

凤县铅硐山铅锌矿床 动力热液成因标志与找矿方向

宫同伦 杨兴科

(西安地质学院)

本文在分析含矿层(矿源层)和构造变形强度的基础上,论述了凤县铅硐山铅锌矿床的动力成矿条件、成矿特点和标志,提出了动力热液成因的新认识,并据此指出了找矿方向和成矿有利地段。

关键词: 铅硐山铅锌矿床; 动力热液成因; 矿源层; 构造变形; 找矿方向

凤县铅硐山大型铅锌矿床位于秦岭泥盆纪铅锌矿带凤太矿田西端。1985年以来,对该矿床进行了许多工作,取得了丰富的资料和成果。西安地质学院凤太科研组于1985~1988年对该矿床进行了研究,并提交了研究报告。

目前对矿床成因的认识仍有分歧:50~60年代认为是中-低温热液矿床;70年代末则认为是层控矿床;近年来又相继提出海底热液沉积、海底喷发(溢)和地下热卤水成矿等假说。这些假说虽能阐明矿层和矿源层的形成,却难以解释矿体目前的定位状态和若干成矿特点。实际上,它们是动力热液成矿作用的结果,应属动力热液型矿床。

众所周知,构造作用无处不有,但动力成矿并非随处可见。它必须具备一定的条件,即含矿层或矿源层,强烈的构造(动力)作用和金属元素活泼性的差异。

含矿层或矿源层

区内主要出露中泥盆纪古道岭组 and 上泥盆统星红铺组。前者为中-厚层状结晶灰岩、生物碎屑灰岩夹薄层灰岩,上部夹钙质绢云千枚岩,炭质增多。化石以珊瑚为主,另有

腕足类和层孔虫等,总厚441~915m。后者以钙质千枚岩、铁白云质千枚岩夹薄层灰岩为主,构成一套泥质细碎屑岩。化石以腕足类为主,次为珊瑚和层孔虫等,总厚516~3254m。两组整合接触,其接触面上有一层含铅锌的铁白云石硅质岩,明显区别于上、下岩层(图1),矿体主要赋存于其中。

据凤太科研组的资料(隗合明等,1988),

统	组段	柱状图	主要岩石	厚度(m)
上统	星红铺组下段		绿泥绢云千枚岩夹铁白云质灰岩	250~
			薄层生物碎屑灰岩夹炭质千枚岩	2200
中统	古道岭组		铁白云石硅质岩含铅锌硅质岩和铅锌矿体	1±~62
	上段		含炭质生物碎屑灰岩	441~
			微晶灰岩夹薄层灰岩	915

图1 铁白云石硅质岩产出柱状图

这种硅质岩含铅锌(铜)硫化物,常可形成工业矿石。它与铅锌矿不仅在空间上,而且在成因上都有明显的一致性,可能是本区的

含矿层或矿源层。含炭质的微晶灰岩,也是较理想的矿源层。它们是本区动力成矿作用的基础。

受构造变动影响较小的硅质岩,具有细密的沉积层纹韵律组构,其中见黄铁矿草莓状结构和层纹-条带状构造。层纹主要由细粒闪锌矿与石英互层组成,层厚1~2mm,间夹少量黄铁矿。电子探针定量分析1cm内的3个闪锌矿微细层查明,其中Zn和Pb含量变化不大,说明是沉积形成的(刘新善,1986)。

构造变形强度

动力成矿与其他成矿作用的区别,在于矿床是由“动力作用”形成的。本文中的动力系指构造作用力,其大小对成矿作用至关重要。动力小,不可能产生金属元素活化、迁移所需的温压条件;只有达到一定强度,才能出现动力成矿。如所周知,构造变形的强度直接反映构造作用力的大小,故受力状况可通过分析构造变形强度来确定。本区的变形强度可从以下4方面分析:

1. 褶皱构造特点

矿田内构造线总体呈北西西-南东东向展布,基本构造格架为次级褶皱和断裂发育的一级复向斜。褶皱变形非常强烈,呈线状紧密相间平行排列,长、宽比大于10,属典型的线性褶皱(图2)。

从褶皱横剖面形态看,多数为等厚和顶厚褶皱。褶皱层厚和等倾斜线型或反映的褶皱面曲率变化特征,属于J. G. Ramsay (1976)褶皱分类的I_B、I_C和Ⅱ型^[2]。背斜中发育更次级的小褶皱,如背斜倾伏端核部可见极为明显的紧闭线状尖棱小褶皱。背斜脊部见M型复杂褶皱。显然,它们是在强大的近南北向水平挤压力作用下,通过纵弯作用机制形成的,变形已到中-强的强烈程度,已满足动力成矿所需的动力条件,加之Pb、Zn与其他金属元素的活泼性有明显差异,故在该区形成了动力矿床。

2. 断裂构造特点

区内的两条主要断裂F₁¹和F₁²,产于铅矾山背斜两翼的古道岭组上岩段与星红铺组千枚岩的接触处,即沿含矿硅质岩发育,属层滑断裂,为逆断层,具压性和压扭性。F₁¹产于背斜北翼,见断裂破碎带、构造透镜体、

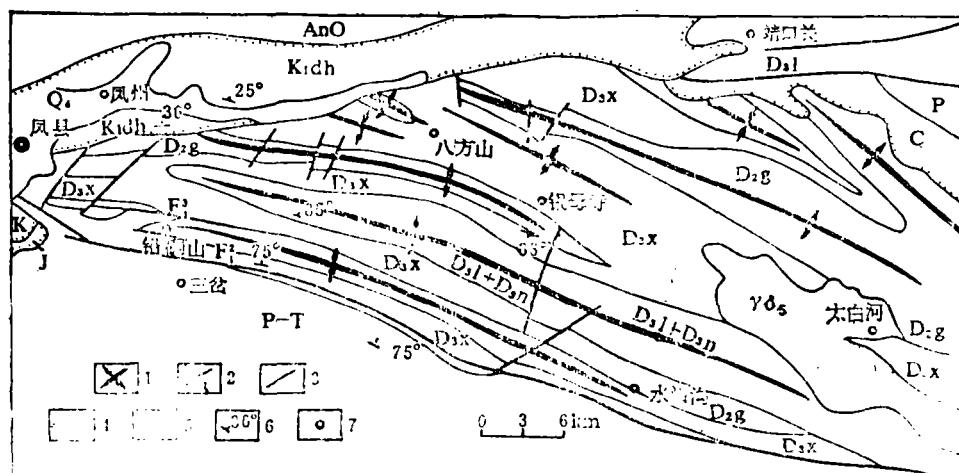


图2 风太矿田区域地质纲要图

Q—第四系; K₁dh—下白垩统东河群; J—侏罗系; P—T—二叠—三叠系; C—石炭系; D₃l—上泥盆统冷水河组; D₃x—上泥盆统星红铺组; D₂g—中泥盆统古道岭组; AnO—前奥陶系; γδ₅—燕山期花岗岩闪长岩; 1—背斜轴迹; 2—向斜轴迹; 3—断层; 4—不整合界线; 5—地层界线; 6—地层产状; 7—矿区

断层泥和构造片理带。镜下观察, 断层岩以碎斑岩和碎粒岩为主, 碎粒粒径0.5~2mm, 多为石英、铁白云石和方解石, 属碎裂岩系列的断层岩。而部分矿物的变形和重结晶现象又反映了韧性变形特征, 如石英颗粒被拉长呈肋状, 长、宽比8:1~10:1, 定向排列明显。

F₁断裂产于背斜南翼。地表可见宽达8m的破碎带。从边侧向中心依次分出: 碎裂岩带、透镜体带和构造片理带。挤压破碎带内见石英(方解石)连质棒, 其长轴延伸方向与褶皱枢纽一致, 说明该断层在挤压应力作用下, 有过反复而强烈的研磨和搓滚, 对动力成矿十分有利。断裂带内见强烈的揉皱变形带, 镜下亦见微揉皱现象。说明断裂既有脆性变形, 又有韧性变形。

断裂带中出现一定厚度的断层泥、构造片岩和反复而强烈的研磨与搓滚, 是强大而多次构造应力作用的结果, 使金属元素活化、迁移, 并在压力略低的裂隙中富集成矿。

3. 劈理构造特征

矿区广泛发育区域透入性劈理构造。劈理走向北西西—南东东, 多北倾, 倾角65~85°。按其形成方式和分布特征, 可分为流劈理和应变滑劈理。流劈理为一组压扁、剪滑和重结晶作用形成的透入性劈理面, 沿劈理面常发生了微剪切滑动作用。本区流劈理构造是由于强烈的压剪作用而形成, 并伴有压溶和差异性塑性流动。滑劈理多产于千枚岩或薄层灰岩中, 表现为一组切过早先流劈理的差异性平行剪切滑动带。从劈理与区域构造的关系分析, 主要是与褶皱有关的轴面劈理和与成层构造有关的层间劈理。轴面劈理形成于主期褶皱作用的晚期, 是一种强烈的挤压变形面。而层间劈理一般仅见于强硬岩层所夹的相对较软弱岩层内, 其形成与弯滑作用所引起的层间剪切滑动有关。劈理的广泛发育是受强大挤压应力作用的具体体现。

4. 构造变形量分析

野外露头 and 镜下观察到的古道岭组生物碎屑灰岩和星红铺组千枚岩中的化石碎屑(珊瑚、层孔虫和腕足类等)和岩石中的矿物颗粒都已变形、定向, 其形态和形成的间距反映着区内有较大的有限应变。因此将他们作为应变测量标志体予以测量, 再结合已变形的肠状方解石石英脉, 即可确定应变强度。我们在岩层面和岩石定向薄片上直接测量化石碎屑和颗粒标志体的长轴方位、长短轴长度, 并进行了统计(见表), 然后采用 E. Croos (1974) 的长短轴法, 将定向标本 XZ、YZ 和 XY 切面及水平切面上所测得的这些化石标志体长、短轴的长度投在长轴—短轴直角坐标图上, 测量计算最佳拟合直线的斜率, 即求得各测量面上应变椭圆的轴率(图3)。从统计结果看, 水平测量面上应变椭圆的轴率最大, 平均 $R=2.82$, 一般在 XY 面上(近于水平面状态)应变椭圆率也较大, 平均 2.75。表明水平面内的应变最显著, 即以

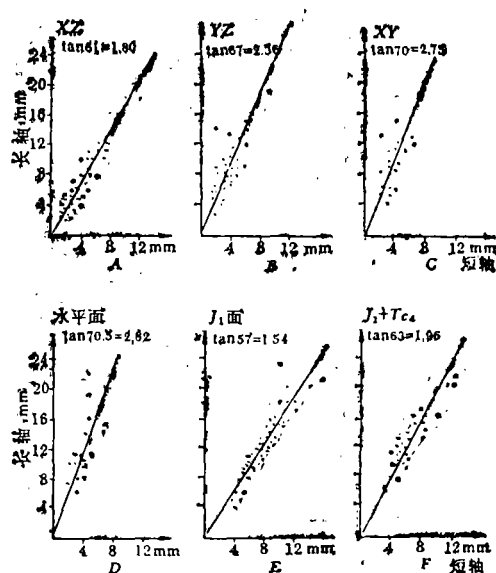


图3 铅硐山矿区生物碎屑灰岩化石颗粒标志体长短轴法图示

A—XZ面44个; B—YZ面33个; C—XY面22个;
D—水平面16个; E—J₁面109个; F—J₂+Tc₄面39个

铅硐山矿区各测点化石颗粒标志体测量统计表

序 号	测 量 点	测面特征	标 志 体	数 目	长 轴 (cm)	短 轴 (cm)	轴 率 (Rs)	长轴方位	备 注
1	PD ₁ 口西坡槽内	J ₁	珊 瑚	81	1.27	0.91	1.40	290°±	在野外节理 露头面上直接 测量统计
		125°/58	层 孔 虫	28	1.43	0.88	1.625		
2	同 上	J ₂	珊 瑚	3	2.07	1.5	1.38	同 上	
		115°/32	层 孔 虫	12	1.35	0.63	2.14		
3	Tc ₁		化 石	17	2.07	1.17	1.77	280°±	野外露头面
4	ZK ₁₂₀		"	6	1.53	1.0	1.53	—	岩心样
5	B-B' 剖面 Z ₁₀₀	XZ	"	17	0.344	0.23	1.50	—	标本切面
		YZ	"	11	0.78	0.25	3.12	—	
		XY	"	13	0.79	0.285	2.77	EW	
6	PD ₂ CM ₁₀₀ Y-1	XZ	"	8	0.86	0.39	2.21	与Z/150°	定向标本切 面
		YZ	"	11	0.79	0.38	2.08	300°±	
		XY	"	4	1.20	0.425	2.82	300°±	
7	Tc ₁₁ Y-7	XZ	"	19	1.07	0.55	1.95	与Z/15°	定向标本切 面
		YZ	"	10	1.45	0.655	2.21	290°±	
		XY	"	3	1.43	0.53	2.70	290°±	
		水 平 面	"	10	1.31	0.44	2.98	290°±	
8	Y-5(19线)	水 平 面	"	4	0.95	0.325	2.92	280°±	同 上

注：“—”未测此值。

水平挤压为主，构造变形强度属于中—强构造变形区。

从上述诸方面，特别是应变测量分析中不难看出，本区遭受了近南北向强烈的水平挤压，致使本区达到中—强变形强度区，已具备了动力成矿的条件，故出现了动力热液矿床。

动力热液成矿特征

人们公认，铅硐山铅锌矿床的热液成矿标志十分明显，但对其成因和对层控矿床的形成所起的作用，却各说不一。笔者认为，本区的热液成矿作用与新疆托里齐I金矿^[3]一样，属动力热液，其许多特点与变质热液、岩浆热液和地下热卤水有明显的区别。现将该矿床的宏观动力热液特征和标志概述如下：

1. 矿体形态

铅硐山背斜的顶部，由于次级褶皱发育使其呈“M”型，即“两背夹一向”的褶皱(图4)。其中，仅北侧的小背斜中有矿体，为I号矿体的上部；靠南的向斜和背斜中均无矿体，致使原来完整的矿体一分为二，北翼是I号、南翼为II号矿体。背斜顶部无矿这一现象，与一般热液形成的矿体常赋存在背斜顶部虚脱部位相矛盾。这正是在主褶皱形成末期含矿层发生动力粘流作用的结果^[1]。

背斜顶部的“M”型褶皱，尽管在形成之后出现虚脱空间，但在形成时是强烈的挤压作用所致，该处是相对高压区，故含矿层中的矿质以粘流方式向压力略低的两翼流动。由于铅硐山背斜南翼倒转，其力来自北方，故M型褶皱中南侧小背向斜中的矿质流向南翼，在翼部压力略低、产状由正常转

为倒转处富集,致使Ⅰ号矿体在该处明显增厚,形成33.76m厚的矿体(图4)。

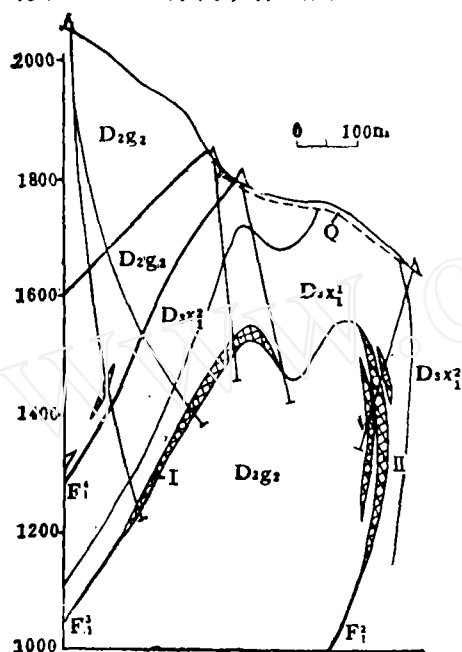


图4 铅硐山铅锌矿床10线剖面图

(据西北有色金属地质勘探公司717队)

Q—第四系; $D_3x_1^1$ —一星红铺组下段中层; $D_3x_1^2$ —一星红铺组下段下层; $D_2g_1^1$ —古道岭组上段上层; $D_2g_1^2$ —古道岭组上段下层; I、II—矿体编号

2. 矿脉和脉石脉的物质成分均来自围岩

岩

本区的含矿围岩是硅质岩,其成分相当复杂,除主体的石英外,还含有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、菱铁矿和铁白云石、方解石。含矿硅质岩因其物理性质与上、下岩层截然不同,构造应力场极易在该层集中,发生强烈的层滑,使硅质岩破碎、研磨、细粒化。与此同时,由于颗粒间的摩擦升温,岩石中所含的水份已成热水溶液,将各种元素或化合物依其活泼性大小先后从围岩中析出,就近带入构造有利部位,并充填于其中而成脉体。故Ⅰ、Ⅱ号矿体中的铅锌矿脉、石英脉和方解石、铁白云石脉均来自含矿硅质岩,是在动力作用下分解了原始复杂成分的结

果。这充分显示出就地取材、就地成矿(脉)的动力成矿特点。

3. 矿脉和脉石脉局限于构造破碎带之中

该矿床Ⅰ、Ⅱ号矿体中的矿脉和脉石脉,数量众多,形态各异,大小不一,产状复杂而零乱,无大脉存在,显示出与构造变动同步的特点。它们的分布均不超出构造破碎带范围,矿脉与脉石脉均终止于破碎带的边界剪滑断裂处,这表明仅在受较强的动力作用形成的构造破碎带中发生了元素和化合物的活化与迁移,就地成矿(脉)。而破碎带以外的围岩,虽然也受到一定的影响,产生一些裂隙,但因受力作用的强度不够,难以形成动力热液,故无脉体存在。如果是外来的热液沿剪滑裂面流入破碎带之中,定会有少量热液充填于围岩的裂隙而成细脉,不可能只充填于破碎带之中。可见热液是就地生成,不是外来者。

在构造破碎带中常见脉石脉与矿脉、矿脉与矿脉间相互穿插现象,如石英脉与方铅矿、闪锌矿脉相互切割,闪锌矿脉与方铅矿脉相互切割,以致其形成的先后顺序无法确定,也无反映不同期次的典型矿物组合。这是因为含矿层或矿源层中的矿质,在裂隙附近的先受到应力作用,先活化、溶解迁移出去。不同裂隙附近的矿质可能有所不同,但它们都同时从围岩中析出,进入压力略低的另一些相互交切的裂隙(张扭或张性)之中,形成矿脉,从而造成了不同矿脉间的相互穿插。这是动力热液矿床的重要特点之一[4]。

4. 成矿温度多变,成矿压力较大

前人对该矿床做了大量包裹体测量工作,取得的数据不尽相同。我们取得的包裹体测温资料是:(1)爆裂温度:闪锌矿250~260℃,石英270~300℃;(2)均一温度:闪锌矿111~210℃,石英130~279℃。据戴汉民的资料,闪锌矿的均一温度为200~260℃,脉状

石英为340℃,个别微晶石英超过870℃^[5]。成矿温度总体上属中—低温。值得注意的是,矿物形成的温度幅度变化较大,特别是脉石英。对此虽然人们习惯用不同成矿期来解释,但缺少不同成矿期的证据。特高温石英的出现,难以解释。笔者认为,在构造破碎带中,同期矿脉形成温度可有所不同,变形剧烈地段脉体的形成温度高,而在破碎带边缘其温度低。高温石英的出现,是强大应力在局部地段作用的表现。所以,在同一成矿期、不同地段可出现不同的成矿和成脉温度,不必用不同成矿期来解释相距不远的不同成矿温度。

本区的区域变质程度较低,应属低级绿片岩相,其变质温度一般<250℃,压力为3kb,而我们根据闪锌矿的FeS-ZnS平衡体系中温度、压力与成分的关系所确定的压力在7.5kb左右,为中—高压条件,远远超出区域变质时的压力,反映了动力作用时的成矿压力。这是动力成矿的又一佐证。

6. 不显围岩蚀变,无热液通道

本矿床的围岩蚀变极不发育。动力热液和成矿物质均来自围岩,是就地取材、就地成矿,成矿方式以充填作用为主,且仅充填于破碎带的裂隙中,而不直接与上、下围岩大面积接触。

除变质热液外(本区变质程度低,尚不能产生大量变质热液),岩浆热液和地下热卤水均需有上升的道路。而本区迄未发现后生的通道,这表明它可能是不存在的。动力热液则不需要规模较大的通道。它是就地生成、迁移不远、就地成矿。因此,若矿脉和脉石脉仅局限在某一强烈的构造变形带之中,而不是广泛地出现在变质岩系中,且无法找到热液通道,这时用动力热液解释较为恰当。

矿床成因讨论

对铅硐山铅锌矿床成因认识可分为两大

派:一是同生沉积成因;二是后生改造成因。笔者属于后者。因为目前尚未找到充分证据说明在沉积期已形成矿床。我们认为在同生沉积期仅形成了含矿层或矿源层。理由是凡未受后期改造或破坏的含矿硅质岩,其品位均低,在硅质岩中细粒铅锌硫化物仅呈纹层状分布,而无块状或厚层状铅锌矿体出现。

I、II号矿体不是原生的沉积矿层,而是构造破碎带中已重结晶的铅锌矿脉和石英脉。后生改造成因论中,有人认为是地下热卤水对矿源层的再造。众所周知,地下热卤水的特点是盐度高、温度低,且有循环的通道。经测定,本区闪锌矿包裹体的含盐度为13.54 wt%,石英包裹体含盐度为6.35~16.22 wt%,属中—低盐度热水,而不是热卤水。况且,本区的成矿温度一般较热卤水成矿温度高,且变化幅度大,尚有870℃的微晶石英存在,又找不到后生热液通道的标志,更难用地下热卤水再造来解释。

综上所述,笔者认为,对矿源层或含矿层的再造是动力热液,所形成的层控矿床应是动力热液矿床。

找矿方向

动力成矿作用的基础是存在含矿层或矿源层,前提是有强大的动力作用形成的强烈构造变动带。所以,寻找动力矿床首先必需找到含矿层或矿源层。它们在本区是含矿硅质岩和含炭质微晶灰岩。本区大、中型矿床均与硅质岩共生,故首先应查明硅质岩的分布和变化特点,其次是矿化的含炭质微晶灰岩。除此之外,还应找到它们受到强烈变动的地段,只有这里才能形成动力矿床。这种地段是单个紧闭背斜顶部、背斜倾伏端、倒转背斜两翼,特别是倒转翼和其倾角突变处,以及顺矿源层发生的挤压、剪切构造破碎带等。如铅硐山、银硐梁、八方山和银母寺等大中型矿床,均赋存于强烈的构造变动地段。在斜切含矿层或矿源层的构造破碎带

中, 仅在通过矿源层处有矿化, 超出矿源层范围则无矿。据上述指导思想, 笔者确定出铅铜山矿区外围的成矿有利地段是铅铜山背斜西延部分的寺沟背斜。该背斜形态紧闭, 向西倾伏。寺沟背斜古道岭组顶部含矿层为含炭质和具褐铁矿化的薄层灰岩, 破碎甚剧, 且有少量石英脉和方解石脉, 显示出该含矿层位遭受强烈变形的特点, 这是动力成矿的理想地段。这一推断与风太科研组据地质和地球化学标志预测的结果一致。

最后需说明的是, 鉴于在动力作用下各种同位素所表现出的特点正在研究中, 目前

尚不能用于解决矿床成因问题。关于动力成矿作用的微观信息和构造地球化学资料, 正在整理, 将另文专述。

参 考 文 献

- [1] 宫同伦, 西安地质学院学报, 1987, 第9卷, 第1期, 69~79页。
- [2] 徐开礼等, 《构造地质学》, 地质出版社, 1984, 67~70页。
- [3] 宫同伦, 西安地质学院学报, 1985, 第7卷, 第1期, 1~8页。
- [4] 宫同伦, 西安地质学院学报, 1989, 第11卷, 第4期, 40~48页。
- [5] 戴汉民, 西北金属矿产地质, 1987, 第1期。

Dynamic Hydrothermal Origin and Prospecting Guides of the Qiantongshan Pb-Zn Deposit, Fengxian, Shaanxi

Gong Tonglun Yang Xingke

On the basis of an analysis of ore-bearing bed (or source bed) and structural deformation intensity, conditions, features and marks of metallogensis of the Qiantongshan Pb-Zn deposit are discussed in this paper. A new view on the genesis of the deposit is put forward. It is believed that the deposit is of dynamic hydrothermal origin. Prospecting guides and favourable sites of mineralization are also shown.

应重视岩溶型砂金矿的找矿

雷文高

近年来, 岩溶型砂金矿的普查在国外越来越引起重视。该类型金矿床在苏联乌拉尔、西伯利亚、哈萨克斯坦等地区均有突破。过去在我国寻找砂金矿, 多集中于残坡积型、冲积型、洪积型等, 成效显著, 提供了很多储量; 但对岩溶型砂金矿, 则未予以注意, 认为其规模小, 虽品位高而工业意义不大。目前已知仅在广西尧针、叫曼, 湖南岩口等地区进行过采矿。随着国外对该类型砂金矿的突破, 人们从认识上有了一个大转变。因为岩溶型砂金矿床中的金, 大多呈微细粒状分布。对在苏联某地区内的坡积-岩溶沉积物中所发现的该类型砂金矿床样品进行初步分馏研究表明, 金以微细粒的形式赋存于岩溶充填物中。在普查时, 只有采用较完善的取样和样品加工方法, 才能获得微细粒金的组分; 而在重砂取样中所采用的常规清洗, 则可能漏掉该类型砂金矿床。

岩溶作为砂矿形成因素已为人所共知, 它多与大型金属成矿带容矿层在成因上有联系。因此, 在

普查岩溶型砂金矿时, 重要的是弄清岩溶生成时代及其被矿质填充时间。

据苏联卡累利-科拉地区砂金矿的普查结果表明, 坡积-岩溶沉积物往往富含金。金大多赋存于高岭石-水云母含铁类坡积-岩溶沉积物的下部。金的含量在岩溶沉积物下部夹层中, 当钛、锰、铁、总水和烧失量减少时, 则随二氧化硅含量增高而增高。金富集在受剥蚀和再沉积时, 位于夹层底部的风化壳剖面上部的最成年部分。金往往被铁的氢氧化物和粘土颗粒所吸附。

我国南方滇、黔、桂等省(区)岩溶地貌十分发育, 常见的岩溶形态如溶隙、溶沟、落水洞、漏斗、洼地、谷地、溶洞、暗河等发育完善, 这对寻找岩溶型砂金矿, 以扩大砂金类型矿床工业储量提供了良好的场所。在我国南方诸省广大地区, 凡有岩溶地貌发育的地区, 都有希望找到岩溶型砂金矿床。

(桂林冶金地质学院)