

· 基础地质 ·

# 铜石杂岩体稀土元素地球化学特点

司荣军

(山东省第七地质矿产勘查院)

王秀芳

(山东省第二地质矿产勘查院)

**提要** 铜石杂岩体是由三个阶段多期次岩浆活动形成的中偏碱性火山杂岩体,其稀土元素分析结果经统计表明:该杂岩体稀土元素总量( $\Sigma\text{REE}$ )与地壳克拉克值基本一致, $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ ( $\text{LREE}/\text{HREE}$ )比值较大,轻稀土相对富集, Eu 具弱亏损,各期次侵入岩的稀土元素分布形式均呈左高右低的平缓弧形,形态基本相似。这些特征反映了该杂岩体三个侵入阶段的岩浆均来源于地壳深部或上地幔的同一岩浆房,且具有强烈分异的特点。

**关键词** 稀土元素 分布形式 地球化学演化 分异作用 铜石杂岩体 山东

## 1 区域地质概况

铜石杂岩体位于沂沭断裂带以西,鲁西隆起区尼山凸起的北东翼,平邑凹陷的南部边缘(图1)。NNW 向的燕甘断裂控制了该杂岩体的侵入。

铜石杂岩体是由多期次岩浆活动形成的中偏碱性次火山杂岩体,出露面积  $30\text{km}^2$ 。其岩浆活动共分三个阶段:第 I 侵入阶段为闪长玢岩阶段,包括早期的细斑闪长玢岩( $\text{I}_1$ )和晚期的中斑闪长玢岩( $\text{I}_2$ );第 II 侵入阶段为二长斑岩阶段,包括早期的细斑二长斑岩( $\text{II}_1$ )、中期的中斑二长斑岩( $\text{II}_2$ )和晚期的粗斑二长斑岩( $\text{II}_3$ );第 III 侵入阶段即粗面斑岩—隐爆角砾岩阶段<sup>[1]</sup>。

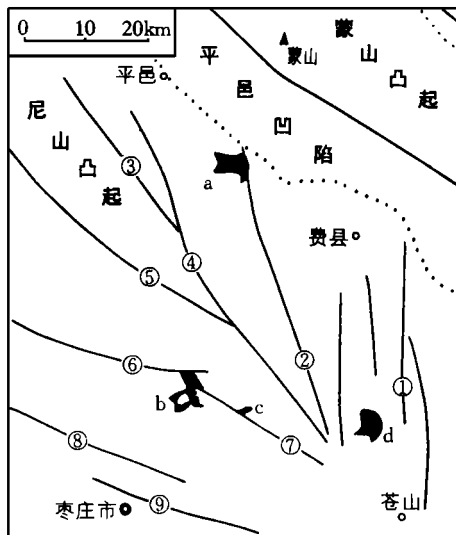


图1 铜石杂岩体区域构造略图  
(据林景仟等, 1997)

Fig 1 Regional structure sketch of Tongshi complex  
惠民庄断裂; 燕甘断裂; 独角断裂; 甘霖断裂; 尼山断裂;  
长龙断裂; 龙辉断裂; 曹王墓断裂; 枣庄断裂  
a—铜石岩体; b—杨泉岩体; c—龙宝山岩体; d—栗园岩体

本文 1997 年 1 月收到, 1998 年 7 月改回, 游文澄编辑。

## 2 稀土元素地球化学特点

### 2.1 稀土元素地球化学参数特点

铜石杂岩体稀土元素分析结果按其侵入阶段和岩性进行统计,并列于表1中。

从表1可看出,铜石杂岩体稀土元素总量 $\Sigma REE$ 与地壳克拉值基本一致,而分馏系数 $\Sigma Ce/\Sigma Y$  (LREE/HREE,下同)却相差甚大,前者约为后者的2倍, $\delta Eu$ 一般小于1.0而全部大于0.7。

### 2.2 稀土元素分布形式

将铜石杂岩体各类岩石测得的稀土元素含量,以Leedey球粒陨石值为标准进行标准化,

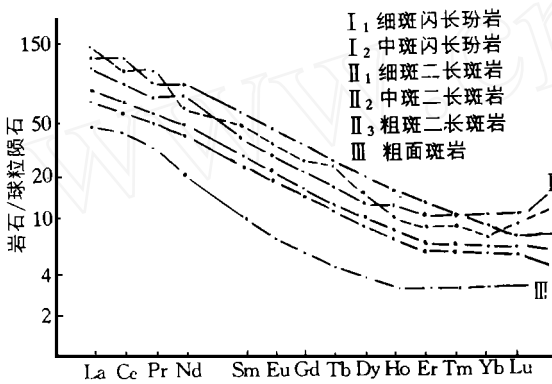


图2 铜石杂岩体稀土元素分布形式

Fig 2 Distribution formality of rare earth elements in Tongshi complex

作出该杂岩体各阶段各期次岩浆岩稀土元素分布形式图(图2)。图中不同期次侵入的岩浆岩稀土元素分布形式均具左高右低的特点,曲线呈平缓的弧形,没有明显的异常出现。各阶段侵入的岩浆岩稀土元素分布曲线基本相似,形态上具有继承性的特点。

### 2.3 稀土元素演化规律

从铜石杂岩体稀土元素演化规律图(图3)可以看出,在岩浆侵入过程中,分馏系数 $\Sigma Ce/\Sigma Y$ 比值自始至终呈逐渐升高的趋势,而 $\delta Eu$ 值则不断降低。

$\Sigma Ce$ 、 $\Sigma Y$ 和 $\Sigma REE$ 则经历了一个逐渐升高到一定程度又突然降低的过程。从细斑闪长玢岩、中斑闪长玢岩到细斑二长斑岩、中斑二长斑岩、粗斑二长斑岩,上述三个参数值逐渐升高,至粗斑二长斑岩达到最高值。在铜石杂岩体的最后一个岩浆侵入阶段,即粗面斑岩—隐爆角砾岩阶段,粗面斑岩的上述三个稀土元素地球化学参数值陡然降至最低点。

## 3 岩浆来源及分异演化特点

稀土元素具有难溶、难分离、不易受干扰的特点,它一旦记录于地质体中,即很容易被保存下来,故常作为良好的地球化学指示剂,用于追踪和探讨各类花岗岩的源岩物质组成、岩浆来源、熔融程度及分异演化等。近年来还用于矿床成因的研究,为寻找矿产提供依据。鲁西金矿新类型——归来庄金矿与铜石杂岩体关系密切,因此分析该杂岩体稀土元素地球化学特点,对探讨归来庄金矿成因及找矿方向具有重要意义。

### 3.1 铜石杂岩体岩浆来源

铜石杂岩体稀土元素总量( $\Sigma REE$ )与地壳克拉克值的一致性,反映了形成该杂岩体

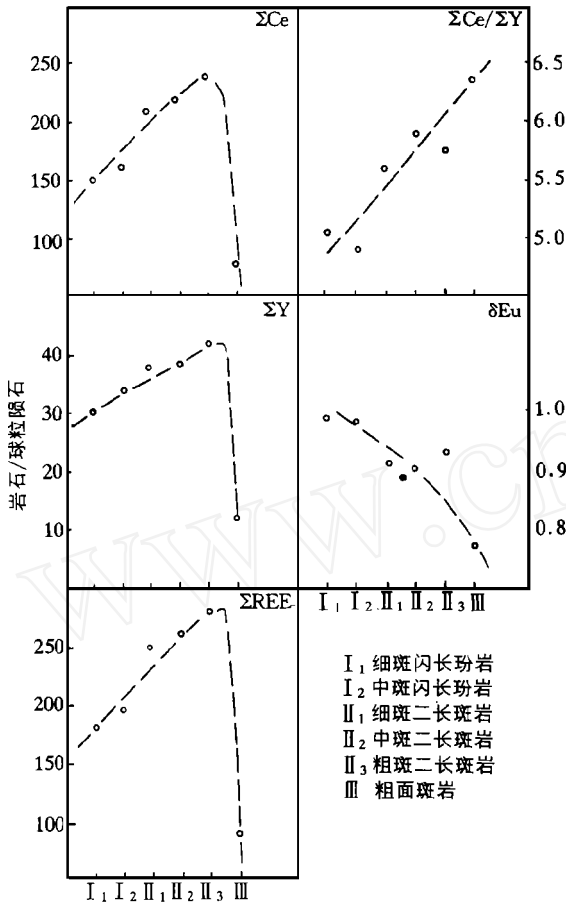


图3 铜石杂岩体稀土元素演化规律

Fig. 3 Evolution regulation of the rare earth elements in Tongshi complex

- I<sub>1</sub> 细斑闪长玢岩
- I<sub>2</sub> 中斑闪长玢岩
- II<sub>1</sub> 细斑二长斑岩
- II<sub>2</sub> 中斑二长斑岩
- II<sub>3</sub> 粗斑二长斑岩
- III 粗面斑岩

的岩浆具壳源的性质;但  $\delta Eu$  参数又表现为  $0.7 < \delta Eu < 1.0$  的特点,表明形成该杂岩体的岩浆也具有幔源的性质。由此可见,铜石杂岩体的岩浆来源于地壳深部或上地幔,而各期次侵入的岩浆岩稀土元素分布形式的一致性和继承性,则说明它们来源于同一岩浆房。

### 3.2 铜石杂岩体岩浆演化

铜石杂岩体稀土元素分馏系数  $\Sigma Ce/\Sigma Y$  比值较大,说明岩浆在侵入过程中发生了强烈的分异作用。从初期的细斑闪长玢岩到晚期的粗面斑岩,  $\Sigma Ce/\Sigma Y$  比值逐渐增大,反映岩浆分异作用从早到晚愈来愈强烈,分异程度愈来愈高。分馏系数  $\Sigma Ce/\Sigma Y$  比值较大还可能与岩浆偏碱性有关,因为岩浆碱性程度愈强,轻稀土  $\Sigma Ce$  愈富集<sup>[2]</sup>。

铜石杂岩体中从早期阶段到晚期阶段侵入的岩浆岩,稀土元素 Eu 亏损程度越来越甚,这是斜长石不断晶出而导致的结果。Eu 与斜长石中 Ca 的晶体化学性质相似,在岩浆熔体中常取代斜长石中 Ca 的位置,随着闪长玢岩—二长斑岩—粗面斑岩中斜长石斑晶的不断晶出, Eu 势必相应亏损,从而造成 Eu 负异常的加剧。

铜石杂岩体第 I、II 侵入阶段的岩浆岩中,  $\Sigma Ce$ 、 $\Sigma Y$ 、 $\Sigma REE$  三个参数之所以不断升高,其原因是杂岩体从闪长玢岩至二长斑岩,岩石的酸性程度不断增高,稀土元素在酸性岩石寄主矿物中的分配系数较常见造岩矿物高 1~2 个数量级。

铜石杂岩体最后一个岩浆侵入阶段形成的粗面斑岩中,  $\Sigma Ce$ 、 $\Sigma Y$ 、 $\Sigma REE$  三个参数值陡降至最低点,这与岩浆强烈分异形成的汽水热液中含有卤化物(如萤石)密切相关。卤化物是稀土元素的重要寄主矿物,大量稀土元素寄主于汽水热液的卤化物中,必然造成岩浆熔融体中稀土元素含量的降低。

### 3.3 归来庄金矿与铜石杂岩体关系密切

鲁西金矿新类型——归来庄大型金矿床位于铜石杂岩体东部外缘,产于燕甘断裂派生的次级断裂——近东西向的归来庄 I 号断裂中,含金隐爆角砾岩是金矿床的主要矿石类型,围岩蚀变主要为硅化、萤石化,尤其是萤石化,为该区金矿典型的找矿标志。

含金隐爆角砾岩形成于铜石杂岩体的最后岩浆侵入阶段,即粗面斑岩—隐爆角砾岩阶段。在经历了细斑闪长玢岩、中斑闪长玢岩及细斑二长斑岩、中斑二长斑岩、粗斑二长斑岩等岩浆侵入活动之后,最后一次岩浆活动的分异作用达到顶峰,产生了大量的汽水热液。汽水热液中的卤化物(如萤石)不仅是稀土元素的重要寄主矿物,而且还极易与Au元素形成络合物随汽水热液迁移,因而成为Au的携带者。卤化物的存在不仅使Au在汽水热液中大量富集,而且还随其进入岩浆活动末期的隐爆阶段,进而形成金矿床。

铜石杂岩体是由同一岩浆源的岩浆多期次侵入形成的,岩浆的每一次侵入活动都发生过强烈的分异作用,产生的汽水热液在上升、运移过程中,促使围岩中的Au元素活化、迁移、富集并在一定的部位沉淀下来。岩浆的多次侵入,Au元素的多次活化、富集,均有利于高品位大储量金矿床的形成。铜石杂岩体至少经历过六次岩浆侵入活动,其强烈的分异作用,为归来庄金矿的形成提供了有利的成矿条件。

如前所述,岩浆分异作用产生的汽水热液对归来庄金矿的形成起了重要作用,而汽水热液在上升和运移过程中又容易在岩浆岩的顶部和边部集中,因此这些位置应是金成矿的有利部位。鉴于杂岩体顶部已遭剥蚀(剥蚀深度约2km<sup>[1]</sup>),故应把找金工作的重点放在铜石杂岩体的边缘,实际工作中要重视对隐伏岩体的研究,并注意其附近的隐伏构造。

致谢: 本文撰写过程中曾得到李秉仁、张荣隋、李瑛同志的指导和帮助,表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] 林景仟,李秉仁等. 鲁西归来庄金矿成因. 济南: 山东科学技术出版社, 1997  
 [2] 李昌年等. 火成岩微量元素岩石学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992

## GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF RARE EARTH ELEMENTS IN TONGSHI COMPLEX

Si Rongjun

(No. 7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources)

Wang Xiufang

(No. 2 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources)

### Abstract

As showed by the statistical analysis of REE in Tongshi complex, the total content of REE ( $\Sigma$ REE) is nearly equal to Clarke value, the value of  $\Sigma$ Ce/ $\Sigma$ Y is high, and light REE is relatively rich, while Eu is slightly loss. The REE distribution formilities of every stages intrusive are in gentle arc which is high in left and low in right, and their shapes are generally similar. The characteristics demonstrates that the three-stage intrusives which are composed of Tongshi complex are from the same magma source which originated in deep part of crust or in the upper mantle, and the magma possesses strong differential characteristics.

**Key words:** Rare earth elements, distribution formility, geochemical evolution, differentiation, Tongshi complex in Shandong