

## 初论昆祁秦缝合系

边千韬 赵大升 叶正仁 常承法 罗小全 高山林

(中国科学院地质与地球物理研究所,北京,100029)

**摘要** 中央造山带范围内的诸多新元古代晚期—早古生代蛇绿岩带可视为一个系统——昆祁秦缝合系。大致可分西、中、东 3 段。西段包括库地-苏巴什和麻扎-康西瓦 2 条缝合带及西昆中微地块;中段包括阿尔金、北祁连、柴达木北缘、祁漫塔格-乌妥及东昆仑南缘 5 条缝合带和中-南祁连、柴达木、阿牙克库木及玛沁 4 个较大的微地块及诸多较小的微地块;东段为商丹缝合带和勉略缝合带及其所夹持的秦中-大别微地块。昆祁秦缝合系是 Rodinia 超大陆经历了早—中震旦世(约 780~600 Ma)初期裂解阶段,晚震旦世—奥陶纪(约 600~440 Ma)昆祁秦多岛洋阶段,晚奥陶世—早志留纪(约 440~400 Ma)昆祁秦多岛洋闭合阶段形成的一个包含若干条缝合带和若干个微地块的体系,是中央造山带的基础。

**关键词** 蛇绿岩 缝合系 新元古代—早古生代 中央造山带

## A Preliminary Study of the Kunlun-Qilian-Qinling Suture System

BIAN Qiantao ZHAO Dasheng YE Zhengren CHANG Chengfa LUO Xiaoquan GAO Shanlin

(Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029)

**Abstract** The Late Neo-Proterozoic-Early Paleozoic suture zones within the Central Orogenic Belt of China can be considered a system—the Kunlun-Qilian-Qinling suture system (KQQ suture system). It is basically divided into the western, central and eastern sectors. The western sector consists of the Kuda-Subashi suture zone, the Mazha-Kangsiwar suture and the central West Kunlun microblock. The central sector covers five suture zones, i. e., the Altun, North Qilian, Qaidam northern marginal, Qimantag-Wutuo and East Kunlun southern marginal sutures, in addition to some microblocks such as the mid-south Qilian, Qaidam, Ayakkum and Maqen microblocks. The eastern sector is composed of the Shangdan suture zone, Mianlue suture zone and central Qinling-Dabie microblock. The KQQ suture system experienced ① extending-rifting of the Rodinia super-continent in the early-middle Sinian period (about 780~600 Ma±); ② the formation and evolution of the KQQ archipelagic ocean during the Late Sinian—Ordovician (about 600~440 Ma±); and ③ closing of the KQQ ocean and forming of the KQQ suture system during the Late Ordovician—Late Silurian (about 440~400 Ma±). As a system comprising many suture zones and microblocks, the KQQ suture system constitutes the foundation of the Central Orogenic Belt of China.

**Key words** ophiolite suture system Sinian—Early Paleozoic Central Orogenic Belt of China

构成中央造山带主体的昆仑山、祁连山和秦岭 3 个著名造山带从大地构造体制总体而言可视为统一造山带(张文佑等, 1986; 殷鸿福等, 1998; 任纪舜等, 1999)。其内广泛分布着诸多晚震旦世—早古生代蛇绿岩带和微地块。笔者在前人研究的基础上, 结合自己的研究成果, 尝试将这些晚震旦世—早古生代蛇绿岩带及其所围限的微地块视为一个统一的

系统, 从整体上认识它们之间的关系、形成演化及其大地构造特征。

## 1 大地构造位置和结构

## 1.1 大地构造位置

昆祁秦缝合系横亘于中国大地中部, 北邻塔里木、华北地块, 南接古特提斯缝合系(东段南接古特提斯缝合系中的扬子地块; 边千韬等, 1997); 西经帕

本文为中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-SW-119)、中国科学院卢嘉锡基金资助项目和国家自然科学基金(批准号: 49872077 和 49572153)的部分成果。

改回日期: 2002-2-19; 责任编辑: 宫月萱。

第一作者: 边千韬, 男, 1945 年生, 博士, 研究员, 从事构造地质学、岩石学及矿床学研究; E-mail: bianqt@mail. igcas. ac. cn。

米尔、西天山、向欧洲苏台德造山带延伸;东被郯庐断裂错断,经山东五莲、荣城向朝鲜半岛延展(姜春发等,2000)。

1.2 昆祁秦缝合系的结构

昆祁秦缝合系可大致分为西、中、东3段(图

1)。西段大致与西昆仑造山带相当;中段大致与北祁连造山带、东昆仑造山带、阿尔金造山带及其围限的地块相当;东段大致与秦岭造山带相当。

1.2.1 西段 昆祁秦缝合系西段由库地-苏巴什、麻扎-康西瓦2条缝合带及西昆仑微地块组成。这

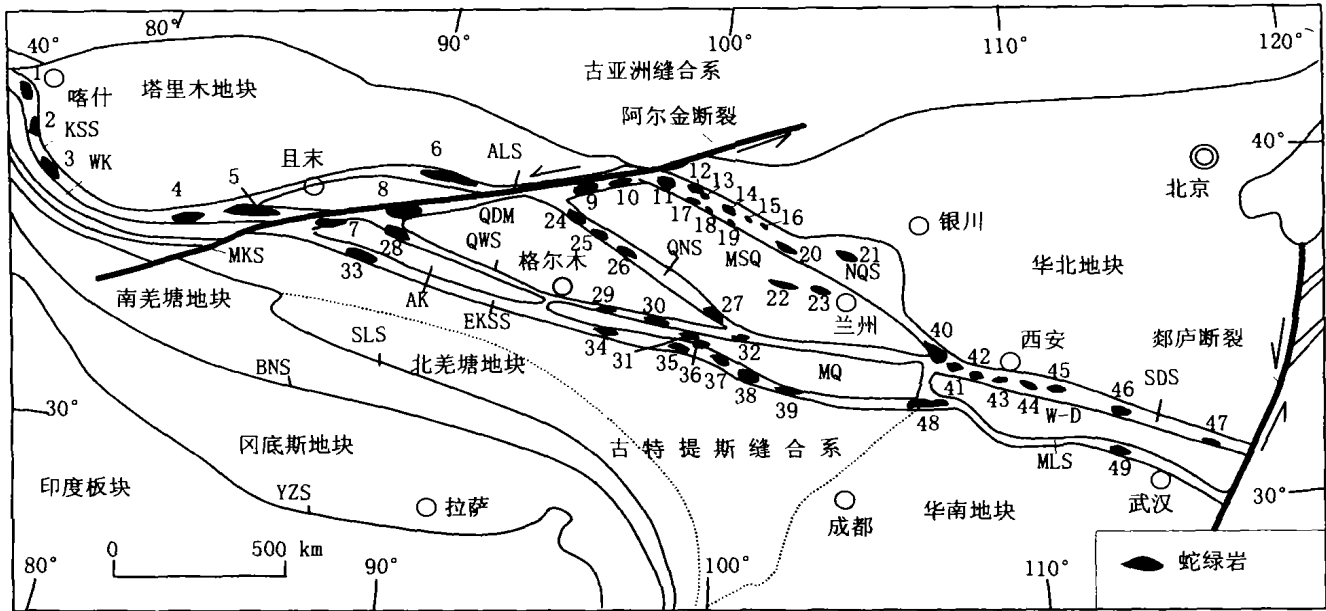


图1 昆祁秦缝合系略图

Fig. 1 A sketch map showing the structure and tectonic setting of the Kunlun-Qilian-Qinling suture system

蛇绿岩: 1-乌依塔格; 2-柯岗; 3-库地; 4-苏巴什; 5-阿帕; 6-红柳沟; 7-吐拉; 8-茫崖; 9-阿尔金山主峰南; 10-当金山口; 11-大道尔吉; 12-九个泉; 13-大盆大坂; 14-扁麻沟; 15-清水沟; 16-百经寺; 17-玉石沟; 18-川刺沟; 19-小八宝; 20-红沟; 21-老虎山; 22-拉着山; 23-雾宿山; 24-赛什腾山; 25-绿梁山; 26-锡铁山; 27-茶卡南山; 28-鸭子泉; 29-三岔口; 30-乌妥; 31-清水泉; 32-扎那合惹; 33-木孜塔格; 34-黑刺沟; 35-布青山; 36-塔妥; 37-下大武; 38-玛积雪山; 39-德尔尼; 40-鸳鸯镇; 41-岩湾; 42-苏家河; 43-四方台; 44-松树沟; 45-二郎坪; 46-桐柏大河; 47-饶铁寨; 48-勉略; 49-周家湾

缝合带: SLS-双湖-澜沧江; BNS-班公湖-怒江; YZS-雅鲁藏布江; KSS-库地-苏巴什; MKS-麻扎-康西瓦; ALS-阿尔金; NQS-北祁连;

QNS-柴达木北缘; QWS-祁漫塔格-乌妥; EKSS-东昆仑南缘; SDS-商丹; MLS-勉略

微地块: WK-西昆仑中段; MSQ-中-南祁连; QDM-柴达木; AK-阿牙克库木; MQ-玛沁; W-D-秦中-大别

Ophiolites: 1-Wuyitage; 2-Kegang; 3-Kuda; 4-Subashi; 5-Arpa; 6-Hongliugou; 7-Tura; 8-Mangnai; 9-south of the Altun peak; 10-Dangjin Mountain Pass; 11-Dadaorji; 12-Jiugequan; 13-Dachadaban; 14-Bianmagou; 15-Qingshuigou; 16-Baijingshi; 17-Yushigou; 18-Chuancigou; 19-Xiaobabao; 20-Honggou; 21-Laohushan; 22-Lajishan; 23-Wusushan; 24-Sertengshan; 25-Luliangshan; 26-Xitianshan; 27-Chakananshan; 28-Razhiquan; 29-Sanchakou; 30-Wutuo; 31-Qingshuiquan; 32-Zanahere; 33-Muztag; 34-Heichigou; 35-Buqingshan; 36-Tatu; 37-Xia Dawo; 38-Majixueshan; 39-Dur' ngoi; 40-Yuanyangzhen; 41-Yanwan; 42-Shujiuhe; 43-Sifangtai; 44-Songshugou; 45-Erlangping; 46-Tongbodahe; 47-Raobozhai; 48-Mianlue; 49-Zhoujiawan

Suture zones: SLS-Shuanghu-Lancangjiang; BNS-Bangonghu-Nujing; YZS-Yarlung Zangbo; KSS-Kuda-Shubashi; MKS-Mazar-Kangxiwar; ALS-Altun; NQS-North Qilian; QNS-Qaidam northern marginal; QWS-Qimantag-Wutuo; EKSS-East Kunlun southern marginal; SDS-Shangda; MLS-Mianlue

Microblocks: WK-Central West Kunlun; MSQ-mid-south Qilian; QDM-Qaidam; AK-Ayakkum; MQ-Maqen; W-D-Central Qinling-Dabie

两条缝合带 NWW 向延伸,向西延入北帕米尔,东与阿尔金、祁漫塔格-乌妥及东昆仑南缘缝合带相连,阿尔金山和昆仑山交会处是个缝合带结(可称阿-昆缝合带结)。

库地-苏巴什缝合带长逾 1 000 km,宽几公里至十几公里。沿此缝合带断续出露肢解了的蛇绿岩,主要有乌依塔格、柯岗、库地、苏巴什和阿帕蛇绿岩。以库地蛇绿岩为例,岩石单元有变质橄榄岩、辉绿岩岩墙、枕状玄武岩、块状玄武岩及硅质岩等。多数学者认为库地蛇绿岩形成于新元古代晚期—早古生代

早期(许荣华等,1994;邓万明,1995);也有学者认为形成于晚古生代(姜春发等,1992;Yang等,1996)。库地-苏巴什蛇绿岩带可能是条包含新元古代晚期—早古生代早期和晚古生代两个时代蛇绿岩的复合蛇绿岩带。一般认为库地蛇绿岩形成于消减带之上(SSZ)的环境(姜春发等,1992;邓万明,1995;Yang等,1996;张旗等,2000)。

西昆仑中段微地块上钙碱性花岗岩类发育,主要有 400~455 Ma 和 200~270 Ma 两期,指示着加里东期和海西-印支两期岛弧叠加。

麻扎-康西瓦缝合带中尚未发现蛇绿岩,将其视为缝合带的依据是:其北分布着加里东期和海西-印支两期岛弧带及乌依塔格-库地-苏巴什 SSZ 型蛇绿岩带;该带是条强变形带并存在加里东期褶皱(姜春发等,2000);该带两侧的地层、岩浆岩、构造变形及变质作用截然不同,向东与阿-昆缝合带结交汇。

**1.2.2 中段** 昆祁秦缝合系中段的结构格架是:北祁连、阿尔金和柴达木北缘 3 条缝合带环绕着中-南祁连地块;阿尔金、柴达木北缘和祁漫塔格-乌妥 3 条缝合带围限柴达木地块;祁漫塔格-乌妥和东昆仑南缘 2 条缝合带夹持着阿牙克库木和玛沁微地块;北祁连和阿尔金缝合带又各自夹持着若干微地块。

(1)阿尔金缝合带:据崔军文等(1999)和王焰等(1999)的资料,阿尔金缝合带由北部的红柳沟-拉配泉蛇绿混杂岩带、南部的阿帕-茫崖蛇绿混杂岩带及夹持于其间的米兰河-金雁山微地块组成。

红柳沟-拉配泉蛇绿混杂岩带由变质橄榄岩、堆晶岩、辉长岩、辉绿岩、玄武岩、硅质岩等组成。红柳沟蛇绿岩的 Sm-Nd 等时线年龄为  $508.3 \pm 41.4$  Ma<sup>①</sup>,玄武岩主要是 MORB,其次是岛弧拉斑玄武岩。红柳沟-拉配泉蛇绿混杂岩带与北祁连蛇绿混杂岩带可以对比,属同一洋盆演化的产物。向西延入塔里木盆地掩埋于中新世巨厚沉积层之下,据磁异常资料推测其越过且末-黑尖山断裂后急剧向南西偏转,有与西昆仑早古生代蛇绿混杂岩带汇合的趋势(崔军文等,1999)。

阿帕-茫崖蛇绿混杂岩带西起于田县南、东,东至当金山口,包括阿帕、吐拉、茫崖、阿尔金山主峰南和当金山口蛇绿岩。蛇绿岩主要由超镁铁岩和浅变质基性火山岩组成,有少量辉长岩、安山岩和硅质岩。基性火山岩的 Sm-Nd 全岩等时线年龄为  $481.3 \pm 53$  Ma 形成于洋中脊环境(刘良等,1998;王焰等,1999)。

(2)北祁连缝合带:北祁连缝合带夹持于阿拉善地块和中-南祁连微地块之间,西连阿尔金缝合带,东接北秦岭商丹缝合带(肖序常等,1978;许志琴等,1994;夏林圻等,1996;冯益民等,1996;张旗等,2000)。该带包括玉石沟-小八宝、扁麻沟-百经寺、大岔大坂和九个泉(塔墩沟)-老虎山 4 条蛇绿岩带;是由洋中脊、洋岛、海沟、岛弧、弧后盆地、混杂堆积、蓝片岩、榴辉岩及微地块等岩石构造单元组成的大型增生楔;蛇绿岩时代为新元古代—奥陶纪,以晚寒

武—奥陶纪为主。

(3)柴达木北缘缝合带:柴达木北缘缝合带夹持于中-南祁连地块和柴达木地块之间,NWW 向延伸,两端分别与阿尔金缝合带和祁漫塔格-乌妥缝合带交汇,长约 600 km,宽约 20~30 km。带中有超镁铁岩、辉长岩、大洋型拉斑玄武岩、半成熟-成熟岛弧火山岩及洋岛碱性玄武岩(赖绍聪等,1996;崔军文等,1999)。近年来发现了下古生代超高压俯冲杂岩带(杨经绥等,1998,2000),地层(滩间山群)中含晚奥陶世珊瑚、腕足类化石,指示此蛇绿岩带形成于早-中奥陶世,侵位时代(增生楔形成时代)为晚奥陶世。

(4)祁漫塔格-乌妥缝合带:祁漫塔格-乌妥缝合带位于柴达木地块南侧、东昆仑造山带北带,西与阿尔金缝合带交汇,东与柴达木北缘缝合带交汇后继续东延,至西秦岭的鸳鸯镇一带与北祁连-商丹缝合带交汇。鸳鸯镇一带也应是个蛇绿岩带结。据姜春发等(1992)的资料,祁漫塔格消减杂岩带(祁漫塔格群)主体 NNW 向延伸,主要为一套浅变质的碎屑岩、火山岩及碳酸盐岩。火山岩由枕状玄武岩、块状玄武岩、玄武安山岩夹酸性火山岩及火山碎屑岩组成,近西端有超镁铁岩及硅质岩,厚度可达 3 500 m。地层上部碳酸盐岩组含中晚奥陶世珊瑚和头足类化石。侵入于祁漫塔格群中的黑云母花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为  $425.92 \pm 41$  Ma(许荣华等,1994)。火山岩以亚碱性为主,少数与洋脊玄武岩特点类似,大多数火山岩为钙碱性岩石和岛弧拉斑玄武岩(曹永清等,1999)。乌妥蛇绿岩带包括三岔口蛇绿岩和乌妥蛇绿岩,三岔口蛇绿岩由强蛇纹石化超镁铁岩(主要为方辉橄榄岩)、辉长岩、辉绿岩、枕状玄武岩、块状玄武岩、火山碎屑岩、硅质岩、绿片岩、板岩等组成。板岩中发现有奥陶-志留纪疑源类化石,辉绿岩的 Rb-Sr 等时线年龄为  $426.5 \pm 2.9$  Ma,硅质岩的 Rb-Sr 等时线年龄为  $438 \pm 46$  Ma;部分基性岩(辉绿岩和玄武岩)具 E-MORB 性质,部分基性岩具岛弧与 N-MORB 过渡性质,块状熔岩主要为玄武粗安岩和粗安岩,属钙碱性系列,具大陆边缘岛弧火山岩性质(潘裕生等,1998)。这些资料说明乌妥蛇绿岩带的时代为新元古代晚期—奥陶纪,蛇绿岩形成于消减带之上(SSZ)的环境。

(5)东昆仑南缘缝合带:东昆仑南缘缝合带近 EW 向延伸,长逾 1 200 km。蛇绿岩集中出露于其

① 刘良. 1999. 阿尔金高压变质岩与蛇绿岩及其大地构造意义(博士论文). 中国科学院地质研究所.

东段——阿尼玛卿蛇绿岩带。该缝合带向西与昆-阿蛇绿岩带结交汇,向东与勉略缝合带交汇。蛇绿岩成员有蛇纹石化变质橄榄岩(方辉橄榄岩为主)、辉石岩、条带状堆晶辉长岩、均质辉长岩、辉绿岩、枕状玄武岩、块状玄武岩、放射虫硅质岩等;还有岛弧型中酸性火山岩及洋岛玄武岩等。前人认为该缝合带是二叠—中三叠世阿尼玛卿小洋盆闭合的产物(姜春发等,1992;许志琴等,1996;Yang等,1996;朱云海等,1999)。笔者在布青山蛇绿岩杂岩中发现了—一个早古生代蛇绿混杂岩岩片。测得其中辉长岩的锆石 U-Pb 年龄为  $467.2 \pm 0.9$  Ma,辉长辉绿岩的 Rb-Sr 等时线年龄为  $485 \pm 46$  Ma,于其中黑色板岩中分离鉴定出中、晚奥陶世疑源类化石(边千韬等,2001a)。年龄为  $402 \pm 24$  Ma(锆石 U-Pb 年龄)的岛弧型花岗-英云闪长岩侵入此蛇绿岩中(边千韬等,1999b)。在布青山蛇绿混杂岩中其他岩片的硅质岩及泥质硅质岩中发现了早石炭世及晚石炭世放射虫化石(边千韬,1999a)。确定布青山蛇绿混杂岩中存在早古生代和早石炭世—早二叠世两期蛇绿岩,并确定它们均形成于洋中脊环境(边千韬等,2001b)。因此,东昆仑南缘缝合带是个包含早古生代、早石炭世—早二叠世两个时代蛇绿岩的复合蛇绿混杂岩带。可能还有晚二叠世—中三叠世及晋宁期蛇绿岩。

**1.2.3 东段** 东段大致与秦岭造山带(包括大别造山带)相当。其结构格架为商丹和勉略 2 条缝合带夹持着秦中-大别微地块。

商丹缝合带西起西秦岭的鸳鸯镇蛇绿岩带结,向东沿丹凤、商南、桐柏、信阳、商城、金寨一线分布(姜春发等,2000)。该缝合带存在洋岛型、岛弧型和少量洋脊型蛇绿岩岩片,并和多量的岛弧火山岩块混杂构成蛇绿构造混杂岩带;蛇绿岩同位素定年数据以早古生代为主( $447 \sim 357$  Ma),也有新元古代数据( $1250 \sim 983$  Ma;张国伟等,1996),指示其为含有晋宁和加里东两期蛇绿岩的复合蛇绿混杂岩带。在此带内的硅质岩中发现了中奥陶世—早志留世放射虫(崔智林等,1995)。此带之南发育寒武-志留纪被动陆缘沉积体系,而此带北侧发育成带分布的最早年龄为  $444$  Ma(U-Pb 法)的岛弧型花岗岩(张宗清等,1994)。

勉略缝合带位于秦岭造山带南缘,是一条蛇绿混杂岩带,EW 向延展,向东延伸到大别山南缘,继续东延可能被郯庐断裂错移到胶东。沿勉略缝合带出露百余个超镁铁岩块,其地球化学特征与典型蛇

绿岩中超镁铁岩类似,还出露有辉长岩、辉绿岩、N-BORB 型火山岩、岛弧火山岩(赖少聪等,1999)、放射虫硅质岩(殷鸿福等,1996)等。关于勉略缝合带的时代和构造意义有不同意见:石炭纪—早三叠世洋盆是中三叠世闭合的产物(张国伟等,1996);早古生代小洋盆于晚加里东-早海西期部分关闭、部分(西秦岭)延续到晚古生代并继承早古生代小洋盆进一步扩张,是海西晚期-印支早期小洋盆最终闭合的产物(杜远生等,1997);该缝合带中有晚古生代蛇绿岩和更老的蛇绿岩(许继锋等,2000),甚至晋宁期蛇绿岩(张宗清等,1994)。勉略缝合带可能是一条包括晋宁期、加里东期和晚海西-早印支期 3 个时代蛇绿岩的复合蛇绿混杂岩带。

## 2 昆祁秦洋的形成演化与昆祁秦缝合系的形成

昆祁秦缝合系记录着一个新元古代晚期—早古生代昆祁秦多岛洋-昆祁秦洋(图 2)的形成演化历史,其形成演化过程大致分为 3 个阶段。

### 2.1 Rodinia 超大陆伸展-裂谷阶段

Rodinia 超大陆伸展-裂谷阶段形成于早—中震旦纪,约  $780 \sim 600$  Ma。诸多地质学家认为新元古代 Rodinia 超大陆大约存在于  $1000 \sim 800$  Ma,随后在  $780 \sim 560$  Ma 经历了穿时的裂解过程(Dalziel,1997;陆松年,1998)。西昆仑阿喀孜山口有一套绿片岩与叠层石灰岩互层的震旦系,绿片岩的原岩是形成于大陆裂谷环境中的基性火山岩,这套地层是大陆裂解的典型标志。东昆仑有新元古代万宝沟群大陆裂谷型火山岩。北祁连山有大规模的新元古代—寒武纪大陆裂谷火山作用(夏林圻等,1999)。南秦岭武当微地块和随-枣微地块中发育大陆伸展、裂解背景下侵位的基性岩墙群,武当微地块中基性岩墙群的 Sm-Nd 等时线年龄为  $782 \pm 164$  Ma,随-枣微地块中辉绿岩中的辉石<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 坪年龄为  $750 \pm 4$  Ma(周鼎武等,2000)。此阶段形成众多裂谷(图 3-a)。

### 2.2 昆祁秦洋形成演化阶段

昆祁秦洋形成演化于晚震旦世—奥陶纪,约  $600 \sim 440$  Ma(图 3-b)。上一阶段形成的众多裂谷,有些夭折,有些继续扩张、先后形成小洋盆。一些小洋盆继续扩张并相互沟通,最后形成一个含有众多微地块、洋中脊、洋岛、岛弧和弧后盆地的统一的多岛洋。除蛇绿岩证据外,西昆仑麻扎-康西瓦缝合带以北分布有年龄为  $517 \sim 384$  Ma 的岛弧花岗岩类

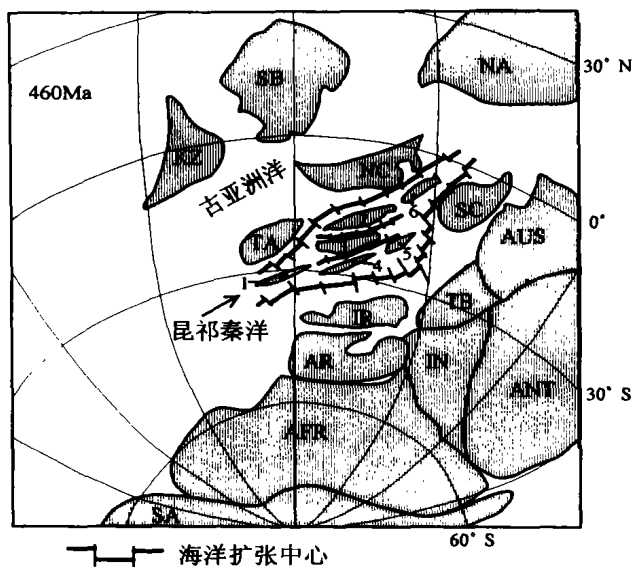


图 2 早奥陶世昆祁秦洋重建图

(昆祁秦洋之外据程国良等,1995;Huang 等,1999)

Fig. 2 Sketch map showing the geographical reconstruction of the Early Ordovician Kunlun-Qilian-Qingling ocean (modified from Cheng et al., 1995; Huang et al., 1999, except for the KQQ ocean)

NA-北美板块;SB-西伯利亚板块;KZ-哈萨克斯坦地块;NC-华北地块;TA-塔里木地块;SC-华南地块;AUS-澳大利亚板块;IR-伊朗地块;TB-西藏地块;AR-阿拉伯地块;IN-印度板块;ANT-南极洲板块;AFR-非洲板块;SA-南美板块

微地块:1-西昆仑中段;2-中-南祁连;3-柴达木;4-阿牙克库木;5-玛沁;6-中秦岭-大别

NA-North American plate;SB-Siberian plate;KZ-Kazakhstan block; NC-North China block;TA-Tarim block;SC-South China block; AUS-Australian plate;IR-Iran block;TB-Tibet block; AR-Arabian block;IN-Indian plate;ANT-Antarctic plate; AFR-African plate;SA-South American plate

Microblocks:1-Central West Kunlun;2-mid-south Qilian;3-Qaidam; 4-Ayakkum;5-Maqen;6-Central Qinling-Dabie

(姜春发等,2000),暗示晚寒武世已出现洋壳俯冲作用;东昆仑南缘缝合带以北发现了一些年龄为 583~402 Ma 的岛弧型花岗岩类岩体(许荣华等,1990;张智勇等,1998;边千韬等,1999b),指示震旦纪末—早古生代发生洋壳向北的俯冲作用;北祁连消减-增生作用及岛弧岩浆作用持续贯穿整个奥陶纪(夏林圻等,1996);南秦岭发育寒武纪—志留纪的被动陆缘沉积体系,南、北秦岭的寒武纪三叶虫分属 2 个不同的生物地理区,指示此时期南、北秦岭之间有一个相当规模的洋盆存在(李亚僧等,1994)。在商丹缝合带硅质岩中发现的中奥陶世—早志留世放射虫(崔智林等,1995)指示秦岭洋持续到早志留世;沿商

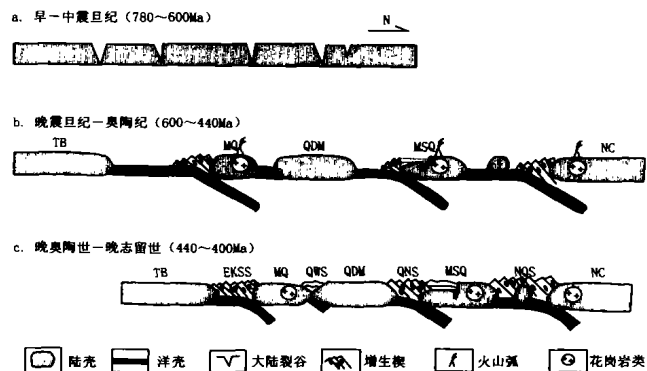


图 3 昆祁秦缝合系中段南北向剖面构造演化示意图

Fig. 3 N-S schematic tectonic sections through the central sector of the KQQ suture system, showing the formation and evolution of the KQQ ocean and the KQQ suture system  
NC-华北地块;TB-西藏地块;MSQ-中-南祁连微地块;QDM-柴达木微地块;MQ-玛沁微地块;NQS-北祁连缝合带;QNS-柴达木北缘缝合带;QWS-祁漫塔格-乌妥缝合带;EKSS-东昆仑南缘缝合带  
NC-North China block;TB-Tibet block;MSQ-mid-south Qilian microblock;QDM-Qaidam microblock;AK-Ayakkum microblock;MQ-Maqen microblock;NQS-North Qilian suture zone;QNS-Qaidam northern marginal suture zone;QWS-Qimantag-Wutuo suture zone; EKSS-East Kunlun southern marginal suture zone

丹缝合带北侧平行分布一系列年龄为 444~357 Ma 的岛弧型花岗岩,并且显示向北的成分极性变化(张国伟等,1996);秦中-大别微地块内发育年龄为 380~485 Ma 的岛弧型花岗岩类(姜春发等,2000),证明秦岭洋壳在早奥陶世已开始俯冲。昆祁秦洋洋壳主要向北俯冲。

### 2.3 昆祁秦洋闭合与昆祁秦缝合系形成阶段

昆祁秦洋闭合与缝合带形成于晚奥陶世—泥盆纪初,约 440~400 Ma(图 3-c)。西昆仑库地北片岩的黑云母 Ar-Ar 坪年龄为  $400.88 \pm 2.73$  Ma, Ar-Ar 等时线年龄为  $399.55 \pm 4.46$  Ma(姜春发等,2000),指示存在与加里东造山作用有关的变质作用。北祁连出现晚奥陶世—早志留世(445~428 Ma)洋盆闭合期火山作用,其特点是火山岩显示很明显的大陆火山岩岩石地球化学特征<sup>①</sup>;奥陶纪末期北祁连洋盆已基本闭合,早志留世北祁连主体已进入碰撞造山阶段,只在北部局部地区(如武威南泥沟)存在残余洋盆,晚志留世洋盆完全闭合(崔军文等,1999)。北秦岭中、晚奥陶世洋盆沉积发生了明显的变化,二郎坪群和陶湾群的上部变为浅海沉积;南秦岭海盆北缘的牙形石、头足类、腕足类生物群由早奥陶世的华南型至中、晚奥陶世转变为华南-华北-祁连混合

① 夏林直,徐学义,夏祖春. 2000. 北祁连古海底火山作用及其资源效应. 第二届海峡两岸祁连山及邻区地质研讨会论文摘要, 105~108.

型生物群(李亚僧等, 1994), 说明中、晚奥陶世时秦岭洋已非隔绝南北生物群相互交流的障碍, 而步入闭合阶段。晚奥陶世北秦岭洋盆闭合, 北秦岭和中秦岭隆升成陆, 缺失晚奥陶世及志留纪沉积。志留纪末期南秦岭海盆封闭, 发生碰撞造山作用, 南、北秦岭均隆升成陆。泥盆纪磨拉石广泛不整合在昆祁秦洋盆的消减杂岩之上。

### 3 讨论和认识

昆祁秦洋和古亚洲洋都是由 Rodinia 超大陆大致同时裂解形成的。宏观上可视为一个大洋, 塔里木地块和华北地块是洋中两个孤立的大型中间地块。中、晚奥陶世北祁连、北秦岭和哈萨克斯坦的放射虫组合面貌基本一致(崔智林等, 2000), 是昆祁秦洋和古亚洲洋相通的佐证之一。早古生代末期洋盆闭合后, 塔里木地块和华北地块之间应产生一条缝合带。

昆祁秦缝合系东段分布有许多晋宁期蛇绿岩, 其年龄多在 780~1 100 Ma 之间(张宗清等, 1994; 周鼎武等, 1998); 中段的北祁连和东昆仑也有晋宁期蛇绿岩报道(张招崇等, 1998; 朱云海等, 1999)。这些晋宁期蛇绿岩原产于 Rodinia 超大陆(是由众多地块和众多缝合带构成的)的缝合带中, 后来被卷入昆祁秦缝合系中, 并受到强烈改造。因此, 在昆祁秦缝合系中的蛇绿岩带中可以有原属于 Rodinia 超大陆缝合带中的蛇绿岩, 成为复合蛇绿岩带。

昆祁秦缝合系南部被古特提斯缝合系切割叠加。现在的麻扎-康西瓦-东昆仑南缘-勉略复合缝合带(可简称昆秦南缘复合缝合带)不一定是昆祁秦缝合系原来的南界。因为古特提斯是在昆祁秦缝合系基础(大陆)上于泥盆纪开始打开的, 在古特提斯形成演化过程中, 部分昆祁秦缝合系(包括微地块和缝合带)会被裹胁到古特提斯缝合系中; 所以, 在古特提斯缝合系中可以有加里东期、甚至晋宁期蛇绿岩岩块, 造成复合蛇绿岩带。可以此机制解释昆-秦南缘复合缝合带的形成。

昆祁秦缝合系中一些蛇绿岩的时代、性质、甚至是否蛇绿岩尚存争议, 本文的认识、特别是对蛇绿岩带连接的处理是不成熟的, 有待于进一步研究。

### 参考文献

边千韬, 常承法, 郑祥身. 1997. 青海可可西里大地构造基本特征. 地质科学, 32(1): 37~46.  
边千韬, 罗小全, 李红生等. 1999a. 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, 34(4): 523~524.

边千韬, 罗小全, 李涤徽等. 1999b. 阿尼玛卿蛇绿岩带花岗岩-英云闪长岩锆石 U-Pb 同位素定年及大地构造意义. 地质科学, 34(4): 420~426.  
边千韬, 尹嘉明, 孙淑芬等. 2001a. 东昆仑布青山蛇绿混杂岩中发现奥陶纪源类. 科学通报, 46(2): 167~171.  
边千韬, 罗小全, 李涤徽, 赵大升等. 2001b. 青海省阿尼玛卿布青山蛇绿混杂岩的地球化学性质及形成环境. 地质学报, 75(1): 45~55.  
曹永清, 罗照华, 邓晋福等. 1999. 东昆仑-柴达木北缘地区早古生代火山活动与构造演化. 地质论评, 45(增刊): 1002~1009.  
程国良, 孙宇航, 孙青格等. 1995. 显生宙中国大地构造演化的古地磁研究. 地震地质, 17(1): 69~78.  
崔军文, 唐哲民, 邓晋福等. 1999. 阿尔金断裂系. 北京: 地质出版社, 95~97.  
崔智林, 孙勇, 王学人. 1995. 秦岭丹凤蛇绿岩带放射虫化石的发现及其地质意义. 科学通报, 40(18): 1686~1688.  
崔智林, 华洪, 宋庆原, 2000. 晚奥陶世北秦岭弧后盆地放射虫组合. 地质学报, 74(3): 254~258.  
邓万明. 1995. 喀喇昆仑-西昆仑地区蛇绿岩的地质特征及其大地构造意义. 岩石学报, 11(增刊): 98~111.  
杜远生, 殷鸿福, 王治平. 1997. 秦岭造山带晚加里东-早海西期的盆地格局与构造演化. 地球科学, 22(4): 401~405.  
冯益民, 何世平. 1996. 祁连山大地构造与造山作用. 北京: 地质出版社, 10~178.  
姜春发, 杨经绥, 冯秉贵等. 1992. 昆仑开合构造. 北京: 地质出版社, 135~171.  
姜春发, 王宗起, 李锦铁. 2000. 中央造山带开合构造. 北京: 地质出版社, 10~171.  
赖少聪, 邓晋福, 赵海玲. 1996. 柴达木北缘古生代蛇绿岩及其构造意义. 现代地质, 10(1): 18~28.  
赖少聪, 张国伟. 1999. 秦岭-大别勉略结合带蛇绿岩及其大地构造意义. 地质论评, 45(增刊): 1062~1071.  
李亚僧, 曹宣铎, 杨家禄等. 1994. 秦岭显生宙古海盆沉积和演化史. 北京: 地质出版社, 166~183.  
刘良, 车自成, 王焰等. 1998. 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的 Sm-Nd 等时线年龄证据. 科学通报, 43(8): 880~882.  
陆松年. 1998. 新元古时期 Rodinia 超大陆研究进展述评. 地质论评, (5): 489~495.  
潘裕生, 孔祥儒等. 1998. 青藏高原岩石圈结构演化和动力学. 广州: 广东科技出版社, 139~146.  
任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚等. 1999. 从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图简要说明. 北京: 地质出版社, 1~50.  
王焰, 刘良, 车自成等. 1999. 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的地球化学特征. 地质论评, 45(增刊): 1010~1014.  
夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 1996. 北祁连海相火山岩岩石成因. 北京: 地质出版社, 5~128.  
夏林圻, 夏祖春, 徐学义等. 1999. 祁连山元古宙大陆溢流玄武岩. 地质论评, 45(增刊): 1028~1037.  
肖序常, 陈国铭, 朱志直. 1978. 北祁连山古蛇绿岩的地质意义. 地质学报, 52(4): 281~295.  
许继锋, 于学元, 李献华等. 2000. 秦岭勉略带中鞍子山蛇绿杂岩的地球化学——古洋壳碎片的证据及意义. 地质学报, 74(1): 39~50.  
许荣华, Harris N B W, Lewis C L 等. 1990. 拉萨至格尔木的同位素地球化学. 见: 中-英青藏高原综合地质考察队, 青藏高原地质演

- 化. 北京:科学出版社,282~302.
- 许荣华,张玉泉,谢应雯等. 1994. 西昆仑北部早古生代构造-岩浆带的发现. 地质科学,29:313~328.
- 许志琴,徐惠芬,张建新等. 1994. 北祁连走廊南山加里东俯冲杂岩增生地体及其动力学. 地质学报,68(1):1~15.
- 许志琴,杨经绥,陈方远. 1996. 阿尼玛卿缝合带及“俯冲-碰撞”动力学. 见:张旗主编,蛇绿岩与地球动力学研究. 北京:地质出版社,185~189.
- 杨经绥,许志琴,李海兵等. 1998. 我国西部柴北缘地区发现榴辉岩. 科学通报,43:1544~1548.
- 杨经绥,许志琴,宋述光等. 2000. 青海都兰榴辉岩的发现及对中国中央造山带内高压-超高压变质带研究的意义. 地质学报,74(2):156~168.
- 殷鸿福,杜远生,许继锋等. 1996. 南秦岭勉略古缝合带中放射虫动物群的发现及其古海洋意义. 地球科学——中国地质大学学报,21(2):184.
- 殷鸿福,张克信. 1998. 中央造山带的演化及其特点. 地球科学——中国地质大学学报,23(5):437~442.
- 张国伟,孟庆任,于在平等. 1996. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征. 中国科学(D辑),26(3):193~200.
- 张旗,周国庆. 2000. 中国蛇绿岩. 北京:科学出版社,56~57.
- 张文佑等. 1986. 中国及邻区海陆大地构造. 北京:科学出版社,182~219.
- 张宗清,刘敦一,付国民等. 1994. 北秦岭变质地层同位素年代研究. 北京:地质出版社,1~191.
- 张招崇,毛景文,杨建民等. 1998. 北祁连熬油沟蛇绿岩岩石成因的地球化学证据. 地质学报,72(1):42~51.
- 张智勇,王瑾,古风宝等. 1998. 造山带花岗岩的特点——以秦昆接合部造山带为例. 中国区域地质,18(增刊):56~61.
- 周鼎武,董云鹏,刘良等. 1998. 松树沟元古宙蛇绿岩 Nd、Sr、Pb 同位素地球化学特征. 地质科学,33(1):31~38.
- 周鼎武,张成立,刘良等. 2000. 秦岭造山带及相邻地块元古代基性岩墙群研究综述及相关问题探讨. 岩石学报,16(1):22~28.
- 朱云海,张克信, Pan Yuanming 等. 1999. 东昆仑造山带不同蛇绿岩带的厘定及其构造意义. 地球科学——中国地质大学学报,24(2):134~138.
- Bian Qiantao, Chang Chengfa, Zheng Xianshen. 1997. Basic geotectonic characteristics of the Hoh Xil region of Qinghai province, China. *Scientia Geologica Sinica*, 32(1): 37~46 (in Chinese with English abstract).
- Bian Qiantao, Luo Xiaquan, Li Hongsheng et al. . 1999a. Discovery of Early Paleozoic and Early Carboniferous-Early Permian ophiolites in the A'nyemaqen, Qinghai province, China. *Scientia Geologica Sinica (English edition)*, 34(4): 523~524.
- Bian Qiantao, Luo Xiaquan, Li Dihui et al. . 1999b. Zircon U-Pb age of granodiorite-tonalite in the A'nyemaqen ophiolitic belt and its tectonic significance, *Scientia Geologica Sinica*, 34(4): 420~426 (in Chinese with English abstract).
- Bian Qiantao, Yin Leiming, Sun Shufen et al. . 2001a. Discovery of Ordovician acritarchs in Buqingshan ophiolite complex, East Kunlun Mountains, and its significance. *Chinese Science Bulletin (English edition)*, 46(4): 341~345.
- Bian Qiantao, Luo Xiaquan, Li Dihui et al. . 2001b. Geochemistry and formation environment of the Buqingshan ophiolite complex, Qinghai province, China. *Acta Geologica Sinica*, 75(1): 45~55 (in Chinese, with English abstract).
- Cao Yongqing, Luo Zhaohua, Deng Jinfu et al. . 1999. Early Paleozoic volcanic activities and tectonic evolution of the Eastern Kunlun Mountains the Northern margin of the Qaidam basin. *Geology Review*, 45(Sup.):1002~1009 (in Chinese with English abstract).
- Cheng Guoliang, Sun Yuhang, Sun Qingge et al. . 1995. Paleomagnetic research on the Phanerozoic tectonic evolution of China. *Seismology and Geology*, 17(1): 69~78 (in Chinese with English abstract).
- Cui Junwen, Tang Zhemin, Deng Jinfu et al. . 1999. Altun fault system. Beijing: Geological Publishing House, 95~97 (in Chinese with English abstract).
- Cui Zhilin, Sun Yong, Wang Xueren. 1995. A discovery of radiolaria from Danfeng ophiolites, North Qinling and its tectonic significance. *Chinese Science Bulletin (English edition)*, 41(11): 916~919.
- Cui Zhilin, Hua Hong, Song Qingyuan. 2000. The Late Ordovician radiolaria assemblage of the North Qinling back-arc basin, China. *Acta Geologica Sinica*, 74(3): 254~258 (in Chinese with English abstract).
- Dalziel I W D. 1997. Neoproterozoic-Paleozoic geography and tectonics: reviews, hypothesis, and environmental speculation. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 109(1): 16~42.
- Deng Wanming. 1995. Geological feature of ophiolite and tectonic significance in the Karakunlun-West Kunlun Mts. . *Acta Petrologica Sinica*, 11(Sup.): 98~111 (in Chinese with English abstract).
- Du Yuansheng, Yin Hongfu, Wang Zhiping. 1997. The late Caledonian-early Hercynian basin's framework and tectonic evolution of Qinling orogenic belt. *Earth Science*, 22(4): 401~405 (in Chinese with English abstract).
- Feng Yimin, He Shiping. 1996. Geotectonics and orogeny of the Qilian Mountains, China. Beijing: Geological Publishing House, 10~178 (in Chinese with English abstract).
- Huang B C, Yang Z Y, Otofujii Y-I et al. . 1999. Early Paleozoic paleomagnetic poles from the western part of the North China Block and their implications. *Tectonophysics*, 308, 377~402.
- Jiang Cunfa, Yang Jingshui, Feng Binggui et al. . 1992. Opening-closing tectonics of Kunlun mountains (in Chinese). Beijing: Geological Publishing House, 135~171 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Cunfa, Wang Zhongqi, Li Jinyi. 2000. Opening-closing tectonics of the central orogenic belt in China. Beijing: Geological Publishing House, 135~171 (in Chinese with English abstract).
- Lai Shaocong, Deng Jinfu, Zhao Hailing. 1996. Paleozoic ophiolites and its tectonic significance on north margin of Qaidam Basin. *Geoscience*, 10(1): 18~28 (in Chinese with English abstract).
- Lai Shaocong, Zhang Guowei. 1999. Ophiolites and their tectonic significance in the Mianlue suture zone, Qinling Dabie orogenic belt. *Geological Review*, 45(Sup.):1062~1071 (in Chinese with English abstract).
- Li Yaseng, Cao Xuanzuo, Yang Jialu et al. . 1994. Sedimentary and

- evolution of the Qiling ancient ocean basin in Phanerozoic eon. Beijing: Geological Publishing House, 166~183 (in Chinese).
- Liu Liang, Che Zicheng, Wang Yan et al. . 1998. The evidence of Sm-Nd isochron age for the early Paleozoic ophiolite in Mangya area, Altun Mountains. Chinese Science Bulletin (English edition), 43(9): 754~756.
- Lu Songnian. 1998. A review of advance in the research on the Neoproterozoic Rodinia supercontinent. Geological Review, 44(5): 489~495 (in Chinese with English abstract).
- Pan Yusheng, Kong Xiangru et al. . 1998. Lithosphere structure, evolution and dynamics of Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 139~146 (in Chinese).
- Ren Jishun, Wang Zuoxun, Chen Bingwei et al. . 1999. The tectonics of China from a global view—a guide to the tectonics map of China and adjacent regions. Beijing: Geological Publishing House (English edition), 6~12.
- Wang Yan, Liu Liang, Che Zicheng et al. . 1999. Geochemical characteristics of early Paleozoic ophiolite in Mangnai area, Altun Mountains. Geological Review, 45(Sup.): 1010~1014 (in Chinese with English abstract).
- Xia Linqi, Xia Zuchun, Xu Xueyi. 1996. Genesis of marine volcanic rocks in North Qilian Mountains. Beijing: Geological Publishing House, 5~128 (in Chinese).
- Xia Linqi, Xia Zuchun, Xu Xueyi et al. . 1999. Proterozoic continental flood basalts from Qilian mountains. Geological Review, 45(Sup.): 1028~1037 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Xuchang, Chen Guoming, Zhu Zhizhi. 1978. A preliminary study on the tectonics of ancient ophiolites in the Qilian Mountains, northwest China. Acta Geologica Sinica, 52(4): 281~295 (in Chinese with English abstract).
- Xu Jifeng, Yu Xueyuan, Li Xianhua et al. . 2000. Geochemistry of the Anzishan ophiolitic complex in the Mian-Lue belt of Qinling Orogen—evidence and implication of the Palaeo-ocean crust. Acta Geologica Sinica, 74(1): 39~50 (in Chinese with English abstract).
- Xu Ronghua, Harris N B W, Lewis C L et al. . 1990. Isotope geochemistry of the Tibet Geotraverse, Lhasa to ol mud. In: The geological evolution of Tibet, Beijing: Science Press, 282~302 (in Chinese).
- Xu Ronghua, Zhang Yuquan, Xie Yingwen et al. . 1994. A discovery of an Early Paleozoic tectono-magmatic belt in the northern part of West Kunlun Mountains. Scientia Geologica Sinica, 29(4): 313~328 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhiqin, Xu Hui Feng, Zhang Jianxin et al. . 1994. The Zhoulangnanshan Caledonian subductive complex in the Northern Qilian Mountains and its dynamics. Acta Geologica Sinica, 68(1): 1~15 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhiqin, Yang Jingshui, Cheng Fangyuan. 1996. The A'nyemaqen suture zone and the dynamics in subduction and collision, In: Zhang Qi (Ed.), Study on ophiolites and geodynamics. Beijing: Geological Publishing House, 185~189 (in Chinese).
- Yang Jingshui, Robinson P T, Jiang Cunfa et al. . 1996. Ophiolites of the Kunlun Mountains, China and their tectonic implications. Tectonophysics. 258: 215~231.
- Yang Jingshui, Xu Zhiqin, Li Haibing et al. . 1998. Discovery of eclogite at northern margin of Qaidam Basin, NW China. Chinese Science Bulletin (English edition), 43(20): 1755~1760.
- Yang Jingshui, Xu Zhiqin, Song Shuguang et al. . 2000. Discovery of eclogite in Dulan, Qinghai Province and its significance for studying the HP-UHP metamorphic belt along the Central Orogenic Belt of China. Acta Geologica Sinica, 74(2): 156~168 (in Chinese with English abstract).
- Yin Hongfu, Du Yuansheng, Xu Jifeng et al. . 1996. Discovery of radiolarian faunain Mianlue suture zone and its paleo-ocean significance, South Qiling Mountains. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 21(2): 184 (in Chinese).
- Yin Hongfu, Zhang Kexin. 1998. Evolution and characteristics of the Central orogenic belt. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 23(5): 437~442 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Guowei, Meng Qingren, Yu Zhaiping et al. . 1996. Orogenic processes and dynamics of the Qiling. Science in China (series D) (English edition), 39(3): 225~234.
- Zhang Qi, Zhou Guoqing. 2000. Ophiolites of China. Beijing: Science Press, 56~57 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Wenyou et al. . 1986. Marine and continental geotectonics of China and its environs. Beijing: Science Press, 182~219 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zongqing, Liu Dunyi, Fu Guomin et al. . 1994. Isotopic geochronology study on metamorphic strata in the North Qiling Mountains. Beijing: Geological Publishing House, 1~191 (in Chinese).
- Zhang Zhaocong, Mao Jingwen, Yang Jianmin et al. . 1998. Geochemical evidences on the petrogenesis of the Aoyougou ophiolite in North Qilian Mountains. Acta Geologica Sinica, 72(1): 42~51 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zhiyong, Wang Jin, Gu Fengbao et al. . 1998. Features of granite in the orogenic belt. Regional Geology of China (Sup.), 56~61 (in Chinese).
- Zhou Dingwu, Dong Yunpeng, Liu Liang et al. . 1998. Nd, Sr and Pb isotopic characteristics of the Proterozoic ophiolite from Songshugou area. Scientia Geologica Sinica, 33(1): 31~38 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Dingwu, Zhang Chengli, Liu Liang et al. . 2000. Synthetic study on Proterozoic basic dyke swarms in the Qinling orogenic belt and its adjacent block as well as a discussion about some questions related to them. Acta Petrologica Sinica, 16(1): 22~28 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Yunhai, Zhang Kexin, Pan Yuanming et al. . 1999. Determination of different ophiolitic belts in Eastern Kunlun orogenic zone and their tectonic significance. Earth Science, 24(2): 134~138 (in Chinese with English abstract).