中国油气储层研究图集（卷一）

碎　屑　岩

应凤祥　王衍琦　王克玉　等著

石 油 工 业 出 版 社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

（京）新登字 082 号

内 容 提 要

本卷对中国陆相碎屑岩储层的主要特点，各类砂体的含油性、成岩特征、孔隙类型和演化以及次生孔隙分布规律及其成因机制进行了论述。此外，还对油层保护中的各种潜在问题及其伤害源也作了说明。本图集可供油气勘探、开发地质人员及石油院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国油气储层研究图集　卷一：碎屑岩／应凤祥等著.
北京：石油工业出版社,1994
ISBN 7-5021-1239-1

Ⅰ.中…
Ⅱ.应…
Ⅲ.碎屑岩-油气藏-陆相-中国-图集
Ⅳ.①P618.130.2②P588.21

石油工业出版社出版
（北京安定门外安华里二区一号楼）
石油工业出版社印刷厂排版
永昌机械彩印(蛇口)有限公司印刷
石油工业出版社发行

889×1194 毫米　16 开　13 1/2 印张 印 1—2000

1994 年 10 月北京第 1 版　1994 年 10 月香港第 1 次印刷

定价：200：00

《中国油气储层研究图集》编委会

主 任：李天相

副主任：史训知　石宝珩

委员：应凤祥　裘亦楠　薛叔浩　安作相

金毓荪　包　茨　吴　涛　梁生正

刘兴才　杨俊杰　王秋华　张国俊

高瑞祺　关德范　陈丽华　谭忠心

《中国油气储层研究图集》(卷一)编写组

应凤祥　王衍琦　王克玉　邢顺泾　吕正谋　黄克难

郑瑞林　刘孟慧　王培坤　李长新　白新民

提供资料和协助工作人员（按姓氏笔划为序）

叶和飞　兰苏州　朱国华　任宁生　杨式升　李应暹

何锦发　张继春　张益铣　赵炳岳　赵微林　侯方浩

郭宏莉　陶洪兴　桑鹤林　曹耀华　崔京刚　雷振峰

鲜继渝　熊小琴　魏　喜

序　　言

中国油气工业自 50 年代以来，发展篷勃，在许多方面都取得了引人注目的辉煌成果。在油气地质领域，例如在含油气盆地类型、沉积相（微相）、沉积构造、沉积结构、成岩作用、生油层、储集层以及次生孔隙及裂隙带的形成和展布等方面都取得了大量的、有成效的高水平理论和实用成果。

从 1985 年开始，油气储层的调查研究工作被列为全国石油系统及有关院、所及高校的部级攻关课题，共有 20 多个单位及 600 多位科技专家投入了协同工作。当时领导方面对工作的要求是：“要出理论、出技术、出方法；要从中国石油地质的实际出发，搞出符合中国地质特色的储层评价研究。”于 1987 年组成了编委会和编写组，由裘亦楠等 17 位专家组成了编委会，由李天相任编委会主任，史训知及石宝珩任付主任。 1992 年初《图集》的五个分卷均陆续修改定稿，历时三年全部完成了这一专著。

近年来油气储层的研究越来越重要，对储层评价的要求愈来愈迫切，如对储层的类型、特点、展布与横向预测，对钻井、完井、井下作业，对注水过程中的导向与油气层保护，对低渗透层的改造，对开发过程中的动态监测，对真假油储层的判别，对特殊油层的处理，以及对提高采收率所应采用的技术措施的筛选等问题的解决方策，都是以储层为对象，以储层评价为基础的。《图集》在所有上述这些方面的工作都取得了高水平的成果。《图集》的研究是以岩石薄片和铸体薄片为基础，采用最新测试鉴定技术，以宏观与微观相结合，沉积与成岩相结合的演化变革的观点为指导，对各类储层及其内部不同沉积构造部位的沉积结构和孔隙特点的非均一性差异，以及在表生带次生孔隙和裂隙的形成与展布等各个方面进行剖析、追索和验证。工作是系统而深入的。《图集》中所用的样品是从各油田生产实践过程中所长期积累起来的第一手资料的精品中精选出来的，因而是具有广泛代表性的，其科研成果是有实用价值的，其所取得的理论是高水平的。

总之，《中国油气储层研究图集》是一套系统深入的、高水平的专著，它具有广泛的实践基础和先进的设计思想。对油气勘探、开发、储层评价和预测均有指导意义。同时也可做为工具书，供生产及科研、教学人员使用。这本《图集》的出版将对我国油气勘探和开发事业的继续前进起促进作用。



序

“岗位在地下，斗争对象是油层”。长期以来，一直是石油工作者的职责，这就要求我们研究储层、认识储层、评价储层。

勘探实践表明，中国油气储层是很丰富的，也是很复杂的。目前，已发现的油气主要储集于各种类型的中新生代陆相地层中，亦有部分储集于前中生代地层中。从 50 年代开始，石油工作者在研究和评价中国生油层的同时，也在研究中国储层特征。特别是近十年来，在沉积相（尤其是微相）、成岩作用、次生孔隙发育带预测等方面，都取得了一批重要成果。当前，在油气勘探、开发过程中对储层评价的要求愈来愈高，如储层横向预测，钻井、完井、井下作业、注水等过程中的油气层保护，低渗透层的改造，开发过程中的动态监测以及提高采收率方法的筛选等问题的解决，都是以储层为对象，以储层评价为基础的。

从 1985 年开始，“油气储层评价研究”被列为部级重点科研攻关课题。全国石油系统及其它有关研究院、所、高等院（校） 20 多个单位，600 多个科技人员，投入了储层评价研究。根据“要出理论、出技术、出方法，要从中国实际出发，搞出中国特色来的储层评价研究”的要求，经过“七五’科技攻关,已取得了可喜的成绩。

1987 年 10 月，当时任石油工业部副部长的李天相同志提出要尽快编制一套我国油气区储层岩石学图册。并要求以具有中国特色的丰富内容，极好的图片质量，以及精美的印刷水平打入国际市场。

按照编写要求，组成了图集编委会和编写小组，于 1991 年 9 月完成了初稿，并在秦皇岛经图集编委会及专家审定之后，各分册编写小组根据编委会的意见于 1991 年底至 1992 年初集中修改定稿，前后用了三年时间完成了这项工作。

“中国油气储层研究图集’共分：

碎屑岩、碳酸盐岩、岩浆岩变质岩、沉积构造、自生矿物显微荧光阴极发光五卷。

本卷全面而形象地反映了我国陆相油气储层的特点，它包括沉积构造、结构、成分、成岩和储集性特征，不仅体现了这方面研究的最新成果，并涉及到储层粘土矿物、油层保护和特殊储层方面的一些研究成果，达到了突出陆相碎屑岩储层特色的要求，具有宏观与微观、沉积与成岩相结合的特点。该卷由应凤详、王衍琦、王克玉等负责完成。

参加“中国油气储层研究图集”编辑的共有石油系统 25 个研究院校上百名从事储层研究的研究人员。因此这一成果是集体智慧的结晶，它具有以下特点：

1. 具有中国油气储层特别是陆相储层的特色。图集以储层微观现象为主要表现形式，反映了我国陆相储层的特殊性、丰富多彩的类型、复杂的非均质性。

2. 图集集中了广大岩矿工作者几十年发现和积累的珍贵微观现象，也是各油田在生产实践过程中积累起来的大量第一性资料基础上精选出来的，它具有一定的代表性。有的是难得的珍品。承担编写的同志精心设计，踊跃贡献珍品，努力提高照片质量，这些精神及工作作风是非常可贵的。

3. 图集以岩石薄片为基础，结合岩心层理构造以及扫描电镜、阴极发光、电子探针波谱及能谱、包裹体测温、X 衍射、有机酸等分析成果，反映了近代储层实验测试先进水平。

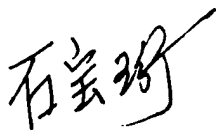
需要全本请访问 www.ertongbook.com

4. 图集具有科学性、实用性，是适合石油勘探开发的图集。

该图集是一本新型图集，既体现了最新的研究成果，也具有实际应用价值，特别是在油气勘探开发、储层评价和预测方面有一定指导意义。

图集还突出了储层及储层中的自生矿物在勘探开发过程中与外来物接触发生的变化，为保护和改造油层提供了基础性的科学依据；同时也为标准化、规格化、科学化提供了样版图集；该图集也可以作为工具书供生产、科研人员使用，也可作为教材供石油、地质院校师生参考。

这套图集的编写是在李天相、史训知同志直接指导下进行的。以裘亦楠为首的储层评价研究协调领导小组进行了大量的组织协调工作，总公司科技发展局关德范同志自始至终负责图集编写的组织工作。在此仅向关心并为本图集的编辑出版付出辛勤劳动的众多领导、专家、科技工作者致以崇高的敬意和感谢！



前　言

《中国油气储层研究图集（卷一）碎屑岩》采取宏观和微观相结合，以微观为主的形式，重点反映了中国陆相油气储层的特点。它不同于一般的岩石矿物学图集，是储层沉积和成岩演化及其成因机制的概括，反映了我国油气勘探，特别是“七五”期间在沉积和成岩作用研究方面的主要科研成果。本卷较全面地综合了储层的各种类型砂体及其含油性，归纳了不同水介质条件下，陆相湖盆储层的成岩特征和不同成岩模式，对孔隙类型及其演化规律，次生孔隙分布、成因及其与油气分布关系和控制因素作了概述和总结。此外，还涉及到储层粘土矿物、油层保护和特殊储层方面的一些研究成果。

本卷以岩石薄片或铸体薄片为基础，结合岩心层理构造以及扫描电镜、阴极发光、能谱或电子探针、包裹体测温、X衍射、有机酸等分析成果，反映了近代测试技术的水平。

本卷中的照片是各油田科研人员在生产实践过程中积累起来的大量第一性资料基础上精选出来的，它具有一定代表性，有的则是难得的珍品，故图集的编写是广大石油工人、科技人员、干部和石油院校师生多年来的集体劳动成果。

在中国石油天然气总公司科技发展局具体领导和组织下，1989年正式开始编写本卷。根据总公司对图集编写的要求，本卷的提纲由应凤祥、王衍琦起草，送各编委征求意见，对提纲曾作了多次讨论和修改，于1991年9月在秦皇岛编委会上作了审定。文字说明部分由应凤祥、王衍琦、王克玉编写，其中“概述”由应凤祥、王克玉合写；“中国含油气盆地储层砂体类型及分布特征”由王克玉编写，其余各部分均由应凤祥编写，王衍琦负责照片编排和部分文字说明的编写，照片说明先由各油田提供，然后由王衍琦、王培坤、李长新等按出版要求作了修改、补充。其他编写小组成员较系统地提供了有关照片及资料。

中国石油天然气总公司李天相同志对图集的编写作了原则指示，史训知及石宝珩同志对图集的编写思路和原则作了具体指导，北京石油勘探开发科学研究院副总地质师兼中国石油天然气总公司科技局储层协调组组长裘亦楠同志领导和组织了图集的编写工作，对提纲的拟定和图集的具体内容进行了多次严格和细致的审定。陈丽华与关德范同志作了大量的具体组织工作。此外，刘兴才、杨俊杰、梁生正、朱国华、吴涛及薛叔浩等编委对本卷的编写提出了许多宝贵意见。北京石油勘探开发科学研究院翟光明同志及各油田领导给予了大力支持。在此我们表示衷心的感谢。

本图集既体现了最新的研究成果，也具有实际应用价值，特别是在油气勘探、储层评价和预测方面具有指导意义。同时也可作为工具书，供生产、科研人员使用，还可作为教材供石油、地质院校师生参考、学习。由于初次编写图集，水平有限，错误和不当之处在所难免，热诚希望各位读者批评指正。

目　　录

概述 …… (1)
1　中国含油气盆地储层砂体类型及分布特征 …… (2)
1.1　含油气盆地储层砂体类型及分布 …… (2)
1.2　各类砂体的产油状况 …… (3)
1.3　断陷盆地与坳陷盆地砂体类型及分布 …… (3)
1.4　各种类型砂体的基本沉积特征及其储集性能 …… (4)
1.5　储层的物性分类及储集空间特征 …… (38)
2　陆相沉积盆地碎屑岩的埋藏成岩相序列及阶段的划分 …… (82)
2.1　淡水—半咸水湖盆碎屑岩的成岩模式及其主要特征 …… (82)
2.2　盐湖盆地储集层的成岩模式及其主要特征 …… (100)
2.3　煤系地层成岩模式及其主要特征 …… (114)
2.4　富火山碎屑砾岩储层的成岩模式及其主要特征 …… (139)
2.5　生、储油层及次生孔隙发育带的分布 …… (158)
2.6　次生孔隙发育带的形成机制 …… (158)
3　储层中的粘土矿物 …… (180)
3.1　水敏性矿物 …… (180)
3.2　速敏性矿物 …… (180)
3.3　酸敏性矿物 …… (180)
3.4　不同敏感性矿物的分布及其对油层的损害 …… (180)
3.5　外来物质对油层的损害 …… (181)
3.6　流动（驱动）效果实验 …… (181)
4　特殊类型储层 …… (193)
4.1　含油饱和度低，但出纯油的砾岩储层 …… (193)
4.2　第四系产生物化学气储层 …… (193)
4.3　富含片钠铝石产 CO_2 气储层 …… (193)
4.4　其它特殊岩性储层 …… (194)
参考文献 …… (205)

概　　述

中国以陆相沉积盆地产油著称于世，至 1987 年，已对 142 个沉积盆地作了评价，其中大于 $10\times10^4km^2$ 的大型盆地 13 个，$1\sim10\times10^4km^2$ 的中型盆地 40 个，$0.1\sim1\times10^4km^2$ 的小型盆地 89 个。全国沉积岩分布面积为 $669\times10^4km^2$，其中古生代及前古生代以海相沉积为主，中新生代则以陆相沉积为主。

1949 年，我国只有 3 个小油田，产量为 12×10^4t，新中国成立后 42 年来，石油工业获得了迅猛的发展。60 年代先后发现大庆和渤海湾地区的几个大油田，　70 年代又相继发现河南油田、中原油田、任丘油田以及其它一些油田，现共发现油田 300 多个，1978 年石油产量达到 10^8t，1991 年超过了 1.3×10^8t，在世界各国石油产量中名列第五，石油储量名列第十。

中国陆相油气田的大量发现表明，陆相湖盆可以生成大量油气，资源是丰富的，这在石油地质理论上具有重大意义。据统计，中国陆相碎屑岩油田占油田总数的 80%以上，储量占 90%以上。

中国各陆相含油气盆地储层的岩石类型丰富多彩，包括陆相碎屑岩储层（砂岩、砾岩甚至泥岩），陆相碳酸盐岩储层以及古潜山风化壳油藏中的火成岩、变质岩、火山岩、火山碎屑岩、碳酸盐岩等储层（表 1）。

表 1　储集岩类型统计表

储集岩类型		层　位	分布地区	产油（高产代表井）情况			
				井　号	产油井段 m	日产油量 t	日产气量 km^3
碎屑岩类	砂　岩	Ed、Es_1、Es_2、Es_3、Es_4、Ek、K、J、T	各盆地广泛分布	坨 11	1685.5～2242.8	1134	
	砾　岩	Ng、Es_4、Ek、T、P	孤岛、雁翎、克拉玛依	雁 24	2782.91～2856.69	1076	
	泥　岩	Es、Eg	永安镇、王场、广华寺	永 54	2933.0～2969.5	67	
火山碎屑岩		Mz	白臼坨-430	渤中 6	3425.25～3468.89	344.4	13
碳酸盐岩（生物灰岩）		Es_1、Es_4	渤海湾盆地	桩古 21	3791.15～4067	2700	219
		Es_3、Eg		BZ28	3155～3165	309.6	55.3

中国陆相碎屑岩储层特点表明，它既有与海相碎屑岩储层的共同规律，又有自己的特色，这些特色包括：

①中国陆相盆地往往经历拱升、断陷、坳陷和收缩四个阶段，由于湖盆发生、发展和消亡过程的不同，因而各盆地的成油条件存在明显差异。

②陆相盆地具有多旋回沉积演化特点，因而发育多种生储组合和多套油气层。各时代均有碎屑岩储层分布，但以中、新生代陆相碎屑岩为主，其储量占我国目前石油储量的 80%以上。

③由于各盆地地温场高低和沉积埋藏史的不同，储层的埋藏深度有很大差别，浅的只有几百

米，深的可达 6000m 左右。

④由于陆相沉积盆地往往具有明显的分割性，所以各凹陷常具有各自独立的沉积体系，其沉积环境和储集体类型也各有不同，有河流、三角洲、扇三角洲、近岸水下扇、湖底扇、滩坝和冲积扇等各类砂体。生油凹陷控制了油气田的分布格局，凡是邻近生油区或下伏有生油层的砂体，往往是有利的油气聚集场所。在各类砂体中，以河流、三角洲砂体储量最多，分别占 46%和 35.4%

⑤陆相碎屑岩具有多物源、近物源、堆积快、变化大的特点，所以岩石的结构成熟度和矿物稳定度均较低，绝大多数为长石砂岩或岩屑砂岩类，岩石一般分选差、杂基多、连通性不好、非均质严重。

⑥岩石储集性能的好坏主要受两方面因素所控制，一是沉积的因素，凡是水动力较强、岩石分选好、杂基少的沉积相带，其物性也较好，原始粒间孔发育，反之则差。另一因素是成岩作用对它的改造程度，机械压实作用、早期胶结作用和晚期的再胶结作用使物性变差，溶解作用则有利于次生孔隙的形成，并使物性得以改善。

在挤压型盆地，构造活动对物性也有影响，表现在构造应力的机械压实作用以及裂缝的发育，所以既有不利的一面，也有有利的一面。

⑦次生孔隙在陆相碎屑岩储层中是普遍存在的，它主要由碳酸盐类、沸石类胶结物以及长石等碎屑颗粒和暗色矿物被溶解所致。次生孔隙的形成，除了由有机质产生的有机酸对岩石组分进行溶解这一机制外，在陆相油田中也发现由不整合面下的表生作用和近源砂体断裂带附近由大气淡水溶蚀作用产生的次生孔隙。

次生孔隙类型在远源的三角洲前缘砂体和盐湖盆地的滩坝砂体中，一般以胶结物溶解为主，而在近源砂体，特别是富火山碎屑的储层以及煤系地层中，往往表现为颗粒溶解和部分扩大的粒间孔为主，孔径大、喉道细、渗透率低是这类储层的特点。

次生孔隙主要发育在晚成岩 A 期的溶解作用阶段，这一阶段有机酸浓度较高，泥质岩正处于突变压实阶段，也正是伊利石／蒙皂石混层粘土矿物处于两次层间水脱出时期。我国各油田的主力产层，除次生油藏外，多处于晚成岩 A 期的储层中，而轻质油和气多产于晚成岩 B期的储层 。

因此，可以根据粘土矿物及成岩演化来预测次生孔隙和油气层分布井段。

1　中国含油气盆地储层砂体类型及分布特征

1.1　含油气盆地储层砂体类型及分布

我国含油气盆地储层砂体类型十分丰富。主要有河流砂体、三角洲砂体、浊流砂体、扇三角洲砂体、滩坝砂体、近岸水下扇砂体及洪（冲）积扇砾岩砂体。

按储层成因类型从近物源至湖盆中心可以包括：冲积扇、辫状河、曲流河、三角洲平原分流河道、三角洲前缘水下分流河道、河口坝、席状砂、浅水滩（坝）及深水浊积砂等。

不同类型盆地都有其主要的储层类型，如坳陷型盆地以大型三角洲的各种砂体为主，断陷盆地以扇三角洲、湖底扇及近岸水下扇为主。

盆地在沉积演化不同时期发育不同的沉积体系和储层类型，如早期以冲积扇、河流沉积为主，中期以扇三角洲、湖底扇、近岸水下扇及滩（坝）沉积为主，晚期以河流、三角洲沉积为主（图 1).

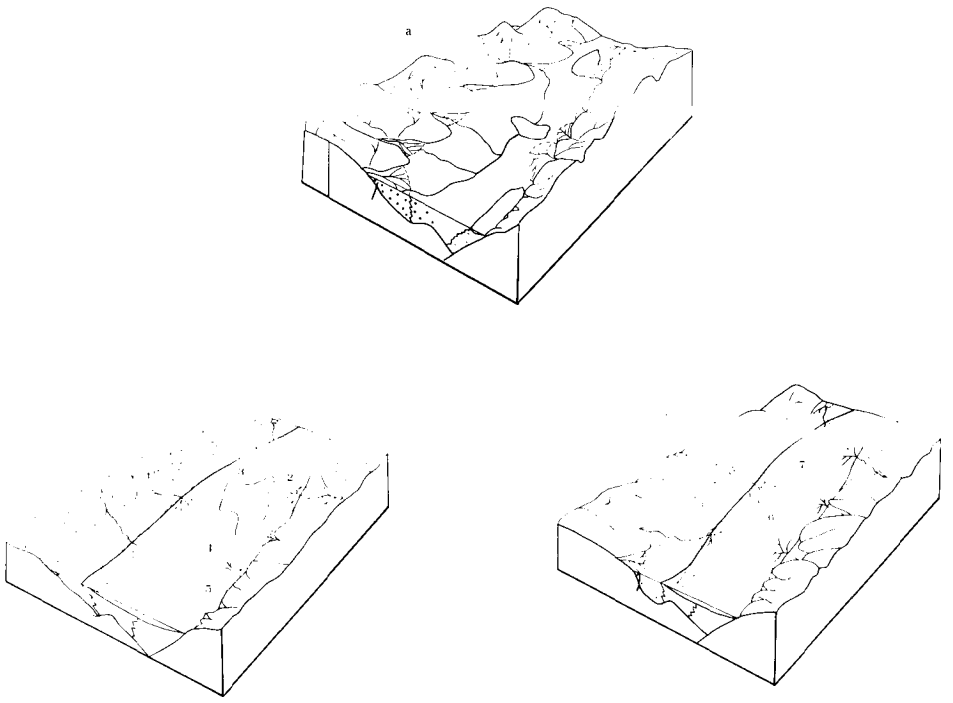


图 1　盆地沉积演化模式

a—旋回早期；b—旋回中期；c—旋回晚期

①横（纵）向冲积扇—辫状河—纵向低弯曲河—淤塞性湖泊体系；②扇三角洲—湖泊体系；

③横（纵）向冲积扇—辫状河—三角洲前缘—（浊流）—湖泊体系；④湖盆中部纵向水下隆起带浅滩体系；

⑤近岸洪水型冲积扇—深水湖体系；⑥横（纵）向沉积扇—辫状河—三角洲—湖泊体系 ⑦沿岸生物滩、砂滩体系

1.2　各类砂体的产油状况

在上述各类砂体中都已发现不同规模的油田（表 2）。

表 2　同类砂体产油状况表

砂体类型	油　田　名　称	储量规模
河　流	陕甘宁（J_1）、东营孤东（N）、黄骅大港（N）、南堡冀东（N）、东濮文留（Es）	千万吨级
三角洲	辽河（Es）、东营胜坨（Es）、松辽大庆（K_1）、柴达木朵斯库勒（E）	亿吨级
扇三角洲	辽河西部（Es）、南阳双河（Eh）、东濮濮城（Es）	千万吨级
水下扇	南堡冀东（Es）、黄骅羊二庄、沈青庄、北塘（Es）	百万-千万吨级
滩、坝	东濮文留（Es）、黄骅南大港（Es）、东营平方王（Es）	千万吨级
冲（洪）积扇	准噶尔西北缘克拉玛依（T）、鸭儿峡	亿吨级
湖底扇	辽河（Es）、黄骅大港（Es）、东濮白庙（Es）	千万吨级

1.3　断陷盆地与坳陷盆地砂体类型及分布

断陷盆地和坳陷盆地是由于古构造环境的差异所致。我国东部以断陷盆地为主，西部以坳陷盆地为主。

沿断陷盆地断裂带有多期基性火山岩喷发，在沉积上的突出特点是沉降幅度大，堆积速率高，在强烈的拉张深陷期，常表现出持续的非补偿深水环境，形成厚层暗色泥岩。有些断陷盆地

需要全本请访问 www.ertongbook.com

多期断块活动，发育多套暗色泥岩，生油岩体积大。盆地不断沉降，有利于有机质向烃类转化，其生油气潜力增大。如渤海湾盆地等断陷盆地以箕状凹陷为主，发育近源短流、相带窄或不完整的沉积体系。常见的储层砂体类型有扇三角洲砂体、近岸水下扇砂体，湖底扇重力流砂体，在山间小盆地有冲积扇砂体及河流砂体等。

在挤压背景下的坳陷盆地，盆地相对抬升，物源供给充足，经常处于补偿和超补偿状态，深水沉积区范围小，暗色泥岩的面积占全盆地面积比例小，故油气潜力不及东部断陷盆地。沉积上坳陷盆地发育源远、流长、相带完整、分布面积广的沉积体系，常见的储层砂体类型在陆上以河道砂体为主，浅水区发育三角洲砂体，深水区有浊积岩砂体等。

1.4 各种类型砂体的基本沉积特征及其储集性能

1.4.1 河流相砂体

1.4.1.1 **河流相砂体的沉积特征及含油性** 河流相砂体的分布严格受古地形和水动力条件控制。常见的是地堑带中的河流充填和侵蚀河谷中的河流充填沉积。前者如渤海湾盆地东濮凹陷中央隆起背景上的沙二下沉积期的河流沉积，其下伏为沙三段主力生油层。后者如鄂尔多斯盆地印支后期盆地抬升侵蚀形成的河谷，早侏罗世发育河流体系的充填沉积，其下伏为三叠系主力生油层。两者均具有丰富的油气聚集。鄂尔多斯盆地南部侏罗系已被证实为一大型复合河道砂体，目前已发现马岭、吴旗、红井子、华池等 10 余个油田，获得的地质储量占盆地侏罗系探明储量的 78%以上。含油性及储集性能以河流相中的滨河床浅滩亚相（边滩）最为理想，急流河床亚相次之，河漫滩亚相较差，坡、洪积亚相最差（表 3、4）。

表 3 鄂尔多斯盆地南部侏罗系河流相含油统计表

类别 \ 相带		急流河床亚相（滞留沉积、心滩）	边滩亚相	河漫滩亚相
探井数（口）		214	336	81
含油显示	井数(口)	84	200	14
	%	39.2	59.5	17.2
工业油流井	高产井（口）	1	14	
	中产井（口）	2	24	
	低产井（口）	6	43	3
	%	4.2	24.1	3.7

注：高产井＞ 50t / d，中产井 10～50t / d，低产井 ＜10t / d。

表 4 不同相带物性变化统计

岩相物性 / 层位	急流河床亚相		边滩亚相		河漫滩亚相		坡—洪积亚相	
	孔隙度 %	渗透率 $10^{-3}\mu m^2$	孔隙度 %	渗透率 $10^{-3}\mu m^2$	孔隙度 %	渗透率 $10^{-3}\mu m^2$	孔隙度 %	渗透率 $10^{-3}\mu m^2$
富县组	13.6 / 6	15.5 / 6	14.8 / 3	40.8 / 3			4.3 / 1	0.8 / 5
延$_{10}$ 油组	12.34 / 22	30.9 / 18	14.2 / 35	41.35 / 29	8.87 / 3	1.0 / 3		0.78 / 5

注：表中分子为物性参数平均值，分母为井数。

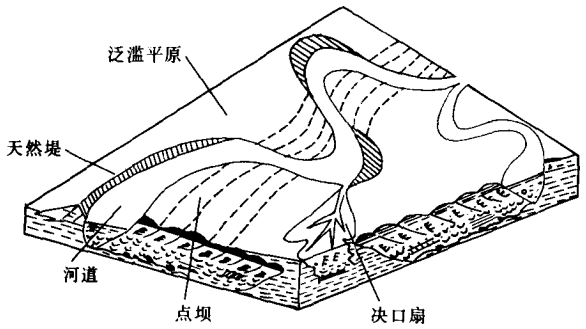


图 2　河流相砂体沉积模式图（据裘亦楠，　1985）

渤海湾盆地晚第三纪为广泛的河流冲积平原，沉积物已脱离湖水影响（仅有局部暂时性汇水洼地），沉积了上第三系馆陶组辫状河流砂体及明化镇组曲流河砂体。其砂体的物性与岩性粗细相关，如冀东油田老爷庙、唐南地区，砾质辫状河道砂体的块砂砾岩、含砾砂岩其孔隙度一般＞ 25%，最大可达 37%，渗透率一般为 $300\sim100\times10^{-3}\mu m^2$，最大可达 $1500\times10^{-3}\mu m^2$。砂质辫状河道砂体中砂岩孔隙度为 25%±，渗透率为 $1000\times10^{-3}\mu m^2$。废弃河道砂体的正递变砂岩孔隙度为 10%～25%，渗透率一般 $<10\times10^{-3}\mu m^2$。决口扇砂体从粗砂岩至粉砂岩，孔隙度为 10%～30%，渗透率从 $1\sim1000\times10^{-3}\mu m^2$。

1.4.1.2　河流相砂体的沉积模式及微相划分（图 2、表 5）。

1.4.1.3　各亚相的宏观和微观特征照片（图版 1～6）。

1.4.2　三角洲相砂体

1.4.2.1　三角洲砂体的沉积特征及含油性　三角洲砂体正对着河流的入口处，背靠陆上宽缓的河流冲积平原，其前缘可以一直延伸到半深湖区，但其主体（前缘砂体）位于浅湖地带。在湖盆发育的始、末期都可形成三角洲，但较大型的三角洲是在湖盆发育中期以后，即湖盆经过深陷期回返之后，盆地地形渐趋平缓，河流流域扩大，水体变浅，适于三角洲发育。从盆地的构造性质来说，坳陷型盆地长轴方向最有利于大型三角洲发育。

表 5　各微相沉积特征表

微　相	沉　　积　　特　　征
河　道	底部为滞留沉积，由砾石、粗粉砂、粗树干及河岸垮塌的泥块（泥砾）组成。底界面为冲刷面。向上砾石减少，岩性变细，以细砂、粉砂及含砾砂岩为主。砂、砾岩中可见大型槽状交错层理及块状层理。细砂、粉砂中可见小型斜层理及平行层理
边滩、点坝	以砂、粉砂岩为主，其次为泥岩，含少量砾石。碎屑成分复杂，长石和岩屑含量高。层理构造类型多，常见槽状，板状及平行层理
天然堤	以粉、细砂与泥岩的薄互层为主，可见小型波状层理、爬升层理及水平层理，并可见干裂、雨痕、植物根及钙质结核和虫迹构造
块口扇	以粉、细砂岩为主，见小型交错层理和冲刷、充填构造
泛滥平原	主要为粉砂岩和泥岩，有小型波状交错层理、爬升层理及水平层理。常见钙、铁质结核、植物立生根、土壤层及泥裂等暴露标志
废弃河道	多数为洪水带来的细粒悬浮物质，在离新河道近的废弃河道中有比较粗的堆积物质

从三角洲含油性看，夹于两次大的水进阶段之间的水退阶段形成的三角洲，其生储盖组合最好。如松辽盆地夹于青一段（最大深陷期）和嫩一段（第二扩张期）之间的青二、青三段至姚家组时期的大庆长垣三角洲。三角洲主要有两种储油砂体，一是三角洲分流河道及水下河道砂体；

二是河口坝砂体。前者面积大，岩性粗，孔隙度、渗透率高，孔隙度为 25%～30%，渗透率一般> $100\times10^{-3}\mu m^2$，剖面上呈正韵律。后者面积小，但岩性均匀，孔隙度、渗透率高，孔隙度为 15%～30%，渗透率为 $10\sim100\times10^{-3}\mu m^2$，剖面上呈反韵律。

1.4.2.2 三角洲砂体的沉积模式及亚相划分（表 6） 无论三角洲是形成于水进期还是水退期，也无论它呈现为水进层序（正或反旋回）还是水退层序（反旋回），其在平面分布上由岸上到湖心的排列都是由三角洲平原—三角洲前缘—前三角洲的顺序，又称三层结构（图 3及图版 7）

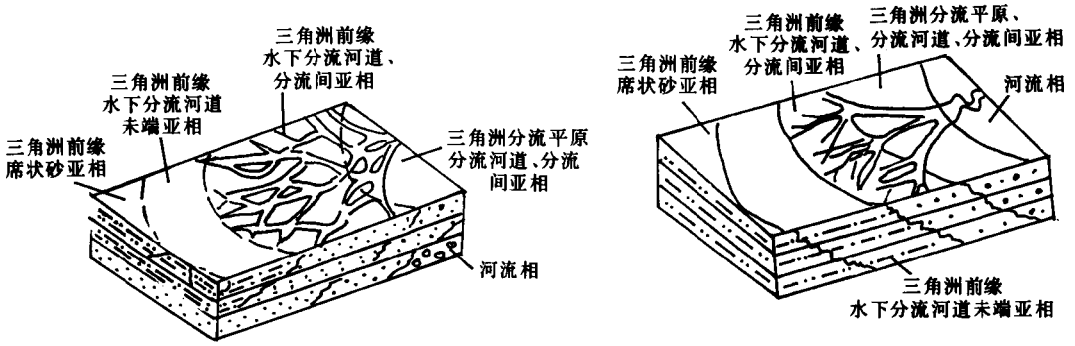


图 3 三角洲理想结构图（据蔺毓秀，1989）

表 6 三角洲相相带划分及沉积特征

相	亚相	微相	沉积特征
三角洲相	三角洲平原		顶部从河流第一个分流点开始，前缘到湖岸，形状为似三角形。以分流河道、河漫砂、泥岩及沼泽沉积为特征
	三角洲前缘	水下分流河道	是三角洲平原上分流河道向水下的继续延伸，呈长条带并垂直岸分布。围岩是浅灰、灰绿、暗紫色滨浅湖泥岩，含浅湖生物化石，并以此区别于岸上分流河道沉积
		河口砂坝	分布在三角洲平原上的分流河道入湖的河口处。砂坝砂以纯净、分选好、具反韵律为特征
		席状砂	在河口砂坝周围和前方呈大范围分布的薄细（粉砂）砂层与浅湖相泥岩呈互层
	前三角洲		河口处的细粒物质呈悬浮状态搬运至湖区沉积，灰色泥、页岩夹粉砂岩薄层与深湖和半深湖相逐渐过渡

1.4.2.3 各亚相储层的宏观及微观照片（图版 8～15）。

1.4.3 冲积扇相砂体

1.4.3.1 冲积扇砂体的沉积特征及含油性 冲积扇砂体在我国西北地区中、新生代沉积盆地分布广、面积大，在东部断陷盆地分布面积均较小，且与河流相不易区分。有的冲积扇可直接入湖而过渡为扇三角洲。在云南现代断陷洱海西岸的点苍山冲积扇相当发育，并侧向连接形成冲(洪)积扇裙带(图 4)。

从塔里木盆地库车—阿克苏地区的卫星照片上也可见到清晰的冲积扇裙（图版 16)。

冲积扇砂体主要由河道沉积的粗砂砾岩和溢岸漫流的细砂、泥质组成，以粗而杂乱，粒级很宽为特点，垂向剖面呈正递变、正粒序，底部具冲刷面（图版 17)。

冲积扇可作为油气储层，主要储油部位是扇中亚相，此带中的砂、砾岩因泥质含量少而物性变好，是良好的储层，如新疆克拉玛依油田便是以三叠系冲（洪）积扇砂、砾岩为储层的典型例

子。该扇体大于 $400km^2$，储层分布稳定，沿盆地西北缘毗连、迭加成冲积扇裙，呈连片分布，砾岩厚度大，物性好，孔隙度为 8%～20%，渗透率可达 $100\times10^{-3}\mu m^2$。

1.4.3.2 冲积扇岩心及薄片照片（图版 18、19）。

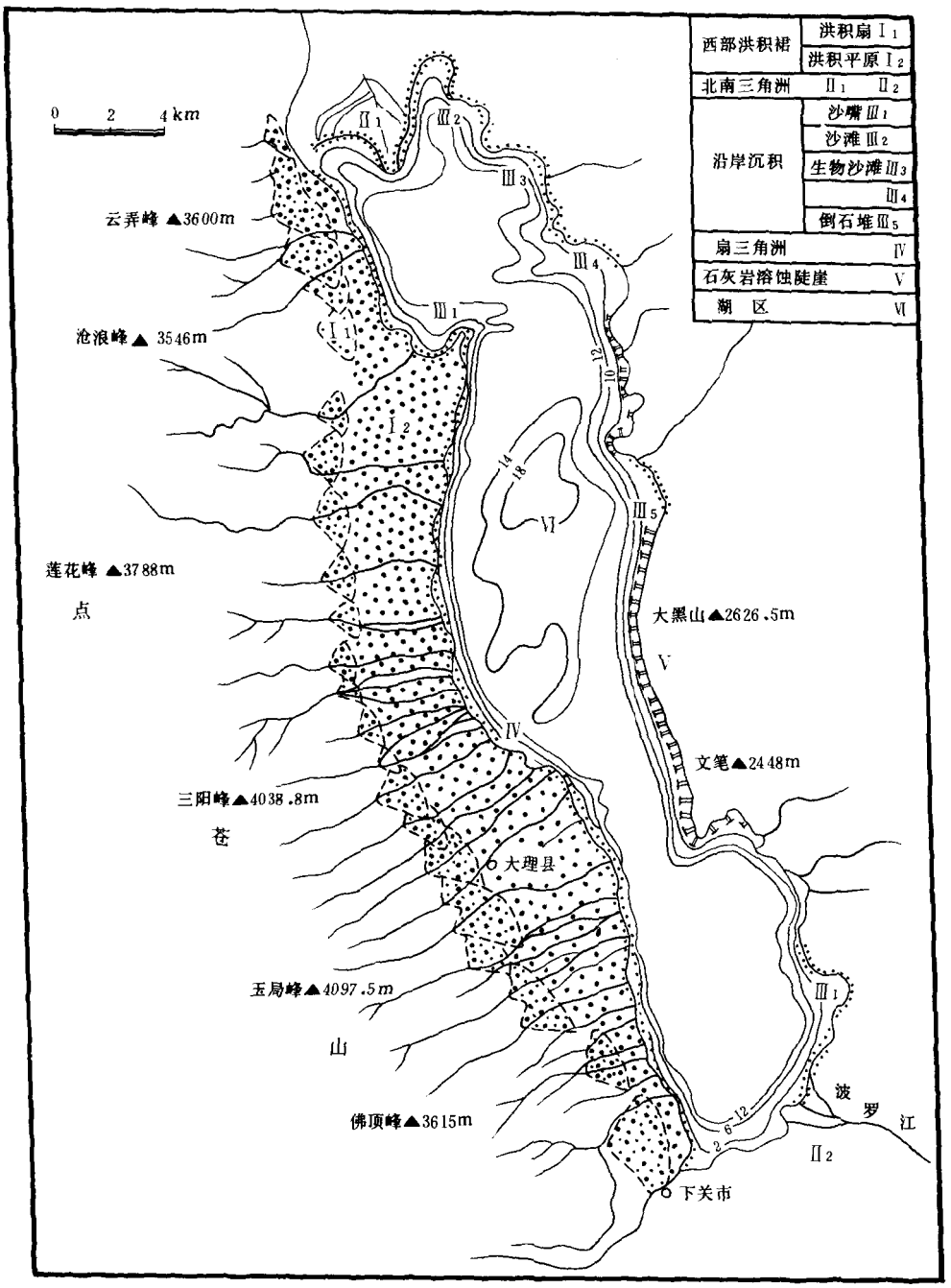


图 4 洱海沉积环境图

1.4.4 近岸水下扇相砂体

1.4.4.1 近岸水下扇砂体的沉积特征及含油性 我国东部断陷盆地中近岸水下扇砂体十分发育。主要分布在盆地陡坡带。在沉积特征上，介于深水湖底扇与扇三角洲之间的一种过渡类型，如渤海湾盆地下第三系高尚堡近岸水下扇、柳赞近岸水下扇，黄骅坳陷北塘近岸水下扇、沈青庄近岸水下扇、港中近岸水下扇、济阳坳陷滨县凸起南坡近岸水下扇等（图 5）。

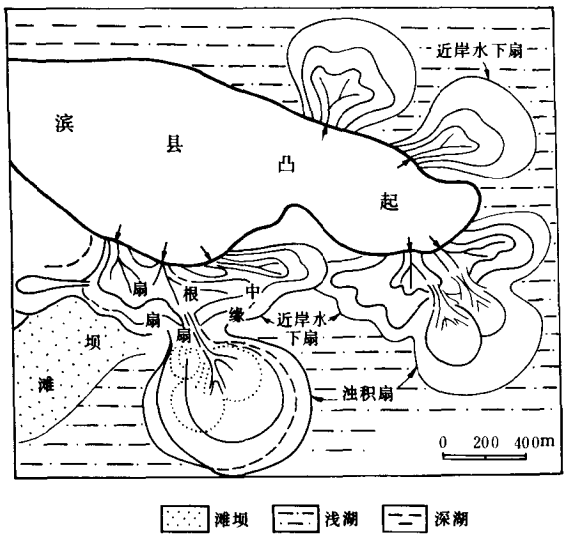


图 5　济阳坳陷滨县凸起南坡近岸水下扇

水下扇砂体经常是若干扇体的叠覆体，常夹于暗色泥岩之中，靠近油源层，含油气十分丰富，在上述水下扇砂体中均已找到油藏。含油性以扇中辫状水道的叠合砂体和扇中前缘砂体最好，孔隙度为 18%～20%，渗透率一般为 40～$80\times10^{-3}\mu m^2$ 水道外侧至天然堤含油性较差，储层性能明显降低。

1.4.4.2　岩心及薄片照片（图版 20、21）。

1.4.5　扇三角洲相砂体

1.4.5.1　扇三角洲相砂体的含油性及分布　扇三角洲砂体是断陷湖盆中常见的砂体类型，分布在湖盆陡坡一侧或沿边界断层分布，斜坡窄而陡，近物源，岩性粗，以砂、砾岩为主。平面上呈扇形，剖面上呈底凹顶平的透镜体。扇三角洲平原靠近盆地边缘，易遭剥蚀。扇三角洲前缘为扇三角洲发育最好的部位，此带以前缘水下分流河道区的面积和厚度最大，近岸部位的岩性为砾状砂岩、砂砾岩和砾岩，向前端为砂岩和含砾砂岩，水下分流河道间为细砂岩、少量含碳屑粉砂岩及泥、页岩的薄互层。在水下分流河道口常形成河口砂坝或席状砂（两者有时不好分开），河口坝范围小，厚度薄。席状砂向前逐渐过渡到前扇三角洲及深湖沉积区（图 6）。

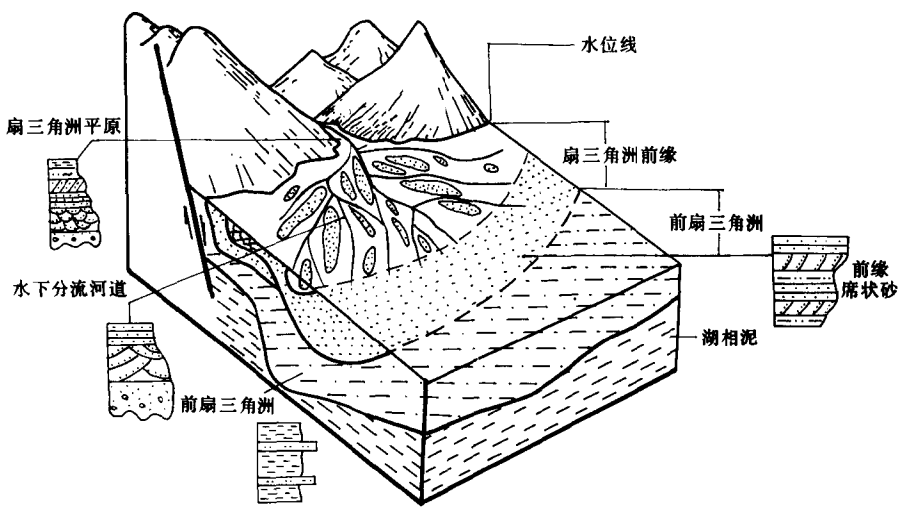


图 6　扇三角洲沉积模式图

扇三角洲砂体距生油区近，是油气聚集的有利场所。储油砂体以扇三角洲前缘水下河道砂体和河口坝砂体最好，孔隙度一般为 20%左右，渗透率为零点几二次方微米，目前已在辽河西部凹陷齐双扇三角洲、东濮凹陷濮城扇三角洲、南堡凹陷高—柳扇三角洲、吐鲁番台北凹陷扇三角洲等找到油田。

4.5.2　扇三角洲岩心及薄片照片（图版 22～26）。

4.6　湖底扇相砂体

4.6.1　湖底扇相砂体的沉积特征及含油性　湖底扇砂体是断陷湖盆常见的储集体，在湖盆

的不同部位发育有不同类型的沉积砂体。在陡坡带为深水浊积砂体，缓坡带有供给水道的分布于斜坡中下部的远岸浊积砂体，这两类属洪水型重力流，水道部分沉积物由砂岩、粉砂岩、含砾粗砂岩等粗碎屑岩组成，水道间有粒级较细的天然堤砂岩、粉砂岩，水道外的薄层浊积砂。另一种则为三角洲沉积物的滑塌浊积砂体。

砂体由巨厚的粗碎屑砂砾岩多次迭加在一起，在横向上迅速尖灭于湖相泥岩中而形成砂砾岩透镜体。如在辽河油田冷家铺—兴隆台沙三段湖底扇砂体、东濮凹陷白庙沙三段湖底扇砂体、南堡凹陷老爷庙南部沙一段湖底扇砂体等，目前均已找到油藏。

湖底扇砂体的含油性相当好，因扇体位于湖相区内，四周被生油岩所包围，具有优先捕获油气的有利条件。如果生油层已成熟，那么，寻找一个湖底扇体，便是一个待发现的油气藏。因此，寻找湖底扇砂体对隐蔽油气藏的勘探具有特殊意义。

1.4.6.2　岩心及薄片照片（图版 27）。

1.4.7　滩坝相砂体

1.4.7.1　滩坝砂体的沉积特征及含油性　滩坝砂体分布在湖盆边缘或湖盆内部局部隆起周围的缓坡地带。该类砂体以砂、泥岩频繁互层和分布稳定为特点。砂岩的矿物稳定度和结构成熟度均较高，物性好。岩性主要以中细砂岩和粗粉砂岩为主，常含鲕粒和生物碎屑（或生物滩）。

由于滩坝砂体的一侧面临深水生油区，离油源近而砂岩本身物性好，往往都能在滩坝砂体中发现油田。如在济阳坳陷滨县凸起南坡沙三段生物滩、黄骅坳陷南部沙一段生物碎屑灰岩及松辽盆地嫩一段等地层中的滩坝砂体都已找到油藏。

1.4.7.2　岩心及薄片照片（图版 28）。

需要全本请访问 www.ertongbook.com