

四川广元二叠系—三叠系界线粘土岩 沉积特征及成因探讨

金若谷* 沈桂梅* 须湘官* 黄恒铨**

在二叠系和三叠系之间，我国南方广大地区（包括川、黔、桂、湘、鄂、皖、浙、苏等省）普遍沉积了一套厚度不大的粘土质岩。近几年，这套粘土岩的时代归属及其成因已引起了地

* 中国地质科学院地质研究所

** 地质矿产部西南石油地质局综合研究地质大队

质界的关注^[1,2,3]。本文主要从沉积岩石学、粘土矿物学、地球化学和古生物学等方面对四川广元地区二叠系-三叠系界线粘土岩的沉积特征及其成因作一初步探讨。

一、粘土岩分布及层序

四川广元二叠系-三叠系界线粘土岩分布范围南起竹园坝,北至朝天明峡一带,岩层出露良好,层序连续而清晰,其中以广元上寺剖面更为典型^[4](图1):

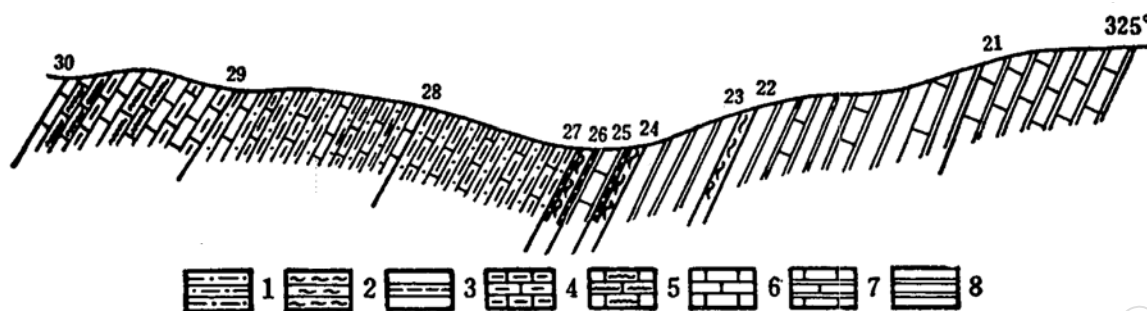


图1 四川广元上寺二叠系-三叠系界线剖面

Fig. 1 The Permian-Triassic boundary section in Shangsi, Guangyuan, Sichuan Province

1—含粉砂伊利石粘土岩; 2—层凝灰岩; 3—蒙脱石-伊利石混层粘土岩; 4—泥质灰岩; 5—纹层状灰岩; 6—微晶灰岩; 7—硅质灰岩; 8—硅质岩

下三叠统飞仙关组

30. 黄绿色泥质灰岩夹灰色微晶灰岩, 微薄层, 水平层理发育, 具溶孔和鸟眼构造。产少量牙形石 *Anchignathodus parvus*, *A. decrescens*. 1.80米
29. 黄绿色含粉砂伊利石粘土岩夹少量泥质灰岩, 微薄层, 水平层理发育, 含少量石英、长石、云母等陆源碎屑。生物化石较丰富, 产牙形石: *Anchignathodus decrescens*, *Neohindeodella triassica*, 等; 瓣鳃类 *Claraia griesbachi*, 等; 孢粉: *Verrucosiporites* sp., *Kraeuselisporites* sp., 等。 1.91米
28. 黄绿夹灰褐色含粉砂伊利石粘土岩夹少量钙质泥岩和泥灰岩, 微薄层, 具水平层理, 底部偶夹石膏(去钙化)薄层。生物化石较丰富, 产牙形石 *Anchignathodus decrescens*, *Neogondolella changxingensis*, 等; 瓣鳃类: *Claraia* sp., *C. wangi*, *C. griesbachi*, 等; 菊石: *Hypophiceras* sp., 等; 孢粉: *Circumpolis* sp., *Cycadopites* sp. 1.78米

——整合——

上二叠统大隆组

- 27c. 灰黑色粘土岩, 微薄层, 具水平层理, 矿物成分由蒙脱石-伊利石不规则混层矿物及少量伊利石、有机质组成。产牙形石: *Neogondolella changxingensis*, *N. subcarinata*, 等; 菊石: *Pseudotirolites asiaticus* (JKL.), *Pleuronodoceras* sp. 瓣鳃类: *Claraia guangyuanensis*, 0.04米
- 27b. 灰白色粘土岩(原岩为层凝灰岩), 微薄层, 蒙脱石化强烈, 主要成分为蒙脱石-伊利石不规则混层矿物及少量高岭石和晶形完好的石英等, 未见生物化石。 0.06米
- 27a. 灰-灰黑色蒙脱石-伊利石不规则混层矿物粘土岩, 微薄层, 具水平层理, 陆屑极少。产牙形石: *Neogondolella* sp., *N. changxingensis*, 等; 菊石: *Pseudotirolites* sp.

- olites* sp. 腕足类: *Crurithyris* sp. 0.05米
26. 灰-深灰色硅质微晶灰岩, 层面不平整, 具席状裂隙, 次生方解石脉发育。主要成分为石英和方解石。产菊石 *Pseudogastriceras* sp., *Pleuronodoceras* sp. 等牙形石 *Neogondolella subcarinata*, *N. guangyuanensis*, 等及少量硅质海绵骨针、钙球和放射虫等。 0.25米
25. 灰白色灰黑色蒙脱石-伊利石不规则混层矿物粘土岩 (部分原岩为层凝灰岩), 薄层, 具水平层理, 含少量高岭石和方解石, 蒙脱石化强烈。灰黑色粘土岩产少量菊石 *Rotodiscoceras* sp., *Pleuronodoceras* sp. 等 0.15米
24. 深灰色硅质灰岩、放射虫硅质岩, 薄层, 单层厚为 20cm, 局部具透镜状层理。主要成分为石英、方解石。生物化石丰富, 产状射虫 *Porodiscus* sp., *Cenellipsis* sp. 菊石 *Pleuronodoceras* sp., *Xinodiscus* sp. 等; 牙形石: *Neogondolella* sp., *N. subcarinata*, 腕足类: *Crurithyris* sp. 0.59米
23. 灰黄、灰白色蒙脱石-伊利石不规则混层矿物粘土岩, 含少量高岭石、方解石等, 具火山晶屑玻屑凝灰残余结构, 强烈蒙脱石化。 0.06米
22. 深灰色硅质微晶灰岩、放射虫硅质岩夹页岩, 薄层, 层面起伏不平, 具韵律层理。生物化石丰富, 产放射虫: *Stylosthaeridae* indet., *Genellipsis* sp. 菊石: *Pseudogastriceras* sp., *Pseudotirolites asiaticus* (JKL.), *Rotodiscoceras* sp. 等; 牙形石: *Neogondolella deflecta*, *N. subcarinata*, *Prioniodella* sp. 等; 有孔虫: *Nodosaria* sp., *Pseudoglandulina* sp. 等。 1.78米

二、粘土岩矿物组分和化学成分

(一) 矿物组分

矿物成分测定采用原岩和粘土提纯两种样品, 进行差热、红外、电镜扫描、透射电镜和 X-射线衍射分析, 综合分析结果表明 (图 2): 二叠系大隆组顶部粘土岩主要为蒙脱石-伊利石不规则混层矿物 (图版 I-1), 及少量高岭石、方解石、石英、长石等, 成分较纯、结晶好; 三叠系飞仙关组底部粘土岩主要由开放伊利石 (图版 I-2) 及少量蒙脱石、高岭石、绿泥石、方解石、针铁矿等组成, 以成分复杂、结晶差为特点。

对提纯样品定向片 X-射线衍射进行的研究, 进一步确定了蒙脱石-伊利石不规则混层矿物的存在 (图 3)。

(二) 化学成分

粘土岩化学成分曾经很多人研究^[5]。现将广元上寺二叠系-三叠系界线粘土岩的化学成分与典型粘土岩类型的化学成分作一比较 (表 1)。从表 1 可以看出广元上寺二叠系-三叠系界线粘土岩有以下特点:

1. 二叠系和三叠系粘土岩的 SiO_2 、 Al_2O_3 和 H_2O 含量变化不大, 其数值与辽宁锦西的蒙脱石粘土岩含量较为相近, 仅 H_2O 含量略偏低;

2. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 和 TiO_2 含量在二叠系和三叠系粘土岩中有明显区别: 二叠系粘土岩 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 和 TiO_2 含量低, 而三叠系粘土岩 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 和 TiO_2 含量增高达 2—3 倍。二叠系粘土岩 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量与辽宁锦西的蒙脱石粘土岩近似, 而三叠系粘土岩却与魏克曼统计的页岩平均成分接近;

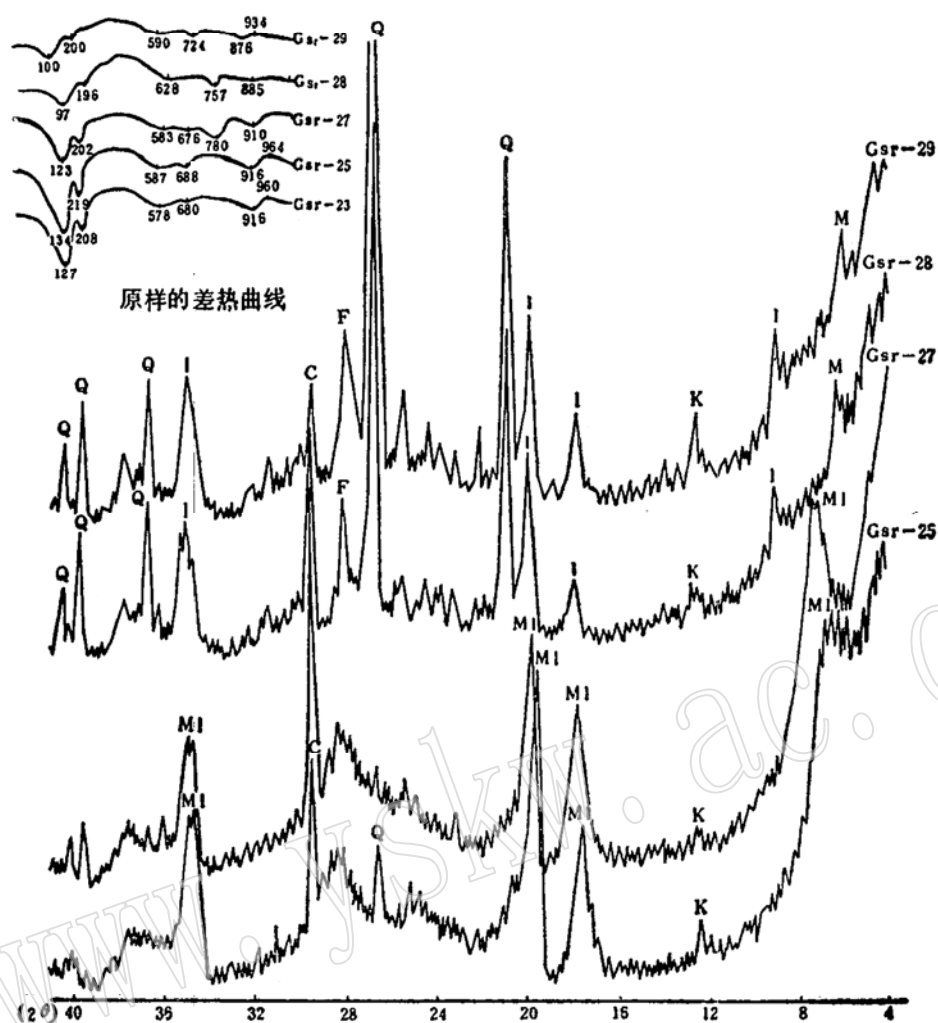


图 2. 界线粘土岩 (原样)X-射线衍射和差热曲线

Fig. 2 X-ray diffraction and D. T. Curve of the boundary clay rocks (natural sample)

M—蒙脱石, I—伊利石, M-I—蒙脱石-伊利石混层, K—高岭石, C—方解石, Q—石英, F—长石

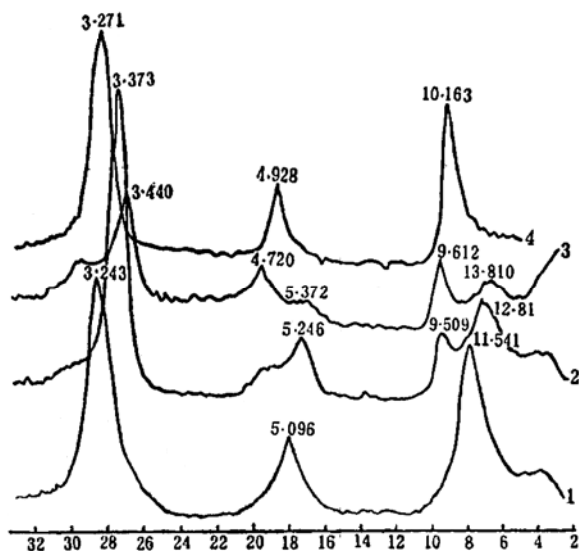


图 3 Gs-27b层X-射线衍射图

1—定向片, 2—乙二醇饱和, 3—甘油饱和, 4—定向加热550°C

Fig. 3 X-ray diffraction diagram of Gs-27a layer

1—Oriented section, 2—E. G. saturated, 3—Glycerine saturated, 4—Oriented at 550°C

表1 界线粘土岩与粘土岩主要类型化学成分对比

Table 1. Comparison of chemical composition from the boundary clay rocks and the main types of clay rocks

样品 化学成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	51.22	54.10	51.98	51.94	52.48	61.39	47.23	47.95	61.01
Al ₂ O ₃	22.27	20.21	21.99	19.32	19.81	17.93	37.41	21.43	12.68
Fe ₂ O ₃	2.46	3.73	2.38	8.27	5.68	} 8.22	} 0.78	3.86	1.31
FeO	0.24	0.60	0.35	0.63	0.72			0.40	0.42
TiO ₂	0.55	0.45	0.27	0.63	0.93	1.01			0.20
MnO	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01				
CaO	0.15	0.55	0.15	0.00	0.00	0.56	0.36	1.79	1.65
MgO	3.27	2.73	3.45	2.43	3.76	2.32	0.10	2.07	4.63
K ₂ O	3.30	4.34	4.40	4.34	4.60	3.04	2.51	1.00	8.28
Na ₂ O	0.02	0.08	0.12	0.07	0.15	1.35	0.23	0.30	0.13
H ₂ O ⁺	9.18	6.52	8.14	6.06	6.06			16.34	
H ₂ O ⁻	6.92	6.62	6.42	6.12	6.22			5.14	5.37
P ₂ O ₅						0.25			
烧失量	16.45	13.34	15.01	12.25	12.31		12.03		4.52

1、2、3, 蒙脱石-伊利石混层粘土岩 (二叠纪大隆组顶部, 四川广元, 本文, 1984); 4、5, 含蒙脱石伊利石粘土岩 (三叠纪飞仙关组底部, 四川广元, 本文, 1984); 6, 页岩平均成分 (据魏克曼, 1954); 7, 高岭石粘土质岩 (江西景德镇, 据江西陶瓷研究所, 1978); 8, 蒙脱石粘土质岩 (辽宁锦西, 据彭琪瑞等); 9, 水云母粘土岩 (“绿豆岩”, 川西南, 据七普)。

本文化学分析由中国地质科学院岩矿测试技术研究所完成。

3. 二叠系和三叠系粘土岩的K₂O含量比较接近, 但比辽宁锦西的蒙脱石粘土岩高约2倍, 而比川西南的水云母粘土岩低约一倍;

4. 二叠系和三叠系粘土岩的MgO含量, 近乎与辽宁锦西蒙脱石粘土岩和川西南的水云母粘土岩含量相一致。

上述特征, 表明四川广元二叠系-三叠系界线粘土岩主要化学成分是与蒙脱石粘土岩和水云母粘土岩相近似, 它是一种蒙脱石和伊利石的混合粘土岩。

三、粘土岩微量元素特征

根据中子活化分析结果^[3], 对粘土岩中的微量元素赋存规律作一讨论。对二叠系-三叠系界线粘土岩中的10块样品进行中子活化测试 (表2), 将其中14种元素和稀土元素总量绘成图4。从元素变化趋势可以看出:

(一) 二叠系大隆组顶部粘土岩Gs-23 (AG268)、Gs-25 (AG264) 和Gs-27b (AG252、AG251) 为灰白色或灰黄色蒙脱石-伊利石不规则混层矿物粘土岩, 微量元素特征为亲铁 (铜) 元素Co、Fe、Cr和Sb以及少量亲石元素Na、Rb、Ba含量为低值; 而放射性元素U、Th和亲石元素如Cs、Er、Hf、Ta含量为高值和最高值, 稀土元素总量也相对为高值。说明此种粘土岩可能与内营力 (如火山作用) 有关, 这与岩石薄片中所观察到的火山晶屑玻屑凝灰残余结构是吻合的。

(二) 二叠系大隆组顶部粘土岩Gs-27a (AG258) 灰黑色蒙脱石-伊利石不规则混层矿

表 2 广元上寺剖面二叠-三叠系界线粘土岩中子活化分析结果^{〔注〕}

Table 2 INAA analytical results of the Permian-triassic boundary clay rocks from Shangsi section, Guangyuan

元 素	层 号 单位 样品	Gs-28		Gs-27				Gs-25			Gs-23
		AG256	AG254	AG253	AG252	AG251	AG258	AG260	AG262	AG264	AG268
Ir	PPb	N. D.	N. D.	2.0±0.5	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Ni	ppm	42.10		63.20			43.80		46.90	38.30	35.90
Co	ppm	15.20	25.80	17.50	2.43	1.83	21.60	5.99	7.25	4.13	1.52
Fe	%	3.25	2.43	3.62	1.65	1.57	2.29	2.40	2.21	1.96	1.75
Cr	ppm	64.10	71.90	88.70	7.85	3.80	57.10	4.98	6.79	2.18	3.50
Sb	ppm	0.81	0.91	1.20	0.57	0.47	1.18	0.36	0.38	0.45	0.18
U	ppm	2.31	4.08	5.56	9.46	9.11	4.49	4.68	6.95	11.90	13.30
Th	ppm	11.10	12.40	13.60	39.50	42.20	13.80	38.80	47.20	49.50	54.50
Na	%	0.432	0.494	0.351	0.033	0.024	0.281	0.212	0.016	0.031	0.035
Rb	ppm	136	73.90	162	126	114	107	119	116	119	115
Cs	ppm	7.70	4.66	9.64	13.40	11	6.09	17.90	12	11.40	12
Sr	ppm	104	1010	160	540	574	875		158	168	113
Ba	ppm	294	180	314	70	55.50	235	159	71.10	111	141
Zr	ppm	270	198	349	476	610	270	326	936	1020	693
Hf	ppm	3.68	3.49	3.71	9.69	10.10	4.20	7.35	71.3	16.70	12.70
Ta	ppm	0.91	0.692	0.964	1.680	1.670	0.87	2.11	2.22	2.58	3.39
La	ppm	40.40	50.80	45.70	72.40	92.60	46.70	32.20	49.50	115	119
Ce	ppm	59.80	62.70	57.10	123.00	154.00	77.50	54.30	90.00	198	219
Nd	ppm	30.80	42.90	30.30	56.70	74.60	41.0	36.91	48.50	103	104
Sm	ppm	6.30	9.65	6.99	13.20	15.50	11.50	5.93	12.30	21.20	23.10
Eu	ppm	1.03	1.46	0.855	1.10	1.24	1.23	0.44	1.47	2.17	1.34
Tb	ppm	0.63	1.35	0.82	1.43	1.64	1.49	0.69	1.99	2.61	3.22
Yb	ppm	2.25	4.12	3.75	3.69	4.25	5.01	2.73	6.77	5.62	13.30
Lu	ppm	0.42	0.74	0.69	0.79	0.86	0.86	0.55	1.18	1.10	2.23
ΣREE	ppm	142.06	173.72	146.20	272.31	343.69	185.29	133.74	211.74	488.70	485.19

〔注〕：根据徐道一等中子活化分析资料（1984）

物粘土岩，微量元素特征为亲铁（铜）元素Ni、Ca、Fe、Cr、Sb和部分亲石元素Na、Ba、Rb含量均达到次高值和最高值；放射性元素U、Th和其他亲石元素Cs、Sr、Zr、Hf、Ta和稀土元素总量则为最低值。变化趋势与前类型正好相反，它是由正常沉积作用形成的。

（三）二叠系粘土岩Gs-27c（AG253）为灰黑色蒙脱石-伊利石不规则混层矿物、伊利石粘土岩，微量元素特征与第二种粘土岩基本相似，所不同的是在粘土岩中发现了铱（Ir）元素异常值，其含量大大超过了地球岩石的正常含量（地球岩石的正常铱含量一般不超过0.5ppb），达2.0±0.5ppb。铱异常的出现以及亲铁（或陨石）元素的高含量，往往反映粘土岩的形成与小行星和地球发生突然碰撞或彗星冲击地球时所散落的宇宙尘有关。

（四）三叠系飞仙关组底部粘土岩Gs-28（AG254、AG256）灰绿色伊利石粘土岩，微量元素特征与前几种粘土岩相比表明，亲铁（铜）元素Co、Fe、Cr和Sb含量与第三种粘土岩相近，但大大高于第一、二种粘土岩；而放射性元素U、Th和稀土元素含量都低于第一、二种粘土岩，与第三种粘土岩相近；亲石元素如Zr、Hf、Ta含量低于第一、二种粘土岩，而

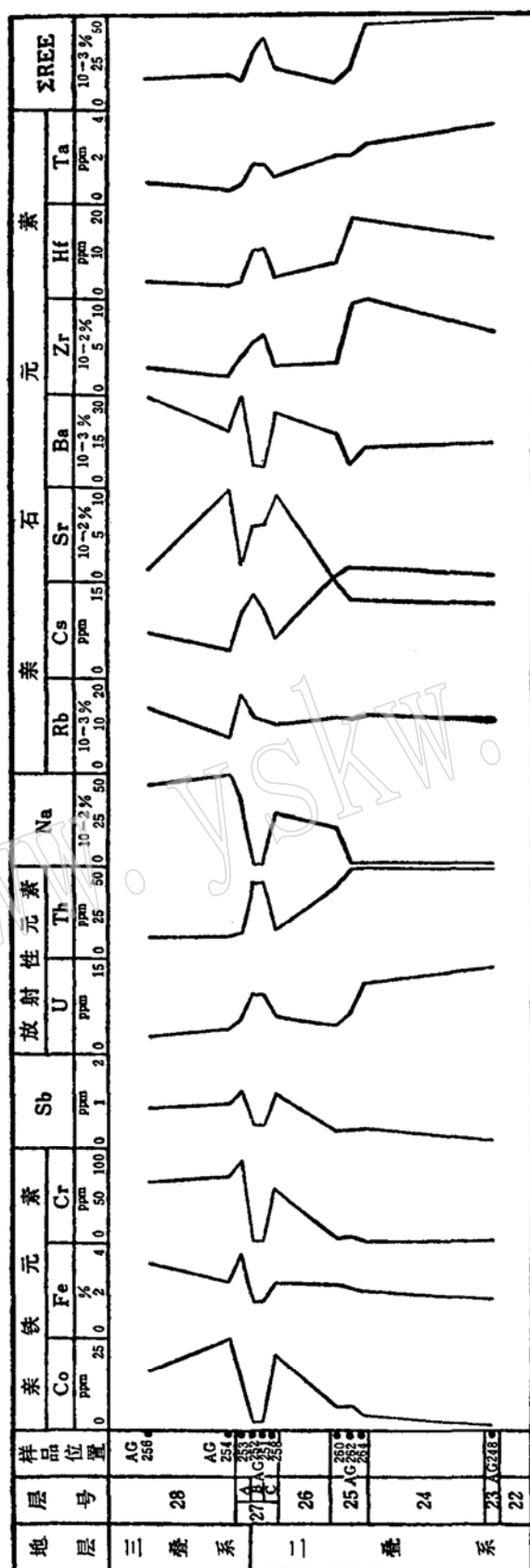


图 4 界线粘土岩微量元素分布

Fig. 4 Distribution of trace elements in the boundary clay rocks

与第三种粘土岩近似,可以看出,此种粘土岩微量元素特征与第三种粘土岩颇为相似,但未发现铀异常,它可能是一种近源区形成的粘土岩。

四、二叠纪和三叠纪交替时期的沉积环境

二叠纪和三叠纪粘土岩的成分差异,显然是与粘土岩形成时沉积条件有密切关系。二叠纪粘土岩沉积时,与之共生的主要为富含硅质的硅质灰岩和放射虫硅质岩(图版 I—5)。经岩片鉴定和化学分析,这种岩石是由颗粒很细(0.01—0.005mm)的方解石(含量为40—70%)和石英或纤石英(含量为25—60%)及少量粘土矿物组成,陆源碎屑很少。硅质成分大部分由硅质生物(如放射虫、硅质海绵骨针)的壳体堆积和来自盆源的生物化学沉淀物。未见浅水成因的,由生物碎屑和内碎屑等组成的颗粒岩。硅质灰岩和硅质岩单层厚为10—25cm,常与粘土岩组成不等厚的韵律层理。局部层面起伏不平,有时可见瘤状结核(图版 I—3)和席状裂隙等构造。瘤状结核(或瘤状灰岩或结核状灰岩)是较深水沉积的重要标志。我国南方湘、桂中泥盆世较深水台槽环境中有所发现^[6],巴哈马斜坡现代沉积中产有丰富的高镁方解石结核(或结核状灰岩),形成的海水深度为333—1280米^[7]。地中海在灰泥基质中形成的高

镁方解石结核,其深度可达到2680—3360米^[8]由此可见,不论在古代岩石或现代沉积物中的结核,都是在较深水的环境中形成的。韵律层理和席状裂隙在浅水碳酸盐中是很少见的,常被认为是较深水沉积的标志之一^[9]。大隆组上部的生物化石除少量在粘土岩中外,大量的保存在硅质灰岩和硅质岩中。生物种属绝大部分都是浮游的或假飘浮生物如放射虫(图版 I—6)、菊石、牙形石、薄壳型腕足类、海绵骨针、钙球等,底栖的或半浮游的仅见有孔虫少数属种。从生物化石组合特点完全可以与威尔逊(Wilson, J. L, 1975)提出的碳酸盐盆地相带对比^[10]。因此可以认为二叠纪大隆组上部是属于海水较深的盆地和盆地边缘环境。但是必需指出,大隆组末的确也发生短暂而明显的海退,即由较深水盆地相向浅水陆棚相快速地演变(图5),大隆组末泥质岩的增加和浮游生物的骤然减少和绝灭以及少量底栖生物如瓣鳃类和

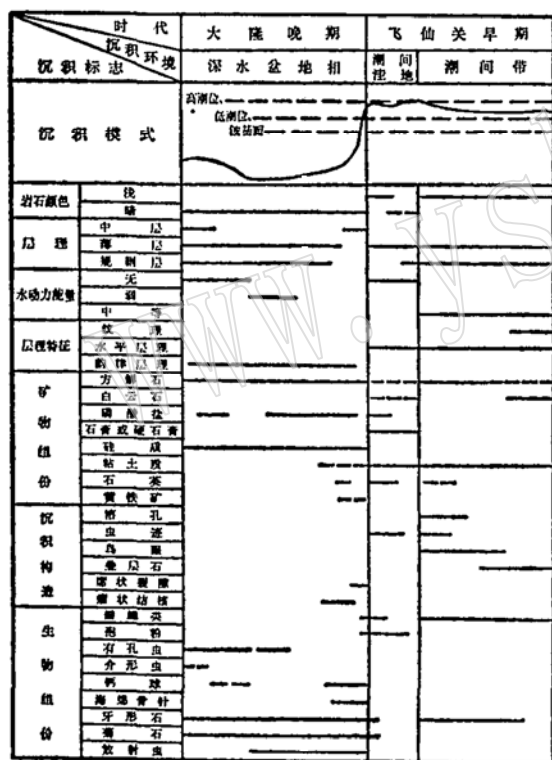


图 5 二叠纪和三叠纪之交沉积特征及环境演变

Fig. 5 Permian-triassic sedimentary characters and environment change

孢粉的出现就是佐证。

三叠纪粘土岩常与贫硅的泥岩和泥灰岩共生,有时偶夹薄层石膏,陆源碎屑(如石英、云母等)有明显增加。水平层理发育,并具虫迹、鸟眼(图版 I—8)、藻纹层(图版 I—7)、溶孔等浅水沉积标志。生物群也发生了显著的变化,二叠纪大隆组上部十分繁衍的放射虫、

菊石、牙形石等已消声匿迹或完全绝灭,仅有棱菊石目的假腹菊石和牙形石(如新舟牙形刺等)的个别属种延续到三叠纪底部,很可能与二叠纪末发生的快速海退有关,有些生物由于适应性较强或来不及迁移而保存下来。但是三叠纪初期由于环境的剧烈变化如海水深度(由深变浅)、含盐度(由正常变为较高盐度)、浑浊度(由清水变为浑水)、古气候(由湿热变为半干燥至干燥气候)等,二叠纪残留的生物仅生活了一个十分短暂的时期,就完全绝灭了,无疑是一种孑遗分子。三叠纪底部真正代表三叠纪的生物群主要为瓣鳃类(*claraia*)、广盐性锯齿型牙形石如*Anchignathodus*等和齿菊石类的蛇菊石如*Ophiceras*, *Hypophiceras*, *Glyptophiceras*等,此外还出现了少量孢粉和兰绿藻等。从上述岩石类型、沉积构造和生物组合特征,可以说明三叠纪粘土岩形成于浅水潮坪环境。

总之,二叠纪和三叠纪粘土岩的形成条件是有很大的区别的,它是由动荡的向较为稳定的、由碱性环境向酸性环境转变时期形成的。二叠纪粘土岩是在较深水盆地急剧迴返(或海退)时,并伴随火山活动等条件下形成的。由于物质来源不同,可以形成各种成因类型;三叠纪粘土岩是在另一个海侵旋迴的初期,地形平坦,宽广的准平原化的基底上形成的,以成因类型单一为特点。二叠纪和三叠纪之间虽然有一个海退到海进的短暂过渡时期,但它无法掩饰两者之间环境突变的性质。

五、粘土岩成因讨论

粘土岩是多种成因的沉积岩,包括风化残余、机械沉积,化学沉淀、海底火山和热液作用等成因,不同成因的粘土岩都具有本身之特征。根据物质来源、矿物和化学成分、微量元素以及形成条件等将四川广元二叠系-三叠系界线粘土岩可分为四种不同成因类型:

(一) 海底火山沉积类型

包括二叠系大隆组上部的层Gs-23、Gs-25和Gs-27b粘土岩,呈灰白色、灰黄色,薄层,单层厚为几厘米至十几厘米。主要矿物成分为蒙脱石-伊利石不规则混层矿物,少量高岭石、方解石及晶形完好的石英和长石等。微量元素以亲铁(铜)元素Co、Fe、Cr、Sb和亲石元素Sr、Ba含量较低;而亲石元素Cs、Zr、Hf、Ta和放射性元素U、Th以及稀土元素含量相对较高为特点。镜下可见火山晶屑玻屑凝灰残余结构和流纹构造(图版I-4),完全蒙脱石化。生物化石稀少,但其顶底板硅质岩石中浮游生物如放射虫、菊石和牙形石等极为丰富。上述特征可以认为它是由海底火山多期喷发、在较深的海底所形成的。其形成过程可能是:火山灰降落海底后,在碱性介质中,溶液中常含有足够的碱土族元素如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 等离子,使火山灰发生脱玻化和蒙脱石化作用而变成蒙脱石粘土岩^[11]。在海洋环境下,蒙脱石层间阳离子结合不强、无固定的晶格位置,故具有很强的阳离子交换能力。因此,晶格中的 Ca^{2+} 和 H_2O^- 很容易被 K^+ 取代,而形成蒙脱石-伊利石不规则混层矿物,它是海底成岩作用的产物

(二) 较深水沉积类型

包括大隆组顶部层Gs-27a、Gs-25和Gs-22粘土岩,呈灰黑色,微薄层、单层厚为2—5cm。矿物成分以蒙脱石-伊利石不规则混层矿物为主,少量高岭石、方解石和有机质等,陆源碎屑极少。微量元素特征为亲铁、铜元素Co、Ni、Fe、Cr、Sb和亲石元素Na、Rb、Ba值为最大或次大;而放射性元素(U、Th)和其他亲石元素Cs、Sr、Hf、Zr、Ta及稀土元素值

为低值。生物化石少, 仅见个别菊石和腕足类。这是一种在较深水中正常化学沉淀的粘土岩。这种粘土岩是由于母岩风化中的胶体物质, 在近岸地带不可能完全凝聚和沉淀下来, 有一部分胶体继续向远海方向搬运, 并在一定的物理化学条件下缓慢地下沉。形成了粒度细而均匀, 无陆源碎屑物质, 成层良好的粘土岩。它在早期沉积时可能为蒙脱石粘土岩(主要为火山灰改造而来)或为伊利石粘土岩经成岩作用变成蒙脱石-伊利石不规则混层矿物粘土岩。

(三) 宇宙尘-浅水沉积类型

二叠纪大隆组顶部仅发现一层粘土岩(Gs-27c), 灰黑色, 厚为0.05m, 具微细水平层理。矿物成分较复杂, 主要为蒙脱石-伊利石不规则混层矿物、蒙脱石、伊利石、高岭石、方解石, 及少量碎屑矿物石英等。微量元素特征与较深水沉积型粘土岩相似, 但不同程度地发现了铱(Ir)的异常($Ir=2\pm 0.5\text{ppb}$)。生物化石不丰富, 主要为菊石、牙形石及少量瓣鳃类等。富铱异常和陨石元素富集的粘土岩在地球上是很罕见的, 我国浙江长兴二叠系-三叠系界线粘土岩也有发现(孙亦因等, 1984)。地史上在重大地质界线附近或地质作用发生转折的瞬间也会形成这种粘土岩, 例如白垩纪和第三纪之间以及震旦纪和寒武纪之间都有这种粘土岩的形成^[12,13]。铱异常值的出现往往被认为与地外作用有关, 可能是超新星爆发、巨型陨石的轰击和慧星的坠落等事件的反映^[12,14]。其中以陨石的轰击最为广大地质学家所承认。可以推想, 在冲击和碰撞时会产生大量的宇宙“尘埃”像烟雾一样笼罩着陆地和海洋, 并与地球上的粘土物质混合在一起, 形成了特殊的由地外作用和沉积作用复加而形成的粘土岩。

(四) 浅水沉积类型

包括三叠系底部Gs-28和Gs-29层黄绿色粘土岩, 常与泥质灰岩、藻纹层灰岩和去钙化方解石薄层共生, 具水平层理、虫穴、鸟眼、溶洞等沉积构造。矿物成分由伊利石和少量蒙脱石、高岭石、方解石组成, 并混有石英、长石等陆源碎屑。生物化石以瓣鳃类*Claraia*为主及少量牙形石、菊石和植物孢粉等。上述特征说明了此种粘土岩是由地表迳流搬运而来, 在水体较浅的近滨地区或潮坪环境中形成的。

参 考 文 献

- [1] 何锦文, 1981, 长兴阶层型剖面及股坑组底部的粘土矿物—兼论二叠-三叠系的分界, 地层学杂志, 第4期。
- [2] 张景华等, 1983, 我国南方二叠纪-三叠纪界线粘土岩的微量元素特征及其地层意义, 岩石矿物及测试, 第2期。
- [3] Xu Dao-Yi etc (徐道一等), 1985, Abundance variation of iridium and trace elements at the Permian-Triassic boundary at Shangsi in China, *Nature*, Vol. 314, P154—156.
- [4] 李子舜等, 1986, 古生代—中生代之交的生物绝灭和地质事件, 地质学报, 第60卷, 第1期。
- [5] 刘宝珺主编, 1980, 沉积岩石学, 地质出版社。
- [6] 陈志明等, 1983, 湘桂中泥盆世台槽沉积特征, 沉积学报, 第1卷第3期, P88—96。
- [7] Henry, T. Mullins, A. Conrad Neumann, R. Jude Wilbur, and Mark R. Boardman, 1980, Nodular carbonate sediment on Babamian slopes: Possible precursors to nodular limestone. *J. Sed. Petrol.* Vol. 50, N. 1, P117—131, Tulsa.
- [8] Muller, J., and Fabricius, F., 1974, Magnesian-calcite nodular in the Ionian deep sea: An actualistic model for the formation of some nodular limestone, in Hsu, K. J., and Jenkyns, H. C., eds., *Pelagic sediments of land and under the sea*. *Int. Assoc. Sedimentologists Spec. Pub. N. 1*, P235—247.
- [9] Hugh, C. Jenkyns, 1974, Origin of red nodular limestone (Ammonitico Rosso, Knollenkalke) in the

Mediterranean Jurassic a diagenetic model. in Hsu, K. J., and Jenkyns, H. C., eds., Pelagic sediments of land and under the sea. L. Int. Assoc. sedimentologists Spec. Pub. N. 1 P249—271.

- [10] J. L., 威尔逊, 1975, 冯增昭等译, 1981, 在地质历史中的碳酸盐相, 地质出版社。
- [11] H. 布拉特, G. V. 米德顿和R. C. 穆雷, 1972, 冯增昭等译, 1978, 沉积岩成因, P266—284, 科学出版社。
- [12] 许靖华等, 1980, 慧星冲击作用—白垩纪末期地球上发生灾变的原因. 长春地质学院院报, 2期。
- [13] 张勤文等, 1984, 在前寒武纪和寒武纪界线上的地质事件, 国际交流地质学术论文集(1), 地质出版社。
- [14] Hsu, K. J., 1982, K-T event debated conclusin? form 4 sym., Geotimes, Vol. 27, N. 7.

图版说明

- I-1. 蒙脱石-伊利石不规则混层矿物粘土岩, M-I为蒙脱石-伊利石混层矿物, 放大17000倍, Gs-25, 二叠系大隆组。
- I-2. 含蒙脱石伊利石粘土岩, I为伊利石, 放大17000倍, Gs-28, 三叠系飞仙关组。
- I-3. 瘤状结核, 结核体为硅质岩(灰色), 包围结核的外壳为硅质页岩(灰黑色), 放大1/2, Gs-24, 二叠系大隆组。
- I-4. 具火山晶屑玻屑凝灰残余结构的蒙脱石-伊利石混层矿物粘土岩(原岩为层凝灰岩), Q为石英, F为长石, 放大240倍, Gs-23, 二叠系大隆组。
- I-5. 放射虫硅质岩, R为放射虫, 基质为灰硅质, 放大33倍, 单偏光, Gs-24, 二叠系大隆组。
- I-6. 放射虫(*Porodiscus*), 具清晰的骨骼同心圆构造, 放大160倍, 或偏光, Gs-24, 二叠系大隆组。
- I-7. 纹层状构造, 由亮暗不规则条带组成, 亮带为亮晶方解石, 暗带为有机质(可能兰藻), 放大33倍, 单偏光, Gs-30, 三叠系飞仙关组。
- I-8. 鸟眼构造, 分布于层面上, 充填物已脱落, 岩片中为亮晶方解石充填, Gs-30, 三叠系飞仙关组。镜盖直径为5cm

Sedimentary Characters and Origin of the Boundary Clay Rocks of Permo-Triassic in the Region of Guangyuan, Sichuan Province

Jin Ruogu, Shen Guimei, Xu Xiangguan, Huang Hengquan

Abstract

The boundary clay rocks of Permo-Triassic are widespread in the region of Guangyuan, Sichuan Province. According to the sedimentary characters, the clay rocks may be divided into the follwing four types in origin:

1. Volcanic depositional type

It includes gray-white clay rocks Gs-23 (AG-268), Gs-25 (AG-260), Gs-27 (AG-251, AG-252) of the upper part of the Dalung Formation of Permian. These clay rocks possess relict textures of volcanic thyotaxitic crystalloclastic

tuff. Almost no fossil is found in the clay rocks. Generally they were formed by the deposition of volcanic ashes in deep sea.

2. Depositional type of deep water

It includes gray-black clay rocks Gs-25 (AG-262, AG-264) of the Dalung Formation of Permian. These clay rocks consist of irregular mixed layers of montmorillonite-illite and a little of kaolinite and calcite etc, with horizontal bedding. The biota is very rare, except ammonoids, radiolarians etc. It is a normal sedimentary type of deep water.

3. Composite type of cosmic dust deposited in shallow water

This clay rock is very rare. The layer (Gs-27c) is found in the upper-most part of Permian in the section of Shungsi, Guangyuan (Xu Dao-yi etc, 1984). It is characterized by abnormal values of trace element iridium and the concentration of siderophile (meteorite) elements (Ni, Co, Cr, Fe). This clay rock is formed by sedimentary superposition of cosmic dust and terrigenous clay.

4. Depositional type of shallow water

It includes yellowish-green clay rock Gs-28 (AG-254, AG-256) in the basal part of the Feixianguan Formation of Triassic and with minor intercalated marls as well as a thinbedded gypsum rock (degypsumization). The biota is mainly characterized by bivalvias (claraia) and a few ammonoids, conodonts, spor-pollen etc. This shows that the clay rocks were formed in an open shallow water (tidal flat) environment.

