

深部找矿新进展对矿床成矿模式研究的意义

吕志成^{1,2}, 吕古贤³, 李永胜⁴, 颜廷杰², 张 志²

LÜ Zhi-cheng^{1,2}, LÜ Gu-xian³, LI Yong-sheng⁴, YAN Ting-jie², ZHANG Zhi²

1. 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871;

2. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037;

3. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 4. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083

1. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Development and Research Centre, China Geological Survey, Beijing 100037, China;

3. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;

4. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

摘要:一些典型矿床具有以下成矿模式:赣南钨矿的“五层楼+地下室”模式,云南老厂铅锌银多金属矿床的 VMS(火山成因块状硫化物)铅锌矿与斑岩钼矿同位叠加模式,四川省盐源县平川铁矿火山沉积(?)—次火山气液充填—交代矿床系列模式,江苏省南京市梅山式铁矿叠加后期火山—次火山热液金矿床的成矿模式,内蒙古毕立赫金矿斑岩—构造蚀变岩—浅成石英脉型矿化成矿系列模式(?),云南个旧锡矿热水沉积叠加岩浆期后热液成矿模式。近年国内对矿山深部和外围找矿的新发现具有重大的经济社会效益,对它们的成矿模式研究意义进行了总结。

关键词:危机矿山;深部找矿;成矿模式

中图分类号:P611; P612

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2011)04-0532-06

Lü Z C, Lü G X, Li Y S, Yan T J, Zhang, Z. New progress on deep prospecting for the meaning of metallogenic model research. *Geological Bulletin of China*, 2011,30(4):532-537

Abstract: The typical developments in mineral deposits included following ore-forming prospecting models: “five-storeyed+basement” type model of tungsten deposits in southern Jiangxi Province; VMS (Volcanogenic Massive Sulfide) Pb,Zn-polymetal deposits and porphyry molybdenum deposits isospatial superimposed patterns of Yunnan Laochang Ag,Pb,Zn-polymetal deposits; volcanic sediment (?)—subvolcanic gas-liquid filled metasomatic deposits series model of Pingchuan iron ore in Yanyuan, Sichuan, metallogenic model of Meishan type iron ore deposits in Nanjing, Jiangsu Province superimposed late volcano-subvolcano hydrothermal gold deposits; metallogenic series model of porphyry-altered rock-hypabyssal quartz vein-type mineralization of Bilihe gold ore in Inner Mongolia; hot-water sedimentary superimposed post-magmatic hydrothermal ore-forming mode of tin deposits in Gejiu, Yunnan. In recent years, new discoveries from domestic ore prospecting on deep and surrounding of mine are of great economic and social benefits, this paper summarized their research significance of metallogenic model.

Key words: crisis mines; deep mineral exploration; metallogenic model

危机矿山接替资源找矿专项是国家组织开展的政策性扶持的商业性地质工作。经过专项项目的实施,在老矿山周边或深部新发现并查明一批

新的隐伏矿床,提交了大量的资源储量,延长了矿山服务年限,取得了重大的社会效益。自 2004 年专项实施以来,随着矿山找矿工作向深部和外

收稿日期:2010-11-05;修订日期:2011-03-16

资助项目:国家自然科学基金项目《海相非碳酸盐岩沉积地层锶和硫同位素高分辨率地层学研究》(批准号:40473010)和全国危机矿山

接替资源找矿专项组织实施项目(编号:200699106)

作者简介:吕志成(1966-)男,博士,研究员,从事矿床学、地球化学等方面的研究工作。E-mail:zhichenglv@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

围的进一步拓展,一些新的成矿现象被揭示,对于典型矿床的成矿模式提出了新的问题和新资料。本文以现代成矿理论为指导,根据矿山深部找矿工作的新发现、新现象和新进展,对典型矿床的成矿模式提出一些粗浅的修改和完善的意见,以期引起同行学者的关注,推动典型矿床成矿模式研究,为矿山深部和外围找矿工作服务,提高从矿床走向矿田范围的勘探找矿水平的效果。

1 赣南钨矿的“五层楼”+“地下室”模式

20世纪60年代,中国地质工作者在寻找隐伏和半隐伏钨矿的找矿过程中,总结出钨矿的“五层楼”成矿规律,应用这些规律进行找矿取得了良好的效果。“五层楼”成矿模式^[1]形象地概括了钨矿具有从大脉小脉到细脉的分层特点,钨矿脉有从上部沉积岩到下部花岗岩的变化规律。但是,由于受当时探采和勘探深度的限制,对稀疏大脉带以下花岗岩体内部的矿化情况变化并未详尽涉及。近年湖南瑶岗仙钨矿杨梅岭矿段 ZK15 在 22 中段附近见 601# 钼钨矿脉,见矿水平厚度 2.17m,Mo 含量为 0.691%,为富钼厚石英脉型矿体^①。同时在矿脉的下盘见较厚的细脉型钼矿带和砂岩角砾型钼矿带,斜厚近 2m,钨、钼都达到了边界品位,在 179.37m(在 23 中段实施的坑内钻探)以下出露的花岗斑岩中发现了新类型的钨、钼矿和斑岩型钨钼矿,钨品位 1.32%,钼品位 0.77%。江西大余县荡坪钨矿随含钨石英脉向深部延伸,钼矿化逐渐增强,达到工业开采价值,也出现了钨、钼矿体的共生情况。同时,在深部花岗岩脉细晶岩和部分钻孔的隐伏花岗岩体中发现了钨、钼矿体的共生情况。除岩体外围的钨矿有垂直方向的“五层楼”分布之后,进一步证实了花岗岩体还有含矿“地下室”的存在,从而使钨矿找矿从“五层楼”模式发展为“五层楼+地下室”模式。这一发现对中国南岭地区钨矿床的深部和外围找矿具有重要的启示意义。

根据南岭和赣南地区钨矿深部勘探工程,大脉带向深部继续延伸,在花岗岩内已经发现矿体,深部隐伏花岗岩本身和侵入的细晶岩脉出现钼钨矿化,但是在岩体顶部尚未发现类似香花岭岩体顶部出现的蚀变花岗岩型矿化。此外,矿化元素也同步发生从钨矿化向钼钨矿化渐变,深部发现钼钨共生的矿体。这表明该类矿床有矿化元素的垂直分带性,这在以

前是没有发现的。

2 云南老厂铅锌银多金属矿床的 VMS 铅锌矿与斑岩钼矿同位叠加模式

云南省澜沧老厂铅锌银多金属矿床一直被认为是以火山岩为容矿建造或与火山岩有关的块状硫化物矿床(VMS)(图1)^[2]。2006年实施矿山深部找矿工作以来,在矿区继 ZK153101 钻孔揭露了钼矿化带后,ZK14824、ZK14827 钻孔均揭露了深部的钼矿(化)体。其中,ZK14827 钻孔孔深 1417.05m,按边界品位 0.03%圈定的工业矿体总长度 696.25m,平均品位 0.068%,矿体主要产于深部隐伏斑岩体(喜马拉雅期)和接触带内^②。深部隐伏斑岩体和岩浆型钼矿的发现引发了学者们对该矿床成因模式的争议。斑岩型或岩浆型成矿系统的存在已是事实,如果考虑前人的石炭纪的块状硫化物成矿系统,则应是 2 个成矿系统的叠加。

朱裕生等^[3-4]强调“成矿系列”的“缺位找矿”理论,在多年前建立了“同位成矿”理论。在前人的理论

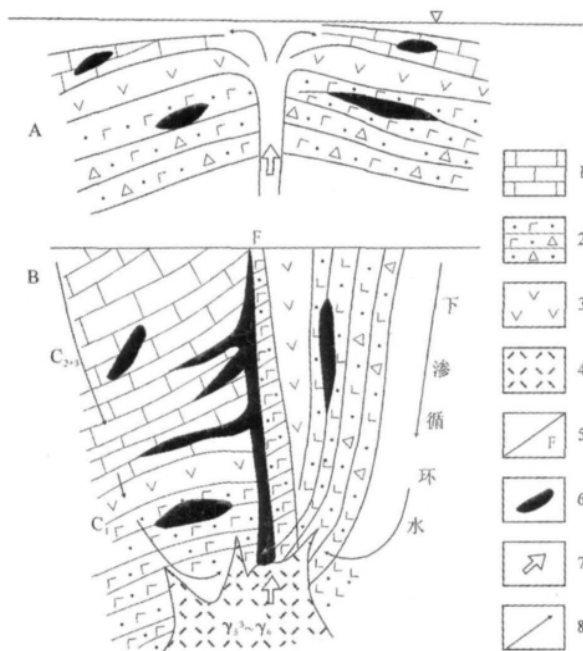


图1 老厂矿床成矿过程和成矿模式(据参考文献[2]修编)

Fig. 1 Geological map of the ore-forming process and mineralization model in Laochang deposit

A—石炭纪—二叠纪火山喷发(流)与热水沉积;B—燕山期—喜马拉雅期岩浆热液成矿作用叠加;1—碳酸盐岩;2—安山质火山碎屑岩;3—玄武岩;4—花岗岩;5—断裂;6—矿体;7—岩浆气液运动方向;8—大气降水下渗循环方向;C₂₃—中上石炭统;C₁—下石炭统

认识的基础上,可以对上述新发现给予验证和深化。韩润生等认为,澜沧老厂矿床是 2 套主要成矿系统、多种有利成矿要素有机耦合的结果,具多成矿动力学环境、大时间间隔和多类型成矿作用同位叠加的显著特征,是多种构造环境演变过程中形成的火山喷流沉积+隐伏斑岩热液成因为主的矿床,并将其成矿模式归纳为“双成矿系统同位叠加模式”^①。

3 四川平川铁矿的火山沉积(?)—次火山气液充填—交代矿床系列模式

平川铁矿矿山梁子矿段铁矿主要分布于矿山梁子向斜轴部(破火山口构造火山口相)沉积—火山杂岩层间破碎带、剥离构造和弧形断裂中,受构造和一定层位的控制。矿体与围岩呈充填—交代接触,个别矿体产于大板山杂岩体辉绿辉长岩(岩枝)外接触带碳酸盐围岩中。矿区内共划分出 、 -2、 -3、 -4、 -1(1)、 -1(2)、 -2、 -3、 等 9 个矿体。主要矿体 矿体北段主要赋存于栖霞组中上部(P_1^2 ,矿体浅埋部分)和栖霞组(P_1^2)与茅口组(P_1^3)之间(深埋部分),部分赋存于茅口组(P_1^3)中;南段赋存于平川组(P_1^4)顶部与辉绿岩—苦橄玢岩接触部位。几个次要矿体 -2、 -3、 -4 主要赋存于辉绿岩—苦橄玢岩中, -1(1)、 -1(2)、 -2、 -3 矿体赋存于上二叠统峨眉山玄武岩组(P_2^1)下部或上二叠统峨眉山玄武岩组与辉绿岩—苦橄岩的接触部位, 矿体赋存于大板山杂岩体辉绿辉长岩(岩枝)外接触带 F12 层间破碎带中。

根据矿床特征,矿床可分为 3 种成因类型。^①高温气液接触交代型铁矿床:道坪子矿段和矿山梁子

矿体属此类型,矿体产于大板山杂岩体辉绿辉长岩与碳酸盐岩内外接触带中,为含矿气液通过交代作用成矿的。矿石含铁不均匀,属中—贫矿,脉石矿物以硅酸盐类矿物为主,该类型矿床可称为道坪子式铁矿。^②次火山气液充填—交代铁矿床:以矿山梁子矿段 、 、 矿体为代表,即矿山梁子式铁矿。^③火山喷发—沉积铁矿床:苦荞地矿段矿体属此类型,铁矿产于矿山梁子破火山口构造近火山口凝灰岩、铁质层凝灰岩中。为含铁火山碎屑物、磁铁矿尘埃随火山喷发以沉积方式经水下分解淋滤沉淀成矿。矿石含铁不均匀,多为贫矿,矿体规模小、分散,工业利用价值小。

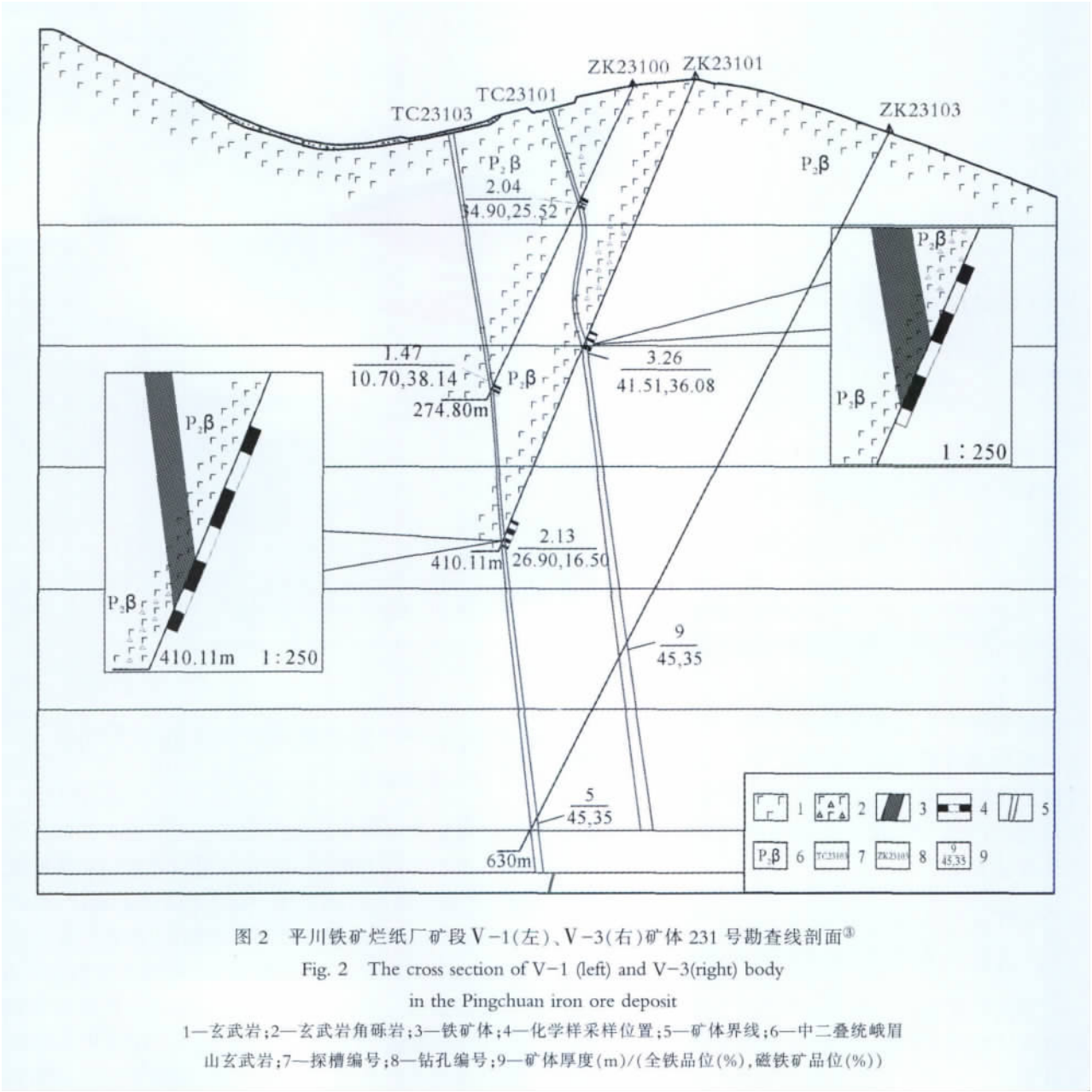
2007~2009 年,实施四川省盐源县平川铁矿接替资源勘查工作,在矿山外围烂纸厂矿段上二叠统峨眉山玄武岩组中找到成型的磁铁矿床,并达到中型矿床规模,提交 332+333 铁矿矿石资源量 $2400.6 \times 10^4 \text{t}$,平均品位 TFe33.50%,MFe22.00%^③。这也是首次在川西南玄武岩分布区探获的中型规模铁矿床。据四川省冶金地质勘查院提交的普查报告(图 2),新发现的烂纸厂矿段,矿带长 6.5km,呈似层状产出,由 -1、 -2、 -3、 -4、 -5 五个矿体组成,呈南北走向,倾角 $75^\circ \sim 90^\circ$,北段总体东倾,局部西倾,南段西倾,局部东倾。矿体产于峨眉山玄武岩组下段的致密状玄武岩与玄武质角砾岩接触带附近,矿体与围岩界线清楚,局部呈渐变接触关系。其中 -1 号矿体为主矿体, -2、 -3、 -4 号矿体平行分布在主矿体两侧, -5 号矿体位于主矿体南部,为其沿层位或构造的尖没再现^③。矿石具微粒结构、晶粒结构、变晶结构;以稠密浸染状构造—致密块状构造、中等—稠密浸染状构造为主,其次为条带状构造、斑点状构造、角砾状构造。主要金属矿物为磁铁矿,次为赤铁矿,少量黄铁矿、黄铜矿、假像赤铁矿、穆磁铁矿、钛磁铁矿、纤铁矿、针铁矿等,地表有褐铁矿、磁赤铁矿;脉石矿物主要为绿泥石,次为石英、方解石、斜长石,少量角闪石、蛇纹石、黑云母、绢云母、高岭土等。

值得一提的是,仅在矿山探矿权范围内,在苦荞地与烂纸厂之间发现了与烂纸厂铁矿类似的地表铁矿体,苦荞地、烂纸厂和马老大梁子 3 个矿段是同一层位、同一构造带中的同类型铁矿,矿带长度大于 10km。若继续开展勘查工作,矿床规模有望进一步扩大,找矿前景好。

烂纸厂矿段铁矿床的研究深度有待于进一步深化。这一中型规模的工业可利用铁矿床的发现,对中国西南大面积二叠纪峨眉山玄武岩分布区的铁矿找矿具有重要的借鉴意义,对完善与二叠纪岩浆活动有关的铁矿成矿模式也有重要意义。

4 南京梅山式铁矿叠加后期火山—次火山热液金矿床的成矿模式

根据宁芜地区玢岩铁矿的成矿模式,梅山式铁矿为次火山岩体与火山岩接触带上下高温气液交代充填矿床和矿浆充填矿床,具透辉石—石榴子石—磷灰石—磁铁矿组合。最近实施的梅山铁矿接



替资源找矿项目中,在梅山铁矿层顶部硅化、黄铁矿化、碳酸盐化凝灰岩、沉积凝灰岩、凝灰角砾岩中发现了金矿体(图 3),同时这一层位也是梅山铁矿层顶部普遍存在的一个“近矿指示蚀变带”。据江苏省地质矿产局第一地质大队项目成果资料,ZK4101 钻孔在 392.20~407.80m 处见到金处矿化 15.60m,平均品位 0.97g/t,其中大于 1g/t 的 9.41m,单样最高品位 2.34g/t;ZK4121 钻孔在 406.28~414.77m 处见金矿层 8.49m,平均品位 1.88g/t,单样最高 4.98g/t。目前初步估算新增 333 金矿资源量(金属量)2.85t^④。

宁芜地区铜金矿主要有铜井地区的铜井式铜矿,主要矿床类型均属火山-次火山热液型矿床。矿化与偏碱性、碱性火山活动有关,受区域构造裂隙或火山构造裂隙的控制,矿体一般呈脉状沿构造破碎带或破火山口构造成群出现,陡倾斜产出,与围岩界线清楚。矿石组合常为铜、金、多金属矿物与石英(重晶石、碳酸盐矿物)组合,多属中-低温热液充填型。典型矿床有铜井金铜矿(中型)、观山铜铅矿(小型)、谷里铜矿(小型)、金驹山金矿(小型)等。梅山铁矿矿体顶部层位发现的含金蚀变带与铁矿的密切关系可能反映铁矿和金矿是同

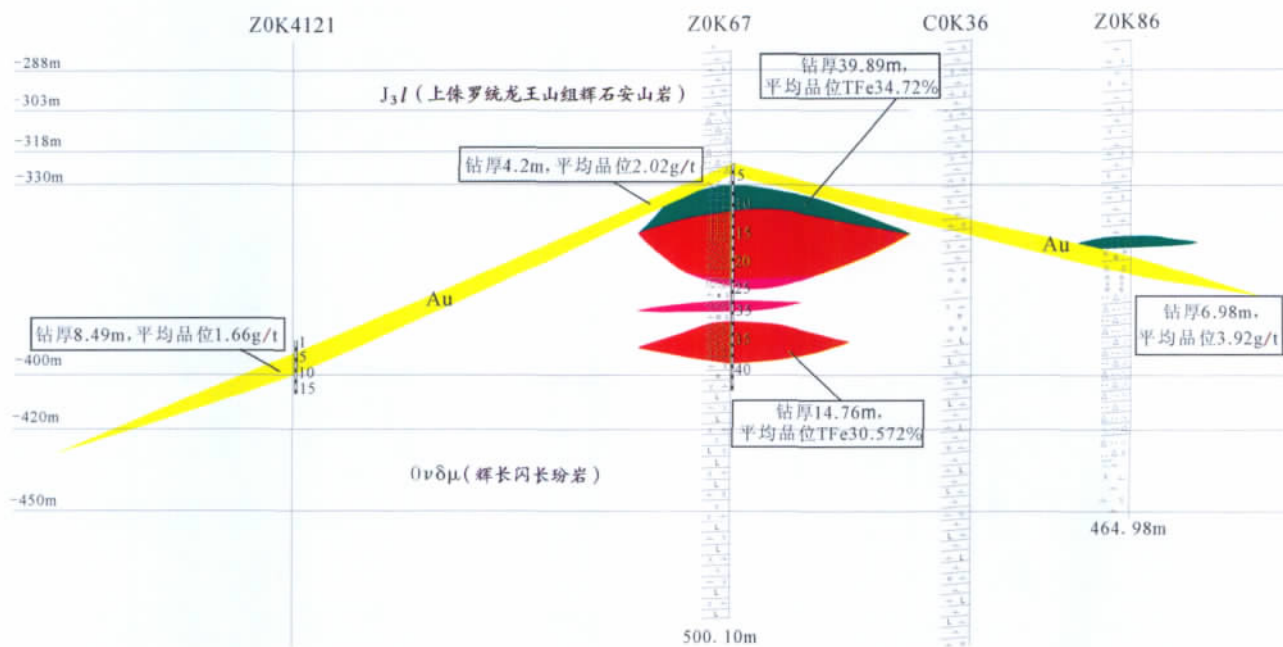
图3 梅山铁矿412号勘查线剖面示意图^④

Fig. 3 The section along No.412 exploration line in the Meishan iron ore deposit

一岩浆热液不同演化阶段形成的产物，当然目前也不能排除后期热液叠加成矿的可能。尽管目前对铁矿化和金矿化成生关系的认识还有待于进一步深化，但这一发现对宁芜地区玢岩铁矿的找矿不乏指导意义。

5 内蒙古毕立赫金矿斑岩-构造蚀变岩-浅成石英脉型矿化成矿系列模式

早期勘查和研究认为，毕力赫金矿床赋存于晚侏罗世玛尼图组火山、次火山、火山碎屑岩系和隐爆角砾岩中，从基性的玄武岩到酸性的流纹岩构成一套含金火山建造。其中的蚀变火山岩、次火山岩、角砾岩是主要的含金地质体，又是赋矿的直接围岩。主要岩性有安山质角砾熔岩、安山玢岩质角砾熔岩、闪长玢岩、热液角砾岩、蚀变玄武质角砾岩等。矿体的形态特征也表明其与火山机构关系密切。卿敏等通过对矿区深部、外围勘查和典型矿床解剖研究后认为，毕力赫金矿的成矿作用与海西期岩浆活动有关，成矿流体的性质、矿体空间产出与浅成花岗闪长斑岩关系密切^①，在此基础上建立了矿田“斑岩-构造蚀变岩-浅成石英脉型矿化类型-一体化”成矿模式。

6 云南个旧锡矿热水沉积叠加岩浆期后热液成矿模式

关于个旧锡矿的成因模式，随勘查工作的进展和研究工作的不断深入，先后提出岩浆期后热液成矿、三叠纪同生沉积矿床、层控型锡多金属矿、热水沉积成矿、热水沉积与岩浆热液叠加、改造的复合成因矿床等不同观点^[5]。秦德先等^[6]提出了个旧锡矿3个成矿系列，即印支中晚期弧后裂谷盆地海底基性火山-沉积锡-铜-锌(金)成矿系列、印支中晚期海底喷流热水沉积锡-铜-铅-锌-银成矿系列和燕山中晚期花岗岩作用叠加改造的锡-铜-钨-铋-铍-铅-锌-银成矿系列。提出了“裂谷背景火山沉积-喷流沉积-花岗岩叠加改造”成矿模式。在空间上建立了“两楼一梯”的矿体结构模式，即“下层楼”为印支中晚期海底火山-沉积矿床系列，“上层楼”为印支中晚期海底喷流-沉积矿床系列，“一梯”为燕山中晚期花岗岩叠加改造矿床系列。毛景文等^[5]认为，个旧锡矿海底喷流成矿作用缺少充要的证据，个旧锡矿田的矿床模型以白垩纪花岗岩(包括等粒花岗岩和斑状花岗岩)的隆起部位为核心，出现云英岩型、矽卡岩型、锡石硫化物型和脉状网脉状石英电气石

型矿化;成矿元素分带有:Sn、W、Mo、Bi、Sn、Cu和Sn、Pb、Zn;当围岩是三叠纪玄武岩时,沿玄武岩层内裂隙或与三叠纪法郎组碳酸盐岩的接触界面发育铜矿化,从白垩纪岩体向外元素分带为:Sn、Cu、W、Mo、Cu、Sn和Cu、Pb、Zn,铜主要来自玄武岩,而铅锌来自碳酸盐岩。黄智龙等通过对层状透辉石岩和“层间氧化矿”的研究,认为层状透辉石岩为印支晚期热水交代成因,与其互层产出的部分大理岩也为同期热水交代成因^①;“层间氧化矿”的主体不是后期地下水氧化淋滤原始的硫化矿而形成的,是原始的含粘土的铁氧化物沉积成矿的产物。关于个旧锡矿,在总结研究成果的基础上,结合矿山实际,提出了锡矿化的5种类型,即电气石型、断裂与层间破碎带型、矽卡岩型、玄武岩型和蚀变花岗岩型,在此基础上建立了个旧锡矿的成因模式。

7 矿山深部的新发现对研究矿床成矿模式的启示

除了以上介绍的系列之外,近阶段还有许多重要的进展,例如在山东沂南县沂南金矿发现铜矿,云南澜沧铅矿深部发现钼矿,广东大宝山发现斑岩型钼矿,内蒙古金厂沟梁金矿发现铜矿,河南大湖金矿深部发现钼矿,梅山式铁矿发现金矿,河北迁安铁矿深部发现富铁矿,××铀矿深部发现钼矿,广西龙水金矿探明大型铅锌矿,四川平川铁矿烂纸厂矿段发现铁矿,等等。

(1)矿区深部和外围发现新的矿床类型或矿种,加深了对深部矿床系统结构和分带性的认识,拓宽了找矿思路,提出了新的找矿方向。

(2)这些进展也对矿床成矿理论的研究和已有矿床成矿模式的再认识提出了新要求。从系统论的观点出发,结合矿山深部和外围找矿的新发现,重新

认识矿床的成矿规律、成矿系统的发育深度和不同类型矿床的分带、叠合规律^[7],完善已有矿床的成矿模式,进而指导矿山深部和外围找矿工作,是成矿模式研究的一个重要内容。

(3)从矿床的角度走向矿田,从单个的矿床成矿模式发展为典型矿床成矿模式之间的组合模式,从构造体系控矿发展为构造成矿系列的阶段,这对于认识成矿系列控矿的规律,深入总结和认识矿床的成矿规律,提高对深部矿床成矿理论的认识和指导矿产资源勘查实现重大的突破,解决矿产资源可持续供应等问题具有重要的理论和实践意义。

参考文献

- [1]袁见齐,朱上庆,翟裕生.矿床学[M].北京:地质出版社,1985:113-167.
- [2]叶庆同,胡云中,杨岳清,等.三江地区区域地球化学背景和金银铅锌成矿作用[M].北京:地质出版社,1992:59-67.
- [3]朱裕生,肖克炎,梅燕雄,等.矿产预测方法[M].北京:地质出版社,1997:1-4.
- [4]朱裕生,肖克炎,宋国耀.强化成矿规律研究,提高调查评价效益[J].中国地质,2000,(6):38-41.
- [5]毛景文,程彦博,郭春丽,等.云南个旧锡矿田:矿床模型及若干问题讨论[J].地质学报,2008,82(11):1455-1467.
- [6]秦德先,谈树成,范柱国,等.个旧—大厂地区地质构造演化及锡多金属成矿[J].矿物学报,2004,24(2):117-123.
- [7]翟裕生,邓军,李晓波,等.区域成矿学[M].北京:地质出版社,1999:23-25.
- ① 全国危机矿山接替资源找矿项目管理办公室技术管理处.全国危机矿山接替资源找矿专项2009年度成果报告.2010.
- ② 云南省有色金属308地质队.澜沧老厂铅锌银多金属矿接替资源勘查报告.2009.
- ③ 四川省冶金地质勘查院.四川省盐源县平川铁矿接替资源勘查报告.2009.
- ④ 江苏省地矿局第一地质大队.江苏省南京市梅山铁矿接替资源勘查报告.2009.