

圖書蛀蟲、防蟲處理

岩素芬 國立故宮博物院科技室主任

【提要】本文為「紙質圖書保存維護管理研習會」之「圖書蛀蟲、防蟲處理」單元的課程實錄，內容介紹圖書害蟲、常見的文物害蟲、圖書蟲害防治步驟、圖書館蟲害的全面性偵測及整合性蟲害管理等。

關鍵詞：害蟲；黴菌；圖書保存；整合性蟲害管理（Integrated Pest Management，IPM）

壹、前言

依據中國圖書學會編《臺灣地區的圖書館事業》統計資料，1997年臺閩地區圖書館共有4,830所，包括國家圖書館1所、公共圖書館435所，另有分館113所、大專校院圖書館158所、中小學圖書館3,699所、專門圖書館537所等，顯示出國內圖書館數量並不亞於博物館。一般的歷史性博物館收藏的種類很多，可能有銅器、磁器、陶器、織品、繪畫類等。現在圖書館收藏的種類也愈來愈多元，除了紙張外，還包括光碟、錄音帶等，但是基本上還是以紙質類為主。

過去人們認為「紙壽千年」，指的是古代紙張本身自然老化的時間可能需要千年的光陰，然而一旦遭受蟲蛀，留下了支離破碎的紙片，看不到書中的文字，書籍價值盡失，即使沒有蛀食殆盡，昆蟲蛀食留下來的排遺或污染，對接觸書籍

的工作人員或讀者，都是有害健康的，因此對於圖書蟲害必須正視之。

貳、國內圖書害蟲研究狀況

國內針對圖書蟲害的調查，起步得比博物館早。在1990年，國立臺灣大學昆蟲系學生洪王徽恢的碩士論文「臺灣地區中文善本圖書蟲害防治之研究」，研究調查國立故宮博物院等八所臺灣地區中文善本圖書收藏單位，有關中文善本圖書蟲害防治的狀況，結果發現害蟲種類以蟑螂、衣魚及書蝨為主，主要是因為這是由圖書館人員回答的問卷，可能是他們對其他的昆蟲不熟悉之故。就筆者這些年的接觸，在圖書害蟲研究上還發現煙甲蟲和檔案竊蠹，不過所發現的煙甲蟲尚有存活者，而檔案竊蠹幾乎都是死亡的。



參、常見的文物害蟲

圖書蟲害，通常以蛀食紙質類的昆蟲為主，除了紙質之外，書籍的函套可能是織品，收藏書籍的箱、盒，或櫃、架可能是木質，這些周邊材質也可能有蟲害。表一為幾種常見的文物害蟲之特性，這些害蟲會蛀食、破壞書籍，而其他不會

破壞書籍者，不在本文介紹之列。

為了方便認識這些昆蟲，筆者將常見的害蟲依紙質、木質、蛋白質之材質分為三類，然再依危害的方式細分成不同類型：

一、紙質文物害蟲

關於紙質文物害蟲又可分成三類：

表一、常見的文物害蟲之特性

中文	危害文物種類	危害時期	檢測證據
蟑螂	含漿糊之書籍、書畫裝裱、紙張、織品、皮製品等	幼蟲期及成蟲期	排遺、卵鞘、若蟲或成蟲、文物上的污痕、食痕
衣魚	含漿糊之書籍、書畫裝裱、紙張、織品、皮製品等	幼蟲期及成蟲期	排遺、若蟲或成蟲、文物上的食痕
書蟲	紙張、潮濕的書籍或已發黴的書籍等	幼蟲期及成蟲期	若蟲或成蟲
煙甲蟲	紙張、書籍、木質、昆蟲標本、皮製品、植物標本、絲質等	幼蟲期，但常看到成蟲	文物上的污痕、文物上的食痕
藥材甲蟲	植物標本、昆蟲標本、革製品、書籍等	幼蟲期	蛀孔、排遺、幼蟲或成蟲
檔案竊蠹	紙質、合板、纖維板、紙箱等	幼蟲期	蛀孔、排遺、幼蟲或成蟲
白蟻	木質、竹材、書籍等	幼蟲期及成蟲期	蛀洞、蟻土、排遺、工蟻或生殖蟻、脫落翅膀
竹粉蠹	竹材	幼蟲期及成蟲期	蛀孔、木粉、幼蟲或成蟲
粉蠹蟲	木質、竹材等	幼蟲期及成蟲期	蛀孔、木粉、幼蟲或成蟲
衣蛾	動物性纖維、植物性纖維、毛織、羽毛、羊毛等	幼蟲期	織品纖維上取食文物或蛀洞、筒巢、幼蟲、脫落的毛髮
皮蠹（鱗節蟲）	動物性纖維、動物標本、皮革製品等	幼蟲期	受損文物、幼蟲蛻皮、趨光之成蟲



（一）紙質文物害蟲類型之一

第一類紙質文物害蟲的危害形態，是把紙一層一層的吃薄，甚至可以把一張紙吃穿，常見如蟑螂、衣魚及書蟲。書蟲因為體積非常小，牠要將紙張吃成如蟑螂或衣魚危害的狀況，數量要相當多才可能。其實書蟲並不是真的要去吃紙張，牠喜歡吃的是黴菌。所以，當環境很潮濕時，書上長了黴菌，書蟲就會去吃黴菌。蟑螂、衣魚、書蟲吃的是有機材質，有時不見得是紙張中的纖維素，而是紙張裡的漿糊或添加物。然而蟑螂與衣魚危害的癥狀很接近。要如何判斷是蟑螂或是衣魚的危害，可以觀察受害的書籍旁邊留下來的排遺：衣魚排泄物是細細、尖尖的，而且衣魚身上的銀粉也常會混合在排遺內；蟑螂的排遺顆粒則較長、較粗。

（二）紙質文物害蟲類型之二

第二類紙質文物害蟲屬於鞘翅目，其幼蟲因口器比較特別，吃書會造成如隧道狀的蛀孔，此類的昆蟲有煙甲蟲、藥材甲蟲、檔案竊蠹等。

（三）紙質文物害蟲類型之三

第三類紙質文物害蟲是白蟻類，通常在不注意時，物品的前面看起來很好，但是受白蟻危害的背面都被蛀空了，所以白蟻的危害是眾多蟲害當中最嚴重的。白蟻依活動可以分為地棲型白蟻與地上乾木型白蟻，地棲型白蟻危害者可以在其活動範圍內看到蟻土（或蟻道），若將蟻土剝開可以看到活的兵蟻，一但蟻道被破壞，白蟻會因失水而死。地棲型白蟻則可見到似砂粒排遺，若用放大鏡觀察，則可以看到排遺有凹洞。

二、木質文物害蟲

圖書本身是紙質，但是因存放圖書的櫃、架、箱、盒可能是木質，也常見蟲害，因此對於木質常見的害蟲做一介紹：

（一）木質文物害蟲類型之一

此類型木質文物害蟲的特色是其幼蟲蛀食木頭時會有蛀孔，而在木頭內部有孔道，並有木屑從蛀孔內往外推出。常見的昆蟲有粉蠹蟲、竹粉蠹、長蠹蟲科（見圖一）的昆蟲。

圖一、長蠹蟲科之蠹蟲



（二）木質文物害蟲類型之二

此類型的昆蟲如傢俱甲蟲，其蛀食木頭也會產生蛀孔，但是從蛀孔內往外推出的不是粉屑而是顆粒，此顆粒即是排遺。但是卻不像白蟻的排遺一樣有凹洞，表面是平滑的。

（三）木質文物害蟲類型之三

此類型之昆蟲為白蟻，其危害之特徵同紙質文物害蟲類型之三所述。一般新購之書架較不會帶有白蟻，通常是來自於建築物本身的白蟻造成的危害。

三、蛋白質材質類文物害蟲

蛋白質包括皮毛、羽毛、角、骨類等，蛋白質材質類文物害蟲較不常出現在圖書，但是為了日後見到時能有所判斷，也將之介紹於下，常見危害的昆蟲可分為三類：



（一）蛋白質材質文物害蟲類型之一

此類型為衣蛾類，如幕衣蛾、袋衣蛾。其最大的特徵是受危害物上會留有蛾的筒巢。在國外的文物蟲害書上常常提到幕衣蛾、袋衣蛾，但是這兩類的衣蛾，在國內好像不多，另外有時在潮濕的牆面上會看到白灰色會動的橢圓形扁夾，也是屬於衣蛾，牠也會吃毛、髮。

（二）蛋白質材質文物害蟲類型之二

此類型為鱗節蟲類（又稱皮蠹或地毯甲蟲），在國內較少見其危害。其成蟲明顯的可分為兩類，一種是黑色長型的鱗節蟲，另一種是圓型的花斑鱗節蟲，不過一般常見的是其幼蟲或其蛻皮。

（三）蛋白質材質文物害蟲類型之三

此類型為煙甲蟲。牠不但會危害纖維素，也會危害蛋白質材質。煙甲蟲普遍存在我們的週遭，牠的感染率很高。

肆、圖書蟲害防治步驟

在未討論如何進行圖書蟲害防治之前，可以先參考古人的做法。蟲害也是自古即存在的問題了。明朝曾經有內閣大士提議建檔案收藏庫「皇史宬」，明弘治五年（西元 1492 年）內閣大士丘睿上疏建議：「……，斫石以為室，銅金以為柜，……」。因此皇史宬建於明嘉靖十三年（西元 1534 年），完成於嘉靖十五年。皇史宬位於天安門東側的南池子，坐北朝南，正殿坐落在 14.2 公分高的石台基上，南牆厚 6 米，北、東、西牆厚 4 米，拱頂，對開的窗戶。古時候沒有空調，也沒有冷氣，可以達到保存的效果，建築的設計應有發揮不少作用。要做好蟲害的處理，從外在環境一直到內，都必須能夠兼顧，這樣就可以防

範一些問題的發生。實際防蟲的方法難免用到藥劑，方法如下：

一、書卷用紙藥物處理

古人想盡各種辦法，如用黃蘗或椒汁染紙，以及雌黃（砷的硫化物）塗佈法防蟲。明末，則有些書籍的扉頁加防蠹紙——萬年紅（紅丹，即四氧化三鉛（ Pb_3O_4 ））防蟲。

據上海博物館的研究發現，使用浸染黃蘗的紙拿去餵衣魚，衣魚吃了會死。黃蘗染紙，通常要先抽取黃蘗的成分，可以用水的方式抽取，或是用有機溶劑抽取，所抽取的成分不一樣。水溶性抽出物塗布紙張衣魚較不喜歡吃，而由硝基甲烷抽出物塗佈紙張，衣魚吃了快者 10 小時，慢者 1 週會死亡。

二、書卷裝幀裱褙過程的防蠹措施

古代在裝裱時，於製作漿糊時添加中藥，其中的一個目的是為了防蟲。若使用自製不加添加物的漿糊，很快就長黴了；假如去買現成的漿糊，因為漿糊裡加了很多添加劑所以不會長黴，但這些添加物不再是過去的中藥，而是現代的化學物質，對紙張可能會造成傷害。

三、創造防蠹環境

在古代可能用防蟲的木質書櫃，或者施放防蟲藥物，如花椒、乳香等，這些藥劑不見得可以殺蟲，但是可能使昆蟲感到不適。不過要注意的是，即使是中藥本身也會長蟲，煙甲蟲是曾見的案例。

至於現代的蟲害防治應如何進行？最重要的是必須從預防著手，造成一個昆蟲無法生存的環境，讓牠不要來侵犯我們的東西。在接手收藏的問題時，通常很多硬體條件都是被設定好的，也許會



覺得很無奈，只好去做第二個防堵措施。但是當蟲害真的發生時，要面對並加以處理，之後，要處理受損的收藏圖書，同時也要復原受損的環境。

蟲害防治的步驟基本上可分為避免（Avoid）、阻絕（Block）、偵測（Detect）、蟲害發生時的適當反應之道（Respond）、事後的復原與處理（Recover/Treat）。以下分別說明此五個步驟的理念與做法：

一、避免（Avoid）

（一）室外環境

1. 外牆不要有草木叢生，要清除藤蔓及雜草。屋外鳥巢、破片要除去，以免昆蟲寄生。
2. 屋頂排水管、下水道、水溝、垃圾筒要經常清理。
3. 圍牆的縫隙、孔洞應以水泥封堵。
4. 避免夜間燈光誘引昆蟲。
5. 勿堆放木頭，以防白蟻滋生。
6. 戶外垃圾必須密封加蓋，並儘速包妥清運。

（二）室內環境

1. 控制溫、濕度及保持潔淨的空氣及通風。
2. 書櫃底部不要與地板密接或靠牆，以免受潮或灰塵不易清理。
3. 要定期清理，不要堆放物品，以防昆蟲滋生。
4. 最好不要鋪設地毯以免灰塵蓄積。
5. 防止水管漏水，天花板也儘量不要有水管通過。
6. 避免食物花草接近圖書。
7. 最好每個收藏室能獨立，必要時可封閉進行蟲害處理。

其中，相對濕度對於昆蟲的生存影響是較大的。一般在紙質類的環境，相對濕度最好維持在 55%，上下不超過 5%，最好不要超過 65%，因

為超過 65% 則容易長黴，有些昆蟲（如書蝨），就是依賴黴菌維生。再者，溫度起伏造成物質外表結露的現象，若通風不良，不經常打掃造成灰塵覆蓋，則長黴機率更高。此外，昆蟲本身對相對濕度也很敏感，以檔案竊蠹為例，假如溫度從 30°C 降到 23°C，蟲卵的孵化率變化不大（都維持在 70% 左右），可是相對濕度如果從 60% 降到 55%，蟲卵的孵化率馬上就降到 31%，所以，相對濕度是保存書籍時一個相當關鍵的控制因素。

二、阻絕（Block）

1. 門、窗及牆壁破損處應修補，窗戶加裝紗網且緊密邊緣，門底下的縫隙可加收邊條，防止昆蟲進入。
2. 地板、角落等縫隙之處要填補，以防昆蟲寄生此處。
3. 排水口、通氣孔也要加細網，網目越密越好，但不影響到排水、通氣的順暢。
4. 工作人員的食物必須以容器加蓋密封儲存。

三、偵測（Detect）

（一）何時偵測

通常有機會就儘量多去看、多去翻文物，或者也可以在新書進館、圖書歸還、捐贈圖書、或定期檢查書庫。若有害蟲，則要隔離受損圖書，將之密封在塑膠袋中（不要放過久），儘快處理。

（二）在何處檢查

在書籍進庫房前的緩衝室檢查，或者於書庫以捕蟲陷阱做檢視。

（三）如何檢查

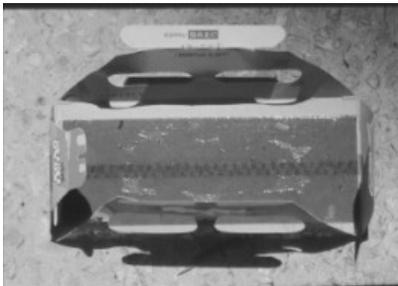
要檢查有沒有蟲體、蟲蛻、繭、卵、排遺等。另外，若以捕蟲陷阱捕捉（即捕蟑屋，可以加或



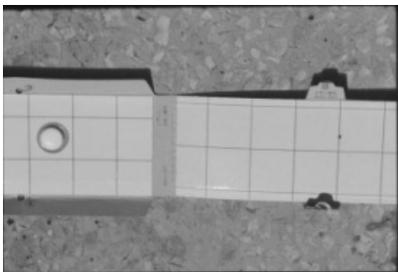
不加誘餌），上面要標示時間及編號。小空間以每隔二至六公尺放一個捕蟲陷阱，大空間以每隔十公尺放一個捕蟲陷阱。一開始捕蟲陷阱可放置於較髒的區域、牆邊、牆角、窗邊、門邊、書架上、書後面，以後再以先前發現昆蟲密度高的區域加強放置捕蟲陷阱。

此外也要繪製平面圖，記錄捕蟲陷阱放置地點。如用捕蟲陷阱（見圖二、圖三），除了可以捕捉昆蟲之外，也可以達到昆蟲數量及種類調查的目的。捕蟲陷阱必須沿著牆邊放置，因為這些昆蟲都是靠觸覺沿著牆邊走的。昆蟲調查最重要的目的是追蹤昆蟲的來源為何：外來或藏在室內環境或書中。捕蟲陷阱放置一段時間會蒙上灰塵，就必須更換。

圖二、捕蟲陷阱



圖三、加煙甲蟲費落蒙之捕蟲陷阱



一般購買的捕蟑屋裡附贈的物質，大部分是屬於食物味道來誘引，如有些人是放魚粉、花生

或有味道的東西，主要是要誘引蟲過來吃。

四、反應（Respond）

當發現有蟲時，接下來就是要反應、處理。處理蟲害的問題，應該綜合兩種以上的方法，不是只有依靠殺蟲劑來防止蟲害。整合性蟲害管理（Integrated pest management, IPM）原是在農業蟲害處理提出的現代論點，在圖書館的收藏，蟲害防治也可以應用。整合性蟲害管理內容包括：

1. 物理的控制：控制硬體環境條件，使昆蟲不易接近藏品。
2. 昆蟲繁殖的控制：控制昆蟲生長、繁殖的條件，包括適宜的溫、濕度環境及食物來源。收藏庫裡儘量不要有垃圾筒，昆蟲就比較不容易滋長。
3. 化學的控制：不得已時，可能要用化學控制，就是選擇適當的殺蟲劑種類、劑型、濃度。

處理蟲害時，應該先判斷昆蟲在何處，如蟑螂與衣魚成蟲並不是住在書裡，而書蝨就是在書中活動、會蛀孔的昆蟲幼蟲住在書裡等初步判斷。白蟻問題的處理較特殊，主要是在蟻巢的蟻后它會源源不斷生產白蟻，假如只是在看到白蟻處噴藥，以後蟻后還是會繼續生產白蟻，危害不會停止。

處理蟲的方法，過去可能都會用化學的方法，可是現在環保意識抬頭，大家都不希望用太多藥劑，但是，有時候還是需要用化學藥劑的，屆時對用什麼殺蟲藥劑必須了解。以下對化學藥劑做一簡單介紹：

（一）化學藥劑

化學藥劑可以依化學性質、化學作用、劑型分類。依化學性質分類：包括有機氯劑、有機磷



劑、氨基甲酸鹽劑、天然有機物、合成除蟲菊及雜類（如昆蟲生長調節劑、費洛蒙等）。依作用方式分類：包括胃毒劑、觸殺劑、燻蒸劑、窒息作用。依劑型分類：濃縮乳劑、可濕性粉劑、微膠囊劑、粒劑、粉劑、餌劑、壓力噴霧劑、燻蒸劑、油漆劑。

時代在進步，使用的藥劑也一直在變化，如早期的 DDT，是有機氯，因為有機氯對環境造成破壞、殘留，現在已經不用了。目前市面上看到的，很多都是除蟲菊之類的。超市的除蟲劑大都是除蟲菊，而超市買的藥和消毒公司用的藥，是不一樣的，因為消毒公司用的藥是比較特別的，要有執照才可以買的，而且在除蟲時，藥劑是水溶劑還是有機溶劑、噴霧顆粒的大小等都是非常專業的，並不是一般人可以隨意拿到的除蟲器具。

以下說明常用的殺蟲劑：

1. 燻蒸劑

燻蒸常被用來處理大量的蟲害，燻蒸劑的類型有固態、液態、氣態三種，燻蒸原理是在一個真空或密閉空間，以氣體或氣化之燻蒸劑穿透進入接受蟲菌處理的物品。在國內圖書館只有國家圖書館、中研院史語所有燻蒸的設備，而且都是減壓燻蒸庫的類型。

使用燻蒸劑的優點是：(1) 除蟲效率高；(2) 穿透性高；(3) 曝露在燻蒸劑中的時間短；(4) 單位項目處理的花費較少；(5) 同時可以處理很多件。缺點有：(1) 對操作者及環境毒性較高；(2) 殘留之藥劑無法避免再受昆蟲感染，但殘留藥劑可能會影響材質及使用者的健康。

常用的燻蒸劑類型有：

(1) 約其棒 (Ekibon)：86% 溴化甲烷 (CH_3Br)

+14% 環氧乙烷 ($(\text{CH}_2)_2\text{O}$)。

(2) 溴化甲烷 (CH_3Br)：過去燻蒸用的溴化甲烷是引用農業燻蒸土壤的用藥，貨物出口的木箱燻蒸也是使用溴化甲烷。但是依 1997 年蒙特婁議定書締約國第九次會議決議：已開發國家於 2005 年、開發中國家則在 2015 年全面禁用溴化甲烷。國內於 2002 年 3 月，農委會公布：因溴化甲烷於美術館、博物館為環境用藥用途於 94 年即應全面禁用；環保署公布：因環氧乙烷對人體健康及環境之危害，且歐盟已禁用於燻蒸處理，故不增列為新用途。

(3) 好達勝 (Phostoxin, PH_3)：原也是處理倉儲害蟲的藥劑，但是農業界現在正在研究用其他取代方法來處理。

(4) 幫家淨 (Bunganon)：1% 賽芬寧 (cyphenothrin) +99% 二氧化碳 (CO_2)。這種藥劑無法像溴化甲烷滲透力那麼大，所以最多僅可稱為半燻蒸劑 (semi-fumigant)。假若環境很多蟲，無法掌握蟲的分布、數量時，可以使用幫家淨作全面的處理。不過，這種藥劑只能處理表面的蟲，假如是長在書裡的煙甲蟲，是否有那麼大的滲透力並不是很有把握。這藥劑的優點是沒有水氣，所以噴藥後沒有水漬污染的問題。

(5) Bromo-O-Gas：98% CH_3Br (溴化甲烷) +2% 氯化苦 (CCl_3NO_2)，也是屬於燻蒸土壤的溴化甲烷。

(6) 硫醯氟 (Vikane, SO_2F_2)：是西方常用的燻蒸藥劑，在臺灣並沒有使用執照，所以未被使用。

凡是屬於化學的除蟲藥劑，都帶點酸性，所以對於金屬材質會產生腐蝕的作用。將三種國內外目前常使用燻蒸劑的特性整理比較如下（見表



二)。

表二、目前三種國內外常使用燻蒸劑的特性比較

名稱	對人體毒性	殺蟲效果	殺菌效果	對材質影響
好達勝	高	可殺任何階段的昆蟲	無	和所有的金屬會反應(尤其是銅)
硫醯氟	高	可殺蟲，但沒有殺卵力	無	部分的金屬會鏽蝕(尤其是銅)，與部分紙張、蛋白質、合成樹脂會有反應
幫家淨	中等	不接觸就無殺蟲效果，沒有殺卵力	無	銅製品會變色

2. 生長調節劑

生長調節劑，就是讓昆蟲無法正常的生長。昆蟲的生長必須經過變態，青春荷爾蒙是調控變態的重要因素。所以可以使用青春荷爾蒙或其類似物，把蟲控制在某個階段，讓牠無法再繼續生長，且變成畸形的昆蟲。另一種方法是用幾丁質合成抑制劑，讓昆蟲外面的幾丁質無法形成，變成殘缺不全的昆蟲就無法生長。

3. 昆蟲費洛蒙

昆蟲費洛蒙，是昆蟲身上散發出來的化學物質，有些可以吸引異性，如性費洛蒙，目前已有商品化的煙甲蟲性費洛蒙。有些是吸引族群聚集的費洛蒙。有些有警告作用，如報警費洛蒙。又如螞蟻走過之後會有點味道，後面來的螞蟻就沿著同仁的路線走，這是標跡費洛蒙。還有一種是遷散費洛蒙，或稱空間費洛蒙。

4. 常見的昆蟲忌避劑

依據美國 Human Hazard Signal Word, 參考口服、吸入、眼睛或皮膚接觸的相關濃度數值 (Oral LD₅₀, Inhalation LC₅₀, Dermal LD₅₀, Eye Effects and

Skin Effects)，將藥劑毒性分為四級：

級數	毒性
I	Danger (毒性很高)
II	Warning (警告)
III	Caution (小心)
IV	Caution (小心, 但毒性較不高)

而常用之忌避劑其毒性如下：

- (1) 樟腦丸 (camphor)：包括天然樟腦、人工合成樟腦 (精製樟腦)。以前我們都用樟腦丸，可是現在外面不太買得到，後來發展一種人工合成的樟腦丸，但現在也不容易買得到了，其毒性並不是很清楚。
- (2) 奈丸 (naphthalene) (毒性 III-IV 級)。
- (3) 對二氯甲苯 (para-dichloro benzene, PDB) (毒性 II 級)。

由資料顯示，對二氯甲苯的毒性最高，在國外有些資料建議儘量少用對二氯甲苯。超級市場裡賣的白色藥丸，大概都是對二氯甲苯，它的毒



性比奈丸大，對人體不是很好。蠶豆症者被告知不要接觸樟腦丸，其實不應該接觸的是奈丸（又稱臭丸）。

圖四、雖標示樟腦，但應是對二氯甲苯



圖五、人工合成樟腦



（二）低溫冷凍法

對於圖書害蟲使用低溫冷凍法還算恰當，因為書籍的材質單純，主要以紙質為主，使用冷凍除蟲對幾種常見的害蟲是有效的。低溫冷凍法約在 50 年前，就已在昆蟲學領域中展開研究，近年來歐美國家也常利用此法處理文物害蟲。

低溫冷凍除蟲的材料、設備包括塑膠袋、尼龍繩、夾鏈袋、收納箱（或紙箱）、 $-20^{\circ}\text{C}\sim-30^{\circ}\text{C}$ 的冷凍櫃（走入式、臥室或左右對開式）等。冷凍法的步驟是將書籍封袋，放入已降溫之冷凍櫃，約一星期左右，關掉冷凍櫃回溫，隔天從冷凍櫃拿出套袋之檔案，並取出書籍。回溫的步驟是很重要的，待恢復到室溫再打開塑膠袋才不會產生結露而長黴。此外，放置的書籍厚度勿超過 25 公分，以防

中心無法達到所需的低溫而殺蟲無效。

圖六、走入式冷凍櫃



圖七、左右對開式冷凍櫃



（三）低氧處理法

低氧除蟲的原理方法，就是把一個密封空間（絕氧塑膠袋、燻蒸包、燻蒸庫）使用脫氧劑、或充氮氣、二氧化碳、氫氣的方法，將氧氣降低至 0.3% 以下，昆蟲會因缺氧而打開氣孔，最後因脫水而死亡。

圖八、使用脫氧劑除蟲



使用氮氣除蟲，必須要有一些設備。一般氮氣都比較乾，要把氮氣調濕後，再送進一個空間除蟲，才不會使紙質濕度降得太低。同時要偵測氧氣是不是達到 0.3% 的濃度才可以開始計算殺蟲的時間。一般燻蒸可能兩天就好了，但是氮氣除蟲需要二個星期。

五、復原與處理 (Recover/Treat)

復原與處理的方法，是穩定圖書及圖書保存環境。圖書若是因蟲蛀而造成書籍破損，而持拿、使用會使狀況惡化，則需要進行圖書修護。當然在修護之前也要處理蟲屍或排遺等，最好要戴口罩與手套，以防過敏。環境部分的清理也是要注意身體的防護。

伍、結語

「預防勝於治療」，預防的工作永遠是最重要且最務實的防治作法。透過整合性蟲害管理 (Integrated Pest Management, IPM) 及館內完善的蟲害管理政策與制度才能免於蟲害。

圖九、調整氮氣相對濕度的裝置



圖十、自製小型氮氣燻蒸庫



▲國立故宮博物院科技室岩素芬主任 (編輯組提供)

