

鄂尔多斯盆地
油气勘探与开发
工程技术论文集

史兴全 著

石油工业出版社

鄂尔多斯盆地油气勘探与开发 工程技术论文集

史兴全 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书收集了史兴全同志在长庆石油勘探局工作期间撰写的 23 篇论文。这些论文从勘探、开发、地面地下建设、工艺技术等方面介绍了长庆低渗透油气田的勘探与开发工作以及工作中注意的问题,对全国低渗透油气田的勘探、开发、建设具有重要的指导和借鉴意义。

本书可作为广大从事石油勘探与开发的工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

鄂尔多斯盆地油气勘探与开发工程技术论文集/史兴全著.
北京:石油工业出版社,1999.3

ISBN 7-5021-2539-6

I. 鄂…

II. 史…

III. ①油气勘探-鄂尔多斯盆地-文集

②油田开发-鄂尔多斯盆地-文集

③气田开发-鄂尔多斯盆地-文集

IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 07015 号

石油工业出版社出版发行
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 21.125 印张 2 插页 330 千字 印 1—3000

1999 年 3 月北京第 1 版 1999 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2539-6/TE·2070

定价:28.00 元



史兴全 辽宁大连人，1942年生，1965年毕业于东北石油学院。教授级高级工程师，国家级有突出贡献的专家；荣获全国“五一”劳动奖章、“全国优秀企业经营管理者”、“全国劳动模范”等称号。

曾任四川石油管理局局长等职，是全国知名的井控专家。任长庆石油勘探局局长后，制订并实施了一系列重大决策，找到了我国最大的世界级整装气田；创造了全行业推广的、高效开发低渗透油田的“安塞模式”，开拓了长庆油气储量、产量大幅度增长的局面。

主持研究的重大科研成果，获国家、省部级科技进步奖5项、国家专利2项。出版了《井控技术工作标准》，主编了《大气田的崛起》、《成功之路》等著作；发表了《长庆气田井身结构的优化选择》、《新型卡瓦式气井套管头的研制与工业试验》等论文。

现任长庆局局长、陕西省政协常委，第九届全国人大代表，中国—加拿大阿尔伯达石油技术交流中心董事，中国石油学会理事，《天然气工业》、《钻采工艺》编委会副主任。

序

我衷心祝贺《鄂尔多斯盆地油气勘探与开发工程技术论文集》出版发行。这本文集收集了史兴全同志在长庆石油勘探局工作期间撰写的 23 篇论文。这些论文大部分曾在国内外刊物上发表过,对全国低渗透油气田的勘探、开发、建设都具有重要的指导和借鉴意义。

鄂尔多斯盆地是我国发现石油最早、率先进行石油勘探开发的地区之一,从 1907 年我国大陆第一口油井——延 1 井钻成,至今已有 90 多年历史了。新中国成立后,在鄂尔多斯盆地进行了大量的地质调查和石油勘探工作。1970 年经党中央、国务院批准组建长庆油田会战指挥部,拉开了大规模石油勘探开发的序幕,70 年代中期,长庆油田初步形成了百万吨原油生产规模,标志着鄂尔多斯盆地石油勘探开发迈入了新的历史阶段。

然而,从 70 年代中期到 80 年代中期的 10 多年间,鄂尔多斯盆地的石油天然气勘探开发没有取得新的突破,原油产量一直在 140 万吨左右徘徊,许多人对鄂尔多斯盆地的油气勘探开发前景缺乏信心,人心思走,队伍不稳。究其原因,主要还是在科学技术上没有新的突破。

80 年代末期,史兴全同志调任长庆石油勘探局局长,他从抓科学技术进步这个第一生产力入手,深入基层,与广大专业技术人员一起开展科研攻关,在积累大量第一手资料的基础上,提出了许多独到的见解和具有真知灼见的思路,并付诸于我国最大的整装天然气田——长庆气田和安塞、靖安等低渗透油田的勘探开发建设实践,形成了具有长庆特色的科技兴油兴气理论。

“八五”以来,由于认识上的突破、理论上的深化和科技水平的提高,迎来了鄂尔多斯盆地油气储量成倍增长、油气产量一年一个新台阶的腾飞发展时期,形成了“油气并举,加快发展”的新格局。这些成绩的取得,是长庆几万名职工艰苦创

业的结果,也饱含着长庆局全体科技工作者的心血和汗水。同时,与史兴全同志正确的技术决策和组织领导更是分不开的。更难能可贵的是史兴全同志作为局长、党委书记,能够利用繁忙的党政工作之余,刻苦钻研技术,善于总结提高,撰写并发表了大量具有很高专业水平和指导意义的技术论文。这种精神值得我们从事石油天然气勘探开发工作的同志们学习。

新的世纪即将到来,科技发展日新月异,知识经济、全球经济一体化的进程在不断加强,经济竞争将日趋激烈。目前,我国石油勘探与开发工作更为复杂和艰辛,石油工业的发展更加依赖于石油科技的进步。在世界石油市场竞争日益激烈的形势下,科技就是实力,谁掌握先进的科学技术,谁就是强者,谁就会赢得市场。希望从事石油科技工作的同志们,要像史兴全同志那样,努力掌握先进的科学技术,解决生产中的难题,把科技成果转化为现实的生产力,进一步加快我国石油天然气工业的发展,不断攀登新的高峰。祝愿石油系统出版更多的、高水平的专家论文集。

中国工程院院士:


——任钟 2004年1月4日

目 录

科学高效勘探开发长庆气田	(1)
长庆气田勘探的重点思路及关键技术	(9)
陕参 1 井的重大突破及地质意义	(28)
长庆气田勘探中测井新技术的应用	(37)
新崛起的鄂尔多斯盆地长庆气田	(55)
长庆气田压裂酸化及完井工艺技术	(59)
长庆气田地面建设总体构想和工艺技术研究	(78)
长庆气田前期开发技术	(97)
长庆气田气井套管防腐技术的探讨	(116)
鄂尔多斯盆地长庆气田井身结构的优化选择	(125)
长庆气田长裸眼井钻井工程技术与实践	(140)
长庆气田多压力系统下的长裸眼全封固固井技术	(160)
新型卡瓦式套管头的研制与工业试验	(176)
台肩式尾管悬挂器研究	(189)
长庆气田的重大发现井——陕参 1 井的钻井工艺技术.....	(204)
长庆石油勘探与滚动勘探开发技术	(218)
丛式井钻井技术在长庆油田的应用	(230)
斜井空间形状的数学描述与井眼曲率计算新方法	(247)
长庆特低渗透油田压裂工艺技术	(261)
长庆低渗透油田地面建设模式与应用	(281)
安塞特低渗透油田注水开发技术	(298)
长庆低渗透和特低渗透油田增效开发技术	(307)
低渗透油田有效开发的成功经验	(324)
后记	(334)

科学高效勘探开发长庆气田

Scientific and Efficient Exploration—Development of Changqing Gas Field

摘 要 本文简要介绍了长庆气田的概况及气田勘探开发建设中科学决策、进军腹地；地震先行、稀井广探；“五位一体”、综合勘探；统领全局、滚动勘探；立体勘探、一举多得；开发设计、超前介入；整体规划、分步实施；重视科技、提高水平；项目管理、效益优先；以人为本，锻炼队伍的十条经验，并展望了气田发展前景。

Abstract This paper describes the general situation of Changqing gas field and the ten experiences in development and building, including scientific decision and matching into the hinterland of Ordos basin; the seism goes ahead with scattered exploration wells; “the five in one” for comprehensive exploration; controlling the full area with progressive exploration; “stereoscopic exploration” (oil and gas reservoir exploration at simultaneous) for killing more birds with one stone; the design of development induced in ahead of time; the integrated planning accompanying with implement progressively; pay great attention to science and technology to improve the level; the benefit goes ahead in management of a project; regarding man as key to train the team. The future of the gas field development is prospected later in this paper.

长庆气田是我国最大的整装气田，位于我国第二大沉积盆地——鄂尔多斯盆地中部。它的发现与探明，引起了国内外的广泛关注，作为大气田的发现者——长庆石油勘探局（以下简称长庆局）也由此跨入了“油气并举、协调发展”的新阶段。

气 田 概 况

长庆气田的勘探，大体经历了 1988—1989 年的“重大发现”，1989 年 11 月—

1990年10月的“重大突破”和1990年11月以来的“重大发展”三个阶段。从1988年开始,长庆局在南起黄陵,北到东胜,西起定边,东到米脂、绥德,南北长400km,东西宽250km,面积逾 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的范围内,投资30多亿元,完成二维地震34000剖面公里,完钻探井215口、进尺 $73.9 \times 10^4 \text{ m}$ 。截止到1997年底,探明含气面积 4960 km^2 ,探明储量 $2896 \times 10^8 \text{ m}^3$;控制含气面积 1380 km^2 ,控制储量 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$;预测含气面积 7400 km^2 ,预测储量 $3000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。每口探井获探明储量 $13.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,每米进尺获探明储量 $39 \times 10^4 \text{ m}^3$,均高于全国平均水平。获每千立方米天然气储量的直接勘探投资仅为7.25元(即获每立方米储量直接勘探投资还不到1分钱),约为全国平均水平的一半。

在勘探的同时,从1991年就开始进行大气田的开发准备。现已投资12亿元,建成集气站14座、生产井39口、敷设各类管线450多km,建成国内规模最大、自动化程度较高、年处理能力 $20 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的天然气净化厂。已形成年生产能力 $8.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、年集气能力 $30 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的骨架工程。陕西—北京、靖边—西安、靖边—榆林三条输气管线已于1997年9月前分别建成投产,陕西—宁夏三条输气管线也将于1998年8月建成投产。

气田勘探开发建设的基本经验

长庆气田经过近10年的勘探开发建设,已初具规模。随着下游工程建设步伐的加快、配套和延伸,气田的勘探开发建设速度和规模也将进一步加快和扩大。为了科学、高效地开发长庆气田,并为我国其它地区的天然气勘探开发建设提供借鉴,现将长庆气田勘探开发的成功做法和一些基本经验概括如下。

一、科学决策,进军腹地

鄂尔多斯盆地天然气勘探历经挫折,充满坎坷。从1969年刘庆1井出气($57864 \text{ m}^3/\text{d}$)之后,20多年来,“跳龙门、下临河、上西缘、战东部”,历经艰辛,虽然找到了一些含气构造,也获得了一些工业气井,但由于断块破碎、圈闭面积小、气藏保存条件差,形不成规模,未能取得突破。

80年代后期,随着天然气勘探实践经验的丰富、认识的深化和理论的发展,长庆局对盆地的认识逐步加深,果断实施天然气勘探的战略转移,从盆地边缘向腹

部挺进,获得了天然气勘探的重大发现。1989年6月,位于盆地中部的陕参1井在奥陶系风化壳获得了日产 $28.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的高产工业气流。这一发现,展示了下古生界具备形成大中型气藏的地质背景。同年9月,在距陕参1井40多km的榆3井于相同层位又获得日产 $13.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的工业气流,展示了天然气富集的大场面。

二、地震先行,稀井广探

勘探实践证明,油气田由发现到探明,一般要经过盆地——区带优选、圈闭钻探和油气藏评价等几大勘探阶段。为了提高勘探效益,处理好区域预探、区带控制与区块评价的关系,长庆局从实际出发,对中部地区奥陶系的古构造、古地貌、古风化壳、古岩溶和岩相古地理等诸多因素进行了分析研究,提出了风化壳形成气藏的四个稳定因素,确立了“立足中部兼顾区域、立足下古(生界)兼顾上古(生界)、立足奥陶系风化壳兼顾深层”的勘探方针和“地震先行,稀井广探”的勘探原则,并以稀井广探为主线,贯穿于气田勘探的始终。

在区域勘探阶段以“摸相带、占潜台、评选有利区块”为思路。根据米脂盐洼和中央古隆起的分布格局,充分利用地震和少量钻井资料,初步建立了风化壳大型古地貌——岩性圈闭概念模型。勘探部署以陕参1井为基点,沿含膏云坪相带向南、北展开,在地震普查的基础上,以40~60km井距部署“十”字钻井大剖面两条,重点解剖盆地中部 1200 km^2 。实施结果发现了靖边、麒麟沟等古潜台。所钻的林1、林2、陕5、陕6等8口探井,口口都在奥陶系风化壳获得工业气流,平均日产气量超过 $20 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。特别是陕5、陕6井,获得日产量突破百万立方米的高产工业气流。

三、“五位一体”,综合勘探

鄂尔多斯盆地中部地区地理环境和地下条件复杂,给天然气勘探带来了很大的困难。从地表条件看,广袤的沙漠戈壁和连绵的黄土梁峁既加大了施工难度,又影响地震勘探资料的采集质量。从地下情况看,一是目的层埋藏深且厚度小;二是气藏非均质性明显,隐蔽性强。这一特征决定了仅采用常规的勘探技术手段和任何单一的方法都不易解决地质问题,难以获得重大成果。因此,必须坚持“五位一体”(地震、钻井、测井、试气、地质综合研究)综合勘探,开展多学科的技术攻

关和协作,进行全方位的技术改造。

近 10 年来,长庆局在气田勘探开发建设过程中,自始至终坚持“地面服从地下,工程服从地质,部署服从效益”的原则,把前述五项工作紧密地结合起来。根据不同时期的不同地质目标和任务,采用先进、适用的技术,不仅重视构造,而且更重视储层平面展布和储层分析,尽可能减少钻井工作量,努力提高天然气勘探的水平和效益。

四、统领全局,滚动勘探

战略上着眼于找大气田,战术上立足于搞清油气层,集中力量,广而探之,分而食之,努力提高勘探成功率。长庆局根据气田下古生界宽相带、大潜台的地质特征,采取“稀井广探、滚动发展”的勘探方针,坚持“以圈闭为基础,以储层为重点,以储量为中心”的部署原则,处理好区域发现、区带控制和区块评价之间的关系,即:在区域上,搞突破,准备战场;在区带上,搞预探,控制规模;在区块上,搞评价,落实储量。在部署上把勘探立足点放在追索蒸发潮坪这一区域和有利相带上,沿着有利相带展布的大方向,南、北甩开勘探,不断扩大勘探成果。由气田中区逐年向北一区、南一区 and 北二区、南二区及北三区、南三区扩大钻探,年年超额完成储量任务,始终掌握勘探主动权。探井成功率可达到 56.7%,居全国前列。

五、立体勘探,一举多得

针对鄂尔多斯盆地油气共生、多套含油气层系叠合分布的特点,长庆局在天然气勘探中特别重视立体勘探。在制定勘探部署和井位设计时,注意把井位定在多油气层叠合的部位,录取多套含油气层系的资料。在勘探下古生界的同时,不断加深对上古生界的认识。特别是从 1994 年以来,长庆局果断地把勘探重点从下古生界向上古生界进行战略转移,在气田北部的榆林区和乌审旗区均取得了重大成果。榆林区钻探井 15 口,其中 14 口井获得工业气流,在石炭——二叠系发现了以山 2 段为主,包括太 1、山 1、盒 8、盒 6 段的多套气层,探明和控制含气面积 998km²,提交探明和控制储量 1000km²,大大提高了气田的可采储量和储量丰度。在乌审旗区先后对 3 个含气砂岩带进行了钻探,均获成果,预计含气范围逾 1000km²,近两年还可提交超过千亿立方米的探明和控制储量。在勘探天然气的同时,也注意找油,在陕 92、陕 172 井区发现并探明储量达 2 亿吨级的靖安油田,提高

了立体勘探的综合效益。

六、开发设计,超前介入

为了加快开发长庆气田,1989年气田发现井产气后,1991年长庆局就开始了开发前期准备工作。在勘探部署中,强调集中力量,加快步伐,高精度地控制天然气储量,为“九五”期间开发利用天然气打下了坚实基础,并通过试气、试采,搞清单井产能,为下一步利用天然气提供科学依据。此后,明确了气田开发的总体思路;加快天然气勘探步伐,以盆地中部整装大气田为重点,尽快落实可供开发的探明储量,集中力量配套建设形成生产能力,按照中国石油天然气集团公司“上下游一体化”的方针,做好天然气化工及综合利用工程的同步规划。随之,在开发论证工作中,开展储层评价研究,加深对气藏的认识;开展“修正等时”试井和试采,对气井合理产能及气田稳产规律进行综合评价;开展采气工艺和地面集输工艺试验,为气田开发建设探索经验。1991—1994年,共试采10口气井。为了进一步认识气井的产能和压力递减规律,长庆局还利用为榆林化工厂供气的井组开展放大压差试验,重点对陕81井放大压差生产。试验证明,初期单井产能均可达到无阻流量的 $1/3 \sim 1/4$,且可稳产6年以上。

随着勘探程度的深入和开发准备工作的进展,长庆局积累了大量的地质、工程资料,不断深化对气藏开发的认识,积极开展开发方案和地面初步设计的编制工作。从1991年起至1995年底实施了一系列工作,为1997年长庆气田正式投入开发建设奠定了坚实的基础。

七、整体规划,分步实施

对于开发建设长庆气田这样一个整装大气田,长庆局的指导思想是十分明确的,即整体规划,分步实施,一切工作着眼于整个大气田。在编制整个气田的开发建设概念方案中,按年产 $50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的天然气生产能力来规划总体方案,立足当前,兼顾长远,避免重复建设。在具体实施中,及时提出了“整体优化,讲求效益;以销定产,以产定能;积木建设,滚动发展”的开发建设方针。首先,执行探井生产方案,在现有探井的基础上建设产能,不用再打开发井,只是将地面管线、道路和集气站等骨架工程先建起来,形成生产规模。这样既节约了投资,又可通过探井生产来深化对气藏的认识。同时,建设产能的数量根据用户需求来确定。气田骨

架工程按 30 多亿立方米建设,用气单位只要提前 3 个月提出要求,即可按期建成生产能力。这样,就避免了资金的过早投入,降低了开发建设成本。实践证明:总体规划,分步实施的建设原则是完全正确的。

八、重视科技,提高水平

在气田的勘探开发建设过程中,长庆局始终依靠科技进步,重视气田地质研究,把储层评价工作贯穿于勘探开发的全过程,形成了一套具有长庆特色的天然气勘探开发建设的技术系列。

长庆气田是一个世界级的整装大气田,在稀井广探的基本方针之下,坚持“五个口口”(即每口探井奥陶系风化壳气层段全取心;每口重点探井进行 VSP 和非零偏移距剖面观察;每口井用 CLS—3700 数控测井仪测井;每口含气井用 50m³ 盐酸酸化改造;每口气井用四种工作制度系统试井)的标准施工制度,取全取准各项基础资料,为评价气田储层、储量、产能提供了可靠依据。勘探开发过程中取得的大量动、静态数据表明:鄂尔多斯盆地中部下古生界风化壳气藏受中央古隆起东部蒸发湖坪和岩溶斜坡控制,全区范围内沉积类型、含气层位、储层岩性、孔隙成因、流体特征及气层压力(均为 25MPa 左右)基本一致;上古生界气藏多受大型河流——三角洲复合沉积控制,气层层数多,分布广,连片性强。勘探实践表明:上、下古生界气藏纵向相互叠加,横向复合连片,为一整装大气田。

气田勘探过程中,根据气田复杂的地质情况和艰苦的地面条件,配套完善了以优化井身结构、喷射钻井、酸化压裂改造技术为中心的“十大工艺技术”:一是地震横向预测技术,追溯奥陶系顶部侵蚀面和上古生界砂岩体展布;二是以优化井身结构为龙头的喷射钻井,长裸眼防塌、防漏,暂堵型保护气层技术,近平衡钻井和固井技术;三是卡取碳酸盐岩风化壳的录井技术;四是判识碳酸盐岩溶孔及裂缝、气水层的 3700 和 CSU 测井技术;五是微相描述岩心技术;六是深穿透负压射孔技术;七是塑料球暂堵、液氮助排、多级注入和常规酸化压裂相结合的增产改造技术;八是电子压力计地面直读测试技术;九是修正等时试井、单井试采技术;十是以气源、圈闭、运聚、古地貌、古岩溶为中心的地质综合分析技术。

气田开发建设过程中,又配套完善了“八大工艺技术”:一是储层研究技术,建立开发地质模型;二是修正等时试井技术,评价气藏非均质性,建立稳定的气井产

能方程;三是气井产能评价技术;四是气井酸化改造技术及上、下古生界气层油套管分采技术,提高单井产能;五是完善、配套采气工艺技术;六是研究完善多井高压集气工艺技术,简化流程,降低工程成本和运行费用;七是采用自动化控制技术,提高天然气生产过程的自动化程度;八是采用国内先进的天然气净化工艺技术,把天然气生产、环境保护、经济效益和社会效益有机地统一起来。

在配套完善以上工艺技术的同时,长庆局还在资金紧张的情况下,引进 3 亿多元的国外先进工艺技术和装备,提高了气田勘探开发建设的速度、水平和技术含量。

九、项目管理,效益优先

加强项目管理,是提高大气田勘探开发建设效益的重要举措。在气田勘探开发建设过程中,长庆局遵循社会主义市场经济规律,实行项目管理,引入市场机制,全面推行勘探开发甲、乙方合同制;招标投标,平等竞争,优选施工作业队伍;组建监理、监督专业公司,加强监理、监督工作;严格控制投资规模,加快了气田勘探开发建设的步伐,高水平、高速度、高效益地建成了长庆大气田,取得了良好的经济效益和社会效益。

十、以人为本,锻炼队伍

气田勘探开发建设过程中,长庆局始终把拿下一个大气田与建设一支好队伍放在同等重要的位置,两个文明一起抓,两个成果一起要。在艰苦恶劣的条件下,锻炼了一支能打大仗、恶仗、硬仗,敢打必胜的过硬队伍,形成了一套完整的人才体系,使技术人员从只会搞油到油气兼能,同时还形成并大力弘扬了“五种精神”:一是身在主战场、当好主力军的主人翁精神;二是忘我工作、任劳任怨的无私奉献精神;三是攻坚啃硬、敢打必胜的顽强拼搏精神;四是解放思想、求实创新的开拓进取精神;五是顾全大局、主动协作配合的集体主义精神。这“五种精神”是大庆经验和长庆局会战近 30 年来光荣传统在新时期、新形势下的具体体现,是与天然气藏同样宝贵的精神财富。

气田发展前景

鄂尔多斯盆地油气资源十分丰富,具有广阔的勘探开发前景。截止目前,长

庆局虽然已探明油气储量(当量)近 $10 \times 10^8 \text{t}$,但勘探程度仍然比较低。近几年由于天然气下游工程发展滞后,所以长庆局相对放慢了天然气勘探速度,把重点放在区域勘探和拿控制储量上,以避免举债过大,负债过高,积压资金,影响整体效益。因此,长庆气田的发展仍有很大潜力。

按照党中央关于石油工业“稳定东部、发展西部”的战略方针和中国石油天然气总公司关于“进一步加快鄂尔多斯盆地油气勘探开发建设步伐”的指示精神,长庆局结合实际,制定了“九五”发展规划和 2010 年远景目标。

首先,天然气勘探立足大气田,寻找大气区,不断拓展勘探领域,不断扩大含气面积,不断增加天然气储量。到本世纪末,探明加控制储量累计将达到 $5000 \times 10^8 \text{m}^3$;到 2005 年力争拿到上万亿立方米的天然气储量。

其次,大气田的开发建设本着“油气并举、协调发展”的新格局,根据下游用户需要确定产能建设的规模。由于长庆气田位于我国东西部结合处,天然气东可进京津、华北,继而直达宁沪;南可达西安、关中;西可通宁夏、甘肃;北可连内蒙古,经济地理位置十分重要。到 1997 年底,至榆林、西安、北京三个方向的管线已建成供气,1998 年 8 月至银川方向的管线也将建成供气,至甘肃、内蒙古方向的管线正在规划建设之中。但是,当前西安、北京的用气量远远达不到输气管线的设计能力,经济效益还没有充分地体现出来。随着西安、北京天然气工业的发展和向天津、宁沪、宁夏、内蒙古、甘肃等地输气目标的实现,必然带动周边地区经济的发展,经济效益和社会效益将越来越显著。目前,已探明的天然气储量,到本世纪末即可建成天然气年生产能力 $50 \times 10^8 \text{m}^3$;再用 5~10a,即到 2005—2010 年,长庆气田的天然气生产能力将达到 $100 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

(原文刊于 1998 年 5 月《天然气工业》V01.18 NO.5)

长庆气田勘探的重点思路及关键技术

The Important Train of Thought and Critical Technology in Exploration of Changqing Gas Field

摘 要 长庆气田成藏特点是:蒸发潮坪相带造就了含气区的基本展布格局;上、下古生界生烃中心的叠合决定了气田的分布范围;奥陶纪末期的古潜台控制了气藏的形态和规模。基于气田大面积、多层系含气,在气田勘探中,建立与形成了整体解剖、稀井广探、立体勘探及“五位一体”综合勘探思路,并在实践中引进与完善了先进、实用的配套技术系列,如盆地、区带、圈闭评价技术、地震横向预测技术等。十年勘探,成果丰硕,效益显著,已探明加控制储量近 $5000 \times 10^8 \text{ m}^3$,各项经济技术指标优于全国平均水平。综合评价认为,按照正确的勘探思路,长庆气田近期探明加控制储量达到 $10000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 是有充分依据的,也是十分现实的。

Abstract Changqing gas field has the reservoir origin feature as follows. The evaporitic tidal—flat zone develops the basic expansion framework of gas—bearing area; The overlapped hydrogen source central of the Upper and Lower Palaeozoic era them decides the distribution range of the gas field. The palaeo—Karst platform in Late Ordovician Period controls the shape and size of the gas reservoir. Based on the characters of huge area and multi—bearing—zones, the comprehensive exploration train of thought was set up, including integral dissecting, scattered exploration well for broad area, “stereoscopic exploration” and “the five in one”. A series supporting technologies were introduced and improved in the application, such as evaluation of basin, zone and trap, as well as seismic lateral prediction and so on. Ten years exploration provides great achievement and benefit. The demonstrated and controlled reserves have approached to 5000×10^8 cubic meter. Every index about economy and technology is better than the national average level. The comprehensive evaluation gives that the demonstrated

and controlled reserves reached to 10000×10^8 cubic meter in recent time has the ample basis and be realistic.

鄂尔多斯盆地位于华北地块西部,北起大青山—狼山,南至秦岭,东邻吕梁山,西达六盘山,横跨陕、甘、宁、内蒙古、晋五省区,面积 $37 \times 10^4 \text{ km}^2$,是一个多旋回拗陷、多沉积类型的大型克拉通盆地。其地质构造经历了中、晚元古代拗拉谷、早古生代浅海台地、晚古生代近海平原、中生代内陆盆地和新生代周边断陷等五大演化阶段,盆地本部下古生界海相碳酸盐岩、上古生界海陆交互相含煤岩系和中新生界陆相碎屑岩沉积,累计厚达 5000m。长庆气田位于盆地中部,跨越陕西、内蒙古两省区的榆林、延安和伊克昭盟三地、盟所辖的靖边、横山、榆林、安塞、志丹、乌审旗等六市、县、旗。气田主要有两套含气层系:一是奥陶系碳酸盐岩风化壳;二是石炭——二叠系碎屑岩。

迄今,长庆气田已初步探明含气面积约 10000 km^2 ,在勘探天然气过程中,还在气田南部,发现并探明了一个两亿吨级的大油田——靖安油田,形成了“南油北气,上油下气”的格局,为长庆局“油气并举,协调发展”奠定了雄厚的资源基础。

气田成藏条件及分布规律

一、上、下古生界两套烃源岩,为气藏提供了丰富的气源

鄂尔多斯盆地古生界发育了两套烃源岩:一是石炭——二叠系的暗色泥质岩;二是奥陶系马家沟组碳酸盐岩。石炭、二叠系煤系烃源岩的岩性主要为灰黑色泥质岩、煤层和深灰色灰岩,总厚 70 ~ 100m,有机质丰度高(泥岩有机碳平均 1.66%)、成熟度高(镜质体反射率一般为 1.8% ~ 2.0%),处于高成熟湿气——干气过渡阶段,生气条件优越。

奥陶系烃源岩主要由白云岩、灰岩和膏质白云岩构成,总厚 500m 左右,有机炭含量较低(平均为 0.22%),成熟度较高(镜质体反射率 2.07% ~ 2.86%),处于过成熟干气阶段,具有较好的生气条件。

研究表明,上古生界气藏的天然气来源于石炭、二叠系烃源岩,属自生自储型。而奥陶系风化壳气藏处于上、下古生界两套烃源岩之间,具有混源气的特