

冀鲁帚状构造体系 及其对油气移聚的 控制作用

金振奎 孙殿卿
刘泽苍 薛谦 著

石油大学出版社

序

建国近 50 年以来,我国的石油地质勘探工作取得了举世瞩目的成就,这与广大地质工作者针对我国的地质实际提出的许多寻找油气的新理论、新方法是分不开的。由我国地质学家李四光首创的地质力学的理论和方法在油气勘探中也起了重要的作用。

地质力学找油找气的主导思想就是强调构造运动和构造在油气运移和聚集中起重要的作用。首先,构造应力是油气运移的重要驱动力,使油气由高应力势区向低应力势区运移。其次,构造运动形成的各种构造在空间中的分布是有规律的、是按一定型式排列组合在一起的,即形成构造体系,而构造体系对油气的分布有重要的控制作用。要了解油气的运移方向和分布规律,就有必要正确认识地壳构造和地壳运动规律,有必要研究构造体系。

通过研究构造体系的类型及特征,一方面可以了解区域构造应力分布特征,确定高应力势区和低应力势区,从而指出油气运移的方向;另一方面,可以了解各种构造的展布方向和排列方式,确定油气聚集的有利构造部位和空间分布规律。因此,可以说地质力学找油找气的观点就是构造体系的观点。

本书是在笔者的博士后出站报告“冀鲁帚状构造体系及其对油气移聚的控制作用”的基础上经进一步加工提炼写成的。本书运用地质力学的理论和研究方法,根据丰富的野外及地下地质和地球物理资料,系统研究了冀鲁帚状构造体系的特征、形成机制和演化及其对油气分布的控制作用,是从构造体系的观点研究油气分布规律的一个实例。

“冀鲁帚状构造体系及其对油气移聚的控制作用”这个项目是由国家博士后科研基金资助完成的。本项研究起自 1992 年 9 月,止于 1994 年 8 月。在研究期间,得到了中国地质科学院地质力学研究所的吴淦国所长、崔盛芹研究员、王小凤研究员、白嘉启研究员以及中国地质科学院领导的关心和支持;还得到了胜利油田的唐其升工程师、大港油田的石占中工程师和陈毅华工程师的大力支持。在此,向上述老师和同志致以衷心的感谢!

金振奎

1996 年 6 月于北京

Preface

Since foundation of the People's Republic of China, great achievements have been accomplished in geological exploration of oil and gas. This is due to many new theories and methods of looking for oil and gas proposed by Chinese geologists in accordance with concrete geological practice of China. The theory and method of geomechanics established by Chinese geologist Li Siguang have also played important role in exploration of oil and gas.

In looking for oil and gas, geomechanics stresses the role of tectonic movements and structures in migration and accumulation of oil and gas. Firstly, structural stress is an important driving force of migration of oil and gas, which makes oil and gas move from areas of high stress potential to those of low stress potential. Secondly, the various structures formed during tectonic movements are regular in distribution and occur in certain patterns, i. e. forming structural systems, which have important control on distribution of oil and gas. Therefore, to understand the migration direction and distribution regularities of oil and gas, it is necessary to study tectonic movements and structures, and to study structural systems.

Through studying the types and characteristics of structural systems, on one hand, characteristics of regional stress field can be known, and areas of high and low stress potential and thus the migration direction of oil and gas can be determined; on the other hand, the distribution pattern of various structures can be known, and thus favourable structural part of accumulation of oil and gas and distribution of oil and gas can be determined. Therefore, the viewpoint of looking for oil and gas of geomechanics is the viewpoint of structural systems.

This book is based on my postdoctor research report "Hebei—Shandong Broom Structural System and Its Control on Migration and Accumulation of Oil and Gas". In this book, applying the theory and method of geomechanics and according to abundant field and underground geological and geophysical data, the characteristics, origin and evolution of the Hebei—Shandong Broom Structural System and its control on distribution of oil and gas were systematically studied. This is also a case study of oil and gas distribution from the viewpoint of structural systems.

The project "Hebei—Shandong Broom Structural System and Its Control on Migration and Accumulation of Oil and Gas" was financed by the Postdoctor Scientific Research Fund of China. The study started from September of 1992 and finished in August of 1994. During the study, many leaders, colleagues and friends gave me support. They are: Professors Wu Ganguo, Cui Shengqin, Wang Xiaofeng and Bei Jiaqi of the Geomechanics Institute of the Geological Academy of China; Engineers Tang Qisheng of the Shengli Oil Field; and Engineers Shi Zhanzhong and Chen Yihua of the Dagang Oil Field. Here I am grateful to all of them.

Jin Zhenkui
Beijing, June 1996

目 录

第一章 绪 言	(1)
第二章 地层概述	(4)
一、太古界(Ar)	(4)
二、元古界(Pt)	(4)
三、古生界(Pz)	(4)
1. 寒武系(Є)	(4)
2. 奥陶系(O)	(7)
3. 石炭系(C)	(7)
4. 二叠系(P)	(7)
四、中生界(Mz)	(7)
1. 三叠系(T)	(8)
2. 侏罗系(J)	(8)
3. 白垩系(K)	(8)
五、新生界(Cz)	(8)
1. 下第三系(E)	(8)
2. 上第三系(N)	(10)
3. 第四系(Q)	(10)
第三章 帚状构造体系的特征	(12)
一、鲁西砥柱的特征	(12)
1. 基底的构造特征	(12)
2. 盖层的构造特征	(15)
二、帚状构造的特征	(21)
1. 沧县隆起的构造特征	(21)
2. 埕宁隆起的构造特征	(23)
3. 黄骅坳陷的构造特征	(27)
4. 济阳坳陷的构造特征	(35)
5. 广饶隆起和昌乐坳陷的构造特征	(42)
三、帚状构造体系的形成与演化	(44)
1. 前中生代阶段	(44)
2. 中生代阶段	(45)
3. 早第三纪阶段	(46)
4. 晚第三纪—第四纪阶段	(46)
第四章 构造体系对油气移聚的控制作用分析	(47)
一、油气的分布特征	(47)
1. 油气的纵向分布特征	(47)

2. 油气的平面分布特征	(47)
二、从构造体系的观点看油气移聚	(49)
1. 构造体系对油气运移的控制作用	(50)
2. 构造体系对油气分布的控制作用	(51)
结论	(54)
参考文献	(56)
图版说明	(57)
图版	(133)

Table of Contents

Chapter One Introduction	(59)
Chapter Two Stratigraphy	(62)
I. Archaeozoic(Ar)	(62)
II. Proterozoic(Pt)	(62)
III. Paleozoic(Pz)	(65)
1. Cambrian(Є)	(65)
2. Ordovician(O)	(66)
3. Carboniferous(C)	(66)
4. Permian(P)	(66)
IV. Mesozoic(Mz)	(66)
1. Triassic(T)	(66)
2. Jurassic(J)	(66)
3. Cretaceous(K)	(67)
V. Cenozoic(Cz)	(67)
1. Lower Tertiary(E)	(67)
2. Upper Tertiary(N)	(70)
3. Quaternary(Q)	(70)
Chapter Three Characteristics of Broom Structural System	(72)
I. Characteristics of West Shandong Baffle	(72)
1. Characteristics of basement	(73)
2. Structural characteristics of sedimentary cover	(74)
II. Characteristics of broom structure	(83)
1. Structural characteristics of Cangxian Uplift	(84)
2. Structural characteristics of Chengning Uplift	(86)
3. Structural characteristics of Huanghua Depression	(90)
4. Structural characteristics of Jiyang Depression	(101)
5. Structural characteristics of Guangrao Uplift and Changle Depression	(110)
III. Formation and evolution of broom structural system	(112)
1. Pre-Mesozoic stage	(112)
2. Mesozoic stage	(113)
3. Early Tertiary stage	(114)
4. Late Tertiary—Quaternary stage	(115)
Chapter Four Control of Structural System	
on Migration and Accumulation of Oil and Gas	(117)
I. Distribution characteristics of oil and gas	(117)

1. Vertical distribution characteristics of oil and gas	(117)
2. Plane distribution characteristics of oil and gas	(118)
I . Migration and accumulation of oil and gas	
from the viewpoint of structural system	(120)
1. Control of structural system on migration of oil and gas	(121)
2. Control of structural system on distribution of oil and gas	(123)
Conclusions	(126)
References	(128)
Plate Explanations	(130)
Plates	(133)

第一章 绪 言

本次研究的地区,即冀鲁地区,主要涉及河北省、山东省和天津市的部分地区以及渤海西部(图 1-1)。从构造角度讲,本区大致位于郯庐断裂带以西、太行山隆起带以东、燕山纬向隆起带以南、秦岭隐伏隆起带以北。本区北部为平原和海域,南部为山地(图 1-1)。

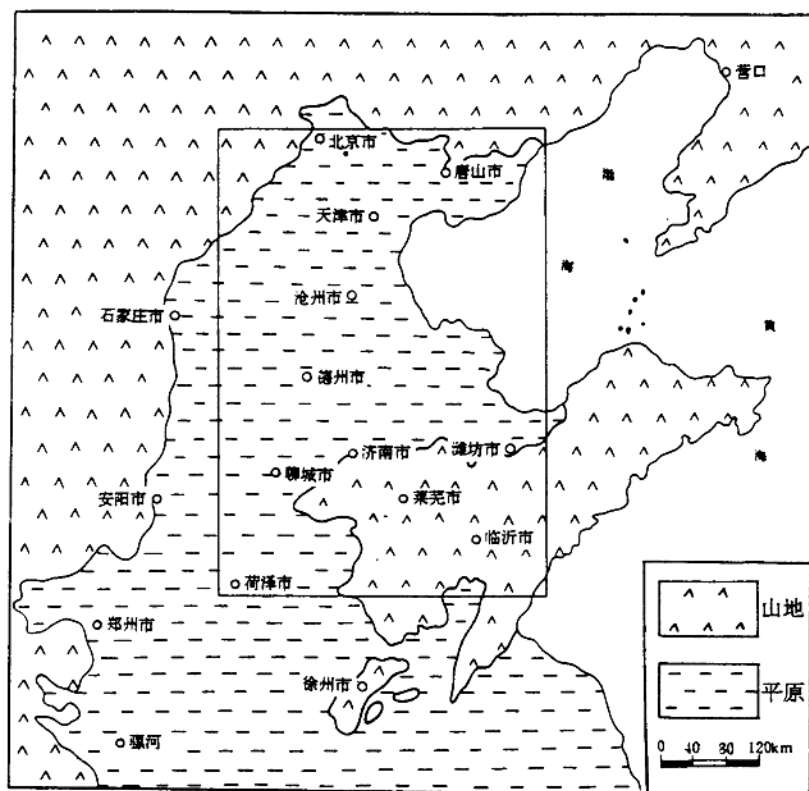


图 1-1 研究地区位置图

(图中的方框为研究区)

本区近 40 年的石油普查勘探表明,在平原和海域之下隐伏着几个大型的隆起和拗陷,如埕宁隆起、沧县隆起、内黄隆起、济阳拗陷、黄骅拗陷、冀中拗陷等(图 1-2)。拗陷内沉积了巨厚的中生界,为中生代沉积盆地。在盆地内,油气富集,形成了胜利、大港、任丘、濮阳等油田,特别是胜利油田,年产原油 2500 万吨,为我国第二大油田。因此,广大地质工作者对这些中生代沉积盆地的形成机制、演化历史、沉积和构造特征等进行了广泛的研究,取得了许多重要成果和认识。

关于本区的中生代沉积盆地,许多研究者认为是由于在区域拉张应力状态下产生的一些张性大断层的活动而形成的,是张性断陷盆地。关于断层张性活动的动力来源则有多种观

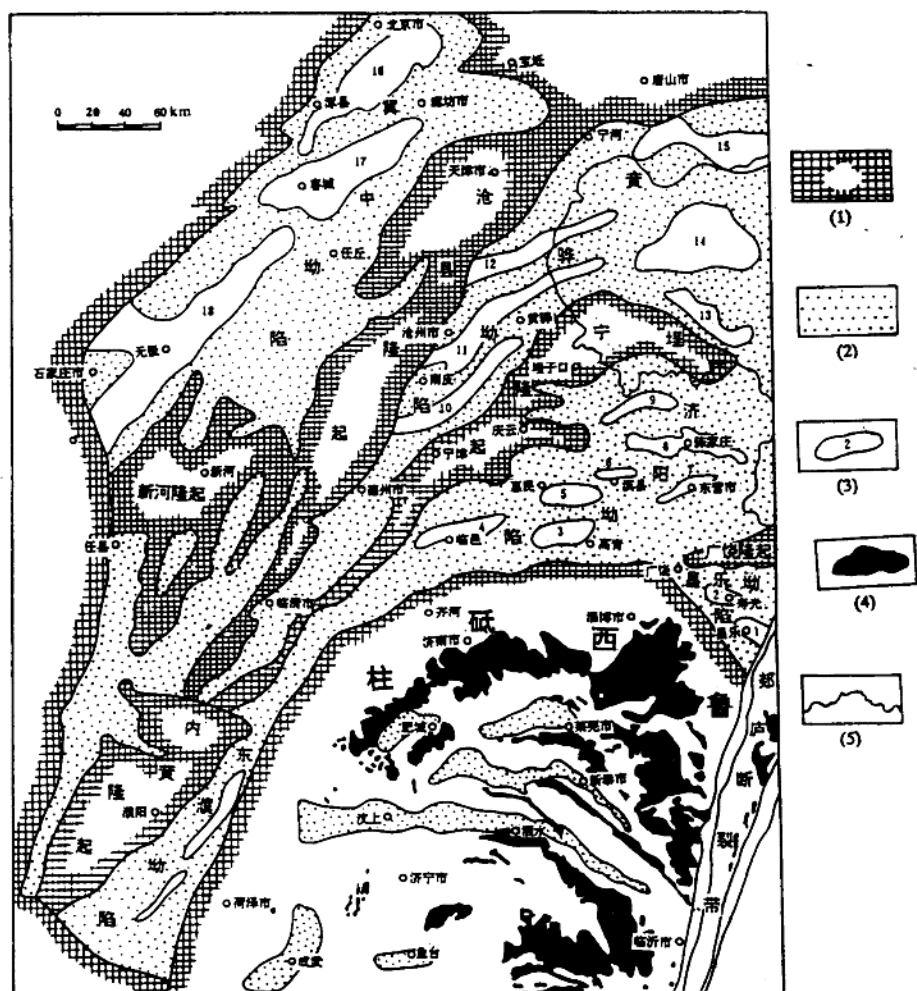


图 1-2 冀鲁帚状构造体系展布略图

图中: 1. 朱留店凸起; 2. 寿光凸起; 3. 高青凸起; 4. 临邑中央断裂带; 5. 林樊家凸起; 6. 滨县凸起; 7. 东营中央隆起带; 8. 陈家庄凸起; 9. 义和庄凸起; 10. 徐杨桥—黑龙村凸起带; 11. 孔店—南大港凸起带; 12. 沈青庄—北大港凸起带; 13. 海 7 井凸起; 14. 海中凸起; 15. 柏各庄—马头营凸起带; 16. 大兴凸起; 17. 容城凸起; 18. 无极凸起;

图例说明: (1) 隆起; (2) 坳(凹)陷; (3) 坳陷中的次级正向构造及其编号; (4) 下古生界露头; (5) 海岸线

点,如地幔上隆导致的地壳减薄拉张、太平洋板块向欧亚板块俯冲导致的弧后拉张、中国东部大陆岩石圈向太平洋蠕散导致的拉张等。但是,单纯用拉张的观点却难以解释本区一些沉积盆地和其内次级构造的排列组合型式。从图 1-2 中可以看出,本区相间排列的沧县隆起、黄骅坳陷、埕宁隆起、济阳坳陷、广饶隆起和昌乐坳陷的平面组合型式总体上呈帚状,向南西收敛、向北东撒开,为一巨型的帚状构造,而且在这个帚状构造中油气在其撒开端富集,而在其收敛端贫乏(图 1-3)。上述拉张的观点难以解释这几个隆起和坳陷为什么呈帚状排列,也难以解释油气为什么在帚状构造撒开端富集。

一些地质工作者曾从地质力学的角度对这个帚状构造进行了研究,提出这个帚状构造是

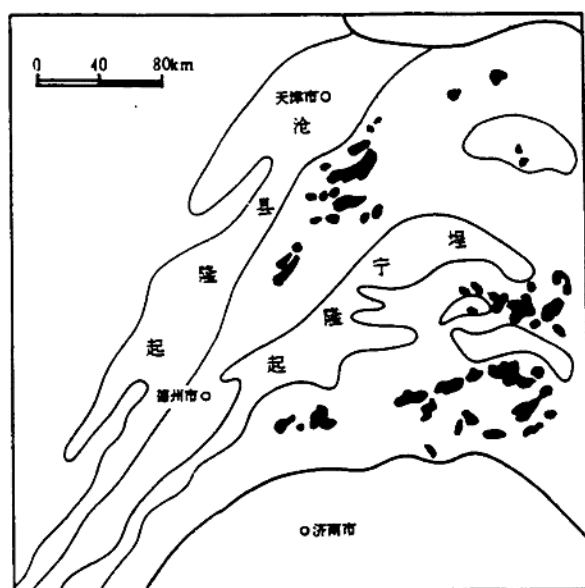


图 1-3 研究地区油田分布图

由于郯庐断裂左行平移带动鲁西砥柱旋扭而形成的,与鲁西砥柱共同组成了一个帚状构造体系——冀鲁帚状构造体系,并认为油气在帚状构造撒开端富集是由于帚状构造的收敛端比撒开端应力集中、使油气向撒开端移聚的缘故^[1-4]。这种观点具有重要的理论和实际意义。李四光等老一辈地质学家很早就指出油气的运移和聚集主要受构造应力的控制^[5-9]。油气最初在生油岩中形成时是呈分散状态的,是构造应力的作用将油气排挤出来、汇集到一起,并使其由挤压应力较高的地区向较低的地区运移、聚集。因此,如果冀鲁帚状构造体系的确存在,它对油气分布的确有控制作用,那么这无疑对其它地区的油气或其它液成矿床的勘探有重要的借鉴意义,也为地质力学在油气勘探中的应用提供了一个很好的实例。但目前关于冀鲁帚状构造体系仍有一些重要问题尚未有圆满的答案,例如,(1)由于郯庐断裂左行平移带动鲁西砥柱逆时针旋扭而形成的这个帚状构造应是压扭性的,但其现今的表现形式却是张性的,即隆起和坳陷总体上表现为掀斜断块,是由边界大断层张性活动形成的,这似乎与提出的形成机制有矛盾;(2)冀鲁帚状构造体系中各级构造是否同一时期形成的?(3)油气在帚状构造撒开端富集、在收敛端贫乏是否由于撒开端比收敛端的生储盖条件优越而非构造应力驱动的结果?还有其它一些问题等等。

鉴于上述存在的一些问题,笔者认为有必要对“冀鲁帚状构造体系”的特征、形成演化和对油气移聚的控制作用进行深入、系统地研究,为该构造体系的存在与否、形成演化和对油气移聚的控制作用提供充分、确凿的证据。

第二章 地层概述

本区发育的地层自老而新依次为太古界、元古界、寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、下第三系、上第三系和第四系(表 2-1)。

一、太古界(Ar)

太古界分布于全区,主要为一套片麻岩、片岩和混合花岗岩。在鲁西地区,太古界出露广泛,研究程度较高,并自下而上分万山庄组、太平顶组、雁翎关组和山草峪组,合称泰山群(表 2-1),总厚在 12000m 以上。各组之间均为整合接触。泰山群的时代与五台、太行山区的阜平群以及辽东地区的鞍山群下部大致相当^[10]。

在华北平原地区,太古界被覆盖,研究程度较低,未进一步划分。

二、元古界(Pt)

元古界在本区分布局限。在鲁西地区,仅见于郯庐断裂带附近,为上元古界土门群,厚一般为几百米,主要为一套浅海相砂岩、页岩和石灰岩,与下覆太古界为角度不整合接触。

在天津—沧州—德州一线以西,发育中、上元古界,总厚度近万米,自下而上分为长城系、蓟县系和青白口系^[13]。长城系自下而上分为常州沟组、串岭沟组、团山子组、大红峪组和高庄组,总厚数千米,其下部的两个组以滨浅海碎屑岩为主,上部三个组以碳酸盐台地环境沉积的白云岩和石灰岩为主。蓟县系自下而上分为杨庄组、雾迷山组、洪水庄组和铁岭组,厚数千米,主要为碳酸盐台地环境沉积的白云岩和石灰岩。青白口系自下而上分为下马岭组、龙山组和景儿峪组,厚达数千米,其下部两个组主要为滨浅海碎屑岩,上部的景儿峪组则主要为滨浅海页岩和石灰岩。上述中、上元古界各组间为整合或平行不整合接触,与上覆下寒武统之间为平行不整合接触(表 2-1)。

三、古生界(Pz)

在本区,古生界只有寒武系、奥陶系、石炭系和二叠系,普遍缺失志留系和泥盆系(表 2-1)。

1. 寒武系(⌒)

本区寒武系厚 600~1000m,自下而上分三统。下统包括五山组、馒头组和毛庄组,主要为一套紫红色页岩夹灰绿色页岩、石灰岩和白云岩,为滨浅海沉积。中统包括徐庄组和张夏组,其中徐庄组主要为一套紫红色含云母页岩和砂岩,为滨浅海沉积;张夏组主要为一套鲕粒石灰岩和中薄层灰泥石灰岩,为清水碳酸盐台地沉积。上统包括崮山组、长山组和凤山组,主要为一套中薄层灰泥石灰岩夹竹叶石灰岩,为清水碳酸盐台地沉积。上述寒武系各组之间以及寒武系与上覆下奥陶统之间均为整合接触。

表 2-1 冀鲁地区地层划分与对比简表

地层系统				华北地层区		
界	系	统	代号	鲁西地层分区	鲁东地层分区	华北平原地层分区
新 生 界	第四系	全新统	Q ₂	平原组	平原组	平原组
		更新统	Q ₁			
	上第三系	上新统	N ₂	尧山组	唐山礫砾岩组	明化镇组
		中新统	N ₁	山旺组		馆陶组
				牛山组		
	下第三系	渐新统	E ₃		黄县组	东营组
						沙河街组
		始新统	E ₁	官庄组		孔店组
		古新统	E ₁	大汶口组		
中 生 界	白垩系	上统	K ₁	王氏组	王氏组	王氏组
		下统	K ₁	青山组	青山组	青山组
	侏罗系	上统	J ₁	分水岭组	莱阳组	分水岭组
				三台组		三台组
		中统	J ₂			
		下统	J ₁	汶南组		汶南组
	三叠系	上统	T ₃			
		中统	T ₂			聊城组
		下统	T ₁			
古 生 界	二叠系	上统	P ₂	凤凰山组		凤凰山组
				上石盒子组		上石盒子组
		下统	P ₁	下石盒子组		下石盒子组
				山西组		山西组
	石炭系	上统	C ₃	太原组		太原组
		中统	C ₂	本溪组		本溪组
		下统	C ₁			
	泥盆系	上统	D ₃			
		中统	D ₂			
		下统	D ₁			

续表 2-1

地层系统				华北地层区		
界	系	统	代号	鲁西地层分区	鲁东地层分区	华北平原地层分区
古生界	志留系	上统	S ₃			
		中统	S ₂			
		下统	S ₁			
	奥陶系	上统	O ₃			
		中统	O ₂	马家沟六组		马家沟六组
				马家沟五组		马家沟五组
				马家沟四组		马家沟四组
				马家沟三组		马家沟三组
				马家沟二组		马家沟二组
				马家沟一组		马家沟一组
		下统	O ₁	亮甲山组		亮甲山组
				冶里组		冶里组
				凤山组		凤山组
		寒武系	上统	Є ₃	长山组	
	闾山组					闾山组
	张夏组					张夏组
	中统		Є ₂	徐庄组		徐庄组
				毛庄组		毛庄组
	下统		Є ₁	馒头组		馒头组
				五山组		
上元古界	震旦系			蓬莱群		
	青白口系		土门群		景儿峪组	
					龙山组	
中元古界	蓟县系				下马岭组	
					铁岭组	
					洪水庄组	
					雾迷山组	
					杨庄组	

续表 2-1

地层系统				华北地层区		
界	系	统	代号	鲁西地层分区	鲁东地层分区	华北平原地层分区
中元古界	长城系					高子庄组
						大红峪组
						团山子组
						串岭沟组
						常州沟组
下元古界					粉子山群	
太古界					胶东群	
				泰山群		泰山群

2. 奥陶系(O)

在本区,奥陶系只有下、中统,缺失上统,总厚约 500~1000m。下统包括冶里组和亮甲山组,主要为一套白云岩和石灰岩,为清水碳酸盐台地沉积。中统包括马家沟一、二、三、四、五和六组,其中马家沟一、三、五组以薄层泥粉晶白云岩为主,二、四、六组则以厚层石灰岩为主,均为清水碳酸盐台地沉积^[11-12]。奥陶系除下统的亮甲山组与中统马家沟一组为平行不整合外,其余各组之间均为整合接触。奥陶系与上覆中石炭统为平行不整合接触。

3. 石炭系(C)

本区石炭系只有中、上统,缺失下统。中统为本溪组,上统为太原组,均主要为砂岩和页岩夹煤和石灰岩,属滨浅海沉积。本溪组厚一般为几十米,太原组厚几十米至近二百米。本溪组和太原组之间以及石炭系与上覆二叠系之间均为整合接触。

4. 二叠系(P)

本区的二叠系分上、下两统。下统包括山西组和下石盒子组,上统包括上石盒子组和石千峰组。山西组厚一般在 100m 左右,为灰色—深灰色粘土岩、砂岩及粉砂岩,夹可采煤层。下石盒子组主要为砂岩和页岩,厚度一般为 100 多米到 400 多米。石千峰组主要为一套砂岩夹砾岩和泥岩,厚一般为 100 多米到 400 多米。整个二叠系为陆相沉积。二叠系各组之间为整合接触。

四、中生界(Mz)

在本区,中生界有三叠系、侏罗系和白垩系。三叠系在大部分地区缺失,侏罗系和白垩系

分布较广。

1. 三叠系(T)

三叠系在本区分布局限,主要见于聊城一带,为一套陆相砂岩、粉砂岩和棕红、紫红色泥岩,厚达 1000 多米,称聊城组,时代为中三叠统,与其上覆和下伏地层呈角度不整合接触。

2. 侏罗系(J)

侏罗系广泛分布于本区各断陷盆地中。在鲁西地区,侏罗系自下而上分为汶南组、三台组 and 分水岭组。汶南组主要为一套砾岩(图版 I-1)和砂岩夹粉砂岩和泥岩,一般厚 100~200m。三台组主要为一套砂岩,厚可达 1000 多米。分水岭组主要为一套砂岩和页岩,厚几百米。上述各组均为陆相沉积。汶南组与下伏地层和上覆三台组之间为平行或角度不整合接触。三台组与分水岭组之间为整合或平行不整合接触。分水岭组与上覆下白垩统为整合或平行不整合接触(在鲁东地区还呈角度不整合接触)。

在本区平原地区,坊子组一般厚 100m 至 400m,岩性主要为砂岩和灰色、灰绿色泥岩。三台组一般厚几十米至 200 多米,岩性主要为砂岩和紫红色泥岩。分水岭组厚度可达 300 多米,主要为砂岩与灰色、灰绿色泥岩互层。这三个组均为陆相沉积。坊子组与下伏地层呈角度不整合接触,与上覆三台组呈假整合接触;三台组与上覆分水岭组呈平行不整合接触;分水岭组与上覆下白垩统为整合或平行不整合接触。

3. 白垩系(K)

本区的白垩系分下统青山组和上统王氏组。青山组广泛分布于本区各断陷盆地中,而王氏组不仅在鲁西普遍缺失,在平原地区分布也较局限。青山组一般厚几百米,主要为一套中基性火山岩、火山碎屑岩、砾岩(图版 I-2)、砂岩及泥岩等。王氏组厚几百米,主要为砂岩、页岩并夹一些砾岩。两组均为陆相沉积。青山组与下伏地层呈整合或平行不整合接触(在鲁东地区呈角度不整合接触),与上覆王氏组呈角度不整合接触。王氏组与上覆地层呈角度不整合接触。

五、新生界(Cz)

在本区,新生界有下第三系、上第三系和第四系,其中上、下第三系是本区的主要含油层系,是各油田研究的重点,特别是下第三系。

1. 下第三系(E)

下第三系主要分布于平原和海域覆盖区之下的断陷盆地(如济阳拗陷、黄骅拗陷、冀中拗陷和昌乐拗陷等)之中,在鲁西山区的一些小型断陷盆地(莱芜凹陷、汶蒙凹陷、泗平凹陷等)中也有分布。下第三系是本区的主力生、储油层系。

覆盖区的下第三系自下而上分为孔店组、沙河街组和东营组^[14,15]。整个下第三系主要为一套河湖相砂岩、粉砂岩和泥页岩夹一些砾岩和碳酸盐岩。

在鲁西砥柱上的小型凹陷中,下第三系称官庄组或大汶口组,为陆相砾岩、砂岩和泥岩等。

(1) 孔店组(Ek)

孔店组是大港油田于 1964 年据在河北沧县打的孔 1 井所钻到的一套“红、黑、红”三分的砂岩、泥岩地层而命名的,并按其三分性自下而上分为孔三、孔二和孔一段。孔三段主要为一套砾质、砂质泥岩,夹一些砂岩和玄武岩。孔二段主要为一套灰黑色泥页岩,夹一些砂岩和玄武岩。孔一段主要为红色泥岩与灰白、灰绿色砂岩和砂砾岩互层,上部膏岩和泥膏岩发育。

孔店组在平原地区各拗陷中均有分布,但在黄骅拗陷西南部(南皮凹陷)、济阳拗陷西部

(惠民凹陷)和东部(东营凹陷)发育较好,厚度大。在黄骅凹陷西南部,孔店组厚达 2500 多米。在济阳凹陷西部,钻遇孔店组的厚度达 2000 多米,从地震剖面上看沉降中心处可达 4000 多米。在济阳凹陷东部,钻遇的孔店组达 1600 多米,从地震剖面上看,沉降中心处可达 3000 多米。孔店组与下伏地层呈角度不整合接触,与上覆沙河街组呈角度或平行不整合接触。

在此需要指出的是,本文所说的孔一段包括了胜利油田划分的沙河街组底部的沙四段。本文按大港油田的划分方案将沙四段归入孔店组是因为沙四段与沙三段之间存在一重要的不整合。将这一不整合作为组与组之间的界线比作为一个组中段与段之间的界线更合适些。另外,沙三段与沙四段介形虫化石组合不同,前者为华北介组合,后者为长金星介和南星介组合,两个组合不共生。

(2) 沙河街组(Es)

沙河街组是 1961 年根据在山东惠民县的沙河街打的华 7 井钻遇的地层建立的。1962 年,华北石油勘探处根据东营、惠民等地的营 1 井、营 2 井和惠深 2 井等探井资料,将沙河街组自上而下进一步划分为沙一、沙二和沙三段。本区沙河街组广泛分布于各凹陷中,一般厚 1000~2000m,主要为一套河湖相碎屑岩。

沙三段(Es₃)厚 200~1500m,自下而上分下亚段、中亚段和上亚段。下亚段厚 50~420m,主要为深灰色、棕褐色泥岩和油页岩。中亚段厚 100~550m,主要为深灰色泥岩夹浅灰色含砾砂岩。上亚段厚 50~550m,为灰色含砾砂岩和砂岩夹泥岩。整个沙三段为一个下细上粗的沉积序列。

沙二段(Es₂)厚 100~500m,自下而上分下亚段和上亚段。下亚段厚 50~200m,主要为灰绿色、深灰色泥岩夹炭质泥岩、油页岩和白云岩。上亚段厚 50~300m,主要为灰绿色、紫红色、杂色泥岩、粉砂岩和含砾砂岩。沙二段也显示了下细上粗的沉积序列。

沙一段(Es₁)厚 150~350m,自下而上可分为下亚段和上亚段。下亚段厚 100~250m,主要为深灰色、灰绿色泥岩夹生物颗粒石灰岩和白云岩。上亚段厚 50~100m,为灰绿色、灰褐色泥岩,底部夹粉砂岩和细砂岩。沙一段总体上以沉积物细、颜色暗为特征。

沙河街组与下伏孔店组为平行或角度不整合,与上覆东营组为整合。沙河街组内部沙三段与沙二段之间为平行不整合或整合接触。

(3) 东营组(Ed)

东营组是根据 1961 年在山东东营打的华 8 井钻遇的地层建立的。东营组厚 450~1200m,自下而上分东三、东二、东一段。

东三段厚 200~700m,主要为一套深灰色泥岩夹砂岩和粉砂岩。东二段厚 200~300m,主要为深灰色、灰绿色砂质泥岩和泥岩夹砂岩和粉砂岩,下部还夹多层白云质石灰岩。东一段厚 50~200m,下部为灰白色含砾砂岩夹紫红色和灰绿色泥岩,上部为暗紫色、灰绿色泥岩夹砂岩和粉砂岩。东营组总体上为向上变粗、颜色变浅的沉积序列。

东营组与上覆第三系馆陶组之间为角度不整合接触。

(4) 官庄组(Eg)和大汶口组(Ew)

在鲁西莱芜、汶蒙、泗平等小型凹陷中的下第三系为官庄组或大汶口组。

官庄组厚近 2000m,自下而上可分为官一、官二和官三段。官一段在汶蒙凹陷东部厚达 450 多米,主要为灰黄色和紫红色泥岩、粉砂岩、砂岩和砾岩,砾岩的成分主要为石灰岩、石英岩等。在泗平凹陷东部的卞桥一带,本段主要为褐红、黑灰色泥灰岩、泥岩、砂岩和砾岩,厚度大于 70m。在莱芜凹陷口镇一带,本段为黄色、粉红色粉砂岩、细砂岩和砾岩等,厚约 200m。官二

段在汶蒙凹陷东部厚达 370m,主要为紫红色和灰绿色泥岩、泥质粉砂岩及少量砾岩和砂岩。在泗平凹陷的卞桥一带,本段主要为紫红色泥岩和黄灰色石灰岩,含藻类和介形虫等,厚度达 770m。在莱芜凹陷,本段主要为黄色和紫色页岩、细砂岩夹石灰岩,厚度达 730m。官三段在汶蒙凹陷东部主要是一套巨厚的灰红色砾岩,砾石成分单一,主要为下古生界的石灰岩(图版 1-3,4),厚度在 1000m 以上。在泗平凹陷卞桥一带,为灰色、紫红色砾岩夹砂砾岩,厚度大于 630m。在莱芜凹陷,本段以砾岩为主夹砂岩,厚约 50m。

官庄组与平原地区的孔店组相当^[15]。

大汶口组在汶蒙凹陷西部(大汶口地区)发育,厚度达 2933m。本组自下而上可分汶一、汶二、汶三段。汶一段主要为砾岩、砂砾岩及泥岩,一般在 500 m 以上。汶二段厚达 1355m,主要为石膏岩、盐岩、泥灰岩、泥岩和细砂岩。汶三段厚达 1078m,主要为泥灰岩和细砂岩夹少量砾岩。

大汶口组汶一和汶二段与孔店组相当,汶三段与沙河街组沙三段相当^[15]。

2. 上第三系(N)

上第三系在本区的平原和海域地区广泛分布,不仅坳陷中有,隆起上也有。上第三系自下而上分馆陶组和明化镇组,总厚 600~3000m,以渤海中部最厚,主要为河湖相碎屑岩沉积。

(1)馆陶组(Ng)

馆陶组是根据 1956 年在河北省馆陶县打的华 3 井所钻遇的地层建立的。馆陶组厚 150~1600m,分下、上两段。馆下段厚 50~700m,为一套浅灰、灰白色含砾砂岩夹泥岩。馆上段厚 100~885m,下部为褐灰色、灰绿色粉砂岩和泥岩,厚 50~700m;中部为暗紫色、灰绿色泥岩和浅灰色砂岩与粉砂岩互层,厚 20~85m;上部为紫红、灰绿泥岩夹粉砂岩,厚 30~100m。馆陶组与下伏下第三系呈角度不整合接触,与上覆明化镇组呈整合接触。

(2)明化镇组(Nm)

明化镇组是 1956 年据在河北省南宫县明化镇打的华 1 井钻遇的地层建立的,明化镇组厚 450~1200m,自上而下分为明一、明二、明三段。明三段为黄棕色、灰绿色泥岩和泥质粉砂岩互层,夹一些砂岩;明二段为浅棕色泥岩夹砂岩和粉砂岩;明三段为棕黄色泥岩与粉砂岩互层夹砂岩。该组与上覆第四系平原组之间为角度不整合接触。

3. 第四系(Q)

本区第四系未细分,统称平原组,厚 200~400m,主要为灰、灰黄色砂层与棕黄色粘土互层。

综上所述,本区二叠纪以前的地层为海相沉积,二叠纪及其以后的地层基本上为陆相沉积。古生界在本区曾是普遍沉积连片分布的,现在的缺失区乃后期剥蚀所致。在中生代和新世代早第三纪,断陷活动强烈,形成了许多分割性强的盆地。地层分布主要限于盆地之中,而隆起上则基本上未接受沉积。从晚第三纪到第四纪,断陷活动微弱,上第三系和第四系在平原和海域中普遍分布,仅在鲁西山区缺失。

从地层接触关系看,本区自太古代以来发生了多次地壳运动。在太古代,发生了一次重要的褶皱运动——阜平运动(同位素年龄为 24.5 亿年),使泰山群普遍褶皱,造成了与上覆地层之间的角度不整合。在元古代,本区的构造运动主要为整体升降运动,形成了多个平行不整合面(表 2-1)。在整个古生代,构造运动少,岩浆活动微弱,是相对平静的时期。在古生代将近 4 亿年的漫长地质时期中,有地质记录的构造运动仅两次,而且均为整体升降运动,形成了中、下奥陶统之间以及奥陶系与石炭系之间的区域平行不整合。