

东濮凹陷下第三系

砂体微相和成岩作用

赵澂林 主编
刘孟慧

华东石油学院出版社

京)

063031

p581
001



东濮凹陷下第三系

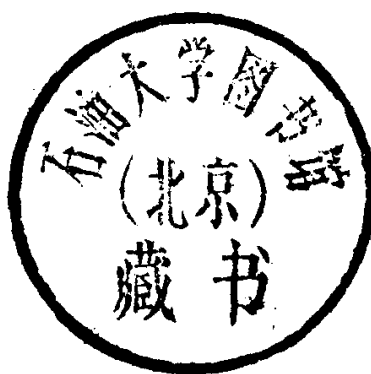
砂体微相和成岩作用

赵澂林 刘孟慧 主编



200389891

5909/05



华东石油学院出版社

内 容 简 介

本专辑共收入综合性研究论文一篇,专题研究论文五篇,主要包括:
(1)濮城、卫城、桥口、白庙等四个地区沙三³—沙四段沉积相、相模式、砂体类型及其与油气聚集关系的阐述;(2)四个地区沙三³—沙四段埋藏成岩作用的矿物学、岩石学、储层性质、孔隙类型、次生孔隙发育带及其形成机制与油气聚集关系的研究;(3)偏光薄片、铸体薄片、阴极发光、x-衍射、扫描电镜、压汞试验等测试技术的应用;(4)砂体微相、成岩作用对低渗储层的控制作用。

本专辑可供石油地质科技人员及高等院校石油地质、沉积地质等专业师生参考。

东濮凹陷下第三系 砂体微相和成岩作用

赵激林 刘孟慧 主编

华东石油学院出版社

山东省 东营市

华东石油学院印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 16.5印张 插页56

419千字 印数 1—1 550

1988年1月第一版 1988年1月第一次印刷

ISBN 7-5636-0002-7 / TE ·3

定价: 8.00元

东濮凹陷下第三系砂体微相及成岩作用

目 录

评审意见书·····	中原石油勘探局	1
前言·····		3
东濮凹陷濮城—卫城地区沙三 ³ —沙四段、桥口—白庙地区沙三 ³⁻⁴ 段 砂体微相及成岩作用研究·····		
	赵激林 刘孟慧等	6
卫城地区沙三 ³ —沙四段砂体微相及成岩作用研究 ·····	赵激林 刘孟慧 李健	55
濮城地区沙三 ³ —沙四段沉积相与油气分布、成岩作用与储层特征 ·····	袁政文	127
桥口地区沙三 ³⁻⁴ 亚段成岩作用和储层特征及其对油气勘探的意义 ·····	寿建峰 张金亮	143
白庙地区沙三 ²⁻⁴ 亚段沉积相、成岩相和砂体储层性质·····	寿建峰	158
卫城—濮城沙三 ³ —沙四段、桥口—白庙沙三 ³⁻⁴ 亚段的储层特征 ——根据阴极发光、粘土全岩分析、扫描电镜及压汞试验的测试 结果进行讨论·····	刘孟慧 赵激林	168

图版

(一) 岩心宏观特征 (1—60) ·····	1
(二) 偏光微观特征 (61—174) ·····	11
(三) 阴极发光特征 (175—204) ·····	30
(四) 扫描电镜特征 (205—372) ·····	35

附图

濮城地区单井相分析图
卫城地区单井相分析图
桥口地区单井相分析图
白庙地区单井相分析图

附录

专题研究目录
大型相册目录

东濮凹陷濮城、卫城、桥口、白庙 地区沙三³—沙四段沉积相、微相 及成岩作用研究评审意见书

根据东濮凹陷深层油、气勘探的需要，中原石油勘探局组织并邀请华东石油学院协作开展关于“濮城、卫城、桥口、白庙地区沙三³—沙四段砂体微相及成岩作用研究”。并商定聘请华东石油学院勘探系赵激林、刘孟慧副教授为课题研究负责人，参加研究的成员有中原石油勘探局袁政文、寿建峰、李健，华东石油学院张金亮。具体任务和要求是研究四个地区的沉积相、微相及成岩作用，特别是成岩作用以及它们对储层发育、分布和物性的影响，为深部低渗透层储量计算及勘探开发部署提供依据。

这次评审，是由中国科学院北京地质研究所所长（研究员）孙枢、地矿部西南矿产研究所教授刘宝珺、西南石油学院副教授侯方浩、胜利油田地质科学研究所高级工程师周自立、石油部勘探开发科学研究院沉积室主任（工程师）薛叔浩等同志分头评审的，据此我们进行了汇总。科研成果主要特点如下：

1. 基础资料系统扎实，计观察了岩心井89口，心长3404米，采集岩心样1663块，采用了国内现有的分析手段，做了大量的分析鉴定工作。计有，薄片1097个，铸体薄片159个，扫描电镜91个，阴极发光101个，x-衍射159个，粒度分析407个，压汞分析38个，显微照相344张。在此基础上经进一步分析研究整理，汇总了反映沉积构造及储层成岩作用特征及储层物性的相册24本，单井相分析图39幅、相分析平面图28幅，为研究工作提供了依据。

2. 课题组依据大量的先进鉴定资料及分析研究，结合东濮构造地质条件，对沉积相、沉积微相进行了充分的研究，确认了濮城、卫城、桥口、白庙四地区沙三³—沙四段沉积，分别属于陡岸水下扇（湖底扇）沉积及断槽型重力流水道沉积。卫城、濮城沙四段红层则属洪水重力流沉积，并进而划分为微相。这在油田还是首次提出，其论述有相当的深度与广度。

3. 课题组在大量的鉴定资料的基础上，尤其是借助于粘土矿物，压汞、电镜扫描、阴极发光等先进技术，进行了沉积相——成岩相研究，确定了沉积相、微相及成岩相控制储层特征，并采用R-型因子分析法划分了成岩相，提出了粘土杂基支撑成岩相为较好的储层，碳酸盐胶结成岩相为差的储层。

4. 课题组还根据大量资料研究认为成岩后生阶段形成的次生孔隙是四个地区深层砂岩的主要储集空间，论证了所研究地区内具有的两个次生孔隙溶蚀带是深层低渗透储层的主要含油气层段，这在东濮还是首次提出。

5. 课题组还根据大量的各项资料，以宏观与微观相结合，对储层进行分类，并建立了分区储层划分标准，对储量计算及勘探开发有一定的参考价值。

6. 该项研究还明确提出了有利勘探的相带和地区，及对生产层的增产措施建议。

评审人建议：

1. 有效储层划分及划分标志，对储量计算和勘探开发是个重大课题，在本研究的基础

上,可进一步开展加深研究,切实全面地解决生产问题。

2.对局部问题,如:“风暴重力流问题。”似需进一步探讨、深入研究。

评审人认为:本课题研究是以教育与生产相结合。充分发挥了高校在科技信息量方面大而新,理论上全面深入又先进的优势,研究解决了油田生产中迫切需要解决的课题,研究成果又得以在教学中应用,油田、学校均有收益。尤其是课题组负责人赵激林、刘孟慧二位副教授在仅仅1年3个月时间内亲自带领年轻的研究人员进行岩心观察、薄片鉴定,应用电镜扫描、阴极发光等作了大量特殊的观察描述鉴定,汇集了大量原始资料,编制了大量基础图件,编写了许多专题研究报告;并对沉积相、微相和成岩相作出了正确的划分和命名。关于沉积相、成岩相对储层发育,纵向上、平面上分布及其对储层物性的影响提出的新观点新认识,是切合实际的,对勘探开发工作有一定作用,所提出的建议有些已在生产中应用,有较好效果。所以通过本项研究工作既完成了生产科研任务,出了成果;又有利于教学,培养了人才。报告思路广泛,文字通顺,图文并茂,达到国内同类课题先进水平,可予通过验收,中原石油勘探局已将本项成果评为1986年局科技进步一等奖。

评审意见汇总人:

中原石油勘探局勘探开发研究院

吴侍林 刘国臣

审核人:

中原石油勘探局勘探开发研究院

朱家蔚

中原石油勘探局(盖章)

一九八七年三月

前 言

继东濮凹陷文留地区盐下含气层系（沙四段）砂体微相及成岩作用专题研究^[5]之后，根据油田勘探开发的实际需要，经协商制定了本项课题研究计划。主要研究方面是：为进一步认识濮城—卫城地区沙三³—沙四段、桥口—白庙地区沙三³⁻⁴段的低孔低渗致密油气层的储集性能，提高勘探效率，解决濮城—卫城地区、桥口—白庙地区沙三段以下致密层的储量计算问题；为油气田开发和采气工艺提供地质依据；同时培养油田在沉积储层方面的研究人才。经有关领导研究决定，制定了本项研究的各项细节，并聘请华东石油学院赵激林、刘孟慧二位副教授主持本项研究。

本专题研究成果也属1986年春石油工业部下达的“七五”期间重点攻关项目之一“中国陆相储层评价”，部级编号为10501，中原石油勘探局和华东石油学院共同承担“东濮凹陷深层的低渗透储层研究，寻找有利储集层”分课题的研究任务。

研究任务如期于1986年8月完成。之后，经在油田汇报，专家评审鉴定至1987年3月。主要研究过程及成果是：

1. 1985年5月初至6月初在油田勘探开发研究院观察描述岩心、采样，收集有关资料。濮城地区濮63等9口井，累积岩心长1087.7米，采样447块；卫城地区卫20等13口井，累积岩心长度1359米，采样700余块；白庙、桥口地区桥16、桥17、白15等13口井，累积岩心长度958米，采样516块。为了与邻区对比，还观察了胡状集、文明寨、古云集、毛岗、马厂、徐集以及文留等地部分沙三段以下取心井段，并采集了部分样品。对每口井的取心井段都进行了连续素描，系统收集岩性、岩相及含油气性等标志，并择重点沉积标志、含油气状态进行了拍照，计用彩色卷（135）8个、黑白卷（135）4个。

2. 6月—7月在华东石油学院进行室内培训，油田四位同志和83级研究生张金亮一道听刘孟慧副教授讲授硕士学位课“岩矿鉴定及成岩作用研究方法”。课程结束时进行了考试，油田同志均获得良好成绩。已建议油田勘探开发研究院将他们的考试成绩归入个人业务档案。在研究过程中，结合查阅外文文献，他们在外文水平及翻译能力上均有很大提高，并完成了成岩作用研究译文集一本（由中原石油勘探开发研究院印刷出版）。

3. 7—9月部分同志赴外地调研及送样测试，部分同志在学院内及胜利油田进行测试及鉴定工作。

4. 9—11月在室内进行薄片鉴定、粒度分析及资料整理工作。

5. 12月完成部分图件、阶段小结五份及阶段总结报告一份。在此期间两位课题负责人还完成了《文留盐下含气层系（沙四段）砂体微相及成岩作用研究》专辑的编辑出版印刷工作。

6. 1986年3月份参加了中原油田三年科技攻关地学成果评审会，提交了第一阶段成果。

7. 1986年3月至8月分地区进行专题研究及总结工作。为了不影响研究进展，在李健同志因故撤走的情况下，如期在8月底完成了全部研究任务。分工是：课题负责人赵激林、刘孟慧除主持整个课题研究工作外，还亲自完成了卫城地区沙三³—沙四段的专题研究，并承担濮、卫、桥、白四个地区阴极发光、扫描电镜、x-衍射及部分压汞资料的综合研究工作及

总结报告的编写；袁正文完成了濮城沙三³—沙四段的专题研究工作，寿建峰在硕士生张金亮配合下完成了桥口—白庙沙三³⁻⁴亚段的专题研究工作。在整个研究过程中，既作到了互相配合，也发挥了每个研究人员的主观能动性。对年轻人，通过独立工作达到了出成果，出人才的目的。

8.综合归纳起来，共完成了如下方面的工作内容，见下表。

东濮凹陷濮一卫地区沙三³—沙四段、桥—白地区沙三³⁻⁴亚段
砂体微相及成岩作用研究成果一览表*

地 区	濮 城	卫 城	桥 口	白 庙	总 计
薄片鉴定	309	514	174	100	1097(个)
铸体薄片鉴定	66	59	34		159(个)
扫描电镜鉴定	20	30	25	16	91(个)
阴极发光鉴定	23	34	24	20	101(个)
x-衍射鉴定	56	56	46		158(个)
粒度分析	107	200	100		407(个)
压汞分析	15	13	10		38(个)
显微照相	72	200	72		344(张)
编辑大型相册	2	11	2		15(册)
单井相分析图	4	9	6	10	29(幅)
平面图件	14	4	7	3	28(幅)
文中插图、表格	100	180	80	50	410(幅)
专题报告	单项专题 5	系统总结 2	系统总结 2	系统总结 1	10(份)

* 另有单项测试总结 4 份，附大型相册 9 本

上述成果及测试报告均存于中原石油勘探开发研究院科技档案室

按阶段完成总报告两份：1)东濮凹陷濮城—卫城地区沙三³—沙四段及桥口地区沙三³⁻⁴段砂体微相、成岩作用研究初步总结(1985,12);2)东濮凹陷濮城—卫城地区沙三³—四段、桥口—白庙地区沙三³⁻⁴亚段砂体微相及成岩作用研究总报告(1986,8)。

限于篇幅，本研究专辑共选入总报告 1 份，专题研究报告 4 份，测试研究专题报告 1 份。除各项研究成果附有插图及表格外，在有关专题中还附有岩矿及储层物性测试原始资料，单井相分析图及岩心宏观特征、偏光微观特征、阴极发光特征和扫描电镜特征的照片 372 幅。需要指出的是课题负责人虽对各专题作了一些统编、修改和补充工作，但也注意保留了一些各专题作者的学术观点。

专题研究组分别在油田及学院开展研究过程中，得到了石油部科技司以及油田和学院各级领导的亲切关怀，并得到各有关职能部门的大力支持，特此深表感谢。85年5月在中原石油勘

探开发研究院一道观察和描述岩心的还有强启后、原道保同志及迟元苓老师，同期参加研究工作的还有地81学生林承焰、王志欣、张锦涛、王中应、王志邦、谢端锦、沈国华等。1986年研究组在刘孟慧副教授指导下，袁政文、寿建峰、研究生姜在兴等又补充收集了濮城、卫城、桥口、胡状集等地区资料，观察描述岩心近千米，同时还有地82学生张天营、杨竹林、刘子良、杨新生、张伟、韩广文等参加了研究工作。在研究专辑编辑出版过程中姜在兴同志协助课题负责人作了大量工作，地85级研究生周丽清、林承焰、王德仁也参加了部分工作。

对四川石油管理局、胜利油田、长庆油田、北京石油勘探开发研究院、华北油田，以及华东石油学院等单位在部分样品的制作、试测中给予的支持表示感谢。

最后，还要特别衷心的感谢应中原石油勘探局之邀为本项专题研究评审付出巨了大劳动的中国科学院资源环境科学局局长、地质研究所所长、国际沉积学家协会理事孙枢教授，地质矿产部成都地矿所所长、国际地科联沉积委员会委员刘宝琚教授，沉积学家、西南石油学院侯方浩教授，岩矿鉴定专家、胜利油田地质科学研究所周自立高级工程师，以及石油工业部北京勘探开发研究院沉积室室主任薛叔浩高级工程师等。对他们在评审中所提出的宝贵意见和建议，我们都作了认真分析和理解，并在正式印刷前，对有关内容作了修改、补充和完善。也不能不感谢86年10月在油田汇报研究成果期间，为我们创造了向油田领导及广大科技工作者汇报、答辩，并听取他们宝贵要求和意见的机会，之后又组织国内外知名学者专家的评审工作，并汇总了各方评审意见的中原石油勘探开发研究院朱家蔚副院长、局科技处周家泗科长，院科技办刘国臣科长和吴侍林工程师等，以及学院及油田科研处的广大同志。

在出版印刷中，华东石油学院出版社印刷厂、胜利油田印刷厂和中原石油勘探开发研究院印刷厂都给了大力支持，特致谢意。

限于时间及水平，研究专辑中难免有缺点和错误，敬请指正。

华东石油学院—中原石油勘探局

砂体微相及成岩作用专题研究组

一九八七年六月

东濮凹陷濮城—卫城地区沙三³—沙四段、 桥口—白庙地区沙三³⁻⁴亚段 砂体微相及成岩作用研究

赵激林 刘孟慧

袁政文 寿建峰 李健 张金亮

前言

东濮凹陷或东明凹陷为渤海湾盆地临清拗陷的次一级沉积单元，呈北北东向延伸，南宽60公里、北宽15公里，南北长140公里，面积约5300平方公里。东以兰聊断裂系与鲁西隆起为界，西与内黄隆起呈超复接触，南隔兰考凸起与开封拗陷中的中牟凹陷相望，北以马陵断层与莘县凹陷相连，是一个以古—中生界为基底，新生界沉积为主的地堑式断陷盆地。北东、北北东向的主断裂系控制了凹陷的形成与演化，从早期的单断阶段到晚期的双断阶段，最后形成两洼一隆一斜坡的构造格局。古构造的发展与演化控制了新生界的沉积作用。

新生界沉积厚度达7000公尺，地层系统^[2]与渤海湾周缘的其它盆地相似。下第三系沙河街组可划分为两个大的沉积旋回。沙四段—沙三段—沙二下段水体深度为浅—深—浅，是第一个沉积旋回；沙二上段—沙一段—东营组，水体深度同样是浅—深—浅的演变，构成第二个沉积旋回。沙河街组有四套巨厚的膏盐沉积，累积厚度逾千米，其中三套属沙三段，即沙三⁴盐（或文23盐）、沙三³盐、沙三²盐（或文9盐）。这三套盐有明显地纵、横向变化，膏盐沉积经常相变为碎屑岩。碎屑岩主要由暗色泥岩、页岩、油页岩、粉砂岩和细砂岩组成。沙三段三套膏盐的时空展布明显地控制油气藏的形成与分布。另一套膏盐沉积分布在沙一段。这四套膏盐层主要分布在凹陷北部，显现沉积作用的南北分异现象，这是东濮凹陷下第三系的最大特色，特别是膏盐沉积多集中在沙三段时期是有别于渤海湾周缘其它下第三系拗（凹）陷。

本项研究的四个地区分别位于东濮凹陷的北部和南部，它们的具体位置参看图1—1。根

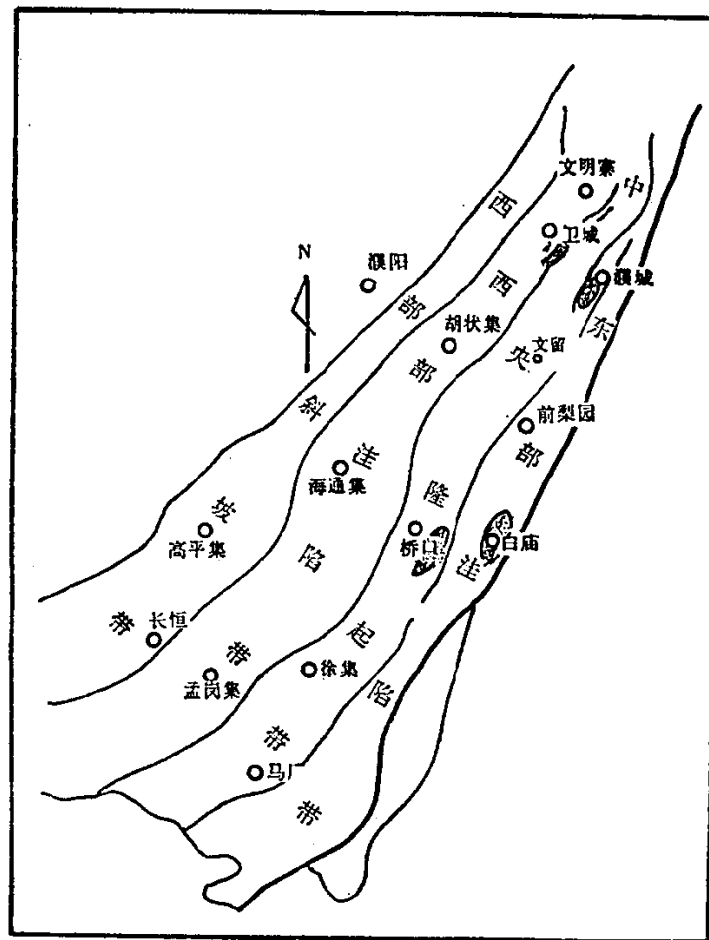


图1—1 东濮凹陷构造及研究区位置图1:100万

据协议书中规定的任务，四个地区的重点研究目的层均是深部低孔、低渗含气层系，研究过程中我们也兼顾了其它的含油层系。北部濮城—卫城地区重点研究层段是沙三⁴—沙四段，其埋深浅于南部地区，研究过程中向下扩展到高阻红层，向上扩展到沙三³亚段；南部桥口—白庙地区重点研究层段为沙三³⁻⁴亚段，指与北部地区地层对比后而建立的体系而言，但较北部沙三³⁻⁴亚段埋深大的多，研究过程中扩展到沙三²亚段。基于北部和南部研究目的层系在埋藏深度上存在较大差别，而导致在成岩作用强度、孔隙性和渗透性演变、有效储层的厚度和级别等方面的差异。本次研究的实际深度范围，北部濮城—卫城地区的沙三³—沙四段（甚至包括一部分高阻红层）其埋藏深度大致限定在2600—3600米；而南部桥口—白庙地区沙三³⁻⁴亚段（甚至包括部分沙三²亚段）其埋藏深度范围大致限定在3200—4600米；即使钻深达4600米的井，在桥口—白庙构造翼部或邻近深洼地区也未能钻达沙三⁴亚段底部，故桥口—白庙地区深部含气层系的储层及其分布规律的研究是一个待长期研究的课题。

本文是在第一阶段研究报告（1985.12）和四个地区专题研究，以及各项鉴定测试专题研究的基础上，结合本课题的主要研究目的和任务综合编写而成，并概括成八个具有观点性的问题加以论述。四个地区的详细研究情况和有关鉴定测试资料的分析应用，参看2至6专题研究论文。

一 四个地区两类沉积体系

（一）濮城地区沙三³—沙四段湖底扇及深切—拐弯重力流水道体系

濮城地区（或濮城油田）是东濮凹陷北部的的主要产油区之一，有多套含油气层系。濮城构造为一东深西浅、北高南低的箕状翘倾断块，东界以兰聊断裂系与鲁西隆起相邻，西以濮城断层与濮卫洼陷相邻，南为文留地区、北为范县凸起，呈北北东向延伸。进一步可划分为西部的断阶—屋脊带和东部的濮城洼陷两个次级构造单元，面积约80平方公里，参看图1—2。

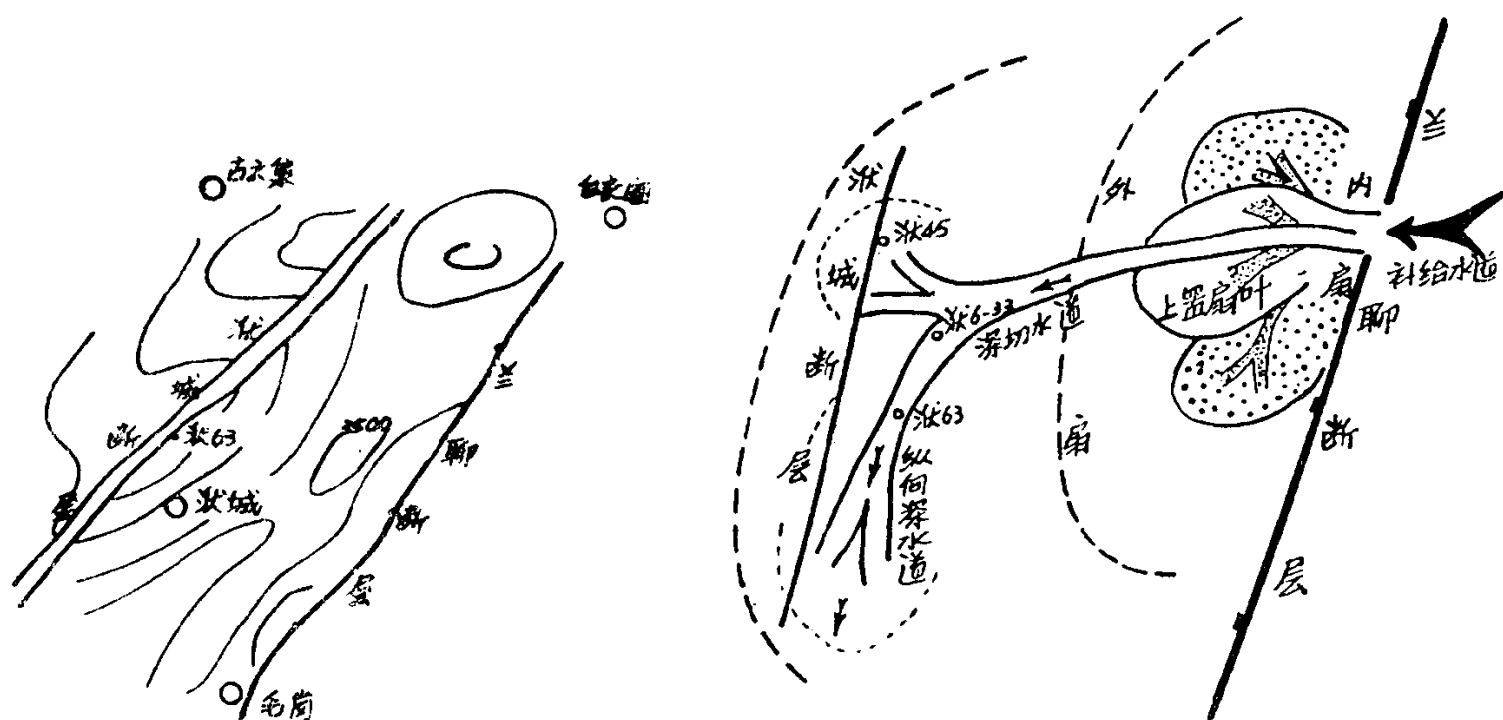


图1—2 濮城地区沙三³⁻⁴亚段构造体系（左）及相模式（右）示意图

本次重点研究的10口取心井中，主要以濮63、濮6—33、濮45等井的沙三³至沙三⁴亚段，对濮115、濮120井的沙三³亚段取心井段也作了研究；濮深3、濮33、濮35取心较少，但对研

究沙四段—孔店且高阻红层致为重要。四口主要单井相分析图参看附图中的濮图 1 至 4。重点岩相分析井是濮 63 井，其完钻井深 3628.28 米，钻至沙四⁴亚段较系统取心 167.13 米，其沉积特征及分析测试资料基本上反映了濮城地区的岩性、岩相特征（附图—濮图 4）。濮 63 井沙三³—三⁴亚段由深灰色泥岩、油页岩、盐膏层夹粉—细砂岩、粉砂岩组成。该套地层砂岩较薄，为一水进沉积层序。各砂层组的厚度、砂岩比例、镜下鉴定结果参看表 1—1。砂岩组分中一般石英 80—90%、长石 3—8%、岩屑 6—15%，杂基 5—15%、胶结物 12—20%。

泥岩中粘土矿物（5 个样品平均值）伊利石 44%，蒙脱石—伊利石混层粘土 43.2%，高岭石 5—8%，绿泥石 3—6%（取自 x-衍射分析）。

岩心中沉积构造较丰富，有递变层理，平行层理，块状层理、斜波状层理、大型交错层理、旋涡层理、冲刷—充填构造、槽模、沟模，以及与风暴重力流有关的丘状交错层理；同生变形构造有重荷构造、滑塌变形构造、泄水构造和水下岩脉等；生物潜穴也较常见。参看照片 33、34、35、36 等。

粒度范围 0.04—0.12 毫米，杂基含量高，分选差，有时显似斑状结构；粒度概率图中 A 段为单段上凸弧形，B 段为粗粒双段式，C 段为细粒双段式，显重力流、重力流—牵引流过渡的沉积类型。

浊积岩可明显地划分出沟道型和非沟道型两种基本类型，前者为卵石质砂岩，叠复冲刷“AAA”序、“ABAB”序砂岩、块状砂岩等；后者为不同序次的典型浊积岩。似乎也能划分出一部分浅水重力流沉积岩层，如具丘状交错层理的粉—细砂岩及具斜波状层理的泥质粉砂岩，依此初定为风暴重力流沉积，或受风暴改造的沉积体系。

石膏—岩盐与黑色泥—页岩频繁间互呈现纹层状，二者属沉积共生，还见发育的变形现象。暗色泥—页岩中见有黑色燧石，呈块状及结核状。除濮 63 井外，在濮 115、濮 45、濮 120 的沙三³—沙三⁴亚段黑色泥—页岩中亦见有黑色燧石，系沉积—同生阶段自生产物，反映深水沉积环境。

表 1—1 濮 63 井沙三³⁻⁴亚段砂岩镜下鉴定结果

地 层		井 段 (米)	砂 岩		陆源组分含量			盆内碎屑含量			杂基 %	胶结物 %	样品数
亚段	砂组		厚度	%	石英	长石	岩屑	砂屑	泥屑	鲕粒			
沙三 ₃	六	3245—3266	2.2	10.5									
	七	3266—3292	3.4	13.1	76	11	13		10		10	10	1
	八	3292—3339	3.6	7.7									
	九	3339—3379	13.4	40.6	82.4	5.9	11.7	3	3.3		12.7	9.1	9
	十	3379—3390	3.6	18.0	85.0	3.5	11.0			0.5	10.0	18.5	2
沙三 ₄	一	3390—3421	0	0									
	二	3421—3448	13.8	51.1	87.4	3.4	10.1	2.8	3.2	0.9	10.5	14.6	19
	三	3448—3491	13.8	32.1	83.4	4.6	9.7	0.7	0.5	0.3	12.0	12.9	27
	四	3491—3549	17.6	30.3	88.6	4.3	6.5	1.2		1	8.7	16.8	19
	五	3549—3601	21.4	41.2	87.8	4.5	7.9	3.9		0.1	6.2	18.7	18
合 计		3245—3601	92.8	25.8	85.96	4.45	9.05	2.02	1.2	0.49	9.94	14.85	95

综合濮城地区沙三³—沙四上亚段的诸单井相分析资料,可划分出暗色泥-页岩相、石膏-岩盐相、暗色硅岩相及浊积岩相,四种岩相类型的沉积特征及它们之间的相互组合,反映了各种沉积事件,都是发生在较深湖—深湖为主的沉积环境中,油气储层主要是浊积岩砂体。进一步综合岩性岩相资料、地层厚度变化、砂岩厚度变化、砂泥比变化,以及测井、地震信息,均证实濮城地区沙三³—沙四上的浊积岩储层为湖底扇—深切并拐弯重力流水道体系。其特征与沙三³⁻⁴亚段下部的白庙湖底扇类似,发育与演变受兰聊断层、濮城断层的活动所控制,相模式及亚相、微相划分参看图1—2和表1—2。其不同于白庙湖底扇之处,在于有明显的深切拐弯重力流水道沉积,由濮6—33向南具北北东向的纵向深水道。国内外不少油田的勘探事实已证实,这类深湖环境中的水道砂体通常为油气富集高产区。

风暴重力流与受风暴重力流所影响的沉积作用在濮城沙三³—沙三⁴亚段中不发育,仅见于濮63井沙三⁴第五砂层组。

表1—2 濮城地区沙三³—沙三⁴亚段湖底扇亚相、微相及其沉积特征*

亚相及微相类型		重力流及其沉积作用	沉积特征及主要岩石类型
补给水道		碎石流、泥石流	砾质泥岩、杂乱堆积砾岩、滑塌岩
深切水道 (与主沟道重合)		深切上置扇叶 直达深水洼地	略显递变杂基支撑、颗粒支撑的砂砾岩,卵石质砂岩,块状砂岩。最大粒径可达6厘米(濮6-33),夹于大套暗色泥岩中
中部扇亚相	辫状沟道 微相	颗粒流、液化流 油流	叠覆递变“AAA”序、“ABAB”序油积岩,块状砂岩、液化砂岩、平行层理砂岩,以及少见的ABCDE序典型油积岩等
	沟间微相	颗粒流、浊流	以BCDE序、CDE序典型油积岩为主,页岩、油页岩中的滑动变形构造发育
	中心微相	油流	以CDE序、DE序典型油积岩为主,间有BCDE序
外扇亚相		油流	发育的DE序,少量CDE序,特征是均夹于大套暗色泥岩中
风暴重力流亚相		由于风暴或滑塌产生的密度流	除重力流沉积特征外,尚有较明显的牵引流沉积特征及丘状交错层理

* A—鲍玛层序A段,递变层;B—鲍玛层序B段,平行纹层粉-细砂岩;C—鲍玛层序C段,斜波状层理粉-细砂岩;D—鲍玛层序D段,模糊纹层泥质粉砂岩;E—鲍玛层序E段,暗色泥-页岩。ABCDE、BCDE、CDE、DE均指不同序次的鲍玛层序。白庙和濮城的湖底扇中典型浊积岩的统计结果表明,完整的ABCDE序典型浊积岩少见;卫城和桥口两地区重力水道体系中典型浊积岩较发育,但ABCDE序也仅占典型浊积岩的5%左右。

“AAA”序或A段叠复冲刷砂岩(含砂砾岩)及“ABAB”序或AB段叠复冲刷砂岩(含砂砾岩),为不符合正常鲍玛水动力学机制的浊积岩,代表沟道或水道环境形成的浊积岩,在东濮凹陷下第三系湖底扇水道、中央隆起带重力流水道等环境中常见。

(二) 卫城地区沙三³—沙四亚段重力流水道沉积体系

卫城油田位于东濮凹陷中央隆起带北端，是一个被断层复杂化的半背斜构造。孔一段至沙四下亚段红层为盆地发育早期的单断箕状凹陷洪水重力流沉积，沙四上—沙三³亚段为断槽型重力流水道沉积。重力流水道的形成与展布受卫西断裂系的发育与演化的控制，呈北北东向展布。卫城油田与濮城油田以长形的濮卫洼陷相隔。卫城构造下第三系埋深浅于邻近地区，不少井钻达或钻穿沙四—孔店组红层。沙三³—沙四段的层序完整，沙四段具明显两分性，可以与文留地区对比。沙三³—沙四上亚段是卫城油（气）田的主要含油气层系之一，为文留地区沙三⁴含盐段向北的相变层段。

卫城地区沙三³—沙四段取心井较多（图1—3），如卫18—5、卫20、卫40、卫47、卫57等（参看附图中的卫图1至9），故岩性、岩相资料较丰富。重点剖析了卫20及卫18—5井，特别是卫20井位于构造中部，具有一定代表性。卫20取心深度为2274.83—2985.10米，取心次数62次，岩心长272.39米（附图—卫图5）。沙四下红层基本断缺，仅剩12米，故本井重点研究的是沙三³—沙四上亚段。

卫20井沙三³—沙四上段岩石类型较单调，主要由粉-细砂岩、粉砂岩，以及白云质泥岩、泥质白云岩组成。130余块薄片及部分压塑片鉴定结果表明，本段地层富含白云质。陆源组分含量是：石英60—90%，长石<10%，岩屑10—30%，主要属岩屑质石英砂岩类。粘土杂基和碳酸盐杂基10—25%左右，粘土矿物主要是伊利石及伊利石—蒙脱石的混层粘土。常见的胶结物有方解石、白云石、铁白云石，其次为硬石膏、石膏、石英。

沉积构造有递变层理、平行层理、斜波状层理、断续平行层理及块状层理等，其它标志有旋涡构造、变形层理、泥质撕裂屑、槽模、沟模以及各种泄水构造等。参看照片6、10、13、14、20、25、27、28、29、30、31、32、37、38、39、43、44、49、51、54、56、59、60等。

综合卫城地区各取心井沙三³—沙四上亚段岩性、岩相特征，并结合地层厚度、砂岩厚度、砂泥比变化以及测井、地震资料，确定该区油气储层砂体主要形成于较深水环境中的非扇纵向重力流水道体系（表1—3），可划分出重力流水道、水道间、典型浊积岩等三种微相类型。重力流水道受深水水下隆起中的北北东向展布的断槽控制，以含砾、具递变层理、叠复冲刷“AAA”序、“ABAB”序的细砂岩、粉-细砂岩和块状砂岩为特点，砂体呈带状分布。水道间沉积属重力流深水道与浅水道之间的一种漫溢沉积，按岩性粗细及鲍玛层序类型可划分为以BCDE序为主的近水道漫溢沉积和以CDE序为主的远水漫溢沉积。典型浊积

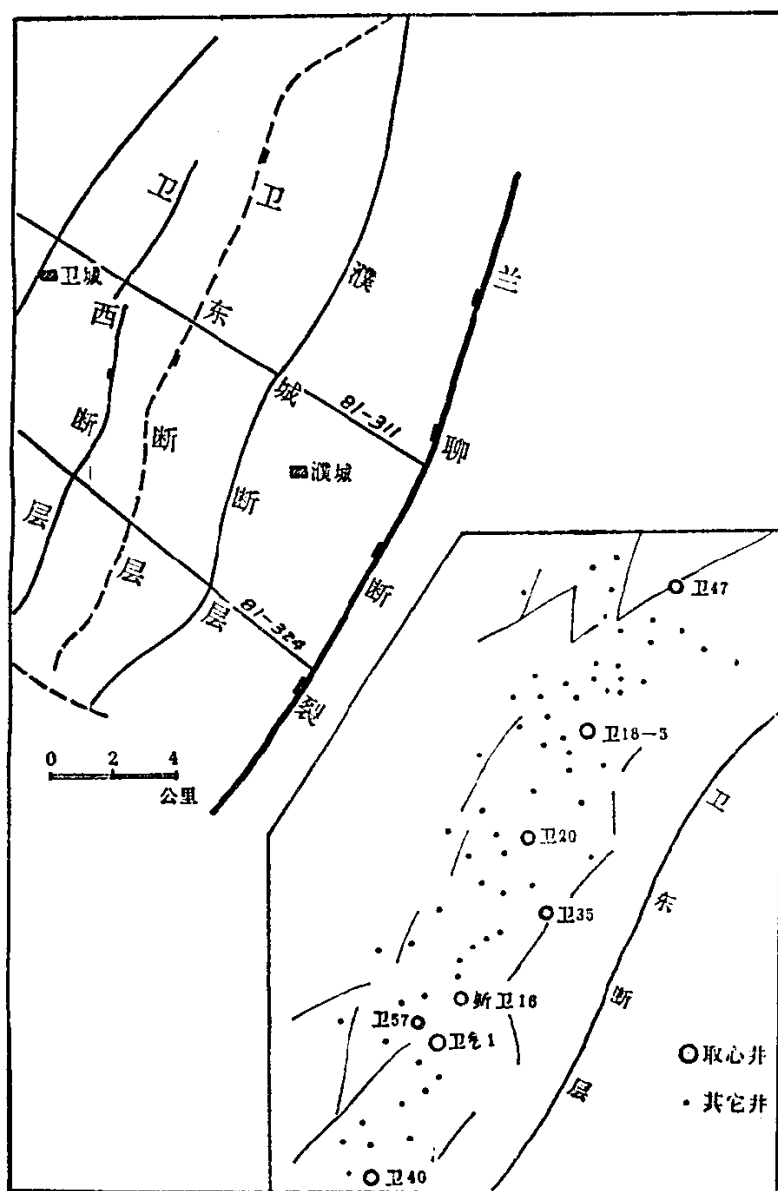


图1—3 卫城地区构造简图及主要取心井井位分布图

岩微相专指远离水道或与水道无关的浊流沉积，粉砂岩、泥质粉砂岩夹于暗色泥岩之中。

表1—3 卫城地区沙三³—沙四¹亚段相标志与微相类型

微相 相标志	重力流水道沉积	水道间沉积	典型浊积岩
岩石类型	含砾细砂岩、砂粉岩，块状粉—细砂岩，以及少量泥质粉砂岩，具滑塌岩	粉砂岩、泥质粉砂岩，以及少量粉—细砂岩，夹有泥质薄夹层	粉砂岩、泥质粉砂岩与泥质岩互层
沉积构造	递变层理、平行层理、斜波状层理、旋涡层理、撕裂屑、变形层理，以及槽模、沟模、泄水构造等	斜波状层理、旋涡层、撕裂屑发育，具少量平行层理，也见槽模、沟模、泄水构造及重荷构造等	斜波状层理、撕裂屑常见，也有少量旋涡层、断续平行层理，偶见槽模、沟模
镜下特征	颗粒支撑为主，显似斑状结构，再沉积组分发育	颗粒支撑和杂基支撑，显似斑状结构，也见微递变、微冲刷、撕裂屑及再沉积组分	杂基支撑为主，可见微递变及微冲刷现象
层序组合	“AAA”序、“ABAB”序、“ABC”序、“BCDE”序和“BCE”序	“BCE”序、“BCDE”序和“CDE”序	“CDE”序、“CE”序、“DE”序，少量“BC”序
重力流体系	颗粒流、液化流、浊流，间有滑塌—变形作用	浊流、颗粒流	浊流（远源为主）

有关各井的垂向层序和微相组合参看《卫城地区沙三³—沙四段砂体微相及成岩作用研究》中的图2—8至2—21。

（三）桥口地区沙三³⁻⁴亚段重力流水道沉积体系

桥口地区（或桥口气田）位于东濮凹陷中央隆起带的中部，濒临黄河，构造为半背斜状。其发展与演化受黄河断裂系控制，面积约60平方公里，构造东翼含气层位偏低，最深井已钻达沙三³⁻⁴亚段下部含气层系，属低孔低渗储层，也是本专题研究的重点。地质部和石油部先后钻井近40口，较系统取心的有桥16、桥17、开24、开29、开31，以及近期的桥14、桥20、桥24、桥25、桥31、桥37等井。已发现沙一段、沙二段、沙三段及沙四段等四套含油气层系，其中沙二段的油层和沙三³⁻⁴亚段气层为主要勘探目的层。为进一步提高本区勘探效果，扩大天然气的储量及产量，急需加强沉积相及储层性质的研究。

单井相分析重点研究了桥16、桥17，辅之开31、桥20、桥24等井，参看附图中桥图1—6。综合各井沙三³—沙三⁴亚段的成分、结构、构造特征是：碎屑岩以高成分成熟度、低结构成熟度、富含盆内再沉积组分和高碳酸盐含量为特征。粉—细砂岩中陆源石英含量一般大于70%，平均72.5%，纵向变化小；长石平均含量17.1%，个别高达35%；岩屑平均7.9%，岩屑成分主要为酸性喷出岩、低级变质岩、硅岩及沉积岩岩屑。圆度一般为次圆—次棱，分选普遍差，“似斑状”、漂浮状及搅混结构常见，灰质包壳及灰泥杂基含量高，而粘土杂基含量偏低。

重力流和牵引流兼而有之的构造特征：（1）十分发育的同生变形构造，如变形层理、碎屑岩脉、重荷构造、砂球和砂枕构造、火焰构造及旋涡构造等，这些构造的产生与沉积物

泄水及液化有关,反映重力流沉积特点;(2)层理类型多样,主要有块状层理、递变层理、平行层理、丘状交错层理、浪成交错层理、斜波状层理、压扁层理、波状层理和透镜状层理等,丘状交错层理(HCB)是风暴重力流所特有的构造特征;(3)冲刷-充填构造和截切构造十分发育;(4)深水遗迹化石及浅水遗迹化石均常见;(5)概率曲线多为平缓两段式,为重力流和牵引流兼而有之的水流体系特征,参看照片11、26、40、42、55等。

综合岩性、岩相、地层厚度、砂岩厚度、测井及地震等资料,确定桥口地区沙三³⁻⁴亚段砂岩储层的发育与演变主要受制于深水环境中的重力流水道沉积体系,其形成机制、相模式(图1—4)及砂体展布规律(图1—5)是:桥口地区在沙三³⁻⁴段时期,由于黄河断层及其东侧派生的次级小断层的控制下,形成了一系列北北东向延伸的“断槽”或深水沟道,成为来自白庙水下扇的滑塌重力流和来自马厂方向的轴向重力流的通道。在断槽的深部部位,形成深水水道重力流沉积,以沟道型浊积岩为特征。沉积物重力流溢出水道时,就形成近水道漫溢和远水道漫溢沉积,前者以BCDE序、CDE序典型浊积岩为特征,后者以CDE序、DE

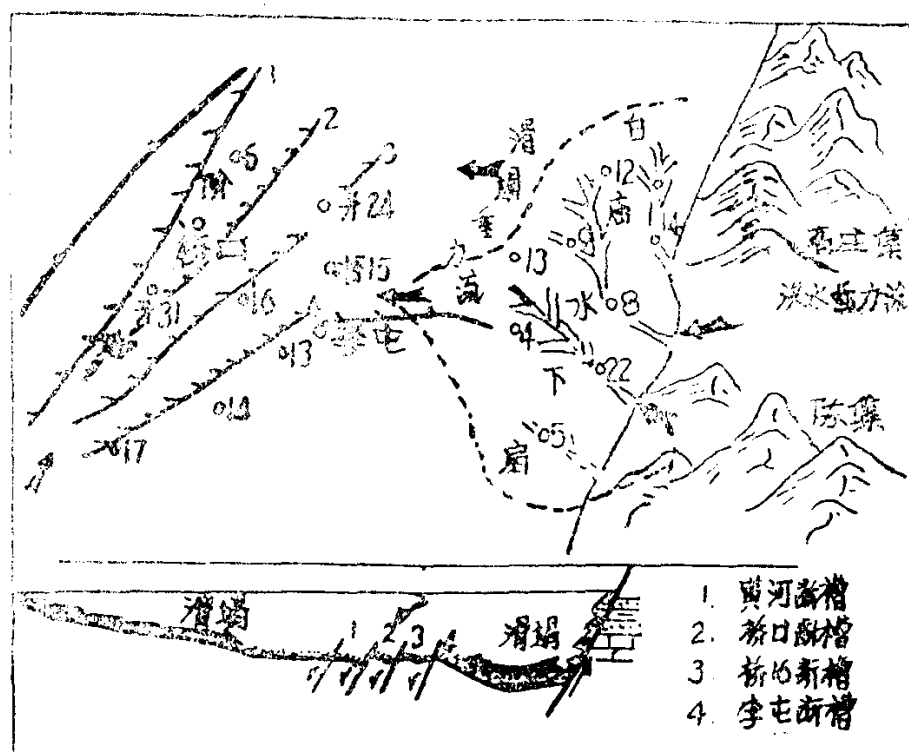


图1—4 桥口重力流水道和白庙湖底扇沉积体系

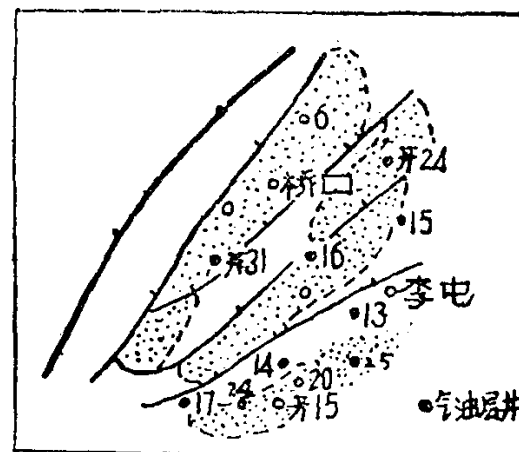


图1—5 桥口地区沙三³⁻⁴亚段砂体展布图

序典型浊积岩为特征。在水道的不同部位尚可次级小水道,由于断裂活动,水道可以发生迁移,导致水道型砂体及其在沉积层序上发生不连续性变化。近期勘探进一步证实,桥口构造东翼、东南翼邻近葛岗集洼陷的李屯断层的发育和演变对该区沙三³⁻⁴亚段下部砂岩储层的展布有明显控制作用,砂体的展布呈北东向。濮深10井、桥37井的勘探也证实,从白庙构造西北翼至桥口构造东北翼之间有重力流水道砂体,系沙三³⁻⁴时期白庙湖底扇伸向桥口方向的深切水道所致。新的勘探结果不断证实,白庙—桥口构造之间的深洼陷中有着良好的勘探前景,其砂体展布主要受制于两地区的陆源碎屑重力流沉积体系。

根据下述一些标志(图1—6)及沉积层序,初步证实桥口地区沙三³⁻⁴亚段上部存在风暴重力流沉积[19]。如图1—7b所示,暗色泥岩之上有一明显冲刷面和再沉积的泥砾,平行纹层粉-细砂岩含有平行排列泥砾及剥离线理,系定向水流所致,层序的上部为斜波状层理粉-细砂岩和丘状交错层理钙质粉-细砂岩,粉-细砂岩中普见泥包壳颗粒及方解石嵌晶式胶结。

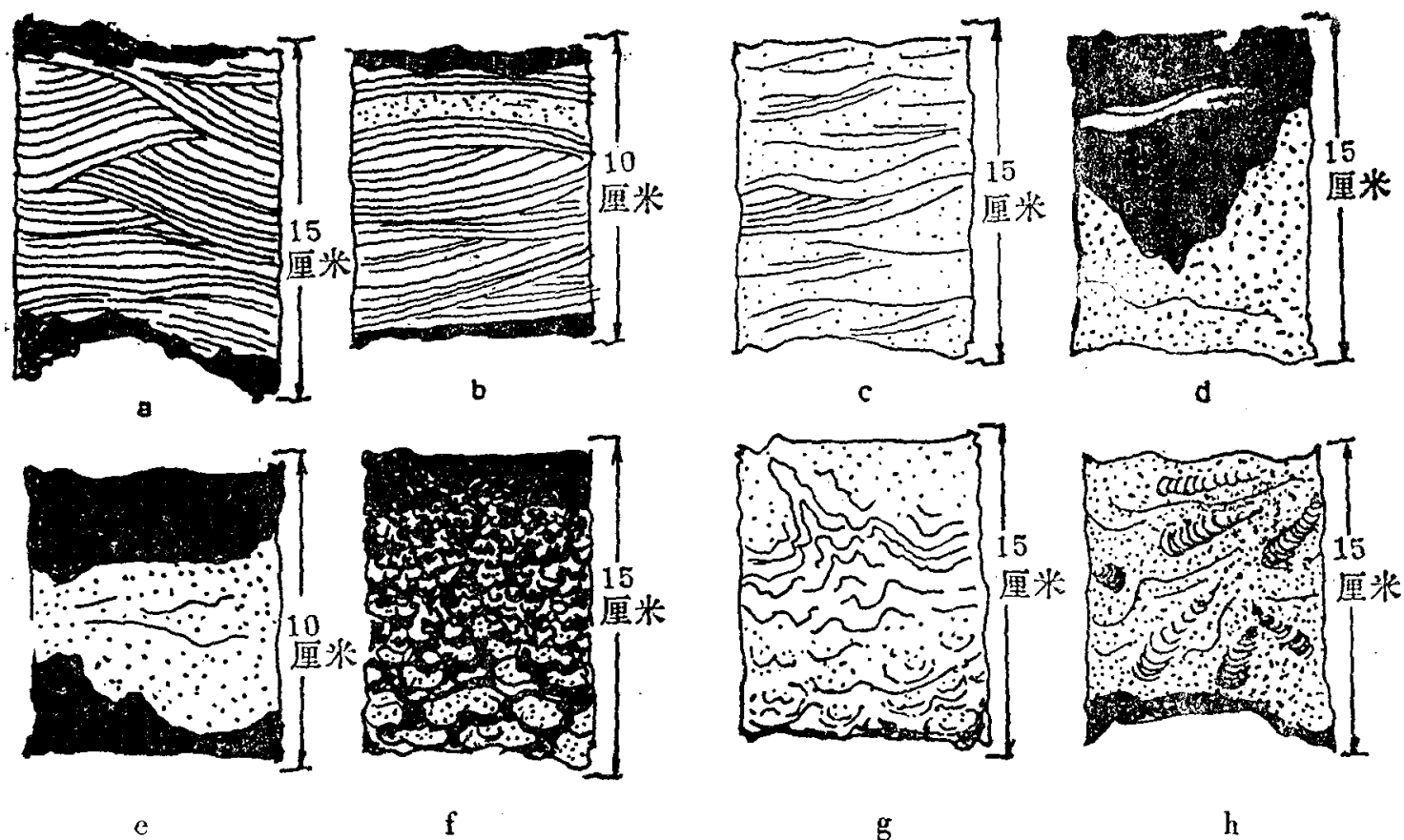


图1—6 风暴重力流沉积的一些构造标志

a—丘状交错层理，桥17，3629.21米；

b—平缓丘状交错层理，桥17，3⁶/₂₃；

c—浪成斜波状层理，桥16，17¹⁰/₄₆*；

d—截切构造，桥16，6⁵/₃₁；

e—冲刷-充填构造，桥16，19⁵/₅₅；

f—重荷构造，桥16，17²⁹/₄₆；

g—火焰构造，桥16，16²⁵/₅₅；

h—生物扰动构造，潜穴，桥17，20⁰/₂₁

* 17为取心次数，¹⁰/₄₆为取心数块

图1—7a厚约35厘米，底界仍为突变，粉-细砂岩具丘状交错层理并隐见潜穴，有的潜穴可能充当了液体逃逸的管道，从而难于分辨。顶部与暗色泥岩接触，界面下面有生物活动的痕迹及垂直潜穴。上述特征及层序与海相风暴岩^[19]有某些相似之处，但其规模、形成机制、砂体分布，以及与油气聚集的关系都还待作进一步研究，但作为新的观点，探索其与储层砂体的形成、分布及物性关系还是有意义的。

(四) 白庙地区沙三³⁻⁴亚段湖底扇沉积体系^{[3][4][37]}

白庙地区（或白庙气田）位于桥口地区东侧、黄河南岸，是属于毛岗—新庄断裂构造带的次级构造单元，为逆牵引型的背斜构造。东以兰聊断层与鲁西隆起相邻，南北分别濒临葛岗集洼陷和前梨园洼陷（图1—8）。沙二至沙三段为主要含气层系，本次重点研究沙三³⁻⁴亚段的低孔隙、低渗透储层及其分布规律。

白庙地区有许多取心井，但取心长度均较短且分散，较有代表性的是白7、白9、白10、白12、白14、白15和白22等井，参看附图中的白图1—10。综合近几年对白庙地区沙三段的沉积相研究，确定其主要是湖底扇（Sublacustrine fan）沉积体系，证据较充分，适于采用沃克（G.R. Walker, 1978）的海底扇（Submarine fan）相模式及其浊积岩分类方案^{[29]、[30]}。其基本沉积特征是各类粗-细碎屑浊积岩夹于较深湖—深湖暗色泥岩之中。浊积岩相包括：正递变、反递变和杂乱砾岩相，滑塌岩相，颗粒支撑砾岩相，块状砂岩相，以及具有鲍玛层序的典型浊积岩相。实际上也可归并为沟道型浊积岩及典型浊积岩两种基本岩相类型。有关白庙湖底扇的亚相和微相划分及其相标志参看表1—2及照片1、5、7、8、9、