

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

晋南西阳河群同位素年代学 研究及其地质意义

乔秀夫 张德全 王雪英 夏明仙

(中国地质科学院地质研究所)

采自晋南垣曲地区西阳河群的19个火山岩样品,测得Rb-Sr全岩等时线年龄值为 $1,454 \pm 50$ Ma。根据其年龄值比豫西舞阳地区西阳河群低的事实,表明西阳河群是一个位于吕梁-豫陕裂隙槽中、距今1,700—1,400百万年期间所形成的穿时火山岩体。这个三叉裂隙槽的地幔柱很可能就位于垣曲附近。裂隙槽的纬向部分曾大规模地向南扩张。舞阳地区的西阳河群是距今1675百万年前于晋南喷发之后,向南位移至现在的位置。作者认为:在北秦岭地区应当存在属于华北地台早元古代的基底岩石残片。

山西南部垣曲、同善一带,大面积连续出露的西阳河群火山岩,越过黄河南延至豫西,与熊耳群火山岩分布区相连接。晋南西阳河群从未获得过代表其喷发时期的同位素年龄。确定西阳河群在地层柱中的位置,对于研究晋南、豫西区域地质构造有着重要意义。从1981年来,我们对晋南垣曲地区西阳河群进行了多次野外工作,并反复作了多次铷-锶同位素年龄测定,所得结果均一致。

一、西阳河群简要地质特征

西阳河群由老至新分为大古石组、许山组、鸡蛋坪组和马家河组(河南省区域地质调查队,1964)。垣曲地区西阳河群厚度达5,000米,缺失底部大古石组,其它三个组连续出露;许山组以喷发不整合覆于担山石组之上。担山石组为浅变质石英砂岩及砾岩,其层位与五台山区郭家寨亚群层位相当,均可看作华北地台最底部盖层^[1]。西阳河群与上覆云梦山组一般为平行不整合接触。垣曲地区许山组以玄武岩、玄武安山岩为主,也有少量安山岩。鸡蛋坪组以安山岩、玄武安山岩为主,也有少量玄武岩。马家河组则以安山岩为主。整个火山岩系以熔岩为主,火山碎屑岩极少,但夹有厚度不大的海相砂页岩层。许山组和鸡蛋坪组除块状熔岩外尚有枕状熔岩或枕状集块(熔)岩。对朱家庄、磨凹、皋落等地(图1)7个点276个枕体的统计,其平均密度为1.5个/米²,平均含量46.7%,长径大于1米的枕体仅占17.4%(相对个数%),枕体切面形态以椭圆形者居多(占相对个数的53.3%)。熔岩的结构以隐晶质和显微斑状结构为主,斑晶为斜长石;辉石等暗色矿物极为罕见。岩石比较新鲜,但遭受不同程度的钠长石化、绿泥石化和绢云母化。岩石学的研究表明,垣曲地区枕状熔岩定位时为浅海环境,水深不超过300米^[2]。据许山组、鸡蛋坪

组 14 个样品的岩石化学全分析值, 在 SiO_2 - $\langle\text{FeO}\rangle/\text{MgO}$ 图上其投影点多数落于 TH 区, 属拉斑玄武岩系列。REE 球粒陨石标准化型式与环太平洋及其它大陆边缘安山岩或玄武岩的标准化型式相似^[2,3]。拉斑玄武岩是大陆裂谷早期发展的主要火山活动产物^[3]; 稀土元素指示了西阳河群的大陆边缘位置。垣曲地区西阳河群所处构造环境属于华北地台南部边缘裂陷槽。

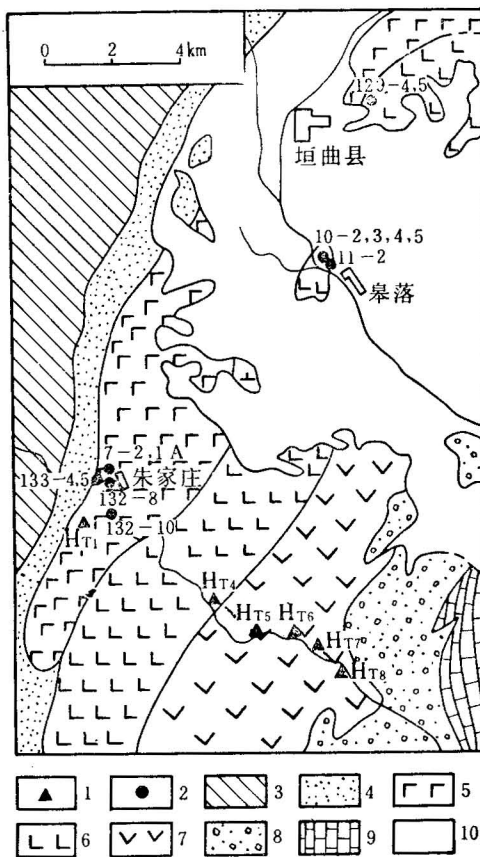


图 1 西阳河群取样位置图

1. 山西区调队样品野外编号; 2. 本文所采样品野外编号; 3. 华北地台基底岩石; 4. 担山石组; 5. 西阳河群许山组; 6. 西阳河群鸡蛋坪组; 7. 西阳河群马家河组; 8. 云梦山组; 9. 古生界; 10. 新生界

Fig. 1 Map showing the sampling localities for the volcanic rocks of the Xiyanghe Group.

图 1 标示了同位素年龄样品取样地点、层位及野外编号。许山组 7 个样品, 鸡蛋坪组 8 个样品, 马家河组 4 个样品, 共计 19 个; 其中 HT 编号 6 个样为山西区域地质调查队供给。许山组样品采自朱家庄附近; 马家河组样品沿朱家庄以南板涧河两岸采集; 鸡蛋坪组样品采自垣曲县的磨凹、皋落及板涧河, 地点比较分散。

二、测量方法和测量结果

在铷锶年代学测量工作中, 化学分离和质谱测定与以前所用方法基本相同, 采用同位

表 1 山西垣曲西阳河群 Rb-Sr 同位素测定结果
Table 1 Results for Rb-Sr isotope dating on Xiyanghe Group from Yuanqu, Shanxi Province

层位 Horizons	采样地点 Sampling localities	序号 Series No.	样品编号 Sample No.	分析号 Analysis No.	样品名称 Sample name	Rb(ppm)	Sr(ppm)	Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶
许山组 Xushan Formation	朱家庄 Zhujiashuang	1	133-5	83-345	安山岩(枕壳) Andesite (cr)	4.95	153.2	0.0939	0.70854
		2	133-4	83-346	安山岩(枕心) Andesite (c)	5.36	156.3	0.0993	0.70851
		3	132-8	83-347	玄武岩(枕壳) Basalt (m)	23.2	272.7	0.2468	0.71291
		4	HT-1	83-348	安山岩(枕壳) Andesite (m)	21.3	269.4	0.2283	0.71075
		5	132-10	83-349	玄武安山岩(枕壳) Basalt-Andesite (m)	48.3	314.1	0.4450	0.71609
		6	7-2	81-160	玄武岩(枕壳) Basalt (cr)	22.2	136.0	0.57384	0.7193
		7	7-1A	81-162	玄武岩(枕壳) Basalt (cr)	76.2	99.7	2.21778	0.7532
鸡蛋坪组 Jidanping Formation	磨凹 Moao	8	129-4	83-351	玄武安山岩(枕壳) Basalt-Andesite (m)	40.7	352.7	0.3337	0.71517
		9	129-5	83-352	玄武安山岩(枕心) Basalt-Andesite (c)	29.5	143.8	0.5941	0.71728
		10	HT-4	83-353	安山岩(枕壳) Andesite (m)	16.91	187.3	0.2473	0.71484
		11	10-5	82-041	麦英奇岩(枕间玻璃质) Melnchite (in)	39.0	75.8	1.4888	0.7313
		12	10-4	82-042	玄武岩(枕间玻璃质) Basalt (in)	29.2	151.4	0.5578	0.7175
		13	10-2	81-158	安山岩(枕心) Andesite (c)	7.13	299.6	0.0689	0.7096
		14	11-2	81-159	玄武安山岩(枕壳) Basalt-Andesite (m)	44.4	321.7	0.40004	0.7173
马家河组 Majiahe Formation	板桥河 Banjiahe	15	10-3	81-161	玄武岩(枕壳) Basalt (cr)	93.2	142.9	1.8896	0.7348
		16	HT-6	83-318	安山岩 Andesite	37.4	425.37	0.2518	0.71231
		17	HT-5	83-319	安山岩 Andesite	39.22	324.62	0.3494	0.71367
		18	HT-7	83-320	安山岩 Andesite	58.1	233.3	0.7201	0.72234
		19	HT-8	83-321	安山岩 Andesite	105.7	185.97	1.6440	0.74075

cr—crust of pillows; c—centre of pillows; m—massive; in—inter-pillow glass.

素稀释质谱法测定^[4]。这次测试工作中方法上作了下列改进:

化学分离采用小样量、短流程、小交换柱的分离方法^[5]。交换树脂为 8 毫升, 4 N 盐酸 12 毫升淋洗完毕。经 1983 年以来大量生产样品的检验, 证明所选择的方法是目前锶同位素分析中较好的工作方法之一。质谱测量采用双铯带测铷, 单钨带加钽的混合溶液 ($\text{Ta}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 溶于 $\text{HF} + \text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4$ 溶液中) 发射剂测铯。使用这种发射剂电离效果很好, 离子发射稳定。用 0.02 微克的锶标准样测量, 可在法拉第接收器上 10 伏档测量一、二个小时。目前这种方法是世界上测锶的先进方法之一, 精度达 0.02% 以上。

分析工作中使用高纯试剂, 并在室内再进行蒸馏纯化。所用器皿为石英和氟塑料等材料, 全流程本底 Rb 为 $(1.0-1.3) \times 10^{-9}\text{ppm}$, Sr 为 $(0.7-1.5) \times 10^{-8}\text{ppm}$ 。质谱测量 NBS 987 标样的结果 $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86} = 0.710186 \pm 0.00005$ 。

垣曲地区西阳河群三个组火山岩铷锶全岩等时线测量结果列于表 1 中。

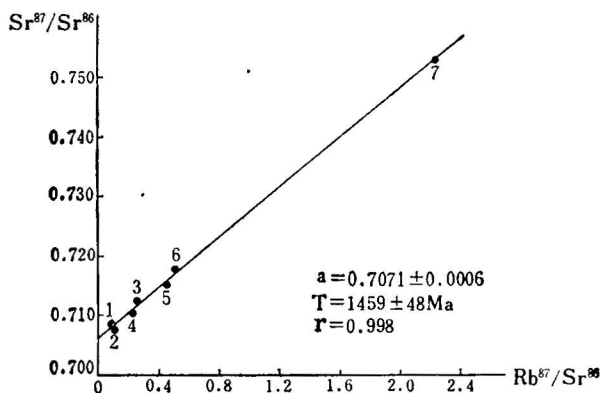


图 2 许山组 Rb-Sr 全岩等时线图

Fig. 2 Rb-Sr whole-rock isochron diagram of the Xushan Formation

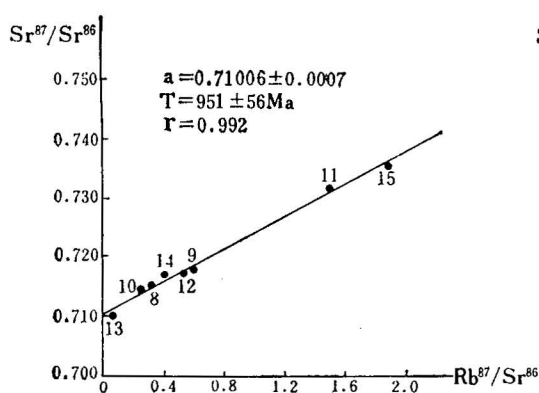


图 3 鸡蛋坪组 Rb-Sr 全岩等时线图

Fig. 3 Rb-Sr whole-rock isochron diagram of the Jidanping Formation

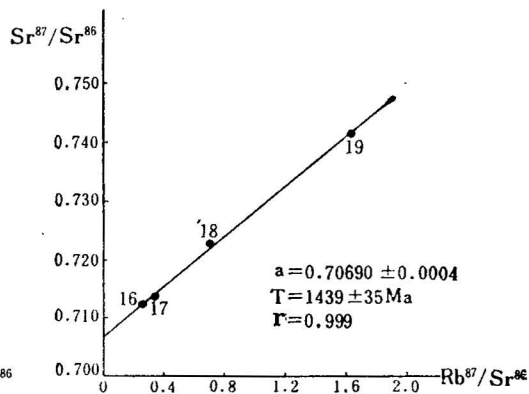


图 4 马家河组 Rb-Sr 全岩等时线图

Fig. 4 Rb-Sr whole-rock isochron diagram of the Majiahe Formation

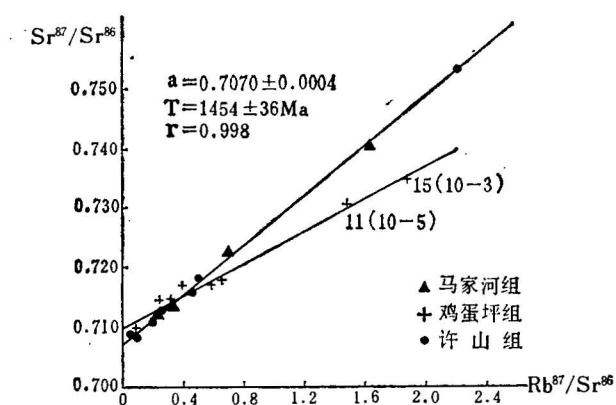


图 5 许山组、马家河组及鸡蛋坪组 Rb-Sr 全岩等时线图

Fig. 5 Rb-Sr whole-rock isochron diagram of the Xushan Formation, Majiahe

Formation and Jidanping Formation

▲ Majiahe Formation + Jidanping Formation ● Xushan Formation

根据测量结果,并选择 Rb^{87}/Sr^{86} 以测量值的 1% 为权重, Sr^{87}/Sr^{86} 选择 0.1% 为权重,用双误差回归方法求出年龄和初始比值^[6]。图 2—4 为三个组的 Rb-Sr 全岩等时线图。许山组 (Sr^{87}/Sr^{86}) 初始值为 $0.7071 \pm 0.0006 (1\sigma)$; 年龄值 T 为 $1,459 \pm 48 (1\sigma)$ Ma; 相关系数 r 为 0.998。鸡蛋坪组 (Sr^{87}/Sr^{86}) 初始值为 $0.71006 \pm 0.0007 (1\sigma)$; 年龄值 T 为 $951 \pm 56 (1\sigma)$ Ma; 相关系数 r 为 0.992。马家河组 (Sr^{87}/Sr^{86}) 初始值为 $0.70690 \pm 0.0004 (1\sigma)$; 年龄值 T 为 $1,439 \pm 35 (1\sigma)$ Ma; 相关系数 r 为 0.999。

从测量结果可以看出,许山组和马家河组所测得的 (Sr^{87}/Sr^{86}) 初始值基本一致。将两组结果放在一张图上(图 5),得出 (Sr^{87}/Sr^{86}) 初始值为 $0.7070 \pm 0.0004 (1\sigma)$; 年龄值 T 为 $1,454 \pm 36 (1\sigma)$ Ma; 相关系数 r 为 0.998。

鸡蛋坪组的初始值高 (0.71006), 年龄值低, 主要由 10-5 和 10-3 两个样品的 Sr^{87}/Sr^{86} 值偏低所引起 (图 5)。其原因将在下节中讨论。

三、Rb-Sr 年龄值的讨论与解释

从岩石学的角度考虑,西阳河群所遭受的不同程度蚀变,主要是由于岩浆定位时高热熔岩与当时处于 300 米深度的海水之间发生物质交换而产生的,即在成岩过程中发生的。对于距今十数亿年前的火山岩来讲,火山岩的成岩年龄与其喷发年龄相差无几,可略而不计。因此,由西阳河群下部许山组与上部马家河组 11 个样品共同构成具有相当良好线性关系的等时年龄 1,454 Ma, 应当代表垣曲地区西阳河群的喷发年龄。

许山组与马家河组两组等时线上所有样品点的线性关系都很好,前者等时年龄 1,459 Ma, 后者 1,439 Ma, 显示了底部年龄值大,顶部值低的特点。它表明锶同位素完全均一化是在不同喷发时期和随之与海水发生物质交换的成岩期完成的,而 $Rb^{87}-Sr^{87}$ 衰变体系未遭受后期破坏,因而所测定的年龄信息是可信的。近 20 Ma 的年龄差值代表火山喷发延续的时间。

鸡蛋坪组与下伏及上覆火山岩均为连续喷发,但等时线年龄 951 Ma 却大大小于上、

表 2 许山组、鸡蛋坪组火山岩的部分化学成分

Table 2 Part of chemical composition of volcanic rocks of the Xushan Formation and Jidanping Formation

层位 Horizons	样品号 Sample No.	岩 石 Rocks	Rb	Sr	SiO ₂	K ₂ O	备 注 Remark
许 山 组 Xushan Formation	7-1A	玄武岩 Basalt	76.2	99.7	42.74	5.62	枕壳 Crust of pillows
	7-2	玄武岩 Basalt	22.2	136.0	50.58	2.43	枕心 Centre of pillows
	7-1B	安山岩 ^[2] Andesite	32.0	282.0	57.32	2.68	枕心 Centre of pillows
	7-3	玄武岩 ^[2] Basalt	16.0	167.0	45.52	0.50	枕壳 Crust of pillows
	7-4	安山玄武岩 ^[2] Andesite-Basalt	339.0	142.0	54.56	5.76	枕间玻璃质 Inter-pillow glass
鸡 蛋 坪 组 Jidanping Formation	10-1	安山岩 ^[2] Andesite	74.0	327.0	57.94	4.20	枕壳 Crust of pillows
	10-2	安山岩 Andesite	7.13	299.6	55.42	0.66	枕心 Centre of pillows
	10-3	玄武岩 Basalt	93.2	142.9	49.72	6.30	枕壳 Crust of pillows
	10-4	玄武岩 Basalt	29.2	151.4	45.68	1.96	枕间玻璃质 Inter-pillow glass
	10-5	麦美奇岩 Meimechite	39.0	75.8	35.44	1.92	枕间玻璃质 Inter-pillow glass
	11-2	安山玄武岩 Andesite-Basalt	44.4	321.7	54.08	2.94	块状 Massive

下的火山岩年龄,并且也低于覆盖西阳河群的碎屑岩组 K-Ar 年龄。这个年龄值与基本地质事件不符,应予排除。是什么原因使鸡蛋坪组的 Rb-Sr 等时线年龄值大大降低呢? (1) 鸡蛋坪组的取样点比较分散,且位于不同的水系旁,表生作用的条件不完全相同(图 1); (2) 鸡蛋坪组样品中 Rb 的丰度与岩石中 K₂O 的含量,其正相关的线性关系比许山组好(图 6 和表 2)。岩石中一部分 K₂O 来源于成岩后的表生作用,当 K₂O 加入时, Rb 亦随之加入,但后加入的这一部分 Rb,却不能像成岩期 Rb 所提供那样多的放射性 Sr⁸⁷,因而年龄值大大降低; (3) 样品 10-2, 3, 5 分别为熔岩枕的枕心、枕壳与枕间玻璃质。镜下研究和化学分析资料表明, 10-5 号样枕间玻璃质,绿泥石化强烈,虽然样品的酸度低(SiO₂ 35.44%),但 K₂O 的含量却比枕心(10-2 号样)高。10-3 号样枕壳, K₂O 高达 6.3% (枕心 10-2 的 K₂O 为 0.66%),斜长石的 Or 值(11.1—42.7%)亦比枕心斜长石的 Or 值(7.2—11.0%)高得多;基质中无色球粒的 K₂O (7.48—10.07%)亦比枕心基质中无色雏晶的 K₂O (0.39%) 高^[2]。这表明部分枕间玻璃质和枕壳成岩后的长期表生作用过程中,加入了较多的 K₂O,使 10-3 和 10-5 两个样品的 Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ 值降低(图 5)。因此鸡蛋坪组 951 Ma 的年龄值,不代表熔岩定位时的年龄,而是距今 1,000 Ma 芹峪上升后,华北地台经受

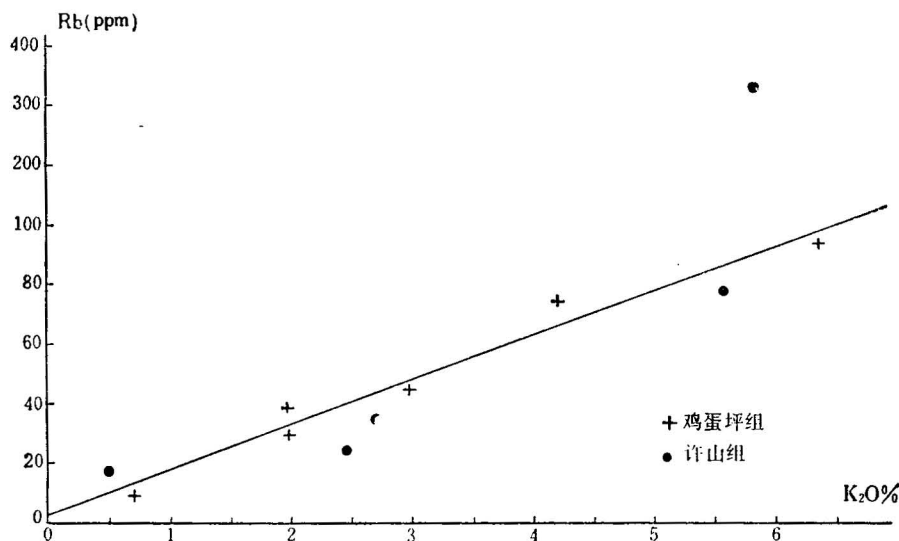


图 6 许山组、鸡蛋坪组火山岩的 Rb 和 K₂O 变异图

Fig. 6 Relationship between Rb and K₂O of the volcanic rocks of the Xushan Formation and Jidanping Formation

著名的大陆湿热化、红土化时期的年龄^{1)[7]}。

四、晋南、豫西上前震旦系火山岩及碎屑岩的穿时现象

晋南西阳河群喷发年龄为 $1,454 \pm 35$ Ma; 底界年龄 $1,459 \pm 48$ Ma, 顶界年龄 $1,439 \pm 35$ Ma; 整个喷发时间持续约 20 Ma。豫西舞阳西阳河群马家河组曾获得 Rb-Sr 等时年龄 $1,675$ Ma (中国科学院地质研究所)^[8] 及 $1,870 \pm 25$ Ma (北京第三研究所, 1979)²⁾。二者样品均采自同一剖面, 后者样品为晶屑凝灰岩, 略低于中国科学院采样层位。由于 $1,870$ Ma 年龄样品点较少 (4 个), 样品分布也不理想, 初始比值与年龄值的偏差较大, 原作者 (营俊龙) 建议数据仅作参考³⁾。在目前已文献中, 一般均引用 $1,675$ Ma 年龄数据, 并将其作为陕西与熊耳山区熊耳群的年龄, 实际是作为与西阳河群等时喷发地层体来对待。对晋南西阳河群年龄反复测定, 其结果基本相一致。这样, 晋南西阳河群顶部马家河组 $1,439$ Ma 与豫西舞阳地区马家河组 $1,675$ Ma, 两地年龄值相差达 236 Ma。这个信息提出了一个严肃的问题, 即不同地区西阳河群 (熊耳群) 不是等时的, 它是一个穿时火山岩地质体。这一穿时现象从构造上可获得圆满解释, 并为晋南、豫西构造分析提供了年代数据佐证。孙枢等^[9] 曾讨论了熊耳群火山岩系列与大地构造环境, 提出熊耳群火山岩的岩石组合特征代表了早期裂谷作用的产物, 叙述了豫陕裂谷发展过程^[9]。作者等^[10, 11] 提出豫西与晋中吕梁山区共同构成了中元古代的一个三支辐射裂陷槽系——吕梁、豫陕裂陷槽系^[10, 11]。北支吕梁裂陷槽呈近南北向伸入地台内部; 南部为豫西两叉裂陷槽, 呈北西西-南东东方平行大陆边缘。北部吕梁裂陷槽经过大陆火山喷发、陆相河湖堆积 (汉高山群或小两岭

1) 乔秀夫, 1977, 冀北迁南蔚县纪末古大陆上含铁石英岩风化淋滤型富铁矿找矿方向。地质科技, 2 期, 第 40-43 页。

2) 营俊龙, 1979, 河南北中部古老变质岩系的铷-锶同位素年龄测定。北京第三研究所。

组),即停止发展而成为消亡裂陷槽,后为寒武系海相层所覆盖。南部豫陕裂陷槽于西阳河群喷发过程中不断向南扩张,并最终形成海相盆地,代表了三叉裂陷槽系中活动的两支。图 7 表示了吕梁-豫陕裂陷槽系的轮廓及其中火山岩年龄值分布状况。北支及南支南部火山岩年龄值较高,而中部晋南地区火山岩年龄值较低。这种年龄值分布提示了晋南垣曲地区西阳河群 1,454 Ma 火山岩年龄值,代表了三叉辐射裂陷槽系交汇点的年龄,垣曲地区很可能是中元古代期间地幔上隆热柱点的位置。而豫西马家河组为距今 1,675 Ma 喷发之后,由晋南向南逐渐张裂移开的产物。我们估计,裂陷槽内沿北西西-南东东方向上采样测量,有可能获得熊耳群大体同时的年龄数据;但沿北北东-南南西方向上,西阳河群或熊耳群火山岩年龄值测定将会出现愈接近华北地台南缘年龄值愈高的现象。裂谷系及裂陷槽系中,地幔热柱点之上物质的移位所造成的火山岩年龄的穿时现象,可能有着普遍意义。晋南、豫西西阳河群属中元古代中不同时期的产物,大体是 1,700—1,400 Ma 间的穿时火山岩体(图 8)。

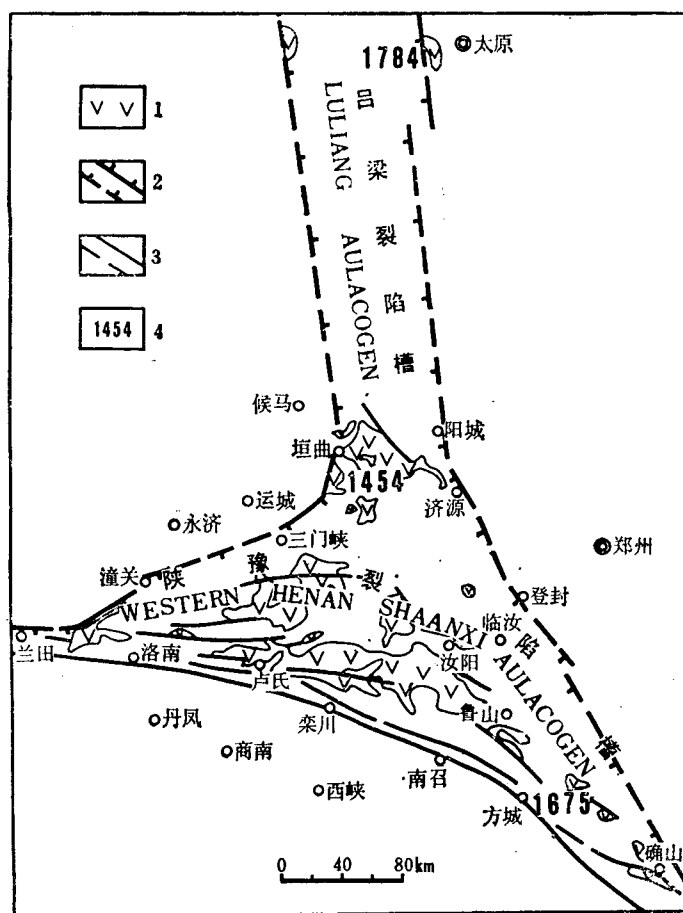


图 7 吕梁-豫陕裂陷槽简图

1. 火山岩: 西阳河群(晋南); 熊耳群(豫西); 小两岭组及汉高山群(吕梁山区); 2. 裂陷槽边界断裂及推测边界断裂; 3. 同喷发断裂; 4. 数字为火山岩 Rb-Sr 全岩等时线年龄(百万年)

Fig. 7 Sketchmap showing the Luliang-western Henan-Shaanxi aulacogen

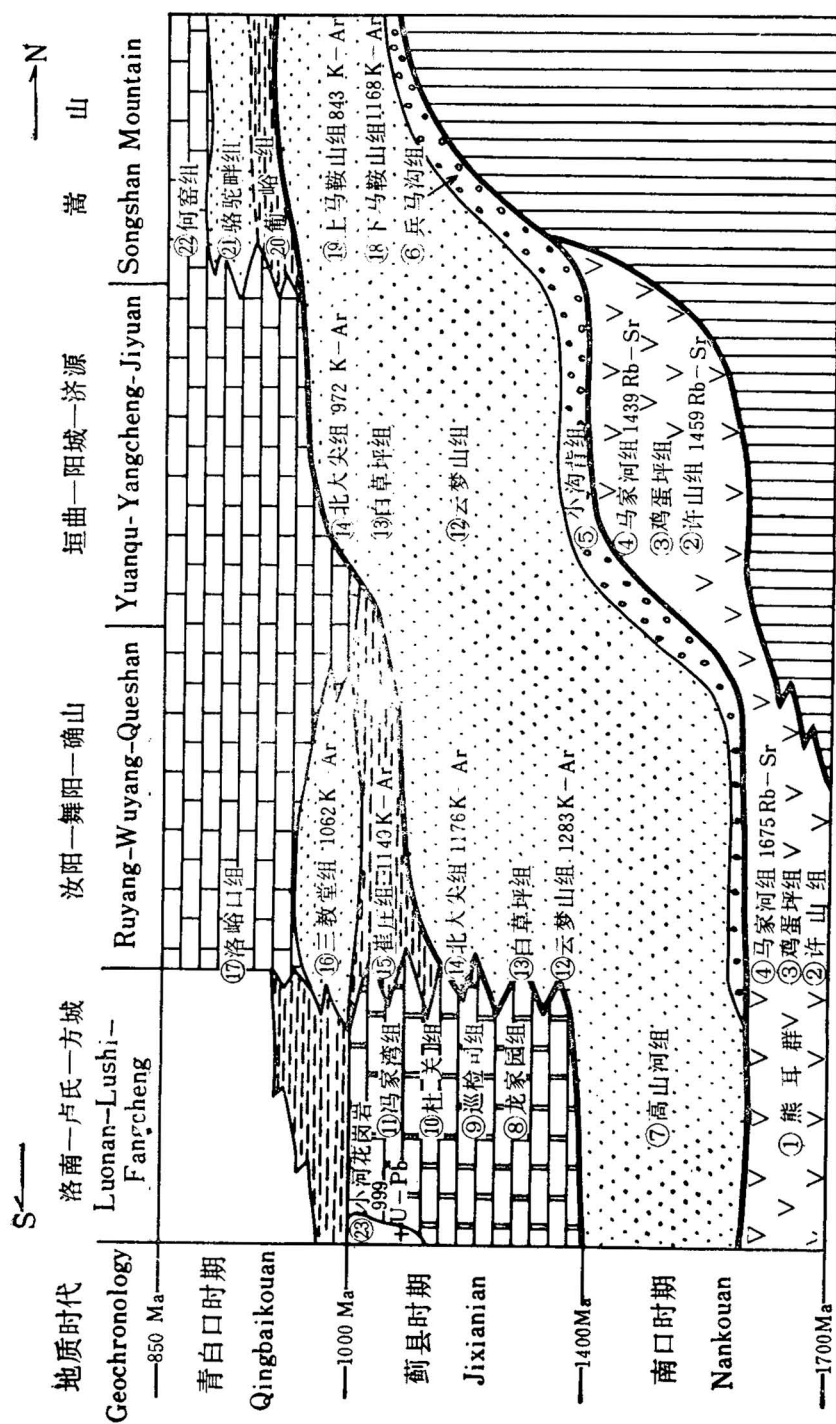


图 8 晋南西阳河群及上覆地层穿时现象(数字为同位素年龄,百万年)

U-Pb 铀-铅法; K-Ar 钾-氩法; Rb-Sr 铷-锶法

Fig. 8 Diachronous circumstances of the Xiyanghe Group and the overlying strata in southern Shanxi and western Henan (Arabic numerals-isotope age, Ma)

西阳河群穿时体的确定, 对于认识与讨论其上覆碎屑岩体的穿时现象有着直接意义。豫西、晋南, 覆盖于熊耳群或西阳河群之上的碎屑岩, 以石英砂岩为主, 夹有页岩, 各地名称不同, 过去习惯将其等时对比。张守信曾第一个明确提出为穿时砂岩体, 但当时年龄数值尚少^[12]。图8为这一砂岩体的穿时状况及近年来测定其中海绿石所获得的一批 K-Ar 年龄数据^[8,13,14]。小秦岭洛南-卢氏一带, 龙家园组、巡检司组、杜关组、冯家湾组是一个碳酸盐地层组序列, 叠层石、微古植物组合与燕山蓟县群相当, 有年龄为 999 Ma 花岗岩侵入, 故其时限应属蓟县群范畴。这样, 小秦岭地区高山河组顶界年龄不会早于 1,400 Ma。汝阳、舞阳地区的石英砂岩组自下而上为云梦山组、白草坪组、北大尖组, 从年龄值应置于与燕山蓟县群相当的时限范畴, 其层位高于高山河组。晋南及豫西北济源一带的云梦山组、白草坪组及北大尖组覆于年龄更小的马家河组之上, 其底界显然高于舞阳地区的石英砂岩组合。晋南阳城李圪瘩, 北大尖组石英砂岩海绿石 K-Ar 年龄为 972 Ma, 比舞阳北大尖组 1,176 Ma 年龄值低, 这种较低的年龄值恰好反映由南至北, 碎屑岩组层位愈高的穿时现象。嵩山地区位于豫、陕两叉裂陷槽的东北边缘, 马鞍山组直接超覆于华北地台基底太华群之上。马鞍山组石英砂岩有两个年龄值, 843 Ma 样品采自登封郭店, 1,168 Ma 样品采自登封以南, 二地相距 50 余公里。前者有可能为上马鞍山组, 后者为下马鞍山组。这样, 马鞍山组底、顶界线年龄在豫西最小, 正好代表裂陷槽边部最年轻的石英砂岩超覆体。豫西石英砂岩底部都有一个底砾岩组, 覆于西阳河群之上, 自南而北随着下伏马家河组层位抬高而抬高, 其时代应依据上覆岩组层位而确定。从图8中可看到, 熊耳群与西阳河群顶、底界面均斜切时间界面; 顶部界面由 1,675 Ma 至 1,439 Ma, 上覆石英砂岩体的顶部界面则从 1,400 Ma 跨越了 1,176 Ma—972 Ma—843 Ma 不同的时间界面。舞阳北大尖组与晋南北大尖组, 两地年龄相差 204 Ma, 这个年龄差值与两地马家河组年龄差值 236 Ma 大体吻合。种种现象意味着豫西、晋南海相沉积盆地是随着裂陷槽中火山岩开始喷发, 裂陷槽开始扩张时即遭受来自南方的海进。形成沉积盆地所需时间与形成裂陷槽所需时间相接近这一事实, 从区域构造角度提供了从晋南西阳河群所获得的年龄信息是可靠的。

结 语

1. 沉积岩组的穿时现象早已为地质学家注意与识别; 但是火山岩组的穿时现象则不易被人理解与接受。前者是连续海进造成的, 而后者则是裂陷槽或裂谷系中由于扩张而引起。晋南西阳河群于 1,459 Ma 开始喷发, 结束于 1,439 Ma, 延续时间不长; 但在整个裂陷槽中, 以汝阳-确山地区西阳河群底界年龄及晋南地区西阳河群顶界年龄计算, 其时限在 1,700—1,400 Ma 之间。这个时限实际代表了整个裂陷槽的扩张时限。

2. 地质学家比较注意聚敛板块边缘的大陆增生现象, 忽视板块内部与边缘裂陷槽开展而造成的大陆增生与面积扩大的现象。晋南垣曲为起点计, 豫西熊耳群向南分布, 南北宽达 200 余公里, 代表了华北地台南缘于中元古代期间向南增长与扩大的面积。舞阳与垣曲马家河组喷发年龄相差 236 Ma, 则晋豫裂陷槽在当时曾以每年平均约 0.085 厘米速度缓慢向南扩张。整个元古代期间, 古地台上裂陷槽或裂谷系的发育是显著与普遍的事件。古老地块边缘裂开, 地幔物质上涌, 大陆地壳面积增生, 是大陆成长的一个相当重要途径。元古代期间华北地台内部及边缘裂陷槽的广泛发育, 对于华北古大陆壳的增生有

着特别重要意义。

3. 一部分地质工作者(包括作者)曾认为秦岭北坡宽坪群下部火山岩(二郎坪群),其层位与豫西熊耳群相当。现在需要研究的问题是宽坪群与熊耳群是否同一裂陷槽构造环境中的火山岩。若属同一构造环境,按熊耳群或西阳河群穿时的观点,位于熊耳群以南的宽坪群火山岩,其同位素年龄应大于 1,600Ma。目前在宽坪群中所获得的一组较大年龄值 1,400 Ma,应是宽坪群火山岩喷发之后,后期某一热事件的年龄。

4. 根据上述设想,秦岭地区应当存在中元古代之前的地台基底岩石,它们是裂陷槽向南张裂时的产物。找寻并圈定这些地台基底岩块(残片)的分布范围,也许是秦岭区域构造研究中应当解决的问题。张秋生等将秦岭群置于前长城群(1,900 Ma 之前)的意见是值得重视的^[15]。

根据我们的工作及已有的资料,本文所提出的观点及思路需要经过实践的检验。但希能引起在豫西工作的同位素年代地质学家与大地构造学家的注意及兴趣,并对他们研究北秦岭区域地质构造能有所帮助。

为纪念我国已故著名地质学家张文佑教授而撰写此文。

参 考 文 献

- [1] 乔秀夫、王雪英, 1984, 吕梁运动新厘订。地质论评, 30 卷, 2 期, 第 177—178 页。
- [2] 张德全、乔秀夫、周科子, 1985, 山西垣曲中元古代枕状熔岩。岩石矿物及测试, 第 4 卷, 第 1 期。
- [3] Condie, K. C., 1976, Plate Tectonics and Crustal Evolution. New York: Pergamon Press, Inc.
- [4] 张自超, 1981, 用铷锶等时线测定年龄时样品中 $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 比值的计算方法。中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊, 4 号, 第 107—110 页。
- [5] Birck, J. L. and Allegre, C. J., 1973, $\text{Rb}^{87}\text{-Sr}^{87}$ Systematics of Muntche Tundra Mafic Pluton. Earth Planet Sci. Lett., 32, pp. 191—198.
- [6] Tork, D., 1969, Least-Squares Fitting of a Straight Line with Correlated Errors. Earth Planet Sci. Lett., 5, pp. 320—324.
- [7] 乔秀夫, 1976, 晋白口群地层学研究。地质科学, 3 期, 第 246—265 页。
- [8] 关保德等, 1980, 东秦岭北坡震旦界。中国震旦界, 第 288—313 页。天津科学技术出版社。
- [9] 孙枢、从柏林、李继亮, 1981, 豫陕中-晚元古代沉积盆地。地质科学, 4 期, 第 314—322 页。
- [10] 乔秀夫、马丽芳, 1982, 华北地台中、晚、新元古代地壳运动。中国地质科学院地质研究所所刊, 第 4 号, 第 1—12 页。
- [11] 乔秀夫、张德全、王雪英、安玉清, 1983, 山西中部小两岭组火山岩铷-锶同位素年龄测定。中国地质科学院院报, 第 5 号, 第 111—114 页。
- [12] 张守信, 1980, 论华北断块区几个穿时的岩石地层单位。华北断块的形成与发展, 第 109—121 页。科学出版社。
- [13] 柯元、武震, 1976, 豫西上前寒武系及其对比关系。地质科学, 2 期, 第 157—168 页。
- [14] 马国干、刘树林、邓祝琴, 1980, 豫西晚前寒武纪汝阳群的海绿石钾-氩年龄与地层对比。中国地质科学院宜昌地质矿产研究所分刊, 第 1 卷, 2 号, 第 104—111 页。
- [15] 张秋生等, 1980, 中国东秦岭变质地质。吉林人民出版社。

A PRELIMINARY STUDY ON ISOTOPE GEOCHRONOLOGY OF THE XIYANGHE GROUP FROM SOUTHERN SHANXI PROVINCE AND ITS GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

Qiao Xiufu, Zhang Dequan, Wang Xueying and Xia Mingxian
(*Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences*)

Abstract

Nineteen samples for whole-rock Rb-Sr isochron age determination were collected from the Xiyanghe Group in Yuanqu, southern Shanxi province (Fig. 1). The results obtained are shown in Table 1 and plotted on the $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ — $\text{Rb}^{87}/\text{Sr}^{86}$ diagrams (Fig. 2—5). The Xushan Formation, the lower part of the Xiyanghe Group, yields a diagenetic age of $1,459 \pm 48$ Ma and that of the topmost Majiahe Formation of this group is $1,439 \pm 35$ Ma. Therefore the volcanic eruption of the Xiyanghe Group in Yuanqu region covers a time span of 1,459—1,439 Ma. An isochron age of 1,675 Ma for the Majiahe Formation of the Xiyanghe Group had been obtained from Wuyang, western Henan (Institute of Geology, Academia Sinica, 1977). There is a difference of 236 Ma between the same formations in the above mentioned regions, which indicates that the Xiyanghe Group is a diachronous volcanic rocks. Diachroneity of the Xiyanghe Group may be interpreted from a tectonic viewpoint.

The development of aulacogens on the North China Platform is an outstanding phenomenon in the Proterozoic, especially in the Middle Proterozoic. The Luliang Mountain and the western Henan-central Shaanxi region constitute a three-armed aulacogen (Fig. 7). The Luliang trough constitute the northern segment of the aulacogen which cut into the interior of the platform in a NNW-SSE direction. After the formation of the eruptives and terrestrial deposits, the Luliang aulacogen immediately ceased to develop and turned into a failed arm. The southern two arms extend in a WNW-ESE trend roughly parallel to the continental border of that time, which had probably undergone a large scale southward extension during the stage of Xiyanghe volcanic eruption and eventually formed a marine basin. As an inference from the lower Rb-Sr age of Xiyanghe Group in Yuanqu and from extensional characteristics of the boundary faults of the aulacogen, we think that the hot spot of the mantle below the triple-junction Luliang-western Henan aulacogen might have been situated around Yuanqu during the middle Proterozoic. The Xiyanghe Group in Wuyang area bearing an age of 1,675 Ma BP may denote that it was erupted originally in southern Shanxi and was brought to the nowadays position by a southward motion after it eruption. The entire volcanic activity within the triple-junction Luliang-western Henan-Shanxi aulacogen covers a time span around 1,700—1,400 Ma.

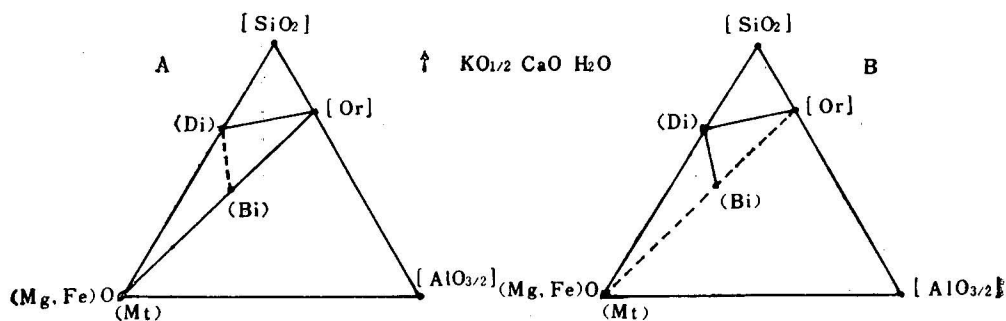
Fig. 8 shows the diachronous nature of the Xiyanghe Group and the overlying strata in the region.

更 正

作者因疏漏, 1985 年第一期所载《河北矾山铁磷矿床含矿岩体韵律层结构的成因》一文原稿中存在多处错误, 刊印前未及改正, 现特致歉并更正如下。

页:	行	字	误	正
33	倒 13	1	面, ...	面 ^[2] , ...
35	8	17	...方法 ^[2] ...	...方法 ^[3] ...
35	13	倒 1	...反应 ^[3] ;	...反应 ^[4] ;
35	17	倒 1	...温度 ^[1, 2]	...温度 ^[1, 3]

36 图 2 应为



38	5	倒 3	...→(Di) + (Bi)	...→(Bi)
40	9	倒 7	...图5...	...图4...
40	16	12	...图5...	...图4...
40	倒 4	倒 1	...写作 ^[4] ;	...写作 ^[5] ;

(江培谟)