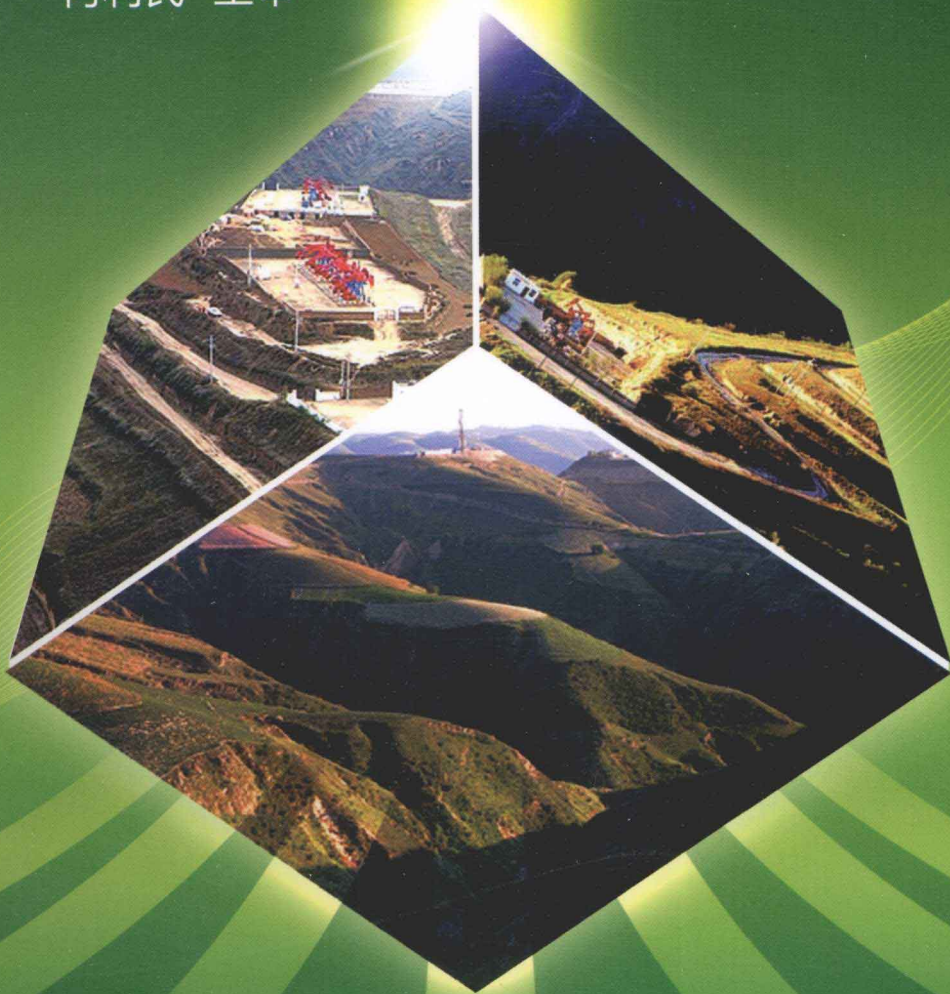


长庆低渗透油田 油气集输

李永军 夏 政 编著
何利民 主审



石油工业出版社

长庆低渗透油田油气集输

李永军 夏 政 编著
何利民 主审

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以油田油气集输的基本原理和理论为主线,较全面地总结了长庆低渗透油田油气集输工艺技术的实践及发展,在一些关键技术上力求溯本求源并深入浅出地分析与归纳,以便于读者更好地加深对低渗透油田油气集输工艺的认识和理解。

本书主要包括油气集输工艺、油井产量计量、油气分离、原油脱水、油气混输管道等内容,并对长庆油田所处鄂尔多斯盆地的自然地理、勘探历史、油气藏特征、油田开发以及一些相关知识等进行了概要性介绍。

本书可作为低渗透油田油气集输设计人员的指导性书籍,也可作为石油院校及油田生产管理人员、工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

长庆低渗透油田油气集输/李永军,夏政编著.

北京:石油工业出版社,2011.7

ISBN 978-7-5021-8525-1

I. 长…

II. ①李… ②夏…

III. ①低渗透油层—油气集输

IV. ①TE86

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 128380 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) 64523612 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油报印刷厂

2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:17.25

字数:440 千字 印数:1-1500 册

定价:58.00 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

前 言

中国低渗透油气资源丰富，勘探开发潜力巨大。2009年3月26日在中国召开的首届低渗透会议认为：低渗透油气资源开发将成为未来中国油气勘探开发的主流。因此，对低渗透油田油气集输进行系统的总结和研究很有必要。

长庆油田所处的鄂尔多斯盆地是我国低渗透油气资源分布的主要盆地之一，也是最早进行低渗透油田开发的盆地。长庆油田在低渗透油气田开发方面积累了从“地下”到“地上”一系列先进的技术经验和成果，并形成了不同油藏特征、不同自然环境、不同评价标准与技术条件下的低渗透油田高效开发模式——马岭模式、安塞模式、靖安模式和西峰模式。

经济、高效开发低渗透油藏是石油工作者一直致力要达到的目标。作为油气田开发系统工程中的油气田地面工程，其主体系统为油气集输，油气集输工艺技术的先进、合理与否，对低渗透油田开发的经济效益有着直接影响。长庆油田灵活运用油气集输的基本原理和理论，紧密结合实际，通过借鉴、继承、完善、创新、发展及不断优化和技术集成，因地制宜创出的油气集输工艺技术，为油田经济、高效开发起到了关键性作用，并在行业领域产生了积极而深远的影响，同时为国内外同类油田提供了宝贵经验。

长庆低渗透油田油气集输工艺技术发展至今，技术成果虽多见于各种报刊，但不甚系统和全面，有些论述还不统一，甚或有矛盾之处，一些关键性技术多为结论性总结而鲜有理论性分析和研究。目前有关油气集输的专业书籍对低渗透油田的集输工艺也多是概念性介绍，参考价值不明显。为此，在对大量相关技术文献进行对比、筛选、梳理、归整的基础上，结合多年从事油气集输设计的工程实践经验，我们力图对长庆低渗透油田油气集输工艺技术进行较为系统性的回顾与总结。

本书共分八章，主要内容包括油气集输工艺、油井产量计量、油气分离、原油脱水、油气混输管道等。在鄂尔多斯盆地发现、开发石油的历史十分悠久，长庆油田又是系主营该盆地石油勘探开发的国有特大型企业。为了对该盆地及长庆油田有一个全面了解，本书第一章对此方面的有关内容作了简要介绍。油气集输是一项系统工程，涉及油藏、开发、采油等多方面内容，了解其相关知识对油气集输设计大有裨益，因而本书第二章和第三章结合长庆油田实际对这些内容涉及的基础理论及有关内容做了针对性介绍。

为了便于阅读和理解，编写中以油气集输的基本原理和理论为主线，力求理论和实践相结合，将长庆低渗透油田的典型油气集输工艺技术贯穿其中，并针对性地加以分析；在编写方法上，从最基本的概念和原理入手，按照工艺过

程关系次第论述，以期层次分明、条理清晰，这也是本书最大的编写特点，旨在使从事此方面工作的设计人员能对低渗透油田油气集输工艺技术的特点及其适用条件有一个系统、全面的认知。

在本书编写过程中，西安长庆科技工程有限责任公司董事长、总经理何宗平多次给予指导；原副总经理、总工程师张帆，西安石油大学王遇冬教授及长庆油田分公司苏里格气田开发指挥部主任赵雷亮对本书进行了全面审阅并提出了许多宝贵意见和建议；原副总经理、总工程师张帆，高级工程师艾克明、张箭啸提供了许多实用性资料；长庆油田分公司安全环保监督部韦磊参与了第三章编写，在此一并表示衷心感谢！

另外，在此还特意向中国石油天然气股份有限公司副总裁、中国石油企业协会会长胡文瑞表示由衷感谢！在本书编写过程中也从他的新浪博客中汲取了许多有价值的技术素材和思维方法。

由于编著人员水平有限，对低渗透油田集输工艺的研究还不十分深入，因而还未能更加全面地总结出长庆低渗透油田油气集输的所有工艺技术，希望日后有机会能够对本书进行提高和充实！书中不当和错误之处，恳请各位读者批评指正，并多提宝贵意见。

编著者
2011年3月

目 录

第一章 长庆油田自然地理及勘探简史	1
第一节 自然地理概况	1
第二节 石油勘探简史	4
第二章 鄂尔多斯盆地油气藏地质	11
第一节 鄂尔多斯盆地特征及地层	11
第二节 油气藏地质特征	19
第三节 我国对低渗透油田的划分	23
第四节 低渗透油田开发特点	26
第三章 油气田勘探与开发	29
第一节 勘探方式	29
第二节 开发井网	31
第三节 石油及天然气储量	33
第四节 有杆泵采油	39
第四章 油气集输工艺	54
第一节 油气集输工艺在油气田开发中的地位和任务	55
第二节 油气集输的工作内容	55
第三节 油气集输的设计依据	58
第四节 油气集输工艺流程	66
第五节 油气集输系统的布站	77
第六节 集输流程的选择	83
第七节 油气集输站场	85
第八节 四大典型建设模式	93
第五章 油井产量计量	110
第一节 油井产量计量的一般规定	110
第二节 油井产量计量方式	110
第三节 油井产量计量技术的分类	111
第四节 油井产量计量技术的发展	122
第六章 油气分离	124
第一节 油气分离的一般规定	124
第二节 油气分离方式和操作条件的选择	125
第三节 油气分离器的工作原理	129
第四节 油气分离器的分类及其结构	130
第五节 油气分离器选型计算	144
第六节 油气分离器的操作与管理	154

第七章 原油脱水..... 156

第一节 原油脱水研究的内容及脱水的目的..... 156

第二节 乳状液的生成机理..... 159

第三节 原油乳状液及其性质..... 162

第四节 原油乳状液的形成和预防..... 169

第五节 原油脱水的原理与方法..... 172

第六节 常用原油脱水设备..... 196

第七节 原油脱水工艺流程..... 209

第八节 原油脱水油水界面的检测..... 219

第八章 油气混输管道..... 222

第一节 油气混输管道的特点和研究方法..... 222

第二节 油气混输管道的流动参数..... 227

第三节 油气混输管道的气液物性计算..... 232

第四节 油气混输管道热力计算..... 242

第五节 油气混输管道水力计算..... 246

第六节 油气混输管道工艺计算的一般方法..... 261

第七节 油气混输工艺软件介绍..... 263

附录 法定计量单位..... 265

参考文献..... 269

第一章 长庆油田自然地理及勘探简史

长庆油田位于鄂尔多斯盆地，是目前在该盆地内进行石油勘探开发所属 43 个油气田的总称。鄂尔多斯盆地是地质学上的称谓，亦称陕甘宁盆地，是我国第二大沉积盆地，进行油气勘探开发的历史悠久，是我国油气勘探开发最早的地区之一。早在东汉时期，史学家班固（公元 32—92 年）所著的《汉书·卷二十八下·地理志第八下》中就记有“定阳，高奴，有洧（wěi）水，肥可燃”。定阳、高奴故址在今陕西省延安一带，洧水为延河的一条支流，这是迄今为止世界上关于石油最早记载的文字。石油曾被称为石漆、膏油、肥、石脂、脂水、可燃水等，直到北宋时科学家沈括（公元 1031—1095 年）才在世界史上第一次提出了“石油”这一科学的命名。沈括于 11 世纪末成书的《梦溪笔谈》中写到“鄜、延境内有石油，旧说高奴县出‘脂水’，即此也。生于水际沙石与泉水相杂，惘惘而出，土人以雉尾衰（yì）之，乃采入缶中，颇似淳漆，燃之如麻，但烟甚浓，所沾幄幕皆黑。予疑其烟可用，试扫其煤以为墨，黑光如漆，松墨不及也，遂大为之。其识文为‘延川石液’者是也。此物后必大行于世，自予始为之。盖石油至多，生于地中无穷，不若松木有时而竭。”鄜、延即鄜州、延州，今在陕西富县、延安一带。沈括曾担任过鄜延路经略安抚使，当时的鄜延路管辖范围大体是今天的陕北地区。另据资料记载，延长、永坪和富县一带是在鄂尔多斯盆地内最早发现油苗的地区。

长庆油田在鄂尔多斯盆地进行石油勘探开发工作，可追溯到 20 世纪 50 年代组建陕北勘探大队，至今已有 50 多年的开发历程。

第一节 自然地理概况

鄂尔多斯盆地范围如图 1-1 所示，北起阴山，南抵秦岭，西至贺兰山、六盘山，东达吕梁山，南北长 770km，东西宽 490km，总面积约 $37 \times 10^4 \text{ km}^2$ （包括陕西省中北部 $11 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，甘肃省东部 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，宁夏回族自治区全境 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，内蒙古自治区中部 $15 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，山西省西部 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ），位于东经 $106^\circ 20' \sim 110^\circ 30'$ ，北纬 $35^\circ \sim 40^\circ 30'$ 。其主体范围为 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，轮廓呈矩形，除此之外还包括外围河套、六盘山、巴音浩特、银川、渭河地堑和定西等周边小盆地，如图 1-2 所示。

盆地周边断续为山系环绕，山脉海拔一般在 2000m 左右。内部地形总的趋势为西高东低、北高南低。西部地面海拔一般在 1300m 左右，地势较为平坦；东部地面海拔一般不足 1000m；北部地面海拔为 1400~2000m，地形起伏不大，高差不超过 100m；南部地面海拔在 1000m 以下，但地势高差可达 500m 以上。

盆地大致以长城为界，北为干旱的沙漠草原区，著名的沙漠有毛乌素沙漠、库布齐沙漠等；南为半干旱的黄土高原区，其中陕北、陇东、宁夏东部和山西西部黄土高原的特征最为典型，黄土覆盖几十米至三百多米，经长期自然力的侵蚀形成了许多山高坡陡的塬、梁、

崩、沟等复杂的地形地貌，有“山大沟深弯弯多、出了家门就爬坡”，“隔山听叫喊、见面走一天”的说法，形象地道出了黄土高原沟壑纵横、支离破碎的地形地貌特点。生态环境脆弱，除子午岭和北山山系外，植被均不发育，黄土裸露，水土流失严重。

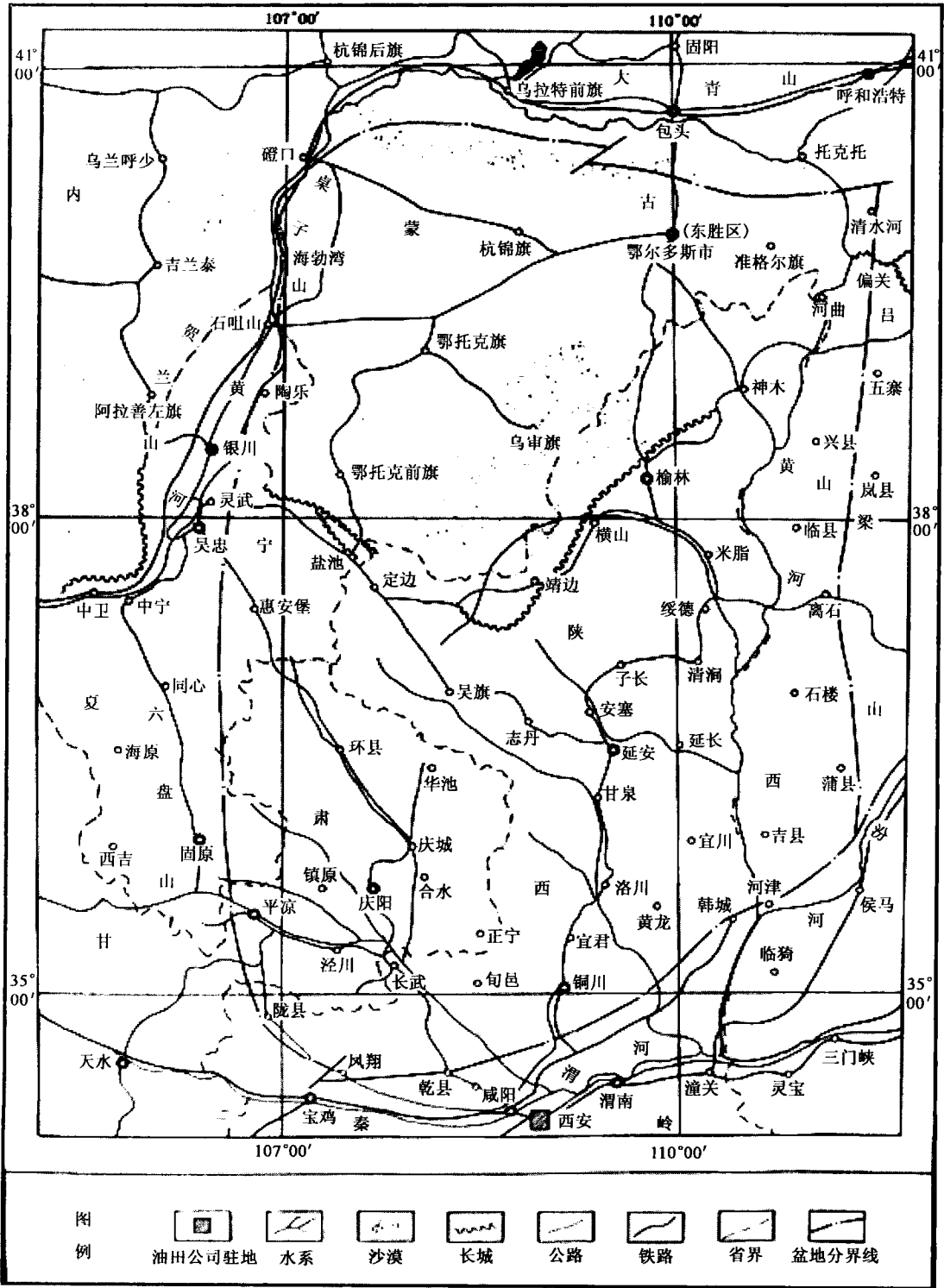


图 1-1 鄂尔多斯盆地范围图

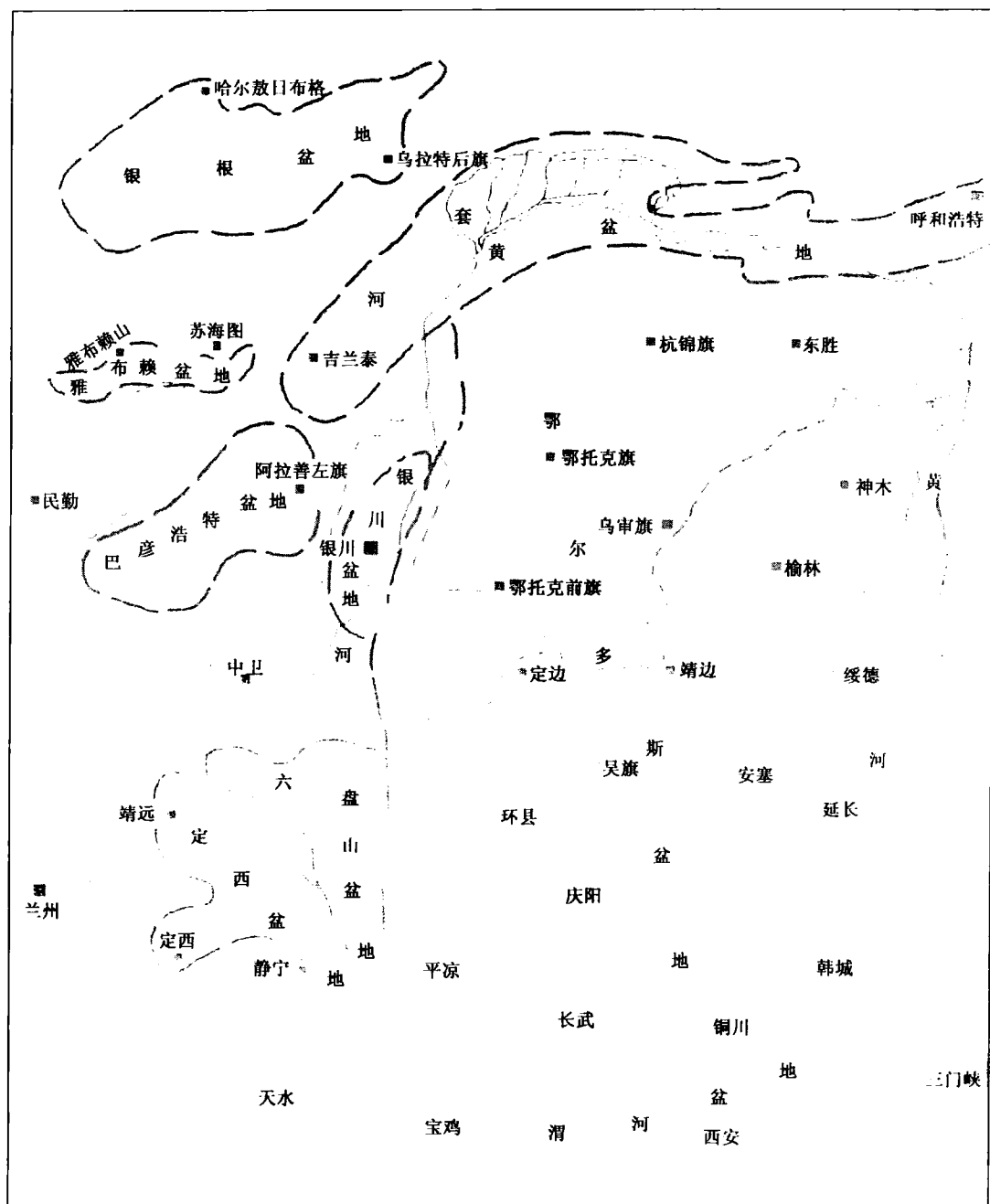


图 1-2 鄂尔多斯及外围盆地范围图

盆地内主要河流为黄河中上游水系。盆地的西北、北、东三面为黄河，呈“几”字形流过，与南边的渭河，环绕整个主盆地周围。盆地内泾河、环河、葫芦河、洛河、延河、清涧河、无定河等及其支流流经油气田区，最后汇入黄河。另外，清水河、苦水河、都思兔河自东南流向西北，也汇入黄河。在沙漠草原区一般多为间歇河，大都流入沙漠湖泊或盐沼地内。一般地面河流在旱季流量小，部分干流无水且水质差，不宜人畜饮用，但地下水资源丰富，第四系、白垩系等地层均有含水沙层可供工业和部分生活用水。

鄂尔多斯盆地地处我国西北内陆高原，系大陆性半干旱和干旱气候，缺少雨水，气温的

年温差和日温差大，夏季炎热，冬季严寒。北部沙漠区年平均温度为 8°C ，一月平均温度为 -10°C （最低为 -30°C ），七月温度 24°C （最高达 40°C ），区内年降雨量仅为 $250\sim 300\text{mm}$ ，蒸发量则在 2000mm 以上，且冬春两季多风沙，冬季长、夏季短，十一月初开始结冰，直到第二年三月才开始解冻；南部黄土高原区年平均温度为 $9\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，冬季冷，一月平均温度为 $-8\sim -30^{\circ}\text{C}$ ，春秋多风，四月、五月、十月、十一月为风季，夏季热，七月平均温度为 $22\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，降雨量少而集中，七月至九月雨量占全年降雨量的一半，且多为暴雨，时有冰雹、山洪发生。区内除子午岭和南部渭北山区外，植被均不发育。

油田所在区内以汉族为主，同时有回族、蒙古族、满族、藏族等多民族聚居。其中长城以北内蒙古地区人口稀少，为蒙古族人、汉族人杂居区，以畜牧业为主。宁夏地区回族人、汉族人杂居，为黄河灌区，稻田遍布，素有“塞上江南”之称，畜牧业发达，滩羊毛在国内享有盛名。陇东与陕北地区均以汉族为主。甘肃陇东土层深厚，土地肥沃，日光充足，盛产小麦，是省内“粮仓”之一；陕北是农牧结合区，小米、糜子是陕北名产，经济作物以胡麻为主，羊的头数约占全省的 80% 。

盆地内矿产资源十分丰富，已探明的有60多个矿种，有煤、石油、天然气、池盐、岩盐、铀、褐铁矿、铝土矿、铅、石膏、天然碱、磷、石灰石、云母、石棉、水晶、地下水、地热等，尤以石油、天然气和煤炭资源丰富，广布于全区。

区内铁路有京包一包兰线、陇海线，环绕盆地南缘、西缘、北缘；中东部有由西安经铜川、延安、榆林、神木与京包线相连，向南经西安与西南四川、重庆相通。航线有西安、延安、榆林、庆阳、银川等机场，可与全国主要城市通航。

第二节 石油勘探简史

鄂尔多斯盆地是中国石油工业的发源地，从1907年陆上第一口油井在这里诞生，到现在成为我国重要的石油和天然气能源生产基地，石油勘探开发工作已有百年余的历史，经过了曲折复杂的历程。

一、清末石油官厂时期（1907—1913年）

1907年在鄂尔多斯盆地内钻成陆上第一口油井——延1井，标志着近代石油工业的诞生。光绪29年（1903年），陕西省大荔县人于彦彪与德人（世昌洋行）合约开采陕北石油。陕西当局上奏清廷试办延长石油厂，次年10月获准，拨地方官款银八万一千两为开办资本，取样化验，认为油质“胜于东洋，能敌美产”。聘日本技师，购日本钻井，于光绪33年（1907年）6月5日开始钻探，9月6日钻至 68.89m 见油，9月10日加深至 81m 完井，在上三叠系延长组获日产油 $1\sim 1.5\text{t}$ 。1907—1934年间共产油 2550t ，占石油厂同期总产量的 89% 。

1911年（宣统3年）6月，又聘日本技师，绘制延长县一带的地形图及地质图。次年钻 $100\sim 106\text{m}$ 深探井，其中2号井日产油 150kg ，3号井少量见油，4号井为干井。

二、民国实业厅、资源委员会时期（1914—1934年）

1914年2月，北洋政府与美孚石油公司签订《中美合办油矿条约》，并派熊希令为督

办，成立中美油矿事务所，专职勘探、开发延长油矿。

1915—1918年，这一时期的石油勘探工作主要依靠美国技术。美孚石油公司派马栋臣(F. G. Clapp)、王国栋(L. M. Fuller)等6名地质师和5名测绘技师与中方的吴桂灵、何家亨等9人合作，在陕北地区开展地质调查、地形测量和钻探工作。先后钻井7口，其中黄陵县境内2口，肤施(今延安)县境内2口，延长县境内2口，同官(今铜川)县境内1口，井深650~1000m，共投资270万元，因未获重大发现，乃决议停办油矿。对这一阶段的勘探认识，在后来王国栋发表的《中国的勘探》一文中，他写道“在陕北地区没有一口井的产量可以认为有工业价值，我认为勘探中没有获得成功的原因，是砂岩层系的巨大厚度……如果有页岩为盖层的话，含油远景将会好一些”。他在另一篇文章《中国东北部的含油远景》中写道：“陕北盆地整个地层剖面中砂、岩含量太多，盆地边缘地区褶皱作用太强烈，变质作用可能太高，而盆地中部主要是单斜，倾角平缓，故不可能有大量石油聚集”。马栋臣、王国栋等将他们的上述观点向美孚石油公司报告后，美孚石油公司生产部又派阿士德等5名地质师及4名测绘师赴陕北，逐一复查马栋臣等人的观点。阿士德的结论是：“对陕西省经一年半之详细观察，凿井试油7处，既未证明其为有经济价值之油田，亦未能证实其为无经济价值之油田。但不论其有无经济价值，以今日该省交通及销售情况而论，殊不能经营获利。”

1923年，中央地质调查所派王竹泉来陕北进行石油地质调查。他根据采到的化石，纠正了美国地质师马栋臣对地层划分的错误。1931年王竹泉又与潘钟祥等调查侏罗系与三叠系的接触关系。次年继续在绥德、清涧、延川、延安、延长等地进行地质普查，特别对油页岩的分布进行了详细的了解。他们将调查结果写成《陕北油田地质》一文，刊于《地质学报》第20期(1933年)。这为后来潘钟祥教授创立陆相生油理论奠定了基础。

1934年7月，在延长县成立陕北油矿探勘处。根据王竹泉等所定的井位，先后钻井7口，其中4口井在延长县，101井于井深101m钻遇旺油，初日产油1.5t，102井、103井、104井为低产井，初日产油0.03~0.05t不等，产层都属长6；另外3口井在延川县永坪村，井号为201、202、203。201井产量较高，初日产油3t，其他2口井产量很低，层位都属长2。

三、陕甘宁边区政府时期(1935—1949年)

1935年4月，陕北红军解放了延长油矿，在人、财、物极度困难的条件下，努力恢复原油生产并继续坚持石油勘探。1940—1941年，中共中央军委后勤部军工局派地质家汪鹏(亦名王家宝)到延长油矿进行地质勘察，终于在七里村一带找到新的鼻状构造。他根据七里村油苗和局部构造变化所定的第一口探井——七1井于1941年9月钻至井深79.4m出油，产油274t后，于1943年7月加深至86.55m，井喷高达天车，初日产油96.3t，这是盆地内的第一口高产自喷油井。汪鹏先后布井20口，其中15口井见油，有6口旺油井。

1945年夏，地质家佟诚也曾到陕北进行地质调查，他与汪鹏合作测得部分地区的地形图，并在呼家川至曹家疙瘩间进行标准层测量，又丈量了延长至黄河边的地层剖面，写有《延长石油地质概论》及《对于延长附近旧井位置的评论》等文章，他所布的6口井中有5口井出旺油。他还组织试验井下油层爆炸增产措施，在七2井、七5井见到了增产效果。

1946年，中国石油公司成立。次年派田在艺等地质家在甘肃泾川、平凉、陕西陇县和宁夏固原进行石油及油页岩的地质调查，写有《甘肃东部及陕西陇县地质志》。这一工作为

把石油勘探视野扩展到盆地南部做了准备。

总之，从 1907 年钻成第一口油井至中华人民共和国成立前的 42 年间，石油勘探活动主要集中在陕北局部地区，共钻井 52 口，进尺 12994m，发现了延长油田和永坪油田，产油 6035t。

四、现代油气综合勘探时期（1950—1969 年）

中华人民共和国成立后，盆地的油气勘探和开发走上了统一规划、全面发展的道路。1950 年 4 月 13 日至 14 日召开了第一次全国石油会议，确定把勘探工作重点放在西北地区，决定在陕北地区主要进行地面地质调查和地球物理勘探工作。为此，1950 年 5 月在西安市成立了西北石油管理总局，并组建陕北勘探大队，队部设在西安市纸坊巷 8 号，具体负责陕北地区的石油勘探工作。当时，在仅有 22 名技术人员的情况下，开展了延安、延长至铜川、韩城一带的路线地质调查和重力概查。在中生界发现了 20 多个背斜构造和 40 多处油苗。接着又组织地质、重力测量共 17 个队，对四郎庙、马栏、枣园等重点构造进行细测，提供钻井位。

1951 年开始勘探范围由陕北扩大到内蒙及贺兰山地区，工作量逐步增加。陕北地区当时作为全国重点探区，开始迅速扩大力量，每年组建 20~22 个工种不同的勘探队，工作范围也由陕北一隅扩大到内蒙及贺兰山地区，通过地质调查，基本搞清了盆地的轮廓。

1953 年燃料工业部决定撤销西北石油管理总局及其下属的陕北勘探大队，陕北的勘探任务由新成立的陕北地质大队承担，勘探范围由陕北地区发展到盆地北部东胜以北以及盆地西部贺兰山地区。

1954 年 3 月在西安召开第五次全国石油会议，认为陕北地区三叠系、侏罗系油层物性差，一时难以见效，因此决定 1954 年盆地的勘探重点由盆地东部陕北地区转向盆地西部的贺兰山六盘山地区，全国勘探重点由陕北转向酒泉和四川盆地。

1955 年 1 月在北京召开全国第六次石油会议，对陕北地区勘探工作重新部署，要求对陕北地区三叠系延长统和侏罗系含油岩系进行专题综合研究；对盆地西缘鸳鸯湖、刘家庄以南地区进行详查；同时在延长、永坪打生产井。野外队出工后，石油管理总局于 6 月 1 日开始进行机构调整。在原陕北地质大队和潮水地质大队基础上，组建西安地质调查处，当时在册人员 515 人，主要负责盆地勘探工作。

1955 年 12 月西安地质调查处在西安召开勘探会议，确定 1956 年以盆地西缘褶皱带为重点继续进行勘探。

1958 年 5 月 16 日，石油工业部决定将西安地质调查处改组为银川石油勘探处，7 月 10 日改为陕甘宁石油勘探局，7 月 28 日又改为银川石油勘探局。勘探队伍和机构编制不断发展扩大。8 月 25 日机关由陕西省西安市迁入宁夏回族自治区银川市。

1960 年开始，随着全国紧缩机构，精简人员，银川石油勘探局在册职工总数在 1960—1962 年期间由 5274 人逐步压缩为 1236 人。同时，撤销银川石油勘探局，缩编为银川石油勘探处。

1963 年 4 月银川石油勘探处隶属玉门石油管理局领导，一直到 1965 年。前后 15 年，勘探单位的机构和隶属关系变动频繁，但专业队伍始终坚持在盆地进行油气勘探工作，勘探重点地区几经变化，勘探范围随着机构人员压缩不断缩小，除在盆地内开展一些区域勘探外，主要是通过地质综合研究，取得了一定的地质研究成果，初步划分了盆地内 6 个区域构

造单元。历年累计共发现了 265 个局部构造；在上古二叠系、中生界三叠系延长组、侏罗系延安组等先后共发现了 400 多处油苗；在盆地西部李庄子侏罗系延安组和马家滩三叠系延长组发现了 2 个出油井点，为 20 世纪 60 年代末在庆城华池一带开展的勘探工作提供了地质依据。但从油气勘探成果来看，进展比较缓慢。

1966 年，银川石油勘探处改为银川石油勘探指挥部，同时从玉门石油管理局抽调部分勘探开发队伍和后勤、物资设备，加强了盆地西部的勘探开发工作。首先引用压裂技术，勘探开发建设了李庄子和马家滩油田；与此同时，在盐池大水坑和定边马坊钻探，获得了新的工业油流井。

1969 年燃料化学工业部决定，由玉门石油管理局组织“陕甘宁石油勘探会战筹备组”，编制“陕甘宁盆地 1970 年和‘四五’期间的石油勘探初步方案”。该方案在盆地南部 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 范围内部署了三个探区，即宁夏的灵武、盐池、定边探区，陕西的志丹、富县探区，甘肃的庆阳、环县、华池探区，分三步实施。第一步（1970 年）为猛攻黄土塬地震方法关，大范围、大井距进行钻探；第二步（1971—1973 年），在勘探重点地区打开突破口，发现新油田；第三步（1974—1975 年）集中力量迅速勘探开发一批油田。

1969 年 5 月在刘家庄构造的刘庆 1 井，于石炭—二叠系获得日产天然气 57864 m^3 ，这是在鄂尔多斯盆地内首次发现古生界工业性天然气流。

1969 年 12 月初，玉门石油管理局首批人员到陇东庆阳县城，深入现场，定好了第一批区域探井井位和地震队施工区现场，踏勘并施工。

五、大规模勘探开发时期（1970—1979 年）

1970 年华池的庆 3 井、马岭的庆 1 井、元城的庆 16 井、吴旗的吴 1 井相继出油，取得重大石油发现。从 1970 年开始，玉门石油管理局将领导工作和技术力量放在陇东，将所属银川石油勘探指挥部的大部分地震队、钻井队调入重点探区，同时又陆续从玉门成建制地抽调大批人员和配套设备投入陇东石油勘探。随后，燃料化学工业部又从新疆抽调人员组成了渭北大队，从物探局抽调 14 个地震队参加勘探。到 1970 年 9 月，在陕甘宁地区参加石油勘探开发的员工增加至 19000 多人。

1970 年 11 月，国务院、中央军委决定由兰州军区负责组织石油会战，组建兰州军区陕甘宁石油勘探指挥部，后为了利于保密和工作，将会战指挥机构正式定名为“兰州军区长庆油田会战指挥部”，指挥机关设在甘肃省宁县长庆桥镇。勘探队伍不断扩大，组成了拥有 50000 多名职工、66 个地震队、53 台大中型钻机、35 个试油队和相应的科研、后勤等基本配套的石油大军。先后组织并完成了“围歼马岭，扩大华池，发展吴旗，钻探两河（葫芦河、洛河），进军定边，出击姬塬”等勘探任务；探明和控制了马岭、城壕、华池、南梁、吴旗、东红庄 6 个油田，找到了山庄、刘坪、五蛟，上里原、元城、合道川、黑河、庆阳、姬塬、薛岔、顺宁、八岔台、葫芦河、洛河、彭滩、马栏、庙湾 17 处工业性油流，认识了侏罗系古地貌河道砂岩油田的分布规律。

1973 年，勘探重点转入上三叠统延长组，并大力推行压裂技术，实施了吴旗—电子、土桥—太白镇两条钻探剖面。侏罗系的勘探继续获得进展，在吴旗和大水坑油田找到了新的产油区块，落实了王家场油田的面积，发现了摆宴井、玄马、直罗油田和樊家川、玄城沟、镇原、悦乐、姚新庄 5 处工业性油流。

1974—1975 年，按照石油工业部“稀井广探、稀井高产、稀井高质量”的勘探方针，

先后在马岭油田、城华油田和红井子油田进行油层复合连片勘探，成效显著。控制了一批石油和天然气储量，为油田全面开发建设奠定了基础。

1976—1979 年先后组织了红井子油田和马岭油田的产能建设会战。首先从马岭油田中区开发建设起步，1975 年 7 月，开始集中力量进行油田地面工程建设，至 1976 年 6 月收尾，建设产能为 $28.4 \times 10^4 \text{t/a}$ ，在城壕油田建设产能 $2.6 \times 10^4 \text{t/a}$ ，使陇东油田初具规模。从 1977 年初开始，集中 20000 人、1000 多台设备抢建红井子油田，完善宁夏地区其他油田区块开发生产配套设施，到 1978 年 6 月，形成年产 $40 \times 10^4 \text{t}$ 的生产规模。与此同时，1977 年 10 月动工，9 个月建成长庆石油输往兰州长输管道一期工程，即红井子油田至中宁石空火车站，共 144km 和相应的 124km 水管线及配套设施，实现了宁夏地区的原油在 1978 年 7 月 1 日正式外输兰州。从此，长庆油田开始了向外销售商品原油的历史。随后又集中力量，于 1979 年全面开发建设马岭油田，在北区、南区和中区加密井网开发，使马岭油田年生产能力达到 $80 \times 10^4 \text{t}$ 以上，并于 6 月 15 日建成马岭至惠安堡长输管道二期工程，全长 164km，同时投产输油。至此，长庆油田已建成 9 个油田 15 个试采开发区块，形成了年产原油 $135 \times 10^4 \text{t}$ 的规模。

六、油气并举快速发展，迈入新世纪（1980 年至今）

1980 年后，随着油田勘探开发工作的进展，在重点搞好调整稳产的同时，勘探开发工作转向鄂尔多斯盆地东部，在三叠系找油和古生界找气，先后发现开发了安塞、靖安三叠系大油田，下古生界靖边大气田，以及上古生界的榆林、乌审旗等大气田。

1983 年 9 月，石油工业部批准将长庆油田会战指挥部改称为长庆石油勘探局。同时将下属的各基层指挥部相应地改为厂、处或公司。同年，塞 1 井钻探成功，发现安塞油田。长庆进入由侏罗系转向三叠系为主找油、中生界找油转向古生界同时找气的新时期。

1984 年 1 月 1 日，长庆油田会战指挥部正式更名为“长庆石油勘探局”。9 月 15 日，华池至悦乐输油管道建成投产，全长 27.6km。11 月 28 日，直罗油气田至富县输气管道工程竣工输气。

1985 年 12 月 6 日，元城至悦乐输油管道建成投产，全长 53km。

1988 年陕参 1 井钻探成功，发现靖边大气田。

1994 年安塞油田经济有效的开发技术被誉为“安塞模式”，揭开低渗透油田开发的新篇章。

1995 年中国最大的整装低渗透靖安油田投入正式开发，原油产量上升到 $200 \times 10^4 \text{t}$ 。

1996 年靖边气田投入正式开发，中国最大的天然气净化厂破土动工。

1997 年原油产量上升到 $300 \times 10^4 \text{t}$ 。陕京、靖西等输气管线投入运行，向北京、天津、西安等大城市输送天然气。

1998 年原油产量突破 $400 \times 10^4 \text{t}$ 。发现乌审旗大气田。油田总部由甘肃庆阳搬迁到西安，实现战略性转移。

1999 年与英荷壳牌公司在北京钓鱼台国宾馆签字，合作开发榆林气田。11 月长庆石油勘探局重组改制，其核心业务从原机构中分离出来，组建为“中国石油长庆油田分公司”，隶属于中国石油天然气股份有限公司，存续部分仍称“长庆石油勘探局”。

2000 年 1 月 1 日，中国石油长庆油田分公司开始独立运营。

2000 年靖安油田快速高效开发，苏 6 井钻探成功；发现中国最大的世界级的苏里格上

This map illustrates the Ordos region, a significant area for oil and gas production in Shaanxi Province. It delineates the boundaries of the Ordos Prefecture and its constituent counties, including Wulin, Wuyang, and others. The map is densely populated with labels for various oil and gas fields, such as the Shengli, Ma Jia Tan, and others. Major rivers like the Wei River and the Yellow River are also depicted. A legend in the bottom right corner provides a key for the symbols used to represent different types of oil and gas fields.

— 9 —

现,实现了探明储量 $10729 \times 10^4 \text{t}$, 控制储量 $10070 \times 10^4 \text{t}$, 预测储量 $10286 \times 10^4 \text{t}$, 即实现了三个超亿吨。天然气产量突破 $20 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

2001 年原油产量上升到 $500 \times 10^4 \text{t}$, 天然气产量攀升到 $30 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2001 年 10 月 1 日长庆油田第一条大口径长距离输油管道靖咸输油管道(设计输量 $320 \times 10^4 \text{t/a}$, 全长 465km)建成投产。10 月 24 日西 17 井钻探成功, 发现西峰大油田, 中生界延长统石油勘探开发又进入一个新时期。

2001 年以后相继发现和落实了西峰、姬塬等 4 个亿吨级规模的油田; 发现和落实了苏里格等 4 个千亿立方米规模的大气田。

从 1994 年起, 长庆油田原油年产量平均每年以 $50 \times 10^4 \text{t}$ 速度递增; 到 2006 年, 年产原油已超过 $1000 \times 10^4 \text{t}$, 天然气产量达到 $80.5 \times 10^8 \text{m}^3$, 油气当量 $1700 \times 10^4 \text{t}$; 截至 2007 年年底, 长庆油田已经探明 37 个油田, 投入开发油田 32 个, 2007 年原油产量达到 $1243 \times 10^4 \text{t}$, 油气当量突破 $2000 \times 10^4 \text{t}$ 。

2008 年 2 月 26 日长庆油田重组整合工作启动, 将钻井、井下作业等专业队伍划入川庆钻探公司, 长庆石油勘探局与长庆油田分公司机关进行整合。2008 年 10 月, 国务院批准了长庆油田 2015 年实现油气当量 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 的发展规划。从 2008 年开始, 长庆油田油气当量以每年 $500 \times 10^4 \text{t}$ 增幅增长。2008 年年底, 生产原油 $1378.4 \times 10^4 \text{t}$ 、天然气 $143.9 \times 10^8 \text{m}^3$, 油气当量突破 $2500 \times 10^4 \text{t}$ 。

2009 年, 长庆油田生产原油 $1572 \times 10^4 \text{t}$ 、天然气 $190 \times 10^8 \text{m}^3$, 油气当量突破 $3000 \times 10^4 \text{t}$ 。

截至目前, 长庆油田在鄂尔多斯盆地进行勘探开发的油气田已有 43 个, 分布在陕、甘、宁、蒙、山西五省区的 15 个地市(区) 61 个县(旗), 如图 1-3 所示。