

中国硫化镍矿床成矿规律的研究与展望^①

汤中立 李文渊

(甘肃省地质矿产局)

内容提要: 中国硫化镍矿床主要分布于古大陆地壳的边缘地带以及古陆壳之间的增生褶皱带,成矿时代以元古代、晚古生代为主,多形成于拉张的地质环境。含矿岩体类型以拉斑玄武岩系列的侵入体为主,多为超镁铁岩或超镁铁、镁铁质杂岩体。成岩成矿的物理化学条件属还原的深成环境,硫多来源于地幔,少数矿床有壳源硫加入。深部熔离-贯入作用是主要成矿方式,岩体小、含矿率高,陡产状。可归纳为四种成矿模式。

主题词: 拉张环境 岩浆系列 深部熔离 硫化镍矿床 成矿模式

对中国硫化镍矿床成矿规律的研究,总体看来,由过去着重对单个镍矿床和局部成矿带的论述,走向了区域性乃至全国性的综合对比研究。但是在如何运用新观点阐明成矿地质环境、母岩岩浆系列以及各类矿床成矿作用的内在联系和模式等方面仍然是矿床地质学家们所关注的问题。

一、硫化镍矿床的时空分布规律

从目前世界已知的硫化镍矿床所处的大地构造环境来看,重要的硫化镍矿床在已查明的古洋壳残留体、蛇绿岩套内还无一发现。现代大洋调查^[1]也证实了这一结论。因此可以认为硫化镍矿床是大陆地壳范围内的产物。考查中国硫化镍矿床的分布,在大陆地块内有四类地区:①在古陆块(克拉通或微陆块)内部;②在古陆块边缘;③在陆块增生褶皱带靠近古陆块的边缘;④在陆块增生褶皱带中(图1)。其中以第二、三类地区为主,也就是说中国硫化镍矿床主要分布在不同古陆块的边缘及其外侧增生褶皱带中,例如金川、赤柏松、力马河、拉水峡、白马寨、红旗岭等矿床。应该指出,大多数地质学家都认为来自地幔的镁铁-超镁铁岩浆活动主要发生在地壳拉张环境中,而赋存于这种镁铁-超镁铁岩中的硫化镍矿床,显然不能例外。它应是大陆壳拉张环境的产物。因此,到蛇纹岩套中去找寻硫化镍矿床,看来是希望不大的。我国近年的一些研究进一步提供了这方面的证据。据李立等的资料^[2],通过大地电磁测深剖面测定,在攀西裂谷带轴部和龙门山断裂带上,出现了深部高阻异常,从十几公里向下延伸到70余公里或更深,这种深部高阻异常上还存在重磁异常,因此最可能是由基性、超基性岩引起的。这样大规模高阻异常的物质必然来源于地幔,它说明该区曾发生过地幔上隆、岩石圈变薄乃至破裂,大量熔融地幔岩上涌,堆积在上地幔顶部及地壳内,部分喷出地表。经2—3亿年时间,上涌到较高层位的地幔岩的温度已降至岩石圈的正常温度,

^① 本文为纪念《矿床地质》创刊十周年论文

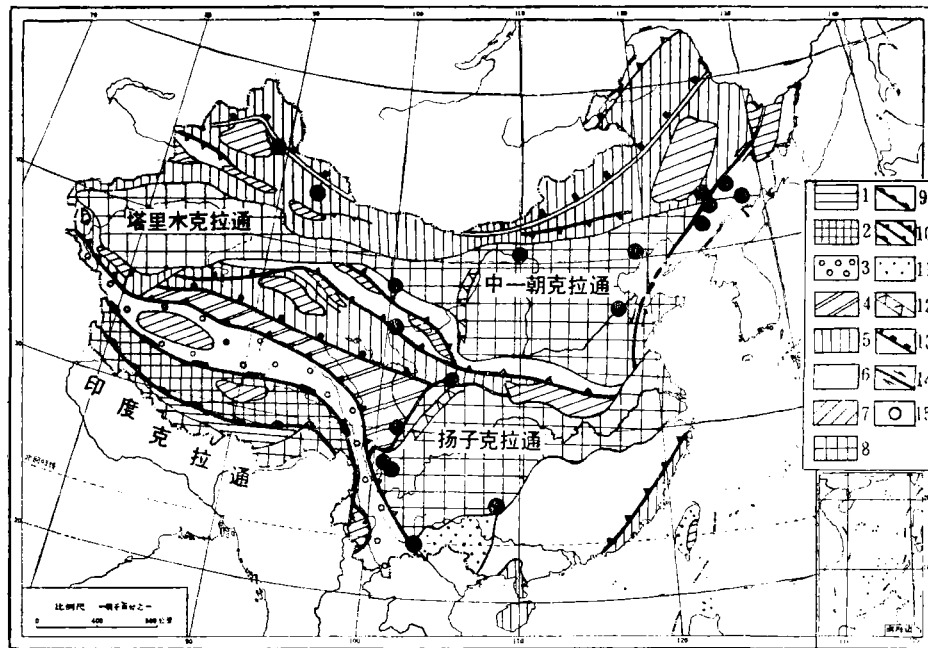


图 1 中国大地构造及硫化镍矿床分布概图

(据Zh. M. Chang, J. G. Lion, 1984年资料修改)

1—8—增生褶皱带：1—新生代（喜马拉雅）；2—白垩纪（晚燕山）；3—侏罗纪（早燕山）；4—三叠纪（印支）；5—晚古生代（华力西）；6—早古生代（加里东）；7—微古陆块；8—前寒武纪克拉通；9—欧亚板块与其它板块缝合线；10—消减带；11—叠置在古老褶皱带上的弧后和陆内盆地；12—叠瓦状山脉；13—郯庐横推断层；14—准噶尔—贺根山缝合线；15—硫化镍矿床

Fig. 1. Schematic geotectonic map of China showing distribution of nickel sulfide deposits. 1—8—Accretionary fold belts: 1—Cenozoic (Himalayan); 2—Cretaceous (Late Yanshanian); 3—Jurassic (Early Yanshanian); 4—Triassic (Indo-Sinian); 5—Late Paleozoic (Variscan); 6—Early Paleozoic (Caledonian); 7—Micro-old landmass; 8—Precambrian craton; 9—Suture line between Eurasian plate and other plate; 10—Subduction zone; 11—Rear arc and intracontinental basin superimposed on old fold belt; 12—Imbricate mountain; 13—Tancheng-Lujiang transverse fault; 14—Junggar-Hegenshan suture zone; 15—Nickel sulfide deposit.

它已低于地幔岩的固相线，地幔岩固结，失去了熔融地幔岩的低电阻率特征而形成了现今的高密度、高电阻率的异常带。它可能是该区曾经发生过裂谷过程的证据。攀西地区的一些硫化镍矿床，如力马河等与这一深部高阻异常以及本区最重要的一次成矿密切相关。又如金川矿床所处中朝古陆块西南缘，在元古代沉积中发现古裂谷残存的垮塌堆积及其碎屑流沉积，同时发现了裂谷性质的拉斑玄武岩，金川矿床应是大陆边缘裂谷的产物。还有大坡岭含镍科马提岩的成岩构造背景，亦认为系元古宙古扬子板块南缘拉张环境^[3]，由于不断拉张，中期张裂下切地幔，致使大量科马提质岩浆上侵。国外西澳大利亚地盾硫化镍矿床的构造环境研究，例如Kambalda、Agnew等矿床，亦认为形成于裂谷带扩张阶段。

众所周知，大陆板块中的增生褶皱带是大洋板块消减、板块间碰撞的产物，是地壳收缩或被挤压的环境。这种环境显然不利于硫化镍矿床形成。大陆板块增生褶皱带中硫化镍矿床的存在，并不表明它形成于大陆板块的增生时期，可能形成在此时期前后。在洋壳消减前可能为一种大陆边缘弧后盆地等拉张的环境，在板块增生期以后，也会出现扩张的环境。白文

吉等^[4]提出的盆地扩张迫使邻近山脉隆升的观点, 其实就是这种认识。黄山—土墩硫化镍矿床的形成可能就是后一种情况。分布于增生褶皱带, 靠近古陆块边缘的硫化镍矿床, 也适用于上述两种解释, 如红旗岭、白马寨矿床等。硫化镍矿床的形成环境, 不是单一的断裂问题, 应该强调区域背景的重要性, 不论是生长在古陆块内, 还是产出于古陆块构造边缘的硫化镍矿床。

中国硫化镍矿床的成矿时代, 主要为元古代和晚古生代(表1)。与国外同类矿床相比, 形成时间较晚, 这可能与中国大地构造演化有关。形成于克拉通边缘的硫化镍矿床, 形成时间普遍较早, 多为元古代。从大地构造背景分析, 反映了元古代中国古陆块边缘分裂活动比较强烈, 岩浆活动、地幔物质上涌显著。产出于增生褶皱带及其靠近古陆块边缘的硫化

表1 中国硫化镍矿床时空分布表

Table 1. Temporal-spatial distribution of nickel sulfide deposits in China

矿床名称	大地构造位置			形成时代
	主构造单元		次构造单元	
铜 洞 子	古陆块内部	中朝克拉通	燕山台褶带	中生代
桃 科		中朝克拉通	山东隆起区	中生代
金 川	古陆块边缘	中朝克拉通	阿拉善边缘台隆	中元古代末期
拉 水 峡		中祁连微型陆块	陆块南缘	早古生代
力 马 河		康滇微型陆块	陆块中段南缘	晚古生代
冷 水 菁		康滇微型陆块	陆块中段南缘	晚元古代
大 坡 岭		江南微型陆块	陆块南缘	中元古代
小 南 山		内蒙微型陆块	陆块南缘	晚古生代
赤 柏 松		胶辽微型陆块	陆块边缘	早元古代
红 旗 一	靠近古陆块边缘的陆块增生褶皱带	天山—图们增生褶皱带	张广才岭优地槽褶皱带	晚古生代
红 旗 七		天山—图们增生褶皱带	张广才岭优地槽褶皱带	晚古生代
漂 河 川		天山—图们增生褶皱带	张广才岭优地槽褶皱带	晚古生代
算 项		天山—图们增生褶皱带	延边褶皱带	晚古生代
白 马 寨		可可西里—金沙—哀牢增生褶皱带	哀牢山褶皱带东缘	晚古生代
杨 柳 坪		可可西里—金沙—哀牢增生褶皱带	巴颜喀拉地槽褶皱带	晚古生代
黄 山	陆块增生褶皱带	天山—图们增生褶皱带	北天山优地槽褶皱带	晚古生代
喀拉通克		天山—图们增生褶皱带	东准噶尔褶皱带	晚古生代
煎 茶 岭		昆仑—秦岭增生褶皱带	摩天岭褶皱带	早古生代

镍矿床, 除煎茶岭外, 均形成于晚古生代, 可见中国境内华力西期整体上处于挤压应力条件下, 局部增生褶皱带却呈现为张应力的环境。古陆块内产出的硫化镍矿床不多, 可能形成于中生代, 反映了稳定地块活化的产物^[5]。

二、含矿岩体特征

1. 岩浆系列问题

世界上含镍镁铁-超镁铁岩体(流)的岩浆系列,基本上分属于拉斑玄武岩系列和科马提岩系列^[6]两种,钙碱性玄武岩系列较少。70年代以来国外随着科马提岩型硫化镍矿床的不断发现,对科马提岩的研究有了长足的进步。科马提岩的初始定义为Brook和Hart(1974)提出,后来证明有点过于严格,经Arndt等(1976)重新修订,认为它应是一种独特的火成岩系列,不是一种岩石类型,并把它和拉斑玄武岩系列、钙碱系列或碱性系列放在同样的地位来看待^[6]。Naldrett、Arndt和Nisbet(1981)^[7]将科马提岩系列依MgO含量分为纯橄岩(MgO>40%)、橄辉岩质科马提岩(MgO 18—24%)和玄武岩质科马提岩(MgO 9—18%)。尽管目前对科马提岩系列的岩石化学图解判定以及鬣刺结构的认识还存在分歧,但科马提岩作为一种有特色的与硫化镍矿床关系密切的火成岩系列,已得到人们的普遍重视^[8]。

表 2 成矿岩体分类

Table 2. Classification of ore-forming intrusive bodies

类 别	岩浆系列	岩体形态	成岩时期	实 例
与优地槽火山作用有关的侵入体 1. 闪长岩-辉长辉绿岩-辉石岩-橄辉岩体 2. 辉长辉绿岩-辉石岩体	科马提岩系列	岩床、岩盆	中元古代	大坡岭
与深断裂有关的侵入体 1. 超基性岩体 (1) 二辉岩-橄辉岩-二辉橄辉岩-纯橄辉岩体 (2) 二辉橄辉岩体 (3) 辉石岩-角闪橄辉岩-橄辉岩体 (4) 斜方辉石岩体 (5) 角闪岩体 2. 超基性-基性杂岩体 (1) 辉长岩-辉石岩-斜辉橄辉岩体 (2) 辉长岩-辉石岩-单辉橄辉岩体 (3) 辉长岩-辉石岩-二辉橄辉岩体 (4) 角闪辉长岩-斜长角闪橄辉岩体 (5) 角闪辉长岩-辉长苏长岩-辉长辉石岩-辉闪橄辉岩体 (6) 闪长岩-辉长岩-单辉橄辉岩体 3. 基性岩体 (1) 黑云角闪苏长岩-黑云角闪橄辉苏长岩体 (2) 辉长-辉绿岩体	拉斑玄武岩系列(铁质基性-超基性岩)	岩 墙 椭 圆 体 岩 墙 脉 状 体 透 镜 体 扁 柱 体 岩 床 漏槽状体 漏斗状体 透 镜 体 斜漏斗状 脉 块 状	中元古代 晚古生代 晚元古代 晚古生代 早古生代 晚古生代 晚古生代 晚古生代 晚古生代 晚古生代 晚古生代 晚古生代 中生代	金 川 长仁—獐项 冷水青 红旗七 拉水峡 红旗一 白马寨 杨柳坪 漂河川 黄 山 力马河 喀拉通克 铜洞子

中国硫化镍矿床含矿岩体多属拉斑玄武岩系列(图2),过去归并为铁质基性-超基性岩(表2)。除大坡岭含镍岩体图解 $Al_2O_3-FeO/(FeO+MgO)$ 和 TiO_2-MgO (图3)判别,属于科马提岩范畴外,目前已发现的与硫化镍矿床有关的科马提岩还很少。金川岩体,一直以拉斑玄武岩系列的认识占主导地位,近年来Keays、白文吉等(未发表),依据岩石

图2 A-F-M三角图解

(Macdonald, 1968)

TH—拉斑玄武岩系列; CA—钙碱性系列;

含镍岩体形成时代: 1—早元古代; 2—中元古

代; 3—早古生代; 4—晚古生代; 5—中生代

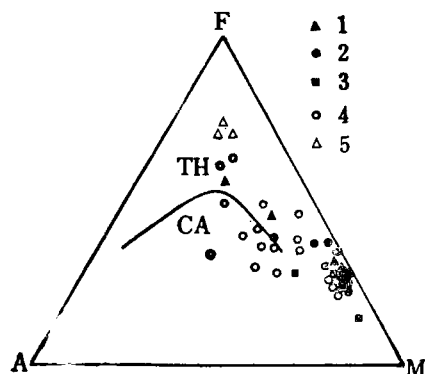
Fig. 2. A-F-M triangular diagram.

TH—Tholeiite series; CA—Calc-alkaline series;

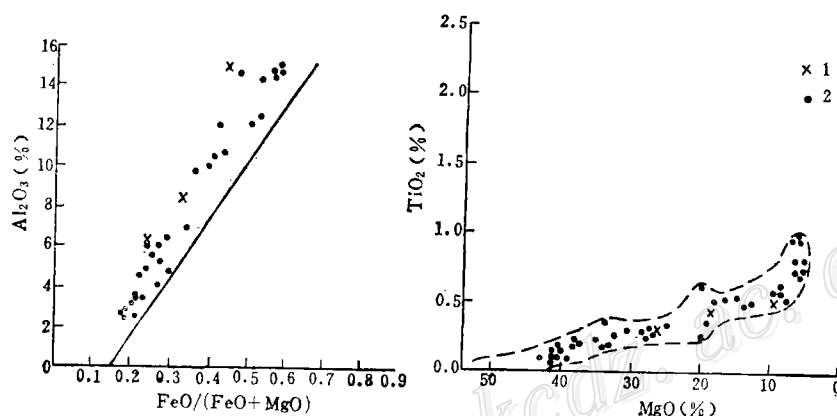
1—5—Formation time of nickel-bearing intrusives;

1—Early Proterozoic; 2—Middle Proterozoic; 3—

Early Paleozoic; 4—Late Paleozoic; 5—Mesozoic.



化学成分的研究, 提出新看法, 认为金川岩体是不具鬣刺结构的科马提岩质深成侵入体。但应指出, 科马提岩系列岩石的判别, 除了岩石化学标准外, 还应当考虑与熔岩并存, 可能的富含橄榄石的次火山通道等。因此, 金川岩体的岩浆系列还需进一步研究。

图3 大坡岭岩体 Al_2O_3 - $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO})$ 和 TiO_2 - MgO 图解

1—大坡岭岩体; 2—西澳科马提岩

Fig. 3. Al_2O_3 versus $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO})$ diagram (left) and TiO_2 versus MgO diagram (right).

1—Dapoling intrusive body; 2—Komatite from West Australia.

2. 岩石化学特征

中国含镍岩体(不包括已公认的科马提岩类)岩石化学以低 SiO_2 、 $\text{Mg}/\langle\text{Fe}\rangle$ ●比值, 较高的铁、碱、硫为特征。就目前发现的各类含镍岩体, 其 $\text{Mg}/\langle\text{Fe}\rangle$ 比值主要集中于0.5—5.5之间, $[\text{Mg} + \langle\text{Fe}\rangle]/\text{Si}$ 变化于0.2—1.6之间。 $\text{Mg}/\langle\text{Fe}\rangle$ - $[\text{Mg} + \langle\text{Fe}\rangle]/\text{Si}$ 图解, 多投影于镁铁区、镁铁质区和铁镁质区(图4), 与国外含镍岩体岩石化学的投影结论一致。

$(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ - SiO_2 变异图解, 主要落入Ⅱ、Ⅲ区, 少数位于Ⅳ区(图5)。同国外含镍岩体相比, 分布较国外要集中, 但主要落入Ⅱ、Ⅲ区的特征是相同的。科马提岩一般位于

● $\langle\text{Fe}\rangle$ 为全铁。

IV区, 大坡岭含镍科马提岩, $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 值在0.25—3.16%之间, SiO_2 在48.28—50.84%之间, 图解投影落入IV区。金川岩体的碱含量相对偏低, 酸度较低, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0.61\%$,

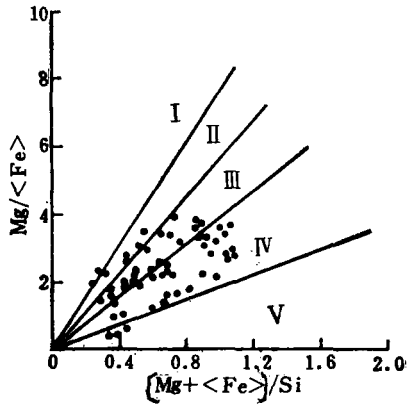


图4 $\text{Mg}/\langle\text{Fe}\rangle - [\text{Mg} + \langle\text{Fe}\rangle]/\text{Si}$ 图解

I—超镁铁区; II—镁铁区; III—镁铁质区; IV—铁镁质区; V—铁质区

Fig. 4. $\text{Mg}/\langle\text{Fe}\rangle$ versus $[\text{Mg} + \langle\text{Fe}\rangle]/\text{Si}$ diagram.

I—Ultramafic area; II—Mg-Fe area; III—Mafic area; IV—Femic area; V—Ferriiferous area.

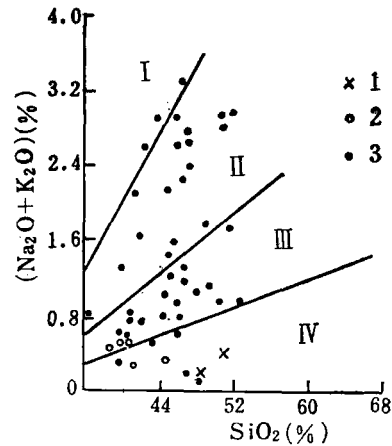


图5 $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ 图解

I—强碱质区; II—碱质区; III—弱碱质区; IV—贫碱质区; 1—大坡岭岩体; 2—金川岩体; 3—其他含镍岩体

Fig. 5. $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ versus SiO_2 diagram.

I—Strong alkalic area; II—Alkalic area; III—Weak alkalic area; IV—Poor alkalic area; 1—Dapoling rock body; 2—Jinchuan rock body; 3—Other nickel-bearing rock body.

SiO_2 在39—47%之间, 成分区落入III、IV区, 与国内大多数含镍岩体有较大差别, 而与大坡岭岩体近似。金川岩体就世界范围含镍岩体来讲, 可以说也是一种独特的、与众不同的含镍岩体类型。对其继续深入的研究是富有意义的。

三、成矿模式研究

岩浆熔离硫化镍矿床的成矿模式, 按照形成作用可以分为“就地熔离”和“深部熔离-贯入”两大类, 一般说来, 与科马提岩岩浆系列和拉斑玄武岩岩浆系列有关的硫化镍矿床都可包含这两类成矿模式。但是就中国的实际情况来说, 与前一岩浆系列有关的矿床实例是个别的, 它属于就地熔离形成; 与后一岩浆系列有关的实例很多, 主要皆属“深部熔离-贯入”形成的。

1. 科马提岩型(大坡岭型)

国外对科马提岩型硫化镍矿床的成矿模式研究较为深入, 已建立了一些定量的成矿模式^[6,7]。国内属科马提岩型的硫化镍矿床发现不多, 主要研究工作亦仅限于大坡岭岩体。大坡岭岩体是80年代才被确认属科马提岩的^[9], 它是浅成侵入体还是喷出的岩流^[10], 认识上尚有分歧。我们认为它属于科马提岩侵入岩床, 含矿岩浆注入现存空间后经熔离作用而形成矿的, 为典型的岩浆就地熔离矿床。关于这一成矿模式, 已有文章论述^[9,11], 本文不再重复。

2. 拉斑玄武岩侵入体型

中国已探明的硫化镍矿床, 大部分都产于这种类型的岩体中。研究工作也比较深入。单个矿床的成矿模式已多有探讨^[12,13,14], 积累了不少资料。近年来, 一些地质工作者对中国硫化镍矿床成矿模式提出了综合性认识, 比较重要的有俞传菁(1985)^[15]和汤中立、任端进(1987、1989)^[9,11]等。这些成矿模式的提出, 都特别强调中国硫化镍矿床的深部熔离-贯入(或深部分异)的成矿作用。

中国拉斑玄武岩侵入体型硫化镍矿床, 与国外同类矿床相比, 有较大差别。首先是岩石类型不同, 一些大型的硫化镍矿床的含矿岩体, 多呈基性程度较高的超镁铁岩或超镁铁-镁铁质杂岩, 赋存在基性程度较低的镁铁质岩体中的大型矿床, 目前还只有喀拉通克一个实例。而国外一些最大的矿床往往赋存于基性程度较低的岩体中, 例如辉长岩、苏长岩(Sudbury)、辉长辉绿岩(Noril'sk)等镁铁质岩体居多; 另一方面中国的这些岩体规模较小、含矿率高, 多呈陡倾斜的岩墙、岩脉、岩株或透镜状产出, 这一点与国外一些大矿床也很不同。如金川岩体出露面积1.3km²,

含矿率达47.6%; 喀拉通克一号岩体面积0.1km², 含矿率达60%^①; 红旗七岩体, 面积仅0.03km², 含矿率竟高达96%^[9]。我国有些小型矿床, 如铜铜子、拉水峡等也表现了类似的特征。因此认为, 中国这类硫化镍矿床的成因不可能是岩浆侵入之后就地熔离的, 它们主要是经“深部熔离-贯入”作用形成的。

这种“深部熔离-贯入”矿床按照现存矿床所反映的成矿作用与成矿方式已经划分为: 单式贯入、复式贯入、脉冲式贯入、晚期贯入四个亚类^[9,11]。在这个基础上, 考虑到这类矿床母岩浆的基性程度和其成矿作用密切相关, 进一步将它们划分为四种成矿模式: 即金川型、红旗七型、喀拉通克型和铜铜子型(图6), 此图表示了这四种模式的成矿作用与成矿过程。

已经有大量稳定同位素资料和稀土元素丰度、配分型式的研究资料证明, 这类矿床的原始母岩浆都来自地幔, 在它们上侵到达现存储

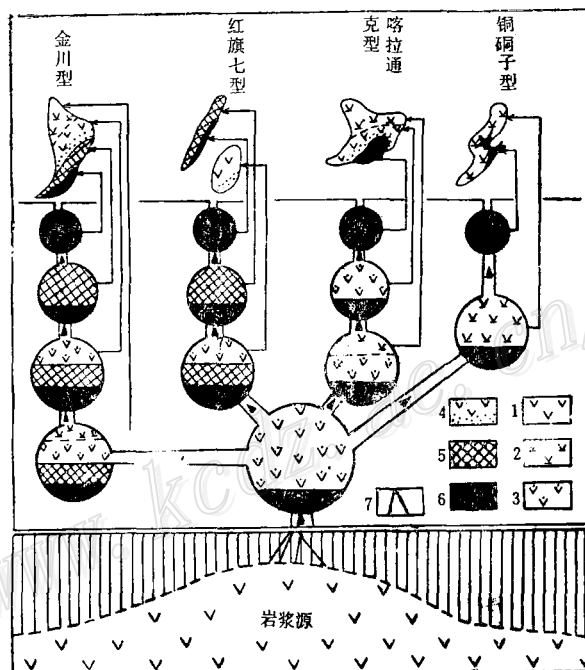


图6 成矿模式图

1—未分异的硅酸盐岩浆; 2—残余硅酸盐岩浆/早期侵入相; 3—含矿硅酸盐岩浆/再次侵入相; 4—就地熔离矿化; 5—富矿硅酸盐岩浆/海绵陨铁状矿体; 6—矿浆/块状矿体; 7—断裂

Fig. 6. Metallogenic model.

1—Undifferentiated silicate magma; 2—Residual silicate magma/early intrusive facies; 3—Ore-bearing silicate magma/reintrusive facies; 4—In-situ liquation mineralization; 5—Ore-rich silicate magma/sideronitic ore body; 6—Ore magma/massive ore body; 7—Fault.

① 据新疆地矿局资料

岩、储矿空间之前,曾经历过深部岩浆房阶段,岩浆在岩浆房中处于高温、压力相对较大的还原条件下,一般都发生过较充分的熔离作用和结晶分异作用而导致成矿。

深部岩浆房存在的可能性和现实性,不仅为中国这一岩浆系列的众多小岩体可以成矿甚至形成很大的矿床提供了合理的解释,而且在世界上某些著名大矿床(如Sudbury)的成矿研究中^[17],也承认在现存矿床的深部,存在着岩浆房。深部岩浆房中的成矿机制可以表述如下:

来源于地幔的岩浆,在地壳深部的某一部位注入岩浆房。这种岩浆应当具备较高的基性度和较富的Ni、Cu、Fe、S等矿质组分。由于来自地幔深处的岩浆温度很高,大致在1400℃以上,围压也很大,发生深部熔离作用,先分离出来的硫化物熔体,汇聚下沉于岩浆房底部,形成矿浆。随后大量晶出的橄榄石或斜方辉石则沉聚于底部硫化物层上,较后熔离的硫化物熔体下沉封存于橄榄石晶间或斜方辉石晶间,形成海绵陨铁富矿岩浆,还有一部分硫化物相散染于较上部硅酸盐岩浆中,这样在岩浆房中就自上而下形成了不含矿岩浆、含矿岩浆、富矿岩浆和矿浆的分层格局。

这种分层结构可以解释诸如金川、红旗七、力马河、白马寨等这样一些矿床的形成,这些矿床的一个共同特点就是海绵陨铁构造的矿石十分发育,往往是矿床中的主要矿石类型。这种矿石组成的矿体总是和基性度较高的橄榄岩类、斜方辉石岩类相伴生,并且多以单独的侵入相产出。因此推断深部岩浆房中,发育了一层海绵陨铁富矿岩浆。岩浆房中的分层结构型式与金川矿床的四期侵入体已经得到实际对应佐证。红旗七所示岩浆房中为三层结构型式,由于上部岩浆在上侵过程中分流到不同的储岩空间,只有下部的两层依次侵入现存空间成矿。分流出去的岩浆形成现存红旗岭岩群中的其他一些岩体,这些岩体多数不含矿,有的含浸染状矿化,但是这些矿化岩体究竟是岩浆侵入现存空间就地熔离形成还是深部岩浆房中的含矿岩浆侵入形成,现在还难予定论。因此推测红旗七之下至少存在三层结构的岩浆房。

如果注入深部岩浆房中的岩浆,含有较富的Ni、Cu、Fe、S等矿质,但其基性度却较低,岩浆的温度大致在1100—1200℃以上,在围压很大的深部,发生熔离作用,先熔出来的硫化物熔体,汇聚下沉于岩浆房的底部,形成矿浆。具有高液相线温度的橄榄石可能已经晶出,但为数不多,它们和后熔离出来的硫化物液点都散染于矿浆层上部的岩浆中,在岩浆房的上部主要是不含矿岩浆,这样就构成了像喀拉通克下部那种三层结构的岩浆房。另外一种情况,当注入岩浆房中的这类岩浆,处于长期的、稳定的条件下,熔离作用以及硫化物液点的汇聚下沉作用都进行得非常充分,致使在底部矿浆层之上直接覆以不含矿岩浆,形成像铜铜子下部的二层结构岩浆房。

后两种分层结构可以解释诸如喀拉通克、铜铜子、赤柏松、拉水峡以及国外如Sudbury、Noril'sk等这样一些矿床,这些矿床往往是以块状、半块状、脉块状、角砾状、细脉浸染状等这样一些矿石类型为主,这些类型的矿石主要是由深部熔离的矿浆,晚期贯入到上部先已形成的同源岩体的裂隙中、岩体的围岩裂隙中或构造破碎带中而形成。在这些类型矿石矿体的上部,往往发育有浸染状矿石(如铜铜子、拉水峡等)。这些矿床的一个共同特点就是不发育或不甚发育海绵陨铁构造的矿石,它们总是和辉长岩、辉长辉绿岩、苏长岩、橄榄苏长岩等这样一些基性度相对较低的镁铁质岩伴生。因此推断深部岩浆房中,不发育海绵陨铁富

矿岩浆。

由于深断裂的控制作用和深断裂活动的继承性和脉动性特点,导致岩浆房中各种岩浆和矿浆,在深部围压和内压的驱动下,沿深断裂上侵到达上盘的次级断裂裂隙中(即现存空间中)成岩成矿。

岩浆房中自上而下发育的岩浆、含矿岩浆、富矿岩浆和矿浆,它们的比重是逐次增加的。在上侵过程中,较轻的岩浆在前,较重的含矿岩浆、矿浆滞后,它们可沿相同的通道依次贯入到达同一储岩空间,也可以先是同道,后来彼此脱位,分别贯入不同的储岩空间。如果贯入同一储岩空间,后进入的岩浆或矿浆,往往由于重力滞后的原因,多就位于先期贯入岩浆的下部或根部(金川、喀拉通克)。红旗七模式则是主体富矿岩浆和矿浆与先期岩浆脱位后,贯入另一储岩空间的产物。铜铜子属于岩浆、矿浆两期贯入的简单模式,可能由于贯入的间隔时间较长,当后期矿浆贯入时,先进入的岩浆上部已经冷凝,导致矿浆在上部折向分枝贯入于岩体裂隙中。

在模式的阐述中,还应说明岩浆房内上层的岩浆和含矿岩浆在侵位到达现存空间的过程中和到达之后,都可能继续发生熔离作用和结晶分异作用,因此在矿床中的相应部位,有可能发育具就地熔离特征的底部矿体和上悬状矿体。至于含矿岩体围岩中发育的接触式矿体以及岩体中叠生的后期热液矿化,对这类矿床的形成虽然也很重要,但不具主要意义,本文未加讨论。

四、今后的展望

中国硫化镍矿床成矿规律研究,近十年来进展迅速,建立了硫化镍矿床的概念模式和定性成因模式,新发现了一批矿床,但就与国外同类矿床的研究对比来看,我们的研究深度和广度上还存在差距,还急需开展下列研究工作:

1. 加强对新类型硫化镍矿床的研究和寻找,如诺里耳斯克型矿床,其含镍量不仅大,还伴生有丰富的铂族元素,它产出于陆内裂谷环境,与大面积溢流玄武岩有密切关系。我国攀西裂谷带存在这种地质环境和岩石条件,加强研究是必要的。科马提岩型硫化镍矿床,是国外特别是西澳近20年来硫化镍矿床发现的主要类型,研究也较深入。我国亦陆续有此类型岩石发现,且找到了大坡岭矿床,但找矿前景不清。应结合我国地质条件,对国外同类矿床进行考察,争取对该类型硫化镍矿床的寻找有所突破。

2. 金川硫化镍特大型矿床,其类型和成因在世界硫化镍矿床中亦很独特,应加强科学研究,特别需要开展实验岩石学、同位素地质学、微量元素地球化学以及物化探找矿模型等方面的综合研究,解决成矿机制和找矿方法问题,建立定量的成矿模式,丰富和发展典型矿床的成矿理论。

3. 开展中国硫化镍矿床的成矿构造背景和成岩成矿时代的研究,运用现代构造理论探讨硫化镍矿床与大地构造演化的关系,探索其成岩成矿的深部机制和分布规律。

本文所作的综合论述,难免有所偏颇,谨望不吝指正。特别感谢宋叔和先生在百忙中审阅了全文。

参 考 文 献

- [1] 郭玉琨 1986 世界大洋地质学的主要问题 海洋地质译丛 第1期 第8—13页
- [2] 李立、金国元 1987 攀西裂谷带及龙门山断裂带地壳上地幔的大地电磁测深研究 物探与化探 第11卷 第3期 第161—169页
- [3] 杨丽贞 1990 桂北中元古代的科马提岩 中国区域地质 第1期 第20—22页
- [4] 白文吉、杨经绥 1985 论大陆盆、山构造格局、盆地扩张及其形成机制 长春地质学院学报 第4期
- [5] 陈国达 1978 成矿构造研究法 地质出版社 第290—294页
- [6] A. J. Naldrett和L. J. Cabri 1976 超镁铁岩及有关的镁铁岩:与镍的硫化物和铂族元素富集有关岩石分类与成因(傅荫平译 1982) 国外铂族金属矿床(论文集) 冶金工业出版社 第1—33页
- [7] N. T. Arndt和E. G. Nisbet, 1982 科马提岩(颜秉纲、王炳熙、白文吉译 1986) 地质出版社
- [8] 余传菁 1989 岩浆镍-铜-铂硫化物矿床研究新进展 地质与勘探 第7期 第6—9页
- [9] 汤中立、任端进 1987 中国硫化镍矿床类型及成矿模式 地质学报 第4期 第350—360页
- [10] 毛景文等 1988 桂北地区火成岩系列和锡多金属矿床成矿系列 北京科学技术出版社
- [11] 中国矿床编委会 1989 中国镍矿床《中国矿床》上册 地质出版社 第205—262页
- [12] 贾恩环 1986 金川铜-镍硫化物矿床成矿模式和成矿系列 地质论评 第32卷 第3期 第276—286页
- [13] 方华、姚家栋 1985 论岩浆深部分异在硫化镍矿床成岩成矿作用中的意义——以四川力马河硫化铜镍矿床为例 地质学报 第59卷 第2期 第141—154页
- [14] 王润民、刘德权等 1987 新疆哈密土墩—黄山一带铜镍硫化物矿床成矿控制条件及找矿方向的研究 矿物岩石 第7卷 第1期
- [15] 余传菁 1985 试论中国铜镍硫化物矿床成矿模式 地质与勘探 第1期 第1—14页
- [16] Croves, D. I., 1982, Tectonic Setting of the Sulphide Nickel Deposits of the Western Australian Shield, Sulphide Deposits in the Mafic and Ultramafic Rocks, p. 1-12.
- [17] Peredery, W. V., 1990, Geology and Ore Deposits of the Sudbury Structure, Ontario, Field Trip Guidebook, 8th IAGOD Symposium, p. 28-29.

STUDIES OF METALLOGENIC REGULARITY OF NICKEL SULFIDE DEPOSITS IN CHINA AND THEIR PROSPECTS

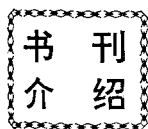
Tang Zhongli and Li Wenyan

(Bureau of Geology and Mineral Deposits of Gansu Province, Lanzhou, Gansu Province)

Abstract

Nickel sulfide deposits in China are mainly distributed along the margin of the old landmass and the accretionary fold belt on the outer flank of the old landmass. Most of these deposits occur in Proterozoic and late Paleozoic, being products of tensile mechanism of the continental crust. Ore-bearing intrusive bodies are chiefly of tholeiite series commonly in the form of mafic-ultramafic complexes. Petrochemically, they are characterized by low SiO_2 value and Mg/Fe as well as relatively high Fe , $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ and S . The exposed intru-

sives are small in area, They are strongly basic bodies with high ore potential and mostly assume steeply-dipping dykes, stocks and lenses. The ore-forming process took place under the physicochemical condition of high temperature, great depth and reduction, and sulfur came mainly from the mantle with crustal sulfur added to a few deposits. Deep liquation-injection seems to be the major form of mineralization. In conformity with styles of deep liquation and injection, nickel sulfide deposits of China might be assigned to four metallogenic models, namely Jinchuan type, Hongqizi type, Kelatongke type and Tongdongzi type, whose ore-forming styles are simple injection, complex injection, pulsation injection and late injection respectively.



热液矿床的矿源、水源和 热源及矿床分布规律

《热液矿床的矿源、水源和热源及矿床分布规律》是由矿床地质研究所季克俭副研究员等撰写的一部新的热液矿床成矿理论和预测专著。作者系统地对与岩浆活动有关的热液矿床的矿源、水源和热源方面的前人资料进行了综合,并开展了进一步的研究,以大量新的地质现象、资料数据或对已有资料作出新的解释的基础上,提出了成矿物质来自广义的围岩,热液水以大气降水演化而成的地热水为主,热源以与矿床相邻的浅部岩浆为主的三源热液成矿理论。该理论不仅能较好地解释热液矿床的基本特征,而且总结出矿床分布的新规律,如围绕水源或潜水盆地边缘分布和产于矿源区或沿矿源层(体)分布等。按此理论确定了新的预测准则和预测方法,即以矿源、水源和热源及它们的数量和空间位置为预测准则。介绍了具体的预测方法,并列举了三种源的判别标志和不同比例尺的预测实例。在较高研究程度地区,能预测:有无热液矿床;什么矿种的矿床;什么类型的矿床;多大规模的矿床;矿床的具体位置。预测的有效性已被实践证实,如书中编制了郴县幅(1:20万)预测图,在原先没有矿床的预测区内已查明了三个大中型矿床(界牌岭、田尾等)。按三源热液成矿理论对德兴银山深部矿的预测也得到了证实。

书中有关热液成矿基本问题及理论应用等许多方面属国内外首次提出,如:低克拉克值金属热液矿床周围存在成矿元素降低场;原生晕包括远比正晕大得多的负晕,负晕可用于找矿和评价成矿远景;热液矿床的成矿元素地球化学场系,从矿体向外依次为特高值场(矿化场)、偏高值场(正晕场)、低值场(负晕场或降低场)、中等值场(背景场或正常场);热液矿床的形成受地层和岩石的透水和含水性控制;许多热液矿床的重要控矿因素为岩体冷

(下转231页)