

鲁东地区白垩纪早期非金属矿 含矿火山-沉积建造

李洪奎 刘明涓 张成基

(山东省地质调查研究院) (山东省地质矿产局地科处)

提要 鲁东地区白垩纪早期火山沉积作用形成了一套火山-沉积岩系和膨润土、沸石岩、珍珠岩、明矾石、黄铁矿、玄武岩等非金属矿含矿火山-沉积建造。主要有含膨润土、沸石岩、珍珠岩酸性熔岩-火山碎屑岩建造,含明矾石中酸性凝灰岩建造,含黄铁矿中性火山碎屑岩建造等。鲁东地区白垩纪早期这些非金属矿的形成,明显受控于大地构造背景、火山活动旋回及岩石物理化学条件、温度压力条件及水介质条件等。

1 概述

山东省白垩系广泛发育,主要分布在胶莱拗陷和沂沭断裂带内,在鲁西邹平凹陷和蒙阴凹陷等拗(凹)陷区也有少量出露。而含有膨润土、沸石岩、珍珠岩、明矾石、黄铁矿等非金属矿产的火山-沉积岩系——下白垩统青山群则主要分布在胶莱拗陷及与其相连的沂沭断裂带北段的火山-沉积凹陷中,其为山东省中生代非金属矿的一个重要成矿区,而青山群则为山东省内重要的含矿火山-沉积岩系。

1.1 地质构造背景

鲁东地区白垩纪早期(青山期)火山-沉积岩系及非金属矿含矿火山-沉积建造^①的成因与中国东部(中生代大陆边缘)火山岩带密切相关,其处于这个火山岩带的中北部(图1),是环太平洋火山岩带的组成部分。在中生代,由于太平洋-库拉板块与欧亚大陆板块的相互作用,使大陆板块边缘深部的上地幔温度不断升高,产生向上的扩张力以及大陆板块相对的仰冲力,导致其发生弯曲、变形和破裂。随着上述作用的不断进行,促使大陆板块深部上地幔和陆壳物质发生局部熔融,形成了中国环太平洋岩浆岩带的原始岩浆源。

受上述机制作用及沂沭断裂带等深大断裂活动的影响,山东省域不同地区表现出不同的构造-岩浆活动。鲁东地区以SN向伸展作用为主要表现形式,深大断裂不甚发育,多

本文 1996-03-21 收到,1996-06-10 改回。

① 本文所述鲁东地区的白垩纪早期(青山期)火山-沉积岩系及其中的含矿建造除昌邑-大店断裂以东者外,尚包括与其相连的沂沭断裂带北段的同一岩系和含矿建造。

数岩浆源较浅,火山活动以陆壳熔融的酸性火山岩发育为特征;鲁西地区主要表现为NE向的伸展作用,深大断裂较发育,岩浆源以地幔熔融物质为主,岩浆活动以中-基性喷发为特点;而沂沭断裂带是深切上地幔的深大断裂,地幔物质沿断裂上涌,岩浆活动以中-基性为主,局部混有壳源重熔的酸性火山物质喷发。

概括起来,鲁东地区白垩纪早期的火山-沉积建造——青山群,是在太平洋板块向欧亚大陆板块俯冲的大地构造环境下产生的,是燕山期构造-岩浆活动鼎盛期(燕山运动第三幕)的产物。

1.2 白垩纪早期非金属矿含矿火山-沉积岩系——青山群基本特征

白垩纪早期非金属矿含矿火山-沉积岩系构成了区内青山群的岩石地层单位,在鲁东和沂沭断裂带内广泛分布。由图2可以看出,鲁东地区青山群主要发育于诸城—胶州、即墨—海阳—莱阳一带,在莱西韶存庄、栖霞桃村、臧家庄、荣成俚岛、莒南侍家宅子等地亦有零星分布,总面积约2300km²;在沂沭断裂带内,该套岩系分布于安丘南流—坊子—潍坊潘泉庄一带,在安丘雹泉、临沭等地亦有分布,面积约700km²。

在上述不同构造-岩浆活动背景区内,形成了各具特点的青山群火山-沉积岩建造。其可以明显地分为四个火山喷发-沉积旋回^①,各旋回分别对应于不同的组级岩石地层单位,表现在非金属矿含矿火山-沉积建造上具明显的层控性。

第I旋回 以酸性火山碎屑喷发为特征,岩石地层名称为后乔组。主要岩性为流纹质凝灰岩、角砾岩、晶玻凝灰岩、熔结凝灰岩,有时夹凝灰质砂砾岩、砂岩等,厚一般几十米至几百米,有膨润土矿产出。沂沭断裂带内为紫、灰绿色粉砂岩、砾岩夹流纹质晶屑凝灰岩;莱阳河洛一带为凝灰岩、角砾凝灰岩及流纹质凝灰岩,厚大于70m;在胶州—胶南等地厚六十余米。

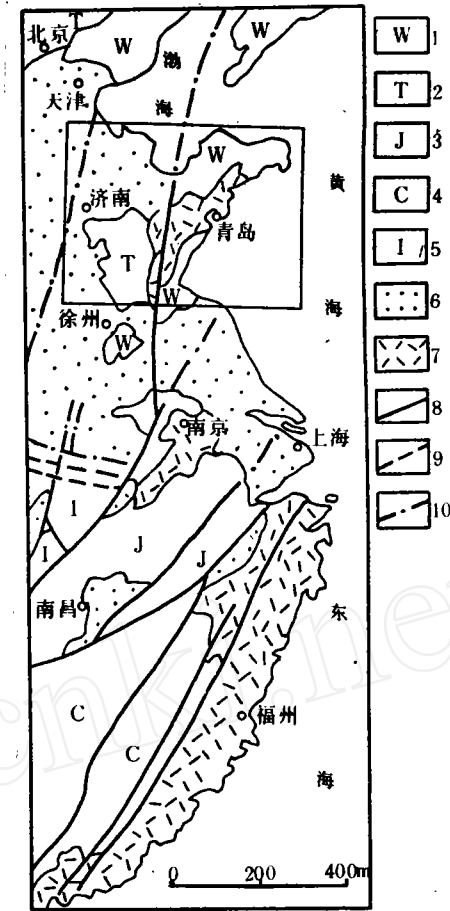


图1 鲁东青山期火山岩区在中国东部中生代火山岩带中的位置略图 (据李荫槐,1984)

Fig. 1 Sketch showing the location of the Qingshan - phase volcanic rocks of eastern Shandong in the Mesozoic volcanic rock belt in eastern China

- 1—五台旋回;2—太行旋回;3—九岭旋回;4—加里东旋回;5—印支旋回;6—中、新生代沉积盆地;
- 7—燕山期火山岩;8—断裂;9—推测断裂;10—隐伏断裂

① 据山东省地质矿产局区域地质调查队,1:20万青岛、高密、灵山卫幅区调报告,1991。

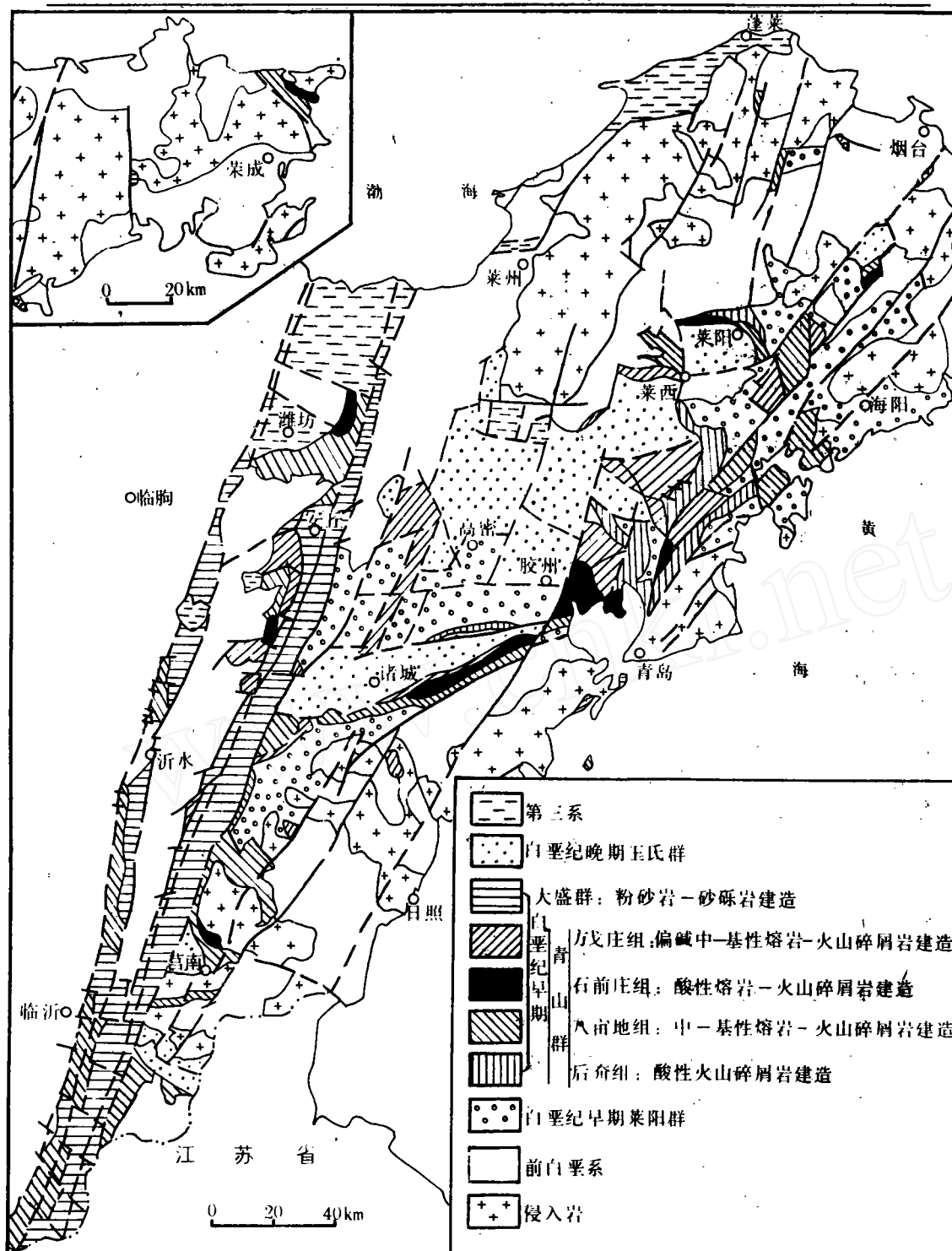


图2 山东东部白垩纪早期火山-沉积建造分布图

Fig. 2 Distribution of the volcanic-sedimentary formations of the early time of Cretaceous period in eastern Shandong

第Ⅰ旋回 以中-基性火山喷溢和火山碎屑喷发为特征,岩石地层名称为八亩地组,主要岩性为安山岩、粗安岩、玄武安山岩、集块角砾熔岩、安山质集块角砾岩等,有时变化为沉凝灰砾岩。可分为两个喷发韵律:a韵律为玄武质,b韵律为安山质。局部有膨润土、沸石矿化(表1)。

表1 早白垩世青山区各火山旋回岩石组合及非金属矿含矿特征

Table 1 Rock associations of volcanic cycles and characteristics of nonmetallic mineral deposits of the Qingshan phase in the early Cretaceous epoch

火山旋回	岩石建造	层位	主要岩石组合	矿化特征	矿床(矿化)产地	构造环境
Ⅳ	偏碱中-基性熔岩-火山碎屑建造	青山群方戈庄组	粗安岩、玄武安山岩、粗安质集块岩、角砾岩	轻度膨润土矿化、基本不含矿	在沂沭断裂带内有膨润土矿化	胶莱拗陷 沂沭断裂带
Ⅲ	酸性熔岩-火山碎屑岩建造	青山群石前庄组	流纹岩、黑曜岩、珍珠岩、流纹质、凝灰岩、角砾岩、碱流质集块角砾岩、角砾凝灰岩	火山沉积型膨润土矿、沸石岩、珍珠岩、高岭土、玉髓、蛋白石矿化及河湖相正常沉积型膨润土矿	青岛红岛、胶州李子行、胶南海青、莱阳白藤口、潍坊涌泉庄、诸城青墩、莒南侍家宅子	胶南拗陷 沂沭断裂带
Ⅱ	中-基性火山碎屑岩-熔岩建造	青山群八亩地组	安山质集块岩、角砾岩、角砾凝灰岩、玄武岩、安山岩	明矾岩、黄铁矿及轻度膨润土矿化、主要为晚白垩世和第三纪河湖相沉积型膨润土矿的成矿母岩	诸城和莒南明矾石、五莲七宝山和诸城马连口黄铁矿、潍坊、安丘一带新、老第三纪和昌邑南部王氏群中的沉积膨润土矿	胶莱拗陷 沂沭断裂带
Ⅰ	酸性火山碎屑岩建造	青山群后介组	流纹质凝灰岩、流纹质角砾凝灰岩	火山沉积膨润土矿	胶州、莱阳	胶莱拗陷

该旋回是分布最广泛的火山岩建造,在即墨一带厚数百米至千米;胶南柏乡一带厚数百米,诸城一带以中性熔岩为主,莱阳赤山地区皆为安山玄武岩和玄武安山岩,厚270~1270m;荣成俚岛及海阳等地厚1000~2450m,为橄榄玄武岩、玄武安山岩及相应的碎屑熔岩等。

第Ⅲ旋回 以酸性火山碎屑喷发和喷溢为特征,岩石地层名称为石前庄组。主要岩性为流纹质凝灰岩、角砾岩及流纹岩,碱流质集块角砾岩、少量黑曜岩、珍珠岩、球粒流纹岩等。该旋回韵律发育,总体可分为a、b两大韵律。a韵律以流纹质火山碎屑岩为主,次为流纹质熔岩;b韵律为碱流质熔岩-火山碎屑岩。二者往往交替喷出。有时夹凝灰质砂砾岩和粉砂岩,岩石普遍具蒙脱石化、沸石化等矿化蚀变,以白色调为岩石的显著外貌特征,是膨润土矿、沸石岩矿和珍珠岩矿的主要含矿层位(表1)。

第Ⅲ喷发旋回各地厚度差异较大,在诸城障日山、红石山等地厚四百余米;柏乡-红岛等地厚770~890m;莱阳白藤口一带厚370m;牟平西留疃厚二百余米;荣成俚岛厚450m;潍坊涌泉庄厚800~2000m。尽管各地出露厚度变化较大,但这套酸性熔岩-火山碎屑岩的岩性变化却是很小的。

第Ⅳ旋回 以偏碱性的中-基性火山喷溢为特征,有时为火山碎屑岩喷发,岩石地层名称为方戈庄组。主要岩性为玄武粗安岩、玄武岩、玄武安山岩,粗安岩,少量集块角砾岩,很少见凝灰岩,厚二百余米至二千米不等(表1)。

上述四个火山喷发旋回,均受区域大地构造背景控制,发育程度不等,分布范围各异。但从“层序”这个概念上说,它们是一个序列,被相同的顶、底界面所控制。在鲁东发育最好,沂沭断裂带次之。在鲁东地区,白垩纪早期火山-沉积岩系分布广、发育完整,四个旋回界线清晰,岩石矿化程度高,非金属含矿建造类型发育。沂沭断裂带内发育较差,第Ⅰ旋回基本不发育,以第Ⅰ旋回特别发育为特征,北段发育第Ⅲ旋回,同时也是重要的含矿区。

1.3 白垩纪早期非金属矿含矿火山-沉积建造类型划分

鲁东地区的膨润土、沸石岩、珍珠岩、明矾石和部分黄铁矿矿床在成因上与白垩纪早期陆相火山-沉积岩系有着极为密切的关系——下白垩统青山群是膨润土、沸石岩、珍珠岩、明矾石等非金属矿的成矿母岩岩系,青山群本身就可以说是一套重要的、大的含矿建造。这套火山-沉积建造在地层学概念上,它是一套发育较完整的、连续的火山-沉积系列;在矿床学概念上,火山旋回或火山-沉积旋回及韵律则往往构成某种或某几种非金属矿的含矿建造。

早白垩世青山群的每个火山旋回均具有各自特征的岩石组合和非金属矿成矿作用。从表1可以看出,膨润土、沸石岩、珍珠岩等非金属矿床,多数产于酸性火山旋回(Ⅰ、Ⅲ旋回)中,而中-基性火山旋回(Ⅱ、Ⅳ旋回)内矿化不发育。火山旋回成矿专属性明显。依据火山旋回主要岩石组合和成矿作用特点,可将沂沭断裂带及其以东地区的早白垩世火山-沉积岩系内划分出4个主要非金属矿火山-沉积建造:①含膨润土、沸石岩、珍珠岩酸性熔岩-火山碎屑岩建造;②含膨润土酸性火山碎屑岩建造;③含明矾石中性凝灰岩建造;④含黄铁矿中性火山碎屑岩建造。

2 火山-沉积含矿建造

2.1 含膨润土、沸石岩、珍珠岩酸性熔岩-火山碎屑岩建造

该建造是山东省内重要的非金属矿含矿建造之一,全省主要膨润土、沸石岩、珍珠岩矿床均产于该建造中,在区域上具有明显的层控性和可比性。

2.1.1 岩石组合特征

含膨润土、沸石岩、珍珠岩酸性熔岩-火山碎屑岩建造,其岩石地层单位相当于青山群石前庄组,青山期火山活动第Ⅲ旋回。主要岩石类型为的一套变化较小、属钙碱性富硅和富碱质的流纹质-碱流质、熔岩-火山碎屑岩(表2),但各地岩石厚度、岩性组合和含矿性及层理构造等有些差异(图3)。该建造以潍坊涌泉庄、莱阳白藤口、胶州石前庄-李子行、诸城青墩等地发育较为典型,分布规模较大,含矿好,矿化程度高;其它地区,如莒南侍家宅子、荣成俚岛等地亦有分布,但规模较小,含矿性也稍差些。

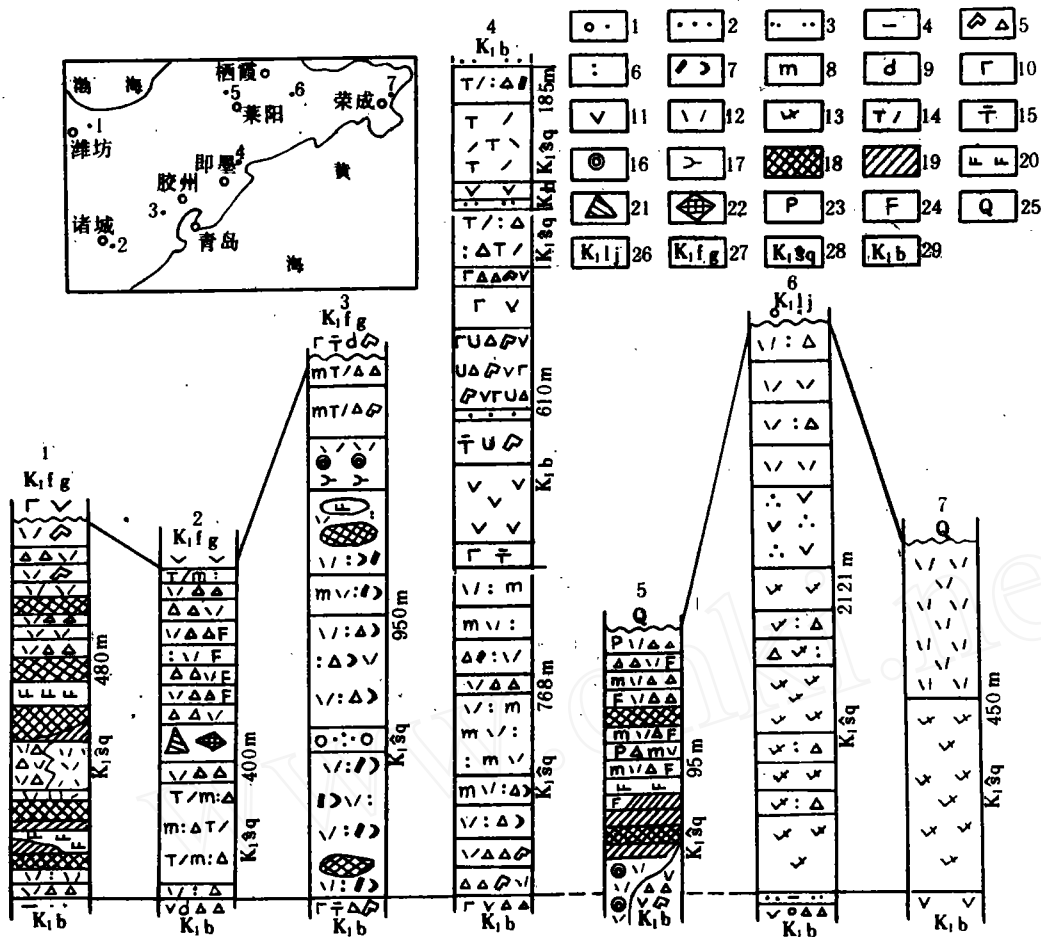


图3 鲁东酸性熔岩、碎屑岩(石前庄组)建造柱状对比图

Fig. 3 Column correlation of acid lavas and detrital rock formations

(Shiqianzhuang formation) in eastern Shandong

- 1—砂砾岩;2—砂岩;3—粉砂岩;4—泥岩;5—焦块、角砾;6—凝灰质(岩);7—晶屑、玻屑;8—熔结××岩;9—沉××岩;10—玄武质(岩);11—安山质(岩);12—流纹质(岩);13—英安质(岩);14—碱流质;
- 15—粗安质;16—球泡、石泡;17—黑曜岩;18—膨润土矿;19—珍珠岩矿;20—沸石岩矿;21—明矾石矿;22—高岭土矿;23—膨润土化;24—沸石化;25—第四系;26—王氏群林家庄组;27—青山群方戈庄组;28—石前庄组;29—八亩地组

在潍坊涌泉庄一带,该建造主要岩石组合为流纹质火山角砾岩、火山集块岩、流纹岩等,厚度约500m;在莱阳白藤口为流纹质凝灰岩、英安质火山角砾岩;胶州石前庄和青岛红岛为流纹质凝灰岩、熔结凝灰岩、球粒流纹岩夹凝灰质砂砾岩及黑曜岩、珍珠岩,厚494~893m;胶州李子行为碱流质熔结角砾岩、碱流质熔结角砾凝灰岩厚112m;诸城青墩为流纹质熔结凝灰岩、角砾岩、凝灰岩及流纹质角砾凝灰岩,厚四百余米;即墨北部则为流纹质熔结凝灰岩、流纹质角砾凝灰岩及流纹质角砾凝灰岩、球粒流纹岩,厚770m。该建造

岩石化学成分见表2,属钙碱性系列, SiO₂ 含量为 65.43%~74.73%, 具明显的富硅及碱质, 易于形成膨润土、沸石和珍珠岩矿。

表2 酸性熔岩-火山碎屑岩亚建造岩石化学成分

Table. 2 Chemical compositions of the acid lava - Pyroclastic rock subformation

序号	岩性	样品数	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	K ₂ O+Na ₂ O	Na ₂ O/K ₂ O	σ
1	英安岩类	8	65.43	0.48	15.42	3.94	0.46	0.062	1.29	2.02	4.05	4.44	0.19	1.66	8.48	0.91	3.21
2	流纹岩类	7	74.73	0.06	13.56	0.51	0.31	0.024	0.17	0.54	2.75	5.12	0.01	1.31	7.87	0.54	1.95
3	碱流岩	2	67.53	0.35	15.50	2.72	0.73	0.05	0.81	1.34	4.58	5.01	0.15		9.59	0.91	3.75
4	流纹质火山碎屑岩	16	73.98	0.27	13.10	1.54	0.58	0.06	0.23	0.68	3.04	4.74	0.09		7.78	0.64	2.13
5	碱流质火山碎屑岩	3	68.58	0.42	15.33	2.28	0.43	0.05	0.45	0.75	3.42	6.15	0.09		9.57	0.56	3.61

资料来源: 1: 20 万莱阳、潍坊幅(1987)及 1: 20 万青岛、高密幅(1991)区调报告。

2.1.2 含矿性特点

膨润土、沸石岩、珍珠岩矿在酸性熔岩-火山碎屑岩建造中的分布特点与火山喷发旋回的韵律性具有密切关系。

如前所述, 青山期第Ⅲ火山喷发旋回可分为 a、b 两个大的韵律, 而膨润土、珍珠岩矿床主要赋存于 a 韵律中, 沸石岩则主要赋存于 b 韵律中(同时有少量膨润土矿产出)。而在某些地区, 由于 a、b 二韵律是交替出现的, 故形成了膨润土、沸石岩与珍珠岩的复合矿床。

a 韵律主要以流纹质火山碎屑岩为主, 次为流纹质火山熔岩, 可进一步细分为若干韵律层。早期为爆发相火山碎屑流堆积, 其岩性为流纹质凝灰岩、流纹质角砾岩、流纹质熔结凝灰岩; 晚期则以喷溢为主, 形成流纹岩、黑曜岩及珍珠岩等。在该韵律中, 早期的酸性火山碎屑岩岩石粒度大小不一、组构上有较大的孔隙度和裂隙或裂纹发育之特点, 经水解作用后形成膨润土矿, 而酸性玻璃质岩石则形成珍珠岩矿。

b 韵律主要为碱流质, 火山通道相的碱流质熔岩、火山角砾岩、碱流岩及碱流质熔结凝灰岩, 岩石偏基性、碱性, 为沸石岩矿之成矿母岩。这是因为碱流质的火山碎屑岩较流纹质的火山碎屑岩更有利于形成沸石矿, 沸石矿成矿的水介条件较膨润土矿更呈碱性的缘故。

以下几个典型地区的膨润土、沸石岩和珍珠岩矿的成矿规律将更清楚地说明酸性熔岩-火山碎屑岩建造的含矿特点。

(1) 潍坊涌泉庄地区 据火山喷发物质成分的变化可进一步划分五个喷发韵律: ①第一韵律: 下部为酸性火山角砾岩-凝灰岩并夹有粉砂岩-泥岩薄层, 岩石普遍具不同程度的蒙脱石化, 强烈者构成膨润土矿; 上部为由膨润土矿、沸石岩矿和珍珠岩矿形成的复合矿层, 矿体长 1800m, 倾斜宽 2300m, 厚一般 10~40m。②第二韵律: 下部为流纹岩并相变为流纹质火山角砾岩、流纹质凝灰岩; 上部为膨润土、沸石岩和珍珠岩矿的复合矿层, 矿体长 1400m, 倾斜宽 1100m, 厚一般 2~70m, 平均 12m。③第三韵律: 下部为流纹质凝灰角砾岩、局部夹有脱玻化珍珠岩; 上部为膨润土矿层。④第四韵律: 为含气孔流纹岩、流纹质凝灰角砾岩, 局部含有膨润土矿。⑤第五韵律: 为中酸性凝灰角砾岩、集块岩等, 不含矿。据

膨润土、沸石岩的变余结构、构造恢复其原岩为酸性玻璃质熔岩类、流纹质玻基熔岩及火山碎屑熔岩类,酸性火山碎屑岩类,而成矿是这些成矿母岩经水化蚀变的结果。

(2)诸城青墩地区 火山喷发可划为四个韵律层。①第一层:英安质-流纹质岩屑凝灰岩、局部夹有流纹质熔结凝灰岩,并且形成沸石矿和膨润土矿层。②第二层:英安质熔结凝灰岩,基本不含矿。③第三层:流纹质角砾凝灰岩、流纹质角砾岩、流纹质凝灰岩,含有膨润土、沸石岩矿,矿体长100~500m,出露宽10~200m,厚1~6m。④第四层:流纹质熔结角砾岩,具膨润土矿化。

(3)胶州石前庄地区 火山旋回由a、b两韵律组成。a韵律为流纹质晶玻屑凝灰岩、熔结凝灰岩及流纹岩,产有三层膨润土矿及沸石矿化。第一层长8000m,出露宽7~15m;第二层长大于8000m,出露宽5~20m;第三层呈透镜体状断续分布,长50~270m,宽5~10m。在b韵律中为碱流质熔结火山角砾岩及珍珠岩、黑曜岩等,产有珍珠岩矿及膨润土矿化,矿体规模较小。

(4)莱阳白藤口地区 含矿层为酸性火山碎屑岩、酸性熔岩及酸性潜火山岩,矿体主要产于火山通道相的酸性潜火山岩中,围绕白藤口火山机构产出,并受NW、EW向断裂的双重制约。下部含矿层为层状、似层状的膨润土、沸石和珍珠岩复合矿点;上部主要为层状膨润土矿,并有呈透镜状的沸石矿体。膨润土矿单矿体长100~758m,厚42.5m;沸石岩矿体长200~747m,厚5.66~20.1m;珍珠岩矿体长42~640m,厚1.2~12.1m。

综上所述,在含矿酸性熔岩-火山碎屑岩建造中,膨润土矿、沸石岩和珍珠岩矿常紧密共生,在空间上呈层产出,构成复合矿床;在时间上具有同步性,这是该建造显著的成矿特点。

2.1.3 区域展布特征

该建造主要分布于断(拗)陷盆地的边缘,受NEE向及近EW向断裂控制的中心式火山喷发所制约。从火山岩演化特点分析,NEE和近EW向断裂由于切割较浅而沟通了上部的酸性岩浆房,从而形成了以酸性火山喷发为特点的火山-沉积建造,它是膨润土、珍珠岩和沸石的母岩岩系。

该含矿建造以莱阳白藤口、胶州石前庄、诸城青墩及潍坊涌泉庄最为发育,且成矿性好;而荣成俚岛、栖霞桃村和莒南侍家宅子等地则成矿性稍差(参见图3),究其原因,是与岩石的酸度、岩性及所处的构造环境有关。

2.2 含膨润土酸性火山碎屑岩建造

2.2.1 岩石组合特征

该建造岩石地层名称为后乔组,青山期火山活动第1旋回。岩石类型主要为各种酸性火山碎屑岩,但各地岩石酸度、熔结程度、层理构造有差异。其以胶州地区及莱阳地区出露较为典型,且成矿性好,其它地区较差。胶州地区为紫灰色流纹质晶玻凝灰岩、流纹质熔结凝灰岩、流纹质角砾凝灰岩,厚57.1~288.5m,常具有膨润土矿化。莱阳地区主要为流纹质凝灰岩、英安质火山角砾岩、流纹质玻屑凝灰岩、粘土化流纹质凝灰岩等,厚371m。在莱阳城北该建造发育较好,流纹质凝灰岩层状构造发育,显示火山喷发物直接落入水中沉积,与胶州地区显块状构造、具熔结现象的凝灰岩不同,并普遍具有膨润土矿化蚀变。强烈

者构成膨润土矿。

该建造的主要岩石类型(流纹质凝灰岩,5个样品平均值)的岩石化学成分:SiO₂ 72.76%,TiO₂ 0.28%,Al₂O₃ 13.39%,Fe₂O₃ 1.69%,FeO 0.91%,Na₂O 3.48%,CaO 1.28%,K₂O 5.42%, σ 2.66,属钙碱性系列的铝过饱和类型,有利于膨润土矿的形成。

2.2.2 含矿性特点

该建造岩相以爆发相流纹质火山碎屑岩为其特点。在鲁东地区主要有三个含膨润土矿带:胶州含膨润土矿带、莱阳含膨润土矿带和高密东疃含膨润土矿带。

胶州含膨润土矿带分布于胶莱拗陷盆地的南缘,沿河西郭至后乔一带呈NEE向展布,与后乔组的区域展布方位一致。其成矿母岩为流纹质熔结凝灰岩、流纹质角砾凝灰岩。膨润土矿体呈层状、似层状及透镜体状,常沿层间断裂产出,在含矿建造内断续分布。一般单矿体长300~800m,宽十几米至上百米,厚5~20m。

莱阳含膨润土矿带分布于胶莱拗陷盆地的北缘,呈近EW向展布,与胶州矿带南北对应。其含矿岩系为流纹质玻屑岩屑凝灰岩、英安质火山角砾岩,以灰白色调区别于其它岩系——该灰白色多为膨润土矿化所致,形成一EW向,长约15km的矿化蚀变带。在莱阳城北一带,该建造含矿性好,形成层状膨润土矿(图4)。膨润土矿多产于该亚建造的底部,成矿母岩为流纹质凝灰岩。矿体呈层状、似层状,近EW走向,倾向南、倾角缓,多为5°~20°,长宽及厚度变化较大。单矿体长30~2500m不等,厚度1.27~30m。尽管矿体有时呈膨缩分枝现象,但含矿层位稳定。

在高密东疃一带,该建造呈近SN向展布,含矿层为流纹质凝灰岩,膨润土矿体呈层状、似层状产出,单矿体长200~600m,宽10~25m,厚12~27.9m。

该建造所含膨润土矿,具层位稳定、矿石类型单一的特点。

2.2.3 区域展布特征

该建造主要集中在胶莱拗陷盆地边缘及断裂构造发育部位,喷发物以酸性火山碎屑物为主,形成了以火山碎屑物沉积夹陆源碎屑沉积的一套岩性组合。沿胶莱盆地南北两家呈长条带状出露于胶州、河西郭—后乔、莱阳河海等地,另在安丘甘泉岭、即墨马山等地亦有分布。不同地区火山-沉积建造特点、岩石厚度及含矿层见图4所示,其中以胶州后乔及莱阳河海一带发育较为典型。

2.3 含明矾石中性凝灰岩建造

2.3.1 岩石组合特征

该建造岩石组合以中性火山碎屑岩为特征,层位上相当于青山期第I喷发旋回的b韵律——八亩地组,在诸城石屋子沟为英安质-粗面质熔结凝灰岩、安山质-英安质凝灰岩及凝灰角砾岩,并见有次生石英岩;莒南将军山为粗安岩、粗安质熔结角砾凝灰岩。

2.3.2 含矿性特点

此建造分布局限,但含矿性明显。在诸城石屋子沟,含矿层由蚀变了凝灰岩、角砾凝灰岩和明矾石组成,底板为粗面质-英安质熔结凝灰岩,顶板为次生石英岩。明矾石矿赋存于安山质晶屑-岩屑凝灰岩、熔结凝灰岩、安山质含砾凝灰岩中。矿体呈层状、似层状,单矿体长70~160m,宽30~60m,厚5.53~13m。在莒南将军山,明矾石矿产于粗安质熔结角

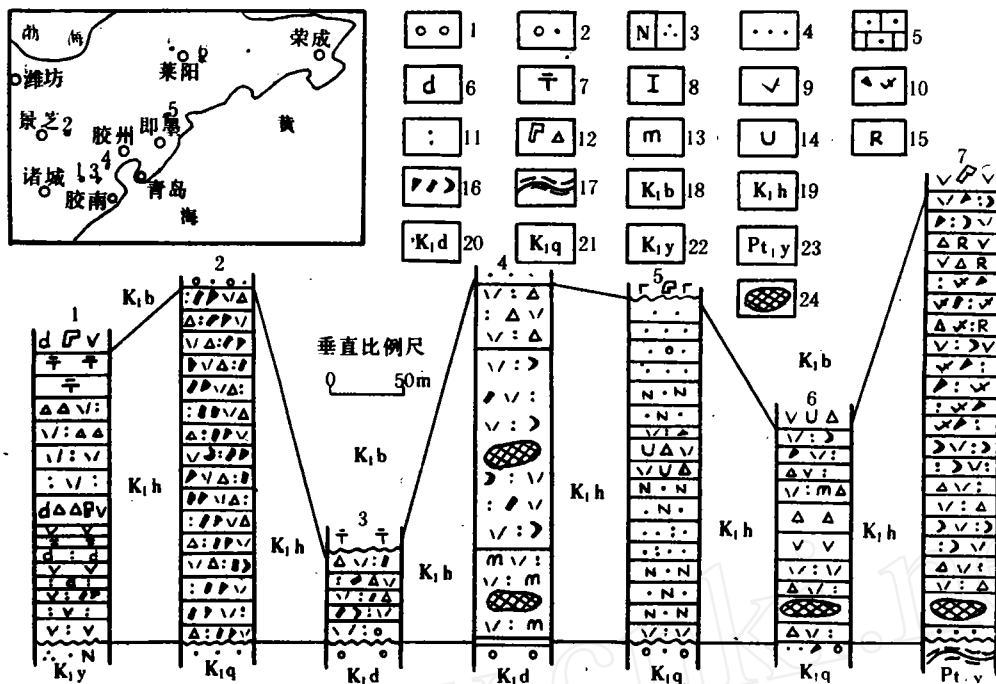


图 4 鲁东酸性火山碎屑岩建造(后介组)分布示意图

Fig. 4 Sketch showing distribution of acid pyroclastics rock formations

(Houkuang formation) in eastern Shandong

- 1—砾岩; 2—砂砾岩; 3—长石、石英; 4—砂岩; 5—砂屑灰岩; 6—沉××岩; 7—粗安岩; 8—粗面岩; 9—安山岩(安山质); 10—流纹质、英安质; 11—凝灰岩(凝灰质); 12—集块、角砾; 13—熔结××岩; 14—××熔岩; 15—熔××岩; 16—岩屑、晶屑、玻屑; 17—黑云片岩; 18—八亩地组; 19—后介组; 20—22—莱阳群杜村组、曲格庄组、杨家庄组; 23—荆山群野头组; 24—膨润土矿

砾凝灰岩中,含矿岩系单一,其底板为安粗岩及正长岩。矿体呈层状、似层状,含矿岩系西起将军山、东到庙山、万羊山,长约 5000m,宽 1000~1200m,可分为四个矿段——庙山矿段、万羊山矿段、大凹矿段和将军山矿段,单矿体长 50~580m,宽 19~70m,厚 3~21.5m。

2.3.3 区域展布特征

含明矾石中性凝灰岩建造主要分布于胶莱拗陷盆地的西南边缘,沂沭断裂带的东侧。其形成与展布与其所处的大地构造环境有关。因为在鲁东地区,青山期火山活动期次多、强度大、分布面积广,以中酸性为主,鲁西以中-基性为主,而介于此二者之间的莒南-诸城地区则形成了一套以中或中-酸性为主的火山碎屑岩建造,它为明矾石矿的成矿提供了母岩条件。

2.4 含黄铁矿中-基性火山碎屑岩-熔岩建造

2.4.1 岩石组合特征

该建造为青山群八亩地组中部层位,青山期火山活动第Ⅰ旋回的b韵律中。青山群八亩地组为一套中-基性火山熔岩-火山碎屑岩,据火山活动特点可进一步分为a、b、c三个韵律。①a韵律岩性为玄武安山岩、玄武岩、玄武粗安岩及玄武安山质集块角砾熔岩,以喷溢相为主,本身不含矿,但它是晚白垩世及第三纪河湖型沉积膨润土矿的成矿母岩。②b韵律为爆发相崩落堆积,岩性为安山质集块角砾岩、沉凝灰岩及凝灰质砂岩,产有黄铁矿,局部有沸石及膨润土矿化。③c韵律为粗面质,以潜火山岩相为主,多分布于早期火山通道相之中,与之相伴的高位侵入岩如安山玢岩、石英闪长玢岩、闪长岩等对黄铁矿的富集成矿起叠加富集作用。

该建造主要岩石类型化学成分见表3,从中可见 SiO_2 集中在47.49%~57.77%范围内, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 为5%~8%, σ 值显示为碱钙性(玄武质)及钙碱性(安山质),而钙碱性岩石对膨润土矿化较碱钙性岩石更为有利。

表3 中-基性火山碎屑岩-熔岩建造岩石化学成分

Table. 3 Chemical compositions of intermediate basic pyroclastic rock-lavas formations

序号	岩性	样品数	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	CO_2	$\frac{\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}}$	σ	
1	安山岩类	18	58.77	0.80	16.16	5.02	1.39	0.064	3.52	4.77	4.15	3.03	0.35	2.11	0.45	7.18	1.37	3.27
2	玄武岩类	18	51.73	1.03	16.05	6.83	1.54	0.105	5.16	6.54	3.33	2.12	0.56	3.13	0.24	5.45	1.57	3.40
3	安山质火山碎屑岩类	6	47.49	1.06	13.88	7.31	0.94	0.12	2.97	10.52	3.33	3.25	0.70			6.58	1.02	9.64

2.4.2 含矿性特点

含黄铁矿中性火山碎屑岩建造主要分布于五莲七宝山-诸城马连口一带,含矿岩系为安山质角砾岩、安山质凝灰岩、熔结角砾岩、凝灰角砾岩夹凝灰岩,其中安山质火山碎屑岩为黄铁矿赋存的主要层位—相当于b韵律,而潜火山岩相(c韵律)和与之伴随的高位侵入体—安山玢岩、闪长玢岩、石英闪长玢岩等的侵入活动对成矿提供了热液来源。

五莲七宝山钓鱼台黄铁矿主要产于安山质火山碎屑岩中,次为安山质熔岩和次火山岩,它的成矿活动是青山期第Ⅰ旋回火山喷发-侵入活动的组成部分。矿体总体走向与含矿建造(岩系)走向相一致,长1000m,最大宽度800m,平均铅直厚100m。矿石类型为火山碎屑岩型黄铁矿石,凝灰岩型黄铁矿石、火山角砾岩型黄铁矿石、潜火山岩型黄铁矿石及脉状黄铁矿石,硫品位变化在3%~7%之间,平均品位5%,具有规模大,品位低之特点。

此外,该建造在莱阳万第一带产有水泥及岩棉用玄武岩;在即墨训虎山、青岛红岛等地产有潜粗面岩型麦饭石矿。

3 有关问题的讨论

3.1 白垩纪早期火山活动特点

从大地构造角度考虑,中生代时由于太平洋板块向欧亚大陆板块下的俯冲消亡,是导致白垩纪早期火山活动的根本原因。就鲁东而言,早白垩世火山作用既受双岩浆房制约,又受深大断裂控制。双岩浆房的形成与板块的俯冲熔融作用有关,在上地幔较浅部位形成中基性岩浆房,而下地壳重熔则形成上部酸性岩浆房,这也是早白垩世“双峰式”火山岩的大地构造环境。

在早白垩世火山作用的早期,火山活动较弱,是因为断裂构造切割较浅,与上部的酸性岩浆房相勾通,形成了以酸性火山岩喷发为特征的火山碎屑岩建造(I火山旋回)。中期(I、II旋回)火山作用达到顶峰,沂沭断裂带、即墨-邢村断裂带等深大断裂,多切割深、活动强度大而与下部中基性岩浆房相勾通,形成了大面积的中-基性火山碎屑岩-熔岩建造(第II旋回,八亩地组);而在莱阳-莱西、胶州-诸城等地则形成了以酸性火山岩喷发为特征的酸性熔岩-火山碎屑岩建造(第III旋回,石前庄组);在有些地区则形成了中-基性火山岩与酸性火山岩准同时喷发的“双峰式”火山-沉积建造;晚期(第IV旋回)酸性岩浆喷发结束,分异程度较高的中-基性岩浆发生溢流而形成方戈庄组,该旋回火山作用较弱,分布范围较小,白垩世早期火山作用结束。在物质成分上,则表现为由酸性-中基性-酸性-偏碱中基性的演化特点,并与青山群岩石地层单位之后乔组、八亩地组、石前庄组和方戈庄组相对应。在含矿性上,白垩世早期火山-沉积建造表现为明显的层控性,即早期形成膨润土酸性火山碎屑岩建造,中期形成膨润土、珍珠岩、沸石、酸性火山岩建造及含明矾石、黄铁矿中性熔岩-火山碎屑岩建造,晚期则未形成含矿建造。

3.2 含矿火山-沉积建造的成矿作用

如上所述,尽管白垩纪早期酸性熔岩-火山碎屑岩建造是膨润土、沸石岩、珍珠岩等矿的成矿母岩,其层控性十分明显,但其成矿则是多种地质作用的联合作用的结果。

3.2.1 构造控矿

构造控矿因素主要表现在以下几个方面:①深大断裂及古隆起边缘控制了青山群火山岩的分布及火山构造和类型,从而制约着火山岩系的岩性及岩相特征;②火山构造,特别是中心式火山机构与酸性火山活动关系密切,为成矿直接提供物质来源;③断裂活动,尤其是火山期后断裂破坏了成矿原岩的结构、构造,促进地下水或地表水与火山岩的矿化蚀变进程。

3.2.2 岩石的物理、化学性质

膨润土、沸石岩、珍珠岩等成矿母岩为酸性熔岩-火山碎屑岩,其岩性为流纹质凝灰岩、角砾岩、珍珠岩等,它们的粒度大小不一,组构上具有较大的孔隙度、裂隙或裂纹发育,渗透性强,有利于地下水(或地表水)的渗透,循环和储存。膨润土、沸石岩矿多沿着岩石的裂纹部位蚀变而成。

根据膨润土、沸石岩矿的变余结构、构造,其成矿原岩主要有二种:①酸性玻璃质熔岩;②酸性火山碎屑岩类。其 SiO_2 含量为63.9%~77.76%, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 在0.74%~10.4%之间,多为7%~9.68%, σ 值为0.7~4.8,平均1.9,具明显的富硅及碱质,钙碱性系列的铝过饱和类型。

统计表明: SiO_2 含量在70%以上、 Al_2O_3 在11%~13%之间, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的分子数比值为7.79~11.54, σ 值 <1.8 的钙碱性系列岩石对形成膨润土矿珍珠岩矿有利,而碱流质火山碎屑岩有利于沸石矿的形成。

3.2.3 水介质条件

膨润土和沸石的形成,在水介质条件下进行的。水介质的酸碱度(pH值)对蒙脱石的形成起着至关重要的作用。这是因为富水环境不仅有利于成矿母岩发生水解,同时蒙脱石的形成需有较多的水参与,且为一定的碱性环境。

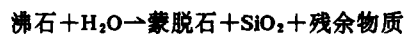
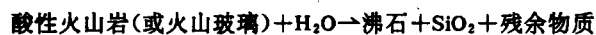
区内膨润土、沸石岩矿产于酸性火山建造中,矿石的pH值均偏碱性。涌泉庄矿区部分样品测试pH值一般在8~10,钙基膨润土的pH值一般在6~8。从上海人工合成沸石的试验看,其所需pH值是9~11,可见蒙脱石化与沸石化相比,pH值较高的环境更有利于沸石的形成,这也很好的解释了碱流质粗火山碎屑岩易于形成沸石矿的水化学条件。

3.2.4 温度、压力条件

蒙脱石化、沸石化等蚀变是一种近地表的低温热液蚀变作用,形成蒙脱石、沸石的P-T条件应接近常温常压。蒙脱石生成的温度一般要低于105℃,压力为常压,当温度 $>105^\circ\text{C}$ 时,矿物晶格中的一些阳离子(特别是 K^+)将被固定而不可交换,并向伊利石或绿泥石转变,因此常温常压条件下有利于蒙脱石、沸石的形成。

3.2.5 成矿作用的实质

表4列出了成矿母岩、矿化岩石及矿石化学成分的变化,从中可以看出:由成矿母岩 \rightarrow 矿化岩石 \rightarrow 矿石, SiO_2 , K_2O , Na_2O 依次降低; MgO , CaO 则显著增加,这说明其成矿过程是一个连续去硅加镁的过程,成矿反应大致为:



由成矿母岩——酸性火山岩形成膨润土、沸石矿大致经历三个阶段,其过程是在外界水介质参与下的水解蚀变过程,并形成三种不同矿产——珍珠岩、沸石和膨润土。

第一阶段 由于岩石封闭早,没有充分的水介质活动,缺乏足够的水化条件,而形成珍珠岩(或火山玻璃);

第二阶段 即沸石化阶段,在碱性水介质条件下(pH值为8~11),酸性火山岩中的 SiO_2 、 Al_2O_3 被溶解,形成斜发沸石和丝光沸石,原来火山岩中难以蚀变的矿物如部分长石、方英石、石英被保留下来。当pH值为9~11时,带入 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 OH^- ;带出 Si^{4+} 、 Al^{3+} 、 K^+ 、 Na^+ 和 Fe^{3+} ,则形成斜发沸石岩。若pH值为8~10时,则带入 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Al^{2+} 、 OH^- ;带出 Si^{4+} 、 K^+ 、 Na^+ ,而有蒙脱石形成,这一过程实质上是一个去硅的过程。

第三阶段 即蒙脱石化阶段,它是第二阶段的继续。由于沸石化过程中消耗了碱土金属离子,此时的pH值降至6~8,在有较多的水参加的情况下,带入 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} ;迁

出 K^+ , Na^+ , Fe^{2+} , Ca^{2+} , Si^{4+} 及 OH^- , 而形成蒙脱石, 若带出的 $Ca > Na$ 则形成钠质蒙脱石, 反之则为钙质蒙脱石。该过程是一个再度去硅的过程, 析出的硅形成玉髓和蛋白石等。

表4 成矿母岩、矿化岩石及矿石化学成分对比表

Table 4 Comparison of the chemical compositions among ore-forming parent rocks, mineralized rocks and ores

岩石或矿石	地区	样品数	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O ⁺	K ₂ O+ Na ₂ O	σ	Si ₂ O /Al ₂ O ₃
流纹岩	胶莱地	7	75.39	0.24	12.27	1.34	0.92	0.06	0.36	0.31	2.78	5.35	0.05			8.13		
流纹质火山碎屑岩	胶莱地	14	73.98	0.27	13.10	1.54	0.58	0.06	0.23	0.68	3.04	4.74	0.09			7.78		
沸石化岩石	诸城墩	4	73.69	0.12	11.93	0.53	1.54	0.07	0.53	1.56	1.77	5.04	0.05	0.22	3.06	6.79	1.71	10.47
沸石岩	潍坊涌泉庄	10	69.76		12.38	1.29	0.36		1.43	2.67	1.06	1.64				2.70		9.16
	诸城墩	15	72.06	0.12	12.53	0.79	0.23	0.04	0.50	2.62	1.13	2.83	0.02			3.96	0.59	9.66
膨润土	潍坊涌泉庄	20	69.45		15.01	2.03	0.08		3.39	2.17	0.65	0.68			7.86	1.33		
	诸城墩	2	63.02	0.25	15.19	1.43	0.15	0.04	4.37	2.70	0.46	0.39	0.06	0.07		0.85		
珍珠岩	潍坊涌泉庄	8	70.04		13.59	1.15	0.39		0.58	1.33	4.66	2.22	0.03			6.88		12.01

上述成矿的三个阶段也较好地解释了膨润土、沸石、珍珠岩矿分带的原因以及膨润土、沸石、珍珠岩密切共生的原因。

参考文献

- 1 吴利仁等. 华东及邻区中、新生代火山岩, 北京: 地质出版社, 1984. 5—20.
- 2 李艳双等. 潍坊涌泉庄膨润土、沸石岩、珍珠岩矿层结构及其成因. 山东地质. 1995, 11(2).
- 3 张自桓. 鲁西伸展构造——一个中—上地壳板块的提示. 山东地质. 1995, 11(2).

**ORE—BEARING VOLCANIC—SEDIMENTARY
FORMATION OF NONMETALLIC MINERALS IN THE EARLY
CRETACEOUS PERIOD IN EASTERN SHANDONG**

Li Hongkui Liu Mingwei

(The Regional Geological Institute, Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources)

Zhang Chengji

(Geology and Science Division, Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Due to the volcanic—sedimentary process in the early cretaceous period in eastern Shandong, a set of volcanic—sedimentary rocks and nonmetallic mineral—bearing volcanic sedimentary formations, containing bentonite, zeolite, perlite, alunite, pyrite and basalt were formed. They are mainly acid lava—pyroclastic rock formation with bentonite, zeolite and perlite, intermediate—acid tuff formation with alunite and intermediate pyroclastic rock formation with pyrite. The nonmetallic mineral deposits of early Cretaceous age in eastern Shandong are clearly controlled by geotectonic, volcanic activity cycle, rock's physical and chemical properties, P—T and aqueous medium conditions.