栓	74-36
2 曲轴与轴承	74-37
2.1 曲轴	74-37
2.2 曲轴主轴承与连杆轴承	74-41
3 气缸套、气缸盖和机体	74-44
3.1 气缸套	74-44
3.2 气缸盖	74-47
3.3 机体	74-50
4 配气机构	74-54
4.1 概述	74-54
4.2 布置形式	74-54
4.3 运动学和动力学	74-54
4.4 凸轮型线设计	74-55
4.5 配气机构主要零部件结构与设计	74-56

第5章 供给系统

1 进气系统	74-58
1.1 汽油机进气管	74-58
1.2 柴油机进气道	74-58
1.3 空气滤清器	74-59
2 柴油机燃油供给系统	74-61
2.1 喷油泵	74-61
2.2 喷油器	74-68
2.3 输油泵	74-69
2.4 喷油角度提前器	74-70
2.5 调速器	74-70
2.6 柴油滤清器	74-71
3 汽油机燃油供给系统	74-72
3.1 化油器	74-72

3.2 汽油泵	74-76
3.3 汽油滤清器	74-76

第6章 润滑、水冷、起动和点火系统

1 润滑系统	74-78
1.1 功能与设计要求	74-78
1.2 典型润滑系统	74-78
1.3 主要参数	74-79
1.4 润滑油的选用	74-80
1.5 主要部件	74-81
2 水冷系统	74-84
2.1 功能与设计要求	74-84
2.2 主要参数	74-84
2.3 水冷系统的类型	74-85
2.4 主要部件	74-88
3 起动系统	74-91
3.1 功能与设计要求	74-91
3.2 起动系统的类型	74-91
3.3 起动辅助装置	74-94
4 点火系统	74-96
4.1 功能与设计要求	74-96
4.2 点火系统的类型	74-96
4.3 主要部件	74-97

第7章 各种用途内燃机的特点

1 农用和拖拉机用柴油机	74-99
1.1 使用特点	74-99
1.2 性能特点	74-100
1.3 结构特点	74-100
1.4 发展趋势	74-101
2 工程机械用柴油机	74-101
2.1 使用特点	74-101
2.2 性能特点	74-101
2.3 结构特点	74-102
2.4 发展趋势	74-102
3 汽车用汽油机和柴油机	74-102
3.1 使用特点	74-102
3.2 性能和结构特点	74-102
3.3 发展趋势	74-103
4 机车用柴油机	74-105
4.1 使用特点	74-105

XVI 目 录

4.2 性能特点	74-105
4.3 结构特点	74-105
4.4 发展趋势	74-105
5 船用柴油机	74-106
5.1 使用特点	74-106
5.2 性能特点	74-106
5.3 结构特点	74-106
5.4 发展趋势	74-107
6 小型汽油机、摩托车汽油机和船用 挂机	74-107
6.1 小型汽油机	74-107
6.2 摩托车汽油机的特点	74-108
6.3 船用挂机	74-108
7 发电用内燃机	74-110
7.1 使用特点	74-110
7.2 性能特点	74-110
7.3 结构特点	74-111
7.4 发展趋势	74-111

第8章 二冲程内燃机

1 概述	74-111
2 换气过程	74-114
2.1 换气方式的分类	74-114
2.2 换气过程的三个时期	74-116
2.3 评价换气品质的主要参数	74-117
3 换气系统	74-117
3.1 给气比及扫气压力的选择	74-117
3.2 气口参数	74-118
3.3 气口及气道	74-118
3.4 进、排气波动效应的利用	74-119
4 二冲程柴油机的废气涡轮增压	74-119
5 结构设计要点	74-120

第9章 风冷内燃机

1 概述	74-120
1.1 整机特点与使用场合	74-120
1.2 散热过程与散热量	74-124
2 散热片与散热面积	74-124
2.1 气缸散热片	74-124
2.2 气缸散热面积	74-124
3 气缸盖和气缸套	74-124

3.1 气缸盖	74-124
3.2 气缸套	74-127
3.3 气缸的连接与安装	74-128
4 冷却风扇	74-129
4.1 风扇概述	74-129
4.2 风扇与内燃机的匹配	74-129
4.3 风扇的传动和功率	74-130
5 风冷系统总体布置	74-130
5.1 风冷系统总体方案	74-130
5.2 导风罩	74-132
5.3 风量的调节	74-132

第10章 内燃机增压技术

1 概述	74-133
1.1 增压原理	74-133
1.2 增压系统分类	74-133
1.3 汽油机、煤气机增压	74-135
1.4 现代增压柴油机的技术指标	74-135
2 涡轮增压器	74-135
2.1 分类	74-135
2.2 涡轮与压气机的平衡运转	74-136
3 涡轮增压系统	74-137
3.1 定压系统	74-137
3.2 脉冲系统	74-137
3.3 脉冲转换系统	74-138
4 涡轮增压器与内燃机的配合	74-140
4.1 涡轮增压器与内燃机的配合特性	74-140
4.2 涡轮增压器的选配方法	74-140
4.3 涡轮增压器与内燃机配合特性的 调整	74-142
5 改善增压内燃机热负荷与机械负荷的 措施	74-142
5.1 控制最高爆发压力增长的措施	74-142
5.2 控制热负荷增长的措施	74-143
5.3 采用超压比增压系统	74-143
5.4 采用两级增压	74-143

第11章 其他内燃机

1 煤气机	74-143
1.1 概述	74-143
1.2 煤气机的主要燃料	74-143
1.3 煤气机种类	74-144