

文章编号: 1009-3850(2008)02-0100-07

孙吴 嘉荫盆地白垩系淘淇河组 太平林场组砂岩 主量元素的地球化学特征

张 雷^{1,2}, 刘招君², 和钟铎², 杨 婷¹, 杜江峰², 侯 伟³

(1. 中国石油大学 资源与信息学院, 北京 102249; 2. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061; 3. 中国地质大学 能源学院, 北京 100083)

摘要: 沉积盆地中砂岩的地球化学特征主要受物源区控制, 碎屑岩的地球化学成分可揭示沉积物的地质信息。笔者通过对孙吴 嘉荫盆地白垩系淘淇河组 太平林场组砂岩的主量元素地球化学特征分析, 结合砂岩薄片碎屑成分统计表明: 淘淇河组 太平林场组时期物源区的大地构造背景主要为活动大陆边缘, 包括大陆岛弧和大洋岛弧。物源区母岩类型主要为花岗岩, 中酸性火山岩及低级变质岩。盆地不同位置物源区的大地构造背景和母岩类型有所不同。结合区域地质资料综合分析认为: 在淘淇河组 太平林场组沉积时期, 小兴安岭仅在太平林场组时期不是盆地主要物源区, 而佳木斯地块一直是盆地东部的一个主要物源区。

关键词: 孙吴 嘉荫盆地; 白垩纪; 砂岩; 主量元素; 地球化学特征; 物源分析

中图分类号: P594 **文献标识码:** A

20 世纪 80 年代以来, 许多学者对不同构造背景下形成的砂岩的常量元素、微量元素和稀土元素的地球化学特征进行了系统的研究和总结 (Bhatia 1983 1985; Bhatia and Crook 1986; Roser and Korsh 1986 1988), 利用砂岩的地球化学特征判别岩石形成时的大地构造背景及其物源的研究获得了很大进展。在我国, 应用地球化学方法来判别盆地的物源及沉积构造背景也取得了一些成果 (邵磊, 1998; 李志明等, 2003; 和政军等, 2003 2005; 李双应等, 2004; 李振江, 2004)。

本文通过砂岩主量元素地球化学成分特征分析和室内岩石薄片镜下研究, 结合区域地质资料, 对孙吴 嘉荫盆地白垩系淘淇河组 太平林场组的物源区大地构造背景及物源区母岩类型进行了探讨, 初步确定了其主要的物源区。

1 地质概况

孙吴 嘉荫盆地位于松辽地块的北端, 其东与佳木斯地块相邻, 西为大兴安岭褶皱带, 西南过小兴安岭与松辽盆地相接, 向北过黑龙江延伸至俄罗斯, 面积 22810 km², 是俄罗斯结雅 布列亚盆地的南延部分 (图 1)。孙吴 嘉荫盆地的基底主要由前古生界或古生界变质岩及华力西期花岗岩组成; 沉积盖层主要为中生代地层。充填序列自下而上为下白垩统宁远村组、淘淇河组, 上白垩统永安村组、太平林场组、鱼亮子组、富饶组, 以及古新统乌云组, 渐新统至上新统孙吴组^[1]。嘉 D1 井中发育下白垩统宁远村组、淘淇河组, 上白垩统永安村组、太平林场组以及渐新统至上新统孙吴组, 最下部层位下白垩统宁远村组直接与下伏花岗岩呈角度不整合接触, 且淘

收稿日期: 2007-11-30 改回日期: 2007-12-04

作者简介: 张雷 (1982-) 男, 博士, 主要从事沉积学及石油地质学研究。E-mail: zke@sina.com

资助项目: 国土资源部全国油气资源战略选区大庆外围项目 (XQ2004-07)

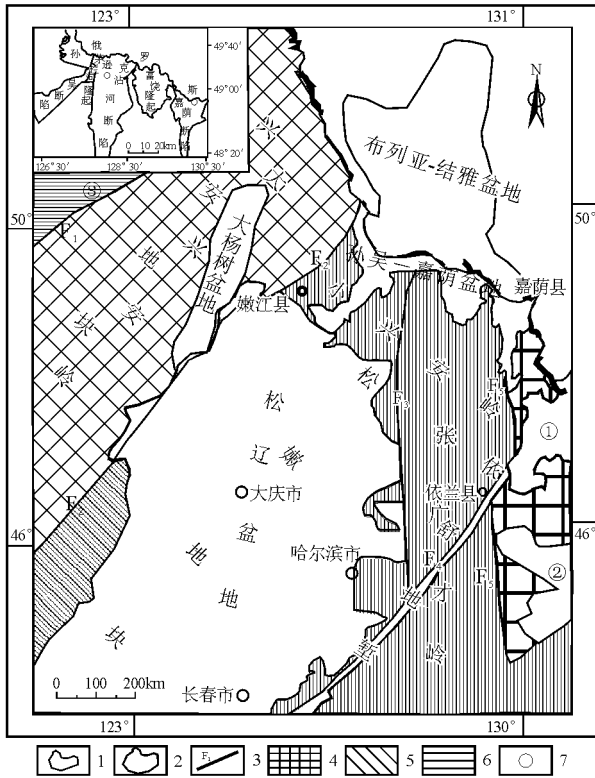


图 1 孙吴 嘉荫盆地大地构造位置及取样位置

①. 三江盆地; ②. 鸡西 勃利盆地; ③. 根河盆地; F₁. 塔河 喜桂图缝合带; F₂. 西拉木伦河缝合带; F₃. 逊克 铁力断裂带; F₄. 依兰-伊通断裂带; F₅. 嘉依 牡丹江断裂带。1. 研究区; 2. 盆地分布区; 3. 断裂; 4. 佳木斯地块; 5. 松嫩地块; 6. 额尔古纳地块; 7. 取样位置

Fig 1 Tectonic setting and sampling sites in the Sunwu-Jiayin Basin

① = Sanjiang Basin ② = Jixi-Boli Basin ③ = Genhe Basin F₁ = Tahe-Xuguitu suture zone F₂ = XarMoron River suture zone F₃ = Xunke-Tieli fault F₄ = Yilan-Yitong fault F₅ = Jiayin-Yilan-Maodanjiang fault 1 = study area 2 = basin 3 = fault 4 = Jiamusi block 5 = Songliaojiang-Nenjiang block 6 = Ergun block 7 = sampling site

淇河组与上下层位均为不整合接触。

孙吴 嘉荫盆地为具有断陷和拗陷双重结构特点的中新生代盆地, 盆地内断裂发育, 其中北东向及北西向断裂为主控断裂, 与邻近的松辽盆地相似。由于受后期构造活动的改造作用, 孙吴 嘉荫盆地可划分 5 个一级构造单元, 形成三凹夹两凸的“W”型盆地构造格局(图 1)。在接近断裂两侧的孙吴断陷和嘉荫断陷, 发育规模相似的小型凹陷, 而中间的沾河断陷规模相对较大, 三者较为对称。沾河断陷是盆地内沉积地层厚度最大的一级构造单元。

2 主量元素的地球化学特征

2.1 样品基本特征及测试方法

本次研究所取的样品中, 下白垩统淘淇河组-上白垩统永安村组样品在沾河断陷嘉 D1 井中取得, 上白垩统太平林场组样品则在嘉荫断陷黑龙江江边太平林场组露头剖面上取得。为降低风化程度的影响, 并使分析结果具有可比性, 本次所选用的 15 个样品全部为细砂质粉砂岩及粉砂岩。其中淘淇河组 5 个, 永安村组 5 个, 太平林场组 5 个。砂岩样品测试由河北省区域地质矿产研究所实验室测定, 测试方法为 XRF 测试数据结果见表 1。此外, 同时补充了若干砂岩样品的薄片分析, 对其中的一部分进行了镜下碎屑成分统计。

2.2 物源区构造背景分析

1. Dickinson 图解分析

Dickinson 等(1979, 1982)通过对世界上近百个已确定区域构造环境的现代海相和陆相砂岩组分的统计对比和判别分析, 建立了定量判别标准和三角形模式图, 为判断物源区和沉积盆地构造环境提供了一种重要的途径, 并得到了广泛的应用^[2, 3]。由于受按照 Dickinson(1988)的图解统计方法的统计原则所限, 我们主要选取杂基含量 < 25%, 成岩作用较弱的中细粒砂岩进行成分统计^[2, 3], 但总体符合要求的砂岩薄片较少。由图 2 可知: 淘淇河组 5 个样品中有 4 个落入了过渡弧中, 1 个落入了切割岛弧中; 永安村组两个样品全部落入切割岛弧中; 太平林场组 1 个样品落入了未切割弧与过渡弧交界处附近。所以可以确定盆地在淘淇河组时期的物源区类型为切割岛弧 过渡岛弧, 永安村组时期物源区的构造背景为切割岛弧, 太平林场组时期物源区类型为岩浆弧, 偏向未切割弧一侧。Bhatia 研究认为, 未切割岩浆弧类型物源区的构造背景应为大洋岛弧, 切割的岩浆弧类型物源区的构造背景应为大陆岛弧, 而隆升基底及克拉通内部物源区类型的构造背景分别为活动大陆边缘及被动大陆边缘^[4]。所以结合 Dickinson 图解判断可得出: 淘淇河组和永安村组物源区构造背景具有大陆岛弧性质, 而太平林场组可能具有大洋岛弧的性质。

2. 主量元素图解分析

研究表明, 尽管有沉积过程中的改造作用, 碎屑岩的地球化学成分仍然主要受物源区控制^[5]。就陆源碎屑岩总的化学特征而言, 尽管存在一些化学

表 1 孙吴 嘉荫盆地白垩系砂岩主量元素化学组分 ($w_B/\%$)
Table 1 Major element contents in the Cretaceous sandstones from the Sunwu Jiayin Basin ($w_B/\%$)

层位	淘淇河组					永安村组					太平林场组				
取样位置	沾河断陷嘉 D1 井					沾河断陷嘉 D1 井					嘉荫断陷(露头)				
样品号	DH6	DH-7	DH-8	DH-9	DH-10	DH-11	DH-12	DH-13	DH-14	DH-15	DH-1	DH-2	DH-3	DH-4	DH-5
SO ₂	62.30	63.30	64.92	66.00	65.90	71.60	66.60	54.78	69.82	71.42	58.92	25.18	22.86	32.54	73.72
TD ₂	0.67	0.50	0.39	0.41	0.41	0.44	0.51	0.33	0.42	0.42	0.69	0.36	0.32	0.29	0.49
Al ₂ O ₃	18.57	19.05	16.79	16.25	17.30	14.42	15.08	12.60	16.31	15.56	13.73	7.61	7.49	8.63	13.41
FeO	1.08	1.29	1.46	1.37	0.93	0.91	1.63	2.04	0.56	0.31	3.54	1.34	1.51	1.22	0.57
Fe ₂ O ₃	2.32	2.41	1.84	1.61	2.51	1.65	2.80	1.07	1.48	1.44	3.32	0.67	0.84	0.92	1.53
Fe ₂ O ₃ ^T	3.52	3.84	3.46	3.13	3.54	2.66	4.61	3.34	2.10	1.78	7.25	2.16	2.52	2.28	2.16
K ₂ O	2.88	2.01	1.94	2.38	2.16	3.00	2.95	3.18	3.66	3.75	2.03	1.15	1.09	1.53	3.09
Na ₂ O	2.48	2.30	2.02	2.30	2.67	1.98	1.34	1.68	2.48	2.53	2.53	0.83	0.71	0.94	1.56
MnO	0.07	0.03	0.03	0.03	0.10	0.02	0.03	0.33	0.02	0.01	0.20	0.89	1.23	1.05	0.02
CaO	2.34	1.51	1.35	1.29	2.14	0.60	0.71	10.52	0.64	0.75	5.28	31.57	32.56	27.40	0.71
MgO	0.63	0.88	0.68	0.74	0.86	0.94	1.00	0.37	0.63	0.57	2.94	0.62	0.86	0.50	0.63
P ₂ O ₅	0.05	0.07	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.22	1.73	0.20	0.06	0.09
Fe ₂ O ₃ ^T +MgO	4.15	4.72	4.14	3.87	4.40	3.60	5.61	3.71	2.73	2.35	10.19	2.78	3.38	2.78	2.79
K ₂ O/Na ₂ O	1.16	0.87	0.96	1.03	0.81	1.52	2.20	1.89	1.48	1.48	0.80	1.39	1.54	1.63	1.98
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.30	0.30	0.26	0.25	0.26	0.20	0.23	0.23	0.23	0.22	0.23	0.30	0.33	0.27	0.18

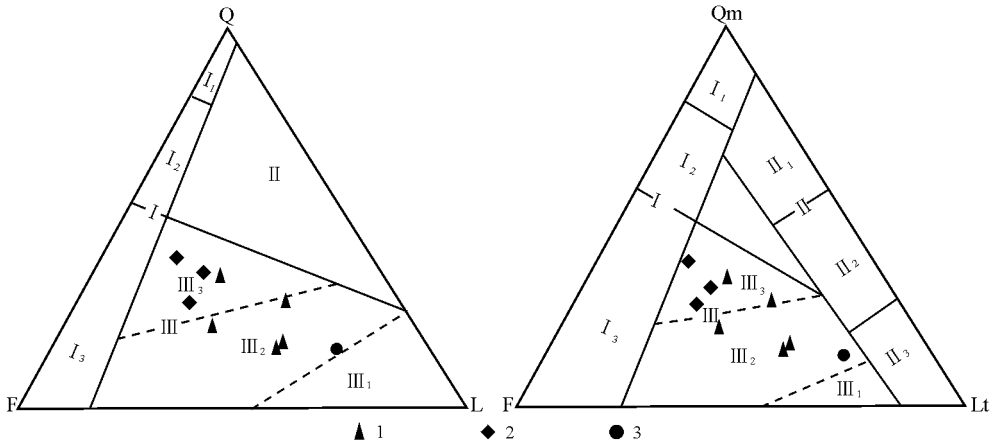


图 2 孙吴 嘉荫盆地淘淇河组 太平林场组砂岩 Q-F-L 三角图和 Qm-F-Lt 三角图 (仿 Dickinson et al 1983)

I. 稳定陆块区; I₁. 克拉通内部; I₂. 过渡型; I₃. 隆升基底; II. 再旋回造山带; II₁. 石英质; II₂. 过渡型; II₃. 岩屑质; III. 岩浆弧物源区; III₁. 未切割弧; III₂. 过渡型; III₃. 切割弧。1 淘淇河组样品; 2 永安村组样品; 3 太平林场组样品

Fig 2 Q-F-L and Qm-F-Lt diagrams for the Taoqihe Formation-Taipinglinchang Formation sandstones in the Sunwu Jiayin Basin (after Dickinson et al, 1983)

I = stable continental block; I₁ = craton; I₂ = transitional; I₃ = uplifted basement; II = recycled orogen; II₁ = quartz; II₂ = transitional; II₃ = detritus; III = magmatic arc; III₁ = undissected arc; III₂ = transitional; III₃ = dissected arc. 1 = Taoqihe Formation samples; 2 = Yong'ancun Formation samples; 3 = Taipinglinchang Formation samples

成分的迁移或溶解交代, 但由于它们大致是在同一系统中进行的, 其总的化学成分变化不大^[6]; 同时, 碎屑岩的地球化学分析比碎屑岩岩石学分析更能揭

示沉积物中细微的地质信息^[7]。从这个意义上讲, 根据砂岩化学组成恢复物源区构造背景的方法具有优越性。因而在近几十年中, 许多学者对不同构造

背景下形成的砂岩的常量组分地球化学特征进行了系统的研究与总结^[8~10],使利用砂岩主量元素地球化学获得了很大的进展。

沉积岩的主量元素分析,通常采用化学成分分析其主要元素成分的含量,前人的研究已证明了不同的砂岩类型其含量有所不同,而砂岩类型正是其矿物成分成熟度的反映。本次研究主要采用 Bhatia (1983), Roser and Korsch(1986 1988)的分析方法,主要是应用各种砂岩氧化物的构造背景数据和各种构造环境中的砂岩化学成分图解进行判别(图3)^[8~11]。由图3可知:所取砂岩样品杂基含量

较高,淘淇河组全部为杂砂岩;永安村组多数落入了岩屑净砂岩和杂砂岩交界处及岩屑净砂岩中,太平林场组 1个落入了杂砂岩中,1个落入了岩屑净砂岩中。同时由于太平林场组中有 3个样品受成岩作用影响,钙质胶结物含量极高(27.4%~35.6%),为钙质胶结砂岩,且 3个样品中可能由于碳酸盐胶结物溶蚀作用的影响导致 SO_2 含量很低(25.2%~32.5%)。所以该三个样品投点偏差较大,在有 SO_2 参与的图解中均未使用其数据。在 $K_2O + Na_2O - SO_2$ 图解中(图3b),孙吴嘉荫盆地砂岩样品大部分落入活动大陆边缘区,仅永安

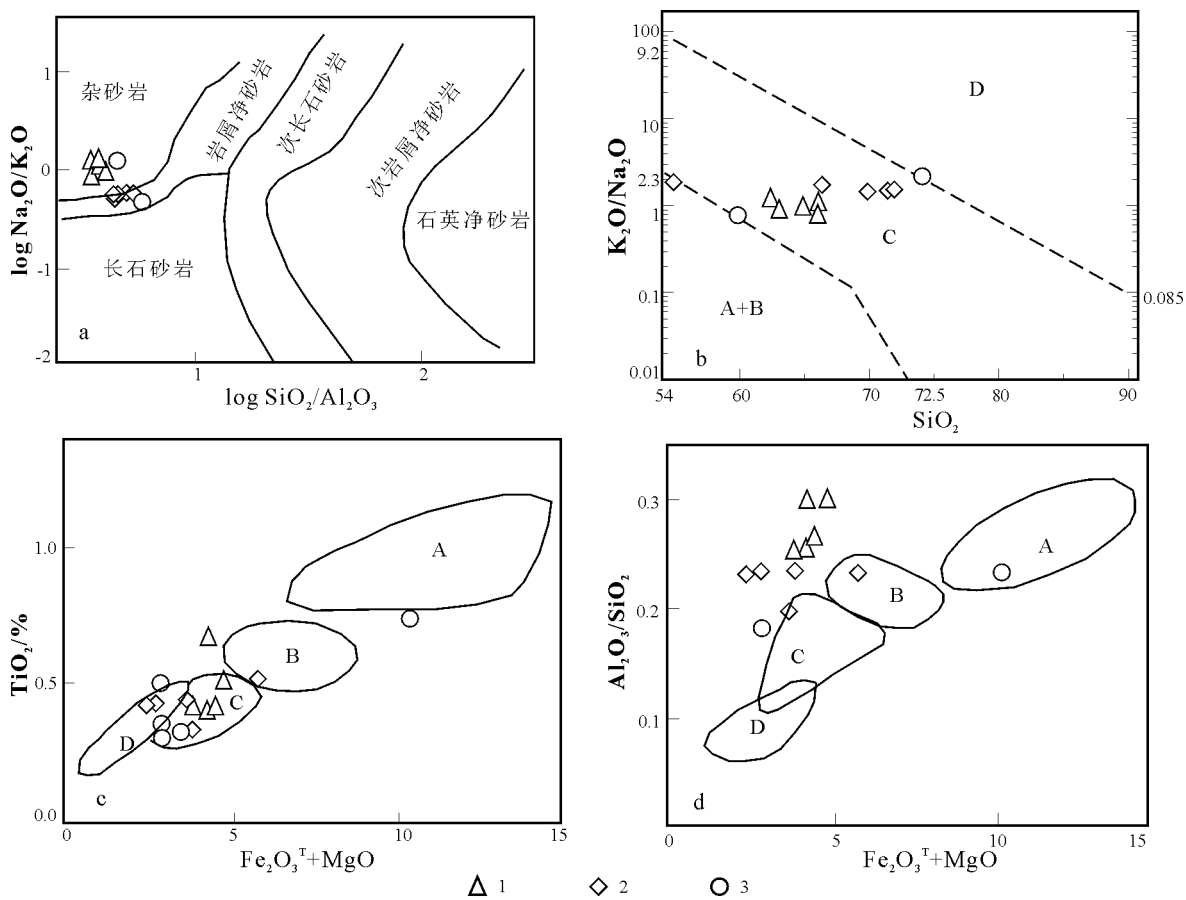


图3 孙吴 嘉荫盆地砂岩岩石地球化学分类及构造背景判别图

a $\log Na_2O/K_2O - \log SiO_2 / Al_2O_3$ 图解(底图据 Pettijohn等, 1973); b $K_2O/Na_2O - SiO_2$ 图解(底图据 Rose等, 1986); c $TiO_2 - Fe_2O_3^T + MgO$ 图解和; d $Al_2O_3 / SiO_2 - Fe_2O_3^T + MgO$ 图解(底图据 Bhatia等, 1983)注: $Fe_2O_3^T$ 为全铁; A 大洋岛弧; B 大陆岛弧; C 活动大陆边缘; D 被动大陆边缘。 1 淘淇河组样品; 2 永安村组样品; 3 太平林场组样品

Fig 3 Geochemical classification and tectonic discrimination diagrams for sandstones in the Sunwu Jiayin Basin
 a $\log Na_2O/K_2O - \log SiO_2 / Al_2O_3$ diagram (after Pettijohn et al, 1973); b $K_2O/Na_2O - SiO_2$ diagram (after Roser et al, 1986); c $TiO_2 - Fe_2O_3^T + MgO$ diagram; d $Al_2O_3 / SiO_2 - Fe_2O_3^T + MgO$ diagram (after Bhatia et al, 1983). A Oceanic island arc; B Continental island arc; C Active continental margin; D Passive continental margin 1 = Taoqihe Formation samples 2 = Yong'ancun Formation samples 3 = Taipinglinchang Formation samples

村组及太平林场组 2 个样品落入了岛弧区。在 $TiO_2 - Fe_2O_3^T + MgO$ 图解中 (图 3 c), 多数点落入了活动大陆边缘中, 少数点落入了被动大陆边缘中及大陆岛弧中; 淘淇河组 5 个点中有 4 个落入了活动大陆边缘, 1 个发生偏离; 永安村组 5 个点中, 有两个落入了活动大陆边缘, 两个落入了被动大陆边缘, 1 个落入了大陆岛弧中; 太平林场组 5 个点中有 3 个落入了活动大陆边缘, 1 个落入了大陆岛弧, 1 个落入了被动大陆边缘边界处, 1 个发生偏离, 落入了紧邻大洋岛弧的边界处。在 $Al_2O_3 / SiO_2 - Fe_2O_3^T + MgO$ 图解中 (图 3 d) 投点十分分散, 多数发上偏离。这是由于样品中杂基及泥质胶结物含量较高造成粘土矿物含量较高的原因。而值得注意的是, 太平林场组中仍有 1 个点落入了大洋岛弧中。

3 物源区母岩性质判别

Rose 和 Korsch (1988) 提出了区分物源区主要是铁镁质的、中性的或长英质火成岩和石英沉积岩的判别图解^[10]。由于太平林场组所取样品中有 3 个属钙质胶结, 所以我们使用不受 $CaCO_3$ 影响的判别图解 2 来判别物源区的岩石类型 (图 4)^[11], 可以看出: 所有点均落入了中性岩火成物源区和长英质火成物源区。淘淇河组有 4 个点投到了到了中性岩火成物源区, 1 个点投到了中性火成物源区与长英质火成物源区的交界处; 永安村组有 1 个点投到了中性岩火成物源区, 4 个点投到了长英质火成物源区; 太平林场组有 4 个点投到了中性火成物源区, 1 个点投到了长英质火成物源区。

结合其它砂岩薄片进行镜下分析表明: 沾河断陷淘淇河组砂岩中含有大量的流纹质、凝灰质及安山岩质屑等中酸性火山岩岩屑, 其次还含有大量的花岗质岩屑; 沾河断陷永安村组中主要岩屑类型与淘淇河组相似, 但岩屑数量有所降低; 嘉荫断陷太平林场组仅获得 2 个样品, 其岩屑主要以火山岩及低级变质的石英云母片岩岩屑为主。

总体来看, 地球化学分析结果与镜下矿物识别结果基本一致。

3 讨论及分析

由于孙吴 嘉荫盆地勘探程度很低, 且大部分区域属于覆盖区, 淘淇河组—太平林场组野外露头很少, 没有获得关于古水流方向的数据, 所以难以判断物源区方向。但是我们可以根据盆地所处的大地构造位置与其周围大地构造单元的构造属性结合盆地的构造演化对盆地物源区进行综合分析。前已述

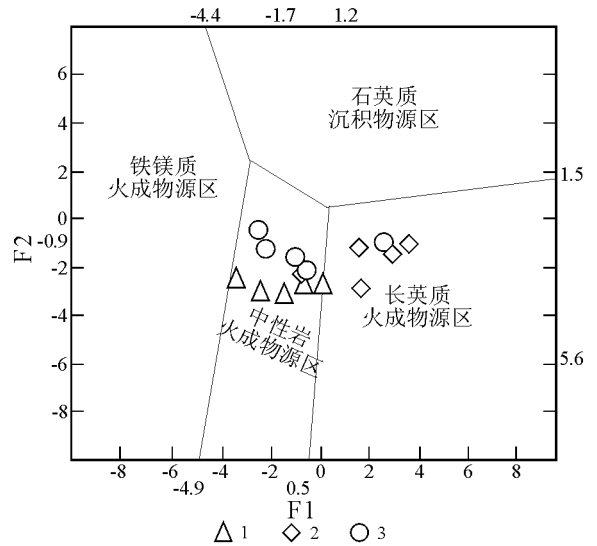


图 4 孙吴 嘉荫盆地砂岩 F1-F2 方程物源区母岩判别图解 (底图据 Rose 和 Korsch 1988)

1 淘淇河组样品; 2 永安村组样品; 3 太平林场组样品

Fig. 4 Territorial plot for the ratio discriminant in the Sunwu-Jiayin Basin (after Rose and Korsch 1988)

1 = Taoqihe Formation samples; 2 = Yong'an Cun Formation samples; 3 = Taipinglinchang Formation samples

及, 孙吴 嘉荫盆地位于松嫩地块之上, 盆地周围最大的两个大地构造单元为小兴安岭造山带和佳木斯地块。所以盆地最有可能的物源区为此两个大地构造单元。

3.1 物源区构造属性

沉积岩地球化学判别图解的基本假设是: 板块构造环境和沉积岩物源区之间存在密切联系。然而, 某些同源沉积物可以运移到不同大地构造环境的沉积盆地^[12]。所以, 沉积岩物源区的大地构造环境可能不同于沉积物沉积场所的大地构造背景。我们在使用和分析这些图解结果时, 必需还要了解沉积盆地的最初大地构造背景^[13]。前已述及, 孙吴—嘉荫盆地是同松辽盆地一样具有断陷和拗陷双重结构特点的中新生代盆地, 而松辽盆地大地构造属性为被动大陆边缘裂谷盆地 (刘招君, 1992, 1996), 所以具有同样构造及沉积演化过程且都位于松嫩地块上的孙吴 嘉荫盆地的大地构造背景也应为被动大陆边缘。同时, 在白垩纪时期, 其周围的小兴安岭造山带以及佳木斯地块岩石早已存在^[14-16], 大地构造背景与孙吴—嘉荫盆地不相同。所以盆地内沉积岩所反映的是物源区大地构造背景, 而并非盆地本身的构造属性。

结合区域地质资料^[17]及最新的区域地质研究

成果,小兴安岭地区岩石类型以花岗岩为主,包括一定规模的中酸性火山岩。通过最近几年对这些花岗岩高精度年代学研究,原来所确定的一些典型加里东期花岗岩,被重新确定为晚古生代和中生代(多为早中侏罗世)。结合小兴安岭地区这两个时期的花岗岩具有活动大陆边缘花岗岩的组合特征,暗示其可能形成于活动大陆边缘^[14 15 18 19]。而在距离盆地较近的伊春 延寿地区还发育一套属于岛弧或活动陆缘构造背景的中奥陶世中酸性火山岩^[20]。

佳木斯地块与孙吴 嘉荫盆地紧邻的地区属于萝北地区,萝北地区主要出露黑龙江群的变质岩,又称黑龙江杂岩带^[21~23]。砂岩岩石地球化学方法对于对经历过高级成岩作用和变质作用的岩石,由于原始的岩石学特征已经明显变化,已经难于运用(欧阳自远,1996)。但是对于变形程度高、变质程度较低的岩石物源区仍然适用(刘建辉,2005)。黑龙江杂岩带岩石主要分为岩块和原地基质两部分。岩块主要为一套变基性岩和变辉长岩组成的变质程度较低但变形程度较高的岩石组合^[21~23],其形成构造背景主要为大洋岛弧或洋中脊,少量为板内玄武岩(张雷,2007);而基质则主要包括长英质糜棱岩、石英云母片岩、粉砂岩、粉砂质板岩等一套遭受强烈变形但变质程度较低的一套绿片岩相组合^[21~23],这些变质沉积岩的原岩为一套由杂砂岩、砂岩和泥质沉积岩组成。而这些基质变质沉积岩的母岩物源主要来自长英质火成物源区,其大地构造背景为活动大陆边缘环境(张雷,2007)。

3.2 物源区分析

综上所述,下白垩统淘淇河组沉积时期,盆地处于强烈的断陷期,此时期盆地为由多个分割独立的断陷盆地组成的断陷盆地群,其中沾河断陷盆地规模较大,而断陷盆地物源主要来自于周围隆起的基底高地及南部的小兴安岭,以花岗质岩石为主,还包括断裂活动同期产生的火山岩,这与薄片观察和地球化学图解所得结果相一致,反映了物源区活动大陆边缘 大陆岛弧的大地构造背景;上白垩统永安村组时期,盆地在经过淘淇河组后期一段时期的剥蚀后,整体进入拗陷,盆地已经成为具有统一汇水中心的大规模拗陷盆地,隆起的基底已不在是主要的物源区,而此时原岩的主要类型是花岗质岩石及中酸性火山岩,反映的物源区的大地构造背景仍为活动大陆边缘 大陆岛弧,与邻近的小兴安岭造山带极为相似,该时期小兴安岭应是盆地的一个主要物源区;太平林场组样品全部采集于嘉荫断陷,由于嘉荫断

陷紧邻佳木斯地块,其母岩类型以火山岩及低级变质岩为主,构造背景为大洋岛弧及活动大陆边缘,这与佳木斯地块黑龙江杂岩带物源区的构造属性十分吻合,同时也证明了地球化学方法的可靠性。

此外,根据综合研究,与松辽盆地嫩江组所对应的太平林场组沉积时期,为松辽盆地及孙吴 嘉荫盆地的最大湖侵期,该时期两个盆地的面积达到了最大,并且极有可能发生了沟通,该时期两个盆地之间的小兴安岭应位于水下,可能不再是盆地的物源区。由此我们认为,在盆地最大湖侵期时,佳木斯地块仍没有被淹没,为盆地东部的一个物源区,在湖盆面积相对较小的淘淇河组和河永安村组沉积时期,佳木斯地块应还是一稳定的物源区^[26]。由于陆相盆地沉积演化过程的复杂性,且尚未考虑小兴安岭的隆升机制等问题,所得出的结论仍然是初步的,还需进一步提高对盆地的研究程度并且结合区域地质新的研究成果,对整个盆地的演化及物源区特征进行全面的研究。

4 结 论

(1)孙吴 嘉荫盆地物源区的构造背景包括活动大陆边缘、大陆岛弧和大洋岛弧,物源区岩石类型主要为花岗岩、中酸性火山岩及低级变质岩。盆地的不同地区其物源区大地构造属性和物源区岩石类型不同。

(2)结合区域地质资料和前人研究成果,在下白垩统淘淇河组 上白垩统太平林场组沉积时期,小兴安岭除太平林场组沉积时期的其它时期均为盆地的一个主要物源区,佳木斯地块始终是盆地东部的一个主要物源区。

参考文献:

- [1] 郑玉龙,刘文龙,乔秀云.黑龙江孙吴 嘉荫盆地白垩纪孢粉组合及地层划分对比[J].地层学杂志,2005 29(4):342-347.
- [2] DICKINSON W G SUCZEK C A Plate tectonics and sandstone compositions[J].AAPG 1979 63(12):2164-2182
- [3] DICKINSON W R The dynamics of sedimentary basins[M].USGI: National Academy Press 1997.
- [4] BHATA M R Rare earth elements geochemistry of Australian Paleozoic graywackes and mudstone: Provenance and tectonic control[J].Sedimentary Geology 1985 45:97-113.
- [5] RONLISON H R Using geochemical data: evaluation presentation interpretation[M].London: Longman and Scientific Technical Press 1993. 1-25
- [6] 陈刚.中生代鄂尔多斯盆地陆源碎屑成分及其构造属性[J].沉积学报,1999 17(3):409-413.

- [7] 邵磊, 杜斐. Streggea K 从砂岩成分探讨吐哈盆地构造演化 [J]. 地质论评, 2001, 47(1): 19—26
- [8] PETTIJOHN F J, ROTIER P E, SEVER R. Sand and sandstone [M]. New York: Springer-Verlag, 1973: 25—67.
- [9] BHATIA M R. Plate tectonic and geochemical composition of sandstones [J]. Journal of Geology, 1983, 91: 611—627.
- [10] ROSER B P, KORSCH R J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO_2 content and K_2O/Na_2O ratio [J]. Journal of Geology, 1986, 94: 635—650.
- [11] ROSER B P, KORSCH R J. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major elements data [J]. Chemical Geology, 1988, 67: 119—139.
- [12] MCLEMAN S M, TALOR S R. Sedimentary rocks and crustal evolution revisited: tectonic setting and secular trends [J]. Journal of Geology, 1991, 99: 1—21.
- [13] 吴福元, 林强, 葛文春, 等. 张广才岭新华统岩体的形成时代与成因研究 [J]. 岩石矿物学杂志, 1998, 17(3): 226—234.
- [14] ROLLISON H R. Another look at the constant sum problem in geochemistry [J]. Mineral Mag, 1992, 56: 469—475.
- [15] 孙德有, 吴福元, 高山. 小兴安岭东部清水岩体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定 [J]. 地球学报, 2004, 25(2): 213—218.
- [16] 吴福元, S W ILDE, 孙德有. 佳木斯地块片麻状花岗岩的锆石离子探针 U-Pb 年龄 [J]. 岩石学报, 2001, 17(3): 443—453.
- [17] 黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1993: 354—601.
- [18] 吴福元, 孙德有, 林强. 东北花岗岩成因与地壳增生 [J]. 岩石学报, 1999, 15(2): 181—191.
- [19] 隋振民, 葛文春, 吴福元, 等. 大兴安岭东北部地区侏罗纪两类花岗岩的锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及成因 [J]. 岩石学报, 2007, 23(2): 461—480.
- [20] 尹冰川, 冉清昌. 小兴安岭张广才岭地区区域成矿演化 [J]. 矿床地质, 1997, 16(3): 283—295.
- [21] 曹熹, 党增欣, 张兴洲, 等. 佳木斯复合地体 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1992: 45—126.
- [22] 邱殿明. 黑龙江省东部岩石圈演化特征 [D]. 吉林大学博士学位论文, 2005.
- [23] 宋海峰, 张兴洲, 王跃, 等. 黑龙江涌泉地区变质基性火山岩中钠质角闪石的成因及演化 [J]. 世界地质, 2006, 25(1): 10—15.
- [24] 和政军, 李锦轶, 莫中国. A A S 模式: 漠河前陆盆地砂岩岩石地球化学的构造背景和物源区分析 [J]. 中国科学, 2003, 33(12): 1219—1226.

Geochemistry of major elements from the Cretaceous Taoqih Formation, Taipinglingchang Formation sandstones in the Sunwu Jia Yin Basin

ZHANG Lei², LIU Zhaojun³, HE Zhonghua², YANG Ting², DU Jiangfeng², HOU Wei¹

(1. College of Resources and Information, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China; 3. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The geochemistry of sandstones in a sedimentary basin tends to be influenced by provenances, and thus may provide important geological information about the sediments. The analysis of the geochemical signatures of major elements from the Cretaceous Taoqih Formation and Taipinglingchang Formation sandstones in the Sunwu Jia Yin Basin has disclosed that the source area was once in the tectonic setting of the active continental margin including continental island arc and oceanic island arc during the deposition of the Taoqih Formation to Taipinglingchang Formation. The types of parent rocks in the source area include granite, intermediate to acidic volcanic rocks and low-grade metamorphic rocks. During the deposition of the Taoqih Formation to Taipinglingchang Formation, the Xiaoxing'anling Mountains acted as the main provenance, except the deposition of the Taipinglingchang Formation, and the Jianusi block was always a principal source area in the eastern part of the basin.

Key words: Sunwu Jia Yin Basin, Cretaceous, sandstone, major element, geochemistry, provenance analysis