

ZHONGGUO HANYOUQI XITONG
YU YOUQICANG XUESHU HUIYI
LUNWENJI



2011

中国含油气系统 与油气藏学术会议 论文集

胡素云 主编

石油工业出版社

中国含油气系统与油气藏 学术会议论文集 (2011)

胡素云 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本文集精选 2011 年中国含油气系统与油藏学术会议论文 22 篇, 内容涵盖烃源岩评价、油气运移与聚集、油气成藏动力学、油气资源潜力与资源分布等, 对含油气系统研究及油气勘探有促进意义。

本书可供油气地质、勘探人员及相关院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国含油气系统与油气藏学术会议论文集 : 2011 / 胡素云主编 .
北京 : 石油工业出版社, 2012.12

ISBN 978-7-5021-9329-4

I . 中…

II . 胡…

III . ①含油气系统 - 中国 - 学术会议 - 文集

②油气藏 - 中国 - 学术会议 - 文集

IV . P618.13-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 254083 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.com.cn

编辑部 : (010) 64523544

发行部 : (010) 64523620

经 销 : 全国新华书店

印 刷 : 北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本 : 1/16 印张 : 15.5

字数 : 392 千字

定价 : 60.00 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

前 言

含油气系统是与一个有效的生烃灶相联系的烃类流体系统，包括了油气藏形成所必需的一切地质要素与地质作用及成因上相关的所有油气。含油气系统是客观评价油气资源潜力与有效发现油气藏的重要工具，是油气勘探的一种思路和方法，在减少风险、降低成本、提高勘探效益方面的作用越来越重要。含油气系统分析与评价已成为国内外各大石油公司油气勘探评价的重要内容之一。

中国石油学会石油地质专业委员会先后于 1996 年 11 月（北京）、2000 年 7 月（青岛）、2004 年 3 月（重庆）、2008 年 7 月（重庆）召开了四届“中国含油气系统应用与进展”全国研讨会，旨在推进含油气系统在中国的深入与发展。通过这四届会议的成功举办及研究人员的长期深入研究，中国学者不仅深入理解了含油气系统的概念、内涵及 L.B. 马恭和 W.G. 道所提出的“四图一表”模式，而且结合中国含油气盆地的特点，把含油气系统作为含油气盆地地质评价序列中介于盆地与区带之间的一个评价环节，并根据中国叠合盆地石油地质条件的特殊性，提出“复合含油气系统”的概念。在系统总结中国叠合盆地基本地质特征的基础上，提出了对中国含油气系统类型划分的基本方案，对“复合含油气系统”进行了定义，总结其内涵，提出一套可操作的评价流程，在“复合含油气系统”定量研究与模拟方面取得了重要进展。

近年来，随着油气勘探难度的增加，中国叠合盆地下组合海相碳酸盐岩成为油气储量增长的重要领域。因此，中国石油学会石油地质专业委员会含油气系统与油气藏学组于 2011 年 4 月在湖南长沙组织召开了“2011 年中国含油气系统与油气藏学术会议”，会议主题即为“含油气系统研究进展与碳酸盐岩油气藏”，目的是推动含油气系统与碳酸盐岩油气成藏理论在中国的发展与应用。该次会议得到了来自中国石油、中国石化、中国海油等三大石油公司及科研院所、高等院校共计 30 余家单位 120 余位专家、学者的积极响应与热情参与。该次会议研讨的主要内容包括四个方面。

（1）成藏动力学与含油气系统研究新进展，包括①四类（断陷、坳陷、前陆与克拉通）盆地成藏动力学与含油气系统；②非常规油气资源（煤层气、页岩气）的成藏机理；③含油气系统模拟技术（含物理模拟与计算机模拟）；④含油气系统运聚单元评价技术。

（2）海相碳酸盐岩烃源条件与资源潜力评价研究进展，包括①海相泥质烃源岩发育模式与分布规律；②高过成熟烃源岩生烃机理与潜力评价；③碳酸盐岩资源评价方法。

（3）海相碳酸盐岩油气成藏研究进展，包括①中国海相碳酸盐岩油气藏类型与形成条件；②断陷盆地古潜山油气成藏；③克拉通盆地古隆起油气成藏与富集规律；④礁、滩储集体油气成藏与富集规律；⑤古构造演化对海相碳酸盐岩油气成藏的控制作用；⑥中国海相碳酸盐岩大油气田分布规律。

（4）海相碳酸盐岩油气藏评价技术，包括①碳酸盐岩储层、流体测井评价技术；②碳

酸盐岩储层、流体地震评价技术；③碳酸盐岩油气藏区带与目标综合评价技术。

为进一步促进交流，推进中国含油气系统的深入发展，大会组织机构决定组织出版《中国含油气系统与油气藏学术会议论文集（2011）》。本书共精选论文 22 篇，代表了 2008 年第四届含油气系统学术研讨会以来取得的最新成果与进展。中国石油勘探开发研究院胡素云教授负责论文集的组稿和统稿工作，汪泽成博士、谷志东博士负责稿件的编排整理，全书由胡素云教授审阅。

本书的出版，得到了中国工程院院士胡见义、中国石油学会石油地质专业委员会主任赵文智及秘书长王霞的大力指导，得到了中国石油勘探开发研究院周海民常务副院长、邹才能副院长的大力支持，在此一并表示感谢。由于篇幅有限，还有许多优秀论文未能入选，敬请谅解。对于所有入选和没有入选的论文作者的辛勤劳动和学术贡献表示衷心的感谢！

目 录

成藏动力学与含油气系统研究新进展

等深流沉积——一个潜在油气勘探领域

..... 何幼斌 罗顺社 高振中 文 沾 (3)

鄂尔多斯盆地西北部上三叠统延长组含油系统特征

..... 刘显阳 李元昊 黄锦绣 梁 艳 独育国 白嫦娥 (14)

鄂尔多斯盆地中生界低渗透岩性油藏多层系复合成藏规律研究

..... 刘显阳 惠 潇 李士祥 (24)

鄂尔多斯盆地地下石盒子组盒 8 段缓坡浅水辫状河三角洲沉积模拟实验研究

..... 刘忠保 罗顺社 何幼斌 尚 飞 吕奇奇 罗进雄 文 沾 苑伯超 (44)

柴达木盆地北缘西段油气成藏动力学研究

..... 罗晓容 汪立群 肖安成 王兆明 宋成鹏 马立协 张晓宝 (54)

深县—束鹿凹陷运聚单元评价与油气资源分布

..... 马学峰 卢学军 崔周旗 罗 强 师玉雷 董雄英 (69)

廊固凹陷成藏模拟技术及应用

..... 师玉雷 卢学军 罗 强 崔周旗 董雄英 钟雪梅 (76)

鄂尔多斯盆地准连续型致密砂岩大油田成藏模式与分布规律

..... 赵靖舟 白玉彬 曹 青 王乃军 (84)

鄂尔多斯盆地天环坳陷南段长 3、侏罗系油藏原油含氮化合物分布特征与

油气运移规律研究 赵彦德 姚泾利 邓秀芹 张忠义 李程善 (100)

海相碳酸盐岩烃源条件与资源潜力评价研究进展

南华北地区二叠系烃源岩有效性评价... 刘 建 苏茂章 林小云 蒋 伟 李 静 (111)

伊利石结晶度在海相碳酸盐岩层系热历史恢复中的应用

..... 王小芳 邱楠生 郑伦举 杨 琦 付小东 (119)

南陵—无为地区上古生界与中生界海相有效烃源岩的标定研究

..... 曾艳涛 何幼斌 文志刚 (131)

塔中和塔北隆起海相碳酸盐岩油气资源潜力..... 张宝收 卢玉红 张海祖 赵 青 (140)

海相碳酸盐岩油气成藏研究进展

南堡凹陷碳酸盐岩潜山地质特征与成藏主控因素研究

..... 董月霞 刘国勇 马 乾 李文华 陈 蕾 (153)

鄂尔多斯盆地奥陶系碳酸盐岩成藏地质特征及勘探新进展	付金华	孙六一	任军峰	(160)
全球海相碳酸盐岩巨型油气田发育的构造环境探讨	胡素云	谷志东	汪泽成	江 红 (171)
高升元古宇潜山油气成藏特征分析	张 坤	潘日芳	王高飞	(185)
断陷盆地隐蔽型碳酸盐岩潜山成藏条件与高效发现	赵贤正	王 权	金凤鸣	(192)

海相碳酸盐岩油气藏评价技术

塔北南斜坡区岩溶储层特征及主控因素	姜 华	王 华	方欣欣	刘 伟	张 磊	(207)
南海西部深水区生物礁有利分布及勘探前景	孙志鹏	钟泽红	陆永潮	熊 翔	阎丽妮	郭明刚 (220)
渤南低凸起碳酸盐岩潜山储层形成机制	于海波	周心怀	王德英	彭文绪	余宏忠	(227)
陕北斜坡上古生界储层裂缝形成时限讨论	万永平	张丽霞				(234)

成藏动力学与含油气 系统研究新进展

等深流沉积——一个潜在油气勘探领域^①

何幼斌 罗顺社 高振中 文 沾

(长江大学地球科学学院)

摘 要 从 20 世纪 60 年代以来,等深流沉积的研究取得了长足的进展。等深流沉积的粒度范围相当宽广,从泥级、粉砂级至砂级,甚至细砾级,分选性一般为中等至较好,局部为好至很好,常发育各种层理、波痕、侵蚀构造、定向构造以及生物扰动构造等,垂向上典型层序为由一个向上变粗的逆递变段和一个向上变细的正递变段构成的对称递变层序。而且,随着深海调查的不断深入,在现代海洋大陆坡和陆隆地带发现了不少规模巨大的等深流沉积堆积体——等深岩丘,但地层记录中的等深岩丘发现极少。细粒的等深流沉积可以形成良好的盖层和烃源岩,砂级的等深流沉积可形成良好的储集岩,因而等深流沉积具有可观的含油气潜能。在我国应加强等深流沉积及其含量油气性的研究。

关键词 等深流沉积 对称递变层序 等深岩丘 烃源岩

1 研究历史与现状

20 世纪 50 年代初浊流理论的兴起及其后对重力流沉积的大规模研究,从根本上改变了人们对深水沉积的认识,发现在深海、半深海环境中,并非全为极细粒的远洋沉积,而是存在由浊流及其他重力流搬运来的粗粒物质,并可形成像海底扇这样的大规模的沉积体。Heezen 和 Hollister 根据对北大西洋陆隆水深 4 ~ 5km 海域岩心的研究,首次提出了存在深海底流的证据 (Heezen & Hollister, 1963),随后,用深海海底照片证明这种底流为平行于海底等深线方向的流动,从而确立了深水等深流的概念并阐明了其沉积特征 (Heezen et al., 1966)。随着深海调查技术的进步和完善,特别是已完成的深海钻探计划 (DSDP) 及其后继项目大洋钻探计划 (ODP) 和综合大洋钻探计划 (IODP),以大量的资料和雄辩的事实证实了深海等深流活动和等深流沉积的存在。1990 年 8 月,在英国诺丁汉召开的第 13 届国际沉积学大会就收到了不少有关等深流沉积的研究论文,Stow 和 Faugères 选择了其中代表性的论文在《Sedimentary Geology》(第 82 卷)上以等深流和底流的专辑形式出版 (1993)。1996 年,高振中等著述了《深水牵引流沉积——内潮汐、内波和等深流沉积研究》。在补充资料的基础上,完善了有关内容,1998 年,出版了英文版《Deep-water Traction Current Deposits》。1998 年,英国著名沉积学家 Stow 博士等人组织和发起了一个有关等深流沉积、底流和古环流研究的大型国际合作项目——全球地质对

^①国家自然科学基金资助项目的部分内容 (批准号 41072086)。

比计划 432 项目 (IGCP No.432)。出版了多期通讯《Contourite Watch》，2002 年，出版了有关深水等深流和底流沉积的专著——《Deep-water Contourite Systems: Modern Drifts and Ancient series, Seismic and Sedimentary Characteristics》。2007 年，Viana 和 Rebesco 合编了一本等深流沉积研究的专著——《Economic and Palaeoceanographic Significance of Contourite Deposits》。2008 年，Rebesco 和 Camerlenghi 合编了沉积学进展第 60 卷——《Contourites》。

我国的等深流沉积研究起步较晚，主要开始于 20 世纪 80 年代初期（刘宝珺等，1982）。从 80 年代后期开始，研究力度不断加大，研究成果陆续涌现出来（如虞子冶等，1989；姜在兴等，1989；刘宝珺等，1990；段太忠等，1990；Duan et al., 1993；李日辉，1994；高振中等，1995；Luo et al., 2002；屈红军等，2010）。

2 等深流沉积的特征

2.1 岩性特征

对现代海底等深流沉积物的研究表明，其沉积物的主要来源有：陆源碎屑物质、生物成因的物质、海底沉积物的重新浮悬和火山物质等。因此，等深流沉积物的成分主要为陆源碎屑物质和生物物质或碳酸盐物质，亦有少量火山物质。

由于等深流沉积本身分异度低、生物活动改造强烈以及与其他沉积类型区别上的困难，因此，目前对由等深流沉积形成的或由等深流改造而形成的岩石——等深积岩（或称等深岩）的分类特别是成因分类的研究程度还很低。目前，一般将等深积岩分为四种基本类型，即泥质等深积岩、斑块粉砂质等深积岩、砂质等深积岩和砾质等深积岩以及若干过渡类型（图 1）。由于等深积岩的成分除陆源碎屑物质外，还有生物成因的物质、化学成因的物质以及火山碎屑物质等，因此，可按粒级将等深积岩划分为泥级等深积岩、粉砂级等深积岩、砂级等深积岩、砾级等深积岩等类型，每一类型按成分再进一步划分。

2.2 结构

现代等深流沉积物的结构组分包括泥级组分、粉砂级组分、砂级组分和细砾级组分。其中，泥级组分是最主要的，其次是粉砂级组分，砂级组分较少，细砾级组分极少。这是由于等深流的流速较低的原因（一般为 5 ~ 20cm/s，局部可达 250 ~ 300cm/s），决定了其所携带的颗粒大小一般为泥级至细砂级（ $8\phi \sim 3\phi$ ）。但是很少见由单一的或以细砂级为主要粒级所组成的现代等深流沉积物。Gonthier 等（1984）按照颗粒粒级及其含量将现代等深流沉积划分为三种相类型，即①砂—粉砂相，②斑块粉砂—泥相，③均质泥相。在相①中，细砂级颗粒含量 20% ~ 40%，粉砂为 50% ~ 70%，泥约 10% 或更少；在相②中，细砂 5% ~ 15%，粉砂 45% ~ 55%，泥约 30%；在相③中几乎缺乏细砂级颗粒，含粉砂 20% ~ 40%，泥 60% ~ 80%。

等深流沉积的分选性与其沉积时等深流的强度、持续时间、物源及生物活动等因素相关。Heezen 等（1966）、Hollister 等（1972）和 Bouma（1972）最初认为经典的等深流沉积物（单层厚度小于 5cm）的分选性为好—很好，分选系数小于 0.75（Folk 值）。但是，目前

大洋中广为分布的等深流沉积中，其分选性一般为中等至较好，局部为好至很好。在正态概率曲线图上，一般有 2 ~ 3 个沉积总体，其中跳跃总体斜率大。

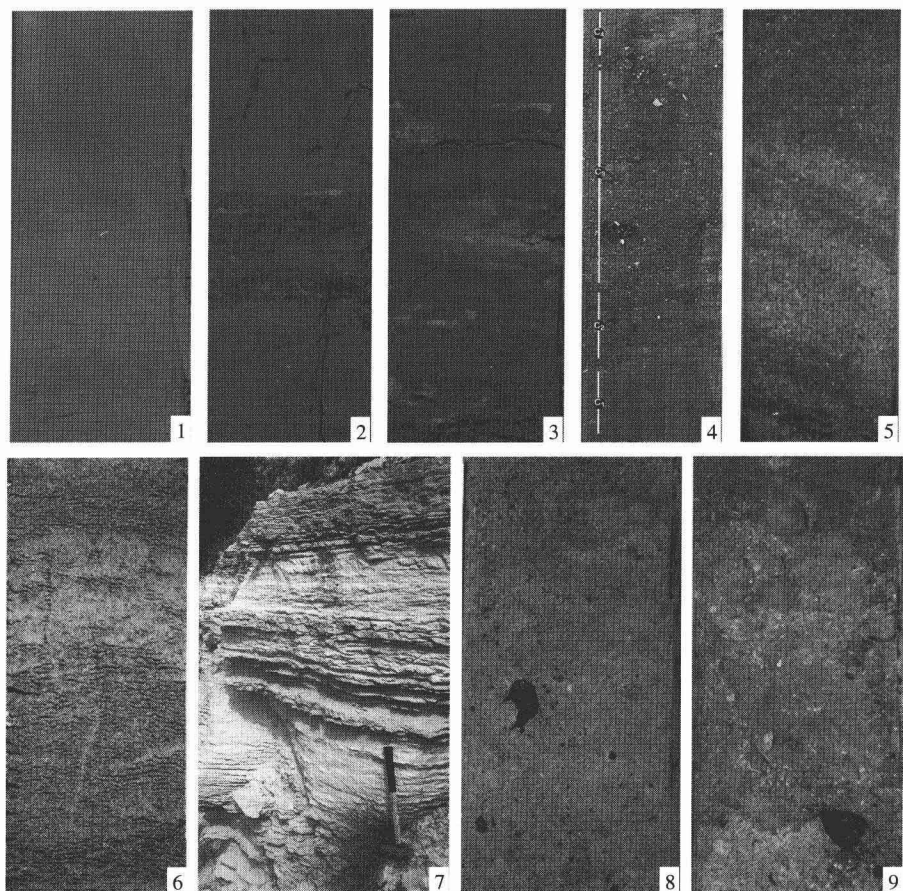


图 1 等深积岩的类型 (据 Stow 和 Faugères, 2008 ; Stow 等, 2002)

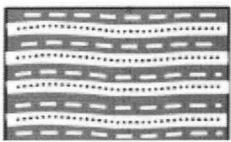
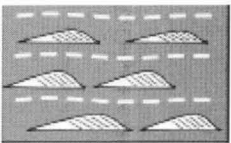
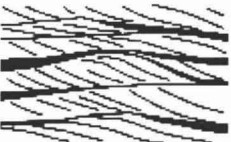
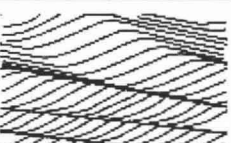
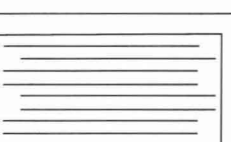
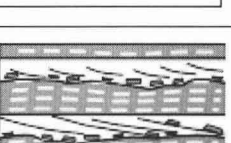
1—泥质等深积岩，具生物扰动，上部见纹层；2—泥质等深积岩，见粉砂质斑块；3—粉砂质和泥质等深积岩互层；1 ~ 3 岩心取自英国西北大陆斜坡洛克海槽，岩心宽 8cm；4—泥质、粉砂质和砂质等深积岩，其中 C₁ 为泥质，C₂ 和 C₄ 为含斑块状粉砂质泥，C₃ 为泥质砂，取自 Cadiz 海湾法鲁等深岩丘，岩心宽为 8cm；5—纹层状砂质等深积岩，取自 Cadiz 海湾法鲁等深岩丘，具平行层理、小型交错层理，岩心宽为 10cm；6—具生物扰动的砂质等深积岩，见平行纹层，取自巴西大陆斜坡，岩心宽 5cm；7—塞浦路斯渐新统砂屑等深积岩，呈透镜状薄层；8—含砾砂质等深积岩；9—砾石滞留等深积岩；8 和 9 取自英国西北大陆斜坡 Faeroe—Shetland 水道，岩心宽 10cm

2.3 沉积构造

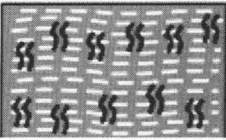
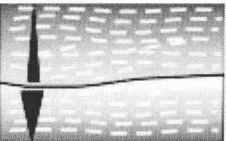
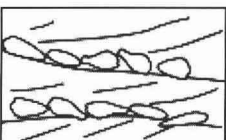
等深流沉积物中的沉积构造也较发育，特别是生物成因构造和机械成因的层理构造、波痕、大型黏性交错层、侵蚀构造和定向构造等（表 1）。

定向构造主要由生物屑、碎屑颗粒的定向排列表现出来。另外，刻蚀痕、障积痕等流动痕迹可作为定向构造，这些定向排列的物质其长轴方向平行于等深流流动方向。在流速较高的水道底部，常见滞留砾石呈叠瓦状排列，这种砾石层厚度较小，分布局限。

表 1 等深流沉积中主要的原生沉积构造 (据 Martin—Chivelet 等, 2008, 略修改)

比例尺	沉积构造图示	沉积构造名称	粒径	指示环境	丰富程度
1cm		水平纹理或正弦波纹理；“帚状”纹理	细砂、粉砂和泥	水流强度低，悬浮沉积为主	非常常见
1cm		透镜状层理，不完全波痕	细砂、粉砂、泥	流动强度交替变化；低—中能的水流强度和簸选	非常常见
1cm		波状层理	细砂、粉砂、泥	流动强度交替变化，低—中能的水流强度	非常常见
1 ~ 5cm		脉状层理，泥质条带	细砂至粉砂	流动强度交替变化，流速 0.1 ~ 0.4m/s	非常常见
1 ~ 5cm		爬升波纹交错层理	极细砂—中砂	流速 0.1 ~ 0.4m/s，高悬浮载荷	常见
10 ~ 50cm		大型交错层理、巨型波纹、沙丘、沙波	中砂	流速 0.4 ~ 2m/s；新月形沙丘一般形成于流速 0.4 ~ 0.8m/s 时	常见
1cm		平行纹理，出现原生流水线理	极细砂—中砂	流速 0.6 ~ 2m/s	稀少
1cm		小侵蚀面，撕裂泥砾，上部突变接触	砂、粉砂、泥	流动强度交替变化；水流强度低—中能	常见
1 ~ 5cm		底痕：槽痕、障碍冲刷痕、纵向冲刷痕；冲刷—充填构造	砂、粉砂、泥	流速达到最大	稀少

续表

比例尺	沉积构造图示	沉积构造名称	粒径	指示环境	丰富程度
1 ~ 10cm		生物扰动构造	砂、粉砂、泥	流速低，古生态控制作用强，低—中等堆积速率	非常常见
3 ~ 20cm		不同规模的、不同沉积类型中出现的正粒序和反粒序	粗砂—泥；通常为细砂、粉砂和泥	水流强度逐渐变化	非常常见
0.1 ~ 2cm		砾石滞留沉积，沟槽	粗砂、细砾	流速大于 2m/s	稀少

生物成因的构造中最普遍和最常见的是生物扰动构造及生物潜穴。生物扰动几乎贯穿于等深流沉积物中。生物扰动形成毫米级至厘米级的不规则状斑块，这些斑块使得原始的层理构造部分或完全遭到破坏。在不同岩相的接触界面附近，生物扰动可将不同岩相中的组分搅混。生物潜穴及生物遗迹在等深流沉积中也非常发育。这些潜穴及遗迹呈毫米级至厘米级，其形态呈孤立的囊状、条带状、延长的扁豆状、管状，有时密集排列成相交的网状。还有规则的椭圆状、椭球状等。生物潜穴或其他遗迹常与生物扰动斑块混杂在一起，使之变得模糊不清，难以辨认。

2.4 垂向层序

Faugères 和 Gonthier (1984) 在研究北大西洋东缘现代等深岩丘时，发现等深流沉积组合具有一定的规律性，即按一定的垂向顺序排列，他们使用了层序一词来加以描述，并确定了其典型模式，其完整的层序如图 2a 所示。这一层序是由一个向上变粗的逆递变段和一个向上变细的正递变段构成的对称递变层序，层序厚 10 ~ 100cm。层序各段间的接触关系有过渡的、突变的和侵蚀的。层序的厚度和完整性变化很大，也不一定是完全对称的，可以是不对称的或不太对称的。

段太忠等 (1990) 在研究湘北九溪下奥陶统等深积岩时也发现了与 Faugères 等描述的层序类似的层序 (图 2b)，层序各段之间的接触关系也是过渡的、突变的和侵蚀的均有。层序厚度变化在 10 ~ 200cm 之间，以 30 ~ 80cm 最为常见。完整的和不完整的均较常见。

除上述典型层序外，还有一些其他特殊类型的层序，如由单一的砂屑等深积岩组成的层序。这类层序主要由中层到厚层的砂屑等深积岩叠置组成，其中每个单层砂屑等深积岩均具有典型的下细中粗上细的粒度变化特征，而整个层序在总体上又呈现为细—粗—细旋回，实际上，这是一种复合层序。

上述层序特征与浊积岩或风暴岩迥然不同，当然其代表的水力学意义也是不同的。浊积岩和风暴岩的层序代表的是一次短暂事件沉积作用，而等深积岩层序则反映了等深流

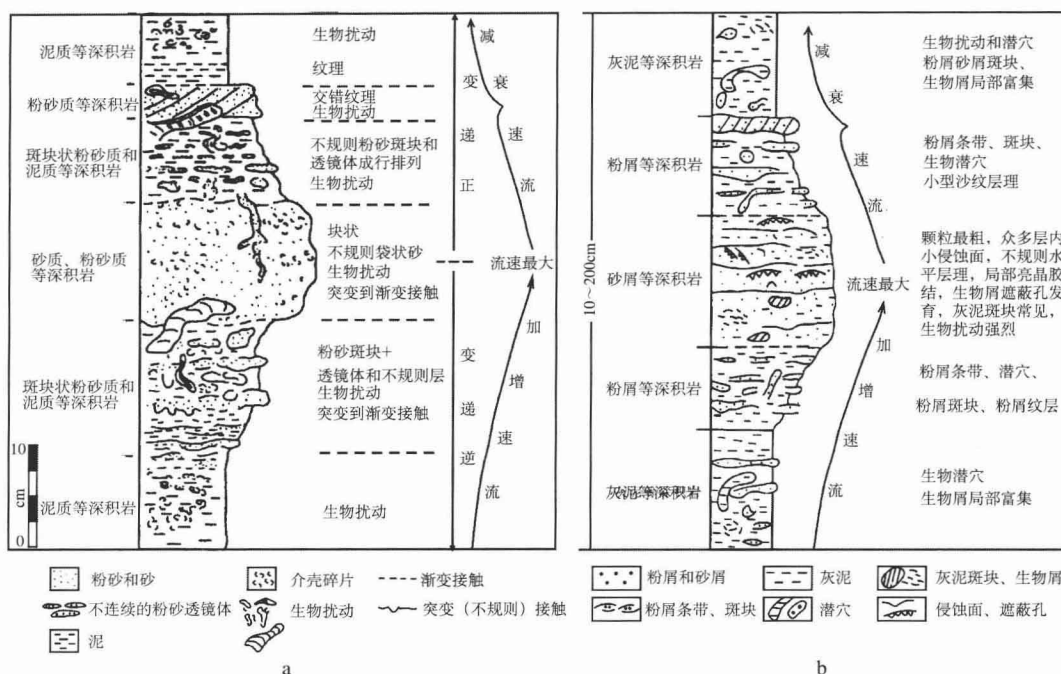


图2 等深流沉积的层序 (a 据 Faugetès 等, 1984 ; b 据段太忠等, 1990)

动强度的长周期变化。即一个细—粗—细的垂向层序反映了等深流活动由弱到强再到弱的一个活动周期，而复合层则反映了等深流活动更大一级周期的弱—强—弱变化。

3 等深岩丘

早期的研究认为，等深流沉积是非常细粒的（粉砂为主）、薄层的（为厘米级）小规模沉积。随着研究的不断深入，发现等深流沉积的粒度范围相当宽广，从泥级、粉砂级至砂级，甚至细砾级。特别是随着深海钻探计划的大规模实施，发现在现代海洋大陆坡和陆隆地带，普遍存在巨大的等深流沉积堆积体，这种堆积体的规模可与由浊流沉积形成的海底扇相比拟。Stow 等（2002）根据其形态和形成环境，将其划分为六种类型：①席状等深积岩体，②伸长状的等深岩丘状体，③水道有关的等深积岩体，④狭长的等深岩体，⑤浊流沉积体系被改造的等深积岩体，⑥充填等深积岩体。其中，伸长状的等深岩丘状体（等深岩丘）是一种最重要的类型（图3），它呈长条形的或伸长状的，横剖面上呈丘状，长度一般为数十至数百千米，宽可达数十千米，高出周围海底 0.1km 到 1km 以上，其堆积厚度局部可过 2km 以上。如佛罗里达海峡北部的碳酸盐等深岩丘长达 100km，宽达 60km，丘体厚度达 600m，总面积达 3000km² (Mullins et al., 1980)；法鲁等深岩丘长 50km，沉积厚度为 300m (Gonthier et al., 1984)；费尼等深岩丘长达 600km，沉积厚度为 500m (Dowling et al., 1993)。在北大西洋盆地，这样大型的等深岩丘就已发现 16 个，小规模的不计其数。在我国南海也发现有类似的大型沉积体（邵磊等，2007）。

目前，对等深岩丘的研究主要集中于现代等深岩丘，对地层记录中的等深岩丘研究较少。已见诸文献报道的古代地层记录中的等深岩丘有三个，即阿拉伯克拉通大陆边缘白垩

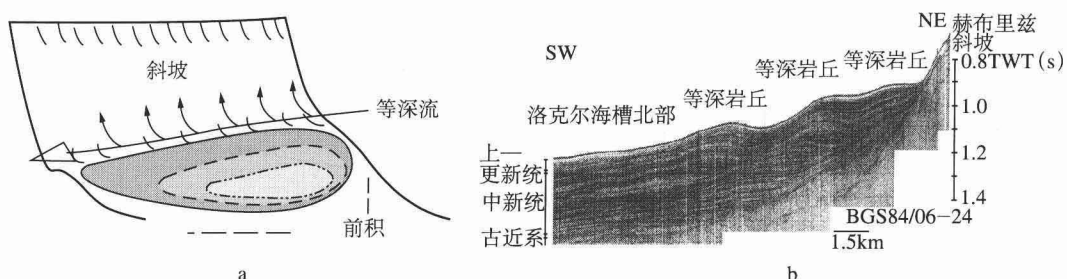


图3 等深岩丘的形态特征

a—等深岩丘的通常分布样式，以法鲁（Faro）等深岩丘为例（据 Faugères & Stow, 2008）；

b—北大西洋洛克海槽北部等深岩丘的地震反射剖面特征 (据 Howe, 2008)

系塔勒梅亚费组碳酸盐等深岩丘 (Bein et al., 1976) (图 4)、湘北九溪下奥陶统碳酸盐等深岩丘 (段太忠等, 1993) (图 5) 和鄂尔多斯地区西缘中奥陶统平凉组碳酸盐等深岩丘 (高振中等, 1995)。

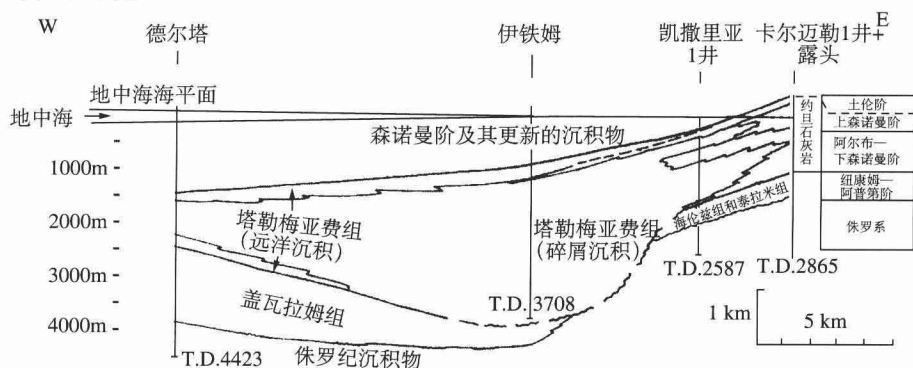


图4 以色列滨海平原至陆架的地质剖面

(据 Bein et al., 1976; 塔勒梅亚费组碳酸盐等深岩丘横向变化)

阿拉伯克拉通大陆边缘白垩系塔勒梅亚费组碳酸盐等深岩丘为一巨大的灰质碎屑沉积物堆积而成的棱柱形堆积体, 包括有等深流沉积的泥屑灰岩、粉屑灰岩、砂屑灰岩和砾屑灰岩, 构成了塔勒梅亚费组。等深岩丘南北长至少 150km, 东西宽 20km, 最大厚度 3000m。横剖面图显示塔勒梅亚费组在短距离厚度变化很大 (图 4)。该等深岩丘的东部边缘位于现今以色列滨海平原, 而大部分则位于地中海内。这是一个具有相当规模的油田。

湘北九溪下奥陶统碳酸盐等深岩丘位于华南被动大陆边缘湖南桃源九溪一带, 由灰泥等深积岩、条带状粉屑等深积岩、砂屑等深积岩、细砾屑等深积岩和生物屑等深积岩构成, 沿斜坡带发育一北东—南西向的脊状沉积体 (图 5 下), 其厚度超过 500m。向北侧碳酸盐岩台地方向厚度减小为 300m 以下; 向南侧盆地平原区, 同期沉积减为 200m 以下。该脊状沉积体应为发育于斜坡带而突出于同期沉积物之上的等深岩丘 (图 5 下)。在该等深岩丘野外露头中发现了固体沥青。

现已发现的古代等深岩丘的数量与现代等深岩丘相比极不相称。而且已识别出的三个实例均为碳酸盐等深岩丘，这也与现代等深岩丘以碎屑岩为主形成鲜明对照。这说明有大量地层记录中的等深岩丘，特别是碎屑岩等深岩丘，有待人们去识别和发掘。

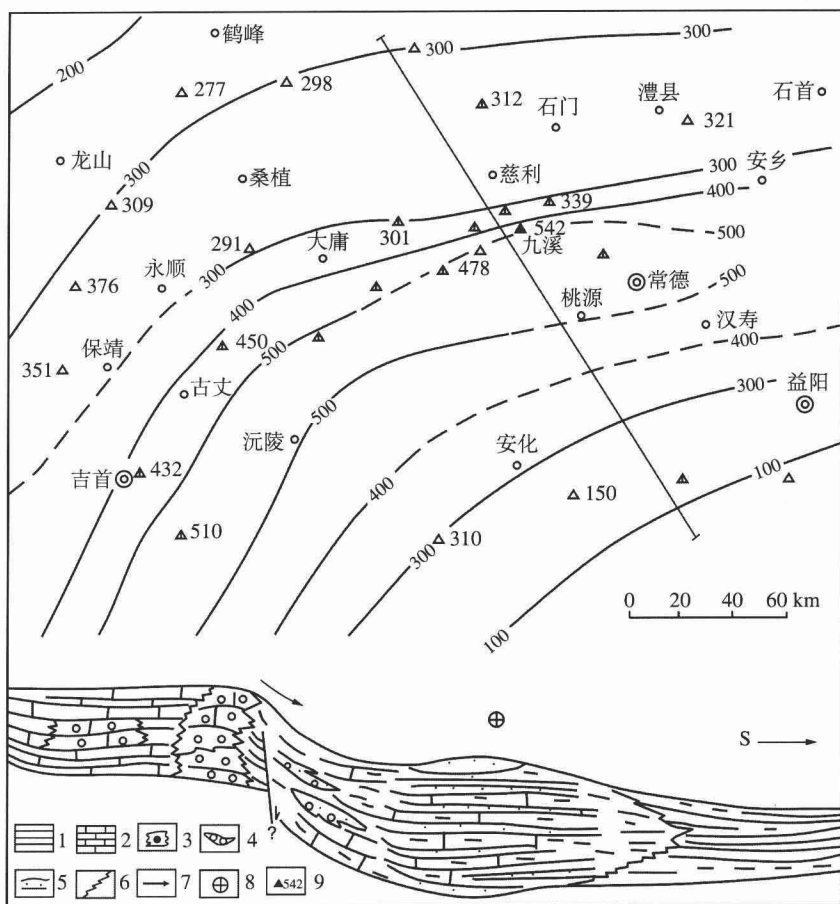


图5 湘北地区下奥陶统厚度等值线图(上)及重建的横剖面示意图(下)(据 Duan et al., 1993)

1—页岩、泥灰岩；2—台地相灰岩；3—滩相灰岩；4—重力流沉积；5—砂屑等深积岩；6—相变界线；
7—沉积物离岸搬运方向；8—沿斜坡走向搬运方向；9—剖面位置及沉积厚度(m)

4 等深流沉积的石油地质意义

深水重力流沉积已被国内外勘探实践证实蕴藏有丰富的油气矿藏，而深水等深流沉积具有与重力流沉积相似的生储盖组合条件，泥级的等深流沉积可以形成盖层和烃源岩，砂级的等深流沉积可形成良好的储集岩，因而等深流沉积具有可观的含油气潜能。

有机质的沉积和保存要求的水动力条件是海底无强底流。但在深水环境中，强底流是局部和短暂的现象，而低—中等强度的水流是组成斜坡和盆地的主要循环模式(Viana, 2008)，具输送细粒沉积物的能力。在所有海洋盆地可识别出较厚、范围广的细粒等深流沉积。细粒等深积岩在深水油气勘探体系中发挥重要作用，不仅可以形成良好的盖层或阻挡层，而且和生油层聚集有关。此外，等深流通常与天然气水合物聚集有关。在沿着大西洋边缘的等深流沉积中都可发现大量天然气水合物聚集在特征的底部反射层之下(Viana, 2008)。沉积物高渗透率有利于天然气水合物的聚集。布莱克外海台是在西太平洋海中的一个大型、富含黏土的等深岩丘，包含 $30 \times 10^6 \sim 40 \times 10^6 \text{t}$ 储存在甲烷水合物和游离的沼气中的碳(Viana, 2008)。这些资料表明，细粒等深流沉积与烃源岩关系密切。