

# 牦牛坪稀土矿床地质特征及其成因初探

陈从德 蒲广平

(四川省地矿局109地质队, 冕宁)

牦牛坪稀土矿床具有规模大、埋藏浅、有用矿物晶体粗大、易采易选、有益伴生组份多、多阶段成矿、成矿地质条件及成因类型独特等特点, 是以岩浆—热液充填为主形成的碱性花岗岩、伟晶岩—碳酸岩型稀土矿床。

**关键词:** 稀土矿床; 地质特征; 成因

牦牛坪稀土矿床是近年来在西南地区发现的一个新类型轻稀土矿床, 是国内仅次于白云鄂博铁铈稀土矿床的大型原生轻稀土矿床, 具有巨大的潜在经济价值, 且矿床类型独特, 对其进行深入的研究, 有重大的理论和实际意义。

## 矿床地质背景

牦牛坪稀土矿床位于盐源—丽江拗陷区北段东缘, 与康滇台隆区北段毗邻之哈哈断裂带中部<sup>[1]</sup>。一系列北北东向的断裂、褶皱于牦牛坪至里庄一带收敛, 为一压扭性构造环境。矿床所处位置正是康滇幔隆与龙门山—锦屏山幔坡陡倾区的过渡部位<sup>[2]</sup>, 亦谓之康滇幔隆北段西部肩缘。

冕西花岗岩体沿牦牛坪背斜核部侵入, 呈北北东向的带状展布, 长约90km, 宽6~14km, 面积约700km<sup>2</sup>。侵入的最新地层为上三叠统白果湾组, 全岩K-Ar同位素年龄为78~134Ma, 属燕山期多次侵入的复式岩基。据牦牛坪地区岩体地质剖面的研究可分为燕山早、晚两期、三个侵入阶段。其中晚期第二阶段生成的霓石碱性花岗岩—碱性伟晶岩—碳酸盐杂岩体(以下简称“成矿杂岩体”)是稀土及伴生组份的成矿母岩和富集体。

## 矿床地质特征

矿区除东缘分布有少量中泥盆统浅变质碎屑岩夹碳酸岩外, 大面积分布的是燕山期流纹岩和花岗岩。哈哈深断裂呈北北东向纵贯矿区, 为矿区之控岩控矿构造。

### 1. 围岩

矿床围岩为燕山期多阶段生成的多种火成岩(表1)。早期流纹岩与晚期第一阶段的各种碱长花岗岩的矿物成分基本相同, 且暗色矿物(仅黑云母)和斜长石(主要为微条纹长石)含量均极少, 化学成分亦无大的差异, 稀土配分也基本一致(图1), 属同源不同阶段产物。

### 2. 成矿杂岩体

由燕山晚期第一阶段的霓石碱性花岗岩和各种碱性伟晶岩、碳酸岩组合构成。霓石碱性花岗岩与前述碱长花岗岩明显不同, 它具有独特的矿物组合、化学成分和稀土配分型式(图1、表1), 属不同成因产物; 而与碱性伟晶岩、碳酸岩则有诸多相似处, 显示出密切的成生关系。

碱性伟晶岩呈脉状产于杂岩体中, 碳酸岩呈岩墙沿杂岩体中心侵入(图2)。

杂岩体总体走向北北东, 倾向北西西, 倾角70°左右, 与哈哈断裂带产状一致。走

各阶段火成岩特征表

表 1

| 生成 期次            |    |                                      | 岩石名称                                 | 产 状                          | 结 构                       | 构 造                        | 主 要 矿 物 成 分  |  | 蚀 变            |                     |
|------------------|----|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|--|--|----------------|---------------------|
| 时期               | 阶段 | 序次                                   |                                      |                              |                           |                            | 一 般 矿 物  | 稀 土 矿 物                                  |                |                     |
| 燕<br>山<br>晚<br>期 | 3  | 1                                    | 花岗斑岩 ( $\gamma_n$ )                  | 脉 状                          | 斑 状                       | 块状、<br>稀浸状                 | 钾长石、石英、少量斜长<br>石、微量霓石                                    |  | 弱黄铁矿化          |                     |
|                  |    | 5                                    | 肉红色中—粗粒方<br>解石碳酸岩( $C_x$ )           | 半隐伏岩<br>墙状                   | 他形—自<br>形粒状、<br>交代        | 斑杂状、<br>浸染状、<br>块状、细<br>脉状 | 方解石，次为霓辉石、萤<br>石、重晶石、霓石、钠闪石、<br>少量石英、正长石、黑云母、<br>白云母、磷灰石 | 氟碳铈矿、硅铈铈<br>矿，微量磷钇矿、<br>烧绿石              | 方铅矿、辉<br>钼矿等矿化 |                     |
|                  |    | 4                                    | 浅肉红—灰白色伟<br>晶状方解石碳酸岩<br>( $C_p$ )    | 脉状、被<br>$C_x$ 穿插<br>破坏       | 伟 晶                       | 块 状                        | 方解石，少量长石   |  |                | 同 上                 |
|                  | 2  | 3                                    | 重晶霓辉伟晶岩<br>( $\rho_x$ )              | 脉状、<br>网脉状                   | 伟 晶                       | 斑杂状、<br>块状、条<br>带状         | 霓辉石、重晶石、萤石，少<br>量磷石、磷灰石                                  | 氟碳铈矿，少量硅<br>铈铈矿、氟碳钙铈<br>矿、褐帘石            | 碳酸盐化           |                     |
|                  |    | 2                                    | 正长霓辉伟晶岩<br>( $\rho_c$ )              | 脉状、<br>网脉状                   | 伟 晶                       | 斑杂状、<br>块 状                | 微斜长石、霓辉石，少量钠<br>铁闪石、云母、石英、磷灰<br>石、磷石、锆石                  | 氟碳铈矿，少量硅<br>铈铈矿、独居石                      |                |                     |
|                  |    | —                                    | 霓石碱性花岗岩<br>( $K\gamma_5^{2-2}$ )     | 岩 株                          | 自形—半<br>自形花<br>岗、交代<br>残余 | 块 状                        | 微斜长石、微斜条纹长石、<br>石英、钠长石，少量霓石、<br>霓辉石、磷石、锆石                | 氟碳铈矿，微量硅<br>铈铈矿、独居石、<br>褐帘石、烧绿石、<br>褐钇铈矿 | 霓岩岩化、<br>碳酸盐化  |                     |
|                  | 1  | 4                                    | 云煌岩 ( $\xi_x$ )<br>煌斑岩 ( $x$ )       | 脉状，发<br>育在碱长<br>花岗岩及<br>流纹岩中 | 斑状、<br>交代残余               | 块状，有<br>时具片理               | 黑云母、微斜长石，少量斜<br>长石、锆石、磷灰石                                |  | 白云母化           |                     |
|                  |    |                                      | 辉绿岩 ( $\beta_\mu$ )                  | 变余辉绿                         | 同 上                       | 同 上                        | 基性斜长石、普通辉石，少<br>量绿帘石、黝帘石                                 |  | 黑云母化           |                     |
|                  |    | 3                                    | 文象碱长花岗岩<br>( $\xi\gamma_5^{3-1c}$ )  | 带 状                          | 少斑、<br>显微文象               | 块 状                        | 同 上  | 同 上                                      | 偶见独居石          | 局部霓岩<br>化           |
|                  |    | 2                                    | 浅灰色碱长花岗岩<br>( $\xi\gamma_5^{3-1b}$ ) |                              | 细—中粒<br>、碎裂、<br>交代        |                            | 同 上  | 同 上                                      | 同 上            | 边缘具霓石<br>化、钠长石<br>化 |
| 1                |    | 紫红色碱长花岗岩<br>( $\xi\gamma_5^{3-1a}$ ) | 同 上，边<br>缘具文象<br>结构                  |                              | 同 上                       |                            | 同 上  |  |                |                     |
| 燕山早期             |    | 流纹岩( $\lambda_5^2$ )                 | 带状、<br>残留顶盖                          | 少斑、<br>霏 细                   | 块状、<br>流纹状                | 同 上                        |  |  |                |                     |

向长1400余m，宽260~350m，延深大于350m。它不仅与成矿关系密切，而且本身就是稀土元素的赋集体，已知最大的工业矿体均赋存于杂岩体中心部位。

### 3. 成矿构造

纵贯矿区的哈哈断断裂带全长约80km，

走向北北东，倾向北西西，倾角70~80°，具明显的压扭性特征。该断裂带中的次级断裂、裂隙是直接容矿场所。主要有：(1)北北东向组——压扭性，产状与断裂带一致，充填的岩(矿)脉延伸较大，厚度几十cm至数m；(2)北东向组——张扭性，倾向北

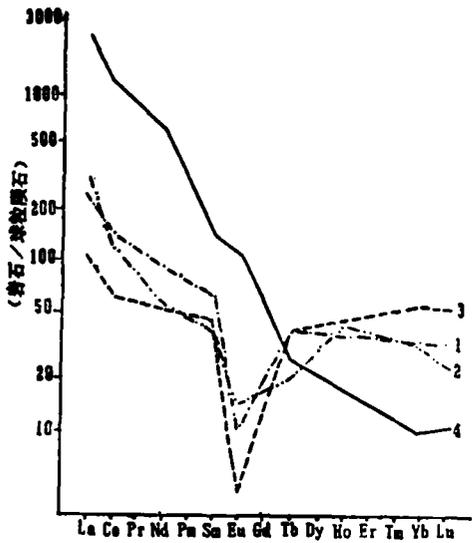


图 1 牦牛坪矿区花岗岩REE分布模式图  
1~3—碱长花岗岩；4—霓石碱长花岗岩

西，倾角60~70°，充填的岩（矿）脉延伸不如前者，但厚度较大（达10m以上），常呈“多”字形斜列展布；（3）北北西—北西向组——压性为主，岩（矿）脉延伸不大，厚度小；（4）北东东向组——张性为主，岩（矿）脉短而粗。上述几组容矿（岩）构造相互交织贯通，使矿体形态、产状复杂多变（图3）。

#### 4. 矿化带

长约10km，宽200~600m，产状与哈哈断裂带一致。该矿化带由北至南具明显分带。北段（三岔河矿段）成矿杂岩体不发育，仅以萤石、石英、重晶石、正长石等组合的稀土矿细脉充填于碱长花岗岩的节理裂隙中，稀土矿化弱而分散，但晚期石英硫化物阶段的辉钼矿化较发育；南段（包子村矿

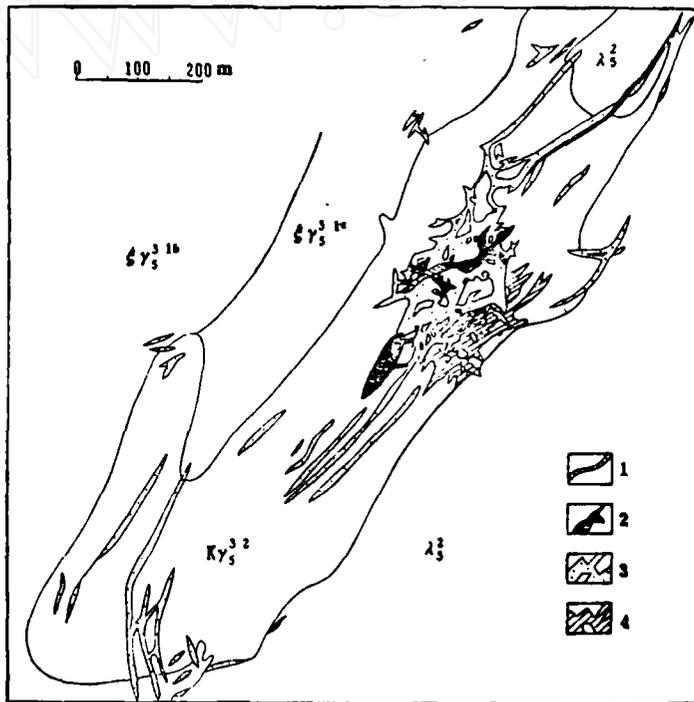


图 2 霓石碱性花岗岩-碱性伟晶岩-碳酸岩杂岩体地质略图

KY<sub>3</sub><sup>2</sup>-<sup>a</sup>—霓石碱性花岗岩；CY<sub>3</sub><sup>1-c</sup>—文象碱长花岗岩；EY<sub>3</sub><sup>1-b</sup>—碱长花岗岩；LY<sub>3</sub><sup>2</sup>—流纹岩；1—花岗岩；2—碳酸岩；3—重晶霓辉伟晶岩；4—正长霓辉伟晶岩

段）成矿杂岩体发育不完全，碱性伟晶岩较少，且未见方解石碳酸岩产出，稀土和多金

属矿化均弱；中段（牦牛坪矿段）成矿杂岩体及各种蚀变发育完全，稀土矿化强，伴生



主要矿石类型特征表

表 2

| 矿石类型                        | 结 构                               | 构 造                             | 主要矿石矿物 (%)                         |   | 主要脉石矿物 (%)  |   |   |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---|---|---|---|
|                             |                                   |                                 | 稀土矿物                               | 其他矿物  | 主 要   | 次 要   |   |
| 碱性伟晶岩型<br>(I)               | 重晶霓辉石型<br>(I-1)                   | 自形~半自形<br>粒状、伟晶、<br>交生、交代结<br>构 | 斑杂状、条带<br>状                        | 氟碳铈矿(4.8±)、<br>硅铈铈矿(<1)、<br>氟碳钙铈矿(<1)、<br>方铈矿 | 重晶石(30±)、<br>方铅矿(1±)、偶<br>见辉钼矿、方钍石                                | 霓辉石(15~60)、<br>萤石(2~10)、<br>钠铁闪石(3~8)                 | 微斜长石(1±)、<br>石英(1~5)、<br>黑云母(1~8)、<br>方解石(1±) |
|                             | 正长霓辉石型<br>(I-2)                   | 同 上                             | 同 上                                | 氟碳铈矿(1~4)、<br>硅铈铈矿(<1)、<br>氟碳钙铈矿(<1)          | 同 上、<br>重晶石(3~12)   | 霓辉石(15~70)、<br>微斜长石(20~45)、<br>石英(8~25)、<br>黑云母(2~10) | 萤石(<1)、<br>黄铁矿                                |
|                             | 霓辉钠铁闪石<br>型(I-3)                  | 半自形~他形<br>粒状                    | 团块状、<br>浸染状、<br>斑杂状                | 氟碳铈矿(1~21)、<br>磷硅钙铈矿(少)                       |   | 霓辉石、<br>钠铁闪石、<br>重晶石                                  | 微斜长石、<br>石英、<br>萤石                            |
| 方解石碳酸岩型<br>(II)             | 自形~半自形<br>粒状、中粒~<br>伟晶、交代残<br>余结构 | 斑杂状、<br>团块状                     | 氟碳铈矿(2±)、<br>硅铈铈矿(<1)、<br>氟碳钙铈矿(微) | 方铅矿(1~3)、<br>辉钼矿(<1)、<br>辉银矿(微)               | 方解石(40~80)、<br>萤石(3~20)   | 霓辉石(1~8)、<br>钠铁闪石(2±)、<br>微斜长石(少)、<br>石英(少)           |   |
| 细脉~浸染状霓石<br>碱长花岗岩型<br>(III) | 半自形~他形<br>粒状、镶嵌、<br>交代残余花岗<br>结构  | 细脉状、星<br>散浸染状、细<br>网脉状          | 氟碳铈矿(3±)、<br>硅铈铈矿(少)<br>氟碳钙铈矿(少)   | 方铅矿(少)、<br>辉钼矿(少)                             | 微斜长石+微斜条<br>纹长石(40~70)、<br>钠长石(12±)、石<br>英(25±)、霓辉石<br>+重晶石(5~30) | 钠铁闪石(少)、<br>重晶石(少)、<br>萤石(少)、<br>方解石(少)               |   |
| 含细(网)脉碱长<br>花岗岩型<br>(IV)    | 同 上                               | 细(网)脉状                          | 氟碳铈矿(2±)、<br>独居石(微)                | 方铅石(微)、<br>辉钼矿(微)                             | 微条纹长石+正长<br>石(40~70)、微斜<br>长石(5±)、钠长石<br>(2~15)、石英(20<br>~45)     | 同 上   |   |

较大的综合利用价值。

稀土元素90%以上呈独立矿物存在，其中97%以上赋存于氟碳铈矿中，其次为氟碳钙铈矿、硅铈铈矿，偶见铈磷灰石、磷钇矿、褐帘石、独居石、烧绿石等。伴生金属矿物主要有方铅矿、辉钼矿、辉铋矿、辉银矿、钍石、方铈钍石等。不同类型矿石矿物成分和含量各有特点(表2)。

不同类型矿石中的氟碳铈矿从稀土总量、晶胞体积、比重、颜色、晶形及结晶粒度等特征都有明显的差异。

(3) 矿石稀土元素配分 该矿床以铈、镧为主，铈、钆含量较高，属铈族轻稀土强选择配分型。但与国内外同类矿床相比，

中、重稀土配分相对较高。就矿区内部来看，杂岩体内的各类矿石又明显高于其外的同类矿石，显示了由杂岩体向外，中、重稀土配分降低的趋势。

### 矿床成因探讨

#### 1. 成矿地质条件

南河、锦屏山深大断裂所界定的台缘拗陷带，深部位于幔坡陡倾区，长期处于压剪性构造环境，为区内岩浆活动和成矿提供了良好的条件。拗陷带内的哈哈断裂带为各期次的碱长花岗岩和成矿杂岩体提供了良好的空间。

成矿杂岩体的形成及期后的热液活动过

程,即是稀土矿床成矿作用的全过程。成矿杂岩体的发育程度直接决定着矿化的强弱和矿床的远景。

### 2. 成矿温度

对牦牛坪矿段成矿杂岩体中心及南缘的重晶霓辉伟晶岩型和伟晶状方解石碳酸岩型稀土矿石,分别进行了石英原生包裹体测温。其结果(表3)表明:重晶霓辉伟晶岩型稀土矿石主要成矿温度为440~600℃以上;伟晶状方解石碳酸岩有两个温度范围,即247~290℃和390℃~超临界温度(未校正)。说明该矿床主要成矿阶段的温度是很高的。

石英包裹体测温均一法结果(℃)表 表 3

| 矿石名称             | 样号       | 包裹体数 | 均一温度    | 校正温度    |
|------------------|----------|------|---------|---------|
| 重晶霓辉伟晶岩型<br>稀土矿石 | Mo6-1(1) | 3    | 245~275 | 357~390 |
|                  |          | 5    | 310~375 | 460~637 |
|                  | Mo6-1(2) | 2    | 240~270 | 352~385 |
|                  |          | 6    | 300~340 | 444~515 |
|                  | Mo6-2    | 4    | 330~375 | 495~637 |
|                  |          | 3    | 395~420 | *       |
| 伟晶状方解石<br>碳酸岩型矿石 | M11      | 9    | 150~190 | 247~290 |
|                  |          | 2    | 275~300 | 390~444 |
|                  |          | 3    | 335~390 | 510~*   |

注:地矿部成都岩矿测试中心测定。

\* 超临界未校正。

### 3. 成矿阶段

根据矿床地质特征及成矿温度,该矿床形成过程可划分为4期6个阶段。即:

正岩浆期 霓石碱性花岗岩矿化阶段  
 残余岩浆—{ 碱性伟晶岩成矿阶段  
 气热液期 { 方解石碳酸岩成矿阶段

热液期 { 石英萤石(重晶石)氟碳铈  
 矿成矿阶段  
 石英硫化物阶段  
 无矿石英阶段

表生期 氧化阶段

霓石碱性花岗岩矿化阶段,氟碳铈矿及微量氟碳钙铈矿、硅铈铈矿呈副矿物产出。若无以后阶段的矿化叠加,一般不形成工业矿体。

碱性伟晶岩及方解石碳酸岩成矿阶段是稀土元素成矿的主要阶段,形成大规模的工业矿体,并伴生有U、Th、Nb及重晶石、萤石矿化。

石英萤石(重晶石)氟碳铈矿成矿阶段是稀土元素成矿的较晚阶段,矿化规模较小,形成小工业矿体。该阶段常叠加于前几个阶段形成的矿体上,使之加富。亦常伴生有U、Th矿化。

石英硫化物阶段多叠加于前几个阶段形成的矿体上,发育Pb、Mo、Bi、Ag等多金属矿化,提高了矿床的经济价值。

### 4. 矿床成因

综上所述,我们认为牦牛坪稀土矿床具多阶段成矿特点,属岩浆—气成热液—热液充填的碱性花岗岩、伟晶岩—碳酸岩型稀土矿床。

本文是在我队几年来工作成果的基础上撰写而成,并得到了阳正熙等同志的许多帮助。在此一并致谢!

### 主要参考文献

[1] 何知礼,《包体矿物学》,地质出版社,1982年。

## Geological Features and Genesis of the Maonluping Rare Earth Element Deposit, Sichuan Chen Congde Pu Guangping

The Maonluping Rare earth element deposit is characterized by its peculiar geological conditions and genetic types. The deposit is large in size and shallow in buried depth, with useful ore minerals of coarse crystallized grains, easily to be dressed and mined, and many different useful associated components. It is of multiple genesis and belongs to the type formed in alkali granite, pegmatite carbonate rock produced by mainly magmatic-hydrothermal fissure filling.