

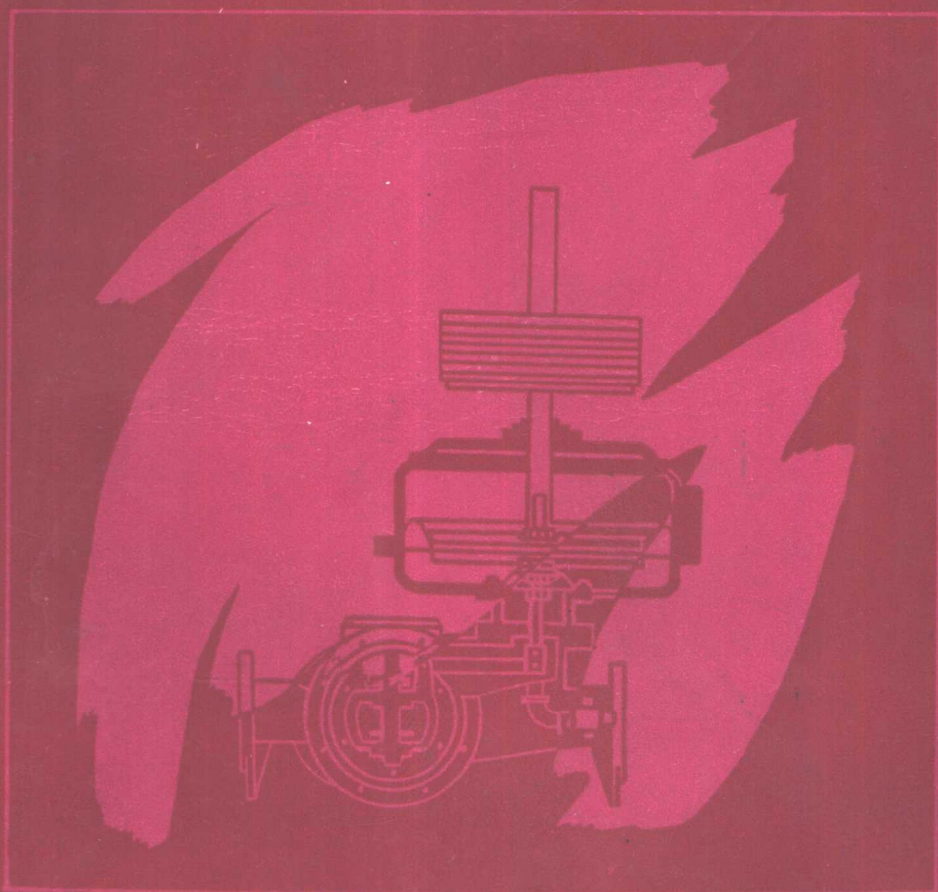
建设部技术工人培训教材

# 燃气调压工艺学

上海市煤气公司

郑安涛 编 席德粹 审

上海科学技术出版社



## 内 容 提 要

本书首先介绍了燃气知识, 然后就燃气的调压工艺作了详细的说明。书中除了介绍各类国产调压器及部分国外调压器的种类、作用与工作原理外, 还介绍了这些调压器的附属设备与仪器以及安装等内容。

本书以城市煤气的调压设施、操作工艺、运行管理为主要内容, 参照上海、北京、沈阳等地实际情况进行综合编写。

本书既可用于燃气输配工人的技术培训与职业教育, 也可作为有关技校及工程技术人员的参考用书。

### 燃气调压工艺学

上海市煤气公司

郑安涛 编

席德粹 审

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 常熟第七印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 10.5 字数 246,000

1991年6月第1版 1991年6月第1次印刷

印数 1—5,000

ISBN7-5323-2396-X/TU·81 定价: 3.45元

---

## 前 言

---

本书是根据我部颁发的《城市燃气、热力工人初、中级技术理论教学大纲》，由原城乡建设环境保护部劳资局委托上海市煤气公司编写。本书既可用于燃气输配工人的技术培训与职业教育，也可作为技校及有关工程技术人员的参考用书。

调压器是燃气输配实现自动化管理的重要设备。本书以城市煤气的调压设施、操作工艺、运行管理为主要内容，参照上海、北京、沈阳等地实际情况加以综合汇编。本书简明介绍了国产各类调压器及部分国外调压器。

本书在编写过程中承沈阳煤气工程公司、北京煤气公司管网所、北京煤气用具厂、长江仪表厂、河北慧星调压器厂等单位给予热忱的帮助，承蔡晋康、陈介华、杨绿乔、许云翼、安起祥等同志给予指导与帮助，并由施秋枫同志绘制插图，在此表示感谢。

建设部人才开发司

1989年10月

ABA13/03

# 目 录

<b>第一章 燃气知识</b> .....	1
第一节 燃气分类.....	1
第二节 燃气性质.....	4
第三节 燃气组分与质量要求.....	8
第四节 燃气的燃烧与爆炸.....	10
第五节 燃气的安全技术.....	13
第六节 燃气压力与压力测量.....	15
<b>第二章 自动调节器的种类和作用</b> .....	19
第一节 差压调节器.....	20
第二节 流量调节器.....	21
第三节 配比调节器.....	23
第四节 压力调节器.....	24
第五节 调压器型谱.....	25
第六节 调压器设计参数与技术要求.....	27
第七节 调压器常用名词与术语.....	29
<b>第三章 调压器构造及工作原理</b> .....	30
第一节 调压器工作原理.....	30
第二节 调节机构.....	31
第三节 调压器流量计算.....	35
<b>第四章 调压器附属设备及仪表</b> .....	38
第一节 安全装置.....	38
第二节 阀门.....	43
第三节 过滤装置.....	46
第四节 补偿器和保暖装置.....	48
第五节 压力计与压力表.....	51
第六节 压力自动记录仪.....	52
<b>第五章 调压器室</b> .....	55

第一节	调压室布置要求	55
第二节	调压器箱	56
第三节	调压器室	57
第四节	调压器室的布设	59
第五节	调压器室作用半径	61
第六节	调压器安装图	62
<b>第六章 雷诺式调压器</b>		<b>66</b>
第一节	雷诺式调压器工作原理	66
第二节	雷诺式调压器性能	71
第三节	雷诺式调压器构造	73
第四节	雷诺式调压器的检验、调试与通气	77
第五节	雷诺式调压器的运行管理	83
第六节	雷诺式调压器的检修	88
第七节	雷诺式调压器的工况分析	95
第八节	雷诺式调压器的工况实例	98
第九节	雷诺式调压器的自动加压	103
第十节	雷诺式调压器常见故障	111
<b>第七章 常用调压器</b>		<b>113</b>
第一节	低压调压器	113
第二节	直接作用式调压器	115
第三节	箱式调压器	116
第四节	T型调压器	119
第五节	活塞式调压器	122
第六节	曲流式调压器	125
第七节	铁岭调压器	127
第八节	仿苏式调压器	131
第九节	自力式调压器	133
第十节	成都 TMJ 系列调压器	139
第十一节	成都 TMZ 系列调压器	142
<b>第八章 国外调压器简介</b>		<b>145</b>
第一节	箱式调压器	145
第二节	用户调压器	148
第三节	菲歇尔式调压器	149
第四节	洛克维尔式调压器	151
第五节	耶姆科式调压器	153
第六节	苏式调压器	154

---

# 第一章 燃气知识

---

## 第一节 燃气分类

燃气在本书中是指可以供城市居民、企事业单位使用的各种气体燃料的总称。我国的燃气尚没有统一的分类,目前只能按燃气的成因与产生分为:天然气、人工煤气、液化石油气、沼气等。

### 一、天然气

天然气一般可分为四种:从气井开采出来的气田气(或称纯天然气);伴随石油一起开采出来的石油气称油田伴生气;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。

天然气主要是由低分子量的碳氢化合物组成的混合物。所谓纯天然气其组分以甲烷( $\text{CH}_4$ )为主,甲烷含量在90%以上,其它为少量的二氧化碳、碳化氢、氮和微量的氦、氖、氩等气体,热值约为33000~36000千焦/米<sup>3</sup>。甲烷气在常压下,当温度为-162°C时液化为液态甲烷称液化天然气。液化天然气的体积约为气态的1/600,有利于运输和储存。石油伴生气的甲烷含量约为80%,乙烷、丙烷、丁烷和戊烷等含量约为15%。矿井气气体组分为:甲烷30~50%、氮30~55%、氧5~10%、二氧化碳4~7%;只有当甲烷含量在40%以上时,才能作为燃气应用。矿井气热值约为10000~17000千焦/米<sup>3</sup>。

### 二、人工燃气

人工燃气是指以煤或重油为主要原料制取的可燃气体,按其生产方式不同可分为以下几种。

#### 1. 干馏煤气

将煤隔绝空气加热到一定温度时,煤中所含挥发物开始挥发,产生焦油、苯和燃气,残留物最后变成多孔的焦炭,这种分解过程称为“干馏”。利用焦炉、连续式直立碳化炉和立箱炉等对煤进行干馏所获得的燃气称干馏煤气。

在干馏过程中,由于最终温度不同,又可分为高温干馏和中温干馏。它们所产生的干馏煤气,则称为全焦煤气和半焦煤气。采用焦炉生产高温干馏煤气,它的残留物为焦炭。采用碳化炉、立箱炉生产中温干馏煤气,它的残留物为半焦,通常称为熟煤。

干馏煤气的主要成分为氢、甲烷、一氧化碳等,热值为17000千焦/米<sup>3</sup>左右。干馏煤气的产气率为300~500米<sup>3</sup>/吨煤,是我国城市燃气的主要气源之一。

## 2. 气化煤气

固体燃料的气化是热化学过程,煤可在高温时伴用空气(或氧气)和水蒸气为气化剂,经过氧化、还原等化学反应,制成以一氧化碳和氢为主的可燃气。采用这种生产方式生产的燃气,称为气化煤气。

气化煤气按其生产方式(气化剂)的不同,主要可分为以下几种。

(1) 混合发生炉煤气:它以空气和水蒸气作为气化剂,煤与空气及水蒸气在高温作用下制得混合煤气。其中一氧化碳含量为 27.5% 左右,热值约为 5410 千焦/米<sup>3</sup>。

混合发生炉煤气由于一氧化碳含量高,有毒性较大,热值低,不能作为城市燃气的唯一气源。一般用于掺入高热值燃气(干馏煤气及油制燃气)中,配制城市燃气,也常作焦炉燃烧室加热用。

(2) 水煤气:以水蒸气作为气化剂,在高温下与煤或焦炭作用制得水煤气。水煤气的主要成分为一氧化碳和氢气,其中一氧化碳含量达 38% 左右,氢含量 40% 左右,热值约为 11000 千焦/米<sup>3</sup>。水煤气生产成本较高,一般只作为高峰负荷时的补充气源。

为了提高水煤气热值,可在出口处下端设置增热器,从顶部喷注燃料油,使之受热裂解,这样便能提高水煤气的热值。这种改良型水煤气炉称为增热水煤气炉。经过增热的水煤气,它的热值可达 18000~19000 千焦/米<sup>3</sup>。

(3) 油制气:我国有一些城市和工厂利用重油为原料制取燃气(图 1-1 为油制气炉外观),所以通常称为油制气或油煤气。

油制气按制取方法不同,又可分为重油蓄热裂解制气和重油蓄热催化裂解制气。每吨重油可产重油蓄热裂解制气 500~600 米<sup>3</sup>,热值约为 33000~38000 千焦/米<sup>3</sup>。每吨重油可产重油蓄热催化裂解制气 1100~1300 米<sup>3</sup>,热值约为 19000~21000 千焦/米<sup>3</sup>。

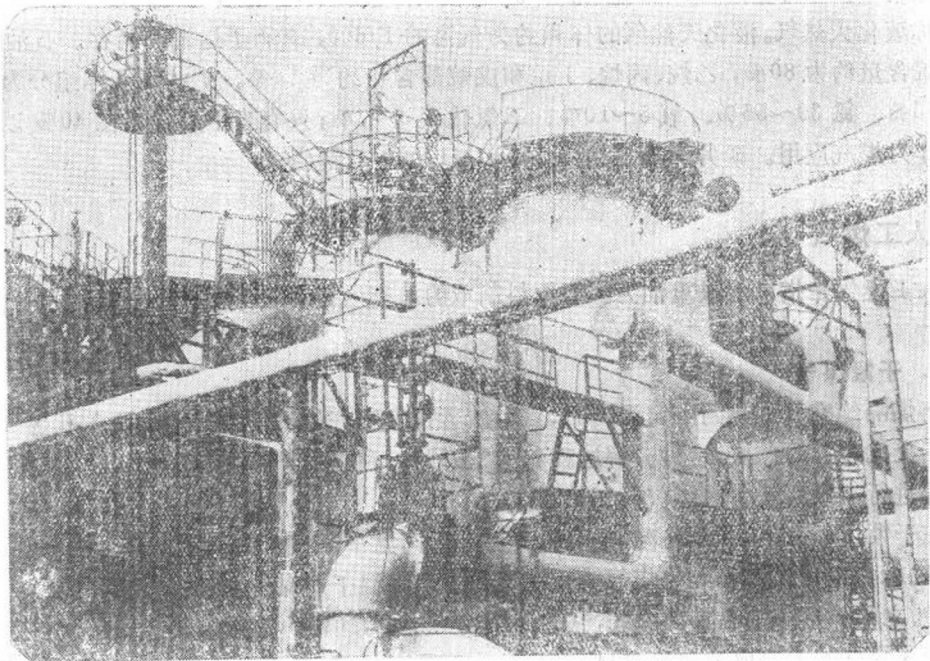


图 1-1 油制气炉外观

油制气的主要成分为烷烃、烯烃等碳氢化合物,以及少量的一氧化碳。裂解后的副产品有苯、萘、焦油、碳黑等。

### 三、液化石油气

液化石油气有两个来源:在油气田,它是冷却、加压工段中分离回收的产品;在炼油厂,它是炼油过程中的一种副产品。由于原油成分和性质不同,炼油厂加工工艺和设备类型也不同,一般分蒸馏、热裂化、催化裂化、催化重整和焦化等五种加工方法。不同加工工艺生产出的液化石油气的产率及质量也不同。

液化石油气的主要成分是丙烷、丁烷、丙烯、丁烯等。在常温常压下呈气态,当压力升高或温度降低时,很容易变为液态。液态时可用储液罐储存(见图 1-2),从液态转变为气态时其体积扩大 250 倍。所以气、液两态是液化石油气的特征。气态液化石油气和空气密度相对的比值约为 1.85,液态纯丙烷的密度为 0.509 克/厘米<sup>3</sup>,热值约为 92000~121000 千焦/米<sup>3</sup>。

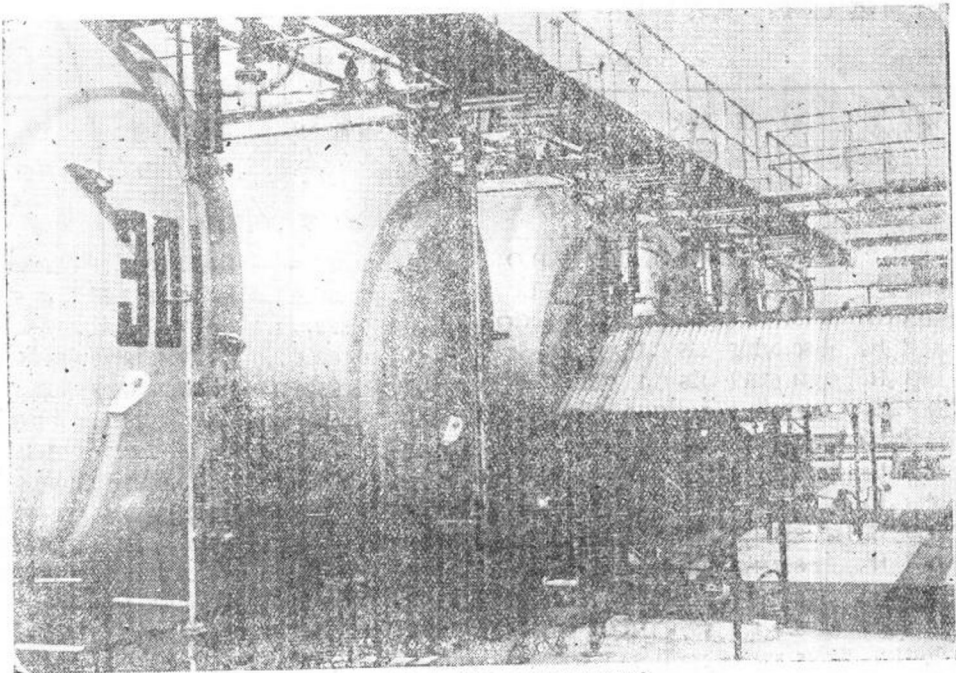


图 1-2 液化石油气储罐站

### 四、沼气

沼气是一种生物能,生物通过自己特有的系统收集贮存太阳能,然后在一定条件下通过微生物——主要是甲烷细菌作用,将贮存的能量转化为以甲烷、二氧化碳为主要组分的可燃气体,通常称为“沼气”。

各种有机物如蛋白质、纤维素、脂肪、淀粉等都能在隔绝空气的条件下发酵,在微生物作用下产生沼气。沼气的主要组分为甲烷(约占 60%)、二氧化碳(约占 35%),此外尚有少量的氢、氧、一氧化碳等。热值约为 21000 千焦/米<sup>3</sup>。



## 第二节 燃气性质

### 一、热值

燃气中的可燃成分 ( $H_2$ 、 $CO$ 、 $C_mH_n$  和  $H_2S$  等), 在一定条件下与氧发生激烈的氧化反应, 并产生大量的热和光的物理化学过程称为燃烧。而  $1\text{米}^3$  的燃气在完全燃烧时所放出的热量称该燃气的热值, 单位为千焦耳/米<sup>3</sup>。

热值可分为高热值和低热值。高热值是指  $1\text{米}^3$  燃气完全燃烧后其烟气被冷却到原始温度, 包括其中的水蒸气以凝结水状态排出时所放出的全部热量。低热值是指  $1\text{米}^3$  燃气完全燃烧后其烟气被冷却到原始温度, 而其中的水蒸气仍为气态时所放出的热量。

显然, 燃气的高热值在数值上大于其低热值, 两者之差为水蒸气的气化潜热。在工程上由于烟气中的水气一般不会冷凝, 通常仍以气体状态随烟气排出, 所以常用低热值计算。

单一可燃气体热值见表 1-1。

表 1-1 单一可燃气体的燃烧特性

序号	气体名称	分子式	爆炸极限 L20℃(上/下)空气中 体积(%)	着火 温度 t (℃)	燃 烧 反 应 式	理论空气 量和耗氧 量(米 <sup>3</sup> /米 <sup>3</sup> )		理论烟气体量 V <sub>f</sub> (米 <sup>3</sup> /米 <sup>3</sup> )				热 值 Q (千焦/米 <sup>3</sup> )	
						空气	氧	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	V <sub>f</sub>	高	低
1	氢	H <sub>2</sub>	75.9/4.0	400	H <sub>2</sub> +0.5O <sub>2</sub> =H <sub>2</sub> O	2.38	0.5	—	1.0	1.88	2.88	12724	10768
2	一氧化碳	CO	74.2/12.5	605	CO+0.5O <sub>2</sub> =CO <sub>2</sub>	2.38	0.5	1.0	—	1.88	2.88	12615	12615
3	甲烷	CH <sub>4</sub>	15.0/5.0	540	CH <sub>4</sub> +2.0O <sub>2</sub> =CO <sub>2</sub> +2H <sub>2</sub> O	9.52	2.0	1.0	2.0	7.52	10.52	39752	35822
4	乙炔	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	80.0/2.5	335	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> +2.5O <sub>2</sub> =2CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O	11.90	2.5	2.0	1.0	9.40	12.40	58370	56359
5	乙烯	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	34.0/2.7	425	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> +3.0O <sub>2</sub> =2CO <sub>2</sub> +2H <sub>2</sub> O	14.28	3.0	2.0	2.0	11.28	15.28	63294	59343
6	乙烷	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	13.0/2.9	515	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> +3.5O <sub>2</sub> =2CO <sub>2</sub> +3H <sub>2</sub> O	16.66	3.5	2.0	3.0	13.16	18.16	70190	64251
7	丙烯	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	11.7/2.0	460	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> +4.5O <sub>2</sub> =3CO <sub>2</sub> +3H <sub>2</sub> O	21.42	4.5	3.0	3.0	16.92	22.92	93456	87466
8	丙烷	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	9.5/2.1	450	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> +5O <sub>2</sub> =3CO <sub>2</sub> +4H <sub>2</sub> O	23.80	5.0	3.0	4.0	18.80	25.80	101039	93030
9	丁烯	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	10.0/1.6	385	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> +6.0O <sub>2</sub> =4CO <sub>2</sub> +4H <sub>2</sub> O	28.56	6.0	4.0	4.0	22.56	30.56	125559	117425
10	丁烷	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	8.5/1.5	365	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> +6.5O <sub>2</sub> =4CO <sub>2</sub> +5H <sub>2</sub> O	30.94	6.5	4.0	5.0	24.44	33.44	133580	123364
11	戊烯	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	8.7/1.4	290	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> +7.5O <sub>2</sub> =5CO <sub>2</sub> +5H <sub>2</sub> O	35.70	7.5	5.0	5.0	28.20	38.20	158848	148494
12	戊烷	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	8.3/1.4	260	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> +8.0O <sub>2</sub> =5CO <sub>2</sub> +6H <sub>2</sub> O	38.08	8.0	5.0	5.0	30.08	41.08	168237	156374
13	苯	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	8.0/1.2	560	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> +7.5O <sub>2</sub> =6CO <sub>2</sub> +3H <sub>2</sub> O	35.70	7.5	6.0	3.0	28.20	37.20	161887	155412
14	硫化氢	H <sub>2</sub> S	45.5/4.3	270	H <sub>2</sub> S+1.5O <sub>2</sub> =SO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O	7.14	1.5	1.0	1.0	5.64	7.64	25306	23329

### 二、混合气体组分的换算

已知混合气体的体积(或分子)组分换算成质量组分可按式计算:

$$g_i = \frac{V_i M_i}{\sum V_i M_i} \times 100$$

式中  $g_i$ ——混合气体各质量组分(%);

$V_i$ ——混合气体各体积组分(%);

$M_i$ ——混合气体各组分的分子量。

已知混合气体的质量组分换算成体积(或分子)组分, 可按式计算:

$$V_i = \frac{g_i/M_i}{\sum g_i/M_i} \times 100$$

混合气体分子组分在数值上等于其体积组分。

例 1, 已知混合气体的体积组分(%)如下: 甲烷 23.4、氢 59.2 一氧化碳 8.6、乙烷 2.0、氧 3.6、二氧化碳 2.0。计算其质量组分。

解: 根据公式 1-1, 计算结果见表 1-2。

表 1-2 混合气体的体积(或分子)组分换算成质量组分

名 称	体积组分 $V_i(\%)$	分子 量 $M_i$	$V_i M_i$	重量组分 $g_i(\%)$
甲 烷	23.4	16.0430	375.40	36.70
氢	59.2	2.0160	119.34	11.67
一氧化碳	8.6	28.0140	240.92	23.55
乙 烷	2.0	30.0700	60.14	5.88
氧	3.6	31.9988	38.39	3.75
氮	1.2	28.0134	100.84	9.85
二氧化碳	2.0	44.0098	88.02	8.60
总 值			$\sum V_i M_i = 1023.04$	$\sum g_i = 100$

### 三、分子量

单一气体分子量见表 1-2。

混合气体的平均分子量按下式计算:

已知混合气体的体积组分时,其平均分子量可按下式计算:

$$M_m = \sum V_i M_i / 100$$

已知混合气体的质量组分,其平均分子量可按下式计算:

$$M_m = \frac{100}{\sum g_i / M_i}$$

式中  $M_m$ ——混合气体的平均分子量;  
 $V_i$ ——混合气体各体积组分(%);  
 $g_i$ ——混合气体各质量组分(%);  
 $M_i$ ——混合气体各组分的分子量。

### 四、密度、比容和相对密度

#### 1. 密度

$$\rho_0 = \frac{M_r}{V_x}$$

式中  $\rho_0$ ——单一气体在标准状态下的密度(千克/米<sup>3</sup>);  
 $V_x$ ——气体体积(米<sup>3</sup>/千摩),查表 1-1;  
 $M_r$ ——单一气体分子量。

混合气体的平均密度可按下式计算:

$$\rho_m = \sum V_i \rho_i / 100$$

式中  $\rho_m$ ——混合气体密度(千克/米<sup>3</sup>);

$\rho_i$ ——混合气体各组分的密度(千克/米<sup>3</sup>);

$V_i$ ——混合气体各体积组分(%)。

工作状态下气体的密度可按下式计算:

$$\rho_d = 0.022 \cdot \frac{\rho_0 + \varphi d_b}{0.833 + \varphi d_b} - \frac{p}{273 + t} - \frac{1}{2}$$

式中  $\rho_d$ ——工作状态下气体的密度(千克/米<sup>3</sup>);

$\rho_0$ ——标准状态下干气体密度(千克/米<sup>3</sup>);

$\varphi$ ——工作气体相对湿度;

$d_b$ ——工作气体温度为  $t$  时的饱和水蒸气含量(千克/米<sup>3</sup>);

$p$ ——工作气体绝对压力(10帕);

$t$ ——工作气体温度;

0.833——水蒸气密度(千克/米<sup>3</sup>);

$Z$ ——压缩系数。

干、湿燃气体积组分可按下式换算:

$$V_d = \frac{0.833}{0.833 + \varphi d_b} V_i$$

式中  $V_d$ ——湿燃气体积组分(%);

$V_i$ ——干燃气体积组分(%).

## 2. 比容

$$v = \frac{1}{\rho}$$

式中  $v$ ——气体的比容(米<sup>3</sup>/千克)。

## 3. 相对密度

$$d = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

式中  $d$ ——燃气相对密度;

$\rho_1$ ——燃气密度(千克/米<sup>3</sup>);

$\rho_2$ ——空气密度(千克/米<sup>3</sup>)。

## 五、扩散

混合气体中有浓度梯度时,通过气体的运动使其变为均匀的现象叫做扩散现象。

在  $x$  方向中设某组分的浓度为  $- \frac{dc_1}{dx}$  (摩·厘米<sup>-3</sup>·厘米<sup>-1</sup>), 在单位时间内通过与  $x$  垂直的断面  $A$  (厘米<sup>2</sup>) 移动的气体量  $N_1$  (摩尔·秒<sup>-1</sup>), 可用下式表示。

$$N_1 = -DA \frac{dC_1}{dx} \text{ (摩·秒}^{-1}\text{)}$$

式中  $D$ ——扩散系数(厘米<sup>2</sup>·秒<sup>-1</sup>);

$C_1$ ——气体的浓度(摩尔/厘米<sup>3</sup>)。

在低压气体中,  $C_1 = p_1/RT$  ( $p_1$ 为气体组分的分压)。代入上式得出

$$N_1 = - \frac{D}{RT} \cdot A \frac{dp_1}{dx} \text{ (摩·秒}^{-1}\text{)}$$

当温度上升时,内部摩擦(粘度)即相应减少,因而扩散系数增大。表 1-3 为部分气体的

扩散系数。

表 1-3 气体扩散系数

扩散物质	扩散介质	压力(帕)	温度(°C)	扩散系数
氮	空气	101325	0	0.198
氧	氮	100791	12.5	0.203
水蒸气	空气	101325	16.1	0.282
氢	氧	100391	14	0.778
氢	氮	100558	12.5	0.739
苯	空气	101325	0	0.0751
苯	二氧化碳	101325	0	0.0527

## 六、流动

能量方程是燃气流动过程的物理基础。

$$E_P + E_K = \text{常数}$$

式中  $E_P$ ——势能(焦)；

$E_K$ ——动能(焦)。

连续方程如下：

$$q_V = Av$$

式中  $q_V$ ——体积流量(米<sup>3</sup>/秒)；

$A$ ——面积(米<sup>2</sup>)；

$v$ ——流速(米/秒)。

燃气在流动时会出现压力差,其压力能转化为动能。另外,为了克服燃气分子与管壁、分子与分子之间的摩擦,还需要消耗部分压力能。这一压力能不作为动能使用,而是转化为热能。

流速可从能量方程中推导出来,即

$$E_P = E_K$$

$$\frac{m\Delta p}{\rho} = \frac{m}{2} v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

式中  $m$ ——质量(千克)

$\rho$ ——密度(千克/米<sup>3</sup>)；

$v$ ——流速(米/秒)；

$\Delta p$ ——压差(10帕)

利用这个公式与连续性方程和其它有系数,可计算燃气流量、压力损失等。

### 第三节 燃气组分与质量要求

#### 一、燃气的组分

可用作城市居民、企事业单位使用的各种燃气的气源很多，各种燃气的主要组分见表1-4。

表1-4 各种煤气的平均组分

种 类	煤 气 成 分 容 积 百 分 数 [干成分][%]										
	甲 烷 CH <sub>4</sub>	丙 烷 C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	丁 烷 C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	其他碳氢 化合物 C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	氢 H <sub>2</sub>	一 氧 化 CO	二 氧 化 CO <sub>2</sub>	氮 N <sub>2</sub>	氧 O <sub>2</sub>	硫化氢 H <sub>2</sub> S	
天然气	98.0	0.3	0.3	0.4				1.0			
石油伴生气	81.7	6.2	4.86	4.94			0.3	1.8	0.2		
矿井气	52.4						4.6	36	7.0		
液化石油气		50	50								
焦 炉 煤 气	焦 炉	27			2.0	55	6	3	5	1	
	水平炉	15.28			2.0	26.22	8.76		39.36	2.2	6.18
	伍德炉	16.2			1.8	44.0	15.2	2.8	19.0	1.0	
高压气化炉	18.96			0.79	55.9	9.72		13.97	0.52	0.14	
发生炉水煤气	0.7				47.3	43.5	3.5	4.4	0.6		
发生炉混合煤气	1.8			0.4	8.4	30.4	2.2	56.4	0.4		
油 制 气	重油蓄热催化	16.6			5	46.5	17.2	7.0	6.7	1.0	
	重油蓄热裂解	28.5			32.17	31.51	2.63	2.13	2.39	0.62	
	重油部分氧化法	0.4				47.6	44.8	5.9	1.2	0.1	
沼 气	60				0.4		39	0.3	0.3		

我国目前主要天然气产地的气质和组分见表1-5。

#### 二、燃气的质量要求

##### 1. 人工煤气

人工煤气的质量要求可参照《城市煤气设计规范》，其煤气质量标准如下：

(1) 城市煤气组分的变化，应符合下列要求：

- ① 煤气的华白指数波动范围一般不超过±5%。
- ② 煤气燃烧性能的其他参数指标，应与用气设备燃烧性能的要求相适应。

(2) 人工煤气质量的指标，应符合下列要求：

- ① 低发热值大于15000千焦/米<sup>3</sup>。
- ② 杂质允许含量的指标(毫克/米<sup>3</sup>)。

焦油及灰尘小于10；硫化氢小于20；氨小于50；萘小于50(冬季)，小于100(夏季)。

表 1-5 国内各产地天然气的组分

油 气 田		组 成 体 积 (%)											备 注	
		CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> S
大 庆	伴生气	79.75	1.90	7.60	5.62	—	—	—	0.40	2.90	—	—	0.05	
	气井气	91.30	1.96	1.34	0.90	—	—	—	0.20	0.38	—	—	—	
胜 利	伴生气	86.6	4.20	3.50	2.60	1.10	0.30	—	0.60	1.10	—	—	—	
	气井气 (1)	97.70	0.10	0.50	0.30	0.20	0.10	—	—	—	—	—	—	
	气井气 (2)	20.24	1.99	2.81	0.72	0.38	—	—	73.0	0.67	—	—	—	
大港	伴生气	76.29	11.00	6.00	4.00	—	—	—	1.36	0.71	—	—	—	
大运河	伴生气	81.50	8.50	8.50	5.00	—	—	—	1.00	1.00	—	—	—	
四 川	威 远	86.80	0.11	—	—	—	—	—	4.44	8.10	—	—	0.88	含氮气 0.32
	卧龙河	94.12	0.88	0.21	0.05	—	—	—	0.30	0.44	0.04	0.11	3.70	
	自流井	97.12	0.56	0.07	—	—	—	—	1.14	1.06	—	0.02	0.02	
	纳 溪	96.66	1.41	0.39	0.13	0.08	—	—	0.33	0.95	—	—	—	

③ 含氧量小于 1% (体积比)。

说明:含萘量的指标仅适用于低压输送的城市煤气。高压、次高压、中压输气时,含萘量应小于  $\frac{50}{p_1}$  (冬季)或  $\frac{100}{p_1}$  (夏季)毫克/米<sup>3</sup>。p<sub>1</sub>为管网输气点绝对压力(10<sup>5</sup>帕)。

煤气干管埋设深度处的最低月平均地温大于 10°C 的地区,含萘量的指标可适当放宽。

(3) 城市煤气应具有可察觉的臭味,无臭的煤气应加臭,其加臭程度应符合下列要求:

- ① 有毒煤气在达到允许的有害浓度之前,应能察觉。
- ② 无毒煤气在相当于爆炸下限 20% 的浓度时,应能察觉。

2. 天然气

我国目前尚未制订天然气气质的国家标准,也无天然气用作城市燃气的国家标准。国外对天然气气质标准也在探索中,其中德国 1983 年制订的规范见表 1-6。美国 80 年代初

表 1-6 天然气的燃烧特性要求(德国)

	符 号	单 位	低热值气	高热值气
华 白 数 范 围	W s. n	kWh/m <sup>3</sup>	10.5~13.0	12.8~15.7
		MJ/m <sup>3</sup>	37.8~46.8	46.1~56.5
额 定 值		kWh/m <sup>3</sup>	12.4	15.0
		MJ/m <sup>3</sup>	44.6	54.0
地区配气 变化范围	W s. n	kWh/m <sup>3</sup>	+0.6~ -1.2	+0.7~ -1.4
高 热 值	H s. n	kWh/m <sup>3</sup>	8.4~13.1	
		MJ/m <sup>3</sup>	30.0~47.2	
密 度	ρ		0.55~0.70	
燃具进口压力 范 围 额 定 值	p <sub>e</sub>	kPa	1.8~2.4	
		kPa	2.0	

尚无成文的国家天然气质量标准，现将美国国家标准学会编制的管输天然气质量详细要求列入表 1-7。

表 1-7 管输天然气质量详细要求(美)

主要和次要组分(摩尔%)	最小值	最大值	美国材料试验学会方法
甲烷	65	100	D1945
乙烷	—	14	D1945
丙烷	—	5	D1945
丁烷	—	2	D1945
戊烷及以上	—	0.5	D1945
氮气及其它惰性气体	—	18	D1945
二氧化碳	—	3	D1945
氢气	—	5	D2650
不饱和烃类总含量	—	0.5	D2650
一氧化碳	—	0.1	D1946
氧气	—	0.10(100ppm)	D1945
硫化氢	—	5.7毫克/米 <sup>3</sup>	D2725
硫醇或硫	—	11.5毫克/米 <sup>3</sup>	D2385
总硫量	—	22.9毫克/米 <sup>3</sup>	D3031
水分	—	110毫克/米 <sup>3</sup>	D1142

调压器对燃气质量的要求，一般要求是清洁、含杂质少、水分少；安全要求是燃气中含氧及其组分应在规定范围以内。

## 第四节 燃气的燃烧与爆炸

### 一、燃烧

任何可燃气体在一定条件下与氧接触都能形成燃烧，单一可燃气体的着火温度见表 1-1。在纯氧中的着火温度要比在空气中低 50~100°C，实际上着火温度不是固定数值，它取决于可燃气体在空气中的浓度及其混合程度、压力、燃烧室的形状与大小及有无催化作用等因素。

燃气的燃烧方式，可根据燃气和空气混合方式不同分为扩散式燃烧、大气式燃烧和无焰燃烧三种。

#### 1. 扩散式燃烧

扩散式燃烧在燃烧前不预先和空气混合（即  $\alpha' = 0$ ），然后点火燃烧。燃烧所需的氧气依靠扩散作用从周围空气中获得，这种燃烧方式称为扩散式燃烧。

图 1-5 为扩散式燃烧火焰的结构，燃气从火孔喷出，着火后形成一个圆锥形焰面，焰面以内为燃气，焰面以外为空气。氧气从外部向焰面扩散，燃气从内部扩散到焰面，而燃烧产

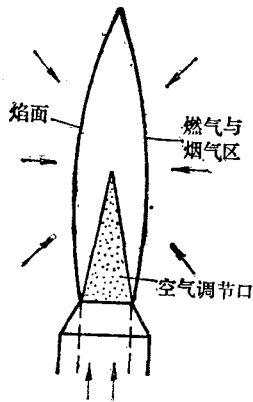


图 1-3 扩散式燃烧

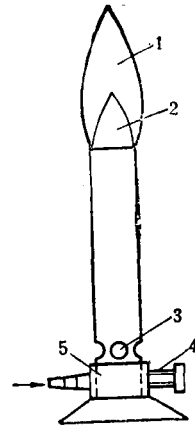


图 1-4 大气式燃烧

1. 外焰; 2. 内焰; 3. 空气进风口;  
4. 燃气调节螺钉; 5. 空气调节口

物不断从焰面向内、外两侧扩散。

扩散式燃烧的优点是燃烧稳定,燃具结构简单,燃气压力要求不高,但由于燃烧所需氧气由四周大气供给,要求燃烧室容积大,因过剩空气系数较大( $\alpha' = 1.2 \sim 1.6$ )所以火焰较长,易产生不完全燃烧使受热面积炭,且燃烧温度与热效率较低。

## 2. 大气式燃烧

燃气在燃烧前预先混入一部分燃烧所需空气( $0 < \alpha' < 1$ )而进行的燃烧称为大气式燃烧(图 1-4)。

大气式燃烧火焰清晰,燃烧得到强化,火焰温度较高。大气式燃烧火焰由内锥和外锥体组成,焰面内侧有一层浅蓝色燃烧层,因此内锥又称蓝色锥体。

大气式燃烧的优点是燃烧的过剩空气系数较小( $\alpha' = 1.15 \sim 1.14$ ),因此燃烧效率高,不需特殊装置即能进行燃烧。缺点是对一次空气量的控制及燃气组分要求较高,对燃具的设计和制造要求也较高,它是目前应用最广泛的燃烧方式。

## 3. 无焰式燃烧

燃气燃烧所需的全部空气,在燃烧前已完全均匀混合,在燃烧过程中不再需要从周围空气中取得氧气,且设置专门的火道(或网格),使燃烧区内保持稳定的高温。所以燃气和空气的混合气体到达燃烧区后能在瞬间燃烧完毕。燃烧温度高,火焰短甚至看不见,并且能在很小的过剩空气系数下(通常  $\alpha' = 1.05 \sim 1.10$ )达到完全燃烧,故称无焰燃烧。

无焰式燃烧的优点是燃烧完全、燃烧温度高,适用于高温工艺,且由于过剩空气少,加热工件不易氧化;燃烧产生的红外线穿透力强,烘烤物品内部易干燥。缺点是燃烧稳定性差,对燃气质量要求高,对热负荷要求大时燃具结构笨重,并有噪音。

## 二、爆炸

当可燃气体与空气混合到一定浓度时,遇到明火即能引起爆炸。

天然气爆炸的低限是空气中天然气含量约为 5%,爆炸高限约为 15%,其最低着火温度为  $550^{\circ}\text{C}$  左右。



液化石油气的爆炸低限是 2%，高限为 9% 左右。其最低着火温度 450℃ 左右。

焦炉煤气爆炸的低限是 4.5%，爆炸高限是 35.8% 左右。

直立炉煤气爆炸的低限为 4.9%，爆炸高限为 40.9% 左右。最低着火温度为 300~500℃ 左右。

以上三种气体爆炸时火焰传播速度每秒可达数千米，爆炸温度可达数千度，爆炸体积比原混合气体大出数千倍，由此可见爆炸所能带来的危害性。

这种能爆炸的混合气体中所含燃气的浓度范围叫爆炸极限。在混合物中当可燃气体的含量减少到不能形成爆炸混合物时的浓度，称爆炸低限，而当可燃气体增加到能形成爆炸混合物时的浓度称为爆炸高限。单一可燃气体在常压、20℃ 时的爆炸极限可见表 1-1。

### 1. 可燃气体的爆炸极限

不含有氧或惰性气体的可燃气体的爆炸极限可按下式计算：

$$V = \frac{100}{\frac{y_1}{L_1} + \frac{y_2}{L_2} + \dots + \frac{y_n}{L_n}} = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{y_i}{L_i}}$$

式中  $V$ ——可燃气体爆炸上(下)限体积(%)；

$V_i$ ——可燃气体各组分的爆炸上(下)限体积(%)；

$y_i$ ——可燃气体各组分的容积百分数(%)。

### 2. 含有惰性气体的可燃气体的爆炸极限

可燃气体中含有惰性气体时，可将某一惰性气体组分与某一可燃气体组分合起来视为可燃气体中的一种组分，其容积组分为两者之和，然后由图 1-5、图 1-6 查得爆炸极限，再用上述公式计算混合气体的爆炸极限。

### 3. 含有氧气的可燃气体的爆炸极限

可燃气体中混入氧时，则可认为混入了空气。因此应先扣除氧含量以及按空气的氧、氮比例求得氮含量，重新调整可燃气体的容积组分，再按上述公式计算混合气体的爆炸极限。

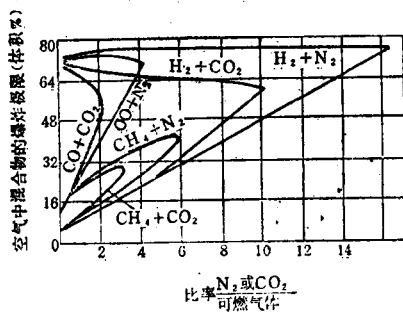


图 1-5 用氮或二氧化碳和氢、一氧化碳、甲烷混合时的爆炸极限

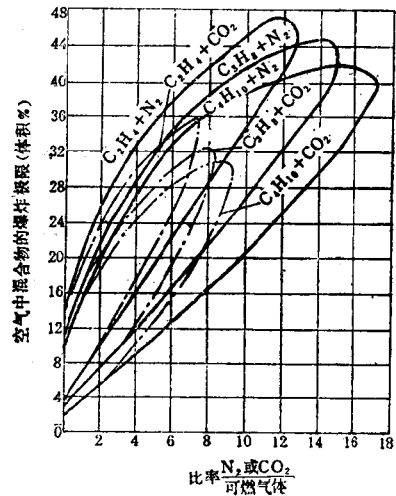


图 1-6 用氮或二氧化碳和乙烯、丙烷、丁烷混合时的爆炸极限