

松辽盆地十屋-德惠地区沉积体系特征

王果寿^{1,2}

(1. 成都理工大学石油系, 四川成都 610059;

2. 中国石化石油勘探开发研究院荆州新区勘探研究所, 湖北荆州 434100)

摘要:综合利用地质、测井和地震信息, 结合古地理、地层岩石学特征、岩石组合特征及沉积构造特征等方面的研究, 在松辽盆地十屋-德惠地区划分出冲积扇、河流-三角洲、水下扇-扇三角洲及湖泊等4种沉积体系类型, 9种主要的沉积相和若干沉积亚相。断陷初期和坳陷早期以发育冲积扇为主; 断陷早中期以发育湖泊体系及水下扇-扇三角洲体系为主, 湖泊体系中深-半深湖亚相及水下重力流水道相较于发育; 断陷晚期水体略微变浅, 以滨浅湖及河流-三角洲沉积为主。坳陷期形成两个大的水退、水进旋回, 泉头组及姚家组以河流及浅水湖泊沉积为主; 青山口组和嫩江组沉积时期则主要发育湖泊体系。

关键词: 沉积相特征; 沉积体系; 十屋-德惠地区; 松辽盆地

作者简介: 王果寿, 男, 45岁, 高级工程师(硕士), 沉积、储层地质学

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

十屋-德惠地区位于松辽盆地东南隆起区中段, 面积约4 500 km²。区内已发现了四五家子、后五家户、农安、万金塔、八屋和秦家屯等多个油气田或含油气构造, 具有丰富的天然气资源和广阔的油气勘探前景。但该区地质情况十分复杂, 地层岩性横向变化大、相变快, 油气田的勘探开发受岩性控制明显。因此, 开展沉积体系的深入研究, 对该区的油气勘探开发和部署均具有十分重要的意义。

在综合利用地质、测井和地震信息的基础上, 结合古地理、水动力条件、地层岩石学特征、岩石组合特征及沉积构造特征等的研究, 在该区归纳总结出冲积扇体系、河流-三角洲体系、水下扇-扇三角洲体系及湖泊体系4种沉积体系类型, 并进一步划分出9种主要的沉积相和若干沉积亚相。

1 冲积扇体系

本区钻井钻遇的冲积扇并不多见, 据其沉积特征, 可划分为湿扇和干扇两种类型^[1]。

断陷时期形成的冲积扇为雨量充沛、气候温暖潮湿条件下形成的“湿扇”。此类冲积扇主要发育在断陷早期, 即火石岭组及沙河子组沉积早期; 主要分布于德惠及十屋盆地边缘陡坡地带。扇体规模不大, 沉积厚度大约在数十米至数百米之间, 主要由扇中辫状河构成, 扇根泥石流部分不发育, 岩

性为砾岩及砂砾岩。扇中辫状河沉积多具向上变细的正旋回特征。在每一个沉积旋回的顶部则发育辫状河冲积平原沉积的细粒物质及扇前洼地沼泽形成的灰黑色含碳泥岩及薄煤层。其粒度概率曲线呈多段式, 斜率低平, 各总体分布性极差, 代表急流型曲线, 并具有辫状河的双众数特点, 第一众数大致为细砾至粗砂, 第二众数为中-细砂。地震反射特征主要表现为楔形前积、楔状乱岗-前积及丘状乱岗反射, 振幅强弱多变, 连续性中-差(图1)。

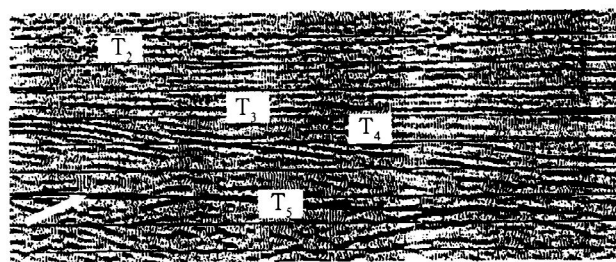


图1 SN694剖面冲积扇反射特征

Fig. 1 Reflective properties of fluvial fan in SN 694 profile

坳陷沉积时期的冲积扇为炎热干旱气候条件下形成的“干扇”。冲积扇的形成常与断裂活动有关。研究区内, 此类冲积扇主要形成于泉头组一段沉积时期, 并多沿早期控盆断裂分布。冲积扇的扇根泥石流沉积较为发育, 主要由一套紫红色块状砾岩、同色含砾岩及紫褐色粉砂质泥岩组成。自然电位曲线为高幅齿化箱形或钟形。概率曲线为多段式, 属湍急的洪水流型曲线。

2 河流-三角洲体系

河流-三角洲沉积体系在研究区内十分发育,是坳陷早、晚期和断陷晚期主要的沉积体系类型。据其沉积特征可识别出辫状河、曲流河及三角洲3种沉积相类型。

2.1 辫状河

本区辫状河主要发育于泉头组早期和断陷时期,多分布在断陷盆地的斜坡地带。从平面上看,河道砂坝众多,其中砂砾岩含量占60%以上。因河道左右摆动,剖面上表现为砂岩透镜体的多次叠加。根据沉积特征,可进一步划分为辫状河道、心滩、辫状冲积平原及河间沼泽4种沉积亚相。断陷

时期,由于控盆断裂的强烈活动,差异沉降大,坡度陡,物源近,加上辫状河侵蚀能力强,经常改道,主要发育河床沉积而漫岸沉积不发育,故以粗碎屑沉积物为主,由块状砾岩、块状含砾砂岩、槽状交错层理砾岩夹薄层紫红色、杂色粉砂质泥岩组成。砂体垂向上表现为下粗上细的正旋回或无韵律变化,与上覆泥岩呈突变接触。碎屑分选、磨圆差,砾石成分复杂。概率曲线呈多段式,斜率低平,粒度频率分布具辫状河特有的双众数特征。自然电位曲线呈中-高幅齿化箱形或箱形-钟形(图2)。在地震剖面上反映为透镜状、丘状或席状、乱岗状反射,连续性一般较差,振幅强弱变化大。

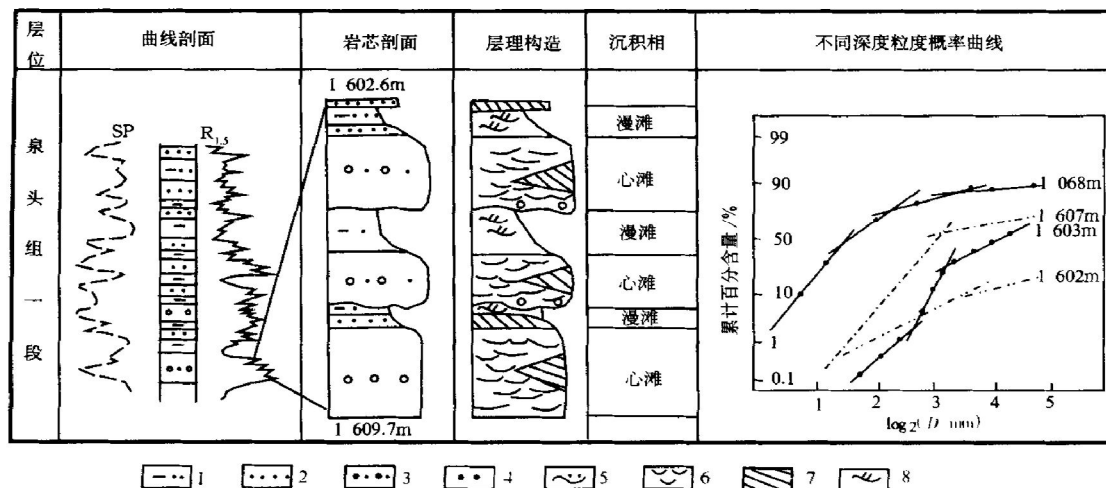


图2 松南10井辫状河沉积剖面

Fig. 2 Profile of braided river deposits in Songnan 10 Well

1—泥质粉砂岩; 2—细砂岩; 3—砂砾岩; 4—砾岩; 5—冲刷面; 6—槽状交错层理; 7—板状交错层理; 8—波状层理

2.2 曲流河

本区发育的曲流河可分为高弯度河和低弯度河两种。低弯度曲流河主要发育于登娄库组晚期及泉头组早期,高弯度曲流河则主要形成于泉头组晚期。

低弯度曲流河是介于辫状河与曲流河之间的过渡型河流,它既可有以纵向坝、横向坝迁移为主的河道沉积特征,也可有以点砂坝侧向加积为主的河道充填特征,与高弯度曲流河相比,洪泛平原的细粒沉积物不发育,沉积厚度相对较小。其他特征两者比较近似,一般难于区别。两者都具向上变细的正旋回特征,其沉积构造中常见冲刷面、槽状或

板状交错层理、平行层理及波状交错层理,在漫滩沉积中见有大量的生物潜穴、生物扰动构造及钙质结核。概率曲线特征表现为两段式或三段式,一般跳跃总体占优势(86%~95%),斜率 52° ~ 62° 之间,分选较好。牵引总体及悬浮总体含量低,一般不超过14%。主要为一套块状层理砾岩、递变层理砂砾岩、板状交错层理砂岩、槽状交错层理砂岩、平行层理砂岩、小型波状交错层理砂岩、具变形构造的泥岩、粉-细砂岩及紫红色、杂色块状泥岩。自然电位曲线以中-高幅钟形、箱形-钟形及中低幅微齿形为主。在地震剖面上,河道反射特征表现为透镜状、丘状、下切充填及席状乱岗反射等。

2.3 三角洲

是本区湖盆中最重要的沉积环境之一,也是油气聚集的主要储集体。三角洲在各个时期都有发

* 唐黎明. 松辽盆地南部梨树地区石油天然气普查勘探地质报告. 1990

育,但规模一般不大。主要分布于十屋断陷东部和北部斜坡带及德惠断陷东南部,常见岩石类型有:灰、灰绿色泥岩相,具变形构造的泥岩及粉砂岩相,具波状、水平状及透镜状复合层理的泥岩粉砂岩相,平行层理砂岩相,浪成沙纹层理细砂岩相,中小型板状交错层理砂岩相,大型斜层理砂岩相及灰色

含泥砾砂岩相,构成下细上粗的反旋回组合,其自然电位曲线形态表现为中- 高幅漏斗形或漏斗形- 钟形。在地震剖面上的反射特征主要有楔状“S”型前积反射、斜交前积反射及“S”- 斜交复合型前积反射等3种类型(图3)。



图3 SN 671 测线三角洲反射剖面特征

Fig. 3 Reflective characteristics of delta in SN 671 measure line

3 水下扇- 扇三角洲体系

该体系主要发育在沙河子组、营城组沉积时期,多分布于断陷盆地同生断裂附近,沿断裂呈裙带状分布。据其沉积特征可划分为水下扇和扇三角洲两类。

3.1 扇三角洲

十屋、德惠断陷同我国东部大多数中生代陆相断陷盆地一样,扇三角洲较为发育。它们多分布在控盆断裂附近,砂体的规模一般不大,平面上呈扇状。

扇三角洲主要由水上扇三角洲平原、水下扇三角洲前缘和前扇三角洲组成,有较发育的水下辫状河道^[2]。据松南 10, 12, 18 等钻井资料分析,其岩石类型主要由灰褐色粉砂质泥岩,灰绿色泥岩、浅灰色砂岩和砂砾岩组成,扇三角洲前缘及前扇三角洲部分灰、深灰色泥岩较为发育。

由于形成扇三角洲的山区河流流程短,河流携带的大量碎屑物质得不到充分分选就很快沉积下来,使得扇三角洲沉积物碎屑颗粒较粗,成熟度低。但由于沉积水体浅,波浪作用相对较强,扇三角洲前缘的成熟度相对较高,是油气聚集的重要场所。

本区扇三角洲的垂向沉积序列以向上变粗的前积型为主,少数为向上变细的退积型和复合型扇三角洲。电性特征总体表现为中高幅齿化漏斗形、漏斗形- 钟形(或箱形)。

扇三角洲在地震剖面上的反射特征,纵向剖面上几何形态一般反映为楔形,其内部反射结构根部多表现为杂乱、乱岗或无反射特征,中部和端部反映为斜交前积或发散前积为主,连续性相对较差,振幅强弱变化大(图4),横剖面上则表现为丘形乱岗状反射特征。

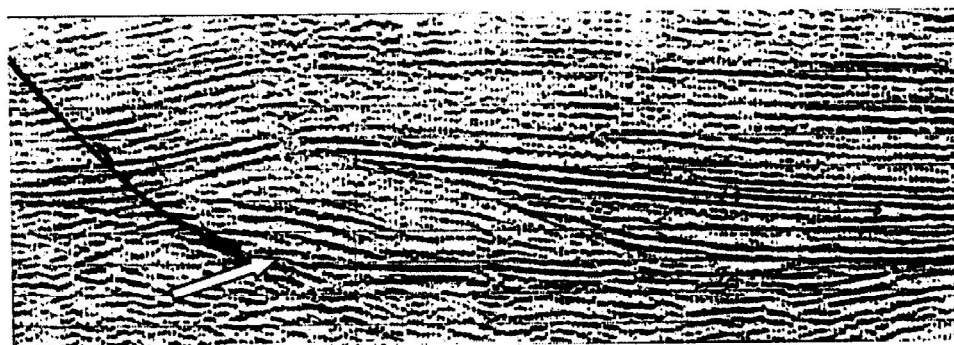


图4 SN 716 测线扇三角洲反射特征

Fig. 4 Reflective characteristics of fan - delta in SN 716 measure line

3.2 水下扇

在十屋、德惠地区,水下扇主要形成于断陷盆地发育的全盛时期,即沙河子中晚期、营城早中期及登娄库早期,是断陷时期最重要的油气储集体之一^[3]。较大型的有十屋断陷西侧控盆断裂附近的皮家、桑树台、孤家子水下扇及北部陡坡带次级生长断裂下降盘形成的小五家子、后五家户水下扇和德惠断陷东侧控盆断裂附近的鲍家扇等。单个水下扇平面上呈扇状,剖面上则呈楔形伸入到湖盆内,其特点是平面分布面积小,纵向上继承性连续发展,常成群分布于断陷盆地的控盆断裂附近或陡坡边缘地带。

据松南 18、17 等钻井揭示,水下扇在岩性上主要为粗粒或较粗粒碎屑沉积物,它夹在深-较深水的暗色泥岩之间,构成了砾岩、砂砾岩、砂岩和泥岩频繁互层的韵律层系。其砂体厚度一般在数十米至数百米之间,最厚可达 2 000 m 左右。单个韵律层的厚度变化较大,数厘米至数米不等,主要表现为向上变细的层序。多个韵律层垂向组成向上变细的正旋回、向上变粗的反旋回以及粗-细-粗的完整旋回^[4]。

在地震剖面上,水下扇的反射特征较为复杂,主要表现为沿盆地边缘断裂分布的大型楔状体(纵剖面),横剖面反射外形为丘状,内部反射结构有乱岗-前积反射、乱岗、杂乱或空白反射等,振幅强弱变化大,连续性差。扇体前端一般为平行连续反射,反映水下扇发育于成层性好的深-较深水环境中。

4 湖泊体系

湖泊体系在研究区十分发育,各个时期均有分布。从早白垩世的孤立断陷盆地到晚白垩世大型的拗陷盆地,湖盆经历了多次水进和水退过程。最大的水进期有沙河子中晚期、青山口早期和嫩江早期。根据湖泊体系沉积时的水动力条件和沉积特征将其划分为滨-浅湖、深湖-半深湖亚相和浊积岩及水下重力流水道^[5]。

4.1 滨-浅湖

滨-浅湖地区的水动力条件比较复杂,在波浪及湖岸流的作用下,湖水对沉积物的冲洗和改造较为强烈。此外,随着湖平面的升降,滨岸沉积物还可露出水面处于强烈的氧化和蒸发条件之下。根据沉积物的沉积构造、层理类型、岩石微相类型及剖面组合等特征,可将其进一步细分出滨岸滩

(坝)、泥坪及滨岸沼泽等沉积微相。

4.1.1 滨岸滩(坝)

在断陷早期,由于湖岸坡度较陡,滨岸滩(坝)不甚发育,主要分布在十屋断陷东部斜坡地区。而在拗陷期,松辽盆地已成为一大型的拗陷型盆地,在湖盆最为发育的青山口组和嫩江组沉积时期,本区正处于滨浅湖带,故滨岸滩(坝)十分发育。剖面特征为一套泥岩与细-粉砂岩组成的薄互层序列,以波浪成因的交错层理粉-细砂岩为主,夹悬浮沉积的灰绿及褐灰色泥岩。常见的岩石类型有:浪成沙纹交错层理细砂岩、平行层理砂岩、具平行层理或小型浪成沙纹交错层理的粉砂岩及具变形构造的泥岩、泥质粉砂岩,见丰富的生物潜穴和生物扰动构造。沉积微相剖面组合以向上变粗的反韵律为主(图 5)。局部发育生物介屑滩。自然电位曲线形态特征一般为中-高幅指状及中-低幅锯齿状。地震反射特征为湖盆边缘斜坡部位的平行、亚平行,连续性较好的中-强振幅反射,代表沉积环境较为稳定。

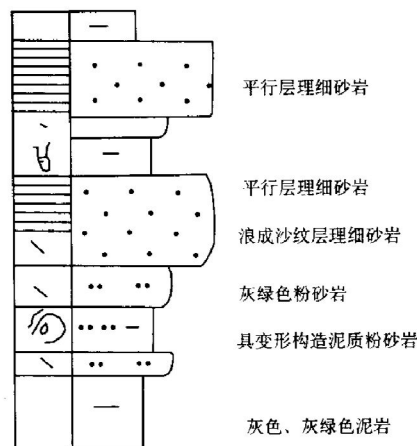


图 5 SN30-1 井滨浅湖滩坝微相沉积层序

Fig. 5 Depositional sequences of shore-shallow lake, beach and bar microfacies in SN 30-1 Well

4.1.2 泥坪

主要为一套暗褐、浅灰、灰绿色泥岩与粉砂质泥岩,常夹有粉砂和细砂岩薄层,发育丰富的虫孔及变形构造。暗褐色泥岩中常见钙质结核。该微相在区内从断陷期到拗陷期均较发育,拗陷期更为常见。其自然电位曲线主要表现为中-低幅微齿形。地震反射以席状、平行-亚平行较连续弱-中振幅为主,代表了以泥岩为主的滨-浅湖亚相。

4.1.3 滨岸沼泽

主要发育于营城组和沙河子组,由一套灰黑色含碳泥岩与薄煤层或煤线构成,常与具波状交错层

理的滨岸粉、细砂岩互层(图6)。该区有代表性的钻井有松南17、18井和万5井。此类沉积微相主要分布在十屋断陷北部及东部斜坡区和德惠断陷西、南部地区。

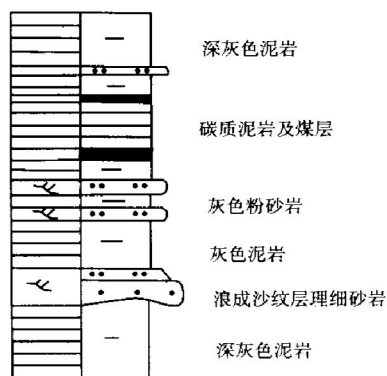


图6 SN18井滨岸沼泽微相沉积剖面

Fig. 6 Sedimentary profile of shore marsh microfacies in SN18 Well

4.2 深湖- 半深湖

主要发育于营城组、沙河子组及青山口组一段和嫩江组一、二段。从钻井微相、沉积构造和电性分析成果来看, 坳陷期深- 半深湖与断陷时期相比有较大的差别。在坳陷时期, 整个松辽盆地成为统一的大型坳陷湖盆, 水域广阔, 并处于欠补偿状态, 主要沉积了一套灰、深灰色具水平层理的泥(页)岩和褐灰色油页岩, 沿层理面可见大量的介形虫和贝壳类化石, 有机质类型以I型为主。与深湖相伴生的浊积岩为粉砂级细粒沉积物, 相当于鲍马序列的C、D、E段。其自然电位曲线主要表现为低幅光滑直线型或微齿型。在地震剖面上则主要为席状平行连续弱振幅反射。该时期的深- 半深湖相局限在德惠地区。断陷期深- 半深湖相主要分布于断陷盆地断裂一侧, 如十屋断陷西侧和德惠断陷东侧。盆地边缘坡度陡, 来自周缘的大量粗粒碎屑物由于水流及重力滑动等因素的影响, 很容易进入较深水湖泊中。此外, 由于物源供应充足, 沉积速率大, 主要发育深灰、灰黑色块状泥岩。且块状泥岩中一般含碳屑较重, 并常含有较多的细粒石英砂。钻井中未见深湖沉积的水平层理泥(页)岩。所伴生的浊积岩主要为具递变层理的粗碎屑沉积物。有机质类型为以II型为主。地震相类型主要有两种: 一种为席状平行连续弱反射, 代表岩石类型单一, 以泥岩为主的深- 半深湖相; 另一种为席状连续强振幅反射, 代表地层横向稳定, 纵向上波阻抗差大, 可能为砂、泥岩不等厚互层, 即暗色泥岩中夹有较多的浊积薄砂层。

4.3 浊积岩及重力流水道相

一般分布于湖盆深水或较深水地区。在沉积剖面上则表现为大段暗色泥岩中夹一套砂泥岩频繁互层的韵律层系, 其砂岩平面形态多呈扇形体展布(浊积扇)或狭长不规则带状分布(重力流水道)。一般在扇主体部位主要由高密度浊流和液化流形成具递变层理的砾质砂岩或块状砂岩的水道沉积, 至扇前缘部位, 随着浊流密度的降低而依次沉积根部浊积岩和末梢浊积岩^[6]。

在研究区内钻遇浊积岩及重力流水道的钻井仅德深1井和松南10、15、18等少数钻井。其岩石类型主要有: 块状含砾砂岩、递变层理砂砾岩、平行层理粉细砂岩、水平- 波状层理粉砂岩, 具包卷构造或变形构造的粉砂岩及深灰、灰黑色水平层理泥(页)岩和块状泥岩。在剖面上多组成向上变细的正韵律层序。从钻井揭示的岩芯及岩屑录井资料来看, 本区浊积岩中完整的鲍马序列十分少见。最常见的为A、B、E型, C、D、E型, B、E型及C、E型。浊积岩及重力流水道的自然电位曲线表现为大段低平形曲线中夹中- 高幅钟形、齿化钟形或箱形曲线。地震剖面上往往表现为平行- 亚平行连续性较好的弱振幅背景上出现丘状或透镜状反射。

总之, 该区断陷时期, 除沙河子早期冲积扇体系较为发育外, 其余时期以发育湖泊体系及水下扇- 扇三角洲体系为特征, 湖泊体系中深- 半深湖相及其伴生的水下重力流相较为发育, 断陷时期(登娄库组沉积时期)水体略微变浅, 以滨浅湖及河流- 三角洲沉积为主。坳陷期形成两个大的水退、水进旋回。泉头组及姚家组以河流及浅水湖泊沉积为主, 青山口组和嫩江组沉积时期则主要发育湖泊体系。

参 考 文 献

- 1 王德发. 陆源碎屑沉积环境及沉积体系[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 30~ 57
- 2 赵澄林. 东濮凹陷下第三系碎屑岩沉积体系与成岩作用[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992. 33~ 46
- 3 王果寿, 陈振林, 吴金才. 松辽盆地南部白垩系下统地震相及沉积体系[J]. 江汉石油学院学报, 1995, 17(4): 12~ 18
- 4 龙胜祥, 王果寿, 陈振林, 等. 含油气盆地分析与资源评价——以松辽盆地十屋- 德惠地区为例[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 22~ 37
- 5 吴崇筠, 薛叔浩, 裴悻楠, 等. 中国含油气盆地沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992. 19~ 48
- 6 李兴国. 陆相储层沉积微相与微型构造[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000. 65~ 150

CHARACTERISTICS OF SEDIMENTARY SYSTEMS IN SHIWU- DEHUI REGION, SONGLIAO BASIN

Wang Guoshou

(1. Petroleum Department of Chengdu College of Technology, Chengdu, Sichuan;

2. Research Institute of Exploration and Development, SINOPEC, Jingzhou, Hubei)

Abstract: According to geological survey, well log, seismic information and rock assemblages combined with the interpretation of log and seismic information, Shiwu-Dehui region in Songliao Basin could be divided into four types of sedimentary systems such as alluvial fan system, fluvial-delta system, subaqueous fan-delta and lacustrine systems and nine kinds of sedimentary facies and a number of subfacies. The study shows that different sedimentary systems developed in different developing stages of the basin. Alluvial fan facies developed in the initial fault-depressed stage; lacustrine and subaqueous fan-delta systems developed in the early-middle fault-depressed stage. In the lacustrine system, deep-semideep lacustrine facies and subaqueous gravity flow facies developed well, in the late period of faulted depression, water depth was shallower, the dominant deposits were those of shallow lake and fluvial-delta facies. Two major water transgressive and regressive cycles formed in depression stage can be recognized. The Quantou Formation and Yaojia Formation are mainly of fluvial and shallow lake deposits while lacustrine system is the dominant facies of Qingshankou and Nunjiang Formations.

Key words: feature of sedimentary facies; sedimentary system; Shiwu-Dehui region; Songliao Basin

(上接第330页)

STUDIES OF DEEP GEOLOGY WITH SEISMIC SECTION INTERPRETATION IN SONGLIAO BASIN

Yang Guang¹ Xue Linfu¹ Liu Zhenbiao² Liu Jinping²

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, Jilin; 2. Research Institute of Geophysical

Exploration Co., Daqing Petroleum Administration, Daqing, Heilongjiang)

Abstract: The comprehensive interpretation of 6 deep seismic sections of 1 354.6 km long and 15 s deep has revealed the important geological characteristics of strata, intrusive mass and tectonics in deep Songliao Basin. The interpretation results indicate that Songliao Basin consists of upper crust layer and lower crust layer, the boundary between the two layers is on the top of network of reflecting horizon. According to the amplitude of vibration, wave group continuity and forms of seismic waves reflected on the 6 sections, the Mesozoic, Upper Paleozoic, Predevonian, Precambrian, intrusive mass and the basic magma basement could be identified. Especially the special geological body of igneous rock—the mantle thermal diapir found in deep crust layer bears close relation to gas distribution. It is an important evidence of searching for inorganic natural gas. It has been proved that the deviation mirror image between moho swell and the basin's depressed center, the listric faults and detaching zones developed in the basin are all resulted from simple shear action.

Key Words: Songliao Basin; deep-seated structures; seismic exploration; tenacious-shear zone; mantle thermal diapir