

近十年来微细浸染型金矿地质 及其成矿模式发展综述

王靖才

(中南冶金地质研究所)

微细浸染型金矿是60年代在美国内华达州卡林矿区首次发现后,引起世界各国地质学家的极大关注。他们高度重视各地区此类金矿的地质勘查工作和成矿模式研究,期待发现新矿床和开辟新的找矿领域。近十余年来,美国在卡林矿带找矿有新的突破,我国在找此类型金矿勘查方面亦取得了些重大成果,在成矿模式研究方面有新的认识,成矿理论上有新进展。

一、卡林矿带金矿勘查现状

卡林金矿带位于内华达州东北部,该矿带为NNW走向,长105 m、宽8 km。据李志锋(1990)资料,自1962年以来共发现22个微金矿床,金总储量为2248.8t,现保有储量为1781.8t。除了原有卡林(>110t)和金坑(630t)两个超大型金矿床外,近年来经深部勘探找到哥尔斯特莱克超大型金矿(700t)。后者位于卡林西北12km,经钻探证实有波斯特—贝茨硫化金矿体沿北西方向延伸,长1580 m、宽188~245 m、厚125~185 m。其中贝茨矿体是根据波斯特西北约900 m处的物探异常找到的,矿体最厚达363 m,品位11g/t;中国地质报报道,1987年在波斯特深部钻探中有一个钻孔深624 m,在389 m以下钻到143 m厚,含Au品位32g/t的硫化富金矿体。而波斯特矿区浅部含Au品位2 g/t,储量40t,深部矿体储量为363.6t。另一报道,哥尔斯特莱克金矿总储量708.4t,其中贝茨304.8t,品位5.1 g/t;波斯特浅部和深部403.6t,品位0.84~2.8g/t;在准备开采的510t金储量中,氧化矿为64.2 t,品位0.6~3 g/t;硫化矿为436t,品位5 g/t。这是近几年来在卡林矿带贫矿深处发现大吨位、较高品位硫化富金矿床的重大成果。

卡林矿带中,矿床(体)呈串珠状产出,彼此间隔约11—25km,属大陆边缘弧后盆地裂谷作用产物;成矿围岩主要为古生界各类沉积岩层,亦有中生代火山岩及火成岩;矿床与侵入岩有空间关系,与第三纪火山活动有时间关系;矿体形态和分布受逆断层及高角度正断层控制;矿石具有热液浸染和交代性质,含碳0.1—5%,金粒0.1~3μ,品位0.1~32g/t, Au/Ag为20:1;蚀变有硅化、黄铁矿化、粘土化、碳酸盐化、绢云母化、碳化等;共生元素有Au、Ag、Hg、Sb、Ba、Cr、Mo,局部有T、F、W等。

二、我国微细浸染型金矿地质勘查进展

近十年多来,我国微细浸染型金矿勘查工作取得长足进展。在川、陕、黔、桂、滇、吉、甘、鄂、湘等省皆有发现,找到一批大、中、小型微细浸染型金矿床,并发现了一些重要的找矿线索。部分大、中型矿床已投产,或正进行工业堆浸染试验中。

该类矿床具有下述特征:(1)含矿围岩为多时代各类岩性的地层,自Pt~T系均有矿床产出;(2)大多数矿床与岩浆活动和火山作用关系不明显,但随找矿范围扩大,发现一些矿床与岩浆和火山作用有时空关系,如峨眉玄武岩、长江中下游岩浆岩外围某些金矿、伴生金矿;(3)构造控矿作用明显,矿床常产于几个一级或二级大地构造单元衔接部位的张性破碎带、压扭性剪切带、层间破碎带、不整合面蚀变带、褶皱——断裂复合带、沉积地层岩性转化段、接触——断裂复合带、高角度正断层破碎带中;(4)矿体呈似层状、透镜状、柱状及不规则状形态产出;(5)矿石矿物组成主要有自然金、黄铁矿、辉锑矿、辰砂、毒砂,以及石英、方解石、铁白云石、水云母、高岭土等,其中黄铁矿含量达5%左右(含As较高),有机碳一般达0.05~0.10%,个别达0.49%;(6)矿石品位n~10g/t,最高达51g/t;(7)金以自然金形式出现,明金少见,显微金量不多,主要为超显微金($<0.2\sim 20\mu$),金的成色较高达900左右, $Au/Ag>13:1$;(8)矿石中的黄铁矿含金最高,如二台子黄铁矿含Au70.2~137g/t,其中五角十二面黄铁矿含Au70.2~149.3g/t,高于立方体黄铁矿(含Au3.83~13.01g/t),其次为褐铁矿和粘土矿物含金较高;(9)成矿指示元素组合主要有两个系列,其一是Au、As、Hg、Sb、Tl、Ba,其二是Au、B、Se、Te、W,Co/Ni比值多数 <1 ;(10)成矿温度为112~280℃,成矿时地温梯度为2.4~3.96℃/100m;(11)矿石 $\delta S^{34}\%$ 均值为+6~+12‰, $\delta O^{18}\%$ 均值为10~25.84‰,PH为6.28~6.41,盐度为7~48‰;(12)矿床成因为浅成低温热液型,矿质的源、运、储严格受地层、构造、岩浆——变质(天水)热液控制;(13)成矿时代晚于储矿的自Pt~T系的各类岩石。

吴毓晖等(1989年)对我国南方微细浸染型金矿成矿地质条件研究表明,从Z~T系均有发现,据45个矿床(点)统计,主要含矿层位:D占28.4%,P占27.5%,T占35.5%,已知大、中型金矿床多产于D、T系中,但成矿时代为印支期以后。含矿地层Au的丰度值:C系为5.43ppb,P系为4.44ppb较高外,其余均低,平均为3.11ppb。按成矿围岩性质:碳酸盐岩含Au平均23.87ppb,碎屑岩为56ppb,玄武岩、辉绿岩为5.97ppb,玄武质粘土层为44.71~54.33ppb,高出克拉克值5~15倍。电算处理各时代地层岩石含Au10~25ppb占样品数75%,当出现 $>10ppb$ 以上的区段,为金矿化异常区征兆。研究结果,将我国南方微细浸染型金矿成矿远景划分出七个成矿(区)带,并总结出开展微金普查找矿评价的准则,为进一步开展找矿工作提供依据和指明方向。

三、中、美微细浸染型金矿特征对比

(一)共同点 成矿部位皆为国土西区、冒——优地槽或地台盖层背景;多层位、多岩

性围岩；含碳；有或无花岗岩及火山岩出露；低温蚀变特征；低温地化异常及元素组合；断裂、火山、热液是金活化富集重要因素；低品位、大规模、超显微特点；低温热液成因；成矿时代晚于储矿围岩；矿质来源具多源性特点等等。

(二) 不同点 美国微金矿床十分集中，规模巨大，低品位矿床深部发现有超大型硫化富金矿体，成矿时代新，储矿层位少，矿石物质成分较简单，堆浸提金成功率高，资源开发利用率高；而我国微金矿床成矿条件复杂，十分分散，西南、中南、西北、华北、东北皆有发现，且规模较小，超大型金矿可能还未发现，在低品位矿深部找硫化富金矿没有进展，成矿时代比美国要早，储矿层位比美国多，围岩性质复杂，矿石成分复杂，堆浸提金成功率偏低，资源开发利用率还不高。

四、微细浸染型金矿成矿模式及发展趋势

该类型金矿成矿模式随着勘查工作进展而不断提高和完善，它们对开展新区找矿起着重要指导作用。

(一) 几种成矿模式简述

1、热液循环演化模式 A·S拉德克对卡林金矿模式描述分四阶段：(I) 早期热液阶段，低温流体对围岩的最初浸透，由火山作用区的热源引起的热对流速率增加，导致深部带中流体温度的增加并沿通道上升，进入浅部的冷水带下部后便沿着薄层碳酸盐层作侧向运动；(II) 主期热液成矿阶段，含大量成矿物质组份的较高温热液流体沿断层上升，遇地表冷水后进入围岩中作侧向运动，形成典型的蘑菇状对流房矿体；(III) 晚期热液酸滤氧化作用阶段，因溶液沸腾而分馏出的水蒸汽，此时热液在通过近地表的冷水带时出现高位渗透，矿体和围岩中的流体朝着开放断裂活动，大约有500万吨的矿石和1500万吨围岩遭受由 H_2S 氧化生成的 H_2SO_4 的淋滤，持续时间约5万年；(IV) 热液期后表生作用阶段。

2、对流沸腾成因模式 S·B·ROMberger (1986) 提出该模式，是建立在地热梯度为驱动力的基础上，对流演化的关键在深部还原性溶液和浅部氧化性溶液两带之间形成一种含金混合溶液，当它遇到较大裂隙时则贯入形成脉状富金矿床，当遇到一些渗透性好、化学差异大的岩层时，则渗透、浸染、交代、充填，形成浸染状金矿床。成矿作用可划分以下阶段：(I) 地热梯度增大前水文与地球化学处于均衡状态；(II) 地热梯度增大，在断裂发生前挥发物迁移；(III) 地热梯度增大，伴随断裂出现流体迁移和浅部地下水的补给；(IV) 由于氧化性地下水的侵入而切断深部源；(V) 形成断裂控制的局部氧化的浸染状金矿床。

3、热泉沸腾模式 V·F·Hollister (1985) 认为这类金矿床是在近地表环境中古热泉露头以下100~1000 m的深度段形成的。热泉系统可划分为泉华、硅帽、富矿带、贱金属带、碎屑胶结层状矿石带、交代矿石带等组成部分，并因成矿围岩性质不同而建立沉积岩和火山岩类两种成矿模式。矿物从热泉流体中淀出取决于含水层的孔隙度以及热泉所作用岩石的化学组成和物理性质。热泉中流动的含矿流体在接近地表处于沸腾状态。在通道发育的角砾和网脉中、在泉华的角砾中，在交代矿石的组构和组成中，均可见到堵塞裂开后的物理效

应。热泉系统堵塞及其后的裂开是浅成热液型金矿床所必须的重要形成条件。

4、地下热卤水溶滤成矿模式 李存登(1987)认为黔西南金矿形成是雪峰运动之后,江南古陆蚀源区初始矿源层——Pr浅变质片岩中的矿质因风化剥蚀而被搬运到黔西南古、中生代海水中相对富集,形成盖层中的衍生矿源层。燕山运动引起构造岩浆活动加热了深循环大气水,携带着基底初始矿源层和盖层衍生矿源层的矿质沿断裂上升,在弱酸性、低盐度环境下,于有利构造和岩石组合中形成金矿床——壳源中低温地下热卤水溶滤金矿床。

5、板块构造控矿模式 认为板块在“热点”上运动时,岩浆会喷出地壳形成火山。设想深部有一个热源(非岩浆热源)含有Au、As、Fe、S、Ba、F等成矿元素,热液上升途中从围岩汲取了SiO₂、CaO、沥青和碳酸盐。构造薄弱带(高角度正断层)上这种热液透过板块后再渗透到地表。它可能在各种有利条件下,即不同围岩和构造部位沉淀,形成各种容矿岩石的金矿床。卡林金矿带可能就是“热点”上运动的形迹,金矿产于有利构造与这个形迹的交汇处,找矿应集中在这个带上展开。另一认识是,认为成矿活动与中新世前的裂谷作用有关,驱动成矿热流体循环的热力来自深部长英质侵入岩,这些以含活泼碳酸盐的沉积岩为主岩的该类金矿床相当于低温远程侵入体的含金矽卡岩。

6、克拉通控矿模式 Charles G·Cunningham(1989)认为内华达州大型沉积岩内浸染型金矿与前寒武纪克拉通西缘之间存在着紧密的空间关系,为该类矿床提供了成因线索。隐伏花岗质克拉通西缘影响着整个显生宙地质过程:古生代控制着沉积作用及罗伯茨山逆冲断层前锋位置;在晚古生代和中生代控制沉积岩热化作用;第三纪还影响着一些大范围的含金热液体系的位置。成矿模式显示出:金矿床形成于大型热液对流体系上升侧的顶部;其中一些热液体系与岩浆活动中心有紧密联系,而有些则没有;在由浅成岩局限的与火山岩有关的金矿床和位于深成岩之上沉积岩内金矿床之间也存在着过渡关系。沿克拉通边界的活化薄弱带发生的深部陆壳断裂,在34—20百万年期间、在岩浆活动向南扩展的地方,深断裂可能给局限的对流循环系统提供了热能,或者导致在18—14百万年期间开始产生盆地——山岭断裂作用。金似乎是由于热液的混合与温度降低的影响而在热液对流圈的上升翼顶部沉淀的。

7、微细浸染型金矿定位模式 该模式是以鄂东地区各类金矿资料为基础,它显示出微细浸染型金矿在各类型金矿中占据的空间位置。该区以襄广和江南深大断裂为界将区域分为三个近东西向的金矿化带:北带是晚太古界和元古界地层分布的大别古陆,地层高度变质,燕山期S型花岗岩基大面积出露,并赋存有石英脉型金矿床(点);中带为扬子台褶带,有古、中生界地层分布,其北缘有燕山期幔源中酸性岩基、岩株分布,并赋存矽卡岩型共生、伴生金矿床,而南部虽无岩浆活动显示,但却赋存有含碳粉砂质页岩微细浸染型金矿和硅化破碎带微细浸染型金(锑)矿床;南带为元古代低变质的江南古陆,有燕山期的S型花岗岩基、岩株分布,赋存有含石英脉型金(钨)矿床(点)。全区各类金矿床(点)形成于燕山晚期,储矿地层为Ar~T各种岩性组合,矿化为贯穿三带NNE向断层与近东西向褶皱和断裂破碎带交汇部位控制。由此展示出燕山期构造岩浆活动和断裂破碎带的发育直接影响着各类型金矿床的形成。而微细浸染型金矿床在平面上位于南北石英脉型、矽卡岩型金矿带之间的中带偏南,垂向上远离岩浆侵入体、石英脉型和矽卡岩型金矿床之外侧和上方顶部,其成

矿物质来源有区内各时代高背景金地层和燕山期岩浆期后热液作用本身。

(二) 微金矿床模式发展趋势

- 1、由狭义向广义、由简单向复杂和更加完善的模式方向发展；
- 2、储矿层位由单一层位向多层位，岩性由单一向多种，矿质来源由地层（矿源层）向地层、变质——岩浆热液发展；
- 3、成因上由沉积活化迁移富集成矿向板块裂谷作用及岩浆——火山作用有关联变化；
- 4、成矿时代由与储矿地层接近向更晚的某期构造岩浆作用直接相关转化；
- 5、随着微金矿床勘查范围扩大和地质资料的积累，该类型金矿涉及到其他成因金矿，如铁帽型金矿、火山低温热液型金矿等，可能总结出更多子类型微金成矿模式，并在综合研究基础上总结出较完善的微金矿床总体成矿模式及综合找矿模式，以促进今后微金找矿工作的发展。

(三) 微金成矿模式在找矿中的应用

国内外地质学家都高度重视微金成矿模式找矿应用价值，但已有的模式都是根据一个或几个成矿条件相似的已知矿床地质特征、找矿标志、地球化学特征及有关测试数据等资料综合概括的结果，并且是建立在新的成矿理论或假说基础上的，对指部寻找同类型金矿极为重要。找矿时应将测区已有资料与各种微金成矿模式进行对比，选择借鉴应用。但必须强调指出，应该尽最大努力搜集测区有关资料和数据，建立测区微金成矿模式并随勘查进展和资料积累不断补充完善其成矿模式，是指导该区微金找矿工作的最佳有效途径。

五、认识和建议

- 1、近十多年来国内外微金地质勘查研究工作取得很大进步，今后期待仍有较大发展。
- 2、中、美微金矿床成矿特征有很多相似性，但亦有不同点。
- 3、微金成矿模式随勘查工作进展而多种多样，由简单向复杂和完善化发展；建立测区微金成矿和找矿模式指导找矿工作极为重要，借鉴前人成矿模式应特别注意成矿条件的对比工作，达到有的放矢。
- 4、建议我国今后在找矿勘查中，高度注意含金热源地段的发现，在已有微金矿床周围或其间发现新的矿床存在；更重要的是，在贫矿之深部注意寻找超大型硫化富金矿床；在远离岩浆活动中心的低温蚀变破碎带（深部可能有隐伏岩体）等找微金矿床，或几个岩浆活动中心之间寻找这类矿床；在无岩浆活动产物地区，注意金高背景异常带有低温蚀变和破碎带发育的地段开展找矿工作；注意总结区域中与某期构造岩浆活动有关的各类型金矿空间定位模式，开展微金勘查工作。
- 5、由于微金矿床勘查的进步，矿床和储量不断增多，将需加强微金矿床开发利用研究工作，促进选冶技术革新和进步。但是，目前我国已发现的大吨位、低品位、高碳、高砷、高粘土微金矿床仍存在着堆浸提金困难的局面，建议国家加强这类矿石选冶技术研究和工业试验，以促进这类矿资源的开发利用和继续深入找矿增加储量，乃是当前微金勘查和开发之关键问题。