

春节期间主要行业用电波动特性研究

戴松灵, 唐 权, 任志超

(国网四川省电力公司, 四川 成都 610041)

摘要: 针对中国节假日尤其是长假对用电曲线的显著影响, 提出了春节期间行业用电波动特性的表征参数, 开展了基于 K-means 算法的曲线聚类分析, 揭示了主要工业行业和服务行业逐日用电与春节长假的内在联系。结果表明, 主要工业行业可聚为 4 类, 主要服务行业可聚为 3 类。部分行业用电基本不受春节因素影响; 在受影响明显的行业中, 有 U 型曲线, 也有 V 型曲线, 有些降幅大但恢复快, 有些降幅小但恢复慢, 还有一些与春节假期高度重合。

关键词: 春节期间; K-means; 聚类分析; 工业行业; 服务行业; 逐日用电

中图分类号: TM715 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2020)03-0038-05

DOI: 10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2020.03.008

Research on Power Consumption Fluctuation Characteristics of Main Industries during the Spring Festival

Dai Songling, Tang Quan, Ren Zhichao

(State Grid Sichuan Electric Power Company, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: Holidays, especially long holidays, have a significant impact on the curve of power consumption. The characteristic parameters of industry power consumption fluctuation during the Spring Festival are put forward, and the curve clustering analysis based on K-means algorithm is carried out, which reveals the internal relationship between the daily power consumption of main industries and service industry and the long Spring Festival holiday. The results show that the main industries can be divided into four categories, and the main service industry can be divided into three categories. The power consumption of some industries is basically not affected by the Spring Festival, and among the industries that are obviously affected, there are U-shaped curves and V-shaped curves, some of which have a large decline but rapid recovery, some of which have a small decline but slow recovery, and some of which are highly overlapped with the Spring Festival holiday.

Key words: during the Spring Festival; K-means; clustering analysis; industrial industry; service industry; daily electricity load

0 引言

中国节假日包含周末、小长假和长假。小长假时间较短且与周末的时长差距不大, 对行业用电的影响较小。与之相比, 长假的影响更为显著, 但国庆期间尚有许多企业依旧在正常生产, 而春节作为中国最重要的传统节日其影响更甚, 日用电量曲线往往会出现较大波动, 且呈现出一定的规律, 下面重点分析春节期间及前后行业用电波动的情况。

目前关于节假日对电力消费的影响, 大多数研究主要针对对电网整体负荷开展分析且主要是趋势预测^[1-5], 鲜有针对细分行业的假日用电特征研究。

下面构建了表征春节期间行业用电波动特性的量化指标, 开展了基于 K-means 算法的曲线聚类分析, 揭示了主要工业行业和服务行业在春节及其前后期间的波动特征, 相关成果可以为电网的规划计划、生产运行提供决策参考。

1 行业用电聚类分析的基本思路

1.1 K-means 聚类方法

K-means 算法是一种广泛使用的聚类方法, 该方法的主要步骤如下:

- 1) 假定输入样本 x_1, x_2, \dots, x_m 。
- 2) 观察不同曲线特征, 指定要形成的聚类个

数,选择初始的 k 个类别中心为 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$ 。

3) 计算每个样本点到各类中心的距离,将每个样本点归到距离中心最近的那个类,形成初始分类结果。

$$\text{label}_i = \arg(\min_{1 \leq j \leq k} \|x_i - \mu_j\|)$$

式中: label_i 为样本 x_i 的分类结果,其输出为 I, II, III, IV, ……; \arg 为分类函数。

4) 分别计算每个类别所有样本到该类别中心的几何距离均值,并据此更新每个类别中心的位置。

$$\mu_{j(t)} = \frac{1}{\text{count}(c_j)} \sum_{i \in c_j} x_i$$

式中: $\mu_{j(t)}$ 为第 t 次更新后的类别中心; c_j 为依据步骤 3) 确定的属于第 j 类群体的样本下标编号集合; count 表示个数。

5) 重复第 3) 和第 4) 步,不断迭代,直到类别中心变化小于某阈值,不再调整为止。

6) 分析聚类结果的科学性,若结果不理想,则调增或调减聚类个数,回到步骤 2), 直至结果合理。如图 1 所示。

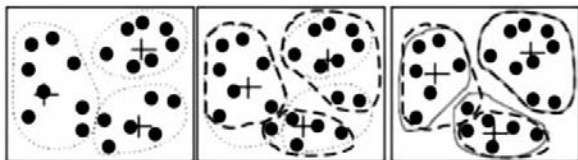


图 1 K-means 聚类中心迭代

1.2 变量选取思路

考虑到各行各业的用电量差距较大,且受春节影响差异较大,拟采取如下做法: 1) 归一化处理: 选取各行业在所研究时间段内的最大值作为基准,形成无量纲归一化曲线,使得不同行业不同年份可以在同一尺度类比。2) 双维度分类指标: 一是深度即降幅,各行业选取研究时间段内的日电量平均值为基准,将最低点与之对比,据此衡量电量波动下降的程度; 二是宽度即时长,各行业日电量低于平均值的天数,据此衡量行业用电恢复的速度。

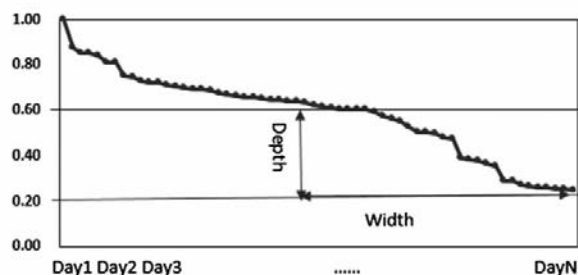


图 2 归一化处理及衡量指标

2 主要工业行业用电波动特征分析

2.1 聚类结果及最终聚类中心

2019 年春节及前后主要工业行业逐日电量曲线聚类结果如表 1 和表 2 所示,分为 4 类。其中第 1 类和第 3 类分别都只有 1 个行业,第 2 类和第 4 类各有 2 个行业纳入。从最终的聚类中心看,4 个类别的主要特点分别是降幅不明显但持续时间长、降幅明显但持续时间短、降幅处于中等水平且持续时间很短、降幅较小且持续时间处于中等水平。

表 1 2019 年春节及前后主要工业行业用电波动特征聚类

行业名称	深度	宽度	聚类	距离
化学原料和化学制品制造业	0.12	34	I	0.000
非金属矿物制品业	0.64	26	II	1.500
黑色金属冶炼和压延加工业	0.28	29	IV	0.095
有色金属冶炼和压延加工业	0.09	29	IV	0.095
金属制品业	0.57	23	II	1.500
计算机、通信和其他电子设备制造业	0.43	20	III	0.000

表 2 2019 年春节及前后主要工业行业用电最终聚类中心

聚类	I	II	III	IV
深度	0.12	0.61	0.43	0.19
宽度	34.00	24.50	20.00	29.00

2.2 工业行业用电波动特征聚类分析

1) 工业 I 类聚类曲线

化学原料和化学制品制造业: 2019 年,春节放假并未对行业日电量产生明显影响,这应当与化学原料和化学制品制造业自动化程度相对较高有关。总体上,化学原料和化学制品制造业呈现出稳定小幅增长的趋势,如图 3 所示。

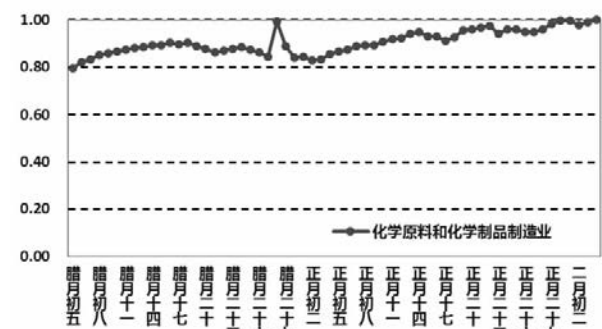


图 3 2019 年工业第 I 类特性曲线

2) 工业 II 类聚类曲线

非金属矿物制品业: 2019 年, 非金属矿物制品业日用电量从除夕前 12 天(腊月十八) 开始下降, 在农历新年初三达到最低值。整个春节假期期间, 非金属矿物制品业的日用电量一直处于较低水平。同时在除夕之前, 日用电量呈现快速下降趋势, 而在春节假期结束之后, 日用电量稳步回升。非金属矿物制品业用电量具有典型的 U 型特征, 受春节假期的影响十分明显。

金属制品业: 2019 年, 金属制品业日用电量从除夕前 12 天(腊月十八) 开始呈下降趋势, 在农历新年正月初一达到最低值。春节假期过后, 从正月初七开始出现快速回升, 到除夕后 16 天(正月十六) 恢复到一个相对稳定的水平。金属制品业用电量也具有典型的 U 型特征, 与非金属矿物制品业的用电波动曲线特征相似度极高。

工业 II 类聚类曲线如图 4 所示。

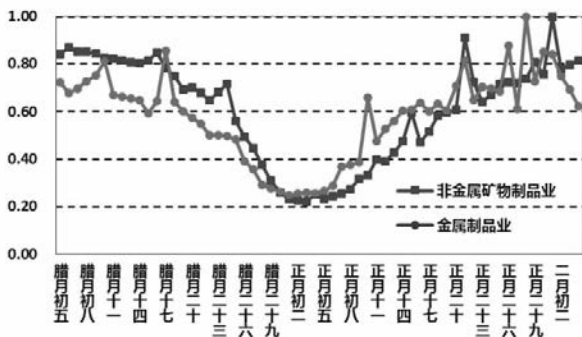


图 4 2019 年工业 II 类特性曲线

3) 工业 III 类聚类曲线

计算机、通信和其他电子设备制造业: 2019 年, 计算机、通信和其他电子设备制造业日用电量从除夕前 9 天(腊月二十一) 开始呈下降趋势, 在农历新年正月初一达到最低值。春节假期过后, 从正月初七开始出现快速回升, 到除夕后 10 天(正月初十) 恢复到一个相对稳定的水平。与其他行业相比影响时长明显较短。如图 5 所示。

4) 工业 IV 类聚类曲线

黑色金属冶炼和压延加工业: 2019 年, 黑色金属冶炼和压延加工业日用电量从腊月初五开始一直呈下降趋势, 在农历新年正月初二达到最低值 20.060 8 GWh。春节假期过后, 从正月初八开始出现缓慢回升, 一直到除夕后 26 天(正月二十六) 恢复到一个相对稳定的水平。可以看到, 黑色金属冶炼和压延加工业用电量也具有典型的 U 型特征, 但

与第二类曲线相比, 电量下降的时间较早, 同时节后电量恢复的速度较快。

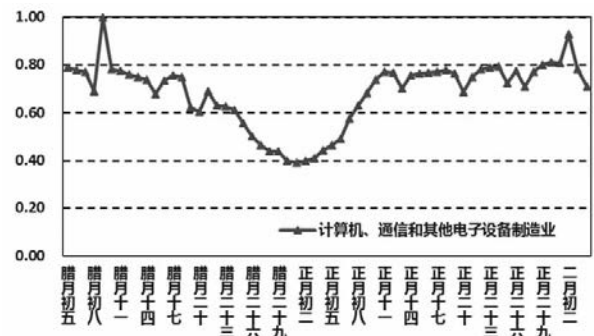


图 5 2019 年工业 III 类特性曲线

有色金属冶炼和压延加工业: 2019 年, 有色金属冶炼和压延加工业日用电量变化趋势较为平稳, 春节放假对该行业用电量的影响类似于黑色金属冶炼和压延加工业且程度更小。

工业 IV 类聚类曲线如图 6 所示。

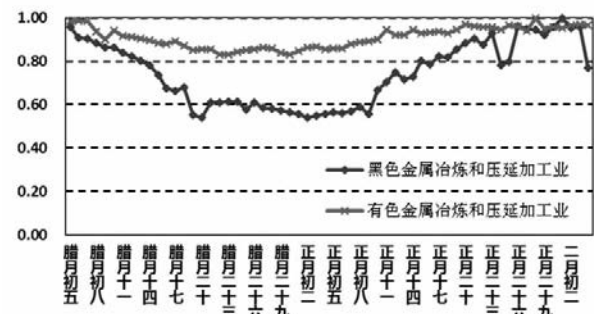


图 6 2019 年工业 IV 类特性曲线

3 主要服务行业用电波动特征分析

3.1 聚类结果及最终聚类中心

2019 年春节及前后主要服务行业逐日用电量曲线聚类结果如表 3 和表 4 所示, 分为 3 类。其中第 1 类包括 4 个行业, 第 2 类和第 3 类各有两个行业纳入。从最终的聚类中心看, 3 个类别的主要特点分别是降幅较小且持续时间处于中等水平、降幅虽大但持续时间长、降幅大且持续时间长。

3.2 服务行业用电波动特征聚类分析

1) 服务业 I 类聚类曲线

交通运输、仓储和邮政业: 2019 年, 交通运输、仓储和邮政业日用电量从除夕前 4 天(腊月二十六) 开始呈下降趋势, 在农历新年正月初一达到最低值。随后, 该行业日用电量出现快速回升, 到除夕后 9 天(正月初九) 恢复到一个相对稳定的水平。交通运输、仓储和邮政业用电量具有典型的 V 型特

征,春节放假因素导致的该行业用电量下降幅度相对有限、波动时间不长。

表3 2019年主要服务行业用电波动特征聚类

行业名称	深度	宽度	聚类	距离
交通运输、仓储和邮政业	0.25	31	I	0.501
信息传输、软件和信息技术服务业	0.11	30	I	0.527
批发和零售业	0.46	35	III	1.000
住宿和餐饮业	0.34	31	I	0.504
金融业	0.41	25	II	0.015
房地产业	0.46	37	III	1.000
租赁和商务服务业	0.44	25	II	0.015
公共服务及管理组织	0.40	30	I	0.515

表4 2019主要服务行业用电最终聚类中心

聚类	I	II	III
深度	0.28	0.43	0.46
宽度	30.50	25.00	36.00

信息传输、软件和信息技术服务业:2019年,信息传输、软件和信息技术服务业日用电量在春节假期前后出现了短暂降低,但降幅很小。春节因素对该行业用电特征的影响十分微小。

住宿和餐饮业:2019年,住宿和餐饮业日用电量从除夕前2天(腊月二十八)开始呈下降趋势,在农历新年正月初一达到最低值。随后,该行业日用电量出现快速回升,到除夕后7天(正月初七)恢复到一个相对稳定的水平。与前两个行业类似,春节放假因素导致的用电量波动时间不长。

公共服务及管理组织:2019年,公共服务及管理组织日用电量受假日影响降幅不算太大,且持续时间不算太长,与住宿和餐饮业具有一定相似度。

服务业第I类特性曲线如图7所示。

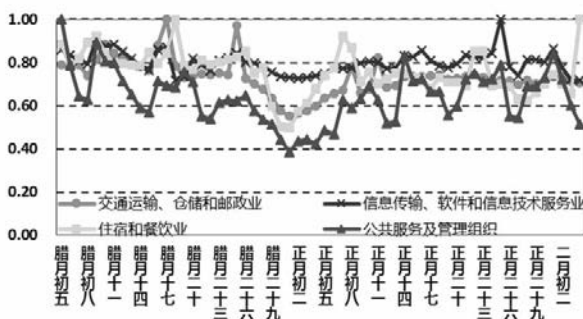


图7 2019年服务业第I类特性曲线

2) 服务业II类聚类曲线

金融业:2019年,金融业日用电量曲线具有明显的以周为周期的用电波动特征,即工作日用电量,周末用电量会出现短暂降低,这与该行业的基本特点相符。考虑该行业日用电量的周期波动后,可

以判断该行业在除夕前2天(腊月二十八)开始呈下降趋势,到除夕后7天(正月初七)恢复到节前相对稳定的水平。该行业日用电量的波动特征与春节假期高度重合。

租赁和商务服务业:2019年,租赁和商务服务业日用电量的变化趋势与金融业十分相似,正常生产状态下具有典型的周期性波动特征,春节假期的影响起始于除夕前2~3天,结束于春节假期后1~2天,与春假放假时间高度重合。

服务业II类特性曲线如图8所示。

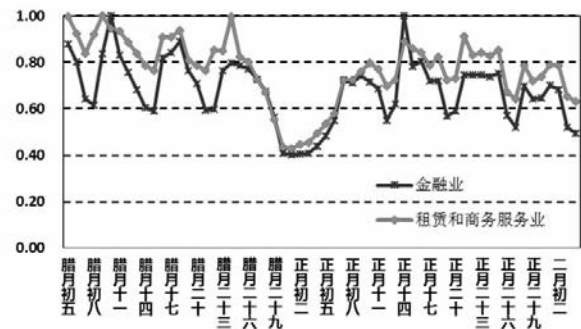


图8 2019年服务业II类特性曲线

3) 服务业III类聚类曲线

批发和零售业:2019年,批发和零售业日用电量数据质量较低,数据波动十分剧烈,数据清洗比较困难,因而无法准确分析出春节因素对该行业用电量的具体影响。但根据曲线整体变化趋势,低位运行时间较长,与房地产行业有一定相似度。

房地产业:2019年,房地产业日用电量从除夕前4天(腊月二十六)开始呈下降趋势,在农历新年正月初一(2月5日)达到最低值。随后,该行业日用电量出现稳步回升,到除夕后10天(正月初十)恢复到一个相对稳定的水平。房地产业用电量具有典型的V型特征,受春节假期的影响较为明显。

服务业III类特性曲线如图9所示。

4 结语

1) 春节假期及其前后对主要工业行业逐日用电的影响:化学原料和化学制品制造业用电量基本不受春节因素的影响。非金属矿物制品业、金属制品业用电量具有典型的U型特征,受春节假期的影响十分明显。计算机、通信和其他电子设备制造业受春节影响的时长明显较短。金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业用电量也具有典型的U型特征,但电量下降的幅度较小、时间较早且恢复速度较快。

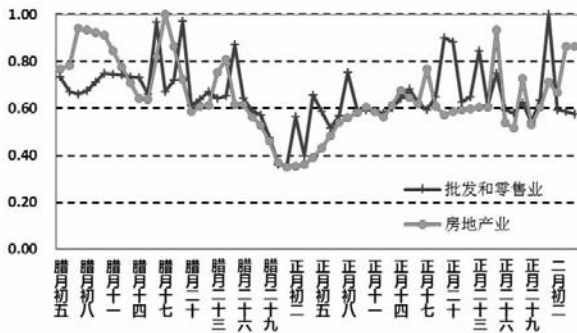


图9 2019年服务业第Ⅲ类特性曲线

2) 春节假期及其前后对主要服务行业逐日用电的影响: 交通运输、仓储和邮政业, 信息传输、软件和信息技术服务业, 住宿和餐饮业, 公共服务及管理组织日用电量受假日影响降幅不算太大, 且持续时间不算太长。金融业、租赁和商务服务业等行业日用电量曲线具有周期性波动特征, 工作日用电量高, 周末用电量小, 同时春节因素的影响持续时间与春节假期高度重合。批发和零售业、房地产业低位运

行时间较长, 受春节假期的影响较为明显。

参考文献

[1] 冯丽, 邱家驹. 基于模糊多目标遗传优化算法的节假日电力负荷预测 [J]. 中国电机工程学报, 2005, 25 (10): 29 - 34.

[2] 苗键强, 童星, 康重庆. 考虑相关因素统一修正的节假日负荷预测模型 [J]. 电力建设, 2015, 36(10): 99 - 104.

[3] 桑福敏, 胡润滋. 国家法定节假日重庆地区电网日负荷预测分析与研究 [J]. 重庆电力高等专科学校学报, 2015, 20(6): 42 - 45.

[4] 杨俊义, 周琪, 赵宏大, 等. 春节假期对江苏电网负荷及电量影响研究 [J]. 电力需求侧管理, 2015, 17(6): 19 - 22.

[5] 王宁, 陈亮, 李嘉龙. 电力系统节假日负荷预测实例分析 [J]. 广东电力, 2010, 23(11): 47 - 49.

作者简介:

戴松灵 (1963), 工学学士, 研究方向为电力市场、电网规划等。

(收稿日期: 2020 - 03 - 31)

(上接第 28 页)

[2] 刘春晓, 张俊峰, 陈亦平, 等. 异步联网方式下云南电网超低频振荡的机理分析与仿真 [J]. 南方电网技术, 2016, 10(7): 29 - 34.

[3] 王官宏, 于钊, 张怡, 等. 电力系统超低频率振荡模式排查及分析 [J]. 电网技术, 2016, 40(8): 2324 - 2329.

[4] 路晓敏, 陈磊, 陈亦平, 等. 电力系统一次调频过程的超低频振荡分析 [J]. 电力系统自动化, 2017, 41(16): 62 - 68.

[5] 陈磊, 路晓敏, 陈亦平, 等. 多机系统超低频振荡分析与等值方法 [J]. 电力系统自动化, 2017, 41(22): 10 - 15.

[6] 周靖皓, 江崇熙, 甘德强, 等. 基于值集法对云南电网超低频振荡的稳定分析 [J]. 电网技术, 2017, 41(10): 3147 - 3152.

[7] Xie R C, Kamwa I, Rimorov D, et al. Fundamental Study of Common Mode Small - signal Frequency Oscillations in Power Systems [J]. Electrical Power and Energy Systems, 2019, 106: 201 - 209.

[8] 岳雷, 薛安成, 李志强, 等. 水轮发电机调速系统对超低频振荡的影响及模型适用性分析 [J]. 中国电机工程学报, 2019, 39(1): 227 - 235.

[9] Mo W K, Chen Y P, Chen H Y, et al. Analysis and Measures of Ultra - low - frequency Oscillations in A Large - scale Hydropower Transmission System [J]. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Elec-

tronics, 2018, 6(3): 1077 - 1085.

[10] Wang G T, Xu Z, Guo X Y, et al. Mechanism Analysis and Suppression Method of Ultra - low - frequency Oscillations Caused by Hydropower Units [J]. Electrical Power and Energy Systems, 2018, 103: 102 - 114.

[11] Chen L, Lu X M, Min Y, et al. Optimization of Governor Parameters to Prevent Frequency Oscillations in Power Systems [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2018, 33(4): 4466 - 4474.

[12] Chen G, Tang F, Shi H B, et al. Optimization Strategy of Hydro - governors for Eliminating Ultralow - frequency Oscillations in Hydro - dominant Power Systems [J]. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, 2018, 6(3): 1086 - 1094.

[13] 王菲, 刘建琴, 韩丰, 等. 应用直流调制改善水电能源基地交流电网运行特性 [J]. 电网技术, 2017, 41(12): 3911 - 3916.

[14] 刘程卓, 王渝红, 王彪, 等. 基于系统暂态能量函数及直流灵敏度排序的多直流调制协调策略 [J]. 中国电机工程学报, 2018, 38(21): 6295 - 6304.

作者简介:

贺子润 (1995), 硕士研究生, 主要研究方向为主电网频率振荡分析与控制;

陈振 (1991), 博士, 主要研究方向为人工智能在电力系统中的应用及水电为主电网频率振荡分析与控制。

(收稿日期: 2020 - 04 - 01)