

文章编号: 1001 - 6112 (2005) 05 - 0529 - 05

油气地表地球化学勘探技术的地位与作用前瞻

夏响华^{1,2}

(1. 南京大学 地球科学系, 南京 210093;

2. 中国石化 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要: 20 世纪 30 年代, 德国学者劳伯梅耶和前苏联学者索柯洛夫创造了气测法, 揭开了油气化探发展的序幕。至今, 已经形成了一系列方法指标, 用于检测地表环境中与烃类微渗漏有关的各种物理、化学、生物学变化, 检测地表微量油气信息的化探实验测试技术得到了长足的发展, 根据地表化探异常评价深部含油气性的可靠性也大大提高。尽管地表地球化学勘探技术尚无法准确评价油气藏的含油气层系、埋藏深度及其规模, 然而国内外勘探实践结果证明, 油气地表地球化学勘探在区域含油气性评价、检测圈闭构造中的直接油气信息、钻探靶区优选等方面均取得良好效果, 是一种有效的油气勘探手段, 对石油地质和地球物理等常规油气勘探方法具有重要的辅助作用。从现有研究和应用成果来看, 无论在陆地还是海洋, 油气化探技术与常规油气勘探方法相结合在油气勘探开发全过程均能发挥一定的作用。由于地表地球化学勘探技术具有廉价、快速、直接等特点和优势, 随着研究的不断深入和方法技术的不断创新, 其在我国未来几十年油气勘探中将发挥越来越大的作用。

关键词: 地表; 油气化探; 成功率; 技术地位

中图分类号: TE132. 4

文献标识码: A

地表地球化学勘探技术虽然理论基础还较薄弱, 应用效果还有争议, 但是地表地球化学勘探技术廉价、快速、直接等特点和优势也客观存在。面对油气资源短缺的严峻形势, 当今和未来的油气勘探领域, 不但要追求发现新的油气田, 还要降低勘探成本, 减少勘探风险。这种油气勘探形势给地表地球化学勘探技术提出了挑战, 也提供了发展机遇。总结经验, 发现问题, 树立目标, 有利于油气地表地球化学勘探技术的健康发展。

1 油气地表地球化学勘探技术发展历史回顾

20 世纪 30 年代, 德国学者劳伯梅耶和前苏联学者索柯洛夫创造了气测法, 揭开了油气化探发展史的序幕, 至今油气地表地球化学勘探已走过了 70 多年的历史^[1-4]。我国从 20 世纪 50 年代初开始油气化探方法技术的试验研究, 至今也有 50 余年的历史。原地矿部 101 队成立 (1964 年) 后, 系统地进行试验研究和勘探实践。在国外油气化探的发展过程中, 前期 (20 世纪 90 年代前) 大起大落波浪式发展; 后期进入稳定发展时期, 油气化探技

术日渐成熟。自 20 世纪 90 年代, 我国油气化探事业蓬勃发展, 在油气化探工作部署、样品采集技术、样品分析测试技术、数据处理技术和异常解释评价技术等方面已接近和赶上世界先进水平^[5]。

地表地球化学勘探技术的理论基础是烃类微渗漏 (hydrocarbon microseepage)^[6]。在石油工业发展的最早期, 烃类宏渗漏 (hydrocarbon macroseepage) 的利用显然对石油与天然气勘探有重要影响, 而烃类微渗漏的检测是宏渗漏应用的拓展。由于烃类微渗漏机制^[7-10]尚没有得到实验的证明, 加之地表微量烃类物质的检测结果受诸多干扰因素影响^[11,12], 与油气宏渗漏信息的可靠性相比, 地表化探异常对于油气的指示意义具有诸多不确定性和局限性。这种与生俱来的弱点使得地表地球化学勘探技术至今未能融入油气勘探的主流技术系列^[13]。

地表地球化学勘探技术发展至今, 已经形成了一系列方法指标, 可分为直接和间接两类。直接方法有壤气烃、土壤顶空气、酸解烃、热释烃、吸附丝、紫外吸收光谱、荧光光谱等, 检测对象是地表游离态、吸附态及溶解态的烃类组分; 间接方法包括粘土矿物、蚀变碳酸盐、土壤磁化率、氮、汞、碘、微量元素、放射性等, 检测地表环境中与烃类

收稿日期: 2005 - 07 - 19; 修订日期: 2005 - 08 - 18。

作者简介: 夏响华 (1962—), 男 (汉族), 安徽望江人, 教授级高级工程师、博士, 主要从事油气地球化学勘探、油气遥感及石油地质研究。

微渗漏有关的各种物理、化学、生物化学变化。由于地表及深部地质条件的差异、油气藏类型的不同,各项指标的异常显示也不一样。大量化探成果表明,油气藏上方地表及浅层基本上都有化探异常分布。

2 油气地表地球化学勘探技术面临的挑战

经过大量的研究工作和勘探实践,地下油气藏发生微渗漏的证据越来越多^[14],检测地表微量油气信息的化探实验测试技术得到了长足的发展,根据地表化探异常评价深部含油气性的可靠性也大大提高。然而我们也应清醒地认识到,未来油气地表地球化学勘探技术依然面临诸多挑战。

2.1 油气勘探形势带来的挑战

进入 21 世纪,我国国民经济与社会发展对原油、天然气、成品油和石化产品从品种、质量和数量上均具有强劲的需求。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,能源需求和供应的矛盾日益加剧。预计到 2010 年,国内年石油供需缺口 1.95×10^8 t,天然气缺口 490×10^8 m³;到 2020 年,国内年石油供需缺口 2.87×10^8 t,天然气缺口 1700×10^8 m³。油气正成为制约我国国民经济持续发展的瓶颈,作为主要能源和战略资源的石油、天然气的勘探开发形势非常严峻,油气资源勘探发现难度增大,新增储量品位降低。为了增强油气在国内的自主供给能力,要求增强油气勘探开发关键技术的创新能力。从经济发展的角度来看,发展和创新廉价高效的油气勘探开发技术是我国石油工业降低风险、提高效率的重要手段。地表地球化学勘探技术因其快速、经济、有效的优势而具备了应对这种挑战的潜质,但地表地球化学勘探技术如何在完善基础理论、创新方法技术方面取得更大突破?如何在油气发现过程中发挥更大的作用?这是未来地表地球化学勘探技术必须正视的问题。

2.2 制约油气化探技术发展的关键问题

消除或减少对油气化探技术的怀疑是确立油气化探技术地位和发挥油气化探技术作用的关键,国内外 70 多年的油气化探研究和应用结果表明,进一步研究的内容有以下几个方面。

2.2.1 应用基础研究

根据地表肉眼可见的油气苗找油很容易理解,根据现代仪器检测地表微量渗漏烃来寻找油气藏却难以让人心悦诚服地接受。因为我们要回答这样的

问题:烃类物质能否穿过盖层和上覆地层运移到地表?运移的方式是什么?运移的动力是什么?运移的通道是什么?是否垂直运移到地表?等等。地表地球化学勘探技术的发展,在注重勘探实效的同时,研究和完善油气微渗漏理论至关重要,油气微渗漏实验模拟^[15-17]是应用基础研究的关键。

2.2.2 创新有效指标体系

现有的油气化探方法指标有 30 多种,但适合于不同地表条件和不同地质条件,且效果均佳的不多。建立和发展油气示踪技术指标非常必要,是降低化探成本、提高化探成功率的重要途径。

2.2.3 消除干扰因素的影响

干扰的存在是人们有时对油气化探信心不足甚或怀疑其有效性的关键根据。干扰的抑制贯穿于油气化探工作的全过程,应着重从方法选择、样品采集质量监控、分析测试质量监控、化探数据处理、异常判别和异常的地质解释等各个环节采取措施,将干扰因素的影响降至最小。

2.2.4 地表化探异常稳定性和重现性

人们普遍认为,油气化探方法在应用中存在异常稳定性差、异常重现性差、异常区与油气藏(田)符合率低等问题,这种认识制约了该方法的合理应用。消除这些疑虑还要进行细致的工作。研究结果^[18]表明,同一地点重复取样的测试数据确实不能完全再现,但化探数据的空间分布特征和区域变化趋势具有稳定性和重现性,尤其是油气田上方异常特征也具有较好的稳定性。说明我们不能追求测试数据的绝对重现,而应侧重统计分析结果的稳定和重现。

2.2.5 地表化探异常与深部油气藏之间的关系

地表化探异常并不总是分布于油气藏正上方,在烃源岩和输导层出露处、断层分布处都有地表化探异常存在,浅层生物作用和干扰因素影响等也可产生地表化探异常。值得指出的是有些油气藏上方并未检测到地表化探异常。因此,地表化探异常与深部油气藏之间的关系非常复杂,要求地球化学工作者掌握或借助多学科的知识,在石油地质理论指导下,全面、综合地解释地表化探异常,科学预测深部油气藏存在的可能性。

3 地表地球化学勘探技术的定位

对一种技术的正确定位有助于其作用的发挥。石油地质、地球物理、地球化学是油气勘探开发的理论基础和技术支撑,地表地球化学勘探属地球化

学范畴。因此可以认为, 油气地表地球化学勘探技术是油气勘探开发的重要手段之一, 这是油气地表地球化学勘探技术定位的基础。但在油气勘探开发的现实工作中, 任何一种技术的地位必须与它的作用相匹配, 也就是所谓的“有为才有位”。

3.1 勘探早期油气地表地球化学勘探技术的作用

大量的统计结果表明, 地表地球化学勘探技术运用于油气勘探早期(也就是概查和普查阶段)评价区域含油气性具有重要作用, 主要用于评价有利含油气区带, 为地震和探井部署提供资料。这一点已经得到大量研究和钻探结果的证实, 并获得了油气勘探界的共识^[14]。

1996年, Potter等^[19]将此前完成的139次地球化学勘探成果与探后钻井结果进行了对比。这139次勘查涉及的区域既有成熟盆地, 也有新区, 既有陆地, 也有海域, 靶区深度从305 m至4 572 m, 包括了所有圈闭类型。勘探完成后在原探区共打井141口, 化探异常区外的43口井中有41口未见烃类显示; 而在化探异常区内所打的98口井中, 有92%钻遇了储层烃, 76%为生产井。Schumacher^[20]2003年的最新统计结果显示, 在地球化学勘查完成后所打的850多口初探井中, 化探异常区内有79%的探井为具商业价值的油气发现, 而化探异常区外仅有13%的探井为具商业价值的发现井。我国也取得了大量地表油气化探测量成果, 并有研究者对化探的预测成功率进行了统计。张玉明等对松辽盆地南部油气化探成果统计结果显示预测成功率大于70%, 张锦波等对辽河盆地油气化探成果统计结果显示预测成功率平均大于50%, 芮培基等对河南油田油气化探成果统计结果显示预测成功率为70%, 张文献等对塔里木盆地北部地区油气化探成果统计结果显示预测成功率为63%, 赵克斌和汤玉平等对胜利油田和四川盆地西部地区油气化探成果统计结果显示预测成功率大于60%, 鄂尔多斯黄土塬区油气化探成果统计结果显示预测成功率高达90%。这些统计数字表明近地表油气化探技术在油气勘探中的效果是非常显著的。

3.2 勘探后期油气地表地球化学勘探技术的作用

油气化探详查和精查技术是油气勘探后期的地球化学勘探手段, 在松辽盆地南部十屋断陷、长岭断陷, 鄂尔多斯盆地张天渠油田、南襄盆地、江汉盆地西南缘的应用结果表明, 具有良好的勘探效果^[21, 22]。在提供直接油气信息、钻探靶区优选等方面具有独特的作用, 是重要的油气评价手段。

尽管地表地球化学勘探技术尚无法准确评价油

气藏的含油气层系、埋藏深度及其规模, 不能取代石油地质和地球物理等常规油气勘探方法, 然而国内外勘探实践结果证明, 油气地表地球化学勘探在区域含油气性评价、检测圈闭构造中的直接油气信息、钻探靶区优选等方面均取得良好效果, 是一种有效的油气勘探手段。对石油地质和地球物理等常规油气勘探方法具有重要的辅助作用, 综合运用得当, 可大幅降低勘探成本、减少勘探风险。

4 地表地球化学勘探技术的应用前景

从现有研究和应用成果来看, 无论在陆地还是海洋, 油气化探技术与常规油气勘探方法相结合在油气勘探开发全过程均能发挥一定的作用。尽管三维地震技术得到明显改善, 甚至成为近期内评价油气的关键技术, 但是其应用成本也逐步升高, 以至于此类地震技术的应用对于某些地区勘探来说在经济上已不可行。为了确定一个地区是否有油气资源、该地区主要是生油还是生气、以及该地区的油气是否已经失去了可采价值、或者该地区的油是否太稠以至于无法用常规的钻井工具开采, 需要有一种成本较低, 但对流体的排出和深部流体的成熟度敏感的方法。地表地球化学勘探技术可以用于检测来自深部油气藏的活跃烃类微渗漏, 其结果有助于在新区和成熟盆地确定远景区。根据地表地球化学异常分布特征可以大大缩小研究区范围, 以便将更加昂贵的勘探技术, 如三维地震等, 集中在盆地内最有可能存在油气聚集和潜在油气藏的地区。

结合我国的勘探实际, 老区储产量日益减少, 寻找新的接替区越来越难, 未来几十年, 地表地球化学勘探技术应该在以下几方面发挥更大的作用。

1) 战略调查: 在我国油气资源战略调查领域, 结合新的石油地质理论(油气系统), 部署化探剖面或随机采样方案, 根据地表烃类指标特征和地表油气微渗漏异常评价有效烃源岩和有效盖层存在与否, 再根据构造演化特征评价盆地的含油气潜力, 以较少的经费投入、较短的勘探时间, 为油气勘探战略选区提供依据。

2) 新区和成熟盆地普查: 在登记区块内, 以先导性研究项目的形式开展大面积地表化探概查和普查, 根据地表化探异常分布特征, 划分含油气远景区带, 并进行含油气远景区分级评价, 为二维和三维地震勘探部署提供依据。

3) 已知油气区拓边: 在已发现油气区, 开展地表化探详查和精查, 根据地表化探异常展布特

征,大致确定油气田边界,为评价井和生产井井位部署提供依据。

4) 复杂地表条件区探井井位优选:在高原地区、西部复杂地表条件区和南方低山丘陵地区,缺乏石油地质和物探资料或地震资料质量较差的情况下,开展化探普查工作,根据地化探异常显示特征,选择探井井位。

5) 隐蔽油气藏勘探:发挥油气化探技术不受油气藏类型限制、直接探测油气信息的特点,研制隐蔽油气藏化探技术,为寻找隐蔽油气藏提供技术支持。

6) 海上油气地球化学勘查:以发展或引进海底沉积物取样技术为突破口,配合地球物理工作,开展海域地球化学普查或详查^[23],根据地化探异常和地球物理资料圈定有利含油气区。

5 结论

油气地表地球化学勘探技术经过 70 多年的发展,已形成了具有特色的、规范的技术体系,在油气勘探的各个阶段具有重要的辅助作用,是降低勘探成本、减少勘探风险的重要手段之一。随着研究的不断深入和方法技术的不断创新,油气地表地球化学勘探技术在我国未来几十年油气勘探中将发挥越来越大的作用。

参考文献:

- 1 Sokolov V A. The new methods of gas surveys, gas investigations of wells and some practical results [J]. CIM Special, 1971, 11: 538
- 2 Schumacher Dietmar. Surface geochemical exploration for oil and gas: new life for an old technology [J]. The Leading Edge, 2000, (3): 258 ~ 261
- 3 Boleneus D. Guidelines for surface geochemical surveying [J]. Oil & Gas Journal, 1994, 92 (23): 59 ~ 63
- 4 Sundberg K R. Surface geochemistry applications in oil and gas exploration [J]. Oil & Gas Journal, 1994, 92 (23): 47 ~ 56
- 5 赵克斌,程军,刘崇禧.我国油气化探近几年来的成果与问题 [J].石油实验地质,1997,19(2):153~157
- 6 Tedesco S A. Surface geochemistry in petroleum exploration

- [M]. New York: Chapman & Hall, 1995. 159 ~ 200
- 7 汤玉平,刘运黎.烃类垂向微运移的地球化学效应及其机理讨论 [J].石油实验地质,2002,24(5):431~436
- 8 Donald F. Model for hydrocarbon microseepage and related near-surface alterations [J]. AAPG Bulletin, 1999, 83 (1): 170 ~ 185
- 9 Brown A. Evaluation of possible 3 gas microseepage mechanisms [J]. AAPG Bulletin, 2000, 84 (11): 1 775 ~ 1 789
- 10 蒋涛,夏响华,陈浙春.地球化学烃场效应的探讨及应用 [J].石油实验地质,2003,25(3):290~294
- 11 孙长青,赵克斌,程军.油气化探近地表干扰因素研究 [A].见:程同锦,戴联善编.第四届全国油气化探学术会议文集 [C].武汉:中国地质大学出版社,1998.108~114
- 12 贾国相.地表油气化探的影响因素及消除方法 [J].物探与化探,2004,28(3):218~221
- 13 Davidson M J. On the acceptance and rejection of surface geochemical exploration [J]. Oil & Gas Journal, 1994, 92 (23): 70 ~ 76
- 14 程同锦,王者顺,吴学明等.烃类运移的近地表显示与地球化学勘探 [M].北京:石油工业出版社,1999.1~198
- 15 夏响华,杨瑞琰,鲍征宇.烃类组分垂向微运移的模拟研究 [J].石油与天然气地质,2003,24(3):260~263
- 16 陈强路,刘毅,朱美茜.油气生成、运移模拟实验探讨 [J].石油实验地质,1999,21(4):352~356,306
- 17 夏响华,陈银节,姚俊梅.川西及松辽南部油气微渗流动力学模拟 [J].物探与化探,2003,27(6):458~461
- 18 姚俊梅,夏响华,任春.油气化探方法稳定性和异常重现性分析——以松辽盆地东南隆起区十屋断陷为例 [J].石油实验地质,2003,25(6):765~768,772
- 19 Potter R W, Harrington P A. Significance of geochemical anomalies in hydrocarbon exploration: one company's experience [A]. In: Schumacher D, Abrams M A eds. Hydrocarbon migration and its near-surface expression, AAPG, Memoir 66 [C]. Tulsa, OK: AAPG 1996. 431 ~ 439
- 20 Dietmar Schumacher, Leonard A Le Schack. Surface exploration case histories: applications of geochemistry, Magnetics, and remote sensing, AAPG studies in geology No. 48 [C], Tulsa, OK: AAPG, 2003. ~
- 21 夏响华,程同锦,任春.论油气化探精查技术及其应用 [J].物探与化探,2003,27(5):366~368
- 22 张建国,周江,李长宏等.化探精查在南阳凹陷滚动勘探开发中的应用 [J].河南石油,1998,12(3):10~12
- 23 张建培,王飞.海洋油气地球化学勘探——以东海某研究区为例 [J].石油实验地质,1997,19(4):332~336

LOOKING FORWARD TO THE POSITION AND ROLE OF SURFACE GEOCHEMICAL EXPLORATION FOR OIL AND GAS

Xia Xianghua

- (1. Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China;
2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: In 1930's, German Laubmeyer and former Soviet Sokolov developed gas surveying method, rai-

sing the curtain on petroleum geochemical exploration. Up to now a whole series of methods and indicators have been set up so as to detect the physical, chemical and biological changes related to hydrocarbon microseep in surface environment. The experimental analysis techniques used to detect micro petroleum information near surface have been considerably developed. The reliability of evaluating deep oil and gas prospect according to the surface geochemical anomaly has been greatly improved. The hydrocarbon-bearing interval, buried depth and scale of an oil and gas accumulation can not be accurately determined by surface geochemical exploration as yet. However, the exploration practice at home and abroad has proved that by using petroleum geochemical prospecting methods, good results in regional oil- and gas-prospect evaluation, direct detection of hydrocarbon in a trap as well as optimizing drilling targets were achieved. Surface petroleum geochemical prospecting is an effective oil and gas exploration means being supplemental to conventional petroleum geologic and geophysical methods. According to the existing research and application achievements, combining oil and gas geochemical techniques with the conventional petroleum exploration methods can play a certain role in the whole processes of petroleum exploration and development no matter in land or in ocean. Surface oil and gas geochemical exploration has characteristics and advantages of low-cost, short-period and directness. This technology will play an increasingly important role in oil and gas exploration in the coming dozens of years along with the research being deepgoing and unceasing innovation of methods.

Key words: surface; oil and gas geochemical exploration; success rate; technical position

(continued from page 518)

DISCUSSION ON THE KINETIC CHARACTERISTICS OF HYDROCARBON GENERATION OF DIFFERENT MACERAL SOURCE ROCKS

Jiang Qigui^{1,2}, Wang Qin², Cheng Qiuquan², Zhang Caiming², Liu Wenbin²

(1. China University of Mining Technology, Beijing 100083, China;

2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: The distributions of activation energy of different hydrocarbon source rocks and the relationship between average activation energy and different macerals were discussed in this paper. Research results show that a positive correlation between maturity and average activation energy can be observed. The same is true of the content of vitrinite. The correlation between the content of lipinite and average activation energy have two kinds of trend. It is a positive correlation when the organic matters have been altered strongly by microbe, if not, there is a negative correlation. The correlation between the content of exinite and average activation energy shows a negative trend. The research confirms that activation energy of hydrocarbon source rock has many influential factors and its hydrocarbon generation principle is complicated. Algae have characteristics of inchoate hydrocarbon generation and they are important hydrocarbon sources of immature oil. The hydrocarbon source rocks which possess many kinds of maceral have characteristics of multi-period hydrocarbon generation.

Key words: hydrocarbon source rock; kinetics; distribution of activation energy; maceral