

# 酒西盆地始新世火烧沟组砂岩 碎屑组分特征及其地质意义

宋旭波

(成都理工大学地球科学学院, 成都 610059)

**摘要:** 酒西盆地位于阿尔金左旋走滑断裂和北祁连断裂相交的三角地区, 对研究青藏高原北缘新生代早期构造—沉积演化具有重要意义。通过研究酒西盆地红柳峡剖面 and 火烧沟剖面始新统火烧沟组砂岩碎屑组分类型、形态及石英阴极发光特征, 发现大量岩屑、长石和石英颗粒具有明显的变质岩来源特征, 认为火烧沟组物源为变质岩。结合酒西盆地地质构造背景及盆地 NW 向古水流特征, 通过系统分析该盆地周缘可提供物源的高点(阿尔金山、祁连山)区域岩性特征, 认为酒西盆地火烧沟组物源来自阿尔金山, 推测阿尔金左旋走滑断裂的断距应  $>450$  km。

**关键词:** 岩屑; 石英; 长石; 砂岩碎屑; 火烧沟组; 酒西盆地

**中图分类号:** P588.21

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2096-1871(2017)02-099-09

阿尔金断裂是青藏高原北部的重要边界, 可反映亚洲大陆内部水平运动幅度和青藏高原内部物质向东运移的程度<sup>[1]</sup>, 断裂带附近的沉积物可以反演断裂的活动过程<sup>[2]</sup>。在阿尔金断裂带附近第三纪陆相盆地中, 发育连续始新世—渐新世沉积物的盆地只有酒西盆地和柴达木盆地。目前对酒西盆地始新统沉积物的物源主要有 2 种争议: 一种认为其物源应在盆地北部<sup>[3-4]</sup>, 物源区与沉积区不受断裂走滑的影响; 另一种观点认为火烧沟组在沉积时受断裂走滑的影响<sup>[2]</sup>。以上争议的焦点在于火烧沟组沉积时, 阿尔金断裂是否发生走滑运动, 关键在于确定断裂两侧是否存在物源区—沉积区的对应点<sup>[5-7]</sup>。

目前, 一些学者利用碎屑岩中石英和长石颗粒的内部结构与碎屑岩物源的关系研究碎屑岩物源<sup>[8-12]</sup>。本文对直接来自源区的石英和长石颗粒进行研究, 探讨火烧沟组砂岩碎屑组分特征及其与物源的关系, 为进一步研究阿尔金断裂走滑过程提供参考。

## 1 区域地质背景

酒西盆地是青藏高原东北部新生代形成的叠合型陆相山间沉积盆地<sup>[13-14]</sup>, 地图上显示为 SE—

NW 向的菱形。酒西盆地北西部, 走向为 NNE 的阿尔金左旋走滑断裂将其与塔里木地体相隔; 北部, 倾向为 NW 的宽台山—黑山断裂将其与阿拉善地体相隔; 南部, 倾向为 SW 的北祁连断裂将其与祁连地体相隔(图 1)。酒西盆地主要为巨厚的始新世—渐新世地层, 缺失古新世沉积。火烧沟组是该地区新生代第一套陆相沉积, 能反映该区最初的构造演化历史, 可以记录阿尔金断裂及周边造山带隆升剥蚀的早期活动。火烧沟组以角度不整合上覆于古生界或白垩系, 由下到上可分为驢马城段、乔家段和红柳峡段三段<sup>[3]</sup>, 下伏于白杨河组, 二者为不整合接触, 存在地层缺失<sup>[15]</sup>。

酒西盆地大部分被第四系沉积物覆盖, 火烧沟组在盆地北东部的火烧沟及北西侧的红柳峡均有出露, 故选择火烧沟和红柳峡剖面作为本文研究对象, 已有研究表明该套地层的磁性地层年龄为  $40.2 \sim 33.4$  Ma<sup>[3]</sup>。

## 2 研究方法与研究结果

### 2.1 研究方法

野外工作参考马雪等<sup>[16]</sup>研究方法, 按等间距原

\* 收稿日期: 2016-07-12 修订日期: 2016-09-29 责任编辑: 谭桂丽

第一作者简介: 宋旭波, 1992 年生, 男, 硕士研究生, 主要从事矿物学、岩石学和矿床学研究。

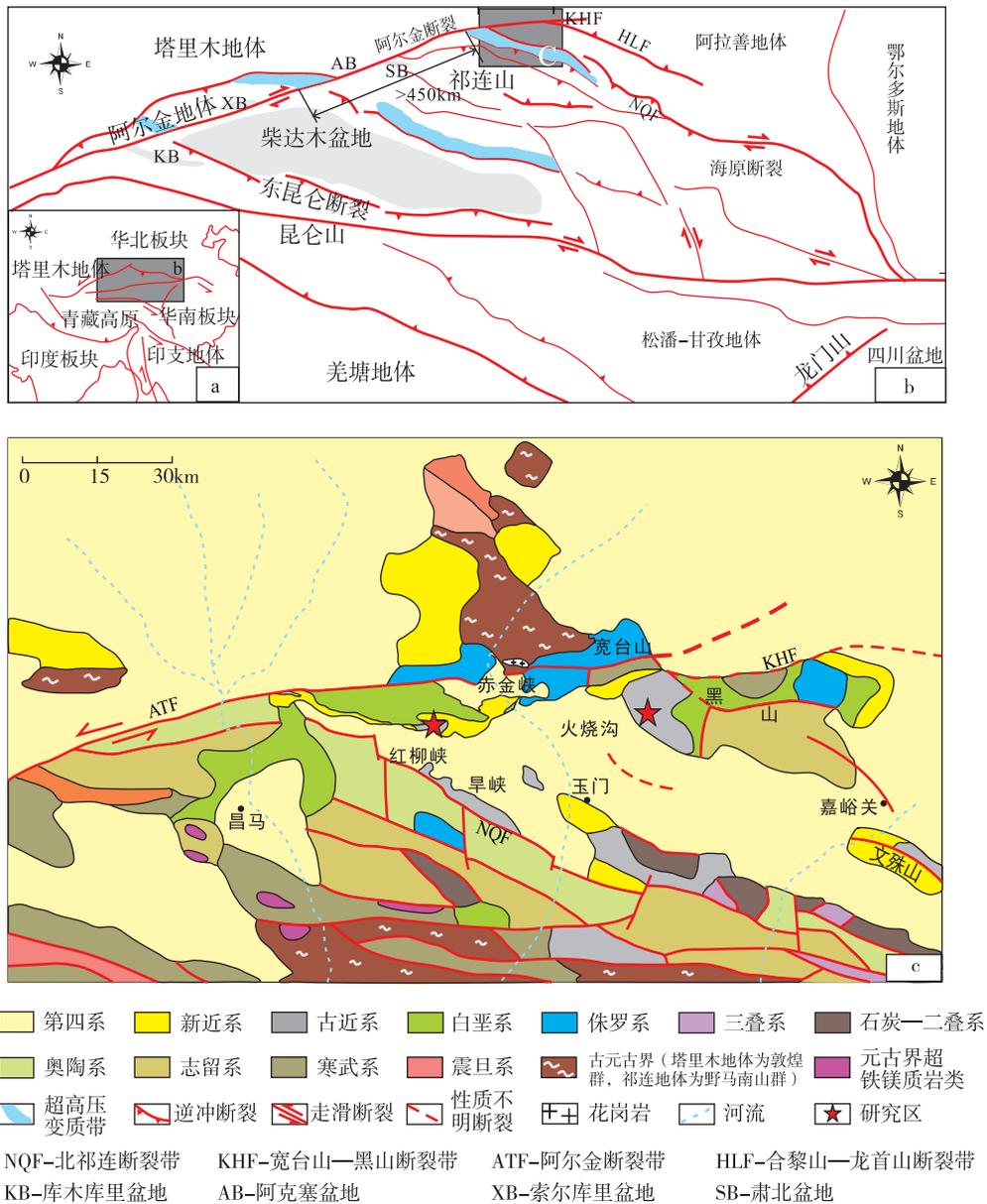


图1 酒西盆地地区地质图<sup>[15]</sup>  
 Fig. 1 Regional geological map of the Jiuxi basin

则采集样品,对组分剧烈变化或构造部位等特殊层位加密采样,2条剖面(图2)共采集455件样品。室内共磨制156片薄片,对其中岩屑、长石和石英颗粒进行镜下鉴定和统计。为进一步探讨物源,本次研究对石英颗粒进行阴极发光实验。阴极发光实验利用成都理工大学油气藏重点实验室与莱卡DM450P偏光显微镜匹配的显微阴极发光仪CL820MK5。实验过程中阴极发光设备的冷阴极电子枪真空度为 $0.003 \times 10^{-2}$  Pa,电压为13~15 kV,电流为300~500  $\mu$ A,曝光时间为14.1~14.8 s。

通过阴极发光仪成像系统观察实验样品中的石英阴极发光颜色并拍摄照片,统计各薄片不同色光的石英含量。结合古水流等资料,与周边剥蚀区进行对比并探讨物源。

### 2.2 岩石学特征

野外观察表明,火烧沟组主体沉积一套浅红色—紫红色砂岩、粉砂岩,夹细砾岩,含钙质结核,从底部到顶部发育多个碎屑粒度由粗变细的韵律性旋回,可见板状交错层理、槽状交错层理等沉积构造,砾石以沉积岩砾石为主。

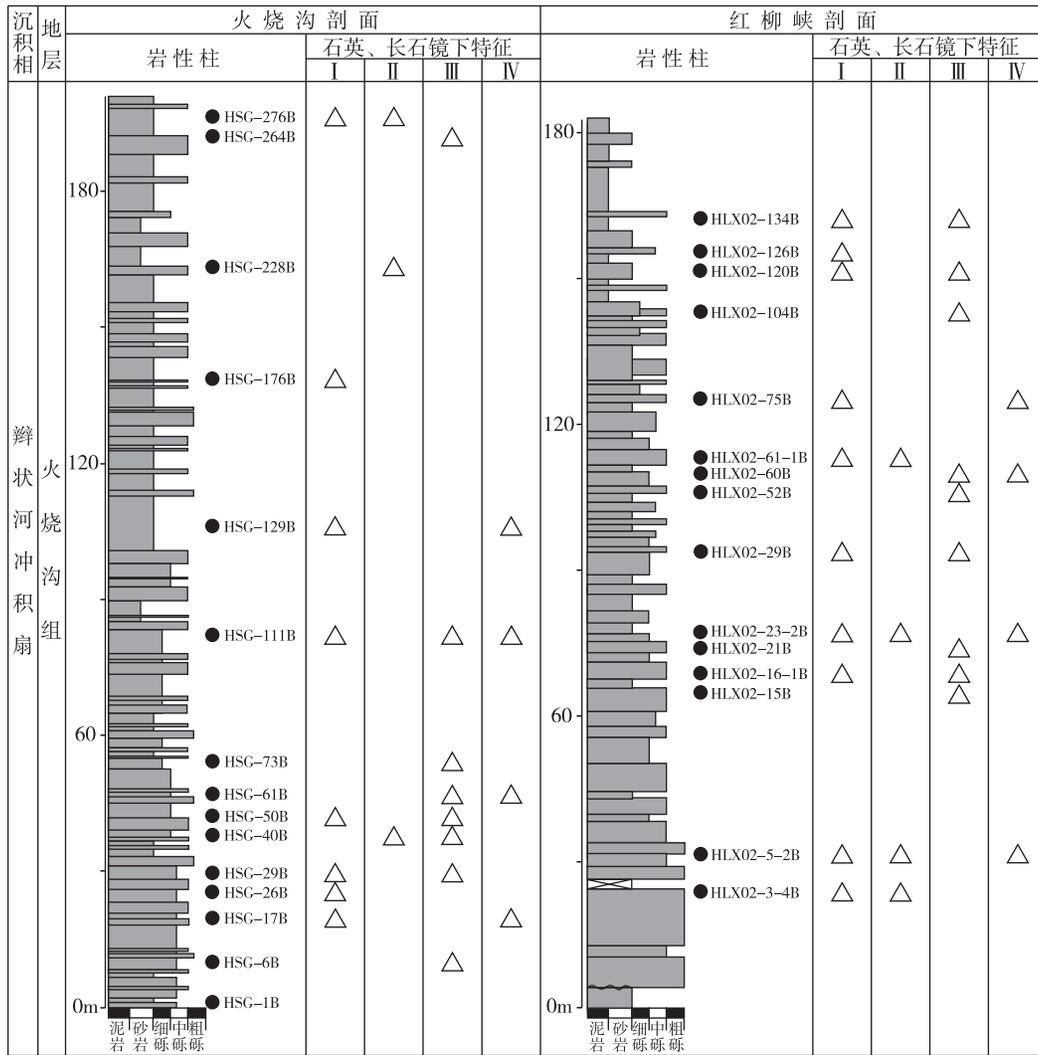


图 2 红柳峡剖面 and 火烧沟剖面综合柱状图

Fig. 2 Comprehensive columns of the Hongliuxia and Huoshagou sections

●为采样位置,△表示满足条件。I-石英拉长呈缎带状、条状或透镜状,普遍具有明显的波状消光;II-多晶石英中出现三联点现象;III-多晶石英中出现双众数现象,且颗粒间一般为锯齿状或缝合线状接触;IV-长石双晶弯曲。

镜下显示,火烧沟组砂岩以细一中砂岩为主,分选性较好,磨圆度以次棱角状一次圆状为主,钙质胶结。岩屑多呈次圆状、次棱角状,分选中等;变质岩岩屑(图 3a,图 3b)最多,以低级变质岩为主,其次为沉积岩岩屑(图 3c),分选性和磨圆度均较好,包括灰岩、泥岩、泥质粉砂岩和燧石岩;岩浆岩岩屑(图 3d)最少,包括玄武岩、安山岩、花岗岩和凝灰岩,蚀变严重。矿物碎屑颗粒中石英占多数,呈次棱角状一次圆状,分选性中等,以单晶石英为主,普遍具有波状消光,多呈拉长缎带状、条状及透镜状(图 3e);多晶石英常出现双众数现象,且颗粒间多为锯齿状或缝合线状(图 3f),可见三联点。长石呈

短柱状、次圆状,以斜长石和微斜长石为主,具有明显的波状消光,部分双晶弯曲,蚀变较强。

### 2.3 研究结果

对红柳峡剖面 and 火烧沟剖面的火烧沟组砂岩进行碎屑组分分析,统计方法参照 Dickinson 等<sup>[17]</sup>和李忠等<sup>[18-19]</sup>,约定原则为:排除杂基体积分数>25%的杂砂岩样品;列入统计的砂岩样品粒径限定为 0.2~2 mm;灰岩岩屑计入沉积岩岩屑;被自生矿物交代的颗粒,按残留颗粒或恢复的原碎屑组分统计;采用镜下正方网格交点法统计组分含量,每个样品颗粒不少于 300 个。统计和投图结果分别见表 1 和图 4,可知红柳峡剖面的物源为再循环造山

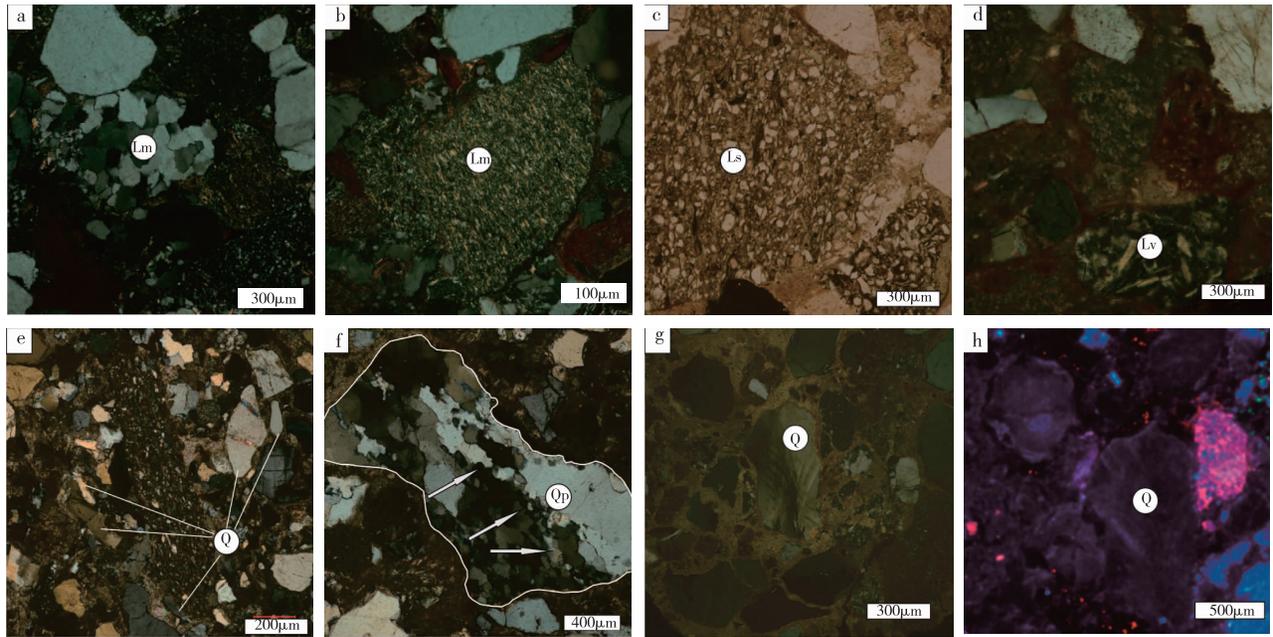


图3 始新世火烧沟组砂岩碎屑组分特征

Fig. 3 Characteristics of sandstone detrital components of the Eocene Huoshaogou Formation

a-砂岩岩屑(单偏光, Ls), 典型碎屑结构; b-火山岩岩屑(正交偏光, Lv), 见长条状斜长石斑晶; c-石英岩岩屑(正交偏光, Lm), 石英颗粒间为线接触, 波状消光; d-板岩岩屑(正交偏光, Lm), 颗粒细小, 绢云母略定向; e-多晶石英(正交偏光, Qp), 见双众数现象, 颗粒间为缝合线接触(箭头所指); f-石英颗粒(正交偏光, Q), 拉长条状、透镜状, 波状消光; g-石英颗粒(正交偏光, Q), 波状消光; h-石英颗粒(阴极发光, Q), 与g中为同一颗石英, 暗蓝色, 表明来自变质岩。

带, 火烧沟剖面的物源为混合物源区。

笔者发现火烧沟组大量细粒碎屑具有明显的变质岩来源特征, 砾石主要为沉积岩砾石, 说明砾石与细粒碎屑并非来自同一物源区, 砾石代表近源堆积, 细粒碎屑代表远源堆积, 红柳峡剖面周围的白垩系即为这些砾石的物质来源(图1)。因此, 本次研究主要以石英和长石颗粒为研究对象探讨物源, 该研究方法目前已得到广泛应用, 例如王自剑等<sup>[20]</sup>通过对四川盆地北部须家河组中石英和长石颗粒的阴极发光分析, 解决了硅质砾岩因外表单调导致物源难以明确区分的问题。不同来源的石英和长石颗粒具有不同的镜下特征, 根据镜下特征可反推其物质来源(表2)。

通过研究红柳峡和火烧沟剖面中石英和长石颗粒的镜下特征, 得出以下判别其来源于变质岩的标准: 是否石英拉长呈缎带状、条状、透镜状, 普遍具有明显的波状消光; 是否多晶石英出现三联点; 是否多晶石英中出现双众数, 且颗粒间一般为锯齿状或缝合线状接触; 是否长石双晶弯曲。当镜下多数石英和长石颗粒满足以上标准之一, 则判断其来

源于变质岩。统计结果(图2)表明火烧沟组大部分石英和长石颗粒来自变质岩。

为印证上述结论, 笔者对石英颗粒进行阴极发光实验。不同成因来源的石英其阴极发光性不同<sup>[22-23]</sup>。实验中, 石英阴极发光具有较好的区分度(图5)。石英发光以蓝、棕、紫色及其过渡色为主, 分选性和磨圆度中等, 波状消光明显, 与其他颗粒为点接触至线接触, 该类石英形成温度 $>300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 来自变质岩; 不发光石英, 形成温度 $<300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 来自沉积岩。

综上所述, 镜下统计结果(图2)与石英阴极发光特征(图5)具有较好的对应关系(图3g, 图3h), 满足以上4条判别标准的碎屑颗粒表现出变质岩来源对应的阴极发光颜色, 表明石英和长石颗粒来自变质岩, 揭示红柳峡剖面火烧沟组砂岩的物源来自变质岩区。

### 3 讨论

#### 3.1 红柳峡剖面 and 火烧沟剖面对比

火烧沟组作为酒西盆地新生代第一套陆相沉

表 1 红柳峡剖面 and 火烧沟剖面火烧沟组砂岩碎屑组分含量/%

Table 1 Detrital compositions of sandstones in the Hongliuxia and Huoshaogou sections

位置	薄片编号	Qt	Qm	Qp	F	P	K	Lt	L	Lv	Ls
红柳峡剖面	HLX02-3-4B	74	57	17	5	4	1	38	21	0	21
	HLX02-5-2B	75	54	21	8	4	4	38	17	0	17
	HLX02-15B	59	51	8	6	3	3	43	35	1	34
	HLX02-16-1B	57	37	20	7	4	3	56	36	1	35
	HLX02-21B	68	48	20	7	3	4	45	25	0	25
	HLX02-23-2B	58	40	18	5	2	3	55	37	1	36
	HLX02-29B	60	41	19	6	3	3	53	34	0	34
	HLX02-52B	71	49	22	5	2	3	56	34	0	34
	HLX02-60B	56	38	18	4	2	2	58	40	0	40
	HLX02-61-1B	45	36	9	4	3	1	60	51	0	51
	HLX02-75B	67	39	28	4	1	3	57	29	0	29
	HLX02-104B	56	31	25	3	2	1	66	41	0	41
火烧沟剖面	HLX02-120B	50	36	14	2	1	1	62	48	0	48
	HLX02-126B	51	34	17	5	2	3	61	44	0	44
	HLX02-134B	54	36	18	4	2	2	60	42	1	41
	HSG-1B	59	35	24	24	10	14	40	16	0	16
	HSG-6B	61	41	20	24	10	14	35	15	0	15
	HSG-17B	59	36	23	21	8	13	43	20	0	20
	HSG-26B	61	39	22	21	11	10	40	18	0	18
	HSG-29B	57	30	27	23	9	14	40	13	0	13
	HSG-40B	58	25	33	20	15	5	53	20	0	20
	HSG-50B	55	27	28	23	12	11	50	22	0	22
	HSG-61B	53	24	29	26	10	16	50	21	0	21
	HSG-73B	56	32	24	22	13	9	46	22	0	22
HSG-111B	55	32	23	25	16	9	43	20	0	20	
HSG-129B	57	37	20	26	15	11	37	17	0	17	
HSG-176B	66	37	29	23	15	8	40	11	0	11	
HSG-228B	60	38	22	29	20	9	33	11	2	9	
HSG-264B	73	40	33	23	15	8	36	3	0	3	
HSG-276B	66	39	27	29	20	9	32	5	0	5	

Qt-石英颗粒总数(Qm+Qp);Qm-单晶石英;Qp-多晶石英质岩屑(包括燧石);F-单晶长石总数(P+K);P-斜长石;K-钾长石;Lt-多晶质岩屑(L+Qp);L-不稳定岩屑(Lv+Ls);Lv-火山岩屑(火山岩、变火山岩、浅成岩);Ls-沉积岩和变质沉积岩岩屑(除燧石和硅化灰岩)

积,记录了盆山耦合过程,对火烧沟组砂岩物源的精确分析有助于反演其最初的构造运动。火烧沟组砂岩碎屑组分与物源类型三角图显示(图 4),红柳峡剖面 and 火烧沟剖面的构造背景分别为再循环造山带和混合物源区,表明火烧沟剖面的物源具有多源性,构造背景较复杂;红柳峡剖面的物源较单一,构造背景较简单。石英阴极发光结果表明(图 5),红柳峡剖面中石英颗粒主要来自变质岩,火烧沟剖面中石英颗粒部分来自变质岩,部分来自沉积岩,进一步证明火烧沟剖面的物源较复杂,红柳峡

剖面的物源较单一。火烧沟剖面的物源多源性是由于沉积时,同时受西北部地区志留纪中—低级变质岩、白垩纪沉积岩以及更北部的阿拉善地区前震旦纪中—高级变质岩的物质供给,可能由于剖面北部宽台山—黑山断裂在新生代的初始活动造成的<sup>[24-25]</sup>。因此,单一物源供给的红柳峡剖面对火烧沟组的物源指示更为可靠。

### 3.2 火烧沟组物源分析

研究区周围只有祁连山和阿尔金山是明显的隆起高地,祁连山主体为一套中元古界复理石建造

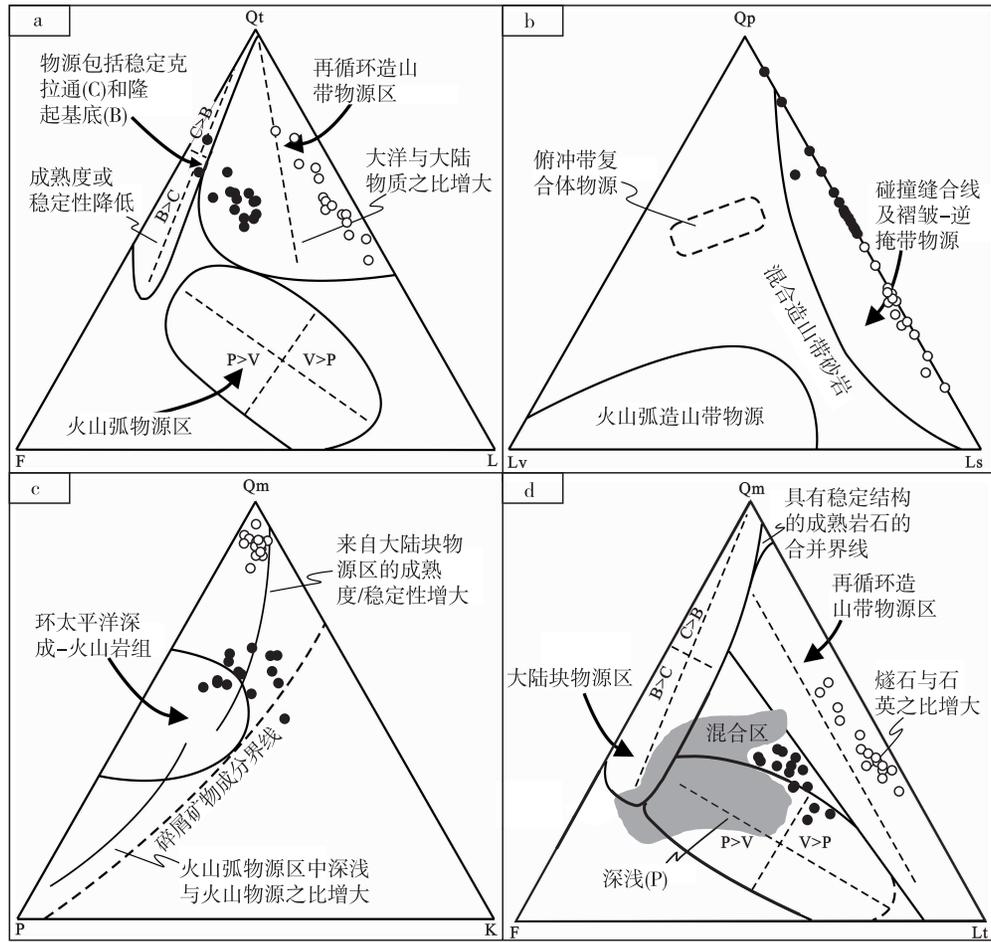


图4 酒西盆地始新世火烧沟组砂岩的 Dickinson 三角图(底图具文献[17])

Fig. 4 Dickinson diagrams of sandstones of the Eocene Huoshagao Formation in the Jiuxi basin

●为火烧沟剖面;○为红柳峡剖面;阴影为肃北盆地西水沟剖面投图区域[21]

表2 不同来源的石英、长石颗粒镜下特征[11-12]

Table 2 Photomicrographic characteristics of quartz and feldspar detritals from different provenances

	岩浆岩	沉积岩	变质岩
石英	可见港湾状边,有时具有穿孔现象 深成岩具有微弱波状消光 多晶石英由少数单晶石英组成,各晶体大小相近,多呈单粒度型,多为等轴粒状	分选和磨圆较好,近等轴状,外形圆滑 多晶石英为燧石	拉长呈缎带状、条状、透镜状,有时为碎块状,普遍具波状消光 多晶石英中可见三联点 多晶石英中出现双众数,且颗粒间一般为锯齿状或缝合线状接触
长石	具有熔蚀边,有时见石英穿孔	分选和磨圆较好,近等轴状,外形圆滑 可见次生加大	普遍具有波状消光 双晶会弯曲

和古生界火山岩建造<sup>[26]</sup>。来自变质岩区的火烧沟组砂岩及剖面南东向的古水流<sup>[15]</sup>表明,火烧沟组物源不可能来自祁连山。同为青藏高原北缘第三纪陆相盆地的肃北盆地物源为祁连山<sup>[5]</sup>,肃北盆地西水沟剖面与红柳峡剖面的物源类型(图4d)和古水流等特征不同。此外,低温热年代学证据<sup>[27]</sup>表明,祁连山主体在30Ma后隆升,在20Ma隆升最强烈,

明显滞后于火烧沟组沉积时代(40.2~33.4Ma)<sup>[3]</sup>。

剖面中南东向的古水流<sup>[15]</sup>指示北西向为隆起高地。由于阿尔金断裂的左旋走滑作用,原高地沿阿尔金断裂向西运动。根据研究区现今地貌,盆地西侧的阿尔金山为可能的物源区。阿尔金山主体为一套元古界浅变质的浅海、滨海相碎屑岩和碳酸盐岩<sup>[28]</sup>,岩性与剖面中碎屑颗粒来源于变质岩这一

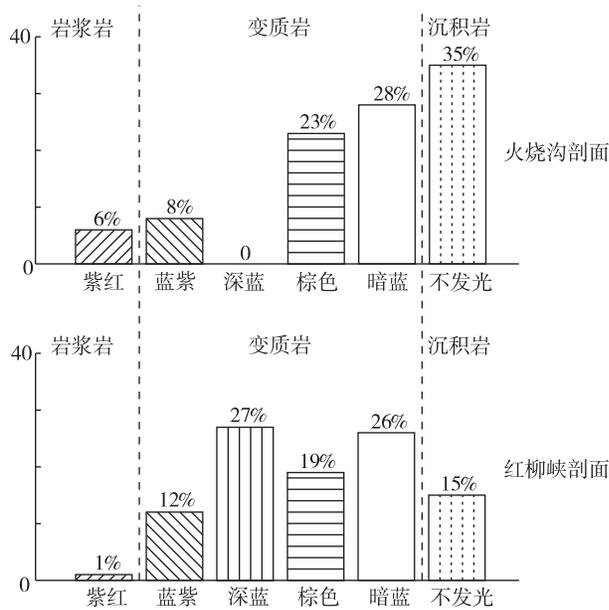


图 5 红柳峡和火烧沟剖面石英阴极发光各颜色类型对比  
Fig. 5 Contrast of cathodoluminescence colors of quartzs from the Hongliuxia and Huoshaogou sections

基本条件吻合。钻孔资料表明,火烧沟组沿阿尔金山断裂以南呈狭长带状分布,揭示火烧沟组沉积受阿尔金山断裂运动控制<sup>[3,4,24]</sup>。盆地北部的火烧沟组向南和向东其厚度逐渐减薄至尖灭,碎屑粒度也由大变小<sup>[4,29]</sup>;磷灰石裂变径迹测年技术表明阿尔金山自 65Ma 即开始隆升<sup>[30]</sup>。以上证据表明,火烧沟组砂岩的物源来自阿尔金山。

### 3.3 对阿尔金山断裂左旋走滑距离的简要讨论

阿尔金山左旋走滑断裂是地球上最长的走滑断裂之一,也是青藏高原北部的重要边界。对阿尔金山断裂走滑距离的研究,可反映印度板块向欧亚板块俯冲碰撞,导致青藏高原隆升,使青藏高原内部物质向东发生迁移的程度<sup>[1]</sup>。目前,国内外学者对阿尔金山走滑距离尚存在较大争议,多数学者认为位移距离为  $375 \pm 25$  km<sup>[31]</sup>。

本次研究认为火烧沟组砂岩的物源应来自阿尔金山。根据两地的现今位置,笔者推测位移量应 >450 km,该推测也印证了前人的结论<sup>[15]</sup>。图 1 蓝色条带分别为南阿尔金山、柴达木北缘超高压变质带和北阿尔金山、北祁连山高压变质带。南阿尔金山超高压变质带和北阿尔金山高压变质带分别是柴达木北缘超高压变质带和北祁连山高压变质带的西延部分<sup>[6,31-39]</sup>,由于阿尔金山断裂的左旋走滑而发生错位,

错位距离 >450 km。

## 4 结 论

(1) 火烧沟剖面为多物源输入,红柳峡剖面为单一物源输入,红柳峡剖面更适合研究火烧沟组砂岩的物源。

(2) 红柳峡剖面火烧沟组的物源为变质岩区,且物源来自阿尔金山。

(3) 推测阿尔金山左旋走滑断裂的断距应 >450 km。

**致谢:** 研究资料来源于成都理工大学冉波副教授,并得到冉波副教授和徐冠立讲师的指导,在此表示感谢!

## 参 考 文 献

- [1] 李海兵, 杨经绥. 青藏高原北部白垩纪隆升的证据[J]. 地质学前沿, 2004, 11(4): 345-359.
- [2] ZHU Lidong, WANG Chengshan, ZHENG Hongbo, et al. Tectonic and sedimentary evolution of basins in the northeast of Qinghai-Tibet Plateau and their implication for the northward growth of the Plateau [J]. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 2006, 241(1): 49-60.
- [3] 戴霜, 方小敏, 宋春晖, 等. 青藏高原北部的早期隆升 [J]. 科学通报, 2005, 5(7): 673-683.
- [4] 陆洁民, 郭召杰, 赵泽辉, 等. 新生代酒西盆地沉积特征及其与祁连山隆升关系的研究 [J]. 高校地质学报, 2004, 10(1): 50-61.
- [5] Ritts B D, YUE Yongjun, Graham S A. Oligocene-Miocene Tectonics and Sedimentation along the Altyn Tagh Fault, Northern Tibetan Plateau: Analysis of the Xorkol, Subei, and Aksay Basins [J]. The Journal of Geology, 2004, 112(2): 207-229.
- [6] YUE Yongjun, Ritts B D, Graham S A. Initiation and long-term slip history of the Altyn Tagh fault [J]. International Geology Review, 2001, 43(12): 1087-1093.
- [7] YUE Yongjun, Ritts B D, Graham S A, et al. Slowing extrusion tectonics: lowered estimate of post-Early Miocene slip rate for the Altyn Tagh fault [J]. Earth and Planetary Science Letters, 2003, 217(1): 111-122.
- [8] Basu A, Young S W, Suttner L J, et al. Re-evaluation of the use of undulatory extinction and polycrystallinity in detrital quartz provenance interpretation [J]. Journal of Sedimentary Research, 1975, 45(4): 873-882.

- [9] Helmold K P. Provenance of Feldspathic Sandstones—The Effect of Diagenesis on Provenance Interpretations: A Review[M]. Provenance of Arenites, Springer Netherlands, 1985: 139-163.
- [10] 马收先, 孟庆任, 曲永强. 轻矿物物源分析研究进展[J]. 岩石学报, 2014, 30(2): 597-608.
- [11] 曾允孚, 夏文杰. 沉积岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1986.
- [12] 巫声扬. 应用石英判别母岩的一些镜下现象[J]. 世界核地质科学, 1981(3): 40-45.
- [13] 潘良云, 谢结来, 李明杰, 等. 酒泉盆地白垩纪—新生代区域构造演化与油气勘探[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(1): 62-69.
- [14] 李明杰, 谢结来, 潘良云. 祁连山北缘冲断带西段构造特征[J]. 地学前缘, 2005, 12(4): 438-444.
- [15] 冉波, 李亚林, 朱利东, 等. 青藏高原北缘新生代早期构造运动——来自酒西盆地始新世—渐新世的沉积学约束[J]. 岩石学报, 2013, 29(3): 1027-1038.
- [16] 马雪, 伊海生, 夏国清. 柴达木盆地西部新生代砂岩碎屑组分变化记录的沉积转型事件[J]. 地质通报, 2010, 29(9): 1294-1303.
- [17] Dickinson W R, Suczek C A. Plate Tectonics and Sandstone Compositions[J]. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1979, 63(12): 2164-2182.
- [18] 李忠, 李任伟, 孙枢, 等. 合肥盆地南部侏罗系砂岩碎屑组分及其物源构造属性[J]. 岩石学报, 1995, 15(3): 438-445.
- [19] 李忠, 王道轩, 林伟, 等. 库车坳陷中—新生代碎屑组分对物源类型及其构造属性的指示[J]. 石油实验地质, 2006, 28(3): 655-666.
- [20] 王自剑, 刘树根, 冉波, 等. 川北上三叠统须家河组砾岩物源的多源性探讨: 来自阴极发光的约束[J]. 矿物岩石, 2015, 35(1): 109-120.
- [21] YIN An, Rumelhart P E, Butler R, et al. Tectonic history of the Altyn Tagh fault system in northern Tibet inferred from Cenozoic sedimentation[J]. Geological Society of America Bulletin, 2002, 114(10): 1257-1295.
- [22] 乔淑卿, 杨作升. 石英示踪物源研究进展[J]. 海洋科学进展, 2006, 24(2): 266-274.
- [23] Zinkernagel U. Cathodoluminescence of quartz and its application to sandstone petrology[J]. Contributions to Sedimentary Geology, 1978(8): 1-69.
- [24] 冉波, 王成善, 朱利东, 等. 距今 40~30 Ma 时期青藏高原北缘酒西盆地沉积物重矿物分析和构造意义[J]. 地学前缘, 2008, 15(5): 388-397.
- [25] Wilmsen M, Fursich F T, Seyed-Emami K, et al. The Cimmerian Orogeny in northern Iran: Tectonostratigraphic evidence from the foreland[J]. Terra Nova, 2009, 21(3): 211-218.
- [26] 向鼎璞. 北祁连山主要地质特征[J]. 中国区域地质, 1987(1): 34-43.
- [27] George A D, Marshallsea S J, Wyrwoll K H, et al. Miocene cooling in the northern Qilian Shan, northeastern margin of the Tibetan Plateau, revealed by apatite fission-track and vitrinite-reflectance analysis[J]. Geology, 2001, 29(10): 939-942.
- [28] 刘永顺, 于海峰, 辛后田, 等. 阿尔金山地区构造单元划分和前寒武纪重要地质事件[J]. 地质通报, 2009, 28(10): 1430-1438.
- [29] 方世虎, 宋岩, 赵孟军, 等. 酒西盆地中生代碎屑组分特征及指示意义[J]. 地学前缘, 2010, 17(5): 306-314.
- [30] 孙岳, 陈正乐, 陈柏林, 等. 阿尔金北缘 EW 向山脉新生代隆升剥露的裂变径迹证据[J]. 地球学报, 2014, 35(1): 67-75.
- [31] 李海兵, 许志琴, 杨经绥, 等. 阿尔金断裂带最大累积走滑位移量—900 km? [J]. 地质通报, 2007, 26(10): 1288-1298.
- [32] 崔军文, 唐哲明, 邓晋福, 等. 阿尔金断裂系[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 156-169.
- [33] 许志琴, 杨经绥, 张建新, 等. 阿尔金断裂两侧构造单元的对比及岩石圈剪切机制[J]. 地质学报, 1999(3): 193-205.
- [34] ZHANG Jianxin, ZHANG Zeming, XU Zhiqin, et al. Petrology and geochronology of eclogites from the western segment of the Altyn Tagh, northwestern China[J]. Lithos, 2001, 56(2/3): 187-206.
- [35] YUE Yongjun, Liou J G. Two-stage evolution model for the Altyn Tagh fault, China[J]. Geology, 1999, 27(3): 227-230.
- [36] 潘桂堂, 焦淑沛, 徐耀荣, 等. 阿尔金山新生代构造及造山性质[C]//青藏高原地质论文集(15). 北京: 地质出版社, 1984: 113-120.
- [37] 张建新. 阿尔金西段加里东期山根的初步研究[D]. 北京: 中国地质科学院, 1998.
- [38] 杨经绥, 许志琴, 宋述光, 等. 青海都兰榴辉岩的发现及对中国中央造山带内高压—超高压变质带研究的意义[J]. 地质学报, 2000, 74(2): 157-168.
- [39] 葛肖虹, 张梅生, 刘永红, 等. 阿尔金断裂研究的科学问题与研究思路[J]. 现代地质, 1998, 12(3): 295-301.

## Characteristics of sandstone detrital components of the Eocene Huoshaogou Formation in the Jiuxi basin and its geological implications

SONG Xu-bo

(*College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China*)

**Abstract:** The Jiuxi basin is located within the triangle area which is surrounded by the North Qilian fault to southwest and Altyn Tagh fault to northwest, and is of an important significance in understanding the Cenozoic tectonic-sedimentary evolution of the northern Tibetan Plateau. In this paper, we carried out a detailed study of sandstones of the Eocene Huoshaogou Formation in the Hongliuxia and Huoshaogou sections, using detrital components, morphology and cathodoluminescence of quartzs. The results show that the rock fragments, quartz detritals and feldspar detritals of the sandstone from the Huoshaogou Formation are typical characteristics of the metamorphic rocks origin. In combination with the geological, structural background and palewater features of the Jiuxi basin, this study systematically analyzed the regional rock features of Altyn and Qilian mountains, which provided the materials for studying the Huoshaogou Formation in the Jiuxi basin. It can be concluded that the provenance of the Huoshaogou Formation in the Jiuxi basin might derive from the Altun Mountains, and the offset of the Altyn left-lateral strike-slip fault should be more than 450 km.

**Key words:** rock fragments; quartz; feldspar; sandstone fragments; Huoshaogou Formation; Jiuxi basin