

钱塘江口地区全新世 沉积环境与生物气分布

林春明* 李从先 蒋维三
(同济大学海洋地质与地球物理系) (浙江石油勘探处)

林春明等. 钱塘江口地区全新世沉积环境与生物气分布. 天然气工业, 1997; 17(1): 11~15

摘 要 采用层序地层学基本原理, 以海平面升降旋回为主线, 对钱塘江口全新世地层进行了划分对比, 系统地研究了全新世环境演变过程。研究表明, 晚更新世末期以来, 海平面经历了低海面—快速海侵—趋于稳定的高海面半个旋回周期。晚更新世末期低海面时, 河流下切形成深达 60~100 m 的钱塘江古河谷和太湖古河谷, 谷底形成的区域不整合面便为全新世的底界面。全新世以来, 本区经历了初、早期古河谷充填, 中期海水覆盖, 晚期河口湾形成、萎缩和湖沼发育等过程。近岸浅海灰色淤泥质粘土和河漫滩深灰—灰黑色粘土作为气源岩和良好盖层, 河漫滩砂质透镜体为主力产气层, 气藏属自生自储同生型。气藏(田)主要分布在古河谷内, 富集在山丘附近的河口地区。古河谷和古河口为生物气形成和富集提供了有利的地质条件。预测勘探更新世浅层气有望获得更多的天然气储量。

主题词 钱塘江 全新世 海平面 升降运动 沉积环境 生物气 分布

钱塘江口地区包括杭州、余杭、萧山、绍兴市和德清县, 面积约 4 000 km²。区内西部和南部为山丘, 地势总体上呈西高东低, 除山丘外, 海拔高程一般小于 6 m, 水系发育, 钱塘江为区内主要河流。

本区第四系超浅层天然气勘探始于 1958 年, 1991 年底以来取得突破性进展, 发现了一批有价值的气藏。勘探过程中, 共打了 300 余口探井和千余口静力触探井, 并作了大量粒度、微体古生物、粗组分、碳同位素、软体动物鉴定等多项分析化验。笔者以这些资料为基础, 着重探讨超浅层天然气藏形成的沉积环境及生物气分布规律, 以便为本区和邻区超浅层气的进一步勘探提供可靠的地质依据, 为我国东南沿海其他地区的浅层气勘探及研究提供经验。

地层划分对比及沉积层序特征

1. 地层划分对比原则

本区晚更新世末低海面时, 地层受古水流强烈侵蚀切割, 使全新世原始地形起伏不平, 加之后来全新世海侵过程中各种动力的相互作用和影响, 使人们对全新世底界、全新统分段、垂向层序划分等问题各持己见^[1-4]。晚第四纪以来, 由于海平面升降速度远远大于地壳升降速度, 对全新世沉积的分布起控制作用的是被流水切割的古地形、海平面升降以及物源和沉积物供应量的变化, 而具全球性的海平面变化则控制了地层沉积的发生和发展。故采用层序地层学基本原理, 以海平面升降旋回为主线, 据全区 204 口取心井和近千条静力触探曲线资料, 进行了地层划分和对比: 即用末次冰期海平面下降造成的区域不整合面作为全新世地层的底界面, 用全新世海平面上升形成的海进海退沉积旋回以及岩性、岩相变化对全新世地层进行了分段。据此把全新世划分为初期、早期、中期和晚期四期, 在古河谷对应接

参 考 文 献

- 程有义等. 济阳凹陷浅层天然气富集的有利条件. 石油勘探与开发, 1995; 22(6)
- 李学田, 张义纲. 天然气盖层质量影响因素及盖层形成时间探讨. 石油实验地质, 1992; 14(3)
- 戴金星等. 天然气地质学概论. 北京: 石油工业出版社,

1989

- Peter Sztamari. Role of modern climate and hydrology in world oil preservation. Geology, 1992; 20(2)
- 关振良. 利用压实模拟计算地层古厚度及差异压实量的尝试. 石油实验地质, 1992; 14(2)

(收稿日期: 1996-05-21 编辑 李登湘)

* 林春明, 1964 年生; 1986 年毕业于大庆石油学院石油地质专业, 1995 年获石油大学硕士研究生学位; 曾先后在胜利石油管理局和浙江石油勘探处工作, 现在同济大学攻读沉积学与海洋地质学专业博士研究生。地址: (200092) 上海市四平路 1239 号。

受四套地层沉积。

2. 不整合面和全新世沉积层序

全新世沉积层与基底之间为一不整合面,它在

古河谷内表现为起伏的流水侵蚀面,在河间地表现为以硬粘土(古土壤)层为基底的沉积间断面,如乔司农场、柯桥地区,沉积间断面起伏较小(见图1)。

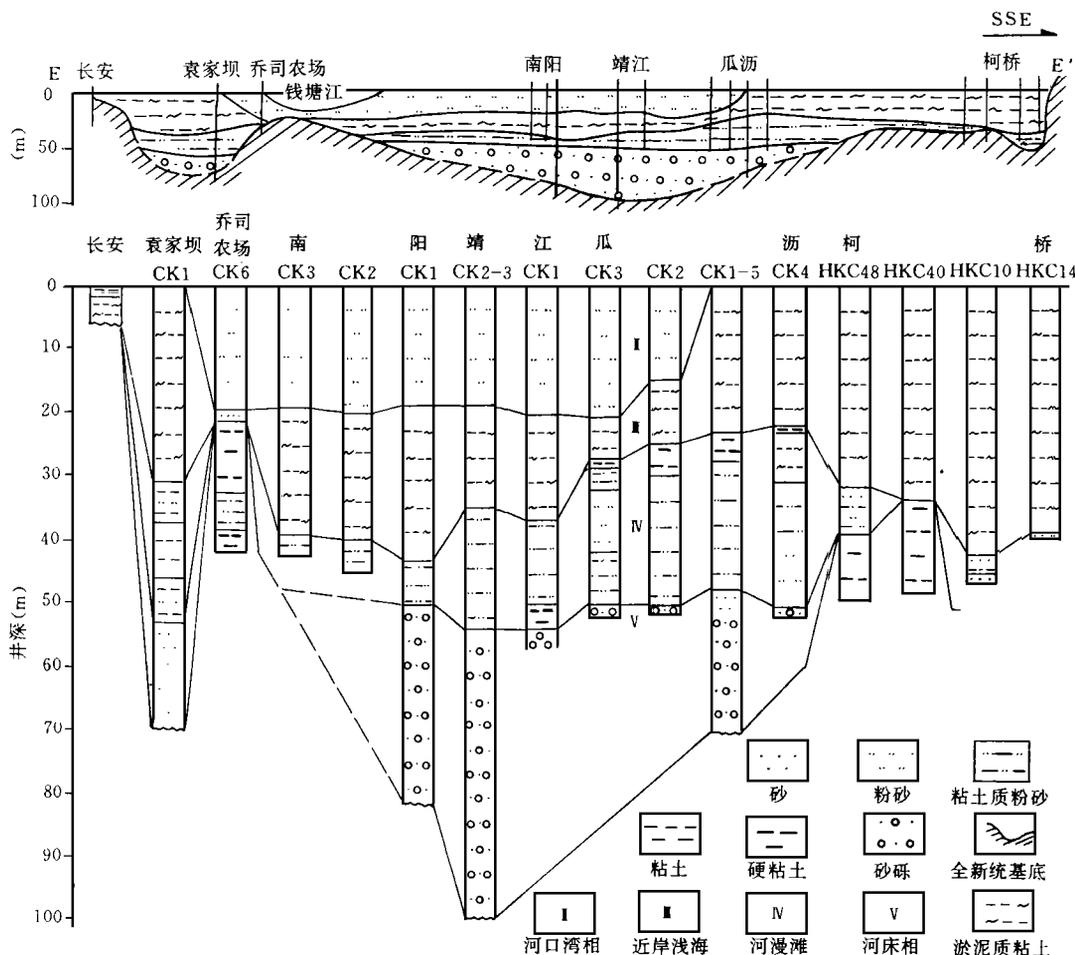


图1 钱塘江口地区全新统横面对比图

Fig. 1. Comparison diagram of Holocene lateral sections in Qiantangjiangkou area.

不整合面下的基底与其上全新世松散沉积层有明显的差异,且侵蚀面与沉积间断面为同一地史期产物。这是划分全新世沉积层底界面的可靠标志。

不整合面以下的地层便是全新世的基底,在古河谷为更新世的硬粘土(古土壤)和含砂砾粘土;在河流的主流线一带由于河流强烈下切,切穿了更新统,基底为白垩纪地层;在河间地基底为更新世硬粘土(古土壤)层。

根据萧山市夹灶地区夹3、夹4取心井和余杭市东塘地区东4、东5井等四口取心井岩层沉积相分析*,并结合已有的钻井和静力触探井资料,认为

本区古河谷地带,在全新世初期沉积了河床砂砾和含砾砂,早期为河漫滩粘土、砂质粘土,中期为浅海淤泥质粘土,晚期则为河口湾粉砂和湖沼粘土、粉砂土(见图1)。全新世地层在剖面上显示粗—细—粗的特点,最大海侵面位于中段海相层中。以该面为界,其下为海侵层序,其上为海退层序,共同构成完整的全新世海侵、海退沉积旋回。在河间地全新世初期及早期基本无沉积,中期为浅海淤泥质粘土,局部为滨海沉积,晚期为浅海淤泥质粘土或河口湾粉砂沉积,古河谷和古河间地的岩性、古生物,甚至沉积时间均不同,但从海侵、海退旋回的角度可对其进行

* ①林春明等,“浙江杭州湾地区第四系浅层天然气勘探区块地质综合评价”,1994年2月;②蒋维三、林春明,“杭州湾地区浅层生物气田形成的古地理环境及其特征”,《南方油气地质》(内刊),1994年10月创刊号。

对比。

晚更新世末的沉积环境

晚更新世末期,海平面下降,河流基面低,侵蚀能力极强,在本区内形成 60~100 m 的深切河谷(古河谷)。钱塘江在丘山、乔司、宁围、萧山和南部山丘之间形成北、中、南三个支谷,中支为主河谷,切割深,自西向东谷底逐渐加深,显然古水流由西流向东。西北部存在自北向南流的古水流,其源头可能延伸至太湖^[6],古水流经本区雷甸、塘栖、泉漳后,转向东南,从余杭和袁家坝一带注入钱塘江古河谷中,笔者称之为太湖古河谷;本区西部丘陵和杭州半山、超山之间存在由南向北流的次一级古水流,在东塘、塘栖一带汇入由太湖来的古水流中。

全新世沉积环境演变

全新世以来,本区经历了初、早期古河谷充填,中期海水覆盖,晚期河口湾形成、萎缩和湖沼形成过程。

1. 全新世初期沉积环境

全新世初期,随着气候转暖,海平面开始回升,海水首先沿钱塘江河谷内侵,钱塘江口随之向陆退缩,但未达本区。古河谷的沉积物为河床砂砾和含砾砂,厚数米至 40 余米,一般在古河谷的最深部位(中支谷)厚度最大(见图 2),即主流线位于现今钱塘江河口湾南岸的周浦、盈丰、靖江一线,古水流由西向东,与现今流向基本一致。其它古河谷河床沉积物也反映了类似的规律。

古河谷充填沙床砂砾、含砾砂层时,河间地暴露为地表,出现沉积间断。

2. 全新世早期沉积环境

全新世早期,气候温暖湿润,孢粉组合以麻栎、木解为主,海平面上升速度快,海水仍沿古河谷逆流而上,钱塘江口继续向陆退缩但仍未达到本区。古河谷沉积物为河漫滩灰色粘土、砂质粘土和粘土质砂,并夹有砂质透镜体,河漫滩沉积物覆盖在河床沉积物之上,分布的范围较河床广,其残留厚度 10~15 m,最大可达 28.5 m(瓜沥 CK4 井)。河漫滩沉积在钱塘江的北、中、南三支河谷中,以中支厚度最大。

钱塘江口后退时,涨潮流、风暴潮使钱塘江下游河段受到海水的影响,愈近河口,影响愈大,海相微体化石含量逐渐增多。

在河漫滩形成时,山丘附近发育坡积洪积红层,河间地发育古土壤。但在古河谷边缘,如萧山瓜沥、

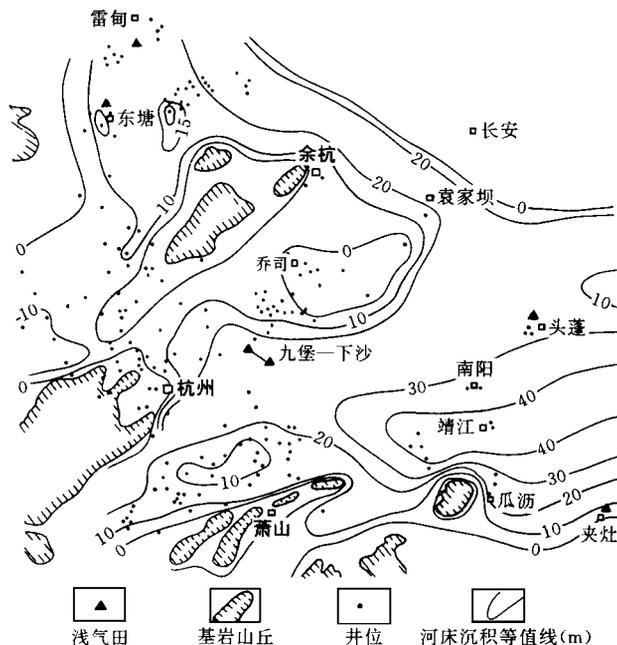


图 2 钱塘江口地区全新世初期河床沉积等厚图

Fig. 2. Isopach map of channel deposit at early Holocene period in Qiantangjiangkou area.

坎山,余杭东塘、塘栖地区的河漫滩沉积中出现硬粘土层,且越近山丘,厚度越大,远离山丘变薄,以致消失。其无论岩性、颜色、坚硬程度,还是厚度、埋深、分布位置、触探曲线形态、有无生物气等,都有别于更新世硬粘土,这可能是洪积事件等原因所致^{*}。

本期在东塘、塘栖、雷甸、杭州、萧山等地,于 26.0~39.0 m 深度范围内,广泛分布一层厚 10~30 cm(个别达 1.0~2.0 m)的贝壳、贝壳砂层,西北部东塘、塘栖、雷甸埋深浅,而在杭州、萧山较深,即自西向东有加深趋势。取样鉴定结果认为,这些淡水—微咸水软体动物化石是在受海水影响的河漫滩环境下沉积的。

3. 全新世中期沉积环境

全新世中期,海平面持续上升,为海侵鼎盛时期,海水溢出古河谷浸没相邻河间地,继而直逼山麓。本区古河谷接受浅海淤泥质粘土、粉砂淤泥质粘土沉积,残留厚度一般 10~20 m,最大可达 30 余米。含较多底栖有孔虫,种属多达 20 余种,分异度高,见大量介形虫,孢粉组合以喜热湿的青冈、栲属为主,其次为麻栎、松、水龙骨科,反映此时期古气候

* 林春明,“静力触探技术在钱塘江口全新统超浅层天然气勘探中的应用”,《南方油气地质》(内刊),1995年第1卷第4期。

温热湿润。河间地接受浅海沉积,局部变为滨海沉积。钱塘江变为海湾环境。

海相沉积层的厚度既受制于下部古地形的起伏,又受到后期水流侵蚀的影响,侵蚀大的地方,海相层变薄。钱塘江南、北两支谷侵蚀较弱,残留厚度较大,中支谷侵蚀强,残厚小,在乔司一带由于后期的强烈侵蚀使海相层消失殆尽(见图1)。

4. 全新世晚期沉积环境

全新世晚期,海平面相对稳定,沉积速率超过相对海平面上升速率,海岸向陆架退缩,本区由浅海湾环境变为河口湾环境和湖沼环境。

距今4000~2500年前,海岸前展,太湖古河谷逐渐被充填、缩窄成为河口湾;钱塘江南岸老虎洞山、萧山城、瓜沥、夹灶南和钱塘江北岸袁家坝、盐官以北相继淤浅成陆,钱塘江西侧杭州至余杭一线亦是如此(见图3)。此时涌潮出现,在河口湾发育河

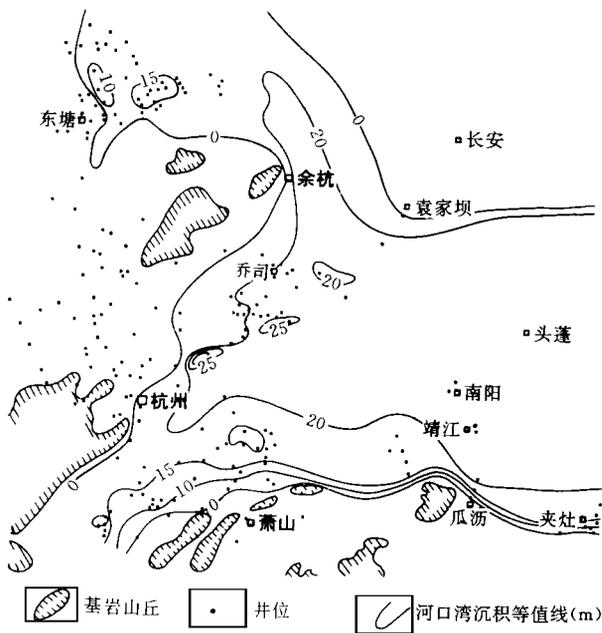


图3 钱塘江口地区全新世晚期河口湾沉积等厚图

Fig. 3. Isopach map of estuarine deposit at late Holocene period in Qiantangjiangkou area.

口沙坝,厚度较大,一般为10~20m,最厚为32.0m(杭K38—2井)。这种比较纯净的粉细砂沉积物总体积可达数百亿立方米,是钱塘江、太湖水流难以提供的,它主要是长江的物质随潮流带来,并在涌潮的反复作用下沉积的⁶⁾。从平面分布看,河口湾范围较古河谷范围小得多。从厚度来看,主流线位于北侧,这与末次冰期的河流主流线偏南的现象恰恰相反,可能是受地球表面科氏力影响。孢粉组合以麻栎—

黎科为主,反映古气候温暖湿润。

生物气分布

1. 气藏垂向分布

本区天然气既有海相成因,又有陆相成因。浅海相灰色淤泥质粘土层为一较好的生气层,有机碳含量一般为0.3%~0.5%,氯仿沥青“A”含量平均为153.6mg/L,干酪根为腐泥—腐殖型或含腐泥腐殖型(2);另一生气层为河漫滩深灰—灰黑色粘土和淤泥质粘土层,有机碳含量一般为0.3%~0.8%,氯仿沥青“A”含量平均为268.1mg/L,干酪根为典型腐殖型()。根据该区气源岩16个热解成果分析,最大热解温度均低于430,一般在370~410,属未成熟阶段。

储层类型自下而上有(见图4):①河床砂砾、砂层,在古河谷内连通性好,不易形成圈闭,常含水,当气来源丰富、砂层顶部具局部圈闭条件时,才有可能储集生物气;②河漫滩砂、粉砂、砂砾透镜体;③近岸浅海相所夹砂质透镜体含气层;④河口湾粉砂、含粘土粉砂以及粉细砂,厚度虽大,但因缺少盖层或盖层极薄,基本不含气。

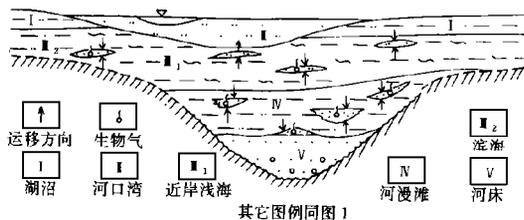


图4 钱塘江口地区生物气藏垂向分布图

Fig. 4. Vertical distribution map of Holocene biogenic gas reservoirs in Qiantangjiangkou area.

从目前勘探成果看,高产而稳定的气井皆位于古河谷内的河漫滩沉积层中,尤以厚度大、连续性好、圈闭条件好的砂质透镜体为佳,它们为区内主力气层。

晚第四纪以来,地壳升降运动和褶皱运动微弱,含气地层处于水平状态,气体以垂向运移为主,横向二次运移较弱。储层之上的生气层均可作为盖层,尤其是浅海层,含水可达40%以上,呈流塑—软塑状,在全区均有分布,为良好的区域盖层。因此本区气藏为自生自储同生型。

2. 气田平面分布

从本区目前超浅层生物气勘探成果看,萧山市

夹灶、义盛(头蓬)浅气田和余杭市九堡一下沙浅气田位于钱塘江古河谷内;余杭市东塘、德清县雷甸浅气田位于太湖古河谷内(见图 2);在河间地没有发现气藏,甚至气显示也很少见,而本区主力气层所赋存的河漫滩沉积物主要分布在古河谷内。因此可以说,全新世生物气田主要分布在古河谷内。

从产能和稳产时间来看,夹灶、义盛浅气田为最好,雷甸、九堡一下沙浅气田次之,再其次是东塘浅气田;从晚更新世末期以来的沉积环境演变看,浅气田富集在河流入海口的古河口地区,且离基岩山丘不远(见图 2)。成藏的有利条件是:河流入海携带大量陆源有机物,快速堆积,有利于生物气的转化;而多物源沉积物供给及沉积物供应量变化,引起海岸线局部多次进退,有利于储层的发育,但储层展布受古河谷发育规模的影响,古河谷规模大,利于储层发育,同时径流和潮流对河漫滩砂体改造作用,可形成分选好的串沟砂质透镜体(见图 4);后期海平面上升所形成的泥质沉积物不但为生物气提供气源,更重要的是提供了良好的保存条件。

综上所述,本区生物气藏无论在平面上,还是在垂向上,都主要分布于古河谷内。据统计,世界 25% 的非构造油气藏产自深切河谷^[6]。因此,晚更新世末期形成的深切河谷(古河谷)是浙江沿海冲积平原全新世生物气藏勘探的最有利地带。

结论与讨论

(1) 由对钱塘江古河谷和太湖古河谷的研究表明,现今的河流及全新世晚期的河口湾与晚更新世末期古河谷有继承性。因此,现今平原地区河流及历史上消亡河流为浅层气分布的有利地区,可作为进一步勘探的目标。

(2) 本区和邻区更新统保存多个海侵、海退沉积旋回^[6,7],更新世海平面升降旋回,应当存在类似的古河间地和古河谷的区别,古河谷充填的过程和沉积条件应当类似于全新世古河谷。因此更新世古河谷内的浅层气,可作为一个新的勘探领域,有望获得储量更大的气田。

(3) 勘探较深层的生物气,除了注重河漫滩、浅海、河床相砂体外,还应重视河口砂坝储集体,当生盖条件具备后,河口砂坝将会成为良好的储气层。此外,贝壳、贝壳砂层作为储气层,在本区及长江三角洲均见有报道^[8,9],其孔隙度大,但厚度小,产量低,稳定生产期极短,利用价值不大。若沿钱塘江向海方向能寻找到厚度大、分布面积广的贝壳、贝壳砂储气层,其意义将是重大的。

(4) 离基岩山丘不远的滨海滩砂亦有可能发现生物气藏(见图 4),但规模可能不会太大。

陈庆强、蔡亚萍、韩雪同志参加了部分研究工作,在此谨表诚挚谢意。

参 考 文 献

- 1 王宗涛. 浙江海岸全新世海平面变迁. 海洋地质研究, 1986; 2(2): 79~87
- 2 蔡祖仁, 林洪泉. 浙江杭嘉湖平原全新世地层. 地层学杂志, 1984; 8(1): 10~15
- 3 严钦尚等. 杭嘉湖平原全新世沉积环境的演变. 地理学报, 1987; 42(1): 1~15
- 4 李从先等. 冰后期钱塘江口沉积层序和环境演变. 第四纪研究, 1993; (1): 16~23
- 5 钱宁等. 钱塘江河口沙坎的近代过程. 地理学报, 1964; 30(2): 124~142
- 6 Brown L. F. Seismic and sequence stratigraphy: its current status and growing role in exploration and development: New Orleans Geological Society Short Course No. 5. AAPG 78th Annual Convention, New Orleans, 1993-04-24
- 7 吴标云, 李从先(主编). 长江三角洲第四纪地质. 北京: 海洋出版社, 1987: 109~143
- 8 陆逊等. 浙江第四系天然气概况. 天然气工业, 1983; 3(2): 9~13
- 9 王明义. 长江三角洲浅层天然气. 天然气工业, 1982; 2(3): 3~9

〔审稿人 教授级高级工程师 徐和笙〕
〔收稿日期 1996-05-13 编辑 居维清〕

准噶尔盆地东部天然气勘探有新发现

在准噶尔盆地东部五彩湾凹陷的五彩湾断鼻构造上,钻探的彩 25 井,于井深 3 028 ~3 038 m 的石炭系火山角砾岩储层中获工业性气流,用 63.5 mm 孔板试产,日产天然气 51 232 m³。此外,在该盆地的腹部,陆南低凸起上的石南 9 号背斜发现侏罗系气层。该背斜圈闭面积 16.8 km²,钻了 3 口井,于井深 2 550 ~2 892 m 的侏罗系三工河组及头屯河组发现工业性气层。

(牟驱编摘自 1185 期《石油消息》)