



## 煤：為依賴能源的世界提供解決方案 協助滿足全球能源需求的絕佳選擇

隨著開發中國家經濟的繁榮和生活品質的改善，能源需求正以驚人的速度成長。與此同時，全世界都在尋找充足、安全且對環境影響最低的能源。

各種新能源和燃料資源的開發也在進行著，在全球各地也開始了若干有限範圍內的應用。研究人員成功將天然氣和生物質轉化成液體。光電（太陽能）和風能可在某些特定市場上發揮作用。核能的應用正在復甦。全世界正在發掘新的石油供給。

但是要滿足全球的能源需求，有一種能源繼續保有令人矚目的地位，那就是煤。

Cat Global Mining 總裁 Chris Curfiman 表示：「煤是一種安全、可靠和低排放的能源，世界經濟的持續發展有賴於它的持續供應。在有關氣候變化的爭論中，煤雖然經常受到嚴厲的指責，但我們不能這麼簡單地就放棄這種豐富的能源資源。相對地，我們必須繼續尋求各種更乾淨而有效率的方法來處理和使用煤。現在，我們該投入像在六十年代對「太空競賽」般的關注和熱情，加速技術開發和部署，以確保煤在未來的應用依然樂觀。」

### 面對未來的挑戰

Caterpillar Inc. 先進動力系統集團的一位專案組主管 Darrin Johnston 解釋說，煤像其他能源解決方案一樣都面臨著一些重要的挑戰。他把這三項挑戰稱為潛在的扭轉局勢因素：

- 對能源需求的不斷成長和相關的價格攀升
- 國家能源安全的顧慮
- 減少溫室氣體排放的法規

Johnston 表示：「煤能直接解決前兩項能源挑戰。。許多新技術也將協助煤解決第三項挑戰。」

#### 對能源需求的不斷成長和相關的價格攀升

在諸如中國和印度等國家，快速的經濟成長導致對能源需求倍增，隨著國家經濟的崛起，預期這種成長也將繼續擴大。國際能源總署（International Energy Association, IEA）在其「2006 年世界能源展望」報告中指出，從現在起到 2030 年間全球主要能源需求的成長預計會剛好過半，平均年成長率是 1.6%；從

現在到 2015 年之間成長預計會超過四分之一。需求成長的 70% 將來自開發中國家 — 且僅中國就佔成長的 30%。

石化燃料將繼續主導能源消費和成長，未來的三十年對它需求的成長佔世界主要能源需求成長的。可再生能源成長迅速但基本面小，根據 IEA 的資料，預計到 2030 年，可從 2006 年的可滿足總能源需求的 13.1% 成長到 14%。

因為需求增加，各國越來越依賴於進口，一旦供給中斷，就會變得脆弱不堪，導致價格劇烈波動。IEA 表示：「少數石油儲量多的國家能加強市場壟斷，並增強抬高價格的能力。」

Johnston 表示，煤可以應對需求和高價問題。「煤的藏量很多，而且相對便宜。」

IEA 表示：「全球的煤藏量非常龐大」。煤佔世界石化燃料儲量的 60%，且比其他石化燃料的分佈更加廣泛和平均。依目前的消耗速率來看，世界上的煤足供使用約 250 年。

50 多個國家/地區都可以開採煤，目前許多國家/地區蘊藏有大量的煤，特別是那些預計自己的能源需求會迅速成長的國家/地區。IEA 報告表示，全球各地已獲證實的煤儲量估計超過一萬億公噸（1.1 短噸）。相比之下，現有石油藏量預計只能維持大約 40 年，天然氣藏量預計能維持大約 65 年。

除了充足的供給外，煤還是世界上最便宜的能源之一。Johnston 表示：「按每單位的能量計算，煤的成本只有天然氣成本的三分之一，與石油相比，煤大概是其成本的八分之一。」

能源經濟發展中心（CEED）報告指出，與其他能源相比，用煤發電的成本也極具競爭力。該中心總部設在美國，致力於尋找廉價而可靠電力的持續供給，和善盡保護環境的責任，並與地方、國家的決策人員合作來制定公共政策。

#### 能源安全顧慮

各國越來越依賴於進口能源，一旦供給中斷，就會變得脆弱不堪。禁運、永久性能源損失、價格暴漲、影響範圍達全球的能源事件和災難都會對那些缺乏本土能源供應，或者和供應國關係泛泛國家的能源安全構成威脅。

能源對維持世界人口、改善生活品質，以及協助開發中國家都是非常重要的。Caterpillar Inc. 的一位商業採礦經理 Phil Hansen 表示：「在當今世界，能源就是命脈。如果您拿走能源，那麼您不僅使人們生活不舒適，而且您拿走的是生存的基本要素。沒有有效的能源，我們就無法養活這些人。」

要獲得能源安全，國家需要一種價格穩定、供給有保障的能源。

Johnston 表示：「分佈廣泛的本土煤炭資源能為許多國家提供能源保障，而且世界上一些最大的能源使用國 — 美國、印度和中國都有最大的儲量。」

此外，煤是一種靈活的能源。Johnston 表示：「它今天主要用來發電，但是它可以轉做其他用途。新技術使煤有可能減少或代替石油的進口。煤能轉化為合成汽油、柴油、氫或其他機動燃料。」例如，在南非，多年的石油禁運迫使這個國家使用自己擁有的能源 — 煤 — 來生產所需的燃料。

Johnston 表示，煤的轉化是昂貴的，但如果石油的價格保持在每桶 40 到 50 美元以上，那麼煤就有競爭力。他解釋說：「如果今天有人投資一家煤到液體的轉化工廠，而且是獲利的，那麼只要幾年時間就能收回投資。如果石油價格下跌，那麼工廠就可能無法獲利。如果政府決定，將煤到液體的轉化工廠當成其能源安全策略的一部份，那麼他們可能需要頒佈政策來保護投資者避免遭遇這種可能性。」

#### 降低溫室氣體排放的規定

鑑於社會要求更清潔與低污染的能源，與能源消耗相關的環境影響必須得到解決。

Johnston 表示：「這是一種新的政治現實，已開發國家極有可能廣泛頒佈溫室氣體的立法，開發中國家也可能會制定這方面的法規。」他估計，已開發國家準備在 2020 年將溫室氣體總排放減少 20%，到 2050 年減少 50% 到 80%。

CEED 表示，採礦和發電公司將研發、部署控制排放的技術，以確保可以持續使用煤，這些都是必須要做的。

CEED 表示：「在研發、展示和部署方面的新投資，將使煤有可能用於限制碳排放的環境。這一問題應受到全球關注則是非常重要的。」

目前已制訂出，或正考慮實施各種旨在合乎規範的政策，以控制碳的排放。

例如，2005 年正式批准的京都議定書 (Kyoto Protocol)，現在全球已有 160 個國家/地區 (超過 60%) 簽署，旨在減少二氧化碳和其他溫室氣體排放。議定書要求公司排放的二氧化碳要比他們的目標低，或購買碳排放執照來彌補任何不足。其目標是在 2012 年前，碳的排放量比 1990 年的排放基準降低 5%。其他國家/地區已經制定或正在考慮採行相似的政策或排放法規。

以市場為基礎的機制，像「限額和交易」機制對碳的排放做出了限制，這些機制鼓勵工業公司和能源生產商加速效率改進，和/或購買交易積分來抵消其多出的排放量。根據估計，僅歐盟的「碳市場」估計在 2006 年將達到 300 億美元。

Johnston 說：「雖然火力發電廠在生產每單位電時，其二氧化碳的排放比其他能源的發電廠要高，但有很多解決辦法能使其大幅降低，使煤成為符合新出現法規的能源。我們確信，這些發展可確保煤將成為一種既環保，又能確保經濟可持續性的能源。」

## 更清潔的煤

新技術解決了所浮現的環境挑戰，特別是溫室氣體的排放，且改善了煤作為一種能源的效能。

Hansen 表示：「這是可以實現的，煤可以是環保的。而且，在使煤成為一種環保的能源方面已經取得了很大的進步。」

Johnston 指出兩種可降低碳排放的方式：增加火力發電廠的效率和開發並實施埋存碳技術。

### 提高發電廠的效率

Johnston 表示，翻新、建造新設施與開發提高效率的最新技術同步，碳排放將獲得顯著改善。

例如，超臨界和超超臨界細煤工廠在臨界點上的溫度和壓力下操作，其效率比傳統火力發電要高許多，且排放更少。全世界有 240 家高效超臨界電廠營運中，中國有 22 家。全世界有近 25 家超超臨界電廠營運中。

這些先進的技術能降低 20% 的二氧化碳排放，因此支持了煤是未來重要的能源供應來源的一貫觀點。

### 採取轉化和埋存碳

Caterpillar 公司技術和方案部門的業務持續發展經理 Randy Richards 精通碳排放減少技術，他對環保煤的未來持樂觀態度。

他說：「煤將是滿足未來持續成長的能源需求的大贏家，我們清楚現在煤炭技術在排放問題上面對的挑戰，但是對產業在設計和實施更環保的技術方面所做的積極努力表示讚賞。這對煤在未來可以得到持續使用是至關重要的。」

Richards 是廣泛使用煤氣化或液化供給作為燃料的支持者。Richards 說：「這些技術有很大的潛力，除了發電外，在各種移動和靜止的應用中都可使用這些燃料。」

煤的轉化可以產生氫氣、甲烷和合成燃料 — 這些可為基於未來需要的產品和應用來訂製燃料。

Richards 說：「即使發電廠的效率獲得了改善，我們仍須控制二氧化碳的排放。埋存碳是越來越可行的選擇。埋存碳意味著存儲二氧化碳，避免其逃逸到大氣中。」

麻省理工學院 (Massachusetts Institute of Technology (MIT)) 的一項研究顯示，碳的回收和埋存 (CCS) 作為臨界授權技術，能有效減少二氧化碳的排放，也能讓煤解決世界能源緊迫的情況。

在氣化或液化車間預燃，或在傳統電廠裡後燃來回收二氧化碳。氣化和液化通常認為是最可靠的技術，因為這樣在將煤用作能源之前即降低二氧化碳的排放 — 將煤轉化成氣，特別是氫氣，然後當成電站的主要

能源，而不是直接燒煤。

對各種儲存方案的調查正在進行當中。地下儲存的選擇包括地下注入碳來增加煤層沼氣的恢復，向枯竭的油田注入碳來生產額外的石油，或是把碳注入深部鹽田層。

這些方法前景可觀，但要取得大的發展必須克服延緩投入使用的問題。一個重要的問題可能是合規結構。迄今，尚無關於這些各個碳埋存點的長期穩定性和可行性的確切研究。而且，要確保長期定點監測、合規以及明確責任/所有權責任。

Richards 表示，理想的埋存碳方案可提供較高的二氧化碳儲存能力，且沒有洩漏的危險，可永久良性地儲存二氧化碳。

Richards 說：「岩石風化埋存碳是一個可達到這些期望值的極具吸引力的新理念。它是依據透過名為加速岩石風化（ARW）過程的礦石碳酸化的作用。」

加速岩石風化的關鍵是鎂矽酸鹽。這種礦物通常用於建築的填充和道路的砂礫層。它會和大氣中的二氧化碳起自然反應。當它吸收二氧化碳後，礦石從鵝卵石的形態轉變成粉末。

Richards 說：「地球上這種礦石很豐富。事實上，這種礦石在世界上的儲量是煤儲量的近 60 倍。按 1: 1 的比例，使用它來吸收煤中的二氧化碳，完全可以應對煤在未來的使用。」

他說：「ARW 的缺點是這些碳的回收和埋存過程並不理想，且所費不貲這需要開發一些技術，而世界上有才能的人正為此努力。」

Richards 說：「要想成功，我們必須整合更廣泛的系統，考慮將煤轉化為有用的能源供應，並解決相應的二氧化碳的回收和埋存問題。。一個整合的系統能解決世界不斷成長的對能源方面的渴求。」

## 進行中的專案

許多用來發電的先進煤炭技術和 CCS 專案都在全球各地進行測試。幾項有政府支持的專案正在開展，包括未來電力聯盟（FutureGen Alliance），這是一個由主要國際能源公司和美國能源部（U.S. Department of Energy）發起的創新合作，旨在展示和推出有市場效率的技術，來提高用煤發電的效率和減少碳排放。

這是一個價值 15 億美元的專案，以整體煤氣化聯合迴圈（Integrated Gasified Combined Cycle (IGCC)）為基礎，力圖建立一個幾乎無碳排放的電廠。和預想的一樣，未來電力計劃用煤發電和生產氫氣，回收發電過程中產生的二氧化碳。

二氧化碳將被注入幾千英尺的地下。能源部（Energy Department）的目標是到 2012 年使實驗設施實現運轉。開始時將用氫氣來發電。隨後，同樣的計劃將可用來生產為汽車和其他交通工具提供燃料的氫氣。

## 使之有效

Johnston 表示，國際合作是成功的能源解決方案的主要動力，包括：

- 多政府聯合研究和發展計劃
- 開發中國家由於其對煤的需求不斷成長，因此需要這些國家的參與
- 國際統一的政策和法規使之標準化，使相關企業更有效率
- 為減少二氧化碳排放的地方、國家和國際貿易計劃

Richards 說：「煤—能源—埋存價值鏈上下游的企業必須合作開發出最佳的埋存碳系統。沒有一個實體能單獨處理所有這些環節。這是企業、政府和科學機構的一次合作機會，他們可以共同致力於創造豐富、安全、環保的煤能源的未來。」

## CATERPILLAR：為確保煤的可持續使用而努力

2007 年初，Caterpillar Inc. 加入了由全球一些最大的公司組成的美國氣候行動聯盟 (U.S. Climate Action Partnership (USCAP)) — 這是一個由 33 家大公司和領先的非政府組織 (NGO) 構成的聯盟，他們聚集在一起呼籲聯邦政府頒佈有效減少溫室氣體排放的法律。美國氣候行動聯盟中的 27 個成員中包括 DuPont、BP America、General Electric、Deere and Company、General Motors 以及 Rio Tinto。

為什麼 Caterpillar 要加入想徹底減少溫室氣體排放的組織，而這些氣體多數是大型固定發電廠燒煤造成的結果？Caterpillar 集團主席 Gerry Shaheen 表示：「這樣當規則制定後，我們才能置身於遊戲中。」

Shaheen 在給國際採礦聯合會 (National Mining Association (NMA)) 演講時表示：「我們知道，有關氣候變化的立法即將頒佈，這表示我們將不得不在控制碳排放的世界中經營，我們相信能幫助確保實現立法對環境和經濟帶來的好處。」

他說道，Caterpillar 百分之百支持煤在現今和未來的作用，「我們知道，對於我們國家的能源安全和競爭力而言，這是至關重要的。我們認為對技術的正確追求能生產出更環保的燃燒煤。我們相信可以去探究可供選擇的技術。」

Shaheen 敦促 NMA 加入 Caterpillar，鼓勵政府為環保煤炭技術提供資金，帶頭向公眾教育煤的優點。

美國氣候行動聯盟和採礦產業的其他公司有共同的目標，包括能源安全和競爭力、經濟發展、環境工作和環保煤炭技術的發展。他們的不同之處在於降低碳排放的強制性。一些組織支援自願減少，而美國氣候行動聯盟推行「限額與交易」系統，在這一系統中聯邦政府在允許的排放量上設訂一個限額，然後分配允許排放的權利。重要的是，從 Caterpillar 的角度，聯邦政府的作法比各州氣候法規的拼湊要好，雖然後者已在全國出現。

Shaheen 把限額和交易稱為經濟動機，即要企業研發自己的解決方案。他表示：「這很重要，但也很緩慢。我認為我們需要快速行動。我們需要更多政府的參與，特別是在研究、開發和展示埋存碳系統上的財務參與方面。」

他說，各方現在應該承擔起責任，以協助發現可持續的，且在財務上可行的氣候變化的解決方案。

「加入了美國氣候行動聯盟，即說明了我們加入到支持煤炭產業的行列中。如果我們不能一起為當今煤環保事業的政策、技術、投資提供支援，那在 15 到 20 年後我們將不會再討論這個問題，因為我們將沒有煤炭產業可供討論。」