

# 四川电网负荷特性分析预测

王海燕,任志超,杜新伟,张全明

(国网四川省电力公司经济技术研究院,四川成都 610041)

**摘要:**通过对四川电网电力负荷历史数据的分析,包括负荷发展水平、用电结构、年负荷特性、冬夏典型日负荷特性,总结出四川电网负荷特性的特点,同时对负荷特性预测方法进行了研究综述,提出采用趋势法和“重近轻远”加权平均法预测四川电网2015年负荷特性。结果表明给出的负荷特性值有较高的可信度,在很大程度上反映出四川负荷特性未来的发展趋势和特点,将为四川电网规划及生产经营等计划工作提供有力的依据。

**关键词:**四川电网;电力负荷;负荷特性

**Abstract:** Based on the analysis of power load data in Sichuan power grid, including the load development, structure of electricity loads, annual load characteristic and typical daily load characteristics in summer and winter, the features of load characteristics in Sichuan power grid are summarized, while the prediction methods of load characteristics are studied. The trend method and "heavy light near far" weighted average method are proposed to forecast the load characteristics of 2015 in Sichuan power grid. The results show that the obtained load characteristics are of high credibility, and reflect the future developing trends and features of the load characteristics to a great extent, which will provide a strong basis for the grid planning, production and marketing planning in Sichuan power grid.

**Key words:** Sichuan power grid; power load; load characteristics

中图分类号: TM714 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2013)05-0037-04

## 0 引言

负荷特性预测是电力市场分析预测的基础性工作,负荷特性预测水平现已成为衡量电力企业管理现代化的标志之一。近年来,随着四川经济快速发展,人民生活水平的不断提高,以及节能减排、气候气温等因素影响,电网负荷特性出现了较大变化。按照党的十八大提出的2020年全面建成小康社会的目标,未来中国发展方式转变、经济结构调整、智能电网建设等,必将对负荷特性产生较大影响。开展负荷特性研究工作,可进一步了解四川电网负荷特性的历史变化与现状,以及相关因素对负荷特性的影响程度。准确把握负荷特性变化的规律和趋势,提高电力市场分析预测的科学性、准确性,提升对四川电网规划、计划、生产运行等工作的支撑力度以及促进企业管理水平的提升,具有非常重要的意义。

首先介绍了四川电网负荷发展状况和用电结构特点,然后对四川电网的年负荷及日负荷特性进行了深入分析,并探讨了影响四川电网负荷

特性的主要因素。同时对负荷特性预测方法进行了研究综述,提出了一种基于趋势分析和“重近轻远”加权平均法的负荷特性预测方法,最后结合四川电网的实际状况运用该方法对2015年负荷特性进行了预测,为电力系统调度、规划和营销等部门工作提供参考。

## 1 电网负荷特性现状分析

### 1.1 整体需求水平

“十五”期间,社会经济的高速发展有力带动了电力需求的增长,四川全社会用电量年均增幅约12.6%。进入“十一五”以后,由于可持续发展战略的实施和产业结构的调整,在保持GDP高速发展的情况下,全省全社会用电量增长有所放缓,年均增幅约9.9%。2008年,受到汶川地震和世界经济危机的重创,四川全社会用电量增幅出现明显下滑,但在灾后重建和经济刺激政策的拉动下,在2009年止跌反弹,2010—2011年恢复高速增长。2012年,受宏观经济形势波动和经济结构调整影响,全省全社会

用电量增速有所放缓。

### 1.2 用电结构

四川用电结构由2000年的2.2:68.1:10.1:19.6调整到2012年的0.6:72.4:11.2:15.8,第一产业比重下降了1.6个百分点,第二产业比重上升了4.3个百分点,第三产业比重上升了1.1个百分点,居民生活用电降低了3.8个百分点。在四川用电结构中,第二产业用电量占比较高,其中工业用电占到整个电力消费的70%左右,是拉动用电量增长的重要因素,近年来第三产用电量及居民用电量增速加快,占比有逐步上升的趋势。

### 1.3 电网负荷特性分析

#### (1) 年负荷特性

四川地处秦岭以南,气候潮湿,夏季闷热,冬季湿冷。四川电网负荷受年内气温变化的影响非常明显。负荷曲线随着四季气温变化呈现“两峰一谷”的特点,在夏季和冬季分别形成2个用电高峰,双高峰的比值在0.96~0.99之间。第一个负荷高峰基本处于八月份,此时由于夏季空调负荷的大量启动造成负荷逐步升高。第二个负荷高峰基本出现在12月份,此时由于冬季取暖负荷的启动以及年末生产任务集中完成造成工业负荷大量增加等多重影响,使得年末负荷节节攀升。春季与秋季气温比较适宜,调温负荷小,用电负荷也相对较低,形成1个低谷,由于用电负荷的自然增长,秋季的最大负荷一般高于春季,年内最小负荷月一般出现在上半年的2~4月。此外在此期间一般有春节、清明等法定假期,期间工业负荷的大幅减少使得用电负荷明显减小,尤其是春节轻负荷最为明显。总体看来,全年电网负荷前低后高,上半年负荷较低,下半年负荷较高,且各年总体趋势较接近。

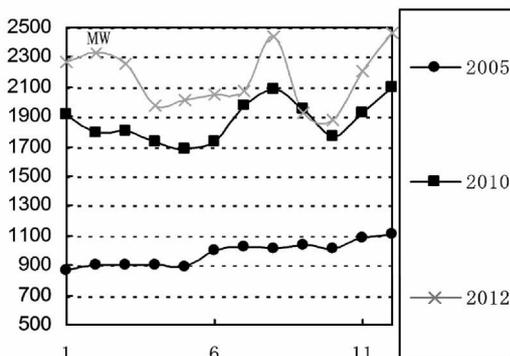


图1 四川电网年负荷曲线

四川电网季不平衡系数基本在0.87~0.90的范围内。随着产业结构调整 and 居民生活水平不断提高,第三产业和居民用电比重上升,冬夏季空调负荷不断增加,四川电网季不平衡系数整体呈下降趋势。

#### (2) 日负荷特性

四川各月最大负荷日日负荷率基本在0.75~0.85之间,夏季较冬季高;最小负荷率基本在0.60~0.75之间,平水期(5月、10月)相对较高。夏季和冬季的高峰低谷出现时间有所差别。夏季日早高峰出现在11:00~12:00,晚高峰出现在20:00~21:00,早晚高峰之间负荷曲线比较平缓,低谷负荷出现在早上7:00~8:00。冬季早高峰出现在11:00~12:00,晚高峰出现在18:00~19:00,早晚高峰之间负荷曲线比较平缓,低谷负荷出现在早上4:00~5:00。总体来看,典型日负荷曲线也呈现了明显的“两峰一谷”特征。

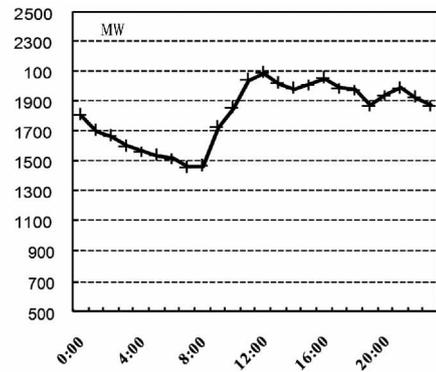


图2 2010年四川电网夏典型日负荷曲线

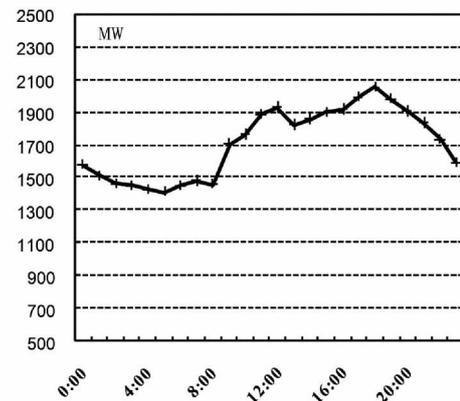


图3 2010年四川电网冬典型日负荷曲线

## 2 负荷特性变化的主要因素分析

### 2.1 经济结构调整的影响

《四川省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中明确提出:坚持把经济结构战略性调整

作为加快转变经济发展方式的主攻方向。四川省产业结构比例由2005年的20.1:41.5:38.4调整到2010年的14.4:50.5:35.1,2012年进一步调整为13.8:52.8:33.4。经济结构调整带来用电结构的变化。四川三次产业和居民生活用电比例由2005年的1.55:76.14:8.83:13.47变为2010年的0.88:73.74:9.79:15.59,2012年进一步变为0.61:72.35:11.24:15.79。受结构调整影响,第二产业用电比重稳中有降,但仍远远大于其他行业,因此对负荷特性的影响最大,这使得负荷率总体仍维持在较高水平,同时第三产业及居民用电量增长较快,由于其具有高峰负荷持续时间短、受季节影响大的特点,在很大程度上导致年负荷曲线波动幅度增大,促使负荷率水平有所下降,但由于它们在总用电量中所占比重相对不高,对负荷特性影响不会太大,因此负荷率水平不会下降太大。

## 2.2 人民生活水平提高的影响

随着城乡居民收入的显著增加以及生活条件的显著改善,人民生活水平不断提高,全省居民家用电器拥有率快速增长,居民用电水平逐渐提高。生活用电负荷对负荷特性的影响主要表现为空调等家用电器的增加使得电网季节性负荷成分增加。由于空调等电器设备基本上都是在相同的时间内使用,这就使得电网高峰负荷快速增长,峰谷差越来越大,年最大峰谷差率也不断增大。7年来,四川电网年最大峰谷差率由2005年的36.4%提高至2012年的46.9%,峰谷差的不断增大促使四川电网负荷率总体呈下降趋势。

## 2.3 气象条件的影响

近年来四川极端天气频发,温度变化较大,且存在不确定性和随机性,酷热、严寒、干旱等极端气候频繁出现,夏、冬两季空调负荷增加明显,在总负荷中所占比重越来越大,气温对电力负荷的影响也越来越明显。2005—2012年的7年间,空调(降温)负荷占比及采暖负荷占比已分别由4.31%、19.72%提升至2012年的14.87%、21.74%。随着空调负荷比重的增大,季不均衡系数进一步下降,峰谷差进一步增大。

# 3 负荷特性预测方法研究

## 3.1 方法综述

目前,国内外对于负荷预测方面的研究比较多,研究的方法也比较成熟,但是对于负荷特性特别是其预测方法的研究则较少。这里,主要探讨以下几种常见的理论方法在负荷特性预测上的应用。

(1) 统计分析法:采用统计学原理通过对较长时期的系统负荷历史记录进行分析,找出各种周期性的规律,得到与预测相关因素的大小与权值,并根据这些数据预测未来的负荷特性。在实际运用中,由于数据分析相当困难,可操作性不高。

(2) 灰色预测:具有要求样本数据少、运算方便、短期预测精度高等优点,但是GM(1,1)模型主要适用于单一的指数增长模型,对负荷序列数据出现转折的情况很难加以考虑。

(3) 人工神经网络:在电力负荷的预测上,人工神经网络算法以其精度高、速度快、自学习和映射能力强等优点得到了广泛应用,并与时间序列分析、模糊数学、小波分析等工具有机结合,获得了良好的预测效果。但由于是暗箱操作,所得的结果不易解释。

(4) 偏最小二乘回归:在电力负荷特性指标的预测实践中,不可避免会遇到变量间的多重相关问题。偏最小二乘回归方法实现了多元线性回归、主成分分析和典型相关分析的综合,克服了自变量之间的多重相关性的问题,因而具有一定的先进性,在实际系统中的可解释性也更强,但它仅适用于线性模型,在处理非线性问题时会造成较大偏差。

(5) 组合预测法:近年来,组合预测得到电力学者越来越多的关注,多数组合预测法着眼于多种高精度单一预测方法的组合,能提高负荷预测精度,但不易实现,且权重选择比较困难,对组合预测精度影响较大。

上述5类方法各有其优缺点和受限之处。由于负荷发展具有很强的地域特性和时间性,地区经济发展水平、用电特性等影响负荷特性预测模型和方法的选择,这使得不可能存在某种方法在任何时候对任何对象都具有普遍的适用性。从实际出发,因地制宜,着眼于四川电网实际发展状况,提出了一种简单实用的负荷特性预测方法。

## 3.2 一种简单实用的负荷特性预测方法

总体预测思路是:立足四川电网实际,依据四川电网年负荷曲线、日负荷曲线特性历史情况、总体趋势及未来行业发展情况,采取趋势法和加权平均法进行负荷特性预测。为方便计算和说明,在预测前,

表1 四川电网2015年年负荷特性预测

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	季不平衡系数
负荷特性	0.930	0.835	0.892	0.825	0.840	0.861	0.920	1.000	0.905	0.805	0.900	0.986	0.892

表2 四川电网日负荷特性预测

时间	项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2015年	日负荷率	0.767	0.768	0.785	0.784	0.791	0.787	0.797	0.811	0.793	0.787	0.758	0.767
	最小负荷率	0.622	0.640	0.674	0.704	0.692	0.670	0.638	0.652	0.646	0.690	0.664	0.628

基于“标么值”理论将年负荷曲线最大月份负荷、日负荷曲线最大时刻负荷数值修正为1,并以此计算其余月份和负荷时刻的负荷标么值。鉴于篇幅原因,且年\日负荷特性预测相似,下面仅以日负荷特性为例,给出预测具体步骤。

(1) 首先基于“重近轻远”原则采用加权平均法,即对近期数据给予较大的权数,远期数据给予较小权数,目的在于强化近期数据作用,弱化远期数据影响,分别计算出预测年典型日24h负荷变化曲线和日负荷特性值;

(2) 将步骤(1)计算得到的日负荷曲线24h负荷标么值按其中最大值为1进行折算,得到新的典型日负荷曲线;

(3) 在日负荷曲线趋势基本不发生变化的前提下对步骤(2)的日负荷曲线进行微调,确保由该曲线得到的日负荷特性和步骤(1)预测得到的日负荷特性相等。因此,微调需注意以下两点:一是最大、最小负荷时刻不变,且最大值为1,最小值为步骤(1)计算得到的最小负荷率;二是各时刻负荷的相对大小关系不发生变化,且确保24h负荷的平均值即为步骤(1)计算得到的日负荷率。这样得到的日负荷曲线即为最终的日负荷曲线。

## 4 四川电网负荷特性预测

### 4.1 年负荷特性预测

随着产业结构调整 and 居民生活水平不断提高,第三产业用电比重上升,夏季空调冬季取暖负荷不断增加,四川电网季不平衡系数总体将继续呈下降趋势,预测2015年四川电网全年季不平衡系数在0.89~0.9之间。

同时,预测四川电网仍基本维持夏季8月份和冬季12月份双高峰特征,年负荷曲线最小值出现在历史年负荷最小值出现频次最高的4月份或10月

份(约为全年最大负荷的80%~82%左右)。根据上述特点,预测2015年四川电网的年负荷曲线如表1所示。

### 4.2 日负荷特性预测

近年来,四川电网随着用电结构的调整,生活用电和第三产业用电比重的逐步上升,日最小负荷率及日均负荷率有下降的趋势;另外,夏季空调负荷的增加,将增大晚间用电负荷,使夏季最大负荷出现时间向后有所推移;但随着电网规模的不断扩大,负荷需求侧管理技术的应用,分时电价的普遍推广以及拉闸限电等,又促使负荷率有所上升。综合分析,预计未来几年四川电网日负荷曲线仍基本维持上述特点,同时受居民生活用电提高和产业结构调整因素影响,预测2015年四川电网的日负荷率、最小负荷率将略微下降,分别在0.75~0.8、0.62~0.7左右。

通过上述对日负荷特性发展趋势的分析,同时基于3.2小节的预测思路和流程,预测四川电网2015年日负荷特性如表2所示。

## 5 结 语

结合四川电网实际,进行了广泛的数据收集整理工作,并运用适当的数据方法和统计工具对这些数据进行研究分析,得到四川电网负荷的主要特性,并预测出四川电网2015年年负荷特性和日负荷特性。主要结论概括如下。

(1) 在积累和分析电力需求数据的基础上,较全面、完整地摸清了四川电网电量、负荷的变化规律及发展趋势。

(2) 深入分析了四川电网负荷特性,总结出四川电网年负荷及日负荷特性均呈现“两峰一谷”的特点,这对准确预测短期四川电网负荷特性有较强的实用意义。

(下转第90页)

## 4 结 论

研究表明 XLPE 电缆护层保护器失效会引起护层环流异常,其运行工况对电缆护层接地系统有很大影响。研究成果完善了人们对高压电缆护层保护器作用是限制工频过电压或冲击过电压在金属护套上产生过高感应电压的认识,对运行维护中高压单芯电缆护层环流异常分析及查找具有很大的指导意义。

### 参考文献

[1] Alexandler V Mamishev, Shayne X Short, Ta-Wei Kao, et al. Nonintrusive Sensing Techniques for the Discrimination of Energized Electric Cables [J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 1996, 45(2): 457-461.

[2] Rita de Cassia A Figueiredo, Sandoval Carneiro Jr, Manuel Ernani C Cruz. Experimental Validation of a Thermal Model for the Ampacity Derating of Electric Cables in Wrapped Trays [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1999, 14(3): 735-742.

[3] 盛鹏, 李杰. 110 kV 电缆线路护层接地方式及护层保护的一些措施 [J]. 四川电力技术, 2008, 31(增刊): 91-94.

[4] 陈妹敏, 杨兰均, 张乔根, 等. 110 kV 电缆护层连接方式对护层过电压的影响 [J]. 高电压技术, 2006, 32(3): 37-39.

[5] 杨守信, 杨力. 110 kV 长庆电缆护套绝缘过电压保护分析计算 [J]. 高电压技术, 2004, 30(4): 22-24.

[6] 张全胜, 王和亮, 周作春. 110 kV XLPE 电缆金属护套交叉互联接地探讨 [J]. 高电压技术, 2005, 31(11): 71-73.

[7] 牛海清, 王晓兵, 蚁泽沛, 等. 110 kV 单芯电缆金属护套环流计算与试验研究 [J]. 高电压技术, 2005, 31

(8): 15-17.

[8] 王波, 罗进圣, 黄宏新, 等. 220 kV 高压单芯电力电缆金属护套环流分析 [J]. 高压电器, 2009, 45(5): 141-145.

[9] 马宏忠, 倪欣荣, 黎腊红. 高压电力电缆护层感应电压的补偿研究 [J]. 高电压技术, 2007, 33(3): 148-151.

[10] 王东海. 电缆改造引起的护层感应电压变化及其补偿 [D]. 南京: 河海大学, 2005.

[11] 姜宁, 王东海, 王春宁, 等. 电力电缆护层电压补偿装置研究 [J]. 电力自动化设备, 2007, 27(4): 52-55.

[12] 魏书荣, 马宏忠, 王东海. 电缆线路改造引起的护层感应电压变化及其补偿 [J]. 电线电缆, 2004(4): 26-28.

[13] 倪欣荣, 马宏忠, 王东海. 电缆护层电压补偿与护层电流抑制技术 [J]. 电力系统自动化, 2007, 31(5): 65-69.

[14] 牛海清, 王晓兵, 张尧. 基于迭代法的单芯电缆载流量的研究 [J]. 高电压技术, 2006, 32(11): 41-44.

[15] 贾欣, 曹晓珑, 喻明. 单芯电缆计及护套环流时的载流量 [J]. 高电压技术, 2001, 27(1): 25-26.

[16] 杨小静. 交联电缆额定载流量的计算 [J]. 高电压技术, 2001, 27(7): 11-12.

### 作者简介:

杨小兵(1981),男,硕士研究生,工程师,从事高压电缆运行维护工作;

苏洪波(1970),男,本科,工程师,从事高压电缆运行维护及检修管理工作;

王志刚(1963),男,本科,高级技师,从事高压电缆运行维护及检修工作;

吕林峰(1975),男,本科,技师,从事高压电缆运行维护工作;

杜 颢(1972),男,本科,工程师,从事电缆运行及电缆施工工作;

赵 宏(1983),男,本科,技师,从事高压电缆运行维护及检修工作。

(收稿日期: 2013-06-02)

(上接第40页)

(3) 基于对电网历年负荷特性数据的分析研究,考虑四川电网负荷特性的特点,采用趋势法和“重近轻远”加权平均法对四川电网负荷特性进行了预测。该法简单实用,给出的四川电网负荷特性值(季不平衡系数、日负荷率、日最小负荷率)有较高的可信度,在很大程度上反映出四川负荷特性未

来的发展趋势和特点,将为四川电网规划及生产经营等计划工作提供基础参考。

### 作者简介:

王海燕(1983),女,硕士研究生,工程师,研究方向为电力市场预测等。

(收稿日期: 2013-07-24)