

【研究简报】

新疆乌伦古河碱性花岗岩 Nd 同位素特征
及其对显生宙地壳生长的意义韩宝福^① 王式洸^① 江博明^② 洪大卫^③ 加加美宽雄^④ 孙元林^①

(① 北京大学地质学系, 北京 100871; ② Géosciences Rennes, Université de Rennes I, 35042, Rennes, France; ③ 中国地质科学院岩石圈研究中心, 北京 100029; ④ 冈山大学地球内部研究中心, 鸟取县, 日本 682-01)

关键词 碱性花岗岩 亏损地幔 地壳生长 后造山 显生宙

最近几年, 新疆乌伦古河碱性花岗岩作为典型的 A 型花岗岩, 吸引了国内众多学者的注意^[1-4], 关于碱性花岗岩的时代、成因及其构造意义取得了基本一致的认识. 本文报道的是关于乌伦古河碱性花岗岩 Nd 同位素的研究结果及其对于显生宙地壳生长的意义.

1 时代

野外地质关系表明, 乌伦古河碱性花岗岩是在早石炭世以后侵入的. Rb-Sr 全岩等时线定年结果在 292~309 Ma 之间^[1,5], U-Pb 单颗粒锆石年龄为 314~323 Ma 之间^[2,3]. 用这两种方法定年所产生的差异可能是由于 Rb-Sr 和 U-Pb 同位素体系具有不同封闭温度所致. 通过全岩等时线确定的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始比值为 0.702~0.710. 如此大的变化部分地是由于岩浆分异过程中受到地壳物质的混染(另文讨论), 但大的不确定性无疑与岩石具有高放射性成因 Sr 和高的 Rb/Sr 比值有关. 因而, 用全岩等时线方法不能获得准确的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始比值. 此外, A 型花岗岩经历水热蚀变是普遍现象^[6,7], 这可以改变同位素组成. 乌伦古河碱性花岗岩的全岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值相对较低(+2.6~+8.5)^[3,4], 表明岩石中发生过大气降水-岩石的反应.

参 考 文 献

- 1 魏奉思. 关于耀斑-激波非对称传播的统计研究. 中国科学, A 辑, 1987, (2): 186
- 2 Wei F S, Dryer M. Propagation of solar flare-associated interplanetary shock waves in the heliospheric meridional plane. Solar Phys, 1991, 132: 373
- 3 刘绍亮, 胡小龙, 刘四清. 1991 年 3 月 22 日耀斑激波的传播特性. 地球物理学报, 1996, 39: 289
- 4 Smith Z, Dryer M. MHD study of temporal and spatial evolution of simulated interplanetary shocks in the ecliptic plane within 1 AU. Solar Phys, 1990, 129: 387
- 5 Collela P, Woodward P R. The piecewise parabolic method (PPM) for gas-dynamical simulations. J Comput Phys, 1984, 54: 174
- 6 Dai W, Woodward P R. A simple Riemann solver and high-order Godunov schemes for hyperbolic systems of conservation laws. J Comput Phys, 1995, 121: 51

(1997-03-27 收稿)

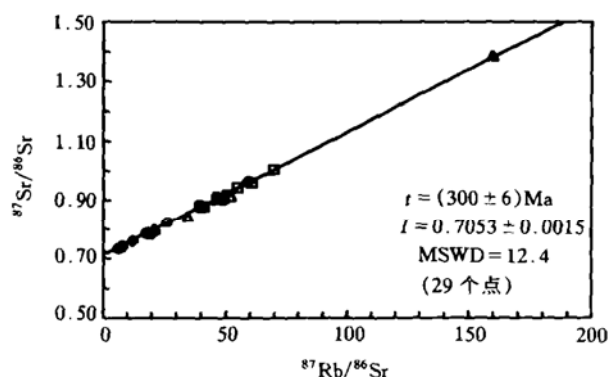


图1 新疆乌伦古河碱性花岗岩的 Rb-Sr 全岩等时线
◇, JR (结尔德卡拉岩体); □, SW (萨吾德格尔岩体);
△, SR (萨尔铁列克岩体); ○, STS (南塔斯嘎克岩体)

大大抵消初始同位素不均一的影响。

2 Nd 同位素特征

全岩样品的 Sm-Nd 同位素分析结果列于表 1。包括晚期碱性花岗岩脉和铝质花岗岩脉在内的所有分析样品均以正的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为特征, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值的变化范围是 $+5.1 \sim +6.7$ 。 $f_{\text{Sm}/\text{Nd}} = -0.12 \sim -0.48$, 表明岩石的 Sm-Nd 分馏程度变化大。亏损地幔模式年龄 $t_{\text{DM}} = 500 \sim 1\,000$ Ma, 大多数在 $500 \sim 700$ Ma 之间。最大的亏损地幔模式年龄 ($t_{\text{DM}} = 800 \sim 1\,000$ Ma) 出现在 Sm/Nd 比值最高的 3 个样品中, 这可能是由岩石形成时稀土元素分馏所致。这 3 个样品同时也具有最高的 SiO_2 含量 (约 77%)、最低的稀土元素丰度和最小分馏的轻稀土元素配分样式, 表明岩浆经过高度分异。由分异的 Sm/Nd 比值计算的亏损地幔模式年龄显然偏老。

表 1 乌伦古河碱性花岗岩的 Nd 同位素数据^{a)}

样品号 ^{b)}	Sm/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Nd/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\pm 2\sigma$	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)^{\text{c)}$	$f_{\text{Sm}/\text{Nd}}^{\text{d)}$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)^{\text{c)}$	$t_{\text{DM}}^{\text{e)})/\text{Ma}$
JR2	13.49	70.58	0.115 5	0.512 792	6	+3.0	-0.41	+6.1	557
JR6	13.33	67.13	0.120 1	0.512 829	5	+3.7	-0.39	+6.7	523
SW1	15.09	88.33	0.103 3	0.512 788	7	+2.9	-0.47	+6.5	501
SW2	14.74	76.43	0.116 6	0.512 806	8	+3.3	-0.41	+6.4	541
SW3	9.90	42.75	0.140 0	0.512 811	6	+3.4	-0.29	+5.6	702
SW5	16.60	78.29	0.128 2	0.512 817	5	+3.5	-0.35	+6.1	694
SW6	12.33	62.52	0.119 2	0.512 797	6	+3.1	-0.39	+6.0	570
SW8	9.96	45.55	0.132 3	0.512 827	5	+3.7	-0.33	+6.2	606
SR6	5.15	19.79	0.157 4	0.512 848	6	+4.1	-0.20	+5.6	819
SR121	12.02	56.00	0.129 7	0.512 769	4	+2.6	-0.34	+5.1	692
SR127	9.59	33.68	0.172 2	0.512 877	6	+4.7	-0.12	+5.6	1 003
STS6	9.30	46.29	0.121 4	0.512 751	5	+2.2	-0.38	+5.1	660
STS9	2.94	17.24	0.103 1	0.512 737	10	+1.9	-0.48	+5.5	570
STS86	9.08	34.09	0.161 1	0.512 847	4	+4.1	-0.18	+5.4	878

a) 分析测试是在法国雷恩大学和日本冈山大学地球内部研究中心完成的, 所有的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值都用 $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.712\,9$ 标准化; b) 样品号中的符号同图 1; c) ϵ_{Nd} 值是相对于 CHUR 计算的, CHUR 的现今值为 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512\,638$ 和 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.196\,7$ 。 $\epsilon_{\text{Nd}}(0) = [(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{样品}}/0.512\,638 - 1] \times 10\,000$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = \epsilon_{\text{Nd}}(0) - Q \times f_{\text{Sm}/\text{Nd}} \times t$, 其中 $Q = 25.1\text{ Ga}^{-1}$, $t = 0.3\text{ Ga}$ (乌伦古河碱性花岗岩的侵位时代); d) $f_{\text{Sm}/\text{Nd}} = [(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{样品}}/(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}] - 1 = [(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{样品}}/(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}] - 1$; e) $t_{\text{DM}} = 1/0.006\,54 \times \ln\{1 + [(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{样品}} - 0.513\,15]/[(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{样品}} - 0.213\,7]\}$

已经发表的 Rb-Sr 全岩等时线年龄^[1,5]在误差范围内是一致的。根据这些数据(23 个)和对萨吾德格尔岩体样品重复分析的数据(6 个,待发表),重新计算得到的 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 $(300 \pm 6)\text{ Ma}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值为 $0.705\,3 \pm 0.001\,5$ (图 1)。这个年龄数据较以前发表的更为准确,可以解释为碱性花岗岩的侵位时代。由于地壳混染或水热蚀变使岩石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值有一定变化,导致新的等时线仍然具有较大的误差 ($\text{MSWD} = 12.4$),但岩石具有高放射性 Sr 的性质可以

3 讨论

正的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值清楚地表明, 乌伦古河碱性花岗岩及其晚期岩脉来源于长期亏损的地幔, 而不是起源于老的陆壳源区. 这一认识还得到目前可以利用的钾长石 Pb 同位素研究结果^[3,4]的支持. 钾长石的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值低于 $\mu = 9.74$ 的陆壳演化线^[8], 但接近于铅构造的地幔演化线^[9]. 这表明亏损地幔在乌伦古河碱性花岗岩的产生过程中起着重要的作用. 西准噶尔花岗岩的钾长石 Pb 同位素研究也得到相同的结论^[10,11].

4 对地壳生长的意义

乌伦古河碱性花岗岩分布地区是巨型的中亚造山带^[12]的一部分. 在显生宙, 中亚造山带曾经发生大规模的地壳生长^[13], 产生众多的花岗岩. 乌伦古河碱性花岗岩的 Nd 同位素特征清楚表明, 这个地区显生宙地壳生长是幔源岩浆经过高度分异演化后, 添加到陆壳内完成的. 因此, 乌伦古河碱性花岗岩正的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值是显生宙时期陆壳有大量新生物质添加的最好证据. 这与世界上一些典型的显生宙造山带的地壳演化有明显的不同. 例如, Patchett^[14]最近指出, 在加里东造山带、海西造山带和喜马拉雅山, 花岗岩以负的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为特征, 它们来源于再循环的地壳物质(图 2).

在东准噶尔地区, 除乌伦古河碱性花岗岩外, 幔源岩浆分异后在地壳内形成的岩浆岩有其它一些几乎同时代的岩体^[4], 这样的岩体在西准噶尔地区也存在^[10,15], 这些岩浆岩具有和乌伦古河碱性花岗岩同样范围的正的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值, 表明 300 Ma 左右的地壳生长事件遍及东、西准噶尔地区. 此外, 这次地壳生长事件还可能波及了天山地区, 如西天山菁布拉克基性-超基性岩体^[16]和阿拉套山的花岗岩^[17], 后者的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值变化于 $+2.2 \sim +3.2$

之间, 较乌伦古河碱性花岗岩稍低, 但长石的 Pb 同位素特征却与乌伦古河碱性花岗岩相似, $\mu < 9.74$. 因此, 距今 300 Ma 左右是准噶尔周边地区一个非常重要的地壳生长时期.

5 结论

一般认为地壳生长主要发生在前寒武纪, 显生宙地壳生长速率已经变得十分缓慢, 没有生长, 甚至为负生长^[18,19]. 乌伦古河碱性花岗岩以及准噶尔周边其它大致同时代岩浆岩的 Nd 同位素和长石 Pb 同位素特征表明, 在距今 300 Ma 左右的时期, 准噶尔周边地区曾经有过一个非常重要的地壳生长阶段. 这是准噶尔周边地区的地壳演化历史中与世界其它地方典型的显生宙造山带明显不同的特点.

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号:4900031, 49272103, 48970104)资助项目.

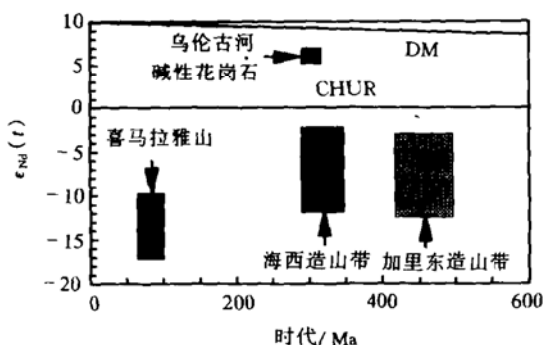


图 2 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值与地质时代关系图

为了对比, 图中还概略表示了喜马拉雅山、海西造山带和加里东造山带花岗岩的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值范围, 这些花岗岩来源于再循环的地壳物质^[14]

【研究简报】

北大别榴辉岩的确定及其地质意义

魏春景 单振刚 张立飞 王式洸 常宗广

(北京大学地质学系, 北京 100871)

关键词 榴辉岩 变质作用 大别造山带

近年来很多学者把大别造山带分成南北两部分,南部为碰撞杂岩,以出现榴辉岩和副片麻岩系为特征,北部为岛弧杂岩,以长英质片麻岩为主,不含有榴辉岩块体;其间的分界线为华北

参 考 文 献

- 1 王式洸, 韩宝福, 洪大卫, 等. 新疆乌伦古河碱性花岗岩的地球化学及其构造意义. 地质科学, 1994, 29: 373~383
- 2 刘 生, 袁奎荣. 新疆乌伦古富碱花岗岩带的地质特征. 桂林工学院学报, 1995, 15: 243~251
- 3 刘家远, 袁奎荣. 新疆乌伦古富碱花岗岩带碱性花岗岩成因及其构造环境. 高校地质学报, 1996, 2: 257~272
- 4 赵振华, 王中刚, 邹天人, 等. 新疆乌伦古富碱侵入岩成因探讨. 地球化学, 1996, 25: 205~220
- 5 刘 伟. 新疆阿尔泰地区岩浆岩类的等时线年龄、地壳构造运动以及构造环境的发展演化. 新疆地质科学, 1993, (4): 35~50
- 6 Bonin B, Grelou-Orsini C, Vialette Y. Age, origin and evolution of the anorogenic complex of Evisia (Corsica): a K-Li-Rb-Sr study. Contrib Mineral Petrol, 1978, 65: 425~432
- 7 Dickin A P, Halliday A N, Bowden P. A Pb, Sr and Nd isotope study of the basement and Mesozoic ring complexes of the Jos Plateau, Nigeria. Chem Geol, 1991, 94: 23~32
- 8 Stacey J S, Kramers J D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. Earth Planet Sci Lett, 1975, 27: 207~221
- 9 Zartman R E, Haines S M. The plumbotectonic model for Pb isotopic systematics among major terrestrial reservoirs — a case for bi-directional transport. Geochim Cosmochim Acta, 1988, 52: 1327~1339
- 10 Kwon S-T, Tilton G R, Coleman R G, et al. Isotopic studies bearing on the tectonics of the West Junggar region, Xinjiang, China. Tectonics, 1989, 8: 719~727
- 11 金成伟, 张秀棋. 新疆西准噶尔花岗岩类的时代及其成因. 地质科学, 1993, 28: 28~36
- 12 Zonenshain L P, Kuzmin M I, Natapov L M. Geology of USSR: a plate tectonic synthesis. Geodynamic Series, 1990, 21: 242
- 13 Sengor A M C, Natal'in B A, Burtman V S. Evolution of the Altiid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia. Nature, 1993, 364: 299~307
- 14 Patchett P J. Isotopic studies of Proterozoic crustal growth and evolution. In: Candie K C ed. Proterozoic Crustal Evolution, Amsterdam: Elsevier, 1992, 481~508
- 15 贺伯初, 谭克仁, 吴玺虹. 新疆吉木乃布氏金矿幔源岩浆岩时代及 Sr, Nd 同位素证据. 大地构造与成矿学, 1994, 18: 219~228
- 16 陈江峰, 满发胜, 倪守斌. 西天山青布拉克岩带基性-超基性岩的 Nd, Sr 同位素地球化学. 地球化学, 1995, 24: 121~127
- 17 周泰禧, 陈江峰, 李学明. 新疆阿拉套山花岗岩类高 ϵ_{Nd} 值的成因探讨. 地质科学, 1996, 31: 71~79
- 18 Reymer A, Schubert G. Phanerozoic addition rates to the continental crust and crustal growth. Tectonics, 1984, 3: 63~77
- 19 Patchett P J, Arndt N T. Nd isotopes and tectonics of 1.9~1.7 Ga crustal genesis. Earth Planet Sci Lett, 1986, 78: 329~338

(1997-01-23 收稿, 1997-03-31 收修改稿)