文章编号: 1009-6248(2010) 01-0026-11

北山蛇绿岩特征及构造属性

杨合群[1]，李英[2]，赵国斌[1]，李文渊[1]，王小红[1]，
姜寒冰[1]，谭文娟[1]，孙南一[1]

(1. 西安地质矿产研究所，陕西 西安 710054; 2. 长安大学，陕西 西安 710054)

摘 要: 概述了北山地区4条蛇绿岩带的岩石类型组合及岩石地球化学特征，并结合区域地质情况分析认为: 红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿岩带形成于早古生代洋盆环境，特征最接近现代洋壳蛇绿岩，在该带北侧保存有标志活动陆缘的公婆泉-东七一山岛弧火山岩带，南侧保存有标志南北两个板块开裂前伸展拉张的浅海—次深海形成的寒武纪含磷钒铀锰沉积岩系地层，说明该蛇绿岩带指示南北两个板块间裂解与聚合的位置。芨芨台子-小黄山蛇绿岩带分布于公婆泉-东七一山岛弧与星星峡-旱山地块之间，形成于早古生代弧后盆地环境。红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩带和辉铜山-帐房山蛇绿岩带形成于晚古生代裂谷拉张最大化至初始小洋盆出现的阶段，即类似于“红海型”海槽的环境。

关键词: 蛇绿岩; 洋盆; 弧后盆地; 裂谷; 北山
中图分类号: P588 文献标识码: A

蛇绿岩通常被认为是已消失的大洋洋壳的残留，指示了板块的碰撞-焊接带。但随着研究的深入，逐步认识到它不仅可以产于大洋盆地，而且可以形成于多种强烈拉张可以使洋壳出露的构造环境。在新疆—甘肃—内蒙古交接的北山地区分布有红石山-百合山-蓬勃山、芨芨台子-小黄山、红柳河-牛圈子-洗肠井、辉铜山-帐房山等多条蛇绿岩带，是研究蛇绿岩的较好地区之一，得到许多学者的广泛关注(左国朝等，1990，1996; 周国庆等，2000; 任秉琛等，2001; 聂凤军等，2002; 龚全胜等，2003; 何世平等2002，2005; 徐学义等，2008)。笔者在综合研究现有资料的基础上，概述该区各蛇绿岩带的基本特征及大地构造属性。

1 各蛇绿岩带位置

1.1 空间位置

按从北向南的顺序，本区蛇绿岩空间上分布呈4个带(图1): (Ⅰ) 红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩带; (Ⅱ) 芨芨台子-小黄山蛇绿岩带; (Ⅲ) 红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿岩带; (Ⅳ) 辉铜山-帐房山蛇绿岩带。

1.2 构造位置

杨合群等(2009) 修订的新疆—甘肃—内蒙古衔接的北山地区构造单元划分方案，系统地展示了早古生代板块构造和晚古生代裂谷构造格局(表1)。

红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿岩带沿星星峡-旱山微板块与敦煌微板块之间的缝合带断续分布; 芨芨台子-小黄山蛇绿岩带分布于公婆泉-七一山早古生代活动陆缘中岛弧火山岩北侧的弧后盆地; 红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩带断续分布于北部的雅满苏-红石山-黑鹰山晚古生代陆内裂谷带中; 辉铜山-帐房山蛇绿岩带分布于南部的磁海-红柳园-白山堂晚古生代陆内裂谷带北缘。

收稿日期: 2009-06-23; 修回日期: 2009-10-13
基金项目: 国土资源大调查(1212010531602，1212010630904)和资源潜力评价(1212010813036)
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net
作者简介: 杨合群(1953-)，男，研究员，地质矿产专业。E-mail: xayhequn@126.com

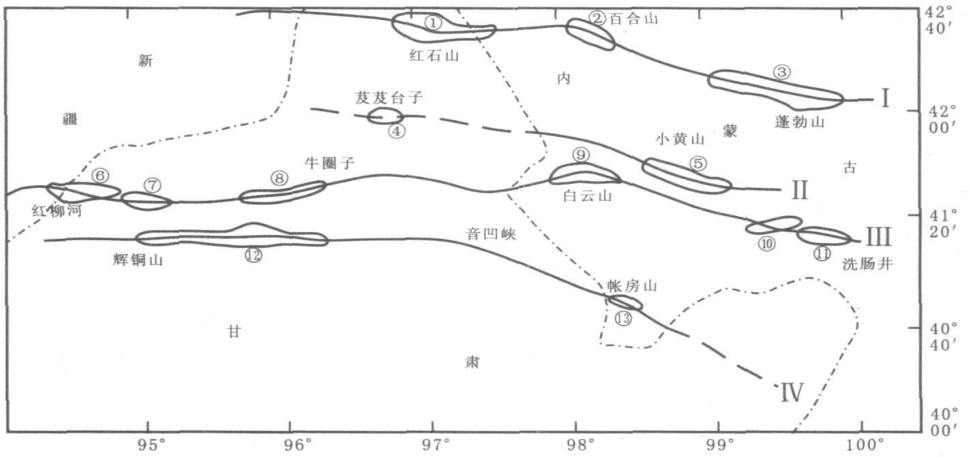


图**1**　北山地区蛇绿岩带分布

Fig. 1　Distribution of Ophiolite Belts in Beishan area

Ⅰ. 红石山–百合山–蓬勃山带：①. 红石山段，②. 百合山段，③. 蓬勃山段；Ⅱ. 芨芨台子–小黄山带：④. 芨芨台子段，⑤. 小黄山段；Ⅲ. 红柳河–牛圈子–洗肠井带：⑥. 红柳河段，⑦. 玉石山段，⑧. 牛圈子段，⑨. 白云山段，10. 月牙山段，11. 洗肠井段；Ⅳ. 辉铜山–账房山带：12. 辉铜山–花南沟与花西滩段，13. 帐房山段

表**1**　北山地区构造单元划分方案

Tab. 1　Division of tectonic units of Beishan area (after Yang Hequn, et al. 2009)

一　级	二　级	三　级
哈萨克斯坦板块	Ⅰ星星峡–旱山微板块	Ⅰ–1 大南湖–雀儿山–狐狸山早古生代活动陆缘带 Ⅰ–2 雅满苏–红石山–黑鹰山晚古生代陆内裂谷带 Ⅰ–3 星星峡–明水–旱山地块 Ⅰ–4 公婆泉–东山七–山早古生代活动陆缘带
红柳河–牛圈子–洗肠井早古生代缝合带		
塔里木板块	Ⅱ敦煌微板块	Ⅱ–1 白玉山–方山口–鹰嘴红山早古生代被动陆缘带 Ⅱ–2 磁海–红柳园–白山堂晚古生代陆内裂谷带 Ⅱ–3 敦煌地块

注：据杨合群等，2009。

2　蛇绿岩岩石组合特征

2.1　红柳河–牛圈子–洗肠井蛇绿岩带

沿红柳河–牛圈子–洗肠井早古生带板块缝合带大致呈近东西走向展布，贯穿全区，断续分布于 6 个地段，由西向东为红柳河、玉石山、牛圈子、白云山、月牙山、洗肠井等。何世平等 (2005) 认为，该蛇绿岩带形成于中奥陶世晚期至晚奥陶世的洋盆环境。

红柳河段：下部超基性杂岩有尖晶石二辉橄榄岩和方辉橄榄岩，发生蛇纹石化、次闪石化。堆晶岩有辉橄岩、橄辉岩、辉石岩、辉长岩、斜长岩等。辉橄岩具典型堆晶结构，发生蛇纹石化、绢云母化，与辉长岩、含长辉石岩一起，过渡为堆晶辉长岩，后者发生了葡萄石化、次闪石化、绿帘石化。辉石岩已变质为角闪片岩。辉绿岩已蚀变，仅残存嵌晶含长结构。基性熔岩有细碧岩、角斑岩、石英角斑岩，以及苦橄玢岩，都具有较好的枕状构造。区内构造变形强烈，蛇绿岩已分解为残片，并混杂在一起。

玉石山段：为出露不完整的蛇绿岩。下部超基性杂岩见变质橄榄岩，发生强烈的蛇纹石化，风化程度深，破碎程度高，网脉状裂隙发育，它与堆晶辉长岩和层状辉长岩各层序间，均为断层接触，两侧形成了蛇纹石片岩带。未见枕状–席状熔岩，仅有绿泥石片岩。牛圈子段：下部超基性杂岩以尖晶石二辉橄榄岩为主，伴有少量的辉橄岩、辉石岩，岩石已强烈的蛇纹石化，辉长岩类岩石有堆晶辉长岩、

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

伟晶辉长岩，下部为堆晶体，上部为层状和席状岩体，其中有辉绿岩墙侵入，岩石发生了角闪石化、绿帘石化、钠黝帘石化、绢云母化，构造变形局部为糜棱岩化、片理化。基性熔岩有细碧岩、粗玄岩等，夹少量凝灰岩。最上部有硅质岩，与泥岩、灰岩互层。任秉琛等(2001) 对牛圈子细碧岩用Rb-Sr 全岩等时线法测定，年龄为463±18Ma；对牛圈子辉长岩用 Rb-Sr 全岩等时线法测定年龄为486±18Ma，应是奥陶纪产物。

白云山段：区内见有橄榄岩、辉橄岩等，已蛇纹石化、滑石化；角闪辉石岩、伟晶辉石岩、辉石岩，堆晶辉长岩；斜长花岗岩、斜长岩，辉绿岩；玄武岩，硅质岩，凝灰质千枚岩等。岩石明显构造透镜体化。

月牙山段：下部超基性杂岩有辉橄岩、尖晶石二辉橄榄岩等，岩石有蛇纹石化，亦受到强烈的片理化。其上为堆晶辉长岩，已发生糜棱岩化、片理化，并有退变质作用。月牙山的斜长花岗岩为浅色岩系，岩石类型有辉石斜长花岗岩、角闪斜长花岗岩和斜长岩等。大量的辉绿岩墙密集平行产出。枕状玄武岩，块状玄武安山岩、安山岩组成了熔岩层，发生了片理化，其上为夹硅质岩的火山熔岩、火山凝灰岩。

洗肠井段：下部超基性杂岩有橄榄岩、橄辉岩、方辉辉橄岩等，有蛇纹石化、碳酸盐化、斜黝帘石化、绢云母化等，其上为基性堆晶形成的辉长岩、辉石岩。岩石发生了透闪石化、阳起石化等。此段片理化、透镜体化强烈，构成了超基性-基性杂岩体。杂岩体中侵入有辉绿岩-斜长花岗岩脉，上部为辉长岩的席状岩墙，层状玄武岩熔岩和枕状熔岩覆于其上，见有少量的火山集块岩和角砾岩，最上部有硅质岩出现，又为巨厚复理石覆盖。

2.2 芨芨台子-小黄山蛇绿岩带

主要集中于两个区段，即芨芨台子山南段和小黄山段。何世平等 (2005) 认为该蛇绿岩带形成于早古生代弧后盆地环境。

芨芨台子山南段：岩石组合为方辉辉橄岩、二辉辉石岩、金云母辉石岩、堆晶辉长岩、玄武岩、玄武安山岩、英安岩，夹凝灰岩、杂砂岩、薄层灰岩等，未见明显的辉绿岩墙和硅质岩。方辉辉橄岩发生了蛇纹石化、滑石化，出现片理化和塑性流变。二辉辉石岩多见角闪石化、绿帘石化、绿泥石化，金云母辉石岩有强烈的角闪石化，并发生弱的绿泥石化。堆晶辉长岩多发生了角闪石化、绿帘石-绿泥石化、钠黝帘石化、硅化及强片理化。各种熔岩中夹有凝灰质，见有薄层灰岩，并发生显著的片理化和塑性流变。

小黄山段：岩石组合为纯橄岩、方辉辉橄岩、二辉辉石岩、异剥辉石岩、堆晶辉长岩、玄武安山岩、英安岩，夹凝灰岩和灰岩透镜体。方辉辉橄岩发生了强烈蛇纹石化、滑石化，出现片理化和塑性流变；二辉辉石岩多见角闪石化、绿帘石化、绿泥石化，异剥辉石岩有强烈的黝帘石化，堆晶辉长岩多发生了角闪石化、绿帘石-绿泥石化、钠黝帘石化、硅化及强片理化。

2.3 红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩带

分布于北山北部晚古生代陆内裂谷，以红石山段为代表，在百合山、清河口和六驼山也有发现。

红石山蛇绿岩段研究成果较多，岩石组合为变质纯橄岩、方辉橄榄岩、单辉橄榄岩、二辉橄榄岩，堆晶岩有辉橄岩、辉长岩、辉石岩，浅色岩为斜长岩，基性熔岩有玄武岩、安山玄武岩，硅质岩有红色和黑色两类，辉绿岩脉穿插于辉长岩、基性熔岩和硅质岩、砂岩、凝灰岩中。纯橄岩常为辉橄岩中的异离体，岩石强糜棱岩化，蚀变类型有蛇纹石化、次闪石化、滑石化，其中见有铬尖晶石和铬铁矿，局部富集成豆荚状铬铁矿石。辉石岩有二辉辉石岩、方辉辉石岩和异剥辉石岩，岩石蛇纹石化、次闪石化、绿泥石化、绿帘石化、阳起石化，也受到强烈挤压破碎。辉长岩一般为堆晶辉长岩，有绿泥石化、绿帘石化、透闪石化、钠黝帘石化，沿构造面糜棱岩化，已无堆晶结构。基性熔岩和凝灰岩已强烈片理化和糜棱岩化，大多已变质为绿泥石片岩。

2.4 辉铜山-帐房山蛇绿岩带

分布于北山南部晚古生代陆内裂谷带北缘，断续长约300 km。沿此带分布了一些面积不大的超铁镁质-铁镁质岩体，有20 余个，为方辉橄榄岩、纯橄榄岩、堆晶辉长岩等，与之伴生的为基性火山熔岩。空间上可分为7 个地段，主要为辉铜山段和花南沟段。

辉铜山段：出露有方辉橄榄岩、橄榄辉长岩、辉长岩、蚀变玄武岩。方辉橄榄岩、橄榄辉长岩强烈蛇纹石化、滑石化，它与辉长岩呈断层接触。辉长岩蚀变强烈，有绿泥石化、绿帘石化、次闪石化、钠

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

黝帘石化、绢云母化。玄武岩与辉长岩呈过渡关系，发生了钠黝帘石化、绿泥石化、绿帘石化等，可见到粗玄结构。

花南沟段：原岩有辉橄岩、橄榄岩、辉长岩、斜长岩、玄武岩等，均成构造岩块或晚期花岗岩的顶垂体形式出现。辉橄岩蛇纹石化、滑石化和碳酸盐化，局部见有含铬铁矿的扁豆体及矿化体。橄榄岩强烈蛇纹石化，局部见菱镁矿。辉长岩有绿泥石化、绿帘石化、次闪石化、钠黝帘石化，有显著的塑性流变。

帐房山段：蛇纹石化方辉橄榄岩、堆晶辉长岩、条带状辉长岩，以及黑色板岩、硅质岩、灰岩等。

2.5　对比分析

本区蛇绿岩均产于逆冲断层带中，发生了脆韧性变形，有片理化、糜棱岩化等，有显著的蚀变，主要是一些退变质作用，因而产出形态为一些强变质的岩块和构造透镜体。

大部分地段蛇绿岩的岩石组合与现代洋壳蛇绿岩对比，都不完整。

在红柳河—牛圈子—白云山—月牙山—洗肠井一带的蛇绿岩，出现了主要的岩石类型，最接近现代蛇绿岩岩石组合（表2），其次为芨芨台子–小黄山的蛇绿岩，而辉铜山–帐房山蛇绿岩最不完整。

表2　蛇绿岩岩石组合序列对比表

Tab.2　The contrast of sequence in rock associations of ophiolite

理想序列蛇绿岩	红柳河–牛圈子蛇绿岩段	月牙山–洗肠井蛇绿岩段
1 深海沉积物	泥岩、灰岩、硅质岩	泥砂岩、灰岩、硅质岩
2A 枕状熔岩；2B 席状岩墙	细碧岩、粗玄岩；层状–席状岩体（辉长岩）有辉绿岩墙贯入	枕状熔岩、层状熔岩；席状岩墙中穿插有斜长花岗岩、辉绿岩
3A 层状岩石；3B 堆晶岩	堆晶辉长岩、辉橄岩、辉石岩	层状辉长岩、辉石岩、辉橄岩
4 上地幔构造岩–变超镁铁岩	蛇纹石化二辉–方辉橄榄岩	蛇纹岩，包裹变质橄榄岩岩块

3　蛇绿岩地球化学特征

3.1　岩石化学

这里仅叙述蛇绿岩带中代表残余地幔块体的变形变质橄榄岩和幔源岩浆结晶形成的堆晶橄榄岩–辉长岩。

（1）变形变质橄榄岩。主要岩石为纯橄岩、辉橄岩、方辉橄榄岩，有的蚀变为蛇纹岩。化学成分属于镁质系列，MgO 含量变化于 30.72%～48.81%，绝大多数岩石镁铁原子比值 m/f> 6。

早古生代洋盆蛇绿岩中，红柳河二辉橄榄岩、方辉橄榄岩、辉橄岩 m/f 为 6.4～15.54；玉石山纯橄岩、辉橄岩、方辉橄榄岩、蛇纹岩 m/f 为 8.77～11.82；牛圈子方辉橄榄岩 m/f 为 6.46～9.44；洗肠井橄榄岩和蛇纹岩 m/f 为 7.59～9.02。

早古生代弧后盆地蛇绿岩中，芨芨台子南山方辉辉橄岩 m/f 为 6.92～7.35；小黄山蛇纹岩、方辉辉橄岩 m/f 为 12.94～26.19。

晚古生代南北裂谷的蛇绿岩中，红石山纯橄岩 m/f 为 9.23～10.28；辉铜山蛇纹岩、方辉橄榄岩 m/f 为 9.52～10.00；花南沟辉橄岩 m/f 为 12.13；花西滩纯橄岩 m/f 为 11.15；石板墩辉石岩和蛇纹岩 m/f 为 6.86～9.75；黑帽顶（音凹峡北西）蛇纹岩 m/f 为 8.87；帐房山方辉橄榄岩 m/f 为 7.09；俞井子斜方辉石岩 m/f 为 7.23。

（2）堆晶橄榄岩–辉长岩。主要岩石为辉长岩、含橄辉长岩、单辉岩、橄榄辉石岩、单辉橄榄岩；绝大多数岩石镁铁原子比值 m/f< 6。

3.2　稀土元素

收集了红柳河–牛圈子、白云山–月牙山–洗肠井、笈芨台子–小黄山、红石山–六驼山、辉铜山–帐房山五个地区的稀土分析数据（表3），并绘制了稀土元素的球粒陨石标准化配分型式图（图2，3，4，5，6）。

本区的蛇绿岩中，不同岩石类型稀土配分型不同。变橄榄岩类的稀土配分型，大部分为低左倾型，少部分为平坦型–低右倾型。如，红柳河–牛圈子–白云山–洗肠井与芨芨台子–小黄山蛇绿岩带。而红石山–清河口配分型十分复杂，有中等右倾型，平坦型和高左倾型，并有弱的负铕异常。辉长岩类的稀土配分型，为平坦–低右倾型。枕状玄武岩类的稀土配

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

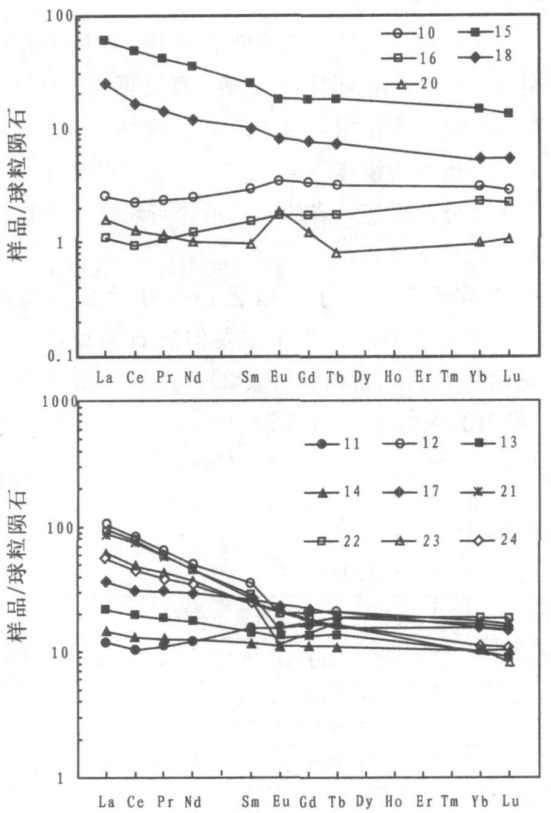


图2 红柳河-牛圈子蛇绿岩稀土配分型式

Fig. 2 Chodrie-normalized REE diagrams for ophiolites from Hongliuhe-Niu juanzi belt

10、16、20. 二辉橄榄岩; 15、18. 辉绿岩; 11、13、14、17. 枕状熔岩; 12、21、22、23、24. 安山玄武岩-英安岩

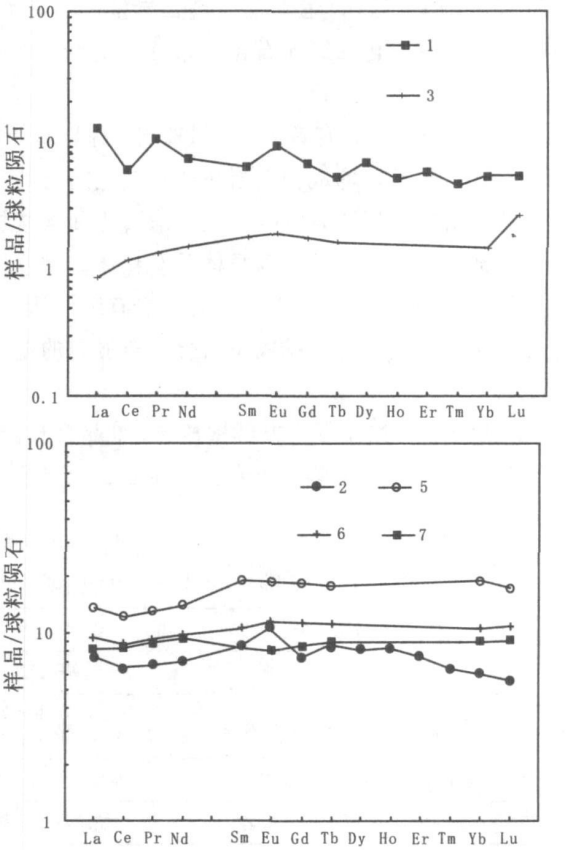


图3 白云山-洗肠井蛇绿岩稀土配分型式

Fig. 3 Chodrie-normalized REE diagrams for ophiolites from Bai yunshan-Xichangjing belt

1. 辉绿岩; 3. 二辉橄榄岩; 2、5、6、7. 枕状熔岩

分型, 大部分为平坦型-低右倾型, 白云山—洗肠井一带, 枕状玄武岩出现了左倾的趋势, 辉铜山-帐房山一带为平坦型。

研究表明, 红柳河-牛圈子-白云山-洗肠井与芨芨台子-小黄山的蛇绿岩带与蛇绿岩的一般特征最为接近, 红石山-清河口蛇绿岩和辉铜山-帐房山蛇绿岩最为复杂, 稀土配分型式变化较大。

4 蛇绿岩含矿性

根据对世界上已知蛇绿岩代表性矿化类型的总结, 确认与蛇绿岩有关的矿化类型主要为岩浆型豆荚状铬铁矿和火山喷流型硫化物铜矿 (Cypurus 型)。本区已发现了这两种矿化类型。

4.1 岩浆型豆荚状铬铁矿

在红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿岩带中, 已发现白云山铬铁矿点和洗肠井铬铁矿点; 芨芨台子-小

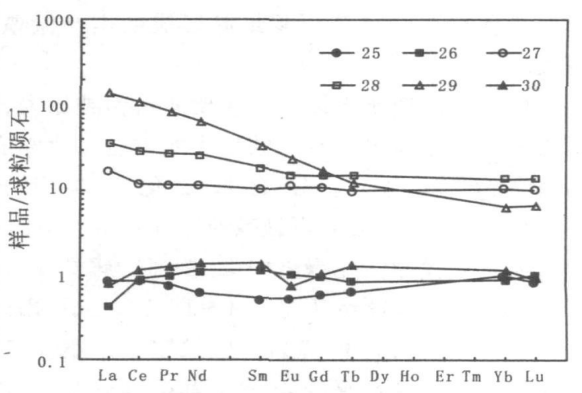


图4 芨芨台子-小黄山蛇绿岩稀土配分型式

Fig. 4 Chodrie-normalized REE diagrams for ophiolites from Jijitaizi yunshan-Xiaohuangshan belt

25、26、30. 方辉橄榄岩; 27、28、29. 玄武安山岩

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

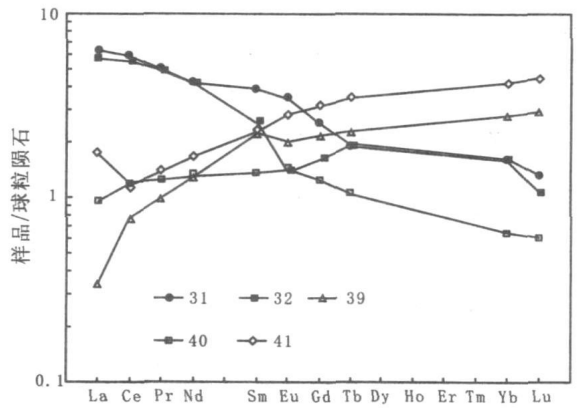


图5　红石山-清河口蛇绿岩稀土配分型式

Fig. 5　Chodrie-normalized REE diagrams for ophiolites from Hong shishan-Qing hekou belt

31、32、35、39、40. 橄榄岩；41. 辉长岩

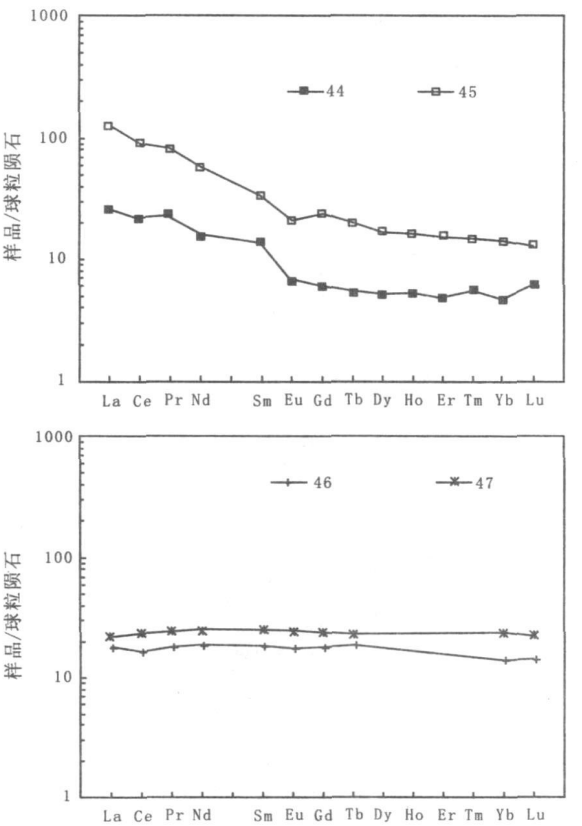


图6　辉铜山-帐房山蛇绿岩稀土配分型式

Fig. 6　Chodrie-normalized REE diagrams for ophiolites from Hui tongshan-Zhang fangshan belt

44. 辉长岩；45. 辉长辉绿岩；46、47. 枕状熔岩

黄山蛇绿岩带产有小黄山铬铁矿点；红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩带产有红石山小型铬铁矿床和百合山铬铁矿点；辉铜山-帐房山蛇绿岩带产有花南沟铬铁矿点、二口井（音凹峡北东）铬铁矿点、帐房山铬铁矿点等。

容矿岩石均为超镁铁质岩类，矿体形态多为成群分布的扁豆状、囊状体，矿石为致密块状-条带状-浸染状。围岩蚀变类型主要为蛇纹石化-滑石化-菱镁矿化，与世界各地的同类矿化特征相同。

4.2　火山喷流型硫化物铜矿

西安地质矿产研究所承担的国家地调项目在红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿岩带中的月牙山段圈定“碧玉岭铜矿勘查靶区”，前人1/20万区调报告记载的麻黄沟铁铜矿点和麻黄沟西铁铜矿点被识别为海相火山喷流型硫化物铜矿点。

在碧玉岭铜矿勘查区，含矿火山岩层序由下向上为辉长岩—基性火山岩—碧玉岩和碧玉条带灰岩—基性火山岩—含凝灰质粉砂板岩夹凝灰质长石石英砂岩。在北西西方向长约8 km 的范围内，代表火山喷溢间歇期海底火山喷流岩（碧玉岩和碧玉条带灰岩）断续出露，相伴形成的铜矿化带，目前已圈定12条铜矿体，产状与喷流岩基本一致，仅局部被断裂改造复杂化。在麻黄沟钻探验证已发现原生硫化物铜矿体。

5　蛇绿岩构造属性

蛇绿岩通常被认为是已消失的洋壳的残留，形成洋壳主要有3种构造环境，即离散期裂谷阶段的“红海型”拉张海槽，大洋扩张阶段的洋中脊和汇聚期岛弧阶段伸展海盆（弧后盆地）的扩张脊。本区的蛇绿岩相对应地形成于这几种环境。

5.1　指示大洋闭合之板块缝合带的蛇绿岩

北山地区的哪条蛇绿岩带代表古大洋闭合之板块缝合带，是有很大争议的大地构造问题。本研究区出露的红石山-百合山-蓬勃山、芨芨台子-小黄山、红柳河-牛圈子-洗肠井、辉铜山-帐房山等多条蛇绿岩带，每一条都有学者曾提出是板块缝合带：左国朝等（1990）划分的缝合带经过小黄山蛇绿岩带位置；何世平等（2002）划分的两条缝合带分别为红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿岩带和红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩带的位置；聂凤军等（2002）划分两

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

条缝合带分别为红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩带和辉铜山-帐房山蛇绿岩带的位置。到底哪条可代表板块缝合带的位置？笔者试图从多种地质信息的配套关系，排除多解性，解决这一疑难问题。

红柳河—牛圈子—洗肠井一线作为早古生代缝合带的主要依据：①该带的蛇绿岩特征最接近现代洋壳蛇绿岩。②该带之牛圈子蛇绿混杂岩的基性火山岩 Rb-Sr 同位素等时线年龄为463±18Ma，与洗肠井蛇绿岩套熔岩夹层硅质岩中放射虫时代一致，为中奥陶世—晚奥陶世早期形成。

表 3 北山地区蛇绿岩REE 含量及主要参数

Tab. 3 REE compositions and main parameter of ophiolite belts in beishan area

序号	地点	样品名	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	$(La/Yb)_N$	δEu
1	白云山 洗肠井	辉绿岩	4.55	5.50	1.40	5.06	1.40	0.77	1.95	0.30	2.60	0.43	1.40	0.16	1.30	0.20		2.36	1.42
2		枕状熔岩	2.75	6.20	0.93	5.00	1.95	0.93	2.30	0.50	3.12	0.69	1.90	0.23	1.52	0.21		1.22	1.34
3		二辉橄榄岩	0.31	1.13		1.07	0.41	0.17		0.09					0.37	0.01		0.57	1.08
4		玄武岩	80.60	17.50		89.90	13.3	4.14		1.19					1.93	0.26		28.19	1.07
5		玄武岩	3.42	8.32		6.91	2.44	1.00		0.64					2.63	0.41		0.88	1.05
6		玄武岩	4.98	11.60		10.00	4.36	1.63		1.04					4.73	0.67		0.71	1.01
7		枕状玄武岩	2.97	7.97		6.64	1.92	0.70		0.52					2.25	0.34		0.89	0.96
8	红柳河 牛圈子	辉石安山岩	9.92	25.00	4.00	15.70	3.97	0.93	3.00	0.48	2.86	0.63	1.62	0.27	1.75	0.29	14.3	3.83	0.79
9		辉长岩	0.69	3.15	1.47	3.75	1.98	0.23	0.56	0.11	0.83	0.21	0.62	0.13	0.26	0.08	2.32	1.79	0.51
10		辉橄岩	0.94	2.14		1.75	0.68	0.30		0.19					0.77	0.11		0.82	1.10
11		玄武岩	4.33	9.83		8.55	3.60	1.35		0.94					3.96	0.58		0.74	0.99
12		玄武安山岩	37.90	80.30		35.20	8.12	1.76		1.22					4.17	0.61		6.13	0.73
13		粗玄岩	7.91	18.80		12.40	3.35	1.14		0.79					2.49	0.35		2.14	0.94
14		玄武岩	5.37	12.40		8.75	2.69	0.97		0.63					2.56	0.39		1.42	0.99
15		辉绿岩	21.40	45.40		24.90	5.78	1.56		1.02					3.58	0.50		4.03	0.84
16		二辉橄榄岩	0.40	0.89		0.87	0.35	0.15		0.10					0.57	0.09		0.47	1.07
17		枕状玄武岩	13.10	28.70		20.90	5.93	2.05		1.20					3.83	0.57		2.31	0.99
18		辉绿岩	8.97	15.70		8.52	2.27	0.70		0.43					1.35	0.20		4.48	0.91
19		玄武岩	9.17	19.80		13.30	4.23	1.10		0.89					0.38	0.56		16.29	0.78
20		二辉橄榄岩	0.58	1.22		0.72	0.22	0.16		0.05					0.25	0.04		1.57	1.69
21		玄武岩	32.10	71.20		32.00	6.18	0.96		0.99					4.39	0.64		4.94	0.55
22		英安岩	34.90	76.40		32.10	6.67	1.29		1.10					4.55	0.71		5.18	0.65
23		玄武安山岩	22.70	46.10		26.50	5.50	1.77		0.90					2.59	0.31		5.92	0.98
24		安山岩	20.50	42.90		24.30	5.63	1.84		0.93					2.75	0.41		5.03	0.99
25	芨芨台子 小黄山	斜辉橄榄岩	0.31	0.85		0.45	0.12	0.05		0.04					0.24	0.03		0.87	0.97
26		斜辉橄榄岩	0.16	0.86		0.82	0.27	0.09		0.05					0.22	0.04		0.49	1.01
27		玄武安山岩	6.03	11.40		7.86	2.37	0.97		0.58					2.56	0.38		1.59	1.07
28		玄武安山岩	12.80	27.10		18.40	4.24	1.32		0.87					3.41	0.52		2.53	0.91
29		玄武安山岩	51.50	106.0		46.40	7.85	2.10		0.71					1.61	0.26		21.59	0.94
30		斜辉橄榄岩	0.30	1.15		0.99	0.33	0.07		0.08					0.28	0.04		0.72	0.63

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

续表 3

序号	地点	样品名	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	$(La/Yb)_N$	δEu
31	红石山 六驼山	纯橄岩	2.33	5.70		3.00	0.90	0.30		0.11					0.40	0.05		3.93	1.07
32		纯橄岩	2.12	5.30		3.00	0.60	0.12		0.11					0.40	0.04		3.58	0.65
33		玄武岩	0.80	1.90		1.40	0.40	0.16		0.11					0.25	0.04		2.16	1.02
34		玄武岩	0.19	0.40		0.20	0.06	0.08		0.05					0.10	0.02		1.28	1.60
35		纯橄岩	0.32	0.59		0.40	0.15	0.08		0.04					0.11	0.01		1.96	1.27
36		辉长岩	0.45	1.10		0.50	1.00	0.09		0.04					0.18	0.02		1.69	0.40
37		玄武岩	2.38	3.90		2.00	0.60	0.30		0.15					0.50	0.04		3.21	1.24
38		玄武岩	0.75	1.60		0.80	0.25	0.10		0.05					0.17	0.04		2.98	1.11
39		二辉辉橄岩	0.13	0.74		0.94	0.53	0.18		0.13					0.70	0.11		0.13	0.92
40		纯橄岩	0.35	1.12		0.93	0.32	0.12		0.06					0.16	0.02		1.10	
41		辉长岩	0.64	1.10		1.18	0.54	0.25		0.20					1.04	0.17		0.42	1.03
42		玄武岩	14.10	31.70		18.80	4.52	1.50		0.76					2.54	0.42		3.75	1.00
43		安山玄武岩	17.40	38.60		21.50	5.29	1.80		1.02					2.85	0.44		4.12	0.99
44	辉铜山 帐房山	辉长苏长岩	9.50	20.50	3.16	11.40	3.13	0.57	1.88	0.32	1.96	0.44	1.20	0.20	1.18	0.24	8.52	5.43	0.67
45		辉长岩	47.20	86.30	11.00	40.20	7.67	1.81	7.31	1.15	6.45	1.40	3.83		3.48	0.50	35.5	9.15	0.73
46		枕状玄武岩	6.65	16.10		13.60	4.30	1.53		1.10					3.52	0.55		1.28	0.95
47		枕状玄武岩	8.10	22.60		17.90	5.85	2.16		1.34					5.89	0.87		0.93	1.01

注：资料来源：1～2、8～9、31～38、44～45 据左国朝（1995）；3～7、10～30、39～43、46～47 据何世平（1999）。

（任秉琛等，2001）。③该带北侧地层中保存有指示活动陆缘的公婆泉—东七一山志留纪岛弧火山岩（左国朝等，1996；何世平等，2005），已知相关的公婆泉英安斑岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 420.1Ma[①]。④该带南侧陆缘保存有指示南北两个板块开裂前伸展拉张的浅海-次深海环境沉积的寒武系，由碳硅质岩、泥碎屑岩、碳酸盐岩组成，含磷钒铀锰矿，从西到东分布有新疆大水钴锰矿床、大水磷钒铀矿床、平台山钒磷矿床，甘肃方山口钒磷铀矿床、马鬃山锰矿床，内蒙古麻黄沟西磷钒矿点。

这些证据综合说明，该蛇绿岩带位置代表古大陆裂解演化至奥陶纪形成的洋盆，闭合过程洋壳向北俯冲，北侧为活动陆缘，产生了岛弧火山岩带，南侧为被动陆缘，保存了大量古大陆裂解而洋盆出现之前的沉积岩系。杨合群等（2008）和徐学义等（2008）均选择红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿带代表早古生代板块缝合带。

5.2　指示弧后拉张强烈产生扩张脊的蛇绿岩

芨芨台子-小黄山蛇绿岩带出露于公婆泉-东七一山岛弧与星星峡-旱山地块之间，可判别为弧后盆地蛇绿岩，从而说明弧后伸展强烈，出现了扩张脊。

5.3　指示裂谷拉张产生初始小洋盆的蛇绿岩

（1）红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩所在裂谷。红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩所在构造单元为北部的雅满苏-红石山-黑鹰山晚古生代陆内裂谷带。该裂谷带基底既有古生代陆缘火山岩，也有前寒武陆壳。镜儿泉一带使古陆壳基底裂开明显，中元古界卡瓦布拉克群（Jx*K*）和星星峡群（Ch*X*）分布于南北两侧，红石山南侧局部分布有北山杂岩（$Ar_2Pt_1B^c$）。带内早石炭纪地层，与下伏泥盆纪地层普遍角度不整合。例如，小热泉子组（C_1x）、雅满苏组（C_1ym）、干墩组（C_1gd）、绿条山组（C_1l）和白山组（C_1bs）被认为形成于碰撞造山后再伸展的裂谷裂陷盆地环境（徐学义等，2008）。左国朝等（1990，1996）就认为，北山石炭纪双峰式火山岩指示了裂谷环境，Xia Lin-qi 等（2005）论证相邻的东天山

①甘肃有色金属地质研究所．甘肃北山地区海相火山岩及其与铜多金属矿成矿关系研究，1995.

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

石炭纪火山岩产于裂谷环境，并认为蛇绿岩的出现说明裂谷发育程度相当于“红海型”海槽。

带内发育的石炭纪双峰式火山岩，形成有火山沉积成因的东天山雅满苏铁矿床和北山狼娃山、黑鹰山和甜水井等铁矿床。已知黑鹰山富铁矿床致密块状铁矿体中的6 件磷灰石样品进行Sm-Nd 同位素定年，所获等时线年龄为322. 0±4. 3Ma(聂凤军等，2005)。

带内发育的铁质基性超基性侵入岩体，在东天山产有土墩-黄山-图拉尔根岩浆型钒钛磁铁矿与硫化铜镍矿带，其中香山西岩体为钒钛磁铁矿与铜镍矿共生，黄山橄榄苏长岩中锆石U-Pb 定年结果为274±3Ma (郭宏等，2006)；裂谷带南侧地块边缘，产有裂谷作用形成的尾亚-天宇-白石泉岩浆型钒钛磁铁矿与铜镍矿带，其中尾亚含钒钛磁铁矿碱性性辉长岩Rb-Sr 等时线年龄为270. 67±30. 70Ma (李嵩龄等，2002)，白石泉含铜镍矿辉长岩中锆石U-Pb 定年结果284±8Ma (吴华等，2005)。

断续分布的红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩块体，指示裂谷拉张非常强烈，导致局部产生“红海型”海槽，即向初始小洋盆过渡。

(2) 辉铜山-帐房山蛇绿岩所在裂谷。辉铜山-帐房山蛇绿岩所在构造单元为南部的磁海-红柳园-白山堂晚古生代陆内裂谷带，是广大学者们早就认可的“北山裂谷”。该裂谷带在晚古生代形成于大豁落山组 (Qbd)、平头山组 (Jxp)、古硐井群 (ChG)、北山杂岩(Ar$_2$Pt$_1$Bc) 等前寒武纪基底上。带内广泛分布石炭纪—二叠纪裂谷型火山沉积岩地层。例如，方山口组 (P$_3f$)，金塔组 (P$_2jt$)，双堡塘组 (P$_{1-2}s$)，胜利泉组 (C$_2$sb)，干泉组 (C$_2g$)，石板山组 (C$_2sb$)，芨芨台子组 (C$_2jj$)，红柳园组 (C$_1hl$)。

带内次火山岩产有磁海铁矿床；火山岩相关中酸性斑岩体产有白山堂铜铅矿床，有关流纹斑岩全岩Rb-Sr 同位素等时线年龄为333. 9±7. 88Ma，斜长花岗斑岩全岩Rb-Sr 同位素等时线年龄为275. 68±8. 40Ma (王伏泉，1996)①。

该裂谷带断续分布的辉铜山、花南沟、花西滩、石板墩、黑帽顶 (音凹峡北西)、帐房山、俞井子蛇绿岩块体，也说明裂谷拉张非常强烈，局部产生“红海型”海槽，向初始小洋盆过渡。

6 结论

北山地区出露的4 条蛇绿岩带，形成于古生代，分别产于早古生代洋盆、弧后盆地和晚古生代裂谷。其中红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿岩带形成于早古生代洋盆环境，特征最接近现代洋壳蛇绿岩，在该带北侧保存有指示活动陆缘的公婆泉-东七一山岛弧火山岩带，南侧保存有标志南北两个板块开裂前伸展拉张的浅海—次深海形成的寒武纪含磷钒铀锰沉积岩系地层，说明该蛇绿岩带指示南北两个板块间裂解与聚合的位置。芨芨台子-小黄山蛇绿岩带分布于公婆泉-东七一山岛弧与星星峡-旱山地块之间，形成于早古生代弧后盆地环境。红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩带和辉铜山-账房山蛇绿岩带形成于晚古生代裂谷拉张最大化至初始小洋盆出现的阶段，即类似于“红海型”海槽的环境。

致谢：两位审稿专家对本文提出许多宝贵的改进意见，在此向他们表示衷心感谢！

参考文献 (References)：

聂凤军；江思宏；刘妍，等. 内蒙古黑鹰山富铁矿床磷灰石钐-钕同位素年龄及其地质意义 [J] . 矿床地质，2005，24 (2)：50-56.

Nie Fengjun，Jiang Sihong，Liu Yan，et al. Sm-Nd isotopic dating of apatite separates from Heiyingshan high-grade iron deposit，Inner Mongolia [J] . Mineral Deposits，2005，24 (2)：50-56. (in Chinese with English abstract) .

聂凤军，江思宏，白大明，等. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向 [M] . 北京：地质出版社，2002.

Nie Fengjun，Jiang Sihong，Bai Daming，et al. Metallogenic Studies and Ore Prospecting in the Conjunction Area of Inner Mongolia Autonomous Region，Gansu Province and Xinjiang Uygur Autonomous Region (Beishan Mt.)，Northwest China [M] . Geological Publishing House，Beijing，2002 (in Chinese with English abstract) .

①甘肃有色金属地质研究所. 甘肃北山地区海相火山岩及其与铜多金属矿成矿关系研究，1995.

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

龚全胜，刘明强，梁明宏，等. 北山造山带大地构造相及构造演化 [J] . 西北地质，2003，36 (1)：11-17.

Gong Quansheng，LIU Mingqiang，Liang Minghong，et al. The tectonic facies and tectonic evolution of Beishan orogenic belt，Gansu [J] . Northwestern Geology，2003，36 (1)：11-17 (in Chinese with English abstract) .

何世平，任秉琛，姚文光，等. 甘肃内蒙古北山地区构造单元划分 [J] . 西北地质，2002，35 (4)：30-40.

He Shiping，Ren Bingshen，Yao Wenguang，et al. The division of tectonic units of Beishan area，Gansu-Inner Mongolia [J] . Northwestern Geology，2002，35 (4)：30-40. (in Chinese with English abstract) .

何世平，周会武，任秉琛，等. 甘肃内蒙古北山地区古生代地壳演化 [J] . 西北地质，2005，38 (3)：6-15.

He Shiping，Zhou Huiwu，Ren Bingchen，et al. Crustal evolution of Palaeozoic in Beishan area，Gansu and Inner Mongolia，China [J] . Northwestern Geology，2005，38 (3)：6-15. (in Chinese with English abstract) .

李嵩龄，李文铅，冯新昌，等. 东天山尾亚复式岩株形成时代讨论 [J] . 新疆地质，2004，20 (2)：357-359.

Li Songlin，Li Wenqian，Feng Xinchang，et al. Age of Formation of Weiya Comp Osite Stocks in Eastern Tianshan Mountains [J] . Xinjiang Geology，2004，20 (2)：357-359. (in Chinese with English abstract) .

李向民，夏林圻，夏祖春，等. 东天山企鹅山群火山岩锆石 U-Pb 年代学[J] . 地质通报，2004，23(12)：1215-1220.

Li Xiangmin，Xia Linqi，Xia Zuchun，et al. Zircon U-Pb geochronology of volcanic rocks of the Qi'eshan Group in the East Tianshan Mountains [J] . Regional Geology of China，2004，23 (12)：1215-1220. (in Chinese with English abstract) .

任秉琛，何世平，姚文光，等. 甘肃北山牛圈子蛇绿岩钕-锶同位素年龄及其大地构造意义[J] . 西北地质，2001，34 (2)：21-27.

Ren Bingchen He Shiping，Yao Wenguang，et al. Rb-Sr isotope age of Niuquanzi ophiolite and its tectonic significance in Beishan district，Gansu [J] . Northwestern Geology，2001，34(2)：21-27 (in Chinese with English abstract) .

吴华，李华芹，莫新华，等. 新疆哈密白石泉铜镍矿区基性—超基性岩的形成时代及其地质意义 [J] . 地质学报，2005，79 (4)：498-502.

Wu Hua，Li Huaqin，Mo Xinhua，et al. Age of the Baishiqun Mafic-Ultramafic Complex，Hami，Xinjiang and Its Geological Significance [J] . Acta Geologica Sinica，2005，79(4)：498-502. (in Chinese with English abstract) .

徐学义，何世平，王洪亮，等. 中国西北部地质概论 [M] . 北京：科学出版社，2008.

Xu Xueyi，He Shiping，Wang Hongliang，et al. Geological generality of in North-west China[M] . Beijing：Science Press，2008 (in Chinese) .

杨合群，李英，李文明，等. 北山成矿构造背景概论 [J]，西北地质，2008，41 (1)：22-28.

Yang Hequn，Li Ying，Li Wenming，et al. General Discussion on Metallogenitic Tectonic Setting of Beishan mountain，northwestern China [J] . Northwestern Geology，2008，41 (1)：22-28 (in Chinese with English abstract) .

杨合群，李英，赵国斌，等. 新疆- 甘肃- 内蒙古衔接区地层对比及其意义 [J] . 西北地质，2009，42 (4) .

Yang Hequn，Li Ying，Zhao Guobin，et al. Stratigraphic Correlation and its Significance of Xinjiang-Gansu-Inner mongolia join area [J] . Northwestern Geology，2009，42 (4) (in Chinese with English abstract) .

左国朝，何国琦，李红诚，等. 北山板块构造及成矿规律 [M] . 北京：北京大学出版社，1990.

Zuo Guochao，He Guoqi，Li Hongcheng，et al. Plante Tectonics and Metalloogenic Regulaties in Beishan Region [M] . Peking University Publication，Beijing，1990.

左国朝，李茂松. 甘蒙北山地区早古生代岩石圈形成和演化 [M] . 兰州：甘肃科学技术出版社，1996.

Zuo Guochao，Li Maosong. Formation and Evolution of the

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

Early Paleozoic Lithosphere in the Beishan Area, Gansu-Inner Monggu, China [M]. Gansu Science and Technology Publication, Langzhou, 1996.

周国庆, 赵建新, 李献华. 内蒙古月牙山蛇绿岩特征及形成的构造背景: 地球化学和Sm-Nd 同位素制约[J]. 地球化学, 2000, 29 (2): 108-119.

Zhou Guoqing, Zhao Jianxin, Li Xianhua. Characteristics of the Yueyashan ophiolite from western Inner Mongolia and its tectonic setting: Geochemistry and Sm-Nd isotopic constraints[J]. Geochimica, 2000, 29(2): 108-119 (in Chinese with English abstract).

Xia Linqi, Xia Zuchun, Xu Xueyi, et al. Relationships between Basic and Silicic Magmatism in Continental Rift Settings: A Petrogeochemical Study of Carboniferous Post-collisional Rift Silicic Volcanics in Tianshan, NW China[J]. Acta Geologica Sinica, 2005, Vol. 79, No. 5, 633-653.

Character and Structural Attribute of the Beishan Ophiolite

YANG He-qun[1], LI Ying[2], ZHAO Guo-bin[1], LI Wen-yuan[1],
WANG Xiao-hong[1], JIANG Han-bing[1],
TAN Wen-juan[1], SUN Nan-yi[1]

(1. *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an* 710054, *China*;
2. *Chang'an University, Xi'an* 710054, *China*)

Abstract: This paper summarizes the assemblege of rock types and geochemical characteristics of four ophiolite belts in Beishan region, and analyzes the the regional geological background conditions. The result shows that the Hongliuhe-Niujuanzi-Xichangjing ophiolite belt was formed in Early Palaeozoic and is part of the oceanic basin type and quite similar to the present oceanic ophiolite in characteristic. This ophiolite belt indicates the sutureline of the north-south plates because the Gongpoquan-dongqiyishan volcanic rocks in the north belongs to the inland volcanic rock series with active continental margin environment and the shallow sub-sea P-V-Mn-U-bearing sedimentary strata of the Cambrian in the south representing the extended tectonic before the plate becoming divergent. The Jijitaizi-Xiaohuangshan ophiolitic belt, formed in the Early Paleozoic back-arc basin environment, is distributed between Xingxingxia-Hanshan plate and Gongpoquan-Dongqiyishan arc belt. The Hongshishan-Baiheshan-Bengpeshan ophiolitic belt and Huitongshan-Zhangfangshan ophiolitic belt are similar to Red Sea in environment, which was formed from the stage with the maximum extensional rift to the initial stage of forming the small ocean basin in late Paleozoic.

Key words: ophiolite; oceanic basin; back-arc basin; rift; beishan

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