

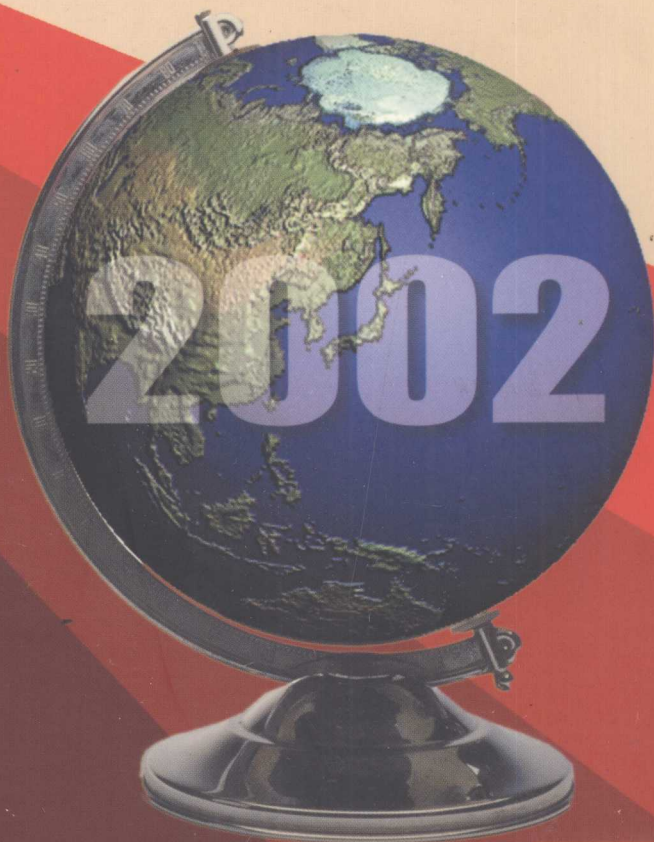
谨以此书献给石油大学五十周年华诞

油气藏形成与勘探

YOUQICANG XINGCHENG YU KANTAN

石油大学石油天然气成藏机理
教育部重点实验室 2002 年科研成果文集

张一伟 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

内 容 提 要

本书为石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室 2002 年科研成果文集。书中汇集了油气运移和聚集动力学、烃源岩及油藏地球化学、圈闭形成与演化及预测方面的重要成果。

本书可供石油、天然气地质科研人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

油气藏形成与勘探:石油大学石油天然气成藏机理教育部
重点实验室 2002 年科研成果文集/张一伟主编.

北京:石油工业出版社,2003.9

ISBN 7-5021-4383-1

I. 油…

II. 张…

III. ①油气藏-形成-文集 ②油气藏-油气勘探-文集

IV. P618.130.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 081367 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京乘设伟业科技排版中心排版

北京密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 41.75 印张 1066 千字 印 1—500

2003 年 9 月北京第 1 版 2003 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-4383-1/TE·3068

定价:85.00 元

《油气藏形成与勘探》

编 委 会

主	任	张一伟			
副	主	任	马宗晋	贾承造	关德范 董伟良
委	员	戴金星	汪集旸	胡见义	赵政璋
		贝 丰	李思田	罗晓容	方朝亮
		金之钧	王铁冠	郝 芳	庞雄奇
		Larter(英)	Graham(美)	Lerch(美)	
		康托洛维奇(俄)	黎茂稳(加)	曾溅辉	

前 言

石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室是教育部 2000 年 10 月批准成立的,它的主要任务是致力于研究中国复杂地质条件下油气成藏机理与分布规律,为有效勘探开发油气资源提供理论指导。

在教育部的领导下,在中国石油天然气集团公司科技局、中国石油化工股份公司勘探开发研究院、中国海洋石油总公司勘探开发研究中心以及大庆油田和胜利油田等会员单位的大力支持下,两年多来,石油天然气成藏机理教育部重点实验室紧紧围绕学术委员会所确定的油气运移和聚集动力学、烃源岩及油藏地球化学以及圈闭形成、演化及预测三个研究方向开展工作,取得了丰硕成果。

(1)完善了实验室的管理制度,成立了以依托单位主管领导为主任和相关职能部门为委员的实验室管理委员会,改善了实验室的工作环境,提高了工作效率。

(2)圆满完成了“九五”、“211”工程建设任务,建成了油藏地球化学实验室、构造物理模拟实验室、油气成藏机理物理模拟实验室和油气成藏机理数值模拟实验室四个校级实验室。2001 年获得教育部“211”工程评审专家组的高度评价,认为石油大学已在油气成藏研究领域发展成为我国主要的实验基地、研究基地和人才培养基地。

(3)探索了会员合作制,并取得了初步成效,为实验室今后的长期稳定发展和保障基础理论研究的顺利进行积累了有益的经验。

(4)出色地完成了“九五”期间承担的两项研究经费在 1000 万元以上的研究项目:大、中型油气田成藏定量模式研究(中国石油天然气集团公司“九五”重大科技攻关项目);柴达木盆地石油地质综合研究与勘探目标选择(中国石油天然气股份有限公司“九五”重点科技攻关项目)。并获得了一批高水平的研究成果,其中三项获省部级科技成果一等奖,即:“大、中型油气田成藏定量模式研究”获中国石油天然气集团公司 2002 年技术创新一等奖,“塔里木盆地油气源与成藏研究”获教育部 2002 年科技进步一等奖,“柴达木盆地石油地质综合研究与选区评价”获 2002 年青海省科技进步一等奖;一项获省部级科技成果二等奖,即:“排烃门限理论研究与应用”获 2002 年北京市科技进步二等奖;两项获省部级科技成果三等奖,即:“塔里木盆地形成演化过程与复合含油气系统多旋回油气成藏动力学研究”和“柴达木盆地天然气资源评价与有利勘探区选择”获 2001 年北京市科技进步三等奖,为实验室的进一步发展奠定了坚实的基础。

(5)“十五”期间,争取到国家重点科技攻关项目“济阳坳陷下第三系沉积体系与油气运聚机理研究”和国家杰出青年基金项目“沉积盆地超压系统演化及成藏效应”等重大基础科研项目,实验室将继续围绕油气成藏机理深入开展工作,不断推动我国油气勘探理论的发展。

(6)开展了广泛的国内外学术交流。已与加拿大、美国、俄罗斯、日本、韩国、澳大利亚和德国等国家著名研究机构、大学和石油公司建立了联系并开展合作研究,互派博士后和留学生。实验室设立了开放研究基金,对全国开放。

今后石油天然气成藏机理教育部重点实验室将坚持油气成藏研究的学术方向,瞄准油气勘探的重大理论问题,强化叠合盆地油气富集规律研究,依靠物理模拟揭示微观机理,借助现

代技术实现宏观预测,加强国内外学术交流与合作,努力提高学术水平,走产学研相结合的发展道路,发挥团队精神,使实验室成为全国油气成藏机理研究、学术交流和人才培养的重要基地。

为了进一步推动全国油气成藏机理研究,全面反映石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室的研究成果,我们决定每年公开出版一本科研成果文集。现在我们组织出版了《油气藏形成与勘探——石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室 2001 年科研成果文集》和《油气藏形成与勘探——石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室 2002 年科研成果文集》。这两部文集一方面展示了石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室 2001 年和 2002 年在油气运移和聚集动力学、烃源岩及油藏地球化学和圈闭形成、演化及预测三个研究方向公开发表的主要成果,另一方面介绍了实验室两年来取得的主要科研成果、实验室的基本情况以及实验室研究骨干。在文集出版的过程中得到石油工业出版社周家尧、谭忠心等同志的大力支持。曾溅辉、翁庆萍等人付出了大量的劳动,在此表示衷心的感谢。由于水平有限,时间仓促,不妥之处,敬请指正。

石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室主任

庞雄奇教授

2003 年 6 月

目 录

油气运移和聚集动力学

叠合盆地构造变动破坏烃量研究方法探讨·····	庞雄奇 姜振学 左胜杰(3)
三角洲前缘砂体中石油二次运移与聚集过程物理模拟及结果分析 ·····	辛仁臣 姜振学 李思田(11)
Division of Gas Accumulation System and Laws Controlling Distribution of Natural Gas in Typical Petroliferous Basins of China ·····	Jiang Zhenxue Pang Xiongqi Jin Zhijun Chen Dongxia(15)
滨里海盆地盐下层系的油气地质特征 ·····	刘洛夫 朱毅秀 胡爱梅 张占峰(25)
Discussion on Petroleum Migration in Bamianhe Oilfield of Dongying Depression, East China ·····	Pang Xiongqi Li Sumei Jin Zhijun Ma Xiaochang(33)
圈闭勘探风险构成与评价方法探讨 ·····	李玉喜 庞雄奇 姜振学 汤良杰(45)
经济边际在油气资源勘探开发中的应用方法研究 ·····	高世葵 庞雄奇(50)
济阳坳陷砂岩透镜体油气藏充满度大小及其主控因素 ·····	曾溅辉 张善文 邱楠生 姜振学(54)
滨里海盆地盐上层的油气地质特征 ·····	刘洛夫 朱毅秀 张占峰 胡爱梅(59)
台北凹陷侏罗系煤层残留气量数值模拟 ·····	左胜杰 庞雄奇(68)
吐哈盆地台北凹陷深盆地成藏地质条件 ·····	左胜杰 庞雄奇 金之钧 袁明生(74)
一种生、排烃量计算方法探讨与应用·····	周杰 庞雄奇(81)
石油和天然气运聚效率的主控因素及定量评价 ·····	周海燕 庞雄奇 姜振学 周杰(87)
叠合盆地油气资源评价问题及其研究意义 ·····	庞雄奇 金之钧 姜振学 左胜杰(95)
八面河油田油气运聚、成藏模式探讨 ·····	庞雄奇 李素梅 黎茂稳 金之钧(103)
泥岩压实动态分析法定量评价石油初次运移·····	罗 群(109)
天然气藏的破坏机理与保存条件评价·····	罗 群 白新华(114)
勘探开发一体化经济评价模型的建立及其应用·····	金之钧 石兴春 韩保庆(120)
济阳坳陷八面河探区油气资源前景和勘探效益预测·····	解国军 金之钧 陈光新(127)
喜马拉雅运动对库车坳陷油气成藏的影响·····	曾联波 周天伟 吕修祥(136)
平落坝储层有机包裹体特征与气藏形成过程研究·····	高 岗 黄志龙(140)
塔里木盆地库车坳陷依南2气藏成藏期次研究·····	高 岗 黄志龙 刚文哲(145)
焉耆盆地侏罗系油气系统特征与演化·····	柳广弟 张仲培 陈文学 杨道庆 李永林(151)
焉耆盆地油气成藏期次研究·····	柳广弟 张仲培 陈文学 陈文礼 林社卿(157)
断裂带作为油气散失通道的输导能力·····	柳广弟 吴孔友 查明(161)
柴达木盆地北缘西段油气成藏机理研究·····	高先志 陈发景(165)
吐哈盆地鲁克沁构造带流体地球化学、动力与油气运移和聚集 ·····	曾溅辉 左胜杰(172)

Mechanism of diapirism and episodic fluid injections in the Yinggehai Basin

..... Hao Fang Li Sitian Gong Zaisheng Yang Jiaming(178)

含油气盆地成藏期分析理论和新方法

..... 王飞宇 金之钧 吕修祥 肖贤明 彭平安 孙永革(186)

裂缝水驱油机理的真实砂岩微观模型实验研究..... 赵 阳 曲志浩 刘 震(197)

烃源岩及油藏地球化学

准噶尔盆地侏罗系层序地层格架中的烃源岩评价

..... 刘洛夫 康永尚 齐雪峰 唐 勇 熊正祥(205)

中国西部地区沉积盆地热演化和成烃史分析..... 邱楠生(216)

中国大中型油气田的主力烃源岩分布特征..... 刘洛夫 金之钧(220)

苏北金湖凹陷混合原油的地质地球化学特征..... 李素梅 庞雄奇 金之钧 黎茂稳(231)

低熟油、烃源岩中含氮化合物分布规律及其地球化学意义

..... 李素梅 庞雄奇 黎茂稳 金之钧(238)

Evidence of Multi-Stage Hydrocarbon Charging and Biodegradation of the Silurian

Asphaltic Sandstones in the Tarim Basin, China Liu Luofu(245)

The Silurian Reservoir Bed-Differentiated Asphalts in Tarim Basin and Modeling

Experiments on Their Origin

..... Liu Luofu Liu Hongjiang Wang Hongyu Zeng Jianhui(256)

柴达木盆地烃源岩生、排烃特征模拟研究 左胜杰 庞雄奇 周瑞年 姜振学(265)

门限控烃作用及其在有效烃源岩判别研究中的应用

..... 姜振学 庞雄奇 金之钧 周海燕 王显东(271)

东营凹陷与幔源富 CO₂ 流体有关的复合成因烷烃

..... 金之钧 张刘平 曾减辉 杨 雷(280)

东营凹陷深部流体活动及其生烃效应初探..... 金之钧 杨 雷 曾减辉 张刘平(286)

沉积盆地深部流体的地球化学特征及油气成藏效应初探

..... 金之钧 张刘平 杨 雷 胡文瑄(291)

Organic geochemical evidence for a regional stratigraphic thermal event in East China

..... T. - G. Wang Bao Jianping B. R. T. Simoneit(299)

High molecular weight(C₃₅⁺)n-alkanes of Neogene heavily biodegraded oil in the

Qianmiqiao region, North China Wang Tieguan (T. - G. WANG)

Zhu Dan Zhang Zhihuan Lu Hong Yang Chiyin(311)

焉耆盆地三工河组储层流体包裹体形成期次分析

..... 柳广弟 张仲培 张枝焕 陈文学 陈文礼 李永林(320)

论分子有机地球化学若干名词与术语的辨析和厘定..... 王铁冠(325)

千米桥地区上第三系严重生物降解石油的高分子量(>C₃₅)正烷烃

..... 王铁冠 朱 丹 张枝焕 卢 鸿 杨池银(333)

伊通地堑天然气地球化学特征与运移效应..... 黄志龙 高 岗 刘鸿友(340)

成藏流体历史分析..... 钟宁宁 张枝焕 孙晓明(344)

油层合理开采边界的地球化学预测..... 张枝焕 王铁冠 朱 雷 周永炳 刘国志(350)

塔里木盆地台盆区寒武系烃源岩有机成熟度

..... 王飞宇 刘长伟 朱 雷 张水昌 张宝民 梁狄刚(354)

圈闭形成、演化及预测

陆相伸展盆地的层序类型、结构和序列与充填模式 杨明慧 刘池阳(361)

冀中坳陷古近纪的伸展构造 杨明慧 刘池阳 杨斌谊 赵红格(370)

冀中坳陷的伸展构造系统及其构造背景 杨明慧 刘池阳 孙冬胜 崔永谦(381)

Continental Sedimentation Associated with Fault Block Tectonics of the Northwestern

Central Hebei Basin(China): Controls on Basin Margin Fans and Fluvial Systems

..... Yang Minghui Liu Chiyang Sun Donsheng(391)

Tectono-thermal evolution of the Qaidam Basin, China: evidence from R_o and apatite

fission track data Qiu Nansheng(398)

准噶尔盆地侏罗系非构造圈闭的勘探前景 王英民 刘 豪 王 媛(409)

层序地层学在陆相斜坡带隐蔽油气藏勘探中的应用 李 群 王英民 宋国奇(413)

准噶尔大型坳陷湖盆坡折带的类型和分布特征

..... 王英民 刘 豪 李立诚 齐雪峰 王 媛(416)

松辽盆地南部隐蔽圈闭及有利地区预测 李 群(423)

中国含油气盆地构造分析主要进展与展望 汤良杰 金之钧 漆家福 卢华复(428)

柴达木盆地及相邻造山带区域断裂系统

..... 汤良杰 金之钧 戴俊生 张明利 张兵山(439)

准噶尔盆地腹部地区断裂特征分析 李振宏 汤良杰 丁文龙 姚素平(446)

中国西北部盆地岩石热导率和生热率特征 邱楠生(451)

DISCUSSION ON THERMAL WAVE MODEL USED IN THE THERMAL EVOLUTION

ANALYSIS IN THE TARIM BASIN

..... Qiu Nansheng Jin Zhijun Li Jingchang(460)

塔里木盆地热演化分析中热史波动模型的初探 邱楠生 金之钧 李京昌(469)

准噶尔盆地构造—热演化特征 邱楠生 杨海波 王绪龙(477)

准噶尔盆地玛6井区侏罗系三工河组 S₂ 砂层地震相分析 ... 王 媛 王英民 刘 豪(483)

裂缝介质中地震波方位 AVO 特征分析 范国章 牟永光 金之钧(487)

多频电磁波测井数据的反演成像技术及应用 沈金松(492)

柴西地区近南北向构造系统及其控油作用分析

..... 李玉喜 庞雄奇 汤良杰 姜振学 周瑞年 蒋武明(502)

准噶尔盆地侏罗系三工河组层序界面结构分析 刘 豪 王英民 王 媛 金武弟(508)

浅析准噶尔盆地侏罗系煤层在层序地层中的意义 刘 豪 王英民 王 媛(513)

近年来中国含油气盆地构造研究新进展和存在问题

..... 汤良杰 金之钧 石宝珩 漆家福 卢华复(520)

松辽盆地徐家围子断陷构造演化 殷进垠 刘和甫 迟海江(530)

裂缝各向异性介质中纵波速度的变化及其对共中心点道集叠加的影响

..... 范国章 牟永光(535)

柴达木侏罗纪盆地性质及其演化特征

..... 曾联波 金之钧 张明利 汤良杰 由福报 雷兵足(545)	
用面积平衡原理预测伸展断陷盆地中岩层内部应变及亚分辨正断层的方法	
..... 漆家福 Groshong R H Jr 杨 桥(551)	
准噶尔盆地侏罗系层序地层学研究	
..... 鲍志东 管守锐 李儒峰 王英民 刘 凌 赵秀岐 齐雪峰(560)	
塔里木盆地台盆区古生界优质碎屑岩储层形成机理及预测	
..... 朱筱敏 钟大康 赵澄林 顾家裕 王招明 周新源(566)	
具有地形坡折带的坳陷湖盆层序地层模拟..... 胡宗全 朱筱敏(574)	
柳沟庄—窟窿山油藏储层裂缝类型及特征	
..... 闫伟鹏 朱筱敏 张 琴 古 莉 张群伟 张振生 王小善(579)	
柴达木盆地第四系层序地层特征与油气评价..... 朱筱敏 康 安 胡宗全 徐子远(585)	
塔里木盆地台盆区三叠系层序地层研究和有利勘探区预测	
..... 吕雪雁 朱筱敏 申银民 高 雷(591)	
准噶尔盆地西北缘侏罗系储层成岩作用及孔隙演化..... 胡宗全 朱筱敏(597)	
塔里木盆地志留系沉积体系及分布特征..... 朱筱敏 王贵文 谢庆宾(602)	
准噶尔盆地昌吉凹陷西斜坡侏罗系层序地层特征..... 吕雪雁 朱筱敏 高 雷(611)	
准噶尔盆地东北缘侏罗系含煤岩系层序地层和隐蔽圈闭	
..... 朱筱敏 康 安 张 琴 张满郎 况 军 吴晓智 韩 军(617)	
The Formation Mechanism for the Wedge-shaped Structure of the Jiyang Depression in	
China's Bohai Bay Basin Lu Xiuxiang Li Desheng San Jiazeng(624)	
附录一:石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室简介 (638)	
附录二:2002 年取得的主要科研成果简介 (646)	
附录三:石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室开放基金课题申请指南 (651)	
附录四:石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室开放基金课题申请书格式 ... (653)	

油气运移和聚集动力学

叠合盆地构造变动破坏烃量研究方法探讨^①

庞雄奇 姜振学 左胜杰

(石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室 北京 102249)

摘 要 叠合盆地内烃源岩生成的烃量在运聚过程中只有1%~10%左右的油和1‰~10‰左右的气能够富集成有工业价值的油气资源。除源岩残留、储层内滞留、区域盖层形成前排失、地下水溶解和扩散外,构造变动是造成烃类损耗和破坏的重要原因。探讨构造变动破坏烃量的研究方法对于油气资源评价具有重要意义。研究表明,构造变动破坏烃量主要有三种形式:剥离区域盖层、切断区域盖层的连续性和破坏圈闭的有效容积。构造变动破坏烃量随构造变动强度(剥蚀区域盖层的面积、错断区域盖层的距离和破坏圈闭的有效容积百分数)增加、构造变动前研究区有效运移烃量以及构造变动过程中区域盖层脆性增强而增大。本文探讨了构造变动破坏烃量的研究方法,建立了构造变动破坏烃量与上列三因素的定量关系模式,并将其成功地应用于塔里木盆地。

关键词 叠合盆地 构造变动 破坏烃量 区域盖层 塔里木盆地

目前,评价油气资源量(Q)最常规的方法是在获得研究区烃源岩的生烃量(Q_p)或排烃量(Q_e)后乘以一个经验性的运聚系数(K_{ma})或聚集系数(K_a)后计算,即:

$$Q = Q_p \times K_{ma} \quad (1)$$

或
$$Q = Q_e \times K_a \quad (2)$$

K_{ma} (K_a)的地质含义是烃源岩生成烃量(排出烃量)在扣除各种形式的损耗烃量后剩余的、可聚集成具有工业价值油气藏的烃量占原始生烃总量(排烃总量)的比率。对油和气而言, K_{ma} (K_a)分别为1%~10%(10%~50%)和1‰~10‰(10‰~50‰)左右。这一方法的优点是可操作性强,存在问题的是 K_{ma} 和 K_a 的取值受人为主观因素影响过大(朱世新,1987;武守诚,1994)。

油气从生成到聚集成藏要经历一系列的损耗作用,其中包括烃源岩残留、储层内滞留、区域盖层形成前排失、水溶和扩散流失、构造变动破坏等。油气生成量只有在满足了上述各种形式的存留需要后才能富集成藏(庞雄奇等,2000)。基本模式为:

$$Q_a = Q_p - Q_{rm} - Q_{rs} - Q_{rbc} - Q_{wd} - Q_{ds} \quad (3)$$

式中 Q_a ——研究区某一运聚单元内最终可供聚集烃量;

Q_p ——研究区某一运聚单元内烃源岩总生烃量,依据热模拟实验和盆地模拟等方法计算(蒂索等,1989;庞雄奇等,1993a,2000;王新洲等,1996);

Q_{rm} ——研究区某一运聚单元内源岩残留烃临界饱和量,依据氯仿沥青“A”等资料计算(庞雄奇,1995);

Q_{rs} ——研究区某一运聚单元内储层滞留烃量,通过实测岩石吸附烃、地下水溶解烃等

① 原载《地质论评》,2002,48(4)。

参数计算求得(Price, 1976; 维索茨基, 1986);

Q_{rbc} ——研究区某一运聚单元内区域盖层形成前排失烃量, 通过模拟区域盖层形成前的排烃量计算(庞雄奇等, 1993b);

Q_{wd} ——研究区某一运聚单元内随压实排出水和水中分子扩散流失的烃量, 通过测定扩散系数等参数后计算(Stainforth *et al.*, 1990);

Q_{ds} ——研究区某一运聚单元内构造变动破坏的烃量。

不难看出, 依据物质平衡法模拟计算研究区油气远景资源量(可供聚集烃量)的关键是计算构造变动破坏的烃量。

1 构造变动破坏烃量研究方法 with 原理

研究构造变动破坏烃量有两种思路。一是正演模拟, 即依据构造变动情况与烃源岩生排烃量和生排烃时间的匹配关系建立定量模式估算某一次或某几次构造变动的破坏烃量; 二是反演模拟, 即依据目前已发现的被破坏油气藏的产状和地球化学特征推测实际被破坏的油气量。这里主要采用第一种思路, 因为第二种思路无法研究整个区域内被破坏的烃量, 尤其是那些被破坏后没有留下任何痕迹的烃量。

1.1 影响构造变动破坏烃量的地质因素

影响构造变动破坏烃量计算的三种地质因素分别是: 构造变动前研究区有效的运聚烃量; 构造变动强度或构造变动破坏烃率; 构造变动过程中区域盖层的塑性和封盖烃能力。

1.1.1 有效运移烃量(Q_{me})

有效运移烃量(Q_{me})是指构造变动前研究区内可供聚集成藏的烃量, 数值上等于烃源岩生成烃量(Q_{p})与烃源岩残留烃量(Q_{m})、储层滞留烃量(Q_{rs})、盖前排失烃量(Q_{bc})和水溶扩散流失烃量(Q_{wd})之和 $\sum_{i=1}^n Q_{\text{ri}}$ ($i=1, 2, \dots, n$, 代表破坏和损耗烃量的形式)的差, 即:

$$Q_{\text{me}} = Q_{\text{p}} - \sum_{i=1}^n Q_{\text{ri}} \quad (4)$$

在同样构造变动强度的影响下, 研究区有效运移的烃量越大, 构造变动破坏的烃量越大。如果构造变动发生时(不管强度多大)研究区内有效运移烃量为零或很小, 则构造变动破坏烃量为零或很小。研究有效运移烃量是计算构造变动破坏烃量的前提和条件, 关于这些已有专门的文献讨论(贾承造, 1999), 这里不再赘述。

1.1.2 构造变动强度(k_{ds})

这里的构造变动强度系指构造变动破坏烃率, 即被构造变动破坏烃量(Q_{ds})与构造变动前有效运移烃量(Q_{me})之比率, 即:

$$k_{\text{ds}} = \frac{Q_{\text{ds}}}{Q_{\text{me}}} \quad (5)$$

在有效运移烃量不变的情况下, 构造变动破坏烃率越大, 破坏烃量越大。确定构造变动破坏烃率系数是研究构造变动破坏烃量的关键。本文通过两种方法试图解决这一问题。

1.1.2.1 依据构造变动强度大小确定构造变动破坏烃率(k_{ds})

(1) 从剥蚀厚度的相对大小确定构造变动破坏烃率: 剥蚀作用是构造变动表现的最重要形

式之一。当剥蚀面将目的层上的第一套区域盖层全部剥离后,破坏率为 100%,一点都没有剥离时可近似地将破坏率看作 0,它们之间的关系可以用式(6)和图 1 表示:

$$k_{ds}^e = f\left(\frac{\Delta H_c}{H_c}\right) = \begin{cases} 0 & \Delta H_c = 0 \\ 1 & \Delta H_c = H_c \end{cases} \quad (6)$$

式中 H_c ——区域盖层厚度;

ΔH_c ——被剥蚀的区域盖层剥蚀厚度。

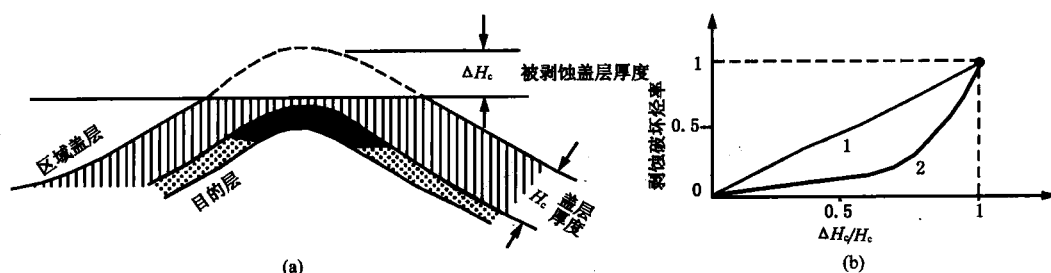


图 1 依据区域盖层的相对剥蚀量大小确定构造变动破坏率概念模型

应用这一方法确定构造变动破坏率有两个困难。一是 k_{ds}^e 与 $\Delta H_c/H_c$ 并非呈直线关系,通常情况下应是图 1(b)中的曲线 2,即区域盖层受剥蚀初期破坏率偏小,曲线变化平缓,剥蚀后期破坏率偏大,曲线变化较陡。这种变化在实际过程中随地质条件不同而异,很难准确地把握,因此建议应用曲线 1。二是实际地质条件下区域盖层并非完全覆盖于目的层之上。为了方便起见,建议用目的层之上的被剥蚀地层的铅直厚度(ΔH)与受剥蚀前的地层厚度(H)之比代替 ΔH_c 和 H_c ,或者用研究区被剥蚀地层的面积与地层面积之比开展统计工作。

(2)从区域盖层的断距的相对大小确定构造变动破坏率(k_{ds}^f):断裂是构造变动的另一种重要的表现形式。当目的层上的区域盖层被断层错断时油气将会散失。研究表明,区域盖层被完全错开(断距(L_c)大于区域盖层厚度(H_c))时油气可以全部散失,区域盖层完全没有错开(断距为零)时油气可能全部保存(盖层塑性强)。它们之间的关系可表示为:

$$k_{ds}^f = f\left(\frac{L_c}{H_c}\right) = \begin{cases} 0 & L_c = 0 \\ 1 & L_c \geq H_c \end{cases} \quad (7)$$

应用这一方法确定构造变动破坏率的困难是如何确定 k_{ds}^f 与 L_c/H_c 的函数关系,从原理上分析它们应具有图 2(b)中曲线 2 的变化模型。因为断裂一旦产生,不管断距多大,它们对油气的破坏通常是毁灭性的。当断层形成后不再活动时,它们对油气的破坏性较小,甚至还对油气起封堵作用。曲线 2 的变化形式随地质条件不同而异,客观上很难把握,在没有条件的情况下建议近似地用曲线 1 代替。

(3)从区域盖层的褶皱强度确定构造变动破坏率(k_{ds}^a):褶皱是构造变动的第三种重要形式。褶皱作用对油气的破坏主要表现在随褶皱作用产生的断层和地层剥蚀上,它们造成的油气破坏已在前面讨论过了。如果褶皱作用既不产生断层、也不造成剥蚀,甚至不产生裂缝,则这种构造变动有利于油气的运聚成藏。图 3 中第一套区域性盖层(盐岩)在褶皱过程中塑性变形,对油气运聚成藏有利;第二套区域性盖层(灰岩)在褶皱过程中脆性变形,产生了裂缝,使得部分油气散失。褶皱作用在造成大量裂缝或裂隙时也可导致盖层封闭性减弱和油气大量散失,对于这种情况我们将在盖层封闭性对构造变动破坏率的影响一节中加以讨论。

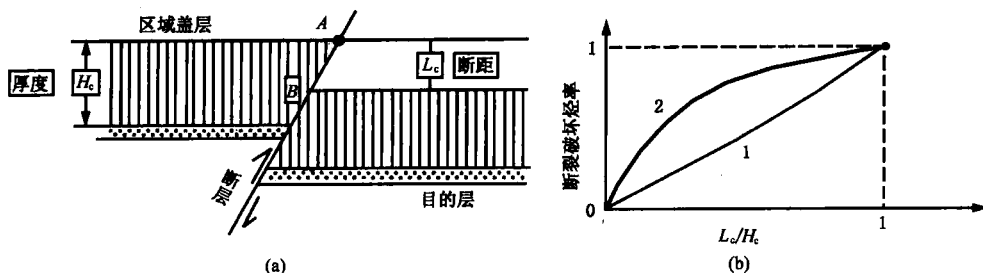


图2 依据区域盖层的相对断距确定构造变动破坏烃率概念模型

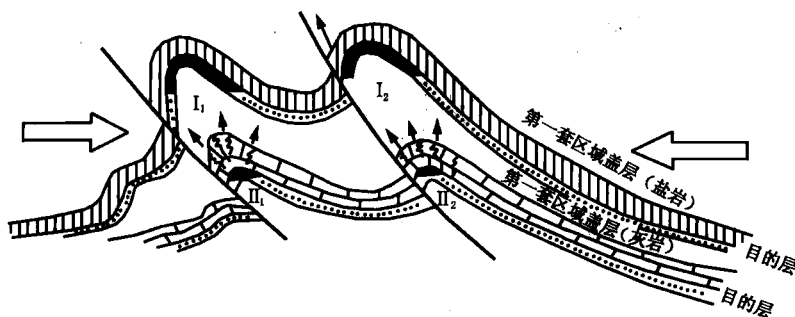


图3 褶皱作用在构造变动破坏烃量中的影响

1.1.2.2 依据研究区圈闭的破坏程度确定构造变动破坏烃率

在一个运聚单元内,如果设定该单元内每一个圈闭运聚烃量的大小仅与圈闭有效容积(V)有关,则可以认为每一次构造变动(包括断裂和剥蚀)破坏的烃率与圈闭有效容积的破坏率(k_{ds}^i)线性相关,它们之间的定量关系可用式(8)和图4和图5表示。

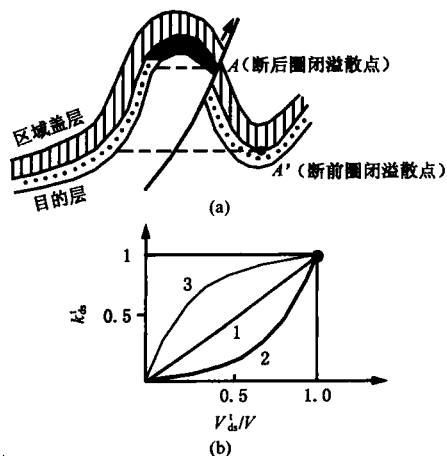


图4 依据断裂对圈闭有效容积的破坏率确定构造变动破坏烃率概念模型

(a)断裂作用破坏圈闭有效容积地质模型;

(b)断裂破坏烃率与圈闭有效容积变化率定量关系模型

$$k_{ds}^i = f\left(\frac{V_{ds}}{V}\right) = \begin{cases} 0 & V_{ds} = 0 \\ 1 & V_{ds} = V \end{cases} \quad (8)$$

式中的 V_{ds} 为构造变动破坏的圈闭容积。在实际工作中应用这一方法确定构造变动破坏烃率的困难是无法准确地建立 k_{ds}^i 与 V_{ds}/V 的函数关系,建议近似地用线性关系模型代替。理论上线性模型的计算结果较实际模型偏大。实际地质条件下构造变动破坏烃率可能小于圈闭有效容积破坏率,因为构造变动前圈闭内并非全部充满了油气。另一困难是无法对那些目前尚未识别出的隐蔽圈闭的有效容积破坏率进行统计模拟,在这种情况下须依据已发现圈闭有效容积的破坏情况采用统计模拟的方法加以解决。

1.1.3 盖层的可塑性及其封油气能力

盖层是影响构造变动破坏烃量的另一重要因素,它的影响主要表现在两个方面。一是厚度大时断层不易破坏它的连续性,剥蚀作用相同的情况下难以将其整体剥离;二是塑性强时在同样的挤压或拉张应力作用下不易产生裂隙或裂

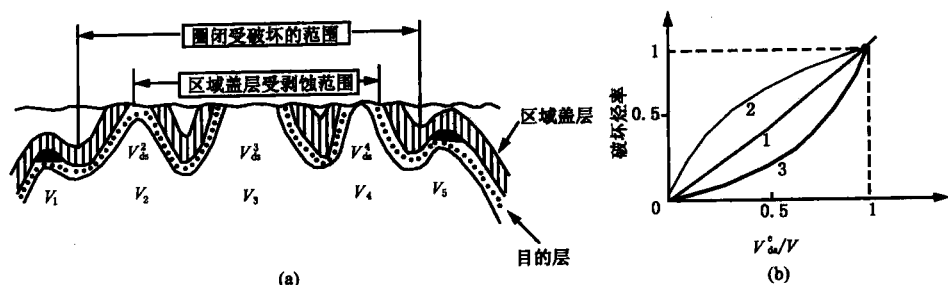


图5 依据剥蚀对圈闭有效容积的破坏确定构造变动破坏烃率概念模型

(a)剥蚀作用破坏圈闭有效容积地质模型;(b)剥蚀作用破坏烃率与圈闭有效容积破坏率关系模型

缝,从而有利于油气的保存。对于厚度的影响,前面在讨论构造变动强度对油气破坏率的影响时已经阐明,这里仅讨论盖层塑性对油气保存作用的影响。

对于脆性最强的盖层,它的封油气能力与其褶皱强度(地层倾角)有关,通过实验等手段和方法研究可以获得它们的封油气能力与其褶皱倾角的关系。对于那些塑性较强的盖层,它们的封油气能力在同样褶皱倾角的情况下好于脆性盖层。如果用 n 表示盖层的脆性、 α 代表褶皱倾角,则构造变动条件下烃破坏率(k_{ds}^s)的定量关系模式可用式(9)和图6表示:

$$k_{ds}^s = g(n) \cdot f\left(\frac{\alpha}{90}\right) \quad (9)$$

可以看出,不同盖层具有不同的 n 值。脆性最大的盖层的 n 值等于1,塑性最好的盖层的 n 值等于0。在同样的褶皱强度中,塑性越小或脆性越大的盖层的封油气性越差。对于 n 值为0的盐岩盖层,它们在构造变动过程中的封油气性不变,不论地层倾角多大,构造变动破坏烃率始终为零,详参图6。在实际工作中, k_{ds}^s 与 $\alpha/90$ 的关系和与 n 的关系可简化为线性,即有:

$$k_{ds}^s \approx n \cdot \frac{\alpha}{90} = \frac{n \cdot \alpha}{90} \quad (10)$$

1.2 构造变动破坏烃量模拟计算

从前面的讨论中可知,研究构造变动破坏烃量必须考虑构造变动前研究区有效运移烃量(Q_{me})、构造变动破坏烃率(K_{ds})和盖层封油气性(n)三方面地质因素。在考虑构造变动破坏烃率时需要考虑断裂、剥蚀和褶皱三种不同的表现方式。如果某一次构造变动导致一种、二种或三种变形方式出现,则油气的破坏量应是这三种作用的综合。式(11)是某一次构造变动下破坏烃量的综合计算模型:

$$Q_{ds} = Q_{me}(1 - k_{ds}^f)(1 - k_{ds}^e)(1 - k_{ds}^a) \quad (11)$$

式中 Q_{ds} ——某一运聚单元内某一次构造变动破坏的烃量;

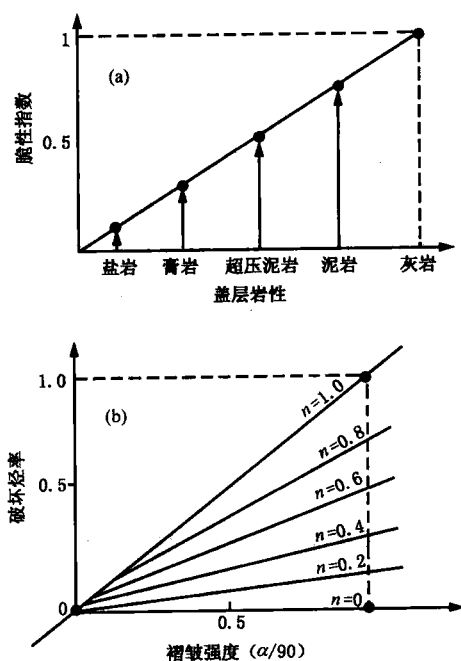


图6 依据盖层塑性和地层褶皱强度确定构造变动破坏烃率概念模型

(a)区域盖层塑性与岩性变化定量关系模型;
(b)破坏烃率与地层褶皱强度和区域盖层塑性定量关系模型

Q_{me} ——某一运聚单元内某一次构造变动前的有效运移烃量;

k_{ds}^f ——某一运聚单元内某一次构造变动中断裂作用破坏烃率;

k_{ds}^e ——某一运聚单元内某一次构造变动中剥蚀作用破坏烃率;

k_{ds}^a ——某一运聚单元内某一次构造变动中褶皱作用破坏烃率。

在应用式(11)时需要注意下列问题:一是同一次构造变动过程中断裂、褶皱和剥蚀作用破坏的烃量之和只会等于或小于有效运移烃量;二是三种形式的破坏烃量计算顺序可以调换,即先计算断裂作用破坏烃量或先计算褶皱作用破坏的烃量都不影响最终总破坏烃量的计算结果。式(11)中右边后三项之积代表了同一次构造变动的综合破坏烃率(k_{ds}),即:

$$k_{ds} = (1 - k_{ds}^f)(1 - k_{ds}^e)(1 - k_{ds}^a) \quad (12)$$

2 构造变动后可供聚集烃量模拟计算

如果用 k_{ds}^1 、 k_{ds}^2 、 k_{ds}^3 分别表示第一次、第二次和第三次构造变动的综合破坏烃率,用 Q_{me}^1 、 ΔQ_{me}^2 和 ΔQ_{me}^3 分别表示第一次构造变动前、第一次至第二次和第二次至第三次构造变动期间烃源岩提供的有效运聚烃量,则研究区所在运聚单元在第一次、第二次和第三次构造变动后剩余的可供运聚成藏的烃量 Q_1 、 Q_2 和 Q_3 可分别表示为:

$$Q_1 = Q_{me}^1(1 - k_{ds}^1) \quad (13)$$

$$Q_2 = [Q_{me}^1(1 - k_{ds}^1) + \Delta Q_{me}^2](1 - k_{ds}^2) \quad (14)$$

$$Q_3 = \{[Q_{me}^1(1 - k_{ds}^1) + \Delta Q_{me}^2] \cdot (1 - k_{ds}^2) + \Delta Q_{me}^3\} \cdot (1 - k_{ds}^3) \quad (15)$$

这里需要强调说明,第一次构造变动破坏后剩余的有效运移烃量还要继续受到后期第二次、第三次构造变动的破坏。第二次构造变动破坏后还要继续受到第三次构造变动的继续破坏……。上述模拟计算只适用于某一区域盖层下的目的层。如果在第一套生储盖之上还存在第二套储盖组合和第三套甚至更多的储盖组合,则它们的可供聚集烃量的计算原理与第一套储盖组合间的计算相同,但需将第一套储盖组合的破坏烃量看成是第二套储盖组合的油气来源,将第二套储盖组合间的破坏烃量看成是第三套储盖组合间的油气来源,其他依此类推。确定同一次构造变动对不同储盖组合的破坏烃率时一定要结合该套储盖组合中的储层和盖层条件。

3 研究实例

塔里木盆地是我国西部最大的一个叠合盆地,盆地内发育了自震旦系以来所有层序的地层。在盆地的形成和发育过程中发生过十多次构造变动,其中六大不整合最为重要(贾承造,1999)。

塔中地区是塔里木盆地一个复杂的含油气系统,油气主要来源于塔中地区下部的下寒武统和中、上奥陶统。寒武系的膏泥岩层、中—上奥陶统的泥灰岩层和石炭系的欠压实泥岩层分别为寒武系、下奥陶统和石炭系三套目的层的区域盖层,它们构成的储盖组合分别用I、II和III表示。依据对塔中1等井地层剥蚀量的恢复,主要地震剖面断裂发育史和褶皱作用强度等多方面研究初步认为,志留纪末、泥盆纪末和白垩纪末的构造变动对研究区油气的破坏最为重要。

依据前述方法对该区源岩排出烃量、有效运移烃量及各次构造变动破坏烃量进行了研究,图7是综合研究成果。从图中可得出下列认识:①寒武系源岩存在两个排气高峰期,一是奥陶系地层沉积发育期,二是第三系至现今时期;中、上奥陶统源岩的供排天然气高峰期在第三纪