

张峰 编著

电力负荷管理技术

DIANLI FUHE
GUANLI JISHU



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电力负荷管理技术

张 峰 编著
陆荣华 审核



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

针对我国电力负荷管理技术目前的实际应用状况,为了使电力负荷管理技术得到进一步的推广并提高相关技术人员的技术水平,提高使用电力负荷管理系统的熟练程度,特编写了本书。本书主要包括:电力负荷管理的基本概念、国外电力负荷管理技术的发展、电力负荷与电量预测、电力电量平衡、电力负荷特性分析、电力需求侧管理、电力负荷管理系统等。着重介绍了我国目前电力负荷管理系统及所用的设备、通信信道以及系统的安装、调试、维护等,配以大量的系统实际操作界面截图,图文并茂,通俗易懂。

本书可作为电力企业从事电力负荷管理工作人员的实用参考书和培训教材,也可供电力企业有关领导和工程技术人员,以及大专院校相关专业师生使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力负荷管理技术/张峰编著. —北京:中国电力出版社, 2005

ISBN 7-5083-2938-4

I. 电... II. 张... III. 电力系统-负载(电)-管理 IV. TM715

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 011241 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

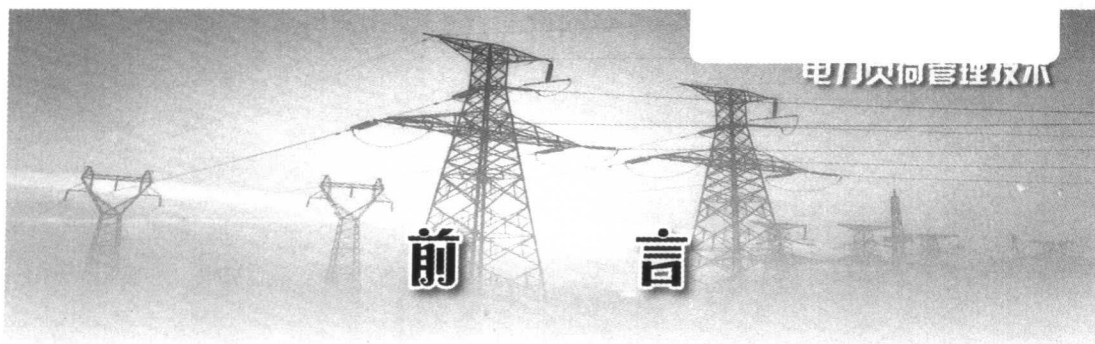
2005 年 2 月第一版 2005 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 28.25 印张 694 千字

印数 0001—3000 册 定价 44.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)



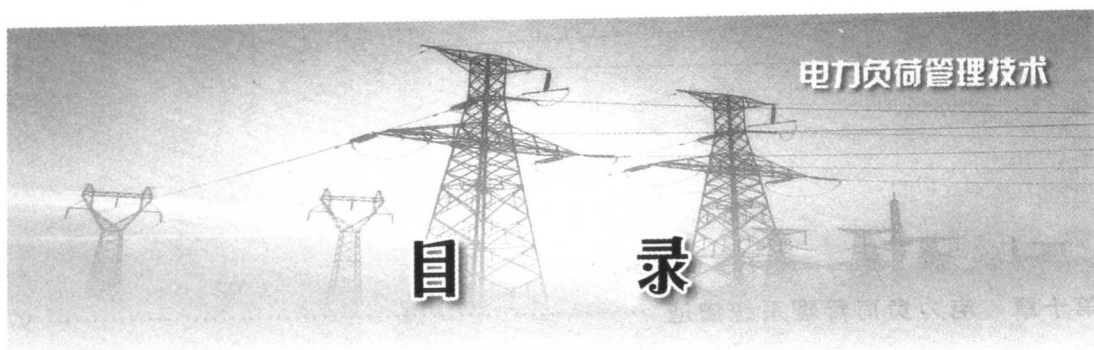
我国 1977 年开始进行电力负荷控制技术的研究, 1977 ~ 1986 年是探索阶段。研究了国外电力负荷控制技术所采用的各种方法, 自行研制了包括音频、工频波形畸变、电力线载波、电话线传送控制信号和无线电控制等多种装置, 同时又由国外购入了一批音频电力负荷控制设备, 安装在北京、上海、沈阳等地。由 1987 ~ 1989 年进入有组织的试点阶段。主要是试点开发国产的音频和无线电负荷控制系统, 各生产了两套, 分别在济南、石家庄和南通、郑州安装使用, 都获得了成功。在试点的基础上, 1989 年底在郑州召开了全国计划用电会议, 要求首先在全国直辖市省会城市和主要开放城市重点推广应用, 然后在所有地(市)级城市中全面推广。由 1990 年以后, 全国已有约 180 个地(市)级城市供电系统规模不等地建设了负荷控制系统, 还有部分发达地区的县级城市也开展了这项工作。这些系统普遍都采用了无线电作为组网信道, 部分采用了音频或电力载波, 近年发展采用了公用网作为组网信道。

从 1999 年开始全国电力供应紧张形势有所缓解, 电力负荷控制系统的功能逐渐从控制转向管理, 从限电转向服务, 对电力负荷管理系统提出了更高要求。但是在 2003 年全国又有 19 个省市出现拉闸限电。到 2004 年一季度, 共有 24 个省级电网出现拉闸限电, 全国电力供应形势再度严峻, 这就要求负荷管理系统这一错峰限电的技术手段更好地发挥作用, 组织好企业错峰, 达到不拉或少拉供电线路, 削峰填谷并提高电网负荷率。为达到这一目标要求负荷管理系统的管理运行人员是一支具有专业知识、技术熟练、业务精通的电力营销管理现代化的队伍。

本书是在收集现有资料的基础上, 结合实际工作完成的, 可以作为电力企业从事电力负荷管理系统管理、运行、维护人员的实用参考书和技术培训资料, 也可供电力企业有关领导和工程技术人员以及大专院校有关专业师生学习参考。在本书的整理和编写过程中, 上海协同科技股份有限公司、南京新联电子公司给予了大力支持, 同时还得到了许多专家的支持、指导, 在此一并表示感谢, 并对编写中参阅的有关书刊、文献的作者致以敬意与感谢。限于编者水平, 书中内容难免有疏漏和不尽确切之处, 恳请广大读者批评指正。

编者

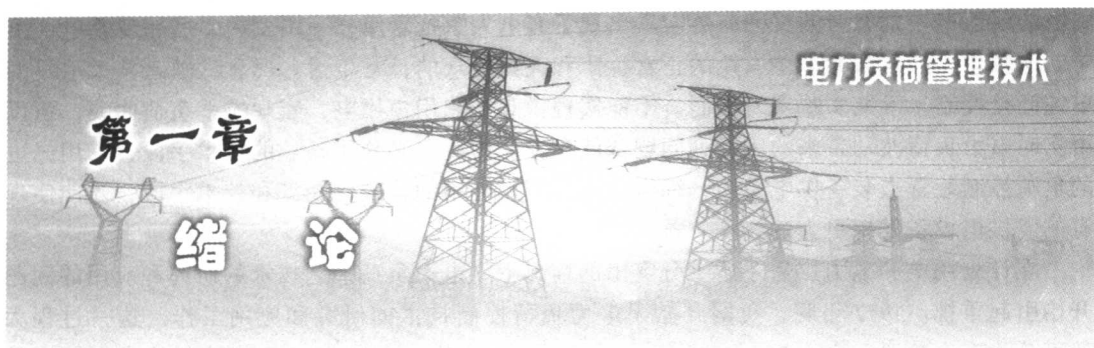
2004 年 12 月



前言

第一章 绪论	1
第二章 电力负荷与电量预测	6
第三章 电力电量平衡	18
第一节 电力平衡概念	18
第二节 电力平衡重要性	19
第三节 调整负荷	21
第四章 电力负荷特性分析	24
第五章 电力需求侧管理	29
第一节 电力需求侧管理概述	29
第二节 电力需求侧管理手段	33
第六章 电力负荷管理系统的组成	37
第七章 电力负荷管理系统中心站的组成和环境要求	40
第一节 中心站的组成	40
第二节 中心站的环境要求	41
第八章 电力负荷管理系统主要功能	44
第九章 电力负荷管理系统远程终端	49
第一节 终端基本组成和工作原理	49
第二节 典型终端介绍	74

第十章 电力负荷管理系统信道	97
第一节 无线专用数传网	97
第二节 管理中心无线数传设备	110
第三节 无线智能中继站	118
第四节 微波和光纤信道	126
第五节 有线拨号	127
第六节 公网通信	127
第七节 多信道系统信道网架结构应用	133
第十一章 电力负荷管理系统软件	136
第一节 基本术语和基本操作说明	136
第二节 系统安装	139
第三节 网络通讯	148
第四节 前置机通讯	149
第五节 中心控制	150
第六节 负荷控制管理系统	164
第七节 电力负荷管理系统的扩展功能	231
第八节 接线图编辑	294
第九节 统计分析	297
第十二章 电力负荷管理系统的安装、调试、开通和使用、维护	323
第一节 概述	323
第二节 中心站计算机网络建设和软件安装	323
第三节 主站通信设备安装	337
第四节 中继站设备的安装	341
第五节 终端设备的安装	343
附录 1 电力负荷控制系统通用技术条件 GB/T 15148—1994	365
附录 2 无线电负荷控制双向终端技术条件 DL/T 533—1993	372
附录 3 电力负荷控制系统数据传输规约 DL/T 535—1993	391



一、电力负荷管理技术的基本概念

电力负荷管理技术无论是在缺电情况下的技术限电还是对用电负荷的经济管理,都是十分有效的技术手段,也是移峰填谷的先进手段。负荷管理系统与配电调度自动化系统相结合,促进了电网管理向现代化方向发展,提高了电力调度自动化、办公自动化和电力营销管理现代化的实用水平。

通过各地的统计表明,高峰时段在用户侧调整 1kW 负荷的装置,投资只要 50~70 元,仅为生产和输送相同功率的发输变电设备投资的 1%。在我国人均用电水平还很低的情况下,技术限电措施不仅缓解了电力的短缺,而且把电力资源的配置和合理利用提高到了一个新的水平。

二、国内外电力负荷管理技术的发展

(一) 国外负荷控制技术的发展

对用电负荷进行控制的想法,是伴随着电力工业的产生和发展而出现的。1897 年,约瑟夫若丁取得了一项英国专利,用不同电价鼓励用户均衡用电。1913 年,都德尔等三人提出了把 200Hz/10V 的电压叠加在供电网络上去控制路灯和热水器的方案,这是最早的音频控制方法。1931 年,韦伯提出了用单一频率编码的专利,这是现在广泛采用的脉冲时间间隔码的先导。

自 20 世纪 40 年代起,欧洲大陆各国已广泛地发展和应用了集中音频控制技术。日本在 60 年代开始注意研究负荷控制技术,从欧洲引进制造技术,到 70 年代已广泛安装使用了音频脉冲控制装置。而美国,由于资源较丰富,开始并不重视负荷控制问题。后来在石油危机的冲击下,才认识到充分利用能源的重要性,开始大力研究负荷控制技术,在 70 年代中期,先引进了瑞士的音频脉冲控制装置,后来又开发了无线电负荷控制,配电载波负荷控制和工频电压波形畸变控制等多种方式,到 1980 年美国已经装备了 170 多个负荷控制系统。

到 20 世纪 90 年代初期,世界上已有几十个国家使用了各种电力负荷控制系统,先后安装的各类终端设备已达几千万台,可控负荷覆盖面占全世界发电总装机容量的 10% 以上。

(二) 我国负荷控制技术的发展

在我国,电力负荷控制技术起步较晚。以前,传统的电力负荷方法是采用行政、经济手段进行间接控制,这是针对我国缺电较严重的情况提出的,是用来解决供需矛盾、调整负荷曲线、保证电网安全经济运行的有效措施。但是,由于缺乏必要的技术手段,很多地方计划

用电的政策得不到有力的贯彻与落实。出现了有电大家抢着用，一用就超，一超就断电，由于断电频繁，严重影响了工农业的正常生产和人民群众的日常生活。况且，缺乏技术手段的单纯间接控制，不能实现实时控制。不能实现微观控制用户用电，宏观拉平负荷曲线，所以由实时电力负荷波动带来的一系列问题依然存在。为此，必须用科学的技术手段，采用先进的负荷控制装置去装备供电系统，综合运用计划用电中的行政、经济和技术手段，才能使现有的发供电设备发挥更大的经济效益。

在计划用电和电力供需矛盾十分突出的情况下，电力负荷控制技术的研究和应用的问题开始引起重视。1977年底，我国开始了电力负荷控制技术的研究和应用工作，这一过程大致可分为三个阶段。由1977~1986年为探索阶段：研究了国外电力负荷控制技术所采用的各种方法，并自行研制了音频、工频波形畸变、电力线载波和无线电控制等多种装置。同时由国外引进一批音频控制设备，安装在北京、上海、沈阳等地。由1987~1989年是有组织的试点阶段：主要试点开发国产的音频和无线电负荷控制系统，分别在济南、石家庄、南通和郑州安装使用，都获得了成功。在试点成功的基础上，1989年底在郑州召开了全国计划用电会议，要求首先在全国直辖市省会城市和主要开放城市重点推广应用，然后在所有地（市）级城市中全面推广。从1990年开始进入了全面推广应用电力负荷控制系统阶段。至1996年上半年，全国已有约180个地（市）级城市供电系统规模不等的建设了负荷控制系统，还有少数县级城市也开展了这项工作。

1996年7月19日，重庆市经过三年多的努力，首先实现了负荷控制系统实用化达标，由电力工业部正式验收；12月烟台和郑州两市也通过了电力工业部的正式验收，标志着我国负荷控制的推广应用工作进入了一个新的阶段。目前，许多负荷控制与管理系统已通过实用化考核和电力工业部及网、省局的实用化验收，正在向县级电力部门推广。

无线电信道传输控制信号具有投资少、见效快、实时性强和安装调试方便等特点，加之我国的电网管理体制和负荷管理的现状，因此，我国绝大部分系统采用无线电作为组网信道构成集中控制的系统。虽然无线电亦有其固有的缺点，如超短波频率传输路线是直线的，易受高山或高大建筑物的阻挡，但这个特点可以通过信道的精心设计：选择合适的架设地点、适当的天线高度和设立中继站等办法来解决。无线电信道还存在一个易受电磁波干扰的问题，但是随着无线数传通信技术、计算机技术和信息处理技术的发展，很多可采用的抗干扰措施足以弥补这项缺点，保障无线电力负荷管理系统的各项功能不受影响。

（三）我国电力负荷控制功能向负荷管理功能的转变

进入20世纪90年代中期，随着国家经济体制改革的不断深入以及社会主义市场经济的不断发展和完善，电网的建设也有了相当的规模，电力供需矛盾趋于缓和，大部分地区不缺电，限电断电的现象已基本消失，某些地区还形成了供过于求的局面，卖方市场的形成要求电力企业进一步转变观念，加强管理，完善服务，促进销售。随着电力部门市场化进程的加快，对电力负荷控制系统技术发展提出了新的更高层次的要求，从系统功能上弱化“控制”，增强“管理”，逐步适应电力企业商业化营运的要求和不断改进企业管理增强企业效益的要求，在电力负荷控制系统的基础上加强和完善了负荷管理的功能。电力负荷管理系统通信规约已逐步推广和应用，标志着“电力负荷管理系统”的初步形成。经过数年的开发与应用，系统的技术突出了负荷管理的地位与作用，实用化的程度进一步提高，功能的拓展始终围绕电力企业经济效益的提高而展开，一般的系统都具有较好的开放性和可扩充性。由于系统本

身是根据我国国情自主开发研制的,具有完善的“三通”功能和“当地控制”功能,微机化的终端具有强大的数据采样和通信功能,微机网络技术的发展和运用,使负荷管理系统很方便地与其他电力自动化系统联网,实现数据的共享,因此本系统的软、硬件配置依然保持着较好的可扩充性。实践证明,在市场经济条件下,随着电力行业的改革不断深化,电力负荷管理系统的系统功能的进一步扩大应用对提升用电管理水平和营销管理水平起到更加积极的作用。

由于历史的原因,电力企业重生产、轻经营、重发轻供不管用的企业管理模式已维持了相当长的时间,为此电力是商品的意识在社会上普遍淡化,电力营销中没有完全遵循市场经济的基本规律。虽然电力企业的经济体制和经营机制发生了巨大变化,企业作为主体进入市场,但由于电力这个商品的特殊性,导致该商品的市场认知度不高,先用电,后收费的现象依然很普通,造成了费用回收困难,丧失了资金的时间价值,使电力企业蒙受损失。人工“抄、核、收”的工作流程是在传统经济管理模式下制定的,在营销过程缺乏技术手段,不能有效地起到监督、检查的作用,分析缺乏科学的依据,电力营销过程中各种不正常的现象依然很严重,影响了企业经济效益。如何适应市场经济的需要,应用何种技术手段使电力企业敏锐地洞察市场信息,为客户提供优质服务,做出正确的营销决策,解决电力营销中所面对的各种困难,成为了企业经营活动中所关注的热点问题。

电力负荷与电量综合管理系统涵盖了变电站、用户、台式变压器、居民集抄,核心是负荷与电量管理,较为符合电力企业市场发展及经营管理的需要。该系统软硬件的开发及商品化是总结各地电力负荷管理系统应用的经验,结合新的历史条件下的新的需求而进行研制的,其过程严格按照 ISO-9001 质量体系要求进行了需求分析,设计评审及现场测试,正在逐步推广应用。

(四) 电力负荷管理技术在我国现状

随着电力事业的发展和工农业生产的宏观调控,我国的电力供需矛盾逐渐缓解,需要在电力负荷控制系统的基础上扩展功能,使之在用电管理方面发挥出更重要的作用。把这些扩展的功能和负荷控制综合在一起,就成了负荷管理系统。它是实现用电管理现代化的重要手段,这些扩展的功能主要包括:

1. 为电能管理服务

通过 RTU 的 485 接口实现管理中心的集中抄表;管理中心与电费结算系统联网;通过管理中心下达购电指标给 RTU,实施预购电制;利用系统定量控制功能,实施催交电费性限电;监测电流电压为用电监察服务。

2. 为广大电力用户提供信息,更好地为用户服务

管理中心可发布电力系统检修停电、电力预测等供电信息,由 RTU 以汉字方式显示和语音提示;管理中心与电力部门 BP 机台联网,向 BP 机用户发布供电信息。

3. 有效控制地方上网电厂

在地方上网电厂装备双向 RTU 对其监控,使之按电网系统要求发电,使电网发挥更大的经济效能,减少环境污染。

4. 为配网自动化服务

利用无线电力负荷管理系统无线信道和网架结构,传输配网自动化系统数据信息,以免重复投资。

5. 管理中心计算机网络具有联网或通信功能

与调度 SCADA 系统、管理 MIS 系统、省电力公司、地方经贸委等管理部门等的联网或通信功能,实现数据共享。

6. 实现地区、县、大用户的分级管理及联网功能

实现分级管理及联网功能,将负荷集中管理与用户内部管理相结合,在管理中心优先监控下,用户利用 RTU 实现内部的能量管理,使负荷管理成为用户侧管理的有效手段之一。

电力负荷管理系统的应用面和规模不断扩大,系统的功能和质量都有了很大的改进和提高,电力负荷管理技术正向更高层次发展,其主要表现在:

(1) 功能扩展。电力营销现代化服务,实现需求侧管理。

(2) 提高系统实时性。多频道同时工作(一般一个频道的 RTU 不超过 600 个),从软件上实现一台前置机控制多个频道同时巡测,缩短了系统巡测时间;提高数据传输速率,从 600bit/s 提高到 1200bit/s 必要时可达 2400bit/s 或更高;减少信道建立时间,适度压缩巡测数据内容。

(3) 系统信道多样化。无线电信道,微波信道,一点多址微波信道、扩频信道、有线信道均可单独使用或综合使用;对地形复杂的地区可架设智能化无线中继,也可用微波中继、扩频中继、一点多址微波中继、电话或专线中继,还可采用光纤或分组交换网 X.25 专线信道;对个别地形较差的点可采用终端转发技术。

(4) 终端技术发展。终端除具有常规功能外,还扩展了抄表功能、语言提示、报警功能、汉字显示功能,可显示用电信息。

(5) 产品质量提高。系统的可靠性和设备的环境适应性、电磁兼容性、安全性、维修性均不断提高。可靠性(包括软、硬件)在设计上、生产上、安装调试和使用维修上给予可靠保障,使双向终端的 MTBF 实际可达 5 万 h 以上。

电力负荷管理技术是实现计划用电,节约用电和安全用电的技术手段,也是配网自动化、用电管理自动化的一个重要组成部分。该技术通过对负荷的管理达到改善负荷曲线,使电力负荷较为均衡地使用的目的,能使电力部门对分散的电力用户以实时方式进行集中管理,达到控制到户,真正限电不拉闸的目标。从而确保用电的平衡,保障电网安全经济的运行,落实计划用电政策,合理地分配、调度电力和科学地管理电力,为计量监测、营业抄收、线损管理等工作提供丰富的电网和用电参数。我国从开始研究电力负荷控制技术到现在广泛地应用电力负荷管理系统,已走过了 20 年的历史,取得了十分可喜的成效。随着我国改革开放的深入和电力事业的发展,电力负荷管理技术必将在用电管理现代化的发展中,显示出其重要性。

(五) 我国负荷管理技术的发展方向

每项技术都需要居安思危,不断地寻找使自己进步的发展方向,随着电力部门的分割与改革,原先的许多操作模式与职能分配将发生较大的变化,电力负荷管理系统在未来之路如何走是每个从事这个行业的人应不断思考的事。

1. 通信组网技术的多样化

系统每台终端明天也许都有热备份的两套信道,一套是无线或光缆的专用信道,另一套是 GPRS 或载波的公用信道。

2. 故障诊断与维护自动化

终端通过远程网络技术的连接、终端可擦除内存的应用以及软件自诊断技术的开发，实现故障自诊断并通过远方下载实现维护自动化。

3. 服务性系统

通过终端对用户进行多方位服务，不但可实现对用户的各项人性化服务，还能针对每天分时电价的不同与用户具体用电特性制定最佳用电曲线并监视执行，为用户节约成本、创造效益。

4. 用电企业的最佳助手

随着供电公司的独立运作，系统将作为供电公司的主要技术支持，利用软硬件技术的快速发展，将负荷预测、线损分析、谐波检测、营业运作、多媒体信息查询等功能不断完善，使系统成为每个供电公司、每个用电用户必备。

5. 终端多样化

开发多种终端，也许将来每个家庭用户的家里都有一台人性化的微型服务终端。

第二章

电力负荷与电量预测

电力系统的任务是给广大用户不间断提供优质电能,满足各类负荷的需求。电力负荷预测是电力系统管理部门的基础工作,是今后进行电网商业化运营所必需的基本内容,其重要性已经越来越被人们所认识。同时,电力负荷预测又是一项工作量大,需要反复进行的复杂工作。随着国家经济的发展,电力企业走向市场的形势对电力负荷预测提出了新的要求,如何使预测手段及预测结果满足市场经济化的电力发展是预测人员所面临的新课题。

在电力市场中,参与市场交易的发电企业、电网经营企业、供电企业(含独立配售电企业)、经核准的用户以及市场运营机构(即电网调度交易中心),都通过市场分析与预测系统,可以提前获得市场未来的发电预期目标、负荷预测、交易价格趋势、输电网络可用传输能力及系统安全水平,便于交易决策和组织交易。

准确的负荷预测,可以经济合理地安排电网内部发电机组的启停,保持电网运行的安全稳定,减少不必要的储备容量,合理安排机组检修计划,保证社会的正常生产和生活,有效地降低发电成本,提高经济效益和社会效益。

为了适应电网管理现代化、科学化的要求;为了减轻电力负荷预测工程师经常进行的数据整理、加工和计算工作;为了保证数据的可继承性和做到与其他部门信息共享;为了使计算机技术在电力负荷预测中发挥重要作用;为适应新的电力市场需求,必须开发新一代的负荷预测模块。为此,需要充分应用最先进的科学预测理论,运用当今计算机技术手段,作出符合市场需求,贴近电力市场短期与中长期的科学预测。

从整个系统来说,电力系统长期负荷预测对电源的设计安排有决定性的指导意义,中期负荷预测会对发电设备的检修维护计划产生影响,而短期负荷预测对于发电机组单元优化组合、燃料分配等是必需的。在过去计划经济体制下,发电计划决定用电计划,发多少用多少,始终存在瓶颈效应和人为干预的情况。随着我国电源建设的逐步完善,电力走入市场经济,在提高运行效率、效益的目标下,发电计划将越来越依赖于市场的需求。电力作为一种商品竞价上网,合同预购已是大势所趋,需求侧(用户侧)的短期预测将成为这一转变中的重要一环。所有经营电力商品的企业必需对区内用户短期需求有较准确的预测。

电力系统负荷预测是指从已知的经济、社会发展和电力系统需求情况出发,在正确理论的指导下,通过调查研究掌握大量翔实的历史数据并加以分析的基础上,运用可靠的方法与手段,探索事物间的内在联系和发展规律,以未来年份经济、社会发展情况的预测结果为依据,对电力负荷的发展趋势做出科学合理的估计与预测。负荷预测的目的是得到合理的电力

负荷预测结果，核心是根据预测对象的历史资料，建立数学模型来表述其发展变化的规律。

一、电力系统负荷预测的目的

科学的预测是正确决策的依据和保证。电力系统负荷预测实际上是对电力市场需求的预测。

在商业化运行体制下，做好负荷预测工作直接关系到电网运行的成本和供电公司的切身利益。

二、预测的特点

(一) 预测结果不准确性

电力负荷的未来发展受到各种复杂因素的影响，而且各种影响因素也是变化的，如社会经济发展、人口增长、全球气候变化、新技术发展、能源产业政策等，众对有些因素能预先估计，有些则不能或很难准确预测。同时，科学的预测方法与理论的不断更新，将影响到预测精度。

(二) 预测的条件性

各种电力负荷预测都是在一定条件下作出的。这些条件有必然条件和假设条件，按必然条件作出的负荷预测往往是可靠的，按假设条件作出的预测准确性显然具有条件性。

(三) 预测结果的多方案性

由于负荷预测具有精度总是及受之于一定预测条件的制约，预测手段及理论数学模型必然有多样性，使预测的结果并非是唯一的。

为搞好负荷预测，必须作好以下两点工作。

(1) 收集和掌握大量的历史数据。历史资料是进行电力系统负荷预测的基础，既要收集负荷数据，又要影响负荷情况的相关因素数据。

这些资料的来源主要有两种途径：

- 1) 国家相关部门及相关机构定期或不定期发表的报刊、资料、文献及出版物；
- 2) 预测人员通过调查获得的资料。

对历史资料要进行整理与校核，保证完整性与准确性，对异常数据需修正或剔除。作出客观而全面的统计分析，为预测工作打好基础。统计分析的目标是选出有代表性的、真实与可用程度高的资料，作为预测的基础数据。

(2) 采用新的科学预测理论与分析方法，同时，还必须注意与负荷预测相关的领域的发展动向，使电力负荷预测的理论基础保持先进性、前瞻性。

此外，在世界各国，由于电力需求随着经济增长的趋势类同，因此，在进行电力负荷预测时，可以参照国外的电力消费资料，确定本国的电力需求量。此方法的关键是选择适当的对比国家。一般选经济发达、且经济结构与本国有某种相似的国家作对比与分析。

由于预测量发展变化的规律复杂多样，采用单一方法进行预测，很难取得令人满意的结果，这就要求负荷预测模块建立完备的预测模型库。其次，预测方法本身应能具备较强的适应性，应该能够在多种预测模型得到的结果基础上，进行合理的综合分析、优化组合、得到最接近于客观规律、可靠性好、预测精度高的综合模型。

(四) 预测的重要性

预测中的长期预测非常重要。由于电力建设周期长、耗资大，使电力需求预测中的长期预测更为重要。

三、预测的内容

负荷预测主要分为电量预测和负荷预测,电量预测包括全社会电量、网供电量、各行业电量、各产业电量;负荷预测包括最大负荷、最小负荷、峰谷差、负荷率、负荷曲线等。它们的预报内容包括以下几点。

(一) 年度预测 (长期)

制订电力系统发展计划的基础,目的是为合理安排电源和电网的建设进度提供宏观决策依据。

(二) 月度预测 (中期)

电力计划部门的重要工作是为了合理安排电力系统中期运行计划,降低运行成本,提高供电可靠性。

(三) 日度预测 (短期及超短期)

进行万万分钟到小时作为预测时段,即以逐日的负荷曲线作为预测内容,是电力系统经济运行的前提,其目的是为了合理地安排电力系统的短期运行计划,更加可靠地满足负荷要求。

四、传统预测技术

传统预测技术包括经验预测技术和经典预测技术。经验预测技术主要是依靠专家的判断进行预测,这种预测技术可以判断出电力需求变化的趋势,包括专家预测法、类比法和主观概率法等。经典预测技术主要是指电力需求预测的经典方法,包括单耗法、电力弹性系数法和负荷密度法等。

(一) 经验预测技术

经验预测技术一般用于没有历史数据,不能采用模型进行预测的情况,此时采用经验预测方法,对事物今后的发展趋势进行描述。在电力需求预测中,常采用经验预测技术对电力需求的发展趋势进行描述,从而对电力需求给出一个方向性的结论。常用的经验预测技术有专家意见法、类比法和主观概率法等。

1. 专家意见法

(1) 个人专家意见法。个人专家意见法是指由决策者凭借个人经验对客观事物进行分析、判断,并预测事物未来发展的情况。这种方法的优点是能综合考虑各方面的因素,简单快捷。缺点是由于凭借决策者个人的经验,可能会出现因个人经验不足,或客观依据不足使预测出现偏差,甚至失误。

(2) 组织专家会议。组织专家会议是指由电力企业负责人召集各部门负责人或营销人员,广泛交换意见,进行预测,然后将不同人员的预测值进行综合,得出预测结果。这种方法的优点是简单易行,同时由于吸收各方意见,预测的准确性较高。缺点是易造成屈从多数人或权威人士的意见,而忽视少数人的正确意见,并且花费较高。

(3) 头脑风暴法。头脑风暴法又称 BS 法,是一种倡导思维活跃的预测方法。一般要求在组织专家会议的基础上,遵循两个规定:一是在组织专家会议的过程中,谁也不反对谁的意见。二是谁提出新的建议都给予称赞和肯定,并在别人意见的基础上进行补充和完善。这种方法的优点是会议气氛轻松融洽,参加会议的人员思维敏捷。实践证明这种方法比一般组织专家会议的效率要高得多。

(4) 特尔菲法。特尔菲是古希腊阿波罗神杀死恶龙的地方,以特尔菲这个地名来命名预

测的方法，说明这种方法具有一定的预见性。特尔菲法是按照规定的程序，由预测领导小组将所要预测的问题和有关资料，用通信的方式向各位专家们提出，得到答复后，把各种意见归纳、整理后再反馈给各位专家，进一步征询意见，如此反复多次，直到预测的问题得到较为满意的结果为止。

采用特尔菲法，需要有一个预测领导小组，按如下的程序进行：

1) 确定预测课题。预测领导小组首先要确定预测的课题，这是预测的起点。

2) 选择预测专家。选择预测专家时首先要根据预测的问题确定该领域的专家，同时要考虑相关领域的专家；另外所选择的专家要有一定数量的要求，专家数量不能太多也不能太少，专家太多，不易于资料的收集与整理，专家太少，起不到预测的效果；其次所选择的预测专家一定要有持之以恒的工作精神，要愿意做这项预测工作。

3) 设计调查咨询表。采用特尔菲法进行预测需要设计调查所需的咨询表，设计调查咨询表时要遵循必要性、可行性、准确性、客观性和艺术性等要求。

4) 逐轮咨询与信息反馈。将所设计的调查表寄到各位专家所在地，由专家就所要预测的问题进行预测，并将预测结果反馈到预测领导小组，领导小组将各个专家预测的结果采用一定的统计方法进行处理后，将一定的预测结果通过新的调查咨询表再寄给各位专家，各专家再重新考虑预测问题之后给出新的预测内容，并将新的预测内容再反馈给预测领导小组。如此反复进行信息反馈，直到预测结果趋于一致。

5) 预测结果的定量处理。预测结果进行定量处理时，可以采用中位值法或直方图法。

中位值法是采用中位值和上、下四分点进行定量处理。例如预测某开发地区五年后的电力需求量，10名专家的预测意见按照需求量大小顺序排列后，见表2-1。

表 2-1 电 力 需 求 量 表

专家编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
预测值 (万 kW)	100	136	140	170	190	190	190	192	210	230

由表2-1可得，预测的中位值是第5位专家的预测值，即190，上四分点是第2位、第3专家的预测值的平均值，即138，下四分点是第7位、第8位专家的预测的平均值，即201。预测的平均离散度为 $201 - 138 = 63$ 。一般离散度大，说明专家意见分散；离散度小，说明专家意见集中。

直方图法是将预测意见分组，计算出各组专家意见的比重，将有关数据画成直方图来进行定量处理。例如，将上例中的10名专家预测的数据进行分组，并计算预测值正好符合各组要求的专家在专家总数中所占的比例：

第Ⅰ组：100~130，所占比重为10%；

第Ⅱ组：131~160，所占比重为20%；

第Ⅲ组：161~190，所占比重为30%。

根据计算的比例，画出直方图，如图2-1所示。

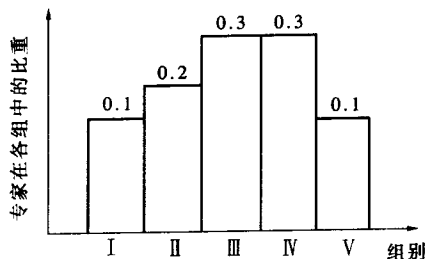


图 2-1 直方图

示。使用特尔菲法具有如下特点：

a. 匿名性。应邀参加预测的专家互不知晓，这就消除了专家们的心理影响。每一位专

家可以参考前一轮的预测结果,修改自己的意见而无需做出说明,无损自己的威望。

b. 反馈性。特尔非法通过信息反馈来进行预测,每一轮的结果进行整理后,反馈给专家作为下一轮预测判断的参考。这就给意见的调整和统一,最终获得正确的结论提供了方便。

c. 统计性。特尔非法可以使用统计方法对专家们的意见做定量处理。

使用特尔非法进行预测一般所需的时间较长,这是特尔非法不利的方面。这种方法一般适应于没有历史资料时,对电力需求发展趋势的预测。

2. 类比法

类比法是将类似事物进行分析比较,通过已知事物的特性对未知事物的特性进行预测的一种经验预测方法。例如开发一个落后地区作为经济开发区,由于开发区的经济发展对电力需求的要求是飞跃式的,因此对该地区的电力需求预测就不可能依据历史数据,采用定量的方法进行预测。此时,选择一个已建成的经济开发区,与将要建设的经济开发区进行分析比较,并对其电力需求的预测,这就是类比法。

采用类比法进行预测有一定的前提条件,即用于比较的两个事物要具有相似的特征,否则采用类比法就无效。

3. 主观概率法

概率通常分为客观概率和主观概率。客观概率是通过多次重复实验计算的频率来规定概率,由于这个概率是客观的,故称为客观概率。例如通过抛硬币,统计出现正面的次数,计算出现正面的概率,当掷硬币的次数很大时,这个概率接近 $1/2$,这个概率就是客观概率。但有的情况下,不能像掷硬币一样通过实验获得客观概率,而是靠人们的感觉和印象获得事物发生的概率,这种概率就叫主观概率。

主观概率预测法就是通过若干专家估计事物发生的主观概率,综合得出该事物的概率进行预测的方法。主观概率 p 同样要满足以下要求:

(1) 主观概率 p 要满足 $0 \leq p \leq 1$ 。

(2) 所有概率之和满足 $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ 其中 n 为影响概率的状态数。

(二) 经典预测技术

1. 单耗法

单耗法由于采用的单耗指标不同,可以分为用电单耗法和产值单耗法两种。

(1) 用电单耗法。用电单耗法是利用预测期各行业的主要产品的“单位产品的综合耗电定额”与对应产品在预测年度的“计划产量”进行预测。其预测模型为

$$W_j = k \sum_{i=1}^n A_i q_i \quad (2-1)$$

式中 W_j —— j 行业预测年度需电量;

A_i —— j 行业第 i 种产品的产量;

q_i —— j 行业第 i 种产品的单位产品的综合耗电定额;

n —— j 行业主要产品数;

k ——修正系数,即某行业全部需电量与该行业主要产品需电量和的比值系数。

通过上述公式可以预测各个行业的需电量,如果再将各行业的需电量相加,就可求得全

部工业的需电量。

值得注意的是，影响单位产品综合耗电定额的因素很多。在确定单位产品综合耗电定额时要分析这些因素的影响，找出变化的趋势，根据不同的地区、不同的生产条件，确定该地区的各种代表产品的综合耗电定额。

(2) 产值单耗法。产值单耗法的基本思路与用电单耗法的思路基本相同。它是利用预测期各行业的主要产品的“单位产值的综合耗电定额”与对应产品在预测年度的“计划产值”进行预测。其预测模型为

$$W_j = k \sum_{i=1}^n s_i b_i \quad (2-2)$$

式中 W_j —— j 行业预测年度需电量；

S_i —— j 行业第 i 种产品的产值；

b_i —— j 行业第 i 种产品的单位产值的综合耗电定额；

n —— j 行业主要产品数；

k ——修正系数，即某行业全部需电量与该行业主要产品需电量和的比值系数。

同样通过上述公式可以预测各个行业的需电量，如果再将各行业的需电量相加，就可求得全部工业的需电量。

2. 电力弹性系数法

我国和世界各国的历史统计资料表明，国民生产总值和电力消费之间有一定的相关关系。一般需电量的增长速度，要快于国民生产总值的增长速度，这种规律通常称为电力工业超前发展规律。需电量和国民生产总值之间的规律，通常用电力弹性系数表示。

所谓电力弹性系数是指一定时期内，需电量的平均增长速度与国民生产总值的平均增长速度之比。可用式 (2-3) 表示

$$K = \frac{V_w}{V} \quad (2-3)$$

式中 K ——电力弹性系数；

V_w ——需电量平均增长速度；

V ——国民生产总值的平均增长速度。

如果选定了预测期内电力弹性系数值，并已知预测期内国民生产总值的计划平均增长速度，就可以预测该时期的需电量。预测公式为

$$W_n = (1 + KV)^n \cdot W_0 \quad (2-4)$$

式中 W_n ——需电量的预测值；

W_0 ——基期需电量的实际值；

n ——预测期。

电力弹性系数法是利用事物变化的相关关系进行需电量预测的方法之一，常用于电力需求的长期预测。采用电力弹性系数法可以预测全国或地区的综合需电量，也可以按部门，如工业部门、农业部门、交通运输等进行预测，然后综合各部门预测的结果，求得预测地区或全国的总需电量。

3. 负荷密度法

负荷密度法是依据预测地区的人口或土地面积的单位平均需电量与总人口或总土地面积