

松辽盆地上侏罗一下白垩统地震地层学

杨长清

(地质矿产部石油地质综合大队 湖北江陵 434100)

松辽盆地上侏罗一下白垩统,可划分出两个地震超层序和四个地震层序。根据地震反射的内部结构、几何形态,划分出水下扇与扇三角洲、湖泊、河流、浊积扇和火山岩及火山碎屑岩等5类沉积体。

关键词 沉积体 地震相 地震层序 松辽盆地

作者简介 杨长清 男 28岁 工程师 石油地质

一、区域地质背景

松辽盆地位于东经 113° — 127° ,北纬 43° — 49° 之间。东邻张广才岭,南抵开原—赤峰低山丘陵带,西靠大兴安岭,北接小兴安岭,面积约 $26 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。是中国大型中、新生代沉积盆地之一。

松辽盆地属于中朝地台中的天山—祁连山—大兴安岭断褶系中的松辽断褶带。东部为伊兰—伊通壳深断裂,西界是嫩江壳深断裂,而勃利—德都壳深断裂及开原—赤峰壳深断裂分别构成了盆地的北界和南界(图1)。受海西构造运动的影响,松辽地区古生代地层(基底)发生强烈的褶皱变质。印支—燕山运动早期,区域抬升。晚侏罗火石岭期—早白垩世营城期形成一系列规模不等,彼此分割的断陷盆地,登娄库期为断拗转化沉积。断陷内沉积有4000—5000 m,局部达8000 m(如十屋断陷)的火山岩、火山碎屑岩及砂泥岩夹煤系。根据沉积充填特征、沉积体系与湖泊体系的相互消长,将其划分出五个演化阶段:(1)初始充填阶段(相当于下火石岭组),以火山活动(喷发)及火山碎屑岩为主夹河流相砂砾岩沉积;(2)早期充填阶段(相当于上火石岭组),以洪积、河流相砂砾岩、凝灰岩及暗色泥页岩为主夹煤线沉积;(3)最大充填阶段(相当于沙河子组),为湖相泥岩、页岩,河流相砂砾岩及湖沼相砂泥岩含煤沉积;(4)快速充填阶段(相当于营城组),以河流相砂砾岩、湖相泥岩含煤沉积,由砂岩—粉砂岩—泥岩—煤层构成旋迴层;(5)断拗转化阶段(相当于登娄库组),以洪积、河流相砂砾岩及滨浅湖砂泥岩为主夹煤线沉积。

二、地震层序

通过过深钻井地震剖面地震层序分析,依据反射波的终止特征(上超、下超、顶超和削截)识别不整合面^[1,2,3],将松辽盆地上侏罗一下白垩统划分出四个地震层序(表1),这些层序的顶、底界面与钻井资料对比吻合性较好。

1. I层序(T_1^2 — T_5)

是本区见到的最老的一套层序,广泛分布于盆地断陷中。为一组似平行、似整一的视等厚沉积。内部反

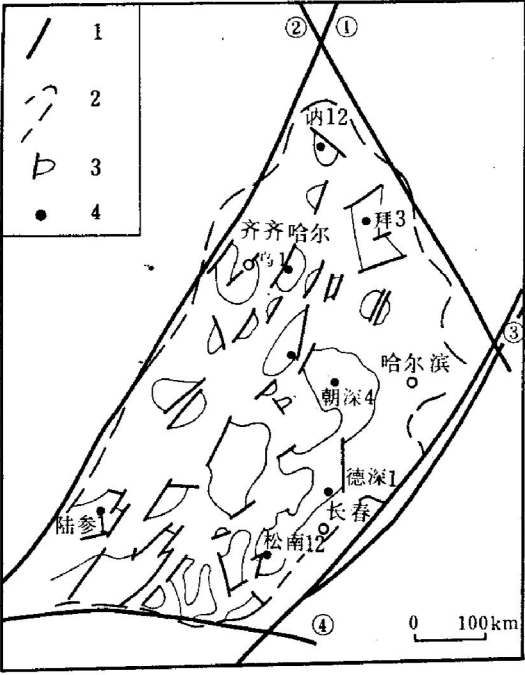


图 1 松辽盆地边界深断裂及断陷分布图
1—深大断裂, 2—盆地边界, 3—断陷盆地 (J_3-K_1), 4—钻井, ①—嫩江壳深断裂, ②—德都-勃利壳深断裂, ③—伊兰-伊通壳深断裂, ④—开原-赤峰壳深断裂

射能量较强,呈短轴状。斜坡区或靠近断层处常呈楔状外形和发散状反射结构及斜交反射结构的斜交地震相和杂乱地震相。断陷深部表现出连续性较好的平行—亚平行地震相(如十屋断陷)。

2. II 层序 ($T_1-T_2^1$)

沉积面积扩大,缓坡上逐层上超。外形一般呈楔状、发散状,内部反射能量较强,连续性相对较好。断(凹)陷中央为中振幅、连续的平行—亚平行反射。向缓坡上逐渐变为弱振幅、较连续反射和弱振幅不连续反射。靠近控盆(凹)断层一侧,常发育帚状或丘状地震相。层序中、上部常有透镜状地震相。

3. III 层序 ($T_3-T_4^1$)

该层序与 II 层序比较类似。地震反射特征呈楔状,前积结构比较普遍,偶见杂乱、斜交和丘状地震相,但内部反射倾角较缓,横向变化小,能量相对比较均匀。中部存在多组连续性较好的反射,上部具席状披盖地震相,能量相对较弱。下部存在一些地震异常体。

4. IV 层序 (T_5-T_6)

该层序沉积面积明显扩大,已连成一体。但厚度变化大,德惠地区相对较薄,梨树地区和中央拗陷厚度较大,达 2500 m。地震反射特征下部在缓坡上逐层上超,内部呈发散状。中央为中振幅、较连续反射,向边缘渐变为弱振幅、连续性差或不连续的反射。上部具席状披盖反射结构。同上、下层序相比,能量相对较弱,具有充填沉积特征。

表 1 松辽盆地上侏罗一下白垩统地震层序划分

地 层	统 组	地震界面	地震层序	顶 面 地 震 反 射 特 征
上白垩统	泉头组	T_3		
下白垩统	登娄库组	T_4	N	T_3 反射特征不明显,一般由两个相位组成,连续性较好,边缘具削截特征,基本可追踪
	营城组	T_4^1	II	T_4 由两个强相位组成,连续性较差,视周期一般 40 ms
	沙河子组	T_4^2	I	T_4^1 是由强能量、断续的两个相位组成,视周期 40—50 ms,全盆可连续追踪,边缘具削截特征
上侏罗统	火山口组	T_5	I	T_4^2 由几个能量强的断续相位组成,连续性较差,断陷深部为视整一,边缘具削截
基 底				T_5 波特征明显,在斜坡边缘带由两个强相位组成,连续性好,断陷深部反射较差,存在许多干扰波

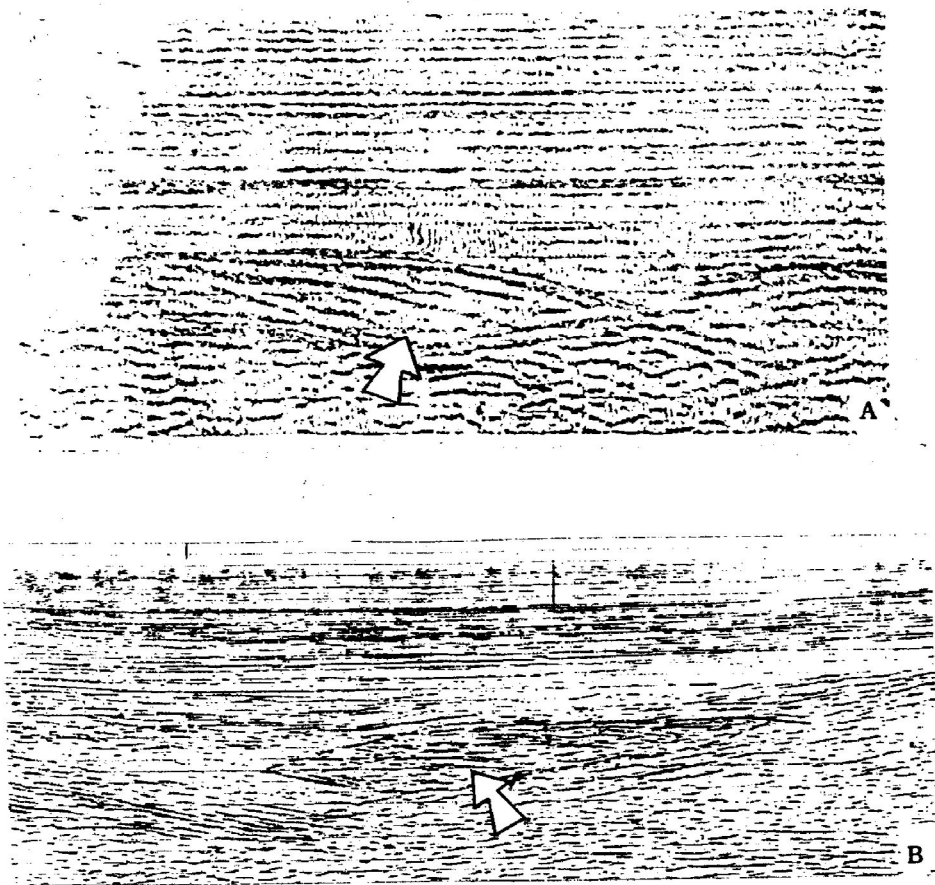


图2 水下扇与扇三角洲地震反射特征图

A—走向剖面, 丘形; B—倾向剖面, 楔形

三、地震相与沉积特征

松辽盆地晚侏罗—早白垩世属内陆断陷盆地, 分割性强, 构造运动和水平面相对升降频繁, 沉积类型相当丰富。具有河—湖相的各种内陆沉积环境, 是地震(地层)分析的理想场所^[6]。

(一) 水下扇与扇三角洲沉积体

主要分布在营城期—沙河子期盆地边缘紧靠断层一侧或坡度较陡的斜坡区, 登娄库期也有分布。

1. 地震鉴别特征

水下扇与扇三角洲沉积体的反射外形, 在倾向剖面上呈楔形, 在走向剖面上呈透镜状或丘形(图2)。当水下扇的展布方向与测线斜交时, 还可能出现一些其他形状(如S形)。在倾向剖面上, 水下扇与扇三角洲地震反射的连续性, 远离断层或斜坡逐渐变好。层速度为3500—4500 m/s(如鲍家扇)。根据地震反射特征的差异, 可在外形为楔形的剖面上进一步划分出扇根、扇中及扇端。扇根反射层理不清, 反映近物源区的快速碎屑沉积; 扇中的反射具明显的波阻抗界面, 连续性变好, 以中强振幅平行—亚平行反射为特征, 反映沉积环境相对比较稳定; 而扇端则以高频、中—低振幅的连续反射为特征^[6]。横向上常递变为连续性好、平行反射的湖相沉积。

2. 沉积特征

目前松辽盆地已有多口井钻遇水下扇与扇三角洲体。如登103井登娄库组, 松南12井营城组, 这些水下扇与扇三角洲体均显示出向上变细变薄的垂向层序(图3-A)。在平面上各相带逐渐向岸带迁移。扇根多靠近断层, 岩性主要为大套大小混杂的粗砾岩、中砾岩和少量砂砾岩夹薄层泥质沉积^[2,4]。自然电位曲线为低幅,

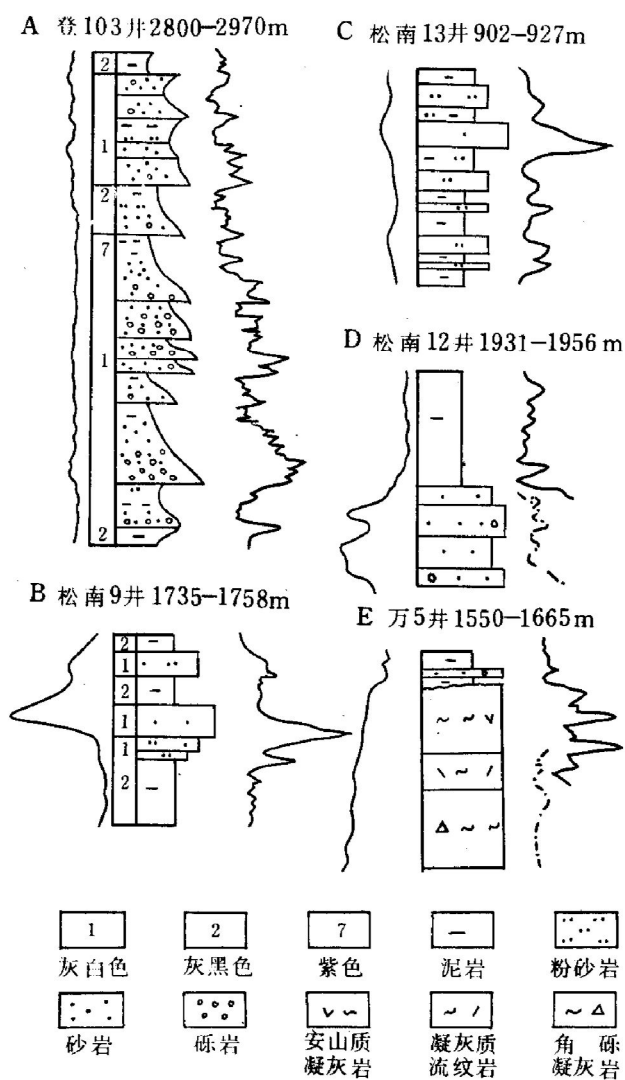


图3 几种沉积体的沉积序列

1. 地震鉴别特征

湖泊沉积体的反射外形呈席状。以平行-亚平行或波状-亚平行结构为主, 连续性好, 层速度较低, 一般为 2500—3500 m/s, 反映沉积物源供给比较稳定的滨浅湖亚相; 内部呈空白反射, 层速度及剩余层速度都较低, 反映远离物源区的半深—深湖亚相。两种亚相的地震反射顶界为整一或上超^[6] (图 5)。

2. 沉积特征

盆地中已有多口井钻遇湖泊沉积体, 其中松南 9 井和三深 1 井钻遇登娄库组湖泊沉积体。滨浅湖沉积体靠近断层, 为细砂岩-粉砂岩-泥岩, 有时存在滨湖砾岩相。砂岩磨圆度、分选性好, 交错层理发育, 有时出现水平层理和小型沙纹层理。自然电位曲线为低幅、低值平滑箱形夹中幅漏斗形 (图 3-B), 视电阻率值一般较低。半深—深湖亚相发育在盆地中

视电阻率为一齿状高阻层。扇中是水下扇与扇三角洲的主体, 可区分出辫状河道和扇中前缘亚相, 垂向层序如图 (3-A) 所示。辫状河道由无粒序块状砂砾岩相, 平行层理或斜层理砂砾岩相及砂岩相组成, 砾石磨圆度较高, 颗粒支撑, 冲刷现象明显。自然电位曲线具有明显的幅度差, 呈箱形、齿化箱形或钟形, 视电阻率值较高, 锯齿状。扇中前缘 (辫状河道平原) 亚相位于辫状河道发育区的前方, 与辫状河道相比, 分选性好, 不具明显的冲刷现象, 侧向延伸性好。其特征岩相为反递变至正递变砂砾岩相, 平行层理或斜层理砂岩相和交错层理砂岩相, 前积于水平纹层细砂岩相之上。自然电位曲线以钟形或齿化漏斗形-钟形组合为主要特征, 视电阻率相对较高, 呈齿状。扇端属浅水密度流沉积, 岩石类型以粗砂岩、中砂岩、细砂岩和泥岩为主, 常为砂泥岩互层, 夹透镜状砾石层, 发育粒序层理、平行层理和块状层理, 具不完整的鲍马序列。自然电位曲线为中—低幅分散齿形, 视电阻率为中—高值。典型概率累计曲线 (图 4-A) 特征是跳跃次总体与悬浮次总体具有明显的渐变关系, 跳跃次总体含量约为 55%—60%, 分选性中—好 (斜率 60—70°), 混合段含量超过 25%, 而悬浮次总体仅占 10%—15%, 分选性差, 斜率大约 15°^[6]。

(二) 湖泊沉积体

主要分布在断陷盆地深处的沙河子期、营城期和登娄库期的沉降中心。

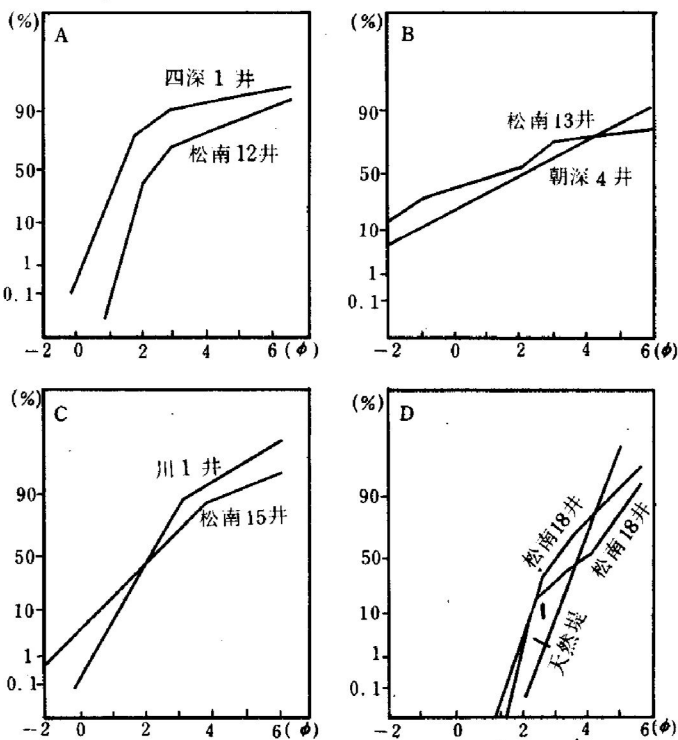


图4 几种沉积体的概率累计曲线

1726m 处见有海绿石颗粒, 说明其为淡水—微咸化、弱碱性介质、弱氧化、弱水动力环境沉积。

(三) 浊积扇沉积体

浊积扇是一种水下重力流形成的沉积体。主要分布在沙河子组和营城组的深水湖相之中, 系由水下扇滑塌而成。

1. 地震鉴别特征

浊积扇的反射形态多为楔形。走向剖面或倾向剖面上都呈透镜状。在地震剖面上呈长条形舌状体, 内部结构为亚平行的弱—中振幅的反射体, 四周递变为席状连续反射地震相 (图 6)。

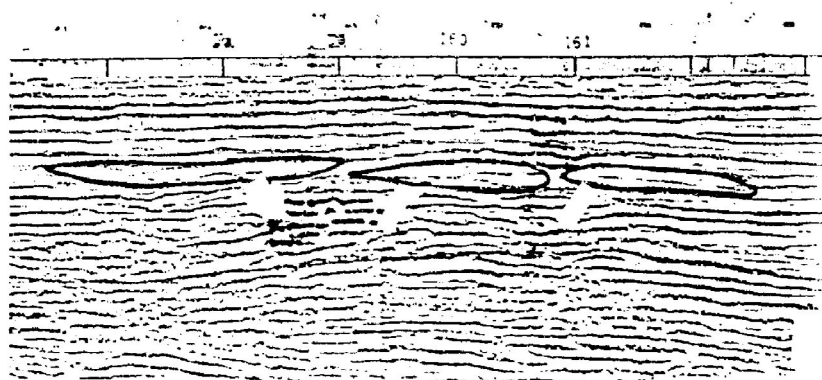


图 6 浊积岩体地震反射特征图

(四) 河流沉积体

1. 地震鉴别特征

河流沉积体是松辽盆地登娄库期—火石岭期的主要沉积体。根据地震反射特征, 可进一步划分出河道砂沉积体和泛滥平原沉积体。河道砂体在走向剖面上的反射形态多呈席状、低连续的亚平行反射, 倾向剖面上底界呈明显的凹形, 具有明显的切割现象, 其底面常形成一个局部的侵蚀面。反射界面沿河道底界面层层上超, 其上部弱反射层是低速泥岩反射 (图 7)。层速度达 4000—4100 m/s。泛滥平原沉积在地震剖面上的反射形态多呈席状或发散状, 平行—发散结构, 一般不连续至中等连续, 振幅可变但相对较低, 层速度一般为 2300 m/s。

2. 沉积特征

河流沉积是早期松辽断陷盆地发育的主体, 已有多口井钻遇 (如宋 3 井、川 1 井、松南 12 井等)。河道砂体主要由砾岩相、槽状及波状层理、砂岩相和平行层理砂岩相组成, 具冲刷构造。自然电位测井曲线为中—高幅指状钟形或箱形, 视电阻率高。典型概率累计曲线由跳跃次总体和悬浮次总体组成, 缺乏牵引次总体, 分选性差 (图 4-C)。泛滥平原沉积体为席状纹理粉砂岩、纹理泥质粉砂岩相及紫色、杂色泥岩相组成。层理一般不发育, 有时可见到平行层理。自然电位曲线特征为低—中幅钟形、箱形; 视电阻率值较低 (图 3-D)。典型概率累计曲线基本上为悬浮次总体, 含量 90% 以上, 无跳跃和牵引次总体, 斜率一般为 45—60°。曲线形态类似于密西西比三角洲天然堤的粒度曲线, 但沉积物粒度偏细, 可认为是泛滥平原的浅水沉积 (图 4-D)。

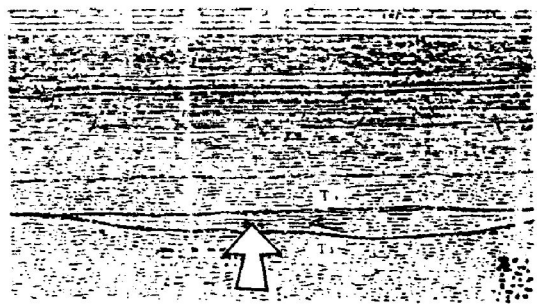


图 5 滨浅湖地震反射特征图

2. 沉积特征

杏 4 井和松南 13 井钻遇了这一沉积体的主体。主要岩性为递变粉砂岩和灰绿、灰色泥岩相。分选性差, 成份成熟度低, 主要是岩屑长石石英砂岩、粉砂岩, 泥质含量高, 约 64% (松南 13 井)。视电阻率相对变化较大, 自然电位曲线为中幅 (图 3-C)。概率累计曲线为多段式, 向上微凸, 斜率较低, 缺乏牵引和跳跃次总体, 悬浮次总体相对发育^[6] (图 4-B)。

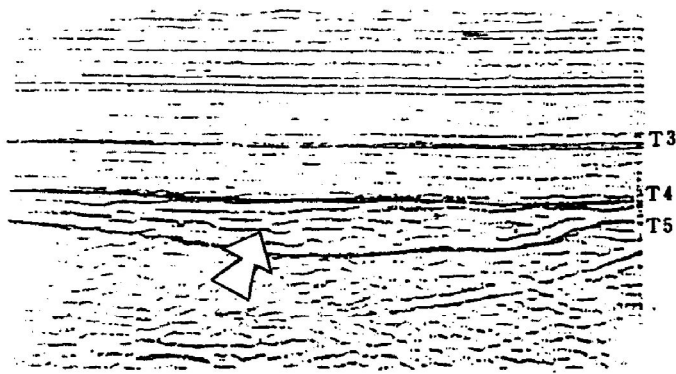


图 7 河道砂体地震反射特征图



图8 火山岩体地震反射特征图

2. 岩性特征

以万5井为例,主要为灰绿、灰黑色安山岩、安山-玄武岩、凝灰岩夹泥质和砂质碎屑岩沉积。自然电位曲线突变,视电阻率曲线呈齿状,值异常高(图3-E)。

根据地震地层学分析,松辽盆地晚侏罗—早白垩世发育各种类型的砂体。虽然这些砂体埋藏深、地温高、成岩作用强烈,使孔渗性能变差,但值得注意的是据大庆油田研究院资料,北部存在浊沸石孔隙和长石颗粒溶蚀孔隙*,南部存在方解石溶蚀孔隙**,可大幅度提高孔隙度改善储集性。另外,基岩风化壳和不整合面对油气的聚集也不可忽视。

(五) 火山岩与火山碎屑岩沉积体

主要分布在西部断陷带的义县期和东部断陷带的火石岭期和营城期。

1. 地震识别标志

在地震剖面上具有特殊反射特征。反射外形多呈巨丘形(图8),反射杂乱,波形不连续,不规则,多相位,振幅强弱不均,与周围正常反射层具显著差别,往往有断裂或绕射现象伴生。整个形态呈凸透镜状,正常反射层到此巨丘形接触界面上突然中断或变形。

参 考 文 献

- 1 佩顿 C E. 地震地层学. 牛毓荃等译. 北京: 石油工业出版社, 1980. 85—135
- 2 刘宝珺. 沉积岩石学. 北京: 地质出版社, 1980. 286—392
- 3 李正文, 赵志超. 地震勘探资料解释. 北京: 地质出版社, 1988. 74—97
- 4 刘宝珺, 曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法. 北京: 地质出版社, 1985. 92—118
- 5 成都地质学院陕北科研队. 沉积岩(物)粒度分析及其应用. 北京: 地质出版社, 1978. 45—65
- 6 张厚福, 曾洪流, 张万选等. 陆相断陷盆地区域地震地层学方法探讨. 石油与天然气地质, 1988, 9 (3): 231—241
- 7 吴瑞棠, 张守信等. 现代地质学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989. 42—65

* 徐永丰. 松辽盆地北部侏罗系石油地质特征的几点认识及断陷评价. 1985

** 地矿部吉林石油普查勘探指挥所. 松辽盆地上侏罗—下白垩统煤成气地质条件研究. 1985

SEISMIC STRATIGRAPHY OF UPPER JURASSIC – LOWER CRETACEOUS IN SONGLIAO BASIN

Yang Changqing

(Comprehensive Research Institute of Petroleum Geology, MGMR, Jiangling, Hubei)

Abstract

Songliao Basin is composed mainly of Upper Jurassic-Lower Cretaceous sediments and could be divided into four seismic sequences and two supersequences. According to the texture and geometry of the basin's seismic reflectance, sedimentary bodies such as subaqueous fan, fan delta, lacustrine, fluvial, turbidite fan, volcanic rocks and volcanoclastic rocks have been recognized.