

区域能源需求预测^{*}

天津大学 天津天保热电有限公司 沈 钢

天津大学 由世俊

天津天保热电有限公司 吴文忠

摘要 分析天津空港经济区供暖、蒸汽用户资料发现,不同用户的单位面积耗热量差异较大,建议根据用户性质确定相应的耗热量,逐步改装热量表计量取费,以较为准确地统计现有负荷。预测了空港经济区近期总冷负荷为 229.75 MW,总电负荷为 61 998 MW·h,规划热负荷到 2012 年为 422.5 t/h。由复合泊松过程理论计算能源需求的期望和方差,则能源需求的随机发展近似呈正态分布函数。比较该随机预测结果与统计预测、规划预测结果可知,区域能源需求统计预测和规划预测均能够满足在不同的时间最可能出现的负荷要求。

关键词 区域供能 区域能源需求 负荷预测

District energy requirement prediction

By Shen Gang[★], You Shijun and Wu Wenzhong

Abstract Analysing the data of heating and steam users in the Tianjin Airport Economic Development District, finds that energy consumption per square meter area is notably different among consumers. Suggests that heat consumption be determined by the users' character and that heat meters should be installed for charging. Predicts that the total cooling load is 229.75 MW and the total electricity load is 61 998 MW·h in the district in recent years. The planning heat load is 422.5 t/h by the year 2012. If the expectation and variance of energy demand are gained through calculating according to Poisson process theory, the stochastic development of energy demand is approximately a normal distribution function. Compares the stochastic prediction result with statistic and planning results, and finds that both the statistics prediction and the planning prediction of district energy load can meet the needs of energy demand load which most likely occurs at different times.

Keywords district energy supply, district energy requirement, load prediction

[★] Tianjin University, Tianjin, China

①

天津空港经济区是天津保税区的扩展区,具有加工制造、保税仓储、物流配送、科技研发、国际贸易等功能。天津天保热电有限公司承担海港保税区、空港经济区供热、供冷、供电等能源设施的建设、生产、运行和管理工作^[1],因此需要准确统计现有负荷量^[2],预测近期经济区的冷热电负荷^[3]。

通过分析空港经济区供暖用户资料、蒸汽用户资料,改进现有能源计量方式,可以准确统计能源需求信息,预测近期区域能源需求,逐步实现多联产方式的总冷负荷和总电负荷。本文介绍通过建立能源需求长期行为的随机过程模型,随机预测不

同时间段负荷需求的方法。

1 统计能源需求

在目前的热能生产方式下,空港经济区能源需求分为供应供暖用户热水和供应企业生产用蒸汽。准确统计热负荷用量、实行计量收费,有助于调动用热和供热双方的积极性。

1.1 采暖用户

2008—2009 年冬季,供暖外网共有用户 74

①☆ 沈钢,男,1963 年 12 月生,博士研究生,高级工程师
300308 天津空港经济区西三道 166 号投资服务中心 C 区
532 室
(022) 84906767
E-mail:sg9669@126.com
收稿日期:2011-04-14

* 国家发展和改革委员会能源项目(编号:[2010] 2921),天津市发展和改革委员会基础项目(编号:[2004]327)

家,总供暖建筑面积为 $1\,468\,735\text{ m}^2$,其中仅有 20 家(27%)用户采用热量表计量付费,其余 54 家(73%)用户按供暖面积付费^[4]。

20 家以热量付费的用户,总供暖建筑面积 $955\,866.17\text{ m}^2$ (占供暖用户面积的 65%),总耗热量为 $51\,072.98\text{ MWh}$ 。

2009—2010 年冬季热水采暖用户增加 17 家。2009—2011 年的供暖面积分别为 $1.88\times 10^6\text{ m}^2$, $2.38\times 10^6\text{ m}^2$, $2.98\times 10^6\text{ m}^2$ 。

目前按供暖面积计费的用户缺乏减少供暖热耗的积极性^[5-6]。事实证明,以实际耗热量计费能够改善用户的消费行为,促使用户减少其采暖费用。

1.2 蒸汽用户

2009 年,蒸汽用户为 38 家,实际最大耗汽量为 112.55 t/h (相应的申请耗量为 350.57 t/h)。2009—2011 年预测蒸汽负荷分别为:2009 年 350.57 t/h ,2010 年 395.57 t/h ,2011 年 514.57 t/h 。2009 年实际耗汽量仅为预测值的 32%,2010 实际耗汽量为预测值的 52%。从目前情况看,2011 年的预测值也很可能与实际用汽量不符。

1.3 改进现有统计方法

据统计,安装热计量装置的用户,单位面积耗热量为 $57.60\sim 607.98\text{ MJ/m}^2$,其中叶水福国际物流(天津)最低,空客项目最高。不同类型建筑如工业、办公、住宅等的供暖用户,每 m^2 的供暖耗热量相差很大,所以针对目前耗热量计量方法,首先应根据用户性质确定相应的耗热量,不实行统一的标准;然后逐步改装热量表,计量收费。

1.4 能源需求的波动信息

负荷统计信息表明,在一天中,安装热量表的用户在 09:00 和 18:00 关闭或打开热源,引起热水负荷波动,此时的负荷可按式计算:

$$Q(\tau) = \begin{cases} (1-\alpha)Q_c, & 09:00 \leq \tau < 18:00 \\ Q, & 18:00 \leq \tau < 09:00 \end{cases} \quad (1)$$

式中 Q 为用户使用的热水流量; τ 为时段; α 为热水负荷波动的比例,比较流量计算值和实测值得出该比例约为 $10.50\%\sim 10.82\%$ ^[7]。

在一年中,负荷存在季节性变化,热水、蒸汽夏季使用量下降,冬季使用量上升。

2 近期能源需求预测

近期,区域内将进行热电联产、热冷联产改造,进一步实现热电冷三联供。区域内 2009 年工业热

负荷为 210 t/h ,集中供热面积为 $2.578\times 10^6\text{ m}^2$;2012 年将新增工业热负荷 212.5 t/h ,新增集中供热面积 $5.867\times 10^6\text{ m}^2$;2015 年新增工业热负荷 205.1 t/h ,新增集中供热面积 $4.109\times 10^6\text{ m}^2$;远期的 2020 年新增工业热负荷 110.4 t/h ,新增集中供热面积 $4.556\times 10^6\text{ m}^2$ ^[8]。因此需要预测区域供冷量、供电量。

空港经济区规划占地面积 $26\times 10^4\text{ m}^2$,根据空港加工区蒸汽管网的位置及所担负热负荷性质,将整个蒸汽管网服务面积分为 4 个区,1 区离主热源最近,占地面积 $3\times 10^4\text{ m}^2$,只有天铁热用户,供暖季该区的蒸汽负荷约为总负荷的 17.41%;2 区是 6 号锅炉房环网一侧管段,占地面积 $5\times 10^4\text{ m}^2$,共有 13 个热用户,主要是纺织园内各蒸汽用户,负荷约为总负荷的 47.86%;3 区包括环状管网中与 2 区相对环网另一侧的管段,占地面积 $7\times 10^4\text{ m}^2$,共有 16 个热用户,负荷约为总负荷的 31.16%;4 区离主热源最远,占地面积 $11\times 10^4\text{ m}^2$,有 5 个热用户,负荷约为总负荷的 3.58%^[7]。

2.1 冷量预测

冷库、大型医院、冰鲜行业常年需要供冷,公共建筑夏季空调也需要冷量。在区域内,已确认供冷的单位有:SM 商业中心、天津医科大学空港国际医院、和泽生物科技园干细胞项目,并与天保热电有限公司签订了供冷合同。根据空港经济区的产业发展,预测 2011 年的供冷面积将达到 $103\,200\text{ m}^2$ ^[9]。

天津医科大学空港国际医院,规划建筑面积约 $160\,000\text{ m}^2$,设置病床 1 500 张,日门诊量 6 000 人次,是集门诊部、急诊部、住院部、医技部、手术部、国际部、后勤部等部门为一体的组合式建筑。该医院位于 1 区,其供冷量估算为 12 MW,由此结合区域负荷规划^[7-8],预测近期空港经济区总冷量需求为 229.75 MW。

2.2 电负荷预测

该医院用电大致分为 3 个部分:正常生活及生产用电、制冷用电、锅炉房用电。

供暖期(1—3 月,11 月,12 月):电负荷平均为 1 100 kW,其中单台锅炉电负荷为 21 kW,配 2 台循环水泵,单台功率 15 kW,一用一备。

制冷期(6—9 月):6 月电负荷为 1 620 kW,7、8 月电负荷均为 1 880 kW,9 月电负荷为 1 250 kW。

过渡季(4 月,5 月,10 月):电负荷为 930~960

kW。

因此该医院用电功率为 3 650~3 680 kW, 结合区域负荷规划^[7-8], 进一步得到近期空港经济区总电负荷为 69 883.23~70 457.61 kW。

3 能源需求预测的随机模型

空港经济区热、冷、电能源需求预测包括对今后用户数量和负荷的预测。在任意选定的时间内, 用户数量和负荷是不能事先确定的, 是随机发展的, 而且用户数量的发展和负荷的发展是相互独立的。

泊松过程是一种累计随机事件发生次数的最基本的独立增量过程^[10], 而冷、热、电用户数量的发展即可假定为泊松过程。

3.1 蒸汽负荷的长期行为

蒸汽负荷是一簇独立同分布的随机变量 $\{Y_n\}$, $n=1, 2, 3, \dots$, 其中 Y 为蒸汽负荷, t/h; n 为序号。且蒸汽用户数量 $\{N(t), t \geq 0\}$ 也是相互独立的, 其中 N 为蒸汽用户数量; t 为时间, d。则蒸汽负荷的发展可表示成复合泊松过程^[11-12]:

$$x(t) = \sum_{n=0}^{N(t)} Y_n \quad (2)$$

式中蒸汽用户数量 $\{N(t), t \geq 0\}$ 服从泊松分布, 由负荷预测得到, 以 180 d 为时间计算单位, 确定 $\{N(t), t \geq 0\}$ 的分布参数 $\lambda=0.0244$ h/t。

应用 Matlab 软件^[13], 计算 $\{Y_n\}$ 的均值 $E(t/h)$ 和方差 $D((t/h)^2)$

$$E\{Y\} = 82, E\{Y^2\} = 8093, D\{Y\} = 1369$$

蒸汽负荷 $x(t) = \sum_{n=0}^{N(t)} Y_n$ 的均值 $E(t/h)$ 和方差 $D((t/h)^2)$ 为

$$\left. \begin{aligned} E\{x(t)\} &= \lambda t E\{Y\} = 2t \\ D\{x(t)\} &= \lambda t E\{Y^2\} = 197.39t \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

则蒸汽负荷 $x(t)$ 的概率分布函数可近似表示为正态分布: $N(2t, 197.39t)$ 。

由该概率分布函数可以计算在不同的时间, 即 $t=180, 360, 900, 1800$ d 最可能出现的蒸汽负荷分别为 20, 40, 100, 200 t/h。

热源站必须满足最可能出现的蒸汽负荷需求。在 2009 年蒸汽需求 112.55 t/h 的基础上, 预测 2010—2020 的蒸汽负荷需求, 结果分别为: 2011 年, 120.55 t/h; 2012 年, 124.55 t/h; 2015 年, 136.55 t/h; 2020 年, 166.55 t/h。

由复合泊松过程理论计算能源需求的期望和方

差, 则能源需求的随机发展近似呈正态分布函数。2010 年, 2011 年蒸汽负荷统计值、天津市发改委对 2012 年, 2015 年, 2020 年蒸汽负荷的规划值和随机计算得到的 2009—2020 年蒸汽负荷见图 1。

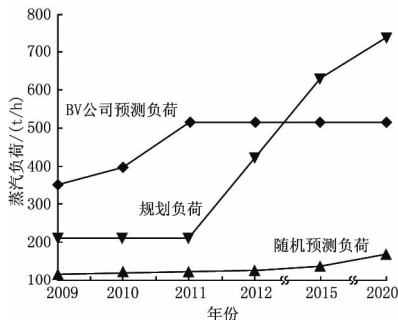


图 1 不同方法预测的能源需求比较

图 1 表明: 1) BV 公司(法利咨询(上海)有限公司)统计预测的负荷需求和天津发改委规划的负荷需求都能满足各年份区域最可能出现的蒸汽负荷要求。2) BV 公司统计预测的负荷需求大多数比天津发改委规划的负荷需求大, 其原因是 2009 年实际负荷 112.55 t/h 仅约占用户申请需求 350.57 t/h 的 32%, 2010 实际耗汽量为预测值的 52%, 因此 2011 年的预测数据很可能也与实际不符合。3) 随机预测的能源需求主要受需求增长速度的影响, 增长速度越快, 则预测的能源需求越大。

3.2 能源需求的长期行为

按照预测蒸汽负荷的方法, 同理预测空港经济区供暖负荷、冷负荷、电力负荷, 其中用户数量分布的参数、各类负荷的数字特征不同, 但目前空港经济区还没有实施热电联产或冷热电三联产技术, 冷量、电负荷统计数据很少, 相应的计算公式有待以后研究。

4 结论

4.1 不同类型建筑的热用户单位面积耗热量指标为 57.60~607.98 MJ/m², 供暖耗热量相差很大, 所以应改造空港经济区耗热量计量方法。根据用户性质确定相应的耗热量, 逐步改装热量表计量收费。以实际耗热量计费能够改善用户的消费行为, 引导用户节约能源。

4.2 近期, 空港经济区的能源服务将实现热电联产、热冷联产方式, 进一步实现热电冷三联供, 因此预测区域总冷负荷为 229.75 MW, 总电负荷为 61 998 MW·h。2012 年规划热负荷为 422.5 t/h。

(下转第 140 页)

(上接第 60 页)

4.3 能源用户的负荷量服从正态分布,据此可计算在不同的时间段最可能出现的负荷,得到各时间段的负荷供应量,及时调整锅炉的生产能力。

4.4 比较该随机预测结果与统计预测、规划预测结果可知,区域能源需求统计预测和规划预测均能够满足在不同的时间最可能出现的负荷要求。

参考文献:

- [1] 陈新华. 能源改变命运 [M]. 北京:新华出版社, 2008
- [2] 谷长利. 基于 MCS-51 单片机的热量计 [D]. 北京:华北电力大学, 2006
- [3] 中节蓝天投资咨询管理有限责任公司. 天津空港加工区 4×75 t/h 锅炉房热电联产发电改造项目可行性研究报告 [R]. 北京, 2009
- [4] 法利咨询(上海)有限公司. 能源状况评估报告 [R]. 上海, 2009

- [5] 中华人民共和国国家发展和改革委员会,中华人民共和国商务部,中华人民共和国科学技术部. 中国节能技术政策大纲 [R]. 北京, 1996
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑节能“95”计划和 2010 年规划 [R]. 北京, 2009
- [7] 张红玉. 天津空港加工区蒸汽管网仿真 [D]. 天津:天津大学, 2010
- [8] 天津市发展和改革委员会. 天津市临空产业区供热规划(2007—2020 年)[R]. 天津, 2007
- [9] 南开大学数学科学学院. 天保热电营业成本预测报告 [R]. 天津, 2009
- [10] 王风雨. 随机过程 [M]. 北京:北京师范大学出版社, 2009
- [11] 魏艳华,王丙参,宋立新. 复合泊松过程性质及其应用 [J]. 宜宾学院学报, 2009, 9 (12): 45-48
- [12] 孙天晴. 基于复合泊松过程战略石油储备天数的概率模型及其应用 [J]. 数理统计与管理, 2007, 26 (5): 12-14
- [13] 蒲俊,吉家锋. Matlab 工程数学解题指导 [M]. 上海:浦东电子出版社, 2001