

166-175

卡林型金矿成矿模式综述

王~~建业~~ 刘~~鸾玲~~ 黄 杰 韦龙明

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院, 桂林 541004)

p618.510.5

摘要 系统地介绍了渗流热卤水成矿模式、层控成矿模式、吉尔斯与尼尔逊式成矿模式、浅成低温热液或热泉沉积成矿模式、岩浆热液成矿模式、浊积岩成矿模式、区域成矿模式和描述性模式等8种卡林型金矿床成矿模式。在此基础上,将我国秦岭地区卡林型金矿床与之对比,认为接近吉尔斯与尼尔逊式成矿模式,也与美国西部卡林型金矿床进行了类比,有许多方面相近,但也存在某些差异,为我国研究卡林型金矿床提供了资料。

关键词 卡林型金矿床, 成矿模式, 秦岭地区

卡林型金矿床,又称为微细浸染型金矿床,渗流热(卤)水金矿床,浅成低温热液金矿床,还有人划归为热泉型金矿床。该类型金矿床都指的是赋存于沉积岩中贱金属含量低,具有一套中低温热液金属硫化物和蚀变矿物组合的微细浸染型浅成中低温热液金矿床。

60年代初在美国西部内华达州发现卡林金矿床以来,在北美洲、中国以及其它地区都相继发现了一批卡林型金矿床,使卡林型金矿床成为世界上重要的金矿床类型。引起地质学家的关注,进行了不同程度的研究,就成矿模式方面的研究,就提出有十余种。现综述如下,并与我国秦岭地区卡林型金矿床成矿模式进行对比。

1 成矿模式类型

(1) 渗流热卤水成矿模式

中国有色金属工业总公司矿产地质研究院刘东升等,1985年研究滇黔桂及秦岭地区卡林型金矿后提出此成矿模式;中国地质学会贵金属专业委员会同年也将卡林型金矿床划归为“地下(卤)水溶滤”金矿床。该模式认为卡林型金矿床是由“地层深处广泛分布的富含碱金属氯化物型卤水,在地热或岩浆热的驱动下发生环流,这些热卤水对深部地层中的 Au、Ag、As、Sb、Hg、Ba 等元素有强的淋滤性,使之成为各种氯络合物,进行迁移富集成矿”。该模式强调成矿流体为地层深处的原生卤水,地热和岩浆热只起驱动作用,成矿物质来自赋矿地层或基底岩层。

(2) 层控(沉积—改造)成矿模式

中国科学院地球化学研究所涂光炽教授主编的“中国层控矿床地球化学”专著中提出的观点。强调 Au 在地层中的初始富集作用并形成矿源层,经后期岩浆、构造、地热等地质作用的改造最终成矿,将这类矿床分为浅成型和中深成型两个亚类(表1)。

表 1 浅成及中深成金矿床的特征比较

项目	浅成矿床	中深成矿床
矿物组合	①雌黄、雄黄、辰砂、辉锑矿、黄铁矿 ②黄铁矿、硫盐	磁黄铁矿、毒砂、黄铁矿、磁铁矿、白钨矿、黑钨矿,有的有辉钼矿、辉铋矿
蚀变类型	①硅化、粘土化、碳酸盐化 ②青磐岩化	绢英岩化、黄铁矿化、碳酸盐化、微斜长石化、钠长石化
特征非金属矿物	①微粒石英 ②玉髓状、放射状、胶状石英	石英
Au、Ag 地球化学特征	①矿石中 Au/Ag 低,自然金成色低 ②显微胶体金	Au/Ag 高,成色高
围岩	①沉积岩 ②火山岩	变质岩、受变质沉积岩—火山岩
与岩浆岩关系	①无岩浆岩 ②与火山岩伴生	与中深成侵入体及其岩脉伴生

(3) 吉尔斯和尼尔逊式成矿模式

以吉尔斯和尼逊的卡林林型金矿床成矿模式(图 1);A·S·拉德克的“卡林金矿热液演化图(图 2)为代表的美国卡林金矿床。该模式强调金来自赋矿围岩(地层),但其沉积位置不一定就位于提供矿质的围岩原处,成矿热液为深部侵入体或其它热源加热了大气降水及地层中的同生水。尼尔逊不排除深部侵入体提供部分成矿物质的可能性。此外,S·B·龙伯格在他的“浸染型金矿床”——文中提出的浸染型金矿床成因模式概略图(图 3)也属于这一类。

(4) 浅成低温热液成矿模式或热泉沉积成矿模式

该模式认为卡林型金矿床是产于沉积岩中的浅成低温热液矿床,即卡林型金矿床是浅成低温热液金矿床的一个组成部分。强调成矿与中生代热泉活动关系密切。该模式显示浅成低温热液(热泉)在成矿过程中的演化以及所形成的理想的构造、矿化、蚀变、矿物组合和分带等。该模式以 L. J. 布坎南(图 4),B. R. 伯格(图 5)和 F. F. 霍利斯特(图 6)的模式为代表。该模式包括交代矿石、泉华、硅帽、角砾状和网脉状富矿带矿石、贱金属矿石。在沉积岩中间,灰岩优先被交代。硅帽中常含有富含碧玉的物质(通称为碧玉)。但是,高岭土、石膏和弱硅化出现在含碧玉和石英的硅帽中。在许多地区,与火山岩型热液系统富矿带相当的硫化物带可分为硅质黄铁矿矿石和碳质矿石(如内华达州的卡林矿床和圣非矿床)。

(5) 岩浆热液成矿模式

该模式以 R. H. 西里托(图 7)和 A. 潘捷列夫的模式(图 8)为代表。他们把斑岩铜(Mo、Au)矿床、矽卡岩多金属矿床以及浅成低温热液(热泉排泄)矿床归纳为一个成矿体系。认为卡

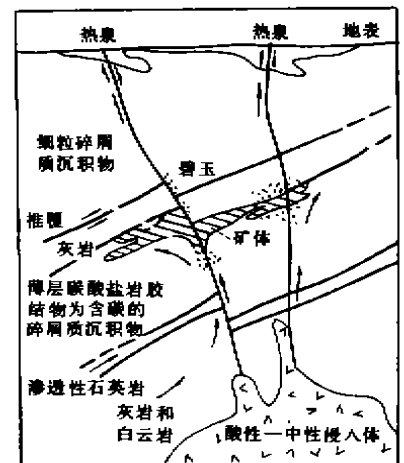


图 1 吉尔斯和尼尔逊式卡林型金矿成矿模式(1983)

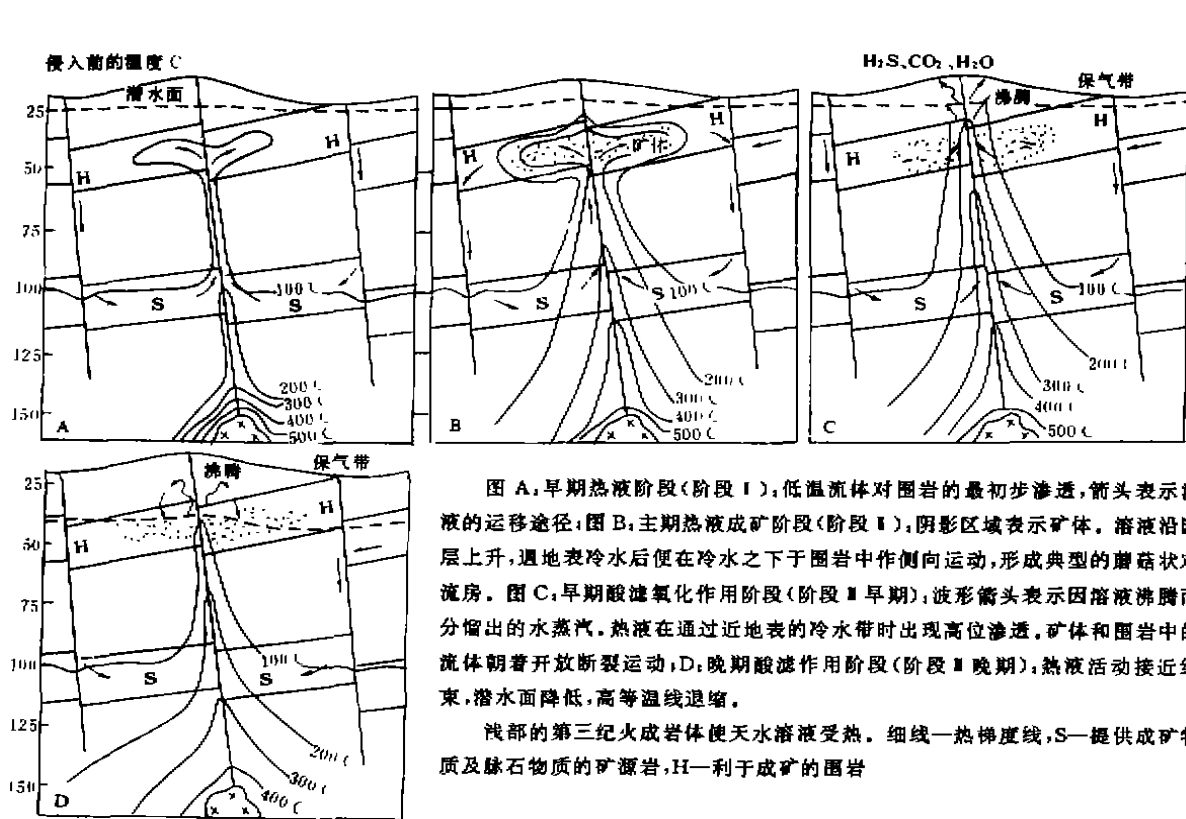
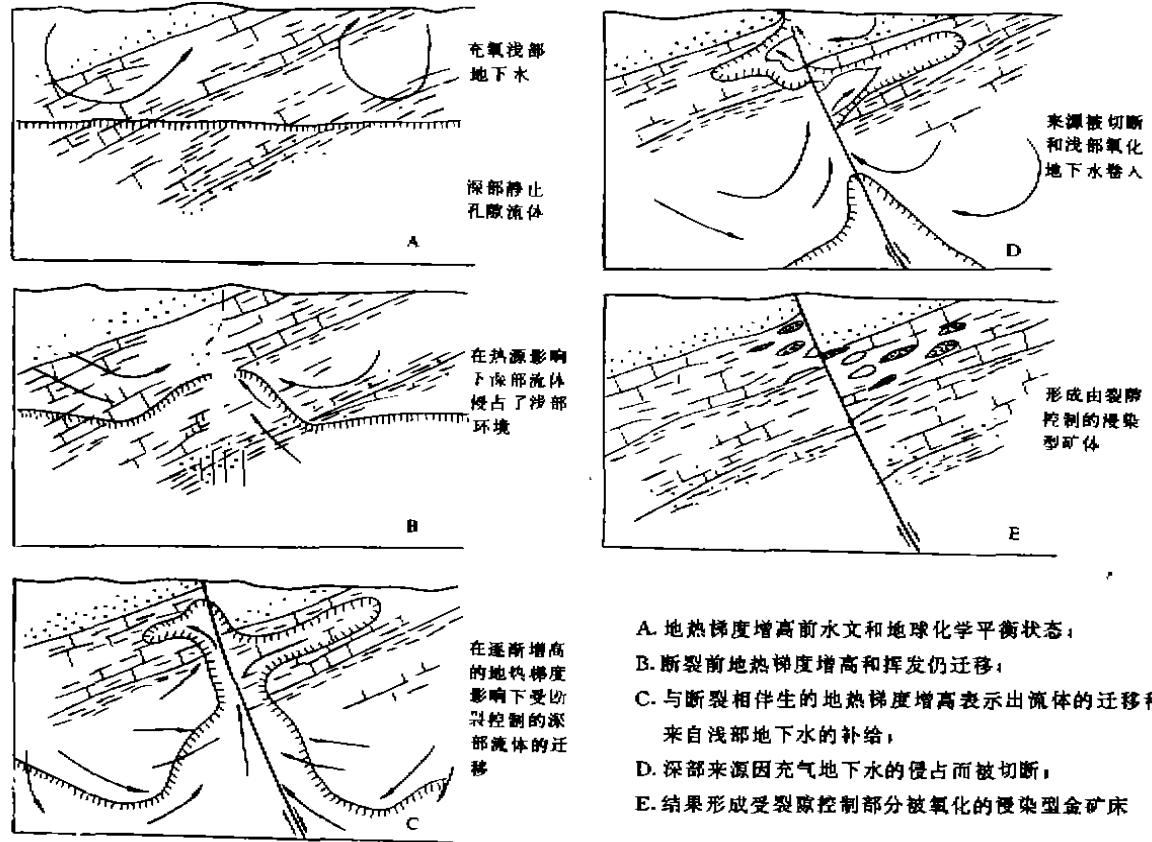


图 A, 早期热液阶段(阶段 I), 低温流体对围岩的最初步渗透, 箭头表示溶液的运移途径; 图 B, 主期热液成矿阶段(阶段 II), 阴影区域表示矿体。溶液沿断层上升, 遇地表冷水后便在冷水之下于围岩中作侧向运动, 形成典型的蘑菇状对流房。图 C, 早期酸蚀氧化作用阶段(阶段 III 早期), 波形箭头表示因溶液沸腾而分馏出的水蒸汽。热液在通过近地表的冷水带时出现高位渗透, 矿体和围岩中的流体朝着开放断裂运动; D, 晚期酸蚀作用阶段(阶段 III 晚期), 热液活动接近结束, 潜水面降低, 高等温线退缩。

浅部的第三纪火成岩体使天水溶液受热。细线—热梯度线, S—提供成矿物质及脉石物质的矿源岩, H—利于成矿的围岩

图 2 卡林金矿热液活动演化图(据 A. S 拉德克, 1965)



A. 地热梯度增高前水文和地球化学平衡状态;
 B. 断裂前地热梯度增高和挥发仍迁移;
 C. 与断裂相伴生的地热梯度增高表示出流体的迁移和来自浅部地下水的补给;
 D. 深部来源因充气地下水的侵占而被切断;
 E. 结果形成受裂隙控制部分被氧化的浸染型金矿床

168 图 3 浸染型金矿床成因模式概略图解(据 S. B. 龙伯格, 1986)

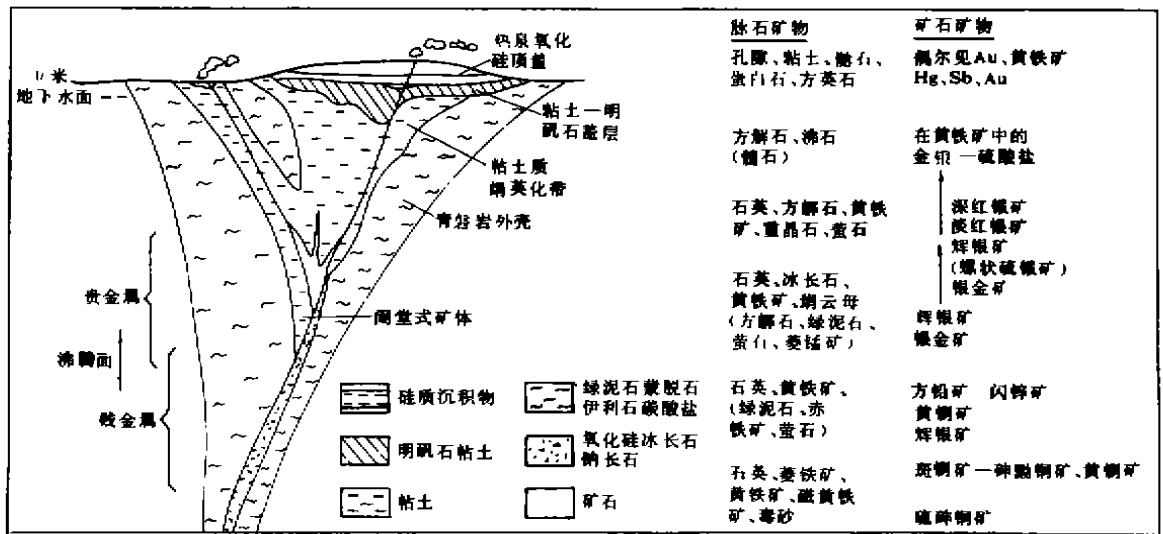


图4 浅成热液矿床理想剖面(L. J. 布坎南, 1981)

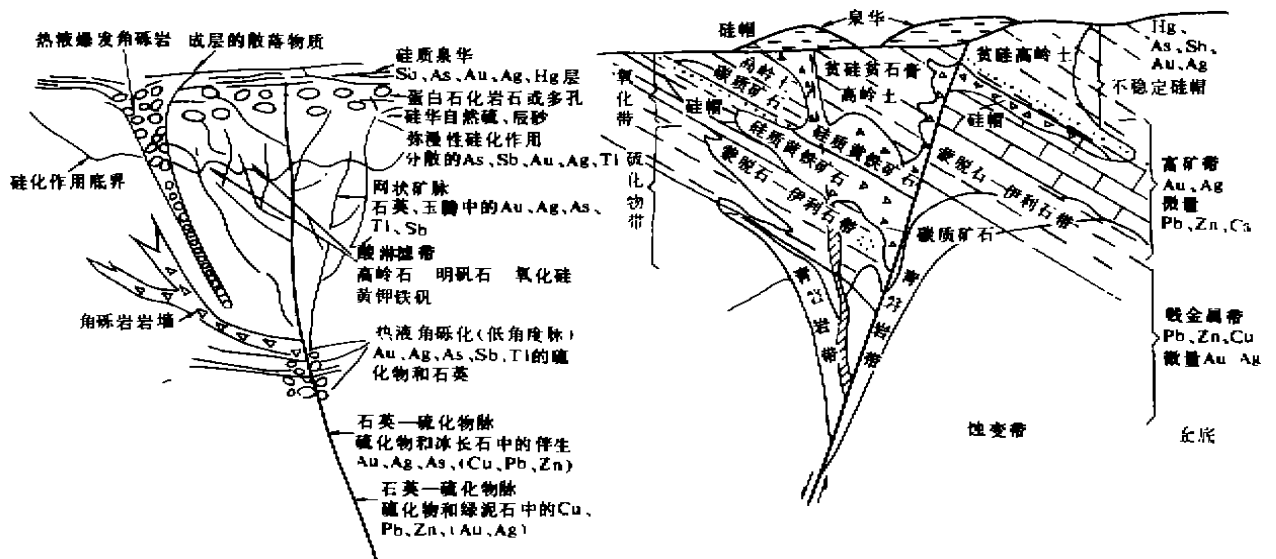


图5 浅成热液贵金属矿床的概念模式

(据 B. R. 伯格, 1983)

(图内表示蚀变与微量元素地球化学的空间关系以及这种类型矿床的某些重要构造)

图6 沉积岩中浅成热液矿床模式的剖面示意图

(据 V. F. 霍利斯特 1987)

林型金矿床是岩浆热液体系的远源产物。A. 潘捷列夫的模式虽是在研究加拿大不列颠哥伦比亚地区火山、次火山岩地区浅成热液贵金属 Au—Ag 矿床的基础上建立的, 但明确指出, 加拿大科迪勒拉“产有次火山侵入体和 高侵位深成侵入体的沉积岩区, 是寻找微细粒浸染型(卡林型)金矿的靶区”。

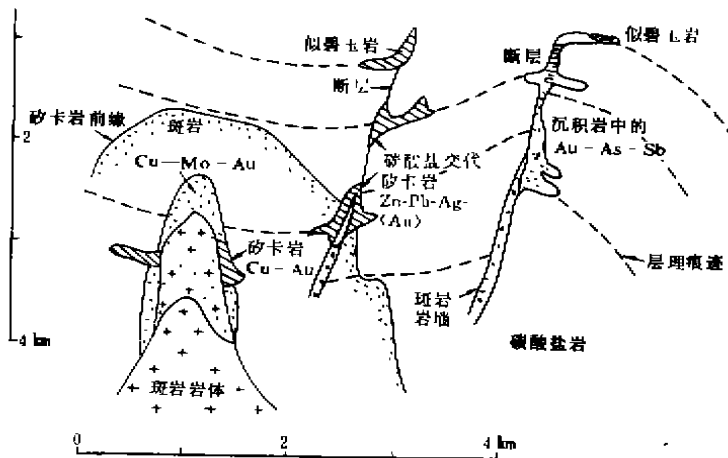


图7 沉积岩中的金矿床—岩浆热液系统的远源产物模式图

(P. H. 西里托, 1990)

(标明沉积岩中的金矿床在以侵入体为中心的贱金属矿区边缘的典型位置的概略模式)

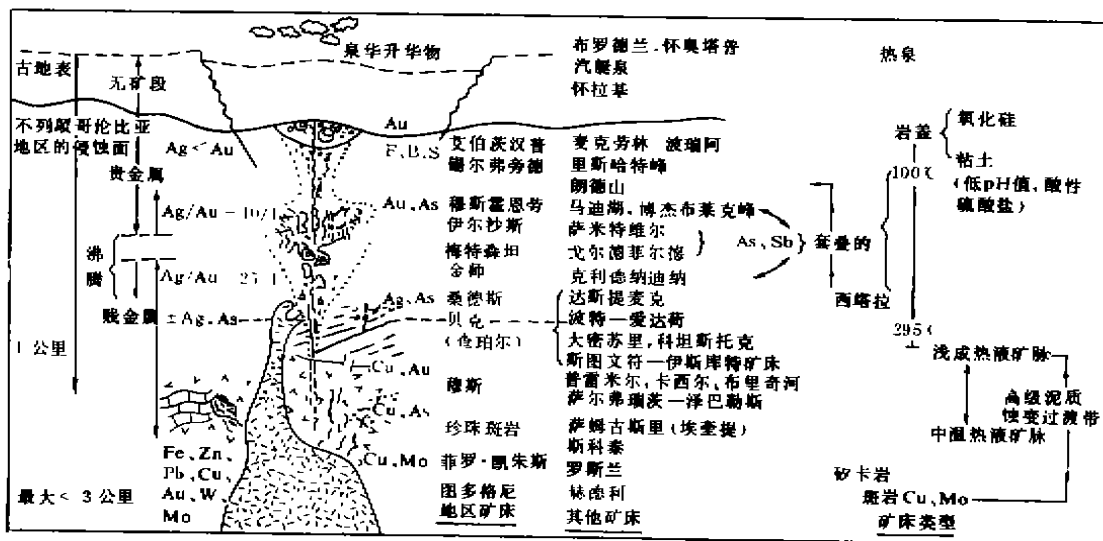


图8 不列颠哥伦比亚浅成热液矿床模式(据 A. 潘捷列夫 1986)

(该模式假设由斑岩铜矿、砂卡岩型矿床、过渡型矿床到浅成热液矿床及热泉排泄矿床是连续分布的)

(6) 油积岩成矿模式

著名的地质学家 R. W 哈钦森认为“卡林型金矿床是遭受晚期热液改造的油积岩型金矿床,而非一般的热液金矿床”。但作者并未作详细说明。聂凤军(1982)描述了油积岩型金矿床(的地质特征 表 2),指出卡林型金矿床除在 Hg、Bi、Sb、As、Fe 等元素丰度上与之存在差异外,其它地质特征极为相似。

表 2 浊积岩型金矿床地质、地球化学特征

地质背景	大陆边缘和弧后深水盆地, 深海槽	矿体形态及矿石构造	延伸广、厚度大的层间金矿脉、鞍状脉、网状脉、微细脉和含金石英透镜体; 矿石构造与绿岩型金矿相类似	地球化学特征	Au/Ag 为 1:1 到 50:1 (平均值为 10:1) 砷、硼、氟、银在矿体顶部或旁侧构成晕圈
围岩岩性	浊积岩、细粒碎屑岩、硬砂岩、泥质岩、千枚岩、页岩、碳酸盐岩和少量火山岩	矿物组合	石英、奥长石、白云石、绿泥石、绢云母、黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、辉锑矿和自然金	控矿因素	金矿脉大都在膨胀构造带、倾向向斜和背斜翼部、穹隆边缘盆地内产出
矿床主岩	浊积岩、石英-云母片岩、千枚岩、硬砂岩、碎屑石、板岩和绿片岩	围岩蚀变	较弱的绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化和电气石化	矿床实例	加拿大新斯科舍省的 Megume 金成矿区, 澳大利亚本迪戈-马勒拉特金成矿区和苏联乌兹别克穆龙套金矿
成矿时代	晚元古代、早古生代				

(7) 区域成矿模式

模式以 B·F·内斯比特的陆壳内金矿系列形成模式(图 9)和 C·C 坎宁安在“内华达一些浸染型金矿与前寒武纪克拉通西缘及古地热异常之间的关系”一文中提出的模式(图 10)为代表。B·F·内斯比特认为从浅部高热梯度到深部中等地热梯度的多种构造环境中循环的天水有利于形成金属矿床, 从而得出从浅成热液型到卡林型至深成热液型金矿床成因系列的认识。矿化随深度的变化, 形成矿床类型之间发育特征的差异, 但它们的基本地质作用是相同的, 并简要对比了三类矿床的地质特征(表 3)。

G·G 坎宁安的模式则强调卡林型金矿产出与隐伏克拉通及其区域古地热异常之间有密切的空间关系, 他认为矿床形成于靠近热液体系顶部对流上升一翼, 有些对流环明显与岩浆中心有关。他也认为由浅成岩所限制, 与火山岩有关的金矿床和深成岩之上的沉积岩内的金矿之间存在一个连续的过渡关系。

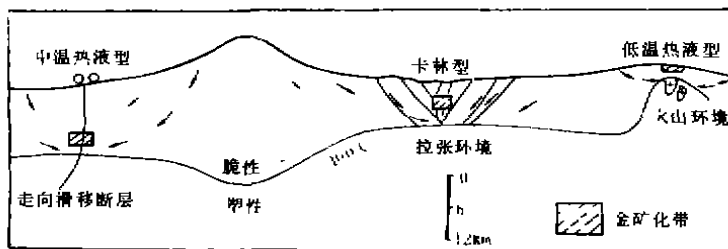


图 9 陆壳内脉状金矿床成因模式

表示大气水在各种构造环境中对流和形成金矿化的示意图, 箭头的角粗细大致与水/岩比值成正比
(据 B·F·内斯比特, 1988)

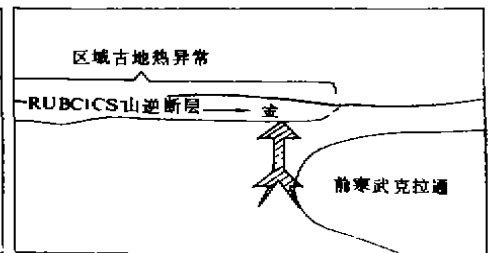


图 10 区域地热异常、浸染型金矿床位置、隐伏前寒武纪克拉通之间关系剖面图

(据 C·G·坎宁安, 1988)

表3 三类金矿床主要金矿化的地质特征

矿床类型	浅成热液型	卡林型	深成热液型
构造	火山构造,破火山口	区域扩张带	较大的次垂直构造,一般为平移断层
赋矿构造	张性断裂,角砾构造	正断层和平移断层	次生构造或横推构造
围岩	中性到酸性火山岩,浅成侵入体	变化范围宽,大部分为沉积岩	变化范围宽,低到高级绿片岩相
主要矿石和脉石相	石英、玉髓、碳酸盐、黄铁矿、银金矿、白云母、辉银矿、冰长石、重晶石	石英、黄铁矿、毒砂、辉铋矿、辰砂、萤石、重晶石、碳酸盐	石英、碳酸盐、钠长石、黄铁矿、毒砂、白钨矿、白云母、石墨、电气石、磁黄铁矿、自然金
矿石结构构造	裂隙充填,条带构造	浸染状、网脉状	厚层到条带脉状
热液蚀变	硅泥化、泥化、绢云母化、硅化	硅化、脱钙、泥化、绢云母化	碳酸盐化、硫化物化、硅化钠长石化
伴生元素	Ag, As, Sb, Hg, B, Mn, Ba, Te, Ti	Ag, As, Sb, Hg, Ba, Te, Ti, Pb, Zn	Ag, As, Sb, Hg, B, W, Te
成矿温度	200~300℃	200~300℃	250~350℃
盐度 NaClwt%	0~4	0~3	0~4
推断压力(pa)	(0.3~1)×10 ⁷	(5~8)×10 ⁷	>7×10 ⁷
δ ¹⁸ O _{H₂O} (‰SMOW)	-15~0,相对当地天水有轻微富集	+2~+6,相对当地天水富集	+4~+10,相对当地天水富集
CO ₂ 含量(mol%)	<4	2~10	>4
δD _{H₂O} (‰SMOW)	-150~-40,相似于当地天水	-140~-100,相似于当地天水	-160~10,相似于当地天水

(8) 描述性模式

在美国地质调查所 D·P·考克斯和 D·A·辛格(1986)所编的“矿床模式”专辑中, B·R·伯格提出了“以碳酸盐岩为容矿岩石的 Au—Ag 矿床(卡林型金矿床)的描述性模式。他从矿床产出的地质背景、矿床特征等方面简要描述了卡林型金矿床,它是卡林型金矿床主要地质要素的高度概括。”

综上所述 8 种卡林型金矿床成矿模式,基本代表了当前卡林型金矿床的研究现状和水平。概括了卡林型金矿床产出的大地构造背景,矿床成因特征,如矿质来源,矿床形成的物理化学条件、矿化富集规律以及矿化在时空上的演化和分布规律。共同之处在于认为卡林型金矿床属浅成中低温热液金矿床,容矿岩石主要是沉积岩,成矿与中生代火山—侵入岩时空关系密切;成矿物质、成矿流体来自地层或侵入岩,不同的是成矿物质(主要指 Au)的来源认识不一,有的侧重于赋矿围岩,有的则主张来自深部侵入体或赋矿岩层下深部地层。

2 秦岭地区卡林型金矿成矿模式

秦岭地区卡林型金矿床地质特征归纳如下:

(1) 区域分布严格受印支—燕山期构造—岩浆带控制,区域上与 Hg、Sb、As 矿密切共

生；

(2) 主要赋矿地层为泥盆系，次有下志留统、中石炭统和三叠系，成矿时代 $214 \times 10^6 \text{a} \sim 142 \times 10^6 \text{a}$ ；

(3) 主要容矿岩石为浅变质细碎屑岩、钠长碳酸盐角砾岩以及碳硅泥质岩；

(4) 成矿物质(Au)主体来自深部；

(5) 成矿流体为岩浆热液(主体)+建造水+大气降水组成的混合热液；成矿环境为中低温浅成环境；

(6) 依矿床形成深度和物理化学条件等的差异，将其划分为深部带型、中部带型和浅部带型三亚类。

秦岭地区卡林型金矿床成矿模式，概括如表 4 和图 11。

表 4 秦岭地区卡林型金矿床成矿模式基本特征

矿床类型	矿石建造	容矿岩石	围岩蚀变	离侵入岩距离	含金石英脉	自然金粒度	元素组合	成矿温度(℃)
浅部带型	自然金-辰砂、辉锑矿-雄黄、雌黄-黄铁矿	浅变质细碎屑岩、薄层灰岩	硅化、碳酸盐化、粘土化	未见	少	0. n μm	Au-Hg-Sb-As-Fe-S	低于 200
中部带型	自然金-辰砂、辉锑矿-毒砂-黄铁矿	浅变质细碎屑岩、碳硅质泥岩	硅化、碳酸盐化(重晶石化)	未见	少	0. n μm ~ n μm 明金可见	Au-Hg、Sb-As-S-Fe	184~310
深部带型	自然金-(毒砂)-黄铁矿、磁黄铁矿	浅变质细碎屑岩、构造热液角砾岩、(钠长碳酸盐角砾岩)	硅化、绢云母化、碳酸盐化、钠长石化、铁白云石化(出现电气石、磷灰石、黑云母等热液矿物)	部分矿床 1.5~4km	较发育	0. n~n μm 明金多见	Au-(As)-S-Fe	145~370

矿床类型	成矿压力 (101.325kpa)	成矿深度 (km)	矿物包裹体特征	成矿流体盐度 (NaCl wt%)	f_{O_2}	f_{S_2}	成矿流体矿化度(g/e)	代表矿床
浅部带型	210	0.83 (坪定)	不太发育, 类型单一, 以单液相包裹体为主, 体积小	2.3 (坪定)	偏高↑	偏低↑	19.8~20.5	坪定、九源、水磨坪(东北寨)
中部带型	300~500	1.19~1.98 (拉尔玛)	较发育, 类型较简单	<5.0 (拉尔玛)				拉尔玛、七里峡、安场沟、大桥
深部带型	409~550	1.62~2.18	发育, 类型复杂, 体积大	7.3~9.6	偏低↓	偏高↓	11.3~216.9	李坝、金山、三人沟、崖湾里、八卦庙、双王、二台子等

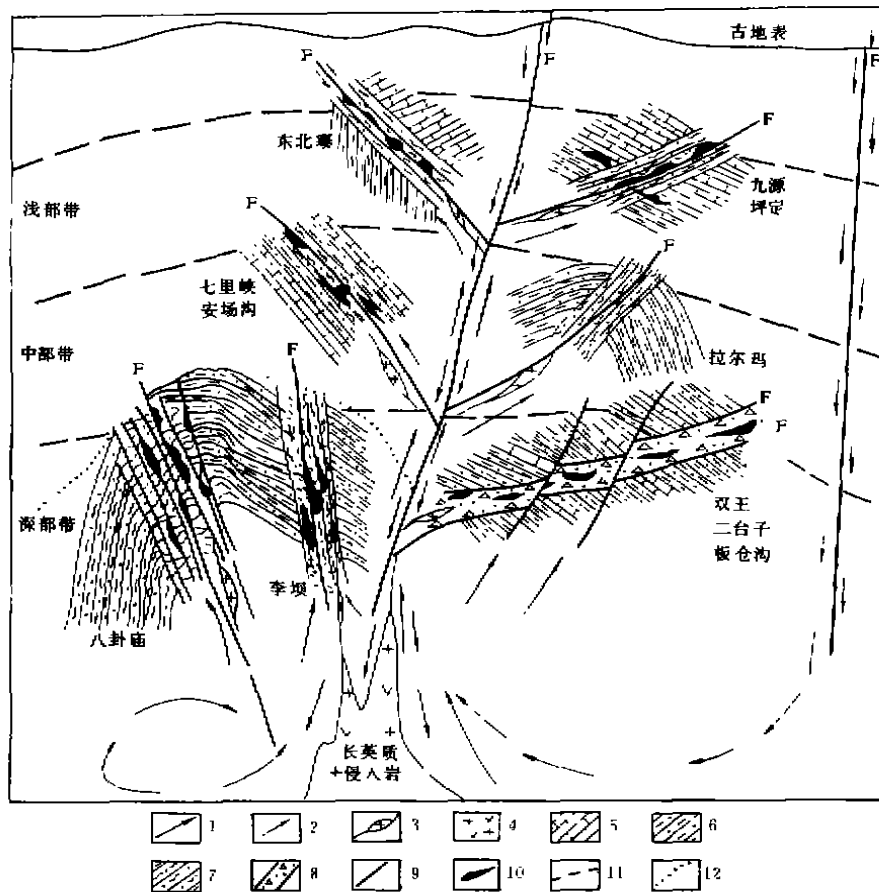


图 11 秦岭地区卡林型金矿床成矿模式示意图

1-深成成矿热流体 2-大气降水 3-岩脉 4-长英质侵入岩 5-碳酸盐岩 6-细碎屑岩
7-断裂裂隙带 8-角砾岩带 9-断层 10-金矿床 11-现代侵蚀面 12-热变质带界线

秦岭地区卡林型金矿成矿接近第三类卡林型金矿成矿模式,在区域成矿背景上,类似于 C. G. 坎宁安的模式,即产于两古陆之间的地槽褶皱带中。但是在秦岭地区卡林型金矿床中至今还未发现如 V. F 霍利斯特等人提出的沉积中浅成低温热液金矿床成矿模式所特有的泉华、硅帽、角砾岩网脉状富矿带、贱金属带和交代带等典型的热泉成矿分带现象。在单个金矿床中,金属及金属硫化物分带也不明显。在区域上,秦岭地区卡林型金矿除与汞、铅、锌、砷矿伴生外,还与铀矿伴生,在国外及其它地区则少见。

秦岭地区卡林型金矿床与美国西部卡林型金矿对比见表 5。两者在许多方面是相近的,而在成矿区域地质背景,岩浆活动强弱,矿田范围伴生矿床上有差异。

表 5 秦岭地区与美国西部卡林型金矿对比

地质特征	美国西部卡林型金矿床	秦岭地区卡林型金矿床
大地构造背景	前寒武纪古陆边缘地槽褶皱带(俯冲带)	前寒武纪古陆之间地槽褶皱带(裂谷带)

区域地质背景	优地槽与冒地槽过渡部位,中—新生代构造岩浆带,金矿带走向与斜交构造岩浆带的横向深断裂带一致	冒地槽褶皱带内部深断裂带,火山岩不发育,印支—燕山期侵入岩较强
赋矿地层	古生界(E、O、S、D、C)	古生界(E、D ₂₋₃ 、C)中生界(T)
容矿岩石	细碎屑岩、不纯碳酸盐岩,少量火山岩、长英质侵入岩,部分容矿岩石含碳质	细碎屑岩碳硅泥质岩、角砾岩、少量长英质脉岩、部分容矿岩石含碳质
围岩变质程度	板岩—千枚岩级,构造动力变质明显	板岩—千枚岩级,构造动力变质明显,部分具热变质现象
火山—侵入岩	矿区、矿床范围内白垩纪—第三纪火山—侵入岩板发育,侵入岩对矿床有定位作用	矿区、矿床范围内火山岩不发育,中酸性脉岩、煌斑岩普遍发育,部分矿区有印支—燕山期花岗岩侵入体
矿田伴生矿床	斑岩型,砂卡型铜铅矿、汞锑矿、重晶石矿	汞、锑、砷矿、铅锌矿,花岗岩型及碳硅泥岩型铀矿
成矿时代	白垩纪晚期—第三纪(拉拉米期)	印支—燕山期
控矿构造	区域性高角度逆断层旁侧次级断层裂隙带,层间断裂裂隙带	区域性深大断裂旁侧次级断层裂隙带、角砾岩带、层间破碎带,挤压揉皱断裂带
矿体形态	似层状,不规则状、透镜状、脉状	似层状、透镜状、似板状、脉状
矿石结构构造	主要呈浸染状,少数呈块状、脉状构造,他形粒状,自形一半自形粒状结构,自然金呈显微一次显微粒状,明金可见	主要呈浸染状,少数呈脉状构造,他形粒状,自形一半自形粒状结构,自然金呈显微一次显微粒状,明金可见
矿石矿物组合	自然金+黄铁矿+雄黄、雌黄+辰砂+辉锑矿+毒砂	自然金+黄铁矿+(磁黄铁矿)+毒砂+雄黄、雌黄+辉锑矿+辰砂
矿床氧化带	发育	不发育
围岩蚀变	似碧玉化、硅化、碳酸盐化	硅化、碳酸盐化、绢云母化、黑云母化、钠长石化
地球化学标志	Au+As+Hg+W+Mo+Sb, Au/Ag=3~9	Au+Ag+As+Hg+Sb, Au/Ag>1
矿床亚类划分		浅部带型、中部带型、深部带型
矿床实例	Cearlin(卡林) Getcheell(格彻尔) Mercur(默丘尔)	拉尔玛、李坝、八卦庙、双王、坪定、二台子、九源、金山

参考文献

- 1 涂光炽等. 中国层控矿床地球化学. 北京, 科学出版社, 1984
- 2 A. S. Radtke. 卡林型金矿地质学. 季文明等译. 1987
- 3 V. F. Hollister. 浅成热液贵金属矿床. 新疆有色金属工业公司译. 1988
- 4 B. C. Nesbitt, Gold Deposit Continuum; A Genetic model for Lode Au mineralization in the Continental Crust, *Geology*, v. 16 November—1988
- 5 R. B. Jones, Carlim trend Gold Belt; the *Geology*. *Mining Magazine*, October 1989
- 6 R. H. Sillitoe. Sediment-hosted Gold Deposits; Distal Products of Magmatic-hydrothermal Systems. *Geology*, February 1990
- 7 C. H. Thorman. Geologic settings of Gold Deposits in the Great Basin. Western United States. "BRAZIL GOLD 91"