

胜利油区渤南洼陷沙四上亚段成岩演化序列研究

吴富强¹,汪东波²

(1. 重庆大学西南资源开发及环境灾害控制工程教育部重点实验室,重庆 400044 2. 中国地质科学院地质所,北京 100037)

摘要 根据粘土矿物演化、有机质演化、成岩矿物特征、阴极发光、铸体薄片以及包裹体等方面研究,厘定了渤南洼陷沙四上亚段目前处于成岩晚期 A_2 - B 亚期,建立了渤南洼陷深部储层成岩演化序列,阐明了粘土矿物及其演化是储层形成的序参量,研究了渤南洼陷沙四上亚段成岩作用。重点探讨了泥岩和砂岩中粘土矿物对深部储层的影响——砂岩储层中的无机成岩作用与生油岩中的有机质成岩作用密切相关,二者相互作用的结果使邻近储层铝硅酸盐颗粒和碳酸盐溶蚀,形成次生孔隙,且发现高岭石大量出现是次生孔隙发育的一个标志,预测 3 600 m 附近极有可能存在一次生孔隙发育带。

关键词 沙四上亚段 粘土矿物 X 衍射分析 渤南洼陷

中图分类号 P588.21+21 P575.5

文献标识码 A

1 概况

渤南洼陷是济阳坳陷的一个三级负向构造单元,为一西北陡,东南缓,北东走向的箕状断陷盆地,由陡坡带、缓坡带、洼陷带三个部分组成,南部、东部缓坡带由罗家鼻状构造带、垦西地垒、孤西断裂带、孤北断裂带、渤南断裂带、罗西断裂带组成。西、北部陡坡带由义东、埕南断裂带组成,洼陷带由孤西向斜、四扣向斜组成。

渤南洼陷为一富油洼陷,自 1964 年开始勘探、1970 年发现第一口千吨井以来,在其周围已发现渤南、罗家、义东、埕东、孤岛、垦西、陈家庄等七个大、中型油气田,探明含油气面积约 100 km²,石油地质储量愈亿吨。洼陷深部钻探的义 115 井、义 121 井、渤深 5 井,在沙四段含膏岩段获纯气流,日产气 1 560 ~ 3 533 m³,钻探的渤深 3、渤深 4、义 160、义 17 等井,在沙四段获工业油气流。整个洼陷地质结

构复杂,油气藏类型丰富,从洼陷边缘到洼陷中心都有油气藏分布。

由于渤南深层普遍存在膏盐层,对地震资料的屏蔽作用较大,造成砂岩与盐膏层之间的界面难以识别,无法编制准确的砂体顶面构造图。虽然该区储集层发育,但因受地震资料分辨率影响,砂体难以追踪描述,致使研究工作陷入困境。本文尝试研究胜利油区渤南洼陷沙四上亚段成岩演化序列。

2 成岩作用

成岩作用系指沉积物转变为沉积岩及其以后所经历的但仍不失为沉积岩的各种物理和化学变化过程,在地质营力方面,是一外动力地质作用逐渐衰退和内动力地质作用逐渐增加、生物作用逐渐消失的过程,沉积作用形成了沉积岩的原始矿物-化学体系,而成岩作用则是一个物理化学结晶过程,是有机矿床和某些层控矿床的重要形成过程。

依据岩芯、薄片观察,阴极发光研究得出本区储层主要的成岩作用有:

(1)机械压实作用:机械压实作用是指沉积物

收稿日期 2004-06-14

基金项目 胜利油田渤南洼陷沙四上亚段储层综合评价项目(2000-11JS)

作者简介 吴富强(1964—),男,博士后,主要从事资源环境与社会可持续发展研究。

在上覆水体或沉积物负荷压力或构造应力的作用下,不断排出水份,体积缩小,孔渗性变差的过程,也称物理压实或粒间压实。渤南洼陷深层砂岩中机械压实作用主要表现为碎屑颗粒的点接触、线接触和凹凸接触以及颗粒的碎裂现象;由于成分、结构成熟度较低、古地温梯度高,导致渤南洼陷沙四段粒间压实作用异常强烈^[1]。

机械压实作用随埋藏深度的增加而变强,如渤南洼陷义160井3 600 m处颗粒呈点-线接触,而3 609.12 m处颗粒间呈凹凸接触。镜下观察表明杂基和云母等塑性颗粒含量高的岩屑砂岩,机械压实作用较强。

泥岩的机械压实作用比较显著,张博全等(1992)根据泥岩孔隙度、粘土矿物转化、脱水过程和孔隙流体压力,将我国东部中生代含油气盆地的泥岩机械压实作用过程划分为四个阶段,即早期快速压实阶段、早期缓慢压实阶段、晚期快速压实阶段和晚期缓慢压实阶段。

(2)压溶作用:随埋深的增加,碎屑颗粒在接触点处承受的压力超过正常流体压力,或者受较强的构造应力作用时,溶解度增加,导致骨架颗粒在接触点处变形和溶解,包扩物理作用和化学作用两个方面,即压溶作用,也称化学压实作用或粒内压实作用。压溶作用引起颗粒接触处的晶格变形和溶解,颗粒呈凹凸接触,甚至呈缝合线接触。

压溶作用与压实作用不同,它不仅受重力作用影响,还受接触物性质、流体性质的影响。酸性水、较高的温度环境有利于压溶作用进行,主要发生在3 000 m以下的深埋成岩作用阶段,压溶的溶解物质被孔隙水搬运至附近流体压力较低的地方,将再次以胶结物的形式沉淀,石英砂岩中部分石英和长石的次生加大胶结就是在这种情况下形成的。

(3)胶结作用:胶结作用是指以孔隙饱和溶液中沉淀出的矿物质(即胶结物),将松散的沉积物粘结成坚硬岩石的化学和生物化学作用过程,是沉积物转变为沉积岩的重要作用之一,包括自生石英的次生加大作用、长石的次生加大作用、碳酸盐胶结作用、硬石膏的胶结作用和黄铁矿胶结作用等。

从渤南洼陷沙四上亚段岩芯分析,可以看出深层胶结作用较强,主要胶结物有碳酸盐、伊利石、硬

石膏等,这主要与富碳酸盐和长石矿物的物源、粘土矿物转化有关。

(4)交代作用:交代作用系指在沉积期后演化过程中,沉积岩中某种矿物被化学成分不同的另一种矿物所取代的现象,是晚成岩阶段较常见的一种成岩作用,如黄铁矿交代石英、晚期方解石交代早期方解石等。

(5)溶蚀作用:溶蚀作用在渤南洼陷沙四段异常发育,铸体薄片研究表明,溶蚀作用形成的次生孔隙占储集空间的85%以上。

另外还见碳酸盐胶结物、粘土矿物的重结晶作用,表现为晶粒的增大,对储层物性的影响不大。

3 成岩演化序列研究

3.1 成岩阶段厘定

根据粘土矿物演化、有机质演化、成岩矿物特征以及包裹体等方面研究,初步认为渤南洼陷沙四上亚段目前处于成岩晚期A₂-B亚期。证据如下:

(1)粘土矿物组合及成岩环境:储层粘土矿物X射线衍射数据分析(表1)表明沙四段主要的粘土矿物组合为绿泥石+伊/蒙混层+伊利石,几乎不存在蒙脱石,个别层段高岭石相对含量高达25%。这些特征既反映了物源区的岩石组成、气候及沉积环境,同时也可看出所采样品已处于蒙脱石大量向伊/蒙混层和伊利石或绿泥石转化的深度。根据林西生、应凤祥等对我国十余个含油气盆地三十多口井的泥岩进行系统X射线衍射分析表明,蒙脱石转化途径受控于水介质条件,即在富钾的水介质条件下向伊/蒙混层转变,而在富镁的水介质条件下则向绿/蒙混层转变,本区泥岩主要向伊/蒙混层转变^[2,3]。

(2)伊/蒙混层:在成岩演化过程中,伊/蒙混层中蒙脱石层含量的变化是粘土矿物演化程度和阶段划分的标志,它们与有机质成熟度以及成岩阶段有良好的匹配关系。义160井沙四段伊/蒙混层比介于20%~33%,义161井、义17井介于16%~20%之间,义170井、渤深4井、渤深5井介于10%~15%之间,按照我国目前通用的划分方案可知,由义160井→义17井→义170井、渤深4井、渤深

表 1 渤南洼陷沙四段砂岩粘土矿物 X 衍射分析数据

Table 1 The data of clay mineral X-ray diffraction analyses of the Shasi Member in Bonan subsag

井号	深度/m	层位	蒙脱石	伊利石	高岭石	绿泥石	伊/蒙混层	混层比/%
渤深 4 井 65#	4616.7	ES4x		50		8	42	10
渤深 5 井 61#	4760	ES4s		62			38	10
渤深 4 井 67#	4120.3	ES4x		43		2	55	12
渤深 5 井 59#	5455.5	ES4s	< 1	15		51	33	12
义 170 井 43#	3824.67	ES4s		84		< 1	15	12
渤深 4 井 69#	4035.3	ES4s		49		18	33	14
义 170 井 41#	3823.87	ES4s		37		2	61	15
义 170 井 44#	3820.87	ES4s		67		< 1	32	15
义 17 井 50#	3811.96	ES4s		77		< 1	22	16
义 161 井 6#	3588	ES4		63		< 1	34	17
义 161 井 5#	3587.1	ES4		52		< 1	47	18
义 17 井 56#	3515.7	ES4s		42	15		43	18
义 160 井 38#	3681.29	ES4x		52		9	39	20
义 161 井 4#	3484.5	ES4		89		6	5	20
义 17 井 57#	3516.7	ES4s	< 1	24	18		57	20
义 160 井 20#	3601.4	ES4s		38		31	31	21
义 160 井 23#	3605	ES4s		36		24	40	21
义 160 井 29#	3610.5	ES4s		24		12	64	21
义 160 井 35#	3679.29	ES4x		45		37	18	21
义 160 井 36#	3680.09	ES4x		36		17	47	21
义 160 井 33#	3615.52	ES4s		48		15	37	22
义 160 井 9#	3582.2	ES4s		58	5	4	33	22
义 160 井 30#	3612.12	ES4s		15	25	30	30	23
义 160 井 34#	3678.69	ES4x		27		36	37	23
义 160 井 39#	3682	ES4x		42		16	42	23
义 160 井 10#	3594	ES4s		34	18		48	24
义 160 井 11#	3594.4	ES4s		34	11		55	24
义 160 井 19#	3600.5	ES4s		51		23	26	24
义 160 井 24#	3605.6	ES4s		33		13	54	24
义 160 井 28#	3610	ES4s		30		35	35	24
义 161 井 7#	3589			34		< 1	65	24
义 160 井 16#	3598.57	ES4s		32		40	28	25
义 160 井 18#	3600	ES4s		43		22	35	25
义 160 井 22#	3602.1	ES4s		29		11	60	25
义 160 井 12#	3595.5	ES4s		38	3	3	56	26
义 160 井 14#	3598.47	ES4s		36		14	50	26
义 160 井 21#	3602.5	ES4s		28		34	48	26
义 160 井 32#	3614.02	ES4s		34		54	12	26
义 160 井 37#	3680.29	ES4x		42		10	48	26
义 170 井 40#	3825	ES4s		40	2	19	39	26
义 160 井 13#	3596.4	ES4s		35	1	2	62	27
义 160 井 25#	3606.3	ES4s	< 1	32		25	42	27
义 160 井 17#	3599.2	ES4s	< 1	38	6	10	45	28
义 160 井 26#	3607	ES4s		33		26	41	29
义 160 井 27#	3609.12	ES4s		23		39	38	29
义 160 井 15#	3598.57	ES4s		48	5	7	40	30
义 160 井 8#	3579.49	ES4s	< 1	26	16	9	48	30
义 160 井 31#	3612.82	ES4s	< 1	36	11	22	30	33

注 小于检测限的数据略,由成都理工学院测试中心分析,2000。

5井,成岩作用逐渐增强,由晚成岩A₂亚期(温度100~140℃,R₀ 0.7%~1.3%,混层比20%~35%)到晚成岩B亚期(温度140~170℃,R₀ 1.3%~2.0%,混层比小于20%)。除义160井沙四段处于晚成岩A₂亚期外,其余各井沙四段均处于晚成岩B亚期范围。

(3)成熟-高成熟度有机质:烃源岩R₀在4700m和5200m分别高达1.3%和2.0%;胶结物包裹体均一温度介于119~176℃;另外根据前人研究,渤南洼陷义160井原油在120℃时发生裂解,形成不溶残留物与轻烃产物。这些数据表明渤南洼陷沙四段烃源岩已经演化到成熟-高成熟阶段。

(4)晚期成岩矿物:义170井3815.87m能谱分析数据Ca 53%、Mg 43.5%、Fe 3.5%,表明存在铁白云石;另外茜素红、铁氰化钾混合液以及阴极发光实验研究表明义160井、义170井、义17井等沙四段存在铁方解石、铁白云石、硬石膏等晚期成岩矿物;铸体薄片的观察也表明存在硬石膏胶结物,硬石膏在泥晶灰岩中呈团块状、星点状切割纹层,沿裂隙局部富集,均一温度高达176℃,为晚期成岩矿物。

3.2 成岩序列

成岩事件是在成岩过程中发生的具有独立特点的作用,是成岩物质对成岩场的适应和自身调节或自组织,而这些事件发生有早有晚,可按成岩史排列起来构成成岩序列。成岩序列包含着复杂的无机-有机反应,这是一个旧的平衡条件被打破、新的反应类型不断涌现和新的平衡随之建立的系统过程,是充填沉积物对盆地演化阶段或序次的综合响应。

3.2.1 长石的次生加大胶结作用

长石发蓝色光,是由于长石内含有Ti⁴⁺激活剂所致,义160井、义170井微斜长石的阴极发光为浅蓝色,其次生加大边有两期,第一期加大成分为钾长石,阴极发光为深蓝色;第二期次生加大的为钠长石,阴极发光为绿色,包裹体均一温度为135℃。

渤南洼陷深层长石的次生加大作用亦比较普遍,常常以具有聚片双晶的斜长石碎屑为核心,由于绢云母化和粘土化,斜长石表面变得浑浊,加大

边为钾长石或钠长石,洁净明亮。

3.2.2 自生石英胶结作用

通过岩石薄片观察,自生石英以石英碎屑为核心,向粒间孔隙空间生长,常形成石英自形晶面,次生加大的石英在正交偏光下与原来的石英碎屑呈同一消光位,多以粘土膜为界。

铸体薄片硅质胶结作用相对较弱,多以石英次生加大边存在,加大边宽度在0.01~0.02mm,也见以完好晶形存在于粒间溶孔中的自生石英,一般为微-粉晶级。SiO₂来源于压溶作用,尤其是一定量的杂基有利于压溶作用进行,使接触处pH值升高,溶解度增大;其次来自SiO₂过饱和的孔隙水。石英次生加大胶结物一般都呈完好的晶体存在于粒间孔隙中,破坏原生粒间孔隙,对孔隙起堵塞作用,致使孔渗性大大降低,影响程度取决于次生加大作用的程度,但是由于次生加大形成支架阻碍了压实作用的进行,使得孔隙得以保存。石英加大边溶蚀现象普遍,次生加大石英围绕石英颗粒,呈断续、不规则的环边,多数为线、凹凸接触,表明石英次生加大发生在压实作用的晚期。

Rittenhouse(1971)等人的研究0.7%的SiO₂的胶结物可使压溶颗粒接触带的孔隙度下降5%。石英主要以次生加大边的形式存在,不仅降低储层的孔渗性,也改变着储层的孔隙结构,使粒间管状喉道变为片状或缝状喉道,且SiO₂胶结物不易溶解,大大降低了储层的质量,尤其对深部储层影响更加明显,而压实作用可大大得到缓冲,致使石英次生加大边间的原生孔隙得以保存。

石英的次生加大现象可能与砂岩储层埋藏深度较大、成岩温度较高有关。蔡进功等(1998)研究表明渤南洼陷次生加大石英在成岩早期约2400m深度就开始形成。

由于各种成岩矿物的均一温度反映了成岩矿物形成时的温度,而均一温度是随着埋藏深度的增加而逐渐升高的,故可根据包裹体均一温度判断自生矿物次序。石英次生加大边包裹体均一温度为135~153℃,因此可能形成于晚成岩A₂和B亚期。

3.2.3 碳酸盐岩胶结作用

碳酸盐的胶结作用在渤南洼陷沙四段较发育,主要有早期方解石、晚期方解石、白云石、铁方解

石、铁白云石,致使孔渗性变差,尤其是呈嵌晶式胶结的碳酸盐矿物,但易溶碳酸盐矿物,也为溶蚀作用准备了物质条件。

渤南洼陷的碳酸盐胶结作用有四种:早期方解石胶结物阴极发光为浅黄色;晚期方解石胶结物阴极发光为亮黄色;含铁方解石发光为棕红色,一般分布在晚期方解石外围;白云石胶结物发玫瑰色光,铁白云石胶结物不发光,原因是铁白云石中 Fe^{2+} 的浓度 $>6\%$,而 Fe^{2+} 是猝灭剂。其交代胶结顺序为早期的方解石交代长石、岩屑、石英等颗粒;晚期方解石除交代碎屑外,还交代早期方解石;含铁方解石除交代碎屑外,还包围交代晚期方解石,与晚期方解石交替生长;白云石交代碎屑、交代方解石,与铁白云石一起交代石英及其加大边。

通过观察碳酸盐矿物之间交代与被交代的关系,推断其成岩序列为:早期方解石—晚期方解石—含铁方解石—少量白云石—铁白云石。其中晚期方解石、含铁方解石、少量白云石在成岩作用中交替生长。

3.2.4 其他胶结作用

绿泥石阴极发光为雾状绿色光,分布在碎屑颗粒的外围,交代、胶结碳酸盐。

成岩阶段的黄铁矿多呈自形至它形粒状。黄铁矿的生成与沉积物中所含有机质有关,因为有机质中常含硫和碳,碳被氧化时提供电子使铁转化为二价铁,当其与硫结合时即形成了黄铁矿。

黄铁矿有两期:第一期为早成岩 A 期形成的莓球状黄铁矿,如义 170 井 3 823.87 m 能谱分析数据 S 40.37%,Fe 59.63%,扫描电镜下呈莓球状;第二期为晚成岩 B 期形成的,如义 170 井铸体薄片可见黄铁矿交代胶结碳酸盐等。

硬石膏常见于渤南洼陷深层,泥晶灰岩中的硬石膏呈团块状、星点状;石膏脱水收缩形成具网络状裂隙的硬石膏,易被后期油气充填,在义 160 井 3 579.49 m 处的铸体薄片硬石膏胶结碎屑颗粒。

硬石膏在显微镜下大部分以胶结物的形式存在,在铸体薄片交代长石、方解石,包裹体均一温度为 176°C ,因此可能形成于晚成岩 B 期以后。

义 160 井沙四上亚段 3 612.82 m 和 3 601.4 m 能谱分析数据以及扫描电镜观察表明存在板状硅

灰石及纤维状、板状片钠铝石。

综上所述渤南洼陷深部储层中的成岩演化序列可归纳为:泥晶方解石→早期方解石、莓状黄铁矿、粘土环边→石英、长石初期弱次生加大、机械压实作用、次生孔隙开始形成→伊/蒙混层化第一迅速转化带,次生孔隙大量形成、高岭石胶结、石英次生加大→伊/蒙混层化第二迅速转化带,晚期方解石、含铁方解石胶结、长石次生加大→伊/蒙混层化第三迅速转化带,白云石胶结、铁白云石胶结,伊利石、绿泥石、硬石膏、晚期黄铁矿、片钠铝石及硅灰石的形成。

4 粘土矿物演化对次生孔隙形成的影响

4.1 泥岩、页岩中粘土矿物的成岩演化对储层形成的影响

(1)粘土矿物对有机质的脱羧和裂化起着催化作用,产生有机酸。

(2)粘土矿物随压实成岩作用的增强,不仅脱去孔隙水、束缚水,而且随着相变逐渐脱去层间水,乃至结构水,同时也释放出大量金属阳离子 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ca^{2+} 、 SiO_2 及 H^+ 。脱去的水携带着这些金属阳离子、 H^+ 和有机酸,率先进入临近砂岩内,打破砂岩内环境的平衡,在其它条件的配合下进行各种化学反应,形成次生孔隙,为油气进入扫清了障碍,准备了场所。

(3)水热增压和油气的形成易形成异常高压带,对压实起着缓冲作用,阻止成岩作用的继续进行,易于孔隙的保护。

总之,其成岩作用包括压实作用和脱水作用、粘土矿物相转换、粘土矿物中离子的溶解、运移和再沉淀以及胶结作用、固结作用、有机质的热演化等,致使砂岩储层中的无机成岩作用与生油岩中的有机质成岩作用密切相关,二者相互作用的结果使邻近储层铝硅酸盐颗粒和碳酸盐溶蚀,形成次生孔隙,同时有机酸对溶液 pH 值有缓冲作用,将 pH 控制在 5~6 之间。

4.2 砂岩中粘土矿物对次生孔隙的影响

自生粘土矿物胶结物常见有高岭石、蒙脱石、伊利石和绿泥石。

(1) 高岭石胶结物 :在扫描电镜下高岭石常呈孔隙充填式胶结 ,其集合体为蠕虫状、手风琴状 ,晶间微孔异常发育。这类胶结物主要充填洞、缝和次生孔隙中 ,随埋深增加 ,在碱性介质条件下 ,高岭石向伊利石或绿泥石转化。

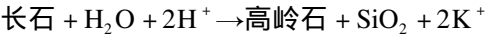
(2) 伊利石胶结物 :伊利石常呈孔隙衬垫式胶结 ,即薄膜式胶结 ,以平行颗粒分布为主 ,其集合体为鳞片状、羽毛状、丝缕状 ,晶间微孔极小 ,一般小于 $0.1\text{ }\mu\text{m}$,为束缚孔隙 ,使孔隙弯曲度增加 ,堵塞喉道 ,造成孔隙度及渗透率急剧下降。

(3) 绿泥石胶结物 :绿泥石常呈孔隙衬垫式胶结 ,即薄膜式胶结 ,以垂直颗粒分布为主 ,晶体形态以叶片状、鳞片状为主。当绿泥石薄膜厚度大于 $3\text{ }\mu\text{m}$ 时 ,将抑制长石和石英的次生加大 ,有利于孔隙保护。

(4) 伊/蒙混层 :以往曾被认为是由两层伊利石层和一层蒙脱石层组成的晶粒集合体 ,是蒙脱石向伊利石转化的过渡性矿物 ,但最新研究表明 ,I/S 混层矿物不是简单的层间关系 ,而是两类晶层组合成非常复杂且不均一的晶格图形(朱家祥,1995)。可以说砂岩中粘土矿物含量、组合、产状直接影响着

储层的物性 ,尤其是渗透性及敏感性 ,影响着储层的产量 ,是开发中不可忽视的因素。

一般砂岩中粘土矿物伊利石、绿泥石随埋藏深度的增加而增加 ,蒙脱石随埋藏深度的增加而减少 ,直至消失。显微及超显微观察表明高岭石在义 160 井沙四上亚段发育 ,集中于 $3\text{ }600\text{ m}$ 深度附近 ,且凡是高岭石相对含量大于 10% 的中细粒长石砂岩类 ,晶间微孔发育 ,孔、渗性较好 ,面孔率高达 15% ,为本区优质储层 ,因此可认为高岭石大量出现是次生孔隙发育的一个标志 , $3\text{ }600\text{ m}$ 附近极有可能为一次生孔隙发育带 ,这是因为高岭石含量高处 ,砂岩溶蚀作用强烈 ,溶孔发育 ,其过程可表示为 :



参考文献 :

[1] 陈丽华 , 缪昕 , 魏宝和 , 等. 扫描电镜在石油地质上的应用 [M]. 北京 : 石油工业出版社 , 1990.
[2] 黄思静. 碳酸盐矿物的阴极发光性与其 Fe , Mn 含量的关系 [J]. 矿物岩石 , 1992 , 12(4).
[3] 陈丽华 , 姜在兴. 储层实验测试技术 [M]. 北京 : 石油大学出版社 , 1994.

Diagenetic sequence of the upper Shasi Member
in Bonan subsag , Shengli oilfield

WU Fu-qiang¹ , WANG Dong-bo²

(1. Key Lab For the Exploitation of Southwestern Resources and Environmental Engineering , Ministry of Education , Chongqing 400044 , China 2. Institute of Geology , Chinese Academy of Geological Sciences , Beijing 100037 , China)

Abstract : The chemical evolution of clay minerals and organic materials , features of rock-forming minerals , cathode-luminescence and microscope identification as well as features of fluid inclusions show that the upper part of the Shasi Member in Bonan subsag is in the subphase A₂-B of late stage of diagenesis. The diagenetic sequence of the deep reservoir of the Bonan subsag has been set up. It has been especially discussed that clay minerals of argillite and sandstone have the most important effects on deep reservoir. It is concluded that inorganic diagenesis of sandstone reservoir shows close relationship with organic diagenesis oil-host strata , and solution of aluminium-silicate and carbonate diagenesis produced secondary voids with large amount of forming of kaolinites. It has forecasted that a secondary void zone might exist about 3600 m below the surface.

万方数据

Key words upper part of the Shasi Member ; clay mineral ; X-ray diffraction analyses ; Bonan subsag