

948/21

38651

动力管道设计手册

第三册

燃 气 管 道

第五机械工业部第六设计研究院

《动力管道设计手册》编写组

一九七八年四月

内 容 简 介

我院过去承担的燃气管道设计任务较少，所收集到的兄弟设计院资料不多，又很零散。为了今后设计使用方便起见，我们汇集编制了这份资料，供同志们参考。

根据我院设计任务的实际需要，本册分一、二两篇。第一篇为煤气管道部分，其主要内容着重于架空敷设的冷发生炉煤气管道和水煤气管道部分，热发生炉煤气管道及其它种类的煤气管道设计资料未予编入。第二篇为天然气管道部分。

为方便起见，第一、二两篇之间，基本上采用了独立完整、自成体系的原则，只是将其中显得过于重复的地方如煤气的物理化学性质及消耗量指标等，集中放在第一篇内。

第一篇中的煤气管道用非标准设备及大样图，摘自陕西省第一建筑设计院编制的陕西省动力管道通用图集——煤气管道。

目 录

内容简介

第一篇 煤气管道部分

第一章 概 述.....	(1)
第一节 煤气的分类.....	(1)
第二节 煤气和天然气的物理化学性质及其计算.....	(3)
第三节 煤气的消耗量指标.....	(22)
第四节 各种燃料的折算.....	(36)
第二章 煤气管道设计原则和注意事项.....	(37)
第一节 厂区煤气管道.....	(37)
第二节 车间煤气管道.....	(42)
第三节 炉前煤气管道.....	(47)
第三章 煤气管道支架形式及其布置.....	(50)
第一节 煤气管道的支架形式.....	(50)
第二节 厂区煤气管道支架布置.....	(55)
附图： 室内外煤气管道支座及支架.....	(59)
第四章 煤气管道水力计算.....	(80)
第一节 简 述.....	(80)
第二节 煤气管道管径计算.....	(80)
第三节 煤气在管道内的压力损失计算.....	(91)
第五章 煤气管道支架跨距计算.....	(105)
第一节 简 述.....	(105)
第二节 无附加荷重时的煤气管道跨距计算.....	(105)
第三节 有附加荷重时的煤气管道跨距计算.....	(108)
第六章 煤气管道的推力计算.....	(116)
第一节 各种单一推力的计算.....	(116)
第二节 在各种不同布置形式中固定支架所受推力的计算.....	(117)

第三节 煤气管道用鼓形及波形伸缩器的计算	(124)
第七章 煤气管道的附属设备	(130)
附录： 一、煤气管道施工说明 (陕 R-301)	(178)
二、煤气管道施工及验收暂行技术条件 (陕 R-302)	(180)
三、主要参考资料	(194)

第二篇 天然气管道部分

第八章 天然气的一般常识	(195)
一、天然气的形成和开采	(195)
二、天然气的特性及成分	(195)
三、天然气的气质标准	(196)
四、国内天然气气质资料	(197)
五、四川省各地天然气成分及其物理化学性质	(197)
第九章 天然气的集输及供应系统	(202)
第一节 天然气的集输流程	(202)
第二节 天然气的供应系统	(202)
第三节 系统设备及阀件	(205)
第十章 天然气管道设计与安装	(207)
第一节 天然气管道的敷设	(207)
第二节 车间内部天然气管道设计	(221)
第三节 天然气放散管	(223)
第四节 天然气的贮存	(224)
第十一章 系统设备的选择及计算	(226)
第一节 分离器	(226)
第二节 过滤器	(232)
第三节 调压器	(236)
第四节 安全阀	(251)
第五节 天然气管道常用阀门	(252)
第十二章 调配站设计	(255)
第一节 调配站的工艺流程	(255)
第二节 调配站的布置形式	(255)
第三节 调配站露天布置的防护措施	(255)

第四节	调配站的防噪音问题.....	(256)
第五节	防火距离.....	(256)
第六节	设计注意事项.....	(257)
第七节	调配站示例.....	(259)
一、	调配站设备及管道布置示例之一.....	(259)
二、	调配站设备及管道布置示例之二.....	(259)
第十三章	天然气管道水力计算.....	(262)
第一节	水力计算公式.....	(262)
第二节	计算图表.....	(265)
一、	低压天然气管道流量和压力降计算表 (表13—2)	(265)
二、	高中压天然气管道计算图 (图13—1)	(266)
三、	计算高中压天然气管道通用的 d^5/s 、 $1.538d^5/s$ 和 $36.912d^5/s$ 数值 (表13—3)	(269)
四、	$\sqrt{P_1^2 - P_2^2}$ 的数值 (表13—4)	(270)
五、	n 、 n^2 和 \sqrt{n} 的数值 (表13—5)	(272)
六、	导管计算线解图表 (表13—6)	(272)
七、	天然气管道局部阻力的当量长度表 (表13—7)	(273)
第十四章	管道焊接.....	(276)
第一节	焊接与管材材质的关系.....	(276)
第二节	焊条要求及焊条选用.....	(278)
第十五章	管道防腐.....	(282)
第一节	埋地管道的防腐种类及防腐措施.....	(282)
第二节	沥青橡胶绝缘层.....	(283)
第三节	地面 (架空) 管线及站内设备的油漆防腐.....	(288)
第十六章	试压及验收.....	(289)
第一节	吹 扫.....	(289)
第二节	强度试验.....	(290)
第三节	严密性试验.....	(291)
第十七章	天然气管道设计的技术经济指标.....	(295)
第一节	消耗指标.....	(295)
第二节	概算指标.....	(295)
附录:		
主要参考资料.....		(307)

第一章 概 述

第一节 煤气的分类

一、按成因分类

煤气按成因不同可分为天然煤气和人工煤气两大类：

天然煤气是通过钻井从地层中开采出来的。如果开采出来的煤气中不含石油，这种煤气称为纯天然煤气（或天然气）；反之，如果含有石油，则称为副产煤气（或石油煤气）。

人工煤气是固体燃料热分解或在煤气发生炉中进行气化所获得的煤气，其中包括：半焦煤气、炼焦煤气、空气煤气、水煤气、混合煤气、蒸汽氧煤气及高压蒸汽氧鼓风机气化煤气。炼焦煤气的发热值很高，是城市煤气供应的主要来源。空气煤气、混合煤气及水煤气的发热值较低，一般用于工厂；而高压蒸汽氧鼓风机化煤气的发热值较高，适用于城市煤气供应。地下气化所得的煤气发热值不高，且含有大量的氮，它主要作为动力工业发电站燃气轮机或锅炉的燃料。高炉煤气是冶金工厂炼铁时的副产品，发热值低，现常用于炼焦炉的加热、锅炉燃料或与发热值高的煤气混合后供给轧钢系统的加热炉使用。

液体燃料的高分子碳氢化合物在70个大气压和500℃热裂时，或其蒸汽在常温和600℃高温分解时，也会产生煤气。液态碳氢化合物经高热分解，可得芳香烃（苯、甲烷）、煤气及不饱和烃。这些煤气按其成分来说，近似于天然煤气，具有很高的发热值。热裂石油煤气的发热值一般在10000~15000千卡/标米³之间，而高热分解煤气的发热值则较低。

液化煤气是副产煤气和石油加工后所得的产品，其主要成分是丙烷和丁烷，这些可燃组分在常温和不太高的压力下处于液态，而当压力降低时即转变成气态。

二、按发热值分类

发热值小于2500千卡/标米³的，为低发热值煤气；发热值在2500~5000千卡/标米³之间的，为中发热值煤气；发热值高于5000千卡/标米³的，为高发热值煤气。

三、按燃烧温度分类

1、**高燃烧温度的煤气**：此类煤气包括水煤气、石油煤气、炼焦煤气、天然煤气及高压气化煤气等，其燃烧温度高于2000℃。这类煤气在空气和煤气不预热的情况下即可达到高温，常用于高温加热炉，如平炉、化铁炉、玻璃熔窑等。

2、**中燃烧温度的煤气**：此类煤气包括沥青质煤气化所得的发生炉煤气、炼焦煤气

表1-1 各种煤气的近似组成

煤气名称	近似组成 % (体积)							发热值 Q_{in} (千卡/标 米 ³)	备注
	$CO_2 + H_2S$	O_2	C_mH_n	CO	H_2	CH_4	N_2		
一、高发热值煤气									
天然煤气	0.1~0.6	0.1~0.4	0.5 ~27	0.1~4 ~3	0.1~2 ~12	~98 ~58 $C_2H_6 + C_2H_4$ 50+50	1~5	8000~9000 ~9000 ~25000	天然气中含有石油 降压即成气体
石油煤气									
液化煤气									
半焦煤气	12~15	0.2~0.3	3~6	6~12	16~22	45~62	2~10	5000~7000	500~550℃下煤干馏所得
炼焦煤气	2~3	0.7~1.2	1.6~2.3	4~8	53~60	19~25	7~13	3700~4000	900~1050℃下煤干馏所得
城市煤气	2~5	0.3~0.8	2~3	8~25	50~55	18~30	2~10	3000~4500	同上
高压气化煤气	2~4	0.2~0.3	0.5~1.0	14~22	54~60	14~20	2~6	3600~4000	20~30表压及汽氧鼓风下气 化所得
二、中发热值煤气									
增炭水煤气	10~20	0.1~0.2	0.5~1.0	22~32	42~50	6~9	2~5	2700~2800	
水煤气	5~7	0.1~0.2		35~10	47~52	0.3~0.6	2~6	1500~2200	
半水煤气									
富氧煤气	6~20	0.1~0.2	0.2~0.8	27~40	20~40	2.5~5.0	10~45	1400~1550	一般用于合成原料
三、低发热值煤气									
混合发生炉煤气(烟煤)	3~7	0.1~0.3	0.2~0.4	25~30	11~15	1.5~3	47~54	1200~1350	
混合发生炉煤气(无烟煤、焦炭)	3~7	0.1~0.3		24~30	11~15	0.5~0.7	47~54	1150~1250	
空气煤气	0.5~1.5			32~33	0.5~0.9		64~66	990~1030	
高炉煤气	7~14			26~31	1.5~3.5	0.1~0.8	56~60	900~1090	炼铁副产品
地下煤气	16~22			5~10	17~25	0.8~1.1	47~53	740~980	

及高炉煤气的混合煤气，其燃烧温度在1700~1950℃之间，适用于中温加热和工业炉中，如将空气进行预热，亦可用于高温加热。

3、低燃烧温度的煤气：此类煤气包括贫煤气化所得的发生炉煤气、空气煤气和高炉煤气，其残余气体含量在50%~70%之间，燃烧温度为1500~1700℃，常用于中温和低温加热炉、干燥炉和蒸汽或热水锅炉的燃料。

此外，尚有许多工业废气，如化铁炉、炭黑工厂和水煤气发生站的吹出气，内燃机的排出气等，其中残余气体含量达70%以上，燃烧温度较低，在工业上尚未广泛使用。

各种煤气的一般近似组成见表1-1。

第二节 煤气和天然气的物理化学性质及其计算

在工程设计中往往需要煤气和天然气的某些物理化学特性作为设计计算依据。这些特性数据除了用实验方法测定外，常常是根据煤气和天然气的组成用混合气体法则公式求出。

一、重度（重率）

1、在0℃与760毫米水银柱时1标米³干煤气或干天然气重度可按式（1-1）计算：

$$r_0^c = \frac{1}{100} (r_1 x_1 + r_2 x_2 + \dots + r_n x_n) \quad (1-1)$$

式中：

r_0^c ——干煤气或干天然气重度（公斤/标米³）；

r_1, r_2, \dots, r_n ——煤气或天然气中各气体组分的重度（公斤/标米³），见表1-2；

x_1, x_2, \dots, x_n ——煤气或天然气中各气体组分%（体积）。

表1-2 0℃及760毫米水银柱时单一气体的重度（公斤/标米³）

气 体	氮 N ₂	氨 NH ₃	氢 H ₂	氧 O ₂	一氧化碳CO	二氧化 CO ₂ 碳
重 度	1.2507	0.7710	0.090	1.429	1.2504	1.9769
气 体	硫化氢H ₂ S	二氧化硫SO ₂	空 气	甲烷CH ₄	乙烷 C ₂ H ₆	丙烷C ₃ H ₈
重 度	1.539	2.926	1.293	0.7168	1.3415	2.019
气 体	丁烷C ₄ H ₁₀	乙烯 C ₂ H ₄	丙烯C ₃ H ₆	乙炔C ₂ H ₂	水蒸汽(H ₂ O)	
重 度	2.703	1.260	1.915	1.1707	0.804	

煤气或天然气中不饱和烃(C_mH_n)之重度可近似地按乙烯(C₂H₄)计算。

2、湿煤气或湿天然气重度可自干煤气或干天然气的重度按式（1-2）换算求得：

$$r_0^c = r_0^c \left(1 - \frac{Z}{0.804}\right) + Z \quad (1-2)$$

式中：

- r_0^w ——湿煤气或湿天然气重度（公斤/标米³）；
- r_0^d ——干煤气或干天然气重度（公斤/标米³）；
- Z——干煤气中或干天然气中水分含量（公斤/标米³）；
- 0.804——1标米³水蒸汽的重量（公斤/标米³）。

二、比 重

在工程计算中，煤气或天然气的重度常以相对于空气的重度来表示，煤气或天然气的比重为：

干煤气或干天然气的比重：

$$S_0^d = \frac{r_0^d}{1.293} \quad (1-3)$$

湿煤气或湿天然气的比重：

$$S_0^w = \frac{r_0^w}{1.293} \quad (1-4)$$

式（1-3）、（1-4）中：

- r_0^d ——干煤气或干天然气重度（公斤/标米³）；
 - r_0^w ——湿煤气或湿天然气重度（公斤/标米³）；
 - 1.293——空气的重度（公斤/标米³）。
- 各种煤气和天然气的一般比重见表1-3

表 1-3 各种煤气和天然气的一般比重

名 称	重度 (公斤/标米 ³)	比重 (与空气比)
天然煤气	0.75~0.8	0.58~0.62
石油伴生气	~1.0	
焦炉煤气	0.50	0.39
高炉煤气	1.3	0.98
空气发生炉煤气	~1.14	
蒸汽、空气发生炉煤气	~1.16	~0.90
蒸汽、氧气发生炉煤气	~1.0	
液化石油气		
液态	0.495~0.57	0.495~0.57 (与水比)
气态	1.9~2.5	
水煤气	0.71	0.55

三、粘 度

粘度是指流体相对运动时所引起的内摩擦力，其大小与各分子间的内聚力有关。同

一流体其粘度值随温度不同而改变，压力不高时，气体的粘度随着温度的升高而增加，当压力很高时（100~150大气压以上），气体的粘度则随着温度的升高而降低。粘度的大小可以用动力粘度、运动粘度和恩氏粘度等单位来表示。

1、动力粘度（或称绝对粘度） μ ：

表示1米²面积的流体以1米/秒的速度相对运动1米的路程时，所产生的内摩擦力为1公斤。单位为泊。工业上的单位常用公斤·秒/米²表示。

$$1 \text{ 泊} = 100 \text{ 厘泊} = 1 \text{ 克/厘米} \cdot \text{秒} = 1 \text{ 达因} \cdot \text{秒/厘米}^2 = 0.0102 \text{ 公斤} \cdot \text{秒/米}^2$$

2、运动粘度 ν ：

运动粘度或比内摩擦系数，是动力粘度与同温度之下流体密度的比值。其单位为米²/秒。

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu \cdot g}{r} \quad (\text{米}^2/\text{秒}) \quad (1-5)$$

式中：

r ——流体重度（公斤/米³）；

ρ ——流体密度（公斤·秒²/米⁴）；

$$\rho = \frac{r}{g}$$

g ——重力加速度（9.81米/秒²）。

3、恩氏粘度 E ：

是条件粘度的一种，它表示从恩氏粘度计中，在某温度下流出200毫升待试流体所需的时间与流出200毫升20℃的蒸馏水所需时间的比值。其单位为°E。恩氏粘度多用于表示液体的粘度。

煤气或天然气在标准状态下的动力粘度可近似地按式（1-6）计算：

$$\mu_0 = \frac{G_1 + G_2 + \dots + G_n}{\frac{G_1}{\mu_1} + \frac{G_2}{\mu_2} + \dots + \frac{G_n}{\mu_n}} \quad (\text{公斤} \cdot \text{秒/米}^2) \quad (1-6)$$

式中：

G_1, G_2, \dots, G_n ——煤气或天然气中各气体组分%（重量）；

$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ ——煤气或天然气中各气体组分的动力粘度（公斤·秒/米²），见表

1-4。

煤气或天然气在温度为 t °C时的动力粘度可按式（1-7）计算：

$$\mu_t = \mu_0 \cdot \frac{273 + C}{T + C} \left(\frac{T}{273} \right)^{3/2} \quad (1-7)$$

式中:

μ_t ——温度为 $t^\circ\text{C}$ 时的煤气或天然气的动力粘度 (公斤·秒/米²);

μ_0 ——温度为 0°C 时的煤气或天然气的动力粘度 (公斤·秒/米²);

T ——绝对温度;

$$T = 273 + t \quad (^\circ\text{K})$$

C ——煤气或天然气的无因次实验系数, 可由式 (1-8) 求得。

$$C = \frac{1}{100} (C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n) \quad (1-8)$$

式中:

C_1, C_2, \dots, C_n ——煤气或天然气中各气体组分的无因次实验系数, 见表 1-4;

X_1, X_2, \dots, X_n ——煤气或天然气中各气体组分% (体积)。

表 1-4 0°C 及 760 毫米水银柱时单一气体的粘度

气 体 名 称	动力粘度 $\mu \times 10^6$ (公斤·秒/米 ²)	运动粘度 $\nu \times 10^6$ (米 ² /秒)	无因次实验系数 C
甲 烷 CH_4	1.0505	14.374	171
乙 烷 C_2H_6	0.8630	6.435	287
丙 烷 C_3H_8	0.7508	3.497	324
空 气	1.7530	13.300	122
乙 烯 C_2H_4	0.9623	7.548	252
乙 炔 C_2H_2	0.9488	8.165	
氮 N_2	1.6931	13.242	112
氧 O_2	1.9611	13.497	131
氢 H_2	0.8510	92.866	81.7
一氧化碳 CO	1.6943	13.295	104
二氧化碳 CO_2	1.4094	6.994	266

当天然气中甲烷含量大于95%时, 其运动粘度和动力粘度可以近似地取甲烷的相应值。

甲烷在不同压力和温度下的动力粘度见表 1-5。

表 1—5

甲烷的动力粘度 $\mu \times 10^7$ (克/厘米·秒) (泊)

压力 (绝对大气压)	0℃	25℃	75℃
1	1027	1108	1260
20	1068	1135	1290
60	1220	1260	1355
100	1420	1370	1455
150	1795	1680	1635
200	2165	1990	1810
300	2800	2510	2230
400	3360	3005	2620
600		3890	3330

不同温度、不同压力下, 相对比重为0.6的天然气的动力粘度见图 1—1。

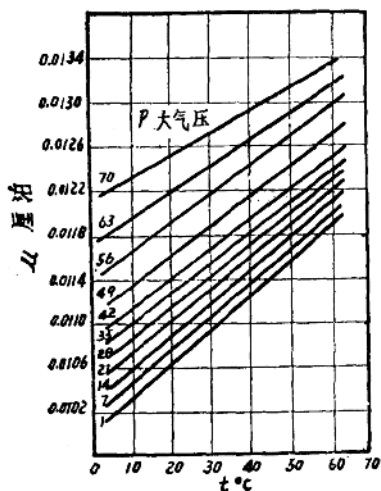


图 1—1 不同温度压力下, 相对比重为0.6的天然气的动力粘度

气体粘度如果从本章图表中找不到需要的数据时, 一般工程上也可用式 (1—9) 计算, 平均误差为 5%。

$$\mu = 0.0001286 M^{0.5} \cdot P_c^{0.667} \cdot T_r$$

(1—9)

式中:

μ ——动力粘度 (厘泊);

M ——分子量;

P_c ——临界压力 (绝对大气压);

T_r ——对比温度 ($^{\circ}K$)。

$$T_r = \frac{\text{操作温度 } T, (^{\circ}K)}{\text{临界温度 } T_c, (^{\circ}K)}$$

高压下气体粘度, 可先由式 (1—6) 求出低压时的粘度, 再由图 1—2 进行校正。

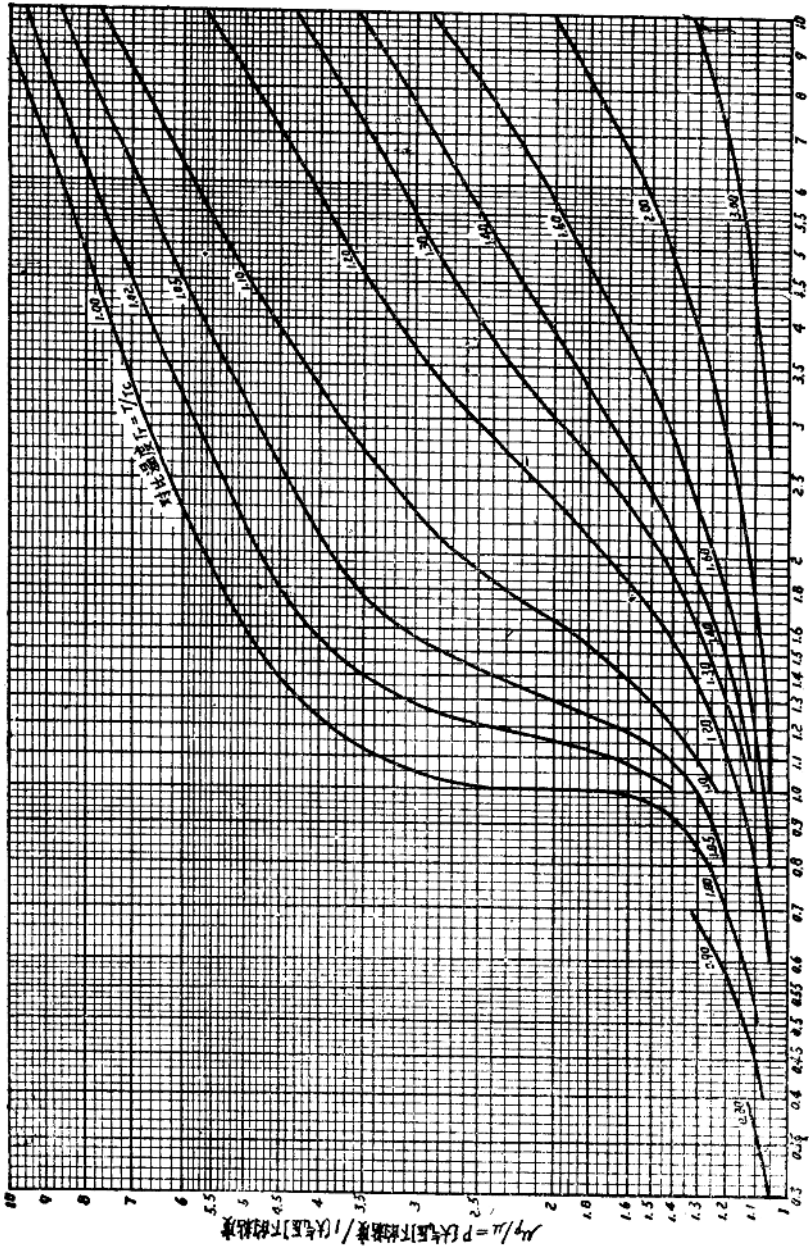


图 1-2 气体在高压下精度校正图

图 1—2 中:

P_r ——对比压力 (绝对大气压)。

$$P_r = \frac{\text{操作压力 } P, (\text{绝对大气压})}{\text{临界压力 } P_c, (\text{绝对大气压})}$$

四、发 热 值

气体燃料的发热值是单位数量燃料 (1 公斤分子、1 米³或 1 公斤) 完全燃烧时所放出来的热量。发热值分为高发热值和低发热值。高发热值是指当燃烧产物被冷却至 20℃, 且燃烧产物中的水蒸汽在 0℃时凝结成水的条件下燃料完全燃烧时所放出来的热量。低发热值是指燃料的燃烧产物和水蒸汽同样都冷却至 20℃的条件下, 燃料完全燃烧所放出来的热量。高发热值用于科学研究中, 低发热值用于工程计算中。在一般的燃烧条件下, 燃料燃烧后所产生的水蒸汽未经冷凝而与燃烧产物一起排出, 因而在实际计算时近似地用低发热值。

1、干煤气或干天然气发热值计算如下:

1) 高发热值 Q_B^C

$$Q_B^C = \frac{1}{100} (Q_{B_1}X_1 + Q_{B_2}X_2 + \dots + Q_{B_n}X_n) \quad (\text{千卡/标米}^3) \quad (1-10)$$

2) 低发热值 Q_H^C

$$Q_H^C = \frac{1}{100} (Q_{H_1}X_1 + Q_{H_2}X_2 + \dots + Q_{H_n}X_n) \quad (\text{千卡/标米}^3) \quad (1-11)$$

式 (1—10)、(1—11) 中:

$Q_{B_1}, Q_{B_2}, \dots, Q_{B_n}$ ——干煤气或干天然气中各可燃组分的高发热值 (千卡/标米³);

$Q_{H_1}, Q_{H_2}, \dots, Q_{H_n}$ ——干煤气或干天然气中各可燃组分的低发热值 (千卡/标米³);

X_1, X_2, \dots, X_n ——干煤气或干天然气中各可燃组分% (体积)。

表 1—6 单一燃气的发热值 (千卡/标米³)

气 体 名 称	高发热值 Q_B	低发热值 Q_H	气 体 名 称	高发热值 Q_B	低发热值 Q_H
氢 H_2	3048	2579	乙 烯 C_2H_4	15044	14107
一氧化碳 CO	3018	3018	丙 烯 C_3H_6	21940	20541
甲 烷 CH_4	9495	8555	丁 烯 C_4H_8	29004	27111
乙 烷 C_2H_6	16607	15226	乙 炔 C_2H_2	13839	13388
丙 烷 C_3H_8	23687	21795	硫化氢 H_2S	6140	5660
丁 烷 C_4H_{10}	30704	28338			

煤气中不饱和烃 (C_mH_n) 的高、低发热值可近似地按乙烯 (C_2H_4) 采用。

2、湿煤气或湿天然气发热值可自干煤气或干天然气的发热值按式 (1—12)、(1—13) 换算求得:

1) 高发热值 Q_B^P

$$Q_B^P = Q_B^C \times \frac{0.804}{0.804 + Z} \quad (\text{千卡/标米}^3) \quad (1-12)$$

2) 低发热值 Q_H^P

$$Q_H^P = Q_H^C \times \frac{0.804}{0.804 + Z} \quad (\text{千卡/标米}^3) \quad (1-13)$$

式(1-12)、(1-13)中:

Q_B^C ——干煤气或干天然气高发热值(千卡/标米³);

Q_H^C ——干煤气或干天然气低发热值(千卡/标米³);

Z ——干煤气或干天然气中水分含量(公斤/标米³);

0.804——1标米³水蒸汽的重量(公斤/标米³)。

各种煤气的低发热值 Q_H^P 见表1-1。

五、比 热

使单位重量或单位体积气体燃料温度升高1℃时所需的热量称为比热。根据气体计量单位及测量条件不同,比热可分为定压比热和定容比热两种,对于某单一气体而言,其相互关系如下:

$$C_P = C_V + \frac{1.985}{m} \quad (1-14)$$

$$\text{或} \quad C_P = C_V + ARr \quad (1-15)$$

式(1-14)、(1-15)中:

C_P ——气体的定压比热;

C_V ——气体的定容比热;

m ——气体的分子量;

R ——气体常数(公斤·米/公斤·°K);

A ——热功当量, $A = \frac{1}{427}$ (千卡/公斤·米);

r ——重度(公斤/米³)。

煤气或天然气的比热可按式(1-16)计算求得:

$$C = \frac{1}{100}(C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n) \quad (1-16)$$

式中:

C ——煤气或天然气比热(千卡/米³·°C或千卡/公斤·°C);

$C_1、C_2 \dots C_n$ ——煤气或天然气中各气体组分的比热(千卡/米³·°C或千卡/公斤·°C);

$X_1、X_2 \dots X_n$ ——煤气或天然气中各气体组分% (体积) 或% (重量)。

煤气或天然气中各种单一气体的比热数值列于表1-7中。

表 1-7

单一气体的平均比热

温 度 ℃	比热 (千卡/标米 ³ ·℃)								
	CO ₂	N ₂	O ₂	CO	CH ₄	H ₂	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	H ₂ S
0	0.3805	0.3088	0.3116	0.311	0.374	0.306	0.447	0.445	0.350
100	0.4092	0.3093	0.3145	0.311	0.395	0.309	0.489	0.496	0.361
200	0.4290	0.3106	0.3190	0.313	0.422	0.310	0.522	0.547	0.371
300	0.4469	0.3122	0.3240	0.315	0.452	0.311	0.547	0.593	0.382
400	0.4628	0.3146	0.3291	0.318	0.483	0.312	0.566	0.636	0.393
500	0.4769	0.3173	0.3339	0.321	0.512	0.312	0.566	0.636	0.393
600	0.4895	0.3203	0.3385	0.325	0.542	0.313	0.599	0.718	0.411
700	0.5008	0.3235	0.3426	0.328	0.569	0.314	0.615	0.756	0.420
800	0.5110	0.3266	0.3464	0.333	0.596	0.315	0.628	0.788	0.429
900	0.5204	0.3297	0.3498	0.335	0.620	0.317	0.641	0.819	0.437
1000	0.5288	0.3325	0.3529	0.338	0.644	0.318	0.653	0.848	0.445
1100	0.5363	0.3354	0.3548	0.341	0.665	0.319			
1200	0.5433	0.3380	0.3584	0.344	0.686	0.321			
1300	0.5495	0.3406	0.3608	0.346		0.323			

六、绝热指数

气体的定压比热 C_P 与定容比热 C_V 之比,称为绝热指数。煤气或天然气的绝热指数 K 可按式(1-17)、(1-18)计算:

$$k = \frac{C_{P_1}X_1 + C_{P_2}X_2 + \dots + C_{P_n}X_n}{C_{V_1}X_1 + C_{V_2}X_2 + \dots + C_{V_n}X_n} \quad (1-17)$$

$$\text{或: } k = \sum k_i X_i \quad (1-18)$$

式(1-17)、(1-18)中:

C_{P_1} 、 C_{P_2} …… C_{P_n} ——煤气或天然气中各气体组分的定压比热(千卡/米³·℃或千卡/公斤·℃);

C_{V_1} 、 C_{V_2} …… C_{V_n} ——煤气或天然气中各气体组分的定容比热(千卡/米³·℃或千卡/公斤·℃);

k_i ——煤气或天然气中各气体组分的绝热指数;

X_1 、 X_2 …… X_n ——煤气或天然气中各气体组分% (体积) 或% (重量)。

煤气或天然气中各种单一气体的绝热指数列于表1-8中。

表 1—8

气体的 C_P/C_V 值

气 体	CH ₄	C ₄ H ₈	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
C_P/C_V	1,309	1,100	1,198	1,269	1,161	1,144
气 体	C ₅ H ₁₂	C ₂ H ₄	C ₃ H ₆	N ₂	O ₂	H ₂
C_P/C_V	1,121	1,258	1,170	1,404	1,401	1,407
气 体	CO	CO ₂	H ₂ S	H ₂ O (蒸汽)		
C_P/C_V	1,403	1,304	1,320	1,335		

当天然气中甲烷含量大于95%时，其绝热指数可取作甲烷的相应值。

七、气体常数

煤气或天然气的气体常数可按式（1—19）进行计算：

$$R = \frac{848}{22.4r_0} \quad (1-19)$$

式中：

R——煤气或天然气的气体常数（公斤·米/公斤·°K）；

r_0 ——煤气或天然气的重度（公斤/标米³）。

八、天然气的含湿量

天然气在各种温度和压力下的含湿量可按式（1—20）计算：

$$W = \frac{A}{P} + B \quad (1-20)$$

式中：

W——天然气在20℃、760毫米水银柱、比重为0.6时的含湿量（克/标米³）；

P——天然气的绝对压力（公斤/厘米²）；

A、B——系数，见表1—9。