陕西小秦岭地区断裂构造地球化学特征

方 维 萱

(西北有色地质勘查局物化探总队)

小秦岭地区的断裂构造可划分为：幔型断裂、壳型断裂和区域断裂。幔型和壳型断裂是导矿构造，控制了物化探异常及矿带展布方向，其派生次一级构造控制了物化探异常的高值区及矿体展布方向。本文从不同方向、不同发育规模的断裂构造地球化学特征出发，探讨了断裂构造对金矿的控矿作用。

关键词：幔型断裂；壳型断裂；区域断裂；构造地球化学特征

小秦岭地区是我国重要的金、钼产地之一，金矿伴生有铜、铅、银等可供综合利用。小秦岭西部位于陕西省境内，目前已发现的金矿主要为含金石英脉型和构造破碎蚀变岩型，如Q401，Q505含金石英脉型金矿，葫芦沟构造破碎蚀变岩型金矿。其次有含金磁黄铁矿黄铁矿型金—多金属矿床，如道岔沟金—多金属矿床。太古界太华群(>23亿年)变质岩系构成了本区的基底，恢复原岩是中基性火山岩和正常沉积岩。盖层由元古界和下古生界组成，第一盖层是元古界长城系中基性火山岩；第二盖层是蓟县系的一套碳酸盐岩；第三盖层由震旦系和青白口系组成，岩性是碎屑岩；第四盖层是寒武—奥陶系的一套碳酸盐岩。

区内岩浆岩比较发育，以中酸性为主，可分为3期：①前晋宁期黑云母角闪花岗岩；②晋宁期黑云母二长混合花岗岩(9.99亿年)；③燕山期黑云母花岗岩(1.08~1.30亿年)。

东西向构造是区内构造的基础，由太古界太华群组成的太华复背斜位于北部(大月坪—金罗斑)，中部和南部分布中回马坪—朱家沟，铁炉子—三要东西向断裂。中生代

以来的北东向、北西向构造对东西向构造有改造作用。金矿床的产出受地层、构造、区域变质—混合岩化作用的复合控制，断裂构造控制了含金石英脉和含金蚀变体的就位，为金矿提供了赋存空间。断裂构造按走向共分4组：近东西向(70°~110°)；北东向(30°~69°)；北西向(310°~340°)；近南北向(340°~19°)。从断裂构造发育规模和切割深度(结合重力、航磁、遥感资料)，将断裂构造划分为3种类型：①幔型断裂，发育规模达100多km，切割深度达地幔(大于40km，或称深大断裂)；②壳型断裂，发育规模近100km，切割深度达地壳(小于40km，或称大断裂)；③区域性断裂，可分为基底断裂和盖层断裂，发育规模小。

幔型断裂

铁炉子—三要断裂长达100余km，断裂破碎带宽30~100余m。该断裂带与航磁异常、重力梯度带相对应，沿断裂带出现有东西向航磁异常，经化极处理后断裂带两侧磁场特征明显不同，断裂带以北是平缓降低磁场，以南磁场强度升高，在断裂带上有几十km的线状梯度带。经遥感解译该断裂带明显存

在,发育规模和切割深度大。断裂带与莫霍面近东西向梯度带相对应(地壳厚度:42 km)。从重力、航磁、遥感等资料综合分析看:铁炉子—三要断裂是一幔型断裂。

铁炉子—三要幔型断裂控制了区域地球化学场的展布,在断裂以北,分布有Ti、Ni、Co、Cr、V、Cu、Pb、Zn、Au、Ag等元素的异常,大多数均位于元古代熊耳群中,岩性以安山岩、安山玢岩为主的一套中基性火山岩。断裂以南,分布有Mo、Bi、Au、Be、W异常,位于牧护关—蟒岭的印支—燕山期花岗岩体中。沿幔型断裂带及两侧地层中分布有Cu、Pb、Zn、Ag、Au异

常,呈东西向展布,与断裂的走向方向相同。由此可见:断裂以北亲铁—亲硫元素富集,断裂中亲硫元素富集,断裂以南亲石元素富集。

断裂破碎带中有明显的地球化学异常,组份为Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb,与道岔沟金—多金属矿床的主要成矿元素和伴生元素一致。从地表到深部异常强度增大(表1),表明该断裂是一导矿构造,矿液从深部向地表运移,不断发生矿物沉淀而导致成矿溶液中元素不断降低,异常强度逐渐减小。断裂破碎带上元素有分异现象,亲硫元素(Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb)富

断裂破碎带中地表和深部元素含量(ppm)对比表

表 1

位 置	样品数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb
地表	24	0.011 (n=14)	0.44	70	67	160	16.6	4.5
坑道	39	0.039 (n=27)	2.13	109	109	183	17.2	11.0

注:据本队李领航等人资料。

集在断裂破碎带的上、下盘,亲铁元素(Ti、Cr、V、Ni、Co)富集于断裂带中部。断裂破碎带中普遍有铅锌矿及黄铁矿磁黄铁矿磁石角砾,Pb、Zn含量分别为:1000和2000 ppm,表明成矿期后断裂复活改造了矿体,该断裂是一多期活动的断裂。其派生的次一级构造中赋存有矿体,异常强度和规模明显地增大,如道岔沟矿床中F₃断裂在八坑N5-2穿脉中赋存有铅锌矿体。

壳型断裂

回马坪—朱家沟断裂带呈东西向,由刘家沟—王排沟和回马坪—朱家沟两条相互近于平行排列的断裂组成,其间是上侵晚元古代混合花岗岩,断裂以北是太华隆起区,以南是金堆城拗陷区,断裂带基本上位于太古界基底与震旦亚界盖层的分界线上。断裂带与航磁异常梯度带对应,其南北两侧磁场特征明显不同,北侧是升高磁场区,南侧是低磁平缓区,遥感资料反映存在东西向较大规

模的断裂,重力异常呈北东向,莫霍面是北东向的幔拗带,说明该断裂切割深度小于40 km,属壳型断裂。

该断裂是蜂王混合花岗岩(9.9亿年)上侵时形成的,后期复活使混合花岗岩产生破碎、糜棱岩化、绢云母化、高岭土化、钾长石化等动力变质作用。在付家圪塔一带表现为张性,由于是一开放系统,不利于元素的富集,在断裂带上没有明显的异常,断裂两侧出现明显的异常。上坪—回马坪一带先期为张性,后期复活并受北东向断裂影响为压扭性,破碎带中充填有含金黄铜矿石英脉,富集Cu、Pb、Zn、Ag、Au等。断裂两盘地层中分布有较大规模的Au、Ag、Pb等元素的异常,壳型断裂派生次一级的北东向、北西向、南北向构造明显地控制了化探异常的浓集中心及物探(充电率、视电阻)异常高幅值区。宏观上,物化探的展布方向与壳型断裂走向方向相同,呈东西向。该断裂是一导矿构造,构造破碎带中有矿化及Au、

Ag、Cu、Pb、Zn异常，并控制矿带的展布方向，刘家沟—孙家沟—王排沟矿化带呈东西向展布，与壳型断裂的走向平行。

断裂的多次复活及其两侧地层岩性的影响，成矿元素发生明显地分异。断裂南盘分布有太古代太华群，岩性为角闪斜长片麻岩类、混合岩类及混合花岗岩，混合岩化作用强烈，岩性偏基性，且离断裂愈远，基性程度愈高。近壳型断裂，以金银矿化为主，北东向断裂中赋存含金银方铅石英脉，富集Au、Ag、Pb，如且家沟—荒地沟一带的金银矿化体中：Au>1.0g/t，Ag20~100g/t；距壳型断裂较远的葫芦沟一带，北东向构造中赋存着含金破碎蚀变体，Au3~5g/t，

Ag<20g/t。断裂北盘出露晚元古代的混合花岗岩，偏酸性，北西向、东西向断裂中发现蚀变岩型银矿化和含银方铅石英脉，Ag50~100g/t，拣块样中最高Ag480g/t，Au<50ppb，仅在局部东西向构造中Au出现富集。

区域断裂

1. 不同方向断裂中元素的富集规律

研究不同构造中赋存的石英脉体、蚀变体、构造破碎蚀变带中微量元素含量特征，有助于总结不同方向断裂中元素的富集规律。不同方向断裂中石英脉体及蚀变带中元素含量见表2。

不同方向断裂中石英脉及蚀变体中元素含量(ppm)特征

表2

位置及编号	走向	样品数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ba	F
Q539脉	NW	24	1.8	4.694	98	2029	117	419	6208	250
清峪含钨银铋石英脉	NW	7	0.007	76.4	2010	>4000	1708	13.4	<500	25493
西沟含银蚀变体	NW	20	0.015	55.03	36	611	587	10.3	<500	
Q505脉	NE	20	2.0	3.74	36	552	54	29.1	1975	1130
Q401脉	NE	7	4.64	7.80	736	4505	248	48.4	607	610
Q502脉	NE	5	3.488	10.01	39	35	81	48.6	550	140
葫芦沟含金蚀变体	NE	18	>1.0	4.12	232	2281	173	97	5797	1267
Q2142脉	EW	23	2.127	23.33	203	3343	21	232.4	913	160
Q2242脉	EW	15	1.682	4.585	477	6100		599.33	7533	380
Q2144脉	EW	13	0.043	0.230	19	406	62	4.35	577	560
Q2253脉	SN	28	0.521	42.69	6258	29557	1170	6.5	544	
Q744脉	SN	15	>1.0	4.49	2625	107	38	12.8	<500	

北西向断裂中富集Mo、F、Ba、Ag、W、Pb，如清峪一带北西向断裂中赋存着含钨银铋石英脉，W>500、Ag>50、F>20000ppm。金堆城一带的北西向断裂中，Mo>200、Ba>2000ppm。东西向断裂中主要富集Cu、Pb、Zn、Ag、Au。如Q2142脉、Q2242脉。北东向断裂中富集Au，其次为Ag、Pb。如Q505脉、Q401脉及葫芦沟含金蚀变体。近南北向断裂中富集Au、Ag、Cu、Pb、Zn。如Q2253脉、Q744脉。

2. 不同元素在断裂带中的富集规律

Au主要富集在北东向断裂中，其次为

东西向，再次之为南北向及北西向。Ag富集在北西向、南北向和东西向断裂中。Cu富集在北西向、南北向断裂中，Pb在不同方向断裂中均形成富集。Mo、Ba富集在北西向和东西向断裂中。

3. 基底和盖层断裂中元素富集特征

基底中发育的断裂富集Ag、Au、Pb、Mo，盖层中的断裂富集Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg，突出高的有As、Sb、Hg。位于第一盖层的断裂中除上述元素富集外，Au亦富集。基底断裂对金成矿有利；第一盖层中的断裂对金—银—多金属共生矿化有

利；其余的盖层断裂对多金属矿化有利。

构造破碎带元素富集特征

断裂的多期复活对成矿元素富集有利(表3),如早期张扭性断裂,晚期复活呈压扭性,其断层角砾岩中 Cu211、Pb3455、Ag 3.33、Au0.492、Mo233ppm。

断裂破碎带中形成石英脉和破碎蚀变体时,对Au富集有利,且石英脉体和破碎蚀变体规模愈大,Au富集程度愈高。如葫芦沟中,未发生蚀变的构造破碎带,Ag0.1~0.3ppm,Au0~50ppb,Cu、Pb、Zn、Mo等元素不出现异常。破碎蚀变带中Au>200ppb,Ag>0.2ppm,形成Cu、Pb、Zn异常。当充填石英脉,且石英脉破碎时,Au、

Ag、Cu、Pb、Zn、Mo强烈富集。

断裂的力学结构面不同,对金的富集程度和成矿作用均有影响。单一张性或压性结构面对金的富集均不利。多期复活的断裂构造,其力学性质不同时,是金富集的有利场所。以张扭性为主的断裂中,多充填含金石英脉,成矿以扩散交代作用为主,异常较窄,Au>10ppb,宽5~20m。石英脉两侧的构造破碎蚀变带、构造破碎带有利于金的富集,常与石英脉共同构成金矿体,矿体的厚度和规模增大。如Q505脉南段,石英脉两侧的蚀变带中Au12.84~33.75g/t,蚀变片麻岩中Au1.01~3.73g/t,蚀变花岗岩中Au3.80g/t。压扭性为主的断裂,对含金破碎蚀变体形成有利,成矿以渗滤交代作用为主,异常宽,Au>10ppb,宽50~120m。

断裂破碎带中元素的含量(ppm)特征

表 3

样品性质	样品数	Cu	Pb	Zn	Ag	Au,ppb	Mo	Ba
断层泥	10	37	62	109	0.19	104	7.1	980
断层破碎带	8	27	20	114	0.09	27	6.3	2425
碎裂蚀变岩	40	53	107	96	0.407	179	16	865
断层角砾岩	30	211	3455	243	3.33	492	233	2798
破碎石英脉	24	2921	22742	151	40.86	925	624	3379
破碎蚀变带	18	232	2281	173	4.12	>1000	97	5797

结论:慢型和壳型断裂是导矿构造,控制物化探异常带和矿带的展布方向,其派生的次一级断裂控制了化探异常的浓集中心和物探异常的高幅值区,并与金矿体的空间位置吻合。金主要富集在基底断裂中,以北东向断裂对金的成矿最为有利,其次为东西向和南北向。断裂多期复活,且各期力学性质

不同时有利于金的富集。断裂中充填有石英脉和破碎蚀变体时金富集成矿,以张性为主的断裂中有利于含金石英脉的形成,成矿以扩散交代作用为主;以压扭性为主的断裂中有利于含金破碎蚀变体的形成,成矿以渗滤交代作用为主。

Geochemical Signatures of Fracture Structures in the Xiaqingling District, Shaansi Province

Fang Weixuan

Among the fracture structures in the Xiaqingling district, the following types are distinguished: (1) mantle; (2) crustal; (3) regional. The former two types belong to ore-guide structures which control the extending direction of geophysical-geochemical anomalies and ore belts. And their derived secondary structures control the geophysical anomaly highs, geochemical anomaly concentration centres and the strike of ore bodies respectively. In this paper proceeded from the geochemical signatures of the fracture structures developed in different directions and scales, their control of gold deposit is discussed.