

卡林型-类卡林型金矿床勘查与研究回顾及展望

张复新 肖 丽 齐亚林

(1. 西北大学大陆动力学教育部重点实验室; 西北大学地质学系 陕西 西安 710069)

摘要:20 世纪 60 年代美国西部发现超大型卡林金矿及 1000 余千米的成矿带,引起世界各国重视,70 年代卡林金矿找矿理论传入中国,经历了找矿实践和初步研究的认识时期,中国陕西与贵州同时发现卡林型金矿线索;80 年代中后期中国找矿有重大突破,勘查确定了包含 40 多例大、中型卡林型-类卡林型金矿床,分布于环扬子地台的“西北金三角”和“西南金三角”,典型矿床研究取得较大进展;90 年代找矿勘探又上一新台阶,除继续发现一批矿床外,成功勘查出数例特大型该类矿床,对矿床成因、成矿机理、矿床类型与成矿动力学进行综合性研究;跨入新世纪仍有金矿床的不断发现,显示出中国西北、西南地区寻找卡林型-类卡林型金矿床的巨大潜力和良好前景。

关键词:卡林型-类卡林型金矿床;找矿与研究;回顾与展望

中图分类号:P 618.51 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2004)04-0406-07

卡林型金矿床是长期以来未被人们认识与开发利用的一类独立的、有较大远景的金矿类型。从发现第一例卡林型金矿起,人们就不间断地研究与找寻它,在给人们带来巨大资源财富的同时,丰富了当代金矿理论,促进了矿床学的发展。然而,至今关于该类金矿的概念、形成机制、矿床成因、类型变异及成矿规律等,在某种程度上认识混乱,导致某些观点分歧,加之矿床发现较晚,产出地质背景复杂,研究难度较大,造成诸多的学术与找矿方向上的问题与争论。卡林型金矿床已成为世界四大金矿类型之一,在加紧研究与勘查的同时,进行阶段性的总结,不断统一认识,新一轮的深化研究与找矿开发势在必行。

1 国际卡林型-类卡林型金矿勘查与研究的进展及问题

1.1 首例卡林型金矿床发现

卡林型金矿的勘查活动始于上世纪 60 年代,由 R. J. 罗伯茨对前人资料和对内华达州中北部老的金-银、铅-锌、汞-锑矿区矿化分带认识以及地质构造综合研究,提出沿断层分布的构造窗是寻找金矿化的有利地区。以后首先在林肯构造窗进行地质、地球化学填图、化探采样分析,发现 As、Hg、Sb 与 Au 伴生与共生,以这些指示元素圈定了异常区,并

于 1962 年钻探验证,第三钻就获得 24 m 厚、 34×10^{-6} 品位的矿体,宣告卡林金矿的发现。

1.2 卡林型金矿给予的重要启示

认识了一种新的金矿类型,给人们另一重要启示是,在有利的构造、岩性条件下,使用化探方法,利用 Au、As、Hg、Sb、Ba 等微量元素的异常是发现这类金矿行之有效的方法。在随后的 10 多年里,在美国西部内华达州勘查成功 1000 余千米、包含 20 多例金矿床的卡林金矿带。几乎所有金矿床都是用 Au、As、Hg、Sb、Ba 等化探方法发现的。勘查出一系列大型-超大型卡林型金矿床^[1-4],金的储量超过 2×10^6 kg,轰动了整个矿业界。新的金矿类型的诞生,受到世界各国重视,标志着全球找金步入新的里程碑。

1.3 国际该类金矿研究及勘查进展

上世纪 70 年代中后期卡林金矿理论传入中国,借鉴美国卡林金矿找矿经验,很快在秦岭^①(二台子、双王)和贵州^②(板其)发现该类金矿线索。80 年代末期,在我国扬子地台西北(陕甘川)、西南缘(滇桂黔)发现一批卡林型金矿床,“西北、西南金三角”初具雏形,显示出世界范围内寻找卡林型金矿床的巨大潜力和良好前景。

除此之外,在北美东部阿巴拉契亚山脉南卡罗来纳州、南美秘鲁、亚洲东南亚地区,中国湘中、鄂南、吉林等地有零

收稿日期:2003-12-18;改回日期:2004-08-18

基金项目:陕西省自然科学基金项目(SJ-2001026)资助。

作者简介:张复新,男,1945 年生,教授,博士生导师,从事矿床地质、地球化学、岩石学教学与研究工作。

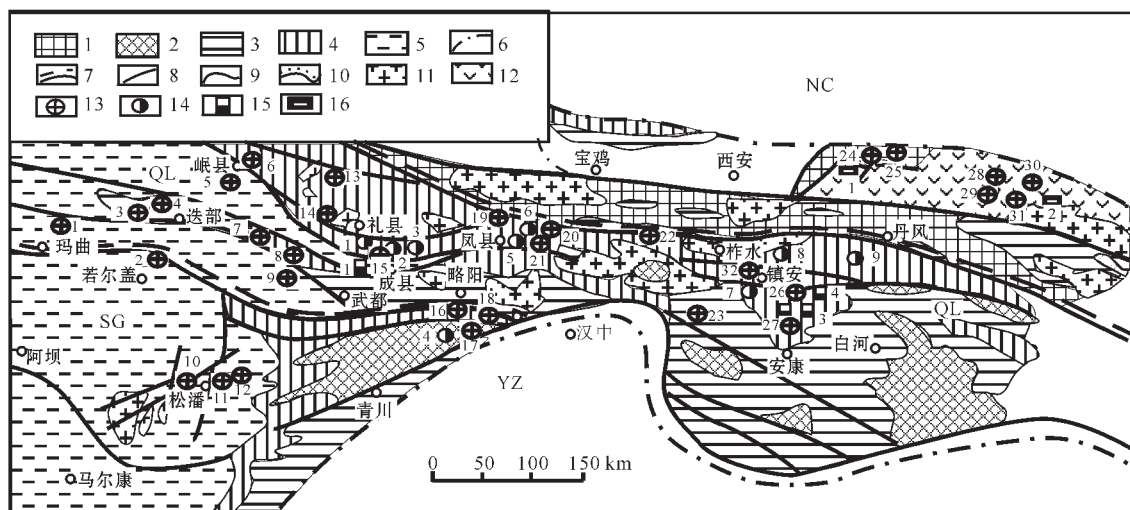


图 1 秦岭造山带及邻区构造地质及矿产分布略图

NC—华北地台;QL—秦岭造山带;YZ—扬子地台;SG—松潘—甘孜构造带;1—新太古代—古元古界;2—中—新元古界;3—下古生界;4—上古生界;5—中生界;6—一级构造单元边界;7—秦岭南北缝合带;8—二级构造单元边界;9—地质界限;10—不整合界限;11—印支期—燕山期花岗岩;12—熊耳群火山岩;13—金矿床:(1)大水,(2)阿西,(3)俄都,(4)拉尔玛,(5)鹿儿坝,(6)寨上,(7)腊子口,(8)坪定,(9)马脑壳,(10)哲坡山,(11)东北寨,(12)桥桥上,(13)李坝,(14)妈泉,(15)安家岔—小沟里,(16)铧厂沟,(17)煎茶岭,(18)尚家沟,(19)庞家河,(20)双王,(21)八卦庙,(22)马鞍桥,(23)黄龙,(24)东桐峪—文峪,(25)东闯,(26)金龙山—丘岭,(27)淋湘,(28)上官,(29)康山,(30)祁雨沟,(31)瑶沟,(32)二台子;14—铅锌矿床:(1)邓家山,(2)厂坝,(3)洛坝,(4)东沟坝,(5)铅铜山,(6)八方山,(7)锡铜沟,(8)银洞子,(9)桐木沟;15—汞锑矿床:(1)崖湾,(2)扬地,(3)公馆,(4)青铜沟;16—钼矿床:(1)金堆城,(2)南泥湖

Fig. 1 Schematic map showing the structural geology and distribution of mineral resources in the Qinling orogenic belt and its adjacent areas

NC—North China Platform;QL—Qinling orogenic belt;YZ—Yangtze Platform;SG—Songpan-Garze tectonic belt 1—Neo-archean-Paleoproterozoic; 2—Meso- and Neoproterozoic; 3—Lower Paleozoic; 4—Upper Paleozoic; 5— Mesozoic; 6—First-order unit boundary; 7—North and south sutures of the Qinling; 8—Second-order tectonic unit boundary; 9—Geological boundary; 10—Unconformity; 11—Indian-Yanshanian granite; 12— Xiong'er Group volcanic rocks; 13— Gold deposit: (1) Dashui, (2) Axi, (3) E'du, (4) La'erma, (5) Lu'erba, (6) Zhaishang, (7) Lazikou, (8) Pingding, (9) Manaoke, (10) Zheposhan, (11) Dongbeizhai, (12) Qiaoqiaoshang, (13) Liba, (14) Maquan, (15) Anjiacha-Xiaogouli, (16) Huachanggou, (17) Jianchaling, (18) Shangjiagou, (19) Pangjiahe, (20) Shuangwang, (21) Baguamiao, (22) Maanqiao, (23) Huanglong, (24) Dongtongyu-Wenyu, (25) Dongchuang, (26) Jinlongshan-Qiuling, (27) Linxiang, (28) Shanggong, (29) Kangshan, (30) Qiyugou, (31) Yaogou, (32) Ertaizi; 14— Lead-zinc deposit: (1) Dengjiashan, (2) Changba, (3) Loba, (4) Donggouba, (5) Qiandongshan, (6) Bafangshan, (7) Xitonggou, (8) Yindongzi, (9) Tongmugou; 15—Mercury-antimony deposit: (1) Yawan, (2) Yangdi, (3) Gongguan, (4) Qingtonggou; 16— Molybdenum deposit: (1) Jinduicheng, (2) Nannihu

星类似卡林型金矿床的发现与研究报道。

1.4 国际同行认识

由于国内外发现的矿床数量增多和矿床形成各异,人们很难建立一个适用于所有卡林金矿类型矿床的通用成矿与找矿模式。但已认识到,一些矿床特征与控矿因素是卡林型金矿共同具备的,在研究各矿床时应加考虑^[1]:①以沉积岩为容矿的卡林型金矿床,大多产于洋-陆及陆-陆俯冲-碰撞带两侧的局部拉张裂陷盆地中;②矿床成群成带出现,空间分布受陆内造山活动引发的区域性逆冲推覆断裂控制;③成矿元素以 Au-As-Sb-Hg-Ba-Tl 组合为特征,矿床显示中低温热液矿化特征;④原生矿石中金呈次显微—显微状,次显微

金与含砷矿物密切共生;⑤矿床围岩蚀变较弱,矿石与容矿围岩界限模糊过渡;⑥原生矿石难选冶,广泛采用堆浸喷淋选矿方法或全泥氰化。

2 卡林型金矿床找矿突破与研究时期——中国找金的重大突破

随着人们对卡林型金矿的不断认识,很快在我国扬子地台周缘有金矿勘查获得重大突破。至上世纪 80 年代末,已初步确定出共包含 40 多例大型—中型卡林型-类卡林型金矿的环扬子大陆的成矿带,由滇、黔、桂“西南金三角”和陕、甘、

川“西北金三角”组成(图1),成为世界闻名的两大巨型卡林型金矿带,一跃成为世界第四大金矿类型。由此,遍及全球的找金热潮再次掀起,东、西方加大了全面合作研究与交流。

2.1 经典卡林型矿床研究进展

(1)对经典卡林型金矿床矿源的研究。最初矿床的形成被认为是局限于含碳质不纯碳酸盐岩与硅质岩的容矿岩系中。随着一批矿床的发现认识到,细碎屑岩—碳酸盐岩复理石建造、碳—硅—泥浊积岩系,海相火山—沉积岩系,热水沉积岩系、蛇绿岩套也都是形成卡林型金矿床有利岩石系列和建造。

进一步研究获知,上述岩石建造大多既为容矿岩系,又是含矿建造。该容矿与含矿岩系产于板块会聚带附近的拉张—断陷盆地或有限裂谷盆地中,盆地发生发展时,盆内构造活动就已沟通了海相沉积与海底深部物质与流体的混合交换。该含矿岩系受盆地同生断裂控制,产于深水—半深水的台沟—台盆、泻湖相环境中。岩相中的金丰度较高,金主要被成岩黄铁矿、有机碳质、钙—泥质等物质载体通过类质同象化合、吸附等固定在矿物或沉积物中。成岩黄铁矿含 As、Sb、Hg 明显高于地壳平均值(Taylor, 1985)2~3个数量级,成岩硫化物矿物含 Au 为 $1.7 \times 10^{-6} \sim 0.6 \times 10^{-6}$, 含 As 为 0.2%~1.6%^[8,9], 矿床形成受含金较高的有利岩性岩相层的控制。

与超基性岩有成因关系的卡林型金矿床,煎茶岭金矿为典型一例。超基性杂岩本身就是金丰度高的有利岩性,岩浆熔离及岩浆期后热液铜—镍硫化物矿化中即有一定的金矿化,随后在韧性构造变形过程中,强变形与退变的蛇纹石化超基性岩中发现少量显微金球粒^[10],是岩控的重要证据。热液参予下广泛的铁镁碳酸盐化与硅化

作用于剪切构造带中,充填交代形成含砷金属硫化物蚀变岩型矿体,同时金以次显微形式赋存于含砷硫化物矿物中^[8,9]。

也有学者提出,金等成矿物质来自后期岩浆热液流体,在距离提供金等成矿物质的侵入岩体数千米位置分布,认为属于岩浆热液系统远端产物^[11],有较多不能自圆其说之处,成矿与岩浆热液作用成因的直接证据极不充分,特别缺少岩浆岩石中金丰度以及较系统的地球化学测试数据的佐证。

(2)经典卡林型金矿床含金矿物研究进展。该类型金矿床在世界上有相当数量,研究发现,每一例矿床无例外地金呈次显微不可见状,大多赋存于含砷金属硫化物中^[3,8,9,12,13]。含金的金属硫化物主要为含砷黄铁矿、毒砂、砷黝铜矿、有机碳,具有多期多阶段演化特点;含砷黄铁矿、毒砂颗粒内部具有特征的增生环带,在 H-800 高分辨放大倍率 2~7 万的透射电镜下发现^[5,11],次显微金以 0.04~0.16 μm 大小呈独立矿物形式存在增生黄铁矿、毒砂的含砷环带中;该次显微金是在硫化物中砷替代硫造成晶格畸变缺陷,为次显微金提供沉淀显微空间,进入该含砷硫化物增生环带中的^[5,8]。亦有学者提出,次显微金是含砷硫化物固溶体出溶作用的结果^[9];金在硫化物矿物中呈负价态存在^[14];目前这一难题仍在继续研究。

(3)经典卡林型金矿床成矿物理化学研究进展。该类型金矿床成矿物理化学研究进展数据与参数如表 1^[5],矿床形成于中低温度,中—低盐度,中—浅深度,成矿物质中硫以壳源为主,有少量深源硫或硫酸盐硫的加入,改造漂移的大气降水热水性质,个别矿床有少许岩浆热液流体混入及向变质流体轻微混合过渡。

表 1 卡林型金矿床成矿物理化学参数对比

Table 1 Comparison of physico-chemical parameters for the formation of Carlin type gold deposits

物理化学条件特征	美国西部内华达卡林成矿带	中国陕、甘、川西北金三角	中国滇、黔、桂西南金三角
流体包裹体测定参数	盐度: 6% (NaCl); 温度: 160-250°C	盐度: 0.6%-9.4% (NaCl); 温度: 150-370°C	盐度: 6% (NaCl); 温度: 132-311°C
$\delta^{34}\text{S}\text{‰}$	+10~+20	+6.0~+14.4	+6.72~+14.70
$\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ 、 $\delta\text{D}\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O} = -16 \sim +8$	$\delta^{18}\text{O} = -3.07 \sim +15.20$	$\delta^{18}\text{O} = -3.3 \sim -9.6$
成矿压力及深度	$\delta\text{D} = -130 \sim -155$	$\delta\text{D} = -32 \sim -131$	$\delta\text{D} = -32.30 \sim -104$
	$300 \times 10^5\text{Pa} \sim 800 \times 10^5\text{Pa}; 1.5 \sim 4.5\text{ km}$	$480 \sim 700 \times 10^5\text{Pa}; 1.6 \sim 4.0\text{ km}$	$52 \times 10^5\text{Pa} \sim 244 \times 10^5\text{Pa}; 1.2 \sim 1.6\text{ km}$

(4)对经典卡林型金矿概念的讨论。经典卡林型金矿即指狭义卡林型金矿,以卡林产地而命名,矿化蚀变产物微细粒—浸染状、矿化蚀变难于识别,自然金次显微状不可见,含砷高而难选冶,且具工业类型意义。近几年对经典卡林型金矿概念的认识加深,特别是成矿元素地球化学以 Au—As—Sb—Hg—Ba—Tl 组合为特点,矿床产于沉积岩系。

2.2 类卡林型金矿床的出现与研究

实际上,类卡林型金矿与卡林型金矿近同时发现^[16-17],两者矿床地质特征存在许多类似之处难于区别。在秦岭类卡林型金矿较发育,提供了对两类金矿共生规律与对比研究的场所。研究表明,两者在矿床分布、矿床组合系列、地球化学背景及矿床地

质地球化学特征、金赋存状态存在可辨别的差异(表 2)^[18];类卡林型金矿往往与铅锌矿床共生,成矿元素地球化学以 Au—Pb—Zn—Cu—Te—Bi 组合为特点,自然金呈显微状。由于类卡林型金矿产出构造环境与卡林型相同,类卡林型金矿可作为变种与卡林型金矿、汞—铋矿、铅—锌矿床组成成矿系列。

2.3 秦岭卡林型—类卡林型金矿床与热水沉积铅锌矿床的共生与成因关系

在秦岭沉积岩区,卡林型—类卡林型金矿床与热水沉积铅锌矿床组成时空与成因密切相关的矿床组合系列。热水沉积岩系不但指示着成矿盆地构造背景,且将深部成矿物质带入盆地,表现出内生成成矿物质带入和外生沉积成矿的联合效

表 2 秦岭造山带卡林型-类卡林型金矿床差异特征对比

Table 2 Comparison of different characteristics of Carlin and Carlin-like type gold deposits in the Qinling orogenic belt

矿床类型与特征	卡林型金矿床	类卡林型金矿床
空间分布规律	沉积岩系容矿的汞锑矿带延伸的矿化减弱方向	热水沉积铅锌矿带上部及铅锌矿化减弱处
矿床地质特征	微细浸染状矿石类型、蚀变强度较小	微细脉浸染状、细一中石英脉叠加,蚀变强度大
成矿元素组合	Au-As-Hg-Sb-Ba-Tl	Au-Pb-Zn-Cu-Te-Bi
载金矿物	含砷黄铁矿、毒砂、砷黝铜矿、有机碳	黄铁矿、黄铜矿、铅-锌硫化物、碲铋矿、石英
自然金颗粒粒度	次显微状(不可见)	显微状及肉眼可见
矿床共生系列	与汞锑矿床组成共生系列	与热水铅锌矿床组成共生系列
选矿难易	原生矿为难选冶	原生矿易选冶

应。两类型金矿均受南秦岭断陷盆地较深水环境及相应岩相控制,含铅锌矿化的热水喷流岩系即稳定产出在深水-半深水碳质碳酸盐岩-细碎屑岩岩相发育部位,上部含碳细碎屑岩-碳酸盐岩系为金丰度较高的卡林型-类卡林型金矿矿源层,由此决定了两者共存、共生规律。主要表现为^[19]:时间上,铅锌矿床形成较早,(同生期—早期褶皱改造)成矿机制较简单;金矿床成矿机制较复杂,矿体形成时间晚于铅锌矿,需经多期多阶段构造热液叠加改造。空间上,铅锌矿床受褶皱两翼层间构造及核部虚脱部位控制,矿体就位于与热水沉积岩系相关的较低层位;金矿床受脆性-脆性剪切构造控制,多分布于铅锌矿带上部层位的扩容构造空间。然而,由于金与铅锌地球化学行为的差别和控矿因素及成矿机制的不同,导致两者在后期成矿地质改造过程中,成矿作用时间有先后,矿床就位空间发生分离,但仍在统一盆地区域范围内。

3 卡林型-类卡林型金矿新一轮开拓与深化研究时期

上世纪 90 年代,中国在已勘查的卡林型-类卡林型金矿床基础上,人们关注超大型金矿的找寻、构造对成矿的控制作用、成矿地球化学机制、成矿时代、成矿与秦岭造山作用的耦合关系等。此间八卦庙、阳山金矿工业储量翻了一番,使它们跃居大型超大型金矿床规模,标志着找矿跨上新台阶,研究更深入。

3.1 大型-超大型卡林型-类卡林型金矿床形成条件

根据南秦岭沉积区产出的八卦庙、阳山大型-超大型卡林型类卡林型金矿形成地质条件,可以大致总结我国大型-超大型卡林型-类卡林型金矿床的形成应满足的地质条件:
①大型强烈陆-陆碰撞造山带的构造背景,特别是多重叠瓦状俯冲-碰撞带对金成矿更加有利;②金矿床发育在受边界及内部同生构造强裂控制的断陷、裂谷式沉积盆地中;③成矿盆地中发育含金丰度高的含碳质细碎岩—不纯碳酸盐岩系组成复杂的类复理石建造;④沉积建造中多有碰撞型岩浆岩和伸展期岩浆脉岩活动;⑤有成矿效率高的韧-脆性递进变形构造发育;⑥成矿显示多期次、多阶段,矿化蚀变较强烈。

3.2 构造是控制卡林型-类卡林型金矿成矿作用的关键

各类金矿床受构造控制已成事实,特别对于韧-脆性多期次构造,已成为金富集成矿的动力学机制。一级和二级构

造之间流体压力差、温度差及浓度差为流体迁移和金的沉淀创造了有利的物理化学条件,金矿(化)体赋存于次级脆-韧性断裂带中,本类金矿也不例外。

卡林型-类卡林型金矿床多产于古生代地层中,在韧-脆性剪切构造活动时期控矿更加集中,一般发生于板块碰撞造山期及陆内走滑剪初期,构造、类型复杂多样^[19],脆-韧性剪切变形构造、构造角砾岩化、破碎蚀变带及脆性裂隙均为矿化热液就位沉淀场所。由于构造作用的脉动活动,导致矿化作用的多期、多阶段特点。早期矿化蚀变较弱,分布相对广泛,矿化产物常呈微细—浸染状分布;中—晚期矿化蚀变分布相对局限,多呈脉状—网脉状叠加于先期矿化产物或单独出现,晚期多呈脉状体,矿化较差。

3.3 卡林型矿床的主要成因观点

总体上,不外乎两种不同认识:沉积-改造成因^[19]与岩浆热液^[19]观点。

沉积-改造成因考虑到几乎绝大多数卡林型矿床产于沉积盆地中,赋矿岩石绝大多数为沉积岩系;造山带中拉张断陷盆地及其有利局部岩相均为深水—半深水还原环境,该岩相岩石含碳质、钙质、硅质、硫化铁质,由化学上有利的沉积、火山-沉积或热水沉积岩系组成;成岩金属硫化物含金及其相关成矿元素丰度高。含金成矿物质在沉积作用期即通过火山及同生断裂作用,将深部物质与陆源物质在海水中的混合沉积。该成因观点不排除岩浆侵入对矿床形成的积极作用,近几年研究认识到成矿作用与板块碰撞造山的构造-岩浆活动有密切关系,称之为造山带型金矿床。这种认识得到大量地质事实及分析测试数据的支撑,因而得到大多数学者的认同。

岩浆热液成因观点亦认识到矿床形成与碰撞型花岗岩的共生关系,及矿带区域范围古热点事件的耦合,进而将成矿作用及矿床形成与地幔柱作用相联系,同期进行的地壳扩张与热流体在上地壳的对流循环,有利于构造与岩性对金成矿的圈闭,矿床多分布于岩浆岩体一定范围之内。

实际上,两种成因观点有一共同认识,即成矿与盆地扩张、热点活动有关,成矿时代与板块会聚碰撞构造事件一致,均强调了围岩、构造与后期热液对矿床形成的贡献。

3.4 卡林型-类卡林型金矿成矿流体来源及成矿作用分析

已知卡林型金矿床容矿岩石以细碎屑岩为主,这些细粒

层状岩石不但富含金属物质、碳质、钙质、硅质,同时富含孔隙水和晶格水。在盆地沉降过程中,泥质或粘土在压实作用和在一定温压下向水云母转化而脱水。成岩阶段在脱硫细菌作用下,粘土软泥的水富含 H_2S 和 CO_2 ,它们控制着许多地球化学反应的进行,特别使高价氧化物转变成低价氧化物,促使多种元素 $Ca-Mg-Fe-Mn$ 转变成可溶形式。碳酸盐水解以及 CO_2 非生物形成作用提高了水对某些元素的迁移能力。分散的有机质对粘土层中排出的流体起很大作用,一方面形成了迁移能力弱的残余有机质,另一方面形成了易于迁至岩层范围以外的活泼组分。粘土层沉降到更大深度,硅酸盐都成了地球化学活性物质,这时从孔隙中排出的已不是纯净水。它们向地表上升,沿渗透性好的构造变形扩容带转移,在一定条件下该溶液能提取岩石中的金属、碳酸盐和硅酸盐,然后使它们在构造带中沉淀与富集。

来自岩石圈的成矿流体,一般为硫化物-碳酸盐体系,该体系在气态 CO_2 和 H_2S 溶于水时产生 CO_2 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 H_2S 、 HS^- 、 S_2^- 。该体系中金属硫化物形成取决于 CO_2 的行为。溶解的 CO_2 富集时可阻碍硫-氢化物形成,而 CO_2 含量急剧下降时不仅使碳酸盐沉淀,也会使氢硫化物沉淀。

3.5 卡林型-类卡林型金矿成矿作用与造山作用耦合

卡林型-类卡林型金矿产于造山带两侧盆地中,成矿与造山作用的耦合关系包括以下内容:①板块俯冲-碰撞,造成局部拉伸断陷盆地的形成,金等含矿物质通过地壳深部和陆源带入盆地的沉积岩相,岩性发育。寒武系-三叠系的沉积作用为矿床形成,建立了容矿建造和成矿物质基础。②陆内造山作用引发大型逆冲-走滑断裂,次级韧性剪切构造发育,构造作用叠加上含矿地层,变形作用导致岩石中成矿物质的分异、活化、迁移、富集与沉淀。在美国西部成矿从侏罗纪-新近纪^[18](95~40 Ma);在中国西南地区形成于中生代晚燕山期^[19](172~64 Ma),西北地区形成较晚印支-燕山期^[15,19](117~190 Ma);③秦岭大陆板块活动形成的俯冲碰撞型岩浆岩^[20](199~226 Ma),北美西部盆岭造山出现晚中生代和新近纪岩浆作用,为成矿提供热源,加快热液循环,对成矿起着积极作用。上述构造与岩浆活动均由流体热液作用与成矿相联系。由于该类型金矿床的形成与成矿作用的演化与板块造山运动的密切耦合关系,又称之为造山带型金矿床。

4 卡林型-类卡林型金矿床找矿与研究展望——巨大潜力与良好前景

卡林型-类卡林型金矿床产出地质地球化学背景、时空分布、控矿因素、矿床组合系列均表现出较好的规律,特别集中在板块汇聚造山带两侧不同性质的盆地沉积建造中。造山带基础地质研究,可大大促进卡林型-类卡林型金矿床的找矿与预测,两类金矿床成矿作用演化、成矿动力学与矿床模式研究。

中国大陆造山带地质构造极其发育,喜马拉雅构造带与

中亚大陆造山带向东的延伸部分横贯中国南北,中部的昆仑-祁连-秦岭-大别中央造山带成为中国南、北大陆的拼接带,整个大陆盆-山相间结构特征明显,为中国卡林型-类卡林型金矿床形成提供了良好的地质背景条件。

喜马拉雅、构造带中亚大陆造山带与中央造山带,构造-岩浆活动频繁,古生代-中生代地层发育,铅锌、汞锑矿化普遍出现,有利沉积岩系中卡林型-类卡林型金矿成矿带、成群产出,显示出相当的成矿潜力和找矿前景。

近几年,西南天山发现的萨瓦亚尔顿大型锑-金矿床与卡林型金矿极具可类比性。再向中亚带西部延伸出现穆龙套金矿。自东向西卡林型-类卡林型金矿至穆龙套型微细浸染金矿横向上的变化规律;卡林型-类卡林型金矿能否出现?应是深化研究的重要选题。随着资源开发地域的拓展与科学研究领域的发展,期望卡林型-类卡林型金矿找矿范围有更大的扩展。优越的地质条件,政策路线为保障,国家和地区大力支持,扩展和提高卡林型-类卡林型金矿床的找矿与研究是有巨大潜力和良好前景的。

参考文献(References):

- [1] Radtke A S, et al. Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit. Nevada [J]. *Econ. Geol.*, 1980, 75: 644~672.
- [2] Romberger S B. Ore deposits 9, disseminated gold deposits [J]. *Geoscience Canada*, 1986, 13 (1): 27~32.
- [3] Wells J D, Mullens T E. Gold-bearing arsenian pyrite determined by microprobe analysis, Cortez and Carlin gold mines Nevada [J]. *Econ. Geol.* 1973, 68 (2): 36~42.
- [4] Alvarez A A, Noble D C. Sedimentary rock-hosted disseminated precious metal mineralization at Purisima Concepcion, Yauricocha district, central Peru [J]. *Econ. Geol.*, 1988, 83: 1368~1378.
- [5] 张复新. 陕西二台子金矿床黄铁矿的演化特征及其成因意义 [J]. *矿物岩石*, 1984, 4(1): 22~28.
Zhang Fuxin. Evolutionary features of pyrite in the Ertaizi gold deposit, Shaanxi, and its significance of genesis [J]. *Minerals and Rocks (Journal of Mineralogy and Petrology)*, 1984, 4 (1): 22~28 (in Chinese with English abstract).
- [6] 朱赖民, 胡瑞忠, 刘显凡. 关于黔西南微细浸染型金矿床成因的初步认识 [J]. *矿产与地质*, 1977, 11(5): 296~302.
Zhu Laimin, Hu Ruizhong, Liu Xianfan. Preliminary knowledge of the origin of finely disseminated gold deposits in southwestern Guizhou [J]. *Mineral Resources and Geology*, 1977, 11 (5): 296~302 (in Chinese).
- [7] 张复新, 魏宽义, 马建秦. 南秦岭微细粒浸染型金矿地质与找矿 [M]. 西安: 陕西科技出版社, 1997.
Zhang Fuxin, Wei Kuanyi, Ma Jianqin. *Geology and Prospecting of Finely Disseminated Gold Deposits in the South Qinling Mountains* [M]. Xi'an: Shaanxi Scientific and Technological Publish House, 1997 (in Chinese).
- [8] 张复新. 秦岭微细粒浸染型层控锑金矿床金赋存状态研究 [J]. *地质*

- 论评,1996,42(6):541~549.
- Zhang Fuxin. Mode of occurrence of gold in finely disseminated stratabound antimony-gold deposits in Qinling, 1996, 42 (6): 541~549 (in Chinese with English abstract).
- [9] 张复新,马建秦,陈衍景.秦岭卡林型金矿床金、砷地球化学探讨[J].地球化学,1999,28(5):453~463.
- Zhang Fuxin, Ma Jianqin, Chen Yanjing. Gold and arsenic geochemistry of Carlin-type gold deposits in Qinling [J]. Geochimica, 1999, 28 (5):453~463 (in Chinese with English abstract).
- [10] 罗文耿,邢斌.陕西首次发现超基性岩中的微细球粒金[J].地质与勘探,1990,26(6):28.
- Luo Wengeng, Xingbin. First discovery of micro-spheroidal gold in ultrabasic rocks in Shaanxi [J]. Geology and Prospecting, 1990, 26 (6):28 (in Chinese).
- [11] Sillitoe R H, Bonham H F Jr. Sediment-hosted gold deposit; distal products of magmatic-hydrothermal systems [J]. Geology, 1990,18 (2):157~161.
- [12] Arehart G B. Characteristics and origin of sediment-hosted disseminated gold deposits; a review [J]. Ore Geology Review, 1996, 16: 383~403.
- [13] Greg B A, Stephen L. Gold and arsenic in iron sulfides from sediment-hosted disseminated gold deposits: Implications for depositional processes [J]. Econ. Geol. 1993, 88:171~185.
- [14] 李九玲,冯大明,等.金在硫化物矿物中呈负价态存在及其形成机理初探[J].地质学报,1995,69(1):67~77.
- Li Jiuling, Feng Daming, et al The existence of the negative charge of gold in sulphide minerals and its formation mechanism [J]. Acta Geologica Sinica, 1995, 69 (1):67~77 (in Chinese with English abstract).
- [15] 张复新,季军良,龙灵利,等.南秦岭卡林型-似卡林型金矿床综合地质地球化学特征[J].地质论评,2001,47(5):492~499.
- Zhang Fuxin, Ji Junliang, Long Lingli et al. Features of Carlin- and para-Carlin type gold deposits in the South Qinling and gold deposits in other areas [J]. Geological Review, 2001, 47 (5):492~499 (in Chinese with English abstract).
- [16] 陈柏林.金矿床和金成矿作用研究进展[J].地质论评,2001,47(1):111~112.
- Chen Bailin. Progress in the study of gold deposits and gold mineralization [J]. Geological Review, 2001, 47 (1):111~112 (in Chinese with English abstract).
- [17] 张复新,马建秦,魏宽义.镇安米粮微细浸染型金矿床与构造演化的关系[J].矿床地质,1995.14(1):26~34
- Zhang Fuxin, Ma Jianqin, Wei Kuanyi. The relationship between the formation of the micro-disseminated stratabound gold deposits and the structural evolution in the Milian area, Zhen'an County [J]. Mineral Deposits, 1995, 14 (1):26~34 (in Chinese with English abstract).
- [18] Groff J A, Heizler M T, McIntosh W C. ^{40}Ar - ^{39}Ar dating and mineral paragenesis for Carlin-type gold deposits along the Getchell trenl, Nevada; evidence for Cretaceous and Tertiary gold mineralization [J]. Econ. Geol. 1997, 92:601~622.
- [19] 邵世才,汪东波.南秦岭三个典型金矿床的 Ar-Ar 年代及其地质意义[J].地质学报,2001,75(1):106~110
- Shao Shicai, Wang Dongpo. ^{39}Ar - ^{40}Ar dating of the three typical gold deposits and its geological significance in the southern Qinling region [J]. Acta Geologic Sinica, 2001, 75 (1):106~110 (in Chinese with English abstract).
- [20] 卢欣祥,于在平,冯有利,等.东秦岭深源浅成型花岗岩的成矿作用及地质构造背景[J].矿床地质,2002,21(2):168~177.
- Lu Xinxiang, Yu Zhaiping, Feng Youli, et al. Mineralization and tectonic setting of deep-hypabyssal granites in East Qinling Mountains [J]. Mineral Deposits, 2002, 21 (2):168~177 (in Chinese with English abstract).

Exploration and study of Carlin and Carlin-like type gold deposits: review and prospect

ZHANG Fu-xin, XIAO Li, QI Ya-lin

(Key Laboratory of Continental Dynamics of the Ministry of Education; Department of Geology,
Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China)

Abstract: The superlarge Carlin gold deposit and a metallogenic belt extending over one thousand kilometers were discovered in the western region of the United States in the 1960s. This aroused the attention of various countries in the world. The theory on Carlin type gold prospecting was introduced into China in the 1970s, and after the prospecting practice and preliminary study, the clues leading to finding Carlin type gold deposits were found in Shaanxi and Guizhou, China. A major breakthrough in gold exploration was made in China in the middle and late 1980s, and more than 40 large and intermediate Carlin- and Carlin-like type gold deposits have been delineated in the “northwest gold triangle” and “southwest gold triangle” at the northwest and southwest margins of the Yangtze block. Major advances have been made in the study of typical deposits. Mineral exploration reached a higher level in China in the 1990s. In addition to the discovery of a number of deposits, some superlarge gold deposits of this type were successfully found and an integrated study of the ore deposit genesis, metallogenic mechanism, deposit types and metallogenic dynamics was conducted. In the new century, gold deposits have still been found unceasingly. This shows the great potential and good prospects in looking for Carlin- and Carlin-like type gold deposits in northwestern and southwestern regions of China.

Key words: Carlin- and Carlin-like type gold deposits; exploration and study; review and prospect

欢迎订阅“浙江省农业地质环境调查专辑”

《中国地质》已于2004年10月底以增刊的形式隆重推出“浙江省农业地质环境调查专辑”。该专辑全面介绍了浙江省农业地质环境调查的具体成果,同时还介绍了全国农业地质调查规划要点、浙江集聚各方优势搞好农业地质环境调查的经验等。浙江作为第一个启动农业地质环境调查的省份,其取得的调研成果及项目进展过程中涉及的方方面面都具有重要的示范意义。尤其值得一提的是,该专辑还刊载了我国勘查地球化学专家谢学锦院士关于应用地球化学的最新认识,他以开阔的视野论述了应用地球化学在中国的发展前景,为地球化学的应用开辟了广阔的道路。无疑,该专辑的推出对于正在从事农业地质环境调查和管理的同行提供借鉴及相关科技工作者提供参考、对于推进我国农业这一重要基础产业的发展具有重大而深远的实际意义。该专辑图文并茂,含有大量精美彩色插图,正文126页。定价:50元/本。需要者请直接与《中国地质》编辑部联系。

地 址:北京市西城区阜城门外大街45号中国地质调查局发展研究中心《中国地质》编辑部

邮 编:100037

联系人:张燕如

电 话:010-68326446

电子信箱:zhgdzh@vip.com 传 真:010-68992582