

# 韧性剪切带的研究现状及金矿成矿理论

胡 斌 邓国幸

(中南大学, 湖南 长沙 410083)

**摘 要:** 对于韧性剪切带的成矿理论研究, 发展极为迅速, 至今已具有较完善的理论和较成熟的研究方法。韧性剪切带在生产实践中获得进一步的推广和应用, 更多地了解和掌握韧性剪切带构造与成矿的关系, 运用了韧性剪切带的成矿理论去从事金矿的找矿勘察工作, 发现了大批新的矿床, 大规模地扩大了原有矿床的规模。

**关键词:** 韧性剪切带; 研究现状; 成矿

## 1 概述

韧性剪切带主要是由简单剪切变形所产生的, 其应变强度由带的边缘向中心逐渐增大。在中心的应变最强部位可能出现物质成分的变化和强烈的化学作用(即构造化学作用)。在韧性剪切带的中心部位往往形成糜棱岩带。系列的糜棱岩是韧性剪切带的主要岩石, 因此也是韧性剪切带的重要标志。

韧性剪切构造作用可以使一些富含硅质的岩石糜棱岩化, 从而形成多孔隙的砂糖状似硅质岩, 并可使镁铁质、超镁铁质岩石构造蚀变, 形成滑石菱镁片岩等, 这些岩石易于在后期热液事件中形成捕获金的岩相。剪切构造作用还可以使成矿物质活化迁移, 从分散状态聚集成为有工业价值的矿体; 同时还能产生剪切成矿流体以形成脉状矿体。这样从时间上、空间上和成因上全面揭开了韧性剪切带与矿化的关系<sup>[1]</sup>。

## 2 研究现状及意义

### 2.1 研究现状

韧性剪切带与多种矿床具有密切联系。较大的韧性剪切带具有延伸较远较深、多次长期活动的特点, 同时, 韧性剪切带常是岩浆活动及热液活动比较强烈的地带, 对成矿作用十分有利。现在, 国内外学者都十分重视韧性剪切带与成矿作用的研究, 并且用于指导找矿勘探和成矿预测, 其中对金矿的研究尤为深入。

段嘉瑞在研究广东河台金矿区产于糜棱岩带的金矿时, 首次提出“剪切带型金矿”这一分类概念。他认为, 韧性剪切带不仅提供了金矿的成矿空间, 而且认为韧性剪切作用就是一种重要的成矿作用。同时, 国内外学者都开展了韧性剪切带与金矿成矿关系的研究, 有些学者将剪切带型金矿作为一种独立的矿床类型。

### 2.2 研究方法

韧性剪切带作为一种理论已经成熟, 其研究内容和工作方法也日趋完善, 但在生产实践中怎样应用则尚无明确的规范, 主要有一些方法供理论研究和实践中参考。野外观察, 包括宏观构造观察、剖面观察研究和面上的观测或填图。室内研究, 包括野外资料的整理、测试鉴定、构造解

析。制图, 编制出韧性剪切带构造地质图。综合分析, 包括分析韧性剪切带的应变、运动学及动力学特征, 分析韧性剪切带的类型、形成与演化规律, 还有分析韧性剪切带形成的区域构造背景及其在区域构造中的意义。

### 2.3 研究意义

韧性剪切作用极大地改变了岩石的组构特征, 使得主要造岩矿物晶格变形, 从而增加元素的活性和扩散速度, 所以, 糜棱岩化的岩石化学成分的改变还在微观上表现在矿物化学的改变上, 这就使我们有可能从矿物晶体结构和矿物化学成分的角度探讨岩石宏观上的变化。系统地研究韧性剪切带不同变形强度的糜棱岩成分与母岩(围岩)成分之间的变化关系<sup>[2]</sup>, 就形成了一个很好的应力变化—成分变异的对比序列, 这比实验室中建立相当的实验条件发生成岩作用后研究更为容易。

近年来国外的研究者又提出了关于糜棱岩研究的新术语, 如对不同地壳条件的应变产生的碎裂流及其成岩效应进行了理论和实验研究<sup>[3,4]</sup>。结果表明, 在弹性摩擦域内, 岩石的变形伴随着破裂带中密集的碎裂流出现, 从而产生了浅部的褶皱效应; 而在摩擦—粘滞条件下的糜棱岩流变, 或简称FV——糜棱岩化流变, 可以使岩石中的软硬矿物发生不同程度的蠕变和破裂滑移, 从而产生所谓的碎裂糜棱岩。这些理论和实验成果, 对糜棱岩的成岩以及不同层次的地壳——岩石圈形变的认识, 均有很大的指示意义。

## 3 成矿实例

### 3.1 成矿实例

人们很早就注意到了构造控矿的现象, 而对韧性剪切带控矿作用的研究主要是从金矿开始的。在持续的研究中, 人们不但注意到了韧性剪切带的成岩作用, 而且意识到了韧性剪切带的成矿意义, 从本质上揭示构造控矿的实质。以下例举我国四个有代表性韧性剪切带成矿作用的金矿区:

(1) 湖南溆浦县陶金坪金矿床, 位于元古代扬子板块江南古岛弧带西段, 雪峰弧形韧性剪切带中段, 岩层劈理产状变化部位往往是构造上的引张带, 即在形成岩石劈理的压力释放后, 劈(片)理化带产生的空隙或后期脆性断裂叠加所构成的扩容空间, 为成矿提供了极其有利的构造条

收稿日期: 2009-11-02 修回日期: 2009-12-04

作者简介: 胡斌(1968-), 男, 湖南常德籍, 博士, 中南大学副教授, 研究方向为矿物学。

件。沿复背斜轴部发育与地层走向一致的宽数十米至数百米的强劈(片)理化带,在构造上可称之为韧性剪切带,控制了区内金矿的生成与展布,并形成NE向带状分布的金矿成矿带。区内不同矿物(元素)组合的锑砷金矿床,均产于剪切构造带,属于同一成矿地质背景,同一应力场和同一成矿作用方式下形成的相似成因的一组矿床,即锑金矿床成矿系列。从元古代到中生代多期次的构造变形和变质作用,对区内锑金矿床的形成起了关键性的作用。

(2) 新疆鄯善小尖山<sup>[5]</sup>是韧性剪切带型金矿,它受韧性剪切带控制,并以剪切作用为主要成矿机制。它受多级剪切带控制并产于次级剪切带中。金质为多来源,发育于变质岩区。剪切造成的物理化学梯度及构造化学在成矿过程中起主导作用。

(3) 云南大坪金矿是哀牢山金矿带中最重要的金矿之一,主要赋存在受到强烈韧性剪切和水岩反应的加里东期闪长岩中,是典型的韧性剪切带控矿型金矿。本区在地壳拉张和强烈韧性剪切条件下,Moho面上升,地幔物质部分熔融并上涌,形成大量煌斑岩等基性岩脉,地幔排气形成的深源地幔流体和下地壳脱水形成的富CO<sub>2</sub>流体混合,沿韧性剪切带上升,并与糜棱岩化的加里东期闪长岩围岩发生水—岩反应,局部发生流体沸腾作用,导致成矿流体物理化学条件的改变和矿石矿物的沉淀,在剪切带脆性构造中形成含金石英脉。

(4) 山东蒙阴县埠洼金矿为叠加发育的韧性剪切变形变质作用的产物,早期侵位的中构造相韧性变形的英云闪长岩与泰山岩群的变形变质作用是含金变质流体的供源体;后期叠加的中浅层次韧性剪切带为含金流体上升运移提供了驱动力和通道;而次级韧—脆性变形带是含金流体富集沉淀的有利部位。

### 3.2 实例异同

上述地区金矿床的控矿特征和成矿条件,都与韧性剪切带有着密切关系。各矿区的韧性剪切带都存在有糜棱岩这一大构造岩类,同时各矿区的韧性剪切带又有不同的表现特征。如:湖南溆浦陶金坪金矿床,韧性剪切带控制了区内金矿的生成与展布,并形成带状分布的金矿成矿带;新疆鄯善小尖山则受多级剪切带控制并产于次级剪切带中;云南大坪金矿是在强烈的韧性剪切条件下,发生水—岩反应,在剪切带脆性构造中形成含金石英脉;山东蒙阴县埠洼金矿则是叠加发育的韧性剪切变形变质作用的产物。

### 4 未来的研究方向

通过上述对国内韧性剪切带研究现状的详细剖析,我们根据上述研究成果,归纳出未来关于韧性剪切带研究的几个重点方面:

(1) 系统研究糜棱岩中主要造岩矿物组合及其变形特征,计算剪切变形岩石的应力——应变参数,搞清韧性剪切带所处的应力应变环境。

(2) 系统研究韧性剪切带岩石在天然强剪切应力作用下常量元素迁移机制及活化转移的应力排序问题:虽然目前对常量元素的在地下流体特别是热流体的迁移规律有了相当一致的认识,但由于强应变条件的加入,改变了

元素的地球化学性质,目前的认识还不统一,甚至相反,这主要是对不同变形等级的岩石没有进行系统的比较研究所致;韧性剪切带作为研究对象,对韧性剪切带流变学特征和岩石地球化学开展深入系统的研究,探讨韧性剪切带的发生、发展和演化过程中与之同步的岩石化学组成的活化迁移作用。把韧性剪切带糜棱岩的形成作用与元素(同位素)的变化机制联系起来。

(3) 系统研究剪切变形作用过程中岩石化学组成的微量和稀土元素变化,讨论强变形条件下岩石中微量元素的活化和迁移规律,深入探讨微量元素迁移的动力控制,包括稀土元素配分变化的应力制约以及应变矿物晶格化学变化行为及其对寄主的变形岩石元素在应变过程中迁移变化的制约和影响。

(4) 从理论上探讨天然强剪切应变条件下岩石中组分活化、转移与应力(应变)的因果联系,为深入探讨韧性剪切带动力成岩(成矿)作用提供理论的科学依据,为探讨中、下地壳中韧性剪切带的形成和演化提供科学依据(如韧性剪切带金的富集),同时为韧性剪切变形作用条件下成岩、成矿地球化学作用提供理论和实验依据。

(5) 现代分析技术如激光同位素原位分析以及激光ICP——MASS分析技术对研究变形域内的岩石(矿物)的元素和同位素的活化迁移规律,对深刻揭示糜棱岩化过程中的元素活化迁移机制提供更高质量的地球化学证据具有重要的作用。

### 5 结论

在我国,有意识地研究韧性剪切带的成矿理论,并开展了韧性剪切成矿的模拟试验。运用了韧性剪切带的成矿理论去从事金矿的找矿勘察工作,发现了大批新的矿床,大规模地扩大了原有矿床的规模。韧性剪切带的研究取得了一些有价值的成果,其发展极为迅速,至今已具有较完善的理论和较成熟的研究方法,并且向剪切带构造地球化学及与成矿作用的关系等方面有了更深层次的发展。韧性剪切带这一重要的构造类型在生产实践中获得进一步的推广和应用,更多地了解和掌握韧性剪切带构造与成矿的关系,有助于减低地质工作者勘探金矿的难度,缩短工作周期,从而提高工作效率,减少勘探过程中的各方面费用。找矿勘探人员通过运用韧性剪切成矿理论去从事找矿研究,在广东河台金矿,湖南苗儿山金矿,云南大坪金矿等取得了不少成功的经验。

### 参考文献:

- [1] 何绍勋,段家瑞,刘继顺,张曾荣.韧性剪切带与成矿[M].北京:地质出版社,1996.
- [2] 杨晓勇.论韧性剪切带研究及其地质意义[J].地球科学进展,2005.
- [3] Ismat Z, Mitra G. Folding by cataclastic flow at shallow crustal levels in the Canyon Range, Sevier orogenic belt, west-central Utah[J].Journal of Structural Geology,2000,23:355~378.
- [4] Handy M R, Wissing SB, Streitz E. Frictional-viscous flow in mylonite with varied biminerale composition and its effect on lithospheric strength[J].Tectonophysics,1999,303:175~191.
- [5] 杨海兵.新疆鄯善小尖山金矿韧性剪切带控矿地质特征[J].地质找矿论丛,2003.