

出國報告（出國類別：考察）

「高濃度畜牧廢水收集處理及能源回收
再利用技術」出國考察報告書

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：宋欣真簡任技正、陳俊融科長

曾志評薦任技士

派赴國家：大陸地區

出國期間：103年11月9日至11月13日

報告日期：103年12月

出國考察報告

目 錄

出國考察報告摘要	1
壹、考察目的	5
貳、行程簡介	6
參、參訪結果	8
肆、心得與建議	39
伍、參考資料	41

出國考察報告摘要

一、 成果評估

(一) 大陸地區畜牧業者為配合「全國畜禽養殖污染防治十二五規劃」，自中央政府至省、縣(市)政府皆積極進行禽畜糞液污染減量及回收再利用作為，並編列預算經費推動設置，其中又以農業部門為主政機關，並由財政及環境部門依權責協助辦理，近年來完成設置禽畜糞液收集處理及沼氣再利用作為實有成效。

(二) 本次參訪行程主要為針對農業廢棄物、養豬廢水及生活垃圾之收集處理與回收再利用作為，及相關工程之規劃、設置及營運方式等，可為我國後續推動執行參考。參訪成果重點摘述如下：

1. 收集處理及回收再利用：主要係以收集鄰近一定區域內之農業廢棄物、養豬廢水及生活垃圾為主，並以槽車及地下管線方式集中收集及提供後續回收再利用之料源。其中農業廢棄物及養豬廢水係以厭氧消化方式進行處理，並將厭氧消化後產生如沼氣發電、沼渣、沼液、熱能、動物蛋白質等再利用物質，提供鄰近居民及農戶使用，並將有機肥還肥於田並循環再利用。
2. 操作營運方式：大陸地區為有效推動設置禽畜糞液回收再利用作為，近年來積極以規模化方式規劃、設置沼氣中心或再利用設施，並以具自償性之永續經營理念為營運目標，已極具成效。
3. 跨部會整合推動：大陸地區推動設置禽畜糞液回收再利用作為，主要以農業部門為主政機關，除輔導農戶確實辦理禽畜糞液收集處理作業，並與財政部門共同補助業者設置禽畜糞液回收再利用工程，產生之沼氣發電除回饋鄰近地區家戶使用外，產製之沼渣沼液亦配合土壤肥力檢測及農作物施作所需營養鹽調查結果，適地適性提供農戶客製化有機肥料(液)，除可提升

農戶配合收集處理農業廢棄物及禽畜糞液之意願外，亦達合理化施肥及水質保護之效。

(三) 參訪地點

1. 河北京安生物質能源科技有限公司

- (1) 該公司資產總值人民幣（以下同）8 億元，主要經營項目包括種豬場 15 座及飼料公司、城市污水處理廠、肉類聯合加工廠與沼氣發電場等各 1 座。
- (2) 每年飼養 20 萬頭豬隻、日處理糞污 2,500 公噸（TS≐1.5%）、日產沼氣量 1 萬 3,000 立方公尺、年供 2 萬戶居民沼氣使用、年沼氣發電量 910 萬度、年產有機肥及沼液 87.5 萬公噸。

2. 杭州天元農業開發公司

- (1) 該公司占地面積約 47 萬平方公尺，建築面積約 35 萬平方公尺，其中豬舍面積約 29 萬平方公尺，蠅蛆養殖面積約 2 萬平方公尺，總投資金額約 7 億元。
- (2) 每年飼養豬隻約 18 萬餘頭，年出產商品豬 40 萬頭。該公司為大陸地區國家農業部生豬標準化示範場及浙江省農業科學院豬糞循環利用示範基地，其中「豬糞生物利用及新型動物蛋白源處理」營運方式為大陸地區首例。
- (3) 該公司主要以養豬廢水及病死豬為再利用之料源，其中養豬廢水經固液分離後之糞液，經厭氧處理及相關生物脫硫、化學除磷等流程，並流經廠區內氧化塘、水生植物塘、魚塘後供廠內豬舍清洗水使用及放流。另固液分離後之豬糞則併同病死豬（需先經無害化處理），則為蠅蛆之食物來源，發育完成之蠅蛆作為水產養殖肥料販

賣利用，經蠅蛆利用完之糞渣則再經二次發酵堆肥後，作為有機肥供廠區及鄰近農戶使用。

3. 杭州天子嶺發電有限公司

- (1) 該公司設有大陸地區第一家城市生活垃圾掩埋氣體發電廠，廠內共分為 2 設置階段，其中第 1 階段占地面積 1,250 平方公尺，裝設有 2 台 970kW 沼氣發電機組，廠內主要包括氣體收集、氣體壓縮淨化、氣體發電機組及發電機發電升壓與聯網等 4 大項目。設置完成後，平均每日處理掩埋氣體 4.6 萬平方公尺，每日減少二氧化碳排放量 108 萬立方公尺，自 88 年營運迄今，累計發電量達 2.2 億度，相當於減少 1.06 百萬公噸二氧化碳排放量。
- (2) 第 2 階段則於 100 年 4 月投入運行，占地面積約 1 萬平方公尺，裝備 3 台 1.03MW 沼氣發電機組；103 年 6 月則又再擴充 3 台 1.03MW 沼氣發電機組，擴充後容量達 6.18MW。平均每日可處理掩埋氣體 12 萬平方公尺，每日減少二氧化碳排放量 282 萬立方公尺。

4. 杭州能源環境工程有限公司

- (1) 該公司具有 100 多項規模化沼氣工程設計和工程總承包建設經驗，已完成設計建成規模化生物燃氣工程 100 多項，並列為聯合國發展計畫署 (UNDP) 註冊之的生物燃氣工程設計和設備供貨單位之一。
- (2) 該公司已協助完成沼氣發電設施之成功案例，包括北京德青源 2MW 熱電肥聯產雞糞生物燃氣發電工程、山東民和牧場 3MW 集中式生物燃氣發電工程及蒙牛澳業牧場 1MW 生物燃氣發電工程，其中山東民和牧場為大陸地區

最大之畜禽養殖生物燃氣發電工程，亦為首個溫室氣體減排碳交易成功之項目。

- (3) 該公司持續協助大陸地區、東南亞及歐洲國家等畜牧業者，規劃設置禽畜糞液沼氣再利用設施之規劃細設及施工作業，相關執行成果亦可作為我國後續規劃設置參考。

二、心得建議

- (一) 我國政府機關之橫向與縱向聯繫及合作機制有效建立與整合，且完備畜牧廢水及其他農業廢棄物之再利用相關法令及配套措施，將可提升國內業者投入禽畜糞液沼氣再利用設施相關領域之意願，養豬廢水及其他農業廢棄物方可有效視為資源再利用之料源，以達廢棄物永續利用及環境保護之效。
- (二) 中央部會如農委會、經濟部及其所屬機關等，應再行研議禽畜糞液再利用做為之補助或獎勵機制，本署亦將適時評估更進一步之協助與輔導方式，以為有效推動我國禽畜糞液再利用作為。
- (三) 禽畜糞液及農業廢棄物之再利用方式推陳出新，近年大陸地區業者將「蠅蛆」視為再利用方式之一種；後續如發展成熟，預料將進一步提升其再利用用途及經濟效益，相關執行成果可為我國後續推動之參考。

壹、考察目的

依據行政院農業委員會 103 年 7 月底統計資料，臺閩地區總養豬戶數 8,198 場之在養頭數為 553 萬 9,130 頭，養豬戶數及在養頭數主要集中於屏東縣、雲林縣、彰化縣、臺南市、嘉義縣、高雄市等南部 6 大農業縣市。豬糞尿廢水含高濃度有機物及氮、磷等營養鹽，影響承受水體，亦會產生各種臭味氣體如 H₂S，衍生臭味問題，自新虎尾溪往南至二仁溪，畜牧廢水為中南部地區河川污染的主要來源之一；另畜牧廢水如排至水庫集水區或水源區，將增加水處理負擔並衝擊民眾用水安全。

傳統養豬業係利用大量清水沖洗豬隻及豬舍，廢水排放至廢水收集溝，再利用三段式廢水處理設備處理廢水，排放至河川。為使畜牧業廢水有效的源頭減量，達到「省水減污」之目的，本署自 99 年底利用豬隻有固定排泄的特性，推動豬廁所之設置，100 年度推動「清潔養豬綠能產業」省水減污示範計畫，補助宜蘭縣、雲林縣、彰化縣、新竹縣、苗栗縣、嘉義縣、臺南市、高雄市、屏東縣及花蓮縣等 10 縣市辦理「豬廁所」設置，共設置 6,950 個豬廁所，有效收集 17 萬 7,600 頭豬隻糞尿。截至 103 年 10 月底止，本署已完成設置 460 場養豬戶計 2 萬 5,507 個豬廁所，有效收集 62 萬 5,175 頭豬隻每日 2,794 公噸糞尿污染（以豬隻 60 公斤重所排之糞尿估算）。

考量大陸地區近年來為配合「全國畜禽養殖污染防治十二五規劃」，推動規模化禽畜糞液污染減量及沼氣發電、供熱製冷、沼渣沼液還肥於田等相關工程及回收再利用作為已有明顯成效。為了解大陸地區畜牧業者及禽畜糞液能源回收業者之沼氣再利用技術開發與能源回收推動方式、操作營運及未來規劃執行作為，及評估大陸地區禽畜糞液沼氣再利用設施與技術因地制宜推廣應用於我國畜牧業者之可行性，以供本署後續推動設置區域型沼氣中心或沼氣再利用設施等相關執行之參考，爰進行本次實場參訪。

貳、行程簡介

一、參訪行程重點介紹

- (一) 河北京安生物質能源科技有限公司：了解該公司畜禽飼養狀況、禽畜糞液回收處理方式、沼氣發電技術與熱電聯產污水處理中心操作營運方式及沼渣沼液還肥於田執行成果等。
- (二) 杭州天元農業開發公司：了解該公司豬糞尿收集處理方式、蠅蛆利用、熱電聯產技術、污水處理方式及沼氣發電與車用燃料使用現況。
- (三) 杭州天子嶺發電有限公司：了解該公司為中國大陸第一家生活垃圾收集處理掩埋沼氣發電場之操作營運、沼氣回收及發電應用方式。
- (四) 杭州能源環境工程有限公司：了解該公司執行中國大陸禽畜糞液沼氣再利用工程規劃設置方式與營運管理情形，及沼氣脫硫、發電等再利用技術之規模化開發執行成果。

二、參訪行程表

日期	參訪內容	拜會/接見人員
11/9 (星期日)	啟程，從臺灣桃園縣出發至大陸地區北京市	-
11/10 (星期一)	參訪河北京安生物質能源科技有限公司	魏勇總經理
11/11 (星期二)	1. 北京市至浙江省杭州市 2. 參訪杭州天元農業開發公司	顧建國董事長
11/12 (星期三)	參訪杭州天子嶺發電有限公司	現場操作人員
11/13 (星期四)	1. 參訪杭州能源環境工程有限公司 2. 返程，從杭州市返回臺灣桃園縣	蔡昌達董事長

參、參訪結果

一、 本次參訪行程主要為針對農業廢棄物、養豬廢水及生活垃圾之收集處理與回收再利用作為，及相關工程之規劃、設置及營運方式等，可為我國後續推動執行參考。參訪結果重點摘述如下：

- (一) 收集處理及回收再利用：主要係以收集鄰近一定區域內之農業廢棄物、養豬廢水及生活垃圾為主，並以槽車及地下管線方式集中收集及提供後續回收再利用之料源。其中農業廢棄物及養豬廢水係以厭氧消化方式進行處理，並將厭氧消化後產生如沼氣發電、沼渣、沼液、熱能、動物蛋白質等再利用物質，提供鄰近居民及農戶使用，並將有機肥還肥於田並循環再利用。
- (二) 操作營運方式：大陸地區為有效推動設置禽畜糞液回收再利用作為，近年來積極以規模化方式規劃、設置沼氣中心或再利用設施，並以具自償性之永續經營理念為營運目標，已極具成效。
- (三) 跨部會整合推動：大陸地區推動設置禽畜糞液回收再利用作為，主要以農業部門為主政機關，除輔導農戶確實辦理禽畜糞液收集處理作業，並與財政部門共同補助業者設置禽畜糞液回收再利用工程，產生之沼氣發電除回饋鄰近地區家戶使用外，產製之沼渣沼液亦配合土壤肥力檢測及農作物施作所需營養鹽調查結果，適地適性提供農戶客製化有機肥料（液），除可提升農戶配合收集處理農業廢棄物及禽畜糞液之意願外，亦達合理化施肥及水質保護之效。

二、 參訪地點與設施介紹

(一) 河北京安生物質能源科技有限公司

1. 前言

(1) 河北裕豐京安養殖有限公司位於河北省安平縣（如圖 1），

每年飼養 20 萬頭豬隻，為河北省重點種豬場、國家生豬核心育種場、國家現代生豬產業技術體系綜合試驗站、國家生豬活體儲備基地及國家冷凍肉儲備基地，公司資產總值約為人民幣（以下同）8 億元，主要經營項目包括種豬場、飼料公司、城市污水處理廠、肉類聯合加工廠及沼氣發電廠等。

- (2) 該公司種豬場係以分點式飼養和分胎次飼養模式，進行工程規劃設計及施工建置作業，主要設施採用自動飼餵、自動飲水、自動排污、自動通風、自動控溫等全自動化設施。
- (3) 該公司生質物收集處理及回收再利用設施主要係由國家農業部、財政部及國家發展和改革委員會補助設置，補助項目包括規劃、細部設計及工程施工等，自規劃至完工預計 1 年內完成。總規劃細設及工程經費約人民幣 6,000 萬元（其中包含天然氣管網建置費用，第一期規劃提供 2 萬農戶使用）。

2. 生質能處理設施

- (1) 生質能處理設施主要包括糞污前處理、糞污沉澱、中溫與常溫厭氧消化（CSTR）、沼液貯存、沼氣純化及沼氣貯存利用等單元，流程如圖 2。
- (2) 目前該公司厭氧發酵處理階段已完成基本測試，運轉中。相關操作參數如下：
 - i. 進料：設計日進料 2,500 立方公尺、TS 1.5%、COD16,000 ppm，實際日進料 1,800~2,000 立方公尺、TS 2%、COD 15,000~20,000 ppm。
 - ii. 厭氧罐：設計 4 個 5,000 立方公尺厭氧發酵罐、2 個中溫罐、2 個常溫罐，罐體為焊接罐，罐內設有增溫管，罐頂設有攪拌機（施工過程如圖 3，設置完成如圖 4）；其中中溫罐物料直接泵入常溫罐

繼續發酵，常溫罐物料由上部溢流口流至二沉池進行沉澱。目前增溫熱水來自地熱水，待發電機正常運行後，發電機餘熱將作為厭氧罐之增溫能源。目前中溫罐內的 TS 濃度為 2% 左右、pH=7、日進料 600~700 立方公尺，常溫罐內的 TS 濃度為 1.5% 左右、pH=7、日進料 1,100~1,200 立方公尺。(常溫發酵時，TS 濃度高時停留 10 天，TS 濃度低時則停留 15-20 天)

- iii. 產氣：設計日產生沼氣 13,000 立方公尺、甲烷含量 60% 左右，實際日產生沼氣 13,000~14,000 立方公尺、甲烷含量 60~64% 左右，產氣量及甲烷含量皆高於設計值。
- iv. 脫硫：設計 1 座生物脫硫塔（如圖 5）、處理量為 600 m³/h、沼氣進氣 H₂S 含量為 3,000 ppm，處理後沼氣 H₂S 含量為 200 ppm，去除率約為 95%；實際沼氣進氣 H₂S 含量為 5,000~5,600 ppm，處理後沼氣 H₂S 含量低於 50 ppm，去除率高達 99%，脫硫效果高於設計值。
- v. 發電：安裝 2 台卡特 1.2MW 沼氣發電機，目前該廠已完成基本安裝作業，後續俟完成測試後即可全面發電上網，發電機餘熱將用於厭氧罐之增溫。該發電機之電效率為 42.1%、熱效率為 43.8%，理論上每立方沼氣可發電 2.4 度，餘熱則用於厭氧罐增溫。另電網收購價格為每度電人民幣 6 毛錢，實得利益為每度電 2 毛錢。
- vi. 沼液後處理：原設計沼液經固液分離後，沼渣製成固態

有機肥，沼液經濃縮後製成液態有機肥；剩餘後沼液則送至污水處理廠。目前本項之肥料加工廠仍在建設中，故厭氧產生之沼液皆送至污水處理廠進行處理；設置完成後，所生產肥料部分供廠區周圍生態農田澆灌使用，剩餘有機肥料則出售周邊農戶。

- (3) 沼氣發電設計面：包括沼氣預處理系統、發電系統、餘熱回收系統、送出系統、廠區內外輸配電系統、主接線、電氣設備配置及主要設備選型、直流系統、監控系統、保護及自動裝置系統、過電壓保護及接地系統、廠區照明系統、電纜設施、消防報警系統、廠內通訊系統、廠外遠程控制系統等。

(沼氣發電機組設置如圖 6)

- (4) 沼氣發電設置面：包括氣體預處理、氣體增壓、2 台 1.2 MW 燃氣發電機組、餘熱回收系統、軟化水系統、燃機潤滑油儲存及過濾系統、燃氣機組控制在線監測、發電系統遠程監控、沼氣成分與成分在線監控設備等。

- (5) 沼氣發電配套面：規劃設置包括沼氣儲存（雙膜式甲烷貯氣槽如圖 7）、淨化與提純系統、4 座 CNG 加氣站、200 公里 PE 輸氣管網和 400 公里入戶管網、6 座供氣站，2 萬戶集中供氣用戶、固肥車停放間 850 平方公尺，液肥車停放間 500 平方公尺、肥料倉庫 500 平方公尺等。

3. 設置或執行效益

- (1) 設置完成後，日處理糞污 2,500 公噸（TS≐1.5%）、日產沼氣量 1 萬 3,000 立方公尺、年供 2 萬戶居民沼氣使用、年沼氣發電量 910 萬度、年產有機肥及沼液 87.5 萬公噸（沼渣沼液再利用區建設中，如圖 8）。另規劃 104 年起將進一步收

集鄰近區域農業廢棄物如桔梗等，以提高生質物料回收再利用收益。

- (2) 沼氣產生電力除為場內自用及提供鄰近區域養殖場、飼料加工廠、農戶使用外，剩餘電量將併入河北省安平縣電網。
- (3) 豬場周邊建有萬畝有機農業生態園區，所產生之有沼渣、沼液可作為肥料及農業灌溉用水，形成種養業生態循環。另依農戶需求及輸送距離，規劃以 25、50 公斤罐裝及地下管線輸送方式，針對不同農作物施肥需求及土壤肥力，調配客製化有機肥濃度。（本署人員與京安公司訪談情形，如圖 9）



圖 1 河北京安生物質能源科技有限公司

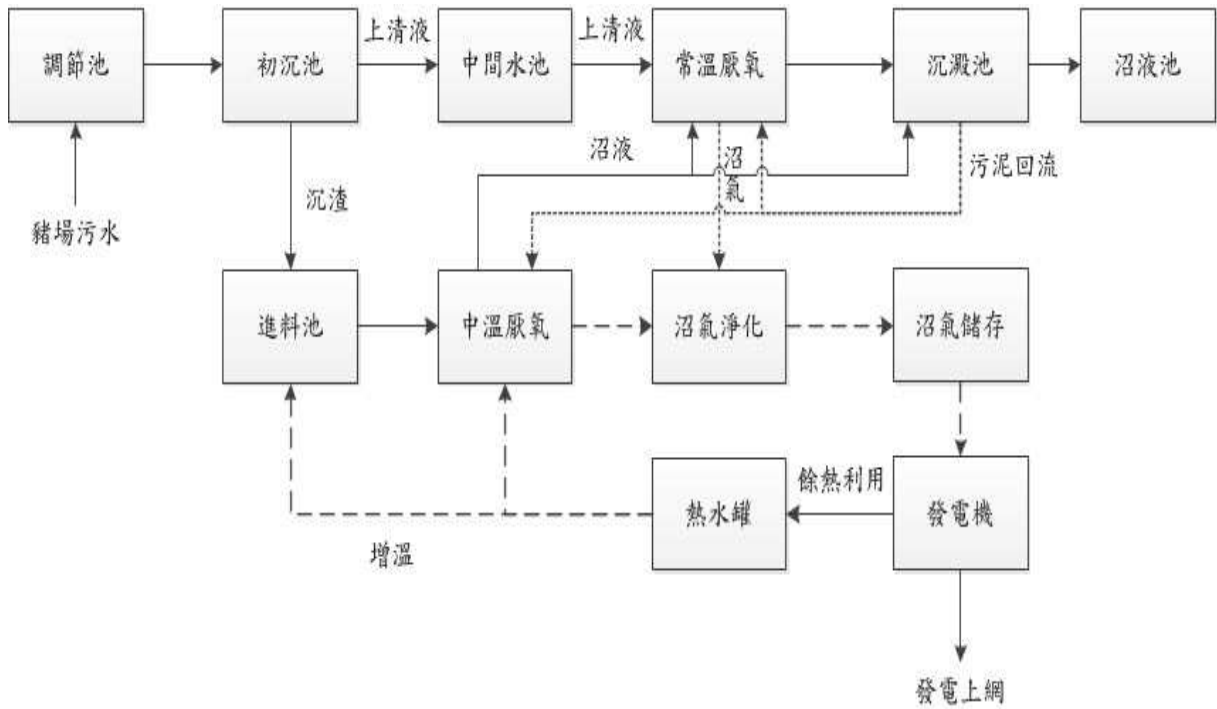


圖 2 生質能處理設施流程圖



圖 3 廠內厭氧罐及相關設備施工照片



圖 4 厭氧發酵罐



圖 5 生物脫硫塔



圖 6 沼氣發電機組（設置中）



圖 7 雙膜式甲烷貯氣槽



圖 8 沼渣沼液再利用區（建設中）



圖 9 本署人員與京安公司訪談情形

(二) 杭州天元農業開發公司

1. 前言

- (1) 杭州天元農業開發有限公司成立於 2007 年 8 月，占地面積約 47 萬平方公尺，建築面積約 35 萬平方公尺，其中豬舍面積約 29 萬平方公尺，蠅蛆養殖面積約 2 萬平方公尺，總投資金額約 7 億元。
- (2) 浙江省境內 4 個大型養豬場每年在養共約 45 萬頭豬隻，其中杭州天元農業開發公司為最大宗，每年飼養在養豬隻約 18 萬餘頭，年出產商品豬 30~40 萬頭（場內豬舍設置如圖 10，豬舍臭氣收集管裝設如圖 11）。該公司為大陸地區國家農業部生豬標準化示範場及浙江省農業科學院豬糞循環利用示範基地，主要執行養豬廢水、病死豬及蠅蛆生質能再利用等項目，其中以「豬糞製作燃料棒」及「豬糞生物利用及新型動物蛋白源處理」為主，後者更為大陸地區首例。
- (3) 浙江省政府為配合「全國畜禽養殖污染防治十二五規劃」及相關水污染防治規定，近年來已加嚴相關畜牧場放流水標準，如化學需氧量（COD）及氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）排放標準分別為 100 mg/L 及 15 mg/L；另部分畜牧場如杭州天元農業開發公司等，已設有自動連續水質監測設施，24 小時掌握畜牧廢水水排放狀況。

2. 生質能處理設施

杭州天元農業開發公司主要以養豬廢水、豬糞及病死豬為綜合處理及再利用之料源，處理流程說明如下（流處理流程如圖 12）：

- (1) 養豬廢水：每天收集處理量約 1,200 公噸，經固液分離後之廢液經初沉池後，部分經厭氧反應器、生物脫硫及貯氣槽等程序產生之沼氣，作為厭氧反應器運轉能量；部分經

二沉池、中間水池、污泥回流系統後之處理水，及經污泥池及污泥脫水系統產生之澄清液等，分別經化學除磷程序後，流入場區內氧化塘、水生植物塘、魚塘後供廠內豬舍清洗水使用及放流。

- (2) 豬糞及病死豬：每日處理固液分離後之豬糞量約 200 公噸，併同經無害化處理之病死豬（每日處理量約 5 公噸），一起作為場內蠅蛆養殖之食物來源（場內多個蠅蛆養殖區如圖 13，養殖區內情形如圖 14）。其中養殖發育完全之蠅蛆，經低溫烘乾、超微粉碎及其他相關程序後（超微粉碎機如圖 15），蠅蛆體內蛋白質及胺基酸含量皆高達 50%以上，可作為高檔水產養殖肥料販賣利用（如蠅蛆粉、蠅蛆乾等），每年產生之鮮蠅蛆肥料產量約 3,500 公噸（總處理流程如圖 16）。另經蠅蛆利用完之豬糞渣，經二次發酵堆肥程序後，則作為有機肥供廠區及鄰近農戶堆肥使用，每年產量約 3 萬公噸；其中豬糞有機質約為 40%、水份約為 25%、pH 約為 8。另剩餘豬糞則經發酵、烘乾及壓縮程序等，製成無臭味、無殘渣的豬糞燃料棒，提供豬場提供新型能源（每公斤燃料棒估計熱能約達 3,000 大卡以上，目前主要供作場內冬天豬舍保溫自用，後續將視產量及效益，評估提供鄰近農戶使用）。豬糞製成有機肥流程如圖 17。
- (3) 有機肥處理流程：首先將含水率低於 60%之溼豬糞，以鏟車送入進料皮帶機，並以專用烘乾機進行豬糞低溫烘乾（其中烘乾機中端配有粉碎機、提升機及自動加煤機等沸騰爐裝置）。另烘乾機產出之尾氣，分別經過旋風除塵、水膜除塵處理後，供廠內自用。經烘乾處理後之豬糞，經

冷卻、分級、過篩、攪拌、超微粉碎、擠壓造粒等程序後，製成有機肥成品。

3. 設置或執行效益

- (1) 該公司豬隻、蠅蛆養殖場及生質產品製作過程中，產生之臭氣，皆已納管降解處理；產生之廢污水，亦全經厭氧發酵、曝氣及水生植物淨化等流程（廠區內水生植物塘如圖 18），配合大陸地區國家環境保護政策，維護廠區周遭環境品質。
- (2) 該公司開發新型養豬廢水回收再利用方式，以高優質蛋白蠅蛆肥料為例，每公噸價格約人民幣 1.5 至 1.8 萬元，除可提供鄰近區域農戶施肥使用，以達生質能循環使用之效，兼具經濟效益。
- (3) 該公司將豬糞製成燃料棒（如圖 19），目前雖僅提供廠內豬舍保溫自用，後續如可大量生產提供鄰近地區農戶使用，將可有效降低木炭用量，減少二氧化碳等溫室氣體排放，深具環境改善效益。



圖 10 杭州天元農業開發有限公司豬舍設置情形



圖 11 杭州天元農業開發有限公司豬舍臭氣收集管

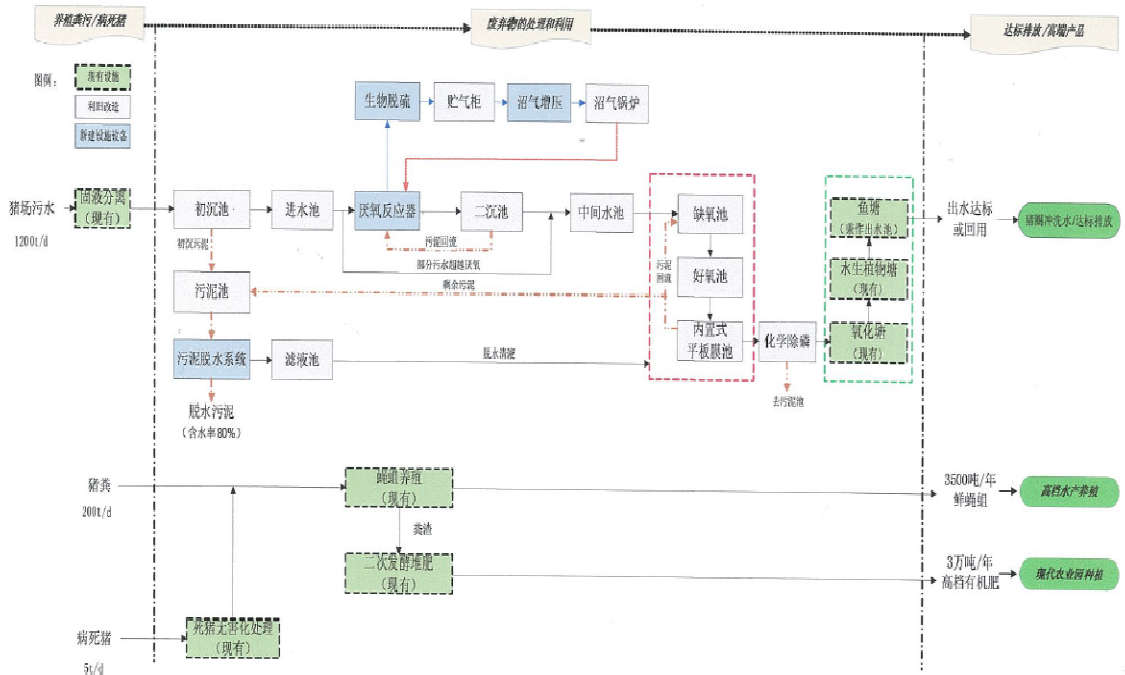


圖 12 豬糞尿綜合處理流程圖



圖 13 場內多個蠅蛆養殖區



圖 14 蠅蛆養殖區



圖 15 超微粉碎機

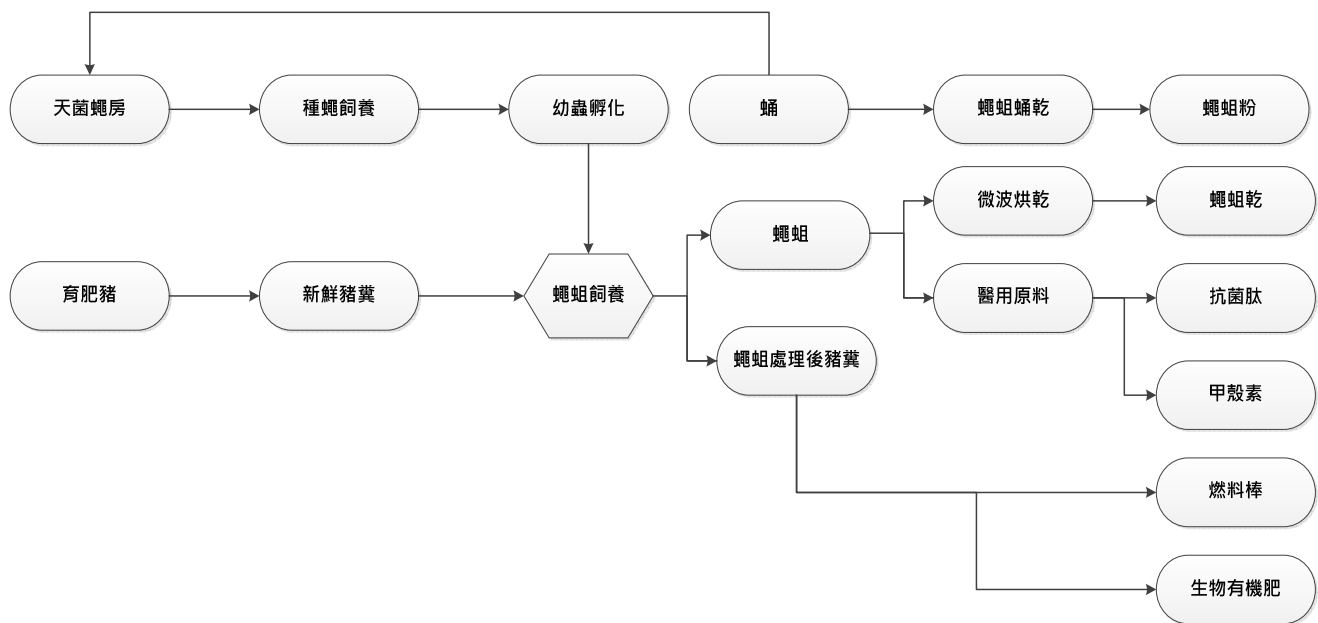


圖 16 蠅蛆製成高蛋白有機肥流程圖

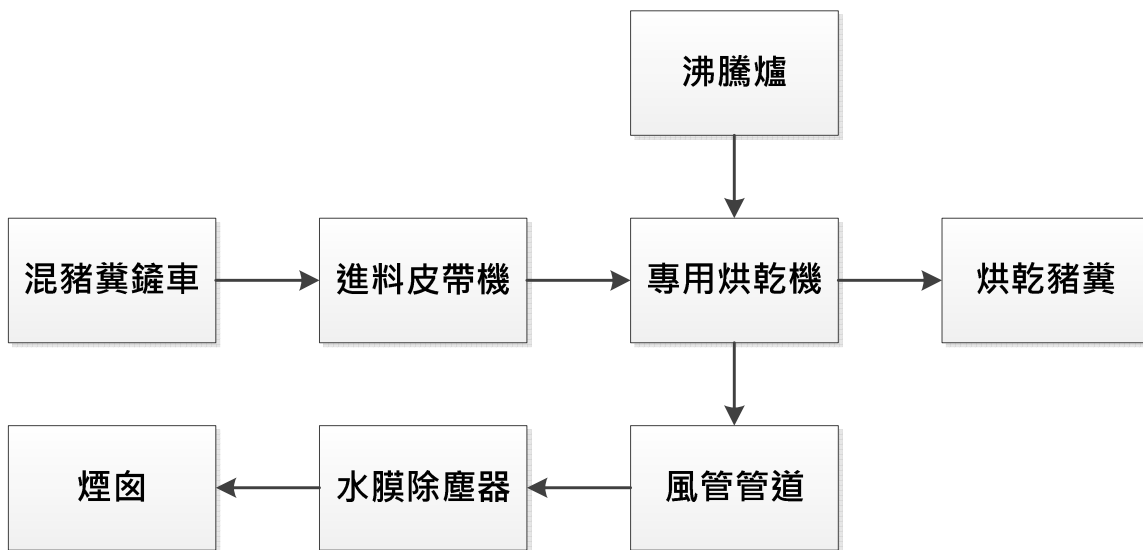


圖 17 豬糞製成有機肥流程圖



圖 18 廠區內水生植物塘



圖 19 豬糞製成燃料棒

(三) 杭州天子嶺發電有限公司

1. 前言

- (1) 杭州天子嶺發電有限公司隸屬於杭州市環境集團有限公司，成立於 2012 年 9 月，共分為 2 階段，其中第 1 階段前身為杭州中佳環境技術有限公司，成立於 1998 年 10 月，占地面積 1,250 平方米，裝備 2 台 970 KM 機組，為大陸地區第一家城市生活垃圾及廚餘填埋氣體發電廠，投資金額約為人民幣 2,100 萬。
- (2) 杭州市環境集團有限公司主要從事城市生活固體廢棄物前端收集、運輸、生態填埋、焚燒處置、沼氣發電、污水處理、環境監測、環境設計諮詢、道路清掃保潔、處理設施運營及生態環境教育基地等。

2. 生質能處理設施

- (1) 第 1 階段主要包括氣體收集、氣體壓縮淨化、氣體發電機組及發電機發電升壓與聯網等 4 大項目，由 1 臺中央控制機台統合運作，並配有 24 小時產氣檢測裝置。平均每日處理掩埋氣體約 4.6 萬平方公尺，每日減少二氧化碳排放量 108 萬立方公尺，自 88 年營運迄今，累計發電量達 2.2 億度，相當於減少 1.06 百萬公噸二氧化碳排放量。
- (2) 第 2 階段則於 100 年 4 月投入運行，占地面積約 1 萬平方公尺，裝備 3 台 1.03MW 沼氣發電機組，亦包括氣體收集、氣體壓縮淨化、氣體發電機組及發電機發電升壓與聯網等 4 大項目。103 年 6 月則又再擴充 3 台 1.03MW 沼氣發電機組，擴充後容量達 6.18MW。平均每日可處理掩埋氣體 12 萬平方公尺，每日減少二氧化碳排放量 282 萬立方公尺。
- (3) 廠內發電廠採用填埋氣體回收與淨化技術，將有害易爆的填埋氣體轉化為優質、穩定的燃氣資源；並採用自動連續監測系

統，掌握氣體成分與品質，以為後續沼氣發電使用。

(4) 廚餘處理及沼氣發電流程

該公司集中收集杭州市餐廳廚餘、垃圾，並經過分選、固液分離、除渣、粗渣分離及除砂等處理流程，最後經過除油及厭氧消化系統產製之沼氣，作為沼氣發電使用（處理流程如圖 20）。相關設施包括進料車間、粗渣分離機、自動分選機、三相分離機、三相提油機、攪拌加熱罐、加熱反應槽、旋流除砂機及固相水力除渣機等，如圖 21 至圖 29 所示。

3. 設置或執行效益

- (1) 102 年天子嶺發電有限公司垃圾處理量約達 140 萬公噸，日平均處理量約 3,900 公噸，垃圾滲出水約 80 萬公噸，其中化學需氧量（COD）減排量約為 1 萬 3,000 公噸，氨氮減排量約為 1,400 公噸。
- (2) 該公司填埋生活垃圾及廚餘產生之氣體，其中 1 立方公尺氣體之甲烷濃度約可達 40-50%，沼氣發電量為 1.6 度/立方公尺，產電主要供作廠內自用。掩埋氣體發電系統流程如圖 30，厭氧發酵槽如圖 31。本署人員參訪天子嶺公司，與現場操作人員合影如圖 32。



圖 20 廚餘處理及沼氣發電流程



圖 21 進料車間



圖 22 粗渣分離機



圖 23 自動分選機



圖 24 三相分離機



圖 25 三相提油機



圖 26 攪拌加熱罐



圖 27 加熱反應槽



圖 28 旋流除砂机



圖 29 固相水力除渣機

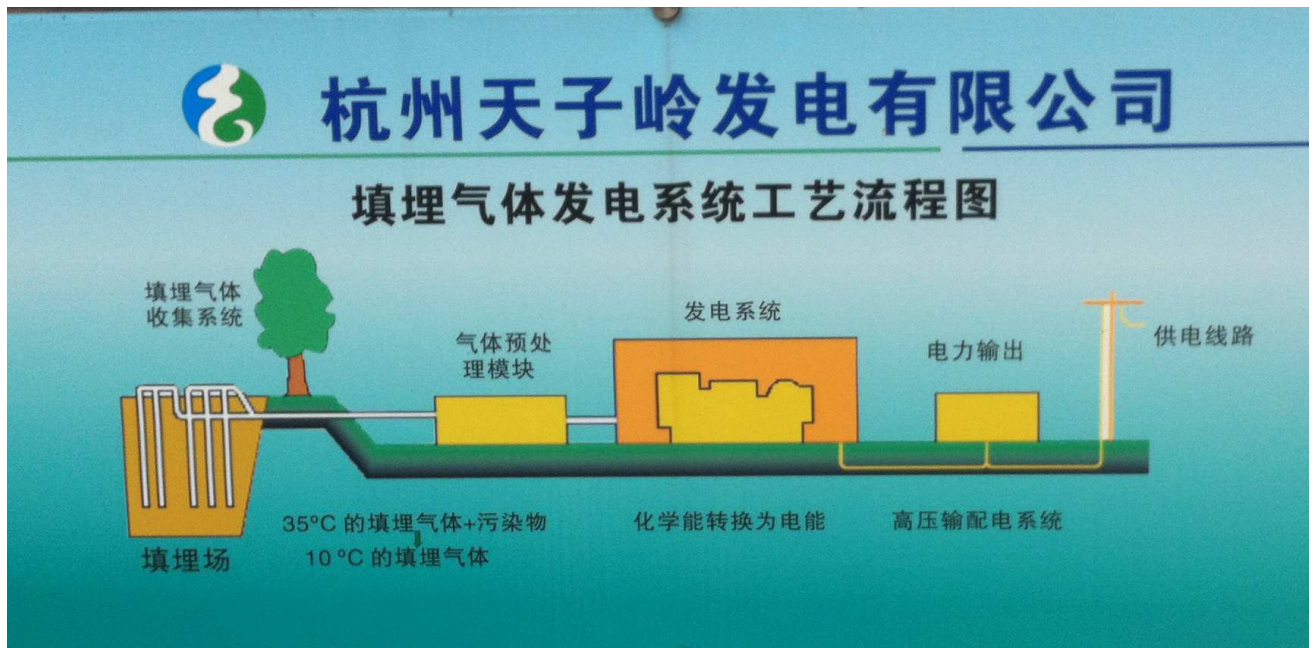


圖 30 掩埋氣體發電系統流程



圖 31 厭氧發酵槽



圖 32 本署人員與天子嶺公司現場操作人員合影

(四) 杭州能源環境工程有限公司

1. 前言

- (1) 杭州能源環境工程有限公司成立於 1992 年，前身為杭州能源環境工程設計研究所，至今已有大陸地區及國外共 100 多項規模化沼氣工程設計和工程總承包建設經驗，已多次承接大陸地區農業與科技部門重大計畫，並列為聯合國發展計畫署(UNDP)註冊之的生物燃氣工程設計和設備供貨單位之一。
- (2) 該公司與德國、丹麥等國之生活與農業廢棄物、禽畜糞液沼氣回收再利用公司皆維持長期合作關係，掌握各國沼氣技術發展狀況與執行成果，並引進大陸地區參考及研發創新；近年來並參與我國畜牧場之禽畜糞液沼氣回收再利用工程之規劃、細部設計及工程施作相關作業。

2. 生質能回收再利用規劃設計

- (1) 該公司發展生質能之回收料源，主要包括豬、雞、牛等畜禽糞便、農作物桔梗及生活垃圾等；再利用方式則包括沼氣發電、天然氣車用燃料、供熱製冷及沼渣沼液還肥於田等。其中有關熱、電、肥聯產沼氣工程技術特點如下：

- i. 高濃度發酵 (TS 8~12%)：提高產氣率，減少裝置容積，節省工程投資。
- ii. 中溫發酵 (35~38 度)：裝置產氣率 1.0~1.5 m³/m²/日，常年穩定運行。
- iii. 攪拌裝置：解決物料傳質不均及結殼問題。
- iv. 生物脫硫：脫硫效果提高至 90%以上，脫硫成本降低 70%。
- v. 熱電聯產：發電機餘熱用於厭氧罐增溫，減少能源消耗，能源利用率可提升至 80%以上。
- vi. 沼肥利用：沼渣沼液充分利用，提高農產品品質，發展

循環經濟。

(2) 主要工程項目

- i. 一體化雙膜沼氣貯氣裝置：採用沼氣專用膜材，為特殊 PVC 塗層，具有抗紫外線、耐老化、抗硫化氫腐蝕及抗甲烷氣體滲漏等特性。主要組件包括貯氣膜（外膜及內膜）、錨固系統（壓板及錨固螺旋）、支撐系統（立柱、柱頭、支撐帶及安全網）、進風系統（風機及風管）、安全系統（沼氣安全閥及空氣安全閥）及測量系統（視鏡及探測器）等。
- ii. 雙膜乾式球型沼氣貯氣裝置：相對於傳統濕式裝置，特點包括裝置成本減少 30~40%、寒冷地區可正常運行、低壓安全貯氣（適用壓力 1,200~3,500 帕）及縮短建設期程等。
- iii. 生物脫硫設備：利用微生物特性，在厭氧條件下硫化氫還原成單質硫或亞硫酸。設備特點包括不需催化劑、不需處理化學污泥、能耗低、脫硫率 90%以上及脫硫成本低（每立方公尺沼氣處理費用較化學脫硫法成本減少約 70%）。
- iv. 厭氧罐攪拌設備：包括斜入式、頂入式及側入式等攪拌方式，適用多種類型之厭氧罐及勻漿池，具攪拌均勻、避免浮渣與結塊、低速節能等特性。

- (3) 為提升上述相關生質物能源回收再利用效益，該公司於 102 年 9 月份開工設置「生物燃氣高效製備及高值利用關鍵設備國產化產業平台」，總設備生產基地及研究中心占地面積約 2 萬 6,000 平方公尺（產業化設備生產基地 2 萬平方公尺及生物燃氣工程技術研發中心 6,000 平方公尺），其中設備生產

基地包括預處理設備、厭氧設備、沼氣淨化設備及貯氣設備等生產單元，並配有生物燃氣厭氧發酵、淨化提質、貯存輸配及高值利用設備生產線等相關設施；另研發中心則主要進行沼氣設備及厭氧技術之研發。新建廠房設置完成後，廠內4條獨立生產線預計每年可生產50套大型沼氣工程套組及相關設備，有效強化沼氣工程裝備產業化及規模化能力（新建廠房如圖33、34）。

3. 設置或執行效益

- (1) 該公司已協助完成沼氣發電設施之成功案例，包括北京德青源2MW熱電肥聯產雞糞生物燃氣發電工程、山東民和牧場3MW集中式生物燃氣發電工程及蒙牛澳業牧場1MW生物燃氣發電工程；其中山東民和牧場為大陸地區最大之畜禽養殖生物燃氣發電工程，亦為首個溫室氣體減排碳交易成功之項目。
- (2) 該公司持續協助大陸地區、東南亞及歐洲國家等畜牧業者，規劃設置禽畜糞液沼氣再利用設施之規劃細設及施工作業，相關工程規劃設置與營運管理方式，及沼氣脫硫、發電等再利用技術之開發執行成果等，可為我國後續規劃設置參考。



圖 33 杭州能源環境工程有限公司新建廠房外觀



圖 34 杭州能源環境工程有限公司新建廠房內部設施

肆、心得與建議

有鑑於禽畜糞液、農業廢棄物及生活垃圾等如未經妥善處理，將造成如水體水質惡化等環境問題，且須投入大量經費與人力於後端被動改善，近年來國外先進國家如德國、丹麥等國及大陸地區對於禽畜糞液收集處理及回收再利用作為，已建置完整妥善收集處理體系及再利用程序。主要係以厭氧消化方式將豬糞尿處理產生沼氣，作為沼氣發電或天然氣等車用燃料使用；另經發酵完成的豬糞尿、沼渣、沼液等具豐富氮、磷、鉀等營養元素，可作為有機肥或土壤改良劑回歸農地使用，主要具有畜牧廢水、臭味及溫室氣體排放等環境污染改善效益，兼達經濟及能源等多面向效益，值得我國後續推動執行參考。

本署依職掌權責主政環境水體水質改善業務，並以減量、再使用、物料回收、能源回收、新生土地及改變設計/養分循環之 6R 原則，持續規劃辦理禽畜糞液再利用相關作業與技術之評估、示範及推廣作業，並研析國外最新禽畜糞液再利用技術研發及能源轉化執行成果等；其中部分事項及相關配套措施尚涉及其他中央部會權責主政業務，包括調整沼氣發電等生質能源躉購費率至合理價格、補助沼氣發電機組設施、天然氣提供車用燃料、沼渣沼液還肥於田等，仍待相關中央及地方機關共同推動辦理，以有效改善水體環境水質及其他環境污染問題。

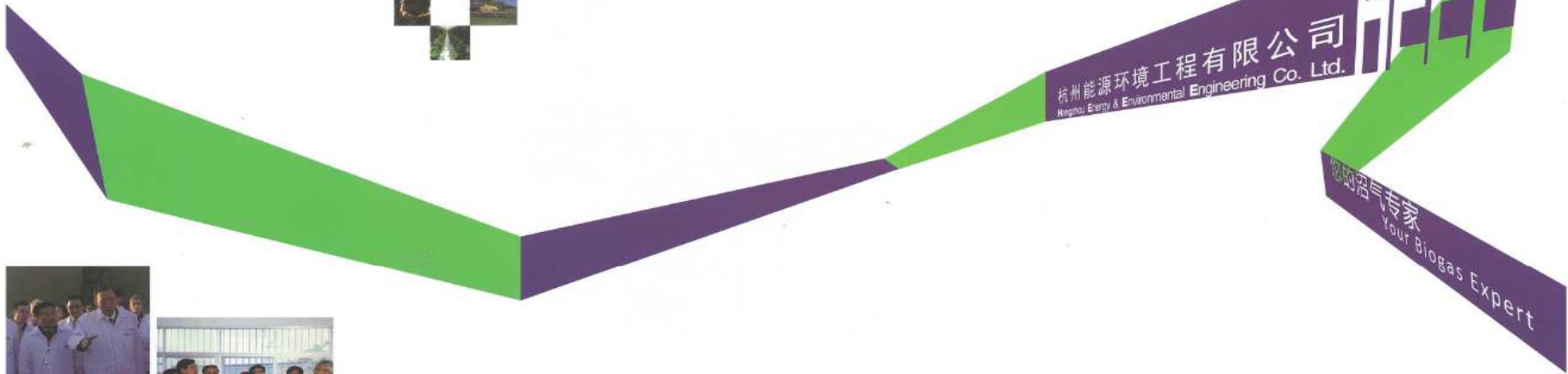
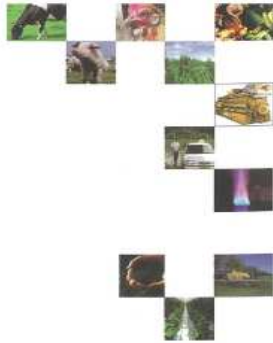
經本次參訪大陸地區多家禽畜糞液沼氣再利用及能源回收業者之執行成果，為提升我國禽畜糞液收集處理及再利用之環境與經濟效益，相關建議事項如下：

- 一、大陸地區中央及地方政府層級之農業、財政及環境主管部門等，為執行「全國畜禽養殖污染防治十二五規劃」，由農業部門主政協同財政與環境部門積極輔導、協助及補助畜牧業者進行多項禽畜糞液收及處理及回收再利用作為，以達養豬廢水污染減量及回收再利用之目的，確保環境水體品質及農業永續經濟。後續如我國政府機關之橫向與縱向聯繫及合作機制有效建立與整合，且完備畜牧廢水及其他農業廢棄物之再利用相關法令及配套措

施，將可提升國內業者投入禽畜糞液沼氣再利用設施相關領域之意願，養豬廢水及其他農業廢棄物方可有效視為資源再利用之料源，以達廢棄物永續利用及環境保護之效。

- 二、大陸地區為有效推動禽畜糞液再利用作為，主要由農業及財政部門補助畜牧業者禽畜糞液沼氣中心或再利用設施之規劃細設、工程施作及後續操作維護費用，其除可提升民間業者投資及合作意願，亦可加速相關工程及設施之建置。考量我國中央政府部門財政因素，以本署為例，目前僅補助地方政府辦理沼氣中心之規劃及細部設計費用，後續工程施作費用則由地方政府自行編列預算執行，致有部分農業大縣因財源短缺無法投入足夠經費辦理相關禽畜糞液沼氣再利用作為。後續中央部會如農委會及經濟部等，應再行研議相關補助或獎勵機制，本署亦將適時評估更進一步之協助與輔導方式，以為有效推動我國禽畜糞液再利用作為。
- 三、禽畜糞液及農業廢棄物之再利用方式，除近幾年推動之沼氣發電、天然氣、沼渣沼液、熱能之外，本次參訪已見大陸地區業者將「蠅蛆」視為再利用方式之一種，後續如發展成熟，預料將進一步提升再利用用途及其經濟效益，相關執行方式亦可為我國後續推動之參考。

伍、參考資料



联合国秘书长潘基文
视察杭能工程业绩
2011



时任浙江省委书记张德江
视察杭能工程业绩
2000



全国政协副主席、科技部长万钢
视察杭能工程业绩
2009



时任北京市委书记刘淇
视察杭能工程业绩
2009



国家发改委副主任韩振华
视察杭能工程业绩
2010



时任国家能源局局长张国宝
视察杭能工程业绩
2009

杭州市凤起东路118号
310020

No.118, East Fengqi Rd.
Hangzhou 310020
China

Tel.: +86 (0)571 8604 1861 / 8696 5644
Fax: +86 (0)571 8696 5644

heee-biogas@163.com
www.heee-biogas.com

杭州能源环境工程有限公司
Hangzhou Energy & Environmental Engineering Co., Ltd.

- ▶ **生物燃气（沼气）行业领军企业：**
杭能是生物质能源产业技术创新战略联盟副理事长单位。
- ▶ **生物燃气工程总承包商：**
杭能设计建设了中国最大的农业生物燃气发电工程；
杭能设计建设了超过180项生物燃气工程。
- ▶ **生物燃气设备制造商：**
杭能为超过250项生物燃气工程提供专用设备。
- ▶ **生物燃气技术研发机构：**
杭能承担了12项国家科研项目。
杭能获得15项国家级、省部级科技进步奖。

杭州能源环境工程有限公司

中国生物燃气(沼气)工程技术的领军企业。

规模化生物燃气工程设计建设总承包和成套设备研发与制造的科技型企业;浙江省高新技术企业。

设计建设超过180项大型沼气工程;为超过250项工程提供专用设备。

承担完成联合国开发计划署(UNDP)/全球环境基金(GEF)五项大中型生物燃气示范项目的设计建设;

联合国开发计划署(UNDP)和联合国经济社会事务部(UNDESA)注册的工程设计和生物燃气设备供货单位。

承担完成科技部863项目、科技支撑项目12项;获得国家、省部级科技进步奖15项;拥有20项技术专利。

杭能注重国际合作与交流,与德国、丹麦专业公司保持着密切的技术合作;

业务范围:



可研和方案



工程设计



设备供货



施工安装



工程调试及培训



维护维修



农业

中粮(江苏)金东白农场
生物燃气发电工程
2012

处理能力: 30万头猪粪液混合粪的
生物燃气产量: 17,000m³/d
生物燃气发电机组容量: 1.8MW
生物燃气发电量: 34,000kWh/d
减排温室气体: 65,000吨CO₂当量/年



市政

中特浙江宁海污水处理厂污泥
生物燃气发电工程
2012

处理能力: 污泥75t/d
生物燃气产量: 3,200m³/d
生物燃气发电机组容量: 300kW
生物燃气发电量: 6,400kWh/d
减排温室气体: 12,000吨CO₂当量/年



工业

广西武鸣安宁(二期)
车用生物燃气工程
2011

处理能力: 牛粪渣55t/d
生物燃气产量: 30,000m³/d
车用燃气产量: 18,000m³/d
减排温室气体: 120,000吨CO₂当量/年



餐厨

青岛十方餐厨垃圾制备
车用生物燃气工程
2013

处理能力: 餐厨垃圾180 t/d
生物燃气产量: 15,000 m³/d
车用生物燃气产量: 9,000 m³/d
减排温室气体: 40,000吨CO₂当量/年

30,000

立方米/天

沼气发电上网

山东民和牧业 一期
2008

国内首个成网模式沼气CDM项目
科技部“十一五”科技支撑计划示范项目

处理能力: 鸡粪 300t/d
生物燃气产量: 30000m³/d
生物燃气发电机组容量: 3MW
发电量: 49,000kWh/d
减排温室气体: 70,000吨CO₂当量/年

70,000

立方米/天

沼气提纯制备车用燃气

山东民和牧业 二期
2014

国内最大的农业沼气工程

处理能力: 鸡粪200 t/d
生物燃气产量: 20,000 m³/d
车用燃气产量: 42,000 m³/d
减排温室气体: 246,000吨CO₂当量/年

