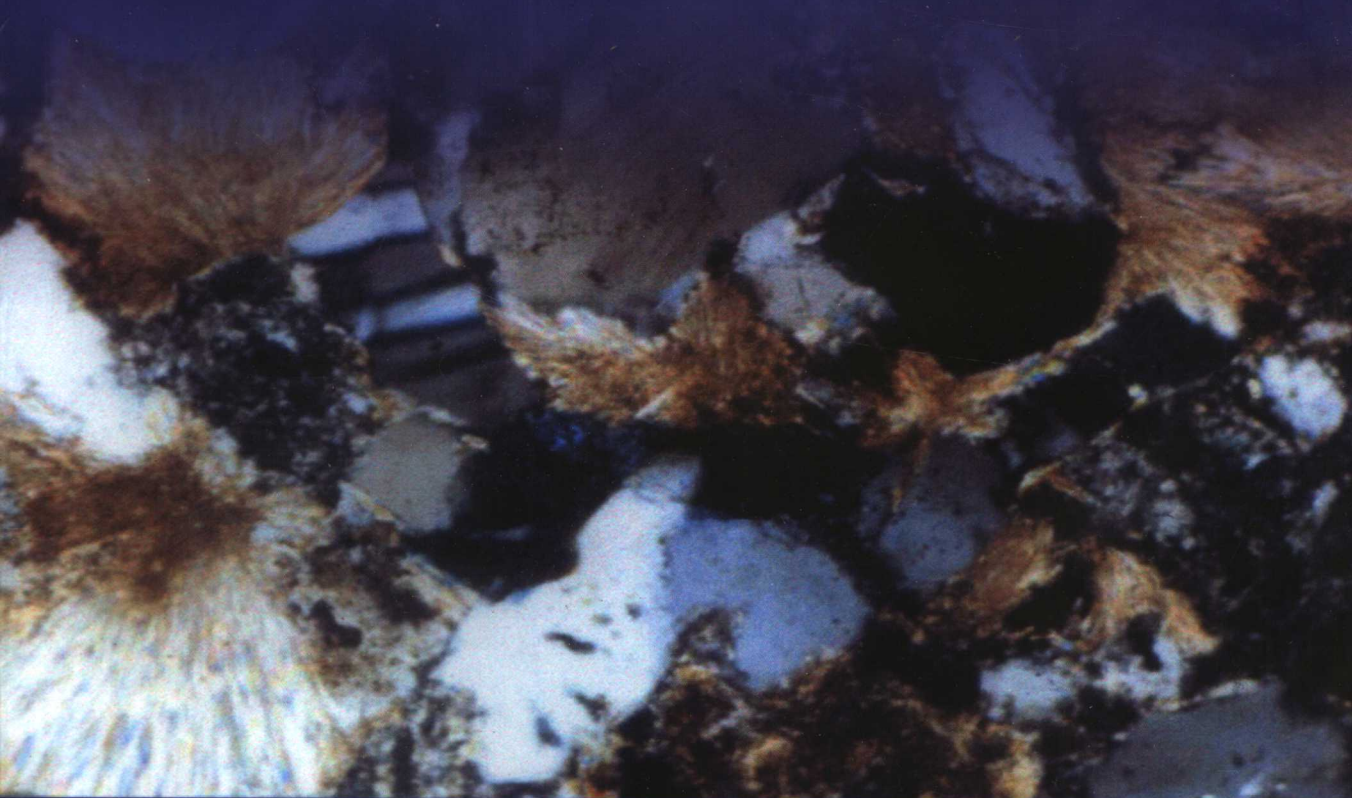


# 济阳坳陷非碳酸盐岩潜山油气藏

刘传虎 任建业 著



石油工业出版社

# 济阳坳陷非碳酸盐岩潜山油气藏

刘传虎 任建业 著

石油工业出版社

## 内 容 提 要

济阳坳陷是一个典型的多期叠合盆地,经历了长期的、多旋回的盆地演化历史。各构造旋回之间普遍存在的沉积间断和风化剥蚀界面为潜山的大规模发育创造了条件。该区古潜山主要由下古生界碳酸盐岩潜山以及太古界、上古生界和中生界变质岩、碎屑岩(非碳酸盐岩)潜山两大类组成。其中碳酸盐岩潜山在数量上占据绝对优势,是该地区重要的油气储集单元之一,前人对此已经有比较深入的研究,而非碳酸盐岩潜山勘探程度较低。本书较为系统地论述了济阳坳陷古近系潜山的成山动力学背景;阐述了中生界、上古生界和太古界非碳酸盐岩潜山的地层、岩相古地理,构造变形特征及潜山分类,沉积体系类型及烃源岩生烃条件,油气成藏条件和分布规律;深入研究了非碳酸盐岩潜山储盖特征及古潜山油气藏与复式油气聚集带的关系等;探索了适合非碳酸盐岩潜山油气藏的勘探技术。

本书适合从事油田勘探、开发的工程技术人员和相关专业的高校师生、研究人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

济阳坳陷非碳酸盐岩潜山油气藏/刘传虎等著.

北京:石油工业出版社,2006.12

ISBN 7-5021-5824-3

I. 济…

II. ①刘… ②任…

III. 坳陷-碎屑岩-油气藏-研究-济阳

IV. P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 137340 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.cn

发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:北京晨旭印刷厂

---

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:21.25

字数:538 千字 印数:1—1000 册

---

定价:95.00 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

# 序 一

世界上最早发现潜山油气藏是在1909年,当时美国在勘探新生界含油层系时,在俄亥俄州中部辛辛那提隆起偶然发现了摩罗县潜山油气藏。含油层为上寒武统铜岭白云岩,裂缝溶洞发育,连通性好,油井初期日产油20t左右。据统计,全世界236个大型油田中,砂岩油藏占59%,碳酸盐岩油藏占40%。碳酸盐岩油藏以石灰岩和白云岩油藏为主,是世界原油最大的来源之一。目前世界上已有40多个国家和地区在近60个沉积盆地中找到了碳酸盐岩油气田,其原油产量约占世界原油总产量的65%,主要来自中东、墨西哥和加拿大等地的碳酸盐岩油藏。

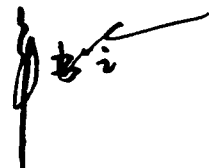
中国石油工业的发展,是独辟蹊径的。以中、新生代陆相沉积生油理论为指导,经过艰苦卓绝的努力,成为世界第五产油大国,并且是世界上唯一主要靠陆相油田建立起强大石油工业的国家。21世纪在勘探开发中、新生代陆相沉积的同时,应该以海相古生界和元古界沉积为基础,创建第二油气源,为石油工业持续发展增添后劲,实现我国油气的二次创业。目前,我国绝大多数含油气盆地已进入或即将进入高勘探程度阶段,包括潜山油气藏在内的各类隐蔽性油气藏成为比20世纪更为重要的勘探开发目标。在过去的10多年间,隐蔽性油气藏研究为我们稳定东部、发展西部的石油勘探战略作出了重要贡献。以隐蔽性砂岩岩性油气藏为主的研究已形成了较为完善的理论和勘探开发配套技术,而潜山油气藏因其特殊性和复杂性,个体解剖较多、系统研究较少,其理论和勘探开发配套技术尚须进一步充实和完善。

我国石油工业的发展历程,是一个艰苦的科学技术攻关的历程,是一个不断解放思想、升华认识的过程。对于复杂、多变的潜山油气藏的认识更是如此。比较系统地著述潜山油气藏勘探开发的实践与理论、工程技术与典型实例,对深化完善潜山油气成藏理论和技术,指导潜山油气藏的勘探,提高油气开发水平,会起到积极的推动作用。

本书作者是年轻的石油工作者,他们以科学的态度,调研吸收了国内外多个盆地潜山油气藏研究的成果和勘探实例,特别是在“九五”和“十五”以来的最新研究成果的基础上,系统地总结了国内外潜山油气藏勘探开发的实例和成果。专著内容丰富,论述详尽,具有较高的理论水平和实际应用价值。

相信专著的出版,必将给人以启迪,同时也有助于广大石油科技工作者和现场工程师更好地了解 and 掌握多类型复杂潜山的成藏理论与勘探开发技术,加快我国的油气工业发展。

俄罗斯自然科学院和工程院院士  
中国石油化工股份有限公司董事  
中国石油化工集团公司原党组成员  
中国石油化工股份有限公司原高级副总裁



2006年6月28日

## 序 二

古潜山油气藏是国内外分布较广的一类油气藏。如俄罗斯的库尤塔油田、巴西的卡可油田、利比亚的奥季拉油田和我国渤海湾盆地的任丘油田等均属潜山油气藏。

渤海湾盆地是我国重要的含油气盆地之一,有利勘探面积 20 多万平方千米。从 1961 年山东惠民的华 7 井钻遇古近系的生油岩,1963 年华 8 井于古近系获得工业油流后,相继发现了 40 多个潜山油气藏。这些潜山油气藏在平面上分布于盆地的各个部位,在纵向上见于中生界、古生界和太古界等层位。油气藏规模大小不一,油气藏类型丰富多彩。但发现比较多、产量比较高、石油地质储量比较大的潜山油气藏,多以碳酸盐岩储层为主,因此,曾经在一段时间,寻找碳酸盐岩古潜山是勘探的主要目标和任务。

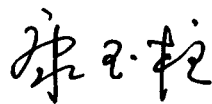
近年来,在我国古潜山的勘探中,不仅在碳酸盐岩潜山中有大的突破,而且在非碳酸盐岩潜山中也有新的发现。在我国西北地区准噶尔盆地克拉玛依逆掩推复体下,发现石炭系变质岩油藏,油源来自二叠系。沙漠中的石西油田,亦发现石炭系火山岩油藏,油源来自侏罗系。大庆油田深层火山岩内已发现天然气。在渤海湾盆地海域的石臼坨潜山,中生代的安山岩和玄武岩储层获得单井日产达 100 ~ 300t 的高产。又如辽河拗陷兴隆台潜山的太古界花岗岩,单井日产油量也在 60t 以上。此外,其他类型的岩石,如济阳拗陷垦利潜山的中生界砂岩,冀中拗陷河间潜山的元古界石英岩都获得过油流。说明非碳酸盐岩储层的潜山同样是重要的勘探目标。

潜山油气藏分布广泛,并且普遍高产,因此,深入研究其特点、成因、分类和分布规律,无论对充实石油与天然气地质理论,还是指导今后的油气勘探工作,无疑都具有重要意义。

本书作者是新时代的年轻勘探家,他们以济阳拗陷为例,研究总结了多个盆地非碳酸盐岩油气藏研究攻关的成果和勘探实例,特别是“九五”、“十五”以来的最新研究成果。系统地论述了古近系潜山的成山动力学背景,阐述了中生界、上古生界和太古界非碳酸盐岩潜山的地质、岩相古地理、沉积体系类型、构造变形特征及潜山分类、烃源岩生烃条件、油气成藏条件和分布规律,并列举了众多勘探实例和成果,是一本理论与实践结合的高水平的科学技术专著。

我认为《济阳拗陷非碳酸盐岩潜山油气藏》专著的出版,对石油地质理论的发展是一大贡献,同时对我国多类型潜山油气藏的勘探也将起到借鉴和推动作用,在此我谨表示衷心的祝贺。

中国工程院院士



2006 年 7 月 1 日

# 前 言

中国板块经历了比较复杂的构造运动和地质演化历史。各种不整合面显示出基底抬升部位经历了强烈的风化和古喀斯特作用。上覆生油层中生成的油气可以通过不整合面或油源断层运移到古老的基岩储层中形成“古潜山油气藏”

我国石油和天然气勘探开发的进展不断提出石油地质的新问题。有专家预言,新世纪的中国石油地质学将在以下五个方面继续作出努力:(1) 陆相生油理论;(2) 源控论与复式油气聚集带(区)的理论;(3) 海相沉积岩含油气系统的研究;(4) 古潜山油气藏的理论;(5) 数字地球与石油地质学。而古潜山油气藏的理论在近年来的勘探过程中,彰显诸多不足,多个领域需要补充、完善和提高。其中非碳酸盐岩潜山的成盆、成烃、成藏动态演化历史恢复及勘探方法是迫切需要总结完善的。

近年来,在我国古潜山的勘探中,不仅在碳酸盐岩潜山中有大的突破,而且在非碳酸盐岩潜山中也有不错的发现。在我国西北地区准噶尔盆地克拉玛依逆掩推复体下,发现石炭系变质岩油藏,油源来自二叠系。沙漠中的石西油田,亦发现石炭系基岩高产油藏,油源来自侏罗系。大庆油田在白垩系和侏罗系下伏的花岗岩基岩内已发现天然气。在渤海湾盆地滩海地区亦发现较大规模的太古界基岩潜山油气藏,已形成了埕岛潜山披覆构造带、海南潜山披覆构造带和赵东潜山披覆构造带等若干重点探区。因此,21世纪在我国东部拉张型和西部挤压型盆地内继续寻找古潜山油气藏仍具有一定的潜力。潜山油气藏已成为中国东部石油天然气工业发展的重要支柱之一。

济阳坳陷是一个典型的多期叠合盆地,经历了长期的、多旋回的盆地演化历史。各构造旋回之间普遍存在的沉积间断和风化剥蚀界面为潜山的大规模发育创造了条件。该区古潜山主要由下古生界碳酸盐岩潜山以及太古界、上古生界和中生界碎屑岩潜山两大类组成。其中碳酸盐岩潜山在数量上占据绝对优势,是该地区重要的油气储集单元之一,并且是该地区潜山油气藏的勘探重点,前人对此已经有比较深入的研究,而碎屑岩潜山勘探程度较低。然而,迄今为止,在济阳坳陷太古界、上古生界和中生界碎屑岩潜山中已经有多口探井获得工业油流,显示出良好的油气勘探前景。

笔者从我国东部的渤海湾盆地的勘探实践出发,针对古近系潜山勘探面临的难题,特别是非碳酸盐岩潜山或古隆起的基础地质问题,开展了相应的研究,力求能总结出指导勘探的新认识,并上升到理性高度,以获得开启地下未知世界大门的钥匙。

本书是在“十五”期间由时任胜利油田有限公司副总经理兼总地质师的李丕龙教授全面负责的七大重点攻关研究项目之一——“潜山油气藏勘探综合研究”科研攻关课题研究成果的基础上总结而成的。该课题包括了“潜山油气藏概论”、“潜山构造与油气成藏”、“碳酸盐岩潜山储层特征与油气成藏”、“碳酸盐岩潜山储层缝洞模拟和预测”和“非碳酸盐岩潜山油气藏”五个方面的内容,较为系统地总结了碳酸盐岩潜山和非碳酸盐岩潜山的勘探理论和技术方法,希望对加快碳酸盐岩潜山油气藏的勘探起到推动作用。

全书共分四篇,详细阐述了济阳拗陷碎屑岩潜山的沉积构造特征和成藏系统。第一篇从区域上分析了潜山地层古沉积盆地特征及构造动力学特征;第二篇论述了中生界潜山的地层、沉积体系、构造变形和油气藏分布规律;第三篇阐述的是上古生界石炭—二叠系岩相古地理、烃源岩热演化及生烃条件,通过建立地质模型初步模拟计算了资源潜量;第四篇论述了太古界潜山油气藏的分布特点和规律。

承蒙俄罗斯自然科学院和工程院院士、中国石油化工股份有限公司董事、中国石油化工集团公司原党组成员、中国石油化工股份有限公司原高级副总裁牟书令先生,以及中国工程院院士康玉柱先生在百忙中为本书撰写序言。本书编著得到了中国石化副总地质师蔡希源教授、油田部李阳教授、中国石化西部新区勘探指挥部李丕龙教授、胜利油田有限公司张善文教授、中国科学院地质与地球物理研究所杨长春研究员等专家学者的指导和支持,他们对全书内容提出了宝贵的修改意见。《储层地球物理》期刊常务副主编付瑾平高级工程师对初稿进行了文字加工,书中内容和图件也吸收了胜利油田及其他相关单位的研究成果,在此一并表示衷心的感谢。

鉴于笔者受理论水平和工作领域的局限,视野不够宽阔,掌握资料不够全面,加上非碳酸盐岩潜山和油气成藏的多样性和复杂性,书中定会存在不少缺点,欢迎读者批评指正。

作者

2006年10月

# 目 录

## 第一篇 潜山地层和区域动力学背景概述

第一章 潜山地层 .....	(3)
第一节 太古界 .....	(4)
第二节 古生界 .....	(5)
第三节 中生界和新生界 .....	(12)
第二章 区域动力学背景和盆地原型 .....	(16)
第一节 原型盆地和残余盆地 .....	(16)
第二节 区域构造背景 .....	(16)
第三节 区域构造运动和深层盆地原型 .....	(21)

## 第二篇 中生界潜山油气藏

第三章 中生代潜山地层 .....	(37)
第一节 中生代地层划分和对比 .....	(37)
第二节 中生代地层地震剖面反射结构特征和速度特征 .....	(42)
第三节 中生代地层的区域分布 .....	(43)
第四节 中生代火山岩及其演化 .....	(54)
第四章 中生界潜山构造变形样式及潜山类型划分 .....	(56)
第一节 断裂构造系统及其几何学特征 .....	(56)
第二节 中生界潜山类型、形成过程与分布规律 .....	(65)
第三节 构造单元划分及典型潜山构造带变形样式 .....	(68)
第四节 各潜山构造带之间的关系讨论 .....	(78)
第五章 中生界沉积体系类型和特征 .....	(81)
第一节 中生界沉积背景 .....	(81)
第二节 主要沉积体系发育类型和特征 .....	(82)
第三节 中生代沉积体系的时空演化 .....	(86)
第六章 中生界潜山油气藏类型及分布规律 .....	(87)
第一节 成藏条件分析 .....	(88)
第二节 中生界潜山油藏类型和成藏模式 .....	(96)
第三节 潜山油气藏分布规律 .....	(104)

## 第三篇 石炭—二叠系煤型气

第七章 石炭—二叠系层序地层与岩相古地理 .....	(111)
第一节 层序地层分析 .....	(111)



第二节	岩相古地理 .....	(127)
第三节	石炭—二叠系保存与分布 .....	(138)
<b>第八章</b>	<b>石炭—二叠系热演化特征 .....</b>	<b>(148)</b>
第一节	热事件与火山活动 .....	(148)
第二节	石炭—二叠系古地温特征 .....	(156)
第三节	地层剥蚀量的计算 .....	(166)
<b>第九章</b>	<b>石炭—二叠系烃源岩生烃条件 .....</b>	<b>(176)</b>
第一节	石炭—二叠系煤系烃源岩 .....	(176)
第二节	煤系烃源岩有机相分析 .....	(201)
第三节	优质烃源岩分布评价 .....	(212)
第四节	石炭—二叠系煤生排气模式 .....	(217)
第五节	石炭—二叠系煤二次生排气关系及其范围 .....	(226)
<b>第十章</b>	<b>资源评价和成藏条件分析 .....</b>	<b>(244)</b>
第一节	地质模型建立 .....	(244)
第二节	模拟计算结果分析 .....	(247)
<b>第十一章</b>	<b>成藏条件分析和成藏模式的建立 .....</b>	<b>(269)</b>
第一节	成藏条件分析 .....	(269)
第二节	含油气系统划分和油气成藏模式 .....	(273)
第三节	各区带有利成藏条件分析 .....	(279)

## 第四篇 太古界潜山油气藏

<b>第十二章</b>	<b>太古界古潜山油气藏 .....</b>	<b>(293)</b>
第一节	太古界潜山地质构造特征 .....	(293)
第二节	太古界潜山分带 .....	(297)
第三节	太古界古潜山储层地质特征 .....	(302)
第四节	太古界潜山油气成藏条件研究 .....	(321)
<b>参考文献</b>	.....	<b>(327)</b>

# 第一篇 潜山地层和区域 动力学背景概述



# 第一章 潜山地层

济阳拗陷位于渤海湾的东南部,北起埕宁隆起,南抵鲁西隆起,东自郯庐断裂,西至临清拗陷东部(图 1-1)。济阳拗陷发育有 3 排凸起和 4 个凹陷。3 排凸起自北西而东南依次为埕子口凸起—庆云凸起—元棣凸起—宁津凸起、陈家庄凸起—滨县凸起、青城凸起—广饶凸起。凸起之间的凹陷自西北而东南依次为车镇凹陷、沾化凹陷、惠民凹陷和东营凹陷。



图 1-1 济阳拗陷区域构造位置图

盆地深层构成了潜山的主要地层系统,主要包括太古界、古生界、中生界和新生界孔店组—沙四段。在这套地层系统中缺失元古界(表 1-1)。

表 1-1 济阳拗陷地层发育简表

界	系	统	组	代号	岩性特征	厚度(m)	
新生界	第四系		平原组	Q	未固结黄土层	200~450	
			明化镇组	Nm	棕黄色、棕红色泥岩夹棕黄色粉砂岩	800~900	
	上第三系		馆陶组	Ng	灰色含砾砂岩、砂岩夹灰色、绿色紫色泥岩	300~900	
			东营组	Ed	灰色、灰绿色泥岩与砂岩、含砾砂岩互层	700~1000	
			下第三系	沙河街组	Es	深灰色泥岩与灰白色砂岩夹碳酸盐岩和油页岩	>2000
				孔店组	Ek	棕红色与紫红色砂岩、泥岩夹灰色砂岩、泥岩	>1000

续表

界	系	统	组	代号	岩性特征	厚度(m)
中生界	白垩系	上统	王氏组	K <sub>2</sub> w	紫色、杂色砾岩、含砾砂岩、砂岩与泥岩	
		下统	西洼组	K <sub>1</sub> x	灰色安山岩与紫色砂泥岩	>700
	侏罗系	上统	蒙阴组	J <sub>3</sub> m	杂色含砾砂岩与灰色砂岩、灰绿色泥岩互层	
		中一下统	三台组	J <sub>2</sub> s	紫色泥岩与灰白色泥岩、砂岩、砾岩互层	250
	三叠系	中一下统	坊子组	J <sub>1+2</sub> f	暗色、紫色、灰绿色泥岩、砂岩夹煤层	90~200
上古生界	二叠系	上统	石千峰组	P <sub>2</sub> s	紫红色、棕红色、灰紫色泥岩与浅紫色砂岩	0~600
			上石盒子组	P <sub>2</sub> sh	黄绿色厚层砂岩及紫色灰色泥岩、泥质砂岩	400~500
		下统	下石盒子组	P <sub>1</sub> xs	灰色及灰绿色泥岩、砂岩夹薄煤层	110
			山西组	P <sub>1</sub> s	灰色泥岩、碳质泥岩与石英砂岩夹煤层	60
	石炭系	上统	太原组	C <sub>3</sub> t	灰色泥岩、碳质泥岩与砂岩夹灰岩及煤层	160~180
		中统	本溪组	C <sub>2</sub> b	杂色铁铝岩、铝土岩、灰色泥岩夹石灰岩	40~100
	下古生界	奥陶系	中统	八陡组	O <sub>2</sub> b	深灰色块状灰岩、灰色泥质白云岩
下统			上马家沟组	O <sub>1</sub> sm	黄色角砾状泥灰岩、豹皮灰岩、石灰岩夹白云岩	280~300
			下马家沟组	O <sub>1</sub> xm	黄色角砾状灰岩、豹皮灰岩、石灰岩夹白云岩	200
			亮甲山组	O <sub>1</sub> l	灰—浅灰色结晶白云岩,底部为燧石结核白云岩	90~120
			冶里组	O <sub>1</sub> y	灰—浅灰色结晶白云岩,底部为竹叶状白云岩	90~120
寒武系		上统	凤山组	ε <sub>3</sub> f	浅灰色结晶白云岩、泥质条带灰岩	100~110
			长山组	ε <sub>3</sub> c	灰色泥质条带灰岩、竹叶状灰岩夹黄绿色页岩	50~100
			崮山组	ε <sub>3</sub> g	疙瘩状灰岩、泥质条带灰岩夹黄绿色页岩	50
		中统	张夏组	ε <sub>2</sub> z	灰色鲕状灰岩及显微晶灰岩	180~190
			徐庄组	ε <sub>2</sub> x	灰绿色、紫灰色页岩夹石灰岩,含海绿石砂岩	80~100
			毛庄组	ε <sub>2</sub> mz	下部石灰岩,上部暗紫红色页岩、砂岩	30~60
		下统	馒头组	ε <sub>1</sub> m	灰色隐晶白云岩及紫红色页岩	100~150
太古界			山草峪组 雁岭关组 太平顶组 万山庄组	泰山群	Art	以多种片麻岩为主,其次为闪长角闪岩、角闪岩

## 第一节 太古界

太古界泰山群(Art)是济阳拗陷最古老的基底岩层,区内未发现元古界。

泰山群包括4个组,总厚度约11000m。自下而上为万山庄组、太平顶组、雁岭关组和山草峪组。其同位素年龄分别为 $24.25 \times 10^8$ a,  $23.67 \times 10^8$ a,  $23.42 \times 10^8$ a。

区内泰山群岩性复杂,以多种片麻岩为主,其次为闪长角闪岩、角闪岩,局部为黑云母石英片岩及黑云斜长变粒岩。片麻岩的原岩为砂岩、砾岩;变粒岩的原岩为泥岩、页岩,经区域变质作用,遭受强烈的混合岩化和花岗岩化作用而成。

## 第二节 古 生 界

### 一、下古生界

济阳拗陷下古生界包括寒武系和下、中奥陶统,主要由碳酸盐岩构成,沉积厚度 1000 ~ 1500m,属典型的海相沉积,其生物化石主要有牙形石、介形类、腕足类、棘皮类及三叶虫类,以牙形石研究较详。

#### (一)寒武系

寒武系与下伏太古界呈不整合接触,含 7 个组,自下而上依次为馒头组、毛庄组、徐庄组、张夏组、崮山组、长山组和凤山组。

##### 1. 馒头组( $\epsilon_1m$ )

“馒头页岩”一名为 B. Willis 和 E. Blackwelder(1907)所创。卢衍豪、董南庭(1953)将馒头页岩自下而上分为馒头组、毛庄组、徐庄组。这 3 个组的层型剖面在山东长青县张夏馒头山。下部为灰色隐晶白云岩及紫红色页岩,含燧石结核和燧石条带;上部为紫红色页岩与石灰岩、白云岩互层。该组总厚 100 ~ 150m,含村上氏莱得利基虫 *Redlichia muramii* 三叶虫带,产中国莱得利基虫 *R. chinensis*,层位相当于龙王庙阶,时代为早寒武世晚期。

##### 2. 毛庄组( $\epsilon_2mz$ )

下部发育较厚的石灰岩;上部以灰紫色、暗紫红色页岩、粉砂岩为主,夹含鲕灰岩,页岩富含云母。该组总厚 30 ~ 60m,层型剖面岩性以暗紫色云母页岩为主,顶部夹鲁状灰岩。含山东盾壳虫属 *Shantungapis* 三叶虫带,产刺山东盾壳虫 *S. aclis*、东方山东盾壳虫 *S. orientalis*、馒头裸壳虫 *Psilostracus mantoensis* 等。时代属中寒武世中期。

##### 3. 徐庄组( $\epsilon_2x$ )

本组岩性以灰绿色、紫灰色页岩为主,夹石灰岩,含海绿石砂岩,页岩中富含云母。该组总厚度 80 ~ 100m,层型剖面岩性以紫、灰、绿色页岩与鲕状灰岩互层为主。三叶虫丰富,含 4 个三叶虫带,自下而上为柯赫氏虫属 *Kochaspis* 带、孙氏盾壳虫属 *Sunaspis* 带、娇弱毛孔野营虫 *Poriagraulos abrota* 带和毕利氏虫属 *Bailiella* 带。时代属中寒武世中期。

##### 4. 张夏组( $\epsilon_2z$ )

1907 年, B. Willis 等创立“张夏石灰岩”一名;1953 年,卢衍豪、董南庭建立张夏组,命名地点在山东长清县崮山虎头崖—黄草顶。灰色鲕状灰岩及显微晶灰岩,顶部产微体腕足类化石,厚 180 ~ 190m。自下而上含 3 个三叶虫带,即小裂头虫属 *Crepicephalina* 带、双耳虫属—太子虫属 *Amphoton - Taitzia* 带和德氏虫属 *Damesella* 带。时代属中寒武世晚期。

##### 5. 崮山组( $\epsilon_3g$ )

岩性主要为疙瘩状灰岩、泥质条带灰岩夹黄绿色页岩,厚约 50m。产微体腕足类。本组层型剖面位于山东长清县崮山,岩性为绿色页岩夹紫色、黄色页岩,灰色灰岩,夹竹叶状灰岩。自下而上含 2 个三叶虫带,即蝴蝶虫属 *Blackwelderia* 带和蝙蝠虫属 *Drepanura* 带。时代属晚寒武世早期。

##### 6. 长山组( $\epsilon_3c$ )

灰色泥质条带灰岩、竹叶状灰岩,夹黄绿色页岩,厚 50 ~ 100m。长山组和凤山组层型剖面均位于河北省唐山赵各庄。长山组岩性以紫色灰岩夹竹叶状灰岩为主,夹紫色薄层泥质粉砂

岩。自下而上含 3 个三叶虫带,即庄氏虫属 *Chuangia* 带、长山虫属 *Changshania* 带和蒿里山虫属 *Kaolishania* 带。时代属晚寒武世中期。

### 7. 凤山组( $\epsilon_3f$ )

主要为浅灰色结晶白云岩,泥质条带灰岩,厚 100~110m。本组层型剖面岩性为灰色薄板状粘土质灰岩夹竹叶状灰岩。自下而上含 3 个三叶虫带,即褶盾虫属—济南虫属 *Ptychaspis - Tsianania* 带、方头虫属—小网形虫属 *Quadricephalus - Dictyella* 带和卡尔文属—杂索克属 *Calvinella - Mictosaukia* 带。时代属晚寒武世晚期。

## (二) 奥陶系

华北地区奥陶系以碳酸盐岩为主,岩相稳定。除冶里组、亮甲山组在南部地区受准同生后白云岩化影响外,其余各组段与层型剖面岩性基本一致,易于对比。下、中奥陶统含 5 个组,自下而上为冶里组、亮甲山组、下马家沟组、上马家沟组和八陡组。与上覆石炭系之间平行不整合接触。

### 1. 冶里—亮甲山组( $O_1y+1$ )

济阳拗陷冶里—亮甲山组岩性为一套灰色、浅灰色结晶白云岩。底部为竹叶状白云岩,上段含燧石结核白云岩,与凤山组整合接触,总厚度 90~120m。与层型剖面相比,本段地层化石较少,底部产纤细圆柱形牙形石 *Teridontus gracilis*、锯齿肿牙形石 *Cordylodus prion*、顶部产华美尖牙形石 *Scolopodus rex*、镰牙形石属 *Drepanodus*、矢牙形石属 *Acontiodus* 和针锐牙形石属 *Acodus* 等。

冶里组和亮甲山组典型剖面在河北唐山、秦皇岛一带。冶里组以中—薄层石灰岩、竹叶状石灰岩为主夹页岩;亮甲山组以含燧石结核的厚层石灰岩为主,牙形石丰富。两组已建 7 个牙形石带(安太彦等,1983)。其底部第一带为北马道尤他角牙形石—塞维尔单肋牙形石 *Utahconus beimadaoensis - Monocostadus sevierensis* 带,顶部第 7 带为短矛副锯颚牙形石 *Paraserratog-nathus paltodiformis* 带。它们分别出现在济阳拗陷冶里—亮甲山组底部和顶部,时代属早奥陶世早期。

### 2. 下马家沟组( $O_1xm$ )

下部为灰黄色角砾状灰岩、泥质白云岩;中、上部为深灰色灰岩、豹皮灰岩夹白云岩,含少量燧石结核,总厚度约 200m。本组化石主要产于中、上部,主要有薄体耳叶牙形石 *Aurilobodus*、分离斜牙形石 *S. nogamii*、稀少帆牙形石 *His-tiodella infrequensa*、莱芜扇颚牙形石 *Rhipidogathus lainwuensis*、唐山牙形石 *Tangshanodus scolopodus tangshanensis* 和坚硬小针牙形石 *Cornuodus lon-gibasis* 等。

“马家沟石灰岩”由孙云铸、杨钟健等建于唐山地区,目前这套地层在华北地区已广泛称之为下马家沟组和上马家沟组(赖才根等,1982)。唐山地区下马家沟组含 2 个牙形石带(安太彦等,1983):下部为薄体耳叶牙形石—分离斜牙形石 *Aurilobodus leptosomatus - Loxodus dissectus* 带;上部为唐山牙形石 *Tangshanodus tangshanensis* 带。济阳拗陷下马家沟组所产牙形石均为这两个化石带中的牙形石分子,时代属早奥陶世中期。

### 3. 上马家沟组( $O_1sm$ )

下部为灰黄色角砾状泥灰岩、泥质白云岩;中部深灰色含燧石结核灰岩、豹皮灰岩;上部深灰色灰岩、豹皮灰岩及白云岩,总厚 280~300m。本组化石主要产于中、上部,主要有假平始盾牙形石 *Eoplacognathus pseudoplanus*、爪齿褶牙形石 *Aurilobodus simplex*、具耳叶牙形石 *A. Aurilobus*、锯齿耳叶牙形石 *A. Serratus*、纤细潘德尔牙形石 *Panderodus gracilis*、斯堪的牙形石

属 *Scandodus* 和压扁牙形石 *Dapsilodus compressus* 等。

华北地区上马家沟组含 3 个牙形石带(安太庠等,1983)。自下而上是瑞典始盾牙形石—林西矢牙形石 *Eoplacognathus suecicus - Acontiodus? linxiensis* 带、爪齿褶牙形 *Plectodina onychodonta* 带和斯堪的牙形石—锯齿耳叶牙形石 *Scandodus - Aurilobodus Serratus* 带(唐山地区缺失上马家沟组上部地层及相应的 *Scandodus - Aurilobodus serratus* 带)。这套地层在华北南部地区多有分布,如河北邯郸、山东莱芜、泗水、新泰等地。济阳拗陷上马家沟组地层发育齐全,牙形石丰富,上述 3 个牙形石带的主要分子均已见到,时代属早奥陶世晚期。

#### 4. “八陡组”(O<sub>2</sub>b)

八陡组及阁庄组为陈均远(1976)所建。其位于中石炭统本溪组之下,奥陶系上马家沟组之上。唐山地区缺失。

八陡组以深灰色块状灰岩为主,阁庄组以灰色泥质白云岩为主,根据所产头足类和牙形石,八陡组时代与北美黑河阶(Black River Stage)相当。

八陡组层型剖面在山东博山八陡地区,阁庄组层型剖面在山东新泰地区。济阳拗陷所谓的“八陡组”实际上包括了陈均远所建的八陡组和阁庄组,相当于倪丙荣(1977)划分的峰峰组,故加引号以示区别。八陡组已建立扁平似针牙形石—对称徽腔牙形石 *Belodina compressa - Microcoelodus symmetricus* 带(安太庠等,1983),其所含牙形石分子与济阳拗陷“八陡组”上段的基本一致,时代属中奥陶世中期,推测其下段时代属中奥陶世早期。

中奥陶世以后,由于华北地台整体上升,遭受风化剥蚀,使奥陶系顶部残余厚度各地不一。济阳拗陷“八陡组”残余厚度由东北向西南逐渐增厚。如大王庄地区厚约 60m,义和庄地区厚约 100m,滨南地区厚约 120m,临清地区厚可达 260m。

## 二、上古生界

济阳拗陷上古生界包括石炭系和二叠系,石炭系为海陆交互相碎屑含煤地层夹含石灰岩,二叠系为过渡相碎屑沉积夹煤层及陆相碎屑沉积。上古生界在临清拗陷(东部)分布较普遍,在济阳拗陷主要分布于沾化凹陷、车镇凹陷、东营凹陷和惠民凹陷的中心部位,地层厚度变化较大。姚益民(1987)和周和仪(1982,1987)分别对济阳拗陷上古生界的类及孢粉化石作过详细研究。

### (一)石炭系

包括中石炭统本溪组、上石炭统太原组,缺失下石炭统。

#### 1. 本溪组(C<sub>2</sub>b)

底部为紫红色、黄褐色和灰色铁铝质泥、页岩,下部为灰色铝土岩;中、下部为深灰色泥岩、石灰岩夹灰色砂质页岩和薄煤层。厚度 40~50m。在孤岛凸起周围岩性变粗,砂岩增多,厚度 60~100m;在平方王地区周围岩性变细,以石灰岩为主,厚度 20~30m。本组与下伏中奥陶统呈假整合接触。

本组含 2~3 层石灰岩,产丰富的类化石,自下而上为草埠沟石灰岩、徐家庄石灰岩和南定石灰岩。

草埠沟石灰岩。其命名地点是山东淄川区泮水草埠岭附近的草埠沟。主要为褐灰色、浅灰色、灰色生物隐晶灰岩,含海相生物化石及黄铁矿晶粒,厚度 1~2m,横向分布不稳定。产中间型始史塔夫 *Eostafella intermedia*、克何屯假史塔夫 *Pseudostafella khotunensis*、微小密勒 *Millerella minuta*,以及苏伯特属 *Schubertella*、小泽属 *Ozawainella*、小纺锤属 *Fusiella* 等类化石和球根



瘤虫 *Tuberitina bulbacea*、马尔捷夫瘤虫 *T. maljavhini* 等多种有孔石(姚益民,1987)。

徐家庄石灰岩。该石灰岩是根据山东章丘县明水火车站东南约 7.5km 之徐家庄命名(中国科学院地质研究所,1966)。为灰色、深灰色厚层生物灰岩,含丰富的海相化石及燧石结核或条带。厚度 3~10m,全区分布稳定。产类化石似球形假史塔夫 *Pseudostafella sphaeroidea*、肿小泽 *O. Turgida*、昧苏伯特 *Schubertella obscura*、小纺锤属和微小密勒以及有孔虫类粘结瘤虫 *Tuberitina collosa*、球根瘤虫和马尔捷夫瘤虫等。

南定石灰岩。南定灰岩是根据山东淄博南定针地面露头命名的。此层石灰岩在义和庄凸起周围较发育,岩性为灰色、深灰色生物隐晶灰岩,主要化石有宽构苏伯特 *Schubertella lata*、状小纺锤(相似种) *Fusulinella cf. Fusiformis*、微小密勒和小泽属,并产粘结瘤虫和球根瘤虫等有孔虫类。

本溪组泥岩中孢粉化石丰富,为环囊孢属—奇异套环孢 *Endosporites - Densosporites mirus* 组合。特征为:(1)以孢子为主(75%),花粉次之[孢子中有孢类占重要位置,含量达孢粉总量的 15%,主要是石松纲的分子,如套环孢属,此外还有未定种的一头沉孢(?) *Torispora? sp.*,无环孢子占 59.9%,为光面单缝孢 *Laevigatosporites*、芦木孢属 *Calamospora*、粗网孢属 *Reticulatisporites*、蠕瘤孢属 *Conuolutispora*、圆形光面孢属 *Punctatisporites* 和光面三缝孢属 *Leiotriletes*];(2)花粉中聚囊粉属 *Vesicaspora* 较发达(含量达 16.4%),弗氏粉属 *Florinites* 次之,还有环囊孢属;(3)见到四角藻属 *Tetraporina*(3%)。

本组合的主要属种在欧、美都是中、上石炭统的重要分子,套环孢属和环囊属在我国山西大同中石炭统孢粉组合中发现。

## 2. 太原组(C<sub>3</sub>t)

深灰色、灰黑色泥岩、碳质泥岩与砂岩、页岩互层,夹深灰色生物灰岩及煤层,底部为厚层长石、石英砂岩,与本溪组呈整合接触。厚度 160~180m,横向分布较稳定。

太原组是济阳拗陷石炭系、二叠系的主要含煤地层,一般含煤 8~10 层,自下而上划分为 6 个煤组,分别称为 10 煤、9 煤、8 煤、7 煤、6 煤及 5 煤。

济阳拗陷本组含 5~7 层石灰岩,单层厚度一般为 2~3m,自下而上称为 5 灰、4 灰、3 灰、2 灰和 1 灰。根据其岩石特征及生物组合可划分为 3 套。

下部石灰岩:深灰色、褐色薄层生物灰岩,偶见石英、长石等陆源碎屑。厚度 2~3m。产希瓦格属 *Schwagerina*、麦属 *Triticites*、假希瓦格属 *Pseudoschwagerina*、威尔斯氏布尔顿 *Boultonia willsi* 以及苏伯特属和小泽属。

中部石灰岩:深灰色、褐灰色薄层含生物隐晶灰岩或生物灰岩,含陆源碎屑和生物壳瓣化石。厚度 2~3m,分布较稳定。产希瓦格属、苏伯特属、膨胀小泽(?) *Ozawainella? inflata* 和小泽(未定的)等科化石。

上部石灰岩:灰色、灰黑色生物灰岩,含陆源碎屑,一般由 2~3 层组成,单层厚度 1m 左右,主要产希瓦格属、苏伯特属、威尔斯氏布尔顿(未定种),以及膨胀小泽等类化石。

从太原组泥岩中分析的孢粉化石属开平孢属—套环孢属—厚环孢属 *Kaipingispora - Densosporites - Crassispora* 组合特征为:(1)孢子占优势(87%),花粉次之(13%);(2)有环孢类仍很发达,含量 8.5%,属种较多(除多种孢外,还有小鳞木孢 *Lycospora pusila* 厚环孢属及少量鳍环孢属 *Reinschospora*),无环孢类占 57.2%~92.9%(除芦木孢属和蠕瘤孢属仍有一定量外,光面三缝孢属、圆形光面孢属、一头沉孢属、厚角孢属 *Triquitrites*、三角刺面孢属 *Acanthotriletes*、梯纹孢属 *Striatosporites* 和蕉叶孢属 *Perocanoidospora* 等都较发育);(3)花粉中以弗氏粉属为