

安塞油田中生界特低渗油藏 地质特征与勘探实践

© 吴志宇 赵 虹 李文厚 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书对安塞油田中生界特低渗油藏进行了精细地层划分和对比,建立了三叠系延长组、侏罗系延安组地层格架,系统研究了物源特点,分析了沉积相类型及砂体展布规律;论述了中生界储层特征及其影响因素,指出了油气勘探潜力区,对国内其他低渗—特低渗油藏勘探开发有一定借鉴意义。

本书可供油气地质、油藏工程人员及相关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

安塞油田中生界特低渗油藏地质特征与勘探实践 / 吴志宇等著.
北京:石油工业出版社,2012.6

ISBN 978-7-5021-9001-9

I. 安…

II. 吴…

III. ①中生代—低渗透油气藏—石油天然气地质—地质特征—研究—陕北地区
②中生代—低渗透油气藏—油气勘探—研究—陕北地区

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 059434 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523544 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012年6月第1版 2012年6月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:15.75

字数:388千字

定价:68.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

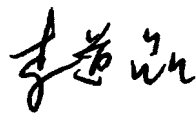
序

安塞油田是我国发现和成功开发的第一个亿吨级整装特低渗透油田。20 世纪 90 年代初,形成了“三大技术系列和八项配套技术”,被中国石油天然气总公司命名为“安塞模式”。安塞模式的创建和发展在低渗透油田勘探开发史上具有十分重要的地位。

安塞油田的发现,揭开了长庆油田由侏罗系转向三叠系勘探开发的序幕。安塞油田的成功开发,打破了长庆油田 20 世纪 80 年代原油产量徘徊不前的僵局,为低渗透油田经济高效开发闯出了一条新路;安塞油田的高效开发,铸造了低渗透油田高效开发的原点辉煌,在长庆油田实现油气当量 5000 万吨,建设西部大庆的历史进程中具有重要的示范和先导意义。安塞油田开发近 30 年,通过技术攻关和集成,使油田连续 15 年保持一类油藏开发水平,原油年产量 1997 年实现 100 万吨,2004 年达到 200 万吨,2010 年实现了年产 300 万吨的跨越。安塞油田开发过程中形成的技术系列处于特低渗透油田国内外领先水平。

我以特别兴奋的心情读完了吴志宇等所著的《安塞油田中生界特低渗油藏地质特征与勘探实践》书稿,该书在区域沉积演化背景分析的基础上,通过野外露头剖面、岩心的详细观察和描述,结合大量钻测井资料及各类测试分析资料,系统地进行了地层划分和对比,建立了该油田中生界三叠系延长组、侏罗系延安组地层格架;在该地层格架内,系统研究了物源特点及沉积特征,分析了沉积相类型及特征,并对油田范围内砂体展布规律进行了详细的分析;通过储层岩石学特征、物性特征、孔隙结构特征以及成岩作用、储层非均质性等的系统研究,分析了安塞油田中生界储层特征及其影响因素;最后对油气富集规律进行了分析,指出了勘探有利区。该成果一方面系统总结和概括了安塞油田中生界特低渗油藏的地质特征,另一方面对油田今后进一步高效开发,保持油田的可持续发展具有深远的影响。该书特色主要有:①首次系统地分析了安塞油田中生界三叠系延长组和侏罗系延安组沉积特征及其展布规律;②首次系统地分析了安塞油田中生界三叠系延长组和侏罗系延安组储层特点;③充实了我国低渗—特低渗油藏沉积学与储层地质学的内容。

安塞油田不仅油藏地质综合研究工作深入细致,成绩优异,而且油田注水开发效果良好,成绩显著、经验丰富。《安塞油田中生界特低渗油藏地质特征与勘探实践》一书,对近十多年来安塞油田中生界主力油层研究成果进行了系统归纳总结和综合研究提高,内容丰富、资料翔实,是一部理论和实践相结合的力作,同时也是集体智慧的结晶。期望在该书出版之后,能尽快见到安塞油田注水开发方面研究著作的面世,这必将对我国特低渗透油藏开发做出新的重要贡献。



2011 年 10 月 1 日于北京

前 言

鄂尔多斯盆地是我国第二大沉积盆地和重要的能源基地，油气资源丰富。具有油气分布广、含油层段多、油层厚度大等特点。安塞油田位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡的中东偏南部，发育典型的低渗、特低渗油气藏，中生界三叠系延长组、侏罗系延安组是其主要的含油层系，油藏类型主要属岩性油藏或构造—岩性油藏。该油田自 20 世纪 80 年代发现以来，经过近 30 年的发展，已经由一个年产不到 30 万吨的边际油田成长为年产 300 万吨的大油田，成为长庆油田实现 5000 万吨目标的主战场之一。

《安塞油田中生界特低渗油藏地质特征与勘探实践》以安塞油田中生界特低渗油藏为研究对象，在区域沉积演化背景分析的基础上，通过野外露头剖面、岩心的详细观察和描述，结合大量钻测井资料及各类测试分析资料，系统地进行了地层的精细划分和对比，建立了该油田中生界三叠系延长组、侏罗系延安组地层格架；在该地层格架内，系统地研究了物源特点及沉积特征，分析了沉积相类型及特征，并对油田范围内沉积相的平面展布规律及砂体展布规律进行了详细的分析；通过对储层岩石学特征、物性特征、孔隙结构特征以及成岩作用、储层非均质性等的系统研究，分析了安塞油田中生界储层特征及其影响因素；最后对油气富集规律进行了分析，指出了勘探潜力区。该成果一方面系统地总结和概括了安塞油田中生界特低渗油藏的地质特征，另一方面为油田今后进一步高效开发且保持长期可持续发展指出了方向。

该书特色主要表现在：①首次系统地分析了安塞油田中生界三叠系延长组和侏罗系延安组沉积特征及其展布规律；②首次系统地分析了安塞油田中生界三叠系延长组和侏罗系延安组储层特点；③充实了我国低渗—特低渗油藏沉积学与储层地质学的内容。

该书是近十多年来安塞油田中生界主力油层研究成果的归纳和总结，是集体智慧的结晶，参与工作的主要有：吴志宇、赵虹、李文厚、陈全红、黎荣剑、王起琮、王岚、郭艳琴、袁珍、刘昊伟、曹红霞、李克永、郑小杰、康晓燕、葛海影、仵康林等。全书共分七章：其中前言、第一章、第二章、第七章由吴志宇统编，第三章、第四章、第五章、第六章由赵虹统编，李文厚对全书进行了审核。在全书的编写过程中，长庆油田采油一厂地质所各位同仁给予了很多的指导与帮助，并得到了李逵、杨斌虎、李健、靳文奇、刘新菊、党永潮、王小军、胡友州等领导和专家的支持与帮助，在此表示衷心的感谢！此外，刘少红、吴斌、曾现虎、吴元伟、周广发等对图件进行了清绘，在此一并表示感谢！

由于笔者水平有限，书中可能存在许多不足之处，欢迎读者批评指正！

目 录

第一章 安塞油田概况	1
第一节 油田位置及自然地理概况	1
第二节 油田勘探现状及开发历程	2
第二章 区域地质背景	5
第一节 地层发育特征	5
第二节 构造演化特征	15
第三节 中生界延长组—延安组沉积充填演化特征	26
第三章 中生界地层精细划分与对比	37
第一节 三叠系延长组的划分与对比	38
第二节 侏罗系延安组的划分与对比	57
第四章 沉积特征及沉积微相	66
第一节 物源方向	66
第二节 沉积特征	77
第三节 测井相分析	85
第四节 沉积微相类型及特点	92
第五章 沉积体系及砂体发育特征	107
第一节 上三叠统延长组沉积相及砂体展布	107
第二节 侏罗系延安组沉积相及砂体展布	138
第六章 储层特征	155
第一节 储层岩石学特征	155
第二节 储层物性特征	164
第三节 储层孔隙类型及孔隙结构	170
第四节 储层非均质性	178
第五节 储层成岩作用	190
第六节 储层影响因素	198
第七章 油藏富集规律与潜力评价	202
第一节 油气富集因素	202
第二节 油藏类型	217
第三节 潜力评价	221
参考文献	231
图版	239

第一章 安塞油田概况

第一节 油田位置及自然地理概况

鄂尔多斯盆地是发育在华北克拉通之上并位于其西部的一个多旋回叠合型盆地（孙肇才等，1980；孙国凡，1981，1986；赵重远，1990；胡见义，1991；田在艺，1996；任纪舜，2000；杨俊杰，2002），是我国形成历史最早、演化时间最长的沉积盆地，同时也是我国陆上第二大沉积盆地和重要的能源基地。

该盆地地跨陕、甘、宁、蒙、晋5省区。基底为太古宇、古元古界变质岩结晶基底，基底之上有中一新元古界、古生界、中生界、新生界盖层沉积，具明显的二元结构（李克勤，1992；杨俊杰，2002）。盆地周边为断裂、褶皱构造带，它们依次为伊盟隆起、西缘逆冲带、天环坳陷、渭北隆起和晋西挠褶带（图1-1）。盆地内部为陕北斜坡，其上构造简单，以鼻状构造为主，地层平缓，一般倾角不足 1° 。盆地整体轮廓呈南北向矩形，面积

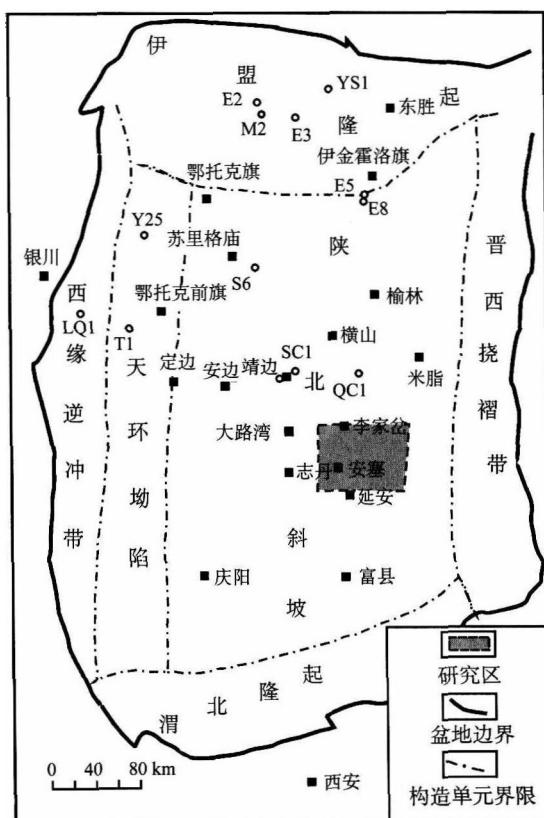


图 1-1 鄂尔多斯盆地构造单元及安塞油田位置图

约 $25 \times 10^4 \text{km}^2$ 。现今的构造形态总体表现为一东翼宽缓、西翼陡窄的不对称大向斜。

安塞油田位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡的东南（图 1-1）。地跨陕西省安塞县、志丹县、子长县及延安市的宝塔区等。北起子长李家岔，南至延安永宁—槐树庄，东起李家岔—郝家坪—河庄坪，西至双河—永宁（图 1-2），面积约 3613km^2 。

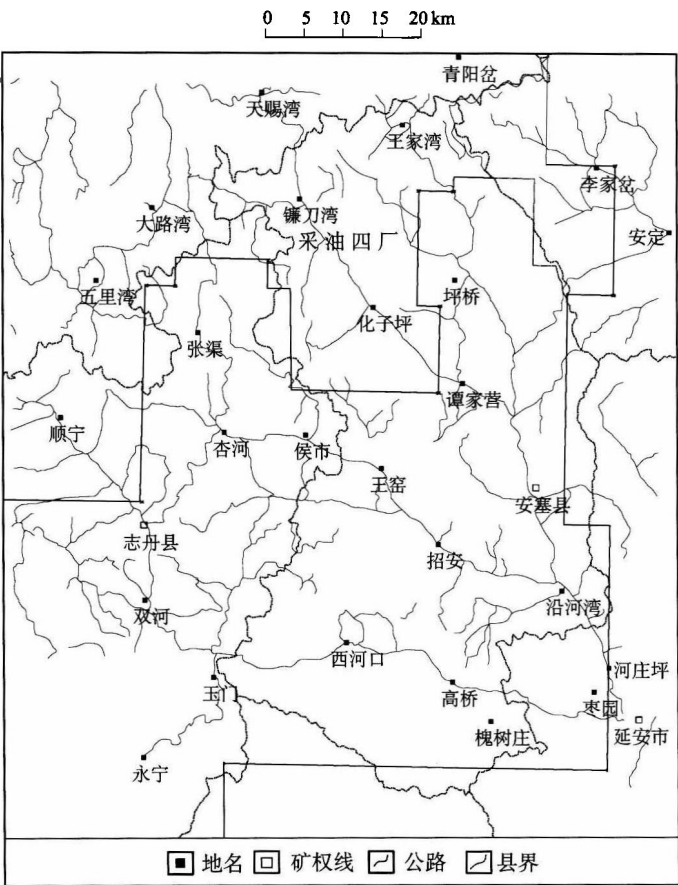


图 1-2 安塞油田范围及交通图

区内平均地面海拔 1100 ~ 1580m，地表高差较大，达 150 ~ 250m，为第四系黄土覆盖。经流水长期侵蚀，形成典型的黄土高原地貌，即沟壑纵横、梁峁交错。气温变化大，四季分明，常年少雨，年平均降水量 300 ~ 600mm，属于内陆干旱型气候。

区内水系属于延河上游，多为细小支流。目前包茂高速北西—南东向通过研究区，省道 206 和 303 通过研究区，乡镇有砂石路，交通便利（图 1-2）。

第二节 油田勘探现状及开发历程

安塞油田自 20 世纪 80 年代初发现以来，经历了近 30 多年的发展，成为中国陆上最早开发的亿吨级整装特低渗油田。1997 年原油产量突破 $100 \times 10^4 \text{t}$ 大关。自 1999 年中国石油重组改制以来，油田进入发展的快车道，原油生产能力每年以 30% 的速度递增。到 2004 年实现 $200 \times 10^4 \text{t}$ 。2010 年跨越 $300 \times 10^4 \text{t}$ 。截至 2011 年底动用含油面积 701.5km^2 ，地质储

量 3.9×10^8 t, 累计产油 3271×10^4 t, 采油井开井 5590 口, 注水井开井 2035 口。为安塞油田持续稳产奠定了雄厚的资源基础。

安塞油田渗透率仅有 0.49mD, 油层致密, 开发难度大, 具有典型的低渗、低压、低产的特征, 被称为“井井有油、井井不流”的“磨刀石”油田。曾被美国 CER 咨询公司定性为一个不具开发效益的“边际油田”。然而, 通过几代安塞人的不懈努力, 走出了一条经济、有效、快速发展之路, 创造了闻名中国石油的“安塞模式”, 成为中国特低渗油田勘探开发的代表、高效开发的典范。迄今为止已发现王窑、杏河等 18 个油藏, 发现了三叠系延长组长 6 油层组、长 4+5 油层组、长 3 油层组、长 2 油层组和侏罗系延安组延 8 油层组和延 9 油层组共 6 套含油层系。近年来, 随着勘探的进一步深入, 又新发现了延长组长 10 油藏。安塞油田油藏埋深适中, 原油黏度低、流动性好, 一般小于 $3\text{mPa} \cdot \text{s}$, 凝固点低于 25°C 。

安塞油田主要储集层系为长 6 油层组和长 2 油层组, 其中长 6 油藏埋深 1000 ~ 1200m, 油层厚度 11 ~ 14m, 含油饱和度 55%, 孔隙度 12.4% ~ 14%, 空气渗透率平均为 1.29mD, 有效渗透率平均为 0.49mD, 地层压力 8.3% ~ 9.8MPa, 饱和压力 6.0MPa, 压力系数 0.7 ~ 0.8, 原始气油比 65 ~ $79\text{m}^3/\text{t}$, 为弹性溶解气驱的岩性油藏。油井常规钻井无初产, 经压裂后才能获得工业油流, 是典型的特低渗、低压、低产油藏。长 2 油藏埋深 600 ~ 700m, 孔隙度为 9.2% ~ 19.6%, 平均 15.1%, 平均渗透率 13.1mD, 属中孔、低渗型油藏(宋国初, 1982; 李克勤, 1992; 吴志宇, 1998; 张金亮, 2000; 李恕军, 2001)。

鄂尔多斯盆地的油气勘探开发工作, 早在 1907 年就已经开始。1907 年我国陆上钻成的第一口油井——延 1 井, 井深 81m, 产油层为三叠系延长组, 由于低渗、特低渗的特点, 长期存在投入大、产出小的矛盾。经过 70 多年的摸索实践, 长庆油田根据《陕甘宁盆地上三叠统延长组油气资源评价》成果, 于 20 世纪 80 年代初制定出“东抓三角洲, 西探水下扇”的勘探战略, 以安塞三角洲为有利地带, 以安塞地区为找油重点, 沿着三角洲主砂体的延伸方向布置探井 6 口, 进尺 $1.06 \times 10^4\text{m}$ 。钻探获得良好效果, 1983 年 7 月后, 首批探井中有 3 口井先后获得重要发现, 其中 S1 井长 2 油层日产油 59.86t, S5 井长 2、长 6 油层分别日产油 15.73t 和 18.11t, S6 井长 6 油层日产油 13.5t, 钻井成功率高达 50%, 从而发现了安塞油田, 开拓了低渗、特低渗油层找油的新局面。

经过 1984—1988 年的勘探, 找到了王窑、侯市、杏河等长 6 油藏, 共探明含油面积 206km^2 , 探明石油储量 $10561 \times 10^4\text{t}$, 天然气地质储量 $58 \times 10^8\text{m}^3$, 成为鄂尔多斯盆地第一个亿吨级整装大油田。

经过 1998—2004 年的滚动勘探, 又找到了坪桥、靖东、谭家营、招安、河庄坪等含油区块。到 2005 年探明石油地质储量 $32219 \times 10^4\text{t}$, 控制地质储量 $5056 \times 10^4\text{t}$, 预测地质储量 $13791 \times 10^4\text{t}$ 。已动用含油面积 280km^2 , 未动用含油面积 237.9km^2 , 控制含油面积 253km^2 , 预测含油面积 103.5km^2 。

在勘探的同时, 开发早期介入, 于 1985 年进行了井组试验, 1988 年开展了先导性、工业化开发试验。同时进行了油层保护钻井、完井, 优化射孔、压裂和注水开发试验, 通过试验, 单井产能可提高到 4t/d 以上。1989 年王窑区开始投入正式开发, 1990 年全面投入注水开发, 自 1992—2006 年先后开发了王窑、侯市、杏河、坪桥、靖东、谭家营、招安、河庄坪等 8 个含油区块, 全部投入注水开发, 主要开采层位为三叠系延长组长 6、长 4+5、

长 2 和长 3 层。区内各类探井 264 口，滚动井 114 口。生产井 2252 口，开井 1971 口。

随着勘探开发的进一步深入，2007 年 10 月在安塞油田王窑、侯市间发现了长 10 油层组新含油层系，G52 井射孔求初产获 64.7t 高产工业油流。2008 年 G52 井、W519 井、G34 井等建产，发现长 10 油层存在较大潜力，显示了良好的勘探开发前景。

第二章 区域地质背景

第一节 地层发育特征

从区域地层资料及钻井揭露的情况看,研究区中生界自上而下分别为侏罗系安定组、直罗组、延安组和富县组及三叠系延长组,其中上三叠统延长组为安塞油田主要产油层系,其次为侏罗系延安组。

一、三叠系延长组

鄂尔多斯盆地上三叠统延长组是我国陆相三叠系中出露最好、研究最早、发育比较齐全的层型剖面(李克勤,1982,1993;宋国初,1993;李文厚,1999),是鄂尔多斯盆地内陆湖盆形成后的第一套生储油岩系,也是研究区主要的勘探开发目的层系。盆内大约以北纬 38° 线为界,北粗南细,北薄南厚,北部厚度 $100 \sim 600\text{m}$,南部厚度 $1000 \sim 1400\text{m}$ (图2-1)。

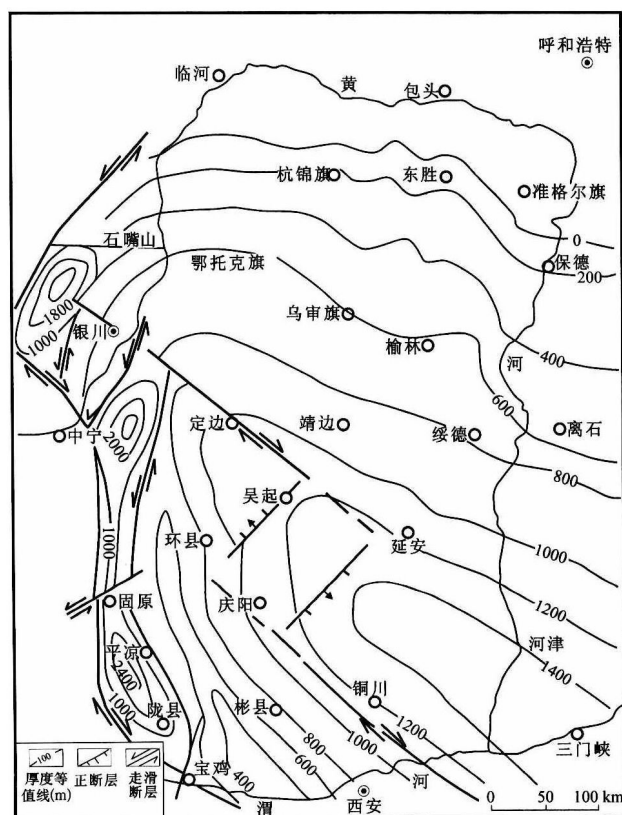


图 2-1 鄂尔多斯盆地三叠系延长组残余厚度图(据何自新,2003)

延长组自 20 世纪 30 年代王竹泉和潘钟祥建组以来,许多人对延长组的进一步划分提出不同的意见和方案(表 2-1),目前观点认为该套地层与下伏中三叠统的纸坊组、上覆下侏罗统的富县组或延安组均呈平行不整合接触。根据岩性及古生物组合,前人将三叠系延长组自下而上划分为五段(T_{3y1} 、 T_{3y2} 、 T_{3y3} 、 T_{3y4} 和 T_{3y5})。再根据其岩性、电性及含油性的差异,将 5 个岩性段又进一步划分为 10 个油层组(自上而下依次为长 1—长 10)(图 2-2、图 2-3,表 2-2),各段特征表现如下。

第一段(T_{3y1}):相当于长 10 油层组,主要是一套灰绿色、肉红色的长石砂岩夹暗紫色砂质泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩(图版 I-1)。砂岩中长石含量高(通常 40% 以上),富含浊沸石和方解石胶结物,并常因胶结物分布不均呈斑点状。砂体形态多呈透镜状河道砂岩,大型的槽状及板状交错层理发育,基底冲刷面起伏明显。泥质岩含植物化石。该段地层自北而南粒度逐渐变细,地层厚度由薄变厚。厚度比较稳定,一般在 250 ~ 350m。电性特征十分清楚,视电阻率曲线一般反映为指状高阻,自然电位大段偏负夹薄层偏正,或为齿状正负相间。孢粉中以孢子含量占绝对优势(达 60% ~ 70%)。在陇东地区常见含油显示,为马家滩油田主要采油层之一。

第二段(T_{3y2}):包括长 9 和长 8 油层组,为深灰色、灰黑色泥岩夹粉细砂岩或两者的薄互层。一般下细上粗,下部泥质含量高,以泥岩为主,划分为长 9,而上部以砂岩为主划分为长 8。长 9 是一套广泛湖侵背景下的产物,在长 9 的上部,除盆地边缘外,湖盆南部广泛发育黑色页岩、油页岩,习称“李家畔页岩”(图版 I-2),厚 20 ~ 40m,这套页岩在盆地内分布稳定,并常表现为高自然伽马、高电阻率,是井下地层对比的重要标志。长 8 主要为湖退背景下的三角洲沉积(图版 I-3),是陇东及灵盐地区重要的产油层。盆地东部佳芦河以北到窟野河地区,中段油页岩分布稳定,盆地北部及南部周边地区,黑页岩或油页岩相变为砂质页岩、泥质粉砂岩,高电阻层消失。本段总体厚度北部为 100m,南部为 200m 左右。长 9 为重要生油层之一,长 8 为马家滩油田的主要产层,在陇东地区也普遍含油。长 9 油层组的下部开始出现高绿帘石、高榍石重矿物组合,长 8 油层组出现了含喷发岩碎屑的高石榴子石重矿物组合,特征明显而突出,是区域性地层对比的主要依据之一。

第三段(T_{3y3}):包括长 7、长 6 和长 4+5 油层组,岩性为深灰色、灰黑色泥、页岩与灰色、灰绿色粉砂岩、细砂岩互层。长 7 主要以泥、页岩为主,在陇东地区长 7 深湖相油页岩中夹砂质浊积岩且含油,这套地层是延长组湖盆发育鼎盛时期形成的重要生油岩,俗称“张家滩页岩”(图版 I-4),在湖盆广大地区均有分布,在井下表现为特征明显的高自然伽马、高电阻率、高声波时差等特点。长 6 主要为一套灰绿色中细粒砂岩沉积,在盆地北部、东北部发育三角洲沉积,是延长组主要的储油层段。自然电位曲线从下向上表现为倒三角形偏负的特征。长 4+5 总体由泥岩、粉砂岩组成(图版 I-5),俗称“细脖子段”。本段总体厚 300m 左右。

第四段(T_{3y4}):包括长 3、长 2 油层组,总体岩性为灰绿色中、细砂岩夹灰色、深灰色泥、页岩。砂岩呈巨厚块状,具大型交错层理,泥质和钙质胶结为主。长 3 砂岩中泥岩夹层多且厚(图版 I-6),自然电位呈指状,视电阻率为齿状。而长 2 则主要以厚层状、块状大套砂岩组成,泥岩夹层小且薄(图版 II-1),自然电位曲线以箱状为主,视电阻率呈锯齿状。该段厚度 250 ~ 300m。

表 2-1 鄂尔多斯盆地三叠系延长组划分沿革表

系	统	石油普查队 (1960)	地质部第三石油普查队 (1964)	地科院三室 (1965)	地质部第三石油普查队 (1974)	长庆油田 (1974)
侏罗系	下统	富县组	侏罗系	下统	富县组	富县组
	上统	瓦窑堡煤系	富县组	下统	富县组	第五段 (T _{3y5})
		块状砂岩带				
		含油带	延长组	上统	延长组	第四段 (T _{3y4})
		油页岩带	铜川组	三叠系	三叠系	第三段 (T _{3y3})
		长石砂岩带	第二段 (T _{3y2})	中统	第二段 (T _{3y2})	第二段 (T _{3y2})
	中统	纸坊群	第二段 (T _{2zf2})	中统	第二段 (T _{2zf2})	第二段 (T _{2zf2})
三叠系	上统	延长组	三叠系	上统	延长组	延长组
	中统	纸坊群	侏罗系	中统	纸坊群	纸坊群
		第二段 (T _{2zf2})	第二段 (T _{2zf2})	第二段 (T _{2zf2})	第二段 (T _{2zf2})	第二段 (T _{2zf2})
		第一段 (T _{2zf1})	第一段 (T _{2zf1})	第一段 (T _{2zf1})	第一段 (T _{2zf1})	第一段 (T _{2zf1})
		长石砂岩带	第一段 (T _{3y1})	第一段 (T _{3y1})	第一段 (T _{3y1})	第一段 (T _{3y1})
	下统	富县组	富县组	下统	富县组	富县组

地 层				厚度 (m)	岩性柱状图	沉积体系		湖平面升降		充填序列			
系	统	段	层			相	亚相	降	升	层序	体系域	界面	
侏罗系	下统												
三叠系	上统	T ₃ y ₅	长1	100		曲流河	河道沙坝		S ₄	HST	SB ₄		
			200		河漫滩		TST						
		T ₃ y ₄	长2	300			河道沙坝			LST			
				400			河漫滩						
			长4+5	500			河道沙坝			S ₃		HST	SB_3
				600			河漫滩					TST	
		统 (延 长 组)	T ₃ y ₃	长6	700		三角洲前缘		LST				
					800		湖泊浅湖		S ₂	HST	SB_2		
				长8	900		三角洲前缘			TST			
					1000		湖泊浅湖		LST				
	T ₃ y ₂		长9	1100		三角洲前缘	S ₁		HST	SB_1			
				1200		河道沙坝			TST				
				长10	1100				河道沙坝		LST		
					1200				河漫滩				
	中统	T ₂											

图 2-2 宜川仕望河剖面上三叠统延长组层序地层

地 层				厚度 (m)	岩性柱状图	沉积体系		湖平面升降		充填序列					
系	统	段	层			相	亚相	降	升	层序	体系域	界面			
三 叠 系	上 统 (延 长 组)	T ₃ y ₅	长1	156		湖泊	浅湖			TST	SB ₂				
												曲流河	河漫滩	S ₂	
													河道沙坝		LST
													河漫滩		
													河道沙坝		
												泛滥平原			
		辫状河	河道沙坝												
			泛滥平原												
			河道沙坝												
			河道沙坝												
		曲流河	河漫滩	S ₁											
			河道沙坝												
			河漫滩												
			河道沙坝												
		三角洲	三角洲平原		HST										
			三角洲前缘		TST										
				LST											

图 2-3 安塞油田 S406 井上三叠统延长组沉积—层序地层柱状剖面图

表 2-2 安塞油田上三叠统延长组地层特征

系	统	组	段	油层组	小层	厚度 (m)	岩性特征	标志层	
								名称	位置
侏罗系	下统	富县组				0 ~ 150	厚层块状砂砾岩夹紫红色泥岩或两者呈相变关系		
三叠系	上统	延长组	T _{3y5}	长 1		70 ~ 90	瓦窑堡煤系灰绿色泥岩夹粉细砂岩、碳质页岩及煤层	K9	底
			T _{3y4}	长 2	长 2 ₁	40 ~ 45	灰绿色块状中、细砂岩夹灰色泥岩	K8	底
					长 2 ₂	40 ~ 45	浅灰色中、细砂岩夹灰色泥岩		
					长 2 ₃	45 ~ 50	灰、浅灰色中、细砂岩夹暗色泥岩		
				长 3	长 3 ₁	120 ~ 135	浅灰色、灰褐色细砂岩夹暗色泥岩	K7	上
			长 3 ₂		K6			底	
			长 3 ₃						
			T _{3y3}	长 4+5	长 4+5 ₁	45 ~ 50	暗色泥岩、碳质泥岩煤线夹薄层粉—细砂岩	K5	中
					长 4+5 ₂	45 ~ 50	浅灰色粉、细砂岩与暗色泥岩互层		
				长 6	长 6 ₁	35 ~ 45	绿灰、灰绿色细砂岩夹暗色泥岩	K4	顶
					长 6 ₂	20 ~ 30	浅灰绿色粉—细砂岩夹暗色泥岩	K3	底
					长 6 ₃	25 ~ 35	灰黑色泥岩、泥质粉砂岩、粉—细砂岩互层夹薄层凝灰岩	K2	底
				长 7		80 ~ 100	暗色泥岩、油页岩夹薄层粉—细砂岩	K1	中
			T _{3y2}	长 8		70 ~ 85	暗色泥岩、砂质泥岩夹灰色粉—细砂岩		
				长 9		90 ~ 120	暗色泥岩、页岩夹灰色粉—细砂岩	K0	顶
			T _{3y1}	长 10		280	肉红色、灰绿色长石砂岩夹粉砂质泥岩，具有麻斑构造		
		中统	纸坊组				300 ~ 350	上部灰绿、棕紫色泥质岩夹砂岩，下部为灰绿色砂岩、砂砾岩	

第五段 (T_{3y5})：相当于长 1 油层组，在盆地东部及东南部保存最全（图版 II-2, 3），岩性为深灰色泥、页岩夹煤层。本段泥岩碳化现象较重，常见碳质页岩和煤线，植物化石碎片集中。在盆地东北部泥岩中因含凝灰岩，一般表现为低电阻、特低电阻特征。该段是长 2 油层组的区域性盖层。顶部因受印支期侵蚀，厚度变化较大。

二、侏罗系富县组—安定组

鄂尔多斯盆地侏罗系十分发育，分布广泛（图 2-4），下、中、上 3 统发育齐全。尽管部分地区由于基底隆起或顶部遭受冲刷或剥蚀而造成地层发育不全，但全盆地都有侏罗系分布，并在盆地东北缘东胜、神木，东缘的延安、富县、甘泉和西缘的石沟驿、汝箕沟地区都有不同程度的出露。从整个盆地看侏罗系与下伏上三叠统延长组呈区域微角度不整合接触关系（图 2-5），其上与下白垩统志丹群为角度不整合和微角度不整合接触关系。

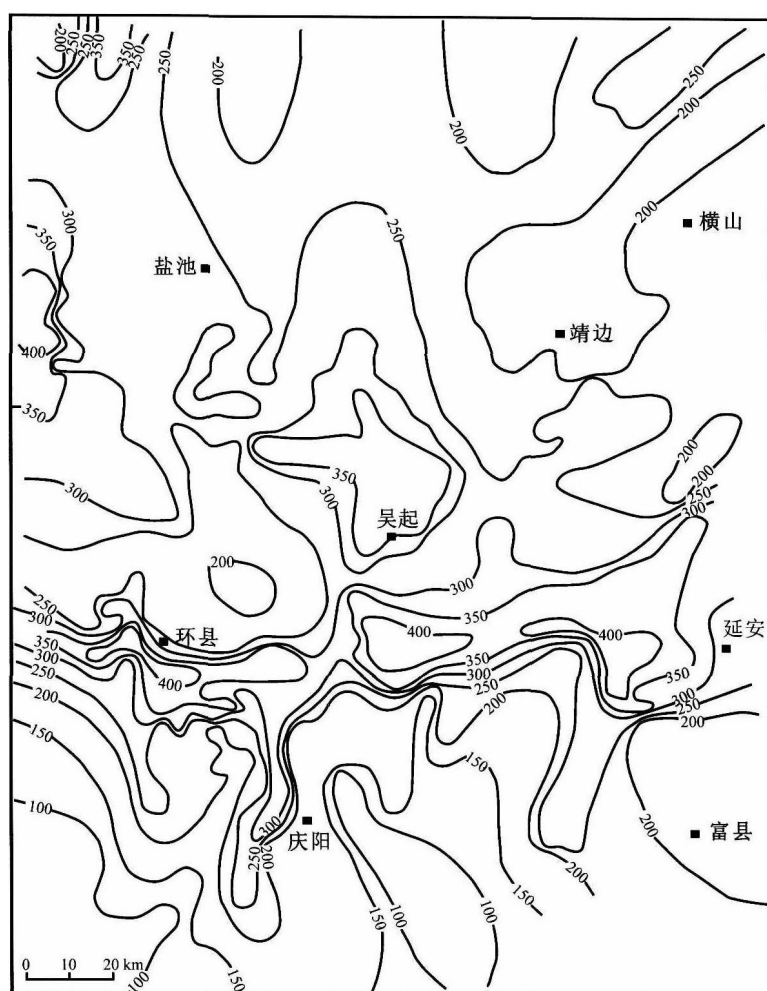


图 2-4 富县—延安组地层残余厚度 (m) 等值线图 (据何自新, 2003)

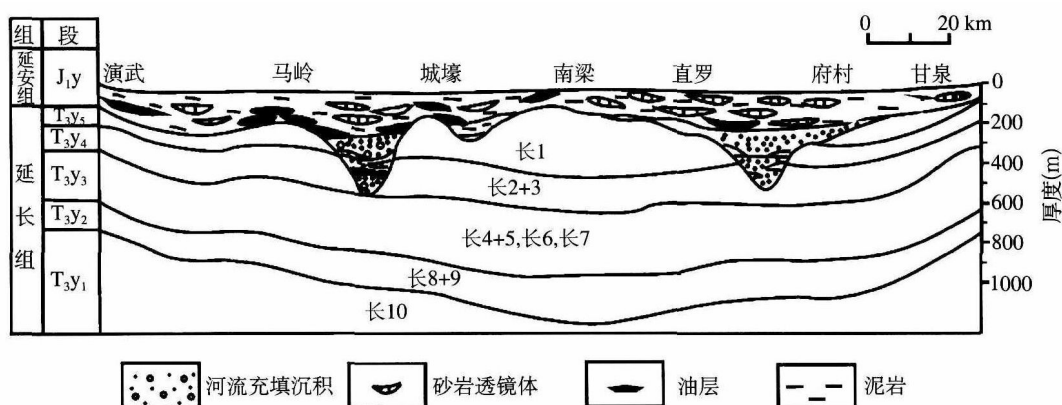


图 2-5 鄂尔多斯盆地延长组顶部区域性不整合剖面示意图 (据杨俊杰, 2004)

侏罗系研究历史悠久 (表 2-3), 王竹泉和潘钟祥 (1933—1934)、王尚文 (1950)、李德生 (1951—1952)、宋四山 (1953—1954)、张文昭和甘克文 (1955—1958) 等先后对侏罗系进行了地层的划分与对比研究, 进入 20 世纪 60 年代以后, 地质部第三石油普查大队、

表 2-3 鄂尔多斯盆地侏罗系划分沿革表 (据袁效奇等, 2006)

王竹泉 潘钟祥 (1933)	王尚文 (1950)	李德生 (1951— 1952)	宋四山 (1954)	张文昭 (1957)	银川石油局 110 队 (1960)	地质部第三 石油普查大队 (1964)	陕西省地质局 石油普查队 (1974)	陕西地层表 (1983)	长庆油田 (1992)	长庆油田 (2003)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
J ₃	安定层	安定层	J ₃	J ₃	J ₃	J ₃	J ₃	J ₃	J ₃	J ₃ ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	安定层	安定层	安定系	安定统	安定组	安定组	安定组	安定组	安定组	安定组																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	安定层	直罗系	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	J ₂	直罗组	直罗组																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	延安系	延安系	J ₁	延安统	J ₁	J ₁	J ₁	延安组	延安组	延安组																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
											延安系	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	J ₁	