

与新生代玄武岩有关的非金属矿床成因类型 及成因机理探讨

陈从喜¹⁾ 王登红²⁾

(1)国土资源部信息中心,北京,100812;2)中国地质科学院矿产资源研究所,北京,100037)

摘 要 中国东部广泛出露的新生代玄武岩与大陆热点或大陆裂谷构造环境有关。与新生代玄武岩有关的非金属矿床包括了玄武质火山喷发有关的玄武岩、浮石和火山灰,玄武岩携带的包体矿物刚玉、贵橄榄石等形成的宝石,火山期后热液充填有关的玛瑙、紫水晶和贵蛋白石,玄武岩喷发沉积或后期风化改造的膨润土、凹凸棒石和铝土矿,以及与玄武岩共生、与沉积有关的硅藻土和石膏、煤和油页岩等。研究表明,这些非金属矿床与玄武岩的共生并非偶然,而是具有成因上的联系。它们具有相同的构造环境,玄武岩的喷发和沉积为这一成矿系列提供了成矿物质来源和成矿环境。由于成矿作用的叠加和成矿微环境条件的转化,形成了成矿系列内多种非金属矿床的共生。

关键词 新生代 玄武岩 非金属矿床 成因类型

The Minerogenic Types of Nonmetallic Deposits Related to Cenozoic Basalts and Their Minerogenic Mechanism

CHEN Congxi¹⁾ WANG Denghong²⁾

(1)Information Center, Ministry of Land and Resources, PRC, Beijing, 100812; 2)Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing, 100037)

Abstract The Cenozoic basalts occur widely in eastern China are bonded to tectonic setting of continental hot spots and continental rift systems. The nonmetallic deposits related to Cenozoic basalts are basalt, pumice and ash by eruption of basaltic magma; gemstone like sapphire and chrysolite by basalt inclusions; agate, amethyst and opal by filled with volcanic hydrothermal fluids; bentonite, attapulgite and bauxite by volcanic sedimentation and weathering process; and diatomite, gypsum, coal and oil shale coexisted with basalt formation. The study shows that association of all the mineral deposits are minerogenic relationship. They formed in the same tectonic setting. Basaltic magma eruption and sedimentation provided materials and geological environments for mineralization of the mineral deposit association.

Key words Cenozoic basalts nonmetallic deposit minerogenic types minerogenic mechanism

玄武岩在中国出露较广,尤其是在中国东部新生代玄武岩分布更为广泛。北起黑龙江、吉林,向南经河北、山东、苏皖交界、浙江、福建至海南岛都有新生代玄武岩分布,大致可分为东北、华北和华南 3 个区。根据与玄武岩有关的孢粉、化石、地层对比、同位素年龄、火山锥的剥蚀与植被情况,分为早第三纪、晚第三纪和第四纪 3 个时期。新生代玄武岩厚度几十米至 1 000 余米。关于中国东部新生代玄武岩形成的构造背景、玄武岩岩石类型、化学成份与形成机制,研究者已作过比较详细的研究(池际尚,

1988),在此不作赘述。笔者在以往研究中国非金属矿床成矿系列时,曾注意到玄武岩与某些非金属矿床的广泛共生现象(陈从喜等,1991,1992)。万朴(1996,1997)等在研究超镁铁质岩建造中镁质非金属矿物及成矿系列中也注意到了碱性玄武岩携带的超镁铁质岩含镁橄榄石、镁铝榴石等宝石的包体和玄武岩沉积的海泡石等非金属矿物。本文在此基础上,结合近年来的新生代成矿作用研究工作,进一步讨论新生代玄武岩与非金属矿床共生的规律及其成因机理。

1 与新生代玄武岩有关的非金属矿床成因类型

与玄武岩共生的非金属矿床种类丰富,矿床类型繁多,包括玄武岩喷发喷溢出的物质本身构成的非金属矿床如铸石用玄武岩、岩棉用玄武岩、饰面石材和建筑石材用玄武岩以及水泥用活性混合材料浮石和火山灰等,以及玄武岩携带的深源包体如刚玉、

贵橄榄石等形成的宝石矿床,火山期后热液型矿床如玛瑙、碧玉、玉髓、冰洲石、紫水晶和贵蛋白石等,玄武岩被风化改造或火山沉积形成的膨润土、凹凸棒石粘土、铝土矿等矿床,以及其他与玄武岩共生的硅藻土、石膏和盐类矿床(表 1)。诸多的上述非金属矿床都与以玄武岩为主组成的含矿岩石建造有成因上的联系,共生或伴生在一起,构成了新生代玄武岩建造火山喷发沉积风化非金属矿床成矿系列。

表 1 与新生代玄武岩共生的非金属矿床的矿床成因类型、矿种及其实例
Table 1 Some nonmetallic mineral deposits associated with Cenozoic basalt formation and their minerogenetic types and typical examples

矿床成因类型	矿 种	矿床实例
火山岩型矿床	铸石用玄武岩、岩棉用玄武岩、饰面石材和建筑石材用玄武岩、浮石和火山灰、原生蓝宝石(刚玉)、贵橄榄石、镁铝榴石和锆石	吉林和龙、黑龙江德都、辽宁宽甸、河北万全
火山期后热液型矿床	海泡石、玛瑙、碧玉、玉髓、冰洲石、紫水晶和贵蛋白石	安徽全椒、云南昆明
火山沉积型矿床	膨润土、凹凸棒石、海泡石粘土	江苏盱眙、安徽嘉山
沉积型矿床	硅藻土、石膏	吉林长白、山东山旺
风化壳型及残坡积型矿床	膨润土、凹凸棒石粘土、铝土矿及各类宝石和玛瑙、碧玉、玉髓砂矿	江苏六合、海南蓬莱

2 玄武岩与某些非金属矿床的共生规律

该类型非金属矿床的形成都与玄武岩有着密不可分的关系。在玄武岩与该类非金属矿床共生伴生的组合上,主要有以下规律:

(1) 矿床都分布在玄武岩构造火山盆地内,并受深大断裂及其次级断裂的控制。其中火山岩型矿床直接分布于断裂带上,火山沉积型矿床往往分布于受断裂控制的断陷盆地中。这些矿床往往成群、成带分布,相伴产出。如黑龙江穆棱、辽宁宽甸,山东昌乐、临朐,江苏六合等地的玄武岩、浮石和蓝宝石矿床主要分布在郯庐断裂带的次级构造单元内,受 NE 向断裂和 NW 向次级断裂的控制。

(2) 不同种类的非金属矿床由于玄武岩浆喷发作用及外部环境的差异,在平面上其分布有一定的规律。一般是浮石和火山灰矿床往往就位于玄武岩浆中心式喷发的火山锥上,蓝宝石和贵橄榄石矿床一般位于古火山口或残留古火山颈之上或不远处,如山东昌乐、河北万全和内蒙古克依克旗等,而玄武岩矿床一般由裂隙式喷溢的熔岩被构成,硅藻土、煤和油页岩矿床及石膏矿床则位于玄武岩断陷盆地中沉积岩系内,如山东山旺、云南先锋等地。(3) 非金属矿床在含矿建造中的分布,在垂直方向上也有一

定的规律,一般火山岩型矿床位于含矿建造的下部或上部;火山沉积型或沉积型矿床如硅藻土、膨润土、凹凸棒石粘土矿床位于含矿建造中部的沉积岩层中,玄武岩层为这些矿床的顶底板(图 1)而风化成因的铝土矿、次生的蓝宝石砂矿床等位于含矿建造的上部。如苏北、皖东地区的玄武岩建造中的沉积型膨润土矿层主要产在上第三系上新统下草湾组中,其次见在上新统桂五组中,膨润土矿层呈层状、透镜状近水平或缓倾斜状产出,矿层厚度 0.5~5.0 m,长度可达数百米或上千米,矿层的顶板和底板主要为玄武岩。风化残余型膨润土矿床系玄武岩风化而成,较典型的为江苏六合白土山矿床 2 号和 3 号矿体。硅藻土矿床为内陆淡水湖泊相(少数为河流相)生物沉积矿床如山东临朐解家河和云南寻甸先锋等矿床。矿层的底板常见有玄武岩。矿层的顶板之上,还常有玄武岩覆盖。在玄武岩的风化壳中还有风化壳型或风化残余型铝土矿矿床,与铝土矿伴生的非金属矿有蓝宝石和耐火粘土,金属镓和钴土矿等。这类矿床主要产于中国南方第三系、第四系玄武岩分布区的低山丘陵地带的山坡及山顶。玄武岩风化壳一般自上而下为红土带、铝土矿带或玄武岩半风化带,再向下过渡为新鲜玄武岩。铝土矿位于风化壳中上部,与红土带及玄武岩半风化带均为渐变过渡关系(图 2)。如在海南蓬莱新生代玄武岩

建造成矿区,玄武岩受 EW 向深断裂和 SN 向断裂控制,呈岩被状覆盖在中生代第二期花岗岩之上。含矿建造由橄榄玄武岩、玻基辉橄岩、粗玄武岩及其火山碎屑岩、凝灰质砂岩和砾岩、凝灰岩及玄武岩风化而形成的红色粘土层组成,厚度为 0.3~40 m,沿水系和沟谷厚度较大。铝土矿、蓝宝石、锆石产于玄武岩之上的风化红土层中(陈从喜,1991)。

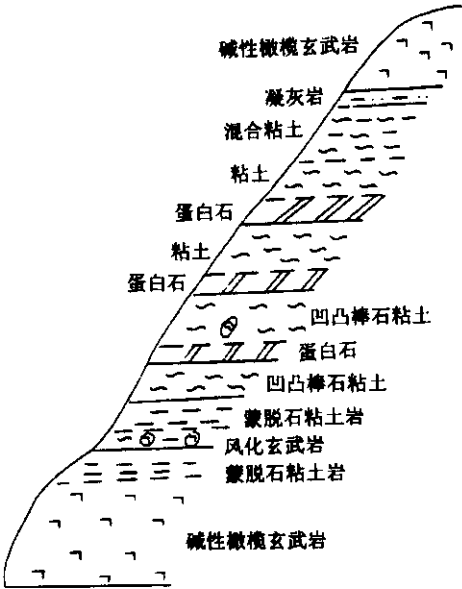


图 1 江苏盱眙黄泥山凹凸棒石矿区含矿层剖面示意图

Fig. 1 Schematic profile showing ore-bearing strata in Huangnishan attapulgite deposit, Xuyi, Jiangsu province

层序	柱状图	厚度 /m	名称
7		0.5~6.0	红土
6		0.2~3	铝土矿
5		0.3~2	凝灰岩
4		0.5~3.7	红土
3		0.8~1.5	球状或块状铝土矿
2		10~20	风化玄武岩含宝石
1		20~40	新鲜玄武岩

图 2 福建、海南一带玄武岩风化带及蓝宝石、铝土矿含矿层剖面示意图

Fig. 2 Schematic profile showing sapphire and bauxite-bearing strata in Fujian and Hainan provinces

3 成因机理探讨

3.1 构造环境

中国东部新生代玄武岩大部分沿郯庐断裂带和邢台-荆门构造带分布。前人研究郯庐断裂带在新生代具裂谷性质,并称之为郯庐裂谷带(池际尚,1988),邢台-荆门构造带经研究有热点或地幔热柱分布(王登红,1996),张北地区玄武岩喷发也有人认为是大陆裂谷环境(郭正府,1993)。大陆热点或裂谷构造环境对许多矿床成矿是有利的,世界上许多大的金属与非金属矿床与这样的构造环境有关(Maruyama,1994),如柬埔寨、泰国的蓝宝石和红宝石矿床,贝加尔裂谷系的磷灰石矿床,捷克的二叠纪蒸发岩类矿床,以及东非裂谷湖第四纪的岩盐、钾盐、镁盐及磷酸岩矿床等(王登红,1996)。

笔者之一最近对河北大麻坪、张(家口)北、广东三水等地的新生代玄武岩进行了 He、Ar 同位素研究(王登红等,2002)。结果表明,新生代玄武岩及其包体的³He/⁴He 比值显示出新生代玄武岩成矿过程中或多或少地有地幔氦的参与,体现了壳幔相互作用对于成矿作用的制约意义。

3.2 物源供给关系

玄武岩是一种基性喷出岩。它除本身可作为天然建筑材料和原料矿产以外,由于它具有低硅、高铝、高钙镁的地球化学特点,故可为膨润土、凹凸棒石、海泡石和铝土矿等矿产的物质来源。从苏皖交界处第三系玄武岩与共生的凹凸棒石地球化学成份对比和稀土地球化学模式的相似性(图 3,图 4)可以看出,玄武岩与凹凸棒石的成矿物质来源关系。由于其来源深度达上地幔,还常携带有富含橄榄石、石榴子石和锆石的深源包体,因而,后者是玄武岩建造中产出的宝石类矿物的物质来源。

3.3 成矿作用的叠加和转化

玄武岩建造中的非金属成矿作用包括地幔成矿作用(形成地幔岩包体)、岩浆冷凝成矿作用、火山沉积成矿作用和表生风化成矿作用等多种成矿作用方式。与玄武岩建造有关的矿床组合不是单一的成矿作用的产物,而是多种成矿作用和多期成矿作用的叠加,以及成矿条件变化的结果。这种变化常结束某个矿种的形成过程而转入下一个矿种的成矿期,或使已形成的某个矿种向下一个矿种转化。

当碱性玄武岩岩浆携带各种幔源包体及其分解后形成的巨晶矿物喷发或喷溢出地表富集后,形成了火山岩(原生)型铸石用玄武岩、岩棉用玄武岩、饰

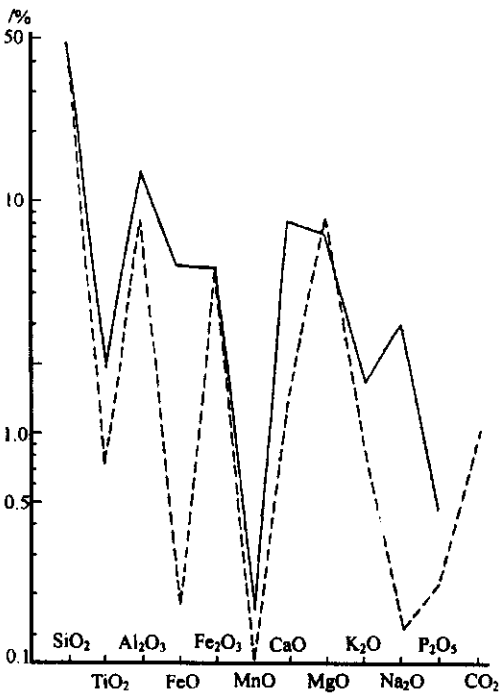


图3 苏皖第三系凹凸棒石粘土矿石与玄武岩化学成份对比

Fig.3 Correlation of chemical compositions of Tertiary attapulgite ores and basalts in Jiangsu-Anhui border
实线代表玄武岩化学成份 虚线代表凹凸棒石粘土化学成份

面石材和建筑石材用玄武岩、浮石和火山灰、原生蓝宝石(刚玉)、贵橄榄石、镁铝榴石和锆石等矿床。玄武岩浆溢流或火山灰落入水体,就会发生火山沉积成矿作用形成膨润土、凹凸棒石和海泡石粘土等矿床。后期转化为表生风化成矿作用,玄武岩或火山

灰在地下水水解作用下蚀变为膨润土、凹凸棒石、海泡石粘土。部分海泡石粘土可能是由火山期后热液形成。

3.4 成矿环境条件变化

成矿环境条件变化会引起矿物组合不同或相互转化,如江苏盱眙、六合地区的膨润土、凹凸棒石粘土矿床,在成矿初期,水溶液 pH 值上升为 8.0~8.5,这时形成了大量的蒙脱石粘土矿物,当水解继续进行,水溶液中碱性增大,pH 值上升到 8.0~9.0 同时富集 Mg^{2+} 时,即开始大量形成凹凸棒石粘土矿物,并促使已形成的膨润土向凹凸棒石转化。在此过程中析出的 SiO_2 沉积富集,形成蛋白石和玉髓,当其集合体具有变彩时形成欧泊矿床。 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 CO_3^{2-} 结合形成白云石,因此常为膨润土、凹凸棒石粘土的共生矿物。

盱眙黄泥山矿区内与凹凸棒石粘土共生的白云石稳定同位素研究,C、O 同位素测定值 $\delta^{13}C$ 为 -8.772‰ , $\delta^{18}O$ 为 -7.996‰ ,属稍偏高的淡水碳酸盐的 $\delta^{13}C$ 、 $\delta^{18}O$ 值(郑自立,1997)。微量元素 Sr/Ba 比值见表 2。中部凹凸棒石粘土的 Sr/Ba 比值均大于 0.45,且白云石凹凸棒石粘土的 Sr/Ba 比值大于 1.0,并随白云石含量的增加而增大,最高为 2.56,说明沉积时水体为半咸水以上环境,且盐度增大。上层膨润土 Sr/Ba 比值为 0.13,同早期沉积环境相比,水体盐度发生了显著的变化,表明膨润土沉积时已为淡水环境(表 2)。正是这些成矿环境条件变化会引起膨润土与凹凸棒石粘土矿物相互转化。

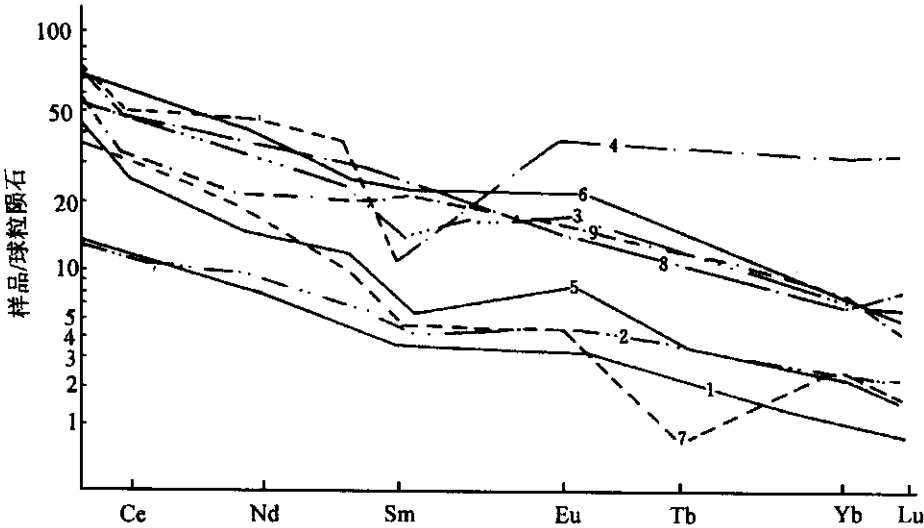


图4 苏皖第三系凹凸棒石粘土矿石与玄武岩稀土元素球粒陨石标准化图解

Fig.4 Distribution model of REE of chemical compositions of Tertiary attapulgite ores and basalts in Jiangsu-Anhui border

万方数据

1-白云石质凹凸棒石粘土 2-含白云石混合粘土 3-火山凝灰岩 4-风化型凹凸棒石粘土;
5-凹凸棒石粘土 6-风化型膨润土 7-蛋白石 8-风化玄武岩 9-玄武岩

表 2 江苏盱眙黄泥山矿区微量元素 Sr/Ba 比值
(据郑自立等,1997)

Table 2 Sr/Ba ratio of ores in Huanghishan deposit,Xuyi,
Jiangsu province(after Zheng Zili et al.,1997)

层位	中部凹凸 棒石粘土层	中部白云石 凹凸棒石粘土层	上部膨润土层
沉积相	近岸相	远岸相	近岸相-远岸相
Sr/Ba 比值	0.48	1.16~2.56	0.13
环境	半咸水	咸水	淡水

可以看出,与新生代玄武岩建造有关的非金属矿床成矿作用与非金属矿床的分布具有一定的规律性。新生代玄武岩与石膏等蒸发岩类矿床共生的成因机理还有待于进一步研究。

4 结论

(1)中国东部北起黑龙江、吉林,向南经河北、山东、苏皖交界、浙江、福建等地至海南岛都有新生代玄武岩分布。新生代玄武岩与蓝宝石、凹凸棒石粘土等 20 余种非金属矿床的共生不仅存在,而且比较普遍。因此,应当引起矿床学界的重视。

(2)新生代玄武岩与上述非金属矿床共生的现象并非偶然,而是具有成因上的联系。首先,这些新生代玄武岩及有关的非金属矿床形成于统一的构造背景,它们的构造背景为大陆裂谷或热点。其次,玄武岩为这一系列矿床提供了必要的物质来源。由于成矿微环境的变化和成矿作用方式的改变,依次形成了火山岩型矿床、火山期后热液型矿床、火山沉积

型矿床、沉积型矿床、风化壳型及残坡积型矿床。

(3)至于新生代玄武岩在各地含矿性的差异,即不同非金属矿床的伴生的变化,一方面与玄武岩产出的位置有关,另一方面,还与玄武岩喷出或溢流地表后经历的变化有关。

参 考 文 献

陈从喜. 1991. 中国的大陆玄武岩建造非金属矿成矿系列. 中国地质学会编.“七·五”地质科技重要成果学术交流会议论文集. 北京: 科学技术出版社, 575~578.

陈从喜. 1995. 编制《1:500 万中国非金属矿床成矿地质图》的若干问题. 建材地质, 80(4): 21~27.

池际尚. 1988. 中国东部新生代玄武岩及上地幔研究(附金伯利岩). 武汉: 中国地质大学出版社, 277.

郭正府. 1993. 张家口火山喷发的大地构造环境探讨. 河北地质学院学报, 6(3): 222~230.

万朴, 彭同江, 董发勤等. 1996. 超镁铁质岩建造中镁质非金属矿物及成矿系列研究. 成都: 四川科学技术出版社, 153.

万朴, 彭同江, 董发勤等. 1997. 超镁铁岩建造中镁质非金属矿床组合及形成条件研究. 地质学报, 71(4): 297~305.

王登红. 1996. 地幔柱与热点的成矿作用. 地球学报, 17(4): 394~400.

王登红, 余金杰, 杨建民等. 2002. 中国新生代成矿作用的惰性气体同位素研究与动力学背景. 矿床地质, 21(2): 179~186.

郑自立, 宋绵新, 易发成等. 1997. 中国坡缕石. 北京: 地质出版社, 120.

Chen Congxi. 1992. The minerogenetic series of nonmetallic deposits in continental basalt formation in China. Papers to 29th IGC. Beijing: Geological Publishing House, 283~286.

Maruyama S. 1994. Plume tectonics. Jour. Geol. Soc. Japan, 100: 24~29.