



石油地质进展丛书 4

Advances in Petroleum Geology Series 4

碎屑岩沉积相研究

Study of Clastic Sedimentary Facies

中国石油学会石油地质委员会编

Edited by Petroleum Geology Institute of Chinese Petroleum Society

石油工业出版社

The Petroleum Industry Press



P618.13 / 023

070360



00688369

石油地质进展丛书4

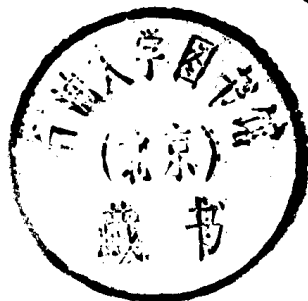
碎屑岩沉积相研究

中国石油学会石油地质委员会编

S9/54/22



200202627



石油工业出版社

内 容 提 要

本书比较全面地反映了我国碎屑岩沉积相的研究现状和实际水平。全书论文选自中国石油学会石油地质委员会召开的第二届全国碎屑岩沉积相学术讨论会，其内容主要包括盆地沉积分析、砂体类型、沉积相研究在油田开发中的应用，地震、测井、数学地质等方法在沉积相研究中的应用，以及成岩作用和现代沉积研究，是一部内容丰富具有一定学术水平的文集，可供从事沉积学研究的科技人员参考。

石油地质进展丛书 4
碎屑岩沉积相研究
中国石油学会石油地质委员会编

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京顺义燕华营印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 23³/₄印张 581千字 印1—1,500
1988年7月北京第1版 1988年7月北京第1次印刷
书号: 15037·2869 定价: 4.50元
ISBN 7-5021-0010-5/TE·11

序

中国石油学会石油地质委员会自1979年成立以来，举办了多种形式的学术交流活动，不仅活跃了学术空气，而且对发展我国石油地质学理论和油气勘探工作起到了一定的促进作用。在各种专业学术会议上，交流和宣读了大量具有较高理论水平，并能够指导油气勘探工作的论文和科研报告。但由于石油地质委员会没有与其学术活动相适应的公开刊物，以及受到各方面条件的限制，只有极少量的论文得以出版，而更多的优秀论文和科研成果未能编纂成册，给科研、生产、教育部门的利用带来不便，实为可惜。

为了更好地促进学术交流，不断提高我国石油地质学术水平，推广科技成果，系统地积累各类学术资料，为油气勘探、科学研究和人材培养服务，石油地质委员会决定自1985年起编辑出版《石油地质进展丛书》，我们将选择各种专业学术会议上交流的具有较高理论水平和实际应用价值，并能代表国内外科学技术发展方向的论文和科研成果，按石油地质构造、地层古生物、沉积相与沉积环境、油气生成及有机地球化学、油气藏形成、资源评价以及地震、测井、遥感技术、数学地质、实验技术等专题编纂成册，交石油工业出版社出版、发行。

中国石油学会名誉理事长康世恩同志为《石油地质进展丛书》题词：“石油地质科学研究要展望未来”，对编辑出版这套丛书寄予很大的希望和提出了很高的要求。我们将本着这一精神，努力探索，开拓石油地质学的新领域。我们将把《石油地质进展丛书》作为反映我国石油地质理论进展和油气勘探实践的窗口，并使之成为石油地质科学研究和生产实践之间的一座桥梁，起到指导油气勘探工作的作用。

在我国新的历史时期中，为实现四个现代化的宏伟目标，加速发展我国的石油工业，用先进的石油地质学理论、先进的油气勘探技术和方法，对我国油气资源进行全面的预测和评价，指出油气勘探方向和有利的油气富集区，是我会组织各种学术活动的宗旨，我们将遵循“百花齐放，百家争鸣”的方针，提倡不同学术观点的讨论，在《石油地质进展丛书》上刊载不同学派的科研成果和学术论文。欢迎广大石油学会会员和各有关部门及单位的石油地质科学工作者，积极发表独到的见解、观点和创造性的成果，为繁荣我国石油科技事业，为发展我国石油工业作出卓越的贡献。

中国石油学会石油地质委员会

1985年3月

Preface

Since the founding of the Petroleum Geological Institute of the Chinese Petroleum Society in 1979, different forms of academic activities have been organized to make provisions for its members to exchange their learnings which have not only created a lively academic atmosphere among the members but also acted as a catalyst in the development of petroleum geology both in theoretical research and in practical exploration. Large numbers of papers or findings have been presented to or read in the different symposiums which win the consensus of having fairly high theoretical level, capable of guiding field work. Due to the lack of a publication of its own and limited by many other factors, only a very few of the articles have been selected and published, leaving many of the equally outstanding papers aside, which is quite a big loss to the research, production as well as educational institutions.

As a way out, the Petroleum Geological Institute has decided to edit, starting from the year 1985, this publication called "Advances in Petroleum Geology Series", in order the better to promote academic exchanges, raise the level of petroleum geological science, propagate research results and accumulate, in a systematic manner, materials on different subjects for the use of explorationists, research workers and teaching personnel. The primary source of articles will be those from the symposiums organized by the Petroleum Geological Institute which are considered to be outstanding both in theoretical level and in practical value, and representative of the scientific achievements and trend of development of geological science at home and abroad. The subjects to be covered by the series will be: petroleum geological structures, stratigraphic paleontology, sedimentary facies and sedimentary environment, origin of oil and organic geochemistry, formation of oil and gas pools appraisal of resources, as well as seismic survey, well logging, remote sensing technique, mathematical geology, experimental techniques etc. It is a specialized publication of open circulation, published in series by the Petroleum Industry Press.

In commemorating the first issue of "Advances in Petroleum Geology Series", Comrade Kang Shien, Honorary Chairman of the Board of Directors of the Chinese Petroleum Society, sends us his words of encouragement saying: "The research in petroleum geology should aim at forecasting the future". These words have placed a very high demand on the publica-

tion of the series. And in the spirit of these words, we should make efforts to explore and unremittingly to open up new areas for the development of petroleum industry, and through the publication of this series as a window to reflect our progress and as a bridge to link scientific research with production, guiding our way in the search of oil.

In this our new historical epoch with the realization of four modernizations as our grand goal, we, as workers of the petroleum industry, must direct all our academic efforts toward speeding up the development of the industry through the introduction of advanced geological theories and application of advanced exploration techniques, so as to do well the work of resources forecasting and appraisal and of locating abundant oil and gas accumulations. We will stick to the policy of "letting a hundred flowers blossom and a hundred schools of thoughts contend". Discussion of different views and different schools of thought will be encouraged, and scientific treatises and academic papers from different schools will be accepted and published. Members of the Chinese Petroleum Society and petroleum geologists from related departments are welcome to make their contributions for a common cause—a flourishing petroleum science and a prosperous petroleum industry.

Petroleum Geological Institute
Chinese Petroleum Society
March, 1985

前 言

随着我国油气资源及层控矿床勘探开发事业的发展,自1980年第一届全国碎屑岩沉积相学术讨论会以来,我国碎屑岩沉积相的研究在深度和广度上都取得了进一步的普及、提高和深入。值得指出的是,近年来随着许多新概念、新理论、新技术和新方法的不断涌现,无疑对碎屑岩沉积相研究水平的提高起到了重要的促进作用。实践证明,沉积相的研究成果,在油气勘探和层控矿床勘探中突出的指导作用,越来越多地引起科学家的广泛重视。

为了总结交流科研成果,中国石油学会石油地质委员会于1985年9月在大庆油田召开了第二届全国碎屑岩沉积相学术讨论会。来自石油、煤炭、地质、冶金、中国科学院和有关院校的专家、学者130余人参加了会议。收到学术论文151篇,内容涉及盆地沉积类型分析及沉积体系的形成机制研究、砂体类型、盐湖沉积、沉积相研究在油田开发中的应用,地震、测井、数学模拟等方法在沉积相研究中的新成果,成岩作用以及风暴流沉积等等。还有专题评述国外沉积学进展和国外湖泊沉积及河流沉积研究的报告。这些科研成果不仅反映出我国碎屑岩沉积相的研究已进入自我发展和创新的阶段,而且也充分说明了我国碎屑岩沉积相研究领域蓬勃发展的可喜局面。

为反映近年来我国碎屑岩沉积相的发展现状和水平,便于在更大范围内交流和普及,经有关专家和会议代表推荐,现选编了31篇有代表性的论文,汇集成集出版。

本书论文征集、审编工作是由中国石油学会石油地质委员会王书林同志负责进行的。参加审稿工作的有吴崇筠、裘亦楠、童晓光、薛叔浩、王德发、信荃麟、陈昌明、朱海虹、王苏民、肖敬修、高延新、吴式敏和杨杰同志,对上述同志谨致以谢忱。

编 者

Foreward

With increasing of exploration and development of petroleum resources and layered mine deposits of China, the study of clastic sedimentary facies has been progressively performed both in deep and broad, since the First Academic Seminar of Clastic Sedimentary Facies held in 1980. It is worth noting that more new concepts, theories and technical analysis methods are involved, so that the study level for clastic sedimentary facies is quickly enhanced at present time. As proved by field practice, the research results, of course, play an important role as a guiding in petroleum exploration as well as layered mine deposits exploration. In this case not only have more and more petrologists strikingly paid attention to the subject, and each concerning department as well.

In order to Summarize and exchange the advanced results, the Second Academic Seminar of Clastic Sedimentary Facies was held in Daqing oil field in September, 1985, by the Petroleum Geology Institute, Chinese Petroleum Society. More than 130 scientists who are major in the theory and application of clastic sedimentary facies attended the seminar. They mainly came from the Ministries, universities concerning with the Coal, Geology and Metallurgy as well as the Science Academic Institute. 151 papers were collected involving sedimentary types of basins, forming mechanism of sedimentary system, sandbody types, salt lake deposits, the application of sedimentary facies to the development of oil field, the modern methods of seismic, well logging, mathematic model used in detailed studies of sedimentary facies, diagenesis and windstorm deposits. In addition, the development in foreign sedimentology, lake and fluvial deposits are stated. Today we have a far better understanding of the clastic sedimentary facies. All results show that the research level enters a new era with Chinese own characteristics.

At the time the first symposium will be published Selected 31 papers in this book. It's sure the study results of clastic sedimentary facies at present time will be spread and exchanged among scientists. It is our hope that the symposium will be a help in obtaining the maximum benefit from the advanced study of clastic sedimentary facies.

This symposium is mainly edited by wang Shulin, the General secretary of the petroleum Geology Institute, Chinese petroleum Society. Special thanks go to all contributors, in particular to Wu Chongyun, Qiu Yinan, Tong Xiaoguang, Xue Shuhao, Wang Defa, Xin Quanlin, Xiao Jingxiu, Gao Yanxin, Wu Shimin, Yang Jie.

Editor

目 录

断陷湖盆中的浊积岩	吴崇筠、李纯菊、刘国华、刘守义、杨式升 (1)
论松辽盆地的演化和构造格局对沉积建造的控制	马 力 (18)
早第三纪辽河裂谷盆地的沉积演化及沉积体系	李应暹 (32)
江汉盆地潜江凹陷潜江组沉积特征及应用沉积相模式预测隐蔽性圈闭 勘探实例	陈清琳 (41)
陕甘宁盆地晚三迭世河流、三角洲、湖泊沉积模式与油气的关系	李克勤 (52)
松辽盆地拗陷期二级复合旋回的三角洲沉积相	蔺毓秀 (65)
苏北高邮、溱潼凹陷戴南组沉积环境与油气勘探	余 杰 (79)
对我国东部新生代断陷湖盆沉积的古气候因素及找油方向的几点认识	王德发 (92)
中国陆相拗陷型和断陷型湖盆沉积环境的差异及其含油性	杜永林、王书林 (103)
断陷湖盆沉积模式与石油分布的关系	朱海虹 (114)
泌阳断陷湖盆中的洪水浊流沉积	李纯菊 (125)
东濮凹陷下第三系沙三段的重力流沉积	赵激林、刘孟慧、丁贵春 (136)
陆盆扇体沉积的形成机制及其油气意义	丘东洲、何治亮 (148)
双河油田扇三角洲研究	王寿庆 (155)
我国东部断陷湖盆中的扇三角洲沉积	高延新 (162)
古湖盆扇三角洲沉积、搬运过程的特点	冯 敏、王苏民、吴瑞金、仇 华 (173)
黄骅断陷湖盆三角洲沉积特征	郑浚茂、张服民 (182)
三角洲——滑塌深水浊积扇沉积体系 (以惠民凹陷西部沙三段为例)	信荃麟、朱筱敏、郑 清、徐丕琴、林忠岳 (192)
松辽湖盆地大型叶状三角洲沉积模式和砂体特征	赵翰卿、田东辉 (205)
我国河道砂体储层沉积特征和非均质模式	裘亦楠、许仕策、肖敬修 (216)
荆江三八滩滩体的成因及其演变特征	赖志云 (245)
东营凹陷滨岸凸起南坡沙河街组一亚水下冲积扇的沉积特征和储集性能	蔡进奎 (259)
早第三纪东濮断陷——盐湖盆地的沉积体系与油气分布	薛叔浩、顾家裕、靳凤彩、王声朗 (272)
断裂蒸发岩盆地沉积规律初探——以东濮凹陷北部沙三 ³ 亚段为例	吴瑞金、王苏民、冯 敏 (286)
碎屑岩沉积相的研究在油田开发上的应用 (胜坨油田沙二段剖析)	杨家福 (296)
牛居和青龙台油田滚动勘探开发过程中的小层沉积相研究	盛和宜 (307)
琼东南盆地T ₄ -T ₉ 地震反射层间地震地层学“异常体”沉积相研究	肖桂英 (315)
松辽盆地地震地层学应用实例	钱奕中 (323)
陕北延长统浊沸石次生孔隙砂体的形成与油气聚集的关系	朱国华 (333)
碎屑岩中的矿物地热温度计及埋藏成岩作用的分带特征	周自立、吕正谋 (343)
滇东下寒武统的风暴沉积	孙 枢、陈海泓 (357)

Contents

Turbidite in faulted subsidence-lake basin.....	
.....Wu Chongyun Li Chunju Liu Guohua L-	
iu Shouyi Yang Shishen (1)	
Discussion on the evolution and tectonic pattern of Song Liao basin being in control of sedimentary formation	Ma Li (18)
Sedimentary evolution and deposit system in Liao He rift-valley basin of early Tertiary	Li Yixian (32)
Sedimentary characteristics of Qian Jiang member and the explored exam- ple for the application of sedimentary facies model to predicting subtle traps in Qian Jiang sag of Jiang Han basin.....	Chen Qinlin (41)
The relation of late Triassic fluvial delta and lake deposit model with oil-gas accumulation in Shan Ganning basin.....	Li Keqin (52)
Delta deposit facies in secondary composite cycle in the subsidence period of Songliao basin.....	Lin Shuxin (65)
Sedimentary environment of Dainan formation and oil-gas exploration in Qing Ton and Gao You sags of Su Bei	Yu Jie (79)
Ancient climate factors in the deposit period of faulted subsidence-like lake basin of Tertiary and several views of petroleum exploration direction in eastern China.....	Wang Defa (92)
The differences in continental sedimentary environment between two types of subsidence and faulted-subsidence lake basins, and their oil-bearing characteristics in China.....	Du Yonglin Wang Shulin (103)
The relation of sedimentary model with petroleum distribution in faulted subsidence lake basin.....	Zhu Haihong (114)
Flooding turbidity current deposit in faulted subsidence lake basin of Biyang.....	Li Chunju (125)
Gravity current deposit of lower Tertiary S ₃ member in Dong Pu sag	Zhao Zhenglin Liu Menghui Din Giuchun (136)
Forming mechanism of alluvial fan sandbodies and its significance for oil and gas reservoir in continental basin.....	
.....	Qiu Dongzhon He Zhiliang (148)
Study on fan-delta of Shuang He oil field.....	Wang Shouqin (155)
Fan-delta deposit in faulted subsidence-like lake basin of eastern China	Gao Yanxin (162)
Fan-delta deposit and transporting characteristics in ancient lake basin	

- Fen Min Wang Suming Wu Riujin Ni Hua (173)
Sedimentary characteristics of delta in Huanghua faulted subsidence lake basin Zheng Lingmo Zhang Fumin (182)
- Sedimentary system of delta and Slump turbidite fan in deep water (Taking S₃ member in the west of Hui Ming sag as example)
..... Xiu Quanlin Zhu Xiaomin Zhen Qin
Xu Piqing Ling Zhongyue (192)
- Large scale of leave-like delta deposit model and its sandbody characteristics in Song Liao lake basin Zhao Hanqin Tian Donghue (205)
- Sedimentary characteristics of fluvial channel sandbody as reservoir and heterogeneous sedimentary model in China
..... Qiu Yinan Xu Shice Xiao Jingxiu (216)
- The genesis of bar bodies and their evolution characteristics of San ba bar in Jing Jiang Lai Zhiyong (245)
- Sedimentary characteristics and reservoir properties of underwater alluvial fan of Sha Hejie member in the southern slope of Bin Xian high of Dong Ying depression Cai Jinkui (259)
- The sedimentary system and oil-gas distribution in early Tertiary of the Dongpu faulted subsidence-salt lake basin
..... Xue Shuhao Gu Jiayu Jin Fengcai Wang Shenlang (272)
- Primary discussion on the sedimentary characteristics of faulted basin with well-developed evaporite rocks (Taking Sha Hejie S₃³ submember as example) Wu Riujin Wang Sumin Fen min (286)
- Study on clastic sedimentary facies in the application of oil field development (Sha 2 group of Sheng Tuo oil fields) Yang Jiafu (296)
- Study on individual stratigraphic sedimentary facies in rollover exploration and development process in Niu Ju and Qing Longtai oil fields
..... Sheng Heyi (307)
- Study on "Abnormal bodies" of sedimentary facies showing on the seismic reflection layers of T₄-T₉ by the use of seismic stratigraphy in Qiong Dongnan basin Xiao Qiuyin (315)
- Practice example: the application of seismic stratigraphy to Song Liao basin Qian Yizhong (323)
- Formation of efflorescing zeolite sandbody of Yan Chang formation with secondary pores and its relation with oil-gas accumulation in Shan Bei Zhu Guohua (333)
- Minerals as geothermometer in clastic rocks and its characteristics of each zone divided by buried diagenesis Zhou Zili Lu Zhengmou (343)
- Storm deposits of lower Cambrian in Dian Dong
..... Shun Shu Chen Haihong (357)

断陷湖盆中的浊积岩

吴崇筠

(石油工业部石油勘探
开发科学研究院)

李纯菊

(河南油田)

刘国华 刘守义

(胜利油田)

杨式升

(石油工业部石油勘探
开发科学研究院)

摘 要

我国东部油区下第三纪断陷湖盆中,近年来发现许多浊积岩体类型的含油气层,尤其在湖盆的最大扩张深陷期即主要生油期,浊积岩体从湖岸到湖心都有分布,从其中已找到相当多的储量和高产井,成为油气勘探的重要领域。

浊流沉积的重要特点是沉积于深水环境和碎屑物质呈悬浮状态搬运和沉积,因此浊积岩的主要特点可以概括为夹于深水暗色泥岩中的正递变砂层。本文对湖盆浊积岩的层理、结构等特征以及对湖水深度的判断进行了分析。

按浊积岩体在湖盆中分布的位置并结合岩体形态,把浊积岩体分为六类:陡岸的近岸浊积扇体,缓岸的带供水道的远岸浊积扇体,陡岸断槽浊积岩体,近岸滨浅水砂体前方的浊积扇体或透镜体,水下隆起处的浊积岩体,湖底中央平原的席状砂及其它砂体。不同类型浊积岩体具有不同岩性物性和相共生组合特点,掌握各类浊积岩体的特征和分布规律,有助于对含油砂体的预测。

前 言

近二十年来,随着我国油气产储量的增长和沉积相研究的深入,发现许多油田的湖相碎屑岩储层中,不仅有三角洲、滩坝等砂体,还有许多是浊流沉积的砂砾岩体。尤其是我国东部新生代的一些断陷湖盆的深陷扩张期,深湖区占的面积相当大,岸陡水深物源近,浊积岩体从湖盆边缘到湖心都有分布。这种浊积岩体由于夹于深湖相生油暗色泥岩之中,生储盖条件配合好,很有利于油气富集。如渤海湾盆地的渐新统沙河街组第三段,普遍都有浊积岩体分布,其中辽河西部凹陷自1972年发现兴隆台沙三段浊积岩油层以来,到1983年止,浊积岩体中所含油气储量分别占全凹陷总储量的26%和15%(薛叔浩等,1980)。胜利油田勘探初期1962年打的第一口高产井营2井,初产 $555 \times 10^3 \text{kg/d}$,就是浊积透镜体出油,近年来胜利油田产储量大增,新发现的高产油田中有相当大的部分就是属于浊积岩体,如沾化凹陷的五号桩油田、东营凹陷南斜坡的梁家楼—牛庄—六户一带的油田,北坡陈家庄到单家寺一带油田,以及中央隆起带三角洲砂体前缘的一些透镜砂体。河南泌阳凹陷双河镇地区核三段的浊积砂岩所含的油气储量占全凹陷总储量的80%。渤海湾盆地其他地区如冀中坳陷、黄骅坳陷、东濮凹陷等等,也都有浊积岩体的油层被发现。坳陷湖盆如松辽盆地白垩系、陕甘宁盆地三迭系延长统中也都有浊积岩体。总之,凡是有深湖相沉积,都有与其伴生的浊积岩体。因此,今后从浊积砂岩体中找到油气的储量将日益增加,成为继三角洲砂体之后又一个找油的重要领域,所以研究它的鉴定标志和分布规律,将有助于今后老区的挖潜和新区的预测。

一、浊积岩的鉴定标志

浊流是一种由水和大量泥砂混合而成的密度流，由于它比周围水体的密度大而且是沿斜坡或峡谷呈悬浮状态搬运至深水低洼处沉积。浊流是沉积物重力流中分布最广最重要的一种。从浊流的定义可以看出浊流沉积有两个最重要的特点：深水环境的沉积，悬浮搬运造成的岩性特征，因此，浊积岩的鉴定有下列两点：

1. 浊流沉积处的深水环境

浊流的物质来源主要有两个途径：岸上洪水或沿岸滨浅水地区沉积物的滑塌再搬运。海相浊流的来源主要是后者，湖相浊流的来源主要是前者。无论是何种浊流，只有当搬运到波基面以下的安静深水环境中去沉积时，才能显示并保留浊流沉积的特点。国外报导的浊流沉积的大多数是大陆斜坡脚下的深海浊积扇或非扇体沉积，少数发现于陆棚上的浊流沉积，也是位于波基面以下的。近年来R.G.Walker (1982)关于暴风浪的文章中，也明确表示浊流沉积的位置是在暴风浪基面以下的深水安静环境。

湖泊中的浊流沉积同样是浪基面以下的深水沉积(Michael Sturm and Albert Matter, 1978)。但是如何说明深湖环境呢？除了砂层本身所具的沉积特征外(下段讲)，我认为最简便最基本的办法是先观察砂层周围的泥岩，即是说在垂向剖面上砂层顶和底的泥岩是否为深水沉积的泥岩，平面上这些砂体的全部或至少主要部分是否伸入深湖或半深湖相泥岩区。

过去判断湖相泥岩是深水或浅水沉积的最常用的简便办法是观察泥岩的颜色和纯度。例如一般将深灰、灰黑、深褐灰色质纯的泥(页)岩当作深湖沉积，浅灰、灰绿色含粉砂泥岩当作浅湖沉积，砖红、棕红色含砂泥岩则多是岸上沉积。当然，还要参考泥岩中夹层的岩性，例如深湖相泥岩段中夹有厚且质量好的油页岩，有的地区夹白云岩、膏盐层，同时往往含细粒分散状黄铁矿晶粒。季候韵律性明显的劣质油页岩或钙片页岩，往往不是很深的湖沉积，而是半深湖沉积或湖湾沉积，浅湖区的泥岩常含有较多的砂质和砂质夹层与波浪作用标志。岸上的泥岩则有泥裂、雨痕、铁钙质结核、植物根等暴露标志。这是最直接的宏观分析。

其次是根据生物化石，例如在辽河拗陷，纺锤玻璃介、粒皱锥藻被认为是深湖相化石，华北介在沙三段广为分布，从深湖到浅湖相都有(孙镇诚、赵鸥，1979)。生物对沉积环境(如介质的盐度、氧化还原程度、清洁度、透光、水深、水温、水体运动强度等条件)的反映比无机的沉积物更为灵敏，应该成为判断沉积环境的重要标志。

河南泌阳凹陷双河镇地区核桃园组三段的砂砾岩体，有许多单位研究过，意见不一致，有的同志取名水下冲积扇(孙永传，1980)(李纯菊，1980)，有的同志叫它扇三角洲(王寿庆，1982)，我们去年去看了16口岩心，并从砂层的顶和底的泥岩中采了51块岩样，作X衍射和色质分析，企图从粘土矿物组合和生物标志化合物两方面与沉积相的关系上增加判断沉积环境的标志，所得结果如图1所示。

关于生物标志化合物，我们从四方面考虑计算比值。

(1) 干酪根类型。计算 C_{27} 的两种立体异构物 T_M 和 T_S 的比值， T_M 代表不稳定的， T_S 代表稳定的。腐植型干酪根不易转化， T_M/T_S 比值大；腐泥型干酪根易转化， T_M/T_S 比值小。图上显示核三下部比值小，核三上部和核二段的比值大。

(2) 陆生生物与水生动物的影响。选了 C_{29} 藿烷/ C_{30} 藿烷、三环烷/ C_{30} 藿烷、 C_{29} 甾烷/ C_{27} 甾烷三个比值，陆生生物多时比值大。图上垂向上的变化规律不明显，因为分析资料虽

是按层位上下排列的，但不同井的亚相不同，总的情况看是水生生物较多。

(3) 陆源碎屑物质的影响。用 γ -羽扇烷/ C_{30} 藿烷、奥利烷/ C_{30} 藿烷、螺旋烷/ C_{30} 藿烷三个比值，受陆源碎屑影响大者比值大。图上底部两个样品异常处，据岩心观察，观22井有明显的泥石流沉积，与分析结果相符，观17井2130m处的比值与岩心观察不符。

(4) 盐度。用伽玛烷/ C_{30} 藿烷，比值大者盐度大，图上显示向下增大。按我国东部第三纪湖盆沉积中盐度的变化规律是湖盆中央深水区盐度大，边缘浅水区受河水注入影响而变淡。

综合上述四方面的分析，生油组解释的沉积环境如末栏A示，岩心宏观的解释如B所示。总的来看，核三段中下部的砂砾岩体的顶和底的泥岩大部分为深湖或半深湖区的沉积，即是说双河镇核三段的砂砾岩体大部分沉积于半深湖或深湖区，但核三段顶部有变浅趋势，扇体的近岸部分（内扇）有时处于滨浅水环境。看来生物标志化合物对沉积环境的反映比较灵敏，与宏观观察符合率较高，今后不妨作为判断沉积环境的一个标志，但由于分析费用太高，不能大量分析，只能在建立标准剖面或争议处需检查时作。简便办法是借用生油研究的资料。

泌阳凹陷生油层的研究资料说明在双河地区核三段上部（I~IV油组）的生油岩厚度有400m左右。大部分干酪根是原生藻质型或后生强烈细菌改造型（I型干酪根），如图2所示，这也说明双河镇核三段砂砾岩体是深水沉积。

粘土矿物的分布也有一定规律，如高岭土只在核二段和核三段上部。但由于粘土矿物成因类型多样，易遭成岩后生变化，还需进一步分析。

以上是举例说明要用种种办法把砂层周围泥岩的沉积环境确定下来，除了沉积学本身的方法外，还要探索其它有关方法。

2. 浊流沉积的层理构造和其它岩性特征

浊流中泥砂砾等碎屑物质呈悬浮状态搬运，牵引流与此正相反，大部分砂砾呈滚动、跳跃等牵引方式搬运。相应地前者以正递变层理为特点，后者以各种床砂形体形成的交错层理、平行层理为特点，故过去习惯于以这两大类层理的差别作为确定浊流沉积的重要标志，以区别于河流、滨湖（海）地区砂砾岩体的沉积。

确实，浊流沉积的砂岩或砾岩，正递变层理是其最基本的特征，它反映浊流的悬浮搬运和递变悬浮沉积的特点。不管整个浊积岩体在垂向上是向上变粗或变细层序，一次浊流形成的单砂（砾）层总是呈向上变细的正递变（或称正粒序）。当然，还常有混乱构造和块状构造。前者反映近源泥石流的快速堆积，后者反映原已具有一定分选性的粒度均匀的砂或含砾砂质沉积物的快速沉积，常出现在浊流水道沉积中，有些可能是颗粒流沉积。

浊流沉积中也出现反递变层理（反粒序），这种反递变层段多与正递变层段组合在一起，形成双向（复合）递变层理，其中反递变段很薄，向上很快变为较厚的正递变段，常出现于近源的砂砾岩层中，包马层序的A段有时也有双向递变。也曾见到多层的呈反递变的薄层（ $<30\text{cm}$ ）砂砾岩的迭加，形成牵引毯层（D.R.Lowe, 1982）。对于反递变层理的成因有多种解释，有的认为是浊流供给水道出口到内扇的近源地带，浊流突然减速沉积时，粗颗粒在底部富集搭成格架，后沉积的细粒物质穿过其间的孔隙下沉，类似过筛作用，从而形成下细上粗的现象（G.V.Middleton and M.A.Hampton, 1976）。Lowe（1982）认为是浊流初沉积时，粗颗粒向底部富集形成颗粒流，互相碰撞产生的分散应力。使粗颗粒向上运动，细颗粒向下运动，从而形成反粒序层。由于分散应力有一定限度，颗粒流的形成有一定的粒度限制，多限于砂到含砾砂类粒级，反递变层的厚度也不可能很大，一般5cm，不超过30cm。

层段	井号	井深	泥岩颜色	干酪根类型	陆生与水生生物的比值				陆源碎屑影响			盐度	高岭石	环境解释	
					$\frac{C_{29}}{C_{30}}$	$\frac{C_{27}}{C_{29}}$	$\frac{C_{29}}{C_{30}}$	$\frac{C_{27}}{C_{29}}$	$\frac{C_{29}}{C_{30}}$	$\frac{C_{27}}{C_{29}}$	奥利埃 C_{30}				
核二段	双浅 1	897.3	灰绿	0	10	0.1	0.20	20	0.1	0.20	0	10	10	A	滨湖
	观 10.09	1350.6	灰绿	3	10	0.1	0.20	20	0.1	0.20	0	10	10	B	三角洲 沙坝远端
I	双检 1	1454.5	深灰	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	滨湖
	双检 1	1501.5	褐灰黑	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	中扇之顶 上很高处
II	双 3115	1765.1	深灰	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	中扇前端
	双 7-16	1967	灰	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	中扇水道内 侧
III	双观 17	1940	深灰	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	中扇向下变 浅
	双观 17	2130.4	深灰	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	中扇水道顶 部
IV	双观 22	2298.7	深灰	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	中扇水道 间之底部
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	内扇, 近岸, 深 水, 有泥石流

A. 根据生物标志化合物解释
B. 根据岩心宏观观察判别

图1 泌阳凹陷双河镇地区核二段一三段生物标志化合物比值与沉积环境解释

(注: 表中层段一栏中的“二段”应为“核三段”)

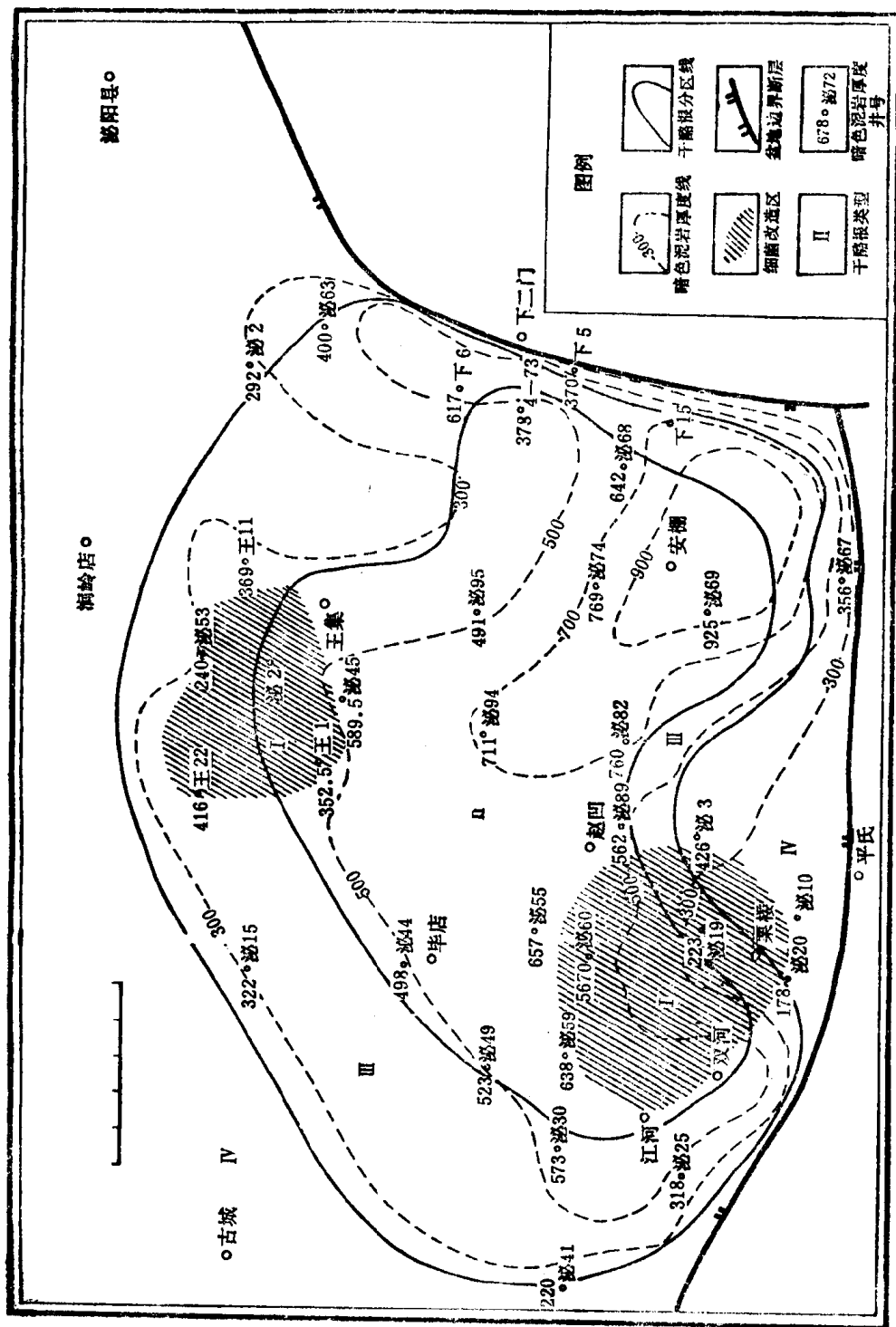


图2 泌阳凹陷核三段生油层厚度及干酪根类型分布图 (李纯菊、郑用华, 1983)

还有一种解释是，浊流强度由始到终不是直线性的递减，而是弱——强——弱的过程，其中弱——强的时间较短，强——弱的时间较长，因而形成复合递变。总之，反递变层理很少单独出现，更不能形成很厚的反粒序砂层，如河口浅水区沙坝那样，而且形成机理也不同。

浊流沉积中确实也出现交错层理和平行层理。小型交错层理是经典浊积岩包马层序的C段的特征，已是大家公认的，争议是在大型交错层理。R.G.Walker (1978) 认为在浊流沉积中大型交错层理只是偶然见到，若出现的话，多在中扇瓣状水道的含砾砂岩中，在我们观察的断陷湖盆浊积岩体的中扇至内扇水道沉积中，也曾见过层系厚度超过10cm的大型斜层理，但为数不多，多属单向倾斜，倾角不大，约 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，层系厚度也有限。R.D.Winn, Jr., R.H.Dott, Jr. (1977) 在研究智利南部上白垩统塞罗托罗组复理石层时，在暗色泥岩所夹的砂岩砾岩透镜体中，经常见到大型交错层理，沙垄高达4m，很像河床沉积，但泥岩中含有能生活在水深1000~2000m的有孔虫化石，而没有河漫沉积的特点，因而确定为深海的浊流水道沉积，他认为可能是一种低密度浊流在一个受限制的深水道中流动时，形成巨厚的流体，具有大的流速和携带粗碎屑的能量，强的湍流将底负荷以滚动、滑动和跳跃方式搬运，从而形成大型交错层理。Lowe (1982) 也曾多次提到在砂质和砾质高密度浊流中的牵引作用。多数人认为浊流沉积中出现的大型交错层理，是浊流对底床上沉积物的牵引改造形成的，J.E.Sanders (1965) 称之为再沉积作用。至于小型交错层理，多数人认为是低密度流向牵引流的转化造成的，也有人认为是洋流等深流造成的。

关于平行层理，在浊流沉积中是经常出现的，过去被解释为上流态平坦床砂形体形成的 (Middleton and Hampton, 1976)，亦有人解释为悬浮沉积，这种沉积作用快到足以阻止床砂形体的形成，但未快到足以阻止各种颗粒的分异作用 (J.E.Sanders, 1965)。我们观察湖相浊积岩岩心时，发现平行层理可以分为两类，除了层面比较平坦的平行层理外，更多的是隐约不清的或粗糙的，没有明显的平坦的易剥开的层面，只是因为粗细颗粒略有分层集中的现象而表现出分层现象，有点类似山麓洪积扇砂砾岩层的层理，我称之为粗糙平行层理，这种粗糙平行层理的成因用悬浮沉积的分异作用或粗颗粒向底部富集的作用来解释比较合理。

由上可见，浊流沉积中的层理构造，还是以浊流作用的为主，但亦兼有牵引作用，不管海相或湖相浊积岩均如此。但是这里牵引形态的层理构造，并不能完全用牵引流形成的床砂形体来解释。再者，层理构造只是反映沉积作用，说明沉积物沉积时的水动力条件。沉积环境是一个范围较大的地貌概念，一种沉积环境的不同部位和不同时间，水动力条件不完全一样，当然有其代表性的主要的水动力条件，在平面上或垂向上有一定的变化和组合规律。因而不宜单用一种层理构造直接对应某种沉积环境，要注意主次和组合关系，结合围岩和其它标志，综合解释。

浊流沉积中经常见变形构造、负荷构造，另外，还有一些特殊的构造，如浅水构造、底痕、颗粒排列是长轴平行水流方向和倾向上游等，也可作为鉴定的标志之一，但不如前述的层理构造常见。另外，¹⁰浊流沉积中应该没有暴露标志和众多的浅水沉积标志。

浊流沉积的其它标志如岩矿成分、粒度特征、测井曲线、地震资料等等，已为大家熟知，这里从略。但请注意粒度CM图中以平行C=M线的QR段为主，但有少数出现附加的短的PQ段，概率曲线图上以低斜率的一条直线或微弯的弧形线为主，但也有二段或三段式的，这说明以浊流作用为主，但也有少数牵引作用，与层理表明的问题相符，这是湖相浊积岩，尤其近岸浊积岩体的特点。