



# 全球煤市場之分析

李 網 信\*

壹、前言	肆、煤主要用途分析
貳、國際煤市基本分析	伍、未來展望
參、煤貿易情勢分析	陸、結論

## 摘 要

本文由各個層面分析煤市場，相對於石油及天然氣主要集中於中東、歐洲及歐亞大陸，煤的分布區域較為分散，因此煤價亦比較不易受到地緣政治影響。此外，煤礦的供應成本低，燃煤發電的投資及生產成本低，煤液化技術又可將煤轉化為汽油及柴油，降低全球對石油的依賴程度。

然而煤污染度高，由於中國及印度電力需求之高成長，預計未來煤的消費成長仍將偏高，將不利全球二氧化碳減排成效，技術先進國家有必要協助新興國家降低二氧化碳排放量。此外，二氧化碳捕獲與封存技術可有效降低使用煤所排放之二氧化碳，其相關技術值得進一步的研究及採用。

\* 經建會經研處科員。本文承蒙洪處長瑞彬、朱副處長麗慧、吳組長家興細心審閱，至為感謝；匿名審查委員之指正，亦一併致謝。惟本文內容若有任何謬誤，當屬筆者之責。

## World Coal Market Analysis

Kang-Hsin Li

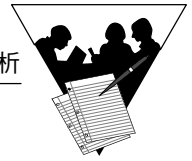
*Analyst*

*Economic Research Department, CEPD*

### Abstract

This study analyzes the world coal market from a series of perspectives. Compared with oil and gas reserves, which are mainly located in the Middle East, Europe and Eurasia, coal reserves are more dispersed. That is why coal prices are less influenced by geopolitical tensions. Furthermore, coal supply costs are low, the investment and production costs of coal-fired power generation are low, and coal-to-liquids technology can convert coal into petrol and diesel, reducing global dependence on oil.

However, coal causes heavy pollution. Owing to the high growth of demand for electricity in China and India, it is expected that coal consumption growth will remain high in the future. This will be detrimental to the effectiveness of global carbon dioxide emissions reduction, and technologically advanced countries will need to assist emerging countries to reduce emissions. Moreover, since carbon capture and storage can effectively reduce CO<sub>2</sub> emissions from coal use, the related technologies warrant further research and adoption.



## 壹、前言

煤的使用歷史非常悠久，且近年來煤的地位有逐漸提升的趨勢。在全球各類初級能源中，煤的使用比率高居第二位，僅次於石油；在全球電力中，煤更是最主要的電力產生來源。同時，在過去的連續 5 年內，煤是消費成長最快的能源；展望未來，由於以中國、印度為首的開發中國家強大的電力需求，預估煤的消費成長相對於其他能源的消費成長將更為強勁，因此值得針對煤進行較深入的分析。

本文從各個層面分析全球煤市場，由最基礎的分類、成本及價格、可開採量及供需數量、產業結構，進一步探討貿易、使用用途、未來技術及市場展望等各種不同層面。在某些層面中，著重煤與其他能源之比較與分析，特別在傳統石化燃料間之比較，以對煤有較完整的概念。

## 貳、國際煤市基本分析

### 一、煤的分類

依據世界煤協會(World Coal Institute)的資料顯示：低等級的煤<sup>1</sup>占全球煤儲量 47%，其中又分為褐煤(Lignite)及亞煙煤

<sup>1</sup> 指碳及能源含量較低，水份含量較高的煤種。反之，碳及能源含量較高，水份含量較低，即為較佳煤種。

(Sub-Bituminous)，各占全球煤儲量 17%及 30%。煤種較佳的煤稱為硬煤(Hard Coal)，占全球煤儲量 53%，其中又分為煙煤(Bituminous)及無煙煤(Anthracite)，各占全球煤儲量 52%及 1%(見表 1)。

煙煤依照用途不同，分成燃料煤(Steam Coal)及煉焦煤(Coking Coal)，煉焦煤用於鋼鐵工業，燃料煤則用於發電、水泥、造紙及其他工業。

表 1 煤的分類

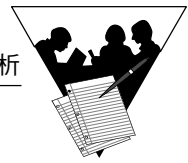
煤種	低等級煤種		硬煤		
	褐煤	亞煙煤	煙煤		無煙煤
			燃料煤	煉焦煤	
占全球可開採量的百分比(%)	17	30	52		1
用途	大部分為發電用途	1.發電	1.發電	鐵及鋼的製造	工業用途
		2.水泥製造	2.水泥製造		
		3.工業用途	3.工業用途		

資料來源：世界煤協會(World Coal Institute)。

## 二、成本及價格

### (一) 成本

煤供應成本的差異非常大，決定因素包括礦場位於海岸或內陸地區、露天或地底礦場、煉焦煤或燃料煤開採、各國勞動成本及生產力等。由於近年來相關成本(勞動、柴油及生產原料)的增加，造成煤供應成本亦隨之大幅提升。根據國際能源總署



(International Energy Agency, IEA)2008 年國際能源展望資料顯示：澳洲煤供應成本最低為 20 美元/公噸，最高則超過 50 美元/公噸；印尼、南非、委內瑞拉及哥倫比亞煤供應成本平均為 30 美元/公噸，然各別煤礦供應成本介於 20-40 美元/公噸。此外，由於煤大部分皆由海運運輸，運費亦占成本相當大的比率，海運運費一般占進口煤總到岸成本將近 5 成，運費高時其比率甚至在 5 成以上<sup>2</sup>。

相較於石油及天然氣，煤是資本密集度最低的能源，投資風險亦較低。萊茵集團電力(RWE Power)公司根據 IEA2003 年全球能源投資展望之資料換算：將各類能源之探勘、發展、運輸及儲存等各生產環節成本加總，除以累加生產量，可算得各類能源每公噸煤當量成本。預估自 2001 年至 2030 年，煤成本為 3.4 美元/公噸煤當量，石油為 15.4 美元/公噸煤當量，天然氣為 19.6 美元/公噸煤當量(見表 2)<sup>3</sup>。

表 2 2001 年至 2030 年各類能源成本

單位：美元/公噸煤當量

	煤	石油	天然氣
預期成本	3.4	15.4	19.6

資料來源：1. IEA(2003), *World Energy Investment Outlook*.

2. RWE Power(2007), *World Market for Hard Coal*.

<sup>2</sup> 參見萊茵集團電力(RWE Power)公司 2007 年 World Market for Hard Coal。

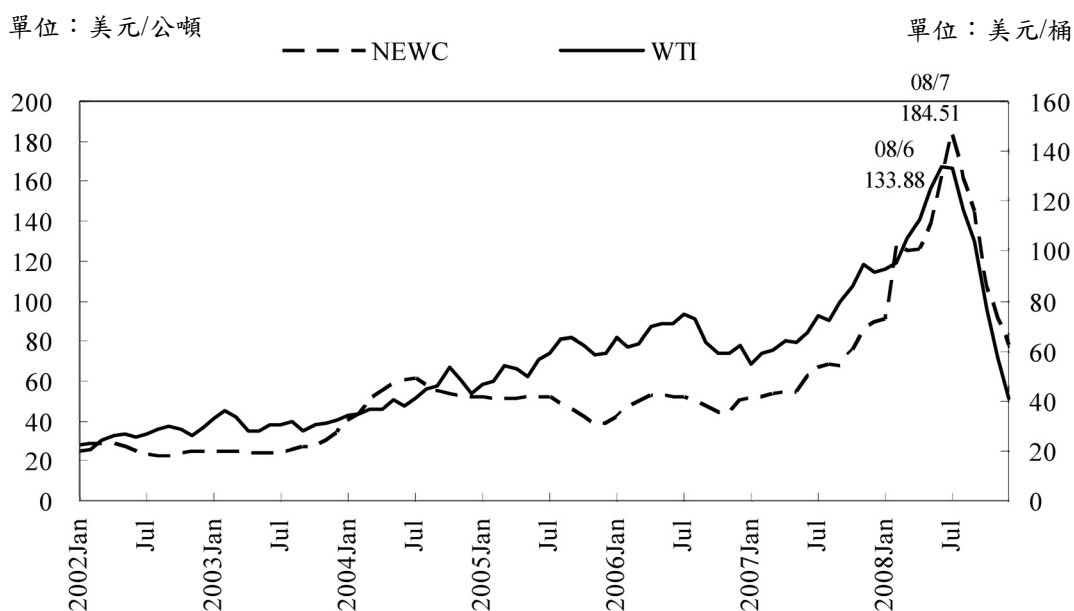
<sup>3</sup> 煤當量指每公斤煤可產生 7000 千卡熱量的煤種所產生之熱量，公噸煤當量指每公噸前述煤種所產生之熱量，因此公噸煤當量為熱量單位，非重量單位。由於計算單位不同且近年來煤成本的大幅提升，造成表 2 成本與前段成本之差距。

(二) 價格

一般而言，煤價受到開採成本影響，但主要決定因素在於需求面。煤價需求面大部分決定於煤出口設備利用狀況，小部分則決定於原油價格的變動。

自 2002 年以來，美國西德州中級原油(WTI)現貨月平均價格呈現一路上漲的趨勢，直到 2006 年下半年才出現較大幅度的回檔，而後再大幅上漲，最高漲至 2008 年 6 月 133.88 美元/桶，近半年則急劇大幅下跌，2008 年 12 月月平均價格已跌至 40.88 美元/桶(見圖 1)。

圖 1 澳洲新堡出口煤價與美國西德州中級原油現貨價格比較



資料來源：1. Globalcoal 網站；2. 美國能源資訊署(EIA)。



若以澳洲新堡出口煤價(NEWC)為代表煤價，自 2002 年以來，煤價呈現上下起伏變動，一直到 2003 年的下半年，煤價才呈現較大幅度上漲，持續漲至 2004 年的年中，而後煤價再度呈現上下起伏變動，一直到 2007 年的年初，煤價才開始大幅飆漲，最高漲至 2008 年 7 月的 184.51 美元/公噸，隨後急劇下跌，2008 年 12 月已跌至 78.18 美元/公噸。

儘管石油和煤的價格走勢略有不同，然兩者的相關係數非常高，自 2002 年 1 月至 2008 年 12 月，油價與煤價的相關係數高達 0.8933<sup>4</sup>，顯示煤與石油在某種程度上為相互替代的能源。

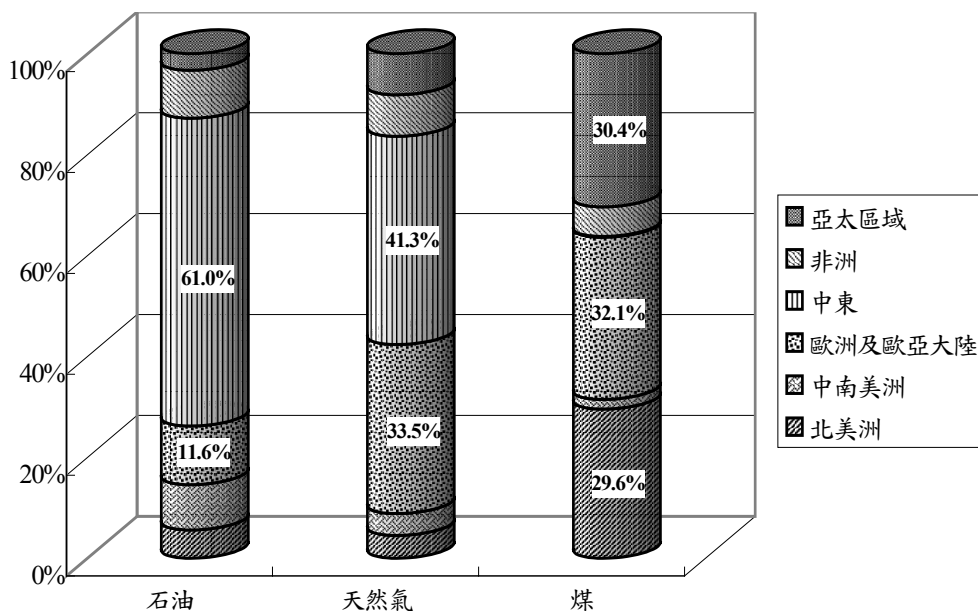
### 三、國際煤炭可開採量及供需數量

#### (一) 可開採量

可開採量指在全球蘊藏量中，現行技術上可開採，且經濟上亦具備開採效益的數量。相對於石油可開採量的 7 成以上集中在中東(61.0%)、歐洲及歐亞大陸(11.6%)，天然氣可開採量的 7 成以上集中在中東(41.3%)、歐洲及歐亞大陸(33.5%)，而煤的可開採量分布則較為分散。依據英國石油(BP)公司 2008 年 6 月全球能源統計年報，全球煤可開採量主要集中於 3 個區域，依序為歐洲及歐亞大陸(32.1%)、亞太區域(30.4%)及北美區域(29.6%)(見圖 2)。

<sup>4</sup> 根據 Globalcoal 及美國能源資訊署(EIA)網站價格資料計算而得。

圖 2 2007 年底煤、石油及天然氣各區域可開採量比率圖



資料來源：BP Statistical Review of World Energy, June 2008.

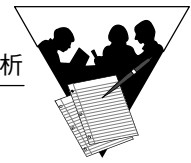
然由個別國家來看，煤的可開採量分佈最集中，就各傳統石化燃料可開採量前五大國家之集中度而言，煤可開採量集中度最高(76.3%)，遠高於石油(57.9%)及天然氣(62.7%)之集中度(見表 3)。

表 3 2007 年底煤、石油及天然氣前五大可開採量國家比較

		1	2	3	4	5	
石油	國家	沙烏地阿拉伯	伊朗	伊拉克	科威特	阿拉伯聯合大公國	合計
	%	21.3	11.2	9.3	8.2	7.9	57.9
天然氣	國家	俄羅斯	伊朗	卡達	沙烏地阿拉伯	阿拉伯聯合大公國	合計
	%	25.2	15.7	14.4	4.0	3.4	62.7
煤	國家	美國	俄羅斯	中國	澳洲	印度	合計
	%	28.6	18.5	13.5	9.0	6.7	76.3

資料來源：同圖 2。





## (二) 產量

相對於全球石油產量集中在中東(30.8%)、歐洲及歐亞大陸(22.0%)，天然氣產量集中在歐洲及歐亞大陸(36.5%)、北美洲(26.6%)，煤的產量更加集中。2007 年全球煤產量約 31 億 3,600 萬公噸油當量，其中將近 6 成集中在亞太區域(59.0%)，2 成以上則在北美洲(20.1%)(見表 4)。

表 4 2007 年煤、石油、天然氣產量比較

能源	項目	北美洲	中南美洲	歐洲及歐亞大陸	中東	非洲	亞太區域	全球
石油	可開採量(十億桶)	69.3	111.2	143.7	755.3	117.5	40.8	1,237.9
	生產量(千桶/日)	13,665	6,633	17,835	25,176	10,318	7,907	81,533
	生產量占全球產量比率(%)	16.5	8.5	22.0	30.8	12.5	9.7	100.0
	可開採量/產量	13.9	45.9	22.1	82.2	31.2	14.2	41.6
天然氣	可開採量(兆立方公尺)	7.98	7.73	59.41	73.21	14.58	14.46	177.36
	生產量(億立方公尺)	775.8	150.8	1,075.7	355.8	190.4	391.5	2,940.0
	生產量占全球產量比率(%)	26.6	5.1	36.5	12.1	6.5	13.3	100.0
	可開採量/產量	10.3	51.2	55.2	*	76.6	36.9	60.3
煤	可開採量(百萬公噸)	250,510	16,276	272,246	1,386	49,605	257,465	847,488
	生產量(百萬公噸油當量)	629.9	55.3	445.4	0.5	154.2	1,850.2	3,135.6
	生產量占全球產量比率(%)	20.1	1.8	14.2	◆	4.9	59.0	100.0
	可開採量/產量	224	188	224	186	70	133	

註：\*表示大於 100 年，◆表示小於 0.05%

資料來源：同圖 2。

同時考慮可開採量及現行產量，石油可再供人類使用 41.6 年，天然氣可再供人類使用 60.3 年，煤相對而言最充足，可再供人類使用 133 年。單就煤而言，由於豐富的石油及天然氣資源，且煤蘊藏區域離居住地區距離較遠，因此俄羅斯可開採量相對其產量比率最高；而亞太區域，包括中國、印度及印尼等國家，煤可開採量相對其產量比例最低。

再由個別國家來看，煤的產量分佈依舊最集中，就各傳統石化燃料產量前五大國家之集中度而言，煤產量集中度最高 (77.3%)，遠高於石油(43.4%)及天然氣(52.4%)之集中度(見表 5)。

表 5 2007 年煤、石油、天然氣前五大生產國家比較

		1	2	3	4	5	合計
石油	國家	沙烏地阿拉伯	俄羅斯	美國	伊朗	中國	
	%	12.6	12.6	8.0	5.4	4.8	43.4
天然氣	國家	俄羅斯	美國	加拿大	伊朗	挪威	合計
	%	20.6	18.8	6.2	3.8	3.0	52.4
煤	國家	中國	美國	澳洲	印度	南非	合計
	%	41.1	18.7	6.9	5.8	4.8	77.3

資料來源：同圖 2。

### (三) 消費量

在全球約 111 億公噸初級能源消費油當量中，煤的消費量居第二位，消費比率達 28.6%，僅次於石油的 35.6%，而高於天然氣的 23.8%(見圖 3)。

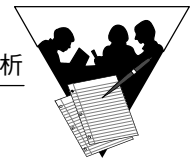
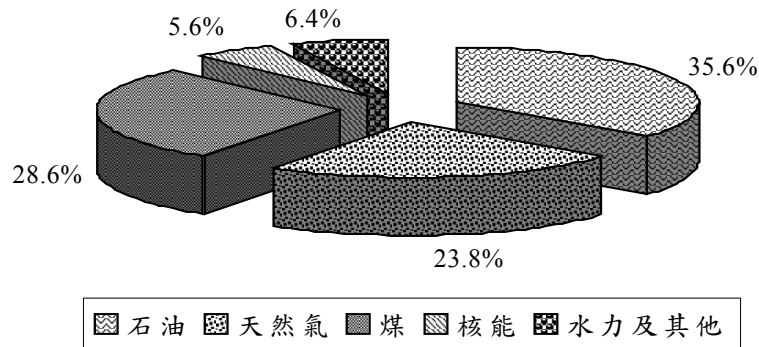


圖 3 2007 年全球初級能源比率



資料來源：同圖 2。

在全球煤消費量約 31 億 7,800 萬公噸油當量中，將近 6 成在亞太區域，其中消費量最多國家為中國(41.3%)及印度(6.5%)；另將近 2 成在北美，其中大部分集中在美國(18.1%)；此外亦有將近 17%的消費量在歐亞大陸區域(見表 6)。

表 6 2007 年煤、石油、天然氣前五大消費國家比較

		1	2	3	4	5	
石油	國家	美國	中國	日本	印度	俄羅斯	合計
	%	23.9	9.3	5.8	3.3	3.2	45.5
天然氣	國家	美國	俄羅斯	伊朗	加拿大	英國	合計
	%	22.6	15.0	3.8	3.2	3.1	47.7
煤	國家	中國	美國	印度	日本	南非	合計
	%	41.3	18.1	6.5	3.9	3.1	72.9

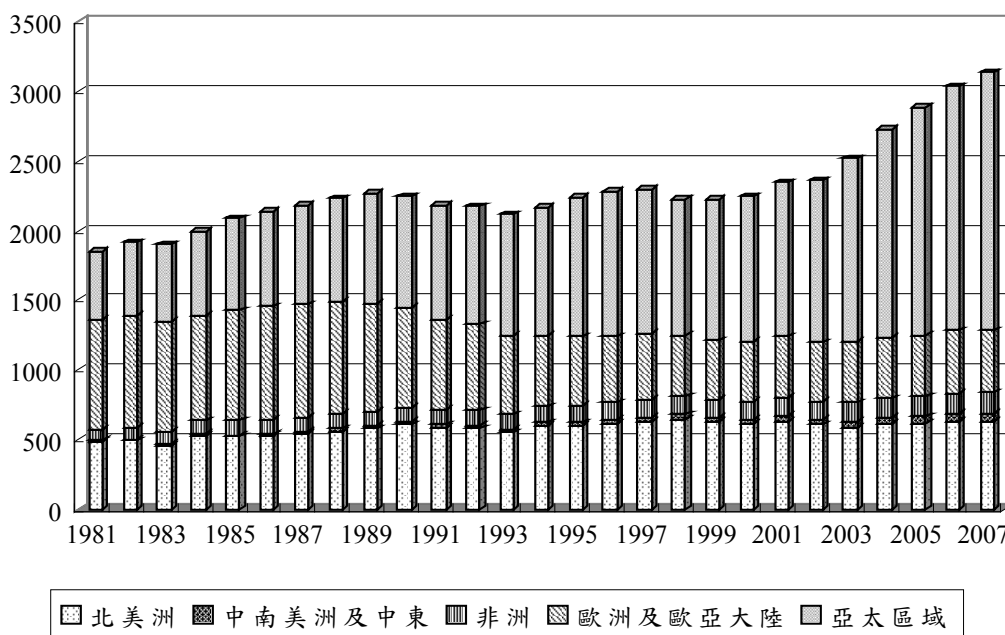
資料來源：同圖 2。

(四) 供需變動分析

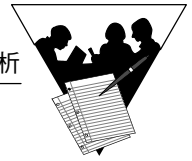
全球煤產量由 1981 年的 18 億 5,080 萬公噸油當量，增加至 2007 年的 31 億 3,560 萬公噸油當量。近年來，由於歐洲煤採礦業競爭力較低，國際生產煤之價格比歐洲境內生產煤之價格便宜，造成其一部分所需之煤由進口煤替代，因此多數歐洲國家煤生產量減少，而亞太區域的煤產量則增加(見圖 4)。

圖 4 1981 年至 2007 年全球煤產量

單位：百萬公噸油當量



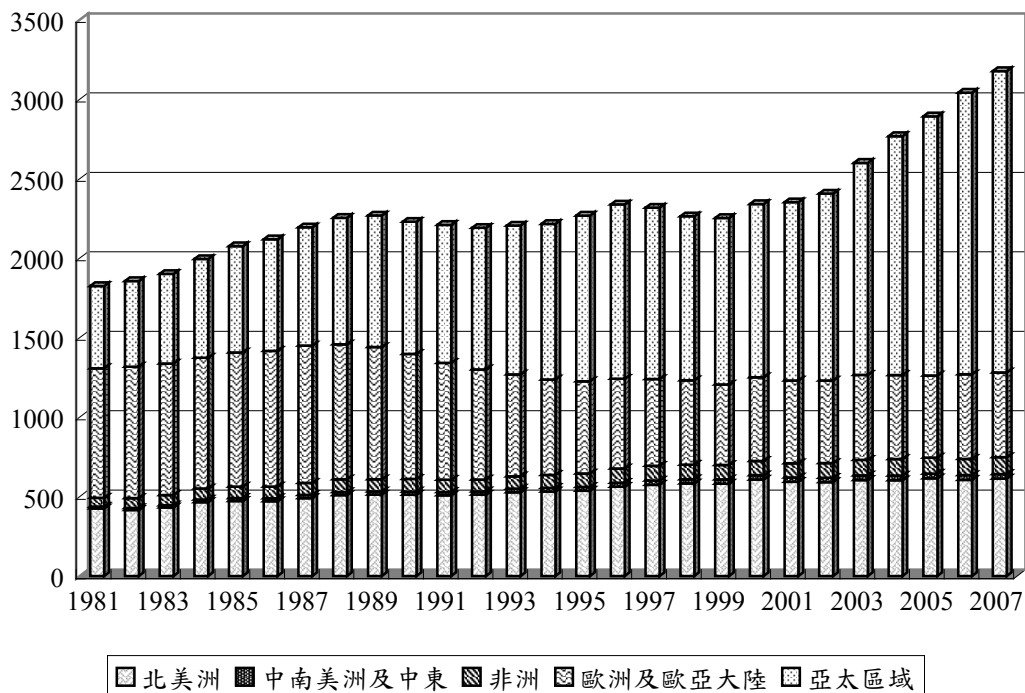
資料來源：同圖 2。



全球煤消費量由 1981 年的 18 億 2,470 萬公噸油當量，增加至 2007 年的 31 億 7,750 萬公噸油當量。近年來，由於亞洲電力需求的增加，煤消費量亦大幅增加，煤已連續 5 年成為全球消費成長最快的能源，2007 年全球煤消費成長率為 4.5%，遠高於近 10 年的平均值 3.2%，其中中國的消費成長量即占全球消費成長量的三分之二以上，歐洲則因環保意識較高，煤消費量減少，北美洲、中南美洲及非洲的消費量則分別集中於美國、巴西及南非(見圖 5)。

圖 5 1981 年至 2007 年全球煤消費量

單位：百萬公噸油當量



資料來源：同圖 2。

#### 四、產業結構

近年來，煤市場有以下八大變化趨勢：一、西方煤出口國家之間合作增加。二、前中央計畫經濟國家(如俄羅斯)的煤公司地位逐漸上升。三、公司跨國間的合併趨勢越來越明顯。四、一些大型石油公司(如埃克森美孚、皇家殼牌)退出煤業的經營。五、大型煤生產公司，不再依靠經紀商，而建立本身的銷售部門，銷售產品。六、經紀商轉型成為契約及客戶服務的管理者，不再僅是契約的中介者。七、現貨煤部分，採用拍賣方式銷售之數量逐漸增加。八、國內煤的買賣，經常簽訂長期契約。國際間煤的買賣，除少部分的長期合作關係外，大部分均簽訂短期契約<sup>5</sup>。

根據 RWE Power 公司 2007 年出版的「World Market for Hard Coal」報告顯示：2006 年全球硬煤市場<sup>6</sup>中，共約 400 個供出口的煤礦，120 個生產廠商，而前 10 大煤產公司占總產量 28%，前 7 大煤產公司占海上貿易量的 35%；又根據德國煤進口商聯盟 (VDKI)2008 年年報顯示：2007 年全球前 10 大煤產公司產量占總產量約 25.9%，前 4 大廠商的市占率約 15.7%，根據 Bain, Joe 教授的分類屬低度集中型市場，而根據 Shepherd, W.G.教授的分類則屬多頭壟斷市場<sup>7</sup>，並不算集中度非常高的產業(見表 7)。

<sup>5</sup> 詳細內容請參閱萊茵集團電力(RWE Power)公司 2007 年出版的「World Market for Hard Coal」報告。

<sup>6</sup> 在萊茵集團電力(RWE Power)公司的報告中，硬煤包括無煙煤、煙煤及大部分的亞煙煤。

<sup>7</sup> 詳細分類方式請參閱蕭峰雄(1996)，產業經濟學。



表 7 2007 年前 10 大煤產公司產量

公司	產量(百萬公噸)	占全球總產量比重(%)
Coal India	322	5.8
Peabody	238	4.3
Shenhua	158	2.8
Rio Tinto	156	2.8
Arch	132	2.4
Anglo	95	1.7
China coal	91	1.6
Suek	90	1.6
BHPB	86	1.5
Xstrata	83	1.5
合計	1,451	25.9

資料來源：VDKI 2008 年年報。

## 參、煤貿易情勢分析

### 一、全球煤貿易量

相對於硬煤，褐煤(Brown coal)的生產主要供自給自足，其貿易量極小。根據 IEA 的資料<sup>8</sup>顯示：估計 2007 年全球硬煤進口量約 8 億 9,200 萬公噸，出口量約 9 億 1,700 萬公噸；而同期間褐煤(Brown coal)進口量僅約 1,500 萬公噸，出口量僅約 840 萬公噸。

<sup>8</sup> 在 IEA 的資料裡，澳洲、比利時、芬蘭、法國、冰島、日本、南韓、紐西蘭、墨西哥、美國及葡萄牙等國的亞煙煤併入到硬煤計算，而將其餘國家的亞煙煤及全球的褐煤(Lignite)合稱為褐煤(Brown coal)。

就全球硬煤的貿易量中，燃料煤的成長遠比煉焦煤大，燃料煤由 1984 年約 2 億 5,000 萬公噸，成長至 2007 年約 6 億 7,000 萬公噸，成長幅度達 1.68 倍；同期間煉焦煤則由 1984 年約 1 億 8,000 萬公噸，成長至 2007 年約 2 億 5,000 萬公噸，成長幅度僅約 4 成(見表 8)。

表 8 1984 年至 2007 年全球及海上硬煤貿易量

單位：百萬公噸

	燃料煤		煉焦煤		硬煤	
	總貿易量	海上貿易量	總貿易量	海上貿易量	總貿易量	海上貿易量
1984	250.6	110.7	181.9	126.6	432.5	237.4
1985	274.1	142.2	185.1	134.6	459.2	276.8
1986	269.7	143.5	172.9	130.5	442.6	274.1
1987	270.0	143.1	174.3	133.7	444.2	276.7
1988	286.6	155.3	191.9	149.8	478.5	305.0
1989	288.0	166.2	190.9	154.1	478.9	320.3
1990	299.0	183.2	199.3	154.5	498.4	337.7
1991	287.8	201.1	193.3	164.3	481.0	365.4
1992	287.6	210.1	172.8	153.9	460.5	364.0
1993	253.0	198.2	186.5	160.6	439.6	358.8
1994	267.7	217.4	182.9	163.2	450.6	380.6
1995	297.2	247.9	196.0	174.3	493.2	422.2
1996	317.7	271.3	195.0	174.7	512.7	446.0
1997	339.9	284.6	200.7	181.6	540.5	466.2
1998	361.9	292.5	186.2	171.3	548.1	463.8
1999	357.6	302.4	185.0	172.4	542.6	474.8
2000	421.2	356.5	186.9	171.3	608.1	527.9
2001	454.0	384.7	199.1	181.3	653.1	566.0
2002	464.1	407.6	187.6	172.4	651.7	580.0
2003	513.0	445.3	205.9	190.5	718.9	635.8
2004	551.3	489.0	210.0	191.3	761.3	680.3
2005	595.1	532.1	216.1	196.6	811.2	728.7
2006	642.7	571.1	223.0	204.6	865.7	775.6
2007	670.0	607.0	247.2	226.7	917.3	833.7

資料來源：IEA(2008), *Coal Information*.





海上運輸量比率增加是全球硬煤貿易的另一個趨勢，1984 年全球硬煤海上貿易量約占全球總貿易量的 5 成 5，然到 2007 年全球硬煤海上貿易量已占全球總貿易量的 9 成 1。

## 二、主要國家出口量變動

就主要國家出口量的變動觀之，自 1990 年至 2007 年，哥倫比亞、澳洲、委內瑞拉、印尼、俄羅斯、印度及中國的煤炭出口量大幅增加，而波蘭、美國、哈薩克及烏克蘭的出口量大幅減少。2007 年全球前五大硬煤出口國依序為澳洲、印尼、俄羅斯、哥倫比亞及南非(見表 9)。

表 9 全球主要硬煤出口國

單位：千公噸

	波蘭	加拿大	美國	澳洲	哥倫比亞	委內瑞拉	俄羅斯	哈薩克	烏克蘭	中國	印度	印尼	南非
1990	28,065	31,000	95,912	103,396	13,505	1,834	56,051	51,480	22,217	17,290	100	4,871	49,900
1991	19,534	34,103	98,809	120,183	16,379	2,196	37,402	51,963	12,722	20,001	110	7,615	47,357
1992	19,602	28,165	92,955	126,242	14,614	2,309	40,500	42,459	7,342	23,363	130	16,058	52,059
1993	22,968	28,274	67,602	131,752	17,616	3,825	25,881	33,821	3,101	19,815	100	18,239	51,711
1994	27,695	31,695	64,736	131,201	18,437	4,135	23,100	26,000	4,106	24,194	673	21,905	54,838
1995	31,868	33,993	80,329	136,702	18,274	4,242	26,263	20,768	2,400	28,617	651	31,322	59,676
1996	28,920	34,448	82,076	140,856	24,781	3,617	25,341	20,840	2,289	36,485	478	36,443	60,224
1997	29,466	36,530	75,788	157,557	27,580	5,105	23,493	24,857	2,374	35,331	540	41,727	64,200
1998	28,055	34,183	72,098	166,796	30,061	5,908	24,042	23,294	1,881	32,297	823	47,206	61,300
1999	24,102	33,539	53,001	171,861	29,932	6,828	27,709	17,025	2,138	37,437	1,156	55,318	66,235
2000	23,245	32,082	53,006	186,962	35,391	7,930	36,737	25,459	2,320	55,057	1,292	57,389	69,910
2001	23,029	29,618	44,066	192,178	38,868	7,560	41,553	27,477	3,729	90,125	1,903	65,281	69,210
2002	22,623	26,804	35,805	204,334	36,510	7,344	43,497	21,652	3,092	83,887	1,517	74,187	69,231
2003	20,119	28,280	38,896	208,749	45,644	6,748	54,625	24,587	2,912	93,986	1,627	90,129	71,531
2004	19,684	25,746	43,351	218,426	50,902	6,748	68,616	24,288	3,883	86,613	1,294	105,527	67,946
2005	19,369	28,064	45,095	231,311	53,607	7,143	86,006	23,620	3,666	71,676	1,989	129,196	71,442
2006	16,735	27,427	44,860	231,296	61,968	7,286	91,391	28,103	3,457	63,211	1,554	171,551	69,273
2007*	11,819	30,432	53,359	243,600	67,152	8,335	100,154	22,600	3,351	53,683	1,200	202,162	66,650

註：\*2007 年為估計值。

資料來源：同表 8。

### 三、主要國家進口量變動

就主要國家進口量的變動來看，自 1990 年至 2007 年，除比利時及俄羅斯進口量大幅減少，法國及加拿大進口量小幅減少外，其他國家的進口量都大幅增加。2007 年全球硬煤前五大進口國則依序為日本、南韓、台灣、印度及英國(見表 10)。

表 10 全球主要硬煤進口國

單位：千公噸

	比利時	法國	德國	西班牙	英國	美國	加拿大	俄羅斯	印度	中國	台灣	日本	南韓
1990	14,761	19,389	13,580	10,455	14,783	2,449	14,169	53,210	6,046	2,003	18,468	106,918	23,729
1991	14,421	21,792	15,423	12,988	19,611	3,075	12,567	46,911	5,272	1,368	18,382	112,675	29,094
1992	14,014	21,989	15,452	14,279	20,339	3,450	13,003	39,723	6,495	1,630	22,092	110,626	30,781
1993	11,894	14,231	13,090	12,726	18,400	6,631	8,468	28,200	7,330	1,428	25,294	112,053	37,381
1994	12,659	12,190	15,483	11,504	15,088	6,880	9,366	27,198	10,556	1,209	26,668	121,477	41,009
1995	14,099	13,190	15,052	13,408	15,896	6,533	9,735	22,734	12,512	1,635	28,681	127,354	45,831
1996	12,814	15,758	16,348	11,994	17,799	6,464	11,740	20,081	13,175	3,217	31,088	130,372	46,074
1997	12,796	13,604	20,031	11,340	19,757	6,792	13,504	20,715	16,440	2,013	36,252	136,217	51,997
1998	12,634	18,424	22,249	14,554	21,244	7,868	16,494	21,800	16,535	1,586	37,103	130,044	53,586
1999	10,836	17,841	22,678	20,098	20,293	8,204	16,129	16,044	19,700	1,673	41,105	138,615	54,569
2000	11,347	18,980	27,948	21,649	23,446	11,271	18,790	25,518	20,930	2,178	45,424	150,340	63,724
2001	12,681	15,960	33,511	18,916	35,542	18,672	20,141	27,820	20,548	2,661	48,797	154,616	64,967
2002	9,906	18,142	32,607	24,514	28,686	16,060	13,987	20,866	23,260	11,258	51,952	161,306	72,051
2003	9,390	16,768	34,917	21,552	31,891	22,614	13,451	25,217	21,683	11,098	54,747	166,418	73,607
2004	9,790	19,460	39,536	24,473	36,153	24,635	12,797	22,259	28,484	18,614	60,633	180,804	78,963
2005	8,804	19,851	37,105	24,756	43,968	27,506	12,767	22,390	38,586	26,172	60,366	176,985	76,758
2006	8,056	20,391	42,132	23,704	50,456	32,691	11,296	25,742	43,081	38,106	62,278	179,097	79,707
2007*	7,740	18,693	46,287	24,439	50,311	32,865	10,359	11,189	54,053	47,624	68,921	182,254	88,285

註：\*2007 年為估計值。

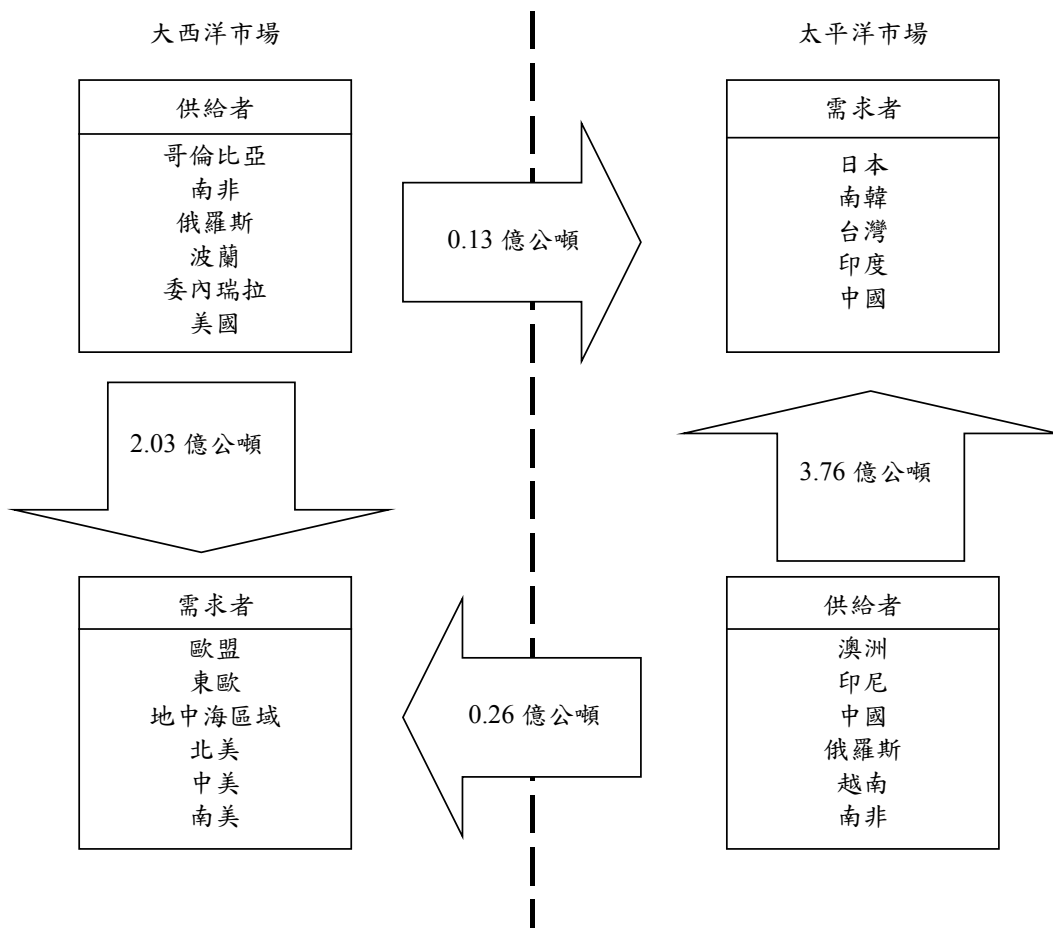
資料來源：同表 8。



#### 四、燃料煤海上貿易

根據 VDKI 2008 年年報顯示：全球燃料煤海上貿易可分成太平洋市場及大西洋市場，太平洋市場的主要供給者為印尼及澳洲，大西洋市場的主要供給者為哥倫比亞、南非及俄羅斯，以上各國均為所在市場的價格領導者。由於二個市場的供給及需求並非完全獨立，以致二個市場燃料煤價格呈現同方向之變動。2007 年太平洋市場的國家供給 2,600 萬公噸的燃料煤至大西洋市場的需求者，約占其需求量的 11%；而大西洋市場的國家供給 1,300 萬公噸的燃料煤至太平洋市場的需求者，僅占其需求量的 3%(見圖 6)。2007 年全球前 5 大燃料煤出口國依序為印尼、澳洲、俄羅斯、哥倫比亞及南非。

圖 6 2007 年全球燃料煤市場海上貿易量



資料來源：德國煤進口商聯盟(VDKI)，2008 年年報。

## 五、煉焦煤海上貿易

就全球煉焦煤海上貿易而言，2007 年全球煉焦煤貿易出口將近 7 成集中在澳洲，美國及加拿大出口分別占 13%及 12.5%，俄羅斯出口占 3%，其他國家出口所占比率皆不到 3%(見表 11)。

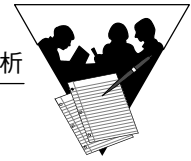


表 11 近年來全球煉焦煤海上貿易量

單位：%

	澳洲	中國	美國	加拿大	俄羅斯	其他國家
2005	67.0	2.5	12.0	14.0	3.0	1.5
2006	68.0	2.0	11.0	13.0	4.0	2.0
2007	68.0	1.0	13.0	12.5	3.0	2.5

資料來源：同圖 6。

## 肆、煤主要用途分析

茲將硬煤的最主要用途-電力及煉鋼用途，以及近來受到注重的煤液化用途，簡述如下：

### 一、各用途使用比率

根據 RWE Power 2007 年出版的「World Market for Hard Coal」報告顯示：全球硬煤用在電力用途的比率由 1980 年的 36%，大幅上升至 2006 年的 74%，同期間鋼鐵用途則由 21% 下降至 13%，其他用途則由 43% 大幅下降至 13% (見表 12)，由此可知電力用途已成為硬煤消費成長的動力。

表 12 1980 及 2006 年全球硬煤部門別消費比率

	1980		2006	
	億公噸	%	億公噸	%
電力用途	10	36	40	74
鋼鐵產業	6	21	7	13
其他用途	12	43	7	13
總額	28	100	54	100

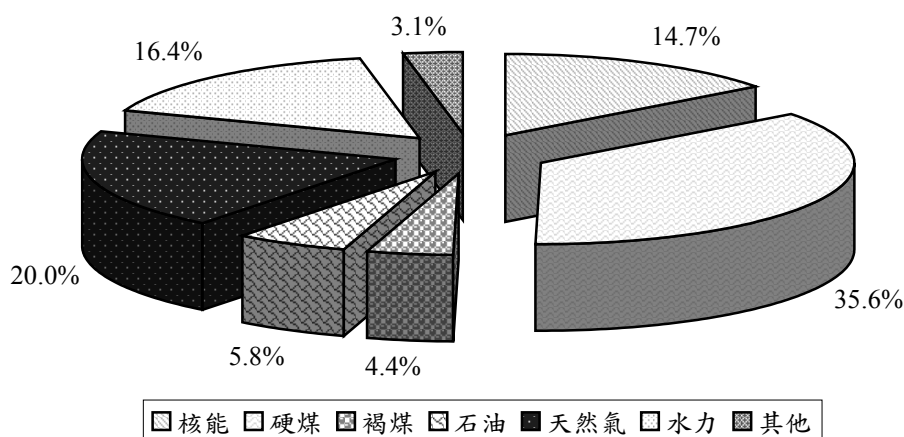
註：其他用途包括水泥、紙業及其他工業用途。

資料來源：RWE Power, *World Market for Hard Coal*.

## 二、電力用途

2006 年全球約生產 19,014 兆瓦特中，煤為電力來源最大的燃料，約占全球電力的 40%，其中全球電力來源的 35.6% 為硬煤，4.4% 為褐煤；第 2 大電力來源的燃料為天然氣，占全球電力來源的 20%；第 3 大電力來源的燃料為水力，占全球電力來源的 16.4% (見圖 7)。

圖 7 2006 年全球各類燃料發電比率



資料來源：IEA (2008), *Electricity Information*.

若將煤與其他燃料發電廠的成本予以比較可知：燃煤發電廠的投資成本及生產成本皆非常低，投資成本僅高於天然氣發電廠，生產成本則僅高於核能發電廠；而隨著使用技術的不同，燃煤電廠的外部成本變動範圍非常大，但即使採用外部成本最小的技術，其成本相對於其他發電方式仍舊偏高(見表 13)。



表 13 各類發電廠成本比較

電廠種類	投資成本(歐元/千瓦)	生產成本(歐元/兆瓦)	外部成本(歐元/兆瓦)
核能電廠	800-1,600	25-30	2.30-18.80
燃煤電廠	800-1,200	30-35	19.00-99.00
燃氣電廠	350-650	35-60	7.00-31.00
大型水力電廠	~2,000	30-65	0.04-6.03
地熱電廠	1,400-1,700	50-80	0.20-0.50
生質能電廠	1,350-2,200	40-110	2.00-50.00
風力電廠(陸地)	900-1,300	50-120	0.50-2.60
太陽能電廠	4,900-9,000	250-650	1.40-3.30

資料來源：World Energy Council, “Performance of Generating Plant : Managing the Changes.”

近年來，由於發電技術的進步，不論是每度電的煤投入量或二氧化碳排放量，都呈下降趨勢，惟煤相對於石油及天然氣的二氧化碳排放量仍舊最高。

### 三、煉鋼用途

全球煉鋼的方式有三種：第一種方法為轉爐煉鋼法，先由鐵礦、煉焦煤及助熔劑<sup>9</sup>在高爐裡製成熔鐵，再將製成的熔鐵搭配廢鋼及石灰石在基本氧氣爐煉成粗鋼；第二種為電爐煉鋼法，主要原料為廢鋼及生鐵，此方法雖無直接以煤為原料，然其電力一般是由燃煤所產生；第三種方法則為平爐煉鋼法，1930 年至 1960 年間，全球 80% 以上的粗鋼由此方法製成，然 1970 年以後逐漸被

<sup>9</sup> 助熔劑指用來收集雜質的礦物，如石灰石。

轉爐煉鋼法所取代。

高爐煉鋼廠之耗煤量較電爐煉鋼廠之耗煤量多，以熱軋板卷及鋼筋之生產為例，每生產一噸熱軋板卷需 0.589 噸的煤，然而每生產一噸鋼筋僅需 0.075 噸的煤(見表 14)。

表 14 高爐廠與電爐廠投入原料之比較－全球平均

單位：公噸

	高爐廠	電爐廠
廢鋼	0.135	1.068
鐵礦石	1.43	0
煤	0.589	0.075
天然氣	0.0402	0.0556

註：高爐為每生產一噸熱軋板捲需要多少噸原料；電爐為每生產一噸鋼筋需要多少原料。

資料來源：經濟部技術處產業技術知識服務計畫(ITIS)，鋼鐵/非鐵產業回顧與展望。

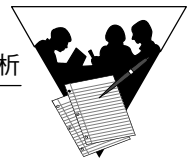
根據國際鋼鐵協會資料顯示：2007 年全球有 6 成 5 以上的粗鋼由轉爐煉鋼法製成，3 成以上的粗鋼由電爐煉鋼法製成，而不到 3%的粗鋼由平爐煉鋼法製成(見表 15)。

表 15 2007 年各類煉鋼方法百分比

	轉爐煉鋼法 (%)	電爐煉鋼法 (%)	平爐煉鋼法 (%)	總計 (%)
全球	66.3	31.2	2.5	100

資料來源：World Steel Association(2008), *World Steel in Figures 2008*.





#### 四、煤液化(Coal-to-Liquids)用途

煤液化技術指藉由特定步驟，將煤轉化為汽油或柴油等燃料。一般轉化的方式有二種，第一種方法是藉由氫化或與碳化合，直接將煤液化成汽油或柴油；第二種方法則藉由特定過程<sup>10</sup>，將煤先轉成氣體之後再轉化為汽油或柴油等液體。

煤液化並不算新的技術，早在 1910 年代就有相關專利的申請，但近年來國際油價的飆漲已助長煤液化技術的採用，特別是對於一些國內產煤但依賴進口石油的國家，國際間採用煤液化技術的主要國家包括德國、美國、澳洲、中國及南非等。

雖然煤液化需要額外的成本<sup>11</sup>，但由於煤可供全球使用的年數比石油長，且就區域而言，煤可開採量的分佈亦較分散；此外，煤主要生產國及出口國受到地緣政治的影響較石油低，因此一般認為煤液化技術有助於提升能源安全。

再就環境面考量，煤液化為能源密集的製程，其排放的二氧化碳較傳統石油煉製過程所排放的二氧化碳多。但根據歐洲及美國的研究發現：經由煤液化所製成的柴油用在車輛上，其排放之污染物較傳統石油煉製的柴油排放量少，且由於煤的分布區域較分散，在運送煤的過程中所排放之二氧化碳亦可能低於運送石油

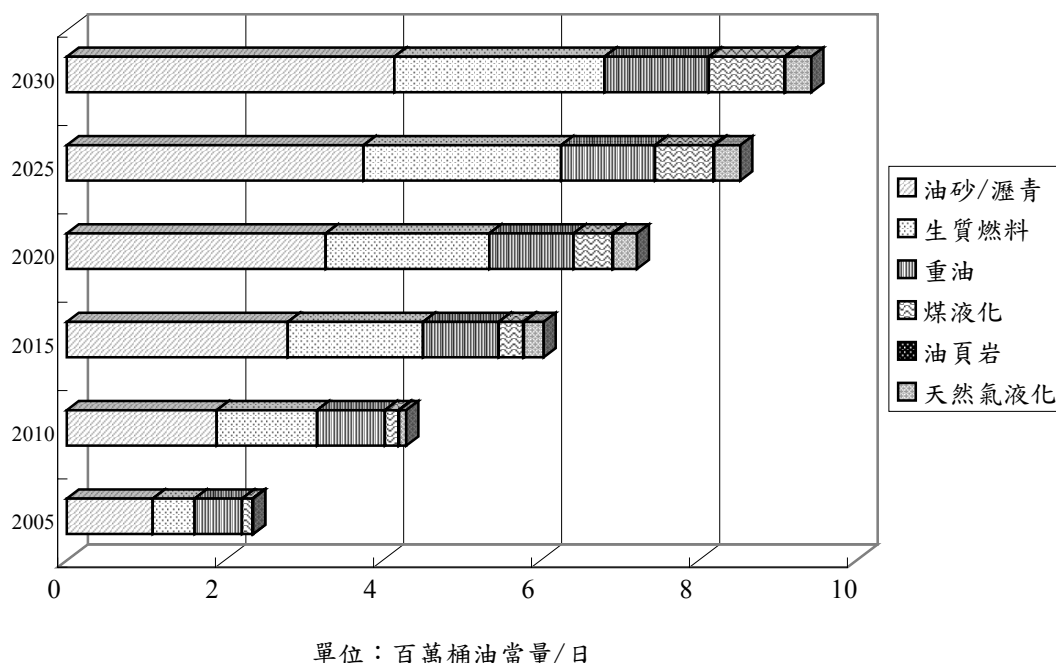
<sup>10</sup> 即 Fischer-Tropsch process，詳細內容可參閱 Wikipedia 維基百科。

<sup>11</sup> 據 EIA 的估計，國際油價需介於每桶 45 美元至 60 美元，煤液化搭配二氧化碳捕獲與封存技術才值得採行；而成本的大幅提升造成 IEA 於 2008 年提高估計值為每桶 60 美元至 110 美元。

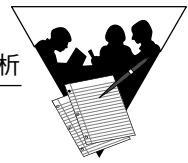
所排放的二氧化碳；此外，煤液化廠採用碳捕獲與封存技術可獲得額外成本節省的好處。整體而言，煤液化技術對環境的影響效果不確定，需進一步的分析研究。

最後就未來展望分析，根據美國能源資訊署 (Energy Information Administration, EIA) 2008 年國際能源展望預測：自 2005 年至 2030 年，全球非傳統液化燃料由 236 萬桶油當量/日，增加至 943 萬桶油當量/日，其中液化煤由 13 萬桶油當量/日，增加至 96 萬桶油當量/日，其占非傳統液化燃料總產量的比率將由 5.5% 提升至 10.2% (見圖 8)，提升將近 1 倍。

圖 8 2005 年至 2030 年全球非傳統液化燃料產量預測



資料來源：EIA(2008), *International Energy Outlook 2008*.



## 伍、未來展望

### 一、煤相關技術展望：二氧化碳捕獲與封存(Carbon Capture and Storage, CCS)技術

近年來，由於環保意識的抬頭，CCS 技術已漸受重視。CCS 可分成三個階段：第一個階段是將電力生產、工業生產及燃料使用等過程所排放的二氧化碳予以捕獲；第二個階段是將所捕獲的二氧化碳利用管線、船舶或貨運運輸；第三個階段則是將所運輸的二氧化碳封存或加以使用，主要的封存地或用途為地底深處含鹽份的水土層(Deep saline formations)、已耗竭的石油及天然氣儲藏地、注入現存的油田(Enhanced Oil Recovery, EOR)、天然氣田(Enhanced Gas Recovery, EGR)或開採困難的煤層地(Enhanced Coal Bed Methane Recovery, ECBM)。

除減少大氣中二氧化碳含量，減輕全球溫室效應，CCS 還有額外的經濟效益。將二氧化碳注入油田，可增加石油的產量，此方法在實務上已被廣泛實行；此外，將二氧化碳注入天然氣田以增加天然氣產量，或將二氧化碳注入開採困難的煤層以增加煤床的甲烷(methane)產量，在理論上亦能增加額外的經濟效益。

各種方法所能儲存或處理的二氧化碳量亦有所不同，據國際氣候變遷委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)的估計：地底深處含鹽份的水土層所能儲存的二氧化碳量最多，儲存及注入於油田或天然氣田的二氧化碳容量次之，注入於無法開採的煤層所能容納的二氧化碳量則最少(見表 16)。

表 16 各類二氧化碳處理方式容量

單位：十億公噸

處理方式	儲存於地底深處 含鹽份之水土層	儲存或注入於 油田及天然氣田	注入於開採 困難之煤層
估計值下界	1,000	600	3
估計值上界	>10,000	1,200	200

資料來源：國際氣候變遷委員會(IPCC), 2005。

不同燃料及技術造成 CCS 的成本變動範圍非常大，CCS 減排的二氧化碳每公噸總成本介於 40 美元至 90 美元，其中捕獲成本即占一半以上，高達 25 美元/公噸至 50 美元/公噸；運輸成本則隨著運輸方式、距離及運輸量而不同，管線的運輸在短距離內成本較船舶或貨運運輸低，而陸運運輸成本又較離岸運輸低；封存成本則隨著二氧化碳封存或處理的方式而不同，變動的範圍亦非常大<sup>12</sup>。

CCS 對未來二氧化碳減量的效果究竟有多大?根據 IEA 的估計：在每公噸二氧化碳排放量罰金為 50 美元的假設下<sup>13</sup>，至 2050 年時，採用 CCS 技術的二氧化碳排放量將比沒採用 CCS 技術的二氧化碳排放量減少 20%(見圖 9)。

<sup>12</sup> IEA(2008), *Energy Technology Perspectives*.

<sup>13</sup> 即圖 9 中 GLO50 所代表的線條。

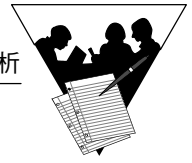
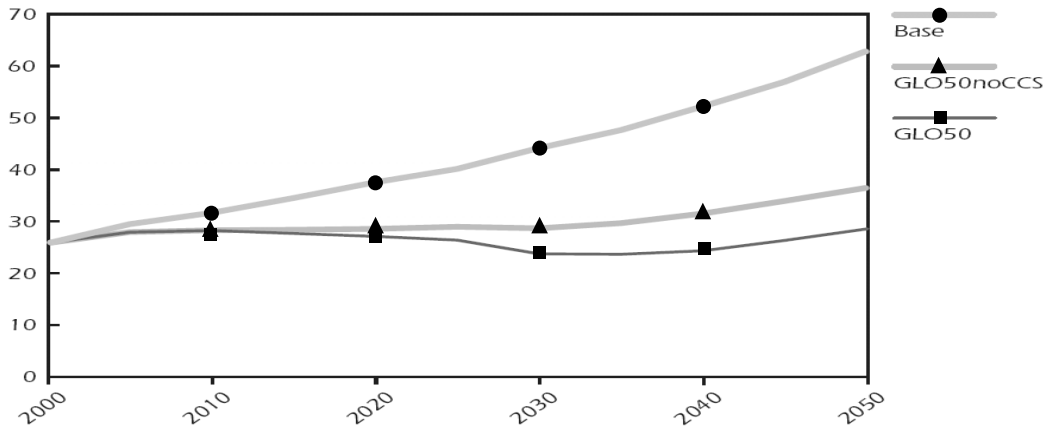


圖 9 2000 至 2050 年 CCS 對二氧化碳減排之效果

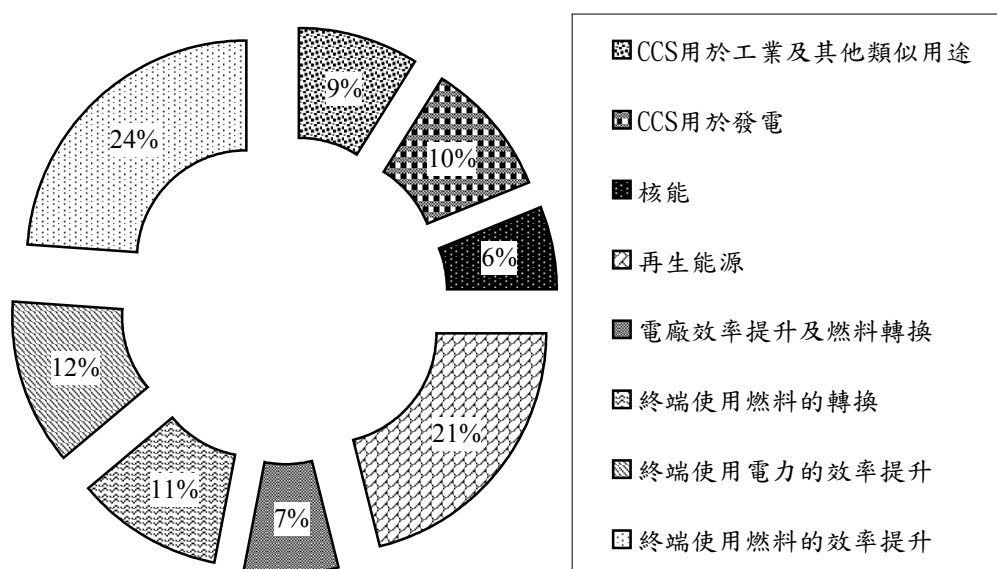
單位：10 公噸/年



資料來源：IEA(2004), *Prospects for CO2 Capture and Storage*.

比較未來 CCS 與其他二氧化碳減排措施可能之成本及技術發展，2005 年時，二氧化碳排放量為 280 億公噸，在不採取任何措施之下，2050 年的排放量將增至 620 億公噸。若要使 2050 年時的二氧化碳排放量較 2005 年時的排放量減少 50%(即由 620 億公噸減少至 140 億公噸)，則總排放減少量 24%將來自最終使用燃料的效率提升，21%來自再生能源的使用，19%來自 CCS 的使用(包括用於工業及發電用途)，由此可知 CCS 的使用對二氧化碳的減排非常重要(見圖 10)。

圖 10 各類二氧化碳減排措施成效之比較  
(由 620 億公噸減少至 140 億公噸)



資料來源：IEA(2008), *Energy Technology Perspectives*.

## 二、市場展望

### (一) 煤價展望

IEA 預測指出：假設自 2010 年至 2015 年，經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)燃料煤實質進口價格皆維持在 120 美元/公噸(以 2007 年貨幣計價)。2015 年之後，相對於石油及天然氣實質價格持續上升，OECD 燃料煤實質進口價格由於開採及運輸設備產能增加、碳稅的引入或提高、環保法規益趨嚴密，預估至 2030 年將下跌至 110



美元/公噸，然由於物價膨漲因素，名目價格將上漲至 186.07 美元/公噸(見表 17)。

表 17 2010-2030 年各傳統石化燃料價格預測

單位	2000	2007	2010	2015	2020	2025	2030
實質價格(2007 年貨幣計價)							
IEA 進口原油 美元/桶	33.33	69.33	100.00	100.00	110.00	116.00	122.00
天然氣							
美國進口 美元/百萬 Btu	4.61	6.75	12.78	13.20	14.57	15.35	16.13
歐洲進口 美元/百萬 Btu	3.35	7.03	11.15	11.50	12.71	13.45	14.19
日本液化天然氣 美元/百萬 Btu	5.63	7.80	12.70	13.16	14.52	15.28	16.05
OECD 進口燃料煤 美元/公噸	40.06	72.84	120.00	120.00	116.67	113.33	110.00
名目價格							
IEA 進口原油 美元/桶	28.00	69.33	107.34	120.27	148.23	175.13	206.37
天然氣							
美國進口 美元/百萬 Btu	3.87	6.75	13.72	15.88	19.64	23.18	27.28
歐洲進口 美元/百萬 Btu	2.82	7.03	11.97	13.83	17.13	20.31	24.00
日本液化天然氣 美元/百萬 Btu	4.73	7.80	13.63	15.83	19.56	23.08	27.16
OECD 進口燃料煤 美元/公噸	33.65	72.84	128.81	144.32	157.21	171.11	186.07

註：Btu 為英國熱量單位。

資料來源：IEA(2008), World Energy Outlook 2008。

## (二) 生產展望

IEA 預測指出：自 2006 年至 2030 年，全球煤產量將由 44 億公噸煤當量，增加至 70 億公噸煤當量，年平均成長率為 2.0%，其中 OECD 國家產量年平均成長率僅 0.6%，而非 OECD 國家產量年平均成長率為 2.5%。產量成長最快的國家或區域為印度、中國及拉丁美洲，而歐洲區域則為負成長(見表 18)。

表 18 2006-2030 年全球煤產量預測

單位：百萬公噸煤當量

	1980	2000	2006	2015	2030	2006-2030 年平均成長率(%)
OECD	1,378	1,384	1,446	1,566	1,684	0.6
北美區域	672	835	878	962	1,048	0.7
美國	640	778	824	894	981	0.7
歐洲區域	603	306	273	246	208	-1.1
太平洋區域	104	243	294	358	427	1.6
大洋洲	77	238	293	358	427	1.6
非 OECD	1,196	1,792	2,950	4,180	5,327	2.5
東歐/歐亞大陸	519	306	357	443	481	1.3
俄羅斯	n.a.	167	205	295	354	2.3
亞洲	568	1,250	2,316	3,367	4,435	2.7
中國	444	928	1,763	2,647	3,399	2.8
印度	77	209	283	352	607	3.2
中東	1	1	1	2	3	2.2
非洲	100	187	203	257	271	1.2
拉丁美洲	9	48	73	110	137	2.7
全球	2,574	3,176	4,396	5,746	7,011	2.0

註：n.a.表示無相關資料。

資料來源：同表 17。

### (三) 消費展望

EIA 預測指出：不論是低經濟成長狀況、基準狀況或高經濟成長狀況，自 2005 年至 2015 年，煤的年平均消費成長率將高居各類能源之冠，再生能源及天然氣則分居第 2、3 高；而自 2015 年至 2030 年，再生能源的年平均消費成長率將高居第 1，煤退居第 2，核能居第 3(見表 19)。





表 19 2005 年至 2030 年各類能源年平均消費成長率

單位：%

	2005-2015			2015-2030		
	低成長狀況	基準狀況	高成長狀況	低成長狀況	基準狀況	高成長狀況
液態燃料	1.0	1.4	1.8	0.6	1.1	1.6
天然氣	2.0	2.3	2.6	0.9	1.4	1.8
煤	2.2	2.6	2.9	1.3	1.7	2.1
核能	1.2	1.4	1.6	1.1	1.5	2.0
再生能源	2.1	2.4	2.7	1.4	1.8	2.2
合計	1.7	2.0	2.3	1.0	1.4	1.8

資料來源：EIA(2008), International Energy Outlook 2008。

IEA 預測指出：自 2006 年至 2030 年，其他再生能源年平均消費成長率高居第 1，煤居第 2，天然氣居第 3。值得注意的是，2015 年之前煤消費成長率較 2015 年之後的消費成長率高，此與 EIA 預測相同。顯示 2015 年之後，中國、印度電力需求成長將減緩(見表 20)。

表 20 2006 年至 2030 年各類能源年平均消費成長率

單位：百萬公噸

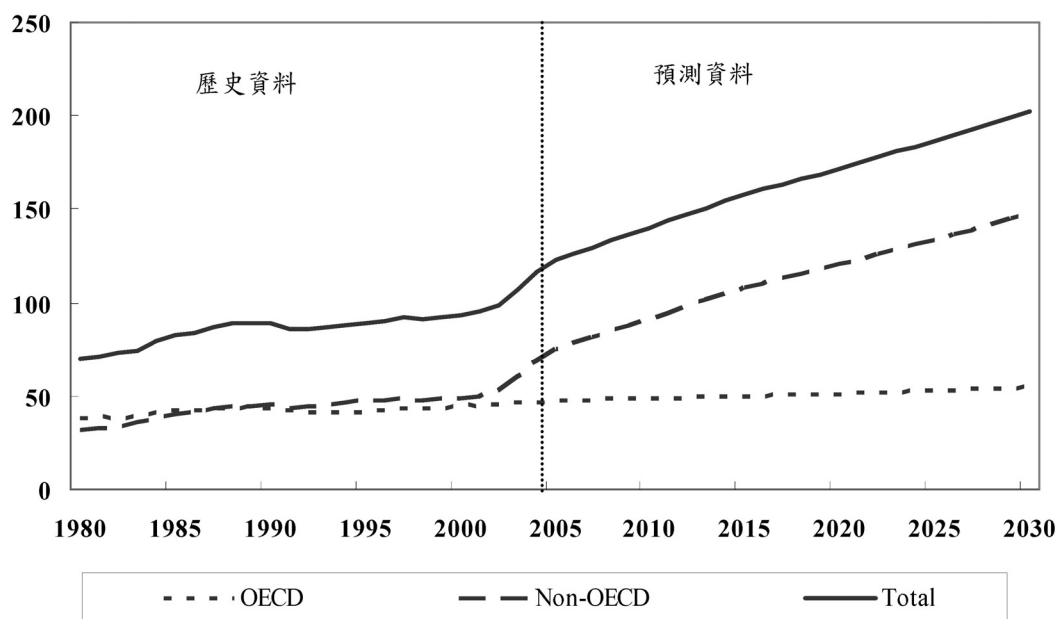
	1980	2000	2006	2015	2030	2006-2030 年 平均(%)
	煤	1,788	2,295	3,053	4,023	4,908
石油	3,107	3,649	4,029	4,525	5,109	1.0
天然氣	1,235	2,088	2,407	2,903	3,670	1.8
核能	186	675	728	817	901	0.9
水力	148	225	261	321	414	1.9
生質能與廢棄物	748	1,045	1,186	1,375	1,662	1.4
其他再生能源	12	55	66	158	350	7.2
合計	7,223	10,034	11,730	14,121	17,014	1.6

資料來源：同表 17。

若僅觀察煤消費成長狀況，根據 EIA 2008 年版的國際能源展望，全球煤消費量將由 2005 年的 122.5 千兆 Btu<sup>14</sup>增加至 2030 年 202.2 千兆 Btu，增幅達 65%；其中 2005 年至 2015 年的年平均消費成長率將遠高於 2015 年至 2030 年的年平均消費成長率，且全球煤消費成長量的 91%來自於非 OECD 國家，特別是亞洲區域國家(見圖 11)。

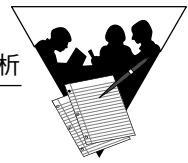
圖 11 1980 至 2030 年全球煤消費量

單位：千兆 Btu



資料來源：同表 19。

<sup>14</sup> 英國熱量單位。



## 陸、結 論

雖然煤的生產、消費及可開採量比石油及天然氣更集中於少數國家，然相對於石油及天然氣可開量的 7 成以上集中於中東、歐洲及歐亞大陸，煤的分布區域更加分散，亦比較不易受到地緣政治影響；此外，煤礦的供應成本及投資風險比石油及天然氣低，燃煤發電的投資及生產成本在各類發電成本中亦相當低，而當國際油價漲至一定程度時，利用煤液化技術搭配 CCS，將煤轉化為汽油及柴油，在經濟上值得採行，亦可降低全球對石油的依賴程度，某種程度上減輕能源問題。

然而煤的使用並非毫無缺點，其高污染度對全球二氧化碳之減排相當不利。儘管隨著技術的進步，每度電所需投入的煤及二氧化碳排放量皆減少，然其排放量仍舊高於燃油及燃氣發電，而即使採用現今最先進之技術，其外部成本相對於其他發電方式依舊偏高。

雖然現今由於美國次貸風暴造成全球經濟衰退，然長期而言，隨著中國及印度電力需求之高成長，預計未來煤的海上貿易及消費量都將快速增加，二氧化碳排放量亦將隨之快速增加。為有效減少全球二氧化碳的排放量，技術進步之先進國家有必要協助新興國家。此外，在特定假設下，至 2050 年時，使用 CCS 將比未使用 CCS 多減少 20% 的二氧化碳排放量，其減少二氧化碳排放的效果亦僅次於提升能源效率和使用再生能源。因此，為有效減少使用煤所排放的二氧化碳，CCS 值得進一步的研究及採用。

## 參考資料

1. 經濟部技術處產業技術知識服務計畫(2008),「2008年發現台灣建構未來產業研討會鋼鐵/非鐵產業回顧與展望」。
2. 蕭峯雄(1996), *產業經濟學*。
3. BP(2008), “Statistical Review of World Energy”, June.
4. EIA(2007), “Coal Conversion-Pathway to Alternate Fuels”.
5. \_\_\_\_ (2008a), *International Energy Outlook*, June.
6. \_\_\_\_ (2008b), *World Energy Outlook*, November.
7. IEA(2003), *World Energy Investment Outlook*, November.
8. \_\_\_\_ (2004), *Prospects for CO2 Capture and Storage*.
9. \_\_\_\_ (2008a), *Electricity Information*, August.
10. \_\_\_\_ (2008b), *Coal Information*, August.
11. \_\_\_\_ (2008c), *Energy Technology Perspectives*.
12. RWE Power(2007), *World Market for Hard Coal*, October.
13. The Institute of Energy Economics(2008), “Coal Supply-Demand and Price Trend,” June.
14. VDKI(2008), Facts and Trends.
15. World Coal Institute(2005), *The Coal Resource*, May.
16. \_\_\_\_ (2006), *Coal : Liquid Fuels*, October.
17. \_\_\_\_ (2007), *Coal & Steel*, August.
18. World Energy Council(2008), *Performance of Generating Plant:Managing the Changes*, May.
19. World Steel Association(2008), *World Steel in Figures*.