

内蒙固阳地区新太古代变质侵入岩特征及与成矿关系

陶继雄

(内蒙古自治区地质调查院, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要:蒙古固阳地区分布着广泛的新太古代变质侵入岩, 总体呈东西向带状, 展布方向与区域构造线方向一致。岩石类型为变质石英闪长岩、斜长花岗岩。变质石英闪长岩类中, SiO_2 含量为 50.88% ~ 59.60%, Al_2O_3 为 15.35% ~ 18.03%, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$; 变质斜长花岗岩类中, SiO_2 含量为 63.54% ~ 69.70%, Al_2O_3 为 15.66% ~ 19.32%, 与 BarKer 和 McGregor 所定义的典型奥长花岗岩相似。稀土配分型式与高铝型 TTG 岩石的演化趋势相一致, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.702448 \pm 0.000003$, I_1 值为 0.7013。石英闪长岩中获得一组单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄在 2575 ~ 2676 Ma 之间。新太古代变质侵入岩中分布着小型金矿或金矿点 10 余处, 金矿床的分布与这类侵入岩具有空间和时间上的密切联系。该类侵入岩于特殊构造背景下形成, 是古老地块裂解、焊接活动的产物。

关键词:新太古代; 变质侵入岩; 成矿关系; 内蒙固阳

中图分类号: P534.2, P588.12 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-4135(2003)01-21-06

内蒙古中部地区原 1:20 万区调及《内蒙古自治区区域地质志》划出了大面积分布的吕梁期和加里东期变质石英闪长岩体, 近年来的 1:5 万区调及 1:25 万国土资源大调查工作, 又进一步确定划分出大量新太古代变质侵入岩, 这类侵入岩在区域地质事件序列的重新建立中起到了十分重要的作用, 而且与本区金矿的形成有着密切联系。作者以近年来积累的最新资料, 讨论本区新太古代变质侵入岩的有关问题。

研究区位于华北陆块北缘新太古代陆缘裂谷带, 东西长约 120 km, 南北宽约 80 km, 面积近 10 000 km²。北界以白云鄂博大陆坡南缘为界, 南界与古中太古代中高级变质区相接触。区域上出露的地层有新太古界色尔腾山岩群、中元古界渣尔泰山群、以及中生界陆相火山岩及碎屑岩等。区内侵入岩分布广泛, 主要为新太古代的变质侵入岩, 其次为印支期、燕山期的一类小规模富碱侵入岩(图 1)。

1 新太古代变质侵入岩的一般特征

本区新太古代变质侵入岩集中分布于双胜美—合教—西乌兰不浪一带, 总体呈东西向带状展布, 由规模不等的变质闪长岩、石英闪长岩、变质斜长花岗岩侵入体组成一系列复式岩体。

岩石类型为灰绿色条带状、片麻状蚀变闪长岩、石英闪长岩、斜长花岗岩, 具变余半自形粒状结构、变余花岗结构或花岗变晶结构; 矿物组成中浅色矿物以斜长石、石英为主, 暗色矿物为角闪石、黑云母; 斜长石普遍钠长石化, 对其进行电子探针分析, 斜长石牌号均接近于 0 值(为和当地惯用的称呼保持一致, 未将斜长花岗岩改成长花岗岩)。

岩石中发育透入性条带状、弱片麻状构造, 岩体内部浅表层次韧脆性断层相当发育。虽然大部分岩石经历了不同程度的变质变形作用改造, 但其岩浆岩的原岩特征在宏观上仍保留得极为清晰。

2 岩石化学、稀土元素地球化学特征

2.1 岩石化学

分别在合教、西红山子、西乌兰不浪的新太古代变质侵入岩中取样进行岩石化学成分分析(表 1), 其特点为: ①变质石英闪长岩类: 含量 SiO_2 50.88% ~ 59.60%, Al_2O_3 15.35% ~ 18.03%, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, 在 A-C-F 图解中均落入 I 型花岗岩区; ②变质斜长花岗岩类: 岩石化学成分与 BarKer 和 McGregor 所定义的典型奥长花岗岩相似, 在 O'Connor An-Ab-Or 花岗岩分类图解中均落入奥长花岗岩区(图 2), 显示出与华北陆块基底在成因上的一致关系^[1,2]。

收稿日期: 2002-07-23

基金项目: 国家地质大调查项目(10101115015)

作者简介: 陶继雄, (1965), 男, 矿产地质工程师, 从事区域地质矿产调查工作, 联系电话 0471-6266143。

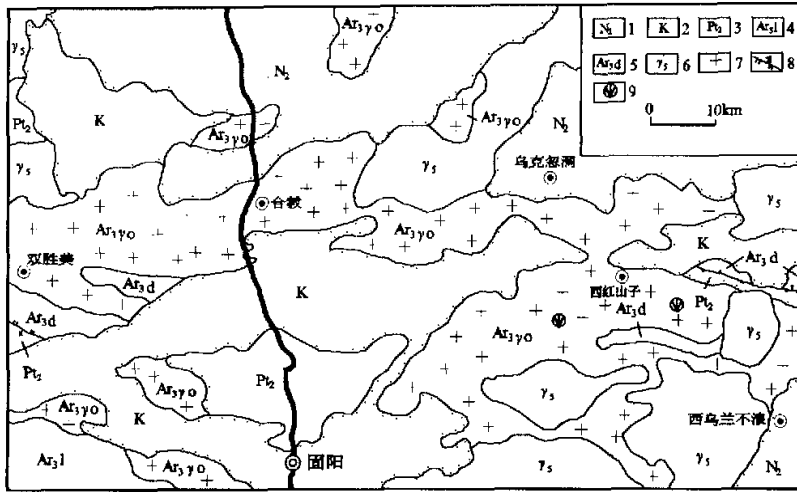


图 1 研究区地质简图

Fig.1 Geological sketch map of Guyang area

1. 上新统; 2. 白垩系; 3. 中元古界; 4. 柳树沟岩组; 5. 东五分子岩组; 6. 印支期花岗岩; 7. 新太古代花岗岩; 8. 断层; 9. 同位素样品采集点

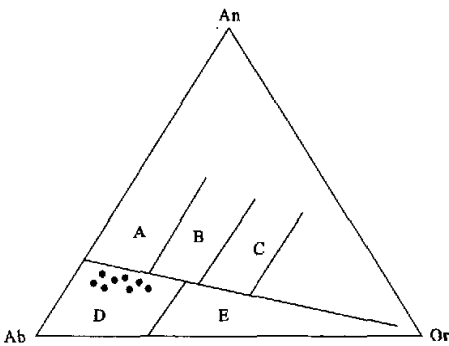


图 2 An - Ab - Or 图解

Fig.2 An - Ab - Or diagram

a. 英云闪长岩; b. 花岗岩; c. 石英二长岩; d. 奥长花岗岩; e. 花岗岩

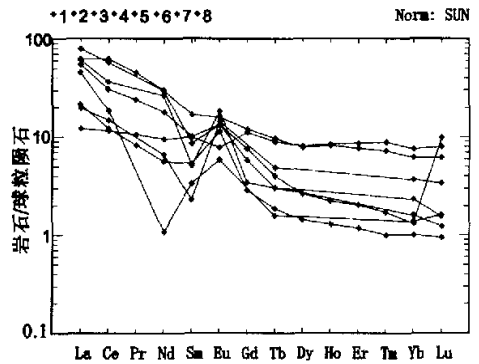


图 3 稀土元素分配曲线

Fig.3 Chondrite - normalised REE patterns

(图中序号同表 2)

2.2 稀土元素地球化学特征

合教、西乌兰不浪两地新太古代变质斜长花岗岩、石英闪长岩的稀土元素含量及相关参数(表 2), 稀土图谱(图 3)与康迪(K. C. Condie)高铝型 TTG 岩石的演化趋势相一致, 表明这一类型岩石是在熔体分离结晶作用的初期形成^[3]。

3 同位素年龄、形成时代及成因

2000 年在西乌兰不浪乡北东后黑沙图、信合当的片麻状石英闪长岩体中采集了 2 件同位素测年样品, 全岩大样在内蒙古地调院化验室粉碎挑选锆石群, 后送天津地质矿产研究所挑选单颗粒锆石和进行 U - Pb 年龄测定。单颗粒锆石 U - Pb

同位素组成采用稀释法测定, 其溶解和 U、Pb 提取程序按照 Krogh(1973, 1978)提出的方法, 全流程的 Pb 本底为 50 pg, U 本底为 2 pg。U - Pb 同位素比值测定在 VG354 质谱仪上完成, 铅同位素比值已对质量分馏作了校正, 误差以 2σ 表示, 数据处理和年龄计算应用 Ludwin(1997)提供的程式, 测试结果(表 3、表 4)。样品 4P3TW12 - 1 测定了 3 个点, 均为透明柱状晶体锆石, 反映出这些锆石属岩浆成因。样品 4TW1058 测定了 3 个点, 除 1 粒玫瑰色圆化晶体锆石具碎屑锆石特征, 另 2 粒锆石均为透明柱状晶体, 显示出岩浆成因的锆石特征。可以看出, 样品 4P3TW12 - 1 中 1 号点给出了 (2 442 ± 1) Ma, 2、3 号点给出了 (2 542 ± 30) Ma 的 U

表 1 新太古代变质侵入岩岩石化学成分(%)

Table 1 Chemical data of the metamorphic intrusive rocks in Neoproterozoic

岩石 采样点	变质斜长花岗岩								变质石英闪长岩			
	合教				西红山—东柜				明星沟			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	67.35	67.86	69.70	63.54	67.81	67.84	66.03	66.68	58.15	59.60	58.76	50.88
TiO ₂	0.33	0.386	0.404	0.25	0.32	0.30	0.38	0.27	0.57	0.56	0.29	0.46
Al ₂ O ₃	15.68	16.88	15.87	19.32	16.34	15.66	16.88	17.19	18.03	17.94	15.35	16.80
Fe ₂ O ₃	0.76	1.68	1.55	2.58	1.15	4.40	1.10	0.91	2.32	2.32	3.16	3.09
FeO	2.07	1.05	0.82	1.42	1.83	-	2.19	1.61	2.90	2.98	4.34	6.31
MnO	0.08	0.056	0.067	0.55	0.05	0.08	0.27	0.039	0.075	0.084	0.12	0.14
MgO	1.48	0.96	0.61	1.58	1.33	1.40	1.10	1.14	2.40	2.76	5.18	7.45
Na ₂ O	4.33	4.87	4.64	4.51	4.02	4.35	3.85	4.90	6.41	5.52	3.43	3.32
CaO	2.92	2.73	1.59	5.12	3.64	3.99	3.38	3.52	6.65	6.48	7.49	9.02
K ₂ O	1.87	1.78	2.96	0.69	1.32	1.05	2.90	1.72	0.89	0.16	0.23	0.24
P ₂ O ₅	0.10	0.132	0.118	0.11	0.17	0.18	0.15	0.10	0.41	0.18	0.094	0.08
H ₂ O	-	-	-	-	-	-	1.23	1.21	0.22	0.58	0.87	1.53
Σ		98.30	98.33	98.67	97.98	99.25	99.46	99.25	99.02	99.16	99.31	99.32

注:1-3 号为原地矿部地球物理化学勘查研究所 1991;4,5 号据李之彤和赵春荆,1990;6-12 号为内蒙古地质矿产研究所,2000

表 2 新太古代变质侵入岩的稀土元素含量及有关参数(×10⁻⁶)

Table 2 REE contents and some parameters of the intrusive rocks in Neoproterozoic

岩石 采样点	变质斜长花岗岩						变质石英闪长岩		
	黑沙图	万胜隆	公中村	老羊壕	东柜		明星沟		
	1	2	3	4	5	6	7	8	
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	
稀 土 元 素	La	14.9	26.0	19.9	6.49	7.01	17.98	20.43	3.98
	Ce	16.0	49.4	31.5	12.7	10.40	26.43	53.96	9.89
	Pr	-	-	-	-	1.07	3.12	5.86	1.37
	Nd	0.68	18.7	16.6	4.16	3.56	11.27	18.91	5.99
	Sm	0.69	1.74	1.04	0.47	1.09	2.04	3.43	2.00
	Eu	0.43	1.02	1.41	1.09	0.87	1.02	1.21	0.60
	Gd	-	1.60	0.95	-	0.79	2.08	3.31	3.05
	Tb	0.08	0.15	0.15	0.24	0.09	0.20	0.48	0.44
	Dy	-	-	-	-	0.49	0.90	2.66	2.75
	Ho	-	-	-	-	0.099	0.17	0.63	0.65
	Er	-	-	-	-	0.263	0.456	1.71	1.93
	Tm	-	-	-	-	0.035	0.06	0.253	0.31
	Yb	0.30	0.35	0.51	0.81	0.22	0.29	1.36	1.66
	Lu	0.06	0.04	0.05	0.12	0.032	0.333	0.21	0.27
	Y	-	-	-	-	1.66	4.30	13.84	22.66
ΣREE	44.70	105.32	76.64	34.81	27.68	70.37	128.25	57.56	
δEu		2.0	4.7		2.98	1.7	1.2	0.8	

注:分析者:1-4 号中科院高能物理研究所杨瑞英 1991;5-8 号北京大学地质学系测试中心,2000

- Pb 不一致年龄。样品 4TW1058 中 1,2 号点给出了(2575 ± 1)Ma,3 号点给出了(2676 ± 13)Ma 的 U - Pb 不一致年龄样品。上述 2 件样品获得的一组 2575 ~ 2676 Ma 锆石 U - Pb 年龄,精度高,重现线性好,可靠性强。²⁰⁶Pb/²³⁸U、²⁰⁷Pb/²³⁵U、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 表面年龄彼此相差均在 10 Ma 以内,显示 U - Pb

年龄的一致性,代表了岩浆结晶年龄。G. 福尔指出:“一般地说,根据放射成因的²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 值得到的年龄最接近结晶化的时间,因为它不受近期铅或铀丢失的影响”^[4]。因此,该类侵入岩的形成时代可确定为新太古代。

表 3 同位素年龄测定结果一览表

Table 3 Single zircon U - Pb isotopic analysis from the study area

样品号	地点	点号	锆石类型及特征	同位素原子比率					表面年龄 Ma		
				$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$
4P ₃ TW ₁₂₋₁	后黑沙图	1	玫瑰色半透明短柱状晶体	8410	0.07705	0.4717 (8)	10.32 (2)	0.1587 (1)	2491	2464	2442
		2	玫瑰黄色透明短柱状晶体	3084	0.1493	0.5121 (26)	11.89 (6)	0.1685 (2)	2666	2596	2542
		3	玫瑰色半透明长柱状晶体	524	0.1465	0.5110 (22)	11.84 (6)	0.1680 (2)	2661	2592	2538
4TW1058	信合当	1	玫瑰色圆化晶体	4335	0.1244	0.5130 (46)	12.17 (11)	0.1720 (33)	2670	2617	2577
		2	浅黄色半透明长柱状晶体	9366	0.1229	0.5099 (4)	12.08 (3)	0.1718 (1)	2656	2610	2575
		3	浅黄色透明短柱状晶体	658	0.1403	0.511 (18)	12.86 (47)	0.1826 (14)	2660	2669	2676

测试单位:天津地质矿产研究所 2000 年

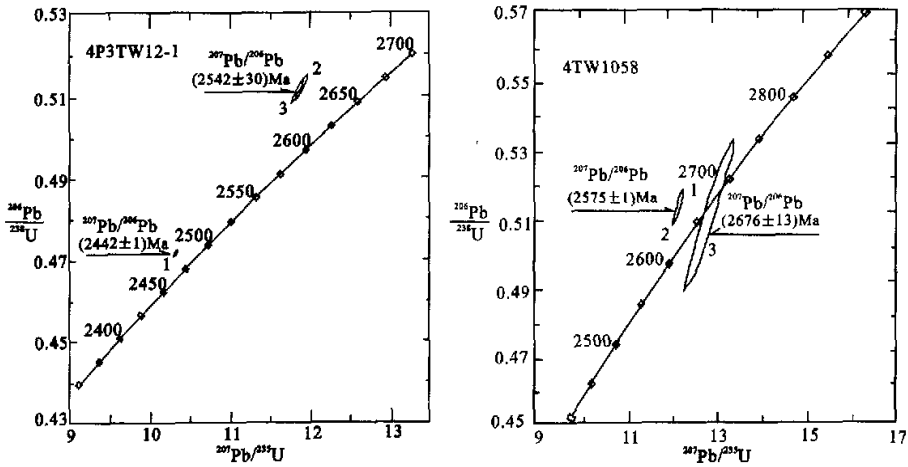


图 4 锆石 U - Pb 同位素年龄测定结果谐和图

Fig. 4 U - Pb Concordia diagram of the single zircons from the study area

根据该类变质侵入岩的野外地质特征、岩石学、岩石化学、稀土元素地球化学等特征,结合在西小井附近片麻状斜长花岗岩 1 件 $N(^{87}\text{Sr})/ N(^{86}\text{Sr})$ 比值测试样品中获得的数据: $\text{Rb} = 9.3888 \times 10^{-6}$; $\text{Sr} = 897.0437 \times 10^{-6}$, $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} = 0.0303$; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.702448 \pm 0.000003$ 。样品低 Rb、高 Sr,但 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 的值 0.0303 远远小于 0.087 和 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0.7047$,结合岩体 2541 Ma 的同位素年龄,计算 Li 值为 0.7013,小于 0.7047,表明成岩岩浆来源于地幔(或有少许下地壳成份),具地幔分异型花岗岩的特征^[5]。

4 与成矿的关系

本区新太古代变质侵入岩中分布着小型金矿或金矿点 10 余处,其中具有一定规模的金矿点集中于老羊壕、西乌兰不浪 2 处。金矿的容矿围岩均为变质斜长花岗岩,控矿因素主要是韧 - 脆性变形带及侵入其中的石英脉,金矿化为石英脉 - 蚀变破碎带混合型。为此,在这一类型侵入体中对 Au 及其它成矿元素 Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg 进行了岩石地球化学分析,其 Au 含量仅 $1.25 \times 10^{-9} \sim 1.30 \times 10^{-9}$ 低于地壳克拉克值,其它元素地球化

学行为亦极不明显,看来该类侵入岩构成矿源“库”的可能性甚小。但是金矿床的分布与这类侵入岩具有空间和时间上的联系勿容质疑。金的终极来源来自地壳深处,究竟该类型侵入岩与金矿的存在有着何种特殊的源缘关系,值得今后进一步深入探讨。

5 讨论

目前有关花岗岩形成环境研究的基础资料大都来自中生宙岩石,由此而得出的结论是否适用于前寒武纪尚需商榷。太古宙奥长花岗岩系一般认为是由镁铁质或超镁铁质岩石部分熔融形成,或者是由玄武质岩浆结晶分异而成。受“均变论”观点的影响,太古宙花岗质岩石一直被认为是类似于现代俯冲带上部地幔楔内发生的岩浆作用的产物,这样明显忽视了两个非常重要的控制因素:①控制地壳起源的太古宙火成作用的热构造体制明显不同于现代(Richer, 1985);②在太古宙这些火成作用产生的花岗质岩石也有明显的区别(Martin, 1986)。所以,太古宙不同花岗岩系有着不同的成因机制。

盖保民(1991)、Ellis(1992)等提出在初始大陆核形成后,当地幔进一步对流时,不同规模的大陆核就可能发生裂陷或碰撞、拮贴。在地幔对流上涌处,早期大陆核发生裂陷,并在裂陷盆地内形成火山岩堆积,由上涌地幔带来的热流和挥发份使陆核下面的硅镁质地壳部分熔融形成 TTG 质岩浆侵位。^[6]

内蒙古中部新太古代变质侵入岩与新太古界色尔腾山岩群共同构成一呈带状展布的花岗—绿岩带。其南部分布着大面积古中太古界高级变质岩,而北部只能见到零星残块。以该侵入岩带为

界,南北两侧太古界变质岩石中的构造线方向明显不一致,证实了这一侵入岩带所处构造位置,正是本区新太古代早期太古宙结晶基底即古老地块发生裂解的位置,该类侵入岩为本区古陆核裂解时下地壳部分熔融而形成。新太古代变质侵入岩的就位,重新焊接了南北两个古老地块。因此,研究这类侵入岩对研究古板块活动有着十分重要的意义。

6 结论

①新太古代变质侵入岩于特殊构造背景下形成,为古老地块裂解、焊接活动的产物。对其确定,为本区前寒武纪区域地质事件序列的建立将起到重要作用。

②新太古代变质侵入岩中赋存着大量金矿点,研究金矿化作用与该侵入岩是否存在必然的联系,会为本区进一步找寻金矿提供一定的帮助。

文章完成过程中得到了胡凤翔、陈志勇高级工程师的帮助,在此表示衷心感谢!

参考文献

- [1]穆克敏,林景杆,等.华北地台区花岗质岩石的成因[M].长春:吉林科学技术出版社,1989.
- [2]林强,方占仁,等.太古宙花岗岩成因分类[J].长春地质学院学报(花岗岩专辑),1992,1-12.
- [3]李双保.太古宙的花岗质岩石[J].国外前寒武纪地质,1993,3:72-81.
- [4]邢凤鸣.皖南歙县岩体的岩石地球化学特征、形成时代和成岩条件[J].地质论评,1988,5:408.
- [5]罗照华,邓晋福,韩秀卿.太行山造山带岩浆活动及其造山过程反演[M].北京:地质出版社,1999,1-6.
- [6]彭晓亮.太古宙花岗质岩石的成因及大陆地壳演化[J].国外前寒武纪地质,1993,1:27-40.

Characteristics of Neoproterozoic Metamorphic Intrusives and the Relationship with the Mineralization of Gold in Guyang Region, Inner Mongolia

TAO Ji-xiong

(*Geological Survey of Inner Mongolia, Hohhot, Inner Mongolia PRC 010020*)

Abstract: In Guyang region of Inner Mongolia widely distribute a lot of Neoproterozoic intrusives in the same direction with the regional structure EN line. The main rocks are metamorphic quartz diorite and plagiogranite. The SiO_2 content in the quartz diorite is 50.88% ~ 59.60%, and Al_2O_3 is 15.35% ~ 18.03%, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$. The SiO_2 content in the metamorphic plagiogranite is 63.54% ~ 69.70%, and Al_2O_3 is 66% ~ 19.32%, resemble to the typical trondhjemite by BarKer and McGregor's definition. The REE patterns are the same with the high-Al-type TTG. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.702448 \pm 0.000003$, Li is 0.7013. The Single Zircon U-Pb Ages from the quartz diorite are between 2575 ~ 2676 Ma. More than 10 gold ores/spots distribute in the intrusives, and they have the closely space-time relationship with the intrusives. The intrusives are formed in the background of the activity of old-land block breaking and connecting.

Key words: Neoproterozoic; metamorphic intrusive; mineralization; Guyang, Inner Mongolia

Preliminary Study of Giant-crystal Garnet-gedrite Rocks in Hengshan Mountain, Shanxi Province

LU Song-nian¹, LI Huai-kun¹, TIAN Yong-qing²

(1. *Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources Tianjin 300170*; 2. *Shanxi Institute of Geology, Taiyuan 030001*)

Abstract: Giant-crystal garnet-gedrite rocks are exposed in Yanmenguan, Hengshan Mountain, Shanxi Province, with a width from several meters to several tens of meters and a length of more than 10 km along NEE-SWW direction. The rocks are mainly composed of giant crystals of garnet and radiolitic gedrite, which exhibit an ebbing and flowing relationship between each other. Besides the both minerals, kyanite, cordierite, staurolite and rutile are very common in the rock. Major elements of the rock are characterized by very low K_2O (0.001%) and higher MgO (10.43%) and FeO (16.43%), similar to mafic rocks in chemical component. The mineral assemblage of kyanite + gedrite shows a pressure of more than 1.0 Gpa and temperature between 600°C and 700°C. The corona texture of cordierite between garnet and gedrite illustrates a decompressive effect, which provides an iso-temperature and decompressive path from high pressure and mid-temperature to mid-pressure and mid-temperature. The protolith of giant-crystal garnet-gedrite rocks are referred to a mafic intrusive body associated with ultramafic rocks. In generation, the meta-giant crystal texture may be related to an original texture of the protolith.

Key words: Hengshan Mountain; giant-crystal; garnet; kyanite; gedrite