

唐王陵组岩石学特征及沉积物重力流

洪庆玉*
(西南石油学院)

一、岩石特征及沉积相

唐王陵组的时代尚有争议,地矿部第三普查勘探大队和陕西区测队等认为属上奥陶统,西北大学和西安地质学院等认为是震旦系,作者趋向前者的观点。唐王陵组在皇坪沟剖面(图1)厚1100.41米,可明显地划分为四段(包括十个亚段)。成分及沉积相归纳于下(表1)。

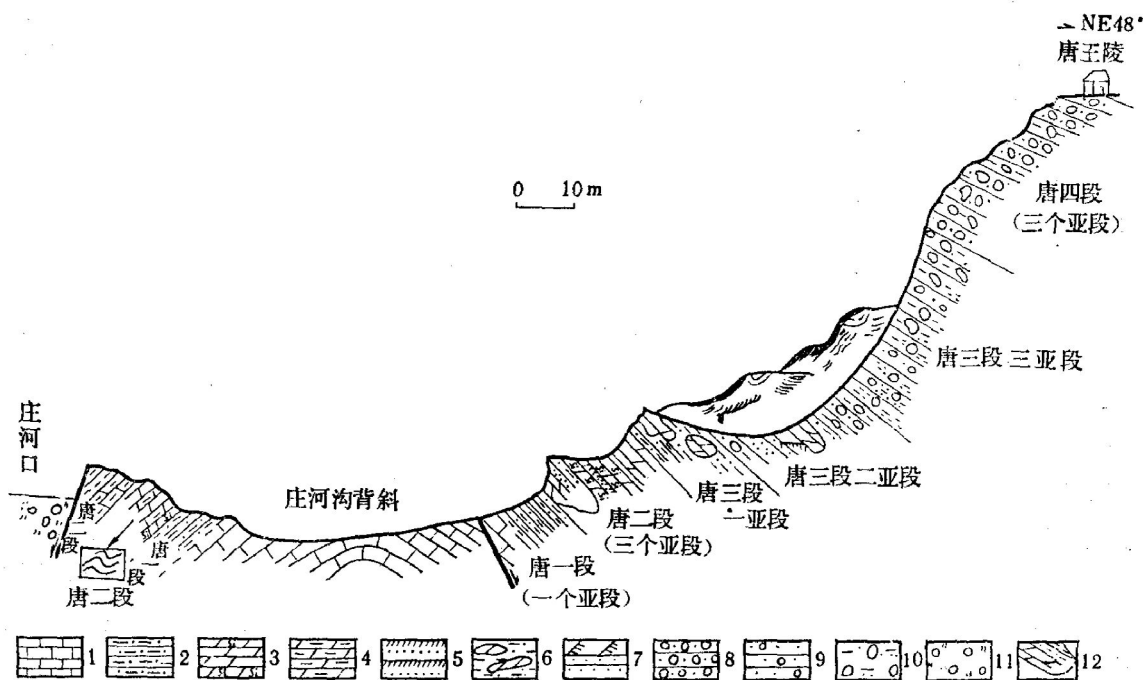


图1 庄河沟至唐王陵地层分布图

1—灰岩, 2—含粉砂质泥岩, 3—硅化白云岩, 4—泥质白云岩, 5—等深积岩, 6—野复理石, 7—浊积岩, 8—岩屑砾岩, 9—含砾砂岩, 10—含砾泥岩, 11—第四纪, 12—截切构造

(一) 唐一段

唐一段厚75.15米,为黄绿色中层至块状含钙质粉砂质水云母泥岩,夹含泥质石英粉砂岩条带或透镜体,夹白云质燧石角砾岩(图版I-2)。在横向上,含钙质粉砂质

* 参加室内外研究的还有陈万川、黄家斌、杨文杰、赵凯、朱永刚、袁志祥、郝蜀民等同志。

表1 唐王陵组皇坪沟剖面各段成分及沉积相对比表

岩性段		野外 层号	厚 度		碎 屑 含 量 %					填 隙 物 含 量 %					沉 积 相		
			米	占剖面 厚度 %	石 英	燧 石	白 云 岩	砂 泥 岩	岩 变 泥 岩	小 计	水 云 母	白 云 石	方 解 石	隐 石 英		黄 铁 矿 等	小 计
唐 四 段	三 亚 段	90 88	79.11	7.19	4	24	51	8	1	88	1	9		2		12	内部扇水道中下部碎屑流夹颗粒流沉积
	二 亚 段	87 71	96.52	8.77	6	13	43	2	4	68	3	25		3	1	32	内部扇水道中上部碎屑流夹白云质泥石流、颗粒流沉积
	一 亚 段	70 65	35.69	3.24	2	14	27	4	1	48	5	40		5	2	52	内部扇水道碎屑流与峡谷出口处白云质泥石流交互沉积
	合 计	90 65	211.32	19.20	4	18	43	5	2	72	3	22		2	1	28	峡谷出口处白云质泥石流与水道碎屑流的交互沉积
唐 三 段	三 亚 段	64 51	347.74	31.60	6	11	13	1	2	33	35	21	1	7	3	67	峡谷出口处白云质泥石流与水云母质泥石流交互沉积
	二 亚 段	50 32	222.72	20.24	6	18	13	4	1	42	44	11		1	2	58	峡谷出口处泥石流夹内部扇水道沉积
	一 亚 段	31 24	117.22	10.65	22	17	6	1	2	48	32	16		2	2	52	大陆坡坡脚与内部扇混合沉积
	合 计	64 24	687.68	62.49	9	14	12	3	1	39	38	17		4	2	61	大陆坡脚、峡谷出口处泥石流及内部扇沉积
唐 二 段	三 亚 段	23 22	34.20	3.11							2	80		18		100	台地前缘浅色碳酸盐岩舌形体及下滑沉积
	二 亚 段	21 15	51.82	4.71	1	2				3	12	62		22	1	97	滑塌的浅色碳酸盐岩舌形体夹大陆坡等深流沉积
	一 亚 段	14 12	40.24	3.66	4	49				53		41		6		47	大陆坡水道碎屑流沉积
	合 计	23 12	126.26	11.48	1	13				14	7	62		17		86	大陆坡水道向台地前缘浅色碳酸盐岩舌形体过渡沉积
唐 一 段		11 1	75.15	6.83	17	2			3	22	57	2	18		1	78	大陆坡夹等深流和碎屑流沉积

水云母泥岩可相变为灰至深灰色薄层状泥晶灰岩与泥灰岩互层，在山底村剖面可见两者犬牙交错的相变带。

唐一段的沉积构造有：大陆坡沉积物滑动形成的揉皱构造（图版Ⅲ-1,2）、大陆坡沉积物经等深流改造的石英粉砂岩条带或透镜体构造（图版Ⅲ-1）、碎屑流侵蚀冲刷大陆坡水道的截切构造（图版Ⅰ-1）。所以，唐一段的沉积相为大陆坡及其水道沉积物，等深流沉积物。

在皇坪沟剖面，唐一段与下伏中奥陶统灰岩为侵蚀冲刷的假整合接触，即使有断层也是一个断距较小的正断层（图1）；在庄河沟背斜南翼，唐一段为黄绿色含粉砂质水云母泥岩的典型大陆坡沉积物，其厚度仅为北翼厚度的66%。

（二）唐二段

唐二段包括三个亚段，厚126.26米。为深灰色白云质燧石角砾岩向灰色硅化白云岩、浅灰色纹层状细晶白云岩的过渡沉积。白云质燧石角砾岩（图版Ⅲ-6）是大陆坡水道碎屑流沉积，硅化白云岩是台地前缘浅色碳酸盐岩舌体下滑作用形成的，纹层状白

云岩是台地前缘浅色碳酸盐岩舌体经渗透回流作用形成的（图版Ⅱ-4）。所以，唐二段的沉积作用是个典型的海退序列沉积。

唐二段沉积的重要特点，是下滑作用形成的含海百合生物碎屑硅化白云岩（图版Ⅱ-3）之上，为大陆坡沉积的灰绿色含粉砂质泥岩，再上为等深流沉积的灰褐色薄纹层状砂屑白云岩，含硅质海绵骨针（图版Ⅱ-1）和放射虫化石（图版Ⅱ-2）；也见有硅化白云岩之上为等深流沉积的薄纹层状砂屑白云岩，再上为大陆坡沉积的含粉砂质水云母泥岩。前者沉积序列占这套沉积组合23套的2/3，后者沉积序列约占1/3。

唐二段是在海退背景条件下沉积的，因此台地前缘浅色碳酸盐岩舌形体的三种类型（表2）各具不同的特点，从表2不难看出伴随浅色碳酸盐岩舌形体的下滑作用是硅化作用的加强、截切构造的发育、大陆坡等深积岩的增多等。

表2 台地前缘浅色碳酸盐岩舌形体三种类型比较表

剖面层号	岩石名	厚度		构造特征	共生岩石	成分特征		
		米	%			水云母	白云石	隐石英
23	细晶白云岩	9.13	11.52	纹层状	无	8	91	1
22	中—细晶白云岩	25.07	31.63	小型截切构造	有少许大陆坡泥岩		76	24
14—21	细—中晶白云岩	45.06	56.85	大型截切构造	大陆坡泥岩和等深积岩		73	27

唐二段的主要沉积构造有：大陆坡水道化形成的截切构造（图版Ⅱ-1）、浅色碳酸盐岩舌形体下滑作用并在其上沉积大陆坡和等深流沉积物的楔状体的截切构造（图版Ⅱ-5）、浅色碳酸盐岩舌形体的藻席构造（图版Ⅱ-5）和海底峡谷谷头水道侵蚀充填构造（图版Ⅱ-6）等。

唐二段在庄河沟背斜南翼（见图1），仅见顺层硅化白云岩以及极少数的侵蚀冲刷构造，其上为薄层状白云岩与硅质岩的间互层，甚至发育成白云岩与硅质岩的大陆坡揉皱构造。背斜南翼唐二段厚度仅为北翼厚度的63%。

（三）唐三段

唐三段包括三个亚段，厚687.68米，是在唐二段等效海退背景条件下发育起来的沉积物重力流。类型齐全、丰富多彩。按厚度加权计算：黄绿色至灰黑色含砾泥岩的泥石流沉积物占90.55%，灰至深灰色岩屑砾岩和含砾粗砂岩的碎屑流和颗粒流沉积物占5.93%，黄灰色含泥质不等粒岩屑砂岩的浊流沉积物占3.52%。

唐三段沉积物重力流在组合配置方面具有突出的特点，一亚段发生在等效海退同生断层极为活跃时期，由于地形幅差较大，因此野复理石泥石流（24层和30层）非常发育（图版Ⅳ-1），碎屑流、颗粒流和泥石流的演化和正向粒级递变非常发育（图版Ⅱ-4），浊流沉积的A、B序列并层非常发育（图版Ⅱ-3）；二亚段是泥石流与碎屑流大套间互层沉积，其中泥石流沉积物中可分为粘度大含砾率低、单层厚度大的Ⅰ型和粘度小含砾率高、单层厚度小的Ⅱ型。Ⅰ型泥石流沉积物无分选，砾石在杂基中无序的杂乱堆积（图版Ⅳ-4）；Ⅱ型泥石流沉积物呈正向或反向粒级递变（图版Ⅱ-4）。三亚段，以水云母质泥石流与白云质泥石流成分交替为其重要特征，从此开始并延续到唐四

段,建造泥石流的杂基不再是粘土矿物而是泥晶白云石(表1),从物质成分演化上证明,唐三段和唐四段基本上是个连续沉积。

唐三段的主要沉积构造有:野复理石构造(图版Ⅳ-1)、Ⅰ型泥石流沉积物的无序杂乱堆积的块状构造(图版Ⅳ-4)、碎屑流和颗粒流与Ⅱ型泥石流的演化和递变构造(图版Ⅰ-4)、浊流沉积的粒级递变构造(图版Ⅰ-3)和印模构造、深水生物虫迹构造等。

根据岩性特征、沉积物重力流配置方面的特点以及沉积构造,唐三段的沉积相应为大陆坡脚或海底峡谷出口处的泥石流以及内部扇的碎屑流、颗粒流和浊流沉积。

唐三段在庄河沟背斜南翼(图1)的岩性,为黄灰色、灰绿色白云质泥岩和含粉砂质泥岩的大陆坡沉积物,决不见泥石流等沉积物重力流的沉积。唐三段中的泥石流沉积物,东起徐家山西到岐山在长达七十多公里范围内都有广泛大量的分布,成为认识和划分唐王陵组的重要相标志。

(四)唐四段

唐四段包括三个亚段,厚211.32米,占剖面厚度的19.20%。岩性为灰色、粉红灰色块状岩屑砾岩与灰粉红色块状含砾粉砂质泥质白云岩的略等厚互层,岩屑砾岩中常夹含砾岩屑粗砂岩(图版Ⅳ-3)。按厚度加权计算,碎屑流形成的岩屑砾岩占69.5%,颗粒流形成的含砾粗砂岩占0.7%,白云质泥石流形成的含砾泥质白云岩占29.8%。

三种沉积物重力流,在一亚段碎屑流沉积物仅占25%,白云质泥石流沉积物占75%;二亚段碎屑流和颗粒流沉积物增长为62%,白云质泥石流沉积物下降为38%;三亚段就全为碎屑流和颗粒流沉积物。此外,唐四段的白云质泥石流全为Ⅱ型,这就使得唐四段沉积物重力流以发育正反向粒级递变(图版Ⅳ-2)为其突出特征。

唐四段的主要沉积构造,有块状构造、层理构造、正反向粒级递变构造、含砾水平纹层构造等(图版Ⅳ-2,3,5)。

鉴于唐四段的岩性特征,三种沉积物重力流的配置特点以及沉积构造,其沉积相应为海底峡谷出口处的白云质泥石流与内部扇水道的碎屑流、颗粒流的交互沉积。

唐四段在庄河沟背斜南翼(图1),由于渭河地堑的断裂下陷未有出露。

唐王陵组之上的新地层,在唐王陵地区由于负地形的向斜升起而被剥蚀;而在礼泉县石泉河沟(图版Ⅳ-5),以及岐山县的交界、西方公社等地,唐王陵组沉积物重力流之上都是不整合地覆盖具有化石佐证的下二叠统砂岩。所以,唐王陵组的地层时代,其下伏层为有化石依据的中奥陶统灰岩,上覆层为有化石判据的下二叠统砂岩,在唐王陵组找到海绵骨针、放射虫、海百合茎等化石(图版Ⅱ-1,2,3)。其时代应属晚奥陶世为宜。

总结上述唐王陵组其沉积物类型可归纳为:台地前缘浅色碳酸盐岩舌形体、大陆坡沉积物、等深流沉积物和重力流沉积物等四大类型,在重力流沉积物中,按支撑机理划分为泥石流、颗粒流和浊流,以及Davies(1977)补充提出的碎屑流^[1](表3)。

唐王陵组沿东西走向变化迅速,在皇坪沟剖面四分,岩性特征、组合配置特点以及沉积构造特别明显突出,但在唐王陵主峰东沟——梁窑剖面,唐王陵组不是四分而是五分,在唐一段底部还有一套粉红灰色块状岩屑砾岩和含砾粉砂质白云质泥岩的碎屑流和白云

质泥石流沉积物;在唐王陵西——礼泉县石泉河剖面,唐王陵组地层可六分,除具备梁窑剖面和皇坪沟剖面地层特点外,在顶部还发育一套黄绿色含砾泥岩的泥石流沉积物,其上为具有单向斜层理的下二叠统河流相砂岩及其风化壳(图版Ⅳ-5)。所以,唐王陵组是多个海底扇近于垂直东西走向的扇裙沉积物。

表3 唐王陵组皇坪沟剖面沉积物类型及其成分对比表

沉积物 类 型	分 布 岩性段	厚 度		岩 石 名 称	碎 屑 含 量 %						填 隙 物 含 量 %					
		米	占 总 厚 度 %		石英	燧石	白云 岩	砂 泥 岩	变 质 岩	小计	水 云 母	白 云 石	方 解 石	隐 石 英	黄 铁 矿 等	小计
浅色碳 酸盐岩 舌形体	Ⅱ	9.13	0.8	浅灰色中一厚层纹 层状细晶白云岩							8	91		1		100
		25.07	2.3	略具侵蚀冲刷构造 的硅化白云岩							76		24		100	
		45.06	4.1	具强烈侵蚀冲刷构造 的硅化白云岩							73		27		100	
		79.26	7.2	厚度加权平均值							1	76		23		100
大陆坡	I、Ⅱ、Ⅲ	130.94	11.9	含钙质粉砂质水云 母泥岩	24	2			2	28	57	2	10	1	2	72
等深流	I	夹在泥岩中		含泥质石英粉砂岩 透镜体	83	2			3	88	12					12
	Ⅱ	7.09	0.6	薄纹层状含泥质砂 屑白云岩	1					1	17	78	3	1		99
泥石流	Ⅲ、Ⅳ	635.57	57.8	含砾粉砂质白 云质泥岩	砾	5	6		1	12	38	20	1	4	2	65
					砂	6	7	7	2	1						
碎屑流	I、Ⅱ Ⅲ、Ⅳ	215.32	19.6	含白云质砂质 充填岩屑砾岩	砾	1	23	30	2	56	2	14		3		19
					砂	4	7	10	3	1						
颗粒流	Ⅲ、Ⅳ	8.01	0.7	含白云质含砾 粗粒岩屑砂岩	砾	1	9	9		19	5	12		1		18
					砂	15	21	21	3	3						
浊 流	Ⅲ	24.22	2.2	含泥质岩屑砂岩	23	40	9	2	3	77	15	4		2	2	23
合 计		1100.41		唐王陵剖面厚度加 权平均值	8	14	15	2	2	41	29	22	1	5	2	59

二、沉积物重力流

有关唐王陵组的沉积相研究,不少研究者^[2,3,4]都认为可与河南临汝罗圈组对比,是冰川沉积物。前人讨论的唐王陵“冰碛相”,仅相当本文的唐三段三亚段一部分至唐四段三亚段厚331.10米,只占唐王陵组总厚度1100.41米的30.09%;所列冰碛物的主要论据有:成分复杂的冰川砾岩、冰水沉积的纹泥砾岩,冰碛物为无分选、分布杂乱、排列无序、砾石偶见擦痕、砾石很少有磨圆等。事实上,唐王陵组是在大陆坡沉积物经等效海退的浅色碳酸盐岩舌形体基础上发育起来的沉积物重力流。

(一) 类 型

唐王陵组的沉积物重力流按 Middleton and Hampton (1973, 1976) 以及 Davies (1977) 的支撑机理划分有泥石流、碎屑流、颗粒流和浊流,现分述如下:

1. 泥石流

泥石流是粘土级碎屑与水组成的粘滞性流。粘土-水的密度越大, 不仅搬运的砾石越大, 而且无分选、无递变或递变不明显, 呈无组构堆积, 这类泥石流沉积物很难与冰碛物相区别; 而粘土-水的密度变小, 则不能搬运巨大的漂砾并有一定的分选性和递变性, 且与其它沉积物重力流呈有组构的有规律的沉积, 这类泥石流沉积物与冰碛物的区别是显而易见的。

唐王陵组的泥石流, 累计厚 635.57 米, 可明显地分为两种类型(表 4), 第 I 类为粘度大的泥石流(图版 III-3; IV-1, 4), 野外粒度分析平均含砾率为 11.15%, 室内显微镜分析平均含砾率为 8%, 单层厚度大, 平均为 16.57 米, 砾石分布均匀可支撑巨大漂砾, 集中分布在唐三段二、三亚段; 第 II 类为粘度小的泥石流沉积物(图版 I-4), 野外粒度分析平均含砾率为 23.10%, 室内显微镜分析平均含砾率为 17%, 单层厚度小, 平均为 9.09 米, 成层性好、粒级递变明显, 可变为碎屑流乃至颗粒流(如 28 层), 可被海底扇内部扇水道所切割(如 29 层)。第 II 类泥石流特别集中在唐三段一

表 4 唐王陵组泥石流类型成分对比表

地 层	厚 度 (米)	泥 石 流 类 型	泥 石 流 发 育 层 号	粒 级	碎 屑 含 量 %						填 隙 物 含 量 %				
					石 英	燧 石	白 云 岩	砂 泥 岩	岩 变 质 岩	小 计	水 云 母	白 云 岩	隐 石 英	黄 铁 矿 等	小 计
唐 四 段	二 亚 段	I	71, 72, 73, 75, 77, 80, 81	砾		4	14			18	5	50	6	2	63
				砂	4	4	6	1	4	19					
	一 亚 段	I	65, 66, 67, 68, 69, 70	砾		3	10			13	5	50	5	2	62
				砂	3	8	12	1	1	25					
唐 三 段	三 亚 段	I	51, 53, 57, 64	砾		8	12			20	33	20	4	2	59
				砂	5	8	7		1	21					
	二 亚 段	I	51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64	砾		3	4		1	8	36	21	8	3	68
				砂	6	7	7	2	2	24					
	二 亚 段	I	32, 34, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50	砾		8	8	1		17	51	9	1	1	62
				砂	7	7	3	4		21					
	一 亚 段	I	35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 45, 47	砾		5	1	1		7	50	13	1	3	67
				砂	7	7	9	2	1	26					
	一 亚 段	I	28, 30	砾		11	3	3		17	54	2			56
				砂	5	14	4	3	1	27					
合 计	254.44	I		砾		7	9	1		17	36	21	3	1	61
				砂	5	8	5	3	1	22					
	381.13	I		砾		4	3		1	8	39	19	6	3	67
				砂	6	7	8	2	2	25					
	635.57	平 均 值		砾		5	6		1	12	38	20	4	3	65
				砂	6	7	7	2	1	23					

亚段及唐四段一、二亚段。唐王陵地区 I、II 类泥石流交互配置的地质产状, 从根本上否定冰碛物存在的可能性。

唐王陵组泥石流沉积物的另一突出、重要特征, 是弱固结的塑性沉积物在受到泥石流冲击过程中成为塑性变形砾石, 这种塑性变形砾石大到岩块 (图版 III-3), 小到在显微镜下都可见到 (图版 III-4)。塑性变形砾石的存在, 是沉积物重力流独特产物; 而且塑性燧石砾石存在, 更重要意义还在于它是台地前缘浅色碳酸盐岩舌形体等沉积物, 沿斜坡下滑过程中形成的硅化岩破碎的产物, 因此它是较深水的盆屑物质。

唐王陵组的泥石流沉积物呈扇形或锥状, 分布在海底峡谷出口处和坡脚地带, 成为长 70 余公里, 宽小于 10 公里的等效海退沉积物重力流的相标志。

2. 碎屑流

碎屑流是含水的粘滞性或非粘滞性砾石级颗粒的块体流, 借助粒间的碰撞力和流体的粘度进行支撑和悬浮。唐王陵组碎屑流形成的砾岩累计厚 215.32 米, 平均砾石含量为 56%, 平均砂级含量 25%, 粘土级杂基含量 16%, 砾石成分并不复杂 (表 5)。

表 5 唐王陵组碎屑流成分对比表

地 层		碎屑流发育层号	厚 度 (米)	粒级	碎 屑 含 量 %						填 隙 物 含 量 %				
					石英	燧石	白云岩	砂泥岩	岩变岩	小计	水云母	白云石	隐石英	黄铁矿	等
唐 四 段	三 亚 段	88、89、90	78.11	砾		16	37	1		54	1	9	2		12
				砂	4	8	14	7	1	34					
	二 亚 段	72、74、76、78、79、 80、82、83、84、85、 87	59.59	砾	1	9	45	1	1	57	2	10	1	1	14
				砂	6	8	11	1	3	29					
	一 亚 段	65、66、68	9.09	砾		20	27	11		58	4	13	3		20
				砂		5	14	2	1	22					
唐 三 段	二 亚 段	33、34、36 37、38、 40、41、42、43、44、 45、46、47、48、49 50	24.86	砾		42	19		61	3	7	2	1	13	
				砂	5	12	7	1	1	26					
	一 亚 段	28、29、31	9.57	砾		46	23	3	72	2	6	2		10	
				砂	2	2	11	2	1	18					
唐一、二段		9、12、13、14	34.10	砾	3	47	1		51		41	8		49	
合 计			215.32	砾	1	23	30	2	56	2	14	3		19	
				砂	4	7	10	3	1	25					

按沉积部位可划分为两种类型, 其一为大陆坡水道沉积的白云质燧石角砾岩 (图版 III-6), 其二为海底扇内部扇水道的泥质或白云质岩屑砾岩 (图版 I-4)。无论那种类型的碎屑流砾岩, 并非冰川论者所说的无分选、分布杂乱、排列无序, 而呈明显的正向或反向粒级递变 (图版 I-4; III-6; IV-2, 6)。具叠覆构造, 大量砾石视长轴测定表明古碎屑流方向为 330° — 340° 。更为常见的是碎屑流递变演化为颗粒流沉积物 (图版 IV-6)。

碎屑流沉积物在大地构造背景上,可作为上升台地与毗连的下沉盆地陡坡带形成的水道和海底扇水道的相标志。

3. 颗粒流

唐王陵组颗粒流沉积物为水平纹层状含砾岩屑粗砂岩(图版 I-4; IV-3, 6),主要发育在唐三段一、二亚段和唐四段二、三亚段,累计厚 8.01 米,显微镜下平均含砾率为 19%、含砂率为 63%、填隙物为 18%(表 6)。主要由碎屑流演变而来(图版 IV-6),发育正向或反向粒级递变,反映其沉积环境为海底扇的内部扇水道双层结构的盖层,决不是中部扇分流水道产物,更不是冰碛物。

表 6 唐王陵组颗粒流成分对比表

地 层		岩石名称	厚 度 (米)	粒 度	碎 屑 含 量 %					填 隙 物 含 量 %				
					石英	燧石	白云岩	砂泥岩	岩变质岩	小计	水云母	白云石	隐石英	小计
唐四段	二、三 亚段	白云质含砾岩 屑粗砂岩	1.67	砾		9	12			21	1	16	1	18
				砂	15	18	24	2	2	61				
唐三段	一、二 亚段	含砾中一粗粒 岩屑砂岩	6.34	砾	1	9	4			14	6	8	1	15
				砂	15	31	22	2	1	71				
合 计			8.01	砾	1	9	9			19	5	12	1	18
				砂	15	22	22	2	2	63				

4. 流浊

唐王陵组浊积岩集中发育在唐三段一亚段的 27 层和 31 层,厚 24.22 米(表 7),发育粒级递变(图版 I-3)、底面印模和生物潜穴构造。

表 7 唐王陵组皇坪沟剖面 27 及 31 层浊积岩成分统计表

布玛段	岩 石 名 称	厚 度		碎 屑 含 量 %							填 隙 物 含 量 %				
		米	%	石英	燧石	白云岩	泥岩	变质岩	其它	小计	水云母	白云石	隐石英	黄铁矿	小计
D、E	含粉砂质泥岩	1.48	6.11	9	3	6			2	20	77			3	80
C	含泥质粉—细粒岩屑砂岩	11.47	47.36	24	38	12	1	3	1	79	11	5	3	2	21
B	含泥质细—中粒岩屑砂岩	5.33	22.01	20	47	9	2	2	1	81	11	4	3	1	19
A	含泥质中—粗粒岩屑砂岩	5.94	24.52	25	49	5	3	1		83	12	2	2	1	17
合 计		24.22	100	23	40	9	2	2	1	77	15	4	2	2	23

唐王陵地区浊积岩不仅发育 Bouma 相模式,而且有单一正向递变相模式(图 2),与浊积岩共生的是泥石流(含野复理石)、碎屑流和颗粒流等沉积物。所以,唐王陵组的浊流沉积物及其共生的其它重力流沉积物,都从根本上否定冰川沉积的可能。唐王陵组的浊流,是在海底扇的内部与中部扇交界附近的坡度较陡环境的水道和漫堤沉积的。

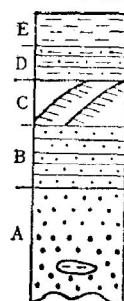
(二) 结构特征

唐王陵组的沉积物重力流在野外和室内分别进行了粒度分析，泥石流沉积物在野外做了44个点的线计法粒度分析，测线长85.78米，占泥石流沉积物总厚度635.57米的13.5%；碎屑流沉积物在野外做了80个点的线计法粒度分析，测线长119.8米，占碎屑流沉积物总厚度215.32米的55.64%；颗粒流沉积物在室内显微镜下做了19个薄片线计法的粒度分析；浊流沉积物在室内显微镜下分别对A、B、C段，各做20个薄片线计法粒度分析，求得四种重力流结构特征见表8。

不难看出，泥石流和碎屑流沉积物的平均粒径 M_z 和标准偏差 σ_1 是非常相似的，误差一般不超过

10%，两者的主要差别在于支撑机理是粘土级杂基或碎屑碰撞。总观表8，伴随砾石级碎屑的减少和砂级碎屑的增多，是平均粒径的减小，分选由较差到较好，正态分布曲线由负偏态到近对称，表示紊流特点的 y 值增大从而说明越远离物源区，都是块体流的沉积而非冰川沉积。在四种沉积物重力流中泥石流 Kg 最小，有力地说明泥石流在搬运和沉积过程中改造作用是不显著的。

Bouma相模式



单一正向递变相模式



图2 唐王陵组浊流相模式

表8 唐王陵组沉积物重力流结构特征对比表

重力流类型	岩性	构造	结构										沉积部位
			含砾、砂率%	平均粒径 $M_z(\phi)$	标准偏差		偏度		尖度		y		
					σ_1	分选	SK_I	程度	K_g	程度			
泥石流	含砾(云)泥岩	以泥为主的杂乱堆积至粒级递变	砾砂 12 23	-3.89	1.47	较差	-0.21	负偏	0.979	中等	0.0904	峪谷出口处及坡脚地带	
碎屑流	砂级充填岩屑砾岩	以砾为主的成层及正、反向递变	砾砂 56 25	-4.18	1.48	较差	-0.10	负偏	1.097	中等	1.2343	内部扇水道	
颗粒流	含砾岩屑砂岩	以砂为主含砾及水平层理、正向递变	砾砂 19 63	1.41	0.98	中等	-0.01	近对称	1.090	中等	6.3320	内部扇水道双层结构的盖层	
浊流	含泥质岩屑砂岩	布玛序列、单一正向粒级递变	砂 77	2.51	0.65	较好	0.03	近对称	1.000	中等	7.1354	水道及漫堤	

根据唐王陵组的203个泥石流、碎屑流、颗粒流和浊流的粒度分析(图3)，粒度概率图呈斜率不变的直线型，示均匀悬浮搬运的特点；但由于这四种沉积物重力流都是沉积在海底峡谷出口处至中部扇的范围内，由于坡降比较大，所以主要、大量的粒度概率图呈斜率由陡变缓的弧形线段。由泥石流、碎屑流、颗粒流到浊流分选性依次变好，

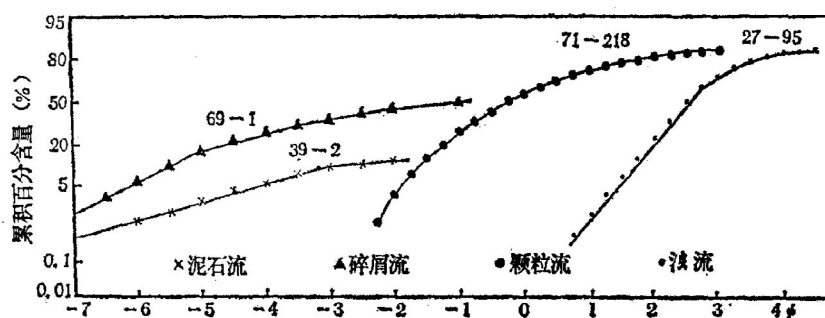


图3 唐王陵组沉积物重力流粒度概率图

都属块体流的搬运和沉积而决非冰川沉积。 $C-M$ 图(图4),呈平行 $C=M$ 基线的块

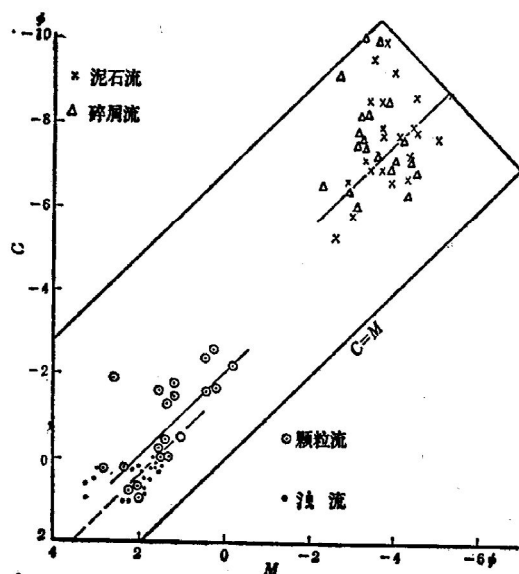


图4 唐王陵组沉积物重力流 $C-M$ 图

体流特有图形。泥石流和碎屑流图形集中在 $C > -4$ 、 $M > -2$ 区域,且开阔度大;颗粒流和浊流图形集中在 $C < -3$ 、 $M < -1$ 区域,开阔度较小;两区域之间的空挡地带,正是碎屑流递变为颗粒流,野外和室内镜下都不易作粒度分析的粒度区间。所以,沉积物重力流是个连续统一体,泥石流、碎屑流、颗粒流或液化沉积物流、浊流是不同演化阶段的必然沉积结果,图4从流体性质、支撑机理等方面再次否定唐王陵组是冰川沉积物。

(三) 物质成分演变

唐王陵组的沉积物重力流发生在唐二段三亚段台缘浅色碳酸盐岩舌形体的等效海退背景下,在物质成分上最有意义的是泥质沉积物重力流逐渐发展成为白云质沉积物重力流。伴随泥质成分的减少和白云质成分的增多,是白云岩碎屑的急剧、大量增多(表9)。

表9 唐王陵组泥质沉积物流发展成为白云质沉积物流

类型	段	亚段	厚度 (米)	名称	粒级	碎屑含量 %						充填物含量 %				
						石英	燧石	白云岩	砂泥岩	岩变泥岩	小计	水云母	白云石	隐石英	黄铁矿等	小计
泥石流	唐四段	二—一	62.86	白云质泥石流	砾		4	12			16	5	50	5	3	63
					砂	4	5	9	1	2	21					
	唐三段	三	347.74	含白云质泥石流	砾		4	6			10	35	21	7	4	67
					砂	6	7	7	1	2	23					
	唐三段	二—一	224.97	水云母质泥石流	砾		7	4	1		12	51	9	1	2	63
					砂	7	8	6	4		25					
碎屑流	唐四段	三—一	146.79	含白云质碎屑流	砾		13	40	2	1	56	2	10	1		13
					砂	5	8	13	4	1	31					
	唐三段	二—一	34.43	含白云质-泥质碎屑流	砾		43	20	1		64	3	7	1	2	13
					砂	4	9	8	1	1	23					
颗粒流	唐四段	三—二	1.67	含白云质颗粒流	砾		9	12			21	1	16	1		18
					砂	15	18	24	2	2	61					
	唐三段	二—一	6.34	含白云质-泥质颗粒流	砾	1	9	4			14	6	8	1		15
					砂	15	31	22	2	1	71					

唐王陵组沉积物重力流,从粘土矿物杂基作支撑依次演变为泥晶白云石(屑)作支撑,

属少见；物质成分的有规律变化，强有力地告诉我们，唐王陵组的沉积物重力流从陆源粘土作物源，依次逐渐演变为碳酸盐岩台地作物源。

(收稿日期 1983年10月18日)

主要参考文献

- [1] Davies, G. R., 1977, Turbidites, debris sheets, and truncation structures in Upper Paleozoic deep-water carbonates of the Sverdrup Basin, Arctic Archipelago. In H. E. Cook and P. Enos (eds.) Deep-water carbonate environments. Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists Spec. Pub. No. 25, P. 221—245.
- [2] 张文堂等, 1979, 华北南部、西南部寒武系及上寒武系的分界. 地层学杂志, 第3卷, 第1期.
- [3] 刘鸿允等, 1980, 论震旦系划分与对比问题. 地质科学, 第4期.
- [4] 张吉森等, 1981, 陕西礼泉县唐王岭震旦纪晚期冰碛砾岩. 地层学杂志, 第5卷, 第1期.

ON THE PETROLOGY AND SEDIMENT GRAVITY FLOWS OF THE TANGWANGLING FORMATION

Hong Qinyu

(Xinan College of Petroleum)

Abstract

Stratigraphically, the Tangwangling Formation, which can be divided into four members, is about 1100.41m in Huangpigou, Liquan County, Shaanxi Province. The sediments are plenty and varied. From shallow to deeper water, there exist in turn, 1. light colour carbonate tongue developed in the front margin of platform (79.26m, making up 7.2% of the section thickness); 2. continental slope sediments (130.94m, 11.9%); 3. contour current sediments (7.09m, 0.6%); 4. mudflow sediments (635.57m, 57.8%); 5. debris flow sediments (215.32m, 19.6%); 6. grain-flow sediments (8.01m, 0.7%); 7. turbidity current sediments (24.22m, 2.2%). Continental slope sediments appears to be mainly in the first member of the Tangwangling Formation, while the light colour carbonate tongue only found in the second member of the formation. Sediments in the third and fourth member were mainly generated by sediment gravity flows, which were developed in the background of effective regression. So it can be seen clearly that these sediments of the Tangwangling Formation were not formed by glacier as were recognised by many people before.