

- 8 陈俊仁, 陈欣树, 赵希涛. 海南岛鹿回头珊瑚礁发育与海平面变化. 见: 中国气候与海平面变化研究进展(二). 北京: 海洋出版社, 1992. 72~74
- 9 聂宝符. 五千年来南海海平面变化的研究. 第四纪研究, 1996(1): 80~87
- 10 赵希涛, 陈欣树, 陈俊仁, 等. 海南三亚鹿回头半岛珊瑚礁和连岛坝的发育. 第四研究, 1996(1): 48~58

(1997-10-19 收稿, 1998-04-10 收修改稿)

华北克拉通上地幔不均一性及其起源: 钕同位素证据

刘建忠 欧阳自远 张福勤 王世杰

(中国科学院地球化学研究所行星与地球物质演化研究部, 贵阳 550002)

摘要 根据近年来所获得的华北克拉通太古宙变质镁铁质火山岩系较为准确的 Sm-Nd 同位素年龄及初始 Nd 同位素组成和演化的时空关系的对比研究表明, 华北克拉通太古宙上地幔的同位素组成是不均一的, 且钕同位素初始值在整个太古宙并没有随时间变化而发生规律性的变化, 但不同地区的钕同位素初始值有较为明显的差异, 这种同位素时空演化的差异反映了华北克拉通太古宙上地幔的不均一性是对源区初始不均一性的继承, 华北克拉通应起源于星子的不均一堆积。

关键词 华北克拉通 初始不均一性 Sm-Nd 同位素

现代上地幔的化学和同位素不均一性是众所周知的, 但关于地球形成早期不均一性的特征和起源还存在许多争论^[1]. 因此作为保存地球早期历史的大陆克拉通成为越来越多学者关注的热点, 同时 Sm-Nd 同位素体系作为理想的早前寒武纪大陆地壳演化示踪剂也得到大多数学者的认可^[2~4]. 华北克拉通作为我国唯一最大的古老岩石出露区, 由于获得了 3 500 Ma 以上的年龄而倍受国内外同行瞩目, 在岩石、构造、地球化学、年代学等诸多方面积累了丰富而详实的资料^[5~15], 为开展其早期历史的研究提供了得天独厚的便利条件. 本文正是在此基础上对华北克拉通南部的登封地区、中部的恒山地区、中东部的冀东地区、东北部的辽宁清原地区、东部的鞍山地区、北部崇礼地区的太古宙变质镁铁质火山岩进行了 Sm-Nd 同位素组成的研究对比, 对克拉通内部不同壳体^[16]的地球化学不均一性及其起源等问题进行了讨论.

1 Sm-Nd 同位素组成及特征

表 1 列出了已发表的华北太古宙变质基性火山岩系 Sm-Nd 同位素组成及其相应的年龄值, 测定这些年龄所用的样品均为幔源的镁铁质岩石, 因此这些钕同位素初始值、 $f_{\text{Sm}/\text{Nd}}$ 值可代表相应年代的上地幔 Sm, Nd 同位素组成. 图 1, 2 分别表明了华北太古宙上地幔 Nd 同位素组成随空间变化和时间的演变关系. 由表 1 和图 1 可以看出, 从 3 500~2 500 Ma 之间, I_{Nd} 值没有发生明显的规律性变化, 李曙光等人^[17]认为整个太古宙华北地区上地幔都是亏损的且 ϵ_{Nd} 值的变化基本是一条直线. 也就是说 Nd 同位素组成并没有随时间的变化发生相应的变化. 而图 2 中所显示的 I_{Nd} , $f_{\text{Sm}/\text{Nd}}$ 值在不同地区的变化关系表明, 不同地区的 I_{Nd} 值均有系统

表1 华北克拉通不同地区太古宙变质镁铁质岩石的 Sm-Nd 同位素组成及年龄值

样号	采样地点	岩石名称	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	I_{Nd}	ϵ_{Nd}	$f_{\text{Sm}/\text{Nd}}$	等时线 年龄/Ma	文献				
JG-11	登封君召	斜长角闪岩	0.204 36	0.512 899	$0.509\ 050$ $\pm 0.000\ 002$	1.048	0.038 9	252 0	[10]				
JG-5(1)		斜长角闪岩	0.201 25	0.512 814		1.009	0.023 1						
JG-5(2)		斜长角闪岩	0.200 91	0.512 824		1.511	0.021 4						
JG-1		斜长角闪岩	0.200 25	0.512 803		1.407	0.018 0						
JG-3		斜长角闪岩	0.198 51	0.512 776		1.801	0.009 2						
Z9010	河北崇礼 上新营	石榴二辉麻粒岩	0.154 0	0.512 004	$0.509\ 310$ $\pm 0.000\ 008$	3.648 7	-0.217 082	2 653	[14]				
Z91035		石榴角闪透辉石岩	0.142 8	0.511 829		3.836 3	-0.274 021						
Z91037		石榴二辉麻粒岩	0.104 9	0.511 135		3.873 4	-0.466 701						
Z92159		石榴透辉斜长角闪岩	0.141 3	0.511 799		3.826 9	-0.281 647						
Z92160		石榴透辉斜长角闪岩	0.140 4	0.511 771		3.776 1	-0.286 223						
Z92162		石榴角闪透辉石岩	0.188 1	0.512 681		3.939 9	-0.043 721						
Z92165		石榴角闪透辉石岩	0.127 5	0.511 514		3.720 8	-0.351 808						
84H-60	冀东曹庄	斜长角闪岩	0.120 2	0.510 965	$0.508\ 270$ $\pm 0.000\ 011$	2.258 2	-0.388 917	3 500	[6]				
84HA-22		斜长角闪岩	0.197 0	0.512 800		3.062 1	0.001 525						
X-Y-29		斜长角闪岩	0.105 6	0.510 714		2.536 6	-0.463 142						
H-6		斜长角闪岩	0.091 4	0.510 300		2.280 1	-0.535 333						
C-1		斜长角闪岩	0.139 6	0.511 424		2.283 6	-0.290 290						
C-91		斜长角闪岩	0.184 5	0.512 410		1.599 1	-0.062 023						
C-93		斜长角闪岩	0.194 4	0.512 710		2.448 8	-0.011 693						
C-97		斜长角闪岩	0.139 4	0.511 398		2.187 8	-0.291 307						
	辽宁清原	金凤岭组斜长角闪岩	0.155 5	0.512 000	$0.508\ 729$ $\pm 0.000\ 001$	3.461 2	-0.209 456	2 844	[15]				
		金凤岭组斜长角闪岩	0.151 5	0.511 928		3.498 8	-0.229 792						
		金凤岭组斜长角闪岩	0.147 9	0.511 856		3.492 4	-0.248 094						
		金凤岭组斜长角闪岩	0.143 9	0.511 779		3.500 3	-0.268 429						
		金凤岭组斜长角闪岩	0.140 7	0.511 715		3.495 1	-0.284 698						
		金凤岭组斜长角闪岩	0.139 7	0.511 705		3.538 6	-0.289 781						
		金凤岭组斜长角闪岩	0.125 1	0.511 431		3.580 2	-0.364 006						
T-1	山西恒山	斜长角闪岩	0.149 8	0.512 054	$0.509\ 268$ $\pm 0.000\ 056$	4.328 2	-0.238 434	2 860	[11]				
T-4		斜长角闪岩	0.127 9	0.511 669		4.291 9	-0.349 771						
T-5		斜长角闪岩	0.123 1	0.511 537		4.111 7	-0.374 174						
S-5		斜长角闪岩	0.149 3	0.512 023		4.212 5	-0.240 976						
T-7		斜长角闪岩	0.144 1	0.511 992		4.498 8	-0.267 412						
T-8		斜长角闪岩	0.169 2	0.512 431		4.658 3	-0.139 807						
T-9		斜长角闪岩	0.145 2	0.511 996		4.429 5	-0.261 820						
T-11		斜长角闪岩	0.135 4	0.511 795		4.277 2	-0.311 642						
LJ-19		山西吕梁山	斜长角闪岩	0.124 0		0.510 850	$0.508\ 840$ $\pm 0.000\ 005$			1.499 3	-0.369 598	2 470	[13]
LJ-18			斜长角闪岩	0.145 3		0.511 215				0.612 9	-0.261 312		
LJ-17	斜长角闪岩		0.134 5	0.511 057	1.236 5	-0.316 218							
LJ-16	斜长角闪岩		0.162 8	0.511 492	-0.824 8	-0.172 344							
LJ-13	斜长角闪岩		0.143 1	0.511 161	0.652 0	-0.272 496							
LJ-12	斜长角闪岩		0.140 1	0.511 123	0.863 7	-0.287 748							
LJ-10	斜长角闪岩		0.145 7	0.511 203	0.498 0	-0.259 278							
LD-2	斜长角闪岩		0.109 9	0.510 635	1.971 0	-0.441 281							
LD-1	斜长角闪岩		0.111 5	0.510 652	1.899 9	-0.433 147							

的差异, 镁铁质岩石Nd同位素组成在空间上的差异显示了上地幔同位素组成具有横向不均一性, 而其与时间变化的非比例关系, 说明这种不均一性源于时间演化的可能性极小。

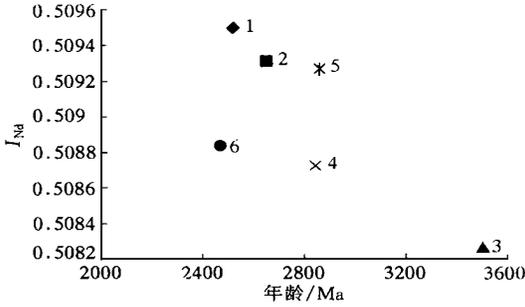


图1 华北太古宙变质镁铁质岩石初始 I_{Nd} 值与其年龄的相关关系
1~6——系列1~6

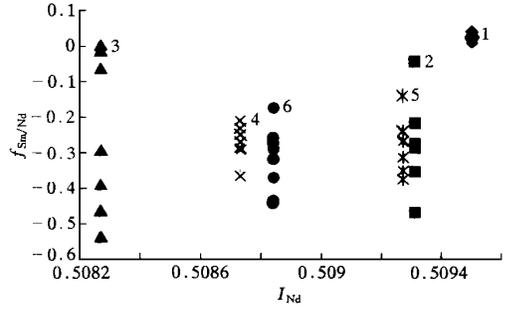


图2 华北太古宙变质镁铁质岩石初始 I_{Nd} 值、 $f_{Sm/Nd}$ 值在不同地区的变化关系
1——登封, 2——崇礼, 3——冀东, 4——清原, 5——恒山, 6——吕梁山

2 不均一性起源的讨论

一般都认为科马提岩应非常忠实地继承地幔源的地球化学和同位素特征, 科马提岩中观测到的各种各样的 REE 模式表明太古宙地幔是高度不均一的. 作为与科马提岩具有相同成因的镁铁质岩石, 同样能够代表地幔源的特征, 因而玄武岩浆有可能在它们的初始 Nd 同位素比值方面继承了源区的不均一性. 本文研究的结果表明, ϵ_{Nd} 值和 I_{Nd} 在整个太古宙变化是没有明显规律的且比较平稳, 也就是说, 时间在钕同位素的演化过程中并没有起到关键的作用, 由此可以推断, 太古宙之前和之后在同一地区其应具有相似的钕同位素组成. 目前对于后太古宙, Jacobsen 等人^[18] 已报道了亏损地幔的 ϵ_{Nd} 值基本保持不变至少可以延续 1 500 Ma, 以此类推对于缺少物质记录的地球形成的最初的几亿年里, 上地幔的 ϵ_{Nd} 值也很可能没有发生大的变化. 换言之, 不同地区 ϵ_{Nd} 和 I_{Nd} 值的不同是继承了地球的初始不均一性, 说明地球特别是上地幔应是起源于不均一堆积的过程.

现代地球物理和地球化学研究表明, 下地幔较之上地幔均匀程度要高, 似乎上、下地幔没有经历一致或平衡的演化过程, 根据行星起源的星子堆积理论及天体化学、地球化学、深部地质和地球物理资料的多重限制, 地球的增生经历了两个主要阶段, 即原地球的形成阶段和晚期星子堆积形成上地幔镶饰层阶段^[19], 本文研究所揭示的钕同位素的特征表明, 地球形成早期就已经存在不均一性, 华北克拉通极有可能由星子堆积而形成, 而不同壳体同位素组成的差异, 可能反映了华北克拉通初始堆积星子化学组成的差异.

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号: 49573154)和中国科学院资源与环境基金资助项目.

参 考 文 献

- 1 欧阳自远, 张福勤, 林文祝, 等. 行星地球的起源和演化模式——地球原始不均一性的起源及对后期演化的制约. 地质地球化学, 1995(5): 11~15
- 2 Samuel A B, Todd Housh. The earth's early evolution. Science, 1995, 1269(15): 1535~1540
- 3 江博明. 太古代岩石的定年——方法学和局限性的讨论. 地球化学, 1989(2): 103~120

- 4 陆松年, 杨春亮, 蒋明媚, 等. 前寒武纪大陆地壳演化示踪. 北京: 地质出版社, 1996
- 5 刘武旭, Thirlwall M F. 中国冀东麻粒岩相片麻岩的 35.6 亿年年龄. 科学通报 1992, 37(7): 631~632
- 6 Jahn B M, Auvary B, et al. 3.5 Ga old amphibolite from eastern Hebei Province, China: field occurrence, petrography, Sm-Nd isochron age and REE geochemistry. Precambrian Res. 1987, 34(): 311~346
- 7 伍家善, 耿元生, 沈其韩, 等. 华北陆台早前寒武纪重大地质事件. 北京: 地质出版社, 1991
- 8 孙大中, 胡维兴. 中条山前寒武纪年代构造格架和年代地壳结构. 北京: 地质出版社, 1993
- 9 白瑾. 五台山早前寒武纪地质. 天津: 天津科学技术出版社, 1986
- 10 李曙光, Hart S R, 郭安林, 等. 河南中部登封群全岩 Sm-Nd 同位素年龄及其构造意义. 科学通报, 1987, 32(22): 1728~1731
- 11 常向阳, 朱柄权, 等. 晋北太古代地幔异常高 $\epsilon_{Nd}(T)$ 值及其可能解释. 科学通报, 1994, 39(12): 1110
- 12 乔广生. 冀东地区早太古代 Sm-Nd 同位素测定. 地质科学, 1987(1): 86~91
- 13 张其春, 董宜宝, 袁海华. 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(1): 76~85
- 14 张宗清, 沈其韩, 耿元生, 等. 赤城伙房村和崇礼上新营变质岩的地球化学特征、年龄及其区域地壳形成时间. 岩石学报, 1996, 12(2): 315~328
- 15 沈保丰, 骆辉, 李双保, 等. 华北陆台太古宙绿岩带地质及成矿. 北京: 地质出版社, 1994
- 16 张福勤, 欧阳自远. 前寒武纪大陆地壳构造——大陆壳体并合构造模式. 地质地球化学, 1995(5): 90~105
- 17 李曙光, 张宗清. 华北太古代上地幔钕同位素组成、演化及对该区岩石圈地幔不均一性的制约. 地球化学, 1990(4): 277~285
- 18 Jacobsen S B, Wasserburg G J. Sm-Nd isotopic evolution of chondrites and achondrites (II), Earth and Planetary Science Letters 1984, 67(2): 137~150
- 19 张福勤, 欧阳自远, 林文祝, 等. 行星地球的星子堆积模型: 小行星带的例证. 地质地球化学, 1995(5): 26~33

(1997-12-22 收稿, 1998-05-22 收修改稿)

藏南暴雪过程的水汽图像

朱福康^① 郑新江^② 罗敬宁^② 李曾中^①

(^①中国气象科学研究院, 北京 100081; ^②中国气象局国家卫星气象中心, 北京 100081)

摘要 1995年11月中旬藏南地区发生了1次暴雪天气过程,其主要影响系统是孟加拉湾风暴的北上.利用GMS-5卫星水汽图像资料讨论了青藏高原对孟加拉湾风暴移动路径及其云系分布的影响.由此估计青藏高原的机械阻挡作用可影响到300hPa高空.

关键词 暴雪过程 水汽图像 孟加拉湾风暴 青藏高原作用

青藏高原气象学问题一直是气象学研究的热点.由于青藏高原冬季大量积雪以后,会影响高原上的热源强度,因此青藏高原上的积雪状况又是青藏高原气象学研究的一个问题.叶笃正等人^[1]曾提出可用冬季高原上的积雪情况作为我国长期预报的一个指标.本文利用崭新的GMS-5卫星水汽图像资料,通过藏南暴雪过程的个例分析,企图进一步说明青藏高原对天气系统的影响.

1 1995年11月中旬藏南地区的暴雪过程

雪灾主要是指由于降雪很多、积雪过厚和雪盖维持时间过长对农牧林业造成的一种灾害.