

# 源自農場的能源

譯者／屈先澤

資料來源／The Furrow, February 2003

由於石油資源日益枯竭，核能運用又存在著許許多多未可預測的危險，而全球「能源」的消費量卻在不斷的增加。因此，目前世界每一個國家無不極盡努力的探索、研究、開發可能的「替代能源」。

為了開發「替代能源」，經濟部於今年6月初正式核發了我國第一張「竹南風力電廠」的建廠執照，為台灣「替代能源」發展跨出了第一步。根據聯合報於6月9日報導，行政院亦已通過將發展及推廣再生能源列為政府應積極推動的六項重點政策之一，由此顯見我政府對發展「替代能源」的重視。

針對「替代能源」的議題，美國的「耕耘」(The Furrow)雜誌社，今年2月彙集了「禽畜的廢泄物」、「農作物的生質資材」，以及「大自然的風力」等14個子題，邀聚相關的專家逐一探討，將所得共識，出版了「源自農場的能源」專輯，以敘說故事的方式，陳述如何開發可能的「能源」，其中許多美國大農莊成功的事例，難以適用於小農制的台灣，但若干理念、某些構想和一些作法，很有啟發性。謹擇要譯介三篇，提供國人參考。

## 【壹】風能致富

將「耕作農場」改成為「風力農場」，  
對農民而言，是一種非常有利的「轉作」；  
對電力公司和整個鄉村社區，  
更是獲得「全贏」的局面！

以往，一般農民從事「農作物生產」，平均每一農民的收成，約可供應129個人的生活。如今，愛荷華州的瑞查喬達(Richard Chodur)，將他的農場改為「風力生產」，藉「風能」所產生的電力，竟可以供應539戶家庭的需要。

愛荷華是美國中北部的一個農業大州，喬達和其他的農民們一樣，一直都是種植傳統的玉米和大豆。去年，他出租了一塊土地供給當地的發電廠建置了兩座風力渦輪發電機(wind turbine)，這兩座「大風扇」正好設在通往一座廣達65公頃(160英畝)的農莊十字路口上；他另外又提供了一小片土地給氣象局架設了一座測候塔，蒐集周遭地區的風速和氣候資訊。

實際上，喬達所提供的土地不足2英畝，可是他卻自這兩座風力發電機，每年收取得4,800元美金的租金；從「經濟學」的角度計算，這真是一種「毋需操勞」而有利的事業！

堪薩斯州蒙迪鎮(Motezuma)的農友西迪湯瑪斯(Sid Thomas)也因為「風能」發財。他本來以種植作物為生，不幸在去年的夏季遭遇嚴重乾旱，所種的作物大部份受害，損失慘重。可是今年情況大不相同，他再也不怕乾旱，再也不為

「砂塵暴」發愁了，因為他和他的弟弟將農場租借給堪州佛納達電力公司，裝置了20架渦輪式發電風車。每台風車每年由電力公司支付地租2000元，湯瑪斯他們兄弟二人每一年可以淨收入4萬美金。租賃期是20年，在這20年中，總共可以獲得80萬美金的純收益。

如今，在蒙迪鎮的27個農莊上，總共設置了170座發電風車，發電量足供37,000戶的家庭使用。

將「耕作農場」改成為「風力農場」，對農民而言，是一種非常有利的「轉作」；對電力公司和整個鄉村社區，更是獲得「全贏」的局面！

根據佛納達電力公司報告，該發電廠自2001年12月完工迄今，已為當地增加了150個工作機會，同時在公司裡更提供了10個固定的職位；除此之外，該公司每年還提撥30萬美元，作為社區發展的公益基金；蒙迪鎮可說是「因風致富」。

風是一種永續不滅的「再生能源」，具有極大的開發潛力。與隨科技的進步以及發電機械效能的提升，今後由風所產生的電力，將遠較目前所生產者為多。

1979年代，用風力發電，每瓩(kilowatt)的成本是4角美元，如今已降到只需要4分錢，10年之內可以再降至每瓩3分美金。據預測，2010年利用風力發電的成本，將遠較使用石油發電者為低。

目前，美國聯邦政府與州政府均在鼓勵開發風力發電事業，1999年美國能源部提出一個全國性的「美國風力發電」計畫，預訂目標至2020年風力發電將佔全國電力總需要量的5%。

該計畫的執行人唐氏(P.J.Dougherty)表示，5%的目標是樂觀的，特別是在具有風源的農村，將非常容易達成。屆時，因風力發電出租土地的農場，每年租金的收入將可以達到15億美金，地方政府的歲計收入也因此可望增加數千萬之多。

許多農場主人已經體察到「風能」潛在致富的契機，抱著共襄盛舉的熱忱，紛紛準備參與這個新興

的「企業」。

愛荷華州和堪薩斯州的農場多數是租借土地供發電廠設置風車，淨收租金。但也有一些地區，很多的農民僅酌收小額(如每英畝750元)的地租，卻要求從每年電力生產的總值中分享2-3%的純收益。更有一些農民自行發電，或聯合鄰近的農友織組發電廠，然後出售電力。

對明尼蘇達州貝登湖的漢森(Henning Henson)而言，更是獲利多多，他除了可以自每一座發電風塔(車)收取5000元的發電費外，每英畝地還可以獲得1200元的租金。此外，發電廠還要給付1萬元的授權費和每英畝450元「風的權利金」。

如果風季長，風速大，收益就會更多。大體而言，只要平均風速每小時15英哩，發電廠就可以收支平衡；低於此標準，發電成本就會提高。據美國風能協會指出，全美約有6%的地區，每小時平均風速都能超過15英哩。

「上愛荷華風力發電場」一共有89座渦輪式發電風塔，每座風塔的扇頁均為三片，一般扇片長約26公尺。風塔用鋼筋架造，高72公尺，塔座用水泥灌製，直徑13公尺，厚2公尺；每座塔所用的鋼筋多達11公噸，水泥180立方公尺。

每座風塔皆以電腦與控制中心連線，隨時記錄風速、風向、扇速及發電能量，由控制中心統一調度及控管每一風扇之運轉，以預防突變性的氣流擊損扇頁。

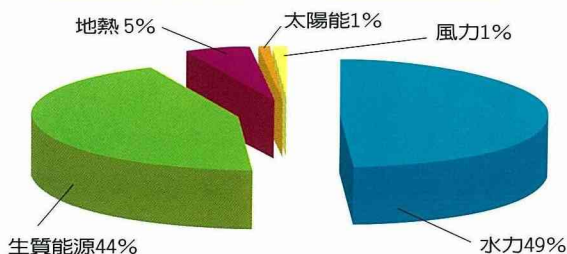
「上愛荷華風力發電場」的負責人凱利(Mike Kelly)稱：風力發電除了具有上述有形的經濟價值外，最大的效益是對生態環境保護所作的貢獻。以風扇發電與石油發電，在相等的發電量的基準上作比較，每座風塔所發的電能，每天至少可以減少排放11,000磅的二氧化碳、二氧化硫及過氧化氮的廢氣；一年以340天計算，就減少了370萬磅的空氣污染。可以說，風既能致富，風更能致福！

## 【貳】老作物新用途

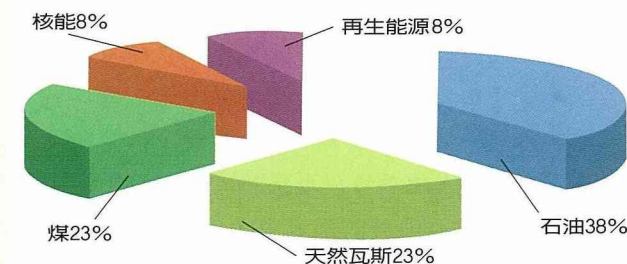
新能源作物：斯軟草(SWITCHGRASS, *Panicum virgatum*.)

百年以前，一畝地所收穫的牧草養牛或養馬，所產生的動力用於運輸，只夠拖拉一輛篷車。如今，將等量的牧草，應用生化科技萃取所含的碳水化合物轉化為能源，足足可以驅動一輛卡車。

在美國中西部的草原裡，有一種野生的禾本科稈屬牧草Switchgrass，碩長柔軟，(諧音會意，譯者將它譯為「斯軟草」，亦有人譯為「紐轉草」)。最近發現它除了可以用作飼料外，還可以釀製酒



2001年美國再生能源消費比



2001年美國能源消耗種類及比例

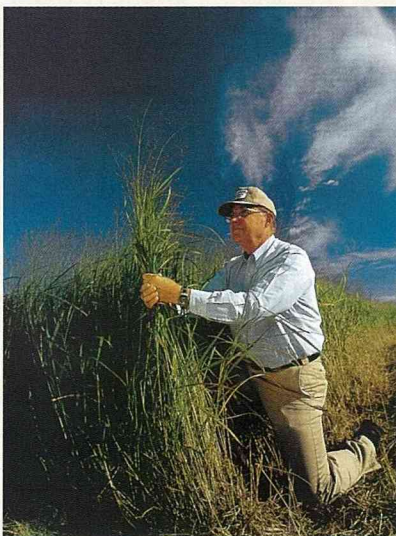
精。

根據內布拉斯加大學農藝教授甘佛格(Ken Vogel)的研究報告，種植一英畝的斯軟草，可以生產7-8公噸的「生質能」(biomass, 亦稱生物量或簡稱「生質」)；每一公噸的「生質能」又可以萃取出70-80加侖的酒精。準此，一英畝斯軟草每年可以生產490-640加侖的酒精。甘佛格進一步指出，如果將這些酒精，換算成爲等質等量的汽油，它可以驅使一輛2千cc的汽車行走1萬英里(16,000公里)。

甘佛格自1990年開始進行斯軟草與玉米的產量比較試驗。他發現斯軟草的適應性遠較玉米爲廣。在地力貧瘠，玉米難以生長的邊際土壤，斯軟草的發育仍舊很好。依據他試驗的結果，在相同的土質中，玉米的產量只有斯軟草的八成。而斯軟草最大的優點是它的根系發達，且具有極強的固土能力，可以明顯的減少坡地地表土的流失。這是一般牧草無法相比的特性。

作物收穫後殘餘的根莖葉，也是非常珍貴的「生質資源」。據調查，僅以玉米爲例，美國每年就可以收穫到2億8千萬公噸的殘留莖葉，這些物質都可以用來釀造酒精。

內布拉斯加大學另外一位植物生理學家威利費爾報告，爲了保持土壤的有機物質含量，通常應該將作物收穫後的殘莖廢葉半數留置在田間，另一半才收集萃取出酒精。同樣以玉米爲例，一英畝田就可以收集到將近3公噸的乾莖枯葉；按每公噸莖葉萃取出70-80加侖的酒精計算，農家除了玉米的主收入外，還可以增加了210至240加侖酒精的收益。若是以斯軟草爲例，效益更大，因爲它是多年生的宿根作物，除了殘莖廢葉外，根部可以保



存在田裡越冬(玉米必需每年翻耕)；所以斯軟草對地力維護的功效遠較玉米爲大。

美國農部與能源部合作，計畫在全國種植4200萬英畝(1700萬公頃)的斯軟草作爲「生質能源」(bio-energy)。計畫完成之後，每年可以直接增加農民50億美元的淨收益；同時還可以大幅增加地方政府的財稅收入，相對的減少自國外進口石油費用的支出。

美國農部的專家估計，爲了配合斯軟草的加工，全國最少要再新建500座大型酒精萃製工廠；因此，勢必增加農村許多新的就業機會。此一計畫預計在2005年可以完成。

斯軟草除了可以萃取出酒精外，還可以將它作爲煤的替代物，美國伊利諾州、愛荷華州及懷俄明州，正

積極進行以斯軟草作爲燃料的發電研究。愛荷華州查納頓市(Chariton)發電廠，去(2002)年冬天，他們曾以每小時燃燒16公噸的斯軟草用量，進行26天的測試，達成了使用5%的斯軟草替代原煤發電的目標。

他們並且證實斯軟草的發電功能約有煤的96%(7,458Btu：7,774Btu)。此一成果增強了以斯軟草發電的信心。查納頓市發電廠目前正在趕建一座大型的工廠，準備今年秋季擴大進行斯軟草發電的實驗。本項計畫的負責人哥非(Guffey)很有信心的指出，斯

軟草勢將成爲一種新型的「再生燃(原)料」。

固然，以目前的價位而論，用斯軟草發電的成本要比用煤偏高，因爲美國煤價低廉，每一公噸只售15美元，而斯軟草每一公噸卻要價40美元，有些地區甚至高達60美元。然而這種情況，可能改變一經由品種改良和栽培技術改進，斯軟草的單位面積產量很有可能再予提高，生產成本當然會相對降低，而煤的燃燒除了造成嚴重的空氣污染外，來源也日益短缺，斯軟草卻是永續不滅的農作物。

除了製造酒精和替代燃煤的功用外，歐洲與加拿大更應用機械的方法將斯軟草切碎，搗壓成小塊或小球，作為家庭壁爐取暖的燃料。如今丹麥、挪威和瑞典已普遍利用它來替代天然瓦斯。歐洲已經有兩千多家工廠專業製造家庭用斯軟草壁爐和斯軟草熱水器供應市場。

堪薩斯州立大學的工程師納爾遜更具體指出，每一個家庭無論是夏天所需要的冷氣或冬季所需要的暖氣，以及日常所需要的熱水，全部都可以由燃燒斯軟草供應，並且最多只要2英畝的斯軟草即足以完全應付。果真如此，斯軟草的發展前景，真是無可限量。

## 【參】養乳牛一舉三得 鮮奶·沼氣·有機肥

美國明尼蘇達州的丹尼斯 (Dennis Haubenschild) 是一位青年酪農，本來只靠出售鮮奶為生，收入有限。可是勤學的他，每天都會抽空閱讀一些農牧經營改進的書籍，或收看一些生物科技相關的新聞節目；當他聽到可以利用牧場廢棄物衍生燃料(Refuse Derived Fuel)的消息後，機靈的丹尼斯立即在他的牧場裡添置了一套將廢棄物分解發酵為沼氣的設備；把原先要費許多功夫去清除的牛糞便，變成可燃燒的生物瓦斯 (biogas)，他進一步再利用所產生的瓦斯(沼氣)去發電；同時將殘餘的有機物質用作培育牧草的肥料。如今，丹尼斯除了可以保持既有的鮮奶收益外，同時將原來討厭的「臭牛糞」變成值錢的「烏金」— 能源和肥料。

丹尼斯一共飼養了800頭乳牛，目前每天都將牛欄裡的糞便，匯集到「分解池」裡，在密閉的狀態下，以一定的溫度、濕度和酸鹼度促使糞便發酵產生沼氣。他又添置了一套小型發電設備，利用所生產的沼氣發電。他的牧場每個月平均可以產生10萬度 (kilowatt-hours) 的電，除了供牧場本身的需要外，剩餘的全部售給鎮上的電力公司；供應鎮上78戶家庭烹飪、取暖之用。丹尼斯的牧場每個星期除了節省700美元原應繳付的電費外，還賺取了900美元的售電收入。一進一出，全年52個星期一共增加了83,200美元的額外收益。

根據當地社區發展委員會亨利費雪 (Henry Fischer) 的調查，丹尼斯利用牛糞發電的計畫是明尼蘇達州最成功的一個案例，因為他的發電廠運轉效率高達99%，遠超過預期的目標。

動植物廢棄物產生瓦斯的原理，係因廢棄物在缺氧的「厭氧分解槽」內，由厭氧細菌進行分解，有機物質在分解時會產生多種氣體，包含50-80%的沼

氣(甲烷)、20-50%的二氧化碳，以及少量的氧氣、氮氣和硫化氫氣。在分解的過程中，同時可將有害動植物健康的病原菌以及雜草種子殺死。殘留的有機物，即是培育農作物的最佳養分。

丹尼斯牧場的分解發酵槽容積約為40萬加侖，埋置於地底下，頂部以具有伸縮性的尼龍布緊密封蓋。牛廄裡的糞便以自動傳輸的方式運至槽內，每天攪拌2次，所產生的沼氣隨時傳送到發電廠，燃燒發電。發電機每個月運轉21天。

未經發酵的牛糞大約只含有50%的有機質；經過發酵處理後有機質增加至75%，成為半液體狀。這些半液狀體就是所謂之有機肥料，每1000加侖價值14美元；僅是這種有機肥，全年總值即達6萬美元之多。

丹尼斯的牧場是美國農部、能源部和全國環境保護署所輔導的12個示範農場之一，全美國共有31套如同丹尼斯牧場的分解發酵設備。

他牧場發酵設備的總投資金額為30萬美元。創業初期如按照一般的貸款規定和手續，丹尼斯根本無法向銀行借到資金，幸虧靠明尼蘇達州政府農業廳推動「永續農業經營計畫」，始取得15萬美金的無息貸款，此後再獲得財政廳與環保局的87,500美金補助，才使丹尼斯的牧場有今日的成就。

丹尼斯預估5年之內可以償清所有的債務，而他所購置的發酵設備可以使用20年，發電機組也可以運轉8年，所以對他而言是值得的。他的故事說明了在自助人助的努力下，可以成功致富。

如果讀者有興趣深入瞭解丹尼斯的故事，可以上網 [www.mnproject.org](http://www.mnproject.org) 查詢。

◎