

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

从油气运移探讨有机质在成矿中的作用

向才富 解习农 庄新国

中国地质大学资源学院, 武汉, 430074

内容提要 本文从盆地中有机质热演化成烃、烃类物质经过初次运移和二次运移形成油气藏以及油气藏破坏的烃类运聚演化过程探讨了有机质在成矿中的作用。来自于盆地中沉积地层的烃类物质和成矿流体具有相同的输导体系,因而两者通常在同一种流体介质中运移。来自烃源岩的流体的盐度很低(20~30g/L),说明流体从烃源岩中萃取的成矿物质的量有限。在油气的二次运移阶段,烃类物质使流体保持酸性环境,从而加速了流体演变为成矿流体的速度。同时,有机质通过络合、还原和吸附作用参与了成矿物质的搬运,油气成藏的过程也是成矿流体聚集的过程。油藏(reservoir)的破坏使流体发生剧烈的物化条件改变,从而导致了矿质沉淀形成矿床。

关键词 成矿流体 油气运移 成藏/成矿作用

金属矿床和被破坏的古油气藏在空间上密切共生(Dimitri, 1984; 涂光炽, 1994, 1998; 施继锡等, 1995; 邵树勋等, 1999; 刘建明等, 2000; 陈衍景等, 2001),使地质学家开始关注有机质在成矿中的作用(Disnar et al., 1990; Giuliani et al., 2000; 庄汉平等, 2000; Bierlein et al., 2001; Gustkiewicz et al., 2001)。随着上个世纪90年代流体热的兴起,发现世界上许多大型和超大型矿床的原始成矿流体均富含有机质(Dimitri, 1984; Haynes et al., 1989; 谢树成等, 1997; Hulen et al., 2001)。有机质在成矿中的作用成为矿床研究的热点。但是这种研究大多数集中在对矿床中的有机质颗粒(庄汉平等, 2000)、烃类标志化合物(谢树成等, 1997)或者同位素的静态研究(Dimitri, 1984; Disnar et al., 1990; Giuliani et al., 2000),而很少从流体运移(陈衍景等, 2001)的角度动态的考察有机质在成矿中的作用。本文从流体运移的角度探讨了有机质在成矿中的作用,而盆地中有机成矿流体的运移也即油气运移,唯一的区别是其中含有高浓度的成矿物质。

成矿流体在其演变过程中要经过如下几个阶段:初始流体、流体在运移过程中演变为成矿流体、成矿流体在输导体系的适当部位沉淀成矿(胡瑞忠等, 1995)。初始流体可以来源于沉积建造水、岩浆水、变质水等,但是富含有机质的流体必然来源于沉积建造水,即与有机质具有相同的来源——地层,特

别是盆地中的生油岩。在特定的地质历史时期,流体与油气在盆地中具有相同的输导体系——断层、不整合面及输导层(向才富等, 2000),在相同的水动力条件下必然在相同的储层中积聚,形成油气藏或矿床。所以,要了解有机质在成矿作用中的真正作用,最好在流体—油气系统的运移、演化过程中进行:在生油岩中和输导系统中考察有机质对成矿物质的萃取和搬运作用,在成藏部位考察有机物质对成矿物质沉淀的影响。在此之前,有必要了解烃类物质在水中的溶解性。

1 烃类在水中的溶解性

烃类物质在水中溶解度很小,并随碳原子数的增加而快速降低(图1)。常温常压下,碳数小于12的烷烃溶解度随碳数增加降低较快,碳数大于12的烃类物质在水中的溶解度几乎可以忽略不计。溶解度最高的甲烷也只有10 g/L(李明诚, 1994)。芳香烃也具有相同的趋势。烃类物质在水中的溶解度随水中盐度的增加而减少。各种成分在含20%NaCl溶液中的溶解度是其在蒸馏水中溶解度的15%~20%,而当盐度达到35%NaCl时,烃类的可溶解性将减少93%~95%(李明诚, 1994)。

烃类在水中的溶解度随着温度的升高而增加。但是高沸点难溶化合物的溶解度比低沸点易溶化合物的溶解度增加得快(李明诚, 1994),因而保持了随

注:本文为国家攀登计划预选项目(编号95-预-39)的成果。

收稿日期:2001-07-30;改回日期:2001-11-12;责任编辑:章雨旭。

作者简介:向才富,男,1975年2月生。现为中国地质大学(武汉)地质矿产普查与勘探专业博士研究生,主要从事盆地流体及其成矿作用研究。通讯地址:430074,中国地质大学(武汉)资源学院;Email:xcf_ljh@263.net。

碳原子数的增加而降低的趋势(图1)。

在不同的温度和盐度下,总的趋势是芳香烃在盐水中的溶解度大,而烷烃溶解度小(图1),但是芳香族的石油在世界上最少;而烷族石油却最多,这是和现在的石油勘探结果相矛盾的(李明诚,1994)。同样,溶解度最大的苯和甲苯应在石油中含量多,在生油岩中残留最少,然而事实上它们在石油中含量很少,在生油岩中残留最多;烃类物质在水中特别是在盐水中的溶解度很小,因而烃类物质以水相运移也存在水源不足的问题。正是基于上述原因,越来越多的人认为石油是以独立的烃相运移的(李明诚,1994)。

2 油气初次运移过程中有机质的作用

根据干酪根热降解晚期成油理论,石油是在60~150℃温度范围内生成的。按地温梯度30℃/km计算,石油在沉积物埋深1500m左右时开始初次运移(张厚福等,1999)。在此之前,沉积物的孔隙度逐渐降低为20%左右,排出大量的孔隙流体,但是孔隙流体的盐度和原始封存的海水或大气水盐度相当,不足以形成成矿流体。正常压实地层在整个石油的生油窗范围内,生油岩中孔隙水的盐度(20~30 g/L)比相邻砂岩中的孔隙水盐度(150~200 g/L)低得多(李明诚,1994)。页岩中的低盐度可以使烃类物质有效地溶解于水中,而砂岩中的相对高浓度可以使溶解于水中的有机物质有效地析出。这对烃类物质的初次运移是有益的。页岩和砂岩之间的盐度差可以在页岩和砂岩之间产生渗透压差,使油气有效地从生油岩中排出。从对成矿物质的萃取来说,页岩中的低盐度意味着从页岩中萃取的成矿物质的量有限。生油岩中粘土矿物的含量相对较高,由于粘土矿物对金属离子,特别是二价金属离子的渗滤作用,使金属离子难以排出,从而阻碍了有机质对成矿物质的吸附和搬运。同时,对埋深不断增加的生油岩来说,随着温度的升高,金属的有机化合物大部分会分解,处于不稳定状态。以金为代表,其有机化合物多数在温度高于生烃门限温度时分解(表1)。因此,有机质在萃取和搬运成矿物质中的作用微弱。这一点也是和矿床学的一个基本认识一致

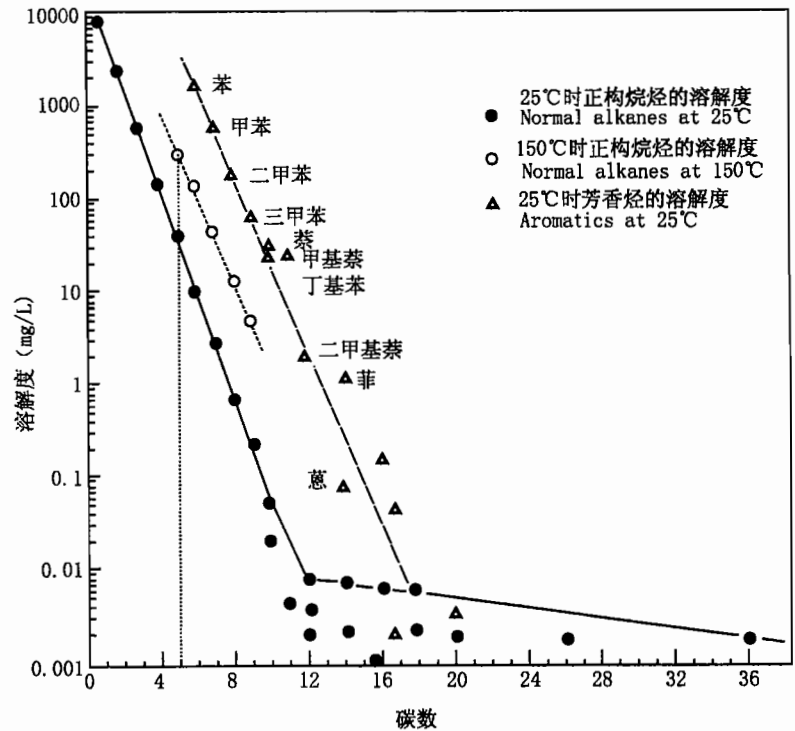


图1 正构烷烃和芳香烃在水中的溶解度(据 Mcauliffe, 1979)

Fig. 1 Solubilities of normal alkane and aromatic hydrocarbons in water (from Mcauliffe, 1979)

的,即初始流体并不是成矿流体,而是在后期演化过程中逐渐演变为成矿流体的。

表1 金的有机化合物的分解温度统计表
(据徐绍龄等,1995编)

Table 1 The destruction temperature for different kind of organic matter-gold compound (after Xu Shaoling et al., 1995)

有机金化合物类型	分解温度 ^① (℃)	有机金化合物类型	分解温度 ^① (℃)
RAuL型	100~198	R ₂ AuXL型	120~189
(RAu) _n 型	150~220	(2AuL ₂)X型	139~192
R ₂ AuX型	90~190	金的烯烃配合物	50~103

注:R—有机酯基团;Au—金;L—芳基烃基团;X—卤素、羟基、硫氰根或醋酸根离子;①—当温度高于分解温度时,有机金化合物分解。

3 油气二次运移过程中有机质对成矿物质的萃取及迁移

烃类物质在输导体系中运移的过程是油气的二次运移。当烃类物质由生油岩进入邻近的输导层(砂岩)时,首先在输导层的底部聚集,并在浮力的作用下垂直向输导层的顶部运移。当油气在输导层的顶部积聚到一定程度时,就会在浮力作用下,沿输导层顶部侧向运移。在运移过程中,油气将尽可能沿孔隙

度最大的通道运移。这意味着地层中大部分的烃类物质将沿着有限的输导通道运移(Dembicki et al., 1989; Catalan et al., 1992; 李明诚, 1994)。相反, 输导层中大部分空间为富含有机质的地层水所充填。

流体在输导层中的演变是至关重要的。地层水从生油岩中排出时, 其盐度在20~30 g/L 之间(李明诚, 1994)。流体在输导体系中运移时, 其盐度不断提高, 达到150~200 g/L(李明诚, 1994), 所含金属离子的种类增多, 量增大。其流体性质已经与典型矿床中的成矿流体一样(表2), 有机质在此过程中的作用如下:

表2 沉积型金属矿产流体和油田卤水的性质比较
(据 Dimitri, 1984及谢树成等, 1997)

Table 2 Comparison of the compositions of fluid in depositional ore deposit and the oil field brine
(after Dimitri, 1984 and Xie et al., 1997)

流体性质	流体包体	油田卤水
T(°C)	100~250 ^②	130~150 ^①
P(MPa)	<50 ^②	38.4~84.3 ^①
pH	3.8~8.4 ^②	4.3~5.7 ^①
Cl _g (mg/L)	59000~120000 ^①	71520~207400 ^①
Na _g (mg/L)	27000~534000 ^①	29000~791000 ^①
Ca _g (mg/L)	17000~20400 ^①	4140~74800 ^①
K _g (mg/L)	2500 ^①	213~7080 ^①
Na/K	21~36 ^①	40~370 ^①
Na/Ca	2.7 ^①	1.4~17 ^①

注:①—据 Dimitri, 1984; ②—据谢树成等, 1997。

(1) 流体沿输导体系向浅部运移的过程是温度不断降低的过程, 在油气初次运移阶段不能稳定存在的金属有机络合物逐渐变得稳定, 成为萃取和搬运成矿物质的主要载体。如三价和一价金离子可以与烷基、芳基形成广泛的有机金化合物, 主要有三烷基金、三芳基金、二烷基金、二芳基金、一烷基金、一芳基金等, 流体中存在的丰富的氯离子使这些有机金化合物更容易形成, 并长距离搬运。前文所述有机物质在流体中的含量随盐度的增加而不断减少, 也许是由于大部分有机物质是以有机盐类存在而产生的假象。假设增加溶液中络合物 R-M(非电解质)的浓度, 其中 R 可以为任意的烷基或芳基, M 为金属离子, 随着盐度的增加离子浓度并没有增加, 因为金属离子 M 并不以离子形式存在, 而以络合物的形式存在。相反如果增加电解质(NaCl)的浓度, 则增加了溶液中的离子浓度, 导致先存络合物破坏, 而实验室标定有机质溶解度随盐度的变化所采用的方法正好是提高了电解质(NaCl)的浓度。苯和苯的同系物、萘、联二苯及其同系物、菲及其同系物等烃类物质的溶解度随 Ag⁺浓度的增加而增大, 如甲苯在硝

酸银溶液中的溶解度比其在纯水中的溶解度增加了约73%(Andrews et al., 1949), 即甲苯与 Ag⁺形成了有机络合物。这证明砂岩输导层中的高盐度部分是源于金属与有机质形成的有机络合物, 而有机络合物搬运的正是成矿物质(Ag⁺)。

(2) 流体中广泛存在的有机酸提高了流体的酸度, 加速了流体对岩石中成矿物质的萃取作用。腐殖酸和富里酸已被证明是萃取和搬运成矿物质的主要有机物质。此外, 油气的环烷酸、脂肪酸、氨基酸对流体长时间地维持在恰当的酸碱度范围之内也起到了积极的作用。油田水的酸碱度范围位于4.3~5.7之间(表2), 流体的相对酸性的环境对溶解输导体系中的成矿物质、对于维持溶液中成矿物质、有机络合物的稳定性无疑是非常重要的。

(3) 二次运移过程中作为油气主体的有机质以独立的烃相在流体的上部运移, 由于烃相总是趋向于沿渗透率最大的孔隙空间运移, 因而所接触到的岩石体积有限, 沿途萃取的成矿物质的量有限。但是烃相对成矿物质的搬运作用还是不容忽视的。烃相通过络合、还原和吸附作用对成矿物质迁移。由于有机物质组成的复杂性, 有机质的氧化还原作用研究较少。Szilagyi(1972)推断腐殖酸的还原电位为0.7 V, Wilson 等(1979)研究发现富里酸的还原电位为0.5 V。这使有机质能还原大多数成矿物质, 如 Fe(Ⅲ)→Fe(Ⅱ)(0.77V); Hg(Ⅱ)→Hg(0)(0.851V); Au(Ⅲ)→Au(0)(0.994V)。朱笑青等(1998)通过实验证明被还原的矿质有可能以显微级的单质被有机物吸附搬运。这种情况在两种不同流体体系混合时最明显。也有研究认为有机质只在成矿和成藏的部位还原矿质导致成矿物质的沉淀成矿(Disnar et al., 1990; Giuliani et al., 2000)。但是成矿物质是和有机物质在同一种流体体系中搬运的, 对矿质的还原作用不可能有阶段和固定的地点之分。有机质还原成矿物质, 被还原出来的成矿物质又靠有机质的络合作用和吸附作用来搬运, 构成一个严密的流体成矿体系。Disnar 等(1990); Vlassopoulos 等(1990)对成矿物质的络合作用和吸附作用有许多论证, 在此不再赘述。

4 油藏破坏与矿床形成

烃类物质的成藏过程, 也是成矿流体不断富集成矿物质的过程。烃类物质在成藏之前大多数经过了长时间、长距离的运移, 运移距离甚至可以达到100km 或更多(Bethke et al., 1991)。在此过程中,

原始流体有足够的时间演变成为成矿流体。由于成矿流体和有机质具有相同的输导体系,成矿流体在向成藏部位运移过程中,如果成矿物质达到了过饱和,或者运移路径穿过了地层等温线,成矿物质就会发生沉淀。但是,成矿物质大规模沉淀并形成有经济价值的矿床必然是在流体物化条件剧烈改变时发生的(Anderson,1975; Lee et al.,2000)。流体在输导体系中与其在成藏部位的物化条件并无本质的不同,只是温度有一定的降低,流体依然处于动态平衡中,不可能形成具有经济价值的矿床。如果盆地中的流体在成藏之前成矿,则在流体的输导体系中必然存在导致这种物化条件剧烈改变的因素,如高角度的断层疏导通道或者两种流体的混合(Haynes et al.,1989)。如果盆地中的流体在成藏之后成矿,则导致这种物化条件剧烈改变的原因必然是油气藏的破坏。有两种因素会导致油气藏的破坏和烃类物质的散失:流体压裂、造山运动。

油气藏中气和油位于顶部,其毛细管压力阻碍了其下部盐水流体的散失,随着流体的不断积聚,必然会在油气藏的顶部产生流体压裂,这一点已被南海的油气勘探实践所证实(解习农等,1997)。与流体压裂相比,造山运动也许是更有效、更直接的原因,因为现在大多数金属矿床的成矿时代都与地质时期的造山运动密切相关。如右江盆地金矿床的形成时代为燕山构造期(胡瑞忠等,1995;涂光炽,1998)。流体压裂和造山运动均会产生高角度的输导体系如断层,这一方面使运移在其中的流体能发生剧烈的物

化条件的改变,如温度降低、压力释放;更重要的是使被油气藏的盖层所分割的不同流体体系能够沟通、混溶。如右江盆地中金矿的沉淀是由还原性的油田水与氧化性的大气降水混溶的结果。不同流体混溶过程中有机质的作用如下:

(1)氧化还原作用:有机质对大气降水中氧化性矿物粒子的还原,可以直接导致矿质的沉淀。如有机质对硫酸盐的还原所产生的硫导致密西西比河谷型矿床的Cu、Pb、Zn的沉淀(Anderson,1975; Giuliani et al.,2000;Gustkiewicz et al.,2001)。有机质被氧化也会使烃相中所携带的矿质沉淀,并在流体的输导体系中留下碳质和沥青质污染,这可能就是右江盆地卡林型金矿广泛存在碳质和沥青质污染的原因(庄汉平等,2000)。

(2)有机金属络合物分解:两种流体发生混溶作用,由于两种流体的组成和盐度不同,必然改变油田流体中电解质的浓度,导致流体中有机金属络合物的破坏,增加溶液中金属离子的饱和程度,导致矿质的沉淀。

5 研究实例

右江盆地是我国重要的卡林型金矿产地,其矿体和矿石中存在广泛的碳质和沥青污染(庄汉平等,2000),成矿流体被证明是富含有机质的成矿流体(谢树成等,1997)。右江盆地的演化、油气运聚过程和成矿流体的演化可归纳为表3:金矿的成矿流体、成矿物质和盆地中的油气资源具有共同的来源,

即下一中三叠统以下的地层(朱赖民等,1998),特别是二叠纪地层;有机质和成矿流体具有相同的运移通道:即以二叠纪生物礁为中心的断裂、不整合面和砂岩输导层组合(向才富等,2000);还具有共同的储层:以二叠纪生物礁核部为主体,包括其他岩性储集层(向才富等,2000)。

表3 右江盆地演化与成矿、成藏关系

Table 3 Relations among the evolution of the sedimentary basin, oil accumulation and ore-forming in the Youjiang area, Guangxi and Guizhou Provinces

构造期	地层	年龄(Ma)	地壳运动	Au背景值($\times 10^{-9}$)	赋存金矿量	盆地演化	油气与成矿流体的演化	
							油气演化	成矿流体的演化
喜马拉雅期	Q	2	~喜马拉雅运动~			隆升剥蚀期	油气破坏	②
	R	67	~滇黔运动~					
燕山期	K ₂	100	~燕山运动~			隆升剥蚀期	①	矿质沉淀形成矿床
	K ₁	137	~桂南运动~					
	J	190						
印支期	T ₃	205	~印支运动~	1.32~1.97		隆升剥蚀期	油气破坏	②
	T ₁₊₂	230	~苏皖运动~	3.04	▲▲▲			
	P ₂	240	~东吴运动~	4.25	▲			
海西期	P ₁	280	~黔桂运动~	3.73	▲	隆升剥蚀期	油气破坏	②
	C ₂₊₃	325		5.27~10.68				
	C ₁	350	~紫云运动~	7.31	▲			
	D	405	~广西运动~	2.75~11.79	▲			

注:▲▲▲—大量;▲—少量;① 油气二次运移并在适当部位成藏;② 矿床遭受后期构造的改造,被破坏或富集。

从成矿年龄上

来说,黔西南百地和烂泥沟金矿热液石英的裂变径迹年龄分别为 87.6 ± 6.1 Ma 和 82.9 ± 6.3 Ma(胡瑞忠等,1995);对黔西南金矿热液成矿期的石英及萤石晶体的电子自旋共振定年(ESR 定年)结果为 $125.2 \sim 46.0$ Ma(朱赖民等,1998);金牙金矿床的铅同位素年龄为 $130 \sim 82$ Ma(胡瑞忠等,1995);所有这些结果均表明本区金矿的成矿年龄为 $130 \sim 46$ Ma,即中一晚燕山期—喜马拉雅期早期。同时对本区的流体的形成年龄研究也有诸多成果,主要集中在成矿期石英或方解石中流体包裹体的 Rb-Sr 同位素研究,由于所测定的是包裹体中的流体年龄,因而可以代表本区流体的形成年龄:金牙金矿含金黄铁矿或毒砂单矿物包裹体的 Rb-Sr 同位素流体年龄为 267 ± 28 Ma(王国田,1992);烂泥沟金矿成矿阶段石英和方解石流体包裹体中的流体年龄为 259 ± 27 Ma(胡瑞忠等,1995);戈塘金矿矿石和蚀变矿物包裹体的 Rb-Sr 等时线年龄为 172 Ma(胡瑞忠等,1995)。所有这些结果均表明本区流体的形成年龄大于 172 Ma。成矿流体的形成年龄大致相当于裂陷期和凹陷早期(>172 Ma),对应于生油岩的生排烃阶段;成矿年龄相当于盆地的抬升剥蚀期($46 \sim 130$ Ma),对应于油藏受造山运动破坏的时期。两者结合研究可见,从本区成矿流体的初步形成(172 Ma),至运移成矿(130 Ma),时间相差 40 Ma 或更多。这段时间在右江盆地无剧烈的构造运动,正是成矿流体沿输导体系向成矿部位运移的时间,也是油气在输导体系中进行二次运移并成藏的时间。

参 考 文 献

- 陈衍景,张静,刘丛强,何顺东. 2001. 试论中国陆相油气侧向源. 地质论评, 47(3):261~271.
- 胡瑞忠,苏文超,毕献武. 1995. 滇黔贵三角区微细浸染型金矿成矿热液的一种可能性的演化途径:年代学证据. 矿物学报, 15(2):144~149.
- 李明诚. 1994. 石油与天然气运移. 北京:石油工业出版社, 1~127.
- 刘建明,叶杰,刘家军,等. 2000. 论盆地流体成矿/成烃作用的耦合关系. 矿物岩石地球化学通报, 19(3):164~171.
- 邵树勋,张乾,潘家永. 1999. 丹寨汞金矿床卤素元素与古油藏关系探讨. 地质地球化学, 27(4):23~28.
- 施继锡,余孝颖,王华云. 1995. 古油藏、沥青及沥青包裹体在金属成矿研究中的应用. 矿物学报, 15(2):117~122.
- 涂光炽. 1994. 成煤、成油、成气、成盐和金属矿之间的关系. 有色金属矿产与勘查, 3(1):1~3.
- 涂光炽. 1998. 低温地球化学. 北京:科学出版社, 266.
- 王国田. 1992. 桂西北地区三条铷-锶等时线年龄. 广西地质, 5(1):29~35.
- 向才富,庄新国,张文淮,等. 2000. 成矿流体运移的输导体系研究——以右江地区微细浸染型金矿为例. 地质科技情报, 19(4):65~69.
- 谢树成,殷鸿福. 1997. 生物—有机质—流体成矿系统. 武汉:中国地质大学出版社, 1~131.
- 解习农,王其允,李思田. 1997. 低渗泥质岩石中水力破裂与幕式压实作用. 科学通报, 42(19):2193~2195.
- 徐绍龄,徐其亨,等. 1995. 无机化学丛书(第六卷). 北京:科学出版社, 621~664.
- 朱赖民,刘显凡,金景福,何明友. 1998. 滇—黔—桂微细浸染型金矿床时空分布与成矿流体来源研究. 地质科学, 33(4):463~473.
- 朱笑青,张振根,将泽春. 1998. 黔西南卡林型金矿成因的试验研究. 科学通报, 43(22):2431~2434.
- 庄汉平,卢家烂,傅家谟,等. 2000. 黔西南卡林型金矿床中固体有机物质的有机岩石学研究. 地质科学, 35(1):83~90.
- 张厚福,方朝亮,高先志,等. 1999. 石油地质学. 北京:石油工业出版社, 27~152.

References

- Anderson G M. 1975. Precipitation of Mississippi Valley-Type ores. Econ. Geol., 70(7):937~942.
- Andrews L J, Keefer R M. 1949. Cation complexes of compounds containing carbon-carbon double bonds. I — The solubility of cuprous chloride in aqueous maleic acid solutions. Journal of American Chem. Soc., 71:2379~2380.
- Bethke C M, Reed J D, Oltz D F. 1991. Long-range petroleum migration in the Illinois basin. AAPG Bulletin, 75(5):925~945.
- Bierlein F P, Cartwright I. 2001. The role of carbonaceous "Indicator" slates in the genesis of lode gold mineralization in the western Lachlan orogen, Victoria, southeastern Australia. Econ. Geol., 96(3):431~451.
- Catalan L, Fu X W, Chatzis I, Dullien A I. 1992. An experimental study of secondary oil migration. AAPG Bulletin, 76(5):638~650.
- Chen Yanjing, Zhang Jing, Liu Congqiang, He Shundong. 2001. The lateral source of the continental oil and gas of China; extension and application of the CPMF model (Model for collisional petrogenesis, metallogenesis and fluidization). Geological Review, 47(3):261~271(in Chinese with English abstract).
- Dembicki H Jr., Anderson M J. 1989. Secondary migration of oil: Experiments supporting efficient movement of separate, Buoyant oil phase along limited conduits. AAPG Bulletin, 73(8):1018~1021.
- Dimitri A S. 1984. Oil field brines as ore-forming solution. Econ. Geol., 79(1):23~37.
- Disnar J R, Sureau J F. 1990. Organic matter in ore genesis; Progress and perspective. Org. Geochem., 16(1~3):577~599.
- Giuliani G, Lanord C F, Cheilletz A, Coget P, Branquet Y, Laumonnier B. 2000. Sulfate reduction by organic matter in Colombian emerald deposits; Chemical and stable isotope (C, O, H) evidence. Econ. Geol., 95(8):1129~1153.
- Gustkiewicz M S, Kwiecinska B. 2001. Organic matter in the upper Silesian (Mississippi Valley-type) Zn-Pb deposits, Poland. Econ. Geol., 94(7):981~992.
- Haynes F M, Beane R E, Kesler S E. 1989. Simultaneous transport of metal and reduced sulfur, Mascot-Jefferson city zinc district, east Tennessee; evidence from fluid inclusions. American Journal of Science, 289(9):994~1038.
- Hu Ruizhong, Su Wenchao, Bi Xianwu. 1995. A possible evolution way of ore-forming hydrothermal fluid for the Carlin-type gold

- deposits in the Yunnan—Guizhou—Guangxi triangle area. *Acta Mineralogica Sinica*, 15(2):144~149 (in Chinese with English abstract).
- Hulen J B, Collister J W. 2001. The oil-bearing Carlin-type gold deposits of Yankee basin, Alligator Ridge district, Nevada. *Econ. Geol.*, 94(7):1029~1050.
- Lee M K, Williams D D. 2000. Paleohydrology of the Delaware basin, western Texas: Overpressure development, hydrocarbon migration, and ore genesis. *AAPG Bulletin*, 84(7):961~974.
- Li Mingcheng. 1994. Petroleum and natural gas migration. Beijing: Petroleum Industry Press, 1~127 (in Chinese).
- Liu Jianming, Ye Jie, Liu Jiajun, Niu Jingjing. 2000. Oil accumulation and ore-formation. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 19(3):164~171 (in Chinese with English abstract).
- Mcauliffe C D. 1979. Oil and gas migration—Chemical and physical constraints. *AAPG Bulletin*, 63(5):761~781.
- Shao Shuxun, Zhang Qian, Pan Jiayong. 1999. A discussion of the relation between halogen elements of Danzhai mercury—gold deposit and paleo-oil pool. *Geology—Geochemistry*, 27(4):23~28.
- Shi Jixi, Yu Xiaoying, Wang Huayun. 1995. The role of ancient oil reservoirs, bitumens and bitumen inclusions in metallogenetic research. *Acta Mineralogica Sinica*, 15(2):117~122.
- Szilagy M. 1972. The geochemical role of standard potential in reactions between humic substances and metals. *Geochem. Int.*, 9(5):402~406.
- Tu Guangchi. 1994. The relationship of their forming among coal, oil, natural gas and metallic ore. *Geological Exploration for Nonferrous Metals*, 3(1):1~3 (in Chinese with English abstract).
- Vlassopoulos D, Wood S A, Mucci A. 1990. Gold speciation in natural waters, I — The importance of organic complexing—experiments with some simple model ligands. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54(4):1575~1586.
- Wang Guotian. 1992. Three Strontium and Rubidium isotope ages in northwest Guangxi. *Geology of Guangxi*, 5(1):29~35 (in Chinese with English abstract).
- Wilson S A, Weber J H. 1979. An EPR study of the reduction of vanadium(V) to vanadium(IV) by fulvic acid. *Chem. Geol.*, 26(5):345~354.
- Xiang Caifu, Zhuang Xinguo, Zhang Wenhui, Zhang Zhijian. 2000. Studies on the pass-way systems of the ore-forming fluids: according to the Carlin-type gold deposits in Youjiang district. *Geological Science and Technology Information*, 19(4):65~69 (in Chinese with English abstract).
- Xie Shucheng, Yin Hongfu. 1997. Biologic—organic—fluid ore-forming system. Wuhan: Press of China University of Geosciences, 1~131 (in Chinese).
- Xie Xinong, Wang Qiyun, Li Sitian. 1997. Hydrofracturing and seismic compaction of low permeability argillaceous rock. *Chinese Science Bulletin*, 42(19):2193~2195 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Laimin, Liu Xianfan, Jin Jingfu, He Mingyou. 1998. The study of the time—space distribution and source of ore-forming fluid for the fine-disseminated gold deposits in the Yunnan—Guizhou—Guangxi area. *Scientia Geologica Sinica*, 33(4):463~473 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Xiaoqing, Zhang Zhenggen, Jiang Zhechun. 1998. Experimental study of the genesis of the Carlin-type gold deposits in southwest Guizhou. *Chinese Science Bulletin*, 43(22):2431~2434 (in Chinese with English abstract).
- Zhuang Hanping, Lu Jialan, Fu Jiamo and Liu Dehan. 2000. Organic petrological study on solid organic matter in two Carlin-type gold deposits in southwest Guizhou, China. *Scientia Geologica Sinica*, 35(1):83~90 (in Chinese with English abstract).

The Function of Organic matter in Ore-forming Processes: In View of the Oil Migration

XIANG Caifu, XIE Xinong, ZHUANG Xinguo

China University of Geosciences, Wuhan, 430074

Abstract

The function of organic matter is a key point to understand the mineralization of ore-forming fluids. Organic matter and ore-forming fluids are both derived from basins and have the same conduits during their migration. Thus, organic matter migrates together with ore-forming fluids. The most effective way to understand its function is to see its changes during the migration and concentration of fluids. The original fluid and organic matter are from the source rock in the basin. The fluid salinity from the source rock is rather low, which means that there is a small amount of material concentrated from the source rock. This suggests that the function of the organic matter be rather small during the first migration of the oil. During the secondary migration of the fluid, the salinity is increasing, and the temperature is dropping down. The organic matter helps the concentration and transport of the ore-forming material by complexation, reduction, adsorption and supplying the fluid with acidic environment. The destruction of reservoirs can create great changes of physical and chemical properties of the fluid and is an important factor to cause the deposition of ore-forming material.

Key words: ore-forming fluid; oil migration; oil accumulation; ore-forming process