龙门山南段前陆盆地中—新生代 砂岩特征及物源分析

彭 军¹²,陈洪德²,曾允孚²

(1. 西南石油学院博士后流动站,四川南充 637000;2. 成都理工学院沉积研究所,四川 成都 610059)

提要:龙门山南段前陆盆地发育了巨厚的陆源沉积岩,其中砂岩分布最广、含量最多。在详细观察描述砂岩宏观特征的基础上,通过薄片鉴定、粒度分析等方法,研究了中一新生代砂岩的物质成分及结构特征,指出砂岩的成分成熟度和结构成熟度均中等至低,并按成分一成因分类方法划分了砂岩的岩石类型。根据砂岩特征,分析岩石的组成物质来源于龙门山造山带,再结合前陆盆地充填地层的沉积特征,提出了砂岩的沉积模式。

关键 词:龙门山;前陆盆地;中一新生代;砂岩特征;物源分析;沉积模式

中图分类号:P588.212 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-3967(2000)01-0077-08

龙门山南段北起四川崇州市、大邑县,南至天全县、泸定地区。龙门山前陆盆地是在晚三 叠世须家河组第三段沉积之后,在扬子地台西缘被动大陆边缘的基础上形成的,在其形成及发 育过程中,沉积了巨厚的陆相沉积地层。在南段前陆盆地沉积地层中,沉积单元为三叠系须家 河组第四段(T x⁴),侏罗系白田坝组(Jb)、千佛崖组(Jq)、沙溪庙组(Js)、遂宁组(Jsn)、蓬莱镇 组(Jp),白垩系夹关组(Kj)、灌口组(Kg),第三系名山组(Em)、芦山组(El)、大邑砾岩层 (Nd)及第四系(Q)。大邑砾岩层是在龙门山南段进行 1:5 万区域地质填图中建立的一个非 正式地层单位,是一套以砾岩为主,夹少量砂岩、泥岩的地层,时代为新第三纪。

研究区中新生代沉积岩几乎全由陆源沉积岩组成,仅有少量的内源沉积岩,含量约0.2%。 陆源沉积岩中包括砾岩、砂岩、粉砂岩、泥质岩。砂岩含量在4.7%~55.6%之间,平均 32.9%,夹关组和沙溪庙组中砂岩最多,高达55%以上;而芦山组和大邑砾岩层中分布最少, 低至4.7%。从各类岩石的平均含量来看,砂岩是含量最多,分布最广的一种岩石类型。

1 砂岩宏观特征

砂岩颜色多样,随地层时代由老到新颜色逐渐由灰色到紫灰色再到紫红色、砖红色等。岩 层为中厚层一块状,极少见薄层状,可单独组成巨厚的砂岩体,内夹极少量粉砂岩、泥岩。剖面 上多呈大型透镜体交错叠置,以冲刷面为界。砂岩层多具正粒序,并与砾岩、粉砂岩、泥岩形成

收稿日期:1998-10-05;修订日期:1999-06-10

作者简介:彭军(1968-08),男(汉族),四川仁寿人,讲师,硕士,1992年毕业于成都理工学院沉积研究所,从事沉积学和

⁽C)1994- 须想地球化常研究ademic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

互层沉积或组成正向性半韵律,岩性之间呈过渡或突变接触,上下韵律之间具冲刷关系。也有 少部分砂岩呈薄层状和长扁透镜状夹于砾岩中,与上下砾岩均呈过渡关系。

巨厚砂体分布稳定,延伸较远,常是地层中良好的对比标志层。以互层状产出的砂岩和夹 于砾岩中的砂岩则分布不稳定,延伸不远即发生相变,过渡成粉砂岩、泥岩或者砾岩,故空间上 多呈大型透镜体,少数砂岩呈板状延伸较远。

沉积构造相当发育,各组砂岩中均发育良好的平行层理,此外大型槽状、楔状、板状交错层 理在须家河组、侏罗系、夹关组砂岩中常见,部分砂岩层面上还有相当完整的波痕及底模构造。 生物化石稀少,须家河组砂岩中含大量植物树干印模,炭化植物树枝及叶片化石;大邑砾岩层 的夹层砂岩中含植物叶片化石及未完全炭化的植物树枝。

2 砂岩岩石学特征

2.1 砂岩的物质成分特征

(1)碎屑颗粒成分 砂岩碎屑颗粒含量一般介于 70%~90%之间,平均约 86%,少数砂岩 中含量低于 70%,最低可至 52%。各沉积单元中砂岩的砂粒端元成分种类和特点没有多大差 别,但相对含量差别明显。

石英端元(Q)含量以白田坝组、千佛崖组砂岩中最高,约占碎屑总量的80%;其次为沙溪 庙组砂岩,约67%;含量最低者为大邑砾岩层中的夹层砂岩,为37%;其余各组中相近,约 54%。砂岩中石英端元含量最低为10%,最高为97%,变动幅度相当大。端元成分以石英矿 物为主,基本上为单晶石英,少见多晶石英。多数砂岩中还有硅质岩岩屑和石英岩岩屑,但含 量不高,一般约为碎屑总量的10%。

长石端元(F)含量以须家河组砂岩、夹关组砂岩、大邑砾岩层中的夹层砂岩较高,约占碎 屑总量的13%~19%,其次为名山组中砂岩,含量约6%,其他各组砂岩中含量相近,约3%, 含量最高可达35%。白田坝组和千佛崖组中的绝大多数砂岩不含长石,遂宁组砂岩也含极少 或不含长石,一般不超过3%,所以砂岩的长石端元含量差别相当明显。其成分基本上为长石 矿物,以中酸性斜长石为主,少量微斜长石和条纹长石,偶见文象长石和钾长石。大邑砾岩层 的夹层砂岩中多见条纹长石和微斜长石,中酸性斜长石不常见。此外须家河组、沙溪庙组、蓬 莱镇组、夹关组极少数砂岩中还偶见有花岗岩和花岗片麻岩类岩屑,但含量极低,约1%。长 石矿物泥化现象普遍,少数比较新鲜。

岩屑端元(R)含量以大邑砾岩层的夹层砂岩中最高,约50%,其次遂宁组、蓬莱镇组、灌口 组、名山组砂岩中含量为41%~43%,须家河组和沙溪庙组砂岩中含量相近约30%,夹关组的 砂岩中含量约25%,白田坝组和千佛崖组砂岩中的岩屑含量最低约18%。砂岩中岩屑含量最 低为2%,最高达90%,变动幅度也相当大。岩屑端元成分种类繁多,基本上为沉积岩岩屑,有 少量变质岩岩屑,在部分砂岩中还有少量火山岩岩屑。沉积岩岩屑在所有砂岩中均为主要岩 屑,有灰岩、白云岩、砂岩、粉砂岩、泥质岩等类型。以灰岩岩屑为主,多数砂岩中可占整个岩屑 总量的一半以上,常见泥微晶灰岩、骨屑砂屑灰岩、泥微晶骨屑灰岩、骨屑泥晶灰岩等类型;其 次以砂岩岩屑、泥岩岩屑含量较高且普遍。所有砂岩中均有上述³种岩屑。白云岩岩屑在大 邑砾岩层的夹层砂岩和名山组砂岩中未见,粉砂岩岩屑只有少数砂岩中才有。变质岩岩屑主 要为板岩、石英片岩、千枚岩,含量不高,一般不超过岩屑总量的10%,板岩和石英片岩岩属在 大多数砂岩中均有,千枚岩岩屑只分布在须家河组、蓬莱镇组和夹关组的部分砂岩中。火山岩 岩屑分布不普遍,仅在白田坝组、沙溪庙组、夹关组的极少数砂岩和大邑砾岩层的夹层砂岩中 含有,有凝灰岩、玄武岩和其他中基性火山岩岩屑,含量一般不超过岩屑总量的5%。

另外绝大多数砂岩都含有1%~5%的云母和绿泥石碎屑,其中云母更为普遍,夹关组、灌口组、名山组所有砂岩中都含有且含量较高,平均约3%,以白云母常见,黑云母多已发生绿泥石化。砂岩中常见重矿物电气石、石榴石、锆石,少见有磷灰石、绿帘石、磁铁矿。

根据砂岩成分成熟度的计算方法^[1],计算出研究区各组砂岩的成分成熟度。可知大部分砂岩的成分成熟度低至中等,Q/(F+R)比值一般在0.5~2.8之间变化(表1),约3%的砂岩该比值小于1,最小可到0.1,仅少数砂岩(约占砂岩总数的15%)的成分成熟度较高,Q/(F+R)值大于4,最高达32.3。从各组的情况来看,白田坝组和千佛崖组砂岩大多数成分成熟度中等至较高,其他各组中大多数砂岩成分成熟度中等至低。

		Tab. 1 Q' (F	$\top \mathbf{R}$) value of same	ndstone	70
地层	样品数	最低值	最高值	一般范围	平均值
大邑砾岩层	8	0.1	4.6	0.1~4.6	1.6
名 山 组	5	0.6	2.8	0.6~2.8	1.4
灌口组	4	0.3	2.6	0.5~2.3	1.5
夹 关 组	18	0.6	3.3	0.7~2.3	1.4
蓬莱镇组	15	0.2	13.3	0.7~2.3	1.6
遂宁组	15	0.1	4	$1.3 \sim 4$	2
沙溪庙组	24	0.6	13.3	$1.5 \sim 2.7$	2.2
千佛崖组	14	0.1	9	3.2~6.7	4
白田坝组	10	0.7	32.3	3.5~5.7	4.7
须家河组	26	0.25	6.7	$0.72 \sim 1.5$	1.5

表1 砂岩的 Q/(F+R)值

(2)填隙物成分 填隙物含量一般介于4%~30%之间,平均14%,最低值4%,少数砂岩 中含量最高可达48%。灌口组和名山组砂岩中填隙物普遍较多,含量一般在14%~30%之 间,平均值高达26%和19%;大邑砾岩层的夹层砂岩中填隙物含量在13%~20%之间,平均 15%;其余各组砂岩中含量相近,一般4%~18%,平均值10%~13%,极少数超过20%。

填隙物包括杂基和胶结物,研究区 40%的砂岩中含有杂基,各个组中含杂基的砂岩数量 相差较大。名山组砂岩基本上都含有杂基,夹关组和蓬莱镇组砂岩基本上不含杂基,其他各组 情况介于二者之间。杂基含量约 5%,一般不超过 10%,除蓬莱镇组和夹关组砂岩外,其他各 组都有少数砂岩杂基含量超过 15%而成为杂砂岩。杂基成分主要为粘土矿物,其次有铁质矿 物和细粉砂。在含杂基的砂岩中均可见粘土杂基,有水云母和绿泥石两种成分,以水云母为 主,二者可单独出现,也可共生在一起。粘土矿物常与铁质矿物和(或)细粉砂混合在一起。须 家河组砂岩中杂基成分主要为水云母,多单独出现,另有少量铁质矿物;白田坝组和名山组砂 岩中只有水云母粘土杂基;千佛崖组砂岩中杂基成分有粘土、细粉砂和铁质矿物;沙溪庙组砂 岩和大邑砾岩层的夹层砂岩中杂基成分为粘土和细粉砂;灌口组砂岩杂基成分除水云母和细 粉砂外,还有碳酸盐灰泥,它们混合在而起ectronic Publishing House. All rights reserved. http://www 绝大多数砂岩中含有胶结物,遂宁组、蓬莱镇组、夹关组全部砂岩和大邑砾岩层的夹层砂 岩中均有胶结物;须家河组、白田坝组、千佛崖组、沙溪庙组、灌口组的极少数至部分砂岩无胶 结物;名山组大部分砂岩无胶结物。胶结物含量平均约9%,最高可达30%,一般介于4%~ 15%之间。夹关组和蓬莱镇组砂岩中含量高,平均14%;白田坝组和名山组砂岩中含量低,平 均约5%;其他各组砂岩中含量大致相近,平均约9%。胶结物成分比较简单,有钙质、硅质、长 石、绿泥石4种成分。以钙质成分为主,呈细、微粒方解石填隙,有时呈连生胶结;硅质和长石 胶结物呈碎屑颗粒的再生边;绿泥石胶结物为显微鳞片状。各组砂岩中均有方解石胶结物;须 家河组、白田坝组、夹关组大部分砂岩都含石英胶结物;千佛崖组、沙溪庙组、遂宁组、蓬莱镇组 的极少数砂岩中也含石英胶结物;须家河组和夹关组的少数砂岩中含长石胶结物,含量很低, 约2%;夹关组的少数砂岩中含绿泥石胶结物,含量约4%。上述4种胶结物可以是一种,也可 以是两种或两种以上成分共同胶结,但主要是单一的方解石胶结,极少数砂岩为单一石英胶 结。具两种或两种以上胶结物成分的砂岩基本上分布在夹关组、须家河组和白田坝组中,有方 解石和石英组合;方解石、石英、长石组合;石英、长石组合;方解石、石英、长石、绿泥石组合。 后两种组合少见,在前两种组合中,发育世代交替现象,第一世代为石英和长石再生边胶结物, 第二世代为粒状方解石胶结物。

此外在少数砂岩中还有石英、长石、铁白云石、菱铁矿等自生矿物,分布在孔隙中,起着填 隙作用。这些砂岩属于须家河组、白田坝组、千佛崖组和夹关组。

2.2 砂岩的结构特征

(1)碎屑颗粒的结构 研究区砂岩以中粒(0.5~0.25 mm)和细粒(0.25~0.1 mm)占绝 对优势。须家河组、白田坝组、千佛崖组砂岩以中粒为主;沙溪庙组、遂宁组、蓬莱镇组、夹关 组、灌口组砂岩以中粒和细粒为主;名山组砂岩以细粒为主;大邑砾岩层中的夹层砂岩以中粒

Tab ² Grain size analysis of sandstone											
	概率累积曲线特征										样
地层	型态(%)			各总体含量(%)				<u>ተ</u>			
	三段型	二段型	一段型	牵引 总体	跳跃 总体	悬 浮 总 体		标准差	偏度	峰 态	 量
						递变悬浮	均匀悬浮	(SD) (SK)	(K)	(个)	
大邑砾岩层		100			74	24	2	0.51~0.58	0~0.15	2.64~3.26	4
灌口组		100			50	42.5	7.5	0.59~0.7	$-0.09 \sim 0.09$	2.72~3.28	4
夹 关 组		100			67	30	3	0.48~0.67	$-0.14 \sim 0.62$	2.74~4.19	8
蓬莱镇组	10	80	10	1	92	5	2	0.53~0.71	$-1.14 \sim 0.49$	2.64~6.99	5
遂宁组		100			97	3		0.57~0.88	$-0.13 \sim 0.87$	2.25~3.5	5
沙溪庙组	15	80	5	1	86	11	2	0.58~0.76	$-0.77 \sim 0.46$	2.38~5.08	6
千佛崖组	20	80		2	83	13	2	0.52~1.04	$-1.32 \sim 0.31$	2.74~5.34	5
白田坝组	15	80	5	1	95		4	0.54~0.7	$-1.9 \sim 0.81$	2.57~10.36	4
须家河组	20	75	5	1	83	8	8	0.55~0.8	$-1.0 \sim 0.72$	2.27~6.65	10

表 2 砂岩粒度分析资料

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

和粗粒(1~0.5 mm)为主。大多数砂岩颗粒的分选性中等至较好,少数砂岩颗粒分选性差。 灌口组和名山组砂岩分选性差;须家河组砂岩分选性较好;其他各组砂岩分选性中等偏好。碎 屑颗粒磨圆度中等到差,以次棱角状和次圆状为主,其次为棱角状,圆状颗粒少见。各组砂岩 的砂粒圆度特征基本一致。

由砂岩薄片粒度分析资料(表 2)总结出本区砂岩的粒度分布特征:概率累积曲线极大部分为跳跃和悬浮总体组成的两段型(图 1-A),少数为牵引总体、跳跃总体和悬浮总体组成的 三段型(图 1-B)以及只有跳跃总体的一段型(图 1-C)。粒度参数中标准差值 SD 为 0.48~ 1.04,可知颗粒的分选性中等至较好。偏度 SK 为-1.9~0.81,从极负偏到极正偏均存在,但 以对称到极正偏为主,峰态 K 值都大于 2.27,绝大部分大于 3,所以以极窄峰态为主。





(2)填隙物结构 包括杂基结构和胶结物结构。大邑砾岩层中夹层砂岩的杂基基本上是 未重结晶的粘土质点,其间常含有较多细粉砂级碎屑,具泥状结构,属原杂基。其他各组砂岩 中杂基成分具明显的重结晶,水云母和绿泥石多呈显微鳞片结构,属正杂基。胶结物结构:方 解石胶结物呈晶粒结构和连生结构,石英和长石胶结物呈再生结构。

根据砂岩结构成熟度的判别标志^[1],即岩石中粘土杂基含量、碎屑颗粒分选性和磨圆度 可知,研究区砂岩的结构成熟度中等到低,属次成熟到未成熟;极少数砂岩的结构成熟度高,属 成熟到极成熟,这部分砂岩主要是由单一胶结物填隙,分选较好,磨圆中等的石英砂岩和岩屑 石英砂岩。灌口组和名山组砂岩的结构成熟度相当低,须家河组、沙溪庙组、遂宁组、蓬莱镇 组、夹关组砂岩的结构成熟度基本上为中等到低,白田坝组、千佛崖组及大邑砾岩层中的夹层 砂岩的结构成熟度多数低到中等,但有少数砂岩结构成熟度较高。

3 砂岩类型划分

采用曾允孚等^[1]的砂岩分类方法,将研究区砂岩划分成以下一些类型(表 3)。从表 3 中 可以看出,本区砂岩基本上为净砂岩,约为砂岩总量的 88%,杂砂岩含量少,平均约 12%。净 砂岩中除无长石砂岩外,其他类型都有分布,而分布较广的是岩屑石英砂岩和岩屑砂岩。各组 的岩石类型组成不同,须家河组以岩屑长石砂岩为主,白田坝组和千佛崖组以岩屑石英砂岩为 主,夹关组以长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩为主,其他各组则均以岩屑砂岩占绝对优势。杂砂 岩中有岩屑杂砂岩、岩屑石英杂砂岩和长石石英杂砂岩 3 种类型,以岩屑杂砂岩含量较高且分 布*德*遍94-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

表 3 砂岩类型及含量

Tab.³ Type and content of sandstone

					成分	一成	因	分	类		
			净	砂	<u>A</u> 73	<u>~~~</u> 岩			<u>八</u> 杂	砂	岩
地 层	总	石英	长石石	岩屑石	岩屑长	长石岩	岩屑	总	岩屑石	长石石英	岩屑
	量	砂岩	英砂岩	英砂岩	石砂岩	屑砂岩	砂岩	量	英杂砂岩	杂砂岩	杂砂岩
大邑砾岩层	80						80	20		20	
名山组	70						70	30			30
灌口组	75						75	25			25
夹 关 组	100			6	31	38	25				
蓬莱镇组	100			10		5	85				
遂宁组	90			20			70	10	10		
沙溪庙组	95	4		5			86	5			5
千佛崖组	85			68			18	14	7		7
白田坝组	90	15	15	45			15	10			10
须家河组	96			8	40	20	28	4	4		

4 砂岩的物源分析

通过对龙门山南段前陆盆地中新生代地层的沉积相分析^①可知,各时期沉积相带的展布 方向大体均呈北东一南西向,由北西往南东各沉积相带的排列顺序大体是:盆缘或山前粗碎屑 岩冲积扇砾岩相→河流冲积平原中碎屑岩砂岩相→湖泊细碎屑岩粉砂岩相和泥岩相。砾岩中 叠瓦状砾石及砂岩中前积交错层理、波痕等指向构造表明古流向为北西流向南东,由北西往南 东,同一沉积时期砂岩的成熟度有逐渐增高的趋势。上述特征表明砂岩沉积物源区在北西侧, 当时已崛起的古龙门山为四川中新生代陆相前陆盆地的主要物源区,且一直持续到现在。

从砂岩的岩屑成分来看,各组砂岩中基本上为沉积岩岩屑,以灰岩岩屑为主,其次还有砂岩、粉砂岩、泥岩、白云岩等岩屑。从其岩性和所含的生物碎屑特征来看,与扬子地台沉积岩相似。表明其物源区为扬子地台边缘构造上升的沉积岩出露区,即再旋回造山带区。除此之外, 少量的变质岩岩屑、火山岩岩屑、花岗岩及花岗片麻岩岩屑说明剥蚀较深的浅变质岩、老沉积 岩和火成岩物源区提供了部分碎屑物质。利用 Gazzi-Dickinson 方法编制的砂岩碎屑构造成因 模式图中^[2],无论是在Q-F-L图中,还是在Qm-F-Lt图(图2)中,所统计的10个层位58 个样品绝大部分落入再旋回造山带物源区,少数样品落入大陆块物源区,即花岗岩、老沉积岩 的浅变质岩物源区。

不同时代砂岩中岩屑组成特征不一样,说明物源区物质成分随着时间的演化而发生一些 变化。在晚三叠世须家河组沉积时期,前陆盆地的西部边界或物源区的东界可能远在龙门山 后山带或以西更远的地方,物源区母岩以岩浆岩、变质岩为主,其次为沉积岩,前两者来自前震

%

⁽①1纪相思。彭军·陶晓风,龙门山南段中一新生代前陆盆地层序地层分析及盆地演化(科研报告).1996.34-42. http://www



图 2 砂岩碎屑构造成因模式图 Fig.² Structural genetic model of the sandstone detritus Q^{-} 石英颗粒(包括燧石);F⁻长石颗粒;L⁻不稳定岩屑颗粒;Qm⁻单晶石英;Qp⁻复晶石英; Lt=L+Qp;I⁻再旋回造山带物源区;石英质再旋回(I₁),过渡型再旋回(I₂), 岩屑再旋回(I₃);II⁻大陆块物源区;II⁻岩浆弧物源区;N⁻混合区

旦纪宝兴杂岩体及黄水河群变质岩,后者系扬子地台的盖层沉积。在印支运动以后,须家河组 及其下伏地层全面褶皱和推覆,沉积盆地的边界向东迁移,相应地物源区向东扩展,表现为在 侏罗纪一直到早第三纪这一漫长阶段,物源区主要是晚三叠世须家河组及其下伏的中早三叠

世海相地层和更老的古生代地层,前一阶段的前 震旦纪杂岩体及变质岩等由于远离沉积区而退居 到很次要的地位。在早第三纪以后,即大邑砾岩 和第四系沉积时期这一阶段,物源区以前震旦纪 杂岩、古老变质岩如黄水河群等为主,其次为古生 界至下第三系,且第四纪沉积的物源还包括了大 邑砾岩在内,这次物源区的大改组是喜山期强烈 构造活动的结果。

5 砂岩的沉积模式

龙门山南段前陆盆地是晚三叠世诺利克期在 扬子地台西缘的被动大陆边缘上发展起来的前陆 盆地,并位于龙门山冲断带的东侧。其形成和演 化与龙门山冲断带的逆冲推覆作用密切相关。因





 砂体也向盆内迁移。先前的沉积受水平挤压而发生褶皱、抬升、剥蚀而形成新的陆源区。

参考文献:

- [1] 曾允孚,夏文杰. 沉积岩石学[M].北京:地质出版社,1986,92-114.
- [2] DICKINSON W R, BEARD L S, BRAKENRIDGE G R et al. Provenance of North American phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting[J]. Geological Society of America Bulletin, 1983, 94(2): 222-235.

[3] 曾允孚,李勇. 龙门山前陆盆地形成与演化[J]. 矿物岩石,1995,15(1):40-49.

Characteristics and provenance analysis of the Mesozoic and Cenozoic sandstone in the foreland basin of the south part of Longmenshan Mountain

PENG Jun¹², Chen Hong-de², ZENG Yun-fu²

(1. Southwest-China Petroleum Institute, Nancong Sichuan;
2. Institute of Sedimentology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Terrigenous sediment rock develops with a great thickness in the foreland basin of the south part of Longmenshan Mountain, but the sandstone of which distributes most widely and its content ranks first. On the basis of observing and describing the macro-characteristics of the sand-stone in detail, the mineral composition and texture of the sandstone of Mesozoic and Cenozoic are studied by means of thin section and grain size analysis, the results show that both the composition maturity and texture maturity range from middle to low. The sandstone is classified, according to the scheme of genesis-composition. In the light of the characteristics of sandstone as well as sedimentary features of deposited-strata in the foreland basin, it is concluded that the provenance of the sandstone is Longmenshan orogenic belt, and the sedimentary model is established finally. **Key words**: Longmenshan; foreland basin; Mesozoic and Cenozoic; characteristics of sandstone; provenance analysis; sedimentary model