

醫院汞排放問題、

含汞設備與廢棄物之管理



本文已刊載於「醫療品質雜誌」第2卷第6期，2008. 11

前言

汞（mercury）俗稱水銀，由於它同時具有水和金屬的特性，自古被人們用於煉丹、煉金，後來更擴大應用於化學、醫學等領域，成為現代工業製程中的重要元素，廣泛使用於多種化學製品及機電、量測設備中，使得人們於日常生活中已習慣於接觸這種具毒性的液態金屬。

現代醫院配置了許多含汞設備、器材與藥品，而可能產生多樣的汞排放及含汞廢棄物，過去由於醫院工作人員對於汞的危害意識不足，使得含汞設備管理未受重視，一旦廢汞或含汞廢棄物未獲得妥善處理，將導致可歸因於醫院的環境汞污染風險增加。本文主要探討醫院汞污染的來源與管理，希望藉此減少醫院的汞排放，以改善生活環境之安全與品質。

汞的環境問題

根據調查，2005 年全球的汞供應量為 3,460~3,660 公噸（UNEP，2007），有高達 80 種工業生產是以汞做為原料或輔助材料，所有開採的汞當中，6.8%用於量測設備，6.8%用於開關及繼電器，另有約 7.4%用在牙科補牙材之合金原料。這些汞可能隨著設備、器材或藥品進入醫療院所，並在使用時或報廢後直接或間接排放至環境中。根據美國環保署估計，由於醫療廢棄物未妥善分類，每年有高達 16 公噸的汞，混入醫療廢棄物當中，透過焚化過程而排放至環境，佔總排放量的 10%（USEPA，1997），因此美國將醫療廢棄物焚化爐列為導致大氣中汞污染的第 4 大固定排放源（James Harvie，1999）。如果再加計經由蒸氣逸散和

廢水排放至環境中之汞，則醫院所造成的汞污染量更高，凸顯醫院妥善管理汞污染的重要性；以美國加州為例，當地 Palo Alto 污水處理廠便估計其污水中的汞，約有 4% 來自於醫院（Larry Walker Associates，1997）。

汞是美國環保署「持續性、生物累積性及毒性化學物質計畫（Persistent, Bioaccumulative, and Toxic（PBT） Chemical Program）」所列 20 個主要有毒化學品之一，在我國亦為公告列管之毒性化學物質。除了本身的毒性之外，汞進入環境後，更可能藉由生物及化學作用轉化為毒性增加 200 倍之有機汞（蘇明德，2008）。而環境中的有機汞，藉由生態系統之生物累積（Bioaccumulation）或生物放大（Biomagnification）效應，隨著食物鏈的傳遞過程進入動物體內，越是在食物鏈上層的動物體內累積量越高，估計最終進入人體之濃度可能高達環境水體污染濃度的 10^7 倍。1956 年日本水俣縣（Minamata）發生環境史上最著名的汞污染事件，即肇因於被認為相對低濃度的汞污染由工廠排放至海中，導致海洋污染，當地民眾因食用污染海域的魚產，造成 12,615 人傷亡的不幸。有鑑於汞污染對人體健康的危害，與汞的環境流布及環境宿命息息相關，美國環保署已針對有長期工業生產歷史的五大湖水域，和其它 79,000 個湖泊與超過 485,000 英哩長的河流，發布魚體含汞問題的警告（USEPA，2002）。

由於歷史上發生多起汞污染傷害事件，讓人們開始重視汞及相關產品的管理，各國亦紛紛訂定汞及含汞設備之禁限用措施，包括醫療器材在內。在美國已有至少 15 個州立法禁止販售或製造含汞體溫計，另有至少 10 個州立法限制

含汞補牙材的使用。歐盟則要求會員國從 2009 年起禁止販售含汞體溫計、血壓計、壓力計和氣壓計，並自 2011 年 7 月起禁止將汞輸出至歐盟以外地區，而丹麥、瑞典、荷蘭、挪威等國，則早已實施不同程度之禁、限用措施（行政院環境保護署，2007）。

醫院的汞污染問題

醫院因有為數眾多的含汞設備、材料和藥品，因此對於汞的使用管理需要特別加以注意。醫院常見的汞污染型態，包括設備使用過程中因意外洩漏造成室內空氣污染，或因設備操作、維護過程產生汞蒸氣排放，影響院外空氣品質。而不當的廢水排放，例如汞齊補牙病患的漱口水未經過濾直接排放，或將意外洩漏的汞任意傾倒於排水管等，均會造成院外水污染問題。

在廢棄物部分，可能因含汞廢棄物分類不當，於後續廢棄物處理過程污染空氣、土壤或水質，尤其是誤將破損的溫度計等含汞廢棄物，當成感染性廢棄物送去焚化，導致廢棄物中的汞經由焚化廢氣排放，加劇擴散並污染環境。部分小型診所誤將含汞廢棄物混入一般廢棄物，亦可能導致其經由掩埋場滲出水污染土壤及地下水。有關醫療院所內含汞設備不當處理與環境污染之關連如圖 1 所示。

醫院的含汞設備

醫院在運作過程中，可能產生的含汞廢棄物來源如表 1 所示，依含汞設備

之使用或配置可分為診療單位和非診療單位。診療單位可能配置的含汞設備，包括含汞血壓計、含汞溫度計、腸胃探條、S-B tube 含汞加壓設備、定色劑及染色劑、含汞藥品、加熱板上的螢光燈、光療床的螢光燈、含汞補牙材等，其中含汞血壓計和體溫計普遍配置於各診療單位，其它含汞設備則可能配置於急診室、新生兒病房、實驗室或牙科診療室。

配置於非診療單位的含汞設備包括設備用（如鍋爐）含汞溫度計、含汞氣壓計、含汞開關裝置（如真空系統恆壓器、鍋爐恆壓器、恆溫器等），以及診療單位移至醫工部門之含汞待修設備，其它如日光燈管、乾電池等含汞設備，則普遍分布於全院。

醫院含汞設備管理

有鑑於企業應善盡環境責任已成為國際潮流，醫院有必要建構含汞設備之管理系統，避免汞釋放至環境中造成危害，其終極目標則為實現醫院無汞化的理想。含汞設備管理系統（如圖 2 所示）以設備盤查（Inventory check）為起點，透過表格化的汞評估工具（Tool kit），有系統的調查並建立院內含汞設備基本資料庫，決策人員可據以規劃合理有效之管理目標與策略、研擬具體管理措施、修訂作業規範及進行各類教育訓練。醫院完成含汞設備管理系統建置後，仍需透過重覆執行盤查、評估、檢討等步驟，逐年調整其執行方法以及對應的作業規範，並隨著執行成果修訂管理目標，持續提昇含汞設備的管理品質。

對於維持使用含汞設備的醫院而言，應訂有相關作業規範，包括：設備操作準則、意外事故處理準則及含汞廢棄物處理準則等標準程序（SOP）。而妥適的設備維護管理準則與教育訓練，則有助於延長既有含汞設備使用年限，減少意外洩漏及廢棄物的產生造成健康危害。另一方面，在成本可負荷的前提下，汰換既有含汞設備，亦是快速達成無汞化目標的方法之一。事實上，除了某些特定用途之外，多數設備已有無汞或低汞的替代產品，例如市售乾電池之汞含量依環保署規定應不得超過 5 ppm；而部分照明燈具廠商，亦有生產低汞日光燈之環保產品。在量測儀器方面，環保署已公告限制水銀體溫計輸入及販賣，經濟部中央標準檢驗局則訂有電子式體溫計之國家標準，經認證符合標準的電子式體溫計，精準度不輸含汞的同類產品。

醫院含汞廢棄物管理

醫院含汞廢棄物之管理目的，在管制任何形態的汞以各種管道直接或間接釋放至環境中，其流程包括前端的教育訓練、回收再利用以及後端廢棄物貯存及委外處理。由於不當分類是造成含汞廢棄物污染環境的重要原因，因此教育訓練首重正確的分類觀念，使院內員工充分認知含汞廢棄物應單獨分類、循專屬管道處理，決不可將破損溫度計丟入感染性垃圾桶或將含汞補牙材棄置於廢顯定影液中。

此外，廢乾電池、CRT 顯示器及日光燈管等含汞廢棄物，應分類後納入資源回收體系，由專門的回收商回收處理。此類廢棄物目前由環保署向產品製造

商、進口商收費成立資源回收管理基金，透過基金補貼專業廠商回收處理，可促進存在產品中的汞於台灣島內循環使用，減少從境外輸入汞造成的環境負荷。

對醫院而言，除了正確分類之外，另應妥善貯存、保管含汞廢棄物，直到送交合格處理廠商為止。貯存於院內的含汞廢棄物，依型態分成受污染之廢棄物及汞元素二種，其貯存容器及貯存場所規範如下：

一、貯存容器

如為受汞污染的廢棄物，應先放入夾鏈袋中密封後再置入貯存桶，貯存桶宜採堅硬的塑膠材質，並備有可密封的上蓋，以避免汞蒸氣逸散，桶外則應清楚標示「醫院名稱」、「貯存日期」、「數量」、「廢棄物名稱代碼（C-0101 汞及其化合物）」及「有害事業廢棄物特性標誌」。

至於廢棄的元素汞，則因保有液態特性，其貯存應使用附有螺旋式氣密蓋的玻璃或塑膠瓶，瓶中可置入適量水或甘油，以防止汞蒸氣充斥瓶內空間，於瓶口開啓瞬間逸散。廢棄元素汞的貯存瓶應標示「廢汞」以及「廢棄物代碼（B-0220）」，置於專用貯存櫃中並由專人保管，每當有新廢棄的汞元素需放入貯存瓶時，應逐次紀錄收集廢汞的數量與累計量。

二、貯存場所

含汞廢棄物及廢棄元素汞之貯存場所，應符合「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」（95.12.14.）之相關要求，包括：

1. 必須有獨立的貯存空間，地面堅固且四周必須能抗蝕及防水。
2. 貯存場所要有適當的阻絕結構能夠防止外面的地面水、雨水及地下水滲入或流入。
3. 貯存場所內所產生的廢液、廢氣等，應有收集或防止其污染的設備或措施。
4. 在明顯的地方，設置白底、紅字、黑框之警告標示，並設有防止災害的設備。
5. 存放汞或含汞廢棄物的容器應該妥善放置，避免堆疊，以免因為地震或工作時碰撞而造成破損和溢散。
6. 定期檢查貯存容器是否有明顯破裂或腐蝕。
7. 盡量縮短清除車輛卸貨區至貯存區之搬運路徑，避免經過人多的場所，降低搬運過程中之風險。
8. 貯存區應配置有汞洩漏處理具包、滅火設備、抽風裝置和緊急沖淋安全設備，並放置水銀物質安全資料表及緊急應變手冊。

院內貯存的含汞廢棄物，依規定可存放一年，必要時得再申請延長一年，但仍應定期委託合格業者，進行後續處理。如果委託處理的是含有雜質的廢元素汞，或受污染廢棄物中的汞含量超過 260 ppm 以上，則必須委託有能力回收元素汞之處理廠回收處理；委託時應分別與處理及清除業者簽定合約，處理完

畢後記得索取妥善處理紀錄文件，以確保含汞廢棄物獲得適當之處理與處置。

結論與建議

汞具備許多與眾不同的實用特性，因而廣泛為人們所使用，然而隨著世人對於其危害特性以及在環境中流布的認知與日俱增，提醒我們在使用這個特別的元素時，更應該要設想到後續對環境可能造成的負面影響。對於汞，仍以避免使用為最優先選項，不得不用時，應儘可能減少用量、謹慎操作並妥善規劃處理所衍生的廢棄物，以免造成對健康或生態環境的危害。

依據調查結果，國內醫療院所仍有為數眾多的含汞設備繼續使用中，對醫院而言，現階段首要工作便是規劃一套完善的含汞設備管理系統，包括含汞設備及廢棄物盤查、落實廢棄物分類、妥善貯存處理與教育訓練，相關工作宜納入醫院管理系統之中持續推動，使醫院在發揚生命關懷之同時，也能關照與環境生態的和諧關係。

誌謝

本文係財團法人環境資源研究發展基金會執行環保署 97 年度委辦計畫 (EPA-97-H102-02-241) 之成果，謹此誌謝。

參考文獻

1. United Nations Environmental Programme (UNEP). NGO Proposal for a Global Mercury Strategy at the 2007 UNEP Governing Council Meeting.

2007.

2. US Environmental Protection Agency (EPA). EPA-452/R-97-004. Mercury Study Report to Congress, Volume II: An Inventory of Anthropogenic Mercury Emissions in the United States. 1997.
3. James Harvie, Eliminating Mercury Use in Hospital Laboratories: A Step toward Zero Discharge. Public Health Reports 1999; 114:353-358.
4. Larry Walker Associates. Mercury Pollution Prevention. Palo Alto (CA) : Palo Alto Regional Water Quality Authority, 1997.
5. US Environmental Protection Agency (EPA). Eliminating Mercury in Hospitals. 2002. Available from URL:
<http://www.epa.gov/region09/waste/p2/projects/hospital/mercury.pdf>
6. 蘇明德：汞的自述。科學發展 2008; 429:64-70。
7. 行政院環境保護署。推動含汞產品禁限用計畫 (EPA-96-H101-02-112), 2007。

圖表

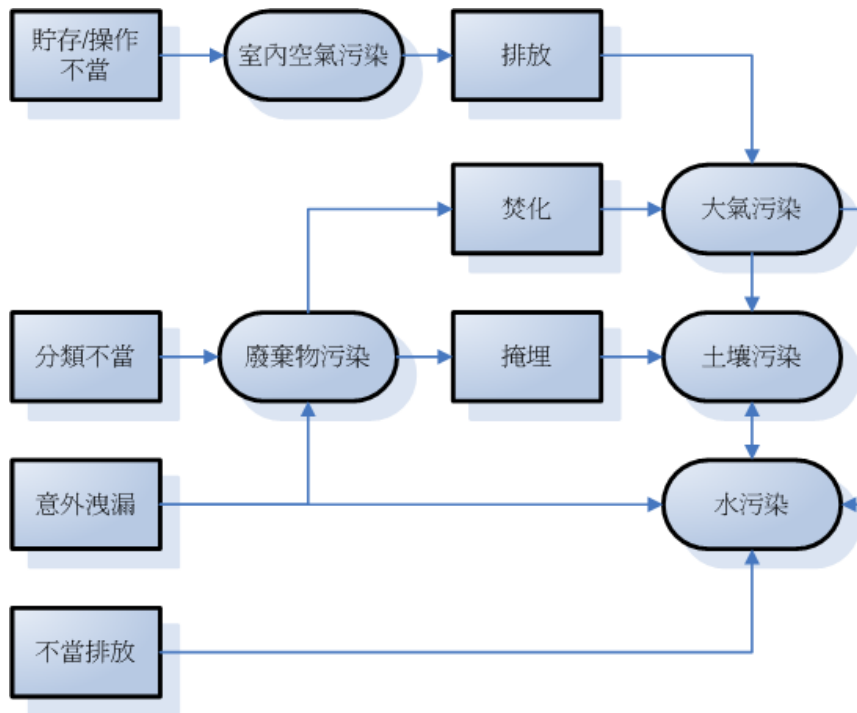


圖 1 院內含汞設備不當管理導致環境污染之關係圖

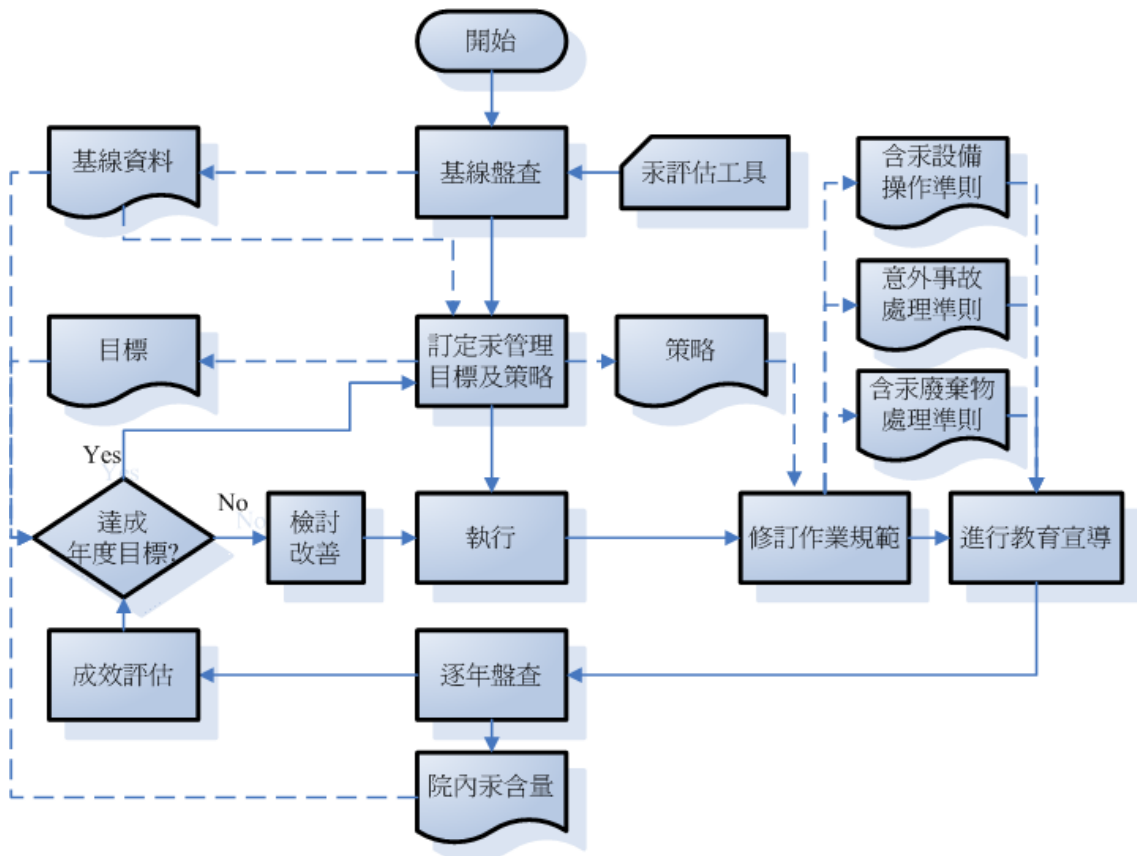


圖 2 醫院含汞設備管理系統

表 1 醫院可能產生的含汞廢棄物及其產生部門

含汞廢棄物	產生部門
含汞血壓計	護理部門、急診室、各科別診療室、工務部門、醫工部門
含汞溫度計	體溫計：護理部門、急診室、各科別診療室 實驗用溫度計：實驗室、研究單位
腸胃病學使用之含汞設備 腸胃探條 S-B tube 含汞加壓設備	腸胃科、急診室
非臨床上使用之含汞設備 含汞血壓計修護設備 含汞氣壓計	工務部門或醫工部門
定色劑及染色劑	檢驗部門、實驗室、研究單位
含汞藥品	藥劑部門、護理部門、急診室
含汞照明設備 日光燈 加熱板上的螢光燈 光療床的螢光燈 CRT 顯示器	院內所有單位、小兒科、嬰兒室
含汞開關裝置 真空系統恆壓器 鍋爐恆壓器 恆溫器	工務部門、醫工部門、影像醫學部門或放射科
含汞補牙材	牙科
乾電池	院內所有單位