

发变电运行岗位培训教材

# 电气运行

岳保良  
包红旗  
主编  
主审

中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

发变电运行岗位培训教材

# 电 气 运 行

岳保良 主编

包红旗 主审

中国水利水电出版社

## 内 容 提 要

本书是专为发电厂、变电所电气运行人员编写的岗位培训教材,也可供同类专业院校师生参考。全书共分基础篇、系统篇、设备运行篇、保护篇、回路篇和管理篇。本书从电工数学、电工基础及电子技术讲起,由电力系统到发电厂、变电所,由一次设备、二次设备,到一次接线、二次接线,再到继电保护、防雷保护,直到电气预防性试验、电气作业安全,概括了电气运行的基本学术理论和实践。本书内容丰富、实用,深入浅出,通俗易懂。读者一册在手,就可以获得自身工作所需的基础知识和基本技能。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气运行/岳保良主编. —北京:中国水利水电出版社, 1998  
发变电运行岗位培训教材  
ISBN 7-80124-736-1

I. 电… II. 岳… III. 电力系统运行-技术培训-教材 IV. TM732

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 09654 号

书 名	发变电运行岗位培训教材 电气运行
作 者	岳保良 主编 包红旗 主审
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京密云红光照排厂
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 48 印张 1120 千字
版 次	1998 年 9 月第一版 1998 年 9 月北京第一次印刷
印 数	0001—5100 册
定 价	76.00 元

# 前 言

本书是专为发电厂、变电所、配电站的电气设备运行与维护人员进行岗位培训和考核而编写的培训教材。本书共分六篇 40 章。主要以达到电力部颁发的电气运行、维护人员的技术标准和提高电气运行、维护人员的业务素质为目标。重点讲述以下几个方面内容：① 电工、电子技术和电工数学；② 电力系统的运行；③ 电气设备及其运行；④ 继电保护与自动化；⑤ 主接线与二次回路；⑥ 电气运行管理技术。

本书编写宗旨是电气运行人员一册在手，既能学到电气设备运行的实用技术，又能学到相关的基础知识。本书深入浅出，简明易懂，紧密联系生产实际，是一本很实用的岗位培训教材和日常工作常备工具书。

本书由吉林省电力设计院教授级高工岳保良主编，长春电业局副总工程师胡性寿参加编写。具体编写分工如下：第二章（电工基础）、第八章（系统通信）由深圳长虹通信厂副总工、工学硕士张世卓编写；第四章（电力系统）、第一章（电工数学）由工程师怡雁编写；第二十五章～第三十一章（继电保护部分）由长春电力学校校长、吉林省青年电力专家辛国良编写；第二十四章（自动装置）由讲师李欣编写；第三篇（设备运行篇）由高级讲师杨雨郊编写；第三章（电子技术基础）由讲师何巍编写；第三十八章（发电厂变电所技术管理）、第四十章（安全技术）由水利部农电司副司长、工学博士田中兴编写；第三十九章（电气设备预防性试验）由工程师岳力编写；其余内容由主编岳保良及参编胡性寿编写。本书由珠海电力工业局变电部部长、高级工程师包红旗主审，靖宇水电局局长、高级工程师张宝杰也参与了审阅。在本书编写过程中，还得到长春电力学校图书馆和吉林省电力设计院资料室同志的帮助。在此一并致以深切谢意。

由于我们经验不足，虽然作了最大努力，仍会有不妥之处，还请老师、同行及广大读者批评、指正。

作 者

1998 年 6 月 2 日

# 目 录

## 前 言

## 第一篇 基 础 篇

<b>第一章 电工数学</b> .....	1
第一节 数及符号 .....	1
第二节 函数与方程 .....	2
第三节 三角函数 .....	16
第四节 相量与复数 .....	25
第五节 微积分初步 .....	30
复习思考题 .....	38
<b>第二章 电工基础</b> .....	40
第一节 直流电路 .....	40
第二节 电磁与电磁感应 .....	54
第三节 单相交流电路 .....	61
第四节 三相交流电路 .....	84
第五节 非正弦交流电 .....	93
复习思考题 .....	101
<b>第三章 电子技术基础</b> .....	103
第一节 半导体器件的基本知识 .....	103
第二节 整流电源 .....	111
第三节 晶体管放大电路 .....	116
第四节 直流放大器和运算放大器 .....	132
第五节 正弦波振荡器 .....	139
第六节 可控硅整流电路 .....	143
第七节 数字电路基础 .....	149
第八节 触发器 .....	154
复习思考题 .....	157

## 第二篇 系 统 篇

<b>第四章 电力系统</b> .....	161
第一节 发电厂与电力系统 .....	161
第二节 系统额定电压 .....	165
第三节 系统负荷 .....	166
第四节 中性点接地运行方式 .....	169
第五节 电力系统基本要求 .....	172

复习思考题 .....	173
<b>第五章 电网潮流的计算</b> .....	174
第一节 概述 .....	174
第二节 电网参数 .....	175
第三节 电网功率损耗 .....	181
第四节 电网环节的功率与电压 .....	182
第五节 电网功率分布与电压状况 .....	185
第六节 电压调整 .....	188
复习思考题 .....	190
<b>第六章 系统短路</b> .....	191
第一节 概述 .....	191
第二节 暂态过程及物理量 .....	191
第三节 短路电流计算 .....	195
第四节 电动力与发热计算 .....	201
复习思考题 .....	206
<b>第七章 系统稳定</b> .....	208
第一节 系统静态稳定 .....	208
第二节 系统暂态稳定 .....	213
第三节 系统振荡及稳定措施 .....	217
复习思考题 .....	224
<b>第八章 系统通信</b> .....	225
第一节 系统调度与通信 .....	225
第二节 通信方式 .....	226
第三节 载波通信高压设备及其运行 .....	233
复习思考题 .....	237

### 第三篇 设备运行篇

<b>第九章 同步发电机及其运行</b> .....	239
第一节 概述 .....	239
第二节 同步发电机的正常运行方式 .....	246
第三节 同步发电机的操作及运行中的维护 .....	253
第四节 发电机的事故处理 .....	259
第五节 氢冷及水内冷汽轮发电机的运行 .....	266
复习思考题 .....	277
<b>第十章 变压器及其运行</b> .....	278
第一节 概述 .....	278
第二节 变压器正常运行方式 .....	279
第三节 变压器的操作与运行中的维护 .....	285
第四节 变压器事故处理 .....	288
第五节 绝缘油中的气相色谱分析 .....	293
复习思考题 .....	298

<b>第十一章 互感器及其运行</b> .....	299
第一节 概述 .....	299
第二节 电流互感器的构造与分类 .....	301
第三节 电压互感器的构造与分类 .....	304
第四节 互感器运行 .....	308
复习思考题 .....	309
<b>第十二章 高压断路器及其运行</b> .....	311
第一节 概述 .....	311
第二节 油断路器 .....	312
第三节 压缩空气断路器 .....	318
第四节 SF <sub>6</sub> 高压断路器 .....	319
第五节 SF <sub>6</sub> 断路器的改进 .....	321
第六节 真空断路器 .....	322
第七节 高压断路器运行 .....	323
复习思考题 .....	326
<b>第十三章 熔断器、隔离开关与母线及其运行</b> .....	327
第一节 熔断器 .....	327
第二节 隔离开关 .....	330
第三节 隔离开关与母线的运行 .....	336
复习思考题 .....	337
<b>第十四章 限流限压电器及其运行</b> .....	338
第一节 短路电流限制及电抗器的运行 .....	338
第二节 阀型避雷器及其运行 .....	339
复习思考题 .....	344
<b>第十五章 电动机及其运行</b> .....	345
第一节 异步电动机原理与结构 .....	345
第二节 电动机正常运行方式 .....	349
第三节 电动机操作及运行中的维护 .....	352
第四节 电动机事故处理 .....	353
复习思考题 .....	356
<b>第十六章 消弧线圈及其运行</b> .....	357
第一节 消弧线圈工作原理 .....	357
第二节 消弧线圈基本构造及接线 .....	360
第三节 消弧线圈运行 .....	361
复习思考题 .....	362
<b>第十七章 补偿设备及其运行</b> .....	363
第一节 电力系统无功补偿设备类型和性能 .....	363
第二节 调相机(同步补偿器)及其运行 .....	364
第三节 并联电容器补偿装置及其运行 .....	367
复习思考题 .....	372
<b>第十八章 高压配电装置</b> .....	373

第一节 屋外配电装置 .....	373
第二节 屋内配电装置 .....	380
第三节 SF <sub>6</sub> 全封闭组合电器 .....	384
复习思考题 .....	386
<b>第十九章 大机组运行</b> .....	<b>387</b>
第一节 大机组特点 .....	387
第二节 大机组冷却方式 .....	390
第三节 大机组电厂控制 .....	393
第四节 大机组电厂和大型变电所二次回路特点 .....	397
第五节 允许运行参数的规定 .....	405
第六节 发电机并列与解列操作 .....	408
第七节 氢气系统的运行和操作 .....	413
第八节 励磁系统运行方式及切换 .....	416
第九节 发电机异常运行及事故处理 .....	418
复习思考题 .....	422
<b>第二十章 倒闸操作</b> .....	<b>423</b>
第一节 概述 .....	423
第二节 操作票制度 .....	424
第三节 操作断路器及隔离开关基本要求 .....	427
第四节 最常用几种倒闸操作顺序 .....	428
复习思考题 .....	430
<b>第二十一章 电力系统事故处理</b> .....	<b>431</b>
第一节 电力系统事故处理 .....	431
第二节 发电厂系统事故处理 .....	437
第三节 系统接地事故处理 .....	438
复习思考题 .....	443
<b>第四篇 保 护 篇</b>	
<b>第二十二章 防雷保护</b> .....	<b>445</b>
第一节 雷电 .....	445
第二节 防雷保护装置 .....	450
第三节 发电厂、变电所的防雷保护 .....	456
第四节 接地与接零 .....	459
复习思考题 .....	468
<b>第二十三章 环境保护</b> .....	<b>469</b>
第一节 概述 .....	469
第二节 发电厂变电所高压电场和磁场效应 .....	469
第三节 无线电干扰及电视干扰 .....	475
第四节 发电厂变电所故障接地时阻性耦合 .....	478
第五节 环境保护措施 .....	480
复习思考题 .....	480



<b>第二十四章 自动装置</b> .....	481
第一节 概述 .....	481
第二节 同步发电机自动并列装置 .....	481
第三节 备用电源的自动投入装置 .....	485
第四节 自动按频率减负荷装置 .....	490
第五节 故障录波器 .....	497
第六节 电力系统远动技术 .....	504
复习思考题 .....	507
<b>第二十五章 电力系统继电保护基本知识</b> .....	508
第一节 电力系统故障及不正常运行状态 .....	508
第二节 电力系统继电保护任务和作用 .....	508
第三节 对继电保护装置的基本要求 .....	509
第四节 继电保护的基本原理 .....	511
第五节 继电保护技术的发展概况 .....	512
第六节 继电器的分类及符号 .....	513
复习思考题 .....	513
<b>第二十六章 输电线路的继电保护</b> .....	514
第一节 输电线路的电流电压保护 .....	514
第二节 输电线路相间短路的方向过电流保护 .....	528
第三节 输电线路的接地保护 .....	538
第四节 输电线路的距离保护 .....	547
第五节 输电线路的差动保护 .....	575
第六节 输电线路的高频保护 .....	581
复习思考题 .....	594
<b>第二十七章 输电线路自动重合闸</b> .....	596
第一节 概述 .....	596
第二节 单侧电源线路三相一次重合闸 .....	597
第三节 双侧电源线路自动重合闸 .....	601
第四节 自动重合闸与继电保护的配合 .....	606
复习思考题 .....	609
<b>第二十八章 电力变压器的继电保护</b> .....	610
第一节 变压器的故障、不正常运行状态及保护方式 .....	610
第二节 变压器瓦斯保护 .....	610
第三节 变压器纵差保护 .....	612
第四节 变压器相间短路的后备保护和过负荷保护 .....	616
第五节 变压器接地保护的后备保护 .....	618
复习思考题 .....	620
<b>第二十九章 同步发电机的继电保护</b> .....	621
第一节 同步发电机的故障、不正常运行状态及其保护方式 .....	621
第二节 发电机的纵差保护 .....	621
第三节 发电机定子绕组匝间短路保护 .....	624

第四节	发电机定子绕组单相接地保护 .....	625
第五节	发电机励磁回路接地保护 .....	628
第六节	发电机失磁保护 .....	629
	复习思考题 .....	630
<b>第三十章</b>	<b>母线保护</b> .....	631
第一节	母线故障及其保护方式 .....	631
第二节	母线完全差动电流保护 .....	631
第三节	电流相位比较式母线差动保护 .....	631
第四节	元件固定连接双母线完全电流差动保护 .....	632
	复习思考题 .....	634
<b>第三十一章</b>	<b>电动机保护</b> .....	635
第一节	电动机故障、不正常运行状态及其保护方式 .....	635
第二节	电动机相间短路保护 .....	635
第三节	电动机单相接地保护 .....	636
第四节	同步电动机失步保护 .....	636
	复习思考题 .....	637

## 第五篇 回 路 篇

<b>第三十二章</b>	<b>电气主接线与厂(所)用电接线</b> .....	639
第一节	概述 .....	639
第二节	主接线的基本形式 .....	639
第三节	厂(所)用电接线 .....	644
	复习思考题 .....	646
<b>第三十三章</b>	<b>二次回路</b> .....	648
第一节	概述 .....	648
第二节	原理图 .....	648
第三节	展开图 .....	649
第四节	屏面布置图 .....	651
第五节	安装接线图 .....	652
	复习思考题 .....	660
<b>第三十四章</b>	<b>直流操作电源</b> .....	661
第一节	操作电源概述 .....	661
第二节	蓄电池组直流操作电源 .....	662
第三节	硅整流电容储能与复式整流直流操作电源 .....	668
	复习思考题 .....	671
<b>第三十五章</b>	<b>断路器控制电路</b> .....	672
第一节	概述 .....	672
第二节	灯光监视的断路器控制电路 .....	673
第三节	音响监视的断路器控制电路 .....	675
第四节	分相操作断路器控制电路 .....	676
	复习思考题 .....	679

<b>第三十六章 中央信号回路</b> .....	680
第一节 中央信号装置 .....	680
第二节 中央信号装置接线与工作原理 .....	680
复习思考题 .....	685
<b>第三十七章 电工仪表与测量回路</b> .....	686
第一节 电工仪表分类和标志 .....	686
第二节 仪用互感器的极性及标志 .....	689
第三节 测量仪表接线 .....	692
第四节 测量回路 .....	700
第五节 电厂主要电气设备仪表配置实例 .....	703
复习思考题 .....	704

## 第六篇 管 理 篇

<b>第三十八章 发电厂变电所技术管理</b> .....	707
第一节 运行技术管理 .....	707
第二节 设备管理 .....	716
第三节 技术档案管理 .....	718
第四节 季节性工作计划管理 .....	720
复习思考题 .....	721
<b>第三十九章 电气设备预防性试验</b> .....	722
第一节 电气设备绝缘试验 .....	722
第二节 绝缘油试验 .....	725
第三节 预防性试验及定级 .....	725
复习思考题 .....	730
<b>第四十章 安全技术</b> .....	731
第一节 安全技术措施 .....	731
第二节 安全组织措施 .....	733
第三节 电气安全与防火 .....	735
第四节 触电急救 .....	738
复习思考题 .....	740
<b>附录</b> .....	741
附录一 一次回路图常用电气设备的新旧图形符号对照表 .....	741
附录二 二次回路图常用设备的新旧图形符号对照表 .....	743
附录三 电气设备常用的基本文字符号 .....	746
附录四 常用的辅助文字符号 .....	749
附录五 常用电气设备补充文字符号 .....	750
附录六 小母线的约定符号和回路标号 .....	751
附录七 二次交流回路数字标号 .....	752
<b>参考文献</b> .....	753

# 第一篇 基础篇

## 第一章 电工数学

电工数学是数学在电工、电子技术上应用的一门应用数学。电工数学不仅是研究电工世界空间形式和数量关系的重要工具，而且也是用最简单、最准确的符号表达的一种最科学的电工语言。

在电工基础与电子技术的分析计算中，首先列出电路方程，然后按代数运算法则，求方程的解，或以函数表达式及其图形进行运算。本章按发变电运行岗位所需的数学概念、定理法则，列出其公式及计算实例。

### 第一节 数及符号

#### 一、常用常数及系数

常用常数如下：

$$\begin{array}{llll} \pi=3.14159 & 2\pi=6.28319 & \frac{1}{2}\pi=1.5708 & \frac{\pi}{4}=0.7854 \\ \sqrt{2}=1.414 & \sqrt{3}=1.732 & a^0=1 & g=9.81 \\ e=2.71828 & \lg e=0.43429 & \ln 10=2.30258 & \\ 1! =1 & 2! =2 & 3! =6 & 4! =24 & 5! =120 & 10! =3628800 \end{array}$$

二项式系数如下：

$$\begin{array}{c} 1 \\ 1 \ 2 \ 1 \\ 1 \ 3 \ 3 \ 1 \\ 1 \ 4 \ 6 \ 4 \ 1 \\ 1 \ 5 \ 10 \ 10 \ 5 \ 1 \end{array}$$

#### 二、常用符号

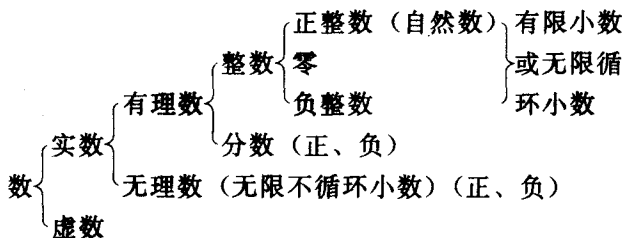
常用符号如下：

$+$ ,  $-$ ,  $\times$ ,  $\div$ ,  $=$ ,  $\neq$ ,  $\doteq$ ,  $\simeq$ ,  $\infty$ ,  $>$ ,  $<$ ,  $\nlessgtr$ ,  $\lessgtr$ ,  $\sin A$ ,  $\sin^{-1}A$ ,  $\cos A$ ,  $\operatorname{tg} A$ ,  $\operatorname{arc}$ ,  $\log$ ,  $\ln$ ,  $a+jb$ ,  $\dot{A}$ .

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\tau$ ,  $\eta$ ,  $\theta$ ,  $i$ ,  $\kappa$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\nu$ ,  $\xi$ ,  $o$ ,  $\pi$ ,  $\rho$ ,  $\sigma$ ,  $\tau$ ,  $\upsilon$ ,  $\varphi$ ,  $x$ ,  $\psi$ ,  $\omega$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $\Gamma$ ,  $\Delta$ ,  $E$ ,  $Z$ ,  $H$ ,  $\Theta$ ,  $I$ ,  $K$ ,  $\Lambda$ ,  $M$ ,  $N$ ,  $\Xi$ ,  $O$ ,  $\Pi$ ,  $P$ ,  $\Sigma$ ,  $T$ ,  $\Gamma$ ,  $\Phi$ ,  $X$ ,  $\Psi$ ,  $\Omega$ .

#### 三、数的分类

数的分类如下：



#### 四、数的运算定律

数的运算定律如下：

交换律

$$a + b = b + a$$

$$ab = ba$$

结合律

$$(a + b) + c = a + (b + c)$$

$$(ab)c = a(bc)$$

分配律

$$(a + b)c = ac + bc$$

## 第二节 函数与方程

### 一、代数式

用字母代替数，把数字和字母用运算符号按一定的顺序联结起来的式子，叫代数式。电工基础与电子技术的所有公式都是代数式。如欧姆定律  $U=IR$ ，就是用  $U$ 、 $I$ 、 $R$  这些字母代替数用运算符号组成的代数式。

代数式有多项式与单项式之分，当一个代数式字母间用加减号联结时叫多项式，用乘除号联结时叫单项式。

代数式的未知数，最高次数是一次方时叫一次方式。如

$$ax + by + c = 0$$

同理，当未知数的最高次数是二次方或高次方时叫二次式或高次式。如

$$ax^2 + bx + c = 0$$

当代数式的未知数只有一个时，叫一元式，当未知数有两个或两个以上时叫二元式或多元式。

无论代数式的变量取什么数值，两代数式的值总是相等的叫恒等式，简称等式。

当未知数取某值时，等式才能成立的代数式叫方程式，如

$$x - 3 = 4$$

方程式的运算过程叫解方程，其结果即确定了未知数的值，叫方程式的解，如  $x=7$  即为上述方程的解。

代数式的运算在电工技术上应重点记住乘法公式，这些公式如下

$$(x + a)(x + b) = x^2 + (a + b)x + ab$$

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$$

$$(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3$$

$$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$$

$$a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2)$$

$$a^5 - 1 = (a - 1)(a^4 + a^3 + a^2 + a + 1)$$

## 二、函数

在直流电路中,电压  $U$  与电流  $I$  及电阻  $R$  有关系,而功率  $P$  又与电阻  $R$  和电流  $I$  的二次方成比例,即

$$U = IR$$

$$P = I^2 R$$

当  $R$  为常量,电流  $I$  为自变量, $U$ 、 $P$  为因变量,写成代数式

$$y = ax$$

$$y = ax^2$$

$y$  则为  $x$  的函数。

### (一) 函数定义

在某一变化过程中,有两个变量  $x$  和  $y$  时,对于  $x$  每取一个确定值, $y$  总有一个或几个确定值与它对应,则叫因变量  $y$  是自变量  $x$  的函数,记为

$$y = f(x)$$

### (二) 函数定义域

定义域是使函数有意义的自变量取值范围。在电工计算中还必须保证函数有确定的物理意义。如电厂日负荷曲线,功率  $P$  是以时间  $t$  为自变量的函数曲线,即

$$P = f(t)$$

使函数有意义的自变量  $t$  取值范围为  $0 < t \leq 24\text{h}$ ,因为在一日内, $t$  不可能大于  $24\text{h}$ 。

**【例 1-1】** 焦耳定律公式为  $I = \sqrt{\frac{P}{R}}$ ,在已知功率  $P$  求  $I$  时,试求  $P$  的定义域。

**【解】** 因为  $I$  只能为实数,所以  $P$  的定义域为

$$0 \leq P < +\infty$$

### (三) 函数的表示法

表示两个变量间的函数关系,常用以下三种方法:

#### 1. 解析法

用一个数学公式表示函数与自变量的对应关系。如:  $y = 3x^2$ ,  $I = U/R$ , …… ,解析法也叫公式法。这个表示法,电工技术中用得较多,因简单明了,能清楚算出变量之间的全部关系,但有时计算步骤比较复杂。不是所有变量之间的函数关系都能用解析式表示出来。

#### 2. 列表法

用一个表格列出两个变量之间的对应值来表示其函数关系。如三角函数表、平方表、伏安特性表。这种方法对于表中列出的自变量和函数的对应值可一目了然,但不能把所有函数值都列出来,因此有一定的局限性。

#### 3. 图像法

用图像来表示两个变量间的函数关系,当然图像要描绘在直角坐标的平面上,取横轴  $x$  表示自变量,纵轴  $y$  表示函数值,图像表示为  $P = f(m)$  的函数关系。如年负荷曲线,如

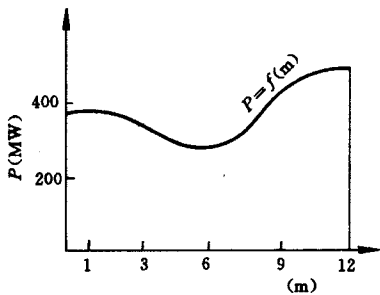


图 1-1

图 1-1。图像法非常直观表示出变量之间的变化规律，但要找出自变量与函数的对应值，因作图的影响，往往不够精确。

综上所述，应根据不同情况，分别采用一种或两种方法来表示函数关系。

**【例 1-2】** 某变电所蓄电池贮量  $H=2000\text{Ah}$ ，单位时间放电量  $m=50\text{A/h}$ ，试用三种方法表示出剩余电量  $Q$  与放电时间  $t$  的函数关系。

**【解】** (1) 解析法：

$$Q = H - mt$$

或

$$Q = 2000 - 50t$$

(2) 列表法：

$t$	0	1	10	20	30	40
$Q$	2000	1950	1500	1000	500	0

自变量  $t$  的取值范围为  $0 \leq t \leq 40$ 。

(3) 图像法：如图 1-2 所示。

### 三、幂函数

具有  $y=x^\mu$  这种关系的函数叫幂函数 ( $\mu$  为实数)。其定义域随  $\mu$  而异，但总是在  $(0, +\infty)$  之间。电工技术上常用的几种幂函数如下所述。

(一) 一次函数

当  $\mu=1$  时， $y=x$ 、 $y=ax$ 、 $y=ax+b$ ，叫一次幂函数，显然，它是一条直线，所以又叫线性函数。而  $y=ax$  又叫正比例函数，当  $x$  变化时  $y$  成正比例变化。一次函数的图像，见图 1-3。

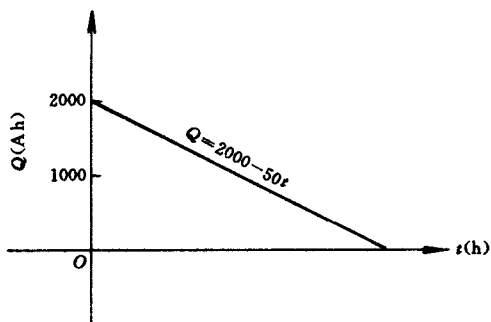


图 1-2

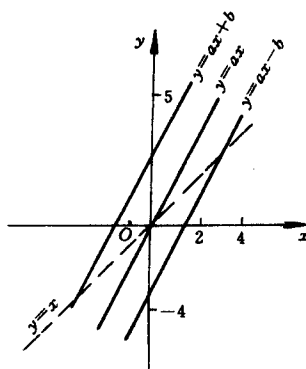


图 1-3

**【例 1-3】** 某电路电流随时间变化关系为  $i=2t+0.5$ ，试画出函数图像，并求出  $t=2$  时， $i$  的值。

**【解】** 解析式为

$$i = 2t + 0.5$$

列表如下：

$t$ (h)	0	1	2	3	4	5	6
$i$ (A)	0.5	2.5	4.5	6.5	8.5	10.5	12.5

函数定义域为： $0 \leq t < +\infty$ 。

图像见图 1-4。

### (二) 二次函数

当  $\mu=2$  时， $y=ax^2$ 、 $y=ax^2+c$ 、 $y=ax^2+bx$  叫二次幂函数，它的图像为抛物线，所以又叫抛物线函数。其图像见图 1-5。

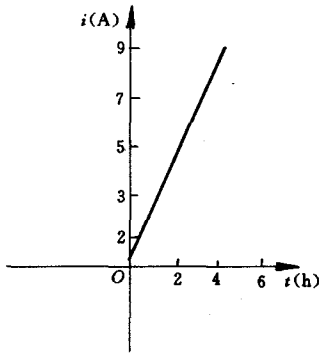


图 1-4

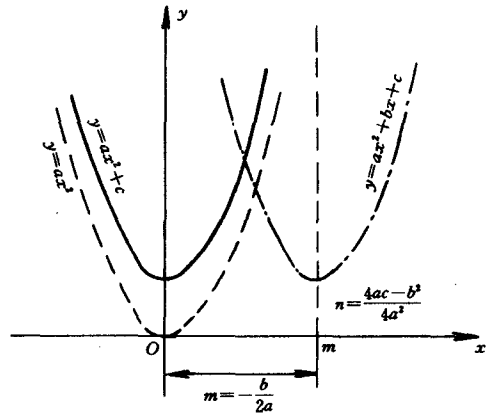


图 1-5

**【例 1-4】** 作电阻为  $I k\Omega$  通电流  $I$  的功率  $P$  的图像。

**【解】** 本题的解析式为

$$P = I^2 R$$

数学式为

$$y = Rx^2 \quad (R \text{ 为常量})$$

列出  $y$  与  $x$  的对应值表：

$x$	$I$ (A)	0	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
$y$	$P=RI^2$ (kW)	0	1	1.44	1.96	2.56	3.24	4

因电流  $I$  总是实数、正值，故定义域为： $0 \leq x < +\infty$ ，即  $0 \leq I < +\infty$ 。

用表中各组对应值作为点的坐标进行描点，然后用平滑曲线把它们顺次连起来，就得到  $P=I^2 R$  的图像，见图 1-6。

### (三) 双曲线函数



$y = \frac{k}{x}$  ( $y = kx^{-1}$ ) 的函数关系叫双曲线函数。因为自变量  $x$  扩大 (或缩小) 几倍, 函数也缩小 (或扩大) 相同倍数, 所以双曲线函数又叫反比例函数。常量  $k$  为反比例系数。双曲线函数的图像见图 1-7。

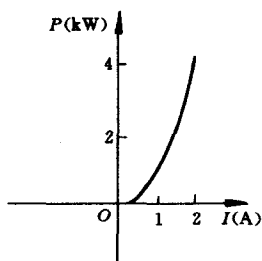


图 1-6

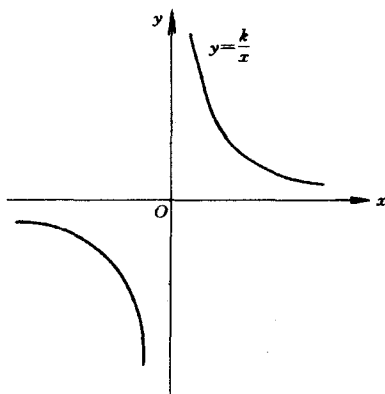


图 1-7

**【例 1-5】** 在电压 220V 的电路中, 写出灯管电流的有效值  $I$  与电阻阻抗  $Z$  之间的函数式; 求当阻抗为  $550\Omega$  时, 灯管的电流强度的有效值。

**【解】** 解析式。灯管电流与电路阻抗成反比例, 所以解析式为

$$I = \frac{220}{Z} \quad \left( \text{相当于 } y = \frac{k}{x}, k = 220 \right)$$

列表如下:

$Z (\Omega)$	100	200	300	400	500	550
$I (A)$	2.2	1.1	0.73	0.55	0.44	0.4

函数定义域为  $x \neq 0$  的一切实数, 但考虑题意,  $I$  的定义域为  $Z \neq 0$  的正数, 灯管电阻也不能过大或过小。

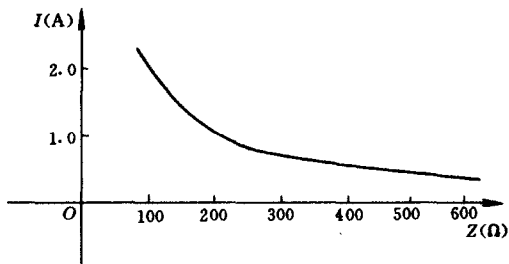


图 1-8

当阻抗  $Z = 550\Omega$  时, 灯管的电流强度有效值为 0.4A。

图像见图 1-8。

#### 四、指数函数

在电厂中如原发电量为 900MWh, 计划经过设备改造, 使其年发电量递增 8%, 那么  $x$  年后的年发电量是多少?

设  $x$  年后的年发电量为  $y$  (MWh), 则第一年发电量

$$y = 900 + 900 \times 8\% = 900(1 + 8\%)$$

第二年发电量