

# 苏里格气田建设中的管理模式创新与技术创新

胡文瑞

(中国石油天然气股份有限公司,北京 100011)

**摘要:**天然气是“绿色能源”,21世纪是天然气能源的世纪。加快我国最大的气田——苏里格气田的勘探开发建设进程,是推动我国天然气工业发展的重要战略举措。在开发建设中,秉持“科技、绿色、和谐”的理念,通过技术与管理创新,形成了12项开发配套技术,探索出了“5+1”合作开发模式,创建了“六统一,三共享”管理机制,并全面推行“标准化设计、模块化建设、数字化管理”,最大限度地保护了环境。苏里格气田规模有效开发的配套技术与管理体系,对国内类似油气田的开发建设具有普遍的启示意义。

**关键词:**天然气;绿色能源;气田开发;管理创新;技术创新

中图分类号:F426.22

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2008)10-0112-04

## 0 引言

国家从能源安全、环境保护以及应对气候变暖的战略高度,将天然气列为优先发展的领域<sup>[1]</sup>。中国石油集团公司把天然气业务作为公司最具成长性的核心业务,编制了《公司天然气业务八年发展规划》,而苏里格气田作为我国已探明储量最大的气田,其开发建设项目又是公司规划中最大的一项工程。苏里格气田地处东西结合部,其区位、枢纽作用明显,加快苏里格气田的开发建设,对保障我国天然气的安全平稳供应意义重大。

苏里格气田2000年被发现,历经长达7年的持续攻关和不懈努力,始终以建设现代化绿色大气田为目标,坚持技术创新、管理创新,形成了12项开发配套技术,探索出了“5+1”合作开发模式,并全面推行“标准化设计、模块化建设、数字化管理”<sup>[2]</sup>,取得了显著的成效。2008年6月日产气量已达到1500万m<sup>3</sup>,年底将建成天然气年生产能力80亿m<sup>3</sup>;到“十一五”末,将基本探明储量达到2万亿m<sup>3</sup>,建成100亿m<sup>3</sup>的年生产能力;“十二五”期间将建成200亿m<sup>3</sup>的年生产规模,届时苏里格气田将成为我国最大的现代化气田。

## 1 苏里格气田的概况

苏里格气田行政区属于内蒙古自治区鄂尔多斯市和陕西省榆林市所辖,地质上位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡的西北侧<sup>[3]</sup>。地表为沙漠和草地,海拔一般为1250~1350m,地形相对平缓,高差20m左右。区内交通发达,人文环境

优越,社会环境稳定,经济发展良好。

苏里格气田勘探面积约4万km<sup>2</sup>,总资源量3.8万亿m<sup>3</sup>,占鄂尔多斯盆地天然气资源量的1/3。苏里格气田的勘探发现始于本世纪初,按照“区域展开,重点突破”的方针,加强对盆地上古生界天然气富集规律的研究,从大的沉积格局、区域构造发育背景和气藏富集因素入手,确定以大面积展布的二叠系石盒子组砂体为重要的勘探目标。

2000年8月26日,苏6井试气获120.16万m<sup>3</sup>高产工业气流<sup>[4]</sup>。2001年1月20日,中国石油天然气股份有限公司在北京举行新闻发布会,宣告我国第一大气田苏里格的诞生。国家科技部在北京召开新闻发布会,专题向海内外媒体介绍苏里格大气田勘探获重大突破。2001年1月提交探明地质储量2205亿m<sup>3</sup>,2002年度获国家科技进步一等奖;2003年提交第二批探明地质储量3132亿m<sup>3</sup>;2007年第三批探明地质储量5652亿m<sup>3</sup>,累计探明地质储量达到1.1万亿m<sup>3</sup>。

## 2 苏里格气田建设中的技术创新与管理模式创新

### 2.1 苏里格气田开发建设面临的困境

(1)气田“低渗、低压、低丰度”,属于低品位储量,开发难度大。一是低渗,渗透率平均为0.5毫达西;二是低压,压力系数仅为0.87;三是低丰度,平均探明地质储量丰度为1.4×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>。

2001年苏里格气田开发评价早期介入,利用苏6井等5口探井开展大产量修正等时试井。试验结果是气井产

收稿日期:2008-07-22

作者简介:胡文瑞(1950~),男,甘肃泾川人,中国石油天然气股份有限公司教授级高工,博导,研究方向为油气田勘探开发技术及工程管理。

量和压力下降快,关井压力恢复程度差。实践和研究证明苏里格气田为低产气田,单井控制储量小、稳产期短、非均质性强、连通性差,属于典型的特大型整装低渗特低渗透致密岩性气田。

2002年,开发评价围绕大幅度提高单井产量、以高产井实现效益开发的思路,实施了水平井、大型压裂试验,开辟了苏6井开发试验区,共投产15口试采生产井,平均单井日产量3万 $\text{m}^3$ 左右,生产约2个月后,井口压力由初期的21.1MPa下降到10MPa左右,试采动态进一步反映气井产能低、地层能量供给不足;两口水平井的实钻结果显示,盒8气藏单个气砂体横向延伸范围小,仅几十米到几百米;14口井大规模压裂试验结果表明,增产量与加砂规模无明显的相关性,利用大规模压裂沟通多个砂体的预期目标未能实现。

开发评价工作受挫,部分人开始对气田开发前景感到困惑,对储量是否落实产生了怀疑,苏里格天然气勘探工作也因此暂时停滞,勘探开发遇到了很大的困难。

(2)常规管理模式下开发建设成本高、经济效益差。苏里格气田气层埋深3500m,气层横向连通范围有限,单井控制储量低,钻井周期长,单井建设综合成本约1500万元,按照常规开发方式和管理模式,难以实现经济有效开发。前期评价结果表明,苏里格气田要实现有效开发,当气价为800元/千 $\text{m}^3$ 、内部收益率达到8%时,开发指标必须满足:单井累计采出气量2000万 $\text{m}^3$ ,单井综合建设成本控制在800万元以内。

(3)产能建设工作量大、任务重。苏里格气田含气面积大,储量丰度低,单个气砂体横向延伸范围小,要实现“规模、有效开发”必须采用小井距、密井网,必然造成钻井及相应的井下作业、测井、录井、固井、地面建设、物资、运输等各专业工作量大、任务重。

## 2.2 技术创新及效果

经过长达7年的不懈探索和持续攻关,在苏里格气田开发建设中形成了12项主体开发配套技术,并基本实现了工业化应用。其中的关键技术有如下5项:

(1)井位优选技术。苏里格气田非均质性强,沿用常规二维地震采集和解释方法预测可以找到砂体,但并不能预测有效储层。经过优化地震采集的系统参数,现场反复试验,我们摸索出了以数字检波器接收、小道距、大偏移距、高覆盖次数、潜水面以下激发为核心的高精度二维地震采集技术<sup>[5][6]</sup>,获得了高品质资料,满足了用叠前地震资料直接预测气层的条件(AVO),大大提高了地震预测含气性的准确度,使I+II类井比例由评价初期的50%提高到目前的80%。

(2)快速钻井技术。通过PDC钻头个性化设计、井身结构优化、泥浆体系改进等,形成了具有苏里格地区特色的快速钻井技术,钻速大幅提高,钻井周期不断刷新,由开发初期平均45天缩短到目前的15天左右,缩短了2/3,大幅度降低了钻井成本。

(3)分压合采技术。苏里格气田一井多层的现象较为普遍,合层改造很难充分动用纵向的所有气层。长庆油田分公司自主研发的可反洗井的Y241机械封隔器和分层压裂合层开采一体化管柱,成功实现了一次分压三层的目标。该技术节约了施工时间,减小了对储层的伤害,适应苏里格气田的地质特征。气井产气剖面测试表明,次产层贡献率平均为20.1%,有效增加了单井产量,提高了储量动用程度。

(4)井下节流技术。针对苏里格气田气井高压生产阶段短、常规井口节流易形成水合物、单井稳产能力差等特点,采用井下节流器来实现井筒节流降压,为简化井口、实现低压集气创造了条件。至2007年12月底,苏里格气田已在近600口井中投放井下节流器。井下节流最大限度地利用了地层能量,提高了气井携液能力,防止了水合物的形成,使开井时率由67.0%提高到97.2%。

(5)地面优化简化技术。井下节流技术的应用为地面系统优化奠定了基础,形成了“井下节流,井口不加热、不注醇,中低压集气,带液计量,井间串接,常温分离,二级增压,集中处理”的总体简化工艺流程。这种集气模式,能耗为0.21t标煤/万 $\text{m}^3$ ,低于邻区靖边气田采用的“高压集气、多井加热、小站脱水、集中净化”模式0.23t标煤/万 $\text{m}^3$ 的能耗水平。井间串接工艺的应用缩短了采气管线长度,较大幅度地节约了采气管线成本。与2003年的10口加密井相比较,苏14开发试验井区2006年平均单井管线长度减少了36%。

12项开发配套技术的形成和推广应用,不仅加快了苏里格气田的开发速度,降低了综合成本,而且保护了生态环境,促进了人与自然、经济和社会的和谐发展。

## 2.3 管理模式创新及效果

面对苏里格气田“低渗、低压、低丰度”的特点和开发建设所面临的困境,我们大胆提出了“面对现实,依靠科技,创新机制,简化开采,提高单井产量,走低成本开发路子”的管理理念。

(1)创新管理机制,建立了苏里格气田“5+1”合作开发模式。在前期评价工作和攻关研究的基础上,经过认真分析,统筹考虑,2005年1月,决定在苏里格气田开发管理体制上进行重大改革,充分发挥中国石油集团公司的整体优势,招标引入技术过关、队伍过硬的未上市企业合作开发苏里格气田。

具体做法是:将苏里格气田的中区划分为8个风险作业区块,招标确定了5家有实力的未上市企业,让它们以风险作业形式参与苏里格气田的开发,形成了“5+1”苏里格气田合作开发模式。“5+1”中的“1”是长庆油田分公司,“5”是各合作单位。按照“互利双赢、共同发展、管理简单、运行高效、技术创新、成果共享”的原则,建立了联合管理机构——苏里格气田合作开发联合管理委员会。

2006年,长庆油田公司与5家合作单位当年钻井294口,平均单井综合投资由合作前的1300万元降至合作后的800万元以内,单井地面投资从220万元降到110万元;平均单井日产量从0.8万 $\text{m}^3$ 上升到1.2万 $\text{m}^3$ ;年底建成13.3亿 $\text{m}^3$ 配套生产能力,当年实现向北京供气。合作开发区块良好的开发形势,进一步奠定了扩大开发规模的良好基础。2006年9月,针对合作区块的开发效果,重新编制了苏里格中区50亿 $\text{m}^3$ 开发规划,加快了气田的开发进程。2007年建成了40亿 $\text{m}^3$ 的年生产能力,充分显示了“5+1”合作模式的强大生命力。

“5+1”合作开发模式,充分发挥了中国石油集团公司的整体优势,打破了地域限制和内部体制的限制,实现了优势资源整合,为苏里格气田的有效开发创造了条件。2005年动用钻机仅5部,2006年动用钻机35部,2007年钻机数量达到126部,其中社会化队伍占到了一半,解决了钻机资源短缺的问题,较好地控制了产能建设成本。2007年苏里格气田各专业建设者上万人,一场新时期、新形式的石油会战悄然展开。油田公司是会战的组织者,市场是会战的协调者。

2008年初,中国石油集团公司根据苏里格气田开发的成功经验,及时作出了继续发挥机制创新的优势,在苏里格气田开展第二期合作的决定。按照该决定的精神,划出苏59井区等6个区块,通过公开竞标确定合作单位,形成专业化重组后新一轮的“5+1”模式,以保证“十二五”期间苏里格气田200亿 $\text{m}^3$ 开发目标的实现。

(2)创新形成了“六统一,三共享”管理体系。“5+1”合作开发模式,充分发挥了市场配置资源的优势,使苏里格的快速高效开发成为可能,但也产生了各方技术标准不统一、生产管理协调不顺畅等问题。为了解决这些问题,我们在实践中探索出了“统一规划部署、统一组织机构、统一技术政策,统一外部协调、统一生产调度、统一后勤支持”和“资源共享、技术共享、信息共享”的“六统一、三共享”的管理体系。

“六统一、三共享”的管理体系创新,对“5+1”合作开发起到了至关重要的保障作用,促进了“资源共享、互利共赢、安全有序”开发建设局面的形成,加快了苏里格气田的开发进程。

(3)全面推行“标准化设计、模块化建设、数字化管理”。苏里格气田面积大、单井产量低、井网密度大,未来将有数万口生产井,上百座集气站,每年新建集气站20座以上。地面建设工作量大且建设周期短,生产管理难度高,需要探索一套全新的设计理念、施工模式和管理方式,来规范气田的建设和管理。为实现这一目标,我们积极推行“标准化设计、模块化建设、数字化管理”,提升气田的开发建设水平。

标准化设计是指根据井站的功能和流程,对气田站场的建设内容、建设规模、建设标准进行归类,设计一套通

用、规范、相对稳定的地面建设指导性和操作性文件,主要包括“工艺定型、平面统一、模块划分、设备定型、统一安装尺寸、安全环保措施、建设标准、井站标识”。通过标准化设计工作,图纸复用率达到95%以上,以深度简化优化为设计重点,形成了《苏里格气田地面标准化设计规定》,实现了设计水平、建设水平、管理水平的全面提升。目前已累计建成标准化集气站12座,标准化井场395口。2008年该《规定》在苏里格气田全面推广应用。

模块化建设主要包括:工厂组件预制、流水线工序作业、程序性过程控制、成品模块工厂化生产、现场安装插件、全数字施工管理。对站场各个工艺环节的不同功能、不同规模的处理模块进行分项批量预制,并推行组件成模和现场拼装等施工方法,实现了全天候施工作业,初步实现了高效规模化生产,显现出大规模工业化应用的前景。模块化建设使集气站的工艺安装时间大大减少,现场作业时间由40多天缩短到20天以内,工期缩短了50%,站内作业天数缩短了60%,建站周期由原来的3个月缩短到现在的50天。

为了解决苏里格气田生产管理大量巡井和生产后期大面积间歇生产井频繁开关的问题,我们实施了数字化管理,研制了一套智能化生产管理控制系统。该系统由数据传输、集散自动控制、气井配产与动态预测、远程开关井技术共四部分构成。这套智能化生产管理控制系统以井区为功能管理单元,以产量为控制目标值,智能化分配区块产量,进行生产管理,以达到数据自动录入、方案自动生成、异常自动报警、运行自动控制、单井自动巡井的生产管理目的。该系统已在苏14井区试验成功,2008年在苏里格气田全面进行推广。当苏里格气田年产规模达到100亿 $\text{m}^3$ 时,预计用工总量在2500人以内,将比原管理方式用工总数减少约50%。

“标准化设计、模块化建设、数字化管理”不仅精简了组织机构,提高了生产效率和建设质量,降低了安全风险和综合成本,取得了良好的现场应用效果,而且有利于均衡组织生产,有利于坚持以人为本,有利于保护草原环境,建设和谐绿色的大气田。

#### 2.4 高度重视环境保护问题

建设与自然和谐的绿色现代化大气田,必须高度重视环境保护。我们的具体做法:一是从管理和技术两个层面,统一制定苏里格气田生态保护的指标、标准和措施。例如统一规定表层套管下入深度在700m以下,封住淡水层,统一规划单井道路、统一调度运输车辆,减少征地和车辆的空载,保护地表环境;二是开展生态保护标准化井场、集气站和道路建设;三是对井场的废液废渣进行无害化处理,处理后要求达到复耕要求,浸出液达到国家排放标准。

### 3 苏里格气田开发建设成功的借鉴意义

苏里格气田“规模、有效开发”的做法和经验以及



形成的开发配套技术,不仅适用于鄂尔多斯盆地,对国内其它盆地类似油气田的开发也具有普遍的指导意义。

根据新一轮油气资源评价结果,全国天然气资源量达 35 万亿  $m^3$ ,其中类似苏里格气田的低渗致密气藏资源量约 13.5 万亿  $m^3$ ,占 1/3 以上。苏里格气田的成功开发,突破了这类气藏“规模、有效开发”的世界级难题,预计到 2010 年国内低渗致密气藏的生产能力将达到 250 亿  $m^3$  以上,到 2015 年将达到 500 亿  $m^3$  左右。充分借鉴苏里格气田成功开发的经验,进一步研究和完善相应的市场机制、开发政策、管理模式,促进这类气藏又好又快地开发,不仅有利于提高天然气在我国一次性能源中的比重,而且有利于缓解国内石油供应紧张的局面,对于保障国家能源安全、促进经济发展意义重大。

#### 参考文献:

- [1] 胡文瑞.天然气业务快速发展中要高度重视的几个问题[J].天然气工业,2008,28(1).
- [2] 许四德,等.聚焦苏里格:来自苏里格大气田的报道[M].西安:陕西科学技术出版社,2007.
- [3] 戴金星,陈践发,钟宁宁,等.中国大气田及其气源(精)[M].北京:科学出版社,2003.
- [4] 杨华,等.低渗透油气田研究与实践[M].北京:石油工业出版社,2003.
- [5] 赵邦六,等.多分量地震勘探技术理论与实践[M].北京:石油工业出版社,2007.
- [6] 徐峰,等.现代地震勘探与信息应用技术[A].周熙襄学术讨论会第一次会议论文集(2006)[C].北京:地质出版社,2006.

(责任编辑:高建平)

## Administration Model Innovation and Technology Innovation in Setting up Sulige Gas Field

**Abstract:** Natural gas is a kind of green energy, and 21 century will be a century of natural gas. Sulige is the largest gas field in China. It is an important strategic measure to accelerate the exploration, development and construction of Sulige for advancing the progress of natural gas industry rapidly. The concepts of science and technology, green and harmony are insisted during the development and construction. By means of the innovation of technology and administration, 12 techniques for development supporting come into being. The mode of “5+1” for cooperation development is obtained, and the administration mechanism of “six unification and three share” is established. The standardized design, modularization construction and digital administration are applied in an-all round way. Also, the environment is protected to the greatest extent. In June 2008, the total gas production is up to  $1500 \times 10^4 m^3/d$  and as a great and modern gas field, a whole field will be established with the production of  $200 \times 10^8 m^3/a$  during “Twelfth Five-Year Plan” period. The development supporting techniques and administration system established in the development of Sulige will provide good instruction for developing other similar oil and gas fields better and quickly.

**Key Words:** Sulige; Natural Gas; Innovation; Administration; Technology; Environment; the Greatest Modern Gas Field