

电力需求侧管理系列丛书

国家发展和改革委员会
电力需求侧管理培训推荐用书

负荷特性及优化

国家发展改革委经济运行调节局
国家电网公司营销部 编
南方电网公司市场营销部



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

013069764

TM92
55

负荷特性及优化



国家发展改革委经济运行调节局
国家电网公司营销部 编
南方电网公司市场营销部

DSM



北航

C1678452

TM 92
55



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《电力需求侧管理系列丛书》是国家发展和改革委员会开展电力需求侧管理培训工作的推荐用书,丛书共13个分册,涵盖电力需求侧管理工作的管理、技术、工具三个层面。本书是其中的《负荷特性及优化》分册。具体介绍了负荷特性的基本概念、优化负荷特性的措施、有序用电、需方响应、负荷管理系统等内容。

本丛书可供各地政府主管部门、电网企业、能源服务机构、电力用户相关人员阅读、使用。

图书在版编目(CIP)数据

负荷特性及优化 / 国家发展改革委经济运行调节局, 国家电网公司营销部, 南方电网公司市场营销部编. —北京: 中国电力出版社, 2013.8

(电力需求侧管理系列丛书)

ISBN 978-7-5123-4796-0

I. ①负… II. ①国… ②国… ③南… III. ①电负荷—供电管理—技术培训—教材 IV. ①TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 179434 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013年8月第一版 2013年8月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 7.75印张 115千字

印数 0001—3000册 定价 20.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

《电力需求侧管理系列丛书》编委会

主 任 鲁俊岭

副主任 徐阿元 吴建宏 王 勤 胡兆光

编 委 (按姓氏笔画排序)

马丽华	王玉萍	王成强	王 林	王宗义	王海龙
王海波	王 榕	王德亮	王 鑫	韦加雄	卞忠庆
左松林	田永军	史景坚	冯小维	朱 炯	朱 清
乔 昆	任 泽	华普校	刘学军	刘宪明	刘继东
关长祥	江 峰	孙红光	李开明	李永宁	李 郁
李绍祥	李洪宾	李家才	李惊涛	杨仁泽	杨锦辉
何 胜	汪穗峰	张庆云	张兴华	张 军	张志飞
张 波	张南娇	张艳红	张继刚	张 磊	陈少江
陈 军	陈 枫	范继臣	林世良	金必煌	金国生
周新民	郑建平	赵小平	赵青山	胡占廷	钟树海
段学民	姜林福	羿宗胤	夏云飞	夏 鑫	顾国栋
徐 兵	徐 磊	卿三红	郭炳庆	朗 琼	陶时伟
黄永斌	黄志明	黄惠英	梅学民	曹念忠	崔海山
董 新	舒旭辉	路民辉	詹 昕	廉国海	颜庆国
薛建虎	檀跃亭	魏宏俊			

《电力需求侧管理系列丛书》编写组

组 长 陈江华

副组长 周 珏 徐杰彦

编写人员 (按姓氏笔画排序)

丁 胜	王振宇	王 鹤	尹玉霞	吕晓剑
闫华光	吴亚楠	吴在军	李玉琦	李 军
李铁男	李涛永	李德智	邱泽晶	张小松
陈 磊	苗常海	周伏秋	周 莉	周 晖
单葆国	钮文洁	黄学良	曹 荣	蒋利民
谭显东	Wolfgang Eichhammer			

前 言

为深入开展电力需求侧管理工作，增强全社会科学用电、节约用电、有序用电的意识，提高从业人员电力需求侧管理业务水平，国家发展和改革委员会经济运行调节局会同国家电网公司营销部、南方电网公司市场营销部组织有关单位和专家编写出版了《电力需求侧管理系列丛书》。

本丛书共 13 个分册，涵盖电力需求侧管理工作的管理、技术、工具三个层面。其中，管理层面有《中国节约能源法规与政策解析》《综合资源规划与资源选择》等分册；技术层面有《能效电厂理论与实践》《负荷特性及优化》《重点用能行业节能技术》《能源审计》《通用节能技术》《分布式能源与热电冷联产》《空调与热泵技术》《电机系统节能技术》《电蓄冷蓄热技术及技术经济评估》等分册；工具层面有《节能量和节约电力测量与核证》《欧盟能效指令与白色证书》等分册。

本丛书是国家发展和改革委员会开展电力需求侧管理培训工作的推荐用书，可供各地政府主管部门、电网企业、能源服务机构、电力用户相关人员阅读、使用。

丛书的编写得到了国家发展和改革委员会能源研究所、能源基金会、德国国际合作机构、国际自然资源保护协会、国网能源研究院、中国电力科学研究院、东南大学、北京交通大学等单位、机构和专家的大力支持。

本分册为《负荷特性及优化》，由国网能源研究院单葆国、谭显东主编，郭利杰、温权、谭显东编写了第一章，温权、谭显东、韩新阳编写了第二章，王

成洁、谭显东、单葆国、韩新阳、马轶群编写了第三章，谭显东、单葆国、韩新阳、温权编写了第四章，陈磊、韩新阳、谭显东、马轶群编写了第五章，全书由胡兆光主审。

由于编写时间仓促，书中难免存在疏漏之处，恳请各位专家和读者提出宝贵意见。

编 者

2013年6月

目 录

前言

第一章 负荷特性的基本概念	1
第一节 负荷与负荷特性	1
第二节 负荷特性指标	5
第三节 影响负荷特性的主要因素	10
第四节 优化负荷特性对电力系统经济运行的作用	14
第二章 优化负荷特性的措施	21
第一节 行政措施	21
第二节 经济措施	22
第三节 技术措施	29
第三章 有序用电	33
第一节 有序用电的基本概念	33
第二节 我国开展有序用电工作的现状	35
第三节 开展有序用电工作的具体内容	37
第四节 典型地区有序用电案例介绍	49
第四章 需方响应	62
第一节 需方响应的基本概念	62
第二节 需方响应实施模式	66
第三节 我国典型行业需方响应潜力分析	69
第五章 负荷管理系统	98

第一节 供电企业负荷管理系统	98
第二节 电力用户负荷管理系统	109
参考文献	115

目录

1	.....	念测本基的封封封封 第一章
1	.....	封封封封封封封封 封一第
2	.....	封封封封封封封封 封二第
10	.....	封因要主保封封封封封 封三第
14	.....	封封封封封封封封封封封封封封封封 封四第
15	.....	封封封封封封封封封封封封 封二第
15	.....	封封封封封 封一第
22	.....	封封封封封 封二第
29	.....	封封封封封 封三第
32	.....	封封封封封 封三第
33	.....	念测本基的封封封封 封一第
36	.....	封封封封封封封封封封封封 封二第
37	.....	封封封封封封封封封封封封 封三第
44	.....	封封封封封封封封封封封封 封四第
53	.....	封封封封封 封四第
53	.....	念测本基的封封封封 封一第
60	.....	封封封封封封封封封封封封 封二第
69	.....	封封封封封封封封封封封封 封三第
80	.....	封封封封封封封封封封封封 封正第

负荷特性的基本概念

第一节 负荷与负荷特性

一、负荷

负荷是指发电厂、供电地区或电力系统在某一瞬间实际承担的工作负载。电能生产是发、输、配、用几乎同时完成，电能不能大量储存，电力的生产、输送及营配就必须根据用户的用电负荷需要进行。因此，电力负荷统计是做好电力综合平衡、电力发展规划的重要基础工作。

根据不同的形式和作用，电力负荷有多种分类方法：

(1) 按照电能的生产环节，可分为发电负荷、供电负荷、用电负荷、自发自用电负荷等。

发电负荷：是指发电厂或电力系统瞬间实际承担的发电工作负载，即某一瞬间的发电实际出力。

供电负荷：是指供电企业、供电地区或电力网在某一瞬间实际承担的供电工作负载。它是发电厂上网负荷再加（减）互馈负荷后的功率数。

用电负荷：是指各电力用户在某一瞬间所耗用的电力之和。

自发自用电负荷：是指企业自备电厂某一瞬间供给本企业自用的电负荷。它包括企业的线路损失，但不包括厂用电、购入及售出本企业外的电负荷。

(2) 按时间分，一般分为年负荷、月负荷、日负荷、时负荷。

(3) 按用电性质，可分为工业负荷、农业负荷、交通运输负荷、市政负荷、商饮服务业负荷和生活照明负荷等。用电性质分类负荷的范围与国民经济行业分类统计相同。

工业负荷：是指工业企业用户的生产用电负荷，包括属于工业行业内各种门类的企业用电负荷。

农业负荷：是指农业用电统计中的各类负荷，包括种植、排灌等的农林牧副渔业用电负荷。

市政负荷：是指市政公用事业等用电负荷。

商饮服务业负荷：是指商业、公共饮食、宾馆旅店、娱乐等行业的用电负荷。

生活照明负荷：是指城乡居民生活用电负荷，包括生活照明、家用电器用电负荷等。

(4) 按在电能转换和输送中的作用，分为有功负荷和无功负荷。

有功负荷：是指把电能转换为其他能量（如机械能、热能、光能等），用户用以完成一定工作量的、在用电设备中实际消耗掉的功率。

无功负荷：是指在电能输送和转换过程中，用以产生磁场所消耗的功率，如变压器、电动机等消耗的功率。

(5) 按照重要性，可以分成一级负荷、二级负荷、三级负荷等；

一级负荷：是指中断供电将造成人身伤亡、重大设备损坏且难以恢复，或政治、军事、经济上的重大损失，如发生重大设备损坏，产品出现大量废品，引起生产混乱，重要交通枢纽、干线受阻，广播通信中断或城市水源中断，严重环境污染等。矿山、大型钢厂、医院等都属于一级负荷。

二级负荷：是指中断供电将造成严重停产、停工，局部地区交通阻塞，大部分城市居民的正常生活秩序被打乱等。企业工厂、大城镇、农村排灌站等都属于二级负荷。

三级负荷：所有不属于一级和二级负荷者。这类负荷短时停电造成的损失不大，如工厂附属车间，小城镇、农村居民用电等都属于三级负荷。

一级负荷必须有两个独立的电源供电。独立电源是指其中任何一个电源发生故障或停电检修时，不影响其他电源继续供电。二级负荷必须由双回路电源供电。三级负荷供电电源无要求。

(6) 按在有功日负荷曲线图上的位置及区域，分为峰荷、腰荷、基荷。

峰荷是指平均负荷至最高负荷之间的负荷。

腰荷是指平均负荷至最低负荷之间的负荷。

基荷是指最低负荷以下部分。

二、负荷特性

电力负荷与社会、经济、气象等众多因素之间有着极为复杂的关系，一方面，电力负荷按照一定趋势有规律的发展变化；另一方面，负荷受众多因素的影响，随时都有可能发生波动。

电力负荷这种随时间的变化具有一定规律的特性，可以用负荷的大小随时间的变化来描述，一般在直角坐标系中以横轴表示时间，纵轴表示负荷，如图 1-1 所示。这种将各发电厂、供电地区或电力系统所承担的有功或无功负荷，按时间序列绘制成的图形，称为负荷曲线。负荷曲线是分析用电负荷特性的主要依据。

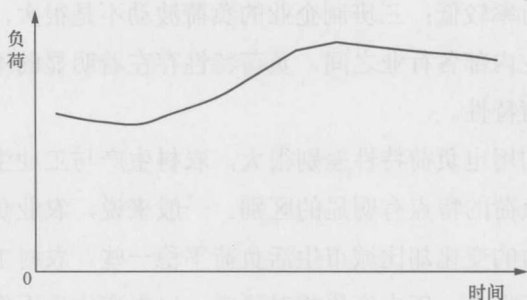


图 1-1 负荷曲线特征

1. 负荷曲线

负荷曲线按其性质可分为有功负荷曲线和无功负荷曲线，在实际的负荷特性分析中一般都是有功负荷曲线。

按所取时间段的不同，可以分为日负荷曲线（标示出一天内每个采样点的负荷，采样间隔可以为 1h 或 15min，反映 24h 内的负荷动态）、年负荷曲线（标示出一年内每个采样点的最高负荷值，采样点可以为日、周、月，观察一年内

各采样点的负荷动态)等。

按用电区域,可分为区域电网、省(自治区)、地(市)、县用电负荷曲线。

按用电性质分类,有农业负荷曲线、工业负荷曲线、第三产业负荷曲线和居民生活负荷曲线,也可以细化为行业负荷曲线等。

各类负荷曲线及负荷特性分析是电力需求侧管理的重要基础工作,也是电网企业进行负荷管理、采取各种负荷调控手段的重要依据。

2. 分生产类型负荷特性

(1) 工业负荷特性。

工业是我国电力消耗最大的行业,工业负荷主要包括:煤炭工业负荷、钢铁工业负荷、铝工业负荷、石油工业负荷、机械制造工业负荷、建筑材料工业负荷、轻工业负荷、化学工业负荷等。

一般来说,重工业的负荷比较集中,负荷曲线比较平稳,基本不受季节性影响。轻工业中的二班制企业的负荷主要集中在白天,晚上后半夜负荷非常小,日峰谷差大,负荷率较低;三班制企业的负荷波动不是很大,冬夏季负荷水平差别不明显。工业内部各行业之间,负荷特性存在着明显的不平衡。

(2) 农业负荷特性。

城市和农村的用电负荷特性差别很大,农村生产与工业生产的条件不同,农业负荷与工业负荷的特点有明显的区别。一般来说,农业负荷在年内是很不均衡的,但在日内的变化却比城市生活负荷平稳一些。农村工业负荷的特点接近于城市工业负荷特点,年内变化相对稳定,日内变化也不像市政生活负荷变化那么大。排灌负荷季节性很强,在年内变化极大,在非排灌季节,排灌负荷为零,而在排灌忙季,其负荷量很大。

(3) 商业负荷特点分析。

商业负荷主要包括大型商厦、高级写字楼及宾馆等的负荷。因为行业特性,商业负荷的总体负荷特性表现出极强的时间性和季节性,商业负荷已成为电网峰荷的主要组成部分,同时,商业系统的构成及运营方式较为统一,负荷曲线也没有很大的差别。商业负荷一般表现为:在9:00左右急剧上升,冬季大约在11:00达到峰值,夏季大约在午后13:00达到峰值。高峰与平段负荷较高,低谷

时段负荷很低，峰谷差极大。

(4) 市政及居民生活负荷特性。

城市共同使用的城市设施负荷称为市政公用设施负荷，市政负荷与居民生活负荷的规律性基本相同。

市政及居民生活负荷的大小及负荷曲线的形状，与城市的大小、人口的密度及分布、居民的收入水平有关。气候条件也是影响市政居民负荷水平及负荷曲线的重要因素。分析表明，凡是经济比较发达的城市，居民生活水平较高，市政生活负荷水平也高，不同季节高峰负荷出现的时间也各不相同，但每个季节都具有规律性。市政及居民生活负荷的负荷率及最小负荷率均很小。随着经济的发展，电冰箱、空调及电热器等的使用，将大大改变市政及居民生活负荷的比例，使负荷特性得到一定程度的改善，负荷率会相对增大。

第二节 负荷特性指标

一、常用负荷特性指标及统计口径

1. 负荷特性指标定义

科学、规范的负荷特性指标体系是负荷特性研究的基础。1989年，能源部颁发了《电力工业生产统计指标解释》，其中涉及负荷特性的指标有最高负荷、最低负荷、平均负荷、负荷曲线、负荷率、平均日负荷率、最小负荷率、月生产均衡率、年生产均衡率、最高负荷利用小时、同时率、不同同时率、尖峰负荷率等14个。2001年年初，国家电力公司对《电力工业生产统计指标解释》进行了补充修改，其中增加了峰谷差率指标。各指标定义如下：

(1) 最高负荷：报告期（日、月、季、年）内记录的负荷中，数值最大的一个。

(2) 最低负荷：报告期（日、月、季、年）内记录的负荷中，数值最小的一个。

(3) 平均负荷：报告期内瞬间负荷的平均值，即负荷时间数列时序平均数。

报告期发（供、用）电平均负荷（kW）= $\frac{\text{报告期发（供、用）电量（kWh）}}{\text{报告期日历小时数（h）}}$

（4）负荷曲线：将各发电厂、供电地区或电力系统所承担的有功或无功负荷，按时间序列绘制成的图形，称为负荷曲线。

（5）负荷率：报告期平均负荷与最高负荷的比率，一般用 γ 表示。

$$\text{负荷率（\%）} = \frac{\text{报告期平均负荷（kW）}}{\text{报告期最高负荷（kW）}} \times 100\%$$

（6）平均日负荷率：将报告期每日的负荷率相加，除以报告期的日历日数。

$$\text{平均日负荷率（\%）} = \frac{\sum \text{报告期日负荷率}}{\text{报告期日历日数}}$$

（7）最小负荷率：报告期最低负荷与报告期最高负荷的比率，一般用 β 表示。

$$\text{最小负荷率（\%）} = \frac{\text{报告期最低负荷（kW）}}{\text{报告期最高负荷（kW）}} \times 100\%$$

（8）峰谷差：最高负荷与最低负荷之差。

（9）峰谷差率：报告期日峰谷差最大值与当日最高负荷的比率。

$$\text{峰谷差率（\%）} = \frac{\text{报告期日峰谷差最大值（kW）}}{\text{当日最高负荷（kW）}} \times 100\%$$

（10）月生产均衡率：报告月平均日电量与最大日电量的比率。

$$\text{月生产均衡率（\%）} = \frac{\text{报告月平均日电量（kWh）}}{\text{报告月最大日电量（kWh）}} \times 100\%$$

（11）年生产均衡率：各月最高负荷之和与年最高负荷和 12 乘积的比率。

$$\text{年生产均衡率（\%）} = \frac{\sum \text{月最高负荷（kW）}}{12 \times \text{年最高负荷（kW）}} \times 100\%$$

（12）最高负荷利用小时数：发（供、用）电量与它们的最高负荷的比率。

$$\text{最高负荷利用小时数（h）} = \frac{\text{报告期发（供、用）电量（kWh）}}{\text{报告期发（供、用）电负荷（kW）}}$$

（13）同时率：综合最高负荷与各组成单位绝对最高负荷之和的比率，说明

两者的差异程度。

$$\text{同时率 (\%)} = \frac{\text{电力系统最高负荷 (kW)}}{\sum \text{电力系统各组成单位的绝对最高负荷 (kW)}} \times 100\%$$

(14) 不同同时率: 电力系统中各类用户最高负荷的总和与电力系统最高负荷的比率。

$$\text{不同同时率 (\%)} = \frac{\sum \text{用户最高负荷 (kW)}}{\text{电力系统最高负荷 (kW)}} \times 100\%$$

(15) 尖峰负荷率: 某一用户(或地区)的平均负荷与电力系统最高负荷时该用户(或地区)最高负荷的比率。

$$\text{尖峰负荷率 (\%)} = \frac{\text{某一用户(地区)的平均负荷 (kW)}}{\text{电力系统最高负荷时该用户(地区)最高负荷 (kW)}} \times 100\%$$

2. 常用指标统计口径

《电力工业生产统计指标解释》中的负荷特性指标定义,是从指标的物理含义出发,概念性较强。在实际的负荷特性调研分析中,根据数据获取的方便性及可对比性,常在基本指标之前加前缀,以表示使用时段、范围、性质,以便于同口径纵向或横向对比分析,为 DSM 提供信息和依据。

(1) 典型日。

典型日一般选最大负荷日,如典型日最大负荷即典型日记录的负荷中,数值最大的一个。记录时间间隔可为 1h、30min、15min 或瞬时。同时派生有典型日最小负荷、典型日负荷率、典型日负荷曲线等。

典型日也可选最大峰谷差日,还可根据各地区情况选不同季节的某一代表日(下同)。

(2) 平均日负荷率。

可派生月平均日负荷率、年平均日负荷率等。

(3) 年负荷率。

年负荷率是年平均负荷与年最大负荷的比值。

年最大负荷有两种选取方法:一种是取本年最高负荷日最高整点负荷,另一种是取本年前三个最高整点负荷的平均值。

(4) 季负荷率。

季负荷率又称季不均衡系数，是一年内（12个月）各月最大负荷日的最大负荷之和的平均值与年最大负荷的比值。比值过小时应考虑实施季节性电价。

(5) 发、供、用电口径。

日发电最大负荷是指统计范围内（一般为省级以上电网），统调发电机组在当日采样点发电负荷中的最大值；日发电平均负荷，指统计范围内统调发电机组当日发电量除以 24h；因此

日发电负荷率=统计范围内统调日发电平均负荷/对应统计范围内统调日发电最大负荷

日用电最大负荷是指统计范围内（省级以上电网）统调发电机组发电负荷及与区外联络线关口负荷在当日采样点代数和中的最大值。从区外购电时，关口负荷为正值，向区外售电时关口负荷为负值；用电平均负荷，是指统计范围内统调发电机组日发电量与区外联络线日输送电量的代数和除以 24h。用电负荷表示了统计区内的全社会用电情况（包含自用电、厂用电及线损）。同样地

日用电负荷率=统计范围内日用电平均负荷/对应统计范围内日用电最大负荷

日供电最大负荷是指统计范围内（一般指地、市级以下电网），各电网关口及地区发电上网关口当日供电负荷的采样点最大值；日供电平均负荷，是指同样关口日供电量除以 24h。统计区内

日供电负荷率=日供电平均负荷/日供电最大负荷

(6) 同上口径及范围，可以派生出周、月、年负荷特性的诸多指标。

二、负荷特性分析常用图表

1. 日负荷曲线

按一天中每小时（或 30min、15min）负荷变化绘制的曲线。实际负荷特性分析中，常用典型日负荷曲线分析一天内负荷的高低变化情况，如图 1-2 所示。

进行负荷分析时还常用某一行业的日负荷曲线，如宾馆、商业、写字楼、