

中国铜镍硫化物矿床类型及控矿条件

刘月星 唐红松 吴厚泽

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院, 桂林 541004)

摘 要 中国铜镍硫化物矿床控制的关键因素是岩浆岩岩石组合和构造环境, 并以此作为划分矿床类型的依据。划分为过渡带内、地槽区内和与火山活动有关的侵入体类矿床三大类和 16 种岩石组合类型。并从大地构造环境、深(大)断裂、成岩时代、复式岩体、岩石组合、岩体规模产状、岩石化学、稀土元素、岩体分异程度、造岩矿物和岩石蚀变等 10 个方面, 论述对铜镍硫化物矿床的控制作用。

关键词 铜镍硫化物矿床, 矿床类型, 岩石组合, 岩浆熔离作用, 控矿条件

1 矿床类型

中国岩浆岩型铜镍硫化物矿床成因类型划分, 根据基性超基性岩的岩石组合和构造环境, 划分为三大类 16 种岩石组合类型(见表)

1.1 过渡带内侵入体类铜镍矿床(I)

过渡带是指地台区与地槽区的交接部位, 包括该交接部位的地台区边缘和地槽区边缘。过渡带内侵入体(矿床)是指位于该部位的基性超基性岩体(矿床)。过渡带内矿床(点)共有 53 处, 其中特大型 1 处、大型 8 处、中型 13 处、小型 23 处。约占全国铜镍硫化物矿床镍金属总量的 85.7%, 是中国铜镍矿床重要类型, 也是我国镍金属生产的主要来源之一。以金川和红旗岭 1 号岩体为代表。

1.2 地槽区内侵入体类铜镍矿床(II)

是指产于地槽区内二级或更次一级构造单元衔接部位的含矿侵入体。有喀拉通克、煎茶岭、黄山东、香山等。其中大型矿床 5 处、中型矿床 2 处。约占中国铜镍硫化物矿床镍金属储量的 13.8%。仅次于过渡带内矿床。也是中国镍金属生产的主要来源之一。以喀拉通克矿床为代表。

1.3 与火山活动有关侵入体类铜镍矿床(III)

此类侵入体的成岩成矿作用及其在空间上的分布, 均与火山活动密切相关。有矿床(点)10 处, 其中有中型矿床 1 处, 小型矿床 6 处。约占中国铜镍硫化物矿床镍金属量的 0.5%。因矿床

1997 年 9 月 25 日收稿。第一作者简介: 刘月星, 男, 1938 年生, 高级工程师, 从事有色金属矿床地质研究, 近期发表有: “铜镍硫化物矿床的边缘成矿效应”, “铜镍硫化物矿床成矿作用及成矿模式研究”等。

规模小, 品位低, 目前难以利用。

中国铜镍硫化物矿床类型表

Type Classification for Copper- Nickel sulfide deposits in China

矿床类型	岩体	岩石组合类型	矿床实例
过渡带内侵入体类 (I)	铁质超基性岩	(1) 二辉橄榄岩- 橄榄辉石岩	金川
		(2) 二辉橄榄岩- 橄榄二辉岩- 角闪辉石岩	冷水箐 1、2、3 号
		(3) 角闪二辉橄榄岩	冷水箐 101 号
		(4) 橄榄岩- 辉石岩	长仁
		(5) 顽火辉石岩	红旗岭 7 号
		(6) 辉石岩	拉水峡
	铁质基性- 超基性杂岩	(7) 辉长岩- 辉石岩- 橄榄岩	红旗岭 1 号
		(8) 角闪辉长岩- 斜长角闪橄榄岩	漂河川 4 号
		(9) 辉绿辉长岩- 橄榄苏长辉长岩- 含长二辉 橄榄岩	赤柏松
		(10) 闪长岩- 辉长岩- 橄榄岩	力马河
地槽区内侵入体类 (II)	超镁质超基性岩	(11) 变质辉橄岩- 橄榄岩- 辉石岩	煎茶岭
	铁质基性- 超基性杂岩	(12) 辉长岩- 辉石岩- 橄辉岩- 橄榄岩	白马寨
		(13) 闪长岩- 辉长岩- 辉石岩- 橄榄岩	菁布拉克、黄山、香山
与火山活动有关侵入体类 (III)	铁质基性岩	(14) 闪长岩- 辉长苏长岩- 橄榄苏长岩	喀拉通克
	铁质基性岩	(15) 闪长岩- 辉长辉绿岩- 辉石岩	宝坛
		(16) 辉绿岩- 橄榄苏长辉长岩	富宁

2 矿床的控矿条件

2.1 大地构造环境对铜镍成矿的控制

中国铜镍硫化物矿床集中分布于过渡带内(属静中有动的构造环境)。其中有的矿床分布于靠地台区一侧(即地台区边缘), 如金川、力马河等矿床。探明镍金属储量约占全国镍总储量的 75.7%; 有的矿床则分布于靠地槽区一侧(即地槽区边缘), 如红旗岭等矿床。探明镍金属储量约占全国镍储量的 10% 左右。其次是分布于地槽区的(属动中有静的构造环境), 如喀拉通克、煎茶岭、白马寨、黄山、香山等矿床, 探明镍金属储量约占全国镍储量的 13.8%。从而可知, 中国铜镍硫化物矿床集中分布于过渡带内的地台区边缘, 其次是地槽区内, 再其次是过渡带内的地槽区边缘。即中国铜镍硫化物矿床受静中有动构造环境或动中有静的构造环境控制, 而前者显得更为重要些。

2.2 深(大)断裂对铜镍成矿的控制

无论是过渡带内矿床, 还是地槽区内矿床及与火山活动有关的矿床, 都定位于深(大)断裂旁侧的次一级断裂之中。深(大)断裂切割地壳直至上地幔, 为地幔岩浆上升提供了良好通道, 通常称为导岩导矿构造。而含矿岩体通常不是定位于深(大)断裂之中, 而是定位于深(大)断裂的次一级断裂之中, 它控制着含矿岩体的形态产状。含矿岩体定位的断裂通常称为储岩储矿断裂。储岩储矿断裂与导岩导矿断裂都具有多期次活动特点, 导致成岩成矿的多次性。储岩储矿

断裂与导岩导矿断裂的关系通常有二种。

(1) 平行于深(大)断裂的储岩储矿断裂: 储岩储矿断裂平行于导岩导矿断裂, 且多位于深(大)断裂的上盘, 产状一般要比深(大)断裂陡, 在其深部两者相通。含矿岩体的走向基本上与其导岩导矿的深(大)断裂平行, 产状也较陡。此类断裂系统, 在中国铜镍硫化物矿床中最为常见, 如金川含矿岩体等。

(2) 斜交或近于垂直深(大)断裂的次一级储岩储矿断裂: 此类储岩储矿断裂也较为常见。一般来说, 储岩储矿断裂形成较导岩导矿断裂晚, 由于受力方向的改变, 在深(大)断裂旁侧形成与其斜交或近于垂直的断裂系统。两者在其深部也是相通的。含矿岩体走向与导岩导矿深(大)断裂斜交或近于垂直。如红旗岭矿田的含矿岩体走向与导岩导矿的挥发河—古洞河深断裂近于垂直。

2.3 成岩时代

中国铜镍硫化物矿床的成岩时代, 有元古代、晚古生代、早古生代和中生代。主要成矿时代为元古代, 其次是晚古生代。元古代的矿床主要有金川、赤柏松、冷水箐 1、2、3、101 号岩体和宝坛矿田等。探明镍金属储量约占总储量的 75.06%。晚古生代的矿床主要有红旗岭、茶尖岭、力马河、青矿山、煎茶岭、白马寨、朱布、香山、黄山东、喀拉通克和箐布拉克等。探明镍金属储量约占总储量的 17.14%。其它时代的矿床有拉水峡(早古生代)、富宁矿田(中古代)等。探明镍金属储量约占总储量的 7.8%。

2.4 复式岩体对成矿的控制

铜镍硫化物矿床都是典型的岩浆型矿床。都经历了深部熔离作用和就地熔离作用富集成矿, 且具有脉动式成矿特点。因此, 含矿岩体多为复式岩体。中国铜镍硫化物矿床一般具有 2~3 个成岩成矿阶段, 个别可达 4 个阶段(如黄山东岩体)。各阶段的岩石类型及岩相所反映出岩浆演化规律, 从早到晚岩石基性程度逐渐增高, 铜镍硫化物逐渐富集, 最后是矿浆贯入。如力马河矿床, 第一阶段形成不含矿的闪长岩和辉长岩, 第二阶段形成橄榄岩和海绵陨铁状矿石为主的深部熔离贯入型矿体。金川、白马寨、喀拉通克、红旗岭 1 号等矿床都具有相同的岩浆演化规律。由此可见, 多阶段成岩成矿作用形成的复式岩体, 及从早阶段至晚阶段岩石基性程度逐渐增高, 金属硫化物愈来愈富集的岩浆演化规律, 与成矿具有密切联系, 对成矿起着重要的控制作用。

2.5 岩体的岩石组合类型对成矿的控制

(1) 过渡带内矿床主要含矿岩体的岩石组合类型

二辉橄榄岩—橄榄辉石岩型(72.4%。指与该类型岩体有关的铜镍硫化物矿床, 镍金属储量占全国铜镍硫化物矿床镍金属总储量比例, 下同, 如金川);

顽火辉石岩型(2.7%。红旗岭 7 号);

辉绿辉长岩—橄榄苏长辉长岩—含长二辉橄榄岩型(1.2%。赤柏松);

辉长岩—辉石岩—橄榄岩型(0.7%。红旗岭 1 号);

二辉橄榄岩—橄榄二辉岩—角闪辉石岩型(0.7%。冷水箐 1、2、3 号);

闪长岩—辉长岩—橄榄岩型(0.4%。力马河)。

(2) 地槽区内矿床主要含矿岩体的岩石组合类型

闪长岩—辉长岩—辉石岩—橄榄岩型(6.1%。香山、黄山东、箐布拉克);

闪长岩—辉长苏长岩—橄榄苏长岩型(3.5%。喀拉通克);

变质辉橄岩—橄榄岩—辉石岩型(2.0%。煎茶岭);

辉长岩—辉石岩—橄辉岩—橄榄岩型(0.7%。白马寨)。

(3) 与火山活动有关矿床的含矿岩体岩石组合类型

闪长岩—辉长辉绿岩—辉石岩型和辉绿岩—辉长岩—橄榄苏长辉长岩型(0.5%。宝坛和富宁矿田)。

综上所述,我国铜镍硫化物矿床集中产于铁质超基性岩体中,含矿岩体的岩石组合类型主要为二辉橄榄岩—橄榄辉石岩型、顽火辉石岩型;其次是铁质基性岩—铁质超基性杂岩体,含矿岩体的岩石组合类型主要有闪长岩—辉长岩—辉石岩—橄榄岩型、辉长岩—辉石岩—橄榄岩—橄榄岩型等;再次为铁质基性岩体,含矿岩体的岩石组合类型主要为闪长岩—辉长苏长岩—橄榄苏长岩型。

2.6 岩体规模、产状对铜镍成矿的控制

中国铜镍硫化物矿床含矿岩体的规模均较小,出露面积多小于 1km^2 ,最小的 0.0078km^2 (红旗岭7号岩体),最大也不过只有 $7\sim 9\text{km}^2$ (如煎茶岭岩体等),金川特大型矿床,含矿岩体出露面积也仅有 1.34km^2 。总观看来,中国铜镍硫化物矿床含矿岩体的规模均属小型至中小型。岩体规模与矿床规模没有固定不变的关系,小岩体可成大矿,而大岩体不一定能成大矿。

中国铜镍硫化物矿床含矿岩体的产状多为岩墙状及岩盆状,岩墙状岩体显得更为主要些。

中国铜镍硫化物矿床含矿岩体的规模与国外矿床对比,有较大的差异。中国含矿岩体多为小型、中小型的岩墙状、岩盆状。而国外主要的特大型、大型矿床均与特大型或大型岩体有关,其产状多为岩盆状、层状、岩床状。

2.7 岩石化学、稀土元素对铜镍成矿的控制

(1) 岩石化学: 岩石中 SiO_2 和 MgO 含量适中,铁质超基性岩类和铁质基性超基性杂岩类中以基性程度偏低的岩体、铁质基性岩类以基性程度偏高的岩体, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 含量相对偏高, $\text{Al}/(\text{Ti} + \text{Ca})$ 、 $\text{Ti}/(\text{Al} + \text{Ca})$ 、 N/K 及 Si 值相对偏低的基性超基性岩体,有利于铜镍硫化物矿床的形成。

(2) 稀土元素地球化学: 岩石中 REE 含量相对偏高, REE 曲线相对陡倾, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 、 $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 、 $(\text{Gd}/\text{Yb})_N$ 及 La/Sm 比值相对偏大,具明显的 Yb 正异常及 Lu 负异常, δYb 和 δLu 平均值为1.25和0.71的基性超基性岩体有利于铜镍硫化物矿床的形成。但必须注意,基性超基性岩稀土元素地球化学特征与其产出的大地构造环境密切相关。

2.8 岩体分异程度对铜镍成矿的控制

岩体分异程度是衡量形成岩体的原始岩浆是否经历过较为完善的熔离(分异)作用的一个重要标志。而铜镍硫化物矿床的岩浆熔离作用,贯穿于整个岩浆作用的全过程,包括岩浆就地熔离(分异)作用和岩浆深部熔离(分异)作用。在铜镍硫化物矿床的成矿过程中,岩浆深部熔离作用要比岩浆就地熔离作用更为重要。岩体的原始岩浆不但经历过完善的深部熔离作用,而且还经历过完善的岩浆就地熔离作用者,则形成工业矿床的可能性就愈大。由此可见,岩体的分异程度与铜镍硫化物矿床关系非常密切。

2.9 造岩矿物对铜镍成矿的控制

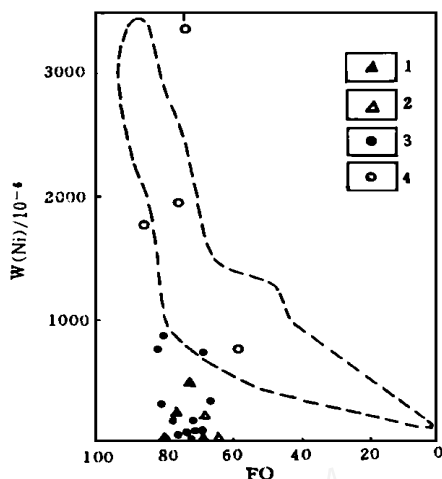
含矿岩体主要造岩矿物有橄榄石、单斜辉石、斜方辉石、基性斜长石等。橄榄石多为贵橄榄石;单斜辉石多为普通辉石、顽透辉石;斜方辉石多为顽火辉石、紫苏辉石和古铜辉石;基性斜长石多为拉长石。上述造岩矿物的种属和相对含量对成矿有一定关系。在铁质超基性岩中,其相对含量通常有二种情况:其一是橄榄石通常为贵橄榄石,单斜辉石和斜方辉石的相对含量近于相等,且含少量的拉长石组成的二辉橄榄岩,含长二辉橄榄岩;其二是以顽火辉石为主,少量紫苏辉石组成的顽火辉石岩。在铁质基性岩中,斜方辉石的相对含量比单斜辉石多得多,以紫苏辉石为主;基性斜长石以拉长石为主和少量的贵橄榄石组成的苏长岩或橄榄苏长岩。在铁质

基性—铁质超基性岩中,造岩矿物的种属和相对含量应分别具有上述铁质基性岩和铁质超基性岩的特点。具有上述岩石组成特征的岩体,一般来说,对铜镍硫化物矿床的形成是有利的。

橄榄石中含镍量亏损对成矿具有密切关系。橄榄石中含镍量亏损,说明在橄榄石结晶过程中,镍没有参加橄榄石结晶,而是富集在岩浆中。如果岩浆中硫的含量丰富,则镍与硫结合形成镍硫化物,对镍的成矿是十分有利的。FO - Ni 关系图表明,含富矿岩体的橄榄石镍含量严重亏损,一般含矿岩体的橄榄石镍含量也严重亏损,无矿岩体的样品点落在正常区,镍含量正常。

2 10 岩石蚀变与铜镍成矿的关系

我国铜镍硫化物矿床含矿岩体的各类岩石,均具有不同程度的蚀变。最为常见的是蛇纹石化、纤闪石化、角闪石化、滑石化、绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化、菱镁岩化等。一般来说,岩石蚀变强弱对熔离型、熔离贯入型矿体的形成影响不大,而与硫化型、岩浆熔离硫化叠加型矿体具有密切的成因联系。即是说,不含矿或含矿差的岩体,在各种热液(包括自变质热液和外来其它热液)的作用下,促使岩石产生强烈的蚀变,如蛇纹石化、石英菱镁岩化、滑石菱镁岩化、纤闪石化、绿泥石化和绢云母化等,橄榄石中的镍被释放出来,与岩体本身的硫或外来的硫结合形成硫化物,富集成矿。如煎茶岭矿床和香山矿床 I 号矿体等。



FO - Ni 关系图

(T. 辛普金, 1970)

Relation map of the FO - Ni

注: $FO = (Mg + Ni) / (Mg + Ni + Fe + Mn)$

1—富矿岩体 2—那林喀腊 5 号岩体

3—一般含矿岩体 4—无矿岩体

TYPES AND ORE-CONTROL FACTORS OF Cu-Ni SULFIDE DEPOSITS IN CHINA

Liu Yuexing, Tang Hongshong and Wu Houze

(Research Institute of Geology for Mineral Resources, C.N.N.C., Guilin 541004)

Abstract Key factors to control the mineralization of Cu-Ni sulfide deposits in China are the magmatic rock association and tectonic setting which are the evidences to classify the Cu-Ni sulfide deposits in China into three types, i.e. type in transitional zone, in geosyncline and that in intrusions related to volcanism, and sixteen rock association types. Ore-controlling factors of the deposits are also discussed from tectonic setting, deep fault, ore-forming age, complex intrusion, rock association, intrusion scale and occurrence, petrochemistry, rare earth element, differentiation degree of intrusive rocks, rock-forming mineral and rock alteration etc.

Key words Cu-Ni sulfide deposit, Deposit type, Ore-control factor, Rock association, Magmatic liquation