

浅谈多环芳烃 (PAHs) 的研究

顿珠次仁

西藏藏医学院, 西藏 拉萨 850000

摘要 多环芳烃 PAHs 是一类广泛分布于自然界中的含有两个以上苯环的有机化学污染物, 主要来自于碳氢化合物不充分燃烧, 在大气、水体和土壤中广泛地存在, 具有疏水性、致癌性、致畸性、致突变性。阐述了环境中多环芳烃的来源、性质和分布及其危害, 同时概述了多环芳烃的形成机制和致癌机制, 为今后多环芳烃的毒理学的发展方向进行了论述。

关键词 多环芳烃; 危害; 致癌性; 致畸性; 致突变性

中图分类号: R996 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-6376(2009)02-0150-02

多环芳烃(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs), 是指由两个以上的苯环连接在一起, 广泛分布并稳定存在于自然环境中的有毒有机污染物。两个以上的苯环连接在一起可以有两种方式: 一种是非稠环型的, 即苯环与苯环之间各由一个碳原子相连, 如联苯, 联三苯等; 另一种是稠环型的, 即两个碳原子为两个苯环所共有, 如苯、萘等。本文所指的多环芳烃一般是指稠环型化合物, 所以确切的应叫做多环芳烃或稠环芳烃, 目前已知的多环芳烃有 200 多种。多环芳烃具有三致作用——致癌、致畸、致突变, 对人类健康和生态环境具有很大的潜在危害, 我国将其中 7 种列为优先控制的有机污染物。

1 多环芳烃的性质、来源和分布

大部分多环芳烃是一些无色、白色或者浅黄绿色, 并有微弱芳香味的固体物质, 它们的沸点比同碳数目的正构链烷要高, 具有疏水性强、辛醇-水分配系数高、易溶于苯类芳香性溶剂中等特点。例如, 苯并[a]芘(BaP)是多环芳烃中的一种典型化合物, 结构如图 1 所示。它在常温下是黄色的晶型固体, 相对分子质量为 252。BaP 的挥发性小, 附着性强, 在大气中主要吸附在颗粒物上。BaP 易溶于苯、氯仿、二氯甲苯等有机溶剂, 不溶于水, 但在有机化合物存在下能提高 BaP 的水溶性。多环芳烃的化学性质与其结构密切相关, 它们大多具有大的共轭体系, 因此其溶液具有一定的荧光性, 而且它们是一类惰性很强的碳氢化合物, 不易降解, 能稳定地存在于环境中。当它们发生反应时, 趋向保留它们的共轭

环状体系, 一般多通过亲电取代反应, 而不是加成反应形成衍生物。

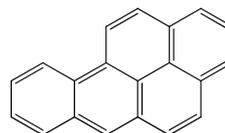


图 1 苯并[a]芘 (BaP) 结构式

多环芳烃的来源可分为天然源和人为源, 天然源主要是陆地和水生生物的合成、森林和草原火灾、火山爆发等, 在这些过程中均会产生 PAHs。人为源包括化学工业污染源、交通运输污染源、生活污染源和其他人为源。目前, 产生多环芳烃人为源主要有以下几种: (1) 煤、石油、天然气等化学燃料的燃烧; (2) 家庭装修中, 粘合木质材料的胶中含有 PAHs; (3) 一些石化产品的生成过程, PAHs 是石油冶炼过程的中间产物和最终产物一部分; (4) 城市废弃物如露天焚烧废旧轮胎、塑料及城市垃圾时排放的 PAHs; (5) 交通业如机动车中柴油机、汽油机的使用, 修建公路使沥青加热时排放的沥青烟气; (6) 食物烹饪和家庭小炉灶燃烧时排放的 PAHs、香烟烟雾中含有多种致癌性 PAHs。虽然环境中 PAHs 的来源各种各样, 但是化石燃料燃烧及城市生活垃圾焚烧等能源利用过程是其主要来源, 目前已知的多环芳烃主要能以气态或者颗粒态分布于大气、水、植物、土壤中^[1]。

2 多环芳烃的危害

随着煤、石油在交通运输、工业生产以及生活

收稿日期: 2009-08-23

作者简介: 顿珠次仁, E-mail: duncila@21cn.com, 13908919400, 0891-6383125

中被广泛应用，种类繁多的多环芳烃广泛存在于工厂、饮用水、食物、装饰材料等人们日常生活接触的物质中，同时由于其特殊的结构和性质使得多环芳烃很难在环境中被降解。多环芳烃在其生成、迁移、转化和降解过程中，通过呼吸道、皮肤、消化道进入人体，人们长期处于多环芳烃污染的环境中，可引起呼吸道和皮肤的急性或慢性伤害，多环芳烃也是导致肺癌发病率上升的重要原因，同时多环芳烃也能导致鼻咽癌和胃癌。

3 多环芳烃的形成机制

关于多环芳烃的形成机制，一般认为，有机物在热分解过程中，在高温缺氧的条件下，热裂解产生形成 PAHs 基本微粒——碳氢自由基或碎片。这些

小的极为活泼的微粒，在高温下又立即热合成热力学稳定的非取代的多环芳烃。如煤炭在隔绝空气、高温的条件下经过复杂的裂解和聚合作用会生成多环芳烃。又如苯并[a]芘是一切含碳氢燃料和有机物热裂解过程中的产物，由于性质稳定、毒性大、易于测定，常被用作 PAHs 总量的代表，其合成的最适宜温度为 600~900 °C，整个形成过程为一系列自由基反应。它的形成可由下面 7 个过程完成，如图 2 所示，有机物在高温缺氧下裂解产生碳氢自由基结合成乙炔 (1)，乙炔形成乙烯基乙炔或 1, 3-丁二烯 (2)，芳环化成乙基苯 (3)，进一步结合成丁基苯 (4) 和四氢化萘 (5)，最后通过中间体 (6)，形成苯并[a]芘 (7)。

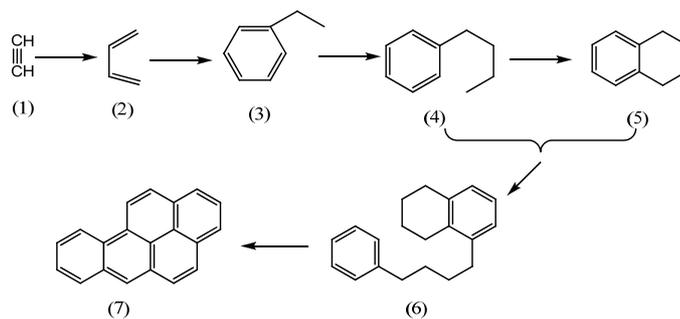


图 2 苯并 [a] 芘 (BaP) 的形成机制

4 多环芳烃的致癌机制

多环芳烃具有强致癌作用，对其致癌机制的理论研究正广泛受到人们的重视。化学致癌是指化学物质引起正常细胞发生转化并发展成肿瘤的过程。化学致癌物可分为直接致癌物和间接致癌物，多环芳烃属于间接致癌物。多环芳烃是最早发现且为数最多的一类化学致癌物。双区理论认为，多环芳烃的致癌性与 K 区和 L 区有关，如图 3 所示，它们显著的特点在于菲的 9, 10 双键，称为 K 区。PAHs 有时还具有一个 L 区，即萘环中位的两个碳原子。根据 K 区和 L 区理论，PAHs 必须具有一个活性高的 K 区和一个活性低的 L 区才具有致癌作用。

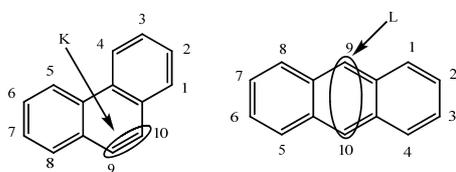


图 3 多环芳烃分子中的 K 区和 L 区

5 展望

多环芳烃广泛存在于大气、水、植物、土壤中，易于通过呼吸、实物、皮肤接触进入人体，而且由于它具有强的致癌、致畸、致突变性，能够对人体产生巨大危害。目前，多环芳烃的毒理学研究已经取得了非常大的成果，但是仍存在一系列不足，毒理学的研究主要以动物实验研究为主，但动物与人毕竟有差异，动物实验的结果，不能直接应用于人。同时对多环芳烃的致癌机制和致癌性作用进行了大量研究，但是对致畸、致突变作用的机制研究较少，需完善致突变和致畸作用的试验方法和找出致癌作用与致突变、致畸作用的确切关系。

参考文献:

- [1] 金赞芳, 陈英旭. 环境的 PAHs 污染及其生物修复技术研究进展[J]. 农业环境保护, 2001, 20(2): 123-125
- [2] 戴乾圆. 化学致癌剂及化学致癌机制的研究-多环芳烃致癌性能的定量分子轨道模型-“双区理论”[J]. 中国科学, 1979, 10: 964-977