

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2014.04.009

燃气电厂对城市用气季节调峰影响分析方法探讨

□ 北京市燃气集团有限责任公司(100035) 邱迪 杜学平 刘燕 曹育军

摘要: 随着城市能源结构的调整,我国北方城市天然气发电的比例逐年增加,天然气发电对城市天然气季节调峰产生一定影响,发电用气比例的增加对城市用气季节不平衡性有何种影响程度是值得探讨的问题。本文假设了我国北方某城市区域截止到2020年的天然气负荷预测结果,分“2020年有电厂”和“2020年无电厂”两种情况,以这一假设为基本模型,参考能源工程、电力系统规划中的相关概念,对比分析大型燃气发电对天然气季节调峰的影响。引入了最大月不均匀系数、不均匀系数的偏离度,负荷持续曲线、峰谷比、年负荷率,储气容积、存储比等参数和概念定量分析大型燃气发电导致的负荷的波动和季节调峰需求变化。计算结果表明大型燃气发电能够缩小峰值与各月平均气量的倍数,各月用气量之间的不均衡性、峰值与低谷的倍数(峰谷比)、季调峰储气容积占年用气量的比例(容积指数)也有所减小,供应系统的利用效率提高,发展大型燃气发电使天然气供应系统季节调峰单位成本有所降低。

关键词: 用气规律 储气调峰 调峰成本 负荷特性 天然气发电

当前我国北方特大型城市以冬季供热为主的用气结构,其用气量主要受室外气温影响,冬季用气量占年用气量的比例较高,峰谷现象十分突出。随着城市对大气环境质量进一步改善的要求,天然气用量将进一步增加,结合用户用气规律的历史数据,分析大型燃气发电对天然气季节调峰的影响,提前预测季节调峰需求,为天然气储气设施规划建设提供前瞻参考,对于保障城市供气安全具有重要意义。

1 天然气季节调峰需求分析

1.1 用气不均匀性

对于季节调峰气量的需求,以各月用气量为基本数据,在假设各月均匀供气的基础上计算理论调峰气量。为了平衡一年中的不均匀用气,需要设置储气

设施,假设气源按月平均供气量均匀供气,用气量低时,多余天然气存储在储气设施内,以补充用气高峰时用气量高于供气量的不足部分。

为定量计算电厂对城市用气季节调峰的影响,根据相关实例,现以我国“北方某城市区域”截止到2020年的天然气负荷预测结果为基本模型进行计算,并分“2020年有电厂”和“2020年无电厂”两种情况。此计算模型2020年有电厂、2020年无电厂两种情况各月用气量、用气不均匀性(城市其它用户及电厂用气规律)如图1-1.1 1-2所示。

1.2 调峰需求分析

2020年有电厂、2020年无电厂两种情况供气曲线、用气曲线、储气设施工作曲线合成图分别如图1-3、1-4所示,图中供应曲线、用气曲线对应左侧纵坐标,储气曲线对应右侧纵坐标。用气曲线代表负荷

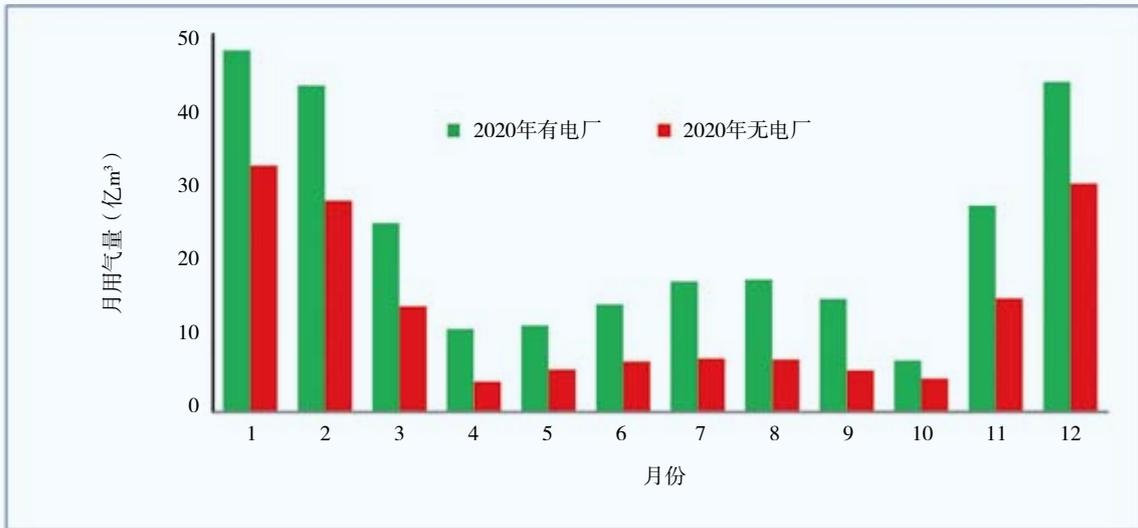


图1-1 2020年有电厂、2020年无电厂月用气量

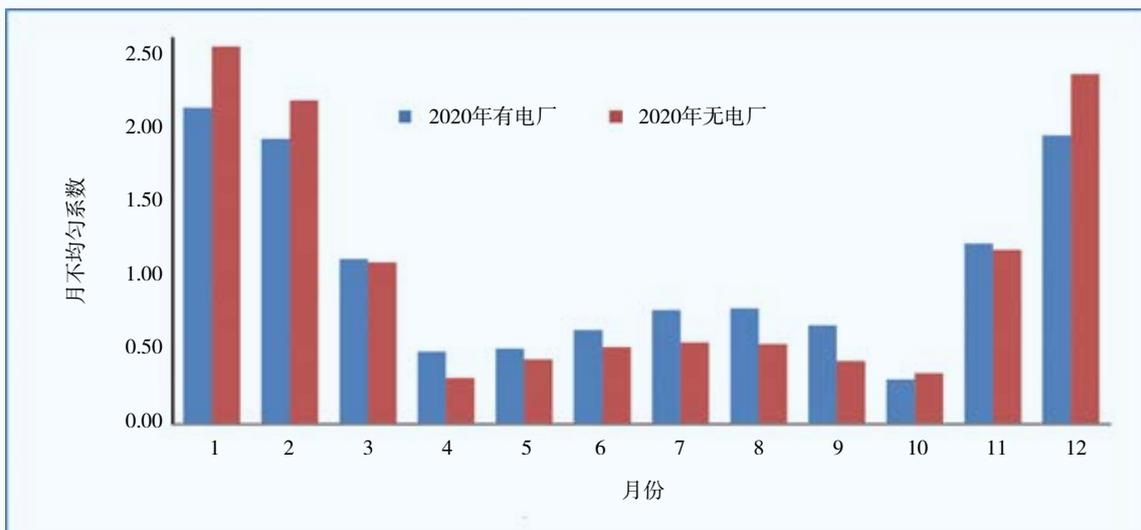


图1-2 2020年有电厂、2020年无电厂月不均匀系数

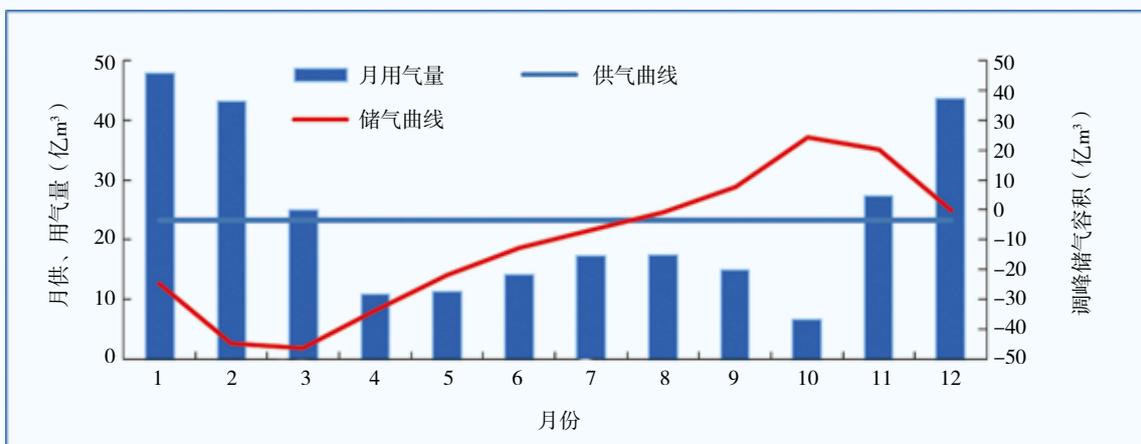


图1-3 2020年有电厂气量变化和储气曲线

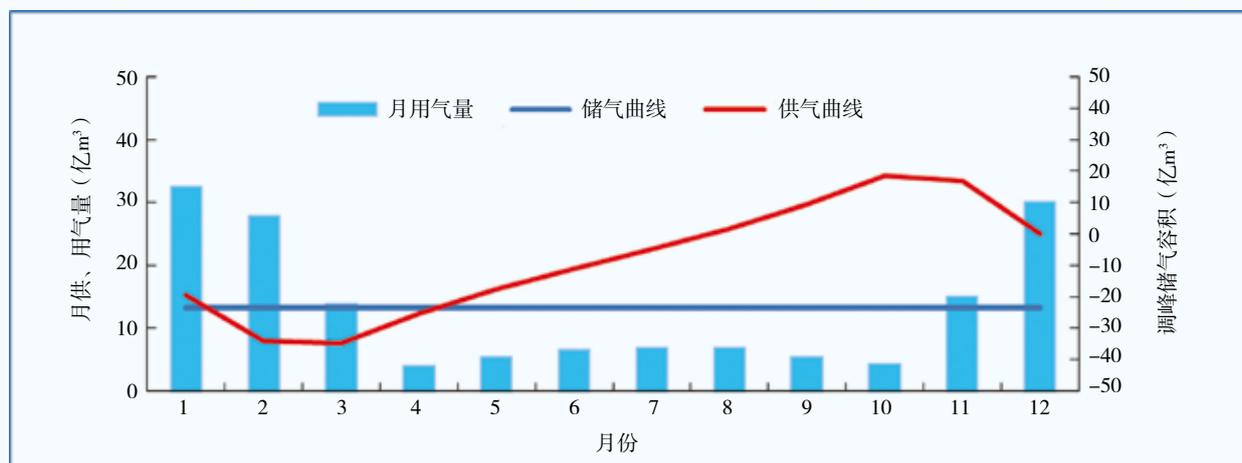


图1-4 2020年无电厂气量变化和储气曲线

的逐月变化情况，供气曲线代表气源在一年内连续均匀供气，储气曲线代表自计算开始时算起天然气供应量累计值与用电量累计值之差。

据图1-3可以看“2020年有电厂”的情况，4月至10月份供气量大于月平均气量，假设按月平均气量均匀供气（供气曲线），供气量大于用电量，由储气设施存储多余供应的部分；其它月份供气量小于用电量，由储气设施供气以补充气源不足的部分。以“2020年有电厂”为例，所需理论储气量的计算办法如下，每月用电量如表1第二列所示，第三列为计算开始时算起的天然气用电量累计值，第四列所示为每月平均供气量，第五列与第三列之差即为月末天然气的存储量（天然气供应量累计值与用电量累计值之差）。第六列中找出最大值和最小值，两个数的绝对值之和即为所需要的储气量。

用以上方法计算得到：对于第一种情况“2020年有电厂”，平衡一年中各月不均匀用气所需的储气量为70亿m³；第二种情况“2020年无电厂，”季节调峰理论储气量53亿m³。

2 负荷特征参数的引入和分析

为了定量分析负荷波动特性，特引入以下参数和概念，同样分“2020年有电厂”和“2020年无电厂”两种情况，进行对比分析。

2.1 最大月不均匀系数

最大月不均匀系数：是“高峰月用电量”与“全

表1 “2020年有电厂”季节调峰理论储气量计算表

月份	用电量 (亿m³)		气源供应量 (亿m³)		各月存储量 (亿m³)
	该月用量	累计值	该月内	累计值	
1	48	48	23	23	-25
2	43	91	23	47	-44
3	25	116	23	70	-46
4	11	127	23	93	-34
5	11	138	23	117	-22
6	14	153	23	140	-13
7	17	170	23	163	-7
8	18	187	23	187	-1
9	15	202	23	210	8
10	7	209	23	233	24
11	27	236	23	257	20
12	44	280	23	280	0

年平均月用电量”之比，用来表示月用电量峰值与12个月平均月用电量的倍数关系，用最大不均匀系数接近于1的程度表明“峰值”与“均值”的偏离程度。

计算表明：预计到2020年，“有电厂”的最大月不均匀系数为2.05，“无电厂”为2.45，“有电厂”的最大月不均匀系数最小，“峰值”与“均值”的偏离程度最小，如图1所示。

2.2 不均匀系数的偏离度（方差）

“偏离度”是利用时间序列特性分析方法中“方差”的概念，反映各月用电量之间的不均衡性，用方差值接近于0的程度反映负荷波动大小，越接近于0，

各月之间的负荷波动越小。选择方差来表示波动情况，是利用平方和的累加特性，消除正负累加带来的抵消作用，如果不进行平方直接累加，那么各项的绝对值很大而累加结果仍有可能为零。其计算式如下：

$$S = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (K_i - \bar{K})^2 = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (K_i - 1)^2$$

式中 S —— 方差；

K_i —— 第 i 月的月不均匀系数；

\bar{K} —— 月不均匀系数的平均值，1；

i —— 采暖季月不均匀系数的序号（= 1, 2, 3, …, 12）。

预计到2020年，“有电厂”的偏离度为0.34，“无

电厂”为0.61，“有电厂”可以明显缩小各月间用气的不均匀性，使一年内的负荷变化趋于平衡。

2.3 峰谷比

峰谷比反映了“月用气高峰”与“低谷”的倍数关系（图2、图3中a/b的值，高月用气量与低月用气量之比），比值越大，负荷曲线的波动越明显。

$$R = K^{\max} / K^{\min}$$

式中 R —— 峰谷比；

K^{\max} —— 月不均匀系数最大值；

K^{\min} —— 月不均匀系数最小值。

预计到2020年，“有电厂”的峰谷比为7.07，“无电厂”为8.17，说明“无电厂”则峰谷比存在扩

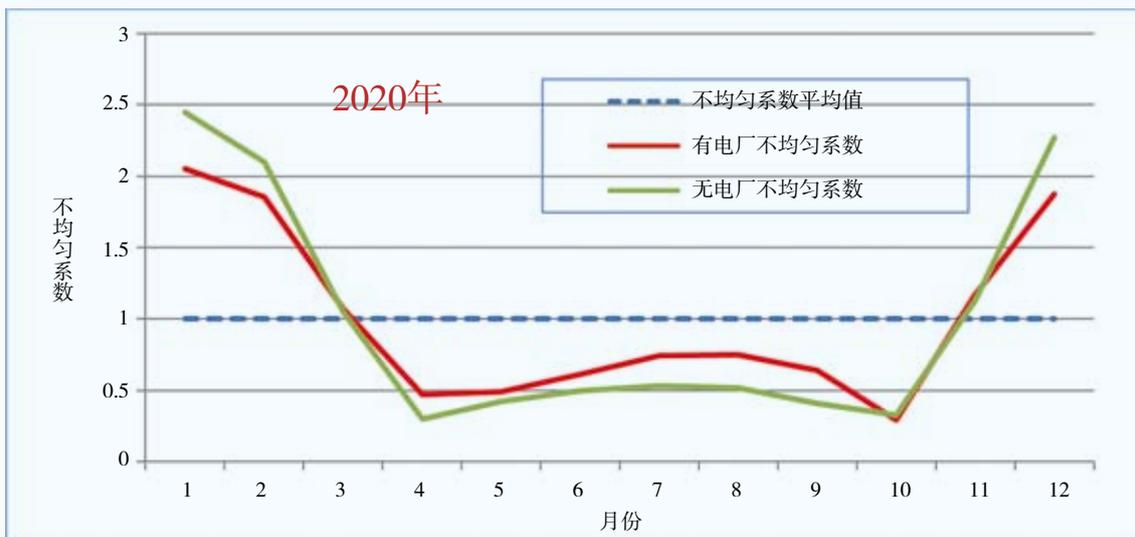


图1 2020年有电厂、2020年无电厂月不均匀系数对比



图2 2020年有电厂高月用气量与低月用气量

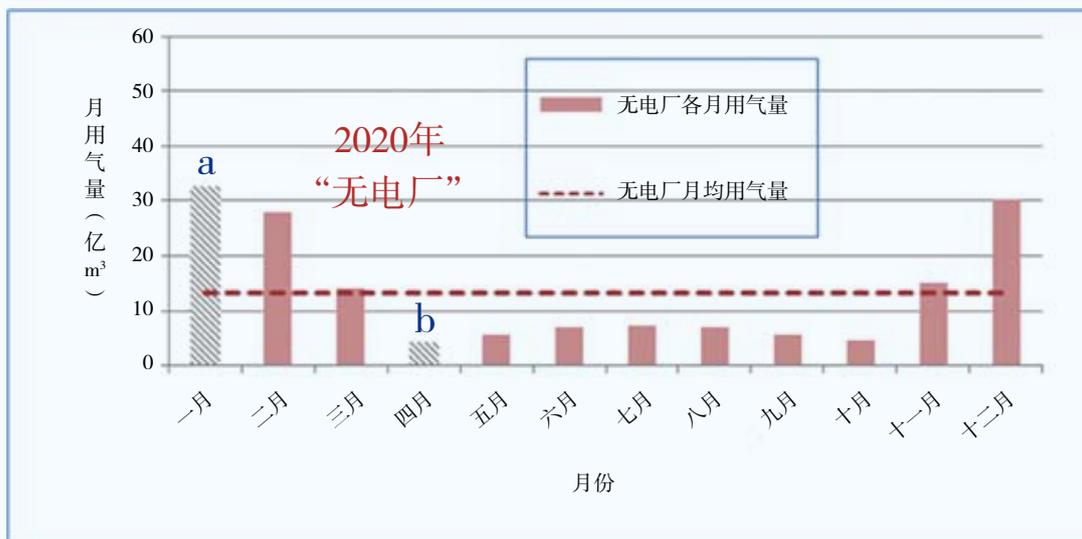


图3 2020年无电厂高月用气量与低月用气量

大趋势，“有电厂”可以减小负荷波动的剧烈程度。

2.4 负荷持续曲线

利用能源工程管理中负荷持续曲线的分析方法进行分析，将时序负荷曲线按照负荷大小顺序重新排列后得到新的曲线，即负荷持续曲线（Load Duration Curve, LDC）。它包含了最大负荷、最小负荷、负荷累积持续时间、负荷出现的概率等大量信息，常被用于电力系统规划和发电系统可靠性评估中。

预计到2020年，管网“有电厂”与“无电厂”相比，低负荷运转的月份将有所减少，月用气量达到

高峰月气量50%以上的月份将由3个增加到5个，月用气量在高峰月气量20%以下的月份将由4个减少到1个。

2.5 年负荷率

“全年实际用气量”与“全年按最大月用气量供应”所需气量之比称为年负荷率，反映供应系统的利用效率，越接近于1效率越高，如图6、图7中的面积对应关系“A/(A+B)”。其计算式如下所示：

$$P = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \frac{K_i}{K^{max}} = \frac{1}{K^{max}}$$

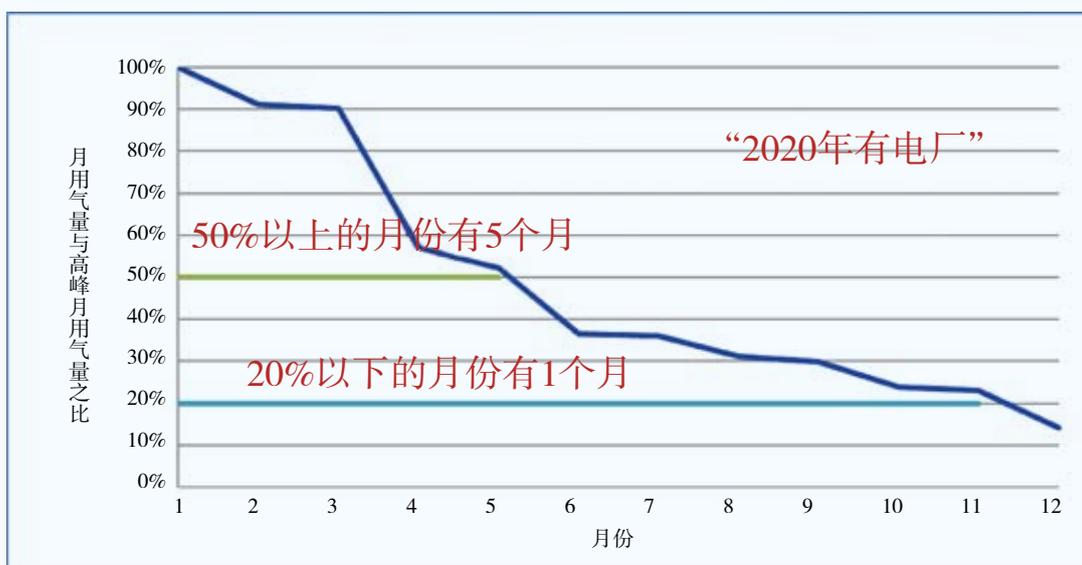


图4 2020年有电厂负荷持续特性

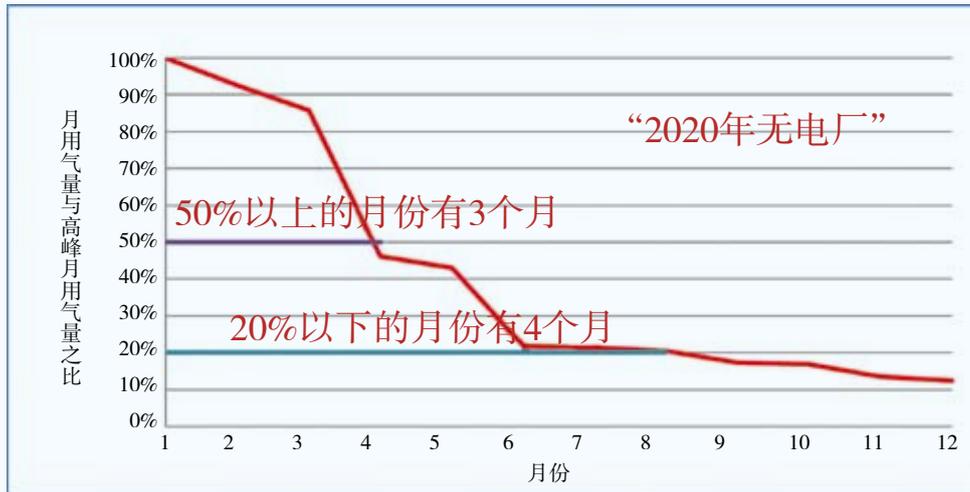


图5 2020年无电厂负荷持续特性

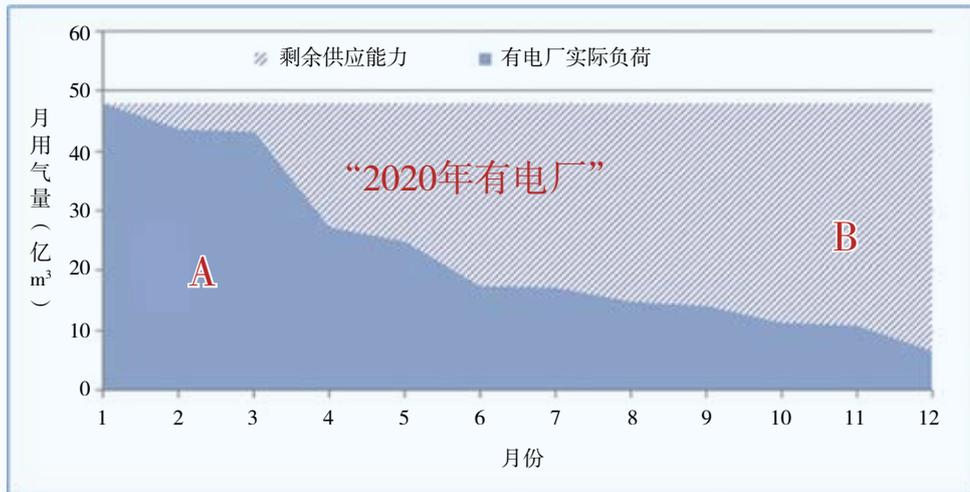


图6 2020年有电厂年负荷率示意图



图7 2020年无电厂年负荷率示意图

式中 P ——峰谷比。

预计到2020年，“有电厂”的年负荷率为48.78%，“无电厂”为40.82%，2020年“有电厂”的系统利用效率高于2020年“无电厂”系统的利用效率。

2.6 存储比

存储比反映了季节调峰储气容积占年用气量的比例。存储比接近于0的程度反映了负荷接近于平衡用气的情况，越接近于0就越接近于平稳用气，系统的经济性也就越高。图8、图9中的面积对应关系“ $A/(A+B) = C/(A+B) = A/(B+C) = \text{存储比}$ ”。其计算式如下所示：

$$C = \frac{\sum_{K_i > 1} K_i - n}{12}$$

式中 C ——存储比；

n ——一年中月不均匀系数大于1的月份数。

预计到2020年，“有电厂”、“无电厂”存储比分别为：25%、33%，2020有电厂的存储比最小。既：2020年有电厂、2020年无电厂理论季节调峰量与年用气量之比分别为0.25和0.33，在2020年有电厂有情况下需最多存储年用气量的25%满足调峰需求，在2020年无电厂的情况下需最多存储年用气量的33%才

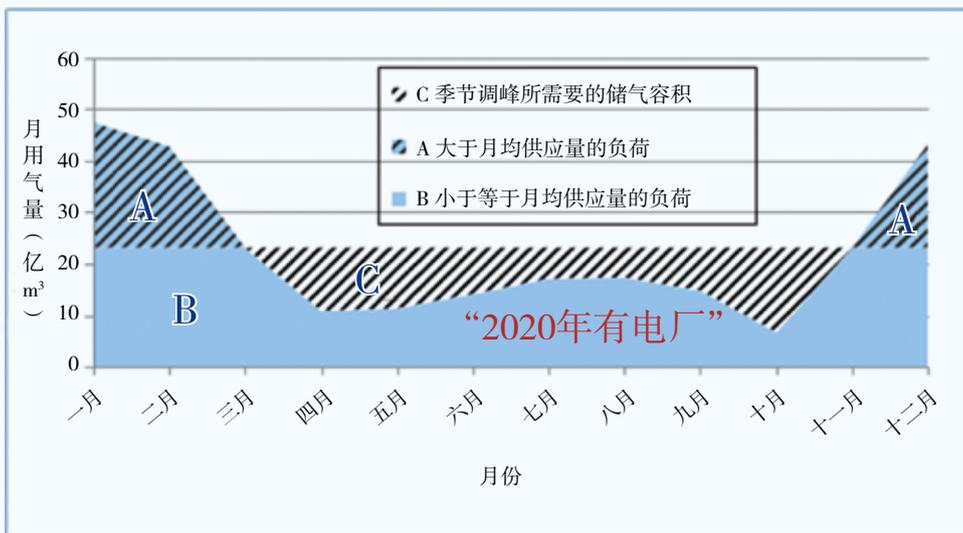


图8 2020年有电厂存储比示意图

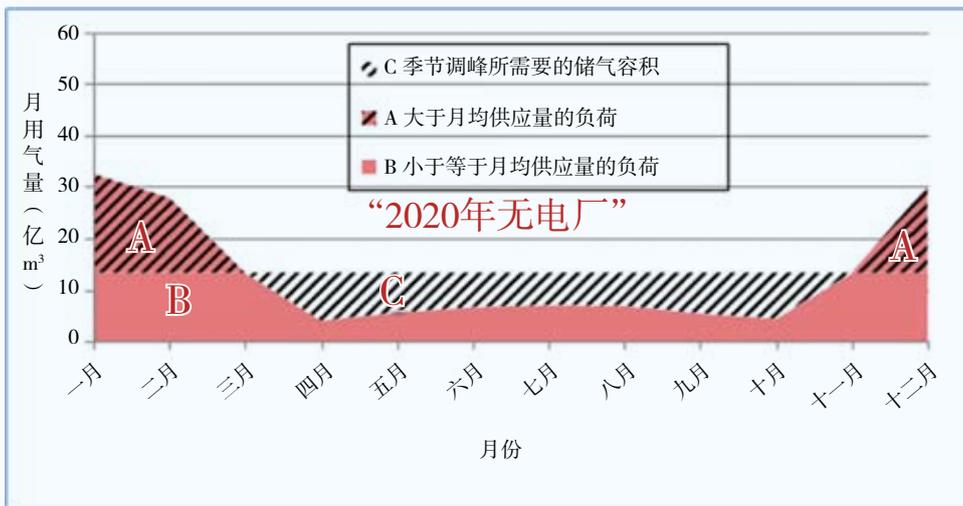


图9 2020年无电厂存储比示意图

表2 季节调峰影响分析主要参数汇总表

序号	参数名称	2020年有电厂	2020年无电厂	最优系统	备注
1	最大月不均匀系数	2.05	2.45	1	峰值与12个月平均月用气量的倍数
2	偏离度	0.34	0.61	0	各月用气量之间的不平衡性
3	峰谷比	7.07	8.17	1	峰值与低谷的倍数
4	年负荷率	48.78%	40.82%	100%	供应系统的利用效率
5	存储比	25.08%	33.33%	0%	季调峰储气容积占年用气量的比例

能满足季调峰的需要。

3 调峰成本分析

根据存储比计算结果可知, 2020年“有电厂”、“无电厂”每1亿m³年用气量需理论季节调峰储气量分别为0.25亿m³、0.33亿m³。地下储气库每增加1亿m³有效工作气量大约需要投资1.2亿元, 据此计算2020年“有电厂”、“无电厂”两种情况每1亿m³年用气量的季节调峰成本约0.3亿元、0.4亿元。既: 电厂用气的情况下, 每1m³天然气承担的季节调峰成本比“无电厂”用气承担的季节调峰成本低0.1元。

4 结语

通过引入量化指标: 偏离度、峰谷比、年负荷率和存储比等参数的分析方法, 对我国北方某城市区域(假设模型)大型燃气发电天然气季节调峰的影响进行了分析。结果表明, 气量增加一定程度上并未增加各月之间负荷波动的剧烈程度, 夏季负荷有所增加, 各月之间的负荷落差趋于平缓。大型燃气发电有利于系统利用率的提高, 有利于单位调峰成本的降低。

参考文献

- 刘燕, 杜学平. 基于管网负荷确定LNG应急储备规模[J]. 天然气工业, 2011; 31(05): 84~86
- 郭洁琼, 仇晶, 杜学平. 华北华东地区天然气季节调峰对比分析[J]. 石油与天然气化工, 2012; 06
- 张谦, 朱雪凌, 黄俊辉等. 负荷持续曲线的解析化模型及其预测方法[J]. 中国电力, 2009; 42(9): 49~53
- 李帆, 黄伟强, 董秋玲. 基于负荷持续曲线的天然气市场及供应规划[J]. 煤气与热力, 2010; 30(06): B38~43
- 李庆生, 杨建红, 张钦安. 陕京二线天然气管输负荷分析[J]. 国际石油经济, 2005; 13(9): 50~52
- 孙祖亮. 北京天然气地下储气库建设研究[J]. 公用科技, 1997; 13(4): 6~11
- 王莉, 庄建远, 檀建超. 对加快发展我国天然气供气调峰设施的思考[J]. 国际石油经济, 2005; 13(6): 32~36
- 彭颖璜. 热计量对燃气集中采暖用气规律及储气调峰的影响(硕士学位论文)[D]. 北京: 北京建筑工程学院, 2010: 53~56
- 金芳, 段常贵, 陈明. 燃气直燃机对燃气负荷季节调峰的作用[J]. 煤气与热力, 2003; 23(12): 724~727

工程信息

邯郸市大名县万户居民用上天然气

近日, 河北省邯郸市大名县华润燃气项目主管道工程正式通气, 城区12个小区1万户居民用上了天然气。

该项目投资8 000万元, 借助“西气东输”

工程, 铺设燃气管道28km, 建设城区中压管网26km、小区庭院低压管网50余km、综合输配站区CNG标准加气站一座, 管网覆盖80%城区。

(本刊通讯员供稿)