

# 探讨变质作用对铬铁矿床的改造

## ——对苏鲁超高压变质带岗上超镁铁质岩铬尖晶石形成过程的研究

陈世忠

(中国地调局南京地质调查中心, 江苏 南京 210016)

铬是重要的战略物资之一, 在冶金工业、耐火材料和化学工业中得到了广泛的应用, 超基性岩中铬铁矿是唯一具有工业价值的铬矿物。世界原生铬铁矿有两种类型: 一类为层状型铬铁矿床, 它主要产于古老地台的层状镁铁—超镁铁杂岩中, 以 Bushveld, Stillwater 和 Great Dyke 等铬铁矿床为代表; 另一类为豆荚型铬铁矿床, 它多产于显生宙以来各造山带中橄榄岩或蛇绿岩套地幔橄榄岩中 (Kruger, 1990; Kruger, 2005; Kinnaird, 2005; Mondal et al., 2007; 钟宏等, 2007)。目前对铬铁矿床成因的看法主要有岩浆成因、地幔成因 (Dickey, 1975; Lago et al., 1982; Dick et al., 1984) 和交代成因 (Johan et al., 1983), 并以岩浆成因占主导地位。岩浆成因矿床又根据成矿因素划分为: 岩浆融离 (McDonald, 1965), 氧逸度 (变化) 增加 (Ulmer, 1969), 岩浆房压力的变化 (Cameron, 1977; Lipin, 1993), 原始岩浆成分差异 (Cameron, 1978), 地壳混染 (Irvine, 1975; Rollinson, 1997; Kinnaird et al., 2002), 原始岩浆和海水或碱性流体作用 (Talkington et al., 1984), 原始岩浆和分异岩浆的混合 (Irvine, 1977; Campbell et al., 1993), 不同岩浆的混合 (Sharpe et al., 1983), 以及复合成因 (Spandler et al., 2005)。Barnes 等 (2002) 认为拉斑玄武岩浆注入玄武安山质岩浆岩, 导致铬铁矿达到饱和。Kinnaird 等 (2002) 认为铬铁矿层 (如 UG-2 矿层)、Merensky 矿层和 Platreef 矿层是岩浆混合和地壳混染作用的产物。Irvine 和 Sharpe (1986) 确定成分不同的硅酸盐岩浆混合可形成铬铁矿堆晶岩 (Mondal et al., 2007)。尤其是豆荚状铬铁矿在成因研究上更为重要, 在经济上更有价值, 但对其成因的认识尚不清楚 (Matveev et al., 2002; Marques et al., 2003)。由于岩浆分异结晶和岩浆混合等机制难于提供足量的铬铁矿, 致使铬铁矿成因趋于复杂。

角闪石和铬尖晶石在层状铬尖晶石上部的密切共生说明了地壳物质在铬尖晶石形成中的作用 (Marques et al., 2003; Spandler et al., 2005)。由于在热液作用下, 铬被认为是不活泼元素, 故绝大部分人把铬铁矿归为岩浆成因; 交代成因观点只被少数人接受, 他们认为在还原、富 Cl 流体的体系中热液铬铁矿可以活化 (Johan et al., 1983; Johan, 1986; Treloar, 1987), Johan 等 (1983; 1986), Auge (1987), Lorand 等 (1989), Ferrario 等 (1990), Melcher 等 (1997) 都认为许多超镁铁质岩中流体在铬铁矿形成中起了重要的作用。此外, Tesalina 等人在块状硫化物矿床和热液脉体中观察到铬铁矿, 并讨论了其中铬铁矿床成因 (如 Yumul et al., 1994; Tesalina et al., 2003); Melekestseva 等人 (2001) 报道了超镁铁质岩中硫化物热液脉体中分布有大量铬铁矿, 并提出硫化物和铬铁矿中存在密切的成因联系。Metcher 等更是认为超大型 Kempirsai 铬铁矿床的多阶段成因, 其主要矿体与含水、晚期高镁的熔体和流体有关。七十年代, 就有人注意到蛇纹岩中尖晶石在变质作用中的成分变化 (如 Evans et al., 1975); Barnes (2000) 讨论了铬铁矿在绿片岩相和角闪岩相中的变化; Rollinson 等人 (2002) 通过研究 West Greenland 太古代铬铁矿矿物组合提出了角闪岩相和绿片岩相的矿物和化学成分组合; Proenza 等人 (2008) 和 Zaccarini 等人 (2008) 研究了元古代蛇绿岩中铬铁矿体中铬铁矿在进变质作用中的变化。

国内王恒升从 60 年代初提出过有工业价值的铬铁矿床属于晚期岩浆熔离的成因假说, 认为鲍文的岩浆结晶重力分异是在这种液态重力分异的基础上进行的 (鲍佩声等, 1999)。Zhou 等人 (1996; 1997; 2001) 进一步深化了铬铁矿床的成因认识。近年来, 对罗布莎铬铁矿床研究后, 李德威 (1995) 提出了铬铁矿的地幔剪切成矿作用。造山运动等晚期变形被认为是形成不连续铬铁矿体的原因 (Thayer, 1964)。但随着尖晶石在变质作用中变化的识别, Kazakhstan 的 Kempirsai 超大型铬铁矿床的开发, 以及超镁铁质岩中热液硫化物脉体中铬铁矿的发现 (Melekestseva et al., 2001), 都说明了铬在岩浆期后存在明显的变化, 尤其在变质作用条件下 (Barnes, 2000)。

岗上岩体位于中朝地块和扬子地块间的秦岭—大别—苏鲁超高压造山带的东部, 郯庐断裂带的东侧 (陈世忠等, 2006)。

岗上超镁铁质岩包括纯橄岩、石榴橄榄岩、石榴单辉橄榄岩、单辉橄榄岩、闪石化金云母橄榄岩等岩石类型。它们之间呈渐变接触关系。

铬尖晶石在岗上超镁铁质岩中所有岩性中出现, 细小的铬尖晶石呈褐红色它形, 粗大的铬尖晶石呈黑褐色它形粒状、星点状或在橄榄岩和蛇纹石中呈它形的、无解理的粒状分布。局部铬尖晶石富集, 含量达到 15%。岗上橄榄岩与铬尖晶石共生的矿物有橄榄石、辉石、角闪石、绢云母、水镁石, 甚至蛇纹石等。通过研究发现, 发现岗上超镁铁质岩存在 4 个期次(陈世忠等, 2006; Chen et al., 2009)。

早期铬尖晶石 (Chr I) 多产在石榴子石中, 作为包体出现, 其  $Cr^{\#}$  指数在 50.6~52.7 间。在石榴子石和部分橄榄石中呈包体产出的铬尖晶石无裂理, 细小, 表面光滑。橄榄石 ( $Fo=92.2$ ) 和透辉石中铬铁矿具有低的铬指数 ( $Cr^{\#}=51$ ), 矿物可以表示为 ( $Spl_{50}Chr_{42}Mag_8$ )。二期铬尖晶石 (Chr II) 可作为早期斜方辉石的出溶物或包体, 一大部分铬尖晶石包裹石榴子石或为石榴子石的退变产物围绕石榴子石分布。其铬铁矿  $Cr^{\#}$  在 66~68 之间, 也属于二期铬尖晶石 (Chr II)。三期铬尖晶石 (Chr III) 产在角闪石中 (图 1); 也可以包裹角闪石、辉石; 或产在晚期的透辉石 (顽透辉石) 中, 其  $Cr^{\#}$  指数约为 69, 矿物组成表达为 ( $Spl_{40}Chr_{48}Mag_{12}$ )。角闪石包体铬尖晶石具有高的铬指数 ( $Cr^{\#}=72\sim73$ )。四期铬尖晶石 (Chr IV) 大部分发育八面体裂理, 边部围绕着金云母和水镁石等矿物, 部分与三期呈过渡关系。金云母和水镁石等矿物围绕的铬尖晶石铬指数  $Cr^{\#}$  变化于 76~89 之间。也可以产在橄榄石的边部, 与蛇纹石接触, 成分为铬铁矿 ( $Cr^{\#}$  值变化于 97~98 间)。代表了最晚的铬尖晶石。

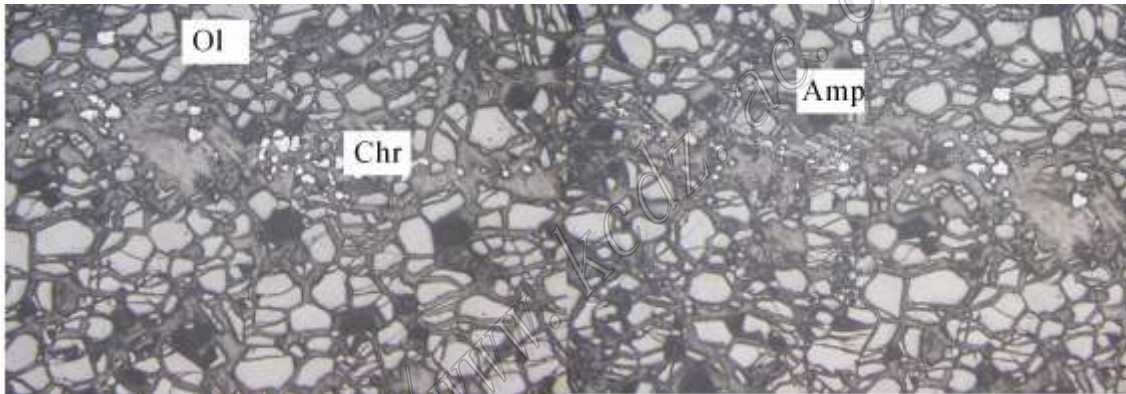


图 1 铬尖晶石和角闪石等矿物呈线状分布

总体上, 铬尖晶石中  $Cr_2O_3$  含量在 40%~60% 范围内变化。从早期到晚期, 岗上铬尖晶石  $Cr^{\#}$  不断增大。晚期铬尖晶石具有较高的  $Cr^{\#}$  值 (72~89), 在镜下表现为具有角闪石包体 ( $Cr^{\#}=72\sim73$ ), 或发育八面体裂理; 在发育劈理的橄榄岩中, 铬尖晶石为铬铁矿, 具有最高的  $Cr^{\#}$  值 (97~100), 代表了角闪岩相期以后的产物 (Chr IV)。这也说明, 铬尖晶石经历了绿片角闪岩相—绿片岩相变质作用, 常有硫化物与其共生。边部发育金云母、水镁石等共生矿物, 反映了晚期流体作用增强的特点。在角闪岩相—绿片岩相退变质过程中, 铬尖晶石中 Cr、Mg 和 Al 减少, Fe 相对增加, 产生富 Cr 尖晶石典型的变质作用样式。晚期低级变质作用、剪切变形和 CO 流体交代使铬尖晶石进一步演化。

研究铬铁矿岩浆后成矿作用具有实用经济价值。铬铁矿如果呈脉状在金云母、水镁石、滑石和蛇纹石等片状矿物和角闪石中富集, 致使矿石容易开采, 大大降低矿石开采成本, 从而就大大降低铬铁矿矿石开采的工业品位和边界品位。目前在危机矿山和矿石开采过程中, 急需在低品位的超镁铁质岩中找到高品位矿石或降低低品位矿石的开采成本, 扩大矿床规模。这就意味着对岗上超镁铁质岩铬铁矿矿化体的展布分析要结合绿片岩相—绿片角闪岩相变质变形样式和区域构造特征, 尤其是中晚期脆韧性构造进行分析。这对我们找矿有一个启示: 寻找易采的铬铁矿矿体除了分析超镁铁质岩的形态外, 还要分析中晚期变形变质作用。

参 考 文 献 (略)