

车镇凹陷层序地层与石油地质

张本琪 张洪山 康仁华 刘魁元 徐福刚 著

石油工业出版社

车镇凹陷层序地层与石油地质

张本琪 张洪山 康仁华 刘魁元 徐福刚 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以区域地质研究为基础,系统分析了车镇凹陷层序地层成因与模式及沉积体系的时空展布,以此为指导,对烃源岩与储盖组合进行了全面剖析,并对各种类型的油气藏成藏机理进行了综述。

本书可供从事石油地质勘探的技术人员,特别是对于在复杂勘探区工作的技术人员有较大借鉴作用。

图书在版编目(CIP)数据

车镇凹陷层序地层与石油地质/张本琪等著.

北京:石油工业出版社,2004.6

ISBN 7-5021-4634-2

I. 车…

II. 张…

III. ①含油气区-层序地层-研究-东营市

②含油气区-石油天然气地质-研究-东营市

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 035049 号

车镇凹陷层序地层与石油地质

张本琪等著

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

总 机:(010)64262233 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技排版中心排版

印 刷:北京密云华都印刷厂印刷

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

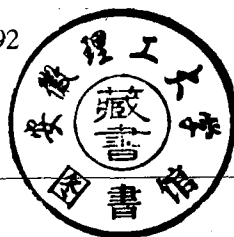
787×1092 毫米 开本:1/16 印张:11

字数:280 千字 印数:1-1000 册

定价:25.00 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



前 言

车镇凹陷为渤海湾盆地济阳坳陷北部的一个次级凹陷,地理坐标为北纬 $37^{\circ}50' \sim 38^{\circ}10'$,东经 $117^{\circ}20' \sim 118^{\circ}30'$,行政区划主要属于山东省滨州市无棣县和沾化县所辖,仅工作区西侧和东侧分别为德州市庆云县和东营市利津县所辖,是一北断南超、近东西向延伸呈“S”型狭长分布的箕状陆相断陷盆地,面积 2390km^2 。

车镇凹陷陆上部分已经实现 $600\text{m} \times 600\text{m}$ 二维地震测网连片,局部重点工区完成三维地震勘探 619.5km^2 。完成各类钻井 410 口,平均探井密度约 $0.17 \text{口}/\text{km}^2$,其中 285 口井钻遇油层,占 70%。发现了奥陶系、石炭—二叠系、侏罗系、第三系沙河街组一至四段、东营组和馆陶组等九套含油层系,找到了义和庄、义北、太平庄、大王庄、大王北、英雄滩、套尔河和东风港等八个油田,但其资源探明率仅为 13.9%,因此仍有很大的资源潜力。为此,本书选择车镇凹陷第三系层序地层、沉积和油气形成与分布进行研究,以期为本区今后的勘探提供详实的基础资料和科学的依据。

本项研究得到了胜利油田有限公司地质科学研究院、河口采油厂、石油大学有关领导、专家,特别是副总经理李丕龙教授、杨东明工程师、姜在兴教授等的指导和帮助,在此表示感谢。

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 区域地质特征	(5)
第一节 地层特征	(5)
第二节 构造单元划分	(8)
第三节 构造演化特征	(10)
第三章 层序地层格架	(17)
第一节 层序边界的识别	(17)
第二节 层序构成及其体系域边界的识别	(22)
第三节 测井资料在层序地层界面识别中的应用	(27)
第四章 层序地层成因与模式	(33)
第一节 控制层序发育的地质因素	(33)
第二节 沉积层序的形成机制探讨	(37)
第三节 层序地层模式	(41)
第五章 沉积体系研究	(44)
第一节 沉积相类型及其特征	(44)
第二节 沉积相时空演化规律	(52)
第三节 沉积体系平面分布特征	(58)
第六章 烃源岩特征及油源对比	(73)
第一节 烃源岩特征及有效烃源岩的分布	(73)
第二节 油气地球化学特征	(77)
第三节 油源对比分析	(83)
第七章 储盖层与生储盖特征	(89)
第一节 前第三系储层	(89)
第二节 古近系储层特征	(97)
第三节 不同成因类型储集岩体物性特征比较	(104)
第四节 储层成岩作用及成岩阶段划分	(105)
第五节 盖层与生储盖组合	(120)
第八章 油气运聚及油气系统	(126)
第一节 油气输导体系、圈闭及保存条件	(126)
第二节 车镇凹陷油气系统分析	(132)
第九章 油气藏形成机理	(134)
第一节 油气藏类型	(134)
第二节 前古近系油气藏成藏机理	(141)

第三节	古近系油气藏成藏机理.....	(148)
第四节	新近系油气藏特征.....	(156)
第五节	车镇凹陷岩性油藏成藏研究.....	(158)
第六节	层序、沉积体系与油气分布	(161)
参考文献		(167)

第一章 绪 论

车镇凹陷为渤海湾盆地济阳拗陷北部的一个次级凹陷,地理坐标为北纬 $37^{\circ}50' \sim 38^{\circ}10'$,东经 $117^{\circ}20' \sim 118^{\circ}30'$,行政区划主要属于山东省滨州市无棣县和沾化县所辖,仅工作区西侧和东侧分别为德州市庆云县和东营市利津县所辖,是一北断南超、近东西向延伸呈“S”型狭长分布的箕状陆相断陷盆地,面积 2390km^2 。

车镇凹陷陆上部分已经实现 $600\text{m} \times 600\text{m}$ 二维地震测网连片,局部重点工区完成三维地震勘探 619.5km^2 。完成各类钻井 410 口,平均探井密度约 0.17 口/ km^2 ,其中 285 口井钻遇油层,占 70%。发现了奥陶系、石炭—二叠系、侏罗系、第三系沙河街组一至四段、东营组和馆陶组等九套含油层系,找到了义和庄、义北、太平庄、大王庄、大王北、英雄滩、套尔河和东风港等八个油田,共探明石油地质储量 $1.9918 \times 10^8\text{t}$ 、控制储量 $4734 \times 10^4\text{t}$,平均每平方千米探明地质储量为 $8.44 \times 10^4\text{t}$ 。然而,参考“二次资源评价”的结果(胜利油田,1993),目前车镇凹陷资源探明率仅为 13.9%。同时,从平均每平方千米探明储量来看,也大大低于东营凹陷(每平方千米探明储量 $29.4 \times 10^4\text{t}$)和沾化凹陷(每平方千米探明储量 $32.1 \times 10^4\text{t}$)的资源探明率,这充分表明车镇凹陷研究及勘探程度远不及东营和沾化凹陷,也反映出车镇凹陷仍有较大的资源潜力。

为此,本书选择车镇凹陷第三系层序地层、沉积和油气形成与分布进行研究,以期为本区今后的勘探提供详实的基础资料和科学的依据。

一、层序地层学研究历史

层序地层学的提出和概念体系的形成主要源于以 Vail 为代表的 Exxon 公司的研究集体(Vail,1977,1987),认为层序的驱动机制是由全球海平面变化;Vail(1991)在论文“构造、海平面升降和沉积作用的地层标记(综述)”中对层序地层学的最新发展做了全面的总结,将影响层序发育的因素如构造因素做了许多修正与补充。1963 年 Sloss 在北美克拉通晚前寒武纪至全新世地层之间,以区域不整合为界划分出六大地层单位,称这些地层单位为“层序”,并用层序作为实际工作中的实用地层单位进行制图,他认为控制层序形成的主要因素则是基准面变化。与此同时,另外一些地质学家通过多种研究手段和多学科交叉,将层序地层学原理和方法应用于碳酸盐台地、陆相盆地等地层研究中;用层序地层学原理和方法探讨碳酸盐沉积作用与海平面变化之间的关系;M. T. Jervey(1992)、K. W. Shanley 和 P. J. Maccable(1994)对陆相地层层序研究进行了系统总结。这表明层序地层学的理论已被广大地质工作者所接受,并得到推广和应用。因此,有人把它的出现与发展当成现代地质科学的一场革命。

层序地层学得以迅速发展是与其学科自身特点分不开的。①层序地层学注意到盆地构造沉降、全球海平面波动、物源供给变化和古气候变迁是层序形成的基本控制因素,首次对沉积地层从成因机制和分布规律上加以分析。②层序地层学认为,层序是层序地层学的基本单元,是一个完整的全球海平面变化旋回周期内的沉积产物,正是因为这一点,层序地层学将成为全球地层对比最有效的方法手段之一。③层序地层学强调以不整合面及其相应的整合面作为划

分层序的依据,同时还强调了层序界面之间地层的三维构型,即在一个等时地质年代格架内,从三维空间上研究有成因联系的沉积组合体。④层序地层学注重不同级别等时地层单元与地层格架的建立,并从理论上解决了不同级别层序单元的基本控制因素。⑤层序地层学具有利用综合资料进行分析的特点,把地震、测井、岩心和露头等资料都作为基础资料,并结合生物地层学等资料进行综合分析,将地层学研究从单因素讨论提高到多因素分析、从定性描述上升到定量刻划的水平。⑥层序地层学中对体系域的组成及沉积组合体的三维分布的研究,本身就具含油气盆地生储盖组合分析的意义,因此在油气勘探领域中得到广泛应用。

二、层序地层学在我国石油工业领域的应用

经典层序地层学为分析沉积地层的岩石关系提供了有力的方法手段,其原理和实践已被大多数地质学家和石油地质学家所接受。理论上,层序地层学特别重视海平面升降周期对地层层序形成的重要影响;实践上,它通过年代地层格架的建立,对地层分布模式作出解释和同时代成因地层内体系域的划分,为含油气盆地地层分析和盆地规模的储层预测提供坚实的理论和油气勘探的有效手段,有力地推动了地质学,特别是石油地质学的发展,它的推广与应用标志着隐蔽油气藏勘探研究进入了一个全新的精细描述、精细预测阶段。在层序地层格架(尤其是大型的三角洲沉积)中,经常发育油气系统的各组成要素。低水位体系域常发育砂岩储集体,高水位体系域和海侵体系域发育盖层和圈闭,层序地层间相关性和工业制图描述了储、盖层的分布,有利于盆地建模和确定烃类运移路径。尼日尔三角洲的研究表明,三角洲进积的沉积载荷使重力不稳定,导致拉张、刺穿、压缩等有关变形,进而导致超压环境,形成巨大的拆离面。构造与沉积的相互作用不但形成三角洲体系内部的圈闭与盖层,还形成油气运移通道。通过岩心、测井及地震资料,可以研究层序格架中的沉积相展布、地层结构及隔层分布,结合三维可视化技术,更直观地展现油气系统的轮廓,预测砂体及圈闭的展布。随着盆地油气勘探与开发向更复杂和更深入的方向发展,人们需要更精确理论方法的技术,以提高层序地层分析的分辨率和储层预测的准确性。

三、层序地层学发展现状

层序地层学研究取得的进展,主要集中于从 1988 年以来的第三发展时期。此间,层序地层学真正成为了地学的一大亮点和热点,并取得了巨大的、多方面的、多层次的进展。从地震地层学发展到传统层序地层学、成因层序地层学、高分辨率层序地层学等三大主要理论体系齐放异彩,并成为层序地层学的三大主要流派和三大支柱技术体系。传统层序地层学仍然闪闪发光,高分辨率层序地层学蓬勃兴起,同时,还出现了不少新的层序地层学概念和发展方向;生物层序地层学把层序地层学与生物地层学紧密结合起来;此外,还涌现出了露头层序地层学、测井层序地层学、化学层序地层学、应用层序地层学以及层序充填动力学等新概念。这些新的层序地层学概念的大量涌现,无一不是层序地层学引起人们广泛兴趣百家争鸣的结果,无疑是它特有魅力的具体体现。

朱筱敏、李永宏(1999)在“21 世纪层序地层学展望”一文中,对 1990 年以来层序地层学在理论研究和实际生产应用进行了概括,认为 20 世纪 90 年代后,层序地层学进入了理论研究和生产应用全面发展时期。在理论上出现了诸如高分辨率层序地层学(T. A. Cross)、成因地层学(W. E. Galloway)等学派;在实践中,层序地层学开始深入到油气勘探开发的各个阶段。从盆地分析到圈闭的成因解释,从盆地充填的精细研究,储集体分布和储层非均质性预测以及进

行剩余油分布的研究都应用了层序地层学的理论、方法和研究成果。

层序地层学已成为当代沉积学的重大进展和研究热点,自 Vail 等(1987)提出的源于北美被动大陆边缘盆地的经典层序地层模式面世至今的 20 年来,层序地层学已在认识地球演化史的尺度和世界范围内地层对比、层序沉积模式、矿产资源评价以及油气勘探等方面取得显著进展,同时,其自身理论学科也得到了发展,形成了生物层序地层学、高分辨率层序地层学、高频层序地层学、层序充填动力学以及应用层序地层学等一些新的研究方法与发展方向。应该说,21 世纪是层序地层学蓬勃发展的时期,同时人类也面临着“人口、资源、环境和可持续发展”问题的挑战,层序地层学如何为解决这一问题做贡献,应是一个新的任务。

四、21 世纪层序地层学新应用

目前,层序地层学的理论研究工作已经从早期的被动大陆边缘型盆地向前陆盆地和陆相沉积盆地发展,在油气勘探领域,层序地层学已逐步成为油气地质勘探学家和油气地质开发学家在研究工作中不可缺少的工具。将沉积体系纳入层序地层格架,有利于阐明整个盆地内相和沉积体系的三维配置并预测沉积体;层序中各种地层反射特征和关键面的识别有助于推断沉积体系类型,预测生储盖组合类型,从而预测有利的生油层段、储层和有效的地层及岩性圈闭。因此,层序地层学理论和沉积体系与相分析方法的结合为地层结构、沉积充填过程与沉积体系和油气的生储盖组合的综合研究提供了新的观点。特别是目前,由于油气勘探的重点正在转入隐蔽油气藏勘探阶段,用层序地层学理论在预测隐蔽油气藏存在的类型、数量、有利分布地区中正在做出重要的贡献,并将代表着油气地质预测理论的发展方向。而且,随着勘探复杂程度的增加,也为层序地层学提出了挑战与发展的广阔前景,在这方面,姜在兴教授(2002)已经做了有突破性的探索,用可容空间转换来研究层序发育。由于古构造、古断裂以及古火山等使不同古地貌可容空间的变化与垂向演化具有非均一与统一性,横向变化与垂向演化存在着转换,那么在沉积盆地的不同转换带,就有约束沉积建造的不同流态机制,发育不同的成油气系统要素,有的转换体发育烃源岩(称为深水页岩层序地层),有的发育透镜状砂体、扇形的三角洲砂体等,这些要素形成不同类型的生储盖组合(通过层序发育机理预测圈闭),为油气系统研究做出评价。所以从制约沉积的水动力条件与制约层序发育的可容空间之间的内涵出发研究不同成因类型的砂体与圈闭乃至油气藏的分布与成藏规律,无疑为层序地层学在新世纪的发展与应用找到新的突破口。目前,该理论正在应用于大庆、胜利等油田的勘探实践以取得更深层次的完善与发展。

构造学与板块构造学的新发现,及深部地质的新认识以及地球动力学的发展也从宏观上为层序地层学的发展以及与多学科的综合提供了机遇与条件,使地学、地质学研究的思路焕然一新。刘和甫认为,各类盆地的形成与地球动力学有关,可以简化为裂谷型盆地、前陆盆地、走滑盆地和克拉通盆地,这些盆地之间有不同的地球动力学环境,因而有不同的层序驱动机制和层序类型(如裂谷盆地层序、前陆盆地层序、走滑盆地层序),形成不同的油气成藏系统(裂谷油系统、台地油气系统和造山带油气系统等),这赋予盆地分析与油气系统研究以新的思路与方案,使不同类型盆地的差异性与每一类盆地的特色更加突出。

得克萨斯二叠系及沙特阿拉伯侏罗系碳酸盐岩研究表明,其可容空间受构造沉降与气候引起的海平面变化综合控制,造成深水与浅水碳酸盐岩交替沉积,暴露时期比沉积时期更长,低位体系域时期缺乏淡水补给,高位体系域沉积的碳酸盐岩被低位体系域的成岩作用保护而免于侵蚀,所以根据其集合形态、沉积相以及地球化学特征可以研究碳酸盐岩层序的演化,从而使研究比较薄弱的碳酸盐岩层序地层学有了新的开端。

五、非海相盆地层序地层学的研究进展

源于被动大陆边缘的层序地层学理论,现已逐渐扩展到各种类型的盆地和环境。这些盆地包括被动大陆边缘的盆地,也包括活动大陆边缘的盆地;从伸展型盆地,到挠曲型盆地,甚至造山带;从海相沉积盆地扩展到陆相湖泊盆地和河流相地层。并对下切谷的形成和演化做了比较深入的研究。另外,对碳酸盐岩层序也提出了比较完整的解释。

国外对于非海相层序地层学研究最早的是 Scholz(1990),提出了浊流沉积出现在高水位早期。之后 Liro(1991)通过对 Fort Union 组的研究,提出了 Rimound、Newark、Fundy 型的陆相体系域类型。G. D. Williams、A. Dobb 和 S. Prosser 等(1993)则结合构造运动研究了前陆盆地和裂谷盆地的层序地层,后者对陆相断陷盆地层序地层研究具有极大的借鉴作用,其中提出了裂陷初期、裂陷复合期、裂陷后早期、裂陷后晚期的盆地发育阶段、各阶段的地震反射特征、可容空间变化以及各阶段的体系域和沉积体系模式。近期 J. A. Howell 和 J. F. Atiken 等(1996)研究了一系列陆相(冲积环境)层序地层、扩张型盆地层序地层、用于储层建模的高分辨率层序地层和碳氧同位素的最新分析成果,提出了用基准平衡剖面(Base Profile)或相对递降剖面(Relative Graded Profile)来衡量滨线之上陆上可容空间的变化,而用基准面(Base Level)或相对海平面来衡量海上可容空间的变化,并创立了箕状断陷盆地不同位置上可容空间变化模型,从理论上有了很大的提高。

20 世纪 90 年代初以来中国的地质科技工作者通过对中生界陆相盆地的研究,发展了陆相层序地层学的理论并成功指导了油气勘探。认为陆相的层序地层学与大陆边缘的盆地相比存在较大差异,主要区别包括:①陆相盆地主要受控于构造因素,并且沉积盆地内构造分区明显,沉降分异大;②陆相盆地具有物源近、堆积快等特点,沉积物中含突发性事件所占比例较大,其气候变化对沉积物供给影响明显;③陆相盆地具有多物源、多沉积中心、相变快、相带窄、水域面积小、变化大等特点,其沉积体系域比大型边缘盆地更多样化和复杂化;④陆相盆地内湖底扇或深水重力流沉积主要发育于深湖泥岩段,而大陆边缘盆地海底扇则发育于低位体系域。所以,我们在研究陆相层序地层时不能照搬海相理论,而应具体问题具体分析。虽然层序地层学的研究最先应用于海相环境,但海相盆地与陆相盆地影响因素的可类比性,从而使得我们有可能把层序地层学的理论应用到陆相环境。我国的大油气田主要集中在非海相盆地中,因此开展陆相湖盆中的层序地层学的研究是我国油气增产的有效途径。

六、研究意义

在当前勘探难度不断加大的情况下,进一步深入研究车镇凹陷古近系地层展布特征、凹陷的沉积演化规律和有利砂体的时空分布关系,预测有利砂体和隐蔽油气藏,提高勘探程度,扩大资源量和资源探明率的有效方法,不仅具有十分重要的理论意义,而且具有巨大的经济效益。

第二章 区域地质特征

车镇凹陷是渤海湾盆地济阳坳陷北部的一个次级凹陷。车镇凹陷北、西、南三面被埕宁隆起和义和庄凸起环绕,东端与沾化凹陷相邻。东西长约 81km,南北宽约 23km。凹陷北边与埕宁隆起以断层相接触,断裂带宽 3~8km。南边向义和庄凸起超覆,斜坡带宽 15km 左右。构造上整体具备北断南超的特点,是典型的早第三纪复合扭张断陷凹陷。凹陷内断层发育、构造单元分割性较强,凹陷被大王庄和车 3 两个鼻状构造分割为三个狭长而深陷的洼陷(图 2-1)。

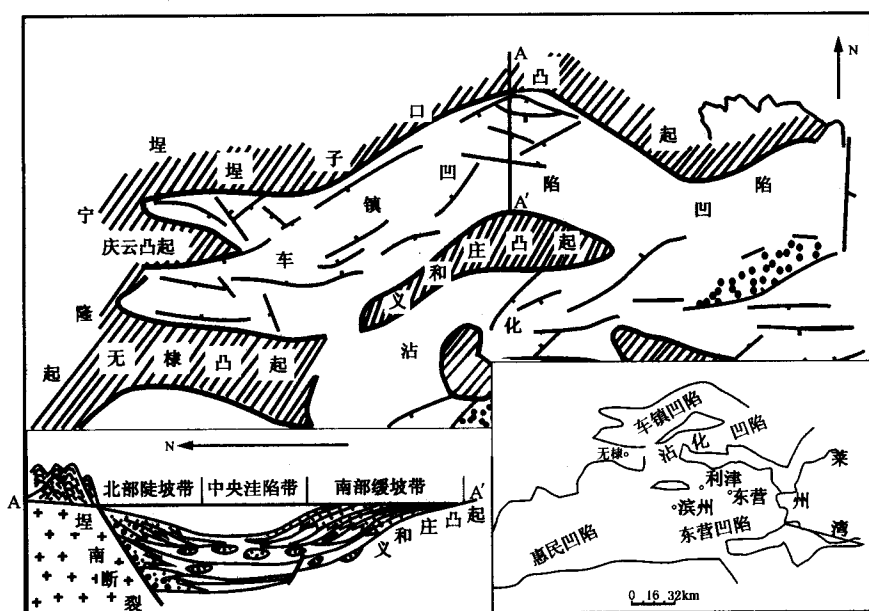


图 2-1 车镇凹陷位置及盆地结构示意图

第一节 地层特征

车镇凹陷目前共完钻探井 450 多口,其中钻入前古近系的钻井探井为 150 多口,所揭示的前古近系地层层序自下而上依次为太古界、寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、中生界,缺失元古界(表 2-1)。

一、太古界

太古界是车镇凹陷最古老的基底地层,只出露于车镇凹陷周围的埕子口凸起、庆云凸起与无棣凸起。岩性为花岗岩、花岗片麻岩及片麻岩等变质岩,其 K—Ar 法测定的同位素年龄值为 $23.24 \times 10^8 \sim 24.25 \times 10^8$ a,属泰山群,大致与太行山东麓的阜平群和辽东南部地区的鞍山群相当。车镇凹陷钻入太古界的探井共有 27 口,揭示的最大地层厚度为 283m(义古 80 井)。

表 2-1 车镇凹陷前第三系地层综合柱状表

界	系	统	组	代号	岩性特征	厚度 (m)	代表井
新生界	古近系	始新统	沙四段	Es ₄	深灰色泥岩与灰白色砂岩夹碳酸盐岩和油页岩	>1000	
中生界	侏罗系	中一下统	坊子组	J ₁₊₂ f	暗色、紫色、灰绿色泥岩、砂岩夹煤层	90~300	大 43
上古生界	二叠系	上统	上石盒子组	P ₂ sh	黄绿色厚层砂岩及紫色、灰色泥岩、泥质砂岩	400~550	大古 67
		下统	下石盒子组	P ₁ xs	灰色及绿色泥岩、砂岩夹薄层煤层	90~120	
			山西组	P ₁ s	灰色泥岩、碳质泥岩与石英砂岩夹煤层	70~110	
	石炭系	上统	太原组	C ₃ t	灰色泥岩、碳质泥岩与砂岩夹灰岩及煤层	130~180	大古 82
		中统	木溪组	C ₂ b	杂色铁铝岩、铝土岩、灰色泥岩夹灰岩	40~70	
	奥陶系	中统	八陡组	O ₂ b	深灰色块状灰岩、灰色泥质白云岩	100~120	车古 201
			上马家沟组	O ₂ sm	黄色角砾状泥灰岩、豹皮灰岩、灰岩夹白云岩	280~330	
			下马家沟组	O ₂ xm	黄色角砾状灰岩、豹皮灰岩、灰岩夹白云岩	180~200	
		下统	冶里—亮甲山组	O ₁ l-y	灰—浅灰色结晶白云岩，底部为燧石结核白云岩	90~120	
下古生界	寒武系	上统	凤山组	Є ₃ f	浅灰色结晶白云岩、泥质条带灰岩	90~110	
			长山组	Є ₃ c	灰色泥质条带灰岩、竹叶状灰岩夹黄绿色页岩	50~60	
			崮山组	Є ₃ g	疙瘩状灰岩、泥质条带灰岩夹黄绿色页岩	50~60	
		中统	张夏组	Є ₂ z	灰色鲕状灰岩及显微晶灰岩	180~200	
			徐庄组	Є ₂ x	灰绿色、紫灰色页岩夹灰岩，含海绿石砂岩	80~90	
			毛庄组	Є ₂ m	下部灰岩，上部暗紫色页岩、砂岩	50~60	
		下统	馒头组	Є ₁ m	灰色隐晶白云岩及紫色页岩	90~100	
太古界	泰山群			Art	以多种片麻岩为主，其次为闪长角闪岩、角闪岩		义古 80

二、下古生界

车镇凹陷下古生界与整个华北地区基本一致,属标准的地台型沉积。下古生界包括寒武系与下、中奥陶统,全部缺失上奥陶统,地层厚度一般为 1300~1400m。岩性以灰岩、白云岩等海相沉积的碳酸盐岩为主,寒武系夹有薄层泥、页岩。

下古生界与太古界呈角度不整合接触,寒武系分为三统七组(下统馒头组,中统毛庄组、徐庄组、张夏组,上统崮山组、长山组、凤山组),奥陶系与寒武系为连续沉积,自下而上分为 5 个

组,即下奥陶统冶里—亮甲山组、下马家沟组、上马家沟组和中奥陶统八陡组,顶部遭受剥蚀。

下古生界在车镇凹陷广泛分布,各组均呈条带状出露于南部斜坡带,从南到北、从高到低,依次出露的地层具有由老变新的规律;在北部陡坡带仅出露于车 571 潜山等局部地区,出露层位为下奥陶统冶里—亮甲山组。

三、上古生界

上古生界包括石炭系和二叠系,底部与奥陶系之间存在明显的沉积间断,为平行不整合接触,地层厚度变化较大。

石炭系为海陆交互相沉积,缺失下统,包括中石炭统本溪组 and 上石炭统太原组,岩性为陆相含煤碎屑岩夹海相石灰岩;二叠系为陆相沉积,下部含煤,中上部为紫红色砂、泥岩互层,自下而上依次为山西组、下石盒子组、上石盒子组,顶部普遍缺失石千峰组。

上古生界在车镇凹陷均有分布,除凹陷东北部被中生界覆盖外,出露于凹陷内大部分地区。与下古生界分布特征相类似,具有从高到低、出露的地层由老变新的变化规律。

四、中生界

车镇凹陷中生界发育不全,分布范围局限,仅车镇凹陷东部保存有厚度 300m 左右的中、下侏罗统坊子组,岩性以含砾砂岩、砂岩、泥岩为主,夹黑色碳质泥岩及薄煤层。中生界与下伏下古生界、上覆第三系均为角度不整合接触。

五、新生界

车镇凹陷古近系分布广泛,沉积厚度巨大,自下而上主要由沙河街组、东营组组成。在古近系演化过程中,盆地经历了多次构造运动,形成多个不整合和沉积间断面,其中古近纪与前古近纪之间、古近纪与新近纪之间均为具有区域意义的不整合面。

(一)沙河街组(Es)

区内沙河街组为古近系的下部地层,依据岩性特征自下而上分为沙四段、沙三段、沙二段及沙一段,各段岩性及地层厚度在盆地不同地区变化较大。

1. 沙四段

沙四段分为沙四段上、下两个亚段,与下伏地层呈不整合接触,沉积厚度一般在 200~1000m 以上。主要化石有 *Austrocypris levis* (光滑南星介)、*Sinoplanorbis sinensis* (中国中华扁卷螺)、*Cladosiphonia sinensis* (中国枝管藻)。沙四段下亚段的岩性在北部陡坡带为杂色、灰紫色和浅灰色厚层—巨厚层状砾岩,夹有少量薄层或透镜状灰紫色泥岩,砾石成分为各种类型的片麻岩、石英岩、火山碎屑岩、白云岩、石灰岩和沉积岩,大小混杂,大者可达 4~5cm,呈棱角状一次棱角状,分选性极差;往南至义和庄凸起上,岩性渐变过渡为灰紫色薄层含膏泥岩、泥岩,夹少量中薄层浅灰色白云岩;中央洼陷带岩性是深灰色、灰黑色油泥岩、油页岩,夹有灰色砂砾岩透镜体和粉砂岩薄层。沙四段上亚段的主要岩性为灰色厚层砾岩、砂砾岩、紫红色泥岩、含膏泥岩、泥灰岩、油泥岩、油页岩、含膏白云岩、白云岩和灰岩。岩性具有平面分带、东西分区的特点,北部陡坡带为砂砾岩沉积,中央洼陷带为油泥岩、油页岩沉积,南部缓坡带岩性差异较大,车西以碎屑岩沉积为主,车东地区以碳酸盐岩沉积为主。与下伏地层沙四下亚段为超覆不整合接触。

2. 沙三段

沙三段岩性为深灰色、灰黑色油泥岩、油页岩和粉砂岩。下部为粉砂岩、油泥岩、油页岩,

中部为油泥岩、油页岩,上部为油泥岩、油页岩、粉砂岩与碳酸盐岩,厚度一般为 300~1200m。主要化石有 *Huabeinia* (华北介)、*H. costatispinata* (脊刺华北介)、*H. obscura* (隐瘤华北介)、*U. minor* (小榆粉)、*Bohaidina* (渤海藻)等。根据岩性组合可将沙三段分为三个亚段:沙三下亚段、沙三中亚段和沙三上亚段。沙三下亚段下部岩性为灰色、深灰色砂砾岩、砂岩、粉砂岩,夹有油泥岩,上部岩性为灰黑色油泥岩、油页岩。沙三中亚段主要岩性为灰质砂岩、粉砂岩、油泥岩、油页岩,具下粗上细的正旋回。沙三上亚段岩性为深灰色粉砂岩、油泥岩、油页岩、灰质泥岩、白云质灰岩和白云岩。

3. 沙二段

沙二段岩性为紫色、灰绿色、杂色泥岩与粉砂岩互层,厚度一般为 100~600m。主要化石有 *Camarocypris elliptica* (椭圆拱星介)、*Tulotomoides spiralicostata* (旋脊似瘤田螺)、*C. producta* (伸长似轮藻)等。沙二段可分为上、下两段。沙二下亚段为灰色细砂岩、粉砂岩与紫红色泥岩互层;沙二上亚段下部岩性为灰绿色含砾砂岩、粉砂岩,上部为灰绿色粉砂岩与紫红色泥岩互层。沙二上亚段与沙二下亚段为不整合接触关系。

4. 沙一段

沙一段岩性为灰绿色、灰色泥岩夹生物碎屑灰岩、白云岩、油页岩及砂岩。上部为泥岩夹砂岩,中部为油页岩及生物碎屑灰岩,下部为泥岩叫白云岩,沉积厚度 50~400m。主要化石有 *Phacocypris huiminensis* (惠民小豆介)、*Guangbeinia lijiaensis* (李家广北介)、*Xiyngia luminosa* (光亮西营介)、*Guangbeinia xinzhensis* (辛镇广北介)等。

(二)东营组

东营组自下而上可分为东三段、东二段和东一段。岩性主要为灰绿色、灰色油泥岩、泥岩、粉砂岩。上部为泥岩与粉砂岩互层,中部为泥岩夹粉砂岩,下部为油泥岩、泥岩。主要化石有 *Dongyingia* (东营介)、*Xiyngia* (西营介)、*Phacocypris huiminensis* (惠民小豆介)等。

第二节 构造单元划分

一、前古近系构造特征

车镇凹陷前古近系构造特征比较简单,整体呈现为一个长轴近东西向的大型向斜构造,局部发育少数规模较小的印支期褶皱。

前古近系断层十分发育,以燕山期南掉反向断层为主,在平面上大致可分为 NE 向、NW 向和近 EW 向三组,断层规模大小不等,其中 NE 向和 NW 向断层规模普遍较大,而 EW 向断层规模则较小。断层继承性较强,活动时期较长,一般在古生代末期开始活动,中生代达到高峰,大部分断层在中生代末期停止活动,少数规模较大的断层持续活动至新近纪,如车镇北带台阶断层、991 断层等。受燕山期反向断层活动的影响,形成了车镇凹陷前古近系平面分布广泛、规模不等的大量反向断块潜山。

车镇北带台阶断层是埕南断层最主要的派生断层,其形成机制、活动时期、平面展布与埕南断层基本一致。车镇北带台阶断层延伸长度约 120km,由一系列 NE 向、NW 向和近 EW 向断层组成,平面呈锯齿状,按断层的主要走向,可分为西段(车 571 井以西,近 EW 向展布)、中段(车 571 井与大斜 76 井之间,呈 NE 向展布)、东段(大斜 76 井以东,呈 NW 向展布)。不同部位、不同时期断层规模相差较大,断距为 100~1000m,最大断距可达 1500m。由于车镇北带

台阶断层长期持续活动,形成了沿埕南断层下降盘分布的、延伸长度大、宽窄不等的古生界大型台阶潜山。

二、古近系构造特征

作为济阳坳陷内部的次级构造单元,车镇凹陷也是华北地台解体的产物,它经历了断陷、断拗和拗陷三个发展阶段。凹陷内断裂构造的产状、分布及构造的应力状态对凹(洼)陷的形态具有控制作用。凹陷内主要的断裂构造有三组,即北东向断裂、北西向断裂和东西向断裂,它们将凹陷基底分割成不同的构造单元(图 2-2)。

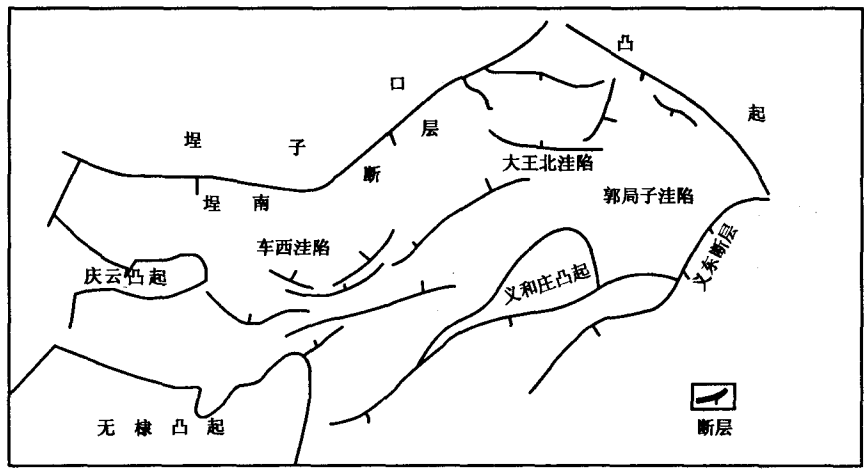


图 2-2 车镇凹陷断裂分布及构造单元划分图

(一)陡坡断裂构造带

凹陷内有大王北及盐场两个陡坡构造带,大王北陡坡带位于大王北洼陷的北部陡坡带,呈近东西向展布;盐场陡坡带位于车西洼陷的北部较陡地区,走向为北东向。两个陡坡带均位于控凹大断层埕南断层的下降盘,呈长带状沿埕南断层展布。其主要的构造样式是铲式和坡坪式(如埕南断层)的边界断层,以及与边界断层有关的滚动背斜和断阶。

(二)车西—大王北—郭局子洼陷带

洼陷带是箕状断陷过程中长期持续沉降,沉积盖层最厚的地带,位于缓坡带与陡坡带之间。古近纪时期,车镇凹陷主要发育有三个大的洼陷,即车西洼陷、大王北洼陷和郭局子洼陷,沉积厚度在 500~1500m 之间。

车西洼陷位于车镇凹陷的西部,受埕南断层西段和柳堡断裂带的联合控制,呈北东向展布。

郭局子洼陷位于车镇凹陷东部地区,受埕南断层东段和大王庄北断裂带的联合控制,呈北西向西向。

大王北洼陷位于车镇凹陷中部地区,北部紧邻大王北陡坡带,呈近东西向展布,主控断层为埕南断层中段及大 1 断层。

(三)宗王—大王庄断裂鼻状构造带

继承性发育的鼻状构造带称断裂鼻状构造带。宗王—大王庄断裂鼻状构造带位于车镇凹陷南部较缓地带,受义和庄基底隆起及基底断层的控制呈细长带状展布,具有先隆后断,多期沉积间断,后期断裂较为发育的特点。

(四)缓坡断阶带

缓坡断阶带剖面上以平面式、铲式正断层为最基本的构造单元,多条正断层组合形成地垒、地堑、断阶等多种构造样式。车镇凹陷内有车西和大王庄两个缓坡断阶带。

车西缓坡断阶带发育于车镇凹陷南部斜坡带上,以曹家庄断层为代表,北东走向,由一系列规模较小、呈雁列式排列的断层系组成。沙河街期断续多阶段活动,早期活动强,晚期活动弱。

大王庄缓坡断阶带发育于大王北变换带的东缘,走向北东,主要由多条密集平行的断裂组成,构成郭局子凹陷的西界。在古近纪期间起到横向调节作用。该断裂带在新近纪时期仍有较强活动。

第三节 构造演化特征

一、断层级别的划分

车镇凹陷断裂十分发育,主要以正断层为主,凹陷内共发育一级断层 2 条,二级断层 5 条,三级断层 4 条,四级断层 200 多条,具体划分见表 2-2。

表 2-2 车镇凹陷主要断层基本参数表

序号	断层级别	断层名称	断开反射层	走向(°)	倾角(°)	长度(km)	最大断距(m)	形成时间
1	I	埕南西段	T _{g2} —T ₀	50	35~40	40	5000	前古近纪
2	I	埕南中段	T _{g2} —T ₀	140	50~60	50	5000	前古近纪
3	I	埕南东段	T _{g2} —T ₀	160	30~35	60	3000	前古近纪
4	I	义东断层	T _{g1} —T ₀	30	65	20	7000	前古近纪
5	II	大 65 断层	T _r —T ₁	105	45	14	400	T ₆
6	II	大 1 断层	T _r —T ₁	95	50	20	1000	T ₆
7	II	大 90 断层	T _r —T ₁	15	50~55	12	700	T ₆
8	II	曹庄断层	T _r —T ₁	35	30	10	170	T _r
9	II	郭 4 断层	T _r —T ₁	45	35	26	500	
10	III	大 371 断层 (大 57)	T _r —T ₁	40	65	9		T ₆
11	III	大 95 断层	T _r —T ₁	80	70	9		T _r
12	III	车古 1 南断层	T _r —T ₁	45	40	7	1400	前古近纪
13	III	车 38 断层	T _r —T ₁	55	60	10	350	T ₆

其中一级断层为控制凹陷与凸起的分界断层,它们控制了凹陷的演化,也控制了中生界和古近系的沉积发育,具有断距大、切穿地层多、发育早、结束晚的特点。二级断层是凹陷内控制二级构造带(如洼陷)等的边界断层,既可以是基岩断裂,也可以是仅发育在古近系内部的盖层断裂,但都对古近系沉积厚度、相带分布及局部构造形成具有重要的控制作用。三级断层多为一、二级断层的派生断层,主要分布于构造带上,是形成局部构造的控制断层,以盖层断裂为主,对古近系沉积厚度有控制作用,是划分断块区的边界断层,包括各类平面和纵向的调节断层。

二、断层走向

凹陷内断层按走向可分为北西西向、北东向及近东西向三组,以北东向为主,其次为北西西向,再次为近东西向。北西西向断层发育最早,有前古近系活动的早期断层,如义古 11 断层、大古 61 西断层等,它们只切割中生界、古生界及前震旦系,终止于地震 Tr 反射界面,也有中生代发育、新生代长期继承性活动的断层,如埕南断层。北东向断层形成于沙四段早期,如大 80 断层、大 90 断层及义东断层等。近东西向断层发育最晚,如大 1 断层在沙四段沉积晚期才发育。

三、构造演化特征

(一)前古近系构造演化特征

车镇地区前古近系构造运动极其复杂,在漫长的地质历史演化过程中,经历了多次强烈的构造运动,既处于华北地台这一统一体中,又有其独特的发展演化过程,其形成和发展可分为四个阶段。

1. 太古代—元古代发展阶段

车镇地区所发现的最古老的地层为太古界泰山群,主要由花岗岩、花岗片麻岩及片麻岩等中、深变质岩系组成,其原岩属于泥砂质—基性火山岩建造,代表了地壳早期大面积快速下沉阶段的快速沉积,受阜平运动的影响,发生中—高级区域变质作用和区域混合岩化作用,形成了车镇地区的结晶基底。

进入元古代,车镇地区经泰山运动回返上升,以持续上隆、遭受剥蚀为主要特征,普遍缺失元古界。

2. 古生代发展阶段

蓟县运动之后,华北地台进入稳定发展时期,构造运动以区域升降为特征,沉积了巨厚的古生界。

早寒武世早期,车镇地区仍处于剥蚀阶段,缺失该期的沉积(府君山组);早寒武世晚期(馒头组沉积时期),渤海湾盆地整体沉降,成为广阔的浅海,海侵范围扩大,车镇地区沉入水下,形成较稳定的海相碳酸盐岩沉积;早奥陶世末期,受怀远运动影响,车镇地区整体抬升,遭受风化淋滤,形成怀远期风化壳;之后重新沉降,接受海相碳酸盐岩沉积。中奥陶世末,加里东运动使华北地台整体抬升成为陆地,再次长期遭受风化剥蚀,普遍缺失上奥陶统、志留系、泥盆系和下石炭统。从中石炭世本溪期开始,海西运动使地壳振荡频繁,海水时进时退,在加里东期准平原化的基础上,形成了分布较广的海陆交互相沉积或陆相碎屑含煤沉积,晚期以陆相红层为主。上述几次构造变动,皆以地壳振荡运动为主要形式,只见有大段地层的缺失,未见强烈的褶皱现象,局部有岩浆侵入活动。

受印支运动影响,二叠纪末全区整体抬升,导致二叠系上部遭受剥蚀、并缺失三叠系沉积。印支运动主要表现为 NE—SW 向挤压,在车镇地区形成一系列 NW 向的小型褶皱。

3. 中生代发展阶段

早、中侏罗世的燕山运动一幕使车镇地区发生负反转,接受坊子组河、湖相及局部沼泽相含煤沉积;晚侏罗世—白垩纪,受古太平洋板块俯冲的影响,发生强烈的断裂变动,形成裂谷盆地,这是车镇凹陷的雏形,以裂谷型充填沉积和强烈的火山活动为特征,沉积了广泛分布的上侏罗统一白垩系;燕山运动尾幕,车镇地区整体抬升,导致中生界遭受强烈剥蚀、大面积缺失,