

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2015.05.006

城市年用气量的预测方法

□ 新奥能源控股有限公司(065000) 梁金凤

□ 中山大学(510275) 郭开华 皇甫立霞

摘 要: 随着天然气事业的快速发展,城市燃气输配设施的投资建设规模扩大、速度加快。城市燃气输配设施规划设计是投资建设各类管网、场站等输配设施的重要依据。以往燃气输配设施规划设计中采用的用气量预测方法早已无法满足当前的实际需求。本文分析了城市年用气量的发展变化特点,基于逻辑斯蒂原理提出了城市年用气量预测模型,并对模型中的相关参数进行细致分析。总结了20个城市的用气量发展变化特征值,对2011年~2013年用气量进行预测计算,证明了该预测模型的实用性和适用性。

关 键 词: 城市天然气 气量 预测 方法 模型

当前我国天然气产业处于快速发展阶段,城市气化和燃气管网建设需求巨大,各类燃气输配设施的规划设计与投资建设急需对城市用气量的预测研究。目前在国内外燃气输配设施的规划设计中,仅以耗热定额指标进行相关用气量估算,缺少成熟可靠的系统性预测方法。而当前大多数用气量预测模型多基于趋势外推类方法,主要是通过建立历史用气量与其相关影响因素之间的关系模型,外推用气量的发展变化,预测的准确性与历史数据的数量与质量密切相关。

在城市年用气量预测研究方面,回归分析法和时间序列法^[1-3]等传统预测方法是最先被引用到燃气预测领域中的,主要是基于经济因素(例如GDP)以及气候因素建立用气量预测模型^[4,5],适用于发展稳定的城市用气量预测情况。我国绝大多数城市正处于快速发展初期,城市用气量的发展变化快,而且过程推进速度快,不宜直接套用现有的预测方法。现代化智能方法在用气量预测中也较为常见,例如神经网络方法、遗传算法等^[6,7]。此类预测方法主要是通过大量的学习样本建立输入量和输出量间的关系,为了达到精

度要求,此类方法的预测时限短,无法准确预测城市用气量的长期发展变化,也无法在燃气规划设计中直接应用。

1 城市用气量的变化规律

用气量预测模型的建立是基于用气量的变化规律。城市用气量的变化反映了城市本身发展进程情况,更是各类用户用气行为发展变化的具体体现。城市用气量是各类用户用气量的总和,因此可以从用户用气量变化规律中探寻城市用气量的变化规律。

1.1 民用用户的用气量变化规律

以HL市户均年用气量为例,如图1所示。户均年用气量的发展变化过程大致可分为4个阶段,初始期可追溯到1994年,之后进入1995年~2001年度间的快速发展期,户均年用气量达到100Nm³左右,是初期户均年用气量的2倍。2002年之后,户均年用气量进入慢速发展期,在发展后期户均年用气量接近200Nm³左右。2008年开始,户均年用气量进入稳定

阶段, 大约为 230Nm^3 左右。

在《HL市2012~2030年燃气专项规划》中: 近期居民耗热定额为 $1\,760\text{MJ}/(\text{人}\cdot\text{年})$ ($42\text{万kcal}/(\text{人}\cdot\text{年})$), 远期居民耗热定额为 $1\,880\text{MJ}/(\text{人}\cdot\text{年})$ ($45\text{万kcal}/(\text{人}\cdot\text{年})$)。按气源平均热值 $38\text{MJ}/\text{Nm}^3$, 每户3.5人计算, 得出HL市户均年用气量近期(2020年)规划值为 234Nm^3 , 远期(2030年)规划值为 250Nm^3 , 两者数值相近, 而且与近几年的实际值相差也不大, 可见2008年以后HL市的户均年用气量发展已经接近极限值。

从HL市户均年用气量的发展变化过程可以看出, 民用户天然气使用的初始阶段, 用气量低, 而且发展变化缓慢, 随后进入快速发展阶段, 用气量显著提升, 显然用气量的增长量以及增长速度并不是无限发展的, 发展到中后期阶段时, 用气量增长速度明显降低, 直到发展后期用气量在某稳定值上下波动, 整个发展变化过程类似S曲线。

1.2 城市用气量的变化规律

城市用气量的发展变化过程同样具有S型曲线变化特点。一开始城市局部地区实现燃气管网输配气, 部分用户开始使用天然气, 由于用户数量少, 用气器具单一, 因此用气量相对较少。随着时间推移, 无论是国家政策导向, 市场发展还是人们的实际需求, 从天然气用量上看是逐年攀升且增长速度快。但是作为

能源, 天然气的供应量是受“环境”限制的, 因此天然气的使用量并不是无限制的, 就像自然界的物种演变, 具有“有限增长”的特点。

2 城市年用气量的预测模型

无论哪种类型的城市, 其用气量发展变化都是从无到有, 从少到多直至饱和, 虽然发展变化过程所需的时间不同, 发展变化的速度不同, 但从理论上讲, 都遵循着“有限增长”这样的规律, 借鉴自然界物种演变过程的思想, 基于逻辑斯蒂(logistic)原理, 建立城市年用气量预测模型。

$$Q_{y_t} = \frac{Q_{y_{lim}}}{1 + \left(\frac{Q_{y_{lim}}}{Q_{y_0}} - 1 \right) e^{-r_y t}}$$

式中 Q_{y_0} ——城市年用气量初始值, 单位: Nm^3 ;

$Q_{y_{lim}}$ ——城市年用气量极限值, 单位: Nm^3 ;

r_y ——城市年用气量同比增长率。

以HL市为例进行计算方法验证。HL市最早使用天然气在1994年, 属于我国使用天然气较早的城市, 根据记录可追溯初始年用气量约为 $Q_{y_0}=4.5 \times 10^6\text{Nm}^3$, 预计2030年HL市用气量可达到稳定阶段, 届时年用气量可达 $Q_{y_{30}}=4.5 \times 10^6\text{Nm}^3$ [8], 则可设年用气量发展

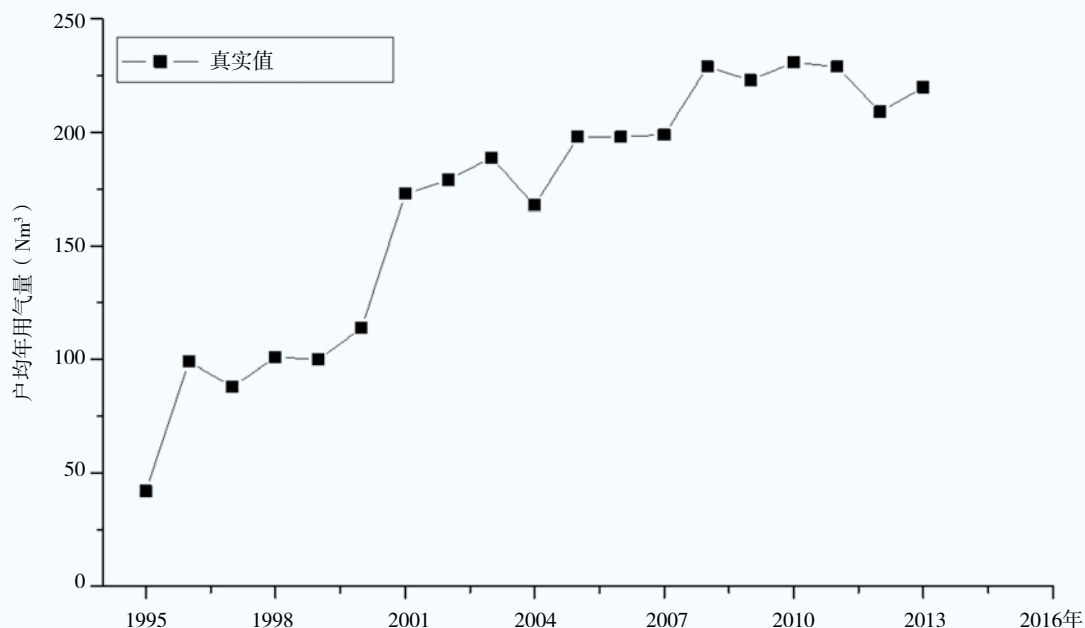


图1 HL市1995年~2013年民用户户均年用气量

的极限值 $Q_{y_{lim}}=4.5 \times 10^6 \text{Nm}^3$ 。根据预测模型计算, 当 $r_y=0.23$ 时, 计算的年用气量与真实用气量吻合较好, 平均相对误差为7.2%。

从图2中可以看出, 1995年~2000年间HL市的天然气用量增长相对缓慢, 处于发展初期阶段, 用气量增量约每年300万 m^3 左右, 在2000年之后进入快速发展阶段, 尤其在2007年以后用气量增长速度加快, 用气量增量约达到每年1 500万 m^3 左右。

3 预测模型的参数分析

预测模型体现出城市年用气量“有限增长”的变化特点。以年为时间基础刻度, 确定此模型的参数主要有3个, 分别是年用气量初始值 Q_{y_0} 、年用气量极限值 $Q_{y_{lim}}$ 和年用气量同比增长率 r_y 。

3.1 城市年用气量的初始值分析

实际上, 没有严格意义的年用气量初始值 Q_{y_0} , 也无法准确判断什么样的规模用气量可以作为初始值, 但是在年用气量预测模型中, Q_{y_0} 并不是单独存在, 因此只要对 $Q_{y_{lim}}/Q_{y_0}$ 做出合理判断即可。根据对当前我国天然气用量的发展情况分析, 可估算2020年我国天然气用量是2000年天然气用量的13倍, 2030年我国天然气用量是2000年的22倍^[9,10]。在缺少城市调研数据时, 可根据我国天然气用量发展情况进行判断。

3.2 城市年用气量的极限值分析

城市年用气量极限值 $Q_{y_{lim}}$ 是规划期末城市年用气量值, 具有一定的前瞻性, $Q_{y_{lim}}$ 的确定主要基于城市人口、产业结构等方面发展变化的考虑, 以及一定的城市调研活动而得到的。本文研究的城市数据样本中, $Q_{y_{lim}}$ 在10亿 m^3 以上的城市有5个, 这5个城市中, 位居前两位的是完全生产类城市(工业用户用气量占绝对主导地位), 其他的为省会级城市, HC市为生活类城市, 显然人口规模大引起用气量偏高, HI和HZ市为生产类城市, 相对来说工业用气量大导致城市用气量偏高。 $Q_{y_{lim}}$ 在5亿 m^3 以上, 10亿 m^3 以下的城市多为生产类和综合类城市。 $Q_{y_{lim}}$ 在5亿 m^3 以下的城市多为生活类城市。

对于年用气量极限值 $Q_{y_{lim}}$, 如果城市规模没有变, 即“环境”确定, 则应该存在相对确定的数值, 即天然气的使用量不会超过其供应量, 也就是说作为资源, 天然气的量是有限的, 而且城市输配系统的供应能力也是有限的, 在相对长的时间范围内, 天然气的用量存在极限值。在本文计算中, $Q_{y_{lim}}$ 的选择主要参考当地城市燃气专项远期规划值。

然而城市也在“生长”, 地域扩张是常有发生的事情, “环境”也会随之变化, 因此极限值不是一成不变的, 且变化范围是无法估计的。本文提出的年用气量预测模型使用条件是城市地域范围未变, 主要功

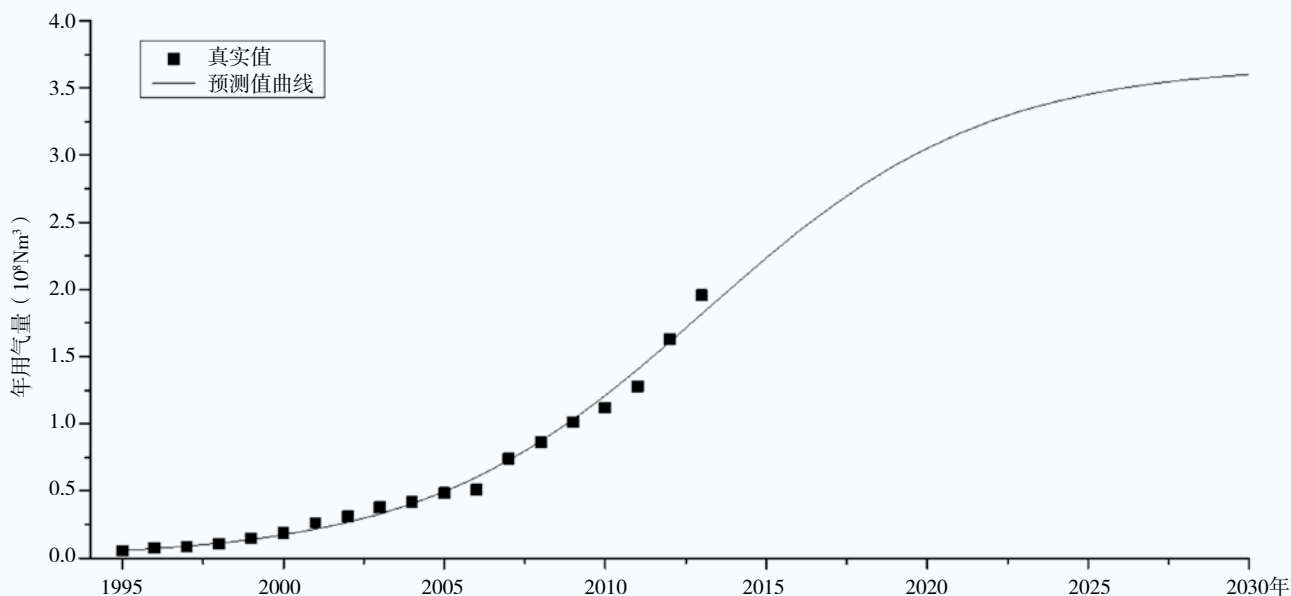


图2 HL市1995年~2013年用气量预测曲线

能区划分与城市发展规划相一致,若城市用气性质发生较大改变,如生活类城市转变成生产类城市,则年用气量预测模型中的相关参数需要修正。

3.3 城市年用气量的同比增长率分析

年用气量同比增长率是表示了城市年气用量在“环境”下发展变化的综合特征值,与城市的人文特点、社会经济发展变化、城市燃气发展变化息息相关。

如表1中,年用气量的同比增长率基本上在0.18~0.26之间变化,城市燃气发展速度快的 r_y 较大,城市燃气发展速度缓慢的 r_y 较小。从企业经营角度看,鼓励投资类城市燃气发展速度快,允许类城市燃气发展速度稳进,限制类城市燃气发展速度缓慢。而企业的经营调控意识来源于对城市社会经济发展状况的判断,即城市社会经济发展与燃气应用发展是相辅相成,相互制约的。

3.4 不同城市年用气量变化特征参数分析

采用平均温度代表城市的地理气候特征,地理

气候特征不同,人们行为活动特点不同。社会发展情况与人口、经济规模相关,可用城市等级进行量化表示。燃气发展环境中投资环境体现出人的思想意识,当判断发展环境乐观,则投入更多的资金推进发展,当判断发展环境悲观,则尽可能阻止或延缓发展。用气性质表示的是城市主要用气用户类别,不同用户类别用气量随季节变化规律不同。是否集中采暖是用气量变化波动强弱的重要影响因素。用气量同比增长率 r_y 、极限用气量 $Q_{y_{lim}}$ 、以及极限用气量与初始用气量的比值刻画了燃气发展变化的全过程。

4 预测模型的实际应用

依据城市年用量预测模型,对20个城市2010年~2013年用气量进行预测,具体计算结果见表2。对80个相对误差的分布情况进行统计分析,具体计算结果见表3。

表1 我国20个城市天然气用量发展变化特征值

城市	平均气温 (℃)	城市 等级	投资 环境	用气 性质	集中 采暖	同比增长率 r_y (1/a)	极限用气 $Q_{y_{lim}}$ (10^8Nm^3)	$Q_{y_{lim}}/Q_{y_0}$
HZ	17	四线	允许	生产	否	0.23	10	20
GZ	23	三线	限制	生活	否	0.24	3.2	20
ZX	16.8	六线	允许	生产	否	0.22	2	33
LT	3	六线	限制	综合	是	0.16	1.2	20
JT	14.5	三线	允许	生产	是	0.23	5	25
HS	13.5	二线	鼓励	生产	是	0.24	7.2	20
FQ	21	三线	鼓励	生产	否	0.26	32	33
HI	14	三线	鼓励	生产	是	0.24	20	25
JL	15.4	六线	允许	生活	否	0.2	2	20
JL	12.4	四线	允许	生产	是	0.25	7.5	33
HL	11.4	三线	允许	生活	是	0.23	3.5	20
HK	14	四线	允许	综合	是	0.25	4.2	33
ZJ	22	三线	限制	综合	否	0.2	1.8	25
JH	14.3	三线	允许	综合	否	0.25	5	33
LH	9	六线	允许	生产	是	0.2	1.6	14
GD	23.1	二线	鼓励	生产	否	0.25	30	33
JC	15.5	六线	鼓励	生产	否	0.26	3	17
HC	16	二线	鼓励	生活	是*	0.26	25	33
AB	15.4	四线	鼓励	生产	否	0.26	5.2	20
SL	13.1	四线	允许	综合	是	0.18	4	20

注: 1) 极限用气量为城市用气量远期规划值; 2) HC市为南方城市但采暖量大可视为集中采暖。

表2 我国20个城市2010年~2013年用气量预测结果

城市	2010年预测结果			2011年预测结果			2012年预测结果			2013年预测结果		
	真实值 (10 ⁸ Nm ³)	预测值 (10 ⁸ Nm ³)	相对 误差	真实值 (10 ⁸ Nm ³)	预测值 (10 ⁸ Nm ³)	相对 误差	真实值 (10 ⁸ Nm ³)	预测值 (10 ⁸ Nm ³)	相对 误差	真实值 (10 ⁸ Nm ³)	预测值 (10 ⁸ Nm ³)	相对 误差
HZ	1.34	1.59	0.191	2.21	1.92	-0.128	2.46	2.31	-0.062	2.39	2.74	0.145
GZ	0.49	0.50	0.005	0.62	0.61	-0.026	0.74	0.73	-0.009	0.85	0.88	0.032
ZX	0.27	0.28	0.037	0.27	0.33	0.25	0.36	0.40	0.125	0.48	0.48	-0.009
LT	0.11	0.10	-0.038	0.15	0.12	-0.186	0.12	0.14	0.196	0.16	0.16	-0.028
JT	0.31	0.32	0.056	0.46	0.40	-0.126	0.54	0.49	-0.077	0.66	0.61	-0.077
HS	1.19	1.62	0.369	1.50	1.88	0.25	2.00	2.16	0.08	2.87	2.48	-0.135
FQ	3.46	4.51	0.305	4.72	5.62	0.19	5.45	6.92	0.27	9.86	8.44	-0.144
HL	4.23	4.51	0.066	5.19	5.53	0.065	6.83	6.72	-0.015	9.82	8.10	-0.175
JL	0.23	0.35	0.526	0.32	0.41	0.285	0.48	0.48	0.015	0.57	0.56	-0.012
JL	0.70	0.65	-0.072	0.81	0.81	-0.002	0.88	1.01	0.142	1.03	1.25	0.21
HL	1.12	1.21	0.079	1.28	1.39	0.09	1.63	1.59	-0.025	2.06	1.79	-0.13
HK	0.60	0.56	-0.074	0.73	0.69	-0.059	0.86	0.85	-0.017	0.89	1.03	0.156
ZJ	0.21	0.27	0.266	0.28	0.31	0.136	0.33	0.37	0.109	0.48	0.43	-0.092
JH	0.72	0.84	0.161	0.98	1.00	0.015	1.20	1.19	-0.011	1.40	1.40	-0.005
LH	0.39	0.48	0.232	0.49	0.55	0.113	0.66	0.62	-0.049	0.82	0.70	-0.148
GD	5.50	4.02	-0.27	6.58	4.97	-0.245	6.49	6.09	-0.062	7.77	7.40	-0.049
JC	0.89	0.80	-0.106	1.01	0.96	-0.051	1.18	1.14	-0.036	1.45	1.33	-0.084
HC	3.78	3.76	-0.008	4.76	4.77	0.004	6.31	6.04	-0.042	7.04	7.59	0.077
AB	1.10	1.27	0.149	1.46	1.53	0.048	1.77	1.82	0.03	2.36	2.14	-0.092
SL	1.10	1.03	-0.066	1.18	1.17	-0.006	1.26	1.32	0.05	1.33	1.49	0.118

表3 年用气量预测误差的统计分析

平均 误差	最大 误差	最小 误差	误差范围 (95%)	后验差 检验C	小误差 概率P
0.07	0.526	-0.003	(-0.148,0.27)	0.35>0.335	0.966>0.95

根据表3中的误差评价指标，对年用气量预测模型进行精度评价，从表3中数据显示，年用气量预测模型后验差小于0.35，小误差概率大于0.95，精度等级为一级优秀。

5 结论

(1) 城市用气量变化具有“有限制增长”特点，天然气使用初期，用气量少且发展较慢，进入快速发展阶段，前期用气量增长速度较快，后期用气量增长速度降低，发展到稳定期用气量平稳波动。

(2) 基于逻辑斯蒂原理建立的城市年用气量预

测模型，适用于城市燃气输配设施规划设计。通过城市年用气量极限值 Q_{ylim} 、年用气量同比增长率 r_y 以及极限用气量与初始用气量比值的确定，实现城市年用气量预测计算。

(3) 对20个城市2011年~2013年用气量进行预测计算，平均相对误差为7%，模型后验差为0.335，小误差概率为0.966，精度等级为一级优秀。

参考文献

1 Mbamalu G A N, El-Hawary M E. Load forecasting via suboptimal season models and iteratively reweighted least squares estimation[J]. PowerSystems, IEEE Transation on. 1993; 8 (1): 343-348

2 David R. Brillinger. Time Series Data Analysis and Theory[M]. California: University of California at Berkeley

浅谈民用暗厨房、敞开式厨房的 管道燃气设计界定

□ 盐城市燃气行业协会 (224005) 潘 斌

摘 要: 民用暗厨房、敞开式厨房管道燃气供应是一个复杂的系统工程, 需要燃气公司从设计、施工、监理、运营、服务维护等多方面进行严格要求, 并结合厨房的通风系统、报警系统、所需的管材管件、工程验收等多方面采取相应的措施, 把握贯彻民用暗厨房、敞开式厨房的管道燃气设计界定尤为重要, 在确保设计规范的前提下, 厨房管道燃气使用才能安全可靠。

关 键 词: 民用暗厨房 敞开式厨房 管道燃气 设计界定

1 前言

随着各种住宅楼、商住楼和公寓楼的建设, 管道燃气正以迅猛的步伐进入普通百姓家, 成为城市居

民的首选燃料。在这些需要使用管道燃气的建筑中, 民用暗厨房、敞开式厨房的燃气安全尤为突出, 对这类建筑的管道燃气工程的合理设计显得更为紧迫和必要。理清民用暗厨房、敞开式厨房的性质和功能, 对

Berkeley, 2001

3 Gottlieb, David, Orszag, Steven A. Numerical analysis of spectral methods: theory and applications (sixth printing) [M]. U.S.A: the Society for Industrial and Applied Mathematics, 1993

4 Sahbi Farhani, MuhammadShahbaz, MohamedAroui, FrédéricTeulon. The role of natural gas consumption and trade in Tunisia's output[J]. Energy Policy, 2014; 66: 677-684

5 Himadri Shekhar Dey, Md. Ashfanoo Kabiry, Zia Wadud, Shahidul Islam Khany, Md. Abul Kalam Azad. Econometric Modeling and Forecasting of Natural Gas Demand for Power Sector in Bangladesh[J]. TENCON 2011-2011 IEEE Region 10 Conference, 2011: 1383-1386

6 Ali Azadeh, Morteza Saberi, Seyed Mohammad Asadzadeh,

Omar Khadeer Hussain, Zahra Saberi. A neuro-fuzzy-multivariate algorithm for accurate gas consumption estimation in South America with noisy inputs[J]. Electrical Power and Energy Systems, 2013; 46: 315-325

7 Miha Kovačič, Božidar Šarler. Genetic programming prediction of the natural gas consumption in a steel plant[J]. Energy, 2014; 66: 273-284

8 HL市燃气公司. HL市2012-2030年城市燃气专项规划[R]. 2010: 11

9 熊伟, 程民贵, 曾炳祥. 中国天然气管道联网的市场影响与营销对策[J]. 重庆三峡学院学报, 2013; 29(1): 31-34

10 李迪. 我国能源的形势与天然气的市场前景[J]. 商情, 2012; 38: 125-128