

德尔尼蛇绿岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄: 青藏最北端古特提斯洋盆存在和延展的证据

陈亮^{①②} 孙勇^{①②} 裴先治^② 高明^② 冯涛^② 张宗清^③ 陈文^③

(^①西北大学大陆动力学开放实验室, 西安 710069; ^②西北大学地质学系, 西安 710069; ^③国土资源部地质科学研究院地质研究所, 北京 100037. E-mail: dldlx@nwu.edu.cn)

摘要 报道阿尼玛卿构造带东部蛇绿岩的同位素定年结果: 德尔尼洋脊玄武岩全岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 中子活化测年得到坪年龄为 $(345.3 \pm 7.9) \text{ Ma}$. 从过剩 Ar 等角度探讨了测年结果的可靠性, 认为可以代表蛇绿岩喷发形成的时代. 该年龄为青藏高原最北端古特提斯缝合带的存在及东延提供了时代证据.

关键词 德尔尼蛇绿岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄 古特提斯

依据不同的构造环境, 蛇绿岩的形成年龄可以代表洋盆(初始洋盆、成熟洋盆、弧后盆地)存在及扩张中心活动的时代, 因而相关的年代学研究可能提供与古洋盆演化有关的重要信息.

德尔尼蛇绿岩位于阿尼玛卿构造带东部, 青海省玛沁县一带(图1), 剖面厚度 2 km 左右, 各岩石单元基本完整, 包括经历低绿片岩相变质的块状玄武

岩、中粗粒块状辉长岩和含辉石岩透镜体的蛇纹岩, 未见放射虫硅质岩^[1]. 岩石地球化学研究显示玄武岩属低钾拉斑玄武岩系列, 并具有典型的轻稀土亏损的球粒陨石标准化稀土模式, 表明蛇绿岩产生于典型的 N-MORB 环境^[1], 为成熟有限洋盆的产物^[1]. 本文报道德尔尼蛇绿岩中洋脊玄武岩的全岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 中子活化测年结果, 并对其可靠性和地质意义加以讨论.

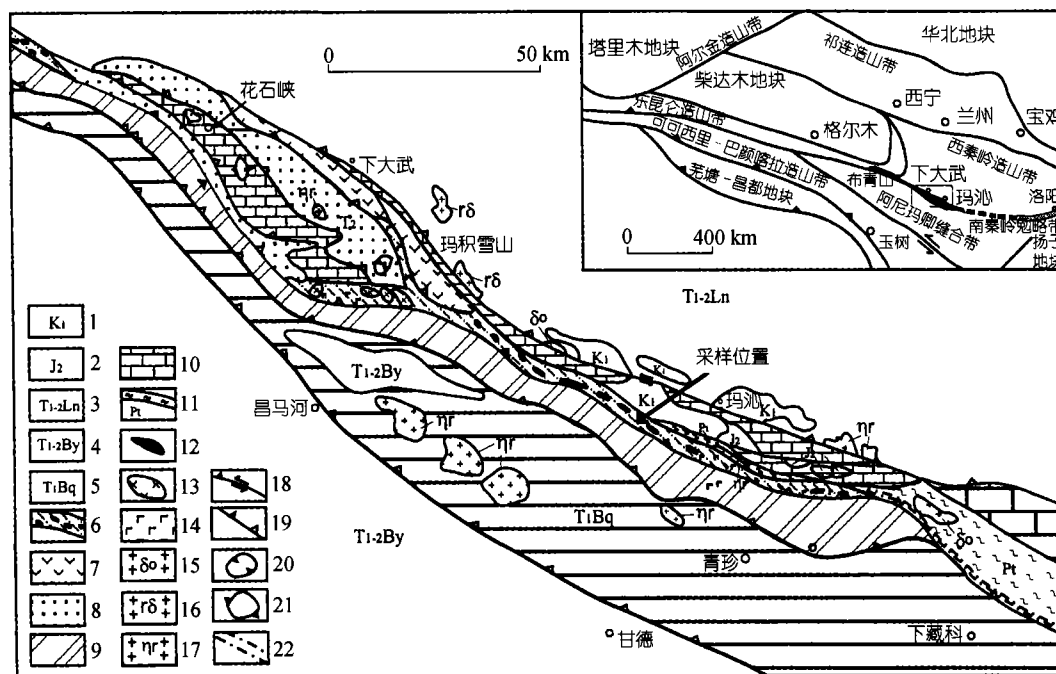


图1 阿尼玛卿带东部地区地质略图

1. 下白垩统陆相粗碎屑沉积, 2. 中侏罗统陆相含煤碎屑沉积, 3. 下中三叠统隆务河群/古浪提组碎屑岩复理石沉积, 4. 三叠系巴颜喀拉群碎屑岩复理石沉积, 5. 下三叠统布青山群碎屑岩复理石沉积, 6. 蛇绿混杂岩带, 7. 岛弧型火山岩系, 8. 弧前盆地复理石楔, 9. 沉积混杂岩带, 10. 上石炭-下二叠统厚层状生物碎屑灰岩逆冲推覆岩片, 11. 元古宙变质基底岩片, 12. 超镁铁岩岩块, 13. 辉长岩岩块, 14. 火山岩岩块, 15. 印支期石英闪长岩, 16. 印支期花岗闪长岩, 17. 印支期二长花岗岩, 18. 左行走滑-逆冲型构造边界断裂带, 19. 逆冲型构造边界及边界断裂带, 20. 飞来峰, 21. 构造窗, 22. 韧性剪切带/糜棱岩带

1 样品与分析

样品(DN-13)采集自玛沁县德尔尼铜矿以东约 10 km 的甲里格蛇绿岩剖面,该段岩石厚度稳定,原岩为均一块状熔岩,隐晶质,无气孔、杏仁,经历了弱的片理化作用和低绿片岩相的变质作用,钾的含量低而且稳定^[1].

样品在中国原子能科学研究院 49-2 堆照射,样品质量为 212.25 mg,照射参数 J 为 0.014557,照射时间 355 h,积分中子通量为 1.4×10^{18} n/cm²,用于积分中子通量监测的标样为 ZBH-25 黑云母,仪器为 MM1200 气体质谱仪.测试结果见表 1.

2 结果与讨论

经过 12 个加热阶段的年龄谱较为简单,为典型单阶段热干扰谱(图 2(a)). 总体上由两部分组成,低温、中温部分视年龄大致在 100~310 Ma 范围内,基本上显示随着温度的增加表面年龄依次递增的不一致年龄,反映了变质期间热事件干扰导致放射性成因氩扩散丢失的特征;年龄谱高温部分(930~1400℃)的 6 个视年龄经统计法^[2]判断,剔除第 7 和 12 阶段,由 8~11 这 4 个阶段形成高温坪,³⁹Ar 释放量超过 70%,其视年龄分别为 (342.80 ± 13.80) , (342.00 ± 5.40) , (344.40 ± 5.30) 和 (356.10 ± 8.40) Ma,坪年龄为 (345.3 ± 7.9) Ma,与坪年龄对应的 4 点形成一条相关性较好($MSWD = 0.7427$)的等时线(图 2(b)),等时线年龄为 (336.6 ± 7.1) Ma,以上两年龄相当一致.样品的 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 初始比值为 320.44 ± 20.21 ,略大于大气氩比值(295.5 ± 5),但在误差范围内一致.上述分析从不同角度基本排除了过剩 Ar 的影响,因此测年结果准确可靠.

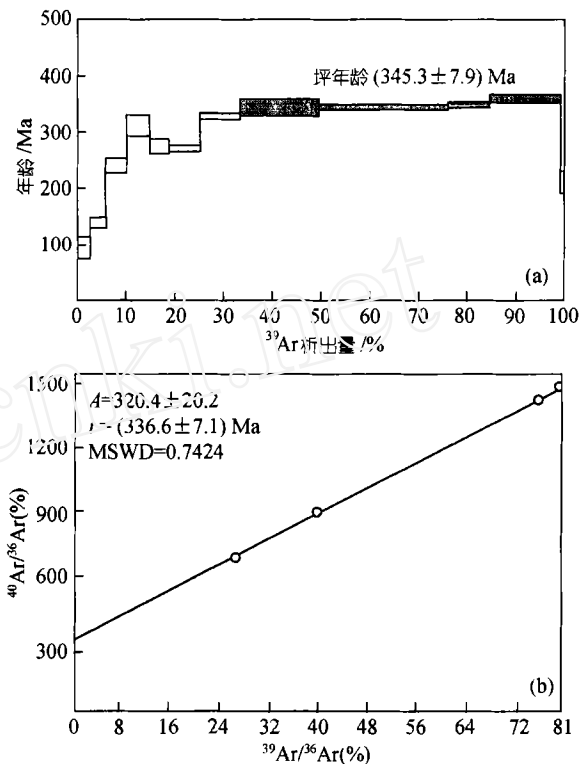


图 2 德尔尼蛇绿岩变基性熔岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 阶段加热年龄谱和等时线

一般说来,坪年龄被解释为岩石的变质或结晶年龄^[3],也被解释为温度冷却至 ^{40}Ar 封闭温度以后所经历的时间^[4]. 尽管中低温年龄谱反映了低级变质事件对 Ar 同位素体系的干扰,但变质事件并未使同位素体系重置. 结合本文样品的岩性和变质特征^[1],同时高温坪 ^{39}Ar 释放量超过 70%,为年龄谱的主体而且相当稳定,其年龄 $((345.3 \pm 7.9)$ Ma)应反映了原岩喷发结晶的年代信息. 综上所述并结合相关地质资

表 1 德尔尼蛇绿岩变玄武质熔岩(DN-13) ^{40}Ar - ^{39}Ar 中子活化测年结果^{a)}

加热阶段	加热温度/℃	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$^{39}\text{Ar}_{\text{K}}/\text{mol}$	视年龄/Ma
1	400	32.07780	0.09690	4.16760	3.73900	10.15×10^{-14}	95.60 ± 19.4
2	500	23.32230	0.06120	3.81200	5.52790	12.36×10^{-14}	139.60 ± 8.6
3	600	28.88880	0.06530	3.08850	9.83160	16.43×10^{-14}	241.30 ± 12.8
4	700	33.82560	0.07200	4.28240	12.89860	16.93×10^{-14}	310.40 ± 19.4
5	780	33.81780	0.07730	4.28240	11.31840	15.39×10^{-14}	275.10 ± 13.0
6	850	17.34800	0.02210	3.35130	11.09010	24.38×10^{-14}	270.00 ± 4.90
7	930	24.11960	0.03660	4.15580	13.65360	28.87×10^{-14}	327.00 ± 6.20
8	1010	24.11960	0.04310	36.27470	14.37490	60.62×10^{-14}	342.80 ± 18.30
9	1100	17.34800	0.02500	53.10950	14.33900	97.52×10^{-14}	342.00 ± 5.40
10	1200	17.34800	0.02460	53.10940	14.45040	32.50×10^{-14}	344.40 ± 5.30
11	1300	21.81240	0.03240	33.26390	14.99290	48.18×10^{-14}	356.10 ± 8.40
12	1400	21.56270	0.04540	3.00000	8.38150	0.10×10^{-14}	207.70 ± 20.40

a) 坪年龄 $t_p = (345.3 \pm 7.9)$ Ma (8~11 阶段), $t_i = (336.6 \pm 7.1)$ Ma (与 t_p 对应的等时线年龄)

料,我们认为德尔尼蛇绿岩变质基性熔岩的全岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 定年所提供的信息是,原岩喷发的时间约为340 Ma左右,即早石炭世时在阿尼玛卿带东部存在稳定和成熟的有限洋盆。

阿尼玛卿构造带是昆仑造山带的东端南缘分支,长度约为500 km,与南秦岭勉略带西缘隔松潘草地相望,地层时代主要为石炭纪~三叠纪,也卷入了一些前寒武的变质基底岩块(裴先治,未刊)。国内学者普遍将阿尼玛卿作为华力西或印支构造带对待^[5,6],而对于阿尼玛卿带是否可以与南秦岭勉略缝合带相连,尚有不同意见^[7~9]。

德尔尼蛇绿岩目前是阿尼玛卿带东部保存最完整的古特提斯岩石圈残片,其代表的洋盆是青藏古特提斯系的最北缘分支^[1],本文新获得的蛇绿岩形成年龄为此提供了进一步的时代证据。

阿尼玛卿带西部研究程度相对较高,在布青山至下大武区段内,近年来与缝合带相关的不同地质体(岛弧火山岩、岛弧花岗岩、枕状玄武岩、蛇绿混杂岩中的辉长岩等)中得出时代差异很大的同位素年龄^[5,8,10,11],表明构造带西部存在多期洋底扩张和俯冲事件,该地区混杂有早古生代、石炭纪和二叠-三叠纪3期蛇绿岩^[11],暗示在陆-陆碰撞之前即有复杂的构造演化史。其中早古生代蛇绿岩的年代和地球化学特征基本可以与西昆仑库地-苏巴什蛇绿岩带^[12]相对比,如果考虑大致沿格尔木至布青山以北(即柴达木南缘)广泛分布的加里东期岛弧花岗岩带,我们推断可能存在于一个由西昆仑延伸到布青山一带的早古生代洋盆,从目前积累的资料看来没有进入阿尼玛卿东部。

南秦岭勉略带存在晚古生代洋盆已经得到了证实^[7,12,13],黑沟峡地区的裂谷火山岩和标准洋中脊火山岩(N-MORB)的地球化学和同位素年代学研究^[13,14]表明勉略地区经历了泥盆纪的拉张裂解造洋过程和晚二叠纪~早三叠纪的碰撞造山事件,在蛇绿混杂岩带中发现的放射虫硅质岩也证实该洋盆在石炭纪即已存在^[15]。正常洋中脊蛇绿岩在阿尼玛卿构造带东部存在,这一事实本身就意味着洋盆有继续延展的可能,而早石炭世洋盆的存在为勉略带与阿尼玛卿带相连提供了有利的证据,暗示青藏地区的古特提斯洋盆系统很可能沿阿尼玛卿带进入勉略带,并有可能进一步延至中国东部地区。

3 结论

阿尼玛卿构造带西部蛇绿混杂岩带中洋底火山

岩和岛弧火山岩的同位素年代学显示该地区存在多期沟-弧-盆体系,而东部相对简单的结构特点(裴先治,未刊)和基本完整的蛇绿岩剖面^[1]表明构造带东段和西段具有不同的构造格局和演化过程。我们倾向于认为石炭纪的古特提斯洋盆分布范围包括整个阿尼玛卿带并很有可能向东延伸进入南秦岭地区,构造带西部布青山的早古生代蛇绿岩和岛弧火山岩是阿尼玛卿带以西昆仑造山带早古生代洋盆的东缘产物,在阿尼玛卿古特提斯洋盆闭合时卷入了阿尼玛卿缝合带西部。

致谢 李曙光教授对本文初稿提出了有益的建议,谨致谢意。本研究为国家自然科学基金重点(批准号:49732080)、国家重点基础研究发展规划(批准号:G1999075508)和西北大学科研基金(批准号:99NW28)资助项目。

参 考 文 献

- 1 陈亮,孙勇,柳小明,等. 青海德尔尼蛇绿岩的地球化学特征及其大地构造意义. 岩石学报, 2000, 16(1): 106~110
- 2 王松山. 氩对 ^{40}Ar - ^{39}Ar 定年的制约及数据处理. 地质科学, 1992, (4): 369~378
- 3 张忠奎,王松山. 同位素年代学中的(^{40}Ar - ^{39}Ar)快中子活化技术及其应用. 国外地质, 1981, 4: 10~15
- 4 张宗清. 同位素年代学方法的应用和限制. 见: 张炳熹主编. 岩石圈研究的现代方法. 北京: 原子能出版社, 1998. 113~135
- 5 姜春发,杨经绥,冯秉贵,等. 昆仑开合构造. 北京: 地质出版社, 1992. 45~60
- 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(1:500000)说明书. 北京: 地质出版社, 1990. 1~15
- 7 张国伟,孟庆任,于在平,等. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征. 中国科学, D辑, 1996, 26(3): 193~200
- 8 Yang J S, Robinson P T, Jiang C F, et al. Ophiolites of Kunlun Mountains, China and their tectonic implications. Tectonophysics, 1996, 258: 412~420
- 9 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等. 东特提斯地质构造形成演化. 北京: 地质出版社, 1997. 1~41
- 10 边千韬, 罗小全, 陈海泓, 等. 阿尼玛卿蛇绿岩带花岗-英云闪长岩锆石 U-Pb 同位素定年及其大地构造意义. 地质科学, 1999, 34(4): 420~426
- 11 边千韬, 罗小全, 李红生, 等. 阿尼玛卿山早古生代和早石炭-早二叠世蛇绿岩的发现. 地质科学, 1999, 34(4): 523~524
- 12 潘裕生. 青藏高原第五缝合带的发现与论证. 地球物理学报, 1994, 37(2): 184~191
- 13 李曙光, 孙卫东, 张国伟, 等. 南秦岭勉略构造带黑沟峡变质火山岩的年代学和地球化学. 中国科学, D辑, 1996, 26(3): 223~230
- 14 许继峰, 于学元, 李献华, 等. 高度亏损的 N-MORB 型火山岩的发现: 勉略古洋盆存在的新证据. 科学通报, 1997, 42(22): 2414~2418
- 15 殷洪福, 杜远生, 许继峰, 等. 南秦岭勉略构造带中放射虫动物群的发现及古海洋意义. 地球科学, 1996, 21(2): 184~190

(2000-05-22 收稿, 2000-11-13 收修改稿)