

一种基于用电规律的污染企业违规生产 监控方法

王立斌¹, 王雨帆², 马浩³, 张晶¹, 康之增¹, 李杰琳⁴, 李梦宇⁴

(1. 国网河北省电力有限公司, 河北 石家庄 050021;

2. 重庆大学城市建设与环境工程学院, 重庆 400044;

3. 西安交通大学软件学院, 陕西 西安 710000;

4. 国网河北省电力有限公司电力科学研究院, 河北 石家庄 050021)

摘要:在雾霾严重时期,部分地方政府会要求污染企业采取关停措施,以减少污染物的排放。但某些污染企业为追求经济利益,在被要求关停期间仍然违规生产,由于其生产行为具有较高的隐蔽性,环保部门难以判定其是否存在违规生产行为,同时也无法准确掌握违规生产企业的生产时段,这严重阻碍了环保督查工作的开展。本文针对上述问题,给出了一种污染企业违规生产监控方法。该方法基于污染企业的日用电量与日用电最大负荷,实现了对污染企业违规生产行为的研判。另外,该方法还基于污染企业的用电负荷数据,实现了对污染企业生产时段的分类。该方法为相关部门准确的掌握污染企业的生产规律提供了有效的技术手段。本文利用污染企业的用电负荷历史数据对该方法进行了验证,结果表明该方法有效可行。

关键词:雾霾;污染企业;用电规律;违规生产;监控方法

文章编号:2096-4633(2019)08-0035-05 **中图分类号:**X7 **文献标志码:**B

近年来,我国中东部地区冬季雾霾频发,这对人体健康和交通运输造成了极为不利的影[1-3]。研究表明,污染企业的排放物是导致雾霾形成的主要因素之一[4-12],为减轻雾霾程度,多地政府在雾霾严重时期均对污染企业采取了关停措施。但有部分污染企业为追求经济利益,在收到停产通知后,仍采用隐蔽的方式进行违规生产。由于在雾霾高发区域污染企业数量较多且其生产活动隐蔽性高,这给相关部门的环保督查工作造成了很大困难。

污染企业的用电规律可以较为直观的反映其生产行为。目前,用电信息采集系统已经实现了对电压、电流、用电量等信息的采集与存储[13-18],这为掌握污染企业的用电规律提供了数据基础。本文基于污染企业的用电规律,提出了一种污染企业生产行为监控方法,通过该方法不但可以判断污染企业是否违规生产,还能掌握其具体生产时间段,这为相关部门的环保督查工作提供了有力支撑。

1 关停污染企业违规生产研判

当污染企业被关停时,其用电量明显低于正常生产期间的用电量。根据该规律,本文基于污染企

业的日用电量与日用电量设定阈值定义其用电量系数 k ,如(1)式所示。

$$k = \frac{E_d}{E_{set}} \quad (1)$$

(1)式中, E_d 为该污染企业在被要求关停期间某天的用电量; E_{set} 为日用电量设定阈值,其定义如(2)式所示。

$$E_{set} = \alpha E_{avg} \quad (2)$$

(2)式中, E_{avg} 为某污染企业在正常生产期间的日均用电量,其计算方法如(3)式所示; α 为取值范围为(0,1)的常数,其取值越小则用电量系数 k 越大。

$$E_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E_i \quad (3)$$

(3)式中, E_i 为正常生产期间该污染企业在统计周期内第 i 天的用电量, N 为统计周期的天数,一般统计周期取30天。

当污染企业在被关停期间某天的用电量系数 k 满足(4)式时,即其当天的用电量超过设定阈值 E_{set} 时,则判定其违规生产,且 k 值越大则说明该污染企业违规生产的可能性越大。

$$k > 1 \quad (4)$$

在被关停期间,有些污染企业的日用电量虽然不大,但其在短时间的用电负荷仍然较大,如图 1 所示,显然此时只采用(4)式来判断其是否违规生产已经不够合理。

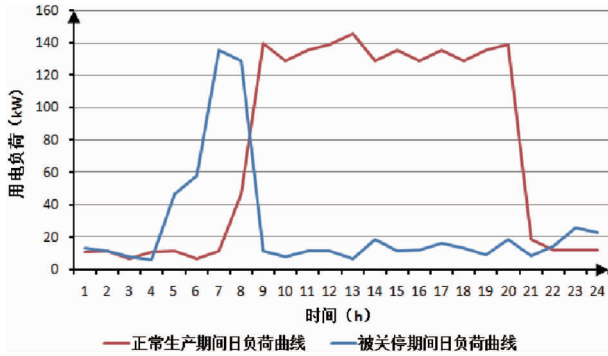


图 1 某污染企业日负荷曲线

Fig. 1 Daily load curve of a polluting enterprise

为避免上述现象,基于污染企业的日用电最大负荷与用电负荷设定阈值定义其用电负荷系数 l ,如(5)式所示。

$$l = \frac{P_m}{P_{set}} \quad (5)$$

(5)式中, P_m 为该污染企业在被要求关停期间某天的用电负荷最大值; P_{set} 为用电负荷设定阈值,其定义如(6)式所示。

$$P_{set} = \beta P_{max} \quad (6)$$

(6)式中, P_{max} 为某污染企业在正常生产期间的最大用电负荷,其计算方法如(7)式所示; β 为取值范围为(0,1)的常数,其取值越小则用电负荷系数 l 越大。

$$P_{max} = \max(P_1, P_2 \cdots P_N) \quad (7)$$

(7)式中, P_1 为正常生产期间该污染企业在统计周期内第 1 天的最大用电负荷; P_2 为正常生产期间该污染企业在统计周期内第 2 天的最大用电负荷; P_N 为正常生产期间该污染企业在统计周期内第 N 天的最大用电负荷,一般统计周期取 30 天。

当污染企业在被关停期间某天的用电负荷系数 l 满足(8)式时,即其当天的最大用电负荷超过设定阈值 P_{set} 时,则判定其违规生产,且 l 值越大则说明该污染企业违规生产的可能性越大。

$$l > 1 \quad (8)$$

在被关停期间,有些污染企业的用电负荷虽然较低,但其生产时间长导致日用电量仍然较大,如图 2 所示,显然此时只采用(8)式来判断其是否违规生

产已经不够合理。

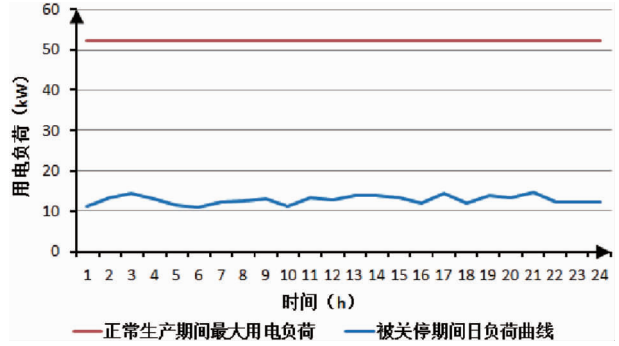


图 2 某污染企业日负荷曲线

Fig. 2 Daily load curve of a polluting enterprise

综上所述,本文将(4)式与(8)式相结合,来判断污染企业是否在被关停期间违规生产,即当某污染企业在某日的用电量系数 k 与用电负荷系数 l 满足(9)式时,则判定该污染企业在当日违规生产。

$$k > 1 \text{ 或 } l > 1 \quad (9)$$

2 生产时段类型分析

本节根据违规生产污染企业的用电负荷特征将其生产时段类型分为白天生产型、夜间生产型以及不确定型三类,以便于相关部门更为准确的掌握污染企业的违规生产规律。

定义 p 为违规生产污染企业的昼夜用电量比值,如(10)所示,

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{N_d} P_i}{\sum_{j=1}^{N_n} P_j} \quad (10)$$

(10)式中, P_i 为用电信息采集系统在白天第 i 个采集时刻所采集的某污染企业用电负荷值; P_j 为用电信息采集系统在夜间第 j 个采集时刻所采集的该污染企业用电负荷值; N_d 为用电信息采集系统在白天采集用电负荷的次数; N_n 为用电信息采集系统在夜间采集用电负荷的次数。一般情况下用电信息采集系统在每个整点时刻采集一次用电负荷,即每天采集 24 次用电负荷。本文将 6 时 30 分 - 17 时 30 分之间定义为白天,其余时间段定义为夜间,因此, N_d 值为 11, N_n 值为 13。

当求得某违规生产污染企业的昼夜用电量比值 p 后,可根据表 1 确定该污染企业的生产时段类型。

表1 生产时段类型划分

Tab.1 Classification of production period types

昼夜用电量比值 p	生产时段类型
$(2, +\infty)$	白天生产型
$[1/2, 2]$	不确定型
$(0, 1/2)$	夜间生产型

白天生产型污染企业的大部分用电量发生在白天,即其违规生产行为大部分发生在白天。夜间生产型污染企业则相反,其违规生产行为大部分发生在夜间。不确定型污染企业的违规生产行为在白天和夜间均有一定比例,且相差不明显。3种类型污染企业的典型日负荷曲线如图3-5所示。

3 具体流程

本文所提出的污染企业违规生产监控方法具体流程如图6所示。

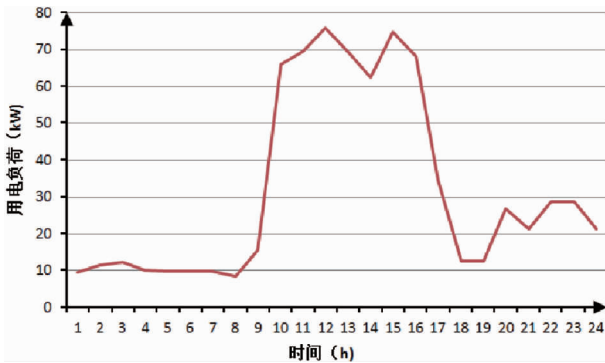


图3 白天生产型污染企业典型日负荷曲线

Fig.3 Typical daily load curve of production-type polluting enterprises in the daytime

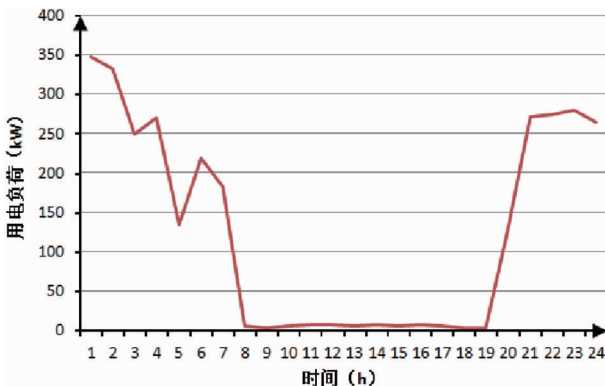


图4 夜间生产型污染企业典型日负荷曲线

Fig.4 Typical daily load curve of production-type polluting enterprises at night

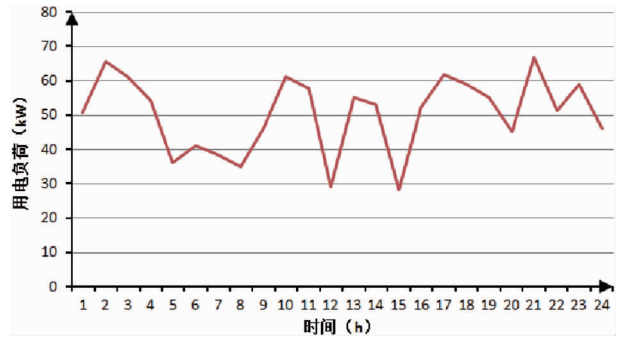


图5 不确定污染企业典型日负荷曲线

Fig.5 Typical daily load curve of production-type polluting enterprises at uncertain times

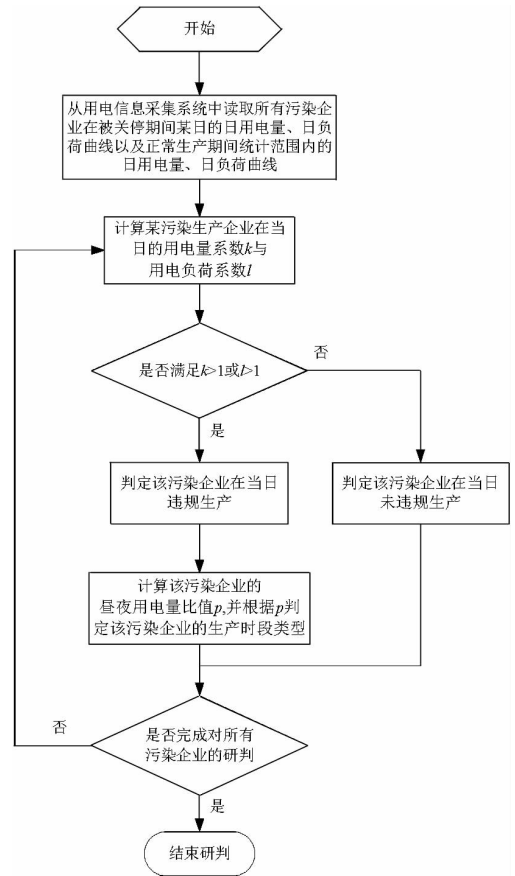


图6 流程图

Fig.6 Flow chart

4 方法验证

本文用以往核查出的违规生产污染企业的历史数据对本方法进行验证(α, β 均取0.2),结果表明本方法的准确率可达86%以上,可见本方法有效可行,具有推广应用价值。

造成本方法有一定误判率的主要原因是:某些污染企业关停后,仍会存在一部分生活用电,从而造

成本方法将其误判为违规生产。

5 结束语

本文基于污染企业的用电规律,提出了一种污染企业违规生产监控方法。通过该方法不但可以判断出污染企业是否存在违规生产行为,而且还能给出违规生产污染企业的生产时段。本文利用历史数据对本算法进行了验证,结果表明该方法有效可行,可为相关部门的环保督查工作提供有力支撑。接下来,将根据实际应用效果,对该方法进行改进,以进一步提升其准确性和实用性。

参考文献:

- [1] 甄泉,方治国,王雅晴,等. 雾霾空气中细菌特征及对健康的潜在影响[J]. 生态学报,2019,39(06):1-11.
ZHEN Quan, FANG Zhiguo, WANG Yaqing, et al. Bacterial characteristics in atmospheric haze and potential impacts on human health[J]. Acta Ecologica sinica,2019,39(06):1-11.
- [2] 李妍,王太勇,胡森. 雾霾对基于弹光调制检测系统的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2019,39(02):392-396.
LI Yan, WANG Taiyong, HU Miao. Research on the influence of haze for detection system based on elastic light modulator [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis,2019,39(02):392-396.
- [3] 聂敏,任杰,杨光,等. PM_{2.5} 大气污染对自由空间量子通信性能的影响[J]. 物理学报,2015,64(15):1-8.
NIE Min, REN Jie, YANG Guang, et al. Influences of PM_{2.5} atmospheric pollution on the performance of free space quantum communication[J]. Acta Physica. Sinica,2015,64(15):1-8.
- [4] 袁媛,周宁芳,李崇银. 中国华北雾霾天气与超强 El Nino 事件的相关性研究[J]. 地球物理学报,2017,60(01):11-20.
YUAN Yuan, ZHOU Ningfang, LI Chongyin. Correlation between haze in North China and super El Nino events[J]. Chinese journal of geophysics,2017,60(01):11-20.
- [5] 王美望. 基于空间计量经济学的中国区域雾霾影响研究[D]. 西安:西北大学,2018.
- [6] 王欢明,陈洋榆,李鹏. 基于演化博弈理论的雾霾治理中政府环境规制策略研究[J]. 环境科学研究,2017,30(04):621-627.
WANG Huanming, CHEN Yangyu, LI Peng. Government strategy for smog regulation: evidence from evolutionary game theory [J]. Research of Environmental Sciences,2017,30(04):621-627.
- [7] 周倩倩. 雾霾跨区域治理的行为博弈与多元协同机制研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2016.
- [8] 刘海猛,方创琳,黄解军,等. 京津冀城市群大气污染时空特征与影响因素解析[J]. 地理学报,2018,73(01):177-191.
LIU Haimeng, FANG Chuanglin, HUANG Jiejun, et al. The spatial-

temporal characteristics and influencing factors of air pollution in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration[J]. Acta Geographical Sinica,2018,73(01):177-191.

- [9] 伯鑫,徐峻,杜晓惠,等. 京津冀地区钢铁企业大气污染影响评估[J]. 中国环境科学,2017,37(05):1684-1692.
BO Xin, XU Jun, DU Xiaohui, et al. Impacts assessment of steel plants on air quality over Beijing-Tianjin-Hebei area [J]. China Environmental Science,2017,37(05):1684-1692.
- [10] 文扬,马中,吴语晗,等. 京津冀及周边地区工业大气污染排放因素分解-基于 LMDI 模型分析[J]. 中国环境科学,2018,38(12):4730-4736.
WEN Yang, MA Zhong, WU Yuhan, et al. Factors decomposition of industrial air pollutant emissions in Beijing-Tianjin-Hebei region and surrounding areas based on LMDI model analysis [J]. China Environmental Science,2018,38(12):4730-4736.
- [11] 沈新勇,陈逸智,郭春燕,等. 京津冀地区一次雾霾过程的污染分布及来源分析[J]. 高原气象,2019,38(06):1-12.
SHEN Xinyong, CHEN Yizhi, GUO Chunyan, et al. Pollution distribution and source analysis of a haze process in Beijing-Tianjin-Hebei area [J]. Plateau Meteorology, 2019, 38 (06) : 1 - 12.
- [12] WU X, ZHAO L, ZHANG Y, et al. Primary air pollutant emissions and future prediction of iron and steel industry in China [J]. Aerosol and Air Quality Research,2015,15:1422-1432.
- [13] 段立,胡文,夏海燕,等. 基于大数据的用电信息采集系统建设[J]. 电力大数据,2017,20(09):1-5.
DUAN Li, HU Wen, XIA Haiyan, et al. Construction of electricity information collection system based on large data [J]. Power Systems and Big Data,2017,20(09):1-5.
- [14] 阿辽沙·叶,刘宣,郑国权,等. 用电信息采集系统现场停电诊断优化技术[J]. 电测与仪表,2017,54(18):125-128.
YE Aliaosha, LIU Xuan, ZHENG Guoquan, et al. Optimization method of power outage site diagnosis in advanced metering infrastructure [J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2017,54(18):125-128.
- [15] 胡江溢,祝恩国,杜新纲,等. 用电信息采集系统应用现状及发展趋势[J]. 电力系统自动化,2014,38(02):131-135.
HU Jiangyi, ZHU Enguo, DU Xingang, et al. Application status and development trend of power consumption information collection system [J]. Automation of Electric Power Systems, 2014,38(02):131-135.
- [16] 李小兵,李宇飞,郑天,等. 用电信息采集系统全事件采集运行效果分析[J]. 电测与仪表,2018,55(07):66-70+82.
LI Xiaobing, LI Yufei, ZHENG Tian, et al. Operation effect analysis of full event acquisition in power information collection system [J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2018,55(07):66-70+82.
- [17] 王玮,张亚杰,吴宏波,等. 用电信息采集系统大数据在电能表时钟管理研究中的应用[J]. 电力大数据,2017,20(12):8

- 12.

WANG Wei, ZHANG Yajie, WU Hongbo, et al. Application of big data of power information collection system in clock management of electric energy meter[J]. Power Systems and Big Data, 2017, 20(12):8-12.

[18] 陈驰. 基于用电信息采集系统的运行电表故障智能分析[J]. 电测与仪表, 2014, 51(15):18-22.

CHEN Chi. Intelligent analysis on the malfunction meter based on the electric energy data acquisition system [J] . Electrical

Measurement & Instrumentation, 2014, 51(15):18-22.

收稿日期:2019-06-08

作者简介:



王立斌(1985),男,硕士,高级工程师,主要从事电能计量、用电信息采集、电力数据分析等工作。

(本文责任编辑:范斌)

A method for monitoring illegal production of polluting enterprises based on the law of electricity consumption

WANG Libin¹, WANG Yufan², MA Hao³, ZHANG Jing¹, KANG Zhizeng¹, LI Jielin⁴, LI Mengyu⁴

(1. State Grid Hebei Electric Power Co., Ltd., Shijiazhuang 050021 Hebei, China;

2. School of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

3. School of Software Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710000 Shaanxi, China;

4. State Grid Hebei Electric Power Research Institute, Shijiazhuang 050021 Hebei, China)

Abstract: In the period of severe fog and haze, some governments will ask polluting enterprises to take shutdown measures to reduce pollutant emissions. In order to pursue economic benefits, some polluting enterprises still violate production regulations during the period of being shut down. Because of the high concealment of its production behavior, It is difficult for environmental protection departments to determine whether there are irregular production activities or not, and at the same time, it is also unable to accurately grasp the production period of irregular production activities, which seriously hinders the development of environmental protection supervision work. In view of the above problems, this paper proposes a method for monitoring illegal production of polluting enterprises. Based on the daily consumption and maximum daily load of polluted enterprises, the method realizes the judgment of irregular production behavior of polluted enterprises. In addition, based on the load data of the polluted enterprises, the method realizes the classification of the production period of the polluted enterprises. This method provides an effective technical means for the relevant departments to accurately grasp the production law of pollution enterprises. In this paper, the method is validated by using historical data of power load of polluting enterprises, and the results show that the method is effective and feasible.

Key words: haze; polluting enterprises; electricity law; illegal production; monitoring method