

东北大陆裂谷与中新世火山岩的时空分布及煤、烃的构造成因关系

王 东 方

(沈阳地质矿产研究所)

人们一般认为火山喷发与水成的煤及有机成因的烃没有什么内在联系。笔者根据所获的地质资料分析认为,东北地区中新世多旋回的火山喷发与多期的聚煤、聚烃作用是纵贯本区的古裂谷形成作用中的各个环节,它们在时空分布和成因上有着密切的联系,明显地受地球动力学机制制约。聚烃前的聚煤史无论在构造演化或物质转化上都对大型陆相油气田的形成有重要意义。

东北中新世火山岩分布十分广泛,覆盖了广大地域,它们是中国东部火山岩带的重要组成部分。火山喷发具明显的旋回性,在我们进行了辽西、吉林九台、抚顺等地火山岩的研

东北区中生代火山岩与煤系地层表1

时代 (百万年)	地区	松 辽 西 侧 煤 区							松 辽 东 侧 煤 区									
		伊勒呼里山	兴安岭	海拉尔	万红一霍林河	林西一天山	北票一赤峰	阜新一义县	松辽	平岗一沈阳	蛟河	桦甸一蛟河	柳河	本溪一桓仁	延边	鹤岗	鸡西	
下白垩系	K ₁ K ₂ 120	伊敏组			霍林河组	阜新组		营城子组	长安组	乌林组	五道沟组	享通山组	震耳库组	长财组	石头庙子组	穆稜组		
		大磨拐河组				九佛堂组		沙河子组		奶子山组		下桦皮甸子组	梨树沟组	西山坪组	城子河组	石头河子组		
		甘河组		兴安岭群	甘河组	白音高老组 马尼吐组	大义县组	火石岭组	安民组 久大组	苏密沟组	包大柞组	小岭组	上屯田营组	三道岭组	下屯田营组	滴道组		
		九峰山组			宝石组	付家洼子组上段		额博组					小东沟组					
侏罗系	J ₃ J ₂ 140	额木尔河群		颜家沟组	付家洼子组下段	新民组	土城子组	巨宝组	太阳岭组	陈家屯组	三个岭组 大堡组	长梁子组	下屯田营组	三道岭组	下屯田营组	滴道组		
		龙江组		巨宝组			海房沟组	万宝组	板石顶子组								白水滩组	
		J ₁ 170	查伊河组		红旗组	塔他营子组	北票组	兴隆沟组	交流河组	板石顶子组	白水滩组	长梁子组	下屯田营组	三道岭组	下屯田营组	滴道组		
壮志组			火山岩组	兴安岭群	额博组	额博组	额博组	额博组	额博组	额博组	额博组	额博组	额博组	额博组	额博组			
下伏地层		P ₂	S	P-T	P-T	P-T	P-T	C-P	C-P	C-P	C-P	P ₂	T ₂	T ₃	S	P ₂		

注: ▲火山岩系 ■煤系和煤系

究和较系统的同位素地质研究之后, 这些旋回的时空概念便逐渐形成。

本区在三叠纪的中晚期(印支期)发生了构造上的隆起, 仅在一些山间盆地出现了一些山麓类磨拉石堆积和碱性偏碱性的花岗岩侵入。火山喷发和沉积建造的交替形成是从早侏罗世开始的, 因为刚刚开始, 未遍及全区。以辽西最为典型, 南票—北票一带兴隆沟组火山岩(Rb-Sr年龄198百万年, K-Ar等时年龄 191 ± 6 百万年)表现为局部线型火山喷发, 以安山-玄武岩为主。到中晚侏罗世, 北票附近的蓝旗组(K-Ar等时年龄159百万年)以安山质集块岩为主。第三个火山-沉积旋回相当于辽西义县组、大兴安岭的兴安岭群、吉林九台一带的火石岭组(表1)等。近些年来许多地质工作者(郝诒纯等, 1982), 已将其上的含化石沉积地层归属于早白垩世^[1]。根据生物材料及我们所测年龄数据和古地磁资料, 笔者也认为其相当于北方热河群和南方建德群的地层(包括火山岩), 均应归属早白垩世^[2](表1)。义县

组火山岩。Rb-Sr等时年龄142.5百万年, 相当于本期的火山活动, 以其强度和广度远远超过前两个旋回的火山喷发(图1)。它们反而以中性火山岩为主的特点而出现了类似于裂谷型双峰式火山喷发, 即以玄武岩类和英安岩类的分异为主。它标志着构造发展的新阶段。此后之构造发展, 刘训等^[3]、赵文峰^[4]和笔者^[5]将其定为裂谷构造。笔者对侏罗—白垩系火山岩 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值(0.705—0.706)的测定、玄武岩REE(稀土元素)分布型式的测定都表明, 它们具裂谷构造特征。早白垩世末, 在煤系地层之上出现了较弱的第四纪火山-沉积旋回(95—100百万年)。进入新生代, 一开始是渤海—抚顺一带以下辽河为代表的玄武岩喷发, 其特点是单一的裂隙玄武岩和溢流玄武岩, 其K-Ar等时年龄为66.2百万年(笔者, 1982)。随后又是煤系的出现和油气的聚集。新第三纪时又出现了第六个火山-沉积旋回, 火山岩以碱性玄武岩喷发为主。可见由200—20百万年间主要有六个火山-沉积旋回(图1)。

火山岩带主要受断裂构造控制, 主要的深断裂带是兴安岭—太行山—武陵山深断裂(任纪舜1980)和郯庐断裂。这两个断裂带行经的区域, 在前中生代(元古代)就是一个构造软弱带(方仲景, 1980), 中新代以来重新活化, 表现为以拉张为主,

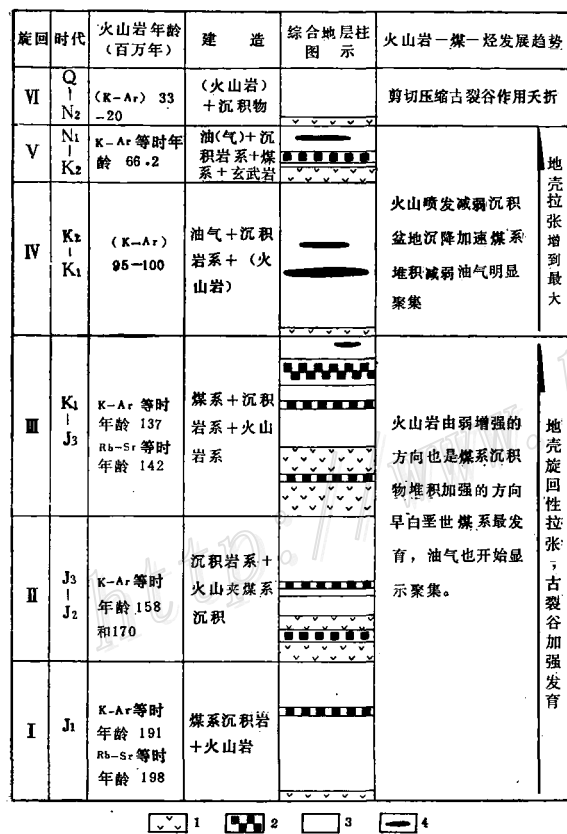


图1 东北区大陆裂谷中新代火山岩与煤、烃的旋回性发展趋势

1—火山岩; 2—煤系; 3—沉积岩系; 4—油气聚集
Fig.1. The tendency of cyclic development of Mesozoic-Cenozoic volcanic rocks, coal and hydrocarbon in view of continental rifting in Northeast China.

1—volcanic rock; 2—coal; 3—sedimentary sequence; 4—accumulation of oil and gas.

间以挤压的复合构造特点。在新生代后期出现总体剪切挤压的趋势。燕辽地块正是由上述两大断裂带与华北北侧台缘断裂带联合交切而形成的菱形地块。火山岩沿主构造断裂带和次级断裂形成火山岩脊。由于以拉张为主的断壳活动在142—137百万年以后达到较大规模,基底断裂呈张性倾斜滑动,地层表部发生塌陷。在松辽以西形成阜新、北票、宁城等规模不等的堑沟构造,在松辽以东形成舒兰、敦化等堑沟系列。

每一火山喷发旋回都代表一次明显的地壳运动,而晚侏罗世末—早白垩世的火山喷发也是环太平洋带火山喷发的主期。

二

更主要的是每个火山喷发旋回都标志着一地壳扩张,正断层性质的断陷盆地发育于两个火山岩脊之间,蚀源区的火山物质和前中生代的陆屑不断堆积于盆地之中。每个火山喷发旋回之后沉积堆积随之发生。当盆地的沉降为沉积物的补偿平衡之后,出现正常的河湖相沉积。由于地壳的引张是多期的,类磨拉石—正常堆积的沉积旋回也是多期的(图1)。火山岩的放射性计时表明,上述六次大的火山—沉积旋回间隔时间为40百万年(J_1-J_{2-3})、20百万年($J_{2-3}-K_1$)、40百万年(K_1-K_2)、30百万年(K_2-E_1)和40百万年(E_1-N_1)重复发生的,即间隔时间 30 ± 10 百万年,相当于一次壳下热积累和释放的周期。因此,研究区内地壳的扩张不是持续发生的, 30 ± 10 百万年既是地壳扩张的周期也是不同时代断陷盆地(继承性)发展的周期,直到裂谷盆地的形成。陆内裂谷最终常以夭折而告终的原因在于裂谷两侧的陆壳由于浮力不可能消减于洋壳之下,被拉张的刚性陆壳在受挤压达到一定程度时会发生回弹,若扩张是周期性的,则回弹也是周期性的,只是比较弱罢了(新第三纪时显著增强)。例如辽西地层柱的顶部孙家湾组中,砾石被压扁,沿盆地边界煤层被剪切而糜棱岩化。E. E. 米拉诺夫斯基(Милановский, 1981)指出:陆内裂谷系都曾发生过挤压和拉张的交替^[13]。这方面的规律在辽西很明显,但在其他地区对较弱的周期反映得不够明显。断陷盆地具有继承性,即新的沉积旋回叠加在老旋回之上,除非盆地为后期火山物质所占据。断陷盆地自然总是处于相对负地形。一个特殊的有利条件是,中生代时全球的气候都比较温热,热带和亚热带都比现在宽得多,年平均气温比现在高约 10°C (徐仁, 1974)。笔者等在测定早白垩世底界和早第三纪底界年龄的同时也测得其古地磁极座标,前者为 65°N , 148.9°E , 古纬度为 60°N 。后者磁极座标为 150°E , 古纬度为 44.7°N , 古纬度为 32°N (王东方, 1982)。证明东北大陆绝大部分地区都处于当时的温热气候带之中^[7], 因此植被繁盛,银杏和松柏植物茂密。正如我们在辽西长皋义县组火山岩中看到,原始云杉型木属(*Protopiceoxylon* sp.)树根为熔岩所吞围,在原地形成直立的高达2米硅化木。

在同一个大的断陷盆地中,由于后一个火山—沉积旋回覆盖了前一个火山—沉积旋回,原来的植被被深埋加热而成煤系。图1表明煤建造旋回和火山—沉积旋回相同,周期性地组合发生,形成了东北地区中生代独特构造背景下的火山岩—沉积岩—煤系的多旋回结构。笔者认为火山岩与煤系(火成与水成)之间的典型时空组合关系,同样揭示了本区中生代地质进程中裂谷作用的构造发展实质。

但是壳下热积累和释放的程度绝不是等同的,因而地壳的拉张以及由此而引起的火山喷

发强度,断陷盆地沉积的幅度,沉积物沉积的速度也绝非等同。如前所述,早白垩世地壳拉张达到较大规模,火山喷发却达到最大规模,该时期的断陷盆地具一定规模(图3)。辽宁地区沈阳以西很典型,按地壳厚度和海拔相对高度,这种拉张作用形成明显的三个阶梯,即兴安岭山脉(地壳厚度40公里)—辽西地块(地壳厚度35—36公里)—下辽河裂谷盆地(地壳厚度30—32公里)(图2)。它们正是在早白垩世开始形成的。这一时期的火山喷发占全区各旋回火山喷发总体积的60%,煤的地质储量可占70%,煤层发育于火山夹层之间以及火山喷发之后,构成东北地区的主要成煤期。例如辽西阜新盆地、吉林九台煤盆地,黑龙江东部的城子河、穆稜盆地以及大兴安岭地区产于大磨拐组 and 伊敏组的煤盆地(表1)等。火山岩与煤系组合发育程度的这种正比函数关系表明,它们共同受裂谷发育程度的制约。煤形成于裂谷作用的断陷盆地阶段(图3)。

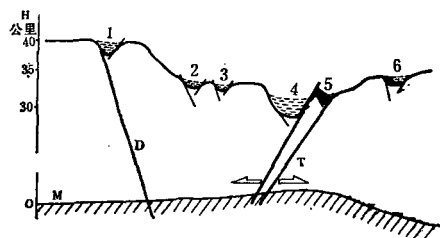


图2 辽西一下辽河的断陷盆地和裂谷盆地系

1—宁城地堑, 2—北票地堑, 3—阜新地堑, 4—下辽河裂谷, 5—伊兰—伊通地堑, 6—抚顺—敦化地堑, D—大兴安岭—太行山—武陵山(嫩江—八里罕)深断裂, M—莫霍面, T—郯庐深断裂, H—地壳厚度

Fig.2. Fault-bounded basins and rift series in western Liaoning—Xialiaohe area.

1—Ningcheng graben; 2—Beipiao graben; 3—Fuxin graben; 4—Xialiaohe rift; 5—Yilan-Yitong graben; 6—Fushun-Dunhua graben. D—Daxinganling-Taihangshan-Wulingshan (Nenjiang-Balihan) deep-seated fault; M—Moho; T—Tancheng-Lujiang deep-seated fault; H—thickness of Earth's crust.

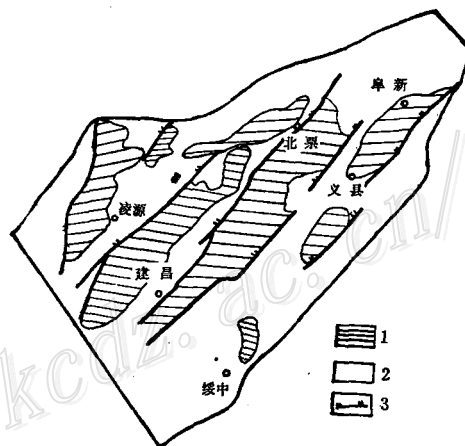


图3 辽西中生代火山岩与含煤系断陷盆地的分布特征

1—火山-沉积盆地, 2—火山脊和部分前寒武纪地层, 3—断裂

Fig.3. Distribution feature of Mesozoic volcanic rocks in western Liaoning.

1—volcano-sedimentary basins; 2—volcanic ridge and part of pre-Cambrian strata; 3—fault.

地壳拉张量最大的时期还在早白垩世末到第三纪^{[3][5]}。100 百万年之后开始出现了松辽盆地初期的断陷作用。在断陷盆地形成之前,松辽盆地的现在位置可能是一个相对正地形隆起区,但是其间,特别是靠近其西侧和北侧同样存在晚侏罗世末—早白垩世的火山-沉积煤系的断陷盆地,这已为石油勘探深钻所证明(图4)。登楼库组在松辽盆地大幅度沉降时是最早的沉积堆积。开始时两侧山地上升,断陷盆地的沉降速度较快,大型煤盆地的形成已成为不可能(图4)。泉头组沉积之前断陷较深的部位已接受了2000米以上的沉积堆积,嗣后,盆地继续下拗,最大沉积厚度可达7500—8000米。泉头组与嫩江组之间是地壳运动相对稳定阶段,代替煤的形成而出现良好的油气生成、储集和盖层构造。工业性油气藏主要集中于这一时期。由此我们看到火山喷发与煤系建造的组合,裂谷盆地的发育与烃的生、储、盖组合的出

现, 共同地、分阶段地反映了大地构造发展趋向。

从时空分布上看, 煤系总是在火山喷发之后出现于中小型断陷盆地之内, 早白垩世后, 火山喷发急骤减弱, 裂谷盆地形成、烃的聚集则发生在大型裂谷盆地之中。裂谷盆地形成的时间不同, 煤和烃的形成时间亦与之相适应。松辽盆地形成于早白垩世末到第三纪 (95—30 百万年), 而下辽河裂谷盆地则形成于早第三纪古新世玄武岩喷发和煤盆地形成之后^[8], 烃的生聚发生在煤形成之后的规律依然成立。于是火山喷发→聚煤作用→聚烃作用这个顺序是极为规律的。

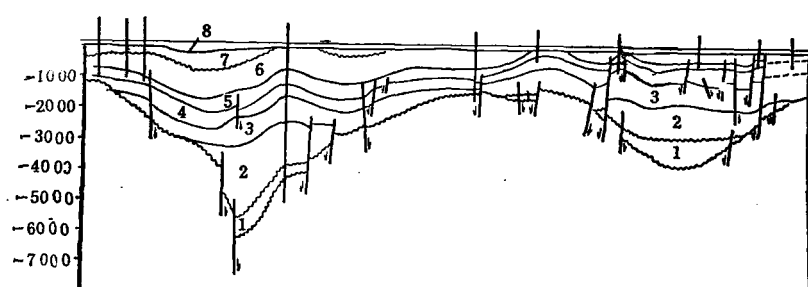


图4 松辽断陷—古裂谷盆地

(据大庆石油研究院)

1—晚侏罗世末—早白垩世的煤系盆地及火山岩; 2—登楼库组 (K₁末); 3—泉头组二段 (K₁末); 4—泉头组三、四段 (K₂); 5—青山口组 (K₂); 6—嫩江组+姚家组 (K₂); 7—下第三系; 8—上第三系—第四系

Fig.4. Diagrammatic geologic section showing the Songliao paleorift basin.

1—Late Jurassic-Early Cretaceous coal series basin and volcanic rocks; 2—Denglouku Formation (late K₁); 3—second member of Quantou Formation (late K₁); 4—third and fourth members of Quantou Formation; 5—Qingshankou Formation (K₂); 6—Nenjiang and Yaojia Formation (K₂); 7—Eocene; 8—Neogene-Quaternary.

同一条大的裂谷带裂谷盆地的发育有早有晚。张文佑 (1980) 在论述地堑的形成机制一文中指出: 地堑的形成取决于断裂的发展, 但大多数断裂带常表现出一段为拉张, 一段为剪切, 两者之间又可以转换^[9]。东北陆内裂谷盆地发育的时间差可能正是这种分段转换的结果。

三

在松辽盆地出现之前的早白垩世煤盆地广泛分布于东北区各地, 在裂谷盆地形成的过程中也同时形成了一个包含丰富煤层的近于环形的剥蚀区, 成为古裂谷盆地的充填物的补给源。松辽盆地登楼库组有丰富的煤屑和火山岩屑就是证明。它们在盆地沉降的稳定时期经搬运而成煤粉。它们由于比重轻、颗粒细在湖相沉积中漂浮分选沉淀。在松辽盆地中, 从泉头组、青山口组到嫩江组分别形成过相当厚的黑色泥质岩, 这显然也与剥蚀来的煤粉泥有密切关系。它们增加了生成烃的母质, 也与生物 (如介形虫等) 的繁盛有密切关系。它们经氢化、沥青化转化成烃类, 在有利的生、储、盖组合条件下保存下来。

四

中新世油气聚集的最深刻的内在原因是在海西运动同时或以后的地球热量与能量平衡的重大改变^[12]。随着海西运动的高地热体制的调节,在构造体制上的重要反应之一是一些塌陷盆地的形成^[11]。朱夏指出,地幔垫的冷却引起后期的沉降,从而造成中新世演化的断陷—拗陷转化机制^[16]。东北大陆裂谷带的热体制演化是复杂的,侏罗—白垩系火山岩属造山期后火山岩。后者分布相当宽,西起大兴安岭。东到兴凯—长白,但第三系玄武岩都明显收敛于郯庐断裂的几个分支上。第四纪玄武岩则十分零星。从火山岩分布面积随时间的大幅度收缩可看到地热能量虽有多旋回的积累和释放(表现为前述火山岩的旋回性喷发),但总的趋势是衰减。规模最大的火山喷发发生在晚侏罗末—早白垩世,最大规模的塌陷则在晚白垩世发生。渤海—辽河70—65百万年的玄武岩喷发之后,随着发育的正是这两个地区的塌陷。从渤海—辽河测得的地温梯度来看,古生代地层可达86℃/100米,中生代为9.25℃/100米,下第三系四个测量数据的平均值为3.1℃/100米(未进行浅川忠公式校正,否则还会大大提高), (承娟英, 1983)。因而从海西经燕山期到喜山期,也有一个热能递减的趋势。虽然海西高热体制结束后的热能是递减的,但东北大陆裂谷系在中新生代形成过程的总过程中,仍处于高热状态,直到现在,渤海—辽河热流值仍可达2.36 HFU。高热流值使拉张盆地(extension rift)的含煤层发生再煤化作用,它是高含甲烷煤成气最关键的因素^[10] (蔡乾忠, 1983)。盆地形成时的环形富煤剥蚀区所提供的大量有机炭,在盆地中丰富了生油的黑色泥岩,在高温作用下提高了地层沉积物的成熟度,有利于油气的形成。近来,油气探测井也进一步证实,油田的地热流、放射性和含汞量都很高,再往地壳深层窥视发现,油气田都有一个地幔柱,有一个热动力中心和复式火山穹窿的地质构造背景^①。

总之,辽松盆地和下辽河盆地油气的聚成是由多种因素造成的,其中古裂谷作用的大地构造环境,高的热流体制是导致聚煤和聚油气的先决条件;油气藏形成前相当发育的煤层形成史是油气聚生的前导条件;古裂谷盆地形成过程中近于环形的煤区剥蚀,是生油气母质的补充条件。陆相环境聚有工业意义的油气,并成为大型油气田。上述的三个构造地质条件是必要的。

结 语

1. 东北地区多旋回的火山喷发、聚煤和聚烃作用是受东北大陆裂谷形成机制制约的。即引张作用导致火山喷发;断陷盆地的形成导致煤层的出现;最大的拉张又导致古裂谷盆地的形成及油气的聚集。

2. 从侏罗纪—白垩纪,火山喷发强度增强。聚煤作用也随之增强。晚侏罗世末到早白垩世(142—95百万年)火山喷发强度最大,煤的地质储量也最大,煤只能在相对中小型盆

① 陈荫祥1983年资料。

地中发育。从早白垩世末开始,大型裂谷盆地形成,油气的聚集产生在巨大厚度的沉积中。

3. 在同一个火山旋回中,煤层形成于火山喷发之后,在总的构造演化过程中,烃的形成总是在煤层出现之后,三者间形成很典型的时空关系。

古裂谷盆地形成的同时造成近于环形的含丰富煤层的剥蚀区,煤的大量剥蚀和堆积与湖相腐殖泥以及原地含煤层一起,在适宜的温度下均可成为生油气的母质,煤的有机化学结构已经被证实可形成烃类。

东北大陆裂谷带是在海西以后的高热体制下形成的,塌陷作用是地幔垫热能递减的构造调节,但又始终处于高热流的条件下,它对煤的再煤化作用和生油气母质的成熟度却具有重要作用。

参 考 文 献

- [1] 郝治纯等 1982 论中国非海相白垩系的划分及侏罗—白垩系的分界 地质学报 第2期
- [2] 王东方 1983 辽西热河群的时代归属问题 中国地质科学院院报 第5号
- [3] 刘训等 1980 中国东部白垩—早第三纪盆地构造发展的某些特征 中国及其邻区大地构造论文集P55 地质出版社
- [4] 赵文峰 1981 东北大陆裂谷系的形成及地震活动 地震地质 第3卷 第2期
- [5] 王东方 1983 中国东部新生代玄武岩及其与大地构造演化的关系 长春地质学院院报 第4期
- [6] 朱夏 1982 中生代油气盆地 构造地质学进展 118—120页 科学出版社
- [7] 王东方等 1982 抚顺地区下第三系老虎台组玄武岩的同位素年龄测定 辽宁地质学报 第1期
- [8] 王东方等 1982 辽宁西部和中部下白垩系和第三系底界古地磁测定 辽宁学报 第1期
- [9] 张文佑等 1981 地堑形成的动力学机制 地质科学 第1期
- [10] 蔡乾忠 1983 华北地台石炭二叠系煤成气赋存地质条件及其勘探前景 石油与天然气地质 第1期
- [11] Moody J. D., 1975, Distribution and geological characteristics of giant oil fields. Proceedings of 9th World Petroleum Congress.
- [12] Holmgren, D. A. et al., 1975, The structural settings for giant oil and gas fields ibid.
- [13] Милановский Е. Е., 1981, Проблемы Тетоники Земной Кори, 35—58.

SPACE AND TIME DISTRIBUTION OF MESOZOIC-CENOZOIC VOLCANIC ROCKS IN NORTHEAST CHINA AND ITS TECTONO-GENETIC RELATIONSHIP WITH COAL AND HYDROCARBON IN VIEW OF CONTINENTAL RIFTING

Wang Dongfang

(Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences)

Abstract

The polycycle volcanic eruptions as well as coal and hydrocarbon accumulations seem to have been controlled by the formation mechanism of the paleorift in Northeast China. These were links intimately associated with each other in the geotectonic evolution processes since Mesozoic time, i. e., the crustal extension led to the volcanic eruption, the formation of faulted basins and the deposition within them of the lacustrine coal seams; later, the most intensive extension resulted in the formation of the paleorift basins and oil and gas accumulations.

From Jurassic to Cretaceous, the coal accumulation was intensified with the intensification of volcanic eruption. Late Jurassic and early Cretaceous (92—95 m. y.), therefore, have both the strongest volcanic eruption and the largest coal reserves. Nevertheless, coal could occur only in comparatively middle or small basins while oil and gas seem to accumulate in sediments of gigantic thickness in large rift basins formed since the end of early Cretaceous.

In one and the same volcano-sedimentary cycle, the coal seams were usually formed later than volcanic eruption, and were followed by the formation of hydrocarbon during the later intense tectonic evolution; these three geological events therefore formed typical temporal-spatial relationships.

A sub-circular coal-bearing denuded area took shape simultaneously with the formation of the paleorift basin. The denudation, transportation and re-accumulation of coal in large quantities as well as the in situ coal-bearing beds and lacustrine putrid mud would all turn into source materials of oil and gas under favorable conditions. It has been proved that the organic chemistry of coal allows the hydrocarbon to be derived from within the coal seams. The

intense geothermal flow in the rift area has had an important bearing on the maturity of organic materials in the source rocks. For example, the geothermal values in the area of Bohai Gulf-Xialiaohe basin might have reached $9.25^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ in Mesozoic and $5.4^{\circ}-8.2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ in early Paleozoic.

Therefore, the tectonic setting of the continental paleorift basin, the coal-rich region and its subcircular denuded area seem jointly responsible for the formation of gigantic oil and gas fields of continental facies. Based on the foregoing discussion, the author proposes the opinion that oil and gas accumulations might be found in coal-bearing basins. Consequently, a study of paleo-structure and paleogeography of the investigated area is of vital importance.

<http://www.kcdz.ac.cn/>