申报高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）

**项目公示**

一、项目名称：地质体中分子标志物的新发现及其应用

二、推荐单位：中国石油大学（北京）

三、项目简介：

地质体中的分子标志物，是指在沉积物和化石燃料中，广义上能表征有机质成因及其所经历地质演化过程的有机分子，又称作“过程探针”；其中凡是能表征有机质生物来源的化合物，又称为生物标志物。不断探索发现地质体中新的分子标志物，发掘其地质–地球化学意义，应用于科学研究，是有机地球化学最为基础的研究内容。可是，迄今在国际文献中，我国学者对新分子标志物的原创性发现与探索实属罕见。本成果取得如下四项重要的科学发现：

1. 对于含硫、含氮杂原子多环芳烃的探测，首次系统厘定42个二苯并噻吩含硫化合物的分子结构，其中修正3个、新鉴定17个异构体系列；新检测39个高碳数咔唑类含氮化合物；首次论证二苯并噻吩类有机分子示踪石油运移/油藏充注途径的机理，建立了该类化合物相关的油气运移示踪分子指标。

2. 从原油中首次检测并鉴定出C24~C25两个低碳数短侧链羊毛甾烷生物标志物系列，证实硫化作用对甾类的蚀变作用及其成岩演化的地球化学意义；从第三系盐湖沉积中，首次检测出10个四萜烷类大分子生物标志物，其中3个C38~C39类胡萝卜素系首次发现，C40奥克烷属文献中的第二次报道，并将C40奥克烷的发现从16亿年前拓展到近代，从海相地层拓展到陆相地层。

3. 在系统论证二苯并噻吩示踪石油运移的机理基础上，建立石油探井原油样品地球化学分析大数据组，创建分子参数等值线图来示踪石油运移，刻画优势运移通道的方法，成功地示踪了塔里木盆地碳酸盐岩油藏和海南岛福山凹陷砂岩油气藏石油运移/油藏充注途径，准确预测了烃源灶和有利勘探方位，为石油探井部署提供了科学依据。其中塔北地区的研究持续长达15年，累计建立430口井的大数据组，示踪的油藏充注范围面积超过7000km2，研究成果指引了塔里木5500~7000m的深层油气勘探，获得亿吨级石油储量的重大成效。

4. 美国科学家Hoffman(1998)提出“雪球地球”假说，认为在新元古代存在两次“雪球地球”时期，全球均被巨厚的冰盖完全包覆，据模拟计算冰盖可厚达几百米至1.4km。本成果从扬子区新元古代冰碛层中，定量检测出微量的叶绿素-a生源的植烷系列，据此论证“雪球地球”时期的古海洋极端环境中，不存在巨厚冰盖完全包覆，尚存有开放水域和微弱的透光带，光合生物得以生存和演化。在冰碛物中还检测出多种生物标志物，指示了原核生物、真核生物、原生动物等有机质来源，表明“雪球地球”时期古海洋仍然保持着生物多样性。此成果是早期挑战Hoffman“全球巨厚冰盖论”的重要学术论文，为后续“寒武纪生物大爆发”的缘由提供了有利的分子标志物证据，为国际学术界所关注。

中国矿物岩石地球化学学会组织的科学技术成果鉴定认为“该成果达到国际先进水平，在二苯并噻吩含硫多环芳烃运移示踪研究、新的四萜类生物标志化合物的发现方面达到国际领先水平。”

四、主要完成人情况表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对项目技术创造性贡献 | 曾获科技奖励 |
| 王铁冠 | 1 | 教授 | 中国石油大学（北京） | 中国石油大学（北京） | 首次提出并论证了二苯并噻吩类分子标志物的“地色层”分馏效应，建立了4-/1-甲基二苯并噻吩油藏充注途径示踪参数，并成功应用于塔里木盆地古生界碳酸盐岩油藏和海南岛福山凹陷砂岩油藏的油气运移和充注成藏研究；利用分子标志物论证扬子区新元古界“雪球地球”时期仍在开放水体，生命演化并未完全停止；采用分子地球化学参数等值线图示踪塔河油田油藏充注途径。负责整体研究思路并指导李美俊、史权、卢鸿和张春明对新分子标志物的鉴定工作。 | 1997年，国家自然科学二等奖，煤成油的形成环境和成烃机理，排名3，证书编号：25-2-002-03；  1997年，国家科技进步三等奖，低熟油的形成机理与分布规律，排名1，证书编号：04-3-005-001；  2001年，李四光地质科学奖（地质科技研究者奖），证书编号：李奖[2001] 012号 |
| 李美俊 | 2 | 教授 | 中国石油大学（北京） | 中国石油大学（北京） | 完整、系统地鉴定了石油和沉积有机质中的烷基二苯并噻吩和苯并萘并噻吩等含硫多环芳烃系类；论证了苯并萘并噻吩运移分馏效应并提出了二苯并噻吩总量、苯并萘并噻吩[2,1]BNT/([2,1]BNT+[1,2]BNT)等油气运移方向示踪指标；利用示踪参数等值线图成功示踪海南岛福山凹陷和塔里木盆地哈拉哈塘油田的油藏充注途径和烃源灶方位研究，指出了有利勘探区；根据冰期沉积物中姥鲛烷和植烷等分子标志物的分布特征，指出扬子区新元古代末期“雪球地球”时期，地球并未完全被冰雪覆盖。 | 福山凹陷油气成因、藏充注途径及在勘探中的应用，中国石油和化学工业联合会科技进步奖，二等奖，2014年，排名第1，证书号码：2014JBR0056-2-1 |
| 史权 | 3 | 教授 | 中国石油大学（北京） | 中国石油大学（北京） | 采用负电离子电喷雾傅里叶变换离子回旋共振质谱（ESI-FT-ICR-MS）新分析技术，检测出石油中全部馏分的C15~C55中性咔唑类含氮化合物。研究塔里木盆地咔唑类含氮化合物分布特征，利用相关参数示踪油藏充注途径；分析扬子区新元古界冰期沉积物中分子标志物组成特征。 | 福山凹陷油气成因、藏充注途径及在勘探中的应用，中国石油和化学工业联合会科技进步奖，二等奖，2014年，排名第1，证书号码：2014JBR0056-2-1 |
| 卢鸿 | 4 | 研究员 | 中国科学院广州地球化学研究所 | 中国科学院广州地球化学研究所 | 羊毛甾醇是甾烷和藿烷等生物标志物在生物合成过程中的重要中间体，前人报道的羊毛甾烷/羊毛甾醇碳数都在C30-C32范围，卢鸿在原油中检测出C24、C25短链羊毛甾烷等新的短链生物标志物，将其碳数分布范围扩展至C24-C25，并揭示其成因机理：成岩作用早期阶段微生物作用下甾类发生硫化作用，通过对甾核以及侧链上的烯键和C—S键等弱键的攻击断链作用，使得成岩衍生物或中间产物产生开环作用或断开作用而形成短链化合物。利用二苯并噻吩类示踪参数研究海南岛福山凹陷油藏充注途径，预测烃源灶方位。 | 福山凹陷油气成因、藏充注途径及在勘探中的应用，中国石油和化学工业联合会科技进步奖，二等奖，2014年，排名第1，证书号码：2014JBR0056-2-3 |
| 张春明 | 5 | 教授 | 长江大学 | 长江大学 | 在沉积盆地中首次发现并报道C38~C39二甲基芳基类异戊二烯烃类(四萜类)生物标志化合物，在中国湖相沉积盆地中首次检测出丰富的C40三甲基芳基类异戊二烯烃(四萜类)，如绿硫菌烷、奥克烷等，这是国际上第二篇关于该化合物的报道。并指出其可能生源为绿硫菌属和紫硫菌属，并可指示高硫缺氧的咸水沉积环境。 | 沉积盆地中生物与非生物硫酸盐还原作用与特征分子标志化合物，湖北省自然科学二等奖，2014年，排名第2（2014Z-025-2-009-003-R02）；礁淮沉积体系储层预测研究及其应用，中国石油和化学工业联合会，科学进步二等奖，2013年，排名第8（2013JBR0395-2-8）。 |

五、代表性论文专著目录

[1] Wang Tieguan\*, He Faqi, Li Meijun, Hou Yong, Guo Shuqi. Alkyldibenzothiophenes: molecular tracers for filling pathway in oil reservoirs. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(22): 2399-2404.

王铁冠，何发岐，李美俊，侯勇，郭树岐. 烷基二苯并噻吩类：示踪油藏充注途径的分子标志物. 科学通报，2005，50(2)：176-182.

[2] Li Meijun\*, Wang Tieguan, Simoneit, B.R.T., Shi Shengbao, Zhang Liwen, Fang Fulin. Qualitative and quantitative analysis of dibenzothiophene, its methylated homologues, and benzonaphthothiophenes in crude oils, coal, and sediment extracts. Journal of Chromatography A, 2012, 1233: 126-136.

[3] Shi Quan\*, Zhao Suoqi\*, Xu Zhiming, Chung Keng H.，Zhang Yahe, Xu Chunming. Distribution of acids and neutral nitrogen compounds in a Chinese crude oil and its fractions: characterized by Negative-Ion Electrospray Ionization Fourier Transform Ion Cyclotron Resonance Mass Spectrometry. Energy & Fuels, 2010, 24: 4005-4011.

[4] Zhang Yahe，Xu Chunming，Shi Quan\*，Zhao Suoqi，Chung Keng H.，Hou Dujie. Tracking neutral nitrogen compounds in subfractions of crude oil obtained by Liquid Chromatography separation using Negative-Ion Electrospray Ionization Fourier Transform Ion Cyclotron Resonance Mass Spectrometry. Energy & Fuels，2010, 24: 6321-6326.

[5] Lu Hong\*, Sheng Guoying, Peng Ping’an, Ma Qinglin, Lu Zhenghuan. dentification of C24 and C25 lanostanes in Tertiary sulfur rich crude oils from the Jinxian Sag, Bohai Bay Basin, Northern China. Organic Geochemistry, 2011, 42, 146-155.

[6] Zhang Chunming\*, Zhang Yuqing, Cai Chunfang. Aromatic isoprenoids from the 25–65Ma saline lacustrine formations in the western Qaidam Basin, NW China. Organic Geochemistry, 2011, 42: 851-855.

[7] Wang T. -G\*, He Faqi, Wang Chunjiang, Zhang Weibiao, Wang Junqi. Oil filling history of the Ordovician oil reservoir in the major part of the Tahe Oilfield, Tarim Basin, NW China. Organic Geochemistry, 2008, 39: 1637-1646.

[8] Wang T. -G\*, Li Meijun, Wang Chunjiang, Wang Guangli, Zhang Weibiao, Shi Quan, Zhu Lei. Organic molecular evidence in the Late Neoproterozoic tillites for a palaeo-oceanic environment during the snowball Earth era in the Yangtze region, southern China. Precambrian Research, 2008, 162: 317-326.

[9] Liu Peng, Xu Chunming\*, Shi Quan\*, Pan Na, Zhang Yahe, Chung K. Keng. Characterization of sulfide compounds in petroleum: selective oxidation followed by positive-ion electrospray Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry. Analytical Chemistry, 2010, 82(15):6601-6.

[10] Li, M., Wang, T.G., Shi, S., Liu, K., Ellis, G.S., (2014) Benzonaphthothiophenes and alkyl dibenzothiophenes: Molecular tracers for oil migration distances. Marine and Petroleum Geology, 2014, 57, 403-417.