



电力科技专著出版资金资助项目

电力系统负荷预测

Power System Load Forecasting

康重庆 夏清 刘梅 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电力系统负荷预测

康重庆 夏清 刘梅 编著

电力科技专著出版资金资助项目



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书系统地介绍了电力系统负荷预测的概念、原理、模型、方法及其应用效果,特别是着重分析了做好负荷预测工作的理念和各种理论与方法的应用方式。全书分为3篇:第1篇为总论,分别介绍了负荷预测的基本原理和理念、数学基础及共性预测方法、负荷分析和预测效果评价方法;第2篇的核心是中长期负荷预测,分时序趋势外推和相关分析两大类,介绍了中长期负荷预测的模型和方法,给出了电力需求的不确定性分析方法,探讨了预测模型的自动选择和综合预测技术,并结合年度预测、月度预测的具体内容,介绍了有针对性的预测技术;第3篇为短期负荷预测,剖析了基于时序分析的正常日预测思想及其相应的预测方法,探讨了短期负荷预测中相关因素的分析及相应的预测方法,给出了规范化处理相关因素的策略和预测技术,介绍了概率性短期负荷预测的方法,分析了短期负荷预测的综合模型,同时阐述了节假日负荷预测、超短期负荷预测等问题。

本书可供电力规划、计划、调度、市场交易、营销(用电)等专业的科技人员和管理人员,高等院校有关专业的教师、研究生和高年级本科生阅读参考,也可作为电力系统相关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统负荷预测/康重庆,夏清,刘梅编著. —北京:
中国电力出版社, 2007
ISBN 978-7-5083-5894-9

I. 电... II. ①康... ②夏... ③刘... III. 电力系统-负荷(电)-预测 IV. TM715

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 100759 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 7 月第一版 2007 年 7 月北京第一次印刷

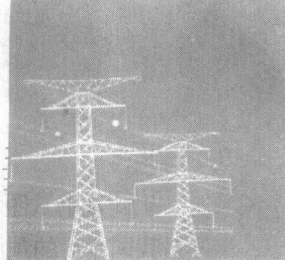
787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.5 印张 446 千字

印数 0001—3900 册 定价 38.80 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

电力系统负荷预测是指从电力负荷自身的变化情况以及经济、气象等因素的影响规律出发,通过对历史数据的分析和研究,探索事物之间的内在联系和发展变化规律,以未来的经济、气象等因素的发展趋势为依据,对电力需求作出预先的估计和推测。科学的预测是正确决策的依据和保证,电力系统负荷预测是电力系统的规划、计划、营销(用电)、市场交易、调度等部门工作的重要依据,其重要性早已被人们所认识。

长期以来,国内外专家学者和电力系统负荷预测相关人员不断探索,形成了一系列行之有效的预测方法。近 10 余年来,清华大学电机系也在负荷预测研究中投入了较大精力。在充分了解我国电力系统负荷预测有关条例的基础上,我们对现有的较为成熟的预测理论与方法作了系统的总结与分析,适当借鉴其他领域预测工作中的成功经验,将预测方法按各自的适用范围进行了合理的分类研究,并提出了一些新颖的预测方法。基于深入的理论研究,20 世纪 90 年代末,清华大学电机系开发了用电需求预测软件包,作为原国家电力公司安全运行与发输电部的推荐产品,并配备教材《电力市场需求预测理论及其应用》,在各级电力部门广泛使用。同时,我们还与电力生产部门配合,共同展开研究,不断地解决实际预测工作中的难题,并上升为理论。当时软件已推广到全国 10 多个网省的 140 多个供电局使用,取得了广泛的社会效益。2002 年,该成果获得教育部二等奖、清华大学推广效益显著奖。此后几年,作者多次应邀在中国电力企业联合会举办的“电力负荷预测与管理”高级研修班上讲课,所使用的讲义也是在该教材的基础上修改润色而形成的。

与此同时,我们也在不断地思考负荷预测的深层次问题。对预测方法的探索,一直是国内外学者所关注的热点,负荷预测的相关论文浩如烟海。从 Engineering Village、中国期刊网等网站查阅,经不完全统计,仅近 10 年来的负荷预测相关论文就有上千篇。纵观这些论文,可以发现,负荷预测的“数学化”倾向日益加剧,尽管这些模型与方法是先进的,但是容易导致生产部门的预测人员困惑,他们越来越难以理解和掌握,也无法在实践中灵活运用。实际上,预测问题是经济、社会发展、地质灾害、水文、气象、粮食产量以及电力系统等领域的共性问题,这些预测工作既有共性,也各有其自身的特点。探讨负荷预测的方法,应重视电力负荷本身内在变化规律的研究。如果把负荷数据当成一系列“纯粹”的数据看待,这就失去了电力系统的特色。负荷预测工作应从负荷构成的物理机理入手,研究其变化规律。那么,在现阶段,预测领域的研究工作究竟应该关注什么?这样的问题一直都困扰着我们。

为了进一步推动负荷预测的研究,《电力系统自动化》杂志社于 2003~2004 年向全国负荷预测专家发起了“电力负荷预测”研究领域的专项咨询。在汇集了全国许多专家意见的基础上,我们应邀为该杂志撰写了 2 篇特约专稿,论述了负荷预测领域研究的发展趋势和方向。此后,我们进一步对原编的负荷预测教材进行了梳理、总结和润色,经过三年多的积累,形成了目前的书稿。

本书试图比较系统地分析电力系统负荷预测的模型和方法,探讨负荷预测的发展方向,并对我国今后的预测工作提出一些建议。本书中许多内容是作者近年来的科研成果。读者们可以发现,本书不但全面深入地介绍了负荷预测的理论与方法,还包括了实际应用的效果和经验。这正是本书写作过程中贯穿的一个理念:试图淡化纯粹数学化的介绍内容,突出对电力负荷的物理本质的分析,在叙述方法上追求理论与工程实际相结合,而在推导过程中则追求简明扼要,不过分追求纯数学意义上的严谨性,以便于读者能够理解本书的基本内容。许多专项预测方法实际上是结合问题的特点,采用理论联系实际的方式而形成的新方法。当然,关于实例分析,需要说明的是,由于短期负荷预测的原始数据量非常大,限于篇幅,也就无法清晰地列举全部计算过程;而中长期负荷预测的原始数据量较小,因此书中尽可能地列举了一些典型的算例和应用效果。同时,为了便于读者进一步查阅文献,并考虑到不同篇的参考文献差别较大,本书在每篇之后分别给出了各篇的参考文献。

书中的模型和方法,有一些引自本课题组所培养的研究生程旭、高峰、许征、赵傲、杨高峰、汪洋、孙珂、杨文佳等人的学位论文或学术论文。本课题组的江健健、牟涛、孙珂、汪洋等博士研究生协助校对了本书的初稿。研究生牟涛、汪洋、毛毅、郭炜、贾曦协助调查了相关文献并作了归纳和整理。

承蒙清华大学梅生伟教授在百忙之中审阅了全书的初稿,并提出许多宝贵的意见,在此深表感谢。清华大学电机系和电力系统研究所为本书的撰写提供了良好的条件,作者在此一并表示感谢。本书中部分内容得到了国家自然科学基金项目(No. 50377016)和霍英东教育基金会资助项目(No. 104020)的支持,特此致谢。

作者由衷地感谢中国电力出版社的大力支持,感谢肖兰副总编辑的热忱推荐,使得本书得以在中国电力出版社出版,并成为电力科技专著出版基金资助项目。

为了方便阅读,根据读者所从事的专业或关心的目标,给出如下的阅读指南,供阅读时参考。如果主要关心的目标是电力规划、计划、营销(用电)等,则请重点阅读第1~12章,对于那些以从事实践工作为主的人员,则可以跳过第2章;如果主要关心的目标是电力调度、短期市场交易等,则请重点阅读第1~4章、第13~20章,对于那些以从事实践工作为主的人员,也可以跳过第2章。此外,还请参考本书的编排体系,它将为您的阅读提供直观的导引。

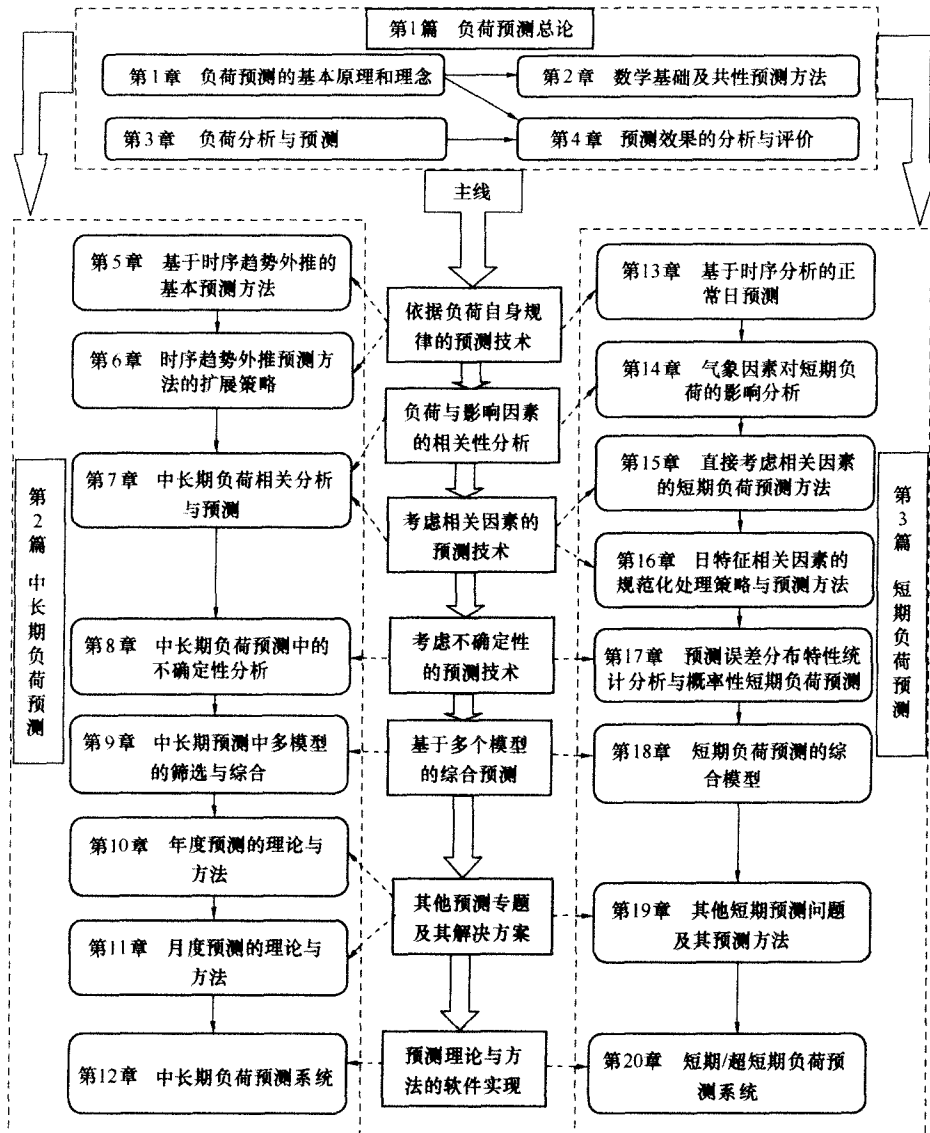
本书探讨了电力系统负荷预测问题的特点、内容和方法,并根据目前的研究现状,指出了预测问题将来的研究方向;同时在实践方面,借鉴国外的一些经验,对我国预测工作提出了一些建议。我们希望本书能够起到抛砖引玉的作用,能为广大预测人员提供一些参考,推动我国预测理论向更高的水平发展,为我国电力工业的预测水平上一个台阶作出贡献。在本书的编写过程中,我们虽然对体系的安排、素材的选取、文字的叙述精心构思安排,但是,由于作者水平所限,文字中可能会有疏漏、不足甚至错误,整个内容中可能还存在不妥之处,我们真诚地期待读者对本书提出指导、批评和指正。

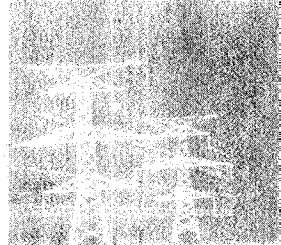
作者

2007年5月1日于清华园

本书的编排体系

为了阅读方便，这里用框图方式给出了本书的编排体系，同时也作为阅读导引。





目

录

前言

本书的编排体系

第1篇 负荷预测总论	1
第1章 负荷预测的基本原理和理念	2
1.1 什么是预测	2
1.2 什么是负荷预测	4
1.3 负荷预测的基本原则和要求	4
1.4 负荷预测的内容及其分类	6
1.5 负荷预测的步骤	12
1.6 负荷预测问题的抽象化表述	13
1.7 负荷预测应遵循的理念	18
1.8 负荷预测的研究动向	21
1.9 对我国预测工作的建议	23
第2章 数学基础及共性预测方法	25
2.1 负荷预测中数学理论的应用	25
2.2 常用优化方法	25
2.3 最小二乘法	31
2.4 回归分析法	32
2.5 预测中常用的其他理论与技术	36
第3章 负荷分析与预测	44
3.1 短期负荷分析及预测	44
3.2 短期预测中负荷的规律性与稳定度分析	46
3.3 中长期负荷预测的问题描述	51
3.4 中长期负荷预测中的负荷分析	52
第4章 预测效果的分析与评价	54
4.1 线性回归的分析与检验	54
4.2 一般预测结果的分析与评价	56
4.3 合理选择预测模型的准则	59

4.4 我国调度部门关于预测效果的评价与考核	61
第1篇参考文献	63
第2篇 中长期负荷预测	67
第5章 基于时序趋势外推的基本预测方法	68
5.1 动平均法	68
5.2 指数平滑法	69
5.3 增长速度法	70
5.4 灰色预测	70
5.5 马尔可夫预测法	71
5.6 灰色马尔可夫预测法	71
5.7 生长曲线法	72
5.8 应用实例	73
第6章 时序趋势外推预测方法的扩展策略	76
6.1 扩展问题概述	76
6.2 提高预测模型适应性的策略	76
6.3 模型参数的非线性估计方法	78
6.4 非连续历史序列的处理	79
6.5 “近大远小”原则的处理策略	81
6.6 历史序列中的不良数据辨识	84
6.7 扩展策略的应用实例	86
第7章 中长期负荷相关分析与预测	90
7.1 年度全社会用电量与相关因素的关系	90
7.2 中长期负荷预测中考虑单相关因素的预测方法	94
7.3 中长期负荷预测中考虑多相关因素的预测方法	97
第8章 中长期负荷预测中的不确定性分析	101
8.1 背景	101
8.2 不确定性电力需求分析基本思想	101
8.3 对传统高中低发展速度判别方法的剖析	102
8.4 单一预测量的概率分布模型	105
8.5 多预测量的联合概率分布	109
第9章 中长期预测中多模型的筛选与综合	112
9.1 概述	112
9.2 综合预测的概念	112

9.3	综合最优拟合模型	114
9.4	综合次优拟合模型	116
9.5	“近大远小”原则下的综合模型	117
9.6	综合最优预测模型	119
9.7	综合预测模型的进一步分析	121
9.8	预测决策与模型筛选	124
第 10 章	年度预测的理论与方法	131
10.1	年度预测的分析	131
10.2	时序负荷曲线的两步建模预测法	131
10.3	负荷持续曲线的神经网络模型	136
第 11 章	月度预测的理论与方法	139
11.1	月度预测的特点分析	139
11.2	现有月度预测方法的剖析	140
11.3	体现月度量变化特征的预测方法	141
11.4	1 月和 2 月负荷预测的特殊问题	143
第 12 章	中长期负荷预测系统	146
12.1	中长期负荷预测系统的研究过程	146
12.2	中长期负荷预测系统的研究思路	147
12.3	系统体系结构	149
12.4	系统核心功能设计	151
12.5	规划/计划类功能设计	155
12.6	用电/营销类功能设计	158
第 2 篇参考文献		165
第 3 篇	短期负荷预测	169
第 13 章	基于时序分析的正常日预测	170
13.1	基于同类型日思想的正常日预测的整体描述	170
13.2	基于同类型日思想的正常日负荷预测基本方法	171
13.3	基于同类型日思想的正常日新息预测方法	174
13.4	基于时段相似性原理的简单推理法	175
13.5	时间序列预测法	176
13.6	频域分量预测法	179
13.7	基于小波分析的预测方法	181
13.8	基于混沌理论的预测方法	182

第 14 章 气象因素对短期负荷的影响分析	185
14.1 短期预测中气象因素分析与处理的总体理念	185
14.2 从供应侧和需求侧分析气象因素的影响	187
14.3 气象因素直接作用于短期负荷的规律分析	190
14.4 短期负荷中考虑累积效应的气象特征选择	196
14.5 多个气象因素形成的综合气象指数对短期负荷的影响	199
14.6 综合气象指数对短期负荷的累计效应	202
第 15 章 直接考虑相关因素的短期负荷预测方法	207
15.1 气象校正法	207
15.2 考虑日特征气象因素的人工神经网络法	208
15.3 基于日特征气象因素的支持向量机预测方法	210
15.4 基于实时气象因素的短期负荷预测方法	213
第 16 章 日特征相关因素的规范化处理策略与预测方法	217
16.1 各日相关因素的衡量方法	217
16.2 映射函数与映射数据库	218
16.3 基于映射数据库的短期预测的规范化描述	221
16.4 映射数据库自适应训练算法——摄动法	224
16.5 映射数据库自适应训练算法——遗传算法	228
16.6 基于映射数据库的正常日预测新方法	229
第 17 章 预测误差分布特性统计分析与概率性短期负荷预测	232
17.1 问题的提出	232
17.2 总体思路	232
17.3 预测误差分布特性的统计方法	234
17.4 误差分布统计规律的有效性检验	236
17.5 概率性负荷预测	237
17.6 实例分析	238
第 18 章 短期负荷预测的综合模型	241
18.1 短期负荷预测综合模型的特点分析	241
18.2 全天统一权重的综合预测模型	242
18.3 分时段变权重的综合预测模型	244
18.4 考虑“近大远小”原则并引入相关因素后的短期负荷预测综合模型	246
18.5 短期负荷预测综合模型的讨论	249
18.6 应用举例	250
第 19 章 其他短期预测问题及其预测方法	252
19.1 节假日负荷预测方法	252

19.2	超短期负荷预测	255
19.3	扩展短期负荷预测	256
19.4	连续多日负荷曲线预测	258
19.5	母线负荷预测	262
第 20 章	短期/超短期负荷预测系统	264
20.1	研究背景	264
20.2	研究思路与关键技术	264
20.3	短期负荷预测功能	266
20.4	超短期负荷预测功能	269
20.5	主要的管理与分析功能	270
第 3 篇	参考文献	277

负荷预测总论

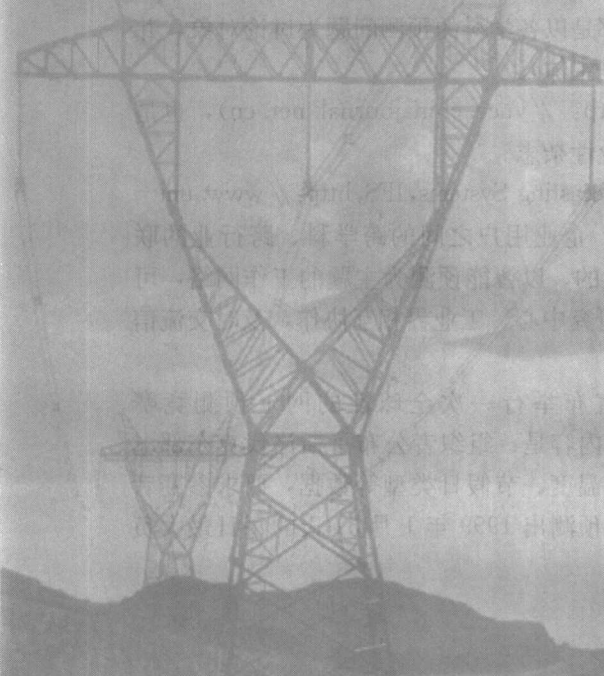
何野

金磊

第1篇

负荷预测总论

Power System Load Forecasting





负荷预测的基本原理和理念

1.1 什么是预测

1.1.1 预测的基本概念

预测,是一类科学问题的总称,是对尚未发生或目前还不明确的事物进行预先的估计和推测。科学的预测是正确决策的依据和保证。许多行业和领域,都会遇到预测问题,除了人们比较熟悉的宏观经济预测、股票市场预测、天气预报以外,还有人口预测(政府部门往往根据人口预测的结果来规划基础设施建设、社会保障等)、产品销售量预测(这是营销决策的基础)、市场需求预测(这是决定企业生产计划的前提和基础),等等^[1]。

关于预测的定义有多种表达,一般可以认为,预测是在一定的理论指导下,以事物发展的历史和现状为出发点,以调查研究所取得的资料和统计数据为依据,在对事物发展过程进行深刻的定性分析和严密的定量计算的基础上,研究并认识事物的发展变化规律,进而对事物发展的未来变化预先做出科学的推测^[2]。

1.1.2 预测的广泛性和互通性

由于各类预测问题都是服务于某个特定的行业和领域的,因此人们会想象,各行各业的预测问题必然有着本质的区别。但是,恰恰与人们的想象相反,许多预测问题的核心原理是大同小异的,基本的预测技术和评价手段几乎可以应用于各个预测领域。也正因为如此,各行各业的预测人员可以互相学习交流、相互借鉴经验。在某个领域所形成的预测思想,很可能在较短时间内被其他领域所借鉴。这个事实可以从如下几个方面得到证实:

(1) 在国际上具有较高学术地位的专门讨论预测的杂志,如 *International Journal of Forecasting* (<http://www.forecasters.org/ijf>) 和 *Journal of Forecasting* (<http://ideas.repec.org/s/jof/jforec.html>),都专注于讨论最新的预测方法、各领域预测研究的新进展、各行业预测的实际应用等。值得注意的是,这些杂志无一例外地都是以各学科的预测问题为讨论对象,并没有仅仅局限于某类预测(当然,经济预测的论文是主体)。

(2) 类似地,我国的专业预测杂志《预测》(<http://yuce.chinajournal.net.cn>),也是一个以经济预测为主、兼顾其他领域预测问题的专业性杂志。

(3) 欧洲所建立的智能预测系统(Intelligent Forecasting Systems, IFS, <http://www.uni-paderborn.de/~IFS>)就着眼于众多学者、科研机构、企业用户之间的跨学科、跨行业的联合。实际上,IFS 尝试建立一个遍及欧洲甚至全球性的、以智能预测为主题的工作网络,可应用于各行各业的预测问题。在此网络中,大学、研究中心、工业界相互协作,及时交流信息、探讨预测方法。

(4) EUNITE Network 于 2001 年 8 月 1 日宣布举行一次全球性的网上预测竞赛(<http://neuron.tuke.sk/competition/index.php>),竞赛内容是:组织者公布了斯洛伐克东部电力公司 1997~1998 年每 30min 的负荷数据及每天的温度、节假日类型等数据,要求参赛者根据这些数据,以及 1999 年 1 月各日的气象数据,预测出 1999 年 1 月 31 天的每日最大负

荷。要求参赛者必须于 2001 年 11 月 20 日前向比赛网站提交预测结果，随后评价这些结果，并公布成绩，还举行了专门的工作组会议进行研讨。虽然这次竞赛的预测对象是电力系统，但是这个比赛得到了众多的关注与参与，预测结果最好的是台湾大学计算机科学与信息工程系的林智仁所领导的团队（他本人的研究领域主要是机器学习和运筹学，而不是电力系统），所采用的方法是支持向量机（Support Vector Machine, SVM）。在 2002 年 4 月 19 日，还进行了其他领域类似的竞赛，可参见其网址 <http://neuron.tuke.sk/competition2>。这些都充分表明了预测技术的跨领域特征。

(5) 关于预测软件。专业的统计和预测类软件五花八门，比较典型的例如 Eviews 和 SPSS。其中，Eviews (<http://www.eviews.com>) 可以用于各类时间序列分析问题的建模和预测，各领域的预测问题，只要符合时间序列分析的要求，就可以使用该软件进行分析；SPSS（主站点：<http://www.spss.com>；SPSS 中国：<http://www.spss.com.cn>）可以提供数据统计、数据挖掘、预测分析等功能，供各行业人员使用。如果需要自己进行深入研究，还可以使用诸如 matlab (<http://www.mathworks.com>) 之类的专业软件来编程。

1.1.3 预测所涉及的名词及其含义

准确地掌握预测这门科学，必须对表 1-1 给出的一些名词有深刻的理解。

表 1-1 预测领域的基本名词解释

名 词	含 义
预测对象	被预测的物理量
输入信息	一般是预测时所搜集的历史数据。或称为已知信息、观测信息
预测结果 (输出信息)	描述未来时期事物发展规律的数据。在预测时，有关该预测结果的准确性是未知的，只能随着时间的推移，到实际数据发生后，才能对预测结果的精度进行判断。在某些情况下，可以对某些时期的已知信息进行某种假定的预测，将预测结果与实际数据相比较，以便检验预测模型和方法效果的优劣
预测模型	用某种数学模型来描述预测对象的发展变化规律，其中包括了一些待定的参数。可以用历史上的已知信息来辨识数学模型中的这些参数。因为预测对象的变化规律千差万别，应针对不同预测对象寻求最合适的数学模型
变 量	模型中的变化部分，有自变量和因变量之分
参 数	是模型中的固定参量，需要根据历史规律的数据计算这些参数
因变量	一般情况下，预测对象是作为因变量出现的，但是某些特殊情况下，它同时也是自变量（例如自回归模型）
自变量	自变量的类型比较多。时间量是天然的自变量，被显式地或隐含地包含在绝大多数预测模型中，因此，时间序列分析方法是预测所采用的最基本的方法。其他的自变量需要根据预测模型的物理背景确定
预 测	就是根据预测对象的已知信息，选择最佳的预测模型和计算相应的模型参数；然后利用这一模型预测未来的变化规律。可见，预测模型就是根据预测对象的历史发展规律，推测未来的变化。这个过程被称为“让历史告诉未来”

1.2 什么是负荷预测

电力系统负荷预测^[3~7]是根据电力负荷、经济、社会、气象等的历史数据,探索电力负荷历史数据变化规律对未来负荷的影响,寻求电力负荷与各种相关因素之间的内在联系,而对未来的电力负荷进行科学的预测。

负荷预测对电力系统许多部门都起着重要的作用。例如,一年以上的中长期负荷预测是制定电力系统发展规划^[8~13]的前提,以日负荷曲线为预测对象的短期负荷预测则是制定日前发电计划^[14]的基础。负荷预测问题涉及电力系统规划和设计,电力系统运行的经济性、可靠性和安全性、电力市场交易等多个方面,它已成为现代化电力系统运行和管理中的一个重要研究领域。电力系统的主要任务是为用户提供经济、可靠和高质量的电能,应随时满足用户的负荷需求量与负荷特性的要求。为此,在电力系统规划设计、运行管理和电力市场交易中,必须对负荷需求量的变化与负荷特性有一个准确的预测。这就是人们不断研究并发展电力系统负荷预测理论的重要原因。

无论是传统的预测方法还是现代的方法,它们都是在获得预测对象的历史变化规律后,将这种规律延伸以预测未来。

理论上讲,负荷预测的数学理论的核心是如何获得预测对象的历史变化规律及其受某些因素影响的关系。预测模型实际上是表述这种变化规律的数学函数。建立良好的数学模型,减小负荷预测误差、提高预测精度,是预测人员关注的核心问题。

在电力系统发展规划阶段,如果负荷预测结果偏低,将会导致系统的规划装机容量、输电规划等不足,无法满足社会的用电需求,甚至还可能缺电;而如果负荷预测结果偏高,则会导致一些发电、输电设备投入系统后的运行效率不高,从而引起投资的浪费。

文献[15, 16]量化地分析了负荷预测的误差对电力系统运行所造成的影响。文献[15]通过 Monte Carlo 模拟的手段,分析了不同负荷预测精度下电力系统的经济性。文献[16]还给出了已知预测结果的分布方差时系统运行风险的评估结果。这些分析表明,提高负荷预测的精度是电力系统规划和运行的必然要求。众多的学者不遗余力地进行负荷预测的研究,其主要的出发点大都是以更为先进的理论提高预测的准确性,为电力系统运行的经济性和安全性提供有力的保证。

电力负荷预测,在电力进入市场化运行后,其实质上是对电力市场需求的预测。电力供需瞬时平衡的特点决定了电力行业的预测比其他行业更加紧迫,人们越来越认识到,做好电力负荷预测工作是实现电网安全、经济运行的重要保障。传统的负荷预测是电力系统中规划、计划、用电、调度等部门的基础工作,其重要性早已被人们所认识。在电力工业市场化的过程中,负荷预测又成为市场交易、市场营销等部门的核心业务之一。

1.3 负荷预测的基本原则和要求

1.3.1 负荷预测的一般原理

与其他预测问题类似,负荷预测基于如下的原理^[2,4]:

(1) 可知性原理:人类可以认识过去、现在,也可以据此预测未来。预测的可靠性取决于掌握事物发展规律的程度。

(2) 可能性原理:事物未来的发展,存在各种可能性,而不是单一可能,因此,只能对

其可能性进行预测。

(3) 可控制原理:事物未来的发展是可以控制和干预的。预测的动机即在于,将所预测的未来信息反馈至现在,从而作出决策,以调整和控制未来的行动。

(4) 系统性原理:预测对象在时间上是连续的,预测将来必须已知过去和现在。

1.3.2 负荷预测的基本原则

负荷预测中的模型、方法是依据下述基本原则建立起来的^[4]:

(1) 延续性原则,或称为惯性定理、连贯原则。可以说,没有一种事物的发展会与其过去的行为失去联系。设想在各种因素没有改变的情况下,电力需求也不可能随意变动。否则,电力需求的预测就没有任何规律性可循,预测理论也就没有了立根之本。这表明,预测量的历史行为中已经包含了许多信息,其中包括其他影响因素对其的作用效果。

事物过去的行为不仅影响到现在,还会影响到未来,任何事物的发展都带有一定的惯性。惯性实际上反映的是系统“势”的大小。系统越大,“势”越大,表现出来的惯性也就越大,外推预测技术就是基于延续性原则产生的。预测量的历史行为对未来的影响越大,应用外推预测技术得到的精度越高。

(2) 类推原则,或称为相似性原则。许多事物之间在发展变化上常有类似的地方。因此,可以把先发展事物的变化过程类推到后发展的事物上去,从而对后者做出预测。例如,研究国外前几年的变化规律,可能对我国近期的发展预测有着重要的作用;通过某种抽样调查,研究了某个局部或小范围的发展变化规律,也可以类推到整体和大范围的发展中去。此外,在相同的背景下,预测量会体现出与历史量相同的规律。

可见,在预测活动中,可以而且应该根据预测对象与类似已知事物发展状况进行类比,更可以与其历史发展规律进行类比,从而推知对象的未来发展规律。电力系统中也经常使用这种技术。例如,各年春节期间的日负荷曲线往往表现出彼此相同、但与其他日负荷曲线完全不同的形态,因此,节假日曲线形状的预测,可以参照往年的情况得出预测结果。

(3) 相关原则。任何事物的发展变化都不是孤立的,都与其他事物之间存在相互的联系,因此有着相互的影响,其中最重要的是因果关系。例如,电力系统受到经济发展、天气变化等因素的影响。这种事物发展变化过程中的相互联系就是相关性。基于相关原则,产生了相关预测技术。

(4) 概率推断原则,或称为统计规律性原则。预测量的历史行为中必然包含着一定的随机因素,同时,也由于我们无法确切判断各类相关因素对预测对象的量化影响,从而给预测带来很大的困难。因此,我们只能分析预测对象所呈现的某种统计规律性,需要预测人员对具有不确定性结果的预测对象提出较为确定的结论,这就要应用概率推断原则。预测量的这种统计规律性是应用概率论与数理统计的理论和方法进行预测的基础。例如,定量预测中的置信区间就是一个典型的代表。

(5) 反馈原则。预测实际上就是利用预测对象过去和现在的信息对未来的行为作出估计,因此必须依赖于信息的搜集。可信的信息搜集越多,越有可能做好预测。但是,即便如此,预测的偏差也不可能完全消除,预测误差的大小和正负号表明了预测模型和客观实际情况偏离的程度。据此,可以利用预测误差所反映出来的一些信息,对模型和参数进行修正,尽量使模型符合实际情况,从而在以后的预测中减小误差。

以上负荷预测的基本原则,是保证预测技术科学性的前提条件,也是直接产生预测技术

的基础,由此衍生出了多种多样的预测方法。

1.3.3 负荷预测的基本要求

要做好负荷预测,需要满足以下几方面的要求^[1~7,11~14]:

(1) 基础资料的合理性。负荷预测的目的是得到合理、可信的预测结果,负荷预测的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规律。因此,要做好负荷预测,需要搜集和掌握大量全面、准确的资料,并且进行必要的分析和整理,这是进行电力系统负荷预测的基础。

(2) 历史数据的可用性。如果各种渠道所取得的数据互相矛盾,就要对历史数据进行合理性分析与取舍,去“伪”存“真”。“伪”产生的原因主要有:人为因素造成的错误(如录入错误),统计口径不同带来的误差,“异常数据”的存在。前两种“伪”容易修正。而由于历史上的突发事件或某些特殊原因对统计数据带来重大的影响,这些统计数据被称之为“异常数据”,“异常数据”的存在给正常历史序列带来较大的随机干扰,影响预测体系的预测精度,如果“异常数据”过大甚至会误导预测体系的预测结果,因此必须排除由于“异常数据”的存在带来的不良影响。

(3) 统计分析的全面性。对于大量的历史资料,要进行客观而全面的统计分析。预测工作者应该从客观情况出发,本着实事求是的原则,反复研究和分析历史发展的内在规律性,为预测工作打好基础。

(4) 预测手段的先进性。包含两层意思,一是预测工具的先进性,由于数据量很大,可采用计算机进行各种统计分析及预测工作,预测人员可以从繁杂的大量计算中解脱出来;二是预测理论的先进性,可以不断发展和应用新的预测理论与方法,借鉴其他领域预测工作中的成功经验,使电力系统负荷预测达到一个较高的水平。

(5) 预测方法的适应性。预测量发展变化的自然规律复杂多样,因此要求预测方法所具有的适应性包括:

1) 由于电力系统负荷预测是在一定的假设条件下进行的,其中包含了许多不确定因素,采用单一的方法进行预测,很难取得令人满意的结果。预测方法能适应预测量发展变化规律的多样性,即要求预测系统建立完备的预测模型库,这是建立负荷预测软件系统的基础。

2) 各个预测模型,需要进行参数的合理估计,并根据预测效果不断进行自适应调整,以期达到更好的预测效果。

3) 在多种预测模型得到的不同规律的基础上,进行合理的综合分析、优化组合,得到最接近于该预测项的历史规律、可靠性好、预测精度高的综合模型。这个思想将在后文详细阐述。

1.4 负荷预测的内容及其分类

1.4.1 经典负荷预测的内容及其分类

首先,简要地按预测指标分类,电力系统负荷预测的内容可分为电量预测(如全社会电量、网供电量、各行业电量、各产业电量等)和电力预测(如最大负荷、最小负荷、峰谷差、负荷率、负荷曲线等)两大类。考虑到国民经济与社会发展是电力系统负荷预测的依据,一些综合指标(如电力弹性系数、产业单耗等)是某些预测方法的基础参数,则可以从不同统计口径列出如下的预测内容: