

陕西镇安—山阳地区南羊山组 重力流沉积作用及其意义^①

张复新¹ 马建秦²

1 (西北大学地质系,西安 710069) 2(中国科学院地球化学研究所,贵阳 550002)

提 要 陕西镇安—山阳地区的南羊山组发育陆源细碎屑岩和碳酸盐岩组成的多种重力流沉积,是构成台前斜坡和局限台盆沉积的主体和标志岩相。重力流沉积作用、火山-热液活动提供 Au- Sb- As- Hg 等深部成矿物质,同生断裂活动,岩相古地理分异具有时空统一性,并在局限台盆中形成陆源细碎屑岩与碳酸盐岩高频交替叠覆,横向上递变,以重力流沉积占主导,含显量火山凝灰物质和沉积成岩黄铁矿的旋回性沉积,构成了本区微细浸染型层控 Sb- Au 矿床的矿源层。

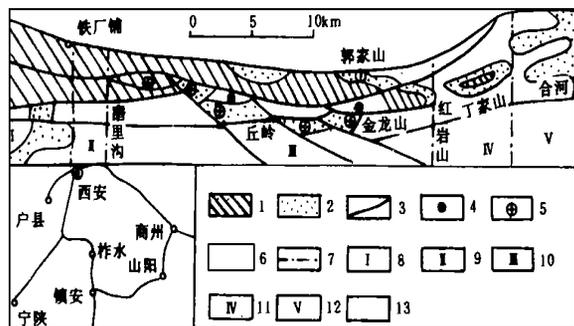
关键词 南羊山组 重力流沉积 Sb- Au 矿源层 陕西镇安—山阳

分类号 P 512. 2

第一作者简介 张复新 男 51岁 副教授硕士 矿床学、地球化学

1 概 述

陕西镇安—山阳地区(图 1)的南羊山组是南秦岭南带



- 1. 冷水河组 2. 南羊山组 3. 断层 4. 锑矿床 5. 金矿床
- 6. 南羊山组上覆地层 7. 南羊山组岩相分带界线 8. 泻湖沉积区 9. 沉陷台地沉积区 10. 局限台盆沉积区 11. 台前斜坡沉积区 12. 局限台地沉积区 13. 研究区

图 1 研究区地质简图及南羊山组岩相分带

Fig. 1 Geologic sketch and the lithofacies

distribution in the studied

泥盆系与石炭系连续过渡沉积层序,包括原来含义的南羊山组和与其整合的上覆地层袁家沟组^[1]的下段^②。它与镇安—板岩镇断裂以北的油坊坪组层位相当。区域地质调查和沉积

学研究表明,研究区南羊山组具有东西分区、南北成带的岩相古地理分异特征,从西向东依次发育陆源细碎屑岩夹碳酸盐岩的泻湖沉积;泥灰岩、钙质泥岩为主的沉陷台地沉积;颗粒碳酸盐岩与陆源细碎屑岩高频交替叠覆的局限台盆沉积;颗粒碳酸盐岩夹陆源细碎屑岩的台前斜坡沉积;碳酸盐台地沉积(图 1)。其中局限台盆和台前斜坡沉积以重力流沉积占主导,发育多种重力流沉积。有意义的是在该局限台盆沉积岩相组合中发现了少量火山凝灰物质并且该岩相组合初始富集元素组合 Au- Sb- As- Hg,是本区金龙山-丘岭微细浸染型层控 Sb- Au 矿床的矿源层。重力流沉积作用与火山凝灰物质的发育,具有内在统一性,是沉积盆地演化过程中构造沉积环境特征的重要表现,并对 Sb- Au 矿源层的形成起了关键作用。

研究区区域变质作用甚浅,区域褶皱以圆柱状褶皱为特征,轴线近东西。这为沉积学和沉积地球化学研究提供了便利条件。本文以岩相分析为基础,利用岩相组合与相序特征的递变规律,结合沉积地球化学特征及其与重力流沉积、火山凝灰物质发育的成生联系,探讨了研究区重力流沉积作用及其意义。

2 重力流沉积岩相分析

局限台盆和台前斜坡建造中的重力流沉积,根据其沉积结构和特征组分,可以划分为下列 7 种岩相。

① 武警黄金指挥部和陕西省自然科学基金(910501)联系资助
 ② 陕西省地质矿产局区调队,镇安县幅、大坪幅、沪家垣幅(1:5万)区域地质调查报告(地质部分),1991。
 张复新,马建秦,陕西省镇安—山阳地区丁马金矿带区域地质图修编报告,1994。

2.1 含黄铁矿钙质细碎屑岩 (F₁)

该岩相的野外直观标志是氧化后呈黄色,薄-中厚层,含一定量的碳酸盐碎屑,多具不完整的鲍马层序,延伸稳定。新鲜岩石含碳质,呈灰-黑灰色,含沉积成岩黄铁矿 (< 3%),如草莓(群)(图版I -1)、双联细球菌状、立方体、包裹体菌状(图版I -2)等,呈星散状分布或顺纹层稠密浸染形成条纹、小扁豆体、小透镜体等。该黄铁矿主要出现在相当于一个鲍马层序的顶部或与上覆层序之间的富泥质、钙质和碳质的纹层中。在含此特征黄铁矿较多的细粒纹层中,镜下偶见粉砂级、形态各异的石英火山晶屑,如尖棱三角形、不规则多边形、单面刀片状、具熔蚀特征的单锥或双锥柱状、略具半塑性变形的哑铃形、鸡骨状(图版I -3)等。和本区南羊山组结构成熟度较高的陆源细碎屑石英有明显区别。

该岩相主要分布于镇安磨里沟至红岩山的南羊山组二、三岩段。根据其颗粒结构特征,可以粗略地划分为三种微相,即含黄铁矿钙质泥页岩 (F_{1a})、含黄铁矿质砂泥岩 (F_{1b})、含黄铁矿和粒屑钙质砂泥岩 (F_{1c})。

含黄铁矿钙质泥页岩 (F_{1a}) 主要由绢云母、微晶方解石组成,含少量石英、玉髓、微晶灰岩粉砂屑和海百合茎化石碎片等。水平纹层较发育,没有浅水成因标志与之共生,为弱水动力条件下沉积。关于沉积物的搬运及沉积机理,可能有两种途径。一是经风(暴)浪搬运潮坪、台地物质,经悬浮沉降形成;另一是高密度浊流递变而成的低密度浊流沉积。根据该微相从东边的红岩山向西,在相序中所占比例有增加趋势,和同时期盆地总体粒度递变趋势一致。因此,后一种方式形成的可能性更大一些。

含黄铁矿钙质砂泥岩 (F_{1b}) 主要由陆源细碎屑, < 15% 的碳酸盐粒屑,泥、钙质胶结组成。杂基支撑和颗粒支撑。陆源细碎屑主要由石英、玉髓、泥质组成。石英砂屑结构成熟度中等偏高,从次圆、次棱角为主。玉髓所占比例远小于石英,但结构成熟度偏高。它们的粒径 < 0.2 mm,单个纹层中粒径非常相近。其它组分除前述石英晶屑外,计有少量 (< 0.1%) 的酸性斜长石、白云母、绿泥石、微斜长石、黑云母及微量重矿物电气石、锆石、磷灰石等,均为粉砂级。粒屑从砾至粉砂级,主要有微晶灰岩岩屑、石英粉砂质微晶灰岩岩屑、砂屑灰岩岩屑、生物化石碎片(腕足、有孔虫、海百合茎等),具陆源细碎屑与细粒屑组成的韵律状纹层的板条状岩屑以及撕裂钙质泥片等。其中板条状岩屑有的可达 1 cm,具同沉积弯曲或被较粗的颗粒扭曲的特征,显示了半塑性,可能为高密度重力流对半固结先期沉积物的侵蚀,具有重力流高频发育的快速充填盆地沉积特征。发育不完整的鲍马层序,如相当于鲍马层序的 T_a-b₁-d, T_b-d, T_c-d, T_a-b₁-e₁-d 组合,总体上 T_c 不发育,可能和本区快速沉积有关,具有从高密度浊流(块状流)衰减递变沉积的特征。单个浊积小层序厚度 1.5~15 cm,与颗粒大小、粒屑的含量、层序结构相关。黄铁矿的产状特征与 F_{1a} 类似,在含泥质的陆源细碎屑细粒纹层中含量较高。

含黄铁矿和粒屑的钙质砂泥岩 (F_{1c}) 以含有较多的碳酸盐粒屑 (15%~35%), 单个小层序厚度相对较大 (4~25 cm) 为特征。其余如组分、结构与 F_{1b} 相似。浊积结构却最发育(图版I -4)。

2.2 含黄铁矿和陆源细碎屑的碳酸盐砾—砂—泥岩 (F₂)

岩石灰-灰黑色,氧化后呈黄色。碳酸盐粒屑含量 35%~70%,砂级到砾组 (< 5 cm),成分及岩屑内部结构特征与 F₁ 中相同。岩石钙质胶结,填隙物含量 15%~25%,杂基支撑和颗粒支撑。所含黄铁矿 (< 1%) 形态和产状均与 F₁ 中相似,并在相对富含沉积成岩黄铁矿的纹层中,镜下亦可偶见与 F₁ 中相似的石英晶屑,暗示二者在成因上的联系。所含陆源细碎屑组分和结构与 F₁ 完全类似,只是含量较小。往往具有不完整的鲍马层序,组成砾—砂—泥正向上递变组合。灰泥和泥质含量相对较低, T_c 不发育, T_c 以小型交错层和砂纹层理为特征,重荷模不发育,但沟模和剥离线理较发育, T_a 和 T_b 的下伏沉积有时发育不规则或波状小型冲蚀痕。这些特征反映了重力流高频发育。小层序的厚度与粒屑的粒径、层序结构发育程度相关,几至几十厘米。该岩相应为高密度浊流、块状流在静水盆地中衰减递变形成。

该岩相主要发育于夹石沟至红岩山一带的南羊山组二、三岩段。在金龙山、丘岭一带最发育,往往和 F₁ 组成韵律性沉积。未见水道性质的沉积构造。总体上,从金龙山至夹石沟一带粒径、层序厚度有递减的趋势,但浊积结构在丘岭一带最发育。陆源细碎屑组分与粒屑形成浊积结构,反映了统一的物源方向。该岩相中的部分层序中含有较多的易被起运和搬运的海百合茎碎片,显示了浊流与同时异相的浅水区物源有关。

2.3 钙质砂泥岩 (F₃)

薄-中厚层,横向延伸稳定,主要由陆源细碎屑和钙质粒屑组成,泥、钙质胶结,含碳质 (0.3~0.7w%) 及微量星散状沉积成岩黄铁矿。除所含黄铁矿甚微,未见石英晶屑外,结构与 F₁ 完全类似,亦为浊流递变沉积。在丁家山一带及红岩山至磨里沟之间的南羊山组发育。

2.4 含陆源细碎屑碳酸盐砾—砂—泥岩 (F₄)

该岩相和前述 F₂ 基本相同,只是其中所含沉积成岩黄铁矿甚微或不含。主要发育于丁家山一带和红岩山至磨里沟之间,往往和 F₃ 组成韵律层。

2.5 杂基支撑巨砾屑灰岩 (F₅)

由棱角显著、形状不规则、粒径 30 cm 以上的碳酸盐岩岩屑,以块状碎屑流砾屑灰岩为杂基形成的杂基支撑巨大砾屑灰岩。巨砾主要有微晶灰岩 (a)、含核形石和形态基本完好的生物介壳亮晶砂(砾)屑灰岩岩块 (b)、内部具韵律的不纯灰岩岩块 (c)、含低能核形石和少量生物介壳的泥灰岩岩块 (d) 四种。主要分布于镇安红岩山、磨里沟一带的南羊山组的二、三岩段。其中红岩山一带的巨砾屑灰岩最发育,结构复杂,表现为巨大的微晶灰岩岩块 (a)、块状碎屑流砾屑灰岩、由钙质韵律层组成的具复杂变形的滑塌褶皱(图版I -5)或

形态不规则的板状岩屑、亮晶砂-砾屑灰岩岩块(图版I-6)、具内部韵律的岩块(c)(图版I-7)共生在一起。这些巨大的岩块是在碎屑流的支撑下,在低角度的海底经滑塌或滑移作用搬运的^[2]。

碎屑特征的微晶灰岩岩块、亮晶胶结砂(砾)屑灰岩

岩块是附近有碳酸盐岩台地发育的良好表示物^[3]。微晶灰岩岩块内部结构特征与山阳合河一带发育的南羊山组碳酸盐岩局限台地(图1)灰岩完全类似,亮晶胶结的含生物介壳和核形石砂(砾)屑灰岩岩块与其共生,而这些岩块不具生物结壳,反映了它们是具生物浅滩饰边的局限台地边缘的同沉积

表 1 重力流沉积主要特征对比表

Table 1 Comparison of the main features of gravity flow sediments

项 目	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
主要组分	陆源细碎屑	碳酸盐粒屑 陆源细碎屑	陆源细碎屑	碳酸盐粒屑 陆源细碎屑	碳酸盐砾屑	碳酸盐砾屑	碳酸盐粒屑 陆源细碎屑
黄铁矿含量	< 3%	< 1%	微量			微量	微量
石英晶屑	微量		无				
主要颗粒级	粉细砂	砂砾	粉细砂	砂砾	巨砾, > 30 cm	砾, < 30cm	砂砾
特征组构	不完整鲍马层序,杂基支撑,颗粒支撑				棱角明显,形状不规则,砾径巨大,杂基支撑	厚层,块状,杂基支撑为主	复杂的同沉积变形构造
主要形成机理	浊流,块状流				碎屑流搬运	碎屑流	滑塌,滑动
主要发育地点	磨里沟-红岩山		磨里沟-丁家山		磨里沟,红岩山	磨里沟 夹石沟-丁家山	红岩山一带

表 2 南羊山组主要岩相区沉积物 Au Sb As Hg 含量表

Table 2 Au, Sb, As, Hg contents of sediments in main lithofacies areas of the Nanyangshan Formation

不同环境沉积	Au(10 ⁻⁹)	Sb(10 ⁻⁶)	As(10 ⁻⁶)	Hg(10 ⁻⁶)
碳酸盐岩局限台地(13)	$\frac{0.75-15}{5.1}$	$\frac{0.4-4.68}{1.35}$	$\frac{6.8-47}{15.4}$	$\frac{0.0-2.85}{0.53}$
台前斜坡沉积(7)	$\frac{4.0-7.9}{4.38}$	$\frac{1.3-12.8}{3.67}$	$\frac{20.5-114}{53.97}$	$\frac{0.1-1.6}{0.52}$
局限台盆沉积(39)	$\frac{1.4-84.5}{24}$	$\frac{0.62-26.8}{6.06}$	$\frac{3.3-530}{135}$	$\frac{0.0-1.6}{0.4}$
泻湖沉积(6)	$\frac{2.23-9.8}{5.73}$	$\frac{3.8-11.4}{5.83}$	$\frac{8.9-98}{44}$	$\frac{0.1-0.35}{0.23}$

注: 1. 前列括号内为样品数; 2. 横线上方为最大值与最小值, 下方为平均值; 3. 由武警黄金十四支队化验室分析。

表 3 局限台盆不同类型重力流沉积物 Au Sb As Hg 含量表

Table 3 Au, Sb, As, Hg contents of different gravity flow sediments of the limited platform basin

沉积 机理	岩石学特征	Au (10 ⁻⁹)	Ag (10 ⁻⁹)	Sb (10 ⁻⁶)	As (10 ⁻⁶)	Hg (10 ⁻⁶)	Co (10 ⁻⁶)	Ni (10 ⁻⁶)	样 品 数
碎 屑 流 沉 积	杂基中含陆源细碎屑较多并含少量黄铁矿;含陆源细碎屑沉积物撕裂泥片(板片);砾屑组分复杂	$\frac{5.4-15.3}{9.9}$	$\frac{34-64}{47}$	$\frac{1.7-4.9}{3}$	$\frac{9.8-33.9}{22.3}$	$\frac{0.19-0.35}{0.24}$	$\frac{2-10}{5.9}$	$\frac{2-40}{14.4}$	5
	陆源细碎屑组分含量少;少见或偶见黄铁矿;砾屑组分较简单,主要为微晶灰岩岩屑	$\frac{1.4-3.6}{2.4}$	$\frac{34-64}{42}$	$\frac{0.62-3.90}{1.7}$	$\frac{11.6-24.1}{17.7}$	$\frac{0.06-0.5}{0.21}$	$\frac{<2-2}{2}$	$\frac{2-5}{4.3}$	4
浊 流 沉 积	陆源细碎屑组分与碳酸盐组分混合沉积;多含沉积成岩黄铁矿	$\frac{6.7-84.5}{24}$	$\frac{34-500}{38}$	$\frac{1.33-26.8}{13}$	$\frac{18.3-580}{135}$	$\frac{0.00-1.6}{0.4}$	$\frac{2-10}{7.6}$	$\frac{5-50}{33}$	
	偶见沉积成岩黄铁矿,主要由碳酸盐组分组成仅含少量陆源细碎屑	$\frac{2.0-6.4}{4.3}$	$\frac{34-200}{76}$	$\frac{1.35-7.75}{4.95}$	$\frac{16.8-44.7}{32.9}$	$\frac{0.04-0.3}{0.16}$	$\frac{<2-10}{7}$	$\frac{2-40}{19.25}$	4

1. 由武警黄金十四支队化验室分析; 2. 横线上方为最大值与最小值; 横线下方为平均值

快速侵蚀产物。内部具韵律的巨砾屑和滑塌褶皱等,其内部结构和山阳丁家山一带的台前斜坡沉积相似,指示了台前斜坡发育强烈的同沉积侵蚀作用。红岩山一带发育的多种巨大岩块则反映了该处为最强烈的侵蚀部位,当时应为较明显的负地貌。

含核形石和少量生物介壳的泥灰岩巨砾屑仅发育于磨里沟一带的南羊山组二、三岩段的过渡部位,横向上向东延伸不远即尖灭相变。其中的核形石存在于灰泥基质中,具弱水动力条件下的浅水沉积特征^[4]。巨砾屑和粉砂质、钙质泥岩组成的变形撕裂板状岩屑共生于中-粗砾块状碎屑流砾屑灰岩中(图版I-8),砾屑的成分分别和巨砾、板状岩屑相同或相似,但和下伏沉积相比,具有明显差异。根据笔者对区域上盆地演化的研究^①,这些砾屑和板屑是两侧沉陷台地(图1)的同沉积侵蚀产物。

2.6 块状砾屑灰岩 (F₆)

岩层厚层、块状,多具复合层理,结合面多波状起伏,但缺乏明显的牵引流作用痕迹,泥或灰泥沉积亦不发育。砾屑直径 2~30 cm,以 2~15 cm 最发育,具棱角状到次圆等多

正粒序的块状砾屑灰岩向上递变为交错纹理(图版I-10),是碎屑流、颗粒流向浊流递变的产物。该岩相主要发育于磨里沟一带和夹石沟至丁家山之间,但二者的砾屑成分有较大差异,前者与磨里沟一带发育的 F₅ 相似,反映了二者物源区沉积环境和岩相的差异。

发育于磨里沟一带的块状砾屑灰岩向东快速尖灭相变,夹石沟至红岩山一带的块状砾屑灰岩从东向西粒序、单层厚度、在相序中的出现几率减小。丁家山一带至红岩山的块状砾屑灰岩基本类似。野外露头追索发现夹石沟以东的岩相在东西、南北方向上均可以对比,反映了同沉积线状物源特征。研究区东部合河一带的碳酸盐岩局限台地虽为断层切割,因褶皱而缩短,仍有南北近 6 km 的分布,保证了线状物源的物质基础。该区水道性质沉积构造不发育,也支持这一点。

2.7 滑塌(动)沉积构造 (F₇)

滑塌沉积以滑塌褶皱为代表,由细砾、砂屑灰岩、钙质粉砂岩、粉砂质泥岩的韵律层组成的具褶皱形态的沉积构造(图版I-11)为未完全固结斜坡沉积物在顺斜坡向下的重力剪切分量的作用下(往往与该沉积物负重和含有较多的孔

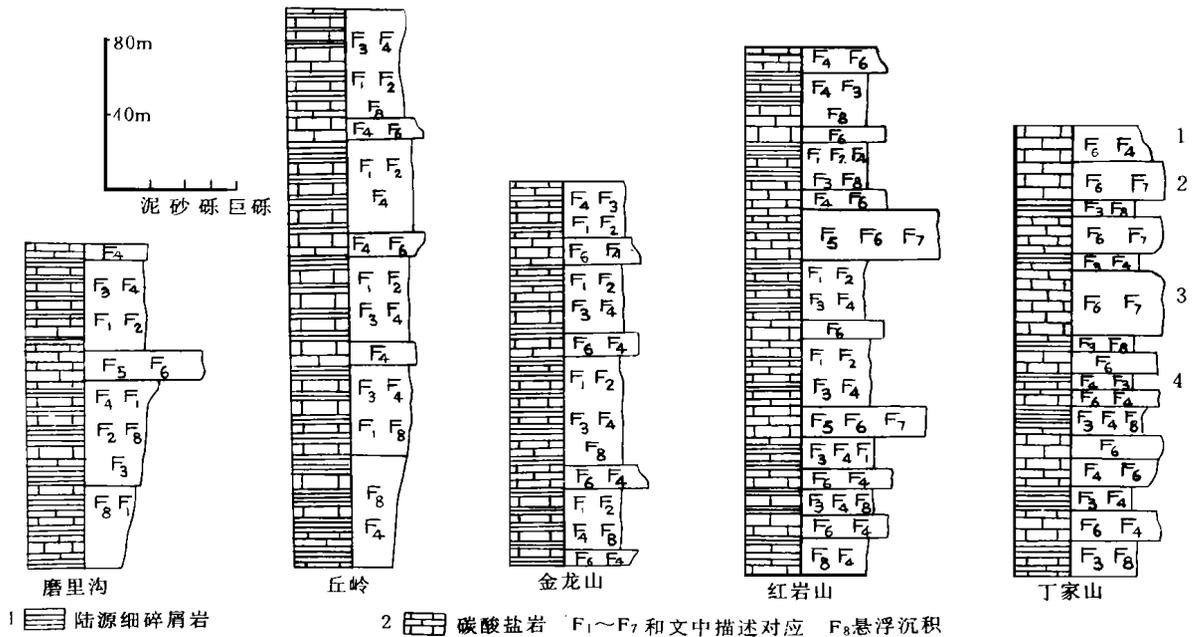


图 2 台前斜坡、局限台盆沉积相序横向对比图

Fig. 2 Laterally comparative sketch of the lithofacies sequences between the limited platform basin and platform front slope

种形态,一般含陆源碎屑较少者磨圆较好。砾屑在横向上和纵向上均有倾伏方向变化,成分和 F₅ 中巨砾屑相似或相同,杂基支撑。填隙物含量 20%~33%,主要由石英、泥、细粒屑和少量黄铁矿组成。这些特征反映了该岩石由高频发育的高密度碎屑流顺斜坡运移并突然卸载的产物。少量砾屑具弱的正或反粒序,杂基相对较少,可能是多种重力流混合沉积。具

隙水有关),发生滑塌作用的产物。该构造在红岩山一带最发育,向西规模变小或不发育。

滑动沉积在本区主要有两种形式。一是发育在块状碎屑流沉积物中,表现为向上游(向东)明显侵蚀下伏岩层形成下

① 马建秦,秦岭泥盆纪镇旬盆地特征,沉积地球化学,微细浸染型层控铋-金矿床矿化富集机制,西北大学硕士论文,1995。

凹,向下游(向西)逐渐变平缓至消失的同沉积滑动侵蚀面(图版I-11),是上覆沉积物的重力顺斜坡分量超过该沉积物的抗剪强度发生滑动形成。另一是巨大的砾屑与支撑其运动的块状碎屑流之间的相对运动,在半固结的巨砾屑下部边缘发生剪切变形,甚至破裂为小的岩屑。前述的板状岩屑可能与此有关。

由上述可知,这7种重力流沉积既有不同也有相同或相似之处,其主要特征对比见表1。

3 岩相组合及相序特征

前述7种岩相及其分布,反映了它们在空间上分别属于以红岩山一带为界的东、西两个岩相组合,即台前斜坡和局限台盆沉积岩相组合。属于前者主要有 F_6 、 F_5 、 F_3 、 F_7 ,分布于红岩山以东至丁家山一带,具有以 F_6 、 F_4 为主,夹 F_3 及薄层微晶灰岩、泥灰岩、钙质粉砂岩、泥页岩的旋回性垂向序列(图2),不同岩相之间以突变接触为主。前述7种岩相在后一岩相组合中均有发育,分布于磨里沟以东至红岩山之间,和薄层微晶灰岩、泥灰岩、粉砂质泥岩、钙质泥岩、泥页岩组成以重力流沉积占主导、陆源细碎屑岩与碳酸盐岩高频交替的旋回性(图版I-12)垂向序列(图2)。该岩相组合横向上具明显的岩相递变特征。在剖面序列中,红岩山一带 F_3 、 F_6 占很大比例,并发育 F_7 ,向西 F_5 不发育, F_6 出现几率,发育规模递减,而 F_1 、 F_2 增加,在丘岭一带最发育(图2);在磨里沟一带, F_5 、 F_6 发育(图2),但向东很快相变,并以 F_{1a} 、 F_2 和钙质泥岩、泥页岩、微晶灰岩、泥灰岩为主。反映了重力流沉积主体从东向西递变,而 F_{1a} 在磨里沟一带发育,则可能与从东向西的低密度浊流有关。

4 沉积地球化学特征

根据南羊山组具有前述东西分区、南北成带的岩相分布特征,且研究区 Au 矿床的探途元素为 Au — Sb — As — Hg 组合,对其主要岩相区分别做了相应微量元素分析(表2),只有局限台盆岩相组合明显初始富集 Au — Sb — As — Hg 。

表4 局限台盆浊积岩 Au 、 Sb 、 As 、 Hg 含量表

Table 4 Au , Sb , As , Hg contents in turbidite rocks of the limited platform basin

岩相	Au	Sb	As	Hg
$F_1(9)$	17.7	9.8	86	0.33
$F_2(6)$	12.9	7.2	66.6	0.19
$F_3(3)$	6	7.3	47	0.05
$F_4(1)$	5.2	1.4	9.3	0.05

注:微量 Au 由武警黄金十四支队化验室分析,其余由西北有色研究所分析;元素单位同表3;括号内为样品数; F 为同前的岩相代号。

局限台盆岩相组合以重力流沉积占主导,对其中主要重

力流沉积物相应微量元素分析(表3)说明陆源细碎屑组有利于 Au 等元素的初始富集,浊流沉积较碎屑流沉积有利于 Au 等元素的初始富集。对浊流沉积相应微量元素的分析(表4)进一步支持该结论,并且说明 F_1 、 F_2 是 Au 等元素初始富集的关键岩相,沉积成岩黄铁矿的发育对 Au 等元素的初始富集起关键作用。

沉积成岩黄铁矿单矿物相应微量元素化学分析(表5)表明黄铁矿中富集 Au 、 Sb 、 As 。这不但说明了黄铁矿对地层中初始富集 Au 等元素的重要作用,而且说明了地层中 Au 以易释放金形式赋存为主。局限台盆岩相分别对 Au 、 Sb 相对上地壳丰度值几倍至十几倍的初始富集,说明了该岩相组合的 Sb — Au 矿源层意义。矿床地质研究进一步证明了这一点^[5]。

表5 沉积成岩黄铁矿 Au 、 Sb 、 As 含量, Co/Ni 和 S/Se 比值

Table 5 The Au , Sb , As contents, Co/Ni and S/Se ratio in the sedimentary and diagenetic pyrites

Au 10^{-6}	Sb (10^{-6})	As (10^{-6})	Co/Ni	S/Se	分析者
1.7	290	650	3.30	125000	西北有色地质研究所
0.6	110	980	3.60	87000	

上述黄铁矿单矿物的 Co/Ni 值3.3~3.6,具有热液成因特征; S/Se 值8.7~12.5万,具沉积成因特征。考虑到前述沉积成岩黄铁矿与石英火山晶屑在产出几率上的一致性,再结合前述岩相分布及不同岩相组合中 Au 等微量元素的初始富集规律,说明了同沉积火山—热液活动是本区 Au 、 Sb 的主要物源,含 Au 等元素较高的黄铁矿是此过程的产物。

5 重力流沉积作用与 Sb — Au 矿源层形成模式

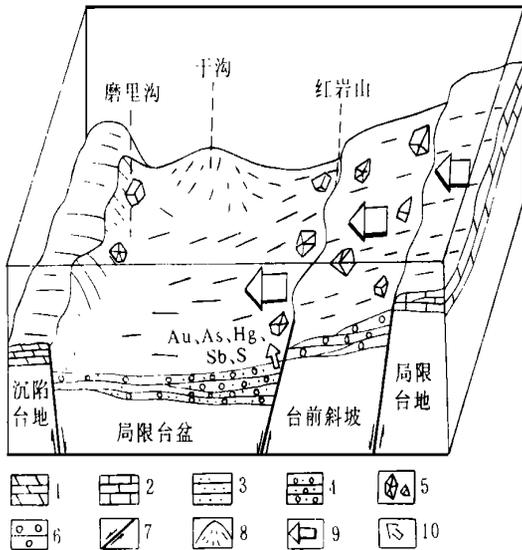
前述重力流沉积为主的岩相组合、相序特征、横向递变规律反映了局限台盆两侧均发生同沉积强烈侵蚀作用,台前斜坡、局限台盆沉积的主要粒屑由局限台地边缘与台前斜坡、台前斜坡与局限台地的过渡部位发生的同沉积侵蚀作用提供,陆源细碎屑主体亦应从东向西搬运。沉积地球化学特征和石英火山晶屑的发育指示了局限台盆接受了与重力流沉积作用相伴发生的火山—热液提供的 Au 等成矿物质,并形成了 Sb — Au 矿源层。

同沉积岩相古地理的同步强烈分异,并且以线状强烈侵蚀作用带为古地理单元的分界线,是同生断裂发育的重要特征。同生断裂最发育、切割最深的部位正是火山—热液上升的良好通道,红岩山一带应是该特征同生断裂发育的最可能部位。由东向西的浊流可以把火山—热液物质携裹搬运几十

公里,并按粒度分选^[6,7]和沉积地球化学规律初始富集于含泥质、有机质、沉积成岩黄铁矿^[8]的浊积物中。

值得指出的是局限台盆内部亦有岩相古地理分异,在紫邻镇—板断裂的干沟一带发育水下高地,没有接受重力流沉积^③。

综上,重力流沉积作用及 Sb—Au 矿源层形成可以用图 3 所示的模式予以概括。其中台前斜坡与碳酸盐岩台地过渡部位不具露头,其巨砾屑是根据前述岩相分析推测的。



1. 泥灰岩 2. 微晶灰岩 3. 陆源细碎屑岩 4. 砂砾屑灰岩 5. 巨砾屑 6. 砾屑灰岩 7. 同生断裂 8. 水下高地 9. 主要物源方向 10. 火山—热液通道

图 3 南羊山组重力流沉积作用及 Sb—Au 矿源层沉积模式

Fig. 3 Depositional pattern of the gravity flow and Sb—Au source-bed of the Nanyangshan Formation

6 结论与讨论

镇安—山阳地区的南羊山组发育 7 种重力流沉积,是构成局限台盆和台前斜坡沉积的主体和标志岩相。这 7 种岩相主要是由来自盆地东部边缘的陆源细碎屑与同生断裂活动侵蚀碳酸盐岩局限台地和台前斜坡产生的巨砾—砂级岩屑发

生程度不等的混合形成的重力流向西递变,沉积的产物。表现为在同生断裂附近发育的碳酸盐砾屑最粗大,块状碎屑流砾屑灰岩发育,沉积组构最复杂;台前斜坡以块状碎屑流砾屑灰岩为主;向西在局限台盆中部以浊积岩为主,陆源细碎屑组分明增加,形成陆源细碎屑岩与碳酸盐岩高频交替叠覆的旋回性沉积。磨里沟一带发育的规模较小的块状碎屑流砾屑灰岩、巨砾屑灰岩与局限台盆西部边缘发育的同生断裂有关。这说明不同重力流的发育受当时岩相古地理格局、同生断裂活动强弱以及物源方向的控制。

重力流沉积作用、火山—热液活动提供的 Au 等成矿物质、同生断裂活动、岩相古地理分异具有时空统一性,是 Au—Sb—As—Hg 元素组合在局限台盆岩相组合中初始富集形成 D₃—C 发育南北向展布的裂隙带,是研究秦岭微板块晚古生代演化的重要素材。

Sb—Au 矿源层南北向展布,指示了在同层位寻找类该型金矿床应以磨里沟和红岩山之间的南北向带为靶区。

研究工作得到了西北大学梅志超教授的帮助,野外工作得到了武警黄金十四支队官兵的大力协助,谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] 陕西省地质矿产局. 陕西省区域地质志. 北京:地质出版社, 1984, 135~ 148.
- [2] Cook H E and Enos P 编,冯增昭等译. 深水碳酸盐环境. 地质出版社, 1987, 90~ 99.
- [3] Parker A and Sellwood W B 编,贾振远等译. 沉积物的成岩作用. 中国地质大学出版社, 1989, 115~ 117.
- [4] 曾允孚. 广西泗顶泥盆系上统融县组中核形石的类型及其环境意义. 沉积学报, 1983, (1): 42~ 49.
- [5] 张复新,马建秦,魏宽义. 镇安米粮地区微细浸染型层控金矿床的形成与构造演化的关系. 矿床地质, 1995, (1): 26~ 34.
- [6] Campbell I H, McDougall T J and Turner J S. A note on fluid dynamic processes which can influence the deposition of massive sulfides. *Econ Geol*, 1984, 79: 1905~ 1913.
- [7] Garlick W G. Algal mats, load structures, and synsedimentary sulfide in Revett Quartzites of Montana and Idaho. *Econ. Geol.* 1988, 83: 1259~ 1278.
- [8] Raiswell R and Plant J. The incorporation of trace elements into pyrite during diagenesis of black shales. Yorkshire, England. *Econ. Geol.* 1980, 75: 684~ 699.

The Gravity Flow Sedimentation of the Nanyangshan Formation in the Zhen'an-Shanyang District, Shaanxi and Its Significance

Zhang Fuxin¹ and Ma Jianqin²

1(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069)

2(Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002)

Abstract

A series of gravity flow sediments composed of terrigenous fine-grained clastic rocks and carbonate rocks, which are the predominant and index lithofacies of the both limited platform basin and front platform slope sediments, occur in the Nanyangshan Formation of the Zhen'an-Shanyang district in Shaanxi. It is the time space unity among the gravity flow sedimentation, volcano-hydrothermal activity, contemporaneous fault activity and paleogeography differentiating, that gives birth to the limited platform basin sediments dominated by gravity flow, with the distinguished features of the terrigenous fine-grained clastic rocks covered frequently by the carbonate rocks, changing from west to east, containing minor volcanic tuffaceous and sedimentary-diagenetic pyrite, which is the source-bed of the micro-dissiminated strata-bound Sb-Au deposits in this district.

Key Words Nanyangshan formation gravity flow sedimentation Sb-Au source-bed Zhen'an-Shanyang in Shaanxi

图版说明 I -1 鲍马层序上部纹层中的沉积成岩黄铁矿草莓群。光片,电子探针背散射电子图象 I -2 鲍马层序上部纹层中的包裹体菌状沉积成岩黄铁矿集合体(白色)光片,电子探针背散射电子图象 I -3 浊积粉砂岩中的鸡骨状石英火山晶屑薄片(-)25×10 I -4 含黄铁矿和陆源细碎屑碳酸盐砾砂泥岩(下部厚层),含黄铁矿钙质砂泥岩中发育的浊积结构。丘陵,标尺为2m钢卷尺 I -5 由含砂、泥的砾屑灰岩(厚层、浅色)与钙质细粉砂、泥岩(暗色)组成的滑塌褶皱。红岩山,标尺为镜头盖 I -6 亮晶含核形石、生物介壳砂砾屑灰岩那个,周围为块状砾屑灰岩。红岩山,记号笔长约18cm I -7 由薄层—中厚层砂(砾)屑灰岩、薄层粉砂质泥岩和含砂(泥)的砂屑灰岩韵律层组成的岩块,周围为块状砾屑灰岩。红岩山,地质锤柄长约40cm I -8 含核形石、生物介壳的泥灰岩巨砾,周围为块状砾屑灰岩。磨里沟,记号笔长约18cm I -9 块状碎屑流砾屑灰岩。红岩山,记号笔长约18cm I -10 块状砾屑灰岩(下部)向含砂、泥的浊积砂屑灰岩递变沉积。金龙山,镜头盖直径约7cm I -11 块状碎屑流砾屑灰岩中发育的滑动侵蚀面,左侧为东。丁家山,铅笔长约15cm I -12 含黄铁矿钙质砂泥岩与浊积砂屑灰岩、碎屑流砾屑灰岩(浅色)组成的向上(从下至上)变粗的旋回性沉积。金龙山,地质锤长约35cm