

出國報告（出國類別：開會）

石油地質師學會國際年會及研討

服務機關：中國石油股份有限公司

姓名職稱：丁信修地質師

派赴國家：加拿大

出國期間：九十四年六月十八至六月二十四日

報告日期：九十四年九月二十一日

摘要

職參與過數個加拿大油砂礦區評估工作，年度計劃亦正在進行亞伯達區之礦區評估工作，而今年美國石油地質學會之年會亦在加拿大卡加利市舉行，參加此會議，除了吸收世界最新之知識外，亦可蒐集有關年度研究計劃之資料。

加拿大在 2004 年的原油產量每天 31 百萬桶。自從 1999 年以來，由於油砂工業及海外探勘加入生產行列，並漸漸取代西加拿大盆地老舊油田，原油生產呈現穩定地增加。專家也預測油砂的原油產量在未來會逐漸重要，它會替補已在漸漸下降的傳統原油產量。

根據資料（BP Statistical Review of World Energy 2004），加拿大已證實的油藏量預估為 1 百 69 億桶，在全世界油藏排名第 11。根據另一項資料（Oil and Gas Journal），如果把加拿大亞伯達的油砂算在內，加拿大有 1 千 7 百 88 億桶原油蘊藏量，在全世界僅次於沙烏地阿拉伯。而根據亞伯達省能源局（Alberta Energy and Utility Board）的估算，瀝青的儲量有 2,600 億立方公尺（1 兆 6,000 億桶原油），而以當今的技術條件而言，約有 11 % 或合為 280 億立方公尺 (1,750 億桶油當量)是可採收的。

加拿大擁有大量的傳統油氣之蘊藏量，是全世界最大的幾個國家之一。假如把非傳統原油及天然氣算在內，正如上文所述，加拿大可能擁有比世界上其它任何國家，包括沙烏地阿拉伯及俄國更多的油氣資源。

這些資源的前景如何將由未來的油價波動及開發技術的進步而決定。不管如何，未來的前景已依稀可見，正如當今已從黏度很高的重油砂生產出原油，及從非傳統性的儲集岩生產出天然氣一樣。

由於加拿大的油砂工業正蓬勃發展中，而本公司從約十年前也就一直在作此方面之研究，累積了許多資料及經驗，故建議公司在從事國外礦區之投資時，宜把油砂列為重點項目。

目次

| | | |
|----|-------|----|
| 目的 | ----- | 1 |
| 過程 | ----- | 2 |
| 心得 | ----- | 3 |
| 建議 | ----- | 18 |

目的

近年來國內探勘漸漸緊縮，為突破公司探勘困境，走出新的探勘方向，乃積極走向國外探勘，職過去幾年一直是「加拿大工作小組」成員，並多次參與加拿大重油砂案之評估，2005年美國石油地質學會 (American Association of Petroleum Geologists, 簡稱 AAPG) 年度會議適逢在加拿大亞伯達省之石油重鎮卡加利市舉行，這對近年來加拿大之油砂探勘發展具有特殊意義，對從事加拿大油砂探勘人員來說是一次難得的盛會，可蒐集最新的發展資訊、瞭解世界石油探勘工業之最新動態及探討各項新技術之前瞻性，將有助公司之發展策略之擬訂。

過程

| | |
|---------------------|--|
| 94年 6月17日-94年 6月17日 | 台北-溫哥華 |
| 94年 6月17日-94年 6月18日 | 溫哥華-卡加利 |
| 94年 6月19日-94年 6月22日 | 卡加利，參加 2005 年美國石油地質師學會年會 共有十一項主題論文發表及石油專業軟體展示 |
| 94年 6月23日-94年 6月24日 | 卡加利-溫哥華-台北 |

心得

本次會議中有許多論文發表，最熱門的題目是深水探勘及油砂資源，而油砂資源豐富的地區就是加拿大。下列就是會議論文的十一個大主題。

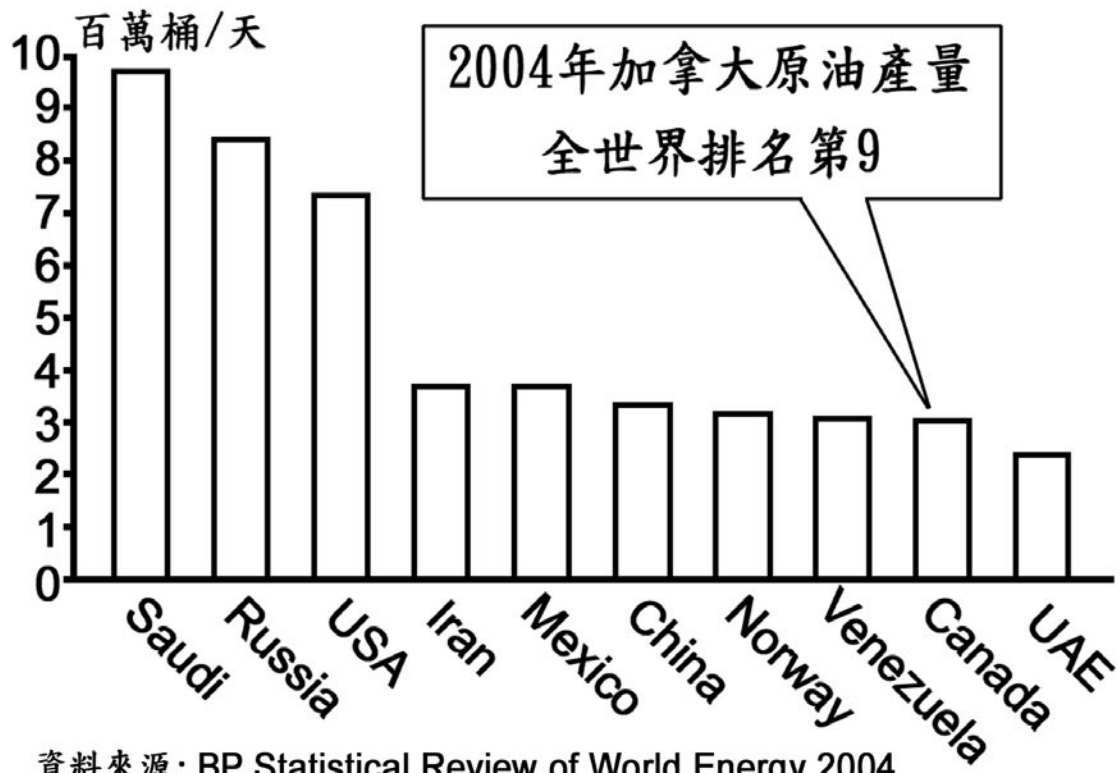
1. 成熟盆地的探勘 (Exploration of Mature Basins)
2. 大陸邊緣盆地的探勘 (Exploration in Continental Margin Settings and Frontier Basins)
3. 石油系統的綜合性分析 (Holistic Analysis of Petroleum Systems)
4. 地體構造系統與盆地演化 (Tectonic Systems and Basin Evolution)
5. 在時間與空間上沉積系統 (Depositional Systems in Time and Space)
6. 泥岩與油氣探勘 (Mud Rocks and Hydrocarbons)
7. 非傳統性資源與革新的技術 (Unconventional Resources and Innovative Techniques)
8. 儲集岩的整合分析 (Optimizing Reservoirs)
9. 經濟相關議題 (Business and Economic Issues)
10. 油氣、環境及社會 (Hydrocarbons, Environment and Society)
11. 天文地質學 (Astrogeology)

由於本次出國主要是探討與加拿大相關之探勘，乃將在會議中所蒐集的資料作一扼要說明如下：

欣欣向榮的加拿大石油工業

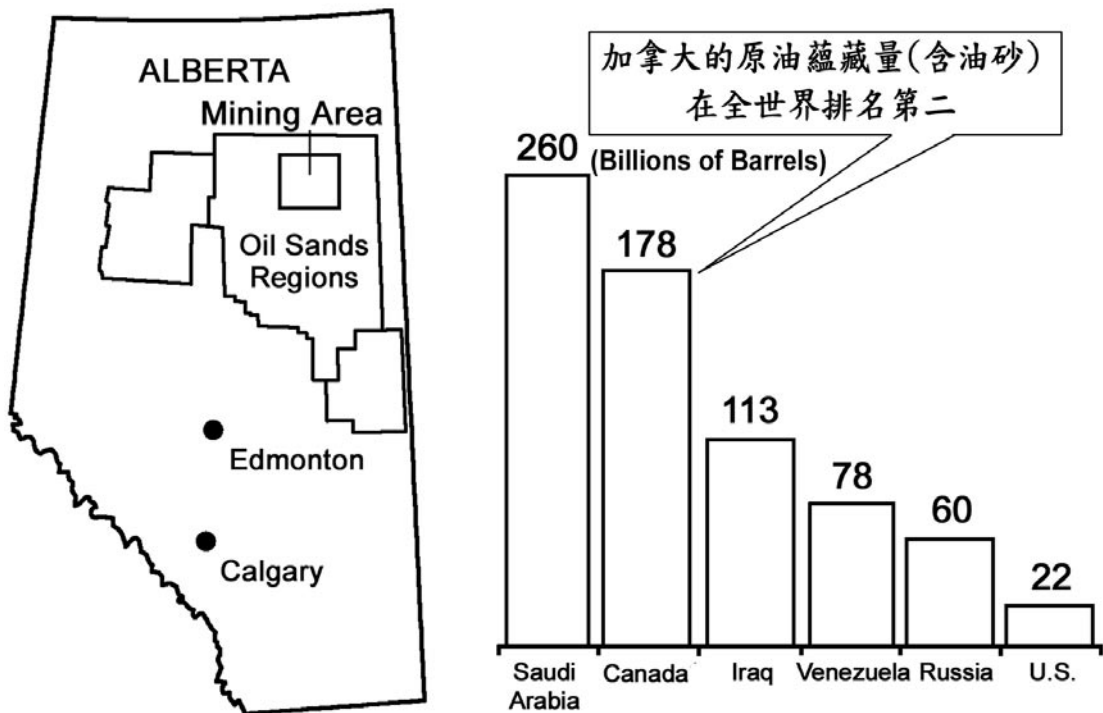
加拿大在 2004 年的原油產量每天達 3.1 百萬桶，在全世界排名第九（圖一）。自從 1999 年以來，由於油砂工業及海外探勘加入生產行列，並漸漸取代西加拿大盆地的老舊油田，其原油產量一直呈現穩定地增加。石油專家也預測油砂的原油產量在未來會逐漸重要，並將替補已在漸漸下降的傳統原油產量。

根據資料（BP Statistical Review of World Energy 2004），加拿大已證實的



資料來源: BP Statistical Review of World Energy 2004

圖一、加拿大在 2004 年的原油產量每天達 3.1 百萬桶，在全世界排名第九。



資料來源: Alberta Energy and Utilities Board

圖二、如果把加拿大亞伯達的油砂算在內，加拿大約有 1,788 億桶原油蘊藏量，在全世界僅次於沙烏地阿拉伯

油藏量預估為 1 百 69 億桶，在全世界油藏排名第 11。而根據另一個資料（Oil and Gas Journal），如果把加拿大亞伯達的油砂算在內，加拿大約有 1,788 億桶原油蘊藏量，在全世界僅次於沙烏地阿拉伯（圖二）。而根據亞伯達省能源局（Alberta Energy and Utility Board）的估算，瀝青的儲量有 2,600 億立方公尺（1 兆 6,000 億桶原油），而以當今的技術條件而言，約有 11 % 或合為 280 億立方公尺（1,750 億桶油當量）是可採收的。

加拿大擁有大量的傳統油氣之蘊藏量，是全世界最大的幾個國家之一。假如把非傳統原油及天然氣算在內，加拿大可能擁有比世界上其它任何國家，包括沙烏地阿拉伯及俄國，有更多的油氣資源。

這些資源的前景如何將視未來的油價波動及開發技術的進步狀況而決定。不管如何，加拿大的未來的前景已依稀可見，正如當今已活生生地從黏度很高的重油砂生產出原油，以及從非傳統性的儲集岩中生產出天然氣一樣。

由於加拿大的油砂工業正蓬勃發展中，而本公司從約十年前也就一直在作此方面之研究，累積了許多資料及經驗，故建議公司在從事國外礦區之投資時，宜把油砂列為重點項目。

加拿大主要的生產及其巨大的潛能

加拿大油氣資源不僅豐富且多樣性，除了生產有 150 年之久的輕至中度原油及天然氣以外，新興的資源如油砂、煤層氣 (coal bed methane)、緻密氣 (tight gas)、頁岩氣 (shale gas) 及甲烷水合物 (gas hydrates) 是未來最具潛力的資源。

加拿大的七個主要產油氣地區分別位在陸上及海域的沉積盆地，其中最主要的是西加拿大沉積盆地 (Western Canada Sedimentary Basin)，該盆地自 1940 年代以來就有相當大量的油氣生產。而另一個重要的油氣生產區則是位在東部加拿大大西洋邊緣海域盆地的大淺灘區 (Grand Banks)。加拿大的油氣探勘及開發始自 150 年前，地點在安大略省西南部 Erie 湖的北邊，該處到今天仍有小規模的生產。而如今亞伯達地區的油砂區(圖三)，其原油蘊藏量甚至可與沙烏地阿拉伯抗衡。

加拿大 — 重要的生產區及其巨大的潛能區



圖三、加拿大的產油主要來自西加拿大盆地的重油沙傳統原油及東部的海域。

加拿大的油氣工業源自於 1850 年代，有一位製造馬車的人叫做 James Miller Williams，一般人都稱他為加拿大油氣工業之父，他在安大略省挖了一口 15 公尺深的井。Petrolia 隨後在 1960 年代及 1970 年代期間發展成繁華小鎮，在那段期間，在該小鎮周圍又挖了數百口井，產出相當可觀的原油，並運送到 200 公里外作成燈油賣出。

如今在 Petrolia 鎮的油田仍像往昔的年代在生產，所不同的是，它使用了現代的電力生產。在 Petrolia 鎮，此油田已經保留作具有歷史意義且活生生的休閒博物館。

不管如何，在 19 世紀以前很久的一段時間，當地的印地安人已認識了石油，並善加利用了沿著 Mackenzie 河所滲出的油苗，如今位在此同個地區的另一個 Norman Well 油田仍然在生產，且壽命應還有 20 年之久。

100年的等待

在 19 世紀晚期及 20 世紀初期，由於在安大略省湖區（Lake District）的東古陸（East Cratonic）盆地的產量開始下滑，加拿大石油需求須仰賴進口。爾後經過努力探勘，終於在 1920 年在西部的 Norman Well 發現石油。但在那時候，該油田離需求的市場太過遙遠。其他較小的發現是在 1914 年，是位在亞伯達西南部的 Turner Valley，它供給附近地區所需的用油。於 1923 年，在亞伯達首先發現重油，並作為製造柏油之用。

當 Imperial Oil 公司於 1947 年 3 月在位於 Edmonton 南部 50 公里處的 Leduc 1 號井鑽獲石油時，加拿大的石油公司開始有了巨大的改變。在那時之前，加拿大百分之九十的石油仰賴進口。

在 Leduc 井有了大量油氣發現之後，Edmonton 市周圍地區也接踵發現了幾個大油氣田。當時在僅僅的一年之中，西加拿大的石油工業欣欣向榮，在 Alberta, Saskatchewan, Manitoba 及 British Columbia 地區也都有重大發現，這些也都位在西加拿大盆地之中，因此，Edmonton 市成了加拿大石油工業的第一重鎮，而在約 1955 年時，原油就取代了煤作為最加國最主要的能源。

隨後在亞伯達省不斷地有巨大的發現（如 Medicine Hat-當今被稱為"天然氣城"，位在靠近 Dinosaur Provincial Park），而又結合了油管科技的進步，使天然氣成為乾淨又便宜的能源。天然氣也是製作肥料及其它化學產品的原物料。

巨大的潛能

加拿大的油氣生產主要有三個來源：（1）西加拿大盆地；（2）亞伯達北部油砂；（3）海域油田。而具有潛力的傳統油氣探勘區，包括 British Columbia 陸域盆地以及迄今仍是探勘處女地的海域盆地、西北地方（Northwest Territories）、Nunavut 及大西洋邊緣。加拿大也有巨量的非傳統產油氣資源，如油砂、緻密氣、煤成氣及甲烷水合物。

西加拿大盆地

西加拿大盆地大部份位在亞伯達省，部份在 British Columbia, Saskatchewan, Manitoba, Yukon 及西北地方之下，並沿伸到 Beaufort 海，該盆地一直是加拿大自1940年代以來的油氣主要來源。PCF (Petroleum Communication Foundation) 作過評估，有 57 % 的油氣資源是在此盆地發現。而迄今為止 (2005 年) 已生產出的油氣有 80 % 是來自亞伯達省。

在加拿大內地平原區 (Interior Plain) 之下未變形的岩層是一前寒武紀結晶基盤之上的顯生元 (Phanerozoic, 寒武紀至第四紀) 楔狀體。此楔狀體最厚部份約 6000 公尺，是在亞伯達背斜 (Alberta Syncline) 軸部 (在麓山帶前緣的東側)，並沿著加拿大地盾 (Canada Shield) 向東北向減薄至尖滅。在盆地中的岩層由於受到差異性的侵蝕，所暴露出基岩 (bedrock) 的年代老從奧陶紀 (Ordovician) 至年輕的始新世。

奧陶系在西加拿大可採原油蘊藏量中占超過 50 %，約有 50 % 的市場天然氣蘊藏量則是來自白堊系。

根據 IEA (International Energy Administration) 的說法，很多油田的原油產量已逐年減少，在不久的將來，新興起的油砂油源會在此巨大的盆地中取代原來的原油生產量，成為明日之星。

大西洋邊緣

由於近年來在西加拿大盆地的傳統原油產量已逐漸衰減，加拿大外海可觀的油氣蘊藏量更受到重視，至今為止，幾乎所有的外海的原油生產是來自紐芬蘭外海的 Jeanne d'Arc 盆地，天然氣則來自該盆地更南邊的 Scotian 盆地。

在大西洋邊緣油氣探勘歷史已有 40 年了。Mobil Oil Canada 在 1959 年的 Sable 島地區取得第一張的外海探勘執照，隨後在1960年開始作震測調查。在紐芬蘭外海及拉不拉多地區則於 1966 年開始鑽井，在 Nova Scotia 外海則於 1967 年開始，從那時至今在外海共鑽了超過 350 口井。

天然氣首先是在 1968 年於Nova Scotia海岸之外靠近 Sable 島發現，而原油與天然氣則在 1970 年代於 Nova Scotia 外海下列的兩個油氣田被發現：(1)

Panuke-Cohasset 油田（1992 年開始生產）；（2）Venture 氣田（1990 開始生產）。這些氣田被發現後，紐芬蘭及拉不拉多外海巨大油田也隨之被發現。

Hibernia 油氣田是在 1979 年被發現的，它擁有 615 百萬桶可採收之原油。Hibernia 油田於 1997 年開始生產，在 2003 年，它的日產量是 20 萬 3 千桶。Terra Nova 油田是在 1984 年發現，於 2002 年開始生產，在 2003 年的日產量是 13.4 萬桶。

在 Jeanne d'Arc 盆地中，White Rose 外海油田是在 1984 年發現的，它位在紐芬蘭及拉不拉多東方約 350 公里處。該油田預定於 2005 年末或 2006 年初開始生產，最高會有 9 萬桶 / 日的生產量，該油氣田估計含有 2 至 2.5 億桶可採收原油。

在 Nova Scotia 海岸之外的 Scotian 盆地，是加拿大在大西洋海岸生產天然氣的大本營。Sable 外海能源計劃（Sable Offshore Energy Project）在 1999 年已開始生產。該計劃包括了幾個氣田及最近剛加入生產的 Alma 及 South Venture 氣田，該計劃在 2003 年每天生產天然氣 4 億立方尺（Mmcf）。而在 2005 年在 South Venture 氣田加入營運之後，每天又再增加 1.25 億立方尺。

有些公司正計劃在不久的將來能在 Hibernia 及 White Rose 油田有具商業價值的天然氣生產，該油田擁有 4 兆立方尺（相當於 720 百萬桶的油當量）。此外，有一個巨大及複雜的構造-Hebron/Ben Nevis（6 億桶重油）正等待開發。

孤兒盆地（Orphan Basin）位在 Jeanne d'Arc 盆地北方的深水區，在此區也有一些重要的探勘活動。在此區更北的地區，也就是拉不拉多盆地（Labrador Basin），有幾個天然氣的發現如 Snorri、Bjarni 及 Gudrid 等都暫時停滯著，都正等著較好的時機及更進步的技術來開發。

根據石油通訊基金會（PCF, Petroleum Communication Foundation）的估計，在加拿大的傳統油氣資源約有 18 % 是在大西洋邊緣所發現。

太平洋沿岸

在英屬哥倫比亞省（BC, British Columbia）西海岸之外，於 1960 年代晚期共鑽了 14 口井，但未發現具有商業價值的油氣。爾後由於油輪航線須經阿拉斯加會造成環保污染的緣故，導致聯邦及英屬哥倫比亞省政府在 1972 年發出暫停外海油氣探勘活動的禁令。

根據各方面的評估資料，一般認為英屬哥倫比亞之外的太平洋岸可能有 100 億桶原油及 40 兆立方尺天然氣（相當於 72 億桶油當量）之蘊藏量。不過，由於聯邦政府對該區的油氣探勘所下的禁令，迄今仍無任何生產。英屬哥倫比亞省政府仍持續遊說要排除探勘禁令，並希望在 2010 年前可以開始生產。

極地地區

加拿大北部包含一些馬賽克狀的沈積區域，各具有不同的地質史及石油潛能。有些是在北美獨一無二的，如北極群島（Arctic Islands）上的 Sverdrup 盆地。其它則有與墨西哥灣密西西比河三角洲具有相似性的，如三疊紀的 Mackenzie 三角洲。這些盆地含有可觀的蘊藏量以及已被發現綿延甚長的油氣蘊藏庫，加拿大北部地區應是北美地區最後幾塊傳統油氣尚未探勘的地區之一。

在此地區的油氣探勘方式非常受到地形的影響，極其挑戰性。儘管該區的地質條件及油氣潛能與北緯 60 度以南的西加拿大盆地相當，但其鑽井的密度遠不如西加拿大盆地。

在加拿大西北部地方（Northwest Territories）的探勘已有一些成功的例子，如在 Mackenzie Delta 發現天然氣，在 Beaufort Sea 發現原油，在北極島區（Arctic islands）發現巨大天然氣蘊藏量。該地區由於開發及運輸費用十分昂貴，且遠離人口密集的南部地區致後勤補給不易，這些油氣田均尚未開發。此外，要開發這些地區也須要取得當地地區原住民的同意與合作。

位在西北部地方的 Mackenzie Delta 擁有約 10 兆立方尺（相當 18 億桶油當量）可採收之天然氣，在 Mackenzie Delta 有三個巨大可証實的氣田如下：Taglua（3 兆立方尺）、Parsons Lake（1.8 兆立方尺）及 Niglintgak（1 兆立方尺）。

明日之星 -- 非傳統原油

在 2003 年，加拿大日產天然氣是 180 億立方尺，在全世界排名僅次於俄國及美國。加拿大天然氣的生產集中在西加拿大盆地，根據 IEA（International Energy Administration）的資料，約有 80 % 是來自於此。至 2003 年底止，加拿大可證實的天然氣蘊藏量是 60Tcf（以油當量來計算，是 108 億桶），那時候加拿大在全世界排名僅僅是第 19。在之前的十年中，蘊藏量很穩定地逐年下降，若以當今的下降速度，則在未來的十年內將會完全耗竭。不過，如果加速探勘加拿大極地地區大量的天然氣資源，這種情況將會改觀。加拿大國家能源局估計，該國真正的天然氣資源應十倍於現今的估計。加拿大未來的天然氣資源是多方面的，有傳統式的蘊藏（包括極地、大西洋邊緣及太平洋岸的氣田）、緊密氣（tight gas）、煤層氣、頁岩氣及（可能是）甲烷水合物。

油砂

油砂（Oil sands），由於它具有瀝青的黏稠性，所以又名焦油砂（Tar sands）（圖四），是一龐大的石油資源。根據最新一期的 Oil and Gas Journal 的說法，由於擁有油砂，加拿大的原油蘊藏量僅次於沙烏地阿拉伯。不過，要採收這



圖四、油砂的產狀

其中的原油是有技術上的困難，一是對環境上的污染，一是開發費用較高。儘管如此，油砂對加拿大原油產量的急劇升高有重大的影響。

油砂含有瀝青（bitumen）的沈積，又重又黏。要加入輕油後才可促使它流動。瀝青經過處理後可做成合成油（synthetic crude），一般而言，1.16 桶的瀝青可處理成 1 桶合成油。

油砂沈積層原本就是一個巨大的油藏，但在 Laramide 造山運動（洛磯山脈東部的變形作用，從晚白堊紀至始新世結束）之後，3 至 6 千萬年間之前，油滲透至地表，其中較輕的成份蒸發掉，細菌吃掉殘餘的油氣。該沈積物主要位在白堊紀早期的砂岩中。

淺層的油砂可以露天開採（open-it），較深的則須用其它方式採收，以當今的技術之費用而言，要把油砂作成合成油來生產，每桶合成油的價錢須介於美金 25 至 30 元之間才符合經濟效益，油砂工業也是很依賴水及天然氣，無論是從油砂萃取瀝青或把瀝青改製成合成油，都是需要它們。

如今從油砂的生產每天約有一百萬桶原油，預期在未來幾年中會有顯著的增加，到 2010 年每天應有一百七十萬桶，到 2015 年有二百八十萬桶，到 2020 年則達三百六十萬桶，最後的數量其實已高過當今加拿大所有的產量。

頁岩氣(Shale Gas)：數量超大

頁岩氣（shale gas）是傳統上的天然氣，其生產層的儲集岩主要是由頁岩及細粒的岩層而非傳統上的砂岩或石灰岩所組成，含天然氣的頁岩通常既是源岩又是儲集岩。

頁岩氣的儲存方式有三種：（1）被不可溶解的有機物質所吸收；（2）被封存在細粒沈積物的孔隙中；（3）禁閉在頁岩層間的裂縫中。

自從 1800 年代以來，就有少量天然氣產自頁岩，但一直沒有被廣泛地應用與發展，直到 1980 年代，美國政府施行一些減稅方案而促進非傳統性儲集岩的探勘與開發，其中就包括含有天然氣的頁岩。

直到如今，在加拿大仍無具商業價值的頁岩氣生產，在 2003 年，天然氣技術所（The Technology Institute）從事一項加拿大頁岩天然氣潛能的研究。此研

究估算加拿大在含氣頁岩中有超過 860 Tcf 的蘊藏量（相當於 1,500 億桶油當量）。因此，如果只有一部份的頁岩天然氣資源可採收，對整個加拿大天然氣田的蘊藏量仍有重大的增加。

煤層甲烷氣（Coal bed methane）

產自煤層的甲烷氣是一個較新的天然氣資源，而實質上的生產始於 1990 年代初期，如今煤層甲烷氣（CBM）大約占美國天然氣產量的 9%，而在加拿大、澳洲、非洲及歐洲則只是剛開始發展。

煤層甲烷氣主要是採取自煤層，一般而言，這些煤層若不是太深或量不足，就是不適合開採的煤礦。

在煤層中所含的甲烷量有很大的差異，下列幾項因素決定了其是否具採收價值：（1）每噸煤所含的天然氣量；（2）所含天然氣的品質；（3）煤的滲透率；（4）完井及脫水生產井的費用；（5）井與管線的連接費用及其分佈。

緻密性儲集岩（Tight reservoirs）

緻密儲集岩的滲透率低於 0.1milli-darcy，就工業界而言，所謂"緻密"，大家所接受的定義是：不能用一般的方法採收到具商業性價值的天然氣，而唯有透過特殊大規模的激產方式，才能生產具商業價值的天然氣。這種儲集岩低滲透率的原因主要是由於顆粒很細又緊密，或是孔隙受到矽酸鹽或碳酸岩膠結沈澱填充。

在一些例子中，緻密氣生產自一些品質介於尚可與不佳的儲集岩中，有些則是產自在緻密層之間有一些具高滲透率的地層中。在亞伯達省東南部及 Saskatchewan 省西南部，在淺部油氣潛能區注氣井之正蓬勃發展，其部分的原因是近年來對該區許多砂岩儲集岩緻密特性有了更進一步的認識。

直到最近，由於高油價的時代來臨以及開發技術的進步，如水平及定向鑽井、未平衡鑽井（underbalanced drilling），定向破裂（directional fracturing）及二氧化碳與氮的破裂流體，以致緻密砂成了探勘的目標。

近年來在亞伯達省及英屬哥倫比亞省地區深盆地（Deep Basin）探勘活動的興起也是由於對緻密砂岩有了新的認識所致。在加拿大史上石油及天然氣權利

（一般指的是土地）最大的買賣是於 2003 年在英屬哥倫比亞地區，主要目標是英屬哥倫比亞省東北部的緻密性碳酸岩，未來將會使用先進的鑽井及完井技術。

甲烷水合物（Gas hydrates）

自從 1970 年代以來，甲烷水合物在全世界已被定出其分佈範圍。甲烷水合物存在於兩種地質環境，一是在外大陸棚的海岸沈積物中，一是在極地地區（arctic）的永凍層（permafrost）之下，就加拿大而言，這兩者都有。

地球上化石燃料有很重要的一部份是在甲烷水合物中。在已發表的資料中，估算甲烷水合物中甲烷的含量從 10^{15} 至 10^{19} 立方公尺不等（後者是 1000 萬兆立方公尺）。假如這些估算不太失準，那麼甲烷水合物的含量是大於剩餘的傳統甲烷量兩個級數（order）。

因此，在過去 5 至 10 年中，甲烷水合物的研究有明顯的增加。在 2002 年，有一個關於 Mallik 甲烷水合物氣田的研究已經開始，它位在 Mackenzie 三角洲。其目標是要藉著一口 1200 公尺深的生產井及與其相隔 40 公尺的觀察井，來進行全面性的生產測試。兩個區塊是由兩個不同的方法測試，這應是最早從甲烷水合物生產出的天然氣。從高塔上的火焰可証實，當甲烷水合物中甲烷飽合度足夠時，生產的技術應是成功的。

在溫哥華島的外面，沿著 Cascadia 大陸棚也發現了一個甲烷水合物氣田。在 1994 年的一個海洋鑽探計劃也提供了增積體的估算。在該區鑽了 3 口井，也搜集了相當多的甲烷水合物資料。現在尚未知將會有多少氣可從甲烷水合物取出。

巨量的油藏

加拿大在 2004 年的原油產量每天 3.1 百萬桶。自從 1999 年以來，由於油砂工業及海外探勘加入生產行列，並漸漸取代西加拿大盆地老舊油田，原油生產呈現穩定地增加。專家也預測油砂的原油產量在未來會逐漸重要，它會替補已在漸漸下降的傳統原油產量。

根據資料（BP Statistical Review of World Energy 2004），加拿大已證實的

油藏量預估為169億桶，在全世界油藏排名第 11。根據另一項資料（Oil and Gas Journal），如果把加拿大亞伯達的油砂算在內，加拿大有 1,788 億桶原油。蘊藏量在全世界僅次於沙烏地阿拉伯。而根據亞伯達省能源局（Alberta Energy and Utility Board）的估算，瀝青的儲量有1.6兆立方公尺，而以當今的技術條件而言，約有 11 %成 280 億立方公尺（1,750 億桶油當量）是可採收的。

極優越的潛能

加拿大擁有大量的傳統油氣之蘊藏量，是全世界最大的幾個國家之一。假如把非傳統原油及天然氣算在內，正如上文所述，加拿大可能擁有比世界上其它任何國家，包括沙烏地阿拉伯及俄國更多的油氣資源。

這些資源的前景如何將由未來的油價波動及開發技術的進步而決定。不管如何，未來的前景已依稀可見，正如當今已從黏度很高的重油砂生產出原油，及從非傳統性的儲集岩生產出天然氣一樣。

油砂發展概況扼述

1. 在2005年以前，亞伯達的油砂生產的原油預估佔有加拿大的50%
2. 在2015年以前，油砂生產的原油預估可供給北美需求的10%
3. 一般而言，每2噸的油砂約可產1桶合成原油（Synthetic crude oil），由於經過化學上處理，改變了原始狀態，故稱之為合成原油。
4. 由於有了油砂，加拿大已証實的油藏已躍居全世界第2，僅次於沙烏地阿拉伯，油砂已漸成為加拿大的主要油藏。
5. 超過 90 %以上的油砂，其採收率都高於傳統原油之採收率。

在 1989 年時，Liard 探險隊預測亞伯達油砂將會成為加拿大北部奇蹟之一，那時沒有人可以想像油砂資源的潛力倒底有多大。今天的亞伯達油砂預估佔世界總蘊藏量的 14 %，它足夠供應加拿大能源需求約 300 年，或是供給全世界能源需求約 15 年之久。油砂的潛力已不再只是想像而是已付諸實現了，在 2005 年，正在進行中或已定案的油砂計劃幾乎達到 600 億加幣，亞伯達油砂已從不太顯眼的角色變成未來北美能源需要的重要支柱。

開發活動近況

亞伯達油砂所在之處就是開發活動的地方，在 2004 年底止，共有 28 個石油公司及開發公司進行 81 個油砂相關計劃，這些計劃有些正在進行中，有些是剛提出的。在過去兩年中有許多計劃接踵提出，提出計劃的速度甚至快得目不暇給。過去 10 年來，工業界投資了將近 300 億加幣在油砂開發上。未來的 10 年預估也將再投資 300 億。

這些行動包括了新的或擴大的開採（mining）、原地萃取（in situ extraction），以及改製（upgrading）計劃，參與的公司都是具有歷史優久的大公司如 Syncrude, Suncor、Shell 及 Imperial，以及新加入油砂行列者如 Canadian Natural Resources Limited (CNRL)及Nexen Inc.。ConocoPhillips 於 2004 年，在 Athabasca 地區進行了高達 10 億加幣的計劃，Surmont 原地開採第一期計劃。

在 2004 年，亞伯達油砂的原油產量平均約 1.0 百萬桶天，幾乎占加拿大原油總產量的二分之一。在全世界中的各個盆地，原油生產量還在增加的已寥寥無幾，而油砂卻是其中之一，在 2010 年以前，油砂公司預計每天能生產 2.0 百萬桶瀝青（bitumen）及合成輕原油（synthetic light crude oil）。

加拿大油公司的概況

有數百個公司在加拿大探勘油氣，其中有兩個協會組織，一個是加拿大石油生產協會（Canadian Association for Petroleum Producers, 簡稱 CAPP），是由 150 個公司會員組成，這些公司生產的天然氣、原油、油砂占全加拿大的 98 %。另一個是小型探勘及生產協會（Small Explorers and Producers Association of Canada），它是由 400 個新興起的年輕公司所組成，它們生產傳統原油及天然氣。

根據 IEA 的報導，加拿大有一個職掌民營化油公司事務的部門，在近幾年來已見證過相當可觀的公司合併。其中最大的整合經營者是帝國石油（Imperial Oil），大股東是 Exxon Mobil。在 2002 年，亞伯達能源公司（Alberta Energy Company）與泛加拿大能源公司（Pan Canadian Energy）合併成 EnCana 公司，這也是加拿大最大的上游獨立公司。其它較大的加拿大油公司還有 Talisman Energy, Nexen, Suncor, EOG Resources, Husky Energy 及 Apache Canada。

加拿大政府爲了要減少美國油公司在加拿大的影響力，就在1975年成立了 Petro-Canada 公司，該公司初期從加拿大政府承接了相當多的資源。在1991年，加拿大政府展開進行 Petro-Canada 公司的民營化，在 2004 年末，加拿大賣掉該公司最後的 20 % 股份，完成了民營化。

建議

1. 本次參加美國石油地質師學會，可以瞭解世界石油工業發展新方向，且參觀許多日新月異的高科技，頗有價值，今後此項針對石油工業所舉行的會議仍應派人參加。
2. 中油公司在國內是石油業的龍頭，但在油價波動時，就更須仰賴探勘的績效，故應積極走向國際，儘早在國外獲得油源。
3. 此次在會中見到許多中國大陸的石油公司人員，大陸對國外探勘十分積極，值得借鏡。