

河北涞源岩基中的超镁铁质岩研究

常兆山,冯钟燕,陈廷礼

(北京大学地质学系,北京 100871)

[摘 要]以窑沟橄榄辉石角闪石岩岩体为代表,研究了涞源岩基中超镁铁质岩石。超镁铁质岩石是涞源岩基最早的一次独立岩浆活动形成的,角闪石岩岩浆来源于上地幔,沿深大断裂上升侵位。角闪石岩与之后的第二阶段闪长岩—花岗闪长岩—二长花岗岩—斑状花岗岩—白岗岩有很大差别。涞源岩基在晚三叠纪就开始形成,岩浆活动持续时间在 120 Ma 以上。

[关键词]角闪石岩 地质地球化学特征 上地幔

[中图分类号]P588.12⁺5 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2000)03-0036-04

地质证据表明,超镁铁质岩是涞源岩基中最早形成的岩石,成因可能有 3 种:(1)超镁铁质岩在中生代以前形成,与涞源岩基岩浆活动无关;(2)超镁铁质岩是包体而非侵入体;(3)它是涞源岩基最早阶段的岩浆活动形成的。

1 地质背景

涞源岩基位于 NNE 向紫荆关深断裂带中,处在乌龙沟—上黄旗断裂(北支)和紫荆关—灵山断裂(南支)的交汇处。据地震资料,紫荆关深断裂带的切深已超过莫霍面(河北省区域地质志,1989)。

涞源岩基为一复式岩基,由相继侵入的十多种岩石组成,包括第 1 系列橄榄辉石角闪石岩,第 2 系列石英闪长岩—石英正长岩,花岗闪长岩,黑云母花岗岩,二长花岗岩,斑状二长花岗岩—斑状花岗岩,白岗质花岗岩—白岗岩,霏细岩,第 3 系列闪长斑岩和各种成分的小岩株及岩脉。主要岩石为花岗闪长岩,二长花岗岩,斑状二长花岗岩和斑状花岗岩等(Feng and Chang, 1998)。涞源岩基中超镁铁质岩出露很少,主要分布于窑沟和紫荆关西南鸭子村一带,分别在乌龙沟—上黄旗断裂和紫荆关—灵山断裂附近(图 1)。主要为角闪石岩,呈闪长岩中的残留体。本文将窑沟橄榄辉石角闪石岩岩体为代表详细研究之。

2 岩石学特征

2.1 产况

角闪石岩仅出现在石英闪长岩中。窑沟橄榄辉石角闪石岩在窑沟附近呈大小不等的残留体和包体

(图 2)。在辉石二长闪长岩和黑云母石英闪长岩中都有橄榄辉石角闪石岩的包体。越远离角闪石岩残留体,包体越少、越小。在稍远的黑云母石英闪长岩中,几乎不再有包体出现。

2.2 矿物特征

角闪石岩为块状构造,全晶质包含结构。主要由角闪石、斜方辉石、橄榄石、黑云母组成,含少量斜长石、蛇纹石、绿泥石及不透明矿物磁铁矿、黄铜矿等。角闪石有两种,一种为棕色闪石,约占 35%,一种为绿色普通角闪石,约占 17%。棕色闪石它形粒状,粒度较大,可达 5 mm~7 mm,其中包含有许多粒状橄榄石,淡棕色—棕褐色多色性,边缘有时过渡为绿色种属;绿色闪石呈柱状,淡黄—绿色多色性。

棕色闪石化学式为: $(\text{Na}_{0.725}\text{K}_{0.221})_{0.946}(\text{Ca}_{1.852}\text{Na}_{0.148})_{2.000}(\text{Mn}_{0.012}\text{Mg}_{3.367}\text{Fe}_{0.596}^{2+}\text{Fe}_{0.663}^{3+}\text{Al}_{0.112}\text{Ti}_{0.240})_{5.000}(\text{Al}_{2.063}\text{Si}_{5.937})_{8.000}\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

绿色闪石化学式为: $(\text{Na}_{0.631}\text{K}_{0.101})_{0.732}(\text{Ca}_{1.685}\text{Na}_{0.315})_{2.000}(\text{Mn}_{0.014}\text{Mg}_{3.846}\text{Fe}_{1.105}^{3+}\text{Ti}_{0.035})_{5.000}(\text{Fe}_{0.195}^{3+}\text{Al}_{1.518}\text{Si}_{6.287})_{8.000}\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

根据 Leake 等(1997),为钙角闪石类的镁绿钙闪石。棕色闪石的 Ti、Al 和 K、Na 含量较高。

斜方辉石约 18%,常包含粒状橄榄石,有的呈被角闪石和黑云母取代的残余,为古铜辉石,化学式为: $(\text{Na}_{0.002}\text{Ca}_{0.022}\text{Mn}_{0.012}\text{Mg}_{1.591}\text{Fe}_{0.262}^{2+}\text{Fe}_{0.111}^{3+})_{2.000}(\text{Fe}_{0.085}^{3+}\text{Ti}_{0.001}\text{Al}_{0.022}\text{Si}_{1.892})_{2.000}\text{O}_6$ 。

橄榄石约 14%,它形—半自形粒状。包在棕色闪石、古铜辉石或黑云母中。部分颗粒的边缘或裂隙中有不混溶的蠕虫状、毛发状磁铁矿,为贵橄榄石。化学式: $(\text{Na}_{0.001}\text{Ca}_{0.003}\text{Mn}_{0.007}\text{Mg}_{1.542}\text{Fe}_{0.549})_{2.102}$

[收稿日期]1998-11-01;[修定日期]1999-01-01;[责任编辑]张启芳

$(\text{Ti}_{0.001}\text{Al}_{0.002}\text{Si}_{0.947})\text{O}_4$ 。

黑云母约 10%,多取代闪石、辉石、橄榄石。斜长石约 1%,它形,充填粒间。绿泥石约 1%,交代闪石和黑云母。蛇纹石约 1%,交代辉石、橄榄石。

不透明矿物约 3%,主要是磁铁矿,另有黄铜

矿、方黄铜矿和陨硫铁。硫化物在棕色闪石中呈小球,磁铁矿在橄榄石中呈毛发状、蠕虫状,或在造岩矿物粒间分布。方黄铜矿化学式为 $\text{Fe}_{2.113}\text{Cu}_{1.093}\text{S}_{3.000}$;陨硫铁淡玫瑰红色,光学性质类似磁黄铁矿,化学式为 $(\text{Fe}_{1.136}\text{Cu}_{0.003})_{1.139}\text{S}$ 。

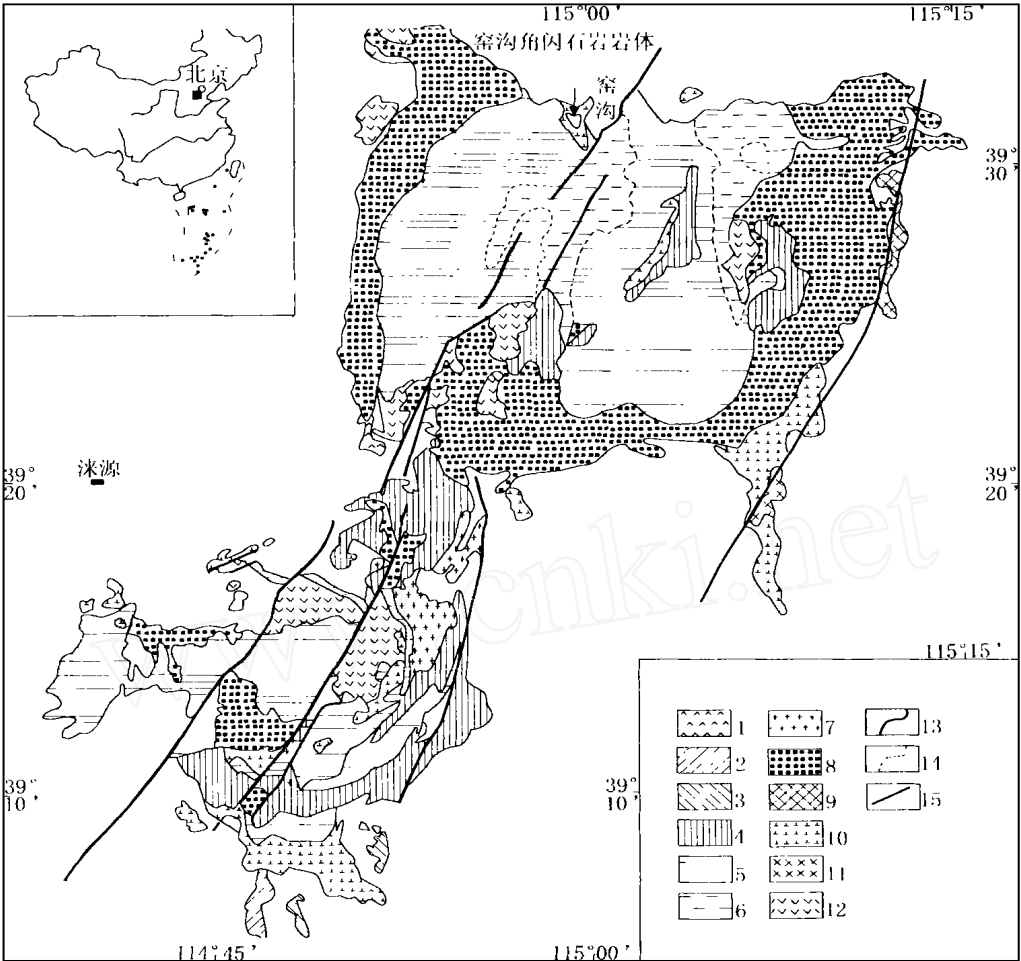


图 1 涞源岩基地质略图

(据涞水—易县地区矿产地质图(1979),石准立(1990)缩编)

- 1—闪长斑岩;2—石英斑岩;3—花岗岩;4—白岗岩;5—斑状二长花岗岩;6—二长花岗岩;7—花岗岩;
8—花岗岩;9—石英正长岩;10—石英闪长岩;11—角闪岩;12—安山岩;13—地质界线;14—岩相界线;15—断裂

辉石二长闪长岩很不均匀,矿物含量变化较大,尤其是在靠近橄榄辉石角闪岩处,可见由长柱状角闪石和红色钾长石组成的团块,且有许多宽窄不一的红色钾长石脉穿过。随远离超基性岩,辉石二长闪长岩逐渐均匀。镜下观察,单斜辉石约 5%,它形,呈角闪石中的残余;普通角闪石约 45%,浅黄—绿色多色性,它形—半自形,多聚成团块;钾长石约 11%,与其它颗粒呈缝合线状接触,有时可见内部有斜长石交代残余,绢云母化强烈,多有钠长石净边;斜长石约 35%,半自形,强烈绢云母化;石英约 3%,充填粒间;黑云母约 1%;另有少量绿泥石、绿帘石、榍石、磁铁矿、磷灰石。

黑云母石英闪长岩面积约 1.5 km²。普通角闪石约 12%,浅黄—绿色多色性,它形;黑云母约 8%;斜长石约 65%,半自形板状,An44;钾长石约 5%,它形;石英约 10%,充填空隙。另有单斜透辉石约 1%残留于角闪石中。副矿物为磷灰石和磁铁矿。

由矿物特征和结构关系可以看出,二长闪长岩与石英闪长岩为同一岩浆结晶分异的产物;二者与角闪岩截然不同。在结晶早期,闪长质岩浆在接触带沉淀了辉石及聚团状角闪石,之后辉石与岩浆反应形成绿色普通角闪石,在岩浆晚期岩石又被岩浆热液交代,发生了强烈的钾化及钠化、绢云母化等,最终成为现在辉石二长闪长岩的面貌。

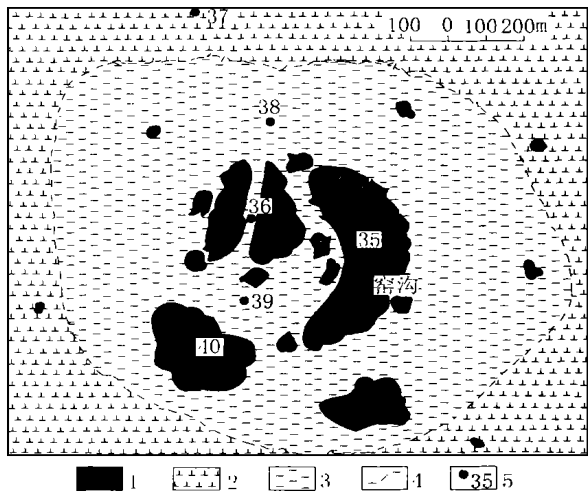


图2 窑沟橄榄辉石角闪石岩产出示意图
1—橄榄辉石角闪石岩;2—黑云母石英闪长岩;
3—辉石正长闪长岩;4—过渡界线

2.3 岩石化学

角闪石岩和石英闪长岩主要氧化物及 CIPW 标准矿物含量见表 1,二者差别很大。角闪石岩的硅、铝、钠、钾含量较低而铁、镁、钙的含量则高得多。

表 1 岩石化学成分和 CIPW 标准矿物

角闪石岩		石英闪长岩		角闪石岩		石英闪长岩	
35		37		35		37	
SiO2	42.80	58.14		CIPW 标准矿物			
TiO ₂	1.62	0.90		Q		6.06	
Al ₂ O ₃	10.55	17.24		Or	5.91	21.45	
FeO ₃	6.62	2.20		Ab	8.31	32.24	
FeO	9.16	4.43		An	17.35	19.22	
MnO	0.24	0.14		Hy		10.32	
MgO	12.48	2.90		Di	31.15	4.08	
CaO	11.67	5.38		Mt	9.60	3.19	
Na ₂ O	1.89	3.81		Il	3.08	1.71	
K ₂ O	1.00	3.63		Ap	0.56	0.88	
P ₂ O ₅	0.24	0.38		Ol	18.16		
LOI	2.01	0.84		Ne	4.16		
Total	100.28	99.99					

北京大学地质学系测定。
微量元素和稀土元素含量见表 2。与黑云母石英闪长岩相比,橄榄辉石角闪石岩的 Cr、Co 等相容元素较高而 Rb、Cs、Ba、Sr、Zr、Hf、U、Th 等不相容元素含量较低。

球粒陨石标准化稀土配分曲线见图 3。总体来看,配分曲线平坦,略富轻稀土,分异程度低,反映岩石以地幔成分为主。

2.4 同位素年龄

选取窑沟角闪石岩和石英闪长岩新鲜岩石中的角闪石单矿物,进行了 K—Ar 测年。角闪石岩的 K—Ar 年龄为 223 Ma,属晚三叠世;石英闪长岩为

187 Ma,在早侏罗世形成。二者的形成有一定的时间间隔。而涞源岩基的主体则在晚侏罗世 - 早白垩世形成,如王安镇斑状二长花岗岩,Rb—Sr 年龄为 138 Ma(河北综合队,1994),高家庄花岗闪长岩,黑云母 K—Ar 年龄 123 Ma,支家庄黑云母花岗岩 K—Ar 年龄 108 Ma;高家庄斑状花岗岩,黑云母 K—Ar 年龄 99.5 Ma(Feng and Chang, 1998)。

表 2 岩石的稀土元素和微量元素含量 10⁻⁶

角闪石岩		角闪石岩		角闪石岩 石英闪长岩	
35	35	35	37		
La	10.46	ΣREE	66.74	Cr	840
Ce	20.99	ΣCe	50.54	Co	125
Pr	2.90	ΣY	16.20	Sc	31
Nd	12.72	ΣCe/ΣY	3.12	Zn	125
Sm	2.63	(La/Yb) _N	7.30	As	0.62
Eu	0.84	(La/Sm) _N	2.42	Rb	-
Gd	2.67	(Gd/Yb) _N	2.27	Cs	-
Tb	0.37	δ _{Eu}	0.974	Ba	285
Dy	1.79	δ _{Ce}	0.884	Sr	321
Hf	0.42			Hf	1.07
Er	1.08			Zr	-
Tm	0.15			Th	0.71
Yb	0.83			U	-
Lu	0.13				1.72
Y	8.76				

微量元素由原子能研究院中子活化法测定;稀土元素由北京大学地质学系 ICP - AES 测定。

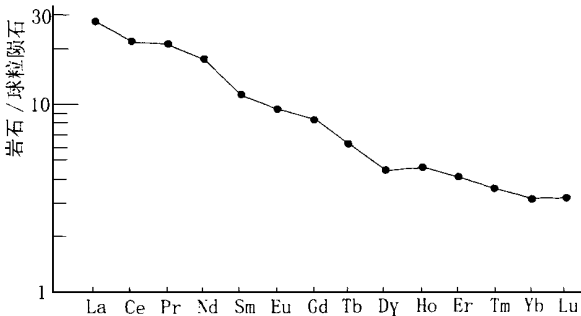


图 3 角闪石岩的稀土元素配分曲线

3 成因讨论

从产出特征上看,超镁铁质岩面积虽小,但分布集中,且在角闪石岩与石英闪长岩的接触带上有结晶分异和岩浆晚期交代现象,说明角闪石岩不是包体,而是一次独立的岩浆活动形成的产物,后来又被较晚的岩浆侵入,成为了残留体。如果角闪石岩是从深部来的包体,则一般应分布于所有石英闪长岩中。

岩石的结构构造关系说明,角闪石岩不是闪长岩岩浆结晶分异的产物。同位素年龄也显示二者的形成年龄有一定的时间间隔,角闪石岩早于石英闪长

岩。

角闪石岩以含 Ti、Al 较高的棕色角闪石为主, 并有陨硫铁出现, 反映岩石来源较深。角闪石岩含较多的相容元素而石英闪长岩含较多的不相容元素。二者既然不是同一岩浆结晶分异的产物, 则角闪石岩相对富相容元素的特征就不可能是岩浆结晶分异造成的, 而是继承自岩浆原岩。因此角闪石岩来源较深而石英闪长岩相对较浅。角闪石岩的稀土元素配分曲线轻重稀土分异程度低, 铈负异常不明显, 说明岩石相当富集地幔部分熔融产物 (Haskin, 1985)。

涞源岩基中的角闪石岩体位于深大断裂附近, 只出现在第 II 系列最早的闪长岩中, 说明第 I 系列角闪石岩浆来自地幔, 沿断裂上升, 第 II 系列岩浆在相同的位置较浅的部位形成, 最早的侵位亦严格受断裂控制, 后规模逐渐增大, 侵入于整个断裂带中及其附近。

涞源岩基的主体在晚侏罗—早白垩侵入, 但早

在晚三叠世, 岩浆就已经开始形成、侵位了。整个涞源岩基岩浆活动的持续时间超过 120 Ma。

[参考文献]

- [1] 石准立. 河北涞源花岗杂岩体岩浆演化与成矿 [A]. 见: 冯景兰教授诞辰 90 周年纪念文集. 北京: 地质出版社, 1990. 180 ~ 191.
- [2] 河北省地质矿产局. 河北省 北京市 天津市区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [3] Feng Zhongyan, Chang Zhaoshan. Magmatic setting of the northern Taihang mountains metallogenetic province, proceedings of the ninth quadrennial IAGOD symposium, Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung [A], 1998. 69 ~ 275.
- [4] Leake BE, Woolley AR, Arps CES, etc. Nomenclature of amphiboles: report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Commission on New Minerals and Mineral Names [J]. Mineralogical Magazine, 1997, 61. 295 ~ 321.
- [5] Haskin LA. 岩石成因模拟—稀土元素的应用 [J]. 地质地球化学 (增刊), 1985. 4 ~ 10.
- [6] 黎 彤. 化学元素的地球丰度 [J]. 地球化学, 1976 (3): 167 ~ 174.

RESEARCH ON THE ULTRAMAFIC ROCKS IN THE LAIYUAN BATHOLITH, HEBEI PROVINCE

CHANG Zhao - shan, FENG Zhong - yan, CHEN Ting - li

Abstract: The Laiyuan batholith is in the Zijinguan deep fault belt, and is composed of 3 series of intrusive rocks. This paper chooses the Yaogou hornblende body, one of the two major ultramafic outcrops in the Laiyuan batholith, as a representative to carry out detailed research. Though the hornblende outcrops are very small, and is cut by later magma, they are concentrated in a small area. Immediately adjacent to the hornblende is the pyroxene monzodiorite. Further away is the biotite quartz diorite, which is fully gradational to the monzodiorite. There are hornblende inclusions in the monzodiorite and the quartz diorite, mostly near the hornblende body. The further from the hornblende body, the smaller and less the hornblende inclusions. The hornblende features poikilitic texture. It consists mainly of amphibole (53%), olivine (13%), bronzite (18%), and biotite (10%). The amphiboles include brown ones and green ones, both magnesiohastingsite, with no sharp boundaries between them. But the brown ones contain more Ti and Al (IV), which indicates their deep origin. The chrysolites are generally included in amphiboles and orthopyroxenes. There are small sulfide balls composed of chalcopyrite, cubanite, and triolite in brown amphiboles. Mineralogical and textural characteristics of the 3 kinds of rocks indicate that the monzodiorite and the quartz diorite derived from the same magma. At the contact, there are more early precipitated amphiboles and the monzodiorite undergone more strongly late-magmatic alteration, such as K-feldsparization, sericitization, etc. The hornblende was emplaced earlier than the quartz diorite. The major and trace element characteristics of the hornblende and the quartz diorite rocks differ greatly. The REE pattern indicate that the hornblende came from the mantle. The amphibole K-Ar age of the hornblende is 223 Ma, and the quartz diorite, 187Ma.

The above facts indicates that the Yaogou hornblende crystalize from a earliest, independent magma which came from the mantle. The magma elevated along the deep fault, and formed the series rocks. Later at the same spot but shallower depth, magma generated, and also emplaced along the deep fault at the beginning. Quartz diorite crystalized firstly. When more magma was emplaced, they occupied the whole deep fault belt. Although the major part of the Laiyuan batholith crystalized in the Late Jurassic - Early Cretaceous Epoch, the earliest part began to form as early as in the Late triassic Epoch. Totally the magmatism lasted over than 120Ma.

Key words: hornblende, geological and geochemical characteristics, upper mantle



第一作者简介:

常兆山 (1970 年 -), 男。1988 年毕业于北京大学地质学系岩矿及地球化学专业, 1997 年在北京大学地质学系获博士学位。现任北京大学地质学系讲师, 主要从事矿床学及岩浆岩与成矿关系科研和教学工作。

通讯地址: 北京市海淀区 北京大学地质学系资源教研室, 邮政编码: 100871