

2012 年空调降温负荷分析

温权

摘要

针对夏季空调降温负荷难以计量的现状,提出测算夏季空调降温负荷及降温用电量的算法模型,进而结合夏季天气情况,建立夏季降温负荷与夏季最高温度的回归模型,分析电网降温负荷的单位温升负荷。最后,以若干区域电网为例,分析各电网的空调降温负荷和单位温升负荷,可以为电网的生产运行和电力营销工作提供重要的决策参考。

关键词

电网负荷;降温负荷;降温用电量;单位温升负荷;基础负荷

中图分类号 TB66;TB657.2

文献标志码 A

0 引言

电力系统中有专用的计量表记录整个电网的用电负荷,可以详细到每小时或每刻钟,但在用电设备类型或用户类型上,却无法区分工业、居民、空调、照明等负荷,只能根据典型用户调查结果来推算某一类型的用电负荷,供电网调度或电力营销人员在采取有针对性的负荷管理措施时参考。特别是在夏季,空调大量开启,是大多数电网一年中电力供需形势最紧张的时期,电网调度难度大,电力供应成本上升。并且随着居民生活水平的提高,空调的拥有率和使用率越来越高,对电网的生产运行的影响也越来越大,加大对空调降温负荷的分析研究就愈发重要。夏季降温负荷受天气的影响比较明显,只要深入研究降温负荷的规律,采取有效的负荷管理措施,便可以减少降温负荷的大幅波动对电网运行造成的不利影响。

在电力系统中,虽然无法直接计量空调降温负荷,但可以通过其他途径合理测算降温设备的最大用电负荷或用电量。文献[1]介绍了空调降温负荷的确定方法,其主要思路是:首先确定夏季空调设备未运行时的典型用电负荷曲线(或称夏季基础负荷曲线),电网在夏季的实际日负荷曲线与夏季基础负荷曲线之差就是当日的降温负荷曲线。降温负荷曲线上的最大值定义为当日的最大降温负荷,夏季所有的日最大降温负荷中的最大值定义为夏季降温负荷。

根据空调用电的季节性,本文所述的空调用电的夏季一般选每年的6—8月,春季选4月15日—5月15日,秋季选9月15日—10月15日,如此选择的春季和秋季期间几乎不需要空调制冷,也不需要空调取暖,因此可以利用春秋两季的用电负荷估算不计空调用电的夏季基础负荷曲线。考虑到经济和社会的发展,在一年内的春季、夏季、秋季,即使没有空调用电的影响,其他用电负荷也会有自然的增长(见图1),因此,需要用春秋两个季度的负荷曲线的平均值作为夏季基础负荷曲线,而不能单独用春季(或秋季)的平均负荷曲线作为夏季基础负荷曲线,以免高估(或低估)降温负荷。需要补充说明的是,一些电子、医药、食品企业由于生产工艺的需要,一年四季都要开启空调,使生产车间保持在恒温状态,这种用电负荷不同于本文重点关注的受天气影响的降温负荷。在上面介绍的算法中,由于春季和秋季的日负荷曲线中都包含这种负荷,使得夏季基础负荷曲线也包含这种负荷,所以最终得到的降温负荷曲线中正好不包含这类负荷。

收稿日期 2012-11-25

资助项目 美国能源基金会“推动综合资源战略规划和能效电厂的有效开展”

作者简介

温权,男,博士,高级工程师,主要从事负荷预测、水库优化调度、电源规划、非线性时间序列分析工作。wenquan@sgeri.sgcc.com.cn

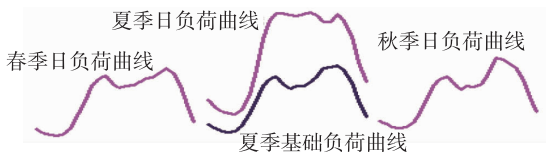


图1 春季、夏季、秋季负荷曲线示意

Fig. 1 Colling load in spring, summer and autumn

得到日最大降温负荷以后,还可以结合夏季的日气象数据,进一步分析在特定的温度区间内气温上升 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 引起的降温负荷的增长量,即单位温升负荷,它对电力部门预测短期的用电负荷,提前安排电力生产调度有重要的指导意义^[2-5].

1 降温负荷及其单位温升负荷的测算方法

日降温负荷曲线的测算方法见文献[1].根据日降温负荷曲线,就可以汇总出夏季每天的降温用电量和降温负荷:

$$E_c = \sum_{h=1}^{24} L_c(h), \quad P_c = \max_{1 \leq h \leq 24} L_c(h),$$

其中 $E_c, P_c, L_c(h)$ 分别是空调的日用电量、日最大降温负荷和日降温负荷曲线.考虑到降温负荷的物理含义,日降温负荷曲线 $L_c(h)$ 必须满足 $L_c(h) \geq 0, h = 1, 2, \dots, 24$, 即每小时的降温负荷都不小于零,如果用文献[1]的方法测算第 h 小时的 $L_c(h) < 0$,则可令 $L_c(h) = 0$.

接下来定量分析天气条件对空调降温负荷的影响.由于反映夏季天气特征的主要指标是日最高温度,所以用夏季每天的最高温度 T 和降温负荷 P_c 建立回归方程 $P_c = aT + b$,则系数 a 的物理含义就是最高温度 T 每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 引起的降温负荷的增长量,称为降温负荷的单位温升负荷(图2).

在不同的地区,还可以根据当地的气候特点,估计不同温度区间的单位温升负荷.如对初夏($T \leq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$)、盛夏($32\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$)、酷暑($T \geq 37\text{ }^{\circ}\text{C}$)天气分别测算单位温升负荷.一般来说,在初夏或天气凉爽的日子,最高温度即使有所升高,居民为了节约电费,尽量不使用空调,所以单位温升负荷不高.在盛夏时期,最高温度略有上升,就会有很多用户为了追求舒适而开启空调,降温负荷就会明显上升,所以单位温升负荷比较高.在酷暑时期,绝大部分空调都已开启,即使最高温度再有升高,新增的降温负荷也不会很多,所以单位温升负荷也不高.

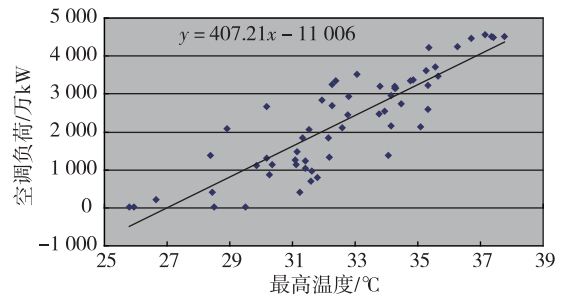


图2 最高温度与空调降温负荷的关系

Fig. 2 Regression between daily maximum temperature and cooling load

2 算例分析

本文直接用文献[6]的模型对2012年夏季国家电网公司经营区的5大电网区域的空调用电情况进行了分析,计算结果见表1(电力负荷数据的导出指标(如最大值)往往在时间上存在不一致性,而原始数据可以同步到每小时,所以经常是先把不同地区的原始数据合计后,再经加工计算导出同一指标,在数值上可能与各地区的简单加和不致).结果表明,华北、华东、华中、东北、西北电网降温负荷占电网负荷的比重最高值分别为13.9%、29.0%、28.3%、8.7%和9.2%.

分电网来看,华东电网区域由于经济比较发达,居民生活水平较高,对生活舒适度的要求也比较高,降温负荷占电网负荷的比重较高;华中电网区域的大部分地区在夏季都是大家公认的“火炉”,空调用电规模也较大;西北电网区域的夏季气温相对较低,经济发展相对落后,所以空调用电规模不大,降温负荷占电网负荷的比重较低;东北地区经济发展速度慢,夏季气温比较低,空调降温负荷一直很低,占统调负荷的比重最低.

表1 2012年夏季区域电网降温负荷

Table 1 Cooling load of main power grids in summer 2012

| 区域 | 降温负荷/万 kW | | | | 降温负荷比重/% | | | |
|----|-----------|--------|-------|--------|----------|------|------|------|
| | 6月 | 7月 | 8月 | 最高 | 6月 | 7月 | 8月 | 最高 |
| 华北 | 2 227 | 1 731 | 1 399 | 2 227 | 13.9 | 10.8 | 8.7 | 13.9 |
| 华东 | 2 507 | 5 345 | 5 019 | 5 345 | 13.6 | 29.0 | 27.2 | 29.0 |
| 华中 | 1 381 | 3 513 | 2 766 | 3 513 | 11.1 | 28.3 | 22.3 | 28.3 |
| 东北 | 122 | 362 | 247 | 362 | 2.9 | 8.7 | 5.9 | 8.7 |
| 西北 | 478 | 310 | 375 | 478 | 9.2 | 6.0 | 7.2 | 9.2 |
| 汇总 | 6 517 | 11 215 | 9 440 | 11 215 | 11.4 | 19.6 | 16.5 | 19.6 |

根据对2005年以来的空调降温负荷的长期测算,降温负荷一般占电网负荷的22%,但由于2012年

夏季全国各地的天气普遍较往年凉快,空调降温负荷占统调负荷的比重略低于多年平均水平,5大区域电网降温负荷合计占电网负荷的比重为19.6%。

2012年夏季,5大区域电网的降温用电量合计为704亿kWh,同比下降30%以上,占全社会用电量的6.5%。在2012年6—8月全社会用电量3.9%的增长中,降温用电量的拉动率为-3.0个百分点,降温用电量的大幅下降拖累了全社会用电量的增长。6—8月的降温用电量分别为91.7、359.7和252.7亿kWh,占全社会用电量的比重分别为2.7%、9.5%、6.8%。

分电网来看,由于华东电网区域第三产业发达,居民生活水平高,降温用电量的比重也最高,占全社会用电量的比重达到12.9%;东北电网区域的降温用电规模很小,占全社会用电量的比重只有0.2%,各区域电网的降温用电量详见表2。

表2 2012年夏季区域电网降温用电量

Table 2 Power consumption for summer cooling of main power grids in 2012

| 区域 | 降温用电量/亿 kWh | | | | 占全社会用电量的比重/% | | | |
|----|-------------|-------|-------|-------|--------------|------|------|------|
| | 6月 | 7月 | 8月 | 汇总 | 6月 | 7月 | 8月 | 平均 |
| 华北 | 9.2 | 21.2 | 4.1 | 34.4 | 0.9 | 2.0 | 0.4 | 1.1 |
| 华东 | 39.9 | 225.8 | 165.6 | 431.3 | 4.0 | 18.9 | 14.3 | 12.9 |
| 华中 | 24.2 | 102.2 | 77.5 | 203.9 | 3.2 | 12.2 | 9.5 | 8.5 |
| 东北 | 0 | 2.1 | 0.1 | 2.2 | 0 | 0.7 | 0 | 0.2 |
| 西北 | 13.0 | 3.9 | 3.0 | 20.0 | 3.3 | 1.0 | 0.8 | 1.7 |
| 汇总 | 91.7 | 359.7 | 252.7 | 704.0 | 2.7 | 9.5 | 6.8 | 6.5 |

对电网调度人员来说,除了分析夏季电网空调降温负荷的规模,还应该进一步分析空调降温负荷对最高温度的敏感性,总结天气影响电网空调负荷的规律,以便根据天气预报信息超前判断电网高峰负荷的波动,有利于提前采取应对措施,降低电网运行的安全风险,减少高峰期电力供应能力不足对经济社会活动的影响。

在测算区域电网的单位温升负荷之前,需要处理用电数据和气温数据在空间上的明显区别。用电数据都是电网所覆盖的整个地域上的用电信息,而气温数据只是气象观测点的观测量,一般没有整个电网区域的气温数据,两者在空间分布上并不一致,因此在分析一个城市的空调用电和气温的关系时,可以忽略用电和气象资料在空间分布上的不同,但在分析空间范围较大的区域电网的空调降温负荷和气温的关系时,必须用区域内主要的气象观测点的气温数据加权合成为整个电网区域的气温数据,其

中的权重可以是气象观测点所在城市的用电量、最大负荷或人口的占比。

本文用电网区域内各省会(或首府)城市的气温代表各省(自治区、直辖市)的气温,用于合成区域电网的气温,然后与区域电网的空调降温负荷一起做相关性分析,并对工作日和休息日分别测算,得到各电网区域的单位温升负荷见表3。

表3 2012年夏季各电网区域降温负荷的单位温升负荷

Table 3 Added cooling load by temperature increase in main power grids in 2012 summer

| 电网区域 | 工作日 | | 休息日 | |
|------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| | 温度区间/℃ | 单位温升负荷/万 kW | 温度区间/℃ | 单位温升负荷/万 kW |
| 华北电网 | 27.6~34.0 | 113.1 | 27.4~32.2 | 219.4 |
| 东北电网 | 20.2~31.4 | 52.0 | 23.6~30.7 | 55.2 |
| 华东电网 | 27.1~35.9 | 452.8 | 28.8~30.8 | 510.1 |
| 华中电网 | 27.1~36.2 | 299.1 | 27.0~31.5 | 334.8 |
| 西北电网 | 25.5~31.6 | 10.3 | 27.1~28.4 | 22.5 |

注:气温数据由国家气象信息中心提供。

由表3可知:2012年夏季,华东电网区域的单位温升负荷较高,在休息日超过510万kW,在工作日超过450万kW;华中电网在休息日的单位温升负荷达到335万kW,在工作日接近300万kW;华北电网的异常高温天气不多,降温负荷的规模不大,单位温升负荷在113~220万kW之间;东北电网的单位温升负荷大于50万kW;西北电网的单位温升负荷只有22万kW。

另外,在夏季的休息日,大家一般都呆在家里避暑,家用空调大量开启,选择去商场乘凉的顾客也会增多,商场的降温负荷升高,但写字楼等办公场所的降温负荷下降不多,所以除西北电网外,休息日的单位温升负荷都高于工作日的单位温升负荷。

3 结论与展望

随着居民生活水平的提高,降温负荷和用电量对电网负荷的影响越来越大,需要加大对降温用电的分析研究。本文介绍的空调降温负荷分析方法比较合理、简便,可以定量分析降温用电负荷、降温用电量和降温负荷的单位温升负荷,可以为电网的生产调度和电力营销工作提供决策依据。

2012年夏季各区域电网的测算结果是:华东和华中电网的降温负荷占统调负荷的比重接近30%,华北电网接近14%,东北电网和西北电网不到10%,5个区域电网的降温用电量超过700亿kWh,

占同期全社会用电量的 6.5% ;华东电网的单位温升负荷在 450 ~ 510 万 kW, 华中电网的单位温升负荷在 300 ~ 335 万 kW 之间, 华北电网的单位温升负荷在 113 ~ 220 万 kW 之间, 东北电网的单位温升负荷在 55 万 kW 左右, 西北电网的单位温升负荷只有 20 多万 kW. 各电网在休息日的单位温升负荷都高于工作日的单位温升负荷, 进一步说明空调负荷的波动主要是由居民空调负荷引起.

为了进一步提高空调降温负荷的合理性, 可以对夏季的每个月分别估计基础负荷曲线. 比如, 选择夏季基础负荷曲线作为中间月份(7 月)的基础负荷曲线, 6 月和 8 月的基础负荷曲线可由 7 月基础负荷曲线分别向下和向上浮动得到, 向下和向上平移的幅度分别是 6 月和 8 月的全社会用电量相对于 7 月全社会用电量的增长幅度. 夏季 6—8 月每天的实际用电负荷曲线分别与各月的基础负荷曲线相减, 得到的空调降温负荷就基本消除了 6—8 月用电负荷的自然增长对空调降温负荷的影响.

另外, 根据气象专家的研究, 夏季人们对天气的感受不仅仅取决于最温度, 还与风速、湿度等密切相关, 从而定义了相应的人体舒适度指数^[7-9]. 在分析天气对空调降温负荷的影响时, 也可以研究人体舒适度指数每变化 1 个单位引起的空调降温负荷的变化量, 即单位舒适度指数对应的降温负荷.

参考文献

References

[1] 温权, 李敬如, 赵静. 空调负荷计算方法及应用[J]. 电力需求侧管理, 2005, 7(4): 16-18
WEN Quan, LI Jingru, ZHAO Jing. Air-conditioning load calculation methods and its application[J]. Power De-

mand Side Management, 2005, 7(4): 16-18

[2] 温权, 顾宇桂, 黄清, 等. 2011 年 1 季度全国电力供需形势分析及 2 季度预测[J]. 能源技术经济, 2011, 23(6): 40-43
WEN Quan, GU Yugui, HUANG Qing, et al. Analysis on power supply and demand in the 1st quarter and forecast for the 2nd quarter of 2011[J]. Energy Technology and Economics, 2011, 23(6): 40-43

[3] 温权, 徐敏杰, 胡兆光. 短期电力供需预警系统及应用[J]. 能源技术经济, 2011, 23(1): 25-30
WEN Quan, XU Minjie, HU Zhaoguang. Short-term power supply and demand early-warning system and its applications[J]. Energy Technology and Economics, 2011, 23(1): 25-30

[4] 赵希正. 中国电力负荷特性分析与预测[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004
ZHAO Xizheng. Analysis and forecast of China's power load profile[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004

[5] 萧国泉, 王春, 张福伟. 电力负荷预测[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001
XIAO Guoquan, WANG Chun, ZHANG Fuwei. Power load forecast[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001

[6] 胡兆光, 单葆国. 电力供需模拟实验[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009
HU Zhaoguang, SHAN Baoguo. Simulation of power supply and demand [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2009

[7] 黄静. 天气舒适度的分析和应用[J]. 气象, 2001, 27(11): 48-52
HUANG Jing. Analysis and application of comfort index [J]. Meteorological Monthly, 2001, 27(11): 48-52

[8] 付桂琴, 李运宗. 气象条件对电力负荷的影响分析[J]. 气象科技, 2008, 36(6): 795-800
FU Guiqin, LI Yunzong. Influence analysis of meteorological conditions on electric loads[J]. Meteorological Science and Technology, 2008, 36(6): 795-800

[9] 高霞, 曾新, 卢建立. 电力负荷预测与气象指数关系研究[J]. 河北农业大学学报, 2007, 30(4): 97-101, 113
GAO Xia, ZENG Xin, LU Jianli. The relation of load characteristics and meteorological condition[J], Journal of Agricultural University of Hebei, 2007, 30(4): 97-101, 113

Analysis of China's cooling load in 2012

WEN Quan¹

¹ State Grid Energy Research Institute, Beijing 100052

Abstract An evaluation algorithm is proposed to calculate the air-conditioning cooling load and the resulting power consumption in summer. A regression model between the cooling load and the daily maximum temperature in summer is built in accordance with actual temperature variation in summer of 2012, therefore the added cooling load stimulated by per degree of temperature increase is analyzed. An example of cooling load and power consumption in summer of China's main power grids is given to verify the feasibility of the proposed algorithm, which can provide reference for rational management and effective marketing of power grids.

Key words power load; cooling load; power consumption for cooling; added cooling load stimulated by temperature increase; basic load