

辽宁锦西地区中元古代—中生代 砂岩构造背景的探讨

和政军

(辽宁省地质矿产研究所)

提要 砂岩的碎屑组成特征与所处的大地构造位置关系密切。利用砂岩的构造属性,可对区域构造的演化过程、性质及延续和转折时间等进行有效的分析。砂岩的QFL和QmFLt碎屑组合分析表明,从中元古代至中生代,辽宁锦西地区经历了基底隆起、克拉通化、再旋回沉积、活动大陆边缘深控拗陷和强烈断陷活动等几次性质不同的沉积—构造发展阶段。

主题词 砂岩 区域构造背景 QFL和QmFLt图 板块构造

作者简介 和政军 男 33岁 工程师 区域地质及沉积学

砂岩作为大陆性的风化—沉积旋回产物,不仅直接记录了沉积物的母岩组合,改造作用强度及沉积环境等信息,而且因其碎屑组成与所处大地构造位置密切相关,还可反映区域构造演化的背景。特别是在大陆克拉通等演化阶段性不明显,更有意义。本文将辽宁锦西地区视为中朝地台大地构造格局中的一个点,着重研究该地区中—晚元古代、晚古生代和中生代砂岩与区域构造演化的关系。

一 砂岩的基本类型及碎屑组成

锦西地区地处中朝地台东部,濒邻渤海。从中元古代至中生代沉积了约20,000m的沉积地层。其中砂岩类约占20%。研究区内常见的砂岩类型有:石英砂岩、长石砂岩、岩屑杂砂岩和石英杂砂岩。中、晚元古代的砂岩主要为陆表浅海相,晚古生代和中生代则属于陆相沉积。

1. 碎屑量比

从中元古代至中生代,石英质碎屑含量变化为较高—高—低(表1)。如果不考虑蓟县纪含内碎屑并由碳酸盐胶结的砂岩,则晚元古代和石炭纪砂岩的石英值达到最大,而白垩纪时最低。

长石含量在中元古代早期和中生代早期形成峰值。中、晚元古代—古生代和中生代分别出现两次长石由高变低的趋势。这与俄罗斯地台的变化规律基本一致。

除含极少量的沉积岩屑外,其它岩屑在元古代很少出现,直到晚古生代之后岩屑含量逐渐增高。白垩纪时几乎为石英和长石含量的两倍。

2. 碎屑性质

石英及其它硅质屑 单晶石英在元古代占绝对优势,以普遍含有细针状金红石包体为特征,其它包体有锆石、磷灰石、电气石等。晚古生代时除单晶石英外,也有多晶石英。如二叠纪部分样品中隧石碎屑可占50%,推测应来自前期夹隧石层的碳酸盐岩。中生代单晶石英骤减,而多晶石英和火山源的石英晶屑则大大增多。

长石 中、晚元古代的长石类型主要为钾长石(微斜长石为主,次为正长石);斜长石较少,多属中酸性。到中生代则以斜长石为主,包括更长石、中长石和钠长石。

非稳定岩屑 中晚元古代含量极低,类型简单,主要为沉积岩和变质岩;古生代沉积岩屑占绝大部分;中生代则中性火山岩(安山岩等)碎屑占首位,其他各类岩屑少量。

从碎屑组合特点来看,中、晚元古代的沉积物源供给主要来自基底结晶岩石。晚古生代碎屑母岩应为再次进入沉积旋回的前期沉积和基底岩石。中生代除部分来自火山旋回期产物外,还受

盆地周边不同性质母岩的控制,其组成较为复杂。三种碎屑的演变特点基本上反映了沉积区的碎屑组成的非稳定性增强,沉积物源供给趋于多元化。

二 砂岩的化学成分

砂岩中主要元素的总体分布,以晚古生代与中、晚元古代相比,略贫 K_2O 和 CaO 而富含 Al_2O_3 、 MgO 和 FeO 等。中生代与中、晚元古代相比,则明显富 Na_2O 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 和 MgO , 贫 SiO_2 。K 和 Na 的含量比率随时代变新而降低,在中一晚元古代、晚古生代及中生代,其比值分别为 14.3、4.4 和 1.0, 系由砂岩碎屑中钾长石和斜长石含量变化所致。砂岩化学成分总的变化趋势是成熟度降低。

三 砂岩产出的构造背景

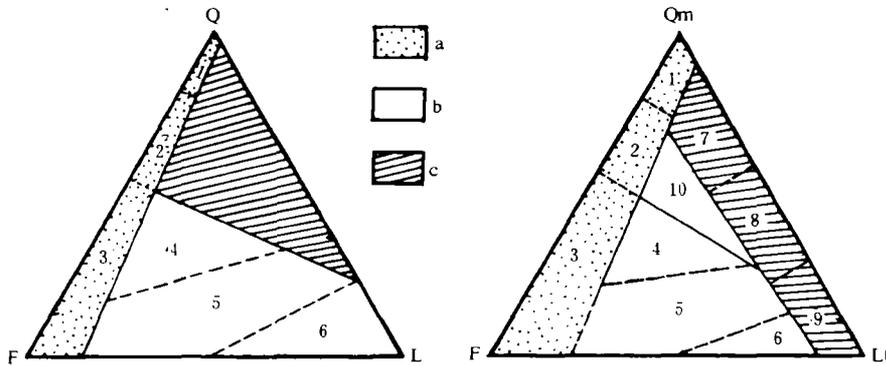
在控制沉积作用的诸因素中,区域构造的影响最为重要。构造运动一方面开辟了碎屑物质的来源,另一方面又提供了沉积场所。因此,砂岩的碎屑组成及其时空变化,在一定程度上可以反映区域构造活动的强度、性质和延续-转变时间等。近年来, Dickinson 等 (1983) 在全球性特别是北美地台的研究中,曾对砂岩碎屑组分所反映的大地构造背景作了探索性的工作,归纳出大陆板块、岩浆岛弧(或大陆边缘活动带)和再旋回造山带三类基本构造单元相对应的物源区,并做了次级分区(图1)。其中,在 QFL 图上,将所有的石英质颗粒(Q)都归在一起,强调碎屑的稳定性; QmFLt 图则是岩屑(Lt)全都统计在一起,主要反映母岩的粒度。

表 1. 锦西地区砂岩碎屑组成

Tanle 1..Main fragmental composition of sandstones in Jinxi

时代	层位	样品数	Q F L (%)			Q/F+L F/L		俄罗斯地台	
			Q	F	L	Q/F+L	F/L	时代	F %
中生代	K ₁	7	13	23	64	0.2	0.4	K	15
	J ₃	20	25	34	41	0.3	0.8	J	43
	J ₂	8	41	33	26	0.7	1.3		
	T ₂	7	36	46	18	0.6	2.6	T	62
	T ₁	11	36	53	11	0.6	4.8		
古生代	P	18	71	9	20	2.4	0.5		
	C	3	95	1	4	19.4	0.4	C	5
	C							C	17
晚元古代	Qnj	12	3	7	0	13.3			
	J×xh-t	4	96	4	0	22.8			
中元古代	Jxy-w	10	95	4	0.4	22.3	9.8	Pt	30
	chg-d	14	93	5	2	12.3	2.3		
	cht	3	77	22	1	3.4	22.0		
	chc	15	50	49	1	1.0	49		
平均值		132	60	24	16			平均值	20

注: 俄罗斯地台资料据罗诺夫等 (1963)。



Q—石英及其它硅质岩屑, Qm—单晶石英, F—长石, L—非稳定岩屑, Lt—各种岩屑(包括多晶和隐晶石英) a. 大陆板块; b. 岩浆岛弧; c. 再旋回造山带。1. 周克拦通; 3. 过渡大陆; 3. 基底隆起; 4. 切割岛弧; 5. 过渡岛弧; 6. 未切割岛弧; 7. 石英再旋回; 过渡再旋回; 9. 岩屑再旋回; 10. 混合区

图 1 QFL 和 QmFLt 图解砂岩碎屑组分与构造位置的关系。(Dickinson 等, 1983)

Fig.1 QFL and QmFLt polts for relation between fragmental composition of sandstones and tectonic setting

在这种 QFL 和 QmFLt 分区图上可以看出, 锦西地区长城纪早期因碎屑长石含量高, 散点区集中分布在大陆板块内的基底隆起区及其过渡区 (图 2-A)。

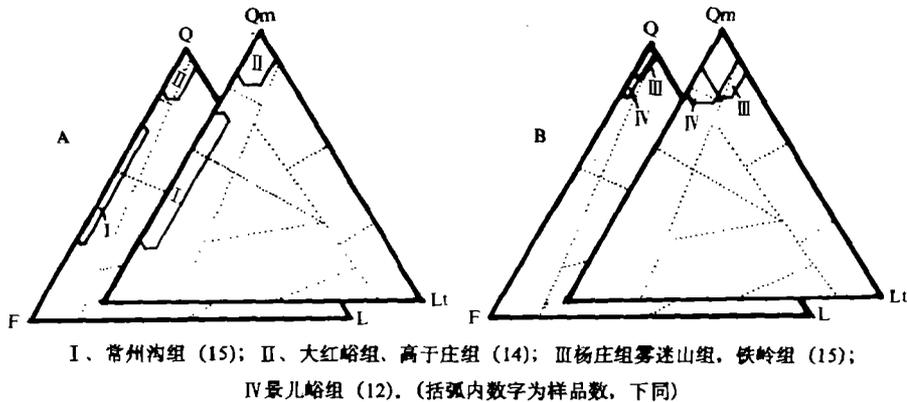


图 2. 中、晚元古代砂岩碎屑组分三角图解

Fig.2 Triangular plots of fragmental composition for Mid-Late Proterozoic sandstones

长城纪富长石质碎屑是该区自鞍山-吕梁运动形成结晶基底后最早的盖层沉积物。尽管从常州沟组至团山子组碎屑长石含量是递减的, 但仍可保持在 20% 以上, 表明在中—晚元古代燕辽盆地早期沉降时期, 伴有山海关古陆的隆起活动。Dickinson (1979) 认为, 影响基底隆起的构造背景包括深部断层带及大陆内的扭性构造带等。据钱祥麟 (1980) 研究, 燕辽盆地沉降特点是北西部缓而南东部陡, 并且在冀东地区山海关古隆起边部发育有活动的青龙河断裂。航磁资料 (王雅山等, 1984) 也证明锦西附近存在着北东向的古老大断裂。常州沟-团山子期岩相古地理分析表明, 在古断裂控制下, 此时燕辽盆地在锦州以南出现分支, 来自基底的砂主要聚集在隆起区附近的兴城-葫芦岛滩坝-潮坪泻湖局限盆地中, 而该盆地应属于与山海关古隆起共存的连隆盆地 (Yoked Basin)。

长城纪大红峪期是辽西地区的一次较广泛的海侵期。该期锦西砂岩碎屑的成分成熟度有所增高 (图 2-A), 但结构成熟度较低。在兴城纪家屯至锦西葫芦岛一线, 大红峪组下部还发育有横向相变极大而成北东向狭长带状产出的巨厚的单成分砾岩, 说明山海关隆起仍然处在活动状态下。据钻探资料, ①渤海区的中元古代沉积大部分缺失, 表明山海关古隆起作为正向构造单元的长期存在。

长城纪至青白口纪, 砂岩中石英含量的总趋势为增高 (图 2), 显示出沉积区的构造向稳定方向发展。青白口纪景儿峪期的石英砂岩以碎屑磨圆度高和普遍含有自生海绿石为特征。从区域上看, 该期高成熟度石英砂成席状广布于辽西、渤海湾乃至辽东地区, 应是稳定条件下岸线缓慢推移的结果。石英砂的广泛发育代表着大陆基准面上的风化-分选-磨蚀作用的持久存在, 是较典型的克拉通产物。

晚古生代二叠纪砂岩碎屑点主要落在再旋回造山带区域中 (图 3-A), 这是由燧石等岩屑增多引起的。这种具次稳定性质的蚀源区一般为褶皱或断裂控制下的前陆隆升地块, 再旋回的沉积碎屑是比较特征的产物。据区域地层和构造资料分析, 在锦西沙锅锡屯以及渤海的 4 口钻井中, ②见石炭-二叠系覆盖在已了生褶皱的寒武系和奥陶系的不同层位上。在虹螺蚬附近, 二叠系下石盒子组超覆在山西组、石炭系和奥陶系马家沟组之上。③另一方面, 在沉积剖面结构上, 从

①韩庆炳, 1981, 石油地质研究报告集。

②韩庆炳 (同前)。

③朱劲达, 1981, 第一届全国区域地质及成矿会议论文摘要汇编。

石炭系至二叠系，沉积相序递变为平原沼泽-蛇曲河-网状河，表示出粗碎屑量显著增加，水流载荷能力增强。这些迹象表明，在晚古生代沉积之前和之间，该地区存在着由构造活动引起的强烈地势分异，且分异强度逐渐增大。在前期（晚古生代之前）广泛分布的燧石条带碳酸盐岩构成蚀源区母岩之一的条件下，次稳定的燧石等多晶石英得以保存下来并大量出现，是由上述区域构造活动性增强引起的。二叠纪碎屑除多晶石英增加外，尚普遍出现少量 (<5%) 的安山岩和流纹岩等火山岩岩屑。据张文昱 (1984) 报道，在河北燕山南麓，上石炭统一下二叠统产有原达 50—120m 的火山碎屑岩，锦西砂岩中的火山岩屑应与此期火山活动有关。李之彤等 (1985) 认为，西伯利亚古板块与中朝古板块最后对接的时间为早二叠世末。因此，锦西地区二叠纪砂岩显示出的不稳定因素，可能为内蒙地槽闭合波及所致。在此期间，受北部邻区板块碰撞影响，锦西地区接受前陆隆升蚀源区的物源供给。

中生代早三叠世富长石碎屑堆积特点与长城纪早期不同，在纵向上自下而上，长石含量由少变多，而且增加迅速，沉积厚度巨大，堆积在构造上近于封闭的拗陷盆地中。碎屑点主要分布在大陆隆起区和岩浆岛弧区之间 (图 3-A)，表现出两种不同性质物源的混合。贫石英，两种长石含量均高，斜长石 > 钾长石，表明碎屑物质不但来源于结晶基底，而且部分来自一些深成岩体。在盆地周围的前期沉积岩层较发育的情况下，只有在盆地不断强裂下陷或盆缘断裂向下深切才可能提供如此富含长石的碎屑。当然，这一时期的气候干旱对长石保存也有影响。中三叠世物源相当于切割岛弧区 (图 3A)，反映沉积盆地的构造活动性加剧。早、中三叠世与晚古生代碎屑相比，沉积母岩区迥异，而与侏罗纪碎屑构成有连续性，说明中生代初始时期控制物源的区域构造性质业已发生转变，辽西地区正置由次稳定的大陆克拉通环境向活动大陆边缘过渡的演化阶段。

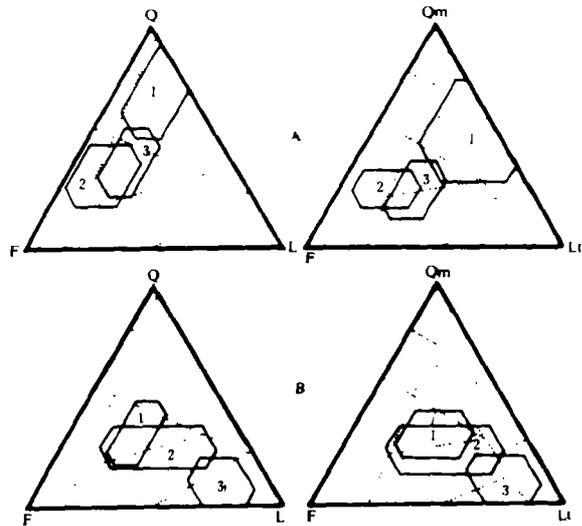
侏罗纪至白垩纪，碎屑物质来源分布基本上全部进入活动大陆边缘区，变化趋势相当于从被切割岛弧区向未被切割岛弧区转移 (图 3B)，出现以火山岩碎屑为特色的非稳定碎屑组成。与三叠纪相比，说明此期盆地性质已由深部断裂控制下的拗陷转为断陷盆地。火山碎屑物多次进入沉积旋回并逐渐增多，反映了该地区已完全卷入了大陆边缘活动范围，且愈演愈烈。

锦西砂岩的特征化学元素在判别区域构造环境方面也显示出与上述碎屑组分分析基本一致的结果，中、晚元古代和晚古生代值分布在被动大陆边缘范围，而中生代的均落在活动大陆边缘区内 (图 4)。

四 讨 论

1、碎屑沉积物中稳定和非稳定组分的量比关系，不仅取决于母岩区的性质，而且显然还受

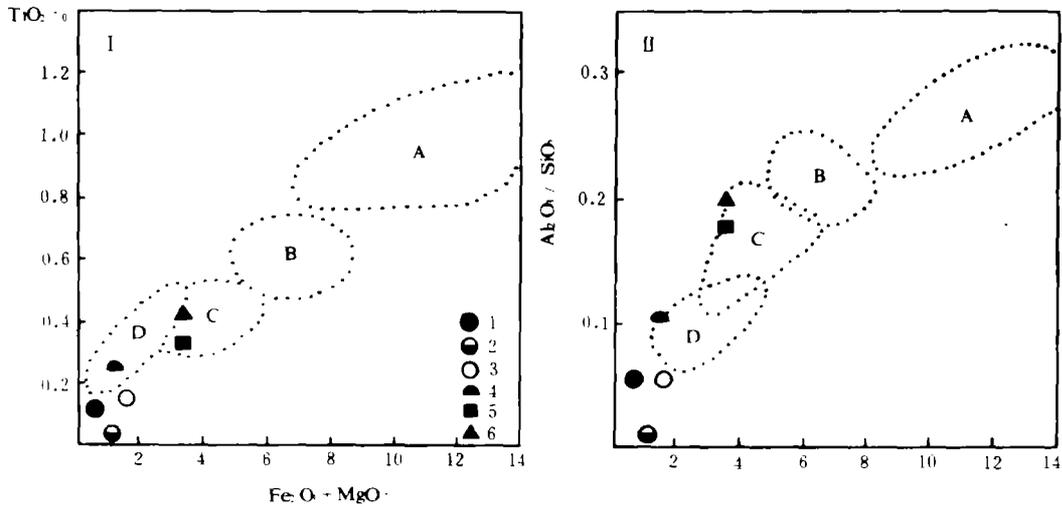
表生改造作用时间长短和强度的控制。辽宁中一晚元古代、古生代和中生代的平均沉积速率分别为 19、22、49m/Ma。从锦西地区砂岩的 Q/F+L 对 F/L 关系可以看出 (图 5-A)，陆源碎



A: 1、二叠系 (18); 2、下三叠统 (11); 3、中三叠统 (7)
 B: 1、中侏罗统 (8); 2、上侏罗统 (19); 3、上白垩统 (7)

图 3、晚古生代、中生代砂岩碎屑组分三角图解

Fig.3 Triangular plots of fragmental composition for Late palaeozoic and Mesozoic sandstones



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、长城系；2、蓟县系；3、青白口系；4、石炭—二叠系；5、下三叠统；6、上侏罗统。

图 4、锦西砂岩 TiO_2 (I) Al_2O_3 / SiO_2 (II) 对 Fe_2O_3+MgO 构造环境判别图

(31 个样品, 图式据 Bhatia, 1983)

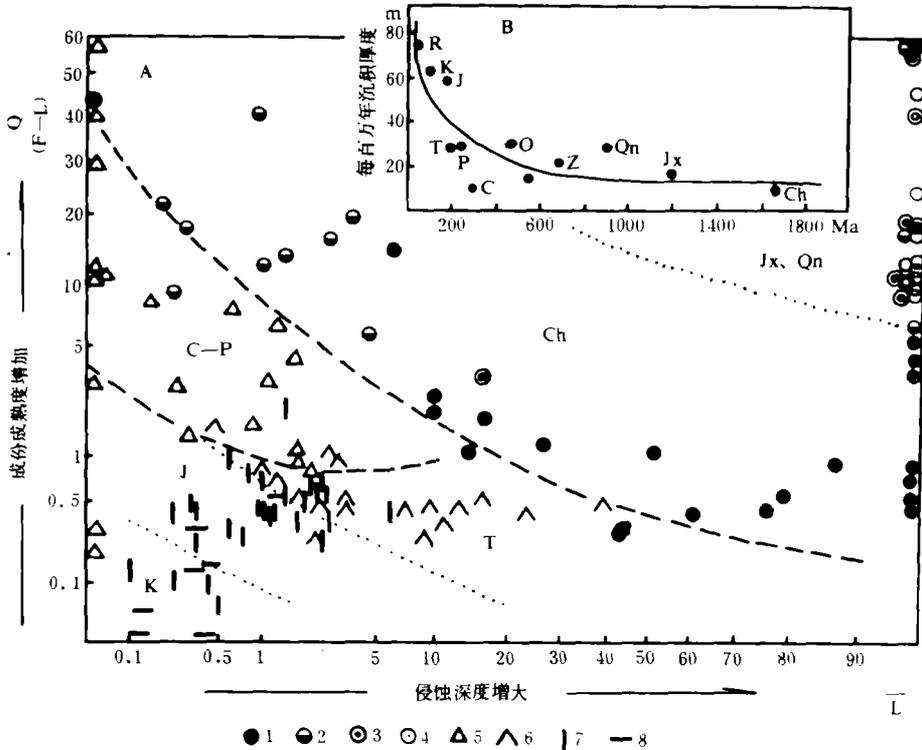
Fig.4 Distinguished plots of TiO_2 (I) and ratio Al_2O_3 / SiO_2 (II) versus respectively Fe_2O_3+MgO for tectonic environment of sandstones in Jinxi

屑的成分成熟度 ($Q / F+L$) 总的趋势是降低, 与沉积速率的增长 (图 5-B) 成反比。它揭示出, 随地质年代变新, 沉积物改造历史的周期时距缩短, 改造强度减弱, 其反面则印证了区域地壳的构造活动性增强。 F / L 值的演变趋势为降低, 指示了在大陆风化-沉积旋回里侵蚀深度逐渐变浅。其间, 中元古代早期和中生代三叠纪两个时期的 F / L 值较大。Pettijohn 等 (1975) 认为, 长石的存在与否, 主要取决于分解作用的速度与侵蚀速度的平衡关系, 因此, 富长石的砂岩可作为大地构造活动程度和气候严酷两者的函数。中元古代早期和中生代早期的长石聚积, 先后预兆了大陆克拉通型和活动大陆边缘型两次大型沉积-构造旋回的产生。 $Q / F+L$ 对 F / L 关系反映出, 在时间演化上, 区域构造从以深部活动为主转向表层切割, 对该地区沉积作用的控制表现为由里及表;

2、通过砂岩碎屑的构造背景分析, 可以了解到沉积物质演变对区域构造活动的依赖性。在 Dickinson 的两组碎屑三端元构造分区图上, 宏观上反映出了锦西地区经历过基底隆起、克拉通化、再旋回沉积、活动大陆边缘深控拗陷和强烈断陷活动等几次性质不同的沉积-构造演化发展阶段。但在讨论具有次稳定克拉通-大陆边缘活动带这一特定的大地构造背景的砂岩碎屑组成时, 仍存在着一些不完善之处或问题。

QFL 和 $QmFLt$ 图对阐述大陆板块的砂岩组成与其它资料所证实的构造背景基本吻合。不过也有些砂岩的构造含义尚不清楚。如蓟县纪的砂岩中常混有 5—15% 的碳酸盐岩碎屑 (统计时已剔除) 或为泥晶碳酸盐胶结, 产状上多成碳酸盐岩夹层。此外, 含有较多海绿石 (>10%) 等自生矿物的砂岩, 也难以投在适当的区间。

在分析图中 (图 3-A), 二叠纪碎屑点出现在再旋回造山带内似乎与其所处大地构造位置不十分相符。可能是从锦西及邻区存在着局部褶皱构造、火山活动及中-酸性岩体侵入等来看, 二叠纪碎屑分布在再旋回造山带区可能暗示了中期地台演化的一些时期具有某种“造山”性质。另



1、长城系常州沟组，团山子组；2、大红峪组，高于庄组；3、蓟县系；4、青白口系；
5、石炭一二叠系；6、三叠系；7、侏罗系；8、白垩系

图 5. A、各时代砂岩 Q / F+L 对 F / L 散点图；B、沉积速率与时间变化关系图

Fig.5 A: Q / F+L Versus F / L disperse diagram for sandstones of various times; B: Relation between sedimentary rate and changing of times

外，通过邻区构造演化特点和锦西地区砂岩的大地构造背景分析，在晚古生代，该区为受板块碰撞影响的前陆隆升地块，其沉积物源供给受大陆板块和造山带体系双重控制。因此，再次进入沉积旋回的陆源碎屑在 Dickinson 的蚀源区大类归属上仍然存在一些问题。

图 1 中，大陆边缘活动区与岩浆岛弧区的碎屑分布重叠。岛弧区的次级划分，是以火山岩的发育程度和受构造活动控制的侵蚀作用对火山岩岩盖的切割程度为依据的。在重叠区中，基本上反映出中生代大陆边缘活动的强度及盆地性质由拗陷转为断陷，但对于大陆边缘活动带和岩浆岛弧区砂岩碎屑之间在构造环境上的差异尚难以作出充分的表述。今后在积累大量砂岩资料的基础上再予修正和完善。

3、利用砂岩的构造属性对沉积区的构造演化过程、性质及延续和转折时间等进行分析，可获得其他方法所得不到的大量地质信息乃至一些新的认识。通过探讨某一时期砂岩碎屑组成在区域上分布的差异，可以证明沉积盆地及周边地区的构造活动不平衡性，从而进一步了解构造运动的穿时意义。砂岩碎屑组成的分析结果不但与区域构造的宏观结论基本一致，而且能使这方面的讨论变得更加具体，在“中期地台”等演化阶段性不明显的地区更为有效。

李汉瑜教授审阅全文并给予了指导作者深表谢意。

收稿日期 1987 年 2 月 28 日

参 考 文 献

- 何起祥, 1978, 沉积岩和沉积矿床, 地质出版社。
 李春昱、王荃, 1983, 我国北部边陲及邻区的古板块构造与欧亚大陆的形成, 中国北方板块构造文集 (第一集), 3—16 页, 中科院沈阳地矿所出版。
 佩蒂庄著, 1975, (李汉瑜等译, 1981), 沉积岩, 石油工业出版社。
 李之彤、赵春荆, 1985, 地质科学, 3 期, 211—219 页。
 迪金森等著, 1979, (黄开年译, 1982), 国外地质, 12 期, 31—39 页
 洪作民, 1984, 辽宁地质, 1 期, 1—14 页。
 张文昱, 1984, 煤田地质与勘探, 5 期, 8—10 页。
 钱祥麟, 1980, 天津地矿所所刊, 1 卷, 1 期, 123—131 页。
 王雅山等, 1984, 辽宁地质, 2 期, 177—195 页。
 Dickinson, W.R. 1983, Geol. Soc. Amer. Bull., V94, N.2, P.222—235.

APPROACH OF TECTONIC BACKGROUND FOR MID PROTEROZOIC MESOZOIC SANDSTONES IN JINXI, LIAONING

He Zhengjun

(Institute of Geology Mineral Resources of Liaoning)

Abstract

In factors of controlling sedimentation, effect of regional tectonic is the most important. On the one hand tectonic action opens up terrigenous fragmental materials, and the other hand it offers sedimental places. Fragmental composition and its time-space changes, therefore, in a certain degree, can reflect effectively intensity, nature, and continued—turned times of regional tectonic action. In the case of continental cratons that stages of evolution is unclear it is specially significance. Based on the research of regional petrology, this paper, taking Jinxi area in Liaoning as a point of architectonic pattern of Sino-Korean Platform, place emphasis on studying of sandstones in relation to tectonics from Mid Proterozoic to Mesozoic. Probenance terranes corresponding to plate tectonic units subdivided recently by Dickinson and others are adopted in the paper.

Fragmental composition of sandstones in this area shows the following changes: feldspar—quartz (Mid—Late Proterozoic) derived mainly from crystal rocks of continental basement; lithic fragment—quartz (Late Paleozoic), from continental basement and pre-sediments getting into recycles; and feldspar—lithic fragment (Mesozoic), from mother rocks around basin and products of volcanic cycles. K_{20}/Na_{20} rate of sandstones is lower and its maturity reduces with changing of times. The three kinds of fragmental evolution present basically the two facts: 1. non-stability of fragmental composition is increasing; 2. provenances of sedimentary material tend to diversity.

Analysis of tectonic setting of sandstones with QFL and QmFLt diagrams shows that fragmental points were distributed over basement uplift and transition area of continental blocks due to high content of feldspar in early Changchengian of Mid Proterozoic in Jinxi. It displays that settlement of Yanliao Basin during Mid

Proterozoic was accompanied uplift action of the Shanhaiguan ancient land. Feldspar-riched sands from basement accumulated mainly to the Xingcheng - Huludao yoked basin near uplift area. Quartz content of sandstones generally tends to increase from Changchengian to Qingbaikouan of Late Proterozoic, which tectonic action of sedimental area develops towards stability. In the area high mature quartz sands formed mat shape were widely distributed over the western Liaoning, Bohai Gulf, and the eastern Liaoning. This is result that strand line is slowly moved forward in stable condition and quartz sands belong to products of continental cratonization.

Because chert and other lithic fragments increase, the points of Permian sandstones fall mainly to field of recycled orogens. According to analysis of regional stratigraphy and tectonics, this kind of sub-stable fragments derived closing of Inner Mongolia geosyncline in Late Paleozoic. Based on the analysis of local folds, volcanic activity, and intrusion of neutral-acid magma, Permian sandstone fragments distributed on recycled orogens hint that possessed one kind of "orogenic" character in evolution of "Sino-Korean Platform" in sometime. Affected by plate collision of neighbour areas, proenance of the foreland uplift lay under the double controls of continental blocks and orogenic belts during late period of Late Paleozoic in the western Liaoning. In this problem, it is not quite definite to classify on Dickinson's proenances.

In Early-Mid Triassic time, fragments were mainly distributed between continents and magmatic arcs, which show tectonic property of intense basin depression. To compare Triassic fragmental composition with Late Paleozoic one, associations of mother rock are different; but with Jurassic one, similar. It shows that the regional tectonic property of controlling proenances have changed in initial stage of Mesozoic and the Triassic time was a transitional time from cratonic environment to active continental margin in this area. From Jurassic to Cretaceous, volcanic debris came repeatedly into sedimental cycles and increase gradually. It revealed that this area has been completely involved in the field of active continental margin, and even more intenser.

In summary, Jinxi area underwent two large-scale evolutionary stages of sedimentary-tectonic cycle from sub-stable craton to active continental margins, including basement uplift, cratonization, recycled sedimentation, and intense depression and fault subsidence.

Both $Q / (F+L)$ and F / L values indicate that periodic interval of sedimentary reformational history was shortened and reformational intensity became reduced on the evolution of times. It confirms that tectonic activity of the crust in the area tectonics on sedimentation proceed from the inside to the outside. Among them, the F / L ratios of two times in the early Proterozoic and the early Mid Mesozoic are larger than others. The both predict beginning of two large-scale sedimentary-tectonic cycles belong to the types of sub-stable craton and active continental margin.