

松辽盆地东部火山事件的地质意义

程日辉 刘招君 王璞君

(长春地质学院能源系, 长春 130026)

摘要 松辽盆地东部晚侏罗世—早白垩世间火山活动频繁, 火山物质在盆地充填中占相当比例, 总体上与正常沉积岩一起构成三套火山—沉积(含煤)旋回。松辽盆地东部火山岩根据赋存状态可分为: 作为旋回早期主体充填物质——火山岩段; 作为旋回晚期沉积充填物质的夹层——火山岩夹层。对于火山岩段所代表的火山事件的分析得出对松辽盆地断陷期拉张构造背景的认识; 而对火山岩夹层的研究使火山事件对盆地冲填过程的影响与控制的认知详细化, 很好地解释了本区湖前的大规模聚煤作用。

关键词 火山事件, 地球动力学, 盆地, 聚煤作用。

中图法分类号 P317.3, P618.11

第一作者简介 程日辉, 男, 讲师, 1964年生, 1986年毕业于武汉地质学院, 获学士学位, 现从事煤地质学、沉积地质学的教学和研究。

0 引言

事件地层学在确定地质界线、地层对比、盆地分析、区域找矿、重建构造与古地理、研究生物演化和地球历史等方面显示出巨大潜力^[1]。火山事件与其他地质事件构成了事件地层学基础, 把处于长期缓慢演变的地层“正常”状态打断, 以此为转机, 有机界和无机界走上新的发展阶段, 使地质历史及地层形成过程显示出阶段性^[2]。火山事件在地层中留下深刻印迹, 因此为高分辨的事件地层学和层序地层学所关注。Kauffman(据文献[3])对美国西部白垩纪盆地中1300层火山灰研究表明火山事件可以作为精确划分盆地充填的有利工具。

松辽盆地东部火山岩在盆地充填物质中比例很高, 因此盆地研究中火山事件分析不仅有助于对盆地形成的地球动力学机制、充填演化、层序等有深入系统的认识, 而且有益于丰富聚煤作用理论。

1 火山岩特征

松辽盆地东部(图1)在晚侏罗世—早白垩世

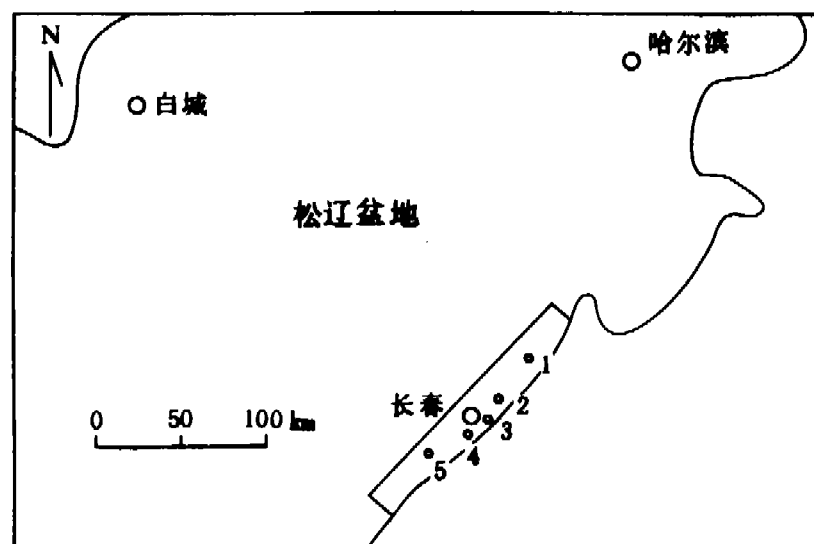


图1 研究区位置

Fig. 1 The location of the research area

1. 九台—营城盆地; 2. 羊草沟盆地; 3. 石碑岭盆地; 4. 新立城盆地; 5. 刘房子盆地

(断陷期)发育一系列走向NE和NNE的断陷盆地。盆地充填物质构成了三套火山—沉积旋回: 火石岭旋回(J_3hs)、沙河子旋回(J_3sh)和营城旋回(K_1y)(图2)。一般在旋回下部或底部为火山岩段。火石岭旋回火山岩段以中基性火山岩为主, 夹沉积岩层。据谢景龙报道, 火石岭旋回的K—Ar同位素年龄值为144~160 Ma。沙河子旋回火山岩以中酸性火山凝灰岩为主, 其K—Ar同位素年龄值为130

表 1 吉林省九台市六台乡剖面营城组 (K₁y) 火山岩化学成分特征

Table 1 Bulk chemical compositions of volcanic rocks of Yingcheng Formation (120 Ma) outcropped near Liutai Village of Jiutai County, Jilin Province

岩石类型	w _{ii} /%				
	碱性系列	亚碱性钙碱性岩系列	亚碱性拉斑玄武岩系列	亚碱性拉斑玄武岩系列	碱性系列
样品	SC72-1	SC70-2	SC74-1	SC-3	SC73-1
SiO ₂	51.65	71.56	64.46	81.86	54.13
FeO	0.04	0.36	0.09	0.41	2.31
Fe ₂ O ₃	3.30	2.06	9.75	0.97	6.40
Al ₂ O ₃	21.00	14.31	13.00	9.17	17.01
CaO	4.64	2.12	2.63	0.03	6.66
MgO	1.50	0.28	0.68	0.20	1.98
TiO ₂	1.90	0.75	1.63	0.10	1.90
Na ₂ O	3.75	3.38	2.75	2.58	4.45
K ₂ O	1.65	3.20	1.40	3.73	1.50
MnO	0.35	0.06	0.13	0.04	0.11
P ₂ O ₅	0.01	0.05	0.16	0.03	0.10
灼减量	7.21	1.32	3.52	0.75	2.89

注: 样品采集和加工由王璞君、杜小弟完成; 分析测试在吉林省地矿局实验中心完成, 测试样品选择是在薄片鉴定和岩石类型统计基础上进行的。

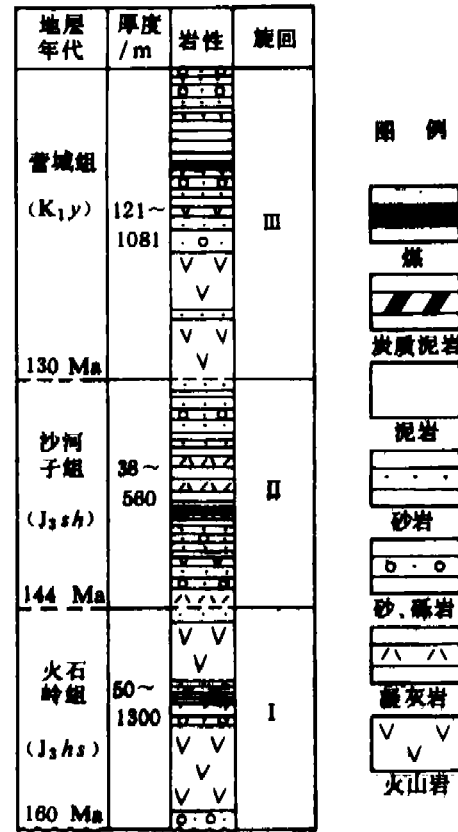


图 2 松辽盆地东部地层旋回岩性柱状图

Fig. 2 The column of strata cycles and rocks in the eastern parts of the Songliao basin

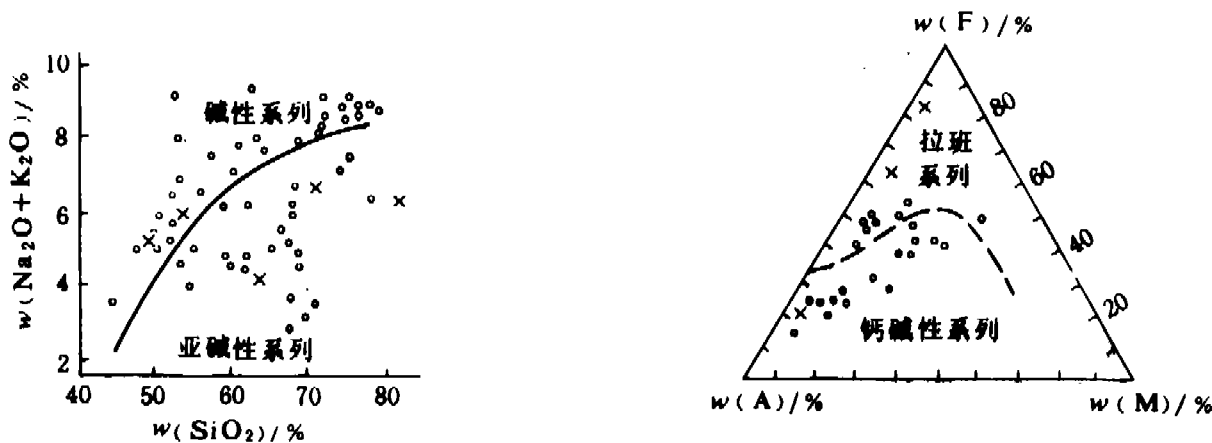


图 3 松辽盆地晚侏罗世—早白垩世火山岩 $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - w(\text{SiO}_2)$ 图解和 AFM 图解
Fig. 3 The $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - w(\text{SiO}_2)$ diagram and the AFM diagram of the J₃ - K₁ volcanic rocks in the Songliao basin

图中 x 为吉林省九台市六台乡剖面营城组火山岩样品数据投点; 黑点为陈发景等^①松辽盆地晚侏罗世—早白垩世火山岩样品数据投点。A 为 K₂O + Na₂O; M 为 MgO; F 为 FeO + Fe₂O₃

~144 Ma. 营城旋回火山岩由中基性火山岩段和酸性火山岩段构成, 火山岩段间发育沉积岩夹层, 其 K - Ar 同位素年龄值为 116 ~ 130 Ma. 据笔者对吉林省九台市六台乡剖面的 5 个精选火山岩样品分析 (表 1), 松辽东部火山岩地球化学特征表现为化学成分变化范围宽, $w(\text{SiO}_2)$ 在 51.65% ~ 81.86% 之间, $w(\text{K}_2\text{O})$ 在 1.4% ~ 3.73% 之间. 在 $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - w(\text{SiO}_2)$ 图和 AFM 图 (图 3) 上显示, 营

钙碱性岩) 系列. 此结果与陈发景等^①所选择的全盆地晚侏罗世—早白垩世间三个旋回 74 个火山岩全岩分析结果一致, 其火山岩类型主要为碱性和拉斑玄武岩系列, 其次为钙碱系列. 在各旋回火山岩段之上的沉积岩段中发育着若干火山岩夹层, 其厚度薄, 但分布稳定, 岩性以凝灰岩为主.

松辽东部火山岩有两种赋存状态: 作为旋回早期主体充填物质——火山岩段和作为旋回晚期沉积

充填物质的夹层——火山岩夹层。前者作用时间长且强烈,而后者作用时间短且较弱,因此这两种情况的火山事件在盆地形成、充填演化等过程中的作用在规模和程度上是不同的。

晚侏罗世—早白垩世火山事件不仅发生在松辽盆地东部,也发生在西部。火山岩分布与NE向断裂构造以及此间形成的断陷盆地一致。从火山作用强度上看松辽盆地东、西部强,中部弱。这与松辽盆地两侧的深大断裂相关^[4]。松辽盆地西侧大兴安岭区此间也发育三套火山旋回^[5],具可比性。

2 火山事件是盆地形成及演化动力学机制的反映

火山岩石系列是确定构造环境的重要标志。一般认为,碱性系列和拉斑玄武岩系列是大洋隆或板内大陆裂谷系产物,而钙碱性系列形成于板缘削减带或板内大陆碰撞带;因此松辽盆地晚侏罗—早白垩世间火山岩构造环境为大陆裂谷系拉张环境。然而根据钙碱性系列所判别的构造环境显然与上述有差别。据 Wernicke 等^[6]报道,在北美西海岸存在大量伸展走滑形成的钙碱性火山岩实例。Arculus^[7]认为西海岸旧金山地区钙碱性火山岩属于走滑作用产物。松辽盆地钙碱性火山岩可能属于此类。

Petro 等^[8]提出用岩石地球化学特征,即钙碱指数来判别挤压环境(60~64)和拉张环境(50~56)。松辽盆地东部火山岩根据六台样品所得的钙碱指数为53,全盆地根据陈发景等的74个样品所得的钙碱指数为52~56,显示火山岩的构造背景为拉张环境。但亦有人对钙碱指数判别提出质疑,认为构造环境只为岩浆的发生提供了源区的物质条件,而源区的物质条件并不是某一构造环境所独有的^[9]。然而钙碱指数毕竟为构造背景的认识提供了线索。

区域上深部构造研究结果表明:松辽盆地之下岩石圈厚度与赤峰—开源断裂以南辽西地区相比至少减薄25 km^②,这意味着深部作用过程——地幔物质上涌、岩石圈伸展、地壳变薄和沉降的发生。“简单剪切+纯剪”模式^[10]很好地解释了这一深部作用。岩石圈伸展是地幔物质上涌的诱发机制,而这一伸展作用是与滨太平洋构造域板块的运动方式相联。

Marryama 等^[11]的研究成果表明,在180~135 Ma 滨太平洋构造域法拉隆板块存在于日本岛弧附近,并相对欧亚板块(35°N,135°E 地点)以10.7~5.3 cm/a 的速度向NE方向运移,称为横推运动阶段。他认为当时亚洲与法拉隆板块边缘可能是一转换断层。横推运动使松辽盆地及其邻区断层重新活动,伸展作用发生。地幔熔融体的底劈上升又使岩石圈进一步伸展。强烈的伸展作用伴随大规模岩浆活动,沿断裂带形成火石岭旋回和沙河子旋回下部火山岩。135 Ma(营城期开始)依泽奈崎板块突然加速,以30 cm/a 的速度向NNW方向移动,高速斜向俯冲使伸展叠加走滑。NE, NNE 向的伸展断层变成具有左行走滑性质,同时火山喷发形成营城旋回下部火山岩。走滑作用带有挤压性质,使断陷盆地停止发育。

由此看出,火山事件是盆地形成及演化动力学机制的反映,但区域背景和深部过程分析在盆地动力学研究中是必不可少的。

3 火山事件对盆地充填过程的影响与控制

松辽东部的三个火山—沉积旋回代表了断陷盆地三次伸展作用,其中火石岭、营城旋回规模较大,且后者又叠加了走滑因素。大规模火山喷发,盆地雏形形成和火山物质充填是伸展裂陷的第一阶段,随后盆地扩张和沉积充填是伸展裂陷的第二阶段,该阶段的火山事件规模较小。从盆地充填序列上看,火山岩段和火山岩夹层占据了盆地演化不同位置。应该说明的是并非东缘所有盆地均发育有完整的三个火山—沉积旋回。向松辽盆地内部三个旋回发育较全,但火山岩与沉积岩的比例却减少。

作用强、规模大、持续久的火山事件发育在伸展裂陷早期。随盆地扩张,火山物质成为此阶段充填物主体。由于火山活动的阶段性,在火山岩段中出现沉积岩夹层,其垂向序列表现为由砂岩、砂砾岩过渡为泥岩和薄煤层。其沉积作用特点显示出构造条件趋于相对稳定,冲积体系演变为沼泽体系。

沉积岩层中的火山事件发生在伸展裂陷第二阶段,表现为火山岩夹层,以凝灰岩为主。石碑岭盆地含煤沉积序列中的火山—沉积事件(营城旋回)显示出独特的地质意义。该沉积岩段分为三个亚段:下部粗碎屑岩亚段、含煤亚段和上部粗碎屑岩亚段。在全

煤亚段底部发育一层厚 5~10 m 的凝灰岩层,盆地内普遍发育,凝灰岩层之上为最具工业价值的 7 煤层和 6 煤层,其作为 7 煤层的根土岩,相比含煤亚段的 5、4、3 煤层的含煤性差,与泥岩相变。该沉积体系在时间演化上表现为冲积扇、河流(下段)-沼泽体系(含煤段)-河流、冲积扇体系(上段)。聚煤作用发生在盆地沉积演化中期,而重要聚煤作用(7 煤、6 煤)发育在成煤早期。这一现象与典型断陷盆地主要聚煤期不一致。李思田^[12]认为在断陷盆地最大湖泛后的全面淤浅期是聚煤作用发生最有利阶段,往往形成巨厚的工业煤层,而在石碑岭盆地演化过程中没有出现大湖期,由广泛的沼泽期所代替。大规模的聚煤作用是这一沼泽期的开始阶段,引起此现象的原因是 7 煤层之下的凝灰岩所代表的火山事件,深部物质上升使伸展裂陷作用加强,盆地扩张加速,前期的冲积扇和河流体系迅速转化为湖泊体系,同时因火山喷发出的大量火山物质充填于盆地,致使湖盆淤浅形成沼泽体系,凝灰岩作为火山-沉积事件的产物既代表湖侵层又代表湖泊淤浅层,火山事件及火山物质充填为聚煤平台的形成提供了条件,凝灰物质成为有利于植物生长的土壤。

这一火山事件在相邻的羊草沟盆地亦有明显反映,以该盆地营城旋回沉积段(包括下部粗碎屑亚段、含煤亚段、湖相细碎屑亚段和上部粗碎屑亚段)的含煤亚段底部的玄武岩和凝灰岩层为代表。该火山事件使盆地整体湖侵中出现湖退,全区沼泽化,发生大规模聚煤作用,形成工业煤层(图 4)。但其在含煤亚段之上发育湖相段,可用盆地大小和差异沉降来解释。

因火山事件影响,东缘各盆地的主要聚煤作用除刘房子盆地外均发育在大湖前阶段,即为盆地扩张状态下的产物,火山事件对聚煤作用影响与控制表现在对沉积体系演化、聚煤环境的形成、气候变化的影响控制,同样火山事件亦对聚煤具有破坏作用,火石岭旋回的火山岩夹层中的煤层就是破坏的实例,原因在于构造环境的不稳定性。

火山事件对盆地演化的影响也反映到层序地层上,火山事件引入层序地层分析,作用之一是弥补陆相断陷盆地由于相变快而造成的等时界面划分对比困难,石碑岭盆地含煤亚段底部的凝灰岩层是该盆地的对比标志层,其顶界可作为湖侵体系域和高水位体系域界面,而煤层则具有凝缩层的性质,但是并

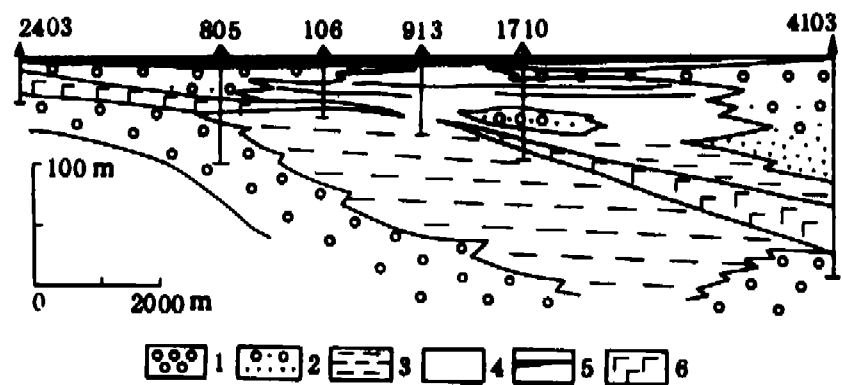


图 4. 羊草沟盆地营城组含煤段下部沉积相剖面图

Fig. 4 The sedimentary facies section of the lower parts of the coal-bearing member, Yingcheng Formation, in Yangcaogou basin

1. 冲积扇; 2. 扇三角洲; 3. 湖泊; 4. 沼泽; 5. 泥炭沼泽; 6. 火山岩

和刘房子盆地湖相泥岩段中发育多层凝灰岩层,不是体系域的分界,但同样起到精细对比作用。Kauffman^[3]的火山灰层研究亦属如此。

松辽盆地东部的三个火山-沉积旋回可划分为相应的三个层序,构成了断陷期的一个构造层序,火山岩段和下粗碎屑亚段构成低水位体系域,含煤亚段构成湖侵体系域,湖相亚段构成高水位体系域,上粗碎屑亚段构成湖退体系域,因层序中火山事件的影响,改变或局部改变了体系域的组成特点,石碑岭盆地的湖侵体系域仅表现为一凝灰岩层,其上的沼泽体系为高水位体系域,在羊草沟盆地湖侵体系域中出现湖退沉积组合,进积型扇三角洲体系和沼泽体系发育,由于大湖期的出现,总体仍呈湖侵特征。

4 结语

松辽盆地断陷期火山事件是这一时期地球动力学背景及构造运动的产物,对断陷盆地形成、充填、演化起到明显的影响和控制作用,火山事件的特点显示出这一影响和控制不仅使盆地演化具有复杂性,而且使聚煤规律具有特殊性,对盆地中火山事件的研究与讨论可以更好地分析盆地形成及演化动力学机制和提高盆地研究精度。

参 考 文 献

- 1 Cowie J W. Stratigraphy and international commission. Episodes, 1985, 2(8): 86
- 2 吴瑞堂. 事件地层学原理及应用. 见: 吴瑞堂, 张守信等编. 现代地层学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989. 130

- 3 李思田. 论沉积盆地分析领域的追踪与创新. 沉积学报, 1992, 3(10): 10~14
- 4 王东坡, 刘招君, 刘立. 松辽盆地演化和海平面升降. 北京: 地质出版社, 1994. 50~54
- 5 孙德有, 许文良, 林强. 大兴安岭中生代火山岩系列及形成环境. 见: M-SGT 地质课题组编. 中国满州里-绥芬河地学断面域内岩石圈结构及其演化的地质研究. 北京: 地震出版社, 1994. 115~122
- 6 Wernicke B P. Tectono magmatic evolution of Cenozoic extension in the North Cordilera. In: Coward M P, et al, eds. Continental extensional tectonics. Geological Special Publication, 1987, (28): 203~221
- 7 Arculus R J. The significance of source versus process in the tectonic controls of magma genesis. J Volcano Geotherm Res, 1987, (32): 1~12
- 8 Petro W L, Vogel T A. Major - element chemistry of plutonic rock suites from compressional and extensional plate boundaries. Chemical Geology, 1979, (26): 217~235
- 9 林强, 吴福元, 葛文春等. 岩隆起源的新思维. 见: 欧阳自远主编. 中国矿物学、岩石学地球化学研究新进展. 兰州: 兰州大学出版社, 1994. 89~91
- 10 Lister G S, Etheridge M A, Symonds P A. Detachment models for the formation of passive continental margins. Tectonics, 1991, 5(10): 1038~1064
- 11 Marryama S, Seno T. Orogeny and relative plate motions: example of the Japanese Islands. Tectonophysics, 1986, (127): 305~329
- 12 李思田. 断陷盆地分析与煤聚积规律. 北京: 地质出版社, 1988. 218~222

GEOLOGICAL SIGNIFICANCE OF VOLCANIC EVENTS IN THE EASTERN PART OF SONGLIAO BASIN

Cheng Rihui Liu Zhaojun Wang Pujun

(Department of Energy Geology, Changchun University of Earth Sciences, Changchun 130026)

Abstract Being the main parts in the basin's filling, volcanic materials formed three volcanic-sedimentary cycles with sedimentary deposits during $J_3 - K_1$, when volcanism was active. The geological significance of volcanic events not only reflected the background of geodynamics, but also affected basin's filling and evolution, sequence and coal accumulation. The volcanic rocks in the eastern part of Songliao Basin can be classified into two types according to their positions in strata: the volcanic rock member—the main filling materials of early stage of a cycle; the volcanic layer—occurring between the sedimentary beds. The analyses of the volcanic members led to the knowledge about the extensional tectonic background of Songliao basin at the stage of rifting. The studies of volcanic layers detailed the basin's filling processes influenced or controlled by the volcanic events, and also suggested major coal accumulation occurring before maximum lake flooding in this area.

Key words volcanic event, geodynamics, basin, coal accumulation.