

文章编号: 0455-2059(2007)03-0008-05

北祁连直河蛇绿岩的地质和地球化学特征

张翔^{1,2}, 张本旗^{1,2}, 芦青山¹, 王小平¹, 唐元³, 杜录平¹

(1. 甘肃省地矿局第二地质矿产勘查院, 甘肃 兰州 730020;

2. 中国地质大学资源学院, 湖北 武汉 430074;

3. 甘肃省地矿局地矿科技处, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 直河蛇绿岩是在北祁连造山带中新发现的, 该蛇绿岩由地幔橄榄岩、辉长辉绿岩、玄武岩、硅质岩等组成, 以构造岩片为接触关系。蛇绿岩中岩石地球化学特征表明, 该蛇绿岩具有大洋拉斑玄武岩的特征, 同时具有某些岛弧特征, 基性岩类的 REE 球粒陨石标准化配分模式为平坦型和 LREE 亏损型, 超基性岩为亏损地幔源和富集地幔物质加入的混合成因, 稀土分配型式不同于典型洋脊玄武岩, 源区为亏损地幔和富集地幔的混合源。北祁连自寒武纪末大陆裂解, 完成大陆裂陷向洋盆的转化, 至奥陶纪形成沟弧盆体系。直河蛇绿岩属于弧后盆地扩张环境的产物。

关键词: 蛇绿岩; 地球化学; 弧后盆地; 北祁连直河

中图分类号: P619; P215

文献标识码: A

北祁连是中国蛇绿岩保存较完整的地区, 可划分为南北两个带^[1-2], 南带自鹰嘴山经川刺沟至白银, 发育寒武纪末—早奥陶世洋脊环境蛇绿岩, 北带自昌马经民乐童子坝至景泰老虎山, 以早、中、晚奥陶世蛇绿岩为主^[3-8]。直河蛇绿岩位于北祁连北带蛇绿岩带的中部。前人对该带北部玉门昌马和南部景泰老虎山蛇绿岩开展过研究^[5-8], 由于受自然环境和交通状况的限制, 该带中部冷龙岭一带研究程度相对较低, 直河蛇绿岩的发现填补了该带绿岩研究的空白。

1 蛇绿岩的地质特征

研究区内出露地层主要以加里东期洋陆转化阶段奥陶系地层为主, 志留、泥盆系次之, 造山带盖层演化阶段石炭、二叠系少量出露。直河蛇绿岩分布于早奥陶世阴沟群下火山岩组中, 呈北西—南东向带状展布, 在测区南缘绵亘数百千米。岩性主要为中基性熔岩, 熔岩碎屑岩夹少量砂、泥质板岩、千枚岩、千枚状砂岩等; 熔岩以基性玄武岩及安山岩为主, 局部夹安山玢岩、玄武质安山岩及英安岩等。

1.1 地质特征

蛇绿岩主要出露在直河—干树湾一带(图 1), 经剖面测制和地质填图, 区内蛇绿岩的岩石组合

由 3 个单元组成: 变质橄榄岩、深成杂岩和喷出岩。深成杂岩包括超基性岩、辉长岩和斜长岩, 基性火山岩为玄武岩—安山岩组合, 出露于阴沟群上火山岩组中上部, 属水下喷溢相堆集的产物, 玄武岩枕状构造发育, 底部见较薄的气孔带, 且爆发、溢流与正常沉积岩相间, 韵律性沉积明显。在安山岩中发现硅质岩和碧玉岩。超基性岩片与基性火山岩呈糜棱岩带接触, 带宽多于 10 m。辉长岩与超基性岩呈构造岩片接触(图 2)。

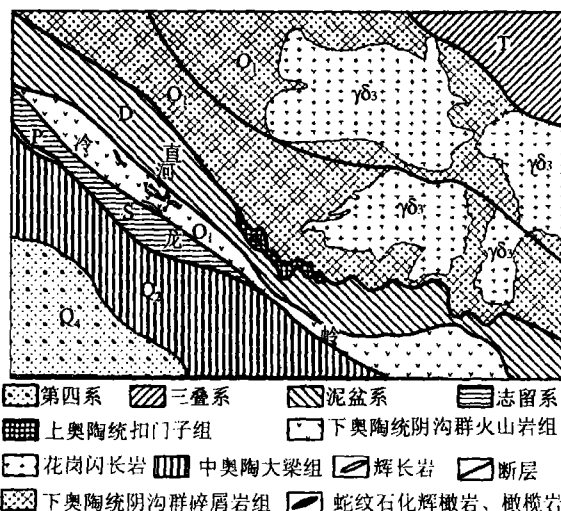


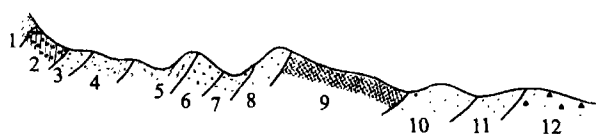
图 1 直河蛇绿岩区域地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of ophiolites in Zhihe

收稿日期: 2006-11-03. 修改稿收到日期: 2007-01-31.

基金项目: 国家大调查项目(P2005-02)和青海省大调查项目(03)资助。

作者简介: 张翔(1966-), 男, 陕西子洲人, 高级工程师, 研究方向为区域地质与成矿地质, E-mail: xzhang-88@163.com.



1 志留系砂岩; 2 火山角砾岩; 3 辉长岩; 4 安山岩; 5 硅质岩; 6 闪长玢岩; 7 安山岩; 8 蚀变辉长岩; 9 枕状玄武岩; 10 蛇纹石化辉橄岩; 11 辉长岩; 12 安山质角砾熔岩

图2 直河铁矿沟蛇绿岩地质剖面

Fig. 2 Geological cross-section of ophiolites in Tiekuanggou of Zhihe

1.2 岩相学特征

1.2.1 变质橄榄岩单元

变质橄榄岩单元分布在蛇绿岩剖面的底部, 主要由蛇纹岩、蛇纹石化辉橄岩组成。

蛇纹岩 呈岩枝状产出, 岩体局部蚀变强烈, 在边缘呈现灰白色纤闪石化带; 中部岩体与辉长岩呈一逆断层接触。由蛇纹石化92%~96%(纤维状蛇纹石80%±, 胶蛇纹石15%±), 葡萄石5%±及少量黄铁矿等组成。

蛇纹石化辉橄岩 出露宽度130 m, 与蛇纹岩、辉长岩均无明显界线, 呈相变过渡关系, 由辉石(12%~18%)、橄榄石(80%~85%)及磁铁矿(1%±)组成。

1.2.2 深成杂岩单元

深成杂岩单元包括辉长岩、镁铁质及超镁铁质堆晶岩。区内在铁矿沟东依次见由(超基性岩)蛇纹岩、辉长岩、斜长岩组成的深成杂岩体。

辉长岩 局部蚀变, 呈纤闪石化辉长岩, 岩体边缘形成灰白色纤闪石化带, 一般宽1~2 m, 由斜长石(65%~70%)及辉石(30%~35%)组成。

辉绿岩 岩石灰、灰绿色, 主要矿物由斜长石(50%~55%)、暗色矿物(40%~45%)和磁铁矿(5%)等组成。暗色矿物被绿帘石和绿泥石交代, 粒径0.1~0.3 mm。

斜长岩 宽约5~15 m, 长200~230 m, 由斑晶15%(斜长石)、基质85%±(斜长石55%±、隐晶质集合体30%±)及黄铁矿<1%组成。

1.2.3 喷出杂岩

蛇绿岩顶部喷出岩层由枕状玄武岩、安山岩、安山角砾熔岩及火山角砾岩、凝灰岩等组成。火山角砾岩—火山角砾熔岩—变晶屑凝灰岩及玄武质火山集块岩—火山角砾岩—含角砾玄武岩—蚀变玄武岩组合均属近火山口相堆积产物, 粗碎屑堆积物多为中基性, 凝灰质细粒沉积物少见。

枕状杏仁状玄武岩 褐红色、紫红色, 玻璃质—隐晶质结构, 杏仁状构造: 岩石由杏仁体(15%±)及基质(85%±)组成。杏仁体为圆状、椭圆状, 个别杏仁体由单晶石英组成, 基质由隐晶质和玻璃质组成, 玻璃质为红褐色, 为铁质氧化物所染色, 部分脱玻形成隐晶质。隐晶质从光性上看为斜长石和石英微粒。

安山岩 灰绿、灰紫色, 斑状结构, 块状构造。斑晶为斜长石(25%±)及暗色矿物(10%±), 粒径0.2~1.4 mm, 大多为0.6~0.8 mm, 斜长石具绢云母化、碳酸盐化, 暗色矿物多被帘石及绿泥石取代。

岩屑火山角砾熔岩 灰绿色、黄绿色, 岩屑火山角砾熔岩结构, 块状构造。碎屑(4%)多由辉长岩岩屑, 玄武岩岩屑组成, 少部分由辉石晶屑、斜长石晶屑等组成。火山角砾砾径为1~4 cm, 呈次棱角状, 角砾(90%)为辉长岩, 玄武岩; 胶结物(2%±)为熔岩, 具隐晶质结构。

火山角砾岩 灰绿色, 岩石由火山角砾(97%±)及火山灰(3%±)胶结而成; 火山角砾呈角砾状, 砾径2.4~10 mm, 个别可达30 mm以上, 由不同结构的玄武岩组成, 玄武岩有间隐结构、间粒结构、隐晶结构。

碧玉岩 紫红色、灰黑色、隐晶结构。岩石由蛋白石、微粒石英、铁质矿物及玉髓等组成。岩石破碎, 蛋白石(80%±)具隐晶质结构, 玉髓(1%)为球粒状集合体, 铁质矿物(20%±)均匀分布。

硅质岩 灰白色、隐晶—显微隐晶质结构。岩石由微粒石英(95%±), 显微鳞片绢云母(1%)及隐晶质(5%±)等组成。

2 地球化学特征

为探讨蛇绿岩的形成环境, 对直河蛇绿岩的3个单元中采集的样品进行了化学分析(表1)。

2.1 常量元素地球化学特征

所采的055W28, 055W30号样品分别为辉橄岩, 辉橄岩已蛇纹石化, SiO₂质量分数均小于40%, MgO质量分数各为33.23%, 32.49%, CaO质量分数较低。本区基性火山岩(055W22, 055W23)的SiO₂质量分数平均约50%, Al₂O₃质量分数较高, 平均为16.32%, K₂O+Na₂O的质量分数平均为5.05%, 在图3中投入拉斑玄武岩区。图3中玄武岩样品投入洋脊玄武岩区, 仅一个样投入造山带区, 显示本区玄武岩受到一定程度的陆壳混染。

表 1 直河蛇绿岩代表性岩石化学、稀土和微量元素组成

Tab. 1 Major and trace element composition of the ophiolites in Zhihe

岩石	%															
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	CO ₂	LOI	Cr	Ni
玄武岩(055W-7)	56.92	1.010	15.39	1.920	7.50	0.124	4.50	2.10	5.670	0.068	0.126	4.26	1.520	4.42	5.1	10.9
玄武岩(055W-8)	48.74	0.735	18.21	4.200	7.34	0.139	7.94	2.21	5.590	0.218	0.087	5.54	0.138	4.26	26.1	19.6
玄武岩(055W-19)	49.53	0.971	15.17	0.985	9.27	0.276	9.94	4.54	3.660	0.261	0.115	4.17	0.177	4.10	138.0	38.3
玄武岩(055W-23)	49.10	0.992	13.86	1.310	8.29	0.187	8.55	9.25	3.400	0.478	0.099	3.06	0.489	3.25	304.0	84.3
辉长岩(055W-25)	48.97	0.228	16.78	0.763	4.35	0.132	7.42	13.71	3.480	0.082	0.031	3.34	0.606	3.96	401.0	114.0
辉长岩(055W-26)	45.90	0.118	19.86	0.296	3.60	0.087	8.40	13.12	3.110	0.092	0.062	4.14	0.415	5.31	872.0	194.0
辉长岩(055W-27)	46.02	0.195	16.16	1.420	4.47	0.119	11.48	12.95	2.020	0.040	0.032	3.23	0.636	4.58	669.0	172.0
辉橄岩(055W-28)	36.44	0.122	5.78	4.950	3.03	0.149	33.23	3.48	0.523	0.017	0.023	11.40	0.221	11.80	2410.0	1660.0
辉橄岩(055W-30)	37.90	0.104	5.47	3.460	4.85	0.138	32.94	2.52	0.558	0.022	0.030	11.34	0.235	11.64	1530.0	1650.0
	Co	V	Sn	W	Rb	Cs	Ba	Sr	Li	Ta	Nb	Hf	Zr	Th	U	F
玄武岩(055W-7)	34.5	258	3.80	0.41	2.1	1.7	17.10	34.80	8.1	0.25	2.17	2.19	51.9	3.08	0.79	156.0
玄武岩(055W-8)	40.9	402.0	5.60	0.41	4.0	1.8	51.00	113.00	11.6	0.25	2.12	2.57	47.9	1.95	1.07	325.0
玄武岩(055W-19)	35.4	350.0	5.00	0.16	3.5	1.2	110.00	63.10	12.1	0.25	1.29	3.86	117.0	3.33	0.64	219.0
玄武岩(055W-23)	41.1	294.0	3.00	0.16	6.9	1.4	35.70	130.00	18.4	0.25	0.42	2.30	64.6	4.43	0.42	119.0
辉长岩(055W-25)	32.4	136.0	1.95	0.16	2.5	2.2	16.10	56.40	6.3	0.25	0.50	1.56	48.2	1.29	0.32	60.4
辉长岩(055W-26)	34.4	74.4	4.40	0.24	1.9	2.2	7.90	84.40	9.9	0.25	0.88	1.22	33.1	1.32	0.71	35.0
辉长岩(055W-27)	39.6	120.0	0.76	0.71	2.0	1.9	9.52	109.00	4.6	0.25	0.78	1.26	39.3	1.36	0.42	68.6
辉橄岩(055W-28)	96.6	30.2	0.76	0.16	21.2	5.1	2.50	0.50	5.9	0.25	0.27	1.26	35.4	1.30	0.57	56.7
辉橄岩(055W-30)	101.0	33.3	0.65	0.16	2.6	2.3	2.50	3.21	6.3	0.25	0.50	1.59	42.6	1.46	0.64	33.6
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	
玄武岩(055W-7)	3.14	7.60	0.96	5.45	2.03	0.69	2.95	0.540	4.24	0.860	2.89	0.420	3.22	0.450	22.20	
玄武岩(055W-8)	3.16	7.25	1.04	5.03	1.69	0.60	2.57	0.500	3.45	0.730	2.15	0.360	2.16	0.340	17.90	
玄武岩(055W-19)	6.74	12.7	1.63	7.33	2.28	0.83	3.40	0.620	4.18	0.920	2.63	0.380	2.27	0.330	21.20	
玄武岩(055W-23)	1.62	5.25	1.20	6.13	2.55	0.94	3.91	0.770	5.64	1.150	3.65	0.550	3.66	0.470	29.10	
辉长岩(055W-25)	1.86	3.71	0.48	2.58	0.81	0.32	1.07	0.190	1.32	0.320	0.84	0.130	0.74	0.110	6.38	
辉长岩(055W-26)	0.31	0.85	0.13	0.77	0.24	0.16	0.34	0.069	0.61	0.150	0.40	0.060	0.31	0.049	3.00	
辉长岩(055W-27)	1.39	3.00	0.35	1.53	0.47	0.44	0.95	0.170	1.17	0.250	0.79	0.120	0.65	0.110	4.72	
辉橄岩(055W-28)	1.54	2.09	0.12	0.47	0.15	0.12	0.33	0.057	0.40	0.077	0.34	0.052	0.30	0.054	1.94	
辉橄岩(055W-30)	1.49	2.62	0.26	1.17	0.35	0.12	0.39	0.059	0.42	0.088	0.27	0.040	0.27	0.040	2.54	

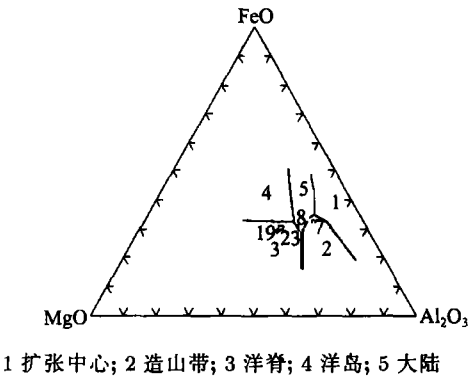


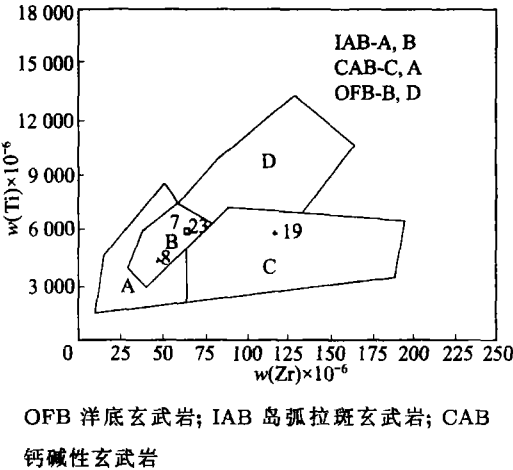
图 3 玄武岩 FeO-MgO-Al₂O₃ 图解

Fig. 3 Diagram of FeO-MgO-Al₂O₃

2.2 微量元素地球化学特征

本区辉橄岩 Cr、Ni 质量分数较高,玄武岩在 Ti-Zr 判别图(图 4)和 Ti-Zr-Sr 判别图(图 5)中投入到洋脊玄武岩,其中一个样品投在岛弧拉斑玄武岩区。其微量元素 MORB 标准化分配型式见图 6。Sr-Ta 相对于 N-MORB 呈富集型态,其中 Th、Ba,

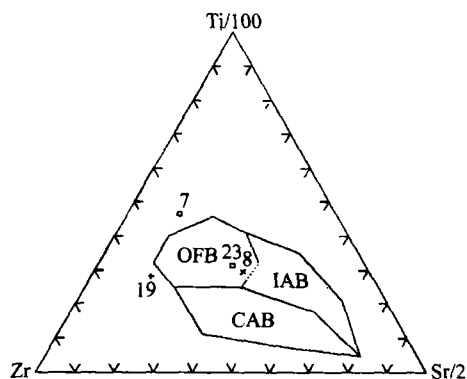
Ta 的不相容性最为明显,故富集程度也较高。Yb-Cr 低于 N-MORB 标准值。Yb、Sc、Cr 相对于地幔矿物相来说为相容元素,部分熔融时仍保留在残留固相中。



OFB 洋底玄武岩; IAB 岛弧拉斑玄武岩; CAB 钙碱性玄武岩

图 4 Ti-Zr 图解

Fig. 4 Diagram of Ti-Zr



OFB 洋底玄武岩; IAB 岛弧拉斑玄武岩; CAB 钙碱性玄武岩

图5 玄武岩 Ti-Zr-Sr 图解

Fig. 5 Diagram of Ti-Zr-Sr

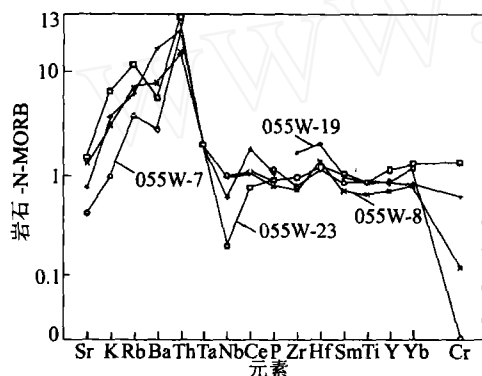


图6 以N-MORB为标准的微量元素蛛网图

Fig. 6 N-MORB-normalised spidergrams

2.3 稀土元素地球化学特征

研究区辉橄岩和辉长岩及变玄武岩样品的球粒陨石标准化稀土分配型式见图7。几乎所有岩石显示出平坦或是轻稀土元素亏损的曲线,非常类似于来自于亏损地幔源区的洋中脊玄武岩(MORB),仅有一个样品轻稀土元素稍微富集。这一特征非常相似于产于洋内岛弧系统的Mariana弧后盆地玄武岩,其中辉橄岩(28, 30)号样的 $w(\text{LREE})/w(\text{HREE})$ 为1.26~1.45,分别显示出LREE相对富集、HREE近平坦的两种型式。说明超基性岩为亏损地幔源和富集地幔物质加入的混合成因。而辉长岩和玄武岩的样品 $w(\text{LREE})/w(\text{HREE})$ 为0.36~0.87,显示为LREE亏损的平坦型,该稀土分配型式不同于典型洋脊玄武岩,其源区可能为亏损地幔和富集地幔的混合源,反映了地幔的不均一特征。

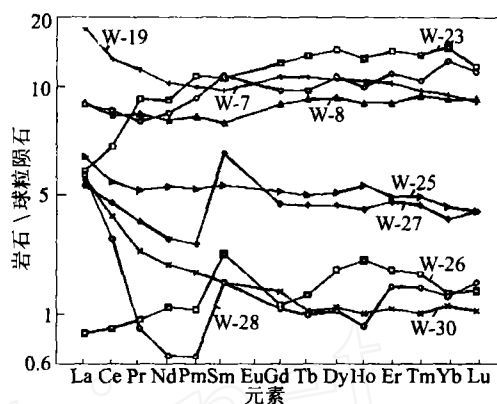


图7 直河蛇绿岩的REE配分模式

Fig. 7 Chondrite-normalized REE patterns of the ophiolites in Zhihe

3 结论及探讨

蛇绿岩的岩石组合从下至上分为4个单元:变质橄榄岩单元、深成杂岩单元、席状岩墙群杂岩单元和喷出岩单元^[9-11]。在直河发现由变质橄榄岩单元、深成杂岩单元和喷出岩单元组成的蛇绿岩。直河蛇绿岩的发现丰富了祁连造山带蛇绿岩研究的内容。

直河蛇绿岩属下奥陶统阴沟群下部火山岩,主要由镁铁质岩类组成,包括基性熔岩、辉长岩、及超基性岩等。基性熔岩是直河蛇绿岩最主要的组成岩石,分布广泛。辉长岩多呈岩墙状或构造岩块状侵位于玄武岩中。

蛇绿岩中岩石地球化学特征表明,该蛇绿岩具有大洋拉斑玄武岩的特征,同时具有某些岛弧特征。基性岩类的REE球粒陨石标准化配分模式为平坦型和LREE亏损型,超基性岩为亏损地幔源和富集地幔物质加入的混合成因,稀土分配型式不同于典型洋脊玄武岩,其源区可能为亏损地幔和富集地幔的混合源,反映了地幔的不均一特征。微量元素的环境判别图式都表明该蛇绿岩的生成环境是弧后盆地。

北祁连自寒武纪末大陆裂解,完成大陆断陷向洋盆的转化,至奥陶纪形成沟弧盆体系,与之相伴生的弧后拉伸盆地形成边缘盆地,从而产生弧后盆地和残余岛弧的相间排列^[4],直河蛇绿岩即属于弧后盆地扩张环境的产物。

参 考 文 献

- [1] 范育新,白云来. 甘肃西部马鬃山超镁铁质杂岩岩石学地球化学信息及意义[J]. 兰州大学学报:自然科学版, 2003, 39(4): 93-97.

- [2] 张旗. 蛇绿岩与地球动力学研究[M]. 北京: 地质出版社, 1996: 22-30.
- [3] 张旗, 肖序常. 中国蛇绿岩研究概述[J]. 岩石学报, 1995, 11(增刊): 1-9.
- [4] 夏林圻, 夏祖春. 祁连山及邻区火山作用及成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 56-58.
- [5] 汤中立. 华北古陆西南缘(龙首山—祁连山)成矿系统及成矿构造动力学[M]. 北京: 地质出版社, 2002: 4-5.
- [6] 杜远生, 朱杰, 韩欣, 等. 从弧后盆地到前陆盆地——北祁连造山带奥陶纪—泥盆纪的沉积盆地与构造演化[J]. 地质通报, 2004, 23(2): 92-98.
- [7] 冯益民, 吴汉泉. 北祁连山及其邻区古生代以来大地构造演化初探[J]. 西北地质科学, 1992, 13(2): 61-74.
- [8] 张招崇, 毛景文, 左国朝, 等. 北祁连西段中元古代早期蛇绿岩的发现及其地质意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1998, 17(2): 114-118.
- [9] 左国朝, 刘义科, 张崇. 北祁连造山带中—西段陆壳残块群的构造—地层特征[J]. 地质科学, 2002, 37(3): 48-58.
- [10] 张旗, 孙晓猛, 周德进, 等. 北祁连蛇绿岩的特征、形成环境及其构造意义[J]. 地球科学进展, 1997, 12(4): 64-91.
- [11] 张旗, 钱青, 王焰. 蛇绿岩岩石组合及洋脊下岩浆作用[J]. 岩石矿物杂志, 2003, 3(1): 1-6.

Discovery of ophiolites belts and tectonic implication around Zhihe in the North Qilian

ZHANG Xiang^{1,2}, ZHANG Ben-q^{1,2}, LU Qing-shan¹,
WANG Xiao-ping¹, TANG Yuan³, DU Lu-ping¹

- (1. Second Institute of Geology and Mineral Resources, Gansu Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Lanzhou 730020, China;
- 2. School of Resources, China University of Geo-science, Wuhan 430074, China;
- 3. Department of Geology Science and Technology, Gansu Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The ophiolites belts of Zhihe was discovered in the orogen of the North Qilian. It is composed of mantle-peridotites, dolerites, gabbros, basalts and silicon rocks. All the rocks units has contact with structure slice. The major and trace elements characteristics indicate that the ophiolites contain ocean tholeiitic basalt, but also some character of island arc. REEs of mafic rocks in distribution patterns are basically of plain style and LREE with a little depletion. REEs of ultra-mafic rocks indicate that the rocks are composed of deplete mantle and rich mantle at the same time. The REEs distribution patterns are different from that of typical ocean ridge basalts, suggesting the formed environment in a small ocean basin or an unmaturred ocean basin. According to our study and by combing regional geology and former study, we can outline the tectonic evolution of this area. The North Qilian continental split in later cambrian period had intensively extended and formed a broader ocean. And towards Ordovician it became a trench-arc-basin system. The ophiolites belts of Zhihe belong to back-arc basin extended production. This study of the ophiolites belts has great geological implications for Qilian orogen.

Key words: ophiolites belts; geochemistry; back-arc basin; Zhihe in the North Qilian