

黄卓,凌俐嘉,李广桃,等.气温变化对广西城乡居民电力消费的影响[J].气象研究与应用,2024,45(1):12-16.  
Huang Zhuo, Ling Lijia, Li Guangtao, et al. Influence of temperature variation on residents' electricity consumption in Guangxi [J].  
Journal of Meteorological Research and Application, 2024, 45(1): 12-16.

## 气温变化对广西城乡居民电力消费的影响

黄卓<sup>1</sup>, 凌俐嘉<sup>2</sup>, 李广桃<sup>1</sup>, 陆芊芊<sup>1</sup>

(1.广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022; 2.广西电力职业技术学院, 南宁 530299)

**摘要:** 利用2009—2023年广西91个国家级气象观测站的气温资料和广西社会用电量资料,运用Spearman相关分析法,研究近15 a来广西气温和城乡居民用电量的变化趋势特征,以及运用度日数法探讨气温变化对城乡居民电力消费的影响。结果表明,广西气温整体呈上升趋势,各个季节的气温指标变化趋势不一;城乡居民电力消费增加,气象电量与气温要素的变化趋势基本一致。气温变化对广西城乡居民用电量的影响较大,以夏、秋季的影响最为明显;夏季增温导致居民电力消费需求明显增大,冬季低温过程增强也导致居民电力消费需求增加,秋季气温上升、低温过程强度减弱,居民电力消费需求有增有减;春季增暖则居民电力消费需求减少。

**关键词:** 气温变化;电力消费;度日数

**中图分类号:** P467

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2024.1.03

电力消费是国民经济可持续发展中能源消费的重要组成部分,电力消费量随着社会经济水平和生活水平的提高而逐步增长<sup>[1]</sup>。研究表明,电力消耗与气象因素紧密相关<sup>[2-5]</sup>,其中气温是影响电力消费的最重要因素<sup>[6]</sup>。例如,李雪铭等<sup>[7]</sup>研究发现夏季气温变化是影响大连市居民用电量的直接因素,夏季气温升高引起空调等降温设备耗电增加,7月平均气温与用电量显著正相关;刘健等<sup>[8]</sup>指出夏季高温波动会引起居民和城市系统用电量的变化,夏季高温异常是居民和城市系统用电量增加的重要因素;王治华等<sup>[9]</sup>研究证实温度是影响电力消费季节性变化的重要因素;广西电力负荷与气温有明显的正相关关系,日最大负荷与日最高气温的正相关关系显著<sup>[10]</sup>。因此,了解气温变化对电力消费的影响,对提供针对性强的能源气象服务、科学调度用电量具有重要意义<sup>[11]</sup>。

城乡居民电力消费受到居民日常生活和天气气候等多种因素的共同影响<sup>[12]</sup>。在已有的研究中,有的考虑社会经济水平和居民生活水平提高对电力消费增长的影响,将气象条件相关的电力消费量

从电量消费总量中分离出来,重点分析电力消费随气象因子变化的规律<sup>[13-14]</sup>;有的考虑气温、降水、平均相对湿度等多种气象要素,综合分析对电力消费的影响<sup>[15-17]</sup>;有的则从居民生活对天气变化的敏感性出发,采用度日数法探讨气温变化和居民电力消费的关系<sup>[18]</sup>。虽然电力消费受多种气象因素影响,但从前人对该领域的研究结果发现,气温是影响居民电力消费的最主要环境因素。因此,为了深入分析主要气象因素对居民电力消费的影响,本文在把广西城乡居民气象电力消费量分离出来基础上,主要分析广西气温相关要素变化规律,探讨广西气温变化与城乡居民电力消费量的关系,以期对广西长期的电力调度和规划提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

文中所用2009—2023年逐月广西全社会、第一产业、第二产业、第三产业和城乡居民用电量资料来自广西壮族自治区统计局网站;2008—2023年广西91个国家气象观测站逐日平均气温、最高气温、

收稿日期: 2023-12-28

基金项目: 广西重点研发计划项目(桂科AB22080060、桂科AB23026052)

第一作者简介: 黄卓(1985—),女,高级工程师,主要从事气候监测评估研究工作。E-mail:huangzhuo001@163.com

最低气温资料来自广西壮族自治区气象信息中心。

## 1.2 研究方法

为更好地描述气象因子对电力消费的影响,参照相关文献方法<sup>[6,13-14]</sup>,将城乡居民电力消费量分解为社会经济耗电量(趋势量)和气象电量(波动量),去除长期变化趋势量后的波动量即气象电量。

为量化居民采暖和降温需求,本文引用度日数法,选取的气温因子有平均气温、最低气温、最高气温和采暖度日、降温度日。其中,平均气温相关指标包括某时段内的平均气温  $TA$ 、平均气温极大值  $TA_{\max}$ 、平均气温极小值  $TA_{\min}$ ,最低气温指标包括某时段内最低气温的平均值  $TL$ 、最低气温极大值  $TL_{\max}$ 、最低气温极小值  $TL_{\min}$ ,最高气温指标包括某时段内最高气温的平均值  $TH$ 、最高气温极大值  $TH_{\max}$ 、最高气温极小值  $TH_{\min}$ ,气温平均值主要反映气温整体的平均状况,极值主要反映阶段性的气温异常程度;采暖度日  $HDD$  指某一时段日平均气温低于  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  的累积度数,降温度日  $CDD$  指某一时段日平均温度高于  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$  的累积度数<sup>[19-20]</sup>;以上指标均为广西各个气象观测站的平均值。

通过对气温指标与用电量进行 Spearman 相关分析,研究广西气温变化与城乡居民电力消费量的关系。

## 2 结果与分析

### 2.1 广西气温变化特征

2009—2023 年,广西年平均气温、最低气温、最高气温均呈上升趋势,与上世纪 60 年代以来广西气温的变化趋势一致<sup>[21]</sup>,但增温速率明显加快,分别提高至  $0.30\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、 $0.30\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、 $0.35\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ;气温的年极值整体在升高,仅最高气温极小值  $TH_{\min}$  为弱的下降趋势。

与更长时间序列下四季气温均升高的结果<sup>[22-23]</sup>不同,各个季节的气温变化趋势不一。冬季(前一年 12 月至当年 2 月),广西平均气温变化趋势不明显,但极值变化较大,平均气温和最高气温的极小值( $TA_{\min}$  和  $TH_{\min}$ )增加速率分别达  $0.30\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、 $0.56\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ,最高气温极大值  $TH_{\max}$  则平均每 10 a 下降  $1.99\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,冬季的低温过程频率减少、强度有所增强。春季(3—5 月),广西平均气温整体呈上升趋势,各指标平均每 10a 增加幅度均超过  $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,尤其是极小值指标  $TA_{\min}$ 、 $TL_{\min}$ 、 $TH_{\min}$  的增温速率分别高达  $2.90\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、 $2.79\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、 $2.91\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ,

且均通过显著性检验,这表明春季的强冷空气过程减少。夏季(6—8 月),广西平均气温主要呈增加趋势,各指标中最低气温极小值  $TL_{\min}$  增温速率最快,为  $0.84\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ,仅最低气温极大值  $TL_{\max}$  为弱的下降趋势,平均最高气温较气候平均值偏高  $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,15 a 仅有 3 a 的夏季最高气温略偏低,其余年份均为偏高或显著偏高,表明夏季高温过程增强。秋季(9—11 月),广西平均气温趋势为平均值增加、极值降低,最低气温指标和最高气温极小值  $TH_{\min}$  均呈增加趋势,秋季整体气温偏暖、低温过程强度减弱。以上结果与以往关于高温日数和低温过程的研究结论相吻合<sup>[23-24]</sup>。

2009—2023 年广西采暖度日  $HDD$  与降温度日  $CDD$  的年际变化较大,采暖度日数呈减少趋势,降温度日数呈增加趋势,该结论与多数研究结果一致<sup>[25-27]</sup>。

如图 1 所示,广西年平均采暖度日数为  $640.5\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ,最大值为  $859.9\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ (2011 年),最小值为  $543.3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ (2021 年)。采暖度日在冬季、春季、秋季均有出现。冬季采暖度日数占全年 63%~93%,年际波动较大,呈弱减少趋势;春季采暖度日数仅次于冬季,占全年 7%~20%,下降趋势显著;秋季采暖度日数较少,占全年的 2%~17%,呈下降趋势。

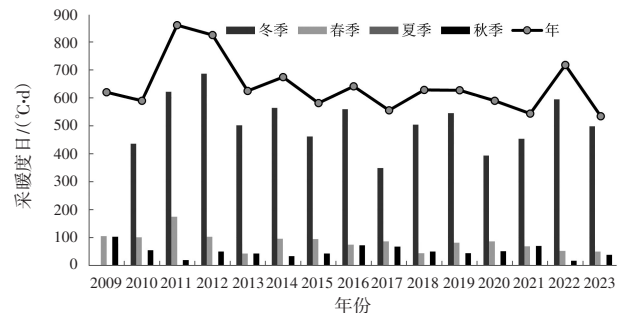


图 1 2009—2023 年广西采暖度日年际变化图

如图 2 所示,广西年平均降温度日  $CDD$  为  $272.0\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ,最大值为  $347.9\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ (2021 年),最小值为  $228\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ (2017 年)。降温度日主要集中在春季、夏季、秋季,冬季仅在 2010 年出现降温度日。夏季降温度日数占全年 65%~79%,年际波动较大,呈增加趋势;秋季降温度日数次于夏季,占全年 11%~29%,呈弱上升趋势;春季降温度日较少,占全年 4%~20%。

### 2.2 广西城乡居民用电量变化特征

如图 3 所示,2009—2023 年广西城乡居民用电

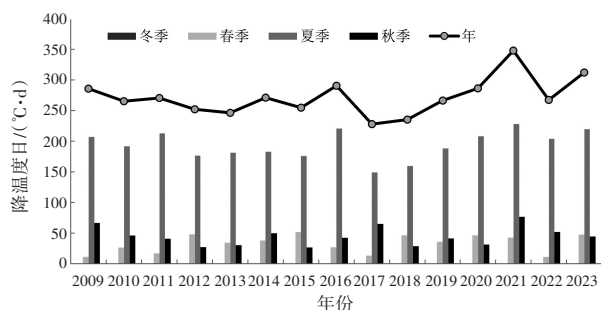


图2 2009—2023年广西降温日年际变化图

量显著增加,平均每年增加  $2.66 \times 10^9$  kWh。春季,居民用电量整体为四季中最少、增长速率最小,仅2010、2012、2019、2020年用电多于冬季;夏季,近15 a来广西居民用电量变化较大,2009—2016年增长速率仍较平稳,之后居民用电量大幅增加,增长速率远超其他季节,2019年后稳居季节用电量第一;秋季,居民用电量变化较稳定,增长速率略大于春季;冬季,居民用电量增长速率仅次于夏季,2020年后增长较快。

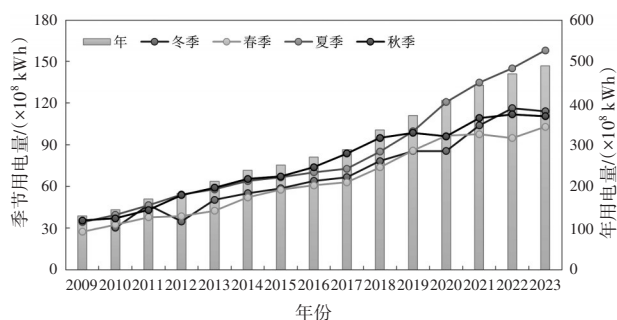
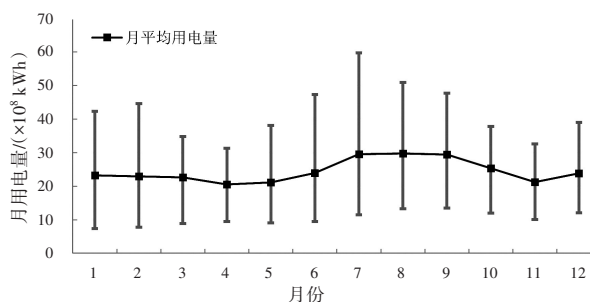


图3 2009—2023年广西城乡居民用电量年际和季节变化图

如图4所示,广西城乡居民用电量7月最多、波动最大,4月用电最少、波动最小;各月用电量波动程度不一,大多数月份用电量的最大正振幅大于最大负振幅。其中,1、2、6、7、8月的最大正振幅在  $1.91 \sim 3.01 \times 10^9$  kWh之间,最大负振幅在  $1.45 \sim 1.80 \times 10^9$  kWh之间,波动较大;3、4、10、11月的最大正振幅在  $1.08 \sim 1.25 \times 10^9$  kWh之间,波动较小。

图4 2009—2023年广西城乡居民用电量月际变化图  
(折线为各月的平均值,误差线两端分别代表历年各月的最大值和最小值)

### 2.3 广西城乡居民用电量与气温的相关性分析

将广西2009—2023年城乡居民用电量中的逐月气象用电量分离出来,并与广西平均气温、最高气温、最低气温及度日数等气温指标进行相关分析(表1)。结果表明,从月尺度上看,广西城乡居民用电量和11个气温指标的相关性均通过显著性检验,气温变化对居民用电量的影响明显。

从各个季节上看,秋季居民用电量与各个气温指标的相关性最好,均通过显著性检验,其中用电

表1 广西气温指标与城乡居民用电量相关系数表

气温指标	年	冬季	春季	夏季	秋季
TA	0.38*	-0.25	-0.25	0.48*	0.75*
TA <sub>max</sub>	0.31*	0.1	-0.28	0.11	0.72*
TA <sub>min</sub>	0.37*	-0.37*	-0.33*	0.40*	0.78*
TL	0.36*	-0.24	-0.25	0.32*	0.75*
TL <sub>max</sub>	0.30*	-0.14	-0.26	-0.03	0.66*
TL <sub>min</sub>	0.37*	-0.31*	-0.31*	0.33*	0.59*
TH	0.40*	-0.22	-0.27	0.54*	0.77*
TH <sub>max</sub>	0.37*	-0.1	-0.34	0.36*	0.59*
TH <sub>min</sub>	0.37*	-0.36*	-0.31*	0.37*	0.76*
CDD	0.41*	0.2	-0.28	0.50*	0.76*
HDD	-0.33*	0.25	0.28	/	-0.75*

注:\*号表明通过  $p < 0.05$  的显著性检验。



量与降温度日数  $CDD$  相关系数为 0.76,与采暖度日数  $HDD$  相关系数为 -0.75。夏季两者的相关性次之,绝大多数气温指标都通过相关显著性检验,其中用电量与平均最高气温  $TH$ 、降温度日数  $CDD$  的相关系数达 0.54、0.50,高温季节对居民电力消费的影响较大。冬、春两季居民用电量与平均气温、最低气温、最高气温的最小值均呈显著负相关,当冬、春季气温偏暖时,居民用电量明显减少,当气温整体偏低或出现极端低温天气时,居民用电量明显增加。

### 3 结论

通过分析 2009—2023 年广西城乡居民用电量与平均气温、最高气温、最低气温及度日数等气温指标的变化特征及相关关系,得出以下主要结论:

(1)广西气温整体呈上升趋势,增温速率较过去 60 a 明显加快,各个季节的气温变化趋势不一。冬季平均气温变化趋势不明显,但极值变化相对较大,冬季的低温过程频率减少、强度有所增强,采暖度日数呈减少趋势。春季气温呈上升趋势,极小值指标增温显著,春季的强冷空气过程减少,采暖度日数下降趋势显著。夏季气温整体呈上升趋势,高温过程增强,降温度日数呈增加趋势。秋季气温整体呈增加趋势,低温过程强度减弱,采暖度日数呈下降趋势、降温度日数呈弱上升趋势。

(2)广西城乡居民用电量显著增加。居民用电量春季为四季中最少、增长速率最小;夏季在 2016 年后大幅增加,增长速率远超其他季节;秋季变化较稳定,增长速率略大于春季;冬季增长速率仅次于夏季。

(3)气温变化对广西城乡居民用电量的影响明显,以对夏、秋季的影响最为明显。夏季气温上升、高温过程增强,居民降温需求增加,居民用电量增长明显;秋季气温上升、居民降温需求增加,低温过程强度减弱、采暖需求减少,因此居民的实际用电量增长速率稳定;尽管冬季采暖日数减少,但低温过程强度增强,气温起伏大,居民用电需求仍增加;春季气温偏暖,居民用电需求明显减少,因此居民用电量增长较少。

#### 参考文献:

[1] 郭崇兰. 杭州市极端气象因子与工业电力消费关联研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2014.

[2] 陈圣劼,田心如,姚阮,等.基于气象因子的南京市冬季和夏季用电量预测研究[J].气象与环境学报,2022,38(4):127-135.

[3] 刘娟,周昌云,曹乃和,等.气象因子对用电量的影响分析及预警研究[J].气象与环境科学,2010,33(1):61-64.

[4] 张立祥,陈力强,王明华.城市供电量与气象条件的关系[J].气象,2000(7):27-31.

[5] 兰辉,于佳卉,曹经福,等.天津地区用电量与气温的非线性响应关系研究[J].气象与环境学报,2021,37(4):139-144.

[6] 段海来,千怀遂.广州市城市电力消费对气候变化的响应[J].应用气象学报,2009,20(1):80-87.

[7] 李雪铭,葛庆龙,周连义,等.近二十年全球气温变化的居民用电量响应——以大连市为例[J].干旱区资源与环境,2003(5):54-58.

[8] 刘健,陈星,彭恩志,等.气候变化对江苏省城市系统用电量变化趋势的影响[J].长江流域资源与环境,2005(5):546-550.

[9] 王治华,杨晓梅,李扬,等.气温与典型季节电力负荷关系的研究[J].电力自动化设备,2002(3):16-18.

[10] 钟利华,周绍毅,李勇,等.广西电网电力负荷变化特征与气温的关系及其预测[J].气象研究与应用,2007(1):56-59,63.

[11] 陈宇岭.气温变化对城镇居民生活用电的影响研究[D].南京:南京信息工程大学,2023.

[12] 王桂新,沈续雷.气温变化对上海市日电力消费影响关系之考察[J].华北电力大学学报(社会科学版),2015(1):35-41.

[13] 付晓辉,成丹,白永清.华中地区电力负荷与气温的关系分析[J].水电能源科学,2014,32(2):183-187.

[14] 李琛,郭文利,吴进,等.北京市夏季日最大电力负荷与气象因子的关系[J].气象与环境学报,2018,34(3):99-105.

[15] 王洁,曲晓黎,尤琦,等.夏季日峰降温电力负荷预测灰色模型及其应用[J].气象,2024,50(1):95-102.

[16] 王丽娟,任永建,陈正洪,等.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(2):106-111.

[17] 赵娜,石玉恒,李乃杰,等.温湿变化对北京城区气象敏感电力负荷的影响分析[J].中国电力,2017,50(2):175-180.

[18] 张海东.气候变化对我国取暖和降温耗能的影响及优化研究[D].南京:南京信息工程大学,2008.

[19] 陈莉,方修琦,李帅.吉林省城市住宅采暖气候耗能距平序列的建立方法[J].气候变化研究进展,2008,4(1):32-36.

- [20] 杨智. 云南省建筑热工设计气象参数计算[J]. 气象科技, 2018, 46(5):1038-1043.
- [21] 何洁琳, 谢敏, 黄卓, 等. 广西气候变化事实[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(3):11-15.
- [22] 何洁琳, 李艳兰, 蔡悦幸, 等. 广西区域气候变化的研究新进展[J]. 气象研究与应用, 2020, 41(4):56-61.
- [23] 何如, 何洁琳, 黄晴, 等. 广西高温灾害致灾因子时空分布特征分析[J]. 气象研究与应用, 2023, 44(3):62-66.
- [24] 朱秋宇, 何慧, 周秀华, 等. 广西持续性低温雨雪冰冻过程特征和气候成因分析[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(1):38-41.
- [25] 李艳兰, 何如, 杜尧东, 等. 华南区域降温日和采暖度日的时空变化特征[J]. 热带地理, 2011, 31(1):14-20.
- [26] 高峰, 姚国友, 朱晓飞, 等. 吉林省冬季气温变化对采暖期的影响[J]. 气象与环境学报, 2012, 28(4):22-27.
- [27] 郝全成, 孙周军. 近57年广东地区度日分布及变化特征分析[J]. 热带气象学报, 2010, 26(2):223-226.

## Influence of temperature variation on residents' electricity consumption in Guangxi

HUANG Zhuo<sup>1</sup>, LING Lijia<sup>2</sup>, LI Guangtao<sup>1</sup>, LU Qianqian<sup>1</sup>

(1. Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China;

2. Guangxi Electrical Polytechnic Institute, Nanning 530299, China)

**Abstract:** Using temperature data from 91 meteorological observation stations and social electricity consumption data from 2009 to 2023 in Guangxi, this study examines the trends in temperature, residents' electricity consumption and the influence of temperature fluctuations on electricity consumption. The results show that the overall temperature in Guangxi has shown an upward trend, with varying trends across different seasons. The residents' electricity consumption has increased, and the pattern of meteorological electricity demand closely follows changes in temperature-related factors. The temperature variation significantly impact Guangxi residents' electricity consumption, particularly during the summer and autumn seasons. Summer warming result in a notable increase in residential electricity demand, while the intensification of winter cold processes also boosts power consumption. In autumn, as temperatures rise and the intensity of cold processes weakens, electricity demand among residents fluctuates. Conversely, spring warming leads to a decrease in residential electricity consumption.

**Key words:** temperature variation; electricity consumption; degree day