嫁接体发育包括初始粘连、愈伤组织产生、次生胞间连丝形成及维管束桥分化等几方面。后两者只在成功的嫁接中发生,而初始粘连和愈伤组织产生在成功的和不成功的嫁接中皆发生。嫁接接合部维管束桥主要起源于愈伤组织细胞,由次生胞间连丝在愈伤组织细胞之间建立接穗和砧木共质体连通后产生;维管束间的网联起源于薄壁细胞的再分化^[1],在已建立共质体连通的两个维管束之间形成,不必形成次生胞间连丝。这可能是维管束桥形成较网联产生需要更高的 IAA 水平、更高的 IAA/(Z+ZR) 比值并利用大量 IAA 和 Z+ZR 的原因。

由于维管组织分化是一个动态的复杂过程,嫁接体内细胞分化也不同步,无法精确检测细胞分化各阶段的激素含量。为进一步阐明维管组织分化机理,我们正开展激素的免疫组织化学定位研究,预期将得到更为理想的结果。

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号:39700011)和中国科学院院长基金资助项目。

参 考 文 献

- 1 Kollmann R, Schulz A. Phloem regeneration. In: Behnke H D, Lüttge U, Esser K, et al eds. Progress in Botany, vol 54. Berlin: Springer Verlag Heidelberg, 1993. 63~ 78
- 2 卢善发,唐定台,宋经元,等. 利用植物激素调控嫁接形成的初步研究. 植物学报, 1996, 38: 307~ 311
- 3 向国胜,邵小明,杨世杰. 番茄/番茄和莧菜/番茄嫁接组织形成过程的细胞学观察. 北京农业大学学报, 1992, 18: 267~ 273
- 4 Wang Y, Kollmann R. Vascular differentiation in the graft union of *in-vitro* grafts with different compatibility —structural and functional aspects. J Plant Physiol, 1996, 147: 521~ 533
- 5 Wetmore R H, Reir J P. Experimental induction of vascular tissues in callus of angiosperms. Amer J Bot, 1963, 50: 418~ 430
- 6 Aloni R. Role of auxin and sucrose in the differentiation of sieve and tracheary elements in plant tissue cultures. Planta, 1980, 150: 255~ 263
- 7 Aloni R. The induction of vascular tissues by auxin and cytokinin. In: Davies P J ed. Plant Hormones. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. 531~ 546

(1999-01-19 收稿, 1999-04-16 收修改稿)

密执安盆地志留系碳酸盐岩中高含量的萜烯 和甲基萜烯化合物

张立平 黄第藩 廖志勤

(石油勘探开发科学研究院地质研究所, 北京 100083)

摘要 从密执安盆地志留系碳酸盐岩样品的芳烃馏分中,经 GC-MS 分析检测出了萜烯和甲基萜烯化合物。前泥盆系碳酸盐岩地层中萜烯化合物的存在表明该类化合物不仅仅是陆生高等植物的生物标志物,也可以来自某些低等生物的贡献,特别是志留系地层中甲基萜烯化合物的检出可能还属首次。

关键词 萜烯 甲基萜烯 碳酸盐岩 密执安盆地

萜烯是菲系列化合物的一种,即 1-甲基-7-异丙基菲,它具有菲的基本骨架结构,广泛分布

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1999-44-13-1425>

于土壤、湖泊、现代海相沉积物、化石树脂及陆相原油中。很多研究表明,在成岩作用过程中松香酸经过脱羧、脱烷基和芳构化作用是萜烯形成的主要途径。据前人^[1~4]报道,萜烯与其他二萜类化合物及其芳构化产物一样,被认为是由陆生高等植物树脂衍生而来的生物标志物,尤其是松柏类高等植物树脂是形成萜烯的主要生源。

王铁冠^[5]曾在元古界富藻燧石和原生储层沥青中发现了具松香酸骨架的脱氢二萜类的异构体,使人们对二萜类化合物的高等植物成因产生了怀疑。作为松香酸芳构化作用的最终产物,萜烯可能存在于非高等植物生源的岩石和原油中,本文对密执安盆地志留系碳酸盐岩的研究证实了这一点。在志留系碳酸盐岩芳烃馏分中检测出了高含量的萜烯化合物(其含量大于菲的含量),为萜烯的非高等植物成因提供了很好的证据。继 Alexander^[6]在澳大利亚 Eromanga 侏罗系陆相原油中首次检测出 9-甲基萜烯化合物后,本次研究在志留系碳酸盐岩样品中检测出了甲基萜烯化合物,并对萜烯和甲基萜烯化合物的成因进行了讨论。

1 样品及实验

密执安盆地志留系岩心样品是黄第藩 1994 年于美国 Amoco 岩芯库采集的,有膏岩、灰云岩和白云岩。在室温条件下,将岩样粉碎至 0.18mm 粒径以下,用氯仿溶剂进行抽提。岩样抽提物加正己烷制成溶样进行组分分离。首先过滤掉沥青质,然后用硅胶-氧化铝柱层析分离,用正己烷冲洗饱和烃、二氯甲烷与正己烷二元溶液冲洗芳烃。分离出的芳烃组分色质分析是在 TSQ-700 色谱-质谱联用仪上完成的,色谱柱为 DB-1,柱体(30m × 0.25mm);程序升温 70℃,恒温 5 min, 3℃/min 70~320℃,恒温 30 min,以 He 为载气;进样温度 290℃,传输线温度为 290℃,电离电压 70eV,检测方法为全扫描。

2 萜烯和甲基萜烯化合物的鉴定

密执安盆地志留系膏岩样品(M1)中芳烃化合物的总体特征是苯并噻吩、甲基二苯并噻吩和二甲基二苯并噻吩含量高,沉积于正常盐度下的灰云岩样品(M3),二苯并噻吩系列化合物含量低而以菲系化合物为主,引人注意的是膏岩和灰云岩样品中都含有高含量的萜烯(1号峰)和甲基萜烯化合物(2号峰)(图 1),萜烯/菲的比值分别为 2.09 和 3.02。

密执安盆地志留系碳酸盐岩可溶组分芳烃馏分中菲系化合物(图 2(a))的相对保留时间与 Alexander 检测的澳大利亚侏罗系原油中的相应化合物(图 2(b))及标样(图 2(c))的相对保留时间具有一一对应关系,且非常吻合,其中 1 号峰和 2 号峰分别对应于 Alexander 给出的萜烯和 9-甲基萜烯化合物(图 2)。

密执安盆地志留系碳酸盐岩芳烃馏分中 1 号峰的质谱特征是:分子离子 m/z 234,基峰 m/z 219,其关键离子为 m/z 204 和 m/z 189,与文献报道的萜烯碎片裂解方式相同。

志留系碳酸盐岩芳烃馏分中 2 号峰的质谱特征是:分子离子为 m/z 248,基峰为 m/z 233(图 3),与 Alexander 给出的澳大利亚侏罗系原油中 9-甲基萜烯化合物及标样化合物的质谱特征相同(标样化合物进行了核磁共振检测)。通过相对保留时间与质谱特征的对比,可以确定密执安盆地志留系烃源岩芳烃馏分中 1 号峰和 2 号峰分别为萜烯和甲基萜烯化合物。

3 地质意义及成因解释

Simoneit 等人^[1,2]提出在成岩作用过程中松香酸脱羧、脱烷基和芳构化是形成萜烯的主要途径,这一结论得到了 Wakeham 等人^[3]研究的证实,他们在华盛顿现代湖相沉积物中发现了

图1 密执安盆地志留系膏岩(M1, 上图)、灰云岩(M3, 下图)芳烃重建总离子流图

以上转化的一系列二萜类成岩作用的中间产物——西蒙内莉烯、脱氢松香亭、1, 2, 3, 4-四氢惹烯等化合物。研究表明松柏类高等植物生长的土壤表层(1~ 2cm)惹烯的含量较低,而在深层(80cm左右)的土壤及附近湖泊沉积物中惹烯含量较高,表明惹烯是在沉积成岩作用过程中转化形成的,其形成过程中还原环境较为重要,而在氧化环境下惹烯的先质可能转化为较极性的产物而使惹烯的含量很低或检测不到^[4]。虽然 Ramdahl 提出在大气飘尘中松柏类植物燃烧是形成惹烯化合物的一种方式^[7],但在地质形成过程中惹烯这种热降解方式并不重要,而主要是松香酸的成岩降解作用^[1~ 4]。

由于松香酸的先质主要是松柏类高等植物树脂,因而地质样品中具松香酸骨架的二萜类

作为陆生含树脂高等植物的生物标志物, 萜烯是这些生物标志物中较为重要的一种.

本次研究的密执安盆地志留系烃源岩形成于塔礁封闭的碳酸盐岩-蒸发岩沉积环境中, 以无定形有机质和细菌贡献为主, 地质地球化学特征及古生物演化表明没有陆源高等植物有机质的贡献^[8]. 同样, 姜乃煌等人^[9]在我国震旦纪地层中发现了萜烯化合物, 显然这些萜烯化合物和志留系灰云岩、膏岩中高含量的 9-甲基萜烯不能用高等植物成因来解释.

另外, 研究过程中在志留系烃源岩中发现了松香酸向萜烯转化的重要中间产物脱氢松香亭 (18-降松香-8, 11, 13-三烯) (图 1), 使得我们认为由松香酸 (或者是具相同骨架的其他二萜类化合物) 向萜烯转化的机制可能同样适用于研究志留系烃源岩, 但是这种二萜类化合物并不是来源于高等植物. 事实上, 吴庆余等人和王铁冠^[5]也分别在我国元古界地层中发现了脱氢二萜类异构体. 这使我们认识到二萜类及萜烯不仅是高等植物的生物标志化合物, 某些二萜类成分也可能存在于某些低等生物中.

在本次研究中还检测出了甲基萜烯, Alexander 在 1995 年发表了该化合物的谱图并在高等植物生源的陆相原油中检测出了该化合物. Alexander 的研究表明地质样品和模拟实验中 1-甲基菲/1, 9-二甲基菲、1, 7-二甲基菲/1, 7, 9-三甲基菲、萜烯/9-甲基萜烯的比值相近, 从而认为 C-9 上(α 位) 容易发生甲基化作用, 在 C-9 上取代的甲基是甲基化作用的产物^[6]. 本次研究表明志留系碳酸盐岩中 1-甲基菲/1, 9-二甲基菲变化在 2.1~3.87, 萜烯/9-甲基萜烯变化在 5.25~6, 两者相差较大, 所以 9-甲基萜烯化合物除了甲基化作用外, 可能还与生源及环境有关.

值得注意的是, 和萜烯化合物一样, 9-甲基萜烯除分布在与松柏类高等植物有关的陆相原油中以外 (如 Eromanga 侏罗系原油), 本次研究表明其还分布于前泥盆系地层中, 成因与松柏类高等植物无关. 在以往研究中甲基萜烯化合物并未引起人们的注意, 实际上, 9-甲基萜烯和萜烯一样具有较为重要的

m/z 206+220+234+248

(a) 志留系碳酸盐岩

1,7-二甲基菲

(b) Eromanga 侏罗系原油 萜烯

1,7-二甲基菲

1,9-二甲基菲

9-甲基萜烯

(c) 标样化合物

1,9-二甲基菲

1,7,9-三甲基菲

9-甲基萜烯

保留时间

图 2 志留系碳酸盐岩中 Eromanga 侏罗系原油及标样菲系列化合物(m/z 206+ 220+ 234+ 248) 质量色谱图

图 3 9-基萜烯与 2 号化合物质谱图

地球化学意义,应该引起人们的重视.

密执安盆地志留系碳酸盐岩地层中检测出了高含量的萜烯和甲基萜烯化合物,地质地球化学特征表明密执安盆地志留系烃源岩没有高等植物的贡献,从而为萜烯的成因提供了新的解释. 萜烯和甲基萜烯化合物在前泥盆系地层中的存在,表明该类化合物不仅仅是陆生高等植物的生物标志物,也可以来自某些藻类或细菌的贡献.

参 考 文 献

- 1 Simoneit B R T. Diterpenoid compounds and other lipids in deep sea sediments and their geochemical significance. *Geochim Cosmochim Acta*, 1977, 41: 463~ 476
- 2 LaFlamme R E, Hites R A. The global distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments. *Geochim Cosmochim Acta*, 1978, 42: 289~ 303
- 3 Wakeham S G, Schaffner C, Gifer W. Polycyclic aromatic hydrocarbons in recent lake sediments. II. compounds derived from biogenic precursors during early diagenesis. *Geochim Cosmochim Acta*, 1980, 44: 415~ 419
- 4 Barnes M A, Barnes W C. Oxidic and anoxic diagenesis of diterpenes in lacustrine sediments. In: Bjoroy M, et al, eds. *Advances in Org Geochemistry*, 1981, John Wiley, Chichester, 1983. 289~ 298
- 5 王铁冠. 龙潭沟含沥青砂岩的生物标志物组合——一个元古界储层沥青的研究. 见: 生物标志化合物地球化学. 武汉: 中国地质大学出版社. 1990. 146~ 147
- 6 Alexander R, Pastow T P, Fisher S J, et al. Geosynthesis of organic compounds. ④ methylation of phenanthrene and alkylphenanthrenes. *Geochim Cosmochim Acta*, 1995, 59: 4259~ 4266
- 7 Ramdahl T. Retene—a molecular marker of wood combustion in ambient air. *Nature*, 1983, 306: 580~ 582
- 8 Gardner W C, Bray E E. Oils and source rocks of Niagaran reefs in the Michigan Basin. In: Palacas J G, eds. *Petroleum geochemistry and source rock potential of carbonate rocks*. AAPG studies in Geology, 1984, 18: 33~ 45
- 9 Jiang N H, Tong Z Y, Reng D L, et al. The discovery of retene in Precambrian and Paleozoic marine formation. *Geochimica*, 1995, 59: 4259~ 4266

(1998-07-13 收稿, 1998-11-02 收修改稿)

内蒙、河北巨型壶穴与赤峰风道的发现

崔之久 李洪江 南 凌 李德文

(北京大学城市与环境学系, 北京 100871)

摘要 内蒙、河北丰宁一带的发育于花岗岩山顶的规模巨大(最大直径达 9m, 深达 3.5m)、形态特殊且具方向性的壶穴地貌是典型的气候地貌, 是由风化-风蚀作用所致. 该地区 15~ 18kaBP 曾经历严酷的冰缘环境, 有强烈的寒冻风化和风蚀作用; 6kaBP 前后恰逢“大暖期”, 产生了著名的红山文化. 当时壶穴中可能盛过水. 因此, 众多的“壶穴”是研究本区人类生存环境变化的良好载体.

关键词 壶穴 风化-风蚀作用 红山文化 环境变迁

1997 年夏, 在内蒙和河北某地区发现规模巨大的壶穴地貌¹⁾. 壶穴及其他风成等地貌体

1) 据有关报道, 是赤峰一姓任的基层干部发现的