

# 冀北水泉沟偏碱性杂岩体中云辉闪长岩的发现及其地质意义

张 招 崇

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

主题词 偏碱性杂岩体 云辉闪长岩 冀北

提 要 作者在冀北水泉沟偏碱性杂岩体中发现了一种钙碱性岩石——云辉闪长岩。根据其矿物组成,可能为一种新的岩石类型。该岩石由黑云母(约占15%)、普通辉石(约占15%)、更长石(约占65%)、钾长石(约占5%)以及其它一些副矿物(<1%)组成。与水泉沟杂岩体的其它岩类相比,该岩石以相对高含量的LREE、高场强元素和Fe、Mg、Ca等元素以及相对低的SiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为特征。

## 1 引言

近年来,随着冀北东坪、后沟、中山沟等新的金矿类型的相继发现,人们已注意到水泉

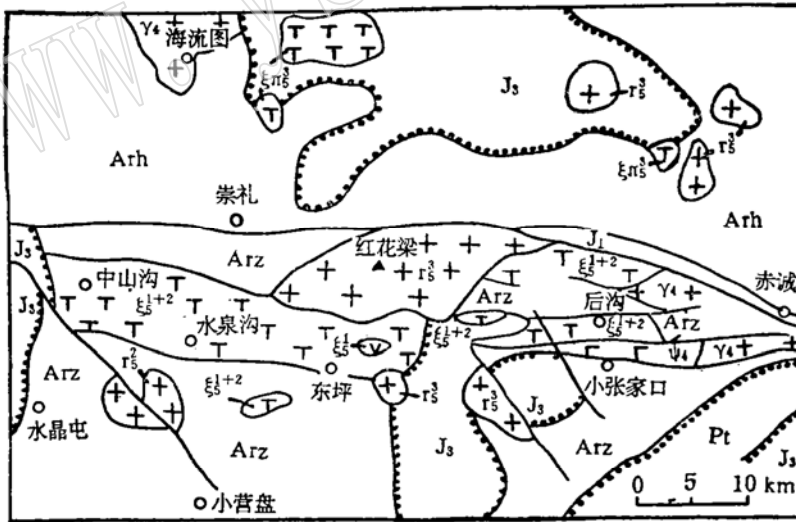


图 1 冀北水泉沟地区地质略图

Fig. 1 Schematic geological map of Shuiquanguou area northern Hebei

J<sub>1</sub>—上侏罗统, J<sub>3</sub>—下侏罗统, Pt—元古界, Arh—太古代红旗营子群, Ar<sub>2</sub>—太古代桑干群, γ<sub>5</sub><sup>2</sup>—燕山晚期花岗岩, ξ<sub>π</sub><sup>2</sup>—燕山晚期正长斑岩, γ<sub>5</sub><sup>1</sup>—燕山早期正长斑岩, ξ<sub>5</sub><sup>1+2</sup>—印支期二长岩和正长岩, ξ<sub>5</sub><sup>1</sup>—印支期云辉闪长岩, γ<sub>4</sub>—海西期花岗岩, ψ<sub>4</sub>—海西期透辉岩;

沟偏碱性杂岩体与金矿之间的生成联系<sup>[1-4]</sup>。但由于该岩体规模巨大,加之本区地形高差大和植被较厚,因此对该杂岩体的研究程度较差,而把重点放在容矿围岩与金矿床的研究上。笔者通过详细的野外观察和室内的薄片鉴定,在东坪金矿的东北方向发现了一种新的岩石类型(图1),此类岩石在国内乃至国外均属罕见,笔者在此抛砖引玉,以期与诸位同仁商讨。

## 2 区域地质背景

本区位于华北地台北缘尚义—崇礼—赤城深大断裂的南部,断裂以北为内蒙地轴,以南为燕山台褶带。在太古代桑干群结晶基底之上形成了巨厚的中、上元古代长城系、蓟县系、青白口系沉积岩。中侏罗世有火山活动,主要由火山角砾岩、凝灰岩等组成。区内断裂构造较为发育,主要有三组:EW向、NW向和NE向,其中以EW向断裂最为发育。而尚义—崇礼—赤城深大断裂控制了水泉沟偏碱性杂岩体的分布(图1),该断裂为一向南陡倾的逆冲断层,并具有多期次、继承性活动的特点。区内岩浆活动亦较频繁,主要有海西期、印支期和燕山期三个构造—岩浆旋回。

## 3 水泉沟杂岩体的地质特征

杂岩体呈近东西向,东西长约56 km,南北宽6—8 km,面积约380 km<sup>2</sup>,呈岩基产出(图1)。岩体边界总体向外倾斜,北缘倾角陡,约70°—80°;南缘倾角缓,约40°—50°。据河北三队航磁、重力等资料,呈现明显的向南凸出的负异常,显示了岩体深部向南倾伏的趋势,因此在杂岩体南侧老地层中仍有子岩体出现。杂岩体南北两侧围岩主要为桑干群涧沟河组透辉角闪斜长变粒岩、片麻岩、斜长角闪岩和二辉麻粒岩等,西部和中部被上侏罗世张家口组、白旗组不整合覆盖。中段北界马丈子至石灰窑与红花梁碱长花岗岩体接触,南界与上水泉和北栅子花岗岩体相连;东段南段在金家庄至于家沟与超基性辉石岩紧邻(断层接触);东端与汤泉巨斑状花岗岩接触。

杂岩体的岩石组合复杂,主要由二长岩类和正长岩类组成,主要岩性有:角闪二长岩、辉石角闪二长岩、二长岩、石英二长岩、正长岩、霓辉正长岩、石英正长岩、角闪正长岩、角闪二长花岗岩、云辉闪长岩(名称暂定,详细地质情况见后)。另外,小型岩脉也很发育,宽约0.5—2 m,主要岩石类型有:花岗细晶岩、石英二长斑岩、二长斑岩、正长斑岩、闪长玢岩、辉绿岩、伟晶岩、煌斑岩等,岩脉产状以NW—NWW走向居多,次为NE及SN向。

杂岩体中的包体分布较为广泛,尤其是岩体与围岩的接触带附近最为发育,一般为围岩的捕虏体,如各种片麻岩、斜长角闪岩和大理岩等,而同源包体至今还未发现。这些捕虏体很可能是岩浆上侵过程中捕虏围岩的碎块,当然这些捕虏体的成分也经受了不同程度的改造,表现为暗色矿物数量减少,而钾长石成分增加。

杂岩体的岩相分带复杂,没有如一般岩体那样具有“环形”分带的特点,其分带几乎无规律可循,所以推测是与其复杂的侵位机制有关。但是,笔者通过野外观察后发现,杂岩体具有多期次侵位的特点,其侵位先后顺序为:云辉闪长岩→二长岩类→正长岩类→角闪二长花岗岩。杂岩体的形成时代争论较大,据笔者收集的同位素年龄资料,其时间跨度大,为

120—280Ma (图2), 除个别测定的 Rb-Sr 等时线年龄达784.81Ma (曾广策, 1992)<sup>①</sup> 外, 大多数年龄集中于190—200 Ma, 说明岩浆活动主期在印支期。年龄较低者可能与晚期蚀变作用有关, 因为本区杂岩体普遍遭受广泛的钾长石化。另外, 时间跨度大的特点也反映了本区岩浆活动时间长, 这一特征对岩浆活动晚期金矿的形成有重要的影响。

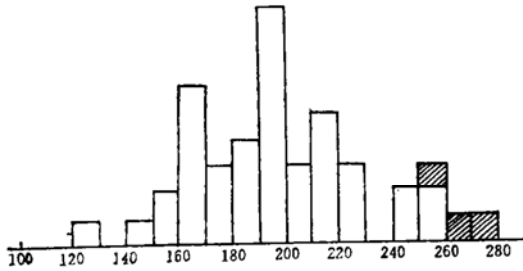


图2 水泉沟杂岩体年龄分布直方图

Fig. 2 Histogram showing age distribution of the Shuiquangou complex  
空格为K-Ar年龄; 阴影为Rb-Sr等时线年龄

## 4 云辉闪长岩的岩石学特征及命名讨论

### 4.1 云辉闪长岩的产出特征

云辉闪长岩位于东坪金矿东北约5 km处, 平面上呈近似圆形, 总体上位于杂岩体的中心部位(图1), 面积约1 km<sup>2</sup>。其直接接触的围岩有角闪二长岩、二长岩和正长岩, 但主要以二长岩为主。由于本区植被较厚, 没有观察到较多的接触关系。从局部地段观察到两者的直接接触关系来看, 云辉闪长岩早于二长岩, 其证据有三: (1)二长岩边部包有成分被改造了的云辉闪长岩包体; (2)在云辉闪长岩与二长岩的接触部位, 其颗粒明显变大, 并且往岩体中心, 颗粒有从大变小, 再由小变大(中间相)的趋势, 所以推测其边部颗粒变大可能是由于受二长岩侵位时的作用而发生重结晶变粗的结果; (3)在云辉闪长岩与二长岩的接触部约10 m内, 其钾长石含量明显增多, 这表现在外表上岩石的颜色变红, 而中心相则是灰黑色的, 这可能反映了二长岩的后期侵位对其成分的改造作用。另外, 因二长岩明显早于正长岩(正长岩呈细脉穿入二长岩内, 或被包裹于其中), 所以云辉闪长岩早于二长岩和正长岩侵位。

### 4.2 云辉闪长岩的矿物组成

岩石一般无蚀变, 不象二长岩类和正长岩类那样普遍遭受钾化和伟晶岩化。其主要矿物有黑云母、普通辉石、斜长石和正长石, 副矿物主要为磷灰石和含钛磁铁矿。岩石呈灰黑色, 似斑状结构, 块状构造。其中黑云母为镁黑云母, 自形板条状, 长约1—3 mm, 无暗化边, 约占15%; 辉石为普通辉石, 短柱状, 长约0.5—2 mm, 约占15%; 斜长石为更一中长石, 有钠长石双晶但不甚发育, 晶体呈长条状, 组成三角格架, 其内充填它形粒状的正长石和磁铁矿, 有些类似于辉绿结构。正长石为含一定数量钠长石分子的钾长石, 无双晶, 也没出现条纹长石, 说明其形成温度要高于一般的花岗岩。斜长石约占岩石的65%, 钾长石约占5%,

① 曾广策, 河北崇礼水泉沟偏碱性杂岩体(西段)岩矿特征及岩体成因研究, 一冶地质科技参考, 1992, (4): 29—37。

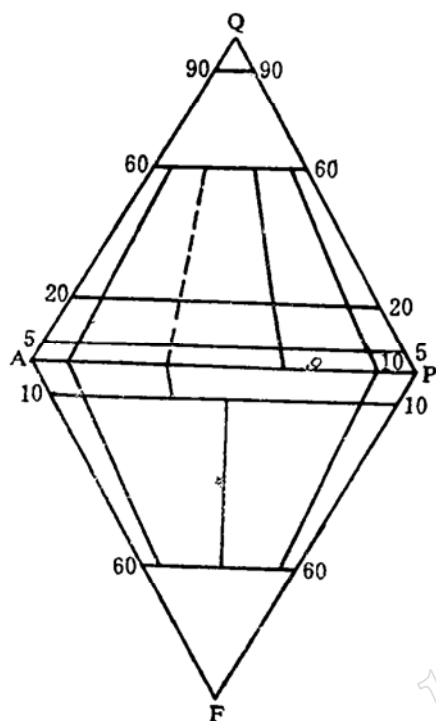


图3 火成岩分类QAPF图解  
(国际地科联推荐)<sup>[5]</sup>

Fig. 3 QAPF diagram for classification of igneous rocks

Q—石英; A—碱性长石; P—斜长石; F—副长石

副矿物含量小于1%。

### 4.3 关于岩石命名的讨论

根据国际地科联最新推荐的分类命名方案,在测定了实际矿物的含量后,应采用QAPF双三角图(图3)。为了使用该分类,必须知道和重新计算Q、A、P和F的实际矿物含量,以便使其总量达到100%。该岩石的实际矿物含量如前所述:Q为0%,A为5%,P为65%,M为30%,经重新换算后,Q为0%,A为7.1%,P为92.9%,因此投影在图3上为10区,为辉长岩、闪长岩和斜长岩区。推荐的分类方案进一步指出,若 $A_n < 50\%$ ,则岩石为闪长岩,所以该岩石应属闪长岩类。但据笔者查阅的有关权威文献<sup>[5]</sup>发现,国际上还没有与之有相似的矿物组成和岩石化学成分的岩石,所以笔者认为该岩石很可能为一种新的岩石类型。众所周知,闪长岩类并不一定就含角闪石,但鉴于该岩石的 $SiO_2$ 含量为59.24%,并且含较多的黑云母和辉石,所以为方便和清楚了起见,笔者将此暂称为云辉闪长岩。至于是否确切,需要进一步讨论。

## 5 云辉闪长岩的地球化学特征

### 5.1 岩石化学特征

云辉闪长岩和水泉沟杂岩体其它岩类的岩石化学、CIPW标准矿物及某些参数见表1。从表1可以看出,云辉闪长岩与其它岩类相比,具有明显的低碱( $K_2O + Na_2O$ )、低Si和低Al,高含量的Fe、Mg和Ca;而P和Ti虽然含量较低,但较水泉沟杂岩体的其它岩类要高。其里特曼指数为2.85,属钙碱性,而其它岩类的里特曼指数为5.38—9.75,属碱钙性—碱性;另外,其分异指数(DI)为60.59,这也较其它岩类的DI(82.67—97.81)要低,说明其演化程度相对较低。

### 5.2 矿物化学特征

云辉闪长岩的主要矿物化学成分的电子探针分析结果见表2。

#### 辉石

由辉石的矿物化学成分可见其为普通辉石。从分析的两个辉石成分来看,基本相似,都以低Al、低Na,高Ca为特征。 $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 为0.067—0.178,反映了辉石是在相对还原的条件下结晶的。辉石的 $TiO_2$ 含量较低,为0.40—0.52,这与全岩低Ti含量是一致的。另外,根据

表 1 云辉闪长岩和其它岩石的岩石化学CIPW标准矿物及其岩化参数  
Table 1 Petrochemistry, CIPW norm and petrochemical parameters of orthoferite and other rocks

序号	产地	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	d <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	CO <sub>2</sub>	Loss	Sum
1	东坪	59.24	1.14	16.31	3.73	3.09	0.09	3.13	5.85	4.10	2.69	0.31	0.12		0.37	0.07	100.30
2	东坪	63.52	0.25	18.11	1.54	1.08	0.11	0.59	3.00	6.28	4.22	0.11	1.34		0.19	0.00	100.43
3	东坪	62.32	0.30	18.40	3.00	3.65	0.14	0.13	4.56	8.36	1.99	0.02	0.66		0.00	0.54	101.07
4	后沟	66.22	0.09	18.56	0.43	0.80	0.06	0.23	0.65	7.20	4.64	0.02				0.54	99.44
5	后沟	65.80	0.05	18.86	0.81	0.52	0.05	0.23	0.65	6.84	5.92	0.00				0.63	100.36
6	后沟	65.72	0.06	18.15	0.50	0.49	0.03	0.19	0.28	3.42	11.46	0.05				0.23	100.56

	Ilm	Ap	Mt	Or	Ab	An	Di	Ne	Wo	Ol	Hy	Q	C	ALK	K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	σ	DI
1	2.16	0.72	4.58	15.85	34.61	18.11	5.19	0.00	0.00	0.00	7.57	10.13	0.84	6.77	0.66	2.85	60.59
2	0.47	0.25	2.15	24.90	53.06	8.75	4.35	0.00	0.00	0.00	0.01	4.71	0.00	10.48	0.67	5.38	82.67
3	0.57	0.05	2.87	11.71	68.48	6.77	2.56	0.00	5.28	0.00	0.00	0.00	0.00	10.31	0.24	5.57	81.24
4	0.15	0.00	0.70	27.27	60.82	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62	4.57	0.51	11.84	0.64	6.04	92.66
5	0.08	0.00	1.16	35.06	57.62	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	1.56	0.00	12.76	0.87	6.86	94.24
6	0.09	0.00	0.70	67.89	28.84	0.28	0.68	0.00	0.00	0.00	0.56	1.08	0.00	14.88	3.35	9.75	97.81

序号4—6据文献(3), 1为云辉闪长岩, 6为正长岩, 其余均为各类二长岩。

单斜辉石温度计计算的结晶温度为990℃。

**黑云母**

电子探针分析结果显示了黑云母为镁铁质黑云母(图4)。从表2看出, Ti都为六次配

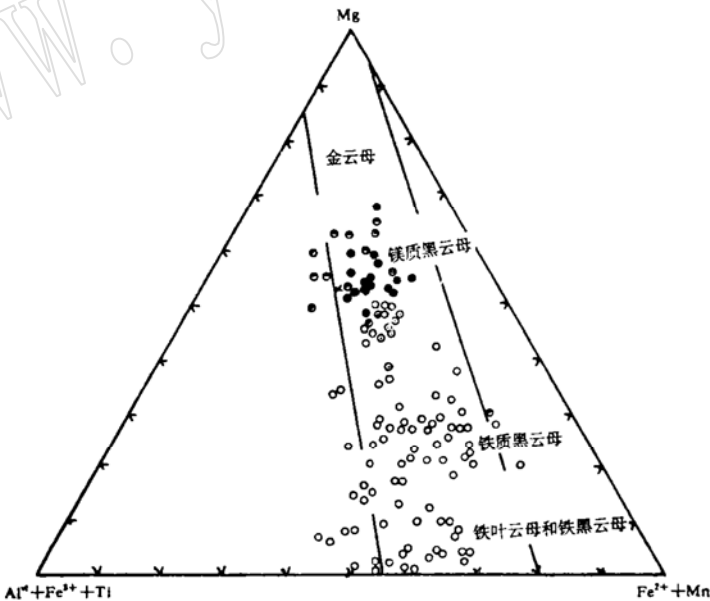


图 4 黑云母的Mg—(Al<sup>VI</sup> + Fe<sup>3+</sup> + Ti)—(Fe<sup>2+</sup> + Mn)图解(据洪大卫, 1982)<sup>(6)</sup>

Fig. 4 Mg—(Al<sup>VI</sup> + Fe<sup>3+</sup> + Ti)—(Fe<sup>2+</sup> + Mn) diagram of biotite

空心圆为华南花岗岩; 点圆为易县的闪长岩; 半实心圆为长江中下游的中酸性岩类; 实心圆为碱性超碱性岩; 交叉为水泉沟云辉闪长岩

表 2 云辉闪长岩主要矿物化学成分和电子探针分析  
Table 2 Chemical composition and electron microprobe  
analyses of major minerals from ortlerite

	辉石	辉石	黑云母	磁铁矿	钾长石	斜长石(中)	斜长石(边)
SiO <sub>2</sub>	52.79	52.03	38.38	0.12	65.50	57.09	61.67
TiO <sub>2</sub>	0.40	0.52	4.90	5.50	0.31	0.00	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.54	0.66	12.32	0.95	18.54	26.85	23.77
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.16	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.95	0.74	9.25	54.98	0.00	0.00	0.10
FeO	9.83	10.62	9.82	34.62	0.00	0.26	0.25
MnO	0.21	0.16	0.15	0.05	0.20	0.06	0.07
MgO	13.11	12.99	13.65	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.21	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00
CaO	19.00	19.52	0.08	0.15	0.19	8.44	5.20
Na <sub>2</sub> O	0.47	0.38	0.30	0.30	1.34	6.20	7.62
K <sub>2</sub> O	0.01	0.05	9.91	0.08	13.26	0.27	0.66
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
Sum	98.13	98.01	97.96	91.70	99.36	99.18	99.34
Si	1.981	2.000	2.910	0.005	3.046	2.583	2.773
Ti	0.015	0.012	0.278	0.158	0.011	0.000	0.000
Al <sup>VI</sup>	0.011	0.025	0.012				
Al <sup>IV</sup>	0.019	0.000	1.090	0.044	1.017	1.433	1.259
Fe <sup>3+</sup>	0.011	0.028	0.528	1.581	0.000	0.000	0.003
Fe <sup>2+</sup>	0.339	0.317	0.624	1.106	0.000	0.011	0.008
Cr <sup>3+</sup>	0.002	0.006	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000
Mn	0.004	0.007	0.009	0.002	0.008	0.003	0.008
Mg	0.794	0.753	1.544	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.795	0.785	0.005	0.062	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.008	0.000	0.002	0.008	0.411	0.251
Na	0.027	0.030	0.046	0.023	0.120	0.544	0.665
K	0.003	0.000	0.956	0.005	0.788	0.016	0.038
Ac	3.09	1.09					
Jd	0.51	1.89					
CaTiAl <sub>2</sub>	1.03	0.59					
CaAl <sub>2</sub> Si	0.00	0.00					
Wo	39.94	39.30					
En	38.75	39.50					
Fs	16.68	17.61					
Ab					13.18	56.15	69.73
An					1.03	42.24	26.30
Or					85.79	1.61	3.97

Fe已经换算,分析由中国地质大学(北京)探针实验室测定。

位,并且 MnO 含量较低,这与全岩为钙碱性岩石是一致的。从图 4 还可以看出,云辉闪长岩的黑云母基本上属镁质黑云母,与西昌的基性超基性岩的黑云母相似,与华南 S 型花岗岩中的黑云母差别很大,同时与水泉沟杂岩体的其它岩类的黑云母也有明显的区别(其它岩类的黑云母为铁质黑云母),这说明其形成深度相对较深。

黑云母的 $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 相对较高,为0.848,说明是在氧化的条件下形成的。另外,黑云母矿物的出现本身就说明岩浆富含挥发分,这可以有两种解释,一是岩浆演化到晚期挥发分发生富集;二是开放条件下,外来挥发分的加入。结合氧化态较高这一特征,表明黑云母结晶时的物理化学条件与辉石有所区别。

### 长石

从表2可知,斜长石为更一中长石,其中心为中长石,边缘为更长石,并且光性特征表明了无韵律环带的存在,反映了岩浆由中性向酸性演化的特点,即 $SiO_2$ 含量增加, $Na_2O$ 含量也增加,反映了 $P_{H_2O}$ 没有发生动荡的现象。根据斜长石地质温度计求得的温度约 $780^{\circ}C$ 。

碱性长石为钾长石( $Or_{86}$ ),无条纹长石,也不是微斜长石,所以不是低温长石,Ghiorso(1984)提出了碱性长石估算温度的方法(图5)<sup>[7]</sup>,从图5可知,钾长石的形成温度在 $750\sim 825^{\circ}C$ 之间,基本上与斜长石的形成温度相似。由斜长石和钾长石的Ab含量,并根据其得出的温度,可反过来推知其形成时的 $P_{H_2O}$ 约 $2 \times 10^8 Pa$ 。

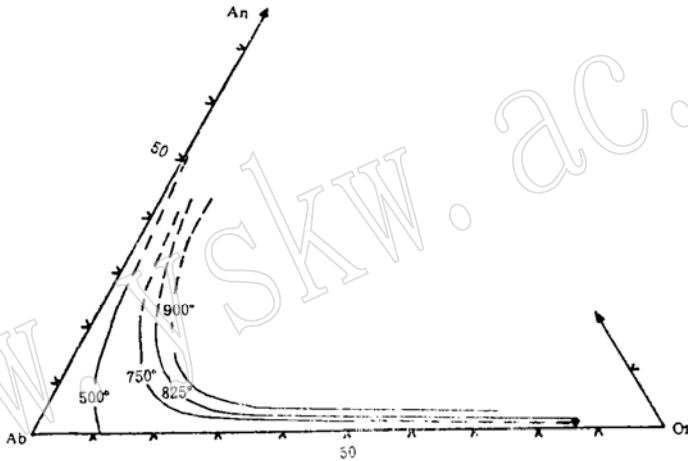


图5 Ab—An—Or图解(仿Ghiorso, 1984)<sup>[7]</sup>

Fig. 5 Ab—An—Or diagram.

### 磁铁矿

由表2可知,磁铁矿富含 $TiO_2$ (5.50%),而低含 $Cr_2O_3$ (0.30%)、微含Al,反映了它们是在晚期结晶的。

### 5.3 稀土元素特征

云辉闪长岩的稀土元素分析结果见表3,为了便于对比,水泉沟杂岩体其它主要岩类的稀土分析结果也一并列于表3中。从表3可以看出,云辉闪长岩的稀土总量( $\Sigma REE$ )、 $(LREE/HREE)_N$ 、 $(La/Yb)_N$ 值明显高于水泉沟杂岩体的其它岩类,这一点从图6的稀土元素分配模式上反映得更清楚,其分配模式表现为更陡的右倾曲线,说明它们不是同一母岩浆分异的产物。另外图6也显示出云辉闪长岩具有弱的负Eu异常,而其它岩类则基本没有Eu异常或略具正Eu异常。

### 5.4 微量元素特征

云辉闪长岩和水泉沟杂岩体其它岩类的微量元素分析结果见表4。从图7可以看出,其

表 3 云辉闪长岩及其它岩类的稀土分析结果及某些参数

Table 3 REE analyses and some parameters of ortlerite and other rocks

序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Sum	(La/Yb) <sub>N</sub>	(LREE/HREE) <sub>N</sub>	δEu
1	52.10	99.96	10.46	46.08	7.92	1.96	5.52	0.85	3.94	0.71	1.72	0.21	1.23	0.20	232.86	27.90	5.98	0.87
2	24.40	52.79	6.33	27.78	5.17	1.50	3.86	0.56	2.96	0.57	1.50	0.22	1.27	0.18	129.09	12.66	4.22	0.99
3	7.72	23.34	4.06	23.69	6.06	1.89	4.85	0.74	4.13	0.90	2.52	0.46	2.99	0.43	83.78	1.70	1.65	1.04
4	6.95	19.82	2.75	13.71	2.74	0.82	1.90	0.29	1.47	0.30	0.88	0.15	1.02	0.17	52.97	6.81	2.92	1.05
5	40.35	79.59	8.37	34.11	6.99	2.17	5.13	0.67	3.70	0.70	1.89	0.30	1.75	0.27	185.99	15.18	4.74	1.07
6	16.36	48.76	6.21	27.19	6.08	1.58	5.09	0.65	4.18	0.85	2.49	0.48	3.12	0.67	123.71	3.45	2.22	0.96

1—3分别对应表 1 的 1—3

4—5据文献(3), 6 据河北第三地质大队区调报告。

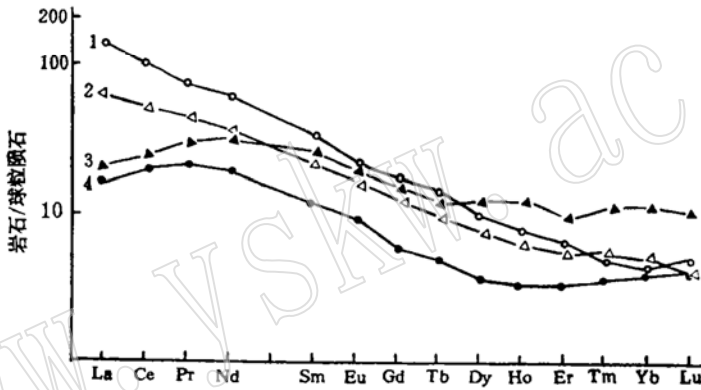


图 6 云辉闪长岩和其它岩类的REE分配曲线

Fig. 6 REE partitioning curves of ortlerite and other sorts of rocks

表 4 云辉闪长岩和其它岩类的微量元素分析结果 (×10<sup>-6</sup>)

Table 4 Trace element analyses of ortlerite and other rocks

序号	Rb	Ba	Th	K	Ta	Nb	La	Ce	Sr	Nd	P	Hf	Zr	Sm	Ti	Tb	Y
1	96	973	11	22322	<10	7	52.10	99.96	895	46.08	1353	10	218	7.92	6840	0.85	15.39
2	52	1436	8	34980	<10	6	24.40	52.79	1348	27.79	480	19	120	5.17	1500	0.56	12.72
3	21	444	<5	16495	<10	4	7.72	23.34	1134	23.69	87	14	98	6.06	1800	0.74	25.47
4	73.1	2679	7.0	67057	1.44	5.65	6.95	19.82		13.71	218	1.22	30.4	2.74	1139	0.29	9.47
5	64.1	1350	7.6	25546	0.97	9.50	40.35	79.59		34.11	1178	3.25	137.3	6.99	3417	0.67	20.09
6	80.4	1168	8.1	32251	0.66	3.18	22.32	47.78		15.46	349	4.20	118.8	2.43	1259	0.16	2.89

1—3同表 1 的 1—3, 4—6据曾广策(1992)。



图解形式与水泉沟杂岩体的其它岩类相差较大，说明它们不是同一母岩浆分异的产物。由图 7 可见，随地幔/岩浆间的总分配系数的增大，表现为其含量有越来越低的趋势，即富集强不相容元素，而其它岩类的微量元素变化较为复杂。云辉闪长岩的另一特点是具有 Nb、P、Ti 的负异常，而没有 Sr 和 Ba 的亏损，这一点与正常弧花岗岩相似，而与成熟弧花岗岩和非造山花岗岩相区别。

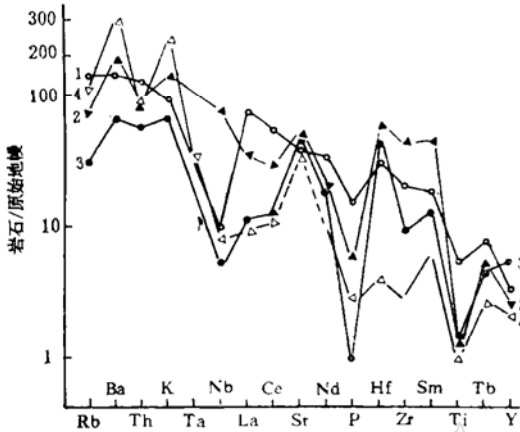


图 7 云辉闪长岩和其它岩石的微量元素地球化学模式图

Fig. 7 Trace element geochemical patterns of orthopyroxene and other rocks

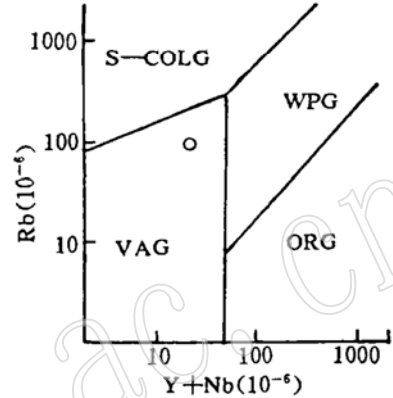


图 8 Rb对Y+Nb图解 (Pearce, 1984)<sup>(6)</sup>

Fig. 8 Rb versus Y + Nb diagram

VAG—火山弧花岗岩；WPG—板内花岗岩；ORG—洋中脊花岗岩；S—COG—同碰撞花岗岩

在 Rb 对 Y + Nb 图解 (图 8) 上，其投影点也落在火山弧花岗岩区内，说明云辉闪长岩的微量元素特征与火山弧花岗岩有某些相似，同时也说明其源岩可能是与被改造了的地幔楔形区有相似成分的源区。

## 6 结论

(1) 在水泉沟杂岩体中发现的云辉闪长岩，其矿物组成特殊，可能为一种新的岩石类型。

(2) 云辉闪长岩属钙碱性，其岩石化学和地球化学特征与二长岩类和正长岩类有明显的差别，以富含 LREE、高场强元素和 Fe、Mg 和 Ca 等元素以及相对低碱、低 Al 等特征与水泉沟其它岩类相区别。

本文在成文过程中得到了李兆熊研究员和尚如相副研究员的帮助，在野外期间得到河北省崇礼县东坪金矿和赤城县后沟金矿的大力协助，在此一并致谢！

### 参 考 文 献

1 宋瑞先，张家口地区水泉沟二长岩体的成因及其与金矿的生成联系，金矿地质论文集（第一辑），北京：地质出版社，1990，82—91。

- 2 向树元等. 河北赤城“后沟式”金矿床成矿地质特征初步分析. 地质与勘探, 1991, 27(3): 15—20.
- 3 向树元等. 后沟—水泉沟碱性正长岩体的成因及其与金矿的关系, 现代地质, 1992, 6(1): 55—62.
- 4 郑亚东等. 河北崇礼县东坪含金石英脉构造分析, 地质找矿论丛, 1990, 5(2): 20—28.
- 5 Le Maitre R W 主编. 火成岩分类及术语词典. 王碧香等译. 北京: 地质出版社, 1990.
- 6 洪大卫. 华南花岗岩的黑云母和矿物相及其同矿化系列的关系. 地质学报, 1982, (2): 145—154.
- 7 Ghiorso M S. Activity composition relations in the ternary feldspars. *Contr. Miner. Petrol.* 1984, 87, 282—296.
- 8 Pearce T H et al. Trace element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rock. *J. Petrol.* 1984, 25: 956—983.

## The Discovery of Biotite-Pyroxene Diorite in the Shuiquangou Weakly-Alkaline Complex of Northern Hebei and Its Geological Significance

Zhang Zhaochong

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

**Key words:** weakly-alkaline complex; biotite-pyroxene diorite; northern Hebei

### Abstract

A type of calc-alkalic rock-biotite-pyroxene diorite was discovered in the Shuiquangou weakly-alkaline complex of northern Hebei. Its mineral composition shows that it is possibly a new type of igneous rock. It consists of biotite (about 15%), augite (about 15%), oligoclase-andesine (approximately 65%), K-feldspar (some 5%) and other accessory minerals (less than 1%). Compared with other rocks of Shuiquangou complex, it contains higher LREE and high field strength elements as well as Fe, Mg and Ca and lower  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .