

Research on the Statistical Method of the Industrial Electricity Consumption Excluding Line Loss

—Resolving Puzzle of the Deviation Relationship between the Growth Rate of Electricity Consumption of Industry and the Industrial Value-Added

Jindian Lu¹, Chengmei Zhang², Yu Chen³, Shengnan Xing⁴

¹State Grid Anhui Electric Power Company, Hefei Anhui

²Bureau of Statistics of Anhui Province, Hefei Anhui

³State Grid Anhui Economic Research Institute, Hefei Anhui

⁴Beijing Economy World Research Institute, Beijing

Email: lujd0631@ah.sgcc.com.cn

Received: Jun. 23rd, 2018; accepted: Jul. 9th, 2018; published: Jul. 17th, 2018

Abstract

Based on the analysis of the intension meaning of line loss, this paper finds that the line loss will appear violent fluctuations with the temperature severe change, because of the supply and sale of electricity meter reading cycle of resident sector and territory industry difference. In order to make full use of the economic barometer of the consumption of electricity of industry, the combination of qualitative and quantitative analysis is employed in this paper. Moreover, the impact of temperature on the electricity of line loss and the industry is calculated. The results of this paper are as follows: 1) there is a notable positive correlation between temperature load and line loss; 2) the deviation relationship between the growth rate of electricity consumption of industry and the industrial value-added almost entirely disappears, when the line loss is eliminated from the electricity consumption of industry; 3) a new statistical method is established in this paper, *i.e.* separating the industrial electricity consumption into “economic power” part and “temperature power” part.

Keywords

The Growth Rate of Industrial Electricity Consumption, the Growth Rate of Industrial Value-Added, Line Loss Calculation Method, Regression Analysis

剥离“线损电量”的工业用电量统计方法研究

——解析工业用电与增加值增速偏离之谜

卢金滇¹, 张成美², 陈煜³, 邢胜男⁴

¹国网安徽省电力公司, 安徽 合肥

²安徽省统计局, 安徽 合肥

³安徽省电力公司电力经济技术研究院, 安徽 合肥

⁴北京经世万方信息技术有限公司, 北京

Email: lujd0631@ah.sgcc.com.cn

收稿日期: 2018年6月23日; 录用日期: 2018年7月9日; 发布日期: 2018年7月17日

摘要

本文通过分析“线路损失电量”的“内涵”，发现在降(升)温负荷出现明显变化的月份，线路损失电量会因服务业和居民部门“供电电量抄表不同期”出现剧烈波动，导致工业用电与工业增加值增速发生偏离。为更好地发挥工业用电量作为经济“晴雨表”的作用，本文利用定性和定量分析相结合方法，分析了气温对“线损电量”和工业用电量的影响。研究表明：1) 温度负荷与“线损电量”之间存在显著的相关性；2) 剥离“线损电量”的工业用电量增速与工业增加值增速变化一致；3) 提出了将工业用电量分离为“经济电量”和“温度电量”的核算方法。

关键词

工业用电量增速, 工业增加值增速, 线损电量统计, 回归分析

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

电力是工业部门的主要能源利用方式，“工业用电量”常被视为工业经济的“晴雨表”[1]。通常认为工业用电量的同比增速为工业增加值增速的一致指标，但近年来工业增加值增速与工业用电增速严重偏离的情况时有发生[2] [3] [4] [5] [6]。以安徽省为例，几乎在每年的12~2月、7~9月(即冬、夏两季)，工业增加值增速与工业用电量增速均出现严重偏离(图1)。分析工业用电结构可知，线路损失电量的剧烈波动是造成这一现象的直接原因。同时，工业增加值增速与工业用电量增速的背离集中发生在“冬、夏”两季的时间特征，使得“气温”成为了分析这一现象时不可忽视的因素。

事实上，在目前的工业分类用电统计核算体系下，线路损失电量主要反映的是“统计线损电量”，即供、售电量之差。供电系统执行供电量与售电量两种抄表制度[7]，即将自然月视为月度供电量抄表时间段，售电量的抄表时间段则规定在每月某日至下月对应日，这就导致在计算本月份的售电量时，有

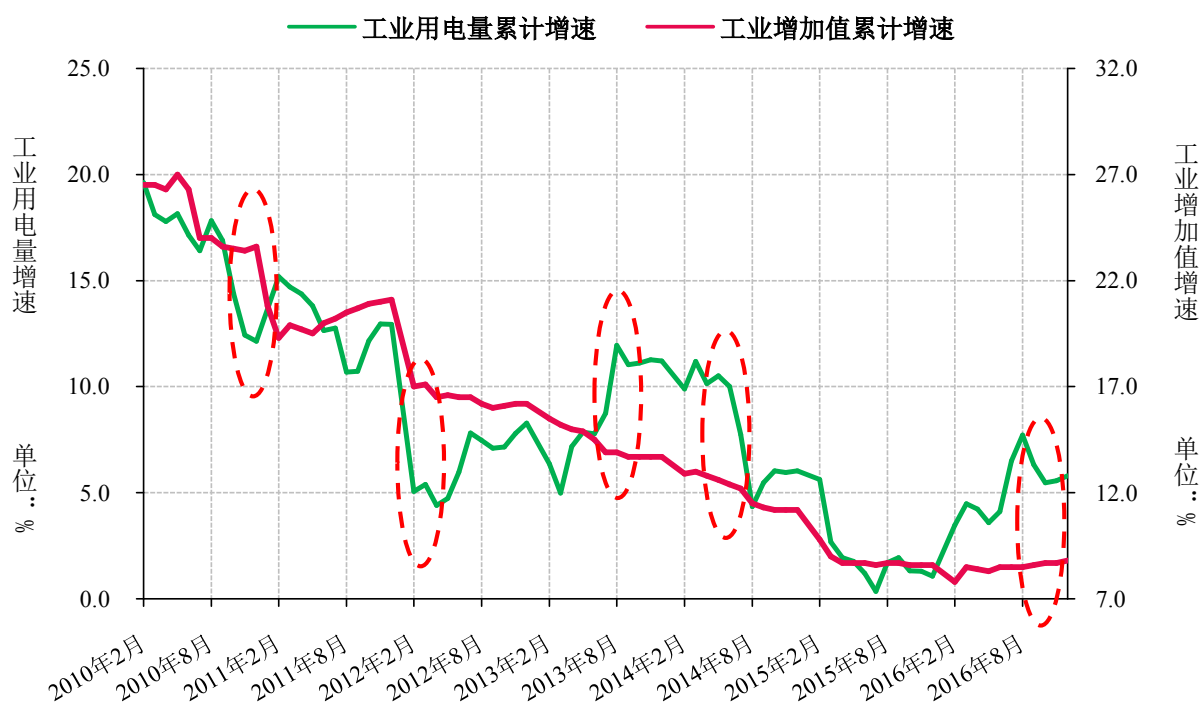


Figure 1. The growth rate of electricity consumption of industry and the industrial value-added of Anhui province during 2010.1-2016.12

图 1. 2010 年 1 月~2016 年 12 月安徽省工业用电累计增速与工业增加值累计增速

一部分是用户上月份的，同时有一部分本月份的电量计算在下月的售电量中。在此情形下，如果相邻月度间用电负荷发生较大变化，“供电电量不同期”因素自然会造成统计线损电量的剧烈波动[7] [8] [9]。

通过上述分析可知，“气温”是导致线路损失电量短期剧烈波动的主要原因。一方面是由于“负荷电流引起的导线温升”、“平均气温偏离一定的范围”均会引起电网元件的电阻发生显著变化[10] [11]，从而增大电网电能损耗。但更为重要的是，在出现“极端气温”的情况下(例如，2016 年 3、7~9 月)，“供电电量抄表不同期”因素会显著放大(缩小)线路损失电量。

显然，如何科学地处理线路损失电量和工业用电量的关系，影响到工业用电量能否继续发挥工业经济“晴雨表”的功能，是构建工业用电量统计核算体系的重要课题。然而现有文献对这方面的论述较为罕见。陈红、池照[12]指出线损电量对工业用电量有一定的影响，但其并没有透彻地分析出线损电量剧烈波动的根本原因。本文以分析安徽省工业用电量增速和工业增加值增速为例，深入分析了气温对线损电量的作用机制，探讨了如何处理线损电量和工业用电量的统计关系。在此基础上，提出了剥离线损电量的工业用电量和分离“经济电量”和“温度电量”的两种核算线损电量的统计方法。

2. 线路损失电量相关概念及统计线损核算存在的问题

电力网电能损耗率简称线损，是电力企业的一项重要综合性技术经济指标，反映了一个电力网的规划设计、生产技术和运行管理水平。线损通常包括理论线损和统计线损 2 个方面[11]。

2.1. 线路损失电量的相关概念

2.1.1. 理论线损

理论线损指的是通过均方根电流法、平均电流法、潮流法、等值电阻法等计算得到的已投运的变压器及线路上产生的有功功率为电网损率，而在某个特定时间段内产生的电能总损耗就是电网损失电量，叫

做理论线损[13]。理论线损电量为下列各项损耗电量之和：

- 1) 变压器的损耗电能；架空及电缆线路的导线损耗电能。这两项占总损耗的 90%；
- 2) 电容器、电抗器、调相机中的有功损耗电能、调相机辅机的损耗电能；电流互感器、电压互感器、电能表、测量仪表、保护及远动装置的损耗电能；电晕损耗电能；绝缘子的泄漏损耗电能(数量较小，可以估计或忽略不计)；变电所的所用电能；电导损耗。以上各项占总损耗的 10%。

2.1.2. 统计线损

一般地，将通过关口电能表读数计算出来的一定时间内的用电设备以及营销各阶段出现的线损电量，叫做统计线损。统计线损是由技术线损(电力系统在输送、变换、分配过程中必须产生的电能损耗)和管理线损(包括关口电能计量表精度误差、表计损失、抄表例日误差以及偷电漏电差错等线损管理不当造成的误差)所组成的[14]。

中电联规划与统计信息部制定的《供用电专业统计报表制度》中，004 全社会用电分类子表下公布的“线路损失电量”主要反映的是统计线损。其具体计算公式如下：

$$\text{统计线损电量} = \text{供电量} - \text{售电量} \quad (2-1)$$

式(2-1)中，供电量是指厂供电量、输入电量、输出电量及购入电量的综合计算结果，其计算公式为：

$$\text{供电量} = \text{厂供电量} + \text{输入电量} - \text{输出电量} + \text{购入电量} \quad (2-2)$$

式(2-2)中，厂供电量，即电厂出线侧的上网电量。对于一次电网厂供电量是指发电厂送入一次电网的电量。对于地区电网厂供电量指发电厂送入区电网的电量；输入电量，指邻网输入的电量；输出电量，指送往邻网的电量；购入电量，指厂供电量以外的上网电量，如集资、独资、合资、股份制、独立核算机组、地方电厂、电力系统退役机组、多经机组、用户自备电厂等供入系统的电量。式(2-1)中，售电量是指所有用户的抄见电量，发电厂、供电局、变电所、保线站等的自用电量及电力系统第三主业所用的电量。售电量会随用户社会生活习惯的变化而变化，具有一定的规律性。

统计线损的产生主要是由于我国供电企业实施的抄表不同期导致的。目前，我国供电企业中实施的抄表周期有两种，即供电抄表周期、售电抄表周期[14]。且售电按类型大致分为工业、农业、商业及居民用电。供电量抄表一般是关口电能表自动计量的，基本已经达到供电抄表与自然月同期的目的。但因用户数量非常大(特别是低压台区用户)、分布复杂等因素，售电抄表几乎很难与自然月保持一致。因此，供、售电量抄表不同期问题对现有统计线损率计算的正确性有很大影响。图 2 为现阶段我国不同类型负荷的抄表周期。

图 2 中 T 为当月供电量的抄表周期，居民、商业、工业、农业用电售电量的抄表周期分别为 Ta, Tb, Tc, Td 分别表示各类用电负荷售电抄表周期；t'a, t'b, t'c, t'd 分别表示比供电抄表周期提前的区间段，同时 ta, tb, tc, td 分别表示售电抄表周期结束时距月底的区间段。

2.2. 线路损失电量统计核算存在的问题

目前统计线损由供电量减售电量获得。统计上将“线路损失电量”全部计入工业部门的“电力、热力的生产和供应业”。但是，我们需注意该统计方法存在以下两个问题。

第一，统计线损现在不仅包含由电力供应行业输配给工业部门的用电量，而且包含工业之外的其他国民经济行业，比如，建筑业、服务业等。将线损电量全部计入工业，存在虚增工业用电量的问题。

第二，由于“供电电量抄表不同期”，计入“电力、热力的生产和供应业”(工业)用电量的线路损失电量在高温(7、8 月)或低温(12~2 月)月份，受服务业和居民生活用电影响较为明显，即在降(升)温负荷

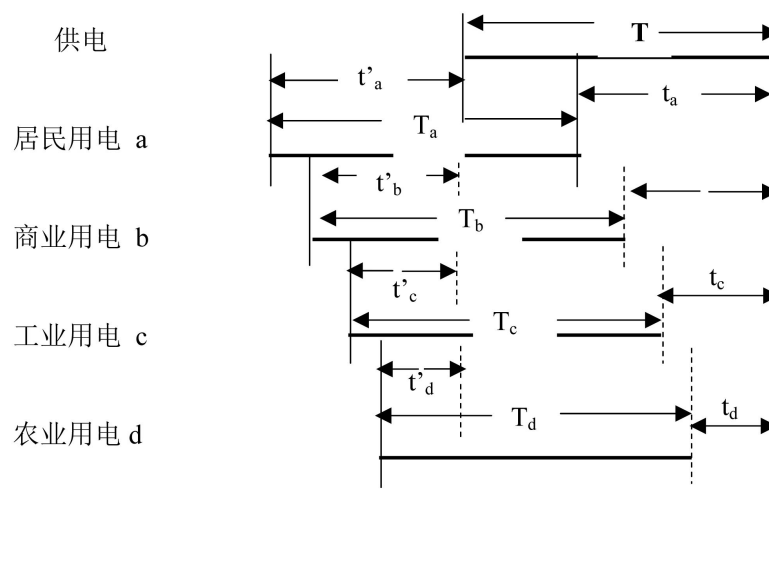


Figure 2. Supply and sale of electricity meter reading cycle
图 2. 供售电量抄表周期

出现明显变化的月份(如 7、8、9 月), 线路损失电量会因服务业和居民部门供、售电差额(跨期)的波动出现明显地上升(或下降), 甚至出现“负值”(表 1)。

3. 线路损失电量波动较大的原因分析

3.1. 定性分析

本文研究的线损主要是导致工业用电与工业增加值增速偏离的统计线损。通过上文分析我们已经知道, 统计线损主要是由于供售抄表制度不同导致的。影响线损的因素有温度、湿度、经济发展水平、人均收入、随机发生事件等[15]。

从上述对线路损失电量的“内涵”分析中不难推断, 由于“供售电量抄表不同期”, 导致“气温”成为线路损失电量短期剧烈波动(12~2、7~9 月)的主要原因(图 1)。一方面是由于随着人均收入水平的提高, 人们追求更加舒适的生活。当气温偏低或偏高时, 空调耗电量会显著增加[16]。第二是因为, 当气温升高时, 导线、机器的电阻率会升高, 从而造成线损电量变大[10][11]。例如, 2016 年 7~9 月(表 1), 由于“供售电量抄表不同期”, 线路损失电量被显著的放大(缩小)。

3.2. 定量分析

通过上文分析可知, 线损电量被放在了“电力、燃气及水的生产和供应业”下, 本文以安徽省 2000 年~2016 年 7 月“电力、燃气及水的生产和供应业”用电量近似替代, 量化分析了气温因素对线路损失电量的影响。

由表 2 最后一列可知, 大多数年份安徽省 7 月电力、燃气及水的生产和供应业用电量均远高于 6 月的水平(>30.0%), 且表现出显著的波动性。显而易见地, 安徽省历年 7 月月平均气温同样高于 6 月(表 3)。

如果造成 7 月电力、燃气及水的生产和供应业用电量明显高于 6 月的主要原因为气温的变化, 则 7 月较 6 月电力、燃气及水的生产和供应业用电量的差额必然与 7 月与 6 月的温差成正相关关系。图 3 表明, 2006~2016 年间, 7 月与 6 月的温差和 7 月用电量较 6 月用电量的环比增速间确实存在稳定的正相关性。

Table 1. Different periods for the supply and sale of electricity meter reading for sectors of Anhui province during 2016.7-2016.9 (Unit: 10⁸ kwh, %)

表 1. “供电电量抄表不同期”对 2016 年 7~9 月安徽省部门用电的影响(单位: 亿千瓦时、%)

时间	线路损失电量(供电 - 售电)		居民生活用电(售电)		服务业用电(售电)	
	当月值	当月同比	当月值	当月同比	当月值	当月同比
2016-06	8.05	14.00	17.70	2.24	17.23	8.86
2016-07	27.93	82.04	20.30	11.28	20.48	14.37
2016-08	15.57	30.79	31.76	28.76	26.37	25.39
2016-09	1.27	-72.01	37.65	51.19	25.24	25.78

注: 表 1 中标红数字表明线路损失电量会因服务业和居民部门供、售电差额(跨期)的波动出现明显地上升(或下降), 甚至出现“负值”。

Table 2. The electricity consumption of production and supply of electricity, heat, gas and water in month 6 and 7 during 2000-2016 (Unit: 10⁸ kwh; %)

表 2. 安徽省 2000 年~2016 年 6、7 月电力、燃气及水的生产和供应业用电量(当月值)(单位: 亿千瓦时、%)

时间	6 月用电量	7 月用电量	7 月较 6 月环比增长
2000 年	4.41	7.24	64.2
2001 年	4.83	8.42	74.2
2002 年	5.92	7.78	31.4
2003 年	6.28	9.69	54.2
2004 年	7.33	11.10	51.4
2005 年	8.83	8.76	-0.8
2006 年	9.40	11.41	21.3
2007 年	10.04	12.61	25.6
2008 年	12.24	17.49	42.8
2009 年	15.30	19.44	27.1
2010 年	16.58	21.83	31.7
2011 年	15.91	26.44	66.2
2012 年	18.41	31.41	70.6
2013 年	19.98	36.60	83.2
2014 年	19.42	29.52	52.1
2015 年	16.70	30.34	81.7
2016 年	20.39	46.82	129.6

数据来源: 国家电网安徽省电力公司。

进一步实证分析表明, 电力、燃气及水的生产及供应业用电量与工业增加值、平均气温存在线性关系:

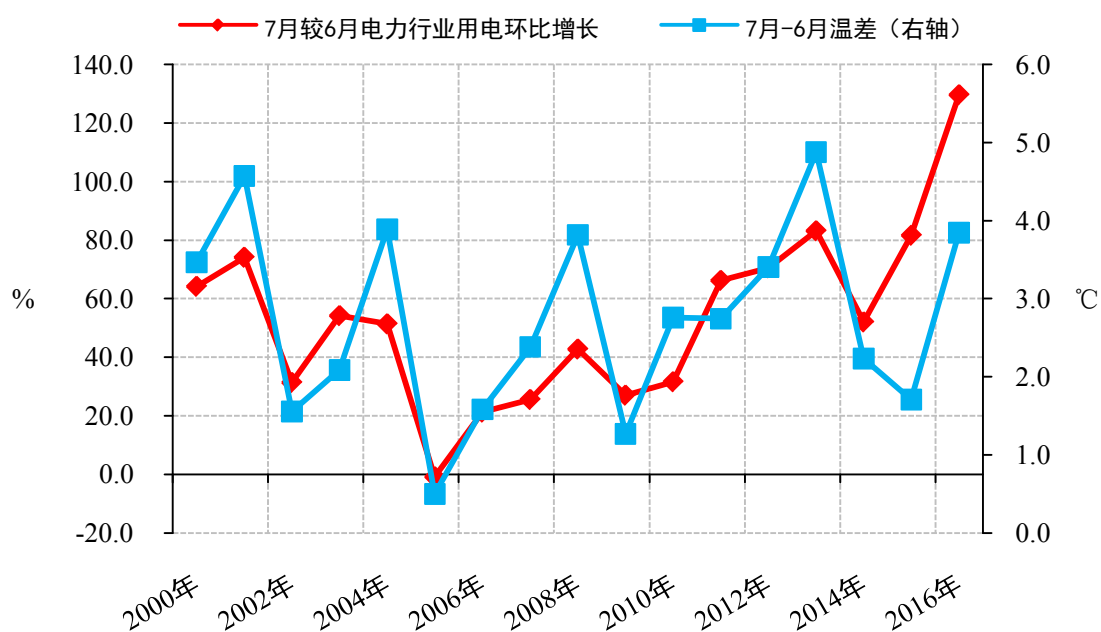


Figure 3. The temperature difference and the chain ratio of electricity consumption in month 6 and 7 of Anhui province during 2000-2016

图3. 安徽省2000~2016年7月与6月温差与电力环比增速关系图

Table 3. The average temperature in month 6 and 7 during 2000-2016 (Unit: °C)

表3. 安徽省2000年~2016年6、7月月平均气温(单位: °C)

时间	6月平均温度	7月平均温度	7月与6月平均温差
2000年	25.89	29.36	3.47
2001年	25.45	30.02	4.57
2002年	27.27	28.83	1.56
2003年	26.05	28.14	2.09
2004年	25.13	29.02	3.89
2005年	28.05	28.55	0.50
2006年	27.11	28.69	1.58
2007年	25.43	27.81	2.38
2008年	24.29	28.11	3.82
2009年	26.82	28.09	1.27
2010年	25.19	27.94	2.76
2011年	25.27	28.02	2.74
2012年	26.41	29.81	3.41
2013年	25.35	30.22	4.88
2014年	25.24	27.47	2.23
2015年	24.72	26.43	1.71
2016年	24.68	28.52	3.85

数据来源: 安徽省气象局。

$$E(YEE | T, IADD) = -77.74 + 2.849 * T + 0.0623 * IADD \quad (3-1)$$

其中, YEE 为电力、燃气及水的生产及供应业用电量; T 为 7 月平均气温; IADD 为 2005 年可比价工业增加值。

回归方程的拟合优度 $R^2 = 0.95$, 表明拟合效果较好, 且平均气温和工业增加值的回归系数均可通过 t-检验, 即两个解释变量对电力、燃气及水的生产和供应业用电量均有显著影响。在其他条件不变的情况下, 温度变化 1°C 平均引起电力、燃气及水的生产及供应业用电量增加(或减少) 2.85 亿千瓦时。

4. 工业用电量与工业增加值的关系分析

4.1. 气温对工业用电量的影响分析

通常认为工业用电量的同比增速为工业增加值增速的一致指标, 但工业增加值月度同比增速与工业用电增速严重偏离的情况时有发生。如图 4 所示, 2016 年 7 月安徽省工业用电量当月同比增速达 18.4%, 工业增加值当月同比增速为 7.7%, 而 2015 年 7 月工业用电量当月同比下降 3.8%, 工业增加值当月同比增速仍然达到 8.0%。这一异象难免让人产生困惑, 然而基于上节的分析, 可以推断“气温(线路损失电量)”是其背后的“始作俑者”。

为进一步验证我们的推断, 运用同样的方法我们发现工业用电量与工业增加值、平均气温存在如下线性关系:

$$E(YIE | T, IADD) = -93.24 + 4.155 * T + 0.169 * IADD \quad (3-2)$$

其中, YIE 为工业用电量; T 为 7 月平均气温; IADD 为 2005 年可比价工业增加值。

方程拟合优度检验 $R^2 = 0.988$, 两个变量的回归系数均可通过 t-检验, 表明对解释变量的影响是显著的。在其他条件不变的情况下, 温度变化 1°C 平均引起工业用电量增加(或减少) 4.16 亿千瓦时。

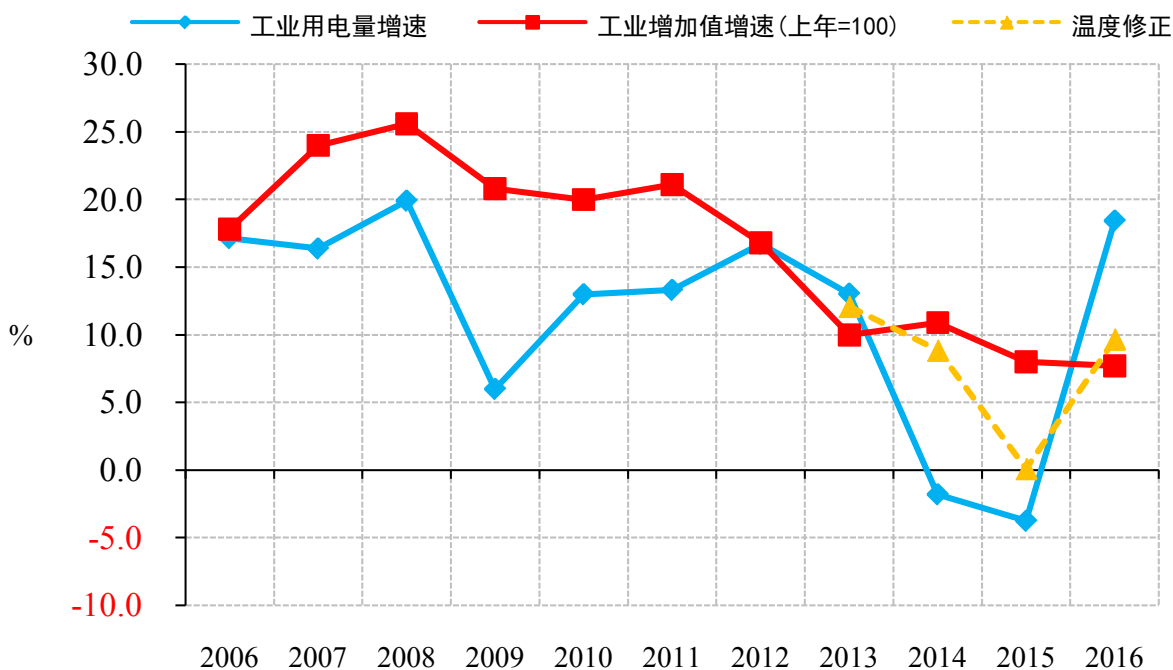


Figure 4. The growth rate of electricity consumption of industry and added-value of industry during 2006-2016 of Anhui province

图 4. 安徽省 2006~2016 年 7 月工业增加值与工业用电量同比增速

4.2. 剥离“线损电量”的工业用电量与工业增加值增速关系分析

然而,分析平均气温、工业增加值对工业用电量(剔除电力、燃气及水的生产和供应业用电量)的影响发现,平均气温对剔除电力、燃气及水的生产和供应业用电量的影响并不显著。因此,通过分析发现,工业用电量增速(剔除电力、热力及水的生产和供应业)和工业增加值增速表现出一致的趋势(图 5)。

4.3. 工业用电量中“经济电量”和“温度电量”的分离

基于上述建立的 7 月工业用电量与气温之间的定量关系,可以初步估算 7 月气温变化对于工业用电量的影响。2016 年 7 月工业用电量增速较高与上年同期“凉夏”导致的工业用电量基数较小存在较大的关系。在此基础上,本文提出了如何将工业用电量分离为“经济电量”和“温度电量”的方法。即保持 2015 年工业经济发展水平不变的前提下,如果将 2015 年 7 月平均气温与常年平均气温(2005~2016 年 7 月气温平均值)做差,带入到式(3-2)中,则 2015 年 7 月工业用电量将变为 115.49 亿千瓦时,2015 年 7 月实际为 107.7 亿千瓦时,温度电量为 7.79 亿千瓦时。该情形下,2016 年工业用电量增速将变为 9.66%,与 7.7%的工业增加值增速基本吻合(图 4 中黄色虚线部分)。

5. 结语

本文通过梳理电力网电能损耗的计算方式,解释了目前工业分类用电统计表中“线路损失电量”的内涵。指出了目前“线路损失电量”统计核算方式存在的问题,即统计线损包含工业以外行业的损失电量的问题和由于“供电电量抄表不同期”,在降(升)温负荷出现明显变化的月份(如 7、8、9 月),线路损失电量会因服务业和居民部门供、售电差额(跨期)的波动出现明显地上升(或下降),甚至出现“负值”的问题。这是导致工业用电量和工业增加值增速偏离的主要原因。

为了解决工业用电量和工业增加值增速偏离问题,本文应用定性分析与定量分析相结合的方法,研究确定了气温变化为线路损失电量剧烈波动的主要原因。通过研究得出了以下三点主要结论:1) 气温负荷与线损电量直接存在显著的相关关系。2) 若将“线损电量”(电力、热力及水的生产和供应业用电量)从

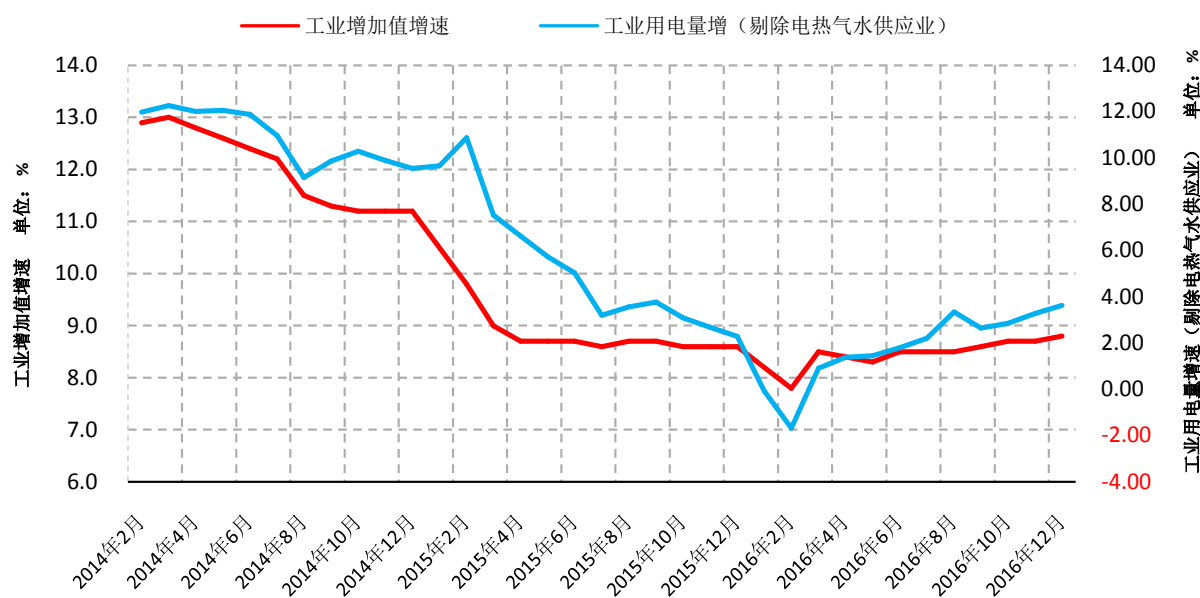


Figure 5. The growth rate of added-value of industry and the consumption of electricity of industry (excluding production and supply of electricity, heat, gas and water) during 2014-2016

图 5. 2014~2016 年工业增加值增速和工业用电量增速(剔除电力、热力及水的生产供应业)

工业用电量中剥离出来，新口径的工业用电量增速与工业增加值之间表现出一致的变化趋势。第三，为了充分发挥工业用电量作为工业经济“晴雨表”的作用，本文提出了有效提取工业用电量中的“经济电量”的方法，提出了将工业用电量分离为“温度电量”和“经济电量”的统计核算方法。

参考文献

- [1] 谭显东, 孙祥栋. 用电量“晴雨表”失灵了? [N]. 国家电网报, 2016-01-05005.
- [2] Lin, B.Q. and Liu, C. (2016) Why Is Electricity Consumption Inconsistent with Economic Growth in China? *Energy Policy*, **88**, 310-316. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.031>
- [3] 肖宏伟. 用电量与经济增长“短期背离”的原因分析[J]. 宏观经济管理, 2015(6): 27-29.
- [4] 肖宏伟, 李继峰, 国家信息中心. 用电量与经济增长缘何“短期背离” [N]. 中国能源报, 2015-06-15005.
- [5] 林卫斌, 苏剑, 施发启. 经济增长、能耗强度与电力消费——用电量与 GDP 增长率背离的原因探析[J]. 经济科学, 2010(5): 15-22.
- [6] 林卫斌. 经济增长与电力消费: 为什么用电量与 GDP 增长率会背离[J]. 学术交流, 2010(12): 88-91.
- [7] 高卫东, 宋斌. 月度实际线损率定量计算方法[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(2): 86-90.
- [8] 朱征峰, 俞军, 唐晓岚. 电网月度统计线损率波动的原因分析及对策[J]. 浙江电力, 2013, 32(4): 28-29.
- [9] 向永明, 彭懿. 关于城区供电局统计线损率波动问题的分析[J]. 重庆电力高等专科学校学报, 2010, 15(3): 25-28.
- [10] 冯凯, 应展烽, 张旭东, 童璇, 吴军基. 单铝层导线输电网电热协调潮流模型及其解法[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(18): 61-67.
- [11] 高沁, 卫志农, 孙国强, 孙永辉, 陈洪涛, 赵建明. 计及线路电阻随温度变化影响的电力系统最优潮流[J]. 电力系统自动化, 2015(16): 76-80.
- [12] 陈红, 池照. 消除线损电量对工业用电量影响的研究[J]. 统计科学与实践, 2014(3): 36-38.
- [13] 李静巍. 基于线损管理系统的日线损统计及分析研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2015.
- [14] 彭宇文, 刘克文. 基于改进核心向量机的配电网理论线损计算方法[J]. 中国电机工程学报, 2012, 31(34): 120-126.
- [15] 吴蔚. 基于数据挖掘与关联规则的月度统计线损计算[D]: [硕士学位论文]. 燕山: 燕山大学, 2016.
- [16] 张彩庆, 曹萌萌. 家庭收入、日常消费支出与用电量的关联关系[J]. 能源技术经济, 2012, 24(7): 44-48.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7924, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jlce@hanspub.org