

文章编号: 1009-6248(2002) 03-0059-08

草滩沟群、丹凤岩群火山岩对比及其构造环境分析

王德耀

(咸阳师范学院地理科学系, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 通过北秦岭造山带西段凤县地区 1:5 万辛家庄、红花铺幅区调填图及前人成果, 对位于秦岭岩群南北两侧的丹凤岩群和草滩沟群火山岩的岩石类型、岩石化学及地球化学特征进行对比, 认为二者均属亚碱性岩系之钙性-钙碱性系列; 前者为中-基性岩组合, 显示了岛弧外侧-边缘海型的构造背景特征; 后者为中-酸性岩组合, 具弧后盆地拉张裂谷活动背景特征。为探讨北秦岭造山带的地质发展史提供了新的资料。

关键词: 凤县; 草滩沟群; 丹凤岩群; 火山岩

中图分类号: P588.11

文献标识码: A

1 前言

分布于秦岭岩群南北两侧的早古生代火山-沉积地层, 呈东西向断续延伸达 500 km, 以显著的构造位置和独特的组合方式而十分引人注目。宋志高通过对天水-宝鸡间的古生代火山岩系及其构造关系的研究认为草滩沟群火山岩石类型主要由玄武岩-安山岩-英安岩-流纹岩组成钙碱系列, 并呈双峰岩套特征, 显示了岛弧初期与裂谷末期阶段活动背景^[1]; 王润三等认为二郎坪群蛇绿岩是华北板块向扬子板块之下俯冲过程中形成的混杂体^[2]; 张国伟在《秦岭杂岩和秦岭造山带》中指出: 秦岭岩群南缘以基性火山岩为主的火山-沉积岩系, 具有蛇绿岩的岩石组合和地球化学基本特征, 其主体属岛弧和边缘海型。笔者依据陕西区调队凤县地区 1:5 万辛家庄、红花铺幅区调资料及前人成果, 对位于秦岭岩群两侧的草滩沟群和丹凤岩群火山岩的岩石类型、岩石化学及地球化学特征进行了对比, 认为二者均属亚碱性岩系之钙性-钙碱性系列, 前者为中-酸性岩组合, 并具弧后盆地拉张裂谷活动背景特征; 后者为中-基性岩组合, 显示了岛弧外侧-边缘海型的构造背景特征。

收稿日期: 2002-01-07; 修回日期: 2002-03-21

作者简介: 王德耀(1964-), 男, 陕西白水人, 1986年毕业于西北大学地质系, 曾在陕西区域地质调查队工作, 现在咸阳师范学院地理系任教。

2 火山岩类型

草滩沟群、丹凤岩群火山岩类型划分对比见表 1。从表中可见草滩沟群火山碎屑岩的岩石类型比丹凤岩群多,且前者的发育程度明显高于后者,反映出草滩沟群火山喷发类型为爆发式-喷溢式,而丹凤岩群则以喷溢式为主;就正常火山碎屑岩类的成分而言,草滩沟群以中酸性为主,丹凤岩群以中性为主,这一点与熔岩类相一致。从后期变质变形作用来看,丹凤岩群为浅变质强变形的片岩、片理化火山碎屑岩,而草滩沟群则呈浅变质弱变形的变质火山碎屑岩,这说明二者所处的构造位置不同。

表 1 草滩沟群、丹凤岩群火山岩类型划分对比

Tab.1 The comparison of the volcanic rock type in Caotangou Group with that of Danfeng Group

火山岩分类		草 滩 沟 群	丹 凤 岩 群
火 山 碎 屑 岩	火山-沉积碎屑岩	凝灰质粉砂岩、凝灰质砂岩	沉凝灰岩、凝灰质砂岩、凝灰质砾岩
	正常火山碎屑岩类	晶屑凝灰岩、岩屑晶屑凝灰岩、火山角砾岩、熔结角砾岩	晶屑岩屑凝灰岩、含砾凝灰岩
	碎屑熔岩类	集块熔岩	集块熔岩
熔 岩	酸性岩类	流纹岩、石英角斑岩	
	中酸性岩类	英安岩、英安斑岩	英安岩
	中性岩类	安山岩、角斑岩石	安山岩
	中基性岩类	安山玄武岩、细碧岩	安山玄武岩、玄武岩

火山熔岩是凤县地区草滩沟群张家庄组^[3]和丹凤岩群 b 岩组的主要岩石类型,一般多分布火山喷发韵律的上部。在岩石系列上,草滩沟群为中酸性安山岩-英安岩-流纹岩组合及细碧-石英角斑岩系,丹凤岩群呈中基性的玄武岩-安山岩-英安岩组合,反映出二者分异程度的差异。变形程度上丹凤岩群明显强于草滩沟群,其熔岩多以同成分的片岩、变晶糜棱岩面貌出现,但多数仍残留有原岩的结构、构造。

3 岩石化学及地球化学特征

3.1 岩石化学

同源同期火山作用形成的火山岩系,在化学成分上具有一致性特点,同源不同阶段火山作用的产物,由于岩浆演化的继承性,其化学成分往往显示相关性的特征。因此,根据草滩沟群、丹凤岩群中火山岩石化学分析结果进行了火山岩常量元素指数计算投影(表 2、3),以求从火山岩岩石化学类型、碱性程度、构造环境、全铁含量、分异程度等方面将二者进行对比,进而揭示其共性与特征。

3.1.1 常量元素指数特征

草滩沟群、丹凤岩群火山岩常量元素指数特征对比见表 4。从里特曼指数值和钙碱指数特征看,二者岩石化学系列总体呈钙性-钙碱性岩系,而草滩沟群火山岩的碱性程度略高于丹凤

A. 石英角斑岩; B. 片理化安山玢岩; C. 石英角斑质角砾熔岩; D. 石英钠长斑岩; E. 石英角斑霏细岩; F. 蚀变安山岩; G. 硅化变质石英角斑岩; H. 细碧岩; I. 英安斑岩。
1~14 据陕三队资料, 1989;
15~16 据陕西区调队资料, 1991

表 3 丹凤岩群火山岩岩石化学成分平均含量($w_B\%$)及参数

Tab. 3 The average content and parameter of lithochemical composition of the volcanic rock in Danfeng Group

顺序号	样品编号	分 析 结 果 (10^{-2})														岩石名称
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	灼失量	Σ	
1	5I ₇₁	53.90	0.75	17.86	5.2	3.27	0.07	3.37	7.18	0.55	3.20	0.28	2.54	1.39	99.56	A
2	5I ₈₁	54.84	0.55	18.03	5.41	4.24	0.04	4.08	4.75	1.05	2.95	0.05	2.82	0.36	99.17	B
3	5I ₈₂	55.08	0.38	18.60	4.92	3.36	0.04	3.50	7.31	0.55	3.15	0.16	2.41	0.45	99.91	C
4	Zq-153/2	49.47	0.68	15.76	1.86	6.83	0.15	3.76	7.00	1.78	3.94	0.18	3.58	7.93	99.34	D
5	Zq-153/3	75.13	0.13	12.65	1.55	1.17	0.02	0.59	0.51	4.19	3.22	0.05	1.07	1.01	100.2	E
6	318/4	54.50	1.58	16.43	3.22	5.08	0.13	3.50	6.55	0.32	4.15	0.23		3.35	99.49	F
7	2020/1	48.44	0.23	15.00	3.58	5.30	0.09	8.57	10.45	0.05	0.37	0.05	4.50	8.10	99.99	G
8	2001/1	54.56	0.45	18.06	5.61	3.78	0.16	4.19	6.08	0.82	2.03	0.20	2.45	2.99	98.93	H

顺序号	样品编号	δ	AR	DI	FL	FM	CAI	备 注
1	5I ₇₁	1.2901	1.3525	43.8445	34.3092	71.5372	51.6~59.5, 中值为 54	A. 变安山岩; B. 绿片岩; C. 绿泥绢云片岩; D. 蚀变绿泥钠长片岩; E. 糜棱岩化酸性火山岩; F. 变凝灰质糜棱岩; G. 绿帘阳起片岩; H. 英安岩。 1~3 据陕三队资料, 1989; 4~5 据秦岭群专题组资料, 1990; 6~8 据陕西区调队资料, 1991
2	5I ₈₁	1.3514	1.4260	47.5808	45.7143	70.2940		
3	5I ₈₂	1.1333	1.9850	4.4719	33.6058	70.2886		
4	Zq-153/2	5.0569	1.6714	43.8602	44.9686	69.7992		
5	Zq-153/3	1.7089	2.9169		93.5606	82.1752		
6	318/4	1.7375	1.4830		40.5626	70.3400		
7	2020/1	0.0238	1.0336	13.9067	3.8745	50.3188		
8	2001/1	0.7026	1.2677		31.9149	69.1458		

表 4 草滩沟群、丹凤岩群火山岩常量元素指数特征对比

Tab. 4 The comparison of lithochemical composition index element of the volcanic rock in Caotangou Group with that of Danfeng Group

项 目	草 滩 沟 群	丹 凤 岩 群
里特曼指数(δ)	最高值 2.5812, 最低值 0.8831, 一般 1.7±, 平均值 1.6787. 总体为钙性岩系, 部分为钙碱性岩系	最高值 5.0569, 最低值 0.0238, 一般 1.3~1.7, 平均值 1.6256. 总体属钙性岩系, 个别为碱钙性岩系
钙碱指数(CAI)	变化区间 53.5~63, 中值 58, 为钙碱性岩系	变化区间 51.6~57.3, 中值 54, 为碱钙性岩系或接近钙碱性岩系
碱度指数(AR)	最高值 4.3274, 最低值 1.3254, 一般 2.5±, 平均值 2.5743. 指数特征稍高, 变化区间较大, 构造环境相对稳定	最高值 2.9169, 最低值 1.0336, 一般 1.5±, 平均值 1.6420. 指数特征偏低, 变化区间较小, 构造环境为岛弧或活动大陆边缘
长英指数(FL)	细碧岩为 28, 安山岩为 26~66, 流纹岩 80~97, 表明喷出从早期到晚期为基性到酸性的先后顺序	玄武岩为 34~45, 安山岩为 31~46, 表明喷出从早期到晚期为基性到中性的先后顺序
铁镁指数(FM)	细碧岩为 52~66, 安山岩为 57~66, 流纹岩 57~88, 表明喷出从早期到晚期为基性到酸性的先后顺序	序玄武岩为 50~69, 安山岩为 69~71, 表明喷出从早期到晚期为基性到中性的先后顺序
分异指数(DI)	从 24- 32- 34- 81- 94, 表明其分异产物有橄榄岩、玄武岩、安山岩、流纹岩和碱性流纹岩等	从 13- 43- 47, 表明其分异产物有苦橄岩、橄榄辉石岩、玄武岩、安山岩等

3.1.2 火山岩构造环境图解

火山岩的形成环境对其成分有着直接影响,通过对草滩沟群、丹凤岩群火山岩形成环境的分析对比,将有助于揭示秦岭地区的地质演化历史。

(1) 在 $Lg\tau-Lg\delta$ 判别图上(图 1),除草滩沟群个别样品落入板内稳定环境外,其余均落入闭合边缘的岛弧、活动陆缘、造山带环境区内,这一点与碱度指数显示的构造环境相同。

(2) 在 $(FeO)-MgO-Al_2O_3$ 图解上(图 2),所选用的草滩沟群和丹凤岩群火山岩中 SiO_2 含量为 51%~56% 的玄武岩-玄武安山岩分析结果,全部投入活动造山带区。

上述图解结果较为一致地反映出草滩沟群和丹凤岩群火山岩形成于岛弧活动陆缘造山带的构造背景,而草滩沟群相对稳定些。

3.2 微量元素、副矿物特征

草滩沟群火山岩中的 Sn、Be、Li、Zr、Nb、V、Sc 等多数微量元素含量略高于丹凤岩群,而丹凤岩群 Ba、Sr、K 含量明显高于草滩沟群,尤以 K 含量相差悬殊(表 5)。与地壳平均值相比,南北火山岩微量元素总体偏低。从草滩沟群和丹凤岩群火山岩锆石晶形对比看,二者特征基本相同,锆石晶体完整,晶面、晶棱清晰平直,无次生加大,仅属一个世代(岩浆作用)的产物,其它主要副矿物组合也大体一致。

3.3 稀土元素特征

草滩沟群和丹凤岩群火山岩稀土元素分析结果及分布形式见表 6、图 3。第一, $\Sigma Ce/\Sigma Y$ 与 $(Ce/Yb)_N$ 值均大于 1,分布曲线右倾,反映属于轻稀土富集型;第二, δEu 、 δCe 值均小于 1,分布曲线上 Eu、Ce 呈谷型,说明 Eu、Ce 具负异常,为亏损型;第三,曲线分布形态基本相似,草滩沟群稀土总量略高于丹凤岩群,反映二者可能为同源分异产物,而前者形成时代稍晚。

表 5 草滩沟群、丹凤岩群火山岩微量元素含量 ($\times 10^{-6}$)

Tab. 5 The content of microelements REE of the volcanic rock in Caotangou Group, Danfeng Group															
地层	样品 编号	岩石 名称	分析项目及含量 (10 ⁻⁶)												
			Sn	Be	Cr	Ba	Li	Ni	Co	Sr	Zr	Nb	V	Sc	K
草滩 沟群	329/1	中基性 熔岩	1.3	0.42	115	< 30	< 10	10	44	294	86	9.8	200	38	829.8
	329/6		0.74	< 0.30	220	< 30	< 10	110	340	81	302	43	30	120	38
	329/8	安山岩	1.3	0.42	5.4	96	< 10	7.0	17	188	115	811	130	31	6060
	329/9		1.8	0.42	< 3.0	62	< 10	3.4	24	148	98	8.1	125	26	5311
	329/11		1.6	0.42	< 3.0	30	11	4.1	15	114	88	5.2	150	24	829.8
	平 均 值		1.35	0.4	69.28	55.6	10.2	90.9	38.2	209.2	86	6.84	145.0	31.4	2772.1
丹凤 岩群	318/2	片理化 安山岩	0.96	0.36	19	280	< 10	23	20	801	93	7.0	160	23	11451
	318/3		1.2	0.90	22	430	11	17	17	437	100	11	130	18	19251
	318/4		1.4	0.31	27	79	< 10	19	19	649	103	11	235	18	4564
	319/1		1.6	0.89	48	230	< 10	18	21	327	103	12	235	22	17841
	平 均 值		1.29	0.61	29	254.75	10.25	19.25	19.25	553.5	99.75	10.25	190	20.25	13277
	地壳平均值 (泰勒, 1964)		2	2.8	100	425	20	75	25	375	165	20	135	22	20900

分析单位: 陕西区调队, 1994

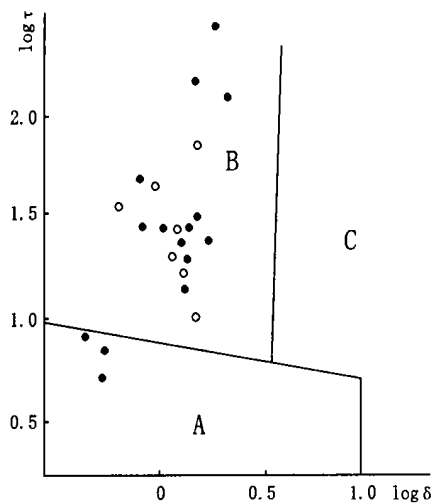


图 1 草滩沟群- 丹凤岩群 Logr-Logδ 图解
(据里特曼, 1973)

Fig. 1 The diagram of Log τ -Log δ in Caotangou Group, Danfeng Group
· 草滩沟群; ° 丹凤岩群

A. 为板内稳定环境; B. 为闭合边缘的岛弧、活动陆缘、造山带环境; C. 为板内或造山带火山岩演化的碱性火山岩

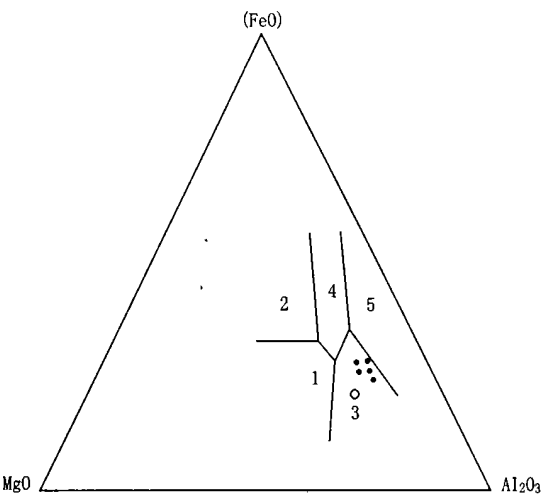


图 2 (FeO-MgO-Al₂O₃) 图解
(据 pearce, 1977)

Fig. 2 The diagram of FeO-MgO-Al₂O₃
° 草滩沟群; · 丹凤岩群

1. 洋中脊及大洋底部; 2. 大洋岛屿; 3. 造山带;
4. 大陆板块内部; 5. 扩张中心岛屿

表 6 草滩沟群、丹凤岩群火山岩稀土元素含量 ($\times 10^{-6}$) 及参数

Tab. 6 The content and parameter of REE of the volcanic rock in Caotangou Group, Danfeng Group (10^{-6})

	地层	样品编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
样品 实测 值	草 滩 沟 群	1004/2	19.50	28.50	5.60	17.00	4.50	1.30	5.00	0.82	4.00	0.83	2.65	0.60	2.15	0.20	28.50
		2028/1	8.20	14.90	4.20	10.50	3.10	1.00	6.40	1.30	3.80	0.83	1.60	0.27	1.98	0.98	20.50
		2029/1	32.00	68.00	8.90	41.00	8.00	1.63	7.90	1.00	7.00	1.20	3.80	0.68	3.30	0.44	38.00
	丹 凤 岩 群	318/4	29.50	42.00	6.50	23.00	3.60	1.03	3.20	0.60	2.90	0.77	1.60	0.56	2.20	0.56	23.56
		2001/1	14.90	20.00	4.20	11.10	3.20	0.85	2.80	0.68	2.60	0.55	1.42	0.37	1.90	0.23	15.00
		2020/1	4.80	7.20	2.30	5.80	1.70	0.27	1.30	0.60	0.90	0.32	0.89	0.29	1.26	0.20	6.40
参 数		样品编号	岩性		Σ REE	Σ Ce/ Σ Y	δ Eu	$(Ce/Yb)_N$		$(Lu/Yb)_N$		Eu/Sm	δ Ce	$(Lu/Sm)_N$		$(Gd/Yb)_N$	
	草 滩 沟 群	1004/2	蚀变安山岩		121.15	1.7073	0.2106	2.9838		5.2680		0.2889	0.1585	2.6407		1.6434	
		2028/1	变英安山岩		79.56	1.1126	0.1695	1.6941		2.4057		0.3226	0.1465	1.6118		2.2637	
		2029/1	变英安斑岩		222.95	2.5194	0.1564	4.6389		5.6345		0.2038	0.2337	2.4380		1.6916	
	丹 凤 岩 群	318/4	片理化安山岩		141.52	2.9432	0.2293	4.2978		7.7912		0.2861	0.1720	4.9946		1.0283	
		2001/1	变安山岩		79.00	2.1233	0.2142	2.3699		4.5568		0.2656	0.1467	2.8374		1.0414	
		2020/1	阳起片岩		34.17	1.8240	0.1348	1.3506		2.3231		0.1588	0.1257	1.7220		0.7652	

测试单位: 陕西地矿局实验室 1994。

4 草滩沟群和丹凤岩群火山岩对比

从上述可以看出,草滩沟群和丹凤岩群火山岩在诸多方面显示出共同特征,同时也存在着一定差异,归纳起来,主要有以下几点。

(1) 火山岩类型:草滩沟群呈以安山岩-英山岩-流纹岩为主及细碧岩-石英角斑岩系的中-酸性岩组合,丹凤岩群则为玄武岩-安山岩-英安岩的中-基性岩组合。

(2) 岩石化学系列:二者均为亚碱性岩系之钙性-钙碱性系列,而草滩沟群的碱性程度略高于丹凤岩群。

(3) 微量元素含量基本相同,与地壳平均值比较,总体偏低。

(4) 稀土元素特征:均为轻稀土富集型,铈、铈具钠异常,为亏损型,二者显示为同源分异产物,但草滩沟群火山岩稀土元素总量略高于丹凤岩群,反映草滩沟群形成时代稍晚。

(5) 具有相同的副矿物特征。

5 构造环境分析

作为时代上大致相同,特征上基本一致,分布上均呈东西向断续展布于秦岭岩群南北两侧的丹凤岩群和草滩沟群火山岩,其构造环境有着必然的联系。

碱度指数计算结果, $Lg \tau - Lg \delta$ 和 $(FeO) - MgO - Al_2O_3$ 图解均显示出草滩沟群、丹凤岩群火山岩形成于岛弧、活动大陆边缘-造山带的构造背景,而草滩沟群相对要稳定些。区域上具有以下特征。

(1) 西邻的草滩沟群和葫芦河群火山岩具双峰岩套特征,显示了岛弧初期与裂谷末期阶段的活动背景。

(2) 东部与草滩沟群大体可以对比的二郎坪群,为张裂弧后盆地构造环境,并具蛇绿岩组合特征。

(3) 商丹地区丹凤岩群具蛇绿岩的岩石组合和地球化学基本特征,其主体属岛弧和边缘海型(张国伟,秦岭杂岩和秦岭造山带)。

(4) 区域构造研究表明,华北、扬子两大板块在加里东期有一次对接过程,其形式是扬子板块由南向北俯冲,丹凤岩群分布区基本代表了两大板块的缝合带。

基于上述成果资料,初步分析认为:加里东期扬子板块由南向北俯冲与华北板块对接,沿缝合线形成了以丹凤岩群为代表的岛弧外侧-边缘海(东部包含有洋壳残片)中基性火山喷发

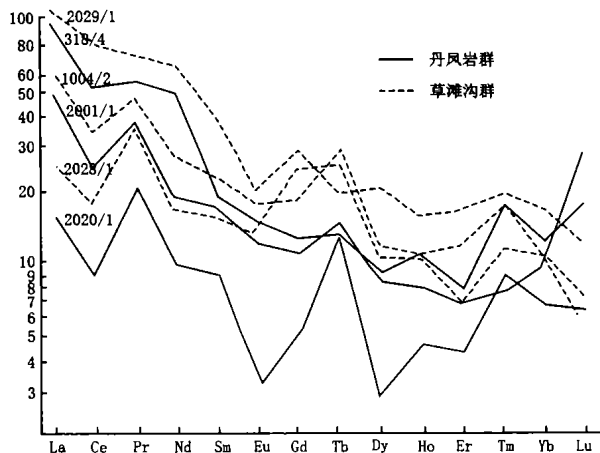


图3 草滩沟群、丹凤岩群火山岩稀土元素分布型式

Fig. 3 The REE parttern of Caotangou Group, Danfeng Group

—沉积建造。随着华北板块自北向南俯冲,后期在以秦岭群为地障形成的岛内侧出现拉张裂谷,并发育了葫芦河群、草滩沟群、斜峪关群、云架山群和二郎坪群为代表的张裂弧后盆地中酸性火山喷发—沉积建造,在东部地区其张裂深度达上地幔,而使二郎坪群中出现了蛇绿岩组合。

参考文献:

- [1] 宋志高,等. 北秦岭—北祁连(宝鸡—天水)间早古生代火山岩系及其构造连接关系的研究 [J]. 西安地质矿产研究所所刊, 1991.
- [2] 王润三,等. 秦岭—大巴山地质论文集 [C]. 二郎坪群蛇绿岩的产出环境. 西安: 陕西科学技术出版社, 1990.
- [3] 孙民生, 董恒笔. 再论草滩沟的层序划分及时代归属 [J]. 陕西地质, 1995, 13 (2).

Comparison volcanic rock of the Caotangou Group with that of the Danfeng Group and its analysis on structural circumstance

WANG De-yao

(*Department of Geography of Xianyang Teacher's College,
Xianyang 712000, China*)

Abstract: On the basis of geological survey of the scale of 1:50000 in Xinjiazhuang and Honghuapu sheet in Fengxian area in the west sect of the north Qinling orogenic belt and of achievement of former reserchers, and of comparison of the rock type, petrochemistry, geochemistry of the Danfeng Group, Caotangou Group, author thinks that they belong to calc-alkali series, Danfeng Group is the combination of intermediate rock—basic rock, showing the background of island arc—marginal sea; Caotangou Group is the combination of intermediate rock—acid rock, showing the background of move of rift valley of basin after island arc. It provided the new information for discussion the geological evolution of the north Qinling orogenic belt.

Key words: Fengxian; Caotangou Group; Danfeng Group; volcanic rock