

剪切带型金矿床系列的确立 及其地质找矿意义*

林文通¹ 杨学明² 杨晓勇² 陈天虎¹ 邹明龙³

(1 合肥工业大学资源与环境科学系, 合肥 2 中国科学技术大学地球和空间科学系、化学地球动力学实验室, 合肥 3 合肥联合大学, 合肥)

提 要: 本文在讨论了胶东半岛招-掖金矿带金矿床的成矿地质特征和成矿机理基础上, 提出了剪切带型金矿床系列的概念。在同一构造应力场作用下, 成矿热液沿剪切带流动并与之反应, 从深部到浅部在韧性、韧+脆性、脆性三种不同性质的构造变形带中分别形成了焦家式金矿(蚀变岩型)、灵山沟式金矿(过渡型)、玲珑式金矿(石英脉型), 从而构成剪切带型金矿床系列。本文认为剪切带型金矿床系列不仅是我国最重要的金矿床类型, 而且可以作为在剪切带中寻找金矿床的理论依据。

关键词: 剪切带型金矿床系列 焦家式金矿 灵山沟式金矿 玲珑式金矿

1 剪切带型金矿床系列的确立

自从 Bonnemaison^[11]提出“含金剪切带”以来, 许多研究者运用剪切成矿理论来研究金矿床的形成机理及其分布规律, 提出了“剪切带型金矿床”的概念。1986年在加拿大多伦多国际金矿讨论会上确立了剪切带型金矿床这一新的金矿床类型。“剪切带型金矿床系列”是针对山东招(远)-掖(县)金矿成矿带的剪切带型金矿床存在有垂直分带的一系列金矿床: 焦家式-过渡型的灵山沟式-玲珑式组成的金矿床系列而提出的^[2-4]。

剪切带型金矿床系列是 80 年代初在我国发现的最重要的金矿床新类型, 是与区域性剪切带的变形-变质作用有关的金矿床。剪切带往往是韧性-脆性断裂作用同时伴生的。剪切带是岩石圈内存在的构造形变带, 而且在剪切带内是连续递进应变的。在同一应力场作用下, 从地壳深部到浅部出现明显的垂直分带: 韧性剪切带、韧-脆性剪切带和脆性剪切带; 我们把产于这套剪切带组合内的一系列金矿床称作剪切带型金矿床系列。剪切带变形-变质作用不仅控制着金矿床的成矿作用、分布、产状和规模, 而且剪切带本身也是矿质运移的通道和聚集的场所。在剪切应力的驱使下, 金矿体赋存的空间, 即矿质就位的空间, 位于 D 型(主剪切裂隙)、P 型(逆向剪切裂隙或压剪裂隙)、R 型和 R' 型(里伯尔共轭剪切裂隙: R 为低角度、R' 为高角度)和 T 型(张裂隙)等裂隙内^[9]。成矿作用与剪切变形-变质作用同时或基本同时^[6]。

* 本文为攀登计划 A-30 “与超大型矿床有关的基础研究”部分成果, 并得到国家教委科研基金资助。

林文通, 男, 65 岁, 教授, 长期从事金矿地质研究。邮政编号: 230009

2 剪切带型金矿床系列的成矿特征

根据招-掖金矿成矿带剪切带的垂直分带特点,与其有关的剪切带型金矿床系列可分为构造糜棱岩带蚀变岩型金矿(焦家式金矿产于韧性剪切带)、含金石英脉型金矿(玲珑式金矿产于脆性剪切带)和过渡型金矿(灵山沟式金矿产于韧-脆性剪切带)。我们可以将这些矿床统称为剪切带型金矿床系列。它们的成矿特征可以从其成矿机理的分析来确定。胶东半岛地区新太古代—古元古代以前的火山沉积地层,在近南北向应力的作用下,形成东西向的新太古代—古元古代的胶东群变质岩系和东西向剪切带的基底断裂。自中生代以来,在北西-南东向应力场作用下,产生NE—NNE向剪切带,使古老的東西向基底断裂也有一定程度的复活。这一NE—NNE向剪切带的强烈构造活动导致胶东群变质岩的基底岩系产生燕山期基底重熔—底辟交代型壳源花岗岩系列:玲珑混合花岗岩和郭家岭花岗闪长岩。在强烈剪切动力和岩浆热力作用下,在剪切带内形成了剪切带型金矿床系列。它们的成矿特征如下:

(1) 韧性剪切带金矿床成矿特征:韧性剪切带具有规模大、应变强、“切割”深、热动力作用显著和多期活动等特点。其变形-变质作用是在可塑性准固体状态下进行的和在高温、高压和高应变条件下产生的,因此常出现韧性变形-变质和塑性流动变形-变质,形成各种塑变、应变结构和糜棱岩化系列岩石(初糜棱岩、糜棱岩、超糜棱岩)和产生流劈理和破劈理。在晚期随着温度、压力降低,出现以脆性变形-变质为主,形成碎裂岩和脆性断裂。这些特点反映了高的剪切应变和挤压流动的构造体制。

在通常情况下,韧性剪切带不仅是矿液的主要通道,而且也常常是重要的容矿构造。剪切带内糜棱岩、碎裂岩、劈理和脆性断裂等具有高渗透性和孔隙率,是成矿热液运移及矿质沉淀的理想场所。韧性剪切带还是矿液与围岩产生强烈交代蚀变作用的场所。这种深位断裂带的宏观热力学条件为高温、高压、高化学位、还原环境,而在其中活动的热液具有粘滞度低、渗透性高和溶解能力强等特点。在断裂带中流动的含碱质(K^+ , Na^+)的可溶性金配合物的矿液,除了一部分沿断裂挤压上升外,在深部促使围岩发生强烈的热液交代蚀变作用,使可溶性金配合物解络,沉淀出金。金矿物呈浸染状分散于糜棱岩中,并沿S.S.面理富集或沿裂隙穿过韧性剪切带的边界,矿脉斜切韧性剪切带或产于韧性剪切带两旁的次级脆性裂隙中。这种作用在韧性剪切带内与金矿化有关的交代蚀变作用尤其强烈,常形成构造破碎带蚀变岩型(含金绢英岩化带)的金矿床。韧性剪切带中金矿化阶段的划分,据研究^[10,11],可将韧性剪切带金矿化的成矿模式划分为早、中、晚三个阶段。早期阶段:由两个连续期次组成,先是在狭长的韧性剪切带内发育形成以糜棱岩为特征的构造,这种构造常为含金硅化、泥化和含金硫化物沉淀的场所,主要形成不可见金。中期阶段:也是两个期次组成,糜棱岩构造强度更强,可产生开放空间,使透镜状、脉状的乳白色石英脉就位。当岩石受挤压时,石英脉碎裂成微砂糖状石英,对金矿化起着储存作用,主要形成细粒金。晚期阶段:出现张性裂隙和张性断裂,在韧性剪切带中形成开放性构造,产生石英细脉和石英、碳酸盐网脉,同时引起早阶段所产生的不可见金原地活化出现块状金产于石英晶洞中。成矿作用时,由于是还原环境,这种金矿床多为含金富硫化物石英-绢云母细脉或网脉型金矿床。例如胶东半岛的焦家、新城、三山岛诸金矿。此外,在韧性剪切带中除了物理化学条件有利

于金成矿之外，石英压电效应可能是导致金在微砂糖状石英和剪切带内富集的重要原因^[8]。由剪切应力导生的石英压电效应，会造成石英颗粒的一侧表面及其附近出现局部负电荷集中的强还原环境以及在相邻石英颗粒之间和剪切带内产生电子发射。它们都能有效地促使热液中金络合物的还原分解，释放的金将就近附着在石英表面上。毒砂、黄铁矿等硫化物生长时，其生长面附近出现的 Eh 值和 S^{2-} 、 $(AsS)^{3-}$ 等组份浓度的局部降低也能导致金络合物失稳、分解，进而引起金在这些矿物中富集，这些机制可以解释金为何在富硫化物含金剪切带中富集的原因^[8,5]。

(2) 脆性剪切带金矿床成矿特征：脆性剪切带是剪切带浅部的线性构造变动地带，发育碎裂岩、断层泥等构造岩，以张裂隙和脆性断裂带为特点。因此，脆性剪切带是减压的扩容矿和容矿构造，是矿液沉淀充填的场所。由于它的热力学条件为低温、低压、低化学位、氧化环境、热液粘滞度高、渗透性低和溶解能力弱等特点，当成矿热液从下部挤压上升后，被导入张裂隙，引起矿液的温度、压力骤降，物理-化学环境突变（与天水等加入有关），溶液产生沸腾去气作用和氧化作用，使可溶性金配合物产生解络，并与热液中 SiO_2 一起沉淀出形成充填式含金石英脉型金矿床。脆性剪切带中含金或无金石英脉主要产于脆性裂隙 T 中。石英脉中硫化物矿物很少（与氧化环境有关），形成含金少硫化物石英脉型金矿床。例如胶东半岛的玲珑金矿。

(3) 过渡型的韧-脆性剪切带金矿床成矿特征：在过渡型韧-脆性剪切带内存在的过渡型金矿床，具有上述两种成矿特征，主要矿物组合也是上述两种含金少硫化物石英脉和含金富硫化物石英-绢云母细脉或网脉一起出现的过渡特点。韧-脆性剪切带中，含金石英脉型金矿、矿脉呈透镜状、纺锤状分布于剪切带内的 D、R、P 裂隙中或呈浸染状弥散在糜棱岩或断层岩中，矿脉也可产于剪切带的 T、R' 裂隙中或沿裂隙穿过韧-脆性剪切带的边界，矿脉斜切剪切带或产于剪切带两旁的次级裂隙中。例如胶东半岛的灵山沟、望儿山金矿。

3 剪切带型金矿床系列的矿床特征

焦家式金矿床具有如下的特征：① 矿床规模大而规则，金品位相对较低而稳定，与围岩的界限不清；② 成矿深度较大，现已控制在 1 km 以上，推测为 2~3 km；③ 在一定深度范围内，焦家式金矿有向深部显稳定而规则的趋势；④ 金矿多为隐伏或半隐伏金矿床。由于诸多因素的制约，在已经探明的焦家式金矿中，其深部都未能圈闭。近年来，在招远县台上金矿施工的一个深孔，于垂深 907.31~949.60 m 处，见到的其厚度达 32.49 m，金品位平均为 5.49 g/t 的厚大矿体。于垂深 977.71~1048.02 m 的区段内，还有四层样长 1.50~8.66 m，金品位为 2.33~3.25 g/t 的支矿体。该孔所见的主矿，与其上部钻孔相距 400 余米，两个工程的见矿厚度只相差 0.10 m，平均金品位只差 0.05 g/t^[7]。另外焦家式金矿常可形成超大型的金矿床，如焦家、新城、三山岛等金矿。而且矿体稳定，形态简单、易采易选。

玲珑式金矿的矿床规模不大，类型单一，金品位较高但变化大，采选比较复杂。

过渡型的灵山沟式金矿，由于具有多种构造组合，是在多期构造演化中形成的，表现出动力再造成矿作用的特点。所以成矿规模也大，也可以形成超大型或大型金矿床。例如招远

县境内探明了一个超大型金矿,其矿床类型属含金石英脉型和构造破碎带蚀变岩型的过渡型,矿体厚度较稳定,矿石金品位较高,且埋藏浅,易开采。这个矿离玲珑和罗山金矿不远。过渡型的灵山沟式金矿床规模较大的原因是与构造破碎带有不同成因类型的构造岩(塑性构造岩和脆性构造岩)混杂以及塑性变流或扭性剪切带上叠加脆性断裂和X型裂隙^[1],使韧-脆性剪切带内构造裂隙特别发育有利于成矿。例如,玲珑金矿的招平断裂除了控制玲珑金矿外,向南西方向又连续探明了夏甸金矿和超大型灵山沟式的大尹格庄金矿。

4 剪切带型金矿床系列的研究意义

剪切带型金矿床系列的垂直分带性已被在胶东半岛招-掖金矿带中所发现的诸金矿所证实。在过渡型的灵山沟式金矿床之下,发现了焦家式金矿;在玲珑式金矿床之下,也发现了灵山沟式和焦家式金矿。同时,在胶东半岛的剪切带型金矿床系列还存在有水平分带性,即在水平方向上,在东西成矿带上的侵蚀截面是东浅西深,所以,东端为玲珑式金矿,而西端为焦家式金矿,中间则为过渡型的灵山沟式金矿。因此,根据金矿的类型可以确定剪切带型金矿床的侵蚀面的深度、矿床规模和进一步找矿与勘探的方向。

剪切带型金矿床系列处于同一个应力场所形成的构造单元中,它们在时间上是同步的,在空间上是连续的或基本连续的^[10,12]。金矿床规模巨大,其中以焦家式和过渡型的灵山沟式金矿最重要,常常构成超大型金矿床。所以,韧性剪切带和韧-脆性剪切带是找矿的重点部位。而单一的脆性剪切带常常是贫矿或无矿的,成矿规模也不会太大。此外,剪切带型金矿床系列不但是胶东半岛的前寒武纪的“绿岩型”金矿床的成矿特征类型,也是其它地区“绿岩型”金矿床和产于较新地层中金矿床(如广东河台金矿床等)的成矿特征类型。然而,这些金矿床是否也存在有深部、浅部和过渡型三种类型金矿,值得我们去进行深入研究和进一步找矿工作。剪切带型金矿床系列的研究,对于研究金矿床形成机理、分布、规模、指导找矿与勘探都有重要的理论意义和实际意义。

参 考 文 献

- 1 王吉琿,等. 玲珑金矿田花岗岩中韧性剪切与成矿的关系. 矿床地质, 1990, 9 (3).
- 2 林文通. 金矿床中金的赋存状态及其形成机理. 金银矿产选集, 1988, (9): 1~26.
- 3 林文通. 剪切带变形-变质和剪切带型金矿床成矿特征. 矿物岩石地球化学通讯, 1993, (1): 21~22.
- 4 林文通. 剪切带型金矿床系列——中国最重要的金矿床类型. 矿物岩石地球化学通报, 1995, (3): 190~191.
- 5 王玉明, 季寿元, 陈克荣. 次显微金在毒砂、黄铁矿等矿物中富集的成因研究. 矿物岩石, 1996, 16(3): 20~26.
- 6 刘继顺. 韧性剪切带中金成矿研究的若干问题. 地质论评, 1996, 42 (2): 123~128.
- 7 黄德业. 谈谈山东焦家式金矿深部的探矿和采矿问题. 金银矿产选集, 1990, (14): 269~271.
- 8 王玉明. 韧性剪切作用成矿的新机制. 岩石矿物学杂志, 1997, (增刊).
- 9 Rober's R G. Ore deposits model 11, Archean gold deposits. Geosciences, 1987, 14 (1).
- 10 Bonnemaision M, Marcoax M. Anriferous mineralization in some shear - zones: A three-stage model of metallogenesis. Mineral Deposita, 1990, 25: 96~104.
- 11 Bonnemaision M. Les "filons de quartz aurifere" an cas particulier de shear zone aurifere. Chron. Rech. Min., 1986, 482: 55~65.
- 12 Boullier A M and Robert F. Palaeoseismic events recorded in Archean gold-quartz vein networks, Vald' ore, Abitibi, Quebec, Canada. J. Struct. Geol., 1992, 14: 161~171.