



作者：徐業良(2015-05-16)；推薦：徐業良(2015-05-16)。

附註：本文發表於汽車購買指南雜誌，2015年六月號，史丹福專欄。

## 從二氧化碳和水創造新燃料？

上個月的時代雜誌有一篇文章，標題十分聳動：“Audi Just Invented Fuel Made From CO<sub>2</sub> and Water”，「奧迪汽車剛剛發明了從二氧化碳和水製成的燃料」。

明明是燃料燃燒產生二氧化碳和水，奧迪汽車反過來從二氧化碳和水製成的燃料—是利用光合作用嗎？

奧迪汽車把這個新燃料叫作 e-diesel，是一種合成柴油，製造過程中使用的主要成分就是二氧化碳和水，OK，和光合作用一樣，當然還得注入外界能量。製造過程中奧迪特別使用再生能源如風能和太陽能所發的電力，確保 e-diesel 整個生命週期的「碳足跡」是零—使用不增加二氧化碳的再生能源將二氧化碳和水合成柴油，燃燒後產物又是原來的二氧化碳和水，完全不增加地球整體環境中二氧化碳的總量。

奧迪汽車這項計畫是和位在德國東部德勒斯登的一家潔淨能源科技公司 Sunfire 合作，將二氧化碳和水製成燃料整個過程是這樣的：800°C 高溫水蒸氣先以再生能源的電力電解成為氫氣和氧氣，氧氣直接被釋放到大氣中，氫氣則被導入一個反應器，大氣中的二氧化碳也同時被抓取導入反應器中，和氫氣反應產生一氧化碳（和水）。一氧化碳和氫氣的「合成氣(syngas)」在 220°C、25 大氣壓之下，進一步被轉化成為液態的能源載體叫做「藍色原油(blue crude)」。

好像上個學期在幫女兒惡補化學課的「有機化學」單元內容...

二氧化碳在空氣中所佔比例不高，在這個製程中如何從大氣抓取二氧化碳也是個頗有難度的技術。另外一家叫做的 Climeworks 公司提供奧迪汽車以化學方式抓取二氧化碳的設備，大氣中的二氧化碳以化學方式被吸附在附著劑上，直到附著劑飽和為止，然後再將附著劑加熱到 95°C，把高純度的二氧化碳給逼出來。從大氣抓取二氧

化碳的過程奧迪汽車也堅持使用再生能源發電，其中 90% 的電力是用來加熱，其他則是在輸送氣體和整體程序控制。Climeworks 和 Sunfire 兩家的設備也已成功整合起來，成為全套的自動化生產設備，已經準備好量產藍色原油，目前每個月可以小量生產 1,000 公升。

藍色原油就像是石化原油一樣，可以視需要被進一步提煉成各個等級燃油，要給汽車用就提煉成為 e-diesel。e-diesel 這種新型燃料的最大優勢是純度很高，不含造成空氣污染的硫化物或危害人體的芳香族群化合物；e-diesel 辛烷值很高，壓縮後非常易燃，可以直接在柴油引擎使用；e-diesel 的化學性質很容易和石化柴油混合，也適合做為混合燃料，可以用任何比例混合在石化柴油中。

奧迪汽車其實不是最早提出從二氧化碳和水創造新燃料的，早在 2014 年四月，美國海軍研究實驗室“Naval Research Laboratory (NRL)”便發布過一個大新聞，標題是「能源獨立：從海水創造燃料(Energy Independence: Creating Fuel from Seawater)」。

從海水創造燃料，連二氧化碳都是從海水中取得喔！

其實燃料主要的組成就是碳、氫、氧，這項美國海軍稱為「革命性」的技術，便是將海水中取得的二氧化碳和水加以「分子重整(molecular restructure)」，重新組合成為燃料。技術的核心是海軍研究實驗室 NRL 設計的一個電化學交換模組，可以將海水中溶解的二氧化碳萃取出來，同時利用電解水的方式產生氫，二氧化碳和氫再經由一個反應系統的金屬製催化器轉化成液態的碳氫化合物，後續的處理和前面敘述的 e-diesel 非常類似。

碳是燃料中非常重要的成分，海水中溶解二氧化碳的濃度，大約是空氣中的 140 倍，但是美國海軍研究實驗室的這項技術，還是需要處理 23,000 公升的海水，才能夠得到足夠的二氧化碳來組成 1 公升的燃料。

奧迪汽車 e-diesel 的展示中，直接為德國聯邦教育和研究部部長 Wanka 教授的公務車 Audi A8 3.0 TDI quattro 加了 5 公升 e-diesel，接著當場就開動了，證實這不只是構想或研究而已，技術面是完全可行的。一年前美國海軍 NRL 的展示，則是把海水產生的燃料加在一架小型無線遙控飛機，直接作飛行展示。NRL 的展示方式也說明了美國海軍發展這項技術的目的。美國海軍要維持艦隊在全球海域活動，光是後勤補給的運油艦每年便要運送 12 億加侖的燃料，航空母艦是核子動力的，這些燃料很大部分是提供航空母艦上的飛機使用。如果航空母艦可以自行利用核子動力（碳足跡也

是零喔)從海水製造燃料，對美國海軍艦隊後勤運油艦的調度上的可以提供顯著的節省和彈性，這才是美國海軍最重視的。

談到這裡逐漸要進入史丹福專欄這個月想討論的重點了，從二氧化碳和水、從海水創造燃料都是很神奇的新科技，但大概不是人類能源問題的解答。評估 e-diesel 這項「新燃料」，除了前面反覆提到的「碳足跡」之外，將二氧化碳和水轉化成燃料過程中的「淨能量(net energy)」也是考慮的重點。

您每天一定都會幫手機充電，但是你應該絕對不會認為充電過程是在「創造新能源」，你知道手機電池只是一個存放能源的「載體」，其實充進手機的電能還多於手機可以消耗的電能，也就是說充電過程的「淨能量」其實是負的。氫能也有類似迷思，地球上的氫很少以氫氣分子狀態存在，經常必須要以電解水的方式先提供能源產生氫氣，氫氣燃燒再把能源釋放出來。從這個觀點來看氫氣的角色其實和手機的電池差不多，與其說氫氣是一種能源，不如說氫氣是一種能源的「載體」，或者說是能源形式的轉換。當然氫氣這種能源形式非常乾淨，燃燒產物只有水而已，也是氫能最重要的價值。

從二氧化碳和水、從海水創造燃料，也只是類似的能源形式轉變的過程，輸入電力取得二氧化碳和氫氣，再轉換成柴油燃料。而且可以確定的，這個能源形式轉變的過程淨能量一定是負的，也就是說輸入的能量一定大於最後產品柴油燃料可以利用的能量。許多相關報導中似乎把 e-diesel 當作是一種神奇的新能源，而沒有討論能源形式轉變時淨能量的評估。

甚至許多相關的報導對於 e-diesel 「碳足跡」的說明也不完全正確，許多說法像是「因為產製 e-diesel 所消耗環境中的 CO<sub>2</sub>量，和使用 e-diesel 所釋放的 CO<sub>2</sub>量完全一樣多，可以達到碳平衡」，這樣的說法就像是說「使用手機完全不排放二氧化碳」一樣不正確，是否達到碳平衡根源還是產生手機所充的電能過程中排放了多少二氧化碳。在製造 e-diesel 的過程中，奧迪汽車堅持使用再生能源發電，所以整體碳足跡的確為零，但是「碳足跡為零」的功勞應該歸屬於太陽能、風力等再生能源發電，而不是歸屬於 e-diesel，而且再生能源發電本身也有發電成本的問題。

聽起來我好像反對從二氧化碳和水、從海水創造燃料？不不不，只是讀到這些新科技，覺得重點不該被誤導成創造神奇的新能源，甚至不該只強調「碳足跡為零」，而應該從能量形式轉換和能源管理的角度來看待這項科技的價值。以美國海軍的例子來看，航空母艦上有豐富的核能，利用這項技術可以將核能轉變成飛機可以使用的航空用油，減低了運油艦的成本和束縛，真的很有價值。



從奧迪汽車的例子來看，從二氧化碳和水製造 e-diesel 的技術如果成功發展，能夠有效率、低成本的量產，最大的意義其實是 e-diesel 將衝擊電動車的發展。

發展電動車有兩個最重要的理由，一是地球上石油儲存量越來越低，二是電動車比較環保、潔淨。e-diesel 由二氧化碳和水製造，理論上是取之不盡、用之不竭的；電動車整體碳排放的計算，也是根源於產生電能過程中排放了多少二氧化碳，和前面敘述汽車使用 e-diesel 整體碳排放計算的考慮完全一樣，也就是說，使用 e-diesel 的汽車和電動車同等環保、潔淨。

然而如果汽車使用 e-diesel，內燃機引擎不必走入歷史，汽車廠不必重新設計動力系統，您也不必換車，電動車所有問題包括充電時間、續航力、充電站設置等等，使用 e-diesel 都完全不需要考慮。

突然之間電動車完全失去了發展的理由。

我想這才是「奧迪汽車從二氧化碳和水創造新燃料」這條汽車科技新聞背後真正的意義。

