

[苏] Л. А. 别索诺夫 著

# 电工理论基础

(下册) 非线性电路与电磁场

陈伟鑫 黄嵩如  
沈丽英 译 王石安 校

高等教育出版社

# 电工理论基础

(下册) 非线性电路与电磁场

[苏] Л. А. 别索诺夫 著

陈伟鑫 译      黄嵩如 校  
沈丽英      王石安

高等教育出版社

## 内 容 简 介

本书是根据苏联高教部审定的高等学校教材 1978 年增订第 7 版译出的。全书分上(线性电路)、下(非线性电路与电磁场)两册出版。本书内容比较全面,既系统地、清楚地细致地阐述了传统内容,又增加了网络综合基础、状态空间法、图论、非线性电路的过渡过程、稳定性理论、时变电路、磁流体动力学、电磁波在稳磁媒质中的传播等比较新的内容。同时本书注意理论联系实际,以基本理论来解释电工实际中遇到的各种现象,并有大量例题,每章后有复习思考题。

本书可作为高等工科院校电工原理课程教学参考书,也可供有关科技人员参考。

本册非线性电路部分由陈伟鑫译、黄嵩如校;电磁场部分由沈丽英译,王石安校。

## 电工理论基础

(下册) 非线性电路与电磁场

[苏] Л. А. 别索诺夫 著

陈伟鑫 译      黄嵩如 校  
沈丽英      王石安

\*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

国防出版社印刷厂印

\*

开本 850×1168 1/32 印张 16.25 字数 390,000

1986 年 12 月第 1 版 1986 年 12 月第 1 次印刷

印数 0,001—4,120

书号 15010·0656 定价 3.70 元

# 本书部分俄文下标含义

## 非线性电路部分

| 下标<br>缩写 | 俄文全称                      | 中文译名  | 本书带下标符号举例            |
|----------|---------------------------|-------|----------------------|
| а        | анод                      | 板极    | $i_a$ 板极电流           |
| б        | база                      | 基极    | $i_b$ 基极电流           |
| б        | балластный                | 稳定的   | $R_b$ 稳流电阻           |
| вн       | внешний                   | 外部的   | $H_{вн}$ 外磁场强度       |
| вх       | входный                   | 输入的   | $R_{вх}$ 输入电阻        |
| вых      | выходный                  | 输出的   | $R_{вых}$ 输出电阻       |
| г. в     | гистерезис и вихревой ток | 磁滞和涡流 | $P_{г. в}$ 磁滞和涡流损耗功率 |
| д        | дифференциальный          | 微分的   | $L_d$ 微分电感           |
| д        | диод                      | 二极管   | $C_d$ 二极管结电容         |
| доб      | добавочный                | 附加的   | $R_{доб}$ 附加电阻       |
| зж       | зажигание                 | 着火    | $u_{зж}$ 着火电压        |
| к        | катод                     | 阴极    | $i_k$ 阴极电流           |
| к        | коллектор                 | 集电极   | $i_k$ 集电极电流          |
| к. з     | короткое замыкание        | 短路    | $i_{к. з}$ 短路电流      |
| л        | лампа                     | (电子)管 | $R_l$ 灯丝电阻           |
| м        | магнитный                 | 磁的    | $U_m$ 磁压降            |
| н        | нагрузка                  | 负载    | $Z_n$ 负载阻抗           |
| н        | накачка                   | 泵     | $\omega_n$ 泵频        |
| нс       | нелинейное сопротивление  | 非线性电阻 | $U_{нс}$ 非线性电阻上的电压   |
| нф       | неферромагнитный          | 非铁磁的  | $\Phi_{нф}$ 非铁磁心中的磁通 |
| об       | обмотка                   | 绕组    | $R_{об}$ 绕组电阻        |
| п        | паразитный                | 寄生的   | $L_p$ 寄生电感           |
| пр       | принужденный              | 强制的   | $i_{пр}$ 强制电流        |

|       |                |     |                     |
|-------|----------------|-----|---------------------|
| с     | сетка          | 栅极  | $i_c$ 栅极电流          |
| с     | сигнал         | 信号  | $\omega_c$ 信号频率     |
| с     | сердечник      | 磁心  | $H_c$ 磁心磁场强度        |
| св    | свободный      | 自由的 | $i_{c,в}$ 自由电流      |
| ср    | средный        | 平均的 | $I_{c,р}$ 平均电流      |
| ст    | статический    | 静态的 | $R_{ст}$ 静态电阻       |
| у     | управление     | 控制  | $E_y$ 控制回流电动势       |
| у     | установившийся | 稳态的 | $I_y$ 稳态电流          |
| фм    | ферромагнитный | 铁磁的 | $\Phi_{фм}$ 铁磁体中的磁通 |
| х. х. | холостой ход   | 空载  | $U_{х.х}$ 空载电压      |
| э     | эквивалентный  | 等效的 | $E_0$ 等效电动势         |
| э     | электрический  | 电的  | $W_0$ 电场能量          |
| э     | эмиттер        | 发射极 | $i_e$ 发射极电流         |

## 电磁场理论部分

| 下标缩写 | 俄文全称            | 中文译名   | 举例                   |
|------|-----------------|--------|----------------------|
| а    | абсолютный      | 绝对的    | $\mu_a$ 绝对磁导率        |
| ак   | анод катод      | 板极, 阴极 | $U_{ак}$ 板阴电压        |
| в    | волна           | 波      | $Z_b$ 波阻抗            |
| вв   | волновод        | 波导     | $Z_{вв}$ 波导波阻抗       |
| гр   | группа          | 群      | $v_{гр}$ 群速          |
| и    | источник        | 电源     | $W_{и}$ 电源供给的能量      |
| кр   | критический     | 临界的    | $\omega_{кр}$ 临界频率   |
| м    | магнитный       | 磁的     | $\varphi_m$ 标量磁位     |
| н    | намагниченность | 磁化     | $\delta_n$ 磁化电流密度    |
| о    | отраженный      | 反射的    | $\psi_0$ 反射波相位       |
| отр  | отражение       | 反射     | $E_{отр}$ 反射波电场强度    |
| п    | подающий        | 入射的    | $H_{п}$ 入射波磁场强度      |
| п    | поляризация     | 极化     | $\rho_n$ 极化电荷体密度     |
| пад  | падение         | 入射     | $E_{пад}$ 入射波电场强度    |
| пр   | принужденный    | 强制的    | $v_{пр}$ $v_y$ 的强制分量 |

|      |                |      |                              |
|------|----------------|------|------------------------------|
| проб | пробивной      | 击穿的  | $E_{\text{проб}}$ 击穿电场强度     |
| с    | свет           | 光    | $v_c$ 光速                     |
| св   | свободный      | 自由的  | $v_{\text{св}}$ $v_y$ 的自由分量  |
| своб | свобода        | 自由   | $\rho_{\text{своб}}$ 自由电荷体密度 |
| связ | связанный      | 束缚的  | $q_{\text{связ}}$ 束缚电荷       |
| см   | смещение       | 位移   | $\delta_{\text{см}}$ 位移电流密度  |
| ср   | средний        | 平均的  | $B_{\text{ср}}$ 平均磁通密度       |
| стор | сторонний      | 局外的  | $E_{\text{стор}}$ 局外电场强度     |
| тр   | трение         | 摩擦   | $W_{\text{тр}}$ 摩擦损耗的能量      |
| тр   | трос           | 接地线  | $q_{\text{тр}}$ 接地线的电荷       |
| ф    | ферромагнитный | 铁磁性的 | $\mu_{\text{ф}}$ 铁磁体磁导率      |
| фаз  | фаза           | 相位   | $v_{\text{фаз}}$ 相速          |
| ц    | циклотронный   | 回旋的  | $\omega_{\text{ц}}$ 回旋角频率    |
| э    | электрический  | 电的   | $W_e$ 电场能量                   |
| э    | электрон       | 电子   | $q_e$ 电子电荷量                  |

# 目 录

## 第二篇 非线性电路

### 第十三章 非线性直流电路.....2

§ 13.1 基本定义.....2

§ 13.2 非线性电阻的伏安特性.....3

§ 13.3 非线性直流电路计算方法的一般特点.....5

§ 13.4 非线性电阻的串联.....6

§ 13.5 非线性电阻的并联.....8

§ 13.6 非线性电阻的串-并联.....9

§ 13.7 以双节点法计算分支非线性电路.....10

§ 13.8 用一条等效支路替代几条含非线性电阻及  
电动势的并联支路.....12

§ 13.9 用等效发电机法计算非线性电路.....13

§ 13.10 静态电阻和微分电阻.....15

§ 13.11 用等效线性电阻和电动势替换非线性电阻.....16

§ 13.12 稳流器.....17

§ 13.13 稳压器.....19

§ 13.14 直流电压放大器.....21

§ 13.15 热敏电阻.....22

复习思考题.....23

### 第十四章 磁路.....24

§ 14.1 两类物质——铁磁物质和非铁磁物质的区分.....24

§ 14.2 表征磁场的基本参量.....24

§ 14.3 铁磁性材料的基本特征.....26

§ 14.4 磁滞损耗.....28

§ 14.5 软磁材料和硬磁材料.....30

§ 14.6 磁介质和铁氧体.....31

§ 14.7 全电流定律.....31

|             |                                                    |           |
|-------------|----------------------------------------------------|-----------|
| § 14.8      | 磁动势(磁化力)·····                                      | 32        |
| § 14.9      | 磁路的种类·····                                         | 32        |
| § 14.10     | 铁磁材料在磁路中的作用·····                                   | 33        |
| § 14.11     | 磁压降·····                                           | 34        |
| § 14.12     | 韦安特性·····                                          | 35        |
| § 14.13     | 构造韦安特性·····                                        | 35        |
| § 14.14     | 磁路的基尔霍夫定律·····                                     | 38        |
| § 14.15     | 利用计算非线性阻抗电路的各种方法来计算磁路·····                         | 40        |
| § 14.16     | 按给定磁通求无分支磁路的磁动势·····                               | 41        |
| § 14.17     | 按给定磁动势求无分支磁路中的磁通·····                              | 43        |
| § 14.18     | 以双节点法计算分支磁路·····                                   | 44        |
| § 14.19     | 关于磁路计算的补充说明·····                                   | 47        |
| § 14.20     | 永久磁铁的制作·····                                       | 49        |
| § 14.21     | 永久磁铁磁路的计算·····                                     | 49        |
| § 14.22     | 回归线和回归系数·····                                      | 51        |
| § 14.23     | 磁路段的磁阻和磁导·磁路的欧姆定律·····                             | 52        |
| § 14.24     | 关于公式 $\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{J})$ 的说明····· | 53        |
|             | 复习思考题·····                                         | 55        |
| <b>第十五章</b> | <b>非线性交流电路</b> ·····                               | <b>57</b> |
| § 15.1      | 三类基本的非线性阻抗·····                                    | 57        |
| § 15.2      | 非线性电阻的一般特性·····                                    | 57        |
| § 15.3      | 非线性感抗的一般特性·····                                    | 58        |
| § 15.4      | 非线性电感磁心中的涡流损耗·····                                 | 59        |
| § 15.5      | 铁心中的磁滞损耗·····                                      | 60        |
| § 15.6      | 非线性电感的等效电路·····                                    | 61        |
| § 15.7      | 非线性容抗的一般特性·····                                    | 62        |
| § 15.8      | 非线性阻抗作为电流和电压的高次谐波发生器·····                          | 63        |
| § 15.9      | 利用非线性电路实现的主要变换·····                                | 65        |
| § 15.10     | 在非线性电路中观察到的某些物理现象·····                             | 68        |
| § 15.11     | 非线性阻抗按其特性关于纵轴对称的程度分类·····                          | 69        |
| § 15.12     | 非线性阻抗特性的逼近·····                                    | 70        |
| § 15.13     | 以双曲正弦逼近对称的瞬时值特性·····                               | 70        |



|         |                                       |     |
|---------|---------------------------------------|-----|
| § 15.14 | 关于贝塞尔函数的概念                            | 72  |
| § 15.15 | 具有周期性宗数的双曲正弦和余弦分解为傅里叶级数               | 73  |
| § 15.16 | 宗数含常数分量和正弦变化分量的双曲正弦分解为<br>傅里叶级数       | 75  |
| § 15.17 | 对称非线性阻抗的一些共性                          | 76  |
| § 15.18 | 在具有对称特性的非线性元件上电流(电压、磁通、<br>电荷)常数分量的出现 | 77  |
| § 15.19 | 非线性阻抗特性曲线的类型                          | 78  |
| § 15.20 | 瞬时值特性                                 | 78  |
| § 15.21 | 基波伏安特性                                | 78  |
| § 15.22 | 有效值伏安特性                               | 80  |
| § 15.23 | 以解析法求取可控非线性阻抗的通用基波特性                  | 81  |
| § 15.24 | 简单的可控非线性电感                            | 82  |
| § 15.25 | 可控非线性电感的基波伏安特性                        | 86  |
| § 15.26 | 可控非线性电容的基波伏安特性                        | 89  |
| § 15.27 | 关于晶体管的基本概念                            | 90  |
| § 15.28 | 晶体管在电路中的三种基本联接方法                      | 91  |
| § 15.29 | 晶体管作为可控阻抗的工作原理                        | 92  |
| § 15.30 | 晶体管的伏安特性                              | 94  |
| § 15.31 | 晶体管作为电流放大器                            | 95  |
| § 15.32 | 晶体管作为电压放大器                            | 96  |
| § 15.33 | 晶体管作为功率放大器                            | 97  |
| § 15.34 | 晶体管输入增量和输出增量之间的关系                     | 97  |
| § 15.35 | 晶体管的小增量等效电路                           | 98  |
| § 15.36 | 晶体管电路的图解计算                            | 100 |
| § 15.37 | 关于电子三极管的基本概念                          | 103 |
| § 15.38 | 电子三极管的瞬时值伏安特性                         | 104 |
| § 15.39 | 电子管栅极特性的解析表达式                         | 106 |
| § 15.40 | 电子管输入和输出的小增量之间的关系                     | 106 |
| § 15.41 | 电子管的小增量等效电路                           | 107 |
| § 15.42 | 构作在大信号时电子管的输入输出关系曲线                   | 110 |
| § 15.43 | 晶闸管——可控半导体二极管                         | 110 |

|         |                               |     |
|---------|-------------------------------|-----|
| § 15.44 | 非线性交流电路分析和计算方法的特点             | 112 |
| § 15.45 | 利用非线性阻抗瞬时值特性的图解法              | 113 |
| § 15.46 | 将非线性阻抗瞬时值特性分段线性化后进行分析的方法      | 113 |
| § 15.47 | 按电流和电压基波计算的解析(图解)法            | 114 |
| § 15.48 | 利用有效值伏安特性分析非线性交流电路            | 116 |
| § 15.49 | 按照基波和一个或几个高次或低次谐波进行的解析<br>计算法 | 117 |
| § 15.50 | 利用等效线性电路进行计算                  | 117 |
| § 15.51 | 含有磁化曲线近似于矩形的铁心电感线圈之电路的<br>计算  | 118 |
| § 15.52 | 含有矩形库伏特性的非线性电容之电路的计算          | 120 |
| § 15.53 | 分谐波振荡                         | 122 |
| § 15.54 | 交流电压整流                        | 123 |
| § 15.55 | 电子管振荡器                        | 126 |
| § 15.56 | 自调制                           | 130 |
| § 15.57 | 铁磁谐振电路的定义                     | 132 |
| § 15.58 | 串联铁磁谐振电路伏安特性的作法               | 132 |
| § 15.59 | 串联铁磁谐振电路中的触发现象·铁磁电压谐振         | 133 |
| § 15.60 | 电容与铁心线圈并联时的伏安特性·铁磁电流谐振        | 135 |
| § 15.61 | 并联铁磁谐振电路中的触发现象                | 136 |
| § 15.62 | 非线性电路的频率特性                    | 137 |
| § 15.63 | 在非线性电路中符号法的应用和矢量图及位形图的<br>作法  | 138 |
| § 15.64 | 非线性电感的矢量图                     | 141 |
| § 15.65 | 磁化电流的推求                       | 143 |
| § 15.66 | 损耗电流的确定                       | 144 |
| § 15.67 | 铁心变压器的基本关系                    | 145 |
| § 15.68 | 铁心变压器的矢量图                     | 149 |
| § 15.69 | 积分方程法                         | 151 |
| § 15.70 | 小参数法                          | 152 |
|         | 复习思考题                         | 157 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| <b>第十六章 非线性电路中的过渡过程</b> .....          | 158 |
| § 16.1 过渡过程分析计算方法的一般特点.....            | 158 |
| § 16.2 基于图解计算定积分的方法.....               | 159 |
| § 16.3 以可积非线性逼近求积分的计算法.....            | 161 |
| § 16.4 分段线性逼近算法.....                   | 162 |
| § 16.5 基于以近似和代换定积分的计算法.....            | 164 |
| § 16.6 具有若干个非线性阻抗的电路中过渡过程的算法.....      | 167 |
| § 16.7 慢变振幅法.....                      | 168 |
| § 16.8 电流脉冲对磁心的反复磁化.....               | 172 |
| § 16.9 相平面的定义及其它应用范围说明.....            | 174 |
| § 16.10 积分曲线,相规迹和极限环.....              | 175 |
| § 16.11 最简单过程在相平面上的图示.....             | 176 |
| § 16.12 等倾线·奇点·相轨迹的作法.....             | 177 |
| 复习思考题.....                             | 179 |
| <b>第十七章 非线性电路工作状态的稳定性理论基础</b> .....    | 181 |
| § 17.1 “小范围”稳定性和“大范围”稳定性·李雅普诺夫稳定性..... | 181 |
| § 17.2 研究“小范围”稳定性的一般原理.....            | 183 |
| § 17.3 含直流激励的系统中平衡状态的研究.....           | 185 |
| § 17.4 基波自激振荡和强制振荡稳定性的研究.....          | 186 |
| § 17.5 张弛振荡器中平衡状态稳定性的研究.....           | 189 |
| § 17.6 电子管正弦振荡器中周期运动稳定性的研究.....        | 191 |
| 复习思考题.....                             | 192 |
| <b>第十八章 具有时变参数的电路</b> .....            | 193 |
| § 18.1 电路元件.....                       | 193 |
| § 18.2 电路的一些共性.....                    | 194 |
| 18.3 稳态时变电路的计算法.....                   | 196 |
| 18.4 参数振荡.....                         | 199 |
| 18.5 参数振荡器和参数放大器.....                  | 201 |
| 复习思考题.....                             | 203 |

### 第三篇 电磁场理论基础

|        |     |
|--------|-----|
| 序..... | 204 |
|--------|-----|

|    |     |
|----|-----|
| 绪论 | 206 |
|----|-----|

|          |     |
|----------|-----|
| 第十九章 静电场 | 208 |
|----------|-----|

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| § 19.1 静电场的定义                                  | 208 |
| § 19.2 库仑定律                                    | 209 |
| § 19.3 静电场的电场强度与电位                             | 210 |
| § 19.4 电场——位场                                  | 212 |
| § 19.5 电力线和等位线                                 | 214 |
| § 19.6 以电位梯度表示电场强度                             | 215 |
| § 19.7 哈密尔顿微分算符(纳布拉算符)                         | 217 |
| § 19.8 在圆柱坐标系和球坐标系中电位梯度的表达式                    | 217 |
| § 19.9 穿过表面元的矢量通量和穿过表面的矢量通量                    | 218 |
| § 19.10 自由电荷和束缚电荷·物质的极化                        | 219 |
| § 19.11 极化矢量                                   | 220 |
| § 19.12 电感应矢量 $\vec{D}$                        | 221 |
| § 19.13 积分形式的高斯定理                              | 222 |
| § 19.14 用高斯定理求点电荷场中的电场强度和电位                    | 224 |
| § 19.15 微分形式的高斯定理                              | 225 |
| § 19.16 直角坐标系中 $\text{div} \vec{E}$ 表示式的推导     | 228 |
| § 19.17 用纳布拉算符来表示散度的运算                         | 229 |
| § 19.18 在圆柱坐标系和球坐标系内 $\text{div} \vec{E}$ 的表达式 | 229 |
| § 19.19 泊松方程和拉普拉斯方程                            | 230 |
| § 19.20 边界条件                                   | 232 |
| § 19.21 静电学中导体内部的场                             | 233 |
| § 19.22 导体和介质分界面上的边界条件                         | 233 |
| § 19.23 两种介质分界面上的边界条件                          | 234 |
| § 19.24 解的唯一性定理                                | 236 |
| § 19.25 静电学问题及其解法的一般特点                         | 237 |
| § 19.26 带电轴的场                                  | 239 |
| § 19.27 两根平行带电轴的场                              | 240 |
| § 19.28 双导线的场                                  | 241 |
| § 19.29 电容                                     | 243 |

|                          |                                                      |     |
|--------------------------|------------------------------------------------------|-----|
| § 19.30                  | 镜象法                                                  | 245 |
| § 19.31                  | 导电平面附近带电轴的场                                          | 245 |
| § 19.32                  | 位于两介电常数不同的介质分界面附近的导电轴的场                              | 247 |
| § 19.33                  | 导电平面附近带电体系的静电场                                       | 249 |
| § 19.34                  | 电位系数·麦克斯韦第一组公式                                       | 250 |
| § 19.35                  | 电容系数·麦克斯韦第二组公式                                       | 251 |
| § 19.36                  | 部分电容·麦克斯韦第三组公式                                       | 253 |
| § 19.37                  | 位于导电球附近的点电荷的场                                        | 256 |
| § 19.38                  | 平行于圆柱体的带电轴的场                                         | 257 |
| § 19.39                  | 均匀场中的球                                               | 257 |
| § 19.40                  | 均匀场中的导体球                                             | 262 |
| § 19.41                  | 均匀场中的介质球                                             | 264 |
| § 19.42                  | 均匀场中的介质圆柱体                                           | 266 |
| § 19.43                  | 平行平面场、子午平面场和均匀场的概念                                   | 268 |
| § 19.44                  | 平行平面场的图解法                                            | 269 |
| § 19.45                  | 子午平面场的图解法                                            | 271 |
| § 19.46                  | 电场能量的体密度和以电场能量对坐标的导数来表示<br>的机械力                      | 271 |
| § 19.47                  | 带电体系的电场能量                                            | 274 |
| § 19.48                  | 平均电位法                                                | 286 |
| § 19.49                  | 去掉外电场后介质的剩余极化产生的电场的计算                                | 291 |
| 复习思考题                    |                                                      | 291 |
| <b>第二十章 导电媒质中恒定电流的电场</b> |                                                      | 293 |
| § 20.1                   | 电流密度和电流                                              | 293 |
| § 20.2                   | 微分形式的欧姆定律和基尔霍夫第二定律                                   | 294 |
| § 20.3                   | 微分形式的基尔霍夫第一定律                                        | 297 |
| § 20.4                   | 焦耳-楞次定律的微分形式                                         | 298 |
| § 20.5                   | 导电媒质中电场的拉普拉斯方程                                       | 298 |
| § 20.6                   | 电流从电导率为 $\gamma_1$ 的媒质传到电导率为 $\gamma_2$ 的媒质·<br>边界条件 | 299 |
| § 20.7                   | 导电媒质中的场与静电场的相似性                                      | 301 |
| § 20.8                   | 场的实验研究                                               | 301 |

|                      |                                          |            |
|----------------------|------------------------------------------|------------|
| § 20.9               | 电导和电容之间的关系                               | 303        |
| § 20.10              | 导电媒质中电场计算的一般特点及其求解方法                     | 305        |
| § 20.11              | 载流导体周围介质中电场的计算                           | 306        |
| 复习思考题                |                                          | 310        |
| <b>第二十一章 恒定电流的磁场</b> |                                          | <b>311</b> |
| § 21.1               | 表示磁场特性的几个主要物理量之间的关系·磁场中的机械力              | 311        |
| § 21.2               | 全电流定律的积分形式                               | 314        |
| § 21.3               | 全电流定律的微分形式                               | 315        |
| § 21.4               | 将式 $\text{rot}\vec{H}=\vec{j}$ 在直角坐标系中展开 | 316        |
| § 21.5               | 把旋度写成矢量乘积的形式                             | 318        |
| § 21.6               | 在直角坐标系中把 $\text{rot}\vec{H}$ 写成行列式的形式    | 318        |
| § 21.7               | 在圆柱坐标系和直角坐标系中旋度投影的表示式                    | 318        |
| § 21.8               | 磁通连续性原理及其微分形式                            | 319        |
| § 21.9               | 有恒定电流和无恒定电流区域内的磁场                        | 320        |
| § 21.10              | 磁场的标量位                                   | 320        |
| § 21.11              | 边界条件                                     | 322        |
| § 21.12              | 磁场的矢量位                                   | 324        |
| § 21.13              | 矢位的泊松方程                                  | 324        |
| § 21.14              | 用矢位的环积分来表示磁通量                            | 326        |
| § 21.15              | 电流元的矢量位                                  | 328        |
| § 21.16              | 静电场和磁场的相互对应关系                            | 330        |
| § 21.17              | 磁场的计算任务                                  | 331        |
| § 21.18              | 计算和研究磁场的各种方法的一般特点                        | 332        |
| § 21.19              | 磁场图的实验研究                                 | 332        |
| § 21.20              | 磁场图的图解法和据此求磁阻                            | 334        |
| § 21.21              | 磁屏蔽                                      | 336        |
| § 21.22              | 外加均匀场中的椭球体·去磁系数                          | 339        |
| § 21.23              | 镜象法的应用                                   | 340        |
| § 21.24              | 毕奥-萨伐尔-拉普拉斯定律                            | 349        |
| § 21.25              | 通过立体角确定电流环的标量磁位                          | 352        |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| § 21.26 磁化磁带的磁场                        | 353 |
| § 21.27 磁化铁磁体在闭合环路中产生的磁通量的确定           | 354 |
| § 21.28 以磁场能量对坐标微分的形式表示机械力             | 355 |
| 复习思考题                                  | 357 |
| <b>第二十二章 时变电磁场的基本方程</b>                | 358 |
| § 22.1 时变电磁场的定义                        | 358 |
| § 22.2 麦克斯韦第一方程                        | 359 |
| § 22.3 全电流连续性方程                        | 360 |
| § 22.4 麦克斯韦第二方程                        | 361 |
| § 22.5 复数形式的麦克斯韦方程                     | 362 |
| § 22.6 瞬时值的乌莫夫-坡印廷定理                   | 363 |
| § 22.7 复数形式的乌莫夫-坡印廷定理                  | 371 |
| § 22.8 对 § 22.1 的几点注释                  | 372 |
| § 22.9 运动媒质电动力学的基本原理(相对论电动力学基础)        | 375 |
| 复习思考题                                  | 378 |
| <b>第二十三章 在均匀而且各向同性导电媒质中的<br/>时变电磁场</b> | 379 |
| § 23.1 导电媒质中的麦克斯韦方程                    | 379 |
| § 23.2 平面电磁波                           | 380 |
| § 23.3 平面电磁波在均匀的导电半空间内传播               | 384 |
| § 23.4 穿透深度和波长                         | 386 |
| § 23.5 磁表面效应                           | 387 |
| § 23.6 平板母线中的电表面效应·邻近效应                | 391 |
| § 23.7 位于电机槽中的矩形导电条内电流的不均匀分布           | 392 |
| § 23.8 圆柱形导体中的表面效应                     | 393 |
| § 23.9 利用乌莫夫-坡印廷定理求交变电流时导线的电阻和内<br>电抗  | 398 |
| § 23.10 时变电磁场中的屏蔽                      | 399 |
| § 23.11 静电场、恒定磁场和时变电磁场中屏蔽原理的比较         | 399 |
| § 23.12 金属零件和非理想介质的高频加热                | 399 |
| 复习思考题                                  | 400 |

## 第二十四章 电磁波在均匀而且各向同性介质中和在半

### 导电有旋媒质中的传播.....401

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| § 24.1 电磁波在均匀而且各向同性介质中的传播.....    | 401 |
| § 24.2 在均匀而且各向同性导电媒质中的平面波.....    | 406 |
| § 24.3 两种导电媒质分界面上的边界条件.....       | 408 |
| § 24.4 非理想介质中的瞬变过程和弛豫过程.....      | 409 |
| § 24.5 正弦稳态下非理想介质中和粘滞媒质中场的计算..... | 410 |
| § 24.6 有旋媒质的定义.....               | 410 |
| § 24.7 铁氧体的张量磁导率.....             | 411 |
| § 24.8 旋磁媒质中平面波的传播.....           | 413 |
| 复习思考题.....                        | 414 |

## 第二十五章 时变电磁场的滞后位和电磁能量的辐射.....416

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| § 25.1 时变电磁场中 $\vec{A}$ 和 $\varphi$ 方程的推导及其解..... | 416 |
| § 25.2 时变电磁场的滞后位.....                             | 424 |
| § 25.3 滞后矢位的复数形式.....                             | 424 |
| § 25.4 电磁能量的辐射.....                               | 426 |
| § 25.5 辐射偶极子的概念.....                              | 433 |
| § 25.6 场辐射的补充分析.....                              | 434 |
| § 25.7 实用辐射器的场的计算.....                            | 437 |
| § 25.8 磁偶极子的辐射和二重性原理.....                         | 438 |
| § 25.9 平面电磁波由一种媒质到另一种媒质的过渡.....                   | 439 |
| 复习思考题.....                                        | 442 |

## 第二十六章 导波系统中的电磁波.....443

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| § 26.1 波导和空腔谐振器的概念.....      | 443 |
| § 26.2 波导中的波型· $H$ 波的解.....  | 446 |
| § 26.3 波阻抗· 相速和群速.....       | 451 |
| § 26.4 $E$ 波的解.....          | 452 |
| § 26.5 波导和分布参数传输线之间的相似性..... | 453 |
| § 26.6 列翁托维奇边界条件.....        | 453 |
| § 26.7 截止波导.....             | 453 |
| § 26.8 表面波传输线和带状线.....       | 454 |



|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 复习思考题                                     | 455 |
| <b>第二十七章 带电粒子在磁场和电场中的运动</b>               | 457 |
| § 27.1 电子在均匀的非时变的且与电子运动速度矢量垂直的<br>磁场中的运动  | 457 |
| § 27.2 当电子的速度矢量不与磁力线垂直时, 电子在非时变<br>磁场中的运动 | 458 |
| § 27.3 用不随时间变化的磁场(磁透镜)使电子束聚焦              | 459 |
| § 27.4 电子在均匀电场中的运动·电子示波器的工作原理             | 459 |
| § 27.5 用不随时间变化的电场(电透镜)使电子束聚焦              | 460 |
| § 27.6 电子在均匀的互相垂直的非时变电场和磁场中的运动            | 461 |
| § 27.7 带电粒子在环形加速器中的运动                     | 462 |
| <b>第二十八章 磁流体动力学基础</b>                     | 464 |
| § 28.1 磁流体动力学的定义及其应用领域简介                  | 464 |
| § 28.2 磁流体动力学方程                           | 465 |
| § 28.3 磁场的渗漏(扩散)                          | 467 |
| § 28.4 电磁屏障                               | 467 |
| § 28.5 粘附场                                | 468 |
| § 28.6 等离子体中波的发生                          | 468 |
| § 28.7 箍缩效应                               | 470 |
| § 28.8 磁泵和磁阀的工作原理                         | 471 |
| § 28.9 磁流体动力发电机的原理                        | 472 |
| § 28.10 等离子体喷气发动机的原理                      | 472 |

### 第三篇 附 录

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 附录 E' 用网格法计算场和用电网格法模拟场        | 473 |
| § E'.1 用网格法计算场                | 473 |
| § E'.2 用电网格法模拟场               | 475 |
| 附录 K 格林法                      | 477 |
| § K.1 格林公式                    | 477 |
| § K.2 调和函数                    | 477 |
| § K.3 调和函数的格林积分               | 478 |
| § K.4 格林函数                    | 479 |
| § K.5 一般情况下用格林函数求电位 $\varphi$ | 479 |