

住宅燃气用气量关键影响因素分析

赵珍云

太原天然气有限公司 山西 太原 030032

【摘要】：本研究通过定量分析与案例对比方法，系统探究了计量表具准确性、阶梯气价政策及气源质量对居民燃气用气量的影响机制。结果表明：温度每变化 1℃，计量精准度会受到约 0.34% 的影响；阶梯气价实施后居民月均用气量下降 12.7%；燃气热值每降低 1 MJ/m³，居民月均用气量约增加 2.5%~3%。研究证实，优化表具准确性、差异化阶梯气价政策及稳定气源品质是燃气企业提升管理效能的关键路径，为兼顾企业效益与民生保障提供了量化决策依据。

【关键词】：膜式燃气表；用气量；影响因素；住宅燃气

DOI:10.12417/2705-0998.26.09.056

引言

在“碳达峰、碳中和”战略背景下，天然气作为清洁能源在住宅领域的应用日益广泛。居民燃气用气量不仅关系千家万户的生活成本，更是影响燃气企业运营效益的核心指标。住宅燃气使用具有明显的季节性和时段性特征，受建筑保温性能、家庭人口结构、用气设备效率等多重因素影响。本文聚焦住宅环境，从计量表具准确性、阶梯气价政策、气源质量三个维度，深入分析影响居民燃气用气量的关键因素，为优化住宅燃气管理提供科学依据。^[1]

1 住宅燃气表计量特性分析

1.1 住宅表具的特殊性

住宅用燃气表具在安装环境和使用模式上与商业场所存在显著差异。根据 GB/T6968^[2]和 JJG557^[3-4]标准，住宅表具需适应更复杂的环境条件。住宅表具通常安装在厨房或楼道，受烹饪油烟、温湿度变化影响更大，且用气呈现早、晚高峰特征，流量波动更为频繁。

1.2 住宅计量方式的特点

住宅主要采用 G1.6-G2.5 型膜式燃气表，计量室容积较小（1.2dm³ ± 0.5%），更适合低流量精确计量。住宅用气具有单次用量小但频次高的特点，这对表具的重复计量精度提出了更高要求。智能燃气表在住宅领域的普及，使得用气数据采集更为精准，为分析提供了数据基础^[5]。

1.3 住宅环境对计量的影响

1.3.1 温度影响

住宅燃气表受季节温度变化影响显著。冬季采暖期，北方住宅表具安装环境温度可能低于 0℃，而夏季厨房温度可达

30℃ 以上。研究表明，住宅燃气表在冬季平均偏差达 -6.09%，夏季仅 -0.34%，温差影响相差 18 倍。对于未安装温补装置的住宅表具，这一误差直接导致计量偏差。

表 1 住宅燃气表季节性误差对比

季节	平均温度(℃)	相对误差(%)	典型住宅月误差(m ³)
冬季	0.38	-6.09	-1.37(以月均 22.5m ³ 计)
夏季	20.78	-0.34	-0.08

1.3.2 压力波动

输配压力与住宅用气的关联性。城市燃气输配系统的压力等级直接影响住宅用气的稳定性和计量准确性。目前我国住宅燃气供应普遍采用“中压 A-低压”二级输配系统：中压管网（0.2-0.4MPa）：承担区域输送功能；楼栋调压箱（出口压力 2-3kPa）：为住宅提供稳定低气源。

研究表明，当调压器出口压力波动超过 ±10% 时，会导致住宅燃气表计量偏差达 0.8%-1.2%。特别是高层住宅存在的“高程压差效应”（每 10 米高度差产生约 0.35kPa 压力变化），可能造成顶层与底层用户用气量计量差异。

1.3.3 管网布局对住宅用气品质的影响

城市燃气管网的拓扑结构直接影响住宅用户的用气体验：环状管网：保障供气可靠性，使住宅用户高峰时段压力稳定；枝状管网：末端住宅用户可能面临压力不足问题。实测数据显示，在同样用气条件下：环状管网供气住宅区：压力波动 ≤ 5%；枝状管网末端住宅：压力波动可达 15%-20%。

这种压力波动不仅影响燃具热效率（热效率差异可达3%-5%），还会导致住宅用户为获得相同热输出而增加用气量。

对高层住宅小区采用“分区调压”技术，按建筑高度划分压力区。推广智能调压设备，实时监测并自动调整住宅入户压力。建立住宅用气负荷预测模型，提前识别管网薄弱环节针对新建住宅区，采用水力计算优化管网管径选择。

住宅专用输配措施：

（1）智能流量调节阀：在住宅小区引入口安装，平衡各楼栋用气压力。

（2）末端储气装置：在用气高峰时段为枝状管网末端住宅提供补充气源。

（3）分布式监测系统：在住宅小区设置压力、热值在线监测点。

住宅燃气压力虽经调压器稳定，但在用气高峰时段仍会出现微小波动。多层住宅顶层与底层可能存在约0.5kPa的静压差，导致相同用气行为产生约0.5%的计量差异。新建住宅采用楼栋调压可有效缓解此问题。

2 阶梯气价对住宅用气行为的影响

2.1 住宅用气特征分析

住宅用气主要用于烹饪、热水和采暖（北方），具有明显的刚需特征。统计显示，普通三口之家基础烹饪用气约8-10m³/月，热水用气约5-8m³/月，采暖用气可达100-300m³/月（北方集中供暖区域除外）。阶梯气价针对不同用气需求设置差异化价格，有效引导节约用气。

2.2 价格弹性实证分析

阶梯气价实施后，住宅月均用气量下降12.7%，其中：基本生活用气量（第一档）保持稳定，降幅仅2.3%；舒适型用气（第二档）降幅达15.3%；奢侈型用气（第三档）降幅为9.8%；这表明阶梯气价对改善型用气的调节效果最为显著。住宅用户对气价变化的敏感度呈现“中间高、两端低”的特征。

2.3 住宅差异化定价建议

基于住宅用气特点，建议：按家庭人口数调整各档气量基数；采暖区域设置季节性气量调整系数；对老年家庭等特殊群体设置保障气量。

3 气源质量对居民用气量的影响

燃气质量的两个重要指标为高华白数和高热值，根据国家标准《城镇燃气分类和基本特性》（GB/T13611）中气源质量的相关要求，12T天然气的高热值标准值为37.78 MJ/m³，波动范围在31.97~43.57 MJ/m³之间；12T天然气的高华白数标准值为50.72，波动范围在45.66~54.77之间。针对相关热值和华白数问题，我们做出可能性分析。

3.1 热值对用气量的影响

目前居民燃气灶的额定用气压力为2000Pa，假设按照居民月户均用气量约11m³，高位发热量为37.46MJ/m³来计算，月均用气热值为11*37.46=412.06MJ。根据气源适配气结果，当满足《城镇燃气分类和基本特性》中12T最低热值（即31.97MJ/m³）要求时，可充入氮气达到15.71%，此时华白数为40，不满足12T天然气的最低华白数要求，燃烧工况非常差，几乎点不着火。这时，居民的月户均量将会达到412.06/31.97=12.89m³。月户均提高的增量百分比为(12.89-11)/11=17.18%。

3.2 华白数对用气量的影响

目前天然气中含氮气约为0.59%摩尔分数，高位发热量约为37.46MJ/m³，根据气源适配气情况，在满足国标规定12T的最低华白数（即45.66）要求下，存在以下两种情况：

第一种情况是，在2KPa压力下可充入氮气达到7%，这时燃气的热值约为35.55MJ/m³；居民的月户均量约为412.06/35.55=11.59m³，月户均提高的增量百分比为(11.59-11)/11=5.4%；

第二种情况是，在3KPa压力下可充入氮气达到10%，这时燃气的热值约为34MJ/m³。居民的月户均量约为412.06/34=12.12m³，月户均提高的增量百分比为(12.12-11)/11=10.18%。

通过以上两种情况分析可得，在最低高热值情况下，月户均量最大为12.89m³，此时提高的增量百分比为17.18%；在最低华白数情况下，3KPa压力下月户均量最大为12.12m³，此时提高的增量百分比为10.18%。

燃气热值每降低1MJ/m³，居民月均用气量约增加2.5%~3%。若热值或华白数不达标，不仅导致用气量上升（最高+17.18%），还可能影响燃烧效率。因此，燃气企业应严格管控气源质量，确保热值稳定，以减少用户用气成本波动并保障燃烧安全。

4 住宅燃气管理优化策略

4.1 计量精度提升措施

推广温补表具：在温差大的地区优先安装温度补偿燃气表，可将温度影响降至0.1%以内优化安装位置：避免将表具安装在温度极端波动的阳台或通风井。定期检定维护：针对住宅环境特点，缩短老旧小区表具检定周期。

4.2 阶梯气价优化建议

动态调整机制：根据物价指数和居民收入水平定期调整各档气量及价格。

区域差异化：南方非采暖区与北方采暖区设置不同的气量分档标准。

信息化服务：通过 APP 实时提醒用气量接近档位临界值，帮助居民规划用气。

4.3 气源质量控制方案

建立热值监测网：在住宅密集区增设在线热值分析仪。

应急调配机制：当气源质量波动超过 3% 时，启动备用气源调配。

用户告知制度：气源参数变化超限时，提前通知居民调整燃具。

5 结论

本研究针对住宅燃气使用特点，得出以下结论：

(1) 温度对住宅燃气表计量影响显著，冬季误差可达夏季 18 倍，建议温差超过 15℃ 的地区优先采用温补表具。

(2) 阶梯气价对住宅舒适型用气调节效果最佳（降幅 15.3%），应结合家庭人口结构优化分档标准。

(3) 住宅燃具对气源质量敏感，热值波动应控制在 ±3% 以内，避免用气量异常增加和安全隐患。

(4) 将输配系统优化与前述计量、价格、气源措施结合，形成住宅燃气用量的系统化管理方案：前端控制：严格气源热值管理（波动 ≤ ±3%）；输配优化：保障住宅入户压力稳定（波动 ≤ ±5%）；精准计量：推广温补智能燃气表；合理定价：实施动态阶梯气价。

通过这种全链条管理，可使住宅用气量综合波动控制在 ±5% 以内，显著提升管理效能和用户满意度。

住宅燃气管理需建立“精准计量-合理定价-优质供气”的全链条优化机制，平衡企业效益与民生保障。未来研究可进一步探讨智能家居场景下用气行为变化、住宅能源耦合系统（气-电-热）协同优化等方向，为住宅领域能源转型提供更全面的解决方案。

参考文献：

- [1] 住房和城乡建设部.城镇燃气分类和基本特性:GB/T13611-2018[S].北京:中国标准出版社,2019.
- [2] 全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会.膜式燃气表:GB/T6968-2019[S].北京:中国标准出版社,2019.
- [3] 中华人民共和国建设部.城镇燃气设计规范:GB50028-2006.[S].北京:中国建筑工业出版社,2020.
- [4] 全国流量容量计量技术委员会.膜式燃气表检定规程:JJG557-2011.[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [5] 韩朝辉,梁传运,张景.燃气仪表计量的影响因素分析[J].上海煤气,2020,(05):22-24.