# 北京市城市燃气日负荷与高峰小时流量的关系

李瑜仙[1], 许 彤[1], 赵 燕[2], 周 英[2]

(1. 北京市燃气集团有限责任公司, 北京 100035;
2. 中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017)

摘 要: 北京市根据经验取小时高峰系数为 1.2来计算冬季高峰小时流量, 但随着用气量的增加, 用气结构的变化, 此传统算法已不再适用。分析了近年来北京市的燃气管网工况, 探索了日负荷与高峰小时流量及小时高峰系数之间的规律, 提供了日负荷及相应高峰小时流量和小时高峰系数的经验值。

关键词: 城市燃气日负荷; 高峰小时流量; 小时高峰系数; 规律

文章编号: 1006-5539(2008)01-0021-04 文献标识码: B

## 0 概述

伴随着陕京、西气东输、忠武等输气管道的建成和广东 LNG项目的投产, 中国的城市燃气市场得到了较快发展, 城市燃气开始步入了主要利用天然气的时代。北京市政府为进一步改善城市环境, 已确立了"改变以煤为主的能源结构, 大量引进天然气"的基本方针, 实施了发展锅炉煤改气、天然气汽车等一系列环保工程[1]。作为目前全国发展最迅速的天然气使用城市, 北京市已形成了完整的天然气供应系统, 天然气销售量逐年上升、使用范围和地域不断扩大[1], 详见图 1。

随着天然气用量的急剧增加, 2006年北京市销售天然气已达 35.8×$10^8$ $m^3$, 2006年 12月 31日, 城市燃气日负荷达到 2 600×$10^4$ $m^3$, 在 18:00~19:00时段, 高峰小时流量达 126×$10^4$ $m^3$, 均创历史新高。

目前, 北京市天然气的应用对象几乎涵盖了现阶段应用天然气的所有领域, 根据天然气用途的不同, 北京市将天然气用户分为五大类[2]:

- 居民用户和公共服务用户;
- 采暖和制冷用户;
- CNG用户 (包括燃气汽车用气和向郊区、卫星城的趸售);
- 工业用户 (目前主要包括钢铁厂和化工厂);
- 电厂。

随着北京燃气事业的发展, 天然气的应用领域由最初的居民炊事、公共服务业 (主要是餐饮)用户, 扩展到采暖、制冷、汽车、工业、发电等, 用气结构也发生了很大变化。2005年北京市城市燃气用气结构见图 2, 预计 2010年各类用户用气结构见图 3。

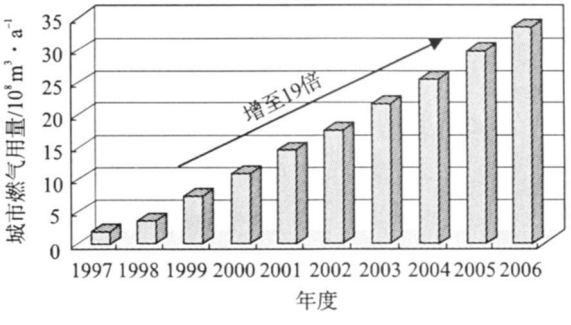


图 1 2001~2006年度北京市城市燃气用量对比

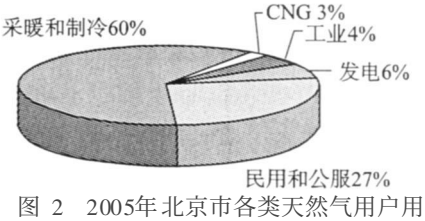


图 2 2005年北京市各类天然气用户用气结构

收稿日期: 2007-09-11

作者简介: 李瑜仙 (1979-), 女, 河南南阳人, 工程师, 硕士。现从事城市燃气工作。电话: (010)66205652

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

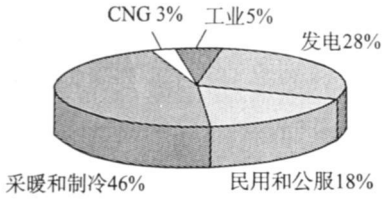


图 3 2010年北京市各类用户用气结构预测

民用和公服用户用气主要用于炊事，每日呈现2~3个用气高峰——早高峰、午高峰和晚高峰，北京市的高峰小时流量一般出现在18:00~19:00时段，此类用户用气比例减小将降低小时用气负荷的不均匀性；采暖用户晚间用气量较大，一定数量的采暖用户会降低小时用气负荷的波动幅度[3~4]；发电用气量与电厂生产规模、工艺特点有关，此类用户用气量增加，也将降低小时用气不均匀性[4]。另外，高峰日负荷的增加同样会降低小时高峰系数，而小时高峰系数的取值对高峰小时流量的预测起关键作用。准确预测冬季高峰小时流量是编制管网运行方案、合理匹配城市门站运行参数、合理规划与设计、合理选取燃气设备等的关键，本文就北京市城市燃气高峰日负荷与高峰小时流量及小时高峰系数之间的关系作一些探讨。

## 1 高峰小时流量的传统计算方法

“高峰小时流量”是指一日中小时最大流量。一般情况下，计算高峰小时流量可采用以下方法[4]：

$$Q_h = Q_d/24 \times K_h \qquad (1)$$

式中 $Q_h$——一日中高峰小时流量，$m^3/h$；

$K_h$——一日中小时高峰系数；

$Q_d$——城市燃气日负荷，$m^3/d$。

预测高峰小时流量关键在小时高峰系数 $K_h$ 的取值，当然不同日负荷所对应的小时高峰系数也不同。北京市在预测冬季高峰小时流量时，凭经验取小时高峰系数 $K_h$ 为1.2，这样一来，已知城市高峰日负荷，由式(1)即可得到当日高峰小时流量 $Q_h$。此算法可粗略地估计高峰小时流量的大小，但随着对管网规划、管理水平及生产调度水平要求的提高，有必要更准确地探索高峰小时流量及小时高峰系数随日负荷的变化规律，而不是对小时高峰系数“一刀切”。

## 2 日负荷与高峰小时流量的统计规律

对近年来北京市城市燃气日负荷超过1 500×$10^4$ $m^3$的167组数据进行处理和分析，抽出其中任意137组作为样本数据进行拟合，得到日负荷与当日高峰小时流量之间存在以下统计规律[5~7]：

$$Q_h = Q_d \times a + b \qquad (2)$$

式中，a和b为统计常数，a拟合值0.043，b拟合值14.85，拟合优度 $R^2=0.973$，非常接近于1，说明回归模型对实际样本的拟合度很高，如图4所示。随着样本数量的变化，a和b的数值有一定波动，但波动非常小。

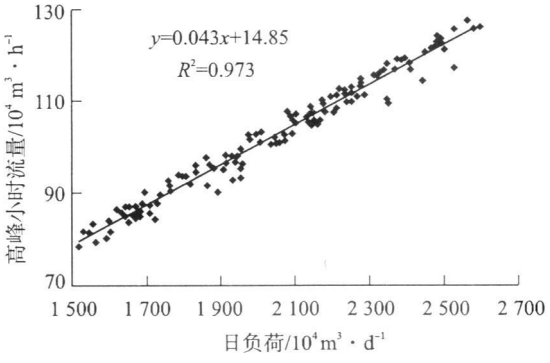


图 4 高峰小时流量与日负荷的统计规律

一个关系式或模型能否很好地表达变量之间的规律，需要用样本数据和非样本数据进行检验，并用以后的实践经验对其进行验证和完善[8]。

### 2.1 样本数据的检验

对137组样本数据的检验中，绝对相对误差小于3%的数据点占90%，可见式(2)在很大程度上可以表示高峰小时流量 $Q_h$ 和日负荷 $Q_d$ 之间的关系。图5是式(2)对样本数据检验的相对误差图。

图5中，两条直线表示高峰小时流量的检验值和其实际值之间的相对误差分别是3%和−3%，两条直线之间的区域表示绝对相对误差小于3%，之外的区域表示绝对相对误差大于3%。其中，相对误差＝(实际值−检验值)/实际值×100%[6]；绝对相对误差＝|相对误差|。可见由式(2)计算得到的高峰小时流量与其实际值之间的绝对相对误差有90%在3%以内。同时，可推断出由式(2)计算得到的高峰小时流量与其实际值之间的绝对误差有90%小于3×$10^4$ $m^3/h$。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

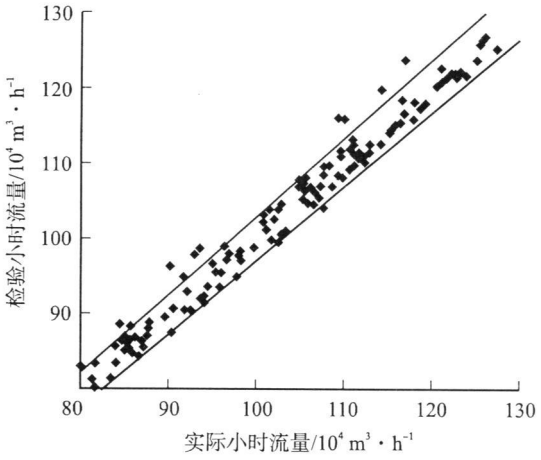


图 5　样本数据检验高峰小时流量的相对误差图

## 2.2　非样本数据的检验

由剩下的30组数据作为非样本数据对式（2）进行检验，其中，绝对相对误差小于 3%的数据点占 90%。图 6展示了对非样本数据检验的相对误差情

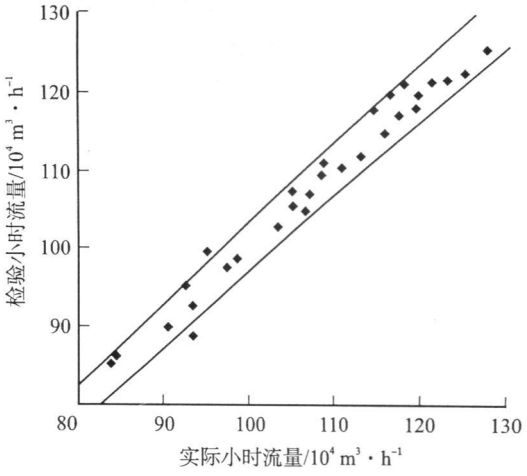


图 6　非样本数据检验高峰小时流量的相对误差图

表 1　两种算法检验结果对比　　$10^4$ m³

| 日　期 | 实际工况 | | | 式（2）计算结果 | | 传统算法计算结果 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 日负荷 | 高峰小时流量 | 小时高峰系数 | 检验小时流量 | 相对误差/(%) | 检验小时流量 | 相对误差/(%) |
| 2007－01－06 | 2 575 | 127 | 1.19 | 126 | 1.12 | 129 | －1.38 |
| 2007－01－11 | 2 509 | 125 | 1.19 | 123 | 1.81 | 125 | －0.36 |
| 2006－12－29 | 2 487 | 123 | 1.19 | 122 | 0.98 | 124 | －1.10 |
| 2007－01－02 | 2 481 | 121 | 1.17 | 122 | －0.44 | 124 | －2.52 |
| 2006－01－04 | 2 475 | 118 | 1.14 | 121 | －2.78 | 124 | －4.87 |
| 2006－12－18 | 2 444 | 119 | 1.17 | 120 | －0.79 | 122 | －2.69 |
| 2005－12－11 | 2 444 | 116 | 1.14 | 120 | －3.40 | 122 | －5.34 |
| 2007－01－15 | 2 405 | 119 | 1.19 | 118 | 0.62 | 120 | －1.05 |
| 2005－12－10 | 2 396 | 115 | 1.15 | 118 | －2.50 | 120 | －4.17 |
| 2007－01－26 | 2 381 | 117 | 1.18 | 117 | －0.20 | 119 | －1.75 |
| 2007－01－16 | 2 329 | 116 | 1.19 | 115 | 0.86 | 116 | －0.39 |
| 2007－01－28 | 2 258 | 113 | 1.2 | 112 | 0.93 | 113 | 0.09 |
| 2006－01－08 | 2 239 | 109 | 1.17 | 111 | －1.95 | 112 | －2.71 |
| 2007－01－30 | 2 223 | 111 | 1.2 | 110 | 0.51 | 111 | －0.14 |
| 2005－12－28 | 2 202 | 109 | 1.18 | 110 | －0.49 | 110 | －1.01 |
| 2006－01－03 | 2 151 | 105 | 1.17 | 107 | －2.23 | 108 | －2.43 |
| 2006－12－24 | 2 142 | 107 | 1.2 | 107 | 0.04 | 107 | －0.09 |
| 2006－12－15 | 2 109 | 105 | 1.2 | 106 | －0.51 | 105 | －0.43 |
| 2006－12－10 | 2 091 | 107 | 1.22 | 105 | 2.09 | 105 | 2.29 |
| 2006－02－10 | 2 045 | 104 | 1.22 | 103 | 1.17 | 102 | 1.68 |
| 2006－02－01 | 1 974 | 95 | 1.16 | 100 | －4.98 | 99 | －3.89 |
| 2007－02－04 | 1 949 | 99 | 1.21 | 99 | 0.35 | 97 | 1.57 |
| 2005－12－23 | 1 926 | 97 | 1.21 | 98 | －0.69 | 96 | 0.72 |
| 2005－01－30 | 1 871 | 93 | 1.19 | 95 | －2.48 | 94 | －0.59 |
| 2006－02－26 | 1 812 | 93 | 1.24 | 93 | 0.25 | 91 | 2.58 |
| 2007－02－15 | 1 744 | 90 | 1.24 | 90 | 0.18 | 87 | 3.11 |
| 2006－11－22 | 1 720 | 93 | 1.3 | 89 | 4.51 | 86 | 7.53 |
| 2005－01－16 | 1 660 | 84 | 1.22 | 86 | －2.65 | 83 | 1.19 |
| 2005－01－24 | 1 642 | 84 | 1.22 | 85 | －1.73 | 82 | 2.26 |
| 2006－02－19 | 1 578 | 84 | 1.28 | 83 | 1.54 | 79 | 6.07 |

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

况，同样的，两条直线表示高峰小时流量的检验值和其实际值之间的相对误差分别是 3%和 －3%，两条直线之间的区域表示绝对相对误差小于 3%，两条直线之外的区域表示绝对相对误差大于 3%。

由样本数据和非样本数据对式（2）检验结果可知，日负荷和当日高峰小时流量之间的统计规律在很大程度上可以由本文式（2）表示。

### 2.3 与传统算法进行对比

采用式（2）和传统算法（高峰小时系数取 1.2）两种方法，对 30组非样本数据的检验结果进行了对比和分析，见表 1。

由表 1可以看出，应用传统算法所得高峰小时流量与实际高峰小时流量的绝对误差小于 $3\times10^4$ $m^3/h$的数据点占 77%。显然式（2）算法优于传统经验算法。

## 3 结论

a）在冬季用气量高峰日，北京市依传统算法取小时高峰系数为 1.2偏于保守；小时高峰系数随着日负荷的增加而减少，并非定值。

b）本文关系式（2）可以表示高峰小时流量和日负荷之间的规律，能更准确、方便地预测高峰小时流量。

若粗略地估计日负荷所对应的高峰小时流量及小时高峰系数，由关系式（2）可得到表 2经验数据作为参考。

当然，应用关系式（2）的前提是高峰日负荷大于 $1\,500\times10^4$ $m^3$。随着数据的积累，可进一步完善此关系式，使其更加符合变量之间的内在规律，更好地为燃气生产调度工作服务。

表 2 日负荷对应的高峰小时流量及小时高峰系数

| 日负荷 /$10^4$ $m^3\cdot d^{-1}$ | 高峰小时流量 /$10^4$ $m^3\cdot h^{-1}$ | 小时高峰系数 |
|---|---|---|
| 1 700 | 88.0 | 1.24 |
| 1 800 | 92.3 | 1.23 |
| 1 900 | 96.6 | 1.22 |
| 2 000 | 100.9 | 1.21 |
| 2 100 | 105.2 | 1.20 |
| 2 200 | 109.5 | 1.19 |
| 2 300 | 113.8 | 1.19 |
| 2 400 | 118.1 | 1.18 |
| 2 500 | 122.4 | 1.17 |
| 2 600 | 126.7 | 1.17 |
| 2 700 | 131.0 | 1.16 |
| 2 800 | 135.3 | 1.16 |

参考文献：

[1] 李雅兰，刘 燕. 天然气负荷指标及用气规律的研究[EB/OL]. 博燃网，2007-03.
[2] GB 50028－2006. 城镇燃气设计规范[S].
[3] 焦文玲，赵林波. 城市燃气小时用气负荷周期性研究[J]. 煤气与热力，2003（9）：515-517.
[4] 段常贵. 燃气输配（第三版）[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2001：38.
[5] 王松桂，陈 敏. 线性统计模型——线性回归与方差分析[M]. 北京：高等教育出版社，1999.
[6] 易丹辉. 统计预测——方法与应用[M]. 北京：中国统计出版社，2001：4.
[7] Weisberg S. 应用线性回归[M]. 王静龙译. 北京：中国统计出版社，1998：3.
[8] 梅长林，周家良. 实用统计方法[M]. 北京：科学出版社，2002.