

贵州典型行业及用户负荷特性分析

陈露东¹, 徐常¹, 赵星¹, 潘英², 张英杰^{2,✉}

(1. 贵州电网有限责任公司电网规划研究中心, 贵阳 550003;
2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: [目的] 贵州经济社会发展呈腾飞之势。为了全力满足贵州经济社会发展的用电需要, 贵州电力系统需要加快发展。负荷特性的分析是电力市场分析的一个重要方面, 把握负荷特性及其变化趋势是电力规划、生产、运行工作的重要基础。[方法] 从贵州产业结构中的第一、第二、第三产业和城乡居民生活用电展开了典型行业及用户的负荷特性分析。[结果] 文章基于统计数据给出了典型行业及用户的年负荷曲线和典型日负荷曲线, 并对其特点和变化趋势进行了分析。[结论] 由于各行业的自身用电特点的不同, 年负荷随月份变化的规律以及冬季典型日和夏季典型日出现高峰的时间点各呈现出不同的变化规律。分析了解贵州各个主要行业的负荷特征, 为负荷预测, 乃至贵州电力发展规划工作的科学性和准确性提供了坚实的基础。

关键词: 贵州; 典型行业及用户; 负荷特性; 负荷预测

中图分类号: TM7; TM714

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2020)S1-0029-07

开放科学(资源服务)二维码:



Analysis on Power Load Characteristics of Guizhou Representative Consumers

CHEN Ludong¹, XU Chang¹, ZHAO Xing¹, PAN Ying², ZHANG Yingjie^{2,✉}

(1. Power Grid Planning Research Center, Guizhou Power Grid Corporation, Guiyang 550003, China;

2. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] Economic and social development of Guizhou province is taking off. In order to fully meet the power demand, Guizhou power system needs to accelerate its development. [Method] Analysis of load characteristics was an important aspect of power market analysis. The load characteristics and changing trends was an important basis for power planning, production and operation. This paper analyzed the load characteristics of typical industries and users from the first, second and third industries of Guizhou industrial structure and the domestic electricity consumption of urban and rural residents. [Result] As a result, this paper demonstrates the annual and daily load curves of typical industries and users based on the analysis of statistical data. Their characteristics and trends are analyzed. [Conclusion] Due to the different characteristics of power consumption in different consumers, the annual load varies with months, and the peak time points of typical days in winter and summer show different rules. This work provides a solid foundation for load forecasting and even for the scientific and accurate planning of Guizhou power development.

Key words: Guizhou; representative consumers; power load characteristics; load forecasting

贵州省位于我国中部和西部地区的结合地带, 连接成渝经济区、珠三角经济区、北部湾经济区, 是我国西南地区的重要经济走廊。改革开放特别是实施近西部大开发战略年以来, 贵州经济社会发展取得了显著成就, 进入了历史上发展的最好时期, 经济社会正实现跨越式发展。在《国务院关于进一

步促进贵州经济社会又好又快发展的若干意见》中特别指出为了提高发展支撑能力, 需要加强能源通道建设, 形成覆盖全省的坚强电网; 同时壮大特色优势产业, 做大做强能源产业, 推进能源开发和综合利用^[1]。在《贵州省能源发展“十三五”规划》中强调深化电力体制改革将全面展开, 需进一步完善电网结构等能源基础设施^[2]。由此可体会到: 在这个时代环境下, 社会经济的发展对电力供应提出

了新的更高的要求。

为了保证电力系统的建设满足整个社会对电力的需求,合理配置能源资源,以最佳的投资效果,使未来电力系统安全、可靠、经济运行,贵州省的电力系统规划尤起着举足轻重的作用。而其中的电力负荷预测是电力系统发展规划中发、输、配电建设计划和经济分析的基础。为了提高电力负荷预测的准确和科学性,必须对已有的历史数据进行大量的统计分析,总结出负荷特性和相关的变化规律^[3]。因此,负荷特性的分析是电力市场分析的一个重要方面,为电力规划提供着信息和依据。

1 负荷特性指标

负荷特性指标数量很多,涉及到日、月、季、年等不同时段,又分为数值型和曲线类,指标之间的关联性较强,影响因素较多^[4-5]。

针对贵州电网历史发展和现况,参考国内外情况,兼顾发电、供电和用电环节以及各地区差异,在深入分析的基础上,本研究采用的负荷特性指标主要包括日负荷特性指标和年负荷特性指标,如最大、最小、平均负荷和负荷率,峰谷差和峰谷差率、季不平衡系数、年最大负荷利用小时数 T_{max} 等^[5]。

论文中将分行业给出年负荷曲线和典型日负荷曲线。年负荷曲线是以一年中的12个月为序,将逐月负荷率,即每月负荷峰值与年最大负荷值的比值,连接绘制而成的负荷曲线。其反映的是全年最大出力要求的逐月变化,是调度电力系统的电力和进行电力系统规划的依据。而下文中将给出的典型日负荷曲线是按冬季和夏季的负荷分开考虑。典型日负荷曲线反映的是冬夏季一天中负荷随时间(以小时为单位)的变化规律,表征一天中负荷分布的不均衡性。准确把握其日负荷变化趋势,可以为错峰限电,实施峰谷电价提供有利依据。

2 贵州典型行业及用户负荷特性

2.1 贵州省用电结构

根据贵州省电力行业协会分产业用电量统计结果^[6]:2018年贵州省全社会用电总量1482.12亿kWh,相比2017年增长7%。其中第一产业用电量7.11亿kWh,占比0.5%;第二产业用电量1017.19亿kWh,占比68.6%;第三产业用电量173.34亿kWh,

占比11.7%;城乡居民生活用电量284.48亿kWh,占比19.2%。其比重对比如图1所示。而第二产业中的制造业占第二产业工业用电量的70%。由此可见,贵州经济严重依赖第二产业发展,第二产业中高耗能行业占主导地位。

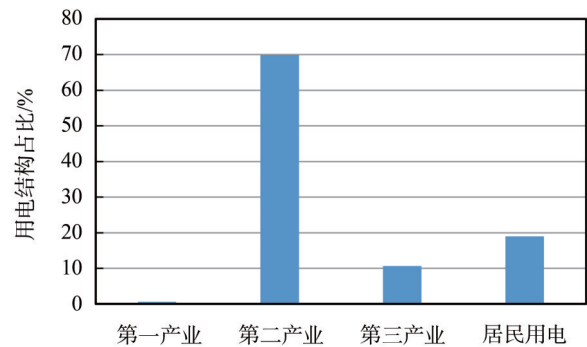


图1 贵州各产业用电结构

Fig. 1 Electricity consumption structure in Guizhou

2.2 第一产业负荷特性分析

第一产业主要包括种植业、林业、畜牧业、渔业等直接以自然物为生产对象的产业。本文主要选取第一产业农田排灌类数据进行分析。图2是息烽县养龙司电灌站年负荷曲线图。横轴代表月份,纵轴代表的是每月最大负荷。图2显示其年负荷曲线年内变动大,呈明显的单波峰特性,用电在年内很不均衡,季不平衡系数和年最大负荷利用小时数低。其原因是由于1-5月份农业排灌用电量较小;夏季温度较高,汛期降雨较多,防洪排涝负荷用电量大幅攀升。图3是电灌站典型日负荷曲线,横轴代表整点时刻,纵轴代表的是冬季和夏季典型日的负荷。图3的日负荷曲线呈现出“┌┐”脉冲波形,一天中负荷分布不均衡,日负荷率较低,最小负荷率为0。其特征与用户的性质相符合:夏季从

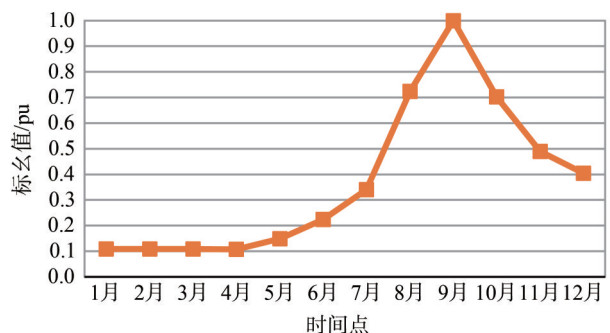


图2 第一产业典型用户年负荷曲线

Fig. 2 Annual peak load curve of primary industry representative consumers

早上7点开机, 一直持续到下午15点, 冬季开机时间比夏季晚1小时, 但持续时间相同。

贵州第一产业用电量总量小, 且近年来用电比重稳定在0.5%左右。农业用电与农村人们的生产生活相一致, 并呈现明显的季节性特点, 且农业生产的用电结构特点决定了其最大负荷利用小时数低。

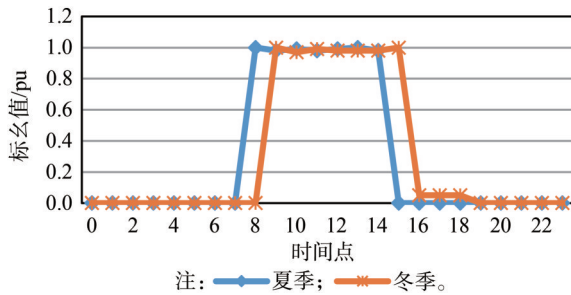


图3 第一产业企业典型日负荷曲线(标么值)

Fig. 3 Daily load curve of primary industry enterprises

2.3 第二产业负荷特性分析

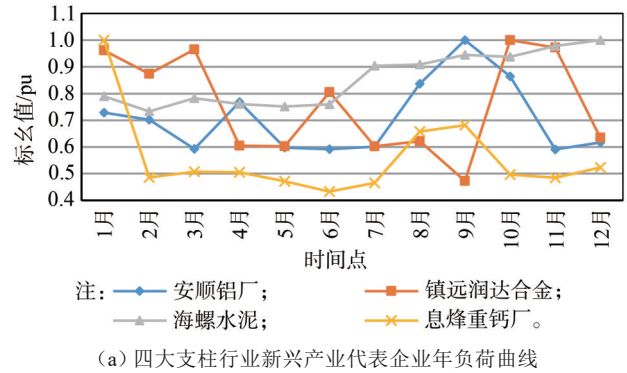
第二产业主要包括采矿业、制造业以及电力、热力、燃气及水生产和供应业, 还有建筑业。从2018年贵州省大工业售电量情况来看, 电解铝、铁合金、化工、建材行业用电量排名前四, 占大工业售电量的51.62%, 电解铝、铁合金、化工、建材行业仍是贵州的支柱产业^[6]。其他大工业用户还包括钢铁、黄磷、工业硅、电石和磨料等。此外贵州从2015年起重点培育壮大大数据、健康医疗、现代山地高效农业、文化旅游、新型建筑建材五大新兴产业, 其中第二产业中健康医疗、大数据和新型建材产业近年来发展迅速, 对贵州省的负荷特性影响也逐步上升。表1是贵州第二产业支柱产业和新兴产业的用电情况, 给出了年最大负荷、年平均日负荷率、季不均衡系数、年最大负荷利用小时数的比^[7]。

表1 贵州第二产业典型行业用电情况

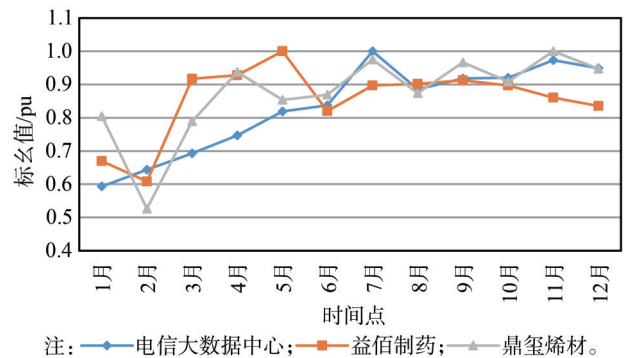
Tab. 1 Electricity consumption in typical industries of secondary industry in Guizhou

典型企业	最大负荷/MW	T_{max}/h	季不均衡系数	年平均日负荷率
安顺铝厂	281	5 006	0.708	0.811
镇远润达合金	32	4 193	0.760	0.841
海螺水泥	38	5 255	0.854	0.851
息烽重钙厂	106	3 446	0.559	0.783
电信大数据中心	10	6 413	0.832	0.899
益佰制药	1.94	3 514	0.854	0.587
鼎玺烯材	7.1	4 122	0.871	0.634

图4是第二产业中四大支柱行业 and 新兴产业代表企业的年负荷曲线和典型日负荷曲线。



(a) 四大支柱行业新兴产业代表企业年负荷曲线



(b) 新兴产业代表企业年负荷曲线

图4 第二产业企业年负荷曲线

Fig. 4 Annual peak load curves of secondary industry enterprises

从年负荷特性来看, 电解铝和大数据中心全年用电较均衡, 下半年用电呈上升趋势, 季不均衡系数分别为0.708和0.832, 年最大负荷利用小时数较高, 分别为5 006 h和6 413 h。铁合金受市场和电价影响较大, 用电负荷在9月最低, 但10月有所回升, 全年用电波动明显, 季不均衡系数为0.76, 年最大负荷利用小时数在4 200 h左右。化工受市场影响较大, 年负荷曲线呈“L”型, 最大负荷出现在1月份, 其余月份用电较低, 季不均衡系数为0.559, 年最大负荷利用小时数在3 500 h左右。水泥全年用电较平衡, 受电价因素影响, 下半年汛期电价较低, 企业加大生产, 季不均衡系数为0.854, 年最大负荷利用小时数为约为5 255 h。新型建材和医药制造全年用电较为平稳, 2月份受春节影响负荷最低, 季不均衡系数分别为0.854和0.871, 年最大负荷利用小时数在分别为3 514 h和4 122 h。

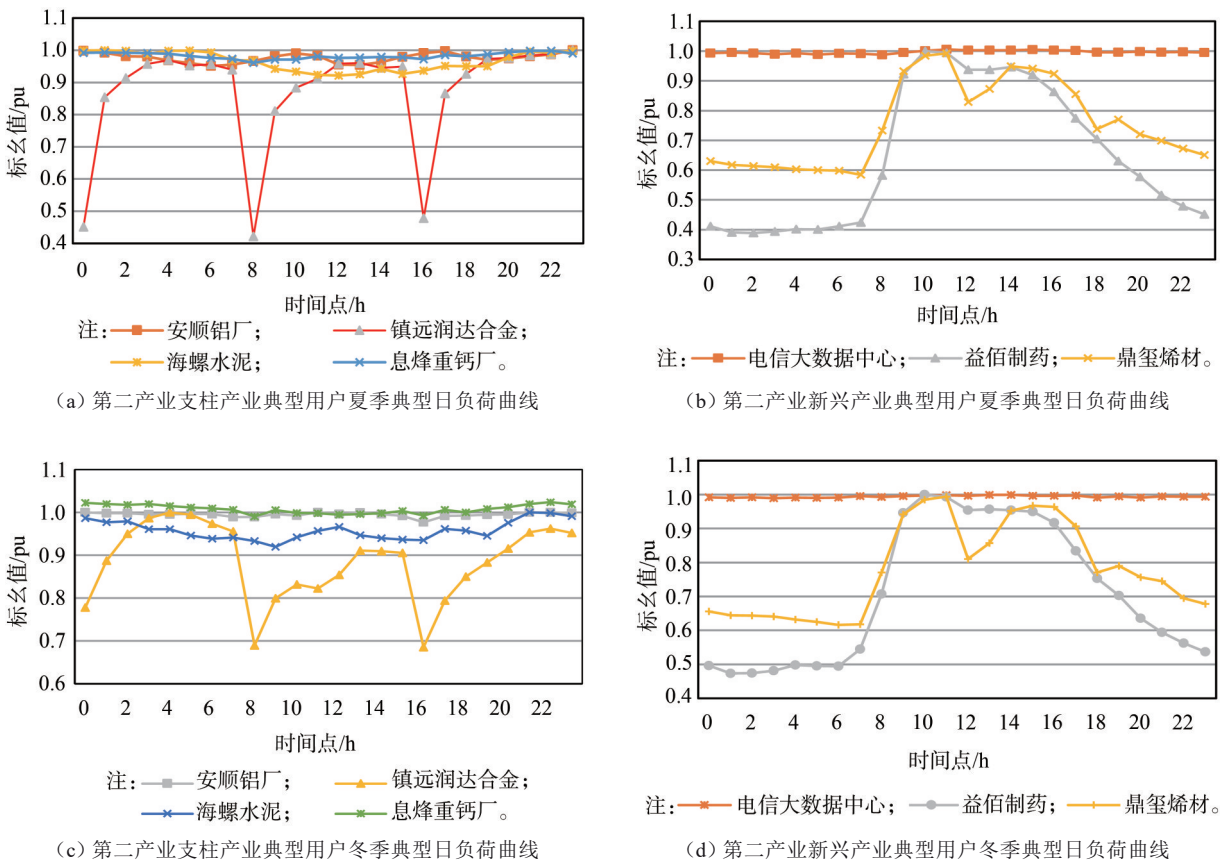


图5 第二产业企业典型日负荷曲线

Fig. 5 Daily load curves of secondary industry enterprises

从日负荷特性曲线可以看出，支柱产业中电解铝、水泥、化工以及铁合金冬夏季季节用电类似，企业24小时不间断生产，其中电解铝、水泥、化工基本为一条直线，铁合金由于受生产过程中塌料或悬料的影响，在某些时刻会出现负荷暂降，日负荷呈锯齿波曲线。新兴产业中大数据冬夏季用电类似，数据中心24小时不间断用电，基本为一条直线，医药制造以及新型建材为三班制企业，日负荷曲线呈现双高峰特性，白天开工负荷率较高，夜间休息负荷较低。

2.4 第三产业负荷特性分析

第三产业是主要包括交通运输业、通讯产业、商业、餐饮业、金融业、教育产业、公共服务等非物质生产部门，统称服务业。根据国家统计局数据显示，2018年贵州省第三产业占GDP比重为46.5%^[8]。随着经济结构的调整，第三产业的用电能耗及所占比重也不断增长，其负荷特性对全社会

用电负荷特性的影响也越来越大。三产业大部分用户用电是非连续性，其用电设备主要是照明、空调、计算机等。本文从第三产业的商业服务、餐饮住宿、公共服务以及文化旅游类中选择有代表性的企业进行分析，其年负荷特性指标和典型日负荷特性指标如表2所示。

由表2数据可以看出第三产业负荷的一些共同的特点：

表2 贵州第三产业典型行业用电情况

Tab. 2 Electricity consumption in typical industries of tertiary industry in Guizhou

典型企业	最大负荷 /MW	T_{max} /h	季不均衡系数	年平均日负荷率
万达广场	4.00	3 058	0.812	0.53
万绿城伯瑞兹酒店	2.93	3 131	0.687	0.601
贵州省人民医院	4.49	4 637	0.854	0.747
普定兴东国际旅游城	5.72	1 609	0.473	0.570

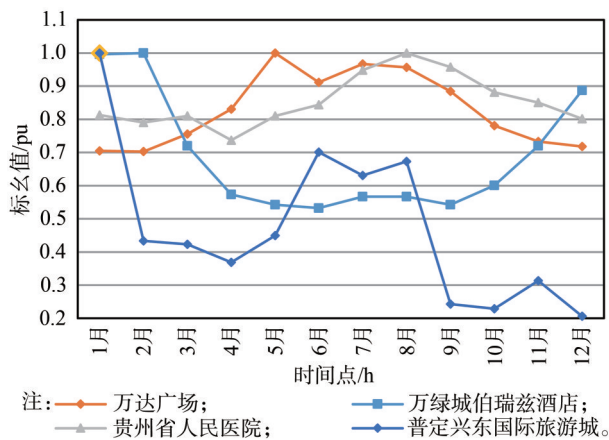
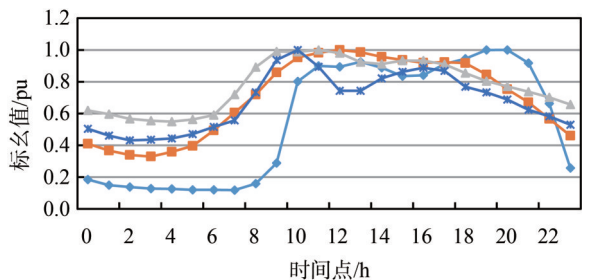
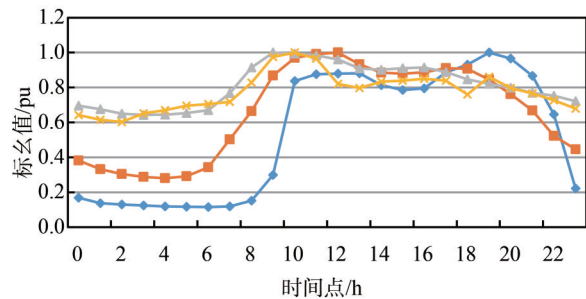


图6 第三产业企业年负荷曲线

Fig. 6 Annual peak load curves of service industry enterprises



(a) 第三产业典型用户夏季典型日负荷曲线



(b) 第三产业典型用户冬季典型日负荷曲线

图7 第三产业企业典型日负荷曲线

Fig. 7 Daily load curves of service industry enterprises

1) 从年负荷特性曲线来看, 医院、商场全年各月最大负荷变化不大, 季不均衡系数在0.8左右, 游乐城以及酒店年负荷特性表现出较强季节性, 酒店主要受冬季采暖负荷的影响导致冬季负荷水平较

高; 游乐城主要受节假日因素影响较大, 春节以及暑假期间负荷较高, 其余各月负荷较低, 全年用电不均衡, 年负荷率低。

2) 从日负荷特性曲线来看, 第三产业日负荷呈现明显的双高峰特性, 并且日峰谷差较大, 日负荷率明显低于第二产业。这是由于第三产业有明显的作息规律, 在日负荷曲线上有明显的时段性。第三产业的用电峰值负荷主要受到其营业时间的的影响, 最大用电负荷出现在营业高峰时段, 而低谷时段负荷较低。

2.5 居民生活用电负荷特性分析

近年来, 随着人们生活水平的提高, 居民用电逐步上升, 占全社会用电比重也在不断上升, 尤其目前面临大力推荐城镇化的形势^[8], 未来居民用电比重将进一步提高。因此, 有必要对居民负荷特性进行研究。表3选取了城市居民小区、城镇一般居民小区和农村居民区的典型用户进行分析。

表3 贵州居民生活用电情况

Tab. 3 Electricity consumption of residents in Guizhou

典型企业	最大负荷 /MW	T_{max} /h	季不均衡系数	年平均日负荷率
贵阳中天会展城	28.00	3 525	0.673	0.674
安顺西秀区东关街道	3.46	2 374	0.515	0.618
安顺镇宁县筒嘎乡	2.12	3 744	0.837	0.591

从年负荷特性曲线来看, 城镇居民年负荷曲线呈“U”形, 有典型的居民生活用电负荷的特点。冬季由于空调采暖负荷的大量使用, 负荷较高; 夏季天气较为凉爽, 空调等降温负荷较少, 整体的负荷水平因此较低; 农村居民用电高峰出现在冬季以及春季耕收阶段, 农村由于空调普及率较低, 因此冬夏季负荷相差不大, 全年各月负荷波动不剧烈, 变化幅度不大, 主要在一个时段平均负荷水平上下浮动。

从日负荷特性来看, 居民生活用电受人们作息时间影响较大。日负荷曲线有两个用电高峰, 居民早高峰一般出现在10~13时之间, 晚高峰一般出现在18~22时之间, 由于农村居民和城镇居民生活作息时间不同, 农村居民的早、晚高峰都要提早2个小时左右。高峰负荷时段对应居民室内活动, 各种家电(特别是厨房电器)使用较多的时段。日负荷

低谷出现在凌晨至早上5时左右,对应人们休息的时间,日峰谷差较大。

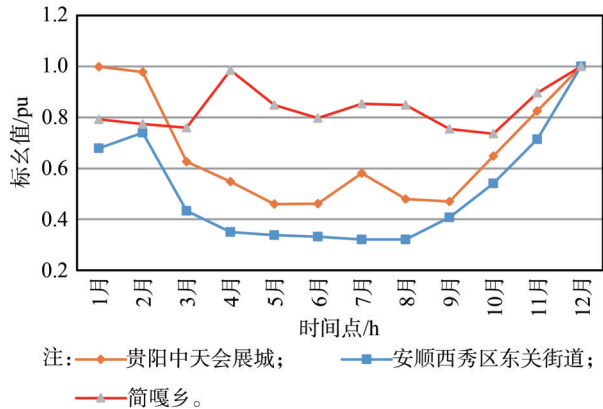
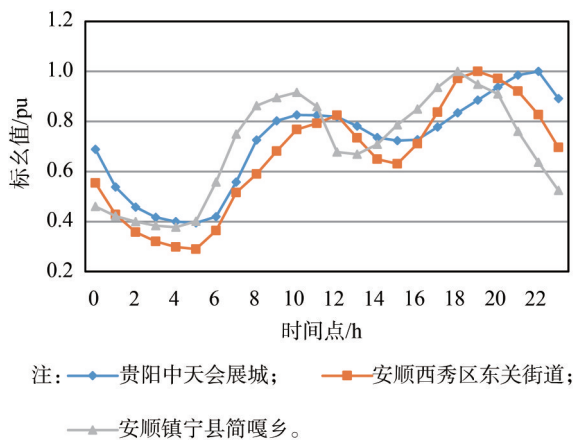
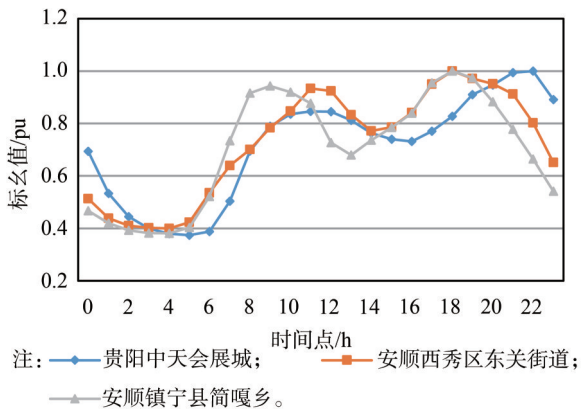


图8 居民生活用电年负荷曲线

Fig. 8 Annual peak load curves of residential electricity consume



(a) 居民生活典型用户夏季典型日负荷曲线



(b) 居民生活典型用户冬季典型日负荷曲线

图9 居民生活用电典型用户负荷曲线

Fig. 9 Daily load curves of residential electricity consume

3 贵州电力负荷特性变化趋势

2017年,贵州大力实施工业强省战略,深入推进大扶贫、大数据、大生态战略行动,在发展传统优势产业的同时,大力培育大数据、健康医疗、现代山地高效农业、文化旅游、新型建筑建材五大新兴产业,全省工业经济稳中有进、转型加快、质量提升、效益显著。2018年贵州省十大千亿级工业产业振兴行动方案具体公布了振兴基础能源、清洁高效电力、优质烟酒等十大工业产业的工作思路和相关举措,提出到2020年初步形成贵州特色的现代工业体系^[10]。因此随着贵州的产业转型升级,传统的高耗能产业将呈现疲缓之势,新兴产业将快速发展,第二产业用电量比重将呈逐年下降趋势,但仍占据主导地位,年最大负荷利用小时数、年均日负荷率、季不平衡系数等负荷特性指标仍将保持在较高水平,但面临下行的压力。

同时随着贵州省第三产业规模的扩大及人们生活水平的提高,居民生活负荷的增大一定程度上加大了负荷季不均衡的趋势。尖峰特性较为明显的第三产业和居民负荷的快速增长,将会促使省网平均负荷率不断下降,峰谷差不断拉大,年负荷曲线不均衡度呈增长趋势。因此贵州负荷特性可能将呈现出某些不利的变化趋势,且考虑到存在未知因素导致未来贵州经济及产业结构等宏观指标偏离预测值可能性的存在,因此后续有必要针对贵州实际情况,全面深入研究改善全省负荷特性指标的可采取的措施。

4 结论

电力是大多数工农业生产、第三行业服务和人民群众生活的基础。电力供应在当前的时代环境下具有十分重要的战略意义。电力系统规划设计是确保整个电力系统安全稳定运行的重要条件。本文分析了解各个主要行业的负荷特征,为负荷预测,乃至贵州电力发展规划工作的科学性和准确性提供坚实的基础。

本文从贵州产业结构中的第一、第二、第三产业和城乡居民生活用电展开了典型行业及用户的负荷特性分析。基于统计数据给出了典型行业及用户的用电情况分析以及年负荷、典型日负荷的特性分析,并对全社会用电的变化趋势进行了分析。随着贵州产业转型升级,贵州负荷特性可能将出现某些不利的变化趋势,后续需结合贵州发展情况提前研

究改善全省负荷特性指标的一些措施。

参考文献:

- [1] 国务院办公厅. 关于进一步促进贵州经济社会又好又快发展的若干意见:国发[2012]2号 [EB/OL]. [2012-1-12] (2020-04-28). http://www.gov.cn/zwgk/2012-01/16/content_2045519.htm.
- [2] 贵州省发展和改革委员会办公室. 贵州省能源发展“十三五”规划: [2017]686号 [EB/OL]. [2017-05-8] (2020-04-28). <http://fgw.guizhou.gov.cn/ztlz/sswgh/201708/W020170815620810988483.pdf>.
- [3] 唐学用, 万会江, 叶航超, 等. 贵州统调电网典型日负荷特性分析与预测 [J]. 中国电力, 2015, 48(9):24-30.
TANG X Y, WAN H J, YE H C, et al. Analysis and prediction of typical daily load characteristics of Guizhou unified power grid [J]. Electric Power, 2015, 48(9):24-30.
- [4] 朱晓清. 电力负荷的分类方法及其应用 [D]. 广州:华南理工大学, 2012.
- [5] 周谢. 电力负荷特性指标及其内在关联性分析 [D]. 长沙:长沙理工大学, 2013.
- [6] 贵州省能源局. 2018年1-12月贵州省用电量、送电量、能源消费量统计数据 [M]. 贵州:贵州省能源局, 2019. http://nyj.guihou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zdlyxx/tjsj/201902/t20190202_2825436.html.
- [7] 严洪丽, 张秀钊. 云南分产业典型负荷特性分析 [J]. 云南电力技术, 2015, 43(4):34-37.
YAN H L, ZHANG X Z. Analysis on industries load characteristic of Yunnan province [J]. Yunnan Electric Power, 2015, 53(4):34-37.
- [8] 贵州省统计局. 贵州统计年鉴2018 [M]. 北京:中国统计出版社, 2018. <http://data.chinabaogao.com/hgshj/2019/09644G1R019.html>.
- [9] 贵州省政府. 贵州省人民政府关于深入推进新型城镇化建设的实施意见 [2016]14号 [EB/OL]. [2016-05-30] (2020-04-28) http://www.guizhou.gov.cn/zwgk/zcfg/szfwj_8191/qff_8193/201709/t20170925_822051.html.

- [10] 贵州省政府. 贵州省十大千亿级工业产业振兴行动方案 [2018]33号 [EB/OL]. [2018-12-24] (2020-04-28) http://www.gui-zhou.gov.cn/zwgk/zcfg/szfwj_8191/qff_8193/201812/t20181224_2040864.html.

作者简介:



陈露东

1986-, 男, 苗族, 贵州毕节人, 贵州电网有限责任公司助理工程师, 主要从事电网规划、配电网检修工作 (e-mail) 30461694@qq.com。

陈露东

徐常

1988-, 女, 贵州贵阳人, 贵州电网有限责任公司经济师, 主要从事电网规划研究、综合能源研究相关工作 (e-mail) 61526721@qq.com。

赵星

1986-, 男, 贵州安顺人, 助理工程师, 主要从事配网管理、变电运行与检修等相关工作 (e-mail) 337801487@qq.com。

潘英

1974-, 女, 湖南湘潭人, 美国能源与环境设计先锋认证专家, 美国注册工程师, 美国纽约城市大学博士, 高级工程师, 主要从事能源和电力研究和咨询工作 (e-mail) panying@gedi.com.cn。

张英杰 (通信作者)

1990-, 男, 江西抚州人, 广东省电力设计研究院有限公司工程师, 注册咨询师, 武汉大学电力系统及其自动化硕士, 主要从事电力系统规划与运行分析等相关工作 (e-mail) zhangyingjie@gedi.com.cn。

(责任编辑 郑文棠)

能源知识

负荷特性指标体系阐述

负荷特性指标数量很多,涉及到日、月、季、年等不同时段,又分为数值型和曲线类,有的指标是反映负荷特性总体状况,有的指标是在电力系统规划设计中用于分析和计算。本文在结合贵州电网历史发展和现状,参考国内外情况,兼顾发电、供电和用电环节以及各地区差异,在深入分析的基础上,主要采用以下负荷特性指标,其含义如下:

- 1) 年最大负荷:全年各月最大负荷。
- 2) 年最大负荷利用小时数 T_{\max} :全年用电量之和与年最大负荷的比值。
- 3) 年最大日峰谷差:全年日峰谷差的最大值。
- 4) 年平均日负荷率:是一年内日负荷的平均反映,主要反映了第三产业负荷的影响,但并不是所有日负荷率的平均值,而是全年各月最大负荷日的平均负荷之和与各月最大负荷日最大负荷之和的比值。
- 5) 季不均衡系数:又称季负荷率,全年各月最大负荷之和的平均值与年最大负荷的比值。
- 6) 年负荷曲线:按全年逐月最大负荷绘制的曲线。
- 7) 典型日负荷曲线:典型日按时间顺序以小时(或5 min)整点负荷表示的负荷曲线。一般选取冬季、夏季最大负荷日为典型日。