

西秦岭—松潘构造结中的卡林型—类卡林型金矿床： 成矿构造背景、存在问题 and 研究趋势

朱赖民¹, 张国伟¹, 刘家军², 姚安平¹, 杨涛¹, 王飞¹, 李¹, 郭波¹

(1. 西北大学 地质学系 大陆动力学国家重点实验室, 陕西 西安 710069;

2. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083)

西秦岭是我国最大的卡林型—类卡林型金矿省^[1-2]。目前在秦岭造山带的川—陕—甘“金三角”区已发现超过 100 多处矿化点、矿点和矿床, 探明了一批大型和中小型矿床, 一些矿床如阳山、八卦庙、马鞍桥和金龙山等金矿床的储量已接近大型或超大型矿床的规模。因此, 秦岭造山带卡林型—类卡林型金矿床的深入研究和勘探开发, 是今后缓解我国金矿资源短缺的重要途径之一。目前国内学者对卡林型—类卡林型金矿床地质—地球化学特征已有大量的研究, 但是有关卡林型—类卡林型金矿床的成矿构造背景尚属薄弱环节, 对卡林型—类卡林型金矿床产出的区域地质背景和区域构造对卡林型金矿床控制作用亟待研究, 现有的研究工作还不能提供决定控制卡林型—类卡林型宏观展布的区域构造存在的充分证据, 重建构造变形细节和构造演化历史仍需要更多的详细研究^[3-14]。本文对西秦岭—松潘构造结中的卡林型—类卡林型金矿床的成矿构造背景、存在问题和研究趋势进行了分析, 旨在为进一步探讨西秦岭—松潘构造结中的卡林型—类卡林型金矿床的成因类型和成矿机制提供研究思路和方法。

1 成矿构造背景

西秦岭卡林型—类卡林型金矿床与美国的卡林型金矿存在很多共同点, 但显著差异表现在成矿背景不同^[1]: 中国卡林型金矿床分布在我国大陆内部的造山带中(图 1), 而美国则分布于大陆边缘地区的活动大陆盆地沉积环境中, 即北美科迪勒拉造山带活动大陆盆地构造带的陆内裂谷式

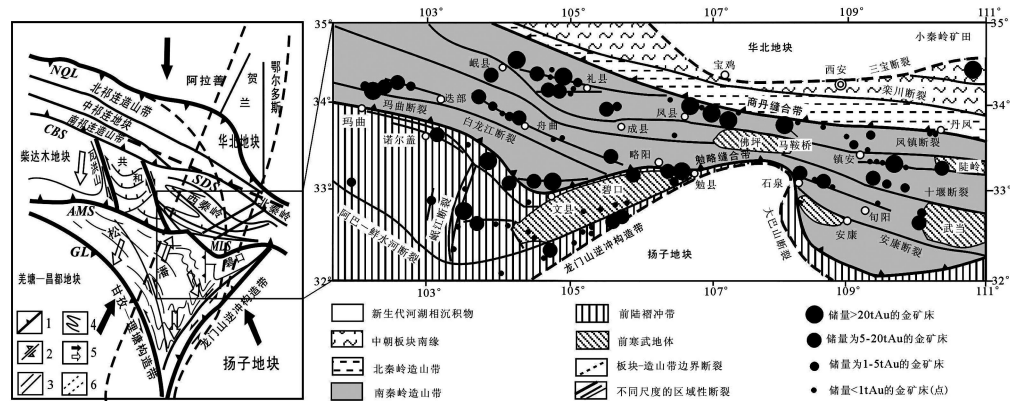
盆地中^[1-3]。我国西北(陕—甘—川)卡林型—类卡林型“金三角”有其产出的独特地质背景, 突出地表现在位于西秦岭—松潘构造结中(图 1)。中国大陆构造中的西秦岭—松潘地区处于中国大陆构造的主要地块与造山带聚集交接转换部位, 是东西向中央造山系与南北向贺兰—川滇构造带垂向交汇区, 也是青藏高原东北缘扩展跨越地带, 突出的形成构成中国大陆主要块体和造山带聚集的西秦岭—松潘构造结^[15]。印支期西秦岭—松潘构造结是在特提斯阿尔卑斯—喜马拉雅、太平洋和古亚洲及其后的环西伯利亚弧形构造三大构造动力学体系共同作用下, 受深部至浅部壳幔长期作用三面围限汇聚的动力驱动, 以洋陆俯冲碰撞、陆陆俯冲碰撞、陆内构造等多种形式在完成中国大陆主体拼合过程中, 通过不同块体的汇聚、交接和转换最终形成^[15]。西秦岭—松潘构造构造结中新生代以来位于太平洋板块、印度板块和欧亚板块内西伯利亚地块三个构造动力学系统的交汇部位, 尤其西部更多受喜马拉雅隆升的影响, 构造结发生从深部地幔动力学到上部地壳结构的新的调整变动, 产生独具特色的物质交换与结构构造。西秦岭—松潘构造结具有板块拼合与陆内造山的同期复合交接, 并叠加陆内剪切走滑构造特点, 是在前印支期先期构造基础上, 主要在东古特提斯扩张打开与闭合和中国大陆完成主体拼合过程中, 东、西秦岭, 龙门、松潘诸造山带的交接汇聚形成, 以板块俯冲碰撞、陆内造山和走滑逃逸构造交接复合为特征。构造结内中—新生代构造突出, 印支期后广泛的后造山伸展塌陷, 广泛形成山间裂陷型侏罗系盆地, 并常是较大的山间含煤盆地, 如玛沁、勉县、武都等地的侏罗系盆地, 后造山伸展垮塌, 也激发了主拼合期后的深源岩浆活动。晚侏罗世—早白垩世区域的强烈逆冲推覆构造, 常见

基金项目: 国家自然科学基金项目; 国家重大基础研究项目(编号 2006CB403502)

作者简介: 朱赖民, 男, 1966 年生, 教授(博士), 主要从事矿床地球化学研究. Email: zhulaini@nwnu.edu.cn

上述盆地被老地层逆掩,并强烈褶皱断裂变形。晚燕山期,区内又一次发生广泛伸展而形成更为广泛的分散的白垩纪到第三纪断陷红色陆相盆

地,并常有沿走滑断裂而呈拉分盆地型斜列分布,如东-西秦岭交界地区的太白-东河-徽成-武都北东一线



1. 构造结区主干断裂(包括古缝合带); 2. 西秦岭和共和坳拉谷构造线; 3. 松潘主要构造线; 4. 区域构造主应力方向; 5. 可能的热点及三联点; 6. 贺兰-川滇南北构造带; CBS: 柴北缘古缝合带; SDS: 商丹古缝合带; KLS: 东昆中古缝合带; AMS: 阿尼玛卿古缝合带; NQL: 北祁连缝合带; MLS: 勉略古缝合带; GL: 甘孜-理塘缝合带

图 1 西秦岭-松潘构造结中卡林型-类卡林型金矿床分布(据文献 1, 15 改编)

2 西秦岭-松潘构造结形成演化对卡林型-类卡林型金矿的控制

西秦岭-松潘构造结形成演化对卡林型-类卡林型金矿床成矿具有明显的控制作用,西秦岭-松潘构造结的结点与边界不仅决定了构造结的主要构造框架,而且控制了卡林型-类卡林型金矿床的空间分布(图 1)。大量地质、地球物理研究一致表明,印支期陆-陆碰撞和陆内造山作用过程中形成的一系列推覆构造及相关的脆-韧性剪切带,是陆内俯冲的标志^[16-18]。卡林-类卡林型金矿床主要分布在西秦岭-松潘构造结中的龙门山断裂与商丹断裂之间,在两个断裂之间则发育一系列倾向北的陆内俯冲带,如勉略断裂、白龙江断裂、石泉-房县断裂、双河-公馆断裂、凤县-镇安断裂^[13]。构造结中的卡林-类卡林型金矿床分布于区域性逆冲断裂带上盘,容矿断裂往往是区域性控矿断裂上盘的次级配套断裂、背斜轴部走向断裂、层间破碎带以及挤压揉皱密集的裂隙带中^[11]。

西秦岭-松潘构造结的印支期交接拼合时期,对应华北克拉通和扬子克拉通之间最后的缝合事件^[15-18],已有测年数据也支持卡林-类卡林型金矿

床发育于勉略洋盆闭合的最后阶段,即伴随扬子板块沿勉略带向南秦岭板块之下的俯冲和勉略洋盆闭合,原有的断裂构造进一步复活,与陆内俯冲有关的花岗岩和多级别、多规模的逆冲推覆构造广泛发育,可能造就了本区大规模热液成矿系统,其流体可能来源于沉积盆地深部的进变质作用或板块本身向下运动产生的热事件,这些流体沿大断裂运移并在逆冲断裂带上盘或盆地边缘浅部隆起单元沉淀成矿。西秦岭-松潘构造结中的卡林-类卡林型金矿床主要赋存于板块缝合带及其前陆冲断带中,产于洋-陆及陆-陆俯冲-碰撞带两侧的局部拉张裂陷盆地中,板块俯冲-碰撞,造成局部拉伸断陷盆地形成,而金等含矿物质通过深部和陆源带入盆地的沉积岩相、岩性发育^[1-2]。金矿床成矿主要集中于 100~ 220 Ma^[1]。成矿起始年龄(200~ 220 Ma)对应于最晚的洋壳闭合时间^[16-17](晚三叠世,208~ 230 Ma),也与俯冲相关的片岩(Sm-Nd 年龄为 242±21 Ma, ⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄为 220~ 230 Ma)^[17,18],勉略古洋壳俯冲与碰撞造山蛇绿岩混杂岩带中的变质基性火山岩[242.21 Ma(Sm-Nd), 221.13 Ma(Rb-Sr), 219.5~ 226.9 Ma(⁴⁰Ar/³⁹Ar)]时代基本一致^[17,18]。另外,区内俯冲碰撞型花岗岩在 205~ 225 Ma 开始广泛发育^[18],与成矿起始年龄吻合。

西秦岭-松潘构造结中的卡林型金矿床成矿

与西秦岭—松潘构造结形成演化过程一致, 整个成矿过程贯穿了与构造结演化相伴随的印支期的交接拼合构造期和印支期后的广泛后造山伸展塌陷阶段。西秦岭—松潘构造结中海相沉积作用在泥盆纪—三叠纪期间连续进行, 三叠纪晚期沉积范围逐步缩小并结束^[15, 18], 前侏罗纪地层全部变形和变质, 显示成矿主要发生在中晚侏罗纪之前。因此, 目前有限的成矿年龄数据和西秦岭—松潘构造结形成演化特征一致揭示, 西秦岭卡林型金矿成矿与西秦岭—松潘构造结形成演化同步, 地球动力学背景可能为陆陆碰撞的挤压向伸展转变期。

3 存在问题和研究趋势

迄今国内外学者对卡林型金矿床, 特别是美国卡林型金矿床的矿物组合、地质、地球化学、热液特征及火山作用对矿床形成的控制作用做了大量详细的研究。但是不可否认, 对卡林型金矿床已有 40 多年研究历史的美国而言, 有关学者一致认为卡林型金矿床产出的区域地质背景和区域构造对卡林型金矿床控制作用的研究还很不足、亟待研究。因为现有的研究工作, 还不能提供决定控制卡林型金矿床宏观展布的区域构造存在的充分证据; 对区域构造对矿床分布的控制的细节也知之甚少^[4-16]。事实上, 正如 Crafford 等学者所言一样, 有关区域构造演化对美国卡林型金矿床控制的一些重要问题仍悬而未解^[16]。这些问题包括: 块体分裂构造如何影响自泥盆纪开始的后期多次构造活动? 什么作用驱动中生代克拉通边缘裂开, 岩浆侵入及构造挤压? 是什么作用使先期存在的构造边缘发生第三纪火山活动及构造伸展? 虽然由同位素、重力、磁异常和地质特征确定的深部构造, 对矿床分布具有控制作用, 但是更多的详细研究需要重建构造变形细节和构造演化历史^[4-16]。

中国卡林型金矿床分布在我国大陆内部的造山带中, 而美国则分布于大陆边缘地区的活动大陆盆岭沉积环境中, 即北美科迪勒拉造山带活动大陆盆岭构造带的陆内裂谷式盆地中。目前关于离散和俯冲消减板块边界的卡林型金矿成矿研究较为深入, 获得很多成熟的认识和重大进展, 而碰撞边界、碰撞后伸展阶段以及板内环境成矿研究较为薄弱^[1, 18]。我国西北(陕-甘-川)卡林型“金三角”有其产出的独特地质背景, 突出地表现在位于西秦岭—松潘构造结中, 成矿环境复杂, 导致

目前我国有关卡林型金矿床成矿的区域构造演化过程中的流体作用、演化及其成矿动力学的研究存在明显不足, 存在的主要问题包括: ①卡林-类卡林型金矿床区域构造成矿规律研究总体落后, 导致成矿预测往往仅是依据已有矿化、异常来圈定卡林型金矿床勘查选区, 因此科学预见性不高, 严重制约了找矿突破。②西秦岭—松潘构造结中的卡林-类卡林型成矿作用集中发生于何种构造环境下? 究竟是印支期不同块体和造山带的汇聚期? 还是印支期后出现的后造山伸展塌陷阶段? 或者是汇聚—伸展构造体制转换阶段? 这一问题的回答关系到, 卡林型金矿床成矿是否与后碰撞盆地流体成矿有关的问题的最后定论。③在西秦岭—松潘构造结形成演化过程中出现多构造集结、多期构造复合活动、壳幔物质系统交换, 这一过程与矿源供给、流体输运、矿石堆积和矿床定位存在什么动力学关系? 前人对构造结中金矿床已提出了进一步的分类方案。如造山型、卡林型和类卡林型等^[1, 2]。但是, 这两大类金矿的成矿过程是否相同? 二者在时空分布和成因上, 究竟有何联系仍需进一步研究予以澄清, 这也是查明造山型、卡林型、类卡林型金矿床的本质区别和联系的关键所在, 同时也是进一步厘定矿床成因类型和指导找矿勘探的主要依据。④西秦岭—松潘构造结中的构造变形、流体作用与岩浆作用、成矿作用存在何种时空耦合关系? 如分布于类卡林型金矿床矿区和矿区外的花岗岩体与卡林型金矿床成矿是否存在成因联系? 如果存在联系, 那么究竟提供热源还是物质来源?

大陆碰撞带及其相关环境的构造—流体—成矿作用研究是当前国际矿床学研究的新趋势^[1, 2, 12-14, 19]。大陆板块汇聚、碰撞过程中, 流体从主碰撞带向前陆方向迁移汇聚, 导致成矿元素活化、迁移、富集与成矿。通过研究构造复合活动、壳幔物质交换、洋陆俯冲碰撞、陆陆俯冲碰撞、陆内构造变形过程中的流体作用中成矿组分的分散与富集机制和时空演化规律, 预测矿床和矿集区的位置与矿化形式, 已成为当前国际地学界广泛关注的前沿课题, 这一研究趋向不是立足于具体矿床的研究, 而从点到面扩展到成矿年代与异常地质事件的耦合关系研究, 即以区域地质背景研究为立足点, 探索异常地质事件与成矿地质事件的可能耦合关系^[1-14, 20]。

大陆构造结代表了陆壳构造中不同构造系统

(造山带与地块的交汇)衔接和转换部位,具有其空间分布、地表地质构造、物质组成和相应的深部背景及其独特的构造演化历史和动力学机制^[15-19],而分布于西秦岭-松潘构造结中卡林型金矿床作为地质作用的产物和信息载体,能提供构造结组成、结构、演化的重要信息。因此,在研究西秦岭-松潘构造结中卡林-类卡林型金矿的成矿背景、成矿时代及成因时应以构造结形成演化为主线,需要把构造结中的卡林-类卡林型金矿的

形成过程作为地质体演化的一个有机组成部分进行深入研究。研究中国卡林型金矿床成矿问题,需将其放在中国大陆处于古亚洲、特提斯和环太平洋三大构造动力学体系三面围限的这一特殊格局下加以认真系统地重新审视和思考分析^[19];需深入剖析构造变形中的流体作用与岩浆作用、成矿作用、构造变形的时空耦合关系,形成中国卡林型金矿床研究新的学术思路,提出关于中国卡林型金矿床成矿新理论。

参 考 文 献:

- [1] 陈衍景,张静,张复新. 西秦岭地区卡林-类卡林型金矿床及其成矿时间、构造背景和模式. 地质论评, 2004, 50(2): 134-152
- [2] Mao J W, Qiu Y M, Goldfarb R J. Geology distribution and classification of gold deposits in the western Qinling belt central China. Mineralium Deposita 2002, 37: 352-377
- [3] Kerrick D, Goldfarb R, Groves D. The characteristics, origins and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic provinces. Science in China(Series D), 2000, 43(suppl): 1-68
- [4] Emsbo P, Hofstra A H. Origin and significance of Post-ore collapse breccias cemented with calcite and barite at the Meikle gold deposit, Northern Carlin trend, Nevada. Economic Geology, 2003, 98: 1243-1252
- [5] Aheart G B, Chakurian A M, Trebar D R. Evaluation of Carlin-Type deposits in the great basin western north America and implication for deposit genesis. Economic Geology, 2003, 98: 235-248
- [6] Grauch V J S, Brian D R. Geophysical and isopic constraints on crustal structure related to mineral trends in North-Central Nevada and implications for tectonic history. Economic Geology, 2003, 98: 269-286
- [7] Bowtell R J, Baumann M G, Trebar D. The occurrence of gold at the Getchell mine, Nevada. Journal of Geochemical Exploration, 1999, 67: 127-143
- [8] Chakurian A M, Aheart G B, Donelick R A. Timing constraints of gold mineralization along the carlin trend utilizing apatite fission-track $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and apatite(U-Th) He methods. Economic Geology, 2003, 98: 1159-1171
- [9] Constance J N, Hofstra A H. Alligator ridge district, east-central Nevada: Carlin-type gold mineralization at shallow depths. Economic Geology, 2003, 98: 1225-1241
- [10] Crafford A E J, Grauch V J S. Geologic and geophysical evidence for the influence of deep crustal structures on Paleozoic tectonics and the alignment of world-class gold deposits, north-central Nevada, USA. Ore Geology Reviews, 2002, 21: 157-184
- [11] Dean G H, Dunbar W W, Thompson T B. Geology and geochemistry of the Deep Star gold deposit, Nevada. Economic Geology, 2003, 98: 1107-1135
- [12] Keith A H. Crustal structure in the Elko-Carlin Region, Nevada, during Eocene gold mineralization: Ruby-East Humboldt Metamorphic Core Complex as a guide to the deep crust. Economic Geology, 2003, 98: 249-268
- [13] Ozcan Y, E, Nelson P, Hitzman M W. Structural controls on carlin-type gold mineralization in the gold Butte district, Eureka county, Nevada. Economic Geology, 2003, 98: 1173-1188
- [14] Stephen G P. Syn-deformational features of Carlin-type Au deposits. Journal of Structural Geology, 2004, 26: 1007-1023
- [15] 张国伟, 郭安林, 姚安平. 中国大陆构造中的西秦岭-松潘大陆构造结. 地质前缘, 2003, 11(3): 23-32
- [16] 张国伟, 程顺有, 郭安林, 等. 秦岭-大别中央造山系南缘勉略古缝合带的再认识-兼论中国大陆主体的拼合. 地质通报, 2004, 23(9-10): 846-853
- [17] 张国伟, 董云鹏, 赖绍聪, 等. 秦岭-大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带. 中国科学(D辑), 2003, 33(12): 1174-1183
- [18] 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京: 科学出版社, 2001, 1-855
- [19] 张国伟, 董云鹏, 姚安平. 关于中国大陆动力学与造山带研究的几点思考. 中国地质, 2002, 29(1): 7-13
- [20] 翟裕生. 区域构造、地球化学与成矿. 地质调查与研究, 2003, 23(6): 1-7