

电网气温敏感性电量特性分析研究

王一帆, 刘昊

国网重庆市电力公司市北供电分公司, 重庆 401147

DOI:10.61369/EPTSM.2025030005

摘 要 : 随着国内经济和社会由快速发展向高质量发展的变革, 电力消费结构不断优化调整, 居民生活中电力生产和消费比例不断增加, 电力负荷和用电量的尖峰化特征越来越明显。原电力规划普遍采用以最大负荷来决定其建设规模, 存在发输变电低效投资、利用率低、全社会用电成本上升等问题。本文主要探讨如何将气温敏感性电量从历史用电量数据中剥离, 提取温度敏感性等典型特征, 提出气温敏感性电量的分析方法, 进一步研究分析气温敏感性电量时序特性及与气象因素的相关性, 对电量预测精准性具有重要意义。

关 键 词 : 气温敏感性; 电量特性; 气象因素相关性

Analysis and Research on Power Consumption Characteristics of Temperature Sensitivity in Power Grid

Wang Yifan, Liu Hao

North Power Supply Branch of State Grid Chongqing Electric Power Company, Chongqing 401147

Abstract : With the transformation of domestic economy and society from rapid development to high-quality development, the power consumption structure has been continuously optimized and adjusted. The proportion of electricity production and consumption in residents' lives has been increasing, and the peak characteristics of power load and electricity consumption have become more and more prominent. The original power planning generally uses the maximum load to determine its construction scale, which leads to problems such as inefficient investment in power generation, transmission, and transformation, low utilization rate, and increased electricity costs for the whole society. This article mainly explores how to separate temperature-sensitive electricity from historical electricity consumption data, extract typical features such as temperature sensitivity, and propose an analysis method for temperature-sensitive electricity. Further research and analysis of the time series characteristics of temperature-sensitive electricity and its correlation with meteorological factors are important for the accuracy of electricity forecasting.

Keywords : temperature sensitivity; power consumption characteristics; correlation of meteorological factors

引言

(一) 研究背景

根据国内外的研究分析, 采用源荷资源协调控制措施, 可以减少尖峰负荷, 带来节能减排等其他额外社会效益, 有效改善负荷特性。地区电网电量变化受气候变化、用电习惯、产业结构等因素影响, 存在一定的不确定性, 当前以空调为主的夏季降温电量、冬季取暖电量的负荷比重呈上升趋势, 气象变化因素的影响不容忽视。因此, 为进一步解决能源投资低效、利用效率低等问题, 对气温敏感性电量特性以及与气象因素的相关性分析研究具有重要意义。

(二) 研究现状

国内最早关于气温敏感性负荷的研究文献可以追溯到2005年10月, 该文献是测算分析福建省的年最大降温负荷^[1]。由于最大温差分析法测算降温负荷精确度不高, 装接设备容量和降温设备数量推算法测算方式较为复杂, 计算所需数据难以得到。因此在后续的文獻研究中, 通常使用最大负荷比较法和基准负荷比较法来测算降温负荷。关于取暖负荷的文献发表于2016年, 此文献^[2]通过分析广西冬季气象及广西电网随气象的变化情况, 找出冬季影响电网负荷较重的气象因子作为冬季取暖负荷模型的变量, 并将负荷进行标么化处理^[3], 再通过基于灵敏度的方法计算由气象变化引起的取暖负荷。

作者简介:

王一帆(1994-), 女, 汉族, 河南新乡人, 硕士研究生, 工程师, 电力工程。

刘昊(1996-), 男, 汉族, 重庆江北人, 硕士研究生, 工程师, 电力工程。

一、气温敏感性电量特性研究

(一) 气温与电量关联分析

气温敏感性电量是指在空调等降温、取暖设备运行时的用电量，一般出现在夏季或冬季。本文选取重庆作为气温敏感性电量特性研究对象。由于重庆属于亚热带湿润季风气候类型，夏季因地势导致气候闷热，成为长江三大“火炉”之一。随着人民生活水平的不断提高，空调等温控类设备的保有量与使用频度均不断攀升，该现象反映在用电量上便是夏季用电量与室外气温呈正相关，即气温越高，用电量越大，冬季则呈负相关。在天气炎热或寒冷时段电力供应紧张、峰谷差加大。电量的变化受到多种因素的制约，准确地将气温敏感性电量从历史用电量中进行分离是一项复杂而又困难的工作，无法精确统计。因此，本文采用电网的电量曲线进行模拟测算，即有气温敏感性电量时的用电量与无气温敏感性电量的电网电量之差，采用调整后的基准电量比较法来剥离气温敏感性电量。基准电量比较法是指通过对目标月份电量的日用电量与基准电量进行比较，从而确定日最大气温敏感性电量。这种方法较为简单，易于实现。

(二) 基准气温的确定

基准电量比较法测算过程具体可以简化为三步，步骤如下：

(1) 确定比较月：重庆6-9月是全年气温最高的月份，并且电量曲线尖峰也出现在该时段，故该时段发生降温电量；其次第二个小高峰出现在12月至次年2月，该时段正是重庆气温较低的时候，故该时段发生取暖电量。本文选取这两个时段作为研究气温敏感性电量的时段。

(2) 确定基准电量：选取气候比较凉爽、降水较少的月份（称为基准月）中气温位于基准温度区间的电量平均值作为基准电量。

(3) 比较：比较月中气温在基准区间以外的各天的电量减去基准电量，得到的差值如果为正，那么这个差值即为比较月该日的气温敏感性电量；反之，则认为该日不存在气温敏感性电量。

通过上述步骤，可以得知气温敏感性电量的确定是由当天的用电量与基准电量的差值所决定的，因此基准月和基准气温的选取尤为重要。通过对重庆用电量与气温的灵敏度分析研究，选择气温灵敏度较低的温度作为基准温度。并且由于亚热带季风气候存在夏长酷热多伏旱，冬暖少雪云雾多的特点，导致用电居民对于夏季和冬季的空调需求存在不同程度的迫切性。进而影响两者的基准温度区间的选取。如将降温基准温度设定过低或取暖基准温度设定过高，会影响基准电量的计算，从而导致气温敏感性电量剥离的准确性受到影响。因此需要分别计算降温与取暖需求的基准温度。

为排除极端天气和限电措施对研究可能造成的影响，选择2021年温度变化较正常的年份电量数据作为研究基础。通过全年用电量与气温拟合制作散点图，发现在气温为20℃左右时电量处于一个平台期。在20℃以上，随着气温的升高，用电量逐渐升高；在20℃以下，随着气温的降低，用电量依旧逐渐上升。通过全年电量与气温拟合散点图进行求导，可得用电量气温灵敏度曲线，进而得出用电量对气温的灵敏度数值，即可知当最高气温在15℃-25℃区间时，用电量的灵敏度较小，可以视作基本不存在

降温电量，可选取该区间作为降温基准温度区间；当气温在8℃-10℃时，气温灵敏度较小，用电用户在该温度下基本无取暖需求，可选取取暖基准温度区间是8℃-10℃。

(三) 气温敏感性电量时序特性研究

本节先对重庆全用电客户气温敏感性电量的特性进行研究，之后进一步研究三产和居民用电气温敏感性电量变化。通过基准电量数据可以分别将工作日、周末和节假日的气温敏感性电量从历史用电量中剥离出来。将这两个数值与工作日对比并结合实际情况分析，周末和节假日工商业停工停产，用电量下降，而从工商业休假的居民在高温下对于降温需求的大幅上升，从而导致周末、节假日降温电量数据小于工作日，但降温电量占比高于工作日，由此可以发现在周末和节假日时段，居民的降温需求对降温电量变化影响较大。纵向对比相同日期类型下的降温与取暖电量，可以发现，相较于取暖电量，降温电量才是重庆气温敏感性电量中占比最大的部分。这是由于重庆市的气候类型与地理条件导致居民对于降温需求量远远大于取暖需求量。

(1) 第一产业主要包括农、林、牧、渔以及其辅助性活动。由数据可知第一产业降温电量整体的变化与重庆整体降温电量变化类似，第一产业工作日的降温电量均值仅占全客户工作日降温电量均值的0.03%。因为第一产业主要工作地点位于室外，因此对于降温电量的需求相对较低。由第一产业周末和节假日降温电量的数据及占比和工作日的降温电量数据，可以得出周末和节假日对于第一产业的影响较小。这是由于大部分第一产业不会因周末和节假日停工停产，因此节假日不会对第一产业的降温电量需求产生较大影响。综上，第一产业对于气温敏感性电量需求较小。

(2) 第二产业主要是指加工制造业，简称工业，其中包括采矿业、食品、金属、医药制造业等。其变化趋势整体与全客户降温电量变化趋势类似。第二产业的工作安排会受到周末和节假日的影响，第二产业仅有部分行业因周末和节假日停工停产，剩余大部分行业仍需周末生产，因此在当天的高温下，降温需求加大。

(3) 第三产业是指服务业，具体是除第一、第二产业以外的向全社会提供各种各样劳务的服务性行业。第三产业可具体分为两大部门：一是流通部门；二是服务部门。因此第三产业具有较大的降温需求。由第三产业周末和节假日降温电量数据曲线可知，第三产业降温电量占全客户降温电量占比较高，从而导致全客户周末和节假日的降温电量和第三产业类似，

综上，相较于第一产业和第二产业，第三产业中大部分行业的工作安排会受到周末和节假日的影响。

二、气温敏感性电量与气象因素的相关性分析

(一) 气温敏感性电量与气温影响因素的相关性分析

通过采用多种回归方法分析重庆全客户、三产及居民用电中气温敏感性电量与气温的关系，选择拟合效果最佳者作为最终方案，捕捉气温敏感性电量与气温的相关关系，拟揭示两者之间的变化规律。本文借鉴了以往的研究资料采取了三阶回归模型、一

元线性回归模型和多元回归模型三种回归模型分别分析了气温敏感性电量与日最高气温、日最低气温和平均气温的关系。

通过前文对重庆全客户、三产及居民电量的气温敏感性电量分析可知其存在不同特性,需分别研究其气温敏感性电量与气温的相关性。通过分别计算重庆全客户、三产及居民电量的降温电量、取暖电量与气温拟合的相关系数,选择拟合相关性最高的模型作为最终的研究模型。经过计算得到的各拟合相关系数均小于0.6,因此无法使用其中任一回归模型对全客户、三产及居民电量的降温电量、取暖电量进行回归分析,其研究方法有待考量。

(二) 气温敏感性电量与风速、湿度影响因素的相关性分析

进一步通过拟合相关系数分别研究风速、湿度与气温敏感性电量的相关性。通过回归模型进行分析,发现全客户工作日降温电量与风速、湿度的拟合系数均小于0.5,说明了风速和湿度与降温电量、取暖电量并没有较强的相关性。通过计算重庆全客户降温及取暖电量与风速和湿度拟合相关系数,可知风速与湿度对于气温敏感性电量的影响远小于气温对于两者的影响。因此对未来气温敏感性电量进行预测时,仅需考虑气温这一气象因素。

(三) 气温累积效应对降温电量的影响研究

气温对降温电量存在多日累积效应,连续几天高温和当天突然高温这两种情况下的降温电量会有明显差别。以重庆2021年6月1日至9月30日的降温电量数据为例,在剔除可能影响降温电量的节假日因素后,做出日最高气温和降温电量的标么值曲线,可发现两条曲线的某些峰谷点在时序上没有重合,而是电量变化滞后于气温变化,即存在积温效应。积温效应将进一步影响降温电量,其预测量需考虑积温效应带来的影响,结合前几日的降温电量对预测值进行综合分析。因此,为尽可能精确预测降温电量,本文结合积温效应的影响,提出了预测日温度修正法,并采用修正后的温度进行降温电量预测。

为量化积温效应的影响,通过全面考虑界限温度、最大累积天数以及累积效应系数等因素,建立考虑积温效应的温度修正模型,同时确定修正模型中的三个参数,即界限温度、最大累计天数和累积效应系数。

(1) 界限温度:界限温度的求解存在多种方法^[4-5],本文采

用对重庆全客户用量历史实际电量数值与温度进行多次多项式拟合的方式,选取电量温度弹性系数最大值对应的气温作为本研究的界限温度,即33℃。

(2) 最大累积天数:本文采用试探的方法,计算考虑不同累积天数时降温电量与日最高温度的相关程度,求取使相关程度最高的最大累积天数。选取2021年重庆全客户7月份的降温电量以及日最高温度作为样本,将相邻天的最高电量和最高温度数据作为一组,分别计算每组电量和最高温度的相关系数,并求出相关系数平均数,平均值最大的确定为最大累计天数。本文综合考虑最大累积天数的平均相关系数,选取最能反映降温电量与最高温度的相关程度的最大累积天数,即3天。

(3) 累积效应系数:本文利用累积效应系数对最高气温进行修正,提高修正后的最高温度与最高电量实际值的相关性,即电量预测的精准程度。结合积温效应,日降温电量与修正温度后日最高气温的相关程度得到较大幅度提升。因此,采用累积效应系数进行气温修正,使得修正后的温度更能反映温度对实际降温电量的影响情况,预测气温敏感性电量的回归模型相关拟合系数会得以提高。

三、结语

针对重庆气温敏感性电量快速增长,峰谷差进一步拉大的严峻挑战,本文以重庆历史电量数据为基础,研究降温、取暖电量的时序特性及与气象因素的敏感性。结果表明各产业降温电量的变化趋势与气温息息相关,各产业取暖电量的变化趋势各有不同;气温敏感性电量与风速和湿度气温相关性较低,各产业的气温敏感性电量与气温的拟合相关系数大的回归模型不尽相同;对各产业进行气温敏感性电量预测时,需要考虑积温效应的影响,利用累积效应系数将重庆日最高气温进行修正后,预测气温敏感性电量的回归模型相关拟合系数会得以提高。

参考文献

- [1] 邱向京,周峰,刘升,韩新阳.福建省年最大降温负荷测算分析与研究[J].华东电力,2005(10):90-94.
- [2] 吴茵,张智光,杨小卫,龚利武,苗增强,覃芳璐,李滨.考虑气象因素的冬季取暖负荷计算[J].电网与清洁能源,2016,32(01):7-13.
- [3] 王宁,谢敏,邓佳梁,刘明波,李嘉龙,王一,刘思捷.基于支持向量机回归组合模型的中长期降温负荷预测[J].电力系统保护与控制,2016,44(03):92-97.
- [4] 高赐威,李倩玉,苏卫华,李扬.短期负荷预测中考虑积温效应的温度修正模型研究[J].电工技术学报,2015,30(04):242-248.
- [5] 王丽娟,任永建,陈正洪,何明琼,陈英英,李芬,刘静.基于气温累积效应和炎热指数的夏季日最大电力负荷预测研究[J].气象与环境科学,2021,44(02):106-111.