



作者：徐業良(2008-06-12)；推薦：徐業良(2008-06-12)。

附註：本文發表於汽車購買指南雜誌，2008年七月號，史丹福專欄。

## 節能減碳？！

石油價格不斷飆漲，帶動了通貨膨脹、物價上漲，民眾生活受到很大影響，馬上的新政府也立刻面臨嚴峻的考驗。

不過也有另一種反向思考的聲音，石油現在的價格也許才開始反應能源對人類真實的價值。

石油的確是非常珍貴、非常方便的能源型態。比較不同的能源型態時，有個很重要的特性是所謂「能量密度(energy density)」，也就是單位體積（或者單位重量）的能源中，包含了多少能量，能量密度越高的能源，自然越方便攜帶、運送，也就越容易使用。石油是如此方便的能源型態，最重要的因素就是石油提煉的燃料能量密度都非常高，像是汽油每公升就包含了 34.6 百萬焦耳的能量，柴油的能量密度更高，每公升 38.7 百萬焦耳，液態天然氣的能量密度也很高，每公升 25.3 百萬焦耳。相對來說其他能源型態能量密度就低得多，氫能能源的明日之興，但液態氫能量密度只有每公升 10.1 百萬焦耳（不過液態氫很輕，換算成重量的話每公斤有 143 百萬焦耳，是前面那些石油產品三倍左右）；電池的能量密度就更低了，頂級的鋰電池能量密度不超過每公升 2 百萬焦耳，汽車的鉛酸電池更是只有每公升 0.14 到 0.17 百萬焦耳的能量密度。

您也許不太習慣「百萬焦耳」這種能量單位，不太有感覺 1 百萬焦耳是多少能量。您家中用電的單位是「度」，1 度電的意思是「1 千瓦小時」，家中 1 千瓦的電器使用 1 小時就消耗了 1 度電。「瓦」是功率單位，每秒鐘消耗 1 焦耳的能量叫做 1 瓦，1 小時有 3600 秒，所以「1 度電 / 1 千瓦小時」計算起來就是  $1000 \times 3600 = 3,600,000$ ，3.6 百萬焦耳的能量。

簡單計算一下，1 公升汽油內包含了幾乎等於 9.6 度電、您可以帶在汽車上到處走的能量。

談到汽油的價值，常聽到被拿來和汽油價格對比的是可口可樂的價格。您現在到便利商店買一罐 600cc 的可口可樂要 20 元，換算起來 1 公升可口可樂要 33.3 元。今年 529 漲價過後的 92 無鉛汽油每公升 33.9 元，只比可口可樂貴一點點，但是您應該同意，汽油對人的「價值」顯然是要遠遠超過可口可樂。

所以這陣子汽油狂漲，如果說還有那麼一點點兒正面意義的話，就是人們似乎開始感受到能源真正的價值，開始珍惜能源，「節能減碳」似乎已經成為時尚，全國從上到下，不，全世界都在喊著節能減碳，為了地球，更為了自己的荷包。

節能一省油開車，在史丹福專欄談過很多次，這裡想換個話題，談一下「減碳」。

減碳的意思您一定不陌生，碳指的是二氧化碳，也就是所謂溫室效應氣體，Greenhouse Gas，有的文章就簡寫成 GHG。準確一點地說，GHG 不單是二氧化碳，而是指大氣中所有會降低地表熱量擴散至太空中的氣體。大氣中主要的 GHG 其實是水蒸氣，第二名才是二氧化碳，其他還包括甲烷（沼氣）和臭氧等等。GHG 的存在其實對於維持地球表面的溫度是很重要的，沒有 GHG 的話地球可能會太寒冷而完全沒辦法住人。但是 GHG 含量太高的話，溫室效應會造成地表的溫度升高，最極端的例子就是地球的鄰居金星，金星的大氣層中有 96.5% 是二氧化碳，造成的溫室效應使得金星表面的溫度高達 467°C。

這些溫室效應氣體原本自然存在於大氣中，長長久久以來都維持著一個固定的濃度，但是十八世紀中期人類開始工業化之後，大量使用所謂「化石燃料(fossil fuel)」，石油、天然氣、煤炭之類的，使得大氣中二氧化碳濃度持續上升，近幾十年尤其顯著。造成的結果，您一定聽過一大堆關於地球暖化，南北極冰山溶解、海平面上升、氣候異常之類的故事，您「不願面對的真相」。

日常生活中我們每一個人都在製造二氧化碳。最近發現一個行政院環境保護署委託工研院能源與環境研究所建立的網站，叫做「全民二氧化碳減量資訊站」，裡頭有一個「精打細算家戶二氧化碳計算說明」，可以計算自己家庭對製造二氧化碳有多少「貢獻」。其實家庭中有許多製造二氧化碳的活動，這個網站主要是只在計算家庭使用的能源，製造了多少二氧化碳。我也蒐集了咱們三口之家的能源帳單，根據網站提供的公式試算一下。

首先是家庭用電，電器用電時不會產生二氧化碳，但是電的生產過程是會製造二氧化碳的，「全民二氧化碳減量資訊站」的公式是您所付出每一元的電費，要產生 0.2548 公斤的二氧化碳。以我們家為例，我們家二、三兩個月的電費是 2073 元，四、五兩個月的電費是 1717 元，四個月下來平均每個月電費 948 元，所以我們家因為家庭用電平均每個月製造的二氧化碳是  $0.2548 \times 948 = 241.6$  公斤。

您會問，這個數字「0.2548」是哪兒來的？

經濟部能源局每年都會公告一個二氧化碳的「電力排放係數」，也就是生產每度電要排放多少二氧化碳，經濟部公告的 96 年二氧化碳電力排放係數是每度電排放 0.637 公斤二氧化碳。台電的電費計價方式（六月份還沒調漲之前）家庭用電 110 度以下每度 2.1 元，110~330 度每度 2.415 元（夏季月份每度 2.73 元），331 度以上每度 2.9 元（夏季月份每度 3.64 元），「全民二氧化碳減量資訊站」假設每度電平均 2.5 元，0.637 公斤除上 2.5，就得到每繳一元電費等同於製造了 0.2548 公斤二氧化碳這個數字。

您又問，那麼「電力排放係數 0.637」又是怎麼來的？

這個公式就更複雜了，您在 Google 裡打入「電力排放係數」當作關鍵字，在很多網站上都查得到電力排放係數計算公式。基本上這個數字是把國內各種電廠發電過程中產生的二氧化碳量的總和，除以台電的總銷售電量得到的，換句話說，這個數字代表每度電從生產到使用的整個過程中，所排放的二氧化碳總量。這個電力排放係數依各個國家發電使用燃料的結構不同而會有所不同，甚至同一個國家每年的電力排放係數也會有差異。例如台灣 94 年電力排放係數是每度電排放 0.632 公斤二氧化碳，95 年因燃煤發電比重增加、核能發電比重降低，所以電力排放係數提高到 0.638 公斤，96 年又微幅降低為 0.637 公斤。

所以不管您喜不喜歡核能，增加核能發電的比例對於降低二氧化碳排放是有幫助的。當然使用其他再生能源發電，如風力發電、太陽能發電，更可以進一步降低電力排放係數。

您在家裡一定也會使用瓦斯，也是一個製造二氧化碳的項目。家庭使用管線配送天然氣也和電費一樣，每兩個月收費一次，以每立方公尺（也是俗稱多少度）天然氣來計價。原先天然氣每立方公尺 14.5 元，5 月 28 日中油調漲成每立方公尺 18.55 元。咱們家二、三兩個月和四、五兩個月的天然氣帳單都是 120 元基本費，算起來平均一個月用了 4.14 立方公尺天然氣（可能更少）。「全民二氧化碳減量資訊站」中提供的

數據，天然氣從生產、運送到燃燒，每一立方公尺天然氣會製造 2.09 公斤二氧化碳，可以大略計算咱們家使用天然氣製造了多少二氧化碳： $2.09 \times 4.14 = 8.7$  公斤。

如果您家用的是桶裝瓦斯，「全民二氧化碳減量資訊站」中提供的數據是每公斤桶裝瓦斯會產生 3.19 公斤二氧化碳，您也可以自己算算看。

家庭中製造最多二氧化碳的能源使用項目，當然還是汽車用油。與二氧化碳的「電力排放係數」計算方式類似，汽油自原油開採、運送、提煉到燃燒所有過程中製造加總起來，得到您每使用一公升汽油，會製造 2.36 公斤二氧化碳。

我們家四月份加油 6346 元，五月份加油 6929 元（我們家每一筆帳可都記得清清楚楚），都是在 529 之前加的 95 無鉛汽油，換算一下兩個月共加了 432.4 公升汽油，平均每個月因為開車製造二氧化碳： $2.36 \times 432.4 / 2 = 510.2$  公斤。

您開柴油引擎車的話，每使用一公升柴油，會製造 2.78 公斤二氧化碳，比汽油多一些。公車也是使用柴油引擎，如果您搭公車的話，「全民二氧化碳減量資訊站」提供的算法是您所花的每一元車資，大約產生 0.0352 公斤的二氧化碳，這個數字是網站依據台北交通局的統計月報，96 年台北聯營公車的油耗量為 116,077 千公升，載客人數為 625,085 千人次，計算出來平均每人次分攤 0.19 公升柴油， $2.78 \times 0.19 = 0.528$  公斤二氧化碳，再假設每次搭公車車資 15 元，平均算下來的。

您搭捷運的話，「全民二氧化碳減量資訊站」還有提供使用捷運的計算方式，網站依據每年台北捷運整體消耗能源數字算出產生二氧化碳總量，再除上整年搭乘人次，計算出來您每搭乘一次捷運，要分攤 0.1631 公斤二氧化碳排放。

OK，我們的三口之家，因為使用能源平均一個月要製造  $241.6 + 8.7 + 510.2 = 760.2$  公斤二氧化碳。根據這個「全民二氧化碳減量資訊站」提供的數字，我國平均每戶家庭二氧化碳的排放量是 650 公斤，我們家高於平均值 110 公斤。

突然有很強烈的罪惡感，覺得自己對不起地球。

我們三口之家二氧化碳排放量這麼高，原因也很簡單，我們開車開太多了，不計入偶爾搭計程車、火車、高鐵、捷運之類的，我們家每個月光自行開車製造的二氧化碳就佔了總量的三分之二。

如何減碳呢？對一般人來說，交通的需求顯然是製造二氧化碳最大宗來源，減碳自然也要從交通做起。

從前面這一大堆計算可以清楚看到，節能和減碳其實是一體兩面，節約了能源同時自然也減少了二氧化碳排放。從前面計算中，儘量乘坐大眾運輸工具，坐一趟公車平均分攤 0.528 公斤二氧化碳排放，搭乘一次捷運平均分攤 0.1631 公斤二氧化碳排放，都遠遠比自行開車減碳。如果非開車不可的話，如何省油開車、減少開車、改開小排氣量車，都是節能減碳之道。最近媒體報導，油價上漲後機車騎士大量增加，甚至如美國的城市也開始有許多人改騎機車上班，騎機車安全性比較有顧慮，但至少比開車減碳得多。

當然走路、騎自行車完全不會製造二氧化碳，就更理想了。汽油價格大漲，對國內自行車業者反而提供了市場契機，媒體報導世界各國自行車市場銷售都熱絡起來。前兩天甚至看到一個新聞，美國已經有城市研議，為了要節能減碳，政府工作人員改為每週上班四天，每天上班 10 小時，如此總工作時數不變，但是少了一天開車上下班的需要。

電動車的使用也在這一波節能減碳風潮中再次被提及，使用電動車或油電混合車取代汽油引擎車，汽車廢氣排放造成的污染一定會大幅減少，但是否會減少二氧化碳的製造似乎還得計算計算。前面提到每公升汽油包含的能量等於 9.6 度電，您每使用一公升汽油，會製造 2.36 公斤二氧化碳，而每使用 9.6 度電會製造  $0.637 \times 9.6 = 6.12$  公斤二氧化碳，這樣看起來使用電能製造的二氧化碳是使用同樣能量的汽油的 2.6 倍。

當然這樣的比較不盡合理，內燃機引擎效率有限，一公升汽油中包含的能量最後可能只有百分之二三十實際被轉換成有用的功，不過這也提醒大家減碳要從能源生產到使用的整個過程中，所排放的二氧化碳總量來作評估。

您今天節能減碳了嗎？