

碰撞造山成岩成矿模式的运用方法^{*}

陈衍景

杨泽军

(北京大学地质学系, 北京)

(黄金部队 15 支队)

提 要: 本文讨论了该成矿模式的运用方法和程序, 即首先检验研究区是否经历过较强的碰撞造山作用, 其次查明研究区已有的矿化类型、特征和规律, 运用碰撞造山成岩成矿模式解释成矿规律, 预测矿床分布。

关键词: 碰撞造山作用 成岩成矿模式 区域成矿规律 矿床类型 找矿

1 引 言

适合于板块离散体制和洋壳俯冲体制的多种成岩成矿模式早被外国学者提出, 并被广大国内外学者所熟知和运用。自适合于碰撞造山体制或陆内俯冲体制的成岩成矿模式^[1]提出之后, 已成功地用于东秦岭、准噶尔、华北克拉通等地的金矿床的分布规律^[1~3], 也已被运用于解释中国绿岩带型^[4]、夕卡岩型^[5,6]等类型金矿床的形成环境和分布特征。

有关碰撞造山体制的成岩成矿模式及其影响因素、变异型式等, 已有专文^[7]论述, 此处仅介绍其 2 个要点:

(1) 碰撞型造山带的构造几何特点是发育一系列的板片堆叠构造, 指示碰撞造山机制是以陆内俯冲为特征的水平运动, 陆内俯冲过程中物质的规律运移导致岩石、矿床的形成和规律性分布 (图 1), 即在仰冲板片依次出现热液矿床带 (D)、花岗岩带 (G)、斑岩带 (P)。D 带为中—低温热液矿床, 主要发生 As、S、Te、Sb、Hg、Ag、Au、Pb、Zn、Cu、Mo 等亲硫元素矿化; G 带花岗岩属典型的深侵位改造型岩浆岩, 伴随气化高温热液矿床, 常发生 W、Sn、Be、Nb、Ta、REE、U、Li、Cs 等亲石元素或亲氧元素矿化; P 带斑岩属于浅侵位的改造型中酸性—酸性岩浆岩, 不少特征类似于同熔型花岗岩, 矿化元素复杂, 兼有亲硫元素、亲氧元素和亲铁元素等。

(2) 完整的碰撞造山作用包括早期增温增压阶段 (挤压期)、中期减压增温阶段 (挤压—伸展转变期) 和晚期降温伸展阶段。3 个阶段分别有不同特征的成岩成矿作用, 但中期减压增温阶段, 即挤压达高潮之后造山带开始伸展到区域热异常持续增高并逐步达高峰的阶段, 深部物质发生最强烈的减压分熔, 形成大规模流体和熔体; 浅层构造因减压扩容而为流体活动提供了更好的空间, 同时最高的热异常为流体活动提供了最大的能量, 导致深源流体与浅源流体同时强烈活动和混合、循环, 是最强的成岩成矿时间。

鉴于中国陆区的碰撞造山作用十分强烈、广泛和典型^①, 碰撞造山成岩成矿模式的运用

^{*} 本文是国家九五攀登预选 95—预-39 号项目 4-1 专题、国家九五攻关 96-915-03-05 专题、自然科学基金 49672119 号项目的部分成果

陈衍景, 男, 1962 年生, 博士, 副教授, 从事矿床学、前寒武纪研究。邮政编码: 100871

① 陈衍景、刘玉林、郭光辉等, 1998, 碰撞造山成矿作用的研究历史和进展

潜力较大,为更好地运用该模式揭示成矿规律,预测矿床分布,确定找矿标志,本文对模式的运用方法略做讨论,以期抛砖引玉。

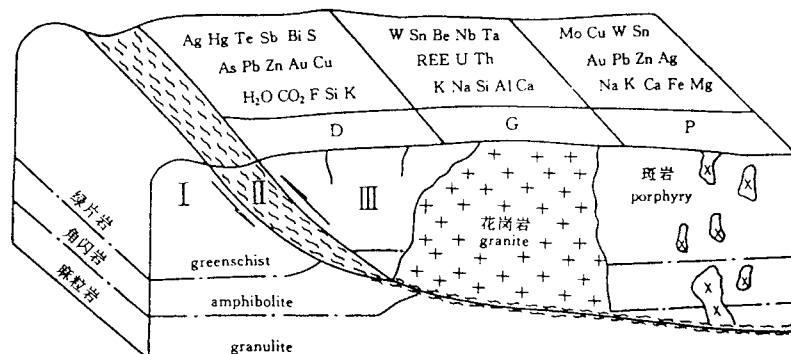


图1 碰撞造山成岩成矿模式

D—热液矿床带; G—花岗岩带; P—斑岩带

2 查明研究区地壳演化历史和碰撞造山作用的特征

碰撞成矿模式只适用于碰撞造山体制或陆内俯冲体制,能否用其指导某一地区的研究和找矿,取决于研究区是否经历过较强的碰撞造山作用或陆内俯冲作用。为此,首先需要对研究区的地壳发展历史进行研究,以查明研究区是否发生过强烈的碰撞造山作用。如果发生,则需要进一步研究碰撞造山作用的发生时间、空间、类型、强度、机制以及所伴随的地质事件,主要借助手段如下:

(1) 碰撞造山时间:可从地质、地球化学和地球物理等方面查明。即研究地层性质和发育、古生物活动、古地理变迁、变质演化、蛇绿岩套、花岗岩类、脉岩穿插等,推断碰撞造山作用发生的具体地质时代,如东秦岭被推断为中生代^[1],准噶尔为古生代末^[2];通过研究同位素测年和区域地球化学场的变化、地壳成熟度演化、花岗岩类演化等,确定碰撞造山时间;可借助古地磁反演古陆位置的变化等地球物理方法,确定古陆碰撞拼合时间。

(2) 碰撞造山空间:可从地质和地球物理两方面查明。造山带地壳厚度和结构的纵横变化,震波传导和低速层的特征,地震分布和发震机制,大断裂性质、深度及意义(尤其是反向边界逆冲断层和主边界逆冲断层),变质岩、岩浆岩发育和区域分布,沉积建造特征和变形变质,矿产种类和区域分布等。例如,东秦岭地区中生代碰撞造山作用的北界被确定为三门峡-宝丰断裂^[1];导致青藏隆升的碰撞造山作用的北边界被确定为祁连山北缘断裂^[8]。

(3) 碰撞造山的类型:根据碰撞造山机制和碰撞的陆块特征, Sengor 将碰撞造山带(也即碰撞造山作用)划分为3科9属^[9]。对于研究区归属哪一类,可通过前述的地质、地球物理、地球化学方法,在揭示碰撞造山时间、空间的基础上确定。

(4) 碰撞造山作用的强度和变化:主要从地质、地球物理的角度查明整个区域的碰撞造山作用的强度和区域内不同区带的差异,具体工作可配合前面的工作完成。例如,中生代东秦岭地区的碰撞造山作用的强度在三门峡-宝丰断裂南北两侧发生截然变化^[1]。

(5) 造山机制和造山过程的动力学演化：沉积盆地的性质和演化，火山岩类的性质及演化，花岗岩类的性质及演化，断裂带的特征及演化，构造应力场的演化，变质作用的 PTt 轨迹等研究。如，东秦岭中生代沉积盆地的分布和规模，及岩浆岩演化等，都无可辩驳地指示强挤压发生在三叠纪，强隆升发生在侏罗纪，强伸展发生在白垩纪，整个碰撞造山事件（包括早期挤压和晚期伸展）结束于白垩纪末^[1]。

(6) 陆内俯冲体制和缝合带：针对区域大断裂进行地物化综合探讨，确定它们是否是碰撞的陆内俯冲带以及陆内俯冲（广义）的方向和强度、深度等。

(7) 同碰撞地质事件：主要查明同碰撞的改造作用、变质作用、岩浆作用和流体作用等。除前述的一些研究手段外，尚可借助矿物包裹体和稳定同位素等研究。

3 查明研究区的矿化类型和矿床地质特征

碰撞造山带或受碰撞造山作用影响强烈的地区常有丰富的矿产，但并不是所有矿产都与碰撞造山作用有成因联系。因此，十分必要对碰撞造山带的成矿规律和矿床地质特征进行研究，以区分同碰撞期和非碰撞期形成的矿床类型及其矿床地质特征等。

(1) 矿化类型：查明研究区的矿产种类和各种矿产的矿床成因类型，各类矿床的基本特征，剔除与碰撞无关的矿化。主要借助地质学、矿床学和地球化学方法进行。

(2) 成矿时间：借助地质和同位素年龄方法确定不同矿种、不同矿床类型的形成时间，先后顺序。值得注意的是，矿石铅同位素模式年龄往往不能指示成矿时间。

(3) 成矿空间：揭示不同矿种、不同矿床类型的区域分布特征，不同级序集中区的地质特点，控制矿床集中程度和分带的主要因素。

(4) 矿化强度：揭示各类矿床最主要的矿化时间和空间，归纳出它们的矿化强弱。

(5) 成矿地球动力学背景：通过对成矿热液性质，物质来源，物理化学条件等研究，结合矿田构造的分析（如含矿断裂的性质和演化）和区域构造演化研究，确定不同矿床类型的成矿动力学背景。

(6) 成矿机制：根据上述矿床学、地球化学等系统研究，查明成矿的热源、水源、物源及其演化，确定矿床地质地球化学特征以及形成和定位机制。

4 揭示碰撞造山与成矿的耦合关系和区域成矿规律

在确定了研究区构造演化历史和成矿特征之后，即可探讨二者之间的耦合关系，也就是明确研究区哪些矿床属于碰撞造山过程中形成，然后揭示这些矿床的成矿机理、地质特征和区域成矿规律。具体确定方法或内容包括：

(1) 碰撞造山作用与成矿作用的发生时间一致与否？其关键地质、地球化学标志是什么？同位素测年结果如何？

(2) 碰撞造山与成矿作用的发生空间一致与否，其主要依据是什么？

(3) 碰撞造山作用的强弱程度与有关矿床成矿作用的强弱程度是否一致？

(4) 哪些矿化类型与碰撞造山作用有关，碰撞前或碰撞后的矿化类型是哪些？它们的主

要差别和识别标志是什么?

(5) 有关矿床的成矿机制与碰撞造山机制或者陆内俯冲机制可否吻合?

(6) 成矿地球动力学背景的演化、成矿作用的演化等, 与碰撞造山作用的 PTt 轨迹是否吻合?

(7) 矿床区域分布规律和分带性与碰撞造山作用的伴随地质事件(岩浆活动、变质作用、改造作用等)是否吻合?

(8) 一系列矿床地质地球化学特征(成矿温度、压力、物质来源、流体来源、矿化分期等)与碰撞造山作用是否吻合。

5 运用碰撞造山成岩成矿模式的运用

(1) 运用碰撞造山成岩成矿模式将各类矿化规律统一起来: 在探讨了成矿与碰撞造山作用的关系之后, 即可找出适于碰撞造山成岩成矿模式的矿化类型、地区以及与碰撞有关的若干成矿规律。在此情况下, 已可运用碰撞造山成矿模式将揭示的成矿规律统一起来, 使复杂的成矿作用模式化。然后, 依据模式解释有关矿床地质地球化学特征和成矿特征, 尤其是解释矿床的时空分布和分带的规律性。豫西地区的金矿床和中国绿岩带型、夕卡岩型金矿床已经得到了较好的解释^[1,4,5], 可供参考。

(2) 在典型区带验证碰撞造山成岩成矿模式: 选择研究区的个别区带进行碰撞造山成岩成矿模式之有效性的验证, 以确保成矿模式的适用性。验证工作可从地质、地球物理、地球化学和矿床等角度进行, 即要求碰撞造山成岩成矿模式在各个侧面与区带的实际情况基本吻合。例如, 北疆的东准噶尔地区和东秦岭的熊耳山区都曾被作为典型区带验证了碰撞造山成岩成矿模式的科学性。

(3) 典型区带的验证和矿床分布预测: 在验证了模式的适用性之后, 即可根据模式解释整个研究区的矿床区域分布特征, 预测新的找矿靶区和找矿类型, 进行合理的找矿区划, 制定实用的找矿标志。具体方法可参考《豫西金矿成矿规律》^[1]。

参 考 文 献

- 1 陈衍景, 富士谷. 豫西金矿成矿规律. 北京: 地震出版社, 1992, 234.
- 2 陈衍景. 准噶尔造山带碰撞造山过程的成矿作用和金等矿床分布规律. 地质学报, 1996, 70 (3): 253~261.
- 3 陈衍景, 郭光军, 李欣. 华北克拉通地区花岗绿岩地体中生代金矿床的成矿地球动力学背景. 中国科学, 1998, 28 (1): 35~40.
- 4 陈衍景. 中国绿岩带型金矿床. 见: 中国科学院黄金科技办公室编. 中国金矿研究新进展, 第一卷上篇, 北京: 地震出版社, 1994, 4-29, 9~102.
- 5 陈衍景, 常兆山. 夕卡岩型金矿成因模型. 见: 张贻侠, 寸圭, 刘连登主编. 中国金矿床问题与思考. 北京: 地质出版社, 1996, 57~68.
- 6 陈衍景, 秦善, 李欣. 中国夕卡岩型金矿的成矿时间、空间地球动力学背景和成矿模式. 北京大学学报(自然科学版), 1997, 33 (4): 456~466.
- 7 陈衍景. 影响碰撞造山成岩成矿模式的因素及其机制. 地学前缘, 1998, 5 (增刊): 109~118.
- 8 赖绍聪, 邓晋福, 赵海玲. 青藏高原北缘火山作用与构造演化. 西安: 陕西科学技术出版社, 1996, 138.
- 9 森格 (Sengor). 板块构造学与造山运动. 宋伯庆等译. 上海: 复旦大学出版社, 1992.