

畜禽廢棄物沼氣回收系統應用展望

撰文/李秉璋·許嘉伊·朱鴻鈞

前言

畜牧生產提供人類食物來源，然而養殖過程卻也同時產生糞尿等排泄物。雖然直接將畜牧業排泄物作為肥料再次利用較為簡便，但若未經處理則會引發臭味、廢水等環境汙染問題。在歐洲，農場糞尿被視為可再生資源，早期是以簡易式設備蒐集糞尿產生的甲烷作為燃料，現則發展利用垃圾、有機廢渣廢水、玉米稈、畜禽糞便等混合原料進行沼氣發電，甚至純化為天然氣使用。全球溫室效應約六成來自二氧化碳、兩成來自甲烷，可見甲烷為重要的溫室氣體，而且其二氧化碳當量為 21。由於沼氣中含有大量甲烷，因此若將畜牧排泄物用於沼氣回收應用，不僅可減少溫室氣體排放，還能將生物質轉換為能源使用。

國際發展概況

歐洲為全球沼氣工程發展最快的地區，而德國又是歐洲生物甲烷發展最快的國家，生物甲烷的產量約為 20.7 億 m^3 ，占德國燃氣產量的 14.5%，總消費量的 2.5%。德國自 2000 年開始實施「再生能源法」，相關政策與機制刺激德國沼氣應用產業快速發展，至 2008 年已建置 3,900 個沼氣工程，遍佈全國，總裝機容量為 1,400 MW (Megawatt, 千瓩)，裝機容量在 2 MW 的沼氣廠有 40 家，最小裝機容量為 50 kW (Kilowatt, 瓩)。德國沼氣工程大多使用混合原料，包括生活垃圾、廚餘垃圾、加工業的有機

廢渣和廢水、玉米稈、畜禽糞便等，且多數採用生物脫硫和活性碳脫硫結合的方法進行脫硫。其中大型沼氣工程分別應用於垃圾衛生填埋場、畜禽養殖場、私人農莊，大多沼氣工程皆利用沼氣發電，因而帶動相關技術發展，及設備、產品之製造生產。德國沼氣工程普遍採用混合厭氧發酵、沼氣發電上網、餘熱回收利用、沼渣沼液施肥、全程自動化控制的技術模式，配套設備與技術先進，且自動化程度高，節省人力資源、降低運作成本。除了沼氣發電與熱電聯產方面的應用外，德國已逐漸朝車用天然氣及天然氣併網的方向發展，2009 年已有 30 家沼氣廠將 1.8 億 m^3 經過純化的生物甲烷併入天然氣管網。

亞洲地區則以中國發展最為快速，中國在過去幾年展開大量的生物沼氣專案，中大型沼氣工程已經超過 4,700 多座，2008 年集中型生物燃氣產氣約 7.18 億 m^3 ，相當於當年度天然氣消費量的 0.5%。中國國家發展和改革委員會在 2006-2020 年可再生能源中長期發展規劃中預測，到 2020 年將在畜牧養殖場建設 1 萬座大中型沼氣廠，另外建設 6,000 座大中型沼氣廠用於處理工業有機廢水，沼氣年產量將達到 140 億 m^3 ，發電裝機能力將達到 300 萬瓩。而截至 2010 年沼氣發電僅達到目標值 300 萬瓩的 15%，可見沼氣發電在中國仍有很大的發展空間。此外，根據德國國際合作機構資料指出，2010 年中國的沼氣公司、服務和設備供應商總計有 4,000 家，

總產值達人民幣 260 億元。

雖然中國建立了大量沼氣廠，但多數有效益低、運作情形不佳，政府及產業界皆認為應提升產業技術水準及運作效益，因此除了自行投入研發，也積極引進國外的先進技術及設備。目前在中國已有六個由德方提供諮詢支援的沼氣示範項目，包括：江西遂川嘉裕牧業開發有限公司的中型豬糞發酵沼氣專案、四川紅原興牧科技開發有限責任公司的大型集中式犛牛糞沼氣工程、河南省北徐集團有限公司的大型豬糞和秸稈混合發酵沼氣項目、山東魯南牧工商聯合有限公司的大型集中式雞糞沼氣工程、北京合力清源科技有限公司（北京德青源農業科技股份有限公司子公司）大規模秸稈沼氣提純項目、黑龍江龍能燃氣投資有限公司的大型有機生活垃圾和牛糞聯合發酵沼氣專案，藉此引進德國先進的技術。

清潔發展機制

聯合國氣候變化綱要公約 (UNFCCC) 締約國為了抑制人為溫室氣體排放，避免地球氣候惡化，於 1997 年於日本京都召開第三次締約國大會時擬定《京都議定書》，協議溫室氣體減排目標。根據京都議定書規範，清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM) 是締約國中，已開發國家為實現溫室氣體減排承諾，得以用資金援助與技術移轉方式，減少開發中國家 CO₂ 排放，而透過特定計畫所獲得認證的排放減量則計入已開發國家之減量信用額度 (credit)，以此促進全球溫室氣體排放量減少。中國為京都議定書之締約國，且屬於開發中國家，不但無減排責任還可販售其減排量，故於 CDM 機制下成為受益者。而中國也積極推動 CDM，截至 2011 年 7 月，中國已批准 3,154 個清潔發展機制項目，主要集中在新能源和可再生能源、節能和提高能效、甲烷回收利用等方面。其中，已有 1,560 個項目於聯合國清潔發展機制執行理事會 (CDM EB) 註冊成功，占全球註冊項目總數約 46%；估計已註冊

項目預計核證減排量 (Certified Emission Reduction, CER) 年簽發量約 3.28 億噸二氧化碳當量，占全球總量約 64%。

在 CDM 申請案例裡，中國於農業領域以排泄物管理系統減少溫室氣體排放整合方法 (Consolidated baseline methodology for GHG emission reductions from manure management systems, 代號 ACM0010) 取得聯合國清潔發展機制執行理事會 (CDM EB) 註冊成功之畜牧場有四家，包括飼養豬的河南牧原食品股份有限公司、飼養牛的蒙牛乳業集團澳亞國際牧場以及飼養雞的山東民和牧業股份有限公司與北京德清源農業科技股份有限公司，上述公司透過 CDM 機制被認可的 CO₂ 減排量分別為每年 110,461、17,148、66,393、57,390 公噸 (表一)。

中國推動政策

中國中央政府於十一五期間在農村地區推廣生物沼氣項目的財政支出約人民幣 187 億元 (表二)，除了經費有逐年增加趨勢外，近年於中大型沼氣項目支出比例也較高。中央政府可補貼沼氣廠建設，每座沼氣廠的補貼為專案總投資的 25%-45% (至多人民幣 250 萬元)，且當地政府也會給予一部分投資補貼，通常，業者自己的投資額僅占總投資額度的 15%。於十二五規劃中，生物沼氣及生物質電廠提高能效與可持續運行也被列入該產業發展的重要項目。

為促進可再生能源發電 業發展，中國依據「中華人民共和國可再生能源法」和「價格法」制定「可再生能源發電價格和費用分攤管理試行辦法」，適用範圍為：風力發電、生物質發電 (包括農林廢棄物直接燃燒和氣化發電、垃圾焚燒和垃圾填埋氣發電、沼氣發電)、太陽能發電、海洋能發電和地熱能發電。水力發電價格暫按現行規定執行。其中，生物質發電項目併網電價，由國務院價格主管部門分地區制定標竿電價 (benchmark price)，電價標準由各省 (自治區、直轄市) 2005 年脫硫燃煤機組標

表一 中國於農業領域運用ACM0010方法之CDM註冊案

申請公司	飼養項目與頭數	沼氣產量 (百萬m ³ /年)	年發電量	預估營運年限	CDM 註冊日期	減排年限(年)	CO ² 減排量 (公噸/年)	購買國
河南牧原食品股份有限公司	豬188,500頭	N/A	N/A	15年	2007.12.21	10	110,461	日本
蒙牛乳業集團澳亞國際牧場	牛10,403頭	3.88	6,205千度	16年	2011.4.2	10	17,148	荷蘭、奧地利
山東民和牧業股份有限公司	蛋雞637,638隻、 肉雞3,626,292隻	9.38	22,960千度	25年	2009.4.27	10	66,393	德國、日本等14國
北京德清源農業科技股份有限公司	雞約3百萬隻	7	14,000千度	11年	2011.1.5	10	57,390	荷蘭

資料來源：聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)網站；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

表二 中國中央政府於農村地區推廣生物沼氣項目之財政支出

單位：人民幣億元

	2006	2007	2008	2009	2010
生物沼氣之財政支出	25	30	30	50	52
中大型沼氣項目比例	0%	0%	3%	35%	32%

資料來源：德國國際合作機構、中德沼氣合作戰略研討會(2011)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

竿上網電價加補貼電價組成。補貼電價標準為每瓦時人民幣 0.25 元。發電項目自投產之日起，15 年內享受補貼電價；運行滿 15 年後，取消補貼電價。自 2010 年起，每年新批准和核准建設的發電項目的補貼電價比上一年新批准和核准建設項目的補貼電價遞減 2%。發電消耗熱量中常規能源超過 20% 的混燃發電項目，視同常規能源發電項目，執行當地燃煤電廠的標竿電價，不享受補貼電價。且只有當發電裝機容量超過 500 瓦 (kW) 才可入網並得到政策支援的財政補貼 (表三)。然而，沼氣發電併入國家電網接入系統之出資方並未明確規定，據了解若經由政府單位同意，有機會由政府單位投資建設。

針對 CDM，中國政府也積極推動並加以管理，於 2005 年頒布實施「清潔發展機制項目運行管理辦法」，於中國進行清潔發展機制項目合作必須經國務院相關部門批准，主管機關為國家發展和改革委員

會。實施清潔發展機制項目的企業必須為中國境內的中資、中資控股公司，企業必須提交清潔發展機制項目設計文件、企業資質狀況證明文件及工程項目概況和籌資情況相關說 + 明等，主要審核內容包括：參與資格、設計文件、確定基準線的方法學問題和溫室氣體減排量、可轉讓溫室氣體減排量的價格、資金和技術轉讓條件、預計轉讓的計入期限、監測計劃、預計促進可持續發展的效果。

未來展望

由於畜牧場排泄物可作為堆肥應用，因此若非考量環保衛生、溫室氣體減排、當地電力供應不足等因素，對於養殖場而言，設置沼氣回收應用系統的誘因低。但如果當地政府透過資金補助並協助建立配套措施，鼓勵畜牧養殖業者建置沼氣發電系統以利廢棄物資源化，將有助於具規模之中大型畜牧

表三 中國沼氣和生物質發電併網電價和稅收優惠 (2010年)

沼氣廠原料種類	基礎電價	電價補貼(併網要求>500kW)	併聯補貼(給電網公司)	稅收優惠
畜禽廢棄物	2005年脫硫煤電的省級價格(約人民幣0.45元/度)。	<ul style="list-style-type: none"> • 2010年以前項目:人民幣0.25元/度。 • 2010年以後項目:第一年人民幣0.25元/度,逐年遞減2%。 • 期限15年。 	<ul style="list-style-type: none"> • 50公里:人民幣0.01元/度。 • 50~100公里:人民幣0.02元/度。 • >100公里:人民幣0.03元/度。 	<ul style="list-style-type: none"> • 前三年不用繳所得稅。 • 後三年繳納50%所得稅。
農林業生物質廢棄物	<ul style="list-style-type: none"> • 人民幣0.75元/度(含稅)。 • 關於批准項目或投標項目,併聯電價需要審批。 		同上	若70%原料為秸稈、糠殼或玉米,10%收入免稅。

資料來源:德國國際合作機構;台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

場投資相關設備,再經由出售電力、碳權、肥料等產物獲利。例如中國祭出沼氣廠建設補助、沼氣發電電價補貼、CDM 機制等政策,都直接帶動此產業發展。然而,畜牧沼氣發電的效益及可行性與養殖規模成正相關,以中小型畜牧養殖戶為主的環境,在無足夠誘因之下,業者恐難有獨自進行沼氣發電的意願。因此,除了大型養殖場以外,可透過成立一統籌整合單位,集中收集各中小型業者之家畜糞

尿進行沼氣發電,以直接購買或部分收入回饋中小型畜牧養殖業者之方式進行。至於營運模式能否成立,仍需考量家畜排泄物收集之成本,及該國政府是否推出相關政策法規進行鼓勵,另外,國際碳權價格也是應考量之關鍵。

AgBIO

李秉璋	台灣經濟研究院 助理研究員	生物科技產業研究中心	
許嘉伊	台灣經濟研究院	生物科技產業研究中心	專案經理
朱鴻鈞	台灣經濟研究院	生物科技產業研究中心	專案經理

參考文獻

1. 中國製造網 (2011) 十二五期間中國將從11方面推進應對氣候變化。
2. 金成、劉凱 (2009) 關於赴德國芬蘭沼氣工程考察報告。中國沼氣。
3. 第二屆中國國際生物質能展 (2011) 德國沼氣工程發展狀況和技術特點。國際低碳經濟研究中心。
4. 蔡昌達 (2011) 中國生物甲烷產業市場前景與概覽。杭州能源環境工程有限公司。
5. 蘇忠楨 (2008) 畜牧業沼氣生物脫硫系統開發及世界沼氣工廠市場評估。農業生技產業季刊, 16:60-72。
6. Corinne Abele (2011) 中德在生物沼氣領域開展合作。