

第三章 化石燃料

- 3-1 化石燃料資源
- 3-2 煤
- 3-3 石油
- 3-4 天然氣
- 3-5 頁岩油與油砂
- 3-6 天然氣水合物

化石燃料

化石燃料係因遠古時代動、植物死亡後演變而來

其種類包含了煤、石油、天然氣、少量的頁岩油及油砂、天然氣水合物，直到今日，化石燃料仍佔商業上能源資源使用的90%左右，其重要性可見一般。

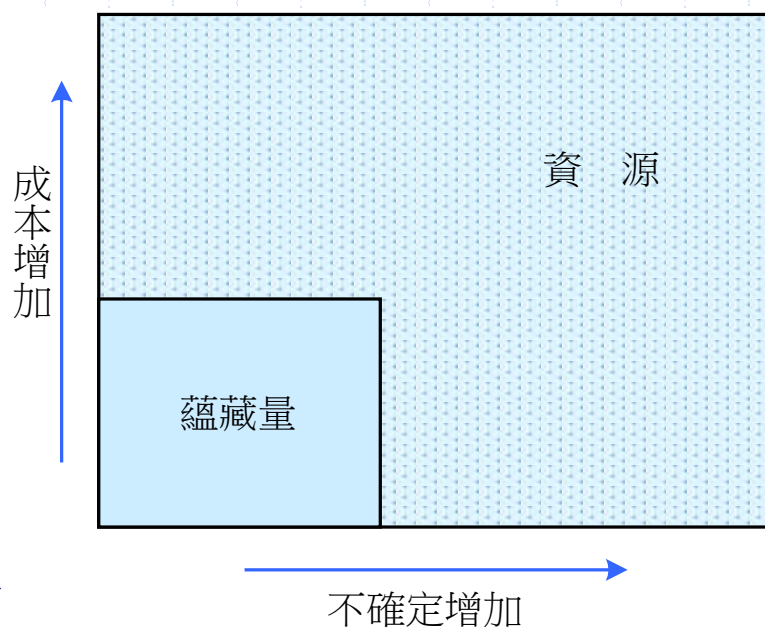
初級能源蘊藏量

根據英國石油公司 (BP) 於2012年之統計報告中指出，至2011年底年世界初級能源推估，全球石油蘊藏量約可維持54.2年使用量、天然氣約63.6年、而煤則可維持112年。因此，除了煤以外，石油及天然氣等化石燃料及鈾礦在未來數十年內將逐漸面臨耗竭的窘境。

燃料種類	蘊藏量	產量	供應年限
石油	16,526億桶	8,358萬桶 / 日	54.2
天然氣	208.4兆	3.2762兆年	63.6
煤炭	8,609.38億公噸 (油當量)	39.555億公噸 / 年	112

蘊藏量和資源

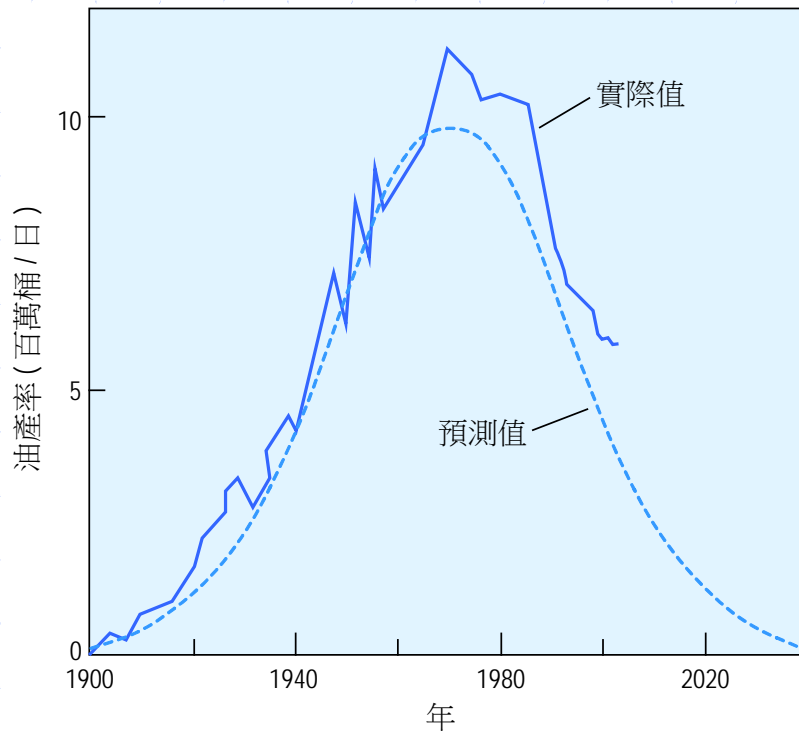
蘊藏量係指已被發現且可利用當今技術開採而獲利的物質或能源



資源乃包括以當今科技、當今價格應可開採但仍未發現的其他原料之估計量，以及將藉未來科技、可能較高的未來價格開採的已發現與待發現的物資

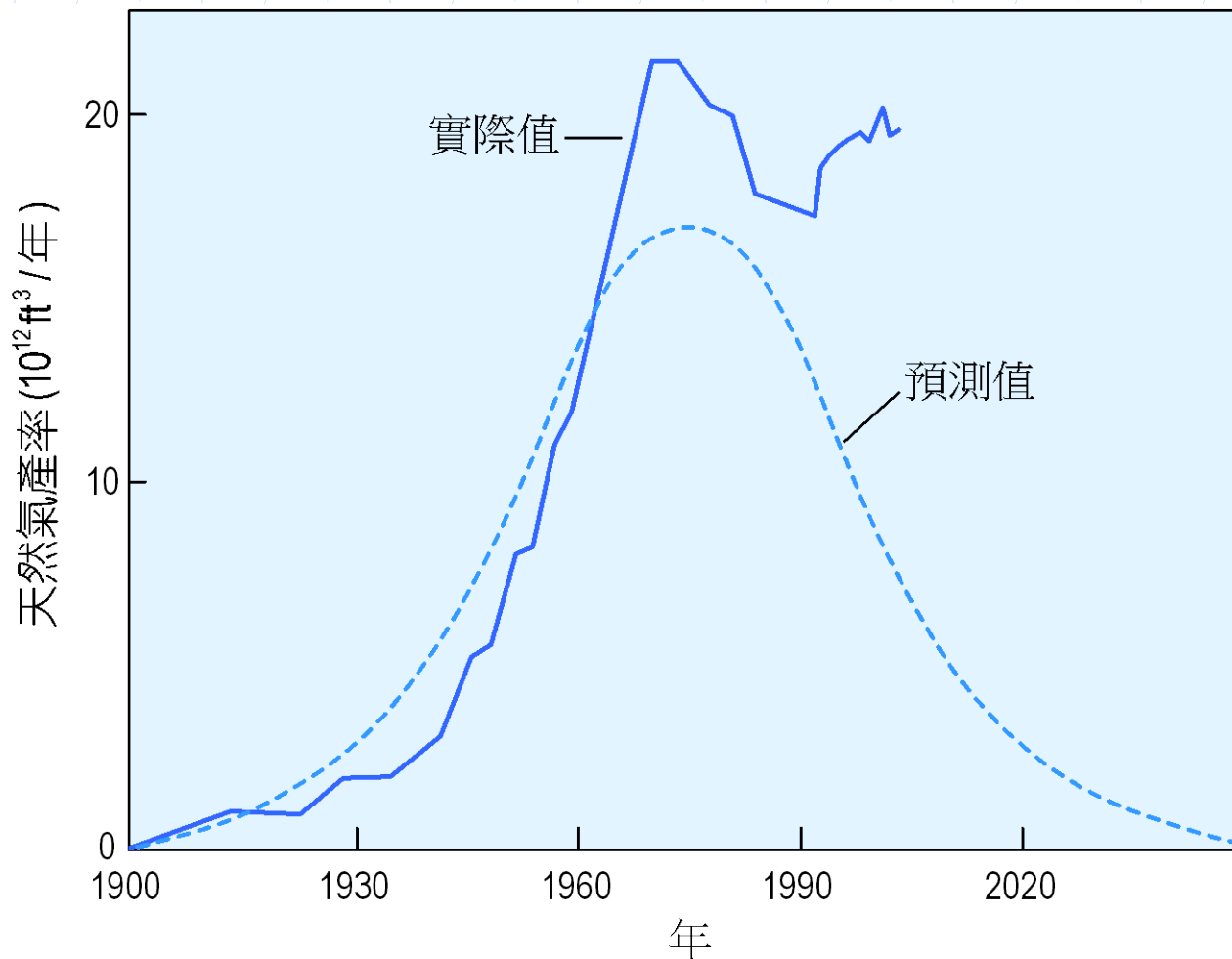
鐘形生產曲線

剛開始發現新能源時，由於**價廉**及**開採容易**，因此燃料的產出以指數形式成長。但當燃料的使用達最大值後，由於價格的上升、**替代燃料**的成長及開採困難度增加等因素，致使該燃料的產量逐漸下滑。



美國石油產率（實線）及哈伯預測（虛線）的分佈情形

美國天然氣產出及鐘形生產曲線分佈情形



煤的生成

煤的產生，起源於3.5億年前地球上大量的植物生成。遠古時代**巨大沼澤區**上長滿了各種植物如蕨類、灌木類、藤類、樹木及藻類等，當這些植物長大後又傾倒在沼澤上時，有機物質中的煤元素乃逐漸累積於沼澤底部。剛開始時，死亡的植物經歷了**好氧反應 (aerobic reaction)** 而產生二氧化碳、甲烷及其他氣體。之後，由於深埋地下而未暴露空氣中，續而進行**厭氧反應 (anaerobic reaction)**。換言之，煤的形成是由於大量的有機物質緩慢分解及化學轉換的結果。

煤塊的外觀



煤的基本特性

元素分析：包含C、H、O、N及S等五元素百分比之定量分析。

近似分析：包含了水分 (moisture)、揮發分 (volatile matter)、灰分 (ash) 及固定碳 (fixed carbon) 之分析。

藉由熱卡計可得知燃料單位質量反應後釋放之熱量；其又分成**高位發熱值** (higher heating value, HHV) 與**低位發熱值** (lower heating value, LHV)。HHV與LHV的差異在於，當燃料反應後的水分最終狀態為**液態**，則釋放之熱量為HHV；反之若水分最終狀態為**氣態**，則為LHV。

煤的分類

煤形成過程第一階段轉變成泥煤，但泥煤並不包含於煤炭的分類中，其水分可達70%，而熱值則僅約3,000 Btu/lb。

1. **褐煤**:水分含量約30%，含碳量(固定碳)達30%，而熱值介於5,000到7,000 Btu/lb之間。**揮發物含量高**及反應性佳則是其優點。
2. **亞煙煤**:亞煙煤的水分為15~30%，含碳量約40%，而熱值則為8,000到10,000 Btu/lb之間。亞煙煤**易自燃**、**揮發性高**、具結塊性、且硫份及灰份少。
3. **煙煤**:是最豐富的煤種，碳含量則約50~70%。煙煤的熱質介於11,000到15,000 But/lb之間。
4. **無煙煤**:碳含量約90%左右，最高可達95%，而水分則僅約3%左右，且硫份及灰份也低。無煙煤為最硬之煤，熱質約14,000 Btu/lb。

全球煤炭蘊藏量之估計值(2011年底)

國 家	已證明蘊藏量(噸)	蘊藏量所佔全球百分比 (%)	R/P比值
美 國	237,295	27.6	239
俄羅斯	157,010	18.2	471
中 國	114,500	13.3	33
澳 洲	76,400	8.9	184
印 度	60,600	7.0	103
德 國	40,699	4.7	216
烏克蘭	33,873	3.9	390
哈薩克	33,600	3.9	290
南 非	30,156	3.5	118
加拿大	6,582	0.8	97

R/P比值＝蘊藏量 (RESERVE) 與生產量 (PRODUCTION) 之比值，不代表超過五日年。

美國ASTM 分類表

分 類		分類標準(區分)	
無煙煤 (Anthracitic)	無煙煤 (Anthracite)	固定碳 (92~98%) 揮發物 (2~8%)	高級 煤
	亞無煙煤 (Meta- Anthracite)	固定碳 (98%) 揮發物 (2%)	
	半無煙煤 (Semi-Anthracite)	固定碳 (86~92%) 揮發物 (8~14%)	
煙煤 (Bituminous)	低揮發煙煤 (Low volatile bituminous)	固定碳 (78~86%) 揮發物 (14~22%)	
	中揮發煙煤 (Medium volatile bituminous)	固定碳 (69~78%) 揮發物 (22~31%)	
	高揮發煙煤A (High volatile bituminous A)	固定碳少於69 揮發物高於31 熱值(Btu/lb)14000以上	
	高揮發煙煤B (High volatile bituminous B)	熱值(Btu/lb) 13000~14000	
	高揮發煙煤C (High volatile bituminous C)	熱值(Btu/lb) 11000~13000	
亞煙煤 (Subbituminous)	亞煙煤 A (Subbituminous A)	熱值(Btu/lb) 10000~11000	低級 煤
	亞煙煤B (Subbituminous B)	熱值(Btu/lb) 9500~11000	
	亞煙煤 C (Subbituminous C)	熱值(Btu/lb) 8000~9500	
褐煤 (Lignite)	褐煤 (Lignite)	熱值(Btu/lb) 8300(有聚合性)	
	棕煤 (Brown Coal)	熱值(Btu/lb) 8300(無聚合性)	

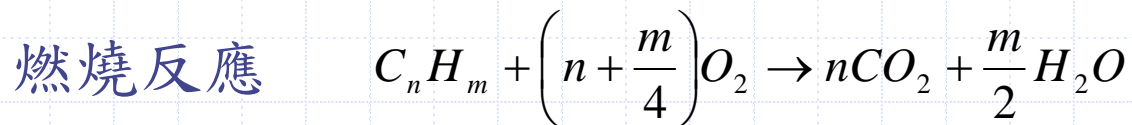
煤炭等級與用途

Class	C (%)	H (%)	USES
Anthracite 無煙煤	93-95	3.80-2.80	工業 燃料
Semi anthracite 半無煙煤	91-93	4.25-3.80	
Sub bituminous 亞煙煤	80-91	5.60-4.25	電力 工業 鋼鐵業
Bituminous 煙煤	75-80	5.60-5.10	
Lignite 褐煤	60-75	5.70-5.00	電力

煤的利用

1. 燃燒

燃燒為將煤置於高溫環境中，在充足氧化劑的條件下把煤炭破壞而轉化成二氧化碳及水，此過程將釋放出大量的熱量以利能源利用。

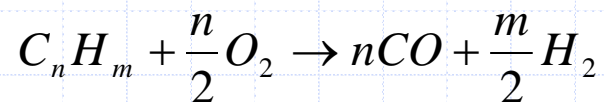


煤的利用

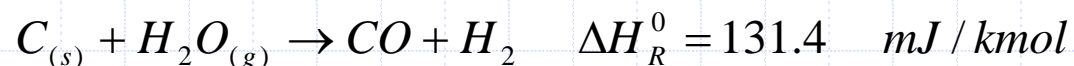
2. 氣化

在高溫及不充分氧化劑環境下，使煤炭與空氣(或氧)進行不完全或部份燃燒，甚至通入水蒸氣反應以產生富燃料氣體，產氣主要包含了一氧化碳、氫氣與部份甲烷，前兩者即俗稱之合成氣。除了上述氣體外，氣化之產物尚包括了焦油及硫化物(如 H_2S 、 COS 及 CS_2)等。

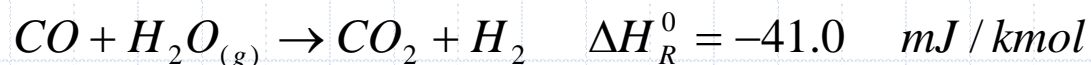
氣化反應



Water-gas reaction



Shift reaction



煤的利用

3. 液化

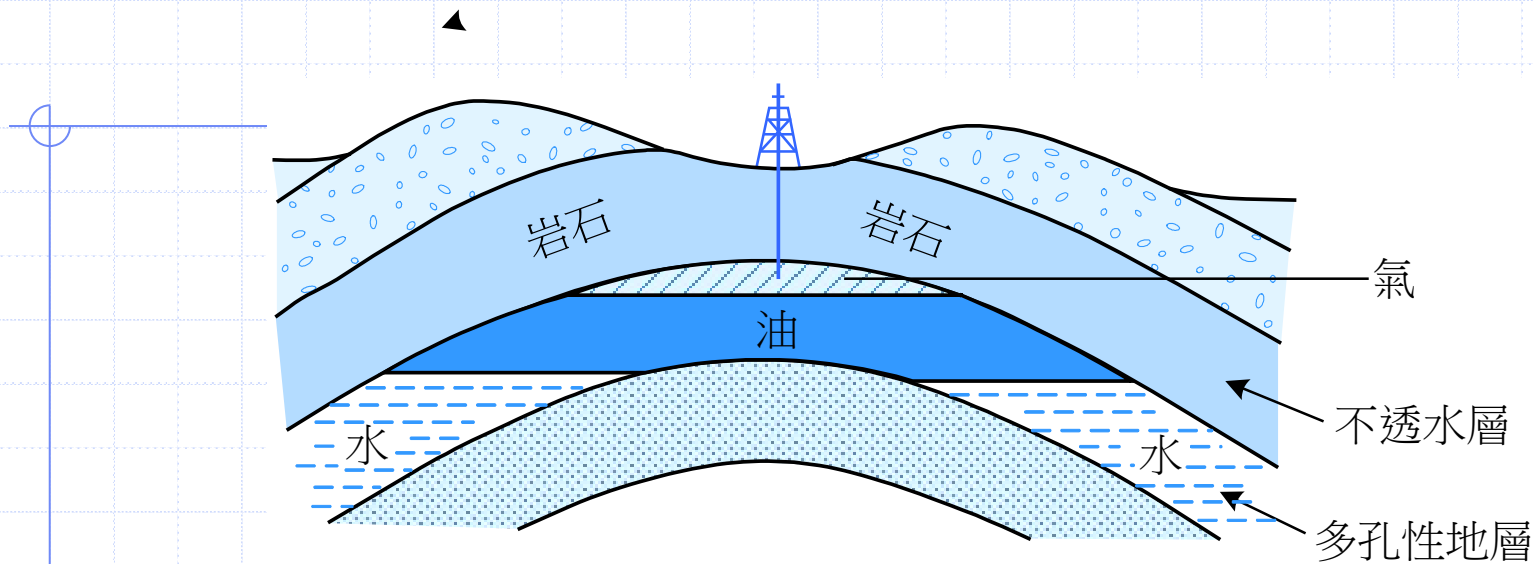
液化乃是高溫及高壓的環境中將固態煤炭轉變類似原油的液體產物的方法。煤炭的液化可分成**直接液化**及**間接液化**兩種。

直接液化又稱為**加氫液化技術**，當煤炭粉碎為粉煤，其將置於430到 及20MPa的環境中反應。除粉煤外，亦需加入觸媒及氫氣參與反應，而產生的液態燃料經由蒸餾 (distillation) 後，即可得到汽油及煤油等。

間接液化技術乃將**合成氣**通過反應器中，在高活性催化劑的作用下合成為石油替代物，其核心技術為「**費希爾 - 托普希合成法 (Fisher-Tropsch synthesis)**」，其為一系列化學反應，將合成氣轉化成液態碳氫化合物，因此費托合成法又稱為「**氣轉液 (Gas To Liquid, GTL)**」技術。

石油的生成

石油是由有機物質在古地質年代沉積而成。據推測，約在數億年前，大量的浮游生物及動植物（如藍、綠海藻類等單細胞植物及有孔蟲類等單細胞動物）死亡後，其殘骸堆積在海底下逐漸形成沈積物。由於沈積物的重量，使得該地區持續下陷，進而形成沈積盆地。這些埋藏在沈積盆地內的動植物殘骸，在缺氧環境下經細菌作用將碳水化合物中的氧逐漸消耗掉，再隨著埋藏深度的增加，溫度與壓力也相對提高，經過數百萬年後，有機物逐漸受熱裂解出油氣。



沈積盆地形成後，長期受無數次的地殼運動，會產生各種不同的地質構造。一個良好的儲存油氣的**封閉構造**，除應具有良好的孔隙率及滲透率的儲油層外，此儲油層的上方必須有緻密不透油、氣、水的岩層，如頁岩、泥岩等，即所謂的**蓋層**，其作用為封蓋住進來的油氣，不讓油氣向上逃逸。

石油的探勘

常用的方法有「地質調查」、「地球物理測勘」及「地球化學測勘」等方法。地球物理測勘是應用物理學原理和方法，測定岩石的物理性質變化，一般分為「重力測勘」及「震波測勘」。目前最常用也較精確的一種方法是震波測勘，其乃利用地下各種岩層具有不同之彈性與密度，震波傳導的速度因而有快慢之別，且能產生反射現象，由其震波傳遞回來的時間可推算岩層之深度及厚度，從而測繪出各地層的地下地質構造。

地球化學測勘是藉生油岩評估及生油岩與油氣對比，推測生油的沈積層位及油氣移棲之途徑，以確定最有利的鑽探地點。當然，地面上的勘查僅能指出利於石油積聚於地下岩層的條件，目前唯一能確認油氣儲存仍需仰賴鑽井。

全球石油蘊藏量之估計值(2011年底)

國 家	已證明蘊藏量(桶)	蘊藏量所佔全百分比 (%)	R/P比值
委內瑞拉	296.5	17.9	*
沙烏地阿拉伯	265.4	16.1	65.2
伊朗	151.2	9.1	95.8
伊拉克	143.1	8.7	*
科威特	101.5	6.1	97
阿拉伯聯合大公國	97.8	5.9	80.7
俄羅斯	88.2	5.3	23.5
利比亞	47.1	2.9	*
奈及利亞	37.2	2.3	41.5
哈薩克	30.0	1.8	44.7

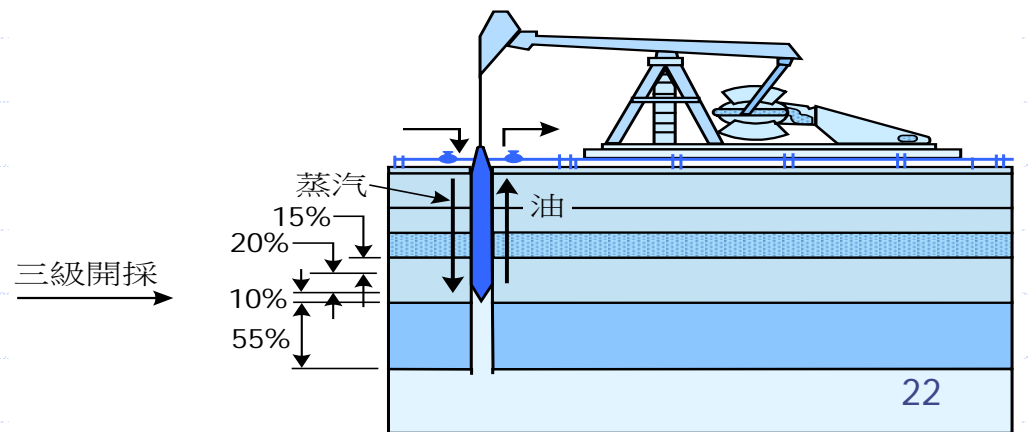
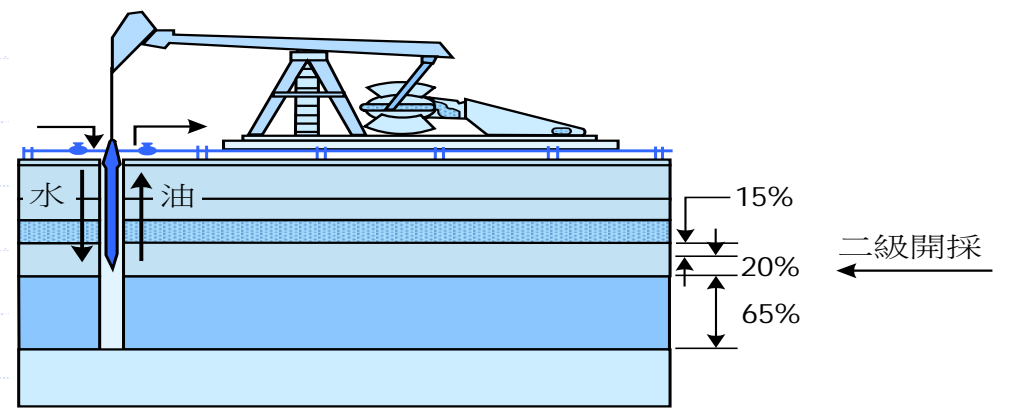
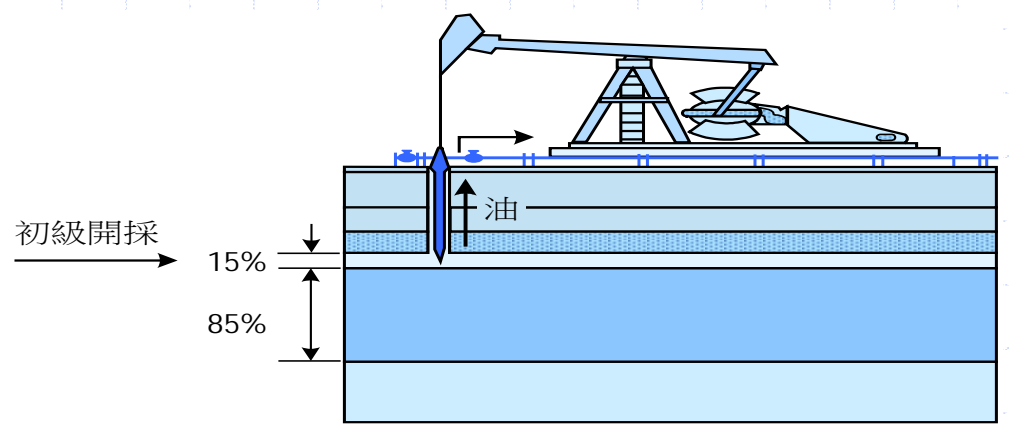
*代表超過一百年

石油開採



石油開採

依開採的程度分成：
一級或初級開採
(primary recovery)
二級開採
(secondary recovery)
三級開採
(tertiary recovery)。



石油開採

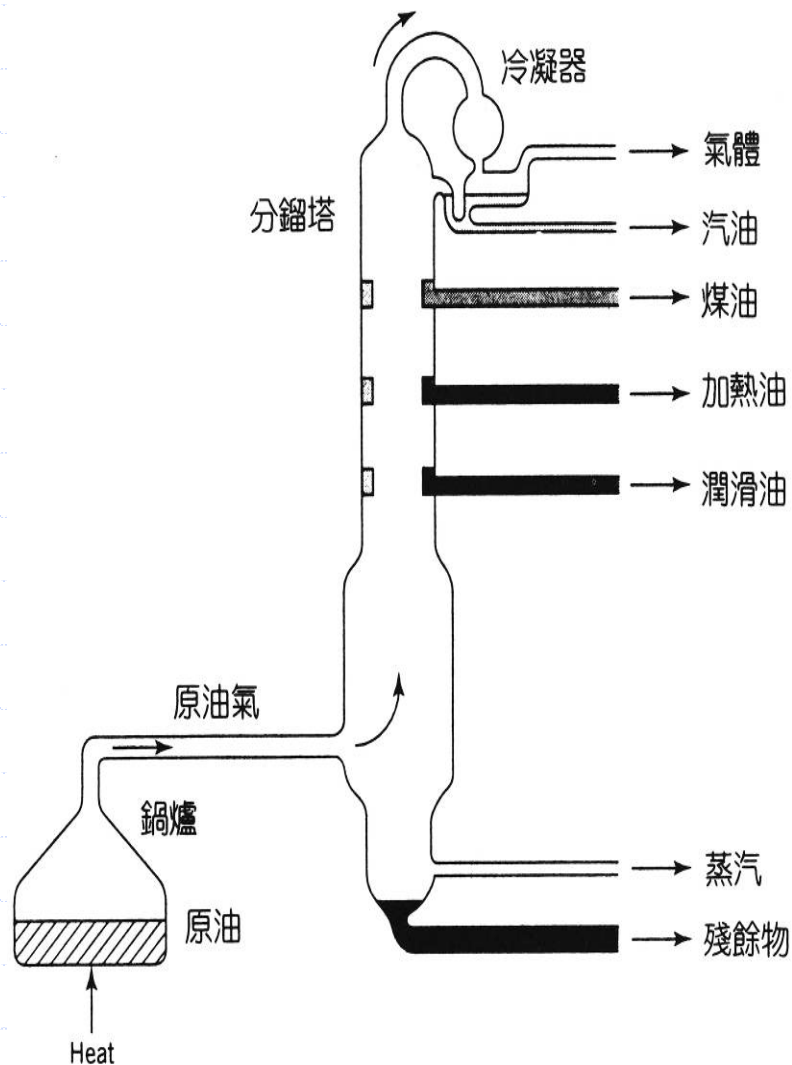
初級開採：油井開採之初，有些油井使石油自然地噴出，稱之為自噴油井 (gusher)。之後，為了保持或增加油的流出，乃需使用**泵** (pump) 造成井的頂部形成局部真空而抽出油。初始開採可吸出地下油田15% 左右的石油。

二級開採：乃注入**水**使地下油田增壓而吸出石油，此時約可再抽出20% 左右的石油，仍有約三分之二的石油儲存於地下。

三級開採：又稱為「**強化石油開採**」，可送入**蒸汽**到地底下再增加地下原油的抽出量。另一種方法是使用**二氧化碳**或**氮氣**，將氣體灌入油田中，藉由壓力的增加使石油跑出岩石外。第三種方法則是使用化學藥品如高分子取代氣體以強制石油離開油田。三級開採約可再抽出油田中原有石油儲量的10% 到20% 左右。

石油分餾

分餾的操作原理為將原油打入加熱爐內，按不同的原油種類和產品加熱到 400°C 左右，蒸氣和未蒸發的油進入分餾塔，**分餾塔**為圓柱形，內有數十塊塔板。油氣上升到塔頂，被水冷式冷凝氣所冷凝。部分被冷凝的液體作為回流被送到塔頂，從一塔板下流到另一塔板，與上升的氣體相接觸液體吸收氣體中的重組分而釋放出輕組分，最終達到平衡，此時**最輕的組分處在塔頂的塔板上，最重的組分則處在最低的塔板上**



石油分餾

原油經分餾後，僅能獲得20到25%的汽油，其數量不僅未能應付急速發展的交通事業需要，其辛烷值亦漸不能滿足高壓縮比引擎之要求。自第一次世界大戰後，由於石油熱裂煉科技的突破，從此成分複雜的石油可以透過此項技術提高原油之汽油產率，同時也衍生出千百種用途的石化原料。**熱裂解**係在高溫及高壓的條件下，將石油中長鏈分子分裂為短鏈分子以得到產品，例如從煤油和重餾分油生產汽油。

於1930年代和第二次世界大戰期間，由於**觸媒**的引進，使產品的質量和產量得到進一步的改進和提高。現在重餾分油的觸媒裂煉是生產石油的最重要過程之一，使用觸媒催化反應可以在比熱裂煉緩和得多的條件下，得到更高的產率和質量，常用之觸媒為**矽鋁混合物**或**分子篩**催化劑。觸媒裂煉可用固定床、移動床或流體化床。

石油蒸餾後產物

分餾物	分子大小	沸點(°C)	用途
瓦斯	$C_1 \sim C_5$	$-165^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$	氣態燃料
石油醚	$C_5 \sim C_7$	$30^\circ\text{C} \sim 90^\circ\text{C}$	溶劑
汽油	$C_5 \sim C_{12}$	$30^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$	汽車用油
煤油	$C_{12} \sim C_{16}$	$175^\circ\text{C} \sim 275^\circ\text{C}$	煤油引擎、噴射機用油
燃料油	$C_{15} \sim C_{18}$	高至 375°C	工業爐用油
潤滑油	$C_{16} \sim C_{20}$	350°C 以上	機件潤滑
油脂(Grease)	C_{18} 以上	半固體	機件潤滑
石蠟	C_{20} 以上	$52^\circ\text{C} \sim 57^\circ\text{C}$ 之間融化	蠟燭
瀝青	甚高	鍋爐殘餘物	屋頂及道路鋪面

烷類碳氫化合物 (C_nH_{2n+2}) 之主要用途

n	分子式	名稱	主要用途
1	CH_4	甲烷	天然氣
2	C_2H_6	乙烷	天然氣
3	C_3H_8	丙烷	桶裝液化瓦斯
4	C_4H_{10}	丁烷	桶裝液化瓦斯
5	C_5H_{12}	戊烷	汽油
6	C_6H_{14}	己烷	汽油
7	C_7H_{16}	庚烷	汽油
8	C_8H_{18}	辛烷	汽油

天然氣

天然氣生成過程和石油一樣，也是由於原始物質經過連續的變質階段，隨後被積聚和捕集於氣層中。它的大部份組分來自沉積岩中的有機物質，其他組分則來自純無機物質，主要成份為甲烷。天然氣依其原始蘊藏狀態，可分為「構造性天然氣」、「水性天然氣」、「煤礦天然氣」等三種，而構造性天然氣又可分為「伴生氣」與「非伴生氣」兩種。若天然氣的產生是在礦區開採原油時伴隨而出，則稱為伴生氣。反之，如果一儲區中僅有天然氣產出而無原油，則稱為非伴生氣。前者乃屬於溼性天然氣，而後者則屬於乾性天然氣。

國 家	已證明蘊藏量	蘊藏量所佔全球百分比 (%)	R/P比值
俄羅斯	44.6	21.4	73.5
伊朗	33.1	15.9	*
卡達	25.0	12.0	*
土庫曼	24.3	11.7	*
美國	8.5	4.1	13.0
沙烏地阿拉伯	8.2	3.9	82.1
阿拉伯聯合大公國	6.1	2.9	*
委內瑞拉	5.5	2.7	*
奈及利亞	5.1	2.5	*
阿爾及利亞	4.5	2.2	57.7
澳洲	3.8	1.8	83.6
伊拉克	3.6	1.7	*
中國	3.1	1.5	29.8
印尼	3.0	1.4	39.2
馬來西亞	2.4	1.2	39.4
埃及	2.2	1.1	35.7
挪威	2.1	1.0	20.4

全球主要天然氣蘊藏量之估計值 (2011年底)

* 代表超過一百年。

天然氣成分

成分	化學式	體積百分
甲烷	CH_4	70-90%
乙烷	C_2H_6	
丙烷	C_3H_8	0-20%
丁烷	C_4H_{10}	
二氧化碳	CO_2	0-8%
氧氣	O_2	0-0.2%
氮氣	N_2	0-5%
硫化氫	H_2S	0-5%
其他稀有氣體	Ar, He, Ne, Xe	稀少

從氣井出來的天然氣一般不能直接應用，其除含有極高的甲烷含量外，並有較重的烴類，此外，還含有比例不固定的氮類、二氧化碳、硫化烴、硫醇和其他硫化物。因此，氣體需要進行加工使其符合使用標準，同時可回收比氣體本身價值更高的液體或固體組分。

氣體之加工處理步驟為：(1) 在操作壓力下膨脹以產生冷凝液，除去冷凝液的氣體並用乙二醇脫水；(2) 用二乙醇胺除硫化烴和二氧化碳；(3) 用鹼去除硫醇；(4) 用冷卻或油吸收方法抽提出比甲烷鏈更長的烴類。

天然氣的運輸

天然氣的運輸方式取決於其型態，氣態可在高壓下用管道運輸，而液態則可用船運輸。由於產出之天然氣為氣態，在某些情況下並不利於儲存及運送，工業上常把礦區出產的天然氣冷凍至零下162⁰C，使其成為一種無色、無臭的液體，體積也縮減為氣態時的六分之一左右，以便於儲存及越洋運送，此液態的天然氣即稱為「**液化天然氣**(liquefied natural gas, LNG)」。

天然氣液化後，為維持其低溫狀態，必須用專門設計、具特殊冷凍功能的油輪運送到買方接收站，並經由卸料臂送到低溫儲槽儲存。使用時，藉由海水汽化裝置，可將液態天然氣復原為常溫氣態，然後經由長途輸送管線，將天然氣輸送到發電廠、工廠及家庭用戶使用。

燃燒煤炭、石油及天然氣所產生溫室氣體及 主要污染物比較 (lb/10⁶ Btu)

化石燃料	煤 炭	石 油	天然氣
CO ₂	208,000	164,000	117,000
NO _x	457	448	92
SO ₂	2,591	1,122	0.6
粒狀污染物	2,744	84	7

岩頁油(Shale Oil)

岩頁油為自油頁岩中提煉出的油品。油頁岩為暗色細粒的老沉積岩，富有固態的有機物或碳氫化合物稱為**油母質(kerogen)**，經過處理之後可產生類似石油類的原油。

油頁岩乃數百萬年前古代植物及水生動物遺體及各種礦物一起堆積於湖泊或淺海底部，之後石油湖泊環境的沉積受到時間、壓力、溫度等種種因素的影響，而把這些沉積物轉變成含有碳氫化合物的岩石。

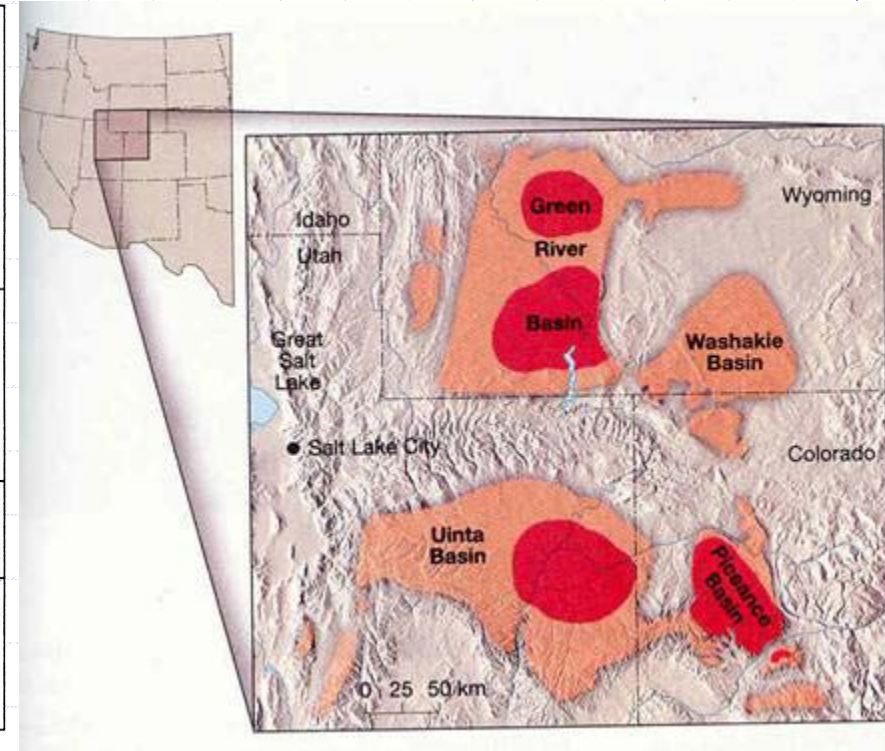
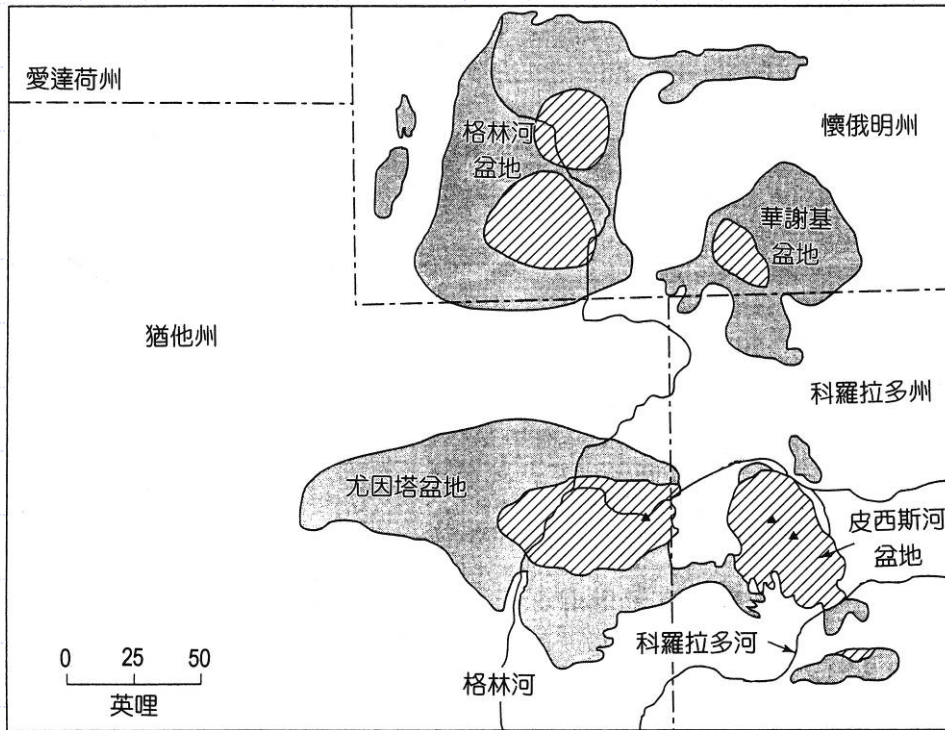
岩頁油 (Shale Oil)



頁岩油的提煉

一般而言，1公噸油頁岩中含原油量約在1桶（即159公升）左右，以目前的技術可回收其中近九成，若每公噸產量在**40公升以下**，通常就不能稱為油頁岩。

頁岩油的提煉過程為相當簡單，油頁岩採出後先將其**壓碎** (crush)，而後再加熱至330至480⁰C之間，以釋放出油頁岩內的油母質成份使成為碳氫化合物的蒸氣，而殘餘物質則是類似焦炭的固體，此一過程稱為**蒸餾** (retorting)，之後將蒸氣冷卻就可得到油和氣。



目前已知全球油頁岩的資源極為豐富，相當於約**5兆桶**的原油。美國約蘊藏全球62%的的油頁岩資源，其中最豐富的地區位於美國的**格林河層**，比美國原油的蘊藏量還豐富。格林河層面積達44,000平方公里，跨越了科羅拉多州 (Colorado)、猶他州 (Utah) 及懷俄明州 (Wyoming) 並涵蓋四個主要盆地。

阻礙油頁岩開採的因素

1. **開採過程**，由於油頁岩深埋在地底下，為得到油頁岩必須先去除礦場的覆蓋層，此即為一花費昂貴的程序。
2. **能源密度較低**，其能源密度和煤比較約只有煤能源密度的八分之一。
3. 當油頁岩經蒸餾取出碳氫化合物後，其體積將膨脹而增加約35%左右，因此無法單純地將用過後的油頁岩棄置於原來開採後遺留下的場址，必須**另覓廢棄物的廢置廠**。
4. 從油頁岩中產出1公升的油需要3公升的水，若以格林河層為油頁岩的開發對象，由於當地極為乾燥，因此**水資源的取用**將是一大問題。

油砂(Tar Oil)

油砂係石油滲透入地球表面的多孔性砂中而形成，其除了含沙、黏土及水外，尚含有似焦油的碳氫化合物，其是一種非常黏稠的原油，稱為瀝青，瀝青在油砂中的含量約有11~12%，因此，油砂又稱為瀝青砂。

油砂(Tar Oil)

傳統的生產方法是先把砂礦挖出，而後混合熱水及鹼將瀝青釋放出來，再以浮選法分出瀝青。現代方法則先將油砂壓碎，混合熱水及蒸汽，分出瀝青後以輕油(C4到C10之碳氫化合物)稀釋，再以離心法分離，此瀝青可利用延遲結焦或流體化結焦及氫化法加以提升，以得到**合成原油** (synthetic crude oil)，此時即可進行煉製。此外，也有就地的方法，即利用蒸汽注入地下油礦開發。雖然自1966年以來即付出許多的努力以開採油砂及提煉合成原油，但至近年來技術的演進才將開發的成本降至值得開採的地步並獲利。1960年代開採油砂中的油，每桶成本約要30美元。至1995年時，合成原油的生產成本已降至10.5美元，而瀝青的回收率約92%。

油砂(Tar Oil)



油砂外觀



阿塔巴斯卡河區域

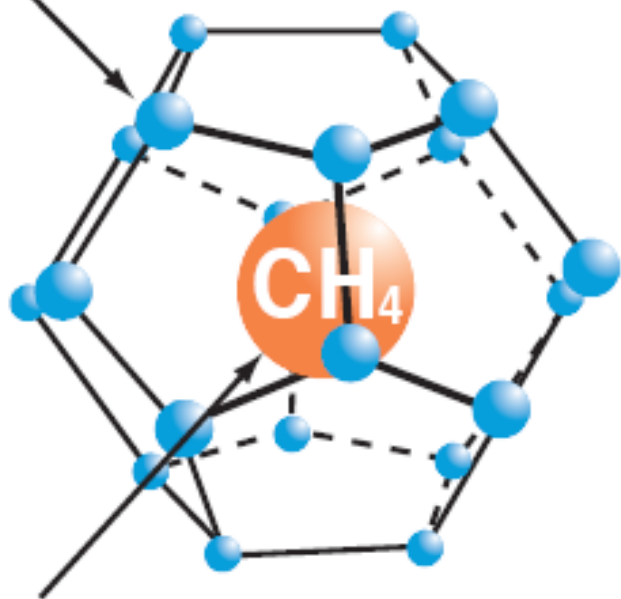
天然氣水合物

天然氣水合物是一種非傳統的化石燃料。據推估全球天然氣水合物蘊藏量約有 2×10^{16} 立方公尺（一大氣壓），是現今傳統化石燃料儲量的兩倍以上，就目前全球能源短缺而言，若能妥善開發利用天然氣水合物，對未來全球能源的供應會有很大的助益。天然氣水合物具有分布廣、儲量大、潔淨等優勢。

自然界產出的天然氣水合物，包含的氣體分子可能有甲烷、乙烷、丙烷、異丁烷、正丁烷、氮、二氧化碳、硫化氫等。由於自然界產出的天然氣水合物中，90%以上所包含的氣體分子主要是甲烷，因此天然氣水合物也通稱作「**甲烷水合物**」。

天然氣水合物的結構

由水分子所形成的結晶架構中
形成許多空隙



結晶架構中的空隙可以被大小適合的
氣體分子所充填，例如甲烷

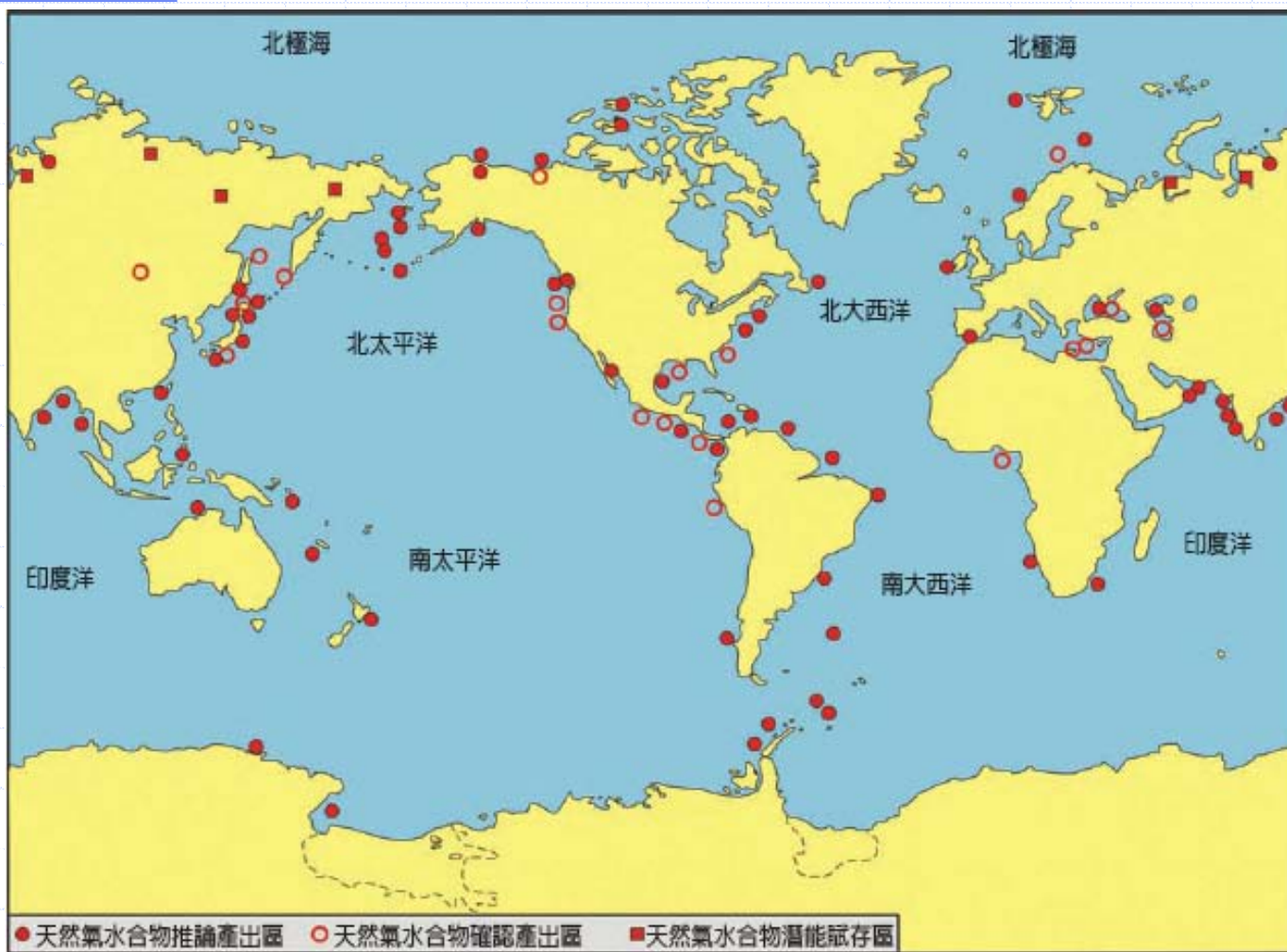
天然氣水合物是天然的碳氫化合物氣體，在大於50個大氣壓的高壓，及低於攝氏7度的低溫環境下，被**籠狀架構的水分子**包合而形成的一種類似冰晶的白色固體。

通常用 $mM \cdot nH_2O$ 表示，其中M是氣體分子，m是氣體分子數，n是水分子數。

天然氣水合物的分布

天然氣水合物存在的地質環境，多局限在極區永凍層、深水區等有大量沉積物堆積、沉積速率快，而且富含有機物的區域。深水區的天然氣水合物大多分布在大陸邊緣，水深500至3,000公尺海域的大陸斜坡、大陸隆堆等地區。少數如大陸內海、湖泊等深水區，也有天然氣水合物的蘊藏。

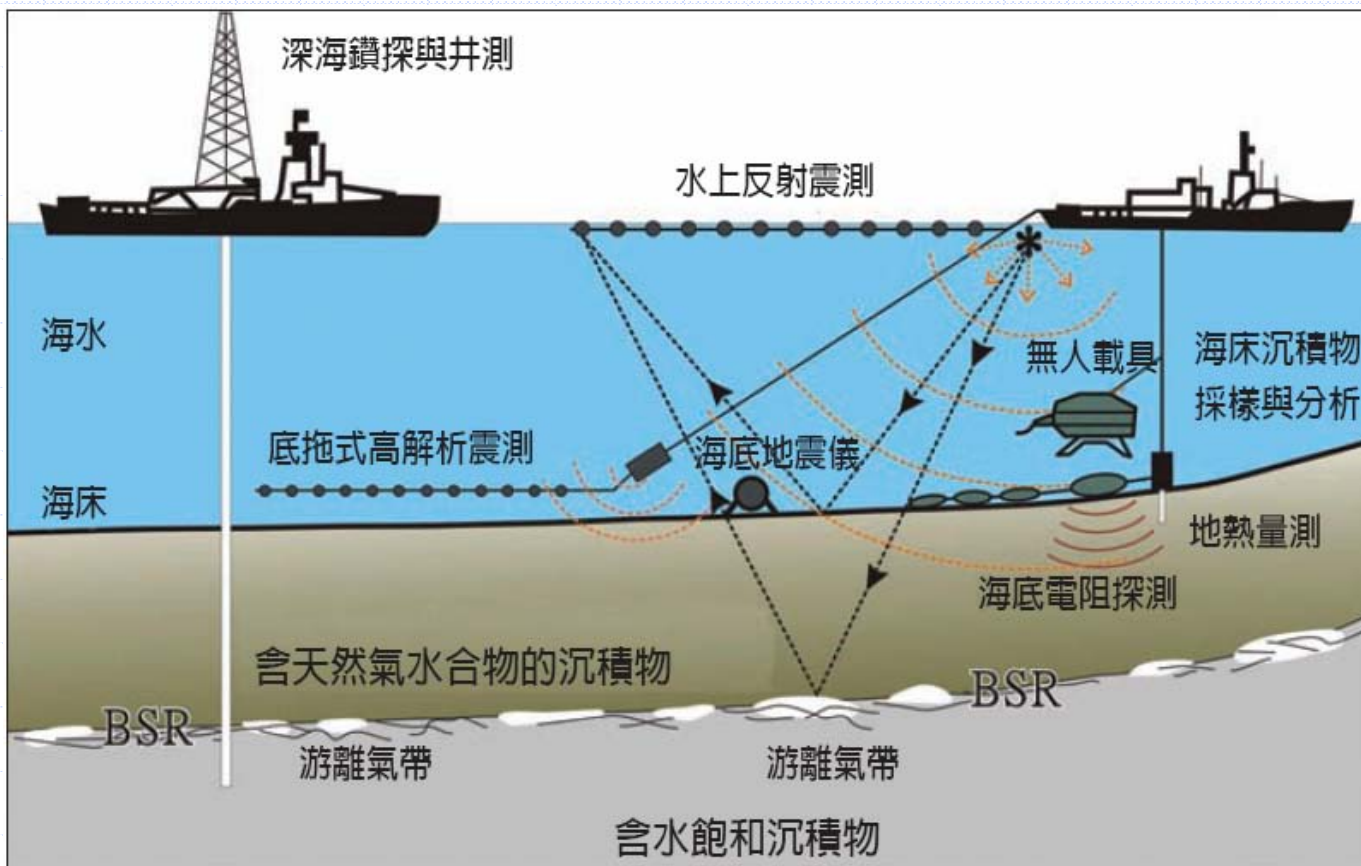
天然氣水合物的分布



天然氣水合物的探勘

海底天然氣水合物的探測一般是先使用地球物理方法，包括「反射震測」、「海底地震儀」、「海底地電阻」等，分析海床下的地層特性，辨識賦存天然氣水合物的特徵。在海床下，天然氣水合物常出現在較均質的地層中。在天然氣水合物穩定帶的底下，因有氣態物質存在，共震波傳播性質與上下地層差異極大，造成一平行於海底的顯著介面，稱為「海底仿擬反射層 (bottom simulating reflector, BSR)」。另一方面，經由量測地熱，可推估天然氣水合物穩定存在於海床下的深度，繼而進行海床沉積物及底水樣本的地球化學分析，或以海底照相或無人載具的海床觀測、深海鑽探與井測等。

天然氣水合物的探勘



天然氣水合物開發所衍生之問題

1. **未來的能源資源**：天然氣水合物的開發需要採用類似石油、天然氣的探勘與開發策略，也就是「石油系統」的開發策略。從天然氣水合物的生成來源、移棲管道、貯藏構造，到開發環境都要考量。
2. **對全球碳循環與氣候變遷的衝擊**：天然氣水合物中有機碳的儲量是全球碳循環的重要儲存區；且甲烷氣其所能引起溫室暖化的潛能是同量的二氧化碳的20倍。因此全球天然氣水合物量的增減對全球碳循環以及溫室效應所造成的全球氣候變化有相當重要的影響。
3. **地質災害的發生**：地層中若有天然氣水合物的生成，其地層強度會增加。但當地層中的天然氣水合物因外在環境改變解離成水及天然氣時，則往往會形成地層中的弱帶，容易造成海底的崩塌與凹陷。