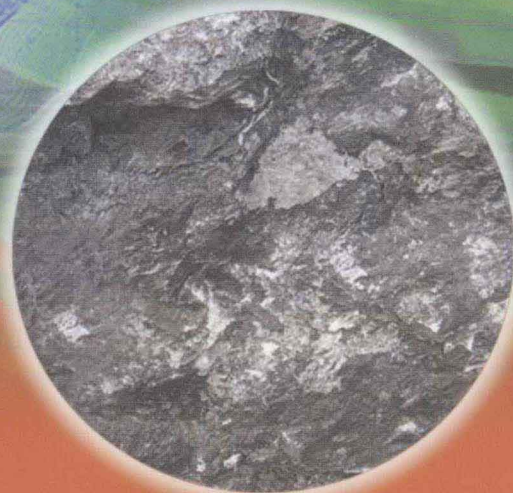


冀中拗陷古近系 沉积、储层与油气

张文朝 崔周旗 降栓奇 韩春元 郭永军 王洪生 等著



石油工业出版社

冀中坳陷古近系 沉积、储层与油气

张文朝 崔周旗 降栓奇 等著
韩春元 郭永军 王洪生

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统总结了冀中拗陷古近系沉积特征、沉积相标志、沉积相类型和沉积相模式。全面分析了古近系各时期的沉积环境特征、不同沉积相的储层特征与不同湖盆储集体的成岩演化特征。重点论述了河流相、扇三角洲相、辫状河三角洲相、近岸水下扇相、滑塌扇相的沉积特征、识别标志、及其砂体储层特征和含油性；并侧重研究沉积储层与油气赋存关系。提出了沉积演化控制生油凹陷的优略和含油气区、沉积中心控制生油洼槽和油气藏分布、构造岩相带控制油藏类型和油气聚集带形成、沉积微相控制储集体的储集性能和油气富集程度、成岩阶段控制储层物性和孔隙发育带形成、层序面控制油气运聚条件和非构造油气藏形成。对不同成因构造岩相带的成藏条件、勘探前景进行了系统研究和评价，指出了冀中拗陷今后的油气勘探方向。

本书基础资料扎实丰富，相分类系统，并与国际接轨，把沉积相与油气融为一体，具有较高的学术理论水平和应用价值。可供从事沉积学、石油地质学、含油气综合评价的研究人员和大专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

冀中拗陷古近系沉积、储层与油气/张文朝等著.
北京:石油工业出版社,2011.5
ISBN 978-7-5021-8134-5

I. 冀…

II. 张…

III. 拗陷-油气藏-储集层-沉积-研究-河北省

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 041186 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:保定彩虹印刷有限公司

2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:17.5 插页:4

字数:446 千字 印数:1—1000 册

定价:138.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《冀中坳陷古近系沉积、储层与油气》

主要撰写人员名单

张文朝	崔周旗	降栓奇	韩春元	郭永军	王洪生
祝玉衡	张功成	邹伟宏	范忠钰	梁超林	王 权
高 双	王连军	李林波	芦天明	陈彦君	王海潮
钱 铮	李 莉	李长新	吴建平	崔跃斌	刘俊奇
刘湘蓉	周晓惠	任文博	侯凤梅	刘 琴	王小平

目 录

第一章 地层特征及沉积相标志	(1)
第一节 区域地质概况	(1)
第二节 地层组段特征	(3)
第三节 古气候演变	(20)
第四节 沉积相标志	(22)
第二章 沉积相模式	(38)
第一节 洪(冲)积相	(39)
第二节 河流相	(41)
第三节 扇三角洲相	(43)
第四节 辫状河三角洲相	(48)
第五节 近岸水下扇相	(57)
第六节 滑塌扇相	(61)
第七节 湖泊相	(65)
第三章 沉积环境分析	(76)
第一节 孔店组	(76)
第二节 沙河街组四段	(80)
第三节 沙河街组三段	(85)
第四节 沙河街组二段	(89)
第五节 沙河街组一段下亚段	(93)
第六节 沙河街组一段上亚段	(96)
第七节 东营组三段	(99)
第八节 东营组二段	(103)
第九节 东营组一段	(107)
第十节 沉积演化与沉积特征	(110)
第四章 储层特征	(119)
第一节 碎屑岩储层	(119)
第二节 碳酸盐岩储层	(146)
第三节 特殊岩类储层	(158)

第一章 地层特征及沉积相标志

第一节 区域地质概况

冀中坳陷北靠燕山褶皱带之南，南接邢衡隆起，西邻太行山隆起，东至沧县隆起，呈北北东向展布，总面积约为 26029km²。坳陷分布有 12 个凹陷 7 个凸起，共 19 个二级构造单元（表 1-1、图 1-1）。

表 1-1 冀中坳陷古近系构造单元基本情况表

序号	名称	面积（km ² ）	埋深（km）	主要地层	展布方向	含油性
1	北京凹陷	2330	2.8~3.5	k	NE	未见油气
2	大厂凹陷	610	3.5~4.5	Ek—Es ₁	NNE	发现油藏
3	廊固凹陷	2830	6.0~9.0	Ek—Ed	NE	发现油田
4	徐水凹陷	900	3.5~4.0	Ek—Es ₂	NNE	未见油气
5	保定凹陷	3200	4.0~5.5	Ek—Es ₂	NE	未见油气
6	石家庄凹陷	1000	3.5~4.5	Ek—Es ₂	NE	见油显示
7	武清凹陷	2900	3.5~4.5	Ek—Ed	NE—NEE	见油气显示
8	霸县凹陷	2090	5.0~8.5	Ek—Ed	NE	发现油田
9	饶阳凹陷	5969	5.0~6.5	Ek—Ed	NE	发现油田
10	深县凹陷	620	5.0~6.0	Ek—Ed	NW	发现油田
11	束鹿凹陷	600	4.0~5.0	Ek—Ed	NNE	发现油田
12	晋县凹陷	1530	4.0~6.0	Ek—Es ₃	NE	发现油藏
13	大兴凸起	1700		Ng	NE	未见油气
14	牛驼镇凸起	380		Ek—Es ₄	SN—EW	发现油藏
15	容城凸起	300		Ng	近 SN	未见油气
16	高阳低凸起	830		Es ₂ —Ed	近 NE	发现油藏
17	刘村—深泽凸起	710		Ed	近 EW	未见油气
18	无极—藁城凸起	710		Ed	NE	未见油气
19	宁晋凸起	900		Ng	NE	发现油藏
Σ		28400				

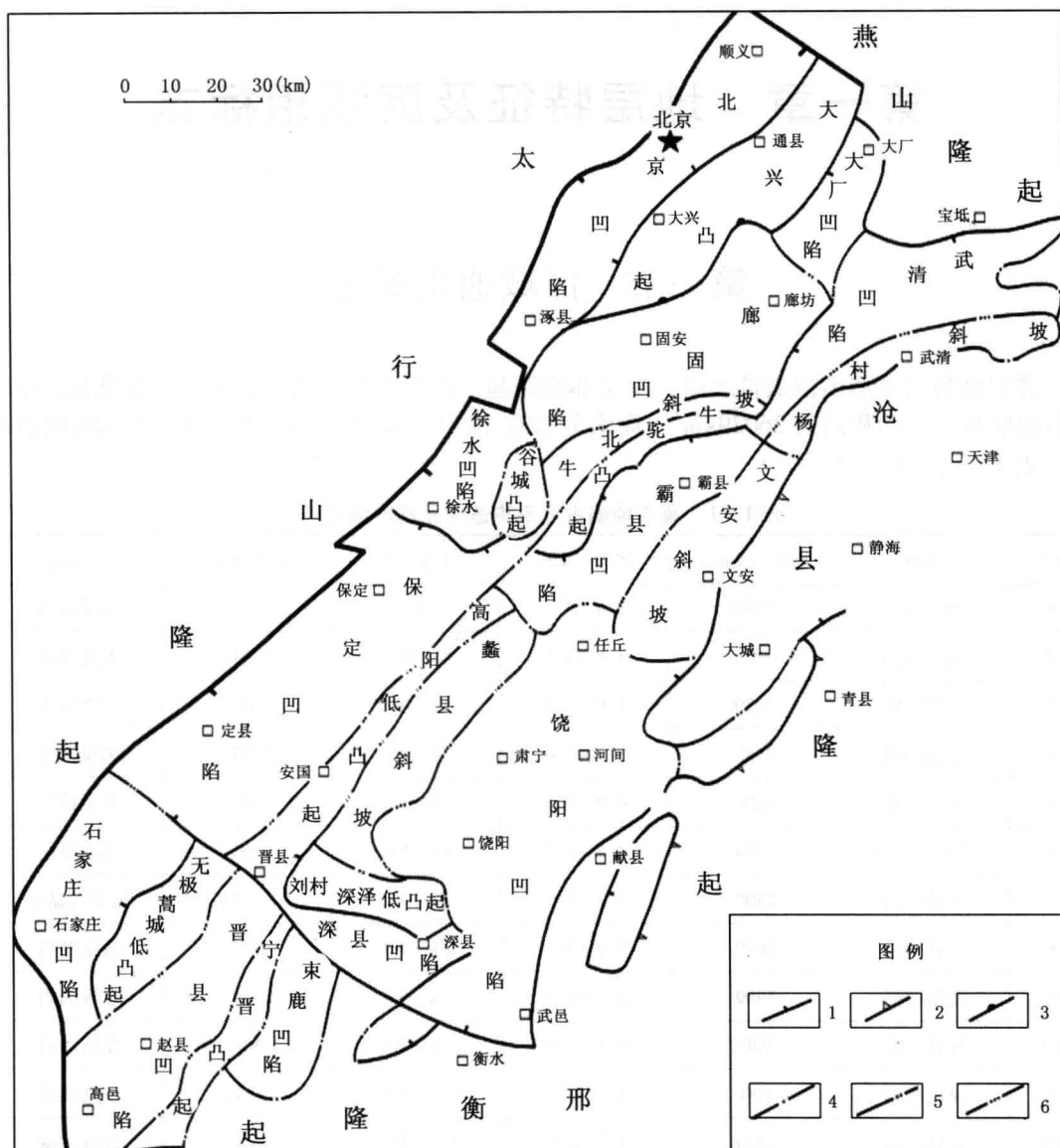


图 1-1 冀中拗陷构造单元划分图

1—断层；2—地层剥蚀线；3—地层尖灭线；4—隆起与凹陷分界线；
5—凸起与凹陷分界线；6—凹陷与斜坡分界线

冀中拗陷与渤海湾盆地其他拗陷一样，是发育在华北古生代地台上的一个中生代断陷盆地，大体经历了古生代地台发展阶段、中生代褶皱、断陷发育阶段和古近纪—新近纪断陷—拗陷发展阶段。

中元古代—晚古生代末期，整个渤海湾地区发生了一次长时期的海侵，在太古宇和古元古界变质岩基底之上，沉积了一套由碎屑岩和碳酸盐岩组成的中、新元古界地层。尔后，在蓟县整体隆升构造运动的作用下，区内经历了较长时间的抬升、剥蚀和夷平，绝大部分地区缺失青白口系和下寒武统的府君山组。至早寒武世中期，本区又复下沉，接受了广阔的浅海

相碳酸盐岩夹泥页岩沉积。中奥陶世末的加里东运动使本区整体抬升,长期遭受剥蚀,广泛缺失上奥陶统一石炭统。进入中石炭世,本区再次下沉,沉积了广阔的中石炭统一石炭统海陆交互相碎屑岩夹碳酸盐岩及含煤建造,并由此结束了渤海湾盆地的海相沉积历史。

二叠纪本区接受了一套陆相含煤粗碎屑岩沉积建造。其后,在海西整体抬升构造运动作用下,区内广遭剥蚀,大多数地区缺失三叠系沉积。并在印支褶皱构造运动作用下,本区开始拱升,形成一个自宁晋→高阳→大兴,呈 NE 向延伸的大型长轴背斜带,具有南高北低,地层向东西两翼倾斜的构造特征,在其背斜带外围的杨村斜坡等地,沉积了厚达 800 余米的下侏罗统河湖相含煤碎屑岩建造,并与下伏三叠系和古生界为角度不整合接触关系。中侏罗世本区继续抬升,接受了一套厚达 800 余米的红色碎屑岩沉积建造。进入晚侏罗世,整个渤海湾地区开始裂陷,形成了一些 NW、NE 及 NWW 向断裂,沿断裂一线分布大面积火山碎屑岩夹中基性火山岩,超覆在中侏罗统及古生界之上。区内白垩系仍然为大面积巨厚的中基性火山岩、火山碎屑岩,局部为河湖相碎屑岩沉积,说明白垩世区域断裂活动和火山喷发作用逐渐增强。

古新世—早渐新世,本区发生了强烈的拉张断陷构造运动,冀中坳陷开始进入了一个新的地质发展阶段。此时在山高谷深、多凸多凹和干热气候的沉积背景下,形成了大大小小的箕状断陷,接受了厚度可达 500 ~ 3000 余米的沙四段、孔店组冲积河流相粗碎屑岩、湖泊相、干盐湖、盐湖、膏盐湖和深水膏盐湖亚相沉积,代表了多物源、近物源、粗碎屑、强烈分隔和多沉积中心的快速充填式沉积阶段。经过了沙四段、孔店组充填式沉积之后,拉张断陷进入了扩张深陷的稳定沉积阶段,并在温暖湿润的气候条件下,广泛接受了沙三早中期厚达 2500m 的较深湖亚相、滨浅湖亚相粗碎屑岩和泥页岩沉积,实现了古近纪湖水的首次大连通。进入沙三晚期,冀中坳陷逐渐抬升,沉积了一套 200 ~ 500m 厚的辫状河三角洲相砂砾岩夹滨浅湖相泥岩。尤其是沙二期,区域抬升更加强烈,断陷扩张构造作用明显减弱,加之半干旱炎热的气候条件,早期湖水快速收缩,区内广泛接受了陆上冲积、河流相红色碎屑岩沉积。沙二末期,冀中坳陷又复下沉,但以区域断陷构造作用为主导,接受了厚度为 50 ~ 300m 的沙一段下亚段滨湖、浅湖亚相粗碎屑岩、碳酸盐岩及泥页岩。沙一晚期,本区再次抬升,接受了广阔的河湖相粗碎屑岩。进入东营期,区域抬升构造作用明显增强,主要沉积了大面积河流相粗碎屑岩,仅在东二段沉积时,任丘、雁翎地区发育有季节性浅水湖沼环境下的含螺泥岩沉积。东一期,在区域隆升构造作用下,接受了厚度不大的红色砂泥岩沉积,并由此全部结束了古近纪断陷湖盆的演化历史。新近纪是以全新的坳陷式沉积构造作用为特征,区内地形平坦,准平原化,沉积了厚度为 1000 ~ 2200m 的馆陶组、明化镇组河流相粗碎屑岩。

第二节 地层组段特征

在以往地层划分的基础上,参照现行生产应用方案,依据古生物、岩性组合、电性特征、地层剖面和地震剖面特征,及其横向展布规律,对冀中坳陷古近系进行综合划分。

一般来说,层序地层单元是被区域性不整合面所限定,它严格受控于区域沉积构造事件。同一地层单元是在同一构造应力场作用和同一沉积背景下形成的沉积体系域,它具有相近的地质构造特征、圈闭类型,地震反射波组、电性特征、生物组合、岩石类型、砂

体成因、沉积环境和含油气系统。因此,地层划分是在区域地层研究与地层层序、测井层序、岩石地层层序和生物地层层序综合研究的基础上,才能建立某一地区或盆地内合理的层序地层格架和划分方案,才能逼近全球性层序地层格架,有效地指导油气田勘探开发。

冀中拗陷古近系是在喜马拉雅山多期断陷构造运动作用下,形成的多旋回沉积。古近系最大累计厚度为9000余米,在纵向上大致由12个下粗上细的三级正旋回、3个二级旋回和1个大的一级沉积旋回(表1-2),其间经历了前古近系末、孔店组末、沙四段末、沙三段下亚段末、沙三段中亚段末、沙二段末、沙一段末和东营组末期的8次大小不等、强度不一的沉积构造事件,形成了3次区域性不整合面(表1-2)。发育有24个易于识别的“岩电”标志层段(表1-3)。发育有沙三段中亚段和沙一段下亚段2个主要成湖期与8次湖侵期形成的灰色泥岩集中段,并由此构成了10套生储盖组合和13个含油气层、5个主力含油层系,最终把冀中拗陷古近系划分为孔店组、沙河街组和东营组,共3组18段(亚段)(表1-2、附图1至附图4)。现分述如下:

一、孔店组(Ek)

孔店组形成于古近纪断陷湖盆的初期。当时,地形高差悬殊,分割强烈,山谷对峙的地形地貌,使孔店组的地层发育、岩性岩相特征发生了很大变化。在拗陷中央由于深泽—高阳—容城凸起和任丘古山头的存在,形成了东西分带、南北分区的沉积局面(图1-2)。

南北分区:南区晋县、束鹿断陷沉积厚度为800~2200m,具有西缓东陡和西高东低的地形特征,形成了西薄东厚的地层分布特点。中区的保定断陷为西陡东缓和西低东高的地形特征,从而导致西厚东薄的沉积特点,沿断层根部地层厚度为1600~1800m,自西向东部高阳低凸起超覆减薄为200m左右;在饶阳凹陷的马西→河间西→留西→武强洼槽一线,地层厚度为200~1200m,呈现为东厚西薄的地层分布特点。北区分布有廊固和霸县两个深断陷,两者均为西断东超和西厚东薄的沉积格局,前者沉积范围广,地层厚度大,为400~1600m;后者范围较小,厚度薄为200~1000m。

东西分带:在深泽→高阳→牛驼镇一线,由于北北东走向凸起带的存在,最终把冀中拗陷分割成东部和西部两个断陷带。西部断陷带地层厚度大,最厚达1800~2000m,东部断陷带地层厚度薄为600~1200m(图1-2)。

该组自下而上是由两个下粗(砂砾岩夹红色、灰色泥岩)上细(灰色泥岩与膏泥岩、盐岩和砂岩)的三级正旋回层构成,发育两个烃源层、两个储层段和两个含油气层段(表1-2)。是晋县、霸县和廊固凹陷的主力生烃层之一。

依据古生物化石、岩性组合及电性特征,自下而上把孔店组划分为3个段(附图1至附图4)。

1. 孔三段(Ek₃)

视厚度300~700m。纵向上是由杂色砾岩、角砾岩、砂质砾岩、含砾砂岩与红色砂质泥岩、灰色泥岩、膏泥岩、盐岩组成下部正旋回层,砂砾岩分选及差。上部自然电位曲线和电阻率曲线平直,下部电阻率曲线呈梳状高阻。主要分布在晋县凹陷、徐水凹陷、饶阳凹陷、霸县凹陷和廊固凹陷,说明当时冀中拗陷的轮廓已基本形成。

2. 孔二段(Ek₂)

视厚度为500~800m。主要由含砾砂岩和灰色泥岩组成,为上旋回的下部粗段。电阻率曲线呈梳状高阻,自然电位曲线为钟型负异常组合。该段沉积范围较广,在全区均有分布。

表1-2 冀中坳陷古近系层序划分综合表

系	统	地层系统		一般厚度 (m)	剖面	主要岩性	沉积相	升降曲线	古生物		地震反射层	油气层	沉积演化
		组	段						介形	孢粉、藻类			
古近系	渐新统	东营组 (Ed)	一段 (Ed ₁)	100 ? 500		紫红、灰绿色块状泥岩与砂岩	河流		具角华花介 弯脊东莒介 广腹小豆介 皱纹假玻璃介 东晋华华介 辛镇华花介	波形榆粉 李氏秋粉 刺圆球藻 古兰厚球轮藻 乌尔纳梅球轮藻 牟列纳大洋藻	T ₅	油层	断陷回返消亡期
			二段 (Ed ₂)	100 ? 560		灰绿色含螺泥岩夹泥质砂岩	湖泊						
			三段 (Ed ₃)	200 ? 400		浅灰、灰紫、褐色泥岩与砂岩	河流						
			一段 (Es ₁)	200 ? 400		暗紫经、灰绿色泥岩夹砂岩，局部夹油页岩、泥页岩	辫状河三角洲		惠民小豆介 具刺圆花介 乐陵真星介 李家广北介 沙河街假玻璃介	真刺圆粉 小亨氏抵粉 短圆周、恒河粉			
	始新统	沙河街组 (Es)	二段 (Es ₂)	100 ? 500		灰、深灰色泥岩、油页岩、泥页岩、生物灰岩及硬质砂岩、砂页岩夹红色泥岩，局部为灰色泥岩和膏泥岩	滨浅湖		椭圆拱星介、济南土星介、肖庄美里介、胜利介、科金庄介、寺兴假玻璃介	始兴黄粉、真恒木粉、慈芥刺圆藻、刺圆藻、短刺圆星、藻、伸长假轮藻、阶状假刺圆藻	T ₁ T ₂ T ₃	油层	断陷抬升期
			上亚段	500		上部为灰色泥岩夹砂岩，下部为块状砂页岩夹杂色泥岩	浅湖						
			中下亚段	500 ? 600		浅灰、深灰色泥质砂岩，含砂页岩组成两个下粗上细的正旋回，局部夹油页岩	辫状河三角洲		中国华北介、惠东华北介、精制华北介、远伸玻璃介、长义玻璃介、长帽形湖花介、刺圆湖花介、菱状玻璃介、菱形玻璃介、范湖美里介、光滑南星介、粉形玻璃介	光滑湖藻、光湖付湖藻、小亨氏抵粉、优美山束轮藻、菊县菊也轮藻、扁平扁盘藻			
			下亚段	500 ? 600		深灰、黑灰色泥岩、页岩夹砂岩和含膏砂岩	较深湖						
			上亚段	500		绿灰、深灰色泥岩与砂页岩、夹火山岩	辫状河三角洲						
			中下亚段	500 ? 1000		深灰色泥岩夹砂岩及火山岩	浅湖						
前古近系	渐新统	孔店组 (Ek)	一段 (Ek ₁)	400 ?		深灰色泥岩、膏盐岩夹砂岩	河流		光滑南星介、中国唇形介、火红美里介、近球形金星介、缩短金星介	薄板忍冬粉、根干麻黄粉、菊县三磨孔粉、小棘粉、小棘粉、定兴德耳兰藻	T ₁ T ₂ T ₃	油气层	断陷扩张深陷期
			二段 (Ek ₂)	2500		块状砂页岩夹红色、灰绿色泥岩	膏盐湖						
			三段 (Ek ₃)			灰色膏泥岩与砂页岩组成正旋回层	洪(冲)积扇						
			一段 (Ek ₄)			灰岩、碎屑岩	海相						

表 1-3 冀中拗陷古近系组段划分标志综合特征表

序号	名称	厚度 (m)	层位意义	分布地区	岩 性 特 征	类别	代表井 (m)
1	石英燧石砾岩层	30 ~ 50	新近系底部	全区	含石英砾、燧石砾的砂砾岩。电阻曲线为阶梯状，电位曲线呈箱状	I	任 3 1782 ~ 1803
2	含螺泥岩段	20 ~ 40	东二段上部	拗陷中部	灰绿色泥岩、富含螺化石。电阻基值低，呈凹兜状，并显示几个刺刀状尖峰	II	盆 3 2133 ~ 2180
3	电阻基值拾高层	10 ~ 20	东三段底部	全区	为砂砾岩与泥岩不等厚互层，剖面呈正旋回。电阻基值与下部沙一段上亚段呈现明显的台阶状，东三段的电阻基值比沙一段上亚段高 2 ~ 5mm	III	郑 5 2170 ~ 2800
4	上特殊岩段	10 ~ 20	沙一段上亚段下部	拗陷中部	沙一段上亚段由两个正韵律层组成，在下韵律层的下部褐色泥岩夹生物灰岩或油页岩，电阻曲线呈刺刀状	II	宁 3 3566 ~ 3620
5	特殊岩性集中段	30 ~ 80	沙一段下亚段	拗陷中部	为灰色泥岩、褐色油页岩、灰色泥灰岩、生物灰岩与白云岩发育集中段，电阻曲线为密集的刺刀状高阻	I	马 2 1667 ~ 1732
6	灰色膏泥岩	20 ~ 40	沙二段顶部	霸县、饶阳、拗陷	紫色、灰色泥岩，夹膏泥岩或泥灰岩。电阻曲线为尖锯齿，电位曲线平直。与上、下砂层比较，显示为凹兜状	II	郑 22 3362 ~ 3460
7	含砾块状砂层组	40 ~ 60	沙二段底部	全区	为块状、厚层含砾岩，夹薄层夹粉砂岩与泥岩。电阻曲线为块状高阻，电位曲线呈钟形负异常	III	郑 3350 ~ 3408
8	“凹兜”泥岩	0 ~ 160	沙三段上亚段上部	京津霸	由绿灰色、灰绿色与灰色泥岩组成。电阻曲线低平，电位曲线平直，与上下层比较，显示为凹兜状	II	泉 332 1628.5 ~ 1792.5
9	“弹簧”段	300 ~ 700	沙三段上亚段中下部	京津霸	为灰绿、绿灰色砂质泥岩、泥岩与粉细砂岩互层，夹灰褐色泥岩。电阻曲线为短刺刀状，电位曲线为弹簧状	III	泉 19 1438 ~ 2122
10	碳质泥岩发育段	20 ~ 40	沙三段上亚段下部	东部带、饶南	灰色泥岩夹碳质泥岩、泥灰岩与油页岩，电阻曲线为刺刀状	II	强 5 2345 ~ 2421
11	“鼓包”泥岩	30 ~ 40	沙三段中亚段上部	京津霸	为灰色泥岩与粉砂泥岩，局部夹砂岩。电阻、电位曲线低平	III	泉 7 1300 ~ 1380
12	“梳状”电阻层	20 ~ 40	沙三段中亚段顶部	廊固	褐灰色钙质页岩、油页岩、夹砂岩，电阻曲线为刺刀状	II	安 29 1850 ~ 1895

续表

序号	名称	厚度 (m)	层位意义	分布地区	岩性特征	类别	代表井 (m)
13	“掌状”砂层	20~40	沙三段中亚段底部	廊坊	灰白色砂岩夹灰色泥岩，砂岩含砾；视电阻率曲线为掌状—短刀状，自然电位曲线为箱状—指状	II	安 29 2195~2270
14	薄层泥灰岩油页岩发育段	30~60	沙三段中亚段上部	东部带、饶南、滦县	为灰色泥岩，夹泥灰岩和油页岩。视电阻率曲线为密集的刺刀状	III	马 19 2525~2570
15	“铁轨”泥岩	200~400	沙三段下亚段上部	京津霸	深灰色泥岩，顶部夹一组砂岩或砂质泥岩。视电阻率、自然电位曲线平直，二者近于平行	II	泉 35 1920~2172
16	钙尖泥岩段	40~100	沙三段下亚段下部	全区	为深灰色和含钙泥岩，夹薄层泥灰岩与泥质云岩。视电阻率曲线为高锯齿状夹刺刀状高峰，电位曲线平直	I	安 11 2185~2254
17	灰色膏泥岩发育段	20~150	沙四段上亚段	全区	深灰色泥岩夹浅灰色膏泥岩，视电阻率曲线为长刺刀状	I	马 2 1667~1732
18	玄武岩发育段	10~300	沙四段中亚段	全区	为深灰色、浅灰色粉砂岩，夹数层高电阻玄武岩	III	京 344 1384~1562
19	泥岩脖子	40~60	沙四段顶、底部	京津霸	夹在上、下砂层组之间的深灰色泥岩，视电阻率、自然电位曲线平直	III	京 343 1879~1960
20	棕色砂岩（红色泥岩）	30~50	沙四段下亚段中部	全区	紫红色泥岩与砂岩互层，视电阻率曲线为高锯齿状，自然电位曲线平直	II	永 5 1700~1780
21	舌状电位砂砾岩	40~50	沙四段底部	全区	杂色砂砾岩夹紫红色泥岩，视电阻率曲线为块状、指状高阻，自然电位曲线为指状或舌状负异常	III	永 5 1700~1780
22	膏泥岩段	40~80	孔店组一段上部	全区	蓝灰色泥岩夹浅灰色膏泥岩，视电阻率曲线为密集的梳状，自然电位曲线平直	I	雁 23 2133~2320
23	砂砾岩集中段	100~200	孔店组二段下部	晋县、孙虎、霸县、廊坊	浅灰色砂砾岩与灰色泥岩，自然电位曲线呈箱形、钟形	II	赵 29 3880~4160
24	砂砾岩层	50~200	孔店组三段下部	廊坊、霸县、晋县、孙虎	紫红色砂质泥岩与砂砾岩互层，自然电位曲线平直，视电阻率曲线为块状高阻	II	霸 13 2525~2562

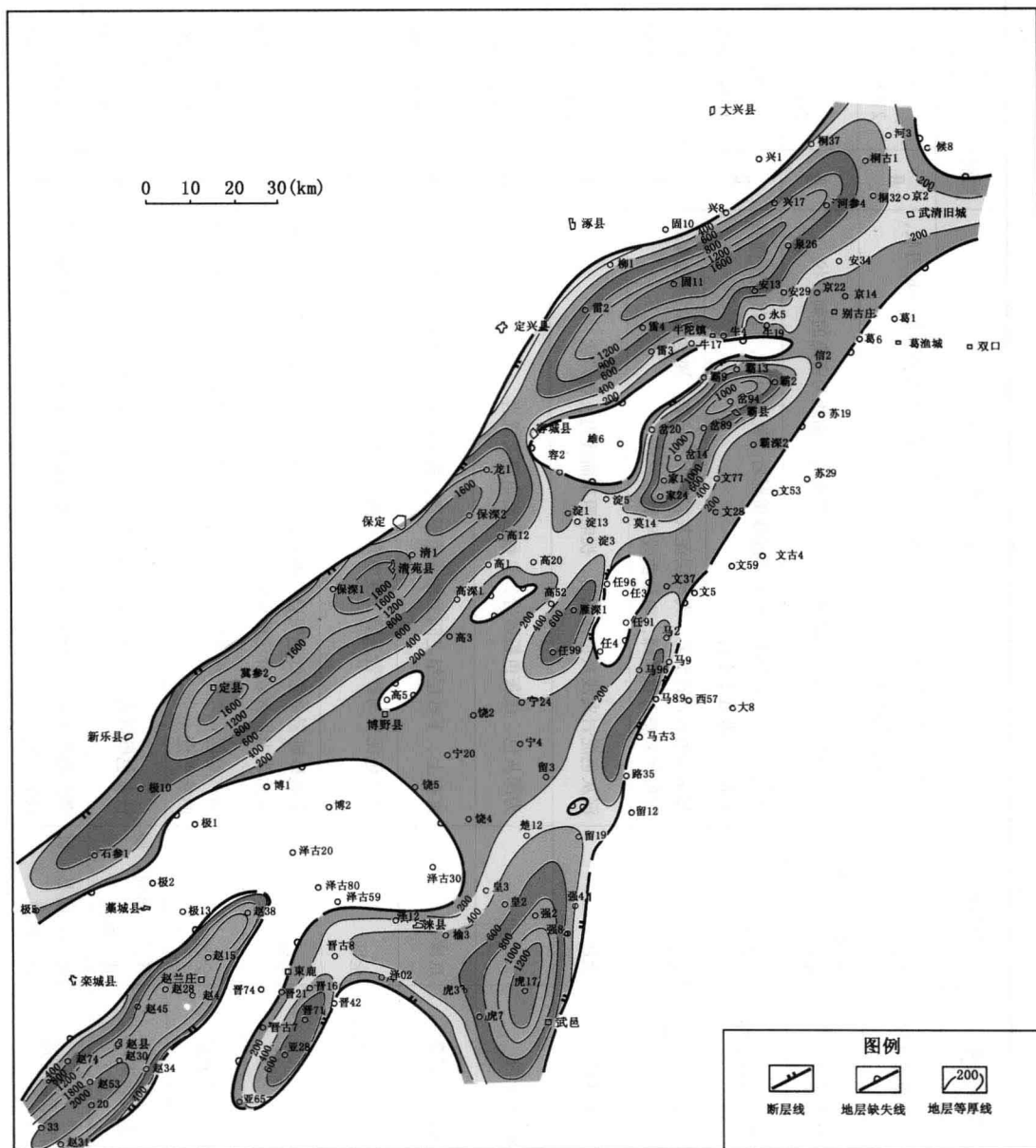


图 1-2 冀中拗陷古近系孔店组地层等厚图

3. 孔一段 (Ek_1)

视厚度为 300 ~ 500m。主要由灰、深灰色泥岩、泥灰岩、油页岩和含膏泥岩组成，夹薄层砂质细砾岩和含砾砂岩，在孙虎地区发育的白云岩和火山喷发岩，为上旋回的上部细段。自然电位曲线和电阻率曲线平直。代表了半干热气候条件下较为稳定的湖相沉积，该段沉积范围最广，这说明冀中拗陷开始整体下降。

重矿物组合以磁铁矿含量高为特征，可达 60% ~ 80%，其次是锆石(5% ~ 10%) 和柘榴子石(10%)。

本组孢粉化石丰富多样,属麻黄粉属—三孔脊榆粉属—罗汉松粉属—雪松粉属—山龙眼粉属组合,以榆粉属大于栎粉属为特点;介形类属五图真星介组合;轮藻建立了两个组合,其一是分布在孔三段的多环宽轮藻—变异培克轮藻组合,其二分布在孔二段的长形培克轮藻—江汉假宽轮藻组合。

孔店组超覆于中生界、古生界及中、新元古界之上,与下伏地层为区域不整合接触。

二、沙河街组 (Es)

本组在坳陷内分布较广,沉积厚度最大,是冀中坳陷古近系—新近系油田的主力含油层系。根据古生物资料及岩、电特征自下而上可划分为4段。

1. 沙四段

视厚度为200~1600m。自下而上是由杂色、浅灰色块状砾岩、砂质砾岩、含砾砂岩、砂岩与紫红色、灰色泥岩夹火山岩,组成粗细粗的沉积旋回。发育两个储层发育段、两套烃源层和两个含油气层和盖层(表1-2)。

在坳陷内部,除任丘、雁翎及刘村等地区没有沉积外,各凹陷都有分布,但厚度变化大,大致可分为4个沉积区。以廊固凹陷为主的北部地区,厚度为1600m;以保定凹陷为主的西部地区,厚度为600m;以赵兰庄地区为代表的晋县、束鹿凹陷,厚度为200~600m;以孙虎、武强地区为代表的饶阳凹陷南部,厚度为1200m,在平面上具有北厚南薄的特征(图1-3)。

在廊固凹陷沙四段发育最全,沉积厚度为400~1600m,自下而上划分为沙四段下、沙四段中和沙四段上3个亚段。其中下粗段为沙四段下亚段,厚度为300~400m。是由灰白色砂质砾岩、含砾砂岩与薄层紫红色、灰色泥岩组成。自然电位曲线呈钟形负异常组合,视电阻率曲线为梳状高阻。中细段为沙四段中亚段,厚度为400~600m,主要发育灰色泥岩,夹薄层砂岩和玄武岩,为主要生油层。上粗段为沙四段上亚段,厚度为300~700m。由灰白色块状含砾砂岩、薄层粉细砂岩和深灰色泥岩组成,夹薄层玄武岩,局部见薄层礁灰岩。顶部灰色泥岩夹砂岩顶部与沙三段下亚段特殊岩性段分界。该段砂岩为别古庄油田的主要储层。

中部广大地区的沙四段厚度不大,由饶阳凹陷往西至高阳低凸起、保定凹陷,往东到河间东部,以红色砂泥岩发育为特征。

南部赵兰庄及孙虎、武强地区,下部为灰色,棕红色泥岩与浅灰色砂岩互层,夹玄武岩;上部为灰、深灰色泥岩与石膏、碳酸盐岩,构成一个完整的沉积旋回。

沙四段的孢粉化石以丰富多彩的热带、亚热带植物发育为特征,属麻黄粉属—三孔脊榆粉属—栎粉属—忍冬粉属—三唇孔粉属组合;藻类以褶皱藻属、德弗蓝藻属为主;介形类属于光滑南星介组合;轮藻为潜江扁球轮藻—江陵钝头轮藻组合;本段在局部地区还产出了有孔虫晋县球旋虫—赵兰庄球旋虫组合。

沙四段与下伏孔店组为平行不整合接触,在廊固、霸县和高阳地区表现清楚。

2. 沙三段

沙三段位于古近系湖盆扩张深陷的稳定沉积阶段,其沉积范围广,沉积厚度大,视厚度为400~3600m。该段特点是发育多套粗碎屑岩和多期开阔较深湖亚相深灰色泥岩,形成多套含油组合,是冀中坳陷的主力生烃层系和产油层。自下而上发育10个(晋县)到3个(廊固)由粗到细正旋回。但由于坳陷内各湖盆的沉积构造属性不同,其地层厚度、沉积类型和沉积旋回均有不同(附图1至附图4)。

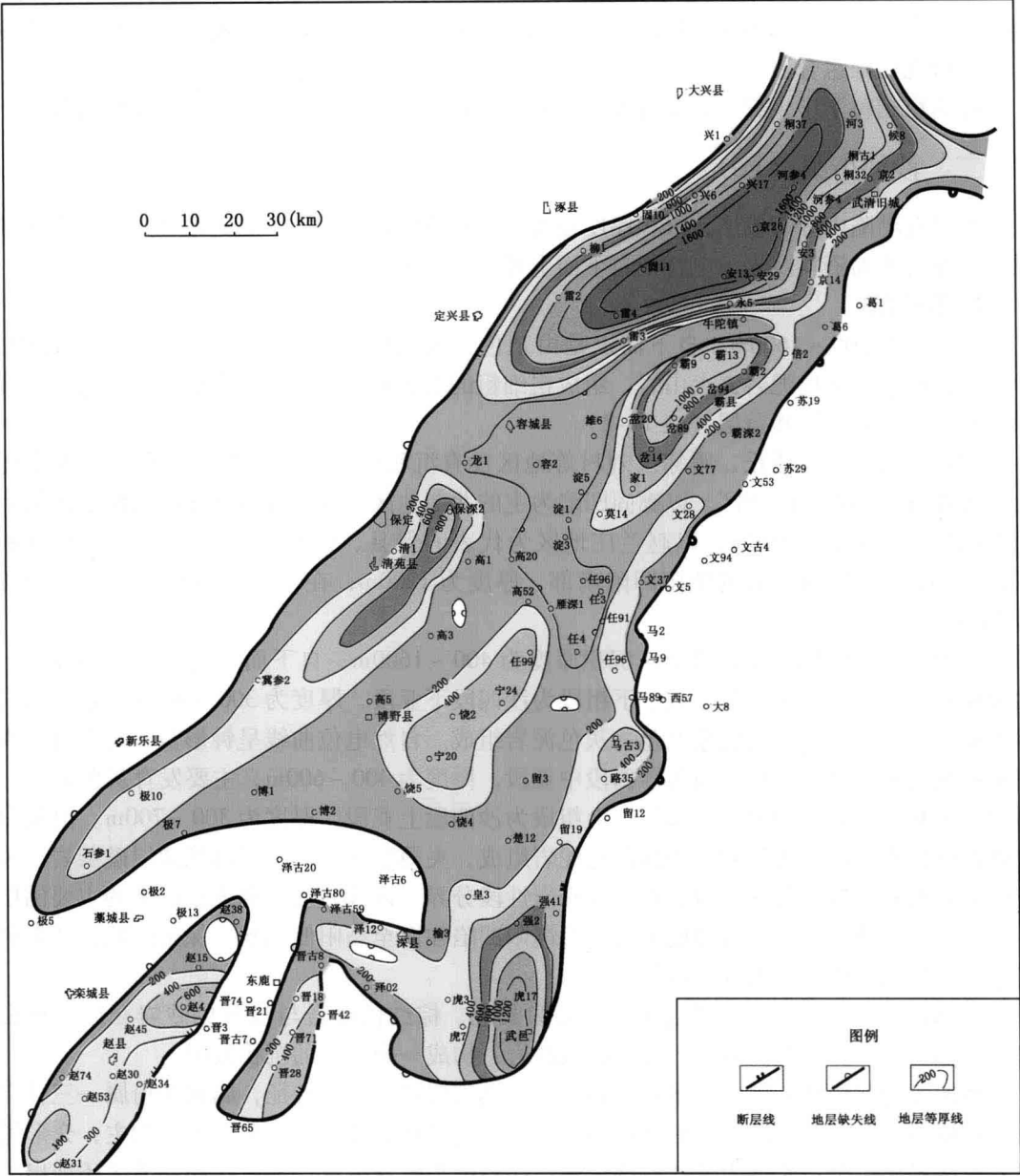


图 1-3 冀中坳陷古近系沙四段地层等厚图

在平面上，具有南北分区、东西分带的地层分布规律。南区地层厚度一般为 400 ~ 800m，仅在束鹿凹陷陡侧、饶阳凹陷陡侧的马西、献县断层根部，地层厚度可达 800 ~ 1000m。北区的霸县凹陷地层厚度为 600 ~ 1600m，廊固凹陷为 800 ~ 3600m，是南区沉积厚度的 3 倍（图 1-4）。另外，各凹陷具有明显的陡厚缓薄沉积特点，各期地层自凹陷中心向缓侧有规律的超覆减薄，代表了强烈的区域拉张断陷构造作用结果。

北部地区的沙三段最发育，包括沙三段下、沙三段中和沙三段上段 3 个亚段（附图 4）。

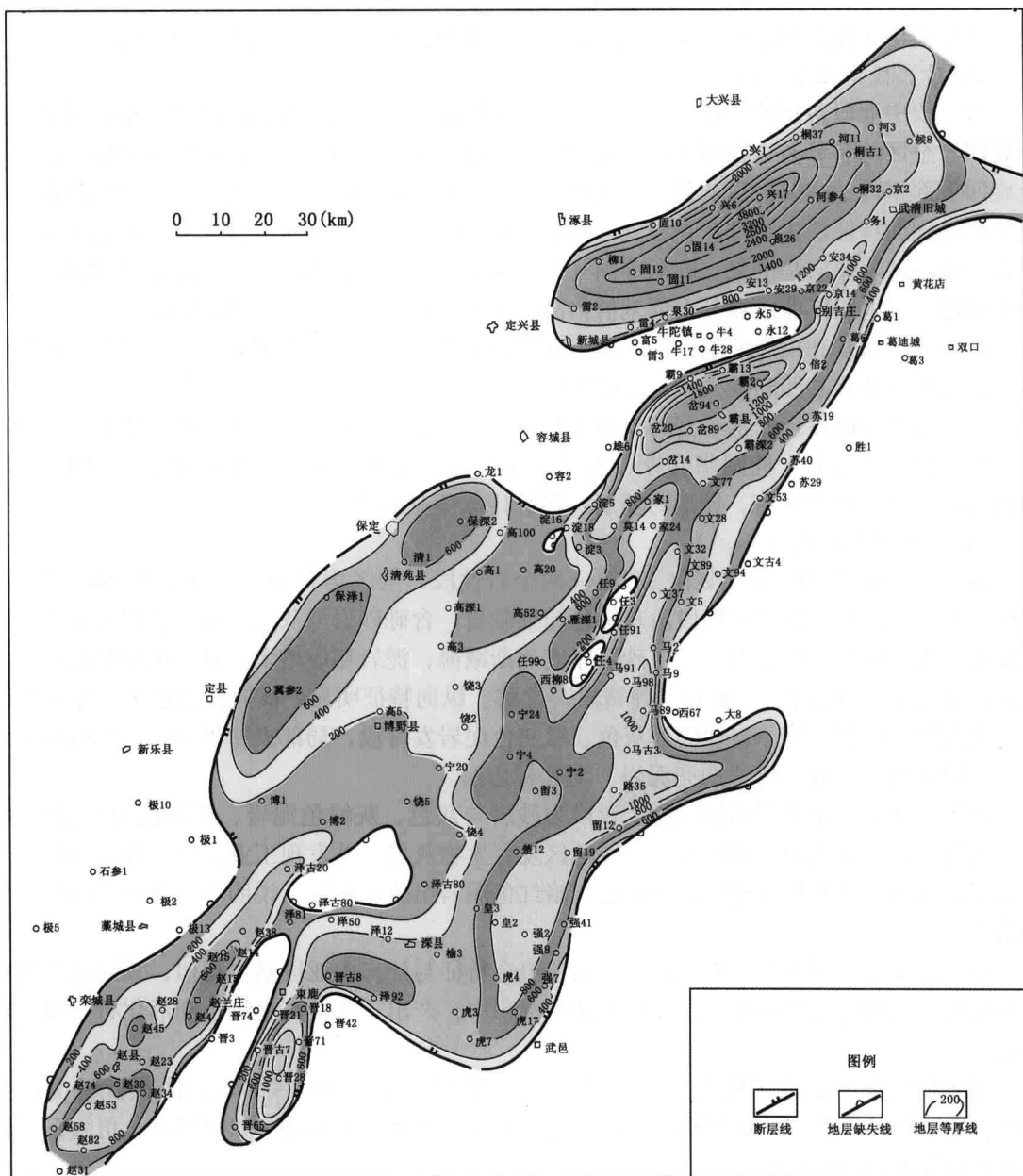


图 1-4 冀中坳陷古近系沙三段地层等厚图

1) 沙三段下亚段 ($E_{s_3}^F$)

沙三段下亚段包括沙三段第六、第五两个岩性段,厚度为 300~800m。分布范围较小,仅分布在廊固和霸县凹陷,中南部的饶阳、深县、晋县和束鹿凹陷未接受沉积。第六岩性段以深灰色含钙泥岩为主,下部发育砂岩、钙质页岩、泥灰岩、泥质白云岩,视电阻率曲线形态呈尖刀状,自固安—旧州一带向东部的河西务构造带大面积超覆减薄,岩性相应变细;第五岩性段以灰色、深灰色、褐灰色泥岩为主,视电阻率曲线和自然电位曲线较平直,构成了

所谓的“铁轨泥岩段”，是区域对比标志层。

本亚段介形类常见卵圆湖花介、凸腹玻璃介、鞍状玻璃介等，属卵圆湖花介亚组合；轮藻产出优美山东轮藻组合；藻类欠发育，发现少量的渤海藻属及个别的盘星藻属。

2) 沙三段中亚段 ($E_{s3}^{\text{中}}$)

沙三段中亚段包括沙三段第四和第三两个岩性段，自下而上发育有两个下粗上细的正向小旋回。全区均有分布，在廊固和霸县凹陷，厚度为 400 ~ 800m。第四岩性段包括下旋回和上旋回下部粗段，主要由深灰色、褐灰色泥岩、钙质页岩、油页岩与浅灰、灰白色砂岩组成粗细粗的剖面特征。主要发育在固安—柳泉一带，向别古庄、韩村、河西务地区相变为灰色泥岩。该段砂岩储层是柳泉、廊东等油气田（藏）的主要储油层。第三岩性段为灰色泥岩，分布稳定。视电阻率曲线在其上部基值抬高，形如“鼓包泥岩”，为对比标志层。

在饶阳、深县和束鹿凹陷，沙三段中亚段为灰白色砂岩与灰色泥岩互层，局部夹碳质泥岩。南部地区的晋县凹陷缺失沙三段中亚段。

沙三段中亚段发现非常丰富的介形类化石，主要以华北介为主。如：中国华北介、惠东华北介、任丘华北介、椭圆华北介、永安华北介等；藻类中的渤海藻科分子（渤海藻属、副渤海藻属等）极其发育，属渤海藻属—污脏棒球藻亚组合。

3) 沙三段上亚段 ($E_{s3}^{\text{上}}$)

沙三段上亚段包括沙三段第二和第一两个岩性段，全区均有分布，厚度为 300 ~ 700m。在廊固和霸县凹陷。第二岩性段由灰绿色粉细砂岩、含砾砂岩与灰色、绿灰色泥岩组成下粗上细的三级正旋回，自下而上，单砂层厚度逐渐减薄，泥岩相应增多。自然电位曲线负异常明显，形态似“弹簧状”，故有“弹簧段”之称。纵向特征明显，横向比较稳定，是划分对比的重要标志层段。第一岩性段为灰色、绿灰色泥岩发育段，局部夹粉砂岩，自然电位曲线和视电阻率曲线平直，属“凹兜泥岩”对比标志层。

饶阳、深县和束鹿凹陷沙三段上亚段为砂岩与灰色、灰绿色泥岩、褐灰色油页岩组成，局部夹泥灰岩，在饶阳凹陷的大王庄等地区发育生物灰岩，并发现工业油层。晋县凹陷沙三段上亚段下部以块状灰白色砂岩与灰色、暗红色泥岩组成正旋回，说明本区湖盆已经开始萎缩消亡。

沙三段上亚段所含介形类、轮藻和孢粉组合特征与沙三中亚段基本相似，只是藻类化石在局部地区的特定沉积环境下，在碳酸盐岩沉积中，产出了非常富集的小圆形化石—微小球藻属。

重矿物组合中稳定矿物含量高，如石榴子石含量高达 50% ~ 60%，锆石含量也达到 10%，比下伏沙四段—孔店组明显增高。相反不稳定矿物含量降低，如绿帘石、角闪石、硬绿泥石含量都在 1% 左右。

沙三段与下伏沙四段为不整合接触。区域上沙四段遭到不同程度的剥蚀，沙三段底部超缺，并盖在沙四段的不同层位上。

3. 沙二段

经过沙三段末期的抬升、剥蚀、夷平之后，沙二时期的地形比较平缓，仍具南高北低。地层厚度薄而稳定，一般为 200 ~ 400m，最厚是廊固凹陷，达到 600m（图 1-5）。大量钻井资料表明，沙二段为厚度不大的红色砂砾岩与泥岩沉积，属一套湖盆收缩体系域下的水退式沉积（附图 1 至附图 4）。

沙二段顶界以红色泥（膏）岩与沙一段下亚段特殊岩性相区别，底界以砂岩集中发育