

# 第三届天然气地球科学论坛

天然气地球科学机遇与挑战

## 会议摘要文集

2018年5月

中国河南·郑州

**主办单位:**中国科学院兰州文献情报中心

中国石油勘探开发研究院天然气地质研究所

中国石油勘探开发研究院气田开发研究所

页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室

中国石油天然气集团公司油气地球化学重点实验室

甘肃省油气资源研究重点实验室

**承办单位:**《天然气地球科学》编辑部



# 目 录

NGGSF03A001	准噶尔盆地北三台—阜康斜坡带油气勘探潜力评价 蓝文芳, 丁 靖, 鲍海娟, 龚德瑜	1
NGGSF03A002	塔里木盆地塘古坳陷奥陶系台缘带特征与勘探方向 李洪辉, 杨 敏, 闫 磊, 张立平, 郭光辉, 桑 洪	3
NGGSF03A003	我国最大氦气储量的发现及意义—和田河富氦气田 陶小晚, 李建忠, 赵力彬, 张宝收, 张海祖	4
NGGSF03A004	四川盆地剑阁地区飞仙关组飞一段鲕滩勘探领域新发现 王明磊, 杨 威, 李 剑, 段书府, 武赛军, 王 坤, 张建新, 程玉红	5
NGGSF03A005	东秋里塔格构造带构造特征及其油气地质意义 杨 敏, 赵一民, 闫 磊, 李洪辉, 张欣欣, 徐振平, 罗浩渝	7
NGGSF03A006	渤海湾盆地天然气成因类型与勘探潜力 赵长毅	8
NGGSF03A007	塔里木盆地 8000 米以下超深层海相油气勘探潜力与领域 朱光有, 曹颖辉, 闫 磊, 杨海军, 孙崇浩, 张志遥, 李婷婷, 陈永权	9
NGGSF03B001	塔里木盆地满西寒武系台缘带分段演化特征及其油气勘探意义 曹颖辉, 李洪辉, 闫 磊, 杨 敏, 赵一民, 张君龙	10
NGGSF03B002	柴北缘盆内晚期构造带成藏模拟实验研究 曾 旭, 田继先, 王 波, 国建英, 郭泽清, 孔 骅	12
NGGSF03B003	西湖凹陷中部古压力恢复与异常压力形成演化史 陈梦娜, 仲 晓, 赵靖舟	14
NGGSF03B004	塔里木盆地哈拉哈塘地区东河砂岩段成岩作用及对孔渗影响 陈秀艳, 贾进华, 马德波, 张立平, 周 波, 申银民, 陈延贵	15
NGGSF03B005	四川盆地中二叠统栖霞—茅口组储层类型与分布 池英柳, 鲁卫华, 黄士鹏, 卞从胜, 徐兆辉, 薄冬梅	16
NGGSF03B006	苏里格气田西南部地区沉积特征及储集性能研究 崔明明, 王宗秀, 樊爱萍, 李磊磊	18
NGGSF03B007	巴楚隆起吐木休克断裂带构造特征及形成演化 董洪奎, 李洪辉, 杜德道, 陈永权, 严 威, 王 珊	19
NGGSF03B008	塔里木盆地西南地区下寒武统顶面构造演化及构造变动强度研究 杜德道, 李洪辉, 王 珊, 董洪奎	20
NGGSF03B009	显微拉曼光谱分析技术在恢复气藏古压力方面的应用 范俊佳, 鲁雪松, 马行陟, 田 华, 孟庆洋	21
NGGSF03B010	四川盆地雷口坡组天然气成藏条件分析 方 向, 袁庆东	22
NGGSF03B011	准噶尔盆地西北缘二叠系富沸石碎屑岩成因及其石油地质意义 付 爽, 张生银, 张顺存, 郭 晖, 史基安	23
NGGSF03B012	鄂尔多斯盆地天环北部盒 8 段致密砂岩储层成岩作用及孔隙演化 高 阳, 王志章, 李 剑, 张春林, 刘锐斌, 林世国, 李明鹏	24

NGGSF03B013	陇东地区延长组长7段致密储层水平向可动流体特征及其影响因素分析 郭睿良, 马晓峰, 邓秀芹, 王琪, 刘 晔	26
NGGSF03B014	四川盆地中二叠统茅口组岩溶储层类型与分布规律——以蜀南地区为例 黄士鹏, 江青春, 冯庆付, 苏 旺, 姜 华, 陈晓月	27
NGGSF03B015	乐山—龙女寺古隆起构造演化与新元古界震旦系天然气成藏 姜 华, 江青春, 王瑞菊, 翟秀芬, 黄士鹏	29
NGGSF03B016	“鄂西—渝东”地区克拉通内裂陷分布范围及其勘探意义 李文正, 张建勇, 付小东	30
NGGSF03B017	临兴区块康宁区精细层序地层格架建立与小层砂体对比刻画 刘 畅	31
NGGSF03B018	深层高温高压天然气赋存状态、流体属性及成藏效应 鲁雪松, 柳少波, 于志超, 卓勤功, 田 华, 马行陟, 范俊佳	35
NGGSF03B019	四川盆地川中地区深层走滑断层构造特征与天然气成藏意义 马德波, 汪泽成, 段书府, 高建荣, 江青春, 姜 华, 曾富英, 鲁卫华	37
NGGSF03B020	四川盆地安岳地区寒武系龙王庙组古油藏分布研究 马行陟, 柳少波, 鲁雪松, 范俊佳	38
NGGSF03B021	塔中地区志留系柯坪塔格组上段致密砂岩储层特征及形成机理 彭 丽, 王振彪, 阳建平	39
NGGSF03B022	曲流河储层构型单元精细解剖及有效砂体分布规律 瞿雪姣, 罗 超, 王缤蕊, 王宝富, 赵忠军, 李继强	40
NGGSF03B023	鄂尔多斯盆地子长地区上古生界储层控气因素分析 任海姣, 赵靖舟	41
NGGSF03B024	鄂尔多斯盆地中东部地区奥陶系马四段天然气成藏期次及成藏动力研究 宋 平, 吴伟涛, 赵靖舟	42
NGGSF03B025	川东地区高陡构造变形过程的构造几何学解析及油气成藏意义 苏 楠, 谢武仁, 刘满仓, 孙 爰, 武赛军, 王小丹, 马石玉	43
NGGSF03B026	利用流体历史分析技术研究库车坳陷大北气田的油气充注史 孙可欣, 李贤庆, 魏 强, 梁 万, 高文杰, 谢增业, 李 谨	44
NGGSF03B027	南海白云凹陷深水砂岩储层岩石物理相特征 田 兵, 牟炜卫, 刘 畅, 赵 钊, 陈国俊	46
NGGSF03B028	川西地区雷口坡组储层特征及其形成条件 田 瀚, 张建勇, 王 鑫, 辛勇光	48
NGGSF03B029	为什么湖相深层没有原油裂解气? 王飞宇, 冯伟平, 师玉雷, 贺志勇	49
NGGSF03B030	塔里木盆地柯坪—巴楚地区肖尔布拉克组沉积相与储层特征 王 珊, 杜德道, 曹颖辉, 王 石, 李洪辉, 董洪奎, 严 威, 白 莹	51
NGGSF03B031	川北地区灯二段储层特征及其形成机制 王兴志, 杜 焱, 张巧依	52
NGGSF03B032	鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组中组合天然气成藏规律 吴伟涛, 赵靖舟, 任军峰, 黄正良, 李 军	53
NGGSF03B033	四川盆地绵竹—长宁裂陷两侧台缘带类型及对油气聚集的控制作用 谢武仁, 杨 威, 魏国齐, 金 惠, 马石玉, 武赛军,	55

		苏楠, 王小丹	
NGGSF03B034	塔里木盆地奥陶系蓬莱坝组碳酸盐岩缓坡沉积特征及天然气勘探意义	熊冉, 乔占峰, 张天付, 贺训云, 王慧	56
NGGSF03B035	长岭断陷断裂构造特征与天然气成藏关系研究	徐淑娟, 杨威, 程宏岗, 代春萌, 崔俊峰, 武雪琼, 姜晓华	57
NGGSF03B036	塔里木盆地满西地区寒武系台缘带演化及其分段特征	闫磊, 李洪辉, 曹颖辉, 杨敏, 赵一民	59
NGGSF03B037	靖边气田西部奥陶系风化壳储层特征研究	杨鸣一, 闫小雄, 赵伟波	60
NGGSF03B038	规模缝洞型储层的断控作用——以塔里木盆地塔中早一中奥陶统为例	于靖波, 李忠	61
NGGSF03B039	川东南涪陵地区二叠系长兴组油气成藏流体示踪	袁海锋, 林雪梅, 郑晶, 曾兵, 朱连强	62
NGGSF03B040	四川盆地深层天然气成因	张水昌, 何坤, 胡国艺	63
NGGSF03B041	塔里木盆地古城低凸起奥陶系天然气成藏条件及主控因素分析	张亚金, 冯子辉, 张振伟	64
NGGSF03B042	沉积盆地超压成因研究新进展	赵靖舟, 李军, 徐泽阳	65
NGGSF03B043	塔里木盆地古城地区下奥陶统储层发育机制	周波, 曹颖辉, 齐井顺, 黄世伟, 刘策, 贾进华, 陈秀艳	66
NGGSF03B044	深层古老白云岩岩溶储层分类评价——以川中灯影组为例	朱讯, 刘义成, 徐伟, 邓惠, 鲁杰, 陶夏妍, 申艳, 杨小刚	67
NGGSF03C001	盖帽碳酸盐岩中甲烷的热化学硫酸盐还原作用	蔡春芳, 刘大卫, 扈永杰	68
NGGSF03C002	页岩热模拟过程中液态烃含量变化及对物性的影响	曹涛涛, 邓模, 翟常博, Andrew Stefan Hursthouse	69
NGGSF03C003	四川盆地高石梯—磨溪地区下二叠统气源示踪	董才源, 谢增业, 国建英, 张璐, 杨春龙, 戴鑫	71
NGGSF03C004	中国晚古生代主要煤系形成天然气的稳定碳同位素组成特征	龚德瑜, 戴金星, 卫延召	73
NGGSF03C005	鄂尔多斯盆地奥陶系油型气地球化学特征	孔庆芬, 张文正	75
NGGSF03C006	腐殖型干酪根热模拟实验中液态汞的发现及其意义	彭威龙	79
NGGSF03C007	塔里木盆地西北缘奥陶系泥页岩有机地球化学特征	秦浩亮	81
NGGSF03C008	四川盆地须家河组致密气运移地球化学示踪	秦胜飞	83
NGGSF03C009	元素地球化学背景下川南地区龙马溪组页岩气沉积构造演化研究	唐鑫, 朱炎铭, 郭远臣, 王笑奇	84
NGGSF03C010	油气化探异常干扰因素及其抑制方法研究	王国建, 唐俊红, 杨俊, 黄欣, 卢丽, 赵克斌, 汤玉平	85
NGGSF03C011	准噶尔盆地东部地区原油地球化学特征及指向		

NGGSF03C012	王 威, 房 媛, 尹东迎, 杜 丽, 孙敏卓, 常 江, 孟仟祥 中国煤成气、油型气中 CO <sub>2</sub> 地化特征差异及其地质指示意义	86
NGGSF03C013	王晓波, 李 剑, 谢增业, 国建英, 李志生, 李 谨, 王义凤, 马成华, 崔会英, 马 卫, 潘松圻, 齐雪宁 烷烃气体吸附/解吸过程中的碳同位素分馏机理及地质应用	87
NGGSF03C014	王晓锋, 刘 鹏, 孟 强 化学计量学在天然气类型划分中的首次应用与实例分析	89
NGGSF03C015	王遥平, 詹兆文, 林晓慧, 蔡玉兰, 邹艳荣 库车坳陷大北—克深地区深层致密砂岩大气田天然气地球化学特征及成因分析	90
NGGSF03C016	魏 强, 李贤庆, 高文杰, 梁万乐, 孙可欣, 张吉振, 李 剑, 张光武 川西坳陷中段雷口坡组天然气地球化学特征和成因	91
NGGSF03C017	吴小奇, 陈迎宾, 刘光祥, 曾华盛, 王彦青, 胡 烨, 刘文汇 松辽盆地北部古中央隆起带天然气地球化学特征及成藏条件	93
NGGSF03C018	张 帆, 冉清昌, 吴玉明, 任志高 鄂尔多斯盆地东部山西组煤系地层含气性及气体地球化学特征	96
NGGSF03C019	张 辉, 王怀厂 准东侏罗系烃源岩低温热解实验及其地质意义	97
NGGSF03C020	张明峰, 熊德明, 吴陈君, 妥进才 塔里木盆地东北缘泥页岩有机地球化学特征	98
NGGSF03C021	张 跃 塔里木盆地塔中隆起西部地区奥陶系次生地球化学作用与油气成藏——对复杂 流体相态成因的指示意义	99
NGGSF03D001	张志遥, 朱光有 准噶尔盆地东南缘芦草沟组页岩气成藏条件分析	101
NGGSF03D002	曹 臻 The influence of seabed alternation on gas hydrate reservoirs in Shenhu area and quantitative assessment of controlling factors	102
NGGSF03D003	Jin-an Guan 四川盆地龙潭组页岩气成藏条件及有利区带预测	103
NGGSF03D004	郝翠果, 李 剑, 杨 威, 莫午零 南海北部大陆边缘盆地生物气资源与天然气水合物成矿成藏	104
NGGSF03D005	何家雄, 卢振权, 苏丕波, 张 伟 黔北地区下古生界页岩气储层孔隙结构特征研究	106
NGGSF03D006	李贤庆, 魏 强, 张学庆, 郭 曼, 张吉振, 王 哲, 祁 帅, 张 敏 鄂东致密砂岩气有效储层分布规律研究	109
NGGSF03D007	刘群明, 唐海发, 吕志凯, 王泽龙 克拉通盆地致密气成藏地质特征与勘探目标评价优选——以鄂尔多斯盆地上古 生界为例	111
NGGSF03D008	刘晓鹏, 赵会涛, 闫小雄, 贾亚妮 页岩解吸气组分和同位素分馏特征及其影响因素	112
NGGSF03D009	罗厚勇, 刘文汇, 范 明, 腾格尔, 陶 成, 王晓锋, 张东东 致密砂岩油气成藏机理与过程研究	113

	罗晓容, 张立宽, 雷裕红, 程明, 施 辉, 曹斌凤	115
NGGSF03D010	论笔石对页岩气源储的贡献: 以华南地区五峰组—龙马溪组笔石页岩为例 邱 振, 邹才能, 董大忠, 王红岩, 卢 斌, 周尚文, 施振生, 冯子齐, 张梦琪	116
NGGSF03D011	鄂尔多斯盆地致密砂岩流体包裹体与成藏演化特征 陶士振, 米敬奎, 秦胜飞, 韩文学, 麻伟娇	118
NGGSF03D012	川南地区龙马溪组页岩含气性对气井生产特征的影响 田 冲, 罗 超, 朱文旭, 陈 满, 张小涛, 蒋 鑫, 刘 军	121
NGGSF03D013	四川盆地周缘下志留统龙马溪组和下寒武统牛蹄塘组页岩微纳米孔隙类型及演化特征 王朋飞, 姜振学, 吕 鹏, 金 璨, 李 鑫, 黄 璞	122
NGGSF03D014	煤系气及盆地深部勘探开采一体化科学构想 魏新善, 王 克, 任军峰, 赵会涛, 赵小会, 陈娟平	123
NGGSF03D015	Characteristics of Organic Acids in Lacustrine Organic-Rich Shales, Ordos Basin, China-Evidence from Thermal Simulation Experiments Constrained by Geological Conditions Fei Yang, Guo-jun Chen, Guang-xu Bi, Qian-shan Zhou, Lian-hua Xue	124
NGGSF03D016	库车坳陷超深层致密砂岩构造裂缝特征及其对天然气储层的改造作用 杨海军, 张荣虎, 李 勇, 王俊鹏, 唐雁刚, 王 珂	126
NGGSF03D017	湘西北地区牛蹄塘组页岩气储层及含气性特征 余 辉, 肖正辉, 黄俨然, 王 莉	127
NGGSF03D018	川北地区上二叠统大隆组页岩全孔径定量表征 张吉振, 李贤庆, 张学庆, 魏 强, 张 敏, 王飞宇	129
NGGSF03D019	海洋水合物成藏富集控制因素研究 张金华, 苏 明, 魏 伟, 韩维峰, 彭 涌	131
NGGSF03E001	塔里木盆地克深 2 气藏气井出砂分析与对策建议 常宝华, 曹 雯, 孙贺东, 张建业, 陈宝新, 刘 磊	132
NGGSF03E002	鄂尔多斯盆地低渗—致密气藏储量分类评价及开发技术对策 程立华, 贾爱林, 冀 光, 郭 智, 孟德伟, 王国亭	133
NGGSF03E003	黄骅坳陷千米桥潜山凝析气藏开发经验与启示 初广震, 韩永新, 周宗良, 周兆华, 郑国强	134
NGGSF03E004	东海非均质性储层表征技术研究 丁 芳, 段冬平, 刘英辉, 黄 鑫	135
NGGSF03E005	启动压力及应力敏感影响下水驱气藏的数值试井研究 冯 青, 黄子俊, 袁 征, 王绪性	136
NGGSF03E006	利用多属性融合方法预测新疆滴西 178 井区梧桐沟组薄砂岩储层 郭晓龙, 李 璇, 李 波, 杨亚迪, 江淑丽, 许 晶	137
NGGSF03E007	辫状河相致密砂岩气田水平井地质优化设计 郭 智, 甯 波, 孟德伟, 胡阳明, 马占国, 毕 曼	138
NGGSF03E008	滚动开发方式气田综合递减率计算方法研究 霍 瑶, 韩永新	139
NGGSF03E009	页岩气水平井生产规律分析 贾成业, 贾爱林, 郭建林, 盖少华, 袁 贺, 朱汉卿, 周 倚, 刘 畅	140

NGGSF03E010	深层大气田水侵规律及控制水侵对策研究 焦春艳, 胡 勇, 韩永新, 徐 轩	141
NGGSF03E011	基于流动数据的气藏动态储量计算新方法 李继强, 胡世莱, 杨琴垚, 袁迎中, 黄小亮, 徐 放	142
NGGSF03E012	泥质粉砂开采过程中的出砂管控制理论体系的建立 李彦龙, 吴能友, 陈 强, 刘昌岭, 胡高伟, 孙建业	143
NGGSF03E013	超深层裂缝性气藏储层连通性动静态描述方法——以塔里木库车坳陷克深 2 区 块为例 吕志凯, 王泽龙, 唐海发, 刘群明, 张建业	144
NGGSF03E014	致密气藏加密调整提高采收率方法研究——以苏里格气田为例 甯 波, 贾爱林, 郭 智, 赵 昕, 付宁海, 王国亭	145
NGGSF03E015	气井 EUR 快速评价新方法及其应用 齐亚东, 位云生, 王军磊	147
NGGSF03E016	长岭火山岩气藏气井产水模式及影响因素 宋文礼, 董家辛, 孙圆辉, 黄玉欣, 王军宇	148
NGGSF03E017	苏里格致密砂岩气田潜力储层特征及可动性评价 王国亭, 贾爱林, 郭 智, 孟德伟, 程立华	149
NGGSF03E018	页岩应力敏感性—多尺度缝网产能评价模型 王军磊, 位云生, 齐亚东, 贾成业, 袁 贺	150
NGGSF03E019	英台气田营二段致密火山碎岩储层微观孔隙结构对气藏产能的控制 王志文, 阮宝涛, 李忠诚, 黄玉欣, 曾凡成	151
NGGSF03E020	页岩气提高采收率技术初探 位云生, 贾爱林, 王军磊, 齐亚东	152
NGGSF03E021	库车坳陷克深构造带克深 8 井区裂缝性低孔砂岩储层地质模型 杨海军, 张荣虎, 王俊鹏, 孙雄伟, 王 珂, 刘 春	153
NGGSF03E022	基于测录井曲线形态的致密砂岩气储层产能评价 印森林, 陈恭洋, 刘子雄, 罗迎春, 陈 玲	154
NGGSF03E023	中国天然气供需现状及展望 袁余洋, 王 瑛, 高建华, 陈 林	155
NGGSF03E024	克拉美丽气田高效开发配套技术研究与应用 张 锋, 陶玉春, 孙德强, 饶 远, 赵 振	156
NGGSF03E025	鄂尔多斯盆地乌审召地区山 <sub>2</sub> 亚段储层表征与构造控气的特殊性 朱立文, 王震亮, 张洪辉	157
NGGSF03F001	复电阻率模型对含水合物多孔介质的适应性评价 陈 强, 王彩程, 刘昌岭, 李彦龙	158
NGGSF03F002	全方位定量剖析致密储层微观非均质性的新技术——“伞式解构”方法的首次提出与应用 杜书恒, 庞 姗, 师永民, 赵亚溥	162
NGGSF03F003	基于支持向量机对夹层的定量识别研究 洪伟俊, 徐守余	164
NGGSF03F004	断陷盆地基底复杂岩性测井识别方法探索及应用——以松辽盆地为例 姜晓华, 徐淑娟, 武雪琼, 程宏岗, 崔俊峰, 贾 丽	165
NGGSF03F005	天然气藏定量预测方法研究及应用——以四川盆地川西北双鱼石工区为例 李胜军, 高建虎, 桂金咏, 刘炳杨, 王洪求	166

NGGSF03F006	数据挖掘方法在缝洞型碳酸盐岩岩性划分中的应用——以塔中地区奥陶系良里塔格组为例	李政宏, 张立强, 晋倩倩	167
NGGSF03F007	塔中地区中深 1 井、中深 1C 井原油低聚硫代金刚烷绝对定量分析	马安来, 朱翠山, 顾 忆, 李慧莉	168
NGGSF03F008	最大似然属性在断裂识别中的应用——以哈拉哈塘地区热瓦普区块奥陶系走滑断裂的识别为例	马德波, 赵一民, 万效国, 张银涛, 杨 敏	169
NGGSF03F009	甲烷(CH <sub>4</sub> )组成分析法	潘 旭	170
NGGSF03F010	页岩样品分析数据的若干影响因素——兼谈岩心样品的科学取样问题	王世谦	172
NGGSF03F011	一种碳酸盐岩气藏岩溶古地貌恢复新方法及其应用	闫海军, 夏钦禹	173
NGGSF03F012	基于无人机倾斜摄影的三维露头建模新方法	印森林, 陈恭洋, 刘子雄, 晋 静, 王鹏宇	174



编号: NGGSF03A001

# 准噶尔盆地北三台—阜康斜坡带油气勘探 潜力评价

蓝文芳<sup>1</sup>, 丁靖<sup>1</sup>, 鲍海娟<sup>1</sup>, 龚德瑜<sup>2</sup>

(1. 中国石油新疆油田勘探开发研究院, 克拉玛依 834000;

2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 准噶尔盆地位于中国西北新疆维吾尔自治区, 面积约  $13 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 是一个典型的中新生代—古生代叠合盆地。盆地油气总资源量高达 107 亿吨, 是我国仅有的四个资源量超过 100 亿吨的含油气盆地之一。目前, 已在整个盆地的西北缘、中部、东部和南部发现了一大批大、中型油田, 年产原油超过 1000 万吨。相对于石油勘探, 准噶尔盆地的天然气勘探长期进展缓慢, 天然气的探明率仅为 8.51%。在 2008 年于盆地东部发现的克拉美丽气田是盆地唯一一个探明储量超过  $30 \times 10^9 \text{ m}^3$  的大气田。此外仅发现了呼图壁、玛河、霍尔果斯、吐谷鲁、中拐、五彩湾、盆 5、克 9 和莫索湾等一批小型气田。

前人研究表明, 石炭系是准噶尔盆地最重要的一套气源岩, 在全盆地广泛发育。克拉美丽大气田的天然气经证实即来源于滴水泉凹陷的石炭系烃源岩。2017 年, 在位于准噶尔盆地东南部的北三台凸起(克拉美丽气田以南约 120 公里)的阜 26 井石炭系钻遇了高产工业气流, 日产气 14.4 万方, 揭示了一个石炭系天然气勘探的崭新领域。

目前, 在准噶尔盆地东南部已经发现了一批以中二叠统湖相烃源岩为油源的油藏, 石炭系气源岩的研究此前未受重视。本次通过对该地区 20 口井 146 个石炭系岩心和岩屑样品的地球化学和有机岩石学分析, 系统评价了石炭系烃源岩的类型、丰度和生烃能力。基于 8 口井 10 个天然气样品的分子和稳定碳同位素组成, 分析了其成因来源。在此基础上, 利用二维盆地模拟, 分析了石炭系有效烃源灶的位置和可能的天然气成藏过程。证实了在准噶尔盆地东南部上石炭统巴山组发育有一套煤系有效烃源岩, 岩性主要为炭质泥岩和泥岩。地球化学(TOC, 热解, 生物标志物)和有机岩石学分析表明上石炭统巴山组烃源岩主要是一套氧化—亚氧化条件下的微咸水陆相沉积, 以陆源高等植物输入为主, 有机质类型主要为 III 型, 是一套倾气型烃源岩。炭质泥岩的有机质类型和丰度均好于泥岩, 具有一定的生油能力。烃源岩镜质体反射率和  $T_{\text{max}}$  均较低, 抽提物甾烷异构体未

**作者简介:** 蓝文芳, 高级工程师, 油气地质与地球化学, 新疆油田勘探开发研究院, 邮编: 100083; 邮箱: lanwf@petrochina.com.cn; 联系电话: 13619990831.

达到平衡值,说明总体处于未成熟—低成熟阶段,未进入煤系烃源岩的主生烃窗。天然气的碳同位素组成和分子组成表明其为来自石炭系烃源岩的高熟煤型气。天然气的成熟度与钻遇烃源岩的成熟度不匹配,推断天然气非原地生成,而是来自阜康凹陷深部成熟度更高的石炭系烃源岩。二维模拟表明,白垩纪末至今,凹陷区石炭系烃源岩进入高—过成熟阶段,天然气可以沿 P—C 区域性不整合面运移至凸起区成藏。

研究结果填补了准噶尔盆东南部地区石炭系烃源岩研究的空白,推动了准噶尔盆地的天然气勘探,同时也为世界范围内煤系烃源岩的评价提供了借鉴。

编号: NGGSF03A002

# 塔里木盆地塘古坳陷奥陶系台缘带特征与 勘探方向

李洪辉<sup>1</sup>, 杨敏<sup>1</sup>, 闫磊<sup>1</sup>, 张立平<sup>1</sup>, 鄢光辉<sup>2</sup>, 桑洪<sup>3</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中山大学海洋学院, 广州 510006;

3. 中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:** 通过地震解释和钻探证实, 塔里木盆地塘古坳陷发育上奥陶统良里塔格组台缘带, 塘南 1 井揭示礁滩体主要发育在良 4-5 段, 沉积环境为相对高能的台地边缘相。岩性主要为砂屑灰岩, 次为粒屑灰岩, 少量生屑灰岩。岩心裂缝、溶蚀孔洞发育, 见沥青, 我们由此认为塘南 1 井早期曾聚集油气, 遭受后期断裂及构造运动, 使得油气调整或散失。另外, 缺乏深大断裂及远离主力烃源岩, 油气充注条件不利, 也是导致塘南 1 井未获油气的原因之一。本文通过对台缘带构造演化过程分析和沉积储层特征研究, 认为发育沟通油气源的深大断裂、近源、有较厚“黑被子”泥岩盖层的台缘带西南部位, 成藏条件较为有利, 是该区下一步勘探方向。

**关键词:** 台缘带; 砂屑灰岩; 深大断裂; 黑被子; 有利区

**基金项目:** 中国石油天然气股份有限公司重大专项“塔里木油田勘探开发关键技术研究与应用”(2014E-2019(CF))。

**作者简介:** 李洪辉(1963-), 男, 天津人, 高级工程师, 主要从事塔里木盆地风险目标领域评价工作. E-mail: lhh@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03A003

# 我国最大氦气储量的发现及意义—和田河富氦气田

陶小晚<sup>1</sup>, 李建忠<sup>1</sup>, 赵力彬<sup>2</sup>, 张宝收<sup>2</sup>, 张海祖<sup>2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油塔里木油田分公司, 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:** 氦气是一种重要的战略稀缺资源, 不仅应用于制冷、医疗、半导体、科研、石化、超导实验及光电子产品生产等方面, 还是军工、航天、核工业及深海潜水等领域重要的战略资源, 关系国家安全和高新技术产业发展。目前, 从富氦天然气中分离是唯一工业化获取氦的有效方法。但是全球范围内氦气资源量及探明储量有限, 且分布极不均衡, 我国贫氦且绝大部分依赖进口。近年来, 全球及国内氦气需求增长迅速, 市场被少数国家垄断, 资源安全形势十分严峻。

2017年, 本文研究人员通过对和田河气田及周缘 11 口井天然气样品精细取样分析, 首次发现和河气田为富氦气田, 氦气含量 0.30%~0.37%(平均 0.33%)。和田河气田天然气探明地质储量  $616.94 \times 10^8 \text{m}^3$ , 可折算氦气探明储量  $2.04 \times 10^8 \text{m}^3$ 。目前, 和田河气田日产气约 100 万方, 可建成年产氦气  $120 \times 10^4 \text{m}^3$  的产能。因此, 和田河气田将成为我国规模氦气含量最高、探明储量最大、氦气产能最高的气田。

此外, 和田河气田周缘罗斯 2 井奥陶系试油折日产气  $21.4 \times 10^4 \text{m}^3$ , 本文分析其氦气含量 0.26%。巴什托构造石炭系小海子组凝析油气藏麦 3、麦 4 井氦气含量 0.68% ~ 0.73%, 其中麦 3 井日产气  $17 \times 10^4 \text{m}^3$ , 麦 4 井日产气  $11.5 \times 10^4 \text{m}^3$  (常兴浩等, 1997), 亚松迪石炭系凝析油气藏的氦气含量 0.22%(余琪祥, 2013)。以上数据预示塔西南地区整体富氦, 充分展示出塔西南地区氦气资源的广阔前景, 具备建设成国家氦气战略储备基地的物质基础。

---

**作者简介:** 陶小晚, 1981 年生, 博士; 主要从事油气成藏与地球化学研究。通讯地址: 北京市海淀区学院路 20 号 910 信箱 (100083), 电话: 010-83593407。E-mail:taoxiaowan@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03A004

# 四川盆地剑阁地区飞仙关组飞一段鲕滩勘探领域新发现

王明磊, 杨威, 李剑, 段书府, 武赛军, 王坤, 张建新, 程玉红  
(中国石油勘探开发研究院天然气地质研究所)

**摘要:** 近年来四川盆地剑阁地区礁滩勘探不断取得突破, 邻区元坝地区也在飞仙关组测试获得工业气流, 展现出剑阁地区飞仙关组有利勘探前景。但是目前剑阁地区前期飞仙关组勘探聚焦在飞二段鲕滩, 飞一段鲕滩是一个崭新的勘探领域。通过对野外剖面、钻井以及地震等资料综合研究, 建立“断块控滩”新模式(图1), 长兴组礁前发育飞一段鲕滩, 鲕滩面积 168Km<sup>2</sup>, 资源量 800 亿方。

研究认为剑阁地区是飞一段鲕滩油气富集高产区带, 剑阁地区发育飞一段、飞二段鲕滩和下二叠统岩溶体优质储层, 与龙潭组及下伏多套烃源岩形成下生上储的有利成藏配置, 断裂沟通多套烃源岩, 构成有效源储疏导体系, 有利于油气聚集和保存, 在斜坡背景下形成岩性气藏(图2)。

剑阁地区飞一段鲕滩如能取得勘探突破, 将极大推动盆地开江—梁平海槽两侧大规模飞一段鲕滩新领域的勘探, 并且能够加强盆地二叠—三叠系的立体、高效勘探, 具有重大的战略意义。

---

**作者简介:** 王明磊(1981-), 工程师, 现从事石油天然气地质综合研究。地址: 北京市海淀区学院路 20 号, 联系电话: (010) 83596322, 手机: 15076658388, 邮箱: Wml69@petrochina.com.cn.

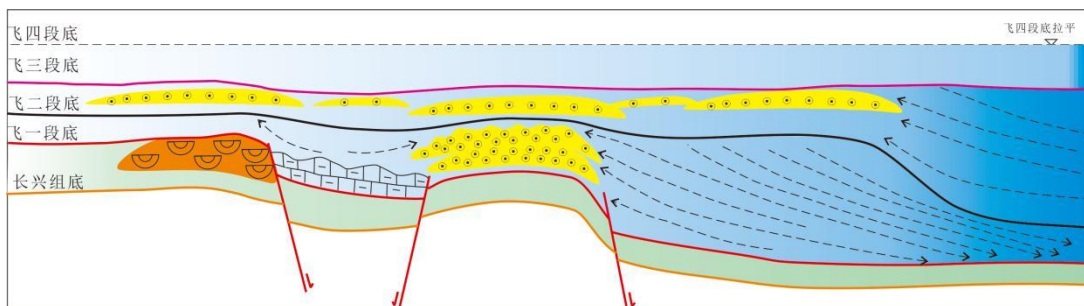


图 1 剑阁地区飞仙关组飞一段鲕滩发育模式图

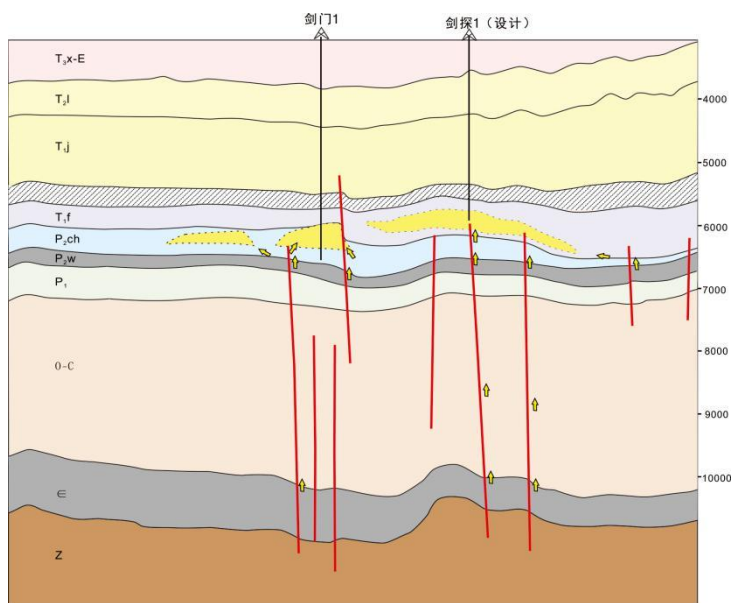


图 2 剑阁地区飞一段成藏模式图

编号: NGGSF03A005

# 东秋里塔格构造带构造特征及其油气地质意义

杨敏<sup>1</sup>, 赵一民<sup>1</sup>, 闫磊<sup>1</sup>, 李洪辉<sup>1</sup>, 张欣欣<sup>2</sup>, 徐振平<sup>3</sup>, 罗浩渝<sup>3</sup>

((1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100083; 3. 中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000))

**摘要:** 位于库车坳陷中部的东秋里塔格构造带是库车前陆冲断带的前缘, 该构造带东段的迪那 2 凝析气田是我国目前发现的规模最大的整装凝析气田, 含气层位为渐新统苏维依组与库姆格列木群, 但构造带中西段的东秋 5、东秋 6、东秋 8 三口井在古近系目的层都勘探失利。对该地区构造样式认识上的分歧, 地质认识不统一制约了该地区的油气勘探进程。本次研究以最新处理的三维地震资料为基础, 结合二维地震资料, 以前陆盆地构造冲断带和断层相关褶皱理论为指导, 建立合理的构造模式。通过三维地震精细解释, 发现在东秋里塔格构造带西段膏盐岩下发育双重逆冲构造, 它的顶板逆冲断层和浅层发育的相同倾向的逆冲断层在吉迪克膏盐岩地层中可能重合, 从而引起侏罗系-三叠系的油气向上逸散直至地表。同时, 膏盐岩层下构造层中发育多排北倾逆冲断层以及相关构造样式, 在两套膏盐岩层叠置并发育叠瓦扇构造和断层相关褶皱的区域, 具有重要的勘探潜力。

**关键词:** 塔里木盆地; 东秋里塔格构造带; 膏盐层; 双重逆冲构造; 断层相关褶皱

**基金项目:** 中国石油天然气股份有限公司专项 (编号: 2014E-2019(GF)) 资助。

**作者简介:** 杨敏 (1987-), 女, 四川南充人, 工程师, 主要从事地震地质综合解释工作。

E-mail: yangmin\_tlm@petrochina.com.cn.



编号: NGGSF03A006

## 渤海湾盆地天然气成因类型与勘探潜力

赵长毅

(中国石油勘探开发研究院)

**摘要:** 渤海湾盆地位于中国东部, 是叠加在华北古生界之上的一系列的北北东向展布的新生代为主的裂谷盆地群, 主要包括济阳拗陷、临清拗陷、冀中拗陷、黄骅拗陷、博中拗陷及下辽河拗陷。

勘探实践表明, 渤海湾盆地内发育石炭-二叠煤系、新生界沙河街组(包括沙四段、沙三段、沙二段及沙一段)、孔店组二段及东营组三段等几套现实烃源岩, 中生界侏罗-白垩系煤系地层和下古生界寒武-奥陶系局部可能为潜在烃源岩。有机质经过不同的演化阶段会产生不同类型的成分不尽相同的天然气, 包括未熟阶段生物气(主要为甲烷), 成熟阶段的干酪根热解气(湿气), 高熟-过熟阶段的裂解气(主要为干气)。渤海湾盆地是中国重要的含油气盆地之一, 尽管该区以找油为主, 但也发现了一系列规模不等的气田或油气田, 成因类型包括生物成因气、油型气(包括后期离析成藏的原油伴生气和原油裂解气)和煤型气(包括来源于石炭二叠煤系天然气和来源于第三系沙河街组腐殖型母质天然气)。

本文对渤海湾盆地不同成因类型天然气形成与成藏条件进行了讨论, 预测了不同成因类型天然气藏赋存的勘探潜力有利区带。



编号: NGGSF03A007

# 塔里木盆地 8000 米以下超深层海相油气勘探潜力与领域

朱光有<sup>1</sup>, 曹颖辉<sup>1</sup>, 闫磊<sup>1</sup>, 杨海军<sup>2</sup>, 孙崇浩<sup>2</sup>, 张志遥<sup>1</sup>, 李婷婷<sup>1</sup>, 陈永权<sup>2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油塔里木油田公司, 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:** 深层和超深层油气是目前研究和勘探的热点领域。由于深层钻井资料少, 地质认识还处于探索阶段, 但是中国海相克拉通盆地深层丰富的油气资源条件已是众多石油地质学者的共识。奥陶系和寒武系深层已取得一系列发现, 前寒武系除四川盆地突破外, 其它盆地也都启动研究或钻探。塔里木盆地新近纪以来的快速沉降与堆积, 下古生界及前寒武系目前埋深主要在 5000~12000 米, 8000 米以上埋深已取得一大批勘探发现和工业产能建设, 8000 米以下是未来重要勘探领域。本文通过对塔里木盆地超深层油气成藏条件分析, 特别是对寒武系、震旦系、南华系烃源岩的分析、超深层碳酸盐岩储层的形成与保持、超深层油气相态、以及成藏组合的分析, 对 8000 米以下埋深的重要勘探领域进行评价, 指出奥陶系、寒武系、震旦系等未来 8000 米以下超深层油气勘探的主要领域和勘探方向, 为超深层油气勘探提供理论指导。

**关键词:** 超深层; 新元古代; 油气相态; 寒武系; 克拉通盆地; 塔里木盆地

**致谢:** 中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院提供了大量研究资料; 参加野外考察的还有: 杨芝林、赵斌、陈志勇、陶小晚、马德波、杜德道、陈玮岩、孙琦森等, 在此一并深表感谢!

---

**基金项目:** 国家科技重大专项—塔里木盆地奥陶系—前寒武系碳酸盐岩油气资源潜力及目标优选“(2016ZX05004-004) 和中国石油天然气股份有限公司—塔里木盆地震旦系—寒武系油气地质综合研究及接替领域优选和风险目标评价”资助。

**作者简介:** 朱光有, 男, 1973 年 11 月生, 2003 年获中国石油大学(华东)博士学位, 现为中国石油勘探开发研究院二级专家, 本刊副主编。主要从事深层油气地质与成藏研究。E-mail: zhuguangyou@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03B001

# 塔里木盆地满西寒武系台缘带分段演化特征及其油气勘探意义

曹颖辉<sup>1</sup>, 李洪辉<sup>1</sup>, 闫磊<sup>1</sup>, 杨敏<sup>1</sup>, 赵一民<sup>1</sup>, 张君龙<sup>2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油大庆油田公司勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

**摘要:** 满西台缘带位于塔里木盆地中部, 满加尔凹陷西缘, 是寒武纪持续发育的大型碳酸盐岩台缘带。随着中深 1 井油气勘探的突破, 寒武系逐渐成为油气勘探的热点层系, 而寒武系台缘带由于其邻近烃源岩、发育礁滩储层, 逐渐成为备受人们关注的热点领域。近年来, 先后钻探了塔深 1、于奇 6、古城 4、城探 1、城探 2 等井, 均在寒武系台缘礁滩储层中见到良好的油气显示, 证明寒武系台缘带具有广阔的勘探前景, 但台缘带油气勘探至今没有获得突破, 究其原因主要是生储盖组合配置关系不明确, 这成为制约台缘带油气勘探的关键。前人对塔里木盆地台缘带做过很多卓有成效的研究工作, 但受资料和勘探程度所限, 主要集中在对台缘带的刻画和结构分析上, 对沉积演化与生储盖组合配置关系的研究较少。本文重点从台缘带差异演化对生、储、盖组合配置的影响的角度对满西台缘带进行了分段研究。

依据地震反射结构特征和叠加样式, 可将满西寒武系台缘带划分为北、中、南三段。北段由轮南至满参 1 井区, 呈近南北走向, 长约 240km; 中段由满参 1 井区至塔中 32 井区, 呈北西南东走向, 长约 120km; 南段位于古城地区, 呈近南北走向, 长约 100km。

北段台缘带经历了早寒武世早期缓坡-早寒武世晚期弱镶边-中寒武世加积镶边-晚寒武世进积镶边-寒武纪末期抬升暴露的完整演化过程。早寒武世玉尔吐斯组沉积时期发育外缓坡-盆地相烃源岩, 肖尔布拉克组沉积时期发育中缓坡-内缓坡颗粒滩储层, 中寒武世由于台缘礁滩不断加积生长, 对台内构成良好的屏障作用, 台内发育了巨厚的蒸发台地相膏云岩沉积, 与下伏早寒武世缓坡滩构成了良好的生储盖组合。中上寒武统台缘礁滩体以加积生长为主, 礁体间缺乏良好

**基金项目:** 国家重大科技专项“塔里木盆地奥陶系-前寒武系碳酸盐岩油气资源潜力及目标优选”(2016ZX05004-004)资助。

**作者简介:** 曹颖辉(1972-), 女, 河北辛集人, 高级工程师, 博士, 主要从事沉积储层及领域目标评价研究。联系电话: 010-83598199。通讯地址: 海淀区学院路 20 号, 邮编 100083。E-mail: caoyh@petrochina.com.cn.

盖层而不能构成良好的生储盖组合。

中段台缘带经历了早寒武世早期缓坡-早寒武世晚期弱镶边-中寒武世加积-进积镶边-晚寒武世进积镶边的演化过程。生储盖组合发育程度与北段类似，但由于埋深超过万米，目前尚不具备钻探条件。

南段台缘带经历了早寒武世外缓坡-盆地—中寒武世弱进积镶边-晚寒武世进积镶边的演化。由于早寒武世始终处于较深水外缓坡-盆地相区，不发育颗粒滩储层，发育较好的烃源岩。中上寒武统台缘礁滩体以进积方式生长，台缘礁滩体叠置程度低，另外早奥陶世台缘礁滩体之上沉积了开阔台地相致密灰岩，与中上寒武统台缘礁滩体构成良好的生储盖组合。

综上所述，北段台缘带膏云岩覆盖的下寒武统缓坡滩和南段致密灰岩覆盖的中上寒武统台缘礁滩体具备良好的生储盖组合条件是今后勘探的重点对象。

编号: NGGSF03B002

## 柴北缘盆内晚期构造带成藏模拟实验研究

曾旭<sup>1</sup>, 田继先<sup>1</sup>, 王波<sup>2</sup>, 国建英<sup>1</sup>, 郭泽清<sup>1</sup>, 孔骅<sup>1</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 河北廊坊 065007;

2. 中国石油青海油田分公司勘探开发研究院, 甘肃敦煌 736200)

**摘要:**近年来, 柴北缘油气勘探接连取得了大的突破, 先后发现了马仙、平台、东坪、牛东及冷湖五号等油气田。这些油气田主要位于柴北缘山前的盆缘断阶带, 盆地内部深凹带生成的油气通过断裂, 不整合面及渗透性砂岩侧向运移至山前断阶的圈闭内成藏, 为典型的源外成藏模式(曹正林等, 2013)。而烃源岩条件及构造圈闭条件更为优越的盆地晚期构造带勘探一直未取得突破, 柴北缘晚期构造带主要包括冷湖六号、冷湖七号、鄂博梁II号、鄂博梁III号、葫芦山、鸭湖等构造带。这些构造带远离盆山边界, 构造定型较晚, 大多形成于喜马拉雅运动晚期, 故称为晚期构造带(李明义等, 2012; 赵凡等, 2013;)。具有构造圈闭面积大、下覆侏罗系烃源岩优越等优良的成藏条件, 一直受到勘探工作人员的关注, 但是勘探一直未取得大的突破。

为进一步研究该区天然气成藏机理, 根据柴北缘晚期构造带的成藏条件特征, 在不同体系下开展成藏实验模拟研究。本次实验以晚期构造带最具代表性的鄂博梁III号构造为例, 利用中国石油勘探开发研究院廊坊分院自主研发的三维天然气成藏物理模拟实验装置, 该装置一套完整的、完全针对天然气运聚的模拟系统, 具有可视化、定量化和动态化特点。实验分为两个阶段。阶段一: 入口压力为 0.1MPa, 出口压力为零; 阶段二: 入口压力为 0.4MPa, 出口压力为 0.3MPa。阶段一期间, 断层连通气源岩和出口, 相当于一个开放体系。阶段二期间, 当 A 区流体压力大于出口设定压力时, 流体处于排放状态, 流体压力小于出口压力时系统处于封闭状态, 即 A 区相当于一个半开放半封闭体系; B 区无出口, 内部流体没有外泄通道, 是一个封闭体系, 但考虑到流体仍可以沿断层上下运移, B 区相当于准封闭体系。

在 3 种不同封闭体系之下。研究结果表明: (1) 开放体系下, 天然气分散运聚, 有限的资源难以到达距离最远的高部位; (2) 半开放半封闭体系下, 封闭性

**基金项目:** 国家科技重大专项(编号: 2011ZX05007)和中国石油股份公司科技项目(编号: 2011E-03)联合资助。

**作者简介:** 曾旭, 男, 1987 年生, 硕士, 中国石油勘探开发研究院工程师, 主要从事柴达木盆地地质综合研究工作。地址: (065007) 河北省廊坊市广阳区万庄石油 44 号信箱天然气地质所。邮箱: zxlffy@163.com. 电话: (010) 69213463.

的改变导致气藏内势能变化,高部位砂体含气饱和度优于低部位,与物性关系不大;(3)封闭体系中,天然气整体充注,含气性整体较好。模拟实验可知,断层对天然气运移具有重要作用,对柴北缘晚期构造带(鄂博梁III号)而言,深部侏罗系高一过成熟的天然气在超压作用下沿鄂北和鄂南两条深大断层运移至中浅层,在中浅层沿输导层侧向运移至有利圈闭聚集,部分沿着滑脱断层继续向上运移,同时在断层附近储层中聚集,属于断层—输导层输导体系,浅层断层具有幕式排烃特点。断层传输、高压驱动成藏是天然气晚期成藏的重要机理,导致纵向上气藏成层成串分布、平面上成群成带展布。柴北缘晚期构造带有两个重要的勘探方向:深部完整的构造圈闭及滑脱断层下盘完整的断块断鼻圈闭。

#### 参考文献:

- [1]曹正林,孙秀建,汪立群,等.柴达木盆地阿尔金山前东坪—牛东斜坡带天然气成藏条件[J].天然气地球科学,2013,24(6):1125-1131.
- [2]李明义,岳湘安,江青春,等.柴达木盆地北缘主要构造带构造演化与油气成藏关系[J].天然气地球科学,2012,23(3):461-468.
- [3]赵凡,孙德强,阎存凤,等.柴达木盆地中生代构造演化及其与油气成藏关系[J].天然气地球科学,2013,24(5):940-947.

编号: NGGSF03B003

# 西湖凹陷中部古压力恢复与异常压力形成演化史

陈梦娜, 仲 晓, 赵靖舟  
(西安石油大学, 陕西 西安 710065)

**摘要:** 异常超压的形成及演化是油气勘探及甜点预测的热点和难点。油气勘探表明, 西湖凹陷多个构造带的不同层位发育超压。沉积盆地中的压力状态是不断变化的, 现今的地层压力是古压力经一系列地质过程综合作用而演化至今的结果, 所以要准确分析现今地层压力的成因机制必须从其压力演化过程来分析。通过流体包裹体法和盆地模拟法进行古超压恢复及压力演化史分析, 搞清超压从形成到发展至现今的演化过程。

本文流体包裹体古压力恢复选用温度-盐度法和 NaCl-H<sub>2</sub>O 溶液包裹体的密度式、等容式法, 为了降低溶解气 (CH<sub>4</sub>) 的影响, 主要选取不同产状盐水包裹体以及烃类包裹体共生盐水包裹体进行古压力恢复。分析表明, 西斜坡、西次凹和中央反转构造带均一温度峰值存在差异: 西斜坡与西次凹均一温度峰值在 130-150℃, 古压力系数在 1.1-1.8, 在 12Ma 左右开始大量生烃; 中央反转构造带的均一温度峰值在 120-130℃, 古压力系数主要集中在 0.9-1.2, 在 14Ma 左右开始大量生烃。古超压形成于古地温 > 120℃ 阶段, 并随着地温的升高, 超压强度逐渐增大, 现今常压地层的古压力以常压-弱超压为主。西湖凹陷自龙井末期开始发育超压, 总体上西湖凹陷平湖组地层的压力演化可以分为两个部分, 18Ma-16Ma 之前是常压发育阶段; 16Ma 之后为超压发育阶段, 超压经历了增压—降压—二次增压的演化过程。

**关键词:** 西湖凹陷; 流体包裹体; 盆地模拟; 古压力; 异常压力演化

**作者简介:** 陈梦娜, 女, 1993 年 8 月出生, 西安石油大学在读研究生, 主要研究方向油气成藏地质学、天然气地质学及油气地球化学。通讯地址: 陕西省西安市雁塔区电子二路 18 号西安石油大学。邮政编码: 710065。电话: 15191484722。E-mail: 1248708068@qq.com.

编号: NGGSF03B004

# 塔里木盆地哈拉哈塘地区东河砂岩段成岩作用及对孔渗影响

陈秀艳<sup>1</sup>, 贾进华<sup>1</sup>, 马德波<sup>1</sup>, 张立平<sup>1</sup>, 周波<sup>1</sup>, 申银民<sup>2</sup>, 陈延贵<sup>2</sup>

(1.中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;

2.中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:** 通过岩心观察、薄片鉴定、扫描电镜、铸体薄片、阴极发光及物性资料分析, 对哈拉哈塘地区东河砂岩段深埋优质储层的成岩作用、孔隙成因及对孔渗影响进行研究。结果表明, 东河砂岩处于中成岩 A<sub>2</sub>-B 期, 碳酸盐胶结物的胶结作用及溶蚀作用是重要的成岩事件。早期碳酸盐胶结作用、低的地温梯度和短期的深埋藏能够增强储层抗压实能力, 保留更多原生孔隙; 而晚期碳酸盐胶结能够填充有机酸溶解颗粒产生的粒间溶孔和粒内容孔, 同时晚期碳酸盐胶结物再溶蚀又能够形成次生孔隙。碳酸盐胶结物含量在纵向上及平面上与储层物性为负相关关系, 研究碳酸盐胶结物含量变化, 对储层物性预测和评价具有重要意义。

**关键词:** 东河砂岩; 成岩作用; 胶结作用; 溶蚀作用; 碳酸盐胶结物

**基金项目:** 国家油气重大专项《岩性地层油气藏成藏规律、关键技术及目标评价》(编号: 2011ZX05001) 资助。

**作者简介:** 陈秀艳(1979-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 工程师, 博士, 主要从事层序地层学及沉积储层研究, E-mail: chenxiuyan1004@petrochina.com.cn.



编号: NGGSF03B005

# 四川盆地中二叠统栖霞—茅口组储层类型与分布

池英柳, 鲁卫华, 黄士鹏, 卞从胜, 徐兆辉, 薄冬梅  
(中国石油勘探开发研究院地质所, 北京 100083)

**摘要:** 中二叠统栖霞组、茅口组是四川盆地最早进行天然气勘探开发的层系, 已发现气藏主要分布于蜀南地区, 占已探明天然气储量的 87.7%。川西、川中等地勘探程度较低、剩余勘探潜力较大, 储层是勘探研究的重点。本文采用微观分析与宏观分布相结合的方法, 详细研究了四川盆地中二叠统储层类型、分布特点和控制因素, 这对于扩展该层系天然气勘探有重要现实意义。

**1) 储层类型。** 根据 100 口井、14518 块岩心样品的物性资料统计, 栖霞—茅口组储层物性总体比较差, 孔隙度小于 1% 的占 74.2%, 孔隙度大于 3% 仅占 4.6%。白云岩化和裂缝—溶蚀作用是形成有效储层的两个相互交织的主控因素。从成因和分布预测方便角度, 可以将中二叠统储层分为白云岩型和裂缝—岩溶型两种类型储层。白云岩为热液成因, 经溶蚀形成高渗透性孔隙型储层, 厚度横向变化大, 但在同一白云岩体内具有较好的连通性。东吴期抬升伴随的溶蚀作用, 使得四川盆地各大区都可能发育岩溶储层, 但由于东吴期抬升暴露时间短 (约 7Ma), 中二叠统灰岩岩溶多为相对孤立的“缝—洞”储集系统, 蜀南气矿将气藏分为“裂缝—溶洞型”、“裂缝—洞穴型”两类。

**2) 白云岩储层分布。** 根据野外露头调查和钻井地层对比分析, 弱白云岩化的灰质云岩、云质灰岩、含云质灰岩分布较广, 但储层物性与灰岩比较无明显改善。白云石含量超过 90% 的“砂糖状”白云岩是良好的储层, 其原岩为高能滩相生物颗粒灰岩, 主要分布于川西地区台缘带, 川中龙女寺、广安地区也有少量发育。其中, 川西南汉王场—周公山一带栖霞组和茅口组均有“砂糖状”白云岩发育, 最大累计厚度可达 120m (汉深 1 井), 但横向上厚度变化大, 分布面积约 2000km<sup>2</sup>。川西北天井山—矿山梁一带, “砂糖状”白云岩主要产于栖霞二段, 最大厚度 73m, 一般约 20—40m, 分布面积约 1000 km<sup>2</sup>。双探 1 井即钻于该白云岩体的东部, 首次在栖霞组孔隙型储层获高产工业气流。川中龙女寺、广安等地区也局限发育白云岩, 主要发育层位是栖霞二段和茅三段, 白云岩厚度一般 5—10m。

**3) 岩溶储层分布。** 21 条大剖面的层序地层对比发现, 除了川西南地区中



二叠统保存较完整外,其余地区中二叠统顶部均有不同程度侵蚀,表明中二叠统沉积之后四川盆地经历了东吴期抬升隆起作用,在盆地中部形成泸州-开江大型古隆起,隆起伴随的溶蚀作用导致四川盆地各大区中二叠统均有岩溶发育。钻井统计及对比分析表明,中二叠统岩溶储层非均质性强,主要受三个因素控制:①东吴期隆起控制岩溶发育:纵向上中二叠统各层段都有岩溶发育,向下放空、漏失井段频数逐渐减少,说明岩溶发育受中二叠统顶面不整合控制。平面上,在古隆起的斜坡区岩溶储层较发育,蜀南、川东等地区已发现储量规模相对较大的气藏,主要布于泸州-开江古隆起东西两侧的斜坡区。②岩性岩相对岩溶储层发育的影响:岩溶井段对比表明,岩溶储层主要分布在高位域,即主要分布在 HST1 (栖霞二段)、HST2 (茅二下) 和 HST3 (茅三段),这与高位域高能颗粒滩相较发育有关。③后期胶结充填对有效岩溶储层分布的影响:中二叠统缝洞充填较为严重,这是储层非均质的重要影响因素,主要充填物包括方解石、白云石结晶、沥青、渗流粉砂等。近风化壳渗流带充填较为严重,使得距茅顶 50-100m 内的残余缝洞系统规模较小,开发过程中一般不能稳产。

编号: NGGSF03B006

# 苏里格气田西南部地区沉积特征 及储集性能研究

崔明明<sup>1</sup>, 王宗秀<sup>1</sup>, 樊爱萍<sup>2</sup>, 李磊磊<sup>1</sup>

(1.中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2.山东科技大学地质科学与工程学院, 山东 青岛 266590)

**摘要:** 辫状河三角洲前缘因其特殊的沉积特征富集了大量的油气资源, 是油气勘探开发的重点区域。以鄂尔多斯盆地苏里格气田西南部为例, 通过薄片鉴定、扫描电镜、阴极发光、压汞分析等手段及测井、地震资料, 分析三角洲前缘储层分布特征, 探讨砂体储集性能的影响因素。研究表明, ①盒8段储层以辫状河三角洲前缘为主, 可细化为水下分流河道、河口坝、远砂坝、席状砂、分流间湾五种微相; ②储集性能受沉积作用、成岩作用共同影响, 其中沉积作用主要体现在对沉积微相的控制上, 而成岩作用决定储层孔隙发育, 影响储层储集和渗流能力, 进而决定储层物性, 影响储量规模; ③水下分流河道以中粗粒砂岩为主, 孔隙以粒间孔、晶间孔为主, 颗粒支撑, 大孔粗喉, 孔渗性能较好, 河道砂体在横向上反复迁移、多期叠置, 分布面积较广, 是有效的储集层; 河口坝、远砂坝以中粒砂岩为主, 在垂向上相互叠加成一定厚度的连续沉积, 孔渗中等, 也可形成较好的储层; 而席状砂、分流间湾微相砂体较薄, 物性差, 产气量低; ④各阶段成岩作用对孔隙发育的影响具有差异性, 压实作用和胶结作用破坏孔隙, 降低物性; 重结晶和溶蚀作用可增加粒间、粒内孔隙; 压裂作用可形成裂缝, 为油气运移提供通道。

**作者简介:** 通讯地址: 北京市海淀区民族大学南路 11 号地质力学研究所, 100081; 电话: 13641277187.

编号: NGGSF03B007

# 巴楚隆起吐木休克断裂带构造特征 及形成演化

董洪奎<sup>1</sup>, 李洪辉<sup>1</sup>, 杜德道<sup>1</sup>, 陈永权<sup>2</sup>, 严威<sup>2</sup>, 王珊<sup>1</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;

2. 中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:** 巴楚隆起是塔里木盆地重要的含油气构造单元, 因其断裂构造特征与演化异常复杂, 严重制约了对该区构造特征及演化的认识和油气勘探工作。基于地震剖面的精细地质解释, 并结合塔里木盆地巴楚隆起构造演化背景及最新的钻井资料, 利用断层相关褶皱理论, 识别出吐木休克断裂带三段不同的冲断—褶皱构造样式。西段由一条单一的倾向巴楚隆起的基底卷入型高角度逆冲断层构成。中段除发育南西倾向的主冲断层外, 还发育由巴楚隆起向阿瓦提凹陷方向的盖层滑脱构造。同时, 断裂上盘褶皱核部发育第四纪正断层。东段为典型基底卷入型楔状冲断构造, 冲断构造前锋位于中寒武统膏盐层, 上寒武统以上发育低角度的盲冲断层为特征, 主冲断层位移量为倾向阿瓦提凹陷的反冲断层吸收。根据地震剖面解释结果及构造演化恢复, 认为吐木休克断裂构造带形成于不同时期。由基底卷入型主冲断层和盖层滑脱型反冲断层及其相关褶皱构成的深部挤压冲断构造体系, 主要形成于上新统阿图什组沉积之前, 定型于新近纪末。中段挤压隆起顶部中和面附近发育的小型张拱性正断层, 形成于第四纪早中期。

**关键词:** 断层相关褶皱; 滑脱褶皱; 基底卷入; 吐木休克带; 巴楚隆起

**基金项目:** 国家科技重大专项《下古生界-前寒武系碳酸盐岩油气成藏规律、关键技术及目标评价》(编号: 2016ZX05004)。

**作者简介:** 董洪奎 (1981-), 男, 江苏赣榆人, 博士研究生, 工程师, 主要从事地震解释、区域构造解析研究。E-mail: donghongkui@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03B008

# 塔里木盆地西南地区下寒武统顶面构造演化及构造变动强度研究

杜德道<sup>1</sup>, 李洪辉<sup>1</sup>, 王 珊<sup>1</sup>, 董洪奎<sup>1</sup>  
(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 塔西南古隆起与塔中、塔北隆起并称塔里木盆地三大古隆起区, 是迁移性古隆起, 但迁移过程和是否存在相对稳定区域不清楚。本文基于钻井和地震资料编制的西南地区古构造图, 通过对下寒武统顶界在各关键构造期垂向变动强度的计算, 明确塔西南古隆起构造演化及迁移规律, 进而评价出构造变动相对稳定区域。塔西南古隆起寒武纪末发育雏形, 加里东晚期发展壮大, 晚海西期进一步继承性活动, 喜马拉雅期麦盖提斜坡快速沉降翻转为斜坡, 塔西南古隆起消亡。塔西南古隆起在喜马拉雅早期之前相对稳定, 仅在喜马拉雅晚期才开始剧烈变动, 在麦盖提斜坡东部存在相对稳定区, 是多构造期油气运聚有利区。

**关键词:** 塔西南地区; 古隆起; 构造变动强度

---

**基金项目:** 国家重大科技专项“塔里木盆地奥陶系-前寒武系碳酸盐岩油气资源潜力及目标优选”(2016ZX05004-004)和中国石油天然气股份有限公司项目“塔里木盆地震旦系-寒武系油气地质综合研究及接替领域优选和风险目标评价”资助。

**作者简介:** 杜德道(1986-), 男, 山西朔州人, 工程师, 硕士, 主要从事含油气盆地构造分析. E-mail: dudedao@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03B009

# 显微拉曼光谱分析技术在恢复气藏古压力方面的应用

范俊佳<sup>1,2</sup>, 鲁雪松<sup>1,2</sup>, 马行陟<sup>1,2</sup>, 田 华<sup>1,2</sup>, 孟庆洋<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油集团盆地构造与油气成藏重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 随着激光技术及光学技术的进步, 显微激光拉曼光谱在矿物与流体成分识别、流体包裹体分析方面取得了重要进展, 拉曼光谱技术作为一种微区、无损分析, 已经被广泛应用于地质学、材料学及医学等领域, 而且在油气成藏领域发挥了重要作用。对于油气成藏研究, 烃类包裹体是记录油气充注、形成和演化的直接证据, 基于甲烷气体拉曼光谱对于压力的关系, 本文设计了高压毛细管气体样品装置, 开展了不同压力条件下 78 个压力点甲烷气体拉曼光谱实验, 建立了随着压力的变化甲烷拉曼光谱的位移变化图版。根据建立的图版恢复了四川盆地高磨地区灯影组碳酸盐储层中流体包裹体形成内压, 结合流体包裹体的测温数据与气体状态方程恢复了流体包裹体的捕获压力, 建立了利用富含甲烷的流体包裹体拉曼光谱特征恢复包裹体古压力的方法。研究表明: 1) 随着压力的增加, 甲烷拉曼位移有规律地向左偏移, 利用此规律建立了剪完拉曼位移与压力的图版; 2) 不同实验室建立的甲烷拉曼位移与压力关系的图版尽管气变化趋势相同, 但是由于显微拉曼光谱仪参数条件及环境的差异, 根据拉曼位移恢复的流体包裹体内压具有很大的差异, 因此如果利用甲烷的拉曼位移与压力的关系来恢复内压的话, 在选择公式方面要十分谨慎, 最准确的方法就是每台仪器分别建立图版; 3) 建立了地质条件下, 富含甲烷的流体包裹体古压力的恢复方法, 可以用来重建油气藏的演化历史。

**关键词:** 拉曼光谱; 气藏; 甲烷; 压力

**作者简介:** 范俊佳 (1984-), 女, 工程师, 从事油气成藏方面的研究。通讯地址: 100083, 北京市海淀区学院路 20 号中国石油勘探开发研究院。E-mail: fanjunjia@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03B010

## 四川盆地雷口坡组天然气成藏条件分析

方向, 袁庆东

(中国石油勘探开发研究院石油地质研究所, 北京 100083)

**摘要:** 四川盆地中三叠统雷口坡组勘探始于上世纪 50 年代末, 至今已探明天然气 437.21 亿方, 探明率不足 6%。已发现的气藏多以构造气藏为主, 主要发育在雷一<sub>1</sub>亚段、雷三段和雷四<sub>3</sub>亚段, 多分布在盆地中西部, 川东和蜀南地区局部发育含气构造。总体上勘探程度和认识程度都还很低。

雷口坡组成藏主要受烃源条件、储集条件、运移条件、圈闭条件及保存条件控制。气源主要来自下伏二叠系烃源岩, 雷顶风化壳储层还有来自上覆须家河组的气源, 总体上具有多源、混源特征, 气源断裂是成藏主控因素; 雷口坡组发育颗粒滩型和颗粒滩叠合岩溶型(雷四段)两类储层, 滩相白云岩储层大面积分布, 风化壳型储层受滩相与岩溶地貌控制, 储集条件好, 具备形成大中型气藏的储层条件; 断层、不整合面及溶蚀孔洞缝等多类型输导通道为天然气垂向运移和侧向运移创造了良好条件, 形成上生下储和下生上储两种主要成藏组合; 多期构造运动使雷口坡组发育构造、岩性、地层圈闭及各种复合圈闭, 大多圈闭在形成时仍处于气源岩生烃高峰期, 为油气聚集提供了良好场所; 雷口坡组上覆有马鞍塘、小塘子组泥岩直接封盖层, 侏罗系泥岩也可间接封盖, 内部发育膏盐层, 保存条件相对较好, 但由于后期受多期构造运动影响, 一些圈闭的盖层或遭受剥蚀, 或发育多条切割圈闭的断裂, 圈闭有效性容易遭到破坏, 因此保存条件是气藏得以保存的关键所在。

综合分析评价各区带成藏要素, 川中地区由沉积相变化和地层尖灭形成的岩性、地层圈闭及川西地区的构造圈闭是下一步勘探的主攻对象。

---

**作者简介:** 方向, 中国石油勘探开发研究院石油地质研究所, 北京市学院路 20 号地质所 13621131066.



编号: NNGSF03B011

# 准噶尔盆地西北缘二叠系富沸石碎屑岩成因及其石油地质意义

付爽<sup>1,2</sup>, 张生银<sup>1</sup>, 张顺存<sup>1</sup>, 郭晖<sup>1,2</sup>, 史基安<sup>1</sup>

(1.甘肃省油气资源重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室, 兰州 730000;

2.中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 准噶尔盆地西北缘二叠系显示出良好的油气前景, 二叠系富沸石碎屑岩储层成为准噶尔盆地最主要深部油气勘探区。二叠纪准噶尔盆地西北缘进入前陆盆地演化阶段, 盆地西北缘前石炭系火山岩变质岩褶皱成山, 中晚二叠世期间大量富火山碎屑快速近源充填于玛湖凹陷, 形成了准噶尔盆地规模最大深部油气藏。通过岩芯扫描、显微观察、地球化学与包裹体分析等手段研究表明, 西北缘二叠系碎屑岩储层主要分布于扇三角洲前缘地带, 其成份火山岩变质岩碎屑和大量的沸石类胶结物(片沸石、方沸石、浊沸石)。二叠系富沸石碎屑岩广泛发育与碎屑物源、水体环境和深埋变质作用有关:(1) 前石炭纪火山岩变质岩碎屑提供了丰富的易溶蚀的长石类硅酸盐矿物, 早成岩期的水化反应进一步优化碎屑岩储集空间和孔吼结构;(2) 二叠纪玛湖凹陷发育继承了早二叠世海水成份特征, 表现为半封闭-封闭限制下的碱性咸水环境, 同时早二叠世碱性火山岩喷发、火山活动后期热液活动、早成岩水化反应使得碱性水体富含钾、钠等离子;(3) 成岩晚期深埋变质作用为沸石类胶结物形成提供了必要的温度压力条件, 富碱性火山物质的热流体逐步向方沸石、片沸石和浊沸石转化。西北缘二叠系碎屑岩沸石类矿物尽管对储层形成并未起到建设性作用, 甚至大量沸石发育破坏了碎屑岩原有的储集空间, 但是沸石作为准噶尔盆地二叠系深埋储层成岩作用的特殊产物, 揭示了火山碎屑与碱性流体不同阶段水岩作用的过程, 对准噶尔盆地二叠系油气藏勘探具有明显指示作用。

**关键词:** 火山碎屑; 沸石类矿物; 碱性流体; 深部储层; 准噶尔盆地

**作者简介:** 付爽, 硕士研究生, 中国科学院大学/中国科学院兰州油气中心.

联系方式: E-mail:1148313709@qq.com Tel: 1568286214.

编号: NGGSF03B012

# 鄂尔多斯盆地天环北部盒 8 段致密砂岩储层 成岩作用及孔隙演化

高 阳<sup>1,2</sup>, 王志章<sup>1</sup>, 李 剑<sup>2</sup>, 张春林<sup>2</sup>, 刘锐娥<sup>2</sup>, 林世国<sup>2</sup>, 李明鹏<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学(北京), 北京 102249; 2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘 要:** 致密砂岩储层通常经历了复杂的成岩作用, 岩石矿物成分和储层孔隙类型多样, 储层低孔、低渗且非均质性强, 储层质量是勘探中的主要风险。本文利用岩石普通铸体薄片、恒速压汞、CT 扫描、场发射扫描电镜、包裹体温度分析等多种实验手段, 对鄂尔多斯盆地天环北部地区盒 8 段储层成岩作用及孔隙演化进行了研究, 结果表明:

(1) 盒 8 段致密砂岩成岩演化阶段达到晚成岩 B-C 期, 早成岩 A-B 期以强压实为主要特征, 同时发生泥晶方解石矿物沉淀导致孔隙度大幅降低, 晚成岩 A 期压实作用进一步加大, 同时以凝灰质溶蚀、高岭石化及石英次生加大为主要特征, 晚成岩 B 期, 强压溶胶结和有机酸的强溶蚀共同作用, 高岭石向伊利石和绿泥石转化, 石英加大边形成, 在应力作用下微裂缝也有发育。

(2) 塑性岩屑及硅质、高岭石、伊利石是影响储层质量的主要矿物类型。石英砂岩中板岩、片岩、千枚岩和火山岩岩屑含量低, 石英次生加大和高岭石胶结物含量高, 伊利石含量低, 次生溶蚀孔隙为主要的孔隙类型, 也发育一定规模的晶间孔和粒间孔, 储层质量最好, 主要受石英次生加大和高岭石发育情况控制; 岩屑砂岩以高板岩、片岩、千枚岩和火山岩岩屑含量, 低石英次生加大和高岭石胶结物含量, 高伊利石含量为主要特征, 以晶间孔为主要孔隙类型, 次生孔隙和参与粒间孔基本不发育, 高含量板岩、片岩、千枚岩和火山岩岩屑和伊利石胶结物控制储层早期致密化, 储层质量最差; 岩屑石英砂岩岩石矿物组分含量介于石英砂岩和岩屑砂岩之间。

(3) 根据成岩作用定量参数划分出 6 中成岩相类型, 其中钙质胶结致密相储层粒间孔-粒间溶孔-裂缝发育, 高岭石胶结溶蚀相及高岭石胶结溶蚀蚀变相储层晶间孔-粒内容孔-裂缝发育, 是最有利的成岩相带。

**关键词:** 成岩作用; 孔隙演化; 致密砂岩; 石盒子组; 鄂尔多斯盆地

**基金项目:** 国家重大科技专项(编号 2016ZX05007-003), 中石油股份有限公司科技项目(编号 2016B-0601)。

**作者简介:** 高阳, 中国石油大学(北京), 河北省廊坊市广阳区万庄石油基地, 065007, 电话: 010-83596142; E-mail: gaoyang69@petrochina.com.cn.



**主要参考文献:**

- [1]. Taylor T R, Giles MR, Hathon L A, et al. Sandstone diagenesis and reservoir quality prediction: Models, myths and reality[J]. AAPG Bulletin, 2010, 94 (8): 1093-1132.
- [2].张兴良, 田景春, 王峰, 等.致密砂岩储层成岩作用特征与孔隙演化定量评价—以鄂尔多斯盆地高桥地区二叠系下石盒子组盒 8 段为例[J].天然气地球科学, 2014, 35 (2): 212-217.
- [3].张创, 孙卫, 高辉, 等.鄂尔多斯盆地华池长 8 储层成岩相与孔隙度演化[J].地球科学: 中国地质大学学报, 2014, 39 (4): 411-420.
- [4]. 邹才能, 陶士振, 周慧, 等.成岩相的形成、分类与定量评价方法[J].石油勘探与开发, 2008,35 (5): 526-540

编号: NGGSF03B013

# 陇东地区延长组长 7 段致密储层水平向可动流体特征及其影响因素分析

郭睿良<sup>1,2</sup>, 马晓峰<sup>2</sup>, 邓秀芹<sup>3,4</sup>, 王琪<sup>1,3</sup>, 刘 晔<sup>1,2</sup>

(1. 甘肃省油气资源研究重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室, 陕西 西安 710018; 4. 中国石油长庆油田公司, 西安 710018)

**摘要:** 以离心实验与核磁共振实验为主, 辅以铸体薄片分析、场发射电镜扫描、纳米级 CT 扫描、X 衍射黏土矿物分析以及常规压汞分析, 对鄂尔多斯盆地陇东地区长 7 段致密储层 GP41—65 水平井的 6 块岩心样品 (水平跨度 44.48m) 进行水平方向可动流体特征及其影响因素研究。结果表明: 研究区长 7 段致密储层饱和模拟地层水状态下  $T_2$  谱形态为左峰高于右峰的双峰态, 对比离心后的  $T_2$  谱可知可动流体主要分布于中大孔隙内; 并且 6 个岩心样品的微小孔隙与中大孔隙的比例有明显差异; 核磁共振实验结果显示可动流体  $T_2$  截止值与储层孔隙度、渗透率相关性均较好, 基于核磁共振实验原理可知  $T_2$  截止值与可动流体孔喉半径下限具有对应关系; 通过  $T_2$  分布换算孔喉半径分布的方法, 得出 6 个样品可动流体孔喉半径下限相差 10.5 倍, 平均为  $0.62\mu\text{m}$ , 可动流体分布特征与参数差异性表明长 7 段致密储层水平向非均质性较强; 而储层孔喉半径分布、次生孔隙发育情况及孔喉连通程度、不同类型黏土矿物含量和赋存形态以及充填孔喉程度、微裂缝发育与充填程度是致密储层可动流体参数差异性较大的影响因素, 其中长石溶蚀孔的发育和呈蜂窝状、搭桥状充填孔隙的伊利石的发育则为主控因素。

**关键词:** 致密储层; 核磁共振;  $T_2$  谱; 可动流体; 延长组; 长 7 油层组; 陇东地区

**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目 (41772142); 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室开放基金 (2016GSKJ05-01); 中国科学院兰州油气资源研究中心“十三五”创新基金 (编号: 35CCJJ20160510, 135CCJJ20160504); 甘肃省油气资源研究重点实验室开放基金 (编号: SZDKFJJ20160602)。

**作者简介:** 郭睿良 (1991-), 男, 陕西西安人, 博士研究生在读, 主要从事油气储层地质学研究, E-mail: guoruiliang1991@163.com, 联系电话: 18700946015.

编号: NNGSF03B014

# 四川盆地中二叠统茅口组岩溶储层类型与分布规律——以蜀南地区为例

黄士鹏, 江青春, 冯庆付, 苏旺, 姜华, 陈晓月  
(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 四川盆地中二叠统茅口组是盆地重要的天然气勘探层系, 蜀南地区为其主要产区。茅口组为一套灰岩、泥质灰岩, 夹白云岩和燧石层的碳酸盐岩地层, 从底到顶可分为茅一(茅一c、茅一b和茅一a)、茅二(茅二c、茅二b和茅二a)、茅三和茅四段, 与下伏地层中二叠统栖霞组为整合接触, 与上覆地层上二叠统龙潭组间界面为不整合。近年来, 在川中、川西地区多口井获得高产工业气流, 显示出该层系的巨大勘探潜力(沈平等, 2016, 汪泽成等, 2017)。茅口组沉积末期, “东吴运动”以及全球海平面的下降, 造成茅口组在盆地内的广泛缺失, 盆地大部分地区普遍缺失茅四段, 茅四段仅在川西南和川东地区分布, 川北个别地区缺失至茅二段(江青春等, 2014), 约7~8Ma的风化、淋滤过程在茅口组形成岩溶缝洞型储层。本次工作以蜀南地区茅口组为例, 综合利用150余口探井的钻井、测井、岩心、测试和生产数据, 将茅口组岩溶储层类型划分为裂缝-孔洞型、孔隙-孔洞型、裂缝型和洞穴型, 其中有效储层以前两者为主, 也是主要的产气类型。裂缝-孔洞型和孔隙-孔洞型储层主要表现为“三低两高”的测井响应特征, 即“低伽马(GR)、低密度(DEN)、低-中深浅电阻率(RLLD和RLLS)、高声波时差(AC)、高中子孔隙度(CNL)”, RLLD和RLLS之间有明显差异, 气层值域一般为100~1000/ $\Omega \cdot m$ , 测井解释孔隙度一般>2%, 两种类型的气层稳产时间较长, 累产较大。裂缝-孔洞型储层AC、DEN、RLLD和RLLS局部有“跳尖”现象, 表现为锯齿型, 而孔隙-孔洞型储层测井曲线表现为稳定增大或降低, AC, DEN, RLLD, RLLS协同变化, AC和DEN呈“钟型”, 电阻率曲线呈现“箱”型或“钟型”。纵向上储层主要分布在茅三、茅二b和茅二a亚段中, 距离茅顶0-100m范围内, 主要为两套气层, 即顶部的茅三-茅二a和下部的茅二b, 即上下两套颗粒滩中, 表现为较为明显的相控性; 单层气层厚度薄, 主要分布在5-10m。平面上, 储层的分布规律性不是很明显, 自流井-古佛坎、孔滩-大塔场、宋家场-牟家坪-老翁场、沈公山-白节滩-云锦向斜以及荷包场地区为储层的厚值区, 这些地区的斜坡或向斜地区为茅口组岩溶储层下一步的勘探有利区。

作者简介: 黄士鹏, shipenghuang@petrochina.com.cn.

**关键词：**茅口组；岩溶储层；测井响应；分布规律；中二叠统；四川盆地

**参考文献：**

- [1]沈平, 张健, 宋家荣, 等. 四川盆地中二叠统天然气勘探新突破的意义和有利勘探方向[J]. 天然气工业, 2015, 35 (7) :1-9.
- [2]汪泽成, 江青春, 黄土鹏, 等. 四川盆地中二叠统茅口组天然气大面积成藏的地质条件[J]. 天然气工业, 2018, 38 (1): 3-38
- [3]江青春, 胡素云, 汪泽成, 等. 四川盆地茅口组风化壳岩溶古地貌及勘探选区[J]. 石油学报, 2012, 33(6): 949-960.

编号: NGGSF03B015

# 乐山—龙女寺古隆起构造演化与 新元古界震旦系天然气成藏

姜 华<sup>1,2</sup>, 江青春<sup>1,2</sup>, 王瑞菊<sup>2</sup>, 翟秀芬<sup>1</sup>, 黄士鹏<sup>1</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院石油地质所; 2. 四川盆地研究中心)

**摘要:** 以乐山—龙女寺古隆起新元古界震旦系灯影组为对象, 研究古隆起演化与其油气成藏过程的关系。乐山—龙女寺古隆起经历了多期构造运动: 桐湾 (I 幕、II 幕) 运动控制着灯影组古岩溶的发育, 加里东运动期形成了古隆起的雏形, 其后海西、印支、燕山运动期古隆起总体继承发育, 轴线不断由西北向东南迁移, 并最终在喜马拉雅运动后定型, 控制着油气成藏过程。通过流体包裹体和埋藏史研究, 认为乐山—龙女寺古隆起经历了 3 个关键生排烃期: 志留纪、早三叠纪和侏罗纪—白垩纪。伴随着乐山—龙女寺古隆起的构造演化过程, 新元古界灯影组成藏经历了 7 个阶段: 初次充注、生烃停滞、二次充注、古油藏形成、古油藏迁移、古油藏裂解及气藏形成。结合油藏数值模拟和油气勘探实践, 建立了乐山—龙女寺古隆起震旦系灯影组的成藏模式, 在高石 1 井所在的斜坡区, 发育集群展布的气藏群, 横向上总体表现为层状分布特征, 是天然气勘探的重要领域。同时认为, 以四川盆地为代表的中国新元古界含油气系统具有重要的油气勘探价值。

**关键词:** 乐山—龙女寺古隆起; 桐湾运动; 古油藏; 原油裂解气; 新元古界; 震旦系

**基金项目:** 国家重大专项 (编号: 2011X5004001) 资助。

**作者简介:** 姜华, 男, 1977 年 7 月生, 2009 年毕业于中国地质大学 (武汉) 矿产普查与勘探专业, 中国石油勘探开发研究院地质所工作, 主要从事层序地层学、沉积学方面的研究工作。E-mail: sorcerer\_2004@126.com.

编号: NGGSF03B016

# “鄂西—渝东”地区克拉通内裂陷分布范围及其勘探意义

李文正<sup>1,2,3</sup>, 张建勇<sup>1,2,3</sup>, 付小东<sup>1,2,3</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院四川盆地研究中心, 61009; 2. 中国石油杭州地质研究院, 杭州 310023; 3. 中国石油天然气集团公司碳酸盐岩储集层重点实验室, 杭州 310023)

**摘要:**近年来, 四川盆地川中高石梯-磨溪地区震旦-寒武系勘探获得重大突破, 得益于“德阳-安岳”台内裂陷控源、控储及控藏。研究表明, “德阳-安岳”台内裂陷内灯影组地层薄, 下寒武统筇竹寺组+沧浪铺组碎屑岩厚度大, 且发育麦地坪组深水相地层。基于此, 利用川东 30 条野外露头、9 口钻井资料对川东震旦系-寒武系岩相组合、地层特征进行了研究, 认为川东“巴东-五峰”地区发育陡山沱期-龙王庙期继承性克拉通内裂陷。

与“德阳-安岳”台内裂陷演化不同, “巴东-五峰”克拉通内裂陷形成于陡山沱期, 裂陷范围大, 南北连通; 灯影期裂陷范围相对萎缩, 早寒武世为裂陷再次发展阶段, 且沉积格局一直影响到龙王庙组的沉积。“巴东-五峰”裂陷内发育震旦系陡山沱组及寒武系筇竹寺组两套优质烃源岩。其中山沱组烃源岩厚约 50~200 米, 对 8 个剖面的 17 个露头样品进行了 TOC 分析, TOC 值 0.141%~7.51%, 平均 2.26%; 筇竹寺烃源岩厚约 50~150 米, 岩性为黑色碳质泥页岩, 对 3 口钻井及 3 个剖面的 24 个样品进行了实验分析, TOC 平均值为 8.73%。

裂陷两侧发育灯影组丘滩相与龙王庙组滩相两套优质白云岩储层。灯影组储层岩性以藻丘云岩, 砂屑云岩为主, 储集空间类型为格架孔、粒内溶孔、粒间溶孔, 野外及镜下见白云石及沥青充填, 厚度 55~100 米。龙王庙组储集层主要发育在龙王庙组上段, 岩性以颗粒白云岩、晶粒白云岩及藻云岩为主, 储集空间类型主要为粒间孔、粒内孔及晶间孔, 厚 22~57 米。

指出奉节地区发育灯影组丘滩相白云岩储集层与龙王庙组滩相白云岩储集层叠合区, 优选了有利勘探区带 2000km<sup>2</sup>。有利区毗邻陡山沱组、筇竹寺组生烃中心, 发育两套优质白云岩储层, 此有利区龙王庙组顶埋深 3500~7000 米, 灯影组顶埋深 4000~7500 米, 埋深相对较浅, 为下步勘探的靶区。

**基金项目:** 国家科技重大专项(2017ZX05008-005;2016ZX05004-002).

**作者简介:** 李文正, 男, 1988 年生, 安徽亳州人, 硕士, 工程师, 主要从事碳酸盐岩沉积储集层及构造热演化研。地址: 杭州市西湖区西溪路 920 号, 中国石油杭州地质研究院。E-mail: liwz\_hz@petrochina.com.cn.



编号: NGGSF03B017

# 临兴区块康宁区精细层序地层格架建立与小层砂体对比刻画

刘 畅<sup>1,2</sup>

(1. 中联煤层气有限责任公司, 北京 100011; 2. 中海石油(中国)有限公司非常规油气分公司, 北京 100011)

**摘要:** 我国致密砂岩气藏分布领域广泛, 潜力巨大。致密砂岩气藏天然气产量占中国天然气总年产量的 1/5 左右, 已成为天然气供应的一支重要力量, 并将继续成为储量和产量增长的亮点。就探明储量和实力而言, 致密砂岩气藏是中国最具现实勘探开发意义的非常规天然气领域。近几年来, 中联煤层气有限责任公司在鄂尔多斯盆地东缘康宁区上古生界的致密气勘探已取得显著进展。

随着勘探工作的不断深入, 低渗透致密砂岩气藏勘探形势面临严峻的挑战, 勘探难度越来越大。临兴区块致密气藏透镜状砂体发育, 纵向上呈叠置状, 整体上叠置连片分布, 其基质渗透率极低。受河道沉积控制, 各砂体规模大小不一, 物性各异, 连通性较差, 造成同情况下的不同井产能差异非常大。从已有的研究进展可以看出, 关于上古生界低渗透致密砂岩天然气勘探仍存在以下科学问题亟待解决: 1) 地层划分主要参照长庆油田和苏里格气田分层标准, 没有根据区块的具体特征, 采用层序地层模式进行层位统一, 缺少该区块的标准柱子, 且层序划分方案混乱, 标准不统一, 划分级别还不够精细; 2) 初步开展了临兴地区以段为单位的沉积微相及沉积体系的探索研究(钻井级别), 但沉积微相类型存在分歧, 井间砂体展布规律尚不明确, 且未能进行砂组及单砂体级别的沉积体系研究, 沉积模式及演化规律不清楚; 3) 前期进行的砂体展布研究只是对层组和层段级别的分析, 内部小层砂体的空间发育规模及分布不清楚, 水平井砂体钻遇率较低, 小层级别的气层及储层“甜点”发育规模不清楚。

因此, 在前期研究工作的基础上, 立足当前中联公司致密气生产中亟待解决的关键问题, 通过钻测井资料, 结合地震资料, 应用经典层序地层学理论对康宁区上古生界地层开展精细层序地层格架研究; 结合沉积学和地震沉积学理论方法, 开展研究区主力产层的层序沉积模式及演化规律研究; 开展小层砂体的划分与对比分析, 精确刻画小层砂体及气层发育规模、平面展布及演化; 在此基础上, 预测有利储层展布, 力求摸清区内小层砂体发育规模及展布规律, 同时结合地震

通讯地址: 北京市朝阳区酒仙桥路乙 21 号国宾大厦, 100016,

15810775898

提频技术，为公司后续水平井的钻探提供依据，指导区块后续的开发生产工作。

### 主要研究成果：

#### 1) 建立了基于层序地层学的全区可对比的精细地层格架

对康宁区已钻井上古生界地层开展层序地层划分对比，同时结合地震资料，井震结合，建立了研究区上古生界精细层序地层格架，将上古生界划分为5个二级层序、14个三级层序、38个四级层序以及65个五级层序。本溪、太原组海相三级层序发育海侵及高位体系域，缺失低位体系域；山西、石河子及石千峰海陆过渡相及陆相层序发育完整的低位、海侵和高位体系域。初步形成适用于临兴区块的小层划分标准，同时实现了地质分层、地震及层序界面的一致性。

#### 2) 分析了主力产层段的层序沉积模式及演化规律

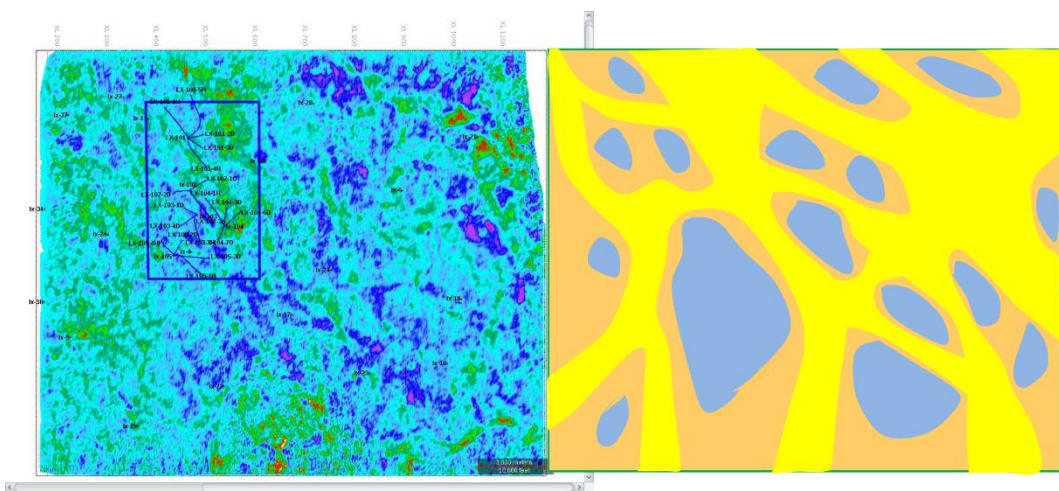
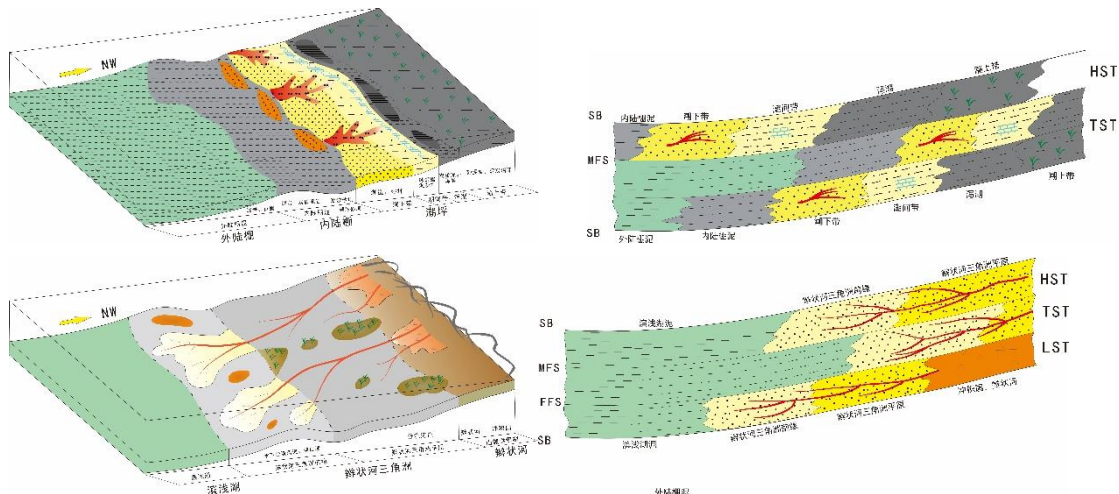
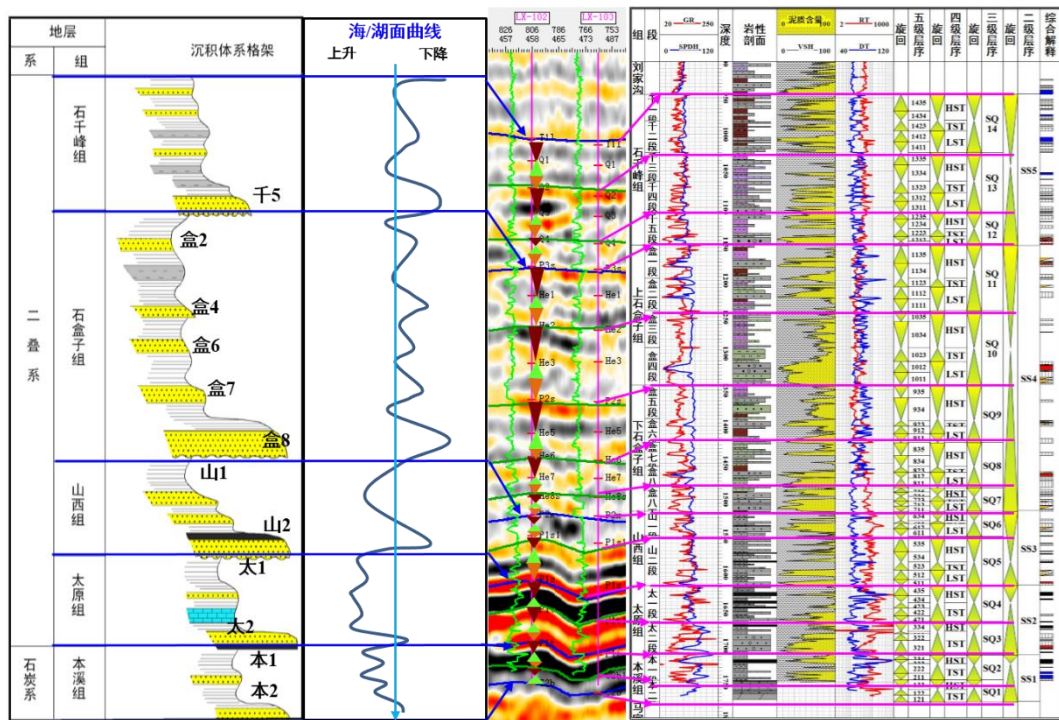
针对太原组及下石盒子组主力产层，结合层序格架及海(湖)平面变化规律，确定了沉积体系类型，建立了复合研究区的层序沉积模式，在此基础上，分析了层序沉积演化规律，摸清了该地区的沉积背景。同时，应用地震沉积学方法，精细刻画砂体展布。

#### 3) 小层砂体精细刻画及地震提频技术

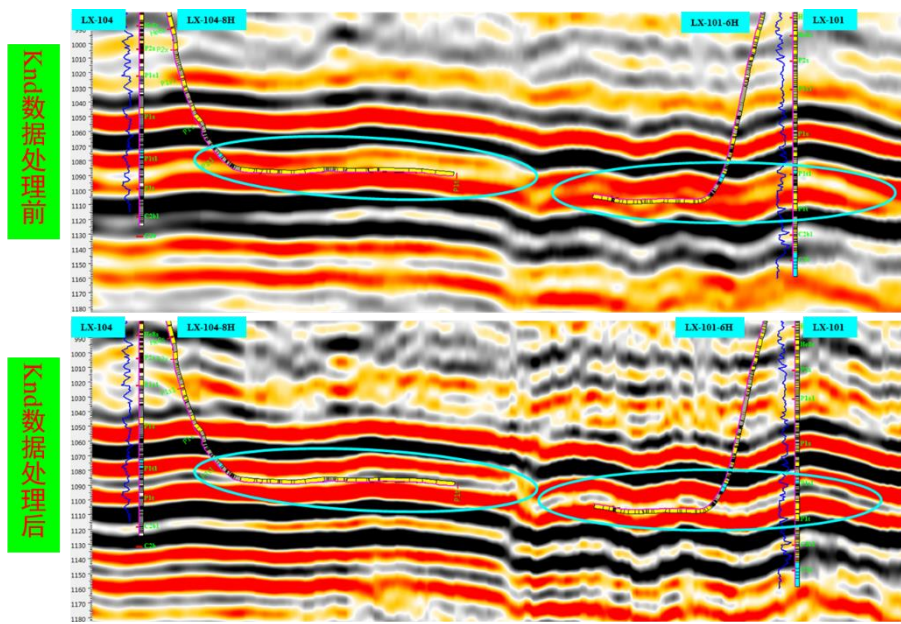
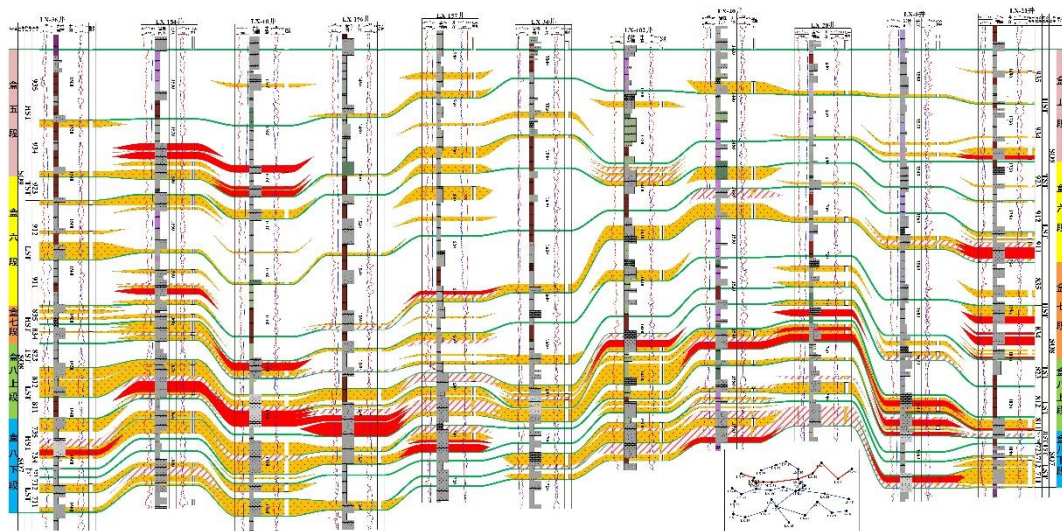
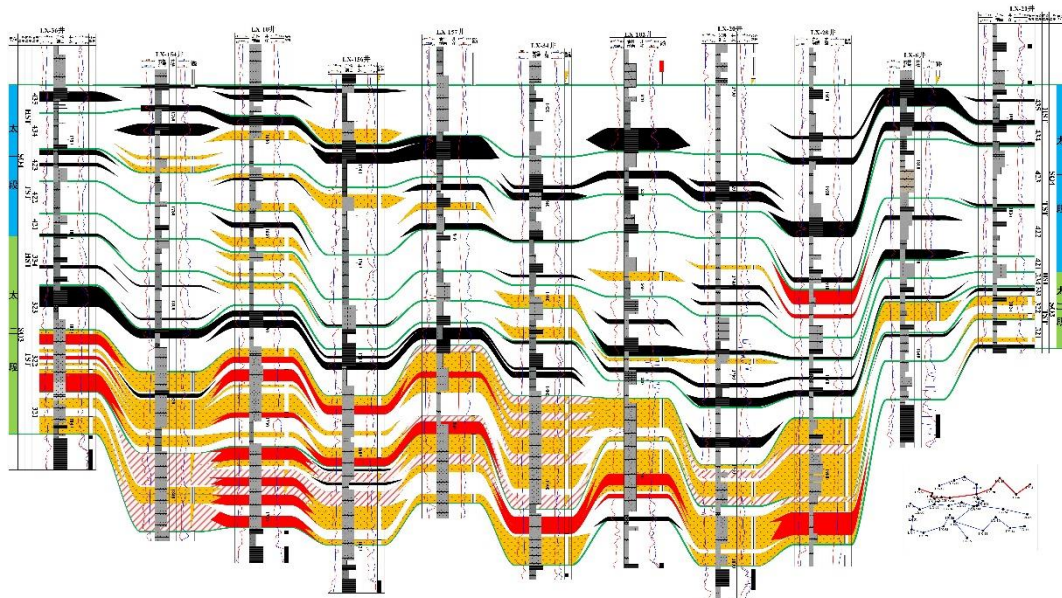
在层序格架内，完成研究区小层级别砂体对比及平面展布刻画，更好的揭示了砂体发育规律，预测了研究区砂体的空间展布规律及演化；在此基础上，预测了小层含气面积图。得到了提频后的数据体，为后续水平井砂体追踪及储层反演提供基础。



附图:







编号: NGGSF03B018

# 深层高温高压天然气赋存状态、流体属性及成藏效应

鲁雪松<sup>1,2</sup>, 柳少波<sup>1,2</sup>, 于志超<sup>1,2</sup>, 卓勤功<sup>1,2</sup>, 田 华<sup>1,2</sup>, 马行陟<sup>1,2</sup>, 范俊佳<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院石油地质实验中心, 北京 100083;

2. 中国石油集团公司盆地构造与油气成藏重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 深层和超深层油气资源, 无论在油气地质理论研究中, 还是在油气勘探实践中, 均是当今世界油气地质界关注的热点和难点<sup>[1,2]</sup>。虽然, 深层油气勘探的理论和技術已取得了较大进展, 但是对深层流体属性、赋存相态、油气成藏与保存机理研究仍较为薄弱。含油气盆地深层普遍高温高压, 高温高压条件造成流体性质发生很大的变化, 从而使深部流体的赋存相态、流动特征及对成藏要素的要求发生变化。

基于高温高压流体性质测试与理论计算, 建立了天然气密度、溶解度、界面张力、扩散系数等参数对温度、压力的变化图版, 揭示了深层高温高压条件下流体属性与赋存状态变化规律, 奠定了深层天然气成藏的理论基础。主要有以下几点认识: (1) 随着温度压力的增大, 天然气在地层水中的溶解度增大, 即溶解气可能成为深层天然气赋存和运移相态的一种重要类型。但是深层天然气运聚仍以游离气相为主, 水溶气的贡献不大。威远、安岳气田主要为原油裂解气成藏, 水溶气贡献不大。(2) 对于深层气藏而言, 气相由气态甲烷、水蒸汽(或称气态凝析水)组成, 液相中有水和溶解气, 从而使气相密度增大, 液相密度降低, 气液两相密度差减小但仍大于  $0.7\text{g}/\text{cm}^3$ , 一定气柱高度形成的浮力能够克服毛管力, 气水重力分异仍存在。对于构造幅度低的深层气藏, 气水分异不明显。(3) 随着温度压力的增大, 气水界面张力逐渐减小并趋于稳定, 因此, 对于同等盖层, 深层天然气逸散需要克服的毛管阻力减小, 深层天然气更容易逸散。地层中天然气扩散主要是以溶解在水中的形式扩散, 深层天然气溶解度增大, 因而扩散系数增大。深层天然气成藏时间早, 成藏之后经历的时间长, 天然气通过扩散、渗流所散失的量就更多, 因此, 优质区域盖层和直接盖层是深层天然气保存的关键。优质区域盖层对于下伏天然气具有明显的阻滞作用, 天然气扩散不能仅考虑直接盖

---

**作者简介:** 鲁雪松, 男, 1982年11月生, 2009年获中国石油勘探开发研究院博士学位。现为中国石油勘探开发研究院高级工程师, 主要从事油气成藏综合分析及油气资源评价研究。通讯地址: 北京市海淀区学院路20号910信箱(100083), 电话: 010-83592799, E-mail: luxs@petrochina.com.cn.

层而应考虑多重生储盖组合的影响<sup>[3]</sup>。

深层致密盖层对天然气的毛管力封闭不成问题，但盖层一旦发生破裂，高压气体将沿断裂、裂缝发生混相运移，快速泄压，散失非常快，盖层完整性及断-盖组合有效性评价十分关键。基于三轴力学实验，建立了膏盐岩、泥岩盖层脆塑性判识标准，形成断-盖组合有效性与盖层完整性评价方法。揭示了膏盐岩温度和围压控制下的脆塑性变形规律，3000m 以深的膏盐岩为强塑性盖层，盐下圈闭高效成藏与保存。泥岩变形特征受泥岩密度和围压控制，正常压实泥岩密度大于  $2.1\text{g}/\text{cm}^3$  即进入脆性阶段，深层泥岩在强烈挤压或抬升过程中易发生脆性破裂。因此，对于多期叠合盆地，埋藏较深、后期抬升量小、褶皱应变量小的古构造圈闭有利于天然气的保存。

#### 参考文献:

- [1]孙龙德, 邹才能, 朱如凯, 等. 中国深层油气形成、分布与潜力分析[J]. 石油勘探与开发, 2013,40 (6): 641-649.
- [2]朱光有, 张水昌. 中国深层油气成藏条件与勘探潜力[J]. 石油学报, 2009,30 (6): 793-802.
- [3]周建文. 多重生储盖组合的气藏天然气扩散模型及应用[J]. 矿物岩石, 1998, 18 (spp.) 173-175.



编号: NGGSF03B019

# 四川盆地川中地区深层走滑断层构造特征 与天然气成藏意义

马德波, 汪泽成, 段书府, 高建荣, 江青春, 姜 华, 曾富英, 鲁卫华  
(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘 要:** 走滑断层对于油气运聚成藏具有重要的控制作用。本文基于川中高石梯-磨溪地区连片三维地震资料和钻井资料, 利用断层构造解析方法, 分析研究区走滑断层的几何学、运动学特征与形成演化过程, 并探讨走滑断层的天然气成藏意义。结果表明: (1) 高石梯-磨溪地区古生界发育张扭走滑断层, 剖面上发育高陡直立、花状构造、“Y”字形与反“Y”字形断层 3 种构造样式; 平面上断层呈线状延伸, 主要为近东西向、北西向、北东向, 整条断层由多条呈斜列状分布的次级断层组成。(2) 近东西向、北西向断层为右行走滑断层, 北东向断层为左行走滑断层。近东西向断层的走滑作用最强, 最大水平位移为 550m, 北东向断层的走滑作用最弱。寒武系断层的活动强度明显强于二叠系断层。(3) 高磨地区走滑断层为两期地裂背景下先存构造薄弱带受到斜向拉张产生的张扭走滑断层, 主要经历早加里东期、晚海西期两期活动, 主干断层在两期活动中具有一定的继承性。(4) 走滑断层及周围裂缝提升了寒武系龙王庙组储层的孔渗性, 控制着二叠系栖霞-茅口组岩溶储层的分布, 形成该区多层系含气的局面。以上研究对于研究区拓展新层系、扩大勘探领域具有一定的指导意义。

**关键词:** 四川盆地; 高石梯-磨溪地区; 走滑断层; 构造特征; 形成演化; 成藏意义

**基金项目:** 国家科技重大专项“下古生界-前寒武系碳酸盐岩油气成藏规律、关键技术与目标评价”(2016ZX05004-001)。

编号: NGGSF03B020

# 四川盆地安岳地区寒武系龙王庙组古油藏分布研究

马行陟, 柳少波, 鲁雪松, 范俊佳

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;

2. 中国石油盆地构造与油气成藏重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 安岳气田是我国地层最古老单体储量规模最大的特大型海相气田, 寒武系龙王庙组探明天然气地质储量  $4404 \times 10^8 \text{m}^3$ , 大量证据显示天然气的来源主要为原油裂解气, 现在该地区的古油藏已经散失破坏, 尽管已经初步确定了古油藏的分布范围, 但古油藏的流体性质及规模等特征仍然认识不清。为此本文利用常规显微镜下观测, 结合储层定量颗粒荧光、全息扫描荧光技术和显微激光拉曼分析等手段, 对磨溪-高石地区寒武系龙王庙组古油藏进行深入剖析。研究表明, 磨溪-高石梯地区储层段龙王庙组沥青发育, 主要存在脉状、溶蚀孔分布、粒间孔分布和晶间孔分布四种类型的沥青, 脉状沥青的形成多与油气运移相关, 溶蚀孔、粒间孔和晶间孔分布的沥青为石油原位裂解形成, 多由热蚀变所导致。定量荧光分析结果显示, QGF 指数指示了该地区存在一定规模的古油藏, QGF-E 强度较高指示了残余沥青的性质, 半峰宽  $\lambda$  的特征指示原油成熟度较高, 激光拉曼光谱验证了岩石中广泛分布的黑色沥青的特征, 古油藏总体表现为凝析油-轻质油, R1 值总体表现为低值, 指示现今残余沥青成熟度较高, 古油藏连井剖面表明古油层主要以层状分布, 多发生原位裂解, 与现今气藏有较好的匹配关系。

**关键词:** 四川盆地; 磨溪-高石梯古隆起; 古油藏剖面; 定量颗粒荧光; 全息扫描荧光 (TSF); 激光拉曼; 沥青

编号: NGGSF03B021

# 塔中地区志留系柯坪塔格组上段致密砂岩 储层特征及形成机理

彭丽<sup>1,2</sup>, 王振彪<sup>1</sup>, 阳建平<sup>1</sup>

(1. 中石油塔里木油田分公司勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000;

2. 中国地质大学资源学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**塔里木盆地塔中地区志留系柯坪塔格组上段储层物性普遍具有低渗-致密特征, 但局部发育相对优质储层, 并控制着油气富集高产, 因此, 开展储层特征及形成机理研究对致密砂岩储层预测意义重大。通过大量岩石薄片、扫描电镜、铸体薄片、孔渗分析及X衍射等的系统观察与统计, 分析了该区致密砂岩储层的基本特征, 并在沉积、成岩、破裂及油气侵位作用研究的基础上, 探讨了该套储层形成机理。结果表明, 储层以细粒岩屑砂岩为主, 少量岩屑石英砂岩, 压实程度中等, 碳酸盐岩和泥杂基局部富集, 孔隙类型以粒间溶孔和原生粒间孔为主, 成岩阶段整体达到晚成岩期, 储层物性中等到差, 绝大多数属于低孔低渗储层。沉积作用是控制物性的第一位因素, 奠定了致密砂岩储层发育的物质基础, 并控制了其原始物性; 成岩作用控制了致密砂岩储层的孔隙演化, 其中建设性成岩作用控制了相对优质储层的发育, 并最终控制了孔隙型致密砂岩相对优质储层分布; 裂缝大大提高了致密砂岩储层渗流能力, 并最终控制了裂缝—孔隙型致密砂岩相对优质储层分布; 油气侵位抑制了胶结作用的进行, 是致密砂岩相对优质储层重要的保持机制。

**作者简介:** 彭丽, 塔里木油田勘探开发研究院。通讯地址: 新疆库尔勒市塔指塔里木油田勘探开发研究院。联系电话: 15522827399; 邮箱: 474545488@qq.com



编号: NGGSF03B022

# 曲流河储层构型单元精细解剖及有效砂体分布规律

瞿雪姣<sup>1,2</sup>, 罗超<sup>1,2</sup>, 王缤蕊<sup>2</sup>, 王宝富<sup>2</sup>, 赵忠军<sup>3</sup>, 李继强<sup>1,2</sup>

(1.复杂油气田勘探开发重庆市重点实验室, 重庆 401331;

2.重庆科技学院 石油与天然气工程学院, 重庆 401331;

3.中国石油 长庆油田分公司苏里格气田研究中心, 陕西 西安 710018)

**摘要:** 曲流河储层有效砂体规模较小且相变快, 连续性和连通性差, 导致有效砂体钻遇率低, 严重制约了苏里格气田的精细开发。以储层构型理论为指导, 针对苏里格气田苏X-2-21提高采收率试验区山1段曲流河储层开展砂体内部结构精细研究, 明确有效砂体空间分布规律。研究表明: 山1段单一曲流河道宽度为285~2300m, 活动水道宽度为35~290m, 点坝长度为228~1889m, 点坝宽度254~2104m, 单一侧积体水平宽度为23~193m, 侧积体长度约200~300m。山1段有效砂体主要位于曲流河的点坝内, 活动水道内基本为干层, 平面上呈“孤岛状”分布, 纵向上呈“透镜状”分布。 $S_1^{3-2}$ 单层点坝未钻遇砂体是山1段最为有利的储集砂体,  $S_1^{1-2}$ 和 $S_1^{2-2}$ 单层点坝砂体次之, 应作为下一步开发方案设计的重点, 同时还应考虑侧积层的封隔作用。

**关键词:** 苏里格气田; 山1段; 曲流河储层; 储层构型; 有效砂体

**基金项目:** 十三五国家科技重大专项(编号: 6ZX05017-001-HZ02); 国家自然科学基金(编号: 74269)资助。

**作者简介:** 瞿雪姣(1986-), 男, 重庆人, 讲师, 博士, 从事石油地质和大陆科学钻探研究。  
Email: quxuejiao2008@aliyun.com.

编号: NGGSF03B023

# 鄂尔多斯盆地子长地区上古生界储层控气因素分析

任海姣, 赵靖舟

(西安石油大学, 陕西 西安 710065)

**摘要:** 子长地区位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡东南部, 目前的勘探结果显示研究区上古生界发育多套含气层段, 主要为下石盒子组盒8段、山西组和本溪组。上述含气层段在三维空间上显示准连续型分布特征, 受烃源岩、储层、盖层和构造等多种因素控制, 其中储层对天然气富集的控制作用较为明显。

本文首先通过岩心观察及测井资料分析, 研究表明, 上古生界石盒子组、山西组三角洲前缘水下分流河道砂岩以及本溪组潮坪沉积砂岩构成了上古生界的主要储集岩体。在此基础上通过大量的薄片鉴定、恒速压汞和物性等分析测试, 综合分析显示: 研究区整体属于致密砂岩储层, 其中山2段和本溪组砂体单层厚度较大, 以中砂和粗砂为主, 孔隙类型以岩屑溶孔和粒间孔为主, 孔隙结构较好, 喉道半径较大, 孔喉偏于粗孔喉, 分选性好, 孔隙度均值分别为4.74%和6.27%, 渗透率较高, 均值达到0.513mD和1.952mD, 储层非均质性较强, 与裂缝发育有关, 同时裂缝为天然气运移提供了有利通道; 盒8段和山1段砂体单层厚度较薄, 以细砂、中砂和粗砂为主, 孔隙类型以岩屑溶孔、长石溶孔和粒间孔为主, 储层孔喉分布不均匀, 连通性较差。孔隙度均值分别为5.24%和5.18%, 渗透率均值为0.246mD和0.227mD, 储层非均质性较强。子长地区上古生界储层控气因素综合分析表明, 在烃源岩、盖层和构造等因素相似条件下, 储层的差异对天然气富集起到了主要的控制作用, 主要表现为: 储层条件相对较好的山2段和本溪组产能相对较好, 而储层条件相对较差的盒8段和山1段, 产能相对较差。上述储层的非均质性造成了空间上气藏的准连续分布。

**关键词:** 鄂尔多斯盆地; 上古生界; 准连续气藏; 天然气富集因素

**作者简介:** 任海姣, 女, 1992年11月出生, 西安石油大学在读研究生, 主要研究方向为油气成藏地质学及天然气地质学。通讯地址: 陕西省西安市雁塔区电子二路18号西安石油大学。邮政编码: 710065。电话: 18710648460。E-mail: 1484235456@qq.com.

编号: NGGSF03B024

# 鄂尔多斯盆地中东部地区奥陶系马四段 天然气成藏期次及成藏动力研究

宋平, 吴伟涛, 赵靖舟  
(西安石油大学, 陕西 西安 710065)

**摘要:** 鄂尔多斯盆地中部奥陶系马四段是下古生界天然气勘探的重要层位。前人主要对该层位的沉积相分布、储层特征等方面的研究, 但对天然气的充注时期、成藏动力等研究较少。流体包裹体技术研究是研究油气成藏期次及成藏动力的一种有效手段。

基于前人研究的地质背景, 本文利用流体包裹体的镜下特征、均一温度、荧光分析以及激光拉曼特征等方面的研究, 研究了奥陶系马四段的成藏期次及成藏动力。研究表明, 奥陶系马四段流体包裹体均一温度主要分布在  $110\sim 130^{\circ}\text{C}$  和  $150\sim 170^{\circ}\text{C}$  之间, 表现为两期充注, 结合埋藏史曲线: 第一期充注在中-晚侏罗世期间, 距今约 170Ma, 主要分布在早期溶蚀孔洞充填的白云石中, 主要以油充注为主, 第二期充注在早白垩世时期, 距今约 120Ma, 主要分布在白云石溶蚀孔洞中的方解石中, 主要以气充注为主。储层孔隙中恢复的古压力值变化分布范围在  $43.37\sim 61.74\text{MPa}$ , 古压力系数分布在  $1.26\sim 1.49$ , 随着均一温度的增加, 表现出逐渐增加的趋势, 说明马四段天然气成藏动力主要为异常高压。

**关键词:** 流体包裹体; 成藏动力; 奥陶系; 马四段; 鄂尔多斯盆地

---

**作者简介:** 宋平, 女, 1993 年 7 月出生, 西安石油大学在读研究生, 主要研究方向油气成藏地质学、天然气地质学及油气地球化学。通讯地址: 陕西省西安市雁塔区电子二路 18 号西安石油大学。邮政编码: 710065。电话: 18682905646。E-mail: 2420791125@qq.com.

编号: NGGSF03B025

# 川东地区高陡构造变形过程的构造几何学 解析及油气成藏意义

苏楠, 谢武仁, 刘满仓, 孙爱, 武赛军, 王小丹, 马石玉  
(中国石油勘探开发研究院)

**摘要:**四川盆地川东褶皱带受地震质量差及多期强烈构造变形的影响,震旦系-下古生界的构造样式、成因及变形过程不落实,从而导致对深部构造圈闭特征及成藏认识不足。本次研究通过对比经典断层传播褶皱与川东地区高陡构造几何学特征,认为川东高陡构造为水平挤压下形成的两翼对称侏罗山式褶皱,后期受顺滑脱层发育的逆冲断层破坏,并非受逆冲断层控制发育。另外背斜翼部节理发育特征证实相同结论,背斜翼部除了逆冲断层附近额外发育断层伴生节理和断层派生节理以外,断层上盘和下盘地层内节理发育特征一致,表明在褶皱变形过程中断层上下盘变形和应力状态一致,即表明断层发育于褶皱变形之后。通过地震及野外露头分析地层接触关系,上古生界至上侏罗统  $J_3$  地层之间为整合或平行不整合接触,而早白垩纪地层  $K_1$  与下伏地层为角度不整合接触,判断川东地区褶皱形成于晚侏罗世  $J_3$  之后。而五科 1 井、建深 1 井烃源分析表明,川东地区震旦-下古生界主力烃源岩筇竹寺组  $J_2$ - $J_3$  进入生气下限,生烃窗口为早-中侏罗世,即早于川东褶皱带构造圈闭的形成。由于生烃和现今构造圈闭形成的不匹配,侏罗纪前的区域古构造高,作为相对明确的油气运移指向,具有良好的烃源和成藏条件。川东地区震旦-寒武系在侏罗纪前位于川中古隆起的斜坡处,重庆地区存在局部构造高,是当时油气运移指向和聚集区,是下一步勘探的有利方向。

**关键词:** 川东地区; 构造几何学; 节理组构分析; 变形过程; 油气成藏意义

## 主要参考文献:

Su, N., Zou, L.J., Shen, X.H., et al.. Fracture patterns in successive folding deformation in the western Sichuan basin, China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2014, Vol.81:65—76.

Su, N., Zou, L.J., Shen, X.H., et al. . Identification of fracture development period and stress field analysis based on fracture fabrics in tectonic superposition areas. *Arabian journal of Geosciences*, 2014, Vol.7 (10):3983-3994.

胡召齐,朱光,刘国生,张必龙.川东“侏罗山式”褶皱带形成时代:不整合面的证据[J].地质论评,2009,55(01):32-42.

**作者简介:**苏楠, 1985 年 11 月生, 工程师, 主要从事构造地质学、盆地构造演化、风险勘探目标评价工作。地址: 四川省成都市高新区 CPE 大楼, 中国石油勘探开发研究院四川盆地研究中心, 邮政编码: 610045。联系电话: 17090136524。E-mail: sunan11a23@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03B026

# 利用流体历史分析技术研究库车坳陷大北 气田的油气充注史

孙可欣<sup>1,2</sup>, 李贤庆<sup>1,2</sup>, 魏强<sup>1,2</sup>, 梁万乐<sup>1,2</sup>, 高文杰<sup>1,2</sup>, 谢增业<sup>3</sup>, 李谨<sup>3</sup>

(1.中国矿业大学(北京)煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 北京 100083;

2. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083;

3.中国石油勘探开发研究院廊坊院区天然气地质所, 廊坊 065007)

**摘要:** 库车坳陷地处塔里木盆地北缘, 是海西期晚期以来经过多期构造演化形成的前陆盆地。克拉苏构造带位于盆地中部, 被北部单斜带和拜城凹陷夹持。大北地区发育深层致密砂岩气, 气源主要来自侏罗系煤系烃源岩和三叠系烃源岩; 天然气主要储集于低孔低渗的白垩系巴什基奇克组致密砂岩中, 埋深下限可达 8200m (赵孟军等, 2015; 鲁雪松等, 2016); 其上被古近系膏盐岩盖层封闭, 优良的生储盖组合为大北气田的保存提供了条件。

根据对大北气田白垩系巴什基奇克组( $K_1bs$ )和古近系库姆格列木群( $E_{1-2}km$ )储层岩石样品的镜下观察, 可以看出储层中流体包裹体较为发育, 主要存在盐水包裹体、气液烃包裹体和气烃包裹体。包裹体个体差异较大, 大小分布在 3~12  $\mu m$ , 常呈孤立状、群状和串珠状分布在石英颗粒内、石英次生加大边、石英内裂隙、穿石英裂隙和方解石脉中。烃类包裹体在紫外光激发下呈蓝绿色、蓝白色荧光, 结合与其伴生的盐水包裹体均一温度, 认为该区发育两期包裹体。大北气田盐水包裹体均一温度分布在 89.5~175.2 $^{\circ}C$ ,  $K_1bs$  储层均一温度主峰温度为 90~110 $^{\circ}C$  与 130~140 $^{\circ}C$ ,  $E_{1-2}km$  储层主峰温度为 110~120 $^{\circ}C$  和 160~170 $^{\circ}C$ , 即该区存在两期油气充注。

通过对大北气田储层含烃包裹体丰度(GOI)进行测定, 储层样品的GOI值分布范围为0.4%~7.2%, 整体偏低, 这可能是储层的致密程度和超高压的特征导致的。其中有三个样品GOI值超过5%, 即大北气田在这三处样品附近(埋深5300m左右)可能存在过古油藏。

根据荧光颗粒定量分析, 大北气田储层样品QGF指数有一高值为24, 指示该区曾存在古油藏, 且古油水界面在该样品深度附近(5800m左右)。古油藏QGF

**基金项目:** 国家科技重大专项课题(2016ZX05007-003)和中央高校基本科研业务费专项资金项目(2010YM01)的资助。

**作者简介:** 孙可欣(1994-), 女, 山东聊城人, 在读硕士研究生, 电话: 18101308285, E-mail: 603150751@qq.com.

主峰分布范围在 388~423.4nm, 则该区早期油充注时以轻质油为主, 并混合有普通原油 (Liu K, et al, 2005), 即大北地区古油藏为早期不同源油气充注的结果。大北气田储层样品 QGF-E 强度也有一高值为 69.1pc, 该值与 QGF 指数共同佐证古油藏古油水界面在 5800m 左右。

通过剖析, 得出大北气田经历了两期油气充注, 第一期为康村组中晚期的轻质油、普通原油和少量天然气的混合充注, 形成古油藏, 古油水界面在 5800m 左右, 古油柱为 480m 左右, 库车组沉积中晚期南天山发生强烈的构造隆升, 大量穿盐逆冲断层形成, 造成油气逸散, 古油藏被破坏; 第二期为天然气充注, 发生于库车组晚期, 膏盐岩流动恢复封闭能力形成优质盖层, 盐下大气田得以保存至今。

**关键词:** 大北气田; 油气充注; 流体历史分析; 流体包裹体; 荧光颗粒定量



编号: NGGSF03B027

# 南海白云凹陷深水区砂岩储层岩石物理相特征

田兵<sup>1</sup>, 牟炜卫<sup>1,2</sup>, 刘畅<sup>1,2</sup>, 赵钊<sup>3</sup>, 陈国俊<sup>1</sup>

(1. 甘肃省油气资源研究重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中海油研究总院, 北京 100028)

**摘要:** 作为典型的深水砂岩油气藏(水深 300~2000m), 白云凹陷深水区油气藏具高温、高压、高资源潜力、高丰度、高生烃强度、规模储层、巨厚盖层与构造-岩性圈闭发育、产量受有效储层控制的基本特征。鉴于深水勘探的高昂成本, 大型有效储层发育的“甜点”区预测是白云凹陷深水区勘探和开发的重点和难点。储层“甜点”区的发育是在一定构造背景下沉积物经历沉积和成岩等不同因素综合作用的结果, 而储层岩石物理相是三者对储层改造效应的综合体现。

综合应用普通薄片、铸体薄片、阴极发光、扫描电镜、压汞测试和测井等资料, 对白云凹陷深水区渐新世砂岩储层的岩石物理相特征进行了研究。结果表明: 渐新世砂岩沉积以陆架边缘三角洲前缘为主, 发育水下分流河道、河口坝和水下分流间湾等微相。根据砂岩沉积层理、粒度及成分成熟度指标进一步量化细分, 划分出水下分流河道粗砂岩、水下分流河道中砂岩、水下分流河道细砂岩、河口坝中砂岩、河口坝细砂岩和水下分流河道间泥岩共 6 种岩性岩相类型。

渐新世储层经历压实、胶结和溶蚀等成岩作用, 现今处于中成岩演化 B 期。根据成岩作用类型和强度、成岩矿物等将储层划分为强压实、碳酸盐强胶结、弱压实不稳定组分强溶蚀和中压实强溶蚀 4 种成岩相。选取自然伽马、声波时差、电阻率、密度和中子等测井曲线归纳了不同成岩相的测井响应特征并建立了各成岩相的测井识别标准。

渐新世储层孔隙类型多样, 储集空间主要是压实残余粒间孔、粒间、粒内溶蚀孔, 属于中孔中渗非均质性较强的储层。孔隙结构具中小孔隙、细微喉道、细歪度和孔喉分选、连通性中-差的特征。利用压汞参数将储层孔隙结构划分为粗喉大孔型、中喉中孔、细喉中孔、微喉小孔 4 类, 细喉中孔、微喉小孔对应较差储层或者无效储层, 有效储层主要以中喉中孔为主。

通过岩性岩相、成岩相和孔隙结构相 3 个单相与物性、产能资料等储层有效性参数的标定和拟合建立各相的表征参数, 利用“相控”叠加法与模糊聚类分析

**通讯地址:** 甘肃省兰州市城关区东岗西路 382 号; 邮编: 730000;

Email: tb0915@sina.com 电话: 18993088694.



建立渐新世储层岩石物理相的分类标准，划分出了水下分流河道中砂岩-不稳定组分强溶蚀-中喉中孔型、河口坝细砂岩-碳酸盐强胶结-微喉小孔型共 13 种不同的岩石物理相，并建立了岩石物理相与储层有效性的对应关系模型。

编号: NGGSF03B028

## 川西地区雷口坡组储层特征及其形成条件

田 瀚<sup>1,2</sup>, 张建勇<sup>1,2</sup>, 王 鑫<sup>1,2</sup>, 辛勇光<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油杭州地质研究院, 浙江 杭州 310023; 2. 中国石油天然气集团公司碳酸盐岩储集层重点实验室, 浙江 杭州 310023)

**摘要:** 近年来, 四川盆地川西地区雷口坡组的油气勘探取得了丰富的成果, 但是对雷口坡组碳酸盐岩储层特征及其控制因素的综合研究还相对薄弱, 严重制约了雷口坡组进一步的油气勘探步伐。本文基于野外露头、岩心、测井等资料, 并结合实验分析数据, 系统总结了川西地区雷口坡组储层的发育特征及其形成条件, 研究表明: (1) 川西地区雷口坡组储集岩主要以藻白云岩、颗粒白云岩和细粉晶白云岩为主, 粒间、晶间和生物格架孔是主要的孔隙空间, 储层整体表现为低孔低渗特征; (2) 沉积相和岩溶作用共同控制着川西地区雷口坡组储层的发育, 其中沉积相是储层发育的物质基础, 准同生期的白云石化和岩溶作用是孔隙规模保持和次生孔隙形成的关键时期和成孔因素, 而中三叠世末期的表生岩溶作用起到加强和巩固的作用, 埋藏期有机酸的溶蚀作用起到保护作用。

**关键词:** 雷口坡组; 碳酸盐岩 ; 储层类型; 储层特征; 控制因素

**基金项目:** 国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”(2017ZX05008-005)

**作者简介:** 田瀚, 男, 1989年生, 工程师, 硕士, 主要从事碳酸盐岩测井地质学研究。通讯地址: 浙江省杭州市西湖区西溪路920号, TEL: 0571-85229079, E-mail: tianh\_hz@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03B029

## 为什么湖相深层没有原油裂解气?

王飞宇<sup>1,2</sup>, 冯伟平<sup>1</sup>, 师玉雷<sup>4</sup>, 贺志勇<sup>3</sup>

(1. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102200;

2. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102200;

3. 中国石油华北油田分公司, 任丘, 065700;

4. ZetaWare Inc, Sugar Land, TX 77479, U.S.A.)

**摘要:** 全球和国内深层油气勘探在过去的十多年取得了重要的进展, 过去十年中我们对渤海湾盆地霸县凹陷和歧口凹陷、松辽盆地徐家围子凹陷、准噶尔盆地玛湖凹陷、塔里木盆地台盆区和库车前陆区、四川东部和中南部进行精细地质建模和油气系统分析, 集成地球化学和油气藏数据限定深层油气的成因和成藏过程, 并与国外典型深层油气藏进行比较研究, 认识到盆地深层油气成因上存在两类。第一类沉积盆地深层尚未发现有大规模的原油裂解气, 如渤海湾盆地和准噶尔盆地等湖相盆地, 这些盆地深层发现的天然气主要是腐殖气, 原油为轻质原油, 它们主要是湖相源岩中 D/E 和 F 相源岩在较高温度生成。例如霸县深层潜山天然气  $\delta^{13}C_1$  值为  $-38.7\sim-38.8\%$ ,  $\delta^{13}C_2$  值为  $-24.5\sim-24.7\%$ , 指示它是成熟度区间 1.5-2.0% 偏腐殖型源岩生成, 从原油轻烃和金刚烷绝对含量指示原油处于高过成熟阶段, 以牛东 1 井为代表的古潜山中凝析油气的成因是高 GOR 烃类流体直接充注, 而非生油窗阶段油与高成熟天然气混合形成, 或原油高温裂解形成。我们认为湖相盆地顶封条件差、断裂活跃、源岩层系排油效率高是造成湖相盆地深层缺少规模原油裂解气的主要原因。

第二类沉积盆地深层富含原油裂解气, 如四川盆地下古生界海相地层(寒武系和震旦系)、塔里木盆地下古生界(奥陶系和寒武系); 川中寒武系和震旦系储层中含有大量原油裂解形成的焦沥青, 从天然气碳同位素数据和海相原油裂解气模型, 说明高石梯-磨溪气田天然气为原油裂解气累积聚集形成。深层天然气累积成藏过程中优质顶封起了重要控制作用, 四川碳酸盐岩和膏盐层盖层能分隔开不同时代的油气系统。塔里木盆地深层油藏原油裂解程度变化较大, 目前塔中和塔北隆起凝析油气多为异地深层裂解成因, 储层中罕见焦沥青, 向下倾方向储层含有较丰富焦沥青。

我们认为并非所有盆地在深层能找到原油裂解气, 优质的顶封条件(如海相

---

**作者简介:** 王飞宇: 1963 年 12 月生, 教授, 主要从事油气地质和地球化学、油气系统分析和模拟研究, 中国石油大学(北京)地球科学学院, 102200, 联系电话: 010-89734547, 电子邮箱: fywang@cup.edu.cn, 768831708@qq.com.

膏盐岩域碳酸盐岩等)是导致沉积盆地深层富含原油裂解气的主要原因。深层油气呈现了高效成藏特点,总体来说深层形成的天然气运移前锋一般到不了中浅层油藏。

编号: NGGSF03B030

# 塔里木盆地柯坪—巴楚地区肖尔布拉克组 沉积相与储层特征

王 珊<sup>1</sup>, 杜德道<sup>1</sup>, 曹颖辉<sup>1</sup>, 王 石<sup>2</sup>, 李洪辉<sup>1</sup>, 董洪奎<sup>1</sup>, 严 威<sup>3</sup>, 白 莹<sup>1</sup>  
(1. 中国石油勘探开发研究院地质所, 北京 100083; 2. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083; 3. 中国石油塔里木油田分公司, 新疆 库尔勒 841000)

**摘 要:**塔里木盆地中下寒武统是盆地内重要的勘探领域, 具备良好的勘探前景。柯坪-巴楚地区寒武系盐下储盖配置优越, 中寒武统膏岩盖层分布稳定, 是否存在规模储层是盐下勘探的关键问题之一。本文基于野外露头观测、岩心薄片观察、地震资料分析等, 对柯坪-巴楚地区肖尔布拉克组沉积相和储层进行了研究, 明确了其沉积环境、储层特征及分布规律。塔里木盆地柯坪-巴楚地区肖尔布拉克组为内缓坡沉积环境, 肖下段主要发育低能微生物坪相沉积, 肖上段发育高能滩相沉积。储集岩主要包括颗粒云岩、微生物白云岩。其中颗粒云岩以鲕粒云岩、砂屑云岩、菌屑云岩为主; 微生物白云岩以凝块石白云岩、叠层石白云岩、泡沫绵层白云岩为主。主要储集空间类型包括粒间(溶)孔、粒内(溶)孔、窗格孔、微生物体腔溶蚀孔、溶蚀孔洞、裂缝。高能滩相沉积是优质储层发育的物质基础, 白云石化作用对微生物岩储层发育具有建设性作用, 准同生期溶蚀作用为储层形成的关键, 埋藏溶蚀作用对肖尔布拉克组储集空间具有重要贡献。高能滩相优质储层在研究区大面积分布, 总体平行于沉积相带, 总面积约为 1.9 万 Km<sup>2</sup>。

**关键词:**塔里木盆地; 柯坪-巴楚; 肖尔布拉克组; 碳酸盐岩缓坡; 储层特征及分布

**基金项目:** 国家重大科技专项“塔里木盆地奥陶系-前寒武系碳酸盐岩油气资源潜力及目标优选”(2016ZX05004-004)资助

**作者简介:** 王珊(1986-), 女, 河北保定人, 工程师, 硕士, 主要从事碳酸盐岩沉积储层研究。E-mail:wangshanchina@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03B031

## 川北地区灯二段储层特征及其形成机制

王兴志, 杜 垚, 张巧依

(西南石油大学地球科学与技术学院, 四川 成都 610500)

**摘要:** 依据野外及钻井岩心的宏观、微观特征, 结合相应的地化资料, 对川北地区灯影组灯二段的储层特征及主要控制因素进行了较为详细的研究。分析认为, 其储集岩主要为颗粒粘连白云岩、藻叠层白云岩和白云质岩溶角砾岩, 储集空间以藻粘连格架溶孔、顺层溶孔-溶洞-溶缝和葡萄花边溶洞最为常见, 储层类型多为孔洞型, 常规物性具有低孔-低渗特征; 颗粒粘连滩和藻丘为区内优质储层的发育提供物质基础, 压实-压溶和多期胶结作用是原生孔隙消失的基本原因, 桐湾运动-幕导致的表生岩溶作用是储层形成的关键。颗粒粘连滩、藻丘与表生岩溶水平潜流带的叠加使其储层主要分布在灯二段的中上部。该研究结果可为川北地区震旦系灯影组油气勘探提供依据。

**关键词:** 灯影组; 储层; 藻白云岩; 主控因素

---

**基金项目:** 国家自然科学基金“四川盆地震旦系灯影组葡萄状构造精细研究”(41402126)。

**作者简介:** 王兴志(1964-), 男, 教授, 博士生导师, 1984年毕业于东华理工大学岩矿专业, 1995年毕业于石油大学(北京)沉积专业, 获博士学位, 现主要从事沉积学、储层地质研究工作。

编号: NGGSF03B032

# 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组中组合天然气成藏规律

吴伟涛<sup>1,2</sup>, 赵靖舟<sup>1,2</sup>, 任军峰<sup>3</sup>, 黄正良<sup>3</sup>, 李 军<sup>1,2</sup>

(1.西安石油大学 地球科学与工程学院, 陕西 西安 710065;

2.陕西省油气成藏地质学重点实验室, 陕西 西安 710065;

3.中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院, 陕西 西安 710018)

**摘要:** 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组天然气是中国海相碳酸盐岩勘探的重要领域。靖边气田为盆地奥陶系发现的第一个大型气田, 产气层位为马家沟组五段 1 亚段—4 亚段(即上组合), 圈闭类型主要为碳酸盐岩风化壳顶部的古地貌圈闭。随着天然气勘探规模的不断扩大, 勘探范围由盆地靖边地区扩展到整个盆地中北部, 目标圈闭由风化壳圈闭逐渐转变为碳酸盐岩内幕圈闭。目前, 奥陶系马家沟组中组合(马家沟组五段 5 亚段—10 亚段)是鄂尔多斯盆地天然气勘探研究的重点层位。笔者在前人研究的基础上, 利用钻井、测井、地震、试气、化验分析等资料, 分析奥陶系马家沟组中组合天然气藏特征, 探讨天然气成因与来源, 从烃源岩条件、储层条件、圈闭条件和构造条件等方面深入研究了中组合天然气成藏规律。

奥陶系马家沟组中组合天然气干燥系数均大于 0.985, 属于干气藏, 气藏类型为岩性气藏和地层—岩性气藏, 前者具有大面积分布特点, 后者仅发育剥蚀面附近; 天然气主要来源于上古生界煤系烃源岩, 下古生界马家沟组烃源岩可能会生成一定量的天然气; 下古生界马家沟组泥质岩类烃源岩的总有机碳含量平均为 0.15%, 而纯碳酸盐岩 *TOC* 稍低, 分布范围在 0.05%~0.20%, 主要分布在 0.10%~0.15%, 平均为 0.11%, 结合沥青质反射率计算, 有机质成熟度普遍为 2.0%~3.0%, 为高一过成熟烃源岩。天然气主要富集在剥蚀面附近, 主要受到烃源岩条件和储层条件的控制作用, 层间发育良好的溶蚀条件和裂缝为天然气运移提供了通畅的运移通道; 优质的膏盐岩盖层和泥质条件是中组合天然气形成的关键条件; 构造演化条件改变了源储配置关系, 由“上生下储”关系转变为“源储侧向”的接触关系, 有利于天然气藏的形成。

**关键词:** 成藏条件; 成藏规律; 中组合; 奥陶系; 鄂尔多斯盆地

**作者简介:** 吴伟涛, 1983 年 10 月, 男, 汉族, 陕西户县人, 讲师, 从事油气藏形成与分布研究。工作单位: 西安石油大学, 邮编: 710065, 电话: 13772522348, 邮箱: wuweitaohao1013@163.com.cn.



**参考文献:**

杨华, 包洪平, 马占荣. 侧向供烃成藏—鄂尔多斯盆地奥陶系膏盐岩下天然气成藏新认识[J]. 天然气工业, 2014, 34 (4): 19-26.

编号: NGGSF03B033

# 四川盆地绵竹—长宁裂陷两侧台缘带类型 及对油气聚集的控制作用

谢武仁, 杨 威, 魏国齐, 金 惠, 马石玉, 武赛军, 苏 楠, 王小丹  
(中国石油勘探开发研究院, 河北 廊坊 065007)

**摘 要:** 本文基于 256 条二维地震测线资料和高石梯-磨溪 8000km<sup>2</sup> 三维地震资料解释成果、利用高石梯-磨溪地区 48 口钻井资料成果数据, 结合区域构造演化背景, 刻画了绵竹-长宁裂陷两侧台缘带的展布与类型, 研究不同类型台缘带形成发育的主控因素, 探讨了不同类型台缘带成藏条件。研究结果表明: ①裂陷总体呈南北向展布, 裂陷东边界陡, 相对稳定发育, 裂陷西边界缓且不同时期发育位置不同; 裂陷震旦纪灯二段末期表现为近似对称的拗陷形态特征, 分布面积 3 万 km<sup>2</sup>; 灯四段末期表现为受裂陷东边界断层控制的东陡西缓的断陷形态特征, 分布范围 8 万 km<sup>2</sup>, ②绵竹-长宁裂陷两侧发育四种类型台缘带: 东侧陡坡规则型, 在川中高石梯-磨溪地区发育, 受断裂控制, 灯二段与灯四段台缘带叠合发育; 东侧缓坡型台缘, 在高石梯-磨溪北部和蜀南地区发育, 台缘带随坡度变缓逐渐加宽; 西侧缓坡不规则型, 在资阳地区发育, 台缘坡度比较平缓, 平面上呈现不规则分布; 雁列型, 在资阳以北地区分布, 呈现南北向展布, 受基底断裂控制; ③不同台缘带类型具有不同的成藏条件, 东侧陡坡规则型和缓坡规则型台缘带匹配大型构造与地层尖灭, 形成大型构造-地层油气藏; 西侧缓坡不规则型台缘, 主要形成岩性油气藏; 雁列型台缘带伸入裂陷内, 三面供烃, 形成岩性-构造油气藏。

**关键词:** 绵竹-长宁裂陷; 台缘带; 丘滩复合体; 构造-地层油气藏; 资阳地区

通讯地址: 河北省廊坊市广阳区万庄石油分院 44 号信箱, 065007, 13810861736, xwr69@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03B034

# 塔里木盆地奥陶系蓬莱坝组碳酸盐岩缓坡 沉积特征及天然气勘探意义

熊 冉, 乔占峰, 张天付, 贺训云, 王 慧  
(中国石油杭州地质研究院 杭州 310023)

**摘要:** 塔里木盆地奥陶系蓬莱坝组广泛发育的白云岩是天然气勘探的主要目标之一, 储层的分布受沉积相控制作用明显, 对于蓬莱坝组沉积模式普遍认为其为弱镶边-局限台地的沉积模式。本文基于地震资料精细解释, 结合野外露头与钻井岩相类型及发育特征分析, 对沉积模式与相带展布特征进行研究, 首次提出了蓬莱坝组为碳酸盐岩缓坡沉积的新认识, 同时对沉积特征进行了研究, 并探讨了油气勘探意义。依据地震地层结构及地层厚度稳定变化特征、岩相发育规律体现的颗粒滩普遍发育特征及岩性的分区性揭示的岩性变化受古地貌明显控制的特征, 明确蓬莱坝组沉积时期为缓坡沉积环境, 可分为内缓坡相、中缓坡相和外缓坡相, 且具有中缓坡和内缓坡两种成滩背景。其中中缓坡高能颗粒滩平面上以东西向呈条带状在塔中北斜坡-顺南-古城地区及塔北南缘地区规模发育, 是蓬莱坝组颗粒滩储层勘探优选区。碳酸盐岩缓坡沉积新认识改变了传统的台缘礁滩勘探思路, 拓展了勘探领域, 对推动蓬莱坝组天然气勘探具有重要的参考价值。

**关键词:** 碳酸盐岩缓坡沉积; 沉积特征; 天然气勘探意义; 蓬莱坝组; 塔里木盆地

通讯地址: 浙江省杭州市西溪路 920 号, 电话: 18667151833  
E-mail: xiongr\_hz@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03B035

# 长岭断陷断裂构造特征与天然气成藏关系研究

徐淑娟<sup>1,2</sup>, 杨威<sup>1,2</sup>, 程宏岗<sup>1,2</sup>, 代春萌<sup>1</sup>, 崔俊峰<sup>1,2</sup>, 武雪琼<sup>1,2</sup>, 姜晓华<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 河北 廊坊 065007;

2. 中国石油天然气集团公司天然气成藏与开发重点实验室, 河北 廊坊 065007)

**摘要:** 在洼槽类比分析基础上, 结合天然气组合特征和成藏要素配置关系综合分析, 重点研究了断裂活动对长岭断陷天然气纵向运移的影响, 建立了该区天然气成藏模式。长岭断陷经历了多期次构造运动, 形成了多种类型的断裂及与断层相关的圈闭<sup>[1]</sup>, 研究发现断裂活动对天然气藏分布具有双重作用<sup>[2]</sup>, 本区断裂可分为断陷期断裂、拗陷期断裂和长期断裂三类, 断陷期断裂为早期断裂, 控制了断陷的结构与规模, 控制了生烃洼槽与火山岩的分布, 控制了断陷期气藏的分布, 该类断裂主要分布于长岭断陷西部; 拗陷期断裂活动主要发生在泉头组以后, 对早期圈闭具有一定的破坏作用, 部分断层沟通断陷期烃源岩层, 在拗陷期圈闭中形成次生气藏; 长期断裂从断陷期至拗陷期一直处于活动状态, 早期作用与断陷期断裂相似, 晚期作用与拗陷期断裂相似, 两期构造运动形成了正反转构造, 为天然气提供了良好的构造圈闭及纵向疏导通道, 受此类断层控制的洼槽天然气在纵向上自下到上均有分布, 集中性差, 该类断裂主要分布于长岭断陷东部伏龙泉、双坨子等洼槽。基于此, 研究提出长岭断陷天然气成藏具有“上下分层, 东西分带”分布的特征, 发育的气藏类型主要有构造气藏, 岩性气藏和由构造、岩性二者共同控制作用的构造—岩性气藏、岩性—构造气藏及地层超覆气藏, 沙河子组发育的岩性气藏、构造—岩性气藏及地层超覆气藏可作为长岭断陷下步天然气勘探的重点。

**作者简介:** 徐淑娟 (1983-), 女, 山东潍坊人, 工程师, 硕士, 主要从事天然气地震地质综合解释研究。 E-mail: xsj69@petrochina.com.cn.

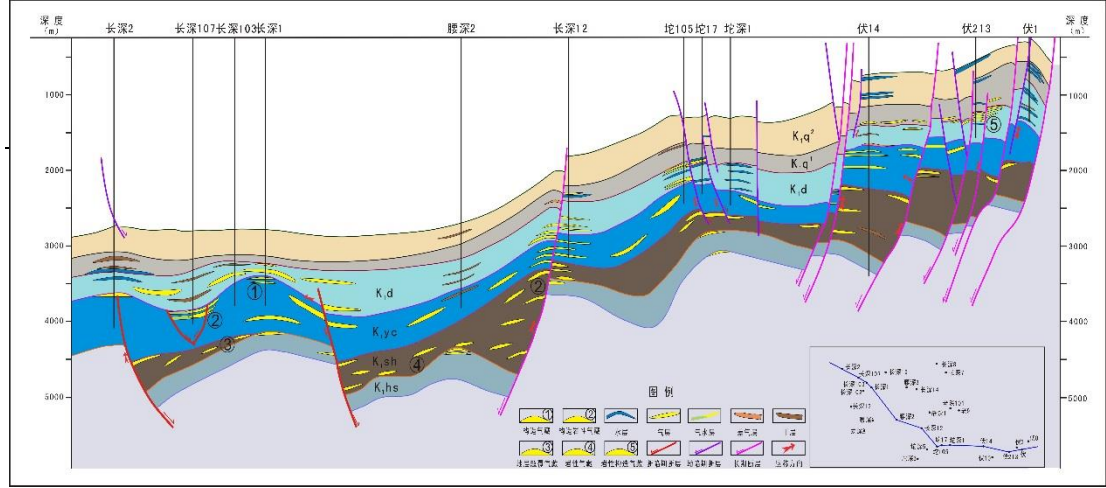


图 1 长岭断陷天然气运移-成藏模式图

Fig.1 The accumulation and migration model in Changling Depression

参考文献:

- [1] Zhang Yanxia, Li Haihua, Wang Baohua, Lu Jianlin. Characteristics of deep gas transportation in Changling Fault Depression, Songliao Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2012, 34 (6): 582-586  
张彦霞, 李海华, 王保华, 陆建林. 松辽盆地长岭断陷深层天然气输导体系研究[J], 石油实验地质, 2012, 34 (6): 582-586
- [2] Xiao Yongjun, Xu Youde, Wang Dexi. Formation Conditions and Reservoir-forming Patterns of Volcanic Rocks , Eastern Changling Depression[J]. Natural Gas Geoscience, 2009, 20(4): 538-543  
肖永军, 徐佑德, 王德喜. 长岭断陷东部火山岩气藏成藏条件及成藏模式[J], 天然气地球科学, 2009, 20 (4): 538-543

编号: NGGSF03B036

# 塔里木盆地满西地区寒武系台缘带演化及其分段特征

闫磊, 李洪辉, 曹颖辉, 杨敏, 赵一民  
(中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 寒武系台缘带发育优质的礁滩体储层, 作为塔里木盆地重要的油气勘探领域备受关注。本文首先根据地震反射结构特征和叠加样式, 将满西地区寒武系台缘带划分为轮南—满参段、塔中 32 段和古城段三段; 研究发现镶边台缘带最早形成于早寒武世晚期, 仅分布在轮南—满参—塔中 32 段; 中寒世, 古地地区发育弱镶边型台缘带, 满西地区才形成统一的镶边台缘。其次分析了满西地区各段台缘带演化特征, 其中轮南—满参段台缘带经历了由缓坡-弱镶边-加积型镶边-进积型镶边-抬升暴露的演化过程; 塔中 32 段台缘带经历了由缓坡-弱镶边-加积型镶边台缘-弱进积型镶边台缘的演化过程; 古城段台缘带则经历了由缓坡-进积型弱镶边台缘的演化过程。最后探讨了满西地区寒武系台缘带演化及迁移的控制因素, 分析台缘带有利储盖条件, 对台缘带的研究及明确下步勘探目标区具有重要意义。

**关键词:** 塔里木盆地; 满西地区; 台缘带; 分段特征; 寒武系

**基金项目:** 塔里木盆地奥陶系-前寒武系成藏条件研究与区带目标评价(2016ZX05004-004)

**作者简介:** 闫磊, (1985-), 男, 博士, 从事构造沉积学, 层序地层学方面研究, 联系方式: yanlei2011@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03B037

## 靖边气田西部奥陶系风化壳储层特征研究

杨鸣一, 闫小雄, 赵伟波  
(长庆油田勘探开发研究院)

**摘要:** 利用岩心观察、薄片鉴定和多种分析测试资料对靖边气田西部储层孔隙结构特征进行系统研究, 表明靖边气田西部风化壳储层主要发育晶间孔、晶间溶孔、膏模孔及溶孔等 4 种孔隙类型, 同时发育构造缝、溶蚀缝、微溶缝、网状微缝、缝合线缝等 5 种裂缝类型。图版观察和统计表明: 岩石中孔径较大的膏模孔和溶孔对油气富集有利, 裂缝对沟通储层提高渗流能力起到积极作用, 根据孔缝组合分为三种储集空间类型: 裂缝-溶孔型、孔隙型、微孔型, 其中裂缝-溶孔型是风化壳最好的储集空间类型。

---

通讯地址: 西安市未央区凤城四路长庆油田, 邮政编码: 710018, 电话: 13572548331.



编号: NGGSF03B038

# 规模缝洞型储层的断控作用——以塔里木盆地塔中早—中奥陶统为例

于靖波, 李 忠

(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

**摘要:** 塔里木盆地塔中地区整体为一稳定的古隆起, 且紧邻塔里木盆地最大的生烃洼陷, 因此长期以来都是塔里木盆地寻找大油气田的重点地区。前期勘探表明, 塔中北斜坡奥陶系风化壳相关的缝洞型储集体是继礁滩体之后又一极具勘探潜力的靶区。断裂在这类储层形成过程中扮演着不可或缺, 抑或是决定性的角色。已有钻井显示, 断裂对储层及油气聚集的控制具有明显的分段性, 不同部位油气产出及衰减速度差异极大。本文通过对塔中地区断裂系统的精细表征, 结合钻探资料, 探讨了缝洞型碳酸盐岩油气藏的断控作用及规律。

基于塔中 4500km<sup>2</sup> 三维地震及数十口成像测井资料, 并用钻井资料进行标定, 重点刻画了研究区目的层系及四组断裂。特别是基于本次研究提出的柱面拟合下的曲率变化率方法, 揭示了许多传统方法难以揭示的断裂系统细节, 并划分了断裂多期演化序列及纵、横向的分段性。另基于均方根等振幅属性, 刻画了多层系缝洞型储层的空间分布。在此基础上, 研究断裂对规模缝洞体的控制作用。

结果显示, 对于一个断裂系统, 控制规模缝洞型储层发育的并非其规模大小, 而是该系统中应力松弛区域的张裂发育情况。一般而言, 基底卷入式深大断裂, 如研究区多条北东向断裂及 10 号断裂带, 能沟通深浅部各层系, 从而提供油气及流体运移通道, 但就断裂本身而言, 难以提供有效的规模储集空间。缝洞体并非沿着各主干断裂连续分布, 而是选择性地发育在各张性分支断裂发育区。一个走滑断裂系统中, 帚状断裂区、断裂弯曲处、断裂相交处, 以及背斜转折端往往发育连片缝洞体, 从而提供规模储层发育的基础条件。

编号: NGGSF03B039

# 川东南涪陵地区二叠系长兴组油气成藏流 体示踪

袁海锋, 林雪梅, 郑 晶, 曾 兵, 朱连强  
(成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室)

**摘 要:** 川东南涪陵地区位于四川盆地东南部, 东南侧为齐岳山大断裂。构造上涪陵及綦江北部呈向斜宽缓、背斜紧闭的隔档式褶皱特征。二叠系长兴组为区内勘探的重点层系, 已发现兴隆场气田, 并在 TL2 井获气 40.18 万方, TL201、YX1 井也获得了日产万方的天然气。长兴组沉积晚期受剧烈拉张作用形成台内洼地, 围绕台洼边缘发育生屑滩、生物礁储层, 涪陵地区长兴组具有“两礁一滩”(台地边缘礁、台洼边缘礁、台内浅滩) 的整体格局。

区内二叠系长兴组岩石类型主要有: 泥亮晶生屑灰岩, 砂屑白云岩, 残余棘屑粉晶-细晶白云岩, 粉晶-细晶白云岩, 岩溶角砾岩; 区内的主要孔隙类型有粒间孔隙、粒内孔隙和铸模孔、晶间孔隙、晶洞孔隙或溶蚀孔洞、示底孔隙、裂缝, 其中晶间孔隙和溶洞孔隙是主要的孔隙类型。

利用沥青和烃源岩的生物标志物特征厘定了二叠系储层的主要油气源, 认为其主要来源于二叠系烃源岩, 有部分志留系烃源岩的贡献。通过天然气地化分析手段对涪陵地区长兴组天然气特征进行研究, 并将该区天然气特征与川东邻区气田进行对比分析。研究表明, 该地区天然气总体为高-过成熟的海相热成因气, 生气干酪根类型主要为 II 型, 气源岩主要为上二叠统的吴家坪组烃源岩, 也存在石炭系天然气混入, 其气源部分来自于川东南志留系烃源岩。

对储层孔洞缝中晚期充填的方解石、白云石等矿物中的流体包裹体进行了分析, 发现这些白云石和方解石中存在盐水包裹体和烃类包裹体等组合, 早期充填的矿物中只发育盐水包裹体, 充填于沥青之后的矿物可见气液两相的烃类包裹体和盐水包裹体, 最晚期孔洞缝中充填的方解石见气烃包裹体和盐水包裹体。在对孔洞缝中不同期次充填矿物识别的基础上, 对孔洞中充填的代表性矿物开展了 66 件 Sr、C、O 同位素的分析以及包裹体均一温度的测试, 明确了不同期次所充填矿物的地球化学特征及差异。利用不同期次充填的矿物和围岩的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值追踪了流体源, 认为其主要来源于二叠系自身的同源异位流体。

编号: NGGSF03B040

## 四川盆地深层天然气成因

张水昌, 何 坤, 胡国艺  
(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 四川盆地海相碳酸盐岩地层勘探发现大量的天然气聚集。然而, 天然气成因及其同位素组成仍有争议。我们对四川盆地震旦系至下三叠统海相地层碳酸盐岩储层中的天然气和志留系、寒武系地层中页岩气化学组成和同位素组成进行了分析, 发现碳酸盐岩储层中的天然气在乙烷碳同位素与湿度关系图上具有前反转、反转和后反转三个演化阶段, 这与 Tilley 和 muehlenbachs (2013) 在页岩气中发现的变化趋势相一致。独特的碳同位素组成表明, 干酪根和原油裂解气对该盆地碳酸盐岩储层中的天然气聚集都有贡献。两种热成因气在不同成熟阶段的混合可能导致了甲烷和乙烷  $\delta^{13}\text{C}$  的反转, 这种反转现象在石炭系、二叠纪和三叠纪碳酸盐岩储层天然气以及志留系和寒武系页岩气中很常见。在此基础上, 建立了两种混合模型, 定量计算了不同类型天然气在不同地层中的贡献比例。基于安岳气田热演化史的动力学外推, 发现乙烷在深部储层中发生了裂解, 这可能是碳酸盐岩储层中天然气甲烷和乙烷  $^{13}\text{C}$  在后反转带倒转消失的原因。我们认为, 有机-无机相互作用可能是高-过成熟阶段天然气甲烷氢同位素出现反转的原因, 未来应加强深部地层中水与残余有机质之间的热反应、水和甲烷之间的碳、氢同位素交换等作用机理的深入研究。

编号: NGGSF03B041

# 塔里木盆地古城低凸起奥陶系天然气成藏条件及主控因素分析

张亚金, 冯子辉, 张振伟  
(大庆油田勘探开发研究院, 大庆 163712)

**摘要:** 根据岩心、薄片、分析化验、地球物理及测试压裂等资料, 对古城低凸起奥陶系成藏控制因素进行了分析。认为古城低凸起气源充足, 具备形成规模气藏的资源潜力; 构造定型时间早, 后期调整微弱, 油气保存条件好; 奥陶系颗粒滩相灰岩经早期云化作用叠加裂缝和热液溶蚀改造, 局部优化可形成裂缝—孔洞型优质白云岩储层, 为油气提供了良好的储集空间, 是油气成藏的基础。多期活动的断裂不仅形成大量裂缝, 沟通深部热液, 改善储层, 还可作为油气源通道, 沟通深部油气源, 控制油气藏的形成。该区发生加里东晚期-海西早期和喜马拉雅期两期油气充注, 鹰山组三段白云岩气藏为喜山期充注的裂缝-孔洞型岩性气藏, 油气成藏主要受控于优质储层、多期活动的断裂和油气源条件。

**关键词:** 古城低凸起; 奥陶系; 天然气; 控制因素; 气藏

---

**作者简介:** 张亚金, 男, 1977年生, 高级工程师, 从事石油地质综合研究工作。E-mail: zhangyaj@petrochina.com.cn

编号: NGGSF03B042

## 沉积盆地超压成因研究新进展

赵靖舟, 李 军, 徐泽阳

(西安石油大学陕西省油气成藏地质学重点实验室, 西安石油大学地球科学与工程学院, 陕西 西安 710065)

**摘要:** 近多年来, 超压成因研究在国际上取得了重要进展, 主要表现在 5 个方面。(1) 将超压按照成因分为 5 种类型: 不均衡压实、流体膨胀、成岩作用、构造挤压、压力传递; 其中流体膨胀形成的超压包括生烃作用、油裂解气、水热膨胀等, 成岩作用包括蒙脱石—伊利石转化作用等。(2) 总结提出了 6 种超压成因判识方法, 包括测井曲线组合分析法、鲍尔斯法 (加载—卸载曲线法)、声波速度—密度交会图法、孔隙度对比法、压力计算反推法以及综合分析法。(3) 随着实证超压成因研究方法的逐渐广泛应用, 许多被普遍认为属于不均衡压实成因的超压已被完全或部分否定, 生烃作用作为超压成因的重要性和普遍性正在得到愈来愈多证实, 黏土矿物成岩作用特别是蒙脱石—伊利石转化作用对超压形成的重要性也已受到重视, 构造挤压和压力传递成因的超压得到进一步确认。(4) 不同的岩性其超压成因往往有别: 就泥质岩而言, 烃源岩与非烃源岩的超压成因常常不同, 一般而言, 烃源岩内发育的超压大多与生烃作用密切相关, 成岩作用有时也具有重要贡献; 而非烃源岩内所发育的超压多与不均衡压实、成岩作用或压力传递等有关; 砂岩等渗透性岩层的超压则多为压力传递成因。(5) 对于烃源岩层段的超压成因分析而言, 由于有机质含量对密度、声波等测井参数具有明显影响, 因此在运用这些测井资料分析烃源岩层段的超压成因时, 需要进行有机质含量校正, 校正前后超压成因的分析结果往往不同。

**关键词:** 超压成因; 进展; 不均衡压实; 流体膨胀; 成岩作用; 构造挤压; 压力传递

编号: NGGSF03B043

# 塔里木盆地古城地区下奥陶统储层发育机制

周波<sup>1</sup>, 曹颖辉<sup>1</sup>, 齐井顺<sup>2</sup>, 黄世伟<sup>2</sup>, 刘策<sup>1</sup>, 贾进华<sup>1</sup>, 陈秀艳<sup>1</sup>  
(1. 中国石油勘探开发研究院; 2. 大庆油田有限责任公司勘探事业部)

**摘要:** 针对古城地区奥陶系主力产气层鹰山组下段的白云岩储层, 通过系统岩心和薄片鉴定和取样测试, 研究储层段岩石学特征和地球化学特征, 恢复其原岩结构和沉积相带; 研究区内成岩流体的性质、期次、活动范围、储集空间的结构差异性和成岩演化路径的差异性。薄片鉴定揭示鹰山组三段白云岩主体为细晶白云岩、粉晶白云岩和中晶白云岩; 不同层段的白云岩基岩和灰岩的稀土元素总量  $\Sigma \text{REE}$  总体较低, 二者稀土元素分配模式相似, 具有 LREE 相对富集、HREE 相对亏损, Ce 负异常, La 正异常的特征, 少量的细晶白云岩基岩 Eu 轻微正异常; 鹰三段白云岩、灰岩和蓬莱坝组粉晶白云岩  $\delta^{18}\text{O}$  值主体区间为  $-8\% \sim -3.5\%$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  值主体区间为  $-2\% \sim 0\%$ , 显示出鹰三段白云岩成岩环境主体是中温环境, 蓬莱坝组细晶白云岩和鹰四段灰岩 8 个样品所测得的  $\delta^{18}\text{O}$  值区间为  $-9.1\% \sim -8\%$ , 显示出其成岩环境经受过较高温影响。本区至少有 5 类流体对储层发育有影响, 依次为: 早期淡水、有机质、硅质流体、晚期白云石化流体和含 Ca 流体。台地边缘的灰岩浅滩相沉积物是鹰下段储层发育的物质基础, 中等程度的白云石化作用形成早期的晶间孔, 残留的灰质成分在晚期埋藏条件下进一步被溶蚀, 此过程是孔隙型储层的发育机制; 本区 NE 向走滑断裂是硅质流体运移的主要通道, 埋藏环境下, 从深部上涌的富 Si 热液通过循环增热本地流体, 形成中等温度范围的热液, 其溶蚀作用大于充填作用, 沿断裂和高孔渗地层溶蚀白云岩基岩形成孔洞, 随后的富 Mg 热流体活动对孔洞形成也有积极作用, 此过程是裂缝—孔洞型储层的发育机制。

**关键词:** 塔里木盆地; 古城地区; 下奥陶统; 白云岩储层; 发育机制

**基金项目:** 国家科技重大专项“下古生界-前寒武系碳酸盐岩油气成藏规律、关键技术及目标评价”(编号: 2016ZX05004) 资助。

**作者简介:** 周波 (1979-), 男, 湖北房县人, 博士, 中国石油勘探开发研究院石油地质研究所高级工程师, 主要从事沉积与储集层地质学研究。地址: 北京市海淀区学院路 20 号, 中国石油勘探开发研究院地质所, 邮政编码: 100083。E-mail: zhbj@petrochina.com.cn。



编号: NGGSF03B044

# 深层古老白云岩岩溶储层分类评价 ——以川中灯影组为例

朱 讯<sup>1</sup>, 刘义成<sup>1</sup>, 徐 伟<sup>1</sup>, 邓 惠<sup>1</sup>, 鲁 杰<sup>1</sup>, 陶夏妍<sup>1</sup>, 申 艳<sup>1</sup>, 杨小刚<sup>2</sup>

(1. 中国石油西南油气田公司勘探开发研究院, 四川 成都 610041;

2. 广元市青川县国土资源局, 四川 广元 628100)

**摘 要:** 四川盆地中部地区震旦系灯四段气藏为受风化壳古地貌控制的与古岩溶储层相关的大型气田。常规分析确定研究区属于特低孔~低孔、低渗储层, 运用传统储层分类方法不能满足气藏开发需求; 因此本次研究基于缝洞搭配关系, 将低孔低渗白云岩岩溶储层划分为孔隙型、孔洞型、裂缝-孔洞型三种构型, 并建立了三种储层构型划分图版; 同时通过全直径岩心分析、衰竭式开发试验以及实钻井测试等资料, 对三类储层构型进行评价, 确定裂缝孔洞型和孔洞型储层溶洞发育为研究区相对优质储层构型。并在此基础上开展单井储层构型划分与对比分析, 确定了研究区灯影组四段白云岩岩溶优质储层构型(孔洞型、裂缝孔洞型储层) 主要集中分布在灯四上亚段靠近震顶 100m 范围内, 同时明确了高产气井主要集中在优质储层构型厚度大于 15m 的区域。

**关键词:** 岩溶储层; 储层构型; 震旦系; 深层白云岩

**基金项目:** 国家科技重大专项课题“大型油气田及煤层气开发”(2016ZX05052) 资助。

**作者简介:** 朱讯, 男, 1988 年生, 硕士, 2014 年毕业于西南石油大学矿产普查与勘探专业, 获得工学硕士学位, 现工作于西南油气田公司勘探开发研究院, 主要从事深层白云岩岩溶储层研究工作。地址: 成都市高新区中石油西南油气田公司勘探开发研究院。TEL :028-86015827, E-mail:zhuxun08@petrochina.com.cn.



编号: NGGSF03C001

# 盖帽碳酸盐岩中甲烷的热化学硫酸盐还原作用

蔡春芳<sup>1, 2, 3</sup>, 刘大卫<sup>1, 2, 3</sup>, 扈永杰<sup>1, 2, 3</sup>

- (1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 中国科学院油气资源研究重点实验室, 北京 100029;  
2. 中国科学院大学地球和行星学院, 北京 100049;  
3. 中国科学院地球科学院, 北京 100029)

**摘要:** 宜昌九龙湾和花鸡坡剖面陡山沱组一段盖帽碳酸盐岩发育碳同位素值轻达-48‰的方解石, 其成因存在争议。一种认为是下伏南沱组沉积时期“雪球地球”封盖的甲烷在陡山沱组沉积早期以冷泉方式释放, 因厌氧甲烷氧化而沉淀为方解石 (Wang et al., 2008); 另一种则认为是早寒武世含有有机质热成因的甲烷在内的热液流体在储层中热氧化形成 (Bristow et al., 2011)。针对这一争议, 我们开展了流体包裹体、碳、硫和氧同位素组成研究, 我们发现, 1) 黄铁矿和方解石具有明显交代重晶石现象、2) 黄铁矿为自形、半自形, 没有草莓状, 应为成岩期的产物, 且一些黄铁矿颗粒硫同位素组成变化小, 应为晚期热化学硫酸盐还原成因; 一些则变化大, 在  $40\mu \times 40\mu$  大小内, 从 19‰变化到 57‰, 应为微生物硫酸盐还原成因; 3) 与黄铁矿伴生的是, 以脉体出现的方解石, 其碳同位素值可轻达-52‰, 是典型的甲烷热化学硫酸盐还原作用的产物; 4) 自生石英中检测出液态烃包裹体和甲烷包裹体, 这表明甲烷并非来自南沱组沉积时期形成于海水水柱或早成岩沉积物中的生物甲烷被“雪球地球”封盖而后释放出来的, 因为这种成因的甲烷不与液态烃伴生。于是, 我们提出甲烷来自下伏大塘坡组黑色泥页岩在有机质未熟-接近成熟时期排出的, 是热成因甲烷。盖帽碳酸盐岩中方解石脉富 Mn 和富  $^{87}\text{Sr}$ , 支持了沉淀这一期方解石的流体来自大塘坡组富 Mn 的碎屑岩地层。

于是, 我们提出, 1) 极富  $^{12}\text{C}$  的方解石并不能作为雪球地球存在的证据; 2) 不是火山热液而是深部甲烷、石油和热卤水运移到陡一段, 而后溶解和还原了重晶石, 从而沉淀了这期方解石。

作者电话: 13521106627.

编号: NGGSF03C002

# 页岩热模拟过程中液态烃含量变化及对物性的影响

曹涛涛<sup>1</sup>, 邓 模<sup>2</sup>, 翟常博<sup>2</sup>, Andrew Stefan Hursthouse<sup>1</sup>

(1. 湖南科技大学页岩气资源利用与开发湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201;

2. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214126)

**摘要:** 近年来国内外学者对页岩储层孔隙定性定量特征及主控因素进行了大量的研究, 认识到热成熟度是控制泥页岩有机孔及孔隙系统发育的关键因素。随着成熟度增加、有机质内发育了大量的次生有机孔, 但在热成熟过程中产生了大量的液态烃, 这些液态烃可以保护孔隙抵抗压实作用的破坏, 但也会占据一定量的孔隙空间, 降低页岩的孔体积。已有的研究表明(Jarvie et al., 2007), 对于处于生油阶段的页岩, 液态烃阻塞了页岩的孔隙、喉道, 对气体的吸附有一定的制约作用, 经萃取后页岩的比表面积增加。随成熟度增加, 液态烃逐渐裂解, 残留沥青固化对页岩比表面积的影响变小。泥页岩中液态烃含量与 TOC、热演化阶段和有机质类型等多种因素有关。因此, 研究热演化过程中液态烃含量的变化及其对物性影响有利于理解页岩孔隙发育的制约因素。

为此, 本文研究采用的上二叠统大隆组低成熟硅质页岩取自四川盆地西北缘广元上寺剖面。在同一块页岩中取 9 个直径 2.5 cm, 高约 2~3 cm 的圆柱状块体, 轴向平行于页理方向。研究采用的压机装置主要用于烃源岩生排烃过程的研究, 设定了 9 个温度点, 分别为 325°C、340°C、360°C、400°C、420°C、450°C、480°C、500°C、550°C, 模拟的地层压力分别为 23 MPa、34 MPa、49 MPa、53 MPa、55 MPa、58 MPa、62 MPa、67 MPa、72 MPa。原岩样品及热模拟样品的地球化学结果表明, 氯仿沥青的含量在热模拟温度为 325°C、340°C 为最高, 可达 3.73% 和 3.34%。

通过对热模拟实验进行氩离子抛光+聚焦离子束扫描电镜和氮气吸附实验测试, 可以得出以下几点认识: (1) 随着成熟度增加, 页岩的有机孔发育程度变好, 页岩比表面积显著增加, 其增加主要体现在微孔方面, 比表面积和微孔体积与热模拟温度具有较好的正相关性, 但孔体积和中、大孔随成熟度变化增加幅度有限且不具备明显的规律; (2) 热模拟温度较低时(如 325°C、340°C、360°C), 扫描电镜中能观察到液态烃浸染和充填在矿物乃至有机孔中; (3) 经液态烃萃取后,

**作者简介:** 曹涛涛(1987-6), 河南商丘人, 讲师, 主要从事页岩储层物性及含气性方面研究工作。通讯地址: 页岩气资源利用与开发湖南省重点实验室。E-mail: 515165359@163.com.

萃取后的泥页岩样品比表面积和微孔体积明显增加,且与热模拟温度相关性变的更好,但在中、大孔方面也具有增加趋势,但增幅差异较大。

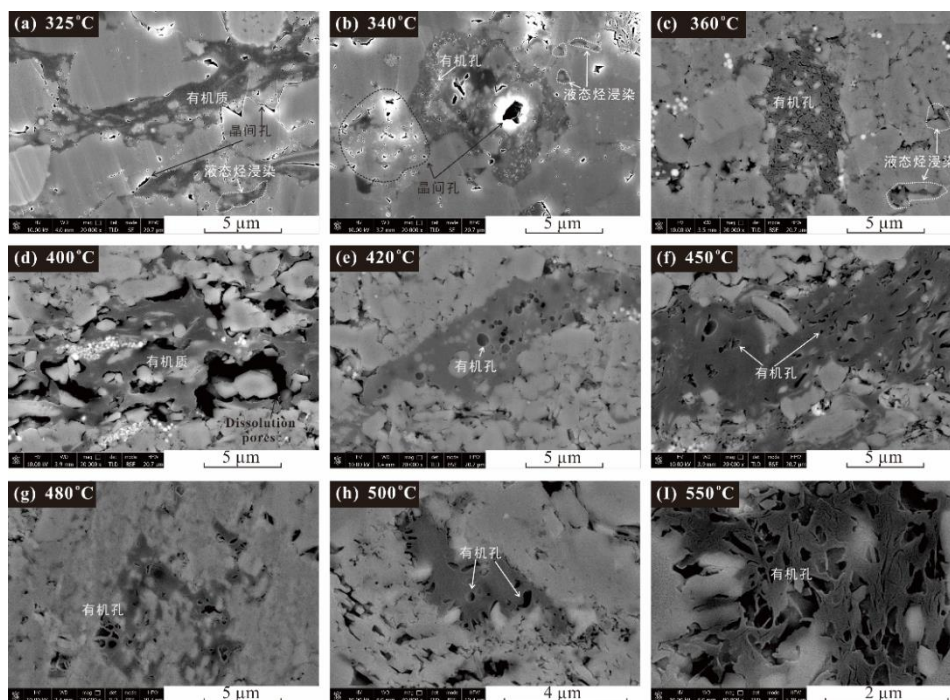


图 1 大隆组不同温度点热模拟后样品孔隙发育特征

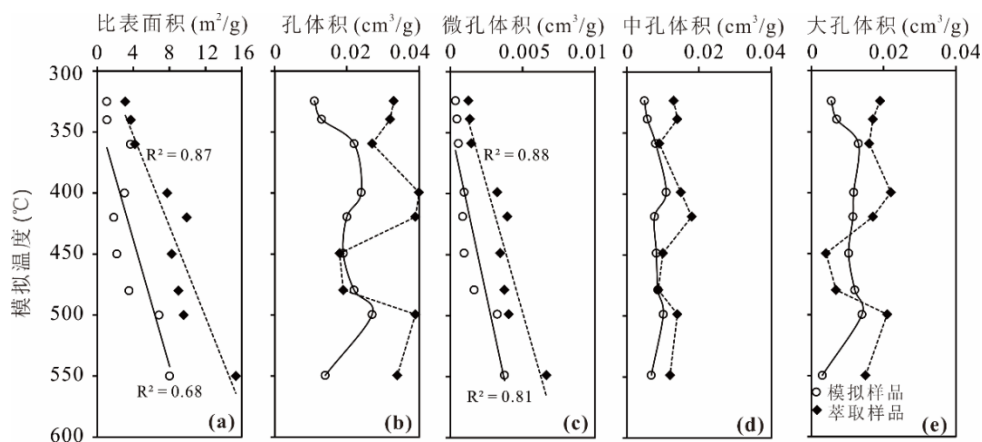


图 2 大隆组热模拟样品及萃取后样品孔隙参数变化特征

参考文献:

[1] Mastalerz M, Schimmelmann A, Drobnik A, et al. Porosity of Devonian and Mississippian New Albany Shale across a maturation gradient: Insights from organic petrology, gas adsorption, and mercury intrusion[J]. AAPG Bulletin, 2013, 97(10):1621-1643.

[2] Lin W, Mastalerz M, Schimmelmann A, et al. Influence of Soxhlet-extractable bitumen and oil on porosity in thermally maturing organic-rich shales[J]. International Journal of Coal Geology, 2014, 132:38-50.

[3] Jarvie D M, Hill R J, Ruble T E, et al. Unconventional shale-gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment[J]. AAPG Bulletin,2007, 91(4):475-499.

编号: NGGSF03C003

# 四川盆地高石梯—磨溪地区下二叠统气源示踪

董才源<sup>1,2</sup>, 谢增业<sup>1,2</sup>, 国建英<sup>1,2</sup>, 张璐<sup>1,2</sup>, 杨春龙<sup>1,2</sup>, 戴鑫<sup>3</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 河北廊坊 065007; 2. 中国石油天然气集团公司天然气成藏与开发重点实验室, 河北廊坊 065007; 3. 中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院, 四川成都 610041)

**摘要:** MX39 井和 NC1 井在下二叠统钻遇孔隙型储层并获得工业气流标志着高石梯—磨溪地区下二叠统天然气勘探取得重要突破。勘探突破之后, 困扰勘探家的一个重要问题是下二叠统天然气主要来自于哪套源岩, 同时气源也因其决定着下一步勘探方向而至关重要。早期受勘探程度低、地质资料少及检测手段相对匮乏等原因的限制, 对高石梯—磨溪地区下二叠统气源研究十分薄弱, 随着勘探的持续推进, 基础地质资料得到极大丰富, 气源研究已明显滞后于勘探实践且无法满足勘探需求, 因此迫切需要加强与深化对于四川盆地高石梯—磨溪地区气源的研究, 以解决气源存在的困惑、加快下二叠统的勘探步伐。笔者以天然气、源岩及沥青地球化学特征为依据, 通过气—气、沥青—源岩、气—源三大方面对比, 利用多组证据确定四川盆地高石梯—磨溪地区下二叠统天然气的主要来源, 以期为四川盆地地下二叠统的下步勘探方向起到指导作用。

以天然气、源岩及储层沥青地球化学特征为主要依据, 通过天然气—天然气、储层沥青—源岩、天然气—源岩三大方面对比, 深入探讨四川盆地高石梯—磨溪地区下二叠统天然气来源。

5 项证据显示, 四川盆地高石梯—磨溪地区下二叠统天然气主要来源于筇竹寺组泥岩。①不同地区下二叠统天然气特征对比显示: 高磨地区下二叠统天然气乙烷碳同位素轻, 甲、乙烷碳同位素倒转是由高演化程度烃源岩导致; ②不同层位天然气特征对比表明: 多数下二叠统天然气与龙王庙组天然气特征最为相似; ③单井多层位天然气特征对比来看: GS18 井、NC1 井下二叠统天然气特征与寒武系相似说明上下层气源一致; ④7 个储层沥青及源岩饱和烃、芳烃生标参数综合

**基金项目:** 国家科技重大专项 (2016ZX05007-002)、中国科学院战略性先导科技专项 (A 类-XDA14010403)、中国石油天然气股份公司重点科技项目 (2016B-0607) 联合资助。

**作者简介:** 董才源, 男, 工程师, 博士, 1986 年生, 山东昌乐人, 2014 年毕业于中国石油勘探开发研究院矿产普查与勘探专业, 现于中国石油勘探开发研究院天然气地质所从事天然气成藏研究。地址: 河北廊坊市广阳区万庄石油分院, 电话: 15354062631, Email: dongcn69@petrochina.com.cn.

分析:高磨地区下二叠统储层沥青地球化学特征与筇竹寺组泥岩最为相似;⑤天然气与烃源岩干酪根碳同位素对比表明:筇竹寺组泥岩主要为下二叠统供气符合干酪根油气生成理论和同位素分馏规律。

下二叠统自身泥灰岩对于高磨地区下二叠统天然气成藏有重要贡献,这也是造成下二叠统天然气碳同位素较龙王庙组略偏重、甲烷碳同位素与筇竹寺组泥岩干酪根分馏度低的重要原因。少数井区(如GS19井)天然气特征与石炭系相似而与灯影组、龙王庙组完全不同,说明部分地区天然气由龙马溪组泥岩供烃。四川盆地高磨地区下二叠统气藏由多套源岩供烃、以筇竹寺组泥岩为主,气源充足、勘探潜力巨大。纵向上震旦系、寒武系、下二叠统多套气层都是主要来源于筇竹寺组泥岩,属于同一含油气系统,可同时进行多层位综合立体勘探。

#### 参考文献:

- [1]沈平,张健,宋家荣,等.四川盆地中二叠统天然气勘探新突破的意义及有利勘探方向[J].天然气工业,2015,35(7):1-6.
- [2]魏国齐,刘德来,张林,等.四川盆地天然气分布规律与有利勘探领域[J].天然气地球科学,2005,16(4):437-442.
- [3]杨光,汪华,沈浩,等.四川盆地中二叠统储层特征与勘探方向[J].天然气工业,2015,35(7):10-17.
- [4]黄籍中,张子枢.四川盆地阳新统天然气的成因[J].石油勘探与开发,1982,(1):12-25.
- [5]黄籍中.四川盆地阳新灰岩生油气问题探讨[J].石油学报,1984,5(1):9-17.
- [6]王兰生,苟学敏,刘国瑜,等.四川盆地天然气的有机地球化学特征及其成因[J].沉积学报,1997,15(2):49-55.
- [7]朱光有,张水昌,梁英波,等.四川盆地天然气特征及气源[J].地学前缘,2006,13(2):234-243.
- [8]戴金星.四川盆地阳新统气藏的气源主要为煤成气——与黄籍中等同志商榷[J].石油勘探与开发,1983,(4):70-75.



编号: NGGSF03C004

# 中国晚古生代主要煤系形成天然气的稳定碳同位素组成特征

龚德瑜, 戴金星, 卫延召  
(中国石油勘探开发研究院 北京 100083)

**摘要:** 中国从早寒武世至第三纪有八个主要聚煤期, 其中晚石炭世—早二叠世和晚二叠世是其中聚煤作用最强的两个时期。晚古生代含煤地层主要分布于华北和西北东部的晚石炭世本溪组和太原组、早二叠世山西组; 新疆准噶尔盆地早石炭世滴水泉组和晚石炭世巴山组; 华南晚二叠世龙潭组。除此以外, 在准噶尔盆地二叠系还发育有多套厚度巨大的偏腐殖型烃源岩。

2013 年底, 中国一共发现了与上述晚古生代煤系或偏腐殖型烃源岩相关的气田有 20 余个, 主要分布在渤海湾盆地、鄂尔多斯盆地、四川盆地和准噶尔盆地。这 20 个气田 2013 年总探明地质储量超过  $3200 \times 10^9 \text{ m}^3$ , 占当年中国天然气总探明地质储量的 30% 以上。由此可见, 这些气田对中国天然气工业具有重要意义。

在分析以上四个盆地 375 个气样的组分、稳定碳同位素组成和氮同位素组成的基础上, 本文讨论了这些天然气的成因来源与经历的次生改造作用。这些与晚古生代煤系有关的天然气主要为煤型气, 鄂尔多斯盆地靖边气田和四川盆地的天然气有相当部分油型气的贡献。前者来自奥陶系马家沟组海相碳酸盐岩烃源岩, 后者来自二叠系龙潭组海相泥岩。大部分天然气的成熟度分布在  $1.0\text{—}2.5\%R_o$ , 是气源岩在成熟—高成熟阶段的产物。重烃气碳同位素组成受成熟度的影响不明显, 可以作为区分油型气和煤型气的有效指标。天然气中正碳同位素系列占优势, 天然气碳同位素组成的倒转主要表现为  $\delta^{13}\text{C}_1 > \delta^{13}\text{C}_2$  和  $\delta^{13}\text{C}_1 < \delta^{13}\text{C}_2 > \delta^{13}\text{C}_3$  两种形式。前者主要是由于油型气和煤型气的混合所致, 后者则主要为不同成熟度煤型气混合所致。渤海湾盆地理海气田和四川盆地高含量硫化氢是 TSR 作用形成的, 其引起了乙烷碳同位素组成一定程度的分馏, 但对甲烷碳同位素组成的影响并不明显。四川盆地、鄂尔多斯盆地靖边气田和渤海湾盆地理海气田的  $\text{CO}_2$  主要为碳酸盐热解成因, 其他地区主要为有机质热解成因。TSR 作用对四川盆地和理海气田的  $\text{CO}_2$  也有一定的贡献。

**作者简介:** 龚德瑜, 1983 年 7 月生, 工程师, 油气地质与地球化学, 中国石油勘探开发研究院, 邮编: 100083; 邮箱: deyugong@petrochina.com.cn; 联系电话: 010-83592344。

进入到 21 世纪, 油气勘探的难度越来越大, 勘探的目的层逐渐向深部转移, 地层时代也越来越古老。本次研究的成果不仅对中国未来深部天然气勘探具有启示作用, 也可以为世界其他类似地区的天然气勘探提供有益的借鉴。



编号: NGGSF03C005

# 鄂尔多斯盆地奥陶系油型气地球化学特征

孔庆芬<sup>1,2</sup>, 张文正<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院, 陕西 西安 710018; 2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室, 陕西 西安 710018)

鄂尔多斯盆地地下古生界奥陶系海相碳酸盐岩沉积层系蕴含丰富的天然气资源, 自从1989年在陕参1井奥陶系试获高产工业气流, 靖边气田大发现以来, 下古生界天然气勘探目标层系长期以奥陶系碳酸盐岩风化壳储层为主。关于靖边气田奥陶系风化壳天然气的成因类型虽然多年来存在较大争议, 但随着勘探程度的深入, 不断充实的地化资料和勘探成果显示其以煤成气为主, 气源主要为来自上古生界海-陆交互相高-过成熟煤系烃源岩。

近年来, 奥陶系碳酸盐岩勘探领域不断突破, 逐步实现了靖边风化壳气田-靖西中上组合-盆地东部岩溶残丘-盐下新层系的有序接替。随着奥陶系盐下天然气勘探取得重大发现, 天然气地化资料不断丰富, 越来越多的反映下古生界高热演化海相烃源岩原生天然气——“自生自储油型气”被发现, 这不仅为靖边气田气源确认提供依据, 而且开拓了海相碳酸盐岩勘探新领域, 进而表明奥陶系海相烃源岩具有一定供烃能力, 是(膏)盐岩下气藏的主力源岩。

## 1 奥陶系油型气地球化学特征

### 1.1 天然气组分特征

鄂尔多斯盆地奥陶系油型气组分以烃类气体为主, 烃类组分含量平均达94.1%。烃类气体中甲烷占优势, 甲烷化系数( $C_1/\sum C_1-C_n$ )随区域热演化程度的不同而变化明显。从靖边-乌审旗-神木地区, 由西南向东北方向随着区域热演化程度降低, 奥陶系盐下天然气的甲烷化系数依次由0.99-0.95-0.85逐渐减小, 天然气类型也由典型的“干气”向“湿气”转变。靖边-乌审旗地区主要反映“高温裂解干气”特征, 区域热演化程度较低的神木地区盐下天然气表现为“热解湿气”特征。

除高硫天然气外, 鄂尔多斯盆地奥陶系盐下天然气的非烃组分以二氧化碳和氮气为主, 氢气、氦气等组分含量极低, 均小于0.1%; 值得注意的是, 位于盆地古隆起东侧的TA38、JT1、T75等盐下高产工业气流井产出的天然气硫化氢含量普遍较高, 主要分布于9.016%~23.230%之间, 平均达11.58%, 属于高含硫天然气。结合区域地质特征、产层深度、硫化氢含量等分析盐下高硫天然气生成应

与广泛分布的厚层膏盐岩发生硫酸盐热化学还原 (TSR) 反应有关。

## 1.2 烷烃气组分碳同位素特征

### 1.2.1 甲烷碳同位素特征

除高含硫天然气外,鄂尔多斯盆地奥陶系油型气的甲烷碳同位素整体偏轻,主要分布于 $-45.90\%$ ~ $-37.29\%$ 之间,平均值为 $-39.58\%$ (表1)。从靖边-乌审旗-神木地区,自西南向东北,随着区域热演化程度降低,甲烷化系数减小,盐下天然气的 $\delta^{13}C_1$ 逐渐偏轻趋势明显,可见,奥陶系盐下天然气属于原生气,其整体偏轻的 $\delta^{13}C_1$ 是自身属性的客观反映。

前文提及,盆地古隆起东侧的TA38、JT1、T75等盐下高产工业气流井产出高硫天然气,硫化氢含量平均达11.58%。根据表1,奥陶系盐下高硫天然气的甲烷碳同位素组成显著偏重, $\delta^{13}C_1$ 值分布于 $-36.85\%$ ~ $-32.43\%$ 之间,平均为 $-34.82\%$ ,这应该与膏盐岩地层发生TSR反应有关。

表1 鄂尔多斯盆地奥陶系盐下天然气组分碳同位素组成

区域	井号	层位	$\delta^{13}C$ (PDB) (‰)				$C_1/\sum(C_1-C_n)$	$H_2S$ (体积百分含量%)
			$C_1$	$C_2$	$C_3$	nC4		
靖边—乌审旗	TA36	马三	-37.29	-33.03	-25.81		0.999	
	TA37	马五10	-38.20	-30.71	-20.00	-20.76	0.999	
	TA45	马五6	-39.05	-35.58	-26.65	-24.66	0.992	
	T74	马五7	-39.50	-29.90	-21.67	-20.24	0.989	1.2670
	TA38	马五9、10	-36.85	-25.60				9.897
	JT1	马五9	-36.62				0.978	13.310
	T75	马五7	-32.43	-22.63	-22.43	-21.81	0.977	9.016
	T58	马五7	-33.38				0.999	12.730
乌审旗以北及米脂地区	T52	马五10	-41.74	-25.77	-24.58	-24.06	0.935	
	LT1	马五7	-39.26	-23.78	-19.72	-19.27	0.976	
	M74	马五5	-39.96	-22.42	-20.74		0.967	
	M75	马五5	-40.210	-23.760	-23.100		0.949	
神木	SHG97	马五6、7	-45.90	-31.05	-28.48	-27.52	0.850	
	SHG97	马五4、5	-45.82	-31.90	-29.45	-27.96	0.846	
	SHG99	马五5	-43.54	-31.41	-28.86	-28.18	0.850	

### 1.2.2 乙烷碳同位素特征

除高硫天然气外,鄂尔多斯盆地奥陶系油型气的乙烷碳同位素组成分布范围广,主要集中于 $-35.58\%$ ~ $-25.77\%$ 之间,平均值为 $-29.9\%$ 。与上古生界和奥陶

系顶部风化壳煤成气相比,靖边-乌审旗地区油型气的乙烷碳同位素组成与之接近或略偏轻。神木地区区域热演化程度较低,奥陶系油型气的 $\delta^{13}\text{C}_2$ 值平均为 $-31.49\%$ ,显著偏轻于上古生界煤成气的 $-25.35\%$ ,且盐下油型气的烷烃气组分碳同位素组成较上古生界煤成气整体偏轻。乌审旗以北 T51、T52 以及盆地东部 LT1、M74、M75 井等膏盐岩下油型气的 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值偏轻,小于 $-38.9\%$ , $\delta^{13}\text{C}_2$ 值与煤成气相近,显著偏重,结合厚层膏盐岩分布、地层埋藏深度等情况分析,这一现象应该与 TSR 反应相关,Hao 等提出 TSR 三阶段作用机理<sup>[1]</sup>,T51 等井区的 TSR 作用主要为重烃主导的阶段,其结果是使得乙烷碳同位素变重,而甲烷碳同位素影响不大。

就分布于盆地古隆起东侧的盐下高硫天然气而言,由于乙烷等重烃组分含量低,不易检测,故乙烷碳同位素组成测试数据不多,根据已有资料(表 1),高硫天然气的乙烷具有明显富 $^{13}\text{C}$ 的特点,与上古生界和奥陶系顶部风化壳煤成气相近,主要分布于 $-25.60\%$ ~ $-22.63\%$ 之间,平均值为 $-24.11\%$ 。由此可见,天然气组分的碳同位素组成特征不仅受控于气源岩的母质类型、热演化程度,而且与 TSR 反应等次生变化密切相关。

### 1.3 轻烃组分碳同位素特征

鄂尔多斯盆地奥陶系油型气的 $\text{C}_5$ 轻烃组分显示富 $^{12}\text{C}$ 的特征, $\delta^{13}\text{C}$ 值主要分布于 $-27\%$ ~ $-32\%$ 之间,其中,正构烷烃分子的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-27\%$ ~ $-32\%$ ,异构烷烃和环烷烃分子的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-27\%$ ~ $-31\%$ ,与中生界原油伴生气的轻烃组分碳同位素组成接近或略偏重(主要受热演化程度的影响),较上古生界煤成气显著偏轻,二者之间相同烃分子的 $\delta^{13}\text{C}$ 值相差达 $5\%$ 以上,反映了不同的成因类别和来源。

## 2 奥陶系油型气空间分布

根据天然气组分、烷烃气及轻烃组分碳同位素组成特征,鄂尔多斯盆地奥陶系油型气主要分布于盆地中东部奥陶系膏盐岩下和西缘天环坳陷的奥陶系岩溶洞穴(孔洞)型储层。靖西地区奥陶系中组合白云岩岩性圈闭中天然气的烷烃气组分碳同位素组成偏重,通常, $\delta^{13}\text{C}_1 > -35\%$ 、 $\delta^{13}\text{C}_2 > -30\%$ ,与广覆型分布的上古生界煤系气源岩相吻合,属于典型煤成气。与之相比,鄂尔多斯盆地东部奥陶系(膏)盐岩下天然气的甲烷碳同位素组成整体偏轻,空间上远离奥陶系顶部不整合面的上古生界煤成气供烃窗口,从成藏组合上易于形成自生自储天然气藏。

## 3 奥陶系烃源岩特征

鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组暗色泥质岩、泥质云(灰)岩、泥质膏

云岩、含泥云（灰）岩等海相烃源岩平面分布范围广，厚度大，有机质丰度低，*TOC*含量平均为 0.25%，成烃作用分散，虽然对奥陶系风化壳和盐上气藏的贡献较上古生界煤系烃源岩小得多，但对于受优质盖层——厚层膏盐岩封隔的盐下气藏，是其主力供烃源岩。

**参考文献：**

- [1] Hao Fang, Guo Tonglou, Zhu Yangming, et al. Evidence for multiple Stages of oil cracking and thermochemical sulfate reduction in the Puguang gas field, Sichuan Basin, China [J]. AAPG Bulletin, 2008, 92(5): 611-637.

编号: NGGSF03C006

# 腐殖型干酪根热模拟实验中液态汞的发现及其意义

彭威龙

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 天然气中的汞具有很强的毒性, 在天然气勘探开发过程中可能造成重大的安全事故, 深入认识天然气中汞的来源对于预防汞所造成的安全事故具有重要的科学意义。在对煤岩里提取的干酪根进行热模拟实验中首次发现了富集状态的液态汞珠, 为煤系烃源岩在热演化中可以释放出汞的观点提供了直接的证据。本次热模拟实验得到汞的质量分布在 0.0083g 到 0.2242g 之间, 汞的产率分布在  $0.3102 \times 10^{-3} \text{g/g}$  到  $7.4312 \times 10^{-3} \text{g/g}$  干酪根之间。结合热模拟实验及前人研究总结出气藏中汞的三种成因模型, 分别为烃源岩控制型, 断裂控制型以及烃源岩和断裂复合控制型。烃源岩控制型(图 1a), 这一类型天然气中的汞主要来源于烃源岩的热演化, 汞随着源岩演化而与天然气一起运移至圈闭成藏, 这一类型气藏可能主要发育于克拉通型盆地, 该盆地构造比较稳定, 很少发育断裂体系并别缺乏岩浆活动, 烃源岩类型通常为腐殖型; 断裂控制型(图 1b), 这一类型气藏中的汞可能主要来源于深部地质流体(包括岩浆活动), 深部地质流体中携带的汞通过断裂等疏导体系运移至浅层气藏中聚集, 这一类型气藏主要发育于前陆盆地和裂谷盆地, 该类型盆地构造活动比较强烈, 断裂体系和岩浆活动比较发育, 烃源岩有机质类型通常为腐泥型; 烃源岩和断裂复合控制型(图 1c), 这一类型是前两种类型的过度类型, 气藏中的汞同时来源于烃源岩和深部流体, 二者都占有较大比例, 烃源岩既可以是腐泥有机质也可以是腐殖型有机质, 但是可能以腐殖型有机质为主, 由于断裂较发育, 因此这一类型的气藏也主要发育于构造活动较为强烈的前陆盆地或者裂谷盆地中。作者总结出三类气藏中汞的成因模式对于认识天然气中汞的来源及天然气勘探开发中汞中毒事故预防具有重要意义。

**基金项目:** 中国石油天然气股份有限公司“中国煤成气地球化学与成藏机制规律研究”项目(2014B-0608)。

**作者简介:** 彭威龙(1988-), 男, 湖北武汉人, 中国石油勘探开发研究院博士研究生, 主要从事天然气地质学与地球化学方面的研究。地址: 北京市海淀区学院路 20 号院。E-mail: pengwl26@yeah.net.

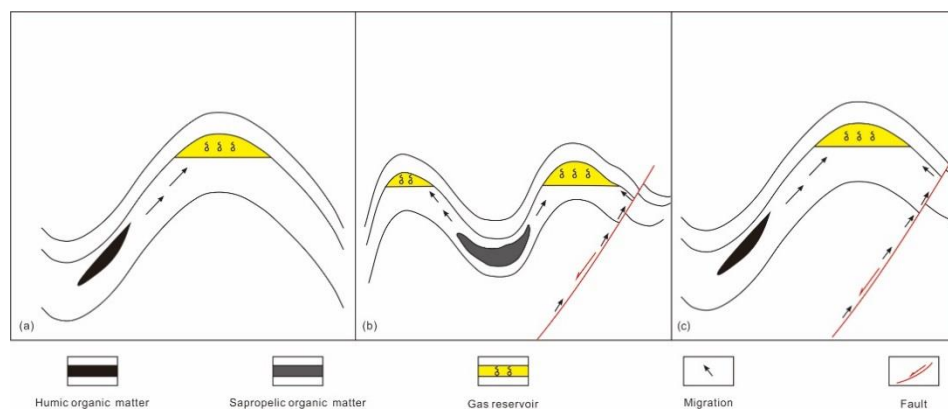


图 1 天然气中汞的成因模式

**主要参考文献:**

- [1]李剑, 严启团, 汤达祯. 天然气中汞的成因机制与分布预测[M]. 地质出版社, 2011.
- [2]垢艳侠, 侯栋才, 王旭东. 天然气中汞的来源及富集条件[J]. 新疆石油地质, 2009, 30(5): 582-584.
- [3]刘全有, 李剑, 侯路. 油气中汞及其化合物样品采集与实验分析方法研究进展[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(4): 559-565.

编号: NGGSF03C007

# 塔里木盆地西北缘奥陶系泥页岩有机地球 化学特征

秦浩亮

(长安大学地球科学与资源学院, 西安 710054)

**摘要:** 页岩气是目前世界上一种重要的非常规油气资源, 它是指以吸附态或游离态为主要富集方式, 富集于富有机质泥页岩中的天然气。以美国为代表的西方发达国家在页岩气理论、勘探、开发方面取得了巨大成功, 掀起了页岩气勘探开发的热潮。

塔里木盆地古生界泥页岩被视为中国页岩气勘探的重要区块。塔里木盆地奥陶系泥页岩油气资源丰富, 以往将其视为常规烃源岩, 对其展布和评价方面做过很多工作。本文针对塔里木盆地西北缘奥陶系页岩气的形成条件进行研究, 为该区进一步页岩气勘探提供资料。

## 一、区域地质背景

研究区位于新疆塔里木盆地西北部古天山造山带与塔里木板块北部交界地带, 是塔里木盆地与南天山陆内构造带交叉发育的地区。研究区在前中生代为塔里木陆块的重要组成部分, 早奥陶世塔里木板块整体处于强烈拉张裂解期, 周缘被裂解形成的大洋包围; 至早奥陶世末—中奥陶世, 北昆仑洋向西昆仑隆起下俯冲, 盆地周缘处于一种挤压动力学环境中; 晚奥陶世早期基本保持了中奥陶世的构造格局, 这一时期发生了一次全球性海侵事件, 塔里木盆地各凸起再次被海水淹没, 接受浅水碳酸盐岩沉积; 中生代整体抬升, 普遍缺失中生界和古近系, 新生代构造活动强烈, 形成柯坪冲断带(张臣等, 2001, 杨庚等, 2003)。平面上, 研究区北部南天山洋的关闭及相随的强烈褶皱造山运动, 产生了强大的南北向挤压应力(以向南的应力为主), 形成了一系列北东向成排、成带分布的褶皱和逆冲断裂, 一系列古生代逆冲岩席以单面山形式出现, 略呈向南突出的弧形, 并被区内北西—南东走向的皮羌走滑断裂和北西—南东向的三叉口北逆冲断裂切割(傅碧宏, 1995, 肖安成等, 2002)。

## 二、泥页岩分布特征

塔里木盆地西北部奥陶系主要发育中奥陶统萨尔干组, 上奥陶统其浪组和上

---

**作者简介:** 秦浩亮, 男, 1994年生, 硕士研究生, 矿产普查与勘探专业.E-mail: 568330180@qq.com.



奥陶统印干组泥页岩。萨尔干组与印干组主要出露于盆地西部柯坪隆起地区，萨尔干组主要出露于柯坪-阿克苏一带，呈南西-北东向长条带状分布。其岩性以黑色页岩夹灰黑色薄层泥质灰岩及灰岩透镜体为主，页岩中常见球状黄铁矿结核（还原环境），笔石和腕足类化石丰富，偶见三叶虫碎片，属于深水陆棚相，厚度为10-50m。在大湾沟剖面露头观测到萨尔干组厚度为19.9m，四石厂露头剖面厚度为6.6m，同古孜布隆露头剖面厚度为4.8m。其浪组分布在柯坪附近及以东地区，范围较印干组略大，主要为薄层灰色泥屑灰岩、瘤状泥屑灰岩及灰绿色钙质、粉砂质页岩韵律性互层。印干组主要分布于柯坪印干村一带，岩性主要为黑色及灰黑色粉砂质页岩、泥岩夹泥屑灰岩，与上覆柯坪塔格组呈不整合接触。厚度50-100m。页岩含黄铁矿，富含笔石，偶见三叶虫碎片，发育于还原环境内的深水盆地中（周志毅，2001），在大湾沟剖面露头观测印干组厚度31.49m。

萨尔干组与印干组在阿瓦提凹陷内分布很深，达8000-10000m，预测其厚度最大为150m，在阿瓦提凹陷中东部厚度最大，向北尖灭于胜利1井以南，向东尖灭于满西2井附近台地边缘，向南止于巴楚凸起，西南部受控于阿恰断裂带（高志勇等，2010）。萨尔干组与印干组泥页岩在厚度和分布范围上也存在差异，其中印干组泥页岩厚度较大，且其在东部、北部的分布范围也大于萨尔干组。

### 三、泥页岩地化特征

结合前人资料，大湾沟剖面萨尔干组泥页岩有机碳含量为0.65%~5.23%，平均为2.27%，主要为好—优质烃源岩。四石厂剖面萨尔干组泥页岩有机碳含量为0.70%~1.25%，平均为0.94%，主要为中烃源岩。大湾沟剖面印干组泥页岩有机碳含量为0.41%~1.06%，平均为0.60%，丰度比萨尔干泥页岩低，主要为差—中烃源岩。萨尔干组泥页岩镜质体反射率为1.5-1.6%，处于高成熟阶段。印干组泥页岩镜质体反射率为1.1-1.3%，属于成熟阶段。萨尔干组泥页岩干酪根类型为III型与II2型（四石厂剖面萨尔干组泥页岩为III型），印干组泥页岩干酪根类型为II2型和III型。其浪组有机质丰度太低，为非烃源岩。

编号: NGGSF03C008

# 四川盆地须家河组致密气运移 地球化学示踪

秦胜飞

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:**随着油气勘探和开发技术的发展,非常规油气越来越受到勘探家的关注。致密油气是目前中国最为现实的待开发非常规油气资源,并且已经在四川盆地、鄂尔多斯盆地和塔里木盆地发现了众多的致密气田,致密气的探明储量和年产量都在逐年提高。随着非常规油气勘探不断深入,新的问题也随之而来。其中,天然气在致密储集层中能否大规模运移是大家关注的焦点之一。目前的致密气成藏研究,大家主要侧重于致密气藏形成地质条件和地球化学特征等方面的研究,关于致密气运移方面的研究开展的却很少。致密气藏中的天然气是原地成藏还是远距离运移成藏,还是近距离成藏?天然气在致密储层中能否发生大规模运移?

针对上述问题,本文选取四川盆地须家河组川西和川中致密气藏为研究对象,以天然气地球化学为研究手段,开展致密气运移方面的研究。研究表明,在构造比较稳定的地区,致密储集层之间未形成有效的沟通体系,致密气一般为原位成藏,天然气并未经历过明显的横向和纵向运移。从天然气地球化学指标上看,在横向上相邻气田之间,相同层系的天然气没有发生横向运移现象;在纵向上,须家河组天然气为独立的成藏系统,不仅与下伏的中、下三叠统以及其上的侏罗系中天然气没有成因联系,并且须家河组内上、下的气藏之间天然气地球化学特征具有明显差异,说明天然气未发生明显的垂向运移。

在受构造挤压比较明显并产生垂向断裂的地区,天然气发生了明显的垂向运移现象,须家河组天然气运移至侏罗系,但由于构造活动强度不够,断层规模较小,运移至侏罗系中的天然气仅为成熟度较低的烃源岩生成的天然气;在构造挤压比较强烈地区,须家河组天然气无论成熟度高、低,都可以运移至侏罗系。所以,断层在致密气运移中起至关重要的作用。

**关键词:** 四川盆地;须家河组;煤系;致密气;原位成藏;地球化学证据

---

**作者简介:** 秦胜飞, 中国石油勘探开发研究院.北京海淀区学院路 20 号 910 信箱石油地质研究所,电话: 010-83595689 ,E-mail: qsf@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03C009

# 元素地球化学背景下川南地区龙马溪组页岩气沉积构造演化研究

唐 鑫<sup>1,2,3</sup>, 朱炎铭<sup>1,2</sup>, 郭远臣<sup>3</sup>, 王笑奇<sup>1,2</sup>

(1.中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221008;

2.煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室, 江苏 徐州 221008;

3.重庆三峡学院土木工程学院, 重庆 万州 404100)

**摘要:**为了深入研究川南地区志留纪龙马溪组黑色页岩沉积-构造环境的精细变化,探讨龙马溪组页岩气地质历史过程中的控藏效应,选取长宁小溪村及风洞村地质露头剖面进行系统采样完成元素地球化学研究,并结合数值模拟探讨页岩气成藏演化过程中的能量控藏效应。结果表明:判别川南地区古沉积-构造环境、构造发育及其演化过程,揭示龙马溪组母岩具有混合成因的性质;构造背景以被动大陆边缘和活动大陆边缘为主。将川南地区龙马溪组泥页岩沉积以来分为四期演化阶段:加里东末期的快速埋藏阶段(约400Ma)、海西期的缓慢抬升阶段(西部)(约400Ma-270Ma)、印支期至早燕山期的快速埋藏阶段(约270Ma-110Ma)及晚燕山期-喜马拉雅期的持续抬升阶段(约110Ma-10Ma)。

**关键词:**页岩气;元素地球化学;沉积构造环境;成藏特征

编号: NGGSF03C010

## 油气化探异常干扰因素及其抑制方法研究

王国建<sup>1</sup>, 唐俊红<sup>2</sup>, 杨俊<sup>1</sup>, 黄欣<sup>1</sup>, 卢丽<sup>1</sup>, 赵克斌<sup>1</sup>, 汤玉平<sup>1</sup>  
(1.中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151;  
2.杭州电子科技大学材料与环境工程学院, 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 由于地表、地下因素的复杂性, 用以寻找地下油气的地表地球化学异常存在诸多的影响因素, 地下因素如烃源岩、断层、煤层等, 地表因素如沉积物性质、地形地貌、生物成因烃等, 油气化探所获得的异常到底是深部油气信息还是表生作用形成的假象, 是勘探决策者最关心的问题之一。因此, 深入研究油气化探的干扰因素, 进行抑制和校正, 是提取真正的油气垂向微渗漏信息的基础, 也是解决油气化探异常多解性必要条件。长期以来, 国内外学者对于油气化探各种方法的干扰因素进行了诸多的研究, 也提出了相应的抑制方法, 取得了一定的效果, 但是存在以下问题: 第一, 仅对个别方法进行干扰因素校正, 未能对各种油气化探方法的干扰因素从原理、采样、测试、数据处理、异常判识等方面进行系统分析; 第二, 绝大多数指标的应用仅从定性角度进行干扰因素抑制或校正, 尚未系统进行干扰因素定量校正研究。第三, 主要强调近地表的干扰因素, 对地下可能存在的地质干扰因素研究甚少。上述问题影响了对真正油气垂向微渗漏信息的识别, 进而影响油气化探的应用效果和油气勘探中的广泛应用。

本文针对上述存在的问题, 通过总结分析了常用化探烃类方法相态和干扰因素, 非烃类方法原理和干扰因素, 地下烃源岩、断层、煤层等因素的干扰, 以及油气化探干扰因素实例, 提出了相应的干扰抑制与校正方法。并以川西坳陷新场地区为例, 通过定量测定近地表土壤湿度、Eh、pH、粒度、TOC、矿物成分等可能对油气化探指标具有影响的指标, 分析研究区近地表各个油气化探指标的主要干扰因素, 并依据主要干扰因素建立了定量校正数学模型, 较好地抑制了背景区存在的假异常, 突出了油气区真正的微渗漏异常, 并提出新场气田有向北部梓潼凹陷扩边的可能。油气化探干扰因素的系统分析研究成果以及定量校正方法可为今后油气化探提供借鉴, 提高油气化探异常的可信度和预测成功率。

**关键词:** 油气化探; 干扰因素; 新场地区; 定量校正; 可信度

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(41373121, 41072099)资助。

**作者简介:** 王国建, 高级工程师, 主要从事油气化探基础理论及应用研究。通讯地址: 江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道 2060 号石油地质研究所; 联系电话: 0510-68787376; E-mail: Wanggj.syky@sinopec.com.

编号: **NGGSF03C011**

# 准噶尔盆地东部地区原油地球化学特征及 指向

王 威<sup>1</sup>, 房 嫒<sup>1</sup>, 尹东迎<sup>2</sup>, 杜 丽<sup>1</sup>, 孙敏卓<sup>1</sup>, 常 江<sup>1</sup>, 孟仟祥<sup>1</sup>

(1. 甘肃省油气资源重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室, 甘肃 兰州 730000

2. 新疆油田分公司准东采油厂勘探开发研究所, 新疆 阜康 831511)

**摘 要:** 通过对准噶尔盆地东部地区石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系烃源岩及抽提物和原油地球化学指标的研究, 试验比对了各区层的饱和烃、芳烃及其标志化合物, 研究了不同层系烃源岩的母质来源、成烃环境、生烃能力; 研究了各层系原油基本化学特征、生物标志化合物特征、碳同位素特征; 探讨了不同区层原油的来源、成熟度及降解程度, 对准格尔东部地区油气勘探评价研究有一定的参考意义。

**关键词:** 准噶尔盆地; 地球化学特征; 原油; 烃源岩

---

**基金项目:** 甘肃省油气资源研究重点实验室开放课题基金, 省级 SZDKFJJ20150602, 油气中心十三五所级基金, 中科院 135CCJ20160521 资助。

**作者简介:** 王威, 男, 1993, 河南省新乡市, 在读硕士, 学士学位, 目前从事实验油气地球化学, 邮箱: ucasww@163.com 联系电话: 17793163809.

**通信作者:** 房嫒, 女, 1965, 山东济南, 高级工程师, 硕士学位, 目前从事实验油气地球化学, 邮箱: fangx@lzu.edu.cn 联系电话: 18993099855

编号: NGGSF03C012

# 中国煤成气、油型气中 CO<sub>2</sub> 地化特征差异及其地质指示意义

王晓波, 李 剑, 谢增业, 国建英, 李志生, 李 谨, 王义凤, 马成华, 崔会英, 马 卫,  
潘松圻, 齐雪宁

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油天然气集团公司天然气成藏与开发  
重点实验室, 河北 廊坊 065007)

**摘 要:** 我国的天然气以煤成气为主、油型气为辅。煤成气是当前我国天然气储量和产量增长的主体, 对于推动我国天然气工业的发展起了举足轻重的作用<sup>[1-4]</sup>。非烃气体是天然气的重要组成部分, 与烃类关系十分密切。开展中国煤成气、油型气中非烃气体地球化学特征差异性研究, 对于全面认识我国煤成气、油型气中非烃气体地球化学特征, 明确其成因及来源, 指导天然气勘探具有重要作用。通过开展中国主要含气盆地煤成气、油型气中 CO<sub>2</sub> 地球化学特征研究, 明确了中国煤成气、油型气中 CO<sub>2</sub> 地球化学特征差异, 分析了中国煤成气、油型气中 CO<sub>2</sub> 成因及来源, 探讨上述地化特征差异在天然气成因鉴别方面的地质指示意义。取得的主要成果认识如下:

(1) 煤成气中 CO<sub>2</sub> 组分含量分布范围较宽, 总体分布在 0.1%~80.42%、主频分布在 0~2%; 油型气中 CO<sub>2</sub> 组分含量分布范围相对较窄, 总体分布在 0.09%~22.76%, 主频分布在 0~5%。

(2) 煤成气中 CO<sub>2</sub> 碳同位素值总体分布在 -26.37‰~-2.6‰, 主频分布在 -20‰~-2‰; 氧同位素值总体分布在 4.05‰~29.2‰, 主频分布在 4‰~16‰。油型气中 CO<sub>2</sub> 碳同位素值总体分布在 -15.8‰~1.9‰, 主频分布在 -15‰~2‰; 氧同位素值总体分布在 12.2‰~32.5‰, 主频分布在 12‰~32‰。煤成气 CO<sub>2</sub> 的碳氧同位素相对较轻, 油型气碳氧同位素值相对较重。

(3) 煤成气中 CO<sub>2</sub> 以腐殖型有机质热解成因为主; 油型气中 CO<sub>2</sub> 既有碳酸盐岩或碳酸盐岩胶结物热解的无机成因、也有腐泥型有机质热解成因。受母质类型差异及母源碳同位素继承性效应、壳源无机成因 CO<sub>2</sub> 参与等因素影响, 油型气中 CO<sub>2</sub> 碳、氧同位素相对重于煤成气。

**基金项目:** 国家重大科技专项 (编号 2016ZX05007-003), 中石油股份有限公司科技项目 (编号 2016B-0601) 和中国科学院 A 类战略性先导科技专项 (编号 XDA14010403) 资助。

**作者简介:** 河北省廊坊市广阳区万庄石油基地, 065007, 电话: 010-83596131; E-mail: wangxb69@petrochina.com.cn..



(4) 考虑到煤成气、油型气中  $\text{CO}_2$  碳同位素特征的差异, 以及稀有气体同位素对非烃气体成因具有的间接指示作用, 建立了利用 He 同位素和  $\text{CO}_2$  碳同位素联合判识煤成气、油型气的指标及图版: 当天然气中稀有气体  $R/R_a < 0.1$  (与稀有气体伴生的天然气中的主体烃类气体为壳源有机成因), ①若  $\text{CO}_2$  的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2} \leq -15\text{‰}$ , 天然气一般为煤成气; ②若  $\text{CO}_2$  的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2} \geq -2.5\text{‰}$ , 天然气一般为油型气。这为开展煤成气、油型气鉴别提供了新的方法, 对于明确其成因与来源、指导天然气勘探具有重要意义。

**关键词:** 煤成气; 油型气; 非烃气体  $\text{CO}_2$ ; 地化特征差异性; 成因鉴别

#### 参考文献:

- [1].戴金星.中国煤成气研究 30 年来勘探的重大进展[J].石油勘探与开发, 2009, 36(3): 264-279.
- [2].戴金星, 黄士鹏, 刘岩,等.中国天然气勘探开发 60 年的重大进展[J].石油与天然气地质, 2010, 31(6): 689-698.
- [3].戴金星等, 2014.中国煤成大气田及气源.北京:科学出版社, 1-421.
- [4].赵文智,王红军,钱凯.中国煤成气理论发展及其在天然气工业发展中的地位[J].石油勘探与开发, 2009, 36(3): 280-289.

编号: NGGSF03C013

# 烷烃气体吸附/解吸过程中的碳同位素分馏机理及地质应用

王晓锋<sup>1,2</sup>, 刘鹏<sup>1</sup>, 孟强<sup>1</sup>

(1.甘肃省油气资源研究重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室, 兰州 730000;

2.西北大学地质学系,西安 710069)

**摘要:** 气体地球化学参数在常规天然气资源勘探及评价中发挥了重要的作用, 其广泛应用于气源对比、成因类型判识及成藏过程的示踪研究。页岩气与常规天然气相比, 其气体地球化学特征具有一定的特殊性。这些特殊性主要与页岩气的赋存状态有着密不可分的内在联系。吸附态是页岩气重要的赋存形式之一, 为了阐明页岩气吸附-解吸过程中的化学和同位素分馏对页岩气气体地球化学特征的影响, 本文从不同盆地的页岩气气体地球化学特征出发, 以建立的混合气体吸附装置为基础, 进行不同类型的吸附介质的吸附及解吸实验, 详细研究了烷烃气体吸附及解吸过程, 系统分析了这一过程中的化学和同位素分馏的特征及主控因素。

通过一系列不同吸附材料的动态吸附实验, 对烷烃气体吸附过程中的吸附行为及碳同位素分馏机理进行了研究。相关计算及实验结果表明, 不同孔径分布的吸附介质具有不同的同位素分馏特征。而在实验条件下的扩散行为仅能造成烷烃气体在流体前端轻微的轻同位素富集优势, 孔径分布特征是控制吸附过程中同位素分馏的主控因素之一, 孔径大小决定着气体在孔隙内流动方式及吸附能力强弱, 从而引起吸附过程中同位素分馏特征的差异性。

进行了一系列不同吸附材料可控条件下的解吸实验, 并对解吸过程中烷烃气体的组分及同位素组成进行测试。结果表明, 解吸过程中相对解吸速率与吸附比例有关。同时, 解吸过程中存在气体各组分的化学分馏, 主要是由混合气体各组分在吸附介质上不同的吸附比例所引起。烷烃气体在不同吸附介质的解吸过程中, 碳同位素分馏特征不同。对于同种吸附介质, 甲烷吸附比例越高, 其在解吸过程中的碳同位素分馏程度越大。而乙烷在解吸过程中没有明显的碳同位素分馏, 并且与吸附比例也没有明显的对应关系。在此基础上, 建立了游离气甲烷碳同位素分馏系数( $\alpha$ )与吸附比例的数学关系, 并应用该关系对鄂尔多斯盆地三叠系延长组页岩气吸附气比例进行估算。

**关键词:** 烷烃气体; 吸附/解吸; 碳同位素分馏; 吸附气比例

通讯地址: 甘肃省兰州市东岗西路 382 号, E-mail: wangxf@lzb.ac.cn.

编号: NGGSF03C014

# 化学计量学在天然气类型划分中的首次应用与实例分析

王遥平<sup>1,2</sup>, 詹兆文<sup>1</sup>, 林晓慧<sup>1,2</sup>, 蔡玉兰<sup>1</sup>, 邹艳荣<sup>1</sup>

(1.中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室, 广州 510640; 2.中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 本文在系统收集和分析前人关于吐哈盆地的天然气化学组成和稳定碳同位素研究成果的基础上, 针对吐哈盆地天然气类型划分存在争议的科学问题, 我们首先采用了经典图解对吐哈盆地可能存在的天然气类型作了细致的探讨, 其次引入了国际上常用于油-油对比的化学计量学方法作比较。取得了以下认识: 常用于气-气对比的参数(如甲烷碳、氢同位素和乙烷的碳同位素)在解决吐哈盆地天然气类型问题上效果不明显, 而改进的天然气类型曲线基本上可以把吐哈盆地的天然气分为三组: 生物降解气、煤型气和油型气; 然而, 基于化学计量学的对比结果则把研究区域的天然气更加精细的划分为四类, 并且煤型气还可以进一步的划分为两个亚组。

**关键词:** 化学计量学; 天然气类型; 吐哈盆地

---

**基金项目:** 有机地球化学国家重点实验室项目 (SKLOG201601, SKLOGC201604)。

**作者简介:** 王遥平(1990-), 男, 江西南昌人, 博士研究生, 主要从事油气地球化学研究。E-mail: wangyaoping14@mails.ucas.edu.cn.

**通信作者:** 邹艳荣 (1959-), 男, 黑龙江双鸭山人, 研究员, 博士, 博士生导师, 主要从事油气地球化学研究。E-mail: zouyr@gig.ac.cn.

编号: NGGSF03C015

# 库车坳陷大北—克深地区深层致密砂岩大气田天然气地球化学特征及成因分析

魏 强<sup>1,2</sup>, 李贤庆<sup>1,2</sup>, 高文杰<sup>1,2</sup>, 梁万乐<sup>1,2</sup>, 孙可欣<sup>1,2</sup>, 张吉振<sup>1,2</sup>, 李 剑<sup>3</sup>, 张光武<sup>3</sup>  
(1.中国矿业大学(北京)煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 北京 100083;  
2.中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083;  
3.中国石油勘探开发研究院廊坊院区天然气地质所, 廊坊 065007)

**摘 要:** 塔里木盆地库车坳陷深层致密砂岩气藏具有埋藏深、低孔隙度、低渗透率且资源潜力大的特点。深层致密砂岩气藏在库车坳陷内分布较广, 发育在不同的构造带上。本文以库车坳陷大北—克深地区为例, 结合有机地化实验分析数据, 对该区深层致密砂岩大气田天然气地球化学特征及其成因进行探讨。该研究将有助于加强深层致密砂岩气地质研究认识, 对该区深层致密砂岩气藏勘探开发具有一定的现实意义。

库车坳陷大北—克深地区深层致密砂岩大气田天然气组分以烃类气体占绝对优势, 其中甲烷含量为 87.30%—98.33%, 主要分布在 95.10%—98.33%; 乙烷含量主要为 0.53%—2.45%; 丙烷和丁烷含量少, 分别为 0.04%—0.51%和 0%—0.53%。天然气干燥系数普遍很高, 大于 0.97, 为典型的干气。天然气甲烷含量与干燥系数随深度增加的趋势不太明显, 可能与该区气源岩成熟度和天然气运移、成藏史差异较小有关。大北—克深地区深层致密砂岩大气田天然气中非烃气体含量主要为  $N_2$  和  $CO_2$ , 分别为 0.30%—11.4%和 0.70%—1.30%。总体上  $N_2$  含量大于  $CO_2$  含量, 且均在 2%以下, 表明捕获的是气源岩主生气阶段生成的天然气。

库车坳陷大北—克深地区深层致密砂岩大气田天然气稳定碳同位素中,  $\delta^{13}C_1$  为 -31.90‰—22.90‰,  $\delta^{13}C_2$  为 -24.20‰—16.10‰,  $\delta^{13}C_3$  为 -31.30‰—15.70‰。烷烃类碳同位素组成分布主要呈正碳同位素序列, 局部出现倒转, 表明该区天然气主要为不同母质来源或不同热演化程度气体的混合。天然气稳定碳同位素偏重, 且  $\delta^{13}C_2$  值  $> -28$ ‰, 反映了煤成气的特征。依据  $\delta^{13}C_1$ — $\delta^{13}C_2$ — $\delta^{13}C_3$  以及  $\delta^{13}C_1$ — $C_1/C_{2+3}$  (Whiticar, 1999) 烷烃类判别图版, 可以看出该区天然气主要为煤成气。根据  $\delta^{13}C_1$ — $R_o$  关系式 (Dai, 1999) 判别, 结果表明, 该区天然气成

**基金项目:** 国家科技重大专项课题 (2016ZX05007-003) 和中央高校基本科研业务费专项资金项目 (2010YM01)。

**作者简介:** 魏强, 男, 2016 级博士研究生, 从事油气地质和地球化学方面的研究。电话: 18810022751, E-mail: 15212121051@163.com.

熟度高,属于高成熟—过成熟气。

结合对库车坳陷气源岩地化资料分析,探讨了大北1、克深2等典型深层致密砂岩气藏成因类型和气源,为库车坳陷不同类型深层致密砂岩气藏的评价提供依据。

**关键词:** 深层; 致密砂岩气; 天然气组分; 稳定碳同位素; 气藏成因; 库车坳陷

编号: NGGSF03C016

# 川西坳陷中段雷口坡组天然气地球化学特征和成因

吴小奇, 陈迎宾, 刘光祥, 曾华盛, 王彦青, 胡 焯, 刘文汇  
(中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214126)

**摘要:** 川西坳陷是四川盆地重要的勘探阵地之一, 近年来的天然气勘探取得了长足的进展, 海相层系中三叠统雷口坡组是重要的勘探领域之一。尽管早在 1972 年就在坳陷北部发现了中坝雷三段( $T_{2l3}$ )气藏(Zhu et al., 2011), 但之后海相层系天然气勘探进展缓慢。2006 年以来, 中石化在川西坳陷中部中三叠统雷口坡组四段( $T_{2l4}$ )勘探不断取得突破, 相继发现了 CK1、XS1、PZ1、YaS1 等高产井, 展现出雷口坡组良好的勘探前景, 雷口坡组也成为川西坳陷天然气勘探新的热点层系。尽管前人对雷口坡组烃源岩生烃潜力、CK1 和 PZ1 井雷口坡组天然气来源开展了初步分析, 但有关雷口坡组天然气成因和来源的认识并不一致。本文拟通过对川西坳陷中段雷口坡组天然气地化特征的分析, 并通过与中坝气田  $T_{2l3}$  天然气和新场气田陆相天然气地化特征的对比, 明确川西坳陷雷四段天然气的成因类型。

天然气地球化学特征研究表明, 川西坳陷雷口坡组天然气  $CH_4$  含量介于 89.19%~99.63%, 重烃气含量很低,  $C_3H_8$  含量均不足 0.1%甚至不含  $C_3H_8$ , 干燥系数普遍高于 0.99, 为典型干气。非烃气体主要为  $CO_2$ 、 $N_2$  和  $H_2S$ , 其中  $N_2$  含量普遍小于 1.5%,  $CO_2$  含量介于 0~9.48%,  $CO_2$  和  $H_2S$  含量之间表现出一定的正相关性。除 PZ1 井雷口坡组天然气  $H_2S$  含量介于 3.5%~3.72%外, 川西坳陷雷口坡组天然气中均含有微量的  $H_2S$ , 其含量普遍小于 1%。

川西坳陷  $T_{2l4}$  天然气  $\delta^{13}C_1$  值介于 -35.1‰~-29.3‰, 平均值为 -32.2‰。除 PZ1 井  $T_{2l4}$  天然气  $\delta^{13}C_2$  值较高 (-26.4‰) 外, 川西坳陷  $T_{2l4}$  天然气  $\delta^{13}C_2$  值介于 -34.8‰~-31.9‰。在烷烃气碳同位素系列特征上, 川西坳陷  $T_{2l4}$  天然气部分样品表现出甲乙烷碳同位素的部分倒转, DS1 井  $T_{2l4}$  天然气样品还表现出乙丙烷碳同位素的部分倒转, 而川西坳陷其他井  $T_{2l4}$  天然气样品表现出正序特征。此外, 川西坳陷  $T_{2l4}$  天然气具有较高的  $\delta^{13}C_{CO_2}$  值, 其介于 -3.7‰~+3.3‰, 平均为 0.4‰。

川西坳陷  $T_{2l4}$  天然气  $\delta D_1$  值介于 -164‰~-136‰, 平均为 -148‰, 与中坝气田  $T_{2l3}$  天然气  $\delta D_1$  值接近; 而新场气田须家河组和侏罗系天然气  $\delta D_1$  值介于 -215‰~-162‰, 平均为 -183‰ (吴小奇等, 2016), 明显低于  $T_{2l4}$  天然气的值。

川西坳陷雷四段天然气  $CO_2$  和  $H_2S$  含量之间表现出一定的正相关性, 与受



TSR 改造影响的天然气特征一致。川西坳陷雷四段天然气在  $\delta^{13}\text{C}_1$  和  $\delta^{13}\text{C}_2$  值相关图上也表现出在  $\delta^{13}\text{C}_1$  值基本不变的情况下,  $\delta^{13}\text{C}_2$  值变化范围较宽, 反映出以重烃气为主的 TSR。川西坳陷雷四段天然气  $\delta^{13}\text{C}_1$  和 GSI 之间没有表现出明显的相关性, 而  $\delta^{13}\text{C}_2$  和 GSI 之间则具有明显的正相关性。这反映出天然气经历了以重烃气为主的 TSR, 尚未达到更高层次的以甲烷为主的 TSR (Hao et al., 2008)。川西坳陷 PZ1 井雷四段两个天然气样品  $\text{H}_2\text{S}$  含量分别为 3.50% 和 3.72, 计算所得 GSI 分别为 0.036 和 0.040, 而川东北地区普光气田长兴-飞仙关组天然气 GSI 则普遍高于 0.1 (Hao et al., 2008; Liu et al., 2013), 这表明 PZ1 井雷四段天然气受 TSR 改造的程度明显低于普光气田长兴-飞仙关组天然气。除 PZ1 井外, 川西坳陷雷口坡组四段天然气中  $\text{H}_2\text{S}$  含量均小于 1%, GSI 均不足 0.01, 表明其受 TSR 改造的程度很低, 包括  $\delta^{13}\text{C}_1$ 、 $\delta^{13}\text{C}_2$  值在内的天然气地球化学特征受 TSR 影响不明显, 因此后续可以用于进行天然气成因鉴别。

川西坳陷雷四段天然气在 Bernard 图上表现出接近 II 型干酪根生成的天然气的特征, 表现出油型气的特点。川西坳陷雷四段天然气与中坝雷三段天然气相比, 其具有更高的  $\delta^{13}\text{C}_1$  值和  $\text{C}_1/\text{C}_{2+3}$  值, 反映出更高的热成熟度。PZ1 井雷四段天然气具有较高的  $\delta^{13}\text{C}_2$  值 (-26.4‰), 而在  $\delta^{13}\text{C}_1$ - $\delta^{13}\text{C}_2$  值相关图上表现出与 Sacramento 盆地 III 型干酪根生成的天然气较为接近的特征。这并不意味着 PZ1 井雷四段天然气为煤型气, 这可能与其经历了显著的 TSR 改造有关。如川东北地区普光 2 井长兴组受 TSR 改造的天然气样品其  $\delta^{13}\text{C}_2$  值最高可达 -25.2‰ (Liu et al., 2013)。川西坳陷雷四段其他天然气样品  $\delta^{13}\text{C}_2$  值均低于 -30.0‰, 在  $\delta^{13}\text{C}_1$ - $\delta^{13}\text{C}_2$  值相关图上与 Delaware/Val Verde 盆地 II 型干酪根生成的天然气范围更加接近, 表现出油型气的特征。

川西坳陷雷四段和中坝气田雷三段天然气  $\delta\text{D}_1$  值与  $\delta^{13}\text{C}_1$  值之间没有明显的正相关性, 与新场气田须家河组和侏罗系天然气沿成熟度趋势分布明显不同, 表明成熟度并不是雷口坡组天然气甲烷氢同位素组成差异的主导因素。川西坳陷雷四段天然气和中坝气田雷三段天然气  $\delta\text{D}_1$  值普遍高于 -160‰, 表明其以油型气为主, 其中 XS1 井的一个气样  $\delta\text{D}_1$  值低于 -160‰, 表现其可能受到了煤型气的混合。在  $\delta\text{D}_1$  与  $\delta^{13}\text{C}_2$  值相关图上, 川西坳陷雷四段天然气主体与来自腐泥型有机质的天然气特征一致, 表明其以油型气为主, 其中 PZ1 井和 XS1 井雷四段天然气分别受到了 TSR 作用和煤型气混合的影响而  $\delta^{13}\text{C}_2$  值明显增大, 与中坝气田雷三段天然气类似, 从而未分布在典型煤型气和油型气范围内。

中坝气田雷三段天然气  $\text{C}_2/\text{C}_3$  比值普遍介于 1~4 之间, 而川西坳陷雷四段天然气计算所得  $\text{C}_2/\text{C}_3$  比值明显更高, 介于 10~34, 反映出更高的热裂解程度。PZ1 井雷四段天然气在  $(\delta^{13}\text{C}_2 - \delta^{13}\text{C}_3) - \text{C}_2/\text{C}_3$  相关图上表现出气二次裂解的特征, 而

CK1、XS1、YaS1 等井雷四段天然气则由于  $C_2/C_3$  比值更高甚至不含丙烷而无法在  $(\delta^{13}C_2 - \delta^{13}C_3) - C_2/C_3$  相关图上显示出来, 这表明川西坳陷雷四段天然气均达到了气体二次裂解阶段。

尽管川西坳陷雷口坡组泥晶白云岩和灰岩具备一定的生烃潜力而被认为是川西坳陷雷口坡组天然气的主要烃源岩, 但其 TOC 含量普遍不足 0.5%, 达不到有效烃源岩的标准。因此, 推测川西坳陷雷四段天然气主要来自下伏二叠系烃源岩。由于二叠系在川西坳陷埋深较大, 目前尚没有钻井揭示, 因此该区二叠系烃源岩的地球化学特征和生烃潜力有待进一步开展工作。

此外, 川西坳陷雷四段天然气中  $CO_2$  含量介于 0~9.48%,  $\delta^{13}C_{CO_2}$  值介于 -3.7‰~+3.3‰, 表现出无机成因  $CO_2$  的特征, 与典型的来自有机物的  $CO_2$  有明显区别, 与 TSR 成因的  $CO_2$  有明显区别。由于川西坳陷天然气 He 同位素组成均表现出典型壳源特征, 因此雷四段天然气中的  $CO_2$  并不是来自地幔脱气, 而主要来自碳酸盐岩。考虑到雷四段天然气中普遍存在酸性气体  $H_2S$ , 因此这些  $\delta^{13}C$  值较高的  $CO_2$  则主要来自酸性流体与碳酸盐岩储层的相互作用。

#### 参考文献:

- [1] Hao F, Guo T, Zhu Y, et al. Evidence for multiple stages of oil cracking and thermochemical sulfate reduction in the Puguang gas field, Sichuan Basin, China[J]. AAPG Bulletin, 2008, 92(5): 611-637.
- [2] Liu Q Y, Worden R H, Jin Z J, et al. TSR versus non-TSR processes and their impact on gas geochemistry and carbon stable isotopes in Carboniferous, Permian and Lower Triassic marine carbonate gas reservoirs in the Eastern Sichuan Basin, China[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2013, 100(1): 96-115.
- [3] Zhu G, Zhang S, Huang H, et al. Gas genetic type and origin of hydrogen sulfide in the Zhongba gas field of the western Sichuan Basin, China[J]. Applied Geochemistry, 2011, 26(7): 1261-1273.
- [4] 吴小奇, 王萍, 刘全有, 等. 川西坳陷新场气田上三叠统须五段天然气来源及启示[J]. 天然气地球科学, 2016, 27(8): 1409-1418.

编号: NGGSF03C017

# 松辽盆地北部古中央隆起带天然气地球化学特征及成藏条件

张帆<sup>1,2</sup>, 冉清昌<sup>1</sup>, 吴玉明<sup>1,2</sup>, 任志高<sup>1,2</sup>

(1.大庆油田有限责任公司勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712;

2.黑龙江省致密油和泥岩油成藏研究重点实验室, 黑龙江 大庆 163712)

**摘要:** 根据组分及碳同位素等地球化学分析资料, 对古中央隆起带基岩及邻区天然气进行评价, 认为基岩天然气地化特征与周边地区相近, 均为煤型气; TOC、热解分析表明古中央隆起带基岩为非烃源岩; 古中央隆起带东部的徐家围子断陷沙河子组为徐深气田主力烃源岩, 地质剖面表明徐家围子断陷中部探井钻遇高丰度泥岩和煤层, 根据沉积相图预测在徐家围子断陷深部沙河子组发育厚度较大的高丰度泥岩, 具备较好的生气条件。从包裹体均一化温度分布范围来看, 基岩分布在 130~140°C, 与镜下鉴定一致, 为一期充注; 对比徐深气田包裹体特征, 基岩气藏主要为油气早期充注; 通过开展一维盆地模拟, 结合包裹体均一化温度, Longtan2 井主要成藏时间为距今 86-80Ma, 对应地质时间为嫩江组沉积时期。通过开展 T5 反射层构造图油气运聚模拟, 古中央隆起带为油气优势运聚地区, 3 口风险探井均在有利圈闭内, 古中央隆起带基岩气藏应是下步勘探的重点领域。  
**关键词:** 古中央隆起带; 基岩; 天然气组分; 碳同位素; 烃源岩; 包裹体; 成藏时间; 运聚方向

**作者简介:** 张帆, 男, 1981 年生, 高工, 从事油气地球化学研究。地址: 黑龙江省大庆市让胡路区研究院有机地化室。电话: 0459-5095289, E-mail: zhangfan1@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03C018

# 鄂尔多斯盆地东部山西组煤系地层含气性及气体地球化学特征

张 辉, 王怀厂

(中国石油勘探开发研究院中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院, 陕西 西安 710018)

**摘 要:** 煤系地层气指与煤系有关的天然气, 由于其储集方式特殊、储层渗透率低, 通常被称为非常规天然气。鄂尔多斯盆地东部山西组煤系地层中煤层、暗色泥岩、薄层致密砂岩呈互层分布, 气测显示活跃。为了研究煤系地层含气性及气体地球化学特征, 选取山西组暗色泥岩样品进行了现场解析气量测定、解析气组分和碳同位素分析以及相关有机地球化学分析。研究表明: 山西组山 2 段泥岩有机质丰度较高 (山 1 段 *TOC* 平均 1.33%, 山 2 段 *TOC* 平均 1.94%), 干酪根为 III 型, 处于成熟-过成熟阶段; 解析气中甲烷含量为 79.89%~96.03%, 平均为 90.40%, 乙烷碳同位素值为 -23.7‰, 属于煤成气; 山西组山 1 段泥岩现场解析平均含气量 0.52 m<sup>3</sup>/t, 山 2 泥岩平均含气量 1.08 m<sup>3</sup>/t, 均低于四川盆地筇竹寺组-龙马溪组页岩解析气含量, 表明鄂尔多斯盆地山西组泥岩中煤系地层气勘探潜力有限, 单独开采难以形成工业性开发。

**关键词:** 煤系地层气; 山西组; 含气性; 成因类型; 鄂尔多斯盆地

**通讯地址:** 陕西省西安市未央区凤城四路长庆科技楼.

E-mail: zhanghui01\_cq@petrochina.com.cn; 电话: 029-86592644.

编号: NGGSF03C019

# 准东侏罗系烃源岩低温热解实验及其地质意义

张明峰, 熊德明, 吴陈君, 妥进才

(甘肃省油气资源研究重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 准东侏罗系烃源岩绝大多数  $R_o < 1.0$ , 并随着埋深增加变化很小 (0.5%~0.8%), 即在较长的地质历史时间经历相对较低的热作用, 针对其热演化的特殊性, 选择侏罗系泥岩, 炭质泥岩和煤开展高压釜封闭体系, 低温加水条件下的热解生烃模拟实验研究, 将热模拟温度设为 330°C、350°C、370°C、390°C, 每个温度点恒温时间设为 3 天、7 天、14 天、21 天、30 天。实验结果表明, 330°C 随着时间增长都表现为较低的产气量, 在 350°C、370°C、390°C 随着同一温度恒温时间增长, 烷烃气体生成量有 1-4 倍的增加, 即  $R_o$  增高 0.2%-0.3% 时, 烷烃气生成量有显著增加。结合前人对烃源岩吸附量的研究, 发现 330°C 时烃源岩随着时间增长, 气体量虽有缓慢增加, 但是仍小于吸附量, 不能作为有效烃源岩。350°C 时煤和泥岩恒温 3 天时产气量小于吸附量, 当随着时间增长, 恒温 14 天-30 天时的产气量大于吸附量, 达到有效烃源岩, 而炭质泥岩即使恒温 30 天产气量小于吸附量。370°C 和 390°C 煤、炭质泥岩和泥岩恒温 3 天时产气量小于吸附量, 恒温 14 天-30 天时的产气量大于吸附量, 达到有效烃源岩。因此, 考虑时间因素对热解模拟实验气态产物的影响, 将有助于更准确的进行有效气源岩评价, 低熟气形成条件及资源量估算的研究。

**关键词:** 准东侏罗系源岩; 低温热解实验; 时间因素; 气态产物产率; 有效气源岩评价

**基金项目:** 中国科学院西部之光项目和甘肃省重点实验室专项资助。

**作者简介:** 张明峰 (1979-), 男, 甘肃兰州人, 副研究员, 博士, 主要从事油气地质和地球化学研究。E-mail: zhangmf@lzb.ac.cn.

编号: NGGSF03C020

# 塔里木盆地东北缘泥页岩 有机地球化学特征

张 跃

(长安大学地球科学与资源学院, 西安 710054)

**摘要:** 页岩气作为非常规油气资源, 指主体位于暗色泥页岩或高碳泥页岩中, 以吸附或游离状态为主要存在方式的天然气聚集, 集“生、储、盖”于一体, 表现为典型的“原地”成藏模式。因其资源分布广、可采资源量大, 页岩气的勘探和开采事关世界天然气和能源供应的格局。美国勘探发现了丰富的页岩气资源, 凭借世界领先的勘探开发技术, 取得了丰富的成果, 并已进入页岩气开发的快速发展阶段。2015年其页岩气产量超过  $4200 \times 10^8 \text{m}^3$ , 已占美国天然气总产量的一半左右。我国2010年在四川盆地古生界海相页岩中取得突破, 成为北美以外地区率先实现页岩气开采的国家。2016年页岩气产量为  $78.82 \times 10^8 \text{m}^3$ , 仅次于美国、加拿大, 位居世界第三位。本文从塔里木盆地东北缘构造演化、泥页岩发育特征及有机地化特征出发, 为该区域页岩气的勘探提供资料。

## 1. 构造背景及演化

塔里木盆地东北缘是指孔雀河斜坡及其相邻地区, 包括北面相邻的库鲁克塔格断隆和天山造山带的部分地区, 南面的满加尔拗陷与西面沙雅隆起的部分地区。塔里木盆地东北缘是一个经过多次伸展作用和缩短、挠曲作用形成的叠合型盆地。前震旦纪塔北地区中一新元古代发育的“元古南天山洋”最终关闭, 形成范围很大的统一克拉通。震旦纪—奥陶纪在克拉通基础上经过伸展作用形成南天山洋盆、库鲁克塔格裂陷槽和满加尔克拉通边缘拗陷。志留—泥盆纪南天山洋俯冲—闭合引起的挤压作用下, 该区发育消减洋盆与弧前盆地。石炭纪—早二叠世经过再伸展作用, 塔东北地区的南天山南缘发育裂陷槽(局部可能发育洋盆)。晚二叠世—第四纪属于前陆盆地发育阶段。自晚二叠世后, 逐渐演化为现今的塔里木盆地。

## 2. 泥页岩空间展布特征

研究区内泥页岩主要发育在寒武系、奥陶系、石炭系、三叠系、侏罗系。中下寒武统泥页岩主要为硅质泥岩、灰质泥岩、页岩, 厚度一般在150~350m, 草湖凹陷大致为50~500m, 库尔勒鼻凸为100~400m。中下奥陶统黑土凹组在库鲁

**作者简介:** 张跃, 男, 1992年生, 硕士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。E-mail: 582304556@qq.com.



克塔格南区露头广泛发育,为黑灰、灰黑色薄层状硅质页岩、泥岩夹含放射虫硅质岩,并以夹有含放射虫硅质岩。在孔雀河斜坡及塔东地区平面分布比较稳定,厚度约为40~75m之间。中上奥陶统却尔却克组以深灰色泥岩、灰色粉砂质泥岩为主,钻厚达585m,以群克1井上奥陶统底部见厚48m碳质泥岩。石炭系地层仅分布于草湖凹陷和满加尔凹陷,隆起区库尔勒鼻凸缺失。草1井、草2井、草3井、草4井、满1井、满2井均钻遇下石炭统,暗色泥岩在各井分布差异很大,草1井厚达100m,而草2井仅4m。三叠系为深灰、灰黑色泥质岩,在草湖凹陷—库尔勒鼻凸西南部地区沉积厚度由西向东减薄,到孔雀河一带和东北部缺失,为陆相滨浅湖—辫状河三角洲沉积。侏罗系主要为一套含有煤层的河流相以及滨浅湖—沼泽相沉积岩。暗色泥页岩厚度较大,在草湖凹陷以及孔雀河斜坡西部侏罗系较厚地区,暗色泥岩厚度为80~255m,在孔雀河斜坡东部厚度变薄,为30m左右;煤层厚度为12~25m。

### 3. 泥页岩有机地球化学特征

通过前人研究,塔东北库南1井寒武系—下奥陶统17个泥岩样品,其中13个样品有机碳含量大于1%,达到较好烃源岩标准;其余4个样品有机碳含量均大于0.5%。塔东1井黑土凹组泥页岩有机碳含量为0.86~2.67%,平均1.94%。寒武系 $R_o$ 为1.90~2.04%,下奥陶统为1.74%。石炭系暗色泥页岩有机碳含量为0.41~1.5%,平均0.58%;氯仿沥青“A”值为66~96ppm。三叠系有机碳含量一般大于0.5%,部分样品的氯仿沥青“A”大于300ppm,生烃潜量 $S_1+S_2$ 为0.06~1.12mg/g, $R_o$ 为0.6~0.81%。侏罗系暗色泥岩有机碳一般为0.6~4.1%,平均1.73%;碳质泥岩有机碳一般为2.23~18.24,平均7.87%;群克1井17个泥质岩样品中,有机碳平均含量为1.21%,大于0.5%的样品有11个,其中有9个样品的有机碳含量大于1.0%, $R_o$ 一般小于0.5%。

编号: NGGSF03C021

# 塔里木盆地塔中隆起西部地区奥陶系次生地球化学作用与油气成藏——对复杂流体相态成因的指示意义

张志遥, 朱光有

(中国石油勘探开发研究院石油地质研究所)

**摘要:** 塔里木盆地塔中隆起西部奥陶系油气资源丰富, 但油气性质、相态及分布极其复杂, 造成勘探开发难、资源预测难。对该地区凝析油与原油样品开展全二维气相色谱/飞行时间质谱 (GC×GC-TOFMS) 与油气组分分析, 凝析油与原油成因与来源相似、成熟度相近, 属于正常成熟度范围, 前者检测出多种类型、丰度较高的金刚烷与硫代金刚烷、具有较高的气油比和天然气干燥系数, 后者则仅检测出少量金刚烷与硫代金刚烷, 气油比和天然气干燥系数较低。根据原油热模拟实验, 该地区原油热裂解初期产生的甲烷具有较低的  $\delta^{13}\text{C}_1$ , 与储层产出的天然气甲烷同位素一致, 指示天然气属于原油裂解初期产物, 而储层现今温度小于  $140^\circ\text{C}$  (对应 6,300m 深度), 不发育膏岩, 不具备 TSR 与原油热裂解的发生条件。深层寒武系发育厚层蒸发岩, 现今埋深超过 9,000m (温度高于  $190^\circ\text{C}$ ), TSR 与原油热裂解作用产生大量天然气并沿大型走滑断裂向上侵入早期油藏, 临近断层的地区气侵强, 油藏被强烈改造、形成气侵富集型次生凝析气藏, 导致复杂油气相态的产生。基于对复杂油气相态成因与油气成藏过程的分析, 进一步预测了流体分布特征, 同时提出深层可能保存了大型油气资源, 具有重要的勘探潜力。

**作者简介:** 张志遥, 中国石油勘探开发研究院石油地质研究所; 北京市海淀区学院路 20 号中国石油勘探开发研究院, 100083\*010-83595869; 18801098761.

编号: NGGSF03D001

# 准噶尔盆地东南缘芦草沟组页岩气成藏条件分析

曹 璠

(长安大学地球科学与资源学院, 西安 710054)

**摘 要:** 准噶尔盆地东南缘上二叠统芦草沟组是准噶尔地区页岩气勘探的主力层位, 综合该地区前人研究资料、野外地质勘探资料与室内实验测试资料, 认为准东南芦草沟组具有较好的页岩气成藏条件, 其上段为页岩气主要储集层段。芦草沟组上段为半深湖-深湖亚相, 富有机质页岩沉积厚度大, 最厚可达 500m 以上, 且有机质含量高 (平均  $TOC > 2.0\%$ ), 生烃潜量高 (平均  $(S_1+S_2) > 20\text{mg/g}$ ), 综合评价为最好烃源岩。在研究区内目的层上覆地层厚度在 1320~1850m 范围内, 深度适中, 利于页岩气储存。脆性矿物含量较高, 平均值为 61.29%, 有机质孔发育, 主要以纳米-微米级孔隙为主。综合以上分析, 并根据野外地质勘察, 认为准东南地区具有良好的页岩气勘探开发潜力, 芦草沟组上段是勘探的重点层位。

**关键词:** 准东南地区; 页岩气; 成藏条件

---

**作者简介:** 曹璠, 硕士, 从事非常规油气研究, 电话: 18220511365, E-mail: 569719507@qq.com.

编号: NGGSF03D002

# The influence of seabed alternation on gas hydrate reservoirs in Shenhu area and quantitative assessment of controlling factors

Jin-an Guan<sup>1,2,3,4</sup>

(1.Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;2.Key Laboratory of Gas Hydrate, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;3.Guangdong Provincial Key Laboratory of New and Renewable Energy Research and Development, Guangzhou 510640, China;4.Guangzhou Center for Gas Hydrate Research, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The Shenhu hydrate reservoirs of northern South China Sea are speculated to form and accumulate under the free gas-rich environment, and accord with the flow-transportation-reaction process. During this process, this area has also experienced the simultaneous alternations of the local geological structures and ambient conditions. First-order reaction kinetics, that controls the hydrate reaction, was coupled with the seafloor sedimentation to quest the dynamic formation and aggregation mechanism of the Shenhu hydrate layers. Firstly, based on the indications from Peclet number, the hydrate reaction shall play more active roles during the natural sedimentation in this process. Secondly, when the average seafloor sedimentation rate and the initial seafloor were 5 cm/ka and 988 m, respectively, three moments (50 ka, 3 Ma, and 5 Ma) were chosen to investigate the evolution process of the hydrate reservoirs and exhibit the change of the local pressures, temperatures, dissolved methane and salt, phase saturations, stratum permeability, and pore capillary pressure. The results show that after 5 Ma the occurrence and distribution of hydrate-bearing sediments proceed to be nearly consistent with the current status. Finally, the effects of five factors, including methane flux, kinetic coefficient, initial fluid position, permeability and seafloor sedimentation rate which simultaneously control the accumulation together in this zone were quantitatively discussed. It verifies that the reaction-sedimentation mechanism is applicable for researching the Shenhu hydrate system. Under this model it should has the small methane flux and relatively small reaction coefficient here.

**Keywords:** Gas hydrate; Shenhu area; Sedimentation-reaction process; Free gas; Controlling factor

编号: NGGSF03D003

# 四川盆地龙潭组页岩气成藏条件及有利区带预测

郝翠果, 李 剑, 杨 威, 莫午零

(中国石油勘探开发研究院廊坊园区, 河北 廊坊 065007)

**摘要:**页岩气是由连续的生物成因或生物-热成因的天然气, 主要见于暗色页岩或高碳页岩中, 以吸附或游离状态为主要存在方式(张金川等, 2004)。页岩气的勘探最初始于美国, 已经历 180 余年的历史(李大荣, 2004)。目前, 中国页岩气勘探也取得了显著的进展, 已经建立了涪陵焦石坝、长宁-威远、昭通和延长 4 个国家页岩气示范区, 截止 2014 年底页岩气产量已达  $13 \times 10^8 \text{m}^3$ 。目前页岩气的勘探主要以志留系龙马溪为主, 其次是寒武系筇竹寺组, 其它层系页岩气的研究则相对较少。本文通过野外露头、岩心、钻井、地震等资料分析, 研究了四川盆地龙潭组页岩分布、地球化学特征及物性特征, 在此基础上, 综合预测了龙潭组页岩气富集有利区带。

四川盆地二叠系龙潭组主要为深灰、灰黑色页岩、灰色砂岩夹薄煤层。页岩厚度较大, 盆地内一般大于 50m, 最大厚度可达 120m。盆地北部达县、云阳一带发育两个厚度中心, 最大厚度 90~100m; 盆地中南部资阳-安平店、重庆西南部及孔 19 井区发育三个厚度中心, 最大厚度 100~120m; 仪陇以西和涪陵-石柱一带厚度较小, 一般小于 40m。

对 78 块样品分析显示, 龙潭组页岩有机质丰度高, 有机碳一般为 1.14%~10.44%, 平均 2.38%, 高丰度烃源岩主要分布与龙潭组底部。样品干酪根同位素  $\delta^{13}\text{C}$  为 -26.8‰~29.5‰,  $\text{C}_5\text{-C}_7$  链烷烃的含量在 52%~65%, 异构烷烃较为丰富, 姥鲛烷/植烷 (Pr/Ph) 比值为 0.55~0.97, 总体表现出还原环境下海相藻类 II 型干酪根的特点。热演化程度影响页岩生烃潜力和吸附能力, 龙潭组页岩样品热演化程度较高,  $R_o$  介于 2.60%~3.34% 之间, 处于高-过成熟阶段, 有利于干气大量形成。

龙潭组页岩粘土矿物较为发育, 粘土矿物含量 20.3%~92.3%, 平均 61.9%; 脆性矿物含量较低, 脆性矿物含量 6.3%~65.7%, 平均 27.7%。龙潭组页岩发育多种类型微孔隙, 包括粒间孔、溶蚀孔、粒内孔、晶间孔、有机质孔和微裂缝。

**作者简介:** 郝翠果, 女, 1981.12, 河北邯郸人, 工程师, 现主要从事天然气地质综合研究工作。通讯地址: 河北省廊坊市万庄石油分院, 电话: 010-69213322, E-mail: haocuigu082@petrochina.com.cn.

样品中孔隙形状不规则,主要为微米级基质孔隙,以 $0.1\sim 5\mu\text{m}$ 孔隙为主。微孔最为发育,介孔、宏孔相对不发育,这与对川南地区的研究成果基本一致(张吉振等,2014)。样品测试吸附气含量为 $0.38\sim 1.76\text{m}^3/\text{t}$ 。盆地模拟结果显示龙潭组页岩生气强度普遍大于 $15\times 10^8\text{m}^3/\text{km}^2$ ,南充-合川、开县-云阳地区存在两个生气中心,生气强度大于 $(50\sim 60)\times 10^8\text{m}^3/\text{km}^2$ 。可见龙潭组页岩已具备了页岩气成藏的有利条件。

通过页岩的厚度、埋深、有机质丰度、储集层特征、含气性等因素综合分析,评价出川东北云阳区块和川东垫江区块为当前最现实的勘探有利区块。云阳区块龙潭组页岩埋深 $2100\sim 2700\text{m}$ ,厚度 $35\sim 90\text{m}$ ,有机碳含量 $2.0\%\sim 5.5\%$ ,生气强度 $(40\sim 50)\times 10^8\text{m}^3/\text{km}^2$ ,分布面积 $4700\text{km}^2$ 。垫江区块龙潭组页岩埋深 $2350\sim 2750\text{m}$ ,厚度 $40\sim 60\text{m}$ ,有机碳含量 $2.0\%\sim 3.5\%$ ,生气强度 $15\sim 20\times 10^8\text{m}^3/\text{km}^2$ ,分布面积 $6200\text{km}^2$ 。

**关键词:** 川东地区; 构造几何学; 节理组构分析; 变形过程; 油气成藏意义

#### 主要参考文献:

- [1]张金川,金之钧,袁明生,2004.天然气工业,24(7):15-18.
- [2]李大荣,2004.美国页岩气资料及勘探历史.石油知识,104(1):61.
- [3]张吉振,李贤庆,刘洋,蔡月琪,王元,牛海岩,扈松林,许霞,2014.川南地区龙潭组页岩气成藏条件及有利区分析.中国煤炭地质,26(12):1-6.



编号: NGGSF03D004

# 南海北部大陆边缘盆地生物气资源与天然气水合物成矿成藏

何家雄<sup>1</sup>, 卢振权<sup>2</sup>, 苏丕波<sup>3</sup>, 张伟<sup>3</sup>

(1.中国科学院边缘海与大洋地质地质重点实验室, 广东 广州 510640; 2.中国地质调查局油气资源调查中心, 北京 100037; 3.中国地质调查局广州海洋地质调查局, 广东 广州 510075)

**摘要:**南海北部大陆边缘盆地天然气资源丰富, 迄今在该区浅层及中深层除发现大量成熟-高熟偏腐殖型气(煤型气)资源外, 在 2300m 以上的浅层普遍发现存在大量生物气/亚生物气显示和单独成藏的生物气/亚生物气气藏。根据以往及近年来天然气勘探所获大量气体地球化学资料和天然气水合物勘探及地质地球化学分析, 结合油气及水合物成藏地质条件, 本文深入分析和阐明了南海西北部莺-琼盆地及东北部珠江口盆地生物气/亚生物气地质地球化学特征和新近纪及第四纪生物气/亚生物气烃源岩展布特点, 在此基础上, 初步预测和估算了莺-琼盆地和珠江口盆地生物气生成量与资源量。研究表明, 南海北部生物气及亚生物气资源丰富, 可以为深水天然气水合物成矿成藏提供主要气源。同时, 通过近年来南海北部深水勘探所获天然气水合物成因类型的地球化学分析研究, 亦进一步证实了该区迄今为止勘探发现的天然气水合物, 均以“自源水溶扩散型”生物成因类型水合物为主, 亦有少量生物-热解混合成因类型水合物分布, 其气源供给主要来自原地或其附近以生物气为主的混合气, 其天然气水合物运聚成藏模式多属于原地及其附近生物气气源供给近源运聚成藏的“自源扩散型”成因模式, 进而形成了目前的深水海底浅层天然气水合物矿藏。诚然, 南海北部深水某些断层裂隙与泥底辟及气烟囱局部发育区域, 尚存在渗漏型热解气源供给下生上储运聚成藏的水合物矿藏, 因此, 南海北部天然气水合物资源潜力巨大。

通过以上研究, 本文尚获得了以下几点重要结论与认识:

(1)南海北部生物气/亚生物气(生物-低熟过渡带气)资源丰富、分布广泛且资源潜力大。初步的评价预测结果表明, 其不仅能在浅层形成游离气形式产出生物气/亚生物气气藏, 而且能够为深水海底浅层天然气水合物矿藏提供充足的气源供给。

(2)南海北部边缘盆地生物气/亚生物气烃源岩分布广泛, 纵向上(深水海底以下至 3200m 以上)从上渐新统-上新统直至第四系未成岩/成岩富有机质的泥质

**作者简介:** 何家雄(1956-), 男, 岗位教授/研究员, 博士, 主要从事油气及水合物勘探与成藏地质综合研究。电话: 020-85292385; E-mail: hejx@gig.ac.cn.

岩系等,均可作为生物气/亚生物气烃源岩;区域上生物气烃源岩展布规模巨大,尤其是上中新统-上新统浅海相及半深海相有机质丰度相对较高的泥质烃源岩分布广泛,故具有巨大的生烃潜力。

(3)南海北部深水区白云凹陷神弧及东南部东沙勘查区目前钻获的天然气水合物,属于生物成因为主的水合物类型,其气源供给主要来自深水海底浅层原地附近富含有机质泥质岩系形成的以生物气/亚生物气为主的混合气,具有“自生自储”原地附近运聚的成矿成藏特征。

(4)天然气水合物形成的控制影响因素较多,但最主要的起决定性作用的乃在于其充足的气源供给和特定的高压低温稳定带的时空耦合配置,由此最终控制和决定了天然气水合物成矿成藏特征及其形成演化模式和成因机制。

(5)根据天然气水合物成矿成藏特征及其主要控制影响因素,可将天然气水合物成矿成藏模式,划分为微生物作用成烃的“自源扩散型”自生自储原地成矿成藏模式与深部有机质热解成烃,通过断裂及底辟通道输送供给的“他源渗漏型”下生上储异地成矿成藏模式两种主要类型。南海北部深水区目前勘查发现的天然气水合物成矿成藏模式以“自源扩散型”原地成矿成藏模式为主,具有“自生自储”原地及附近运聚成矿成藏特征,且受控于该区充足的生物气气源供给和深水区特定的高压低温稳定带之地质条件。

**关键词:** 生物气/亚生物气;资源潜力;天然气水合物成因类型;成矿成藏模式;南海北部

#### 主要参考文献:

- [1]何家雄,洗仲猷,陈伟煌,等.莺-琼盆地生物气及生物-低熟过渡带气特征与勘探前景[J].中国海上油气(地质),2002,16(1):27-32.
- [2]傅宁,林清,刘丽英.从南海北部浅层气的成因看水合物潜在的气源[J].现代地质,2011,25(2):332-339.
- [3]何家雄,夏斌,张启明,等.南海北部边缘盆地生物气和亚生物气资源潜力与勘探前景分析[J].天然气地球科学,2005,16(2):167-180.
- [4]付少英,陆敬安.神狐海域天然气水合物的特征及其气源[J].海洋地质动态,2010,26(9):6-10.
- [5]祝有海,张光学,卢振权,等.南海天然气水合物成矿条件与找矿前景[J].石油学报,2001,22(5):6-10.
- [6]何家雄,祝有海,陈胜红.天然气水合物成因类型及成矿特征与南海北部资源前景[J].天然气地球科学,2009,20(2):237-243.
- [7]张光学,黄永祥,祝有海,等.南海天然气水合物的成矿远景[J].海洋地质与第四纪地质,2002,22(1):75-81.
- [8]孙春岩,吴能有,牛滨华,等.南海琼东南盆地气态烃地球化学特征及天然气水合物资源远景预测[J].现代地质,2007,21(1):95-100.
- [8]卢振权,祝有海,张永勤,等.青海祁连山冻土区天然气水合物的气体成因研究[J].现代地

质,2010,24(3):581-588.

[9]苏丕波,雷怀彦,梁金强,等.神狐海域气源特征及其对天然气水合物成藏的指示意义.天然气工业,2010,30(10):103-108.

[10]于兴河,张志杰,苏新,等.中国南海天然气水合物沉积成藏条件初探及其分布[J].地学前缘,2004, 11(1): 311-315.

[11]龚跃华,杨胜雄,王宏斌,等.南海北部神狐海域天然气水合物成藏特征[J].现代地质,2009,23(2):210-216.

[12]陈多福,冯东,陈光谦,等.海底天然气渗漏系统演化特征及对形成水合物的影响[J].沉积学报, 2005, 23(2): 323-328.

[13]何家雄,卢振权,苏丕波, 张伟,冯俊熙.南海北部天然气水合物气源系统与成藏模式[J].西南石油大学学报,2016, 38(06):8-24.

[14]何家雄,张伟, 卢振权, 李晓唐.南海北部大陆边缘主要盆地含油气系统及油气有利勘探方向[J].天然气地球科学,2016,27(06):943-959.

[15] Jiaxiong He ,Shuhong Wang , Wei Zhang, Wen Yan, Zhenquan Lu (2016)Characteristics of mud diapirs and mud volcanoes and their relationship to oil and gas migration and accumulation in a marginal basin of the northern South China Sea. Environ Earth Sci 75:1110-1122

编号: NGGSF03D005

# 黔北地区下古生界页岩气储层孔隙结构特征研究

李贤庆<sup>1,2</sup>, 魏强<sup>1,2</sup>, 张学庆<sup>1,2</sup>, 郭曼<sup>1,2</sup>, 张吉振<sup>1,2</sup>, 王哲<sup>1,2</sup>, 祁帅<sup>1,2</sup>, 张敏<sup>1,2</sup>  
(1.中国矿业大学(北京)煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 北京 100083;  
2.中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083)

**摘要:** 页岩孔隙结构特征是影响页岩气藏储集能力和页岩气开采的重要因素。国内外研究表明,页岩孔隙研究主要表征的是微米—纳米级孔隙,其孔隙结构特征研究对于评价页岩气储层优劣和页岩气可采性具有重要意义。

黔北地区是我国上扬子地区海相页岩气资源调查评价的重点先导试验区之一,该区下古生界泥页岩有机碳含量高,有机质类型主要为I型,成熟度普遍高(为高—过成熟),且富有机质泥页岩厚度较大,具备页岩气藏形成的地质条件,页岩气资源潜力大。国内学者对黔北地区下古生界页岩孔隙特征已进行了研究,但其研究程度仍低,对该区牛蹄塘组和龙马溪组两套页岩气储层孔隙结构特征的对比研究较少。

以下寒武统牛蹄塘组和下志留统龙马溪组页岩样品为研究对象,综合运用扫描电子显微镜、高压压汞、CO<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>气体吸附等实验方法,对黔北地区下古生界页岩气储层孔隙度、孔隙类型与特征、孔径分布进行了研究,认为该区下古生界页岩发育多种成因类型的微米-纳米级孔隙,为页岩气赋存提供了储集空间。黔北地区下古生界牛蹄塘组和龙马溪组页岩均发育不同成因类型的微观孔隙,微米-纳米级孔隙多,分布较广,粒间孔、有机质孔和粒内孔较为发育,部分孔隙之间连通性较好。

研究表明:(1)黔北地区下古生界页岩孔隙度为1.30~13.37%,平均4.56%;(2)微孔(<2 nm)和介孔(2~50 nm)为黔北地区下古生界页岩气储集的主要载体,两者比表面积之和占总比表面积的94.3%,两者孔容之和占总孔容的59.1%,孔径主要分布于0.4~0.7 nm, 3~10 nm和0.05~200 μm这3个区间段,为狭缝状孔、管状孔和墨水瓶状孔;(3)龙马溪组页岩孔隙度、孔径与牛蹄塘组页岩存

**基金项目:** 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2012CB214702)、国家自然科学基金项目(41572125)和国土资源部公益性行业科研专项基金项目(201311022)。

**作者简介:** 李贤庆(1967-),男,教授,从事煤油气地质、有机地球化学、有机岩石学方面的研究,通讯地址:北京市海淀区学院路丁11号中国矿业大学33号信箱,100083,电话:010-62331854-8131, E-mail: Lixq@cumtb.edu.cn.

在一定的差异,龙马溪组页岩孔隙度平均为 6.4%,孔径均值为 4.71 nm,牛蹄塘组页岩孔隙度平均为 5.3%,孔径均值为 4.23 nm;(4)下古生界页岩气储层孔隙结构受页岩有机碳、有机质成熟度及矿物成分的影响:随着有机碳、石英含量的增加,页岩孔隙度和微孔孔容呈增加趋势;随着成熟度  $R_o$ 、黏土矿物含量的增加,页岩孔隙度和孔容呈降低趋势。

**关键词:**海相页岩气;下古生界;孔隙特征;孔隙结构;黔北地区

编号: NGGSF03D006

## 鄂东致密砂岩气有效储层分布规律研究

刘群明, 唐海发, 吕志凯, 王泽龙  
(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 以鄂尔多斯盆地东部大宁-吉县区块致密砂岩气为主要研究对象, 在高分辨率层序地层学及现代沉积学理论指导下, 综合应用岩心、露头、测井、地震、分析化验等资料开展了目标区主力层山<sub>2</sub>段沉积相及砂体展布特征研究, 并分析了有效储层主控因素及空间分布规律。研究表明: 山<sub>2</sub>段砂体沉积相类型主要为浅水三角洲前缘水下分流河道, 平面上发育东西两条呈NW-SE向条带状展布的主砂带, 砂带内由高能水下分流河道形成的粗粒岩相砂体控制了有效储层的分布, 有效储层纵向上主要分布在山<sub>2</sub>段底部层序界面附近, 平面上主要位于太原组古地貌地形低洼处。基于上述认识优选了主力层地层厚度、砂岩厚度、有效厚度、沉积相类型等6项参数, 建立有效储层富集区优选标准, 利用该标准筛选出富集区6个, 合计面积27.49 km<sup>2</sup>, 为下一步气田快速上产井位部署提供了有利区。

---

**作者简介:** 刘群明, 男, 1985年出生, 博士研究生, 工程师, 主要从事天然气开发地质研究工作。地址: (100083)北京市海淀区学院路20号中国石油勘探开发研究院910信箱气田开发研究所。电话: 010-83595081 手机: 13811458530。E-mail: liuqunming10@petrochina.com.cn.



编号: NGGSF03D007

# 克拉通盆地致密气成藏地质特征与勘探目标评价优选——以鄂尔多斯盆地上古生界为例

刘晓鹏<sup>1,2</sup>, 赵会涛<sup>1,2</sup>, 闫小雄<sup>1,2</sup>, 贾亚妮<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院, 陕西 西安 710018;

2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室, 陕西 西安 710018)

**摘要:** 通过鄂尔多斯地区晚古生代-中生代晚三叠世构造、沉积、地温场特征分析, 阐明了克拉通盆地构造稳定、整体升降、岩浆活动微弱、地温梯度及古地温较低等盆地属性是决定鄂尔多斯盆地上古生界致密砂岩气生、储、盖成藏组合大面积叠合分布, 储层先致密后成藏、断裂不发育对且天然气运聚基本没有贡献、天然气近距离运聚的根本原因。明确了相对优质储层粒度粗、刚性碎屑含量高, 溶蚀作用强, 喉道整体相对较粗、孔喉连通性好, 喉道覆压稳定性强, 应力敏感性和水锁伤害相对较弱, 储层改造效果好。粗粒高石英含量砂岩储层既是物性“甜点”也是工程“甜点”, 相对优质储层分布区的预测是研究区致密气有利勘探目标评价的工作核心。由富石英物源控制的石英砂岩区、同物源背景下的强水动力沉积微相区、砂体结构呈箱形的河道长期稳定发育的主河道区等是不同层次的可利勘探目标。

**关键词:** 鄂尔多斯盆地; 上古生界致密气; 克拉通盆地; 成藏模式; 成藏地质特征; 勘探目标优选

**基金项目:** 国家科技重大专项 (2016ZX05047-001; 2016ZX05050)。

**作者简介:** 刘晓鹏 (1978-), 男, 陕西周至人, 高级工程师, 硕士, 从事天然气地质勘探科研生产工作。E-mail: liuxiaop1\_petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03D008

# 页岩解吸气组分和同位素分馏特征及其影响因素

罗厚勇<sup>1</sup>, 刘文汇<sup>1</sup>, 范明<sup>2</sup>, 腾格尔<sup>2</sup>, 陶成<sup>2</sup>, 王晓锋<sup>1</sup>, 张东东<sup>1</sup>  
(1.西北大学地质学系大陆动力学国家重点实验室, 陕西 西安 710069;  
2.页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室, 江苏 无锡 214126)

**摘要:** 富有机质页岩是页岩气聚集和富集的物质基础, 四川盆地五峰组—龙马溪组页岩气主力产层形成于深水陆棚相沉积环境, 是我国目前页岩气勘探开发的主要目标层位。全球海侵背景下生物原始产率高和欠补偿的缺氧环境为形成大规模展布的富有机质黑色页岩奠定了基础。2004 年以来, 在借鉴北美页岩气成功经验的基础上, 我国学者开展了中国陆上富有机质页岩的形成与分布、页岩气形成条件、成藏机理和资源潜力评价等方面的研究并取得丰富的研究成果(张金川等, 2004, 2008; 王世谦等, 2009; 邹才能等, 2010, 2012; 王社教等, 2009; 马永生等, 2012; 贾承造等, 2012; 董大忠等, 2012; 卢双舫等, 2012; 赵文智等, 2016; 腾格尔等, 2017; 范明等, 2018), 成功指导了我国页岩气勘探。经过十余年的发展, 我国逐步成为与美国、加拿大鼎足而立的页岩气勘探开发大国, 强势迈入世界三强。

页岩含气量多少是决定勘探成败的关键, 在页岩气勘探开发过程中, 对钻井岩芯进行解吸是评价页岩含气量最为直接、快速和有效的方法, 同时也为页岩气地球化学研究和含气性主控因素研究提供基础数据。对渝东南地区 M 井龙马溪组不同埋深的 9 件页岩样品进行解吸, 结果显示其含气量介于  $1.0\text{m}^3/\text{t} \sim 5.0\text{m}^3/\text{t}$ , 富气层段集中于龙马溪组底部的富有机质硅质页岩; 含气量与 TOC、石英和长石含量有良好的正相关性, 与粘土矿物含量和碳酸盐岩矿物含量有良好的负相关性; 解吸气组分以甲烷为主, 含有乙烷、氮气和二氧化碳, 低温解吸阶段 ( $45^\circ\text{C}$ , 3h) 解吸气组分中甲烷和氮气百分含量较高, 而乙烷和二氧化碳百分含量较低; 高温解吸阶段 ( $110^\circ\text{C}$ , 约 5h) 则显示相反的趋势; 解吸过程中组分的分馏指示低温阶段解吸气游离气比重较大, 高温阶段吸附气比重较大。

解吸气过程中甲烷碳同位素呈现逐渐变重的特征, 甲烷碳同位素介于  $-36.0\text{‰}$

**基金项目:** 国家自然科学基金青年基金项目“页岩解析气碳同位素分馏特征及其指示意义研究”(编号: 41503033) 资助。

**作者简介:** 罗厚勇 (1985-), 男, 贵州兴仁县人, 博士后。主要从事油气地质学及地球化学研究。E-mail: luohouyong8@163.com。电话: 18761545198。

~+5.0‰, 乙烷碳同位素介于-40.0‰~-34.0‰。低温阶段甲烷碳同位素变重幅度较小, 高温阶段迅速变重, 并且 *TOC* 和含气量越大变重的幅度越大, 而乙烷碳同位素在整个解吸过程中变化较小。结合解吸过程中赋存状态和组分分馏规律, 初步认为解吸气甲烷碳同位素分馏主要受“吸附-脱附”过程的影响, 其次是扩散过程中的“质量分馏效应”的影响。

#### 参考文献:

- [1] 戴金星. 创新理论 提升实践 实现非常规油气技术的突破[J]. 非常规油气, 2014, 1(01): 1.
- [2] 董大忠, 邹才能, 杨桦, 等. 中国页岩气勘探开发进展与发展前景[J]. 石油学报, 2012, 33(51): 107-114.
- [3] 范明, 俞凌杰, 徐二社, 等. 页岩气保存机制探讨[J]. 石油实验地质, 2018, 40(01): 126-132.
- [4] 贾承造, 郑民, 张永峰. 中国非常规油气资源与勘探开发前景[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(02): 129-136.
- [5] 卢双舫, 黄文彪, 陈方文, 等. 页岩油气资源分级评价标准探讨[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(02): 249-256.
- [6] 马永生, 冯建辉, 牟泽辉, 等. 中国石化非常规油气资源潜力及勘探进展[J]. 中国工程科学, 2012, 14(06): 22-30.
- [7] 腾格尔, 申宝剑, 俞凌杰等. 四川盆地五峰组—龙马溪组页岩气形成与聚集机理[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(01): 69-78.
- [8] 王社教, 王兰生, 黄金亮, 等. 上扬子区志留系页岩气成藏条件[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 45-50.
- [9] 王世谦, 陈更生, 董大忠, 等. 四川盆地下古生界页岩气藏形成条件与勘探前景[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 51-58.
- [10] 张金川, 金之钧, 袁明生. 页岩气成藏机理和分布[J]. 天然气工业, 2004(07): 15-18+131-132.
- [11] 张金川, 徐波, 聂海宽, 等. 中国页岩气资源勘探潜力[J]. 天然气工业, 2008(06): 136-140+159-160.
- [12] 赵文智, 李建忠, 杨涛, 等. 中国南方海相页岩气成藏差异性比较与意义[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(04): 499-510.
- [13] 邹才能, 董大忠, 王社教等. 中国页岩气形成机理、地质特征及资源潜力[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(06): 641-653.
- [14] 邹才能, 朱如凯, 吴松涛, 等. 常规与非常规油气聚集类型、特征、机理及展望——以中国致密油和致密气为例[J]. 石油学报, 2012, 33(02): 173-187.

编号: NGGSF03D009

## 致密砂岩油气成藏机理与过程研究

罗晓容, 张立宽, 雷裕红, 程明, 施 辉, 曹斌凤  
(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

**摘要:** 我国油气勘探勘探难度日益加大, 致密性储层已成为油气勘探的主要目标, 但石油地质理论尚不能有效指导勘探实际。精细的油藏解剖分析表明, 致密砂岩表现出极强的非均质性, 有效孔喉体积相对集中, 占比超过 50%, 物性与含油气性间正相关。致密储层中砂岩体间泥岩构成了泥质隔层, 砂体内的钙质胶结砂岩和富软岩屑砂岩形成低层次隔夹层, 使得储层具有蜂房式结构非均质性。各类隔夹层受沉积构型界面控制, 均在早期成岩过程中已变得致密, 油气在运移过程中受到隔夹层的阻挡, 在运移的通道上可以形成具有一定厚度和平面分布范围的中小油气聚集, 运移指向的圈闭仍然是最为有利的聚集位置。致密储层中油气运聚成藏是一个早期油充注-成岩致密化-晚期油气运聚成藏的过程, 中晚期油气运聚受早期油充注范围的影响。致密砂岩油气不完全受烃源灶分布范围控制, 烃源灶范围内油气聚集取决于有效储层/输导层的分布, 在与烃源灶相关的储层/输导层中可发生晚期油气长距离运移并在远离烃源灶的位置聚集成藏。因此, 通过对第一期油气的运聚成藏动力学研究, 可以很好地分析致密砂岩油气的富集规律并预测甜点。

编号: NGGSF03D010

# 论笔石对页岩气源储的贡献: 以华南地区五峰组—龙马溪组笔石页岩为例

邱振<sup>1,2</sup>, 邹才能<sup>1,2</sup>, 董大忠<sup>1,2</sup>, 王红岩<sup>1,2</sup>, 卢斌<sup>1,2</sup>, 周尚文<sup>1,2</sup>,  
施振生<sup>1,2</sup>, 冯子齐<sup>3</sup>, 张梦琪<sup>1</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京, 100083; 2. 国家能源页岩气研发(实验)中心, 河北廊坊, 065007; 中国石油大学(华东), 山东青岛, 266580)

**摘要:** 奥陶纪-志留纪之交, 北美、欧洲、北非及我国华南地区等广泛沉积了一套黑色富有机质页岩(国际上称为“hot shale”), 是全球古生代油气资源最重要的烃源岩层系之一。其中在我国华南地区最为典型, 主要为五峰组-龙马溪组笔石页岩地层, 是当前我国页岩气勘探开发的目标层系。该套页岩层系中页岩气探明地质储量已超 5000 亿方, 2017 年产量已达 90 亿方, 充分显示了我国海相页岩气勘探开发的巨大资源潜力。

笔石作为华南地区五峰组-龙马溪组页岩标志性化石, 其不同笔石带已被广泛用于全球这一时期黑色页岩地层划分与区域对比。诸多勘探实践及研究表明, 华南地区五峰组-龙马溪组底部(笔石生物带 WF2-LM5) 是页岩气的有利富集层段。笔石生物带作为“时间标尺”, 能够对页岩地层进行精细地划分与区域对比, 对华南地区页岩气的有利层段及有利区的优选具有重要作用, 即对页岩气勘探具有“间接”的指导意义。但页岩气作为页岩中自生自储气藏, 笔石生物是页岩的重要组成部分, 它对页岩气源储的贡献如何? 这决定着它对页岩气勘探是否具有“更直接”的意义。

华南地区奥陶纪-志留纪之交五峰组—龙马溪组笔石页岩广泛发育, 该套笔石页岩层系是目前我国页岩气勘探开发的目标层段。基于扬子板块南缘及北缘五峰组—龙马溪组底部近 1000 余件页岩样品中笔石丰度统计与相关页岩样品的有机碳(TOC)含量测试、不同尺度扫描电镜分析等数据, 综合分析了华南地区页岩中笔石丰度与有机质富集的关系, 初步明确了笔石中有机质分布及孔隙特征, 探讨了笔石对页岩气源储的贡献。五峰组—龙马溪组笔石页岩全岩(包括笔石体

**基金项目:** 国家自然科学基金(41602119); 中国石油科学研究与技术开发项目(2016B-0302-01); 中石油勘探开发研究院项目(XN41601, XN41603)

**作者简介:** 邱振(1984-), 男, 安徽亳州人, 博士(后), 中国石油勘探开发研究院工程师, 主要从事沉积地质及非常规油气方面的研究工作。地址: 河北省廊坊市万庄 44 号信箱, 邮政编码: 065007。E-mail: qiuzhen316@163.com; qiuzhen@petrochina.com.cn; 手机: 15810460782

与非笔石体即围岩两部分) *TOC* 含量主要受其围岩所控制, 而受笔石体丰度影响程度较小, 指示笔石对页岩有机质富集即“源”的影响程度相对较小。笔石体上发育有大量的有机质, 具有网状生物组织结构, 约占笔石体面积 20%~50%; 笔石体内发育蜂窝状孔隙, 孔径大小一般为 110nm-1.7 $\mu$ m, 平均约为 500nm, 高于围岩中有机质孔 (108nm-770nm, 平均约为 330nm), 这表明笔石体对页岩气储集空间具有重要贡献。由于五峰组—龙马溪组底部页岩发育大量笔石, 局部呈叠加堆积式、或纹层状分布, 不仅能够为页岩气提供了大量储集空间, 同时也可作为页岩气流体流动的优势通道, 因此, 可认为笔石大量发育是该段页岩气富集高产的重要因素之一。



编号: NGGSF03D011

# 鄂尔多斯盆地致密砂岩流体包裹体与成藏演化特征

陶士振, 米敬奎, 秦胜飞, 韩文学, 麻伟娇  
(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 鄂尔多斯盆地上古生界煤成致密砂岩气是中国陆上典型的大型致密砂岩气田, 气田的形成源于大范围广覆式展布的煤系烃源岩与大规模海陆交互致密砂岩储集体时空上的有利匹配。煤系烃源岩具有全天候生排气特点, 现今气田的形成是煤系烃源岩生成的天然气长期充注聚集的结果, 气藏中现今保留下来的天然气主要是中晚期充注聚集的天然气。现今气田气与气层流体包裹体中气体组成及地球化学存在一定的差异性, 尤其天然气组分差别较大, 同位素差别相对较小。流体包裹体中捕获的气体代表天然气充注运聚过程中, 伴随着成岩自生矿物的形成或裂缝愈合过程中捕获的天然气, 反映地史时期天然气地球化学特征。

本次采集了鄂尔多斯盆地上古生界苏里格、乌审旗、榆林、靖边、神木、米脂、延长等 7 个致密砂岩气田流体包裹体样品, 进行了流体包裹体岩相学、气体组分、碳同位素、均一温度和盐度等分析, 结合现今气田天然气组分及同位素地球化学比较分析, 探讨鄂尔多斯盆地煤成致密砂岩气形成与成藏演化特征。

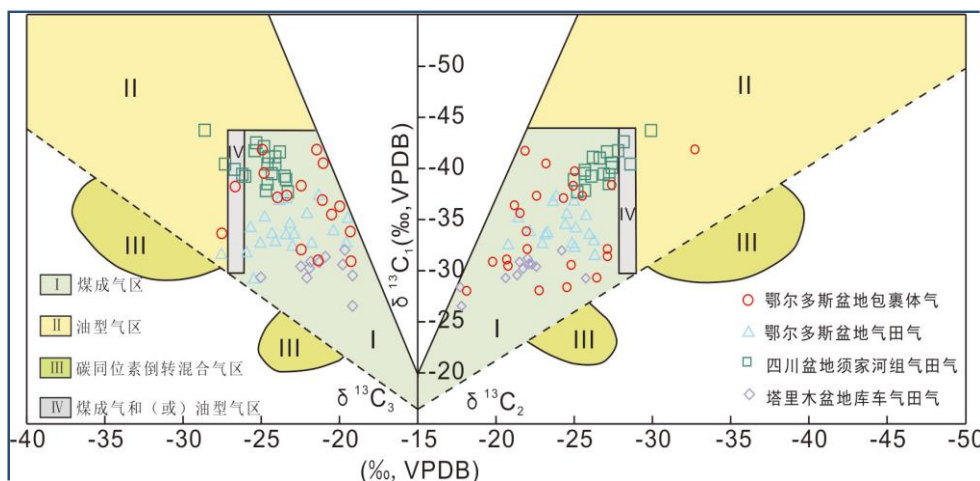


图 1 鄂尔多斯盆地上古生界流体包裹体气体  $\delta^{13}C_1$ - $\delta^{13}C_2$ - $\delta^{13}C_3$  与成因类型  
(底图图版据戴金星等, 2014)

**作者简介:** 陶士振, 1966 年生, 教授级高级工程师, 博士后, 安徽省颍上县人, 主要从事油气成藏与综合评价研究。通讯地址: 北京市海淀区学院路 20 号 910 信箱 (100083), 电话: 010-83598460。E-mail: tsz@petrochina.com.cn.



鄂尔多斯盆地上古生界现今气田中的天然气烃类组成以CH<sub>4</sub>为主,多数在90%以上,C<sub>2</sub>+重烃含量一般小于10%,主要为干酪根热降解气,干燥系数多数大于0.95,主要为干气。储层流体包裹体中的天然气组分与现今气田气有较大差异,CH<sub>4</sub>含量15.11%~98.15%,C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>含量0.01%~22.21%,C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>含量0~8.66%,iC<sub>4</sub>H<sub>10</sub>含量0~0.79%,nC<sub>4</sub>H<sub>10</sub>含量0~1.00%,H<sub>2</sub>含量0~6.77%,N<sub>2</sub>含量变化较大,介于1.56~83.87%之间。包裹体中气体同位素组成与气田气差异不是很大,但变化范围较大, $\delta^{13}C_1$ 介于-42.6‰~-24.6‰, $\delta^{13}C_2$ 介于-32.7‰~-18.0‰, $\delta^{13}C_3$ 介于-27.6‰~-15.1‰(图1,图2)。甲、乙烷碳同位素差异较大,其差值多数大于8%。碳同位素组成表明具有煤型气特征,表明致密砂岩气主要来源于上古生界煤系烃源岩,不存在海相烃源岩的贡献。二氧化碳碳同位素 $\delta^{13}C_{CO_2}$ 介于-17.1‰~-11.7‰(图3),具有有机成因特征。比较而言,下古生界如苏124井马家沟组流体包裹体中天然气 $\delta^{13}C_1$ 和 $\delta^{13}C_2$ 明显偏轻,分别为-41.9‰和-32.7‰,具有自生自储的油型气特征。

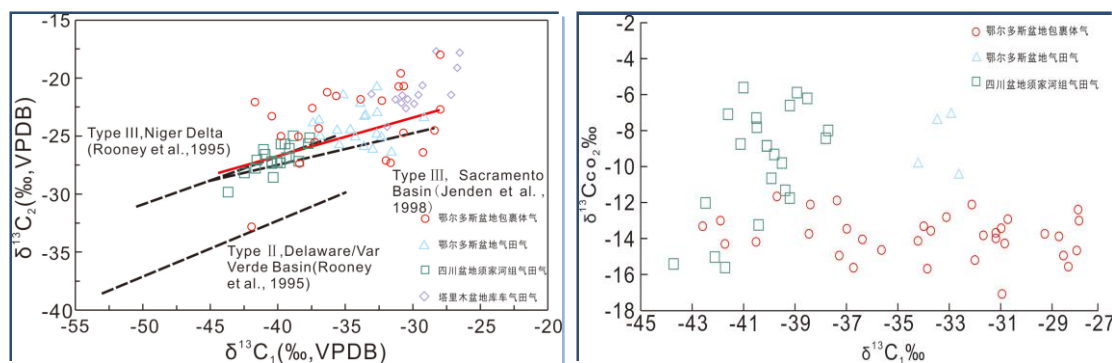


图2 气层流体包裹体气体 $\delta^{13}C_1$ - $\delta^{13}C_2$ 分布 图3 气层流体包裹体气体 $\delta^{13}C_1$ - $\delta^{13}C_{CO_2}$ 分布

现今气田天然气组分与气层流体包裹体中的天然气组分差别较大,总体上表现为烷烃气含量相对偏低,非烃气含量偏高;N<sub>2</sub>含量(1.56%~83.87%)变化大,主要来源于捕获当时地层水中溶解的N<sub>2</sub>。气层流体包裹体中天然气碳同位素组成变化范围较大,尤其 $\delta^{13}C_1$ 组成比现今气田气分布变化范围大,反映了不同气田特定时期被捕获的天然气碳同位素的差异性,或不同地质时期不同温压条件下,捕获不同成熟度天然气碳同位素的差异性。流体包裹体中捕获的甲烷碳同位素比较重的天然气,是较晚期成熟度较高阶段烃源岩生成排出的天然气,比较轻的天然气是早期成熟度较低阶段烃源岩生成排出的天然气。流体包裹体均一温度从77°C到161°C不等,反映了从中三叠世到白垩纪长期生烃、持续充注的过程。

**关键词:** 流体包裹体;煤成气;致密砂岩气;天然气;上古生界;鄂尔多斯盆地;成藏演化

**参考文献:**

- [1] 戴金星, 倪云燕, 胡国艺, 等. 中国致密砂岩大气田的稳定碳氢同位素组成特征. 中国科学: 地球科学, 2014, 44 (4): 563-578.
- [2] 戴金星, 倪云燕, 吴小奇, 等. 中国致密砂岩气及在勘探开发上的重要意义. 石油勘探与开发, 2012, 39 (3): 257-264.
- [3] 邹才能, 陶士振, 候连华, 等. 非常规油气地质学[M]. 北京: 地质出版社, 2014: 239-246.
- [4] Caineng Zou, Zhi Yang, Shizhen Tao, et al. Continuous Hydrocarbon Accumulation over a Large Area as a Distinguishing Characteristic of Unconventional Petroleum: The Ordos Basin, North-Central China[J]. Earth-Science Reviews, 2013, 126: 358-369.

编号: NGGSF03D012

## 川南地区龙马溪组页岩含气性对气井生产特征的影响

田冲<sup>1</sup>, 罗超<sup>1</sup>, 朱文旭<sup>2</sup>, 陈满<sup>3</sup>, 张小涛<sup>2</sup>, 蒋鑫<sup>1</sup>, 刘军<sup>1</sup>

(1.中石油西南油气田公司勘探开发研究院, 成都 610000; 2.四川页岩气勘探开发有限责任公司, 成都 610000; 3.四川长宁天然气开发有限责任公司, 成都 610000)

**摘要:**通过分析四川盆地南部地区龙马溪组页岩气井测试产量情况, 表明页岩含气量对气井产量有重要影响。单个气藏中总气量随地层静压力的变化, 与单位质量岩石的含气量随压力的变化具有相似的特征, 研究单位质量岩石的含气量随压力变化特征对分析单个气藏的产气特征具有重要指导作用。运用等温吸附实验、孔隙度、含水饱和度和密度等实验数据, 得到川南地区典型井龙马溪组页岩总含气量、游离气量和吸附气量随压力变化的曲线, 分析曲线特征表明: 在页岩气井产气初期, 以游离气的释放为主, 吸附气释放较少; 当产气至地层压力较低时, 游离气的释放稳定增加, 吸附气开始大量释放, 表现为游离气和吸附气共同释放。在页岩气井产气初期, 降低相同地层压力所释放的含气量较低; 当产气至地层压力较低时, 降低相同地层压力所释放的含气量较高; 当地层压力降低到 10MPa 时, 产层中仍有占原始地层含气量 34%~62%的气量未释放, 说明当地层压力较低时页岩气井仍具有较大的生产潜力。在页岩气井产气初期, 每释放相同含气量所需地层压力降低较大, 而随着生产过程中地层压力的降低, 所需地层压力降低逐渐变小, 这一现象表明页岩气井在稳产生产时, 初期地层压力降低较快, 随着投产时间增长, 地层压力的降低逐渐减缓。

**关键词:** 四川盆地; 龙马溪组; 页岩气; 含气性; 生产特征

编号: NGGSF03D013

# 四川盆地周缘下志留统龙马溪组和下寒武统牛蹄塘组页岩微纳米孔隙类型及演化特征

王鹏飞<sup>1,2</sup>, 姜振学<sup>2</sup>, 吕鹏<sup>1</sup>, 金璨<sup>3</sup>, 李鑫<sup>2</sup>, 黄璞<sup>4</sup>

(1.中国地质调查局地学文献中心, 北京 海淀 100083; 2.中国石油大学非常规天然气研究院, 北京 昌平 102249; 3.中国石化上海海洋油气分公司, 上海 浦东 200120; 中国石化西南油气田, 四川 成都 610000)

**摘要:** 四川盆地周缘针对下志留统龙马溪组和下寒武统牛蹄塘组两套海相页岩气已经进行了卓有成效的勘探与开发, 但两套页岩的产气效果却存在较大差别, 其中龙马溪组页岩产气量大, 稳产时间长; 牛蹄塘组页岩产气量小, 产量递减时间短。因此, 本论文以四川盆地周缘重庆地区龙马溪组和牛蹄塘组海相页岩样品为研究对象, 通过页岩储层有机碳含量测试、全岩 XRD 分析、等效镜质体反射率测试、聚焦离子束扫描电子显微镜观察、地层埋藏史及演化史分析, 对页岩储层微纳米孔隙类型及演化特征进行了研究。结果表明: 研究区下志留统龙马溪组和下寒武统牛蹄塘组页岩平均 TOC 含量均大于 2.0%; 牛蹄塘组页岩的等效镜质体反射率普遍在 3.0%~4.0%之间, 储层热演化程度已达到过成熟—变质期阶段; 龙马溪组页岩的等效镜质体反射率普遍在 2.0%~3.0%之间。影响页岩微纳米孔隙发育的最重要的因素是储层的热演化程度。龙马溪组和牛蹄塘组页岩的粒间孔隙和粒内孔隙发育特征差别不大, 但两套页岩的有机质孔隙发育存在较大差别。牛蹄塘组页岩的有机质孔隙由于过度演化而大量消失, 而龙马溪组页岩的热演化程度适中, 有机质孔隙得以大量保存。适宜的热演化程度能够保证页岩有机质孔隙的大量发育期和生烃高峰期的耦合, 为页岩气生成之后第一时间得到有效赋存提供必要的有机质孔隙。针对中国南方下寒武统牛蹄塘组页岩气的勘探开发应重点寻找热演化程度适中 ( $2.0% < R_o < 3.0%$ ) 的页岩分布区。

**关键词:** 四川盆地周缘; 下古生界页岩; 龙马溪组; 牛蹄塘组; 孔隙结构; 演化

**作者简介:** 王鹏飞 (1988-), 男, 博士, 中国地质调查局地学文献中心文献情报室助理研究员, 主要从事非常规油气成藏与地质评价及能源信息方面的研究; E-mail:wpfupc725@outlook.com, 电话: 010-66554775; 通讯地址: 北京市海淀区学院路 29 号, 邮编: 100083.

编号: NGGSF03D014

# 煤系气及盆地深部勘探开采一体化 科学构想

魏新善<sup>1</sup>, 王克<sup>2</sup>, 任军峰<sup>1</sup>, 赵会涛<sup>1</sup>, 赵小会<sup>1</sup>, 陈娟平<sup>1</sup>

(1. 中国石油长庆油田勘探开发研究院, 西安 710081; 2. 西安石油大学地球科学与工程学院, 西安 710065)

**摘要:** 长期以来, 煤系地层天然气被划分为煤层气、致密砂岩气, 页岩气等类型进行研究, 而且由不同部门分别进行独立勘探开发。我国发育多种类型含煤盆地 400 余个, 煤系地层各种天然气资源量累计超过 80 万亿方, 资源量大, 可作为一种资源类型进行整体勘探开发。结合近年来含煤盆地浅部煤系多气共采发展趋势和鄂尔多斯盆地勘探开发实践, 对煤系气概念、内涵进行了重新厘定。煤系气是指煤系地层中各种储集空间中的天然气, 包括煤层、页岩、泥岩、砂岩和碳酸盐岩等储层中的天然气。其特征表现为: 煤系地层连续含气高度大, 气测显示活跃, 以大面积含气为特点, 发育多种含气组合, 成因以煤成气为主, 储层主要为非常规储层, 微米、纳米级储集空间和游离气、吸附气共存。最后, 提出了以含煤盆地对象, 对煤系气整体进行研究和勘探开发, 特别是盆地内部深部煤层基本不含水, 煤系气勘探开发潜力较大。煤系气发育不同成藏组合的, 应针对性采用不同共采方法, 开展勘探开采一体化, 开展先导性试验, 提高煤系气开发效益。

**关键词:** 煤系气; 盆地深部; 煤系地层; 勘探开采一体化

编号: NGGSF03D015

# Characteristics of Organic Acids in Lacustrine Organic-Rich Shales, Ordos Basin, China-Evidence from Thermal Simulation Experiments Constrained by Geological Conditions

Fei Yang<sup>1,2</sup>, Guojun Chen<sup>1</sup>, Guangxu Bi<sup>1,2</sup>, Qianshan Zhou<sup>1,2</sup>, Lianhua Xue<sup>1</sup>

(1.Key Laboratory of Petroleum Resources, Gansu Province/Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000, China; 2.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

**Abstract:** Organic acids are critical to studying mineral dissolution and the formation of secondary porosity in tight reservoirs. In order to determine the primary characteristics of the organic acids present in the fluid migration products of tight lacustrine reservoirs, artificially matured shale samples from the Ordos Basin were treated using hydrous evolution. The shale samples and the expelled fluids produced through hydrocarbon evolution in a semi-closed system under six different pressure and temperature settings (16.9 MPa, 250 °C; 22.1 MPa, 300 °C; 32.5 MPa, 350 °C; 37.7 MPa, 370 °C; 42.9 MPa, 400 °C; and 52.2 MPa, 450 °C) were collected. The abundance and types of organic matter, as well as the sedimentary environment (marine vs. lacustrine) result in the production of a variety of organic acids during the hydrocarbon evolution process. In the case of the lacustrine basin studied in this paper, 12 different organic acids were identified using ion chromatography. In addition, both the concentration and species of organic acids indicate a two-step process. Phase one exhibits an increasing trend at pressures of  $\leq 32.5$  MPa, and then a decreasing trend for pressure  $> 32.5$  MPa. The overall trend is consistent with the results of previous studies, but the rapid decline in organic acids is directly controlled by the increased pressure, which inhibits the organic acid evolution of hydrocarbons, seals the pores of the shale and reduces the amount of expelled acids. In addition, the experimental conditions need to be identified based on the organic acid discussion. We conclude that a pressure and a semi-closed system can optimize the evolutionary process of

organic acids to realistically simulate geologic environments.

**References:**

- [1]Fisher J.B., Boles J.R., 1990. Water-rock interaction in Tertiary sandstone, San Joaquin Basin: diagenetic controls on water composition. *Chem Geol* 82: 83-101.
- [2]Lewan M.D., Fisher J.B.,1993. Organic Acids from Petroleum Source Rock[M].70-71.
- [3]Luan G.Q., Dong C.M., Ma C.F., Lin C.Y., Zhang J.Y., Lv X.F., 2016. Muhammad Aleem Zahid. Diagenesis and evolution characteristics of rich shale shale based on thermal simulation experiment [J] *acta sedimentological sinica*. 34(6): 1208-1217.
- [4]Sun, Li.N., Tuo, J., Zhang, M., Wu, C., Wang, Z., Zheng, Y., 2015. Formation and development of the pore structure in Chang 7 member oilshale from Ordos Basinduring organic matter evolution induced by hydrous pyrolysis. *Fuel* 158,549-557.



编号: NGGSF03D016

# 库车坳陷超深层致密砂岩构造裂缝特征及其对天然气储层的改造作用

杨海军<sup>1</sup>, 张荣虎<sup>2</sup>, 李勇<sup>1</sup>, 王俊鹏<sup>2</sup>, 唐雁刚<sup>1</sup>, 王珂<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油天然气股份有限公司塔里木油田公司, 新疆 库尔勒 841000;

2. 中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院, 浙江 杭州 310023)

**摘要:** 库车坳陷克深气田是塔里木盆地天然气上产增储的重要战场, 也是国家“一带一路”能源大通道的主要气源区, 但产气储层埋深超过 6000m, 网状缝—垂向缝发育、密度为 3~12 条/m, 基质孔隙度平均为 3.8%, 基质渗透率平均为 0.128mD。为揭示超深层裂缝对储层性质及天然气高产稳产的影响。综合岩心、薄片及成像测井资料, 对库车坳陷克深气田巴什基奇克组致密砂岩储层构造裂缝特征进行了表征, 并分析了构造裂缝对储层的改造作用。克深气田的构造裂缝包括近 EW 向、高角度为主的张性裂缝和近 NS 向、直立为主的剪切裂缝 2 组, 前者充填率相对较高, 后者多数未被充填; 微观构造裂缝多为穿粒缝, 缝宽 10~100  $\mu\text{m}$ ; 构造裂缝在 FMI 成像测井图像上以平行式组合为主。构造裂缝对克深气田储层的改造作用主要体现在 3 个方面: 构造裂缝直接提高了储层渗透率、沿构造裂缝发生溶蚀作用有效改善孔隙结构、早期充填裂缝仍可作为有效渗流通道。背斜高部位是构造裂缝渗透率的高值区, 控制了天然气的富集高产。网状及垂向开启缝与储层基质孔喉高效沟通, 形成视均质—中等非均质体, 可使天然气产量高产且长期稳产。

**关键词:** 库车坳陷; 克深气田; 超深层; 致密砂岩储层; 构造裂缝; 储层改造

**基金项目:** 国家科技重大专项(2016ZX05003-001、2016ZX05001-002、2017ZX05001-002)。

**通讯作者简介:** 张荣虎 (1976~), 男, 河南南阳人, 博士, 高级工程师, 2003 年获中国石油大学(北京)硕士学位, 2013 年获中国石油勘探开发研究院工学博士学位, 主要从事中国中西部盆地沉积学、油气储层及成藏方面的研究。地址: 浙江省杭州市西溪路 920 号, 中国石油杭州地质研究院, 邮政编码: 310023; 电话 (0571) 85226670; E-mail: zrh\_hz@petrochina.com.cn

编号: NGGSF03D017

# 湘西北地区牛蹄塘组页岩气储层及含气性特征

余 焯<sup>1,2</sup>, 肖正辉<sup>2</sup>, 黄俨然<sup>1,2</sup>, 王 莉<sup>2</sup>

- (1. 湖南科技大学页岩气资源利用湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201;
2. 湖南科技大学资源环境与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201)

**摘要:** 湘西北地区是中扬子地台页岩气研究的重点区域, 其下寒武统牛蹄塘组富有机质泥页岩分布广泛, 有机碳含量较高, 具备较雄厚的成烃物质基础。为了客观评价湘西北地区下寒武统牛蹄塘组的页岩气资源勘探潜力, 以牛蹄塘组热水深水陆棚相及富含较丰富的钒、镍、钼等金属矿产以及石煤矿产的黑色泥页岩为研究对象, 在野外剖面和岩心观察的基础上, 通过岩石薄片鉴定、X射线衍射分析、高倍扫描电镜、矿物含量分析、物性分析和等温吸附测试等手段, 剖析了牛蹄塘组泥页岩的岩相、矿物学特征、储集空间类型和含气性特征。牛蹄塘组页岩层系主要由泥页岩、炭质泥页岩、粉砂质泥页岩、硅质泥页岩和泥质灰岩等岩相组成, 矿物成分以石英、长石、方解石和白云石为主, 识别出残余原生孔隙、有机质微孔隙、不稳定矿物溶蚀孔、矿物层间微裂隙和构造裂缝, 其中构造裂缝、有机质微孔隙和不稳定矿物溶蚀孔是页岩基质孔裂隙的主要组成部分。通过类比法计算了湘西北下寒武统牛蹄塘组页岩气地质资源量为  $3.79 \times 10^{12} \text{m}^3 \sim 5.05 \times 10^{12} \text{m}^3$ , 地质资源丰度为  $1.27 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2 \sim 1.70 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ ; 通过概率体积法, 划分计算单元进行计算得到, 湘西北下寒武统牛蹄塘组页岩气资源量为  $4.86 \times 10^{12} \text{m}^3$ , 资源丰度为  $1.64 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ 。其中, 桑植复向斜的页岩气资源量和资源丰度均最高, 分别为  $1.55 \times 10^{12} \text{m}^3$  和  $1.75 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ , 而古丈隆起的页岩气资源量和资源丰度均最低, 分别为  $0.34 \times 10^{12} \text{m}^3$  和  $1.14 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ 。根据湘西北地区页岩气赋存的地质条件, 结合国内外页岩气勘探开发经验, 从泥页岩有效厚度、有机碳含量、有机质成熟度、埋深、孔隙度、脆性矿物含量、页岩气保存条件和地表条件等方面初步建立了研究区内页岩气有利区块的选择标准, 并采用综合信息叠合法对研究区泥页岩有效厚度、有机碳含量、有机质成熟度、埋深和孔隙度 5 个因素进行初步约束勘探目标, 并结合页岩气保存条件、地形地貌和交通条件 3 个因素, 最终确定龙山、保靖-永顺和石门-桃源为湘西北地区页岩气勘探开发

**作者简介:** 余焯(1983-), 湖南冷水江人, 讲师, 主要从事页岩气储层及含气性方面研究工作。  
**通讯地址:** 湖南省湘潭市雨湖区桃园路湖南科技大学页岩气实验室。E-mail: yuye1983@163.com.

的有利区块。

**参考文献:**

- [1] 坛俊颖, 王文龙, 王延斌, 等. 中上扬子下寒武统牛蹄塘组海相烃源岩评价. 海洋地质前沿, 2011, 27(3):23-27.
- [2] 肖正辉, 杨荣丰, 冯涛, 等. 湘西北下寒武统牛蹄塘组页岩气成藏条件及勘探潜力[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2012, 27(1):50-54.
- [3] 张琳婷, 郭建华, 焦鹏, 等. 湘西北下寒武统牛蹄塘组页岩气藏形成条件与资源潜力[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2014, 45(4):1163-1173.

编号: NGGSF03D018

# 川北地区上二叠统大隆组页岩全孔径 定量表征

张吉振<sup>1,2</sup>, 李贤庆<sup>1,2</sup>, 张学庆<sup>1,2</sup>, 魏强<sup>1,2</sup>, 张敏<sup>1,2</sup>, 王飞宇<sup>3,4</sup>

(1.中国矿业大学(北京)煤炭资源与安全开采国家重点实验室,北京 100083;

2.中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院,北京 100083;

3.中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室,北京 102249;

4.中国石油大学(北京)地球科学学院,北京 102249)

**摘要:**页岩气作为一种重要的非常规天然气资源引起广泛关注,中国在页岩气勘探领域取得突破,在扬子地区海相页岩层已实现了页岩气勘探的工业性稳产。页岩孔隙不仅为页岩气的赋存、富集提供储存空间,也为页岩气的渗流、运移提供传输通道(Jarvie等,2009;Cao等,2015),因此页岩孔隙研究对页岩气成因探讨、储层评价和资源开发均具有重要意义。

近年来,石油工业界采用了一系列先进技术来探索研究页岩纳米孔隙结构特征,包括聚焦离子束扫描电子显微镜(FIB-SEM)、高分辨率的场发射扫描电子显微镜(FE-SEM)、透射电子显微镜(TEM)、宽离子束扫描电子显微镜(BIB-SEM)、原子力显微镜(AFM)等电子显微成像技术和高压压汞(MICP)、低压 $N_2$ 和 $CO_2$ 吸附实验、He-Hg孔隙分析等流体注入技术,以及Nano-CT、能谱仪(EDS)、核磁共振光谱(NMR)、小角散射(SAS)、化学计算等非流体注入技术。多种分析技术适用范围大小不一,测试结果精确尺度也各有差异,仅靠单一技术方法难以全面定量表征孔隙结构,这给孔隙表征与量化分析带来不便。结合不同测试技术自身优缺点,有效联合多种测试分析技术,发挥各自优势的基础上,规避单一技术测试手段局限性,实现页岩孔隙形貌定性分析与定量计算的高效结合,成为页岩储层孔隙研究的重要课题之一。

本次研究拟选四川盆地北部上二叠统大隆组海相泥页岩样品,基于普通扫描电镜和氩离子抛光电镜技术的定性观察的基础上,联用低温二氧化碳和氮气气体吸附实验、高压压汞实验等流体分析技术,采用相应气体吸附定量模型,分别对微孔( $< 2\text{ nm}$ )、介孔( $2\text{—}50\text{ nm}$ )和宏孔( $> 50\text{ nm}$ )的孔隙结构特征进行分析

**基金项目:**国家“973”课题(2012CB214702)、国家自然科学基金项目(41572125)和国土资源公益性行业科研专项基金项目(201311022)。

**作者简介:**张吉振,男,在读博士研究生,从事页岩气地质和地球化学研究。E-mail: 1424532419@qq.com.

研究,发挥各自测量优势区间,获得全孔径的孔隙定量表征。

研究表明,川北地区大隆组页岩孔隙类型多样,以粒间孔和有机质孔为主,其次为黏土矿物粒内孔,微裂缝发育较少。镜下观察显示粒间孔大小不一,分布不均,形态以棱角状和不规则状为主,有机质孔多集中于有机质团块中,孔隙常呈圆形、椭圆形、新月形和贝壳状,常形成于有机生烃演化过程中。孔径分布范围跨度较大,几纳米至几十微米均有分布,其中以纳米级孔隙主导,约占总孔体积的95%。粒间孔孔径介于几纳米至几微米,有机质孔、粒内孔的孔径介于几纳米至几百纳米,微裂缝的长度介于几十纳米至十几微米,宽度多介于几十纳米至几百纳米。总体而言,大隆组页岩孔径主要分布于区间 $<10\text{ nm}$ 和 $80\text{—}600\text{ nm}$ 。微孔、介孔和宏孔在孔容中占据比例分别为78.23%、9.25%和12.52%,三者在必表面积中贡献率分别为95.67%、4.18%和0.15%,表明微孔为页岩气赋存、富集提供主要空间。

在单因素分析方法的基础上,微孔孔容和比表面积与有机碳含量呈较强的正相关关系( $R^2>0.87$ ),表明有机质丰度是微孔发育的主要控制因素,有机质孔是微孔的主要来源,最终控制了吸附气含量,为页岩气的吸附提供了最主要场所。介孔孔容和比表面积和脆性矿物含量呈良好的正相关关系,反映脆性矿物孔隙是介孔的主要贡献者。黏土矿物在大隆组页岩中含量较低,但分析显示其与宏孔的孔隙结构参数线性正相关拟合关系较好,表明宏孔多分布于黏土矿物中,最终影响了孔隙中的游离气含量,为页岩气的渗流运移提供主要通道。

**关键词:**页岩气;大隆组页岩;孔隙特征;孔径定量表征;川北地区

编号: NGGSF03D019

## 海洋水合物成藏富集控制因素研究

张金华<sup>1</sup>, 苏明<sup>2</sup>, 魏伟<sup>1</sup>, 韩维峰<sup>1</sup>, 彭涌<sup>1</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院新能源研究所, 河北廊坊 065007;

2. 中山大学海洋科学学院, 广东珠海 519082)

**摘要:** 流体运移方式、运移通道、海底峡谷侵蚀等与海洋水合物的聚集和成藏具有直接或间接的关联。以对流形式的运移是流体有效的运移方式, 有利于烃类气体聚集及水合物成藏。水合物富集区内含气流体运移通道都不是单一形式的存在, 而是多种运移通道共同作用, 呈复合型运移通道形式。珠江口盆地勘探发现的水合物含气流体运移通道主要为气烟囱、断层、泥底辟等, 其影响着水合物饱和度高低。珠江口盆地海底峡谷群也对该区域内水合物的分布和聚集起到控制作用, 峡谷的演化过程和细粒的均质层一起, 将大部分的分解气体限制在有利沉积体之内, 使其发生富集, 从而在这一区域的细粒沉积物中形成高饱和度的水合物。

**关键词:** 天然气水合物; 成藏富集; 流体运移通道; 侵蚀-沉积

---

**作者简介:** 张金华, 男, 工作于中国石油勘探开发研究院, 工程师, 研究方向为天然气水合物等。通讯地址: 河北省廊坊市广阳区 44#信箱万庄石油分院新能源研究所, 邮编: 065007, 电话: 010-83596458, 电子信箱: zhangjh69@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03E001

# 塔里木盆地克深 2 气藏气井出砂分析与对策建议

常宝华<sup>1</sup>, 曹 雯<sup>1</sup>, 孙贺东<sup>1</sup>, 张建业<sup>2</sup>, 陈宝新<sup>2</sup>, 刘 磊<sup>2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 河北 廊坊 065007; 2. 中国石油塔里木油田公司, 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:** 塔里木盆地克深气田群主要由克深 2、5、6、8、9、13 等区块组成, 埋深普遍超过 6000m, 各区块成藏背景近似, 但储层物性存在明显差异。气田群部分气井存在不同程度的出砂问题, 以克深 2 区块气井出砂问题最严重, 导致区块产量大幅降低。基于储层内砂粒受力分析, 认识裂缝对气井出砂的影响, 结合节点分析与能量守恒定律, 建立不同积砂阶段的压力损耗方程组, 并明确了气井排砂的条件。研究表明: ①裂缝不但是砂粒运移的主要通道, 也是造成气井出砂的内在因素; ②砂粒堵塞油嘴、砂粒堵塞射孔孔眼、井口及井底积砂引起的压耗是导致气井产量下降的主要因素; ③针对出砂引起的不同问题, 形成分类图版, 提出了相应的治理对策。

**关键词:** 致密气藏; 超深层; 裂缝; 出砂; 节点分析; 对策

---

**基金项目:** 国家自然科学基金“致密砂岩微纳米孔喉系统对储层含气性及气水运移的控制机理”(编号: 51704326)及中石油股份公司油气重大专项“深层油气藏开发关键技术”(编号: 2014E-3203)联合资助。

**作者简介:** 常宝华, 男, 1986 年生, 2013 年获博士学位; 主要从事试井及气藏动态分析方面研究工作。通讯地址: 北京市海淀区学院路 20 号。电话: 010-83596646。E-mail: changbaohua@petrochina.com.cn.



编号: NGGSF03E002

# 鄂尔多斯盆地低渗—致密气藏储量分类评价及开发技术对策

程立华, 贾爱林, 冀光, 郭智, 孟德伟, 王国亭  
(中国石油勘探开发研究院)

**摘要:** 鄂尔多斯盆地以低渗—致密气藏为主, 是该类气藏开发的典型代表, 整体储量规模大, 储量品质较差, 储量动用程度低, 具有较大的开发潜力。针对这种大型低渗—致密气田开展储量分类评价, 建立储量有序有效动用序列, 对于气田开发潜力认识和开发战略制定具有重要意义。为此, 提出以经济效益为导向的储量分类评价方法。根据气田依靠天然能量、衰竭式开采特点, 重点考虑储量开发难度、可建产能规模和开发效益, 优选储量属性、开发效果、经济评价和社会环境因素四种类型十五个参数作为储量分类依据, 将储量划分为高效储量、效益储量、低效储量和难动用储量四种类型, 并建立气价—成本—单井累计产量图版和储量经济有效动用序列, 为不同经济条件下可有效开发的储量规模预测提供依据。同时, 结合鄂尔多斯盆地开发现状, 明确了不同类型储量特点和动用情况, 提出不同类型储量开发技术对策。高效储量动用程度高, 未动用储量规模小, 后期以增压开采和局部调整为主; 效益类和低效储量动用程度低, 未动用储量规模大, 井网加密是提高动用程度的核心, 通过储层结构解剖、井控范围评价、密井网效果分析和数值模拟预测等, 认为该类储量可采取 3-4 口/km<sup>2</sup> 加密井网开发, 采收率预计提高到 50% 左右; 难动用储量以富水区和致密区为主, 目前经济技术条件下难以有效动用。

**基金项目:** “十三五” 国家科技重大专项“复杂天然气藏开发关键技术” (2016ZX05015)。

**作者简介:** 程立华, 男, 1977 年 2 月生, 博士, 吉林农安人, 中国石油勘探开发研究院高级工程师, 主要从事天然气开发地质领域研究工作。地址: 北京市海淀区学院路 20 号, 中国石油勘探开发研究院气田开发研究所, 邮政编码: 100083。联系电话: 13671183301; E-mail: chlh@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03E003

# 黄骅坳陷千米桥潜山凝析气藏开发经验与 启示

初广震<sup>1</sup>, 韩永新<sup>1</sup>, 周宗良<sup>2</sup>, 周兆华<sup>1</sup>, 郑国强<sup>1</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院; 2. 大港油田勘探开发研究院)

**摘要:** 大港油田十三五规划中提出到 2020 年天然气产量达到 10 亿方, 根据目前大港油田天然气探明地质储量和开发现状, 千米桥潜山气藏是大港油田天然气上产的关键和现实领域。千米桥潜山气藏以地质条件复杂, 开发难度大著称, 1999 年发现至今, 试采评价 18 年, 目前仍未上报开发动用, 采出程度极低。千米桥潜山气藏的开发一直困扰着科技工作者, 2016 年中国石油勘探开发研究院针对大港油田十三五规划 10 亿方产量的目标, 提出重新评价千米桥和产建再上千米桥的研究对策, 对千米桥潜山进行新一轮的研究和评价, 具体开展了: ①地震精细解释落实千米桥潜山构造, 相比前人研究成果本轮解释断层刻画更具体, 局部存在较大差异; ②以叠后地震资料为基础, 运用倾角导向滤波方法进行裂缝预测; ③在地震属性统计分析的基础之上, 运用概率神经网络预测技术进行多属性融合储层反演优选出重点开发的甜点区块; ④提出了分断块一井一策分步实施的二次开发策略。通过研究认为当前解决对千米桥潜山气藏开发的问题主要是应该树立千米桥潜山气藏能够实现高产、高效开发的信心。搞清潜山构造、寻找高效井、提高工程质量是千米桥潜山气藏二次开发的关键。

**关键词:** 千米桥潜山; 凝析气藏; 奥陶纪; 气田开发; 经验与启示

**基金项目:** 国家科技重大专项“致密气储层精细描述与地质建模技术”(2016ZX05047003).

**作者简介:** 初广震(1977-), 男, 山东烟台人, 博士, 高级工程师, 从事气田开发地质等方面科研工作。Tel:010-83596323; E-mail: chugz69@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03E004

## 东海非均质性储层表征技术研究

丁芳, 段冬平, 刘英辉, 黄鑫  
(中海石油(中国)有限公司上海分公司, 上海 200335)

**摘要:** 对于主要发育强非均质河流相储层的海上油田来说, 砂体横向变化快、叠置样式复杂、非均质性强等问题一直困扰着开发生产, 加上井数较少, 井间距离较大, 导致缺乏井控部位的认识程度较低。为了准确反映砂体和储层参数在空间的分布, 提出了多源趋势融合的物理建模方法。以东海盆地D为例, 采用稳定隔层、曲线回返、测井曲线形态和动态差异等方法识别井上多期河道; 采用分级建模和基于目标的方法建立沉积相模型; 由于河道物性存在中心比侧翼好, 底部比顶部好的地质现象, 整合基于平面位置分布趋势、垂向沉积韵律趋势和孔隙度敏感参数属性趋势等多源趋势方法建立了物性模型。与常规建模约束方法相比, 多源趋势融合物性建模方法实现了河道相特殊的地质效果, 大大减小了储层参数分布的不确定性, 具有很好的应用前景。

**关键词:** 少井条件; 多源趋势融合; 基于目标; 平面位置分布趋势; 垂向沉积韵律趋势

**基金项目:** 国家科技重大专项(2016ZX05027004-006)资助。

**作者简介:** 丁芳(女), 出生于1986年11月, 博士研究生, 现就职于中海石油(中国)有限公司上海分公司研究院, 主要研究方向为开发地质。E-mail: [dingfang2@cnooc.com.cn](mailto:dingfang2@cnooc.com.cn).

编号: NGGSF03E005

# 启动压力及应力敏感影响下水驱气藏的数值试井研究

冯青, 黄子俊, 袁征, 王绪性

(中海油田服务股份有限公司油田生产研究院, 天津 300459)

**摘要:** 水驱气藏中因地层流体的产出将使得气藏孔隙压力降低、地应力增大, 导致储层物性发生变化, 尤其近井筒地带应力敏感效应强烈。基于考虑这些渗流阻力对井底流压动态特征的影响, 本文建立了考虑启动压力、应力敏感效应影响下的气水两相数值试井模型, 绘制双对数图版并进行敏感参数分析。研究结果表明: 启动压力及应力敏感效应在含水低渗气藏中的影响不容忽视, 采用本文模型可解释一些常规方法无法解释的气水井试井数据。

**关键词:** 水驱气藏; 应力敏感; 启动压力; 数值试井

---

**基金项目:** 中国海油石油总公司“海上油田生物纳米解堵增注技术研究及应用(一期)”(NO.YSB18YF008)资助。

**作者简介:** 冯青(1987-), 男, 天津人, 硕士, 工程师, 从事非常规储层渗流力学、试井、数值模拟等油气田开发方面科研工作. Tel:15222118220; E-mail: fengqing2@cosl.com.cn.

编号: NGGSF03E006

# 利用多属性融合方法预测新疆滴西 178 井区 梧桐沟组薄砂岩储层

郭晓龙<sup>1</sup>, 李璇<sup>1</sup>, 李波<sup>2</sup>, 杨亚迪<sup>1</sup>, 江淑丽<sup>1</sup>, 许晶<sup>3</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 河北 廊坊 065007;

2. 中国石油新疆油田第 1 采气厂, 新疆 克拉玛依 834000

3. 中国石油华北油田第四采油厂, 河北 廊坊 065007)

**摘要:**滴西 178 井区梧桐沟组发育上下两套气层, 天然气地质储量  $31.49 \times 10^8 \text{m}^3$ , 是下步开发建产的有利区。由于梧桐沟组储层构造幅度低、砂体薄, 现有地震资料频率较低, 导致勘探开发的投资成本高、风险大, 因此要提高水平井砂体的钻遇率, 薄砂体识别方法研究至关重要。常规叠后地震反演方法能够识别厚度较大的砂岩储层, 但对薄砂体由于受地震分辨率的限制, 预测结果很难满足勘探开发的需要。本文在精细地震资料处理基础上, 基于波形特征、阻抗属性和流体活动因子属性, 结合测井信息, 对滴西 178 井区梧桐沟组薄砂体的厚度进行多属性融合预测, 精细刻画出了砂体厚度发育分布区, 预测成果在滴西 178 井区梧桐沟组砂岩气藏的开发生产上取得了良好的应用效果, 2016 年和 2017 年实施的四口水平井试气均获稳定的高产工业气流, 为产能建设提供了技术支持。

**关键词:** 多属性融合; 流体活动因子; 梧桐沟组; 薄砂体

**基金项目:** 新疆油田滴西 178 井区地震资料精细处理与储层预测项目资助。

**通信作者:** 李璇 (1976-), 女, 湖南岳阳人, 工程师, 硕士, 主要从事储层预测和烃类检测研究. E-mail: lixuan69@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03E007

# 辫状河相致密砂岩气田水平井 地质优化设计

郭智<sup>1</sup>, 甯波<sup>1</sup>, 孟德伟<sup>1</sup>, 胡阳明<sup>2,3</sup>, 马占国<sup>2,3</sup>, 毕曼<sup>2,3</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油长庆油田公司油气工艺研究院, 陕西西安 710021; 3. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室, 陕西西安 710021)

**摘要:** 苏里格致密砂岩气田储层物性差, 有效砂体规模小, 非均质性强, 水平井技术是提高单井产量和气田采气速度的有效手段。以气田盒8、山1段储层为研究对象, 通过野外露头观测、干扰试井分析及密井网精细解剖, 定量分析了辫状河体系带对沉积微相展布和有效砂体分布的控制作用, 分辨状河体系叠置带和过渡带形成了水平井地质目标的优选标准; 提出了“多层约束、分级相控”的多步建模方法, 大幅提高了模型的精度和准确度, 以地质模型为基础部署了水平井, 并根据储层结构优化了井轨迹, 具有“多资料融合、直观、实时、准确率高”的特点, 将有效砂体钻遇率由60%提高到70%以上, 可在水平井随钻过程中更好地发挥地质导向作用; 根据地质条件和开发效果, 考虑有效砂体、基质砂体、阻流带及泥岩段四要素, 将水平井分成四种类型, 以开发效益为导向, 分别模拟优化了各类水平井的压裂段数、压裂方式及压裂规模, 对于进一步提升致密气藏水平井的开发效果具有一定的参考意义。

**基金项目:** 国家科技重大专项“致密气富集规律与勘探开发关键技术”(2016ZX05047)。

**作者简介:** 郭智, 中国石油勘探开发研究院. 通讯地址: 北京市海淀区学院路20号石油大院工作区, 100083. Email: guozhi2014@petrochina.com.cn Tel: 18500977486; 010-83595231.

编号: NGGSF03E008

# 滚动开发方式气田综合递减率 计算方法研究

霍 瑶, 韩永新

(中国石油勘探开发研究院)

**摘要:** 气田开发综合递减率是安排气田产量与开发工作部署的重要依据之一, 目前关于气藏递减率研究基本以气井产能递减为主, 对整个气田的产量递减计算方法研究较少。本文调研总结现场应用最广泛的气田产能、产量递减率, 分析其物理意义, 并采用 Arps 递减理论确定出产能与产量递减率之间的数值关系。针对当前低渗气田开发主要为接替稳产的开发方式, 提出按投产年度进行气井分类, 对分年投产井产量变化进行初步递减分析后, 通过产量权重加权完成气田综合递减率计算的方法。气田实例分析结果表明, 采用分年度投产井产量变化进行气田综合递减率计算, 不但能够完成采用接替稳产开发方式的气田递减率分析, 也对气田产量安排与制定保持气田稳产新井工作量部署具有实际的指导意义。

**关键词:** 气田; 产能递减; 产量递减; 综合递减率; 接替稳产; 分年投产井

**通讯地址:** 北京市海淀区学院路 20 号 910 信箱, 邮编: 100083, 电话: 13731609343, 010-83599183.



编号: NGGSF03E009

## 页岩气水平井生产规律分析

贾成业<sup>1</sup>, 贾爱林<sup>1</sup>, 郭建林<sup>1</sup>, 盖少华<sup>1</sup>, 袁贺<sup>1</sup>, 朱汉卿<sup>1</sup>, 周倚<sup>2</sup>, 刘畅<sup>2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;

2. 中国石油大学(北京), 北京 102249)

**摘要:** 油气井生产规律分析是合理评价生产井产能、评价区块开发效果与制定合理开发技术政策的基础和保障。2013年1月国家发展与改革委员会批准设立长宁-威远和昭通国家级页岩气开发示范区, 历经五年的开发评价和生产实践, 截至2017年12月三个区块投产水平井数超过200口, 实现年产气量 $30.21 \times 10^8 \text{m}^3$ ; 随着页岩气开发工作的深入和开发规模的增加, 适时开展气井生产数据分析、评价历年已投产井生产规律是评价阶段开发效果和制定下步开发部署的依据和保障。通过国内长宁、威远与昭通区块和北美地区 Woodford、Eagle Ford、Fayetteville、Haynesville、Barnett 和 Marcellus 等六个主要页岩气开发区块实际生产历史数据分析, 建立页岩气水平井产量幂律递减模型; 类比分析国内与北美地区页岩气开发区块初始产量和递减率分布规律; 建立气井 EUR 快速评价方法。研究结果表明: ①北美地区历年投产水平井初始产量呈现出“学习曲线”特征, 长宁区块历年投产水平井平均初始产量高于威远和昭通区块, 初始产量分布特征与 Haynesville 区块相似, 威远和昭通区块初始产量分布特征分别与 Marcellus、Woodford 区块相似, 平均初始产量较低, 进一步开展钻完井和压裂工艺攻关、提高水平井初始产量是威远和昭通区块提高单井产量的主要方向; ②长宁、威远和昭通区块产量初始递减率分别为 1.72、2.43 和 1.65, 长宁和昭通区块初始递减率与北美地区初始递减率 1.52~1.70 相当, 威远区块初始递减率则明显偏高; ③长宁区块气井 EUR 为第一年年产量的 3.09~3.86 倍, 与北美地区相当, 威远区块气井 EUR 为第一年年产量的 2.28~2.56 倍, 低于北美地区。

**关键词:** 页岩气; 水平井; 生产规律分析; 初始产量; 递减率; 北美地区; 国家级页岩气示范区

**基金项目:** 国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”(2016ZX05062-002)。

**作者简介:** 贾成业(1980-), 男, 安徽太湖人, 高级工程师, 2011年获博士学位, 从事天然气开发评价技术研究。联系电话: 010-83595230 E-mail: cyjia@petrochina.com.cn 通讯地址: 北京市海淀区学院路20号中国石油勘探开发研究院。

编号: NGGSF03E010

# 深层大气田水侵规律及控制水侵对策研究

焦春艳<sup>1,2</sup>, 胡 勇<sup>1,2</sup>, 韩永新<sup>1,2</sup>, 徐 轩<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院;

2. 中国石油天然气集团公司天然气成藏与开发重点实验室)

**摘要:** 深层大气田是我国天然气储量贡献与产量增长的主体, 已开发气田实践表明: 深层大气田面临水侵风险, 水侵严重影响气井产量与采收率, 因此“控制水侵”是实现深层气田开发目标的关键, 亟需加强水侵规律及机理研究。本文以塔里木盆地大北、克深等深层大气田为重点, 将物理模拟和数学方法相结合, 攻关研究气藏水侵机理及水侵规律, 探索控制水侵、提高气藏开发效果的技术对策。主要形成以下三项认识: 一、针对深层大气田水侵问题, 建立物模数模一体化评价方法, 为开展裂缝型气藏水侵规律的研究提供了关键技术支撑。二、通过物理模拟研究, 深入认识了水侵规律及水侵伤害机理, 并结合储层地质条件, 初步建立我国深层大气田三种水侵模式。三、结合生产特征、物理模拟与气藏工程, 建立水侵理论模型, 并提出“控制水侵”的开发措施, 为发展我国构造性气藏“控制水侵”开发理论提供了科学依据。

**关键词:** 深层大气田; 水侵规律; 控制水侵; 水侵机理; 物理模拟

---

**作者简介:**焦春艳, 中国石油勘探开发研究院。通讯地址: 河北省廊坊市 44 号信箱; 邮政编码: 065007; 电话: 01083596172; 手机: 13488894488; E-mail: jiaochunyan69@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03E011

## 基于流动数据的气藏动态储量计算新方法

李继强, 胡世莱, 杨琴垚, 袁迎中, 黄小亮, 徐放  
(复杂油气田勘探开发重庆市重点实验室·重庆科技学院)

**摘要:** 针对现有气藏动态储量计算方法资料欠缺、使用条件苛刻或分析过程复杂等问题, 基于物质平衡法的优点, 结合气体渗流过程, 综合垂直管流模型、气井产能方程和物质平衡方程, 提出了一种根据流动数据确定气藏动态储量的新方法。以普光气田主体气藏为例, 通过实例计算, 对新方法的可靠性进行了验证, 结果表明: 新方法计算结果与不稳定分析法计算结果平均值间最大相对偏差为 4.40%, 最小相对偏差为 -0.07%, 相对偏差在 ±5.0% 以内, 说明新方法的计算结果是准确可靠的。新方法实现了气藏动态储量的简便准确计算, 这对正确评价气藏开发效果、准确预测气藏开发动态和做好气藏开发规划具有重要意义。

**关键词:** 气藏动态储量; 物质平衡方程; 生产动态; 二项式产能方程; 普光气田

**论文说明:** 由于目前没有能够绝对准确确定气藏动态储量的计算方法, 因此论文采用目前行业内公认计算气井动态储量较为准确可靠的一类方法——产量不稳定分析法对新方法的计算结果进行验证。

---

**基金项目:** 十三五国家科技重大专项“深层礁滩相储层气水两相渗流特征研究”(编号: 2016ZX05017-001-HZ02)。

**作者简介:** 李继强(1973-), 男, 教授级高级工程师, 联系电话: 18580784532, E-mail:lijiqiangcq@163.com.

**通信作者:** 胡世莱(1992-), 男, 在读硕士研究生, 13617636645, E-mail: hushilai2011@163.com.  
地址: 重庆市沙坪坝区大学城东路 20 号石油学院笃行楼 K431, 邮政编码: 401331.

编号: NGGSF03E012

# 泥质粉砂开采过程中的出砂管控理论体系的建立

李彦龙<sup>1,2</sup>, 吴能友<sup>1,2</sup>, 陈强<sup>1,2</sup>, 刘昌岭<sup>1,2</sup>, 胡高伟<sup>1,2</sup>, 孙建业<sup>1,2</sup>

(1.青岛海洋地质研究所国土资源部天然气水合物重点实验室, 山东 青岛 266071; 2.海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 山东 青岛 266071)

**摘要:** 泥质粉砂型天然气水合物开采井的出砂管理技术体系是实现三相控制理论开采的重要组成部分, 是保证泥质粉砂型天然气水合物储层安全长效开采的关键措施之一。本文从系统工程角度出发, 提出了适用于泥质粉砂孔隙分散型天然气水合物储层开采的出砂管理体系, 将节点系统分析方法应用于出砂管理体系分析, 分别阐述了水合物流体抽取法开采过程中泥砂产出规律、井底出砂控制和井筒携砂流动等环节的基本研究方案。系统分析表明, 泥质粉砂型天然气水合物储层开采过程中, 构成出砂管理体系的上述三个环节之间存在相互依赖、双向耦合的关系; 三个子系统间的双向耦合关系决定了其适合采用节点系统分析方法进行研究, 三者的协调运作是保障泥质粉砂天然气水合物生产持续的关键。出砂管理体系的基础是精细刻画储层特征, 目标是确定合理的生产规程, 其中泥质含量、黏土矿物组分以及降压规程是影响泥质粉砂型水合物储层出砂行为、井底控砂工艺参数优化设计和井筒携砂方案优化设计的关键因素。

**关键词:** 天然气水合物; 出砂管理; 出砂; 控砂; 携砂; 节点系统分析

编号: NGGSF03E013

# 超深层裂缝性气藏储层连通性动静态描述 方法——以塔里木库车坳陷 克深 2 区块为例

吕志凯<sup>1</sup>, 王泽龙<sup>1</sup>, 唐海发<sup>1</sup>, 刘群明<sup>1</sup>, 张建业<sup>2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油塔里木油田分公司勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:** 以库车坳陷克深、大北等区块为代表的超深层裂缝性致密砂岩气藏, 是十三五期间塔里木油田天然气上产的主力。基质物性差、局部裂缝发育的特征导致储层非均质性强, 井间产能差异大, 储层连通性复杂。针对该类气藏的特点, 在储层特征研究的基础上分析区块储层连通性, 以此为依据优化新井部署。首先综合利用岩心、薄片及成像测井资料, 对库车坳陷克深 2 区块的储层特征进行研究, 明确裂缝发育特征与分布规律, 初步评价气藏连通性; 然后将动态资料分析法(地质特征、地层压力和流体性质对比)与静态资料分析法(试采、试井、干扰试井和生产动态分析)相结合深入分析气井连通性。对克深 2 区块的研究结果表明: 储层基质致密, 物性差于国外致密砂岩, 构造裂缝总体发育, 以半充填-未充填高角度缝为主; 构造高部位或近断裂带有效裂缝发育程度高, 气井产能相应较高, 而构造鞍部有效裂缝发育程度、气井产能相对较低; 整体上看, 由于裂缝发育形成高渗通道, 气藏平面连通性较好, 但构造鞍部左右两区不同生产时间的地层压力差异明显, 反映该区为低渗区, 对气体渗流起到一定阻挡作用。基于克深 2 区块研究, 按照局部构造裂缝控制高产的开发思路, 沿构造轴线高部位集中布井, 开发克深 8 及后续区块, 取得较好的开发效果。研究结果对指导超深层裂缝性致密砂岩气藏科学、合理、高效地开发具有积极意义。

编号: NGGSF03E014

# 致密气藏加密调整提高采收率方法研究 ——以苏里格气田为例

甯波, 贾爱林, 郭智, 赵昕, 付宁海, 王国亭  
(中国石油勘探开发研究院气田开发研究所)

**摘要:** 致密气是我国国内产量最大的单一类型气藏。但在开发过程中, 由于储层极低的渗透率和有限的泄流面积, 致使相对稀疏的基础井网对储量的控制程度远远不够。以苏里格气田为例, 目前井网的采收率仅在 20-30%之间, 70%以上的储量仍然未得到有效动用。如何针对非均质极强的岩性气藏, 通过合理的加密方式, 有效的实现储量动用, 提高气藏的产能规模和经济效益, 成为目前致密气藏开发过程中急需解决的难题。

在井网密度调整过程中, 必须要解决好两个问题。一是, 面对研究区具有极强非均质性的透镜状分布的有效砂体, 什么样的调整方式才能实现不同品质储量的整体有效动用? 二是, 有效砂体宽度从 100 米-600 米, 长度从 300 米-900 米, 砂体规模跨度大; 同时, 由于气体极好的流动性, 随着井距的缩小井间干扰的发生再所难免, 如何去确定一个恰好的井距实现干扰和有效动用之间的经济效益最大化。研究主要针对这两个关键问题, 形成了一套以分类评价为基础、并辅以实际局部加密区块作为验证的加密策略。

针对第一个问题, 开展精细储层研究, 确定剩余储量规模和分布方式。通过产能影响因素的分析, 确定储量丰度、储层厚度、含气饱和度三个参数为产能最主要的地质影响因数, 以此为基础进行储层分类, 将储层划分为五类, 对有商业价值的前四类储层开展研究, 形成针对不同品质储量的动用方式。针对第二个难题, 选择了四个典型井区, 通过实际数据地质建模、变井距数值模拟研究, 确定了每类储层的最优井网密度。研究认为, 井网密度在 2 口/平方公里时即发生井间干扰, 但是气井干扰并不完全是坏事, 它虽然在一定程度上增加了开发成本, 但也实现了储量的更充分动用。在产量干扰率和开发成本的权衡后, 调整策略围绕提高采收率的目标, 以整体经济效益达到行业内部收益率和最差井单井产能至少实现盈亏平衡为原则, 确定了各类储层不同的井网密度, 并与局部加密区块类比, 一致性较好。研究结论为我国最大的气田——苏里格致密气田的加密调整提

**作者简介:** 甯波, 女, 1979 年生, 工程师, 现主要从事油气藏工程及数值模拟研究工作。北京市海淀区学院路 20 号, 中国石油勘探开发研究院气田开发研究所, 100083, 010-83595219, 电子邮箱: ningbo07@petrochina.com.cn.

供了指导，并为同类气田开发提供了借鉴。

**关键词：**井间干扰；储量分类；数值模拟；井网密度；经济效益



编号: NGGSF03E015

## 气井 EUR 快速评价新方法及其应用

齐亚东, 位云生, 王军磊  
(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 气井 EUR 是表征气井生产动态特征、评价气井开发效果的关键技术指标之一, 准确、快速地预测气井 EUR 对指导气田的经济效益评价以及气田开发方案编制/调整具有重要意义。现有气井 EUR 评价方法普遍针对单井开展应用, 随着气田开发进程的推进, 气井数量迅速增加, 逐井开展 EUR 评价会造成巨大的工作量和实施难度。本文受经典的 Arps 产量递减经验模型的启发, 基于大量气井生产动态数据的数理统计, 明确了生产规律相似的一批气井“产量递减期内不同阶段的累积产量”与“递减 180 天内的累积产量”之间呈良好的线性关系, 且通过最优拟合可获得线性关系的斜率与递减时间之间的函数表达式, 在批量统计气井“递减 180 天内的累积产量”的基础上, 以上述函数表达式为指导, 以气井废弃条件为约束, 可批量、快速地评价气井 EUR, 最终, 本文建立了上述气井 EUR 快速评价方法的应用流程, 并在长宁、威远、昭通页岩气示范区进行了应用, 应用结果表明, 该方法行之有效, 且可明显提高气井 EUR 评价的工作效率。

**关键词:** 气井; 产量递减; EUR; 快速评价; 页岩气

---

**基金项目:** 国家科技重大专项“页岩气生产规律表征与开发技术政策优化”(课题编号: 2017ZX05037-002); 国家科技重大专项“昭通页岩气勘探开发示范工程”(项目编号: 2017ZX05063)。

**作者简介:** 齐亚东(1984-), 男, 河北丰润人, 2012 年获得中国科学院渗流流体力学研究所流体力学专业工学博士学位, 主要从事常规/非常规天然气开发方面的研究工作。联系电话: 010-83593214, E-mail: qiyadong007@163.com。通讯地址: 北京市海淀区学院路 20 号中国石油勘探开发研究院。

编号: NGGSF03E016

## 长岭火山岩气藏气井产水模式及影响因素

宋文礼<sup>1</sup>, 董家辛<sup>2</sup>, 孙圆辉<sup>2</sup>, 黄玉欣<sup>1</sup>, 王军宇<sup>1</sup>

(1. 中国石油吉林油田公司, 吉林 松原 138000; 2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:**长岭火山岩气藏天然气资源丰富,但开发过程中气井普遍存在产水现象。准确分析气井产水产水规律、产水模式及其影响因素,对优化开发方案及提高开发效果具有重要意义。通过对长岭营城组气藏地质特征及产水动态特征综合分析研究,结果表明:气井产水来源主要为凝析水和边底水;利用数值模拟技术研究不同产水类型的产出机理,分析了气井产水规律并运用数模对气井产水量进行预测,在此基础上归纳总结出4种产水模式,分别为裂缝纵向强水窜、裂缝纵向弱水窜、裂缝-孔隙纵向水锥、高含水饱和度型。明确了气井产水的影响因素,主要受构造特征、气井调峰、井间干扰、气井作业4方面影响;最终形成相应的“整体考虑、分类治理”的气井产水开发对策。

**关键词:**长岭气田;火山岩气藏;产水规律;产水模式;影响因素;开发对策

---

**作者简介:**宋文礼(1970-),男,高级工程师,研究方向:油气田开发管理及综合地质研究工作。

**通信作者:**黄玉欣、吉林油田勘探开发研究院,吉林 松原 138000,电话:18643888406.

编号: NGGSF03E017

# 苏里格致密砂岩气田潜力储层特征及可动 用性评价

王国亭, 贾爱林, 郭 智, 孟德伟, 程立华  
(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 苏里格气田开发已全面进入稳产阶段, 后备优质储量资源相对不足, 针对低于物性下限标准的储层进行潜力储层筛选并评价其开发可动用性, 对气田后备接替储量基础的扩大具有重要意义。面对气田致密砂岩储层分类不尽完善的问题, 继承性开展储层系统性综合评价, 将储层划分成 5 大类 6 种类型, 并明确 III (2) 类是未来最具有开发潜力的储层类型, 其内蕴含约 2.90 万亿方天然气资源。潜力储层形成主控于同砂岩粒度密切相关的储层物性, 发育于高能心滩-辫状河道微相中上部、中低能心滩-辫状河道微相主体及中下部物性变差的中细粒岩相部分。总结了潜力储层的 6 种发育模式, 提出了间接动用、组合动用、直接动用等 3 种潜力储层开发方式。开发可动用性评价表明, 直接、组合动用方式开发效果相对较好, 潜力储层具备较好的开发前景。潜力储层特征及可动用性评价的研究可为未来此类储层开发提供有力支撑。

**关键词:** 苏里格气田; 致密砂岩; 储层评价; 潜力储层; 可动用性评价

**基金项目:** “十三五” 国家科技重大专项“复杂天然气藏开发关键技术” (2016ZX05015)。

**作者简介:** 王国亭, 男, 1982 年 3 月生, 2007 年毕业于中国地质大学(北京)石油工程专业, 2013 年获得中国石油勘探开发研究院博士学位, 现为中国石油勘探开发研究院高级工程师, 主要从事低渗、致密气藏开发相关研究工作。通讯地址北京市海淀区学院路 20 号, 邮编 100083, 联系电话 13581830368。E-mail: wgting@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03E018

# 页岩应力敏感性—多尺度缝网产能评价模型

王军磊, 位云生, 齐亚东, 贾成业, 袁 贺  
(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 在体积压裂作用下页岩中的水力与天然裂缝相互耦合形成多尺度裂缝系统, 且有限导流裂缝通常具有显著应力敏感效应。为了将裂缝网络跨尺度性、复杂性与应力敏感效应有机结合, 获得可靠的水平井产能评价结果, 本文在稳态流动的基础上采用分组建模的方式进行研究: 1) 以页岩应力敏感实验为基础, 建立裂缝导流能力与孔隙压力的应力敏感模型; 2) 以点源函数为基础, 建立具有非共轭面、相互交叉、跨尺度等复杂几何特征的多裂缝流动模型; 3) 基于 Green 函数、Fourier 有限余弦(反)变换, 获得矩形地层内点源引起的压力分布函数。利用地层-裂缝间流量、压力连续的耦合条件联立以上三个独立方程, 最终形成应力敏感性复杂裂缝网络非线性产能评价模型, 通过坐标转换、裂缝离散等手段进行半解析求解, 并给出稳定的迭代算法。产能计算表明, 气井产能指数受裂缝导流能力、缝网间距、条数、角度及导流衰减指数等因素影响, 提高裂缝初始导流能力、增加缝网与地层接触面积, 可以有效抑制应力敏感效应对气井产能的影响; 当裂缝导流衰减指数为定值时, 气井 IPR 曲线中产量与井底压力呈现单调反相关关系, 且应力敏感效应在低压范围内作用更为显著; 当裂缝导流衰减指数为关于压力的变量时, 气井产量在压力局部范围内存在极大值, 即井底压力设定为特定值时产量达到最高值。该模型具有良好的可扩展性, 可以快速应用至非稳态生产动态模拟、压裂参数优化、气井生产制度制定等研究领域。

**关键词:** 页岩气; 裂缝网络; 多尺度性; 应力敏感效应; 产能指数

**基金项目:** 国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”(2017ZX05063, 2017ZX05063)。

**作者简介:** 王军磊, 1986 年生, 工程师, 博士; 主要研究方向为非常规气生产动态分析及开发方案编制优化。地址: (100083): 北京市海淀区 20 号。Email: wangjunlei@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03E019

# 英台气田营二段致密火山碎岩储层微观孔隙结构对气藏产能的控制

王志文, 阮宝涛, 李忠诚, 黄玉欣, 曾凡成  
(吉林油田勘探开发研究院, 吉林 松原 138000)

**摘要:** 致密气一般存在于致密砂岩、砾岩、低孔碳酸盐岩中, 此类气藏由于低孔、低渗, 测井响应和解释方法与常规气藏有所不同, 测井评价存在较大难度。因此本文以英台气田营城组二段火山碎屑岩为例, 从孔隙结构微观表征, 分析了影响评价致密火山碎屑岩储层识别的主要因素, 利用毛管压力资料, 开展致密气储层孔隙结构分类定量评价, 分析试气效果与孔隙结构关系, 形成了致密气储层微观孔隙结构评价技术, 为优选试气层位提出了建议。该方法在英台气田致密火山碎屑岩地区得到了推广应用, 解释成果得到了试气的验证, 解决了非常规致密火山岩气藏测井识评价别的技术难题, 满足了生产作业的需要。

**关键词:** 火山碎屑岩; 致密; 测井; 孔隙结构

---

**作者简介:** 王志文(1984-), 女, 山西阳泉人, 2009.7 毕业于吉林大学, 获得硕士学位, 现工作于吉林油田勘探开发研究院天然气开发所, 工程师, 主要从事气藏测井评价开发工作。通讯地址: 吉林省松原市锦江大街 29 号。邮编: 138000, 电话: 15834848299; E-mail: wangzw-01@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03E020

## 页岩气提高采收率技术初探

位云生, 贾爱林, 王军磊, 齐亚东  
(中国石油勘探开发研究院)

**摘要:** 目前我国页岩气已进入规模开发阶段, 已成为我国天然气上产的主要气藏类型之一, 但采收率普遍较低, 且大兵团工厂化连续作业的经济开发模式决定了已开发区的气井未控制储量可能将永久留在地下, 故从早期部署开始考虑提高采收率技术对于我国页岩气高效规模开发和长期稳产具有重要意义。本文以长宁国家级示范区为例, 具体从三个方面分析页岩气提高采收率技术: (1) 理论模型和数值模拟相结合, 优化开发井距, 提高储量平面动用程度; (2) 数值模拟与经济评价相结合, 优化纵向水平井部署, 提高储量纵向动用程度; (3) 定性分析与定量计算相结合, 论证合理生产制度, 提高 SRV 内基质区储量动用程度。初步形成一套页岩气提高采收率技术方法。研究结果表明, 长宁区块采用 300m 井距、纵向上下两套水平井交错部署、连续控压配产三项提高采收率技术措施可将页岩气采收率提高到 40% 以上, 增加可采储量 1.5 万亿方以上。

**关键词:** 长宁示范区; 页岩气; 采收率; 水平井; 井距; 生产制度; 储量动用程度

---

**作者简介:** 位云生, 男, 高级工程师, 博士, 现为中国石油勘探开发研究院气田开发研究所副所长, 从事气藏工程研究及开发方案编制。通讯地址: 北京市海淀区学院路 20 号, 邮政编码: 100083, 电话: 010-83592519, E-mail: weiys@petrochina.com.cn.



编号: NGGSF03E021

# 库车坳陷克深构造带克深8井区裂缝性低孔砂岩储层地质模型

杨海军<sup>1</sup>, 张荣虎<sup>2</sup>, 王俊鹏<sup>2</sup>, 孙雄伟<sup>1</sup>, 王珂<sup>1</sup>, 刘春<sup>2</sup>

(1. 中国石油天然气股份有限公司塔里木油田公司; 2. 中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院)

**摘要:** 塔里木盆地库车坳陷克拉苏冲断带克深地区是天然气勘探开发的重要阵地, 储层埋深 6000m~7500m, 储层基质孔隙度均值为 5.5%, 基质渗透率均值为  $0.089 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 裂缝渗透率为  $0.50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 30.00 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 地层储层总渗透率为  $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 储层性质总体为特低孔、特低渗—低渗。为揭示深层相对优质储层发育规律, 文章以克深地区深层白垩系巴什基奇克组为例, 基于大量实验分析、露头储层模型及 FMI 资料, 通过三步法基质建模与三步法裂缝建模相融合的方法, 建立了裂缝-孔隙型双重介质储层地质模型。研究表明: 克深地区储层构造裂缝开度主要为  $25 \mu\text{m} \sim 150 \mu\text{m}$ , 其中构造核部裂缝开度一般为  $50 \mu\text{m} \sim 250 \mu\text{m}$ , 翼部裂缝开度  $< 100 \mu\text{m}$ ; 基质粒间孔半径主要为  $5 \mu\text{m} \sim 160 \mu\text{m}$ , 孔隙连通率平均为 48%; 孔隙喉道半径主要为  $0.01 \mu\text{m} \sim 1 \mu\text{m}$ , 其中产气层有效喉道半径  $> 0.05 \mu\text{m}$ , 占比 91%。储层基质孔隙度相对高值段主要分布于白垩系巴什基奇克组中部和上部, 相对高渗透段主要集中于构造背斜高部位、东西向翼部、南北边界断裂带及内部次级断裂带。该地质模型及技术方法为克深地区天然气高效勘探开发及 100 亿方产能建设提供重要依据。

**关键词:** 塔里木盆地; 库车; 冲断带; 储层; 模型

**基金项目:** 国家重点基础研究发展计划 (973) 项目 (2011CB201104), 国家科技重大专项 (2016ZX05003-002、2016ZX05001002-003)。

**通信作者:** 张荣虎 (1976~), 男, 河南南阳人, 博士, 高级工程师, 2003 年获中国石油大学 (北京) 硕士学位, 2013 年获中国石油勘探开发研究院工学博士学位, 主要从事中国中西部盆地沉积学、油气储层及成藏方面的研究。地址: 浙江省杭州市西溪路 920 号, 中国石油杭州地质研究院, 邮政编码: 310023; 电话 (0571) 85226670; E-mail: zrh\_hz@petrochina.com.cn.



编号: NGGSF03E022

# 基于测录井曲线形态的致密砂岩气储层产能评价

印森林<sup>1</sup>, 陈恭洋<sup>1</sup>, 刘子雄<sup>2</sup>, 罗迎春<sup>1</sup>, 陈玲<sup>2</sup>

(1. 长江大学 录井技术与工程研究院, 湖北 荆州 434023; 2. 中海油服油田生产研究院, 天津 塘沽 300450)

**摘要:** 针对已有的致密砂岩储层产能评价方法准确率不高的情况, 利用多口井测录井曲线资料, 归纳总结典型的曲线形态类型, 并采用数学方法对形态进行了定量表征, 提出了基于测录井曲线形态的产能评价方法。研究表明: (1) 气测全烃曲线可以分为箱形、半箱形、正三角形、倒三角形、锯齿状、单尖峰状等 6 种形态, 分别与油气层显示程度紧密相关, 可以利用幅度、相对质心、相对锯齿、方差及自相关函数的参数值极性量化表征。其中, 箱形气测全烃曲线峰形饱满, 跨度较大; 半箱形, 气测全烃峰形跨度明显小于储层厚度; 三角形, 气测全烃曲线形态呈现正三角形或倒三角形; 锯齿状, 气测全烃曲线形态呈忽高忽低的趋势, 呈现若干尖峰; 单尖峰状, 气测全烃曲线峰形跨度较小, 呈单尖峰状。(2) 6 种气测全烃曲线形态与致密砂岩油气储层产能具有较好的对应关系。高、中产层主要为箱形、三角形, 低产层主要为(半)箱形、三角形及锯齿状, 特低产主要为锯齿状, 不产层主要以单尖峰状为主。利用气测曲线形态及产能特征进行权重赋值, 建立了解释关系图版。(3) 录井全烃曲线与测井电阻率曲线综合解释可以更加准确判别致密砂岩储层产能。最后, 利用定量化模型进行自动解释, 通过数据验证发现, 产层符合率 80.95%, 产能区间符合率 78.05%。实践证明, 基于测录井曲线形态可以较好的评价预测致密砂岩储层产气能力。

**关键词:** 气测全烃曲线形态法; 致密砂岩气; 储层; 压裂产能

**基金项目:** 国家自然科学基金青年基金 (No.41502126) 与长江大学青年基金 (No.2015cqn55) 联合资助。

**作者简介:** 印森林 (1983-), 男, 湖北仙桃人, 博士, 副教授, 主要从事录井地质方面研究。地址: 湖北省荆州市南环路 1 号。E-mail: yinxiang\_love@qq.com; 联系电话: 18696453978。

编号: NGGSF03E023

## 中国天然气供需现状及展望

袁余洋<sup>1,2</sup>, 王 瑛<sup>1</sup>, 高建华<sup>1</sup>, 陈 林<sup>1</sup>

(1.四川建筑职业技术学院, 四川 德阳 618000;

2.西南石油大学, 四川 成都 610500)

**摘要:** 中国以煤为主的一次能源消费结构引发了大气污染、雾霾与气候变暖等一系列严重的环境问题, 因此, 加快推动能源消费转型、优化能源结构成为解决中国环境问题的必经途径。天然气作为最清洁、低碳、高效的化石能源, 在发达国家的能源结构中扮演着非常重要的角色。然而, 中国 2017 年天然气消费在一次能源中所占比例仅 7%, 与世界平均水平 21.4% 相比, 依然存在巨大差距。在可再生能源技术取得重大突破之前, 大幅提升天然气在一次能源消费结构中的比重将成为中国实现低碳能源结构转型的重要手段, 为此国家提出 2020 年天然气消费量达到 3600 亿立方米的目标。

近期全球天然气市场出现供应宽松与价格疲软的局面, 国际研究机构普遍预测这一局面将持续数年, 对推动天然气在中国的普及利用、实现“十三五”及中长期天然气发展目标创造了绝佳的外部环境。中国应当抓住市场宽松格局及高油价契机, 创造天然气消费发展的新动力。

**关键词:** 大气污染; 化石能源; 天然气; 新动力

---

**基金项目:** 国家自然科学基金青年基金资助项目 (41602124), 四川省教育厅科研计划项目 (17ZB0284) 和德阳市科知局科技计划项目(2017ZZ042)资助。

**作者简介:** 袁余洋 (1982~), 男, 河南项城人, 博士 (后), 讲师, 从事石油地质学科研和教学工作。通讯地址: 四川省德阳市嘉陵江西路 4 号; 电话: 18781040632; E-mail: yuanyy1234@126.com.

编号: NGGSF03E024

# 克拉美丽气田高效开发配套技术研究 与应用

张 锋<sup>1</sup>, 陶玉春<sup>1</sup>, 孙德强<sup>2</sup>, 饶 远<sup>1</sup>, 赵 振<sup>3</sup>

(1. 中国石油股份有限公司新疆油田采气一厂, 克拉玛依 834000; 2. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190; 3. 中国地质大学, 北京 100083)

**摘 要:** 克拉美丽气田是新疆油田公司发现的首个千亿方储量规模火山岩凝析气藏, 自 2008 年发现投入开发前, 没有形成针对火山岩气藏高效开发的成熟配套工艺技术, 前期开发地面建设方案设计参考玛河气田和滴西 10 气田的配套工艺技术。克拉美丽气田火山岩凝析气藏物性复杂, 气田开发过程中, 存在产量递减快、产水量上升快、气井出砂、原料气含汞等一系列问题, 造成初期的设计工艺、关键设备等无法适应气藏快速开发的难点。针对问题和难点, 不断摸索适合火山岩凝析气藏高效开发的关键技术, 解决气田开发过程中出现的问题, 提高气田整体开发效益, 是研究主要目的。

在高效开发关键技术的研究过程中, 主要针对克拉美丽气田火山岩凝析气藏的开发特性及暴露出的问题, 从井场集输防冻工艺技术、井场防砂工艺技术、长距离集输技术、天然气净化处理技术、产出水处理回注技术、微量元素净化工艺技术、节能提效技术、数字化气田技术、完整性管理技术、指标评价技术等方面开展全面系统研究, 形成了火山岩凝析气藏高效开发配套工艺技术体系和方案设计标准化模式, 为火山岩气田的高效开发提供了技术保障。

**关键词:** 准噶尔盆地; 克拉美丽气田; 高效开发; 配套工艺技术

编号: NGGSF03E025

## 鄂尔多斯盆地乌审召地区山<sub>23</sub>亚段储层表征与构造控气的特殊性

朱立文<sup>1</sup>, 王震亮<sup>1</sup>, 张洪辉<sup>2</sup>

(1. 西北大学大陆动力学国家重点实验室/地质学系, 陕西 西安 710069;

2. 中国石油西部钻探工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830026)

**摘要:** 鄂尔多斯盆地苏里格气田具有典型的多层含气特征, 且普遍具有致密、准连续和低丰度的特点, 前人研究认为盆地内构造对气水分布的控制作用极弱甚至可以忽略。然而, 通过钻井、测井等资料对苏里格气田东部乌审召地区的构造和气藏进行精细解剖发现, 在整个西倾单斜的大背景中, 局部存在着构造圈闭且对气水分布具有明显的控制作用, 尤以山<sub>23</sub>亚段最为明显。为进一步明确该地区储层特征和天然气成藏的特殊性, 本文在铸体薄片、物性、压汞、扫描电镜和核磁共振等测试分析资料的基础上, 对储层特征、圈闭类型和气藏分布特征进行了探讨。结果表明: 研究区山<sub>23</sub>亚段主要为石英砂岩储层, 孔隙度主体介于5%~10%, 渗透率主体介于 $(0.1\sim 10) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 属特低孔、特低渗-超低渗储层, 孔喉连通性较好, 渗流能力较强。气藏圈闭类型为构造-岩性圈闭, 整体呈似穹窿构造。圈闭内气藏分布连续, 构造高部位含气, 低部位为边底水, 构造对山<sub>23</sub>亚段天然气的聚集与成藏有明显的控制作用。

**关键词:** 构造-岩性圈闭; 构造控气; 山<sub>23</sub>亚段; 致密砂岩气; 鄂尔多斯盆地

**作者简介:** 朱立文 (1985-), 男, 湖北枣阳人, 在读博士研究生, 研究方向为油气田地质与开发。E-mail: [julliven@126.com](mailto:julliven@126.com)。Tel: 18392069605.

编号: NGGSF03F001

# 复电阻率模型对含水合物多孔介质的适应性评价

陈强<sup>1,2</sup>, 王彩程<sup>1,2</sup>, 刘昌岭<sup>1,2</sup>, 李彦龙<sup>1,2</sup>

(1. 国土资源部天然气水合物重点实验室, 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 2. 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛 266071)

随着传统化石能源的日益枯竭, 天然气水合物作为一种潜在的新能源成为全球研究的热点。在天然气水合物资源调查工作中, 地球物理及地球化学等勘探方法是主要的技术手段, 其中电阻率测井技术在确定水合物储层位置、估算水合物资源潜力等方面发挥着重要作用。但是前期研究结果表明: 含水合物多孔介质的电学性质复杂且具有频散特性, 常规电阻率测井很难精确刻画含水合物储层的性质。复电阻率测井是基于岩石电学参数频散特性发展起来的一种新的测井方法, 它在识别油、水层的能力上优于常规电阻率测井, 已在金属矿勘探、油气探测和水文地质调查等领域发挥了重要的作用, 将复电阻率测井技术引入天然气水合物探测对于完善水合物勘查手段具有重要意义。

等效电路拟合是模拟岩石频散现象的主要方法, 研究者们为了描述岩(矿)石的复电阻率频散特性先后提出了多种模型。本研究通过模拟实验测量含甲烷水合物多孔介质在合成与分解过程的复电阻率数据, 并优选 Dias 模型、Warbrug 模型和 Cole-Cole 模型对数据进行拟合分析, 旨在寻找能够准确刻画含甲烷水合物多孔介质复电阻率性质的模型。

## (1) Dias 模型

Dias 模型 (1972) 等效电路如图 1 所示,  $r$ 、 $R$  和  $R_s$  为电阻,  $C_{dl}$  为双电层电容,  $Z_w = a / (i\omega)^{1/2}$ 。  $r+Z_w$  代表界面上的激发极化效应。复电阻率表达式为:

$$\rho = \rho_0 \left[ 1 - m \left( 1 - \frac{1}{1 + i\omega\tau'(1 + \mu^{-1})} \right) \right] \quad (1)$$

$$m = (\rho_0 - \rho_\infty) / \rho_0 = R / (R + R_s), \quad \tau' = \tau(1 - \delta) / \delta(1 - m)$$

$$\tau = rC_{dl} = \tau^2 \eta^2, \quad \tau'' = (aC_{dl})^2, \quad \mu = i\omega\tau + (i\omega\tau'')^{1/2}$$

作者简介: 陈强, 高级工程师, 0532-85767055。通讯地址: 山东省青岛市市南区福州南路 62 号; 邮编: 266071。

式中： $\rho_0$ 为零频率电阻率； $m$ 为 $0\sim 1$ 的无量纲参数，表示充电率； $\tau$ 表示由双电层所产生感应电流的弛豫时间； $\tau'$ 为表示由自由孔隙产生感应电流的弛豫时间； $\tau''$ 表示由双电层所产生扩散电流的弛豫时间； $\eta$ 为电化学参数； $\delta$ 为 $0\sim 1$ 的无量纲参数。

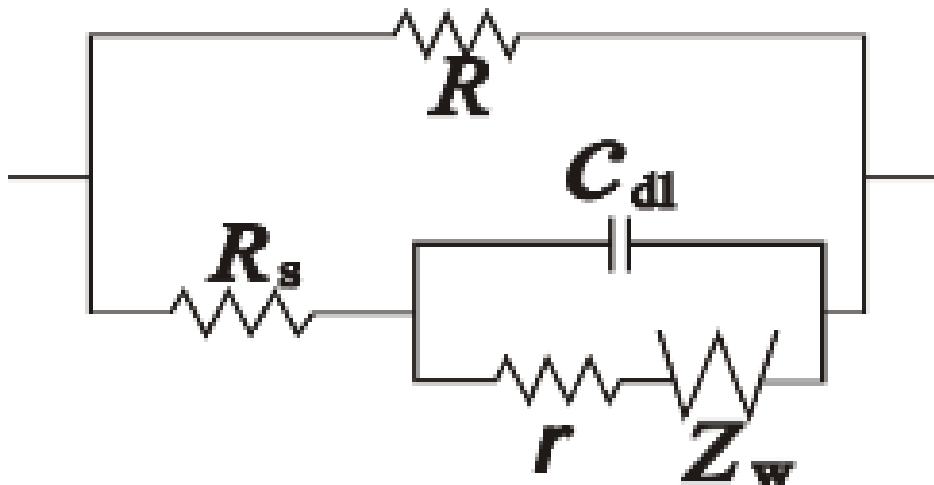


图1 Dias 模型等效电路图

(2) Warburg 模型

Warburg 模型 (1972) 等效电路如图 2 所示， $r$ 、 $R$  和  $R_s$  为电阻，阻抗  $Z_w = a / (i\omega)^{1/2}$ 。复电阻率表达式为：

$$\rho = \rho_0 \left[ 1 - m \left( 1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau)^{1/2}} \right) \right] \quad (2)$$

$$m = (\rho_0 - \rho_\infty / \rho_0) = R / ((r + R_s) + R), \quad \tau = ((r + R_s + R) / a)^2$$

式中： $\rho_0$ 为零频率电阻率， $m$ 为充电率， $\tau$ 为时间常数。

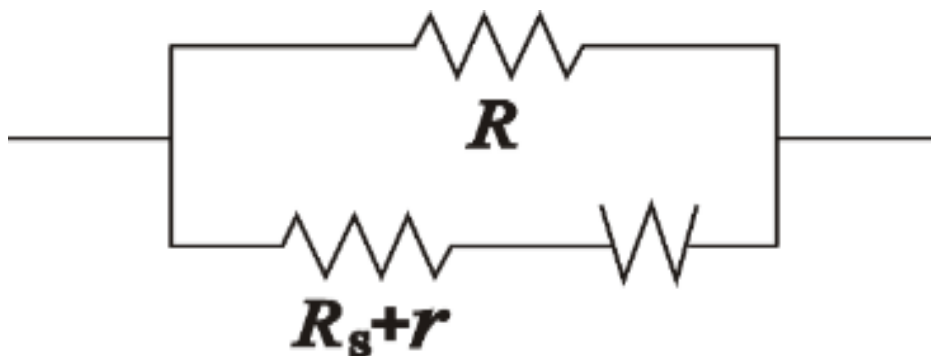


图2 Warburg 模型等效电路图

(3) Cole-Cole 模型

Cole-Cole 模型等效电路如图 3 所示，参数定义： $R$  和  $R_1$  为电阻。复电阻率表达式为：



$$\rho = \rho_0 \left[ 1 - m \left( 1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau)^c} \right) \right] \quad (3)$$

式中： $\rho_0$ 为频率为零时的复电阻率， $m$ 为充电率  $m = (\rho_0 - \rho_\infty) / \rho_0 = R / (R + R_1)$ ， $\tau$ 为时间常数  $\tau = ((R + R_1) / a)^{1/c}$ ， $c$ 表示频率相关系数， $0 \leq c \leq 1$ 。

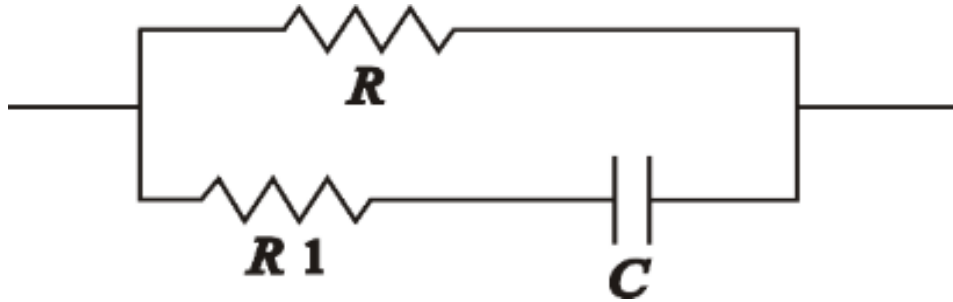


图3 Cole-Cole 模型等效电路图

图4是3种模型与含甲烷水合物多孔介质复电阻率实测数据拟合图。由图可知，复电阻率实部的模型计算值与实测数据的曲线趋势相同，虽然在高频段（角频率大于10rad/s）存在一定误差，相较于其他模型 Warburg 模型计算值与实测值最为接近；复电阻率虚部的 Dias 模型与 Cole-Cole 模型计算值与实测数据在低频段（角频率小于10rad/s）存在较大差异，Warburg 模型计算值与实测值最为接近。3种模型中，以 Cole-Cole 模型应用最广，然而从曲线拟合程度来看效果并不理想，而 Warburg 模型最适合应用于含甲烷水合物多孔介质体系，且 Warburg 模型较为简单，参数定义相对明确，便于推广应用。

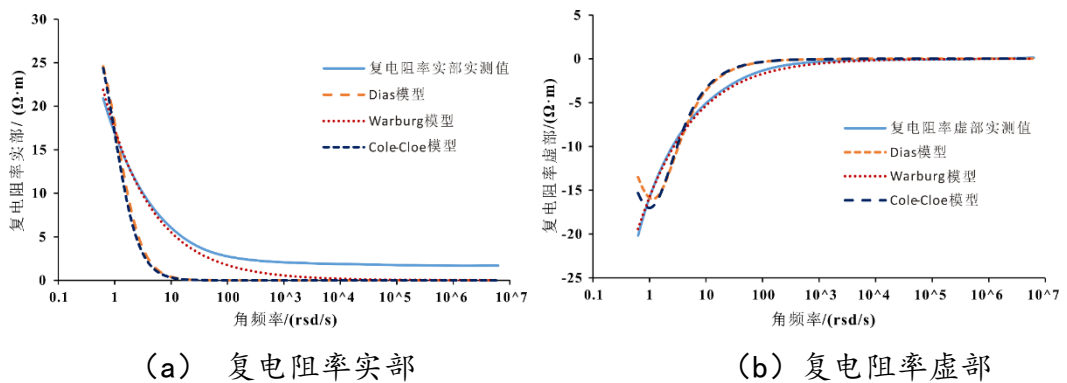


图4 含甲烷水合物多孔介质复电阻率实测数据与3种常用模型拟合图

表1为 Dias 模型、Warburg 模型、Cole-Cole 模型的参数拟合值，以参数拟合的均方差和相关性作为评价指标，Warburg 模型拟合最为理想。在获得 NaCl 溶液-海砂-甲烷水合物体系复电阻率参数的条件下，分析了含甲烷水合物多孔介质的复电阻率特性，并用复电阻率数据对3种复电阻率模型进行参数拟合。通过研究发现：Warburg 模型对含甲烷水合物多孔介质的复电阻率数据



拟合效果较好; Warburg 模型参数与水合物饱和度之间存在明显的对应关系。与其它模型相比 Warburg 模型更适应于天然气水合物体系,但是如何对模型进行优化及建立模型参数与水合物饱和度两者之间的定量关系是下一步需要开展的工作。

表 1 复电阻率模型拟合参数值

Dias 模型		Warburg 模型		Cole-Cole 模型	
参数	拟合值	参数	拟合值	参数	拟合值
$\rho_0$	32	$\rho_0$	350	$\rho_0$	34
$m$	1	$m$	1	$m$	1
$\tau$	1	$\tau$	201	$\tau$	1
$\mu$	4.29E+9			$c$	1
均方差	2.2771		0.9807		2.3325
相关性	0.9490		0.9990		0.9468

编号: NGGSF03F002

# 全方位定量剖析致密储层微观非均质性的新技术——“伞式解构”方法的首次提出与应用

杜书恒<sup>1,2,3</sup>, 庞 姗<sup>1,3</sup>, 师永民<sup>3</sup>, 赵亚溥<sup>2</sup>

(1. 北京大学 地球与空间科学学院, 北京 100871; 2. 中国科学院力学研究所 非线性力学国家重点实验室; 3. 北京大学 石油与天然气研究中心, 北京 100871)

**摘要:** 以中国鄂尔多斯盆地致密砂岩储层为例, 联合岩心特殊制样、光薄片、场发射 SEM 成像、EDS 能谱分析、大视域成像、高分辨率图像精细处理、精细分形表征、大数统计分析等技术原理与手段, 自主设计一种新的实验技术手段与分析方法——“伞式解构”方法用以全方位定量表征微观孔喉发育的微观非均质性, 这将为全方位揭示鄂尔多斯盆地致密油储层勘探与开发提供新的理论依据。其主要技术原理和八向切片大视域图像表征结果如图 1 和图 2。

研究结果显示:

(1) 与 Micro-CT、Nano-CT、FIB-SEM 等技术相比, 本文提出“伞式解构”方法的特殊意义主要表现在两方面, 一是对岩心标准钻柱力求“物尽其用”, 二是在分辨率达到要求的前提下提高代表性进而实现二者兼顾。

(2) 伞式切片分析结果显示, 孔隙相对含量即对孔隙率贡献程度的高低并不等同于其对储层整体微观非均质性的贡献程度; 相反, 相对含量最小即对孔隙率贡献程度的最低的微纳米介孔才是造成致密砂岩储层微观非均质性最主要的因素。

(3) 依据平均孔隙半径和平均喉道半径将八向岩石分为高孔中喉、中孔粗喉、中孔细喉、低孔中喉、低孔细喉 5 类, 良好的表征了岩石不同方向微观孔喉发育的微观非均质性。

(4) 伞式切片填隙物微观非均质性表征结果显示, 各向孔喉参数差异明显, 随着取样角度的变化, 呈现连续非稳态分布。结果充分展现了填隙物参数在空间上各向异性的变化规律。

**基金项目:** 国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”(2017ZX05013005-009)。

**作者简介:** 杜书恒(1994-), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事储层开发地质及非常规地质力学综合研究。通讯地址: 北京市海淀区颐和园路 5 号北京大学地球与空间科学学院。E-mail: dushuheng@pku.edu.cn.

(5) 计盒分形维数与孔隙率、渗透率和单位面积孔喉数量均呈良好线性相关关系。分形维数越大，单位面积孔喉数量、孔隙率、渗透率均呈增大趋势，这说明分形维数不仅表征孔喉复杂程度，而且是孔隙率、渗透率和孔喉发育概率的良好表征。同时，单位面积孔喉数量即孔喉发育概率也直接影响了渗透率。

(6) 伞式切片中孔喉参数与填隙物参数的高次拟合公式首次为岩石参数的各向异性提供了连续计算方法和理论依据。这将为创新致密砂岩储层表征方法提供新的思路 and 新的理论依据。

**关键词：**伞式解构；微观非均质性；致密砂岩储层

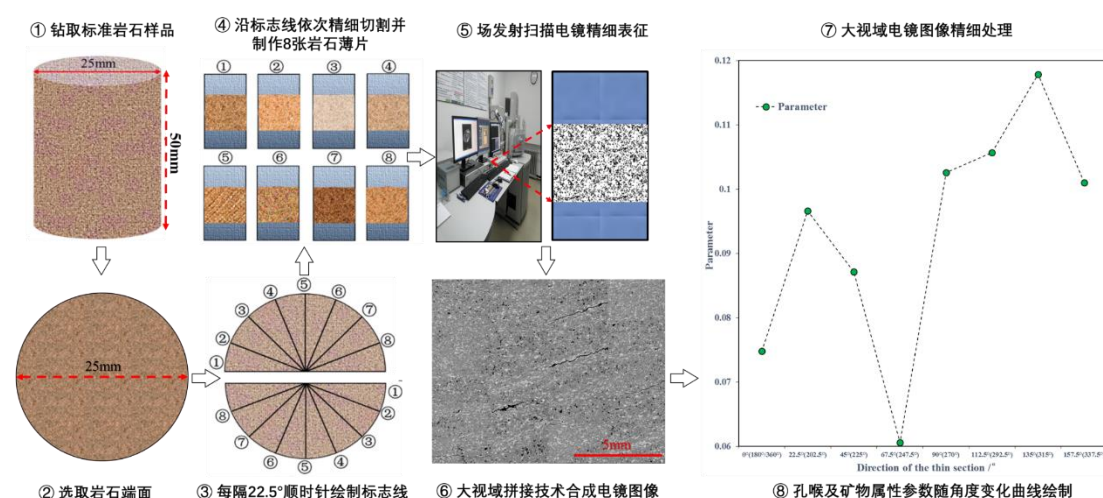


图1 “伞式解构”方法技术原理及流程设计

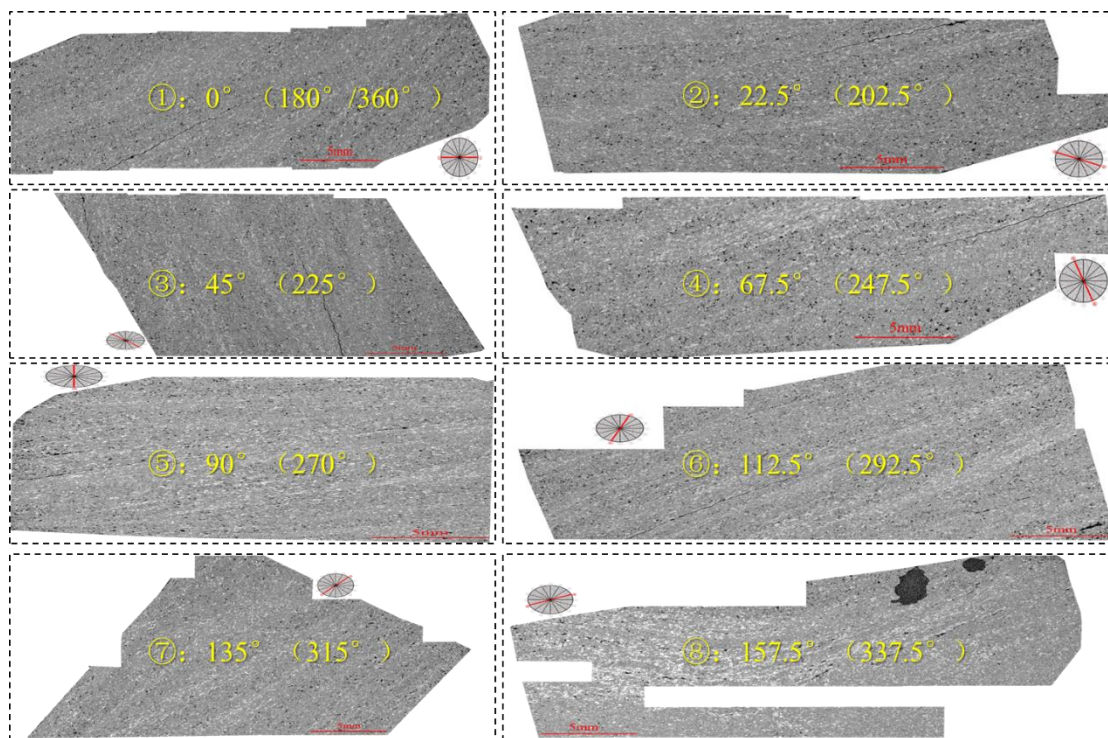


图2 “伞式解构”八向切片 FE-SEM 大视域成像实验结果

编号: NGGSF03F003

## 基于支持向量机对夹层的定量识别研究

洪伟俊, 徐守余

(中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东青岛 266555)

**摘要:** 在油田勘探开发实践表明, 正确识别夹层, 可以了解夹层的分布, 确定对精细描述油藏地质特征, 研究剩余油分布, 进而采取有效的工程措施具有重要意义。现阶段对于夹层的识别主要包括三种主要的方法: 岩心信息识别夹层、夹层物性识别标准、测井信息识别夹层。根据取心井的岩心、薄片和扫描电镜等资料较容易正确识别不同类型的夹层, 但由于取心井资料的限制, 根据测井信息识别夹层较为普遍。定量识别夹层主要基于测井信息识别夹层, 定量识别可以分为两方面: 基于地质理论的夹层识别和基于数学手段的夹层识别。而对于数学手段的识别研究较少, 本文选用机器学习算法, 应用支持向量机(Support Vector Machine, SVM)对夹层的定量识别中。

支持向量机是 Vapnik 等在统计学理论上提出的一种机器学习算法, 在解决小样本、非线性和高维空间的实际问题中有较大优势, 并且已有不少国内学者应用在地学领域中。而夹层识别主要是应用取心井资料去识别, 通过取心井资料建立识别模式, 从而应用在实际井中, 但是在实际工作中取心井地质资料难以获得较多, 数据常表现为小样本的特征, 而支持向量机恰好对于小样本数据具有更好的识别效果。SVM 在求解非线性问题及处理小样本数据上具有较大的优势, 因此, SVM 方法对于解决夹层识别问题上有很好的实用性和实用性。

本文选取喇嘛甸油田南中西二区 SIII4-7、P12 小层的层内夹层作为研究对象, 根据测井参数值识别夹层时, 首先在分析研究区内夹层和测井参数对应关系的基础上, 划分研究区岩心的岩石类型, 并确定能够较好地反映岩性的测井曲线。通过选用自然伽马(GR)、声波(AC)、微电极(RMN 和 RMG)、 $\Delta(R_{mn}-R_{mg})$  56 条测井曲线作为输入特征, 应用支持向量机方法定量识别出泥质夹层, 物性夹层和钙质夹层。选取 211 个样本, 预测准确率为 80%, 并将模型应用在单井夹层的识别上, 具有较好的。实验表明, 应用支持向量机定量识别夹层具有一定的可行性。

**作者简介:** 洪伟俊, 男, 1993 年生, 硕士研究生。单位名称: 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院。电话: 15763948801, 手机: 15763948801, 邮件: 673681668@qq.com。地址: 山东省青岛市中国石油大学(华东)地球科学与技术学院邮政编码: 266555。

编号: NGGSF03F004

# 断陷盆地基底复杂岩性测井识别方法探索 及应用——以松辽盆地为例

姜晓华, 徐淑娟, 武雪琼, 程宏岗, 崔俊峰, 贾 丽  
(中国石油勘探开发研究院, 河北 廊坊 065007)

**摘要:** 松辽盆地作为我国东部典型的断陷盆地, 盆地基底经历了古生代以来长期的构造运动, 结构与岩性复杂。基底作为一个新的勘探领域, 当前研究程度较低, 如何识别基底岩性是当前面临的一个现实问题。本文通过进一步的岩性镜下鉴定, 选取 26 口重点井的测井资料, 对其常规测井曲线 RHOB、CNL、GR 等进行了统计分析, 开展不同岩性常规测井曲线交会, 明确了多种复杂岩性测井响应特征, 并建立了碳酸盐岩、花岗岩、片麻岩等复杂岩性的测井交会图版。发现基底碳酸盐岩表现为低 GR 特征, GR 范围一般为 10-70API, 花岗岩、片麻岩均表现为低 CNL 特征, 分别为 0-9%、0-6%。利用该研究成果对有利目标区开展目的层岩性预测, 从而为储层预测与目标评价提供有效方法。

**关键词:** 复杂岩性; 测井识别; 基底; 断陷; 松辽盆地



编号: NGGSF03F005

# 天然气藏定量预测方法研究及应用——以四川盆地川西北双鱼石工区为例

李胜军<sup>1,2</sup>, 高建虎<sup>1</sup>, 桂金咏<sup>1</sup>, 刘炳杨<sup>1</sup>, 王洪求<sup>1</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院西北分院 甘肃 兰州 730020

2. 中国石油大学(北京) 油气资源与探测国家重点实验室)

**摘要:**近年来在四川盆地川中、川西北下二叠统栖霞组、茅口组获得重大发现,揭示了该区有较好的勘探前景,川西北下二叠统面临着地层埋藏深、储层厚度薄、横向变化快、有利储层预测难度大的问题。在针对上述难题,通过模型正演,明确了白云岩储层为宽缓波谷、中弱波峰的地震反射特征,开展精细构造解释,细化目的层细小断层分布,为储层预测打好基础。结合对多口井进行精细岩石物理分析,得出  $\text{Lamda}/\text{Mu}$ 、 $\text{Lamda}*\text{Rho}$  为储层敏感参数,可以较好的反映出有利区相带的分布。然后利用研发的基于压缩感知的高分辨率 AVO 反演方法,对薄储层进行精细刻画,利用基于统计岩石物理的储层物性参数预测方法进行烃类检测,进一步定量的预测白云岩孔隙度和饱和度,降低勘探风险,通过通钻井资料对比分析,储层预测厚度符合率大于 80%,含气性预测符合率大于 75%,证实了研发的天然气藏定量预测方法的有效性,为方法技术系列的推广应用奠定了良好的基础。

作者简介: 李胜军,13679401500,li\_sj@petrochina.com.cn.

编号: NGGSF03F006

# 数据挖掘方法在缝洞型碳酸盐岩岩性划分中的应用——以塔中地区奥陶系良里塔格组为例

李政宏, 张立强, 晋倩倩

(中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580)

**摘要:** 塔中地区奥陶系良里塔格组碳酸盐岩岩性复杂, 缝洞发育且类型多样。近年来研究人员在应用常规测井资料划分缝洞型碳酸盐岩岩性方面取得了一些进展, 但仍然存在一定缺陷: 智能方法如神经网络、支持向量机、决策树等需要准确度较高的训练数据, 即首先需要人工识别出所有岩性并与测井数据准确匹配; 传统方法如交会图最多利用三种测井信息, 对测井数据直接聚类则忽视了测井响应特征重叠这一严重问题。

为了解决此些问题, 选取岩心齐全、岩性类型丰富和测井资料齐全的某口井作为标准井, 选取对研究区岩性变化敏感的密度(DEN)、自然伽马(GR)、补偿中子(CNL)、声波时差(AC)、地层电阻率(RT)和冲洗带电阻率(RXO)6种测井数据进行数据挖掘。先利用因子分析法提取了3个因子, 分别命名为含泥量因子、孔洞因子和裂缝因子, 其提取了94.5%的原始信息量。根据三个因子得分进行K-Means聚类, 并利用判别分析确定分类数量。根据岩心特征及录井资料对不同类别合理合并, 结合缝、洞含量确定了7中岩性, 分别为低孔中缝泥质灰岩、中孔低缝泥质灰岩、中孔低缝颗粒灰岩、多孔颗粒灰岩、含缝颗粒灰岩和多缝颗粒灰岩。

利用该方法, 对塔中地区奥陶系良里塔格组地质资料不全的井进行了准确标定。与常规测井分析方法相比, 数据挖掘方法提取了充分的测井信息, 解决了不同测井曲线之间信息重叠的问题, 且无需训练数据, 避免了分析人员主观地划分岩性造成的问题, 更客观准确地划分出不同的岩性, 进而提供了更好的能适应于缝洞型碳酸盐岩岩性的测井定量识别方法。

**关键词:** 良里塔格组; 缝洞型碳酸盐岩; 岩性划分; 数据挖掘

**基金项目:** 中国科学院战略先导科技专项(XDA14010202)资助。

**作者简介:** 李政宏(1994-), 男, 硕士研究生, 油田开发地质。E-mail:2446347999@qq.com.

**通信作者:** 张立强(1970-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事油气储层地质学的教学和科研工作。E-mail:liqiangzhangwxm@163.com.



编号: NGGSF03F007

# 塔中地区中深 1 井、中深 1C 井原油低聚硫代金刚烷绝对定量分析

马安来<sup>1</sup>, 朱翠山<sup>2</sup>, 顾 忆<sup>1</sup>, 李慧莉<sup>1</sup>

(1.中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2.长江大学资源与环境学院, 湖北 武汉 430100)

**摘要:** 中深 1 井、中深 1C 为塔里木盆地寒武系盐下油气获得突破的钻井, 中统阿瓦塔格组 ( $\epsilon_{2a}$ ) 和下统肖尔布拉克组 ( $\epsilon_{1x}$ ) 原油在地球化学特征上存在较大差异。对中深 1  $\epsilon_{2a}$  原油和中深 1C 井  $\epsilon_{1x}$  原油进行银盐离子柱层分离, 获得含硫非烃, 使用色谱-质谱方法在中深 1C 井原油含硫非烃检测出完整的低聚硫代金刚烷系列, 包括硫代单金刚烷、硫代双金刚烷和硫代三金刚烷系列, 分析了 26 个化合物的质谱特征, 并与文献质谱特征进行对比。硫代金刚烷具有较强的分子离子, 含有  $[M-SH]$  和  $[M-CH_3]^+$  特征离子, 为硫代金刚烷开笼结构的产物。使用  $D_{16}$ -单金刚烷作为定量内标, 中深 1 井、中深 1C 井寒武系原油中硫代金刚烷含量分别为  $7.36 \mu\text{g}/\text{g}_{\text{oil}}$ 、 $8758.02 \mu\text{g}/\text{g}_{\text{oil}}$ , 表明中深 1C 井肖尔布拉克组原油为强烈热化学硫酸盐还原作用 (TSR) 的残余油, 而中深 1 井阿瓦塔格组原油基本未受 TSR 作用。中深 1C 井原油极高的金刚烷和二苯并噻吩系列化合物含量分别为  $83872.20 \mu\text{g}/\text{g}_{\text{oil}}$  和  $57212.5 \mu\text{g}/\text{g}_{\text{oil}}$ , 支持中深 1C 井寒武系原油经历了强烈的 TSR 作用。

**关键词:** 低聚硫代金刚烷; 硫代单金刚烷; 硫代双金刚烷; 硫代三金刚烷; 色谱质谱; 热化学硫酸盐还原反应 (TSR); 塔中隆起; 寒武系

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (No.41772153), 中国石油化工股份有限公司科技部项目 (P16090、P17049-1) 资助。

**作者简介:** 马安来 (1969-), 男, 安徽淮南人, 副教授, 博士, 主要从事油气地球化学与成藏机理研究。地址: 北京市海淀区学院路 31 号, 电话: 010-82314980, E-mail: maal.syky@sinopec.com.

编号: NGGSF03F008

# 最大似然属性在断裂识别中的应用——以哈拉哈塘地区热瓦普区块奥陶系走滑断裂的识别为例

马德波<sup>1,2</sup>, 赵一民<sup>2</sup>, 万效国<sup>3</sup>, 张银涛<sup>3</sup>, 杨敏<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;

3. 中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院, 新疆库尔勒 841000)

**摘要:** 断裂是重要的油气储集空间和渗流通道, 控制着油气藏形成与分布。断裂的精细刻画是油气藏勘探开发的关键环节。利用最大似然属性进行哈拉哈塘地区热瓦普区块奥陶系走滑断裂识别, 取得良好的应用效果。最大似然属性是通过对整个地震数据体扫描计算数据样点之间的相似性, 获得研究区内断裂发育的最可能位置及概率, 提升断裂刻画精度。关键步骤包括: ①断裂的地震反射特征分析; ②倾角控制下断裂成像加强; ③最大似然属性的提取 (likelihood 属性、thin likelihood 属性); ④属性切片的解译。热瓦普区块奥陶系走滑断裂的刻画证实最大似然属性刻画的断裂效果优于相干体刻画的断裂效果, 其中 likelihood 属性对于分支断裂的刻画效果较好, thin likelihood 属性对于分支断裂以及断裂带内部结构的刻画较为清楚, 还对裂缝密集发育区的预测有一定的效果。

**关键词:** 最大似然属性; likelihood; thin likelihood; 断裂识别; 哈拉哈塘地区

**基金项目:** 中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司科技课题《塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩成藏条件研究及勘探目标优选》(编号: kt2017-02-03)。

**作者简介:** 马德波 (1983-), 男, 山东新泰人, 工程师, 博士研究生, 主要从事地震地质综合解释、区域构造解析。E-mail: madbo@petrochina.com.cn.

编号: **NGGSF03F009**

# 甲烷(CH<sub>4</sub>)组成分析法

潘 旭

(中国科学院西北生态环境资源研究院油气资源研究中心, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 甲烷(CH<sub>4</sub>)组成分析法采用图 1 模式可检测甲烷中的硫化物和质量数丰度值与比值(见图 2, 表 1, 表 2), 可看到甲烷长什么样, 也就是单位甲烷中不同质量数原子、分子的分布。



图 1 GC-FID-FPD-MSD 分析甲烷流程图

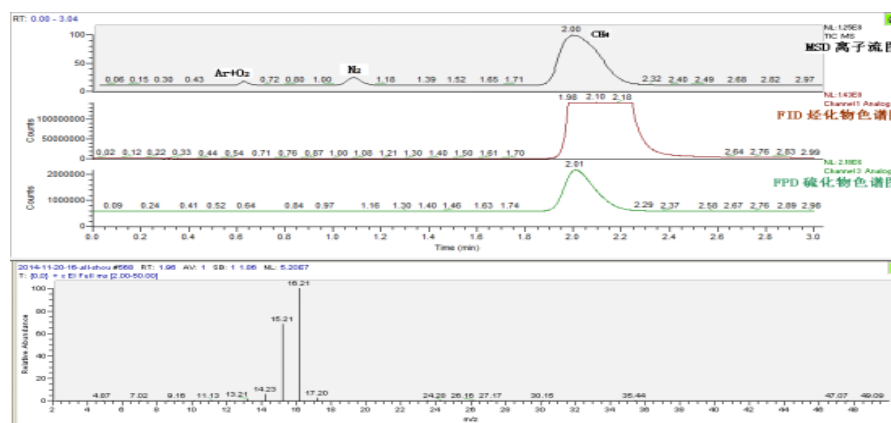


图 2 GC-FID-FPD-MSD 分析甲烷色-质谱图

从图 2 MSD 离子流图可看出主要成分为甲烷(CH<sub>4</sub>), 还有一点氩+氧(Ar+O<sub>2</sub>)、氮(N<sub>2</sub>); FID 烃化物色谱图中可看出甲烷是平顶峰; FPD 硫化物色谱图中甲烷有硫化物。说明从分子筛柱馏出的是含有硫化物的甲烷峰而不是纯甲烷 16 分子峰。

**通讯地址:**兰州市东岗西路 382 号 电话: 0931-4960838; 18919831196, 电子信箱: panxu201410@163.com.

表1 MSD分析10个甲烷样品质量数扫描2~50amu丰度值重现性实验表

质量数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	标准偏差	相对标准偏差RSD(%)	%
<sup>12</sup> CH <sub>4</sub>	249004	266126	268294	266118	264911	260425	259491	252382	252295	254409	<b>259345.5</b>	6940.98	<b>2.68</b>	<b>0.23</b>
<sup>13</sup> CH <sub>4</sub>	922960	966176	977296	980155	976779	941475	949489	943504	922440	924344	<b>950461.8</b>	23321.71	<b>2.45</b>	<b>0.86</b>
<sup>14</sup> CH <sub>4</sub>	3512868	3673907	3759155	3691875	3675368	3605903	3606707	3556572	3704881	3671653	<b>3645888.9</b>	74197.92	<b>2.04</b>	<b>3.3</b>
<sup>15</sup> CH <sub>4</sub>	41362278	43238642	44243088	43670589	43353463	42427772	41653562	41776657	40466437	39919727	<b>42213223.5</b>	1418599	<b>3.36</b>	<b>38.24</b>
<sup>16</sup> CH <sub>4</sub>	61554325	63236764	64373661	63501922	63653097	61371518	61087811	60772036	59211273	57844189	<b>61660659.6</b>	2081190.8	<b>3.38</b>	<b>55.86</b>
<sup>17</sup> CH <sub>4</sub>	1471407	1491202	1523276	1493775	1499977	1413286	1460168	1459422	1431476	1382899	<b>1462688.8</b>	43095.36	<b>2.95</b>	<b>1.33</b>
<sup>26</sup> CH <sub>4</sub>	34460	33034	35273	33977	33984	32871	32578	31005	31606	32430	<b>33121.8</b>	1313.04	<b>3.96</b>	<b>0.03</b>
<sup>27</sup> CH <sub>4</sub>	140276	138780	140048	137509	139471	134149	128964	128210	127429	131566	<b>134640.2</b>	5217.19	<b>3.87</b>	<b>0.12</b>
<sup>30</sup> CH <sub>4</sub>	22536	20439	21337	22380	20831	20245	19312	19304	21744	19394	<b>20752.2</b>	1226.33	<b>5.91</b>	<b>0.02</b>

表2 MSD分析10个甲烷样品质量数扫描2~50amu丰度比值重现性实验表(略)

结论:

1. 该方法通过FPD验证甲烷含有硫化物。
2. 质谱图和质量数丰度表可呈现甲烷不同质量数丰度的分子、原子。
3. 单位甲烷组成 <sup>12</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.23%; <sup>13</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.86%; <sup>14</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 3.3%; <sup>15</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 38.24%; <sup>16</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 55.86%; <sup>17</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 1.33%; <sup>26</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.03%; <sup>27</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.12%; <sup>30</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.02%。
4. 分子筛柱馏出的甲烷峰是质量数 <sup>12</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.23%; <sup>13</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.86%; <sup>14</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 3.3%; <sup>15</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 38.24%; <sup>16</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 55.86%; <sup>17</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 1.33%; <sup>26</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.03%; <sup>27</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.12%; <sup>30</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.02%为主的含有硫元素的甲烷(CH<sub>4</sub>)而不是仅有分子量16的纯甲烷(CH<sub>4</sub>)。
5. 甲烷较稳定的质量数丰度比值(30): <sup>13</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>12</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 3.67、<sup>14</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>12</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 14.062、<sup>15</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>12</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 162.76、<sup>16</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>12</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 237.76、<sup>17</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>12</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 5.64、<sup>26</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>12</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.13、<sup>27</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>12</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.52、<sup>14</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>13</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 3.84、<sup>15</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>13</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 44.41、<sup>16</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>13</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 64.87、<sup>17</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>13</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 1.54、<sup>26</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>13</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.035、<sup>27</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>13</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.14、<sup>15</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>14</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 11.58、<sup>16</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>14</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 16.92、<sup>17</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>14</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.4、<sup>26</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>14</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.0091、<sup>27</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>14</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.037、<sup>16</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>15</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 1.46、<sup>17</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>15</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.035、<sup>26</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>15</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.00078、<sup>27</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>15</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.0032、<sup>17</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>16</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.024、<sup>26</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>16</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.00054、<sup>27</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>16</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.0022、<sup>26</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>17</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.023、<sup>27</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>17</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.092、<sup>27</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>26</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 4.066、<sup>30</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>26</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.63、<sup>30</sup>CH<sub>4</sub>/<sup>27</sup>CH<sub>4</sub> ≈ 0.15。

关键词: 甲烷; 气相色谱(GC); 质量检测器(MSD); 火焰电离检测器(FID); 火焰光度检测器(FPD)

编号: NGGSF03F010

# 页岩样品分析数据的若干影响因素 ——兼谈岩心样品的科学取样问题

王世谦

(中石油西南油气田公司页岩气研究院)

**摘要:** 众所周知, 油气勘探中对地下油气分布规律的认识很大程度上取决于对地下岩石或流体样品所开展的实验分析数据。页岩气的勘探开发尤为如此, 在勘探过程中往往需要对页岩气资料井、探井和评价井中的页岩层段全井段取心, 并针对页岩的岩石矿物学、地球化学、岩石物理、岩石力学以及含气性等特征开展大量的样品测试分析。

通过对页岩样品分析测试结果的对比分析, 发现在不同实验室之间、不同分析实验方法之间、甚至是不同取样方法之间, 分析数据存在较大的差异, 这将极大地影响到对地下页岩气地质情况的认识与勘探前景评价。

本文对页岩样品分析质量问题进行了若干实例剖析, 分析了造成页岩样品分析数据差异的一些影响因素, 并介绍了实验室开展页岩气样品分析所应遵循的基本程序与方法, 最后对开展页岩样品的科学取样分析提出了相关建议。

编号: NGGSF03F011

# 一种碳酸盐岩气藏岩溶古地貌恢复新方法 及其应用

闫海军, 夏钦禹

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 基于四川盆地高磨地区三维地震和完钻井资料, 结合高分辨率法、层拉平方法、残厚法和印模法的优点, 首次创新采用“双界面”法对高磨地区震旦系灯四段岩溶古地貌进行恢复。恢复方法综合筛选沧浪铺海泛面作为上覆标志面进行井震综合层位追踪, 开展岩溶古地貌恢复, 恢复结果更加精细。恢复结果表明: 灯四段岩溶古地貌包括岩溶低地、岩溶斜坡和岩溶台地三种一级古地貌单元以及陡坡、缓坡、台坡、台面、洼地、沟谷和残丘七种二级古地貌单元。灯四段岩溶古地貌表现为“两沟三区、北缓南陡”的特征, 同时高石梯发育台坡、台面和残丘三种古地貌单元, 磨溪地区主体发育缓坡和台面, 台地内部发育台面、洼地和残丘。台坡、台面和斜坡微地貌单元岩溶发育程度好, 优质储层发育, 完钻井效果较好, 高石梯和磨溪地区差异性明显。同时, 岩溶古地貌对高产井控制作用明显, 下一步需要精细刻画沟谷分布, 论证断层及古沟槽对古地貌分布的控制作用, 分区建立古地貌划分标准, 评价台地内部优势微地貌单元分布, 支撑建产有利区筛选和目标开发井位优化, 从而为高磨地区震旦系气藏快速建产和长期稳产提供保障。

**关键词:** 古地貌; 双界面; 岩溶; 震旦系灯影组; 高石梯-磨溪; 四川盆地

**基金项目:** “十三五”国家重大专项“复杂天然气藏开发关键技术(2016ZX05015)”; 中国石油集团重大科技专项“川中地区灯四气藏规模有效开发关键技术研究与应用(2016E-06)”。**作者简介:** 闫海军(1983-), 男, 河南南阳人, 2009年获中国石油勘探开发研究院硕士学位, 主要从事油气田开发地质研究工作。联系电话: 010-83595236, E-mail: yhj010@petrochina.com.cn, 通讯地址: 北京市海淀区学院路20号910信箱。



编号: NGGSF03F012

# 基于无人机倾斜摄影的三维露头建模新方法

印森林<sup>1</sup>, 陈恭洋<sup>1</sup>, 刘子雄<sup>2</sup>, 晋静<sup>3</sup>, 王鹏宇<sup>3</sup>

(1. 长江大学 录井技术与工程研究院, 湖北 荆州 434023; 2. 中海油服油田生产研究院, 天津 塘沽 300459; 3. 长江大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430100)

**摘要:** 随着油气田勘探开发的深入, 储层表征向建立三维定量的储层地质模型方向及定性、半定量的知识正快速向量化储层地质知识库方向发展。对比现代沉积与密井网来说, 野外露头具有岩石与地下地层特征一致性、观察直接、取样相对简便的优点。从表征的技术上来说, 野外露头表征技术从传统的人工拍照、比例尺估算测量、取样分析、二维非规则剖面研究, 逐渐被一些新的技术所取代。例如: 在测量上更加精准的全站仪、表征露头岩性特征的伽马测量仪等、Google 软件解析大尺度的地质体、三维激光扫描表征野外露头小尺度的砂体结构、探地雷达等先进技术得到了广泛的应用。然而, 在当代信息采集、传输及处理解释的高度交叉的飞速发展情况下, 基于以上技术手段的不足, 本文引入了基于无人机倾斜摄影的三维数字露头表征技术。无人驾驶飞机简称“无人机”, 英文缩写为“UAV”(Unmanned Aerial Vehicle), 是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机。目前, 无人机技术在农林、军事、城市规划及其他行业取得了较好的发展, 探讨把无人机引入到野外地质工作中来, 利用无人机的敏捷、全局性视角、高精度和定量化的特点开展野外露头考察研究工作, 建立更加符合地下实际情况的储层地质知识库, 这不仅对拓展沉积学及三维地质建模具有重要理论意义, 同时对指导油气田精细勘探开发有重要的实践意义。对坪头乡野外露头数据进行了采集、处理与分析解释, 建立了野外露头区储层地质知识库, 并以此为基础建立了典型区块野外露头内部三维地质模型。研究表明: (1) 无人机倾斜摄影采集处理后数据模型具有三维坐标(经度、纬度、海拔)及对应的图像信息(图 1), 可以准确定位并测量任意位置点坐标, 为建立精准的储层地质知识库奠定了良好的基础; (2) 对露头区储层骨架与地质统计学参数进行了统计, 建立了典型露头区储层地质知识库, 主要包括储层成因、砂体连续性与规模、砂体

**基金项目:** 国家自然科学基金青年基金(No.41502126)、长江大学青年基金(No.2015cqn55)与油气资源与探测国家重点实验室开放基金项目(PPR/open-1510) 联合资助。

**作者简介:** 印森林(1983-), 男, 湖北仙桃人, 博士, 副教授, 主要从事油气田开发地质方面研究。地址:湖北省荆州市南环路1号。E-mail: yinxiang\_love@qq.com; 联系电话: 18696453978。



数量与相对比例、砂体几何形态、变差函数等参数；(3) 在虚拟井位设置、岩性标定和储层地质知识库的指导下，利用地质统计学变差函数的方法，建立了典型露头区三维地层-构造模型和岩性模型；(4) 以典型露头区三维地质模型为基础，应用 Petrel 软件对砂岩厚度百分含量图进行了分析，建立了研究区的训练图像，随后，多点地质统计学对野外露头全区进行了三维模拟实现，通过对与野外露头剖面的对比分析发现，模型较好的反映了工区的砂体构型分布特征。

**关键词：**无人机；储层地质知识库；倾斜摄影；三维露头建模；训练图像



图 1 无人机倾斜摄影坪头乡三维露头模型

地址：兰州市天水中路8号  
电话：0931-8277790  
网址：<http://www.nggs.ac.cn>  
E-mail：[nggsf@lzb.ac.cn](mailto:nggsf@lzb.ac.cn)



微信公众号



QQ交流群