

电力调度气象服务效益评估研究 ——以长沙市为例

彭嘉栋^{1, 3} 郭海峰² 段丽洁¹ 罗红梅²

(1 湖南省气候中心, 长沙 410118; 2 湖南省气象服务中心, 长沙 410118; 3 湖南省蓝山县气象局, 蓝山 425800)

摘要: 基于长沙市2010—2013年逐日日平均电力负荷资料及同时段逐日气象观测资料, 利用统计方法对分离出社会经济因素对电力负荷的影响, 在此基础上构建电力负荷与气象因子之间的关系模型, 并基于该模型和对比分析法对长沙市电力调度的气象服务效益进行评估, 最终得出2010—2013年长沙市电力调度的气象服务效益值为2.77亿元。

关键词: 长沙, 电力, 气象服务, 效益评估

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.05.005

An Investigation of the Benefit Evaluation of Meteorological Service to Electric Dispatching: Taking Changsha as An Example

Peng Jiadong^{1,3}, Guo Haifeng², Duan Lijie¹, Luo Hongmei²

(1 Hunan Climate Center, Changsha 410118; 2 Hunan Meteorological Service Center, Changsha 410118; 3 Lanshan Meteorological Bureau, Lanshan 425800)

Abstract: Using data of average daily power load and corresponding meteorological data for 2010—2013 in Changsha City, the influence of social and economic factors on power load has been eliminated by statistical methods. Then, the relationship model between electric power load and meteorological factors has been established, and the meteorological service benefit to electric dispatching in Changsha has been assessed by using comparative analysis method. The results show that the meteorological service benefit to electric dispatching is 277 million yuan for 2010-2013 in Changsha.

Keywords: Changsha, electric power, meteorological service, benefit assessment

0 引言

电力行业的诸多生产环节与气象有着密切的关联^[1-10]。相关研究表明, 气象对于电力生产^[3]、电力输送、用电调度^[4-10]、电力设施维护^[11]等与电力生产相关的主要环节都具有重要影响。在我国, 电力行业整体的气象敏感度仅次于农业和水利行业, 居气象敏感行业第3位^[12]。

目前电力行业气象服务主要集中在三个方面: 一是天气变化对城乡居民生产生活电力负荷的影响; 二是气象条件对电力部门电力生产、电网建设、电网调度等方面影响的监测预报; 三是电力行业气象灾害预警和防御系统建设^[13]。鉴于气象服务在电力行业主要生产环节中的突出作用, 很多学者已经开展了电力气象服务效益评估方面的研究^[14-18], 但以往的效益评

估多采用专家评估法(德尔菲法)开展^[16-18], 此法采取向专家咨询或调查问卷等方式获取数据, 主观性太强, 欧阳里程等^[15]利用对比分析法对2009年广东省夏季高温期间电力调度环节的气象服务效益进行了定量评估, 但文中并未建立气象因子与电力负荷之间的关联模型, 导致评估结果存在较大的不确定性。本文以长沙市电力行业气象服务为例, 首先建立气象因子与电力负荷的关系模型, 然后采用对比分析法分析电力行业生产销售环节中是否有使用气象服务造成的损失, 如没有使用气象服务时的损失、使用气象服务无法避免的损失、由于气象预报与实况不符带来的损失以及根据气象预报采取措施的成本, 最后评估气象服务效益值, 可为其他地区的电力气象服务效益评估提供借鉴。

1 资料与方法

1.1 资料

本文所用负荷资料是由湖南省电力公司提供的长

收稿日期: 2015年11月9日; 修回日期: 2016年7月5日
第一作者: 彭嘉栋(1984—), Email: 1465976@qq.com

沙市逐日日平均电力负荷资料（简称为日负荷），资料年限是2010年1月—2013年12月；选用的气象资料是长沙市地面气象观测站同期的日平均气温资料。

1.2 方法

本文利用线性趋势分析方法分离电力负荷资料中受社会经济发展影响和气象因素影响的部分，利用多项式拟合法建立日负荷与气象因子的关系模型^[9]；采用对比分析法开展电力气象服务效益评估^[12]。

2 电力负荷资料的分离处理

图1给出了2010—2013年长沙市逐日日平均负荷的演变曲线。从中可见，负荷曲线可以用随时间呈某种增长程度变化的长期趋势项和以一年为周期的季节波动项这两项之和来表示，前者随国民经济发展而不断增长，后者即为气象条件等对负荷的影响，要研究气象因子对负荷的影响首先要从日负荷中除去国民经济发展拉动的负荷增长。由于2010—2013年我国的经济增长速度比较均匀，这里简单地采用线性关系来表示国民经济增长引起的负荷长期变化趋势项（ E_t ）：

$$E_t = at + b, \quad (1)$$

式中， t 表示时间， a 和 b 是系数，由于 b 为常数， at 即代表日负荷随时间变化的趋势项。由图1可知， $a = 0.6354$ ， $b = 1623.1$ 。而日负荷与负荷长期变化趋势项 at 之差包含由气象因素、节假日和其他不可预测因素对负荷的影响，本文称为 E_d ：

$$E_d = E - at, \quad (2)$$

式中， E 表示日负荷， E_d 表示由各种因素引起日负荷与趋势项的偏差，主要受天气变化和节假日等因素的影响。进一步分析表明，由于春节是我国人民的传统节日，工厂大都停工，春节期间的负荷与其他时间相比小很多；而其他节假日对电力负荷的影响较小。为去除节假日对日负荷变化的影响，本文暂且不考虑春节期间的负荷变化（每年扣除春节7 d，总共扣除28 d，实际分析1433 d的样本资料）。由于选用样本较大，基本上平滑了其他各种随机因素所引起的负荷波

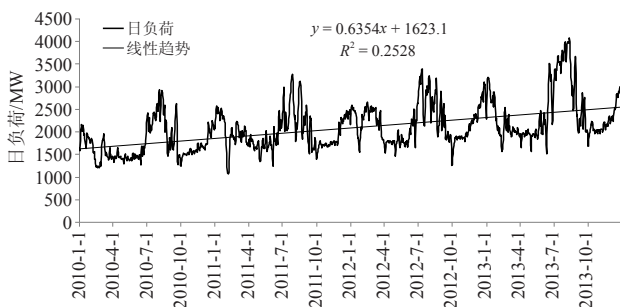


图1 2010—2013年长沙日平均负荷变化

Fig. 1 Daily average load fluctuation for the period from 2010 to 2013 in Changsha

动，可认为 E_d 主要是由气象因子的变化造成的。本文将 E_d 称之为气象负荷，然后分析 E_d 与气象因子的关系。

3 气象负荷与气象因子关系模型的建立

在所有影响气象负荷的气象因子中，气温的影响最大。由图1可知，长沙市日气象负荷（ E_d ）随气温的变化有明显规律，每年夏季高温时 E_d 最大，冬季低温时有次峰值出现，而春、秋季则有低谷出现，这种以年为周期的变化特征非常明显。进一步分析发现，日平均气温与气象负荷的相关性要好于日最高气温和日最低气温（表略）。

图2为2010—2013年逐日日平均气温和 E_d 的散点图。对两者进行多项式拟合发现，当气温较低时， E_d 随日平均气温的下降而上升；当气温较高时， E_d 随日平均气温的上升而上升。进一步仔细分析得到该多项式的拐点为19.7，即日平均气温在大于19.7℃时， E_d 与日平均气温呈正相关；而日平均气温小于等于19.7℃时， E_d 与其呈负相关。

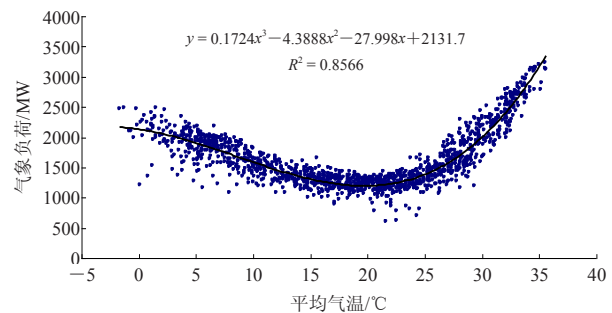


图2 2010—2013年长沙日平均气温与 E_d 散点图及多项式拟合
Fig. 2 Scatter chart and polynomial fitting between daily average temperature and meteorological load for 2010 to 2013 in Changsha

4 电力气象服务效益评估

采用对比分析法对2010—2013年长沙电力气象服务效益进行评估。

对比分析法气象服务效益客观估算的具体公式如下：

$$A = A_1 - A_2 - A_3 - A_4, \quad (3)$$

式中， A 为气象服务增加或节省的产值， A_1 为没有使用气象服务时的损失， A_2 为使用气象服务后仍无法避免的损失， A_3 为根据气象服务采取的成本， A_4 为因气象预报与实况不准带来的损失。

根据第3节的分析可知，当日平均气温为19.7℃时，长沙日气象负荷值最低，为1194.95 MW，将此气温值作为电力公司进行电力调度的基准值，电力调度中心根据气象预报，决定是否增开发电机组（由于水电发电量较为稳定，主要是考虑增加地方电厂火电机组）。不同火电上网的上网电价不同，按平均0.46

元/kWh计算, 平均售电价按0.50元/kWh计算。

2010—2013年, 长沙日平均气温 $\leq 19.7^\circ\text{C}$ 共有752 d (不含春节), 日平均气温 $> 19.7^\circ\text{C}$ 共有681 d。调查结果显示, 湖南省天气预报准确率约为80%, 预报不准的情况分为两类, 第一类是实况值高于预报值, 其概率约为10%, 实况值平均比预报值高大约 2°C ; 第二类是实况值低于预报值, 其概率同样约为10%, 实况值平均比预报值低大约 2°C 。

根据以上资料数据, 分析计算2010—2013年长沙市电力气象服务的效益。

A1没有使用气象服务时的损失即假设电力公司没有使用气象预报服务, 出现高温或低温天气时没有新增开发发电机组并卖出其相应新增电量的损失, 由以下三种情况相加得到:

①当预报准确时, 如果使用气象服务新增机组发电则其相应新增电量能全部卖出, 那么没有使用气象服务时的相应损失:

A_{11} = 按照预报需新增的机组发电量 \times 售电价 \times 天气预报准确率。 (4)

②当实况值高于预报值时, 又可分为两种类型: 第一种类型是当气温实况值 $\leq 20.7^\circ\text{C}$ (即气温预报值 $\leq 18.7^\circ\text{C}$, 假设预报不准确时, 实况值较预报值平均高 2°C) 时, 由图2可知根据气温预报值的发电量要大于根据气温实况值所需的实际需电量时, 如果使用气象服务根据预报值新增机组发电, 则新增机组发电量有剩余, 不能全部卖出, 只能卖出根据气温实况值需新增的发电量, 那么没有使用气象服务时的相应损失:

A_{121} = 按照实况值需实际新增的机组发电量 \times 售电价 \times 实况值高于预报值的概率。 (5)

第二种类型是当气温实况值 $> 20.7^\circ\text{C}$ (即气温预报值 $> 18.7^\circ\text{C}$) 时, 由图2可知根据气温预报值的发电量要小于根据气温实况值所需的实际需电量时, 如果使用气象服务根据预报值新增机组发电, 则虽然新增电量不能满足实际需电量, 但均能卖出, 那么没有使用气象服务时的相应损失:

A_{122} = 按照预报需新增的机组发电量 \times 售电价 \times 实况值高于预报值的概率。 (6)

第二种情况没有使用气象服务时的相应损失:

$$A_{12} = A_{121} + A_{122}。 (7)$$

③当实况值低于预报值时, 又可分为两种类型: 第一种类型是当气温实况值 $\leq 18.7^\circ\text{C}$ (即气温预报值 $\leq 20.7^\circ\text{C}$, 假设预报不准确时, 实况值较预报值平均低 2°C) 时, 由图2可知根据气温预报值的发电量要小

于根据气温实况值所需的实际需电量时, 如果使用气象服务根据预报值新增机组发电, 则虽然新增电量不能满足实际需电量, 但均能卖出, 那么没有使用气象服务时的相应损失:

A_{131} = 按照预报需新增的机组发电量 \times 售电价 \times 实况值低于预报值的概率。 (8)

第二种类型是当气温实况值 $> 18.7^\circ\text{C}$ (即气温预报值 $> 20.7^\circ\text{C}$) 时, 由图2可知根据气温预报值的发电量要大于根据气温实况值所需的实际需电量时, 如果使用气象服务根据预报值新增机组发电, 则新增机组发电量有剩余, 不能全部卖出, 只能卖出根据气温实况值需新增的发电量, 那么没有使用气象服务时的相应损失:

A_{132} = 按照实况值需实际新增的机组发电量 \times 售电价 \times 实况值低于预报值的概率。 (9)

第三种情况没有使用气象服务时的相应损失:

$$A_{13} = A_{131} + A_{132}。 (10)$$

将2010—2013年长沙市日平均气温实况值按从低到高排列, 共计1433个样本 (不含春节法定假日), 第1~第696个样本的日平均气温 $\leq 18.7^\circ\text{C}$, 第1~第791个样本的日平均气温 $\leq 20.7^\circ\text{C}$, 第697~第1433个样本的日平均气温 $> 18.7^\circ\text{C}$, 第792~第1433个样本的日平均气温 $> 20.7^\circ\text{C}$; gc_{1i} 和 gc_{2i} ($i=1, 2, 3, \dots, 1433$) 分别为根据第*i*个样本日的长沙日平均气温预报值和实况值, 由图2的拟合曲线公式计算得到的日负荷; gc_0 为日平均气温为 19.7°C 的日负荷 (根据图2的拟合公式, 日平均气温为 19.7°C 时, 日气象负荷最小)。综合以上, A_1 计算结果如下 (单位: 亿元):

$$A_{11} = \sum_{i=1}^{1433} |gc_{1i} - gc_0| \times 24 \times 0.50 \times 80\% = 60.32,$$

$$A_{121} = \sum_{i=1}^{791} |gc_{2i} - gc_0| \times 24 \times 0.50 \times 10\% = 2.66,$$

$$A_{122} = \sum_{i=792}^{1433} |gc_{1i} - gc_0| \times 24 \times 0.50 \times 10\% = 3.24,$$

$$A_{12} = A_{121} + A_{122} = 5.9,$$

$$A_{131} = \sum_{i=1}^{696} |gc_{1i} - gc_0| \times 24 \times 0.50 \times 10\% = 2.46,$$

$$A_{132} = \sum_{i=697}^{1433} |gc_{2i} - gc_0| \times 24 \times 0.50 \times 10\% = 4.3,$$

$$A_{13} = A_{131} + A_{132} = 6.76,$$

$$A_1 = A_{11} + A_{12} + A_{13} = 72.98。$$

A_2 为使用气象服务无法避免的损失, 设 $A_2 = 0$ (不考虑错峰因素)。

A_3 为根据气象预报采取措施的成本, 即电力公司

使用气象预报服务时需要向电厂购买的新增机组发电量的成本, 同样由以下三种情况相加得到:

① 当预报准确时, 使用气象服务新增机组发电, 则新增电量的相应成本:

A_{31} = 按照预报需新增的机组发电量 \times 上网价 \times 天气预报准确率。 (11)

② 当实况值高于预报值时, 使用气象服务新增机组发电则新增电量的相应成本:

A_{32} = 按照预报需新增的机组发电量 \times 上网价 \times 实况值高于预报值的概率。 (12)

由于使用了气象服务, 新增机组发电量根据预报值得到。

③ 当实况值低于预报值时, 使用气象服务新增机组发电则新增电量的相应成本:

A_{33} = 按照预报需新增的机组发电量 \times 上网价 \times 实况值低于预报值的概率。 (13)

由于使用了气象服务, 新增机组发电量根据预报值得到。

综合以上, A_3 计算结果如下 (单位: 亿元):

$$A_{31} = \sum_{i=1}^{1433} |gc1_i - gc_0| \times 24 \times 0.46 \times 80\% = 55.49,$$

$$A_{32} = \sum_{i=1}^{1433} |gc1_i - gc_0| \times 24 \times 0.46 \times 10\% = 6.23,$$

$$A_{33} = \sum_{i=1}^{1433} |gc1_i - gc_0| \times 24 \times 0.46 \times 10\% = 8.3,$$

$$A_3 = A_{31} + A_{32} + A_{33} = 70.02。$$

A_4 由于气象预报与实况不符带来的损失分为两种情况:

第一种情况为根据气温预报值购买的发电量要大于根据气温实况值所需的实际需电量时, 由于按照预报新增的机组发电量不能全部卖出带来的损失, 这种情况的损失即为多购买的新增机组发电量的成本, 已经在 A_3 中予以考虑, 这里不再重复计算。

这里我们只考虑第二种情况, 该情况为根据气温预报值购买的发电量小于根据气温实况值所需的实际需电量时, 由于按照预报新增的机组发电量不能满足实际用电需求而带来的损失。第二种情况又可分为两种类型: ① 当实况值高于预报值且气温实况值 $> 20.7^\circ\text{C}$ 时, 该类型由于气象预报与实况不符带来的损失 $A_{41} = (\text{按照实况需增开机组发电量} - \text{按照预报需增开机组发电量}) \times (\text{售电价} - \text{上网价}) \times \text{实况值高于预报值的概率}$; ② 当实况值低于预报值且气温实况值 $\leq 18.7^\circ\text{C}$ 时, 该类型由于气象预报与实况不符带来的损失 $A_{42} = (\text{按照实况需增开机组发电量} - \text{按照预$

报需增开机组发电量) \times (售电价 - 上网价) \times 实况值低于预报值的概率。

综合以上, A_4 计算结果如下 (单位: 亿元):

$$A_{41} = \sum_{i=792}^{1433} |gc2_i - gc1_i| \times 24 \times (0.50 - 0.46) \times 10\% = 0.13,$$

$$A_{42} = \sum_{i=1}^{696} |gc2_i - gc1_i| \times 24 \times (0.50 - 0.46) \times 10\% = 0.06,$$

$$A_4 = A_{41} + A_{42} = 0.19。$$

由以上可以得出, 2010—2013年长沙电力气象服务的效益 (单位: 亿元):

$$A = A_1 - A_2 - A_3 - A_4 = 72.98 - 0 - 70.02 - 0.19 = 2.77。$$

5 结论与讨论

1) 长沙市日电力负荷受社会经济因素和气象因子的共同影响, 分离出社会经济的影响之后, 日负荷与气象因子特别是日平均气温密切相关, 并存在一个拐点, 即日平均气温在大于 19.7°C 时, E_d 与日平均气温呈正相关; 而日平均气温 $\leq 19.7^\circ\text{C}$ 时, E_d 与其呈负相关。

2) 通过多项式拟合的方法构建了长沙市日电力负荷与日平均气温的关系模型, 并以此为基础采用对比分析法对长沙市电力行业的气象服务效益进行评估, 最终得出2010—2013年长沙市电力行业的气象服务效益值为2.77亿元。该评估方法可为其他地区开展电力气象服务效益评估提供借鉴。

3) 本文气温预报的准确率、偏高量和偏低量采用的是估计的平均值, 效益评估中假设电力公司不使用气象服务时的基准日电力负荷是日平均气温为 19.7°C 时的最小负荷; 同时一些特殊情况如工厂停工等在本文的评估模型中未加以考虑, 导致效益评估值存在一定的误差, 今后应加强这方面的研究, 使得效益评估更加精确。

参考文献

- [1] 洪国平, 李银娥, 孙新德, 等. 武汉市电网用电量、电力负荷与气温的关系及预测模型研究. 华中电力, 2006, 19(2): 4-7, 30.
- [2] 张立祥, 陈力强, 王明华. 城市供电量与气象条件的关系. 气象, 2000, 26(7): 27-31.
- [3] 黄伟, 张田, 韩湘荣, 等. 影响光伏发电的日照强度时间函数和气象因素. 电网技术, 2014, 38(10): 2789-2793.
- [4] 张凯, 姚建刚, 李伟, 等. 基于功率谱分解和实时气象因素的短期负荷预测. 电网技术, 2007, 31(23): 47-51.
- [5] 焦润海, 苏辰隽, 林碧英, 等. 基于气象信息因素修正的灰色短期负荷预测模型. 电网技术, 2013, 37(3): 720-725.
- [6] 刘旭, 罗滇生, 姚建刚, 等. 基于负荷分解和实时气象因素的短期负荷预测. 电网技术, 2009, 33(12): 110-117.
- [7] 廖峰, 刘清良, 贺辉, 等. 基于改进灰色模型与综合气象因素的母线负荷预测. 电网技术, 2011, 35(10): 183-188.
- [8] 栗然, 郭朝云, 韦仲康. 京津唐电网电力日峰荷与气象指数的关联性分析. 电网技术, 2008, 32(6): 87-92.
- [9] 金义雄, 段建民, 徐进, 等. 考虑气象因素的相似聚类短期负荷组合预测方法. 电网技术, 2007, 31(19): 60-64.
- [10] 康重庆, 周安石, 王鹏, 等. 短期负荷预测中实时气象因素的影响

- 分析及其处理策略. 电网技术, 2006, 30(7): 5-10.
- [11] 王瑞祥, 夏莹, 熊小伏. 计及气象因素的输电线路维修风险分析. 电网技术, 2010, 34(1): 219-222.
- [12] 许小峰, 等. 气象服务效益评估理论与方法与分析研究. 北京: 气象出版社, 2009.
- [13] 陈振林, 等. 电力行业气象服务效益评估(2010). 北京: 气象出版社, 2011.
- [14] 解令运, 濮梅娟, 刘立志, 等. 江苏省气象服务效益研究(II) 行业气象服务效益评估. 气象科学, 1997, 17(4): 401-408.
- [15] 欧阳里程, 张维. 广东省2009年电力行业气象服务效益值评估. 气象研究与应用, 2011, 32(1): 45-51.
- [16] 马吉伟, 沈宾, 刘刚. 吉林省电力行业气象服务效益评估分析. 吉林农业, 2012, (6): 142.
- [17] 万协成, 刘甜甜, 杨玲, 等. 湖南电力气象服务效益评估分析. 科技传播, 2011, (17): 116-117.
- [18] 古田会. 贵州2010年电力行业气象服务效益评估分析. 贵州气象, 2011, 35(5): 62-64.
- [19] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术. 北京: 气象出版社, 1999.

一切史的研究 都是为了更加美好的未来 ——“台站巡礼”策划研讨活动顺利举办

■ 李冬梅(特约) 张萌

2017年8月, 我刊“台站巡礼”栏目第二次组稿策划活动在新疆成功举办。此次活动以“一带一路+气象台站”为主题, 旨在借用古代丝绸之路的历史符号, “讲好台站故事, 传承气象文化”。本次活动分研讨会和新疆区气象台站走访两个阶段, 吸引了来自南京信息工程大学等2所高校、中国气象局机关党委、气象干部培训学院、湖北等10多个省和计划单列市气象部门的近30人参加, 他们在感受新疆气象发展的历史传承的同时, 也带来了所在地具有厚重历史感台站的最新研究成果和深入挖掘线索并开展交流, 活动成功约稿10余篇, 特别是一些稿件, 由新疆区基层气象部门和本次活动参与者通过“结对子”完成。

本次活动由新疆区气象局党委办公室承办, 区气象局任易勇副局长全程参加并给予指导。编辑部为这次活动专门编辑、整理了本刊创刊以来在“往事钩沉”等栏目发表的气象史研究相关文章的合订本, 气象干部培训学院代表也介绍了学院通过成立专门课题



图 参加活动代表的合影

组和定时召集气象史学术会议开展研究的作法及取得的进展。

(作者单位: 李冬梅, 新疆维吾尔自治区气象局;
张萌, 中国气象局气象干部培训学院)