

川西北微细浸染型金矿床区域成矿动力学模式

王全伟¹, 姚书振², 骆耀南³

(1. 四川省地质调查院, 成都 610081; 2. 中国地质大学, 武汉 430074; 3. 四川省地勘局, 成都 610081)

摘要:川西北微细浸染型金矿床的空间展布受构造岩浆带的严格控制, 金成矿作用与构造、岩浆、流体作用密切相关。本文根据其成矿成因特点, 建立了该区的构造—成矿时空演化模式和成矿构造系统动力学模式。

关键词:微细浸染型金矿床; 区域成矿模式; 控矿构造; 成矿构造系统动力学

中图分类号:P618.51 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-0995(2004)01-0004-05

川西北微细浸染型金成矿区位于松潘—甘孜造山带, 属于与构造作用、岩浆活动关系密切的低温热液型金矿床^[1]。中—晚元古代(1600~850Ma)以细碧角斑质、凝灰质火山岩为主的碧口群(通木梁群、白水河群、黄水河群), 以及侵入其中的晋宁期壳幔混熔型中—酸性岩体, 构成了本区的褶皱基底^[2]。晚元古代末期至古生代被动大陆边缘活动带, 发育了陆源碎屑为主体夹少量碳酸盐岩及硅质岩的沉积盖层建造。中生代受古特提斯构造运动的影响, 晚三叠世强烈断陷活动沉积了巨厚的复理石建造^[3]; 印支期末—燕山早期, 发生收缩造山, 并伴随构造岩浆活动^[4-5]。在这些构造—岩浆带上, 发生了金成矿作用, 形成了川西北微细浸染型金矿。

1 成矿地质环境

1.1 主要控矿构造

玛曲—略阳断裂、青川—茂汶断裂^[6]、鲜水河(炉霍—道孚)断裂、荷叶断裂、岷江断裂、雪山断裂, 以及壤塘—理县断裂等, 既是导浆构造又是储矿构造^[7]。它们的次级断裂为配矿和容矿构造。这些断裂构造在含金(或赋矿)原岩建造形成过程中, 表现为同沉积活动断裂。寒武—志留纪太阳顶群和白龙江群中发育海底喷流^[8]; 泥盆纪、三叠纪为同沉积裂陷, 形成巨厚的复理石建造。

1.2 赋矿岩石特征

碳质泥岩、中酸性脉岩、碳质硅岩及少量岩屑砂岩等, 经早期韧性变形, 晚期脆性叠加改造形成的碎裂构造岩类, 主要为碎裂状构造微晶片岩、碎裂岩、碎粒(斑)岩及角砾岩等。它们的孔隙度高, 比表面积大, 与含矿热液接触, 容易发生交代或充填而矿化。

1.3 地球化学障

川西北地区在金成矿过程中, 存在着有机碳地球化学和碱性岩石地球化学障。前者或通过对流体中的矿质吸附聚集, 或改变成矿环境成为强还原性使矿质沉淀聚集成矿。后者是指储矿构造的上盘(如东北寨、马脑壳等金矿床)为碳酸盐岩石, 或赋矿岩石为石英闪长玢岩等, 它们能调节矿液的酸度, 或释放出 Fe^{2+} (或 Fe^{3+}) 从而促进矿质的沉淀聚集。

1.4 岩浆作用与成矿时代

本区金成矿带内与金矿化空间关系密切的闪长岩、石英闪长岩、辉绿岩、闪长玢(斑)岩、花岗闪长岩及花岗斑岩的 Rb—Sr 和 K—Ar 法测年数据主要集中在 $(219 \pm 12) \sim (184.7 \pm 3.2)$ Ma 和 $(175.4 \pm 6.3) \sim (141.7 \pm 3.0)$ Ma 两区间, 表明与金矿化空间分布关系一致的浅成—超浅成中—酸性(含基性)岩浆侵位活动主要发生在印支期末—燕山早期和燕山中期, 而燕山晚期—喜马拉雅早期仅有零星岩浆活动。矿化岩浆岩的 Rb—Sr、K—Ar 及 Pb—Pb 等测年数为: 220~127.13Ma, 载金石英 Ar—Ar 法及其包裹体 Rb—Sr 法测年数在 $(210 \pm 11) \sim (49.5 \pm 8.7)$ Ma 之间, 相应集中在 $(210 \pm 11) \sim (186 \pm 7)$ Ma, 160~127.13Ma 和 $(49.5 \pm$

收稿日期: 2003-12-12

作者简介: 王全伟(1958-), 男, 四川北川人, 博士, 教授级高级工程师, 长期从事区域地质矿产调查与矿田构造研究

8.7)~(47±20)Ma 说明,本区金成矿主要发生在燕山早期,燕山中—晚期,至喜马拉雅早期尚有上升至表浅部的剪切带发育金矿化。

2 矿床地质特征

2.1 矿体赋存部位

矿化发生在浅部脆性剪切带内的碎裂岩带及角砾岩带内,矿体中矿化不均匀,其强弱程度及矿体形态受剪切带控制。

2.2 矿体基本特征

矿体为脉状、透镜状、分枝复合状,产状陡,在剪切带内常呈雁行式排列。单矿体规模与碎裂岩或构造角砾岩带的规模有关,一般长 10~1000m。大型金矿床通常由数个至十余个金矿体组成,分布于 2~5km 的剪切带内。

2.3 矿石矿物组合

矿石包括金—黄铁矿—石英、金—毒砂—黄铁矿—石英、金—辉锑矿—雄黄—石英、金—黄(白)铁矿—绢云母—石英、金—辉锑矿—地开石—重晶石、金—高岭石—蒙脱石等组合类型。矿石赋矿原岩类型主要有泥质岩、硅质岩、玢(斑)岩及火山岩。矿石的构造类型主要有构造微晶片岩化碎粒岩型金矿石、初糜岩化碎粒(角砾)岩型金矿石等。矿石中的金属矿物主要有黄铁矿、白铁矿、辉锑矿,其次有闪锌矿、黄铜矿、白钨矿。金以微粒—超微粒赋存于载金矿物中,常见载金矿物有黄铁矿、白铁矿、毒砂、辉锑矿、雄黄、石英等,部分矿床见有重晶石、地开石等。

2.4 矿石结构构造

矿石结构主要有:变余生物结构、变胶状结构;压力影、压碎结构;粒状结构、柱状晶结构、环带结构及鳞片结构;包含结构、交代结构;文象和乳滴结构。矿石构造有:角砾状或复角砾状构造,脉状或网脉状构造,星散至稀疏浸染或微粒浸染构造,条带状或条纹状构造,眼球状构造。

2.5 围岩蚀变特征

绢云母化是矿化构造带内分布最广泛的热液蚀变类型。

硅化与金矿化关系密切,具有早期硅化以硅质热液渗透交代构造岩为主→中期以细网脉状充填为主→晚期以单脉状充填为主的演变规律。这反映了成矿过程中,随着构造隆升与剥蚀的进程,构造应力场由挤压→拉张的演化特征。

黄铁矿化为含矿热液在赋矿构造岩中沉淀晶出的载金硫化物矿物的热液矿物代表。与黄铁矿大致同期晶出的热液硫化物有白铁矿、毒砂、方铅矿、黄铜矿、黑铜矿、闪锌矿等,稍晚有辉锑矿、雄黄、雌黄、辰砂等。

重晶石化主要发育于较老(寒武纪)的赋矿层碳硅泥岩型金矿床内,为中晚期浅表层次矿化热液蚀变的产物,以单脉状充填为主,与石英、地开石、辉锑矿、自然金等共生。

2.6 成矿元素组合特征

成矿元素组合类型在不同赋矿建造类型的金矿化带上表现为:①含碳砂泥岩型金矿化带中为 Au—Hg—Sb—As—(W) 组合;②玢(斑)岩型金矿化带为 Au—Hg—As—Sb—Bi—W;③火山岩型金矿化带为 Au—Hg—As—Sb—Tl—(Ba);④碳硅泥岩型金矿化带为 Au—Hg—Sb—As—Se—Ag—Mo。上述成矿元素组合类型的差异表明成矿热液的物质组成具有一定的差别。

3 矿床模式描述

3.1 模式简要说明

该类微细浸染型(或低温热液型)金矿床的成矿作用主要因素有:①矿化取决于(盖层和基底)地层含金背景和特殊物理化学性质的赋矿岩层;②收缩造山构造背景中,多层次(滑脱)剪切作用和深层剪切局部熔融作用造成地层中 Au 活化析出与壳源岩浆活动,形成足够导矿导浆及容矿构造,并且有大量大气水与构造(变质)流体及岩浆流体构成混合成矿。流体由下而上将各(变质)岩层的金元素携带至浅部储矿构造中沉淀聚集成矿。

3.2 构造—成矿时空演化模式

自中一晚元古代,该区经历了大洋盆地到碰撞造山构造,形成了由变质火山—沉积岩及 I 型花岗岩组成的含金褶皱基底。晚古生代末期—晚三叠世,经历了大陆边缘多期次裂陷构造沉积及岩浆活动演化,形成含金建造。印支晚期末秦岭构造带向南逆冲挤压,川西北地区基底和盖层建造发生了多层次滑脱剪切作用,导致变质基底混合岩化、局部熔融作用,以及地幔源物质上涌与地壳岩石混熔,使地层中 Au 初步活化和印支期 I 及 S 型花岗岩侵位。

燕山期至喜马拉雅早期,由于印度板块向北东俯冲导致特提斯构造带与秦岭造山带共同挤压,使川西北地区全面收缩,若尔盖地块向东逃移,造成龙门山地区向南东逆冲推覆和扬子陆块的相对俯冲的构造格局。在华北陆块、扬子陆块及印度板块的联合作用下,并且川西北地区内存在着若尔盖和摩天岭相对刚性的地块,派生出复杂多变的构造应力场。

从力学机制角度看,该区出现过全面收缩→滞后伸展→收缩→应力回返松弛等多期次力学机制转换过程,表现为多层次逆冲推覆→热穹隆状构造+深层剪切局部熔融岩浆+微观构造变形与超微观错位等多层次活动。从构造应力场角度分析,由于地壳的不均匀性,在地块边缘为构造应力相对集中地带(应力场梯度异常地带),表现为线型强变形带。

显而易见,川西北构造—成岩成矿时空演化贯穿于该区地壳演化的全过程、全区域,本文仅粗略地概括为以下两个阶段及其涉及的空间。

1) 成矿前物质基础形成阶段:四保期→印支晚期(1600→205Ma),同生断层活动控制着盆地演化,沉积了本区前震旦系、寒武系、志留系、泥盆系和三叠系等含金建造及赋矿建造。

2) 燕山期至喜马拉雅期构造—成矿演化阶段:印支期末—燕山早期在收缩机制下,多层次滑脱剪切作用使地层褶皱加厚;中一下部构造层次韧性变形和区域动热变质作用与深层剪切局部熔融作用;在中—上部三叠系至泥盆系地层中的强应变带内的泥质岩类普遍发育构造微晶片岩或初糜岩或糜棱岩等动力变质岩。中一下部构造层次的含金地层(Pt_2 — S)在构造作用下普遍成为高温高压变质层,深部为混合岩化带,矿物中的 Au 大量活化析出,并在流体的扩散、渗透、对流扩散作用与地震泵吸作用下,将金成矿物质通过导矿构造系统传递至上部(T、D)储矿构造系统。上部构造系统具有更强的开放性,剪切应变生成的热能容易释放,表现为环境的温度低,围压也低,与中下部构造层次相比,从矿物中活化析出的 Au 相对较少,有利于金沉淀聚集成矿。

据推测本区矿床形成环境深度普遍在地下 0.5~3km 的浅表部,表明该部位属于构造应力的转换部位——扩容构造。

燕山晚期→喜马拉雅早期,本区在强烈的构造隆升与剥蚀作用下,使早期处于中一下部构造层次的志留系和寒武系甚至前震旦系上升至表浅部构造环境。与此同时,发生脆性剪切叠加变形作用,形成储矿构造系统,自下而上的含矿热液汇集在其中沉淀聚集成矿。

从构造—成矿的多期次演化性质分析,挤压逆冲(剪切)推覆阶段表现为成矿构造系统的机械能转化为热能和化学能,促使金元素活化迁移;滞后伸展(或后应力松弛回反)剪切应变阶段,成矿构造系统的开放程度进一步增大,表现为释放大量热量,导致金元素化学位能降低,有利于含矿流体进入储矿构造沉淀聚集,成矿就位。

综上所述,构造—成矿的时空演化具有多阶段性,可划分为成矿前物质基础形成阶段和多期次构造作用金成矿物质聚集成矿阶段;金矿床就位发生在构造力学性质转换—构造应力场松弛阶段和构造应力场转换部位^[9](空间)。

3.3 成矿构造系统动力学描述性模式

成矿构造系统在成岩成矿过程中处于非平衡状态时,通过系统与外界(地壳、地幔及水圈)进行能量、物质和信息的交换,以及系统自组织、自催化和自反馈,从而形成一种稳定化的耗散结构^[10]。本区成矿构造系统是一个开放系统,具有有序结构和功能结构。

1) 开放系统:成矿构造系统的开放性主要有以下几个方面的依据:①氢、氧同位素具有成矿构造流体由大气水(为主)、岩浆水、变质水(含封存水)等组合的混合流体的特征;②碳、硫同位素组成分析表明,碳和硫

川西北微细浸染型金矿床区域成矿动力学模式

主要来自围岩;③铅同位素表明,铅主要来源于地壳,仅有个别为地幔铅;④成矿构造系统存在着明显的温、压梯度和含成矿流体浓度梯度,矿化强弱具有明显的分带性。

2) 有序结构:有序结构是成矿构造系统在成岩成矿过程中通过自组织和反馈等作用形成的一种稳定有序耗散结构,它的表现形式为成矿系统的分带性。①区域动力变质岩的分带表现为上部为脆性剪切变形构造群落和碎裂岩类,中部为脆韧→韧性剪切变形构造群落和糜棱岩类。②区域动热变质矿物分带自上而下为:伊利石+绿泥石带→绢云母+绿泥石带→黑云母带→铁铝榴石带→蓝晶石带+十字石带→矽线石带。③含金剪切带的热液蚀变分带主要为绢云母化,只要有热液活动就有绢云母出现;其次是硅化,主要出现在热液活动最强的构造部位。在剪切带的横剖面上可以见到由中心强应变带的交代蚀变→两侧弱应变带的热液充填蚀变规律:密集的石英+方解石脉体群→稀疏的脉体→无脉带。剪切带的成矿元素具有显著的垂向分带和水平分带。

3) 功能结构:川西北成矿构造系统由矿质活化、导矿、储矿、成矿构造流体及动力源五个子系统组成。

矿质活化构造子系统:多层次滑脱剪切应变导致区域动热变质作用和深层剪切局部熔融作用,在中下部构造环境中出现高温高压动力变质层及混合岩化带。受高温高压和韧性剪切变形的影响,使动力变质层及混合岩化带内 Au 的化学位升高,且变形越强,化学位越高。化学位越高,具有高化学位的元素是不稳定的,将脱离原来的矿物或岩石中的赋存部位,与其他成矿元素及 Si、K、Na、H₂O 等组分一起被活化析出,形成含金动力变质流体^[11-19]。

导矿构造子系统:从广义上讲,本区导矿构造子系统是一个结构复杂的系统,其主体为宏观尺度剪切构造带,与晶格位错、微裂隙、变形纹、压力影等微观构造等有着密切的联系。导矿子系统跨及从地表到深部的整个构造空间,将中下部甚至深部矿质活化构造子系统与浅部构造层次储矿构造子系统连为一体。

储矿构造子系统:储矿构造子系统位于浅表部地下 0.5~3km,与导矿构造子系统连通。宏观储矿构造主要在两组断裂交汇处、断裂带的分支复合处、波状断裂的启张处,或强碎裂化部位的构造。微观储矿构造主要有各种微裂隙、压力影以及启张状态的各种劈理与早期糜棱面理。在浅表部,由于温度、压力均低,为脆性剪切破裂变形,Au 的化学位(能)降低,以及物理化学条件(如 Eh 值、pH 值)的改变,导致 Au 成矿元素在(构造扩容空间)储矿构造内聚集成矿。

成矿构造流体子系统:成矿构造流体子系统是搬运成矿物质的介质系统,对成矿构造系统的形成和发展具有促进作用,与成矿构造耦合作用于矿源层,通过一系列自反馈和自催化作用可以加快成矿物质活化析出和导矿储矿构造形成的进程。该子系统由大气水、岩石圈各不同层次构造活动中产生的流体、岩浆流体和区域变质热液组成,在中下构造环境可以表现为超临界状态,在构造的驱动作用下(如构造应力场梯度和地震泵吸等),成矿构造流体可以把各个层次导矿构造子系统中成矿物质运送至储矿构造子系统。

成矿构造动力子系统:成矿构造动力子系统是成矿构造系统动力源,它对矿质活化构造子系统、导矿和储矿构造子系统的形成与演化具有控制作用。它是一种能量场,能够以机械能形式作用于其它子系统,也可以通过机械能转变为热能或化学能等,以能量转换形式来实现动力功能,反

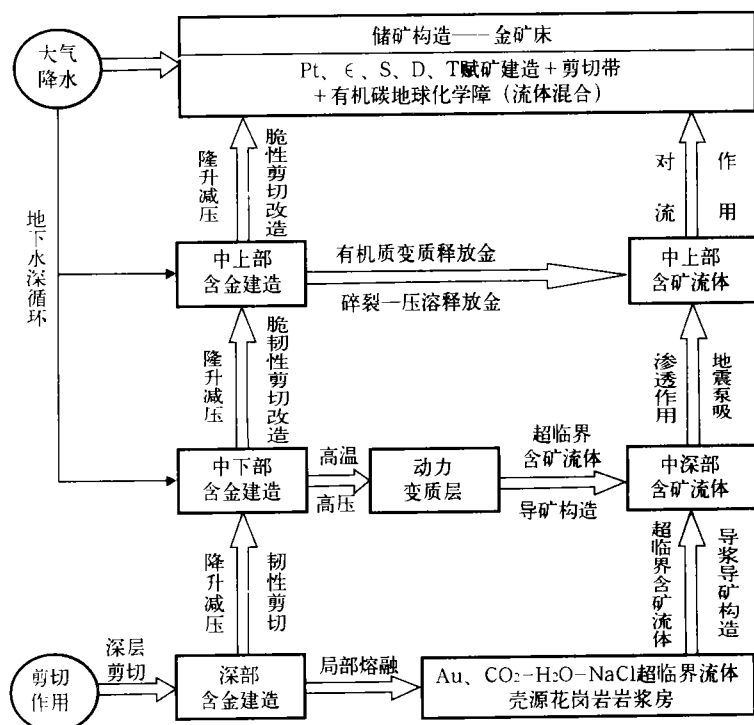


图1 区域成矿构造动力学模式图

之还可以由热能或化学能转化为机械能在成矿构造系统中传递或作用。

成矿构造系统内部子系统之间的关系及其模式说明:构造—成矿作用是构造应变(机械)能转变为形变、相变、化学反应,以及通过流体的质量和能量的传递过程,是各种作用交织的复杂的非线性动力学过程^[20]。在构造—成矿过程中,矿质活化、成矿构造流体、导矿、储矿及动力等子系统之间具有紧密联系,它们之间表现出自反馈、自催化和自组织等作用,从而构成了成矿构造系统动力学网络。其中剪切应变作用是成矿构造系统演化的能量基础。流体不仅具有质量和能量的传递功能,而且通过水—岩相互作用(自催化作用)和流体传质作用^[17-19],加速了构造—成矿的演化进程,它是成矿构造系统动力作用过程的两个重要因素之一。构造与流体藕合作用于矿源层和赋矿层贯穿于成矿构造系统动力学的全过程,是其演化方向和最终结果的关键(图1)。

参考文献:

- [1] 李小壮. 川西北地区浅成低温热液金矿系列的矿床类型与分布规律[J]. 四川地质学报, 1996, 16(2): 135~141.
- [2] 刘家军, 郑明华, 刘建明. 西秦岭大地构造演化与金成矿带的分布[J]. 大地构造与成矿学, 1997, (4): 307~314.
- [3] 许志琴, 侯立玮, 等. 中国松潘—甘孜造山带的造山过程[M]. 北京: 地质出版社, 1992, 1~179.
- [4] 罗志立, 等. 龙门山造山带的崛起和川西前陆盆地的沉降[J]. 四川地质学报, 1992, 12(1): 1~16.
- [5] 骆耀南, 等. 龙门山—锦屏山陆内造山带[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1998, 1~160.
- [6] 王全伟, 梁斌, 等. 青川地区青川断裂带显微构造及其形成环境研究[J]. 岩石矿物, 2000, (1): 87~91.
- [7] 王全伟, 姚书振, 张均. 四川壤塘金矿带控矿构造研究[J]. 四川地质学报, 2000, 20(1): 39~44.
- [8] 郑明华, 等. 喷流型与浊流型层控金矿床[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.
- [9] 邓 军, 吕古贤, 等. 构造应力场转换与界面成矿[J]. 地球学报, 1998, (3): 244~250.
- [10] 於崇文. 成矿作用和耗散结构[J]. 地质学报, 1987, (4): 267~289.
- [11] 陈柏林, 李中坚, 董法先. 与昭世才《试论韧性剪切变形与金的成矿》一文的讨论[J]. 贵金属地质, 1998, (3): 228~232.
- [12] 陈柏林, 糜棱岩型金矿金元素丰度与构造变形的关系[J]. 矿床地质, 2000, (1): 17~23.
- [13] 陈柏林, 董法先, 李中坚. 韧性剪切带型金矿成矿模式[J]. 地质论评, 1999, (2): 186~191.
- [14] 吴铎. 动力作用对某些元素集散的影响[J]. 矿物岩石, 1998, (4): 97~111.
- [15] 贾国志, 梁海军. 韧性剪切构造成岩成矿作用及对金矿化的控制[J]. 地质论评, 2000, (2): 131~139.
- [16] 蔡新平, 刘秉光. 深大断裂与金的成矿物质来源[J]. 黄金科学技术, 1994, (6): 4~6.
- [17] 邓 军, 杨立强, 等. 剪切带构造成矿动力机制与模式[J]. 现代地质, 1999, (2): 125~129.
- [18] 邓 军, 翟裕生, 等. 剪节带构造—流体—成矿系统动力学模拟[J]. 地学前缘, 1999, (1): 115~127.
- [19] 邓 军, 翟裕生, 杨立强. 论剪切带构造成矿系统[J]. 现代地质, 1998, (4): 493~500.
- [20] 於崇文, 岑况, 等. 热液成矿作用动力学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993.

A Dynamic Model for Regional Metallogenesis of Fine-disseminated Gold Deposits Northwest Sichuan

WANG Quan-wei¹, YAO Shu-zhen², LUO Yao-nan³

(1. Sichuan Institute of Geological Survey, Chengdu, Sichuan 610081; 2. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074; 3. Bureau of Geology and Exploration and Exploitation of Mineral Resources of Sichuan Province, Chengdu, Sichuan 610081)

Abstract: Spatial distribution of fine-disseminated gold deposits in northwest Sichuan is strictly controlled by a tectonmagmatic belt. Gold ore-formation was is close relationship with tectonism, magmatism and fluid process. This paper puts forwards a space-time evolutionary model for regional tectonism-metallogenesis and a dynamic model for regional metallogenic tectonic system.

Key words: fine-disseminated gold deposit; regional metallogenic model; ore-control structure; dynamics of metallogenic tectonic system