及其对侵蚀的作用明显增大. 实验过程的观测数据表明, 浅沟流的流量为出现细沟流量的 5~ 6倍, 流速与 ε为其 2~ 3 倍, *Re* 为其 5 倍左右; 单位流量浅沟流的平均含沙量为细沟流的 1. 5 倍左右.

综上所述, 黄土丘陵区陡坡耕地上发生的浅沟侵蚀为导致坡面侵蚀急剧发展的重要原因, 必须禁止开垦发生浅沟侵蚀强度最大的大于 25°的陡坡, 并尽可能控制在发生浅沟侵蚀的临界坡度 15°~ 20°以下. 初步的治理措施试验研究表明, 在浅沟底部种草后径流流速较裸地减少 51. 9%, 减沙效益可达 87. 8%. 此外, 调控发生浅沟的临界坡度、临界坡长和汇水面积, 也能有效地削减水流能量对侵蚀的作用. 黄土丘陵区坡耕地浅沟侵蚀规律的研究, 不仅为评价坡面侵蚀及退耕上限坡度提供了理论依据, 而且使人为活动影响下沟蚀的发展及其防治工作得到了新的启示.

致谢 本工作为中国科学院重点课题基金(批准号: Z102) 资助项目.

参 考 文 献

1 中华人民共和国水土保持法. 北京: 中国法制出版社, 1991. 4~ 5
2 唐克丽主编. 黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径, 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 41~ 42
3 唐克丽, 席道勤, 孙清芳, 等. 杏子河流域坡耕地的水土流失及其防治. 水土保持通报, 1983, 3(5) : 43~ 48
4 中国科学院西北水土保持研究所主编. 黄土高原杏子河流域自然资源与水土保持, 西安: 陕西科学技术出版社, 1986. 41~ 49
5 朱显谟, 雷文进. 径河流域土壤侵蚀现象及其演变. 土壤学报, 1954, 2(4) : 220~ 221
6 承继成. 坡地流水作用的分带性. 见: 地理学会 1963 年论文集, 北京: 科学出版社, 1963. 99~ 104
7 陈永宗. 黄河中游黄土丘陵地区坡地的侵蚀发育. 地理集刊, 第 10 号, 北京: 科学出版社, 1976. 44~ 47
8 张科利, 唐克丽. 黄土高原坡面浅沟特征值的研究. 水土保持学报, 1991, 5(2) : 8~ 13
9 雷阿林, 唐克丽. 土壤侵蚀模型实验的原型选定问题. 水土保持学报, 1995, 9(3) : 60~ 65

(1997-04-21 收稿, 1997-08-28 收修改稿)

小秦岭石英脉型金矿的反转成矿机制

薛良伟 石铨曾 尉向东 郑亚东④ 张进江④
(河南省地质科学研究所, 郑州 450053; ④北京大学地质系, 北京 100871)

摘要 在华北陆台南缘的小秦岭变质核杂岩内分布了许多重要的含金石英脉, 这些石英脉受到韧性剪切带的严格控制. 应力分析表明, 小秦岭石英脉型金矿的形成过程分为两个重要的阶段: 第一阶段在张性应力环境下形成韧性剪切带, 温度较高、深度较大; 第二阶段构造应力发生反转, 由张性状态转变为压性后形成脆性逆性断层叠加在韧性剪切带上, 含矿流体在挤压作用下向这些薄弱部位集中, 沉淀富集形成石英脉金矿床.

关键词 **构造反转 剪切带 石英脉 变质核杂岩 小秦岭金矿**

小秦岭金矿位于华北陆台南缘的小秦岭变质核杂岩内[1, 2], 区内岩石为变质达角闪岩相

的太古宙花岗岩-绿岩和晚期花岗岩, 已发现 1 200 余条石英脉, 构成数十个石英脉型金矿床. 一般认为这些石英脉是在张性应力环境下形成的. 研究表明小秦岭变质核杂岩内含矿构造属韧性剪切带[3~7], 根据应力状态划其演化过程为两个重要的阶段: 早期拉张阶段形成剪切带, 晚期挤压阶段石英脉侵入定位. 构造应力由张性状态转变为压性状态, 发生了构造反转.

1 剪切带形成阶段

小秦岭变质核杂岩内发育一系列长 100~ 4 000 m, 宽 0.5~ 30 m 的韧性剪切带, 剪切带成群成带分布, 按其走向可分为 4 组: 近 EW 向组、近 SN 向组、NE 向组、NW 向组, 其中以近 EW 向组最发育, 也是区内最重要的控矿韧性剪切带. 剪切带内面理、线理构造发育, 剪切面呈舒缓波状, 产状变化较大, 拉伸线理主要呈 NNE~ SSW 向, 与剪切面倾向近一致. 韧性剪切带内的岩石包括具不同程度糜棱岩化的初糜棱岩、糜棱岩和超糜棱岩. 糜棱岩的流动构造发育, 镜下见典型的糜棱构造、眼球状、条带状构造等. 糜棱岩系列岩石中几个主要矿物的显微变形特征和运动学标志如下:

(1) 石英. 出现波状消光、变形纹、核幔构造和动态重结晶等. 少量石英旋转碎斑成 σ 型, 显示剪切带呈正向剪切运动, 部分重结晶石英发生静态恢复, 形成条带状、竹节状变晶石英条带. 石英 C 轴组构属点极密型, 主极密滑移系为$\{10\bar{1}0\}\langle a\rangle$、$\{10\bar{1}0\}\langle c\rangle$. 石英 C 轴岩组图显示变形温度为 450~ 550 ℃, 甚或大于 650 ℃, 表明剪切带形成的温度较高, 深度较大.

(2) 斜长石. 主要有显微破裂、波状消光、双晶扭折、弯曲、机械双晶等. 在糜棱岩中发育典型的多米诺式排列、不对称旋转碎斑等均指示剪切带呈正向剪切运动(图 1).

(3) 黑云母. 其解理明显弯曲, 主要出现云母鱼构造、拖曳现象及 S—C 组构(图 2), 几种构造现象均显示正向剪切运动.

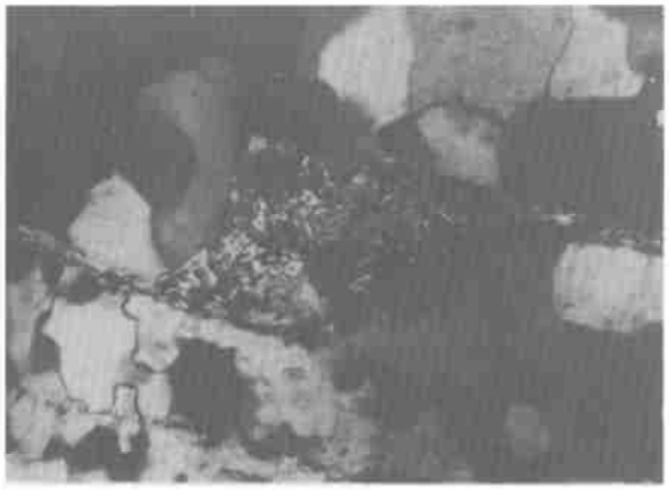


图 1 σ 型斜长石碎斑(正交偏光, 192×)



图 2 黑云母 S—C 组构(正交偏光, 75×)

剪切带的演化是多阶段的, 剪切带内的 C′ 构造以及剪切面上普遍发育的擦痕阶步均显示正向剪切运动. 剪切带的总位移量利用 Ramsay(1983) 的图解法估算出 303 号剪切带总位移量为 49.2 m. 利用动态重结晶石英粒径法计算出糜棱岩形成时差异力为 40~ 70.9 MPa, 利用石英位错密度法计算为 60.1~ 102.3 MPa[3]. 其应变速率据 Weartman(1968) 公式计算为 2.7×10^{-10}~ 2.2×10^{-11}/s.

2　石英脉形成阶段

伴随着地壳抬升, SN 向剪切伸展衰减后, 发生挤压作用, 形成脆性逆冲断层叠加在韧性剪切带上, 其内发育破劈理化、断层角砾和断层泥. 断层擦痕和阶步及钉头痕显示逆向运动. 石英脉充填在逆冲脆性断层中, 受韧性剪切带控制, 其形态、产状总体与剪切带保持一致. 一条剪切带中一般出现数个、数十个石英脉体. 石英脉呈单脉状、透镜状, 具有分支复合、尖灭再现等现象, 其规模大小不一, 小者长仅数米, 厚几厘米; 大者长达 500 余米, 最厚者可达 7.71 m, 延深一般大于延长. 多种迹象表明石英脉是在挤压逆冲条件下充填的, 逆冲证据有: (1) 303 号石英脉错断辉绿岩脉, 剖面上逆冲错断 1 m(图 3(a)), 平面上左行错断 2.6 m. 202 号石英脉逆冲错断花岗岩脉数十米. (2) 石英脉上下盘出现剪节理及牵引褶皱(图 3(b)). (3) 石英脉呈台阶状, 平缓处石英脉厚度增大, 出现大的夹石, 陡立段则厚度减小或无. (4) 石英

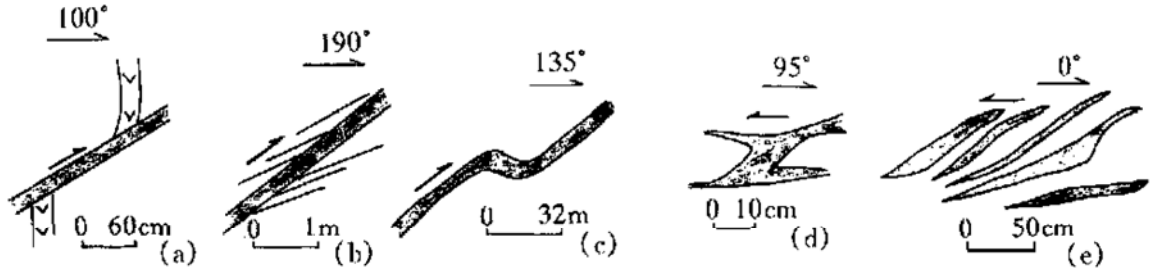


图 3　各种运动学指向标志

脉倾向上局部倒转成“背形”状(图 3(c)), 平面上出现“S”形(图 4)及拉分脉(图 3(d)). (5) 石英脉上下盘的分支脉及张裂型雁行脉(图 3(e)). (6) 水平张性脉: 石英脉平缓处出现多层方解石黄铁矿水平生长层, 方解石结晶方向垂直于石英脉壁, 中间为晶洞, 代表若干次微量张开.

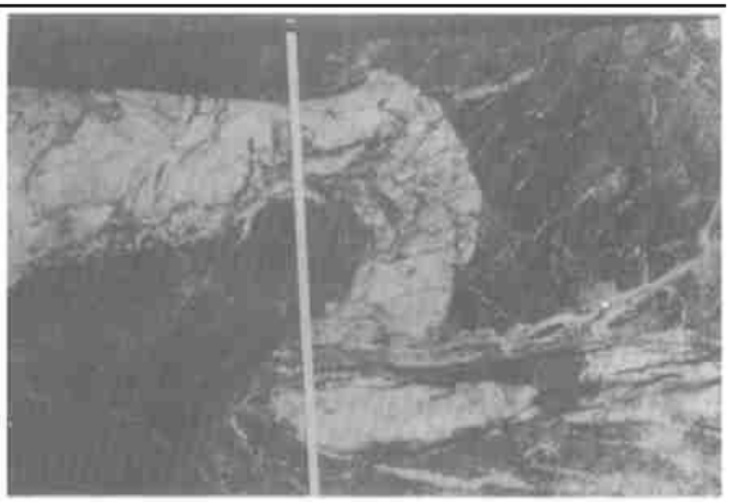


图 4　石英脉呈“S”形扭曲(×10)

3　构造反转模式

小秦岭金矿床的形成与剪切带的发展演化密切相关. 剪切环境首先从区域伸展拉张、地壳抬升开始. 来自上地幔的 CO_2, H_2O 等上升, 通过剪切作用活化萃取大量的 Au, Ag 和 SiO_2 等, 并沿剪切带向上部运移, 变质核杂岩持续的上隆使剪切带从形成初期的埋深约 10~ 15 km 以上抬升到约 1~ 5 km 左右. 张性环境亦有利于流体的流动迁移, 促进部分大气降水循环淋滤成矿元素, 参与至深部的含矿流体中. 当构造减薄使伸展衰减, 构造动力由张性转变为压性时, 发生逆冲挤压作用, 形成脆性逆断层及脆性逆向剪切带, 含矿流体受到挤压作用向这些薄弱部位集中, 通过水/岩交换、碱交代作用导致 Au 及各种伴生元素沉淀富集, 形成众多的石英脉金矿床. 因此含金石英脉的形成属于构造动力发生反转, 由张性环境转变为压性环境后的产物, 是逆冲挤压作用形成石英脉金矿床.

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号:49472142)和国家黄金管理局科研基金(91_93_10)资助项目.

参 考 文 献

1 石铨曾, 秦国群, 李明立, 等. 豫西后造山阶段的剥离伸展构造与金矿化. 河南地质, 1993, 11(1): 28~ 36
2 张进江, 郑亚东, 石铨曾, 等. 小秦岭变质核杂岩、拆离断层及其运动学特征的研究. 见: 李茂松主编. 岩石圈地球科学, 北京: 地震出版社, 1996. 42~ 52
3 盛吉虎、徐 莉、尉向东、等. 小秦岭构造岩及其与金矿化关系. 河南地质、1996、14(4): 241~ 248
4 郑亚东, 常志忠. 岩石有限应变测量及韧性剪切带. 北京: 地质出版社, 1985
5 Ramsay J G, Hubar M I. 现代构造地质学方法, Vol. 1. 刘瑞珣, 常志忠, 张荣昌译. 北京: 地质出版社, 1991. 49~ 585
6 Boullier A M, Robert F. Palaeoseismic events record in Archean gold_quartz vein networks, Vald' Or, Quebec, Canada. J Struct Geol, 1992, 14(2): 161~ 179
7 Sibson R H, Robert F, Poulsen K H. High angle reverse faults, fluid_pressure cycling, and mesothemal gold_quartz deposits. Geology, 1988, 16(6): 551~ 555

(1997-03-21 收稿, 1997-07-14 收修改稿)

滇西中二叠世疑源类化石 *Micrhystridium* 的超微结构新研究

杨伟平 张海春 徐放鸣
(中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008)

摘要 采用了激光扫描共聚焦显微镜对滇西中二叠世微古植物疑源类化石的超微结构进行了新的尝试研究, 获得了有关这些微体化石的内部质地结构和构造方面的一些新认识. 这一初步结果显示了激光扫描共聚焦显微镜在化石研究上的新开拓.

关键词 **微古植物 超微结构 共聚焦激光扫描**

本文研究的样品采自于滇西小新寨二叠纪的一套黑色泥页岩中, 经分析鉴定为中二叠世的疑源类化石 *Micrhystridium* sp. 在常规显微镜下, 它是多角刺型单细胞微古植物. 囊体圆形或亚圆形, 壁薄光滑, 具 22 个光滑中空刺状棘从囊体突出, 并自由连接在囊体内部. 棘由基部亚圆形向远极变尖. 囊体 20 μm, 棘 6~ 8 μm. 因其个体小(约 20 μm), 无法对它进行切面观察其内部的结构和构造. 我们应用 Bio_Rad 公司生产的 MRC_1 000型激光扫描共聚焦显微系统, 对它进行了观察并对其内部结构作了三维重建. MRC_1 000 型激光扫描共聚焦显微系统由激光器(K/Ar 离子)、共聚焦显微镜主体、彩色图象显示器、控制器、计算机主机及彩色显示屏、控制键盘和图象硬拷贝机组成. 首先将化石标本置于共聚焦显微镜主体的物镜底下, 打开激光器, 对化石样品进行激光扫描, 所获图象显示在彩色图象显示器上, 通过控制键盘调节图象到最佳状态. 计算机储存该图象, 留作进一步的图象处理. 在计算机上执行打印该图象命令, 便可在输出设备, 图象硬拷贝机上获取该图象的照片或胶卷底片.

将上述型号的共聚焦显微镜对该疑源类进行激光扫描. 选用 488 μm 激光(Kr/Ar 激光)