

赣西南早古生代砂岩的化学成分 及其大地构造意义

吉 磊

(中国科学院南京地理与湖泊研究所)

提要 本文通过对赣西南早古生代砂岩进行全岩主量元素和稀土元素的分析,经与世界各地已知板块构造背景的砂和砂岩进行比较,结合华南大地构造研究的最新成果,提出研究区砂岩的物源区是沉积岩和结晶岩类,其板块构造环境属于被动大陆边缘。

关键词 砂岩 主量元素 稀土元素 物源区 板块构造 江西 下古生界

作者简介 吉磊 男 31岁 博士 沉积学

华南地区广泛分布着一套巨厚的早古生代复理石岩系。这套复理石大致呈北东向的带状展布,其范围包括浙西、闽西、赣南、粤北、湘东南等地,构成了华南地质体的一个重要组成部分。迄今对这套岩系的沉积学研究还很少,对其大地构造背景也了解甚微。笔者选择了地层层序较完整的赣西南地区,对早古生代砂岩进行了化学成分研究,提出了关于砂岩物源在类型和板块构造背景的一些新认识。

1 地层概况

研究区内下古生界包括寒武系和奥陶系,缺失志留系。地层层序发育比较清楚的地区有永新一泰和一带和崇义一大余一带。根据江西省区域地层表编写组(1980)、江西省地质矿产局(1984)、黄枝高等(1988)的地层划分资料,研究区地层自上而下依次为:

奥陶系

上统石口组(O₃) 灰绿色砂岩类薄层板岩,含笔石,厚 2726m。与上覆中泥盆统跳马涧组不整合接触。

中统汗江组(O₂) 灰绿色砂岩夹炭质板岩,含笔石,厚 1508m。

龙溪组(O₁) 黑色硅岩、硅质板岩和炭质板岩,含笔石,厚 160m。

下统七溪岭组(O₀) 黑色硅质板岩、硅岩和炭质板岩,含笔石,厚 290m。

爵山沟组(O₀) 黄绿色砂岩夹灰绿色板岩,含笔石,厚 559m。

寒武系

上统水石群(ε₃) 灰绿色砂岩、板岩夹黑色炭质板岩,含腕足类、瓣鳃类和海绵骨针,厚 1887m。

中统高滩群(ε₂) 灰绿色砂岩夹板岩、炭质板岩,含腕足类、瓣鳃类和海绵骨针,厚 2048m。

下统牛角河群(ε₁) 灰色砂岩夹炭质硅质板岩,含海绵骨针,厚 1310m,与下伏震旦系整合接触。

2 岩石学特征

对研究区下古生界沉积相和沉积环境的研究表明,这些复理石主要属于以下两类沉积作用的产物,一类是浊流沉积,形成硅质碎屑沉积,一类是远洋~半远洋的硅岩和泥(板)岩。均形成于海底扇(包括中扇和外扇)环境和深海平原环境(已另文讨论)。

研究区砂岩的基质含量较高,一般介于10~25%之间,故多属杂砂岩。碎屑粒度变化较大,但以细砂岩居多,通常分选较差—中等。砂粒形态按出现多寡排列依次为棱角状、尖角状、次棱角状、次圆状和圆状。主要碎屑组分包括石英、长石和岩屑,其中石英含量很高,占碎屑总量的65~85%,多为单晶石英,少量是复晶石英。长石包括正长石、微斜长石和斜长石,含量较低,通常占5~15%。岩屑一般低于10%,可见燧石、泥岩、板岩、干枚岩等组成的岩屑。

5个砂岩样品的碎屑石英阴极发光性分析表明多数石英发棕色光,少数发紫色—蓝色光。根据Zinkernagel(1984)的研究,研究区碎屑石英主要来源于区域变质岩,少数来自深成侵入岩。然而此法还不能确认再旋回沉积碎屑石英。

表1 研究区早古生代砂岩的化学成分(%)

Table 1 Chemical composition of paleozoic sandstones in the studied area (%)

标本号	90J44	90J95	90J96	90J101	90J105	90J82	90J94	90J109	90J72	90J4	90J8	90J17	90J58	90J22	平均值
地层	E ₁	E ₁	E ₁	E ₁	E ₁	E ₂	E ₂	E ₂	O ₁	O ₁	O ₁	O ₁	O ₂₋₃	O ₃	
地区	崇义	崇义	崇义	泰和	泰和	崇义	崇义	泰和	崇义	永新	永新	永新	崇义	永新	
SiO ₂	79.23	70.46	79.09	81.84	81.83	78.05	75.42	81.65	80.49	80.78	81.24	84.70	80.26	80.21	79.66
TiO ₂	0.53	1.30	0.49	0.59	0.56	0.61	0.67	0.73	0.46	0.58	0.54	0.53	0.68	0.59	0.63
Al ₂ O ₃	11.42	15.03	10.28	9.37	8.60	10.66	12.13	9.74	8.77	9.01	9.57	9.72	9.43	9.66	10.24
FeO	4.59	5.87	4.81	3.59	3.30	3.89	3.80	3.84	4.33	2.80	3.39	0.60	4.19	3.25	3.73
Fe ₂ O ₃	—	0.20	—	0.41	0.22	—	0.11	0.22	—	1.28	—	1.17	0.09	—	0.26
MnO	0.01	0.13	0.03	0.02	0.03	0.05	0.04	0.01	0.05	0.04	0.03	0.02	0.04	0.07	0.04
CaO	0.08	0.41	0.23	0.22	0.13	0.54	0.37	0.19	0.84	0.37	0.27	0.06	0.22	0.75	0.33
MgO	1.39	1.88	1.47	1.46	2.21	1.19	1.75	0.31	1.16	1.81	1.24	0.53	1.16	1.55	1.37
K ₂ O	2.29	3.25	2.19	2.05	1.91	3.10	3.21	2.13	1.94	2.12	2.19	2.32	2.08	2.15	2.35
Na ₂ O	0.28	1.28	1.29	0.34	1.10	1.76	2.33	1.10	1.81	1.03	1.44	0.30	1.74	1.59	1.24
P ₂ O ₅	0.18	0.20	0.13	0.12	0.10	0.15	0.16	0.09	0.14	0.18	0.08	0.06	0.11	0.19	0.14
TFe ₂ O ₃	5.10	6.72	5.34	4.40	3.88	4.32	4.33	4.49	4.81	4.39	3.77	1.84	4.75	3.61	4.40
TFe ₂ O ₃ +MgO	6.49	8.60	6.81	5.86	6.09	5.51	6.08	4.80	5.97	6.20	5.01	2.37	5.91	5.16	5.78
K ₂ O/Na ₂ O	8.18	2.54	1.70	6.03	1.74	1.76	1.38	1.94	1.07	2.06	1.52	7.73	1.20	1.35	2.87
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.14	0.21	0.13	0.11	0.11	0.14	0.16	0.12	9.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.12	0.14
Al ₂ O ₃ /(CaO+Na ₂ O)	31.72	8.89	6.76	16.73	6.99	4.63	4.58	7.55	3.31	6.44	5.60	27.00	4.81	4.31	9.94

3 砂岩主量元素

砂岩的化学成分与其所处的大地构造环境有密切的关系,用主量元素来反映砂岩的物源区及板块构造背景已显示出良的效果(Schwab,1975;Maynard et. al,1982;Bhatia,1983;Rosser et. al,1986,1988)。笔者采用X射线荧光光谱分析法对研究区个砂岩样品进行了主量元素测定(表1),其含量有如下特点:①SiO₂含量较高;②Al₂O₃/SiO₂较低,Al₂O₃/(CaO+Na₂O)较高;③TFe₂O₃+MgO含量和TiO₂含量中等。

Crook(1974)和Schwab(1975)曾将古代杂砂岩和现代深海砂按不同大陆边缘环境分成三类:①富石英砂或砂岩;②中等石英砂或砂岩;③贫石英砂或砂岩。其中第一类属大西洋型大陆边缘砂或砂岩,石英 $>65\%$, SiO_2 平均 70% , $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} \geq 1$ 。研究区砂岩 SiO_2 含量平均 79.9% , $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 平均 1.9 ,故属富石英砂岩。

Maynard et. al(1982)曾对取自DSDP样品的约80个代表现代各种构造环境的深海砂进行了化学成分比较,表明被动环境与活动环境的深海砂化学成分上有明显的差别。研究区砂岩化学成分与Maynard等的拖曳边缘砂最为接近,后者的 SiO_2 、 Al_2O_3 、 TFe_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 K_2O 和 Na_2O 含量分别为 77.9 、 9.8 、 2.9 、 1.3 、 4.1 、 2.0 和 1.9% 。

Bhatia(1983)总结了世界各地现代和古代各种构造环境砂和砂岩的化学成分,提出了一系列能够代表不同构造环境的化学成分参数。将研究区砂岩化学成分及有关参数与Bhatia的标准砂岩进行比较,大多数参数接近被动大陆边缘,有一些参数则与活动边缘相近(表2)。

表2 研究区砂岩与各类大地构造环境砂岩的化学成分比较

Table 2 Comparison of sandstone chemical composition between the studied area and various tectonic backgrounds

氧化物及有关参数	大洋岛弧*	大陆岛弧*	活动边缘*	被动边缘*	研究区**
SiO_2	58.83	70.69	73.86	81.95	79.66
TiO_2	1.06	0.64	0.46	0.49	0.63
Al_2O_3	17.11	14.04	12.89	8.41	10.24
Fe_2O_3	1.95	1.43	1.30	1.32	0.26
FeO	5.52	3.05	1.58	1.76	3.73
MnO	0.15	0.10	0.10	0.05	0.04
MgO	3.65	1.97	1.23	1.39	1.37
CaO	5.83	2.68	2.48	1.89	0.33
Na_2O	4.10	3.12	2.77	1.07	1.19
K_2O	1.60	1.89	2.90	1.71	2.33
P_2O_5	0.26	0.16	0.09	0.12	0.13
$\text{TFe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$	11.73	6.79	4.63	2.89	5.78
$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	0.39	0.61	0.99	1.60	0.14
$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$	0.29	0.20	0.18	0.10	2.87
$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})$	1.72	2.42	2.56	4.15	9.94

* 据 Bhatia(1983)。 ** 据研究区 14 个砂岩平均值。

表3 研究区砂岩与各类大地构造环境砂岩的REE参数比较

Table 3 Comparison of REE parameters of sandstones between the studied area and various tectonic backgrounds

大地构造背景	样品数	La	Ce	$\sum \text{REE}$	La/Yb	$(\text{La}/\text{Yb})_N$	$\frac{\sum \text{LREE}}{\sum \text{HREE}}$	δEu
大洋岛弧	9	8	19	58	4.2	2.8	3.9	1.04
大陆岛弧	9	27	59	146	11.0	7.5	7.7	0.79
安第斯型大陆边缘	2	37	79	186	12.5	8.5	9.1	0.60
被动大陆边缘	2	39	85	210	15.9	10.8	8.5	0.56
研究区	4	36	62	167	19.3	12.5	9.7	0.62

4 砂岩稀土元素

由于 REE 的活动性较差,它们在沉积物中虽经过搬运、堆积和成岩作用,其含量基本不改变,甚至到变质的麻粒岩相,REE 的活动性仍

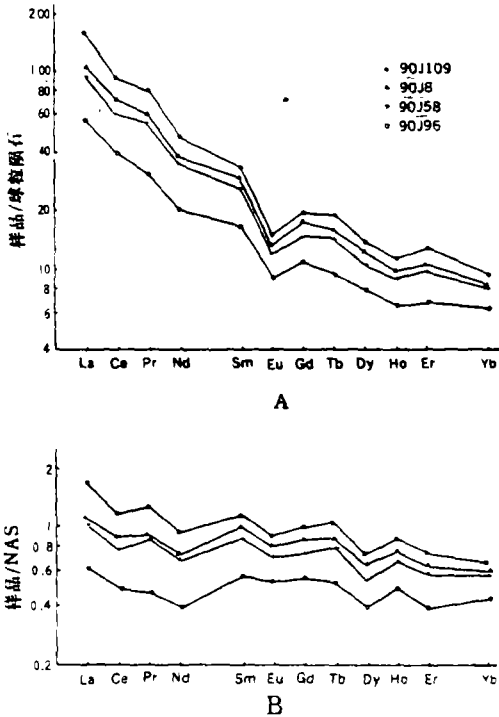


图1 研究区砂岩的 REE 分布模式

A—球粒陨石标准化分布模式。

B—NAS 标准化分布模式。右上符号示标本号。

Fig. 1 REE distribution model of the sandstones in studied area

A. Chondrite normalited distribution model

B. NAS normalited distribution model

很微弱(Cullers et. al, 1975; Chauduri et. al, 1979)。利用 REE 的这个性质,可以研究砂岩与其物源和大地构造背景的关系(Bhatia, 1985)。笔者用等离子体光谱法测试了研究区 4 个砂岩样品的 REE 含量,经球粒陨石和北美平均页岩(NAS, Haskin et. al, 1966)标准化后,绘成模式曲线(图 1)。其 REE 总量和分布模式有以下特征:① REE 总量较高;② LREE 明显富集;③ Eu 具明显的负异常;④ NAS 标准化分布模式的曲线平坦,不显 Eu 的异常和 LTRR 的亏损。

根据 Bhatia (1985) 的研究,判别砂岩物源和大地构造背景的主要 REE 参数是 $\sum \text{REE}$ 、 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 、 δEu (表 3)。比较赣中南砂岩的 REE 特征和 Bhatia 的判别参数,前者与被动边缘的特征接近,少数与活动边缘相近。

下文分析 Bhatia 建立的主量元素和 REE 判别参数所依据的东澳大利亚标准砂岩。其活动边缘砂岩是东霍奇金松盆地泥盆纪复理石杂砂岩,碎屑矿物有石英、长石、云母等,来源于花岗岩、片麻岩和片岩所组成的结晶基底。而代表被动大陆边缘的砂岩取自本迪戈海槽奥陶纪杂砂岩和希尔恩德海槽志留纪—泥盆纪库克曼岩系,砂岩中单晶石英占优势,很少长石和火山岩屑,说明已经过两次以上的沉积旋回,源区为沉积岩(Bhatia, 1983, 1985)。据此推测,研究区

砂岩主要来源于沉积岩和结晶岩(片麻岩、片岩、花岗岩等),为两类物源的混合。

5 板块构造背景的讨论

通过上述岩石化学成分的研究,对研究区砂岩的物源区和大地构造背景有如下认识:物源区母岩是沉积岩和结晶岩类;沉积盆地的大地构造背景具被动大陆边缘性质。

关于中国东南地区的大地构造,已有各种不同的解释。自从板块构造学说运用华南地质研究以来,迄今已取得不少成果。其中一个重要进展是,同位素测年资料已发现浙闽一带的元古代结晶基底,这证实了“华夏板块”的存在(水涛等, 1988; 汪新等, 1988)。此外,东南地区俯冲型

一碰撞型加里东花岗岩的分布(孙明志等,1990),浙闽龙泉—建瓯一带蛇绿碰撞混杂岩(汪新等,1988;郭令智等,1990)的存地等事实可能预示着华夏板块和扬子板块之间的深海盆地在古生代中期因板块碰撞作用而消失。

赣西南早古生代深海复埋石带在大地构造上位于扬子板块与华夏板块之间。此带以西是扬子板块边缘滨岸、浅海相碳酸盐—硅岩—碎屑岩沉积区,以东是华夏板块西北缘的龙泉—建瓯混杂岩带(包括活动大陆边缘沉积)。据此笔者推测,赣西南在早古生代可能属于扬子板块东南边缘的被动大陆边缘,沉积物可能主要来源于扬子板块的盖层和基底。此推论尚待进一步研究证实。

据观察,赣西南震旦系的沉积特征与下古生界相似,仍以砂泥质浊积岩为主。表明以赣西南为代表的、具被动大陆边缘性质的深海盆地早在震旦纪即已存在,直到志留纪深海盆地才消失。中晚泥盆世在东南地区普遍发育浅海和滨岸沉积类型。

这项研究在孙枢教授和李继亮教授指导下完成。叶发广同志参加了部分野外考察。汤家富、符鹤琴高工为野外工作提供了大力支持。陈健、王红月和谢烈文等同志帮助测试了样品化学成分。插图由桑婉玉同志清绘。在此致以衷心感谢。

收稿日期:1991年7月27日

参 考 文 献

- 水涛、徐步台、梁如华、邱郁双,1988,中国浙闽变质基底地质,科学出版社。
- 江西地质矿产局,1984,江西省区域地质志,地质专报(一),区域地质第2号,地质出版社。
- 江西省区域地质编写组,1988,华东地区区域地质志,江西省分册,地质出版社。
- 孙明志、徐克勤,1990,南京大学学报(地球科学),4期,10~21页。
- 汪新、杨树铨、施建宁、施央申、卢华夏、董火根、许金坤、康海男、胡雄健,1988,南京大学学报,3期,367~378页。
- 郭令智、施央申、卢华夏、马瑞士、董火根、杨树铨,1990,中国地质学会构造专业委员会,造山带、盆地、环太平洋构造地质,116~121页,地质出版社。
- 黄枝高、肖承协、夏天亮,1988,江西崇义~永新地区中上奥陶统重要笔石动物群,地质出版社。
- Bhatia M. R., 1983, *Jour. Geol.*, V. 91, p. 611-627.
- Bhatia M. R., 1985, *Sediment. Geol.*, V. 45, p. 97-113.
- Chandhuri S., Cullers R. L., 1979, *Chem. Geol.*, V. 24, p. 327-310.
- Crook K. A. W., 1974, in: R. H. Dott, R. H. Shaver (ed.), *Modern and ancient geosynclinal aedimentation.*, SEPM. Spec. Pup. V. 19, p. 304-328.
- Cullers R. L., Yek L. -I, S. Chaudhuri, Guidott C. V., 1974, *Geochim. Cosmochim. acta.*, V. 38, p. 385-400.
- Haskin R. D. J., Haskin C. A., 1966, *science*, V. 154, p. 507-509.
- Maynard J. B., Valloni R., Yu H. -S., 1982, in: J. K. Leggett (ed.), *Trench and forearc geology, sedimentation and tectonics on modern and ancient active plate margins.*, *Geol. Soc. London. Spec. Pup. V. 10*, p. 551-561.
- Roser B. P., Korsch R. J., 1986, *Jour. Geol.*, V. 94, p. 635-650.
- Roser B. P., Korsch R. J., 1988, *Chem. Geol.*, V. 67, p. 119-139.
- Schawb F. L., 1975, *Geol.*, V. 3, p. 487-490.
- Zinkernagel U., 1978, *Cathodoluminescence of quartz and its applicti on to sandstone petrology.*, *Contrib. Sediment. V. 8*.

Chemical Composition of Paleozoic Sandstones in Southwest Jiangxi Province and Its Implication for Tectonics

Ji Lei

(Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

In southern China there distributes widely a thick suite of early Paleozoic flysch deposits extending from northern Guangdong, western Fujian, western Zhejiang, southern Jiangxi to south eastern Hunan, which make up an important geological component of southern China. The flysch, however, has been seldom studied with regard to sedimentology and there is few knowledge about the tectonic settings until now. Paleozoic sandstones in southwestern Jiangxi are discussed petrologically and geochemically in the paper in order to identify their provenance and tectonic settings.

The early Paleozoic deposits include the Cambrian and Ordovician and lack of the Silurian. The stratigraphic sequences are clear in the areas of Yongxin-Taihe and Congyi-Dayu. The Cambrian is divided into three groups, i. e., Niujiache Group (L. Cam.), Gaotan Group (M. Cam.) and Shuishi Group (U. Cam.) and the Ordovician divided into five formations, Jueshangou (L. Ord.), Qixiling (L. Ord.), Longxi (M. Ord.), Hanjiang (M. Ord.) and Shikou Formation (U. Ord.).

The sandstones are chiefly graywackes and the major detrital composition of it are quartz, feldspar and lith clact. The quartz content is very high (65-80%) and most of them are monocrystalline ones. Cathodoluminescence analysis of the quartz grain shows that most of the quartz are brown and less violet.

Higher SiO_2 content (79.9%), Lower $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ ratio (0.13), higher $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})$ (9.94) ratio (9.94) and higher $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratio (1.9) are the major elemental features of the sandstones. REE analysis of the sandstone manifests higher total REE content (167ppm), enriched LREE, higher $(\text{La}/\text{Yb})_n$ value (12.51) and negative Eu abnormality.

Compare the chemical composition of sandstones with those in the known tectonic settings, it shows that the former were formed in a passive continental margin and their provenance was sedimentary rocks and crystalline rocks including gneiss, schist and granitoids etc.

There are some different ideas on the tectonics of southeastern China. Flysch in southwestern Jiangxi locates between Yangtze Plate and Cathaysian Plate tectonically. To the west of flysch belt is the littoral and neritic deposit facies area in the Yangtze Plate margin and to the east of it is Longquan-Jianou melange zone in northwestern margin of Cathaysian Plate. According to the plate tectonic pattern of southeast China, it can be inferred that the study area belongs to the passive margin of Yangtze Plate and the provenance are the basement and the cover of the plate.