

牦牛坪稀土矿床地质构造特征及其控矿意义

蒋 明 全

(四川地矿局 109 地质队, 冕宁)

摘 要: 与碱性花岗岩破碎带有关的碱性伟晶岩、碳酸岩脉型轻稀土矿床, 明显受岩性和构造控制。运用地质力学方法, 进行区域构造分析, 论证了控矿裂隙在矿区呈多字型构造体系, 成矿有利的岩性和构造条件。指出两种不同岩性地质体接触带附近, 变形大的碱性花岗岩一侧是成矿裂隙发育的有利地段; 接触界线突变部位是厚大矿体产出的部位。

关键词: 构造体系 控矿条件 稀土矿床 牦牛坪

109地质队于1985~1986年在铅锌矿点检查时发现了牦牛坪稀土矿床。经7年普查工作, 初步证实为一大型轻稀土矿床。矿床成矿条件好, 埋藏浅, 矿石易采、易选, 并伴生有铅、钼、银及重晶石、萤石等可供综合利用的多种有益组分, 其巨大潜在经济价值, 已引起国内外有关方面的极大关注。

该矿床产于某碱长花岗岩体(下称冕西岩体)中, 属断裂破碎带碱性伟晶岩、碳酸岩脉型轻稀土矿床。成矿受岩性和构造控制特征明显。本文根据普查取得的实际资料, 从鉴别结构面力学性质入手, 分析矿区构造型式, 探讨构造体系形成机理及其对矿床的控制作用。

1 区域地质背景

牦牛坪矿区, 位于川滇经向构造带北段西侧, 盐源—丽江台缘拗陷带中的哈哈断裂带上。南河断裂带及锦屏山断裂带, 将冕西地区分为东(康滇台隆区)、西(甘孜地槽褶皱区)、中(台缘拗陷区)3个各具特色的大地构造单元(图1)。东部台隆区, 长期隆起遭受剥蚀, 古生代地层大部缺失, 多期侵入的中酸性岩浆岩呈南北向带状分布。锦屏山断裂带以西的广大地域, 为甘孜地槽褶皱山系, 地层发育齐全, 北北西向褶皱及断裂发育。中部台缘拗陷过渡地带, 深部处于康滇台隆与龙门山—锦屏山慢坡陡倾带转折部位, 为陆壳脆弱活动带, 北北东向紧密线状褶皱及深断裂发育, 岩浆活动频繁。拗陷带中北北东向褶皱和断裂, 由南东至北西依次有南河断裂、哈哈断裂、牦牛坪背斜、马头山断裂、马路塘向斜、司依诺背斜等。它们明显地向北北东撒开、向南南西在牦牛坪矿区以南逐渐收敛, 这一系列压扭性旋扭面构成一个帚状构造。从其展布特点看, 整个台缘拗陷带东西两侧曾作顺时针方向扭动。锦屏山断裂带西侧北北西向的派生分枝断裂和褶皱, 亦清楚地显示了这一扭动方向(图1)。就该地区而言, 南河断裂带及锦屏山断裂带, 既是中部拗陷带的东西边界, 又是拗陷带中帚状构造的边界。综观全区构造特征, 这一帚状构造的力学成因, 应与更高一级经向构造带的活

蒋明全, 男, 55岁, 高级工程师, 长期从事野外地质普查及勘探工作。邮政编码: 615602
1991-12-02收到稿件, 1992-05-30修改回

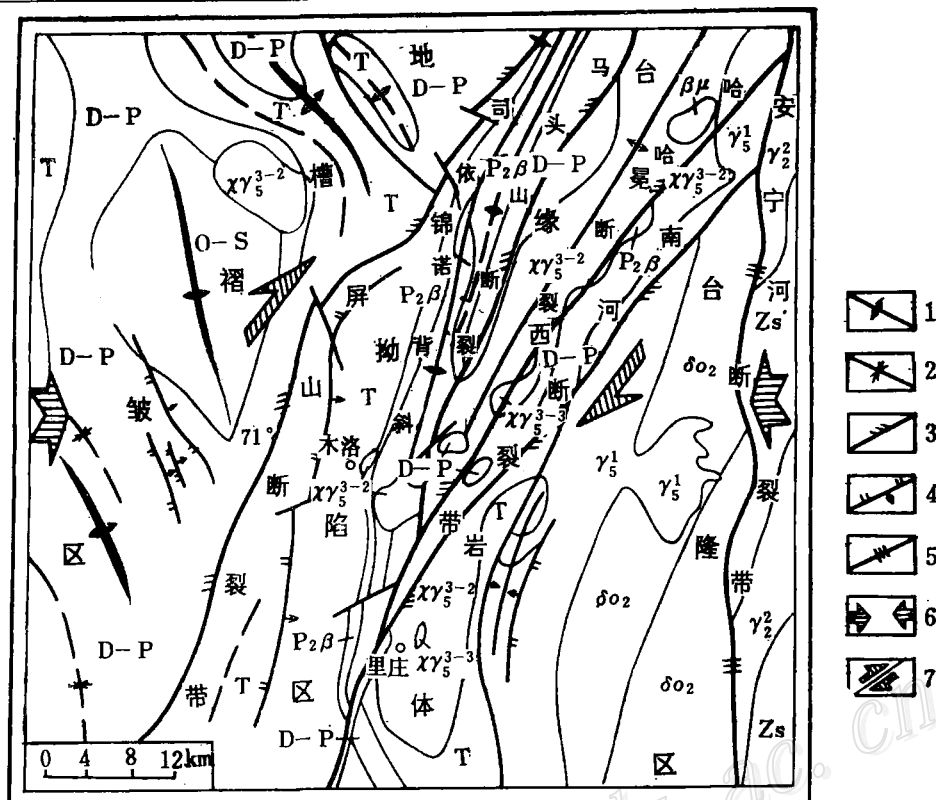


图1 冕宁地区地质构造略图

(据本队资料)

Zs—震旦系苏雄组; O—S—奥陶系—志留系; D—P—泥盆系—二叠系; P₂β—上二叠统峨眉山玄武岩; T—三叠系; δO₂—石英闪长岩; γ₂—澄江期花岗岩; γ₁—印支期普通花岗岩; xγ₅³⁻²—燕山期碱长花岗岩; xγ₅³⁻³—燕山晚期霓石碱性花岗岩; βμ—辉绿岩; 1—背斜轴; 2—向斜轴; 3—压扭性逆冲断层; 4—压性逆断层; 5—产状不明压性断层; 6—主压应力方向; 7—派生扭应力方向

Fig. 1. Geological-structural sketch map of Western Mianning area.

Zs—Sinian Suxiong Formation; O—S—Ordovician—Silurian; D—P—Devonian—Permian; P₂β—Upper Permian Emeishan basalt; T—Triassic; δO₂—Quartz diorite; γ₂—Granite of Chengjiang stage; γ₁—Indosinian common granite; xγ₅³⁻²—Yanshanian alkali-feldspar granite; xγ₅³⁻³—Late Yanshanian acirine alkaline granite; βμ—Diabase; 1—Anticlinal axis; 2—Synclinal axis; 3—Compresso—shear reverse thrust; 4—Compssional reversed fault; 5—Compressional fault with indeterminate attitude; 6—Orientation of principal compressive stress; 7—Orientation of derivative tension stress.

动有关: 在东西向水平侧压力作用下, 北北东向南河断裂及锦屏山断裂, 导致产生顺时针扭动作用 (图1)。据区域地质构造发展史可知, 这一受力状态始于燕山期—喜马拉雅期。因此, 纵贯牦牛坪矿区的哈哈断裂带的力学性质及运动方向, 以及沿断裂带的冕西岩体其侵入活动方式乃至后期的破裂变形, 都受这种区域构造应力场的支配和影响。探讨矿区断裂、裂隙构造的空间展布规律及其控矿作用, 便不难看出它们之间的一致性。

2 矿区地质特征

2.1 岩浆岩特征

矿区处于冕西碱长花岗岩体中段。碱长花岗岩、流纹岩、霓石碱性花岗岩为矿区的三大

主要岩石类型。其次是与成矿关系密切的碱性伟晶岩、碳酸岩脉等。冕西岩体分布于冶勒—牦牛坪—里庄一带,南北长 90 km,东西宽 6~14 km,面积 726 km²。这一大型带状岩体,在拗陷带中占有重要地位^①。岩体侵入最新地层为上三叠统白夹湾群碳质板岩,全岩 K-Ar 同位素年龄值 $78 \times 10^6 \sim 134 \times 10^6$ a,属燕山期产物。据岩体组成、岩石类型、结构构造、矿物成分、稀土元素地球化学特征及各期次花岗岩的侵入接触关系,可划分为早晚两期和 5 个侵入阶段。

早期以富钾的花岗岩浆侵入为主,形成不同结构的碱长花岗岩、流纹岩,构成冕西岩体的主体。它包括 4 个阶段:①紫红色中细粒碱长花岗岩;②灰白色中粒碱长花岗岩;③文象碱长花岗岩;④喷溢、喷发流纹岩。以上各阶段岩浆岩,仅在岩石结构及矿物含量上略有差别,而在 Q-A-P 图上投影点均落在碱长花岗岩区。

晚期霓石碱性花岗岩,呈岩枝、岩株沿岩体中的断裂带局部贯入。岩石特点是含碱性暗色矿物,属霓石-霓辉石碱性花岗岩组合类型。碱性长石是微斜条纹长石。副矿物种类多,以氟碳铈矿、锆石、榍石、磷灰石、磁铁矿为主,次为褐帘石、独居石、钽石等。岩石酸度低,为 SiO₂ 弱过饱和、过碱性岩石。

早、晚两期岩浆岩,有截然不同的稀土模式,表明岩石成因上的差异。早期碱长花岗岩、流纹岩,REE 含量分别为 860×10^{-6} 和 676×10^{-6} ,为花岗岩平均值的 3.4 倍和 2.7 倍。稀土模式几种岩石十分近似, Eu 异常明显 (δEu 0.25~0.50)。晚期霓石碱性花岗岩,稀土元素丰度值极高,REE 高达 3362×10^{-6} ,为一般花岗岩平均值的 13 倍。稀土配分模式为左高右低,斜率极大的轻稀土强富集型。LREE/HREE 30.1, Eu 异常不明显 ($\delta Eu > 0.77$),和区内碱性伟晶岩、碳酸岩稀土矿脉模式相似。据此特点及它们的时空分布,我们认为晚期霓石碱性花岗岩为稀土成矿提供了物质来源,是区内稀土成矿的矿源体。

2.2 构造特征

矿区处于长期活动的哈哈断裂带上,该断裂走向延长数十公里,由于冕西岩体多次沿断裂带侵入,其早期特征在区域上可看出,多次侵入的岩浆岩沿断裂带紧闭斜列带状展布,由两侧向断裂带,岩体侵入时间愈晚,表现出该断裂切割深、活动时间长的特点。在矿区晚期霓石碱性花岗岩中是一个强烈的剪切破裂带。在断裂影响范围内,各类岩石中发育多组构造裂隙。碎裂、压碎、粒化现象普遍。破碎程度由霓石碱性花岗岩向东西两侧依次减弱。在各种构造裂隙中,多被后期霓辉石、重晶石、萤石、方解石、氟碳铈矿等多种矿物组成的碱性伟晶岩矿脉充填,形成一个纵贯全矿区,南北长 3 km,东西宽 300~500 m,略作“S”形展布的矿化破碎带(图 2)。为查明矿化带中矿脉及矿化裂隙的产出分布规律,作者曾对矿区不同地段,数百条不同方向的矿脉、矿化裂隙进行了系统的观测统计。通过各种裂隙力学性质鉴定和不同方向脉体形态的观察^[1,2]发现多组构造裂隙及它们控制的岩矿脉彼此有一定的配置关系,构成一个由北到南呈多字型展布的矿化脉系。矿化带中矿脉及矿化裂隙,据其产状主要可分 4 组。从矿脉倾向玫瑰图亦可看出,走向大致相同的矿脉受倾向相反的一对共轭扭裂面控制(图 2)。在平面上矿区不同地段,受控岩矿脉有不同的组合形式:矿区中部表现为平行脉及网脉带;矿区南部为多字型脉系;矿区北部为帚状脉系(图 2)。在剖面上,

① 焦凤辰,1991,关于冕西花岗岩区的大地构造归属,四川地质科技情报,第 4 期,38~39 页

表现为总体向西倾斜延深,呈菱形网格状结构的多字型脉带(图3)。这些多种形态、不同组合形式的岩矿脉、交织在矿区同一空间,展现出一个复杂多姿的稀土矿化脉带,成为矿区一大特色。

图2 矿区地质平面图

(据杨光荣等图补编)

1—中泥盆统千枚岩、石灰岩; 2—紫红色碱长花岗岩; 3—灰白色中粒碱长花岗岩; 4—文象碱长花岗岩; 5—流纹岩; 6—霓石碱性花岗岩; 7—侵入接触混染带; 8—地表工程已基本控制的碱性岩脉稀土矿体; 9—冲洪积层以下,根据钻孔资料圈定的矿体; 10—碳酸岩稀土矿脉; 11—花岗斑岩脉; 12—侵入接触界线; 13—渐变地质界线; 14—矿脉及矿化脉倾向玫瑰图; 15—哈哈断裂带影响范围

Fig. 2. Geological plan of the ore district.

1—Middle Devonian phyllite and limestone; 2—Purple red alkali-feldspar granite; 3—Greyish white medium-grained alkali-feldspar granite; 4—Graphic alkali-feldspar granite; 5—Rhyolite; 6—Aegirine alkali granite; 7—Intrusive contact contamination zone; 8—Alkali dike REE orebody controlled basically by surface workings; 9—Orebody beneath alluvial-diluvial bed, delineated by drill hole data; 10—REE ore vein of carbonate rock; 11—Granite porphyry dike; 12—Boundary of intrusive contact; 13—Gradual geological boundary; 14—Rose diagram showing dips of ore veins and mineralized veins; 15—Boundary of area influenced by Haha fault zone.

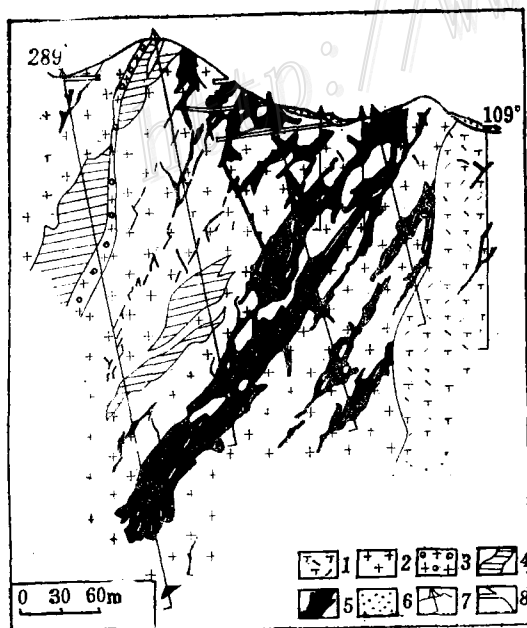
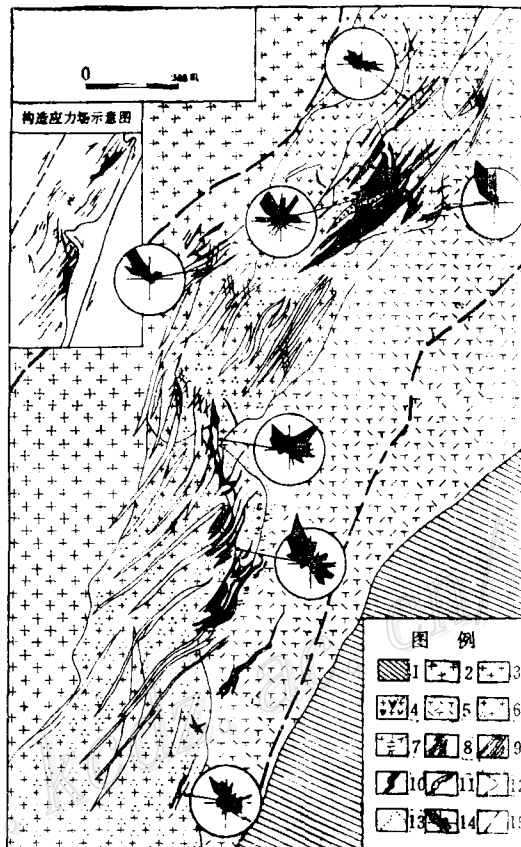


图3 矿区31线剖面图

1—流纹岩; 2—霓石碱性花岗岩; 3—花岗斑岩; 4—方解石碳酸岩稀土矿脉; 5—重晶霓辉伟晶岩稀土矿脉; 6—坡残积层; 7—钻孔; 8—坑道

Fig. 3. Geological section along No. 31 line of the ore district.

1—Rhyolite; 2—Aegirine alkali granite; 3—Granite porphyry; 4—REE ore vein of calcite carbonate; 5—REE ore vein of barite aegirine-augite pegmatite; 6—Slope-residual bed; 7—Drill hole; 8—Gallery.

3 构造体系及其控矿意义

3.1 平行脉及网状脉带

这两种形式的矿脉, 主要分布在矿区中部, 在矿化带边部亦时有出现。它们是由一系列紧密斜列的细脉组成, 成带分布。走向和矿化带展布方向一致。充填其中的矿化脉细而平直, 呈疏密相间的频率分布。网状脉与平行脉伴随, 常出现在两个平行脉带之间的过渡地段。它们是由走向北北东及北北西, 倾向相反的两组共轭扭裂面组成的菱形网格状脉带。网脉所围限的花岗岩菱形块体, 有的被压扁拉长成透镜体(图4), 透镜体长轴北北东或北北西向延伸。

这类裂隙中的矿脉细小, 多为霓辉石单矿物脉, 有时也见氟碳铈矿单矿物片晶薄如蝉翼嵌布于裂隙中。大脉不多见但常具分带现象, 重晶石、霓辉石及氟碳铈矿定向生长, 形成相对集中分布的条带状构造。此类脉组成的矿体, 其矿石品位取决于脉的分布频率, 以贫矿石居多。分带性较好的大脉可出现富矿石。

3.2 多字型矿脉系

从图2看出, 矿区南段的碱性伟晶岩稀土矿脉, 呈有规律的左形雁行排列。各脉尖灭侧现首尾衔接, 脉体之间重复的长度较大。单脉走向北东 $40^{\circ}\sim 70^{\circ}$, 与整个矿化带走向夹角 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。产状多变, 倾向北西或南东, 倾角大于 50° 。脉体不规则, 膨缩变化大, 形态复杂。脉体中多有棱角状花岗岩围岩夹石, 陡倾膨大部位常有晶洞发育。这些特征表明, 它们是一组雁行状张裂隙控制的矿脉, 并在扭应力的持续作用下, 发生了顺时针旋转中部加宽, 使充填其中的矿脉作“S”形展布。同时还在雁列矿脉不连续的地段, 岩体中北北西向早期扭裂面被扩展, 与北东向雁列矿脉追踪连接, 形成一个完整的多字型裂隙构造控制的矿脉系^[3](图2)。

此类矿脉中矿物组合复杂。霓辉石、重晶石、萤石、氟碳铈矿结晶粗大, 自形程度高, 多呈伟晶结构相互嵌生。脉体孔隙度大, 时有空洞出现, 氟碳铈矿、霓辉石、重晶石晶簇及次生钠铁闪石针状晶体垂直洞壁生长。在矿脉中有时还可见氟碳铈矿巨晶集合体, 呈梳状沿最大引张方向, 垂直脉壁生长。

矿区的主要工业矿体即由此类矿脉构成。一般品位高, 但变化大。有氟碳铈矿巨晶产出时可出现特富矿石。

3.3 帚状矿脉系

在矿区北段, 出现一组向北北东撒开, 向南南西收敛并略向南东突出, 呈帚状展布的矿脉系(图2)。其特征颇似台缘拗陷带中的区域性帚状构造的缩影。这一帚状构造控制的矿

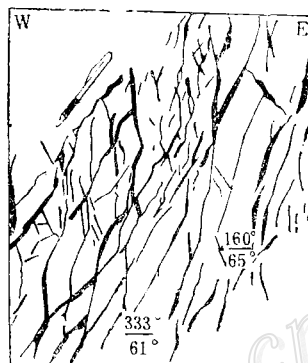


图4 TC 463槽见一对X型共轭扭裂面紧密排布追踪连接, 将流纹岩分割成菱形块体, 构成剖面多字型构造

Fig. 4. X-type conjugate shear planes in Tc 463 trough, which divided rhyolite into rhombic blocks, forming a Xi-type structural system.

脉,构成了矿区规模最大的I号矿体。通过对其初步剖析发现它由不同方向和不同力学性质的破裂面组成。其中有北北东向及北东向的主旋扭面,还有北西向的压扭性破裂面和近东西向的

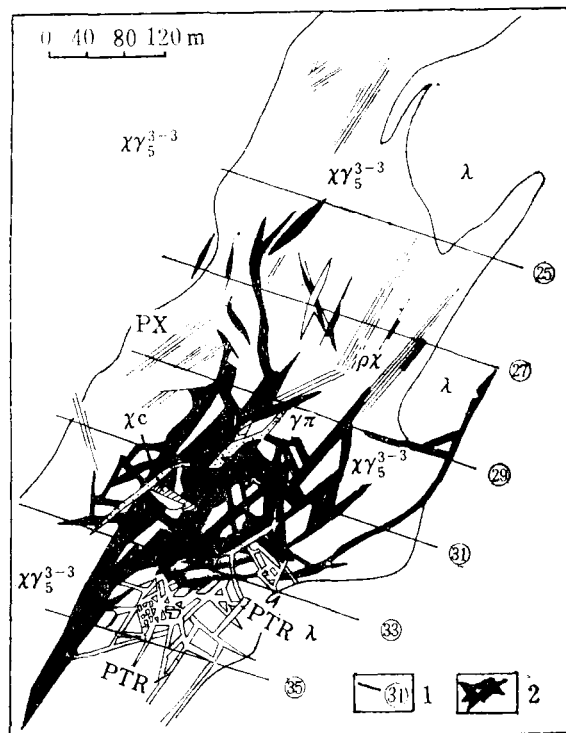


图5 矿区北段帚状构造平面图

(据易朝楷资料)

λ—流纹岩; $x\gamma_5^{3-2}$ —文象碱长花岗岩; $x\gamma_5^{3-3}$ —霓石碱性花岗岩; PTR—正长霓辉石稀土矿床; γc —方解石碳酸岩稀土矿脉; PX—稀土矿化霓辉石细脉带; $\gamma\pi$ —花岗斑岩脉; 1—勘探线及编号; 2—重晶霓辉伟晶岩稀土矿脉

Fig. 5. Geological plan of the northern part of the ore district, showing brush structure.

λ—Rhyolite; $x\gamma_5^{3-2}$ —Graphic alkali-feldspar granite; $x\gamma_5^{3-3}$ —Aegirine alkali granite; PTR—Orthoclase aegirine-augite REE deposit; γc —REE ore vein of calcite carbonate rock; PX—REE mineralized aegirine-augite veinlet zone; $\gamma\pi$ —Granite porphyry dike; 1—Exploration line and serial number; 2—REE ore vein of barite aegirine-augite pegmatite.

追踪张裂面,为一个被复杂化了的小型帚状构造。帚状构造的不同部位,矿脉产出形式有明显差异。中部及收敛部位,是多组构造裂隙交合部位岩石极度破碎。多种方向稀土矿脉交织在一个狭小的地段,成为巨大的囊状、树枝状矿体。撒开部位,为北北东和北北西向扭裂面所控制的平行脉及网状脉,以北北东向平行细脉为主。距收敛部位愈远,脉体愈细具愈稀疏直至消失。在收敛部位南东侧,为一对由X共轭扭裂面控制的菱形网脉,花岗岩被分割为剪切菱块(图5)。从上述特征可见,帚状构造的北西部分曾相对南东部分作顺时针旋扭。在旋扭运动发生时,岩体北北东向的早期扭裂面被归并成为帚状构造的旋扭面。在旋扭应力的长期作用下,该组扭裂面发生了力学性质的序次转化。这种序次转化的细微特征,可见于厚大矿体的花岗岩夹石中。多组裂隙被追踪归并成锯齿状张裂面,为晚期碳酸岩和后期花岗斑岩脉充填(图5)。

帚状构造的不同部位,矿化特征也有差异。中部矿体厚度大、形态复杂、夹石多。出现萤石、重晶石、霓辉石碱性伟晶岩型稀土矿石和方解石碳酸岩型稀土矿石等类型。并有方铅矿、辉钼矿等多种硫化物矿化,显示多期复合叠加成矿特征^①。收敛部位矿脉厚度急剧变

① 杨光明、潘兆禧, 1990, 四川昌北M稀土矿若干问题的探讨。中国地质大学(武汉)地质科技情报, 3期

矿区上述3种不同构造型式控制的矿脉,在缺乏对比标志的情况下,剖面形态尚研究不够,这类复杂的脉状矿床,仅据稀疏钻孔资料确定剖面形态显然极为困难。有关地质学家^[3,4]对扭动构造的研究认为,雁行状多字型构造剖面和平面形态有一致性。在矿区露头上可观察到局部剖面特征(图4),从中可得到某些启示。对此,作者试编了矿区施工钻孔较多的31线剖面以供讨论(图3)。随工程加密,这种初步认识也许被部分否定,但可以预见矿脉的实际剖面形态还要复杂。

4 构造体系形成机理及成矿作用

矿区稀土矿化的控矿构造,之所以出现多种展布形式,作者认为与矿区不同岩石的物理力学性质及其边界形态有直接关系。矿区霓石碱性花岗岩和流纹岩的物理力学性质有明显差异。前者矿物成分复杂,副矿物种类多,组成矿物物性差异大,结构不均一,岩石强度低,该岩体侵入时间最晚处断裂带中心,岩石裂隙更发育,更破碎,自身又是成矿母岩,具备岩性和构造成矿条件,所以矿体的分布严格受其控制。矿化带东侧大片流纹岩,具霏细结构,质地均一,岩石强度大,变形微弱,仅有零星矿脉分布。控矿裂隙的不同展布形式,则是与这两种岩石的接触边界形态有关。研究发现,矿区中部及北部,东侧流纹岩有两个明显向西凸出的部位(图2)。在哈哈断裂发生顺时针扭动时,霓石碱性花岗岩破裂错移,受强度较大的流纹岩凸部阻挡发生旋转,此时岩石中与阻抗应力平行的北北东向早期扭裂面,在派生旋扭应力作用下引张扩宽形成雁行排列。随岩石错移旋转雁列角^[3]增大,雁行裂隙中部加宽成为“S”型。同时,北北西向早期扭裂面被拉开,追踪北东向雁行裂隙,后期矿脉充填其中遂成为一个发育完全的多字型矿脉系。矿区北段帚状构造,处于北部流纹岩西凸部位的南侧,形成机理与南段多字型构造相似。它是北北东向的早期扭裂面,在哈哈断裂顺扭受凸部阻挡,从而诱导出的旋扭应力作用被归并卷入帚状构造体系中(图2,图5)。如前所述,这一帚状构造经历了长期的发育过程,不但主旋扭面发生了力学性质由扭性向张性的序次转化,还出现后期几组裂隙构造迁就追踪叠加。实际上是一个被复杂化了的变态帚状构造。

上述分析不难看出,在哈哈断裂顺时针水平扭动的统一应力场中,矿区所以出现多种形式的构造体系,是由于不同地段所处不同边界条件所导致不同应力状态而产生的不同构造效应。

5 结论

牦牛坪稀土矿区处于冕西碱长花岗岩体中的哈哈断裂带上,断裂破碎带就是稀土矿化带,其构造裂隙是矿区主要的控矿构造。哈哈断裂顺时针水平扭动所产生的派生构造,形成一个纵贯全矿区、南北长3 km,东西宽300~500 m,略作“S”形展布的多字型控矿裂隙构造体系。区内流纹岩、霓石碱性花岗岩的岩性及物理力学性质不一样,在这两种岩石中构造裂隙发育程度及稀土矿化富集程度有很大差别。霓石碱性花岗岩处于断裂带中心,岩石强度低,又是稀土成矿的母岩体,成矿裂隙最发育,是稀土矿化最集中的部位。同时还由于二者接触边界形态的变化,在哈哈断裂水平扭动时导致了局部应力场的改变,从而在矿区

不同地段出现了不同的构造形式。对于牦牛坪这种以充填为主的脉状内生矿床,构造裂隙的不同组合形式,制约着稀土矿脉的展布特征。现已取得的实际资料还表明,同一构造体系的不同部位和不同方向的构造裂隙,因其力学性质各异,充填其中的矿脉形态、大小,矿脉内部结构、构造、矿物组合乃至矿石品位都有明显差别。对容矿裂隙进行力学性质判别,研究它们的配置关系及组合形式,对认识矿化富集规律,指导普查勘探评价具有现实意义。

成文过程中中国地质大学(武汉)杨光明教授、成都地质学院周济元教授、地质干部学院幸石川系主任曾给予作者帮助。矿区技术负责杨光荣工程师及蒋洪涛等参加了部分野外工作。我队莫怀毅工程师和其他有关同志提供了宝贵资料。任玉萍、曾江同志清绘了全部图件,在此谨致谢忱。

参 考 文 献

- 1 李四光.地质力学概论.北京:科学出版社,1978.13~120
- 2 陈国达.成矿构造研究法.北京:地质出版社,1978.121~195
- 3 张国铎.多字型构造的研究.地质力学论丛,第6号.北京:科学出版社,1982.171~191
- 4 曾庆丰.矿脉雁列规律及其意义.地质科学,1980,(1):34~42

THE GEOLOGICAL AND STRUCTURAL FEATURE OF THE MAONIUPING REE DEPOSIT AND ITS ORE- CONTROLLING SIGNIFICANCE

Jiang Mingquan

(No. 109 Geological Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, Mianning
County, Sichuan Province)

Abstract

The Maoniuping ore district, an alkali pegmatite and carbonate vein type LREE deposit related to the shattered zone of alkali granite, is obviously controlled by lithologic character and structures. With the geomechanical method, the author has conducted a regional tectonic analysis. It is proved that the ore-controlling fissures derived from the north-south clockwise shearing Haha fault make up a xi-type structural system in the ore district. Based on the geological setting of the ore district, the author has investigated the formation mechanism of this ore-controlling structural system and the variation characteristics of ore veins in shape, size, internal texture and structure, mineral association and ore grade at different places of the structural system, indicating lithologic and structural conditions conducive to mineralization. The conclusions have been drawn that places adjacent to the contact zone between two geologic bodies with different lithologic characters and on the side of intensely-deformed alkali granite are favorable for the development of ore-related fissures and that thick and large orebodies are likely to occur at positions where the contact line changes abruptly.