

汶东凹陷古近纪地层特征及沉积环境分析*

张多文

(胜利石油管理局地质录井公司, 山东 东营 257200)

摘要 汶东凹陷古近系分为古新世固城组和始新世大汶口组。大汶口组又分上、中、下 3 段, 相应地有 3 个化石组合带。从地震反射看, 该凹陷内自下而上呈 5 组反射波特征。以古近纪地层特征为基础, 结合构造演化分析认为: 固城组为干旱气候条件下的山麓洪积相沉积, 大汶口组下段为干旱条件下浅湖相沉积, 大汶口组中段为逐渐湿润条件下的氧化—还原湖相沉积, 大汶口组上段为潮湿气候条件下的还原湖相沉积。

关键词 汶东凹陷; 古近纪; 地层特征; 构造演化; 沉积环境

中图分类号 P634.61+1

文献标识码 A

0 引言

位于鲁西隆起内的汶东凹陷古近系富含石膏、自然硫等矿产。1976 年以来, 山东省地矿局进行了自然硫详查工作, 在凹陷主体部位共钻井 33 口, 一般井深 400~600 m, 个别井达 800 m。除汶 ZK41 井钻达奥陶系外, 其余 32 口井完钻层位均在新生界古近系内。该局第一、第九地质队出于其找矿需要, 基本上进行了系统钻井取心, 在钻井过程中见到较好的含油显示, 但未详细描述。汶 ZK16 井和汶 ZK18 井发现石油后, 中原油田钻了一口深 2 290.07 m 的

鲁 1 井, 这是汶东凹陷中唯一的一口深井, 并取得了唯一的测井资料。1996 年, 胜利物探公司在汶东凹陷完成了二维地震测线 17 条, 总长 205.64 km, 控制工作面积为 300 km², 并对该区的地质资料和介形虫进行了系统与初步的研究。

1 基本地质概况

汶东凹陷是位于山东省泰安市磁窑镇以东, 羊流店、北谷里以西, 徂徕山脉以南和楼德镇以北的区域(图 1)。汶河自东向西流经整个凹陷区, 磁窑—楼德—北谷里—线有铁路沿凹陷南部边缘穿过。

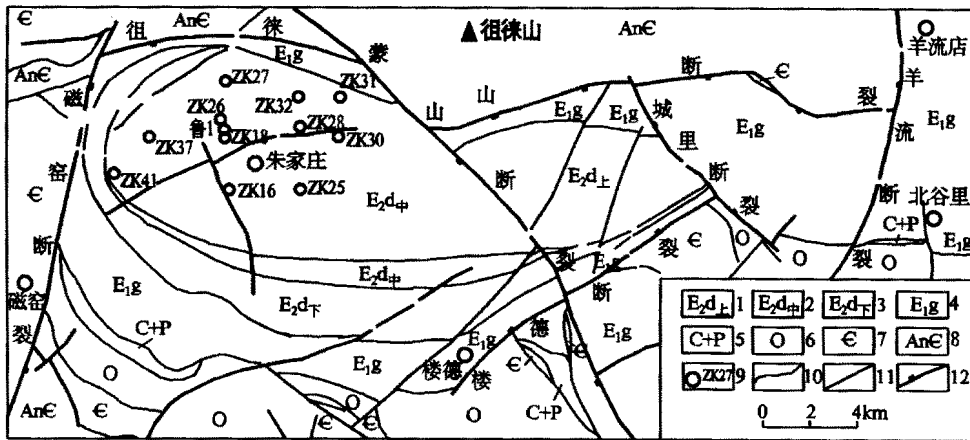


图 1 汶东凹陷前第四纪地质略图

1, 2, 3—古近纪始新世大汶口组上、中、下段; 4—古近纪古新世固城组; 5—石炭—二叠系; 6—奥陶系; 7—寒武系; 8—前寒武系; 9—井位及编号; 10—地质界线; 11—性质不明断层; 12—正断层

收稿日期 2003-11-06; 修订日期 2004-02-26; 编辑 汪先起

作者简介 张多文(1970-), 男, 青海西宁人, 工程师, 从事石油地质研究工作。

该凹陷北界为南掉的徂徕山深大断裂,该断裂呈缓波状近EW向展布,延伸约40 km;在南部,古近系上翘,超覆在蒙山丘陵带西部的石炭—二叠系之上,西以SN走向、东掉的磁窑断裂为界,与大汶口凹陷为邻;东以羊流断裂为界,与蒙阴凹陷相连。该凹陷因中部被走向SE、西倾的蒙山大断裂所切,分割成东、西两部分。蒙山大断裂将NE 45°方向延伸、北西盘下降的楼德断裂错开,楼德断裂向东北延伸,又被走向NW、NE盘下降的城里断裂所阻断。受徂徕山断裂、蒙山断裂、楼德断裂相挟,凹陷呈南北短、东西长、西宽东窄的瓢状新生界沉积盆地。凹陷的基底为古生界的石炭—二叠系;凹陷内地层主要是古近纪固城组和大汶口组,上覆地层为第四系。

2 古近纪地层特征

2.1 岩性电性特征

区域地质资料显示,凹陷周围出露有太古宙变质岩系、寒武系、奥陶系、石炭—二叠系,凹陷内除个别地方有古近纪固城组、大汶口组出露外,几乎全部被第四系覆盖。古近系下部为一套砂砾岩、砂页岩和泥灰岩,上部由石膏、油页岩、泥灰岩、泥岩组成,底部为砾岩。从钻探资料看,区内鲁1井钻遇地层较全,现主要依据该井自下而上叙述。

2.1.1 固城组

井段2060.5~2290.07 m,视厚度229.57 m(未钻穿)。顶部主要为棕褐色细砂岩、灰质砂岩;中下部主要为杂色砾岩。砾石成分以灰岩、白云岩为主,兼有变质岩、岩浆岩等。视电阻率曲线尖刀状低到高位。

2.1.2 大汶口组

井段21.0~2060.5 m,视厚度为2039.5 m。岩性主要为粘土岩和碳酸盐岩,夹少量砂、砾岩,含丰富的自然硫、石膏和油页岩。本组中上部碳酸盐岩发育,具较多的溶洞和裂隙,构成本区主要储层,在已钻许多井中见到了不同程度的油气显示。该组与下伏固城组整合接触,上被第四系黄土或砂、砾层覆盖,根据岩石组合特征,可分为上、中、下3段。

(1)下段:井段1316.0~2060.5 m,视厚度为744.5 m。为棕色、红棕色泥岩与绿灰色膏质泥岩互层。中部夹较多的绿灰色泥膏岩;底部为棕褐、棕色、粉砂质泥岩与浅棕色、粉砂岩不等厚互层,夹杂

色砂砾岩、砾岩。砾石成分为碳酸盐岩、石英岩。视电阻率曲线以大段的低电阻率为主要特征。

(2)中段:井段787.0~1316.0 m,视厚度为529.0 m。本段可分为下、上两部分。

下部(井段1024.0~1316.0 m)以中厚层的灰白色泥膏岩为主,夹灰褐色、绿灰色泥岩和灰白色硬石膏。视电阻率曲线为低值夹中值的尖状起伏。

上部(井段787.0~1024.0 m)由薄—中厚层灰白色石膏、灰黑色灰质泥岩、泥灰岩、泥质白云岩、白云岩组成。夹一薄层褐色油页岩,且裂隙含油。白云岩局部可见微细层理。视电阻率曲线由上向下由高到高位。

(3)上段:井段21.0~787.0 m,视厚度为766.0 m。本段分为下、中、上3部分。

下部(井段543.0~787.0 m)为灰色泥灰岩、灰色灰质泥岩夹灰褐、褐色油页岩,底部夹灰黑色白云岩、含硫白云岩;井段647.5~648.5 m为白云岩裂隙含油层(局部相对较纯的灰岩、白云岩裂隙含油是本段的特征)。层间胶结致密的油页岩部分裂隙也含油。视电阻率曲线由上向下由低到中高值。

中部(井段364.0~543.0 m)为灰色泥灰岩、泥质白云岩、灰质泥岩、白云质泥岩夹灰褐色、褐黑色油页岩。泥岩、泥灰岩局部含硫和石膏,底为一层厚12 m的含硫灰岩。共见有8层计8.5 m白云岩、泥灰岩的裂隙含油。视电阻率曲线基本全为高位。

上部(井段21.0~364.0 m)为灰色灰质泥岩与灰色泥灰岩互层,夹少量薄层灰色砂岩和灰质砂岩。泥灰岩页状层理发育。视电阻率曲线低到高位。

2.2 地震反射特征

从过鲁1井南北501.1地震测线(图2)可以看出,古近纪地层表现为向南上翘遭受剥蚀,这是后期曾有较大规模构造上升的证据。凹陷内部五组反射波特征明显,并均可连续追踪。就地震反射特征与济阳凹陷对比,汶东凹陷五组反射波自上而下依次相当于沙三段内部泥灰岩集中段,沙三段底部暗色泥岩、油页岩集中段,沙四段底部泥—膏岩集中段,孔二段底部泥质岩类集中段,古近纪底部区域不整合界面。

汶东凹陷的古近纪,因普遍含灰质及岩性相对致密等,地震波传播速度较济阳凹陷稍高,与昌潍凹陷相当。蒙山断裂在地震剖面上特征不明显,这可能与凹陷发育过程中的动力挤压、变质相关,是缺少

波阻抗界面的反映。凹陷内部断裂发育程度不尽相同,北部较南部高。各断裂垂向落差较小,大多在

20~150 m 之间,这与凹陷后期构造上升有关。

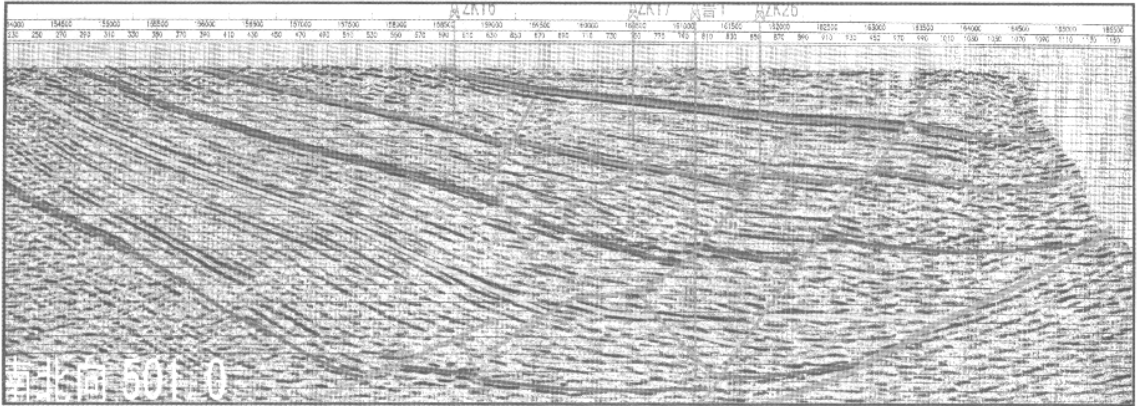


图 2 汶东凹陷南北地震 501.0 测线解释剖面图

2.3 古生物特征

依据鲁 1 井等钻孔所获介形类化石及邻区古生物资料,将汶东凹陷古近系划分为 3 个介形类化石组合带,自下而上为:

(1) *Cypris henanensis* - *Eucypris wutuensis* A. Z. (河南金星介—五图真星介组合带)见于大汶口组下段。除具有本组合带的特征化石外,还有昌邑金星介 *Cypris changyiensis*,莱芜金星介 *C. laiwuensis*,美丽金星介 *C. bella*,短金星介 *C. curta*,美星介(未定种) *Cyprinotus* sp. 等。

(2) *Cyprinotus altilis* - *Austrocypris levis* A. Z. (肥实美星介—光滑南星介组合)见于大汶口组中段和上段下部。除具有本组合带的特征化石外,还有肾形美星介 *Cyprinotus reniformis*,延伸玻璃介 *Candona protensa*,后尖玻璃介 *C. postiacusta*,坚实玻璃介 *C. spissa*,长帽形湖花介 *Limnocythere longipileiformis*,短脊湖花介 *L. brevicostata*,伸长小玻璃介 *Candoniella extensa*,苏氏小玻璃介 *C. suzini*,钝化金星介 *Cypris chunhuaensis*,胜利村金星介 *C. shenglicunensis*,美丽金星介 *C. bella*,黄骅小豆介 *Phacocypris huanghuaensis*,豆状小豆介 *P. pisiformis*;并见江陵钝头轮藻 *Obtusochara jianglingensis*,兰坪钝头轮藻 *O. lanpingensis*,潜江扁球轮藻 *Gyrogona qianjiangica* 等轮藻化石。

(3) *Huabeinia chinensis* A. Z. (中国华北介组合

带)由钻孔资料见于大汶口组上段的中、上部。有中国华北介 *Huabeinia chinensis*,惠东华北介 *H. huidongensis*,玻璃介(未定种) *Candona* sp.,小玻璃介(未定种) *Candoniella* sp.,小豆介(未定种) *Phacocypris* sp.,湖花介(未定种) *Limnocythere* sp.,扁平真星介? *Eucypris applanata*?,沙河街似玻璃介? *Candonopsis shahejeensis*?;并见优美山东轮藻 *Shandongochara decorosa*。大汶口组上段的上部见到后翘玻璃介 *Candona posticaudata*。

汶东凹陷钻孔资料中大汶口组上段也偶见少量相当于济阳拗陷沙二段、沙一段的介形虫化石。

2.4 地层对比

按照济阳拗陷新生代年代地层划分和山东地矿部门对大汶口地区古近系的划分,依据鲁 1 井等钻孔古生物资料,汶东凹陷内的古近系划分对比如表 1。

大汶口组下段产出的介形类化石组合命名为 *Cypris henanensis* - *Eucypris wutuensis* A. Z.。*Cypris henanensis* 为始新世早期金星介介形类组合带中的主要特征分子,*Eucypris wutuensis* 为孔店组二段的特征化石,*Cypris changyiensis* 也是孔店组二段的主要特征化石^[1]。据此可以认为大汶口组下段的时代为始新世早期,其下与之连续沉积的固城组同济阳拗陷的孔店组三段时代相当,应是古新世。

表 1 汶东凹陷古近纪地层划分

年代地层单位		济阳拗陷划分		汶东凹陷划分		地层厚度(m)	生物地层单位
系	统	组	段	组	段		
古近系	渐新统	上统	东营组				
		下统	沙河街组	沙一段			
	沙二段						
	上统	沙三段		大汶口组	上段	0 ~ 822	<i>Huabeinia chinensis</i> A.Z.
		沙四段			中段	0 ~ 529	<i>Cyprinotus altilis</i> - <i>Austrocypris levis</i> A.Z.
	下统	孔店组	孔一段		下段	0 ~ 745	<i>Cypris henanensis</i> - <i>Eucypris wutuensis</i> A.Z.
			孔二段				
	古新统		孔三段	固城组		0 ~ > 200	

大汶口组中段产出的介形类化石组合命名为 *Cyprinotus altilis* - *Austrocypris levis* A.Z.。*Austrocypris levis* A.Z.是济阳拗陷沙河街组沙四段上部 *Austrocypris levis* A.Z.(光滑南星介组合带)的主要标志性化石, *Cyprinotus altilis*, *Cyprinotus reniformis*, *C. bella*, *Cypris chunhuaensis*, *Limnocythere longipileiformis* 是该组合中的常见特征化石; *Obtusochara jianglingensis*, *O. lanpingensis*, *Gyrogona qianjianica* 常见于沙河街组沙四段下、中部。据此认为大汶口组中段可以同沙河街组四段对比, 时代属始新世。

大汶口组上段上部产出的介形类化石, 主要是渤海湾沿岸地区古近系常见的 *Huabeinia chinensis*, *Huabeinia huidongensis*, 可与济阳拗陷的沙河街组三段对比。由上可知, 大汶口时代属始新世。

3 构造演化及沉积环境分析

3.1 构造演化对沉积的控制作用分析

徂徕山断裂对汶东凹陷构造的形成有至关重要的作用^①。经野外追踪, 断裂北盘为新太古代花岗闪长岩和二长花岗岩, 南盘为古近纪固城组砾岩, 断裂破碎带内, 断层角砾岩发育, 局部保存寒武系紫灰色页岩、中厚层砂岩及厚层石灰岩的断片, 并见有煌斑岩脉的侵入。根据露头资料分析, 徂徕山断裂至少有 2 期活动: 早期显示张性, 结构面总体 S 倾, 形成宽约 200 m 的角砾岩带, 砾石主要由花岗质角砾构成, 活动过程中有煌斑岩脉贯入; 晚期显压扭性, 使寒武系页岩、砂岩发生褶皱变形, 煌斑岩脉的边部产生片理化, 破碎带中心部位发育断层泥, 压扭结构面总体向 N 倾, 倾角较大, 根据小牵引褶曲和片理

产状分析为逆冲运动, 压扭活动所造成的断裂带一般宽数米。

汶东凹陷锥形——掀斜盆地与徂徕山断裂开始活动相关, 可能形成于燕山运动的末期。此后由于北盘(下盘)的强烈抬升, 继而遭受强烈的风化剥蚀, 为断裂南侧的掀斜盆地提供了充足的粗碎屑物质, 形成了巨厚的古新世固城组砂砾岩沉积。

固城组形成以后, 楼德断裂开始活动, 使固城组与前寒武纪岩系及寒武系、奥陶系、石炭—二叠系等不同时代的地层呈断层接触。由于楼德断裂的断面 NW 倾, 使汶东凹陷的东部由原先的掀斜盆地变为地堑盆地。继之羊流断裂左行运动, 其西盘南移, 使汶东凹陷东部的地堑盆地的沉积空间缩小。

继楼德断裂发生以后, 区内蒙山断裂开始活动。从地质体的展布和断裂间的交接关系分析, 在大汶口组沉积期间, 蒙山断裂作右行运动; 同时, 西盘下降, 东盘上升, 具正断层性质。该断裂两盘的相对升降幅度北侧大, 南侧小。正是这种非同步的右行兼升降运动, 造成了汶东凹陷南北边界错移的不对称。又由于蒙山断裂是西盘相对下降, 断裂以西的凹陷部分为形成巨厚大汶口组提供了有利条件。

南北向地震测线反映, 古近系呈单斜状向 N 倾斜, 在厚度上南部略薄, 在凹陷北部断裂带附近因有砂砾岩沉积, 局部反射较乱。在东西向地震测线上, 虽然受断层的影响, 仍可看出古近系中间凹平, 向两侧则由于断层的影响有牵引构造现象。

① 牛保祥、刘书才、王虹、张尚坤等, 山东省地质科学实验研究院、胜利石油管理局勘探公司, 汶东凹陷石油地质特征及勘探目标的研究, 1997 年 5 月。

3.2 沉积环境分析

3.2.1 固城组

固城组由砾岩和部分红棕色粘土岩组成。砾石成分主要为灰质砾石和极易风化的花岗质砾石,成分成熟度极低,砾石为棱角状,且分选不好,大小混杂,结构成熟度也不好。其岩性特征与厚度在不同部位均有变化。凹陷之南缘,固城组沉积时的水盆底为缓倾斜坡,固城组直接不整合于古生界不同层位之上,厚度为 106~285 m。凹陷之北缘,水盆地在整个演化过程中受控于边界断裂,下沉速度快且幅度大,为近源快速堆积,故固城组砾石成分复杂,除石灰岩外,尚有片麻岩、石英岩等,含粘土物质较多,厚度也较大,最大厚度 481 m。在凹陷中央,砾石成分为石灰岩和花岗质岩石,所含粘土岩比例更高,厚度介于上述二者之间。据上述特征分析认为,固城组为干旱气候条件下的山麓洪积相沉积。

3.2.2 大汶口组

大汶口组下段主要是棕红色为主的厚层钙质泥岩和膏质泥岩,夹少量泥灰岩、砂砾岩和薄层石膏,厚度 88~745 m。该段产出的介形类是陆相湖泊中常见的 *Eucypris wutuensis* 等属种。该段出现少量泥灰岩、薄层石膏是沉积介质中积累了较多化学物质,加之强烈蒸发、湖水浓缩所致。看来,大汶口组下段是干旱气候条件下浅湖相沉积。

大汶口组中段是一套灰、深灰色泥灰岩和泥岩夹多层石膏、自然硫和少量油页岩、砂砾岩的暗色沉积岩组合,最大可见厚度 529 m。据西洼陷 11 口井统计,碳酸盐岩约占该段地层厚度的 78%;石膏岩最薄为 2.2 m,最厚达 81.5 m,平均为 25.3 m;自然硫矿层最薄为 2.3 m,最厚达 59.8 m,平均为 23.5 m。自然硫矿层与石膏岩厚度比近 1:1。这说明此时气候已由原先的干旱逐渐变得湿润。气候湿润则植被繁盛,有机质供源充足,盆内有机质会迅速积累,致使沉积物中有机质丰富。另外,气候湿润供水充足,湖水变深,湖水就会因浓度不同发生分异,造成氧化还原界面。界面以下是浓度较大的湖水,在浓度达到饱和时即形成碳酸盐岩或石膏。界面下的还原条件,既能防止有机物质被破坏,又能促使厌氧细菌大量繁殖,有利于分解石膏形成自然硫和提供碳酸钙来源。

大汶口组上段为灰、深灰色泥灰岩和灰质泥岩夹多层自然硫、油页岩和少量砂砾岩,局部见薄煤层

的组合,最大厚度 822 m。据与中段同一范围内 11 个钻井统计,碳酸盐岩约占该段厚度的 84%;自然硫矿层最薄 2.3 m,最厚达 99.4 m,平均为 35.0 m;石膏岩最厚只有 5.4 m,薄的 1 m 左右;自然硫矿层与石膏岩的厚度比为 19:1。伴随这种变化,上段碳酸盐岩的含量增高,油页岩含量增大,说明上段沉积时有机物质比中段丰富,更具备有利于厌氧细菌活动的还原条件,从而使大量的石膏被分解而形成自然硫。

据山东泰安朱家庄矿区硫矿详查地质报告介绍,硫呈团块状、浸染状、细脉状分布在泥灰岩、泥岩、碎屑岩及石膏岩中。由上述可知,大汶口组上段仍为潮湿气候条件下还原湖相沉积。在上段沉积时湖盆范围有所扩大,主要沉积类型有水下扇、扇三角洲、较深湖相、浅湖相和滨湖相(图 3)。

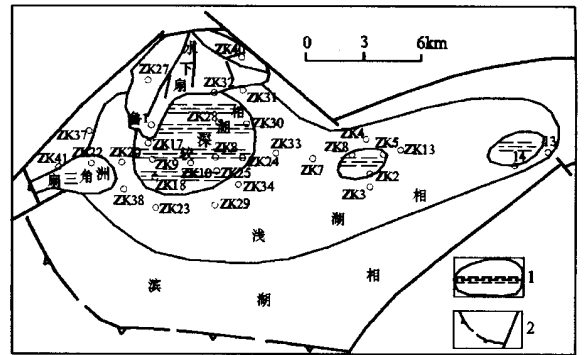


图 3 汶东凹陷古近纪大汶口组上段沉积相展布图

1—较深湖相范围 2—湖盆边界

汶东凹陷大汶口组上、中段碳酸盐岩含量较大,受沉积、构造影响,裂缝、孔隙、孔洞发育,是凹陷内主要的储集层。汶东凹陷内蒙山断裂以西,大汶口组沉积厚度大,生油岩系发育,生、储、盖配置较好,钻井已发现较好的油气显示,并有两口井油显示已至井口,有一定勘探前景。

巫正礼教授给予了鼎力指导,在此深表谢意。

参考文献:

- [1] 石油化学工业部石油勘探开发规划研究院,中国科学院南京地质古生物研究所.渤海沿岸地区早第三纪介形类[M].北京:科学出版社,1978,1-7,23-31.
- [2] 王秉海,钱凯.胜利油区地质研究与勘探实践[M].东营:石油大学出版社,1992,15.

(下转第 40 页)

Geological Characteristics of Glass – using Quartz Sandstone Deposit in Cuijiayu of Yishui County

LI Xiang – zhong , CHENG Xiao – ping , YANG Xue – sheng , XIE Qing – ling
(No.7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources , Shandong Linyi 276006 , China)

Abstract :Due to its hard rock , orebodies distribute in platform type around mountains with large thickness and high quality . Average content of SiO_2 in super quality orebodies is 98.47% , and average content of Fe admixture is 0.043% (after selecting , content of Fe admixture can be reduced to under 0.02%) which is good glass – using silicate materials . Orebodies are fine – medium size quartz sandstone , and size are majorly in medium type . They are composed of fragmental grains and cement , fragmental contents are 97% ~ 98% , and most are quartz grains , which have typical fragmental structure . This deposit belongs to littoral epicontinental sedimentary deposit .

Key words :Quartz sandstone ; glass ; Cambrian ; Liguan formation ; Linyi in Shandong province ; Cuijiayu

(上接第 33 页)

Analysis on Strata Characteristics and Sedimentary Environment of Paleogene System in Wendong Depression

ZHANG Duo – wen

(Geological Logging Company of Shengli Oil Management Bureau , Shandong Dongying 257200 , China)

Abstract :Paleogene system in Wendong depression can be divided into Palaeocene Gucheng formation and Eocene Dawenkou formation . Dawenkou formation can be divided into upper , middle and lower parts , and has three fossil combination belts correspondently . Seeing from earthquake reflection , this depression have five groups of reflection wave characteristics from lower to upper part . Regarding Paleogene system strata characteristics as basis and combing with analysis of structural evolution , it is regarded that Gucheng formation is torrential facies sedimentary under dry condition , lower part of Dawenkou formation is shallow lake facies sedimentary under dry condition , middle part of Dawenkou formation is Oxidation – reduction lake facies sedimentary under slowly wet condition , and upper part of Dawenkou formation is reduction lake facies sedimentary under wet condition .

Key words :Wendong depression ; Paleogene ; strata characteristics ; structural evolution ; sedimentary environment