

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2017.11.007

# 深圳市燃气用气结构及发展趋势的分析

□ 深圳市燃气行业协会 (518049)

**摘 要:** 本文回顾了深圳市实施天然气置换以来的用气结构变化情况, 然后根据深圳市人口、经济增长情况预测了未来五年居民、商业、工业用户用气结构的变化情况, 最后, 运用数学建模的方法计算了到2030年深圳市人口达到饱和时, 天然气和液化石油气居民用户达到平衡时的情况。

**关键词:** 用气结构 管道天然气 瓶装石油气 用户规模 数学建模 预测分析

## 1 深圳市实施天然气转化以来用气结构变化情况

### 1.1 深圳市“十二五”期间用气结构的变化情况

#### 1.1.1 用户规模及常住人口天然气气化率

“十二五”期间, 深圳市管道天然气用户总数由2010年的103.2万户增长到2015年的160.7万户, 其中居民管道天然气用户数由102.8万户增长到159.7万

户, 常住口气化率由31.7%增长至51.6%。各类用户数量及常住口气化率见表1, 新增用户数量见表2, 总户数及增长率见图1。

#### 1.1.2 用气规模

“十二五”期间, 全市管道天然气销售量从2010年的3.93亿 $m^3$ 增长至2015年的10.89亿 $m^3$ , 总增长率达177.1%, 年均增长率达22.6%, 实现新跨越。深圳市天然气用气量见表3及图2。

表1 “十二五”期间深圳市天然气总用户规模

类型	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
居民(万户)	102.8	110.0	118.5	129.8	145.1	159.1
工业(户)	101	184	257	367	660	900
商业(户)	4 054	4 822	5 599	6 290	7 986	9 531
常住口气化率	31.7%	33.5%	35.8%	39.0%	42.9%	51.6%

表2 各年度新增用户数量

类别	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	合计
居民(万户)	7.2	8.5	11.3	15.3	14	56.3
工业(户)	83	73	110	293	240	799
商业(户)	768	777	691	1 696	1 545	5 477
电厂(户)	1	1	0	1	0	3
合计(万户)	7.3	8.6	11.4	15.5	14.2	57



图1 天然气用户数及增长率



图2 深圳市用气量统计

表3 深圳市用气量统计

(单位: 亿m³)

类别	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	总增长率	年增长率
居民用气量	1.70	1.93	2.11	2.33	2.68	2.72	60.0%	9.9%
工业用气量	0.92	2.02	2.56	2.80	2.25	2.5	171.7%	22.1%
商业用气量	1.31	1.65	1.83	1.93	2.12	2.24	70.1%	11.3%
电厂用气量	0.00	0.74	2.51	3.65	4.18	3.43	-	-
总计	3.93	6.34	9.00	10.71	11.23	10.89	177.1%	22.6%

“十二五”期间，液化石油气居民用户呈现先增后减的发展态势，由2011年的225万户增长到2014年的280万户并达到峰值，此后，随着管道天然气的替代效应，液化石油气居民用户减少到2015年的265万户，2016年进一步递减到253万户。液化石油气商业用户也是在2014年到达峰值，从2011年的16 028户增加到2014年的22 741户，随后递减到2015年的21 522户，2016年进一步递减到20 688户。液化石油气工业用户则一直出现递减的态势，一方面是用气大户外迁到深圳周边地区，工业用户总量增幅不大甚至倒退，另一方面液化石油气工业用户不断被天然气所替代，液化石油气工业用户从2011年的1 790户递减到2016年的940户。

### 1.2 2006年~2016年深圳市燃气用气结构汇总和分析

2006年~2016年深圳市管道天然气用户数和液化石油气用户数变化情况如表4所示，2006年广东大鹏液化天然气项目投产运行开始向深圳输送从澳大利亚进口的天然气后，深圳市形成管道供应天然气，管道供应液化石油气和瓶装供应液化石油气的三种局面，直到2009年管道供应液化石油气退出历史舞台，市面上只有管道天然气和瓶装液化石油气的供气格局。

深圳市自实施天然气转化以来，天然气居民用户呈现稳步增长的态势，2006年至2016年年复合增长率为8.8%。但同时也应该看到，在此期间，深圳市人口呈现爆发式增长，大量人口涌往市城中村落脚，2006年~2014年期间，液化石油气用户数增长速度明显高于天然气用户的增长速度，其中，液化石油气用户数在2014年达到峰值，为280万户。2006年~2014年年复合增长率为12.4%。从2015年开始，随着管道天然气的加速普及，城中村和老旧住宅的改造的开始，液化石油气用户开始逐步回落，逐渐被管道天然气所替代，2016年回落到253万户，而管道天然气用户增长到173万户，趋势呈现逆转。

深圳市商业用户数结构变化如图4所示，2006年~2008年尚存在以管道形式供应的液化石油气，从2006年~2014年，液化石油气商业用户呈现快速增长的态势，2014年液化石油气商业用户达到22 741户，历史峰值在此年出现，此后石油气商业用户开始萎缩，至2016年萎缩至20 688户。而管道天然气商业用户一直呈现稳步递增的态势，2006年只有448户，每年以36.7%的复合增长率递增，至2016年，管道天然气商业用户增长到10 199户。

表4 2006年~2016年深圳市管道天然气用户数变化汇总

	居民(万户)	用气量(亿m <sup>3</sup> )	商业(户)	用气量(亿m <sup>3</sup> )	工业(户)	用气量(亿m <sup>3</sup> )
2006	74.3	1.23	448	0.045	10	0.21
2007	81.9	1.35	1 910	0.48	24	0.41
2008	87.9	1.45	2 067	0.75	43	0.56
2009	95.2	1.57	3 207	1.03	64	0.83
2010	102.8	1.70	4 054	1.31	101	0.92
2011	110.0	1.93	4 822	1.65	184	2.02
2012	118.5	2.11	5 599	1.83	257	2.56
2013	129.8	2.33	6 290	1.93	367	2.80
2014	145.1	2.68	7 986	2.12	660	2.25
2015	159.1	2.72	9 531	2.24	900	2.35
2016	173	2.99	10 199	2.38	950	2.5

注：气化率按照每t LNG能转化为标况下气态天然气约1 428m<sup>3</sup>计算。

表5 2006年~2016年深圳市管道天然气用户数变化汇总

	居民(万户)	用气量(万t)	商业(户)	用气量(万t)	工业(户)	用气量(万t)
2006	110	10.3	8 934	3.1	3 762	18.6
2007	133	12.3	10 042	3.5	3 242	16.1
2008	156	14.5	11 287	3.9	2 795	13.8
2009	179	16.7	12 687	4.4	2 409	11.9
2010	202	18.8	14 260	4.9	2 077	10.3
2011	225	21	16 028	5.6	1 790	8.9
2012	248	23.1	18 015	6.3	1 543	7.6
2013	275	25.6	20 249	7	1 330	6.6
2014	280	26.1	22 741	7.9	1 146	5.7
2015	265	24.7	21 522	7.5	990	4.9
2016	253	23.6	20 688	7.2	940	4.7

注：2006年~2008年商业和工业用户包含管道供应的液化石油气。

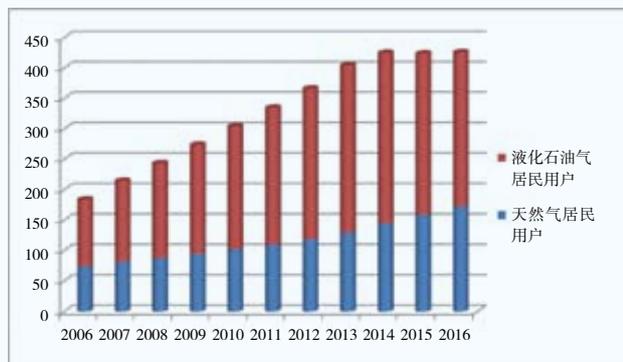


图3 2006年~2016年普通居民燃气用气结构对比图

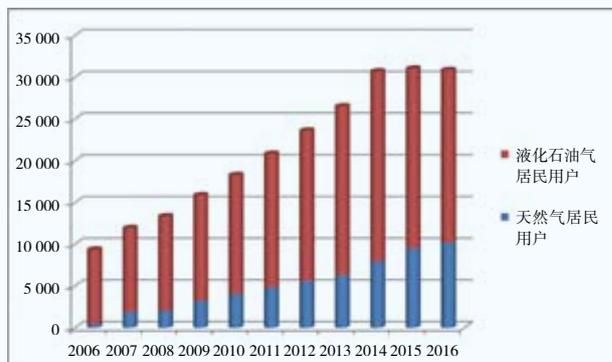


图4 2006年~2016年商业用户燃气用气结构对比图

深圳市工业用户数结构变化如图5所示，由于受到深圳市产业结构转型升级的影响，大量高耗能的制造业外迁，以及工厂的关闭，导致工业用户数总体上呈现下降趋势，用户总数逐年下降，2006年~2008年，深圳市只有少量的管道天然气工业用户，其余的全部为管道液化石油气和瓶装石油气用户。自2009年以来，管道天然气工业用户开始显著增长，到2012年西气东输二线开通以来，天然气工业用户明显加快了应用的步伐。液化石油气工业用户不断被天然气工业用户所替代，至2016年，液化石油气工业用户萎缩至940，管道天然气工业用户增长到950户。

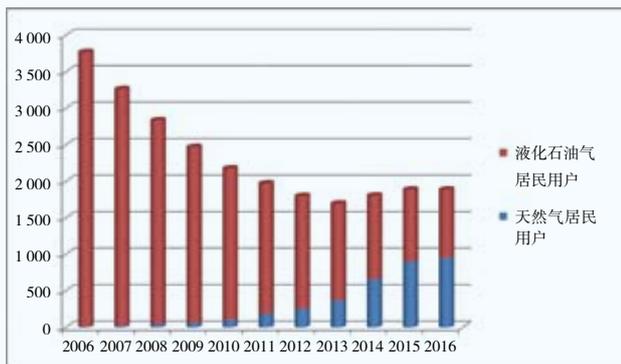


图5 2006年~2016年工业用户燃气用气结构对比图

## 2 深圳市未来5年燃气市场用气结构变化趋势预测

### 2.1 深圳市管道天然气用气量预测

#### 2.1.1 居民人口预测

根据深圳市统计年鉴的数据，截止2015年底，深圳市常住人口为1 078万人。2020年常住人口总数将达到1 480万人(深圳市发改委规划2020年人口控制在1 480万人)，户数达到423万户(户均人口3.5人)。预计深圳市2022年常住人口到达1 610万人，人口总户数达到460万户。

表6 常住人口及户数

类别	2017	2018	2019	2020	2021	2022
常住人口(万人)	1 224	1 304	1 389	1 480	1 550	1 610
户数(万户)	350	373	397	423	443	460

#### 2.1.2 居民用气量预测

1.居民用户市场拓展速度按此前5年平均值得考虑，全市年均增长13万户，其中新建楼宇(包含每年新成交商品房、保障房、小产权房等)每年发展8万户，老区改造加城中村每年发展7万户。5年共发展75万户，至2020年累计达到235万户，气化率达到55.6%。2022年达到275万户，气化率达到57.2%。

2.户均用气量按2016年180m<sup>3</sup>/户/年不变考虑。

3.到2022年，居民用气量达到4.79亿m<sup>3</sup>，年均复合增长率为8.5%。

表7 居民用气量预测

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
气化户数(万户)	188	204	220	235	255	275
气化率	53.8%	54.6%	55.1%	55.6%	56.5%	57.2%
居民用气量(亿m <sup>3</sup> )	3.26	3.53	3.8	4.09	4.44	4.79

#### 2.1.3 商业用气量预测

(1)城市燃气公司所在地的商业用气量占比情况

经分析深燃集团、港华燃气、中国燃气、香港中华煤气等公司约370多个城市燃气项目公司2014年的数据，商业用气量占居民用气量的比例约为70%~90%，其中深圳本地为79.1%。

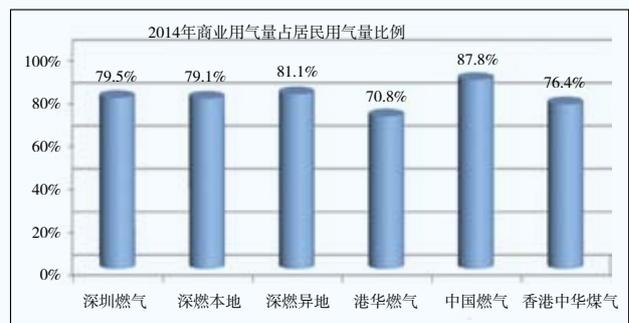


图6 商业用气量占居民用气量的比例

根据深圳市历年用气数据统计，商业用气量占居民用气量的比例约为70%~87%，历年平均值为79.7%，见表8。

(2)商业用气量预测

商业用气量占居民低指标用气量比例按79.7%考

考虑，预测到2020年，商业用气量达到3.25亿m<sup>3</sup>，总增长率为43.4%，年均复合增长率为7.5%。到2022年，商业用气量达到3.82亿m<sup>3</sup>，按照2016年的用气量和用户比例，10 199商业用户年用气量为2.38亿m<sup>3</sup>，推算出每年的商业用户数，到2022年，商业用户数达到23 952户。

### 2.1.4 工业用气量预测

#### (1) 深圳工业用气量与工业总产值的关系

深圳工业用气量和深圳市能源消耗量增长率逐年递减，但递减趋势趋于平缓。

2010年~2014年深圳工业用气量年增长量逐年递减，但趋势趋于平缓。

表8 深圳市历年商业用气量占居民用气量比例

(单位: 亿m<sup>3</sup>)

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
居民用气量	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.7	3.0
商业用气量	0.9	1.1	1.3	1.7	1.8	1.9	2.1	2.4
商业占居民用气量比例	71.0%	75.2%	77.4%	85.4%	86.7%	82.8%	79.1%	79.7%

表9 深圳市“十三五”商业用气量预测

(单位: 亿m<sup>3</sup>)

年份	2017	2018	2019	2020	2021	2022
居民用气量低指标	3.26	3.53	3.8	4.09	4.44	4.79
商业占居民用气量比例	79.7%	79.7%	79.7%	79.7%	79.7%	79.7%
商业用气量	2.59	2.81	3.03	3.25	3.54	3.82
商业用户数(户)	12 338	14 540	16 563	18 398	20 992	23 952

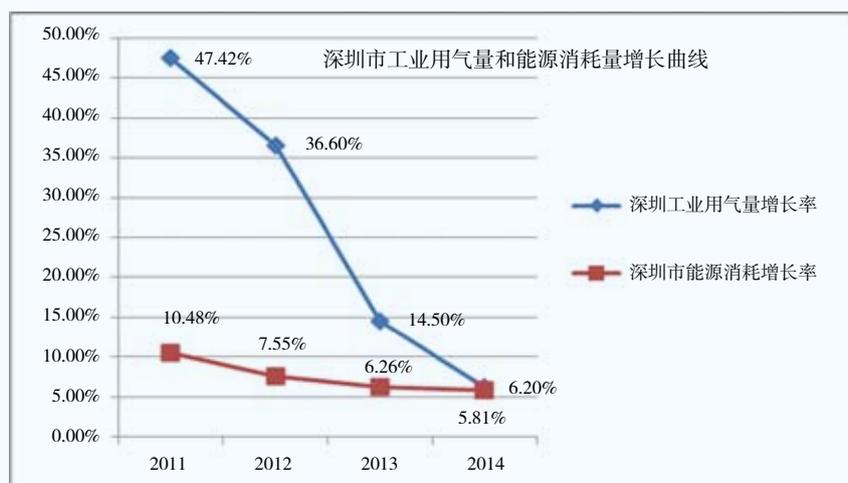


图7 深圳市工业用气量和能源消耗量增长曲线

表10 深圳市工业用气量

(万m<sup>3</sup>)

类别	2010	2011	2012	2013	2014
深圳市工业总用气量	9 189	20 159	25 566	27 981	22 501
剔除南玻后工业用气量	9 189	13 546	18 504	21 187	22 501
剔除南玻后每年工业增量	4 167	4 358	4 958	2 683	1 314
剔除南玻和东莞等转供气量后工业用气量	9 189	13 475	17 297	19 265	19 131
剔除南玻和转供气量后工业用气量增量	4 167	4 286	3 823	1 968	-135



图8 深圳工业用气量增长曲线

(2) 工业用气量预测

根据过去几年统计数据,剔除南玻及向东莞等转供气量后,深圳市工业用气量为负增长。“十三五”期间工业用气量低指标按照2015年规模保持2.50亿m³/a考虑。

2.1.5 未来5年深圳管道天然气用气量汇总

按照深圳燃气的“十三五”规划,到2020年,通过加大老旧住宅区及城中村管道天然气改造力度以及大力采取提高电厂用气量的措施,确保居民管道天然气用户数达到235万户,管道天然气气化率由2015年

的51.7%提高到55.6%。2021年和2022年延续这种增长速度,到2022年,管道天然气用户达到275万户,城市管道天然气气化率达到57.2%。

2.2 深圳市液化石油气用气量预测

2.2.1 液化石油气居民用气预测

通过对各瓶装石油气公司的走访和调研,2015年深圳市约有瓶装液化石油气居民用户265万户,“十三五”期间,深圳市计划改造60万户老旧住宅和城中村,液化石油气居民用户数将由2015年的265万户下降到2020年的205万户,对应的LPG用量由2015年的24.7万t递减到2020年的19.1万t;按照1480万常住人口进行校核,深圳市到2020年约有常住人口居民户数423万户,管道天然气用户约为235万户,对应的LPG居民用户数大概也在200万户左右。到2022年,按照“十三五”期间液化石油气市场的萎缩趋势,用户数递减为181万户,用气量递减到16.9万t。

2.2.2 液化石油气商业用户用气预测

2015年,深圳市商业用户用气总数为30822户,按照年均1.7%的速度递增,预计到2022年,商业用户总数达到34777户,商业用户总数减去天然气商业

表11 未来5年深圳管道天然气用气量汇总

类别		2017	2018	2019	2020	2021	2022	年增长率	
管道天然气	居民	用户数(万户)	188	204	220	235	255	275	8.1%
		用气量(亿m³)	3.26	3.53	3.8	4.09	4.44	4.79	8.5%
	商业	用户数(户)	12338	14540	16563	18398	20992	23952	14.1%
		用气量(亿m³)	2.59	2.81	3.03	3.25	3.54	3.82	7.7%
	工业	用户数(户)	1005	1090	1180	1275	1367	1465	7.2%
		用气量(亿m³)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	-

表12 液化石油气居民用气预测

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
LPG居民用户数(万户)	241	229	217	205	193	181
LPG居民用气量(万t)	22.5	21.3	20.2	19.1	18.0	16.9

表13 未来5年深圳市LPG商业用户数及用气量预测

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
商业用户总数(户)	31915	32475	33046	33624	34195	34777
天然气商业用户(户)	12338	14540	16563	18398	20992	23952
LPG商业用户(户)	19577	17935	16483	15226	13203	10852
商用LPG(万t)	6.8	6.2	5.7	5.3	4.6	3.8

用户数，剩余的为液化石油气商业用户数，液化石油气商业户均耗气量按照深圳市前几年商业平均耗气量3 485kg/户测算。到2022年LPG商业用户数由2017年的19 577户递减到2022年的10 852户，商业用量由2017年的6.8万t递减到2022年的3.8万t。

### 2.2.3 液化石油气工业用户用气预测

根据深圳统计年鉴资料，由于深圳市高耗能产业的外迁以及产业转移，深圳工业总耗能由2010年的463 971 × 10<sup>4</sup>kJ递减到2013年的300 254 × 10<sup>4</sup>kJ。



图9 深圳市工业总能耗

“十三五”期间，不再发展新的液化石油气户数，且新增的天然气用户数中全部是替换液化石油气，液化石油气工业户均耗气量按照深圳市前几年工业平均耗气量49t/户测算。“十三五”期间深圳市液

化石油气工业用户数每年新增用户数由2017年的80户增加到2020年的95户，此后，每年新增工业用户数保持95户不变。那么到2022年LPG工业用户数将递减到375户，工业用量递减到1.8万t。

### 2.2.4 未来5年深圳液化石油气用气量汇总

十三五期间，深圳市LPG用气量由2015年的37.1万t，递减到2020年的24.3万t。我们可以看到，受到天然气替代的影响，瓶装气市场不断萎缩，但到2020年仍有200万用户，天然气和液化石油气共存供气的格局仍将长期存在；但另一方面，由于行业萎缩，将进一步加剧行业恶性竞争，瓶装气安全管理形式日益严峻，亟待加强市场监管。此外，出于安全的考虑，充装站将进一步关停，行业存在整合需求。

### 2.3 深圳市未来5年燃气市场用气结构的变化趋势

未来5年（2017年~2022年）普通居民用户用气结构发展趋势如图10所示，从图10可以看出，液化石油气居民用户数不断萎缩，而天然气居民用户数稳步增长，按照此发展趋势，在2019年天然气居民用户数将超越石油气居民用户数，分别到达220万户和217万户，至2022年，管道天然气用户数增长至275万户，液化石油气居民用户数萎缩至181万户，总用户数为456万户，略小于2022年人口预测的460万户，差额部分可能由于此部分用户为非用气人口，比如集体宿舍员工、电磁炉和电热水器用户等，此差额在合理

表14 深圳市LPG工业用户数及用气量预测

	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
天然气工业用户 (户)	1 005	1 090	1 180	1 275	1 367	1 465
天然气新增户数 (户)	80	85	90	95	95	95
LPG工业用户 (户)	835	750	660	565	470	375
工业用LPG (万t)	4.1	3.7	3.2	2.8	2.3	1.8

表15 未来5年(2017年~2022年)深圳市液化石油气用户预测汇总

类别		2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	年增长率	
液化石油气	居民	用户数 (万户)	241	229	217	205	193	181	-5.6%
		用气量 (万t)	22.5	21.3	20.2	19.1	18.0	16.9	-5.6%
	商业	用户数 (户)	19 577	17 935	16 483	15 226	13 203	10 852	-11.1%
		用气量 (万t)	6.8	6.2	5.7	5.3	4.6	3.8	-11.0%
	工业	用户数 (户)	835	750	660	565	470	375	-14.8%
		用气量 (万t)	4.1	3.7	3.2	2.8	2.3	1.8	-15.2%

的范围内。

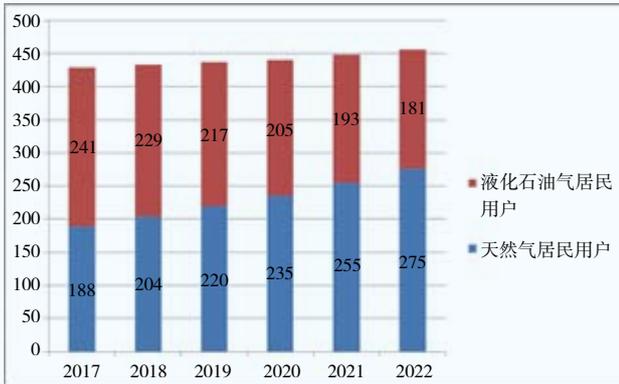


图10 2017年~2022年普通居民用户用气结构比较预测图 (单位: 万户)

未来5年(2017年~2022年)商业用户用气结构发展趋势如图11所示,从图11可以看出,液化石油气商业用户数不断萎缩,而天然气商业用户数快速增长,到2019年天然气商业用户数将超越石油气商业用户数,分别到达16 563户和16 483户。至2022年,管道天然气商业用户数增长至23 952户,液化石油气商业用户数萎缩至10 852户,总用户数为34 804户。

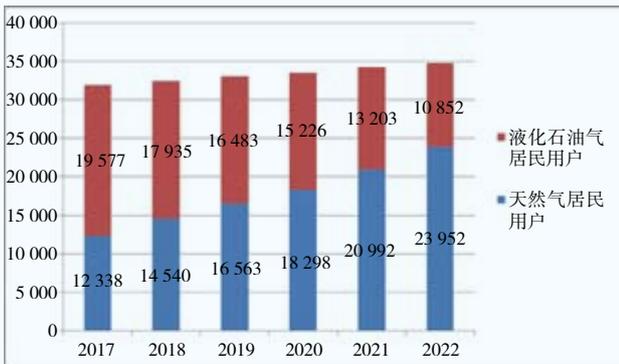


图11 2017年~2022年商业用户用气结构比较预测图 (单位: 户)

未来5年(2017年~2022年)工业用户用气结构发展趋势如图12所示,事实上,2016年天然气工业用户数就已经超越液化石油气工业的用户数。2017年到

2020年,工业用户总量基本保持不变,液化石油气工业用户不断被天然气所替代,到2022年,天然气工业用户数增长到1 465户,液化石油气工业用户萎缩至375户。

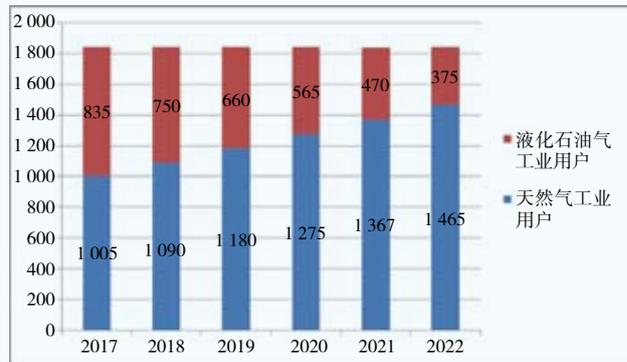


图12 2017年~2022年工业用户用气结构比较预测图 (单位: 户)

### 3 居民用气结构达到平衡状态的数学建模分析

城市人口不可能无限制增长,在增长趋于平缓后,管道天然气用户也面临着增长乏力,最终会稳定在一个较高的数值上。而瓶装液化石油气用户也不可能一直萎缩下去,根据香港、东京等其他发达国家城市的经验,瓶装气用户最终会萎缩到一个相对较小的数值,此后会和管道天然气用户以一个相对平衡的状态长期共存下去。此章节的目的在于通过数学建模,求解出在未来两者达到平衡状态时,最终的管道天然气用户和液化石油气用户数分别是多少。

#### 3.1 达到平衡时液化石油气用户数的建模分析

表16是2014年~2022年瓶装液化石油气居民用户的数据变化表格:

以X=年份-2013为横轴,用户数为纵轴作图得到以下变化趋势图,可以看出,在2014年~2022年间,瓶装液化石油气用户数和年份基本上呈线性关系变化,但随着时间的延长,变化趋势会发生改变,瓶装气用户数会递减的越来越慢,最终会趋于一个固定的数值,无限接近,因此我们联想到倒数函数模型(幂

表16 2014年~2022年瓶装液化石油气用户数的变化情况

年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
瓶装液化石油气用户数(万户)	280	265	253	241	229	217	205	193	181

函数)。

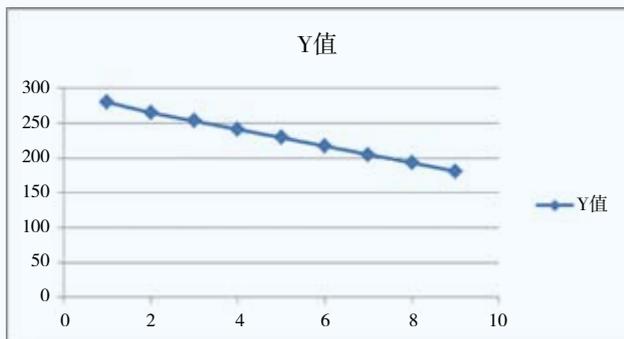


图13 2014年~2022年瓶装液化石油气用户数变化趋势图

将此曲线进行幂函数拟合,得到 $Y=298.94X^{-0.193}$ ,方差为0.8895,误差较小,在可以承受的范围之内,但是此方程缺陷是当 $X \rightarrow +\infty$ 时, $Y \rightarrow 0$ ,故此函数缺少一个常数项。

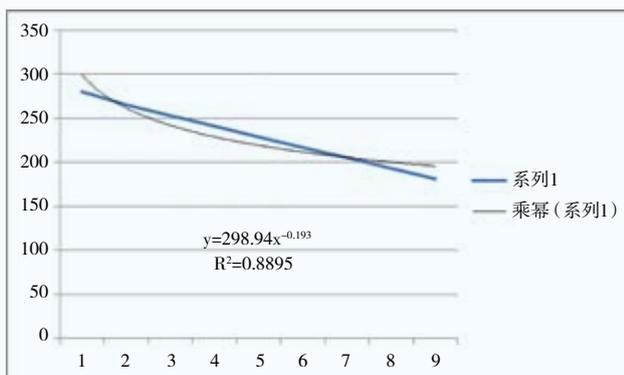


图14 2014年~2022年瓶装液化石油气用户数变化趋势图及拟合曲线图

那么,设用气户数为 $Z$ (单位:万户), $X$ =用气年份-2013,那么根据香港、东京等已有城市的瓶装液化石油气用户的变化规律,在居民用户递减到一定数值后,再往下递减的速度会越来越慢,最终会在一定的数值上达到平衡,并和管道气用户共存下去。那么根据这一规律。我们可以得知: $X \rightarrow +\infty$ 时, $Z$ 趋近于一固定值,设这一值为 $\alpha$ ,那么 $X, Z$ 的关系用幂函数表示为:

$$Z = \alpha + KX^{-\beta}$$

令 $Y = Z - \alpha$ ,即 $Z - \alpha = KX^{-\beta}$ ,当 $\alpha$ 取0时, $Z = KX^{-\beta}$ 。

表17  $\alpha=0$ 时 $Z-\alpha$ 的值以及方差 $R^2$ 的值

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$R^2$
Y	280	265	253	241	229	217	205	193	181	0.8895

拟合趋势线如图15所示,方差 $R^2=0.8895$ ,误差较小;

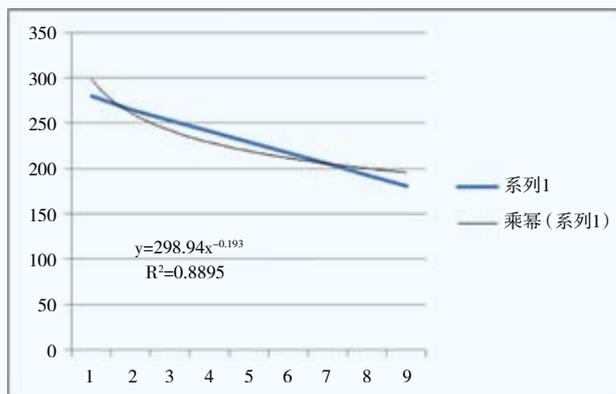


图15  $\alpha=0$ 时的曲线拟合图

当 $\alpha$ 取150时, $Z-150 = KX^{-\beta}$ ;

表18  $\alpha=150$ 时 $Z-\alpha$ 的值以及方差 $R^2$ 的值

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$R^2$
Y	130	115	103	91	79	67	55	43	31	0.7986

拟合趋势线如图16所示,方差 $R^2=0.7986$ ,误差超过承受范围;

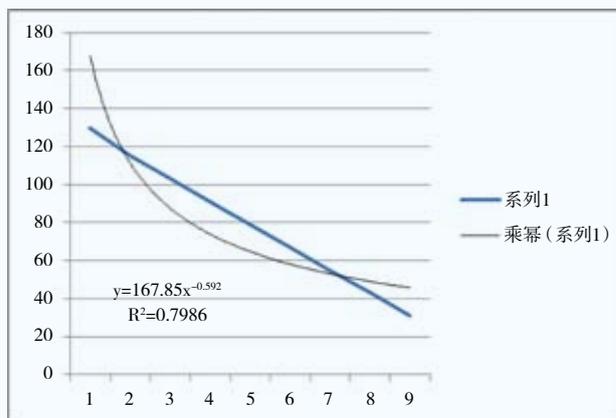


图16  $\alpha=150$ 时的曲线拟合图

根据实际情况, $\alpha$ 的取值应符合以下规律,首先方差 $R^2 \geq 0.8$ ,这样误差较小,然后是在方差合理范

围内， $\alpha$ 取最大值，这样符合瓶装液化石油气用户的萎缩的规律。

那么将 $\alpha$ 值分别取65, 75, 85, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 代入 $Z-\alpha$ , 得出2014年-2022年的 $Z-\alpha$ 值, 继而用Excel软件进行幂函数曲线拟合, 得到的平方差值如表19所示。

根据以上 $X$ 对应不同 $Z-\alpha$ 值, 分别建立 $Y=KX^{-\beta}$ 的拟合曲线, 并且算出该曲线的方差值 $R^2$ , 那么不同的 $\alpha$ 对应的方差值如表20所示。

以 $\alpha$ 为横轴,  $R^2$ 为纵轴, 绘制 $R^2$ 随 $\alpha$ 值变化的曲线图, 如图17所示, 随着 $\alpha$ 值的不断增加,  $R^2$ 呈不断减小的趋势。

分别应用指数, 线性, 对数, 多项式, 幂函数对该曲线进行拟合, 发现, 多项式的拟合程度最好, 方差高达0.9951, 因此得出 $R^2=-9E-06\alpha^2+0.0012\alpha+0.8347$ ;

随着 $\alpha$ 值的递增,  $R^2$ 值随之递减, 最优的筛选结果是方差 $R^2$ 的值在0.8以上, 这样曲线的拟合程度较好, 同时 $\alpha$ 在 $R^2 \geq 0.8$ 时取最大值。

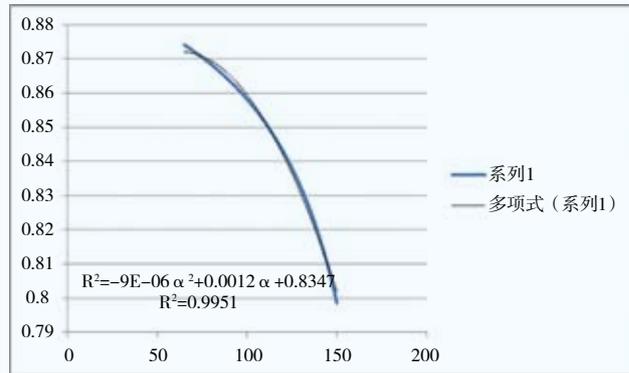


图17 方差 $R^2$ 随 $\alpha$ 变化的曲线图和拟合趋势变化

因此, 令 $R^2=0.8$ , 根据 $R^2=-9E-06\alpha^2+0.0012\alpha+0.8347$ 计算出:

$\alpha=157$  (万户), 但当 $\alpha=157$ 时, 根据 $Z-157=KX^{-\beta}$ 的拟合曲线得出:  $R^2=0.7791$ , 此方法计算的 $\alpha$ 存在较大的误差。

表21  $\alpha=157$ 时倒推出的 $Z-\alpha$ 年份值以及方差 $R^2$ 值

$\alpha$	Z- $\alpha$									$R^2$
157	123	108	96	84	72	60	48	36	24	0.7791

表19  $\alpha$ 取不同值时 $Z-\alpha$ 的年份值以及方差 $R^2$ 的变化数据

$\alpha$	Z- $\alpha$									$R^2$
150	130	115	103	91	79	67	55	43	31	0.7986
145	135	120	108	96	84	72	60	48	36	0.8094
140	140	125	113	101	89	77	65	53	41	0.8183
135	145	130	118	106	94	82	70	58	46	0.8259
130	150	135	123	111	99	87	75	63	51	0.8324
125	155	140	128	116	104	92	80	68	56	0.838
120	160	145	133	121	109	97	85	73	61	0.843
115	165	150	138	126	114	102	90	78	66	0.8474
110	170	155	143	131	119	107	95	83	71	0.8513
105	175	160	148	136	124	112	100	88	76	0.8549
100	180	165	153	141	129	117	105	93	81	0.8581
95	185	170	158	146	134	122	110	98	86	0.861
85	195	180	168	156	144	132	120	108	96	0.8661
75	205	190	178	166	154	142	130	118	106	0.8704
65	215	200	188	176	164	152	140	128	116	0.8741

表20  $\alpha$ 取不同值时方差 $R^2$ 的变化数据

$\alpha$	150	145	140	135	130	125	120	115	110	105	100	95	85	75	65
$R^2$	0.7986	0.8094	0.8183	0.8259	0.8324	0.838	0.843	0.8474	0.8513	0.8549	0.8581	0.861	0.8661	0.8704	0.8741

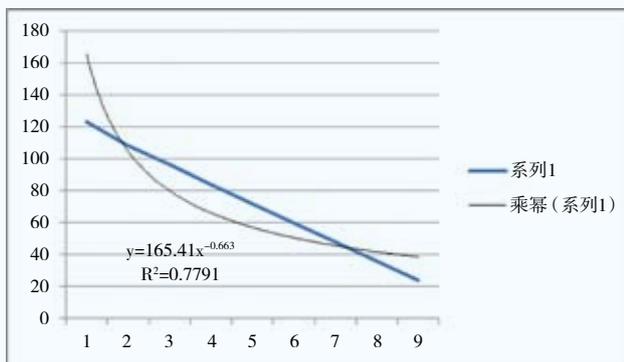


图18  $\alpha=157$ 时的拟合曲线

考虑到  $\alpha$  在150~65之间呈单一下降趋势变化，我们不妨用试错法进行  $\alpha$  的筛选，分别取  $\alpha=150, 149, 148, 147, 146$ ，计算出相应的  $Z-\alpha$ ，利用 Excel 表进行幂函数曲线拟合，得出的方差数值如表 22 所示：

从表 22 数据可以看出，当  $\alpha=149$  时， $R^2$  最接近 0.8，因此最终液化石油气居民用户会稳定在 149 万户左右。

此时，按照  $\alpha=149$ ，生成的幂函数拟合曲线如下图所示。函数方程为： $Z=149+168.31X^{-0.583}$

注：此方程只适用于计算瓶装液化石油气局面用户达到平衡时的临界值，其他时候不适用。

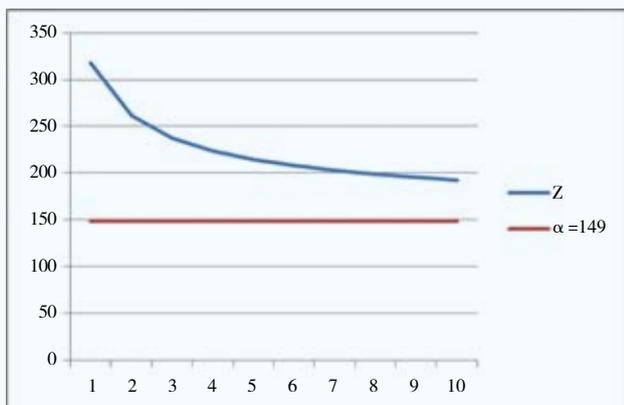


图19 函数方程及极限值示意图

### 3.2 达到平衡时管道天然气的用户数建模分析

表23 2014年~2022年管道天然气居民用户数

年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
用户数(万户)	145.1	159.1	173	188	204	220	235	255	275

设用户数为  $Y$ ， $X=$ 年份-2013 ( $X \geq 0$ ) 那么以  $X$  为横轴， $Y$  为纵轴，作出  $Y$  随  $X$  变化如图 20 所示：

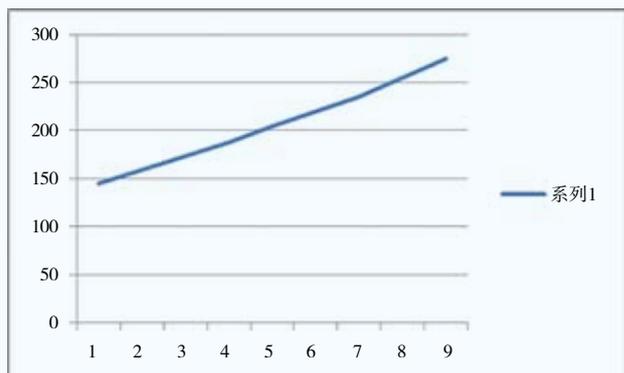


图20 2014年~2022年管道天然气居民用户数变化趋势图

可以看出在 2014 年~2022 年间，居民用户数基本上和时间  $X$  轴成线性关系，但实际情况是，未来“十四五”或“十五五”期间，居民管道气用户数随着时间的推移，人口饱和，市场也随之饱和，增加的速度会越来越慢，因此我们考虑用对数曲线来进行拟合。

参数修正：当  $X=9$  时， $Y=275$ ，那么修正常数  $\alpha=275-126.25=148.75$ ，修正后的方程为：

$$Y=57.457\ln X+148.75;$$

注：此方程只适用于计算 2022 年~2030 年的管道天然气用户数，超过此范围则不准确。

深圳市预计 2030 年前后人口达到饱和，估计

表22 取 $\alpha=150-146$ 之间的5个数据比较 $R^2$ 值

$\alpha$	$Z-\alpha$									$R^2$
150	130	115	103	91	79	67	55	43	31	0.7986
149	131	116	104	92	80	68	56	44	32	0.8009
148	132	117	105	93	81	69	57	45	33	0.8032
147	133	118	106	94	82	70	58	46	34	0.8053
146	134	119	107	95	83	71	59	47	35	0.8074

约1 700~1 800万人口，那么， $X=2\ 030-2\ 013=27$ ，2030年到达饱和的管道天然气居民用户数为 $Y=57.457\ln 27+148.75=338.12\approx 338$ （万户）。

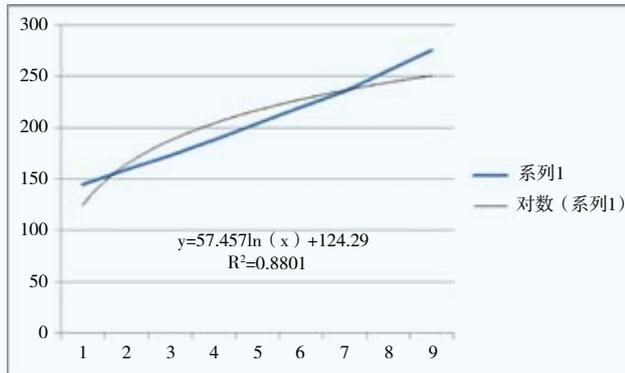


图21 对数曲线来进拟合的管道天然气用户增长情况

### 3.3 总结

综上，当管道天然气居民用户数和瓶装液化石油气用户数达到平衡时（约2030年前后），管道天然气用户数达到338万户，瓶装液化石油气用户达到149万户，总用户数487万户，按照每户3.5人测算，倒推出届时深圳人口为1 704万人。符合深圳市人口增长的规律（见表24）。

表24 达到平衡状态时的管道气和瓶装气用户数汇总

管道天然气居民用户数	瓶装液化石油气居民用户数	用户总数	总人口
338万户	149万户	487万户	1 704万

## 企业管理消息

### 张家口中油金鸿天然有限公司 多措并举确保党员干部“过节不失节”

国庆、中秋节“两节”将至，为进一步贯彻落实中央八项规定精神，持之以恒抓好“四风”，张家口中油金鸿天然有限公司在“早”字上下功夫，在“防”字上动实招，确保公司党员干部过一个祥和节俭、风清气正的节日。

打好“预防针”。进入9月以来，公司通过短信平台、微信公众号向全公司党员领导干部送上节日“廉礼”，提醒党员干部“清廉常挂心头”，做到“过节不失节”。同时，充分利用各种会议、各种载体及观看警示教育片《永远在路上》等形式，广泛宣传廉洁自律各项规定，积极营造风清气正、廉洁文明的节日气氛。

念好“紧箍咒”。公司通过下发《关于加强国庆、中秋节期间作风建设的通知》，发放明白纸等形式，进行警示提醒，重申“十个严禁”，坚决防范用公款送节礼、公款大吃大喝等违纪行为发

生。要求各级党员干部要以身作则、率先垂范，坚决抵制各种歪风邪气，自觉接受群众监督，切实给过好双节戴上了“紧箍咒”。

设好“站岗哨”。为强化监督力量，公司专门成立了纪检监察室，配备了专职工作人员，进一步推进了企业纪检工作的落实。公司结合一问责八清理专项行动，对基层各部门的财务、劳务、物资采购、工程招标投标方面的进行监督检查，对存在问题进行纠正。出台了《业务招待费管理办法》，严格了业务招待管理，规范了招待行为。节日前夕，公司检查组将对公司车辆节日期间封存及安排情况进行检查，确保预防公车私用、违规用车情况。节日期间，公司将采取各基层领导自查、纪委抽查等方式，对值班在岗情况等进行检查，进一步保持监督检查强劲声势，持续营造“不敢”的氛围。

（王嘉亮）