

DIANLI XUQIU JIQI BODONG FENXI

电力需求 及其波动分析

李翔 关勇 著



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

电力需求及其波动分析

DIANLIXUQIU JIQI BODONGFENXI

江苏工业学院图书馆
藏书章

李翔 关勇 著

山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电力需求及其波动分析/李翔,关勇主编. —济南:山东科学技术出版社,2008

ISBN 978-7-5331-5117-1

I. 电... II. ①李... ②关... III. 供电—周期变化—研究—中国 IV. F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 148024 号

电力需求及其波动分析

李翔 关勇 著

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098071

印刷者: 济南龙飞印务有限公司

地址: 济南市二环北路 6999 号

邮编: 250032 电话: (0531)85715222

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 12

版次: 2008 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-5117-1

定价: 20.00 元

目 录

CONTENTS

第1章 导论	1
1.1 写作背景	1
1.2 研究电力需求波动的意义	2
1.2.1 研究电力需求周期具有重要的理论价值	3
1.2.2 研究电力需求周期具有一定的实践意义	3
1.3 国内外研究动态	3
1.3.1 经济周期波动理论	3
1.3.2 电力与经济关系研究	4
1.3.3 电力需求预测研究	5
1.3.4 电力供需预警研究	6
第2章 电力需求分析的理论基础	8
2.1 中国电力供需形势分析	8
2.1.1 电力消费弹性系数	8
2.1.2 生活用电	9
2.1.3 社会用电结构变化	9
2.2 电力需求的经济学分析	10
2.3 电力需求的影响因素分析	11
2.3.1 经济增长	11
2.3.2 人口增长及居民消费	12
2.3.3 电价	12
2.3.4 产业结构	13
第3章 电力需求波动特性研究	14
3.1 指标选择	14
3.1.1 波动高度	14
3.1.2 波动深度	14

3.1.3 波动幅度	15
3.1.4 波动系数	15
3.1.5 波动的平均位势	15
3.1.6 波动的扩张长度	15
3.2 电力需求波动的测定方法	16
3.3 中国电力需求增长率的H-P滤波分解	16
3.4 电力需求波动周期的划分	17
3.5 电力需求波动的总体特征	18
3.5.1 总体波动概况	18
3.5.2 具体波动特征分析	18
3.6 电力需求波动的产业结构特征	20
3.6.1 电力需求各组成部分比例变化分析	20
3.6.2 电力需求各组成部分增长率比较分析	21
第4章 电力需求周期波动影响因素分析	23
4.1 电力需求影响因素综述	23
4.1.1 经济发展及产业结构调整的影响	23
4.1.2 经济及能源政策调整的影响	24
4.1.3 环保标准的提高	25
4.1.4 电力和替代能源的价格	25
4.1.5 人口因素的影响	25
4.1.6 气候因素的影响	25
4.1.7 电价水平及电价结构的影响	26
4.1.8 科学技术进步速度的影响	26
4.1.9 开展电力需求侧管理的影响	26
4.1.10 收入和生活水平及消费观念转变的影响	27
4.1.11 电力产品和家用电器的市场饱和度的影响	27
4.2 电力需求周期波动动因具体分析	27
4.3 各产业电力需求周期波动影响因素分析	30
4.3.1 第一产业电力需求周期波动影响因素分析	30
4.3.2 第二产业电力需求周期波动影响因素分析	31
4.3.3 第三产业电力需求周期波动影响因素分析	33
4.3.4 居民生活电力需求周期波动影响因素分析	34

第5章 分产业电力需求波动分析	36
5.1 第一产业电力需求波动分析	36
5.1.1 第一产业电力需求周期划分	37
5.1.2 第一产业电力需求波动特征	38
5.1.3 第一产业电力需求与全社会电力需求周期波动的关系	39
5.2 第二产业电力需求波动分析	39
5.2.1 第二产业电力需求周期划分	40
5.2.2 第二产业电力需求波动特征	40
5.2.3 第二产业电力需求与全社会电力需求周期波动的关系	41
5.3 第三产业电力需求波动分析	42
5.3.1 第三产业电力需求周期划分	42
5.3.2 第三产业电力需求波动特征	43
5.3.3 第三产业电力需求与全社会电力需求周期波动的关系	43
5.4 居民生活电力需求波动分析	44
5.4.1 居民生活电力需求周期划分	45
5.4.2 居民生活电力需求波动特征	45
5.4.3 居民生活电力需求与全社会电力需求周期波动的关系	46
5.4.4 全社会电力需求与其组成部分之间的回归分析	46
5.4.5 各产业电力需求与全社会电力需求周期波动之间的关系比较	47
第6章 近十年来中国电力需求短周期波动研究	48
6.1 时间序列趋势分解基本理论	48
6.1.1 时间序列构成模型	48
6.1.2 时间序列分解目的	49
6.2 近十年电力需求与GDP状态空间模型分解	49
6.2.1 电力需求与GDP增长率时间序列描述	49
6.2.2 电力需求与GDP趋势分解的状态空间基本模型	50
6.2.3 电力需求与GDP增长率的状态空间分解计算实例	51
6.3 近十年电力需求与GDP短周期波动比较分析	57
6.3.1 近十年电力需求与GDP周期项之间关系的定量分析	57
6.3.2 近十年电力需求与GDP周期项之间关系的定性分析	57
第7章 中国电力需求的协整模型	59
7.1 协整分析的背景	59
7.2 协整与误差修正模型	59

7.2.1 单整	60
7.2.2 协整及其检验	61
7.2.3 误差修正模型	62
7.3 中国电力需求的协整建模分析	63
7.3.1 变量与数据的选取	63
7.3.2 模型的建立	63
7.3.3 模型的分析讨论	67
第8章 电力需求的免疫粒子群优化BP神经网络建模构想	69
8.1 引言	69
8.2 神经网络理论	70
8.2.1 人工神经网络的基本模型	70
8.2.2 神经网络的拓扑结构	71
8.2.3 神经网络的学习方法	71
8.2.4 BP算法	72
8.3 免疫粒子群优化算法	74
8.3.1 粒子群优化算法	75
8.3.2 免疫算法基本原理	77
8.3.3 免疫粒子群优化算法	78
8.4 基于免疫粒子群优化的BP神经网络	80
第9章 免疫粒子群优化BP神经网络电力需求建模	82
9.1 电力需求建模	82
9.1.1 变量数据的选取与预处理	82
9.1.2 免疫粒子群优化BP神经网络的结构确定	82
9.1.3 免疫粒子群优化BP神经网络的学习过程	88
9.1.4 实证分析	89
9.2 协整模型和免疫粒子群优化BP神经网络模型的分析比较	94
9.2.1 量化结构分析比较	94
9.2.2 预测检验比较	95
第10章 电力需求波动的分形分析	97
10.1 电力需求波动的分形分析的国内外研究综述	97
10.2 负荷特性指标体系的建立	98
10.2.1 主要负荷特性指标及解释	98

10.2.2	实际中常用的负荷特性指标	99
10.2.3	负荷特性指标应用存在的问题	101
10.3	负荷特性综述	101
10.3.1	负荷曲线分析	101
10.3.2	负荷变化特点及趋势	103
第 11 章	分形理论及分形分析方法	105
11.1	分形理论的基本概念	105
11.1.1	分形	105
11.1.2	分形的特性	106
11.1.3	分形维	106
11.2	分形分析	107
11.2.1	重标度极差分析	107
11.2.2	电力系统负荷特性分形分析的可行性	109
第 12 章	基于分形理论的电力负荷分形特性分析	111
12.1	电力负荷时间序列的分形维数	111
12.1.1	分形维数	111
12.1.2	分形维数算法	112
12.2	电力负荷时间序列的分形特性	113
12.2.1	相同空间尺度下电力负荷的自相似性	113
12.2.2	相同时间尺度下电力负荷的自相似性	115
12.2.3	不同行业电力负荷的自相似性分析	116
12.2.4	电力负荷分形的稳定性分析	116
12.2.5	电力负荷的非周期循环特性	117
12.3	电力负荷曲线特性分析	118
12.3.1	电力负荷的日周期性规律	119
12.3.2	电力负荷的周周期性规律	119
12.3.3	不同季节下电力负荷的周期性规律	120
第 13 章	基于分形理论的电力负荷预测	122
13.1	常用电力负荷预测方法	122
13.1.1	定性预测方法	122
13.1.2	定量预测方法	123
13.2	基于分形理论的电力负荷预测方法	125

13.2.1 分形拼贴原理	125
13.2.2 分形插值算法	125
13.2.3 拟合模型及算例	126
第 14 章 电力供需预警的基本理论体系	130
14.1 电力供需预警研究的理论基础	130
14.1.1 电力需求周期波动原理	130
14.1.2 可持续发展理论	131
14.1.3 相关性理论	131
14.1.4 系统性原理	131
14.2 电力供需预警的功能	131
14.2.1 参照功能	131
14.2.2 纠偏功能	131
14.2.3 动态管理功能	132
14.2.4 超前调控功能	132
14.3 电力供需预警方法分析	132
14.3.1 回归分析法	132
14.3.2 时间序列分析法	132
14.3.3 灰色预测模型	133
14.3.4 专家系统法	133
14.3.5 模糊预测法	133
14.3.6 人工神经网络模型	133
14.3.7 支持向量机模型	133
14.3.8 粗集—支持向量机模型	134
第 15 章 电力供需预警指标体系的建立与分析	135
15.1 建立电力供需预警指标体系的基本原则	135
15.2 电力供需预警指标体系	136
15.2.1 警情指标	136
15.2.2 电力供需警情影响因素分析	136
15.2.3 警度划分	138
15.2.4 确定警限	138
第 16 章 基于 RS 理论数据预处理的 SVM 预测模型	140
16.1 电力供需预警指标筛选	140

16.1.1 粗集理论基本原理	141
16.1.2 基于粗集属性归约的电力供需预警指标筛选	142
16.1.3 利用粗集理论进行预警指标筛选的可行性	144
16.2 基于SVM的电力供需预测模型	145
16.2.1 支持向量机基本原理	145
16.2.2 基于SVM回归算法的电力供需预测	147
16.3 模型总体框架及优缺点分析	149
16.3.1 基于RS数据预处理的SVM预测模型总体框架	149
16.3.2 基于RS数据预处理的SVM预测模型的优缺点分析	150
第17章 电力供需预警实证研究	151
17.1 我国电力供需形势分析	151
17.1.1 我国电力供需分析	152
17.1.2 电力供需主要影响因素分析	154
17.2 全国电力供需预警分析	157
17.2.1 建立电力供需预测决策信息表	157
17.2.2 基于粗集理论的预测指标预处理	159
17.2.3 基于支持向量机回归算法的电力供需预测	162
17.2.4 2005~2008年电力供需预警分析	164
17.2.5 对我国电力工业发展的几点建议	166
参 考 文 献	168
附 录	176
后 记	178

1.1 写作背景

我国连续5年用电保持两位数的高速增长,工业用电仍旧是拉动全国电力消费快速增长的主要动力,尽管国家提出了2010年单位国内生产总值能耗降低20%的硬性指标会部分降低工业用电的增长速度,但是,占用电结构11.7%的城乡居民生活用电在以15.11%的增长速度快速发展。2007年以后我国电力消费弹性系数将逐步降至1,如果我国GDP增长率分别为10.5%、9.85%、9.2%,电力消费增长率将分别为12.97%、11.52%、9.81%。按照目前国内外的经济发展形势,综合考虑2008年奥运会和2010年世博会的举办对经济的拉动,“十一五”期间GDP平均增长将在8.5%以上。经济的强劲发展拉动我国电力的旺盛需求。根据全面建设小康社会的总体需求,2020年比2000年GDP总量翻两番;2006~2010年我国GDP年均增长8%和电力弹性系数为1测算,发电量年均增长8%,2010年发电量将达3.4万亿kW·h,相应需要发电装机7.5亿kW;2011~2020年我国GDP年均增长按7.2%和电力弹性系数按0.9测算,发电量年均增长按6.5%考虑,2020年发电量将达6万亿kW·h,相应需要装机13.5亿kW。从世界各国的经验来看,一个国家要基本实现现代化,人均1kW是必需的,到2007年底我国人均装机预计只有0.53kW,差距还很大,发展空间很大。基于以上考虑,中央企业、地方企业、民营和外资企业都密切注视着电力市场的需求,到2007年底我国装机容量将达到7亿kW,预计2007年以后我国每年新投产机组将在6000万kW左右。到2010年全国发电装机容量将达到8.5亿kW。

由于电力需求属于引申需求,国民经济发展的变化决定着电力需求的变化,反过来电力的供求也影响着国民经济的发展,国民经济周期波动是社会经济发展过程中客观存在的经济现象。我国统计实证表明,我国的经济一直都是沿着一条明显的周期波动轨迹运行,这就是经济的大起大落。尽管每一轮波动周期的推动要素都在不断地发生变化,但大起大落的周期波动所造成的损失却一直围绕着我国经济的正常运行,而电力事业的发展与损失和国民经济的涨落具有强正相关的一致性。我国电力建设历经了数次巨大的波动考验,虽然导致需求波动的原因是复杂的、多方面的,但是经济周期波动影响电力事业发展大起大落的事实,吸引了国内外众多学者对电力需求波动问题的思考和研究。目前电力需求波动研究领域可以分为五

大流派:从政府角度研究电力需求、从电力运行角度研究电力需求、从一般经济学角度研究电力需求、从产业组织角度研究电力需求、从数理模型角度研究电力需求。但是,不管站在哪个角度研究电力需求及其周期波动,目前都只是对电力需求波动进行解释,这些研究虽然为平抑电力需求周期波动提供了一定的历史性依据,但无法说清未来电力需求周期波动的特征,更无法准确判断未来电力需求发展变化的趋势。按上述思维路径所做的电力需求预测往往都有严重的错误,尤其在国民经济波动较大时,所做出的电力需求预测往往与实际发生很大偏离,给电力规划工作带来负面影响。

尽管我国电力需求从2001年以来一直保持10%以上的增速,但2005~2006年发电装机容量的迅速增长,使得全国发电机组平均利用小时数从2004年开始下降。2005年全国发电设备平均利用小时数比2004年下降44h,而2006年1~10月全国发电设备平均利用小时数同比下降177h,其中,水电下降207h,火电下降210h,三者降幅分别为3.90%、6.53%、4.20%。2006年下半年我国主要江河来水偏少,造成水电利用小时数降幅最大。新建机组2006~2007年集中投产,是造成发电设备利用率下降的直接原因。按照我们前面的投产测算,预计2006~2008年全国发电设备利用小时数分别比上年下降261h、199h和41h,降幅分别为4.8%、3.8%和0.8%。2008年后新投机组减少,全国总装机容量增速率略低于电力需求增速,发电利用小时数将缓慢回升。在全国经济发展不出现意外停滞的情况下,我国发电设备利用率将不会出现1999年发电利用小时数只有4400h的情形。而从我国电力行业10年左右的周期来看,2008年前后,我国电力行业将进入新一轮的景气周期。这说明电力需求和电力建设都存在着较明显的变化与波动。在电力需求波动的预测研究中,一个重要的问题是需求波动的拐点预测。这一问题对电力建设的决策者而言尤为重要,只有了解未来需求周期的变动情况,才能做出正确的投资决策,促进电力事业健康发展。电力行业是投资密集型行业,其投资密度是轻工业的10倍,是其他重工业的2~3倍,水电、火电、核电、风电及太阳能等等清洁能源和可再生能源发电的设计规模、投资时间、建设周期等,都取决于电力需求的波动周期的测算。电力产能过剩,会造成资源闲置;而电力短缺,则给经济发展及人民生活带来很大的破坏作用,由于电力建设中的磁滞效应存在,即电力供求的短期的变化会带来电力建设方面一个持续的效应。如果捕捉不到电力需求的拐点,就容易出现电力建设的钮扣效应,错一步而导致步步错。然而,对目前已有的预测手段而言,转折点的预测也是最富挑战性的工作。

1.2 研究电力需求波动的意义

电力作为我国的通用能源,对社会经济发展和人民的生活的提高起着重要的支撑或限制作用,树立科学发展观使电力持续良性发展,是整个社会稳定发展的重要条件和保证。不论国内还是国外,电力需求在发展过程中客观存在着周期波动的现象,从一般意义上说,电力需求周期波动是电力需求在运行过程中周期性扩张与收缩的波动现象。尽管不少学者从能源消费与经济增长关系的角度对电力需求作了一些研究,但从电力需求自身增长规律方面的研究几乎是一片空白。相对于经济学领域对经济周期较为成熟的研究而言,对电力需求周期波动的研究,基本上还处于开拓性阶段,特别是在我国。因此分析和研究电力需求周期波动现象,不但具有理论上的开拓意义,而且也有助于在实践中指导电力产业的健康发展。

1.2.1 研究电力需求周期具有重要的理论价值

电力需求周期的理论研究滞后于现实需要,客观上表明了研究电力需求周期所具有的重要理论意义。周期的研究是为了更准确的预测未来的电力需求,进而对电力发展规划作以科学指导。而当前的电力需求研究仅仅是从预测角度,没有从电力行业发展本身的规律出发来研究,因而对引发电力需求周期波动的深刻原因及电力需求周期与宏观经济周期的相互关系等不能准确把握。

本书集中分析和研究电力需求周期波动的理论意义在于:运用成熟的周期理论及较新的数学方法分析电力需求周期波动的基本理论性问题,探讨我国电力需求周期波动的特征及主要的波动动因,能够为科学准确的电力预测与规划工作提供一定的理论依据。

1.2.2 研究电力需求周期具有一定的实践意义

电力需求在发展过程中呈现出明显的周期波动现象,正确认识和把握电力需求发展的周期波动规律,有助于从整体上确保目前仍处于供需紧张局面的电力产业,实现长期、持续、稳定和健康发展,避免因出现大起大落的发展路径而危害电力行业及整个国民经济的持续稳定,有助于指导参与电力系统运行的各方,顺应周期波动而选择相应策略。本书选题的实际意义主要体现在以下两个方面:(1) 电力发展的精确规划是成功实施电力系统计划的前提条件,而对电力需求增长规律的准确认识,是进行电力规划的必要前提。(2) 深入分析电力需求周期波动动因,能够为未来的电力需求预测提供切实可靠的依据。

1.3 国内外研究动态

1.3.1 经济周期波动理论

对于经济周期波动的研究已有很长的历史,西方经济学家把经济周期按时间长度分为四种类型:基钦周期,美国经济学家基钦研究发现,在经济活动中有一种规律性的短期波动,其持续时间约为40个月,这种波动同商业库存的变化有关。朱格拉周期,法国经济学家朱格拉发现了9~10年的周期波动,这种周期是由于失业、物价随设备投资的波动而发生,所以,也称朱格拉周期为设备投资周期。库兹涅茨周期,美国经济学家库兹涅茨发现存在着15~26年周期的中长期波动。这种类型的经济周期是由于建筑活动的循环变动而引起的。康德拉季耶夫周期,俄罗斯经济学家康德拉季耶夫推算出50~60年周期的长期波动。这种周期主要是由于技术进步和革新一起的。

已有研究成果大致可以分为两大类。第一类是对经济周期产生原因的研究。例如实际经济周期理论观点、纯粹货币理论观点、投资过度观点和消费不足观点,以及政治经济周期理论观点等等,主要代表模型有凯恩斯理论模型、萨缪尔森线性乘数—加速动态周期模型、卡尔多非线性动态周期模型、希克斯非线性乘数—加速动态增长周期模型等。第二类是关于经济周期波动特征的分析与预测。如度量经济周期的长度、波动幅度,预测经济周期的阶段与转变时点等,经济时间序列的季节调整和景气指标的挑选时分析和预测的两项不可缺少的前期工作,

所以这方面的研究成果较多,如季节调整法中的虚拟变量法、移动平均法、X-11方法和 X-11 ARIMA 方法等,以及时差相关分析、K-L 信息量、基准循环分段平均法、聚类分析、峰谷对应、评分系统等选择景气指标的方法,增长循环时所需的测定长期趋势方法和能自动准确测定峰谷转折点的 Bry-Boschan 方法。近年来,随着宏观计量经济学研究取得的巨大进展,对于经济周期波动中的非线性与非对称性等问题,引起了众多学者的广泛关注和深入研究。但是,在研究中除了理论模型和命题的分歧以外,在实证检验方面也远未获得统一,同样的问题用不同的方法分析可能得出完全相反的结果。

我国对经济周期波动的研究起步较晚,20 世纪 80 年代中后期得到很大发展,一些研究单位和学者致力于开发实用的景气分析预测系统、宏观经济定量模型、商情调查系统等,使经济波动监测、预测工作取得很大发展,扩散指数、合成指数方法和预警信号系统等方法开始用于我国的经济周期监测和分析中。董文泉、高铁梅等在 1998 年系统阐述了关于经济周期波动的分析和预测方法,刘金全、范剑青、徐大丰、朱平芳等在 2005 年利用多种模型方法对我国经济非对称问题进行了研究,刘金全、张鹤在 2003 年度量了经济增长风险和条件波动性,表明经济风险性和波动性与经济增长水平间存在正相关关系,即经济周期波动对经济增长水平存在“溢出”效应。

近年来国内外周期模型的建立趋于“多源”化,即在同一周期模型中同时考虑多种因素的影响,而非某一单一因素的效应。相比之下对某一行业周期波动的构成内容和形成原因关注较少,在行业周期波动方面,陈迪红、李华中等在 2003 年讨论了行业景气指数建立的方法选择,并采用因子分析法作为景气指数的主要构造方法。叶艳兵、丁烈云在 2001 年通过采用主成分分析和相关性分析等一系列定量分析方法,探讨房地产行业的波动指标的问题,张志强在 2001 年和 2002 年分别采用扩散指数法和合成指数法研究了我国粮食生产的景气指标体系。高铁梅、孔宪丽等在 2003 年采用时差相关分析法筛选出钢铁工业的先行、一致和滞后指标,利用合成指数法构建我国钢铁工业景气指数。

在电力行业,需求周期波动的研究尚显单薄。杨树霞在其《中国电力需求周期演变规律研究》一书中对电力需求周期的特征与测度指标进行了研究,计算了波动高度、波动深度、波动幅度、波动系数、波动的平均位势、波动的扩张长度和标准差。

1.3.2 电力与经济关系研究

电力与经济关系的研究始于 1978 年美国学者 Kraft,随后在其他国家也相继展开,早期的研究认为电力经济相关性最直接的表现是弹性系数。所以电力弹性系数一直是国内许多研究人员讨论的热点,由于早期研究忽视了产业结构变化和能源效率提高对电力与经济的关系有着深刻影响,只运用弹性系数进行电力需求分析存在着较大局限性。近年有学者采用计量分析方法研究了中国电力(能源)与经济的关系,分析结果说明,除了电力与经济的长期稳定关系,短期波动关系同样值得关注,认为短期波动之间的联系实质上可以归结为周期项间的关系。而且,短期波动对电力的长期供需关系有着重要的影响。当前世界各国还没有为电力与经济建立专用的模型,一般是建立包括电力需求在内的能源经济模型。目前,较有影响力模型有美国 EIA 的美国国家能源模型系统(简称 EIA 模型)和国际能源署(IEA)的 MARKAL 模型。

电力与经济的关系非常复杂,研究手段正经历着从定性到定量的综合集成研究,现代的研究手段和研究工具陆续出现在研究过程中,但现有成果还多是从电力需求函数、电力需求与负荷预测等角度进行研究的,总结起来如下:

(1) 从电力需求预测方面的研究:从电力需求弹性及预测的角度,采用各种预测方法研究了电力需求历史数据的变化及未来的变化趋势^{[1]~[4]}。在分析电力系统预测问题时,经典预测技术的置信水平不可能与预测动态且快速增长系统的技术的置信水平相同。因此,预测快速增长经济中的电力需求是更为困难、更具挑战性的。

(2) 从电力消费与经济增长之间关系的研究:20世纪70年代以来,学术界对能源消费与经济增长之间的时间因果关系进行了大量的实证研究,但既没有得出一致性的结论,也没能给出令人信服的解释。应用协整分析和误差修正模型技术研究了中国电力消费与经济增长间的关系,基于电力需求影响因素与电力需求间的关系构建电力需求函数,进而研究电力需求的变化规律^{[5]~[8]}。

(3) 电力需求周期波动方面研究现状:当前仅有的电力需求周期研究绝大部分停留在定性分析和实证分析上,采用灰色系统理论、神经网络法、遗传算法等对电力需求进行了中长期的预测及周期波动分析,追求的目标大都为使预测具有一定精度,而对于长远的电力规划工作指导意义不大^{[9]~[12]}。且多数定量预测方法的研究和应用,是在随机游走理论框架下讨论各种周期波动模型,这样势必导致在错误的理论指导下产生错误的方法和结论。

上述研究成果从不同角度、使用不同的数学工具对电力需求增长的特征进行了研究,而对电力需求周期波动方面的研究很少,忽视了电力需求增长本身所隐含的周期性变化规律,缺乏一种有效地认识、描述电力需求周期波动的方法。因此电力需求周期研究无论从理论上还是从方法上来说都是空白。

1.3.3 电力需求预测研究

电力系统需求预测理论始于20世纪中叶。在此之前,由于电力系统本身规模限制及许多其他因素的影响,需求预测的研究一直没有形成,直至20世纪80年代,对中长期电力需求预测理论的研究才开始兴起,尤其在发达国家^{[13]~[16]}。通过现有国内外相关文献,总结出电力需求预测方法主要包括直观分析法、统计分析法、终端能源分析法、经济计量分析法及人工智能法等。

(1) 直观分析法

直观分析法使用的数学工具比较简单,在预测过程中主要靠预测者根据自己和他人经验及相关统计资料进行判断性预测,常用的直观分析法有专家预测法,电力弹性系数法^{[17],[18]}等。目前电力弹性系数法主要用于电力规划部门进行中长期发电量预测,也可以用于短期发电量的校核,缺点是人为主观影响较大。

(2) 统计分析法

统计分析法包括回归分析法及时间序列法^{[19],[20]},其中时间序列法又包括自回归法、移动平均法、指数平滑法、自回归移动平均法及自回归整体移动平均法等。由于时间序列法是基于过去发展状态的延续,对于使事物发生变化的本质原因不做研究,而且传统的时间序列模型为克服时间序列的非平稳性而采用差分法来消除序列中的不平稳趋势,会导致一些有用的长期

信息的丢失,因此仅适用于短期预测,对于长期的发展趋势中拐点的研究则不适用。

(3) 终端能源需求法

终端能源需求法^[21]是通过终端设备来计算能源的消耗需求。其思想是从决定能源消耗的设备、实用率和效率上考虑能源消耗量,而不是研究能源消耗量本身。这种方法避开了较为复杂的数学模型、数据的虚假性及电力需求的影响因素,提高了预测的准确性,但数据的收集比较困难。

(4) 经济计量分析法

国民经济中的各种经济现象是相互影响、相互制约、互为因果的。运用经济计量方法进行预测,可以揭示与预测问题有关的各种经济变量间的相互联系,包括投入产出法、经济计量模型法、系统动力学法^{[22]~[24]}等。由于现实中的经济序列几乎都是非平稳的,所以运用传统的经济计量法研究常常容易导致谬误。

(5) 人工智能法

20世纪80年代以来,数学理论和人工智能法在电力系统的电量预测中得到长足的发展,其中有灰色系统理论、模糊数学理论、人工神经网络^{[25]~[28]}等。灰色系统理论是一种以灰色生成函数为基础,以微分拟合为核心的建模方法。它对于灰色量的处理不是寻求其统计规律和概率分布,而是将杂乱无章的原始数据序列通过一定处理方法弱化其波动性,使之成为较有规律的时间序列数据,再建立微分方程求解。人工神经网络法的简便之处在于完全依靠历史数据,用历史数据进行测算,但是由于过多依赖历史数据,反而难以适应未来情况的变化。

1.3.4 电力供需预警研究

目前针对电力供需进行的研究大多是从电力需求函数、电力需求与负荷预测、电力与经济增长之间关系、电力需求周期波动等角度展开^{[29]~[33]},而对于电力供需预警研究尚未见成熟的理论和方法。现有的研究方法主要借鉴经济监测预警系统的研究方法。国外对经济监测预警系统的研究最早可以追溯到19世纪末期^[34]。1888年法国经济学家福里利在巴黎统计学会上发表了《社会和气象的研究》,运用气象预报方法来测定法国1877~1887年的经济波动。20世纪初,针对频繁发生的经济危机,西方统计学界开始对建立景气指标系统进行研究,这一方面是经济发展的客观要求,另一方面,也是由于各国大量经济统计资料的积累以及统计分析方法的进步。经济统计学家大量地借鉴了数量统计分析等方法,显著地提高了处理大量经济统计资料的效果。

宏观经济监测预警系统的重大进展是在50年代取得的^{[35]~[38]}。1950年,美国经济研究所的经济统计学家穆尔主持了在20世纪30年代监测指标体系基础上进行新的景气监测系统的建立工作,这个系统由先行、同步和滞后三类指标构成,以宏观经济综合状况为测度对象,采用了新的多指标信息综合方法——扩散指数(DI)。60年代美国商务部经济分析局的首席经济统计学家希斯金提出了合成指数法(CI),用于综合多指标信息监测预警。1961年,美国商务部正式将美国国家经济研究所景气监测系统的输出信息在其刊物《经济循环发展》上逐月发表,以数据和图表两种形式提供宏观景气动向的信号。至此,宏观经济监测预警系统已走向实际应用阶段。

80年代中期,亚洲各国也分别建立了宏观经济监测预警系统^[39],日本经济研究所于1984

年进行了名为 SEPIA 的科研项目,研究区域景气变动。该项目以亚洲各国和地区景气循环的研究和预测为目的,其研究课题包括循环机制的研究、景气的国际影响分析、景气指数编制的统计方法开发研究、设计和开发 SEPIA 项目的计算机软件等等。该研究较好地配合了宏观经济的管理与调控,使“预警系统”的概念得以逐步完善。

我国对经济预警问题的研究始于 20 世纪 60 年代^{[40]~[44]}。刘国光等关于社会主义经济波浪式发展的分析是涉及这方面研究的一次率先尝试,但在相当长一段时间内,并没有得到足够的重视。直到 80 年代中期,尤其是当 1984 年国内出现投资失控、消费膨胀等问题后,我国加快了对国民经济运行进行监控预警的研究。国家级的研究最早是由国家经委委托吉林大学系统工程研究所进行,其研究的初步报告是《我国经济循环的测定和预测》。1987 年 4 月国家科委中国科技促进发展研究中心发表了《我国宏观经济增长波动的动态分析与宏观调节问题探讨》的报告。在 90 年代初期,由国家统计局主持建立了宏观经济监测与预警系统,至此之后,预警研究更加深入,并涉及具体的产业部门,如:中国社会科学院“经济周期与预警系统”研究;该院生态环境研究中心进行了“中国资源、生态环境预警研究”;中国人民大学进行了“中国工农业经济预警”研究等等,均取得了较大的成绩。

目前我国对电力供需进行监测预警已引起了国家有关部门、电力企业的高度重视。中国电力企业联合会统计信息部和中国电力经济研究中心每年、季都会发布全国及各地区的电力供需监测预警分析报告,对电力供给能力、电力需求情况、负荷水平、电力电量跨省(网)交易、电力技术经济指标等相关内容的变化趋势进行分析和预测。国家电网公司于 2002 年针对局部地区或高峰时段电力供给短缺的现象组织设计了全国及重点地区电力供需形势监测预警系统,并运用该系统对电力供需和负荷变化情况进行监测。