

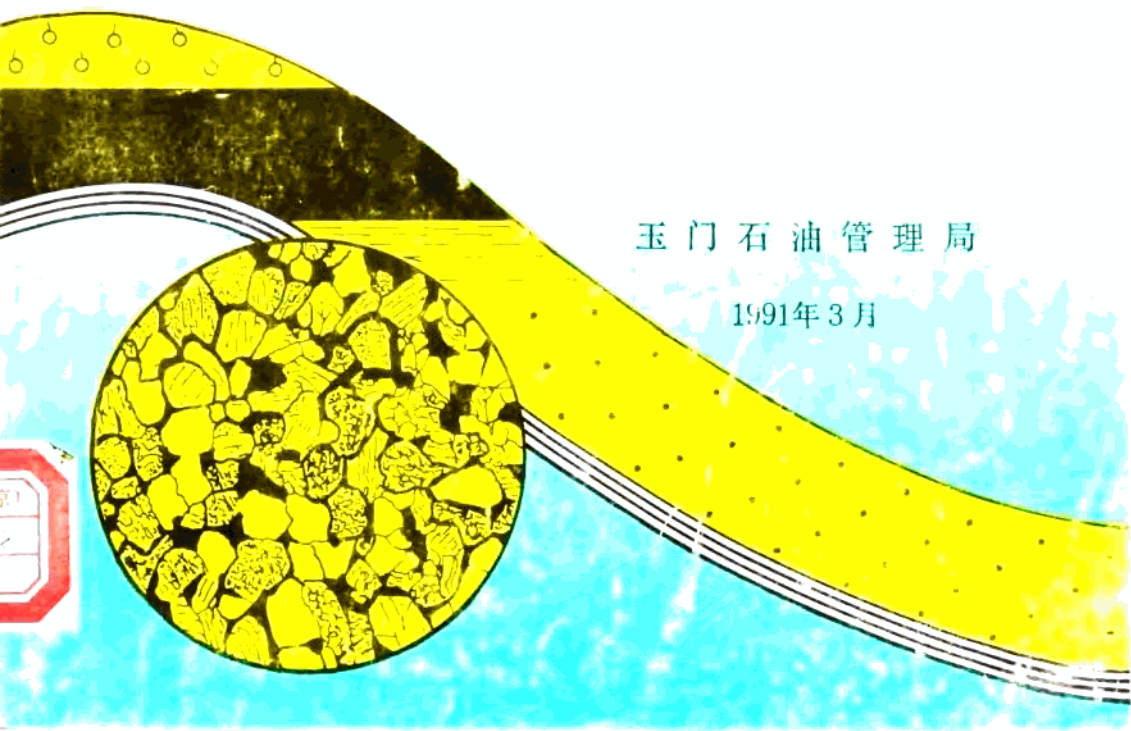
七五期间总公司
重点科技攻关课题

课题号10501

酒西盆地白垩纪小型箕状断陷 储层特征及评价

玉门石油管理局

1991年3月



前 言

油气储层是石油勘探开发的直接目的层。开展储层研究,逐步深入掌握储层分布和性质是石油勘探和油气田开发中的一项十分重要的工作。酒西盆地是我国最早开展油气勘探和开发的沉积盆地之一,自1939—1963年间,先后在老君庙背斜带和白杨河斜坡带发现了一系列第三系油藏以及鸭儿峡志留系潜山油藏。但限于当时的勘探装备和技术力量,主要的勘探对象是第三系构造油藏。随着勘探工作的深入,以及技术装备的更新,油气勘探领域逐步由生油凹陷之外的二级构造带深入到凹陷内。这些生油凹陷是在早白垩世时发育的箕状断陷小湖盆,长轴近于北东向,面积约200—800平方千米,它们有自己独特的水流体系和沉积体系,其储集层类型有碎屑岩、白云岩和泥岩,储层物性由中低渗透层到特低渗透层,储集空间有孔隙型、孔隙—裂缝型和裂缝型。这些低渗透储层和复杂类型储层作为玉门老油田稳产的勘探对象受到极大的关注,迫切要求开展酒西盆地白垩系储层研究工作,以适应增储稳产的需要。

《酒西盆地储层特征及评价》是七五期间原石油部重点科学技术项目《中国陆相储层特征及评价》(课题编号为10501)的下属课题,开题编号88023。主要研究任务是:

- 1、研究下白垩统小型断陷湖盆的构造特征、沉积历史和沉积特点,建立沉积相模式。
- 2、搞清储层的沉积类型、储集特征及分布规律。
- 3、碎屑岩和碳酸盐岩储层的成岩作用类型、成岩作用史、成岩模式及孔隙演化。
- 4、储层物性的基本特征及空间分布规律,建立非均质性模式,阐明非均质性与油气分布的关系。

- 5、探索裂缝储集层的特征和成因。

研究课题安排自1988年8月至1990年12月二年半完成。为了完成课题设计书提出的各项任务,按任务要求相应分成若干专题开展研究(如图所示),并根据酒西盆地白垩系油藏的勘探开发历史和储层研究现状,在白垩系储层研究评价中重点抓了沉积相、成岩作用、次生孔隙(溶孔和裂缝)、非均质性四部分研究。

在沉积相研究中,首先对处于不同构造部位的三个白垩系露头作了详细的剖面测量,细分了沉积相,建立了不同级别的构造—沉积旋回,为井下沉积相研究提供了重要依据。在井下沉积相研究中,取芯井是最重要的第一性资料。通过岩芯观察,细分碎屑岩和碳酸盐岩岩性,划分沉积韵律,判别沉积构造,建立沉积相的基本类型。但由于本区下白垩统的钻井取芯甚少,且很分散,单凭此是无法弄清沉积相的空间分布规律的。为此,研究中充分利用了岩屑录井资料,用岩屑颜色和岩性的编码数据进行统计,勾勒出了早白垩世沉积环境的大致轮廓。岩屑含油资料还提供了油气分布趋势的信息。但是,岩芯和岩屑资料无法建立起完整的沉积相序和砂体分布模式。我们用测井解释弥补了这种不足。测井定量解释是先利用4米、0.6米视电阻率、自然电位、自然伽玛、声波和井径等六条曲线与岩心观察确定的各类岩性建立岩电关系,然后藉此计算各井的地层岩性,并用计算机绘出岩性柱状图。测井定性解释是利用4米视电阻率曲线和自然电位曲线进行的。实验分析资料则从不同的侧面论证了古沉积环境的气候、水介质、物源和水动力条件。



成岩作用包括碎屑岩和白云岩储层成岩作用和孔隙演化。一是通过对成岩作用的研究,探讨颗粒和自生矿物的成岩作用史和孔隙演化规律。二是通过泥晶白云石、亮晶白云石、自生高岭石等自生矿物的类型和分布、粘土矿物组合和混层演化规律、以及 R_o 、 T_{max} 等有机质成熟度指标划分成岩阶段。三是通过薄片、铸体薄片、扫描电镜对碎屑岩和白云岩储层孔隙类型进行研究,掌握储层孔隙特征。

次生孔隙研究对酒西盆地鸭西白垩系油藏和柳沟庄油藏的深层、低渗透碎屑岩和白云岩储层的勘探开发具有重要的指导作用。这次重点对溶孔和构造裂缝的成因、分布特征以及对储层的影响诸方面进行研究,应用了地震、测井、试油等多种手段,识别裂缝、解释孔隙度和含油饱和度。

成岩作用和次生孔隙常常可以改变沉积相对储层的控制方式,对储层物性产生重要影响,其研究结果,可以解释沉积相与物性关系研究中一些不易理解的现象。

储层非均质模式对油水运动有重要影响。储层非均质性研究包括两部分:一是通过粒径、分选性、泥质含量、碳酸盐含量等因素与孔隙度、渗透率的关系分析,宏观地了解统内(组间)、组内(段间)、段内(亚段间)非均质性以及沉积相、亚相、微相非均质性;另外,用压汞试验、铸体薄片、孔隙扫描等方法取得的孔隙结构参数与物性关系的分析,了解微观非均质性。

以上的分析研究,凡有定量数据以及可用编码值代替的非定量资料都输入数据库。后期的整理和总结工作是在利用数据库进行各种统计和作图的基础上完成的。

本课题在研究过程中,实测了早峡、下沟、红柳峡三个露头剖面,累计地层厚度4500多米,观察了43口井、长度近1千米的岩芯,应用了粒度、重矿物、粘土矿物X衍射、常量和微量元素、氧碳稳定同位素、铸体、压汞、荧光级别、孔隙扫描、阴极发光、孔隙度、渗透率、碳酸盐含量等几千个实验分析数据;对近40口井的测井曲线数字化,计算了60多口井的岩屑录井资料;开展重点探井的大比例尺小段油层组划分对比、储层相分析及油层特征研究;解释“三高”地震速度17条,整理地震测井、声波测井资料9口,完成了7口井的合成地震记录;对储层物性参数及四性关系开展研究。先后完成了12项专题研究:

- 1、玉门早峡、下沟早白垩统孢粉组合及古环境。
- 2、酒西盆地下白垩统岩电关系研究及测井资料定量解释。
- 3、酒西盆地下白垩统沉积相研究。
- 4、酒西盆地下白垩统储层非均质性研究。
- 5、酒西盆地下白垩统储层特征及含油性。
- 6、酒西盆地下白垩统碎屑岩储层成岩模式及演化特征。
- 7、酒西盆地下白垩统碳酸盐岩研究。
- 8、酒西盆地下白垩统储层数据库。
- 9、酒西盆地有利含油区石油地质特征。
- 10、青南凹陷白云岩储层地震地质综合研究。
- 11、青南凹陷柳沟庄构造储层参数研究。
- 12、酒西盆地有利勘探区综合评价。

在上述研究工作的基础上,探讨了酒西盆地白垩纪小型箕状断陷盆地储层的沉积规律、成岩规律、储集体几何学和宏观、微观非均质性。《酒西盆地白垩纪小型箕状断陷储层特征及

评价》就是这一成果的总结。

参加本课题研究的人员有：

玉门石油管理局：王昌桂、阎德齐、陶国立、王义才、王培坤、雷金海、许玉梅、田多文

北 京 大 学：任明达、徐海鹏、潘 懋、周慧祥、张秀莲、夏正楷、张绪定、马学

平、徐建红、张树义、薛 佳

参与本课题研究的还有赵应成、曾佑万等同志。此外，玉门石油管理局研究院勘探室酒西盆地石油地质综合研究组、储量研究组对酒西盆地油气形成进行了深入研究，为本报告提供了丰富的基础资料和研究成果。课题组殷小萍做了大量基础工作。在课题研究过程中，局总地质师王昌桂、研究院总地质师阎德齐，始终指导并参加课题研究，贾东林科长和张子彦主任给予关心和支持，保证了课题的顺利完成。

报告编写人员有：

玉门石油管理局：王义才、王培坤、陶国立、田多文、许玉梅。

北 京 大 学：任明达、潘 懋、周慧祥、徐建红。

图件主要由程建、乔玉萍、杨秀兰、刘 威、徐筠清绘。

本报告由玉门石油管理局研究院总地质师阎德齐审定。根据总公司评审会专家评审意见对报告进行了修改、补充。

目 录

前 言

第一章 地质背景	(1)
第一节 区域构造	(1)
第二节 地层简述	(14)
第三节 下白垩统沉积背景	(15)
第二章 酒西盆地地下白垩统沉积相	(44)
第一节 鸭西白垩系油藏开发沉积相	(44)
第二节 柳沟庄油藏白云岩储层沉积相	(61)
第三节 石北凹陷下白垩统储层沉积相	(70)
第三章 储层的岩石矿物学特征	(85)
第一节 砂岩储层的岩石矿物学特征	(85)
第二节 白云岩储层的岩石矿物学特征	(94)
第四章 成岩作用及阶段划分	(95)
第一节 有机质的埋藏成岩作用及阶段划分	(95)
第二节 碎屑岩的成岩作用及阶段划分	(95)
第五章 储集空间特征及控制因素分析	(102)
第一节 储层孔隙类型及组合特征	(102)
第二节 碎屑岩微观物性特征	(104)
第三节 溶蚀孔的成因探讨及分布特征	(113)
第四节 孔隙演化史	(118)
第五节 控制储集空间的因素分析	(120)
第六章 酒西盆地地下白垩统非均质性	(123)
第一节 酒西盆地地下白垩统渗透率的基本特点	(123)
第二节 酒西盆地地下白垩统的非均质性	(131)
第三节 认识及讨论	(159)
第七章 下白垩统储层综合评价	(163)
第一节 碎屑岩储层分类评价标准及分类	(163)
第二节 鸭西白垩系油藏储层评价	(165)
第三节 石北凹陷下白垩统储层评价	(170)
第四节 柳沟庄油藏储层评价	(175)
第五节 酒西盆地有利含油气储层预测	(182)
结论	(185)
主要参考文献	(188)

第一章 地质背景

酒西盆地处于甘肃省河西走廊西段,东起文殊山,西止红柳峡,北达黑山、宽台山,南抵祁连山北麓。盆地呈北西西向展布,面积约2700平方千米。盆地所处大地构造位置为塔里木地块、阿拉善地块与北祁连加里东褶皱带的交接部位。酒西盆地是在北祁连加里东地槽回返(封闭)后,转化为褶皱带的基础上,经过不同的地质发展阶段而形成的中生代挤压性断陷盆地,具有山前拗陷的特征。早白垩世时,酒西盆地内形成一系列北东——北北东向的张性、张扭性断裂,从而形成一系列北东——北北东向展布的小型箕状断陷。当时的古地理位置处于北温带——亚热带,气候潮湿,生物繁盛,雨量充足,使得盆地中沉积了一套富含有机质的暗色泥、页岩,为酒西盆地提供了充足的油气资源。同时在冲积扇、河流、三角洲和湖泊相,沉积了砂、砾岩和白云岩储集层,为油气近源聚集创造了贮存空间。本章重点阐述与白垩系储层研究较密切的区域构造、地层和沉积环境。

第一节 区域构造

一、基底块断构造格局

酒西盆地四周为深大断裂所控制,南边是祁连山北缘逆掩断裂带,北边是龙首山—合黎山深断裂带,走向均为北西西向。西北边是阿尔金断裂,走向北东东(图1--1)。盆地古老基底为下古生界变质岩,盆地的统一基底由前白垩系组成。

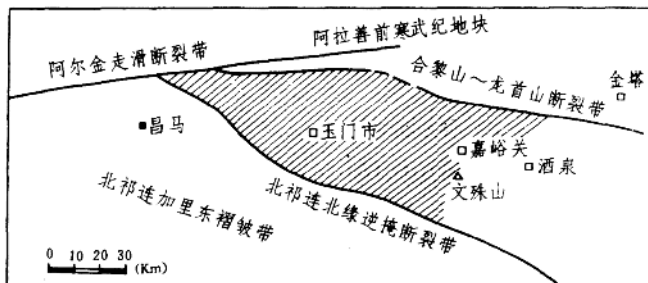


图1--1 酒西盆地大地构造位置图

盆地南缘的北祁连山北缘逆掩断裂带和盆地北缘阿尔金断裂带的长期继承性活动，贯穿于酒西盆地的全部发展演化历史中，由此派生的次级基底断裂则具体控制了不同地质时期的构造格局、沉积环境和后期形变。酒西盆地基底为北西西向的基底断层（老君庙断裂带、白南断层、祁连山北侧基底断层）和北东—北北东向的基底断层所切割，共同组成北西西向展布为主的基底块断构造带，构成前白垩系块断构造格局。

二、盆地发育阶段

在前白垩系块断构造基底上，酒西盆地在继燕山构造旋回之后又经历了喜山构造旋回，使盆地经历了白垩纪断陷盆地和第三纪拗陷盆地两大发育阶段，形成断拗迭合型的构造盆地（图1—2）。

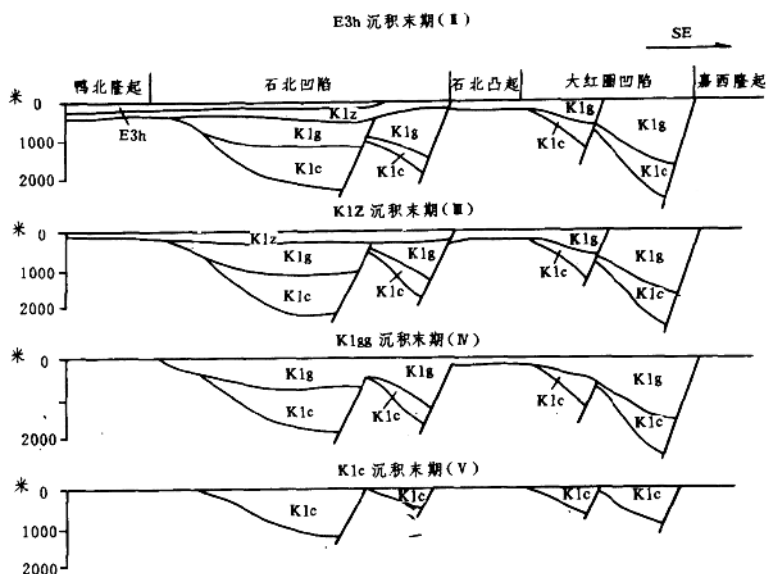


图1—2 酒西盆地石北、大红圈凹陷构造发育史图

（一）燕山期白垩纪断陷盆地发育阶段

燕山构造旋回，以块断运动为其特点。早白垩世早期，盆地基底沿北东—北北东向产生了一系列张性、张扭性断裂，如鸭西509断层、石北Ⅱ号断层、嘉西Ⅰ号断层等。基底分化的结果，形成北西西向基底扭动断裂控制下的北东—北北东向雁行排列分布的单边断陷为主的箕状断陷。

盆地周边的逆冲断层控制盆地的展布，而盆地内同生断层控制赤金堡组的沉积。赤金堡组沉积早期，断裂活动强烈，形成高差悬殊的地形，发育河流相碎屑岩建造。随着断陷湖盆

不断稳定下沉,湖水加深,湖面扩展,使赤金堡组逐渐由凹陷向盆地边缘超覆沉积,在凹陷中心发育了湖相砂、泥岩建造,形成了酒西盆地主要生油岩系。在凹陷边缘发育了扇三角洲和滨浅湖相砂砾岩。

早白垩世中期,在早期北东向同生断层的控制下,沉积了红色砾岩层。随着盆地稳定下沉,水体扩大,下沟组超覆在赤金堡组之上,沉积了一套湖相暗色泥页岩与砂砾岩间互层。

早白垩世晚期,北东向的断层对中沟组失去控制作用,断陷湖盆整体抬升,湖盆萎缩,水体变浅,中沟组底部沉积了红色砾岩层,其上沉积了洪积—河流相的砂砾岩和泥岩,局部地区发育湖相砂、泥岩。

早白垩世末的晚燕山运动,结束了白垩纪湖盆的发育史,盆地整体褶皱断裂上升,遭受强烈剥蚀,未能接受晚白垩世的沉积。

(二)喜山期第三纪拗陷盆地发育阶段

盆地遭受长期的剥蚀、夷平,早第三纪渐新世开始,由于受到近南北向区域应力场的挤压作用,盆地南升北降,重新接受沉积,在北部和西部堆积了洪积相的砾岩、砂质泥岩、砂岩。中新世开始,盆地全面沉降,是盆地形成以来的全盛时期,湖水淹没整个盆地,白杨河组在盆地内广泛分布,从拗陷中心向边缘超覆,是一套陆相碎屑岩建造,发育了第三系主要储集层和区域性盖层。上新世时,盆地总体上升,沉积了一套从河流相到山麓堆积相的砂砾岩和泥岩层。喜山旋回晚期四次明显的构造运动,使第三纪各世地层之间呈假整合或不整合接触。

三、构造与下白垩统储层和油气的关系

盆地的北西西向基底断裂和北东向的基底断裂,为盆地生油拗陷(凹陷)的多中心、储油岩系的分布和发育以及油气形成以后的运移、聚集和分布等创造了有利条件。

(一)基底断裂控制下的下白垩统基本特征。

早白垩世开始发育有北东向或近南北向的同生正断层对酒西盆地中生代具有明显的分割性,使其形成以北东方向为主的凹凸相间的构造格局,由此伴生了一系列东深西浅、东断西超的分割性箕状凹陷,控制了下白垩统的沉积。

1、断层两侧厚度变化大(图1—3)。在断层下降盘(即凹陷中)白垩系地层厚度较大,赤金堡组、下沟组和中沟组地层保存完整;在断层上升盘,即凸起上面,缺失白垩系地层或只有很薄沉积,层位也不全。如鸭西509断层,在东侧上升盘,白垩系厚度为0—200米,而西侧下降盘则急剧加厚至1000—1600米,并出现深湖相黑色泥岩。

2、相带窄、岩性变化急剧(图1—4、图1—5)。由于凹陷范围较小,凹陷陡侧地形高差大,因此反映在沉积物厚度上,常在数千米内由百余米减至二三百米,甚至尖灭。岩相变化大,有“跳相”现象。横向上砾岩很快变为泥岩、砂岩,相带很窄甚至消失;纵向上也出现深湖相的黑色泥岩与冲积扇相红色砾岩直接交替。例如,靠近石北Ⅱ号断层粗相带1 km,Ⅲ号断层粗相带2 km,Ⅳ号断层粗相带不到1 km,向西到大参2井则变为深灰、灰黑色泥岩夹薄层粉细砂岩及泥灰岩,砂岩仅占1%,应属三角洲前缘入湖部分。沿Ⅲ号断层向北,单20井岩性为黄色含砾砂岩夹粉细砂岩,砂岩占36%,地震反射为波状,向西不到1 km变为中振幅,连续性差,推测为粉细砂岩。

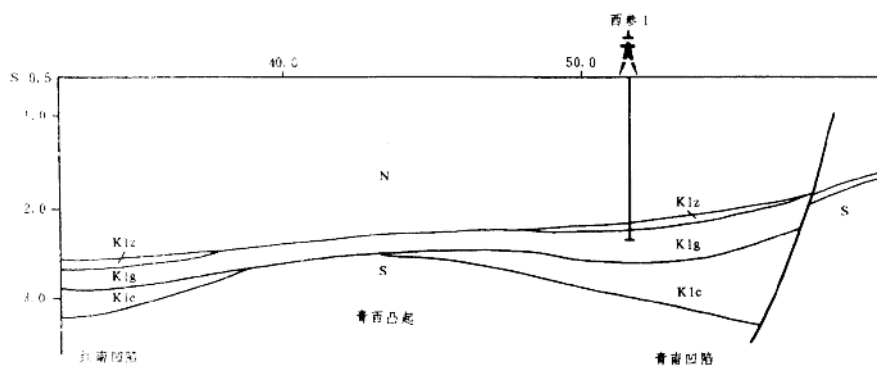


图 1—3 QFL—68地震解释剖面

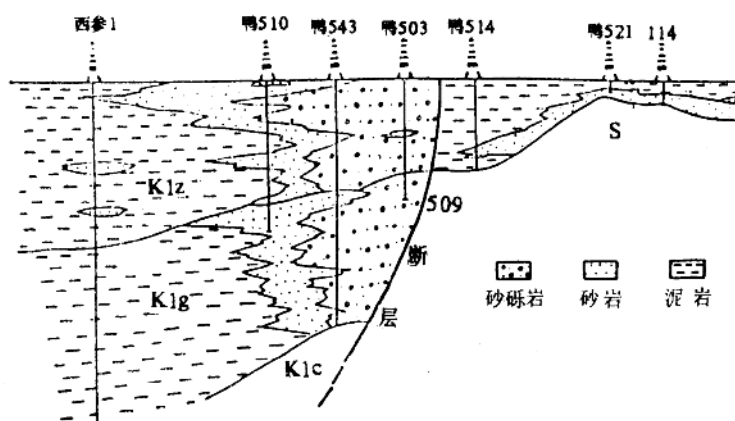


图 1—4 西参1井—114井下白垩统相剖面示意图

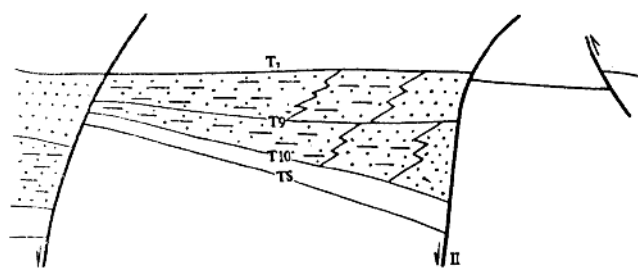
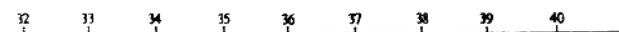


图 1—5 石北Ⅱ号断层下降盘沉积相带分布示意图

3、盆地内发育的一组北东向正断层的活动强度差别较大,造成断层下降盘白垩系沉积厚度变化大(表1—1)。

表1—1 北东向断层白垩系厚度变化表

断 层 名 称	下 降 盘 最 大 厚 度	代 表 测 线 号
嘉 西	1300m	83—16
Ⅵ	1150m	"
Ⅰ	1950m	"
Ⅱ	2050m	"
509	2300m	QFL—70

4、多物源的小型断陷湖盆物源主要来自陡岸,靠陡岸一侧发育粗岩相带。

青西拗陷509断层下降盘一侧冲积扇(或扇三角洲)体十分发育,呈裙带状展布。其砂质岩类的分布范围宽达3—6千米。在扇根部位砾石直径大者可达25厘米。在深湖区内可见到扇缘粉细砂岩与暗色泥岩交互成层现象(如西参1井)。这些特点反映了陡岸水流能量较强,凹陷缓岸以远端上超沉积为主,未见下超和前积特征,反映了缓岸的物源居次要地位。湖盆沉积中心与沉降中心不重合,前者偏向于缓岸一侧,静水环境的偏移现象表明陡岸水流的活动比缓岸频繁得多。

在石北凹陷,陡岸一侧的扇三角洲、三角洲等各类扇体十分发育,地震剖面上前积结构及下超特征非常清晰。在凹陷陡岸的白南3、石北602等井所钻遇的白垩系普遍偏粗,石北602井取芯见到的砾石直径大者可达9厘米;而位于缓岸的白探1等井岩性偏细,主要为粉细砂岩,白探2、白探3井在赤金堡组以砂岩为主。在大红圈凹陷亦以陡岸的大参2井岩性偏粗,缓岸的大参5井偏细为特征。这表明盆地内各断陷陡岸方向是主要物源,造成了断陷陡岸边缘相带发育和岩性偏粗的特点,这对在凹陷陡岸找油无疑是一个有利条件。

(二) 构造运动对储层发育的控制作用

1、多旋回构造运动,造成多旋回的沉积作用,使下白垩统形成多套多种类型的储集层。

早白垩世,由于基底断裂的多期活动,引起湖盆三次水进水退,因此,早白垩世湖泊的演化与本区早白垩世凹陷的形成——发展——消亡过程是一致的(图1—6)。

如果把本区早白垩世凹陷从形成期、发展期到回返期的构造演化过程认为是Ⅰ级构造旋回的话,在赤金堡期、下沟期和中沟期分别存在Ⅱ级构造旋回。它们控制了本区下白垩统沉积相的发育过程,形成一个Ⅰ级构造——沉积旋回和三个Ⅱ级构造——沉积旋回。尽管在不同凹陷或同一凹陷的不同构造部位,沉积相类型可以不同,但其沉积相的演变规律却是一致的。因此,上述构造——沉积旋回在全区都能进行对比。

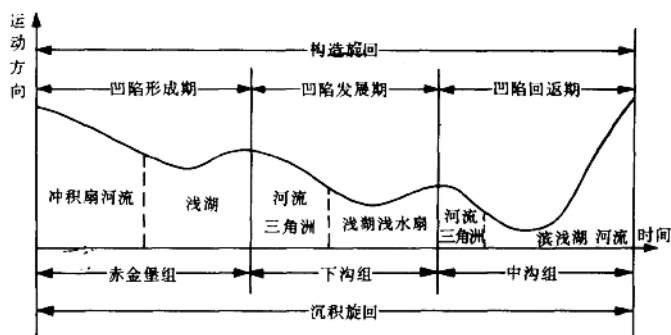


图 1—6 旱峡与下沟剖面的构造——沉积旋回

三个Ⅱ级构造——沉积旋回相应沉积了赤金堡组、下沟组和中沟组地层，无论在横向上还是在纵向上，岩性、岩相变化都很大。在纵向上，每次水进前期和水退后期，沉积物以粗碎屑为主。由于湖盆的振荡活动，在水进水退过程中，形成多套砂、泥质沉积。多旋回的沉积作用必然导致多期储油岩系的出现（图 1—7）。在平面上湖盆边缘一侧发育冲积扇、河流、扇三角洲、滨浅湖相碎屑岩储集层；靠近湖盆中心则发育深湖相细—粉砂岩和浅湖—半深湖相白云岩储层。

2、构造作用对改善白垩系储层起着重要的作用。

酒西盆地构造分析表明，白垩系沉积以后，中生代末期以及第三系末期的构造运动使白垩系产生北西西、北东、南北和北西向 4 组不同级次的断裂，使储层变形、断裂。由于这些断裂派生的次级裂缝、微裂缝，也应当在这些地带最发育。同时，该地段白垩系内的非构造裂缝也因此相应复苏。因此在中生代末期和第三纪末期，下白垩统储集层中裂缝的产生和发育是最活跃的。

（1）酒西盆地地下白垩统的裂缝分布及其特征

白垩系露头的裂缝测量表明，下沟组底部砂岩裂缝的平均线密度为 8—8.6 条/米，中部的砂岩及其上下的泥页岩平均线密度为 21 条/米，钙质粉砂岩为 41 条/米，中沟组中部泥灰岩及其邻近的粉砂岩薄层为 25—27 条/米，上部致密泥灰岩为 23 条/米。白垩系平均线密度约 24 条/米。对该区白垩系产状作吴氏网校正，作裂缝走向玫瑰花图，表明有 NEE—EW—SEE、NE、NWW—NW—WWS 及 NW 四组，但以 NW 和 NE 向为主（图 1—8），它们和区域断裂的走向一致，为规模较大延伸较长的构造裂缝。结合酒西盆地的地质构造特点，在白垩纪后酒西盆地南部构造运动强烈，应出现类似的裂缝构造组系。如窟窿山断片及所掩覆的地区以及盆地南部西参 1 井、柳 1 井、窟 2 井和 509 断层各井区应有相似的裂缝构造组系和裂缝密度。而远离这一地段的盆地中、北部，构造变动强度大大减弱，其裂缝构造组系虽然相似，但裂缝密度会大大减小。通过“三高”地震资料精细解释发现，在柳沟庄向斜背景上，北西西向的微小断层十分发育（图 1—9），因而形成了一系列与微小断层共生的北西向展布的裂缝相对发育带。岩芯和薄片观察进一步了解了地下白垩系砂岩裂缝的特点和分布。

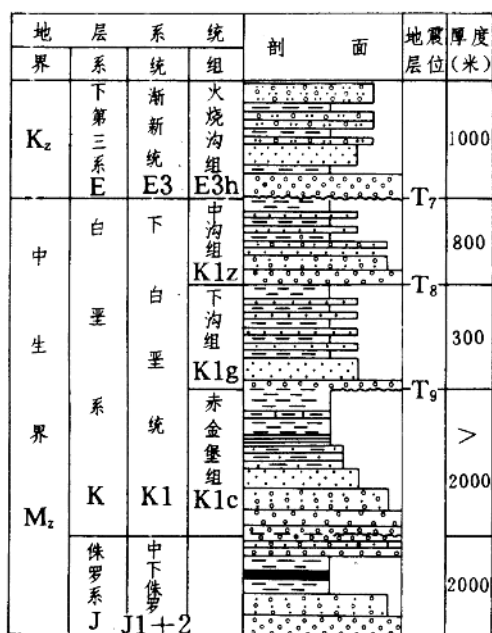


图 1—7 酒西盆地白垩系柱状剖面图

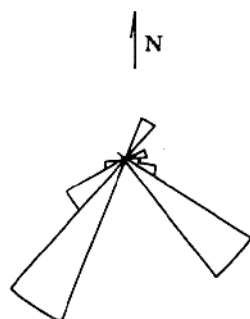


图 1—8 裂缝走向玫瑰花图

①岩芯中见到另一种规模较小的非构造裂缝，多数与层面平行或锐角相交，有些顺层理波状弯曲（图 1—10）。它们是沉积作用产生、后期加剧而成的。也见个别较大的近似垂直和斜交层面的构造裂缝，使岩芯切错。

②出现裂缝最多的岩性是泥质粉砂岩及粉砂质泥岩，平均密度 5.8 条/10 厘米，其次是粉砂岩和细砂岩，平均密度 4 条/10 厘米，西探 1 井裂缝十分发育，最多每米可达 83 条。

③肉眼观察裂缝宽度 1—4 毫米，充填物主要为铁泥质，有些井段顺层裂缝见油斑、油迹，如柳 1 井。

④薄片观察表明，更微细的裂缝也普遍存在，其宽度 0.2—0.001 毫米，多数是受砂岩组构造控制的粒间微裂缝，见少数错开颗粒的裂缝和个别缝合线，这些微裂缝最多见三期相互交切，裂缝充填物除铁泥质外，多见方解石及少数硅质。大约有 1/3 裂缝具溶蚀痕迹。据不完全统计，中沟组裂缝相对发育。

上述白垩系露头、岩芯、薄片资料的初步观察、统计表明，酒西盆地白垩系不同级次的裂缝相当发育，在层位上，中沟组的裂缝丰度和开启程度有高于下沟组的趋势。在平面上，盆地南部及断层附近裂缝丰度及开启程度较高。这些不同级次的裂缝在地下相互交织，串连砂岩中的孔隙，对于低孔、低渗砂岩是不可忽视的储集要素。

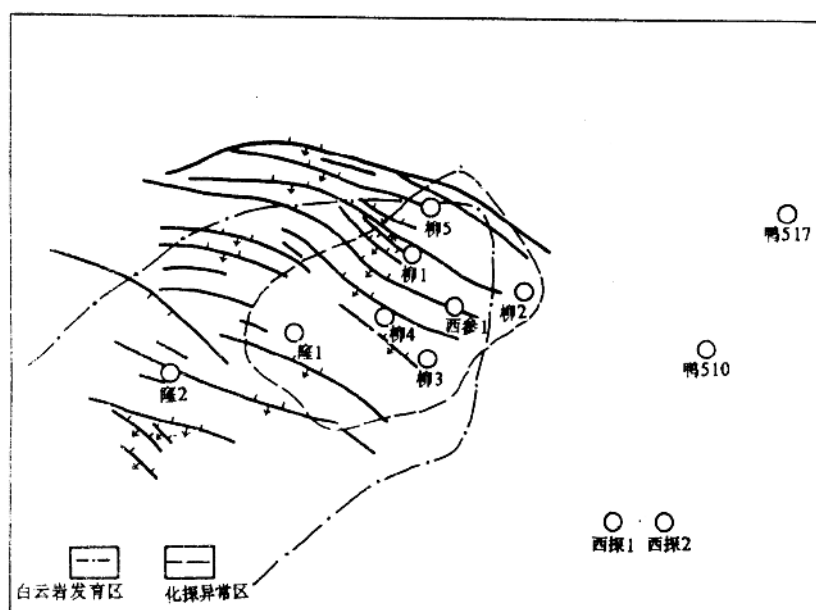


图 1—9 柳沟庄地区断裂综合图

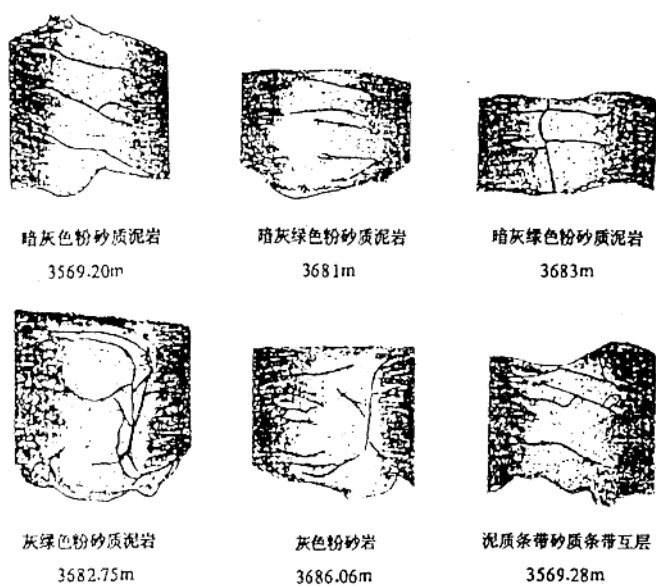


图 1—10 西参 1 井白垩系岩芯裂缝素描图

(2) 构造裂缝是重要的储集空间和油气渗流的主要通道

据鸭西19口井下沟组主力油层物性统计,有效孔隙度最高为13.59%,最低8.36%,平均11.38%。渗透率最大 $1.38 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最小 $0.05 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $0.77 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,喉道半径一般在 $5.72-0.153 \mu\text{m}$ 之间。储层物性以低孔、低渗、微喉为特点。另据柳1等井的白云岩储层物性统计,孔隙度一般在3—9%之间,渗透率小于 $0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,物性很差,基本上不具储集性能。但从大量铸体薄片和扫描电镜照片看出,鸭西地区碎屑岩储层孔隙主要为粒间孔、溶蚀孔和微裂缝(图版Ⅳ)。从取芯资料看,裂缝发育段普遍见到良好的油气显示。柳沟庄地区白云岩储层原生孔隙小,但次生孔隙、裂缝发育,且普遍含油,证实了裂缝是低孔隙碎屑岩和白云岩储层的重要储集空间(图版Ⅴ)。

裂缝的存在对油气的渗流非常有利,表1—2反映出青南凹陷下沟组K1g3段有裂缝存在的样品的渗透率是该段平均渗透率的5.3—239.0倍,平均为52.6倍;石北凹陷有裂缝存在的样品的渗透率是平均渗透率的1.8—70.4倍,平均为18.1倍。这些数据揭示裂缝存在对提高储集层的渗透率起着关键性的作用。

表 1—2 酒西盆地白垩统有裂缝岩样的物性数据表

凹陷	井号	层位	取样深度 (m)	孔隙度 (%)	渗透率 ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	渗透率与组(段) 平均渗透率之比			裂缝发育情况
						比值	范围值	平均比值	
青南凹陷	鸭508	K1g3	2829.3	7.4	55	19.4	5.3—239.0	52.6	裂 隙
			2883.3	6.1	34	12.0			裂 隙
			2957.1	6.6	38	13.4			长 裂 隙
			2967.3	6.8	15	5.3			长 裂 隙
			2983.5	4.7	52	18.3			不规则裂隙
			2657.0	7.3	72	25.4			裂隙极发育
	鸭543	K1g3	3190.8	6.8	679	239.0			裂 隙
	鸭544		3574.2	10.3	78	27.5			裂 隙
	鸭547		3322.9	3.7	23	8.1			裂 隙
石北凹陷	单25	K1g	1777.5	7.5	1050	8.1	1.8—70.4	18.1	裂 隙 发 育
			2019.0	6.9	234	1.8			裂 隙
			2991.0	41.3	2661	20.4			贯穿裂隙
	白南3	K1z	2137.1	19.1	549	5.0			微 裂 隙
			2138.9	15.8	284	2.6			微 裂 隙
		K1c	3529.5	6.0	1699	70.4			裂 隙

(三) 构造运动对白垩系油藏的控制作用

1、构造运动控制了白垩系油气聚集带的形成

(1) 509同生断层油气聚集带

酒西盆地内紧邻青南生油凹陷发育的509同生断层,是控制白垩系沉积的基底断裂,断层下降盘一侧发育有一系列白垩系扇三角洲及冲积扇体,如507扇体、508扇体和548扇体组成的鸭西扇三角洲沉积体、柳东冲积扇体等(图1—11)。第三系沉积末,青南凹陷成熟的油气通过509断层向断裂带附近的有利圈闭聚集,形成509同生断层油气聚集带。沿509同生断裂带,已发现鸭西白垩系冲积扇砂岩油藏,在509断裂带的南延部分即南509断层下降盘一侧柳东冲积扇钻探的西探1井,在白垩系下沟组砂岩裂缝、裂面中见到了良好的油气显示,揭露了上油组10层累计厚度32.4米的油气显示段,并在井深3880—3950米井段的细砂岩裂缝型地层中获得4.3t/d的低产油流。在西探2井白垩系见到油气显示共13层34米。证实了柳东地区具备油气富集的条件,有可能找到类似于中509断层的油藏类型。

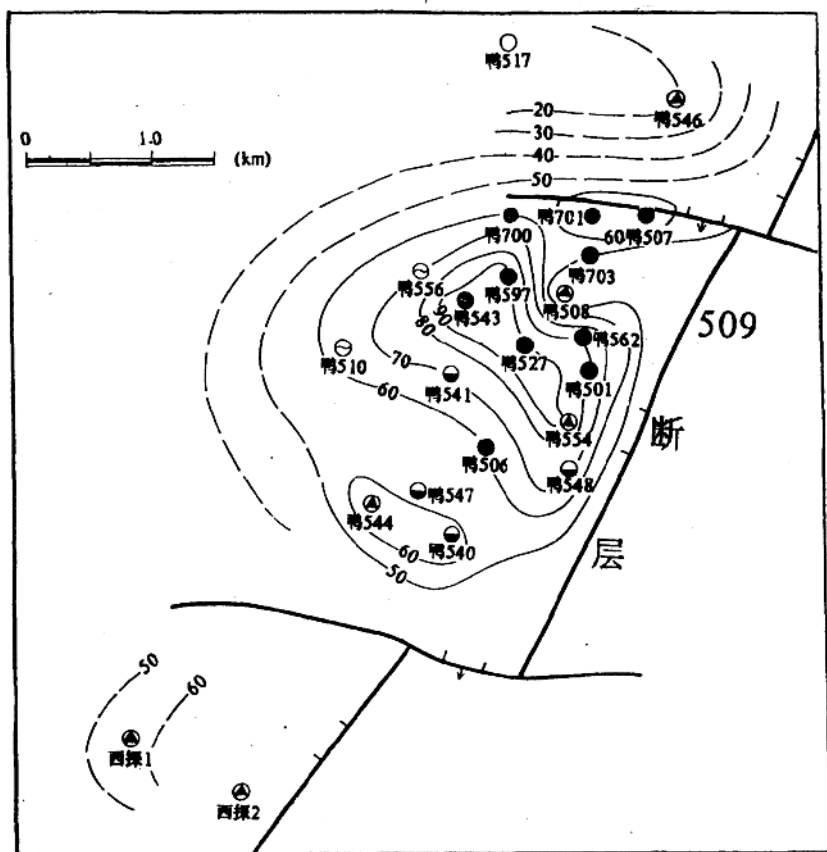


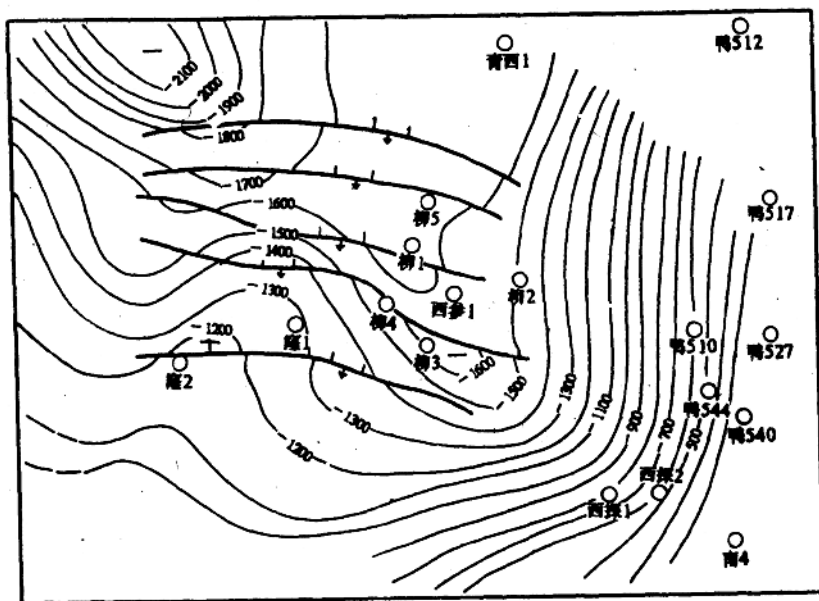
图1—11 青南凹陷下沟组K1g3段砂岩百分含量等值图

(2) 柳沟庄向斜裂缝型油气聚集带

柳沟庄地区位于青南生油凹陷中央,该区带K1g4和K1g2油组顶面构造形态均为轴向北西的向斜(图1—12)。早白垩世下沟组沉积时期,青南凹陷是一个碱性微咸水介质的湖泊,在浅湖—半深湖区沉积了约40平方千米的白云岩和黑色泥页岩互层,白云岩层薄而多,柳1井等5口井在下沟组普遍见到的白云岩层,其单层厚度一般1—2米,最大14米,累计厚度一般为120—145米。纵向上白云岩系大套可以对比,小层很难对应,横向上穿插迭置,总体上构成复合连片。通过地震资料精细解释发现,在柳沟庄向斜构造背景下,发育有积北I、II、III号三条主断层控制的三组北西西向的逆断层,形成三个白云岩裂缝相对发育带(图1—13)。青南凹陷生成的油气通过裂缝发育带运移、聚集于白云岩储层,形成向斜岩性—裂缝型油藏。

2、裂缝发育程度控制了单井的产量

柳沟庄油藏探井的油气显示段,与裂缝的发育程度密切相关,如蜜2井下沟组共13处油气显示,其中12处为裂缝段,占92.3%。柳1、西参1等井的统计发现,白云岩裂缝段越厚,其单井的初产越高。其初产与白云岩裂缝段的厚度基本呈线性变化(图1—14)。南509断层下降盘一侧柳东冲积扇上所钻的西探1井白垩系亦以裂缝、裂面含油为特征。

图1—12 柳沟庄地区T₁层构造图