



普通高等院校电子信息与电气工程类专业教材

何仰赞 温增银

# 电力系统分析(下)

## (第四版)

Dianli Xitong Fenxi



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等院校电子信息与电气工程类专业教材

# 电力系统分析(下)

(第四版)

何仰赞 温增银

华中科技大学出版社  
中国·武汉

## 内 容 提 要

本书共上、下两册。本册为下册,主要内容有:电力系统负荷、电力传输的基本概念、潮流计算、电压调整、频率调整、经济运行、暂态稳定、静态稳定和提高稳定性的措施等。上册的内容是电力系统各元件的数学模型、电力系统短路计算的原理和方法。

本书可选作高等学校电气工程有关专业的教学用书,亦可供电力系统相关专业的技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

电力系统分析.下/何仰赞,温增银.—4版.—武汉:华中科技大学出版社,2016.5

ISBN 978-7-5680-1772-5

I. ①电… II. ①何… ②温… III. ①电力系统-系统分析-高等学校-教材 IV. ①TM711

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 092276 号

### 电力系统分析(下)(第四版)

Dianli Xitong Fenxi

何仰赞 温增银

策划编辑:谢燕群

责任编辑:谢燕群

封面设计:原色设计

责任校对:何欢

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:17.75

字 数:429千字

版 次:2016年5月第4版第1次印刷

定 价:35.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

## 第四版前言

电力系统分析作为一门专业基础课,也是一门专业课。虽然当前电力系统应用技术得到了很大的发展,但其理论基础仍是电力系统分析课程的内容。

本版在第三版的基础上,作了适当的修改,使定义更清晰、更严格。相较于第三版的上册,此次插入了一个附录;相较于第三版的下册,此次主要对第 16 章、第 18 章进行修订,并在第 18 章增加了一小节内容。

习题演练是加深课程的基本概念、基本计算方法的必要手段,也是建立电力系统“相对数值概念”的手段。例如,一条输电线路,在正常运行方式下,它的反映有功功率损耗的输电效率、电压损耗的百分比数值等,都是重要的“数值概念”。

本版编写的分工仍同第三版。

本书第四版修订工作全部由温增银完成。限于作者水平和条件,书中的缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

作者

2015 年 11 月

## 第三版前言

本书初版已有 15 年了,1996 年出了修订版(第二版)。本书第一版获 1987 年水利电力部优秀教材一等奖、1988 年全国高等学校优秀教材奖,本版于 1996 年获得国家教委“九五”国家级重点教材立项。这次修订在基本保持原书体系的同时,对教材内容作了较大的调整,主要有以下几个方面。

鉴于计算机的应用在电力系统分析计算中已经普及,本书对于电力系统的短路、潮流和稳定这三类常规计算,在讲清楚基本概念和基本原理的基础上,更侧重从应用计算机的角度进行计算方法的阐述。为此,书中关于电力网络的数学模型、短路故障和潮流的计算机算法等部分,在编排顺序和具体内容两个方面都作了必要的调整。

下册新增一章电力传输的基本概念,阐述交流电网功率传送的基本原理,从不同的角度说明交流电网的功率传输特性。原有的交流远距离输电的基本概念一章被撤销,但将其主要内容并入新的一章。

为了控制本书的篇幅,第二版中直流输电的基本概念一章,部分选学内容,以及电力网络设计的基本原则和方法(下册附录I)在新版中不再保留。

采用本书作教材,需要按“电力系统稳态分析”和“电力系统暂态分析”分别设课时,可以分别取第一、二、四、九、十、十一、十二、十三、十四章作为稳态分析,第三、五、六、七、八、十五、十六、十七、十八、十九章作为暂态分析的教学内容,两门课程可以平行开出。

本版的修订工作由何仰赞(第二、四、五、六、八、九、十、十一、十二、十三、十四章)和温增银(第一、三、七、十五、十六、十七、十八、十九章)共同完成。何仰赞担任主编。

限于作者的水平和条件,书中的缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

作者

2001 年 8 月

# 修订版说明

按照高等学校电力工程类专业教学委员会 1987 年制定的第三轮教材出版规划的安排,进行了本书的修订工作。

这次修订基本保持了原书的内容体系,对教材内容所作的调整与增删,主要是为了方便教学。在各章之后补充了简要的小结和习题,考虑到课程设计是本课程的必要教学环节,增添了有关电力网课程设计的基本知识作为附录收入下册。

书中所用文字符号采用中华人民共和国国家标准 GB7159—87,量和单位采用 GB3100~3102—93。

修订工作由原作者何仰赞、温增银、汪馥瑛、周勤慧共同完成,分工大体上如初版。温增银选编了习题(含答案)和课程设计参考材料。何仰赞、温增银担任主编。何仰赞负责全书审订。

1995 年 10 月

# 前 言

本书以我院《电力系统》自编讲义为基础修订而成。在修订过程中,考虑了电力系统教材编审小组于1982年9月审订定稿的“电力系统稳态分析”和“电力系统暂态分析”两门课程的教学大纲要求。

全书共22章,分为上、下两册。上册内容主要是:电力系统的数学模型和参数计算,突然三相短路的暂态分析和实用计算,不对称短路和故障的分析计算等,在附录中编入了短路电流新计算曲线的数字表。下册内容主要是:电力系统稳态运行的电压和功率计算,电压调整和频率调整,经济运行,静态稳定和暂态稳定的基本概念和分析方法,提高稳定性的措施,交流远距离输电和直流输电的基本概念。

本书在着重阐明电力系统的基本概念、基本理论和计算方法的基础上,对电子计算机在电力系统分析计算中的应用也作了适当的介绍。书中反映前述两门课程教学大纲基本要求的部分所需授课学时(不含实验课和习题课)为:上册46~48学时,下册54~56学时,带※号的内容供选用。采用本书作教材,可以按上、下册分别设课,依次开出。

参加本书编写的有:何仰赞(第二、四、五、七、八、九、十、十二、二十一、二十二章及附录)、温增银(第十六、十七、十八、十九、二十章)、汪馥瑛(第三、十三、十四、十五章)、周勤慧(第一、六、十一章)。何仰赞、温增银担任主编。何仰赞对全书进行了审订。

原讲义(即本书初稿)于1983年印出后,承蒙华南工学院、成都科技大学、郑州工学院、江西工学院、武汉水利电力学院、合肥工业大学、合肥联合大学、北京农业机械化学学院等院校试用,许多老师对教材初稿提出了宝贵的意见和建议,对此我们表示衷心的感谢。

编 者

1984年4月

# 目 录

第 9 章 电力系统的负荷 .....	(1)
9.1 负荷的组成 .....	(1)
9.2 负荷曲线 .....	(1)
9.3 负荷特性与负荷模型 .....	(4)
小结 .....	(6)
习题 .....	(6)
第 10 章 电力传输的基本概念 .....	(7)
10.1 网络元件的电压降落和功率损耗 .....	(7)
10.1.1 网络元件的电压降落 .....	(7)
10.1.2 网络元件的功率损耗 .....	(9)
10.2 输电线路的功率特性 .....	(10)
10.3 沿长线的功率传送 .....	(13)
10.3.1 长线的稳态方程 .....	(13)
10.3.2 输电线路的自然功率 .....	(14)
10.3.3 无损线的功率圆图 .....	(15)
10.3.4 沿长线的电压和电流分布 .....	(16)
10.3.5 有损耗线路稳态运行时的电压和电流分布 .....	(20)
10.4 单端供电系统的功率特性 .....	(21)
小结 .....	(23)
习题 .....	(24)
第 11 章 电力系统的潮流计算 .....	(26)
11.1 开式网络的电压和功率分布计算 .....	(26)
11.1.1 已知供电点电压和负荷节点功率时的计算方法 .....	(26)
11.1.2 两级电压的开式电力网计算 .....	(30)
11.2 简单闭式网络的功率分布计算 .....	(33)
11.2.1 两端供电网络的功率分布 .....	(33)
11.2.2 闭式电力网中的电压损耗计算 .....	(36)
11.2.3 含变压器的简单环网的功率分布 .....	(39)
11.2.4 环网中的潮流控制 .....	(42)
11.3 复杂电力系统潮流计算的数学模型 .....	(47)
11.3.1 潮流计算的定解条件 .....	(47)



11.3.2	潮流计算的约束条件	(48)
11.4	牛顿-拉夫逊法潮流计算	(49)
11.4.1	牛顿-拉夫逊法的基本原理	(49)
11.4.2	节点电压用直角坐标表示时的牛顿-拉夫逊法潮流计算	(52)
11.4.3	节点电压用极坐标表示时的牛顿-拉夫逊法潮流计算	(58)
11.5	P-Q 分解法潮流计算	(61)
	小结	(66)
	习题	(67)
<b>第 12 章</b>	<b>电力系统的无功功率平衡和电压调整</b>	<b>(70)</b>
12.1	电力系统的无功功率平衡	(70)
12.1.1	无功功率负荷和无功功率损耗	(70)
12.1.2	无功功率电源	(71)
12.1.3	无功功率平衡	(76)
12.1.4	无功功率平衡和电压水平的关系	(79)
12.2	电压调整的基本概念	(81)
12.2.1	允许电压偏移	(81)
12.2.2	中枢点的电压管理	(81)
12.2.3	电压调整的基本原理	(83)
12.3	电压调整的措施	(84)
12.3.1	发电机调压	(84)
12.3.2	改变变压器变比调压	(85)
12.3.3	利用无功功率补偿调压	(88)
12.3.4	线路串联电容补偿调压	(92)
12.4	调压措施的应用	(94)
12.4.1	各种调压措施的合理应用	(94)
12.4.2	各种措施调压效果的综合分析	(95)
	小结	(97)
	习题	(97)
<b>第 13 章</b>	<b>电力系统的有功功率平衡和频率调整</b>	<b>(100)</b>
13.1	频率调整的必要性	(100)
13.2	电力系统的频率特性	(101)
13.2.1	系统负荷的有功功率-频率静态特性	(101)
13.2.2	发电机组的有功功率-频率静态特性	(102)
13.2.3	电力系统的有功功率-频率静态特性	(104)
13.3	电力系统的频率调整	(106)
13.3.1	频率的一次调整	(106)

13.3.2	频率的二次调整 .....	(108)
13.3.3	互联系统的频率调整 .....	(109)
13.3.4	主调频厂的选择 .....	(110)
13.3.5	频率调整和电压调整的关系 .....	(111)
13.4	有功功率平衡和系统负荷在各类发电厂间的合理分配 .....	(111)
13.4.1	有功功率平衡和备用容量 .....	(111)
13.4.2	各类发电厂负荷的合理分配 .....	(112)
小结	.....	(114)
习题	.....	(114)
<b>第 14 章</b>	<b>电力系统的经济运行</b> .....	(116)
14.1	电力网中的能量损耗 .....	(116)
14.1.1	电力网的能量损耗和损耗率 .....	(116)
14.1.2	线路中能量损耗的计算方法 .....	(116)
14.1.3	降低网损的技术措施 .....	(120)
14.2	火电厂间有功功率负荷的经济分配 .....	(123)
14.2.1	耗量特性 .....	(123)
14.2.2	等微增率准则 .....	(123)
14.2.3	多个发电厂间的负荷经济分配 .....	(124)
14.2.4	计及网损的有功负荷经济分配 .....	(127)
14.3	水、火电厂间有功功率负荷的经济分配 .....	(128)
14.3.1	一个水电厂和一个火电厂间负荷的经济分配 .....	(128)
14.3.2	计及网损时若干个水、火电厂间负荷的经济分配 .....	(131)
14.4	无功功率负荷的经济分配 .....	(132)
14.4.1	等微增率准则的应用 .....	(132)
14.4.2	无功功率补偿的经济配置 .....	(133)
小结	.....	(135)
习题	.....	(136)
<b>第 15 章</b>	<b>电力系统运行稳定性的基本概念</b> .....	(138)
15.1	概述 .....	(138)
15.2	功角的概念 .....	(138)
15.3	静态稳定的初步概念 .....	(140)
15.4	暂态稳定的初步概念 .....	(141)
15.5	负荷稳定的概念 .....	(143)
15.6	电压稳定性的概念 .....	(144)
15.7	发电机转子运动方程 .....	(146)
15.7.1	转子运动方程 .....	(147)

15.7.2	用标么值表示的转子运动方程	(147)
15.7.3	惯性时间常数的意义	(148)
小结		(149)
习题		(150)
<b>第16章</b>	<b>电力系统的电磁功率特性</b>	(151)
16.1	简单电力系统的功率特性	(151)
16.1.1	隐极式发电机的功率特性	(151)
16.1.2	凸极式发电机的功率特性	(152)
16.2	网络接线及参数对功率特性的影响	(153)
16.2.1	串联电阻的影响	(153)
16.2.2	并联电阻的影响	(154)
16.2.3	并联电抗的影响	(156)
16.2.4	发电机与无限大系统复合联接时的功率特性	(156)
16.3	自动励磁调节器对功率特性的影响	(162)
16.3.1	无调节励磁时发电机端电压的变化	(162)
16.3.2	自动励磁调节器对功率特性的影响	(162)
16.3.3	用各种电势表示的功率特性	(163)
16.4	复杂电力系统的功率特性	(169)
小结		(171)
习题		(172)
<b>第17章</b>	<b>电力系统暂态稳定性</b>	(174)
17.1	暂态稳定分析计算的基本假设	(174)
17.1.1	电力系统机电暂态过程的特点	(174)
17.1.2	基本假设	(174)
17.1.3	近似计算中的简化	(176)
17.2	简单电力系统暂态稳定的分析计算	(177)
17.2.1	各种运行情况下的功率特性	(177)
17.2.2	大扰动后发电机转子的相对运动	(178)
17.2.3	等面积定则	(178)
17.2.4	极限切除角	(179)
17.2.5	简单电力系统暂态稳定判断的极值比较法	(180)
17.3	发电机转子运动方程的数值解法	(180)
17.3.1	分段计算法	(180)
17.3.2	改进欧拉法	(182)
17.4	复杂电力系统暂态稳定的分析计算	(187)
17.4.1	大扰动后各发电机转子运动的特点	(187)

17.4.2	复杂电力系统暂态稳定的近似计算	(189)
17.4.3	复杂电力系统暂态稳定的判断	(190)
17.5	暂态稳定实际计算中系统各元件的数学模型	(191)
17.5.1	发电机的数学模型及其与网络方程的联接	(191)
* 17.5.2	励磁系统的数学模型	(194)
* 17.5.3	原动机及其调节系统的数学模型	(197)
* 17.5.4	负荷的数学模型	(200)
* 17.6	电力系统异步运行的概念	(202)
17.6.1	发电机异步运行时的功率特性	(202)
17.6.2	发电机由失步过渡到稳态异步运行的过程	(203)
17.6.3	实现再同步的必要条件和促使再同步的措施	(204)
小结		(205)
习题		(205)
第 18 章	电力系统静态稳定性	(207)
18.1	运动稳定性的基本概念和小扰动法原理	(207)
18.1.1	未受扰运动与受扰运动	(207)
18.1.2	李雅普诺夫运动稳定性定义	(208)
18.1.3	非线性系统的线性近似稳定性判断法	(208)
18.1.4	用小扰动法分析计算电力系统静态稳定的步骤	(209)
18.2	简单电力系统的静态稳定	(210)
18.2.1	不计发电机组的阻尼作用	(210)
18.2.2	计及发电机组的阻尼作用	(212)
18.3	自动励磁调节器对静态稳定的影响	(214)
18.3.1	按电压偏差调节的比例式调节器	(215)
18.3.2	比例式调节器对静态稳定的影响	(224)
18.3.3	改进励磁调节器的几种途径	(224)
18.3.4	电力系统静态稳定的简要述评	(225)
18.4	电力系统静态稳定实际分析计算的概念	(227)
18.4.1	小扰动法在复杂电力系统中的应用	(227)
18.4.2	静态稳定储备系数 $K_{sm(P)}$ 的计算问题	(229)
18.4.3	$\frac{dQ}{dU} < 0$ 判据的意义及电压崩溃	(233)
* 18.4.4	应用 $dQ/dU$ 判据计算静态稳定	(234)
* 18.5	有关电力系统运行稳定性问题的几个基本概念	(237)
18.5.1	电力系统次同步谐振和扭转振荡	(237)
18.5.2	电力系统的低频振荡	(237)

18.5.3	电力系统弱联的功率振荡 .....	(239)
小结	.....	(243)
习题	.....	(244)
<b>第 19 章</b>	<b>提高电力系统稳定性的措施</b> .....	(246)
19.1	提高稳定性的一般原则 .....	(246)
19.2	改善电力系统基本元件的特性和参数 .....	(247)
19.2.1	改善发电机及其励磁调节系统的特性 .....	(247)
19.2.2	改善原动机的调节特性 .....	(248)
19.2.3	减小变压器的电抗 .....	(249)
19.2.4	改善继电保护和开关设备的特性 .....	(249)
19.2.5	改善输电线路的特性 .....	(251)
19.2.6	采用直流输电 .....	(252)
19.3	采用附加装置提高电力系统的稳定性 .....	(252)
19.3.1	输电线路采用串联电容补偿 .....	(252)
19.3.2	输电线路的并联电抗补偿 .....	(253)
19.3.3	输电线路设置开关站 .....	(254)
19.3.4	中继同步调相机 .....	(254)
19.3.5	变压器中性点经小阻抗接地 .....	(255)
19.3.6	发电机采用电气制动 .....	(256)
19.4	改善运行条件及其他措施 .....	(257)
19.4.1	正确规定电力系统运行参数的数值 .....	(257)
19.4.2	合理选择电力系统的运行接线 .....	(258)
19.4.3	切除部分发电机及部分负荷 .....	(258)
19.4.4	高压直流输电功率的快速调节 .....	(259)
19.4.5	减少系统稳定破坏所带来的损失和影响 .....	(260)
小结	.....	(261)
习题	.....	(261)
习题答案	.....	(263)
参考文献	.....	(270)

# 第9章 电力系统的负荷

本章简要介绍负荷的组成、负荷曲线和负荷特性及其数学描述等问题。

## 9.1 负荷的组成

系统中所有电力用户的用电设备所消耗的电功率总和就是电力系统的负荷,亦称电力系统的综合用电负荷,它是把不同地区、不同性质的所有用户的负荷总加起来而得到的。

系统中主要的用电设备大致有异步电动机、同步电动机、电热装置、整流装置和照明设备等。根据用户的性质,用电负荷也可以分为工业负荷、农业负荷、交通运输业负荷和人民生活用电负荷等。在不同性质的用户中,上述各类用电设备消耗功率所占的比重是不同的。在工业负荷中,对于不同的行业,这些用电设备消费功率所占的比重也不相同。某电力系统曾对若干工业部门各类设备用电功率的比重做过统计,其结果见表 9-1。

表 9-1 几个工业部门用电设备比重的统计

单位: %

用电设备	综合性 中小工业	纺织工业	化学工业 (化肥厂、焦化厂)	化学工业 (电化厂)	大型机械 加工工业	钢铁工业
异步电动机	79.1	99.8	56.0	13.0	82.5	20.0
同步电动机	3.2		44.0		1.3	10.0
电热装置	17.7	0.2			15.0	70.0
整流装置				87.0	1.2	
合计	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

综合用电负荷加上电力网的功率损耗就是各发电厂应该供给的功率,称为电力系统的供电负荷。供电负荷再加上发电厂厂用电消耗的功率就是各发电厂应该发出的功率,称为电力系统的发电负荷。

## 9.2 负荷曲线

实际的系统负荷是随时间变化的,其变化规律可用负荷曲线来描述。常用的负荷曲线有日负荷曲线和年负荷曲线。图 9-1 所示的电力系统日负荷曲线描述了一天 24 小时负荷的变化情况。负荷曲线中的最大值称为日最大负荷  $P_{\max}$  (又称峰荷),最小值称为日最小负荷  $P_{\min}$  (又称谷荷)。为了方便计算,实际上常把连续变化的曲线绘制成阶梯形,如图 9-1(b)所示。

根据日负荷曲线可以计算一日的总耗电量,即

$$W_d = \int_0^{24} P dt$$

故日平均负荷为

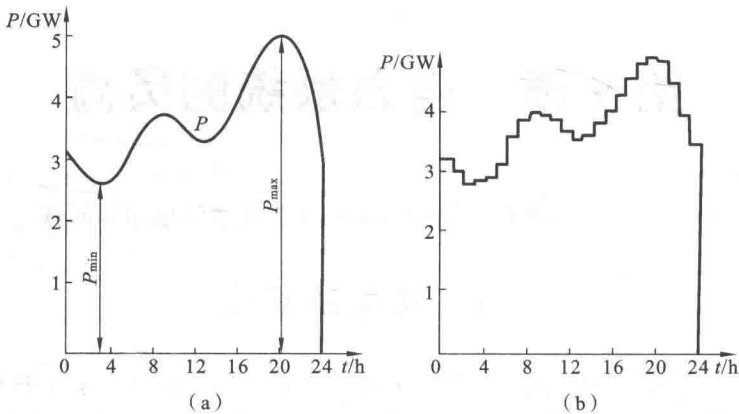


图 9-1 日负荷曲线

$$P_{av} = \frac{W_d}{24} = \frac{1}{24} \int_0^{24} P dt \quad (9-1)$$

为了说明负荷曲线的起伏特性,常引用这样两个系数:负荷率  $k_m$  和最小负荷系数  $\alpha$ 。

$$k_m = \frac{P_{av}}{P_{max}} \quad (9-2)$$

$$\alpha = \frac{P_{min}}{P_{max}} \quad (9-3)$$

这两个系数不仅用于日负荷曲线,也可用于其他时间段的负荷曲线。

对于不同性质的用户,负荷曲线是不同的。一般说来,负荷曲线的变化规律取决于负荷的性质、厂矿企业生产发展情况及作息制度、用电地区的地理位置、当地气候条件和人民生活习惯等。三班制连续生产的重工业,例如钢铁工业的日负荷曲线如图 9-2(a)所示,曲线比较平坦,最小负荷系数达到 0.85。一班制生产的轻工业,如食品工业的日负荷曲线如图 9-2(b)所示,负荷变化幅度大,最小负荷系数只有 0.13。非排灌季节的农业日负荷曲线如图 9-2(c)所示,农村加工用电每天仅 12 小时。市政生活负荷曲线中存在明显的照明用电高峰,如图 9-2(d)所示。在电力系统中各用户的日最大负荷不会都在同一时刻出现,日最小负荷也不会都在同一时刻出现。因此,系统的最大负荷总是小于各用户最大负荷之和,而系统的最小负荷总是大于各用户最小负荷之和。

日负荷曲线对电力系统的运行非常重要,它是安排日发电计划和确定系统运行方式的重要依据。

年最大负荷曲线描述一年内每月(或每日)最大有功功率负荷变化的情况,它主要用来安排发电设备的检修计划,同时也为制订发电机组或发电厂的扩建或新建计划提供依据。图 9-3 所示为年最大负荷曲线,其中划斜线的面积  $A$  代表各检修机组的容量和检修时间的乘积之和, $B$  是系统新装的机组容量。

在电力系统的运行分析中,还经常用到年持续负荷曲线,它按一年中系统负荷的数值大小及其持续小时数顺序排列而绘制成。例如,在全年 8760 小时中,有  $t_1$  小时负荷值为  $P_1$  (即最大值  $P_{max}$ ),  $t_2$  小时负荷值为  $P_2$ ,  $t_3$  小时负荷值为  $P_3$ ,于是可绘出如图 9-4 所示的年持续负荷曲线。在安排发电计划和进行可靠性估算时,常用到这种曲线。

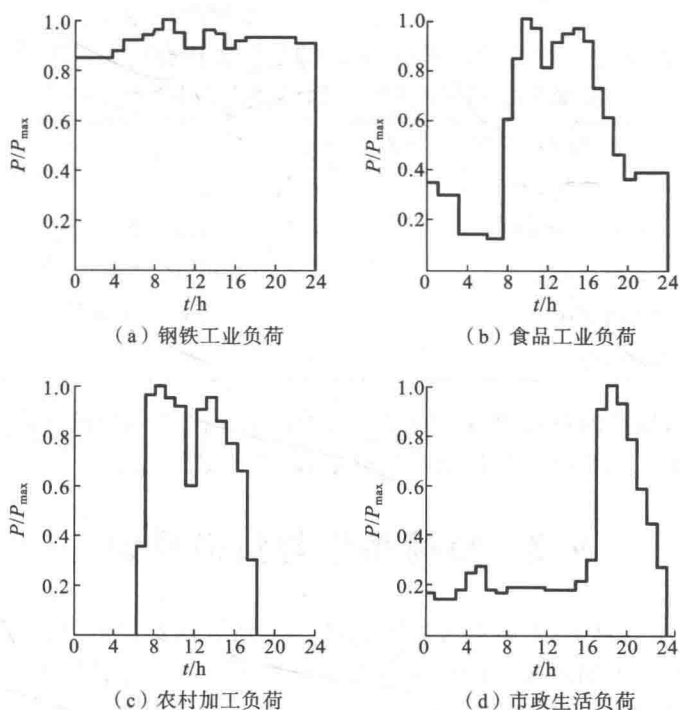


图 9-2 不同行业的有功功率日负荷曲线

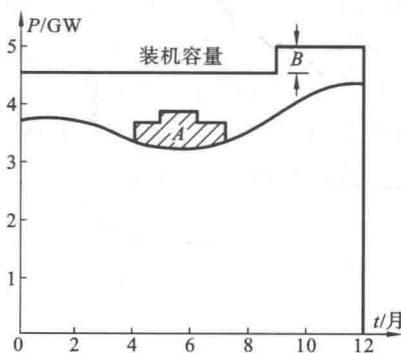


图 9-3 年最大负荷曲线

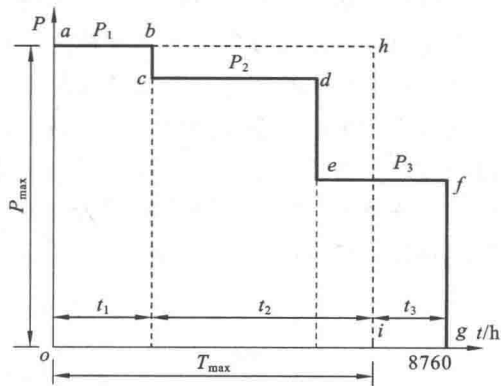


图 9-4 年持续负荷曲线

根据年持续负荷曲线可以确定系统负荷的全年耗电量为

$$W = \int_0^{8760} P dt$$

如果负荷始终等于最大值  $P_{\max}$ , 经过  $T_{\max}$  小时后所消耗的电能恰好等于全年的实际耗电量, 则称  $T_{\max}$  为最大负荷利用小时数, 即

$$T_{\max} = \frac{W}{P_{\max}} = \frac{1}{P_{\max}} \int_0^{8760} P dt \quad (9-4)$$

对于图 9-4 所示的年持续负荷曲线, 若使矩形面积  $oahio$  同面积  $oabcdefgo$  相等, 则线段  $\overline{oi}$



即等于  $T_{\max}$ 。

根据电力系统的运行经验,各类负荷的  $T_{\max}$  的数值大体有一个范围(见表 9-2)。

表 9-2 各类用户的年最大负荷利用小时数

负荷类型	$T_{\max}/h$
户内照明及生活用电	2000~3000
一班制企业用电	1500~2200
二班制企业用电	3000~4500
三班制企业用电	6000~7000
农灌用电	1000~1500

在设计电网时,用户的负荷曲线往往是未知的。如果知道用户的性质,就可以选择适当的  $T_{\max}$  值,从而近似地估算出用户的全年耗电量,即  $W = P_{\max} T_{\max}$ 。

### 9.3 负荷特性与负荷模型

在电力系统分析计算中,常将电力网覆盖的广大地区内难以胜数的电力用户合并为数量不多的负荷,分接在不同地区不同电压等级的母线上。每一个负荷都代表一定数量的各类用电设备及相关的变配电设备的组合,这样的组合亦称为综合负荷。各个综合负荷功率大小不等,成分各异。一个综合负荷可能代表一个企业,也可能代表一个地区。

综合负荷的功率一般是要随系统的运行参数(主要是电压和频率)的变化而变化的,反映这种变化规律的曲线或数学表达式称为负荷特性。负荷特性包括动态特性和静态特性。动态特性反映电压和频率急剧变化时负荷功率随时间的变化。静态特性则代表稳态下负荷功率和电压与频率的关系。当频率维持额定值不变时,负荷功率与电压的关系称为负荷的电压静态特性。当负荷端电压维持额定值不变时,负荷功率与频率的关系称为负荷的频率静态特性。各类用户的负荷特性依其用电设备的组成情况而不同,一般是通过实测确定。图 9-5 表示由 6 kV 电压供电的中小工业负荷的静态特性。

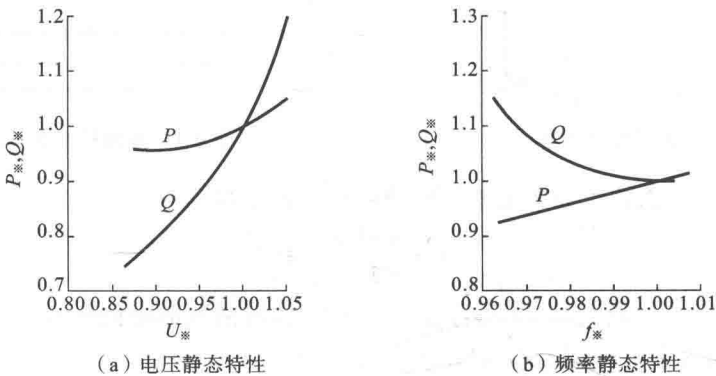


图 9-5 6 kV 综合中小工业负荷的静态特性

负荷组成:异步电动机 79.1%;同步电动机 3.2%;电热电炉 17.7%