

鲁西石炭纪煤系中的火山事件沉积^①

徐 兴

(山东矿业学院)

张广忠

(煤炭科学研究总院西安分院)

韩作振

(山东矿业学院)

张维胜

提要 本文重点讨论了山东西部各煤田石炭系火山事件沉积的物质成分、结构、构造和分布特征,研究了火山沉积组分的岩石化学及微量元素,与大洋、岛弧和俯冲带火山岩对比后认为火山源系板内火山喷发产物。根据华北其他地区相似沉积组分的大量发现,指出华北晚古生代火山事件的普遍存在,同时指出需要对华北晚古生代成煤环境重新认识。

关键词 火山事件 混积岩 石炭系 高岭石化凝灰岩 板内喷发

第一作者简介 徐兴 男 56岁 副教授 沉积学

引言

1982年,煤炭科学院西安分院在太原西山晋祠砂岩中首先确认存在着火山碎屑组分。次年,笔者及同事们在山东临沂晚古生代煤系地层研究中也发现本溪组有火山沉积物,当时认为,按照两地所处大地构造位置,前者靠近华北盆地西北缘,后者靠近盆地东部边界,在这种位置上出现一些火山碎屑沉积是好解释的。其后的若干年,笔者在山东的中西部中晚碳世地层研究中,发现碎屑岩的物质组分普遍非常复杂,不仅含有大量火山岩屑,甚至碳酸盐岩石中也能找到明显带有火山碎屑特征的物质组分,而且存在两种岩石类型过渡的现象。另外,碎屑岩中杂基组分普遍偏高,按照当时对鲁西石炭系形成于近海环境的观点,将这些组分看作正常陆源碎屑,很难圆满地解释。在八十年代后期,经过多年的深入工作,认识到,整个鲁西南,石炭二叠系火山碎屑沉积普遍存在,范围包括山东金境,时代从本溪期可延续到早二叠世晚期以后,而以太原组分布比较集中。这一发现与过去对华北石炭二叠纪时期的大地构造运动,特别是对本区晚古生代成煤环境的认识大相径庭,因而也引起了不少争论。笔者愿以本文阐述的观点与对此持有异议的同行们讨论。

本文涉及的范围,东起临沂,向西至济宁以西,包括新汶、肥城、兖州、滕县、淄博等煤田,地层以中、上石炭统为主,且以太原组为重点。

^① 中国统配煤矿总公司资助项目

1 鲁西石炭系岩石组合特征

与华北各地石炭二叠系相似,为砂岩、泥岩及碳酸盐岩频繁交互并夹煤为特征,韵律性十分明显,煤层多处于海侵前夕,其标志是海相石灰岩往往构成煤层的直接顶板,形成海侵破坏成煤环境。

煤层发育情况往往与石灰岩层数正相关,南部石灰岩层数多,相应地煤层也多,但南部煤层单层厚度薄,煤层结构简单,横向稳定,可采性差;新汶肥城以北,石灰岩层数少,煤层也少,煤的单层厚度大,可采性变好。

碎屑岩的结构成熟度和成分成熟度均极低,杂基含量普遍偏高,砂级碎屑岩的平面分布呈条带状,粒度及厚度变化明显,粗粒级往往在数十米距离内迅速变薄乃至尖灭,常与石灰岩或煤层呈冲刷接触,因而造成很多局部无煤带。

火山沉积组分散布在所有岩石类型中,平面上广布于整个山东石炭二叠纪煤田,面积达数万平方公里。垂向上,自本溪组直至上石盒子组均有分布,以太原组较集中。

火山沉积组分类类型单调,以中、酸性隐晶质岩屑多见,此外,尚含有少量晶屑、玻屑更少见。碎屑岩的类型多以火山沉积组分与正常陆源碎屑混积,显示出火山碎屑经历了一定距离水搬运的特征。

2 火山事件沉积的证据

2.1 物态特征

岩石中火山沉积组分已识别出石屑、晶屑及蚀变残余玻屑,而以石屑多见。

石屑 在本区石炭系火山沉积组分中大量存在,粒级最大达5mm以上,最小小于0.05mm,其外形往往呈次棱角至次圆状,多数石屑有因水携而棱角磨蚀圆化的特征(图版1,1)。镜下观察,有的为隐晶质,结构及细粒基质斑状结,一些石屑中含有较新鲜的具环带结构的中性斜长石碎片(图版1,1、2、3)和清晰的交织结构,在隐晶质结构的石屑中不乏具靠细结构的岩块,整个山东各煤田石炭系砂级碎屑岩中,具有以上特征的混积岩,碎屑组分面貌相似。

晶屑 研究层段内碎屑组分中晶屑总含量不高,但晶屑类型多样,特征明显。它们在形态上往往因矿物本身特性的区别而表现各异,如石英晶屑的边缘呈熔蚀的港湾状,细粒石英晶屑的尖锐棱角或呈向内收缩的弧面多边形,长石晶屑往往沿双晶结合带呈阶梯式破碎,以及黑云母晶屑沿解理呈波状弯曲或撕裂,此外,黑云母及角闪石晶屑的边缘暗化乃至整个矿物表面全部暗化等,都是火山岩的明显特征(图版1,4、7、8)。笔者利用各种测试手段对不同晶屑类型进行了研究,结果如下:

①石英包体测温数据:洛宁煤田塘口区176样石英晶屑玻璃包体开始均化温度为1050℃,完全均化温度1126℃,两相分离温度1060℃,这为石英的火山成因提供了有力的证据。

②透长石晶屑的光性参数:透长石在单偏光下无色透明,无任何风化痕迹,常呈板状或短柱状自形晶,个别为棱角状。少数颗粒同时见平行(001)、(010)两组解理。为了进一步确定透长石性质,在锥光下测定了大量光性符号及光轴角。结果表明,大部分透长石的光轴面垂直于(010)面, $(-)$ 2V小于15°,属低透长石。此外,尚有少量透长石光轴面平行于(010)面, $-2V$

接近于 0。低透长石及高透长石均为高温碱性长石,后者形成温度略高,结晶速度稍快,但两者比低温相正长石及微斜长石的形成温度要高得多,因而也是火山成因的有力佐证。

③斜长石的号码:本区石炭系碎屑岩中的斜长石以酸性斜长石较多见,但在个别地区中性斜长石大量存在,后者在一般碎屑岩中是罕见的。带有晶屑特征的斜长石也十分新鲜,聚片双晶的双晶纹宽窄不一,很多斜长石沿双晶结合面台阶状破碎(图版 1,3)。用垂直(010)晶带最大消光角法测得斜长石 $Np^{\wedge}(010) \approx 12 \sim 15^{\circ}$ 属高温更长石, An 为 23~25。中性斜长石往往发育宽而疏的聚片双晶,时见卡钠复合双晶,有的见清晰的环带构造,对不具环带构造的中长石,使用同一方法测得 An 为 35~40,属中长石。

④长石的有序度:根据新汶 17—2 孔 44 层上部砂岩中的中性斜长石和透长石晶屑的 X 射线衍射分析结果,对斜长石采用 $\Delta 2\theta(131-131) \sim An$ 图投点法,落入高温斜长石区内(图 1),有序度 $S=0$,对于透长石采用 T. L. Wright(1968)的三峰衍射法投点,结果落入含少量钠长石组分的透长石区内(图 2)。再用 A. Ragland(1970)的经验公式计算,有序度为 0.15,用 $2\theta(201)$ 值在图 2 上确定出 Or 含量, X44 样品为 41%,属低透长石,与镜下测得结果完全一致。

⑤黑云母和角闪石:新鲜的黑云母和角闪石只有在极特殊的条件下(如迅速剥蚀立即脱离沉积环境),才有可能在沉积岩中保存下来。本区石炭系岩石中存在大量新鲜黑云母,有的岩石中含量达 10% 以上,多数保留了明显多色性,大部分可见沿解理缝呈波状弯曲或分叉(图版 1,6,8)。从矿物标型物征及新解程度看均不可能来自陆源区。一部分黑云母有退色和边缘暗化或表面绿泥石化现象,这是在成岩和后生阶段发生的。本区岩石中角闪石发现不多,大多呈崩裂状(图版 1,7),有的多色性也明显,大部被绿泥石或碳酸盐矿物交代,少数保留假象。

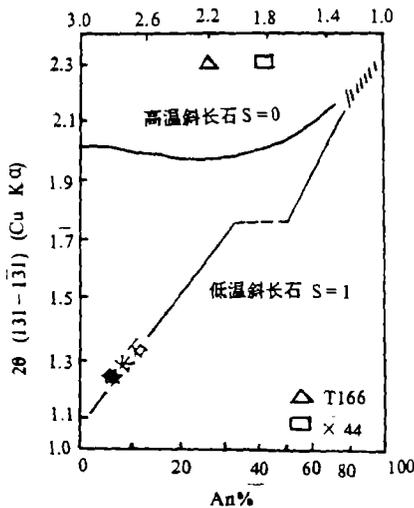


图 1 斜长石晶屑 $An \sim \Delta 2\theta(131-131)$ 投点图

Fig. 1 Projection diagram showing $An \sim \Delta 2\theta(131-131)$ of plagioclases

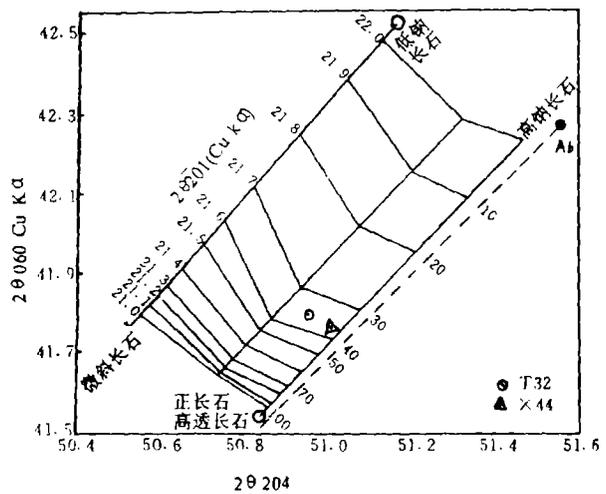


图 2 透长石晶屑三峰法有序度投影图

Fig. 2 Projection diagram showing degree of order of sanidines

玻屑:由于玻屑在常温下不稳定,在数亿年的地质岁月中难以保留其玻屑的原貌,因而研究层段内很难发现典型的玻屑,但岩石中存在大量稍经圆化,单偏光下呈浅褐色,看起来较

“脏”，正交光下呈霏细结构的组分，笔者暂将其归入玻璃质石屑。有些颗粒外形呈鸡骨状或梳状，正交光下具霏细结构，或被绿泥石充填，或变为玉髓(图版 I, 5)，有可能是玻屑的次生变化产物。

2.2 结构、构造特征

外形 与碎屑组分的物态成分及粒级有关。隐晶质石屑及粗粒无解理的晶屑如石英往往有不同程度的圆化，反映经过了一定距离的搬运；解理发育的晶屑如长石，常常沿解理或双晶结合带破碎，粒级小的晶屑因在空气或水中悬浮搬运，常呈尖锐角状或稍经圆化的次圆状。

粒度分布 研究区的火山沉积组分粒度分布不均，对区内 63 个混积岩用薄片粒度分析法统计结果为 $1\Phi\sim 2\Phi$ 约占 34.92%， $2\Phi\sim 4\Phi$ 占 33.33%， $>8\Phi$ 占 23.81%， $<0\Phi$ 不到 1%，表明本区火山沉积组分以中~粗粒为主。肥城白庄矿 HB-4 号样和新汶 17-2 孔 65 层 2 号样的粒度分布大体符合对数正态，这也可证实经过了一段水携搬运，但两样品的概率曲线可能反映了不同搬运状态(图 3, 图 4)。肥城白庄 HB-4 号可能属先气携、降落后又经过很短距离的水流搬运，该样品几乎无分选，而新汶样品在 $3\sim 4\Phi$ 间已显示出占优势的粒级分布。

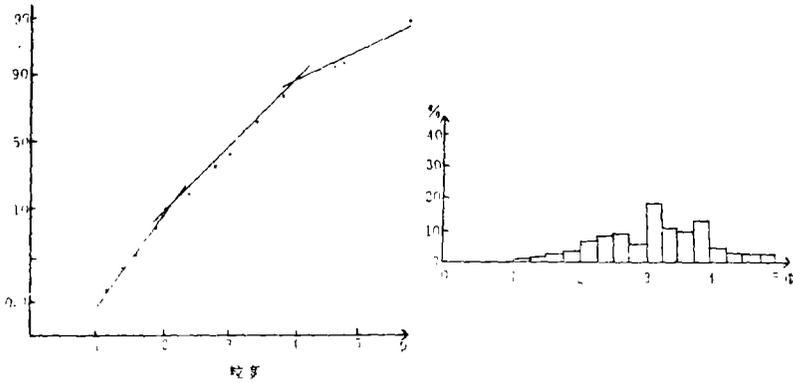


图 3 新汶 65-2 号样粒度分布图

Fig. 3 Grain size distribution curves of the sample No. 65-2 from Xinwen

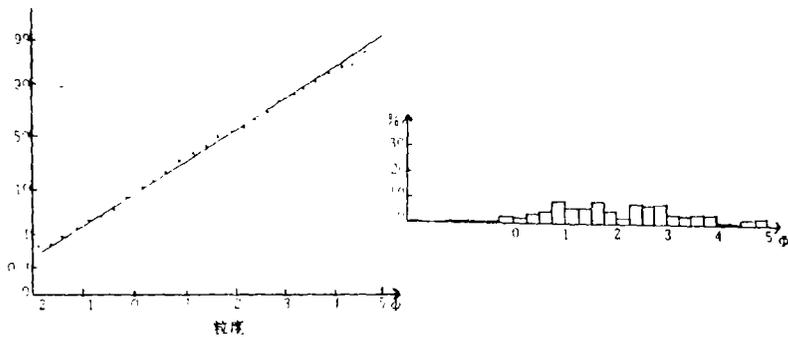


图 4 肥城 HB-4 号样粒度分布图

Fig. 4 Grain size distribution curves of the sample No. HB-4 from Feicheng

现代火山活动的观察表明，在喷发过程中，不同粒级可喷发到大气层不同高度，并且可能快速飘移上千公里，细粒火山灰可在高空停滞几周数年，并降落在广大面积上。由于不同粒

级的空气分选,往往造成近火山口粒级粗于远火山口,同一层火山碎屑物下部粗于上部,近火山口部位和下部层位石屑和晶屑数量多于远火山口或上部层位。在新汶煤田太原组中部十一煤夹矸,为泥化凝灰岩,该层岩石已有多人做过较详细工作,该层位肥城煤田称为七煤夹矸,实属同一层位,肥城地区该层具有明显的粒级和成分的分异现象。纵向上,肥城煤田白庄矿样品有明显的正粒序,横向上在白庄矿七煤夹矸下部为粗粒长石晶屑凝灰岩,长石晶屑含量占全部碎屑的60%以上,大小混杂,粒级自0.15~2mm,最大可达5mm,分选极差,大部长石均新鲜,自白庄向南至查庄矿,在不到10km距离内碎屑明显减少,粒级变细,以中粒为主,岩石中有大量高岭石化长石及黑云母假象,再往西南至南高余矿及其东南的曹庄、杨庄以至济宁,滕县,新汶等煤田(矿),除保留一些较为自形的重矿物如锆石、磷灰石和少量石英晶屑及蚀变黑云母外,已很难发现其他碎屑,岩石完全变为高岭石泥岩或蒙脱石泥岩。根据该层岩石相变的特征,可以推断,在肥城白庄矿附近应有一个火山口。相当于肥城煤田七层夹矸在广大区域内均已发现,厚度薄,但极稳定,应为降落沉积。将白庄样品的粒度参数 $Md\Phi=1.75$ 投到火山灰粒度与搬运距离的关系图上,得出火山口离白庄的距离为2~47km,根据向南变薄,变细的趋势,推测该火山口应在白庄矿以北。

填隙物及胶结类型 本区混积岩的粒度组分大小混杂,其物质来源为不同粒级的火山喷发物和一些陆源屑,碎屑组分以石屑居多,这就决定了本区碎屑岩的填隙物成分与颗粒成分大体是一致的。细粒火山碎屑物更易遭受次生变化,据镜下观察,基质矿物以粘土矿物占多数,而且以绿泥石为主,经X射线衍射分析结果表明,还有高岭石、伊利石等。除粘土杂基外,基质中还有大量碳酸盐矿物、硅质、铁质等填隙物,这些矿物往往局部出现,一个薄片内不同视域有不同的填隙物成分,其胶结类型往往以基底式胶结为主。在碳酸盐矿物局部出现的视域,结晶碳酸盐矿物成片出现,碳酸盐矿物交代长石、岩屑甚至石英碎屑,以致局部出现嵌晶式胶结,这些特征均是次生变化的证据。

由于细粒火山灰更易遭受次生变化,除绿泥石化以外,硅化、碳酸盐化、高岭土化、斑脱岩化等均能在这一组岩石中找到证据。在石屑含量丰富的岩石中,由于基质和碎屑同时遭受绿泥石化,使颗粒与填隙物之间的界限变得模糊不清,时有发现陆源屑或晶屑或石屑被绿泥石包边的现象,形成包壳结构(图版1,7)。绿泥石的大量存在,使岩石在外貌上常呈现特殊的暗绿色,根据这种特殊颜色,在野外肉眼条件下不难确定其混积岩的属性。

构造特征 本区混积岩层理发育,粗粒岩石有各种粒序层理及各种类型的斜层理,冲刷充填构造极为发育,粘土级岩石可不显任何层理,太原组上部广泛发育生物搅动构造如虫孔、潜穴等,类型多样,孔穴多发育在细粉砂或泥质岩中,孔中往往有较粗粒级火山碎屑物充填,这些特点均说明火山碎屑组分经过了一定水携搬运,属同沉积异地火山碎屑沉积。

在多种物态的火山碎屑集中区,往往有较细粒级火山碎屑以塑性变形绕过粗粒岩屑或较大刚性晶屑,或某种火山碎屑以长轴大致定向排列的现象,本文称为压结定向构造,这是反映、成岩标志的一种构造。由于火山碎屑物是突发性大量堆积,压缩并伴随压缩而发生流动或变形,导致长条状碎屑在垂直压力方向发生转动,一些弹性矿物如黑云母有可能产生塑性变形,这种构造在太原组中、下部岩石中较常见,尤其细粒级岩石中更常见。这种构造与在单向水流条件下长条形矿物按优选方位稳定下沉积形成的定向构造成因不同。

2.3 岩石化学特征:

常量氧化物 沉积岩中的火山碎屑组分,由于来自火山,尽管在其沉积和成岩过程中掺

入了部分围岩、陆源或盆地水的某些组分,但其主要造岩氧化物应该与相应的火山岩有某些相似,而与正常陆源岩石存在区别。从研究区内新汶、肥城、莱芜三煤田 40 余个样品的三种岩石类型主要造岩氧化物分析结果看(表 1),新汶 X₁₃号,肥城 F₁₁₇,F₁₂₇三个砂级(沉)凝灰岩数据与某些火山岩平均成分比较,X₁₃与 F₁₂₇与英安岩接近,F₁₁₇与安山岩接近,它们均属中酸性偏中性,这一结论在薄片鉴定中得到验证。三个样品中的 TiO₂含量 0.41~0.81%,与英安岩及安山岩含量很接近,由于钛难迁移,故能反映其原始化学成分。Al₂O₃/SiO₂ 比值一般可反映长石与石英的相对含量,三个样品的 Al₂O₃/SiO₂ 比变化在 0.222~0.366 之间,反映出岩石中石英含量较少,K₂O/Na₂O 比值能反映岩石中钾长石加云母对斜长石的含量,比值在 0.722~7.12 范围内,这与本区岩石中含较多透长石和黑云母有关。济宁塘口 T₃₋₂孔第 22 层下部凝灰岩中石英晶屑的玻璃质包体电子探针成分表明,该晶屑来自英安质火山岩,与前述岩石化学分析结果也相一致(表 2)。表 1 中 9 个高岭石化凝灰岩的化学成分十分近似,莱芜煤田 L₄₋₁样品 SiO₂/Al₂O₃ 摩尔比为 1.96,接近高岭石的理论值 2,说明该层凝灰岩已彻底高岭土化;其他样品的 SiO₂/Al₂O₃ 摩尔比变化在 2.20~2.49,这可能与所含残余火山碎屑物有关。K₂O 含量大于 Na₂O 含量一方面与含较多透长石及黑云母有关,另一方面与粘土矿物的吸附有关。TiO₂/Al₂O₃ 比值常用来判别原岩的化学性质,表 1 中高岭土化凝灰岩的 TiO₂/Al₂O₃ 比变化在 0.0087~0.0185 范围内,酸性火山灰的 TiO₂/Al₂O₃ 比 < 0.02,基性火山灰大于 0.08,本区高岭石化凝灰岩应属酸性火山灰的蚀变产物。

表 1 石炭系火山碎屑岩的氧化物含量与火成岩对比表(%)

Table 1 Contents of oxides of pyroclastic rocks of the Carboniferous and contrastion with the igneous rocks (%)

岩类	样品号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量	合计
晶屑石屑沉凝灰岩	X13	65.18	0.83	14.48	1.72	5.15	1.12	0.64	0.10	0.26	1.85	0.01	8.24	99.58
晶屑石屑沉凝灰岩	F117	59.78	0.56	21.86	1.33	1.73	1.51	2.04	0.03	2.55	1.84	0.08	6.07	99.38
晶屑凝灰岩	F127	66.34	0.41	14.95	1.21	1.87	1.91	2.36	0.07	1.24	1.42	0.09	7.53	99.40
高岭石化凝灰岩	Fc-1	47.78	0.32	36.25	0.25	—	0.58	0.31	痕迹	0.10	0.66	0.023	13.02	99.30
	Fy-3	47.37	0.39	35.0	0.58	—	0.71	0.43	痕迹	0.29	0.45	0.039	15.06	100.34
	Ln-1	45.00	0.72	38.92	0.47	—	0.20	0.28	痕迹	痕迹	0.06	0.023	14.44	100.11
	Xz-1	47.42	0.37	36.98	0.29	—	0.39	0.27	痕迹	0.27	0.49	0.027	13.84	100.35
	Xh-2	49.07	0.29	33.41	0.61	—	1.39	0.20	痕迹	0.78	1.23	0.040	13.01	100.07
	Xw-1	48.19	0.39	37.17	0.28	—	0.57	0.27	痕迹	0.45	0.51	0.028	12.77	100.63
	Xx-1	47.01	0.39	36.22	1.24	—	0.47	0.25	0.004	0.40	0.55	0.020	13.33	99.88
	Xs-1	47.89	0.41	36.26	0.30	—	0.34	0.28	痕迹	0.33	0.42	0.019	13.41	100.27
	Xl-1	47.71	0.41	35.27	0.20	—	0.81	0.13	痕迹	0.38	0.61	0.037	13.88	99.44
英安岩*		65.01	0.58	15.91	2.43	2.30	1.78	4.32	0.09	3.79	2.17	0.15	1.25	99.78
安山岩*		57.94	0.87	17.02	3.27	4.04	3.33	6.79	0.14	3.48	1.62	0.21	1.22	99.93

* 据 R. W. Le Maitre, 1976

微量元素特征 岩石中的微量元素受常量组分的支配,因而能较好地反映母岩特征,虽

然微量组分也受介质条件的影响,但因火山碎屑组搬运距离短,分布集中,故认为在沉积和成岩过程中受的改造是有限的。对砂级火山碎屑及高岭石化凝灰岩的等离子光谱定量分析结果表明,砂级岩石中,除 Ba 外,火山碎屑岩中 Ti、P、Cr、Ga、V、Sr、Zr 等微量元素含量均明显高于正常陆源岩石的平均含量,至于 Ba 的含量变化大。有可能是水盆地受到海水影响或在埋藏后或表生作用过程中,黄铁矿的氧化,溶液中硫酸根增多富集了 Ba 离子有关。将本区火山碎屑沉积组分与几种火山岩及正常陆源碎屑岩的相应微量元素对比发现,本区火山碎屑岩与中性岩及酸性岩相当,与砂岩的平均值相差明显,这一结果与薄片鉴定及常量元素的分析结果也可互相印证。

表 2 石英晶屑中固态包体成分分析结果(%,韦重韬,硕士论文,1990)

Table 2 The chemical composition of quartz conclusion(%, after Wei Chongtao, 1990)

成分 样品	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	FeO+Fe ₂ O ₃
T ₁₇₄	62.41	14.96	0.74	3.08	1.63	3.11	/	14.07

表 3 高岭石化凝灰岩与正常泥岩微量元素含量对比表(ppm)

Table 3 Contents of trace elements of kaolinised tuffs of Taiyuan Formation and contrastion with normal mudstones (ppm)

岩石名称	样品号	Ba	Ti	Cr	Mn	V	Sr	Cu	Zn	Ga	Fe	Mo	Nb	Co	Ni
高岭石化凝灰岩	X _{w-1}	626.3	2433.6	—	21.2	5.47	711.8	15.48	13.25	24.70	4003.4	12.29	48.22	—	—
	X _{c-1}	14.4	4584.0	—	7.1	75.63	17.9	39.6	14.40	26.71	4289.4	10.10	35.54	—	—
	X _{b-1}	297.4	1771.0	—	13.3	8.74	518.9	17.4	12.26	20.26	8721.8	9.72	35.47	—	—
	X _{i-1}	428.6	2293.4	—	10.4	3.65	384.2	26.16	13.32	17.45	2859.6	10.94	38.86	—	—
	X _{s-1}	220.7	2496.0	—	8.2	5.18	311.8	17.90	13.99	19.08	17729	11.64	39.55	—	—
	X _{a-1}	327.6	2395.6	—	8.3	5.74	320.9	53.16	21.62	21.06	4146.4	9.86	29.66	—	—
	F _{y-1}	83.1	2534.4	—	7.3	7.63	327.8	21.86	13.13	20.50	8292.8	12.02	45.74	—	—
	F _{a-1}	207.9	2462.6	—	15.0	6.43	587.3	23.21	12.6	19.42	3574.5	10.82	45.6	—	—
	F _{N-1}	79.9	1740.0	<1	10.7	3.78	55.6	4.78	13.3	—	5061.5	<1	—	<0.6	<2
	F _{c-1}	213.0	2100.0	<1	10.2	4.26	474	1.80	10.5	—	2602.2	<1	—	<0.6	<2.24
	F _{b-1}	550.0	2250.0	<1	12.2	5.14	468	0.99	10.1	—	3488.7	<1	—	<0.6	<2
	L _{a-1}	65.7	1985.5	—	5.9	3.6	99.8	62.14	17.90	22.03	6720.0	11.50	32.4	—	—
正常泥岩	X _{y-1}	—	5000	100	1000	50	100	500	<100	30	—	<100	<100	<100	<30
	X _{y-2}	—	3000	<100	100	30	100	300	<100	10	—	<100	<100	<100	50
	X _{i-2}	—	5000	<100	200	30	100	300	<100	20	—	<100	<100	<100	200
页岩 ^①		580	4600	90	850	130	300	45	95	19	47200	2.6	11	19	68
粘土 ^①		2300	4600	90	6700	120	180	250	165	20	65000	27	14	74	225

①据 Turekian and Wedephl, 1961; —代表未测定

新汶、莱芜和肥城煤田高岭石化凝灰岩等离子光谱分析结果表明,泥化凝灰岩中的铁族元

素(包括 V、Co、Ni、Mn、Cr、Fe、Ti)含量大大低于一般页岩(图 3),这与物质的原始成分有关,而铌(Nb)的含量却大大高于一般页岩,这可能与铌的携带矿物(如黑云母、角闪石等)富集有关。图 5 较直观地反映了新汶煤田太原组十一煤夹矸高岭石化凝灰岩与相邻泥岩中铁族元素的丰度变化,几乎各种元素的突变点均与高岭石化凝灰岩的剖面位置都是吻合的。锰是典型的海洋沉积元素,而钛是典型大陆来源的元素,Mn/Ti 比值愈高,反映沉积速度愈慢,本区高岭石化凝灰岩 Mn/Ti 比为 0.0087~0.0015,平均 0.0048,比一般页岩低几十倍。新汶和肥城所类的高岭石化凝灰岩 Mn/Ti 比平均为 0.0049,新汶太原组十一煤顶板泥岩为 0.2;伪底俗称狗皮泥,Mn/Ti 比小于 0.033,十一煤底板泥岩为 0.033~0.04,平均为 0.367,夹矸比顶。底板低出一至两个数量级。如此低的 Mn/Ti 比反映 10~15cm 厚的夹矸可能是在极短的时间内沉积的。

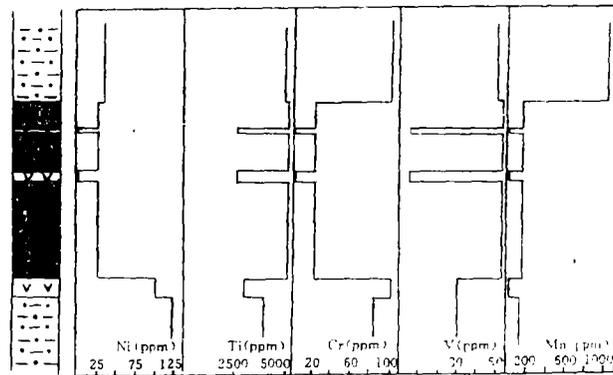


图 5 新汶煤田太原组十一煤上下铁族元素变化图

Fig. 5 Abundance patterns for some siderophile elements about the coal seam No. 11 of Taiyuan Formation in Xinwen

稀土元素特征 岩石中稀土元素的丰度,主要取决于其在母岩中的丰度,沉积岩中稀土元素的丰度可以用来判定物源性质。研究区石炭系火山碎屑岩的 10 个样品中,稀土总值 $\sum \text{REE} = 49.98 \sim 168.94 \text{ ppm}$,轻稀土明显富集,重稀土亏损,分馏度 $(\text{La}/\text{Yb})_n = 7.41 \sim 28.64$, $\text{Eu}/\text{Sm} = 0.60 \sim 0.09$,变化不大,与一般碎屑岩中稀土分布变化大的特征迥异,与碱性铁镁质岩组相关的中性岩特征相近。球粒陨石标准化 REE 配分型式上,测得 Eu 的 F_{c-1} 和 X_{n-1} 两样品都有明显负异常, δEu 分别为 0.428 和 0.295,这一数据说明岩浆中碱性长石的分离结晶作用增强,形成偏碱性喷发物,这与岩矿鉴定及微量元素分析结论相符合。用样品的球粒陨石标准化 REE 配分型式与地壳、上地幔的作对比,样品的配分型式与地壳的相似。因此本区火山物质不可能来自碰撞带的岛弧或大陆边缘俯冲带,火山作用可能发生在大陆板内。测试的数据及本区岩石组合特征、厚度及地质体的空间展布型式所反映的大地构造条件也是吻合的。

3 石炭系火山事件沉积的研究意义

3.1 古地理、古构造及成煤环境意义:

传统观点普遍认为,华北晚古生代的沉积环境为简单的海陆交替环境,没有剧烈的构造运动和明显的火山活动。近年来在华北广大地区,如山西大同、太原西山、平朔、沁水、霍西、陕西铜川、河北唐山、内蒙准格尔等地的太原组中部发现有火山沉积组分。因此,本区石炭系广泛存在的火山事件沉积不是孤立的。这些发现说明华北地台在晚古生代成煤期,地壳运动并不平静。据报道,整个华北石炭系地层不但海相层之间的“陆相层”岩相复杂,就是海相石灰岩的岩相厚度、发育的层数各地的面貌也相差甚大。本区新汶、肥城一线南北石炭系石灰岩的发育情况有明显差别,石炭系的南北地层对比问题至今未获得满意解决。本区东西方向上,东部的临沂煤田,中石炭世海侵时间早于西部的济宁、巨野地区;南部的丰沛、枣庄、贾汪等地海退又晚于北部的淄博、济南等地,二叠纪中晚期研究区以南的“南型北相”含煤特征都不是偶然的现像,这下些都是当时地壳运动较为活跃的物质记录。

3.2 古地形及沉积盆地边界的标志:

降落型火山碎屑物在地层剖面中占有一定空间位置,降落在盆地内可被沉积物覆盖,降落在浸蚀区则不能保存而被搬运,借助于这些特殊岩石类型的分布范围可以帮助圈定盆地的范围。根据它们与相邻层位的关系还可以帮助分析盆地的复杂演化,如新汶地区太原组十一煤夹研在山东各煤田存在的位置有区别,有的呈夹研出现,有的作为底板出现,有的则夹在地层中间,这是由于它们降落在不同的微环境中。根据其于上下地层间的岩性、岩相特征,帮助分析同一时间盆地的微环境以及盆地的演化特征。

表 4 研究区石炭系煤层及石灰岩对比表

Table 4 Comparison of coal seams and limestones of the Carboniferous in Western Shandong Province

莱芜煤田	肥城煤田	新汶煤田	滕县煤田	济宁煤田	临沂煤田
7 煤	4 煤	6 煤	6 煤	6 煤	
14 煤	6 煤	10 煤	14 煤	14 煤	14 煤
15,16 煤	7 煤	11 煤	15 煤	15 煤	15 煤
18 煤	8 煤	13 煤	16 煤	16 煤	16 煤
19 煤	10 煤	15 煤	17 煤	17 煤	17 煤
一灰	一灰	一灰	三灰	三灰	三灰
二灰	二灰	二灰	八灰	八灰	八灰
	7 煤顶板灰岩		九灰	九灰	
三灰	三灰	三灰	十上灰	十上灰	九灰
四灰	四灰	四灰	十下灰	十下灰	十灰

3.3 地层学意义:

火山事件沉积是突变性的,某些特殊的火山沉积物在地层学上可以当作等时面看待,新汶煤田太原组十一煤夹研厚度小(10~15cm),分布面积遍布山东各煤田,岩性标志明显,在覆盖

区钻孔岩芯中也能辨认。应用新汶煤田太原组十一煤矸当作对比标志,结合其他标志进行太原组的地层对比,获得较为满意效果,表4为根据新汶十一煤夹矸修改的山东各煤田常用标志层及煤对比简表。

3.4 经济意义:

高岭石化凝灰岩或蒙脱石化凝灰岩(即斑脱岩)由于陆源混入物少,质纯,其物质成分接近于矿物的理论成分,是具有重要经济价值的非金属原料。它们分布面积大,或作为夹矸、或作为煤层底板,距煤层近,煤矿生产中一直作为废物排入矸石堆,占用良田,污染环境,如果混入煤中,则降低煤质。因此对这些岩石进行深入开发研究不仅可以增加煤矿企业的经济效益,同时可以提高煤质,减少排放,其社会效益也是明显的。

本文在整理过程中得到南京大学地球科学系方邱森教授的多方面帮助,南京大学周新民教授,中国矿业大学殷宗昌教授对岩石组分的确认均提出了宝贵的意见,殷宗昌教授还提供了部分测试资料,在此表示感谢。

收稿日期:1992年12月7日

参 考 文 献

- 王德滋,周新民,火山岩岩石学,北京:科学出版社1982。
- 冯宝华,1986,鲁西石炭二叠纪煤层中的高岭岩,煤田地质勘探,6期。
- 刘宝君,沉积岩石学,北京:地质出版社,1980。
- 刘英俊等,元素地球化学,北京:科学出版社,1984。
- 周义平等,煤系粘土岩夹矸译文集,北京:地质出版社,1989。
- I. S. E. Caumichael et. al. 从柏林等译,火成岩石学,地质出版社,1982。
- Dazudo Aodi, Yamagata/Japan, Stanislaw Lorenc. Wroclaw/Poland and W. Zimmerle, 1987, Fluorescence spectra of volcanogenic zircon from a Miocene daolin claystone (tomsin) in the Belchatow poencast lignite mine, Poland, N. Jb. Geol. Palaont. Mh., No 5.
- Linda, M. Reinink—smith, 1990 Mineral assemblages of volcanic and detrital partings in Tertiary coal beds kenal Peninsula, Alaska, clays and clay minerals, Vol. 38, No. 1, 1990.

Volcanic Deposits of the Carboniferous Coal-bearing Series in Western Shandong Province

Xu Xing

(Shandong Mining Institute)

Zhang Guangzhong

(Xian Branch of Central Coal Mining Research Institute)

Han Zuozhen Zhang Weisheng

(Shandong Mining Institute)

Abstract

The study area situates in western Shandong including Xinwen, Feicheng, Yanzhou, Tengxian, Zibo coal fields ect. This paper mainly deals with Carboniferous strata for the study of volcanic deposits.

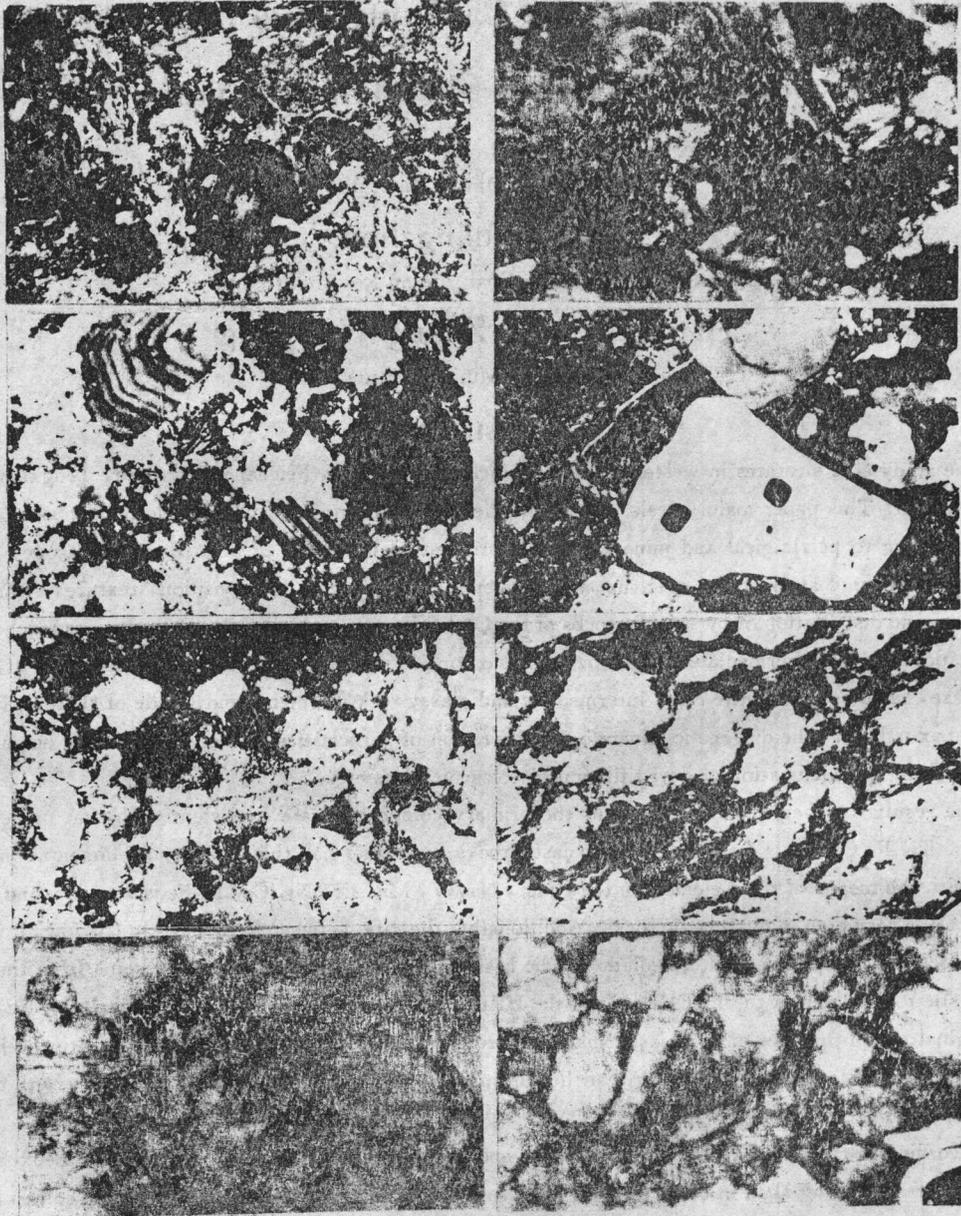
According to petrological and mineralogical determination by means of polarizing microscope, X-ray diffraction, infrared absorption, spectrum and chemical analysis ect., composition, texture, sedimentary structures and distribution of pyroclastic rocks of the Carboniferous coal measure in the area are reached. The pyroclastics belong to intermediate-acidic basicity and consist principally the crystalline materials of quartz, plagioclase, sanidine and biotite etc., intermediate and glassy rock fragments and a little of shards. The content matrix is high. The diagenetic mineralogical alteration of pyroclastics is intense, they may be chloritization, clayization, calcitization or devitrification of volcanic glass etc.

The results of chemical analysis about the primary composition are consistent with that of petrologic analysis. Ti, P, Cr, Ga, V, Sr, Zr in pyroclastic rocks are higher than that in normal sedimentation. Compared with the means of trace elements in the Crust, Na, V, Mn, Cr, Ni, Co and Fe is very low and Zr, K, La and Ce is very high in pyroclastic rocks. Additionally, the ratio between TiO_2 and Al_2O_3 is low, it is found that pyroclastic materials are intermediate-acidic basicity and tend to be alkaline and come from the crust. Pyroclastic rock is rich in the LREE, poor in the HREE and have a distinct negative anomaly of Eu, shows the original protolith types of pyroclastic materials are neutral extrusive-rock related to continental-crust-derived alkaline felsic rock, indicating that the volcanic eruption originated from the rift valley with the continental plates.

According to the mentioned data the seawater encroachment of the Middle Carboniferous Benxi stage in the Linyi area is earlier than in other areas of southern North China. There are differences in sedimentary assemblage of the Upper Carboniferous between south and north divided by Xinwen and Feicheng, and the Upper Permian coal-bearing series on the south of Fengxian and Peixian is south type and northern facies. All of that are directly controlled by tectonic movements at that time and the resulted volcanic action. Therefore, the sedimentary type of the Carboniferous is a coal-bearing sediment of volcanic-sedimentary facies association.

The finds of similar pyroclastics in other areas of North China also show that the crustal movement of the Carboniferous in North China is not stable and there are large tectonic movements and frequent volcanic actions.

There are a few layers of volcanogenic tuffs in the coal measure which are steadily and widely occurred over the area. For example, The coal seam No. 11 in Xinwen, No. 15 and No. 16 in Laiwu, No. 7 in Feicheng and No. 15 in Linyi, Jining and Tengxian correspond to each other.



1. 安山质石屑和自形的中性斜长石晶屑, 基质碳酸盐化明显, 正交偏光, $d=1.2\text{mm}$, 肥城白庄矿凝灰岩。 2. 大量的酸性火山岩屑, 绿泥石化明显, 黑云母暗化。正交偏光, $d=1.2\text{mm}$, 临沂凝灰岩。 3. 具较宽双晶条带的斜长石晶屑, 见台阶状破碎, 基质不均匀碳酸盐化, 石屑具交织结构, 正交偏光, $d=1.2\text{mm}$, 白庄矿凝灰岩。 4. 弧面石英晶屑, 具玻璃质包体; 部分碎屑有绿泥石镶边。正交偏光, $d=1.2\text{mm}$, 白庄矿凝灰岩。 5. 陆源碎屑与火山碎屑混积, 视域中心一条绿泥石具梳状结构。正交偏光, $d=1.2\text{mm}$, 新汶沉凝灰岩。 6. 凝灰质砂岩全貌, 岩石具压结定向构。单偏光, $d=1.5\text{mm}$, 新汶凝灰质砂岩。 7. 石屑与填隙物成分相同; 中间角闪石晶屑已裂开, 边缘暗化。单偏光, $d=1.5\text{mm}$, 济宁塘口凝灰岩。 8. 黑云母晶屑新鲜, 具解理弯曲, 颗粒边缘见绿泥石镶边。单偏光, $d=1.2\text{mm}$ 济宁塘口凝灰岩。