青藏高原羌塘地盆冻土区油气化探方法技术研究

秦爱华，孙忠军，孔牧，徐仁廷，刘华忠
中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所，河北廊坊，065000

1 序言

青藏高原含油气盆地是油气勘探的复杂区，碳酸盐广泛分布，由于新生代构造运动，盆地油气破坏严重。油气化探面临的科学问题是采样技术和复杂油气勘探区油气化探异常解释评价方法。青藏高原属于多年冻土区，表生地球化学环境是低温缺氧，融冻作用对油气物质表生地球化学行为的制约作用，前人没有研究，这是采样技术制定的理论基础。在油气化探指标优选的基础上，研究分形-GIS 技术，为区域油气地球化学异常解释评价提供新的技术。

2 油气化探方法技术试验

2.1 区域油气化探采样深度试验

研究龙尾湖基岩区土壤层化探指标分布特征得出：（1）油苗点的性状不同，基岩中酸解烃和稠环芳烃的含量也不同，含干沥青砂岩酸解烃和△C 含量很低，但稠环芳烃含量最高，油浸灰岩酸解烃含量最高，油浸石膏层中酸解烃和稠环芳烃含量相对低；（2）有机物质经过表生作用往往在一定的土壤层位富集；（3）甲烷主要在土壤 B 层富集，重烃则在 C 层（风化基岩）富集；（4）稠环芳烃富集层位与重烃一致，也是在 C 层中含量高；（5）△C 的含量主要受到甲烷的制约，高含量主要富集在B层。

油气化探规范规定基岩出露区采样层位为土壤 B 层，但是在青藏高原由于冻融作用的影响最佳采样层位是土壤C层，这是前人未认识到的新成果。

覆盖区指标含量随深度变化具有一定的规律性，酸解烃指标、△C 和稠环芳烃在 40－60cm 处出现明显的局部低值。研究表明，这是冻融作用活动层，由于冻土消融作用，上述指标得到溶解迁移，指标含量降低。另外一个明显的现象是多数指标在 60－100cm 的深度上含量较高，这可能与上部融蚀成分再沉淀作用有关。

冰冻是青藏高原的典型表生地球化学条件，多年冻土层是否对油气物质的垂向迁移有特殊的控制作用，其制约程度如何一直没有研究过，这个问题可能影响到油气化探采样技术。项目进行了钻孔地球化学采样工作，从地表到地下 10m，按照 50cm 的间隔，系统采集岩心样品，探讨多年冻土层的地球化学效应。研究羌资 1 井化探指标的分布特征发现，在地下十米的深度范围内，油气化探指标的分布受到多种因素的制约。羌资 1 井在 4.3～5.9m 深度范围存在冻土层，该深度范围化探指标含量最低，说明永久冻土层不利于油气物质的保存和富集。在永久冻土层下方（6.4～6.9m）的粉砂岩中，酸解烃、△C 和稠环芳烃存在一个明显的富集层，揭示冻土层对油气物质垂向迁移的遮挡作用。表层低温地球化学作用有利于油气化探指标在浅表 0～1.4m 范围内富集。

通过以上研究，可以制定出青藏高原油气化探采样技术。

（1）将测区进行地球化学景观区划，可以分为基岩出露区和第四系覆盖区。

（2）在上述景观划分的基础上，了解测区冻融层发育深度，可以通过野外观察和采样试验确定，最好通过冬季和夏季观察和试验进行研究。

（3）在基岩出露区，一般采集 C 层（风化基岩）为最好，应避开 40～60cm 的冻融层，采样粒级为-20 目。

（4）在洪冲积物、湖积物等厚层覆盖区，采样深度可以确定为 60-120cm 的深度，采集粘土、亚粘土为好，采样粒级为-20 目。

2.2 青藏高原区域油气化探指标优选

土壤酸解烃、稠环芳烃、△C 和热释汞是托纳木区块和龙尾湖区块非常有效的化探指标，不仅指示区块油气运移聚集区段，而且可以评价区块油气

Email: qinaihua@igge.cn

保存条件和破坏程度。根据因子分析结果，结合指标的石油地质意义，优选青藏高原区域油气化探指标组合为：酸解烃和稠环芳烃是主要指标，△C 是次要指标，土壤热释汞和土壤碳酸盐是辅助指标。

2.3 区域油气化探异常解释评价的分形-GIS 新技术

地学多元信息（GIS）是综合多元学科信息对预测对象进行客观预测，是地学发展较快的预测方法。国内外研究表明 GIS 技术预测结果的地质效果主要取决于两个前提，一是预测模型的代表性，二是证据层权系数的客观性。在新区，由于没有已知区计算权系数，使得 GIS 技术应用受到限制。本文在油气运移聚集地球化学效应研究的基础上，用分形方法计算了油气化探指标的权系数，研究出区域油气化探异常解释评价的分形－GIS 新技术。

2.3.1 建立数据库

将油气化探数据进行标准化，求出每个指标在每个采样点的衬值，建立油气化探预测数据库。本文选择油气地质属性包括生、储、盖、圈等信息，根据与油气的关系进行赋值，赋值原则是背景区赋值为 1.25,石油地质异常区赋值为 2.0～2.5，赋值按照油气化探采样格子进行，建立石油地质预测数据库。在托纳木区块遥感色调异常提取的基础上，按照油气化探采样格子进行遥感信息数量化，赋值原则是背景区为 1.25，异常区赋值为 2.0～2.5，建立遥感预测数据库。

2.3.2 推理网络

GIS 预测的关键是推理网络。GIS 网络推理分为三个证据层，基本单元层是单个指标的信息，中间证据层是化探预测层、地质预测层和遥感预测层，最后是多元信息预测层。

2.3.3 分形－证据权法

证据权法是一种广泛应用于金属矿产资源预测的地学多元信息系统，该系统是由加拿大学者研究出来的，主要是通过已知区的研究计算出每个证据层的权系数，然后根据推理网络计算出靶区预测值。羌塘盆地没有已知区计算权系数，本文应用分形方法研究区域地球化学场的分形特征，计算分形场的结构能系数，证明结构能系数是油气物质运移、富集强度的定量化指标，解决证据权法的权系数，本文称这种证据权法为分形－证据权法。

2.3.4 GIS 预测结果

预测结果显示出托纳木区块具有很好的油气远景。（1）托纳木背斜西南部的第四系覆盖区是该区最有远景的靶区，其 NAP 值高达 107.28, 属有利区。（2）托纳木背斜中部构造也是较好的油气远景区，该背斜圈闭保存条件较好，NAP 值仅次于托纳木背斜西南部靶区，属于较有利区。（3）托纳木背斜西北部构造保存条件相对较差，而且 NAP 值数值较小，属于较差区。

3 结论

青藏高原油气化探采样深度受到景观条件和冻土条件的制约，在基岩出露区，一般采集 C 层（风化基岩）为最好，应避开 40～60cm 的冻融层，采样粒级为-20 目。在洪冲积物、湖积物等厚层覆盖区，采样深度可以确定为 60～120cm 的深度，采集粘土、亚粘土为好，采样粒级为-20 目。

根据因子分析结果，结合指标的石油地质意义，优选青藏高原区域油气化探指标组合为：酸解烃和稠环芳烃是主要指标，△C 是次要指标，土壤热释汞和土壤碳酸盐是辅助指标。

地学多元信息（GIS）预测结果托纳木区块油气资源潜力较大，具有很好的油气远景。GIS 系统用于油气资源潜力预测是一种新的探索，初步结果显示了良好的应用前景。