

防腐木材之使用與發展趨勢

◎國立宜蘭大學森林暨自然資源學系·林亞立

前言

木材具有碳吸存的功能，樹木為生產1公噸碳水化合物，需自大氣中吸入1.6公噸二氧化碳，並會釋出1.2公噸氧氣。木質建材在製造時所需消耗的能量及所排放的二氧化碳量遠小於鋼材與混凝土等建材，因此木質建材用量的增加，亦可減少生產建材時二氧化碳的排放量。一塊木材使用時間越長，就能將其中的二氧化碳固定越久，並間接減少森林的砍伐。整體而言，木材的生產與使用及使用期限的延長，具有節約能源、減緩溫室效應的效益。

木材是生物性材料，有溫和、易親近、比強度大的優點，但在許多使用環境中，亦有容易遭受各類生物因子危害，以至於降低美觀與強度，甚至危及使用者安全的缺點，因此研發木材防腐保存技術，以延長木材使用壽命，除可維護使用者的安全，亦可間接減少林木砍伐，具有資源保存功能。擴大木材可使用範圍，使防腐處理材取代部份高耗能材料，兼具節能減碳的功效。

遠古先民已知，經煙燻過的木材支柱，可有較長的使用壽命。台灣傳統木作師傅，亦常將木料浸泡在鬆油(桐油)中，以增加木料的耐腐抗蟻性。現代的木材防腐處理，始於工業革命後，鐵路、電報(話)、電力輸送的發展，大量的枕木、電桿經雜酚油(creosote)防腐處理，使枕木、電桿在各種不同的使用環境與使用方式下，不受各類生物因子所劣化，以保持通訊及交通順暢。1930年代，兼

具廣效性及長效性的鉻化砷酸銅(chromated copper arsenate, CCA)取得專利，開啟了含金屬成分水性木材防腐藥劑的紀元，也促進了防腐處理木材的使用範疇，帶動了木材防腐技術與產業的發展。然而，隨著經濟發展，人們對人身安全與環境保護的日益重視，木材防腐藥劑及防腐處理材可能造成的潛在危害與環境污染逐漸受到重視，二十世紀末，CCA逐漸為各國所限制使用，環保署亦於2007年4月1日禁止用於室內建材、傢俱、戶外桌椅等，使木材防腐藥劑的開發與防腐處理材的使用走向多元化的階段。

木材使用環境危害分級

將木柱以石頭墊高，使其不與土壤及水分直接接觸，可延長木柱使用壽命，是許多民族相傳已久的觀念，亦是「保持木材乾燥」為木材保護首要工作的原型觀念。由此可知，木材的使用環境與方式，使木材暴露於不同程度的受害條件。目前台灣及世界各國木材防腐規範，皆以防腐處理材擬使用環境的危險程度分級，建議可使用的防腐藥劑及藥劑吸收量。分級的因子通常包括：室內或室外使用、劣化因子的潛在危害程度、是否與水分和土壤接觸及接觸時間長短、其他特殊環境因子考量。中國國家標準(CNS 3000)將木材使用環境的危害分級分為5級(K1~K5，表1)，世界各國的分級方式與CNS大致相同，若有差異，也僅在於各級中另有分項，或對較特殊情況另有規範。

表1. 木材使用環境與危害分級(摘要自CNS 3000表3)

危害分級	使用環境
K1	木材處於室內，無蟲蟻危害之虞。
K2	木材處於室內，有蟲蟻危害之虞。
K3	1.木材處於室內，室內相對濕度高於70%，有蟲蟻及真菌危害之虞。 2.木材處於室外，但無直接受天候劣化。
K4	1.木材處於室外，並直接受天候劣化，但無持續接觸水與(或)地。 2.木材處於室內潮濕處，易受潮，有蟲蟻及真菌危害之虞。
K5	木材處於室外，無保護，且長期間暴露於濕潤環境或接觸土壤。

目前木材防腐藥劑之種類與發展趨勢

鉻化砷酸銅的限制使用，加快了木材防腐藥劑的研發及推出，台灣地區目前在木材防腐劑與處理材的相關標準中，共規範了11類的藥劑，各類藥劑下可有不同類型(type)。目前市場上較常使用的藥劑類型除限制使用的CCA外，尚有硼化合物(台灣地區目前使用的多為八硼酸二鈉，DOT)、銅烷基銨化合物(ammoniacal copper quat, ACQ)、銅唑化合物(copper azole, CA)等；此三者雖然性能不如CCA，但對腐朽與昆蟲危害皆具效果，且對人體及環境影響較小，因此被廣為採用。

硼化合物很早就被採用為木材處理藥劑，早期以硼砂及硼酸為主，溶解度較低、對氣乾木材滲透性較差，處理材品質不易控制；目前使用的DOT，水溶解度大，可藉由加壓方式對氣乾木材進行處理，處理材品質得以控制。DOT對人體毒性極低，因此可作為室內用材的處理藥劑，然而因DOT的流失性高，目前仍侷限於不與水分接觸的環境下使用。若能改善處理木材中硼化合物藥劑的流失性，則DOT在未來具有許多發展空間。

ACQ及CA皆是以氧化銅(CuO)搭配有機化合物所組成，ACQ的有機化合物為四級銨(N-alkyl benzyl dimethyl ammonium chloride, BKC; didecyl dimethyl ammonium chloride or carbonate, DDAC)，CA則為唑類化合物(tebuconazole)。二者在相同危害分級中所需的有效劑量皆較CCA為低，且因不含有高毒性與污染性的鉻及砷，因而對人體潛在毒性較小且對環境較友善。

近幾年來，因微米化技術的開發，ACQ及CA皆有銅微米化型藥劑的推出(在台灣地區目前稱MCQ及MCA或 μ CA)，雖然有效成分相同，但因氧化銅存在於藥劑中的方式為微粒懸浮而非溶解，藥劑所使用的溶劑成分不同，所需的有效劑量更低，對環境更友善。

由CCA的限制使用到MCQ、MCA的發展，木材防腐藥劑的發展趨勢，為減少重金屬成分含量、開發有機系藥劑及降低有效劑量。預期在未來的二十年，木材防腐藥劑將不再含有金屬成分，各類的有機系藥劑將提供使用者更安全、多樣的防腐處理材，以符合使用及環保需求。

表2. CCA、硼化合物、ACQ及CA在各危害分級可選用情形

危害分級	可使用藥劑
K1	硼化合物
K2	CCA*、ACQ、CA
K3	CCA*、ACQ、CA
K4	CCA*、ACQ、CA
K5	CCA*

*不得使用於室內或會與人體接觸的設施。

防腐處理材之使用

保持木材乾燥為木材保護的首要工作，若能將使用中的木材維持於適當的含水率下(通常為19%以下)，則多數的木材無需防腐處理。因此，木材的使用可以藉由適當的設計、施作與維護來達到延長使用壽命的目的。有些樹種的心材，如天然林的檜木、大徑級的杉木、巴杜柳桉、太平洋鐵木等，具有良好的天然耐腐性，無須進行防腐處理，可於危害等級較高的環境中使用，亦是選用防腐處理材前可先行考慮的。

使用防腐處理材需以木材使用環境、使用目的、預期使用期限、使用對象、環境安全性、可使用的木材種類、環境與資源保育及經濟效益等因素進行評估。在無需進行防腐或無需使用防腐處理材的場合，應盡量減少使用，且應避免將無需處理或不易處理的木材進行防腐處理。就木材防腐而言，多做無妨、多作多保障的觀念並不恰當，保障不會增加，只會增加污染。在確認需使用防腐木材時，再依目前市場上可取得的防腐木材產品進行評估與選用。依CNS現行相關標

準，CCA、硼化合物、ACQ及CA在各危害分級可選用的情形如表2。

經適當處理的木材，表面應為清潔、無藥劑沉積物或粉塵殘留。施作時，人員應有適當防護，盡量避免不必要的切削及吸入粉塵。在CCA限制使用後，大大降低了防腐處理材對使用者潛在危害的風險，然而與處理材接觸後，仍應適當清潔身體衣物，以維護安全。

木材防腐發展至今，已屬成熟的技術，即使防腐藥劑及處理方法有新的發展，正常運作的木材防腐處理廠所生產的防腐木材品質，皆能符合一定的標準，故可在規範下使用。全球在氣候暖化、天然森林資源缺乏與資源保育倍受重視的環境下，將品質較差的造林木，經適當的防腐處理，以取代高品質但高價且需砍伐自天然林的木材，對資源保育與環境保護有著莫大的實質意義。此外，經適當處理的防腐木材，可取代鋼筋水泥等非再生性材料(如圖1)，使各類設施對環境更友善，與人更親近。



(A)



(B)



(C)



(D)

圖1. 防腐處理木材設施圖例：(A)擋土牆；(B)觀景平台；(C)木棧道與解說牌；(D)高架木棧道(羅浩銘 攝)

結語

木材是一種天然材料，自有人類以來，一直在人類的生存、生活與文明的發展上扮演重要的角色。理想上，木材的使用應為適材適用，然而因人口的增加，人類對木材的需求已遠超出自然資源所能提供，因此需將較次等的木材進行防腐處理，實為不得已的措施。

隨著防腐處理藥劑與技術的發展，現今的防腐處理木材已有一定的水準，且對人體愈來愈安全，對環境也愈來愈友善，適當且合理的使用防腐處理材在節能減碳、資源保育及環境保護上應能有所貢獻。☸

◎ 參考文獻請逕洽作者