

doi:10.3799/dqkx.2012.002

内蒙古达茂旗胡吉尔特晚泥盆世蛇绿岩的发现及其地质意义

李尚林¹, 王训练², 段俊梅¹, 龙文华³, 马伯永⁴, 杨文瑞⁵

1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西西安 710054
2. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083
3. 广东省地质环境监测总站, 广东广州 510510
4. 中国地质图书馆, 北京 100083
5. 中国冶金地质勘查工程总局第一地质勘查院, 北京 101601

摘要: 在内蒙古胡吉尔特一带进行 1:50 000 区域地质调查, 发现超基性岩、堆积杂岩、辉绿岩墙群及基性枕状熔岩夹大洋放射虫硅泥质岩组合, 呈现典型的蛇绿岩特征, 其地球化学资料显示为大洋中脊环境。锆石 U-Pb 年龄为 371.0 ± 5.3 Ma, 为晚泥盆世, 表明这一地区晚古生代有洋壳存在, 是古亚洲洋的一部分, 可能为西伯利亚板块与中朝板块之间多岛洋古地理格局中洋盆的一支, 并非位于中朝板块内部, 推测中朝板块的北缘位于胡吉尔特一带之南。

关键词: 蛇绿岩; 地槽褶皱系; 板块边界; 晚泥盆世; 胡吉尔特; 岩性; 地球化学。

中图分类号: P535 **文章编号:** 1000-2383(2012)01-0018-07 **收稿日期:** 2010-05-26

Findings and Its Geological Significance of the Upper Devonian Ophiolite in Huijierte Area, Damao County, Inner Mongolia, China

LI Shang-lin¹, WANG Xun-lian², DUAN Jun-mei¹, LONG Wen-hua³, MA Bo-yong⁴, YANG Wen-rui⁵

1. Xi'an Center of Geological Survey, Xi'an 710054, China
2. Faculty of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China
3. Geo-Environmental Monitoring Central Station of Guangdong Province, Guangzhou 510510, China
4. China Geological Library, Beijing 100083, China
5. The First Institute of Geological Exploration, China Metallurgical Geology Exploration Engineering Bureau, Beijing 101601, China

Abstract: Assemblages of the Upper Devonian ultrabasic rock, cumulative complex, diabase-dike swarm as well as basic pillow lava nipping radiolarian Si-sargillaceous rocks are discovered in Huijierte area, Inner Mongolia, China. They are typical ophiolite, which geochemical compositions accord with the characteristics of MORB. The age of 371.0 ± 5.3 Ma using zircon U-Pb geologic dating method shows that there is the Upper Paleozoic era oceanic crust in this area, being a part of the Paleo-Asiatic Ocean, it is possibly a branch of ocean basin in archipelago paleogeographic pattern between the Siberian plate and the Sino-Korean plate, not inner the Sino-Korean plate, a northern part of the Sino-Korean plate should be on the south of Huijierte at the least.

Key words: ophiolite; geosynclinal fold system; plate boundary; Upper Devonian; Huijierte; lithology; geochemistry.

内蒙古达茂旗满都拉苏木南部胡吉尔特一带发育蛇绿岩。传统理论位于天山—兴蒙地槽区, 内蒙古中部地槽褶皱系(内蒙古自治区地质矿产局, 1991, 1996)。一些学者依据板块构造理论, 认为这一地区

位于中朝板块内部, 而中朝板块与西伯利亚板块之间的对接带位于北部的蒙古人民共和国(曹从周等, 1986; 内蒙古自治区地质矿产局, 1991, 1996; 包志伟等, 1994; 梁日暄等, 1994; Robinson *et al.*, 1994)。

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 40172014); 南亚地区基础地质图件编制与成矿地质背景研究项目(No. 1212011120333)。

作者简介: 李尚林(1961—), 男, 博士, 教授级高级工程师, 从事地层学及区域地质研究。E-mail: shanglinli@tom.com

1995; 何国琦和李茂松, 1996; 唐克东和邵济安, 1996; 王玉净和樊志勇, 1997; 张臣和吴泰然, 1999; 孙德有等, 2000; 高计元等, 2001; 徐备等, 2001; 张旗和周国庆, 2001). 一般认为研究区只有上石炭统本巴图组陆源碎屑岩夹碳酸盐岩及中酸性火山岩, 而无其他地质体(曹从周等, 1986; 内蒙古自治区地质矿产局, 1991, 1996; 包志伟等, 1994; 梁日暄等, 1994; 唐克东和邵济安, 1994; Robinson *et al.*, 1995; 何国琦和李茂松, 1996; 王玉净和樊志勇, 1997; 张臣和吴泰然, 1999; 孙德有等, 2000; 高计元等, 2001; 徐备等, 2001; 张旗和周国庆, 2001). 1995—1998 年, 内蒙古第一区域地质研究院在该区进行 1 : 50 000 区域地质调查, 发现该地区存在超基性岩、堆积杂岩、辉绿岩墙群及基性火山岩夹大洋含放射虫硅泥质岩组合, 呈现典型的蛇绿岩特征, 时代为晚泥盆世, 表明这一地区晚泥盆世仍有大洋存在, 不属于中朝板块内部, 而是古亚

洲洋的一部分, 可能属于西伯利亚板块与中朝板块之间多岛洋(兰朝利等, 2007; 韩国卿等, 2011)古地理格局中洋盆的一支, 中朝板块的北缘至少应位于胡吉尔特一带之南.

1 蛇绿岩的岩性组合特征

胡吉尔特蛇绿岩呈构造岩片产出(图 1), NEE 向展布, 出露面积大于 126 km², 与上覆上石炭统本巴图组(C₂bb)呈断层接触, 被上白垩统二连组(K₂e)不整合覆盖. 据其内部组合可划分为超基性岩、基性枕状熔岩夹含放射虫硅泥质岩组合、堆积杂岩、中酸性侵入岩和辉绿岩墙群. 各部分的特征如下.

1.1 超基性岩

超基性岩与围岩均为构造侵位, 呈岩块产出, 其形态各异、大小不等, 但多数地段为长轴平行构造带的走向, 具糜棱岩化. 由于构造挤压及风化作用, 岩

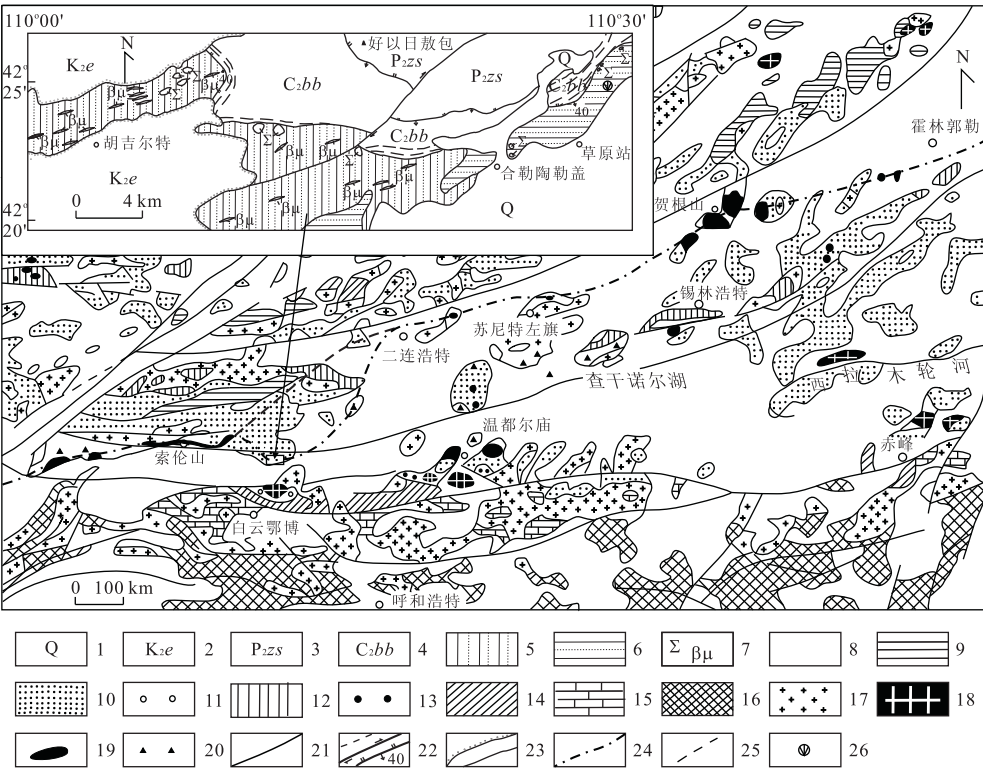


图 1 内蒙古及邻区蛇绿岩分布(据唐克东和邵济安, 1996 修改)

Fig. 1 Distribution map of the ophiolite in Inner Mongolia and its adjacent area

1. 第四系松散沉积物; 2. 上白垩统二连组; 3. 中二叠统哲斯组; 4. 上石炭统本巴图组; 5. 基性枕状熔岩夹含放射虫硅泥质岩组合; 6. 堆积杂岩及中酸性侵入岩; 7. 超基性岩(夸大表示)、辉绿岩墙群(夸大表示); 8. 新生代沉积盖层; 9. 中生代陆屑—碳酸盐沉积; 10. 晚古生代裂谷堆积; 11. 晚泥盆—早石炭世盖层沉积; 12. 志留—泥盆纪火山—沉积杂岩; 13. 晚志留世磨拉石; 14. 早古生代弧后沉积; 15. 新元古代和早古生代陆缘沉积; 16. 太古宙和元古宙结晶基底; 17. 花岗岩; 18. 奥陶纪火山弧; 19. 蛇绿岩; 20. 蛇绿混杂岩; 21. 断层; 22. 韧性剪切带、平移断层、逆断层及其倾向; 23. 不整合界线、地质界线; 24. 晚泥盆世蛇绿岩带; 25. 前人划分的晚泥盆世蛇绿岩带; 26. 锆石 U-Pb 法 371.0±5.3 Ma 年的采样位置

表 1 基性枕状熔岩的主量元素分析结果(%)
Table 1 Major elements (%) analytic data of basic pillow lava

序号	样品号	岩石名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	灼减	总量
1	6P1Gs2-1	硅化角砾状玄武岩	55.43	14.94	8.92	2.16	0.55	8.27	2.44	0.18	2.38	0.13	0.08	5.10	100.58
2	6P1Gs2-2	硅化角砾状玄武岩	49.72	16.94	7.87	5.76	0.58	6.94	4.04	0.18	2.18	0.23	0.41	5.68	100.53
3	6P2Gs3-2	蚀变玄武岩	54.99	15.80	6.19	3.90	0.33	8.52	3.89	0.38	3.25	0.13	0.38	1.46	99.22
4	6P2Gs23-2	玄武岩	57.89	15.06	4.74	4.80	0.32	6.66	3.29	0.36	2.99	0.23	0.15	3.71	100.20
5	6P3Gs7	杏仁状玄武岩	50.35	14.91	3.60	7.79	1.40	6.28	6.59	0.32	4.53	0.24	0.13	4.08	100.22
6	6P3Gs12-1	气孔状玄武岩	59.55	14.88	6.17	3.83	0.76	2.91	2.50	0.17	5.78	0.12	0.20	2.84	99.71
7	6Gs0189	蚀变玄武岩	53.65	13.05	6.51	5.95	2.50	5.16	4.45	0.39	4.78	0.21	0.29	3.17	100.11
8	6Gs1037	杏仁状玄武岩	61.49	14.03	4.60	3.34	1.05	3.10	2.82	0.29	6.21	0.11	0.73	2.30	100.07
9	6Gs4022-4	蚀变角斑岩	59.28	16.87	2.25	5.86	0.81	5.17	2.19	0.39	4.84	0.11	0.07	1.50	99.34
10	6P7Gs31-1	球粒石英角斑岩	70.21	13.16	2.82	2.38	0.27	2.80	0.96	0.08	5.43	0.04	0.05	1.11	99.31

注:内蒙古自治区地质矿产实验研究所完成;采用经典法分析.



图 2 玄武岩及细碧岩中的枕状构造

Fig. 2 Photograph of pillow structure from basalt and spilite

石化学成分已发生变化,多已分解为 Si-Fe-Ca 网状物,原岩组构难以识别.在变形和弱风化的地段可看到淡绿色蚀变蛇纹岩.超基性岩稀土元素配分曲线为平坦型,其总量、分馏及特征参数与原始地幔岩石基本一致,代表研究区形成于大洋中脊环境的洋壳残片(包志伟等,1994;张臣和吴泰然,1999).

1.2 基性枕状熔岩夹含放射虫硅泥质岩组合

岩性为灰—灰绿—灰黑色枕状玄武岩、细碧岩夹凝灰岩、凝灰质板岩、泥质板岩、含放射虫凝灰质硅泥质板岩、含放射虫硅泥质岩及硅质岩等,产放射虫 *Cenosphaera*. 岩性纵、横向变化较大,控制厚度 >2 130 m.玄武岩和细碧岩发育枕状构造(图 2),岩枕直径一般为 0.5~2.0 m.岩石化学成分(表 1)表明, TiO₂ 大多在 1.00% 以下,个别样品中为 2.50%, Na₂O 在 2.18%~6.21%, K₂O 在 0.08%~0.39%,具低钾富钠的特点,其 Na/K 均大于 10,表现为大洋型特征(Engel *et al.*, 1965).一般 Na₂O 随 SiO₂ 增加而增加,显示正相关性.里特曼指数 δ = 0.5~3.2,为钙性—钙碱性系列.采用岩石化学测

试数据在 K₂O-SiO₂ 图解(图 3a)上,落入低 K 拉斑玄武岩区(Gill, 1981).在硅—碱图(图 3b)和 FMA 图解中(图 3c),均落入拉斑玄武岩系列(Irvine and Baragar, 1971).在 FeOt-MgO-Al₂O₃ 图解中(图 3d),绝大多数样点落入扩张中心区(Pearce *et al.*, 1977).火山岩稀土元素丰度和特征值,经球粒陨石标准化,稀土配分模式曲线呈平坦型(图 4),接近 N-MORB 岩石的特点(陈亮等,2003).反映了本区蛇绿岩可能代表一种扩张速度较大的陆间洋盆环境(张臣和吴泰然,1999;张宏远和刘俊来,2011).

1.3 堆积杂岩及中酸性侵入岩

该杂岩及中酸性侵入岩与上述基性枕状熔岩夹凝灰岩及含放射虫硅泥质岩组合为断层接触,呈 NE 向展布(图 1).岩性为辉长岩、角闪辉长岩、闪长岩及石英闪长岩等组合,岩性变化大,发育堆积结构.辉石和角闪石集中组成暗色条带,斜长石集中组成灰白色条带,二者相间分布,一般各条带宽 0.5~2.0 cm.岩石化学成分 TiO₂ 多数在 1.00% 以下,个别样品达 3.59%, Na₂O 在 1.84%~4.37%, K₂O 在 0.080%~0.972% 之间,具低钾富钠的特点,其 Na/K 一般大于 10,表现为大洋型特征(Engel, 1965).里特曼指数 δ = 0.3~3.1,为钙性—钙碱性系列.岩石化学测试数据在硅—碱图(图 5a)和 FMA 图(图 5b)解中,均落入拉斑玄武岩系列(Irvine and Baragar, 1971).在 K₂O-SiO₂ 图解中,落入大洋花岗岩区(陈亮等,2003)(图 5c).与 Pearce *et al.* (1984)的花岗岩类构造环境分类相比较,OP 相当于洋脊花岗岩(ORG)(Pearce *et al.*, 1984;陈亮等,2003).在地球化学特征微量元素含量构造环境判别图(图 6)中,绝大多数样品落入洋中脊.该侵入杂岩亦为大洋岩浆活动的产物.它们的稀土元素含量偏低,配分曲线为平坦型(图 4b),接近

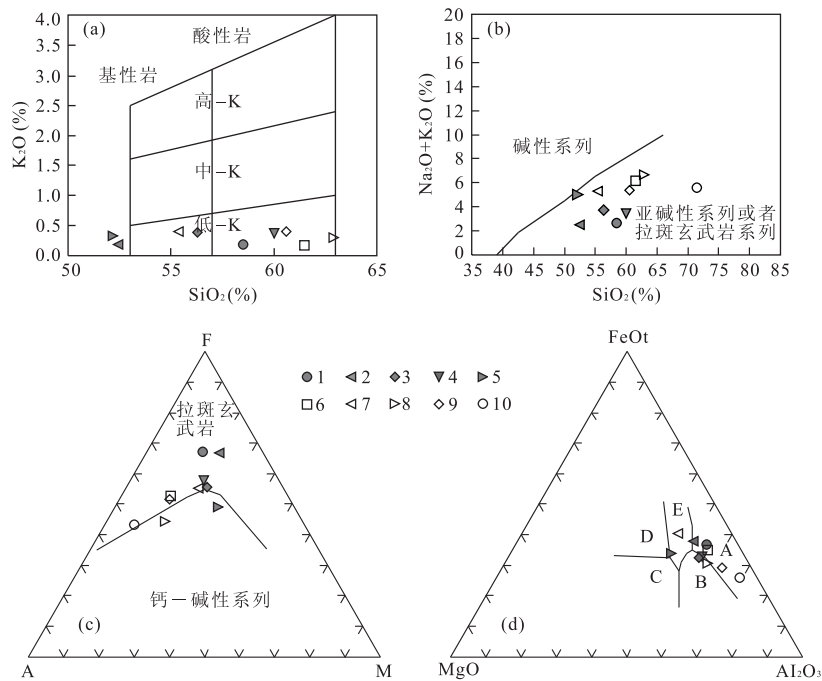


图 3 基性火山熔岩图解
Fig. 3 The diagrams for basic lava

a. K_2O-SiO_2 图解(据 Gill, 1981); b. 硅—碱图解(据 Irvine and Baragar, 1971); c. AFM 图解(据 Irvine and Baragar, 1971); d. $FeOt-MgO-Al_2O_3$ 图解(据 Irvine and Baragar, 1971). A. 扩张中心; B. 岛弧及大陆活动边缘岛屿; C. MORB; D. 大洋岛; E. 大陆; 图例编号与表 1 样品序号一致

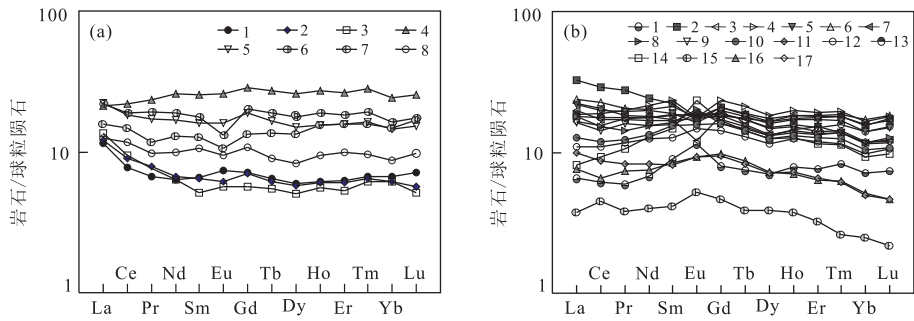


图 4 稀土元素配分曲线
Fig. 4 Chondrite normalized REE distribution

a. 基性枕状熔岩; b. 堆积杂岩及中酸性侵入岩. 图 4a 中, 1~2. 硅化角砾状玄武岩; 3. 蚀变玄武岩; 4. 杏仁状玄武岩; 5. 气孔状玄武岩; 6. 蚀变角斑岩; 7. 球粒石英角斑岩; 8. 绿帘岩. 图 4b 中, 1~5. 中细粒斜长花岗岩; 6~7. 中细粒石英闪长岩; 8~10. 细粒闪长岩; 11~13. 细粒角闪辉长岩; 14~17. 细粒辉长岩

N-MORB的曲线形式. 这与基性枕状熔岩及辉绿岩墙群的稀土配分曲线十分相似,说明它们可能具同源同时性,为大洋中脊岩浆活动的产物.

1.4 辉绿岩墙群

侵入上述基性枕状熔岩夹凝灰岩及含放射虫硅泥质岩组合中,其规模大小悬殊,一般呈平行状产出,其走向与蛇绿岩总体走向一致. 岩石呈灰绿色,具辉绿结构,矿物成分中辉石已全部被次闪石、绿泥石及少量绿帘石交代,只保留其辉石假象,含量 30%;斜长

石呈半自形板状,轻度绢云母化,含量 65%;副矿物主要是粒状磁铁矿. 其化学成分、微量元素含量及稀土元素配分曲线与上述基性枕状熔岩一致.

2 蛇绿岩的时代

研究区堆积杂岩中发育一组新鲜的岩浆结晶形成的锆石,锆石呈黄色,透明一半透明状,粒径

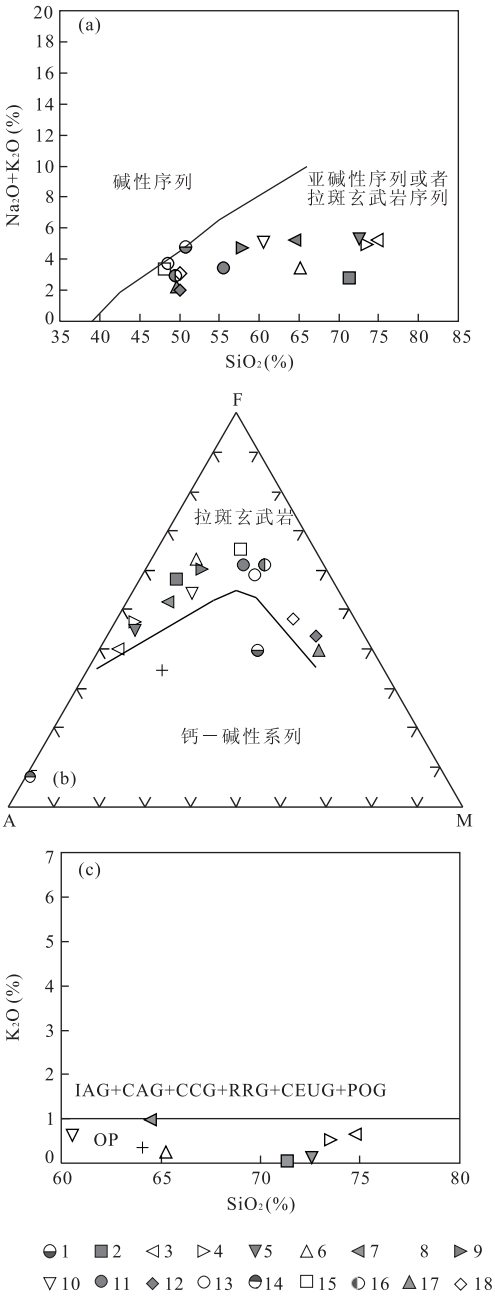


图 5 堆积杂岩及中酸性侵入岩图解

Fig. 5 The diagrams for cumulate complexes and intermediate-acidic intrusive rocks

a. 硅-碱图解(据 Irvine and Baragar, 1971); b. AFM 图解(据 Irvine and Baragar, 1971); c. K₂O-SiO₂ 图解(据 Maniar and Piccoli, 1989); 1~5. 中细粒斜长花岗岩, 6~8. 中细粒石英闪长岩, 9~11. 细粒闪长岩, 12~14. 细粒角闪辉长岩, 15~18. 细粒辉长岩; OP. 大洋; IAG. 岛弧花岗岩类; CAG. 大陆弧花岗岩类; CCG. 大陆碰撞花岗岩类; RRG. 与列谷的花岗岩类; CEUG. 陆内造陆运动隆起花岗岩类; POG. 造山后花岗岩类

0.075~0.300 mm, 晶体形态较简单, 以四方柱 {100}、{110} 和四方双锥 {111} 组成的聚形为主. 在显微镜下挑选出无包裹体、无裂缝的透明锆石样品.

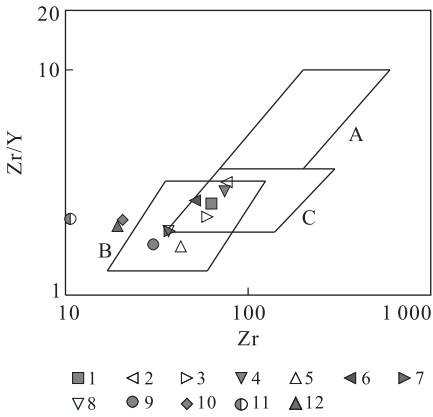


图 6 堆积杂岩及中酸性侵入岩微量元素构造环境判别图解
Fig. 6 The trace elements tectonic discrimination diagram for cumulate complexes and intermediate-acidic intrusive rocks

A. 板内; B. 火山弧; C. 洋中脊(据 Pearce and Norry, 1979); 1~4. 中细粒斜长花岗岩, 5~6. 中细粒石英闪长岩, 7~9. 细粒闪长岩, 10. 细粒角闪辉长岩, 11~12. 细粒辉长岩

在宜昌地质矿产研究所经过测试, 获得其 U-Pb 年龄值为 371.0 ± 5.3 Ma, 应为晚泥盆世. 在研究区 NEE 向 400 km 的贺根山一带, 蛇绿岩所夹的硅质岩中含放射虫和栉水母类. 其中放射虫化石经鉴定为 *Entactinia* sp. 和 *Tetrentactinia* sp., 后者为晚泥盆世(曹从周等, 1986). 栉水母类经鉴定为 *Melanosteus* sp., 为中、晚泥盆世(曹从周等, 1986). 橄榄岩和斜辉辉橄岩全岩的钾氩法年龄值为 346 Ma 和 380 Ma(曹从周等, 1986), Sm-Nd 等时线年龄为 403 ± 27 Ma(包志伟等, 1994), 蛇绿岩形成的上限时代为晚泥盆世. 在硅质岩中, 见两层紫色的海相灰岩, 其中含压扁的珊瑚化石, 鉴定其为 *Thamnopora solida* Dubatolov, *Thamnopora beliakovi* Dubatolov, *Thamnopora* sp., *Favosites* sp., 为中泥盆世(曹从周等, 1986). 推测这些浅海相灰岩是作为滑塌岩块存在于蛇绿岩之中的. 据此确定蛇绿岩的时代为晚泥盆世.

3 结论

(1) 内蒙古达茂旗满都拉苏木南部胡吉尔特一带不仅有上石炭统本巴图组陆源碎屑岩夹碳酸盐岩及中酸性火山岩, 还有泥盆纪典型的蛇绿岩, 表明这一地区晚泥盆世并非位于中朝板块内部, 而是西伯利亚板块与中朝板块之间多岛洋古地理格局中洋盆的一支, 中朝板块的北缘至少应位于胡吉尔特一带

之南.

(2)索伦山和贺根山蛇绿岩出露的地区是寻找铬铁矿的典型地区. 呼吉尔特蛇绿岩的发现表明,这一地区蛇绿岩的超基性岩中同样含铬铁矿并可能成矿.

致谢:论文完成过程中得到中国地质大学(北京)赵志丹教授、罗照华教授和苏尚国教授的悉心指导,在此一并表示诚挚的谢意.

References

- Bao, Z. W., Chen, S. H., Zhang, Z. T., 1994. Study on REE and Sm-Nd isotopes of Hegenshan ophiolite, Inner Mongolia. *Geochimica*, 23(4): 339—349 (in Chinese with English abstract).
- Bureau of Geology and Mineral Resources, The Inner Mongolia Autonomous Region, 1991. Regional geology of Inner Mongolia Autonomous Region. Geological Publishing House, Beijing, 17—36, 45—37 (in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources, The Inner Mongolia Autonomous Region, 1996. Rock strata of Inner Mongolia autonomous region. China University of Geosciences Press, Wuhan, 198—205 (in Chinese).
- Cao, C. Z., Yang, F. L., Tian, C. L., et al., 1986. The ophiolite in Hegenshan district, Nei Mongol and the position of Suture line between Sino-Korean and Siberian Plate. In: The editorial of board of plate tectonics in northern China memoire, ed., Committee proceedings of the Plate Tectonics in northern China (1). Geological Publishing House, Beijing, 64—86 (in Chinese).
- Chen, L., Sun, Y., Pei, X. Z., et al., 2003. Comprehensive comparison of ophiolite and dynamic significance: for example Deerni ophiolite. *Science in China (Ser. D)*, 33(12): 1136—1142 (in Chinese).
- Engel, A. E. J., Engel, C. G., Havens, R. G., 1965. Chemical characteristics of oceanic basalts and the upper mantle. *GSA Bulletin*, 76(7): 719—734. doi: 10. 1130/0016-7606(1965)[719:CCOBA]2. 0. CO;2
- Gao, J. Y., Wang, Y. X., Qiou, Y. Z., et al., 2001. Islands-ocean structural evolution of mid-western continent in Inner Mongolia. *Geotectonica et Metallogenia*, 25(4): 397—404 (in Chinese with English abstract).
- Gill, J. B., 1981. Orogenic andisites and plate tectonics. Springer, Berlin.
- Han, G. Q., Liu, Y. J., Wen, Q. B., et al., 2011. LA-ICPMS U-Pb dating of Detrital Zircons from the Permian sandstones in north side of Xar Moron River suture belt and its tectonic implications. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 36(4): 667—702 (in Chinese with English abstract).
- He, G. Q., Li, M. S., 1996. Study on Paleozoic ophiolites and their tectonic significances in Hinggan-Mongolian-North Xinjiang and adjacent area. In: Zhang, Q., ed., Ophiolite and geodynamics symposium. Geological Publishing House, Beijing, 104—107 (in Chinese).
- Irvine, I. N., Baragar, W. R. A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8(5): 532—548. doi: 10. 1139/e71-055
- Lan, C. L., Li, J. L., He, S. L., 2007. Ocean-continent subduction within the Paleotethyan archipelagic ocean from Muztag ophiolite. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 33(3): 331—328 (in Chinese with English abstract).
- Liang, R. X., 1994. The features of ophiolites in the central sector of Inner Mongolia and its geological significance. *Regional Geology of China*, 1: 37—45 (in Chinese with English abstract).
- Maniar, P. D., Piccoli, P. M., 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 101(5): 635—643. doi: 10. 1130/0016-7606(1989)101<0635:TDOG>2. 3. CO;2
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W., Tindl, A. G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, 25(4): 956—983. doi: 10. 1093/petrology/25. 4. 956
- Perace, J. A., Norry, M. J., 1979. Petrogenetic implication of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 25: 956—983. doi: 10. 1007/BF00375192
- Pearce, T. H., Gorman, B. E., Birkett, T. C., 1977. The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 36(1): 121—132. doi: 10. 1016/0012-821X(77)90193-5
- Robinson, P. T., Bai, W. J., Yang, J. S., et al., 1995. Geochemical constraints on petrogenesis and crustal accretion of the Hegenshan ophiolite, northern China. *Acta Petrologica Sinica*, 11(Suppl.): 112—124 (in Chinese with English abstract).
- Sun, D. Y., Wu, F. Y., Li, H. M., et al., 2000. Relations of era a-granite from Little Xingan ridge in the northwestern and the eastern collision folded belt in Suolunshan-Hegenshan-Zhalaite. *Chinese Science Bulletin*, 45(20): 2217—2222 (in Chinese with English abstract).
- Tang, K. D., Shao, J. A., 1996. Some characteristics of the

- ophiolite from the ancient Asian Ocean and its evolutions. In: Zhang, Q., ed., Ophiolite and geodynamics symposium. Geological Publishing House, Beijing, 108—111 (in Chinese).
- Wang, Y. J., Fan, Z. Y., 1997. Discovery of Permian radiolarians in ophiolite belt on northern side of Xar Moron River, Nei Monggol and its geological significance. *Acta Palaeontologica Sinica*, 36(1): 58—69 (in Chinese with English abstract).
- Xu, B., Charvet, J., Zhang, F. Q., 2001. Primary study on petrology and geochronology of blueschists in Sunitezuoqi, northern Inner Mongolia. *Chinese Journal of Geology*, 36(4): 424—434 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, C., Wu, T. R., 1999. Features and tectonic implications of the ophiolitic melange in the southern Suzuoqi, Inner Mongolia. *Scientia Geologica Sinica*, 34(3): 381—389 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, H. Y., Liu, J. L., 2011. Plate tectonics and mineralization of the Tethyan ophiolite in the southern Sanjiang and Indo-China peninsular area. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 36(2): 331—328. doi: 10.3799/dgkx.2011.027
- Zhang, Q., Zhou, G. Q., 2001. Ophiolites of China. Science Press, Beijing, 1—15, 43—48 (in Chinese).
- 附中文参考文献**
- 包志伟, 陈森煌, 张桢堂, 1994. 内蒙古贺根山地区蛇绿岩稀土元素和 Sm-Nd 同位素研究. *地球化学*, 23(4): 339—349.
- 曹从周, 杨芳林, 田昌烈, 等, 1986. 内蒙古贺根山地区蛇绿岩及中朝板块和西伯利亚板块之间的缝合带位置. 见: 中国北方板块构造论文集编委会编, 中国北方板块构造论文集(1). 北京: 地质出版社, 64—86.
- 陈亮, 孙勇, 裴先治, 等, 2003. 古特提斯蛇绿岩的综合对比及其动力学意义——以德尔尼蛇绿岩为例. *中国科学(D 辑)*, 33(12): 1136—1142.
- 高计元, 王一先, 裘愉卓, 等, 2001. 内蒙古中西部多岛海构造演化. *大地构造与成矿学*, 25(4): 397—404.
- 韩国卿, 刘永江, 温泉波, 等, 2011. 西拉木伦河缝合带北侧二叠纪砂岩碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学及其构造意义. *地球科学——中国地质大学学报*, 36(4): 687—702.
- 何国琦, 李茂松, 1996. 兴蒙—北疆及邻区古生代蛇绿岩的对比研究及其大地构造意义. 见: 张旗, 编, 蛇绿岩与地球动力学研讨会论文集. 北京: 地质出版社, 104—107.
- 兰朝利, 李继亮, 何顺利, 2007. 古特提斯多岛洋洋—陆俯冲: 木孜塔格蛇绿岩的矿物学证据. *地球科学——中国地质大学学报*, 32(3): 331—328.
- 梁日暄, 1994. 内蒙古中段蛇绿岩特征及地质意义. *中国区域地质*, 1: 37—45.
- 内蒙古自治区地质矿产局, 1991. 内蒙古自治区区域地质志. 北京: 地质出版社, 17—36, 45—57.
- 内蒙古自治区地质矿产局, 1996. 内蒙古自治区岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 198—205.
- Robinson, P. T., 白文吉, 杨经绥, 等, 1995. 内蒙古贺根山蛇绿岩岩石成因和地壳增生的地球化学制约. *岩石学报*, 11(增刊): 112—124.
- 孙德有, 吴福元, 李惠民, 等, 2000. 小兴安岭西北部造山后 A 型花岗岩的时代与索伦山—贺根山—扎赉特碰撞拼合带东延的关系. *科学通报*, 45(20): 2217—2222.
- 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: 张旗编, 蛇绿岩与地球动力学研讨会论文集. 北京: 地质出版社, 108—111.
- 王玉净, 樊志勇, 1997. 内蒙古西拉木伦河北部蛇绿岩带中二叠纪放射虫的发现及其地质意义. *古生物学报*, 36(1): 58—69.
- 徐备, Charvet, J., 张福勤, 2001. 内蒙古北部苏尼特左旗蓝片岩岩石学和年代学研究. *地质科学*, 36(4): 424—434.
- 张臣, 吴泰然, 1999. 内蒙古苏左旗南部早古生代蛇绿混杂岩特征及其构造意义. *地质科学*, 34(3): 381—389.
- 张宏远, 刘俊来, 2011. 三江南段—中南半岛特提斯蛇绿岩大地构造与成矿. *地球科学——中国地质大学学报*, 36(2): 331—328.
- 张旗, 周国庆, 2001. 中国蛇绿岩. 北京: 科学出版社, 1—15, 43—48.