

鄂尔多斯盆地非地震油气勘探

王锡福 陈安福 主编



地质出版社



鄂尔多斯盆地非地震油气勘探

王锡福 陈安福 主编

地质出版社

(京) 新登字 085 号

内 容 简 介

本书是石油天然气总公司领导和组织的鄂尔多斯盆地非地震油气勘探的生产实验和科学研究的总结。书中系统论述了非地震油气勘探基本理论和方法, 全面介绍了样品采集、分析测试技术, 数据处理方法, 油气地球化学异常模式的建立等。内容丰富, 实用性强。是目前较为全面系统介绍非地震油气勘探的著作之一。可供石油地质工作者、油气化探人员及大专院校有关专业师生参考。

鄂尔多斯盆地非地震油气勘探

王锡福 陈安福 主编

*

责任编辑: 李云萍

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路 29 号)

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 16.75 字数: 391000

1992 年 12 月北京第一版·1992 年 12 月北京第一次印刷

印数: 1—900 册 定价: 12.40 元

ISBN 7-116-01144-7/P·965

序 言

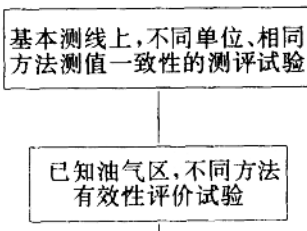
鄂尔多斯盆地是我国中部的一个大型含油气盆地，其面积（ $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ ）在我国陆上近 300 个沉积盆地中排第二位。

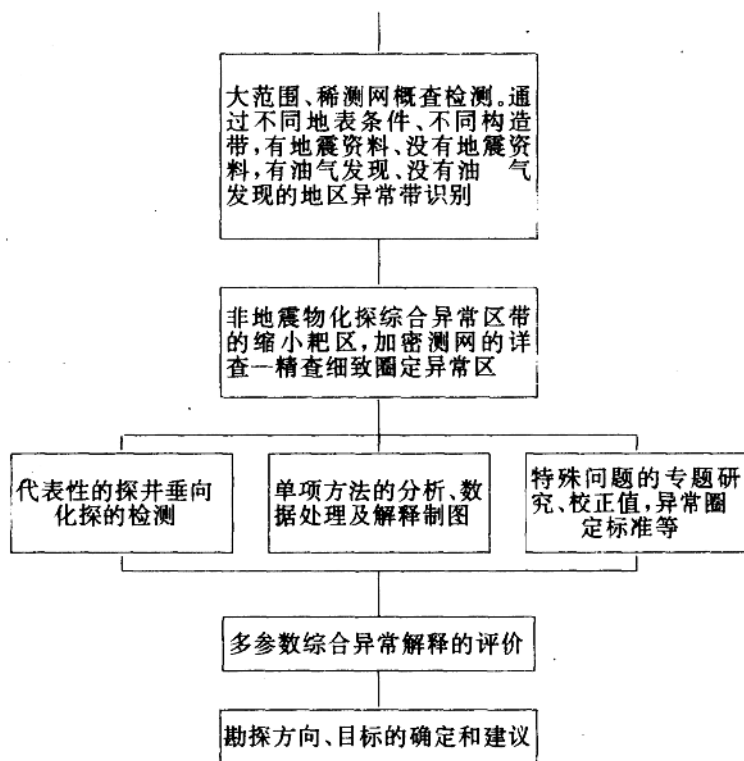
盆地中有震旦、寒武、奥陶、石炭、二叠、三叠和侏罗系七大套生油气岩系，初步预测尚未发现的潜在石油储量 1.110 Gt，天然气储量 $3.66 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，是极有远景和潜力的油气勘查区。由于鄂尔多斯盆地北部有 $3.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的毛乌素沙漠分布，紧接着盆地中，南部有近 $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的黄土覆盖，盆地东缘还有地形高差较大的山地，长期以来作为勘探前期准备的地震面积普查、详查、细测工作难以正常开展。这就使勘探地质学家们难以分析和认识整个盆地的区域地质构造、局部构造、地震地层学特征及各类油气圈闭和制图，地质学家们难以有根据、有把握地提供大量可供钻探，能发现油气的勘探目标。这一因素使鄂尔多斯盆地难以较快速度加强钻探，较大幅度增加油气贮量的进程。

1980 年以来，石油系统对石油地震勘探设备进行了全面改造，已具备了进入沙漠区进行地震勘探的技术装备和能力，同时也与国外地球物理勘探公司及国内的地球物理勘探单位开展了黄土区地震野外采集数据及处理方法的试验研究，也初步取得了一些好的试验效果。

中国石油天然气总公司在积极开展黄土区地震、采集处理方法攻关试验的同时，在鄂尔多斯盆地组织开展了在黄土区、沙漠区有较大含油气潜力地区的“非地震物化探采集数据处理、解释方法攻关试验”。这是一项迄今在我国规模最大的非地震油气勘探方法工业性科学试验，是由中国石油天然气总公司和长庆油田精心设计，有计划、有步骤地严密组织、严格要求采集分析、数据处理质量及解释质量的情况下进行工作的。这项非地震勘探方法工业试验的特点如下：

1. 参加试验的部门多、单位多、专业多，参加试验的资格是通过技术能力、水平、价格考核和竞争取得的。
2. 试验的非地震物化探方法是丰富多样的，以便对每种方法的适用性、有效性进行评价，筛选择优和综合解释。方法包括了酸解烃、壤气烃、蚀变碳酸盐（ ΔC ）、热释汞、壤气汞、荧光、吸附丝、水化、地面精度重力、地面放射性、航空放射性、航空磁测、遥感地质等。
3. 试验步骤循序渐进，目的明确，思路清楚，具体步骤如下图所示：





这样做的目的是为了提非地震勘探的目的性和有效性。这一过程是在三年内完成的,同时还进行了野外采样分析质量检查,标准方法的研讨和制定,成果的阶段检查、验收,异常模式的识别方法等大量工作。

通过鄂尔多斯盆地非地震物化探方法的工业试验,在北部黄土区及中南部黄土区已发现了众多的异常区带和局部独立异常。北部含气异常区有的已为钻井证实含气,西南部分异常钻井已证实为侏罗系延安统古地貌油藏。油田要求在古河道分布区做面积精查,圈定更多的异常为老油田扩边及发现新油藏提供依据(该区黄土厚度大,尚未取得地震资料)。其余众多异常还需进一步研究评价和钻探工作的验证。

为了使非地震物化探工作,特点是地面化探工作能成为油气勘探方法系列中的一个组成部分,总公司委托长庆油田在工业试验工作中注意总结各种方法,从采集样品、分析数据、数据校正处理直到提高解释评价成果。全过程中所取得的经验教训及存在问题,进行认真分析和总结,编拟一个“石油地球化学勘探方法技术规范”草案,目前业已完成,待审。

在这次非地震物化探工业试验中,还有高精度重力、大地电磁、地面建场电法勘探、遥感等试验成果,也将分别刊印出版。

目前,石油地震数据的采集、处理、解释的装备、方法、软件发展很快,解决地下构造、断层、裂隙发育带、岩性、贮层形态、物性、含油气的能力不断提高,在油气勘探开发中自不待言占有显要地位,但也要注意地震勘探的成本日益昂贵,而非地震物化探方

法无论是在地面或井下直接检测油气存在的能力也在不断提高，采集手段、分析精度、数据处理能力也不断发展，特别是它的快速、低成本、直接检测烃类存在的特征应该引起石油地质学家们的关注，使其有效地发挥作用。

中国石油天然气公司

尚毅头

- 一九九二年十月十一日

编 者 的 话

鄂尔多斯盆地非地震油气勘探工程是石油天然气总公司直接领导和组织的大型科研生产实验项目,连续三年在盆地中多种地貌景观和不同类型油气藏上进行的多指标地球化学测量,其目的是检验各种油气化探的效果。在几十万平方公里的大型盆地内开展非地震油气勘探在国内外实属少见。实验结果表明,鄂尔多斯油气化探工程是成功的,非地震油气勘探有可能成为重要的油气勘探手段之一。其成果可以概括为:1. 证明了在地表覆盖厚的沙漠、半沙漠和黄土地区,油气化探具有较明显的应用效果。2. 不同类型的油气藏均有较好的地球化学异常显示,对比效果明显。3. 发现了一批具有勘探意义的油气异常区带。4. 从理论上总结了地化指标和异常模式,提高了油气化探水平。5. 总结了一套行之有效的油气化探项目管理经验和标准化技术规范。

当前,由于地震勘探成本不断提高,油价下跌,为了维持和加快油气勘探持续发展,许多国家都在寻求廉价、快速的勘探方法,于是非地震勘探方法得到了迅速的发展。自1968年第一届非地震油气勘探方法讨论会至今,已召开了四届国际会议(以会议资料为据)。非地震油气勘探方法包括地球化学、放射性、重力、磁法、电法、遥感等方法。其中地球化学勘探是一种直接测量方法,它具有经济、迅速、简便的特点,因而越来越引起人们的重视。特别是在寻找非构造圈闭油气田方面,它确能弥补地震勘探的不足。另外,油气化探还可以和地震勘探结合使用,综合评价远景区。油气化探方法也可用于大陆架油气勘探。我国近几年来在大庆、辽河、华北、大港、中原、胜利、南阳、江汉、广西、新疆也都不同程度地开展了油气化探,取得了较好的勘探效果。

我国选用的地球化学勘探指标总的说与国外的基本相近,国外所使用的烃、汞、 ΔC 、Rn、He、荧光、紫外吸收、微量元素、碘和碳同位素等国内基本都能分析测试,而且都进行了一定规模的生产实验,测试技术取得了很大的进展,大致可以归纳为以下几点:1. 已广泛使用气相色谱仪取代老式的真空脱气法;2. 注意了区分地表生物成因的甲烷和深部成因的甲烷;3. 正在实验和利用三维荧光、K-V指纹技术、碳同位素区分油藏、气藏;4. 正在研制车载野外测试烃和其它指标的方法。此项技术最早出现在前苏联,近年来由于气相色谱的自动化、轻便化,在美国普遍发展使用该法,在几个主要油气盆地用车载色谱仪进行气体测量(烃、He、CO₂、N₂、H₂),获得较好的效果;5. 重视数据库建立,长庆油田在盆地中开展了化探工作,开发和研制了计算机油气化探管理分析处理系统,发挥了计算机快速、精确的特点。此项工作对资料的积累和再认识十分必要。国外许多地球化学异常是50—60年代发现的,后来对数据进行了再处理、再认识,发现了一批有价值的异常,并为化探理论水平的提高提供了宝贵资料;6. 关于油气化探理论争论颇多,但总的来说,人们将油气化地球化学异常的形成当作油气形成和运移总进程的一部分来认识,这是认识上的发展。

确定某种化探方法的应用效果如何,要根据测区的地质条件和地表土壤介质、地貌景观条件,重要的是根据试验资料、成功的实例,而不是主观认识。例如,对陕甘宁盆地北

部毛乌素沙漠， ΔC 指标效果较好，而南部的黄土塬则 ΔC 效果不够理想，这主要与黄土层中无机碳酸盐含量高，掩盖了有机碳酸盐含量变化有关。现在大家介绍成果，既要讲成功的经验，更要总结失败的教训，真正起到技术交流、共同攻关的作用。只有不断总结经验教训，技术才能不断进步。因此，多举办一些技术讨论会，出版书籍、发表论文是较好的交流方法。

加强勘探队伍建设和理论研究已刻不容缓，当前石油勘探吸引了不少单位和大批人员参加，虽能发挥了各单位优势，可以多出成果，但也出现了不少问题：如缺乏严格管理及检查验收制度；没有足够理论和技术准备；缺乏训练有素的人员；轻视油气化探分析测试技术，将金属化探的经验和方法硬搬到油气化探中来；异常解释程式化，资料误用、泛用现象比较普遍。这就造成了油气化探成果混乱，质量下降，应当引起有关单位和人员充分注意。我们与国外的差距是经验上的差距。国外有些石油勘探公司保留着一批具有数十年化探工作经验的专家，由于他们见多识广，经验丰富，在数据处理和异常解释方面都远远超过我们，而我国油气化探几起几落，与国外差距越来越大。这个教训是值得记取的。目前我们应注意化探技术的引进，成立油气化探中心机构，积累化探资料，培养自己的化探专家，为油田化探项目提供咨询服务，出版非地震油气物化探刊物，推进油气化探技术发展。

近年来全国化探扫面，找到了一批金属矿产，对石油勘探来说，可借鉴这一战略思想，制定一个中长期发展规划，明确奋斗目标。可先挑选几个不同类型盆地进行系统化探生产实验，筛选出有利地区，短期内即可见效。即使在勘探程度很高地区，还有可能找到新的油气藏。对一个新的勘探区来说，在开展常规物探的同时，还要利用非地震物化探方法联合作战，充分发挥各自的优势。油气化探应当逐步标准化、规范化，但需要一定时间积累经验，不能操之过急，否则，可能会阻碍技术发展。长庆油田与大庆油田、地矿部石油海洋局培训化探中心合作，于 1990 年共同制定了油气化探测试技术标准化行业标准。这是良好开端，需要在实践中不断完善。

我们编辑出版本文集，目的是填补我国非地震油气勘探资料之不足，交流鄂尔多斯油气化探成果，讨论油气化探有关理论和方法，促进我国油气勘探技术发展。本书出版由长庆石油勘探局发起，中国地质大学、中科院兰州地质所、核工业总公司及地矿部等有关单位协作。由王锡福同志任主编，陈安福同志为副主编，长庆石油局化探项目管理组杨晓元、孙六一、马积玉同志参加了部分编辑工作。

鄂尔多斯盆地油气化探项目，从样品采集到室内分析测试，从数据整理到综合分析解释，自始至终得到总公司阎敦实总地质师的关心，他对每一环节都作了具体指示并给予支持和帮助；长庆勘探局史兴全局长，杨俊杰副局长、总公司勘探处陈效期高级工程师对该项目提出了不少宝贵意见。作者一并向他们表示衷心的感谢！

目 录

鄂尔多斯盆地区域地质背景及油气地质特征概述	王锡福 (1)
鄂尔多斯盆地油气化探基本理论和方法	王锡福等 (11)
鄂尔多斯盆地油气地球化学勘探成果	王锡福等 (27)
鄂尔多斯盆地北部天然气目标区的地球化学勘探	杨晓元等 (51)
摆宴井断块油田及断裂带的地球化学特征与异常评价	孙六一等 (67)
油气地表地球化学勘探在樊家川油田的应用	郭正权 (82)
鄂尔多斯盆地盐定陇东地区油气地球化学异常特征与油气预测	彭荣华 (90)
洲五井油气地球化学勘探剖面研究	陈安福等 (97)
鄂2井油气化探指标的纵向分布规律与油气评价	周书欣等 (114)
放射性核素在鄂尔多斯盆地地表油气勘探中的试验研究	胡从侠等 (124)
鄂尔多斯盆地油气藏地面放射性勘查试验	崔振生等 (133)
鄂尔多斯盆地油气航空伽马能谱勘查试验	邹礼规等 (142)
用石油包裹体资料解释佳县—紫金山区化探异常	陈安福等 (153)
鄂尔多斯盆地黄土覆盖区地表油气化探适用性的探讨	岳洪礼等 (161)
鄂尔多斯盆地土壤烃类气体的地球化学特征	王先彬等 (173)
地表油气化探异常的影响因素及其模式	费琪等 (184)
复杂景观区地球化学异常的圈定	郑康乐等 (193)
油气化探野外工作与资料整理研究	杨泗麟等 (204)
吸附丝法在鄂尔多斯盆地油气化探中的应用	冯建跃等 (210)
土壤热释碳酸盐 (ΔC) 在鄂尔多斯盆地地表油气化探中的应用	阮天健等 (216)
鄂尔多斯盆地油气化探蚀变碳酸盐测量指标的选择	李生郁等 (226)
鄂尔多斯盆地化探指标的分析技术问题	武思杭 (234)
鄂尔多斯盆地油气化探样品测试经验	阮天健等 (242)
鄂尔多斯盆地油气地表地球化学勘探测试技术规范 (讨论稿)	王可仁等 (248)
主要参考文献	(255)

鄂尔多斯盆地地质背景及 油气地质特征概述

王 锡 福

长庆石油勘探局勘探开发研究院

前 言

位于华北克拉通西缘的鄂尔多斯盆地，是一大型沉积盆地。南北以秦岭、阴山断裂为界；东与山西地块以离石断裂为界；西界桌子山—宝鸡大断裂与秦-祁褶皱系为邻。周缘包括几个新生代地堑，面积约 320000 km²。中条运动以后，在早元古代末的结晶基底上发育的沉积盖层，经历了中晚元古代—早古生代陆表海、晚古生代海陆交互、中生代河湖相沉积阶段。不同层系的沉积作用均受区域构造控制。

一、区域构造格架

现今盆地构造总体面貌为走向南北，东缓西陡的不对称向斜构造。据其地质演化历史及构造性质所划分的构造单元有如下特征（图 1）：

（一）伊盟隆起

位于盆地北部，北以黄河断裂与河套地堑分界。古生代以来该区基本处于隆起状态，各时代地层在隆起上变薄或缺失。隆起顶部缺失下古生界，上石炭统太原组直接覆盖在变质基底之上；而在斜坡下太原组覆盖在寒武系及奥陶系下部地层之上。基底埋藏浅，沉积盖层厚 1000—3000 m。

区域构造轮廓呈现东北抬升，向西南倾斜的平缓斜坡，倾角 1°—3°，石炭系底部 T9 反射层显示构造群带，具继承性发展特征，面积 10—50 km²，幅度 50—150 m，均伴以正断层，断距 100—200 m。据断层上盘晚古生代地层厚度明显比下盘的大分析，断层最晚形成于华力西期，因后期继续活动，致使中生界亦被断开。本区北缘长达 100 km 的白垩系油苗带，油源来自石炭-二叠系含煤地层。

（二）渭北隆起

位于盆地南部，南以渭河断裂与渭河地堑分界。总体为一近东西向构造带，南部上翘，出露地层老，向北倾伏逐渐与陕北斜坡过渡。

区域构造线在彬县以西呈东西向，向东逐渐转为北东向，至韩城附近变为北北东向，并穿过黄河，与晋西褶皱带南段构造线复合，构成总体向东南凸出的弧形构造带的一部分。

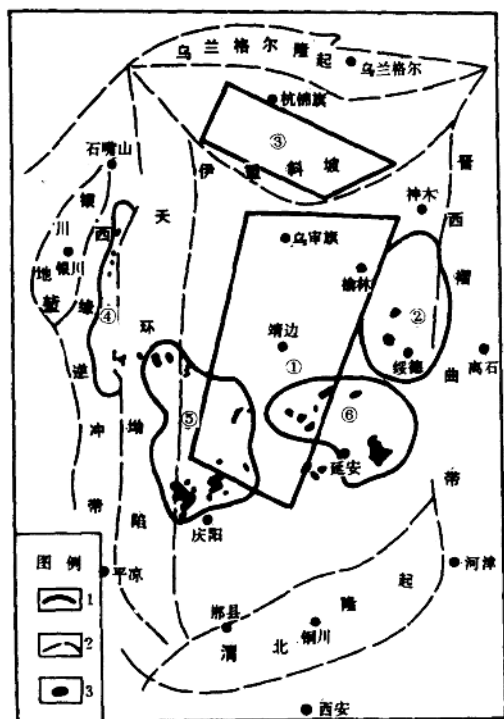


图1 鄂尔多斯盆地构造纲要及油气聚集区图

1—油气边界线；2—构造单元分区线；3—油气田；①—中央隆起区及南坡下古生界天然气富集区；②—东部上古生界有利含气区；③—伊盟南坡天然气聚集区；④—西缘逆冲带油气富集区；⑤—古地貌油田聚集区；⑥—三角洲岩性油田富集区

背斜构造成排成带分布，伴以逆断层。麟游—韩城一线以南，主要出露古生界，多为长轴背斜，北翼陡，南翼缓，局部可见地层强烈挤压而倒转。该线以北主要出露中生界，靠南分布长轴背斜，向北渐变为短轴背斜。本区共发现地面构造 78 个，其中 15 个构造为地震资料所证实。

(三) 晋西褶皱带

位于盆地东缘。该区东部地势高，出露地层老，向西地层逐渐变新。自北而南背斜带走向变化大，可分出五个背斜带：①保德—临县南北向背斜带：由平缓小型背斜组成；②佳县—紫金山北东向背斜带：组成地层为三叠系，由小规模平缓背斜组成；③柳林东西向断裂背斜带：主要组成地层为寒武系—二叠系。褶皱排列紧密，发育一组走向东西的小型正断层；④石楼—大宁南北向背斜带：组成地层为三叠系和二叠系，除短轴、长轴背斜

外,还发育线状褶皱;⑤乡宁—大宁背斜带:发育褶皱强烈的线状背斜。

(四) 陕北斜坡

这一构造单元是构造盆地的主体,范围最广,南北长400 km,东西宽250 km,总体构造面貌为一向西倾斜的平缓大型斜坡。中生界倾角不到 1° ,平均坡降约为10 m/km。斜坡以鼻状构造发育为特征,也有少数小型圈闭构造,T9反射层构造显示在北部分布有平缓鼻状隆起,在吴旗—华池—庆阳一带,有一向南倾伏的大型平缓鼻状构造,其东部仍保持西倾斜坡形态。

斜坡锥形出现于侏罗纪,主要形成于早白垩世,表现在侏罗系和下白垩统厚度从东向西逐渐增厚,西部最大厚度分别为1000 m和1500 m。

(五) 天环坳陷

位于盆地西部。北起桌子山东麓,经环县至镇原一带,南北向伸展,长500 km,东西宽60 km,最早形成于晚三叠世。由于西缘逆冲断裂的活动,在其前缘生成深坳陷,延长组沉积厚度达3000 m以上,成为当时的沉降中心。在侏罗纪和早白垩世,坳陷继续发育,并逐渐向东偏移,沉积厚度达2500 m。总体呈一不对称大向斜,西翼陡,东翼宽缓并发育背斜构造。在北段,T9反射层显示多为开阔短轴和穹窿背斜,轴线近南北走向,面积一般小于50 km²,幅度50—150 m,具有继承性构造的特征。

(六) 西缘逆冲推覆构造带

构造带位于盆地西缘,南北长600 km,东西宽50—100 km,主要由数条断面西倾,向东逆冲的大型断裂组成,断面上陡下缓,往往沿石炭—二叠系煤系地层滑脱,最大推覆距离22.5 km。推覆体系由若干逆冲席组成的叠瓦状构造组成,逆冲席前锋为背斜隆起,尾部为向斜构造,推覆前缘带的构造变形主要发生在中生代,形成中生界背斜断块油田。

逆冲带盟发于晚三叠世,主要形成于燕山运动中期,自北而南可分为桌子山段、横山堡段、马家滩段、沙井子段四段。在横山堡断褶带上已发现上古生界气藏,在马家滩段发现中生界油田。

二、盆地的形成和演化

鄂尔多斯盆地形成于中生代,盆地的发展,经历了漫长的过程,可追溯到中元古代。

(一) 中元古代被动大陆边缘沉积阶段

中元古代,在鄂尔多斯地块西南发育着秦—祁—贺三叉谷系,贺兰裂谷是三叉裂谷的天折谷,具拗拉槽性质。贺兰拗拉槽及鄂尔多斯地块西南缘的被动大陆边缘均沉积了数千米浅海相沉积岩,长城、蓟县群为碎屑岩与碳酸盐岩,以暗色藻白云岩为主的蓟县群,最大厚度1800 m,具生油岩特征,大体尖灭于石嘴山—延安一线。

中元古代末,裂谷相继关闭,至震旦纪时形成一个统一的克拉通。

(二) 早古生代陆表海的形成和发展

古生代初期,秦—祁—贺裂谷沿早期裂谷重新活动。贺兰拗拉槽沉积了数千米碎屑岩和浅海碳酸盐岩。华北克拉通为陆表海环境,鄂尔多斯地块为秦—祁海洋的宽广华北大陆架的一部分,西南缘仍属被动大陆边缘,沉积了2000—3000 m碳酸盐岩。地块内部近似一个宽阔的平台,在中部乌审旗—庆阳一带,形成一个范围较大的中央隆起,它对后期的油气形成

与富集具有十分重要的意义。从有机地球化学条件及热演化史分析,下古生界碳酸盐岩是天然气潜力巨大的烃源岩。

晚奥陶世至早石炭世,华北克拉通全面抬升,沉积中断 150Ma,形成奥陶系顶部风化壳岩溶储集层,它对鄂尔多斯盆地天然气聚集具有重要意义。

(三) 晚古生代海陆交互沉积阶段

在晚古生代,由于北秦岭海槽向华北克拉通俯冲碰撞,沿早古生代贺兰拗拉槽的古老断裂又重新拉开,发生裂隙,形成碰撞谷,致使鄂尔多斯地块西部沿石嘴山—平凉发育一近南北向沉降带。中晚石炭世以港湾泻湖和海湾潮坪沼泽沉积为主,煤系发育;鄂尔多斯地块东部,受华北海影响,在滨海沼泽环境下,煤系及炭质泥岩广为分布。

晚石炭世华北海与秦-祁海在鄂尔多斯中央古隆起部位趋于连通。以后从早二叠世初期(山西组)陆升海退,沉积了平原河流沼泽相含煤层系,到下石盒子组沉积时完全进入陆相阶段。晚古生代的一套煤系沉积,构成盆地主要的煤成气源岩。

(四) 中生代内陆盆地的形成和沉积

在三叠纪时,盆地受欧亚、太平洋板块近南北向左行剪切应力作用抬升。在晚三叠世形成的湖相沉积岩系,以及侏罗纪河湖相沉积岩系,都是盆地内的主要生油、含油岩系。盆地西缘受印度板块北推产生的近南北右行剪切应力形成的逆冲断带,为上古生界和中生界断块油气田的形成提供了条件。由于盆地坐落在华北克拉通之上,故属内克拉通盆地。

三、石油地质基本特征

(一) 沉积环境与沉积物

鄂尔多斯盆地自下而上有中元古—早古生代以海相碳酸盐岩为主的一套地层;中、晚石炭世和早二叠世海陆交互煤系地层;二叠纪和三叠纪以河湖相为特征陆相地层;早、中侏罗世河湖沼泽含煤地层等,沉积盖层保存得最为完整,具有较好的油气形成条件。

下古生界以奥陶系为代表,在鄂尔多斯地区西缘、南缘,为暗色泥质页岩和泥晶灰岩,在地块腹部发育着局限海、膏盐湖沉积。局限海有一定水深,具有一定封闭性,保存有机质条件好。奥陶系几乎全由暗色碳酸盐岩组成,其中膏盐湖的石灰岩、白云岩属气源岩。中、晚石炭世(含山西期),盆地中、东部为滨浅海沼泽环境,发育滨海砂坪和三角洲砂体。盆地西部受贺兰谷影响,以港湾泻湖沼泽和海湾潮坪沼泽沉积为主(图2),发育海沼砂岭和岛坝砂坪,含煤地层广布。从早二叠世开始华北地块逐渐解体,海水退出,盆地转入大陆干旱环境,广布河流相和泛滥盆地相的红层沉积。尤其在盆地北部,下石盒子组水系发育,河流相沙岩厚度大、粒度粗、物性好,是下伏煤系气源的主要储层。

上三叠统延长组沉积时期,本区变得温暖潮湿,在盆地南部形成了水域广阔的大型淡水—微咸水湖泊。早期(长10)以河流、滨浅湖为主。中期(长7)湖盆极盛(图3),深湖相中有机质沉积岩发育,随后(长6)湖盆开始收缩,并在盆地的东北,连续发育大型三角洲复合砂体;盆地西南水下扇形沉积连绵,水下扇前沿紧接深水沉积岩体。晚期(长1)湖沼沼泽环境结束,形成区域盖层。印支运动末期盆地再度隆升,延长组受到侵蚀。早侏罗世早期(富县组及延安组底部)(图4)水系发育、沟谷纵横,贯穿盆地东西的甘陕古水系流域面积达 50000 km²,以甘陕、宁陕河为主体的复合河道砂坝形成了巨大板状复合砂质

岩岩席，这类河道砂体形成我国典型河道砂岩古地貌油藏。早白垩世盆地收缩，表现为干旱型湖泊，分布红层为主的砂泥互层(图5)，缺乏生油条件，但东北部河套盆地发育深湖相沉积。新生代在盆地周边河套、银川和渭河盆地形成了巨厚的河流冲积相沉积，细粒的湖泊沉积以河套盆地渐新统最发育，并具有一定生油条件。

(二) 沉积的多旋回性与多类型油气源岩

下古生界海相碳酸盐岩腐泥型气源岩广布全区。中元古界一下古生界以碳酸盐岩为主的沉积，厚1000—6000 m。蓟县群是本区首次大规模海侵地层，开阔海台地沉积的暗色藻白云岩厚100—300 m。寒武系暗色岩类厚达100—300 m，都具生油岩特征。近年来的勘探资料表明，以奥陶系碳酸盐岩为主的

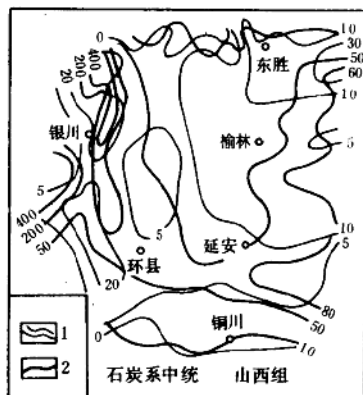


图2 鄂尔多斯盆地上古生界煤层暗色泥岩等厚图
1—煤层等厚线；2—暗色泥岩等厚线

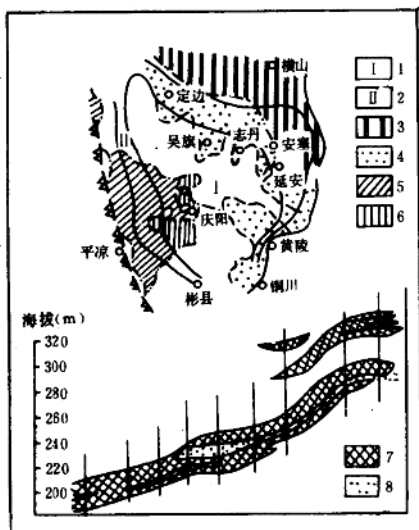


图3 延长组沉积相概貌及三角洲岩性油藏剖面图
1—最有利生油区；2—有利生油区；3—扇状分流河复合地区；4—三角洲前缘及分流河复合区；5—水下扇中扇发育区；6—浊积岩分布区；7—油层；8—致密层

30 m。全区泥岩有机碳含量为2—2.5%，生气层厚度不大，有机质丰度较高。灰岩有机碳平均1.0%±，也是石炭系生气层之一。有机质主体为腐殖型，其中部分灰岩、泥岩也有以腐泥为主的混合型。

腐泥型气源岩广布全区，厚100—400 m。在高成熟、过成熟情况下，有机质丰度(残余有机质碳含量)平均为0.19—0.23%。对剩余有机碳丰度进行恢复的结果表明，原始有机质较残余有机碳高出2.2—27%，普遍具生烃能力，岩石有机质生烃率普遍大于75%。根据氯仿沥青“A”族组成、干酪根类脂含量>9%，可判定有机质母质类型为腐泥型。全区成熟度普遍达到高成熟—过成熟阶段。生油岩厚度大，有机质丰富，演化程度高，不同地质时期总生烃量较高。

早古生代煤系地层腐殖型气源岩广泛发育。中上石炭统和下二叠统山西组发育海陆交互相煤系遍及全区，东部滨浅海煤层厚10—20 m，暗色腐殖型泥岩60—90 m，灰岩20—35 m。地块西部受构造活动带影响，发育了一套厚度较大的海湾—泻湖相含煤岩系，煤层厚10—30 m，暗色泥岩100—250 m，灰岩10—

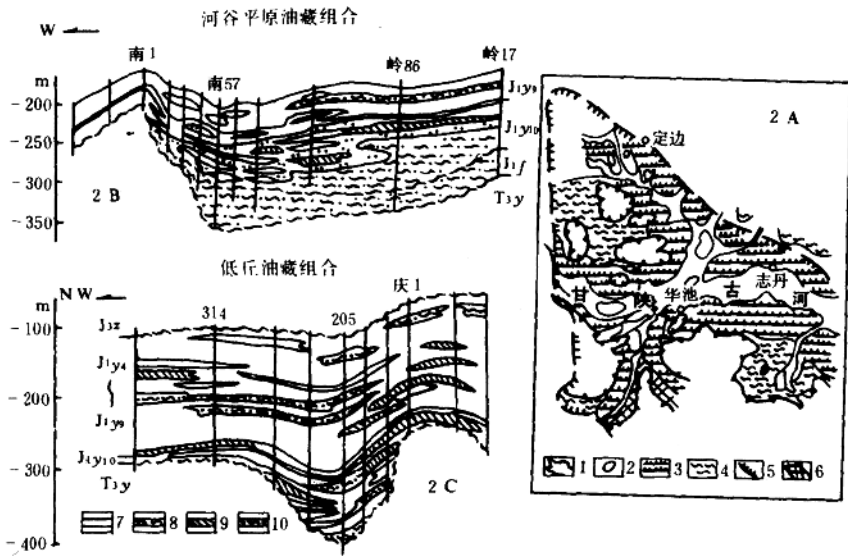


图4 盆地南部早侏罗世延10期古地貌及油藏图

1—古河边；2—油田；3—漫滩阶地及低丘；4—河漫滩；5—延长统有利生油区；6—谷坡；7—煤层；
8—平行不整合；9—油层；10—水层

石炭系煤层具高含硫量，强还原特征，煤岩组分以镜质组占优势（65—75%），微观组分以均质镜质体和基质镜质体为主，荧光组分含量高（平均9.8%）并以多元组分为特征，产烃能力强。二叠系煤层以含硫、中还原为特征，仅次于石炭系。煤系有机质热演化程度高，大部地区镜质体反射率一般在1.75—2.5%之间，属干-湿气过渡和干气阶段。从气源岩烃的丰度、类型、成熟度评价，在煤系广泛分布地区，处处都具生气条件，其中乌审旗和延安—庆阳是本区两个大面积生气中心，前者为燕山旋回逐渐形成的供气区，后者为在印支旋回晚期就形成了的有效供气中心。

中生代内陆湖盆形成大型生油拗陷，陆相生油岩主要分布于盆地南部。

进入中生代，内陆拗陷内新生代体系构造格局表现为西陡东缓，北高南低，晚三叠世延长组大型内陆湖泊沉积中心偏向盆地南部，沉积厚度达1300 m，以深湖相暗色泥质岩为主。大型生油拗陷面积约100000 km²，累积生油岩厚100—400 m，有机炭含量1.72—2.38%，氯仿沥青“A”0.14—

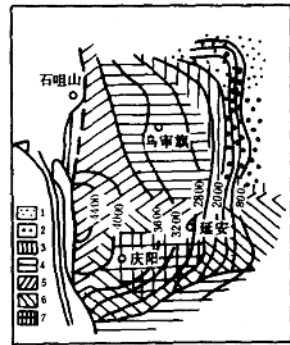


图5 鄂尔多斯盆地白垩纪末期山西组顶部构造及煤阶演化图

1—长焰煤；2—气煤；3—肥煤；4—焦煤；
5—瘦煤；6—贫煤；7—无烟煤

0.29%，烃含量>40—1833ppm，有机质类型为腐殖—腐泥型，这是中生界最重要的一套生油岩。

中侏罗世，延安组上部及直罗组发育有浅湖相沉积，累积生油岩厚80—120 m。

(三) 溶蚀型次生孔隙和孔洞

成岩作用阶段发育的溶蚀型次生孔隙、孔洞，为油气运移储集提供了有利条件。

下古生界奥陶系风化壳是本区重要碳酸盐岩孔隙型储层。早奥陶世末地块隆起，进入长期风化淋滤阶段，形成风化壳。风化壳岩性主要为粉晶—细晶白云岩，在风化作用下，形成多种类型孔隙。白云岩化造成大量晶间孔，孔径最大可达15 μ m。大气淡水淋滤和地下水溶蚀作用产生大量粒间溶孔，孔径3—300 μ m；溶蚀洞孔径最大可达34—50 mm。裂隙发育并普遍起着沟通孔洞作用。勘探资料表明，古风化壳是重要区域性油气储集体，天然气大部储集在风化壳顶部孔洞—溶蚀带中。膏溶孔及岩溶压裂缝构成的裂缝—孔隙和白云岩晶间孔构成的孔隙系统对天然气储集最为有利。

石炭—二叠系煤系砂岩储集层，尽管岩屑、杂基含量高，成岩压实阶段丧失了大量粒间孔，但在煤系成岩早期产生腐殖酸，中期腐殖型干酪根成熟又释放了大量CO₂，对不稳定组分长石、火山物质蚀变为高岭石提供了有利条件。但广泛高岭石化不但没有充填孔隙、分割喉道，而且和溶蚀作用一样，在蚀变部位发育高岭石晶间孔，使煤系砂岩成为盆地天然气有效储层，其中含有工业气流。

中生界延安组主要油层延10砂岩，由于成岩溶蚀作用改造扩大了粒间孔，使砂岩孔隙度增加。延长组油层属于低渗透油层，但在某些区域储集层物性相对较好，仍然与溶蚀型次生孔隙发育有关。安塞长6三角洲砂岩含大量沸石、碳酸盐、长石等易溶组分，溶解后形成溶蚀型次生孔隙，使孔隙度得到较大提高。

(四) 油气储盖层

各层系油气储盖层配套，源岩有机质成熟期与圈闭形成相协调。

奥陶系风化壳产气层，其上普遍有区域封盖层，主要是中石炭统一下二叠统铝土质泥岩和泥岩。试验表明，这套泥质岩具强封闭能力，属于不同地质年代的风化残积物和沉积产物。

奥陶系碳酸盐岩在三叠纪末期已处于成熟阶段，在白垩纪末绝大部分地区皆处于过成熟阶段。燕山旋回使盆地出现区域性西倾平缓单斜，并未从根本上破坏烃类分布格局，相反，对于本区早期形成风化壳，岩性、地层型气藏，还能起着调整和再分配作用。

上古生界碎屑岩为主的储盖系统都有利于油气藏的形成。太原组砂岩、灰岩为储层，山西组底部泥岩为盖层；山西组近源三角洲砂体为主要储层，上部泥质岩为盖层；下石盒子组砂岩为主要储集层，上石盒子组大套泥质岩作为区域盖层。

上古生界煤系地层是气源层，在不同地质时期其有机质演化和天然气运移与圈闭配置协调。从中侏罗末期（燕山早中期）开始，源岩演化进入重要阶段，湿气和干气在较大范围内生成。早白垩世晚期，除盆地北部、东部地区属湿气阶段（镜质体R₀=1.3—1.75%）外，广大地区均处于干气阶段。晚白垩世至现今，尽管晋西、北缘、西缘逆冲带一些地区抬升或遭剥蚀，保存条件较差，但源岩在天环坳陷最大埋深仍有4400 m，天然气运移方向未变，区域西倾构造仍保持原来格局，在有利的构造—岩性圈闭条件下，形成多层系复合气藏。

四、油气藏的成因和分布特征

(一) 盆地中部中央隆起天然气富集区

古隆起(靖边—庆阳)自中晚元古代到中石炭世为止,各时代沉积地层从西、南、东三个方向向中央古隆起超覆→变薄→尖灭。自晚石炭世至早白垩世晚期沉积才受沉积带控制,对隆起影响程度逐渐减弱,古隆起西侧,早古生代碳酸盐盆地沉积迅速过渡为大陆斜坡沉积体系,下部形成气源洼陷,上部很可能存在礁、滩储集层,天然气有向隆起西侧运移聚集条件;隆起东侧在碳酸盐台地浅水环境下,发育局限海和膏坪沉积,广布颗粒白云岩和含膏白云岩,因此对古隆起北端和东侧奥陶系顶部风化壳提供了岩溶条件,形成区域性碳酸盐岩溶蚀孔洞层,导致区域性遮挡,形成大面积风化壳潜台,成为油气富集区。

(二) 盆地东部上古生界含气有利聚集区

神木—榆林—绥德一带,是上古生界多层复合含气区带。石炭系太原组上部灰岩发育,储集空间以裂缝和溶孔为主,厚5—30 m,是复合含气区主要产气层之一。山西组三角洲砂体累积厚度20—45 m,为低渗透致密层,在其中也发现工业气层。下石盒子组河流相砂体呈北东向展布,在点坝、心滩砂体发现中低产气井层。

本区因河道砂体差异压实或在奥陶系风化壳残丘背景上发育大型鼻隆群,又加上石炭—二叠系砂体与区域构造倾斜方向斜交,在上倾方向普遍存在着岩性遮挡,极有利于储集天然气,形成构造-岩性油藏。

(三) 北部伊盟隆起及其南坡天然气富集区

本区在地史中长期为一北低南高的斜坡。南缘以乌审旗为中心,石炭系山西组煤层和暗色泥岩加厚,成为上古生界生气中心。北缘有乌兰格爾连绵百余公里的油苗带,证明南侧凹陷气源丰富。斜坡有奥陶系风化壳储集层,溶蚀孔洞发育。该区下石盒子组发育四条河流砂体带,石炭系底砂岩厚达70—90 m,储层的叠合部位,对天然气聚集极为有利。另外,太古代片麻岩顶部风化带也是有利部位。该区经地震勘测已发现多个构造,有可能出现上倾尖灭、不整合、侵蚀残丘等地层岩性圈闭油气藏,已有几口井产出气流便是佐证。

(四) 西缘掩冲构造油气聚集区

此区紧邻延长组生油拗陷,下古生界含煤岩系气源岩发育,储集条件好,生储盖层配套。下古生界海相地层生油地质条件有利。在区域强大压扭应力作用下,形成一系列逆冲断层,自北而南分为四段。每一冲断片都有几条与边界主断层走向一致的二级断层,将冲断片分割为几条冲断席。每一冲断席内又为次级断层复杂化,形成褶皱冲断带。如横山堡冲断片,走向北北东,向西逆冲,断面东倾,冲断席内部依附于断层上盘形成的正牵引半背斜圈闭密集分布,为上古生界生成的油气提供了有利构造圈闭。又如马家滩冲断片走向北北西,向东逆掩,分割成一系列席状推覆体,前缘推覆体滑脱下盘,掩覆较完整的背斜构造带,这类深层构造保存条件最好,是勘探古生界目的层最有利的构造圈闭。掩冲构造带前缘浅层褶皱,伴随雁行排列断层,组成断块、断鼻构造,这是中生界构造油藏的有利聚集区。

(五) 古地貌油田聚集区

侏罗系古地貌油田分布于陕北斜坡、天环拗陷南部,油藏形成的地质背景,是延长组