

燃 料 概 論

目 次

第一章 燃料,燃料之種類與用途.....	1
第一節 燃料及其分類	1
第二節 各種燃料	1
1. 天然燃料	1
2. 人工燃料及其製法	3
第三節 燃料之用途與需給.....	11
1. 燃料之用途	11
2. 燃料之需給	12
第二章 燃料之燃燒.....	14
第一節 完全燃燒及不完全燃燒.....	14
第二節 完全燃燒所需之氧量或空氣量.....	15
第三節 燃點或發火點.....	17
第四節 火焰.....	19
第五節 燃燒速度.....	22
第六節 燃燒機構.....	24
1. 碳	24
2. 氫	25
3. 一氧化碳	25
4. 碳化物(C_xH_y 及 $C_xH_y(O)_z$)	26
第七節 燃燒熱及熱值.....	27
第八節 燃燒溫度.....	32
第三章 燃料之使用方式.....	35

第一節 加熱用.....	35
1. 加熱方式之種類	35
2. 加熱用之燃燒設備	36
第二節 動力用.....	44
1. 爆發式內燃機	45
2. 狄賽爾機	46
3. 半狄賽爾機	47
第三節 照明.....	47
第四章 熱效率及熱清算.....	48
第一節 熱損失、可用之熱及熱效率	48
第二節 熱清算及重量清算.....	50
1. 熱清算	50
2. 重量清算	51

燃料概論

第一章 燃料, 燃料之種類與用途

第一節 燃料及其分類

所謂燃料(fuel), 爲在空氣中或有氧存在之處燃燒, 燃燒時發生之熱(即燃燒熱), 可直接或間接利用, 以供加熱、動力、或照明等用之物質之總稱, 換言之, 即燃料爲可經濟的及技術的利用其燃燒熱之可燃物。一般所用者爲碳及其化合物或氫爲主成分之諸種物質。燃料之分類, 由其成因, 可大別爲天然燃料及人工燃料二種; 由其形態, 可大別爲固體燃料 (solid fuel), 液體燃料 (liquid fuel), 氣體燃料 (gaseous fuel) 三種; 又由使用之目的, 可大別爲加熱用燃料, 動力用燃料, 工業用燃料, 家庭用燃料等數種; 就中最基本之分類法, 爲由成因及形態二種。

第二節 各種燃料

1. 天然燃料 天然燃料有煤, 石油, 原油, 木材, 天然煤氣, 油母頁岩等, 尤以前二者, 由其產額及利用價值言, 爲最重要之燃料。

(1) 煤 煤 (coal) 又稱爲石炭, 爲太古植物質在地殼中受自然的煤化作用 (coalification) 而生成之可燃性, 含碳礦物之總稱, 元素組織以碳爲主, 此外爲少量之氫, 氧, 氮, 硫等, 又含有灰及水分; 惟其本體, 究爲何物, 今猶未明, 僅想像其爲複雜高級碳化物之混合物。煤由其性

質或用途等，有種種之分類法，通常由其煤化度之淺深，大別爲泥煤 (peat)，褐煤 (lignite)，煙煤 (bituminous coal) (或瀝青煤) 及無煙煤 (anthracite) 等；煤化度自泥煤起，以次增高，無煙煤最高。此中煙煤利用價值最大，普通單言煤，多卽爲煙煤之意。又煤經乾餾後，有成爲堅硬之多孔質碳塊 (焦煤) 者，有不成爲此種碳塊者。前者稱爲黏結性煤 (caking coal)，後者稱爲非黏結性煤 (non-caking coal)。黏結性煤皆爲煙煤，後述之焦煤或煤氣之製造，所用之煤以此爲主。

初採出之煤，因混有土砂岩石等，普通先行選煤 (dressing)，然後送往市場。選煤除簡單之手選法外，尙有水選、氣選等法，普通行水選法。製造焦煤所用之煤，選煤尤須嚴格，以期灰分之減少。

(2) 石油原油 石油原油 (crude petroleum) 爲地中產出之油狀物質，乃諸種液狀烴混合所成，又含有水及其他之雜質。

石油原油之主成分烴之種類，雖隨原油之產地而異，但一般多爲烷屬及環烷屬烴，含芳香族烴甚少。原油中含有多量之固形石蠟者，稱爲石蠟基原油 (paraffine-base oil)，含有多量之瀝青質者，稱爲瀝青基原油 (asphalt-base oil)，又主成分爲環烷屬烴者稱爲環烷基原油 (naphthene-base oil)。

原油初採出後，因混有多量之地下水，普通靜置之或加熱以除去其水，然後以行蒸餾，製成各種製品。

(3) 木材 木材主成分爲纖維素，現今仍有許多國家，直接用爲燃料。又甘蔗渣、鋸屑等纖維素質廢物，亦以供燃料之用。

(4) 天然煤氣 此處所謂天然煤氣 (natural gas)，乃就石油或煤之產地及沼澤地方等所產出之可燃性氣體而言，主成分爲甲烷，其由石油地方產出者，又多含有石油烴之蒸氣。天然煤氣之主要產地爲美國，近時臺灣錦水亦產出之。

(5)油母頁岩 油母頁岩(oil shale)爲含有油母(kerogen)之頁岩,乾餾之可得與石油原油類似之餾出物。

2. 人工燃料及其製法 以上所述各種天然燃料中,煤及木材等,直接以供加熱之用,消費甚多。然此等天然物,不稍加工,卽以供使用,用途既受限制,其中含有之各種有用成分,亦徒空費。又此中與其用於燃料,勿寧用於他方面,利用價值更大之物質,所含亦不少。故天然燃料欲合理的使用之,必須預行加工,製之爲適合於各種用途之燃料,或提出其中之有用成分,製之爲化學工業製品。所謂人工燃料,卽由此製出之加工燃料。此種製造工業,爲燃料工業中之一大部門。天然燃料之加工方法,由其基礎工程以分類,有(1)熱分解法;(2)蒸餾法;(3)氣化法;(4)煤餅法;(5)氫化法;(6)合成法;(7)膠化法等數種。此外尚有與天然燃料全無關係,例如由水之電解以製氫,由澱粉發酵以製酒精等,但此處不加論及,祇就上記(1)至(7)等諸法,述其概要於下。

A 熱分解法 所謂熱分解法,爲將高級之碳化物,隔絕空氣而熱之,使起熱分解(thermal decomposition)之方法。再細分之,有乾餾法卽碳化法(carbonizing process),油氣法(oil gas process)及熱裂法(cracking process)。

(1)乾餾法 此法應用於煤、木材、油母頁岩等之加工,由此以提取煤渣(亦稱煤焦油)類及其他之液狀物質與可燃性氣體類。乾餾煤及木材時,可更分別由其殘渣以得焦煤(亦稱焦炭)及木炭等碳物質。但此等生成物之中,有時僅採收主要目的之生成物,其他則放棄之。

煤之乾餾,一般約在 1100°C .之高溫行之,由此以採收焦煤(coke),煤渣(coal tar)及煤氣(coal gas)。近時更於 600°C .前後行之,所謂低溫乾餾法卽低溫碳化法(low temperature carbonization)出現,故前者稱爲高溫乾餾法(high temperature carbonization),以資區別。低

溫乾餾法，現猶在發達之途中，由此法製出之焦煤及煤渣，稱為半焦煤 (semi-coke) 及低溫煤渣，以與高溫乾餾之製品相區別。高溫乾餾生成之焦煤，煤化度高，硬度大，且有適當之多孔性 (porosity)，適於供工業之用。反之，半焦煤，煤化度低，且脆弱，然發火易，適於家庭之用 (參閱第二章第三節)。高溫煤渣為苯 (benzene)，甲苯 (toluene)，萘 (naphthalene)，蒽 (anthracene)，石炭酸 (carbolic acid) 及其他諸種芳香族烴之混合物，可直接用為燃料塗料等；並可蒸餾或精製之，提出其中之各種有用成分 (詳後)。又與高溫煤渣同時生成之煤氣液 (gas liquor)，其中含有氨，提取之可以製硫酸銨。低溫煤渣主由烷屬及環烷屬烴而成，蒸餾之可得與蒸餾石油原油時相類似之餾出物。高溫乾餾生成之煤氣，主成分為甲烷，氫等，可以供加熱用或動力用燃料之用，近時更以吸收、吸附或壓縮冷卻法捕集其所含有之苯蒸氣，與由煤渣提取之苯一同供諸種之用途。反之由低溫乾餾而生成之煤氣，除氫，甲烷 (methane) 外，乙烷 (ethane) 及乙烯 (ethylene) 等烴蒸氣，為其主要成分。

高溫乾餾之主要目的，又有製造煤氣與製造焦煤之別。前者稱為煤氣工業，目的在迅速製造多量之煤氣，焦煤則為其副產物 (by-product)；此種焦煤，稱為煤氣焦煤 (gas coke)。後者稱為煉焦工業，目的在煉製冶金等用之良質焦煤 [即冶金焦煤 (metallurgical coke)]，煤氣則為其副產物；此種煤氣，稱為煉焦爐煤氣或焦煤爐煤氣 (coke oven gas)。冶金焦煤與煤氣焦煤相比較，前者焦煤化程度較高，灰分及其他有害不純物之含量較少，然煤氣及煤渣之性狀，則無甚大差。

木材乾餾為乾餾各種木材以採收木炭 (charcoal)，木煤氣 (wood gas)，木醋液 (wood vinegar)，木渣 (wood tar) 等之工程，木煤氣以供燃料之用，木醋液中含有甲醇，丙酮，醋酸等，木渣中含有雜酚油 (creosote) 等。木炭係供工業及家庭用之燃料或作氰化物，活性炭，黑色火藥等之製

造原料。故乾餾木材之方法，亦有主要目的在製造木炭之製炭法及主要目的在採收餾出物之木材乾餾法二種。惟後者近時因醋酸，丙酮，甲醇等已能廉價合成，且其副產物木炭質脆弱，鮮有作燃料之價值，已漸見衰退。製炭法之技術，視其方法若何，有黑炭與白炭之別。前者於 800°C . 前後製出，後者於 1000°C . 前後製出。又活性炭及黑色火藥之製造，亦各有特殊之方法。

油母頁岩之乾餾，目的在由此以採收與石油原油相類似之油狀物即頁岩油 (shale oil)，同時又產生副產物可燃性氣體。頁岩油與石油原油相比較，含有多量之不饱和烴，為其缺點，然蒸餾之可得與石油類似之諸種物質(參觀後述 2)。中國撫順煤礦之油母頁岩工業，有名於時，該處乾餾溫度為 550°C 。

(2)油氣法 本法為於 $500\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，使煤渣或重油輕油等高級液狀烴起熱分解以製含氫，甲烷，乙烯，乙烷及戊烷等低級烴蒸氣之油氣 (oil gas) 之法。油氣內有名布勞氏氣 (Blau gas) 者，為輕油所製出，往時曾飛航世界一週之徐伯林號飛船，即以此為燃料。油氣一般以供水煤氣增碳之用。

(3)熱裂法 本法亦稱分解蒸餾法，為使石油原油之蒸餾製品汽油以外之餾出物(即燈油，輕油及重油等由較高級烴類所成之餾出物)起熱分解，變為低級之烴，以製汽油之方法，近時因汽油需要之激增，應運而發達者也。本法，一般係將液狀之原料油，於 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ ，在某壓力下，使起熱分解以行之；最近亦有先使原料油蒸發成氣相而後分解之者。前者稱為液相熱裂法 (liquid phase cracking)，後者稱為氣相熱裂法 (vapour phase cracking)。由此等方法製出之汽油，稱為熱裂汽油 (cracked gasoline)；由原油之蒸餾直接餾出之汽油，稱為直餾汽油 (straight gasoline)。二者之組織，前者含有乙烯屬及芳香族烴，為其特

質，用爲內燃機燃料，富於鎮震性(antiknocking)(參閱第三章)。

(附記) 除上述者外，由天然煤氣之不完全燃燒以製黑煙末(carbon black)，亦可視爲熱分解法之一種，惟此物不用爲燃料，一般以供印刷油墨，樹膠填料，塗料，電極，活性炭等之用。又天然煤氣中之烴蒸氣，以吸收、吸附或壓縮法採收之，稱爲天然汽油(natural gasoline)，與上述之直餾汽油等相混，以供內燃機燃料之用。

B 蒸餾法 本法爲應用於石油原油，煤瀝類，頁岩油等液狀物質，依其含有成分之沸點及比重，適當區分之爲種種製品之方法。

(1)石油之蒸餾 蒸餾石油原油所得之主要液體燃料爲汽油(gasoline)，燈油(kerosene)，輕油(light oil)及重油(heavy oil)，其收集率因原油之種類或目的製品之如何而異。蒸餾方法有常壓蒸餾，減壓蒸餾，水蒸氣蒸餾等諸式。常壓蒸餾時分餾溫度大致之標準如第1表所示。減壓或水蒸氣蒸餾，目的在降低各餾出物之餾出溫度，由此以防遏石油成分之變質，尤其防遏不飽和化合物之生成。

第 1 表

汽 油	200°C.以下	輕 油	300~350°C.
燈 油	200~300°C.	重 油	350°C.以上

此等餾出物，可各再依用途，細分之爲若干種，尤其由重油，可更製出各種機械油(machine oil)，絕緣油(insulating oil)等。又蒸餾所餘之殘渣，在土瀝青基原油爲土瀝青(asphalt)，在烷基原油爲瀝青(pitch)，烷基原油之重油，又可由其提煉固體石蠟(solid paraffine)。

(2)煤瀝之蒸餾 高溫煤瀝或即以供燃料之用，或更蒸餾之，採收其中沸點低之部分之溶劑揮發油(solvent naphtha)，重揮發油(heavy naphtha)等後，殘餘部分稱爲瀝油(tar oil)，以供燃料之用，惟其中含有含氧化合物，以作燃料，遠不及石油或頁岩油之製品。然高溫煤瀝

之諸成分,以供染料,炸藥,化學兵器,醫藥及其他化學工業製品之製造,爲現代芳香族化合物之主要資源,故一般先由蒸餾區分之爲輕油,重油,蒽油 (anthracene oil), 瀝青等,再分餾精製之,以製各種有用製品。上述各餾出物之餾出溫度及其含有之主成分,如第 2 表所示。

第 2 表 高溫煤溶之餾出物

餾出物	蒸餾溫度	主 成 分
輕 油	0~170°C.	苯,甲苯,二甲苯(xylol),苯酚(phenol),吡啶(pyridine)等。
中 油	170~230°C.	萘,苯酚等。
重 油	230~270°C.	萘,蒽等。
蒽 油	270~350°C.	蒽,菲(phenanthrene),咔唑(carbazol)等。
瀝 青	殘渣(350°C.以上)	

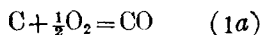
以上各種成分中,苯以供燃料之用,亦甚重要(參閱第三章)。又自中油以至蒽油,採收其中之有用成分後,殘餘之油,以供燃料或防腐等之用。

低溫煤溶適當蒸餾精製之,亦如石油原油,可由此以得汽油,重油及機械油等。

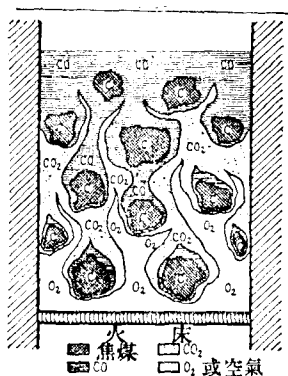
(3)頁岩油之蒸餾 頁岩油亦如石油,蒸餾之可得汽油,燈油,輕油,重油,機械油,石蠟等。

C 氣化法 在高溫中使一定量之空氣(或氧)或水蒸氣作用於碳,可使碳變爲可燃性氣體。應用此法,即可將焦煤,木炭等製爲氣體燃料。又煤之乾餾與此法並用,則可將煤完全變爲氣體,不產生焦煤。此等方法,總稱爲氣化法(gasification)。再細別之,則有發生爐氣化法,水煤氣化法,半水煤氣化法及完全氣化法。此等氣化法使用之爐,總稱爲發生爐(producer; generator)。

(1)發生爐氣化法 本法用煤,焦煤,木炭等,由次式之反應:

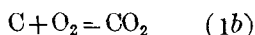


以製主成分爲一氧化碳之氣體燃料發生爐煤氣 (producer gas)。此時因所需要之氧，一般取自空氣，故生成之煤氣中含有多量之氮。又上之反應，實際操作時，如第 1 圖所示，分爲二段，爐內燃燒屬之下部由反應 (1b) 而生碳酸氣，此碳酸氣昇至上層，如反應 (1c) 所示，還原而成一氧



第 1 圖 煤氣發生爐內反應

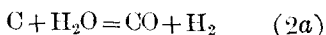
化碳



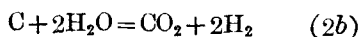
上三式中，(1c) 爲可逆反應，其平衡隨溫度之上升而移行於一氧化碳生成之一方，及達 $1200 \sim 1300^\circ\text{C}$ ，則碳酸氣變完全還原爲一氧化碳。然實際操作時，溫度爲 1000°C 附近，常有若干之碳酸氣殘存。又操作溫度若昇至 1000°C 以上，

則發生種種之障害，普通常送入水蒸氣以調節其溫度，故此種煤氣，嚴格言之，實後所述之半水煤氣也。又原料用煤之發生爐煤氣，其中又含有氫，甲烷及其他之乾餾生成氣體，此時又可由其中採收煤渣及氮等。

(2) 水煤氣化法 本法用碳物質及水蒸氣，由 (2a) 之反應以製氫與一氧化碳之混合氣體即水煤氣 (water gas)。此煤氣不獨用作燃料，並可作氫之製造，石油之合成，甲醇之合成等一般化學工業之原料。



但 (2a) 之反應起於 1000°C 附近，在此溫度以下則 (2b) 之反應同時發生，及達 500°C 前後，殆僅起 (2b) 之反應，故目的在得氣體燃料時，可使起 (2a) 之反應；目的僅在得氫時，可使起 (2b) 之反應。

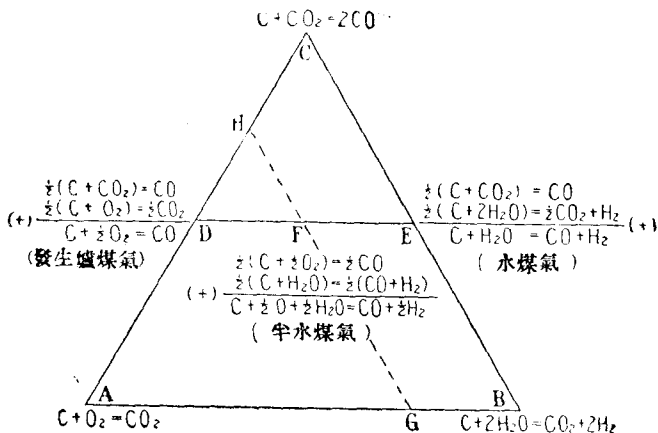


又 (2a), (2b) 之反應均為吸熱反應, 故水煤氣之製造作業, 先送入空氣, 燃燒碳物質之一部, 使溫度上昇, 然後送入水蒸氣。此等作業, 稱為送風 (blow) 及製氣 (make), 交互行之, 使發生目的物之水煤氣。至送風期生成之氣體, 或放棄之, 或另用於他途。

水煤氣為增大其熱值 (參閱第二章第七節), 有時混入煤渣或石油類製成之油氣等於其中。此種作業稱為增碳 (carburation), 生成之煤氣, 稱為增碳水煤氣 (carburetted water gas)。

(3) 半水煤氣化法 本法係將發生爐煤氣法與水煤氣法同時併用, 送空氣與水蒸氣之混合氣入碳物質間, 使其連續氣化以製發生爐煤氣與水煤氣之混合氣, 此混合氣稱為半水煤氣 (semi-water gas)。又此法之一種, 原料用煤, 用相當多量之水蒸氣以採收氮者, 所生成之煤氣, 稱為孟德煤氣 (Mond gas)。

(4) 完全氣化法 (complete gasification) 本法係將煤之低溫乾餾與水煤氣化法併用, 以使煤完全氣化, 所成之煤氣, 稱為混合煤氣 (mixed



gas), 爲水煤氣與低溫煤氣混合而成。

以上各氣化反應(1a)—(1c),(2a)(2b) 等之相互關係,可以上圖示之:
今假定三角形三頂點 A, B, C 以次示 (1b), (2b), (1c) 反應,各邊上之點
各示其邊兩端之中間反應,則邊 AC 及 BC 之中點 D 及 E 示發生爐煤
氣及水煤氣反應,同樣 DE 之中點 F 與半水煤氣反應相當。又(1a), (1b)
爲發熱反應, (1c), (2a), (2b) 爲吸熱反應,故與面積 HAG 及 $CHGB$ 之
範圍內相對應之反應各爲發熱及吸熱。

(附記) 由化鐵爐即鼓風爐 (iron blast furnace) 排出之煤氣,
其成分與發生爐煤氣相類似,稱爲鼓風爐煤氣或高爐煤氣,可以供燃
料之用。又由無煙煤焦煤等製成之碳化鈣,可用以製造乙炔,是爲碳
之間接氣化。乙炔或用爲吹管(參閱第三章)之燃料,或用爲醋酸及
丙酮等之合成原料,甚爲重要。又碳化鈣使其吸收氮,可以製氮化石
灰。

D 煤餅法 本法用各種煤,焦煤,木炭等之粉,混以適當之結合劑,
加以壓力,使其成一定之形,或更乾餾之,使其利用價值更大,製品稱爲
煤餅 (brikett) 或煤球,結合劑用瀝青類,煤渣類,糖蜜 (molasses) 或黏
土,石膏,矽酸鈉等種種之有機物及無機物。現在煤餅或以供工業之用,
或以供家庭之用,用途漸次擴大。

E 氫化法 本法係以煤,褐煤,煤渣,石油重油或燈油等各種碳化
物爲原料,用適當之觸媒,在高溫 ($350 \sim 550^{\circ}\text{C}$), 高壓 ($200 \sim 700 \text{ atm}$)
之下,使氫與之作用,行所謂氫化 (hydrogenation) 反應,以製造各種
內燃機用之燃料及高級潤滑油等;爲 1913 年德國柏吉斯 (F. Bergius)
氏所發明,故稱爲柏吉斯法 (Bergius method)。其以煤爲原料者,亦稱
爲煤之直接液化(或油化)法。

第一次世界大戰後,缺乏石油資源之歐洲各國,尤其是德國,早已

將此法實行大規模工業化,至第二次世界大戰勃發前,即 1937 年底,德國用此法由煤,褐煤或煤溶氫化而產出之汽油,其供給量已達 80 萬噸以上。同時在日本方面,亦已有二三處工廠,從事此種製造。又在美國,亦以重油或燈油為原料,利用此法,盛行其高級汽油,燈油,機械油等之生產。

F 合成法 本法係用水煤氣,甲烷,乙炔,乙烯或天然煤氣等為原料,使在適當條件下,進行熱反應,以製造石油或類似石油之液體燃料。就中尤以德國斐雪(F. Fischer)氏與杜洛普西(H. Tropsch)氏共同研究完成之所謂斐雪式石油合成法(Fischer petroleum synthesis),與前項所述煤之直接液化法,同為現今人造石油法之雙璧。此法乃以鈷或鐵為觸媒,由水煤氣而製造各種燃料油,石蠟及潤滑油等。1935 年以後,魯爾(Ruhr)化學公司,維克脫(Victor)氮氣公司,萊因普魯士(Rhein Preussen)煤礦公司,以及其他工廠,皆行大規模製造;當時德國由此法製出之人造石油,年在 100 萬噸以上云。

G 膠化法 本法係將煤碎成細粉,使懸垂於溶油或石油重油中,加入適當之安定劑(stabiliser),防止煤粉沈澱,而製成所謂膠態燃料(colloidal fuel)或混煤燃料。現今此法在技術上尚有未獲充分解決之點,故猶未見普遍使用。

第三節 燃料之用途與需給

1. 燃料之用途 燃料之用途為加熱,動力及照明,已述如前,茲細分之如次:

(1) 加熱用 予被熱物質以熱,使起物理化學變化。凡物質之變化,除放射性現象外,一般受溫度之影響,故燃料之此種用途,亦極廣大,尤以乾燥,加溫,蒸發,蒸餾,乾餾,熔融,昇華,煅燒,焙燒,燒成,熱處理,

熔接，熔斷，庖廚，採煖等，用之甚廣。又加熱時，亦有使燃料自身或燃燒生成物之一部成為反應物質，參加被熱物質之化學變化者，例如化鐵爐內鐵礦石之還原等是。

(2)動力用 使適當之物質吸收燃料之燃燒熱，由其膨脹以營機械的工作。此種設備總稱為熱機 (heat engine)，細分之有熱空氣機 (hot air engine)，蒸汽機 (steam engine) 及內燃機 (internal combustion engine) 等種類，就中以蒸汽機與內燃機為現今一般所使用。蒸汽機再分之，有往復式機 (reciprocating engine) 及蒸汽輪機 (steam turbine) 二種；內燃機再分之，有爆發式內燃機 (或定容機)，狄賽爾機 (Diesel engine，或定壓機) 及半狄賽爾機 (Semi-Diesel engine) 三種。

(3)照明用 利用燃料燃燒時所發火焰之光，或更以火焰灼熱固體以為光源，惟近時電燈普及，此種用途已限於特殊之處所矣。

2. 燃料之需給 上述供加熱用與動力用之燃料，現今其需要極鉅，且其來源大部分仰給於天然燃料，將來供給之不足，不難預測，故現今關於燃料之來源，製造，使用法等種種方策，所謂燃料問題，大為舉世所注目；尤其近時因使用汽油之汽車、航空機及使用重油之高速度艦船等之急激發達，石油類液體燃料之需要，驟形增加，其結果石油產出寡少之日英法德等國，關於石油之如何補充一事，遂成為極重要之問題，對於此問題之解決，政治經濟技術各方面之攻究，不遺餘力。上述之煤低溫乾餾，頁岩油製造，氫化法，合成法等，皆不外應運而興之技術的方策耳。故由此等方法製造之液體燃料，總稱為人造石油。

(附記) 今日供燃料用之各種物質中，亦有為諸種化學工業製品之資源者，已如前 (第二節) 述；就中煤近時在化學工業上直接間接之用途，尤為發達。例如利用水煤氣或煤氣中之氫以製硬化油 (hardened oil) 或合成氫，或由水煤氣以製人造石油，甲醇等，或用

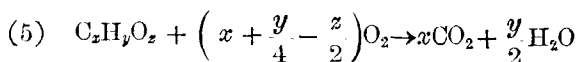
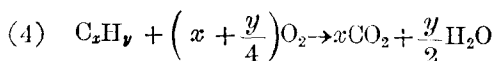
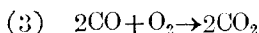
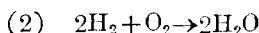
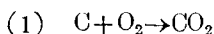
焦煤或無煙煤製造碳化鈣，更以製氮化石灰或使生成乙炔氣以充醋酸之原料等，皆其主要者也。

第二章 燃料之燃燒

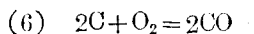
燃料燃燒為燃料在空氣或氧中迅速氧化，發生多量之熱及光之現象，以下述其基礎事項。

第一節 完全燃燒及不完全燃燒

燃料燃燒，其可燃元素碳及氫各悉成為碳酸氣及水時，謂之完全燃燒 (complete combustion)。茲就構成一般燃料之主要可燃成分碳、氫、一氧化碳及任意之碳化物 C_xH_y 或 $C_xH_yO_z$ 示之如次：



反之，各可燃物只燃燒一部分尚餘一部分，或受低位之氧化時，謂之不完全燃燒 (incomplete combustion)。例如碳受低位之氧化時，如(6)式所示，生成一氧化碳：



碳化物行不完全燃燒時，因燃燒時之高溫，引起分子之熱分解，易使碳質微粒遊離而生煙灰。

如上所述，不完全燃燒常招燃料之損失，須力避之；然欲使完全燃燒，則必須供給適量之空氣，並使空氣與燃料之接觸均密，且使燃燒於