

東北工學院試用教材

煤氣供應

冶金爐教研組 梁寧元編

北京鋼鐵工業學校
圖書館藏書

東北工學院

1956

序 言

燃料由其形態可分為固體、液體及氣體燃料。氣體燃料通稱為煤氣。煤氣與固體燃料甚至與液體燃料比較起來，有其本質上的優越性，其中主要的是：

(1) 可以將煤氣和空氣混合得很好，因之用少量過剩空氣而能保證完全燃燒，從而提高熱效率，例如家庭使用氣體燃料時其有效熱量約為總熱量之45%，但固體燃料則僅12%左右，因之使用氣體燃料非常經濟；

(2) 燃燒裝置簡單，並容易調節溫度及火焰長度；

(3) 無灰，無煙，因此非常清潔；

(4) 較液體燃料安全，因液體燃料易引火；

(5) 煤氣由其產地到消費者間的運輸容易。

以上五點即說明了氣體燃料在家庭日常生活中使用時的優越性。對於工業使用，其優點尚不僅如此，例如煤氣可予熱，因之可提高燃燒溫度，爐內氣氛易於控制等等。總之，煤氣用在家庭上以及工業上均有其優越之點。

煤氣可為天然的或人造的，但都是集中在一處發生，而由管道輸送到需要地點，因此有煤氣供應的問題發生。

煤氣供應是一門技術科學，它研究煤氣製造問題，煤氣的淨化問

題，煤氣的貯藏及管道輸送問題，管道的設計及鋪設問題，燃燒器具問題以及研究燃燒的物理化學過程和熱工特性等問題。

本課程着重講授家庭用煤氣供應的問題。本課程在供熱、供煤氣及通風專業中，與採暖通風、供熱以及上下水等均有共同之點和業務上的聯繫。在設計方面關於設計步驟，主要要求以及計算原理都是相同的。在按裝方面管子材料、敷設方法以及管子接法等基本上也都相同。煤氣與蒸汽及溫水同樣為一種熱源，因之在採暖方面、通風方面（通熱風）以及鍋爐設備方面常採用煤氣加熱。

在歷史的記載上，我國使用煤氣最早，在公元前 900 年間，已能利用天然煤氣進行熬鹽，並能將地下蘊藏的煤氣，鑿孔導出，用竹管引入屋內，利用其燒飯和點燈。

人造煤氣最初是由英人 William Murdock 在 1792 年，開始大規模製造乾餾煤氣應用於照明上，其後，其學生 Clogg 更改進了製煤氣中的缺點，除去煤氣臭味，並製造計量器計算煤氣，製造整壓器調節壓力，如此煤氣工程才日新月異，逐漸走向發展的道路。

我國最初的煤氣廠是在上海，建設於 1863 年，是英人設立的，現已徵用。我國現有都市煤氣的都市計上海、瀋陽、大連、長春、哈爾濱、錦州、鞍山、撫順等八處。

蘇聯在聯共（布）第十八次代表大會上，提出了工業及日常生活煤氣化的決議。這項巨大工作，雖然曾被偉大的衛國戰爭中止過，但在 1943 年也完成了由布古魯斯蘭（Бугуруслан）至古比雪夫（Куйбышев），長 160 公里的世界第一條遠距離的輸送天然煤氣的煤氣

管。在 1946 年，由薩拉托夫（Саратов）至莫斯科，長 840 公里的煤氣管也開始輸送了煤氣。繼此以後，曾經修建了比它能力大 1.5 倍的達沙瓦（Дашава）至基輔（Киев）間的煤氣管道，蘇聯的煤氣供應網是非常普遍的，並已將煤氣使用推廣到農村中去。

蘇聯在第十九次黨代表大會上提出了在 1951——1955 年的第五個五年計劃中將要增加 80% 的天然煤氣的開發和由煤及頁岩製造煤氣的生產，擴大煤氣在家庭生活中的使用和內燃機燃料的應用並擴大從煤氣製造化學產品。

蘇聯在最近的第二十次黨代表大會上，提出了 1956—1960 年的第六個五年計劃中將在第五個五年計劃的基礎上，大力發展煤氣工業，擴大國民經濟中用煤氣作化工原料和燃料以及用於生活需要的範圍，在五年內要把煤氣的開採和生產量提高 2.9 倍，要建設長約 9000 公里的主要煤氣輸送管道並投入生產。

蘇聯不斷發明新的煤氣化方法，從而提高了生產能力，並把已往不能煤氣化的燃料進行了煤氣化。在蘇聯地下煤氣化已經獲得了很大成就，在 1938 年頓巴斯的高爾洛甫克（Горловка）已經建立了第一個煤氣供應站，這也是在世界上最初出現的一個，在 1942 年，在莫斯科附近建立了第二個煤氣供應站。

目 錄

序 言

第一章 人造可燃氣體

- § 1. 人造可燃氣體的分類 4
- § 2. 各種煤氣的成分及其特徵 5

第二章 天然可燃氣體

第三章 單一氣體及氣體混合物的物理化學性質

- § 1. 單一氣體的主要性質 11
- § 2. 熱容量 15
- § 3. 導熱性 16
- § 4. 粘度 17
- § 5. 壓縮性係數 18
- § 6. 氣體的爆炸性 19
- § 7. 煤氣的腐蝕性及毒性 20

第四章 固體燃料的乾燥

- § 1. 乾燥過程概說 22
- § 2. 低溫乾燥 24
- § 3. 高溫乾燥 30
- § 4. 都市煤氣 36

第五章 固體燃料的氣化

- § 1. 煤氣發生爐的操作及設備系統 44
- § 2. 氣化過程的化學原理 45
- § 3. 氣化反應的熱效應 47
- § 4. 化學平衡及平衡常數 8
- § 5. 煤氣發生爐操作的動力學原理 ii

§ 6. 理論煤氣與實際煤氣	53
§ 7. 影響發生爐煤氣的煤氣化因素	56
§ 8. 煤氣化的強度	59
§ 9. 煤氣發生爐的構造	60
§ 10. 水煤氣的製造	67
§ 11. 水煤氣發生站	69
§ 12. 加碳水煤氣	70
§ 13. 煤氣化的新方法	73

第六章 可燃氣體使用前的處理

§ 1. 概說	81
§ 2. 煤氣的冷卻	82
§ 3. 煤氣的除塵	86
§ 4. 乾式除塵法	87
§ 5. 濕式除塵法	96
§ 6. 焦油的除去	97
§ 7. 脫硫及脫氰氫酸	100
§ 8. 脫氮及脫苯	102
§ 9. 苯的回收	102
§ 10. 煤氣的乾燥和煤氣的增臭	103
§ 11. 煤氣發生站的安全技術	104

第七章 煤氣的燃燒

§ 1. 煤氣的燃燒過程	106
§ 2. 煤氣的燃燒	107
§ 3. 火焰傳播速度	108
§ 4. 氣流的混合	111

序 言

燃料由其形態可分為固體、液體及氣體燃料。氣體燃料通稱為煤氣。煤氣與固體燃料甚至與液體燃料比較起來，有其本質上的優越性，其中主要的是：

(1) 可以將煤氣和空氣混合得很好，因之用少量過剩空氣而能保證完全燃燒，從而提高熱效率，例如家庭使用氣體燃料時其有效熱量約為總熱量之45%，但固體燃料則僅12%左右，因之使用氣體燃料非常經濟；

(2) 燃燒裝置簡單，並容易調節溫度及火焰長度；

(3) 無灰，無烟，因此非常清潔；

(4) 較液體燃料安全，因液體燃料易引火；

(5) 煤氣由其產地到消費者間的運輸容易。

以上五點即說明了氣體燃料在家庭日常生活中使用時的優越性。對於工業使用，其優點尚不僅如此，例如煤氣可予熱，因之可提高燃燒溫度，爐內氣氛易於控制等等。總之，煤氣用在家庭上以及工業上均有其優越之點。

煤氣可為天然的或人造的，但都是集中在一處發生，而由管道輸送到需要地點，因此有煤氣供應的問題發生。

煤氣供應是一門技術科學，它研究煤氣製造問題，煤氣的淨化問

題，煤氣的貯藏及管道輸送問題，管道的設計及鋪設問題，燃燒器具問題以及研究燃燒的物理化學過程和熱工特性等問題。

本課程着重講授家庭用煤氣供應的問題。本課程在供熱、供煤氣及通風專業中，與採暖通風、供熱以及上下水等均有共同之點和業務上的聯繫。在設計方面關於設計步驟，主要要求以及計算原理都是相同的。在按裝方面管子材料、敷設方法以及管子接法等基本上也都相同。煤氣與蒸汽及溫水同樣為一種熱源，因之在採暖方面、通風方面（通熱風）以及鍋爐設備方面常採用煤氣加熱。

在歷史的記載上，我國使用煤氣最早，在公元前 900 年間，已能利用天然煤氣進行熬鹽，並能將地下蘊藏的煤氣，鑿孔導出，用竹管引入屋內，利用其燒飯和點燈。

人造煤氣最初是由英人 William Murdock 在 1792 年，開始大規模製造乾餾煤氣應用於照明上，其後，其學生 Clogg 更改進了製煤氣中的缺點，除去煤氣臭味，並製造計量器計算煤氣，製造整壓器調節壓力，如此煤氣工程才日新月異，逐漸走向發展的道路。

我國最初的煤氣廠是在上海，建設於 1863 年，是英人設立的，現已徵用。我國現有都市煤氣的都市計上海、瀋陽、大連、長春、哈爾濱、錦州、鞍山、撫順等八處。

蘇聯在聯共（布）第十八次代表大會上，提出了工業及日常生活煤氣化的決議。這項巨大工作，雖然曾被偉大的衛國戰爭中止過，但在 1943 年也完成了由布古魯斯蘭（Бугуруслан）至古比雪夫（Куйбышев），長 160 公里的世界第一條遠距離的輸送天然煤氣的煤氣

管。在 1946 年，由薩拉托夫（Саратов）至莫斯科，長 840 公里的煤氣管也開始輸送了煤氣。繼此以後，曾經修建了比它能力大 1.5 倍的達沙瓦（Дашава）至基輔（Київ）間的煤氣管道，蘇聯的煤氣供應網是非常普遍的，並已將煤氣使用推廣到農村中去。

蘇聯在第十九次黨代表大會上提出了在 1951—1955 年的第五個五年計劃中將要增加 80% 的天然煤氣的開發和由煤及頁岩製造煤氣的生產，擴大煤氣在家庭生活中的使用和內燃機燃料的應用並擴大從煤氣製造化學產品。

蘇聯在最近的第二十次黨代表大會上，提出了 1956—1960 年的第六個五年計劃中將在第五個五年計劃的基礎上，大力發展煤氣工業，擴大國民經濟中用煤氣作化工原料和燃料以及用於生活需要的範圍，在五年內要把煤氣的開採和生產量提高 2.9 倍，要建設長約 9000 公里的主要煤氣輸送管道並投入生產。

蘇聯不斷發明新的煤氣化方法，從而提高了生產能力，並把已往不能煤氣化的燃料進行了煤氣化。在蘇聯地下煤氣化已經獲得了很大成就，在 1938 年頓巴斯的高爾洛甫克（Горловка）已經建立了第一個煤氣供應站，這也是在世界上最初出現的一個，在 1942 年，在莫斯科附近建立了第二個煤氣供應站。

第一章 人造可燃氣體

§1 人造可燃氣體的分類

可燃氣體我們通常稱之為煤氣或燃氣。煤氣的分類可由下表說明之：

表一

天然可燃氣體	人 造 可 燃 氣 體	
	乾 餾 煤 氣	氣 化 煤 氣
天然煤氣	低溫乾餾煤氣 煤焦煤氣 都市煤氣	空氣煤氣 水煤氣 蒸汽——空氣煤氣 油煤氣 加碳水煤氣 分解煤氣 加氫煤氣 高爐煤氣

煉焦煤氣及都市煤氣都屬於高溫乾餾的煤氣，是家庭用和工業用的主要可燃氣體。

工業用煤氣主要有煉焦煤氣，蒸汽——空氣煤氣，高爐煤氣和天然煤氣。

低溫乾餾煤氣只是低溫乾餾時的副產品，產量不多，雖可作為加熱用但無工業價值。

空氣煤氣，水煤氣多用為化工原料，很少用為熱源。

油煤氣是重質油加熱分解的產物，主要成分為碳氫化合物，可作為加熱用。加碳水煤氣是油煤氣和水煤氣的混合物，是家庭用煤氣的補充。

分解煤氣是在石油分解蒸餾時的副產品；加氫煤氣是用氫化法製造液體燃料的產物；兩者均可作為燃料用，但無工業意義。

§2 各種煤氣的成分及其特徵

人造可燃氣體也可按其發熱量之大小分三類，即發熱量高的，中等的及低的煤氣，其分類如下表：

表二

煤 氣 名 稱	氣體的平均組成成分 (%)							發 熱 量 Q_H 仟卡/米 ³
	$CO_2 + H_2S$	O_2	CO	H_2	CH_4	C_nH_m	N_2	
第一類 發熱量高的煤氣	12~15	0.2	7	6	45	5.0~8.0	2	5300
1. 低溫乾餾煤氣		~	~	~	~		~	~
		0.3	12	12	62		10	7000
2. 煉焦煤氣	2~3	0.7	4~8	53	19	1.6~2.3	7	3700
		~		~	~		~	~
		1.2		60	25		13	4000
第二類 發熱量中等的煤氣	5~7	0.1	35	47	0.3	—	2~6	2400
1. 水煤氣		~	~	~	~		~	~
		0.2	40	52	0.6		~	2500
第三類 發熱量低的煤氣	5~9	0.1	25	12	1.5	0.2~0.4	46	1390
蒸汽—空氣煤氣		~	~	~	~		~	~
		0.3	30	15	3.0		54	1550
空氣煤氣	0.5~1.5	—	32	0.5	—	—	64	990
			~	~			~	~
			33	0.9			66	1030
高爐煤氣	7~14	—	26	1.5	0.1	—	56	990
			~	~	~		~	~
			31	3.5	0.8		60	1090
地下煤氣化煤氣	16~22	—	5	17	0.8	—	47	740~980
			~	~	~		~	
			10	25	1.1		53	

由表二可知第一類的煤氣其主成分為 CH_4 及 H_2 ，第二類則主成分為 H_2 及 CO ，第三類則為 CO 及 N_2 。

各種煤氣的理論燃燒溫度可參考一例如下表

表三

煤 氣 種 類	低發熱量 仟卡/米 ³	理論燃燒溫度 °C
天然煤氣	8735	1830
煉焦煤氣*	4000	1885
水焦煤氣	2500	1850
混合煤氣	2000	1800
蒸汽——空氣煤氣	1215	1620
高爐煤氣	780	1235

*混合煤氣指煉焦煤氣與高爐煤氣之混合物

由表可知當發熱量高於 2000 時，理論燃燒溫度增加並不大，但發熱量低於 2000 時隨發熱量之減小，理論燃燒溫度下降很顯著，其理由有二；一為當溫度超過 1500°C 時隨溫度之昇高，熱分解現象逐漸顯著加強 ($2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + \text{O}_2$; $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$)，因之，估計到熱解的理論燃燒溫度，也就不能隨發熱量的增加，而顯著增加。其次是煤氣燃燒時所需的空氣量是隨發熱量的增加而增加的，一般可認為相當於 1000 仟卡/米³ 的發熱量需要 1 米³ 空氣。例如煉焦煤氣發熱量為 4000，因之理論空氣需要量為 4 米³；水煤氣發熱量為 2500 則需要 2.5 米³。空氣需要量多則廢氣生成量也多，發熱量與空氣需要量及廢氣量之關係如下表：

表四

煤氣種類	發熱量 仟卡/米 ³	理論空氣需要量 米 ³ /米 ³ 煤氣	廢氣量 米 ³ /米 ³ 煤氣	單位體積廢氣的 含熱量(仟卡)
高爐煤氣	1000	1	1.65	$\frac{1000}{1.65} = 606$
發生爐煤氣	1500	1.5	2.1	$\frac{1500}{2.1} = 714$
混合煤氣	2000	2.0	2.5	$\frac{2000}{2.5} = 800$
煉焦煤氣	4000	4.0	4.9	$\frac{4000}{4.9} = 816$
天然煤氣	8000	8.0	9.9	$\frac{8000}{9.9} = 809$

由表最後一項可知單位體積廢氣的含熱量，當發熱量超過 2000 時，並無顯著增大，但發熱量小於 2000 時，則很顯著地減少。因此 2000 的發熱量是理想的發熱量，所以在工業上常將煉焦煤氣和高爐煤氣適當混合成發熱量為 2000 的混合煤氣。

第二章 天然可燃氣體

天然的可燃氣體稱為天然煤氣。天然煤氣的產區，大部在油田的附近，常與石油同時湧出，煤礦內有時也有多量發生。

與石油伴隨產出時，煤氣中含有石油蒸氣，這種天然煤氣稱為油性的天然煤氣。產於純粹的氣體產地時，因為不含有石油蒸氣，所以稱其為乾的天然煤氣。

天然煤氣存在於砂岩、石灰岩之空隙中，上下為頁岩所保護。

天然煤氣的主要成分為碳氫化合物。其中甲烷佔絕大部分，其次為乙烷等飽和碳氫化合物。煤氣中除絕大部分為碳氫化合物外，餘為少量的 CO_2 ， N_2 ， O_2 ， H_2S ， He 及 CO 等。煤氣的發熱量非常高，一般為 $8000\sim 9000$ 仟卡/米³，有時可達 10000 仟卡/米³。

乾的天然煤氣可不經處理直接供應。油性天然煤氣應回收汽油（揮發油），其操作方法有三：

1. 壓縮法 經過壓縮冷卻後可將汽油液化除去，此法適用於含汽油多量時；

2. 吸收法 用輕油或重油吸收揮發性油，一般多用此法；

3. 吸附法 用活性炭，矽膠等將揮發性油吸附，然後用水蒸氣使吸附劑再生，此法僅適於含揮發性油少量時。

氣體燃料按單位體積的發熱量而言是非常小的，因之有時在高壓

下貯藏或裝於高壓筒中。天然煤氣經過壓縮後，在常溫下變為液態的氣體，貯於高壓鋼筒中，這種氣體稱為液化煤氣。這種煤氣適用於不易敷設管道的地方，多用於家庭或其他動力用。

液化煤氣為無色液體，主要成分為丙烷及丁烷，因根據下表可知只有丙烷和丁烷在常溫下壓縮後易液化。

表五

氣 體 名 稱	臨界溫度 (°C)	臨界壓力 (氣壓)
丁烷 (C_4H_{10})	153	36
丙烷 (C_3H_8)	96.81	42.01
乙烷 (C_2H_6)	32.1	48.8
甲烷 (CH_4)	-82.5	45.8

經壓縮後所得之液化煤氣，每一立方米相當於未壓縮前該氣體的 274 米³，這種組成的煤氣的發熱量約為 21200 仟卡/米³，1 米³ 液化煤氣若核算為發熱量 8500 仟卡/米³ 的天然煤氣則相當於其 782 米³，變算為發熱量 6500 仟卡/米³ 的煤氣，則相當於該煤氣 887 米³。

液體煤氣在筒中的壓力，在夏季為 16 氣壓，冬季不超過 1~3 氣壓，液化煤氣的沸點為 -44.5°C，所以在任何地點無需加熱，即可作為氣體燃料使用。

家庭用煤氣設備一般所需煤氣壓力不大於 100~150mm 水柱，但液化煤氣壓力高至 16 氣壓，因此須有壓力調節器以保證煤氣設備的正常工作，圖為家庭用液化煤氣的裝置。

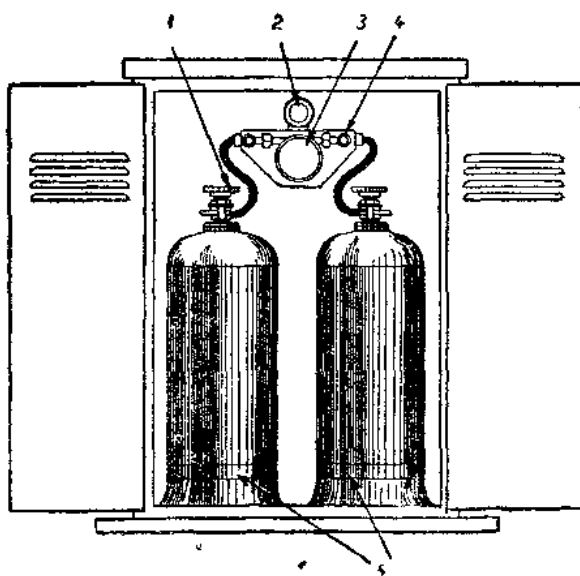


圖 1 家庭用液化煤氣裝置

1. 煤氣筒的閥； 2. 壓力計； 3. 壓力調節器；
4. 轉換閥； 5. 煤氣筒。

我國天然煤氣產地以四川自流井及台灣錦水等地最著名，近年來在四川各處不斷發現新的產區，隨着石油產地的不斷發現，天然煤氣的產量當然也是在逐漸增加着。

第三章 單一氣體及氣體混合物的 物理化學性質

§1 單一氣體的主要性質

CO_2 ——略有氣味的無色氣體，分子量 44.00，比重 1.977 公斤/米³，易溶於水 0°C 時在 100 體積水內溶解 171.3 體積 CO_2 ，20 °C 時 87.8，30°C 時 66.5 體積；當 1 大氣壓時沸點為 -78.5°C，熔點為 -56.4(5.1 氣壓)，臨界溫度 +31.35°；導熱係數 $\lambda=0.024$ 仟卡/米·小時·度；粘度 $\mu_0=1.402 \cdot 10^{-6}$ 公斤·秒/米²； CO_2 與其他多原子的氣體相同具有很大的輻射性能和吸收性能。空氣中 CO_2 的濃度為 25 毫克/公升，對人體即有危險，濃度為 162(毫克/公升)即可致命。

乙烯 (C_2H_4) ——具有窒息性的乙醚氣味的無色氣體，有麻醉作用，分子量 28.05，比重 1.260 公斤/米³難溶於水，0 °C 1 個體積水中可溶解 0.226 個體積；沸點 -105°，熔點 -169°，臨界溫度 +9.5°， $\mu_0=1.01 \times 10^{-6}$ 公斤·秒/米²， $Q_n=14060$ 仟卡/米³，乙烯和空氣的混合物易爆炸，爆炸的下限含乙烯 3~4%，上限 14%，乙烯和空氣的混合物當溫度為 542—547° 時着火，乙烯燃燒時有發光的火焰，呼吸含有 0.1% 乙烯的空氣時對人體有害。

丙烯 (C_3H_6) ——略有氣味的無色氣體，分子量 42.08 比，