

河北迁西地区太古代变质岩稀土元素 地球化学特征及变质地体的研究

张 祥

提要 本文主要从岩石组合、地质构造特征、原岩建造性质、岩石稀土元素的地球化学特征等论证了河北迁西三屯营和太平寨两个变质地体的存在及其形成演化规律。

关键词 变质地体 稀土特征 演化规律

河北迁西地区位于华北地台北部马兰峪背斜上,区内广泛分布着太古代变质岩系。前人曾对区内的地层、构造、岩石及地质年代学、地球物理学等方面均做过详细地研究。在地球化学方面则侧重于主要元素,而对稀土元素地球化学的研究则较少。因此,加强稀土地球化学的研究就显得尤为重要。

地体是近年来地学领域的重大发现。自一九八三年 Howell 等人提出明确定义以来,做为板块构造的一个最新概念逐渐为地学工作者所接受。近年来在我国对地体的研究亦进入一个新时期。郭令智、施央申教授等^[1]和李春昱先生^[2]都发表过有关地体的论述。

本文试图以迁西地区太古代变质岩为基础,深入研究它的稀土元素的地球化学行为,运用地体的观点来探讨本区太古代地质、构造和演化规律。

我们在《迁西一宽城沉积变质铁矿矿条件及找矿远景的研究》工作中,曾利用计算机处理二十余种原岩恢复方法,对该区内变质岩石进行了系统的原岩恢复。文中所叙述的岩石名称均属原岩名称,所列用的化学分析成果除上述研究工作中的样品外,还利用了江博明^[3]王凯怡^[4]的部分样品分析结果(主要为火山岩类)。此外,许多地质学家认为研究古老的太古宙岩石的性质和形成机理及演化规律,应与世界上同时代的岩石相对比,将更能确切地说明问题。因此,我们也把 K, Condie^[5]对世界太古宙各类有关的岩石研究成果用来加以借鉴和对比,进一步探讨本区太古代的地质情况和特点。

一、地质概况

本区太古界地层以前都做为一个迭瓦式的火山沉积建造连续堆积的整体,划分为一群(迁西群)二组(上川组和三屯营组)注¹(注1 张祥《关于燕山地区太古界原岩建造和地层对比的探讨》华北地台基底岩群建造、构造研究论文汇编。冶金部天津地质调查所 1981 年 10 月;李义、张祥、宋明智《华北地台太古界变质岩原岩建造的研究》报告。冶金部天津地质调查所 1983 年),或一群(迁西群)三组(上川组、三屯营组、马兰峪组)^[5]。根据“地体是以断层为边界的具有区域性延伸的地质体,每个地体内的沉积、构造、火成作用和变质作用应当是统一和连贯的”(Howell 1983 年)这一概念出发,结合本区太古代变

质岩石的组合、变质程度、原岩建造的特点、构造的格局,尤其稀土地球化学特征等,我们认为本区是由两个地体所组成。即三屯营地体和太平寨地体。

1. 三屯营地体

出露范围西自遵化的马兰峪一带向东至迁西三屯营附近,呈东西向条带状展布。其南缘为震旦系和第四系地层所覆盖,北缘与震旦系断层接触或不整合伏于其下,东侧与太平寨地体断接。见图1

变质岩系为一套片麻岩类组合。其下部为紫苏斜长片麻岩、含紫苏黑云斜长片麻岩、辉石斜长片麻岩夹暗色麻粒岩(少许)二辉石岩、角闪石岩透镜体及磁铁石英岩;上部为角闪斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩夹辉石质斜长片麻岩、磁铁石英岩等。变质程度为高角闪岩相。

岩层走向为北~北北东~北东向,形

成一系列近北北东~北东向的紧密线状褶皱构造,具有明显的两期构造形迹。

2. 太平寨地体

其范围在迁西三屯营以东至太平寨一带。呈一个近似等轴状体。西侧和北缘为三屯营地体岩层所包围,南缘和东侧为第四系和震旦系地层断接或覆盖。

变质岩系为一套麻粒岩类组合。主要为基性麻粒岩和中性麻粒岩及少量片麻岩类等,次为斜长角闪岩,夹薄层状磁铁石英岩、变质程度为麻粒岩相。

岩层走向为南北向、整体呈一穹隆状构造,内部则由一些南北向的短轴开阔的背、向形构造所组成。具有明显的三期构造形迹。

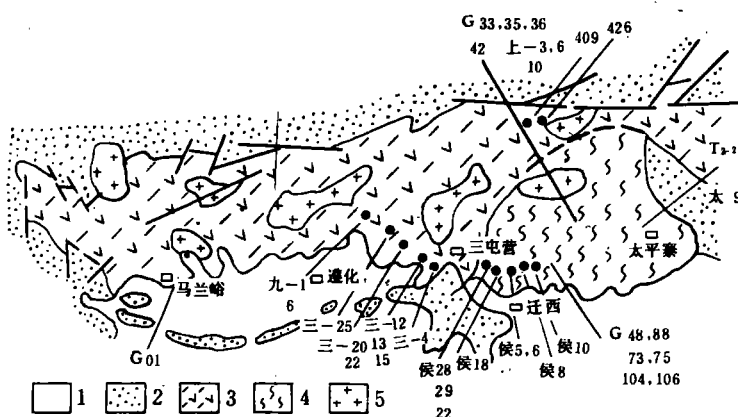


图1 迁西太古代地体略图

1—第四系; 2—震旦纪 3—三屯营地体; 4—太平寨地体; 5—花岗岩体

超镁铁质岩分析结果表

表 1

	侯—10	G73	G75	太—9	G104	G106	南非	加拿大	西澳	榴辉岩
SiO ₂	45.21	45.51	40.92	43.33	35.80	44.60	42.52	42.9	41.9	44.70
TiO ₂	0.45	0.24	0.25	0.50	0.06	0.22	0.18	0.36	0.23	0.20
Al ₂ O ₃	5.41	3.95	4.01	5.22	0.26	0.86	3.44	7.46	5.22	3.23
<Feo>	10.84	10.40	10.48	11.93	9.63	10.02	10.29	9.11	8.46	9.07
MnO	0.21	0.18	0.17	0.16	0.09	0.12	0.19	0.22	0.18	0.13
MgO	25.41	28.47	32.35	26.06	38.74	34.30	30.27	24.0	29.86	39.71
CaO	5.64	5.22	3.94	5.53	0.10	2.60	4.96	7.21	4.69	2.38
Na ₂ O	0.52	0.57	0.52	0.50	0.00	0.41	0.41	0.13	0.22	0.27
K ₂ O	0.10	0.13	0.09	0.10	0.02	0.05	0.16	0.06	0.02	0.07
P ₂ O ₅	0.04	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03
CaO/Al ₂ O ₃	1.04	1.32	0.98	1.06	0.38	3.02	1.44	0.97	0.90	0.74
Al ₂ O ₃ /TiO ₂	12.02	16.46	16.04	10.44	4.33	3.91	19.00	21.00	23.00	16.00
La	1.40	0.85	1.19	5.20	0.875	0.273	0.80	0.45	0.55	1.30
Ce	2.80	2.24	2.42	11.07	1.90	0.852	2.10	1.18	1.65	2.90
Nd	3.24	1.72	1.13	10.46	0.930	0.865	1.70	1.33	1.53	1.60
Sm	1.04	0.55	0.331	4.23	0.178	0.295	0.51	0.45	0.56	0.32
Eu	0.36	0.133	0.152	0.86	0.053	0.091	0.18	0.21	0.22	0.10
Gd	1.51	0.737	0.430	3.21	0.155	0.415	0.65	0.50	0.75	0.29
Dy	1.26	0.880	0.508	2.44	0.139	0.523	0.15	0.09	0.15	0.04
Er	0.68	0.568	0.329	4.29	0.084	0.338	0.48	0.41	0.64	0.11
Yb	0.66	0.555	0.328	4.65	0.088	0.348	0.47	0.88	0.63	0.07
Lu	0.17	0.090	0.057		0.017	0.058	0.10	0.08	0.11	0.01
Y	6.07	4.00	5.00	17.87	/	/	3.00	10.00	6.00	1
ΣREE	13.13	8.321	6.875		4.419	4.058	7.14	5.58	6.79	6.74
LREE/HREE	2.07	1.94	3.16		8.15	1.41	2.86	1.85	1.98	11.96
Eu/*Eu	0.99	0.72	1.40	0.81	1.12	0.90	1.00	1.30	1.10	1.14
Sm/Nd	0.32	0.32	0.29	0.40	0.19	0.34	0.30	0.34	0.37	0.20
(La/Sm) _n	0.84	0.97	2.24	0.93	0.33	1.74	0.86	0.55	0.54	2.54
(La/Yb) _n	1.26	0.91	2.15	0.66	5.92	0.47	1.01	0.30	0.52	10.97

资料来源:G 字为江博明样品,太字为王凯怡样品,候字为本组样品。

本组样品氧化物结果由天津地研院分析室分析,稀土元素由地科院地质所分析,稀土元素含量为 ppm

二、岩石稀土元素地球化学特征

稀土元素是一组比较难熔而且难于分离的元素,它们在地质历史发展过程中,不易受风化作用,蚀变作用及变质作用的干扰和影响,是地质作用中比较理想的指示剂。因此,也就越来越多的被用于地质科学研究的各个领域。鉴于迁西地区变质岩石年令古老、地质状况又是这样复杂,深入研究稀土元素地球化学特征,不仅对成岩成矿及物质来源提供信息,而且对我国

大陆壳的演化将提供有力的依据。

本区变质岩的原岩可划分为超镁铁质岩、镁铁质岩(基性火山岩)、中性火山岩和中酸性火山岩类。各类原岩的稀土元素(REE)的地球化学特征如下:

(一)超镁铁质岩

超镁铁质岩石在迁西地区太古界地层中出露不多,规模很小。多呈透镜状、扁豆状等残块夹于麻粒岩和斜长角闪岩中,主要赋存于太平寨地体地层中和三屯营地体的底部。均由杆榄石(已蛇纹石化)、辉石、角闪石等铁镁硅酸盐矿物组成,并以单矿物岩为主。产状与片麻理一致。其化学成分见表1。化学成分中的氧化物以高镁为特征,由于 Al_2O_3 含量变化较明显,因此依 Al_2O_3 的含量分为高铝型($Al_2O_3 > 3.5\%$)和低铝型($Al_2O_3 < 1\%$)分别加以叙述。

1. 高铝型超镁铁质岩

本区高铝型超镁铁质岩的岩石化学成分完全可以同太古宙绿岩带中的杆榄质科马提岩(PK)类比。PK的稀土元素丰度一般为5~7ppm,具2~3X球粒陨石的丰度,高铝型超镁铁质岩的稀土元素丰度为6~13ppm,相当于2~5X球粒陨石的丰度。LREE/HREE(1.41~3.16)和Sm/Nd(0.29~0.40)比值不仅与球粒陨石(分别为1.75和0.33)相接近,而且与太古宙绿岩带中PK的比值也相似。在稀土配分模式对比图(图2)中,其稀土元素配分模式是平坦型,

与PK包络线平行,并展布于上部 and 下部,变化范围比PK宽。(La/Yb)_n比值反映稀土分馏程度的,它略高于加拿大和西澳PK,而与南非PK的比值近似。当然,由于本区变质程度深,科马提岩所特有的鬃刺结构不复存在了,然而本区高铝型超镁铁质岩与PK的岩石化学成分和稀土模式的一致性,特征比值的相似性,均表明迁西太古代变质岩系的原岩中存在着科马提岩,或者相当于PK的超镁铁岩类。

2. 低铝型超镁铁质岩

此类型常量元素中除 Al_2O_3 较低外,MgO含量显著偏高(34.30~38.74%),相当于超基性岩中的纯杆榄岩的化学成分。稀土元素丰度低于高铝型超镁铁质岩。这类岩石虽然只有两个

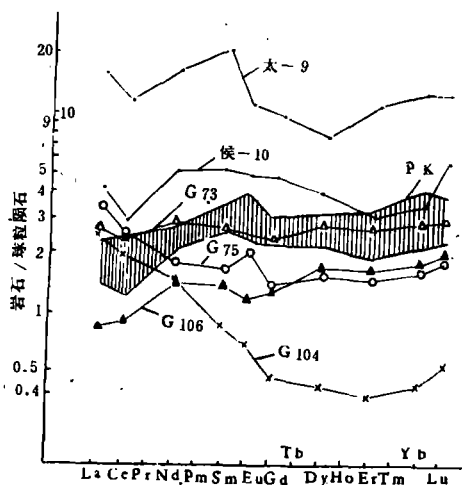


图2 太古宙科马提岩和迁西超镁铁质岩稀土模式
PK—阴影部分太古宙橄辉质科马提岩包络线

样品,但它们之间的化学特点却不相同。在LREE/HREE和(La/Sm)_n比值G104号样大于G106号样,Sm/Nd和(La/Sm)_n比却相反。在REE模式对比(图2)图中,G106号样为平坦型而G104号为轻稀土(LREE)富集型并与金伯利岩的柘榴杆榄岩团块模式类似。它们同属于超基性岩的侵入岩,只不过产出的地质构造条件和物质来源不同而已。

镁 铁 质 岩 化 学

项目 编号	第 一 组						第 二 组				
	三一 22	C44	G01	九— 6	侯— 29	T ₁ —2,	侯— 6	三一 25	三一 12	三一 20	411,
SiO ₂	45.50	47.20	48.55	41.32	41.34	51.08	47.73	47.74	47.86	48.46	48.81
TiO ₂	1.61	0.64	0.48	1.13	1.23	0.50	1.25	0.99	2.21	1.16	1.33
Al ₂ O ₃	8.50	9.54	8.18	13.57	13.41	5.57	13.60	14.80	13.46	14.02	15.72
FeO	13.73	13.84	10.22	13.82	15.51	11.30	15.79	12.08	17.04	13.61	12.10
MnO	0.20	0.21	0.13	0.17	0.25	0.21	0.24	0.16	0.22	0.18	0.17
MgO	13.43	11.44	17.26	11.28	9.74	16.00	5.87	8.76	4.85	6.65	5.97
CaO	12.06	10.46	9.27	11.15	11.76	13.59	8.94	11.28	7.13	9.37	9.99
Na ₂ O	1.40	1.58	0.82	2.26	2.20	1.25	3.36	2.37	3.92	3.64	3.76
K ₂ O	0.24	0.58	3.21	1.69	1.26	0.45	0.74	0.50	0.90	0.77	0.89
P ₂ O ₅	0.117	0.33	0.45	0.59	0.43		0.09	0.123	0.268	0.26	0.095
CaO/Al ₂ O ₃	1.42	1.10	1.13	0.82	0.88	2.44	0.66	0.76	0.53	0.67	0.64
Al ₂ O ₃ /TiO ₂	5.28	14.91	17.04	12.0	10.9	11.14	10.88	14.95	6.35	12.09	11.82
La	16.07	16.20	/	52.48	61.91	12.70	8.95	5.31	9.09	4.42	6.15
Ce	35.33	36.50	57.9	109.50	125.9	36.56	23.02	15.02	20.20	11.24	13.35
Nd	20.45	19.2	27.7	49.20	59.51	25.12	14.55	9.66	14.51	7.98	7.57
Sm	4.82	3.88	4.91	8.90	11.72	6.8	3.93	2.73	4.61	2.55	1.84
Eu	1.46	1.08	1.10	2.39	3.18		1.26	1.02	1.41	0.95	0.83
Gd	4.47	3.21	3.35	6.47	8.41		4.48	3.22	5.89	3.33	1.75
Dy	3.30	2.51	1.87	3.97	5.71	3.57	4.70	3.02	6.54	3.31	1.45
Er	1.52	1.34	0.84	1.77	2.52		2.69	1.61	3.97	1.83	0.72
Yb	1.27	1.23	0.81	1.44	0.28	6.50	2.60	1.52	3.75	1.75	0.69
Lu	0.25	0.193	0.124	0.26	0.29	/	0.39	0.28	0.60	0.24	0.13
Y	13.72	3.00	/	16.13	22.71	15.51	22.94	14.05	33.63	15.70	6.34
ΣREE	88.94	85.34	/	235.38	279.43	/	66.57	45.57	37.60	70.57	34.48
LREE/HREE	7.23	9.06	/	15.92	15.24	/	3.48	3.52	2.59	2.40	6.27
Eu/ * Eu	1.10	1.06	0.93	1.09	1.10	/	1.05	1.19	1.13	0.94	1.62
Sm/Nd	0.27	0.20	0.18	0.18	0.20	0.27	0.27	0.28	0.32	0.32	0.24
(La/Sm) _n	2.08	2.61	/	3.69	3.35	1.18	1.42	1.22	1.08	1.23	2.09
(La/Yb) _n	7.52	7.83	/	21.64	17.94	1.16	2.04	2.07	1.50	1.44	5.29

资料来源: G 和 C 字为江博明等人样品, T 字为王凯怡的样品, 三、九字为本组采集样品。世界太古宙和现代玄武岩为 K • Condie 的样品。本组样品氧化物分析为天津地研院分析室作。稀土元素分析结果由地科院地质所作。

分 析 结 果 (%)

表 2

第 三 组						第 四 组			世界太古宙和现代玄武岩				
G33	G35	G36	G42	G88	G48	候—22	上—10	三—4	TH ₁	TH ₂	MoRB	岛弧	CA
51.46	51.16	47.46	49.47	52.13	50.85	48.37	46.12	49.73	50.20	49.5	49.8	51.1	50.2
0.87	0.96	1.00	0.83	0.37	0.79	0.19	0.19	0.60	0.94	1.49	1.50	0.83	1.0
17.96	10.20	18.60	18.49	14.40	16.14	14.13	15.76	14.22	15.5	15.2	16.0	16.1	17.7
10.57	18.60	11.10	11.04	9.16	10.05	11.05	12.10	12.05	10.64	11.69	9.30	10.00	9.81
0.14	0.13	0.18	0.12	0.14	0.23	0.21	0.19	0.18	0.22	0.18	0.17	0.17	0.20
4.13	3.44	4.85	4.97	8.85	4.95	6.99	8.37	7.46	7.53	6.82	7.5	5.1	5.4
8.51	8.68	9.83	9.07	9.10	11.47	12.00	9.34	8.24	11.6	8.79	11.2	10.8	9.8
4.31	4.52	3.68	3.67	3.42	3.52	3.12	2.96	3.38	2.15	2.70	2.8	2.0	2.7
0.86	0.95	1.02	1.48	0.69	0.80	0.96	1.31	1.20	0.22	0.60	0.14	0.30	0.9
0.22	0.23	0.22	0.07	0.08	0.19	0.34	0.29	0.19	0.10	0.17	0.20	0.15	0.20
0.47	0.85	0.53	0.49	0.63	0.71	0.85	0.59	0.58	0.75	0.85	0.70	0.67	0.55
20.6	10.63	18.6	22.28	38.92	20.43	74.37	82.95	23.70	16.49	10.20	10.67	19.40	17.7
/	/	/	17.90	8.99	23.0	25.23	28.67	38.62	3.6	13	35	3.9	9.2
35.6	26.1	20.8	/	19.5	42.4	64.65	73.45	107.70	9.2	30.0	12.0	7.0	25
19.5	12.0	12.0	14.9	9.18	20.4	34.74	36.09	59.65	6.6	17.0	11.0	6.0	15
5.19	2.65	2.80	2.75	1.92	4.25	7.21	6.49	12.35	2.0	4.0	3.9	2.2	3.8
1.19	0.806	0.87	0.854	0.610	1.41	2.16	2.10	2.58	0.73	1.30	1.50	0.9	1.3
5.69	2.63	2.78	2.44	1.94	4.20	5.38	4.99	9.03	2.6	3.8	6.20	2.5	4.5
5.65	2.55	2.66	2.26	1.87	4.00	3.52	3.41	6.42	3.1	4.2	7.0	2.7	4.8
2.83	1.57	1.57	1.35	1.13	2.19	1.56	1.64	2.97	2.0	2.3	3.6	1.8	2.6
2.23	1.51	1.50	1.39	1.13	2.09	1.38	1.48	2.60	1.9	2.2	3.0	2.0	2.5
0.309	0.218	0.233	0.218	0.183	0.307	0.26	0.22	0.41	0.31	0.38	0.30	0.30	0.50
/	/	/	/	/	/	14.10	15.24	28.73	20	30	30	20	23
>77.88	>50.03	>45.21	>44.06	46.45	104.45	146.09	158.54	242.33	32.04	78.18	52.0	29.30	69.2
/	/	/	/	6.43	7.15	11.07	12.50	10.31	2.23	5.07	1.59	2.15	3.64
0.77	1.07	1.09	1.15	1.09	1.17	1.20	1.28	0.84	0.96	1.00	0.92	1.20	1.09
0.27	0.21	0.19	0.18	0.21	0.21	0.21	0.18	0.21	0.30	0.24	0.35	0.37	0.25
/	/	/	4.07	2.93	3.38	2.19	2.76	1.73	0.99	1.80	0.49	0.97	0.66
(4.7)	(6.1)	(4.2)	8.5	5.3	7.26	10.86	11.50	7.80	1.13	3.51	0.69	1.16	0.46

(二) 镁铁质岩

镁铁质岩类在迁西地区较为发育,以层状体赋存于地体的地层中,变质岩包括基性麻粒岩(或称暗色麻粒岩),斜长角闪岩及少量角闪石岩。原岩均为各种类型的玄武岩。K·Condie将太古宙绿岩带中的镁铁质岩分为玄武质科马提岩(BK)和拉斑玄武岩(TH)两大类。又据REE模式形态,将拉斑玄武岩又分为 TH_1 型和 TH_2 型拉斑玄武岩,其中 TH_1 型的稀土模式为平坦型(具10X球粒陨石的丰度),并认为与现代大洋拉斑玄武岩(MORB)和不成熟岛弧拉斑玄武岩完全近似; TH_2 型为富轻稀土型,认为与现代钙碱性(CA)和大洋岛拉斑玄武岩相近似。

为了便于叙述,根据玄武岩的岩石化学成分和稀土元素的特点,将本区玄武岩分为四组,其成分见表2

1. 第一组玄武岩

这组玄武岩主要赋存于三屯营地体的地层中,变质岩主要为角闪岩等。常量元素中以MgO含量在玄武岩类为最高($MgO > 9\%$) CaO/Al_2O_3 比值较大为特征。某些样品(三-22和C44)岩石化学成分虽然相当于玄武质科马提岩〔注〕(注:科马提岩化学标准SiO₂ 46~53%、 $CaO/Al_2O_3 > 1$ 、 $MgO > 9\%$ 、 $K_2O < 0.9\%$ 、 $TiO_2 < 0.9\%$ 。Brooks和Hort 1974年),但稀土元素的特

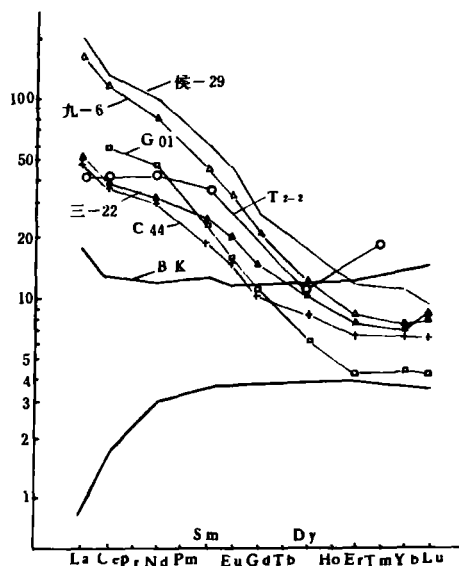


图3 太古宙玄武质科马提岩(BK)包络线
线与迁西太古代第一组玄武岩模式对比

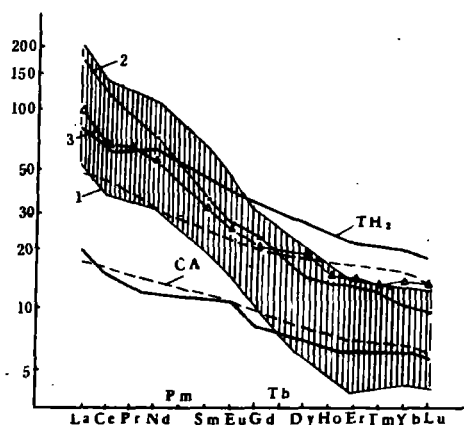


图4 稀土模式包络线图(K·Condie)

TH_2 —太古宙 TH_2 型拉斑玄武岩包络线 CA—
现代钙碱性拉斑玄武岩包络线 1—阴影部分为迁西
第一组玄武岩包络线 2—现代碱性玄武岩模式
3—现代大陆玄武岩模式

征与玄武质科马提岩截然不同。本组玄武岩稀土元素丰度之高, $LREE/HREE$ (La/Yb)₀ 比值之大, 稀土模式线之陡是其它各类玄武岩所不及的。亦是玄武质科马提岩无法比拟的。它显示了轻稀土元素极度富集而重稀土(HREE)相对亏损的特点(图3)。在REE模式对比图(图

4)中,该组玄武岩的重稀土部分在 TH_1 型和 CA 型拉斑玄武岩包络线内,而轻稀土部分则在其包络线之上部。与大陆玄武岩和碱性杆榄玄武岩的 REE 模式却相一致,从它的化学成分和稀土元素特征等说明本组玄武岩属于碱性杆榄玄武岩类是比较确切的。可能属于晚期的产物

2. 第二组玄武岩

产于三屯营地体的地层中,变质岩包括斜长角闪岩类和少量暗色麻粒岩。岩石化学成分属于拉斑玄武岩。稀土元素丰度低($\Sigma REE=37-71PPm$),为 10—20X 球粒陨石的丰度,与大洋拉斑玄武岩类同。LREE/HREE 和 Sm/Nd 比值与 TH_1 型拉斑玄武岩相似, $(La/Sm)_n$ 和 $(La/Yb)_n$ 比值略高于 TH_1 型和 MORB。在 REE 模式对比图(图 5)中,本组玄武岩 REE 模式线均在 MORB—岛弧包络线内,部分略高于 TH_1 型拉斑玄武岩包络线。REE 模式属于平坦型。亦可以完全同大洋拉斑玄武岩和 TH_1 型拉斑玄武岩相对比。Wang Renmin e. g. [7] 在木兰峪附近也获得此类型玄武岩的稀土元素资料,认为相当于大洋中脊拉斑玄武岩,可与 TH_1 (Condie) 相类比。

3. 第三组玄武岩

赋存在太平寨地体地层中,主要变质岩为基性麻粒岩,岩石化学成分相当于拉斑玄武岩。但稀土元素丰度较高,轻重稀土变化范围较大,为 6—80X 球粒陨石丰度, LREE/HREE 和 $(La/Yb)_n$ 比值明显增加,表明了轻稀土元素发生显著的分馏作用,在稀土模式(图—6)中轻稀土富集而重稀土相对亏损是显而易见的。稀土含量和特征比值均与 TH_1 型拉斑玄武岩相近。在 REE 模式包络线图(图—7)中,本组玄武岩包络线与 TH_1 型和现代钙碱型(CA)拉斑玄武岩的包络线一致。这种“轻稀土富集的模式与许多近代大陆玄武岩的稀土模式十分相似”(江博明),反映出本组玄武岩具有大陆性质。

4. 第四组玄武岩

赋存于太平寨地体地层中,变质岩为含柎榴石和辉石的斜长角闪岩和暗色麻粒岩。岩石化学成分相当于碱性玄武岩。稀土丰度、LREE/HREE 和 $(La/Yb)_n$ 比值及其 REE 模式等与第二、三组玄武岩完全不一样,但与第一组玄武岩却有一致性。同属轻稀土极度富集模式(图—

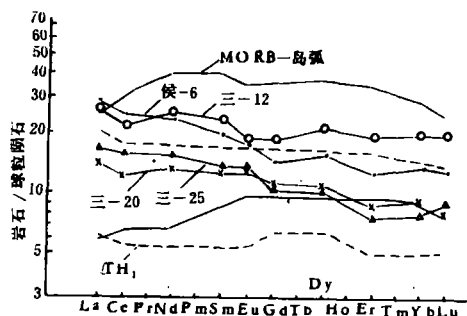


图 5 太古宙拉斑玄武岩和现代大洋拉斑玄武岩及迁西太古代第二组拉斑玄武岩对比图

MORB—岛弧: 洋隆、年轻岛弧拉斑玄武岩包络线
 TH_1 —太古宙 TH_1 型拉斑玄武岩包络线
 标名号为迁西第二组拉斑玄武岩模式

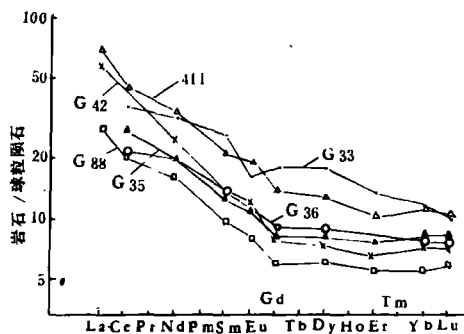


图 6 迁西第三组玄武岩稀土模式图

8)。与 TH_1 型和 TH_2 型拉斑玄武岩相比较, 无论是稀土元素丰度和特征比值, 抑或 REE 模式都有天壤之别。在图—4 的 REE 模式对比中, 其模式线均在第一组玄武岩包络线内, 亦与碱性玄武岩模式相似。

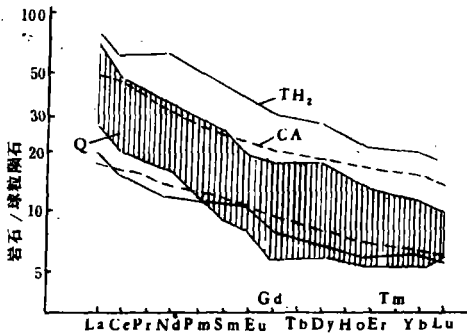


图 7 稀土模式包络线模式图

TH_2 —太古宙拉斑玄武岩包络线 CA—现代钙碱性拉斑玄武岩包络线 (K·Condie)
Q—阴影部分为迁西第三组玄武岩包络线

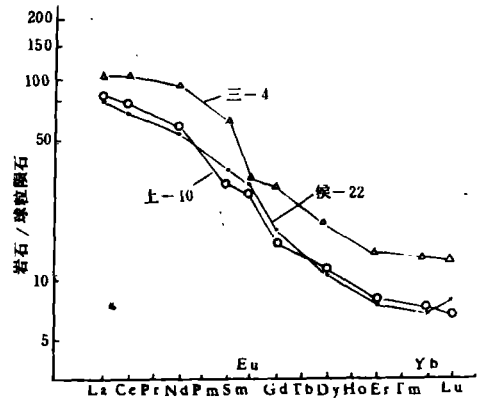


图 8 迁西太古代第四组玄武岩稀土模式图

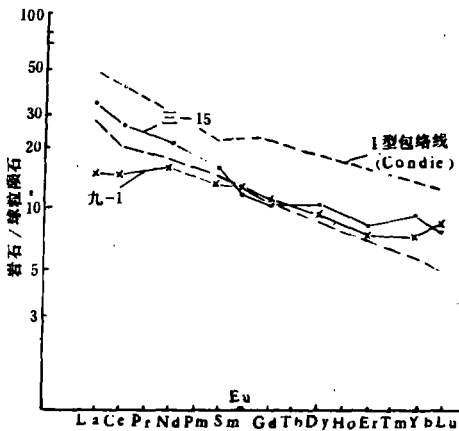


图 9 三屯营地体中性岩 REE 模式图

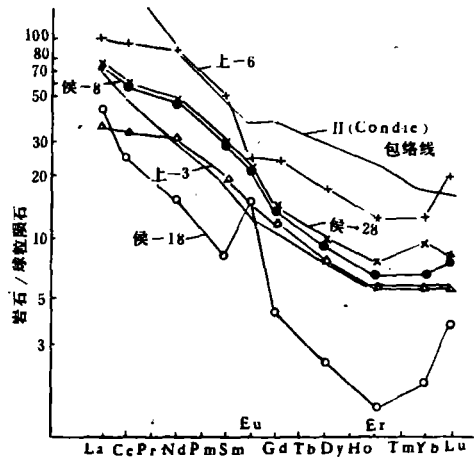


图10 迁西太平寨地体中性岩 REE 模式图

总之, 迁西地区太古代镁铁质岩类是由碱性杆榄玄武岩(第一组)、碱性玄武岩(第四组)、钙碱性玄武岩(具大陆性质)(第三组)和大洋拉斑玄武岩(第二组)所构成。只有第二组玄武岩和第三组玄武岩分别与太古宙 TH_1 型和 TH_2 型拉斑玄武岩相近似。第三、四组玄武岩以其稀土元素含量高、LREE/HREE 比值大, Sm/Nd 比值小、分馏程度明显、并具轻稀土富集到高度富

集型为特点。它们的 $(\text{La}/\text{Sm})_n$ 的比值较接近 (大约为 2~4), “反映出它们来源的一致” (Sun, S. S 和 Neshitt, R. W. 1978 年)。轻稀土富集和 Sm/Nd 比值的降低, 可能说明来自交代作用以后的地幔源。第二组玄武岩的稀土元素丰度和特征比值及平坦型模式与大洋拉斑玄武岩和 TH_1 型拉斑玄武岩相似, 是来自未分馏 (稀土元素) 地幔源岩的部分熔融的产物。

(三) 中性火山岩类

中性火山岩类的变质岩为辉石、角闪石、黑云母质的各种片麻岩。原岩恢复中将其分为玄武质安山岩和安山岩及其凝灰岩等。化学成分见表 3。各类安山岩之间的稀土元素变化规律不甚明显, 但是产于不同地体中的安山岩类却有一定的差异性。

中性岩类化学分析结果

表 3

	上一-3	上一-6	侯-28	侯-8	侯-18	三一-15	九-1
SiO_2	54.93	55.82	57.84	56.47	57.83	54.53	54.68
TiO_2	0.65	0.67	0.70	0.74	0.83	0.81	0.89
Al_2O_3	16.30	13.24	15.08	17.55	16.25	10.87	14.56
(FeO)	7.41	10.53	8.49	7.00	7.15	19.74	9.95
MnO	0.14	0.16	0.16	0.12	0.09	0.18	0.15
MgO	5.04	6.01	4.71	3.82	3.87	3.64	5.92
CaO	9.01	6.87	5.19	6.68	3.89	6.16	8.49
Na_2O	4.04	3.48	3.36	4.52	3.54	2.05	3.43
K_2O	0.46	0.92	2.57	1.65	3.60	0.42	0.75
P_2O_5	0.16	0.21	0.29	0.23	0.29	0.21	0.11
$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	0.11	0.26	0.76	0.37	1.07	0.20	0.21
La	12.33	31.93	23.75	22.02	14.52	11.35	5.46
Ce	31.75	90.72	52.77	51.64	23.71	25.56	14.72
Nd	18.91	52.68	28.49	28.48	9.51	13.64	10.30
Sm	4.27	10.54	5.77	5.55	1.64	3.30	2.88
Eu	1.10	1.84	1.57	1.51	1.07	0.90	0.99
Gd	3.71	8.02	4.36	4.13	1.29	3.40	3.29
Dy	2.56	5.53	2.97	2.86	0.70	3.36	3.07
Er	1.20	1.07	1.31	1.31	0.29	1.82	1.58
Yb	1.08	2.44	1.17	1.21	0.34	1.78	1.46
Lu	0.35	0.62	0.23	0.24	0.11	0.24	0.27
ΣREE	77.26	205.39	122.39	118.95	53.18	65.35	44.02
LREE/HREE	7.68	10.62	11.19	11.20	18.48	5.17	3.55
$\text{Eu}/^*\text{Eu}$	0.97	0.69	1.09	1.09	2.57	0.96	1.12
Sm/Nd	0.23	0.20	0.19	0.19	0.17	0.24	0.28
$(\text{La}/\text{Sm})_n$	1.80	1.89	2.57	2.48	5.53	2.15	1.18
$(\text{La}/\text{Yb})_n$	6.78	7.77	12.05	10.80	25.35	3.87	2.22

1. 三屯营地体

从三一-15、九-1 两个样品中可见稀土丰度较低 ($\Sigma\text{REE}=44-65\text{ppm}$), 变化范围小 ($\text{La}_m=18-20\text{X}$; $\text{Lu}_n=9\text{X}$)。LREE 略有富集, $(\text{La}/\text{Yb})_n$ 比值不高 (2.22—3.87), 可见分馏程度之低。

从图一9中,显示了LREE具轻微的富集。与I型安山岩(K. Condie 1979年)相似。 $(La/Sm)_n$ 和 $(La/Yb)_n$ 比值与第二组玄武岩极为接近,说明其具有一定的渊源关系。

2. 太平寨地体

与三屯寨地体的中性岩类相比较,不仅稀土含量高($\Sigma REE=53-205ppm$),而且LREE/HREE和 $(La/Yb)_n$ 比值大,分馏程度亦强。轻重稀土变化范围较大($Lan=40-100X$; $Lun=4-20X$)。属轻稀土富集型(图一10)。与世界太古宙安山岩对比,大部分在II型(K. Condie 1979)安山岩包络线之内,相当于II型安山岩。稀土模式及 $(La/Sm)_n$ 、 $(La/Yb)_n$ 比值又与第三、四组玄武岩相近,亦说明它们之间存在某种亲源关系。

(四)中酸性火山岩

其变质岩以含黑云母的片麻岩为主体,其次为浅粒岩类。在原岩恢复中我们将其划为英安岩及其凝灰岩类。在两个地体的地层中,出露不多,采集的样品有限,仅就表4中所列的分析结果,三屯营地体(三—13、426、409)和太平寨地体(候—15)的化学成分差异不明显。稀土浓度比第四组玄武岩和太平寨地体中性岩类要低,比第二、三组玄武岩和三屯营地体的中性岩要高。稀土模式(图一11)和 $(La/Yb)_n$ 比值则与第四组玄武岩和太平寨地体的中性岩类相似。并且与FI类(Condie 1987)的长英质火山岩稀土包络线一致,属于重稀土严重亏损而轻稀土高度富集型。

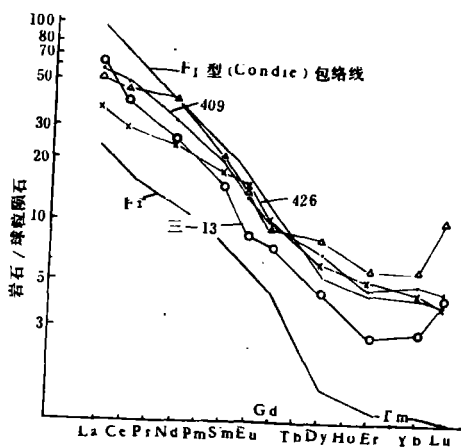


图11 迁西三屯营地体中酸性岩REE模式图

三、火山岩系列和原岩建造

综上所述,根据火山岩类的性质(尤其是基性火山岩)和共生组合关系,本区主要为三大火山岩系列:

(一)拉斑玄武岩系列

由大洋拉斑玄武岩(第二组玄武岩)、安山岩(I类)及少量英安岩(FI类)类组成。其特征是稀土元素丰度低,LREE/HREE和 $(La/Yb)_n$ 比值小,分馏程度弱,属平坦型—轻稀土微富集型。是三屯营地体的主要岩石系列。

(二)钙—碱性系列

由玄武岩(第三组玄武岩,相当TH₁和CA型拉斑玄武岩)、安山岩(II类)及英安岩类组成。

中酸性岩类化学分析结果

表 4

	侯—15	三—13	426,	409,		侯—15	三—13	426,	409,
SiO ₂	62.41	61.06	62.22	63.56	La	18.26	20.75	12.88	18.90
TiO ₂	0.64	0.68	0.72	0.53	Ce	41.73	39.01	27.81	39.18
Al ₂ O ₃	14.40	15.52	15.70	16.44	Nd	21.93	16.42	15.51	19.66
(FeO)	6.90	6.78	6.56	5.76	Sm	4.26	2.95	3.47	4.15
MnO	0.13	0.07	0.09	0.09	Eu	1.52	1.18	1.03	1.09
MgO	3.68	3.87	3.50	3.08	Gd	3.52	2.30	3.02	3.28
CaO	4.54	4.02	4.21	4.28	Dy	2.43	1.36	2.12	2.20
Na ₂ O	3.64	4.08	4.30	4.06	Er	1.23	0.56	0.99	1.00
K ₂ O	1.98	2.64	1.64	1.31	Yb	1.16	0.53	0.88	0.84
P ₂ O ₅	0.24	0.21	0.19	0.23	Lu	0.18	0.13	0.12	0.14
K ₂ O/Na ₂ O	0.54	0.65	0.38	0.32	ΣREE	96.22	85.19	67.83	90.44
					LREE/HREE	10.29	16.46	8.51	11.12
					Eu/*Eu	1.36	1.57	1.11	1.02
					Sm/Nd	0.19	0.18	0.22	0.21
					(La/Sm) _n	2.68	4.40	2.32	2.85
					(La/Yb) _n	9.34	23.24	8.23	13.36

其稀土元素丰度略高于拉斑玄武岩系列中同类岩石, LREE/HREE 和 (La/Yb)_n 比值亦大于拉斑玄武岩系列的同类岩石。分馏程度较强, 属于轻稀土实集型。是太平寨地体的主要岩石系列。

(三)碱性系列

此系列是由碱性玄武岩(第四纪玄武岩)和碱性杆榄玄武岩、安山岩和中—酸性岩类组成。它的特点是岩石稀土含量最高, LREE/HREE、(La/Yb)_n 比值最大, 稀土分馏程度最强, 属于轻稀土高度富集型。虽然稀土模式和特征显示碱性玄武岩特点, 但是岩石中碱质组分并不太高, 其原因可能是在深变质作用过程中碱质组分有所损失造成的, 而稀土组分受变质作用影响较小, 保留了原岩的稀土特征。

还可能存在第四种系列, 即科马提岩系列或称高镁系列。由于本区只见到相当于杆榄质科马提岩(指稀土模式和化学成分而言), 没有见到玄武质科马提岩类, 故该系列是否存在尚不能肯定。鉴于“这种成分可能与地球形成后不久发生的地幔大量部分熔融相一致。”(K. Condie1979), 我们认为“这类岩石可能年龄最老, 又以残块体被火山熔岩流所捕虏, 它是原始地壳的残留部分被保存于太古界地层之中”。

又据上述火山岩系列的时空关系和共生组合关系及其原岩特征, 本区可分为两套火山沉积建造: 其一由拉斑玄武岩系列组成的基性—中性—中酸性火山沉积建造; 其二由碱性—钙碱性系列组成的基性—中性—酸性火山沉积建造。两者分别构成三屯营地体和太平寨地体的地层岩石组合。

四、地体的特征和演化

前文述及, 迁西地区太古代由三屯营地体和太平寨地体组成。三屯营地体是由高角闪岩相的片麻岩类的岩石组合而成。地体的构造为一系列的北北东—北东向的线性褶皱, 整体呈一东西向带状体。原岩是一套拉斑玄武岩(大洋拉斑玄武岩)系列火山沉积建造。稀土含量低、 $LREE/HREE$ 和 $(La/Yb)_n$ 比值小, 分馏程度较弱, 其模式为平坦型—微轻稀土富集型。太平寨地体则由麻粒岩相的各种麻粒岩组合而成, 岩层构造为南北向的开阔平缓的短轴背向形构造, 整体呈一穹隆状。原岩为碱性—钙碱性系列的火山沉积建造。稀土元素含量高, $LREE/HREE$ 和 $(La/Yb)_n$ 比值大, 轻重稀土分馏程度强, 稀土模式为轻稀土富集—高度轻稀土富集型。两个地体除上述不同特征之外, 常量元素的演化及常量元素与稀土元素的相关关系等亦具明显的差异。如 SiO_2 和 MgO 、 CaO 的相关关系(图—13)中, 显而易见, 两个地体中的化学组

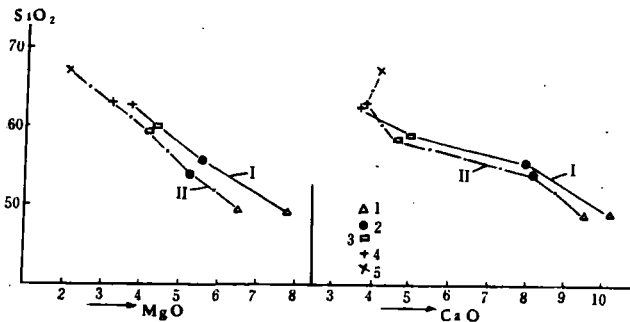


图12 冀东地区太古代变火山岩 SiO_2 和 MgO 及 CaO 演化关系图

I. 太平寨地体 II. 三屯营地体 1. 变基性火山岩 2. 变中基性火山岩
3. 变中性火山岩 4. 变中偏酸性火山岩 5. 变酸性火山岩

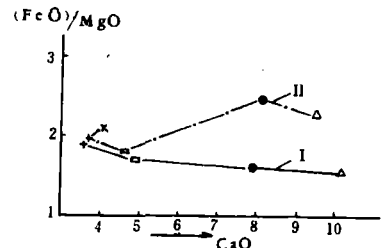


图13 冀东地区太古代变火山岩 $(FeO)/MgO$ 关系图

图例同图 9

分, 从基性—中性—酸性的演化过程中, 各自形成一条曲线, 两者互不相交, 说明两者不存在共熔。 ΣREE 和 $LREE/HREE$; La/Yb (图—14) 及 MgO 和 ΣREE 、 Ce/Yb (图—15) 相关关系中, 两个地体的岩石化学成分都有独自的分布区间, 反映出同一地体内岩石化学组分的共性和原岩物质来源的一致性。这种岩石化学组分上的演化轨迹和单独分布区间, 不仅反映出两个地体之间存在一个明显化学变化介面, 而且更进一步说明两个地体的物质来源和形成演化方式各不相同。

三屯营地体和太平寨地体形成演化模式如下: 三屯营地体是由拉斑玄武岩系列的岩石所组成。在地幔柱上升过程中, 地幔岩(二辉杆榄岩)部分熔蚀导致了拉斑玄武岩浆生成。溢出地表形成拉斑玄武岩类(大洋拉斑玄武岩), 拉斑玄武岩岩浆的结晶分异作用或者拉斑玄武岩

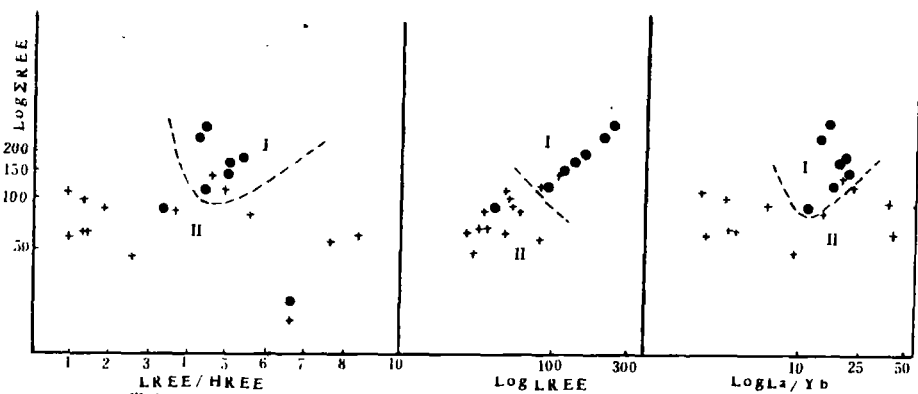


图14 冀东太古代变质火山岩 Σ REE与LREE/HREE、LREE、La/Yb关系图

的部分熔蚀产生了中性岩和中酸性岩岩浆,喷出地表形成中性岩(安山岩类)或中酸性岩(英安岩类)。经过角闪岩相的变质作用形成现在所见到的一套片麻岩类组合的变质岩系,亦伴随着构造变形作用。

太平寨地体是由碱性—钙碱性系列岩石组成。以重稀土元素的亏损,轻稀土元素富集为特征。关于碱性玄武岩形成模式说法不一,有的认为就是亏损重稀土的地幔源的源岩部分熔蚀导致碱性玄武岩岩浆形成。另有人认为地幔的交代作用是形成碱性玄武岩的原因(M. F. Rod en 和 V. R. Murthy 1985),他们通过研究后得出规律是“大洋及大陆地区的碱性及不饱和玄武岩以不相容元素丰度极高和相对于球粒陨石极富LREE为特征;LREE的相对富集,即Sm/Nd比值降低常常是交代作用的始终如一的特征”^[8]。

太平寨地体的情况与其相似。因此,太平寨地体是经过交代作用的地幔岩部分熔融导致碱性玄武岩岩浆的形成,溢出地表形成碱性玄武岩,岩浆的分异结晶或碱性玄武岩少部分熔融形成中性的和酸性岩浆,喷出地表形成安山岩和英安岩等,再经过麻粒岩相的变质作用并伴随构造变形作用,形成现在所见的麻粒岩组合的变质杂岩体。

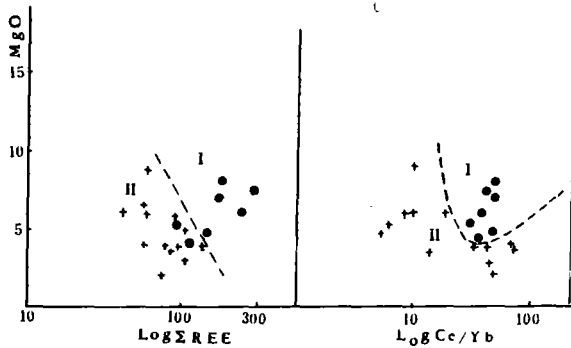


图15 冀东太古代变火山岩MgO与EREE、Ce/Yb关系图

五、结束语

在迁西太古代出露地区,初步划分出两个变质地体,即三屯营地体和太平寨地体。重点地阐述了本地区变玄武岩类的稀土元素的地球化学特征及其在地体中的意义。通过岩石化学和稀土元素的特征论述了本区杆榄质科马提岩存在的可能性,并认为其可能是原始地壳的残体。提出了本区三大火山岩系列和两种不同性质的火山沉积建造,进而论述了三屯营地体和太平寨地体的特点及演化规律。

主要参考文献

- [1] 郭会智、施央申等 1984 年《论地体构造—板块构造理论研究的最新问题》 中国地质科学院院报 1984 年第 10 号
- [2] 李春昱 1986 年《论地体》 地质论评 32 卷 6 期 1986 年
- [3] 江博明、张宗清 《冀东太古代麻粒岩—片麻岩的稀土地球化学和岩石成分》 中国地质科学院地质研究所刊 1985 年 第 13 号
- [4] 王凯怡 《河北迁西太平寨古老岩石的稀土元素含量及其大地构造含义》 地质科学 1982 年 第二期
- [5] K. Condie 1979 年《太古宙绿岩带》李自成、高知云等译 国外前寒武纪地质 1985 年增刊 地质矿产部天津地质矿产研究所
- [6] 李春昱、郭令智、朱夏等著《板块构造基本问题》 地质出版社 1986 年
- [7] Wang Renmin, He shuyan, Zhe Nzhén, Li Pingfin and Dai Fengyan. 1985 "Geochemical evolution and metamorphic development of the early Precambrian in eastern Hebei, China." Precambrian Res. Vol. 27. P. 111—129.
- [8] M. F. Roden, V. R. Murthy 1985 年《地幔交代作用》 Ann. Rev. Earth Planet. Sci. V. 13 269—296 覃振蔚译 地质地球化学 1987 年 第五期 中国科学院地球化学研究所
- [9] 赵振华 《稀土元素地球化学研究方法》 地质地球化学 1982 年 第一期

REE GEOCHEMICAL FEATURES OF ARCHEAN METAMORPHIC ROCKS AND METAMORPHIC TERRAINS IN QIANXI, HEBEI PROVINCE

Chang Xiang

Abstract

This article comments on the distribution, characteristics and evolution of two metamorphic terrains e. g. Sanyintuen and Taipingzai terrains, Qianxi, through the study on the rock assemblage, tectonic features, primary rock formation, volcanic rock series and REE geochemical features of Archean metamorphic series, with emphasis on REE geochemical features and their geological sense.

Metavolcanics could be divided into three major series: tholeiite series, calc-alkali series and alkali series (and also komatite series?). Calc basalt in this area might be related to replacement of the mantle.