

赣北元古代变质沉积岩的铅钨同位素特征

张海祥, 孙大中, 朱炳泉, 涂湘林

(中国科学院广州地球化学研究所 广东 广州 510640)

提要:赣北地区元古代变质沉积岩的铅、钨同位素研究结果表明, 它们与扬子古陆南缘其他元古代地层非常相似, 表明它们具有相似的成岩物质来源及构造演化历史。研究结果还显示, 双桥山群变质泥质岩的 Pb-Pb 等时线年龄为 $(1\,490 \pm 68)\text{Ma}$, 而障公山群、双桥山群、程浪群和修水群的钨模式年龄分别为 1.57 Ga、1.89 Ga、1.77 Ga 和 1.60 Ga, 均分布在 1.5~1.9 Ga 之间, 表明这些地层的形成年龄应小于 1.9 Ga, 是中一晚元古代的产物, 同时表明扬子古陆南缘存在古元古代的基底。

关键词:赣北地区; 元古代; 变质沉积岩; 铅、钨同位素

中图分类号: P588.121, P597.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3967(2000)01-0066-06

扬子古陆南缘湘、桂地区元古代变质沉积岩已有较详细的同位素资料, 但作为华南前寒武纪地层主要出露区的赣北元古代地层区的同位素研究却很缺乏。在该区, 除了赣东北地区广泛出露的元古代障公山群、双桥山群及程浪群外, 在赣西北地区和庐山地区还出露了新元古代的修水群。其中障公山群、双桥山群和程浪群是一套以陆源碎屑为主, 主要是动荡的浅海和深海浊流复理石建造。而修水群则是一套浅变质的粉砂岩、板岩和千枚岩互层, 分布面积很广。其中庐山地区的修水群呈特征的紫红色, 而修水地区的则呈灰黑色和青灰色。有关赣东北前寒武纪地层划分目前主要有两种观点: 一是马长信等^[1]主张的“三分”, 即将赣东北元古代地层分为古元古代障公山群、中元古代双桥山群和新元古代程浪群。另一种是以往普遍采用的“二分”, 即古一中元古代双桥山群和新元古代程浪群, 即把马长信等所谓的障公山群与双桥山群合并为一。至于新元古代修水群, 由于缺乏地层定年所需要的火山岩, 至今还没有确切的同位素年龄。那么所谓的障公山群、双桥山群的形成时代怎样, 它们属于同一地层单位还是不同地质年代的产物? 赣西北地区与庐山地区出露的修水群之间有没有差异? 本文拟通过对赣北地区元古代变质沉积岩的铅、钨同位素研究, 结合地质情况对上述问题作一些探讨。

1 赣北元古代变质沉积岩的铅同位素特征

1.1 样品的采集、化学处理和质谱测定结果

在野外地质调研的基础上, 采集了障公山群、双桥山群(景德镇地区)、程浪群(湖口张岭地

收稿日期: 1998-12-22; 修订日期: 1999-05-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49373173)

作者简介: 张海祥(1969-02), 男(汉族), 浙江淳安人, 助理研究员, 硕士, 1993年毕业于南京大学, 从事地球化学研究。

区)和修水群(修水县城北坑口村和德安县)的变质泥质岩样品。所有样品的变质程度均较低,具明显的复理石建造特征,样品取自具深水沉积特征的纹层理细粒泥质岩,以保证样品成岩后铅同位素达到均一,并避开后期构造事件的影响。在野外和室内研究基础上,共选择了各个群的 23 件样品。先将样品表面用超声波清洗,待干后粉碎至 200 目,每个样品称取约 100 mg 进行 Pb 同位素分离。将样品放入清洗干净的溶样杯中,加入 0.3 ml 1:1 HNO₃ 及 1 ml HF,超声波震荡 30 min,置于低温电热板上加热蒸干,再加入 2 ml 1:1 HCl,超声波震荡 30 min,使盐类充分溶解后离心,将清液吸于烧杯中,置于低温电热板上加热蒸干,加入 500 μl 1.2 N HBr,蒸干,再加入 250 μl 1.2 N HBr,稍加热使溶液呈橙红色,冷却后上离子交换柱分离 Pb。

将分离好的样品上质谱(VG-354 型)测定(表 1)。铅同位素比值采用单接收法测量,仪器状态由国际标样监测,NBS981 铅标准平均值为²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb=16.934±0.007,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.486±0.012,²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb=36.673±0.033;实验流程本底为 Pb 2×10⁻¹⁰ g。

表 1 赣北地区元古代变质沉积岩的 Pb 同位素组成

Tab.1 Component of Pb isotope of Proterozoic metamorphic sediments in North Jiangxi

群	样 号	采样地点	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb
障公山群	J-26-2	景德镇	18.515	15.642	38.682
	J-26-4	石鼓村南铁路隧道旁	18.987	15.689	39.735
	J-26-5	景德镇	19.044	15.716	39.135
	J-26-6		18.871	15.674	39.951
	J-26-8		19.212	15.701	39.541
	J-26-9		18.504	15.603	38.700
	J-26-10	旧城河采石场	17.853	15.514	37.876
	J-24-7	景德镇	18.688	15.651	39.366
	J-24-8	谢家窄村桥旁	18.184	15.650	38.409
	J-25-1	景德镇 樟树圩村南公路旁	20.589	15.840	42.554
双桥山群	J-25-2		18.466	15.646	38.633
	J-25-3		18.703	15.668	39.021
	J-25-6		19.787	15.761	40.729
程浪群	J-20-1	湖口县	18.204	15.602	38.593
	J-20-2	张岭水库坡底采石场	18.206	15.579	38.543
	J-20-3		18.384	15.641	38.792
修水群	J-4-1-H	德安县	18.280	15.623	38.638
	J-4-1-Q		18.411	15.645	38.847
	J-4-7		18.238	15.618	38.553
	XSH02	修水县城北 坑口村	18.539	15.585	38.974
	XSH05		18.331	15.595	38.817
	XSH07		18.356	15.618	38.686
	XSH13		19.449	15.661	40.692

1.2 铅同位素结果讨论

(1)铅同位素特征:利用铅同位素比值或参数进行地球化学分区研究已不乏例证,张理刚等^[2]、朱炳泉等^[3]应用铅同位素资料将中国东部大陆地壳分为华北、华南及东北 3 个大区。其中东北区的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 峰值域为 18~19,Th/U 峰值域 3.6~3.8,表现该区富钍贫钆的区

域性铅同位素特征;华北区绝大多数样品²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb集中在16~18之间,Th/U众值为3.8~4.0,与东北区相比未显示明显的富铀趋势;华南区的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb集中在17.5~19之间,Th/U多数介于3.6~4.2之间,与华北区的差别是未出现大量低比值的样品,与东北区相比则表现为明显的Th/U偏高,²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb却偏低。从赣北变质沉积岩的铅同位素特征看(表1),它们与华南区南扬子省的铅同位素组成(²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb=18.332,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.625,²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb=38.611)一致,这与它们所处的大地构造位置也是完全吻合的。

(2)Pb-Pb等时线:对于古老沉积岩样品的定年现在还缺乏有效的手段。目前对于粘土质、泥质岩等细粒的、同位素体系基本达到平衡的浅变质岩主要采用全岩Pb-Pb等时线的方法来确定岩石的形成年龄,本研究也在这方面做了尝试。从研究结果看,障公山群7个样品的铅同位素测定值因没有高点而未能形成良好的线性关系,因而没能取得相应的同位素年龄值。但7个样品中除几个铅比值较低的样品外(放射成因铅含量低),另几个铅比值较高的样品均落在双桥山群的等时线上,这也说明障公山群和双桥山群在形成年代上没有太大的差别。程浪群的3个样品由于采自同一地点,因而得到非常相近的结果;此外,两个地区的7个修水群样品的铅同位素组成也非常相似;而双桥山群的6个样品的铅同位素测定结果除J-24-8外,其他5个样品得到了一条非常好的等时线(图1),其Pb-Pb等时线年龄为(1490±68)Ma,表明赣北双桥山群形成于中元古代,这一结果与目前其他许多研究资料一致。

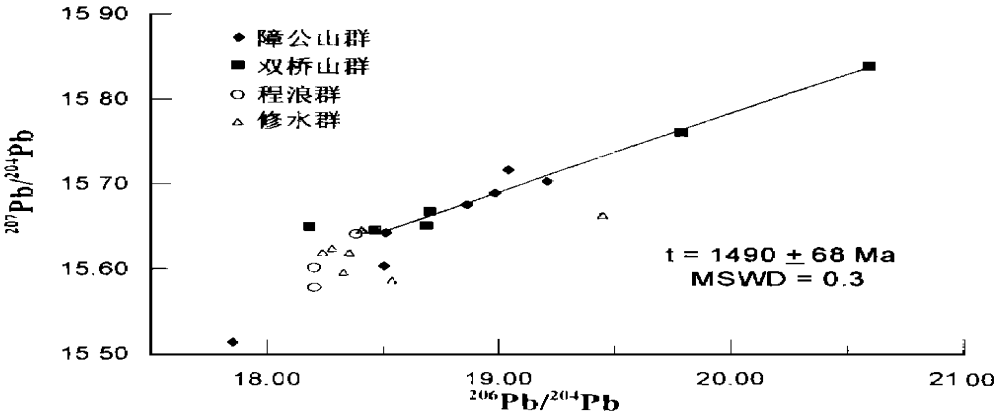


图1 铅同位素特征及²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb—²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb双桥山群等时线图

Fig.1 Feature of Pb isotope and isochron of ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb—²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb of Shuangqiaoshan Group

2 赣北元古代变质沉积岩的钕同位素特征

2.1 样品的选择及测定结果

选择各个群中的浅变质泥质岩样品,用超声波清洗后,粉碎至200目,称取约50mg样品进行同位素分离。将准确称取的样品放入清洗干净的溶样杯中,加入适量的稀释剂和0.3ml 1:1 HNO₃及1ml HF,超声波震荡30min后置于低温电热板上加热蒸干,再加入0.3ml 1:1 HNO₃及1ml HF,密封后置于低温电热板上保温7天,待样品充分溶解后开盖蒸干,加入2ml

1:1 HCl, 超声波震荡 30 min 后置于电热板上保温 24 小时, 使盐类充分溶解, 再用电热板蒸干, 加入 1 ml 1 N HCl, 在电热板上保温 24 小时后, 上离子交换柱分离 Sm、Nd。将处理好的样品上质谱(VG-354)分析, La Jolla 钕标准平均值为 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.511\,861\pm 10$ (表 2)。

表 2 赣北元古代变质沉积岩的钕同位素组成及模式年龄

Tab.2 Component and mode age of Nd isotope of Proterozoic metamorphic sediments in North Jiangxi

样号	地层	Sm(10^{-6})	Nd(10^{-6})	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(2\sigma)$	$t_{\text{DM1}}(\text{Ga})$	$t_{\text{DM2}}(\text{Ga})$
J-20-2	程浪群	8.638	42.375	0.123 2	0.512 094±17	1.77	1.57
J-24-7	双桥山群	7.596	38.396	0.119 6	0.511 978±19	1.89	1.69
J-26-9	障公山群	5.416	28.387	0.115 3	0.512 132±16	1.57	1.41
XSH13	修水群	13.437	70.417	0.115 3	0.512 109±21	1.61	1.44
J-4-1-H	修水群	7.995	43.773	0.110 4	0.512 108±12	1.53	1.38
J-4-1-Q	修水群	6.460	33.564	0.116 3	0.512 105±10	1.63	1.46
AW-135	上溪群	6.23	30.76	0.122 4	0.512 157±6	1.65	1.47
AW-273	上溪群	5.06	24.93	0.122 6	0.512 172±6	1.63	1.45
AW-418	上溪群	6.51	32.26	0.122 0	0.512 161±6	1.64	1.46
AW-410	上溪群	7.06	33.07	0.129 0	0.512 207±5	1.69	1.49
X001	修水群	5.22	26.45	0.119 5	0.512 000±20	1.86	1.66
I-1	双桥山群	5.93	30.02	0.120 3	0.512 217±10	1.52	1.36
I-5	双桥山群	6.49	28.18	0.139 1	0.512 319±12	1.69	1.37
92-LPC-32	丹洲群	6.27	30.86	0.122 8	0.512 212±5	1.57	1.40
92-LPC-37	丹洲群	5.08	24.71	0.124 3	0.511 940±5	2.06	1.83
92-LPC-34	丹洲群	4.61	25.69	0.108 4	0.511 927±9	1.77	1.60
92-J2	丹洲群	6.16	34.57	0.107 8	0.511 848±5	1.87	1.69
92-J6	丹洲群	6.00	33.48	0.108 4	0.511 789±6	1.96	1.78
92-LPC-21	丹洲群	3.72	18.48	0.121 5	0.511 944±7	1.99	1.77
P16-4	板溪群	2.36	11.03	0.129 3	0.511 961±12	2.14	1.89
P-10	板溪群	5.93	31.54	0.113 6	0.511 905±17	1.89	1.70
92-LPC-40	四堡群	7.69	42.44	0.113 3	0.511 847±5	1.97	1.77
92-LPC-44	四堡群	7.66	39.51	0.117 2	0.511 822±6	2.09	1.87
92-LPC-42	四堡群	6.94	35.26	0.119 0	0.511 892±7	2.02	1.80
92-LPC-50	四堡群	12.33	63.05	0.118 2	0.511 880±6	2.02	1.81

注: $t_{\text{DM1}}(\text{Ga})$ 中($^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$)取 0.213 7, t_{DM2} 中取 0.225; 前 6 个样号为本文资料, 以下均引自参考文献[6]

2.2 Sm-Nd 同位素结果讨论

(1)钕模式年龄:从赣北元古代地层的钕模式年龄计算结果(表 2)可以知道, 这套变质沉积岩源区岩石的形成年龄应在 1.5~1.9 Ga 之间, 显然它们本身的形成年龄应小于这一值。其中两个地区的修水群变质沉积岩的钕模式年龄非常一致, 均稳定在 1.50~1.65 Ga 之间, 这也与扬子古陆南缘其他晚元古代变质沉积岩的钕模式年龄相似; 障公山群变质沉积岩的钕模式年龄为 1.57 Ga, 这从一个侧面反映了障公山群变质岩的形成年龄不应大于 1.57 Ga。

(2)赣北元古代变质沉积岩的形成时代:虽然赣北元古代地层的地质年代因受岩石类型的限制而很难用同位素方法确定, 但由于其所处的重要大地构造位置, 长期以来还是受到了许多研究者的关注, 并取得了一些成果。特别是对该区新元古代一些富含火山岩的地层的地质年代, 都有较好的年代学资料^[1,4]。但对于这个地区以浅变质泥质岩为主, 普遍缺乏火山物质的

障公山群、双桥山群、程浪群及修水群来说,由于缺乏有效的定年方法,目前还没有确定的年龄。马长信等^[1]测定了障公山群火山岩(细碧岩及石英角斑岩等)的钐-钕等时线年龄,结果为 $(1\,939 \pm 39)\text{Ma}$,结合该地层中微古植物化石的种类和组合特征,他认为障公山群形成于古元古代。但这一结论受到许多研究者的质疑。首先,障公山群、双桥山群及程浪群的微古植物化石组合虽属元古代,但要据此确定更具体的时代就勉为其难了。其次,许多研究者对马长信所确定的障公山群 $(1\,939 \pm 39)\text{Ma}$ 的Sm-Nd等时线年龄提出了疑问,认为这是一个不可靠的同位素等时线年龄值。李献华^[5]指出,在构成等时线的5个样品中,有两个样品(细碧岩TWC1和石英角斑岩TWC5)的 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 比值分别为0.119 3和0.117 1,非常接近地壳平均值,而且它们的 t_{DM} 也只有1.4 Ga,由此不难限定,障公山群这套细碧一角斑岩形成的下限年龄应小于1.4~1.6 Ga。从本次研究的结果看,赣北双桥山群的形成年龄为 $(1\,490 \pm 68)\text{Ma}$,属于中元古代。我们没有直接确定障公山群的形成年龄,但地矿部天津地质矿产研究所^①根据障公山群细碧岩中碎屑锆石年龄为1 732 Ma认为障公山群应晚于该年龄形成。此外,障公山群的变质沉积岩的钼模式年龄为1.57 Ga;而且从野外地质特征来看,赣东北的障公山群和双桥山群之间没有明显的地层界限,它们的沉积相经常在很短的距离内就发生突变,深海相与浅海相交交互出现,没有正常的沉积层序,表现为混杂岩的特征,因此障公山群与双桥山群的形成年龄应该不会有很大差别。综合上述研究资料我们认为,障公山群与双桥山群之间没有明显的区别,都是中元古代的产物,属于同一个地层单元。

至于修水群的形成时代,可以根据其模式年龄来推测。李献华^[6]认为,扬子古陆南缘各时代地层中仅有晚元古代早期的泥质沉积岩的模式年龄在1.65 Ga左右,其余均在2.0 Ga左右。据此可以推断,修水群应是晚元古代早期的产物。虽然修水地区的修水群与庐山地区的修水群在表面上有很大差别,但铅、钼同位素组成及变质变形特征却完全一致,表明两者虽然沉积环境上有差异,但具有相同的沉积物来源与构造演化历史,属于同一个地层单元。

(3)赣北变质沉积岩的源区讨论:李献华^[6]曾经对扬子古陆南缘的中元古代到二叠纪各个时期地层中的泥质沉积岩进行了同位素研究,结果发现,中元古代沉积岩具有一致的模式年龄(约2.0 Ga,需要说明的是,原文在计算钼模式年龄时 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 采用0.225,因此计算所得的结果比 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 采用0.213 7要年轻,本文采用0.213 7的结果见表2);而晚元古代早期的沉积岩的 t_{DM} 从约2.0 Ga急剧下降到约1.65 Ga;震旦纪晚期到二叠纪沉积岩的 t_{DM} 又恢复到约2.0 Ga。从本次研究看,赣北地区元古代沉积变质岩的钼同位素组成及模式年龄与其具有相似的特征。其中障公山群、双桥山群和程浪群的钼模式年龄接近2.0 Ga,与板溪群及四堡群相似,表现为中元古代变质沉积岩的特征。李献华^[6]认为,扬子古陆北缘及内部的太古代一早元古代变质岩的地层年龄明显老于四堡群沉积岩的钼模式年龄,因此它们不可能是四堡群沉积岩的主要物源区,由于当时缺乏扬子古陆其他岩石系统的同位素资料,他推测四堡群沉积岩主要来源于成熟度很低的陆壳物质。近来的研究结果表明,扬子古陆南缘存在古元古代的基底——星子群(1.8~2.0 Ga),因此,扬子古陆南缘的中元古代沉积岩有可能主要来源于古元古代的星子群。修水群3个样品的钐钕同位素组成、钼模式年龄(约1.6 Ga)与晚元古代上溪群牛屋组完全一致。由于受晋宁期碰撞造山运动的影响,扬子古陆南缘晚元古代

^① 地矿部天津地质矿产研究所,华南北区深部地壳结构及演化,地矿部深部地质课题研究成果报告,1994,11.

大量初生陆壳物质加入到沉积物源区,造成了这一时期沉积岩的“钨同位素组成漂移”,因此使这个时期沉积岩的 t_{DM} 从约 2.0 Ga 急剧下降到约 1.65 Ga。

结论:(1)赣北元古代变质沉积岩的铅、钨同位素组成与扬子古陆南缘其他元古代沉积岩相似,表明它们具有相似的物源及构造演化历史。(2)双桥山群的全岩 Pb-Pb 等时线年龄为 $(1490 \pm 68) \text{ Ma}$,表明形成于中元古代;许多研究资料显示,障公山群与双桥山群之间没有明显差异,它们应属于同一地层单位。(3)研究表明,修水地区与庐山地区的修水群不论是地球化学特征,还是同位素组成均非常相似,它们是形成于不同沉积环境的同一地层单位。(4)扬子古陆南缘中元古代沉积岩的物源可能是古元古代星子群,晚元古代由于受晋宁期碰撞造山运动的影响,造成了这一时期沉积岩的“钨同位素组成漂移”。

参考文献:

- [1] 马长信,刘荣贵,吕桂德等.赣北前震旦纪地质[M].北京:地质出版社,1992,12—20.
- [2] 张理刚等.中国东部中生代花岗岩长石铅同位素组成与铅同位素省划分[J].科学通报,1993,(3):254—257.
- [3] 朱炳泉.矿石铅同位素三维空间拓扑图解用于地球化学省与矿种区化[J].地球化学,1993,(3):209—216.
- [4] 程海.赣北铁砂街变质混杂岩块的同位素年代[J].中国区域地质,1991,(2):151—154.
- [5] 李献华.Sm-Nd 模式年龄和等时线年龄的适用性和局限性[J].地质科学,1996,(1):97—104.
- [6] 李献华.扬子南缘沉积岩的同位素演化及其大地构造意义[J].岩石学报,1996,(3):359—369.

Pb, Nd isotopic study of Proterozoic metamorphic sediments in North Jiangxi and its tectonic significance

ZHANG Hai-xiang, SUN Da-zhong, ZHU Bing-quan, TU Xiang-lin

(Guangzhou Institute of Geochemical Research, CAS, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Nd, Pb isotopic study of metamorphic sediments of Zhanggongshan Group, Shuangqiaoshan Group, Chenglang Group and Xiushui Group in North Jiangxi shows that the components of Nd and Pb are identical to those of Proterozoic strata from southern margin of the Yangtze block, indicating that they have the same source and tectonic evolution history. The Pb-Pb isochron of metamorphic argillite in Shuangqiaoshan Group is $1490 \pm 68 \text{ Ma}$, while the Nd mode ages of Zhanggongshan Group, Shuangqiaoshan Group, Chenglang Group and Xiushui Group are 1.57 Ga, 1.89 Ga, 1.77 Ga, 1.60 Ga, respectively, less than 1.6—1.9 Ga, which suggest that they formed in Middle Proterozoic Subera.

Key words: North Jiangxi; Proterozoic; metamorphic sediment; Pb and Nd isotope