

气象要素对最热月用电量的影响

张翠华, 王建业

石家庄市气象局, 河北 石家庄
Email: 13832351613@163.com

收稿日期: 2021年2月21日; 录用日期: 2021年3月16日; 发布日期: 2021年3月22日

摘要

利用石家庄地区2007~2019年最热月气温、空气湿度、风速、大风、降水与社会用电量数据, 采用线性趋势、相关系数、多元回归和对比分析等统计方法, 分析了最热月相关气象要素与社会用电量的变化关系。结果表明: 近年来石家庄夏季社会用电量呈明显增长趋势, 最热月增长趋势最为明显; 以市区及其周边地区为高用电量中心, 向周边各县市逐渐减少, 东南部较西北部偏高。全市和各区域最热月平均气温、最高气温、最低气温与气象用电量呈明显正相关, 正相关性市区较各区域更为明显; 东部平原最热月平均风速与气象用电量呈明显正相关。利用SPSS软件对全市和各区域逐年最热月相关气象要素数据与气象用电量进行多元逐步线性回归分析, 得到气象用电量的回归预测方程。通过全市和各区域逐年最热月预测社会用电量与实际社会用电量的对比误差分析, 表明预测社会用电量平均误差在3%以内。

关键词

最热月用电量, 气象要素, 变化关系, 预测分析

Influence of Meteorological Elements on Electricity Consumption in the Hottest Month

Cuihua Zhang, Jianye Wang

Shijiazhuang Meteorological Bureau, Shijiazhuang Hebei
Email: 13832351613@163.com

Received: Feb. 21st, 2021; accepted: Mar. 16th, 2021; published: Mar. 22nd, 2021

Abstract

By using the data of air temperature, air humidity, wind speed, high wind, precipitation and social

electricity consumption of the hottest month from 2007 to 2019 in Shijiazhuang, and using statistical methods such as linear trend, correlation coefficient, multiple regression and comparative analysis, the relationship between meteorological factors related to the hottest month and social electricity consumption was analyzed. The results show that, in recent years, the social electricity consumption in summer in Shijiazhuang showed an obvious growth trend having the most obvious growth trend in the hottest month. With the urban area and its surrounding areas as the center of high electricity consumption, it gradually decreased to surrounding counties and cities, and the southeast was higher than the northwest. The average temperature, maximum temperature and minimum temperature of the hottest month in the whole city and all regions were positively correlated with meteorological electricity consumption, and the positive correlation was more obvious in urban areas than in other regions. The average wind speed of the hottest month in the eastern plain was positively correlated with the meteorological electricity consumption. SPSS software was used to carry out multivariate stepwise linear regression analysis of meteorological elements data and meteorological electricity consumption in the hottest month of the whole city and each region year by year, and the regression prediction equation of meteorological electricity consumption was obtained. Through the comparison error analysis of predicting social electricity consumption and actual social electricity consumption in the hottest month of each year in the whole city and each region, it showed that the average error of predicting social electricity consumption was within 3%.

Keywords

Electricity Consumption in the Hottest Month, Meteorological Factors, Relationship between Changes, Forecast Analysis

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

夏季高温天气已然成为严重的气象灾害[1], 高温灾害天气造成电力负荷呈大幅度增加趋势[2] [3], 输电线路由于过负荷导致输电线路跳闸、断线事故频发[4], 严重影响电网安全稳定运行而造成供电压力。天气条件对用电量的影响分析目前有很多, 高气象敏感用电量日数在近年来呈上升趋势, 三级气象敏感用电量日数较多的月份集中在 7~8 月[5]; 河北南部电网日用电负荷峰值对应夏季高温, 降雨会造成用电负荷峰值明显下降[6], 夏季日最大电力负荷的波动性明显大于其他月份[7], 持续 3 d 以上的闷热天气相对晴热天气使电力日峰负荷、日谷负荷增长更显著[8]; 冀北电网夏季高峰期日最大电力负荷与日气温、日相对湿度和日闷热指数呈正相关[9]; 京津唐电网夏季人体舒适度指数与日气象负荷关联最好, 冬季风寒指数与日气象负荷关联最好[10]; 采用气温、相对湿度和天气状况作为气象预报因子建立了福州市夏季气象电力负荷预测模型[11]; 上海地区除了气温、相对湿度, 还采用日照时数、雨量和风速作物影响气象因子建立了高温期间日用电量和日最高用电负荷气象变化量的预评估和后评估模型[12]。

石家庄地处河北省中南部, 域跨太行山地和华北平原两大地貌单元, 西部地处太行山中段东麓, 山区部分约占全市总面积的 50%, 东部为滹沱河冲积平原, 包括主城区和 16 个县市, 夏季天气炎热, 极端高温事件呈增多变化趋势[13], 高温热浪发展态势比“三大火炉”城市更为严峻[14]。该地区经济发达, 人口密集, 社会用电量消耗大, 近年来社会用电量呈现明显增长趋势($r_{\text{年}} = 0.9499$, 通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验), 其中夏季社会用电量增长尤为明显($r_{\text{夏}} = 0.9748$, 通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验), 年社会用

电量已超 500 亿度。经统计分析, 近年来石家庄 7 月平均气温、最高气温和最低气温均为最高(依次为 27.5℃, 32.5℃, 23.2℃), 闷热天气也主要出现在 7 月[8], 由石家庄供电公司提供的社会用电量数据发现, 每年 7 月为社会用电量最高, 社会用电量增长趋势也最为明显($r_{7月} = 0.9702$, 通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验), 由此, 分析近年来最热月(7 月)气象要素与社会用电量最高月(7 月)社会用电量的变化关系, 以期预测最热月社会用电量[9]需求为电力部门做好合理调度提供决策服务。

2. 资料及方法

为客观分析炎热天气条件下对用电量的影响, 从石家庄供电公司获取 2007~2019 年 7 月(最热月)社会用电量数据, 社会用电量(E)采用 $E = E_t + E_q + A$ 描述, E_t 为趋势用电量, E_q 为受气象条件影响的波动用电量, A 为不确定因素引起的用电量变化, 由于影响较小, 可以忽略不计。利用社会用电量趋势方程从逐年最热月社会用电量中分离出相应的趋势用电量, 将逐年最热月社会用电量与分离出来相应的趋势用电量做减法, 从而得出逐年最热月的气象用电量。

气象因素对气象用电量的影响是通过改变人体对环境的舒适度感觉从而影响人的行为而实现的, 而舒适度指数($K = 1.8T_a - 0.55(1.8T_a - 26)(1 - R_h) - 3.25\sqrt{V} + 32$, 式中 T_a 为气温(℃), R_h 为相对湿度(%), V 为风速(m/s))由气温、相对湿度和风速计算得出, 表明气温、湿度和风速对人体舒适度的影响最为明显[15]。用电需求气象条件等级中规定的气象敏感用电量条件指数选取平均气温、最高气温、最低气温、平均相对湿度和平均风速作为影响因子[16]。由此, 本文由气温、湿度和风扩展选取平均气温、最高气温、最低气温、平均相对湿度、平均风速、大风日数、降水量和降水日数这八个气象要素来分析气象要素变化对气象用电量的波动影响。

利用逐年最热月气温、空气湿度、风速、大风、降水数据与气象用电量做相关分析, 定性分析气象要素与气象用电量的变化关系; 采用 SPSS 统计分析软件把逐年最热月相关气象要素与气象用电量数据做多元逐步线性回归分析得出气象用电量预测方程[17], 定量分析明显相关气象要素与气象用电量(E_q)的变化关系; 把自变量(相关气象要素值)代入预测方程得到气象用电量, 加上用电量变化趋势项即基础用电量(E_t)得到逐年最热月预测社会用电量, 并将逐年最热月预测社会用电量与实际社会用电量做对比误差分析来检验预测效果。

3. 结果分析

3.1. 最热月社会用电量的变化特征

全市最热月社会用电量分布如图 1 所示, 社会用电量以市区及其周边地区为高用电量中心, 向周边各县市逐渐减少, 东南部较西北部偏高, 由于市区及其周边地区、东南部较西北部工业分布密集, 人口密度大, 其社会用电量高于各县市, 受城市化影响[18], 夏季市区及其周边地区平均气温、最高气温和最低气温变化较各县市趋于高温明显, 体感更加酷热, 制冷空气用于增加舒适度导致市区及其周边地区消耗社会用电量高于各县市。

3.2. 最热月气象要素与气象用电量的变化关系

最热月气象要素与气象用电量的变化关系如表 1 所示, 全市和各区域最热月平均气温、最高气温、最低气温与气象用电量呈明显正相关, 正相关性市区较各区域更为明显, 表明最热月气温高, 体感炎热, 制冷空气导致消耗用电量高, 受城市化影响, 市区平均气温(28.0℃)高于各区域(东部平原、西部山区平均气温依次为 27.7℃、27.3℃), 导致市区消耗用电量高于各区域; 降水量与气象用电量负相关性较大, 冷暖空气交汇出现降雨时, 降温增湿净化空气, 体感清凉舒适, 导致消耗用电量低。

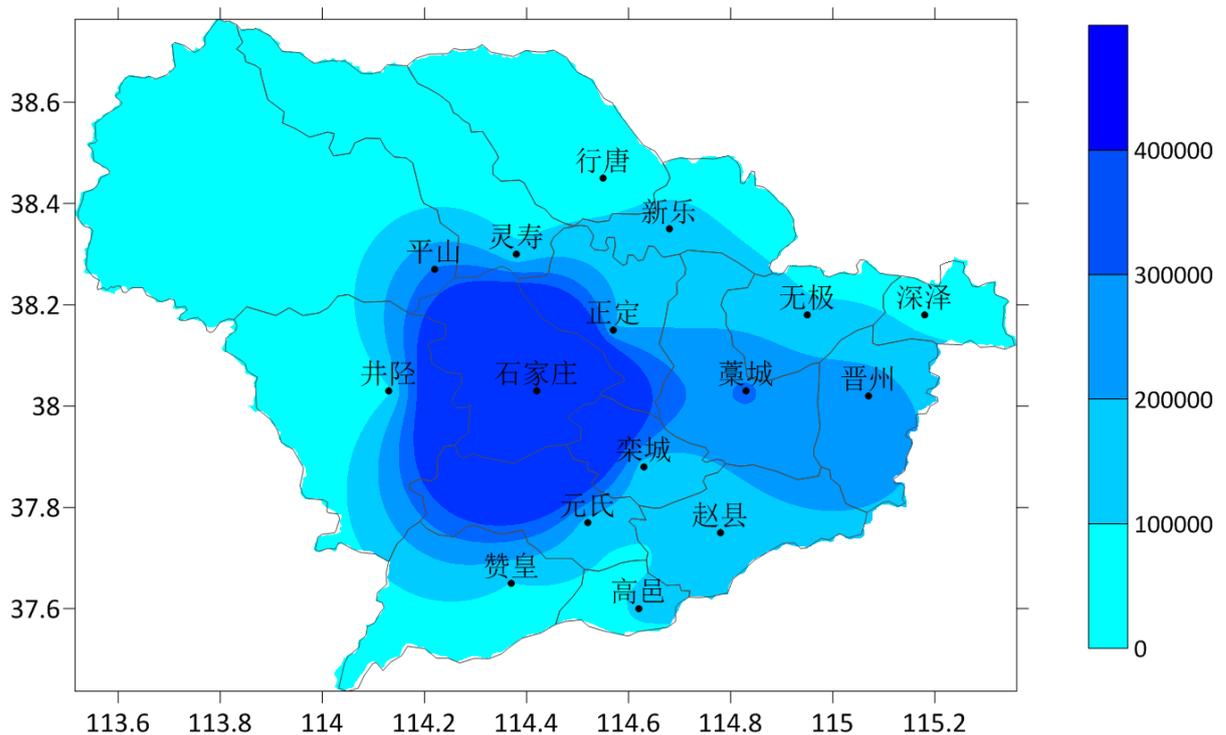


Figure 1. Social electricity consumption distribution in the hottest month in Shijiazhuang

图 1. 石家庄最热月社会用电量分布

另外, 东部平原最热月平均风速与气象用电量呈明显正相关, 东部平原最热月平均最高气温(32.8℃)高于市区(32.6℃)及西部山区(32.2℃)并且更为接近人体皮肤温度, 白天高温时段环境中的热风使人体皮肤温度上升(刘娟等, 2010), 体感炎热加剧, 制冷空气导致消耗用电量高。

Table 1. Correlation coefficient between meteorological elements and meteorological electricity consumption in the hottest month

表 1. 最热月气象要素与气象用电量的相关系数

区域	平均气温(T)	最高气温(Tx)	最低气温(Tn)	相对湿度(U)	平均风速(F)	大风日数(Fd)	降水量(R)	降水日数(Rd)
全市	0.761**	0.720**	0.598*	-0.408	0.289	-0.103	-0.493	-0.156
市区	0.838***	0.781***	0.778**	-0.247	-0.107	0.090	-0.481	0.230
西部山区	0.700**	0.642*	0.694**	-0.084	-0.203	0.060	-0.499	0.225
东部平原	0.639*	0.665**	0.564*	-0.486	0.707**	-0.301	-0.478	-0.483

加*的通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 加**的通过了 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验, 加***的通过了 $\alpha = 0.001$ 的显著性检验。

3.3. 最热月气象用电量的预测分析

通过最热月平均气温、最高气温、最低气温、相对湿度和风速与气象用电量的相关分析可知, 全市和各区域最热月平均气温、最高气温、最低气温与气象用电量呈明显正相关, 东部平原最热月平均风速与气象用电量呈明显正相关, 以平均气温(T)、最高气温(T_x)、最低气温(T_n)和风速(F)作为自变量, 以气象用电量(E_q)作为因变量, 利用 SPSS 软件对逐年最热月的全市气温和气象用电量数据, 各区域气温、风速和气象用电量数据, 分别做多元逐步线性回归分析, 在多元逐步线性回归分析过程中均排除了两个变量(最高气温、最低气温), 得到全市和各区域气象用电量的回归预测方程($p < 0.01$), 如表 2 所示。

Table 2. Multiple regression equation of meteorological electricity consumption in the hottest month**表 2.** 最热月气象用电量的多元回归方程

区域	最热月气象用电量的多元回归方程
全市	$E_{q_{\text{全市}}} = 18199.068T - 501043.120$ ($r = 0.761$)
市区	$E_{q_{\text{市区}}} = 7660.009T - 214480.223$ ($r = 0.838$)
西部山区	$E_{q_{\text{西部山区}}} = 10296.115T - 281255.519$ ($r = 0.700$)
东部平原	$E_{q_{\text{东部平原}}} = 6342.352T + 29062.863F - 222450.178$ ($r = 0.894$)

3.4. 最热月社会用电量的预测效果检验

通过 spss 统计分析软件利用全市和各区域逐年最热月相关气象要素与气象用电量数据做多元逐步线性回归分析得到的气象用电量预测方程,把自变量(相关气象要素值)代入预测方程后计算得出气象用电量,加上用电量变化趋势项即基础用电量,得到回归方程计算出来的逐年最热月预测社会用电量;通过对回归方程计算得出的逐年最热月预测社会用电量与实际社会用电量做对比误差分析,用于回归方程得出社会用电量的预测效果检验,检验结果表明(见表 3 所示),全市、市区、西部山区和东部平原预测社会用电量的平均误差在 3% 以内,依次为 2.21%、1.80%、2.46% 和 1.74%,全市和市区预测社会用电量的误差偏高年份较多,西部山区和东部平原预测社会用电量的误差偏低年份较多,预测检验效果良好。

Table 3. Prediction error analysis of social electricity consumption in the hottest month in Shijiazhuang**表 3.** 最热月社会用电量的预测误差分析

区域	平均误差(%)	偏高年份			偏低年份		
		最小误差(%)	最大误差(%)	年份占比(%)	最小误差(%)	最大误差(%)	年份占比(%)
全市	2.21	0.39	4.56	61.54	-1.75	-4.61	38.46
市区	1.80	0.26	4.28	61.54	-0.02	-4.27	38.46
西部山区	2.46	0.70	4.46	46.15	-0.55	-3.70	53.85
东部平原	1.74	0.29	5.11	38.46	-0.08	-5.01	61.54

4. 结论

1) 近年来石家庄夏季社会用电量呈明显增长趋势,最热月增长趋势最为明显;以市区及其周边地区为高用电量中心,向周边各县市逐渐减少,东南部较西北部偏高。

2) 全市和各区域最热月平均气温、最高气温、最低气温与气象用电量呈明显正相关,正相关性市区较各区域更为明显;东部平原最热月平均风速与气象用电量呈明显正相关。

3) 利用 SPSS 软件对全市和各区域逐年最热月相关气象要素数据与气象用电量进行多元逐步线性回归分析,得到气象用电量的回归预测方程。

4) 通过全市和各区域逐年最热月预测社会用电量与实际社会用电量的对比误差分析,表明预测社会用电量平均误差在 3% 以内。

基金项目

河北省气象局科研开发项目(20ky15)。

参考文献

- [1] 连志鸾, 尤凤春. 石家庄高温闷热天气气候特征与预报方法[J]. 气象, 2005, 31(6): 55-60.
- [2] 钟利华, 周邵毅, 邓英姿, 等. 广西近年高温干旱气象灾害及对电力供求的影响[J]. 灾害学, 2007, 22(3): 81-84.
- [3] 陈正洪, 洪斌. 华中电网四省日用电量与气温关系的评估[J]. 地理学报, 2000, 55(增刊): 34-38.
- [4] 张树林. 高温天气对输电设备的影响及应对措施[J]. 山西电力, 2011(3): 35-37.
- [5] 徐冬英, 曾向红, 段丽洁, 等. 湖南省用电需求气象条件等级特征分析[J]. 气象研究与应用, 2014, 35(4): 53-57.
- [6] 曲晓黎, 赵娜, 张金满, 等. 春灌期气象条件对河北省南网日用电负荷峰值的影响[J]. 气象与环境学报, 2013, 29(5): 154-158.
- [7] 武辉芹, 张金满, 曲晓黎. 河北省南部电网夏季电力负荷特征及与气象因子的关系[J]. 气象科技, 2013, 41(5): 945-948, 964.
- [8] 付桂琴, 尤凤春, 曹欣, 等. 积温效应在电力日峰谷负荷中的应用及检验[J]. 应用气象学报, 2015, 26(4): 492-499.
- [9] 张彦恒, 杨琳晗, 武辉芹, 等. 冀北电网电力负荷特征与气温的关系[J]. 干旱气象, 2016, 34(5): 881-885.
- [10] 栗然, 郭朝云, 韦仲康. 京津唐电网电力日峰荷与气象指数的关联性分析[J]. 电网技术, 2008, 32(6): 87-92.
- [11] 林小红, 夏丽花, 黄美金, 等. 福州市夏季电力气象等级预测模型初探[J]. 气象科技, 2006, 34(6): 774-777.
- [12] 贺芳芳, 徐家良, 周伟东, 等. 上海地区高温期气象条件对用电影响的评估[J]. 高原气象, 2008, 27(增刊): 210-217.
- [13] 韩军彩, 钤伟妙, 李丽燕, 等. 石家庄市极端气温指数变化特征及城市化影响[J]. 自然灾害学报, 2014, 23(5): 231-238.
- [14] 肖嗣荣, 张可慧, 刘方圆, 等. 石家庄市高温热浪与“三大火炉”城市的对比研究[J]. 地理与地理信息科学, 2010, 26(5): 87-92.
- [15] 杜彦巍, 林莉, 牟道槐, 等. 综合气象指数对电力负荷的影响分析[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2006, 29(12): 56-60.
- [16] 洪国平, 胡宗海, 罗学荣, 等. 用电需求气象条件等级[S]. 北京: 气象出版社, 2008.
- [17] 张翠华, 张文煜, 张秉祥. 石家庄冻土变化特征与气候因子的关系分析[J]. 南京信息工程大学学报: 自然科学版, 2015, 7(3): 268-271.
- [18] 任国玉, 张雷, 卞韬, 等. 城市化对石家庄站日气温变化的影响[J]. 地球物理学报, 2015, 58(2): 398-410.