

出國報告（出國類別：其他）

出席「海峽兩岸環境永續發展研討會」

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：陳高級環境技術師兼副執行秘書峻明
蘇意筠技正

派赴國家：中國大陸

出國期間：102年9月22日至102年9月25日

報告日期：103年1月6日

摘要

本次出席「海峽兩岸環境永續發展研討會」，係由中國科學技術協會主辦、中國環境科學學會承辦，針對海峽兩岸所關切之「固體廢物管理」、「廢棄工廠場地及地下水污染調查」以及「環境影響評價工作」等 3 大議題進行學術與科技交流。本次研討會邀請本署土壤及地下水污染整治基金管理會陳副執行秘書峻明就「臺灣土壤修復及地下水管理」進行主旨報告，另以「廢棄工廠土壤及地下水污染潛勢調查及管理策略」為題，與海峽兩岸之政府機關與民間單位進行專題討論；此外，亦邀請蘇意筠技正以「臺灣焚化廠營運管理」為題，向中國大陸介紹我國垃圾焚化廠營運管理之法規制度、推動措施以及具體成果。

目前中國大陸之土壤及地下水污染管制方面，存在污染場址現況不明、法規標準不全、政府管理權責不清、污染判定能力不強、資金籌措機制未建、技術支撐力道不足以及專責人員與單位良莠不齊等問題，顯見其土壤及地下水污染情形嚴重、相關污染管理基本資訊與相關支撐體系不足以及政府組織規劃與環境條件無法搭配等現狀；另在營運中垃圾焚化廠管理方面，多有污染排放超過標準且營運資訊不公開之情形。整體而言，中國大陸近年來之經濟快速發展以及「十二五」規劃推動下，包含土壤及地下水污染整治、垃圾焚化廠營運管理等環境問題已積極著手進行改善，但整體技術與服務水準仍有提升空間。相對而言，我國無論是在政府政策、法規、制度之制訂與推行，或是學界基礎研究以及產業技術應用發展、實務經驗、營運管理，皆較中國大陸相對進步與成熟。在目前兩岸環保合作交流日趨頻繁之趨勢下，我國未來除可結合政府、產業與學術等各界，透過交流活動方式以推廣我國環保工作之經驗與成果外，更可藉由我國良好之行政制度、管理機制以及產業技術與實績，引領中國大陸提升其環境品質外，更應以長遠、寬廣之視野，將環保單位之角色由主管機關拓展為目的事業主管機關，並以環保服務業為發展重點，規劃我國布局中國大陸之方向與策略，透過中國大陸之實績與經驗前進具經濟發展潛力之開發中國家，奠定我國於國際社會之經貿、環保實力與基礎，完整擘畫我國環保事業「前進大陸、放眼世界」之短、中、長期發展藍圖。

目 次

| | |
|--------------|----|
| 摘要..... | 1 |
| 壹、目的..... | 3 |
| 貳、過程..... | 3 |
| 叁、心得與建議..... | 17 |

壹、目的

「海峽兩岸環境永續發展研討會」係為中國科學技術協會每年辦理「海峽兩岸青年科學家學術月活動」相關學術研討會之一，並由中國環境科學學會承辦。本次研討會主要研討議題包括「固體廢物管理」、「廢棄工廠場地及地下水污染調查」以及「環境影響評價」等 3 部分；其中，邀請本署土壤及地下水污染整治基金管理會陳副執行秘書就「台灣土壤修復及地下水管理」進行主旨報告，並以「廢棄工廠土壤及地下水污染潛勢調查及管理策略」為題進行專題討論。另請蘇意筠技正以「台灣焚化廠營運管理」為題進行專題討論。

本次出席「海峽兩岸環境永續發展研討會」之目的包括：

1. 展現我國土壤及地下水污染管理以及垃圾焚化廠營運管理之成效。
2. 促進海峽兩岸土壤及地下水污染管理以及垃圾焚化廠營運管理之合作交流。
3. 蒐集中國大陸土壤及地下水污染以及廢棄物處理現況與未來規劃情形。

貳、過程

一、行程

| 日期 | 行程 |
|----------|-----------------|
| 102.9.22 | 啟程，前往北京 |
| 102.9.23 | 參加海峽兩岸環境永續發展研討會 |
| 102.9.24 | 現地參訪 |
| 102.9.25 | 返程 |

二、會議內容

本次會議於 9 月 23 日上午 9 時在北京西苑飯店正式展開，會議開始由本次會議主辦單位中國科學技術協會學會學術部劉興平副部長、承辦單位中國環境科學學會任官平副理事長以及臺灣環境永續發展基金會李澤民董事分別致辭，隨即進行主旨報告以及各分組之專題研討；其中，主旨報告主題為「土壤及地下水污染」以及「環境影響評估」，分別由我方及陸方代表向全體與會人員報告各自發展現況；專題研討則分為「固體廢物管理」、「廢棄工廠場地及地下水污染調查」以及「環境影響評價工作」等 3 組，由雙方專家學者依分組議題進行交流。謹就主旨報告與專題研討涉及土壤及地下水污染管理、固體廢物管理之會議內容說明如下：

(一) 主旨報告

土壤及地下水污染主旨報告係由本署土壤及地下水污染整治基金管理會陳副執行秘書就「台灣土壤修復及地下水管理」進行報告，陸方則由環境保護部固廢管理中心張俊麗女士以「大陸污染場地現況及展望」為題進行報告。該 2 主旨報告之重點如下：

1. 台灣土壤修復與地下水管理

(1) 發展歷程

我國自 1981 年發生農地鎘米事件起，即積極進行土壤及地下水污染管理工作，率先於 2000 年公佈實施亞洲第一部結合土壤及地下水整治與管理概念之「土壤及地下水污染整治法」，並參考美國超級基金設置「土壤及地下水污染整治基金」以及成立「土壤及地下水污染整治基金管理會」。在歷經十餘年之發展，已建立法規研修、基金管理、資訊管理、技術研發、教育合作以及國際合作等面向之整體管理架構，並落實預防機制、污染調查、風險評估、整治復育以及土地再利用之場址管理方式，使我國土壤及地下水污染整治之整體策略規劃、法規制度以及應用技術遠較其他亞洲國家為先進與成熟。目前土壤及地下水污染整治基金累計收入約 80 億元，總徵收家數達 4,200 家；累計控制場址 2,678 處、整治場址 62 處，已解除列管控制場址 1,841 處、整治場址 3 處。

(2) 推動現況與展望

我國除持續推動健全法規與收費制度、落實底泥管理、訂定全方位農地管理策略、建置預警監測系統、發展效率化篩選調查系統、提升調查與整治技術、發展資訊管理與決策支援系統、建立風險評估制度、完善檢測體系與制度、強化人員培育與養成等工作，並將透過我國十餘年之土壤與地下水污染管理經驗、獨立健全之財務機制、以風險評估概念進行整治、整治工作結合土地開發、污染責任規範明確等優勢，以及中國大陸對於土壤及地下水污染整治工作之迫切需求，作為雙方進行土壤及地下水污染管理交流合作之基礎。

2. 中國大陸污染場地現況與展望

(1) 概況

中國大陸污染場地情形隨著「退二進三」、「退城進園」、「騰籠換鳥」等政策實施下，依據非正式統計結果顯示，2001~2009 年間共有十多萬企業關廠或搬遷，保守估計污染場地達 50 萬處以上，進而衍生眾多高風險污染場地，

亟待風險評估之展開與修復治理。但因中國大陸無法確實掌控污染場地數量，更突顯中國大陸污染場地管理問題之嚴重。

(2) 類型

- A. 污水灌溉區
- B. 油田、礦區及周邊地區
- C. 鋼鐵、石化、冶金等重污染企業及周邊地區
- D. 固體廢棄物掩埋、堆置、焚化場地及周邊地區
- E. 廢舊電子產品處置場、汽車等拆解場地、大型木材防腐處理場地
- F. 精密化工、表面處理等集中工業園區
- G. 其他遺留或遺棄場址

(3) 特徵

- A. 污染範圍廣、面積大、深度深、污染物成分複雜、污染程度嚴重、風險高
- B. 企業生產歷史長、製程變化大、用地複雜、資訊缺乏、管理落後
- C. 企業關閉後所遺留之污染場地普遍作為住宅用地

(4) 問題

A. 法規體系不完善

中國大陸目前並無專門之土壤污染防治法規，僅有部分之法律法規、政策以及技術指南與標準，故對於污染場制之分級管理、防治規劃、監督管理、公眾參與、責任釐清、整治基金、保險責任等基本制度皆未建立，而被外界視為未具備土壤污染防治法規之國家。

B. 管理職能職權不清晰

依據「污染場地土壤環境管理暫行辦法（草案）」之規定，環境保護部對污染場地土壤環境保護工作實施統一監督管理；縣級以上地方人民政府環境保護主管部門，對行政區域內之污染場地土壤環境保護工作實施監督管理。雖已明確指出中央與地方之權責單位，但未明確規範中央與地方政府之職責。另一方面，環境資源部污染防治司係負責城區土地之污染防治政策、規劃、法律、部門規章、標準與規範；然環境資源部自然生態保護司，則負責監督管理農村土壤污染防治工作，顯現其對於土地污染防治工作欠缺整體規劃管理之觀點。

C. 責任判定體系未細化

依據現行「污染場地土壤環境管理暫行辦法(草案)」，污染場地之責任為「誰污染、誰負責」、「誰擁有、誰負責」以及「誰主管、誰負責」。雖已具體規範污染責任之判定原則，然於實際執行時，仍無法對於多重污染源之個別責任予以界定。

D. 資金籌集機制未建立

中國大陸直至 2013 年 1 月始公佈「近期土壤環境保護和綜合治理工作安排」，明確宣示將逐步擴大土壤環境保護和綜合治理投入力度，以保障土壤環境保護工作經費。其中，土壤污染治理基金分別依「誰污染、誰治理」原則，督促企業落實土壤污染治理資金；「誰投資、誰受益」原則，運用市場機制以引導和鼓勵社會資金投入土壤環境保護和綜合治理。

E. 技術支撐薄弱

目前中國大陸污染場地修復技術仍處於簡單處理（如挖掘、異地貯存）、單一技術、離地處理以及僅土壤修復之階段，現正積極朝向以風險評估、多種新技術應用、現地修復以及土壤及地下水同步修復之目標發展。

F. 治理修復行業亟待規範

由於中國大陸污染場地眾多，復以近年來積極進行污染場地修復工作，雖使得參與污染場地修復之企業數量快速增長，但亦突顯政府部門欠缺審核、監管機制以及從業人員專業素質偏低等問題。

G. 污染場地數量不清

中國大陸目前除無法掌握污染場地數量外，亦欠缺對於污染場地清查之目標、事前準備、執行步驟與方法、民眾參與方式以及資訊公開等設計或規劃能力，同時亦未具備調查完成之後續處置及規劃之能力。

(二) 專題討論

1. 固體廢物管理

固體廢物管理分組之討論專題包括台灣垃圾焚化廠營運管理與操作實務、焚化灰渣處理與再利用、進口廢棄物管理、煉鋼廠廢棄物回收再利用以及廢棄含汞燈管回收，各議題內容重點如下：

(1) 台灣垃圾焚化廠營運管理

本專題由本署蘇意筠技正進行報告，說明我國早期因垃圾處理量能不足而造成多起垃圾大戰，因此積極訂定垃圾處理方案以及興建垃圾焚化廠以解決垃圾處理問題；其中，垃圾焚化處理率達 97%、總興建經費達新台幣 705 億元，

顯見垃圾焚化處理以及垃圾焚化廠營運管理之重要性。目前我國垃圾焚化廠營運管理工作在產業界、政府部門、專家學者、環保團體以及民眾等齊心努力下，透過法規命令、三級管理制度等方式以降低污染排放、提升營運效能，並透過各項硬體設施以及資訊公開、形象塑造、敦睦鄰等軟性措施，使垃圾焚化廠超脫原本廢棄物處理角色而轉型為「區域環境教育中心」。

(2) 生活垃圾焚燒飛灰處置技術研究與應用

本專題由北京金隅紅樹林環保技術有限責任公司姜雨生博士報告。由於焚化飛灰具有高濃度重金屬與戴奧辛含量，係屬有害事業廢棄物而需進一步處理。然目前常用之固化穩定化、濕式化學法、煨燒法以及掩埋等處理技術，仍具有體積龐大、能源消耗高、處置費用高、衍生最終處置等問題，而該公司係以水泥窯共同處置飛灰之方式處理，該方式具備有機物與戴奧辛可有效分解、重金屬可固化至熟料中、處理系統穩定、有效控制酸性氣體等優點，且焚化飛灰所含豐富之鈣、矽、鋁、鐵，亦為水泥熟料所需之成分。該處理方式係將焚化飛灰經水洗使氯離子含量低於 0.5% 以下，再經過烘乾程式使含水率低於 0.015% 以下，最後再以 3% 之比率添加入水泥製程；飛灰水洗液經過預處理與結晶處理方式去除所含鹽分，再予以回收再利用；水洗飛灰所產生之污泥，則經脫水後再併入水泥窯共同處理。整體而言，焚化飛灰併入水泥窯共同處理之方式，可有效防止飛灰中之重金屬與戴奧辛對於環境之危害，更可透過水洗方式，提高水泥窯處理焚化飛灰之比率，以解決焚化飛灰去化之問題。

(3) 都市垃圾焚化爐灰渣處理與再利用

本專題由元智大學陳清南教授介紹我國垃圾焚化灰渣再利用情形，並以實際參與垃圾焚化底渣再利用查核小組之經驗及案例，向與會在座者說明我國焚化灰渣再利用管理方式。

(4) 城西垃圾焚化廠操作實務經驗交流

本專題由信鼎技術服務股份有限公司台南城西垃圾焚化廠施瑞卿廠長報告，除介紹城西垃圾焚化廠之設計、興建、營運等基本概況外，強調我國垃圾焚化廠在政府政策規劃下，多數委託民間機構操作營運，不僅達到廢棄物妥善處理以及污染排放符合標準等基本要求外，更藉由民間單位經營具有靈活、彈性、高效率等特性，使得焚化發電效益得以提升、儀器設備維持高運轉率與妥善率，同時積

極開發各項操作營運管理系統、取得四大管理系統認證（如 ISO14001、ISO9001、OHSAS18001、CNS15506）並加強作業環境與人員安全，使該廠榮獲垃圾焚化廠查核評鑑特優獎、企業環保獎以及安衛優良單位等獎項，更進一步取得環境教育設施場所認證並辦理環境教育宣導活動，將過去視為臨避設施之垃圾焚化廠轉為當地社區環境中心。未來，更將以台灣操作營運垃圾焚化廠之豐富經驗與優異成效，進軍中國大陸以及國際。

(5) 進口可用作原料固體廢物管理

本專題係由中國環境保護部固體廢物管理中心鞠紅岩先生進行報告。中國大陸自 80 年代起，即面臨已開發國家非法將廢棄物輸出至中國大陸處理之情形。以 2012 年為例，廢棄物進口總量達 5,487 萬公噸，為 1991 年進口量之 5.1 倍，增加率達 13.4%。因此，中國大陸即透過國際公約（巴賽爾公約）、法律（中華人民共和國固體廢物污染環境防治法）、部門規章（固體廢物進口管理辦法）、規範性文件、進口廢物管理目錄、相關標準以及其他相關環境保護政策法規等管理方式，建構其進口廢棄物管理體系（如圖 1 所示）。其中，進口固體廢棄物之主要管理規定詳見於「固體廢物進口管理辦法」以及「進口可用作原料的固體廢物環境管理規定」，其主要規定包括：

A. 固體廢物進口管理辦法：明確規定「禁止進口、限制進口以及自動許可進口之分類管理目錄」、「進口廢棄物許可審查」、「檢驗檢疫」、「國外供應商註冊登記」、「收貨人註冊登記」、「進口業者資格認定」、「鼓勵圈區管理」、「固體廢棄物判定」、「非法進口廢棄物之退運與處置」以及「進出海關特殊監管區」等十項重要基本制度、政策及工作機制。目前允許進口之廢棄物種類計 74 種。

B. 進口可用作原料的固體廢物環境管理規定

「進口可用作原料的固體廢物環境管理規定」係與「固體廢物進口管理辦法」搭配，以規範固體廢棄物進口許可證之申請、核准與管理，並明確提出適用範圍、進口業者資格、處理技術審查與核准、許可證管理事項以及營運管理情形與年度環境保護報告等事項。

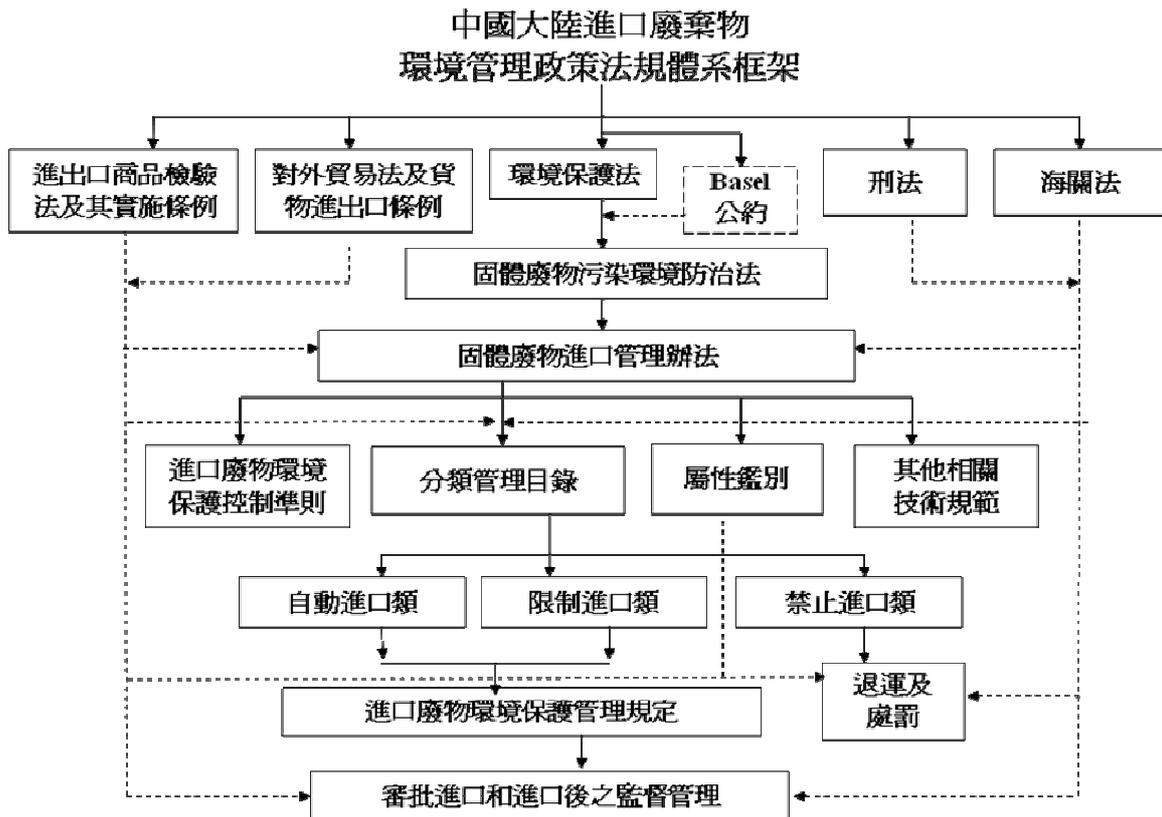


圖 1 中國大陸進口廢棄物管理架構

(6) 煉鋼廠廢棄物回收利用

本專題係由中國鋼鐵公司能源與環境事務推動辦公室陳信榮專業工程師報告該公司副產品管理與資源化工作情形，以該公司 2012 年營運資料顯示，每生產 1 公噸鋼胚將產生 660 公斤副產物，包括高爐石（43.7%）、轉爐石（18.8%）、礦泥（6.2%）、脫硫渣（5.6%）、集塵灰（5.2%）、銹皮（5.0%）耐火材（1.3%）以及其他物質，2012 年副產物之總產生量達 603.8 萬公噸。因此，該公司積極進行副產物之源頭減量、廠內再利用、廠外再利用等工作，而其餘剩餘物質則進行妥善處理與最終處置，而各項副產物之資源化用途詳如表 1。該公司之副產物回收再利用工作，更進一步擴大與其他事業進行副產品交換再利用，進而形成各事業間之生態化連結（如圖 2）。

表 1 中國鋼鐵公司副產物資源化用途

| 種類 | 資源化用途 |
|------|---|
| 高爐石 | 經水淬後產生爐石粉或氣冷後作為各類工程材料，包括高爐水泥、地盤改良劑，適用於土木工程、建築工程、其他特殊混凝土。 |
| 轉爐石 | 部分回收殘鋼作為燒結工場原料、高爐助熔劑以及盛渣桶墊底料外，其餘可作為海事工程、便道整地、瀝青混凝土骨材、鋼筋混凝土助劑、埋管砂之用。 |
| 脫硫渣 | 提供銑鐵予電爐廠，以及作為整地、臨時道路、土壤改良材料、低強度混凝土及水泥製造原料。 |
| 集塵灰 | 煤灰與礦泥拌混後作為水泥製造原料；轉底爐產出之氧化鋅粉直接外售日本提煉鋅金屬；其餘作為廠內的煉鐵原料 |
| 礦泥 | 高鋅礦泥售予國外作為煉鋅原料；其餘則於廠內回收做為煉鐵原料，無法回收者則做為水泥製造原料。 |
| 廢耐火材 | 煉鋼助熔劑、渣桶保護材或回收作為耐火材原料 |

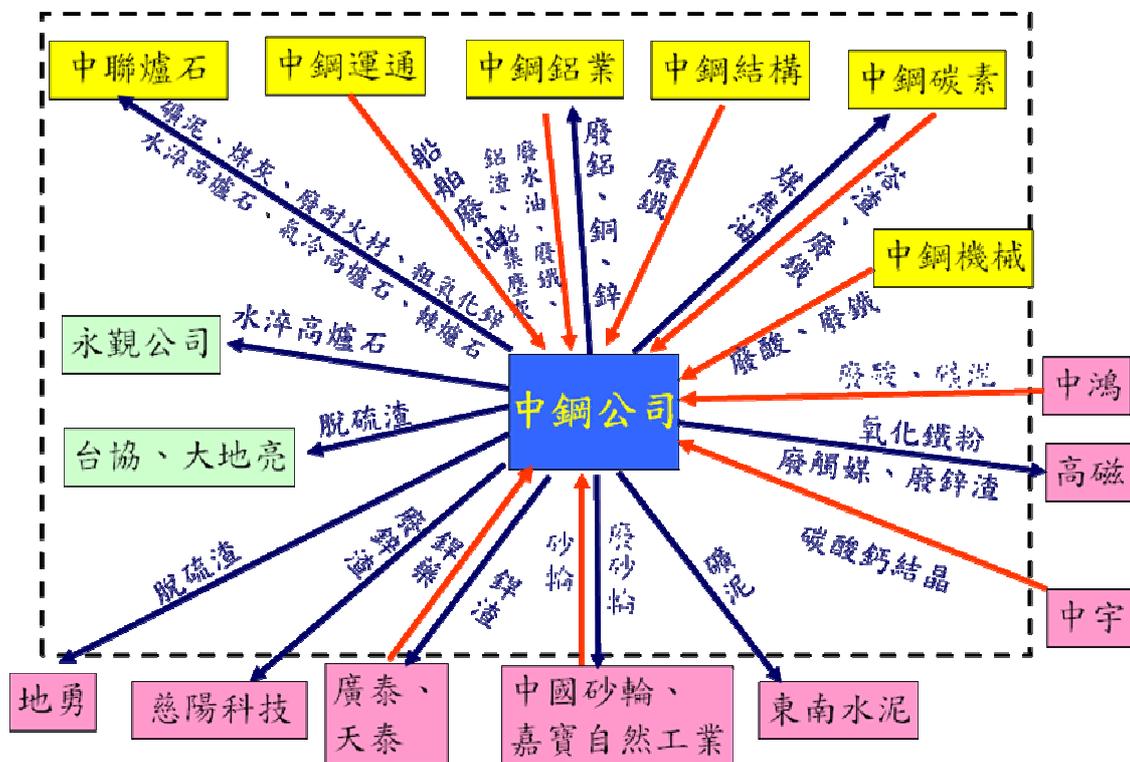


圖 2 中國鋼鐵公司生態化連結圖

(7) 廢棄含汞燈管回收處置模式及環境風險研究

本專題係由北京市固體廢物及化學品管理中心方會女士進行報告。目前中國大陸並未規定廢棄螢光燈管應進行分類，亦未明確規範回收責任人以及尚未建置回收體系，僅透過「鼓勵建立廢日光燈管的收集體系和資金機制」以及「鼓勵重點城市建設區域性的廢日光燈管回收處理設施」等試辦工作加以推動，因此現階段所存在之問題包括：

- A. 管理政策：現行管理法規缺乏螢光燈管生產者與銷售者之責任延伸制度，亦未明確規範廢棄螢光燈管之回收責任人，使得回收工作難以推動。
- B. 回收模式：缺少廢棄螢光燈管回收點以及相關宣導，使得民眾將廢棄螢光燈管連同生活垃圾一同棄置。
- C. 處置技術：因廢棄螢光燈管與生活垃圾混合棄置，並以焚化或掩埋方式處置，無法妥善處理廢棄螢光燈管所含之汞金屬而衍生二次污染。

為此，北京市固體廢物及化學品管理中心委託蘭州大學以及蘇州偉翔電子廢物處理技術有限公司，進行廢棄螢光燈管之回收與處置體系之設計與政策研究，並以生產企業自行回收、政府部門組織回收、區域/公司回收以及處置企業回收之模式進行示範，使廢棄螢光燈管回收量以及廢棄螢光燈管之汞回收量皆明顯增高（如圖 3~4 所示）。因此，該示範計畫建議進行三階段廢棄螢光燈管之回收與處置工作，先由政府部門帶領大型公共建築與事業單位進行自我管理，再分區域要求中小型事業自我管理，最後全面回收民眾所產生之廢棄螢光燈管；此外，針對回收處置政策部分，亦建議制定嚴格之法律規定、建立合適之回收組織與運行模式、選擇適當之收費與補貼機制、建立完善管理機制、加強處置技術研發以及強化宣傳工作，以降低廢棄螢光燈管對於環境之危害。

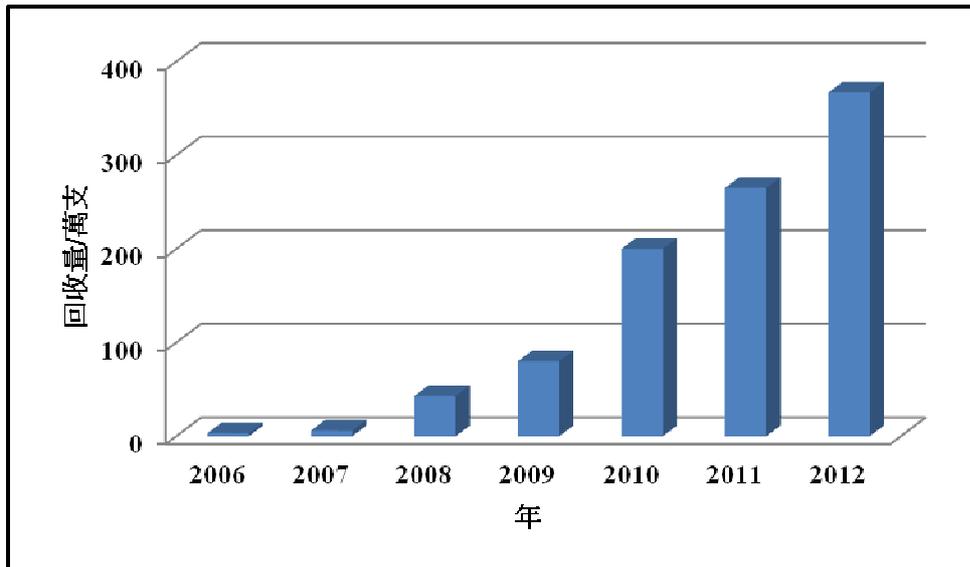


圖 3 2006~2012 年北京市廢棄螢光燈管回收量

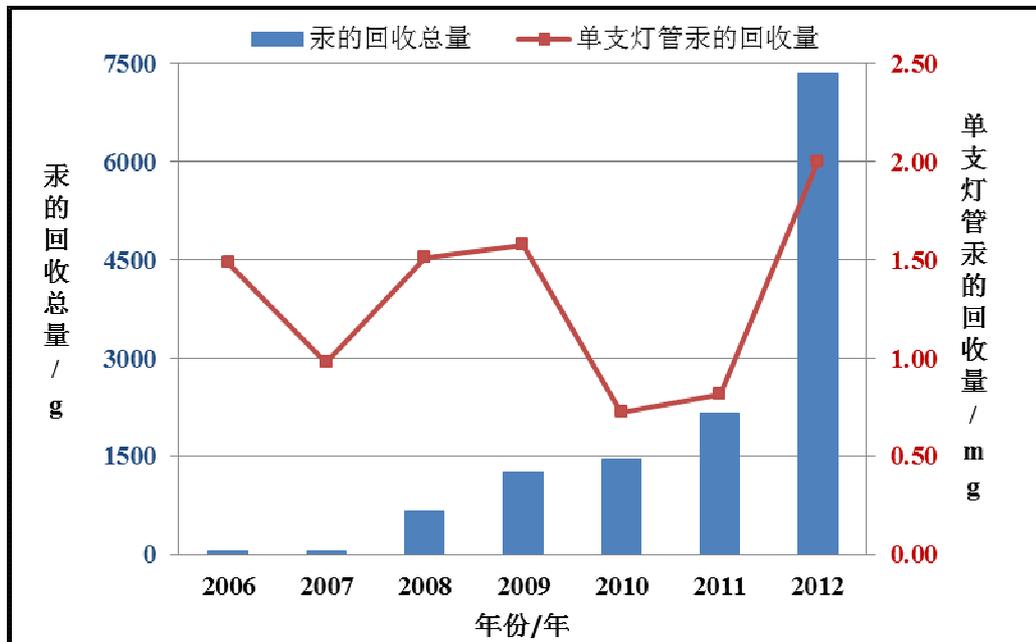


圖 4 2006~2012 年北京市廢棄螢光燈管之汞回收量

2. 廢棄工廠場地及地下水污染調查

廢棄工廠場地及地下水污染調查分組之討論專題係由兩岸之專家學者，介紹兩岸廢棄工廠土壤及地下水污染之調查或整治案例，各議題內容重點如下：

(1) 廢棄工廠土壤及地下水污染潛勢調查及管理策略

本專題由本署土壤及地下水污染整治基金會陳副執行秘書峻明進行報告，我國因發生 RCA 含氯有機溶劑污染土壤及地下水以及台南中石化安順廠土壤受戴奧辛、五氯酚與汞污染等案件，開始關注廢棄工廠之土壤與地下水

污染問題。初步估計，我國廢棄工廠數量高達 12 萬家，除面臨廢棄工廠數量眾多之挑戰外，亦面對調查巨額經費、專業人力與技術、時間急迫性以及廠址狀況不明等行政、技術以及現況等挑戰。因此，我國自 2004 年起，即訂定廢棄工廠調查之短、中、長期目標，並透過分批、分階段方式，達到最短時間、最少資源完成廢棄工廠調查與管制工作。此外，亦同時推動營運中工廠自主管理，期透過源頭管理之方式，預防土壤及地下水污染事件發生。

目前，透過短中長期之廢棄工廠調查工作，除已完成 42,000 家廢棄工廠全面調查並進行後續管理外，亦透過法制作業要求營運中工廠進行自主性預防管理以及建立區域土地履歷。同時，透過廢棄工廠調查更進一步建立二階段系統化篩選原則、調查標準作業程式、專業技術研發、廢棄工廠資料庫、專業人才訓練、土地品質管制系統、現場輔助設備系統、環境風險篩選系統以及環境風險決策燈號分級管理制度等土壤及地下水污染技術、專業人力以及支援管理系統，使得我國土壤及地下水管理制度與能力更臻完備。

(2) 大陸污染場地修復技術及典型區域污染場地控制和修復規劃

本專題係由中國環境保護部環境規劃院董璟琦報告。根據調查，2000~2010 年間北京、江蘇省以及重慶市計有 765 家污染事業進行搬遷、1000 多家企業關閉，並產生約 3,800 萬平方公尺潛在之受污染土地，突顯中國大陸進行污染場地修復之重要性。目前，中國大陸管理污染場地之策略係透過法律法規（如環境保護法、固體廢物污染環境防治法、土地管理法、污染場地土壤環境管理暫行辦法）、標準（如土壤環境品質標準、土壤環境監測技術規範、工業企業土壤環境品質風險評價基準、展覽會用地土壤環境品質評價標準（暫行））、導則（如場地環境調查技術規範、污染場地風險評估技術導則、污染場地土壤修復技術導則、污染場地環境監測技術導則）以及地方管理條例等方式進行管理。

目前中國大陸係透過污染場地修復技術以及區域污染場地管理等方式進行污染場地修復工作；其中，在污染場地修復技術方面，中國環境保護部環境規劃院提出「污染場地修復技術篩選矩陣初建」（內容結構如圖 5），其篩選指標包括：場址特徵參數、技術參數、污染物分類以及適用性等 4 大指標（詳如表 2 所示），並強調該篩選矩陣

具備全過程綠色修復、可進行複合介質修復、可聯合不同修復技術以及可結合生命週期評估（LCA）作為其修復目標。至於區域污染場地管理則透過調查清單、風險評估與修復規劃以及修復控制工程等方式進行，並列舉廣西、湖南境內共 8 處廢棄冶煉場、廢棄礦場之案例說明區域整治成果。

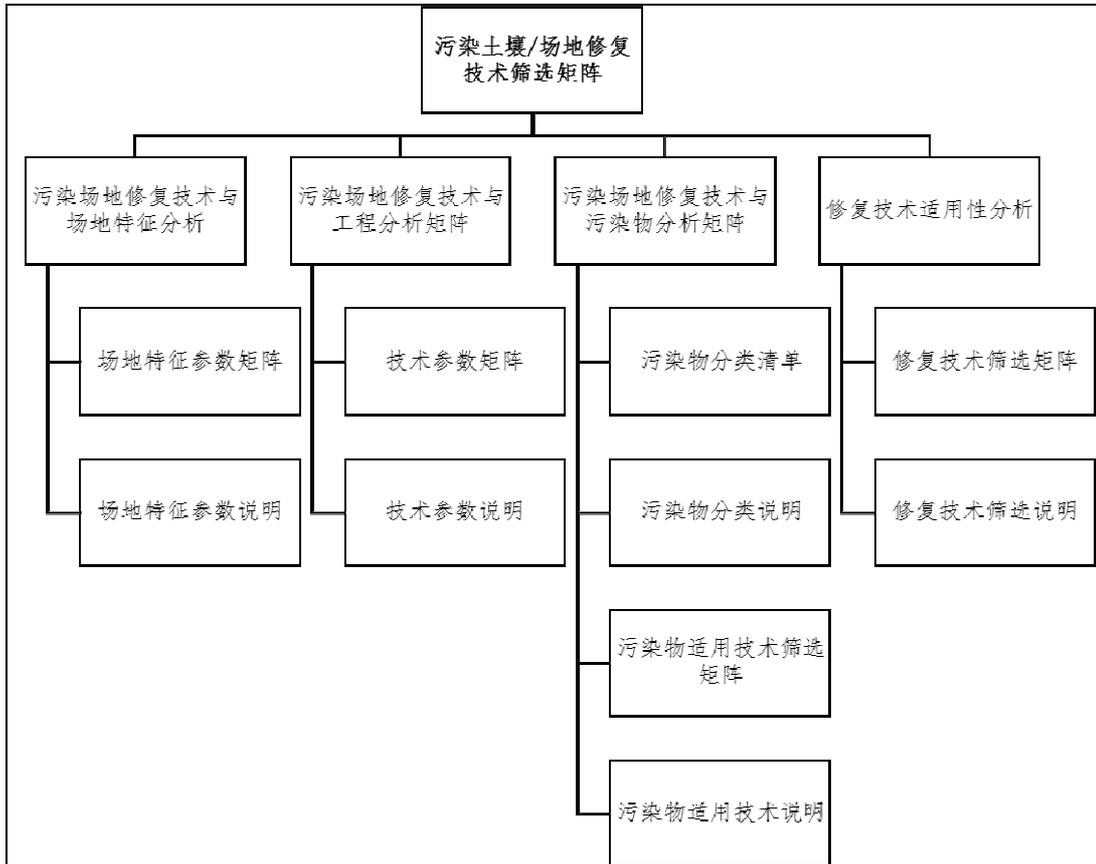


圖 5 中國大陸場地修復技術篩選矩陣結構

表 2 污染土壤及場地修復技術篩選矩陣指標

| 一级指标 | 二级指标 | 三级指标 |
|---------|--------------|--|
| 场地特征 | 土壤类型 | 土壤种类、粘粒含量或粒径分布、导水性或渗透率 |
| | 土壤性质 | 湿度、透气率、pH、孔隙度、导水系数 |
| 参数指标 | 有机物 | 总有机碳(TOC)、油、润滑油、总石油烃(TPH)、非水相物质NPL |
| | 其它 | 杂项(混合物) |
| 技术参数指标 | 系统参数 | 气流率、混合率、湿度、运行压力/真空度、pH、抽提速率、温度、停留时间、系统吞吐量、溶剂和添加剂种类及剂量 |
| | 生物活性 | 生物量浓度、微生物活性、耗氧量、CO ₂ 排放、碳氢化合物降解、营养物质和其他土壤改良剂、土壤负荷率 |
| 污染物分类指标 | 重金属与其他无机物 | 总镉、总汞、总砷、总铅、总铬、六价铬、总铜、总镍、总锌、总硒、总钴、总钒、氟化物等 16 项; |
| | VOCs | 甲醛、丙酮、丁酮、苯、甲苯、二甲苯、乙苯、1,4-二氯苯、氯仿、四氯化碳、1,1-二氯乙烯等 20 项; |
| | PAHs | 苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、二苯并(a,h)蒽、茚并(1,2,3-cd)芘等 16 项 |
| | POPs与农药 | 艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂、氯丹、七氯、灭蚊灵、毒杀芬、滴滴涕总量、六氯苯等 19 项 |
| | 石油类与其他 | 石油烃总量、邻苯二甲酸酯类总量、苯酚、2,4-二硝基甲苯、3,3-二氯联苯胺等 5 项 |
| 适用性指标 | 技术成熟度 | -- |
| | 修复技术链 | -- |
| | 修复技术的费用和运行特征 | 维护复杂度、资本密集度、稳定可操作、修复费用、修复时限 |
| | 技术可获得度 | -- |
| | 污染物种类 | 重金属与其他无机物、挥发性有机物(VOCs)、多环芳烃类有机物(PAHs)、持久性有机污染物(POPs)与农药、石油类与其他 |

(3) 臺灣地下水砷的問題及現地處理技術

本專題由臺北科技大學環境工程與管理研究所陳孝行教授報告，其內容係簡單說明砷之化學性質、世界上砷之問題、台灣砷之問題以及砷之處理技術，並強調避免使用井水或來源不明之水作為飲用水，以降低砷對民眾健康之危害。

(4) 某場地地下水污染調查案例介紹

本專題係由中節能大地環境修復有限公司李隨以實際案例探討快速、經濟之污染場地地下水污染調查方法。

某場址土地面積為 56 萬平方公尺，於 1980 年以前為空地，1981~1995 年間設有農藥工廠，除生產各式農藥外，亦包含有機氯農藥與除草劑；1995 年由另一家企業收購，開始生產 100 種以上之製藥中間體，並於收購期間進行 Phase I 與 Phase II 之場址環境評估 (Environmental Site Assessment, ESA)。然於 2010 年準備退場時，業主才要求進行詳細之場址地下水調查，以確定污染來源與範圍。其中，過去 Phase I 調查即發現土壤與地下水受到污染，其潛在污染來源分別來自原料、廢液與廢水之儲存桶以及地下水污水池。至於 Phase II 調查則發現地下水含有四氯化碳 (最大濃度 255 ug/L)、氯仿 (最大濃度 1,770 ug/L)、甲苯 (最大濃度 2,030 ug/L)、氯苯 (最大濃度 368 ug/L)、

乙苯(最大濃度 467 ug/L)以及二甲苯(最大濃度 406 ug/L)等污染物。

為進一步確認污染來源與範圍，同時綜合考量調查所需之時間、成本，該場址採用土壤氣體調查法 (Soil Vapor Survey, SVS) 進行調查，並在關鍵區域以薄膜介面探測技術 (membrane interface probe, MIP) 進行輔助驗證，另以監測井取樣方式進行地下水污染調查。調查結果顯示，以使用 EDC 薄膜介面探測技術之調查結果與 SVS 之結果一致，但 SVS 較 MIP 具有更節省時間與成本之優點，且能精準確定污染範圍而予以肯定。惟 SVS 仍受到污染物特性、場地地質以及水文地質條件等限制，使得調查結果仍有不確定性，故仍需進行地下水採樣調查以確認污染地下水污染範圍。

(5) 臺灣土壤與地下水污染修復與治理

本專題係由中聯資源股份有限公司金崇仁副總經理報告。臺灣土壤及地下水之污染來源包括工業廢水、廢棄物、管線/儲槽洩漏、非法棄置、空氣污染物沉降以及農業污染 (農藥與肥料) 等，截至 2012 年底，公告控制場址計 2,286 處、整治場址 63 處、地下水限制使用地區 15 處，解除列管計 1,931 處，其類型包括農地、加油站、儲槽、工廠以及非法棄置場址等。對於尚未完成整治之土壤及地下水污染場址，據估計每年創造近新台幣 30 億元之商機 (不含廢棄工廠以及掩埋場整治)；換言之，政府部門每投入新台幣 1 元進行污染場址之調查工作，可相對帶動民間投入新台幣 50~300 元進行整治相關工作，可見對於台灣土壤及地下水污染整治工作具有龐大之商機，進而吸引採樣、鑿井、相關設備材料、工程、技術顧問、檢驗等相關產業投入。此外，針對受污染場址所面對之龐大整治費用、不利進行土地利用以及汙名化心理嫌惡等因素，現正透過污染整治工作之進行、相關資金與人才之投入以及整體設計規劃，以確保對於民眾與環境之安全，並使其市場價值得以提升。

(6) 典型焦化污染場地環境風險評估與修復方案編制案例介紹

本專題係由北京市環境保護科學研究院夏天翔博士就北京焦化廠污染場址之風險調查與修復規劃進行報告。北京焦化廠建於 1959 年，廠址面積 135 公頃，係以煤炭為原料，生產煤氣、焦炭、苯、硫化銨、瀝青、燃油以及萘等 40 多種產品，於 2006 年底停止生產。

該場址藉由污染場地環境評估（ESA）進行污染物識別、現場採樣分析以及風險評估等工作，透過 2007 年與 2010 年共進行 914 個土壤與地下水樣品分析，發現土壤分別受到苯芘（Benzo[a]pyrene，分佈於地下 0~1.5 公尺）以及苯（分佈於地下 6.5~9.5 公尺）之污染；地下水含有高濃度之石油烴、芳香族化合物及多環芳香烴等非水相溶液（Non Aqueous Phase Liquid, NAPL），且苯濃度超過 10%；土壤氣體則以苯為主，其濃度係隨著深度而增加，於地下 10 公尺處濃度可達 500~600 mg/m³。至於風險評估結果發現，綜合開發區與工廠舊址因受土壤苯、萘以及地下水苯污染而有致癌之風險（暴露途徑為吸入室內揮發空氣），而全區域另受土壤苯芘污染亦有致癌之風險（暴露途徑為口腔攝入和皮膚接觸）。因此，針對該污染場址更進一步透過技術篩選、技術測試與選擇、方案比選以及方案設計等階段訂定場地修復方案，以作為該場址後續修復之依據。

參、心得及建議

一、心得

本次出席「海峽兩岸環境永續發展研討會」，針對中國大陸垃圾焚化廠興建營運、土壤及地下水污染管理以及環境保護業發展情形與趨勢等心得整理如下：

（一）垃圾焚化廠興建營運

1. 未來 5 年內將大舉興建垃圾焚化廠

依據中國國家統計局資料顯示，2007~2011 年之城市垃圾清運量由 1.5 億噸增加至 1.6 億噸，生活垃圾無害化處理量由 0.9 億噸增加至 1.3 億噸，無害化處理率由 62.0% 提高至 79.7%；其中，生活垃圾焚燒無害化處理廠由 66 座增加至 109 座，生活垃圾焚燒無害化處理量由 1,435 萬噸增加至 2,599 萬噸，垃圾焚燒無害化處理率由 15.2% 增加至 19.8%。然而，中國大陸近年來在城市化進程、城鄉一體化等趨勢發展下，估計 2015 年底每人每日垃圾產生量將呈倍數增加，顯見中國大陸對於廢棄物妥善處理之迫切性與重要性。因此，中國大陸於 2012 年「十二五全國城鎮生活垃圾無害化處理設施建設規劃（以下簡稱該規劃）」，明訂生活垃圾無害化目標如下：

- （1）直轄市、省會城市和計畫單列市生活垃圾全數無害化處理，設市城市生活垃圾無害化處理率達 90% 以上，縣城生

活垃圾無害化處理率達 70% 以上，全國城鎮新增生活垃圾無害化設施處理能量 58 萬噸/日。

- (2) 城鎮生活垃圾焚燒處理設施處理能量達到無害化處理總能量 35% 以上(設計焚燒處理量 307,155 公噸/日);其中東部地區達 48% 以上。

其中，在興建生活垃圾焚燒處理設施部分，該規劃要求東部地區、經濟發達地區、土地資源短缺以及人口眾多的城市，優先採用焚化處理技術。故於未來 5 年內，中國大陸將廣泛興建垃圾焚化廠；其中，該規劃所新增之垃圾無害化處理能量，若焚化處理占 40%、每噸垃圾焚化處理投資費用以人民幣 50 萬元估算，垃圾焚化處理設施之總投資金額將高達人民幣 1,160 億元(折合新台幣 5,744 億元)，顯見中國大陸未來 5 年內，極具垃圾焚化廠興建之潛力與商機。

2. 既有垃圾焚化廠缺乏良善管理

目前中國大陸營運中之垃圾焚化廠，存在下列問題：

- (1) 進廠垃圾未經分類且熱值低、含水率高，不利於焚化處理，並易衍生相關操作營運問題。
- (2) 缺乏垃圾焚化所需且可信之基本資料，包括：垃圾滲出水、廢氣戴奧辛、廢氣排放以及灰渣等相關監測/檢測數據。
- (3) 欠缺垃圾焚化廠監督管理機制，包括法令依據、專責單位、監督管理能力、營運資訊透明化、民眾參與以及違規處分等；其中，營運資訊透明化部分，僅 1/3 焚化廠公佈監測數據，其餘焚化廠普遍欠缺監測能力、未掌握相關訊息，抑或拒絕公開營運資訊。
- (4) 污染排放嚴重超過標準：在空氣污染物排放方面，調查 42 座焚化廠監測資料顯示，5 座戴奧辛排放濃度超過歐盟標準，6 座粉塵排放濃度超過標準、36 座排放濃度超過歐盟標準，3 座 SO_x 排放濃度超過國家標準、30 座超過歐盟標準，31 座 NO_x 排放濃度超過歐盟標準以及 7 座 HCl 排放濃度超過歐盟標準；焚化飛灰方面，各焚化廠雖有完整處理設施，但因缺乏妥善管理，約有 1/2 焚化飛灰未能妥善處置。

此外，上海江橋垃圾焚燒廠甫於 2013 年 12 月 6 日發生滲出水處理廠沼氣爆炸之意外事故，至少造成 3 死 4 傷，更突顯並加深中國大陸民眾對於垃圾焚化廠具有高污染、高風險、黑箱作業等排斥心理，顯見中國大陸急需加強垃圾焚化廠營運管理工作。

3. 已將垃圾焚化廠監督管理納為未來工作重點

中國大陸有鑒於既有垃圾焚化廠之設施與營運水準低落，故於 2012 年印發「十二五全國城鎮生活垃圾無害化處理設施建設規劃」，將強化垃圾焚化廠監督管理列為主要任務之一，其措施包括：

- (1) 要求垃圾焚化廠應安裝排放自動監控系統和超標報警裝置，並於 2015 年底前，即時監控裝置之安裝率達 100%。
- (2) 加強垃圾焚化廠設施建設和營運資訊統計。
- (3) 建立健全之生活垃圾處理相關法令，包含垃圾焚化廠興建、技術以及污染排放等標準。
- (4) 強化監督管理機制，包括生活垃圾處理特許權管理、加強營運中生活垃圾處理設施之營運監督管理機制、建立生活垃圾處理工作巡視制度、加強中央政府對地方政府生活垃圾處理之監督、引入協力廠商專業機構進行監督管理工作以及建立資訊公開制度等。
- (5) 提高技術能力，包括積極推動垃圾分類收集、分類運輸、分類處理技術，重點推動清潔燃燒、戴奧辛控制、飛灰無害化處置和再利用、臭味控制，加強專業技術以及管理人才培養等。

(二) 土壤及地下水污染管理

1. 土壤及地下水污染情形嚴重

依據非正式統計結果顯示，中國大陸之污染場地估計達 50 萬處以上，且具有污染範圍廣、面積大、深度深、成分複雜、濃度與風險高等問題。地下水污染方面，20%之城市集中式地下水水源水質劣於Ⅲ類，不但一般性地下水水質項目（如總硬度、氨氮、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮、鐵和錳）超過標準，主要城市及近郊地區地下水中，更普遍檢測出微量之有毒有機污染物。然而，中國大陸以地下水作為飲用水水源之城市占 61%，更突顯其地下水污染之嚴重性與影響性。

2. 欠缺土壤及地下水污染管理基本資訊與相關支撐體系

由於中國大陸尚未進行系統性土壤或地下水之基礎環境調查與監測工作，除無法完整描述境內土壤及地下水之品質外，亦無法確實掌握污染場址之數量與範圍等基礎資料以及進行危害風險評估與整治策略規劃等實質議題，且在法規體系不完善、管理職權不清晰、責任判定體系未細化、資金籌集機制未建立、相關技術支撐薄弱、治理修復行業待規範、監測與預警體系不健全、污染對策措施無效能等相關支援不足下，使得中國大陸進行土壤及地下水污染整治工作，仍處於力有未逮之局面。

3. 土壤與地下水分屬不同單位管理，不利於整體污染管理與通盤規劃。

目前中國大陸負責土壤及地下水污染管理之行政部門，分別由環保部之固體廢物管理中心作為污染場地技術單位、污染防治司負責地下水污染防治規劃工作。然因土壤及地下水污染具有高度關聯性，若將土壤及地下水污染管理分屬兩單位負責，將不利於土壤及地下水污染之整體監測、調查、整治、活化再利用等管理工作以及通盤策略規劃。

4. 已開始重視土壤及地下水污染管理並已公佈相關規劃內容

土壤污染管理方面，中國大陸於今年 1 月 23 日公佈「近期土壤環境保護和綜合治理工作安排」，明訂於 2015 年底，達到全面掌握土壤環境狀況、建立土壤環境品質監測網與定期調查制度、提升土壤環境監督管理能力、辦理典型地區土壤污染治理與修復試點示範以及逐步建立土壤環境保護政策、法規和標準體系等目標，並透過強化管理組織、健全財務機制、完善法規政策、提升科技支撐以及引導公眾參與等措施據以達成。至於地下水污染管理方面，則於 2011 年公佈「全國地下水污染防治規劃（2011-2020 年）」，分別以 2015 年可初步掌握地下水污染狀況、啟動地下水污染修復試點、逐步整治污染地下水之土壤、初步控制地下水污染來源、全面建立地下水環境監督管理體系，以初步遏止地下水水質惡化趨勢，以及 2020 年全面監控典型地下水污染源並完成地下水污染防治體系做為整體目標。因此，中國大陸已注意其土壤及地下水污染之嚴重性，並已開始著手執行相關措施，共投入新台幣 1,730 億元進行地下水污染相關整治工作，期以確實改善地下水污染之問題。

（三）環境保護業發展情形與趨勢

1. 相關環保產業雖快速發展，但技術與服務水準仍有待提升。

中國大陸自「十一五」開始推動環保工作以來，相關環保產業與需求因而大幅成長，根據估算環保服務業之年收入增長率達 30%、從業家數 1.2 萬家、從業人員 270 萬人。然而，依據中國環保部 2013 年所發布之「關於發展環保服務業的指導意見」，明確指出中國大陸之環保服務業雖發展迅速，但總體上仍存有技術水準偏低、法規制度不周延、供需結構不合理、創新能力不強、市場制度未規範以及服務體系不健全等問題，顯見中國大陸在過去政府管制與政策導引下，使得環保產業發展相對緩慢且封閉，而使得整體環保產業仍處於基礎設施發展階段，相關技術與服務能力尚待提升。

2. 已將環保服務業列為未來發展重點

中國國務院於 2012 年公佈「服務業發展“十二五”規劃」，將

節能環保服務業納為發展重點之一，積極扶植資源節約、廢物管理、資源化利用等一體化服務之循環經濟專業化、再製造專業技術、循環經濟諮詢以及集研發、設計、製造、工程統包、營運及投/融資於一體之綜合環境服務公司，並以大宗工業固體廢物綜合利用、煙氣脫硫脫硝、城鎮污水垃圾處理、危險廢物處理處置為重點項目，推動特許經營、環境污染治理設施營運以及污染防治監督管理制度。此外，中國環保部於 2013 年所公佈之「關於發展環保服務業的指導意見」，亦將規範環境污染治理設施運行服務、開展環保服務業政策試點、建立環保服務業監測統計體系、健全環保技術適用性評價驗證服務體系、完善消費品和污染治理產品環保性能認證服務以及促進環保相關服務和環保服務貿易發展等工作列為重點，並估計產值年均增長率達 30% 以上，同時培育 50 個具有國際競爭力、提供高品質環保服務產品、年產值在 10 億元以上之大型企業集團，並推動城鎮污水、垃圾和脫硫、脫硝處理設施之營運專業化與市場化。由此可見中國大陸正積極引導環保產業，由過去勞力型之設備製造、工程興建轉為知識型之綜合性服務工作，據以提升技術能力與服務價值等競爭優勢，並滿足其自身需求與創造 5,000 億人民幣之環保服務業產值。

二、建議

透過出席本次「海峽兩岸環境永續發展研討會」可知，我國在垃圾焚化廠興建營運、土壤及地下水污染管理以及環境影響評價等領域，無論技術發展、實際經驗以及管理措施皆較中國大陸成熟，即印證中國大陸積極與我國進行各式考察、交流、合作之目的及原因。有鑑於我國與中國大陸之環保合作、交流日趨頻繁，且多為我國協助中國大陸發展各項環保工作之情況下，謹就我國拓展兩岸及國際環保工作之上位策略提供建議如下：

1. 儘速規劃我國佈局中國大陸環保工作之方向與策略，並以環保服務業為發展重點。

我國環保工作已推動逾 25 年，除土壤及地下水污染整治工作刻正積極推動與發展外，其餘各項環保工作因已發展成熟、市場呈飽和狀態等因素而進入成長平原期，使得國內相關環保工作發展受限而積極尋找發展空間。近年來，受到中國大陸經濟快速發展以及「十二五」期間高達 3.1 兆人民幣之環保投資、環保產業維持每年 15%~20% 成長速度所引發之磁吸效應，使國內環保相關事業紛紛投入或佈局中國大陸各項環保工作而趨之若鶩，無疑為我國環保事業注入一道活水；此外，隨著兩岸之中央與地方環保部門互動頻繁，各式環保考察、交流以及合作

亦廣為辦理而蔚為風潮。然而，兩岸環保工作在民間積極投資參與以及官方廣泛交流合作之趨勢下，突顯出我國對於整體環保事業之發展方向、經營策略以及執行方式缺乏明確之方向與策略規劃，造成佈局中國大陸之民間與政府單位呈現單打獨鬥、後繼無援、資源分散、毫無章法之局面，而不利於我國環保事業之整體發展。因此，我國應整合產、官、學、研各界，共同檢視我國環保事業之優勢、限制、機會、威脅以及中國大陸之風險與特性（如人治、潛規則）等面向，訂定我國環保事業對於佈局中國大陸之短、中、長期發展方向與策略，以集中有形與無形資源與能量，拓展我國環保事業之規模與版圖。

我國佈局中國大陸環保工作方面，雖然「十二五」與環保有關之重點工作包含節能、循環經濟（資源利用、廢棄物回收、城市礦產、再製造、廚餘資源化）、環境治理（生活污水、垃圾處理、水環境治理、脫硫脫硝、重金屬污染防治工程）、水利防災減災、生態保護等，且都市污水處理、污泥處理、脫硫脫硝等重點領域之環保投資金額達 1.2 兆人民幣，對於我國環保產業雖具吸引力，但一方面，設備製造、工程興建係屬一次性、勞力密集性之工作，面對中國大陸複製能力強、跳躍式技術發展、自我保護措施以及關鍵技術多掌握於國外廠商或無法勝出等不利條件下，硬體建設並不利於我國環保事業之發展；二來，中國大陸所發布之「服務業發展“十二五”規劃」以及「關於發展環保服務業的指導意見」，明白指出環保服務業為中國大陸未來 5~10 年之高潛力發展重點行業，而我國在環保策略規劃、制度體系設計、技術顧問諮詢、營運/監督管理、形象塑造、意向傳達等永續經營與整體規劃方面，具備難以模仿之軟實力，復以我國與中國大陸具有相似之文化傳統、風俗民情而較其他國家更具優勢下，佈局中國大陸環保服務工作將有利於我國環保事業之拓展，並可使我國環保事業由勞力/資本型服務向上提升為知識型服務之位階，故應以環保服務業作為佈局中國大陸之重點，並結合我國對於中國大陸環保事業發展之策略，集中產、官、學、研之量能據以推動。

2. 借由佈局中國大陸之經驗前進具經濟發展潛力之開發中國家

中國大陸在經濟快速發展以及「十二五」規劃之推動下，確實為我國環保事業提供一短期發展之方向。然有鑒於中國大陸普遍存在人治、潛規則、融資門檻過高以及設立貿易障礙等限制與風險；復以我國經貿發展高度依存中國大陸，使其成為我國最大貿易夥伴、最大出口市場與對外投資目的地以及最大順差來源，而存在過度依賴單一國家之高風險；同時，在世界各國皆將中國大陸視為發展之重心，我國若與環保先進國家正面對

決，未必能取得絕對之優勢。因此，對於我國之中長期環保事業發展策略，可利用於中國大陸發展之經驗、成果，並運用本身軟實力以及多元、靈活等特性，積極佈局具經濟發展潛力之發展中國家（如東南亞、非洲、中南美洲各國）進行環保工作，以奠定我國於國際社會之經貿、環保實力與基礎，據以完整擘畫我國環保事業「前進大陸、放眼世界」之短、中、長期發展藍圖。

3. 環保單位之角色應由主管機關拓展為目的事業主管機關

我國環保單位過去係著重於污染預防、防治、管制、督導以及稽查等事務工作，對於環保事業之扶植與發展較少投入相關人力、資源，故將自身角色侷限為主管機關。然而，環保單位實可透過上位之發展策略與政策推動，帶動經濟部工業局主管之環保設備及器材製造業、公共工程委員會主管之環保技術顧問機構以及環境保護服務業與環保工程建造及裝置業投入相關人力、資源、資金而活絡整體環保事業。因此，環保單位實為引領整個環保事業發展與走向之關鍵，而負有環保事業目的事業主管機關之角色與責任。故環保單位除持續精進相關環保管制措施外，應從過去自行狹隘認定之主管機關角色，積極延伸為目的事業主管機關之角色，據以引領整個環保事業之發展與走向。