1000-0569/2003/019(01)-0001-08 *Acta Petrologica Sinica* 岩石学报

中国蛇绿岩的分布、时代及其形成环境*

张旗[1] 周国庆[2] 王焰[3]
ZHANG Qi[1], ZHOU GuoQing[2] and WANG Yan[3]

1. 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
2. 南京大学地球科学系，南京 210093
3. 香港大学地球科学系，香港
1. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciencnes, Bejing* 100029, *China*
2. *Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing* 210083, *China*
3. *Department of Earth Sciences, Hongkong University, Hongkong, China*

2002-06-03 收稿，2002-12-20 改回.

Zhang Q, Zhou GQ and Wang Y. 2003. The distribution of time and space of chinese ophiolites, and their tectonic settings. *Acta Petrologica Sinica*, 19(1):1−8

Abstract Ophiolites are widely distributed in China, particularly in the western, southwestern and northern parts of the country, and rarely in the middle and south parts. The ophiolites fall into four principal age groups: Proterozoic, early Paleozoic, late Paleozoic and Mesozoic-Cenozoic. The Proterozic ophiolites occur sporadically in China. The Phanerozoic ophiolites in China are grouped into five series, namely the Paleo-Asian Ocean series, the Qinling-Qilian-Kunlun Ocean series, the Paleo-Tethyan series, Neo-Tethyan series and the Circum-Pacific ophiolites. The Paleo-Asian Ocean ophiolites crop abundantly out in the northern part of China north of Tarim and the North China Block. The Qinling-Qilian-Kunlun Ocean lies among Tarim, the North China and Yangtze blocks. The Paleo- and Neo-Tethyan oceans are confined to the southwest China, and the Circum-Pacific series include the NE China and Taiwan ophiolites. Chinese ophiolites are geochemically complex and two or more lava types commonly occur within a given ophiolite sequence. Most ophiolites in the Palaeo-Asian, Neo-Tethyan and Circum-Pacific belts contain IAT and/or boninite indicating a suprasubduction zone origin. MORB lava in these bodies may have been originated in back-arc basins or may represent relict fragments of normal ocean lithosphere. Paleo-Tethyan ophiolites have mostly MORB lavas and lack typical suprasubduction zone components (such as IAT and boninite). Thus, they probably formed in intracontinental ocean basins.

Key words China, Ophiolites, Distribution, Age, Geochemistry, Tectonic settings

摘 要 中国蛇绿岩分布很广，主要在中国的西部、西南部和北部，中部和南部较少。蛇绿岩形成的时代可分为元古宙、早古生代、晚古生代和中-新生代四个时期。中国元古宙蛇绿岩分布零星。显生宙蛇绿岩主要分布在古亚洲洋、秦祁昆洋、古特提斯洋、新特提斯洋和环太平洋等5个区域。古亚洲洋蛇绿岩位于塔里木和华北地块之北的中国北方，秦祁昆洋位于塔里木、华北和扬子地块之间，古特提斯洋和新特提斯洋位于中国的西南地区，环太平洋带有东北和台湾的蛇绿岩。中国蛇绿岩的地球化学性质变化大，在一个蛇绿岩中往往有两种或更多类型的熔岩产出。古亚洲洋、新特提斯和环太平洋蛇绿岩大多有IAT和玻安岩产出，指示产于消减带之上的构造环境。在这些蛇绿岩中也有MORB产出，可能是弧后盆地环境的，也可能有正常大洋岩石圈碎片的残留。古特提斯蛇绿岩MORB发育，而缺少与消减作用有关的岩石组合(IAT和玻安岩)，推测形成在陆间洋盆环境。

关键词 中国；蛇绿岩；分布；时代；地球化学；构造环境

中图法分类号 P588.125

* 国家自然科学重点基金(40234045)和中国科学院知识创新工程基金(KZCX2-104)共同资助的课题.
第一作者简介：张旗，男，1937年生，研究员，火成岩石学专业，电话：010-62008085，E-mail：zhangqi@mail.igcas.ac.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1 前言

蛇绿岩是造山带演化的核心问题之一。自从1972年彭罗斯会议以来，经过近30年众多地质学家的努力，中国蛇绿岩研究已取得令人瞩目的成绩，在某些研究领域已达到较高的水平。我们大体查明了中国蛇绿岩的时空分布，基本查明了中国蛇绿岩的主要特点、蛇绿岩岩石组合保存的情况、各岩石单元的特征及其形成的环境，为中国造山带研究提供了有价值的成果，作出了积极的贡献。

中国蛇绿岩分布之广，时代跨度之大，类型之复杂，是世界各国少见的。与欧美不同，中国缺少大的稳定的古陆，主要由小板块镶嵌组成，再加上由于造山带构造的多次叠加，更增加了中国蛇绿岩研究的难度，致使在许多问题上存在争论。有些学者已经从不同角度对中国蛇绿岩的时空分布进行过探索(Wang *et al.*, 1994; 李锦轶, 1996)。本文根据最新的研究成果，概述中国蛇绿岩的分布、时代、地球化学特征及其形成的构造环境，尝试对已有的资料作一次归纳和提升。

2 中国蛇绿岩的分布

中国蛇绿岩分布很广，主要在中国的西部、西南部和北部，中部和南部较少。中国元古宙蛇绿岩分布零星。显生宙蛇绿岩主要分布在古亚洲洋、秦祁昆洋、古特提斯洋、新特提斯洋和环太平洋等5个区域(图1)。

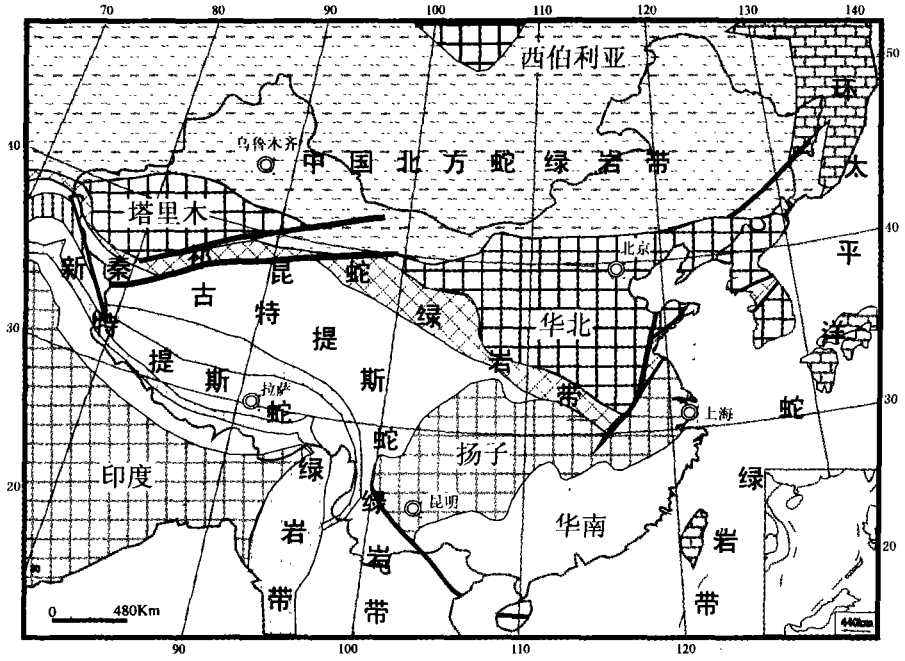


图1 中国蛇绿岩带分布图

Fig. 1 Distribution of ophiolite belts in China

1.1 古亚洲洋

古亚洲洋一般指西伯利亚地块与塔里木-华北地块之间的广大地区(Dobretsov *et al.* 1995)，中国北方处于古亚洲洋的南部，包括西准噶尔、东准噶尔、天山、北山、内蒙和东北蛇绿岩。古亚洲洋是一个延续时间较长的相当于现代太平洋的大洋(张旗等, 1997)，发育于中-晚里菲期，其残余海盆可持续到早石炭世(肖序常等, 1992; 高俊等, 1997, 1998)。目前在造山带中保存的蛇绿岩类似于现代西南太平洋沟-弧-盆环境的洋壳残片，与美国西部科迪勒拉型蛇绿岩可能有类似的成因机制。

1.2 秦祁昆洋

秦祁昆洋位于塔里木、华北和扬子地块之间，包括西昆仑、阿尔金和北祁连蛇绿岩(北秦岭的情况不清)，向西进入中亚地区，与古亚洲洋很难区分。秦祁昆洋蛇绿岩的时代、特征及其形成环境与古亚洲洋蛇绿岩类似，但洋盆闭合时间比古亚洲洋早(志留纪之前)，塔里木和华北可能并不相连，推测早古生代时古亚洲洋和秦祁昆洋可能是相通的。

1.3 古特提斯洋

按照目前的资料，该洋盆可能从西欧→中亚→西藏北部→青海南部折向南东，经川西→滇西→东南亚，呈向南东张

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

开的喇叭口。古特提斯洋被陆块分割成几个洋盆，包括：昌宁-孟连-碧土-藏北(?)、金沙江-哀牢山、甘孜-理塘和阿尼玛卿-勉略洋盆。晚石炭世-二叠纪时洋盆发育最宽，洋盆主体在晚三叠世之前闭合(Zhong *et al.* 2000)，只有甘孜-理塘洋盆持续到三叠纪末。古特提斯洋的特征类似现在的红海和大西洋(张旗等，2001)。

1.4 新特提斯洋

位于古特提斯南部，从西欧经南欧、中亚、巴基斯坦、克什米尔、西藏南部，一直延伸到东南亚的缅甸-苏门答腊。地中海是其残留海。中国境内包括班公湖-怒江和雅鲁藏布江蛇绿岩。班公湖-怒江洋盆可能规模不大，但雅鲁藏布江洋盆可能规模不小。新特提斯洋内结构复杂，玻安岩的广泛产出(日喀则、丁青、藏北，据张旗等，2001)反映洋内频繁的消减事件。

1.5 环太平洋

环太平洋带包括北美、俄罗斯远东、西太平洋和西南太平洋区域的古生代-中新生代蛇绿岩(Ishiwatari *et al.*，1994)，中国的东北和台湾处于环太平洋的西带。环太平洋蛇绿岩大多构成移置地体的基底，是古太平洋板块和太平洋板块以及一系列小板块俯冲拼贴形成的。开山屯、跃进山和台湾大南澳蛇绿岩为古太平洋残片(邵济安等，1995；Liou，1981)，台湾利吉和垦丁蛇绿岩为现代太平洋西缘南中国海边缘盆地洋壳的残片(Suppe *et al.*，1981)。

2 中国蛇绿岩的时代

中国蛇绿岩主要形成在晚元古宙、早古生代、晚古生代和中-新生代四个时期。中国蛇绿岩发育的大体时限展示在图2。由于资料来源不同、资料的精确度和可信度不同，致使有些蛇绿岩的时代之间缺乏可比性；不少蛇绿岩的时代有争论，图中表示的为本文作者倾向性的意见，不一定恰当。

2.1 元古宙蛇绿岩

中国元古宙蛇绿岩分布局限，主要是晚元古宙的(如北秦岭的松树沟和宽坪，皖南-赣东北等)。最近，Kusky *et al.* (2001)和 Li *et al.* (2002)报道他们在冀东发现了世界上最古老的25亿年的东湾子蛇绿岩和遵化蛇绿混杂岩及豆荚状铬铁矿，本文第1作者考察了东湾子蛇绿岩，认为它不是蛇绿岩，详见 Zhai 等(2002)的评论。最近，若干中外学者又对上述蛇绿岩进行了考察。据笔者了解，他们所说的地幔橄榄岩有些可能是堆晶岩(见 Li *et al.*，2002，图 6c,d)，他们所说的豆荚状铬铁矿是富 Fe 的，是岩浆堆积成因的。因此，该铬铁矿非蛇绿岩之豆荚状铬铁矿。

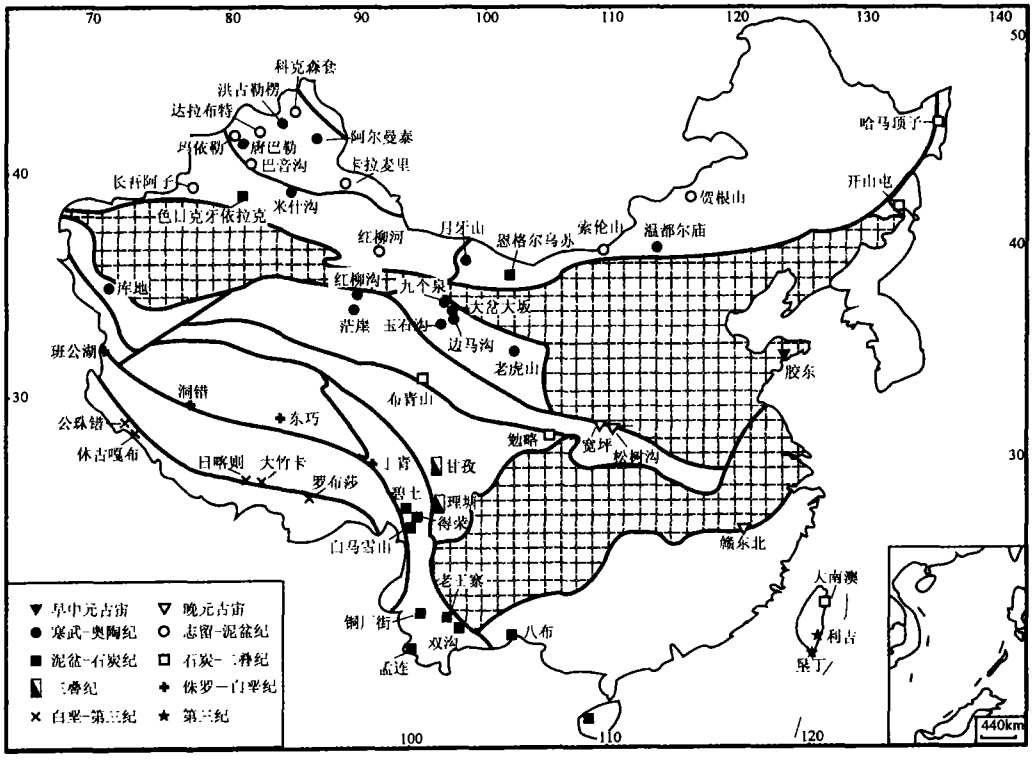


图2 中国蛇绿岩时代

Fig. 2 The ages of ophiolites in China

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

赣东北蛇绿岩的时代为 956±44 Ma(李献华等,1994),北秦岭蛇绿岩在 983 Ma～1 030 Ma 之间(董云鹏等,1997)。其它地方也有晚元古宙蛇绿岩的报道,如北疆、阿尔金、勉略、中国南方和西南地区等,但可以肯定的很少,有的是否蛇绿岩都无法确定,有的年龄资料可信度差,有的年龄与地质资料矛盾。根据目前的认识,中国境内的古亚洲洋和秦祁昆洋发育于早古生代时期,但其下限时代不清,如果有很好的晚元古宙时代的资料也是可以理解的。中国有无早中元古宙蛇绿岩存在争论,研究难度很大。就目前的资料来看,胶东可能存在早中元古宙蛇绿岩的痕迹,但争论很大(王仁民等,1995)。

2.2 早古生代蛇绿岩

主要分布在古亚洲洋和秦祁昆洋区域,又可分为两个时期:以洪古勒楞、唐巴勒、米什沟、长阿吾子、北山、温都尔庙、北祁连、西昆仑为例,主要是寒武-奥陶纪的;而玛依勒、贺根山、索伦山等发育较晚,为志留-泥盆纪的(图 2)。

2.3 晚古生代蛇绿岩

晚古生代蛇绿岩在中国有广泛的分布,主要出露在古亚洲洋、古特提斯和古太平洋西缘。上述三个区域的晚古生代蛇绿岩具有不同的特征和意义:古亚洲洋的晚古生代蛇绿岩大体继承了早古生代蛇绿岩的特征,是古亚洲洋演化的最后阶段的产物;古特提斯的晚古生代蛇绿岩记录了古特提斯洋从开启至闭合的全过程;而环太平洋晚古生代蛇绿岩是古地体拼贴形成的。晚古生代蛇绿岩发育的时间也有一些差别,据文献报道,东、西准噶尔的达拉布特和克拉美里为早中泥盆世的(肖序常等,1992;李锦轶,1995),科克森套为泥盆纪,天山的巴音沟和色日克牙依拉克为泥盆-早石炭世(肖序常等,1992;高俊等,1997)。古特提斯蛇绿岩有金沙江、哀牢山、昌宁-孟连、甘孜-理塘和阿尼玛卿蛇绿岩。晚古生代洋盆是晚泥盆世-早石炭世拉开的,在石炭-二叠纪时洋盆宽度最大,二叠纪末期洋盆闭合(昌宁-孟连,金沙江-哀牢山),有人认为洋盆可以持续到早中三叠世(Zhong, 2000)。部分洋盆拉张较晚,从二叠纪晚期或三叠纪早期至三叠纪晚期(甘孜-理塘)。环太平洋带的东北开山屯和台湾大南澳蛇绿岩可能是二叠纪-三叠纪的(邵济安等,1995; Yen, 1953),但后者时代不能肯定。

2.4 中新生代蛇绿岩

分布在西藏和台湾地区,其中,班公湖-怒江蛇绿岩带是侏罗纪-早白垩世的,雅鲁藏布江蛇绿岩带是侏罗纪-早第三纪的,台湾的垦丁和利吉蛇绿岩发育最晚,是渐新世至中新世的(Chung & Sun, 1992)。根据上述资料,我们可以大致勾勒出中国洋盆发育的框架:

元古宙时中国洋盆发育的情况不清楚。晚元古宙(?)-早古生代早期,中国北方为大片洋盆区,包括古亚洲洋和秦祁昆洋范围内的西准噶尔、天山、北山、内蒙南部(温都尔庙地区)、东北、西昆仑、阿尔金及北祁连(推测还可能连到秦岭-大别-胶东地区,但缺少资料),塔里木和华北为古亚洲洋和秦祁昆洋之间的陆块。至奥陶纪晚期,塔里木和华北地块与扬子地块对接,秦祁昆洋封闭,志留纪可能仅为残留的陆缘海。而北方的古亚洲洋在志留-泥盆纪时并没有显示闭合的迹象,可能洋盆规模有所缩小,出露于东准噶尔、玛依勒、天山、贺根山、索伦山等地,部分地区洋盆可延续至早石炭世。

晚泥盆世-早石炭世时劳亚和冈瓦纳大陆开始分裂,古特提斯洋逐渐拉开,在中国西南地区出现洋盆。这时,秦祁昆洋已经消失,而古亚洲洋则已发展到晚期阶段,因此,古亚洲洋和古特提斯洋应当是两个洋盆,二者可能在塔里木以西相连。至石炭-二叠纪时,古特提斯洋发育最盛,洋盆位于昌宁-孟连、金沙江-哀牢山和阿尼玛卿-勉略地区。在二叠纪晚期-三叠纪早期,上述洋盆逐渐萎缩,甘孜-理塘洋盆开始拉张,洋盆至三叠纪末期关闭。随后,在晚三叠世-早侏罗世时,在古特提斯洋的南部,又有一个新的洋盆拉开,即班公湖-怒江洋盆和雅鲁藏布江洋盆,中间隔着拉萨地块。班公湖-怒江洋盆持续到晚白垩世,雅鲁藏布江洋盆一直持续到中新世,随着印度洋的扩张和印度板块与欧亚板块的碰撞而闭合。

从二叠-三叠纪开始至今,在中国东部还有一个太平洋。在东北东端和台湾大南澳有古太平洋的残片,而现代太平洋的记录仅保存在台湾南部地区(利吉和恳丁)。

因此,中国洋盆最发育的时代为早古生代,分布于中国北方;晚古生代-中新生代的洋盆出现在中国西南地区,而晚古生代晚期-现代的太平洋仅影响了东北的东端和台湾。

3 中国蛇绿岩的地球化学

蛇绿岩的地球化学特征最集中地体现在熔岩和辉绿岩中。辉长岩和堆晶岩由于经历了不同程度的分离结晶作用,原始岩浆性质已很难追踪。地幔橄榄岩 Mg、Fe 含量高,微量元素,尤其是 HFSE 和 REE 含量低,分析难度大。因此,蛇绿岩地球化学研究的关键在熔岩和辉绿岩。中国蛇绿岩的熔岩(辉绿岩)地球化学性质变化大,在一个蛇绿岩中往往有不同类型地球化学性质的熔岩产出,主要有下述几种情况:

3.1 以 IAT 为主,伴有少量 MORB 或玻安岩

唐巴勒、玛依勒、库尔提、开山屯、大南澳为 IAT 与 MORB 相伴的例子,库地、东巧和日喀则为 IAT、MORB、玻安岩相伴的例子(图 3)。这种情况主要反映了岛弧及其相关的环境(张旗等,2001)。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

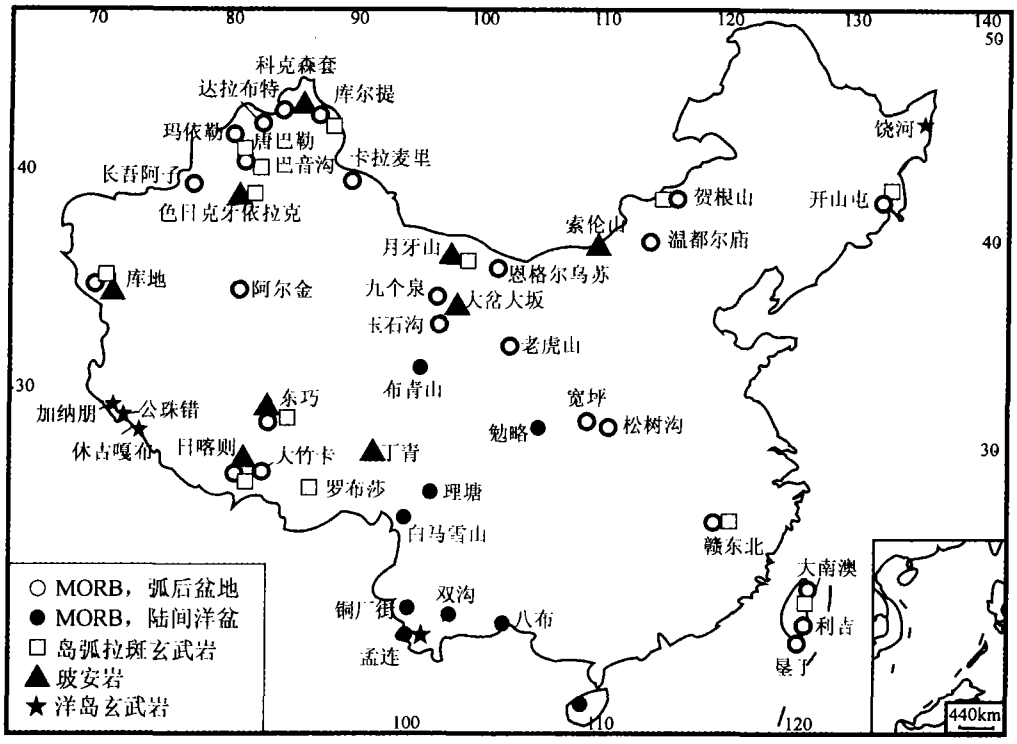


图 3 中国蛇绿岩的地球化学特征及其形成环境

Fig. 3 Geochemical characteristics of ophiolites in China and their tectonic settings

3.2 以 MORB 为主或仅有 MORB

这种情况很多，除古特提斯蛇绿岩外，还有松树沟、宽坪、达拉布特、卡拉麦里、长阿吾子、温都尔庙、老虎山、九个泉、边马沟、玉石沟、大竹卡、利吉、昙丁等（张旗等，2001）。主要反映了弧后盆地或陆间洋盆环境。

3.3 以玻安岩为主或仅有玻安岩

如丁青东岩体、大岔大坂、索伦山、科克森套（张旗等，1985，1997；曹从周等，1987；何国琦等，1995），显示了弧前环境的特征。

上述不同类型岩浆伴生的现象在中国蛇绿岩中是屡见不鲜的。这有几种可能：(1) 岩浆来自不同的源区；(2) 不同岩浆的混合作用；(3) 岩浆来自不同的洋壳残片。

在第一种情况下，由于地幔的不均一性，来自地幔不同部位的岩浆会具有不同的地球化学性质。例如，受消减带影响和不受消减带影响的；有富集地幔物质加入和无富集地幔物质加入的。消减带之上的地幔楔由于有来自消减带物质的加入，富集水和 LILE，形成的岩浆应当具有 IAT 的特征。而 MORB 来自未受消减带影响的地幔源区。在消减带之上的环境能够出现 MORB，只能认为地幔楔可能有一部分并未受到消减带物质的影响，可归因于地幔的不均一性。

在第二种情况下，不同源区的岩浆混合可以派生出具过渡性质的岩浆。双沟 N-MORB 和 E-MORB 可能属于这种成因（张旗等，1992）。

第三种情况与洋壳的叠加作用有关。如弧后盆地岩片叠加了岛弧岩片，或岛弧的弧前地区有来自海沟另一侧洋壳的卷入。贺根山和大岔大坂可能是前一种情况的例子。

4 中国蛇绿岩的形成环境

中国蛇绿岩的形成环境多种多样，包括岛弧、弧前、弧后以及陆间洋盆等，归结为 SSZ 和陆间洋盆两种环境。

4.1 SSZ（消减带之上的）环境

岛弧、弧前和弧后环境均位于消减带之上，因此，均可归结为 SSZ 环境。古亚洲洋、秦祁昆、新特提斯以及环太平洋蛇绿岩大多产于这种环境（图 3）。

(1) 西准噶尔蛇绿岩

唐巴勒和玛依勒有 N-MORB 和 IAT 两类玄武岩，主要显示岛弧的特征，（肖序常等，1992）；达拉布特熔岩为 N-MORB，为弧后盆地环境（肖序常等，1992）；洪古勒楞超镁铁质堆晶岩特别发育，为橄榄岩-橄长岩-辉长岩系列，堆晶岩中少量辉绿岩脉具 MORB 性质。但是与其相邻的熔岩为安山质的，相当于岛弧环境的火山岩，可能不是洪古勒楞蛇绿岩的成员。根据堆晶岩特征，它应当产于弧后盆地环境。因此，很可能洪古勒楞蛇绿岩是一个推覆体（冯益民等，1991）。上述资料表明，西准噶尔蛇绿岩是典型的 SSZ 型蛇绿岩。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(2)东准噶尔蛇绿岩

东准噶尔蛇绿岩研究程度不及西准噶尔,但二者大体可以对比:卡拉麦里与达拉布特类似,阿尔曼泰可能也是一个推覆体。不同之处是乔夏哈拉有玻安岩产出(何国琦等,1995),库尔提以 N-MORB 为主。最近,许继峰等(2001)报道了该区早泥盆世的埃达克岩,表明存在洋内消减事件。因此,东准噶尔可能由弧前和弧后环境的岩石组成,也是 SSZ 型的。

(3)天山蛇绿岩

据研究,早古生代的干沟-米什沟蛇绿岩可能与唐巴勒相连,而长阿吾子为 MORB 型的,总体上可以与弧后盆地比较;晚古生代的巴音沟熔岩比较复杂,有 MORB、IAT 和 OIB;而色日克牙依拉克蛇绿岩的熔岩有一部分特别贫 Ti,可能相当于玻安岩系列;另一部分低 Ti 的岩石则相当于岛弧玄武岩(汤耀庆等,1995),看来,天山晚古生代蛇绿岩更象 SSZ 环境的(Gao *et al*. 1997, 1998)。

(4)内蒙蛇绿岩

大多数研究者根据温都尔庙和贺根山具 MORB 的特征而认为内蒙古蛇绿岩产于陆间洋盆环境。据所收集到的资料,温都尔庙熔岩主要是 E-MORB 的;贺根山蛇绿岩的地幔橄榄岩亏损不强,熔岩具 MORB 与 IAT 过渡的特征(Robinson *et al*., 1999);索伦山发育玻安岩(曹从周等,1987)。根据内蒙地质图,位于华北板块和西伯利亚板块之间的内蒙褶皱带主要由多条古生代的蛇绿混杂岩、岛弧或活动陆缘岩浆-沉积增生楔组成(唐克东等,1996)。王焰等(2000)发现该区存在埃达克岩,表明在早古生代晚期该区存在洋内消减事件。尽管在该带内也有零星的陆块出露,但能够肯定的很少,且部分"古陆"经考察实际上为混杂带的岩块。综合上述资料,温都尔庙和贺根山定为弧后盆地环境更合适,索伦山则产于弧前环境,总体上内蒙蛇绿岩仍属于 SSZ 型。

(5)库地蛇绿岩

熔岩有 MORB、岛弧拉斑玄武岩(IAT)、钙碱性玄武岩(CAB)和玻安岩,应属于 SSZ 型的(Yang *et al*. 1996; Wang *et al*. 2001)。

(6)北祁连蛇绿岩

熔岩主要由 N-MORB 组成,部分有玻安岩,推测形成在弧后和弧前环境。北祁连造山带是由蛇绿岩、海沟、岛弧、增生楔、蓝片岩、混杂堆积以及弧后盆地等岩石-构造单元组成,属于 SSZ 型(张旗等,1997)。

(7)班公湖-怒江蛇绿岩

丁青有典型的玻安岩,为弧前蛇绿岩(张旗等,1985;刘文斌等,2002);藏北有 3 条蛇绿岩带,熔岩以 IAT 为主,有玻安岩和 MORB(Pearce and Deng, 1988)。因此,该带为典型的 SSZ 型环境。

(8)雅鲁藏布江蛇绿岩

可分为 3 段:大竹卡块体,堆晶岩为橄榄岩-橄长岩-辉长岩系列(王希斌等,1987),熔岩为 N-MORB,为弧后盆地碎片;日喀则(德村-吉定)块体,堆晶岩为橄榄岩-辉石岩-辉长岩系列,熔岩有玻安岩、IAT 和 MORB(张旗等,1982),为岛弧蛇绿岩残片;罗布莎块体,堆晶岩系列类似日喀则蛇绿岩,有 IAT 熔岩,为岛弧扩张脊碎片。因此,也是典型 SSZ 型的。

(9)环太平洋蛇绿岩

晚古生代-中生代的开山屯和台湾大南澳蛇绿岩由 MORB 和 IAT 两类岩石组成,当为 SSZ 型的。跃进山群绿片岩的原岩为具 MORB 和 OIB 特征的玄武岩,其形成环境可能是弧后盆地(邵济安等,1995)。新生代的利吉混杂岩和垦丁混杂岩中的蛇绿岩具 N-MORB 和 P-MORB 的特征,代表现已消亡的南中国海洋壳的残片,南中国海属于弧后盆地或边缘盆地。

4.2 陆间洋盆环境

古特提斯蛇绿岩产于陆间洋盆环境(图 3)。证据是:

(1) 古特提斯蛇绿岩的熔岩均为 MORB,如铜厂街、孟连、八布和阿尼玛卿带以 N-MORB 为主,哀牢山(以双沟为例)带 N-MORB 和 E-MORB 均有,金沙江和甘孜-理塘带则以 E-MORB 占优势;

(2) 蛇绿岩中既无 IAT 又没有玻安岩,说明古特提斯洋内不存在洋内俯冲事件;

(3) 蛇绿岩带的一侧或两侧为前寒武纪基底岩系(如昌宁-孟连带)或具前寒武纪基底的被动陆缘或活动陆缘所围限。

造山带中陆间洋盆很少见,其他的例子有意大利的利古里亚和北亚平宁蛇绿岩(Beccluva *et al*., 1980)。红海、地中海、黑海和大西洋都属于陆间洋盆。其中,红海和大西洋为发展中的洋盆,分别相当于威尔逊旋回的红海阶段和大西洋阶段,而地中海和黑海为洋盆萎缩阶段的残余海(威尔逊旋回的地中海阶段)。本书所指的的陆间洋盆,是具 MORB 特征的不存在洋内消减事件的结构简单的洋盆。

5 结论

(1) 中国蛇绿岩分布很广,主要出露于中国的西部、西南部和北部。中国与欧美不同,是由许多地块在不同时期拼合而成的。大的地块有西伯利亚、哈萨克斯坦(上述主要在俄罗斯和哈萨克斯坦)、印度、华北、华南、塔里木等,小的有伊犁、柴达木、羌塘、拉萨、昌都-思茅、义敦、禅泰马等。蛇绿岩多围绕地块的边缘分布,因此,中国的蛇绿岩分布广、时间跨度大。

(2) 中国蛇绿岩的时代从晚元古宙直至新生代,早古生代蛇绿岩主要出现在中国北方,晚古生代蛇绿岩分布最广,遍布于中国的北方、西南、东北和东南部,中新生代仅局限于西藏和台湾两处。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(3) 中国蛇绿岩(主要指蛇绿岩上部成员辉绿岩和玄武质熔岩)的地球化学性质变化大，在一个蛇绿岩中往往有不同类型地球化学性质的熔岩产出，常见的有 MORB、IAT 和玻安岩。中国蛇绿岩的形成环境多种多样，包括岛弧、弧前、弧间、弧后以及陆间洋盆等，可归结为 SSZ 和陆间洋盆两大类环境。古亚洲洋、秦祁昆、新特提斯以及环太平洋蛇绿岩大多产于 SSZ 环境。在一个蛇绿岩中，往往有不同的地球化学性质的熔岩(MORB、IAT 或玻安岩)出现，指示处于消减带之上的位置(SSZ 环境)，如东准噶尔蛇绿岩；有的在一个蛇绿岩带的不同部位产出不同性质的洋壳(弧后盆地和岛弧)，如雅鲁藏布江蛇绿岩；玻安岩仅在少数蛇绿岩中发现，指示产于岛弧的弧前环境。古特提斯蛇绿岩统统显示 MORB 的地球化学特征，且蛇绿岩被陆块所围限，说明古特提斯洋形成于陆间洋盆环境。

References

Beccaluva L, Piccardo G B, Serri G. 1980. Petrology of northern Apennine ophiolites and comparison with other Tethyan ophiolites. In: Panayiotou A(ed.), Ophiolites. Nicosia, Cyprus Geological Survey Publication, 314－331

Cao C, Tian C & Yang F. 1987. The discovery of sheeted dyke swarms and their geological significance in the Solonshan-Hegenshan ophiolite zone, Inner Mongolia. In: Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources (ed.) Contributions to the Project of Plate Tectonics in Northern China. Beijing: Geological Publishing House, 125 － 135 (in Chinese with English abstract)

Chung Sun-Lin, Sun Shen-su. 1992. A new genetic model for the East Taiwan ophiolite and its implications for Dupal domains in the Northern Hemisphere. Earth Planet. Sci. Lett., 109: 135－145

Dobretsov NL, Berzin NA & Buslov MM. 1995. Opening and tectonic evolution of the Palaeo-Asian Ocean. International Geological Review, 37: 335－360

Dong YP, Zhou DW, Liu L *et al*. 1997. Sm-Nd isotopic ages of the Songshugou ophiolite from east Qinling and its geological significance. Regional Geology of China, 16: 217 － 221 (in Chinese with English abstract)

Feng Y, Zhu B, Xiao X *et al*. 1991. Tectonic evolution of the west Junggar, Xinjiang, China. In: Xiao X(ed.). Tectonic Evolution of the Southern Margin of the Palaeo-Asian Composite Megasuture. Beijing: Beijing Science and Technology Publishing House, 66－91 (in Chinese with English abstract)

Gao J, He GQ & Li MS. 1997. Palaeozoic orogenic processes of the western Tianshan orogen. Earth Science － Journal of China University of Geosciences, 22: 27－32 (in Chinese with English abstract)

Gao J, Li MG, Xiao XC, Tang YQ, He GQ. 1998. Palaeozoic tectonic evolution of the Tianshan Orogen, northwestern China. Tectonophysics, 287: 213－231

Ishiwatari A. 1994. Circum-Pacific Phanerozoic multiple ophiolite belts. In: Ishiwatari A, Malpas J, Ishizuka H. (eds.). Proc. 29th Inter. Geol. Cong., Part D: Circum-Pacific Ophiolites. Utrecht: A-D Druk, Zeist, 7－28

Kusky TM, Li JH & Tucker RD. 2001. The Archean Dongwanzi Ophiolite Complex, North China Craton: 2. 505-Billion-Year-Old Oceanic Crust and Mantle. Science, 292: 1142－1145

Li JH, Kusky TM, Huang SN. 2002. Archean podiform chromitites and mantle tectonics in ophiolite melange, North China Craton: A record of early oceanic mantle processes. GSA Today, 12: 4－11

Li JY. 1995. The timing and spatial distribution of ophiolites in China. In: Zhang Q (ed.) Study on Ophiolites and Geodynamics. Geological Publishing House, Beijing, 99－103 (in Chinese with English abstract)

Li XH, Zhou GQ, Zhao J X. *et al*. 1994. Shrimp ion microprobe zircon U-Pb age of the NE Jiangxi ophiolite and its tectonic implications. Geochimica, 23, 125 － 131 (in Chinese with English abstract)

Liou JG. 1981. Petrology of metamorphosed oceanic rocks in the Central Range of Taiwan. Memoir Geol. Soc. China, 4: 291－342

Liu WB, Qian Q, Yue GL, Zhang Q, Zhou MF. 2002. The geochemistry characteristics of pre-arc ophiolite from Dingqing area, Tibet. Acta Petrologica Sinica, 18(3): 392－400

Pearce JA, Deng Wanming. 1988. The ophiolites of the Tibet Geotraverse, Lhasa to Golmud (1985) and Lhasa to Kathmandu (1986). In: The Geological Evolution of Tibet (eds: Chang C *et al*). London, The Royal Society. 215－238

Robinson P T, Zhou M, Hu X, Reynolds P, Bai W, Yang, J. 1999. Geochemical constraints on the origin of the Hegenshan Ophiolite, Inner Mongolia, China. Journal of Asian Earth Sciences. 17: 423－442

Shao J & Tang K. 1995. Terranes in Northeast China and Evolution of Northeast Asia Continental Margin. Seismic Press, Beijing, 185(in Chinese with English abstract)

Suppe J, Liou JG, Ernst WG. 1981. Paleogeographic origins of the Miocene Taiwan Ophiolite. American Journal of Science, 281: 228－246

Tang K and Shao J. 1996. Some characteristics of ophiolites and ancient ocean evolution in Palaeoasia area. In: Zhang Q (ed.) Study on Ophiolites and Geodynamics. Geological Publishing House, Beijing, 108－111 (in Chinese with English abstract)

Tang YQ, Gao J., Zhao M. *et al*. 1995. The Ophiolites and Blueschists in the Southwestern Tianshan Orogenic Belt, Xinjiang, Northwestern China. Geological Publishing House, Beijing, 133(in Chinese with English abstract)

Wang X, Bao P, Deng W *et al*. 1987. Xizang (Tibet) Ophiolite. Geological Publishing House, Beijing, 336 (in Chinese with English abstract)

Wang X, Hao Z. 1994. Time-space distribution and tectonic types of ophiolites in China. In: Proc. 29th Inter. Geol. Congr. (Ishiwatari *et al*. eds.), Part D: 183－204

Wang Z, Sun S. & Hou QL. 2001. Effect of melt-rock interaction on geochemistry in the Kudi ophiolite (western Kunlun Mountains, Northwestern China): implication for ophiolite origin. Earth and Planetary Science Letters, 191: 33－48

Xiao X, Tang Y, Feng Y *et al*. 1992. Tectonic Evolution of

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Northern Xinjiang and its Adjacent Regions. Beijing: Geological Publishing House, 169 (in Chinese with English abstract)

Xu J, Mei H, Yu X. Bai Z, Niu H, Chen F, Zhen Z, Wang Q. 2001. Adakites related to subduction in the northern margin of Junggar arc for the Late Paleozoic: Products of slab melting. Chinese Science Bulletin, 46: 1312－1316

Yang JS, Robinson P T, Jiang CF, Xu ZQ., 1996. Ophiolites of the Kunlun Mountains, China and their tectonic implications. Tectonophysics 258: 215－231

Yen TP. 1953. On the occurrence of the late Paleozoic fossils in the metamorphic complex of Taiwan. Bull. Geol. Surv. Taiwan, 4: 23－26

Zhai MG, Zhao GC, Zhang Q, Kusky TM, Li JH. 2002. Is the Dongwanzi Complex an Archean Ophiolite? Science, 8, 293－295

Zhang Q and Zhou GQ. 2001. Ophiolites of China. Beijing: Science Press, (in Chinese with English abstract)

Zhang Q, Li D & Zhang K. 1992. Mafic-ultramafic rocks in the Hengduan Mountains Region. Beijing: Science Press, 216 (in Chinese with English abstract)

Zhang Q, Sun X & Zhou D. 1997. The characteristics of North Qilian ophiolites, environment of formation and their tectonic significance. Advances in Earth Science, 12: 366 － 393 (in Chinese with English abstract)

Zhang Q, Zhou Y & Li D. 1982. Sheeted dyke swarms within ophiolites in the Xigaze-Baining district, Xizang. In: Institute of Geology, Academica Sinica (ed.). Petrological Research, Beijing: Geological Publishing House, 65－80, (in Chinese with English abstract)

Zhong D. 2000. Palaeotethysides in west Yunnan and Sichuan, China. Science Press, Beijing, 248

Zhu B, Feng Y & Ye L. 1987. Palaeozoic ophiolites in west Junggar and their geological significance. In: Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources (ed.). Contributions to the Project of Plate Tectonics in Northern China. (2). Beijing: Geological Publishing House, 19－28 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

曹从周，田昌烈，杨芳林. 1987. 内蒙古索伦山-贺根山蛇绿岩带中席状岩墙群及其地质意义. 见：唐克东主编. 中国北方板块构造论文集(2). 北京：地质出版社. 125－135

董云鹏，周鼎武，刘良等. 1997. 东秦岭松树沟蛇绿岩 Sm-Nd 同位素年龄的地质意义. 中国区域地质，16：217－221

冯益民，朱宝清，肖序常等. 1991. 中国新疆西准噶尔山系构造演化. 见：肖序常等主编. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化. 北京：北京科学技术出版社，66－91

高俊，何国琦，李茂松. 1997. 西天山造山带的古生代造山过程. 地球科学，22：27－32

何国琦，李茂松，刘德权等. 1994. 中国新疆古生代地壳演化及成矿. 乌鲁木齐：新疆人民出版社

李锦轶. 1995. 新疆东准噶尔蛇绿岩的基本特征和侵位历史. 岩石学报，11(增刊)：73－84

李锦轶. 1996. 中国蛇绿岩的时空分布. 见：张旗主编. 蛇绿岩与地球动力学研究. 北京：地质出版社，99－103

李献华，周国庆，赵建新. 1994. 赣东北蛇绿岩的离子探针锆石 U-Pb 两类及其构造意义. 地球化学，23：125－131

刘文斌，钱青，岳国利，李秋生，张旗，周美付. 2002. 西藏丁青弧前蛇绿岩的地球化学特征. 岩石学报，18(3)：392－400

邵济安，唐克东等. 1995. 中国东北地体与东北亚大陆边缘演化. 北京：地震出版社，1－185

汤耀庆，高俊，赵民，李锦轶，王军. 1995. 西南天山蛇绿岩和蓝片岩. 北京：地质出版社

唐克东，邵济安. 1996. 古亚洲洋区蛇绿岩的某些特征与古洋演化. 见：张旗主编，蛇绿岩与地球动力学研究. 北京：地质出版社，108－111

王仁民，安家桐，赖兴运. 1995. 胶东蛇绿岩套的发现及其地质意义. 岩石学报，11(增刊)：221－227

王希斌，鲍佩声，邓万明，王方国. 1987. 西藏蛇绿岩. 北京：地质出版社

王焰，张旗，钱青. 2000. 埃达克岩(adakite)的地球化学特征及其构造意义. 地质科学，35：251－256

肖序常，汤耀庆，冯益民等. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京：地质出版社，169p

张旗，孙晓猛，周德进等. 1997. 北祁连蛇绿岩特征、形成环境及其构造意义. 地球科学进展，12：366－393

张旗，杨瑞英. 1985. 西藏丁青蛇绿岩中玻镁安山岩类的深成岩及其地质意义. 科学通报，(16)：1243－1245

张旗，张魁武，李达周. 1992. 横断山区镁铁-超镁铁岩. 北京：科学出版社

张旗，周国庆. 2001. 中国蛇绿岩. 北京：科学出版社

张旗，周云生，李达周. 1982. 西藏日喀则-白朗地区蛇绿岩中的席状岩墙群. 见：中国科学院地质研究所(主编). 岩石学研究，(1)：65－80. 北京：地质出版社

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net