冀东迁安英云闪长质杂岩体 的成因与演化

.

兰玉琦 刘建昌

(浙江大学地质系) (西安石油学院)

提要 迁安地区英云闪长质杂岩是部分熔融产生的岩浆沿迁西群与单塔子群两个变质地体之间的 接触部位上侵形成的,经历了结晶分异作用演化,构造应力场对杂岩体有着重要影响,岩石学,地球 化学等方面的特征反映着杂岩体的形成是该区太古代末期地壳活动中的重要地质事件之一。 关键词 英云闪长质杂岩 结晶分异作用 变质地体 地壳活动

冀东迁安地区出露着一套太古宙的英云闪长质一花岗闪长质片麻状杂岩体,呈北东向展 布,这套杂岩在岩石学、侵位状态和构造背景等方面均显示着独特的地质特征,它的形成是该 区太古代末期地壳活动中的重要事件之一。

英云闪长质杂岩体位于迁西群麻粒岩相变质岩系与单塔子群角闪岩相变质岩系的交接部位,即麻粒岩相变质岩系的东部边缘带中。杂岩体分布区东侧为 NEE 走向的被花岗质岩石所愈合的宽达 2.5km 的构造角砾岩带与单塔子群相隔,西侧以一系列 NNE 向的构造面西倾、低角度的大型韧性断裂带与迁西群相接,其南北两侧亦为不同时代的断裂所切割,使杂岩构成了断块的主体。区内由西向东依次排列着多条宽愈千米的韧性剪切带,组成由西向东推覆的构造面,剪切带在西半部密集排列,东半部较稀疏,因此,英云闪长质杂岩体分布区内实际为一宽达二十余公里的构造活动带。

太古代末期本区发生了麻粒岩相一角闪岩相变质作用,混合岩化作用,NNE 向紧闭倒转 褶皱的形成,英云闪长质杂岩沿构造薄弱部位上侵和韧性断裂带的发育为同一期地壳运动不 同阶段的表现。在构造推覆活动中,英云闪长质杂岩的下部物质被大幅度抬升,使区内广泛出 露着偏中性端元的英云闪长质岩石,而在东半部,剪切带活动不很强烈,保留了杂岩侵位时的 状态,局部出现了偏酸性端元的花岗岩,故英云闪长岩的形成、演化与该区构造活动有密切关 系。

一、英云闪长岩的分布及岩相学特征

按构造形式、岩体组成、侵位状态和变质地层分布等特征,英云闪长质杂岩分布区可明显 地沿羊山至迁安县城一线为界分为两部分,基本特征和区别见下表1。

这两部分中,西部地区可以九龙山岩体为代表,地质特征是:(1)岩相展布与区域构造方向

_2

迁安东西部英云闪长岩特征对比表

表 1

	西部带	东部带
构造	以大型低角度韧性变形带为特征	以紧闭同斜倒转复式褶皱构造为特征
地层	无连续的地层出露,多为夹在韧性变形 带中的地层碎片。	相对连续的上壳岩组合 (迁西群下部平 林镇组地层
杂岩体 的产状	英云闪长质杂岩体呈变形带中的构造片 体产出,出露形态受韧性变形带的分布 控制。	英云闪长岩体以带状展布产于紧闭倒转 背斜构造的核部。
岩体侵 位方式	下部的岩体被构造抬升呈迭瓦状推覆体	杂岩体在构造应力作用下呈塑状体侵位 至倒转背斜的核部。
主体岩石	以英云闪长质一花岗闪长质岩石为主	以花岗闪长岩一花岗岩为主
出露岩体	九龙山、大崔庄、三岭、沙坨子、商庄子、 石佛寺等岩体	蟒山,龙虎山,新寨,毕新庄,寺前、大贤 庄,平林镇等岩体。

一致,各相带之间无清晰界限,部分相带间由韧性剪切带隔开。(2)不同类型岩石所占比例为, 英云闪长岩石 40%±,花岗闪长质岩石 20%±、各类构造岩 40%±,还有少量伟晶岩和镁铁 质岩石包体。(3)岩石组构复杂,片麻状、斑杂状,条带状等构造均发育。(4)韧性剪切带的活 动是在英云闪长质岩体形成后开始的,挟带岩块在推覆运动中向上部位移。

东部地区的地质特征可以蟒山岩体为例:(1)岩相展布与区域构造一致,各相带间界线不 明显,其中的包体分布、形态均复杂。(2)不同类型岩石的比例为:英云闪长岩 12%±、花岗闪 长岩 60%±,花岗岩 25%±及少量伟晶岩和镁铁质岩包体。(3)围岩为一套变质的上壳岩组 成,由下向上依次为:角闪二辉麻粒岩、黑云变粒岩、含石榴团斑黑云混合片麻岩,黑云变粒岩 和含铁石英岩。(4)岩体侵位是在褶皱发生倒转时侵入背斜核部的,并对倒转两翼地层施加较 强的改造,发育了平卧褶皱和低角度断层、反映岩体侵位时受到较强的构造应力作用。

由上述可知,东部地区岩体为岩浆演化较晚期的产物,西部地区岩体则为岩浆演化较早期 的产物,空间位置应处于东区岩体之下部,现今两部分岩体位于相同的水平是由于推覆构造改 造的结果。 二、英云闪长质杂岩体的岩石学特征

由(图 1)中显示属于英云闪长岩一花岗闪长岩系列,其化学成分变化范围不大,为岩浆分 异程度较低的表现。花岗岩仅出现于东部岩体中,为岩浆分异晚期的产物,在花岗岩相带中常 可见到早期阶段形成的英云闪长岩被包在其中,还可见到英云闪长岩一花岗闪长岩一花岗岩



图 1 英云闪长质杂岩岩石分类图 Q>10%(据 Oconnor. 1965)

相带的连续变化,说明它们属于同一岩浆演化系列。在主要矿物特征方面表现的系统变化,也 提供了岩浆演化的佐证。例如斜长石由 An34→An24 的演化;正长石的有序度由 0.24 向着 0.58 的演化,反映了岩浆末期温度的降低;黑云母在岩浆演化中 Fe/Fe+Mg 值有减少的趋势, 根据 H•W•Engster(1965)的实验资料,反映了随温度降低,岩浆氧逸度逐渐增大。辉石则有 向角闪石,黑云母转化的趋势;概括之,杂岩体经历了以下几个演化阶段;

(1)岩浆结晶一变质阶段;英云闪长质杂岩岩浆是在麻粒岩相一高角闪岩相变质期间侵位的,同时构造应力对其施以较大的影响,因此,岩石变质紧接着岩浆结晶发生,形成片麻状外貌。

(2) 岩石溶蚀一塑性变形阶段: 在构造应力的持续作用下, 岩石中长英质矿物变形, 压溶,

并溶蚀其他矿物,这阶段以广泛发育的应力变形组构和石英溶蚀其它矿物为特征。同时有铜, 锌矿化现象。

(3) 钾质交代阶段:伴随构造运动而出现的钾质流体对矿物的交代,产生钾质交代结构。

(4)片理化阶段:岩体基本固结后,在构造应力作用下,岩石产生一系列微片理,沿片理面 暗色矿物被磨碎,或生成黑云母,这阶段以机械变形和改造为主,流体不发育,在时间上其与大 型推覆构造有关。

三、英云闪长质杂岩的地球化学

英云闪长质杂岩化学元素组合,演化趋势及阶段。

(1) R型正交因子分析:所有元素见表 2(其中微量元素已取对数值)。由(图 2) F₁-F,因 子平面图可知:

1)按元素在因子平面上的分布得到四个组合:(a)FeO、MgO、CaO 为基性元素组合,代表着 包体和基性图岩特征。(b) Na,O、Al,O,为中酸性元素组合,代表英云闪长岩特征。(c) SiO,、 K,O、Ba、Rb、Sr 为酸性组合,代表花岗岩的特征。(d) ∑REE、Eu/Eu[•]为稀土元素组合,代表, 岩浆演化中稀土元素特征。

2) 由各元素组合 F₁、F₂ 因子的贡献得知: (a) 在杂岩岩浆演化中存在着两个不同的地质 因子,即代表英云闪长岩趋势的 F₂ 因子和代表花岗岩趋势的 F₁ 因子,其相关信息可以反映岩 浆演化的主要过程。(b) 由 FeO、MgO、CaO 组分与 F₁、F₂ 因子的负相关程度的系统变化可反 映出岩浆不同阶段成份的规律性变化。(c) LREE/HREE 与 F₁ 较强的正相关,反映岩浆向晚期 演化时,REE 分异程度逐渐增高。

F₃ 因子代表着岩浆演化中 REE 的性状, Eu/Eu^{*}、LREE/HREE 与∑REE 负相关反应了 岩浆中∑REE 减少时, REE 分异程度和 Eu 异常均增大。

R	쀨	Æ	交		子	分	析	元	寮	鮝	徝	赛
---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---

表 2

	Sio,	АЦО,	FeO	MgO	CaO	Ne,O	K,O	Be	RD	Sr	Σree	LREE/HREE	Eu/Eu*
F,	0. 93	0. 20	-0.88	- 0. 68	-0.77	0. 19	0. 75	0. 55	0. 73	0. 41	0. 08	0. 60	0. 03
F ,	0. 28	0. 94	-0.21	- 0. 63	-0. 48	0. 85	0. 00	0. 09	0.18	0. 33	0.04	0.09	0. 14
F,	- 0. 08	-0.03	0. 20	0. 03	0. 05	- 0. 29	0.11	-0.08	0. 05	-0. 42	0.35	-0.47	- 0. 93



(2) 斜交因子分析:以样品的其它元素组合为变量进行斜交因子分析,其中前三个因子方差累 积贡献达 75%,在这三个因子组成的空间中进行斜交旋转,旋转后各因子相关阵见表 3。因子 ¢

载荷阵见表 4。

		12 0
	F,	F,
F ₁	0. 1398	0. 4086
Fz		-0.1423



			表 4
	F ₁	F ₂	F,
SiO2	0.851	-0.188	0. 541
Al ₂ O ₃	0. 276	-0.177	0. 939
FeO/MgO	0. 352	-0.360	0.609
CaO	-0.831	0.073	-0.703
Na ₂ O/K ₂ O	-0. 438	-0.169	-0.242
NazO	0. 467	0.071	0. 930 -
Ba	0. 890	0.342	0.120
Sr ÷	0. 834	0. 285	0. 543
Rb/Sr	0.206	0.218	0. 166
La	0.666	0. 577	0. 203
Ce	0. 533	0.741	0.123
Nd	0. 430	0, 837	0. 099
Sm	0.079	0. 907	-0.156
Eu	0.261	0.869	-0.054
Үb	0.329	-0.722	0. 203

图 4 在 F₁ — F₂ 因子平面上不同岩类的组合及演化特征 gy1花岗岩1T-T-Gd 为英闪岩一奥长花岗岩一花岗岩长岩

(图 3) 是 $F_1 - F_2$, $F_1 - F_3$ 因子平面图, $F_1 - F_3$ 因子平面的特征与正交因子分析中, $F_1 - F_2$ 因子特征一样,由于采用了新的变量组合,在斜交因子分析中, F_1 代表了花岗岩阶段, F_3 代表 了英云闪长岩阶段。

在 F₁ 一 F₂ 因子平面中, REE 有规律的排列成弧形, 这种较强的内部联系正是 REE 组合在 岩浆演化中具有重要意义的原因。

(3)Q型因子分析:(图4)是F,一F,因子平面图,F,代表花岗岩阶段,F,因子代表英云闪 长岩阶段,根据各不同岩类样品在因子轴上的分布规律,可揭示岩浆演化不同阶段中各岩类的 变化特征,从而对杂岩的成因进行合理解释。在图面可将其分为三类:①基性围岩,其演化线 与F,因子轴较接近,反映了向花岗岩转化的趋势。②杂岩中偏中性岩石的演化线与F,因子 近乎平行,表示基性向英云闪长岩方向演化,其最下端的两个样品为杂岩中的透辉岩包体,在 图中与杂岩的中性岩石位于同一条演化线上,可代表着同源包体的性质。③花岗质岩石的演 化沿F,方向,它的斜率与前二者相反,表现了与英云闪长岩演化相反的方向,代表着另一个演 化阶段,由此可以认为杂岩岩浆曾明显经历了两种不同的演化阶段。F,与F,因子相关系数 较大(0.4086)反映这两个因子所代表的地质事件间有着一定联系,即阶段间的连续演化关系。

四、英云闪长质杂岩的物源及演化方式

杂岩岩浆的物源,根据氧同位素证据,表5列出了主要杂质及围岩样品的 60"值,其中L -1和 BT-26的 60"值接近幔源成分,反映了深部来源的特征,英云闪长质岩和花岗岩的 60"值与幔源包体值相近,说明了其成因的相似性。杂岩体围岩样品的 60"值较高,可能与变 质和构造作用过程中流体的加入有关。

氧同位素数值表

表 5

	L-1	BT-26	B06	BT—2	B ₂ -18	B ₃ -0	B ₅ -32
Ì	透辉石岩	闪石化透辉岩	英云闪长岩	英云闪长岩	花岗闪长岩	斜长角闪岩	麻粒岩
ð O '' 值	6. 34	7.01	7. 20	8.58	8.00	8. 37	10.16

表 6

	岩石	•	酸性麻粒岩		中性麻	• 粒 岩	基性麻粒岩
Ħ	样品数	4 ·	4	∢ 5	4	5	4
西群	∑REE 分布区间	137—66	53—29	164—85	155—89	108—27	150-44
麻	均值	95	40	116	126	72	93
粒	总平均值		86.15	. '	95.	83	
岩	SiO,	59.6-69.7.	72. 3—76. 5	58. 7—67. 8	54.9-57.8	4858	
	含量区间	Þ	58.7-76.5		48	-58]

	岩石		中酸性岩石	中性岩中,	•	
		a组	b组	c组	d 组	
安「云」	样品数	4 .	4	5	2	
 g £	∑REE 分布区间	336—170	139—93	94—61	. 150. 9—127. 8	
质杂		254.5	122.0	94. 3	139. 4	
	总均值	-	152. 1		139. 4	
	Sio,	59.9-74.8	59.7-66.6	63. 5—70. 62		
	含量区间		59. 7—74. 8	50. 54-53. 4		

根据锶同位素证据:英云闪长质杂岩的 Isr=0.7038(王凯怡 1983),表示岩浆物源为基性

岩石。

根据稀土元素的特征,总的看来,迁西群变质岩与英云闪长质杂岩的 REE 分配特征具有 明显的差别(表 6)。杂岩系的中酸性岩由 a 组至 c 组,随 SiO,含量增高(59.9~70.62) \sum REE 渐低(a 组 254.5,b 组 122,c 组 94.3) Eu/Eu^{*} 由 a <1,b=1,c>1,分异程度越来越高。Ce/y:a 组 13.2,b 组 19.5,c 组 25.6,这种规律性已被证明为同一岩浆演化系列的特征,为岩浆发生 低程度的分异结晶作用形成的。而对于迁西群的中酸性岩石,其 \sum REE 随岩石成分的变化并 未显示出规律性,变化杂乱实际上反映了物质来源与形成过程的多样性。因此,英云闪长质岩 不是迁西群中酸性麻粒岩变质重结晶的产物。

迁西群酸性麻粒岩的 SERR 平均值为 86.15, 而英云闪长质杂岩系则高达 152.1, 几乎是 迁西群的两倍,因此,迁西群的岩石熔融,再发生分离结晶作用不会生成英云闪长质杂岩。通 常由于低程度结晶分异作用的结果,往往形成愈酸性的岩石其 SREE 较低,而杂岩系主体,岩 石的 SREE 明显高于迁西群岩石重熔均一化的产物。故杂岩系也不是由中酸性岩石部分熔 融产生,而是由偏基性物质产生的英云闪长质岩浆再发生低程度的分异而形成的,晚期出现了 部分花岗岩岩浆。Ledely (1976) 和 Cohen 等以实验证明基性岩部分熔融可形成英云闪长质岩 浆。

* (图 5)表示不同种类岩石 REE 特征的系统变化,并与芬兰的实例对比。

Arth 和 Barker (1976) 研究了芬兰西南部 Kalanti 地区的英云闪长岩一奥长花岗岩系列的 岩石,实验证实了该系列为分离结晶作用的产物,得到了与本区杂岩的 REE 分配关系相似的 规律,说明了本区杂岩的形成曾经历了与芬兰岩石系列类似的演化过程。

五、英云闪长质杂岩形成的构造背景

杂质系的围岩是一套变质火山岩与硬砂质岩石组成的上壳岩,据岩相学特点它们形成于 构造活动明显的非稳定型环境中。杂岩分布区内发育着大规模的韧性断裂带和一系列紧闭倒 转褶皱,变质作用强度带在空间上的变化与构造线方向一致,呈 NNE 向展布,由西向东变质相 有所降低。英云闪长质杂岩分布区为麻粒岩相变质地体的东部边缘,在其东侧的巨大的潘庄 一卢龙断裂带为一多期活动的构造岩浆带,它被视为东部太古宙地堑槽的边缘断裂,其影响规 模很大,杂岩系分布区显然处在此构造岩浆活动带的范围内,因此英云闪长质杂岩的形成演化 与迁西群和单塔子群所代表的不同地体之间的构造环境有密切关系。

六、英云闪长质杂岩的演化

杂岩系的形成与演化经历了以下过程:

1、太古代末的构造热事件中,区域热流升高,发生麻粒岩相一角闪岩相区域变质作用,地 层变质变形,产生 NNE 向褶皱构造。



图 5-a 河北不同岩石 REE 特征

图 5-b 芬兰不同岩石 REE 特征

2、处于地质构造背景所控制的地壳深部富轻稀土的基性岩石发生部分熔融,产生英云闪 长质一花岗闪长质岩浆,并发生上侵。

3、褶皱构造进一步演化,形成一系列紧闭倒转褶皱,英云闪长质岩浆上侵的过程中发生弱 分异作用,晚期生成的花岗闪长质一花岗质岩浆沿背斜核部侵位,形成一系列沿北东向展布的 岩体。

4、英云闪长质杂岩固结成岩时间与区域变质作用晚期阶段重合,其岩浆侵位后就地发生 角闪岩相变质,同时受构造应力场的影响,使杂岩体具相当发育的片麻理。

5、大型推覆构造的形成,沿构造面较深部的英云闪长质杂岩岩石被推升到上部,使本区西 部英云闪长岩与东部花岗闪长岩一花岗岩体处于相同的地壳水平高度上,并在后期的构造演 化过程中经历了一系列改造。

七、结论

1、本区英云闪长质杂岩是由富轻稀土的基性岩石经部分熔融而产生的英云闪长质一花岗 闪长质岩浆,沿构造薄弱部位上侵固结形成的。

2、本区英云闪长质岩浆经历了英云闪长质一花岗闪长质岩浆阶段,随后有弱结晶分异作

用形成晚阶段的花岗质岩浆。随后有铜、锌矿化。

3、英云闪长质杂岩的形成演化与其处于两个不同地质构造单元——迁西群和单塔子群变 质地体之间的接触部位这样的构造活动带环境有着密切关系,构造应力场对杂岩的形成演化 起着重要作用。

4、大型推覆体的活动将本区较深部的英云闪长质杂岩推升到上部,使西部英云闪长岩体 与东部花岗闪长质一花岗质岩体处于相同的地壳水平高度。

参考文献

[1]王凯怡等,1983,冀东迁安英云闪长岩一花岗闪长岩质片麻岩的地球化学,地质科学 1983. NO. 4.

〔2〕兰玉琦、施性明 1984,冀东迁安前寒武纪火山沉积旋回的探讨,长春地质学院学报 1984. NO. 3.

〔3〕 兰玉琦、施性明、刘建昌 1985, 河北东部太古代含铁变质岩系与花岗质杂岩的成因, 国际早前寒武地质与成矿作用 学术讨论会论文集 1985 年 10 月。

〔4〕于崇文等1980,数学地质的方法与应用,冶金出版社。

〔5〕R.F米勒等1982,化学岩石学、丛柏林等译、地质出版社。

(6) J. Tarney ect, 1979, Trondhjemites, Dacites and Related Rocks, chapter8. F. Barker editor.

(7)A. M. Macgregor 1979, Earty precambrian Tonalite Trondhjemite Sialic Nucleus Earth-science Review 15,1-73

(8) Arth. J. G etc 1978, Geochemistry of the gabbrodiorte-tonalite-trondhjemite of Sourthwest Findand and its implications for the origin of tonalitic and trondhjemitic magma.

(9) F. J. Longstaffe 1982, REE modelling of archean meta-igneous and igneous rocks, Lake despair area, Northwestern Ontario precambrian Research 17.

(10)S. M. Nagvi ect 1978, The primitive Crust evidence from the Indian Shield Precambrian Research V6, NO. 3-4

THE ORIGIN AND EVOLUTION OF TONALITIC COMPLEX IN QIANAN, EASTERN HEBEI PROVINCE

Lan Yuqi Liu Jianchang (Zhejiang University)(Xian Petorleum College)

Abstract -

In Qianan District, Eastern Hebei Province Crops a series of gneissic tonalitic-granodioritic complex formed in Archean, Which lies in the boundary area between Qianxi Group metamorphic rocks of granulite facies and Dantazi Group metamorphic rocks of amphibolite facies. This set of complex has its typical characeristics in the aspects of the petrological characters, the intrusive state and the tectonic background of its formation, which is one of the most important events of crust movement in later Archean in this district.

1. The tonalitic complex is originated from tonalitic—granodiortic magma which is a product of partial melting of basic rocks rich in LREE and intrudes up along weak structure and crystallizes in it.

2. The tonalitic — granodioritic magma experienced crystallization differentiation so that granitic magma had been formed in later stage of the evolution.

3. The formation and evolution of the tonalitic complex is because that it occure in such an active tectonic environment which is in the connected area betweem two different tectonic units, i. e., metamorphic terrain of Qianan Group and Dantazi Group. Tectonic stress field plays an important role in this event.

4. The activity of large nappe structure thrusts the deep—seated tonalitic complex to upper levels, so that the tonolitic complex in the west is situated in the same horizon in the earth's crust as the granodioritic—granitic complex in the east.