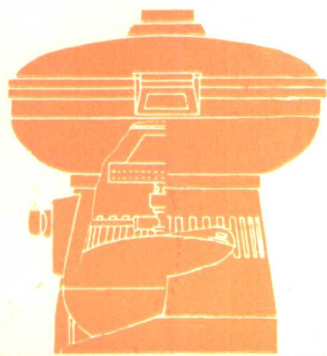
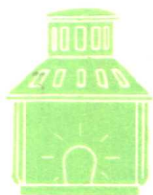
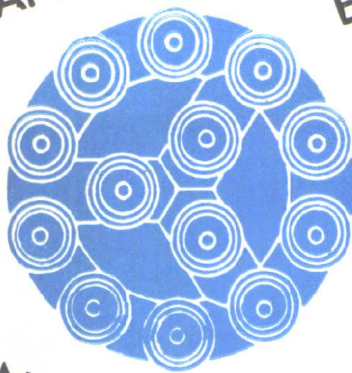


民用燃气用具 的使用和保养

奚黛玲 李聚 等编

MINYONG RANQI YONGJU DE

SHIYONG HE BAOYANG



GUOFANG GONGYE CHUBANSHE

目 录

第一章 燃气的分类、性质及其燃烧器	1
一、燃气的分类及用途	1
二、燃气的燃烧特性	5
三、各种燃气的额定压力	11
四、各种燃气的特点	12
五、燃气燃烧器的种类和燃烧稳定性	15
第二章 家用燃气用具	20
一、家用灶	20
二、燃气烤箱灶	37
三、家用燃气热水器	60
四、燃气红外线辐射器	82
五、燃气火锅	96
六、燃气饭煲	105
七、燃气灯	113
第三章 大型燃气用具	126
一、中餐燃气炒菜灶	126
二、炊用燃气大锅灶	143
三、燃气蒸箱	172
四、燃气西餐灶	185
五、燃气饼炉	193
六、燃气炸锅灶	201
七、燃气沸水器	215

VI

八、燃气消毒箱	231
第四章 燃气的点火装置及安全自控装置	236
一、燃气的点火装置	236
二、安全自控装置	246
第五章 安全技术、室内通风及排烟	261
一、燃气的爆炸、火灾及防护措施	261
二、煤气、烟气及缺氧对人的危害	265
三、应用燃气房间的通风及排烟	273
参考文献	280

第一章 燃气的分类、性质 及其燃烧器

一、燃气的分类及用途

城市民用和工业用燃气是由可燃气体和不可燃气体组成的混合气体。可燃气体有氢、一氧化碳和碳氢化合物；不可燃气体有二氧化碳、氧和氮气等。

燃气的种类很多，主要有人工燃气、天然气、液化石油气和人工沼气。

（一）人工燃气

根据制气原料和制气方法不同，人工燃气可分为三大类。

1. 固体燃料干馏煤气

利用焦炉、连续式直立炭化炉（又称伍德炉）和立箱炉，对煤进行隔绝空气干馏所获得的煤气称为固体燃料干馏煤气。

煤气中的可燃成分主要有氢和甲烷。低热值一般为 $17\text{MJ}/\text{m}^3$ 左右。这类煤气的生产历史较长，工艺比较成熟，是我国目前城市燃气的主要气源之一。

2. 固体燃料气化煤气

利用含氧的气化剂（空气、氧、水蒸汽）直接与固体燃料接触，通过化学反应获得。压力气化煤气、水煤气、发生炉煤气均属此类。压力气化煤气的主要组分为氢及甲烷，低热值在 $15\text{MJ}/\text{m}^3$ 左右，可直接用作城市煤气。

水煤气和发生炉煤气主要由氢、一氧化碳和一部分惰性气体组成，低热值仅为 $5.4 \sim 10.5 \text{ MJ/m}^3$ 。又由于其一氧化碳含量超过城市煤气的允许量，而且毒性大，不可以单独作为城市燃气的气源。主要作为工业用燃料气或合成原料气，在城市燃气中可用于加热焦炉或直立炭化炉，以顶替出热值较高的干馏煤气，或与重油裂解气掺混，调节供气量或燃气热值，作为城市燃气的补充或调峰气源。

目前，有的单位将常压水煤气部分甲烷化，采用降低一氧化碳浓度的甲烷化催化剂及甲烷化工艺，以提高水煤气的热值，使之符合城市煤气的质量标准。

3. 油制气

我国某些城市，利用重油制取城市燃气。国外一般使用石脑油。

按制取方法不同，可分为重油蓄热热裂解制气和重油蓄热催化裂解制气两种。重油蓄热热裂解气以甲烷、乙烯和丙烯为主要组分，低热值约为 42 MJ/m^3 。需与干馏煤气及水煤气掺混后供应城市。每吨重油可产气 $500 \sim 550 \text{ m}^3$ 。重油蓄热催化裂解气中氢的含量最多，也含有甲烷和一氧化碳，其成分接近于干馏煤气，低热值在 $17.6 \sim 21 \text{ MJ/m}^3$ 左右，可直接供应城市，利用三筒炉催化裂解装置，每吨重油的产气量约为 $1200 \sim 1300 \text{ m}^3$ 。

由于油制气的生产装置简单，投资少，占地少，启动、停炉机动灵活，故可作为城市燃气的基本气源，也可作为城市燃气的调峰气源。

(二) 天然气

天然气一般分为四种：从气井开采出来的气田气称纯天然气；伴随石油一起开采出来的石油气，称为石油伴生气；

含石油轻质馏分的凝析气田气；从井下煤层抽出的煤矿矿井气。

纯天然气的组分以甲烷为主，还含有少量的二氧化碳、硫化氢、氮和微量氦、氖、氩等气体。但甲烷一般不少于90%，低热值为 $34.8\sim 36\text{MJ/m}^3$ 。而石油伴生气中含有80%的甲烷，乙烷、丙烷和丁烷的总量约为15%，低热值约为 42MJ/m^3 。凝析气田气除含大量甲烷外，还有戊烷等碳氢化合物，低热值约为 27.5MJ/m^3 。矿井气的主要组分是甲烷，其含量随采气方式而变化，一般甲烷含量为30~55%，低热值为 $12.6\sim 18.9\text{MJ/m}^3$ 。

（三）液化石油气

液化石油气主要是从石油加工或油气开采中得来。目前，我国一些城市使用的液化石油气主要是从石油精炼过程中催化裂化气体中提取的。液化石油气产量通常约占催化裂化装置处理量的7~8%。

液化石油气主要是由碳和氢两种元素构成的碳氢化合物，化学上称为“烃”。烃类是一种有机化合物。液化石油气的主要成分是丙烷、丙烯、丁烷和丁烯，习惯上又称 C_3 、 C_4 ，即只用烃的碳原子（C）数表示。这些碳氢化合物在常温常压下呈气态，当压力升高或温度降低时，很容易转变为液态。从气态转变为液态，其体积约缩小250倍。气态液化石油气的低热值约为 $92\sim 121\text{MJ/m}^3$ 。液态液化石油气的低热值约为 $45\sim 46\text{MJ/kg}$ 。液化石油气中的烷烃部分用作燃料，而烯烃部分可作化工原料。

（四）人工沼气

人工沼气是由各种有机物质，如蛋白质、纤维素、脂肪、淀粉等，在厌氧的环境中，即隔绝空气，经微生物分解而产

生的一种可燃气体。因为最早是在沼泽地中发现，因此也称为沼气。

人工沼气的发酵原料是取之不尽，用之不竭的。如各种秸秆、稻草、人畜粪便、各种生活及工业污水中的有机物质。沼气中各种气体的成分含量不是固定不变的。它随被分解的有机物的性质、数量、沼气微生物的种类、沼气发酵条件和不同发酵阶段而变化。一般来说，沼气主要由55~70%甲烷，25~35%二氧化碳及少量的氢、一氧化碳、硫化氢、氨、氮、氧及三氧化磷等组成，低热值约为20~25MJ/m³。

一些常用燃气的组分及低热值列于表 1-1。

表1-1 燃气的组分及低热值

[illegible]

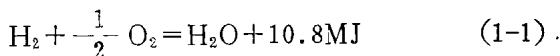
上述各种燃气中均含有不同的杂质，如焦油、灰尘、萘、硫化氢、氨和水等，造成对管道、仪表、设备的堵塞和腐蚀，有些组分给用户的使用带来不便。

二、燃气的燃烧特性

燃气的所有性质，如密度、相对密度、高热值、低热值，以及其他燃烧参数，如燃烧温度、燃烧速度、爆炸极限、理论空气需要量等参数，都由燃气成分所决定。

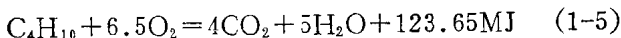
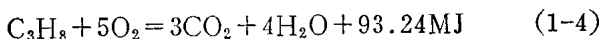
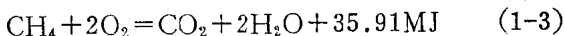
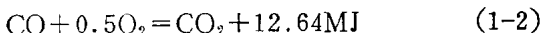
(一) 燃气的燃烧

气体燃料中含碳、氢等元素，因其本身就是可燃物质，所以在空气中氧的作用下，一遇明火即可进行燃烧。在燃烧过程中，碳、氢和氧发生化学结合，散发出光和热。例如，当点燃氢时，它就和空气中的氧化合，产生水蒸汽，这种最普通的反应，可用下列方程表示：



这就是说，一个体积的氢，加半个体积的氧，产生一个体积的水蒸汽，同时散发出 10.8MJ 的热量。

其他可燃组分的热化学反应方程式如下：



(二) 理论空气量和实际空气量

1. 理论空气量

由燃烧反应必须具备的条件可知，燃气燃烧需要供给适

量的氧气。氧气过多或过少都对燃烧不利。在燃气应用设备中燃烧所需要的氧气一般是从空气中直接获得。由于空气中氧含量占 20.9%，其余为氮及微量二氧化碳。因此，干空气中氮与氧的容积比为 3.76。

所谓理论空气需要量，是指每米³（或千克）燃气按燃烧反应计量方程式完全燃烧所需的空气量，单位为 m³/m³ 或 m³/kg。理论空气量也是燃气完全燃烧所需的最小空气量。

各单一可燃气体燃烧所需的理论空气量列于表 1-2。

当已知燃气组分，可按下式计算燃气燃烧所需的理论空气量。

$$V_0 = \frac{1}{21} \left[0.5H_2 + 0.5CO + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_mH_n + 1.5H_2S - O_2 \right] \quad (1-7)$$

式中 V_0 ——理论空气需要量 (Nm³ 干空气 / Nm³ 干燃气)；

H_2, CO, C_mH_n, H_2S ——燃气中各种可燃组分的容积成分；

O_2 ——燃气中氧的容积成分。

从可燃气体燃烧反应方程式中可以看出，燃气的热值越高，燃烧所需的理论空气量也越多。

2. 实际空气需要量

由于燃气与空气存在混合不均匀性，如果在实际燃烧装置中只供给理论空气量，则很难保证燃气与空气的充分混合，达到完全燃烧。因此，实际供给的空气量应大于理论空气量，以增加燃气分子与空气分子相互碰撞的可能性，促使燃烧完全。

实际供给的空气量 V 与理论空气量 V_0 之比称为过剩空

表1-2 单一可燃气体的燃烧特性

序号	气体名称	分子式	密度 ρ ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	着火温度 t ($^{\circ}\text{C}$)	爆炸极限 (空气中体积%)		最大燃烧速度 u (m/s)	最大燃烧速度时一次空气系数 α	理论空气耗量 (m^3/m^3)		热值 (MJ/m^3)		燃烧温度 ($^{\circ}\text{C}$)	理论烟气量 (m^3/m^3 干燃气)
					下	上			空气	氧	高	低		
1	氢	H_2	0.0899	400	4	75.9	2.80	0.57	2.38	0.5	12.7	10.79	2210	2.88
2	一氧化碳	CO	1.2506	605	12.5	74.2	0.56	0.46	2.38	0.5	12.64	12.64	2370	2.88
3	甲烷	CH_4	0.7174	540	5	15	0.38	0.9	9.52	2.0	39.8	35.88	2043	10.52
4	丙烷	C_3H_8	2.0102	450	2.1	9.5	0.42	1.0	23.8	5.0	101.2	93.18	2155	25.80
5	丁烷	C_4H_{10}	2.7030	365	1.5	8.5	0.38	1.0	30.94	6.5	133.8	123.57	2130	34.44
6	硫化氢	H_2S	1.5363	270	4.3	45.5			7.14	1.5	25.35	23.37	1900	7.64

气系数 α 。即：

$$\alpha = \frac{V}{V_0} \quad \text{或} \quad V = \alpha V_0 \quad (1-8)$$

通常 $\alpha > 1$ ， α 值的大小决定于燃气燃烧方法及燃烧设备的运行工况。在民用燃具中 α 一般控制在 1.3~1.8。 α 过小，使燃料的化学热不能充分发挥； α 过大，则增大烟气体积，降低炉膛温度，增加排烟热损失，其结果都将使加热设备的热效率降低。

(三) 理论烟气体量和实际烟气体量

燃气燃烧后的产物就是烟气。

1. 理论烟气体量

当只供给理论空气量时，燃气完全燃烧产生的烟气体量称为理论烟气体量。理论烟气的组分是 CO_2 、 SO_2 、 N_2 和 H_2O 。前三种组分合在一起称为干烟气。包括 H_2O 在内的烟气称为湿烟气。

各单一气体的理论烟气体量见表 1-2。

常用燃气的理论烟气体量见表 1-3。

2. 实际烟气体量

当有过剩空气时，烟气中除理论烟气组分外，尚含有过剩空气，这时的烟气体量称为实际烟气体量。按近似计算为

$$V_f = V_f^0 + (\alpha - 1)V_0 \quad (1-9)$$

式中 V_f ——实际烟气体量 (m^3/m^3)；

V_f^0 ——理论烟气体量 (m^3/m^3)；

V_0 ——理论空气量 (m^3/m^3)；

α ——过剩空气系数。

如果燃烧不完全，则除上述组分外，烟气中还将出现 CO 、 CH_4 、 H_2 等可燃组分。

表1-3 几种常用燃气的燃烧特性

序号	燃气种类	密度 ρ ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)	相对密度 d	热值(MJ/m ³)		华白数 $W = \frac{Q_n}{\sqrt{d}}$		爆炸极限(空气中体积%)		理论燃烧温度 (°C)	最大燃烧速度 u (m/s)	理论空 气量 (m ³ /m ³)	理论烟气量 (m ³ /m ³)	
				高 Q_n	低 Q_L			下	上				湿	干
1	炼焦煤气	0.4686	0.3623	19.82	17.62	25749		4.5	35.8	1998	0.857	4.21	4.88	3.76
2	直立炉煤气	0.5527	0.4275	18.05	16.14	21688		4.9	40.9	2003	0.851	3.80	4.44	3.47
3	水煤气	0.7035	0.5418	11.45	10.38	12393		6.2	70.4	2175	1.418	2.16	3.19	2.19
4	催化油煤气	0.5374	0.4156	18.47	16.52	22525		4.7	42.9	2009	0.978	3.89	4.55	3.54
5	热裂油煤气	0.7909	0.6116	37.95	34.78	39105		3.7	25.7	2038	0.603	8.55	9.39	7.81
6	纯天然气	0.7435	0.5750	40.40	36.14	42287		5.0	15.0	1970	0.38	9.64	10.64	8.65
7	石油伴生气	1.0415	0.8054	52.83	48.38	47311		4.2	14.2	1986	0.38	12.52	13.73	11.33
8	矿井气	1.0100	0.7900	20.93	18.84	23549		—	—	1900	—	4.6	—	—
9	液化石油气	2.5272	1.9545	123.68	115.06	72348		1.7	9.7	2050	0.435	28.28	30.67	26.53
10	人工沼气 CH ₄ -60% CO ₂ -40%	1.22	0.944	23.88	21.53	24578		8.8	24.4	—	0.198	5.71	6.7	5.5

(四) 着火温度

一种可燃物只有达到着火温度时才能点着。所谓着火，就是可燃气体与空气中的氧由稳定缓慢的氧化反应加速到发热发光的燃烧反应的突变点，其反应产生的热量比散发的热量略高，从而使可燃气体混合物温度升高，突变点的最低温度称为着火温度。

实际上，着火温度不是一个固定数值，它取决于可燃气体在空气中的浓度及其混合程度、压力，以及燃烧室的形状与大小。

(五) 爆炸极限

如使燃气燃烧，必须使燃气与空气或氧气形成一定比例的混合气，以保证燃气分子不断进行氧化反应。当混合气中的可燃气体过多时，由于助燃气体很少，只能使一小部分可燃燃气燃烧产生热，而这些热量大都消耗在加热过剩可燃气体上，不可能使混合物温度升到着火温度。因此，不能产生燃烧。这时，可燃气体在混合气中占的百分数称为爆炸上限。当混合物中可燃气体过少时，只能产生少数热量，并且大部分消耗在加热助燃气体上。因此，不能使混合物温度升至着火温度，从而也不会发生燃烧。这时可燃气体在混合物中占的百分数称为爆炸下限。表 1-2 中列举了某些可燃气体的着火极限。

(六) 燃烧速度

垂直于燃烧焰面，火焰向未燃气体方向传播的速度叫燃烧速度或火焰传播速度。人们将达到着火温度的燃气与空气混合气的瞬间燃烧称为点火。燃烧首先从极薄的表面上开始，当燃气分子同氧进行化合时，产生的热又可使附近的燃气同氧化合并生成热。

燃烧速度是气体燃烧的最重要特性之一，其大小与燃气的成分、温度、混合速度、混合气体压力、燃气与空气的混合比例有关。如：

1. 氢的热传导系数大，燃烧速度快，而丙烷、丁烷气体的热传导系数小，燃烧速度就慢。
2. 燃气中如含惰性气体，火焰传播速度降低。
3. 可燃气体温度上升，火焰传播速度和火焰温度也上升。
4. 当空气量略低于理论空气量，即一次空气系数小于 1 时，燃烧速度为最大。
5. 燃烧速度因火焰的方向而异，一般是向上最快，横向次之，向下最慢。

某些单一可燃气体的燃烧特性列于表 1-2。

几种常用可燃气体的燃烧特性列于表 1-3。

三、各种燃气的额定压力

燃气额定压力是燃烧器设计的重要参数。为了逐步实现设备标准化、系列化，需对燃气额定压力进行规定。同时，随着城市燃气的发展，有些城市使用多种气源，以北京为例，既有人工燃气（焦炉煤气、重油催化裂解气），又有天然气及液化石油气。对于使用较多的中、低压引射式燃烧器，当气源种类有所改变时，为保证设备的恒定热负荷和一次空气引射能力，也需对额定压力进行统一规定。为了保证用气安全，居民生活用气应采用低压燃气，而低压燃气已能满足使用要求。不同的燃气应有不同的额定压力。燃烧器的燃气额定压力，一般按表 1-4 采用。

表1-4 用气设备燃烧器的燃气额定压力

燃烧器种类	燃气种类			
	人工燃气或液化石油气混气	天然气	液化石油气	人工沼气
低压燃烧器 (Pa)	800或1000	2000或2500	3000或5000	800或1600
中压引射式燃烧器 (Pa)	2.94×10^4	4.9×10^4	9.8×10^4	—

四、各种燃气的特点

(一) 人工燃气的主要特点

不论是用煤还是用油制取的燃气，其主要组分是氢气，其次是甲烷及一氧化碳。由其组分就决定了它的物理及燃烧特性。

1. 氢气是所有可燃气中最轻的一种，由于氢在人工燃气中占 30~56%，从而使人工燃气的密度小于空气的密度。这就带来一个特点，即当燃气泄漏时，容易向上扩散。

2. 一氧化碳在人工燃气中占比例较大，如压力气化煤气达 18%，重油蓄热催化裂解气中有 17.2%，而在水煤气中则达 34%。由于一氧化碳是有毒气体，使用中应严防漏气，以免造成人身中毒事故。

3. 人工燃气的热值一般低于天然气和液化石油气。因此，在燃烧时所需要的空气量也比上述两种气体少。

4. 人工燃气的爆炸极限最宽，下限在 5% 左右，上限一般在 40%，最高达 70%。从安全角度考虑，着火极限宽的燃气，一旦漏气，在空气中达到着火极限范围就大，在此范围内，遇火即能点燃，如在较为封闭的房间内就会引起爆炸。

5. 人工燃气中氢气含量大，而氢气在燃烧时的火焰传

播速度最快。因此，燃具火孔喷出的燃气流速较低时，容易发生回火（回火的概念见本章下一节）。

6. 人工燃气中的煤制气，往往含有较多的杂质，如焦油、萘等，易堵塞管道及燃烧设备。

（二）液化石油气的主要特点

1. 液化石油气中不含一氧化碳，漏气后虽不易产生人身中毒。但是由于液化石油气的热值比焦炉煤气高 5~6 倍，在燃烧时所需要的空气量也相应增加 5~6 倍，因此，在密闭不通风的房间里使用时，必须注意保证新鲜空气的供给。否则，因室内氧气不足，产生不完全燃烧，会有大量一氧化碳和二氧化碳排放在室内，导致人身中毒或缺氧窒息。

2. 液化石油气比空气重得多，一般重 1.5~2 倍。因此，液化石油气漏气后，不易扩散，并易在低洼处，如暖气沟、地下室处聚积，这也是造成危险的因素之一。

3. 液化石油气具有比较低的闪点、燃点，所以很易燃烧。特别是液态的液化石油气如漏到空间，其体积扩大 250 倍左右，一遇火种即刻燃烧，这也是与人工燃气不同之点。

4. 液化石油气的主要成分为丙烷、丁烷，它们的爆炸极限范围虽较窄，但它们的爆炸下限却很低。所以，一旦漏气，在空气中浓度只有 2% 左右的液化石油气，即能形成爆炸性混合物，遇火就会发生燃烧和爆炸。

5. 瓶内液化石油气的气化与丙、丁烷组分及其沸点有关。在一个大气压时，丙烷的沸点为 -42.07°C ，正丁烷的沸点为 -5°C 。因此，不难看出，在一般温度下沸点低的丙烷比丁烷容易气化。这也正说明，在冬季含有较多丁烷的液化石油气不易气化，造成压力较低，不好使用的原因。

液化石油气气化时要吸收热量，气化量不仅与外界温度

有关，而且与瓶内液量及组分有关。一个 10kg 的液化石油气钢瓶的气化量，夏季为 1kg/h，冬季为 0.5kg/h。民用液化石油气双眼灶的耗气量为 0.45kg/h，一般情况下是能满足需要的。但如同时使用烤箱或热水器，冬季气化量就会不够。

(三) 天然气及沼气的主要特点

1. 天然气的主要成分为甲烷，沼气的主要成分为甲烷及二氧化碳，均不含有毒的一氧化碳。因此，比较安全，当天然气或沼气泄漏时，不像人工燃气那样容易引起人身中毒。

2. 天然气、沼气的热值均比人工燃气高。因此，在使用时应注意供给足够的空气。

3. 纯天然气的爆炸极限为 5~15%，比人工燃气的爆炸范围要窄，因而，相对较为安全。

4. 天然气的火焰传播速度较低。沼气中因含 20~40% 的惰性气体二氧化碳，其火焰传播速度更低，仅为 0.2 m/s。因此，天然气燃具，特别是沼气燃具，当设计制造不合理时，易出现离焰或脱火现象，产生不稳定燃烧。

5. 沼气的密度随沼气成分中二氧化碳的体积浓度而变化。当它占 50% 时，相对密度大于 1；当它占 40% 时，相对密度小于 1。因此，当沼气中二氧化碳含量较多时，漏气后不易向周围扩散。

6. 天然气中含杂质少，比较干净，含水量少。因此，不易对管道和燃烧设备造成堵塞及腐蚀，是一种优质的气体燃料。