

基于大数据及智能算法的连云港电量负荷预测研究

张 魁, 王亚明, 刘 明, 伏祥运, 李 红
(连云港供电公司, 江苏 连云港 222004)

摘 要:随着连云港经济的快速发展,用电量和用电负荷也在快速增长,通过对比 GDP 和电量负荷的增长趋势,并应用大数据类比省内经济发展较快城市的历史电量以及负荷增长趋势,寻找到发展规律相似程度较高的城市。结合连云港市的经济政策,通过智能算法预测出未来几年内的电量负荷数值,并与这些城市对应时间的实际数值比较,电量及负荷数值基本吻合,预测准确率较高,对连云港“十三五”电网规划和建设具有重要参考价值。

关键词:大数据;用电量;负荷;智能算法;预测

中图分类号:TM715

文献标志码:A

文章编号:1009-0665(2016)03-0049-04

在市场经济日益完善的体制下,电力系统对电量及负荷预测的要求越来越高,保证电量及负荷预测的准确性,进而保证电力企业在近期月度、季度能够合理安排生产计划。中期电量及负荷预测则为电网规划提供了重要依据,有利于电网企业合理提前安排项目及投资计划,满足地区电量及负荷快速增长的需要^[1-4]。

近年来,连云港经济发展较为迅速,2000年至2013年间连云港市社会生产总值(GDP)由291.1亿元增长到了1785亿元。随着经济的快速发展,连云港的全社会用电量(以下简称电量)和全社会年最大负荷(以下简称负荷)也随之快速增长。从统计数据可知,连云港市 GDP 近几年均保持了较高增长,电量、负荷曲线的高峰低谷以及陡峭程度均与 GDP 接近。根据各个时期 GDP 以及电量负荷数值可以看出,经济社会发展跟电力发展在各自的发展规模、速度、结构、质量等方面均具有高度的正相关性。

1 基于大数据理论的电量负荷趋势分析

江苏省内13个地级市发展速度各不相同,但发展政策及轨迹却大同小异,经济较发达的苏南城市前几年经济状况可能正是苏北城市未来的发展方向,通过比较这些城市的 GDP、电量及负荷的曲线及趋势等情况,将各个城市历年来的 GDP 数值、电量、负荷这些看似没有关联的大数据放在一起,通过横向及纵向比较寻找其中的规律,为连云港市未来的电量负荷预测提供参考依据。

1.1 电量校核分析

以连云港2013年和2014年电量数据为基准,与江苏其他地市级公司1995年至2005年电量数据进行比较,寻找与连云港发展总量和趋势最相似的2个城市及其时间区间;应用常规方法预测出连云港2014—2020年的电量及负荷情况后,用发展趋势相似城市

2003—2012年的电量、负荷数据作为预测值的校核参考值,提升预测的准确率。

连云港1995—2014年电量与其他地市1995—2005年电量数值对比如图1所示。

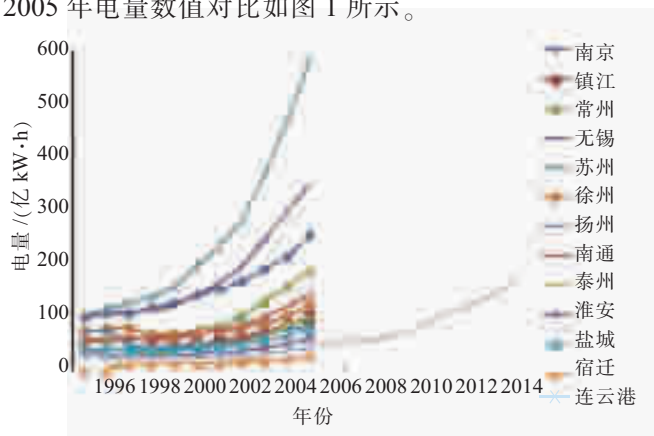


图1 江苏省各地级市电量对比情况

连云港2013、2014年电量为135亿kW·h,158亿kW·h,与南京2002年162亿kW·h、无锡2001年158亿kW·h、苏州1999年154亿kW·h、常州2004年152亿kW·h、南通2006年164亿kW·h近似,对比情况如表1所示。

通过图1及表1的数据分析,得出连云港与南通、常州的电量增长趋势较为接近,苏州、南京、无锡的电量增速则相对平缓,考虑以南通、常州的电量与负荷作为校核标准。

1.2 负荷校核分析

根据以上分析得知,连云港的电量年趋势与南通、常州相似,考察负荷趋势是否吻合。表2为连云港2006年至2014年负荷数值、常州1996年至2004年负荷数值以及南通1998年至2006年负荷数值对比情况。从表2可以得出,连云港近几年负荷与常州及南通前几年负荷趋势相似,可以将常州及南通的负荷增长趋势作为连云港未来几年的参考。

经过数据分析,连云港第三产业和城乡居民生活用电的电量最高,第一产业与南通相似,第二产业增长

表 1 连云港与相似城市电量对比 亿 kW·h

地区	年份									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
连云港	49.17	52.74	57.92	66.03	83.52	103.71	115.97	134.94	158.00	
南京	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
	95.82	104.15	103.35	115.72	122.58	137.74	148.00	162.00		
常州	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
	55.7	58.67	60.11	64.12	74.35	81.35	98.88	126.97	152.00	
无锡	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001			
	96.35	103.4	108.33	109.02	117.73	137.97	158.00			
苏州	1995	1996	1997	1998	1999					
	99.85	112.7	123.34	132.76	154.00					
南通	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
	55.47	58.05	67.10	73.21	83.04	97.33	117.02	138.83	164.00	

表 2 连云港与相似城市负荷对比 MW

地区	年份									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
连云港	938	990	1030	1160	1474	1950	2120	2480	2960	
常州	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
	845	892	925	1040	1197	1356	1614	2036	2134	
南通	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
	1010	1066	1213	1280	1519	1703	1835	2218	2759	

趋势与南通、常州相似。连云港 2014 年第一、二、三产及城乡居民生活用电比例为 3:71:11:15,南通 2006 年第一、二、三产及城乡居民生活用电比例为 2:78:7:13,常州 2004 年第一、二、三产及城乡居民生活用电比例为 6:74:11:9。综合比较各行业电量使用情况,3 个城市中连云港工业电量占比最小,第三产业及城乡居民生活用电比例最高。因为工业负荷较为稳定,三产及城乡居民生活负荷波动较大,所以在电量相似的情况下,3 个城市中连云港的最大负荷利用小时数最低,年最大负荷最高。

2 连云港 2015 至 2020 年电量及负荷预测

根据连云港以往的历史电量及负荷数据,综合考虑未来几年的规划及政策经济等多方面因素,利用智能算法预测连云港市 2015 年至 2020 年的电量及负荷,并用增长趋势相似的南通和常州 2 个城市的类比年份电量和负荷验证该校核预测准确率。

2.1 电量预测分析

2.1.1 电量预测方法介绍

国内外电量预测的方法有很多,主要分为三类:经典预测方法、传统预测方法和智能预测方法。

文中采用智能算法中的灰色系统理论预测中期电量,灰色系统理论是一种介于白色和黑色之间即确定性和不确定性问题之间的理论方法,它可以通过研究较少的历史电量数据、较匮乏的影响因素信息,从中找

出较强的规律性,提取出电量预测需要的有价值的信息,用这些提取出的有用信息去预测未来的电量,这种方法对短期电量预测具有较好的效果^[5-7]。

灰色模型即 GM 模型会先对历史的电量数据序列做一次累加,目标是让一次累加之后的电量数据能够呈现出一定的规律,希望经过多次累加后,达到预期的电量数据规律,假设为电量数据初始序列:

$$x^{(0)} = [x_t^{(0)} | t = 1, 2, \dots, n]$$

$$= (x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) \quad (1)$$

对初始序列 $x^{(0)}$ 作一次累加,得到新的电量数据序列 $x^{(1)}$,则 $x^{(1)}$ 中的第 t 项是由初始电量数据序列 $x^{(0)}$ 前 t 项的加和构成的,即:

$$x^{(1)} = [x_t^{(1)} | t = 1, 2, \dots, n]$$

$$= [x_1^{(0)}, \sum_{i=1}^1 x_i^{(0)}, \sum_{i=1}^2 x_i^{(0)}, \dots, \sum_{i=1}^n x_i^{(0)}] \quad (2)$$

对累加一次后的电量数据序列 $x^{(1)}$ 建立灰色模型方程,得到:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u \quad (3)$$

该方程的解为:

$$x_t^{*(1)} = (x_1^{(0)} - u/a)e^{-a(t-1)} + u/a \quad (4)$$

$x_t^{*(1)}$ 为 $x_t^{(1)}$ 序列的估计值,对 $x_t^{*(1)}$ 做一次累减得到 $x^{(0)}$ 的预测值 $x_t^{*(0)}$,即:

$$x_t^{*(0)} = x_t^{*(1)} - x_{t-1}^{*(1)}, t = 2, 3, \dots \quad (5)$$

GM(1,1)模型是灰色理论中提出相对较早的预测模型,GM(1,1)是一阶微分方程,系统模型的建立,一般要经过思想开发、因素分析、量化、动态化、优化 5 个步骤,称为 5 步建模思想。

2.1.2 电量预测实例

采用灰色系统模型 GM(1,1)对电量进行预测,综合考虑历史电量数据、连云港未来经济发展趋势以及影响未来几年电量需求增长的各种因素,得到 3 种预测结果,即高、中、低 3 种方案,如表 3 所示。

表 3 连云港“十三五”电量预测

年份/年	全社会用电量/(亿 kW·h)		
	高方案	中方案	低方案
2015	201.68	182.99	168.73
2016	236.95	206.66	186.49
2017	262.69	228.12	199.374
2018	286.76	247.03	216.11
2019	306.49	262.7	234.29
2020	328.27	280.22	251.54
年均增长率/%	12.00	11.21	10.08

考虑到连云港市现在的经济发展状况以及未来几年的经济政策规划,选取中方案作为连云港市 2015 年至 2020 年的全社会预测用电量,即到 2020 年连云港全社会用电量达到 280.22 亿 kW·h,年平均增长率为 11.21%。

按照 3 个城市经济发展趋势,将连云港预测电量与常州 2003 年至 2010 年实际电量及南通 2005 年至 2012 年实际电量作对比分析,分别如表 4 所示。

表 4 连云港预测电量与相似城市对比 亿 kW·h

地区	年份					
连云港	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	183	207	228	247	263	280
常州	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	183	213	231	237	255	291
南通	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	191	204	217	250	281	302

从中可以看出,连云港市的预测电量与常州及南通的电量基本吻合,预测准确率很高。

2.2 负荷预测分析

2.2.1 负荷预测方法介绍

负荷预测多采用神经网络及其优化算法,其具有预测准确率高、速度快等优点,神经网络可以看作是一种模仿人类大脑的机器语言写成的程序,它具有类似大脑突触和神经元的网络结构,由输入层、中间层和输出层构成,而每一层则通过大量的权值和阈值连接起来,形成独立的网络框架;通过对已有事物如负荷数据的层层分析处理,就会具有自动记忆和判别的能力,能够对给出的新数据做出合理的趋势和数值判断,并在判断过程中不断优化修改判断的方法,以达到负荷预测的效果^[1]。

基于 BP 神经网络的短期负荷预测有 3 个步骤。如图 2 所示,第一步,设计 BP 神经网络的模型,按照实际输入输出矩阵确定网络的内部结构;第二步,用尽可能多的历史数据训练建立 BP 神经网络,增进网络精准度,使网络合格;第三步,应用 BP 神经网络进行短期负荷预测。

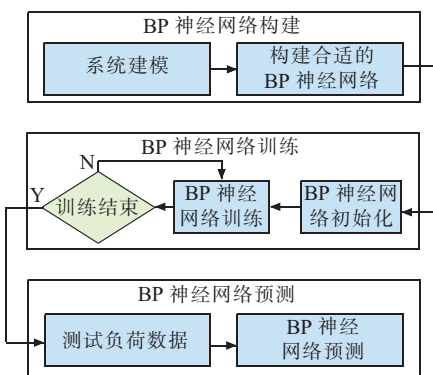


图 2 BP 神经网络算法流程

2.2.2 负荷预测实例

采用神经网络 BP 算法对负荷进行预测,综合考虑历史负荷数据、连云港未来天气变化、经济发展趋势、大用户增长数量及规模等各种因素,得到 3 种预测结果,即高、中、低 3 种方案,如表 5 所示。

表 5 连云港“十三·五”负荷预测

年份 / 年	全社会最大负荷 / MW		
	高方案	中方案	低方案
2015	3500	3150	3000
2016	3900	3540	3300
2017	4200	3930	3600
2018	4600	4320	3900
2019	4900	4710	4200
2020	5300	5100	4700
年均增长率 / %	11.6	10.99	9.7

考虑到连云港市现在的经济发展状况以及未来几年的经济政策规划,选取高方案作为连云港市 2015 年至 2020 年的全社会预测负荷,即到 2020 年连云港全社会负荷将达到 5300 MW,年平均增长率为 11.6%。

按照 3 个城市经济发展趋势,将连云港预测负荷与常州 2003 年至 2010 年实际负荷及南通 2005 年至 2012 年实际负荷作对比分析,分别如图 3 所示。

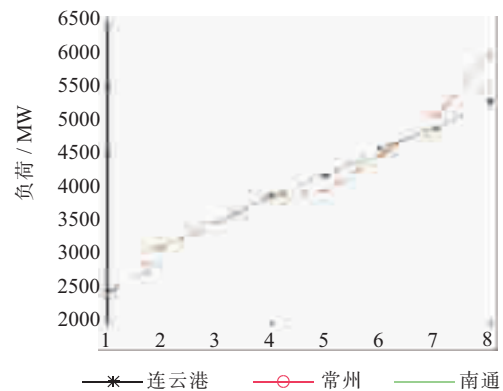


图 3 连云港预测负荷与相似城市对比

从中可以看出,连云港市的预测负荷与常州及南通的实际负荷曲线相似。连云港最大负荷预测结果与南通历史负荷数据基本相同,随着连云港工业负荷的大幅增长,工业负荷趋于稳定,最大负荷利用小时数将下降,负荷将与南通趋于一致水平。

3 结束语

由以上分析可知,以南通、常州历史电量、负荷情况校核连云港 2015 年至 2020 年预测情况,连云港的预测结果较为接近南通、常州的历史数据,对校验预测准确率具有较高的参考价值。下一步可结合常州、南通电网规划、建设经验,进一步发挥大数据在电网规划电量负荷预测中的作用。

参考文献:

- [1] 刘明. 基于小波和神经网络理论的电力系统负荷预测研究[D]. 南京:南京理工大学, 2012.
- [2] 袁启洪. 电力零售市场下的电量预测[D]. 北京:华北电力大学, 2007.
- [3] 周琪. 几种电量预测的实用方法[J]. 江苏电机工程, 2006, 25(6): 52-54.
- [4] 王子琦, 娄南, 杨丽徒, 等. 优化灰色模型在中长期电力负荷预测中的应用[J]. 郑州工业大学学报, 1999, 20(1): 79-81.
- [5] 郭锐. 华北电网的售电量预测研究[J]. 中小企业管理与科技, 2007(9): 73-74.
- [6] 朱韬析, 江道灼, 汪泉. 一二月份用电量的预测[J]. 继电器, 2005, 33(6): 62-65.
- [7] 邵丹, 林辉. 考虑春节影响的中期电量预测[J]. 电机与控制

学报, 2007, 11(5): 555-558.

作者简介:

- 张魁(1969), 男, 安徽全椒人, 高级工程师, 从事电力系统规划设计管理及负荷预测等方面的工作;
- 王亚明(1980), 男, 江苏连云港人, 高级工程师, 从事电网规划工作;
- 刘明(1986), 男, 江苏徐州人, 工程师, 从事电力系统调度运行及负荷预测等方面的工作;
- 伏祥运(1977), 男, 江苏连云港人, 高级工程师, 从事电力系统调度运行管理、无功功率补偿和谐波抑制等方面的工作;
- 李红(1980), 女, 江苏连云港人, 高级工程师, 从事电网规划管理、设计及分析等工作。

Research on Electricity Consumption and Load Prediction of Lianyungang Based on Big Data and Intelligent Algorithm

ZHANG Kui, WANG Yaming, LIU Ming, FU Xiangyun, LI Hong
(Lianyungang Power Supply Company, Lianyungang 222004, China)

Abstract: The economy of Lianyungang is developing rapidly; also the electricity consumption is in rapid growth. By analyzing the growth trend of GDP and power consumption and analoging the power consumption to the cities with faster economic development speeds, the cities with similar development law are found. According to the economic policy of Lianyungang, the load values of the next few years are predicted by using intelligent algorithm. The actual value and prediction values of corresponding times are compared, which indicates those two values are almost the same. The perdition method is helpful to Lianyungang's 13th plan of five-year power grid development.

Key words: big data; electricity consumption; load; intelligent algorithm; forecasting

(上接第 48 页)

行分析比较, 提出 2 种标准间的映射方法, 即对 2 种标准中直接对应的元件建立共通模型进行直接映射, 对于非共通模型根据需要进行调整或扩展。最后以双母线带母联断路器这一主接线模型为例, 按照文种映射方法, 成功地实现 2 种标准间模型的映射, 为适用于电力系统不同范围的信息模型互通提供了一定的借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 黄嵩. 基于 IEC 61850 与 CIM 的智能变电站信息集成方案研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2012.
- [2] DL/T 890.501—2007 能量管理系统应用程序接口(EMSAPI)第 501 部分: 公共信息模型的资源描述框架[S]. 北京: 中国电力出版社, 2007.

- [3] 闵峥, 徐洁, 王嘉乐. 基于 IEC 61850 的智能水电厂建模技术[J]. 水电自动化与大坝监测, 2011, 35(4): 1-5.
- [4] 许凯宁, 程新功, 刘新锋, 等. 基于 CIM 设计的电力系统状态估计模型[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(24): 123-128.
- [5] 陈国炎, 张哲, 尹项根. 基于 IEC 61850 的广域继电保护通信建模[J]. 电网技术, 2012, 36(6): 56-63.

作者简介:

- 杨睿(1982), 男, 江苏南京人, 工程师, 从事智能变电站方面的研究工作;
- 程桂林(1977), 男, 江苏淮安人, 高级实验师, 从事高电压技术方面的研究工作;
- 徐懂理(1983), 男, 江苏徐州人, 实验师, 从事继电保护算法方面的研究工作。

Analysis and Research on the Interoperability Between IEC 61970 CIM and IEC 61850 SCL Model

YANG Rui, CHENG Guilin, XU Dongli

(School of Electric Power Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

Abstract: The problem of the interoperability between IEC 61970 and IEC 61850 in smart grid is studied. Firstly, the data structure model of the two standards is analyzed. Secondly, the possibility of the interoperability between the two data models is discussed. Finally, taking main wiring structure of double busbar with bus coupler circuit breaker as an example, the models of IEC 61970 CIM and IEC 61850 are established respectively. The data exchange and model mapping between the two standards are described in detail. The result shows that this method to exchange data between the two standards is feasible.

Key words: IEC 61970; CIM; IEC 61850; SCL; model mapping