

机械工程
手册

机 械 工 程 手 册

第 2 卷 基 础 理 论 (二)

机械工程手册
电机工程手册 编辑委员会



机 械 工 业 出 版 社

《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。

本书为《机械工程手册》第2卷基础理论(二),内容包括流体力学、热工学、电工基础与工业电子学、声学、光学、标准化等六篇。

本书供从事机械工程的广大技术人员查阅使用,也可供其他有关人员参考。

机 械 工 程 手 册

第2卷 基础理论(二)

机械工程手册 编辑委员会 编
电机工程手册

*

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 39¹/₄·插页 2·字数 1157 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—24,800·定价 5.20元

*

统一书号: 15033·4668

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 栗 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5篇 流体力学

常用符号

第1章 流体的物理性质

1 流体的重度和密度	5-1
1.1 气体的重度和密度	5-1
1.2 液体的重度和密度	5-3
1.3 混合流体的重度和密度	5-6
2 流体的压缩性和膨胀性	5-6
2.1 压缩性	5-6
2.2 膨胀性	5-6
3 流体的粘性	5-6
3.1 常用的几种流体粘度	5-7
3.2 气体的粘度	5-7
3.3 液体的粘度	5-9
3.4 混合流体的粘度	5-11
4 表面张力和毛细现象	5-12
4.1 表面张力	5-12
4.2 毛细现象	5-13

第2章 基本概念

1 作用于流体的力和应力	5-13
1.1 质量力和表面力	5-13
1.2 应力	5-13
1.3 流体的压力、静压、动压和总压	5-14
1.4 绝对压力、表压力和真空压力	5-14
1.5 流体压力的单位	5-14
2 流 场	5-15
2.1 研究流动的两种方法	5-15
2.2 迹线、流线、流谱和流管	5-15
2.3 流体的速度和加速度	5-15
2.4 平均流速和流量	5-16
3 粘性流体和理想流体	5-16
3.1 粘性流体和内摩擦定律	5-16
3.2 理想流体	5-17
4 可压缩流体和不可压缩流体	5-17

5 一元、二元和三元流动	5-17
6 定常流动和非定常流动	5-18
7 有旋流动和无旋流动	5-18
7.1 概述	5-18
7.2 涡线、涡管和涡管强度	5-18
7.3 涡街	5-19
7.4 速度环量	5-19
8 层流、湍流和雷诺数	5-19
8.1 层流和湍流	5-19
8.2 雷诺数和临界雷诺数	5-20
8.3 水力直径	5-21
9 声速和马赫数	5-21
9.1 声速	5-21
9.2 几种气体的绝热指数、气体常数、声速及声速常数	5-22
9.3 马赫数	5-22
9.4 亚声速流与超声速流的根本差别、马赫锥	5-22

第3章 基本方程

1 连续性方程	5-23
2 运动方程	5-23
2.1 欧拉运动方程	5-23
2.2 纳维尔-斯托克斯方程	5-24
3 伯努利方程	5-25
3.1 动能修正系数	5-25
3.2 不可压缩流体的伯努利方程	5-25
3.3 可压缩流体的伯努利方程	5-27
3.4 相对定常流的伯努利方程	5-27
3.5 非定常粘性不可压缩流体的伯努利方程	5-27
4 状态方程和过程方程	5-28
5 动量方程	5-28
5.1 一般流动的动量方程	5-28

VIII 目 录

5.2 定常管流的动量方程	5-29
6 动量矩方程	5-29
6.1 一般流动的动量矩方程	5-29
6.2 定常管流的动量矩方程	5-29
6.3 相对定常流的动量矩方程	5-30

第4章 静 止 液 体

1 流体平衡微分方程	5-30
2 静止液体内的压力	5-30
2.1 压力特性	5-30
2.2 压力计算公式	5-31
2.3 帕斯卡定律	5-31
2.4 等压面和连通器	5-31
2.5 液柱式测压计	5-31
3 静止液体作用在壁面上的力	5-32
3.1 作用在平面壁上的力	5-32
3.2 作用在柱形曲面壁上的力	5-34
4 阿基米德原理	5-35
5 相对静止液体的压力	5-35

第5章 流动阻力和低速管流

1 流动阻力	5-36
2 管内流动的阻力计算	5-37
2.1 水头损失及其计算公式	5-37
2.2 流动光滑管和粗糙管	5-37
2.3 沿程阻力系数	5-37
2.4 局部阻力系数	5-40
2.5 流动起始段的阻力系数	5-48
2.6 压缩性对阻力损失的影响	5-49
3 管路的设计计算	5-51
3.1 概述	5-51
3.2 管径的确定和允许流速	5-52
3.3 简单管路的计算	5-52
3.4 复杂管路的计算	5-53
4 绕流物体的阻力	5-54
4.1 阻力系数	5-54
4.2 几种不同形状物体的阻力系数	5-55
5 高分子减阻	5-59

第6章 缝隙流动、出流、射流和水锤

1 缝隙流动	5-60
--------------	------

1.1 平行板间的缝隙流动	5-60
1.2 倾斜板间的缝隙流动	5-60
1.3 平行圆盘间的缝隙流动	5-60
1.4 环形缝隙流动	5-60
1.5 夹缝出流	5-60
1.6 细长圆管内的层流流动	5-60
2 出 流	5-65
2.1 薄壁小孔口出流	5-65
2.2 管嘴出流	5-66
3 自由射流	5-67
3.1 作用在壁面上的力	5-67
3.2 射程	5-67
4 水 锤	5-69
4.1 水锤现象	5-69
4.2 水锤压力波的传播速度	5-70
4.3 水锤压力	5-70
4.4 防止或减弱水锤的措施	5-71

第7章 管内高速气体流动

1 管内等熵流动	5-71
1.1 基本方程	5-71
1.2 流速随管道断面的变化规律	5-72
1.3 壅塞	5-72
1.4 流动特性	5-72
1.5 滞止参数和临界参数	5-73
1.6 计算公式和图表	5-73
1.7 摩擦的影响	5-74
2 喷管内的等熵流动	5-75
2.1 渐缩喷管	5-75
2.2 缩放喷管	5-77
3 斜切口内的流动	5-80
3.1 流动分析	5-80
3.2 气流偏转角的计算	5-80
3.3 最大膨胀能力	5-80
4 激 波	5-80
4.1 正激波	5-81
4.2 斜激波	5-82
4.3 脱体激波	5-84

第8章 平 面 流 动

1 速度势、流函数和流网	5-85
--------------------	------

1.1 速度势	5-85
1.2 流函数	5-85
1.3 流网	5-86
2 复势和复速度	5-87
2.1 复势、复速度和共轭速度	5-87
2.2 几种简单流动的复势	5-87
2.3 几种复合流动的复势	5-90
3 圆柱绕流	5-91
4 保角变换法原理	5-92
4.1 概述	5-92
4.2 变换函数	5-92
4.3 作用在物体上的力和力矩	5-93
5 库塔-儒可夫斯基升力定理	5-93
5.1 升力定理	5-93
5.2 库塔-儒可夫斯基条件	5-93
6 翼型绕流	5-94
6.1 基本参数	5-94
6.2 几何参数对气动性能的影响	5-95
6.3 几种翼型的气动性能	5-95
7 亚声速流的近似法则	5-96
7.1 戈泰法则	5-96
7.2 普朗特-葛劳渥特法则	5-96
7.3 卡门-钱学森压力系数修正公式	5-96
8 临界马赫数	5-98

第9章 边界层内的流动

1 概 述	5-98
1.1 边界层的特性	5-98
1.2 边界层的转捩	5-99
1.3 边界层的分离	5-99
2 边界层的几种厚度	5-100
3 边界层方程	5-101
3.1 层流边界层方程	5-101
3.2 湍流边界层方程	5-101
4 边界层积分关系式	5-101
4.1 动量积分关系式	5-102
4.2 能量积分关系式	5-102
5 不可压缩平板边界层	5-102
6 可压缩平板边界层	5-103
6.1 层流边界层	5-104
6.2 湍流边界层	5-105

7 温度边界层	5-105
7.1 普朗特数、复温系数、努赛尔数和史坦顿数	5-105
7.2 温度边界层的厚度和特性	5-106
7.3 平板温度边界层	5-107

第10章 叶 栅 绕 流

1 概 述	5-108
1.1 叶栅类型	5-108
1.2 叶栅绕流的基本参数	5-109
1.3 叶栅绕流问题的类型	5-111
1.4 等价叶栅	5-111
2 平面叶栅绕流分析	5-111
2.1 基本流动特性	5-111
2.2 叶栅参数变化对流动的影响	5-112
2.3 最小损失进流角	5-113
3 作用在平面叶栅上的力和叶栅功率	5-114
3.1 作用在平面叶栅上的力	5-114
3.2 广义库塔-儒可夫斯基条件	5-114
3.3 叶栅的功率	5-115
4 平面叶栅绕流的升力修正系数	5-115
4.1 平板叶栅的升力修正系数	5-115
4.2 圆弧板叶栅的升力修正系数	5-115
5 平面叶栅绕流的几种解法	5-116
5.1 升力法	5-116
5.2 流道法	5-116
5.3 平均流动法	5-118
5.4 奇点法	5-119
6 空间叶栅绕流的基本方程	5-120
6.1 空间叶栅绕流的特点	5-120
6.2 实际叶栅绕流的简化	5-121
6.3 空间叶栅绕流的简化基本方程	5-121
6.4 几点结论	5-122
7 两类相对流面理论	5-123
7.1 概述	5-123
7.2 两类相对流面的简化理论	5-123
7.3 S_2 相对流面上的主要方程	5-124
7.4 S_1 相对流面上的主要方程	5-126
8 径向平衡方程和间隙站内的流动方程	5-128

X 目 录

8.1 径向平衡方程	5-128
8.2 叶栅间隙站内的流动方程	5-129
9 空间叶栅绕流问题的几种解法	5-129
9.1 概述	5-129
9.2 有限差分法	5-129
9.3 流线迭代法	5-130

9.4 选定流线法	5-131
9.5 有限元法	5-133
附表 I 等熵流气动函数表($k=1.4$)	5-134
附表 II 有关 k 的各项计算值	5-140
附表 III 正激波气动函数表($k=1.4$)	5-141
参考文献	5-145

第6篇 热 工 学

常用符号

第1章 气体与蒸汽的热力性质

1 基本定义	6-1
2 理想气体的热力性质	6-3
3 实际气体的热力性质	6-7
3.1 实际气体状态方程	6-8
3.2 实际气体热力性质的近似计算 (对比态法)	6-8
3.3 实际气体热力性质的实验值	6-12
4 混合气体的热力性质	6-14
4.1 理想混合气体的热力性质	6-14
4.2 实际混合气体的热力性质	6-16
5 水蒸汽及其热力性质	6-16
5.1 基本定义	6-18
5.2 水蒸汽热力性质图表	6-19
6 湿空气	6-27
6.1 湿空气的热力性质及有关定义	6-27
6.2 湿空气的 $H-d$ 图	6-28

第2章 热力学基本定律及其应用

1 热力学第一定律及其应用	6-29
1.1 静止系与流动系的能量转换关系式	6-29
1.2 可逆过程	6-30
1.3 热力学第一定律的应用	6-30
2 热力学第二定律及其应用	6-35
2.1 卡诺循环及其热经济指标	6-35
2.2 热力学温标和熵	6-35
2.3 热力学第二定律在热力分析中的 应用	6-36

第3章 导 热

1 导热的基本定律	6-38
-----------------	------

2 导热系数	6-38
3 稳定导热的实用计算	6-41
4 长杆导热	6-45
5 肋片(散热片)	6-45
5.1 肋化的目的	6-45
5.2 肋壁的传热	6-45
5.3 肋片的选择	6-47
6 不稳定导热	6-48
6.1 大平壁	6-48
6.2 长圆柱体	6-49
6.3 球体	6-49
6.4 其他简单形状的物体	6-49

第4章 对 流 放 热

1 对流放热概说	6-51
1.1 影响对流放热的因素	6-51
1.2 对流放热的计算	6-51
1.3 对流放热的强化	6-52
2 强制对流放热	6-53
2.1 强制对流的放热计算	6-53
2.2 气体、水、水蒸汽和油类的热性质表	6-58
3 自然对流放热	6-62
3.1 大空间自然对流放热	6-62
3.2 有限空间自然对流放热	6-65
4 凝结放热	6-65
5 沸腾放热	6-67

第5章 辐 射 换 热

1 物体的辐射性质	6-68
2 固体表面间的辐射换热	6-68
3 遮热板	6-76
4 气体辐射	6-76

第6章 传热与表面式换热器热计算

- 1 传热过程6-78
 - 1.1 传热系数6-78
 - 1.2 平均温差6-78
 - 1.3 传热过程的强化6-82
- 2 表面式换热器的热计算6-82
 - 2.1 平均温差法6-83
 - 2.2 传热单元数法6-83
 - 2.3 污垢热阻6-85
 - 2.4 传热系数的大致范围6-86

第7章 燃料与燃烧基本概念

- 1 燃 料6-87
 - 1.1 燃料的成分6-87
 - 1.2 发热量6-88

- 1.3 燃料特性6-89
- 2 燃烧计算6-97
 - 2.1 理论空气量6-97
 - 2.2 烟气的容积6-97
 - 2.3 燃料特性系数和理论最大 RO_2 值6-97
 - 2.4 由烟气分析结果计算过剩空气系数6-98
 - 2.5 理论燃烧温度6-98
- 3 燃烧基本概念6-98
 - 3.1 燃烧过程中的主要化学规律6-98
 - 3.2 燃料的着火6-99
 - 3.3 气体燃料的燃烧6-101
 - 3.4 液体燃料的燃烧6-103
 - 3.5 固体燃料的燃烧6-104
 - 3.6 点火和火焰稳定6-105
- 参考文献6-106

第7篇 电工基础与工业电子学**常用符号****第1章 电和磁的基本量和基本定律**

- 1 电和磁的基本量7-1
 - 1.1 电场和电场强度7-1
 - 1.2 电位、电压和电动势7-1
 - 1.3 电流强度和电流密度7-1
 - 1.4 电功和电功率7-1
 - 1.5 击穿电压和击穿强度7-2
 - 1.6 磁场、磁感应强度、磁通量和磁链7-2
 - 1.7 磁导率和磁场强度7-2
 - 1.8 磁动势、磁压、磁阻和磁导7-2
- 2 电路参数7-3
 - 2.1 电阻和电导7-3
 - 2.2 电感7-3
 - 2.3 电容7-5
 - 2.4 单一元件的伏安关系及电压、电流正方向的规定7-5
- 3 电和磁的基本定律7-7
 - 3.1 右手螺旋定则7-7
 - 3.2 安培定律-电磁力7-7

- 3.3 电磁感应定律7-7
- 3.4 全电流定律7-8
- 3.5 焦耳-楞次定律7-8
- 3.6 欧姆定律7-8
- 3.7 基尔霍夫定律7-8

章2章 正弦交流电路

- 1 正弦交流电7-9
 - 1.1 周期、频率和角频率7-9
 - 1.2 相位(相角)和相位差(相角位)7-10
 - 1.3 有效值7-10
 - 1.4 平均值7-10
- 2 正弦量的表示法7-10
 - 2.1 旋转矢量表示法7-10
 - 2.2 复数符号法7-11
- 3 纯电阻、纯电感与纯电容的
交流电路7-11
- 4 电阻、电感、电容串联和并联的
交流电路7-11
- 5 功率和功率因数7-11
- 6 三相正弦交流电路7-16
 - 6.1 三相电源的联接7-16

XII 目 录

6.2 三相负载的联接	7-16
-------------------	------

第3章 电路计算方法

1 支路电流法	7-16
2 回路电流法	7-16
3 节点电位法	7-17
4 叠加原理	7-18
5 等效电源定理	7-18
5.1 电流源和电压源	7-18
5.2 等效电源定理	7-18
5.3 电压源和电流源的互换	7-19
6 星形网络和三角形网络的 等效互换	7-19
7 四端网络(双口网络)	7-19
7.1 无源四端网络的 Y 方程和 Y 参数	7-20
7.2 无源四端网络的 H 方程和 H 参数	7-21
7.3 含源四端网络	7-21
8 非线性电阻电路	7-22
8.1 非线性电阻的伏安特性	7-22
8.2 非线性电阻电路的计算方法	7-22

第4章 非正弦交流电路

1 非正弦周期量的谐波分析	7-23
1.1 非正弦周期量展开为傅里叶级数	7-23
1.2 幅度频谱和相位频谱	7-24
1.3 谐波分量对波形的影响	7-24
2 谐波分析实例	7-24
2.1 几种常见波形的谐波分析	7-24
2.2 周期矩形脉冲的频谱	7-24
3 非正弦周期量的有效值和平均值	7-26
4 波形因数、波顶因数和畸变因数	7-26
5 非正弦交流电路的计算	7-27
6 非正弦交流电路的有功功率和 等效正弦量	7-28
6.1 有功功率	7-28
6.2 等效正弦量	7-28

第5章 RC 和 RLC 电路对 正弦激励的频率响应

1 RC 电路的频率特性	7-28
--------------------	------

1.1 RC 电路频率特性的物理概念和 数字表达式	7-28
1.2 几种 RC 电路的频率特性	7-2
2 RLC 串联电路的正弦响应—— 串联谐振	7-30
2.1 电路的响应特性	7-30
2.2 串联谐振及其主要特点	7-31
2.3 品质因数和通频带	7-31
3 RL 和 C 并联电路的正弦响应—— 并联谐振	7-31
3.1 电路的响应特性	7-31
3.2 并联谐振及其主要特点	7-32
3.3 调节并联谐振电路阻抗的方法	7-32
4 耦合谐振电路的正弦响应	7-33

第6章 RC 和 RL 电路对阶跃和 冲激信号的时间响应

1 阶跃信号和冲激信号	7-34
2 RC 和 RL 电路对阶跃信号的时间 响应	7-35
2.1 开闭定律	7-35
2.2 单一元件对阶跃信号的时间响应	7-37
2.3 RC 电路对阶跃信号的时间响应	7-37
2.4 RL 电路对阶跃信号的时间响应	7-38
3 RC 和 RL 电路对冲激信号的时间 响应	7-38
3.1 单一元件对冲激信号的时间响应	7-38
3.2 RC 电路对冲激信号的时间响应	7-38
3.3 RL 电路对冲激信号的时间响应	7-41
4 RLC 电路对冲激信号的时间响 应	7-41
4.1 RLC 串联电路对冲激信号的时间响 应	7-41
4.2 RLC 并联电路对冲激信号的时间响 应	7-42
5 RC 电路对矩形脉冲信号的时间响 应	7-42
5.1 RC 微分电路——杜阿密尔积分的应 用	7-42
5.2 RC 积分电路——褶积积分的应用	7-44

5.3	RC 电路的拉氏变换分析法	7-45
-----	---------------	------

第 7 章 磁路和铁心线圈电路

1	磁性材料的基本磁性能	7-46
1.1	磁化曲线	7-46
1.2	磁滞回线	7-46
1.3	磁滞损耗和涡流损耗	7-46
1.4	磁性材料的分类和主要用途	7-47
2	磁路和磁路定律	7-48
2.1	磁路的组成	7-48
2.2	磁路的欧姆定律	7-48
2.3	磁路的基尔霍夫定律	7-48
3	直流磁路的计算	7-48
3.1	已知磁通求磁动势计算步骤	7-48
3.2	已知磁动势求磁通	7-48
4	直流电磁铁	7-48
4.1	直流电磁铁的吸力计算	7-48
4.2	直流电磁铁的特点	7-49
5	交流铁心线圈电路	7-49
5.1	电压平衡方程式	7-49
5.2	等效电路	7-50
6	交流电磁铁	7-51
6.1	交流电磁铁的吸力计算	7-51
6.2	电磁铁铁心截面的计算	7-51
6.3	电磁铁线圈匝数和励磁电流的计算	7-51
6.4	交流电磁铁的特点	7-51
7	变压器的基本原理	7-51

第 8 章 常用半导体器件

1	P-N 结	7-52
2	晶体二极管	7-53
2.1	伏安特性	7-53
2.2	主要参数	7-54
3	稳压二极管	7-54
4	发光二极管和光敏二极管	7-55
5	双极型晶体管	7-56
5.1	结构和电流放大作用	7-56
5.2	特性曲线	7-56
5.3	常用参数	7-57
5.4	开关参数	7-58
6	场效应晶体管	7-58

6.1	结型场效应管的结构和原理	7-58
6.2	MOS 型场效应管的结构和原理	7-60
6.3	主要参数	7-60
6.4	特性曲线	7-60
6.5	场效应管使用注意事项	7-61
7	单晶体管	7-61
7.1	工作原理和伏安特性	7-61
7.2	主要参数	7-62
8	硅晶体闸流管	7-62
8.1	普通硅晶闸管结构、原理及伏安特性	7-62
8.2	普通硅晶闸管主要参数	7-63
8.3	特殊硅晶闸管	7-63

第 9 章 低频放大器

1	放大器的三种组态及其基本工作原理	7-64
1.1	三种组态	7-64
1.2	单级交流放大器基本工作原理	7-64
2	交流放大器的主要指标	7-65
2.1	放大倍数	7-65
2.2	非线性失真系数	7-65
2.3	频率特性	7-65
2.4	输入电阻和输出电阻	7-65
3	晶体管的微变等效电路	7-65
3.1	T 型等效电路	7-65
3.2	h 参数等效电路	7-66
3.3	场效应管微变等效电路	7-67
4	偏置与稳定	7-67
4.1	静态工作点对放大器工作的影响	7-67
4.2	稳定系数 S	7-67
4.3	常用偏置电路	7-67
4.4	场效应管偏置电路	7-69
5	低频放大器分析方法	7-70
5.1	图解法	7-70
5.2	等效电路计算法	7-71
6	多级放大器	7-72
6.1	级间耦合方式	7-72
6.2	分析方法	7-72
6.3	电路安排原则	7-74
6.4	自激的产生和消除	7-74
7	负反馈	7-74

XIV 目 录

7.1 反馈的基本概念	7-74
7.2 负反馈的四种类型	7-75
7.3 负反馈对放大器性能的影响	7-75
7.4 几种典型的反馈放大器电路	7-77
7.5 反馈放大器分析	7-78
7.6 射极输出器	7-79
8 功率放大器	7-80
8.1 变压器耦合的功率放大器	7-80
8.2 无变压器耦合功率放大器	7-81
8.3 集成功率放大器	7-83
9 选频放大器	7-83
9.1 选频放大器的主要指标	7-83
9.2 选频放大器电路	7-84

第 10 章 直流放大器

1 零点漂移	7-86
1.1 零点漂移的产生	7-86
1.2 零点漂移的克服	7-86
1.3 衡量漂移的指标	7-86
2 差动放大器	7-86
2.1 工作原理	7-86
2.2 共模抑制比	7-87
2.3 具有恒流源的差动放大器	7-87
2.4 差动放大器的几种接法	7-87
2.5 差动放大器的调零	7-87
3 调制型直流放大器	7-89
3.1 工作原理	7-89
3.2 调制器	7-90
3.3 解调器	7-90

第 11 章 集成运算放大器

1 集成运算放大器简介	7-91
2 集成运算放大器主要参数	7-92
3 集成运算放大器的等效电路及符号	7-93
4 集成运算放大器的反馈特性	7-93
5 集成运算放大器组成的模拟运算电路	7-93
5.1 比例放大器	7-93
5.2 加法器	7-95
5.3 减法器	7-95

5.4 积分器	7-96
5.5 微分器	7-96
5.6 对数放大器和反对数放大器	7-96
6 比例-积分-微分器 (PID 放大器)	7-96
6.1 比例积分器	7-96
6.2 比例微分器	7-97
6.3 PID 放大器	7-97
7 集成运算放大器在调制型直流放大器中的应用	7-97
7.1 单通道式	7-97
7.2 双通道式	7-97
8 运算放大器用于有源滤波器	7-98
9 集成运算放大器应用中的几个问题	7-98

第 12 章 正弦波振荡器

1 正弦波振荡器的原理和振荡条件	7-99
1.1 工作原理	7-99
1.2 振荡条件	7-100
2 频率稳定度	7-100
3 LC 正弦波振荡器	7-100
3.1 变压器反馈振荡电路	7-100
3.2 电感反馈振荡电路	7-100
3.3 电容反馈振荡电路	7-100
4 石英晶体振荡器	7-102
4.1 石英晶体谐振器	7-102
4.2 并联型石英晶体振荡器	7-102
4.3 串联型石英晶体振荡器	7-102
5 RC 正弦波振荡器	7-103
5.1 RC 移相式振荡器	7-103
5.2 文氏电桥振荡器	7-103

第 13 章 晶体管脉冲电路

1 脉冲的主要参数	7-104
2 削波器与箝位器	7-104
2.1 削波器(限幅器)	7-104
2.2 箝位器	7-104
3 反相器	7-107
4 双稳态触发器	7-107
5 单稳态触发器	7-107

6	无稳态触发器(多谐振荡器)	7-109
7	施密脱触发器(射极耦合触发器).....	7-109
8	脉冲功率放大器	7-110

第14章 半导体数字集成电路

1	基本逻辑门	7-111
2	高阈值逻辑 (HTL) 门电路	7-112
2.1	电路结构和基本原理	7-112
2.2	基本参数	7-113
2.3	抗扰度	7-113
3	晶体管-晶体管逻辑 (TTL) 门电路	7-114
3.1	电路的结构和基本原理	7-114
3.2	基本参数和抗扰度	7-114
3.3	TTL的“与”扩展器、“与或”扩展器和驱动器	7-115
4	PMOS 门电路	7-115
4.1	PMOS “与非”门电路	7-115
4.2	PMOS “或非”门电路	7-116
4.3	PMOS 传送门	7-116
5	CMOS 门电路	7-116
5.1	CMOS “与非”门电路	7-116
5.2	CMOS “或非”门电路	7-116
5.3	CMOS 传输门及模拟门	7-117
6	用“与非”门电路(或“或非”门电路)构成其他各种逻辑门电路	7-117
7	用“与非”门电路(或“或非”门电路)构成的触发器	7-117
7.1	R-S 触发器	7-117
7.2	时钟 R-S 触发器	7-118
7.3	维持阻塞触发器	7-118
7.4	主-从触发器	7-119
7.5	准静态触发器	7-119
7.6	用“与非”门电路构成的无稳态触发器	7-119
7.7	用“与非”门电路构成单稳态触发器	7-119
7.8	施密脱触发器	7-119
8	集成电路触发器	7-120
8.1	D 触发器	7-121
8.2	T 触发器	7-121
8.3	J-K 触发器	7-121

8.4	集成电路触发器的相互转换	7-121
9	计数器	7-122
9.1	二进制计数器	7-122
9.2	N 进制计数器	7-123
9.3	十进制计数器	7-123
10	移位寄存器	7-126
11	译码器	7-126
11.1	二极管矩阵译码器	7-126
11.2	集成电路译码器举例	7-126
11.3	顺序脉冲分配器	7-127
12	数据选择器	7-127
13	数字-模拟转换器 (D/A)	7-128
14	HTL, TTL, MOS 集成电路间的电平转换	7-128
15	显示	7-128
15.1	辉光数码管显示	7-128
15.2	荧光数码管显示	7-128
16	半加器和半减器	7-129
17	全加器和全减器	7-129
17.1	全加器	7-129
17.2	全加减器	7-130
18	大规模集成电路 (LSI)	7-130
18.1	半导体存储器	7-131
18.2	逻辑电路	7-132
18.3	微处理器	7-132
18.4	微型计算机	7-134
18.5	LSI 电路在机电工业中的应用	7-134

第15章 半导体整流和直流稳压电路

1	整流电路	7-134
1.1	基本原理	7-134
1.2	整流电路的基本电量关系	7-136
1.3	各种整流电路的特点	7-136
2	滤波电路	7-138
2.1	基本原理	7-140
2.2	各种滤波电路的特点	7-140
3	半导体直流稳压电路	7-141
3.1	稳压电路的主要性能参数	7-141
3.2	稳压管稳压电路	7-141
3.3	连续调整串联型稳压电路	7-142
3.4	开关型稳压电路	7-146

第16章 硅晶体闸流管电路

1 可控整流的主电路	7-147
1.1 单相桥式半控整流电路	7-147
1.2 三相桥式全控整流电路	7-147
1.3 电感对可控整流电路的影响	7-152
1.4 反电势负载	7-153
1.5 可控整流电路的逆变状态	7-154
1.6 可逆整流电路	7-155
2 硅晶闸管的触发电路	7-155
2.1 阻容移相桥触发电路	7-156
2.2 单结晶体管触发电路	7-156
2.3 锯齿波移相控制的触发电路	7-156
3 逆变器	7-158
3.1 串联逆变器	7-158

3.2 并联逆变器	7-159
4 交流调压器	7-160
4.1 单相交流调压器	7-160
4.2 三相交流调压器	7-161
5 无触点开关和直流斩波器	7-161
5.1 单相交流无触点开关	7-161
5.2 三相交流无触点开关	7-161
5.3 直流无触点开关	7-162
5.4 直流斩波器	7-162
6 普通硅晶闸管的串并联和保护	7-163
6.1 硅晶闸管的串联和均压	7-163
6.2 硅晶闸管的并联和均流	7-163
6.3 硅晶闸管的过电流保护	7-163
6.4 硅晶闸管的过电压保护	7-163
参考文献	7-164

第8篇 声 学

常用符号

章1章 声学基础

1 声波、声谱	8-1
2 声 速	8-2
2.1 气体的声速	8-2
2.2 液体的声速	8-2
2.3 固体的声速	8-2
3 波动方程	8-2
3.1 运动方程	8-2
3.2 波动方程	8-7
4 声学的某些量	8-7
5 声波的反射和折射	8-8
5.1 反射和折射定律	8-8
5.2 三层介质的垂直入射情况	8-8
5.3 两层介质斜入射时的波型变换	8-9
5.4 面积突变时的垂直入射情况	8-9
6 声波的干涉、声驻波	8-10
6.1 声波的干涉	8-10
6.2 声驻波	8-10
7 声波的衍射、指向性、声全息	8-11
7.1 声波的衍射	8-11
7.2 声辐射器的指向特性	8-11
7.3 声全息	8-13

8 声波的衰减	8-13
8.1 衰减系数	8-13
8.2 流体介质中的声波吸收	8-13
8.3 散射衰减	8-14
8.4 流体和固体介质的衰减系数	8-14
9 多普勒效应	8-17

第2章 超声及其应用

1 超声电源(超声发生器)	8-18
2 磁致伸缩换能器	8-18
2.1 磁致伸缩效应	8-18
2.2 磁致伸缩换能器的振动模式	8-19
2.3 磁致伸缩材料	8-19
3 压电换能器	8-20
3.1 压电效应	8-20
3.2 压电参数	8-20
3.3 压电方程	8-20
3.4 压电体振动模的计算	8-20
3.5 压电材料	8-20
4 变幅杆	8-28
4.1 变幅杆的作用	8-28
4.2 变幅杆的主要参数	8-28
4.3 单一型常用变幅杆	8-28
4.4 变幅杆材料	8-28