

# 康滇地区含钒钛磁铁矿基性超基性岩体成因类型、成矿特征及其成因

须同瑞\* 曾绪伟

(中国地质科学院成都地质矿产研究所, 成都)

**摘要:** 康滇地区含钒钛磁铁矿基性超基性岩体的成因类型与岩浆演化和岩体产出的地质构造条件有关。该文划分3个岩体成因类型(5个亚类),并从矿床地质、钛铁氧化物矿物学、矿物化学和成矿温度等方面讨论它们各不相同的成矿特征。层状侵入体是最重要的成矿岩体类型。火成堆积说可以解释层状基性岩的成岩成矿机理。而层状基性超基性岩体的成因,取决于液态分异作用和结晶重力分异作用,是同源多期次侵入活动构成的复合含矿岩体。主要矿体形成受熔离作用的控制,并非结晶重力堆积的产物。

**关键词:** 岩体成因类型 层状侵入体 火成堆积 液态分异作用 熔离作用

康滇地区含钒钛磁铁矿基性超基性岩体位于扬子地块西缘的南北向构造带,并局限於该构造带的中部基底隆起带内,在隆起带两侧拗陷带内则无出露。在冕宁至渡口永仁间,含矿岩体除著名的四大层状岩体外,尚有二十余个中、小型矿床和矿化的岩体。控制该隆起带的南北向雅砻江-绿汁江深断裂与安宁河-易门深断裂构成岩浆上升的通道,岩体的侵位与次级构造复合部位有关。

## 1 含钒钛磁铁矿基性超基性岩体成因类型的划分

### 1.1 层状侵入体

① 层状基性超基性岩侵入体,以红格岩体为代表;② 层状基性岩侵入体,以攀枝花、白马、太和岩体为代表;③ 层状碱性-基性超基性岩侵入体,以安益岩体为代表。

1.2 火山岩型基性超基性火成堆积岩体,以新街岩体为代表。

### 1.3 非层状侵入体

① 基性超基性岩复合侵入体,以巴硐岩体为代表;② 未分异基性岩侵入体,以腾家碾、黑谷田等岩体为代表。

含矿岩体的成因类型与岩浆演化和岩体产出的地质构造条件有关。岩浆演化的特点具有来自上地幔一定部位部分熔融分离出的,经过深部分异,初步富集铁、钛、钒等元素的岩浆,某些复合岩体是在深部分异后又经液态分异的部分混合岩浆。含矿岩浆的发生、运移、分异演化直至成岩成矿都受各阶段有序的构造格局控制。而构造控制必须具备以下三个条件:① 上地幔隆起两侧变异区剪切构造部位的部分熔融,提供了初始岩浆;② 上部地壳同

\* 须同瑞,男,58岁,高级工程师,从事岩矿专业和基性超基性岩有关矿产研究。邮政编码:610082

步隆起, 在轴部发生陡倾角张扭性断裂并向深部发展与地幔剪切带沟通后导出初始岩浆并促使深部分异; ③ 形成岩浆房的控岩控矿构造受侵位的沉积间断面、各组地层与褶皱带交切、干扰, 并受易熔层和隔挡层顶底板岩性组合以及层间错动构造和裂隙等条件控制。

## 2 成矿特征

### 2.1 矿床地质特征

(1) 层状侵入体中的钒钛磁铁矿床: 层状基性和超基性岩侵入体赋存着大型钒钛磁铁矿矿床, 并伴生 Cr、Ni、Co、Pt 族等十几种可供综合利用的有益元素, 是含钒钛磁铁矿的最重要的岩体类型, 以著名的红格、攀枝花、白马及太和 4 大矿床为代表。层状基性超基性岩侵入体的钒钛磁铁矿矿床以层状矿(带)为主, 贯入型脉状、条带状矿体规模小, 一般不单独具有工业价值。红格岩体的矿层, 主要赋存于岩体中部超基性岩相带的中、上部 and 岩体上部辉长岩相带的底部。层状基性岩侵入体中的矿层赋存于岩体中、下部, 在岩体上部仅有一些零星的小透镜体和矿囊。层状矿的产状都与岩层产状一致。矿层厚度大, 延展性良好。层状矿主要由稠密浸染状矿石、中等稀疏浸染状矿石组成, 致密块状较少。矿层中的富矿体, 常呈透镜状产出, 其产状与矿层一致, 与贫矿或岩石成岩变过渡关系。碱性-基性超基性岩侵入体安益岩体, 是含钒钛磁铁矿和含 Pt、Pd 的岩体类型。钒钛磁铁矿晶粒较均匀地分布在钛磁铁矿二长辉长岩及含二长钛磁铁矿单辉辉石岩层中, 厚 450~480 m。矿石以稀疏浸染状为主, 品位稳定, 一般  $TFe = 15\% \sim 18\%$ , 平均 16.7%, 属巨厚层状贫矿体。铂钯矿化体生于钒钛磁铁矿矿层中部, 以  $Pt + Pd = 0.3 \text{ g/t}$  为边界品位圈定厚度 72~118 m。

(2) 火山岩型基性超基性岩火成堆积岩体中的钒钛磁铁矿床: 新街岩体中的钒钛磁铁矿矿床, 主要赋存于岩体第一旋回上部辉长岩中, 其次在下部超基性岩中。在第二旋回中部的斜长橄榄岩中也有薄层矿体产出。第一旋回上部辉长岩中的主矿体呈扁豆状, 产状与岩层大体一致, 但矿体沿走向和倾向都变化较大, 厚度小于 60 m。该矿体主要由稀疏—中等浸染状矿石组成。此外, 岩体还具钛铁矿化和铂矿化。钛铁矿化体主要赋存于岩体的第三旋回底部辉石岩内, 矿化体为似层状, 产状与岩层一致, 厚 25 m 以上, 如果按  $TiO_2$  含 7% 圈定, 最厚可达 70 m。矿石以稀疏浸染状为主, 矿石组分以粒状钛铁矿占绝对优势, 粒状钛铁矿与钛磁铁矿之比为 5:1, 常次生蚀变为榍石、金红石。铂矿化主要在第一旋回底部的橄榄岩和辉石岩中, 厚 5~8 m。铂族品位为 0.3~1.5 g/t, 平均 0.58 g/t。电子探针测定, 发现有砷铂矿、硫钨矿、硫钨钨矿和自然铂等铂族矿物。

(3) 非层状侵入体的钒钛磁铁矿矿化特征: 非层状侵入体为无矿或仅有矿化意义的岩体类型。巴硐岩体, 钒钛磁铁矿主要赋存于基性岩主体边缘相的流状辉长岩中, 矿体呈小透镜状、不规则囊状。由致密块状矿石构成的矿体属于熔离-贯入型矿床, 浸染状矿石构成的矿体则是流动分异型矿床。

### 2.2 钛铁氧化物特征

(1) 钛磁铁矿: 磁铁矿主晶中常见钛铁矿(包括钛铁晶石)和尖晶石出溶, 可以推测尖晶石-钛铁矿(钛铁晶石)-磁铁矿在高温条件下为均一的溶液。或者说钛磁铁矿也指不见钛铁矿或尖晶石出溶, 但有一定量的  $TiO_2$  的晶体。据钛磁铁矿的产状, 可以分为副生和造矿

两种。副生钛磁铁矿呈细小自形镶晶(粒径一般为0.05~0.3 mm)包含于橄榄石、辉石等造岩矿物晶粒内,为岩浆早期结晶产物。在火山岩型和非层状基性、超基性岩体中,相对于层状侵入体中出现较多,在副生钛磁铁矿晶粒内较少钛铁矿片晶和尖晶石出溶。造矿钛磁铁矿在各类岩体中皆为他形粒状或不规则状填充于主要造岩矿物的粒隙中,或呈胶结物产出,为岩浆晚期结晶的产物。造矿钛磁铁矿晶粒中普遍含有出溶的钛铁矿片晶和尖晶石微粒。由于这些微晶出溶条件的不同,构成多种多样的连晶结构,常见的为布纹结构、格状结构,其次为夹心结构和斑块结构等。尖晶石-磁铁矿连晶:尖晶石平行主晶磁铁矿的(111)及(100)面出溶,形成格状排列。比较粗的粒状尖晶石不均匀散布在钛磁铁矿晶粒中。电子探针分析属镁铝尖晶石。

(2) 钛铁矿:钛铁矿有两种产状;一为粒状晶体;其二与磁铁矿成连晶,即出溶片晶。在层状侵入体中伟晶辉长岩内的粒状钛铁矿为规则的粗大晶体,常常出现切穿钛磁铁矿颗粒的现象,从二者接触关系可以判断,钛铁矿与钛磁铁矿结晶相同,或稍晚于钛磁铁矿结晶,属于岩浆晚期的结晶产物。钛磁铁矿与粒状钛铁矿的相对含量随岩体成因类型而异。

(3) 钛铁氧化物的化学特征:区内含矿基性超基性岩体,不同成因类型的钛铁氧化物其化学特征基本相同。

钛磁铁矿:主要成分为 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{TiO}_2$ ,普遍含少量 $\text{MgO}$ 、 $\text{MnO}$ ,不含或含少许 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,微量元素为 $\text{Cr}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Co}$ 等。与布什维尔德火成杂岩体中德兰士瓦主矿层的钒钛磁铁矿比较,两者化学成分近似,但区内岩体的钛磁铁矿的 $\text{V}_2\text{O}_5$ 含量(0.41%~1.08%)较低,而前者 $\text{V}_2\text{O}_5$ (1.44%~1.66%)较高。各成因类型岩体中钛磁铁矿的主要成分虽变化较大,但以端员组分( $\text{RO}$ 、 $\text{R}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TO}_2$ )在 $\text{TO}_2$ - $\text{RO}$ - $\text{R}_2\text{O}_3$ 图上的投影点集中呈团,彼此交混在一起,位于三角图下部靠近 $\text{RO}$ - $\text{R}_2\text{O}_3$ 边中间位置上,表明它们的化学性质基本相同,是同源含矿岩浆的产物。钛磁铁矿主要成分的变化与岩体成因类型无关,而与富集程度有关。 $\text{TiO}_2$ 随富集程度的提高而增高;相反,全铁含量随富集程度的提高有逐渐减少的趋势。以白马岩体为例,不同矿石类型钛磁铁矿的 $\text{TO}_2$ 、 $\text{RO}$ 、 $\text{R}_2\text{O}_3$  3个端员组分的变化以及 $\text{TiO}_2$ 的分配率情况,都体现了上述规律。如稠浸矿石( $\text{TO}_2$  12.5%、 $\text{RO}$  50.5%、 $\text{R}_2\text{O}_3$  37.0%)( $\text{TiO}_2$  45%~78%),中一稠浸矿石(12.5%、52.5%、35.0%)(40%~62%),稀浸矿石(12.0%、54.0%、34.0%)(23%~47%),星浸矿石(10.7%、59.0%、30.3%)(23%~35%)。

粒状钛铁矿:同样,不以岩体成因类型而异。主要化学成分为 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{FeO}$ 、其次为 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。 $\text{TiO}_2$ 和 $\text{FeO}$ 的分子数之比接近于1。钛铁矿中普遍含较高的 $\text{MgO}$ ,一般为2%~5%,最高9%,虽然比金伯利岩中的镁钛铁矿的 $\text{MgO}$ (>8%)量低,但仍以含镁较高为其特点。钛铁矿也含有钛磁铁矿中含有的各种微量元素,但量更少。钛铁矿中的 $\text{TiO}_2$ 含量变化也与矿石的贫富有关系,两者呈反消长关系。例如白马岩体钛铁矿的 $\text{TiO}_2$ 分配率;富矿21%~53%、中矿40%~57%、贫矿56%~69%。

### 2.3 成矿温度讨论

对层状侵入体中造矿钛磁铁矿进行了爆破测温试验,起爆温度为420~650℃,其中红格460~470℃(3个样)、白马420℃,攀枝花650℃。经中国地质科学院矿床地质研究所外检,结果一致。

### 3 成岩成矿机制探讨

#### 3.1 含矿岩体基本特征

层状侵入体的成层性良好,火成层理清楚,隐层理发育。岩体自下而上,由基性向酸性呈韵律式变化,主要造岩矿物的组分变化也具韵律性特点,岩石结构韵律层表现为由下部的正堆积结构,向上为中堆积结构,上部为补堆积结构。因暗色和淡色矿物的比率不同所显示出的小韵律层,在基性岩内特别发育,小韵律层可划分为正向渐变型、正向突变型、逆向渐变型和逆向突变型4种类型,其中以正向渐变型小韵律层最发育。

#### 3.2 层状侵入体的成岩机理

火成堆积说从温度梯度、岩浆成分梯度,由结晶热散失引起的反复突发的不连续的核晶生长以及堆积矿物间的差异性重力下沉作用,对区内层状基性岩体成岩机理的解释是有说服力的。但对于区内层状基性超基性岩体,如红格岩体的形成,单以火成堆积原理加以解释是困难的,使该岩体形成下部超基性岩相带和上部基性岩相带的因素,首先取决于在高温时的岩浆液态分异作用,经过深源分异初步富集了铁、钛、钒等元素的岩浆进入封闭的岩浆房中,各类矿物还未结晶时,岩浆以液态分异作用形式,分为下部超基性岩浆和上部基性岩浆,基本上决定了层状岩体的下部超基性岩相带和上部基性岩相带,两者为迅变过渡关系。在造岩矿物组合,主要造岩矿物的光学数据,岩石结构构造及钛磁铁矿和钛铁矿的含量变化方面都迥然不同。随着温度逐渐下降,橄榄石、辉石等矿物从岩浆中结晶出来,由于重力作用,晶体下沉而堆积起来。岩体的成层性和韵律层就是火成堆积作用的结果。

#### 3.3 成矿作用问题

火成堆积说把层状侵入体中的钒钛磁铁矿矿体的形成和岩石的形成统为一体,视矿石为一种岩石,称为“磁铁岩”。研究表明岩体中以中等稠密浸染状矿石组成的富矿体呈透镜状断续分布于矿层和岩层中,与贫矿和围岩成迅变过渡关系。少数富矿体成层状,也与岩层迅变过渡。层状侵入体中矿层的赋存部位,不在岩体底部,也不都在每个旋回的底部。例如在层状基性岩体中主要矿层多赋存于岩体下部和中部岩相带中。在层状基性超基性岩体中主要赋存于岩体超基性岩相带的中上部。另一个重要特点是:岩浆早期结晶的钛铁氧化物含量很少,并多为堆积相矿物的嵌晶,属副生钛铁氧化物;造矿钛铁氧化物为非堆积相矿物,它们始终为堆积相造岩矿物橄榄石、辉石和斜长石的粒隙填充物或胶结物,属岩浆晚期的结晶产物,成矿温度为420~650℃。因此,可以认为熔离作用是成矿的主导作用,或者说主要矿体的形成受溶离作用的控制,随着岩浆房中岩浆温度的下降,因矿液与岩浆的不混溶性,矿液从岩浆中熔离出来,先溶出的分散小矿滴逐渐聚集构成富矿体的基础,熔离型富矿体中的钛磁铁矿,具布纹、斑块和夹心结构。那种在贫矿和岩石中的钛磁铁矿晶粒内发育的格状结构,可以解释为矿体与岩浆之间发生过一种作用,这种作用可能是钛磁铁矿尚未完全凝固的情况下发生的。关于钛磁铁矿中的钛铁矿叶片的生成机制,是磁铁矿-钛铁晶石固体溶液氧化作用的结果。在层状侵入体中,还存在着与岩层交切的矿体或矿脉,属残余含矿岩浆贯入型和贯入分异型矿体。