西北大学学报(自然科学版)
2007年 2月,第 37卷第 1期, Feb., 2007, Vol. 37, No. 1
Journal of Northwest University (Natural Science Edition)

南天山库勒湖蛇绿岩锆石年龄及其地质意义

马中平[1,2],夏林圻[2],徐学义[2],李向民[1,2],夏祖春[2],王立社[2]

(1.西北大学 地质学系,陕西 西安 710069; 2.西安地质矿产研究所 基础处,陕西 西安 710054)

摘要:**目的** 准确测定南天山库勒湖蛇绿岩的形成时代,探讨其地质意义。**方法** 采用激光剥蚀等离子质谱(LA-ICP-MS)法,对库勒湖蛇绿岩中辉长岩锆石进行 U-Pb同位素定年。**结果** 辉长岩形成年龄(或结晶年龄)为 418.2 Ma ±2.6 Ma(MSWD = 0.80)。**结论** 南天山库勒湖蛇绿岩的形成时代为末志留世—早泥盆世早期,与古南天山洋盆的俯冲-消减时代相当,它的形成很有可能与古南天山洋盆的俯冲-消减作用有关。

关 键 词:锆石 U-Pb定年;蛇绿岩;库勒湖;南天山

中图分类号: P597.3 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-274X(2007)01-0107-04

南天山存有 3条与山脉走向大体平行的蛇绿岩和混杂堆积带,北部带为中天山南缘长阿吾子—古洛沟—吾瓦门—库米什蛇绿混杂岩带(见图 1);南部两条蛇绿岩带位于南天山内部,沿哈尔克山南坡—霍拉山—额尔宾山一带呈南、北两支展布。南部两条蛇绿岩带的南支西起米斯布拉克—柯尔腾柯斯河上游—满大勒克,经独库公路 96 km处至色日克牙依拉克;北支沿库勒湖—铁力买提达坂—科克铁克达坂展布(见图 1),高俊等[1]认为北支为南支的飞来峰,呈外来推覆岩片产出。对于南天山蛇绿岩的形成时代,前人多依据库勒湖蛇绿岩的硅质岩中放射虫化石的时代(D_2—C_1[2]或 D_3—C_1[3]),认为它们形成于中(晚)泥盆世—早石炭世,目前尚未见有公开发表的高精度同位素测年数据。为了进一步准确厘定南天山蛇绿岩的形成时代,我们采用 LA-ICP-MS方法,对库勒湖蛇绿岩中的辉长岩进行了锆石 U-Pb同位素定年,并对其构造意义进行初步探讨。

1 基本地质特征及岩相学

库勒湖蛇绿岩出露于独库公路南段库勒湖地区,呈近东西向延伸约 15 km,宽约 1.5 km,其实际上是一条蛇绿构造混杂岩带,其内发育一系列倾向南而显示由南向北推的冲断层。混杂岩带的南界位于库尔干道班南侧附近,为一强韧性剪切的糜棱岩带,其内钙质粉砂质糜棱岩的糜棱面理产状 197°∠56°,反映了中深构造层次向北的逆冲推覆作用。该糜棱面理产状向南侧逐渐变陡,最高倾角可达 85°左右。蛇绿构造混杂岩带的基质部分由绿泥石化的彩色断层泥和少量碳酸岩化蛇纹岩、超镁铁岩及韧性较大的薄层状泥灰岩、泥质砂岩等组成;沉积岩岩块主要为晚志留世—早泥盆世厚层状、块状大理岩化灰岩组成;蛇绿岩残块包括碳酸岩化超基性岩、辉长岩、辉长辉绿岩、基性火山熔岩、紫红色硅质岩等岩块,辉长岩、辉长辉绿岩岩块最大可达 50 m ×60 m,其中辉长岩呈灰色—灰绿色,多发生绿泥石化,但镜下仍可见清晰的辉长结构,主要矿物为斜长石(58%)和辉石(40%),副矿物(小于 2%)主要由锆石及少量不透明矿物组成。本次工作主要对上述辉长岩进行了锆石分离,用以 U-Pb同位素定年。

2 分析方法

先在实验室将岩石粉碎至 150～200 μm,用常规浮选和磁选方法分离出锆石。锆石颗粒为无色透明或浅玫瑰色,晶形分为自形—半自形长柱状及半自形短状—粒状两种。将锆石样品置于 DEVCON

收稿日期: 2006-03-14
基金项目:中国地质调查局综合研究资助项目(200313000063; 1212010611804);国家自然科学基金资助项目(40472044)
作者简介:马中平(1970—),男,河南沁阳人,西北大学博士生,副研究员,从事岩浆岩石学研究。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

环氧树脂中,待固结后抛磨至锆石粒径的大约 1/2,使锆石内部充分暴露,然后进行锆石显微 (反射光和透射光)照相、CL显微图像研究及 LA-ICP-MS分析。锆石的阴极发光 (CL)研究在北京大学信息科学技术学院扫描电镜实验室完成 (见图 2),采用 FEI公司 XL30型 SFEG电子束进行锆石内部结构显微照相分析。测试点的选取首先根据锆石反射光和透射光照片进行初选,再与 CL照片反复对比,力求避开内部裂隙和包裹体,以获得尽可能准确的年龄信息。

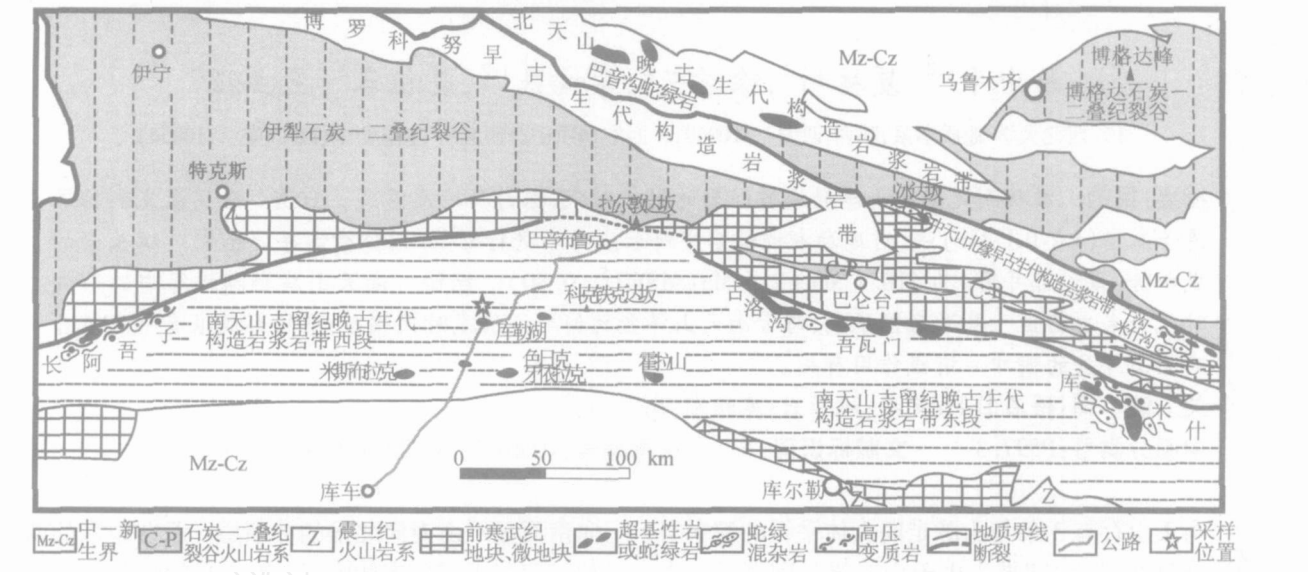


图 1 天山造山带构造单元分区略图 (据文献 [4,5])

Fig 1 Sketch map of geological tectonic units of Tianshan orogenic belt(after references [4,5])

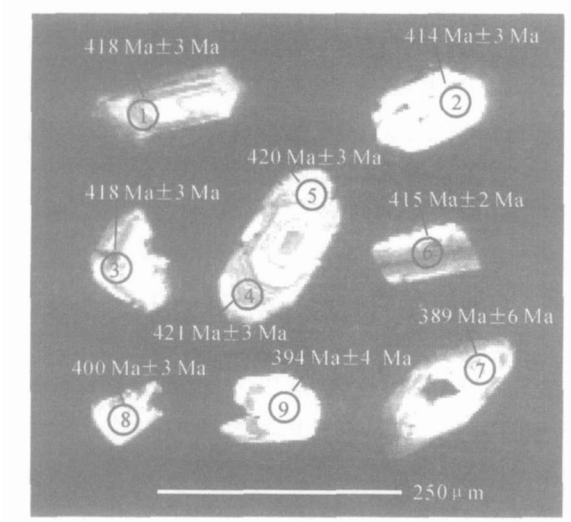


图 2 库勒湖辉长岩 (02T-11)锆石阴极发光 (CL)图像

Fig 2 CL images of zircons of gabbro from Kulehu

LA-ICP-MS法单颗粒锆石微区 U-Pb年龄测定在大陆动力学国家重点实验室 (西北大学)完成,采用 Agilent 7500型 ICP-MS和德国 Lambda Physik公司的 ComPex102 ArF准分子激光器 (工作物质 ArF,波长 193 nm)以及 Micro Las公司的 GeoLas 200M光学系统联机进行。激光束斑直径为 30 μm,激光剥蚀样品的深度为 20～40 μm。实验中采用 He作为剥蚀物质的载气,用美国国家标准技术研究院研制的人工合成硅酸盐玻璃标准参考物质 NIST SRM610进行仪器最佳化,采样方式为单点剥蚀,数据采集选用一个质量峰一点的跳峰方式,每完成 4～5个测点的样品测定,加测标样一次。在所测锆石样品分析 15～20个点前后各测 2次 NIST SRM610。锆石年龄采用国际标准锆石 91500作为外标标准物质,元素含量采用 NIST SRM610作为外标,^{29}Si作为内标。测试结果通过 GLITTER (ver4.0,Mac-quaie University)软件计算得出,并按照 Andersen Tom的方法[6],用 LA-ICP-MS Common Lead Correction (ver3.15)对其进行了普通铅校正,年龄计算及谐和图采用 Isoplot (ver3.0)完成[7]。详细分析步骤和数据处理方法参见文献 [8-11]。

3 分析结果和解释

所测锆石颗粒的 U-Pb定年结果见表 1,根据这些数据所做的 U-Pb谐合图见图 3。由于年轻 (如小于 800 Ma)锆石或 U-Pb含量低的样品,其^{207}Pb/^{235}U以及^{207}Pb/^{207}Pb比值精度较差[10,12],而从库勒湖蛇绿岩带周围地层时代 (志留纪—泥盆纪)及放射虫化石的时代 (D_2—C_1)[2,3]来看,库勒湖蛇绿岩的形成时代总体上应属古生代范围。因此,本文采用^{206}Pb/^{238}U年龄进行加权平均计算。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　库勒湖辉长岩的锆石 U-Pb同位素 LA-ICP-MS测年分析结果

Tab. 1　LA-ICP-MS U-Pb data of zircons in gabbro from Kulehu ophiolite

数据点	同位素比值					表面年龄 /Ma		
	$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{208}Pb/^{232}Th$	$^{238}U/^{232}Th$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{206}Pb/^{238}U$
02T-11.1	0.055 61 <0.001 50>	0.513 00 <0.013 39>	0.066 91 <0.000 43>	0.020 85 <0.000 1>	1.64 <0.02>	437 <61>	420 <9>	418 <3>
02T-11.2	0.055 50 <0.001 54>	0.507 76 <0.013 68>	0.066 35 <0.000 45>	0.020 68 <0.000 1>	1.53 <0.02>	432 <63>	417 <9>	414 <3>
02T-11.3	0.064 13 <0.001 44>	0.592 78 <0.012 08>	0.067 06 <0.000 48>	0.020 21 <0.000 23>	1.28 <0.01>	746 <31>	473 <8>	418 <3>
02T-11.4	0.052 16 <0.001 14>	0.484 86 <0.009 63>	0.067 45 <0.000 45>	0.020 01 <0.000 23>	1.64 <0.02>	292 <33>	401 <7>	421 <3>
02T-11.5	0.059 38 <0.001 35>	0.550 28 <0.011 44>	0.067 27 <0.000 48>	0.022 96 <0.000 29>	1.81 <0.02>	581 <33>	445 <7>	420 <3>
02T-11.6	0.119 26 <0.001 78>	1.090 81 <0.013 01>	0.066 45 <0.000 41>	0.030 69 <0.000 22>	1.02 <0.01>	1 945 <13>	749 <6>	415 <3>
02T-11.7	0.055 84 <0.002 00>	0.492 34 <0.017 28>	0.063 95 <0.000 47>	0.019 92 <0.000 11>	1.32 <0.01>	446 <82>	407 <12>	400 <3>
02T-11.8	0.055 07 <0.003 35>	0.479 12 <0.028 78>	0.0631 <0.000 59>	0.0196 8 <0.000 15>	1.12 <0.01>	415 <140>	397 <20>	394 <4>
02T-11.9	0.054 69 <0.006 03>	0.468 77 <0.051 19>	0.062 17 <0.000 96>	0.019 41 <0.000 36>	1.69 <0.02>	399 <252>	390 <35>	389 <6>

注:括号内数字为 1σ误差。

根据锆石晶形及 CL图像,将所测辉长岩中的锆石分为两组,1～6号数据点锆石颗粒为自形程度较好的柱状晶体(3号锆石已被机械破碎),且内部具有清晰的岩浆结晶作用所形成的振荡环带,具有明显岩浆锆石的特征。其中:1～5号点在 U-Pb谐合图中分布于谐合线上或其附近(个别数据点虽偏离了谐合线,但不明显,这可能与 ^{207}Pb的难以测准有关[10]),因此采集于岩浆结晶环带上的 1～5号数据点的 $^{206}Pb/^{238}U$表面年龄加权平均值 418.2 Ma ±2.6 Ma(MSWD = 0.80)可以代表该辉长岩的形成年龄(岩浆结晶年龄);6号点因明显偏离谐合线,不适于参加年龄计算;7～9号数据点锆石晶体自形程度较差(略显短柱状—粒状),内部几乎不显示岩浆结晶环带(或环带十分模糊)而呈斑杂状,具有变质锆石的特征,它们均落在谐合线上,其 $^{206}Pb/^{238}U$表面年龄加权平均值 397 Ma ±12 Ma(MSWD = 1.7)应代表岩浆结晶后,受后期构造-热事件影响而发生变质(U-Pb同位素体系受扰动)的时代。

4　构造意义初探

已有的研究表明,位于库勒湖蛇绿岩带以北、以长阿吾子—古洛沟—吾瓦门—库米什蛇绿混杂岩为代表的中天山南缘蛇绿混杂岩带(见图 1)及其西延境外吉尔吉斯斯坦部分被认为是古生代南天山洋盆消减-闭合后的残迹。其中,东段库米什榆树沟蛇绿岩中锆石 U-Pb不一致线与谐合线的上交点年龄 440 Ma ±18 Ma[13]与西段长阿吾子蛇绿岩中辉石 $^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄 439 Ma[14]相一致,代表了中天山南缘蛇绿岩的形成年龄,表明古南天山洋至少在早志留世时就已经打开并存在。关于该洋盆的俯冲-消减时代,目前国内外众多学者针对中天山南缘蛇绿混杂岩带内的高压变质岩石进行了同位素测年。例如:西段长阿吾子榴辉岩的峰期变质时代为 401 Ma ±1 Ma[15]、特克斯穹库什太蓝片岩峰期变质时代 415.4 Ma ±2.2 Ma[2,16](均为 $^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄);东段库米什地区榆树沟蛇绿岩地体中高压麻粒岩的锆石 SHRIMP年龄为 390～392 Ma[17]。上述这些同位素测年结果表明,至少在末志留世—(中)泥盆世期间,南天山洋盆已开始俯冲-消减并遭受高压变质作用。

本次 LA-ICP-MS锆石 U-Pb同位素测年结果显示,南天山库勒湖蛇绿岩的形成时代为 418.2 Ma ±2.6 Ma,相当于末志留世—早泥盆世早期,与上述南天山洋的俯冲-消减时代相当,而库勒湖蛇绿岩的地球化学特征表明其形成环境为弧后盆地[18],并且在库勒湖蛇绿岩以北、中天山南缘蛇绿混杂岩带南侧,尚有晚—末志留世巴音布鲁克组($S_{3-4}b$)岛弧火山岩[19-21]的存在。因此,我们初步认为,库勒湖蛇绿岩与中天山南缘蛇绿混杂岩很有可能为同一大洋盆地(古南天山洋)中洋壳的不同组成部分,前者是南天山洋于晚志留世—早泥

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

盆世(418.2 Ma ±2.6 Ma)期间由于俯冲 -消减作用所形成的弧后盆地型蛇绿岩(洋壳)残片。

5 结 论

1)LA-ICP-MS锆石 U-Pb同位素测年结果表明,南天山库勒湖蛇绿岩的形成年龄为 418.2 Ma ±2.6 Ma,相当于末志留世—早泥盆世早期。

2)南天山库勒湖蛇绿岩的形成时代与古南天山洋盆的俯冲 -消减时代相一致,它的形成很有可能与古南天山洋于末志留世—早泥盆世早期发生的俯冲 -消减作用有关。

参考文献:

[1] 高俊,汤耀庆,赵民,等. 新疆南天山蛇绿岩的地质地球化学特征及形成环境初探[J]. 岩石学报, 1995, 11(增刊): 85-97.

[2] 汤耀庆,高俊,赵民,等. 西南天山蛇绿岩和蓝片岩[M]. 北京:地质出版社, 1995: 1-133.

[3] 刘羽,王乃文,姚建新. 新疆库车地区放射虫新资料及其意义[J]. 新疆地质, 1994, 12(4): 344-350.

[4] XIA Lin-qi, XU Xue-yi, XIA Zu-chun, et al Carboniferous post-collisional rift volcanism of the Tianshan Mountains, Northwestern China[J]. Acta Geologica Sinica(Englist edition), 2003, 77(3): 338-360.

[5] XIA Lin-qi, XU Xue-yi, XIA Zu-chun, et al Petrogenesis of coboniferous rift-related volcanic rocks in the Tianshan, northwestern China[J]. Geological Society of America Bulletin, 2004, 116(3): 419-433.

[6] ANDERSEN T. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb[J]. Chemical Geology, 2002, 192: 59-79.

[7] LUDWIG K R. Isoplot-A plotting and regression program for radiogenic-isotope data[J]. US Geological Survey Open-File Report, 1991, 39: 91-445.

[8] GAO Shan, LIU Xiao-ming, YUAN Hong-lin, et al Analysis of forty-two major and trace elements of USGS and NIST SRM Glasses by LA-ICP-MS[J]. Geostand Newsl, 2002, 22: 181-195

[9] 柳晓明,高山,袁洪林,等. 193 nm LA-ICP MS对国际地质标准参考物质 42种主元素和微量元素的分析[J]. 岩石学报, 2002, 18(3): 408-418.

[10] 袁洪林,吴福元,高山,等. 东北地区新生代侵入体的锆石激光探针 U-Pb年龄测定与稀土元素成分分析[J]. 科学通报, 2003, 48(14): 1 511-1 520.

[11] 何艳红,陈亮,孙勇,等. 陇县地区新街片麻岩套锆石年龄及其地质意义[J]. 西北大学学报:自然科学版, 2005, 35(5): 625-632.

[12] 宋彪,李锦轶,李文铅,等. 吐哈盆地南缘克孜尔卡拉萨依和大南湖花岗质岩基锆石 SHRIMP定年及其地质意义[J]. 新疆地质, 2002, 20(4): 342-345.

[13] 王润三,王焰,李惠民,等. 南天山榆树沟高压麻粒岩地体锆石 U-Pb定年及其地质意义[J]. 地球化学, 1998, 27(6): 517-522.

[14] 郝杰,刘小汉. 南天山蛇绿混杂岩形成时代及其大地构造意义[J]. 地质科学, 1993, 28(1): 93-95.

[15] 高俊,张立飞,刘圣伟. 西天山蓝片岩榴辉岩形成和抬升的^{40}Ar/^{39}Ar年龄记录[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 89-94.

[16] 高俊,肖序常,汤耀庆,等. 新疆西南天山蓝片岩的变质作用 PTDt轨迹及构造演化[J]. 地质论评, 1994, 40(6): 544-553.

[17] 周鼎武,苏犁,简平,等. 南天山榆树沟蛇绿岩地体中高压麻粒岩 SHRIMP锆石 U-Pb年龄及构造意义[J]. 科学通报, 2004, 49(14): 1411-1415.

[18] 马中平,夏林圻,夏祖春,等. 南天山库勒湖蛇绿岩形成环境及构造意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2006, 25(5): 387-400.

[19] 马瑞士,王赐银,叶尚夫,等. 东天山构造格架及地壳演化[M]. 南京:南京大学出版社, 1993: 1-225.

[20] 蔡东升,卢华复,贾东,等. 南天山古生代板块构造演化[J]. 地质论评, 1994, 41(5): 432-442.

[21] 刘本培,王自强,张传恒,等. 西南天山构造格局与演化[M]. 武汉:中国地质大学出版, 1996: 1-120.

(编 辑 雷雁林)

Dating for zircons of gabbro from Kulehu ophiolite, southern Tianshan, and its geological implication

MA Zhong-ping[1,2], XIA Lin-qi[2], XU Xue-yi[2], LI Xiang-min[1,2], XIA Zu-chun[2], WANG Li-she[2]

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China; 2. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Department for Geology Survey, Xi'an 710054, China)

Abstract: Aim To date precisely for Kulehu opiolite, and discuss its geological implication. **Methods** Dating for zircons of gabbro from Kulehu ophiolite by LA-ICP-MS. **Results** The crystallizing age of magma of gabbro is 418.2 ±2.6 Ma (MSWD = 0.80). **Conclusion** Kulehu ophiolite formed in Late Silurian to Early Devonian corresponding to the subducting time of Palaeo-southern Tianshan Ocean, and it stands a good chance that the formation of kulehu ophiolite is related to the subduction of Palaeo-Southern Tianshan Ocean.

Key words: U-Pb isotopic dating; ophiolite; Kulehu; southern Tianshan

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net