

陕甘川邻接区滑脱挤出构造与金矿的关系

曾佐勋, 胡以铿, 周继彬, 刘立林, 樊 春, 杨巍然

(中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074)

摘要: 分析了陕甘川邻接区滑脱挤出构造与金矿床的空间关系、时间关系及其对地球化学元素活化迁移作用。认为陕甘川邻接区的大型、特大型金矿主要受第二和第一次级滑脱带控制, 为该区金矿远景区的预测提供了构造依据。

关键词: 挤出构造; 金矿; 四川、甘肃、陕西。

中图分类号: P617 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2001)06-0631-07

作者简介: 曾佐勋(1954—), 男, 教授, 1981 年毕业于武汉地质学院北京研究生部, 获硕士学位。2000 年毕业于中国地质大学(武汉), 获博士学位, 目前从事金矿地质、区域构造、岩石流变学、构造力学、工程构造等方面的研究。

为了突出地壳分层流变体之间的滑脱构造^[1]与造山带挤出构造^[2]之间的密切关系, 并区别于最初提出的大陆挤出构造^[3]模式, 在造山带平面楔状挤出^[4,5]和垂向楔状挤出^[6~9]模式的基础上, 针对陕甘川邻接区提出了复合造山带滑脱挤出构造新模式^{[1][2]}。平面上, 划分出西秦岭滑脱挤出带、摩天岭—若尔盖滑脱挤出楔和龙门山滑脱挤出逆冲推覆带。剖面上划分出太古宇鱼洞子岩群下伏系统和元古宇—三叠系滑动系统。后者进一步划分出由中—上元古界碧口岩群组成的下部滑动层系(LSS), 震旦系—二叠系组成的中部滑动层系(MSS)和三叠系组成的上部滑动层系(USS)。下伏系统与滑动系统之间为主滑脱带, LSS 与 MSS 之间为第一次级滑脱带, MSS 与 USS 之间为第二次级滑脱带。本文从空间、时间以及地球化学三方面, 探讨了陕甘川邻接区滑脱挤出构造与金矿的关系。

1 陕甘川邻接区滑脱挤出构造与金矿床的空间关系

在陕甘川邻接区金矿床的空间展布与滑脱挤出

构造空间关系非常密切, 松潘北面的东北寨特大型金矿床、玛曲北东的大水特大型金矿、南坪的马脑壳大型金矿、文县的石鸡坝大型金矿、略阳的煎茶岭大型金矿、平武的银厂大型金矿等都产在第一和第二次级滑脱带内或旁侧。拉尔玛大型金矿则产在更次一级的滑脱带内。区内大型、特大型金矿无一不受到滑脱断层的控制(图 1)。现以东北寨、大水、铧厂沟等几个大型、特大型金矿为例, 具体说明金矿床与滑脱构造的关系。

1.1 东北寨金矿

东北寨金矿属于特大型矿床, 其位于四川省松潘县漳腊乡, 处于黑水挤出滑脱构造复式岩片东北缘, 近南北向岷江断裂的逆冲滑脱断裂带内。下盘为三叠系碎屑岩, 上盘为石炭系灰岩。赋矿围岩为上三叠统新都桥组, 富有有机质的黑色千枚岩和板岩夹砂岩构造透镜体。矿体即为逆冲滑脱带内的蚀变构造岩组成。无论从矿区平面图和剖面图(图 2)还是从采场尺度(图 3), 都清楚地显示出滑脱构造控矿的特点。

1.2 大水金矿

大水金矿位于甘肃省玛曲县大水军牧场, 处于迭部—舟曲挤隆带南缘的玛曲—略阳逆冲滑脱断裂带内。图 4 为甘肃大水金矿田地质图。在该金矿田范围内, 分布有大水大型金矿床、贡北小型金矿床和格尔托小型金矿床。在大水金矿田内, 玛曲—略阳逆冲

收稿日期: 2001-02-12

基金项目: 国土资源部“九五”攻关项目(95-02-002-01); 国土资源部地质力学开放实验室基金项目(dlkf-9812)成果。

①曾佐勋, 杨巍然, Franz N. 陕甘川邻接区滑脱挤出构造的基本结构(待刊)。

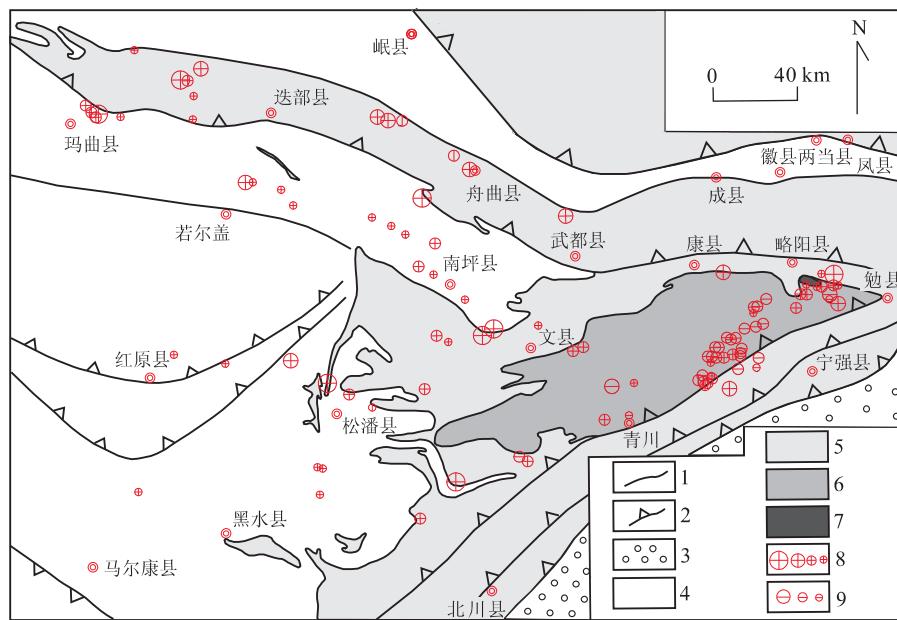


图 1 陕甘川邻接区滑脱构造与金、铜矿分布

Fig. 1 Decollement tectonics and distribution of gold and copper deposits in the adjoining area of Sichuan and Shaanxi provinces

1. 滑脱断层; 2. 滑脱逆冲断层; 3. 侏罗系—白垩系; 4. 三叠系; 5. 震旦系—二叠系; 6. 中—上元古界碧口岩群; 7. 太古宇; 8. 大中小金矿床(点); 9. 中小铜矿床(点).

滑脱断层分为南北两带. 南带沿三叠系隆务河群碎屑岩和三叠系迭山组上部碳酸盐岩之间的接触面呈北西向展布, 并控制了侏罗纪磨拉石线形盆地; 北带沿三叠系迭山组三段和叠山组四段之间的界面呈北西向展布. 贡北金矿和格尔托金矿即产于南带内, 而大水金矿产于北带内. 在这里, 玛曲—略阳断裂不是完完全全沿着二叠系与三叠系之间的滑脱面延伸的. 这是由于二叠系顶部与三叠系底部都连续发育台地碳酸盐建造的缘故. 大水金矿品位高、易采、易选, 具有很多独特的地方. 这是由其特殊的形成条件所决定的. 一方面, 它受顺层展布的规模巨大的玛曲—略阳断裂构造破碎带控制, 矿床体都产在宽500 m左右的构造破碎碳酸盐角砾岩带中; 另一方面它又受格尔括合岩体主动侵位形成的放射状张裂隙的控制. 这些张裂隙的延长线指向格尔括合岩体中心. 在大水以南北向为主; 在大水西以北东向为主; 在格尔托以北北东向为主; 在贡北以北东向为主. 这种张裂隙早期控制了同构造的脉岩. 在继续活动的情况下, 脉岩及脉岩与围岩的接触带发生破碎蚀变, 形成金矿体. 并且形成了放射状展布的方解石脉. 在有的部位与岩体侵位有关的放射状张性裂隙与环状剪切裂隙发生复合, 而形成“+”字型富矿包.

控制大水金矿田的顺层滑脱构造破碎带规模很大, 灰岩构造角砾岩非常发育, 整体上是一种开放式的构造环境, 不利于矿液聚集、矿质沉淀. 然而, 由于泥灰岩的存在和岩体侵入作用, 形成了有利的成矿条件. 由于泥灰岩与白云质灰岩的岩石流变学的差异, 白云质灰岩广泛发育脆性破裂, 而泥灰岩相对完整, 并且沿顺层破碎带与泥灰岩之间发育方解石脉, 共同形成了一道大的东西向的流体屏障.

另一方面, 岩脉的侵位, 在破碎带内部进一步形成近南北向的流体屏障. 再者, 岩浆期后长时间的热液活动, 形成了广泛发育的方解石脉, 形成了更次级的流体屏障. 这些不同级别的屏障的存在, 形成了流体循环网络系统, 使流体中的矿质在岩石矿物微裂隙中发生沉淀, 并受到碎粉岩、断层泥对矿质的吸附. 此外, 岩浆期后的热水溶液在顺层滑脱构造破碎带内形成了很多古岩溶溶洞. 溶洞内还形成了溶洞沉积层, 往往是一些含少量灰岩角砾的粉砂质泥岩. 这些溶洞沉积层是由断层作用造成的碎粉, 是由流体沿裂隙带入古溶洞沉淀下来的. 不过, 究竟是古岩溶, 还是现代或近代岩溶, 一度存在争议, 笔者找到了花岗闪长斑岩的小岩枝贯入古岩溶溶洞的现象, 从而可以确认古岩溶形成于燕山期. 单纯的早期顺

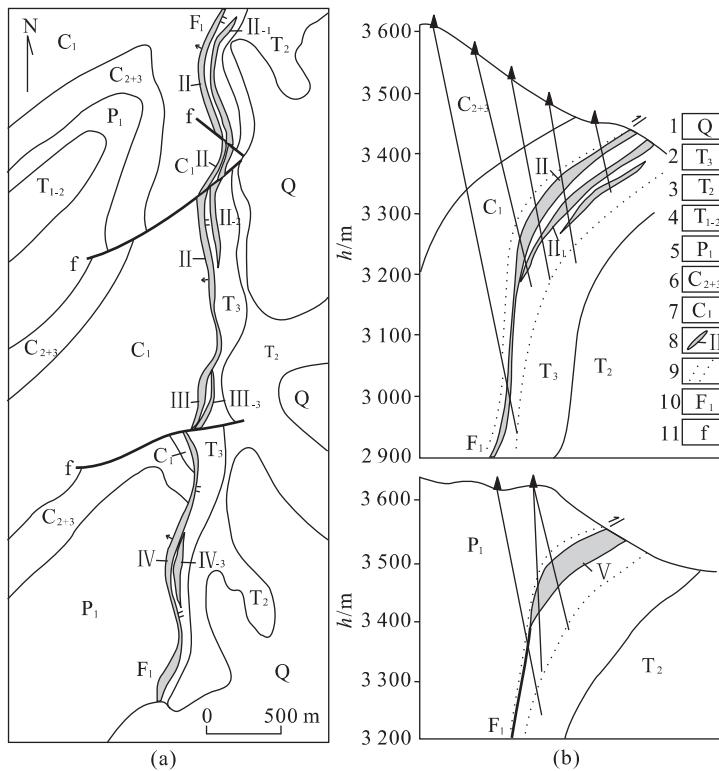


图2 四川松潘东北寨金矿地质略图(a)及矿体剖面图(b)(据李小壮^[10])

Fig. 2 Geological sketch (a) and the profile of ore-body (b) of the Dongbeizhai gold deposit, Songpan County, Sichuan Province

1.第四系残坡积层;2.上三叠统板岩;3.中三叠统砂板岩;4.下三叠统砂板岩夹灰岩;5.下二叠统灰岩;6.中上石炭统灰岩;7.下石炭统泥灰岩;8.矿体及编号;9.构造蚀变带范围;10.垮石崖逆冲断层;11.斜向平移断层

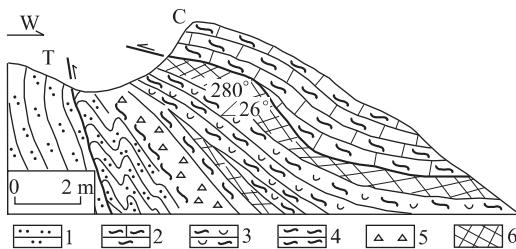


图3 东北寨金矿金占沟矿段采场素描

Fig. 3 Stope sketch of Jinzhangou ore-segment in Dongbeizhai gold deposit

1.三叠系粉砂岩;2.石炭系片理化灰岩;3.碳质千枚岩;4.片理化碎粉岩;5.构造角砾岩;6.金矿体

层滑脱断裂构造角砾岩基本上不含矿。经赤铁矿化、褐铁矿化、黄铁矿化的灰岩角砾岩和蚀变破碎花岗闪长斑岩则成为矿石。除了蚀变构造岩矿石外,还有与岩脉期后热水溶液有关的赤铁矿硅质岩(似碧玉岩)与岩浆期后热水古岩溶溶洞沉积物等,都是很好的金矿石。

东北寨金矿和大水金矿都是受第二次级滑脱带

控制的金矿实例。而东沟坝、铧厂沟、煎茶岭等是受第一次级滑脱带控制的金矿实例。

1.3 铡厂沟金矿

铧厂沟金矿位于略阳县郭镇西(刘家河坝—寨子湾),受碧口岩群变质火山碎屑岩、变质火山岩与泥盆系碳酸盐岩之间的第一次级滑脱带控制(图5)。根据矿床开发的揭露,增加了矿化类型,扩大了矿床规模。现已查明主要有下列几种矿化类型:(1)碧口岩群滑脱剪切带内的细碧岩网脉状金矿化体和蚀变细碧岩金矿化;(2)滑脱剪切带内的石英脉金矿化;(3)滑脱带上盘泥盆系破裂碳酸盐岩金矿化;(4)滑脱剪切带内破裂变质砂岩金矿化。

图6表示了不同金矿化类型的空间关系。从多种矿化类型与多层金矿体的产出情况看,有望从中型金矿扩大到大型金矿。

1.4 东沟坝金银多金属矿及其他

东沟坝金银多金属矿和柳树坪金矿同样受第一次级滑脱剪切带控制。不同的是,前者产在由凝灰质千枚岩组成的巨大的滑脱剪切带内,并且往往与其

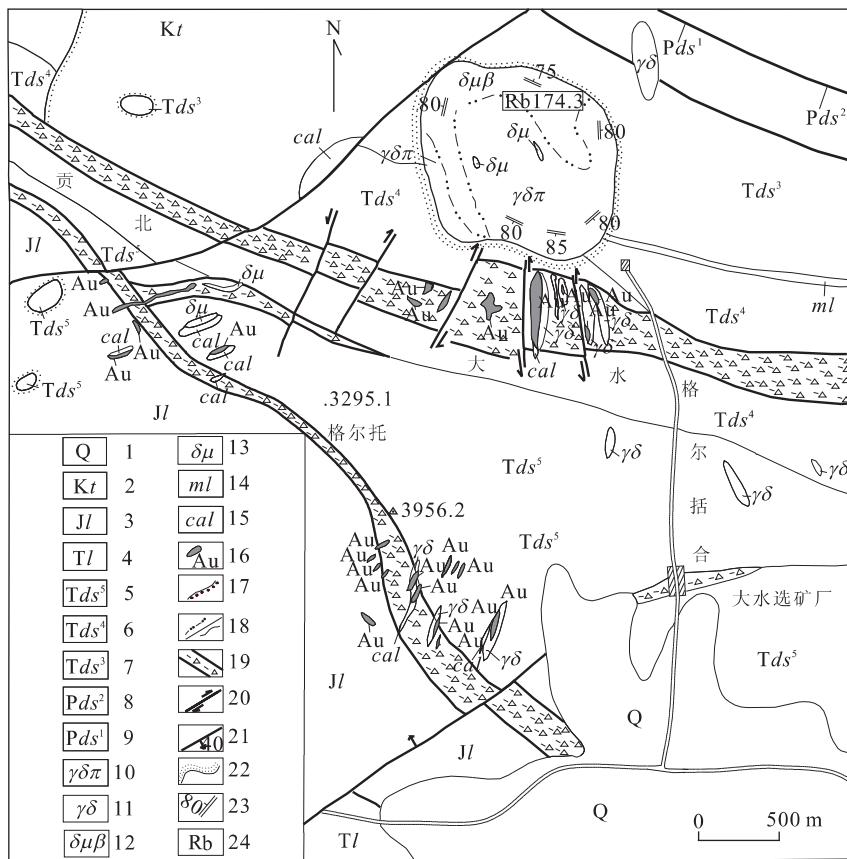
图 4 甘肃大水金矿田地质图^②

Fig. 4 Geological map of Dashui gold field, Gansu Province

1. 第四系;2. 白垩系田家坝组;3. 侏罗系龙家沟组;4. 三叠系隆务河组;5. 迭山组五段;6. 迭山组四段;7. 迭山组三段;8. 迭山组二段;9. 迭山组一段;10. 花岗闪长斑岩;11. 花岗闪长岩脉;12. 斑状黑云母闪长玢岩;13. 闪长玢岩脉;14. 泥质灰岩;15. 方解石脉;16. 金矿体;17. 不整合地质界线;18. 岩相界线地质界线;19. 构造角砾岩带;20. 实测推断平移断层;21. 实测断层;22. 大理岩化;23. 挤压劈理;24. Rb-Sr 法年龄

中的重晶石层关系密切;而后者则产在沿震旦系白云岩及其与蚀变超基性岩之间的滑脱断层内。而超基性岩是沿震旦系与碧口岩群之间的滑脱断层侵位的(图 7)。

与柳树坪金矿类似,煎茶岭大型金矿同样产在震旦系白云岩与沿滑脱带侵位的超基性岩之间及其靠近上盘的蚀变破裂白云岩构造带内。

2 陕甘川邻接区滑脱挤出构造与金成矿的时间关系

笔者在奥地利萨尔茨堡大学 Ar/Ar 实验室所做角闪石的 Ar/Ar 测试结果(另文发表)表明,玛曲—略阳断裂至少在 230 Ma 前后已有强烈活动。根据

冷却历史估算的断裂成矿期^[12]为 168.6~42 Ma,岷江断裂带强烈活动期为 216.2~161.6 Ma,其断裂成矿期为 150.3~54.9 Ma。由玛曲—略阳断裂带控制的格尔括合岩体的 Rb-Sr 年龄为 174.3 Ma。大水金矿田明显受玛曲—略阳断裂与格尔括合岩体侵位构造双重控制,并且金矿体往往赋存在放射状脉岩边部和内部,显然应晚于 174.3 Ma,即 168.6 Ma 作为成矿期下限是可取的。而受玛曲—略阳滑脱逆冲断层北盘寒武系内次级滑脱带控制的拉尔玛金矿,其载金石英³⁹Ar/⁴⁰Ar 年龄值为 (49.5±8.7) Ma^③。因而,42 Ma 作为成矿期上限也是可取的。由岷江断裂控制的东北寨金矿床被认为大致形成于

^② 据甘肃省第三地质队资料和本课题组实测资料编。
^③ 1992, 转引自杨恒书, 杨逢清, 张凤岭, 等, 川北甘南地区金和多金属矿在三叠系中的控矿因素, 成矿规律及找矿标志、成矿预测研究; 地矿部“85”攻关项目 85-01-018-04 课题报告(1995)。

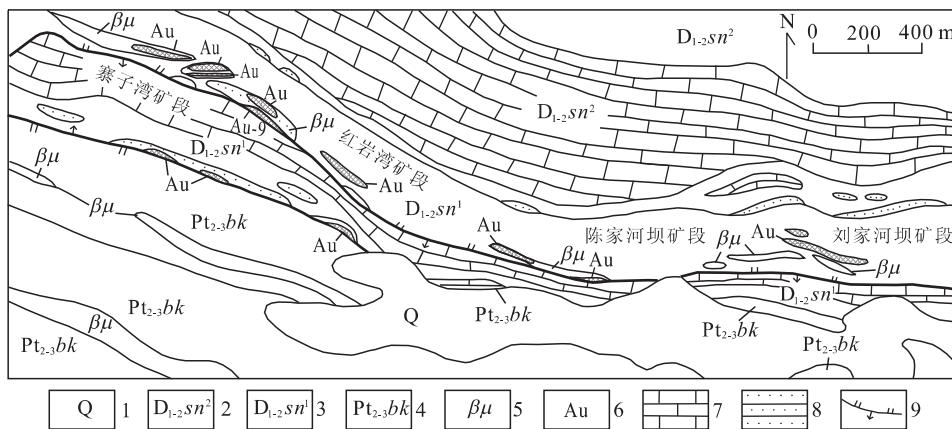
图5 陕西略阳铧厂沟金矿床地质平面图(据党明福^[11]改编)

Fig. 5 Geological map of the Huachanggou gold deposit, Lueyang County, Shaanxi Province

1.第四系;2.中下泥盆统三河口群二岩段;3.中下泥盆统三河口群—岩段;4.中上元古界碧口岩群;5.细碧岩;6.金矿体;7.细晶灰岩;8.石英砂岩;9.压扭性断裂

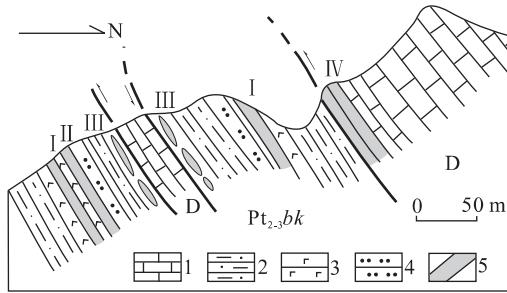


图6 陕西铧厂沟金矿不同类型矿化体

Fig. 6 Different mineralization types in Huachanggou gold deposit, Shaanxi Province

1.结晶灰岩;2.凝灰质绢云母千枚岩、片岩;3.细碧岩;4.变质砂岩;5.金矿(化)体;I.细碧岩中的网脉状金矿化;II.蚀变破碎砂岩型金矿化;III.凝灰质绢云母千枚岩、片岩中的石英脉型金矿化;IV.破碎白云质结晶灰岩中的微细浸染型金矿化

115~67 Ma(均为黑云母 K-Ar 年龄^[10]),也处于岷江断裂成矿期内。

上述区内大型、特大型金矿的成矿时期作为实例,说明了滑脱挤出断裂构造控制的金矿床形成于燕山—喜山早期。

3 挤出滑脱剪切对金等地球化学元素的活化迁移作用

3.1 第二次级挤出滑脱剪切带

对第二次级挤出滑脱带的黑水断裂做了徐古构造地球化学剖面,系统采集了23件地球化学样品,分析测试了Au,As,Sb,Cu,Pb,Zn,Ag,W,Mo,Sn,

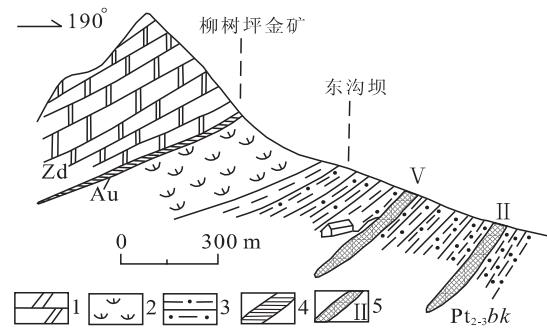


图7 陕西柳树坪—东沟坝滑脱构造控矿

Fig. 7 Deposits controlled by the decollement structures in the district from Liushuping to Donggouba, Shaanxi Province

1.白云岩;2.蛇纹岩;3.韧性剪切带;4.金矿带;5.金银多金属矿带及编号

Co,Ni,V,Ti,Mn,B,Cr,Bi 和 Hg 等 19 种微量元素,其中 Hg 的质量分数大部分小于 0.1×10^{-6} ,没有整理。通过对其他 18 个元素的整理和分析,得出下面几点认识:(1)Au,Ag,As,Sb,Bi 等元素平均质量分数相对大陆地壳平均质量分数^[13]有一定提高,而 Cu,Zn,Co,Ni,V,Ti,Sn,Zr 有所减少(见表 1)。(2)带内元素标准离差较大,尤其是 Ag,Au,Cu,Pb,Zn 等主要成矿元素(表 2)。带内不同变形特征岩石中微量元素增减具有一定规律性:早期韧性剪切糜棱岩中,Au,Cu,Zn,Ag 呈降低趋势,而向脆韧性转化的同构造石英细脉中,成矿元素的含量显著提高;晚期脆性破裂构造岩中,上述 4 个主要成矿元素普遍增高。(3)与 Au 元素呈同消长关系的元素有 Cu,Zn,Ag,Bi,Sb,As,与其呈反消长关系的有 Cr,

表 1 徐古构造地球化学剖面元素质量分数与大陆地壳丰度的对比

Table 1 Comparison between the element mass fractions in the tectono-geochemical section in Xugu, Heishui County, Sichuan Province and the abundance in continent crust

元素名称	Au	As	Sb	Bi	W	Ag	Mo	Pb
实测*	4.48	3.6	0.63	0.38	2.53	88.9	1.16	11.56
大陆地壳丰度 ^[13]	3.00	3.0	0.20	0.06	1.00	80.0	1.00	8.00
元素名称	Cu	Zn	Co	Ni	V	Ti	Sn	Cr
实测*	33.6	29	11.5	15.64	156	2 295	1.87	51
大陆地壳丰度 ^[13]	75.0	80	29.0	105.00	230	5 400	2.50	185

* 单位:Au, Ag 为 10^{-9} , 其余为 10^{-6} .

表 2 徐古构造地球化学剖面元素均值与标准离差

Table 2 Mean value and the standard deviation of elements in the tectono-geochemical section

元素名称	Au	As	Sb	Bi	Cu	Pb
均值	4.478	3.600	0.688	0.378	33.552	11.561
标准差	1.563	5.620	0.823	0.348	28.607	7.773
元素名称	Zn	Ag	W	Mo	Sn	Co
均值	29.043	88.913	2.535	1.165	1.870	11.548
标准差	23.052	49.266	0.172	1.548	2.142	10.784
元素名称	Ni	V	Ti	Mn	B	Cr
均值	15.689	156.270	2 295.418	2 367.348	42.783	51.143
标准差	14.798	220.743	1 888.661	3 419.831	65.517	35.930

单位:与表 1 相同.

Ni, Ti, 其他元素变化不规则.

3.2 第一次级挤出滑脱剪切带

对第一次级挤出滑脱带——碧口群与震旦系之间滑脱带上采集的样品, 其 Au 质量分数为 113×10^{-9} . 而碧口群 Au 的平均质量分数为 3.48×10^{-9} . 震旦系 Au 的平均质量分数为 1.39×10^{-9} . 从这里也可以看出滑脱对金元素有活化迁移富集作用.

4 不均匀滑脱与金矿的分布

从前述已知, 陕甘川邻接区金矿床受滑脱断裂控制明显, 但滑脱断裂不是处处控矿, 金矿床产出与滑脱断裂的不均匀滑脱有密切关系. 不均匀滑脱的表现形式之一是平面上的弧形滑脱断层, 弧形断裂的弯曲程度反映了滑脱的不均匀程度. 而弯曲程度可以用断裂线的曲率来描述. 为了定量分析不均匀滑脱断裂曲率与金矿的关系, 专门编制了自动追踪断裂而求取弧形断裂曲率的计算机软件. 通过该软

件对陕甘川邻接区滑脱断裂追踪, 求得各处的曲率值, 经 MAPGIS 空间分析和反复试验, 区内大中型以上金矿与曲率大于 4 的点的关系最密切. 再利用这些点进行密度统计, 得到曲率大于 4 的点的等密度图^[14]. 所有大型、特大型金矿都落入曲率大于 4 的点的等密度区内, 中型金矿只有两处未进入其中. 另一方面, 有限元数值模拟结果表明, 不均匀滑脱挤出控制的构造应力场与金矿床关系非常密切^[4].

5 结语

陕甘川邻接区滑脱挤出构造控制了研究区金矿的分布. 大型、特大型金矿主要受第二次级滑脱带和第一次级滑脱带的控制. 滑脱断层曲率大于 4 的点的等密度区是进一步找矿的有利地区.

致谢: 野外工作中得到四川地勘局、甘肃地勘局、陕西地勘局以及四川地勘局川西北地质队、甘肃地勘局第三地质队与物化探队、陕西地勘局汉中地质队以及大水金矿、铧厂沟金矿的支持和帮助, 章传玲、赖旭龙、郑达兴、李中坚、李勇、杨志华、杨恒书、胡永祥等参加了部分工作, 在此表示感谢!

参考文献:

- [1] 曾佐勋, 曹树钊. 赣西北港口—马坳地区的滑脱构造基本特征[J]. 江西地质, 1994, 8(4): 309—319.
- [2] 曾佐勋, 杨巍然, Franz Neubauer, 等. 造山带挤出构造 [J]. 地质科技情报, 2001, 20(1): 1—7.
- [3] Tapponnier P, Molnar P. Slip-line fields theory and large-scale continental tectonics [J]. Nature, 1976, 264: 319—324.
- [4] Ratschbacher L, Merle O, Davy P H, et al. Lateral extrusion in the Eastern Alps, Part 1: boundary conditions and experiments scaled for gravity [J]. Tectonics, 1991, 10: 245—256.
- [5] Ratschbacher L, Frisch W, Linzer H G, et al. Lateral extrusion in the Eastern Alps, Part 2: structural analysis [J]. Tectonics, 1991, 10: 257—271.
- [6] Burchfiel B C, Royden L H. North south extension within the convergent Himalayan region [J]. Geology, 1985, 13: 679—682.
- [7] Hodges K V, Burchfiel B C, Royden L H, et al. The metamorphic signature of contemporaneous extension

^④曾佐勋, 刘立林, 杨巍然. 陕甘川邻接区滑脱挤出构造动力学数值模拟(待刊).

- and shortening in the central Himalayan orogen: data from Nyalam transect, southern Tibet [J]. Journal of Metamorphic Geology, 1993, 11: 721—737.
- [8] Grujic D, Casey M, Davidson C, et al. Ductile extrusion of the Higher Himalayan Crystalline in Bhutan: evidence from the quartz microfabrics [J]. Tectonophysics, 1996, 260: 21—43.
- [9] 许志琴, 杨经绥, 姜枚, 等. 大陆俯冲作用及青藏高原周缘造山带的崛起[J]. 地学前缘, 1996, 6(3): 139—151.
- [10] 李小壮. 四川东北寨金矿的主要地质特征及控矿条件[A]. 见: 地质矿产部秦巴科研项目办公室和陕西省地质矿产局秦巴金矿科研办公室, 编. 秦巴金矿论文集[C]. 北京: 地质出版社, 1993, 178—189.
- [11] 党明福. 陕西省略阳县铧厂沟金矿地质特征[J]. 陕西地质, 1991, 9(1): 18—29.
- [12] 曾佐勋. 陕甘川邻接区滑脱挤出构造[D]. 武汉: 中国地质大学, 2000.
- [13] Taylor S R, McLennan S. The continental crust: composition and evolution [J]. Blackwell scientific publication, 1985, 54: 209—230.
- [14] 曾佐勋, 周继彬, 刘立林, 等. 陕甘川邻接区基于 MAP-GIS 的金成矿远景区预测[J]. 地学前缘, 2001, 8(2): 415—420.

RELATIONSHIP BETWEEN DÉCOLLEMENT-EXTRUSION TECTONICS AND GOLD DEPOSITS IN ADJOINING AREA OF SICHUAN, GANSU AND SHAANXI PROVINCES

Zeng Zuoxun, Hu Yikeng, Zhou Jibin, Liu Lilin, Fan Chun, Yang Weiran
(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The authors analyzed the space and time relationship between décollement-extrusion tectonics and the gold mineralization in the adjoining area of Sichuan, Gansu and Shaanxi provinces and its effect on the activity and migration of geochemical elements in the décollement shear zone. The large and super-large gold deposits are all controlled mainly by the secondary- and primary-order décollement zones in the area. This research result provides us with the structural basis for the forecasting of gold-mine prospective location in this area.

Key words: extrusion tectonics; gold deposit; Sichuan, Gansu and Shaanxi provinces.