

多環芳香烴對健康的危害

全球很多大都市，如香港，每天都會製造數以噸計的污染物。近年來，多環芳香烴(PAHs)更是備受關注的污染物。多環芳香烴可來自天然的災害，例如火山爆發、森林大火；它亦會因焚燒木材，或由工廠、汽車或餐館排放出來。



據研究所得，不少疾病都是由長時期接觸高濃度的多環芳香烴引致的。苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]熒蒽、苯并[k]熒蒽、二苯并[a,h]蒽及茚并[1,2,3-cd]芘等的多環芳香烴已被證實為致癌物。有些地方已修改法例，定期監控多環芳香烴水平。

甚麼是多環芳香烴？

多環芳香烴是指帶有兩個或以上苯環的化合物，這些苯環以不同方式併合成多個多環芳香烴異構體或衍生物。目前多環芳香烴化合物超過一百個，部分是天然化合物，其餘是經合成得來的。純多環芳香烴一般是親脂性白色或淺黃色的固體，它們在水的溶解度會隨著分子質量增大而降低。帶兩個至四個苯環的多環芳香烴歸類為低分子多環芳香烴；具五個或以上苯環稱為高分子多環芳香烴。多環芳香烴能以蒸氣或固體形式存在，呈蒸氣的多環芳香烴多數只帶兩個或三個苯環；帶五個以上苯環的多環芳香烴呈微粒狀，體積小於 $2.5\ \mu\text{m}$ ；含四個苯環的多環芳香烴視其所處的環境，可以是蒸氣或固體。

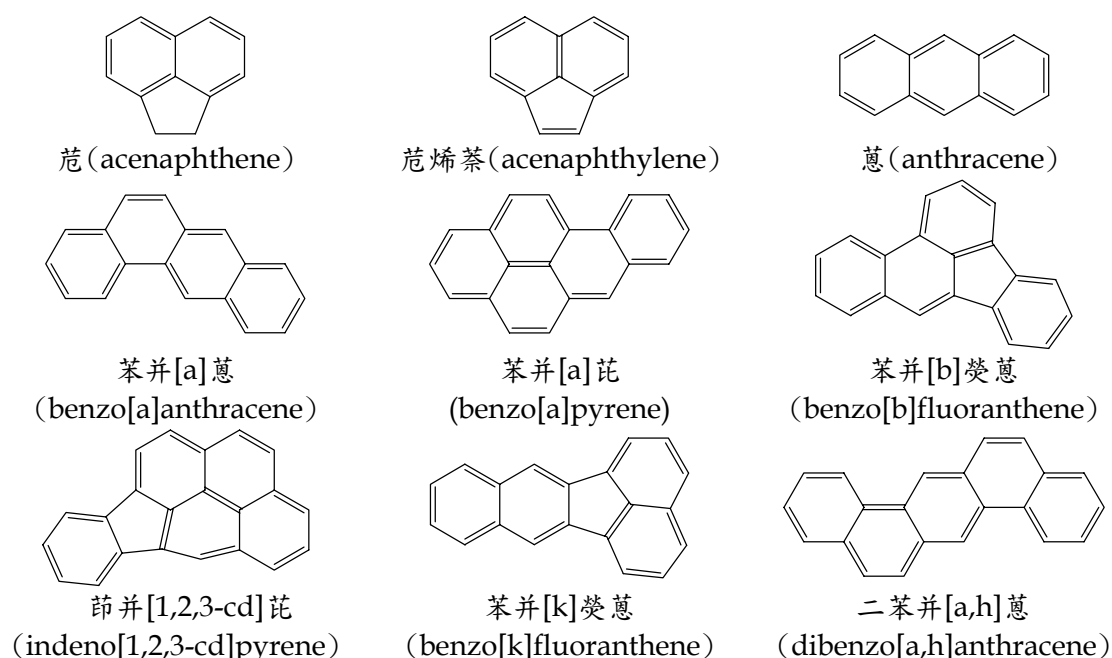
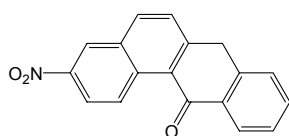
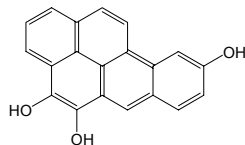


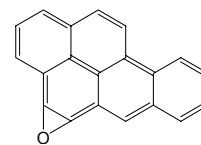
圖 1：一些多環芳香烴的結構



3-硝基苯并蒽酮
(3-nitrobenzanthrone)



苯并[a]芘-4,5,9-三醇
(benzo[a]pyrene-4,5,9-triol)



4,5-氧化苯并[a]芘
(benzo[a]pyrene-4,5-oxide)

圖 2：硝基-多環芳香烴、羥基-多環芳香烴及氧化-多環芳香烴的例子

多環芳香烴是怎樣生成的？

當化石燃料、木材、垃圾或其他有機物如煙草、燒焦的肉類在不完全燃燒時會生成多環芳香烴。一般相信多環芳香烴是由簡單的芳香化合物如苯及萘等，經脫氫乙炔加成機理 (HACA) 而形成，按著反應進行的溫度，生成具不同苯環的多環芳香烴。當反應在較低溫度進行時，多會生成低分子多環芳香烴；若反應在較高溫度進行時，則容易形成高分子多環芳香烴。簡單的芳香化合物經典型的HACA反應機理，把苯環縮合或是進行乙炔加成而生成對應的多環芳香烴。

多環芳香烴經芳族親電取代反應、氧化反應或還原反應後，得到大量而類別不同的衍生物。例如多環芳香烴與大氣中的 O_3 、 SO_2 、 NO_2 、 HNO_3 和 N_2O_5 等空氣污染物起光化學反應後，生成硝基-多環芳香烴、羥基-多環芳香烴及氧化-多環芳香烴等衍生物，它們的毒性高於原來的有機反應物。

人類經常接觸多環芳香烴會怎麼樣？

多環芳香烴可經由食水、食物或所接觸過的泥土等進入人體，而最普遍的接觸途徑是吸入摻雜多環芳香烴的空氣。一旦多環芳香烴進入人體後，便迅速溶於腎臟、肝臟、脾臟、腎上腺及卵巢等的脂肪組織。雖然大部分的多環芳香烴最終經大、小便排出，但部分殘留在我們體內的多環芳香烴，會逐漸累積起來，引起疾病。

多環芳香烴怎樣影響我們的健康？

致癌性

不少多環芳香烴已被界定為致癌物。臨床實驗報告指出：若長期接觸高濃度多環芳香烴的混合物，會引起皮膚癌、肺癌、胃癌及肝癌等疾病。我們確信多環芳香烴可破壞體內的遺傳物質，引發癌細胞增長，增加癌病的發病率。首先，我們體內的某些酵素，例如：細胞色素 P450 會把吸進體內的多環芳香烴，經過多階段代謝作用轉化，變成親電反應的衍生物，如環氧化二醇、奎寧、共軛的羥烷基衍生物等。有些衍生物，例如環氧化物可迅速發生重排反應變為酚，或經水解變為二氫化二醇。這些多環芳香烴具立體擇性，代謝後生成不同的異構體，而且傾向生成立體最穩定的異構體，具有最高的誘發突變性和激發腫瘤生長的活性。這些致癌的最穩定異構體與體內的 DNA 分子容易形成共價鍵，結果在體內的細胞和器官生成多環芳香烴-DNA 加成物。在眾多的多環芳香烴衍生物中，環氧化多環芳香烴二醇對核酸分子起最高代謝作用。位於鳥嘌呤和腺嘌呤的核外氨基最易受到環氧化多環芳香烴二醇攻擊，生成多環芳香烴-DNA 加成物。在長期吸煙者體內的乳房動脈內皮層中可找到多環芳香烴-DNA 加成物。

誘發突變性

「誘發突變性」或「基因毒性」一詞指化學物質誘發 DNA 和活細胞突變的潛勢。由於多環芳香烴-DNA 加成物的生成、誘發突變和癌腫的形成互相關連，可見多環芳香烴的誘發突變性確與其致癌性有關。多環芳香烴與其他化學品，例如

空氣中的二氧化氮、臭氧、硝酸和二氧化硫等發起光化反應，生成更多能誘發突變的硝基-多環芳香烴和羥基-多環芳香烴，該些反應需時數天或數週。在眾多多環芳香烴中，某些硝基-多環芳香烴具有高度的誘發突變性，不必經代謝作用，已具生物活性，稱為原誘變劑。典型原誘變劑的例子，有苯并[a]芘和多個硝基芘的衍生物。苯并[a]芘誘發突變的能力很高，能誘發原核細胞和真核細胞發生基因突變，使哺乳動物細胞進行非預期的 DNA 合成。現已證實高濃度的苯并[a]芘是若干類型惡性腫瘤的主要成因。與具原誘變性的硝基-多環芳香烴不同者，是其他硝基-多環芳香烴和羥基-多環芳香烴必先進行反應而變得生物活性，方能在人體內誘發突變。

問題

1. 多環芳香烴是甚麼？
2. 我們接觸了多環芳香烴後會怎樣？
3. 多環芳香烴經由甚麼途徑進出人體？
4. 多環芳香烴如何影響我們的健康？
5. 搜集有關測定空氣懸浮粒子和土壤沉積物內多環芳香烴的分析方法。寫一篇不多於 500 字的短文來總結你集得的資料。

參考資料

Phys. Chem. Chem. Phys., 2004, 6 (18), 4377 – 4384.

http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/mu_32.pdf

<http://www.epa.gov>

<http://ois.nist.gov/pah/>

<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.html>

<http://www.info.gov.hk/epd>

<http://www.ep.net.cn/msds/fenlei/fangting.htm>