

延吉盆地石油地质特征初探

姚新民

(大庆石油管理局勘探开发研究院)

周志祥 裘军跃

(大庆石油管理局勘探部)

延吉盆地在晚华力西期白岗质花岗岩为主的基底上广泛接受了以白垩系为主的中新生代沉积,最大厚度3900 m。该盆地具有良好的生、储、盖配置关系和圈闭条件。下白垩统大砬子组最厚达2000 m。其中暗色泥岩发育,有机质丰度高,转化程度好,是好—较好生烃岩;砂层占地层总厚50%以上,是物性较好的储层;泥岩段横向分布较稳定,是良好的区域盖层。圈闭类型主要为岩性、地层圈闭,其次为披覆构造和断块圈闭。盆地主要勘探目的层是大砬子组,有利远景区为朝阳川凹陷,其次为清茶馆凹陷和德新凹陷,有望获得中小型油气田。

关键词 延吉盆地 白垩系 大砬子组 油气远景评价

第一作者简介 姚新民 男 38岁 工程师 石油地质

一、概 况

延吉盆地位于吉林省东北部的长白山东麓,即东经 $129^{\circ}04'$ — $129^{\circ}46'$,北纬 $42^{\circ}32'$ — $43^{\circ}04'$,面积 1670 km^2 。周围被海拔500—700 m的中低山环绕,盆内丘陵起伏,布尔哈通河和海兰江分别横贯全境。

1986年以来,大庆石油管理局对延吉盆地开展了早期评价工作。已完成1/100000航磁测线2624.7 km;化探1214个采样点;大地电磁测深35个物理点; $4\times 4\text{ km}$ 和 $5\times 9\text{ km}$ 二维地震普查测线333.1 km;地质浅钻1口。通过所获勘探信息及以往煤田勘探资料,对延吉盆地的石油地质条件进行了综合研究和初步探讨。

延吉盆地是一个中、新生代山间断拗盆地。因位于延边华力西褶皱系与中朝准地台的接壤带附近,且有深大断裂在盆地南缘通过,故而盆地具有较复杂的构造背景和发展历程。

延吉盆地的发育过程经历了四个阶段。

1. 断陷阶段

中晚侏罗世,由于强烈的断裂活动,在华力西晚期隆起带上发生了大规模的断块升降运动,因而在延吉地区发生了差异沉降,在太平镇一带形成了平台式地垒,在朝阳川和其东部的清茶馆地区分别形成了北北西和北北东向的断陷,延吉盆地的雏形开始形成。

2. 拗陷阶段

晚侏罗世至早白垩世初,盆地开始整体下沉,大砬子组沉积时进入发育全盛期。此间,朝阳川、清茶馆断陷大幅度沉降。受燕山晚期构造运动影响,白垩纪伴有强裂的岩浆喷发。

3. 萎缩阶段

早白垩世末至晚白垩世, 由于差异升降活动, 致使盆地北部、南部翘起, 沉积范围明显缩小。沉降中心移至现今的布尔哈通河与海兰江之间, 沉积中心向盆地东南迁移。

4. 隆升阶段

晚白垩世末, 喜山运动使盆地整体隆升, 大部分地区进入剥蚀期。盆地东北部清茶馆一带仅残存小范围且厚度有限的第三纪沉积, 白垩系龙井组与大砬子组在部分地区出露于地表。喜山运动导致了新生代玄武岩喷溢。

二、盆地地质结构

1. 基底特征

延吉盆地基底主要由晚华力西期白岗质花岗岩、辉长岩、花岗闪长岩、闪长岩、黑云母花岗岩和古生界残留的变质岩条带间互组成。

2. 盖层构造特征

盆内以牡丹江深断裂为主导, 发育了近南北、近东西、北西和北东走向的四组 21 条断裂, 其中以近南北和近东西向为主, 多形成于燕山运动早期及以前, 对盆地的构造格局起着明显的控制作用。北西、北东向断裂多形成于燕山运动晚期。不同时期的断裂相互交切, 形成东西分带、南北分块的构造格局。根据地震普查及航磁等物探资料, 将盆地自西而东划分为西部隆起、中央坳陷、太平隆起、东部坳陷 4 个一级构造单元和 13 个二级构造单元, 其中凹陷面积 957 km², 占盆地总面积的 57.3% (图 1, 表 1)。

表 1 延吉盆地构造单元划分表

一 级	二 级	面积(km ²)	
西部隆起 (I)	老头沟凸起(I ₁)	70	275
	细鳞河单斜(I ₂)	140	
	八家子凸起(I ₃)	65	
中央坳陷 (II)	莲花洞单斜(II ₁)	65	565
	朝阳川凹陷(II ₂)	280	
	龙湖断鼻带(II ₃)	80	
	勇新凸起(II ₄)	140	
太平隆起 (III)	帽儿山凸起(III ₁)	190	438
	维新断块(III ₂)	65	
	东丰凸起(III ₃)	50	
	智新凸起(III ₄)	133	
东部坳陷 (IV)	清茶馆凹陷(IV ₁)	240	392
	德新凹陷(IV ₂)	152	

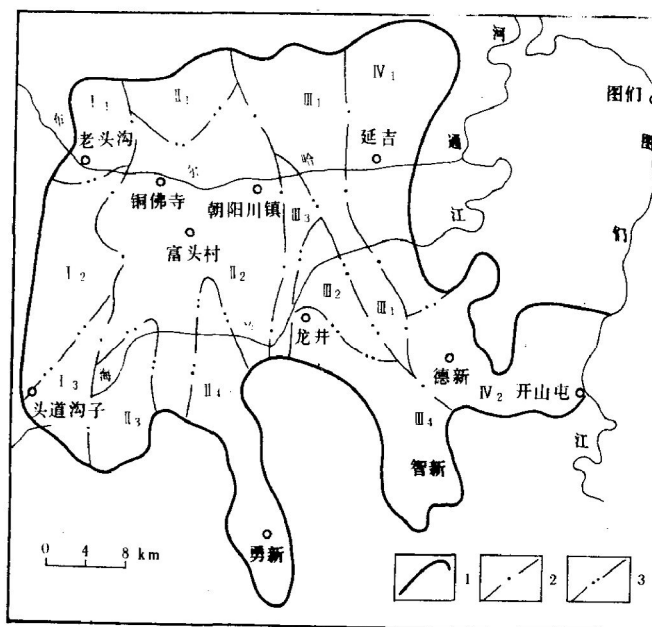


图 1 延吉盆地构造分区图

1—盆地边界, 2—一级构造单元分界线,

3—二级构造单元分界线

西部隆起: 基底由西向东倾斜, 最大埋深 1100 m。

中央坳陷: 是盆地内最大的一级

构造单元,基岩最大埋深 3900 m。朝阳川凹陷位于坳陷的中部,是盆地内面积最大、沉积盖层最厚的凹陷。基底由花岗闪长岩和白岗质花岗岩组成。下白垩统大砬子组上段沉积最大厚度达 1500 m,存在较深水湖相和三角洲前缘相沉积。在凹陷东部,由于燕山晚期安山岩的喷发,使地温梯度升高,有利于油气的形成;在凹陷西部,砂岩比较发育,具备较好的储集条件。凹陷内有岩性、地层等圈闭条件,凹陷周围发育火山岩、古隆起的披覆构造圈闭。另外,经地球化学勘探的多项指标综合分析,凹陷内的南沟地区为一级化探异常区,异常区面积 81 km², ΔC 、 C_2^+ 、 C_3 的强度分别为 1.500%、15.038 mg/kg、3.244 mg/kg,衬度分别为 1.200、6.015、8.060。

太平隆起:隆起持续时间长、幅度较大,南缓北陡。在上白垩统龙井组沉积前,大部分地区始终处于隆起状态,后期被近南北向和近东西向断层分割成一个断块和三个突起。基岩最大埋深 2500 m。

东部坳陷:是一个发育时间长、沉积盖层保存较全的坳陷。在坳陷内,不仅中生代地层较发育,而且第三系珲春组也很发育。基岩最大埋深 3700 m。

在盆地形成和发展的过程中,岩浆活动较频繁,经历了三次较大规模的岩浆喷发或侵入。一是燕山运动早期沿南北向断裂形成中性及基性喷发岩(见于侏罗系上统屯田营组),主要由安山岩、安山角砾熔岩、安山集块岩及流纹岩等组成;二是燕山运动晚期沿北西、北东向的剪切断裂形成中性喷发岩和酸性侵入岩(见于白垩系下统泉水村组),主要为安山岩、安山角砾熔岩和花岗岩;三是喜山期(见于第三系和第四系)在局部地区形成基性喷发岩,主要为玄武岩。岩浆岩平面展布由西向东层位由老变新,显示出盆地在发育过程中逐渐东迁的特点。

3. 盖层沉积特征

在晚华力西古老基底上,盆地广泛接受了以白垩系为主的中、新生代盖层沉积。自老至新发育有上侏罗统屯田营组、长财组;下白垩统泉水村组、大砬子组;上白垩统龙井组;第三系珲春组、四方台组(玄武岩)和第四系。各组间均为不整合接触。第三系和第四系只零星分布在盆地边部及河谷地带。

屯田营组:为火山碎屑岩建造,主要分布在盆地边缘的老头沟、八道沟等地。地层厚 110—1500 m,主要为安山岩、安山集块岩、安山角砾熔岩、凝灰岩,局部夹有正常碎屑岩沉积。

长财组:为陆相含煤碎屑岩建造,分布较局限,主要残留于负向构造单元中。出露于盆地西北角的老头沟一带及盆地南侧的长财村等地。地层厚 120—450 m,其上段为粉、中粗砂岩夹薄层可采煤层;下段为灰质泥岩、粉砂岩呈不等厚互层夹可采煤层,底部为泥砾岩。

泉水村组:为类磨拉石建造,零星分布于老头沟、和龙县松下坪、长财村等地。地层厚 80—500 m,上部为安山岩、安山角砾熔岩、凝灰熔岩夹碎屑岩和薄煤层,下部为凝灰质胶结的砂砾岩,底部为厚层巨砾岩。

大砬子组:为河湖碎屑岩建造,是盆地坳陷发育期的产物,地层厚 290—2000 m,分布广。出露于和龙、老头沟、铜佛寺、智新、大砬子等地。根据沉积环境、岩性、岩相及生物组合特征,可将该组分为下段和上段。下部为类磨拉石建造的砂砾岩段,厚 100—1300 m。以含砾砂岩、砾岩为主,夹粉砂岩和薄煤层。局部地区底部为巨砾岩,砾石成分为花岗岩、安山岩等。在老头沟剖面中夹有暗色泥岩、页岩,含叶肢介、介形虫、瓣鳃类化石。上段为砂泥岩段,在中央坳陷的厚度为 200—1150 m,在东部坳陷的厚度为 400—1500 m。岩性为黄灰、绿灰色粉砂岩和灰、黑色粉砂质泥岩、页岩,含泥灰质结核和泥灰岩凸镜体及黄铁矿。该段沉积时主要为深水湖相环境,生物繁盛,地层中介形虫、叶肢介、软体类、鱼、昆虫、植物等化石丰富。

龙井组: 为红色碎屑岩建造, 在盆地中部的海兰江和布尔哈通河一带大面积分布, 厚 290—1150 m。主要以棕红色碎屑岩夹泥岩为特征。分上、下两个岩性段: 上段由红、紫、灰绿色粉砂岩组成, 夹含砾砂岩和薄层泥灰岩, 局部夹有石膏层; 下段以灰黄、红色含砾砂岩、砾岩为主, 夹紫红、绿灰色粉砂岩, 底部见有巨砾岩。

根据地层沉积特征, 中生界可划分为三个大的正向沉积旋回。上侏罗统长财组沉积旋回; 下白垩统泉水村组—大砬子组沉积旋回; 上白垩统龙井组沉积旋回。各旋回的底部多为山麓洪积的砾岩或巨砾岩段; 中部以碎屑岩沉积为主, 泥岩发育; 上部则逐渐过渡为粗碎屑沉积。

中生代沉积总体受盆地基底古构造制约。沉积中心早期在盆地西北部, 中晚期向东及东南部迁移。

据地震普查资料揭示, 延吉盆地主要存在四种类型地震相:

①半深水湖—浅湖反射相, 其中半深水湖反射相分布于太平隆起以西的朝阳川和清茶馆一带, 浅湖反射相主要分布在朝阳川凹陷。

②扇体反射相, 包括三角洲前缘反射相、水下反射相、冲积扇反射相。主要分布在朝阳川凹陷。

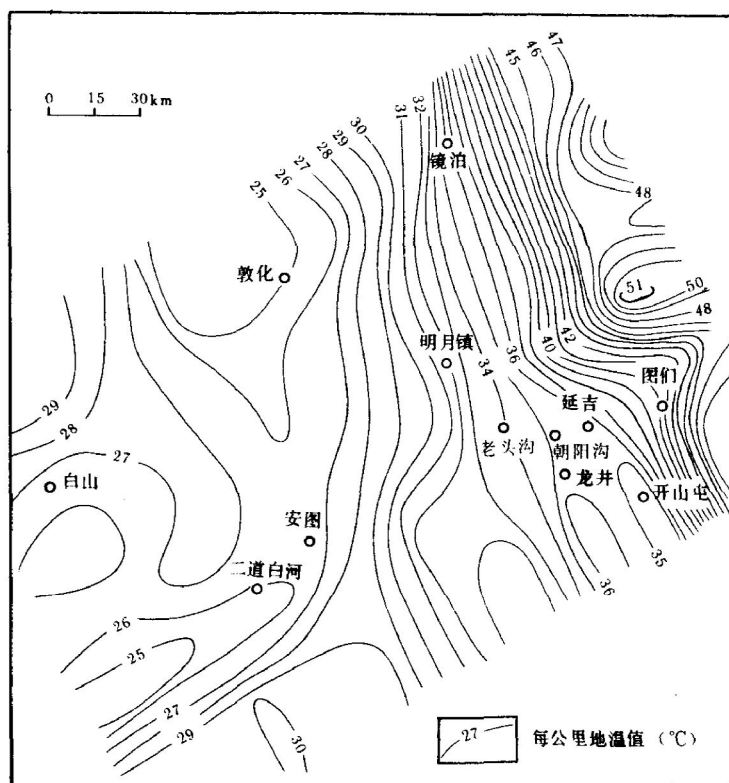


图2 延吉盆地及其外围地区地温梯度等值线图

③火山丘反射相, 盆地各处均有分布, 一般在 T_5 — T_3 地震反射层(相当于基岩顶面至侏罗系顶面)内, 有的单个存在, 有的则互相叠置。

④河道反射相, 主要分布于盆地边缘 T_3 以上地震层内, 呈“V”字型或“U”字型下切老地

层。

4. 居里面深度及地温场

延吉盆地的居里面深度由西南部向东北部缓慢抬升,大致为 15—18 km。

频繁的构造运动和多期强烈的岩浆活动,使延吉盆地经历了较长的高热时期,具有较高的地温场。平均地温梯度为 34—37℃/km,并且由盆地的西南向东北呈平缓升高趋势(图 2)。

三、含油气远景

1. 有好—较好的生油岩

大砬子期是延吉盆地发育的全盛期,沉积最厚达 2000 m,分布面积大于 1000 km²。在盆地的中部及南部的深水湖相沉积,为粗、细粉砂岩与泥岩、油页岩互层。大砬子组上段有近 350 m 的细相带沉积,暗色泥岩发育、厚度大。含大量介形虫、叶肢介、鱼、瓣鳃类、腹足类和浮游生物化石。据地面露头 and 煤田钻孔及地质浅钻资料统计,盆地北部铜佛寺一带泥岩厚度占地层厚度的 30%左右,大砬子一带高达 55%以上。单层一般厚度 6—30 m,最大厚度达 131 m(表 2)。

表 2 延吉盆地大砬子组上段暗色泥岩统计表

井号、剖面	累计厚度 (m)	单层最大厚度 (m)	地层总厚 (m)	泥岩含量 (%)
7918	41.58	6.40	378.80	11
7929	72.70	19.00	159.60	46
7919	74.20	7.60	428.60	17
8032	98.65	22.60	448.70	22
7911	100.00	16.00	240.20	42
延 D-1 井	472.00	80.00	814.50	58
铜佛寺剖面	478.90	29.20	1404.16	34
新东—南阳剖面	536.60	71.50	1013.90	53
大砬子剖面	840.00	131.00	1527.80	55

暗色泥岩有机质丰度和转化程度较高。有机碳含量平均为 1.52—1.83%,最高达 4.63%;氯仿沥青“A”含量平均为 0.07%,最高达 0.22%;总烃/有机碳为 0.232—6.638%;镜质体反射率为 0.43—1.38%。延 D-1 井镜质体反射率 580 m 为 0.51%,675 m 为 0.53%,902 m 为 0.74%。表明延吉盆地生油门限浅于其他盆地,生烃岩自现今深度 580 m 即开始进入低成熟阶段。干酪根以Ⅱ类为主。各项指标综合评价,大砬子组暗色泥岩为好—较好生油岩(表 3)。

采用氯仿沥青“A”法和 10%的排聚系数测算,延吉盆地石油远景资源量为 1.216×10^8 t,其中中央坳陷为 0.610×10^8 t,东部坳陷为 0.322×10^8 t,西部隆起为 0.119×10^8 t,太平隆起为 0.165×10^8 t。

在盆地南部龙井市智新乡的大砬子组上部露头中已发现棕褐色层状油砂。经探槽揭示,油

表3 延吉盆地大砂子组生油岩综合评价表

地化指标	中央坳陷、西部隆起			太平隆起			东部坳陷延D-1井		
	样品块数	范围值	平均值	样品块数	范围值	平均值	样品块数	范围值	平均值
有机碳(%)	8	0.240—4.633	1.833	13	0.301—3.423	1.517	28	0.686—5.171	2.408
氯仿沥青“A”(%)	6	0.005—0.211	0.063	11	0.004—0.216	0.068	27	0.006—0.407	0.072
总烃(%)	2	0.031—0.052	0.042	3	0.006—0.206	0.080	12	0.023—0.211	0.087
干酪根	H/C原子比	4	0.61—1.17	10	0.37—1.02		17	0.57—1.30	1.00
	O/C原子比	4	0.14—0.25	10	0.07—0.22		17	0.08—0.18	0.13
饱和烃/芳烃	2	2.51—2.54	2.52	3	0.84—4.71	2.49			
总烃/有机碳(%)	2	0.695—1.122		3	0.232—6.638				
镜质体反射率(%)	2	0.43—0.60		7	0.51—1.38		3	0.51—0.74	
ORP	6	0.62—2.23		4	0.55—1.11				
干酪根类型	I _A —II			I _A —II			I _A —II		
综合评价	好—较好生油岩			好—较好生油岩			好—较好生油岩		

砂厚度为1.1 m,含油均匀饱满。另外,在延吉市梨花洞一带的龙井组黄褐色含砾砂岩2—4 mm宽的张扭性节理中充填天然沥青脉,长40—60 cm。以上事实均说明延吉盆地有过石油生成、运移和储集的历史。更可喜的是,1990年在盆地东南部较小的德新凹陷所钻的延D-1井于大砂子组上部672.50—942.45 m井段岩芯见14处7.62 m含油显示,其中棕褐色中粒长石饱含油砂岩3.96 m,最大单层厚3.00 m。进一步展示了延吉盆地的勘探前景。

上侏罗统长财组含煤层具有一定的厚度,而且埋藏较深,有一定的煤成气条件。

2. 有较好的砂岩储层

据盆地北部地区资料,大砂子组砂岩十分发育,砂岩层厚度占地层总厚度的50%以上。主要为细—中砂岩,碎屑部分以长石、石英为主,其次为云母等。粒度中值0.177 mm,分选中等。以泥质胶结为主,胶结类型为孔隙-再生型。孔隙度一般为20%(露头油砂为28—32%),渗透率为 $13 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。总体看,大砂子组储油物性较好,并且盆地南部物性有利于北部的趋势。盆地南部的延D-1井饱含油砂岩孔隙度为21.8%,渗透率为 $2156 \times 10^{-3}—2166 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属中孔高渗储层。

另外,大砂子组下伏泉水村组和上覆龙井组砂、泥岩也较发育,其中的砂岩、砂砾岩亦是较好的储层。

3. 有较好的盖层条件

大砂子组泥岩段横向分布较稳定,是良好的区域盖层。另外,龙井组中部和上部的泥岩也具有一定的厚度,且含凝灰质和薄层石膏,亦可构成较好的区域或局部盖层。

延吉盆地大砂子组作为主要生油层,可形成自生自储,亦可以断裂为通道形成上生下储或下生上储的生储盖组合。

4. 有一定的圈闭条件

据地震普查资料揭示,延吉盆地的圈闭类型主要为岩性、地层等非背斜圈闭,其次为火山岩、古隆起的披覆构造圈闭和断块圈闭。

朝阳川凹陷周围,主要发育构造圈闭。在12个构造圈闭中,除一个为断层遮挡圈闭外,其

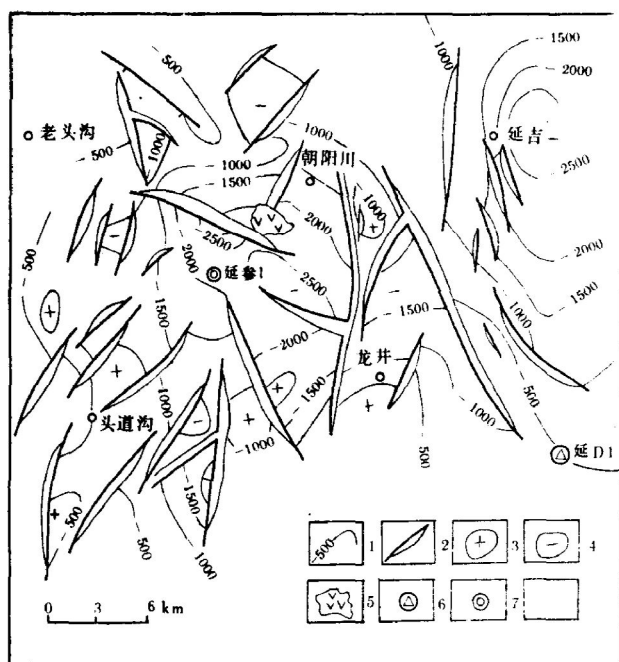


图3 延吉盆地 T_3 地震反射层构造图

1— T_3 层构造等高线(m), 2—断层, 3—正向构造, 4—负向构造,
5—岩浆岩, 6—见含油显示井, 7—设计参数井

余均是火山岩、古地貌形成的披覆构造圈闭, 并且多在 T_3 层(相当于侏罗系顶面)发育(图3)。

朝阳川凹陷内, 主要发育岩性、地层等非背斜圈闭。例如, 三角洲顶积、前积层砂体形成的岩性圈闭; 断层崖、前缘水上或水下扇体形成的岩性圈闭; 地层超覆、地层不整合形成的地层圈闭等。

综上所述, 延吉盆地的主要勘探目的层为白垩系下统大砬子组, 主要勘探目标是岩性、地层圈闭及构造圈闭, 朝阳川凹陷是最有利的勘探远景区, 其次为清茶馆凹陷和德新凹陷。延吉盆地尽管凹陷面积较小, 最大的朝阳川凹陷面积只有 280 km^2 , 最大埋深仅 3900 m , 但具有良好的石油地质条件, 并已发现含油显示, 有希望获得中小型油气田。

INQUISITION OF PETROLEUM GEOLOGICAL FEATURE OF YANJI BASIN

Yao Xinmin

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Daqing Petroleum Administration)

Zhou Zhixiang · Qiu Junyue

(Department of Petroleum Exploration, Daqing Petroleum Administration)

Abstract

Yanji Basin is a Mesozoic intermountainous fault-depressed basin situated at the eastern foot of Changbai Mountains in Northeast Jiling Province.

During the process of formation and development, the basin underwent three large scales of magmatic activities as early and late Yenshan and Himalayan, and four evolution stages: fault-subsided, depressed, shrinkage and uplift stages. Its structural framework was controlled by near NS and EW stretching faults, and characterized by zonates in EW direction and blocks in NS directions. During Variscian stage, the basin received extensive Meso-Cenozoic sediments in which Cretaceous sediments were the main part. The greatest thickness was 3900m. In late Late Cretaceous, the basin was uplifted and denuded resulted by Himalayan movement.

The basin has favourable source-reservoir-cap rock assemblage and trap condition. The Dalazhi Formation in Lower Cretaceous has thick sediments (the max. thickness is about 2000m), and the dark mudstone developed well. Organic abundance and transformation degree of organic matter are high (the average organic carbon is 1.517 – 2.408%; chloroform extract “A” 0.063 – 0.072%; the ratio of total hydrocarbon/organic carbon 0.232 – 6.638%; R^o -value 0.43 – 1.38%), and the kerogen is mainly type-II, indicating that the mudstone is fine source rock. The formation contains considerable fine to medium grained sandstone which occupies more than 50% of the total thickness of the formation. The porosity of the sandstone is about 20%, and the permeability $13 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. This constitutes favourable reservoir rock. The mudstone member of the Dalazhi Formation laterally distributed uniformly; the middle-upper parts of the Longjing Formation in Upper Cretaceous contain fine tuff clastic rock and thin gypsum, they both constitute perfect regional caprocks. According to the data of seismic reconnaissance, the trap types of the basin are mainly lithologic and stratigraphic traps and secondly the drape structure and fault-block traps.

The principal exploration target bed is the Dalazhi Formation; the favourable potential areas are Chaoyangchuan Sag, then the Qingchaguan and Dexin Sags. Fine oil-showings have been found in outcrops of Zhixin Village and from well drilling in Dexin Sag in southeast of the basin.