

文章编号: 1001-6112(2000)01-0050-05

一个大型弧后裂谷盆地的沉积充填模式 ——以松辽盆地为例

陈建文

(中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 松辽盆地中生代火山岩特征反映了该盆地为弧后裂谷盆地的性质。本文根据大量的钻井和地震资料, 在构造演化分析、沉积相分析和沉积充填类型分析的基础上, 建立了该类盆地的沉积充填模式。

关键词: 沉积充填模式; 弧后裂谷盆地; 松辽盆地

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

松辽盆地是我国东北部的一个大型中、新生代陆相沉积盆地。根据钻井和地震资料, 盆地内中、新生代沉积地层总厚度超过 15000m, 包括侏罗系火石岭组, 白垩系沙河子组、营城组、登娄库组、泉头组、青山口组、姚家组、嫩江组、四方台组、明水组, 第三系伊安组、大安组、泰康组和第四系, 形成了 8 个超层序^[1]。通过对这一盆地的构造演化分析、火山岩及沉积充填类型分析, 可建立一个大型弧后裂谷盆地的沉积充填模式。

1 弧后裂谷盆地的证据

迄今为止, 对松辽盆地的盆地类型有克拉通内复合盆地^{[2]、[3]}、克拉通内裂谷盆地^[4]、大陆裂谷盆地^[5]、双岩浆弧后盆地^[6]、弧后盆地^[7]、弧后裂谷盆地^[8]、张剪裂谷盆地^[9]和断拗盆地^[10]等不同认识。最近对火山岩的研究表明, 松辽盆地为弧后裂谷盆地^[11], 其证据是盆地内中生代火山岩为: ① 属富钾钙碱性系列和钾玄岩系列; ② 中基性火山岩具有 LREE 富集, 且不具 Eu 异常; ③ 具有明显的低 TiO₂; ④ 利用 Tb/yb-Ta/yb 图解判断出本区中生代火山岩产出的构造环境为与俯冲作用有关的岛弧

环境; ⑤ lgσ-Igτ 图解上, 中生代火山岩落在造山带火山岩和与其演化有关的碱性岩区域中; ⑥ 在不相容元素图解上, 本区火山岩与造山带的火山岩相近, 具有 Ta、Ti 及 P、Sr 低谷(早白垩世火山岩)和 La、Hf、Tb 及 K、Rb 的峰值, 而与大陆裂谷区火山岩的富 Nb、Ta、Ti 特征截然不同。综合研究表明, 松辽盆地为—弧后裂谷盆地。

2 盆地演化及构造地层组合

根据伸展构造和反转构造样式及沉降史、热史和火山岩资料, 松辽盆地的演化可分 5 个阶段^{[12]、[13]}, 不同的阶段形成不同的构造-地层组合: ① 穹隆和火山作用阶段(晚侏罗世), 形成裂谷早期火山岩(属钙碱性玄武岩及钾玄岩系列)组合; ② 弧后伸展裂陷作用阶段(早白垩世沙河子期和营城期), 形成裂谷扩张期含煤、含油碎屑岩夹火山岩组合; ③ 热冷却拗陷阶段(早白垩世登娄库期至晚白垩世嫩江期), 形成后裂谷期含油碎屑岩组合; ④ 构造反转阶段(嫩江期末至明水期末), 形成反转挠曲期粗碎屑岩组合; ⑤ 新生代再伸展阶段, 形成大陆裂谷期粗碎屑岩组合。

收稿日期: 1999-06-01; 修订日期: 1999-11-17.

作者简介: 陈建文(1965-), 男, 湖南湘乡人, 副研究员, 博士生, 主要从事石油地质学和海洋地质学的研究工作.

3 沉积充填类型

3.1 沉积环境与沉积体系

在沉积背景分析、微相(Microfacies)分析、结构元素(Architecture elements)分析、地震相分析和测井相分析的基础上,在松辽盆地中、新生代地层中识别出如下 17 类沉积环境及亚环境^[1],即冲积扇、上游辫状河、中游辫状河、充填砾石河道、顺直河、低弯度曲流河、高弯度曲流河、扇三角洲、三角洲、滨岸砂泥坪与河流末端扇、洪泛湖、滨岸砂席与冲洗沙滩、岸外砂坝、水下重力流、水下水道末端扇、深水湖和沼泽环境。上述环境和亚环境可归纳为 9 类沉积体

系,即冲积扇、砾岩河、砂岩河、扇三角洲、三角洲、滨岸砂泥坪与河流末端扇、洪泛湖、滨岸和深水湖及水下粗碎屑沉积(包括水下重力流和水下水道末端扇)体系。

3.2 沉积充填类型

在盆地的不同发展阶段,因盆地构造环境和构造应力场不同的,所发生的沉积作用有所差异,因而沉积充填类型也不同。不同的断陷其充填特征亦有差异(图 1)。

3.2.1 裂谷早期

晚侏罗世,由于伊泽奈崎板块以 NNW 方向向亚洲大陆快速呈低角度俯冲,东北地区(包括松辽地区)处于挤压隆起状态,同时上地幔发生局部熔融作

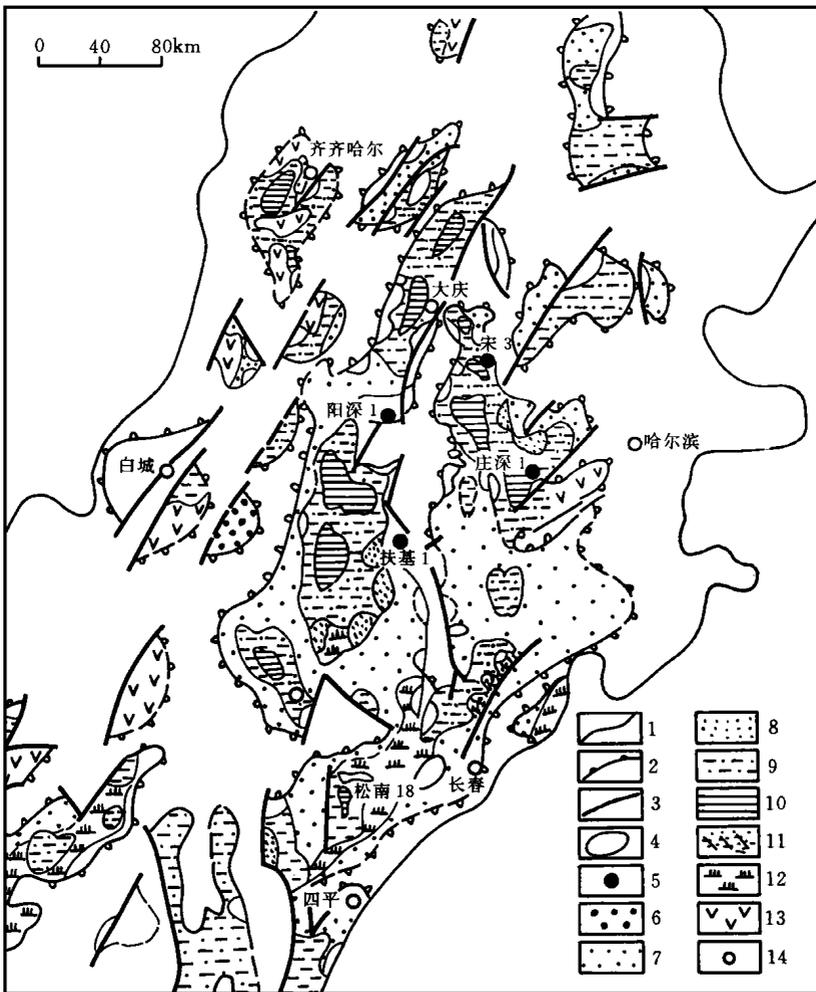


图 1 松辽盆地裂谷期沉积相图(据高瑞琪^[1]等修改)

- 1. 现今盆地边界; 2. 剥蚀边界; 3. 断裂; 4. 相界线; 5. 井位; 6. 冲积扇; 7. 冲积平原; 8. 三角洲;
- 9. 滨浅湖; 10. 半深湖-深湖; 11. 扇三角洲; 12. 沼泽; 13. 火山岩相; 14. 城市

Fig. 1 Sedimentary facies map of the rifting stage of the Songliao Basin

用和上涌,沿断裂上升并在地表发生大规模火山喷发^[13],因而在东北地区广泛分布兴安岭群的火山岩系。局部有粗碎屑沉积。盆地中亦为火山岩为主夹粗碎屑沉积组合。

3.2.2 裂谷扩张期

早白垩世沙河子期和营城期,伴随着板块俯冲作用的减弱,板块由聚敛转为背离活动,这时,岩石圈伸展,形成了一系列由边界正断层控制的互相分隔的盆地,并伴随小规模火山喷发。这些断陷盆地发育的早、中、晚期,其沉积充填类型有所不同。不同的断陷其充填特征亦有差异(图 1)。

早期,即断陷初期,沉积物较粗,其沉积充填类型有 3 种。① 火山岩及火山碎屑岩充填:火山岩和火山碎屑岩为主要的充填物,在火山喷发的间歇期及火山喷发产生的低洼地带,沉积了杂色砂砾岩及煤层(如绥化、齐家等断陷)。② 冲积扇-砾岩河充填:多发育于箕状断陷,物源主要来自陡坡(常家围子断陷)。③ 冲积扇-砂岩河充填:盆地边部为潮湿型冲积扇,扇间为沼泽,盆地中央发育纵向砂岩河及沼泽洼地(如十屋断陷)。

中期,测井曲线上表现为退积和加积的沉积特征,地震剖面上为一套上超反射,有 3 种充填类型。① 砾岩河-沼泽平原充填(如中和断陷):沉积物以粗碎屑为主,含多层煤,物源主要来自缓坡。② 扇三角洲-深湖-水下重力流充填(如柳条断陷):陡坡

带扇三角洲发育,向盆地中央过渡为深水湖、发育水下重力流。③ 冲积扇-滨岸-深水湖充填:盆地边缘发育小型冲积扇,扇前为冲积平原,盆地中央发育滨岸沉积和深水湖沉积,短轴方向提供物源(如德惠断陷)。

晚期,为冲积扇-砂岩河-三角洲-深水湖-水下重力流充填:盆地四周提供物源,其中发育水下重力流(包括重力流水道和低密度浊流)沉积(如徐家围子断陷、十屋断陷)。

3.2.3 裂谷期后拗陷阶段

登娄库期至嫩江期,板块俯冲作用停止,热史分析表明^[15],裂谷期松辽盆地具有高热流值,热流值最高为 2.5HFU,从此进入热衰退阶段,由于岩石圈冷却,盆地进入拗陷阶段。

登娄库组和泉头组为断拗过渡期和拗陷初期的沉积产物,断裂对沉积有一定程度的控制作用。这时有 3 种沉积充填类型。① 冲积扇-河流-洪泛湖充填(发育于登娄库组下部及泉头组下部):盆地边缘发育冲积扇,扇前为河流,盆地中央为洪泛湖(指盆地中央的浅水湖,枯水期即水退后则为砂岩河及冲积平原)。② 冲积扇-砂岩河-河流末端扇及滨岸砂泥坪-浅水湖充填(发育于登娄库组中部及泉头组中部):盆地边缘发育规模不大的冲积扇,扇前为宽广的砂岩河沉积体系发育区,盆地中央主要为滨岸砂泥坪及河流末端扇及一定范围的浅水湖沉积,偶有

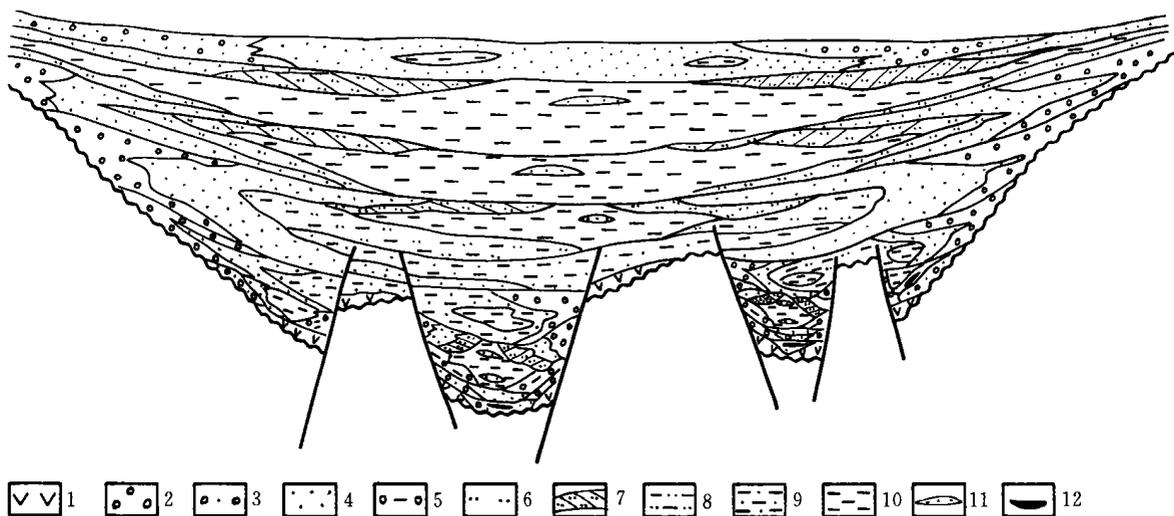


图 2 松辽盆地沉积充填模式

- 1. 火山岩; 2. 冲积扇; 3. 砾岩河; 4. 砂岩河; 5. 扇三角洲; 6. 滨岸; 7. 三角洲; 8. 洪泛湖;
- 9. 滨岸砂泥坪及河流末端扇; 10. 深水湖; 11. 水下重力流; 12. 煤

Fig. 2 Depositional filling pattern of the Songliao Basin

深水湖区。当时气候干燥,地形平坦,水动力条件较弱。沉积物为一套薄互层的褐色、紫红色夹灰绿色砂泥岩。③ 冲积扇-砂岩河-三角洲-浅水湖或深水湖、水下重力流及水下水道末端扇充填(发育于登娄库组上部及泉头组上部):盆地四周提供物源,盆地边缘发育小型冲积扇,扇前砂岩河发育,具有宽广的冲积平原,河流入湖后形成一定规模的三角洲,在三角洲前靠湖泊水体的一侧发育小范围的水下重力流和水下水道末端沉积。

青山口组、姚家组和嫩江组为拗陷发展全盛期的沉积产物,当时,湖区广,湖水较深,沉积范围大,富含淡水生物化石。湖盆周围有五大物源向盆地供应碎屑物质,其中以平行盆地长轴方向的北部和保康两个物源为主,这一时期中有两次大的湖侵^[6]。青一段沉积时期的湖侵,湖水面积近 $1 \times 10^5 \text{ km}^2$,嫩一、二段沉积时期的湖侵,湖水面积超过 $1.5 \times 10^5 \text{ km}^2$,这时,三角洲的规模极小,而以滨岸(广布的滨岸砂席、冲洗沙滩和岸外砂坝)沉积为主,所以其沉积充填形式为砂岩河-滨岸-深水湖充填。同时,在这两个时期,气候湿热潮湿,盆地稳定沉降,沉积速度较慢,补偿条件较差,形成巨大的深水静水体,沉积了一套富含有机质的半深湖-深湖黑色泥岩,成为良好的生烃岩系。青二、三段、姚家组及嫩三、四、五段为相对水退时期,其沉积充填型式为砂岩河-三角洲-深水湖-水下重力流充填。这一时期三角洲规模较大,且水流作用占主导地位,分流平原和分流河道极为发育,形成了良好的河流三角洲砂岩油气储层。著名的大庆油田主力产层就是该时期北部发育的大型河流三角洲相砂岩体。

3.2.4 裂谷期后构造反转阶段

嫩江期末至明水期末,由于西太平洋板块的加速俯冲,松辽盆地在强烈的挤压作用下,盆地发育不同程度的构造反转和褶皱作用,沉降中心不断西移,盆地范围不断缩小,这一时期的沉积充填类型为河流-浅水湖充填,且以河流沉积为主。

3.2.5 大陆裂谷期

东北地区新生代,由于西太平洋板块俯冲速度减弱和高角度俯冲,松辽盆地再次发生伸展作用,新生代盆地经历了两个演化阶段,即第三纪的裂开阶段和第四纪的热冷却拗陷阶段。前一阶段,松辽盆地北部局部沉降,沉积了以河流相为主的依安组、大安组和泰康组。后一阶段,松辽盆地普遍沉降,全盆地普遍接受第四系的河流、沼泽相沉积。

4 松辽弧后裂谷盆地的沉积充填模式

松辽弧后裂谷盆地经历了裂谷早期、裂谷扩张期、裂后拗陷期、构造反转期和大陆裂谷期 5 个发展阶段。不同的阶段,其沉积充填类型不同。① 裂谷早期为火山岩充填。② 裂谷扩张期形成了一系列分割性断陷,单个断陷由边缘至中心,沉积环境有冲积扇-河流-扇三角洲、沼泽、三角洲、滨岸-湖泊的变化。同时,不同的断陷及同一断陷不同的发育时期,其沉积充填类型不同,纵向上,湖水由无至有,湖水范围由小-大-小,沉积物粒度由粗-细-粗(总体较粗)而变化。③ 裂谷期后拗陷阶段大体可分为两期:早期为断拗过渡期及拗陷初期,气候干热,地形较平坦,水动力条件较弱,一个统一的湖盆逐步形成,由盆地边缘向中心,沉积环境有冲积扇-河流-滨岸砂泥坪、河流末端扇、三角洲-浅水湖的变化规律,随着演化的进行,湖水的范围逐渐扩大;晚期为拗陷发育期,发生了两次湖侵和湖退,形成了两套大范围的生储层组合,是盆地生、储油层的主要形成阶段,盆地范围大规模扩大,由盆地边缘至中心,沉积环境有冲积扇-河流-三角洲(滨岸)-深水湖(包括水下重力流)的变化。湖侵期,滨岸体系发育,湖退期,三角洲体系发育。④ 构造反转阶段和大陆裂谷阶段主要发育以河流相为主的沉积(图 2)。

值得强调的是:这类盆地裂谷期沉积范围小,裂谷期后拗陷阶段沉积范围大,是盆地主要生、储油层的形成时期。

参考文献:

- [1] 高瑞琪,蔡希源,等.松辽盆地油气田形成条件与分布规律[M].北京:石油工业出版社,1997.321.
- [2] 杨万里,高瑞琪,李永康,等.松辽盆地的含油特征及烃类演化[J].石油学报,1980,(增刊).
- [3] 马力,杨继良,丁正言.松辽盆地——一个克拉通内的复合型陆相盆地[A].朱夏,徐旺主编.中国中生代沉积盆地[C].北京:石油工业出版社,1990.7~23.
- [4] H D Klemme. Geothermal gradients heat flow and hydrocarbon recovery [A]. Petroleum and Global Tectonics[M]. 1975. 83~126.
- [5] 程学儒.松辽盆地早期断陷特征与油气聚集[Z].会议论文,1985.
- [6] 张恺,张清,罗志靖.中国含油气盆地的划分和前景[J].石油学报,1980,14.
- [7] 高名修.中国东部盆地系与美国西部盆地山脉构造对比及其成

- 因机制探讨[A]. 朱夏主编. 中国中生代盆地构造和演化[C]. 北京: 科学出版社, 1983. 65~67.
- [8] 杨祖序. 松辽盆地演化及其油的分布[J]. 石油学报, 1983, 4(2): 2~8.
- [9] 李思田, 等. 断陷盆地分析与聚煤规律[M]. 北京: 地质出版社, 1988. 83~126.
- [10] 杨继良. 松辽断拗盆地地质结构与油气[A]. 朱夏主编. 中国中生代盆地构造与演化[C]. 北京: 科学出版社, 1983. 187~202.
- [11] 陈发景, 刘和甫, 王德发, 等. 中国东部环太平洋中、新生代沉积盆地及地球动力学研究[Z]. 1996.
- [12] 张功成, 蔡希源, 周章保, 等. 裂陷盆地分析原理和方法——以松辽盆地为例[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 293.
- [13] 陈昭年, 陈发景. 松辽盆地反转构造[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 62.
- [14] 陈建文. 湖泊中一种特殊类型的沉积环境[A]. 第四届全国沉积学和岩相古地理学论文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 162~165.
- [15] 汪集阳, 黄少鹏. 中国大陆地区热流数据统计分析[J]. 科学通报, 1988, 33(17): 1326~1329.
- [16] 高瑞琪, 萧德铭. 大庆探区油气勘探新进展[Z]. 大庆石油管理局勘探开发研究院, 1991.

DEPOSITIONAL FILLING PATTERN OF A LARGE BACKARC RIFT BASIN —A CASE STUDY OF THE SONGLIAO BASIN

CHEN Jian-wen

(China University of geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The characteristics of the Mesozoic volcanic rock in the Songliao Basin reflect that this basin is a backarc rift basin. According to a great amount of drilling and seismic data and based on tectonic evolutionary analysis, sedimentary facies analysis and depositional filling type analysis, the depositional filling pattern of this type of basins is established in this paper.

Key words: the depositional filling pattern; backarc rift basins; the Songliao Basin

(上接第 49 页)

STUDY ON THE PALEOGENE POOL-FORMING CONDITIONS IN BOSHIZHUANG AREA

CHEN Gang¹, LIU Lin-yu², LEI Ming², WEI Guo-biao², HUANG Jin-shan³, XUE Yu-wei³

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069;

2. North China Bureau of Petroleum Administration, Renqiu, Hebei 062552, China;

3. Henan Bureau of Petroleum Exploration, Nanyang, Henan 473132, China)

Abstract: In this paper, the comprehensive seismic inversion technology under geologic and logging constrained conditions is used to analyse and study the pool-forming conditions of the Paleogene continental river lake-facies thin-layer sand body in Boshizhuang area by tectonic interpretation and reservoir prediction. On this basis, the petroleum migration, accumulation and pool-forming conditions, the petroleum enrichment rules, and the favorable trap types and exploration direction of the Paleogene Es² and Es³ oil-bearing target layer series in the area are comprehensively analysed and preliminary predicted combined with the research thought and method of petroleum pool-forming systems.

Key words: petroleum pool-forming systems; comprehensive constrained inversion; the Paleogene; Boshizhuang area