

山西吕梁山界河口群变质基性火山岩的 地球化学及年代学研究*

刘建忠^① 张福勤^② 欧阳自远^① 李春来^① 邹永廖^① 徐琳^①

(^①中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放研究实验室, 贵阳 550002; ^②中国科学院地质与地球物理研究所
中国矿物资源探查研究中心, 北京 100101)

摘要 通过对山西吕梁山东西两侧的界河口和西榆皮地区变基性火山岩的系统采样和测试分析, 其常量、微量、稀土元素地球化学的特征表明该区的变基性火山岩形成于类似现代大陆裂谷的构造环境中. Sm-Nd, Rb-Sr 同位素年代学的研究表明, 界河口群变基性火山岩形成于 2600 Ma 的壳幔分异事件中, 在新太古晚期(2500 Ma \pm)遭受了麻粒岩相变质作用的改造, 使岩石的 Sm-Nd 体系发生了重设. 而在古元古代晚期(1800 Ma \pm)由于吕梁运动的影响, 使岩石的 Rb-Sr 体系又一次发生变化, 因其强度较小而未涉及 Sm-Nd 体系. 该区所获得的 1600 Ma \pm 的年龄值, 可能与克拉通内局部的岩浆活动有关. 研究结果不支持吕梁群生成于太古代的观点, 而应该是古元古代时期的产物.

关键词 年代学 地球化学 变基性火山岩 界河口群

相对于五台山和恒山地区, 吕梁山的地质研究工作明显较为薄弱. 山西省地质志^[1]曾对吕梁山区进行了较为详细的地层划分, 认为界河口群与阜平群可以对比, 而吕梁群和五台群可以对比. 这样对于山西省许多地质研究工作主要集中于五台山区, 特别地 80 年代以来对五台山区的同位素年代学研究工作有了长足的发展. 1984 年刘敦一在侵入五台群的兰芝山花岗岩中获得(2560 \pm 6) Ma 的 U-Pb 锆石年龄, 并在五台群变基性岩中获得(2522 \pm 107) Ma 的 U-Pb 年龄^[2]; 白瑾等人分别在侵入五台群的石佛花岗岩体中获得(2607 \pm 36) Ma, 2483 Ma 的锆石 U-Pb 年龄, 在车厂—北台花岗岩中获得(2549 \pm 22) Ma, (2514 \pm 22) Ma 的 U-Pb 年龄, 在五台群金刚库组中获得 2471.2 Ma, (2438 \pm 36) Ma 的 U-Pb 年龄和(2573 \pm 47) Ma 的 Rb-Sr 年龄^[3, 4]; 王汝铮等人在五台群金刚库组斜长角闪岩和黑云母变粒岩中获得(2573 \pm 47) Ma 的 Rb-Sr 年龄和(2599 \pm 41) Ma 的 Sm-Nd 年龄^[5]; 徐朝雷等人在五台群上部高凡亚群绿片岩中获得 2515 Ma 的 Pb-Pb 年龄^[6]. 这些同位素年龄结果表明, 五台群应属于新太古宙无疑. 同时张其春等人在吕梁群中获得(2469 \pm 150) Ma 的 Sm-Nd 年龄, 并认为它代表吕梁群的上限年龄^[7], 因此认为吕梁群也应属于新太古宙. 近来于津海等人报道了吕梁群上部火山岩单颗粒锆石 U-Pb 年龄的测定结果, 认为吕梁群火山岩的喷发时间为 2100 Ma \pm , 主变质作用发生在古元古代晚期即 1806 Ma \pm , 吕梁群是形成于古元古代^[8]. 而吴昌华等人根据区域构造解析认为, 吕梁山区的孔兹岩系形成于古元古代^[9]. 因为五台山、吕梁山区地处华北克拉通的中部, 对于该区变质岩系形成

2000-09-19 收稿

* 中国科学院资源与环境重大项目(KZ951-A1-404)和中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-07)联合资助

和演化的正确认识,将对整个华北克拉通的构造格架和演化进程的研究起到画龙点睛的作用,而且迄今为止作为吕梁山区主要组成单元的界河口群变质岩系还没有年代学资料的报道.为此本文选定吕梁山区界河口群作为研究对象,一方面从侧面论证吕梁山群的归属问题,另一方面确定界河口群的年代,进一步探讨该区的地球化学和地壳演化.

1 地质概况和样品特征

界河口群主要分布于岚县界河口、兴县交楼申、奥家滩、东会至临县汉高山一带,另外在文水县西榆皮—东社、交城县米家庄一带也有出露.本文的样品分别采自岚县界河口和文水县西榆皮—东社一带.

1.1 岚县界河口

界河口一带出露的变质岩系主要为界河口群的中上部地层(山西省区域地质志,1989),1967年山西区调队创立并命名为小蛇头组、黑崖寨组、马国寨组和烧炭沟组.最新的研究成果表明,原界河口群的许多片麻状岩石,是遭受过强烈变质变形的花岗质侵入岩¹⁾.本文样品采自东北的原马国寨组,该岩组主要由条带状混合岩化的黑云、角闪片麻岩、片岩夹浅粒岩、变粒岩和斜长角闪岩和少量麻粒岩组成,该岩系普遍遭受了角闪岩相变质作用的改造,局部可达麻粒岩相.样品 J97-39 为角闪石榴二辉麻粒岩(基性麻粒岩),呈似层状产出,主要矿物组成为:紫苏辉石 10%±,透辉石 10%±,角闪石 15%±,石榴石 15%,石英 15%±,斜长石 30%±;其余样品均为斜长角闪岩,野外呈似层状产出,主要矿物组成为:角闪石(50%~85%),斜长石(50%~15%).

1.2 文水县西榆皮—东社一带

该区东侧被古生界覆盖,西侧为花岗岩和混合杂岩分布.其下部主要为混合岩化的黑云斜长片麻岩夹斜长角闪岩,上部为变粒岩、大理岩夹斜长角闪岩.本文样品采于下部层位,除样品 D97-55 为角闪二辉麻粒岩(基性麻粒岩)、D97-59 为侵入层状岩系的奥长花岗岩外,其余均为斜长角闪岩.基性麻粒岩与斜长角闪岩的野外产状和矿物组成与界河口地区样品非常相似,而奥长花岗岩被公认为是基性岩脱水熔融的产物,即其与变质基性岩石是同源的.

2 样品的地球化学特征

系统研究岩石的常量、微量和稀土元素特征可以给出岩石源区的许多信息,是探讨地球深部物质循环最为重要的手段.本文对吕梁山地区变质岩石进行了系统的采样和测试,其结果如表 1.

2.1 常量元素

岩石常量元素的分析测试表明,界河口地区样品的 SiO_2 含量为 49.65%~52.13%,西榆皮地区样品为 44.99%~54.35%(D97-59 除外),基本均属于基性岩范围.其 MgO 平均含量分别为 6.40 和 7.37%,反映岩浆分异程度的 Mg 质指数 $\text{Mg}'(\text{Mg}' = 100 \text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3))$ 为 27~50,说明其为岩浆强烈分异的产物.与太古代绿岩带的变玄武岩相比^[10],界河口区的样品与 TH2 型相近,而西榆皮地区样品与 TH1 型相近,其稀土成分也反映了类似的特点.在 AFM 图解上均落入拉斑玄武岩区.与华北克拉通其他地区新太古代的变质基性岩相比,

1) 吴汾柱,张如心,刘建华,等.山西省吕梁山中段内生矿产成矿规律及远景预测(内部出版),1993

表 1 吕梁山地区变质基性火山岩的常量元素和微量元素数据^{a)}

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	J97-39	J97-40	J97-41	J97-42	J97-43	J97-44	J97-45	J97-47	J97-48	D97-52	D97-54	D97-55	D97-56	D97-57	D97-58	D97-59
SiO ₂	49.69	52.07	51.76	51.91	50.66	49.34	52.13	49.80	49.65	49.04	54.35	44.99	51.24	47.07	50.17	69.21
Al ₂ O ₃	13.79	14.66	14.71	16.42	14.18	14.49	14.20	12.01	13.49	15.99	13.90	12.22	11.48	14.12	13.58	13.14
Fe ₂ O ₃	2.83	2.26	2.96	2.24	3.27	7.43	2.81	3.75	4.01	2.75	1.15	3.23	1.06	2.25	2.75	0.49
FeO	10.97	8.00	7.53	6.17	8.48	5.77	8.30	10.33	9.87	7.90	12.57	13.83	9.20	11.50	10.13	3.47
MgO	6.88	6.23	6.23	5.58	6.85	6.60	6.38	6.70	6.12	7.17	5.49	6.07	10.60	7.46	7.43	1.27
CaO	10.55	8.41	9.08	8.11	9.42	9.35	8.90	9.31	9.71	9.25	7.13	12.06	8.79	10.88	8.84	6.74
Na ₂ O	2.09	3.69	3.81	3.21	3.03	2.40	3.32	1.83	2.98	3.15	0.48	0.86	1.87	2.31	1.82	0.70
K ₂ O	0.39	1.60	1.36	2.56	1.40	1.18	1.24	2.92	1.16	1.48	1.06	2.10	2.41	0.81	1.61	1.42
MnO	0.21	0.18	0.2	0.14	0.19	0.19	0.19	0.24	0.21	0.19	0.32	0.22	0.20	0.22	0.27	0.05
TiO ₂	1.04	0.67	0.6	0.98	0.79	1.05	0.70	0.99	1.02	0.74	1.41	1.82	0.65	1.22	0.85	0.39
P ₂ O ₅	0.11	0.11	0.09	0.48	0.13	0.09	0.12	0.12	0.13	0.11	0.15	0.21	0.06	0.12	0.08	0.08
CO ₂	0.07	0.16	0.07	0.16	0.07	0.07	0.07	0.07	0.03	0.07	0.07	0.16	0.07	0.07	0.07	0.46
H ₂ O ⁺	1.17	1.78	1.39	1.77	1.41	1.87	1.47	1.73	1.45	1.97	1.77	2.02	2.17	1.80	2.22	2.41
La	7.19	11.72	10.41	25.14	11.80	2.81	18.74	8.85	8.39	7.67	7.60	10.93	2.34	5.76	6.70	23.14
Ce	17.5	24.26	25.52	58.27	26.15	13.23	28.29	17.89	18.99	16.45	21.24	30.13	5.32	15.47	14.14	53.04
Pr	2.34	3.09	3.15	6.65	3.43	1.82	3.57	2.39	3.20	2.29	3.26	4.57	0.85	2.37	1.96	6.47
Nd	10.00	11.78	11.30	25.15	13.40	6.77	12.60	10.90	13.80	9.38	13.71	20.40	3.91	9.92	7.69	23.09
Sm	2.52	2.51	2.36	4.75	2.86	2.18	2.71	2.67	3.23	2.37	3.81	5.55	1.28	2.72	2.10	4.22
Eu	0.89	0.73	0.77	1.19	0.83	0.71	0.74	0.91	0.96	0.73	0.73	2.23	0.52	0.89	0.63	0.68
Gd	3.09	2.42	2.32	3.89	2.88	2.72	2.65	3.11	3.29	2.61	4.18	6.02	1.57	3.26	2.38	3.36
Tb	0.54	0.43	0.39	0.59	0.47	0.49	0.45	0.54	0.59	0.48	0.73	1.02	0.30	0.60	0.44	0.55
Dy	3.75	2.60	2.44	3.46	2.98	3.31	2.77	3.61	3.76	3.08	4.70	6.28	1.97	3.83	2.98	3.17
Ho	0.75	0.58	0.49	0.67	0.61	0.68	0.57	0.73	0.76	0.62	0.94	1.23	0.40	0.76	0.60	0.66
Er	2.16	1.38	1.37	1.64	1.65	1.90	1.46	2.14	2.19	1.81	2.78	3.48	1.15	2.19	1.72	1.88
Tm	0.34	0.21	0.20	0.25	0.25	0.29	0.24	0.34	0.33	0.29	0.43	0.53	0.18	0.34	0.27	0.31
Yb	2.11	1.37	1.28	1.49	1.56	1.84	1.48	1.95	2.10	1.75	2.54	2.94	1.11	2.00	1.69	1.86
Lu	0.35	0.23	0.22	0.25	0.25	0.31	0.24	0.34	0.34	0.30	0.41	0.47	0.19	0.33	0.29	0.30
Y	20.49	13.77	13.14	17.26	16.14	18.11	14.69	20.17	19.85	17.66	25.66	32.92	10.90	20.56	16.42	17.70
Eu/Eu [*]	1.117	1.037	1.152	0.969	1.013	1.021	0.967	1.106	1.031	1.028	0.641	1.351	1.284	1.047	0.987	0.633
Σ REE	74.02	77.02	75.37	150.65	85.27	57.17	91.14	76.56	81.79	67.48	92.72	128.69	31.99	70.99	60.01	140.43

表 1(续)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	J97-39	J97-40	J97-41	J97-42	J97-43	J97-44	J97-45	J97-47	J97-48	D97-52	D97-54	D97-55	D97-56	D97-57	D97-58	D97-59
Rb	8.7	72.8	19.6	88.1	30.1	36.9	40.1	213.9	21.3	107.4	74.1	109.9	148.0	33.7	145.1	92.6
Sr	182.0	231.0	199.0	605.0	207.0	119.0	202.0	146.0	182.0	272.0	117.0	212.0	53.0	143.0	137.0	292.0
Ba	274.0	305.0	273.0	702.0	212.0	141.0	206.0	228.0	170.0	275.0	94.0	314.0	191.0	108.0	206.0	180.0
V	279.0	206.0	206.0	187.0	246.0	285.0	211.0	287.0	297.0	154.0	149.0	366.0	167.0	287.0	251.0	50.0
Cr	146.0	13.0	11.0	159.0	35.0	49.0	17.0	97.0	74.0	152.0	37.0	107.0	317.0	121.0	102.0	66.0
Sc	38.8	33.8	34.7	19.8	34.3	36.9	34.3	37.8	38.0	30.3	40.3	41.3	31.4	37.8	38.1	8.2
Co	45.2	37.4	41.5	25.8	40.8	40.1	36.7	43.9	42.8	41.9	45.2	46.1	47.2	48.4	49.1	9.4
Ni	64.2	25.3	29.6	50.9	46.2	61.1	23.9	52.7	46.9	78.2	43.3	58.1	175.2	75.9	52.5	22.0
Ga	15.5	16.3	16.6	20.9	16.1	17.4	15.6	16.9	17.6	19.8	24.4	26.9	12.2	16.7	20.7	16.1
Zr	80.4	87.1	80.5	128.5	89.5	79.4	85.1	83.5	80.6	75.8	123.2	123.3	50.1	93.0	69.9	132.5
Hf	2.6	2.4	2.2	4.6	2.7	2.6	2.7	2.4	2.2	1.9	3.8	3.8	1.3	2.5	2.1	4.0
Ta	0.4	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	<0.2	0.4	0.3	<0.2	0.3	0.3	0.3	<0.2	0.3	<0.2	<0.2
Th	0.4	1.6	2.9	7.1	0.8	<0.2	1.3	0.5	0.8	3.4	0.3	0.9	<0.2	<0.2	0.3	8.5
U	<0.2	<0.2	<0.2	1.4	<0.2	<0.2	0.7	<0.2	1.0	<0.2	26.4	0.6	<0.2	<0.2	<0.2	7.3
Pb	16.1	14.4	13.0	10.3	15.4	14.9	12.2	23.9	13.9	22.2	14.2	23.9	12.9	18.2	15.7	13.2
Mo	0.19	0.26	0.15	0.33	0.35	0.72	0.25	0.19	0.39	0.35	0.43	0.30	0.10	0.39	0.19	0.38
Nb	3.0	6.9	5.3	8.5	4.5	5.8	5.3	7.3	5.7	6.7	9.0	10.2	4.6	6.7	6.5	9.7

a) J97-39 ~ J97-48 为界河口地区样品, D97-52 ~ D97-59 为西榆皮地区样品. 常量元素单位为重量百分比, 微量元素为 $\mu\text{g/g}$. 全部样品的分析测试由原地矿部武汉综合岩矿测试中心完成

界河口地区样品的化学成分与南部的鲁山-登封太华群的斜长角闪岩相当, 而西榆皮地区样品与中部的阜平群相当^[11]。

2.2 微量元素

微量元素是确定岩石形成过程的重要指示剂, 特别是不相容元素, 可以用来判别岩石形成时的大地构造环境。研究区的变质基性火山岩在 Ti/100-Zr-Y 图解和 Zr/Y-Zr 图解^[12]上均投影在板内玄武岩区中; 在 Ta/Yb-Th/Yb 图解中, 基本均落入板内地幔演化趋势区内; 在洋中脊玄武岩(MORB)归一化的微量元素分布图解中^[13], 总体显示“隆起”的特征, 岩石的 K, Rb, Ba, Th 等强烈富集, 说明该区的变质基性岩可能产生在类似于现代大陆裂谷环境中, 并不是生成于大洋环境中。

2.3 稀土元素

图 1 和图 2 分别给出了界河口和西榆皮地区变质基性火山岩的稀土配分图, 从图中可以看出, 界河口地区样品除 J97-44 略显 La 亏损外, 其余样品均显示轻稀土轻度富集的右倾型, 无负 Eu 异常, 与 Condie^[10]给出的 TH2 型拉斑玄武岩的配分型式非常类似, 说明这些岩石具有相同的成因。而西榆皮地区样品则表现为轻稀土富集程度很低的平坦型式, 同时出现 Eu 正异常、负异常和无异常三种图式, 与 Condie 给出的 TH1 型拉斑玄武岩的配分型式非常类似。

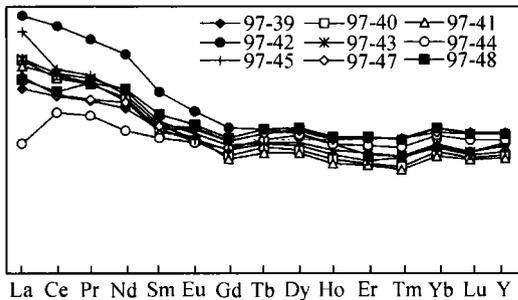


图 1 界河口地区变质基性火山岩的稀土配分图

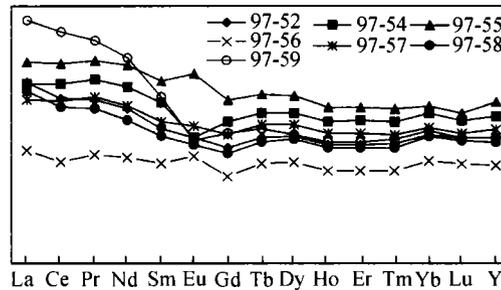


图 2 西榆皮地区变质基性火山岩的稀土配分图

3 吕梁山地区变质岩石的 Sm-Nd, Rb-Sr 同位素年龄

样品同位素的分析测试在中国地质科学院地质研究所同位素开放实验室完成, 其测试流程和参数见文献[14]。年龄计算采用 ISOPLLOT 软件进行^[15]。

3.1 Sm-Nd 数据

年龄结果见表 2 和图 3 ~ 5, 界河口地区样品的等时线年龄为 (2425 ± 237) (2σ) Ma, $I(\text{Nd})_r = (0.50965 \pm 23)$ (2σ), $\epsilon_{\text{Nd}(t)} = 2.96 \pm 1.8$ 。而西榆皮地区样品的等时线年龄为 (2335 ± 195) (2σ) Ma, $I(\text{Nd})_r = (0.50976 \pm 20)$ (2σ), $\epsilon_{\text{Nd}(t)} = 2.96 \pm 1.3$ 。可见两个地区样品等时线的 $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ 非常相近, 说明其有相近的源区, 将两个地区样品进行综合计算(不包括 D97-59), 可获得等时线年龄为 (2464 ± 130) (2σ) Ma, $I(\text{Nd})_r = (0.50962 \pm 60)$ (2σ), $\epsilon_{\text{Nd}(t)} = 3.4 \pm 3.3$ 。而两个地区样品的 $T_{(\text{DM}10)}$ 值大多集中于 2500 ~ 2700 Ma, 平均值分别为 2623 和 2647 Ma, 都十分相近, 进一步表明尽管两个地区样品在稀土和常量元素特点上具有一定的差异, 但他们很可能是同源、同时代的岩浆。本文认为该区样品的模式年龄 2635 Ma 为这一套岩浆的形成年龄, 而等时线年龄 (2464 ± 130) (2σ)

表 2 吕梁山地区界河口群的 Sm-Nd 同位素分析结果

样品号	Sm/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Nd/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}^{\text{a}}$	2σ	$T_{\text{CHUR}}/\text{Ma}^{\text{b}}$	$T_{(\text{DM}10)}/\text{Ma}^{\text{c}}$	$\epsilon_{\text{Nd}(t_{\text{DM}})}$
J97-40	2.842	13.745	0.1251	0.511653	12	2093	2562	4.413
J97-41	2.620	12.778	0.1240	0.511663	8	2041	2514	4.519
J97-42	5.356	28.323	0.1144	0.511481	8	2138	2549	4.442
J97-44	2.374	7.597	0.1890	0.512705	8	-1296	2730	4.041
J97-47	2.881	11.413	0.1527	0.512039	6	2074	2760	3.976
D97-52	2.675	10.835	0.1493	0.512035	4	1939	2625	4.274
D97-56	1.336	4.211	0.1919	0.512749	7	-3512	2787	3.915
D97-57	3.095	11.132	0.1682	0.512358	7	1506	2639	4.244
D97-58	2.418	9.035	0.1619	0.512208	12	1886	2756	3.985
D97-59	4.757	26.176	0.1099	0.511486	7	2019	2432	4.700

a) 质量分馏用 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.72190$ 改正; b) 计算公式: $T_{\text{CHUR}}=1/\lambda\ln[(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}-0.51264)/(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}-0.1967)+1]$; c) 计算公式: $T_{\text{DM}}=1/\lambda\ln[(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}-0.51315)/(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}-0.2137)+1]$. 由中国地质科学院地质研究所张宗清、唐索寒、王进辉分析

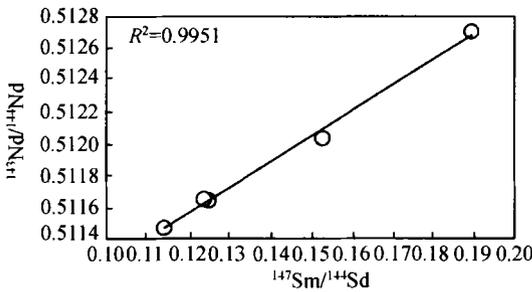


图 3 界河口地区样品等时线

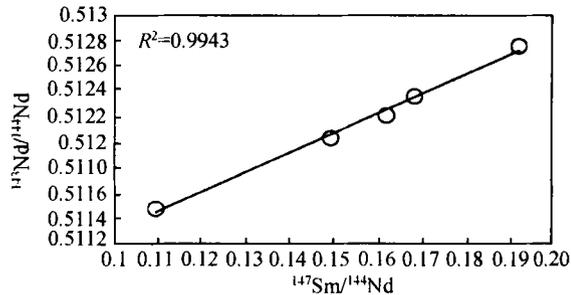


图 4 西榆皮地区样品等时线

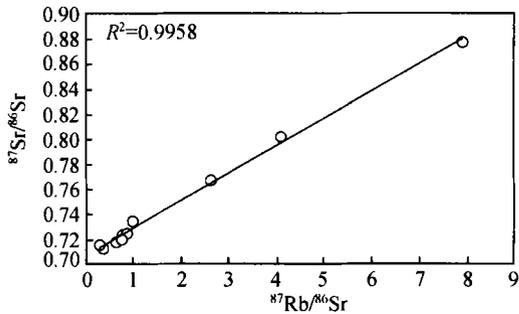


图 5 吕梁山地区样品等时线

Ma 是新太古末华北克拉通广泛发生的一次变质作用的年龄。

3.2 Rb-Sr 数据

年龄结果见表 3 和图 6 ~ 8, 界河口地区样品的等时线年龄为 (1649 ± 33) (2σ) Ma, $I(\text{Sr})=(0.7048 \pm 10)(2\sigma)$. 而西榆皮地区样品的等时线年龄为 (1516 ± 86) (2σ) Ma, $I(\text{Nd})=(0.7065 \pm 52)(2\sigma)$. 若将两个地区样品进行综合计算, 可获得等时线年龄为 (1537 ± 89) (2σ) Ma, $I(\text{Sr})=(0.7072 \pm 72)(2\sigma)$, 1600 Ma \pm 的 Rb-Sr

等时线年龄, 可能与华北克拉通内局部的岩浆活动相关. 通过对样品的 Sr 模式年龄的计算, 除一个样品(J97-42)年龄大于 3500 Ma 外, 其余样品均在 1700 ~ 1900 Ma 左右, 9 个样品的平均值为 1800 Ma (J97-42 除外). 这一年龄值与于津海在吕梁群中所获得的主变质年龄一致, 说明在 1800 Ma 界河口群与吕梁群一同遭受变质作用的改造, 尽管后期的构造岩浆活动对本区的斜长角闪岩包体有一定的影响, 但影响最为强烈的古元古代末期的变质热事件的信息还是得到了保存.

4 结果与讨论

研究区变质基性火山岩的常量、微量和稀土元素地球化学和 Sm-Nd, Rb-Sr 同位素地球化

表 3 吕梁山地区界河口群变质岩石 Rb-Sr 同位素分析结果

样品号	Rb/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	Sr/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}^1$	2σ	$T_{\text{DM}}^{(1)}$
J97-40	64.08	238.4	0.2783	0.723869	12	1.925882
J97-41	25.6	198.3	0.1291	0.712956	25	1.997909
J97-42	63.04	616.4	0.1021	0.715942	12	3.686189
J97-44	36.12	119.6	0.3021	0.725033	14	1.795886
J97-47	194.1	136.9	1.4185	0.802087	14	1.686895
D97-52	99.15	288.2	0.3440	0.734526	22	2.273104
D97-56	131.5	48.16	2.7304	0.877831	14	1.541898
D97-57	32.76	147.0	0.2228	0.718012	16	1.65973
D97-58	127.3	140.3	0.9074	0.767324	16	1.714484
D97-59	86.66	329.8	0.2628	0.720189	15	1.600045

a) T_{DM} = 假设派生于具有 Rb/Sr = 0.03 特征的上地幔的模式年龄, 这里 $\lambda(^{87}\text{Rb}) = 0.0142 \text{ Ga}^{-1}$; 所有数据由中国地质科学院地质研究所张宗清、唐素寒、王进辉分析

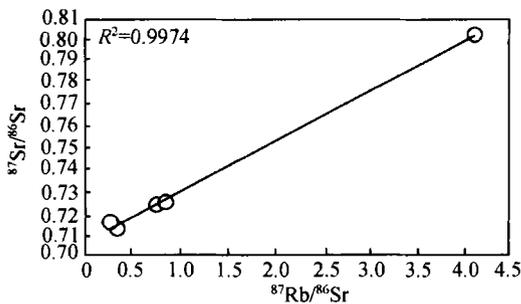


图 6 界河口地区样品等时线

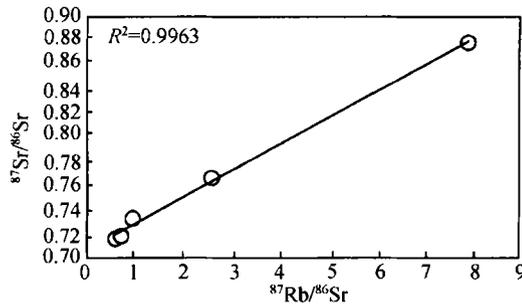


图 7 西榆皮地区样品等时线

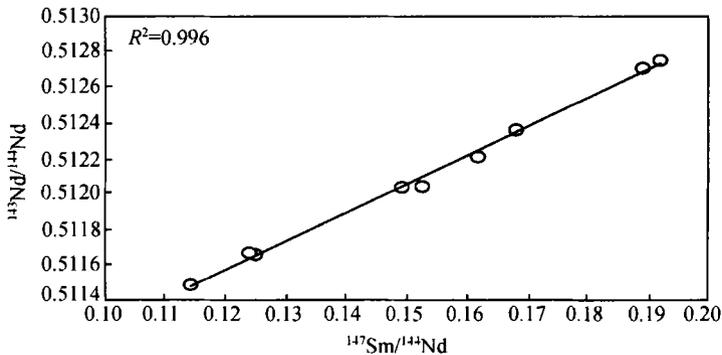


图 8 吕梁山地区样品等时线

学的特征表明, 吕梁山区的变质基性火山岩均属于大陆拉斑玄武岩, 其形成年龄与阜平杂岩的年龄^[16]明显不同, 说明其与阜平火山旋回不是同时代, 而是在较晚期的另一次壳幔分异过程中形成, 因此其不能与阜平群对比。同位素年龄的统计表明^[17], 华北克拉通中西部基性麻粒岩的同位素年龄峰值主要集中于 3 个阶段, 即 2860 ~ 2880 Ma, 2640 ~ 2710 Ma 以及 2400 ~ 2520 Ma。本文的研究结果显示, 界河口群基性火山岩的 T_{DM} 值均集中于 $2600 \text{ Ma} \pm$, 其与五台山下部层位中的斜长角闪岩形成时间相近, 对应于 2640 ~ 2710 Ma 的年龄峰值, 代表新太古中期的壳幔分异事件。而 Sm-Nd 等时线年龄(2464 ± 130)Ma 对应于 2400 ~ 2520 Ma 的年龄峰值,

代表在新太古末曾遭受了麻粒岩相变质作用的改造. 而 $1800 \pm$ 的 Rb-Sr 模式年龄与于津海等报道的吕梁群主变质年龄相对应, 说明古元古代末的吕梁运动第一幕也曾影响到本区, 并使基性火山岩的 Rb-Sr 体系发生重设, 因为其变质温压较低, 没有使 Sm-Nd 体系发生变化. 而 $1600 \text{ Ma} \pm$ 的 Rb-Sr 等时线年龄可能与克拉通内部的局部岩浆活动相关. 本文的研究结果不支持吕梁群属于太古宙, 其沉积年龄应小于 $(2464 \pm 130) (2\sigma) \text{ Ma}$ 的麻粒岩相变质年龄, 大于 1800 Ma 的绿片岩相变质年龄, 因此应为古元古代的产物.

参 考 文 献

- 1 山西省地质矿产局. 山西省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1989
- 2 刘敦一, 佩吉 R W, 康普斯顿 W, 等. 太行山-五台山区前寒武纪变质岩系同位素地质年代学研究. 中国地质科学院院报, 1984, (8): 57 ~ 82
- 3 白 瑾主编. 五台山早前寒武纪地质. 天津: 天津科学技术出版社, 1986. 361 ~ 372
- 4 白 瑾, 王汝铮, 郭进京. 五台山早前寒武纪重大地质事件. 北京: 地质出版社, 1992. 10 ~ 12
- 5 王汝铮, 林源贤. 五台群底界及其年龄研究. 见: 第四届全国同位素年代同位素地球化学学术讨论会论文(摘要)汇编, 1989
- 6 徐朝雷, 徐有华, 范嗣昆, 等. 关于五台群上、下限年龄的讨论. 地球化学, 1991, (4): 305 ~ 314
- 7 张其春, 董宜宝, 袁海华, 等. 吕梁山区五台群顶部地层的 Sm-Nd 年龄——兼论岩浆源区地幔的特殊性. 成都地质学院学报, 1988, 15(3): 76 ~ 85
- 8 于津海, 王德滋, 王锡银, 等. 山西吕梁群和其主变质作用的锆石 U-Pb 年龄. 地质论评, 1997, 43(4): 403 ~ 408
- 9 吴昌华, 钟长汀, 陈强安. 晋蒙高级地体孔兹岩系的时代. 岩石学报, 1997, 13(3): 289 ~ 301
- 10 Condie K C. Archean Greenstone Belts. Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company, 1981. 87 ~ 107
- 11 万渝生, 耿元生, 伍家善. 华北克拉通早前寒武纪玄武质岩石的地球化学特征. 见: 程裕淇主编. 华北地台早前寒武纪地质研究论文集. 北京: 地质出版社, 1998. 39 ~ 59
- 12 Pearce J A, Norry M J. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. Contrib Mineral Petrol, 1979, 69: 33 ~ 47
- 13 Pearce J A. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth C J, et al, eds. Continental Basalts and Mantle Xenoliths. Nantwich: Shiva Publications, 1983. 231 ~ 249
- 14 张宗清, 叶笑江. 稀土元素的质谱同位素稀释分析和 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值的精确测定方法. 中国地质科学院地质研究所所刊, 1987, (16): 165 ~ 178
- 15 Ludwig R K. ISOPLOT-A plotting and regression program for radiogenic-isotope data, version 2.70. U S Geological Survey Open File Report 91-445, 1993, 42
- 16 张宗清, 伍家善, 叶笑江, 等. 阜平群下部太古代变质岩石的 REE、Rb-Sr 和 Sm-Nd 年龄及其意义. 地球化学, 1991, (2): 118 ~ 127
- 17 钱祥麟, 李江海. 华北克拉通新太古代不整合事件的确定及其大陆克拉通构造演化意义. 中国科学, D 辑, 1999, 29(1): 1 ~ 8