维普资讯 http://www.cqvip.c

矿物岩石地球化学通报
Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry
Vol. 22 No. 4, 2003 Oct.

阿尔金山北缘花岗岩的形成时代及其构造环境探讨

陈宣华[1], G. Gehrels[2], 王小凤[1], 杨　风[3], 陈正乐[1]

1. 中国地质科学院 地质力学研究所, 北京 100081; 2. Department of Geosciences, University of Arizona, USA; 3. 新疆地质调查院, 新疆乌鲁木齐 830011

摘　要: 采用同位素稀释热电离质谱(ID TIMS)U-Pb 法单颗粒锆石测年技术, 测得阿尔金山北缘阔什布拉克斑状花岗岩的结晶年龄为 443±5 Ma。花岗岩结晶年龄的确定, 为讨论该地区早古生代构造岩浆演化提供了依据, 也为该地区地层划分提供了重要的参考数据。

关　键　词: 花岗岩; 锆石; ID-TIMS; U-Pb 年代学; 阿尔金山北缘

中图分类号: P581　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1007-2802(2003)04-0294-05

1　地质背景和样品采集

阿尔金山北缘地处中国西北巨型左行走滑断裂——阿尔金山断裂的西北部。近年来研究表明, 其主体(前中生代地层)为早古生代坳拉槽建造, 主要为奥陶系火山-沉积岩系。槽内发育有近东西分布的基性-超基性岩带, 构成阿尔金山北部蛇绿混杂岩带, 并有近东西向分布的中、酸性深成岩带侵入其中。阔什布拉克岩体是该带中面积最大的中、酸性深成岩。

阔什布拉克岩体分布在阔什布拉克以北卡拉山—冰沟一带, 沿贝克滩复背斜核部出露, 为不规则椭圆状展布, 呈较大岩基产出, 出露面积近 600 km^2。岩体东部围岩捕虏体较多, 其原岩多为砂岩等, 具角岩化、绿泥石化及混合岩化, 捕虏体长轴方向多呈北东东向。岩体的岩相分异较好, 在冰沟以西为斑状花岗岩、似斑状花岗岩, 长石斑晶粗大, 基质由中细粒石英、长石、云母组成; 在冰沟以东及西北边缘为中—粗粒黑云母花岗岩。靠近岩体边缘暗色矿物逐渐增多。岩体中发育两组节理, 产状为 230°～280°∠70°; 140°～190°∠30°～40°。这两组节理将岩体切割成菱形方块。组成岩石有灰色、灰白色粗粒、中—细粒黑云母花岗岩、角闪石黑云母花岗岩、似斑状角闪石黑云母花岗岩等。本文采取了其中的中粒似斑状黑云母花岗岩样品进行锆石 ID-TIMS U-Pb 测年分析(样品号 D52-1, 样品位置: 39°00.825′ N, 90°43.601′ E; 图 1)。

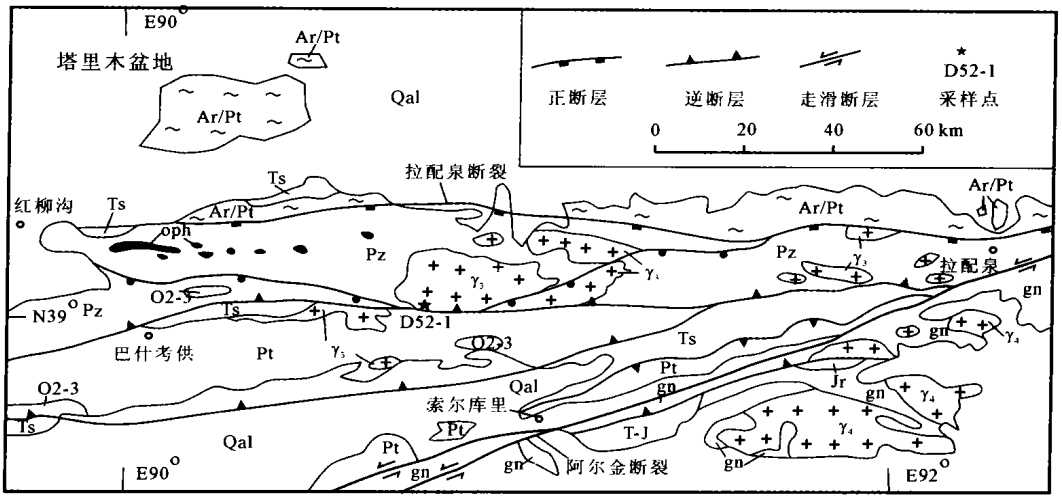
中粒似斑状黑云母花岗岩: 似斑状结构, 基质具中粒花岗结构, 块状构造。微斜长石呈斑晶出现, 约占 10%～20%, 大小 10×7～12×9 mm, 半自形宽板状, 具卡氏、巴氏和格子双晶, 含有许多早期矿物包裹体。基质由中粒斜长石(35%)、石英(31%)、普通角闪石(6%)、黑云母(9%)及微斜长石(6%)等组成, 多呈半自形晶, 粒径 1～4.5 mm。基质中斜长石具不完善的环带构造, 自核部向边缘, An 由 34 变为 27 左右, 具轻微的绿帘石-绢云母-泥化等, 双晶发育, 具钠长石律、肖钠长石律、卡-钠复合律; 石英为半自形—它形晶, 具波状消光, 熔蚀斜长石、角闪石、黑云母; 角闪石、黑云母片径 1～3 mm, 半自形晶, 分布于斜长石晶粒间; 微斜长石粒径为 1.5～2.5 mm, 他形粒状分布于斜长石间, 强烈熔蚀交代斜长石, 具蠕英石边。副矿物占 1%～2%, 主要有榍石、钛磁铁矿及少量磷灰石、锆石等。

2　分析方法

本文采用常规的同位素稀释-热电离质谱(ID-TIMS)锆石 U-Pb 年代学[2]方法测定阔什布拉克花岗岩的结晶年龄。实验在美国亚利桑那大学(UA)

收稿日期: 2003-05-20 收到, 07-14 改回
基金项目: 地质调查项目(K1.1.2.3)和国家基础研究项目(2001cb409808)联合资助
第一作者简介: 陈宣华(1967—), 男, 浙江乐清人, 研究员, 博士, 从事岩矿地球化学与构造地质学研究.

维普资讯 http://www.cqvip.com



据新疆地质局(1981)和陈宣华等(2002)简化;中美合作阿尔金课题组成果[1]

Modified after the Xinjiang BG(1981) and Chen Xuanhua *et al*. (2002); Chinese-American Collaborative Altyn Tagh Group[1]

Qal. 第四纪冲积沉积;Ts. 第三系红层,主要为晚始新世—早渐新世沉积;Jr. 侏罗系;T—J. 三叠系—侏罗系;Pz. 早古生界火山-海相沉积岩系,主要为奥陶系和志留系;O_{2-3},中-晚奥陶系灰岩和硬砂岩;Pt. 拉配泉断裂上盘元古界含叠层石灰岩、大理岩、片岩和石英岩;Ar/Pt. 拉配泉断裂下盘太古-元古界片麻岩,可能代表塔里木盆地的基底;γ_4. 晚古生代花岗岩类;γ_3. 早古生代花岗岩类;gn. 阿尔金断裂南侧长英质片麻岩;oph. 蛇绿岩

图 1 阿尔金山北缘区域地质简图

Fig. 1 Sketch map showing regional geology of the North Altyn Tagh area

U-Pb 实验室(超净化学实验室的组成部分)完成。

用于测年的锆石颗粒,系从 2 kg 花岗岩样品中经过一系列矿物分离方法挑选而来。用温的 3N HNO_3 溶液清洗锆石颗粒约 20 min,然后在特制的立体显微镜下从酒精中挑出用于分析的单颗粒锆石,并在透射偏光显微镜(岩相镜)下检验,以确保它们是纯净的锆石。同时,用空气抛光方法磨去锆石表层,以减少由于铅丢失造成的影响。测年锆石颗粒被放在 0.3 mL 的 Teflon 微管中,并一起封闭在一个长条的用于酸浸提的 125 mL Teflon 容器中。

240℃下,锆石在 HF≫HNO_3 的溶液中溶解近 30 h,然后在热板上蒸发至干,并在 215℃下在 6N HCl 溶液中溶解 12 h。将得到的锆石溶液等分,用 $^{208}Pb/^{235}U$ 示踪剂稀释,其 Pb/U 值标定至 0.4%左右。

使用配有 6 个 Faraday 接收器和一个 Daly 检测仪的 VG-354 质谱仪分析样品的同位素组成。^{204}Pb由 Daly 检测系统测量而得,同时,由 Faraday 接收器测量 ^{206}Pb、^{207}Pb 和 ^{208}Pb。

锆石 U-Pb 年龄的计算与误差分析详见文献[2],其 U-Pb 一致年龄在谐和图中给出。视年龄的不确定性综合了已知的分析误差和对分离过程可重复性的评价。单个分析的主要随机误差来自测得的同位素比值、质量相关校正因子、背底 Pb 和 U 的含量和组成、示踪剂 $^{208}Pb/^{235}U$ 值以及初始铅组成。分析结果的可重复性表现为单个分析不确定性的 1.5 倍。主要的系统误差来自选取衰减常数的不确定性,没有计算在给出的同位素年龄值及其误差椭圆内。

年龄计算常数:$^{238}U/^{235}U$ 为 137.88;^{235}U 衰减常数为 9.8485×10^{-10};^{238}U 衰减常数为 1.55125×10^{-10}。同位素比值作如下调整:(1)质量相关校正因子:Pb 为 0.14±0.06 %/amu,UO_2 为 0.04±0.04 %/amu;(2)Pb 比值的校正:0.005±0.003 ng 背底,同位素组成为 $^{206}Pb/^{204}Pb = 18.6\pm0.3$,$^{207}Pb/^{204}Pb = 15.5\pm0.3$,$^{208}Pb/^{204}Pb = 38.0\pm0.8$;(3)根据 0.001±0.001 ng 背底调整 U 含量;(4)初始 Pb 含量取自 Stacey 与 Kramers[3],其中 $^{206}Pb/^{204}Pb$、$^{207}Pb/^{204}Pb$ 和 $^{208}Pb/^{204}Pb$ 的不确定性分别为 1.0、0.3 和 2.0。

3 测试结果及其地质意义

阔什布拉克花岗岩中结晶较好的 6 颗粒径 200 μm 左右的锆石单颗粒 ID-TIMS U-Pb 分析结果列于表 1。谐和图(图 2)中一粒锆石处在不一致线与

维普资讯 http://www.cqvip.c

一致线的上交点位置，年龄为 443±5 Ma。同时，有两粒锆石给出 400 Ma 左右（早泥盆世 Lochkovian 期）的不一致年龄，有三粒锆石给出 380 Ma 左右（晚泥盆世 Frasnian 期）的不一致年龄。

表 1 ID-TIMS U-Pb 同位素测试数据和年龄(D52-1)

Table 1 ID-TIMS U-Pb isotopic data and ages (D52-1)

颗粒	重量/μg	Pb_c/pg	U ($\times10^{-6}$)	$^{206}Pb_m/^{204}Pb$	$^{206}Pb_c/^{208}Pb$	同位素比值		视年龄/Ma		
						$^{206}Pb^*/^{238}U$	$^{207}Pb^*/^{235}U$	$^{206}Pb^*/^{238}U$	$^{207}Pb^*/^{235}U$	$^{207}Pb^*/^{206}Pb$
1	0.029	76	174	737	6.3	0.059710±0.96	0.45852±1.16	373.9	383.2	440±14
2	0.031	80	540	2406	4.5	0.064573±0.67	0.49417±0.94	403.4	407.8	433±14
3	0.026	28	777	2928	4.0	0.063831±0.46	0.48839±0.72	398.9	403.8	432±12
4	0.032	38	587	1886	5.0	0.060554±0.72	0.46491±1.09	378.9	387.7	439±17
5	0.031	27	598	2621	6.0	0.060286±0.96	0.46191±1.13	377.4	385.6	435±13
6	0.028	145	683	588	4.5	0.071298±0.81	0.54878±1.95	443.9	444.2	445±37

注：分析者：亚利桑那大学 U-Pb 实验室。$^{206}Pb_m/^{204}Pb$ 为实测值，未作背底、稀释剂和分馏校正；$^{206}Pb_c/^{208}Pb$ 已对背底、稀释剂和分馏作了校正。所有不确定性处在 95%信度水平。同位素比值的不确定性以百分比计

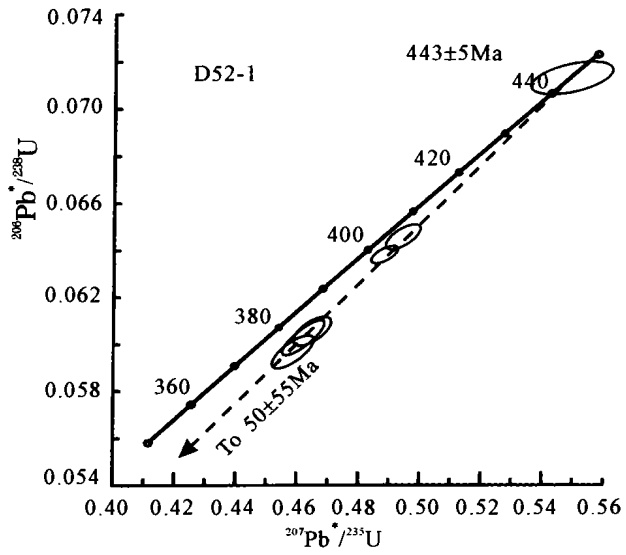


图 2 阔什布拉克斑状花岗岩(D52-1)中锆石 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 2 Pb/U concordia diagram of single zircons from the Kuoshibulake porphyritic granites in the North Altyn Tagh area

结晶状态很好的锆石颗粒具有非常低的 U（Th）、Pb 扩散系数，在冷却速率为 1～10 ℃/Ma 情况下，其矿物封闭温度在 900 ℃以上，是迄今所知具有最高封闭温度的矿物，因此被普遍用来确定岩浆岩的形成时间。阔什布拉克花岗岩中锆石 U-Pb 谐和图中上交点年龄（443±5 Ma），代表了锆石的结晶年龄，说明该岩体侵入的最老年龄在奥陶纪 Caradoc 世和 Ashgill 世，为加里东旋回中晚期的产物。

在各种地质作用中，锆石可能会发生蜕晶化作用而引起铅的扩散丢失，或在变质和岩浆作用中形成增生锆石。蜕晶化作用、重结晶作用和混合增生作用使得对锆石 U-Pb 年龄的解释要非常慎重。谐和图中偏离一致线的锆石年龄（图 2），可能反映了在主期岩浆活动之后的铅丢失事件。不一致线的下交点年龄为 50±55 Ma，代表了铅丢失的改造年龄。该样品谐和图中没有继承铅的显示。

阔什布拉克岩体是阿尔金山北缘地区规模最大的深成岩岩体，其年龄说明该地区东西向分布的花岗岩类主要形成于奥陶纪。

新疆地质局[4]根据侵入岩特征及与地层的接触关系，将阔什布拉克岩体划归为晚元古代中期第四侵入次斑状黑云母花岗岩和似斑状黑云母斜长花岗岩，并认为阿尔金山北缘地区主要的岩浆活动在晚元古代。崔军文等[5]在讨论北阿尔金古生代蛇绿岩带的时候，延续了新疆地质局[4]的观点，将其划归为 γ_2。我们根据对阔什布拉克花岗岩的 ID-TIMS 锆石 U-Pb 测年结果，对这一观点进行了修正，指出该地区花岗岩类主要为早古生代岩浆活动的产物。中国地质科学院成都地质矿产研究所[6]也将阔什布拉克岩体划归早古生代，不过未提供可靠的年龄数据。

岩体的年龄不应该大于其侵入的地层的年龄；但是，崔军文等[5]在讨论古生代蛇绿岩带的时候，侵入在奥陶系中的却是元古代花岗岩，显然不妥。新疆地质局[4]把该地区地层主要划归为中元古界蓟县系。如果岩体的年龄在奥陶纪，那么对于该地区一直有争议的地层划分应该有所裨益。我们根据该地区综合地质特征，认为阔什布拉克岩体侵入的时代主要是早古生界。

维普资讯 http://www.cqvip.com

4 构造环境探讨

前人在阿尔金地区曾取得过一些年龄数据，如红柳沟-拉配泉和阿帕-茫崖两个蛇绿混杂岩带中玄武岩 Sm-Nd 等时线年龄分别为 508.3±41～524.4±44 Ma 和 481.3±53 Ma；[7,8]，阿尔金西段榴辉岩年龄 Sm-Nd 等时线年龄 500±10 Ma；锆石 U-Pb 年龄 503.9±5.3 Ma[9]，以及且末县南角闪质糜棱岩年龄 Sm-Nd 等时线，519±37.3 Ma[10]，柴达木盆地北缘大柴旦榴辉岩年龄锆石 U-Pb 年龄 496.4±18Ma[11]等，说明加里东期该区存在洋壳与陆壳的碰撞作用。与它们相比，阔什布拉克岩体的形成时间比较年轻，是板块俯冲作用晚期的产物。该岩体与阿尔金断裂南东侧柴北缘柴达木山花岗岩的年龄 446 Ma[12]相当，且均为以似斑状花岗岩为主的岩基。因此，阿尔金断裂两侧的阿尔金山和柴达木山在古生代可能具有相似的构造环境。

阿尔金山北缘早古生代深成岩侵入到岛弧型的下古生界火山-沉积岩系中，是早古生代活动大陆边缘岩浆岛弧[13]的根。下古生界地层主要由大量的枕状熔岩、硅质岩、灰岩和厚层浊积岩组成。本文中阔什布拉克岩体给出非继承性 U-Pb 年龄数据，说明早古生代岩浆弧并不是建立在前寒武纪大陆壳之上。因此，地质和同位素年代学证据都支持一个南倾的大陆边缘俯冲带的存在。

5 结 论

本文根据单颗粒锆石的 ID-TIMS U-Pb 测年数据，认为阿尔金北缘阔什布拉克岩体的形成时间为 443±5 Ma，代表了早古生代岩浆弧的根。

参考文献(Reference)：

[1] 陈宣华，尹安，Gehrels G，王小凤，Cowgill E，Grove M，Harrison M，陈正乐. 青藏高原北缘中生代伸展构造 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 测年和 MDD 模拟[J]. 地球学报，2002，23(4)：305－310.
Chen Xuanhua, Yin An, Gehrels G, Wang Xiaofeng, Cowgill E, Grove M, Harrison M, Chen Zhengle. Mesozoic extension in northern Tibetan Plateau: $^{40}Ar/^{39}Ar$ analyses and MDD modeling[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2002, 23 (4): 305－310. (in Chinese with English abstract)

[2] Gehrels G E. Introduction to detrital zircon studies of Paleozoic and Triassic strata in western Nevada and northern California [A]. Soreghan M J, Gehrels G E, *eds*. Paleozoic and Triassic paleogeography and tectonics of western Nevada and northern California [C]. Geol. Soc. Am. Spec. Pap., 2000, 347: 1－17.

[3] Stacey J S, Kramers J D. Approximation of terrestrial lead isotopeevolution by a two-stage model[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 1975, 26: 207－221.

[4] 新疆地质局. 巴什考供幅(J-46-Ⅶ)和索尔库里幅(J-46-Ⅷ)区域地质调查报告[R]. 1981.
Xinjiang Bureau of Geology. Ggeologic maps of the Bashikaogong and Xorkoli sheets at a scale of 1∶200,000 [R]. Chin. Minist. Geol. Miner. Resour., 1981. (in Chinese)

[5] 崔军文，唐哲民，邓晋福，岳永君，孟令顺，余钦范. 阿尔金断裂系[M]. 北京：地质出版社，1999. 1－249.
Cui Junwen, Tang Zemin, Deng Jinfu, Yue Yongjun, Meng Lingshun, Yu Qinfan. Altun fault system [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999. 249. (in Chinese)

[6] 中国地质科学院成都地质矿产研究所. 青藏高原及邻区地质图(1∶1,500,000，附说明书)[M]. 北京：地质出版社，1988.
Chengdu Institute of Geology and Mineral Rresources, CAGS. Geologic map of Tibetan Plateau and adjacent area at a scale of 1∶1,500,000 with explanation[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988. (in Chinese)

[7] 刘良，车自成，王焰，罗金海，陈丹玲. 阿尔金高压变质岩带的特征及其构造意义[J]. 岩石学报，1999，15(1)：57－64.
Liu Liang, Che Zicheng, Wang Yan, Luo Jinhai, Chen Danling. The petrological characters and geotectonic setting of high-pressure metamorphic rock belts in Altun Mountains[J]. Acta Petrologica Sinica, 1999, 15 (1): 57－64. (in Chinese with English abstract)

[8] Liu L, Che Z, Wang Y, Luo J, Wang J, Gao Z. The evidences of Sm-Nd isochron age for the Early Paleozoic ophiolite in Mangya area, Altun Mountain[J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43(9): 754－756.

[9] 张建新，张泽明，许志琴，杨经绥，崔军文. 阿尔金构造带西段榴辉岩的 Sm-Nd 及 U-Pb 年龄——阿尔金构造带中加里东期山根存在的证据[J]. 科学通报，1999，44(10)：1109－1112.
Zhang Jianxin, Zhang Zeming, Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Cui Junwen. Sm-Nd and U-Pb ages for eclogites from the west segment of the Altyn Tagh tectonic belt: Evidence for the existence of the root of Caledonia orogen[J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(10): 1109－1112. (in Chinese)

[10] Liu L, Che Z, Luo J, Wang Y, Gao Z. Recognition and implication of eclogite in the western Altun Moutain, Xinjiang [J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42(11): 931－934.

[11] 中法合作"阿尔金-祁连"项目组. 柴达木盆地北缘大柴旦榴辉岩同位素年代学测定结果[J]. 中国区域地质，1999，18(2)：224.
Chinese-French Cooperative "Altun-Qilian" Group. Isotopic chronological results for Dachaidan eclogites from north margin of Qaidam Basin [J]. Regional Geology of China, 1999, 18 (2): 224. (in Chinese with English abstract)

维普资讯 http://www.cqvip.c

[12] 吴才来,杨经绥,Wooden J,Liou J G,李海兵,孟繁聪,Persing H,Meibom A. 柴达木山花岗岩锆石 SHRIMP 定年[J]. 科学通报,2001,46(20):1743－1747.
Wu Cailai, Yang Jingsui, Wooden J, Liou J G, Li Haibing, Meng Fanchong, Persing H, Meibom A. SHRIMP timing of the Qaidam Shan granite [J]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46 (20): 1743－1747. (in Chinese)
[13] 陈宣华,王小凤,杨风,陈正乐,陈柏林,王克卓. 阿尔金山北缘地区早古生代岩浆活动的构造环境[J]. 地质力学学报,2001,7(3):193－200.
Chen Xuanhua, Wang Xiaofeng, Yang Feng, Chen Zhengle, Chen Bolin, Wang Kezhuo. Tectonic environments of magmatism in Early Paleozoic in the north Altyn Tagh, China [J]. J. Geomechanics, 2001, 7 (3): 193－200. (in Chinese with English abstract)

Granite from North Altyn Tagh, NW China: U-Pb Geochronology and Tectonic Setting

CHEN Xuan-hua[1], George Gehrels[2], WANG Xiao-feng[1], YANG Feng[3], CHEN Zheng-le[1]
1. *Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing* 100081, *China*; 2. *Xinjiang Geological Survey, Urumoqi* 830011, *China*; 3. *Department of Geosciences, University of Arizona, USA*

Abstract: ID TIMS single zircon U-Pb geochronology is applied to determine the age of the big Kuoshibulake porphyritic granite in North Altyn Tagh, NW China, which gives a crystallization age of 443±5 Ma. The age of the granite is of basis for understanding the main tectonic characteristics in this area and also provides a good reference for the division of the strata there.

Key words: granite; zircon; ID-IMS; U-Pb geochronology; North Altyn Tagh

---

·学会之声·

中国矿物岩石地球化学学会
关于表彰学会工作积极分子和先进集体的决议

(第五届理事会常务理事会审议通过)

为促进学会工作的开展,我会第五届理事会决定在第六次全国会员代表大会上表彰在过去五年中为学会工作作出了突出贡献的个人和团体。经矿物岩石地球化学学会字(矿岩学会字)[2003]40 号文提请第五届常务理事会通讯审议,决定授予王立本等 12 位同志为学会工作积极分子称号,授予元素地球化学区域地球化学专业委员会等 12 个单位为先进集体。名单如下:

先进个人名单(以姓氏笔画为序):

王立本　邓吉牛　冯增昭　张文淮　李　忠　李胜荣　李　霓　陈　辉　倪　培　梁跃龙　薛纪越　董发勤

先进集体名单(排名不分先后):

元素地球化学区域地球化学专业委员会
火山与地球内部化学专业委员会
新矿物及矿物命名专业委员会
岩相古地理专业委员会
成因矿物与找矿矿物专业委员会
环境地质地球化学专业委员会
沉积学专业委员会
包裹体专业委员会
《地球化学》编辑部
广东省矿物岩石地球化学学会
工艺矿物学专业委员会
《矿物岩石地球化学通报》编辑部

中国矿物岩石地球化学学会
2003 年 9 月 26 日