

滨里海盆地东缘晚古生代 层序地层与沉积相

BINLIHAI PENDI DONGYUAN WANGUSHENGDAI
CENGXU DICENG YU CHENJIXIANG

金树堂 郑俊章 于炳松 主编

石油工业出版社

滨里海盆地东缘晚古生代 层序地层与沉积相

金树堂 郑俊章 于炳松 主编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了滨里海盆地东缘据钻井和地震资料所建立的晚古生代石炭纪层序地层格架,总结了其沉积相、亚相和微相组成,并以二级层序为单元厘定了沉积相平面展布,揭示了各沉积相带的时空分布。在此基础上分析了层序地层格架中的生、储、盖组合特征和滨里海盆地东缘晚古生代的油气成藏组合。本书可供油气勘探工作者、高等院校师生和相关专业人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

滨里海盆地东缘晚古生代层序地层与沉积相/金树堂等主编.
北京:石油工业出版社,2016.4

ISBN 978-7-5183-0955-9

I. 滨…

II. 金…

III. ①里海-晚古生代-地层层序②里海-晚古生代-沉积相

IV. P534.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 262595 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

编辑部:(101) 64523524

图书营销中心:(010) 64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:保定彩虹印刷有限公司

2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:14.25

字数:365 千字

定价:138.00 元

(如发现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

《滨里海盆地东缘晚古生代层序地层与沉积相》

编 委 会

主 任：金树堂

副主任：郑俊章 于炳松

委 员：陈洪涛 王燕琨 邓志展

编写组

主 编：金树堂 郑俊章 于炳松

副主编：王燕琨 赵晓明 赵玉光 尹继全 陈洪涛

王黎栋 石 新

主要编写人员：

金树堂 于炳松 郑俊章 陈洪涛 赵晓明

尹继全 王燕琨 赵玉光 程绪彬 王黎栋

石 新 邓志展 关维东 王国军 胡永军

王 震 孔令洪 李一保 梁 爽 阮 壮

高淑琴 罗 曼 杨 峰 李建英 闫国玉

序

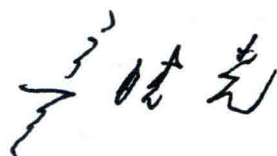
作为中国石油公司最早的海外风险勘探项目之一，哈萨克斯坦滨里海盆地东缘取得了重大勘探突破，在多家石油公司勘探未取得商业突破的不利条件下，发现了2亿吨级的北特鲁瓦盐下构造型大油田，这是哈萨克斯坦独立以来陆上的最大发现，也是继苏丹之后，中石油海外最重要的勘探成果。该油田目前已投入开发，取得了良好经济效益，也是中哈输油管线的重要油源之一。

随着勘探的不断深入，滨里海盆地东缘进入精细勘探阶段。作为勘探的必要基础工作，层序地层、储-盖层组合及其分布研究具有重要意义，我很高兴看到《滨里海盆地东缘层序地层及成藏组合研究》一书的出版。这是作者在滨里海盆地东缘十几年油气勘探中理论探索和实践经验的总结，也是该类复杂盆地石油地质规律的有益探索，对下一步滚动精细勘探具有重要意义。

本专著全面论述了滨里海盆地东缘的石油地质基本特征、构造演化与沉积充填、层序地层格架与主控因素、层序格架中的沉积相、储-盖层分布及成藏组合。细读本书有几点深刻体会。一是工作基础扎实，完成了大量岩心观察与实验、录井和试油资料分析、地震和测井资料处理解释等，为研究成果奠定了坚实的基础；二是成果结论可靠，充分利用先进的理论和技术，依靠众多经验丰富、长期从事海外科研与技术支持的专家，技术思路合理，论证充分，保证了成果和结论的可信性；三是结合生产实践，该专著的研究目标明确，即为勘探部署服务，因而具有实用性；四是具有推广价值，本书形成的方法和模式具有类似盆地的普适性，推广应用前景良好。

我相信，本专著的出版既有助于深入认识滨里海盆地东缘的层序与沉积特征、油气成藏要素分布规律、成藏组合及油气藏类型等，指导下一步的精细和立体勘探，提高勘探效率，也可为周边区块油气勘探工作提供部署依据；也必将有助于指导类似盆地或地区的油气勘探进程，提高海外勘探的效益和效率。我愿与广大读者分享本专著的重要成果。

中国工程院院士



前 言

滨里海盆地是世界上最重要的含油气盆地之一，有许多独特的巨型油田、气田和凝析油田发现（田吉兹、卡沙甘、阿斯特拉罕、肯基亚克等）。滨里海盆地大部分位于哈萨克斯坦，部分延伸到俄罗斯。滨里海盆地的勘探历程可追溯到 19 世纪末或 20 世纪初，但直到把勘探工作集中于盐下地层，才取得真正突破。近十几年来，在盆地南部的里海海域及东缘取得了重大发现，预示该盆地仍有较大勘探潜力。

一、滨里海盆地勘探历史

（一）哈萨克斯坦

位于哈萨克斯坦的滨里海盆地，其勘探始于 19 世纪晚期，并于 1898 年在 Karachungul（盆地东南部南恩巴）的盐上地层首次获得油气发现。1908 年，在 Dossor 获得重大发现，单井油产量达 110Mbbbl/d，导致了盆地东南部石油勘探活动的快速发展。同时，许多野猫井的钻探覆盖了盆地的大部分区域。

1923 年，国内革命战争结束后，对南恩巴地区的勘探重新开始，但直到 20 世纪 50 年代末期，该区域的勘探重点仍集中在盐上地层。这个时期，许多小规模、与盐丘有关的油田被发现（如 Karaton、Munayly、Terenuzuk 等油田）。

20 世纪 60 年代初，勘探重点开始转移到盆地的东部，在东部区域，在盐上地层又获得许多大的发现（如肯基亚克盐上油藏）。然而，到 20 世纪 60 年代末，由于勘探成功率大幅度下降，不得不将勘探目标转向了完全未勘探的盐下层。这一勘探策略的调整，使得短时间内获得了许多非常重要的发现：如让纳若尔油田（1978 年）、肯基亚克油田（1979 年）和田吉兹（1980 年）油田。后两个油田位于世界最大油田的行列。

20 世纪 80—90 年代早期有一系列小规模发现，到这一时期末，随着经济的困难和苏联的解体，哈萨克斯坦的油气勘探活动大为减少。然而，20 世纪 80 年代末，第一家外国石油公司对哈萨克斯坦的石油勘探开发机会表明了积极的兴趣（雪佛龙公司在田吉兹油田）。在 20 世纪 90 年代期间，这种趋势迅猛发展，有大量的国外大型的油气公司和独立的油气公司在哈萨克斯坦的滨里海盆地获得勘探开发许可。特别是在勘探上，1993 年成立了由多家外国公司和哈萨克斯坦国家石油公司组成的联合公司（“Kazakhstankaspishelf”）。利用二维地震，三维地震和后续的深探井，联合公司作业范围覆盖了哈萨克斯坦境内整个里海区域，此前该区域仅有部分探区在工作。这些工作卓有成效，2000 年，发现了 Kashagan 超大型油田，随后又发现了 Kairan—Aktote 油田。

（二）俄罗斯

在位于俄罗斯的滨里海盆地地区，首次发现是在现在废弃的 Melnikovo 油田，1906 年，在一个水井中发现了天然气。在战前的年代里，勘探工作非常有限，因为大量的勘探工作都集中在哈萨克斯坦境内。20 世纪 50 年代晚期至 60 年代早期，在 Saratov Oblast 地区（盆地的西北部）发现了一系列天然气田，如：Talovo、Starshinovo。

1963 年，在 Beshkul 首次发现石油，到 20 世纪 60 年代末，共发现 9 个油田。所有发现的油田都是盐上侏罗系和三叠系油藏。

20 世纪 70 年代，勘探工作开始转向盐下的巨层序。1976 年，发现了阿斯特拉罕巨型凝析油田。

在 1986 年以前，探井数量保持增长，并发现 6 个新油田。此后，由于苏联的解体，勘探工作大幅减少。在 1990—1995 年，仅有两个新的发现。20 世纪 90 年代末到 21 世纪初，私营石油公司的勘探开始缓慢增长。2002 年，在阿斯特拉罕背斜泥盆纪地层中发现了新的重要的成藏组合（Tabakovskoye），新的深探井（北阿斯特拉罕-1，ENI 和 Astrakhanskaya Neftgazovaya Kompaniya）把这个成藏组合作为了新的钻探目标。

1993—2001 年，在奥伦堡州（盆地的北部边界，包括伏尔加—乌拉尔盆地的南部边界），探井进尺共计 123602m（Karnaukhov 等，2002）。在滨里海区域，钻探了两口参数井，Kainsayskaya-1（完钻井深 6516m）和 Linevskaya Yuzhnaya-1（完钻井深 6145m）。1999—2002 年，在萨拉托夫州（盆地的西南边界），探井进尺共计 12960m。这期间主要的勘探成果是 Chernaya Padina-1 井在泥盆纪碳酸盐岩生物礁中发现了新的有潜力的成藏组合。

二、滨里海盆地东缘勘探历程与现状

滨里海盆地东缘中区块位于哈萨克斯坦阿克纠宾州让纳若尔油田南部 60km，在行政上隶属于阿克纠宾州穆戈贾尔地区。其构造位置属于滨里海盆地东部隆起带的东斜坡的中央地区（图 1）。其西北部已发现的老油田有让纳若尔、乌里赫套、科扎赛依、西涅利尼科夫、扎纳坦、洛克蒂拜等，主产层位均为石炭系。扣除区块内的让纳若尔、西涅利尼科夫和科扎赛依三个油田，勘探区块总面积 3262.3km²。在第一勘探期结束后，按合同要求提出并完成退地 328km²，目前进入勘探评价期，勘探面积是 2934.3km²。

区块所在的阿克纠宾州，其石油勘查历史可以追溯到 100 年前。1907 年，在进行地质勘查时发现地面油苗。1914 年，区块北部的莫尔图克盐上地层获得了少量的氧化稠油。1931 年，在盐上二叠系、三叠系中首次获得工业油流。1933 年，区块西北部发现了扎克瑟玛依油田，从而证实了盆地东缘乌拉尔—恩巴地区具有良好的含油气前景。苏联卫国战争期间（1939—1945 年），地质勘探工作被迫中断。1947—1948 年间地质勘探工作得以恢复，地质勘探、构造普查、深部探井的钻探与地球物理、地球化学、地貌学紧密结合，完成了 1:20 万的地质勘查工作。

20 世纪 50 年代末至 60 年代初，随着地震技术的发展与钻井技术的提高，对阿克纠宾地区重新进行了详细的研究和含油气前景评价。1959 年区块北部发现了肯基亚克盐上稠油

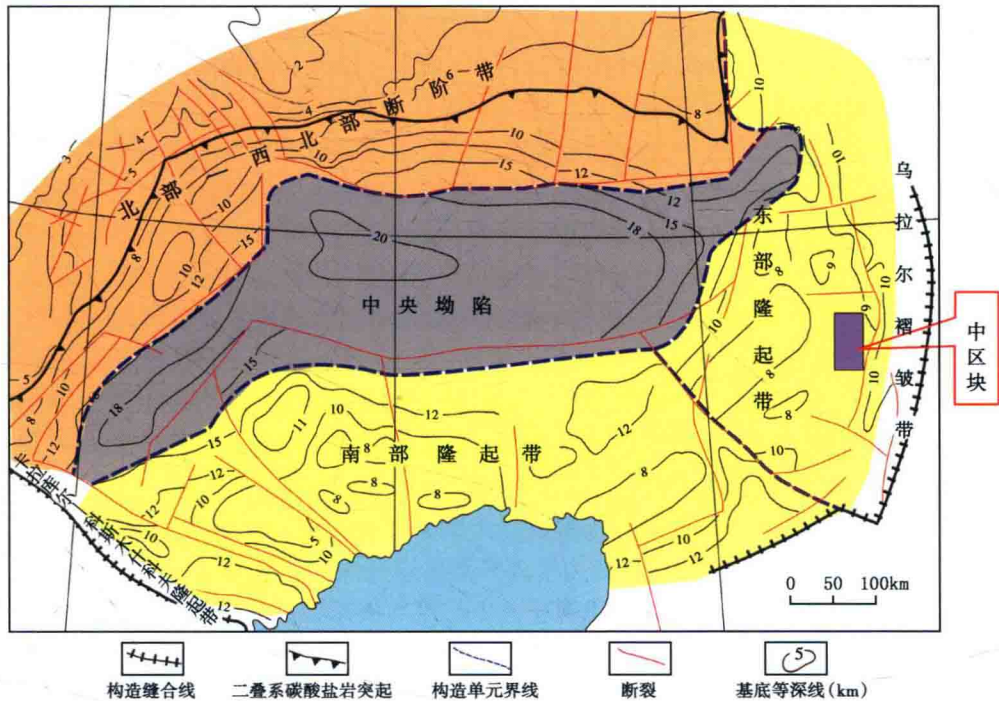


图1 滨里海盆地构造区划和研究区位置图 (据 IHS 数据库, 2009 年, 略修改)

油田, 1971 年发现肯基亚克盐下油田, 1978 年紧邻区块北部边界发现了大型盐下凝析油气田——让纳若尔油田, 1992 年让纳若尔油田北发现了东扎加布拉克油田。截至 CNPC 进入之前, 阿克纠宾州所辖范围内已发现 8 个盐上油田、11 个盐下油田。但是勘探区内的 18 口井均因为没有发现工业油气流而被地质报废。项目实施前, 该区块已完成二维地震约 4000km (但有数据体的测线仅有 2000km 多), 测网密度 0.5km×0.5km—3km×3km。

1967—2001 年, 在中区块范围内, 有多家外国公司进行过勘探活动, 共钻探 18 口井, 但均因没有工业油气发现而地质报废。主要集中在勘探区块的西部和北部, 东部仅钻了两口探井 (E-ZHA-1 和 YAKUT-1)。钻探到盐下地层的井有 15 口, 钻探到盐上地层的井有两口。这些老井当中, 让纳若尔油田附近的 ZHA-24 井 (中区块内) 在 2004 年被阿克纠宾公司修复后, 获得日产 7t 的油流, SIN-8 井当年钻井过程中试油日产油 0.5m³, 除此之外, 其余 16 口都未发现工业油气流。尽管如此, 2002 年初, 中方专家通过对中区块进行仔细论证, 认为该区块仍然具有较大勘探潜力。2006 年 6 月 6 日, CNPC 与哈萨克斯坦政府签署勘探合同, 初期勘探期为 6 年, 现经四次延期到 2016 年 6 月结束。自合同签订以来, CNPC 在中区块累计完成二维地震部署并采集约 2199km, 三维地震部署并采集 3977km², 完钻探井 26 口, 评价井 57 口。

CNPC 自从 2002 年 6 月 6 日与哈萨克斯坦签署勘探合同以来, 完成二维地震部署并采集约 2199km, 三维地震部署并采集 3977km², 完钻探井 26 口, 评价井 57 口。

逾 2002 年 6 月—2005 年 12 月, CNPC 实际完成二维地震采集 1252km, 重新处理老资料 2000km; CNPC 在区块内共部署探井 3 口 (KB-1 井、A-1 井和 H-1 井), 评价井 1 口

(A-2井)。KB-1井于2003年完钻并进行了裸眼试油三层，两层为干层，一层为水层；A-1井于2004年开钻，2005年结束，在盐下石炭系KT-II层试油获高产油气流，系统试油过程中日产油 130m^3 ，实现了该地区勘探的突破；H-1井于2005年5月开钻，9月底完钻，在KT-II层通过大型酸化压裂，试油日产水 8.04m^3 ；评价井A-2井，也在K-II层见到良好油气显示。

2006年为了扩大A-1井的勘探成果，采集三维地震 658km^2 ，并在西部部署二维地震，在其南部选择一个比较落实的圈闭北特鲁瓦圈闭，通过构造图与等 T_0 图的相互叠置，部署了第四口区域探井CT-1井。CT-1井在石炭系KT-I层中途测试获得工业油流，KT-II层出气，系统试油时，两层共获得日产550t的高产工业油流。此后的评价井都在不同层系获得工业油流，评价井成功率93%，标志着北特鲁瓦大油田的发现。2007年，实施钻探5口井，成功率100%；根据勘探发现实施三维地震 603km^2 。2008年，钻井21口，根据勘探发现部署并采集三维地震 1196km^2 。2009年，北特鲁瓦油田开始试采，当年产油 $93\times 10^4\text{t}$ 。同年，中油阿克纠宾油气股份公司向哈萨克斯坦政府提出对北特鲁瓦油田以东地区进行扩边。为了落实油田东部油水系统以及油气规模，同年部署并采集了 290km^2 三维地震，部署并实施了14口钻井；2010年，综合研究认为东部异常体带和西部科扎赛依5号构造具有一定的勘探潜力。当时这两个地区没有三维地震覆盖，三维地震部署对此具有重要的意义，因此，该年在此部署并采集了三维地震 1032km^2 。2011年9月，哈萨克斯坦国家矿产储量委员会批复北特鲁瓦油田 C_1+C_2 级地质储量为：原油 $2.4\times 10^8\text{t}$ ，溶解气 $518.26\times 10^8\text{m}^3$ 。2012年5月25日，中油阿克纠宾油气股份公司与哈萨克斯坦油气部签署北特鲁瓦油田转开发协议，油田正式投入开发，关于次年建成原油生成能力 $150\times 10^4\text{t/a}$ 。2012年由于南部T-1井试油在KT-II层获得工业油流，为了落实T-1井区的油气储量规模，部署并采集三维地震 198km^2 。

三、取得的主要业绩

经过多年的勘探实践，滨里海盆地东缘的油气勘探取得了辉煌的业绩，主要体现在以下几方面：

1) 总结了一套适合复杂盐丘地区的圈闭识别技术，使盐下构造的落实程度大幅提高。滨里海盆地东缘中区块下二叠统空谷阶发育大量高速盐丘（ 4500m/s ），造成下伏地层在时间剖面上产生不同程度上拉现象，时深转换技术难度大，盐下构造落实困难。针对该技术难点，通过模型正演和反演技术、叠前深度偏移技术、基于射线追踪法的变速成图技术的综合应用，总结了一套适合复杂盐丘地区的圈闭识别方法，使盐下构造的落实程度大大提高。在盐下目的层共发现和落实了20个局部圈闭，经部署钻探，2号构造和北特鲁瓦构造获得发现，新增石油地质储量近 $2\times 10^8\text{t}$ 。

2) 集成了一套碳酸盐岩储层综合预测技术，提高了评价井、试采井成功率。针对碳酸盐岩不同类型的储层采用了模型正演技术、地震属性分析技术、裂缝识别技术、多属性分析技术、地震切片技术、地震数据的系数脉冲反演技术、随机模拟和反演技术、储层敏感参数反演技术等，取得了较好的效果，成功预测了有利储层分布范围和厚度变化，评价井成功率

90%，对类似地区具有较好的指导意义。

3) 集成应用巨厚盐层复合钻井技术，缩短了钻井周期，提高了井身质量。在巨厚盐层井段优化应用了先进的两性离子聚磺饱和盐水钻井液体系，有效保证了盐岩层的井壁稳定，减少了钻井过程中的卡、垮、塌等井下事故；二开井段、三开井段的硬石膏、泥板岩、粉砂岩可钻性差，机械钻速低，影响钻井周期，为提高机械钻速，采用转盘+螺杆的复合钻井技术，钻井速度提高了 14.69%。在油层段研制了两性离子聚磺屏蔽暂堵钻井液，有效改善了钻井液的封堵防塌能力，保护了储层。该项技术的应用确保了钻井成功率 100%。

4) 以互利双赢为指导，加强政府层面的公关。海外勘探因处于资源国的管控，在做好各项勘探工作的同时，也要高度重视资源国社会公益事业，加强新闻媒体对 CNPC 的正面宣传。中油阿克纠宾油气股份公司按照 CNPC 提出的“互利双赢”的理念，积极支持当地的公益事业，截至 2008 年底向阿克纠宾州教育、医疗保健等领域提供的赞助超过 4000 万美元，为纪念二战胜利 60 周年，向参加二战老兵捐赠住房，每年为各区医疗机构提供救护车，每年向州中小学捐赠 100 台计算机等。这些工作得到了哈萨克斯坦政府的高度赞誉，阿克纠宾项目被称之为“中哈合作的典范”，由此大大推进了探区勘探工作的进展。

四、面临的主要问题

随着国外一些与盐系地层有关的含油气盆地及含油气区不断地被发现，例如美国墨西哥湾、西非海岸、东非海岸、波斯湾盆地、北德盆地、滨里海盆地等，人们都会遇到一个重要又十分困难的问题就是盐丘和盐丘底部构造形态成像问题。这个问题主要是由于不规则的盐丘形态和盐丘陡翼会产生较大的干扰信息而引起的。通过盐丘顶部的波被强烈折射，由盐丘底部产生的大多数反射波都可能超出正常的记录孔径而到达地面，不能用于成像。从 20 世纪 70 年代开始，世界上许多大油公司，如壳牌公司、BP 石油公司、Exxon 公司、Phillips 公司、Chevron 石油公司等都相继开展关于盐体及下部构造成像的专题研究，取得了非常好的经济效益。因此，专家们一再强调，盐体的形态通常是复杂的且必须精确描述，提高盐下油气勘探效益的关键在于尽快提高和改善盐下地震的成像技术。

受盐下地震成像技术的制约，使得盐下储层预测成为重要的难题之一。为了提高盐下储层预测的可靠性，迫切需要借助于先进的理论和方法，建立合理的地质模型，揭示不同性质地质体的时空分布规律，指导储层预测。层序地层学理论是被勘探工作证实，在建立等时地层格架、揭示不同类型沉积体系域时空分布方面具有重要预测作用的理论方法，对于建立正确的储层地质模型具有重要的理论指导作用。

滨里海盆地东缘盐下晚古生代地层具有巨大油气勘探潜力，其油气勘探的突破对于我国石油工业布局具有重要的战略意义。由于巨厚盐层覆盖条件下盐下层系特殊的油气成藏条件，导致了勘探难度增大，必须探索适用于巨厚盐下层系的勘探技术和方法。近年在滨里海盆地东缘中区块勘探所取得的巨大成功，一方面为我国的石油工业的发展做出了巨大的贡献，另一方面，也为我国探索在特殊的巨厚盐下层油气勘探技术积累了经验。因此，出版专著的目的，在于建立滨里海盆地东缘晚古生代石炭系的层序地层格架，揭示层序地层格架中沉积相带的时空分布，探讨层序地层格架中的生、储、盖组合特征和滨里海盆地东缘晚古

生代的油气成藏组合，为正确认识滨里海盆地东缘特殊的地质与油气成藏条件，优选 CNPC 区块最有利的钻探目标，提高探井成功率，从而缩短发现规模油气田的周期，节约勘探投资提供相关的依据。也期望本书的出版能为类似盆地或地区的油气勘探提供指导，为 CNPC 寻找新的油气生产基地，扩大海外油气储量、产量提供技术帮助。限于作者的水平，书中不当甚至错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

目 录

第1章 层序地层学理论概述	(1)
1.1 层序地层学发展现状与最新进展	(1)
1.2 碳酸盐岩层序地层理论基础	(4)
1.2.1 沉积层序的划分及界面特征	(4)
1.2.2 高级次层序地层单元	(5)
1.2.3 沉积体系域和高频层序	(6)
1.2.4 层序发育的主要控制因素	(9)
1.3 等时地层格架内的沉积体系和沉积相	(9)
1.3.1 高位体系域的特点	(9)
1.3.2 低位体系域和海进体系域的特点	(10)
1.3.3 层序边界	(13)
1.4 碳酸盐岩层序形成的动力学过程	(14)
1.4.1 海平面的相对变化	(14)
1.4.2 沉积背景	(16)
1.4.3 气候	(16)
1.4.4 沉积基准面与可容纳空间	(17)
1.5 碳酸盐岩层序格架中烃源岩和储盖层发育模式	(17)
1.5.1 烃源岩发育模式	(17)
1.5.2 碳酸盐岩储层发育模式	(19)
第2章 滨里海盆地构造演化与沉积作用	(20)
2.1 滨里海盆地构造演化	(20)
2.1.1 滨里海盆地大地构造背景	(20)
2.1.2 滨里海盆地的构造演化与盆地原型	(23)
2.1.3 滨里海盆地构造单元划分	(33)
2.2 滨里海盆地地层特征	(35)
2.2.1 地层概述	(35)
2.2.2 地层分布特征	(37)
2.3 滨里海盆地沉积和岩相古地理特征	(44)
2.3.1 盐下古生代沉积与岩相古地理特征	(44)
2.3.2 盐上层系岩相古地理特征	(54)
2.4 滨里海盆地东缘盆—山体系演化	(56)
2.4.1 乌拉尔造山带演化	(56)
2.4.2 滨里海盆地东缘盆—山耦合	(59)

第3章 滨里海盆地东缘晚古生代层序地层格架与主控因素	(61)
3.1 钻井层序地层序列	(63)
3.1.1 钻井层序界面识别	(65)
3.1.2 钻井层序特征	(66)
3.1.3 钻井层序地层序列	(69)
3.1.4 钻井层序地层格架	(70)
3.2 地震层序识别与划分	(73)
3.2.1 地震层序界面识别	(73)
3.2.2 地震层序划分	(75)
3.2.3 地震层序格架	(81)
3.2.4 地震层序特征	(83)
3.3 层序地层格架与主控因素	(89)
3.3.1 综合层序地层格架	(89)
3.3.2 层序构成特征	(89)
3.3.3 层序空间展布	(90)
3.3.4 层序发育控制因素	(91)
第4章 滨里海盆地东缘晚古生代沉积相	(94)
4.1 主要沉积相类型与特征	(94)
4.1.1 陆棚相	(94)
4.1.2 开阔台地相	(96)
4.1.3 局限台地相	(100)
4.1.4 蒸发台地相	(104)
4.2 不同体系域的沉积相构成	(105)
4.2.1 低位体系域沉积相构成	(105)
4.2.2 海侵体系域沉积相构成	(106)
4.2.3 高位体系域沉积相构成	(107)
4.3 沉积相空间展布与演化	(108)
4.3.1 沉积相空间展布特征	(108)
4.3.2 沉积演化特征	(126)
4.4 层序格架中的沉积相发育模式	(128)
第5章 滨里海盆地东缘层序格架中的生储盖分布	(130)
5.1 优质烃源岩与海泛事件	(130)
5.1.1 滨里海盆地优质烃源岩特征与分布	(130)
5.1.2 滨里海盆地东缘烃源岩特征	(133)
5.1.3 滨里海盆地东缘中区块烃源岩特征	(135)
5.1.4 大规模海泛事件 (CS) 与烃源岩的发育	(140)
5.2 主要储层类型及其在层序格架中的分布	(142)
5.2.1 碳酸盐岩储层特征	(142)
5.2.2 储层发育主要控制因素	(157)

5.2.3	储层分布特征	(175)
5.2.4	储层在层序地层格架中的分布	(180)
5.3	区域盖层及其分布	(182)
5.3.1	主要盖层特征与分布	(182)
5.3.2	盆地东缘盖层特征	(183)
5.3.3	主要区域盖层的体系域属性	(184)
5.4	层序地层格架中的生储盖层发育特征	(184)
5.4.1	碳酸盐岩—蒸发岩层序地层格架中的生储盖组合	(185)
5.4.2	碳酸盐岩—蒸发岩—碎屑岩混合层序地层格架中的生储盖组合	(186)
第6章	滨里海盆地东缘成藏组合	(188)
6.1	油气田特征	(188)
6.1.1	让纳若尔油田	(188)
6.1.2	肯基亚克油田	(191)
6.1.3	科扎赛依油田	(194)
6.1.4	乌里赫套油气田	(195)
6.1.5	北特鲁瓦油田	(196)
6.1.6	阿里别克莫拉油田	(198)
6.1.7	洛克蒂拜油田	(199)
6.2	成藏组合划分及评价	(200)
6.2.1	下二叠统碎屑岩成藏组合	(201)
6.2.2	下二叠统碳酸盐岩成藏组合	(201)
6.2.3	上泥盆统碳酸盐岩成藏组合	(204)
6.2.4	石炭系碳酸盐岩成藏组合	(204)
6.2.5	石炭系碎屑岩成藏组合	(205)
参考文献	(207)

第1章 层序地层学理论概述

1.1 层序地层学发展现状与最新进展

层序地层学是研究等时地层格架及其内部有成因联系的岩相关系的一门新兴地质学分支学科 (Vail 和 Mitchum, 1977; Wagoner, 1990)。尽管人们很早就认识到地质历史记录中存在着不同级别的沉积旋回, 但以这些不同规模的沉积旋回来系统地划分地层单元, 是从层序地层学的诞生才开始的。层序地层学的基本理论源于 Exxon 石油公司的科学家们在研究被动大陆边缘盆地时所建立的地震地层学。这一理论提出了一套通过地震反射终止识别不整合面及其对应的整合面来划分沉积层序的分析方法 (Vail 等, 1977)。尽管地震地层学早期建立的全海平面变化曲线和以全球海平面变化周期为依据的层序地层对比框架, 在国际上引起了多年的争议, 但通过建立层序地层格架进而在等时地层格架中进行沉积体系分析的方法得到了空前的应用和发展。近二十多年来, 综合高分辨率地震、钻井及露头资料的层序地层学研究精度不断提高, 从盆地规模的层序地层格架和沉积体系域分析向高精度的砂体或储层规模的层序地层学的方向深化。层序地层理论不断得到丰富、拓延和发展, 对沉积学、油气地质学, 以及相关的地质学领域的近代发展起到了重要的推动作用。

层序地层学强调了等时地层格架中的相关系和地层结构, 许多人认为它是沉积地质学领域中最新概念上的革命之一 (Miall, 1995), 因为它改变了地层分析的方法。层序地层学的应用涉及广泛的领域, 从理论上揭示地质历史中区域到全球性的古地理变化和控制沉积作用的因素, 到生产上推动石油勘探与开发的进步。

层序地层学独特地将研究聚焦于分析相和地层几何特征的变化, 识别确定不同级别盆地充填和侵蚀事件的关键界面。地层叠加样式反映了沉积作用和基准面变化速率的相互作用, 反映了进积、退积、加积和下切这些沉积趋势的综合 (图 1-1)。每一种地层叠加样式反映了一种特定的沉积成因类型 (如海进、正常海退、强迫海退等), 且具有不同的地层几何形态和沉积相保存样式。这些沉积体是能揭示沉积环境背景的成因地层体, 它可包含几个与该沉积时间相对应的沉积体系域。

层序地层学已成为局部和区域规模地层对比的有效工具, 其方法已被用作综合地层分析。然而, 层序地层学概念自提出以来, 经历了 30 多年的发展, 形成了多种理论模式 (图 1-2)。这些理论模式在关于层序地层方法如何运用于岩石记录方面具有不同的认识 (图 1-3)。这些不同分析途径的层序地层方法共同存在的一个重要原因是, 每一种层序地层模式均由其倡导者根据不同的实例或数据资料的研究证明其方法是正确可行的。因此, 对一套地层序列进行层序地层分析的最合适的途径, 将随着其构造背景、沉积背景、沉积物类型 (碎屑岩、碳酸盐岩、蒸发岩)、可用于分析的资料和对象类型 (地震资料、测井资料还是

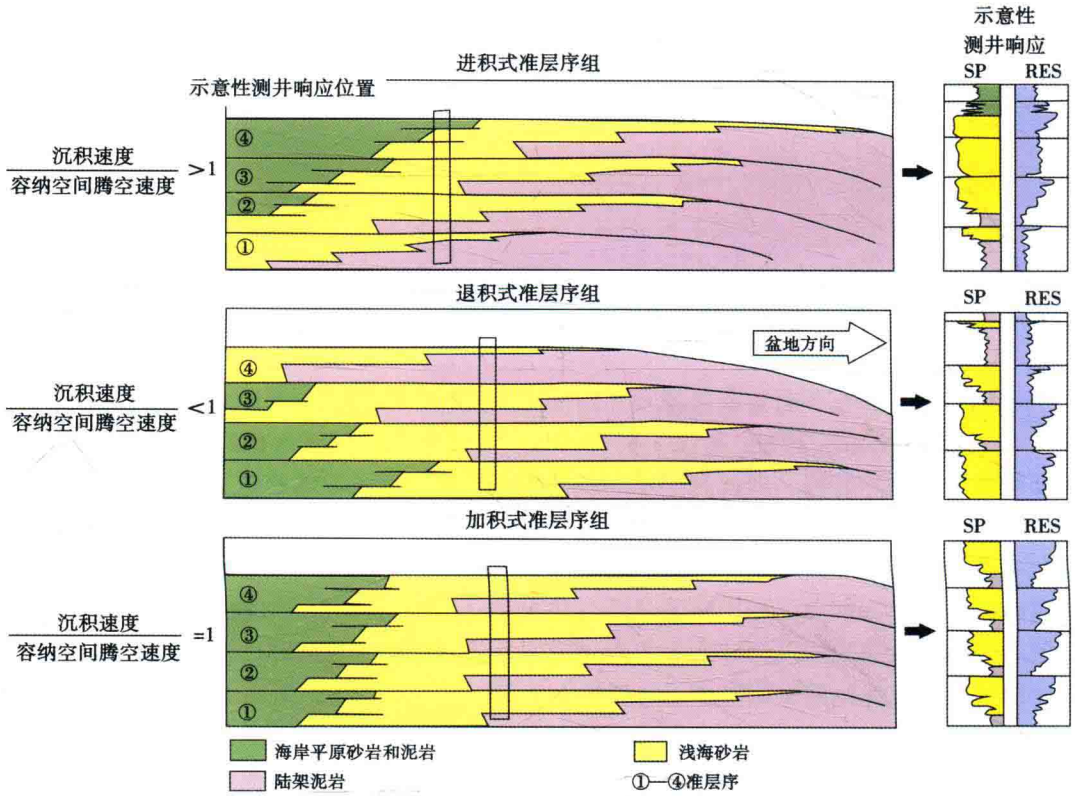


图 1-1 地层叠加样式

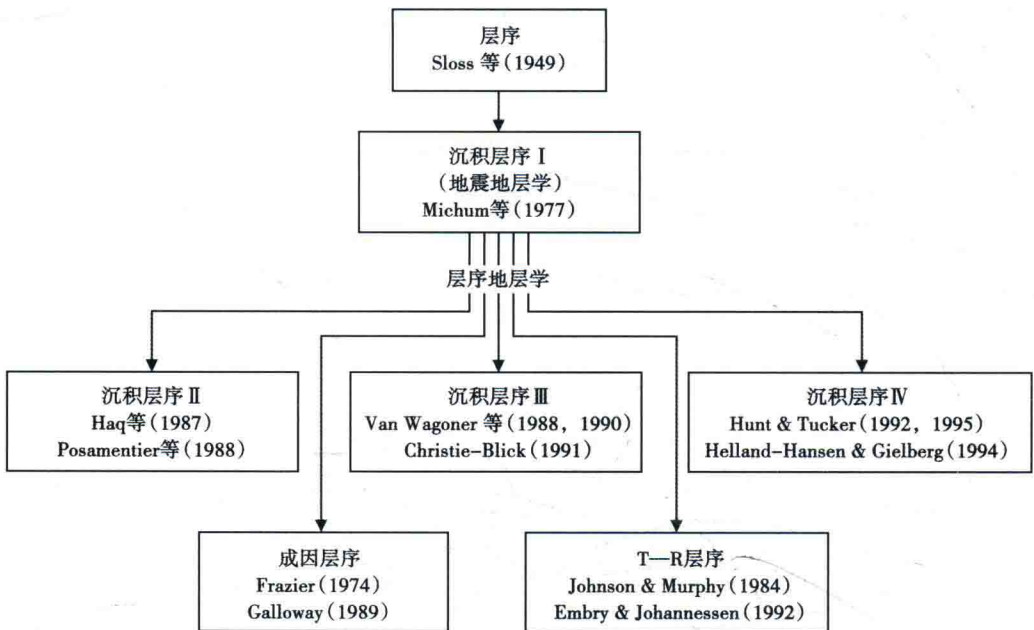


图 1-2 层序地层学理论模式的发展 (据 Catuneanu, 2006)

层序模式 事件	沉积层序 II	沉积层序 III	沉积层序 IV	成因层序	T-R层序
海侵结束	HST	HST早期	HST	HST	RST
				MFS	
海退结束	TST	TST	TST	TST	TST
					MRS
基准面下降 结束	LST晚期 (楔状体)	LST	LST	LST晚期 (楔状体)	RST
				CC**	
基准面下降 开始	LST早期 (扇体)	HST晚期	FSST	LST早期 (扇体)	
	CC*				
	HST	HST早期	HST	HST	



图 1-3 不同层序地层模式中层序界面形成时间和体系域术语的对比 (据 Catuneanu, 2006)
沉积层序 II 层序边界的整合部分被认为形成于海平面下降早期 (Posamentier 等, 1988), 后来调整为海平面下降的起始点 (Posamentier 等, 1992)。

LST—低位体系域; TST—海侵体系域; HST—高位体系域; FSST—下降期体系域; RST—海退体系域;
T-R—海侵-海退; CC*—可与之对比的整合面; MFS—最大海泛面; MRS—最大海退面

露头观察), 以及研究对象的规模等的不同而改变。

由此, 近年来许多专家提出了层序地层标准化的概念, 试图规范层序地层研究方法 (Catuneanu 等, 2009)。层序地层标准化需要对独立于模式的基本概念、沉积单元、界面和 workflow 给出明确的定义, 这些将勾画出层序地层分析方法的基本框架。一个标准的层序地层划分方案需要足够宽泛、能兼顾所有可能的层序地层方法的选择, 而不仅限于某一单一的方法或模式。

一个层序地层框架包括了由可容纳空间与沉积作用相互作用形成的成因地层单元 (如强迫海退体系域、低位体系域、高位体系域、正常海退体系域和正常海进体系域), 这些成因地层单元由层序地层界面所限定。每一成因单元由特定的地层叠加样式和界面所限定, 并由一可对比的沉积体系域所构成。体系域和层序界面的可编图性取决于沉积背景和可用于分析的资料类型。正是这种在精确表达层序地层单元和界面中的高度可变性, 需要我们采用一种充分可行的分析方法能兼顾各种可能的表达情况。露头、钻井、测井和地震资料的综合可为层序地层分析提供一条最理想的途径, 缺少其中任何一种资料都将影响层序地层解释的精度。

一种标准的层序地层分析 workflow, 需要以合适的观察尺度, 有目的地描述和识别地层剖面中所有的成因单元和界面。构建这种独立于模式的成因单元和界面的格架确保了层序地