# 藏北伦坡拉盆地藏 1 井原油地球化学特征[1]

卢亚平

(地矿部中南石油地质局油气勘探开发研究院，长沙 410117)

邵志兵　白森舒

(地矿部石油地质中心实验室，无锡 214151)

藏 1 井是伦坡拉盆地首次获得工业油气突破的钻井，原油的地球化学特征研究表明原油主要是常规的高腊低硫的原油，化学类型为芳香中间型，原油的母质类型主要是腐泥－腐殖腐泥型，藻类和高等植物是成油的原始母质，源岩的沉积环境为咸水湖盆；原油的成熟演化阶段基本处于低熟－成熟阶段；原油的后生变化主要是水洗和氧化，而生物降解作用相对微弱。

**关键词**　藏北　伦坡拉盆地　藏 1 井　地球化学特征

**第一作者简介**　卢亚平　男　33 岁　工程师　石油地质

## 0　前言

藏 1 井是自 1991 年恢复对西藏北部(简称“藏北”)伦坡拉盆地勘探以来，首次获得工业油气突破的钻井，同时在其它钻井中也有一定的油气流或显示。详细研究藏 1 井原油的地球化学特征，对今后的油气勘探有一定的指导作用。伦坡拉盆地是藏北伦坡拉地区自开展油气勘探普查以来，研究程度较深，认为地质条件良好，具有中小油田前景的盆地之一。藏 1 井位于盆地东部北侧爬错凹陷西北的罗玛迪库构造，其揭示的地层有下第三系的丁青湖组三、二、一段以及牛堡组的三、二段。本文所研究的藏 1 井原油均产于牛堡组的牛二段。牛堡组主要为一套半深湖－深湖相的细碎屑岩沉积，岩性表现为灰色、深灰色泥岩夹粉细砂岩、油页岩、泥灰岩薄层。生油岩的研究表明牛堡组生油岩具有机质丰度低、类型好(Ⅰ、$Ⅱ_1$型)、转化率高的特点，生油岩主体处于成熟阶段，认为藏 1 井原油与牛堡组生油岩有一定的成因联系。

## 1　样品和实验

### 1.1　样品

藏 1 井在钻井测试过程中具有工业油气流的层段主要是第 20 层、第 21 层、第 26 层等。依产油的深度将原油样品编号为 Z－01、Z－02、Z－03，产层均为牛堡组的牛二段。用于对比的其它原油样品均为浅层原油(埋深＜1000m)，其中西伦 1 井的浅层原油样品编号为 X－01，产层为牛堡组的牛三段。

### 1.2　实验

原油样品基本进行了全分析，其中主要有原油的物理性质、族组分分离、全烃色谱、饱和烃色谱、环分布、色谱/质谱等，以便深入研究原油的地球化学特征。

## 2　结果与讨论

### 2.1　物理性质和化学类型

原油的物理性质和化学类型见表 1。从表可知，藏 1 井原油总体反映为高腊低硫的常规原油，化学分类为芳香中间型。

藏 1 井原油与浅层次原油(牛浅 2、红星 5、红星 6 等井)相比，比重分布在 0.877～0.8976 之间，平均 0.8881，为常规比重原油，浅层次原油比重分布在 0.921～0.944 之间，为中等－重质原油。这种原油的比重随埋深增加而变轻的特征主要是与原油的后生变化有关。藏 1 井原油含腊量分布在 13%～

[1] “八五”地矿部中南石油地质局科技项目局 85-01-10 课题部分研究成果。参加课题研究的还有陈正辅、张小英、顾忆、高国强等同志

表 1 藏 1 井原油的物理性质和化学类型

| 井名 | 样品编号 | 比重 ($d_4^{20}$) | 含腊量 (%) | 含硫量 (%) | 化学分类组成 | | | 原油化学类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 正+异 (%) | 环 烷 (%) | 芳+NSO (%) | |
| 牛浅 2 | | 0.9299 | 16.6～17.2 | 1.41～1.51 | | | | |
| 红星 5 | | 0.9440 | 5.52 | 2.24 | | | | |
| 红星 6 | | 0.9210 | | 0.04～1.81 | | | | |
| 西伦 1 | X－01 | | | | 9.47 | 13.97 | 76.56 | 芳香沥青型 |
| 藏 1 井 | Z－01 | 0.8771 | 8.3 | 0.0183 | 20.89 | 21.22 | 57.89 | 芳香中间型 |
| | Z－02 | 0.8976 | | 0.0478 | 19.24 | 22.50 | 58.26 | |
| | Z－03 | 0.8755 | 7.30 | 0.0197 | 20.95 | 22.70 | 56.35 | |

27%，平均 20.4%，含硫量为 0.018%～0.31%，平均 0.133%，属正常原油的含腊量含硫量范畴，为高蜡低硫原油；较浅层次原油含蜡量分布在 5.5%～17.21%之间，含硫量分布在 0.04%～2.24%，平均 1.36%，为高蜡高硫的原油，这种含硫量相对较高的特征是原油在成藏后遭受较强烈的后生改造作用的结果，较浅层次的原油成藏后被水洗、氧化、生物降解，烃类大量损失，富含硫的非烃类和沥青质含量相对增加，原油的比重相对变重，含硫量增高。

原油的化学类型与原油成藏深浅有关。藏 1 井原油，埋深在 1600～2000m 之间，原油的链烷烃含量在 19%～21%之间，环烷烃含量 21%～23%，芳香烃＋NSO 化合物含量 56%～59%，表现为芳香中间型原油；而以西伦 1 井 X－01 样品原油为代表的浅层次原油（埋深一般不超过 1000m），芳香烃＋NSO 化合物含量很高达到 76%，表现为芳香沥青型原油。因此从原油的化学类型来看，伦坡拉盆地的原油，在 1000～1500m 之间存在有一重要的区域封盖面，其上的原油基本表现为遭水洗氧化的重质原油，其下为基本正常和正常的原油。

### 2.2 轻烃组成

藏 1 井原油的轻烃组成分布见表 2。原油的 $C_5$－$C_8$ 的烃类组成中，正构烷分布在 19%～29%之间，异构烷烃分布在 12%～30%之间，环烷烃分布在 40%～66%之间。原油的总体面貌以高环烷烃低正构烷为特征，这与原油的母质来源有关，一般认为高环烷烃的原油与陆源母质有亲缘关系。

表 2 藏 1 井原油烃类组成特征表

| 井名 | 样品编号 | $C_5$－$C_8$ 烃类组成(%) | | | | | | | 饱和烃组成 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 正构 | 异构 | 环烷 | CH | MCH | I | H | OEP | $\frac{Pr}{Ph}$ | $\frac{Pr}{nC_{17}}$ | $\frac{Ph}{nC_{18}}$ | $\frac{C_{22}^-}{C_{23}^+}$ | $\frac{\Sigma iC_n}{\Sigma nC_n}$ |
| 藏 1 | Z－01 | 19.68 | 15.10 | 65.21 | 37.65 | 43.32 | 0.28 | 13.12 | 1.12 | 0.37 | 1.11 | 3.26 | 3.86 | 0.54 |
| | Z－02 | 23.93 | 32.87 | 43.20 | 25.00 | 23.79 | 0.45 | 37.72 | 1.06 | 0.34 | 1.03 | 3.55 | 3.11 | 0.53 |
| | Z－03 | 22.53 | 12.86 | 64.61 | 46.15 | 45.19 | 0.23 | 14.90 | 1.12 | 0.44 | 0.94 | 2.62 | 4.87 | 0.47 |
| 西伦 1 | X－01 | 28.62 | 29.46 | 41.92 | 15.00 | 7.96 | 0.23 | 43.87 | | 0.10 | 1.25 | 9.79 | 3.76 | 1.17 |

注：$\Sigma iC_n$ 为原油饱和烃组成中类异戊二烯烷烃的总和，$\Sigma nC_n$ 为原油饱和烃组成中正构烷烃的总和

成油母质类型指标中，藏 1 井 3 个不同深度的原油 CH 分布在 25%～47%，MCH 分布在 23%～46%之间，指数表现相对偏高，但基本处于腐泥型－腐殖腐泥混合型母质范畴；西伦 1 井的原油 CH 为 15%，MCH 为 7.96%，指数表现相对偏低，母质类型表现为腐泥型特征。

成熟度指标中，藏 1 井 3 个不同深度的原油 I ＜1，而 H 变化较大，在 13%～38%之间，表现为低－高成熟的原油，西伦 1 井的原油 I 为 0.23，H 达 43.87%，表现为低－过成熟原油。这种 I 与 H 不相符合的现象，是由于原油后生变化导致原油的轻质组份散失的结果，总体看成熟度指标反映原油处于

成熟－高成熟阶段。

由此，轻烃组成特征表明了藏 1 井原油以高环烷烃低正构烷烃特征为主，母质类型与陆源物质有关，主要为腐泥型－腐殖腐泥混合型，原油的演化处于成熟阶段，同时存在有不同程度后生变化。

### 2.3 饱和烃组成

藏 1 井 3 个不同深度原油饱和烃主峰碳数分布在 $C_{17}$－$C_{21}$之间，且随着深度的增加主峰碳有由高碳位向低碳位移动、曲线形态趋向平缓的趋势（如图 1）。OEP、Pr/Ph、$Pr/nC_{17}$、$Ph/nC_{18}$、$\Sigma C_{22}^{-}/\Sigma C_{23}^{+}$等指标数值基本相似（见表 2），说明原油母质都有相同的沉积环境和相同的演化程度，原油基本处于成熟阶段。成油母质主体以藻类等腐泥型为主。需要指出的是，原油饱和烃组成中类异戊二烯烷烃的分布，其与正构烷烃的分布相比具有较高的含量（$\Sigma iC_n/\Sigma nC_n$ 达 0.22～0.54），特别是植烷的含量很高（$Ph/nC_{18}$达 2.62%～3.55%，Pr/Ph 仅 0.34～0.38）。这主要是由成油母质的沉积环境为咸水水体的相对停滞的闭塞性湖盆还原环境体系和其保存条件所决定的。藏 1 井原油中饱和烃环分布研究表明，饱和烃组成中仍基本以链烷烃（正构烷烃＋异构烷烃）为主（占 40%～50%），环烷烃含量中等为 11.7%～14.4%，从生物降解的角度看，虽然原油中类异戊二烯烷烃含量较高，但是饱和烃组成中仍以链烷烃占优势，原油还没有达到中等降解的程度，最多只是微弱的降解。原油的后生变化主要是原油的水洗和氧化作用，结果造成原油轻质组分的散失，即原油饱和烃含量降低（其中链烷烃组分降低为主要原因），非烃含量增高。

西伦 1 井的原油，$\Sigma iC_n/\Sigma nC_n$ 比值达到 1.17，

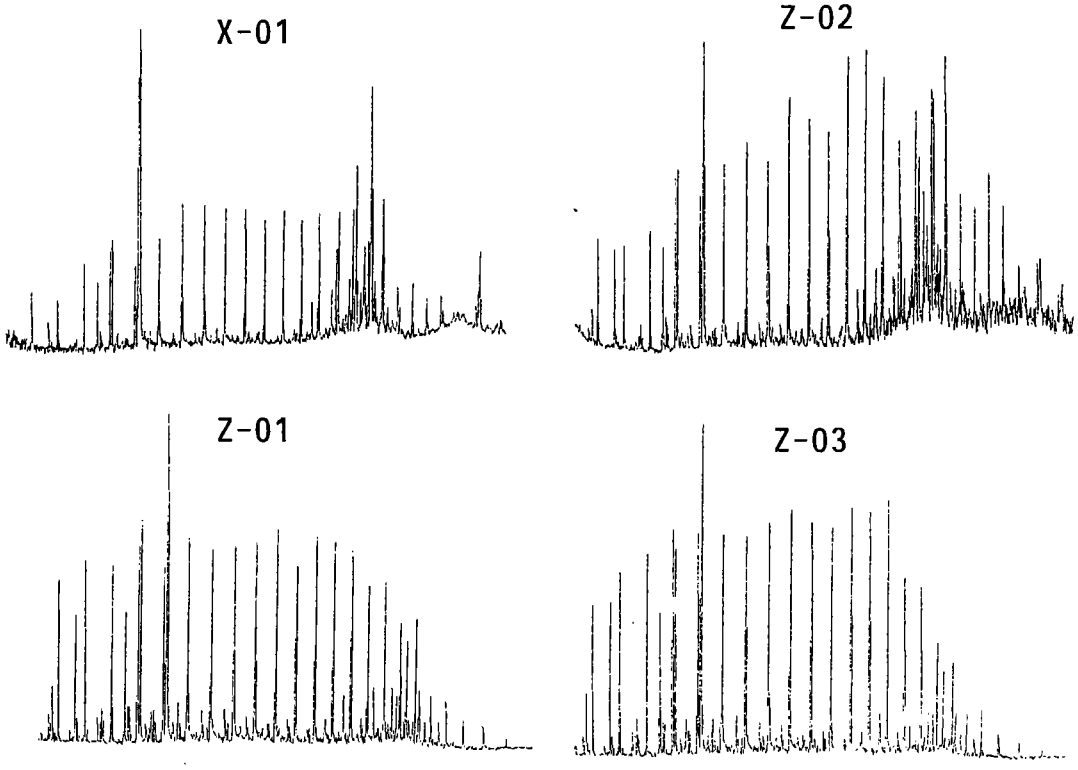


图 1　藏 1 井、西伦 1 井原油色谱－质谱总离子图

$Pr/nC_{17}$达 1.25%，$Ph/nC_{18}$达 7.79%，以高异构烷烃明显区别于藏 1 井原油，这与其埋藏较浅，水洗、氧化作用强烈有关。

### 2.4 生物标记化合物

藏 1 井原油的生物标记化合物组成特征见表 3。原油中主要有三环萜、五环三萜及甾烷类等生物标记化合物。双环倍半萜在原油中含量微弱，或未检测到。检测出的三环萜烷主要是长链三环萜，其碳数分布范围为 $C_{20}$－$C_{25}$。一般认为该类化合物来源于微生物或藻类，但在原油中三环萜烷分布较少，其含

表 3 藏 1 井原油生物标记化合物组成特征表

| 井名 | 样品编号 | 母质类型参数（%） | | | | | 沉积环境 | 成熟度参数 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\frac{\Sigma 三环烷}{\Sigma 总萜}$ | $\frac{\Sigma 甾}{\Sigma 藿}$ | 5－ααα 规则甾烷 | | | $\frac{\gamma\text{-蜡烷}}{C_{30}\alpha\beta 藿烷}$ | $C_{29}$甾烷 $\alpha\alpha\alpha\ \frac{S}{S+R}$ | $C_{29}$甾烷 $\frac{\beta\beta}{\alpha\alpha+\beta\beta}$ | $C_{31}$藿烷 $\alpha\beta\ \frac{S}{S+R}$ |
| | | | | $C_{27}$ | $C_{28}$ | $C_{29}$ | | | | |
| 藏 1 | Z－01 | 8.09 | 1.96 | 26.77 | 23.23 | 50.00 | 0.62 | 0.31 | 0.19 | 0.37 |
| | Z－02 | 7.70 | 1.39 | 25.84 | 23.10 | 51.06 | 0.42 | 0.34 | 0.20 | 0.20 |
| | Z－03 | 8.23 | 2.16 | 27.93 | 24.73 | 47.34 | 0.55 | 0.30 | 0.19 | |
| 西伦 1 | X－01 | | 1.97 | 28.15 | 24.26 | 47.59 | 0.40 | 0.13 | 0.22 | 0.39 |

量只占总萜（三环＋五环）含量的 7.70%～8.23%。五环三萜烷在原油中分布广泛，通常认为这类化合物主要来源于细菌和低等生物，它反映了成岩阶段细菌对有机质的改造。五环三萜烷的碳数分布为 $C_{27}$－$C_{32}$，其中以 $C_{30}\alpha\beta$ 藿烷为主，其次是 $C_{29}\alpha\beta$ 降藿烷，莫烷含量低。原油中具有高含量甾烷分布的特点，甾烷/藿烷的比值达到 1.39～2.16，由此表明了原油母质来源主要是与藻类及细菌有关。原油中 5ααα－$C_{27}$、$C_{28}$、$C_{29}$甾烷的分布表明，$C_{29}$甾烷的含量 47%～52%左右，$C_{28}$甾烷含量 23%～25%左右，$C_{27}$甾烷的含量 25%～28%左右，原油中 5ααα－$C_{29}$甾烷占相对优势表明，原油的有机母质是以陆源有机质的输入为主。

原油中伽马蜡烷的含量甚高，它与 $C_{30}\alpha\beta$ 藿烷的比值达到 0.42～0.62。伽马蜡烷虽然几乎存在于各种环境的原油和生油岩中，但在高盐度的蒸发盐盆和碱性湖盆中十分富集，如我国江汉盆地和沁阳盆地的原油就富含伽马蜡烷。Henderson 等（1968）提出伽马蜡烷来源于四膜虫醇，陈建渝（1990）认为伽马蜡烷可能与一些嗜盐微生物有密切的关系。同时，在原油中都不同程度的检测出 β－胡罗卜烷（M/Z125 特征离子），β－胡罗卜烷是一种不稳定的化合物，它只能在强还原环境条件下形成和保存。因此，原油高丰度的伽马蜡烷和 β－胡罗卜烷的出现进一步说明原油有机母质沉积环境为咸水湖盆。

原油中的藿烷系列主要是以 αβ 构型为主，原油有一定的成熟度，从原油的 $C_{13}$藿烷 αβS/(S＋R)成熟度指标分布在 0.20～0.37 之间来看，原油处于低成熟－成熟阶段，同时在甾烷化合物中，$C_{29}$甾烷 ααaS/(S＋R)及 $C_{29}$甾烷 ββ/(αα＋ββ)分别为 0.13～0.34 和 0.19～0.20，表现为原油亦处于低成熟－成熟阶段。上述表征原油成熟演化程度的指标都表现为偏低的特征，这是由原油的母质沉积环境所决定的。伦坡拉盆地为下第三系的沉积盆地，沉积特征研究表明，其沉积速率较高地热梯度大，石油中的甾萜烷类通常没有足够的时间使其达到完全的异构化，亦即没有达到平衡状态（Grantham，1986），因而上述的成熟度指标表现偏低。原油实际的热演化程度还高些，一般达到成熟－高成熟阶段。

总之，藏 1 井原油生物标记化合物特征表明，原油的有机母质来源于咸水湖盆沉积环境；母质类型以藻类、细菌的输入为主，基本为腐泥－腐殖腐泥混合型；原油成熟演化程度处于成熟－高成熟阶段。

## 3 结论

伦坡拉盆地藏 1 井原油主要是常规的高蜡低硫的原油，化学类型为芳香中间型，其它浅层的原油则为重质的高蜡高硫的芳香沥青型原油；藏 1 井原油的母质类型主要是腐泥－腐殖腐泥型，藻类和高等植物是成油的原始母质，源岩的原始沉积环境为咸水湖盆；原油的成熟演化阶段基本处于成熟－高成熟阶段；藏 1 井原油的后生变化比较强烈，其主要的后生变化是水洗和氧化，生物降解作用相对微弱。

### 参 考 文 献


1 J M 亨特. 石油地球化学和地质学，北京：石油出版社，1986

2 K E 彼得斯，J M 莫尔多万. 生物标记化合物指南－古代沉积物和石油中分子化石的解释. 北京. 石油出版社，1995

3 王启军，陈建渝. 油气地球化学. 武汉：中国地质大学出版社，1998

4 中国科学院兰州地质研究所. 中国陆相油气的形成演化和运移. 兰州：甘肃人民出版社，1981

5 张义纲等. 天然气的生成聚集和保存. 南京：河海大学出版社，1991


（收稿日期：1997 年 1 月 10 日）

# GEOCHEMICAL PROPERTIES OF CRUDE OIL IN ZANG 1 WELL, LUPOLA BASIN, NORTHERN TIBET

Lu Yaping

(*Institute of Petroleum Exploration and Development, Zhongnan Bureau of Petroleum Geology, MGMR, Changsha* 410117)

Shao Zhibing　Bai Senshu

(*Central Laboratory of Petroleum Geology, MGMR, Wuxi* 214151)

**Abstract**

Zang 1 Well is the well where the first commercial oil and gas discovery in Lupola basin was located. Geochemical study shows that its crude oil is essentially conventional oil characteristic of high wax and low sulfur; chemically it is classified as intermediate aromatics; and its source materials include alga and higher plants, ranging from sapropelic to humic—sapropelic types; its original depositional environment is salt lake basin. Basically the evolution of crude oil reaches to low—mature stages; and waterwashing and oxidation with a relative weak biodegradation are considered as the main epigeneses.

(上接 376 页)

# SEISMOLOGIC PREDICTION OF THERMAL MATURITY OF LOWER CRETACEOUS IN HONGHOLSHUT DEPRESSION

Liu Zheng　Sun Qiang

(*Petroleum University, Beijing* 102200)

Wu Yaohui

(*Huabei Petroleum Administration*)

**Abstract**

There is a close relation between the porosity and vitrinite reflectance (Ro) of kerogen in the mudstones of Bayanhua Group, lower Cretaceous in Hongholshut depression. By a correlation, it is found that the relation between the porosity and vitrinite reflectance is most closely approximating to a power function. Based on this power functional relation, porosity was converted from the seismic velocity of mudstones, then the vitrinite reflectance was calculated from the porosity, finally to delineate the immature and mature areas for the main hydrocarbon source rocks in the sag, and provide evidences for the selection of near-source targets. The method that measures organic thermal maturity directly from seismic information is of great value for areas with lower exploratory levels, especially for the basins with sparse well drillings.