

[系统规划]

基于经济—电力发展轨迹相似性的对标城市选取方法研究

文/国家电网安徽合肥供电公司 苏 寒 柏一舟 张 勇
北京清软创新科技股份有限公司 王 丹 周 辉

电力需求的发展从长期的角度来看与经济发展关系密切，提出了基于经济—电力发展轨迹相似性的对标城市选取方法。分析了经济发展轨迹相关因素，并利用该方法对某市进行了对标相似市的选取，得到了理想的选取效果。通过具体案例的应用直观可靠地验证了所提方法的合理性。

经济、社会和气象等各方面的历史数据，以及负荷自身的历史数据都是电力系统负荷预测的依据，为了得到准确的电力负荷预测值，需要找寻影响电力负荷变化的因素。

中长期负荷预测是电力系统规划工作中很重要的环节。因为中长期电力系统负荷预测有时间跨度大并且其很多影响因素是很难量化估算的特点，这样造成中长期负荷预测的结果不是很理想，制约了电力系统规划工作地发展。因此，克服中长期负荷预测中难题，研究一种能够准确反映电力系统负荷变化趋势的预测方法，提高预测准确度，是一项很有意义的工作。

中长期负荷预测已经有了一定时间的研究，积累了诸多研究方法。根据预测思路的不同，一般将中长期负荷预测方法分为两类：一类是参数模型；另外一类是非参数模型。其中，非参数模型类型是随着科学技术进步衍生出的新方法类型。回归分析法、趋势外推法、时间序列法和电力弹性系数法等都是经典的预测方法。灰色系统理论、模糊预测、专家系统和支持向量机等预测方法都是近几年涌现出的新预测方法。从历年统计数据来看，我国中长期电力负荷既有逐年增长的确定性特点、又有受经济、社会和气候等因素影响而波动的不确定性特点。其中的经济影响因

素是很重要的一点。

不同地区城市经济发展水平存在差异，利用这种差异性作为中长期负荷预测的切入点。本文提出了一种基于经济-电力发展轨迹相似性的对标城市选取方法，通过用电量及经济指标对比，来选取对标相似市。在此基础上，利用相似市经济发展轨迹对目标市经济指标进行预测，最终所得经济指标值更加符合经济发展客观规律，代入考虑经济因素的负荷预测模型，能够提高负荷预测准确度，为生产实践工作提供科学规划思路。

经济发展轨迹相关因素

中长期电力负荷预测影响因素有很多，基于经济发展轨迹超前相似城市的选取方法中着重关注经济发展轨迹，其中包括的相关因素主要为生产总值、投资、消费水平和人口等。

1. 生产总值的影响

电力本身具有社会属性，负荷预测会受到诸多因素的影响。其中经济发展水平影响尤为明显，当经济增长势头较好时，电力需求增长较快。随着GDP的增长电力消费也相应有明显地增长。

2. 投资的影响

对一个城市的固定资产投资和房地产开发投资等资金的注入和城市的建设同样对电力需求有

很大的影响。电力需求与城市投资表现为明显的相关性。

3. 消费的影响

随着我国经济的高速发展,人民生活水平有了较大提高,人们的消费观念和生活方式发生了深刻的变化。城乡居民收入水平的提升,对居民生活用电有着极大的推动作用,居民生活用电占全社会用电比重逐年上升,对电力负荷的总量和构成比例产生了一定的影响。

4. 人口的影响

影响电力需求的重要因素还有人口增长。随着市场中的人口增长,相应的电力需求量也会增长。居民具有巨大的消费潜力,其对电力需求的影响表现为直接效应和间接效应。直接效应体现为居民的生活用电,人民生活水平不断提高,对电力的需求越来越大,人口增长与电力需求之间存在正相关的关系。

超前相似市选取

经济增长与电力需求两个指标反映了一个国家和地区经济运行状况。电力需求,不仅仅关系到电力行业发展的市场问题,更关系到一个地区,甚至一个国家经济发展动力的重大问题。我国电力需求的变化与经济发展密切相关,经济增长是电力需求增长的第一驱动力。同时,经济发展水平同产业结构的发展变化也有着密切的关系。随着经济的增长与经济结构的调整,产业结构随之发生相应有序的阶段变化,一个地区产业结构比重的转变过程,可以反映出该地区经济发展的状况,从而对电力需求产生影响。总的来说,电力需求受到经济增长、结构调整等多重因素的影响,探寻两者之间的关联关系,对电力市场发展具有非常重要的意义。

本方法是基于经济发展轨迹的比较,来选取与目标城市经济发展相似的城市,从而为电力需求的预测奠定基础。

1. 确定候选地市

首先根据目标地市历史用电量和经济数据,采用回归模型计算得到其目标年GDP近似值,同时参考目标地市常住人口、三产比例和地理位置等因素,在全国范围内选取人口相近、经济超前的地市作为候选地市。

2. 获取候选地市用电量和经济数据

通过各省市统计局官网统计年鉴及公报获取

候选地市历年用电量及经济数据。

3. 经济发展轨迹对比

为了量化不同候选地市超前目标地市不同年份情况下用电量及经济曲线相似度,本文采取欧几里得距离 d 和年均增速差值 $\Delta\epsilon$ 来判断曲线相似度,选取最小欧几里得距离同时对应年均增长率小的候选地市作为相似市。

假设候选地市超前目标地市 n 年,此时两者用电量或经济指标曲线重叠点数为 $m=18-n$ 点,记两者对应指标曲线重叠点数分别为

$$Y=(y_1, y_2, \dots, y_m) \quad (1)$$

$$X=(x_1, x_2, \dots, x_m) \quad (2)$$

曲线间欧几里得距离 d_m 定义为

$$d_m = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m (y_k - x_k)^2}{m}} \quad (3)$$

用电量或相关经济指标 m 年年均增长率计算公式为

$$\begin{cases} \epsilon_y = \left(\frac{y_m}{y_1} \right)^{\frac{1}{m-1}} - 1 \\ \epsilon_x = \left(\frac{x_m}{x_1} \right)^{\frac{1}{m-1}} - 1 \end{cases} \quad (4)$$

候选地市超前目标地市 n 年情况下,采用式

(5) 计算两者年均增长率差值 $\Delta\epsilon_m$ 为

$$\Delta\epsilon_m = (\epsilon_y - \epsilon_x) \times 100 \quad (5)$$

曲线间欧几里得距离 d 大小可代表两个城市经济轨迹相似或接近程度,候选地市超前目标地市不同年份情况下,两者曲线具有不同的欧几里得距离,采用式(6)取不同超前年份曲线间距离 d_m 中最小值 $d_{\min}$,此时对应年份即为候选地市相应经济指标超前目标地市的年份。

$$d_{\min} = \min(d_m) \quad 0 \leq m \leq 12 \quad (6)$$

4. 确定超前相似市

为了更全面地评估多个候选地市与目标地市经济发展轨迹相似度,首先确定多个与电力相关性较大的经济指标,根据相关性大小计算各指标权重,然后基于各指标权重计算得到综合距离以及综合年均增长率差值,最后通过对比各候选城市综合值,从中选取最小的综合距离以及综合年均增长率差值的城市作为超前相似市。各经济指标权重及综合指标计算公式描述如下。

假设目标地市与电力相关性较大的经济指

标为 $E_1, E_2, \dots, E_q$ 相应的相关系数分别为 $c_1, c_2, \dots, c_q$, 则各经济指标权重 w_i 为

$$w_i = \frac{c_i}{\sum_{j=1}^q c_j} \quad i=1,2,\dots,q \tag{7}$$

由上式可知, q 个经济指标权重之和等于1, 即

$$\sum_{j=1}^q w_j = 1 \tag{8}$$

通过上述方法计算得到候选地市与目标地市各经济指标曲线最小欧几里得距离 $d_{\min_1}, d_{\min_2}, \dots, d_{\min_q}$ 以及对应超前年份下年均增长率差值 $\Delta \varepsilon_1, \Delta \varepsilon_2, \dots, \Delta \varepsilon_q$ 采用式(8)计算综合距离 d_c 及综合年均增长率差值 $\Delta \varepsilon_c$ 。

$$d_c = \sum_{j=1}^q w_j \times d_{\min_j} \tag{9}$$

$$\Delta \varepsilon_c = \sum_{j=1}^q w_j \times \varepsilon_j \tag{10}$$

最后通过对比各候选城市综合值, 从中选取最小的综合距离以及综合年均增长率差值对应城市作为超前相似市。

算例

将该方法应用到某地区典型地市的电力需求预测中, 方法应用过程如下。

1. 确定候选地市

首先根据A市2000—2018年GDP历史数据, 采用回归分析法建立GDP与年份序列间数学模型, 之后代入该模型从而得到2025年GDP近似值, A市GDP建模结果如图1所示。

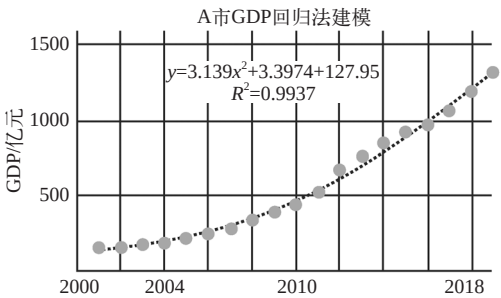


图1 A市2000—2018年GDP回归法建模图

采用回归法预测得到A市2025年GDP为2 338亿元, 目标地市概况如表1所示。

表1 A市概况

目标 地市	2018年GDP /亿元	2025年GDP 近似参考值 /亿元	常住人口 /万人	面积 /km ²	三产 比例
A 市	1317	2338	264.8	12340	10:49:41

为了提高候选地市选择科学性, 提高城市对比效率, 参考目标地市GDP、人口、三产比例和地理位置等要素, 在全国地市中选取2018年GDP与目标地市2025年GDP相近、人口相近的城市作为候选地市, 最终确定的候选城市如表2所示。

表2 A市候选地市概况

目 标 地 市	候选 地市	2018年 GDP/亿元	常住人口 /万人	面积 /km ²	三产比例
A市	a市	2914.74	189.11	1711	2 : 49 : 49
	b市	2719.10	299.5	5818	5 : 47 : 48
	c市	2402.38	392.73	4563	6 : 51 : 43
	d市	3278.53	374.8	6026	4 : 52 : 44

2. 获取候选地市用电量和经济数据

通过各省市统计局官网统计年鉴及公报获取历年用电量及经济数据。

3. 经济发展轨迹对比

采用欧几里得距离 d 和年均增速差值 $\Delta \varepsilon$ 来量化不同候选地市超前目标地市不同年份情况下用电量及经济曲线相似度, 从中选取最小欧几里得距离同时对应年均增速差值最小的候选地市作为相似市。针对A市, 其与候选地市经济发展轨迹对比结果如表3所示。

表3 A市各经济指标权重及综合指标计算公式

(单位: 亿元)

A市	GDP	第二产业增加值	第三产业增加值
相关系数	0.985 8	0.986 8	0.966 2
指标权重	0.335 5	0.335 8	0.328 8
综合指标 计算公式	$CI = 0.335\ 5I_{\text{GDP}} + 0.335\ 8I_{\text{二产}} + 0.328\ 8I_{\text{三产}}$		

表4 A市与候选地市经济发展轨迹相似性对比

(单位: 亿元)

候选 城市	GDP	第二产业 增加值	第三产业 增加值	综合距离/综合年均 增长率差值
a	67.19	60.64	13.19	47.24
	0.92	0.03	0.04	0.33
b	93.40	64.29	27.91	62.09
	1.88	0.67	3.07	1.87
c	140.90	117.51	37.87	99.17
	5.08	6.54	3.42	5.02
d	191.94	135.45	121.23	149.73
	5.32	7.63	7.77	6.90

4. 确定超前相似市

根据上述A市与候选地市经济轨迹对比结果, 可确定A市超前相似市为a市。A市与其相似市a市全社会用电量及各经济指标曲线对比如图2和图3所示, 由图2可得两市用电量及经济发展轨迹非常相近。

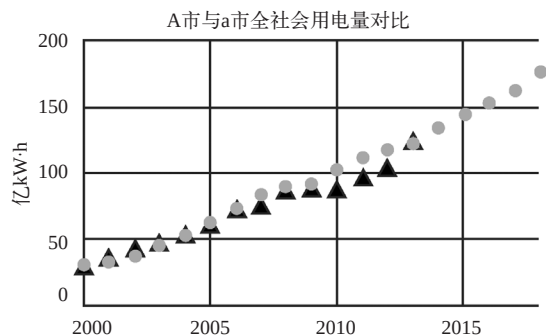


图2 A市与a市全社会用电量对比图

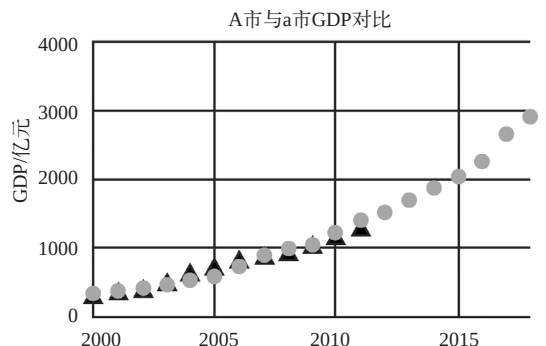


图3 A市与a市GDP对比图

图2~图3中圆形标记表示发展先行城市a市，三角形标记表示目标城市A市。图2和图3中可以直观地看出目标地市与其相似市用电量和经济发展轨迹相似性，同时也验证超前相似市选取的合理性。

结束语

经济发展程度与电力需求密切相关，而中长期预测中关于经济指标的合理预判一直以来是运用经济-电力预测方法的难点。本文提出了通过对标城市的选取，为经济的预判提出新的思路。不同地区的经济发展阶段与用电量需求存在差异，因此本文主要论述了基于主要经济指标的对比，判断城市之间经济发展轨迹的相似程度，以相似城市当前阶段发展情况作为目标城市未来的发展预测的依据，通过计算案例验证了该思路的合理性与有效性，为中长期的电力需求预测提供依据。EA

(收稿日期: 2020.07.10)

(编辑: 朱金凤)

(上接第67页)

所示。本文对现场的78口井应用了压力水量无线远传装置，配水间压力、水量数据实现了2 km以上的无线传输，准确度达到了95%以上，通过在注水井中应用该技术，实时测调数据检测准确度有了很大程度的提升，降低了测试人员的劳动强度，得到了工人的一致好评。



图4 压力水量无线远传装置图

2. 主要技术参数

- 1) 采集的压力、水量数据误差 $\leq 5\%$;
- 2) 连续正确收发信号90%以上;
- 3) 数据传输最大距离2 km;

- 4) 电源24 V;
- 5) 一次充电使用时间 ≥ 15 h;
- 6) 电源使用寿命 ≥ 1 年。

结束语

我们对现场78井次应用无线传输装置试验结果表明，传输的误差和距离都在设计的标准范围之内。我们以其中的一口井和配水间为例，实际的距离为2.8 km，距离较远，对配水间内注水井压力、水量进行测调时往返需要消耗20 min，而且路况在经过雨雪天后十分的泥泞，车辆通行比较困难。在应用了无线传输装置后，不用去配水间就能实现注水井压力、水量的测调，降低了测试人员的劳动强度，得到了测试人员的一致好评。EA

(收稿日期: 2020.07.09)

(编辑: 朱金凤)