

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

西秦岭关家沟组物源分析

卢海峰¹⁾, 王宗起²⁾, 王涛²⁾, 姜春发²⁾

1) 中国地震局地壳应力研究所, 北京, 100085; 2) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

内容提要: 西南秦岭摩天岭地区关家沟组的时代、沉积环境及构造背景一直是争论的焦点。对关家沟组粉砂岩、板岩进行了常量、微量及稀土元素地球化学分析表明: 关家沟组物源主要来自活动大陆边缘的岛弧环境。以本区地层斜层理产状及砾石优选方位为依据, 对关家沟组岩层古水流方向综合分析, 推测其古水流方向为 $230^{\circ}\sim 356^{\circ}$, 以北西向为主; 砾石的优选方位在 $228^{\circ}\sim 338^{\circ}$ 之间, 以北北西向为主; 砾石分布特征由南向北颗粒由大逐渐变小、磨圆度由差至较好、优选方位由杂乱到较好的变化趋势。结合前人成果, 关家沟组应属于碧口弧前盆地系统内, 推测关家沟组内的沉积物主要来自南东向的岛弧。

关键词: 关家沟组; 海底扇; 岛弧; 弧前盆地

西南秦岭作为中国“中央造山带”(姜春发, 1993; 姜春发等, 2000)东西衔接部位的重要组成部分, 因其特殊的地质构造位置和丰富的矿产资源, 长期以来是地学界研究的重要区域。主要分布于甘肃省文县地区的关家沟组的成因环境及构造背景等问题多年来一直争论不休。这主要表现在地层成因上, 既有冰川成因(叶连俊等, 1994), 又有滨海成因。冰川成因可与陕西宁强县南沱冰碛岩层相对比; 滨海成因的证据来源于其为一套火山碎屑复理石组合建造, 可与莲沱组上部凝灰质砂岩夹砂质页岩为主的岩性相对比。同样, 重新审视关家沟组的物质来源, 对可重新认识摩天岭地块乃至整个秦岭造山带大地构造形成、演化及发展意义重大。笔者近期对该地区进行了详实的野外和室内工作, 采取了以下研究方法: ①以野外地质调查为基础, 通过具体的野外工作查明关家沟组地层岩石组合特征、沉积层序特征、地质构造特点、砾石统计及其纵横向的分布及变化规律, 查明该区地层间岩石组合关系及与邻层间的接触关系; ②在室内工作中, 以观察薄片, 粒度分析, 古水流分析, 同位素地球化学分析等为主。通过对以上问题的分析, 提出了自己的一些看法。

1 地质概况

从区域构造背景上, 研究区位于扬子板块北西

缘, 主要受两大断裂控制: 南侧的平武—青川—阳平关断裂与北侧的文县—两河口—郭镇断裂(王宗起等, 2002)(图1)。从局部构造特征来看, 把该区以天台山—毛人梁断裂为界, 归为文县断褶构造带, 并根据地层接触关系和褶皱特点, 以凡昌—东峪口北西向断裂带为界, 其东侧为放马山背斜褶皱带, 西侧为旧寨向斜褶皱带^①。

秦岭造山带西南缘的关家沟组, 相当于甘肃天水地质队1961年创名的关家沟组。1979年甘肃地质矿产局研究所曹志霖将此定名为关家沟群。1988年西安地质学院陶洪祥沿用关家沟群的定名方案。1989年甘肃地质矿产局在《甘肃区域地质志》一书中将该套地层划为震旦系下部(甘肃省地质矿产局, 1991)。赵祥生等(1990)认为该套岩石组合可与峡东地区的南沱组对比, 为冰碛层。1995年甘肃地层清理沿用关家沟组, 归属早震旦系晚期。2000年长安大学地质调查研究院沿用关家沟组一名, 并根据其当前所获资料, 其时代置于晚震旦纪早期。阎全人等(2004)依据单矿物(斜长石和钾长石) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 热年代学研究, 将其时代置于晚古生代—早中生代。

对于关家沟组地层的沉积环境和构造背景, 裴先治等(2002)将其归为勉略构造带的一部分, 苏春乾等(2003)将其作为扬子地台西北缘最边缘的沉积

注: 本文为中国地质调查局“西秦岭成矿环境研究”项目(编号 DKD2001002)资助的成果。

① 长安大学地质调查研究院. 2000. 1:50000文县幅区域地质调查报告.

收稿日期: 2005-06-11; 改回日期: 2005-08-23; 责任编辑: 郝梓国.

作者简介: 卢海峰, 男, 1975年生。助理研究员, 构造地质专业, 从事地震地质方面研究。通讯地址, 100085, 北京市中国地震局地壳应力研究所一室。电话: 010-62842635.

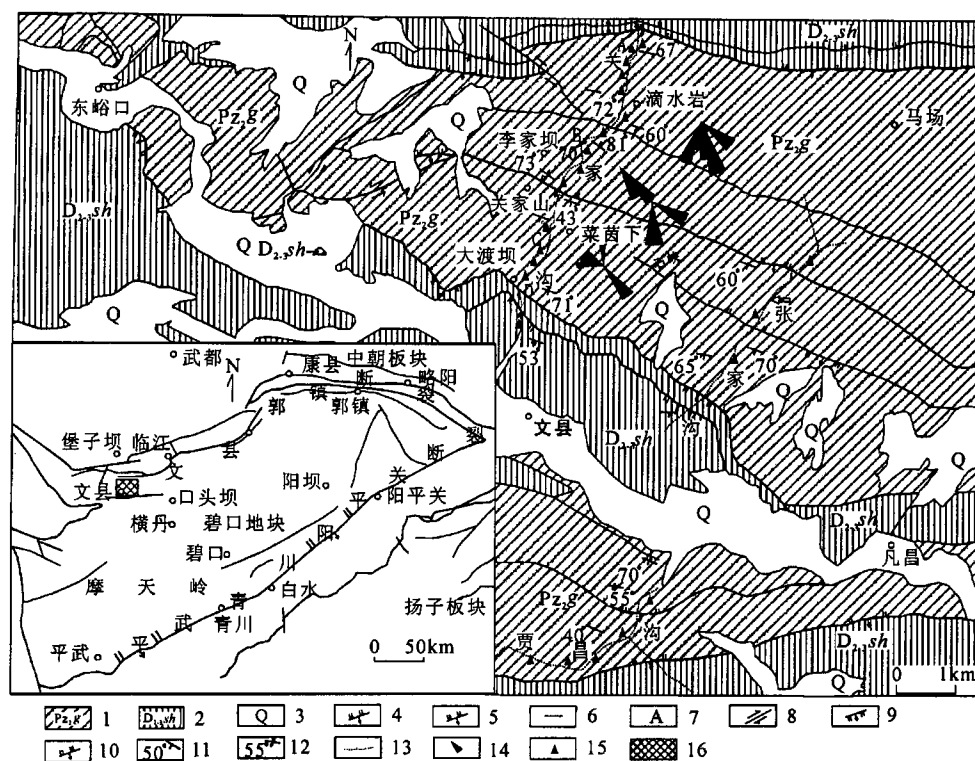


图1 研究区构造地质简图

Fig.1 Schematic map showing the geological structure of the studied area

- 1—关家沟组;2—三河口群;3—第四系;4—主干断裂;5—区域性断裂;6—断层;7—截取剖面点;8—平移断层;9—正断层;
10—逆断层;11—地层产状;12—倒转产状;13—河流;14—古水流方向;15—采样点;16—工作区
1—Guanjiagou Formation;2—Sanhekou Group;3—Quaternary;4—major fault;5—region fault;6—fault;7—spot of intercepted section;
8—moving fault;9—positive fault;10—thrust fault;11—stratum attitude;12—overturned attitude;
13—river;14—paleocurrent; 15—sampling spot;16—workaround

地层。依据苏春乾等(2003)最近的科研成果和近期本人的室内外分析,关家沟地层应为碧口岛弧北西缘的弧前盆地海底扇浊流沉积体系。

2 关家沟组地层划分

关家沟组地层主要分布于甘肃省文县的东北部,以北东东向呈条带状紧贴于横丹群的北西侧。根据野外实测剖面(图2),可将其划分为3个岩性段(李家坝→大渡坝南为较完整3段)。在关家沟组下段下部地层中,岩性以粉砂质板岩及灰色泥质板岩为主,原始纹层保留较好,页理发育,岩层薄,岩层变形较强,从岩层下段中上部分开始出现含砾岩层,岩性为灰黑色粉砂质炭质板岩、泥质粉砂质板岩夹灰绿色—绿色凝灰质砂岩、含砾凝灰质砂岩及含砾凝灰质砂岩薄层;在关家沟组中段中,岩性以细、中、粗砂岩夹砾岩层为主,向上砾岩层厚度逐渐增加,岩层具鲍玛序列、交错层理,冲刷面清晰;至关家沟组上段,岩

层逐渐过渡为粗砾岩段夹砂岩层,显示出高的韵律旋回。

经分析,关家沟组是一套正常陆源碎屑沉积与火山碎屑沉积的复合沉积体,因后期地质作用的改造使其顶底缺失,均与三河口群断层接触。以粗碎屑成分作为海底斜坡扇的主要成分,对关家沟组地层给予描述。在平面上,关家沟组海底扇为北东东向条带状分布(图3),面积约40 km²,主要分布在文县城城北处的关家沟一带和天台山以北的云雾山一带;在横剖面上,海底扇的水道充填物和旁侧的天然堤构成了扇体最厚的部分,海底扇指状部分为扇体侧翼,最大厚度达1460 m。结合关家沟组地层特征及其硅质岩夹层中含有海相放射虫化石,表明其沉积环境为海底扇沉积体系。

3 物源讨论

沉积岩的物质来源受其所处的构造环境控制。

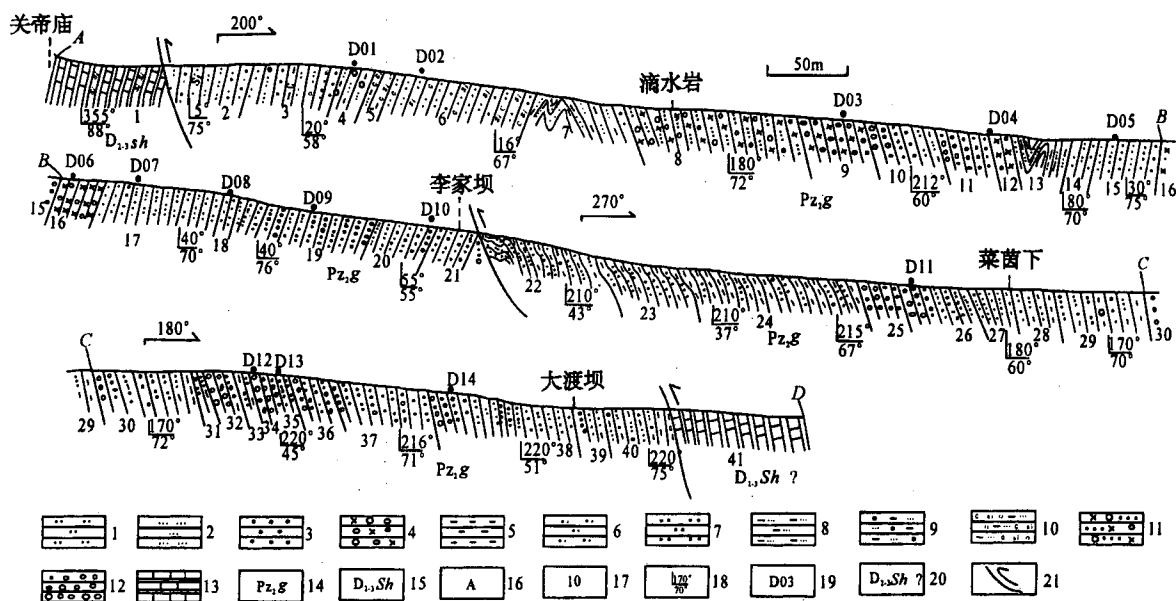


图 2 摩天岭地区关家沟组地层剖面

Fig. 2 Cross section of the Guanjiagou Formation in the Motianling area

1—细砂岩;2—粉砂岩;3—粗砂岩;4—灰绿色砾岩;5—泥质板岩;6—杂砂岩;7—中砂岩;8—粉砂质板岩;9—含砾粉砂质板岩;
10—含碳硅质含砾粉砂质板岩;11—灰绿色含砾粉砂岩;12—砾岩;13—大理岩;14—关家沟组;15—三河口群;16—截取剖面点;
17—编号;18—地层产状;19—砾石统计点;20—待定地层;21—断层

1—Fine sandstone;2—siltstone;3—coarse sandstone;4—sage green conglomerate;5—argillaceous slate;6—mixed sandstone;7—mid-sandstone;
8—silty slate;9—pebbled silty slate;10—carbonic siliceous pebbled silty slate;11—sage green pebbled siltstone;12—conglomerate;13—marble;
14—Guanjiagou Formation;15—Sanhekou Group;16—spot of intercepted section;17—number;18—stratum attitude;19—stated gravel spot;
20—undetermined stratum;21—fault

为揭示研究区的物源环境,利用岩石学特征、地球化学特征和古水流方向进行分析。

3.1 砾岩的研究

砾岩中的砾石和杂砂岩中的岩屑都很好地反映了源区母岩的岩石组合特征。本区砾石统计点的位置已在实测剖面上标出,野外砾石统计结果见表1。

各砾石统计点特征:D01:以细砾为主,成分为花岗岩27%、石英岩50%、砂岩13%、火山岩10%,磨圆度较好,砾石分选性较好。

D02:以细砾为主,成分为花岗岩11%、石英岩22%、火山岩9%、硅质岩58%,磨圆度较好,分选较好。

D03:以粗、中、细砾为主,成分为花岗岩30%、石英岩40%、火山岩30%,磨圆度较好,分选较差。

D04:以中、细砾为主,成分为花岗岩27%、石英岩42%、火山岩13%、板岩11%,砂岩7%。

D05:以中、细砾为主,成分为花岗岩51%、石英岩22%、硅质岩27%,磨圆度较好,分选一般,砾石具定向性。

D06:以粗、中、细砾为主,成分为花岗岩6%、石英岩8%、火山岩35%、硅质岩41%,砂岩10%。

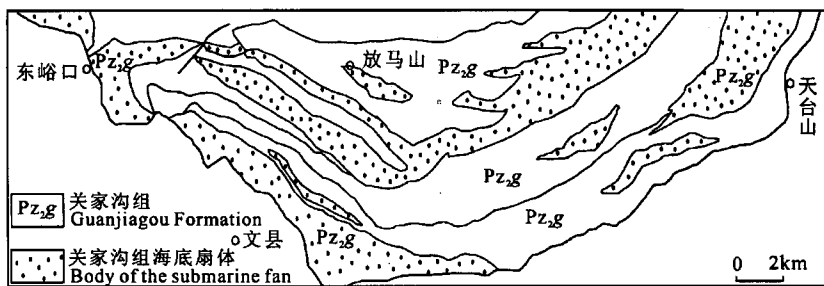


图 3 文县东峪口—天台山地区关家沟组海底扇砂砾岩分布特征平面图

(据苏春乾等修改,2003)

Fig. 3 Distribution plan view of the gravel of the submarine fan in Dongyukou-tiantaishan area of Wen county (modifying form Su Chunqian et al., 2003)

表1 关家沟组野外砾石统计百分含量

Table 1 The content of the gravel of the Guanjiagou Formation in the Motianling area

点位	粒径(mm)	[128 90.5]	[90.5 64]	[64 45.3]	[45.3 32]	[32 22.6]	[22.6 16]	[16 11.3]	[11.3 8]	[8 5.6]	[5.6 4]	[4 2.8]	[2.8 2]
D01	面积量(%)		4.43	23.76	30.49	17.82	12.66	2.61	1.76	2.63	0.84		
D02	面积量(%)			20.38	33.83	18.31	4.98	15.57	4.56	0.54	1.55		0.28
D03	面积量(%)			13.51	25.51	16.59	16.34	15.07	8.56	2.48	1.71	0.19	0.04
D04	面积量(%)				18.02		2.25	37.8	26.75	12.06	2.72	0.4	
D05	面积量(%)		12.48	29.78	23.04	20.10	4.69	7.27	2.05	0.17	0.42		
D06	面积量(%)			30.63	13.36	11.9	11.72	16.15	6.97	5.44	3.03	0.63	0.17
D07	面积量(%)			20.98	28.56	15.98	8.62	14.57	3.65	4.92	1.91	0.77	0.04
D08	面积量(%)				13.46	18.11	40.63	16.52	5.57	5.15	0.49	0.07	
D09	面积量(%)		23.20	15.52	10.54	12.38	13.71	7.34	8.59	4.08	3.57	0.67	0.4
D10	面积量(%)				11.89	29.56	24.59	15.75	8.37	4.52	4.02	1.20	0.10
D11	面积量(%)	9.23	24.56	18.78	21.14	11.37	9.97	3.35	1.39	0.21			
D12	面积量(%)		23.54	9.73	36.15	17.62	9.07	2.55	0.82	0.47	0.05		
D13	面积量(%)		29.20	26.15	25.80	6.26	7.81	3.48	0.47	0.48	0.33	0.02	
D14	面积量(%)		1.00	8.52	33.53	20.78	18.98	11.85	4.08	0.43	0.71	0.12	

D07:以中、细砾为主,成分为花岗岩9%、石英岩10%、火山岩50%、硅质岩27%、砂岩2%,磨圆度较好,分选较差。

D08:砾以粗砾为主,成分为花岗岩14%、火山岩49%、硅质岩30%、砂岩7%,磨圆度一般较差,分选一般。

D09:以粗、中、细砾为主,成分为花岗岩15%、石英岩4%、火山岩33%、硅质岩45%、砂岩3%,磨圆度一般较差,分选一般。

D10:以粗、中、细砾为主,成分为花岗岩22%、火山岩34%、硅质岩37%、砂岩7%,磨圆度一般较好,分选一般。

D11:以中砾为主,成分为花岗岩40%、石英岩11%、火山岩17%、硅质岩25%、砂质板岩7%,磨圆度一般,分选呈韵律性较好。

D12:以粗砾为主,成分为花岗岩16%、灰岩2%、硅质岩67%、砂岩15%,磨圆度一般,分选一般,定向性差。

D13:以粗、中、细砾为主,成分为花岗岩25%、火山岩18%、硅质岩56%、砂岩1%,磨圆度一般,分选一般。

D14:以粗、中、细砾为主,粗砾层较薄,成分为花岗岩21%、火山岩18%、硅质岩60%、砂岩1%,磨圆度较好—中等,分选性一般,定向性一般。

据图4砾石直径立方图分析(ϕ 代表颗粒粒径),从纵向看,位于关家沟组下段的点D11的分选性较好,粒度相对较小;而位于上段的点D12、D13、D14的分选性较差,粒度与点D11处砾石相比较,但D12与D14砾径范围近相同,而D12为单峰,D14为双峰,显示了D14分选性更差的特点。从横

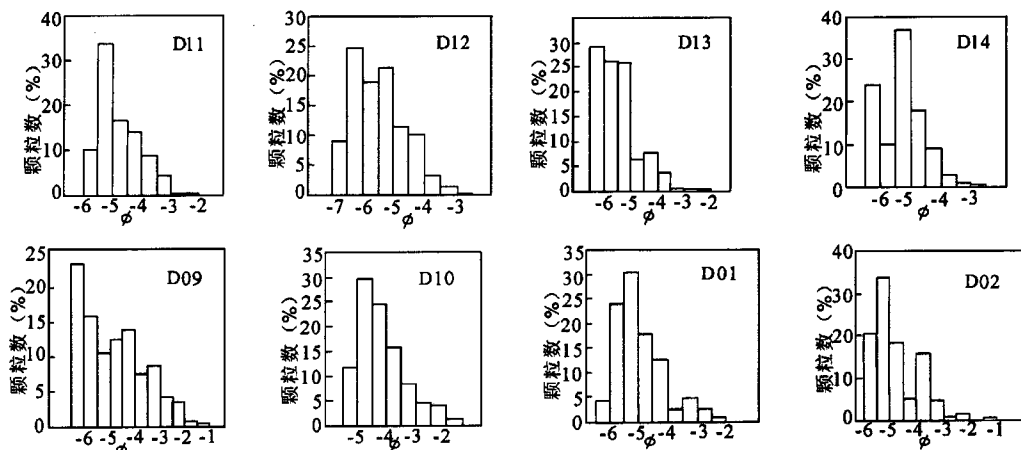


图4 研究区砾岩层不同点位砾石含量直方图

Fig. 4 Histograms of the content of gravel in different spots of the studied areas

向比较而言,位于同一层位的 D09、D10 比 D12、D13 的分选性较好。点 D11 直方图上有一峰值,两边近对称。其分选性明显优于关家沟中段点 D01 和 D02;由野外资料分析并结合前人成果(苏春乾等,2003),D11 代表深水典型浊流沉积。

点 D11、D01、D09 分别位于关家沟组上、中、下段,从图 5 累积曲线图可以较好的说明该研究区岩石颗粒复杂,分选性中等—较差,为海底扇浊流沉积区。总体上,从下段至上段,显示了相变的过程:深水盆地相→海底扇相。

综上,根据野外砾石统计可知,关家沟组由南向北砾石具有的特征:颗粒以由大逐渐变小、磨圆度为差—中等—较好的趋势过渡、优选方位以杂乱—中等—较好的趋势变化。结合前人成果,关家沟组位于碧口弧前盆地(阎全人等,2002),可推测关家沟组内沉积物来自南东向的岛弧环境。

3.2 杂砂岩组成研究

造山带沉积盆地内的沉积物与物源之间的搬运距离较短,碎屑颗粒组成经受的影响较少,能够更准确、可靠的反映造山带的构造演化特征(Dickinson, 1988)。以关家沟组为代表的西南秦岭扬子板块北西缘发育大量砾岩层和杂砂岩层,其成分和成熟度较差,磨圆度总体差,表明其沉积物源区与沉积环境距离较近,碎屑本身经受的风化和搬运作用影响小,因此其组分特征能够很好的反映其形成大地构造背景。

Dickinson(1972)认为在与弧造山带背景相关的构造环境中所形成的砾岩、砂岩中常常含有大量火山岩岩屑和长石;造山带中与岛弧物源区有关的砂岩以含有大量的岩屑和更低含量石英为特点。关家沟组的砾岩层和杂砂岩发育良好,并含有大量火山岩物质,其岩石成分主要包括花岗质、安山质等。砾

岩中的砾石和杂砂岩中的岩屑都很好地反映了源区母岩的岩石组合特征。通过室内大量岩石薄片观察,并对其中 40 个薄片进行了碎屑统计分析,选取了十个典型薄片进行了碎屑颗粒百分含量统计分析(表 2)。将统计结果投影到 Qt-F-L、Qm-F-Lt 图解(Dickinson W et al., 1983)(图 6)中,较清楚的看到:关家沟组源区大地构造背景主要为岛弧源区。火山岩屑主要为基性火山岩屑、玄武岩、中性火山岩、辉长岩、燧石等。

3.3 细杂砂岩岩石地球化学特征研究

在关家沟组的岩性组合中,粗砂岩和砾岩占很大比例,且具有多层次性,岩屑含量丰富,化学分析的精确性就很难判定,这主要通过古水流及岩石颗粒组组成来推断其形成源区大地构造背景。而泥质岩与物源和大地构造背景的关系十分密切(张发成, 1986)。为了探讨关家沟组的形成源区大地构造背景,对其粉砂岩和泥质板岩进行了地球化学测试(图 7a、7b, 表 3、4、5)。在 $\text{Log}(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})-\text{SiO}_2$ 图解(Tarney J, 1976)上,研究区样品落入活动大陆边缘和岛弧区,说明岛弧和活动大陆边

表 2 关家沟组杂砂岩颗粒组成百分含量(%)

Table 2 Content(%) of the mixed sandstones of the Guanjiagou Formation

样号	点位	Qt-f-l			Qm-F-Lt		
BW86	32°58.12'N 104°40.89'E	50	26	24	35	26	39
BW13	32°59.59'N 104°41.45'E	38	17	45	22	19	59
BW17	32°59.62'N 104°40.86'E	37	28	45	22	28	50
BW42	32°57.09'N 104°40.57'E	46	30	24	27	30	43
BW45	32°59.10'N 104°41.70'E	32	28	40	25	28	47
BW49	32°59.07'N 104°41.48'E	35	21	43	20	22	48
BW90	32°58.06'N 104°40.89'E	38	25	47	24	25	51
BZ06	32°56.93'N 104°42.51'E	33	32	35	26	32	42
BZ11	32°56.71'N 104°42.30'E	41	24	35	26	24	50
BJ02	32°55.38'N 104°42.18'E	37	16	47	22	16	62

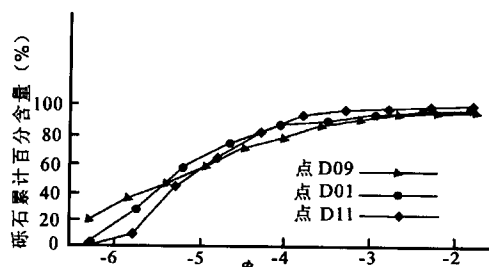


图 5 摩天岭地区关家沟组不同段内砾石累积曲线图
Fig. 5 The accumulation graph showing the per content of the gravel in the different layer of the Guanjiagou Formation in the Motianling area

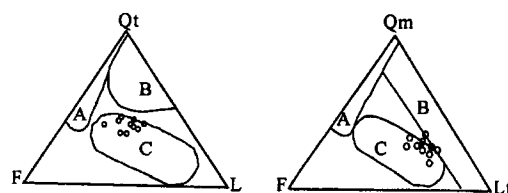


图 6 关家沟组杂砂岩碎屑平均组分图解
Fig. 6 Diagram showing the average component of the mixed sandstone of Guanjiagou Formation
A—克拉通;B—再旋回造山带;C—岩浆弧
A—Cratons;B—recycled orogenic belt;C—magmatic arc

表 3 关家沟组主量元素分析结果(%)

Table 3 Major element analyses(%) of the Guanjiagou Formation

样号	岩性	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	FeO	H ₂ O ⁺	CO ₂	TFe ₂ O	LOI
BW18	含砾粉砂质板岩	2.72	2.20	14.10	64.50	0.15	2.86	2.80	0.62	0.13	1.08	3.63	2.84	1.85	5.11	4.15
BW34	灰黑色粉砂质板岩	2.72	1.75	11.29	71.57	0.22	1.98	2.33	0.65	0.05	0.88	2.60	2.20	1.58	3.77	3.39
BW38	灰色细砂岩	1.87	2.78	16.77	63.04	0.25	4.45	0.57	0.93	0.02	2.65	3.16	3.68	0.05	6.16	3.46
BW41	灰色泥质板岩	2.67	1.24	14.27	70.35	0.12	3.27	0.26	0.93	0.01	1.08	0.83	2.90	0.32	2.00	4.30
BW43	灰白色泥质板岩	2.38	1.17	12.81	67.87	0.14	3.47	0.08	0.82	0.01	4.15	0.57	3.58	0.32	4.78	5.80
BW53	灰黑色泥质板岩	3.80	2.04	16.20	64.92	0.13	3.00	0.68	0.74	0.07	1.73	2.82	3.10	0.14	4.86	2.96
BW75	浅灰色砂质板岩	2.56	3.24	16.45	60.58	0.10	2.53	2.31	0.69	0.22	0.90	4.98	4.04	1.49	6.43	4.79
BW79	灰黑色粉砂质板岩	2.86	2.29	15.51	66.09	0.16	2.60	0.78	0.66	0.07	1.29	3.79	3.14	0.14	5.50	2.84
BW82	灰色粉砂质板岩	3.53	0.54	15.88	72.46	0.02	2.14	0.15	1.04	0.01	0.15	0.66	2.98	0.14	0.88	2.70
BW89	深灰色泥质板岩	1.74	3.00	20.52	57.65	0.17	3.21	0.30	0.88	0.09	1.85	5.32	4.53	0.14	7.76	4.22
BW121	灰色泥质板岩	1.80	1.61	16.03	68.21	0.15	3.62	0.28	0.72	0.02	1.28	2.89	3.00	0.05	4.49	2.85
BZ-06	灰黑色粉砂质板岩	2.10	1.95	15.45	67.31	0.09	2.86	0.74	0.76	0.06	1.29	3.83	3.16	0.23	5.55	2.89
BZ-11	灰黑色粉砂质板岩	2.51	2.81	15.09	64.53	0.16	2.84	1.46	0.69	0.09	1.06	4.38	3.36	0.86	5.93	3.74
BJ-02	灰白色粉砂质板岩	3.54	1.38	15.92	69.28	0.06	3.02	0.33	0.94	0.02	1.43	0.81	2.88	0.23	2.33	2.86

表 4 关家沟组微量元素分析结果($\times 10^{-6}$)

Table 4 Trace element analyses($\times 10^{-6}$) of the Guanjiagou Formation

样号	Ba	Sr	V	Zn	Co	Cs	Pb	Rb	Sc	Th	U	Cu	Ni	Cr	Zr	Nb	Hf	Ta
BW18	715	180	62.3	51.0	10.9	2.00	6.27	55.9	12.5	6.86	1.08	24.5	12.9	33.7	187	8.30	5.18	0.61
BW34	839	112	84.9	84.4	7.83	2.05	7.82	59.9	9.42	10.2	2.26	30.1	20.7	50.0	249	11.8	6.71	0.67
BW38	1840	47.2	179	208	4.72	4.22	30.7	140	16.7	13.8	4.25	61.3	46.4	75.5	237	12.0	6.63	0.97
BW41	2560	133	436	54.9	0.75	4.35	17.4	94.2	13.9	12.6	5.68	40.1	9.68	71.4	242	10.0	6.50	0.83
BW43	435	122	422	30.7	0.40	4.24	33.6	133	15.0	9.59	9.11	23.1	4.14	84.2	167	10.1	4.36	0.81
BW53	897	138	93.8	50.2	2.41	2.57	15.9	92.6	15.0	9.13	1.60	15.8	8.20	40.1	170	10.1	4.85	0.76
BW75	597	208	68.1	84.3	13.6	2.28	4.85	62.0	13.2	5.32	1.08	32.7	22.5	29.7	242	8.96	6.51	0.67
BW79	572	136	76.8	59.1	6.59	1.79	3.72	70.3	15.2	5.45	0.98	27.3	8.70	29.6	166	6.71	4.61	0.48
BW82	750	121	97.7	16.9	0.87	3.91	13.9	70.6	17.4	6.24	1.44	41.6	4.48	75.4	180	8.56	5.05	0.61
BW89	770	152	102	100	7.20	2.62	3.24	67.0	19.0	6.43	1.33	36.0	35.4	48.0	134	6.60	3.88	0.50
BW121	760	69.8	60.8	51.3	4.85	4.32	11.2	87.5	9.92	7.31	1.26	15.7	12.5	34.4	231	9.12	5.55	0.61
BZ-06	572	104	74.3	83.9	5.42	2.81	7.32	65.9	12.2	7.54	1.15	39.0	16.7	43.4	212	8.45	5.36	0.59
BZ-11	697	130	83.5	85.1	11.0	2.87	7.32	74.7	14.5	6.23	1.00	37.0	22.7	40.0	162	7.84	4.75	0.56
BJ-02	2800	115	149	72.0	0.79	4.03	29.7	101	14.4	10.7	4.83	23.7	7.33	71.5	206	10.1	5.76	0.80

表 5 关家沟组稀土元素分析结果($\times 10^{-6}$)

Table 5 The REE analyses($\times 10^{-6}$) of the Guanjiagou Formation

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
BW18	24.7	51.5	6.14	23.3	4.86	1.02	4.14	0.70	4.36	0.88	2.67	0.38	2.51	0.40	24.8
BW34	23.2	46.6	5.45	20.8	4.51	0.88	3.88	0.65	4.28	0.88	2.64	0.36	2.39	0.36	24.9
BW38	35.9	71.3	8.49	33.6	6.86	1.11	5.52	0.93	5.79	1.22	3.56	0.51	3.22	0.52	33.8
BW41	32.7	64.2	7.83	29.6	6.24	1.05	5.08	0.86	5.32	1.12	3.26	0.46	3.11	0.46	29.0
BW43	35.7	71.6	7.98	28.7	5.12	0.24	3.84	0.64	4.26	0.92	2.73	0.40	2.56	0.40	27.8
BW53	18.3	38.3	4.75	17.6	3.98	0.86	2.99	0.57	3.85	0.81	2.45	0.38	2.46	0.39	20.5
BW75	19.1	45.0	5.57	24.3	6.80	1.15	6.37	1.16	7.45	1.44	4.07	0.57	3.70	0.52	37.3
BW79	12.8	32.3	3.72	15.7	3.74	0.75	3.22	0.59	3.89	0.79	2.35	0.34	2.31	0.36	20.8
BW82	24.1	50.2	5.69	21.2	3.57	0.73	2.60	0.49	3.31	0.76	2.33	0.36	2.39	0.37	22.3
BW89	41.6	74.5	7.24	25.2	4.18	0.84	3.12	0.57	3.55	0.71	2.15	0.32	2.16	0.34	17.7
BW121	23.1	45.6	5.31	20.0	3.90	0.73	3.03	0.53	3.39	0.68	1.98	0.29	1.91	0.30	18.6
BZ-06	24.6	47.5	6.10	24.0	4.57	1.03	3.68	0.65	3.69	0.78	2.29	0.34	2.13	0.35	20.0
BZ-11	19.8	41.6	4.82	19.2	4.18	0.82	3.55	0.64	4.09	0.84	2.43	0.35	2.21	0.35	21.9
BJ-02	19.7	39.0	4.48	15.9	2.81	0.45	2.59	0.48	2.98	0.64	1.85	0.29	1.93	0.31	17.4

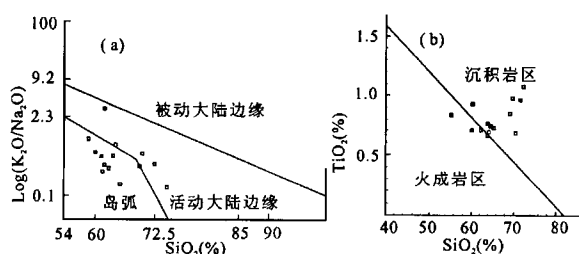


图 7 摩天岭地区浊积岩构造环境的成分判别

Fig. 7 Diagrams of the studied turbidites for the tectonic setting discrimination in the Motianling area

缘是关家沟组的主要物源区。在图 $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ 图解 (Roser B P et al., 1986) 上, 样品既部分落入沉积岩区, 又部分落入火山岩区, 说明关家沟地层物质既来源于正常沉积, 又来源于火山岩区, 使得该区物源多元化。野外露头中, 关家沟组中的火山喷发物质分布广, 侵入岩体花岗岩普遍发育, 且多见于下、中段地层及上段部分地层中。火山岩种类多为石英斑岩、玄武岩、辉长岩等。其赋存形式为:

(1) 以火山灰泥形式充填于岩石碎屑中, 起胶结作用。

(2) 以火山喷发角砾岩形式存在: 根据火山角砾岩特点判断, 可能因盆地边缘火山喷发产生的角砾岩直接沉积或经过盆地边缘斜坡滑塌或块体流体搬运并沉积下来。且露头火山岩粒度分选、磨圆度都很差。

(3) 沉凝灰岩或火山凝灰岩: 地层中陆源物质较少的局部层段有此岩性发育。

根据关家沟组中的火山物质与陆源物质共生关系, 及其它的成分、结构、构造等特点, 可推测起关家沟组的形成不仅与物源不远, 与大陆边缘的火山活动有关, 也与火山喷发活动引起的盆地周缘的震动有关。这种震撼使得盆地边缘斜坡不稳定物质滑塌, 沿水道形成重力流泻入盆地, 形成海底扇和浊流沉积。可见, 这一地球化学特征与关家沟组地层岩石组合特征及古水流特征判断出的构造背景相一致。

现在较多采用粉砂岩和泥质板岩的稀土元素地球化学特征来研究其物源、大地构造背景的关系 (Bhatia M A, 1983)。这是由于稀土元素和微量元素被认为是不活动成分, 在沉积和成岩过程中, 甚至在变质过程中也仅有微小变化 (在深变质情况下其变化有待探讨)。为了进一步分析该区形成的地质构造背景, 结合本区地层为弱变质区特点, 且由上述可

知, ΣREE 集中变化于 $103.66 \times 10^{-6} \sim 192.35 \times 10^{-6}$, REE 配分曲线呈右倾型 (图 8), δEu 亏损; 根据 Bhatia (1985) 总结的主要构造背景中形成的砂岩、泥岩的稀土元素特征, 列出主要的判别参数 (表 6: 由 14 个样品数据求得), 将关家沟组粉砂质和泥质板岩稀土元素参数与其相对比发现其稀土元素值 La、Ce、REE、Eu 与大陆岛弧构造环境相似。说明该研究区物源背景为大陆岛弧。

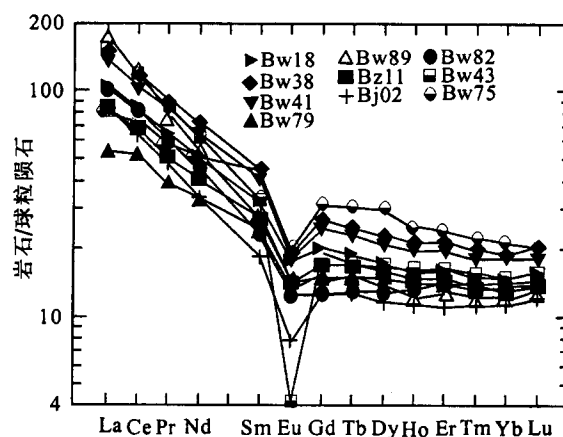


图 8 摩天岭地区关家沟组杂砂岩的 REE 配分曲线图

Fig. 8 Chondrite-normalized REE patterns of the mixed sandstones in the Guanjiagou Formation in the Motianling area

表 6 不同构造环境稀土元素含量 ($\times 10^{-6}$)Table 6 The REE composition of the different tectonic settings ($\times 10^{-6}$)

构造环境	REE 参数			
	La	Ce	REE	Eu
大洋岛弧	8	19	58	1.04
大陆岛弧	27	59	146	0.79
安第斯型	37	78	186	0.6
被动陆缘	39	85	210	0.56
关家沟	24.3	49.2	144.53	0.82

3.4 古水流方向与物源分析

古水流方向的判定主要以本区地层斜层理产状及本区砾石优选方位为依据。斜层理是沉积环境和流体方向的体现, 而砾岩层中的砾石的优选方位也在一定程度上体现出古水流的方向来。关家沟组内发育的斜层理产状, 经矫正后判断出的古水流变化方向, 主要在 $230^\circ \sim 356^\circ$ 之间 (表 7)。砾石的优选方位依据由北向南的位置顺序参见表 8, 由滴水岩处的岩层斜层理及砾石的优选方位, 可以推测滴水岩处浊流主要为北北西—北向; 菜茵下处的古水流则

表7 摩天岭地区关家沟组斜层理统计表

Table 7 List of the tilted lay of the gravel of the Guanjiagou Formation in orientation in the Motianling area

位置	点位	地层产状	前积层 (校正前)	前积层 (校正后)
滴水岩	32°59.41N, 104°41.65E	160°∠45°	145°∠22°	356°∠24°
		160°∠45°	150°∠20°	349°∠25°
菜茵下	32°58.15N, 104°40.98E	180°∠50°	195°∠60°	230°∠16°
		180°∠50°	195°∠70°	218°∠24°
张家沟	32°56.81N, 104°42.42E	215°∠65°	200°∠62°	114°∠14°

向南偏西,尤其砾石的优选方位以北西向为主,同时结合张家沟地层发育的斜层理及砾石优选方位的特点,可以粗略判断出:当时盆地具有南东高、北西低的古地形特征。由已分析出该区为海底扇沉积,关家沟组实质上是从南东向北西向的古水流浊积扇沉积体系。

表8 摩天岭地区关家沟组砾石优选方位统计表

Table 8 List of the excellent trend of the gravel of the Guanjiagou Formation in orientation in the Motianling area

层位	点位	地层产状	优选方位 (校正前)	优选方位 (校正后)
4	32°59.53N, 104°41.73E	10°∠60°	192°∠70°	15°∠10°
8	32°59.35N, 104°41.63E	190°∠60°	205°∠45°	338°∠20°
10	32°59.35N, 104°41.63E	210°∠66°	212°∠72°	228°∠6°
15	32°58.93N, 104°41.52E	30°∠75°	240°∠80°	295°∠29°
17	32°58.87N, 104°41.39E	37°∠72°	250°∠60°	337°∠31°
17	32°58.89N, 104°41.10E	35°∠72°	105°∠55°	334°∠32°
17	32°58.85N, 104°41.25E	45°∠80°	215°∠55°	66°∠28°
19	32°58.75N, 104°41.21E	80°∠67°	260°∠85°	257°∠19°
19	32°58.73N, 104°41.22E	81°∠65°	250°∠80°	220°∠18°
20	32°58.72N, 104°41.24E	85°∠66°	270°∠75°	309°∠11°
张	32°57.21N, 104°42.68E	200°∠60°	210°∠60°	288°∠8°
家	32°56.81N, 104°42.42E	215°∠65°	300°∠62°	198°∠10°
沟	32°56.97N, 104°42.51E	180°∠70°	190°∠70°	270°∠10°

3.5 源区构造背景

根据关家沟组杂砂岩的碎屑组成,可以推断关家沟组源区为多元化;地球化学成分显示了西秦岭关家沟组正常沉积物源中含有大量火山物质,说明关家沟组的形成大地构造环境为强烈的构造活动区。结合古水流和岩石组合特征加以分析,其物源来自活动大陆边缘的岛弧环境。图9再次显示了关家沟组物源为多源区,其主要物质为英质火山岩和长石砂岩。

4 结论

综上所述,关家沟组砾岩的形成、发育及后期演化与其特殊构造背景有着密切关系,地震、火山爆发

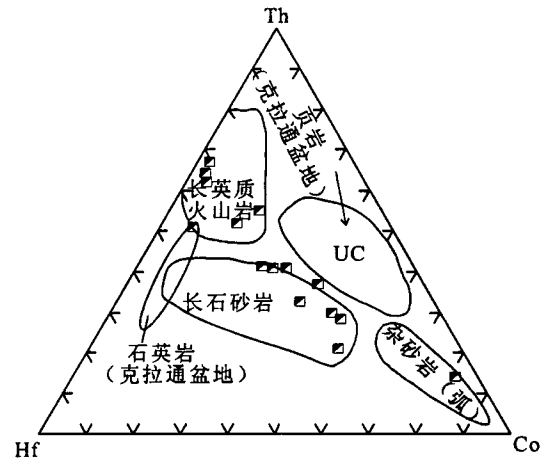


图9 不同构造环境沉积盆地碎屑岩的 Th-Hf-Co 判别图(UC 为平均上地壳成分)

Fig. 9 Th-Hf-Co diagram of the clastics of the sedimentary basins due to different tectonic environments(UC as average component of upper lithosphere)

等地质作用将大量砾石、砂及泥质碎屑搬运到海盆边缘,形成主水道,在地质历史时期,多次沿主道形成重力流,把大量砾石堆积于海滨,同时,盆地边缘火山活动频繁,堆积于陆棚之上的粗砾物质因水流冲刷、火山喷发及其火山震动导致边缘物质滑塌堆积于盆地边缘根部,沉积在海底之上,形成了成放射状的扇形沉积体—海底扇。因此,关家沟组物源以来自南侧扬子板块北缘的活动大陆岛弧为主。也就是关家沟组接受正常沉积的过程中不断伴有火山活动所带来的火山碎屑沉积。

参考文献

- 甘肃省地质矿产局. 1991. 甘肃省区域地质志. 北京:地质出版社.
- 姜春发. 1993. 中央造山带主要地质构造特征. 地质研究, (27): 68.
- 姜春发, 王宗起, 李锦铁, 等. 2000. 中央造山带开合构造. 北京:地质出版社.
- 张发成. 1986. 勉、略、宁地区碧口群基性火山岩微量元素地球化学及其构造环境浅析. 陕西地质科技情报, 总58(4): 61~65.
- 裴先治, 张国伟, 赖绍聪, 等. 2002. 西秦岭南缘勉略构造带主要地质特征. 地质通报, 21(8、9): 486~493.
- 苏春乾, 刘继庆, 王瑶培. 2003. 西秦岭文县地区关家沟组海底扇沉积体系. 长安大学学报, 25(4): 21~182.
- 王宗起, 王涛, 阎臻, 等. 2002. 秦岭晚古生代弧前增生的背驮型盆地体系. 地质通报, 21(8~9): 456~464.
- 阎全人, A D Hanson, 王宗起, 等. 2004. 南秦岭关家沟组砾岩的时代、成因环境及其构造意义. 科学通报, (49): 1416~1423.
- 阎全人, 王宗起, A D Hanson, 等. 2002. 南秦岭横岭丹浊积岩系—晚古生代发育于扬子板块被动陆缘上的弧前盆地填充物. 地质通报, 21(8~9): 495~501.
- 叶连俊, 关士聪. 1944. 甘肃中南部地质志. 地质专报, 甲种19号, 1~

- 72.
- Bhatia M A. 1985. Composition and classification of Paleozoic flysch mudrocks of eastern Australia: Implication in provenance and tectonic setting interpretation. *Sedimentary Geology*, 41: 249~268.
- Bhatia M A. 1983. Plate tectonic and geochemical composition of sandstones. *Journal of geology*, 91: 611~627.
- Dickinson W R. 1988. Provenance and sediment dispersal in relation to paleotectonic and paleogeography of sedimentary basin. In: *New Perspectives in Basin Analysis* (ed. By K L Kleinspehn, CPaola. Springer-verlay, New York.
- Dickinson W R E L. 1972. Petrologic intervals and petrofacies in the Great Valley sequences, Sacramento Valley, California. *GSA Bulletin*, 83: p. 3007~3024.
- Dickinson W et al. 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstone in relation to tectonic setting. *GSA Bulletin*, 94: 22~235.
- Roser B P, Korsch R J. 1986. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO_2 content and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratio. *Journal of Geology*, 94(5): 635~650.
- Tarney J. 1976. Geochemistry of Archean high-grade gneisses, with implications as to the origin and evolution of the Precambrian crust. In: Windley B F eds. *The early History of the Earth*. Wiley, New York, 405~418.

Discussion of the Tectonic Setting of the Guanjiagou Formation of the Western Qinling Mountains

LU Haifeng¹⁾, WANG Zongqi²⁾, WANG Tao²⁾, JIANG Chunfa²⁾

1) *Institute of Crustal Dynamics, China Earthquake Administration, Beijing, 100085*

2) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Science, Beijing, 100037*

Abstract

The tectonic setting of the Guanjiagou Formation, located in the Motianling area of the southwestern Qinling, still remains controversial. Based on our field observation and work in lab, the tectonic setting of the Guanjiagou Formation is studied carefully. Result shows: The statistic analyses of graywackes of the Guanjiagou Formation was indicated that the detritus mainly came from the provenance of island. The geochemistry of siltstone and muddy siltstone makes know that the data of La, Ce, ΣREE , Eu of the Guanjiagou Formation are similar to those of island arc. By the tilted lay of stratum, the excellent trend of gravel and the change of gravel in orientation, the current on the Guanjiagou Formation is analysed synthetically and it is deduced that the direction of paleocurrent is $230^\circ\sim 356^\circ$, most are northwest; while the gravel excellent trend is $228^\circ\sim 338^\circ$, most northnorthwest. From south to north, the size of gravel becomes small gradually, gravel round increases and gravel excellent trend is disorder→order by field statistic for gravel. With previous results, the Guanjiagou Formation is in Bekou forearc basin and it is presumed that the sedimentary detritus was from eastsouthern island arc.

Key words: Guanjiagou Formation; marine fan; island arc; forearc basin