

文章编号:1672-9854(2007)-03-0021-06

## 羌塘盆地胜利河海相油页岩地球化学特征 及Re-Os 定年

王剑<sup>1</sup>, 付修根<sup>1</sup>, 杜安道<sup>2</sup>, 汪正江<sup>1</sup>, 陈文西<sup>2</sup>

(1 中国地质调查局成都地质矿产研究所; 2 中国地质科学院国家地质测试中心)



王剑

**摘要** 地球化学资料表明,羌塘盆地胜利河海相油页岩有机碳含量为 15.05%~20.34%, 平均为 17.695%, 灰分含量为 55.23%, 焦油含量为 11.0%; 干酪根类型为 II<sub>1</sub> 或 II<sub>2</sub> 型。利用 Re-Os 同位素对该油页岩层进行定年, 得到的等时线年龄为 101±24 Ma。该等时线年龄比生物地层所获得的地层年龄年轻。

**关键词** 羌塘盆地;海相地层;有机地球化学特征;铼钼法;同位素年龄测定;油页岩

**中图分类号**: TE125.6      **文献标识码**: A

**王剑** 1962年生, 研究员, 博士生导师。主要从事沉积学、沉积大地构造学及油气地质学研究。曾获中国地质学会地质科技银锤奖, 四川省第五届青年科技奖, 地质矿产部科技成果二等奖, 国土资源部科技成果二等奖, 国务院颁发的政府特殊津贴等。通讯地址: 610059 四川省成都市一环路北三段2号; 电话: (028)83227596

最近十年来, 由于Re-Os (铼-钼) 同位素方法的发展和运用, 人们发现富有机质沉积岩和黑色页岩十分适合于Re-Os 同位素体系定年, 并可以获得精确的地层沉积年龄<sup>[1-3]</sup>。Rivizza 和 Turekian<sup>[1]</sup> 较早地运用 Re-Os 同位素体系对密西西比纪一泥盆纪界线处的 Bakken 页岩进行了研究, 获得了一条 354 ± 49 Ma 的 Re-Os 等时线年龄, 与该地层年龄 (~360 Ma) 相吻合。Cohen 等<sup>[2]</sup> 也获得了英国三条侏罗纪富有机质泥岩的 Re-Os 等时线年龄, 分别为 155 ± 4.3 Ma, 181 ± 13 Ma 和 207 ± 12 Ma。这些年龄值与用其他方法获得的年龄值 (149 ± 3 Ma, 187 ± 7 Ma 和 198 ± 4 Ma) 基本一致<sup>[4]</sup>。尽管 Re-Os 同位素体系应用于富有机质沉积岩和黑色页岩的定年具有较好的应用前景, 但是, 用 Re-Os 同位素体系对海相油页岩定年的报道却较少见。

胜利河油页岩位于羌塘盆地北羌塘坳陷胜利河西岸, 野外地质调查以及我们的初步分析结果表明, 该油页岩形成于还原的海相环境, 其 <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr 比率介于 0.707 87~0.708 22。尽管付修根等<sup>[5]</sup> 依据铈同位

素变化规律对该油页岩沉积环境进行了初步分析, 汪正江等<sup>[6]</sup> 报道了该油页岩的简单有机地球化学特征, 但胜利河油页岩的形成时代至今仍未见相关报道。本文在上述研究的基础上, 补充了部分有机地球化学资料, 并采用 Re-Os 同位素测年手段, 对胜利河油页岩精确定年进行了尝试性研究, 检验了用 Re-Os 同位素体系对海相油页岩定年的应用前景。

### 1 基础地质背景及油页岩剖面特征

羌塘盆地位于青藏高原中北部, 东经 85°~95°, 北纬 32°~35°, 南北宽 300 km, 东西长 640 km, 面积 18.5 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup><sup>[7]</sup>。盆地夹于冈底斯—念青唐古拉板块与可可西里—巴颜喀拉板块之间, 是在前古生界结晶基底和古生界褶皱基底之上发育起来的以中生界海相沉积为主的一个残留盆地<sup>[8]</sup>。羌塘盆地北界为可可西里—金沙江断裂构造带, 南界为班公湖—怒江断裂构造带。盆地内构造较为复杂, 总体上具有两坳一隆的构造格局, 即北羌塘坳陷、南羌塘坳陷和中央隆起带 (图 1)。盆地内现今主体出露侏

收稿日期: 2007-04-28

罗系海相沉积地层,自下而上依次为曲色组( $J_1q$ )、雀莫错组( $J_2q$ )、布曲组( $J_2b$ )、夏里组( $J_2x$ )、索瓦组( $J_3s$ )和雪山组( $J_3s$ ),其中中上侏罗统具有“三砂夹两灰”的岩石组合特点,即雀莫错组、夏里

组和雪山组碎屑岩夹布曲组、索瓦组灰岩。前人的研究成果已经证实,羌塘中生代海相盆地存在多套生储盖组合,油气资源潜力巨大,是油气勘探的有利区块<sup>[9-11]</sup>。

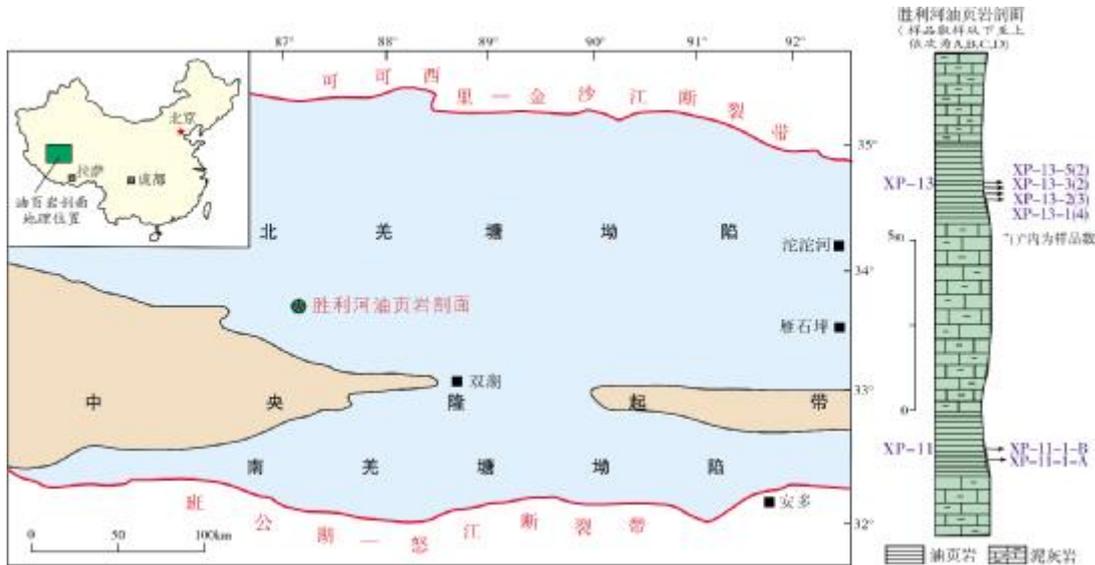


图1 羌塘盆地油页岩剖面位置及详细采样位置图

胜利河油页岩剖面位于北羌塘坳陷胜利河西岸,即  $N 33^{\circ} 43'$ ,  $E 87^{\circ} 12'$  (图1)。剖面岩性组合特征简单,主要为泥灰岩、泥晶灰岩、含生物碎屑灰岩及油页岩的组合,并见有少量的砂屑灰岩、泥岩。油页岩呈两段产出,下段命名为 XP-11 (即 11 层),厚 3.85 m,上段命名为 XP-13 (即 13 层),厚 4.82 m,油页岩横向延伸超过 2.5 km,岩石新鲜断面为灰褐—黑褐色,风化后略显灰色,油页岩呈薄的页片状或薄片状,用小刀能够剥离出毫米级的页片,易破碎,破碎后断面呈贝壳状。把油页岩放入水中,水面上漂浮一层油花,燃烧时火焰长约 1~2 cm,烟浓黑,并发出浓烈的油味。油页岩中黄铁矿发育,黄铁矿的存在反映了油页岩沉积时的还原环境。

## 2 油页岩基础地球化学特征

油页岩是一种高灰分的固体可燃有机岩,它和煤的主要区别在于灰分超过 40%;与碳质页岩的区别在于含油率大于 3.5%。本次采集的胜利河油页岩剖面新鲜样品经中国石油西南油气田公司勘探开发研究院地质实验室、广州地球化学研究所、大庆石油研究院分析表明,胜利河油页岩灰分含量为 55.23%,焦油含量为 11.0%。油页岩有机碳含量较高,介于 15.05%~20.34%,平均 17.695%;干酪根含量为 15.79%~20.37%,平均为 18.23%。油页岩干酪根的显微组分以腐泥质为主,可达 70%;干酪根类型为  $II_1$  或  $II_2$  型(表 1)。干酪根实测镜质组反射率( $R_o$ ) 1.24%,属成熟。

表 1 胜利河油页岩剖面样品分析结果

样品号	岩性	灰分 (%)	焦油 (%)	有机碳含量 (%)	干酪根含量 (%)	组分含量 (%)				类型
						腐泥组	壳质组	镜质组	惰质组	
XP-9	泥晶灰岩	—	—	0.37	0.24	73	—	15	12	$II_1$
XP-10	—	—	—	0.19	0.34	75	—	11	14	$II_1$
XP-12	泥灰岩	—	—	0.08	1.12	72	1	14	13	$II_1$
XP-14	—	—	—	0.31	0.48	74	—	12	14	$II_1$
XP-11	—	—	—	—	18.53	70	2	18	10	$II_1$
XP-13	油页岩	平均 55.23	平均 11.0	20.34	20.37	67	1	17	15	$II_2$
XP-13-2	—	—	—	15.05	15.79	64	2	16	18	$II_2$

与国内油页岩相比,胜利河油页岩具有产油潜力较高的特点,产油潜力( $S_1+S_2$ )平均为 83.03 mg/g;岩石中的可溶烃( $S_1$ )是国内其他油页岩的2~4倍,平均为 7.2 mg/g(表2)。

表2 胜利河油页岩与国内其他油页岩热解参数对比

采样点	$S_1$ (mg/g)	$S_2$ (mg/g)	$S_1+S_2$ (mg/g)	$S_1/(S_1+S_2)$	$T_{max}$ ( $^{\circ}C$ )
西藏胜利河	7.20	75.83	83.03	0.09	464
吉林桦甸	1.98	76.72	70.70	0.03	432
广东茂名	3.09	75.19	76.20	0.04	419
新疆乌鲁木齐	1.10	71.92	73.02	0.02	440
辽宁抚顺	1.70	51.92	53.70	0.03	433

### 3 油页岩 Re-Os 同位素定年

#### 3.1 样品的采集与分析方法

从胜利河油页岩剖面,我们共采集了13块油页岩样品,其中两块采自11层,另外11块采自13层,为了获得准确的地层年龄,降低陆源碎屑Os对Re-Os同位素体系的影响,我们的样品是在不到1m厚度范围内选取的(对13层油页岩而言)。详细的采样位置见图1。

样品分析和测试在国家地质实验测试中心Re-Os分析实验室完成。用Carius管法以反水王作为溶剂溶解样品。在105~110 $^{\circ}C$ 温度下蒸馏50分钟,用10mL水吸收分离和纯化后的OsO<sub>4</sub>。蒸馏后的残余溶液和残渣用丙酮萃取和纯化Re<sup>[12-13]</sup>。

Re和Os的含量和Os同位素比值用电感耦合等离子体质谱仪(TJA X-series ICP-MS)进行测量。测定过程中分别监测<sup>187</sup>Re和<sup>187</sup>Os对Os和Re测定的干扰,并采用稀氨水和H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>交替清洗进样管防止样品间的交叉污染<sup>[13-14]</sup>。Re的全流程空白约为3.7~11.7 pg,Os的全流程空白约为0.01~0.02 pg。由于样品中Re、Os和<sup>187</sup>Os的含量远远高于全流程空白,所以全流程空白的扣除对等时线年龄计算的影响可忽略不计。

#### 3.2 Re-Os 同位素分析结果

测定的Re和Os的含量以及<sup>187</sup>Re/<sup>188</sup>Os值列于表3。所测的<sup>187</sup>Re/<sup>188</sup>Os和<sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os值均扣除了全流程空白。从表3可见,胜利河油页岩剖面中11层(样品编号为XP-11-1-A,XP-11-1-B)油页岩的

<sup>187</sup>Re/<sup>188</sup>Os为363.1~365.9,平均364.5;<sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os为3.262~3.289,平均3.2755。13层(样品编号为XP-13-1-A至XP-13-5-B,共11个样)油页岩的<sup>187</sup>Re/<sup>188</sup>Os为212.1~292.7,平均272.88;<sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os为2.202~2.363,平均2.304。显然,这两层油页岩具有不同的<sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os值,而且Re和Os的含量也存在较大的差异(表3)。因此,不同层位的油页岩可能并不满足Re-Os同位素定年的条件。去除11层的两个样品后,其余的13层11个样品根据<sup>187</sup>Re/<sup>188</sup>Os和<sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os所得到的等时线图2。该等时线采用Isoplot软件<sup>[15]</sup>计算得到,衰变常数为 $1.666 \times 10^{-11}/a$ <sup>[16]</sup>。油页岩样品的Re-Os等时线年龄为 $101 \pm 24$  Ma,初始值为 $1.84 \pm 0.11$ ,均方偏差(MSWD)为3.5。

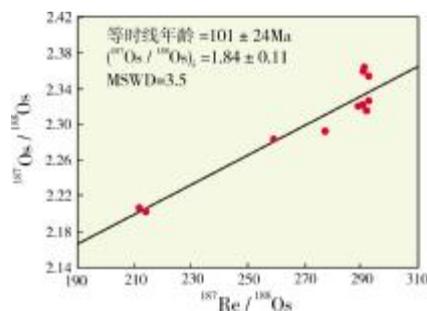


图2 胜利河油页岩全岩(11个样品)<sup>187</sup>Re/<sup>188</sup>Os和<sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os等时线图

#### 3.3 胜利河油页岩形成年龄

在胜利河油页岩剖面的13层油页岩及其顶部泥灰岩地层中采集到一定含量的孢粉,虽然这些孢粉的含量较少,种类较为单一,但对地层时代的确定具有一定的参考意义。这些孢粉包括Apiculatisporites, Cyathidites minor Couper, Cicatricosisporites, Jiaohepollis, Cerebropollenites, Chasmatosporite, Ephedripites cf. notensis, Cycadopite, Classopallis等。组合中以裸子植物花粉占优势,含量为80%,蕨类植物孢子居次,为20%。组合孢子中以早白垩世丰富的海金沙科孢子(Cicatricosisporites)占居主要地位,侏罗纪丰富的Cyathidites在当前组合中含量极低,我国晚侏罗世花粉中占主导地位的Classopallis在当前组合含量不高(30%)。显而易见,以上特征显示出早白垩世孢粉组合的重要特征。当前组合中的Jiaohepollis也是早白垩世的标志花粉,组合中另外一些含量较高的分子,如Cerebropollenites, Ephedripites, Cycadopites

表3 胜利河油页岩 Re、Os 的含量和同位素比值

样品号	Re (ng/g)	<sup>187</sup> Os (ng/g)	<sup>192</sup> Os (ng/g)	<sup>187</sup> Re/ <sup>188</sup> Os	<sup>187</sup> Os/ <sup>188</sup> Os
XP-11-1-A	41.13 ± 0.39	0.2322 ± 0.0023	0.5416 ± 0.0049	363.1 ± 4.8	3.262 ± 0.027
XP-11-1-B	40.14 ± 0.38	0.2268 ± 0.0019	0.5246 ± 0.0039	365.9 ± 4.4	3.289 ± 0.013
XP-13-1-A	32.29 ± 0.35	0.1623 ± 0.0014	0.5318 ± 0.0043	290.3 ± 4.0	2.322 ± 0.013
XP-13-1-B	32.11 ± 0.37	0.1605 ± 0.0016	0.5250 ± 0.0048	292.4 ± 4.3	2.326 ± 0.020
XP-13-1-C	32.36 ± 0.28	0.1612 ± 0.0015	0.5298 ± 0.0045	292.1 ± 3.6	2.316 ± 0.016
XP-13-1-D	32.14 ± 0.28	0.1622 ± 0.0013	0.5318 ± 0.0039	289.0 ± 3.3	2.321 ± 0.009
XP-13-2-A	30.14 ± 0.32	0.1536 ± 0.0015	0.4955 ± 0.0046	290.9 ± 4.1	2.359 ± 0.021
XP-13-2-B	30.07 ± 0.28	0.1534 ± 0.0014	0.4938 ± 0.0048	291.2 ± 3.9	2.363 ± 0.020
XP-13-2-C	30.86 ± 0.35	0.1560 ± 0.0014	0.5042 ± 0.0046	292.7 ± 4.2	2.354 ± 0.018
XP-13-3-A	25.50 ± 0.32	0.1410 ± 0.0011	0.4699 ± 0.0037	259.5 ± 3.9	2.283 ± 0.010
XP-13-3-B	26.82 ± 0.28	0.1393 ± 0.0013	0.4625 ± 0.0037	277.4 ± 3.7	2.292 ± 0.016
XP-13-5-A	16.24 ± 0.18	0.1062 ± 0.0010	0.3663 ± 0.0030	212.1 ± 3.0	2.206 ± 0.015
XP-13-5-B	16.42 ± 0.18	0.1062 ± 0.0010	0.3668 ± 0.0031	214.1 ± 2.9	2.202 ± 0.017

等均是国内外早白垩世地层的常见分子。值得注意的是,当前组合中并未见到被子植物花粉,由此可推测油页岩地层时代应早于巴雷姆期(早白垩世早—中期)。

富有机质的黑色岩系常常具有较高的 Re 和 Os 含量,因此,这些黑色岩系中的 Re-Os 体系常被选作这类岩系定年的对象。精确的黑色页岩定年需要满足以下几个条件,即(1)同一来源,有共同的 <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os 初始比;(2)同时形成,具有相同的形成年龄;(3)自矿物或岩石形成后,Re-Os 体系一直保持封闭;(4)样品的 Re/Os 比率具有一定的范围<sup>[2,17-18]</sup>。这些条件对海相油页岩精确的 Re-Os 同位素定年同样适用。胜利河油页岩的 Re-Os 年龄为 101 ± 24 Ma,在误差范围内与孢粉地层年龄基本一致,但略偏年轻于依据生物化石所获得的地层年龄。这就表明上述四个条件中有部分条件未完全满足。当然,我们并不能排除分析误差,但考虑到所分析的 11 个样品中仅 3 个点在一致线误差范围内(图 2),其余点均在一致线误差范围外,因此,不可能仅仅是分析误差造成了上述 Re-Os 定年略偏年轻于实际地层年龄。

海水中 Os 主要有三大来源:(1)由河流带入海洋的 Os,具有高放射性成因特征, N(<sup>187</sup>Os) / N(<sup>188</sup>Os) 值很高(平均上地壳的 <sup>187</sup>Os / <sup>188</sup>Os 为 1.2 ~ 1.8)<sup>[19-20]</sup>;(2)由洋中脊热液带来的或循环海水萃取地幔岩石带来的 Os,具有非放射性成因特征, N(<sup>187</sup>Os) / N(<sup>188</sup>Os) 值低(<sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os 约为 0.12~0.13)<sup>[21-25]</sup>;(3)由宇宙尘带来的 Os,其 N(<sup>187</sup>Os) / N(<sup>188</sup>Os) 值接近于地幔

值(<sup>187</sup>Os / <sup>188</sup>Os 约为 0.12 ~ 0.13)<sup>[26-27]</sup>。从有机地球化学资料以及我们分析的 Sr 同位素地球化学资料显示<sup>[5]</sup>,胜利河油页岩并未受到陆源碎屑 Os 的影响,另外,为了降低陆源碎屑 Os 的影响,我们的样品是在不到 1m 厚度范围内选取的,因此,陆源碎屑 Os 的影响是完全可以忽略的。而由宇宙尘带来的 Os 具有低的 N(<sup>187</sup>Os) / N(<sup>188</sup>Os) 比率,显然,这不可能引起 Re-Os 定年比实际地层年龄偏年轻。由此可以得出结论,我们所选择的胜利河油页岩样品具有共同的 <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os 初始比。

胜利河油页岩 Re-Os 定年略偏年轻于生物地层年龄,其原因既不可能是分析误差造成的,也不可能是 <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os 初始比的差异造成的。样品的 Re/Os 比率在一定范围内变化(212.1~292.7),因此,其原因必然与油页岩中 Re 或 / 和 Os 的移动有关。由上文的分析可知,胜利河油页岩的 Re-Os 年龄为 101 ± 24 Ma,在误差范围内与孢粉地层年龄基本一致。这就表明,油页岩中 Re 或 / 和 Os 的移动是小范围内的变化,而不是大规模的带入或带出。

去除 XP-13-2 的三个点后(XP-13-2-A, XP-13-2-B, XP-13-2-C),剩下样品的 Re-Os 等时线年龄为 89 ± 10 Ma,初始值为 1.890 ± 0.064, MSWD = 0.78(图 3)。但是,如果我们去除 XP-13-1 的四个点后(XP-13-1-A, XP-13-1-B, XP-13-1-C, XP-13-1-D),剩下样品的 Re-Os 等时线年龄为 113 ± 29 Ma,初始值为 1.80 ± 0.13, MSWD = 3.1(图 4)。显然,前者获得的等时线年龄明显年轻于后者,

也年轻于全岩(11个样品)样品的Re-Os等时线年龄。要评价这个年轻年龄的意义是困难的,但我们注意到这个年龄与胜利河油页岩成油年龄较为一致,而本文所获得的另外一个较老的年龄,即 $113 \pm 29$  Ma与生物地层年龄完全一致。

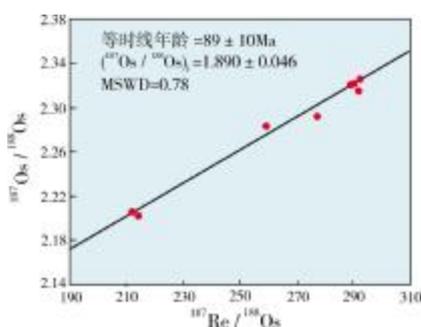


图3 胜利河油页岩(去除XP-13-2的三个点)  
 $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ 和 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 等时线图

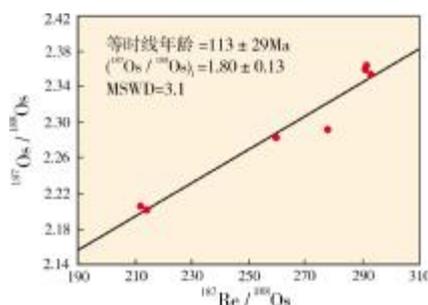


图4 胜利河油页岩(去除XP-13-1的四个点)  
 $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ 和 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 等时线图

Ravizza等<sup>[1]</sup>在研究美国北达科他州Bakken页岩时注意到,Re-Os同位素体系用于该页岩测年时具有高的分散度,这与油气的形成与运移造成Re-Os封闭体系的扰动或重置有关。而Creaser<sup>[3]</sup>对加拿大西部Exshaw组地层的研究表明,成熟度对Re-Os同位素体系的影响较小,他们认为,如果成熟度对Re-Os体系有影响,则反映成熟度的参数( $T_{\text{max}}$ )与 $I_{\text{Os}}$ 成某种线性关系,但这种线性关系在他们的研究中并不存在。事实上,Creaser等的研究并没有排除油气的形成与运移对Re-Os体系的影响,因为在油气形成与运移之前,岩层的Re-Os封闭体系并未被扰动或重置,因此,具有相同的 $I_{\text{Os}}$ 值。而即便是油气形成之后,如果油气并未保存在烃源岩中,油气对烃源岩的Re-Os体系的影响也是较小的。

胜利河油页岩的岩石组合主要为泥灰岩和油页岩,

这些岩层具有透水性较差的特点,因此,不可能是水流体造成油页岩中Re-Os封闭体系的扰动或重置。基于这种考虑,我们怀疑很可能是油气的形成和运移造成了油页岩中Re或(和)Os的移动。事实上,胜利河油页岩有机质成熟度为1.24%,其他有机地球化学参数也表明该油页岩有机质处于成熟阶段(数据待发表),反映了胜利河油页岩确实有过成油的过程,而根据热演化史、埋藏史推算的胜利河油页岩成油时间为晚白垩世中期。这一认识完全支持我们所获得的年轻年龄,即 $89 \pm 10$  Ma是胜利河油页岩成油年龄的论断。

油气的形成与运移能够造成Re-Os封闭体系的扰动或重置,从而导致海相油页岩Re-Os同位素定年明显偏年轻于实际地层年龄。因此,在解释海相油页岩Re-Os同位素年龄时应该谨慎。尽管这样,我们的新资料仍表明Re-Os同位素体系用于海相油页岩精确定年具有非常好的前景。

## 4 结论

(1)胜利河油页岩灰分含量为55.23%,焦油含量为11.0%;干酪根类型为 $\text{II}_1$ 或 $\text{II}_2$ 型,与国内油页岩相比,胜利河油页岩具有产油潜力较高的特点。

(2)不同层位的油页岩由于具有不同的 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 值,可能并不满足Re-Os同位素定年的条件。

(3)胜利河油页岩全岩11个样品的Re-Os等时线年龄为 $101 \pm 24$  Ma,初始值为 $1.84 \pm 0.11$  (MSWD=3.5),这一年龄值略低于依据生物化石所获得的该地层实际年龄。这可能与油气的形成与运移过程中造成的Re-Os封闭体系的扰动或重置有关。

## 参考文献

- [1] Ravizza G E, Turekian K K. Application of the  $^{187}\text{Re}$ - $^{187}\text{Os}$  system to black shale geochronometry [J]. *Geochem Cosmochem Acta*, 1989, 53: 3257-3262.
- [2] Cohen A S, Coe A L, Bartlett J M, et al. Precise Re-Os ages of organic-rich mudrocks and the Os isotope composition of Jurassic seawater [J]. *Earth Planet Sci Lett*, 1999, 167: 159-173.
- [3] Creaser R A, Sannigrahi P, Chacko T, et al. Further evaluation of the Re-Os geochronometer in organic-rich sedimentary rocks: a test of hydrocarbon maturation effects in the Exshaw formation, Western Canada Sedimentary Basin [J]. *Geochem Cosmochem Acta*, 2002, 66: 3441-3452.
- [4] Gradstein F M, Agterberg F P, Ogg J G, et al. A Mesozoic time scale [J]. *J Geophys Res*, 1994, 99(B12): 24051-24074.

- [5] 付修根, 王剑, 汪正江, 等. 藏北羌塘盆地海相油页岩沉积环境分析[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(5): 待刊.
- [6] 汪正江, 王剑, 陈文西, 等. 北羌塘盆地胜利河上侏罗统海相油页岩的发现[J]. 地质通报, 2007, 26: 待刊.
- [7] 王成善, 伊海生, 刘池洋, 等. 西藏羌塘盆地古油藏发现及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 139-143.
- [8] 黄继钧. 羌塘盆地基底构造特征[J]. 地质学报, 2001, 75(3): 333-337.
- [9] 王剑, 谭富文, 李亚林, 等. 青藏高原重点沉积盆地油气资源潜力分析[M]. 北京: 地质出版社, 2004: 140-198.
- [10] 秦建中. 青藏高原羌塘盆地中生界主要烃源层分布特征[J]. 石油实验地质, 2006, 28(2): 134-140.
- [11] 丁文龙, 苏艾国, 李伟. 西藏羌塘盆地中生代海相地层含油气系统及勘探方向[J]. 天然气工业, 2003, 23(1): 13-17.
- [12] Shirey S B, Walker R J. Carius tube digestion for low-bank rhenium-osmium analysis[J]. Anal Chem, 1995, 67: 2136-2141.
- [13] Du A D, Wu S Q, Sun D Z, et al. Preparation and certification of Re-Os dating reference materials: molybdenite HLP and JDC[J]. Geostandard and Geoanalytical Research, 2004, 28: 41-52.
- [14] 杨刚, 陈江峰, 杜安道, 等. 安徽铜陵老鸦含钼碳质页岩的 Re-Os 定年[J]. 科学通报, 2004, 49(12): 1205-1208.
- [15] Ludwig K. Isoplot/Ex, Version 2.0: A geochronological toolkit for Microsoft excel[M]. Berkeley: Geochronology Center Special Publication La, 1999.
- [16] Smoliar H J, Walker R J, Morgan J W. Re-Os ages of group II A, III A, IV A, and IV B iron meteorites[J]. Science, 1996, 271: 1099-1102.
- [17] Singh S K, Trivedi J R, Krishnaswami S. Re-Os isotope systematics in black shales from the Lesser Himalaya: Their chronology and role in the  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  evolution of sea-water[J]. Geochem Cosmochem Acta, 1999, 63: 2381-2392.
- [18] 李志昌, 路远发, 黄圭成. 放射性同位素地质方法与进展[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 2004.
- [19] Pegram W J, Krishnaswami S, Ravizza G E, et al. The record of sea water  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  variation through the Cenozoic, Earth Planet[J]. Sci Lett, 1992, 113: 569-576.
- [20] Esser B E, Turekian K K. The osmium isotopic composition of the continental crust[J]. Geochem Cosmochem Acta, 1993, 57: 3093-3104.
- [21] Allègre C J, Luck J M. Osmium isotopes as petrogenetic and geological tracers[J]. Earth Planet Sci Lett, 1980, 48: 148-154.
- [22] Martin C E. Osmium isotopic characteristics of mantle-derived rock[J]. Geochem Cosmochem Acta, 1991, 55: 1421-1434.
- [23] Roy-Barman M, Allègre C J.  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  ratios of midocean ridge basalts and abyssal peridotites[J]. Geochem Cosmochem Acta, 1994, 58: 5043-5054.
- [24] Snow J E, Reisberg L. Os isotopic systematics of the MORB mantle: results from altered abyssal peridotites[J]. Earth Planet Sci Lett, 1995, 133: 411-421.
- [25] Parkinson I J, Hawkesworth C J, Cohen A S. Ancient mantle in a modern arc osmium isotopes in Izu-Bonin-Mariana forearc peridotites[J]. Science, 1998, 281: 2011-2013.
- [26] Anders E, Grevesse N. Abundances of the elements: Meteoritic and solar[J]. Geochem Cosmochem Acta, 1989, 53: 197-214.
- [27] Morgan J W. Osmium isotope constraints on Earth's late accretionary history[J]. Nature, 1985, 317: 703-705.

编辑: 金顺爱

## Organic Geochemistry and Re-Os Dating of Marine Oil Shale in Shenglihe Area, Northern Tibet, China

Wang Jian, Fu Xiugen, Du Andao, Wang Zhengjiang, Chen Wenxi

**Abstract:** The Shenglihe oil shale, an Early Cretaceous marine oil shale mine site found recently in the northern part of the central uplift zone of Qiangtang Basin, is characterized by high TOC values ranging from 15.05% to 20.34% with an average value of 17.695%. Ash and tar content are 55.23% and 11.0% respectively in the shale. Kerogen determined is Type II<sub>1</sub> or II<sub>2</sub>. Samples of the oil shale were dated by Re-Os technique using Carius Tube digestion, Os distillation, Re extraction by acetone and ICP-MS measurement. An isochron giving an age of  $101 \pm 24$  Ma with an initial  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  ratio of  $1.84 \pm 0.11$  ( $n=11$ , MSWD = 3.5) is obtained. The Re-Os age obtained is younger than the geological age derived from biostratigraphic data. Omitting samples XP-13-2-A, B and C, regression of the scattered Re and Os data for the remaining samples gives a Re-Os date of  $89 \pm 10$  Ma, with an initial  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  ratio of  $1.890 \pm 0.046$  ( $n=8$ , MSWD = 0.78). When only the data points Omitted samples XP-13-3-A, B, C and D are re-regressed, the results are indistinguishable from the previous regression: the age being  $113 \pm 29$  Ma and the initial  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  ratio being  $1.80 \pm 0.13$  ( $n=7$ , MSWD = 3.1), which indicates the former ( $89 \pm 10$  Ma) is younger than the true depositional age, and these initial  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  ratios are more radiogenic than the initial  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  ratio associated with regression of the full data set (11 samples). It may be associated with the time of hydrocarbon formation while the older age ( $113 \pm 29$  Ma) may be associated with the time of the true depositional age of the Shenglihe oil shale.

**Key words:** Oil shale; Characteristics of organic chemistry; Radioactive age determination; Re-Os dating; Marine formation; Qiangtang Basin; Northern Tibet

**Wang Jian:** male, Researcher, Prof., Doctorate advisor. Add: Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Beisanduan-3, Yihuan Rd., Chengdu, Sichuan, 610059 China