

电力 负荷 预测

肖国泉 王春 张福伟 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

DIANLI FUHE YUCE

TM715

2001553

电力负荷预测

肖国泉 王春 张福伟 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了电力负荷预测的含义、意义及特点、电力负荷预测的内容及程序、电力负荷特性指标分析、各电力负荷曲线及其编制方法。介绍的预测方法有电力弹性系数预测方法、单位耗电定额预测方法、时间序列预测方法、增长曲线预测方法、回归预测方法、投入产出预测方法、灰色预测方法、专家经验法、负荷密度法、国际比较法等。

本书可以作为电力高等院校工商管理、管理科学与工程专业的本科、二学位教材,也可供从事电力计划、规划的工程技术人员和电力系统各级管理干部参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力负荷预测/萧国泉,王春,张福伟编著. -北京:中国电力出版社, 2001

ISBN 7-5083-0527-2

I. 电… II. ①萧…②王…③张… III. 电力系统-负载(电)-预测 IV. TM715

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 03756 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](http://www.cepp.com.cn))

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2001 年 7 月第一版 2001 年 7 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 6.625 印张 173 千字

印数 0001—3000 册 定价 13.00 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)

全国发电装机容量在 1987 年跃上 1 亿 kW 之后, 经过 8 年的发展, 1995 年 3 月突破了 2 亿 kW。到 1997 年底, 全国发电装机容量和发电量分别达到了 2.5 亿 kW 和 11342 亿 kWh, 均列世界第二位。尤其值得指出的是从 1988 年起, 全国已经连续 10 年每年新增大中型机组超过 1000 万 kW。从 1993 年开始, 发电量每年平均以 6.2% 的速度增长, 基本上满足了国民经济发展的需要。如此高的发展速度, 在世界电力发展史上也是罕见的。

近年来, 随着电力工业的发展和国民经济结构的调整, 我国电力市场发生了很大的变化, 电力供需矛盾得到了初步缓解。从 1996 年下半年开始, 全国发电量增长速度有所减缓, 局部地区供过于求。另一方面, 虽然电力供需矛盾逐渐趋于缓和, 但是电力发展任务仍然十分艰巨。大部分电网的调峰能力不强, 高峰时段仍然要拉闸限电, 局部地区仍然存在缺电现象。到 1997 年底, 我国人均发电装机容量只有 0.21kW, 世界排名第 85 位; 人均年用电量 900kWh, 仅相当于世界平均水平的 1/3; 全国还有 11 个无电县, 还有 6000 万人口没有用上电, 电力供需矛盾并没有得到根本解决。“九五”后 3 年全国 GDP 发展速度达到 8%, 21 世纪前 10 年还要

保持在7%以上，这要求电力必须保持适当的发展速度。目前不少电网结构比较薄弱，在一定程度上限制了电力的消费。随着电网结构的逐步加强，那部分被抑制的电力需求将逐步释放出来。加之我国即将开始西部大开发，西部经济的发展也必将拉动电力负荷的增长。所有这些因素都说明我国电力工业在逐步建立电力市场的过程中，电力发展的任务依然十分艰巨。做好电力负荷预测工作是保证电力工业健康发展的前提，《电力负荷预测》正是基于以上认识，为满足客观需求和时代要求而编写的。学习和掌握本书内容，对于电力企业面向市场、走向市场、提高市场预测水平具有理论指导和实际操作应用意义。

全书共十一章，其中前言，第一、二、三、四、五、十一章由萧国泉编写，第六、七、八章由王春编写，第九、十章由张福伟编写，全书由萧国泉统稿。

本书在编写过程中参考了国内近几年出版的许多专著、教材、期刊文章以及一些研究生论文，在此，谨向这些专著、教材、期刊文章以及研究生论文的作者和出版单位表示诚挚的谢意。限于编者的学识水平，有错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2000年3月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 电力负荷预测的含义、意义及特点	1
第二节 电力负荷预测的内容及程序	4
第三节 电力负荷预测方法的分类	7
第二章 电力负荷分析	9
第一节 电力负荷分类及其特点	9
第二节 电力负荷曲线特性分析	14
第三节 电力负荷曲线特性指标分析	21
第三章 电力负荷曲线及其编制方法	30
第一节 电力负荷曲线的类别	30
第二节 负荷分布曲线的编制方法	37
第四章 电力弹性系数预测方法	42
第一节 电力弹性系数概念	42
第二节 常用的国民经济指标	43
第三节 利用电力弹性系数法预测	45
第四节 我国电力弹性系数影响因素分析	47
第五章 单位耗电定额预测方法（简称单耗法）	54
第一节 单位耗电定额的概念	54
第二节 单耗法	56

第三节	影响产值（或产量）单耗的因素分析	58
第六章	时间序列预测方法	65
第一节	时间序列的概念与特征	65
第二节	时间序列趋势分析与时间回归	68
第三节	移动平均法	69
第四节	指数平滑法	74
第五节	季节性时间序列的预测	80
第七章	增长曲线预测模型	93
第一节	指数增长曲线	93
第二节	修正指数增长曲线	95
第三节	逻辑增长曲线	99
第四节	龚珀兹增长曲线	104
第八章	回归预测模型	110
第一节	一元线性回归预测	110
第二节	多元线性回归预测	124
第三节	一元非线性回归预测	145
第九章	投入产出分析及预测	149
第一节	投入产出分析方法的起源	149
第二节	投入产出模型的种类及应用	151
第三节	部门间投入产出模型及预测	158
第十章	灰色预测方法	167
第一节	灰色预测概论	167
第二节	灰色系统的数学问题	169
第三节	关联分析	175
第四节	灰色建模与预测	186

第十一章 其他预测方法	199
第一节 专家经验法.....	199
第二节 负荷密度法.....	202
第三节 国际比较法.....	203

绪 论

第一节 电力负荷预测的含义、意义及特点

一、电力负荷预测的含义

电力负荷有两方面的含义：一方面是指电力工业的服务对象，包括使用电力的部门、机关、企事业单位、工厂、农村、车间、学校以及各种各样的用电设备；另一方面是指上述各用电单位、用电部门或用电设备使用电力和电量的具体数量。电力负荷预测中的负荷概念，是指国民经济整体或部门或地区对电力和电量消费的历史情况及未来的变化发展趋势。

电力负荷预测就是在正确的理论指导下，在调查研究掌握大量翔实资料的基础上，运用可靠的方法和手段对电力负荷的发展趋势作出科学合理的推断。

二、电力负荷预测的意义

电力用户是电力工业的服务对象，电力负荷的不断增长是电力工业发展的根据。正确地预测电力负荷，既是为了保证无条件供应国民经济各部门及人民生活以充足的电力的需要，也是电力工业自身健康发展的需要。电力负荷预测工作既是电力规划工作的重要组成部分，也是电力规划的基础。全国性的电力负荷预测，为编制全国电力规划提供依据，它规定了全国电力工业的发展水平、发展速度、能源动力资源的需求量，电力工业发展的资金需求量，以及电力工业发展对人力资源的需求量。地区或电网范围内的电力负荷预测成果，则是地区或电网范围内的电力规划

的基础，它为地区或电网的电力发展速度、电力建设规模、电力工业布局、能源资源平衡，地区或电网间的电力余缺调剂，以及地区或电网资金和人力资源的需求与平衡提供可靠的依据。因此，电力负荷预测是一项十分重要的工作，它对于保证电力工业的健康发展，乃至对整个国民经济的发展均有着十分重要的意义。

三、电力负荷预测的特点

与一般的经济预测相比，电力负荷预测具有以下特点：

1. 既要作短期预测，更要作中长期预测

电力负荷预测按预测期限可分为即期预测（日或周）、短期预测（12~24个月）、中期预测（5~10年）和长期预测（10~30年）四种。电力规划中的负荷预测主要指中长期预测。

即期预测用于编制发电机的运行计划，确定旋转备用容量，控制检修计划，估计收入，计算燃料及购入电量的数量和费用。在此短期内，发供电的固定成本及燃料储备均不变，预测只是一种手段，以促使现有的发电机组及电厂在最经济的状况下运行。这一般是在电网调度部门由编制运行方式的人员作预测。在这方面，已开始实施计算机控制。

短期预测与即期预测一样，发电的固定成本也不变。这种预测除用于电厂经济运行外，还用于确定检修计划，确定电力系统间的交换功率，水力发电工程的水库和水文情况的估计，核电厂燃料棒的管理，以及确定燃料和购电的数量和费用。在这期间还有可能调整输变电建设计划。这种预测主要在电力公司的计划部门做。

中期预测的期限大致与电力工程项目的建设周期相适应，因此，对电力部门来讲这种期限的预测至关重要。根据这种预测的结果，作出发电项目的建设计划，包括电厂项目的建设地点、发电方式、建设规模、建设进度安排以及相邻电力网间的售受电关系。同时，中期预测也是输变电工程建设计划的根据，还是配电

计划、电价研究及其他与电力发展有关的经济研究的基础。我国电力规划部门所做的预测，主要是指这种预测。

长期预测用于战略规划，包括对发电能源资源的长远需求的估计，确定电力工业的战略目标，确定电力新科技发展及科技开发规划，以及长远电力发展对资金总量的需求估计等，均需要从长期电力负荷预测的结果出发来作出分析和判断。在作长期预测时，必须了解各种类型负荷的发展趋向，系统中各地区负荷的特点及其变化趋势。电力供应部门可以根据预测中掌握的情况采取相应的对策，以调整和影响电力负荷的发展趋向。我国过去很少做长期负荷预测，许多长期预测中要考虑的内容，往往合并在中期预测中研究。近年来，随着预测方法与手段的发展，也随着电力工业管理水平的提高，开始日益重视长期预测工作。中期预测和长期预测方法上大致是相同的。

2. 既要作电力预测，又要作电量预测

在电力、电量预测中，电量预测是基础，它不仅关系到电力建设的规模，而且也关系到能源资源的需求与平衡。

3. 既要作全国的负荷预测，也要作分地区的负荷预测

由于规划的地区范围不同，负荷预测的范围也不同。全国电力规划进行全国范围的电力负荷需求预测，地区或电网电力规划则应做地区或电网范围的电力负荷预测。由于电力传输与销售只能在电网内进行，因此，电网范围内的负荷预测更为重要，它不仅关系到电网范围内的电力工业发展水平和速度，也是确定各电网间的售受电力电量的重要依据。

4. 电力负荷预测是被动型预测

电力的需要有赖于经济发展的结果。国民经济其他各部门生产的发展、人民生活水平的提高等，均对电力的消费提出更高的要求，这就要求电力工业有相应的发展。换句话说，电力负荷是随着电力用户的发展而增长的。在某种意义上讲，离开了电力用户的发展信息，是做不了电力负荷预测的。所以说电力负荷预测是被动型预测。尽管电力工业部门也可以通过调整电价及其他调

整负荷的措施去引导和影响电力用户对电力的消费，但对电力消费起主导作用的仍是电力用户自身发展的需要。

5. 电力负荷预测受不确定因素影响较大

电力生产的基本特点是产、供、销（或发、供、用）同时完成。整个电力工业均受这一特点的制约和支配。电力系统是一个有机体，在电网范围内，必须每时每刻保持发供用电之间的平衡。上述特点，要求电力负荷预测有相当高的准确性。但是，由于电力负荷的变化及其发展受多方面因素的影响，既受国民经济发展的影响，也受各用电部门和用电设备的用电特性和用电方式的变化影响，同时，气候条件也是影响电力负荷的一个不可忽视的因素。而国民经济的发展又受政治经济环境条件的影响。在影响电力负荷变化的诸因素中，许多因素是具有很大的不确定性的，如政治经济条件、天气变化等，往往难以准确预料，这就给电力负荷预测工作带来了很大的困难，使电力负荷预测也具有显著的不确定性。因此，预测人员应对可能影响到预测结果的准确性的各因素作出科学合理的分析和判断，对这些因素可能发生的变化或变化的可能性和趋势作出尽可能定量的估计。

第二节 电力负荷预测的内容及程序

一、电力负荷预测的内容

电力负荷预测的内容是指需要测算些什么量（或参数），归纳起来有以下一些参数需要测算。

（1）最大有功负荷及其分布。最大有功负荷的大小是确定电力系统装机规模的基础数据，换句话说就是电源规划的依据。有功负荷，加上电网中损失的有功和发电厂自用有功量，再加上适量的备用容量，就等于电力系统的装机容量。有功负荷的分布是输电线路设计的基础，也是变电所配置的基础，即有功负荷的地区分布特点是输变电规划和配电规划的主要依据。

(2) 无功负荷及其分布。无功负荷的大小及分布是确定电力系统无功电源规划的基础，也是影响电力系统安全经济运行的重要因素。

(3) 需电量。它是进行能源供需平衡的主要依据。

(4) 电力负荷曲线及其特征值。电力负荷大小及其在时间上的分布特性，对电力规划及电力系统运行是至关重要的。它是确定电力系统中电源结构、调峰容量需求、运行方式及能源平衡的主要依据。

二、电力负荷预测的程序

电力负荷预测是一个过程，其一般程序可划分为准备、实施、评价与提交预测报告四个阶段。

1. 准备阶段

准备阶段的工作是由确定预测目标、落实组织工作、搜集资料、分析资料和选择预测方法等工作组成。

(1) 确定预测目标。确定目标就是要在明确预测目的前提下，规定预测对象的范围、内容和预测期限。一般而言，预测范围视研究问题所涉及的范围而定，编制全国电力规划，就要预测全国范围内的电力、电量需求量；编制大区网局或地方（省、地、县）电力局的发展规划，就要预测大区电网或地方电力局范围内的电力、电量需要量。预测内容是指包括电力、电量、电力负荷的地区分布，电力负荷随时间的变化规律，以及电力负荷曲线特征及负荷曲线等。预测期限是指预测的时间长短，一般电力规划中的负荷预测期限有短期预测（即 5 年期预测），中期预测（即 5~10 年期预测），及长期预测（即 15 年以上的预测）。

(2) 搜集与整理资料。资料是预测的基本依据，占有的资料的充裕程度及资料的可信度，对预测结果的可信度是至关重要的。一般在做电力负荷预测时需要搜集与整理的资料主要有：电力系统历年用电负荷、用电量、用电构成；经济发展目标（如国民生产总值、国民收入等）；国民经济结构的历史、现状及可能

的变化发展趋势；人口预测资料及人均收入水平；能源利用效率及用电比重的变化；工业布局及用户的用电水平指标；以及国外参考国家的上述类似历史资料。这些资料的主要来源有两种途径：一是各国政府、研究机构等定期或不定期发表的报刊、资料、文献和其他出版物；二是预测人员通过调查所获取的资料。资料的来源、统计计算口径及调查方法不同，都会对资料的可信度产生不同的影响。因此，在调查搜集资料的过程中对搜集得来的资料应进行鉴别，去粗取精，去伪存真，以保证预测中使用的资料翔实可靠。

(3) 分析资料，选择预测方法。对经过鉴别整理后的资料要进行分析，以寻求其规律。在预测中常用的分析方法有多种，如时间序列分析、因果关系分析等方法。要根据资料的掌握情况及资料样式，选择相应的预测方法，寻找预测量的演变规律或趋势，建立预测模型。各种预测方法均有其不同特点和适用范围。实践证明，没有一种方法在任何预测场合下均可以保证获得满意的结果。因此，必须根据对资料的占有情况，以及预测目标、预测期限，预测环境、预测结果的准确度，同时考虑预测本身的效益成本分析等进行权衡，以便作出合理的选择。

2. 实施预测阶段

在进行预测时，要依据选择的预测方法来进行预测。如果是采用定量预测方法来进行预测，就要根据建立的定量预测模型，代入预测期的自变量目标值，就可以获预测期所需的预测变量值。如果是采用定性预测方法来进行预测，就应根据掌握的客观资料进行科学的逻辑推理，推断出预测期的预测值。

由于影响预测对象的诸因素可能会发生变化，从而可能使未来的实际结果与预测依据的历史资料呈现的规律不相吻合，预测人员必须适时的对预测模型及预测结果加以修正。这种情况下，预测人员的经验、理论素养及分析判断能力将起重要的作用。

3. 评价预测阶段

预测的主要成果是得出预测结果。预测结果应该是明确的，

可以被检验的。因此，在得到预测结果后必须对预测结果的准确度和可靠性进行评价。务使预测误差处于可接受的范围内。若误差太大，就失去了预测的意义，并从而导致电力规划的失误。一般讲，短期预测的误差不应超过 $\pm 3\%$ ，中期预测的允许误差为 $\pm 5\%$ ，长期预测的误差也不应超过 $\pm 15\%$ 。

4. 提出预测报告阶段

预测报告是预测结果的文字表述。预测报告一般包括题目、摘要、正文、结论、建议和附录等部分。

预测题目主要反映预测目的、预测对象、预测范围和预测时限。摘要通常说明预测中的主要发现、预测的结果及提出的主要建议和意见。摘要与题目配合，可以引起有关方面的重视。正文包括分析及预测过程、预测模型及说明、有关计算方法、必要的图表、预测的主要结论及对主要结论的评价。结论与建议是扼要地列出预测的主要结果，提出有关建议和意见。附录主要包括说明正文的附表、资料，预测中采用的计算方法的推导和说明，以及正文中未列出的有价值的其他资料。

第三节 电力负荷预测方法的分类

预测方法只是一种工具，几乎所有的预测都是基于这样一个假设，即预测对象要受到其他因素的影响。因此，预测工作的第一步是确定什么因素最可能影响预测对象，第二步是决定如何在预测中使用这些因素。

一般的经济预测方法可划分为主观预测方法和客观预测方法。主观预测方法的优点是预测者能够考虑到大量的资料、信息和情报；其缺点是缺乏系统的方法去研究已往的成功和失误，以提高预测的准确度，完全依赖于预测人员的经验和主观判断能力。客观预测方法不同于主观预测方法，它是基于过去的数据和资料研究建立起来的反映预测对象与其影响因素间的数学关系（数学模型）的预测方法。客观预测方法的主要优点是：不受主

观愿望的影响；对预测模型的处理是根据过去的预测误差作出的，因而是科学的；比主观预测方法所花的时间少，而且可以用计算机来进行预测；提供了评价预测准确度和测定预测的置信区间的基础。客观预测方法难以包括影响预测对象的全部因素。

本书中主要介绍客观预测方法。尽管客观预测方法种类较多，但大致可归纳为两类，即外推法和相关法。长期以来，我国的电力负荷预测主要采用外推法。近年来，相关法也获得了比较广泛地应用。

电力负荷分析

第一节 电力负荷分类及其特点

不同的用电单位或部门，以及不同的用电设备，它们对电力的需要量、用电方式有着明显的差别。在电力规划中作电力负荷预测时，以及在综合用电统计时，不可能也没有必要对每一个个别的用电单位的用电特点及用电需求进行分析预测，而是采用不同的分类方法，将规划区域范围内〔例如全国、电力系统、省、地、县（市）〕的电力负荷分成若干类别，然后分门别类地进行分析研究和预测其可能的变化趋势，最后，在分类研究及预测的基础上，采用某些综合技术进行综合研究和预测，便可得到电力规划中所需要的有关负荷资料。

一、电力负荷分类方法

在我国电力行业被采用过的分类方法有多种，不同的分类方法用于不同的研究目的。主要的分类方法有：按用电的部门属性划分，按用电的目的划分，按用电单位或部门的重要性划分，按电力负荷的大小划分及按负荷预测的时间的长短划分等方法。电力规划中负荷预测采用的分类方法主要是按用电的部门属性划分法和按负荷预测的时间长短的划分法。

1. 按用电的部门属性的划分

这是一种电力规划及电力工业统计中常用的分类方法。一般划分为：工业用电、农业用电、交通运输用电和市政生活用电四大类。其中每一大类又可划分为若干小类，如工业用电可进一步分为重工业用电和轻工业用电，重工业用电又可细分为黑色冶金