

四川重庆中梁山 P/T 界线粘土层中 非粘土组分的研究^①

黄思静

(成都理工学院沉积研究所)

提要 本文报道了四川重庆中梁山 P/T 界线粘土层中的非粘土组分及其研究成果,包括具似文象结构的铁质微球粒,硅质、石质微球粒以及各种碎屑矿物。认为除了具似文象结构的铁质微球粒可能属地外成因外,其他微球粒和碎屑矿物均为火山作用产物。

关键词 重庆中梁山 P/T 界线 似文象结构 微球粒 火山碎屑物

作者简介 黄思静 男 42岁 副教授 沉积学

引言

关于中国华南 P/T 界线处粘土层的成因,前人已作了大量的工作,涉及地层古生物、粘土层矿物成分以及地球化学特征等。一部分人认为 P/T 之交存在地外撞击事件,一部分人认为存在广泛的火山活动,并分别将其作为生物集体绝灭事件的主要原因。最近,笔者对重庆中梁山 P/T 界线处粘土层中的非粘土组分作了研究,除发现大量火山碎屑矿物外,还发现了成因不同的各种微球粒,其中具似文象结构的铁质微球粒在华南 P/T 界线处尚属首次发现。

1 采样及研究办法

采样地点在重庆中梁山北风井附近的采石场中,样品在剖面中的位置如图 1 所示。这里所指的 P/T 界线粘土层是指界线处上二叠长兴组顶部的混层伊利石/蒙脱石粘土岩,而不包括下三叠飞仙关组底部的钙质、粉砂质泥岩。在中梁山剖面,这种粘土层有 4 层,即图 1 中的第 2、4、6 和 8 层。本文所报道的非粘土组分即产于这 4 层粘土岩中。在采样过程中,为了避免工业污染,采样尽可能地回避了近地表的样品,而采集相对远离地表的新鲜样品。

样品在实验室中用淘洗法除去粘土组分,获得相对较粗的非粘土组分。真空镀膜后将其在日立 S-530 扫描电子显微镜上观察,并用 Philip EDA×9100 能谱仪测定其成分。

2 测试结果

在 P/T 界线粘土层的非粘土组分中,发现了一些微球粒和锆石、磁铁矿、石英以及金红石等碎屑矿物,特征如下:

^① 国家自然科学基金资助项目(48970116)部分内容

2.1 微球粒

粒度大都在 30~150 μ m 之间,按成分可分为铁质、硅质和石质微球粒。

铁质微球粒 多数呈近于理想的球形,部分可粘附有次一级的小球,表面可以是光滑的,也可以有大小不等的瘤状突起和喷溢孔、喷气孔构造等。具这些特征的铁质微球粒在我国华南其他地方 P/T 界线上已有报道(高振刚等,1987;殷鸿福等,1989)。此外我们还发现部分具似文象结构的铁质微球粒(图版 I, 1),它们也同时发育有喷溢孔和瘤状突起。喷溢孔为隆起部位上的近圆形孔洞,周围有溶壳,洞内可见壳层结构(图版 I, 3),最大的瘤状突起(或形成次一级的小球)分布于球体的两个对立点上。似文象结构由象形文字状的枝、点状突起构成(图版 I, 3),和瘤状突起一起,遍布于整个球体的表面。对这类微球粒不同部位的能谱分析表明,其组成元素主要是 Fe(平均 85.0%),其次是 Si(平均 12.3%),并含有 Al、Ni、Cr、Mn、Mg 等(图 2)。不同部位元素的分布不均一(表 1),其中 Fe 在喷溢孔内及周围的溶壳中较高;而 Si、Al 在球的表面,尤其是瘤状突起中较高;Ni、Mn、Cr 等元素只分布在喷溢孔内;Mg 则只分布在球的表面,同时,喷溢孔内也缺乏 Si、Al 等元素。此外,在 Fe、Si 等主要元素的分布上,似文象结构的枝、点状突起(图 2-1)和凹下部分(图 2-2)之间没有显示出明显的差别。

硅质微球粒和石质微球粒 形态亦以近于理想的球形为主,个别略显梨状(图版 I, 5)。除部分硅质微球粒的粒度偏大(接近或大于 100 μ m)外,多数与铁微球粒在同一粒级(30~100 μ m)范围内。部分石质微球粒上有粘附的次一级小球粒或瘤状突起,其中较大者亦分布在大球的两对个立点上(图版 I, 4)。这两类微球粒的表面常为较简单的光滑结构,但其中少数亦凹凸不平,并有喷气孔发育(图版 I, 5)。能谱分析显示,硅质微球粒以 Si 为主,其次是 Al,并有少量 Mg、Ti、Fe 等元素(图 3-1,表 2);石质微球粒的组成较为复杂,但以亲石元素为主,包括 Si、Al、K、Fe、Zn、Ti 和 Mg 等(图 3-2,表 2)。虽然硅质微球粒和石质微球粒在华南其他地方的 P/T 界线上亦有所报道,但本文所报道的石质微球粒有着不同的、且更为复杂的元素组成。

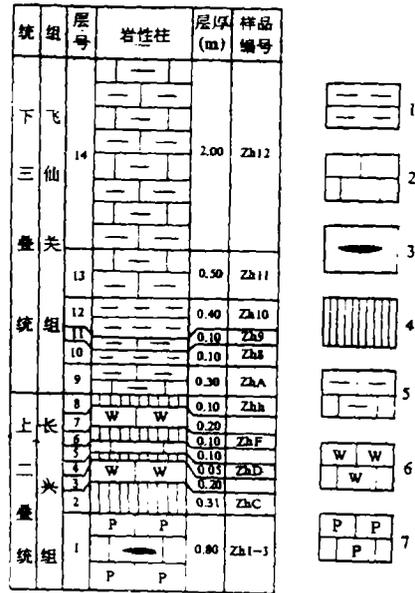


图 1 重庆中梁山 P/T 界线附近的岩性剖面及采样位置图

- 1—钙质、粉砂质泥岩; 2—灰泥岩;
- 3—砾石团块; 4—粘土岩; 5—泥质灰泥岩;
- 6—生物屑粒泥灰岩; 7—生物屑泥粒灰岩

Fig. 1 Sketch showing sampling location in petrographic section near the P/T interface of Chongqing, Sichuan

表 1 具似文象结构铁质微球粒各部分的元素组成(无标样能谱分析)

Table 1 Component elements for different parts of ferruginous microspherule with graphic texture

部 位	元 素 (%)						
	Fe	Si	Al	Ni	Mn	Cr	Mg
文象结构的枝点状突起	87.7	9.6	2.6				
枝点状突起间的凹下部分	86.5	10.6	1.9				
瘤状突起	60.0	36.4	3.0				1.0
喷溢孔周围熔壳	95.2	4.8					
喷溢孔内	95.2			1.4	1.4	1.9	
平 均 值	85.0	12.3	1.5	0.3	0.3	0.4	0.2

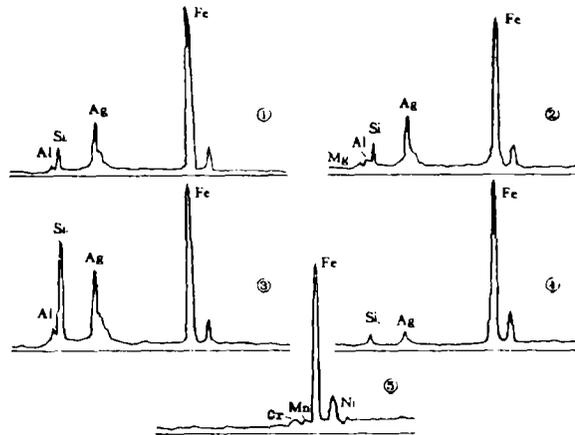


图 2 具似文象结构的铁质微球粒不同部位的能谱分析图

1—文象结构枝点状突起;2—枝点状突起之间的凹下部分;3—瘤状突起;4—喷溢孔周围熔壳;5—喷溢孔内

Fig. 2 EDX patterns for different parts of ferruginous microspherule with graphic texture

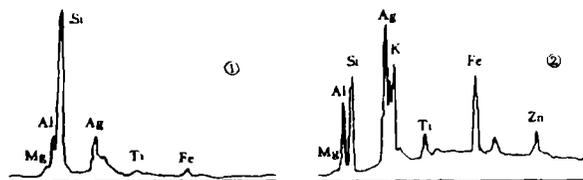


图 3 硅质微球粒(1)和石质微球粒(2)的能谱分析图

Fig. 3 EDX patterns for siliceous and lithical microspherules

表2 硅质微球粒和石质微球粒的元素组成(无标样能谱分析)

Table 2 Component elements for siliceous and lithical microspherules

元素 (%)	Si	Al	Mg	Fe	Ti	K	Zn
硅质微球粒	75.2	15.0	4.5	2.3	1.5		
石质微球粒	30.6	19.7	1.6	25.7	8.2	7.1	7.1

2.2 碎屑矿物

P/T 界线粘土层中的碎屑矿物主要有锆石、磁铁矿、石英及金红石等。锆石多为未经磨蚀的自形晶(图版 I, 6, 7), 晶体大小 $30\sim 300\mu\text{m}$, 晶面发育常不对称, 多数长宽比在 $1.7\sim 2.5$ 之间。部分晶面发育完善的锆石(图版 I, 6)可识别出柱面 100 和 110(均为四方柱), 锥面 101(四方双锥)和 211(复四方双锥), 属两柱两锥型。在各晶面中, 由于 100 较 110 发育, 211 较 101 发育, 因而应属 Pupin (1980)分类中的 S22 型, 所代表的温度为 $850^\circ\text{C}\pm 50^\circ\text{C}$, 咸度指数较低, 为 300 左右。P/T 界线粘土层磁铁矿结晶习性主要为菱形十二面体, (图版 I, 11), 粒经 $100\sim 300\mu\text{m}$, 但集晶总是趋于各向等长的球体, 而且部分发育裂纹(图版 I, 12)。能谱分析(图 4-2)显示, 磁铁矿中除 Fe 以外, 几乎不含 Ti 等其他元素。在 P/T 界线的粘土层中, 晶形完好的石英少见, 多数为棱角发育的不规则状, 粒经 $50\sim 300\mu\text{m}$ 。但仍可见到发育较好的六方双锥 β 石英(图版 I, 9, 10), 表面常有不同程度的溶蚀。部分双锥石英发育有圆滑的、宽缓的凹面, 凹面中有粗糙的似毛玻璃表面(图版 I, 8), 凹面的成因可能与熔蚀作用有关。金红石仅偶有发现, 呈不规则粒状(图版 I, 13)。表面有被包裹的易溶矿物溶解矿物溶解后留下的孔洞。各种碎屑矿物的能谱分析结果见图 4。

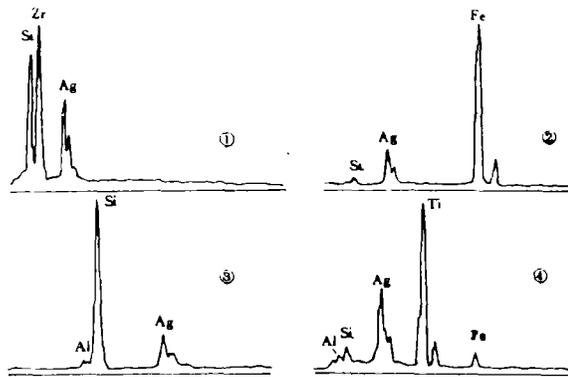


图4 P/T 界线粘土层中碎屑矿物的能谱分析图

1—锆石; 2—磁铁矿; 3—石英; 4—金红石

Fig. 4 EDX patterns for clastic minerals from the clay rock of P/T interface

3 成因讨论

P/T 界线粘土层产于上二叠统长兴组顶部的连续地层层序中。其下为长兴组富含大量底栖生物、几乎不含陆源碎屑物的台地相灰岩;其上为下三叠飞仙关组的几乎无生物、富含陆源碎屑的潮坪相泥质灰泥岩及钙质、粉砂质泥岩等(图 1)。二叠系顶部粘土层中的粘土矿物主要为规则混层伊利石/蒙脱石,而下三叠统底部的钙质、粉砂质泥岩中的粘土矿物为伊利石和混层绿泥石/蒙脱石(已另文讨论)。上述微球粒及碎屑矿物只见于二叠系顶部的粘土层中,三叠系底部则主要为磨蚀的石英、长石(图版 1, 14)等陆源碎屑物。

界线粘土层中的六方双锥 β 石英是高温岩浆作用的产物,锆石、磁铁矿、金红石等也是岩浆作用中常见的副矿物。它们的晶棱都几乎没有磨蚀,部分还为极好的自形晶,并见有具不规则连晶且尚未解体的锆石(图版 1, 7),说明它们没有经过搬运,沉积环境的水动力条件也相对较弱。作为其主岩矿物的混层伊利石/蒙脱石也是海相环境中火山灰蚀变成蒙脱石后,再经成岩转变的产物。所有这些,都支持上述碎屑矿物属火山碎屑岩中的晶屑,P/T 界线粘土层属火山成因的论点。然而,对于界线粘土层中的一部分微球粒,却难以用火山成因给予圆满的解释。

目前所报道的微球粒主要有三种来源:地壳来源,地外来源以及工业污染来源(指现代工业活动中所产生的一些微球粒)。要区别这三者,有时是非常困难的。本文所讨论的微球粒,由于粒度小、数量少,因而很难进行矿物成分检测及微量元素,尤其是稀土元素的分析。然而,从它们的形态、表面特征及能谱分析结果,仍可得出如下认识:

表 3 Ti 在不同来源的岩石及球粒的含量

Table 3 Titanium content in rocks and microspherules of different origins

岩石或球粒类型	Ti (%)来源
石榴石	0.03~0.53
铁陨石	<0.0005
基性岩	0.9
中性岩	0.8
酸性岩	0.23
沉积岩	0.45
火山球粒	7 (均值)
电焊球粒	12.25 (均值)
苏北宇宙尘	0.01~0.32

据严寿林,1986

具似文象结构的铁质微球粒 此种微球粒有喷溢孔及孔口熔壳发育,这是高温熔融状态下快速冷凝的特征。在骤冷状态下,表面迅速凝固,但内部还处于熔融状态,由于内压大于外压,部分熔融物质喷溢外壳,并在周围形成熔壳。部分瘤状突起的成因与之类似,只是内部熔融物质没有喷溢出来,形成了鼓泡状的瘤状突起。此外,似文象结构的枝点状突起也是快速冷凝收缩形成的,能谱分析显示:Fe、Si 等主要元素在似文象结构的枝点状突起和凹下部分之间没

有明显的差别(图 2-1,2),因而它们不应是由于化学过程形成的,而是由于温度急剧改变而形成的(李增慧等,1989)。

然而,在火山作用过程中,同样可以有快速冷凝过程,因而无法单从结构特征区别微球粒的来源。但是,从具似文象结构的铁质微球粒的元素组成来看,它们不应是地壳来源的。在各种元素中,Ni、Ti 等元素的存在与否及丰度可用于判断微球粒的来源。据马淑兰等(1986)的研究,地壳物质(也包括人工污染物质)来源的铁质微球粒中,Ni 的含量只有几十 ppm 以下,而在本文所报道的具似文象结构的铁质微球粒喷溢孔内的物质中,Ni 的含量高达 1.4%。同时,地壳物质(也包括人工污染物质)来源的微球粒及岩石中,Ti 的含量都是相当高的(严奉林,1986),与具似文象结构的铁质微球粒的能谱分析结果中无 Ti 峰也现的特征形成了对照。此外,在具似文象结构的铁质微球粒中,Ni、Cr 等元素只分布在球粒内的物质中,说明其内核可能由含 Ni、Cr 的矿物组成,这与大多数宇宙尘的内核由含 Ni 矿物组成的特征(李增慧等,1990)是类似的。因此,具似文象结构的铁质微球粒不应是地壳来源,而可能是地外成因的宇宙尘。

硅质微球粒和石质微球粒 这两类微球粒都不同程度地发育有喷气孔和瘤状突起等构造,但从它们的元素组成来看,两类微球粒中都有相当高的 Ti 含量,尤其是石质微球粒,高达 8.2%,说明其组成物质可能是地壳来源的。喷气孔等高温熔融构造是火山作用的产物。虽然石质微球粒的元素组成相当复杂,包括了 Si、Al、Mg、K、Ti、Fe、Zn 等多种元素,而且除 Mg 以外,其含量都在 7%以上,但其中 Si、Al、Mg、K、Ti 都是构成地壳岩石圈的典型亲石元素,而 Fe 则具有多重亲和性。尽管 Zn 是亲硫元素,但其在地球中的含量高于铁陨石(刘英俊等,1987),在物质来源的判别上也没有显著的意义。因而它们也不支持石质微球粒属地外物质来源的假说。

4 问题

上述成因分析中,将 P/T 界线粘土层中的磁铁矿解释成火山碎屑成因,并认为是岩浆作用中的副矿物。但磁铁矿的能谱分析曲线中完全没有 Ti 峰出现,又与前述观点相悖。火山成因的两种微球粒中均有较高的 Ti 含量,火山碎屑中也有金红石出现,而且 Ti 在高温条件下很容易以类质同象方式取代磁铁矿中的 Fe 而进入其晶格。表明磁铁矿可能不是岩浆作用的副矿物而有其他成因,可能是在陨击过程中,温压升高的条件下,地壳物质(如赤铁矿)的变质作用产物。但目前还无充分证据支持这种假设,因而文中仍将其作为火山碎屑矿物。

结论

1. 重庆中梁山 P/T 界线粘土层的非粘土组分中,存在铁质、硅质、石质微球粒以及锆石、磁铁矿六方双锥石英和金红等碎屑矿物。
2. 由于各种碎屑矿物几乎没有磨蚀,多数为完好的自形晶,部分还能反映高温的岩浆作用过程,因而 P/T 界线粘土层的成因与火山作用有关。
3. 硅质和石质微球粒具有相当高的 Ti 含量,组成石质微球粒的多种元素中,也主要为地壳亲石元素,因而它们都应属火山成因。其表面的喷气孔和瘤状突起等构造反映了高温熔融和骤冷的火山作用过程。

4. 具似文象结构的铁质微球粒不仅有反映高温熔融和骤冷过程的各种结构构造,而且其元素组成中几乎没有 Ti 存在,内部物质中较高的 Ni 含量,因而可能属地外成因的宇宙尘。

本文作者感谢戈定夷教授、陆武长和姚素珠副教授的热情帮助。

收稿日期:1991年8月6日

参 考 文 献

- 马徽兰等,1986,世界地质,4期,78—88页。
 刘英俊、曹励明编,1987,元素地球化学导论,地质出版社。
 李增薰等,1989,矿物学报,4期,241—244页。
 李增薰等,1990,地球科学,2期,173—182页。
 严奉林,1986,世界地质,4期,57—69页。
 高振刚等,1987,地质论评,3期,203—211页。
 殷鸿福等,1989,地质学报,2期,169—181页。
 Pupin J. P., 1980, Contributions to Mineralogy and Petrology, V. 73, N. 3, p. 207—220.

Microspherulitic and Clastic Mineral in the Clay Rock Near the Permian—Triassic Interface of Zhongliangshan Mountain, Chongqing

Huang Sijing

(Chengdu College of Science and Technology)

Abstract

Several clay rock beds were found near the Permian—Triassic interface of Southern China, and there is a large mass of extinction. There are two opinions on the cause of the extinction, i. e., outer-space crash event and volcanism of the earth. The author, after analyzed the non-clay components the mentioned clay beds in Zhongliangshan of Chongqing, found some microspherulitic and clastic minerals that featured by the following characters.

1. Microspherulitic material, with the diameters of 30~150 μm and composed by (1) ferruginous, (2) siliceous and (3) lithical components. Division 1 is very round (nearly standard globular) with smooth surface or decorated by modular bulges. The most outstanding feature is their graphic texture on the surface, which made of dendritic, small bulges, holes of eruption and fusion crust. EDX analysis shows that the elemental components are Fe (average in 85.0%), Si (12.3% in average), some Al, Ni, Cr, Mg and Mn, distribute inhomogenously. The highest concentration of Fe is found in the eruption holes and on the crust around the holes, Al and Si concentrated on the surface of the spherulitic balls, especially on the nodular bulges, concentrated on the nodular bulges, while Ni, Cr and Mn only found inside the eruption holes and Mg only on the surface of the spherulite. No obvious difference between the dendritic bulges and the depressed parts in the distribution of Fe and Si.

Division 2 and 3, siliceous and lithical microspherulitic matters, are global or pear-like, mostly with a simple smooth surface, and a few have eruption holes. EDX analysis revealed that the component of siliceous one is Si (75.2%), Al (15.0%), some Ti and Fe, and for lithical ones, are mainly lithophile elements, i. e., Si, Al, K, Fe, Zn, Ti and Mg.

2. Clastic Minerals Include zircon, magnetite, hexagonal dipyrmaid quartz and rutile. Most of them are excellent euhedral crystals with few trace of abrasion, and in the size of 30~300 μm .

The crystal form of quartz is frequently hexagonal dipyrmaid. Some of zircon, so called "double prisms and double pyramids", belongs to S22 type of Pupin (1980), representing the forming temperature approximately 850°C. The crystal form of magnetite mainly is rhombic dodecahedron.

The types and crystal forms of clastic minerals have the characters reflecting that the origin of clay rock near the Permian-Triassic boundary could be related to volcanic activities. The siliceous and lithical microspherules also could be pyroclast because of their high content of Ti. Their surface with melting structure of high temperature, such as eruption holes, also resulted from volcanic eruption.

The ferruginous microspherule with graphic texture also have fusion crust formed at high temperature process like that seen in siliceous and lithical microspherulitic matter but no Ti has been found in them. In the core part of ferruginous microspherulitic matter there is relatively high content of Ni but no Si has been found. In contrast, Si and Al are mainly distributed in the part near surface of the ferruginous microspherulitic matter it is our proposal that this kind of microspherulitic matter could be of extraterrestrial origin, i. e., cosmic dust.

It follows from our study that both extraterrestrial event and terrestrial volcanicity probably happened at the end of the Permian in southern China and both could be related to the mass extinction.

1. 具似文象结构的铁质微球粒。
2. 具似文象结构铁质微球粒的喷溢孔及周围的熔壳。
3. 具似文象结构铁质微球粒表面的枝、点状突起及层状突起。
4. 石质微球粒。
5. 硅质微球粒。
- 6,7. 锆石。
8. 凹面发育的双锥石英。
- 9,10. 六方双锥石英。
- 11,12. 磁铁矿。
13. 金红石。
14. 磨蚀圆滑的长石碎屑。

