

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

我国主要类型铜矿成矿和分布的某些问题

郭文魁 常印佛 黄崇珂

解放前,中国被认为是一个贫铜的国家。新中国诞生后,在毛主席革命路线指引下,铜矿地质工作方面取得了很大成绩,发现了许多矿产地和一些重要类型。铜矿床的地质研究也取得了显著成果:对“东川式”铜矿成因有了新的认识,扩大了远景;较深入地探讨了中生代红色盆地中砂岩型铜矿床的成矿条件和远景;特别是对矽卡岩型铜矿床的形成条件、成矿规律进行了研究和总结,并用以指导找矿,使这类铜矿储量迅猛增长,成为我国主要的类型。近年来,斑岩铜矿发展甚快。目前已知斑岩铜矿探明储量之多、矿床规模之大、分布之广以及其发展前景均已跃居各类铜矿之首。

一、以内生作用为主的铜矿

我国内生铜矿主要有与海底火山作用有关的铜(黄铁矿型)矿床;与基性—超基性岩有关的硫化铜镍矿床;与中酸性火山—内侵¹⁾杂岩有关的斑岩铜矿及与中酸性侵入岩有关的矽卡岩型铜矿四种成因类型,形成于大地构造不同发展阶段的不同构造—岩浆活动环境中。它们和世界同类矿床相比,有一些共性,但也有其特点。兹就成矿与分布的某些问题分述如下。

(一) 主要矿床类型及成矿作用

1. 主要矿床类型

(1) 与海相火山作用有关的铜矿床 该类矿床可见于由基性至酸性的海相火山岩中。从熔岩到碎屑岩乃至过渡到正常沉积岩中均可形成工业矿床。按围岩和矿化特点,主要可分为两个亚类:

① 块状硫化物铜矿(黄铁矿型铜矿): 赋存于优地槽早期沉陷带中,常与细碧角斑岩类火山岩伴随。矿床靠近古火山活动中心产出,具强烈硅化、绢云母化和钾化等近矿围岩蚀变分带。成矿过程大体可分为:甲,火山喷气阶段:主要为黄铁矿—黄铜矿;乙,火山热液阶段:早期为黄铜矿—闪锌矿—黄铁矿(少量磁铁矿、毒砂、砷黝铜矿);晚期为闪锌矿—方铅矿(少量黄铜矿、黄铁矿);末期为黄铜矿—闪锌矿—石英(脉)。

② 条带状、浸染状铜(铁)矿: 赋存于元古代地槽中的变质钠长岩(钠长片岩、黑云母片岩等)及含火山物质的白云大理岩中(图 1, A、B)。包括火山喷气—热液成因及可能的火山—沉积成因。以与铁矿伴生或矿石富含铁质为其特点。近矿围岩呈硅化、绢云母化、电

1) 关于内侵作用的解释: Plutonism 过去我们一贯译为深成作用,但其确切含义,国外已将之与 Volcanism 对立看待,即 Volcanism (火山作用)—Plutonism (内侵作用)。因此现译成内侵作用要比深成作用更为确切。

气石化、方柱石化和黑云母化等强蚀变。一些矿床中成矿过程早期为磷灰石-黑云母-磁铁矿-黄铜矿；中期为黄铁矿-黄铜矿；末期为硫化物-方解石或石英(脉)。另一些矿床则早期为磁铁矿-(钛铁矿)-(赤铁矿)；中期为黄铜矿-黄铁矿；后期为菱铁矿。

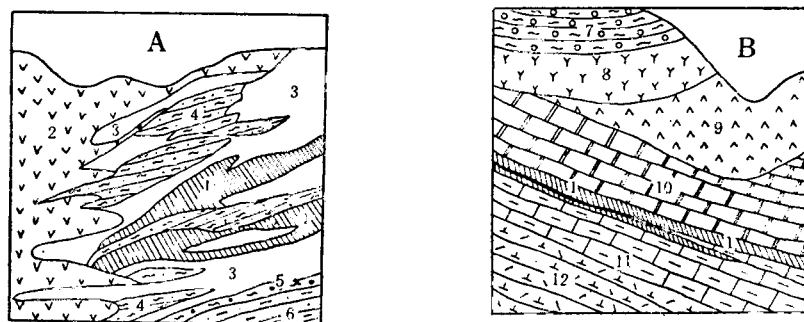


图1 变质海相火山-沉积杂岩中的条带状、浸染状铜矿剖面

(引自有关勘探队资料)

1. 矿体； 2. 闪长岩； 3. 变钠长岩； 4. 白云石英片岩； 5. 石榴黑云片岩； 6. 钙质白云石英片岩； 7. 石榴角闪绿泥片岩； 8. 钠长岩； 9. 浅色熔岩； 10. 白云石大理岩； 11. 方柱角闪黑云白云大理岩； 12. 火山凝灰岩

此外,尚有与地台型海相玄武岩有关的裂隙及气孔中充填的铜矿化,现有规模一般都很小。

(2) 与基性-超基性岩体有关的铜镍硫化物矿床 该类矿床形成于地槽发育的中、晚期阶段(或地台阶段),明显受深大断裂控制。多数产在地槽边缘深断裂带的近隆起(或地台)的一侧(也有相反情况),或沿侧旁断裂延入隆起(或地台)内部。它常与同一构造旋回较早期的块状硫化物型铜矿成对地出现于同一地槽带的不同部位。含矿母岩常为铁质系列, m/f 值一般 3—5。与优地槽中镁质系列显著不同。一般分异较好,除个别盆状岩体呈垂直分异外,多数作侧向陡倾分异。含矿岩相为二辉橄榄岩、含辉橄榄岩、橄榄岩、辉石岩以及分异不好的辉绿-辉长岩。相对于超基性岩而言,基性岩往往只占次要地位。单个岩体规模不大,但含矿比例可以很高。矿化可分为四类:①熔离型:为岩体就地熔离而成。常产在岩体上部或其中某一岩相带的底部;②深部熔离-分异侵入型:系深部经过初部熔离分异的富含金属的岩浆,上升定位后再分异富集而成。常产在岩体底部,可跨几个相带,但仍以基性程度较高的相带含矿较好。矿石中金属硫化物含量自 16% 至 80%;③贯入型:系深部熔离分异的“矿浆”沿裂隙贯入形成。可远离岩体进入围岩中,并伴有强烈蚀变;④接触交代型:产在岩体与钙质岩层接触带上含透辉石、透闪石、石榴石岩中,实际已具气成-热液特点。以上四类可共存于同一矿床中。当前以第②类占最主要地位。成矿作用的顺序是:氧化物阶段(磁铁矿、铬尖晶石等)→硫化物阶段(磁黄铁矿、镍黄铁矿、方黄铜矿、黄铜矿等)→含针镍矿及紫硫镍铁矿的碳酸盐阶段。第二阶段为主要成矿阶段。铜镍比有随岩相基性程度降低而增高的趋势。

(3) 与中性火山-内侵杂岩有关的斑岩铜(钼)矿 该类矿床可产在:①地槽发育的晚期或后期阶段的火山盆地或断裂带中,有时可与同旋回较早期的块状硫化物型或铜镍硫化物型矿床出现在同一构造单元的不同部位;②不同时代褶皱基底上的年青的拗陷

或断裂带中, 常见于火山盆地边缘或内部。二者有许多基本的共同点。含矿母岩常为正常钙碱性系列的中酸性小型浅成—超浅成侵入体。个别为碱性系列浅成侵入体, 但不具工业意义。它们大多为单期多次的, 少数为多期多次或单期次的, 有时出现爆发角砾岩筒; 仅在个别情况下矿化直接产于火山岩中, 未见含矿侵入岩, 可能与火山喷发作用有关, 但不占重要地位。蚀变矿化分带现知有二种: ①围绕侵入体或岩浆活动中心呈同心状分带。自岩体中心向外分为: 钾化(钾长石、黑云母)→硅化、绢云母化→泥化(少数矿区发育)→青盘岩化(以绿泥石为主)。有的矿床钾化带内部尚有石英化核(图2a)。相应的金属矿化分带为: 钼(铜)→铜(钼)→铜、黄铁矿→黄铁矿→(铅、锌)。相应的地球化学元素分带为铜、钼→铜、铁→铁、钴、锌、银→铅、锌、银。②以侵入体与其围岩接触带为中心向两侧分带: 石英、(绢)白云母化→石英、绢云母化→绿泥石化(图2b)。相应的矿化分带为: 铜(钼¹⁾)→铜、黄铁矿→黄铁矿、赤铁矿→(方铅矿、闪锌矿)。相应的地球化学元素分带为: 钨(铋)→钼、铜(金)→铅、锌(银)、钴、镍→(钴)、锰。

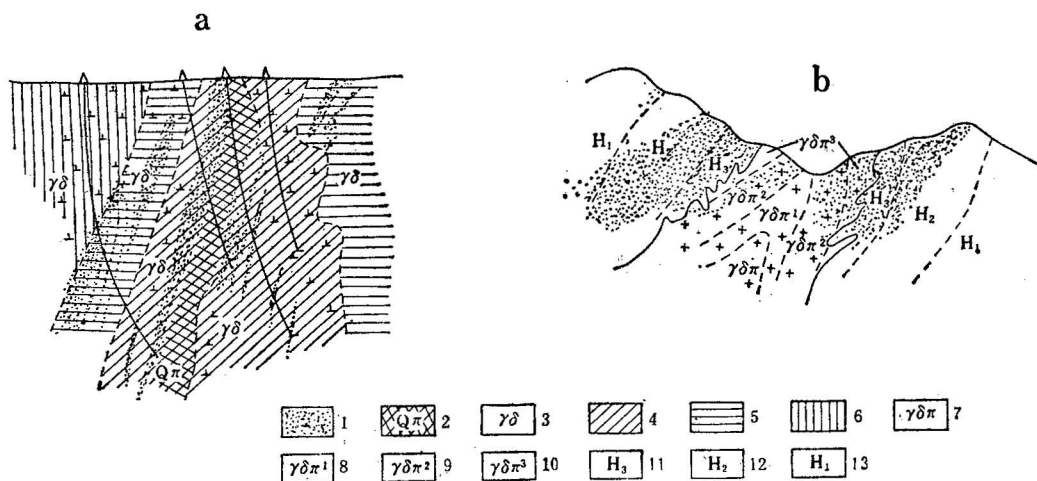


图2 斑岩铜矿蚀变分带剖面

1. 铜(钼)矿; 2. 硅化核; 3. 花岗闪长岩; 4. 钾化带; 5. 绢云母-硅化带; 6. 青盘岩化带; 7. 花岗闪长斑岩; 8. 绿泥石-(绢云母)化带; 9. 绢云母(绿泥石)化带; 10. 硅化-绢白云母化带; 11. 硅化-绢白云母化千枚岩; 12. (硅化)-绢云母化千枚岩; 13. (绢云母)-绿泥石化千枚岩

随着由岩浆晚期向热液期过渡, 成矿作用的顺序是: 硅酸盐氧化物(钾长石、黑云母、硬石膏、少量磁铁矿)→石英硫化物(辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿、大量石英、绢白云母及绿泥石)→碳酸盐、硫酸盐、少量硫化物(方解石、铁白云石、石膏、黄铁矿, 很少量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等)。在石英硫化物期末尾出现有镜铁矿碳酸盐脉, 含少量硫化物。

(4) 与中酸性内侵岩有关的矽卡岩型铜矿 这一类型铜矿与斑岩铜矿的成矿地质环境比较接近, 因而二者常共生于同一矿带乃至同一矿床中。不过适于形成矽卡岩型矿床的条件可能更广泛一些。它不仅与浅成中小型岩体伴生, 而且也见于中深成甚至深成大侵入体接触带中。内侵岩在背斜地段多呈盆状、漏斗状及蘑菇状, 而在向斜地段多为管状、

1) 钼含量很低。

株状、墙状及其它“穿刺”状。这些不同形态的产状特征,对铜矿体的富集形式有很大意义。矽卡岩按其形成方式有: ① 正接触带的反应交代矽卡岩。② 围岩及侵入体中的贯入矽卡岩。③ 钙质岩层与泥质岩层之间在热液参与作用下形成的“层状”矽卡岩。①及③中均可发育重要矿化,但矿化并不限于接触带及矽卡岩中,它可沿有利的层位和构造远离

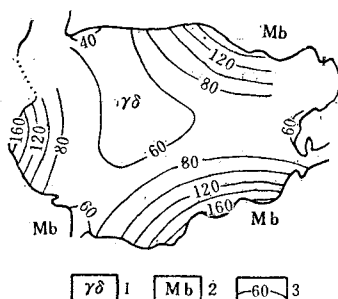


图3 花岗闪长岩体磁铁矿副矿物中铜含量的三次趋势面
(据物探研究所资料)
1. 花岗闪长岩; 2. 大理岩; 3. 等值线数值单位: ppm⁺(Cu)

接触带延伸相当距离。对大多数矿床而言,成矿作用是在小侵入体(至少其边部)凝固以后,矿液由深部上升沿接触带两侧进行;图3反映了一个侵入体内磁铁矿副矿物铜含量趋势分析的三次趋势面,它表明铜朝三个方向富集,它们正是岩体周围矿化比较集中的三个地段。说明岩体本身也可“分泌”出成矿物质,至少为成矿直接提供了一部分金属。所以在有的矿床中岩体与其伴生的矽卡岩型铜矿之间有亲缘关系。某些较大的岩体,边缘相与中心相的年令可相差近千万年,说明岩浆侵位与凝固可能经历了一个漫长过程。而有些矿区更可直接观测到岩浆贯入—矽卡岩化—矿化作用之间的多期反复穿插关系。以上这些都表明岩浆成矿过程的复杂性。但是就整个过程来看,在主要阶段的岩浆作用之后,先是无水矽卡

岩的形成,接着是含水矽卡岩,同时有磁铁矿、赤铁矿、白钨矿、锡石等矿化;然后是主要成矿阶段的大量硫化物的形成;再后则为含少量硫化物的碳酸盐脉。上述成矿序列往往也表现为空间上的分带序列,由岩体向外,常依次出现:钨锡钼铋带(有时为铁带)→铜带→铅锌带。这在水平方向(图4)及垂直方向上都清楚反映。

2. 有关成矿作用的一些问题

(1) 矿床类型与成矿背景 一定矿床类型是一定的地质环境(主要是由大地构造不同发展阶段所决定的构造-岩浆活动环境)的产物。但是由于矿床所处的具体地质背景不完全相同,同一类型的不同矿床之间也可有较大的差异,而不同类型之间则常可出现一些“过渡”型式。因此,对于类型的划分不能静止地、孤立地看待,而必须用发展的眼光,对具体成矿地质背景作具体分析。同时还应看到,某一类铜矿床的形成不过是区域全部成矿作用史上的一章。在其前后或同时还可能有其他类型或矿种的成矿作用发生。它们之间往往具有内在有机联系。前面已谈到在同一褶皱的不同发展阶段和不同空间部位,可以有规律地出现黄铁矿型铜矿、铜镍硫化物矿或斑岩铜矿即其一例。下面再介绍一个地台隆起区的线型拗陷带中不同矿产类型与构造-岩浆活动的关系的实例。如图5所示,拗陷中最早的岩浆活动为具有混染交代接触的印支期花岗岩(同造山期大侵入体),仅伴

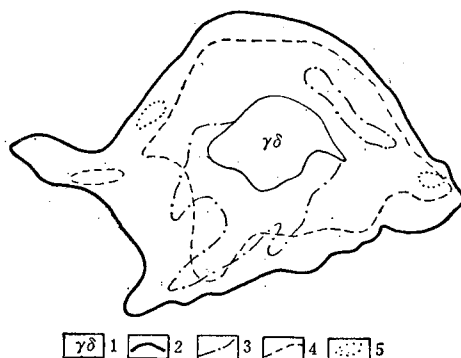


图4 环绕岩体的矿化水平分带
(据有关单位资料)

1. 花岗闪长岩; 2. 黄铁矿投影边界; 3. 磁铁矿投影边界; 4. 铜矿投影边界; 5. 铅锌矿投影边界

有较弱的铅锌铜矿化;类型以热液交代型和脉状型为主,其次有矽卡岩型。至燕山早—中期,出现了大量浅成—超浅成弱酸性小侵入体,伴有重要的矽卡岩型铜、铁矿化及斑岩铜(钼)矿化,其次有矽卡岩型铜矿化及铅锌矿化。燕山中—晚期出现了一系列陆相火山盆地(断陷型)。形成了大量中性—弱酸性火山—内侵杂岩,伴有中酸性浅成—超浅成岩体及中基性(有时偏碱性)浅成—次火山岩体。与前一类岩体有关的有斑岩铜矿及脉状铜矿。当围岩为钙质时,亦可有矽卡岩型矿化。与后一类岩体伴生的有重要的铁矿化(即所谓“玢岩铁矿”,它包括了一组不同成因类型但互相有联系的矿床)。同时与火山喷气作用及火山热液作用有关的还有硫铁矿、明矾石等非金属矿化及可能的铁、铜、铅锌矿化。最后则以盆地中局部地段的碱性火山作用伴随金铜矿化,从而结束了区域燕山期火山作用史。喜马拉雅期主要为陆相基性熔岩喷溢。后者未发现重要的金属矿化伴随。由此可见,只有详细研究地区的地质发展史和成矿作用特点,才能对不同矿床类型的形成条件及规律有较全面的认识,从而较正确地指导区域成矿预测和找矿工作。

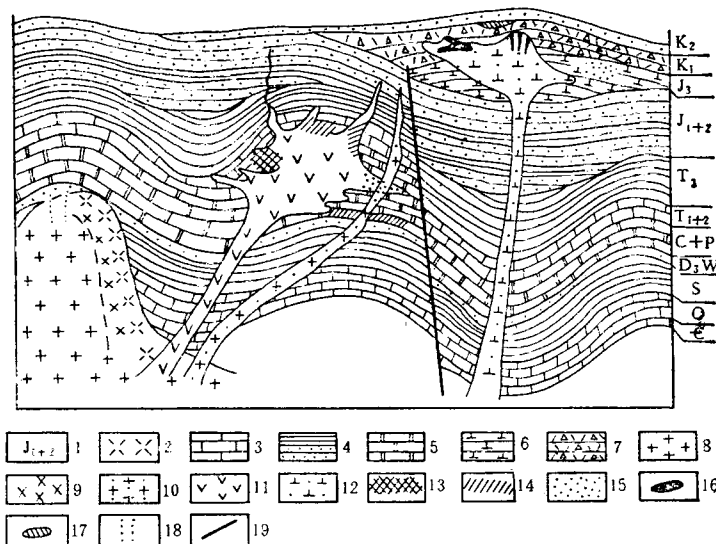


图 5 不同矿产类型与构造-岩浆活动关系示意图

1. 地层代号; 2. 同化混染现象; 3. 灰岩; 4. 页岩、砂页岩、砂岩; 5. 白云质灰岩; 6. 粗面、安山凝灰岩; 7. 粗安岩; 8. 中粒花岗岩; 9. 闪长岩(边缘相); 10. 花岗闪长斑岩; 11. 闪长岩; 12. 闪长玢岩; 13. 矽卡岩型含铜磁铁矿; 14. 矽卡岩型铜矿; 15. 斑岩型铜矿; 16. 磁铁矿; 17. 赤铁矿; 18. 铅锌矿化; 19. 断层

(2) 成矿过程和矿质来源 如上所述,不同类型内生铜矿所处的地质背景各异,矿化特征各有区别。从岩浆成岩到矿化作用,虽然有的有间断,有的则显示间断性地持续演化,甚至为连续演化性质。在同一成岩与矿化期中,成矿作用从开始到结束,不同种类矿物群的大量晶出,沿着一定先后顺序发生与发展。这个发展过程若以大量产出的主要矿物群种类为标志,可概括为四个阶段。这些矿化阶段在工作较多的矽卡岩矿床中可以了解得较为清楚与完整,那就是硅酸盐阶段→氧化物阶段→硫化物阶段→碳酸盐(或硫酸盐)阶段。其他类型铜矿也大致显示了这样一种矿化发展的趋势。但有的矿化阶段缺失,这可能是在成矿期间受某种特殊地质环境的影响,如黄铁矿型铜矿。值得注意的是硫化

物矿物群大生产出的前后,均有气的显著活动,而深成或中深成铜矿床都有早期氧化物阶段的矿化。这一事实指明至少部分气(如果不是全部)来源于与成矿有关的岩浆水或岩浆本身。至于晚期碳酸盐(或硫酸盐)阶段的气的来源,则较复杂,也可能来自下降水或大气。

关于铜矿化的物质来源问题,对铜镍硫化物型及块状黄铁矿型矿床而言,它们分别与基性-超基性岩浆(乃至其中特定的岩相)及海底基性至酸性火山作用有密切关系,这些岩浆作用受深断裂带或早期优地槽深陷带的控制,以及这些岩浆体遭受较少的壳层混杂作用,都说明了成矿物质的壳下层或上地幔的来源的可能性。硫同位素资料也表明大部分铜镍矿床 δS^{34} 值均在 -2.5 — $+0.5\%$ 之间,块状黄铁矿为 -2 — $+6\%$,每一矿床中都具有一个狭窄的相对稳定范围。这也支持了上述看法。但是仍有少数矿床出现了异常情况,有的 δS^{34} 值可高达 $+10\%$ 以上,可能与局部的围岩成分混杂有关¹⁾。

与中酸性有关的斑岩铜(钼)矿及矽卡岩铜矿,特别是后者,情况要复杂得多。它们往往共存于一些规模巨大的火山-内侵入岩带中。沿着区域性深大断裂分布。有的断裂具洲际规模,且常伴有基性、超基性岩体,这些都显示其深层来源特征。大量硫同位素组成数据也表明多数矿床 δS^{34} 值均较稳定,斑岩铜(钼)矿床一般 δS^{34} 变化于 -3.5 — $+3\%$ 间,矽卡岩型铜矿变化范围稍宽,为 -4 — $+3\%$ 。但是也有另一些事实表示了外生沉积组分所起的作用。如在下扬子带长数百公里范围内,沿下石炭统砂、页岩与中石炭统灰岩之间的界面上下,广泛分布着数以百计的似层状铁、铜、铅、锌及黄铁矿矿化点,其中大部分矿化厚度均较薄,附近岩浆作用很弱,甚至缺失,有迹象表明其可能具有沉积因素的成因。但它们的铜含量很低(通常低于千分之一),工业铜矿层几乎无例外地产在侵入体外接触带及附近,且围绕侵入体作带状分布(图4)。根据硫稳定同位素组成资料,这一类铜矿石中 δS^{34} 值一般在 $+1.4$ — $+4.8\%$ 之间,而少数含铜很弱的硫化铁矿床中,外接触带矿石的 δS^{34} 则可达 -6.6% 。尽管这里的硫化物亦为热液产物,但显然已受到沉积硫的混染。因此,从成矿地质特征结合硫同位素地质资料分析,早期沉积成因硫化物在岩浆热液影响下可能重新活动而参与后来的成矿过程。但对铜而言,深层岩浆毋宁是更主要来源。

(二) 成矿时空分布和矿化特点

1. 成矿时空分布

中国已知内生铜矿化期包括了从早元古代以来的各主要构造期(表1),以中生代(尤其是燕山期)最为重要,约占内生铜矿探明总储量的三分之二。

由表1不难看出,不同时代的成矿作用有其相对的集中分布范围,它反映了不同地区

表 1

成 矿 期	主要矿床类型	分 布 地 区
元 古 代	斑岩型(?),黄铁矿型	主要在东部
加里东期	钼铜型,黄铁矿型	集中在北部
华力西期	斑岩型,黄铁矿型	主要在北部
印支-燕山期	矽卡岩型,斑岩型	东部、西南部
喜马拉雅期	斑岩型,矽卡岩型	西南部、东部

1) 此处及下面的硫同位素资料,均引自有关单位的研究成果。

的地质发展特点。这就构成了中国铜矿(实际上也包括了一些其他矿种)的一级成矿区划。即:

(1) 北部成矿域 包括中国北部的阿尔泰山、天山、昆仑山、祁连山、秦岭部分及兴安岭等广大地区。主要由古生代地槽褶皱带组成。铜矿化有加里东及华力西早期地槽沉降带中的黄铁矿型铜矿或铜-多金属矿和沿深大断裂分布的岩浆铜镍矿,以及华力西晚期产在中一酸性喷出-内侵杂岩中的斑岩铜矿。在本成矿域的东、南二面尚有迭加的中生代矿化作用。

(2) 东部成矿域 包括我国大陆东部及台湾、海南岛等岛屿。本区具有十分复杂的地质及成矿历史。在元古界不同层位的变质杂岩中,产有可能与古老花岗闪长岩有关的斑岩铜矿(?)及与海相碱-基性火山岩有关的铜铁矿床。在华力西基性-超基性岩带中产有铜镍矿床。但是最重要的是作用于古生代及更古老的褶皱基底和盖层之上的中生代(主要是燕山期)构造-岩浆作用以及有关的矽卡岩型及斑岩型矿床;在台湾省东部则出现了新生代(喜马拉雅期)的斑岩铜矿及黄铁矿型铜矿。

(3) 西南成矿域 包括喜马拉雅山、横断山系及青藏高原的大部分。为一巨大的中-新生代地槽褶皱系。铜矿化十分发育,主要为喜马拉雅期和燕山期(也可能包括印支期)的斑岩铜(钼)矿。其次为铜镍硫化物矿床,矽卡岩型及黄铁矿型铜矿。它们沿着一系列大型构造-岩浆带分布,构成相互平行的矿带。

以上三个成矿域分别相当于古亚洲带、太平洋带及古地中海带的一部分。

2. 矿化特点

在上述每一成矿域内又可进一步划分出次一级的矿带或矿省,它们严格受构造控制,并在空间上及金属元素共生组合上表现了某种有规律性的分布关系。试以东部成矿域的燕山期成矿作用为例以说明之。

(1) 构造控矿 我国东部燕山期各矿带严格受构造控制。控矿构造表现为两种基本类型:高度隆起-拗陷的构造带(简称隆拗构造)及区域性深大断裂。

隆拗构造是控制铜矿带分布的基础。当时这一区域的大地构造的特点是由前寒武纪及古生代褶皱带组成大小不等的隆起区,它们之间则为一系列拗陷或沉降带所分隔,隆起区内部也常出现次一级的拗陷。各类铜矿化主要分布于不同级次的拗陷中或隆拗交替地带、特别是其中几个大型拗陷(以及其毗邻的隆拗交替带)矿化尤为集中。

区域性深大断裂按其与隆拗构造的空间关系可分为两类:一类为“纵向”的,多沿隆拗边界发育,有时也可出现于其中部,有的拗陷即直接在这些断裂带中产生和发展;另一类为“横向”的,常穿越隆拗边界而横跨不同构造单元。这些断裂,特别是它们的交汇处,往往控制了矿省或矿田。

上述这两类基本控矿构造,通常作近东西-北西西向及北东-北北东向两个系统。前者发生较早,具长期发育特点。后者一部分有长期发育历史,但主要形成特别是显著活动阶段较晚,常在晚古生代甚至中生代以后。这两大系统互相交错重迭,组成规模宏大的“格状”布局,并都卷入到燕山期的强烈的构造-岩浆作用中;愈近太平洋方向,北东-北北东系统的影响愈显著,岩浆作用也愈强烈。但近东西向构造的影响仍可看出。如闽南地区即有南岭东西向构造带及其伴生的岩浆-矿化作用的加入。反之,愈向大陆方向,近东

西向系统愈占优势,北东-北北东向系统表现为一些迭加的拗折及断裂(如太行山构造-岩浆带);至大陆腹地(本成矿域以外)则近东西向(以及一些北西向和个别南北向)展布的巨大褶皱系为主,北东-北北东系统表现为少数断裂带。

至于矿床富集则与更次一级的构造有关。其中也包括一部分褶曲构造。

下面举数例以说明之。

近东西向的秦岭带与北东-北北东向太行山构造-岩浆带相交汇处出现了东秦岭矿带。

下扬子矿带中许多矿田即位于北西西向,北东向及北北东向构造带交截处。图6示其中一个铜矿田,清楚表明两组构造(包括褶皱)组成网格状,控制了含矿岩体分布。而网格结点则为最有利形成矿床的部位。

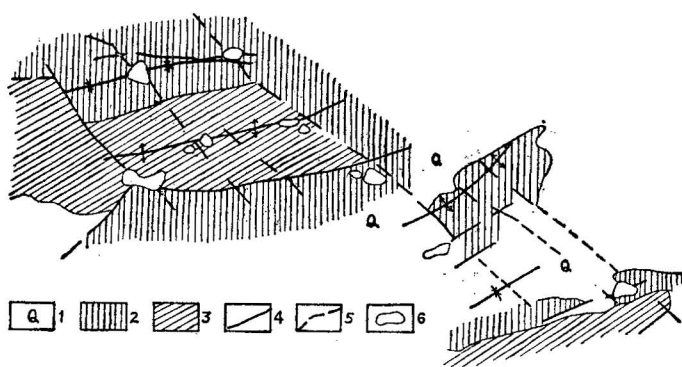


图6 含矿岩体与构造的关系(一)

(引自有关科研成果)

1.第四系; 2.三叠-泥盆系; 3.志留-奥陶系; 4.构造线; 5.推断构造线; 6.岩体

图7则反应了另一种形式。这里是在北东向深断裂与其旁侧的北西西向断裂汇合处形成的铜矿田。它正处于褶皱束的倾没部位,而三个含铜斑岩矿床则分别占据着其中的背斜或“挠曲”部位。

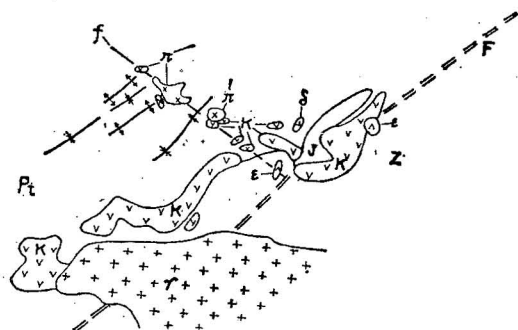


图7 含矿岩体与构造的关系(二)

(据有关勘探及科研单位资料)

K. 白垩系火山岩; J. 侏罗系火山岩; Z. 震旦系; Pt. 前震旦纪变质岩; r. 花岗岩; n. 花岗闪长岩; s. 闪长岩; e. 基性-超基性岩; f. 旁侧断裂; F. 深断裂。

(2) 区域金属元素分带 我国东部燕山期铜矿带的分布显示了金属组合的某种规律性变化。由华北地台南至南岭地区,尽管各带中都有铜的富集,但明显地以中部地区更为集中发育;向北则以铁占优势,金铂铜带介于其间;向南则钨、锡、铅、锌相对富集,其中钨锡带又更靠南一些。由北而南作如下分带:

Fe(Cu) 带 $\xrightarrow{\text{Au, Mo, Cu, Fe 带}}$ CuFe 带 $\longrightarrow$
Cu(Pb, Zn, W, Sn) 带 $\longrightarrow$ W, Sn, Cu, Pb, Zn (Fe) 带

由华北地台向北,亦出现了金钼铜带,然后进入兴安华力西褶皱带中,即为华力西期与燕山期迭加的复杂矿带。锡铅锌组合在有些地段,也显著增高。

各矿带内部也有次一级分带。如南岭地区一个晚古生代凹陷东南侧,由隆起边缘的花岗岩基带至凹陷中部之中—酸性中—小型侵入岩发育区,矿化组合也出现由铜钨→铜锡→铜铅锌的分带变化(图8)。再如下扬子带,由其南侧的隆拗交替带到拗陷中部,随着由酸性大岩体变为中酸性小岩体(以及相应的火山喷出作用),主要矿化组合亦由钨锡(铜)而铅锌铜而铜铁,其中铁又较铜更偏于火山盆地内部。

有意义的是,穿越不同构造单元的深大断裂,其含矿性往往随所在单元而异。如北北东向的郯城—庐江深断裂带,北段吉黑地槽褶皱带内只有微弱的铁铜矿化,中段在华北地台内部除铁(铜)矿化外,以伴有与基性—超基性岩有关的矿化为其特色;进入下扬子拗陷后,则以铜铁矿化为主;其可能的南延地段在江南古陆及华南加里东褶皱带中则又递变为以钨锡铜铅锌矿化为特征。和它平行的梁子湖断裂反映更为清楚,它横跨下扬子拗陷和江南古陆,依次控制了铜铁、铅锌铜及钨锡(铜)分带。北西西向的秦岭—北淮阳断裂在东秦岭控制了金铜钼铁矿化,向东至下扬子拗陷则为铜铁矿化。不仅这些“独立”的断裂带如此,规模巨大的构造—岩浆带亦然,如太行山带北段与燕辽带交汇处,中段在华北地台内部,南段与秦岭交汇处其矿化的金属组合也有很大差别。

上述区域性分带现象是比较清楚的,但形成机理则相当复杂,有些因素尚不十分明了。已知金属组合与一定成分的岩浆作用有某种专属关系。如铁多与闪长岩类有关,铜与石英闪长岩—花岗闪长岩类更密切,钼则常和花岗闪长岩—花岗岩类成分岩石相伴生,与钨锡有关的则多为花岗岩—白岗岩类。但是,决定这些不同岩浆组合的空间分布的原因仍是在研究区域金属分带规律中的一个重要课题。根据现有资料分析,结合前述有关矿质来源问题的讨论,可以初步认为:决定各矿带中岩浆—矿化作用的基本因素可能与控矿构造(主要指大地构造方面)的特点及所在地段的基底和盖层性质有关。铜矿化更多地集中于大型隆起之间的线型拗陷中或其两侧,这些拗陷往往反映了长期发育的深断裂带或拗折带,可能和地壳下层或深部岩浆源直接连通。相对于铜矿化而言,钼更趋向于隆起区分布;铁则集中于拗陷处或盖层较薄的地台上相对凹陷部分,即更接近于壳下层或深部的中—基性岩浆来源处。相反,钨锡矿往往集中于地壳相对增厚地段,并且壳层中常有巨厚的陆源碎屑沉积;铅锌则多发育于有大量碳酸盐岩层分布地区¹⁾。因此可以设想随着中国东部大陆成长的过程,在华北地台之南,依次形成“江南”晚元古代褶皱带和华南加里东—华力西褶皱带,它们(以及其上迭的沉陷带中)积累了巨厚的沉积层,包括陆屑岩及碳

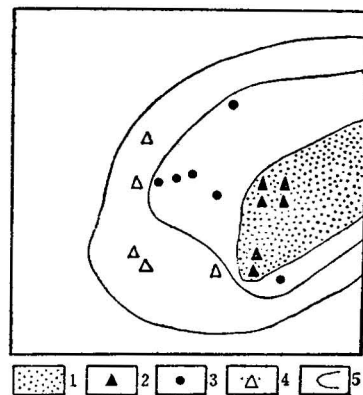


图8 区域金属矿化分带示意图

1. 隆起区; 2. 含铜钨矿化; 3. 含铜钨锡矿化; 4. 铜铅锌矿化; 5. 分带界线

1) 有关钨锡铜铅锌矿化的大地构造特点及成矿物质来源问题我国已有不少研究者提出了看法,此处不作论述。

酸盐岩层。同时在这三个一级构造单元之间形成了一些线型拗陷。在随后的燕山期强烈的岩浆-成矿作用过程中,这些差异就在很大程度上导致了由华北地台向南的金属组合的上述变异。

在成矿时间方面,各带之间也有一些有规律性的递变现象。由南到北表现为¹⁾: 华南(南岭)的岩浆-成矿作用年令为 195—116 百万年,与铜有关的主要成矿期约为 170—165 百万年。华中地区南部大体上为 160 百万年;北部,主要铜成矿期约为 150⁺—120 百万年。华北地区与铁(铜)矿化有关的岩浆-矿化作用持续时间较长,主要成矿期约为 128—101 百万年,其次为 88—83 百万年。现有年令数据显大,有自南而北成矿时代愈新的趋势。至于由东到西的变化情况,根据华北的铁铜矿化和华南的锡铜矿化的初步研究资料均表明,主要岩浆-矿化作用期有向西变新的迹象。这些现象反映了中国东部(自华北地台向南)与铜矿化有关的燕山期岩浆-成矿作用自南(或东)向北(或西)、自“活动带”向古老地台内

部的先后发展过程和空间上的分带现象的和谐一致性。

表 2

时 代		矿 化 强 度
第四纪		+
第三纪	晚第三世	+
	早第三世	+++
白垩纪	晚白垩世	+++
	早白垩世	+++
侏罗纪	晚侏罗世	++
	中侏罗世	++
	早侏罗世	++
三迭纪	晚三迭世	+
	中三迭世	+
	早三迭世	++
二迭纪	晚二迭世	++
	早二迭世	++
石炭纪	晚石炭世	+
	中石炭世	+
	早石炭世	+
泥盆纪	晚泥盆世	+
	中泥盆世	+
	早泥盆世	+
志留纪	晚志留世	++
	中志留世	++
	早志留世	++
奥陶纪	晚奥陶世	+
	中奥陶世	+
	早奥陶世	+
寒武纪	晚寒武世	+
	中寒武世	+
	早寒武世	+
	晚震旦世	++
晚元古代	震旦纪	++
	青白口纪	++
	蓟县纪	+++
	长城纪	++
早元古代		+++
太古代	晚太古代	++
	早太古代	++

二、以外生作用为主的铜矿床

我国外生作用为主的铜矿床矿化时期很多,主要在元古代和中侏罗世以后(表 2)。中生代以前以海相沉积成因为主,以后主要为陆相沉积成因。矿床都具固定层位和一般沉积矿床的形态特征。

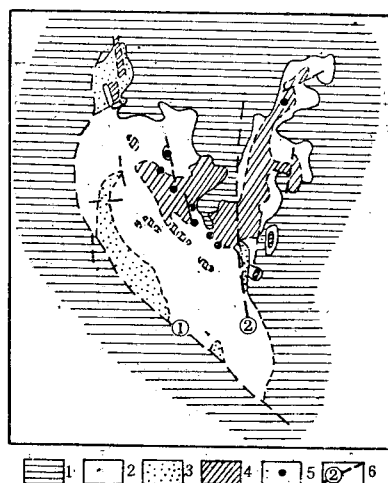


图 9 中生代陆盆中的砂岩铜矿

1. 前中生代古陆; 2. 三叠系; 3. 侏罗系; 4. 白垩系; 5. 矿点; 6. 断层及编号

1) 同位素年龄数据引自有关勘探及科研部门的测定结果。

(一) 陆相沉积作用为主的铜矿床

该类铜矿床分布于某些古陆或中生代以前褶皱带附近的山前断陷或山间盆地中(图9)。断陷和盆地主要是中生代中期以后,由印支—燕山运动所引起的北东—北北东向构造和阴山、秦岭、南岭等近东西向构造带以及一些局部构造复合作用所形成。含矿层多赋存于盆地中含煤建造之上的杂色岩系中,上覆红色含盐建造。矿体多位于杂色岩系中的浅(灰)色岩中。特别是由紫色向浅色岩层过渡带的浅色岩,是矿体的主要赋存部位。矿体形态、产状、规模随紫色、浅色岩层组合的变化而变化。如紫色、浅色岩层为厚层状,延展远,矿层一般也厚而大,反之,则薄而小;紫色、浅色岩层组合呈多层产出时矿层也为多层,有时多达几十层。但单层较薄。

成矿是在湿热向干旱过渡的半干燥过渡性气候下,某些盆地不断接受剥蚀区来的铜的氧化物、重碳酸盐及含铜岩矿碎屑和悬浮质点,先形成铜质较富集的“矿源层”,以后在成岩过程中,由于“矿源层”中主要是有机质分解(也有细菌作用)而产生的硫化氢与铁质作用先生成黄铁矿(如黄铁矿显微菌群)。进而“矿源层”中的含铜氧化物,含铜重碳酸盐等在深埋条件下被还原分解,所析出的铜质交代黄铁矿而形成辉铜矿和赤铁矿。硫化氢丰富时则进一步作用生成斑铜矿、黄铜矿。而在硫不足但铜质较丰富的情况下,产生自然铜。这些矿物往往形成分带现象。如从紫色岩层向浅色岩层方向常呈现赤铁矿、辉铜矿→斑铜矿→黄铜矿→黄铁矿的水平或垂直分带。矿层中常伴生有银、铅、锌、钼等元素。

(二) 海相沉积作用有关的铜矿(层状铜矿)*

该类铜矿以晚震旦世以前最重要。主要分布于东部成矿域中地台边缘长期隆起区边缘或古陆旁侧的陆缘海湾中(图10)。矿带延长几十至百公里以上。矿体围岩为含砂质白云岩或白云质砂岩和白云大理岩,含炭质、泥砂质岩和砂质岩,也有砂砾岩。矿层主要位于由碎屑岩相到碳酸盐岩相的过渡带层中(也有相反情况)。多以紫色砂质岩层或黑色含炭质岩层为矿层顶板或底板。矿石呈微脉、细脉浸染状、局部块状等构造。可分为铜、铜钴、铜铅锌、铜铁、铁铅锌等主要元素组合。且从陆缘(氧化带)向远岸(还原带)方向有铁带→铜带→硫铁带的分带现象。以紫色砂岩层为底板的轻微变质的这类矿床与陆相沉积铜矿具相同的赤铁矿、辉铜矿→斑铜矿→黄铜矿→黄铁矿的矿物分带,反映二者类同的成矿机理。

海相沉积铜矿主要矿床多已受浅—中等区域变质。变质作用使铜质迁移形

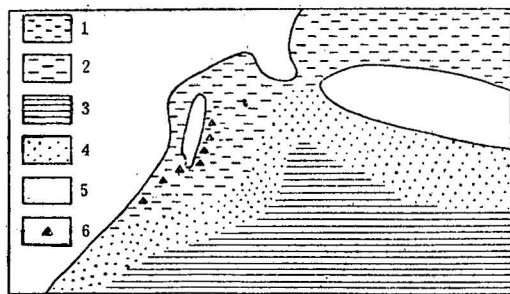


图10 某元古代海相层状铜矿岩相-古地理图
(根据勘探队资料)

1. 前期海湾相泥质-碳酸盐沉积; 2. 后期海湾相泥质-碳酸盐沉积; 3. 浅海相碳酸盐沉积; 4. 滨海-浅海相沉积; 5. 古陆(岛屿); 6. 已知含矿带、矿化点

* 在云南地区,这类矿曾称为“东川式”铜矿。

成交切岩层的铜矿脉或使构造有利部位矿层加富,并产生热液蚀变现象。随变质程度由浅至深反映在蚀变上由碳酸盐重结晶、褪色→硅化、绿泥石化、透闪石化→产生电气石、钠长石、方柱石、黑云母等。同时分别形成了三种不同金属矿物组合分带:

浅变质:赤(磁)铁矿→辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿→黄铁矿

中浅变质:磁铁矿→黄铜矿或斑铜矿、方铅矿→黄铁矿

中深变质:磁黄铁矿、磁铁矿→黄铜矿→黄铁矿

从含矿围岩、矿物组合、分带等特征比较海相、陆相两种外生作用为主的矿床,其成矿机理基本一致。金属组分的差异主要决定于剥蚀区矿质来源不一样。而沉积、成岩(矿)过程中的 Eh、pH 值的变化,无疑也是重要的。后期,不同程度的变质作用,导致不同的围岩蚀变和分带中矿物组合的变化。

三、小 结

1. 我国地跨古亚洲带、特提斯带及太平洋带,又具有复杂的区域性或地区性特色,因而铜矿的分布与形成条件,既具有这三个带的共性,又有其自己的特点。

2. 已知铜矿床包括世界所有的主要类型,但和世界情况不同的是矽卡岩型占有较大的比重,它构成了重要的矿床、矿田乃至矿带,而且常有复杂多样的金属组分,更提高了其实际意义。

3. 中生代,特别是燕山期的内生成矿作用在已知矿床中具特殊意义,除西藏高原等地区外,它们都是在前寒武纪或古生代褶皱基底上,沿着晚古生代以来,特别是燕山运动所形成的隆起-拗陷带及深大断裂带发育的近东西向及北东-北北东向构造系统在成矿作用中占主要地位。随着工作的进展,我们将愈加认识到喜马拉雅期内生成矿作用的重要性。

4. 内生矿化分带现象较明显。成矿物质可能有上地幔及壳层多种来源。结合成矿时代和成矿区域以及控矿构造的研究,将有助于认识西太平洋金属成矿规律的某些特点。

5. 外生作用为主的铜矿大都是在长期剥蚀区边缘形成。成岩作用及后期变质作用对工业矿体的富集具有重大意义。成矿时代主要为前寒武纪及白垩—第三纪,其中以元古代海相沉积矿床占主要地位。

参 考 资 料

- [1] 宋叔和 1957 对祁连山黄铁矿型铜矿地质的一些补充意见。地质学报, 37 卷 1 期。
 - [2] 刘若新 1963 我国硫化铜镍矿床的基本特征。科学通报, 第 4 期。
 - [3] 吴利仁等 1960 云南某地硫化铜镍矿床。地质科学, 第 2 期。
 - [4] 王植、闻广 1957 中条山式斑岩铜矿。地质学报, 37 卷 4 期。
 - [5] 郭宗山 1957 扬子江下游某些矽卡岩型铜矿床。地质学报, 37 卷 1 期。
 - [6] 郭文魁 1957 论安徽铜官山铜矿成因。地质学报, 37 卷 3 期。
 - [7] 黄汲清等 1977 中国大地构造基本轮廓。地质学报, 第 2 期。
 - [8] 郭文魁 1963 某些金属矿床的原生分带及其成因问题。地质学报, 43 卷 3 期。
 - [9] 郭文魁 1965 我国主要矿产成矿条件的基本特征。科学通报, 第 3 期。
 - [10] 佟群 1977 层控铜矿的显微毒群及其地质意义。地质学报, 第 2 期。
 - [11] 李希绩 1953 云南东川铜矿地质。地质学报, 33 卷 1 期。
- (未公开发表的资料从略)

SOME PROBLEMS OF METALLOGENESIS AND DISTRIBUTION OF THE MAIN COPPER DEPOSITS IN CHINA

Guo Wenkui* Chang Yinfo Huang Chongke

Abstract

Six important types of copper deposits have so far been recognized in China: (1) pyrite type; (2) copper-nickel sulfide type; (3) porphyry type; (4) skarn (in broad sense) type; (5) continental sandstone type and (6) marine stratiform type. Of these, the former four types are dominantly endogenic in origin, while the latter two dominantly exogenic. Being usually insignificant elsewhere in the world, the skarn copper deposits are however well developed in China. Porphyry copper ore has been playing increasingly an important part in reserve during the last decade and has now become the leading type.

Since the formation of an endogenic type of copper deposits usually resulted from the corresponding stage of tectono-magmatism of the regional geotectonic development and is also affected to a certain degree by the lithology and lithofacies of the related sedimentary rocks, different endogenic types present in the same region often appear to be related in time and space. There may be various sources of ore material, but the dominant portion of copper in those deposits of economic value seems to be originated from different periods of magmatism. At the closing of, and post to each period of magmatism, the whole process of copper mineralization as revealed by the successive mass production of different kinds of mineral assemblages is tentatively separated into four stages, i.e. silicate, oxide, sulfide and carbonate (and/or sulfate) stages. Copper ores form mainly in the sulfide stage. The known deposits are distributed in three metallogenic domains, namely, the northern, the eastern and the southwestern China metallogenic domains. Regional zoning of metal assemblages is evident. Take the Yenshanian (Mesozoic orogeny) metallogenesis in eastern China metallogenic domain as an example. Under the influence of concrete conditions of the historical development, including the relative stability of the earth crust and other factors, different metal assemblages appear from the North China platform to the Nanling mobile belt in such successive zones as: Fe(Cu); Cu and Fe; Cu(Pb, Zn, W and Sn); and W, Sn, Cu, Pb, Zn and Fe. The fundamental factors controlling the zonation are probably the characteristics of the uplifts and depressions concerned and the nature of the basements and their covers where the metals occur.

At the time of original sedimentation, exogenic copper deposits mostly formed at the periphery of old lands which had been subjected to prolonged erosion. Diagenesis and /or later metamorphism are of great significance to the formation of economic copper ore bodies. Taken as a regional character, those deposits occurring in different Proterozoic marine formations with various degrees of metamorphism play an important role in the exogenic copper ore type.

* Formerly Kuo Wen-kuei.