

分子有机地球化学研究取得重要进展

傅家谟 盛国英

(地球化学研究所有机地球化学开放研究实验室)

当代世界的两个重大问题: 能源开发与环境保护, 都和有机地球化学的研究和应用有密切的关系。近 20 年来, 随着石油有机地球化学的发展, 已在油气区域远景评价及石油勘探开发中, 有效地配合和支持了其它地质和地球物理方法, 成为找油找气三大学科支柱之一。人类活动特别是能源消耗对环境带来的危害, 推动着环境有机地球化学迅猛地向前发展。全球碳循环、酸雨等与本学科密切相关的课题已引起人们的极大注意, 并已成为国际科联所属环境问题科学委员会 (SCOPE) 研究计划的重要内容。分子有机地球化学(生物标志化合物研究)是当代有机地球化学的生长点之一, 发展十分迅速。80 年代以来, 已在石油勘探中发挥出重要的作用, 并且在海洋科学、环境科学等应用领域有着极为广泛的应用前景。

生物标志化合物(或称分子化石)系指地质体中产出的特征有机化合物, 由于它们具有生物体有机化合物的基本分子骨架, 而能提供生物输入、沉积环境与成岩变化等多方面信息。80 年代以来分子有机地球化学已在国外石油勘探中发挥重要作用, 如应用生物标志物进行油源对比、成熟度判别、母质类型与生物输入的确定、生物降解油与重油的研究, 以及探讨石油的原生运移等。虽然我国分子有机地球化学研究起步较晚, 但在油气勘探应用中也已取得显著成效。我国分子有机地球化学研究中存在的主要问题是, 基础研究十分薄弱, 尤其在新生物标志物的发现、确认和应用方面十分落后。近年来, 我们通过国际合作, 特别是与英国布里斯托大学的合作研究, 已经在新生物标志物发现、定量与应用等方面取得重要成果, 打破了我国在新标志物的发现与解释方面完全依赖国外的局面。

1983 年以来, 我室与英国布里斯托大学有机地球化学实验室合作, 开展了分子有机地球化学的研究, 并取得重要成果。在此基础上, 于 1984 年底以“地质体中新生物标志物的研制”为题, 向国家自然科学基金委员会提出申请, 并获准资助。1985 年初, 课题组的科研人员在我国典型区域内进行了野外工作, 采集了大量岩石、原油、煤等样品, 并继续与布里斯托大学有机地球化学实验室 G. Eglinton 教授 S. C. Brassell 博士合作, 运用大型色-质-计算机联用仪等国内外现代先进设备和分析测试新方法、新技术进行了深入的室内研究, 取得以下主要成果:

1. 标志生物输入源的特征性生物标志物的发现: 在我国茂名油页岩中发现了标志葡萄藻(丛粒藻)成因的新的较完整系列的葡萄藻烯和葡萄藻烷, 以及其它陆源高等植物输入的生物标志物。

本项工作为集体研究任务, 主要参加者尚有彭平安、徐世平、G. Eglinton、S. C. Brassell 等。课题任务一部分曾引入国家自然科学基金课题 (850303)、有机地球化学开放研究实验室课题 (OGL-85-01, 02) 和六五煤成气攻关课题。国际合作研究部分还得到中国科学院与英国皇家学会合作项目、联合国教科文组织与开发计划署项目 (CPR/84/005) 的资助。

2. 生物标志化合物的定量: 1983 年首次引进生物标志物的绝对定量技术, 并有效地应用于生油评价。1985 年继续开展了此项研究。

3. 膏盐沉积高硫原油芳烃馏份特征性生物标志物的检出: 近两年首次在我国膏盐盆地高硫工业原油芳烃馏份中发现了许多新的有机含硫化合物以及脱羟基维生素 E。含硫有机化合物主要有: (1) 长链烷基噻吩类化合物 ($C_nH_{2n-4}S$) 包括具有正构烷基和类异戊二烯烷基的 7 个系列噻吩类化合物; (2) 长链烷基四氢化噻吩类化合物 ($C_nH_{2n}S$), 具有正构烷基和类异戊二烯烷基的五个系列四氢化噻吩类化合物; (3) 烷基苯并噻吩类化合物 ($C_nH_{2n-10}S$)。上述含硫有机化合物的发现, 并通过对分布规律的研究, 提出了石油成因演化理论方面的新见解。如认为高含硫量以及丰富的含硫有机化合物是膏盐环境蒸发岩相有机质的特征性标志化合物, 并为目前世界上热门研究的未成熟和低成熟原油找到工业油流实例, 在江汉盆地已发现膏盐相未成熟高硫工业油藏。含硫化合物在未成熟原油中的大量检出还可能预示着某种亟待研究的成油机理, 即这种机理发生在早期成岩阶段, 并与一定的环境介质条件关系密切。脱羟基维生素 E 化合物在原油中的检出亦属国内外首次发现, 它的发现证实了生物体中维生素 E 和氧杂萜满也是重要的生油母质。国际上含硫有机化合物的重要研究只是近两年才开展起来的。

4. 煤及煤系地层中检出的新标志化合物: 结合国家“六五”攻关课题“煤成烃”的研究, 在树脂煤、泥炭藓煤、残植煤等特种煤中检出了许多新标志化合物。在抚顺树脂体中检出了四环二萜烷, 在云南泥炭藓煤中检出了典型的陆源三萜类化合物, 特别是鉴定出了一系列具奥利烷骨架与乌散烷骨架的三环芳构化和四环芳构化的三萜类化合物, 以及其它一些典型陆源输入标志物; 在新疆侏罗纪煤系、苏桥残植煤与抚顺镜煤中检测出了苯并藿烷和 D 环芳构化-8,14-断藿烷等煤系地层特征性标志物。基于上述生物标志物的特征并结合这些煤的热模拟试验结果, 提出了煤成烃母质的成气、成油新模式。

应用膏盐相生物标志物特征还探讨了一个大型硫磺矿的成因。在煤与大气样品的生物标志物组成与波谱性质方面已进行了初步研究。

以上成果曾分别在国内外学术会议上报导, 发表论文 20 余篇(其中英文 10 余篇), 受到国内外同行重视。1987 年 4 月在英国皇家学会正式展出“中国科学院有机地球化学开放研究实验室与布里斯托大学合作研究成果”。四版展报包括合作研究的概况、野外考察、实验分析技术和主要研究成果, 图文并茂, 还采用分子结构模型和微机荧光屏幕展示所发现的重要生物标志物及其分布。1987 年 9 月在意大利威尼斯召开的第 13 届国际有机地球化学会议上, 布里斯托大学有机地球化学实验室主任、英国皇家学会会员、G. 埃格林顿高兴地告诉开放研究实验室主任傅家谟, 中英合作研究展出受到女王夫妇及其参观学者的好评, 并要求进一步加强合作。参加 1986 年 6 月由联合国与有机地球化学开放研究实验室组织召开的“生物标志物与干酪根进展学术国际讨论会”的 P.A. 申克教授(欧洲有机地球化学学会主席)说: “中国的有机地球化学发展很快, 一些重要领域(如生物标志化合物)达到世界水平”。本项研究成果已获 1987 年科学院科技进步一等奖(地质体中新生物标志物的研究), 作为煤成气成果的一部分, 由石油部与地矿部牵头获 1987 年国家科技进步奖一等奖(中国煤成气的开发)。