

江苏电网电力负荷变化特征研究

龚 玺¹, 徐金阁², 路 玮³

¹国家气象信息中心, 北京

²中国能源建设集团湖南省电力设计院有限公司, 湖南 长沙

³自然资源部国家海洋环境预报中心, 北京

收稿日期: 2023年8月2日; 录用日期: 2023年9月13日; 发布日期: 2023年9月21日

摘 要

电力负荷的变化特征对电网的安全运行、经济调度具有重要意义, 文章研究了2016~2021年江苏省电力负荷变化特征, 结果表明: (1) 近6年江苏省逐日电力负荷最大值、最小值和平均值表现为波动中整体呈逐渐增加趋势, 在年际尺度以下, 电力负荷曲线具有明显的双峰结构特征, 冬季和夏季分别是一年中两个电力负荷的高值区; (2) 江苏省电力负荷日变化很有规律, 04:00~05:00左右为最低值, 随后电力负荷快速上升, 11:00左右出现高峰, 12:00左右电力负荷下降, 13:00左右负荷处于低谷期, 随后电力负荷有所增加然后一直维持在较高水平, 直到夜间22:00过后电力负荷开始下降; (3) 4~10月, 随着气温的升高, 江苏省最大电力负荷呈现增加趋势, 10月到次年4月, 随着气温的降低, 江苏省最大电力负荷也呈现增加趋势; (4) 日最大电力负荷与日最高(低)气温的散点图表现为扁“U”型分布, 随着日最高(低)气温的升高, 日最大电力负荷呈现先减小后增加的趋势。当日最高气温在22℃附近时, 日最大用电负荷最低, 当日最高温度高于22℃时, 日最高气温越高, 日最大用电负荷越大, 而当日最高温度低于22℃时, 日最高气温越低, 日最大用电负荷也越大; 当日最低气温在14℃附近时, 日最大用电负荷最低, 当日最低温度高于14℃时, 日最低气温越高, 日最大用电负荷越大, 而当日最低温度低于14℃时, 日最低气温越低, 日最大用电负荷也越大; (5) 江苏省夏季日最大电力负荷随着日最高气温的升高而增大, 且相关性能达到0.9。利用夏季日最大电力负荷与日最高气温的关系模型能大致预测江苏省夏季最大电力负荷的变化情况, 为电力决策部门电力调度提供参考。

关键词

电力负荷, 气温, 回归分析

Study on Load Variation Characteristics of Jiangsu Power Grid

Xi Gong¹, Jing Xu², Wei Lu³

¹National Meteorological Information Center, Beijing

²Hunan Electric Power Design Institute Co., Ltd., China Energy Construction Group, Changsha Hunan

³National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing

文章引用: 龚玺, 徐金阁, 路玮. 江苏电网电力负荷变化特征研究[J]. 电气工程, 2023, 11(3): 137-143.

DOI: 10.12677/jee.2023.113016

Abstract

Power load variation characteristics are of great significance to the safe operation and economic dispatch of the power grid. This paper studies the characteristics of 2021 power load variation from 2016 to 2021, the results show that: (1) the maximum, minimum and average daily load of Jiangsu province in recent 6 years show a trend of increasing gradually in the fluctuation, below the inter-annual scale, the curve of electric power load has the characteristics of two peaks, winter and summer are two high value areas of electric power load in a year respectively; (2) the daily variation of electric power load in Jiangsu province is very regular, and the lowest value is around 04:00~05:00, then the load rose rapidly, peaked around 11:00, dropped around 12:00, hit a low point around 13:00, then increased and stayed at a high level until the power load started to decrease after 22:00 at night; (3) from April to October, with the increase of temperature, the maximum power load of Jiangsu province showed an increasing trend, the maximum power load in Jiangsu province also shows an increasing trend, and from October to April of the following year, the maximum power load in Jiangsu province also shows an increasing trend as the temperature decreases; (4) the scatter plot of daily maximum power load and daily maximum (minimum) temperature shows a flat "U" shaped distribution. As the daily maximum (minimum) temperature increases, the daily maximum power load shows a trend of first decreasing and then increasing. When the highest temperature of the day is around 22°C, the daily maximum electricity load is the lowest. When the highest temperature of the day is above 22°C, the higher the daily maximum temperature, the greater the daily maximum electricity load; when the highest temperature of the day is below 22°C, the lower the daily maximum temperature, and the greater the daily maximum electricity load; when the minimum temperature of the day is around 14°C, the maximum daily electricity load is the lowest. When the minimum temperature of the day is above 14°C, the higher the minimum daily temperature, the greater the maximum daily electricity load; when the minimum temperature of the day is below 14°C, the lower the minimum daily temperature, the greater the maximum daily electricity load; (5) the daily maximum power load of Jiangsu province increases with the daily maximum temperature, and the correlation performance reaches 0.9. The relationship model between summer maximum power load and daily maximum temperature can be used to roughly predict the changes in summer maximum power load in Jiangsu Province, providing reference for power dispatch decision-making departments.

Keywords

Power Load, Air Temperature, Regression Analysis

Copyright © 2023 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

21 世纪以来,我国经济发展迅速,居民对电的依赖性变大,电力供应需求迅速增长,国家电网更关注稳定的电力供应。电力负荷是电力系统规划设计和运行管理的重要指标之一,研究电力负荷的变化特征对电网的安全运行、经济调度具有重要意义。影响电力负荷的因素有很多,不同地区、不同季节的电力负荷特征都有显著的区别,前人对全国各地的电力负荷已做了很多研究工作,陈正洪、王艳琴、张自银等[1]-[7]

对华中地区、上海、北京等地的电力负荷与气象因子关系进行研究, 结果表明, 电力负荷与气温的相关性最明显, 但是其它的气象因子如相对湿度、云量、日照时数等对电力负荷也有一定的影响。中国地大物博, 受到当地的气候条件、产业结构、经济发展等影响, 各地电力负荷变化特征也不完全相同。本文对 2016~2021 年江苏省电力负荷变化特征进行分析, 并探讨了江苏地区夏季日最大电力负荷与日最高气温的关系, 为电网电量的预测预报和科学调度提供依据, 对提高江苏电网的安全性、经济性具有重要意义。

2. 资料与结果分析

2.1. 资料

所用资料为江苏电网 2016~2021 年逐小时电力负荷数据和南京国家基准气候站 2016~2021 年逐日日最高气温、日最低气温和日平均气温资料。

2.2. 结果分析

2.2.1. 江苏省电力负荷年变化特征

电力负荷的变化特征与人们的生活息息相关, 图 1 是江苏省 2016 年 1 月 1 日~2021 年 12 月 31 日逐日电力负荷最大值、最小值和平均值曲线图。可以看出, 近 6 年江苏省逐日电力负荷最大值、最小值和平均值表现为波动中整体呈逐渐增加趋势, 逐年增加的电力负荷可能主要归因于社会经济的发展, 这里对此不展开研究。在年际尺度以下, 电力负荷曲线具有明显的双峰结构特征, 每年的冬季和夏季分别是电力负荷的高值区。假定江苏省用于工业、农业、邮电、交通、市政、商业等行业的全部电力能耗在一年中呈持平状态, 那么夏季电力负荷的增多可能主要归因于城乡居民的降温能耗, 而冬季电力负荷的升高可能主要是由于城乡居民的取暖能耗。

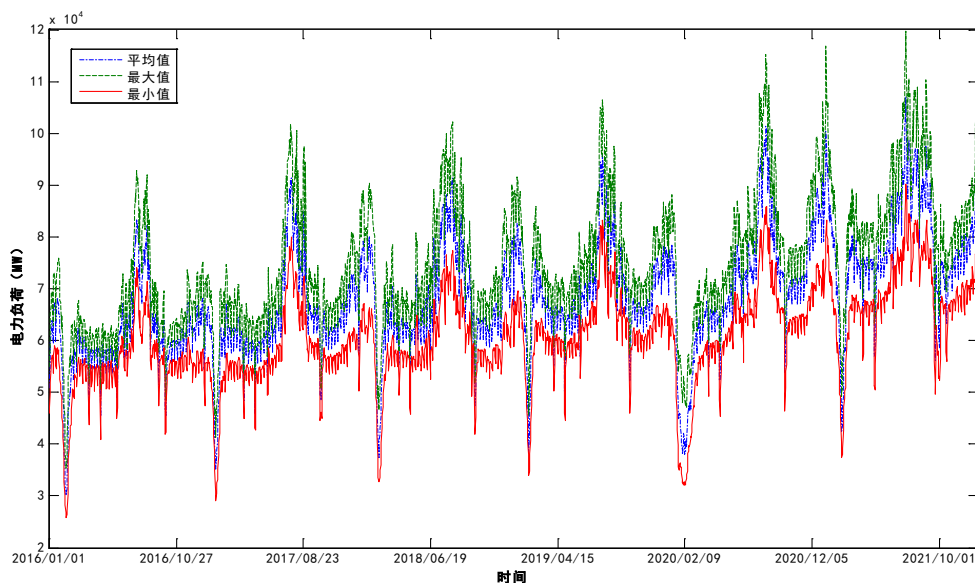


Figure 1. Daily power load change curve of Jiangsu Province from 2016 to 2021

图 1. 2016~2021 年江苏省逐日电力负荷变化曲线图

2.2.2. 江苏省电力负荷日变化特征

由江苏省日内逐小时平均电力负荷年平均曲线可以看出(图 2), 电力负荷在一天中变化具有明显规律, 在一天之内, 04:00~05:00 左右为最低值, 随后电力负荷快速上升, 11:00 左右出现高峰。12:00 左右

电力负荷下降，在中午 13:00 (午休时间)左右负荷处于低谷期，随后电力负荷有所增加然后一直维持在较高水平，直到夜间 22:00 过后电力负荷开始下降。夏、冬两季日内的电力负荷变化与年平均曲线较一致，但在傍晚期间呈现出不同的特点。分析其原因，主要是 7 月日落时间晚于 1 月(1 月平均日落时间为 17:00 左右 7 月为 19:30 左右)，日落后照明等各种电器综合使用的结果。

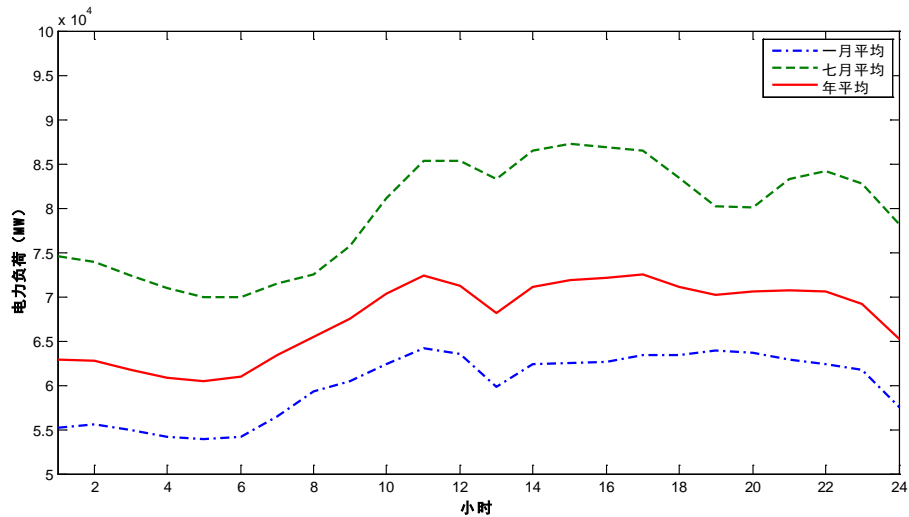


Figure 2. Daily variation curve of power load in Jiangsu Province from 2016 to 2021
图 2. 2016~2021 年江苏省电力负荷日变化曲线图

2.2.3. 江苏省最大电力负荷月变化特征

为避免负荷超过安全运行警戒线带来的电网安全风险，对于电力部门来说，最关心的是每日的最大电力负荷，因此对最大电力负荷进行分析很有必要。图 3 是 2016 年 1 月 1 日到 2021 年 12 月 31 日江苏电网各月的日最大用电负荷平均值，存在两峰两谷特征。在 6~9 月用电负荷出现峰值，12 月~次年 1 月为次峰值。2~3 月为谷值，10~11 月为次谷值。

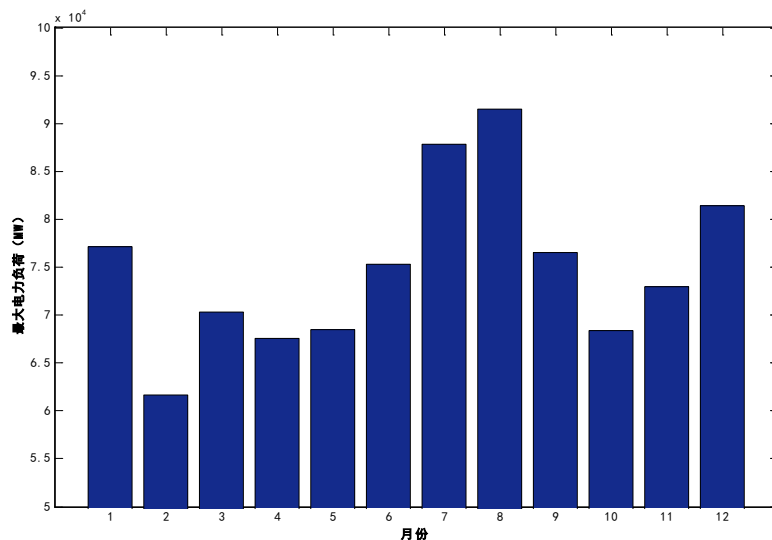


Figure 3. Maximum monthly electricity load in Jiangsu Province from 2016 to 2021
图 3. 2016~2021 年江苏省各月最大电力负荷

2.2.4. 江苏省日最大电力负荷的变化及其与日最高气温、日最低气温的关系

通过分析逐日最大用电负荷与日最高气温的关系(图 4), 可以发现: 日最大电力负荷-日最高气温的散点图表现为扁“U”型分布, 随着日最高气温的升高, 日最大电力负荷呈现先减小后增加的趋势。当日最高气温在 22℃ 附近时, 日最大用电负荷最低, 当日最高温度高于 22℃ 时, 日最高气温越高, 日最大用电负荷越大, 用最小二乘法求取 22℃ 以上的日最大用电负荷与日最高气温的线性回归关系可知, 当日最高气温高于 22℃ 时, 气温每升高 1℃, 日最高用电负荷将增加 2103 MW; 而当日最高温度低于 22℃ 时, 日最高气温越低, 日最大用电负荷也越大, 用最小二乘法求取 22℃ 以下的日最大用电负荷与日最高气温的线性回归关系可知, 日最高气温每降低 1℃, 日最高用电负荷增加 643 MW。因此, 在高温段日最高气温升高 1℃ 时, 日最大用电负荷的增幅要比低温段日最高气温降低 1℃ 时日最大用电负荷的增幅为大。

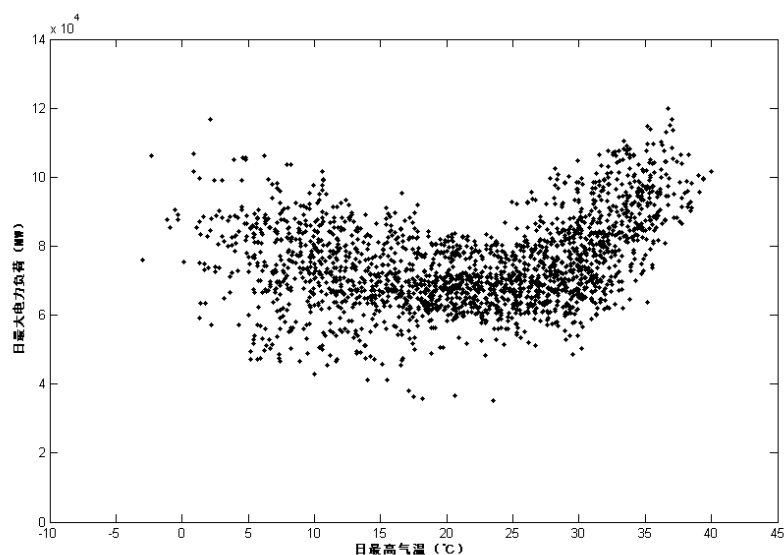


Figure 4. Scatter plot of daily maximum power load and daily maximum temperature from 2016 to 2021

图 4. 2016~2021 年日最大电力负荷与日最高气温的散点图

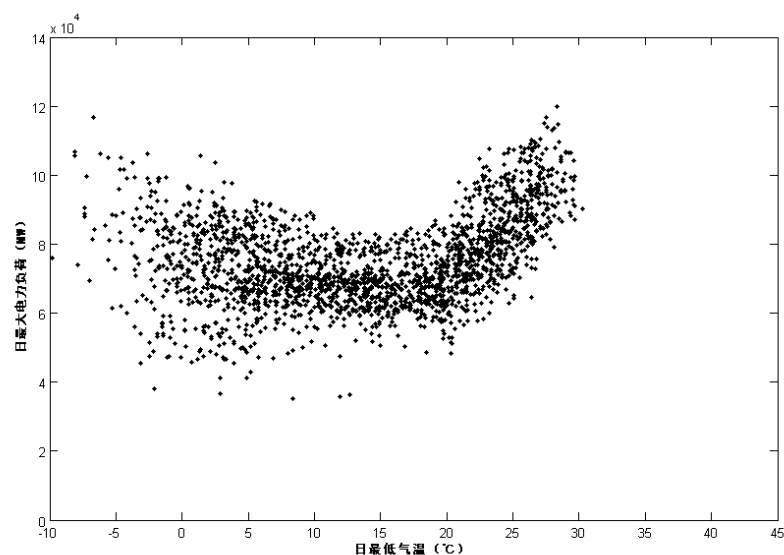


Figure 5. Scatter plot of daily maximum power load and daily minimum temperature from 2016 to 2021

图 5. 2016~2021 年日最大电力负荷与日最低气温的散点图

进一步分析逐日最大用电负荷与日最低气温的关系(图 5), 可以发现: 日最大电力负荷 - 日最低气温的散点图也表现为扁“U”型分布, 随着日最低气温的升高, 日最大电力负荷呈现先减小后增加的趋势。当日最低气温在 14℃ 附近时, 日最大用电负荷最低, 当日最低温度高于 14℃ 时, 日最低气温越高, 日最大用电负荷越大, 用最小二乘法求取 14℃ 以上的日最大用电负荷与日最低气温的线性回归关系可知, 当日最高气温高于 14℃ 时, 气温每升高 1℃, 日最高用电负荷将增加 2323 MW; 而当日最低温度低于 14℃ 时, 日最低气温越低, 日最大用电负荷也越大, 用最小二乘法求取 14℃ 以下的日最大用电负荷与日最低气温的线性回归关系可知, 日最低气温每降低 1℃, 日最高用电负荷增加 636 MW。同样地, 在高温段日最低气温升高 1℃ 时, 日最大用电负荷的增幅要比低温段日最低气温降低 1℃ 时日最大用电负荷的增幅为大。

2.2.5. 江苏省夏季日最大电力负荷的变化及其与日最高气温的关系

每年夏季, 随着气温持续升高, 人们的工作和生活用电也进入了高峰时期, 电网往往经历高负荷的严峻考验。图 6 为夏季日最大电力负荷与日最高气温的变化关系曲线, 从总体趋势上看, 两者的变化趋势一致, 电力负荷水平是随着温度的升高而增大。利用回归分析得到夏季日最大电力负荷对日最高气温的方程为

$$y = 3200.2x - 15903$$

式中, x 表示夏季日最高气温, y 为夏季日最大电力负荷值, 单位: MW。由方程可知, 日最高气温每上升 1℃, 日最大电力负荷将增加 3200.2 MW, 且相关性能达到 0.9 以上。利用该模型能大致预测江苏省夏季最大电力负荷的变化情况, 为电力决策部门电力调度提供参考。

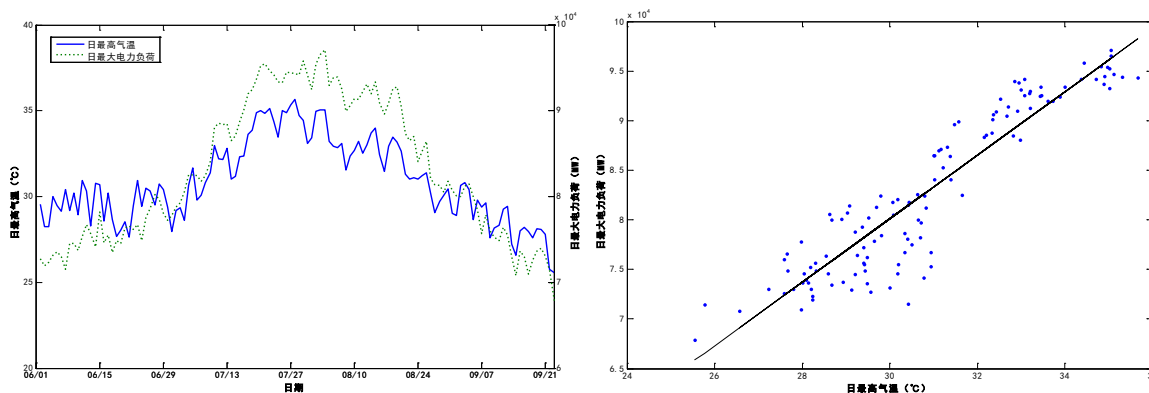


Figure 6. Relationship between daily maximum power load and daily maximum temperature in the summer of 2016~2021

图 6. 2016~2021 年夏季日最大电力负荷与日最高气温的关系

3. 结论

本文利用江苏电网 2016~2021 年逐小时电力负荷数据和南京国家基准气候站 2016~2021 年逐日日最高气温、日最低气温和日平均气温资料, 对江苏电网电力负荷变化特征进行研究, 为电网电量的预测预报、运行调度提供依据。得到结论如下:

(1) 近 6 年江苏省逐日电力负荷最大值、最小值和平均值表现为波动中整体呈逐渐增加趋势, 在年际尺度以下, 电力负荷曲线具有明显的双峰结构特征, 冬季和夏季分别是一年中两个电力负荷的高值区。

(2) 江苏省电力负荷日变化很有规律, 04:00~05:00 左右为最低值, 随后电力负荷快速上升, 11:00 左右出现高峰, 12:00 左右电力负荷下降, 13:00 左右负荷处于低谷期, 随后电力负荷有所增加然后一直维

持在较高水平，一直到夜间 22:00 过后电力负荷开始下降。

(3) 每年的 4~10 月，随着气温的升高，江苏省最大电力负荷呈现增加趋势，10 月到次年 4 月，随着气温的降低，江苏省最大电力负荷也呈现增加趋势。

(4) 日最大电力负荷与日最高(低)气温的散点图表现为扁“U”型分布，随着日最高(低)气温的升高，日最大电力负荷呈现先减小后增加的趋势。当日最高气温在 22℃ 附近时，日最大用电负荷最低，当日最高温度高于 22℃ 时，日最高气温越高，日最大用电负荷越大，而当日最高温度低于 22℃ 时，日最高气温越低，日最大用电负荷也越大；当日最低气温在 14℃ 附近时，日最大用电负荷最低，当日最低温度高于 14℃ 时，日最低气温越高，日最大用电负荷越大，而当日最低温度低于 14℃ 时，日最低气温越低，日最大用电负荷也越大。

(5) 江苏省夏季日最大电力负荷随着日最高气温的升高而增大，且相关性能达到 0.9。利用夏季日最大电力负荷与日最高气温的关系模型能大致预测江苏省夏季最大电力负荷的变化情况，为电力决策部门电力调度提供参考。

基金项目

国家科技基础条件平台经费。

参考文献

- [1] 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(z1): 34-38.
- [2] 王艳琴, 顾旭东. 上海电网日最高用电负荷与气温的关系[J]. 大气科学研究与应用, 2007(1): 78-83.
- [3] 上海市气象科学研究所. 大气科学研究与应用[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 11.
- [4] 张自银, 马京津, 雷洋娜. 北京市夏季电力负荷逐日变率与气象因子关系[J]. 应用气象学报, 2011, 22(6): 760-765.
- [5] 熊明明, 李明财, 任雨, 等. 天津电力负荷特性及其与气象因子的关系[J]. 气象科技, 2013, 41(3): 577-582.
- [6] 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.
- [7] 李艳, 俞剑蔚, 蔡芎宁, 等. 南京市电力负荷特征及夏季极端负荷与气象条件关系[J]. 气象科技, 2021, 49(4): 637-646.