

文章编号: 1009-6248 (2001) 02-0021-27

# 甘肃北山牛圈子蛇绿岩铷-锶同位素 年龄及其大地构造意义

任秉琛, 何世平, 姚文光, 傅力浦

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 甘肃北山地区早古生代蛇绿岩受阿尔金北东向左行走滑断裂影响, 被分割成白云山—洗肠井蛇绿岩段、通畅口—牛圈子蛇绿岩段、白玉山—红柳河蛇绿岩段。牛圈子蛇绿岩属洋壳型蛇绿岩, 蛇绿岩各单元岩石发育齐全, 与东部洗肠井洋壳型蛇绿岩和西部红柳河洋壳型蛇绿岩相似, 牛圈子蛇绿岩 Rb-Sr 同位素年龄为  $463 \pm 18$  Ma, 与洗肠井蛇绿岩夹层中放射虫时代一致, 为中奥陶世—晚奥陶世早期, 红柳河蛇绿岩尚无可靠时代依据。通过构造恢复, 上述 3 条蛇绿岩段在早古生代为统一的早古生代蛇绿岩带, 这条早古生代蛇绿岩带属早古生代塔里木板块和哈萨克斯坦板块间的缝合带。

**关键词:** 蛇绿岩; Rb-Sr 同位素; 大地构造意义; 甘肃北山地区

中图分类号: P597 文献标识码: A

## 1 区域地质概况

### 1.1 前震旦纪

北山地区南带和北带(北山地区前人曾划归为南、北、中三个带, 本文以红柳河—牛圈子—洗肠井蛇绿岩带相隔, 分为南、北两带, 分别代表敦煌古陆块和天山中央隆起东延部分。)出露最老地层为太古界红柳峡群中—深变质岩系, 分布在石板墩—西涧泉子、花牛山以北—古堡泉一带。北部见于盐池东偏南, 呈近东西向条块状展布, 由 TTG 岩石(灰色长英质片麻岩)和斜长角闪岩、角闪岩、角闪片岩、变质流纹岩双峰式表壳岩组成。表壳岩变形强烈, 透入性面理发育, 构造置换完全彻底。片内无根褶皱、构造凸镜体、平行条带等“漂浮”在灰色长英质片麻岩中。依据灰色长英质片麻岩岩石学、岩石化学和副矿物特征判别, 原岩为云英闪长岩—花岗岩系列。但由于变形变质作用的叠加、置换和重建, 太古界已呈无序岩石地层。在红柳峡的不同层位中, 用 Sm-Nd 等时线法测得角闪片岩年龄为  $2936 \sim 3488$  Ma; 掉石沟斜长角闪岩用 Sm-Nd 等时线测得  $2947$  Ma, 并命名为红柳峡群(甘肃酒泉地调队, 1990);

收稿日期: 2000-05-14; 修回日期: 2001-06-05

基金项目: 本文属原地矿部地质专项调查项目(96-27)部分研究内容

作者简介: 任秉琛(1939-), 男, 研究员, 1964 年毕业于北京地质学院矿产地质系, 主要从事火成岩与矿产地质、矿产勘查与预测。

四十里井和北山北带盐池东偏南角闪片岩和角闪岩分别为2 950 Ma (Sm-Nd) 和  $2 839 \pm 163$  Ma (Sm-Nd)，与红柳峡群相当。柳园古堡泉地区，李志琛 (1992) 发现太古界与下元古界不整合关系，其上第四岩组斜长角闪岩为2 203 Ma (Sm-Nd)，表明太古界与下元古界之间有一构造运动——辛格尔运动。早元古界属陆源碎屑岩-含镁碳酸盐-基性火山岩建造，并获得  $1 875 \sim 2 060 \pm 30$  Ma (东涧泉)、 $2 203 \pm 714$  Ma (青石泉)、 $1 981 \pm 116$  Ma (草呼勒哈德) Sm-Nd 同位素等时线年龄；形成环境具潮坪—浅海深水交替相。中上元古界为硅质条带白云质碳酸盐、白云岩-碎屑岩建造，并含有叠层石和微古植物化石。北山地区自元古宙以来，古地理面貌呈现为海滩—潮坪—滨海—浅海环境。局部为次深海环境或深海环境，不同时空地壳升降频繁，多处平行不整合也表明陆、海的变迁过程。青白口纪地层海退层序明显，并海退为陆。元古宙地层的发育表现为以太古宙陆核为中心的垂向和侧向生长，并经过元古宙，裂开、闭合和碰撞造山过程形成了古老结晶变质基底。

## 1.2 早古生代

震旦纪地层在北山地区与青白口系呈高角度不整合接触。与寒武纪地层呈平行不整合接触，将震旦纪划定为早古生代的开始，并以冰碛砂岩、砂砾岩沉积为特色。出露在北部破城山和北山中部洗肠井—白湖一带。

寒武系有两套沉积建造，马鬃山含微古化石的碳酸盐-火山岩建造的寒武系受裂谷构造控制，具活动型沉积特征，表明寒武纪马鬃山一线已开始扩张并使裂谷快速夭折。破城山—星星峡、洗肠井—双鹰山—西双鹰山—方山口一线寒武纪沉积有碳-泥质岩、碳酸盐岩、黑色硅质岩 (含 P.V.U 重晶石) 等大陆斜坡相及陆棚海沉积。下奥陶统以砂岩、凝灰质砂岩、夹灰岩及少量火山岩沉积整合于寒武系之上，并显示继承性沉积特点。早中奥陶世始，北山地区裂谷扩张活动强烈，南部华牛山—辉铜山裂谷沉积有奥陶系华牛山群砂岩、凝灰质砂岩、板岩、结晶灰岩与双峰式玄武岩与流纹岩。火山岩中发育一套角闪橄榄岩、辉长岩、玄武岩准蛇绿岩带，表明裂谷越发加深和规模增大。中部洗肠井—牛圈子—红柳河一线，裂谷扩张更强烈，形成了中奥陶统蛇绿岩带，并出现洋壳。晚奥陶世晚期，北山地区处于挤压应力场内，华牛山—辉铜山裂谷夭折闭合，最后碰撞造山。牛圈子—洗肠井洋壳型蛇绿岩则向北 B 型俯冲消减，弧后扩张形成了小黄山—汲汲台子山南弧后蛇绿岩，并有煌斑岩脉穿插其中。滞后的岛弧带分布在窑洞努如—公婆泉—白云山—东七一山一带，由安山岩、英安岩、流纹岩、玄武岩钙碱性火山岩组合组成。窑洞努如—公婆泉一带出现粗面岩、粗安岩碱性火山岩系列。

弧前盆地沉积有志留系黑尖山组和罗雅楚山组碳质板岩、硅质岩、粉砂岩夹灰岩、长石石英砂岩、硅质板岩等。志留纪末，北山北带由俯冲造山转入碰撞造山，发育完好的沟弧盆体系，墩墩山泥盆系凝灰质巨砾岩、流纹岩、英安岩等山前火山磨拉石沉积，标志着早古生代的古陆拼合。

## 1.3 晚古生代

早古生代拼合的古陆在晚古生代石炭纪发生裂解、裂谷作用。南带古堡泉—大奇山—红柳井陆内裂谷，是经过早石炭世—晚石炭世、早二叠世—晚二叠世二次拉伸和闭合形成，均是基性夹酸性至酸性层序的双峰式火山岩沉积组合，超基性岩-蛇纹岩、橄榄辉石岩及辉长岩

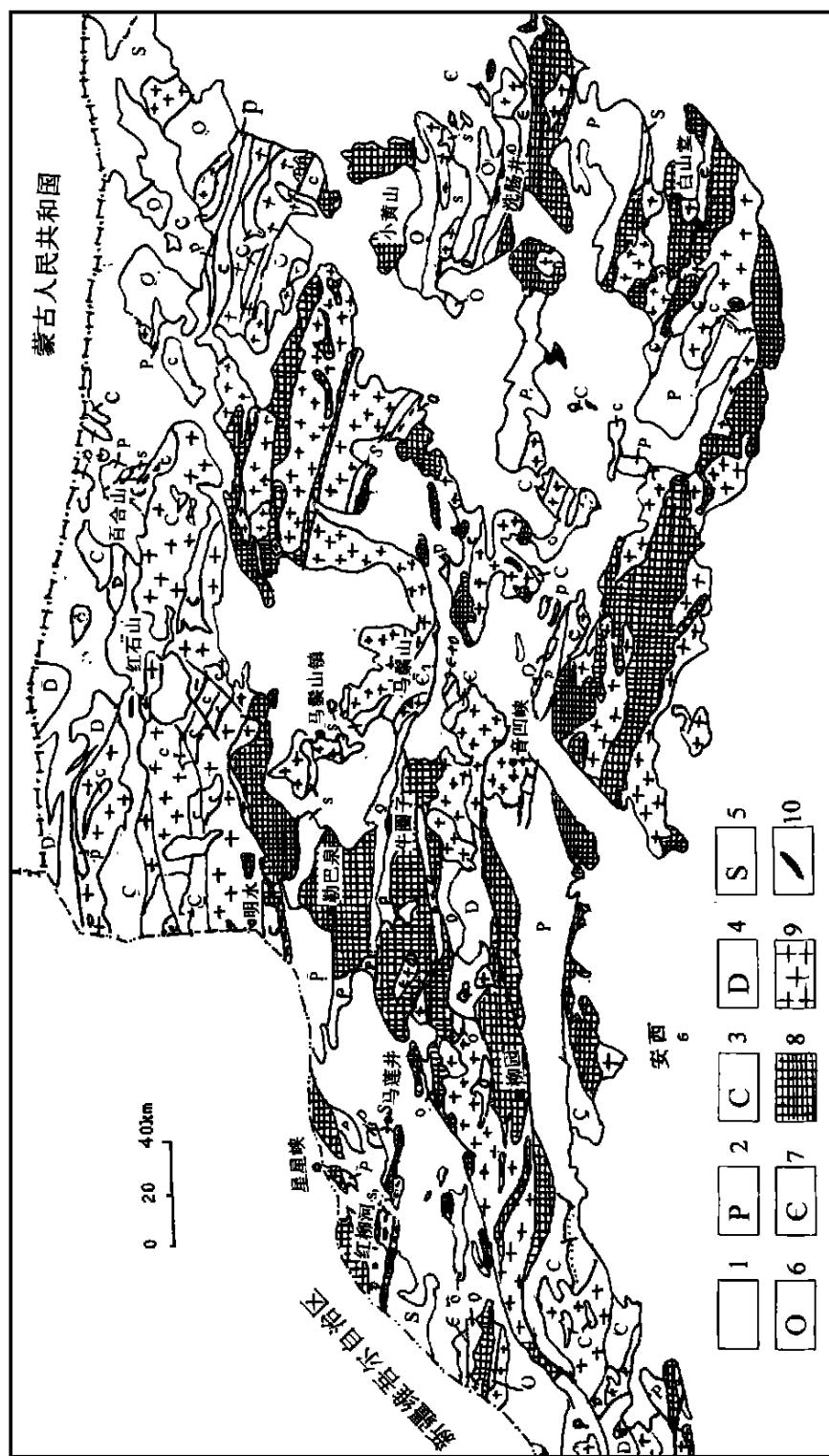


图1 北山地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map in Beishan, Gansu  
 1. 中新生代; 2. 二叠系; 3. 石炭系; 4. 泥盆系; 5. 志留系; 6. 奥陶系;  
 7. 寒武系; 8. 前寒武系; 9. 不同时期花岗岩类; 10. 超基性岩

呈岩株分布其中，并有代表碰撞造山运动的花岗闪长岩、花岗岩、闪长岩等岩体出现。北山北部红石山—百合山一带，石炭纪强烈扩张的伸展裂谷作用形成具洋壳性质的蛇绿岩带，由超镁铁质岩-单辉辉橄榄岩、斜辉辉橄榄岩、二辉橄榄岩、纯橄榄岩、堆晶辉长岩、辉长岩、玄武岩和硅质岩组成，呈构造岩片状产出。据玄武岩微量元素判别，其属大洋玄武岩。石炭纪末，该带发生俯冲和弧-弧碰撞造山，二叠纪出现双堡期巨厚磨拉石沉积。

自古生代以来，北山地区明显受到阿尔金北东向左行走滑断裂的影响，并随其产生韧性剪切带和糜棱岩化，分割和位移地质体的空间关系，尤其是早古生代洗肠井—牛圈子蛇绿岩带，明显被分割成白云山—洗肠井蛇绿岩段、通畅口—牛圈子蛇绿岩段、白玉山—红柳河蛇绿岩段。阿尔金断裂在北山地区的影响对该区地质构造演化具有重要的意义（图1）。

## 2 牛圈子蛇绿岩地质特征

牛圈子蛇绿岩已被构造分解为构造岩片等。一系列逆冲断裂表现为叠瓦状构造（图2）。蛇绿岩变形变质强烈，韧性剪切发育，糜棱岩化普遍。

### 2.1 超镁铁质岩岩石类型及特征

超镁铁质岩主要为尖晶石二辉橄榄岩，少量的辉橄榄岩、辉石岩。尖晶石二辉橄榄岩蛇纹石化强烈，以叶蛇纹石和胶蛇纹石为主（50%~60%），网状结构。主要矿物为单斜辉石-普通辉石、透辉石（15%）和斜方辉石-紫苏辉石和顽火辉石（5%）；次要矿物尖晶石为镁铁尖晶石（2%~15%），尖晶石二辉橄榄岩  $m/f$  为 4.34~5.77，属镁质超基性岩， $[M] = M \text{ g} / (M \text{ g} + <\text{Fe}>)$  介于 0.821~0.925， $[M]$  大于原始岩浆  $[M]$  值，接近残留地幔岩  $[M]$  值（0.89~0.92）。岩石化学组分具有低硅 ( $\text{SiO}_2 < 43\%$ )、低铝或贫铝特征，稀土元素配分模式呈稍左倾的平坦型， $(\text{La/Yb})_N$  为 0.48。

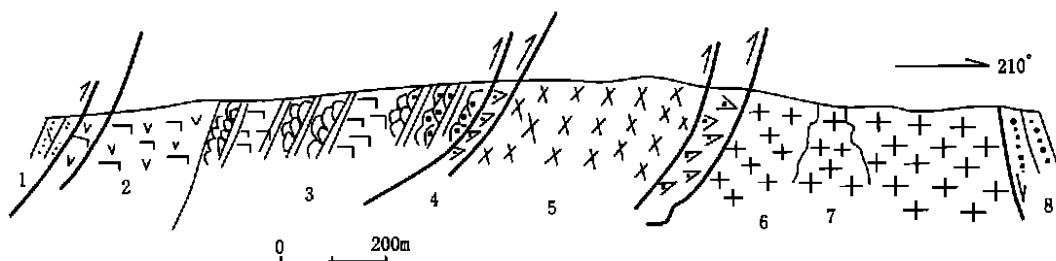


图2 野马街南蛇绿岩剖面图

Fig. 2 Ophiolite profile in south of Yemajie

1. 凝灰质砂岩
2. 细碧岩夹安山岩、英安岩及黑色硅质岩
3. 块状与枕状细碧岩、粒玄岩夹泥质凝灰板岩底部有辉绿岩脉穿插
4. 超镁铁质岩
5. 堆晶辉长岩
6. 晚期侵入花岗岩
7. 晚期侵入闪长岩
8. 二叠纪杂砂岩夹薄层灰岩及泥质灰岩凸镜体

### 2.2 镁铁质辉长岩类岩石类型及特征

辉长岩类岩石由堆晶辉长岩和伟晶状辉长岩及辉绿岩（墙）组成。辉长岩具韵律性结构；

辉绿岩(墙)穿插在基性熔岩中, 具有冷凝边构造; 堆晶辉长岩具有粒径大小不一的浅色矿物和暗色矿物含量变化的堆晶构造。辉石为单斜辉石—普通辉石和透辉石, 并产生角闪石化和绿帘石化。镜下斜长石多发生钠黝帘石化及绢云母化, 麻棱岩化强烈并有搓碎现象。

### 2.3 基性熔岩特征

基性熔岩属拉斑玄武岩系列岩石, 少数蚀变强烈者落入钙碱性岩区。其变异趋势与深海拉斑玄武岩相近, 除个别蚀变岩石外,  $\text{SiO}_2$  变化在  $46.89\% \sim 49.32\%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  含量在  $3.41\% \sim 5.59\%$  间, 属已演化的岩浆形成的细碧质岩石。岩石微量元素与大洋拉斑玄武岩对比, 大离子亲石元素  $\text{Sr}$ 、 $\text{K}$ 、 $\text{Rb}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Th}$  富集,  $\text{P}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Hf}$ 、 $\text{Sm}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Yb}$  亏损,  $\text{Sc}$ 、 $\text{Cr}$  不同层位熔岩中则表现为富集或亏损。利用  $\text{Ti-Zr-Y}$ 、 $\text{Nb-Zr-Y}$  及  $\text{Ti-V}$  图解判别其形成环境, 基性熔岩形成于大洋环境。稀土元素  $\sum \text{REE}$ :  $52.82 \times 10^{-6} \sim 76.28 \times 10^{-6}$ ,  $(\text{L}/\text{H})_{\text{N}}$ :  $2.11 \sim 2.81$ ,  $\delta \text{Eu} 0.78 \sim 0.98$ ,  $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ :  $1.64 \sim 2.31$ , 稀土元素配分模式为呈略有右倾的平坦型, 与过渡型洋中脊 (T-MORB) 配分模式相近, 亦与富集型 (E型) 地幔源区有关联。

### 2.4 硅质岩特征

硅质岩常夹于基性熔岩层中部或上部, 颜色为灰白—黑灰色, 花岗变晶结构。硅质岩中尚未发现放射虫化石。

牛圈子蛇绿岩各类岩石发育齐全, 包括变质橄榄岩(尖晶石二辉橄榄岩、辉橄榄岩、辉石岩)、堆晶辉长岩(堆晶辉长岩、伟晶辉长岩)、基性熔岩(粒玄岩、细碧岩)、辉绿岩墙(群)及深海沉积物(硅质岩、泥质板岩及少量薄层灰岩)。为具洋壳性质的蛇绿岩。

## 3 牛圈子蛇绿岩同位素特征

铷-锶同位素测定结果(表1)、(图3)。测定对象为基性熔岩(图4), 年龄为  $463 \pm 18 \text{ Ma}$  (1 $\sigma$ )。据王鸿祯(1990)地质年代表, 其时代相当中奥陶世至晚奥陶世早期。锶同位素初始值  $\Sigma \text{Sr}$  为  $0.70649 \pm 0.0033$  (1 $\sigma$ ), 岩石严重受到壳层物质的混染和海水的污染。

表1 蛇绿熔岩 Rb-Sr 同位素数据

Tab. 1 Rb-Sr isotopic data from ophiolite lava

序号	样号	测定对象	$W(\text{Rb})/10^{-6}$	$W(\text{Sr})/10^{-6}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (1 $\sigma$ )
1	98YT-1	细碧岩	51.45	325.1	0.456 3	$0.70891 \pm 0.00004$
2	98YT-4	细碧岩	46.56	650.4	0.206 5	$0.70792 \pm 0.00005$
3	98YT-6	细碧岩	21.82	202.1	0.311 3	$0.70954 \pm 0.00004$
4	98YT-7	细碧岩	86.15	76.44	3.256	$0.72820 \pm 0.00003$
5	98BS-7	细碧岩	2.772	308.5	0.025 9	$0.70668 \pm 0.00006$
6	98BS-8	细碧岩	9.689	312.9	0.089 27	$0.70742 \pm 0.00007$
7	98BS-9	细碧岩	80.59	288.5	0.805 5	$0.71075 \pm 0.00001$

注: 测定单位, 宜昌地质矿产研究所同位素室。

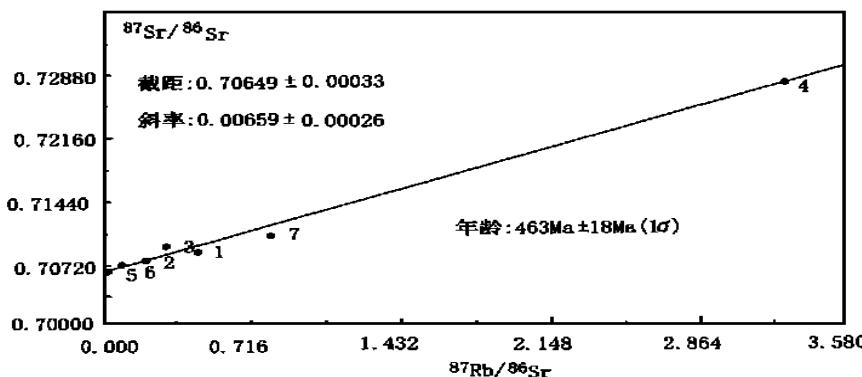


图3 钡-锶同位素等时线

Fig. 3 Isochronism of Rb-Sr isotope

## 4 讨论和结论

牛圈子蛇绿岩套前人曾划分为中上志留统公婆泉群和勒巴泉群两套岩石。主要依据为：根据晚期左行走滑断裂及韧性剪切作用将统一的蛇绿岩分开。牛圈子蛇绿岩 Rb-Sr 同位素等时线年龄与洗肠井蛇绿岩根据硅质岩放射虫所厘定的时代一致，时代相当中奥陶世至晚奥陶世早期，这表明洗肠井蛇绿岩与牛圈子蛇绿岩属同一时代同一洋盆蛇绿岩，只是受到后期阿尔金左行走滑断裂的影响将其错开。牛圈子蛇绿岩与西部的红柳河蛇绿岩，亦以阿尔金左行走滑断裂组将其分割而偏南。红柳河蛇绿岩时代曾根据砂岩夹灰岩中的珊瑚化石厘定为中晚志留世，但砂岩夹灰岩不属蛇绿岩深海沉积物。所以红柳河蛇绿岩尚缺少可靠的年代依据。

北山地区早古生代洗肠井—牛圈子—红柳河蛇绿岩带，属洋壳型蛇绿岩。各岩石单元发育齐全，其特征相似。这条蛇绿岩带具有早古生代大地构造分割意义，是早古生代塔里木板块和哈萨克斯坦—准噶尔板块的缝合带。

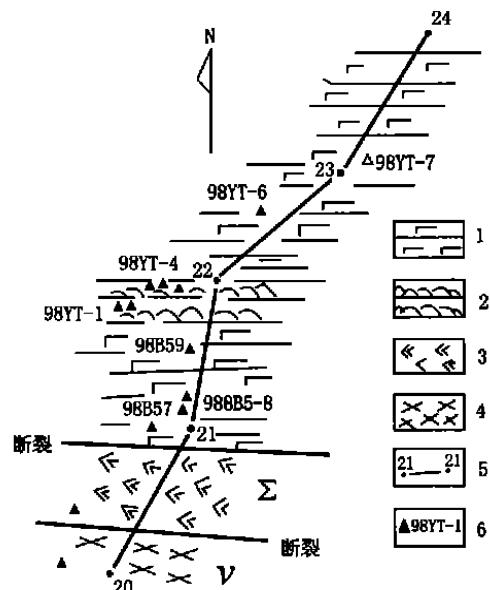


图4 钡-锶同位素采样位置图

Fig. 4 The sketch showing position of Rb-Sr isotopic sampling

1. 基性熔岩;
2. 枕状基性熔岩;
3. 超基性岩;
4. 辉长岩;
5. 实测剖面线位置;
6. 采样位置

## 参考文献:

- [1] 何国琦, 李茂松, 刘德全, 等. 中国新疆古生代地壳演化及找矿 [M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1994.
- [2] 左国朝, 何国琦, 等. 北山板块构造 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1990.
- [3] 左国朝, 李茂松, 等. 甘、蒙北山地区早古生代岩石圈形成与演化 [M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1996.
- [4] 李志琛. 甘肃西部变质岩系时代的厘定及其意义 [J]. 甘肃地质科技情报, 1992, (3): 41-42.
- [5] 殷先明, 陶炳坤. 八十年代甘肃地质工作重要进展及 2000 年展望 [J]. 甘肃地质科技情报, 1992, (3): 1-11.
- [6] 左国朝. 北山地区马鬃山构造弧的有关地质特征 [J]. 甘肃地质科技情报, 1996, (3): 13-14.
- [7] 白云来. 甘、新交界黑山裂谷系统初步研究 [J]. 甘肃地质科技情报, 1998, (1-2): 17-23.

## Rb-Sr isotope age of Niuquanzi ophiolite and its tectonic significance in Beishan district, Gansu

REN Bing-chen, HE Shi-ping, YAO Wen-guang, FU Li-pu  
(Xian Institute of Geology and Mineral Resources, Xian 710054, China)

**Abstract:** The ophiolite of early Paleozoic time of Beishan in Gansu, affected by the Aljin N E left-lateral strike-slip fault, is divided into three sections which are Baiyunshan-Xichangjing, Tongchangkou-Niuquanzi and Baiyushan-Hongliuhe section. Niuquanzi ophiolite, developed all units of ophiolite and resembling eastern Xichangjing and western Hongliuhe ophiolite belonging to the type of oceanic crust ophiolite, is also the type of oceanic crust ophiolite. Its Rb-Sr isotope age is  $463 \pm 18$  Ma (middle Ordovician-early stage of late Ordovician), the same as age of Rediolaria in band of Xichangjing ophiolite and that of Hongliuhe ophiolite hasn't been determined. Recovering the tectonic, these three sections are one ophiolite zone of early Paleozoic. And it is a stylolitic zone between Tarim and Kazakhstan massif in Early Paleozoic.

**Keywords:** ophiolite; Rb-Sr isotope age; tectonic significance; Beishan district