

引文: 辜穗, 王文婧, 高琼, 等. 致密砂岩气规模效益开发管理机制[J]. 天然气工业, 2023, 43(5): 100-107.

GU Sui, WANG Wenjing, GAO Qiong, et al. Management mechanism of large-scale benefit development of tight sandstone gas[J]. Natural Gas Industry, 2023, 43(5): 100-107.

致密砂岩气规模效益开发管理机制

辜穗¹ 王文婧² 高琼³ 任丽梅⁴ 李佳¹ 张文娟⁴ 周小玲⁵

1. 中国石油西南油气田公司天然气经济研究所 2. 四川长宁天然气开发有限责任公司 3. 中国石油西南油气田公司
4. 中国石油西南油气田公司致密油气勘探开发项目部 5. 中国石油西南油气田公司工程技术研究院

摘要: 近年来, 中国致密砂岩气勘探开发取得了重大突破和新进展, 已成为现实的规模效益开发对象和目标, 即将迈入快速发展期。为破解致密砂岩气规模效益开发的管理机制难题, 加快推动该领域的规模增储上产和高效开发, 立足我国致密砂岩气产业发展整体视域, 构建了致密砂岩气规模效益开发管理机制模型, 并提出了 5 个方面的建议。研究结果表明: ①致密砂岩气规模效益开发是一个涵盖致密砂岩气产业价值创造系统和规模效益开发支撑系统的复杂综合系统, 管理机制是促进系统有效平稳运行不可或缺的重要组成部分, 为致密砂岩气规模效益开发目标实现提供动能; ②应从致密砂岩气技术创新与管理创新协同机制、致密砂岩气自主开发与合资合作协调机制、致密砂岩气资源生产与销售协调发展机制、致密砂岩气效益开发绩效评价与激励机制、致密砂岩气企地共建共享融合发展机制等 5 个方面做好具体管理机制建设。结论认为, 我国致密砂岩气将进入快速发展期, 完善健全致密砂岩气规模效益开发管理机制对推动中国致密砂岩气产业跨越式发展具有重要现实意义。

关键词: 致密砂岩气; 规模效益开发; 现状进展; 管理机制; 机制建设

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2023.05.011

Management mechanism of large-scale benefit development of tight sandstone gas

GU Sui¹, WANG Wenjing², GAO Qiong³, REN Limei⁴, LI Jia¹, ZHANG Wenjuan⁴, ZHOU Xiaoling⁵

(1. Natural Gas Economic Research Institute, PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu, Sichuan 610051, China; 2. Sichuan Changning Natural Gas Development Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610056, China; 3. PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu, Sichuan 610051, China; 4. Tight Oil and Gas Exploration and Development Department, PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu, Sichuan 610051, China; 5. Engineering Technology Research Institute, PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Guanghan, Sichuan 618300, China)

Natural Gas Industry, Vol.43, No.5, p.100-107, 5/25/2023. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: In recent years, China has made a great breakthrough and new progress in the exploration and development of tight sandstone gas, which has already become the realistic object and target of large-scale benefit development and will soon step into the period of rapid development. In order to deal with the difficulties in the management mechanism of large-scale benefit development of tight sandstone gas and further promote the large-scale reserve and production increase and efficient development of tight sandstone gas, this paper establishes a management mechanism model of large-scale benefit development of tight sandstone gas and makes suggestions in five aspects from the overall perspective of China's tight sandstone gas industrial development. And the following research results are obtained. First, the large-scale benefit development of tight sandstone gas is a complex comprehensive system covering the value creation system of tight sandstone gas industry and the support system of large-scale benefit development, and the management mechanism is an indispensable part for promoting the smooth and efficient operation of the system and provides the driving force for the realization of the large-scale benefit development of tight sandstone gas. Second, it is suggested to carry out the management mechanism construction in the following five aspects, namely the collaborative mechanism of tight sandstone gas technological innovation and managerial innovation, the collaborative mechanism of independent development and joint-venture cooperation of tight sandstone, the collaborative development mechanism of tight sandstone gas resource production and sales, and the performance evaluation and incentive mechanism of benefit development of tight sandstone gas, and the integrated development mechanism of enterprise-local joint construction and sharing of tight sandstone gas. In conclusion, China's tight sandstone gas industry will step into the period of rapid development, and the improvement and completion of the management mechanism of large-scale benefit development of tight sandstone gas is of great practical significance to promoting the leapfrog development of China's tight sandstone gas industry.

Keywords: Tight sandstone gas; Large-scale benefit development; Status and progress; Management mechanism; Mechanism construction

基金项目: 中国石油天然气集团有限公司软科学研究项目“西南地区致密气规模效益开发管理模式与政策研究”(编号: 20220130-3)、中国石油西南油气田公司重大科技专项“四川盆地中西部地区致密气效益开发技术对策研究”(编号: 2022ZD01-02)。

作者简介: 辜穗, 女, 1986 年生, 高级经济师; 主要从事天然气产业科技管理、战略管理等方面的研究工作。地址: (610051) 四川省成都市成华区府青路一段 19 号。ORCID: 0000-0002-7795-2507。E-mail: gusui2016@petrochina.com.cn

致密砂岩气作为重要的非常规天然气资源，是常规油气能源的重要接替资源，也是支撑中国能源革命的重要力量^[1]。预计未来5~10年，我国致密砂岩气产业将进入快速发展期^[2]，实现规模效益开发将成为新的发展目标。在理论和技术获得突破的同时，还需要优化致密砂岩气产业组织管理方式、创新管理机制，为破解我国非常规油气资源效益开发难题提供管理支持^[3]。为此，立足我国致密砂岩气产业发展整体视域，建立致密砂岩气规模效益开发管理机制模型，从致密砂岩气协同创新、开发方式、产销协调、绩效激励、企地融合等方面提出具体机制建设策略，为致密砂岩气规模效益开发目标实现提供管理动能。

1 经验借鉴与开发现状概述

1.1 代表性非常规天然气开发管理经验

北美地区的美国和加拿大在非常规气资源勘探开发方面处于世界领先地位，其政府主导的产业优惠政策发挥了积极重要的保障与促进作用，如美国《天然气政策法案》将致密气、煤层气和页岩气统一划归为非常规天然气，立法保证税收和补贴；《能源税收法案》《能源意外获利法》《能源政策法案》《纳税人减负法案》等先后对非常规天然气税收补贴时段、额度和范围等做出了规定。加拿大采用更加灵活的非常规天然气税收政策，针对两大主产区，在艾伯塔省实施不同深度钻井成本税率优惠，在不列颠哥伦比亚省则对低产井、深井、边际井、超边际井、夏季钻井、不发达地区基础建设、地处偏远地区或开发技术比较复杂的气藏等都给出了相应优惠政策。除政策支持外，技术进步是实现非常规天然气产量大幅增长的关键，尤其是美国强化非常规天然气研发投入比例，系列新测井、钻井、完井及酸化压裂工具、软件和工艺技术的研发与应用，保障了随钻测井、旋转导向钻井、工厂化大型压裂的有效实施，为非常规天然气规模效益开发提供了强力支撑。

中国非常规天然气勘探开发已取得战略性突破，成为继北美地区后，全球第二大非常规油气资源开发利用地区^[4]。借鉴北美地区非常规油气发展经验，中国出台《清洁能源发展专项资金管理办法》等非常规天然气优惠政策，在2020—2024年间给予非常规天然气开采利用“多增多补”奖补。同时，国内代表性油气生产企业积极探索管理模式创新实践，中国石油长庆油田公司（以下简称长庆油田）苏里格气田的“5+1”合作开发模式（“5”和“1”分别代表合作方公司和

长庆油田）、中国石油青海油田的地面工程标准化管理模式、中国石油西南油气田公司川南页岩气市场化配置资源管理模式等，在解决开发技术标准与管理协调困难等问题、提高各油气田开发效率和效益等方面发挥了积极作用，其管理模式成熟度和可行度已得到实践检验，为致密砂岩气规模效益开发提供了经验借鉴。

1.2 中国致密砂岩气开发机遇与管理挑战

早在20世纪60年代的川西四川盆地西部地区就发现了致密砂岩气，但因成藏规律认识、开发成本与技术等多重限制，发展缓慢。近十多年来，依靠勘探开发实践与创新伴随着技术发展^[5]，致密砂岩气勘探开发取得重大突破，初步形成了致密砂岩气勘探开发理论与技术系列^[6]。以鄂尔多斯盆地万亿立方米级致密砂岩气区建设为代表的勘探开发成果，推动致密砂岩气储量与产量的快速上升^[7-8]。根据全国第四次油气资源评价结果显示，中国致密砂岩气资源量为 $21.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，技术可采资源量为 $11.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ^[9]，相对于非常规天然气中的煤层气和页岩气，致密砂岩气具有储量落实程度高、储层认识相对清楚、已形成适用的开发技术体系、开发风险相对较低的优势，勘探开发潜力巨大。

然而，中国致密砂岩气存在储层多层分散分布、气藏异常低孔隙度低渗透率、品质趋于劣质化等问题^[10]。与北美地区相比，中国致密砂岩气藏地质条件更加复杂，除开发技术需持续创新外，经济评价与投资管控等也处于探索完善过程中^[11]，还没有形成针对不同砂组的较为成熟完备的技术经济模板，单井投资仍有较大的下降空间，致密油气资源砂岩气资源与投资评价方法、模块和功能、软件及关键技术、工作流程等需进一步优化^[12]。同时，覆盖致密砂岩气生产全产业链的系统管理模式也尚未形成^[13]，规模效益开发管理创新面临着致密砂岩气开发经营管理与市场化机制创新有待提升、项目管理组织与企业内外部关系协调等方面问题^[14]。因此，在储量情况相对清楚、开发技术相对成熟的基础上，要实现致密砂岩气规模效益开发，急需优化组织管理、创新管理机制，推动我国致密砂岩气产业实现跨越式发展^[15]。

2 管理机制模型构建

2.1 管理思路与目标

致密砂岩气规模效益开发应坚持效益与规模并举，将规模增储、整体建产、快速达产作为指导方

略^[16]，通过资源、技术、管理协同创新配置致密砂岩气产业发展要素，创新开发方式与产销运行体系、发挥评价“指挥棒”作用、完善协调合作机制，形成具有中国特色的可借鉴、可复制、可推广的致密砂岩气规模效益开发品牌，推动实现规模大、产量高、效益优、管理好的规模效益开发目标。

其中，规模大指致密砂岩气储量产量达到规划目标的规模；规模性地利用市场，推进产业集群。产量高指储量目标和产能建设要求高，技术上能保障致密砂岩气资源的开采；单井平均产量和年产量要求高，在供应侧实现资源向产量有效转化，实现资源商品化。效益优指致密砂岩气生产项目达到油气行业投资回报要求；总利润达到相当的规模化水平。管理好指管理体制完善、机制灵活；管理组织高效、风险可控；全员劳动生产率、科技进步贡献

率达到行业标准以上；企业治理能力水平达到行业领先。

2.2 机制模型结构

管理机制是复杂系统中子系统之间的内在联系、运行原理与要素的配置方式。以致密砂岩气规模效益开发为战略引领，依据可持续发展、战略管理、规模经济等理论以及管理创新理念，坚持服务于我国油气产业发展战略、发挥市场资源基础配置作用、致密砂岩气全产业链协调发展、科技创新与管理创新并重、规范评估与激励并重等原则，借鉴相关常规天然气、非常规天然气产业可持续发展耦合系统与可持续发展机制^[17]，结合我国致密砂岩气开发实际情况与规模效益开发目标等^[18]，构建致密砂岩气规模效益开发管理机制模型（图1）。

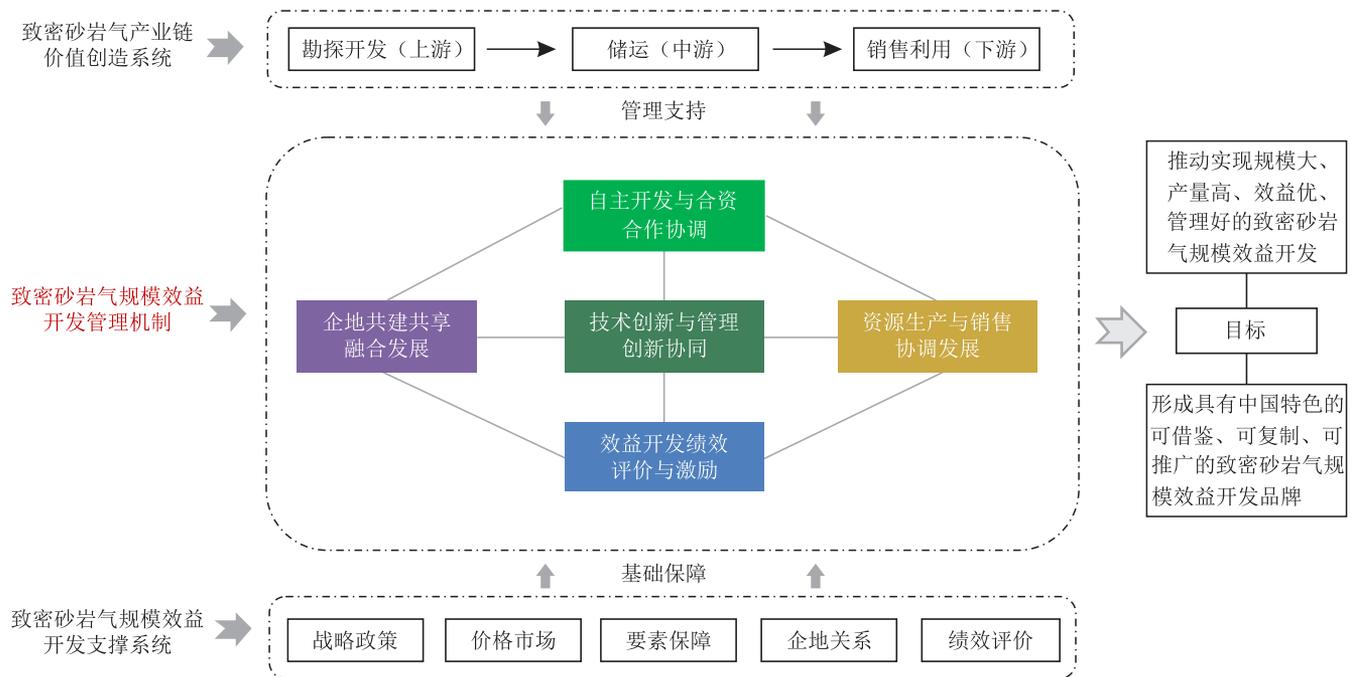


图1 致密砂岩气规模效益开发管理机制模型图

3 管理机制建设

油气企业作为致密气砂岩气产运储销业务运营主体，应根据致密砂岩气规模效益开发管理机制模型及相关需求，立足创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，结合天然气产业上中下游协调发展需要，从5个方面推进机制建设：技术创新与管理创新协同、自主开发与合资合作协调、资源生产与销售协调发展、效益开发绩效评价与激励、企地共建共享融合发展。

3.1 致密砂岩气技术创新与管理创新协同机制

3.1.1 树立技术经济一体化创新理念

以降低致密砂岩气藏开发成本为目标、提升工程技术自主创新能力，是致密砂岩气实现规模效益开发的重要前提。油气企业应当树立技术创新与管理创新协同发展理念，突出致密砂岩气开发“技术经济一体化”，将效益作为规模的前置条件，对致密砂岩气开发投资和成本进行管控，通过致密砂岩气勘探开发一体化大平台部署、降低钻前费用，优化致密砂岩气钻前工程与工艺、节约场坪等投资、减

少复垦成本和施工时间，建立完善致密砂岩气井工程技术经济模板、降低井工程成本，推广一体化撬装回收处理工艺、快速发挥气井产能，促进致密砂岩气储量和产量市场价值提升^[19]。同时，油气企业还应完善致密砂岩气一体化创新联盟，强化战略联盟伙伴选择与长期稳定合作关系构建与配套措施^[20]，有效控制致密砂岩气生产管理成本。

3.1.2 构建致密砂岩气产业链技术谱系

致密砂岩气产业链技术谱系是具有严密的递进式层级关系和级序的一种在册基本技术架构，是精细刻画技术体系间和技术级序的基本关系索引，能够为推动致密砂岩气开发关键瓶颈技术突破、逐步形成适应于致密砂岩气规模效益开发需要的技术系列提供关键工具支持。因此，各个油气企业应参考油气勘探开发技术产品谱系^[21]，建立适应区域致密砂岩气资源禀赋特征和技术需求的致密砂岩气产业链技术谱系，以此为基础，再从油气行业层面联合梳理、优化完善，形成我国致密砂岩气全产业链技术谱系，为推进致密砂岩气技术研发—应用—价值化—推广应用的一体化提供坚实基础^[22]。具体而言，以致密砂岩气勘探开发技术为例，可包括致密砂岩气地质勘探技术、物探技术、钻完井技术、勘探装备工程技术、勘探保障工程技术、气藏工程技术、采气工程技术、地面工程技术、开发装备工程技术、开发保障工程技术等等。

3.1.3 完善创新研发与决策咨询支持体系

围绕致密砂岩气产业链发展需要的理论、技术、方法与工具，油气企业应加强创新研发体系建设，包括研发机构与组织体系建设、战略联盟与外部研发支持网络体系建设、人才队伍可持续性培养、油气企业知识管理体系建设、研发投入持续提升等，同时还可与高级别的管理咨询机构签订战略合作协议，特别是和国家高端智库、油气行业内有影响力的经济管理研发机构以及专业的咨询管理公司等。在常规合作协议方面，油气企业还可创新市场化业务外包等咨询模式，促进致密砂岩气建产和整体评价工作。此外，还应建立并完善致密砂岩气智能化决策支持系统，建立致密砂岩气勘探开发项目评价的基础数据库和数字化平台，为提高技术创新效率和致密砂岩气规模效益开发重大经营决策提供支持。

3.1.4 加强致密砂岩气开发战略成本管控建设

低成本是致密砂岩气实现规模效益开发的重要

方略，也是致密砂岩气管理创新的重要着力点。为此，油气企业一是需要坚持成本写实，推进致密砂岩气财务管理与管理会计协调发展；遵循产量、价格与成本变化规律并建立动态关系模型，指导完善全成本管理责任制，实现工作量、业务量和价值量预算的合理匹配。二是应完善价格、计量和结算等为内容的成本核算，建立健全有效的激励与约束机制，促进成本管理与致密砂岩气藏效益挂钩^[23]。三是应建立成本管理风险预警系统以及防范机制，实施作业成本管理、建立单井预算和废弃机制，加强作业成本控制。四是应建立致密砂岩气规模效益开发智能化成本管理体系，建立投资、财务成本数据库与管理会计报告体系，促进成本管理全面转型升级。

3.2 致密砂岩气自主开发与合资合作协调机制

3.2.1 健全和完善自主开发模式

当前，油气企业作为致密砂岩气主要生产主体，应积极探索完善致密砂岩气钻井工程总承包管理；灵活市场化现场作业方式，扩大成本费用与气价的空间，降低开采成本。同时，在油气企业内部，推动完善三个模式：一是借鉴中国石油设置川渝页岩气前线指挥部进行页岩气勘探开发管理经验，完善致密砂岩气前线指挥的生产模式，充分发挥前线指挥在致密砂岩气规模效益开发中的积极作用；二是完善致密砂岩气产建项目管理模式，以项目管理的方式整合技术，立足一体化开发理念，引入多家工程技术服务企业，加快致密砂岩气开发建产；三是完善技术支撑模式，不断增强技术实力，为生产建设提供有力技术支撑。

3.2.2 积极引入社会资本对致密砂岩气开发投资

立足致密砂岩气产业长远发展视角，应建立致密砂岩气开发“混合所有制”，以产权多元化为引导，通过独资、参股、合资合作、专业服务等不同组合方式吸引国有资本、地方民营资本等参与，推进投资主体多元化。对油气企业而言，则应不断拓展致密砂岩气合资合作开发方式，综合考虑深入实施市场化运作、合同化管理、专业化服务和社会化依托的经营方式，采用自主开发+国际合作开发模式、低成本开发工艺模式等，引入风险作业方式；通过合同约定分享风险作业带来的收益，推进产能规模建设，有效控制综合成本；此外还应加强合资合作后评价，侧重于合资合作的价值评价，建立和完善合资合作后评价工作管理体系。

3.2.3 突出安全与风险管控

安全与风险管控也是致密砂岩气规模效益开发的重要前提,油气企业应该做好以下几个方面:①优化致密砂岩气投资项目风险决策机制,对预期可能产生的效益进行评估,作为项目立项和实施依据;强化过程监管与控制,建立风险预警管理系统。②加强对承包商的风险管理,对承包商进行风险识别评估,健全选商标准和严格市场准入;优化承包商的管理,开展承包商业绩考核,建立承包商进入和退出机制,加强与承包商的长期战略合作,整合双方优势资源,在完善供应链管理、降低运营成本等方面实现互利共赢。③完善致密砂岩气资源开发的隐患排查治理,处理好致密砂岩气资源开发、清洁生产与环境治理的多重关系,促进致密砂岩气资源安全清洁高效开发。

3.3 致密砂岩气资源生产与销售协调发展机制

3.3.1 坚持致密砂岩气勘探开发一体化布局

根据致密砂岩气资源分布特征,着重于地质工程一体化、勘探开发一体化,油气企业应加强致密砂岩气资源的地质调查与资源评价,更加清楚地了解和掌握区域致密砂岩气资源分布规律与储层状况,落实资源储量,并向技术可采储量和经济可采储量方向转化。坚持“整体部署、择优建产、分步实施、评价接替”的开发思路,进一步完善高产井模式,推进致密砂岩气规模效益开发实践。此外,油气企业还需适应市场化、规模化和效益化要求,探索致密砂岩气勘探开发一体化战略成本管控途径,以降低投资压力和风险,为勘探开发一体化发展提供保障。

3.3.2 积极构建国家级致密砂岩气开发示范区

长宁—威远国家级页岩气先导示范区、大庆古龙陆相页岩油国家级示范区、长庆油田致密砂岩气开发示范区等非常规油气示范区的成功建设,为致密砂岩气规模效益开发提供了有益的参考。油气企业可通过与地方政府、油气行业内外致密砂岩气开发主体单位以及相关研发机构等联合,优选条件较为成熟、产量可能达到一定规模的致密砂岩气开发项目,推进建立国家级致密砂岩气开发示范区。在示范区建设上,油气企业应负主要建设推进责任,一方面,对标国际最佳管理实践,设计涵盖开发技术指标、经济效益指标、管理指标等综合指标的对标体系,对标行业先进、国际一流;另一方面,应关注技术规范、标准的完善,关注管理创新的总结提炼,形成有效的管理经验,打造致密砂岩气规模效益开发品牌。

3.3.3 加快致密砂岩气田数字化建设

在数字油田建设的大环境下,油气企业应强化致密砂岩气规模效益开发与管理创新决策支持工具建设,为产销协调发展提供支持平台。一方面,在油气企业数字化建设重点项目中,有序有效推进致密砂岩气井站、气区数字化建设和标准数据库建设,促进数字信息化与致密砂岩气工业化深度融合,助力开源节流降本增效。另一方面,积极推进致密砂岩气产销数字化网络化建设,推进油气价值链 ERP 系统建设,加快财务共享、油气生产物联网中致密砂岩气管理模块应用实施,降低致密砂岩气产业链生产运营成本。

3.3.4 实施致密砂岩气产业战略营销

立足战略营销视角,油气企业应开展致密砂岩气营销管理,依靠科学决策支撑致密砂岩气市场供求平衡研判^[24],在不同的油气市场供需形势下采用与之相适应的资源调度方式:当供大于求时,采用“以销定产”;当供不应求时,采用“以产定销”。其次,加强与政府相关部门的沟通,出台符合销售区域市场情况的“煤改气”优惠政策,推动区域清洁能源替代试点,促进致密砂岩气市场开拓。第三,油气企业应加快推进地方政府、燃气企业、天然气投资公司合资合作,推进致密砂岩气利用示范项目、示范园区和工业园区建设,推进致密砂岩气高效利用。

3.4 致密砂岩气规模效益开发绩效评价与激励机制

3.4.1 强化致密砂岩气规模效益开发绩效评价体系建设

致密砂岩气规模效益开发绩效评价体系是一个动态追踪过程,贯穿油气企业从勘探到开发的整个过程^[25]。油气企业首先要强化致密砂岩气投资项目经济效益评价,加强项目利润、支出、投资回报等指标统计与评价分析。其次,优化致密砂岩气勘探开发效益综合评价方法,依据致密砂岩气井深、产量、区块类型,集成创新致密砂岩气区块开发效益评价。第三,构建致密砂岩气规模效益开发综合绩效评估方法体系,包括致密砂岩气开发战略成本绩效、科技成果经济价值、管理创新成果经济价值、致密砂岩气规模效益开发的国民经济贡献等^[26]。第四,完善技术经济评价政策,如优化致密砂岩气投资与造价定额政策,采用适应于致密砂岩气开发实际的内部投资收益率和余额递减法,对致密砂岩气开采行业实行固定资产加速折旧政策等^[27]。

3.4.2 发挥业绩考核政策的激励作用

基于PDCA管理循环的绩效评价与激励协调发展,才能促进评价“指挥棒”功能作用的发挥,促进激励效用最大化。因此,油气企业应当在及时开展绩效评估基础上,完善以规模效益等综合指标为核心的致密砂岩气激励约束机制;推行项目考核制度,搞好项目管理过程中组织监督和员工民主监督;每年适时开展对各单位开源节流降本增效工作实施情况、推进速度、成果成效的全面检查,把握重点问题,及时纠偏纠错,真正做到奖罚分明,严考核、硬兑现,才有利于发挥致密砂岩气参与相关方的能动作用。

3.4.3 进一步完善致密砂岩气标准

油气企业要协同推动行业在《致密砂岩气地质评价方法(SY/T6832—2011)》基础上进一步完善相关标准。结合我国不同区域致密砂岩气分布规律、成藏特征与技术指标,完善致密砂岩气勘探开发技术标准与指标体系,为致密砂岩气规模效益开发的监督管理与经济激励提供支持。根据我国致密砂岩气分布实际情况,建议细化致密砂岩气储量评价标准,完善致密砂岩气储量价值评估与处置管理规范;综合考虑孔隙度、渗透率、单井增产措施后的产能等因素,制订致密砂岩气技术指标。

3.5 致密砂岩气企地共建共享融合发展机制

3.5.1 积极争取和利用致密砂岩气勘探开发财税政策

国内外实践经验表明,政策制度支持对于非常规天然气资源开发具有重要的助推作用,健全完善与资源储产量、价格等因素相关的财税政策,对于促进致密砂岩气规模效益开发非常重要。首先,油气企业要进一步推动完善致密砂岩气价格形成机制,建立与价格、单井产量联动的资源税计价机制,争取致密砂岩气开发更长期或更优惠的政策扶持。其次,争取税收优惠,比如免征资源税、减免探矿权、采矿权使用费等税费优惠,完善致密砂岩气开发的进口税费和企业所得税优惠政策等。第三,用好研发费用加计扣除政策,促进致密砂岩气基础地质综合研究和科技攻关,加强致密砂岩气新技术、新工艺的研发与应用。

3.5.2 加强企地融合生态圈建设

致密砂岩气产业要实现规模效益开发并实现可持续发展,需立足当前、着眼长远,加快构建系统性、综合性、长期稳定、配套协调的企地融合生态圈。油气企业应把握国家和地方政府优化营商环境条例

发布契机,积极与地方政府、相关利益主体协调联动,以企地融合示范工程为抓手,诸如致密砂岩气企地新媒体融合示范工程、企地景观视觉识别融合示范工程、企地文创产品融合示范工程、企地绿色发展项目融合示范工程等^[28],推进致密砂岩气开发与地方经济社会发展同频共振。

4 结束语

中国致密砂岩气规模与效益兼具的开发利用,需要给予全方位的现代化管理支持。五大机制在四川盆地致密砂岩气勘探开发管理实践中已经取得了显著的成效,促进储量产量快速增长,开创了四川盆地陆相致密砂岩气勘探开发新局面。管理机制可在结合区域特征适应性分析基础上,推广应用到相关致密砂岩气开发区块,为促进我国致密砂岩气规模效益开发总体目标实现提供管理支持。同时也应看到,立足产业视域的致密砂岩气规模效益开发是一个复杂系统问题,五大机制涉及产业发展各个管理层面,都有极其丰富的内涵与外延,值得在致密砂岩气勘探开发实践中不断总结不断创新,形成具有特色的、可借鉴、可复制、可推广的致密砂岩气规模效益开发品牌。

参 考 文 献

- [1] 邹才能,杨智,何东博,等.常规—非常规天然气理论、技术及前景[J].石油勘探与开发,2018,45(4):575-587.
ZOU Caineng, YANG Zhi, HE Dongbo, et al. Theory, technology and prospects of conventional and unconventional natural gas[J]. Petroleum Exploration and Development, 2018, 45(4): 575-587.
- [2] 宋科余,龙涛,段红梅,等.未来我国气体能源发展动向研究[J].地球学报,2021,42(2):187-195.
SONG Keyu, LONG Tao, DUAN Hongmei, et al. Research on the development trend of China's gas energy in the future[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2021, 42(2): 187-195.
- [3] 李国欣,雷征东,董伟宏,等.中国石油非常规油气开发进展、挑战与展望[J].中国石油勘探,2022,27(1):1-11.
LI Guoxin, LEI Zhengdong, DONG Weihong, et al. Progress, challenges and prospects of unconventional oil and gas development of CNPC[J]. China Petroleum Exploration, 2022, 27(1): 1-11.
- [4] 马睿.如何实现非常规油气规模效益开发[N].中国石油报,2022-10-25(08).
MA Rui. How to achieve economies of scale development for unconventional oil and gas[N]. China Petroleum Daily, 2022-10-25(08).
- [5] 谢玉洪,蔡东升,孙晗森.中国海油非常规气勘探开发一体化

- 探索与成效[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(2): 27-32.
XIE Yuhong, CAI Dongsheng, SUN Hansen. Exploration and effect of exploration and development integration in unconventional gas of CNOOC[J]. China Petroleum Exploration, 2020, 25(2): 27-32.
- [6] 胡素云, 朱如凯, 吴松涛, 等. 中国陆相致密油效益勘探开发[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(4): 737-748.
HU Suyun, ZHU Rukai, WU Songtao, et al. Profitable exploration and development of continental tight oil in China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2018, 45(4): 737-748.
- [7] 朱光辉, 李本亮, 李忠城, 等. 鄂尔多斯盆地东缘非常规天然气勘探实践及发展方向——以临兴—神府气田为例[J]. 中国海上油气, 2022, 34(4): 16-29.
ZHU Guanghui, LI Benliang, LI Zhongcheng, et al. Practices and development trend of unconventional natural gas exploration in eastern margin of Ordos Basin: Taking Linxing—Shenfu gas field as an example[J]. China Offshore Oil and Gas, 2022, 34(4): 16-29.
- [8] 何江川, 余浩杰, 何光怀, 等. 鄂尔多斯盆地长庆气区天然气开发前景[J]. 天然气工业, 2021, 41(8): 23-33.
HE Jiangchuan, YU Haojie, HE Guanghuai, et al. Natural gas development prospect in Changqing gas province of the Ordos Basin[J]. Natural Gas Industry, 2021, 41(8): 23-33.
- [9] 徐佳, 薛涛. 致密气开发扬帆再启航[N]. 中国石油报, 2021-07-30(04).
XU Jia, XUE Tao. Tight gas development sets sail again[N]. China Petroleum Daily, 2021-07-30(04).
- [10] 位云生, 贾爱林, 何东博, 等. 中国页岩气与致密气开发特征与开发技术异同[J]. 天然气工业, 2017, 37(11): 43-52.
WEI Yunsheng, JIA Ailin, HE Dongbo, et al. Comparative analysis of development characteristics and technologies between shale gas and tight gas in China[J]. Natural Gas Industry, 2017, 37(11): 43-52.
- [11] 徐兵祥, 白玉湖, 董志强, 等. 致密气不稳定“一点法”产能评价研究[J]. 中国海上油气, 2022, 34(5): 117-122.
XU Bingxiang, BAI Yuhu, DONG Zhiqiang, et al. Study of productivity evaluation with unsteady "one-point method" for tight gas wells[J]. China Offshore Oil and Gas, 2022, 34(5): 117-122.
- [12] 谢明华, 孔庆宝. 非常规天然气产业投资的综合评价与路径选择[J]. 技术经济, 2019, 38(1): 89-96.
XIE Minghua, KONG Qingbao. Comprehensive evaluation and path orientation of investment in unconventional natural gas industry[J]. Technology Economics, 2019, 38(1): 89-96.
- [13] 林启忠, 蒋云鹏, 徐博. 东海致密天然气开发管理模式探讨[J]. 海洋石油, 2022, 42(2): 39-41.
LIN Qizhong, JIANG Yunpeng, XU Bo. Discussion on development and management mode of tight natural gas in East China sea[J]. Offshore Oil, 2022, 42(2): 39-41.
- [14] 何春蕾, 王柏苍, 辜穗, 等. 四川盆地致密砂岩气产业可持续发展高质量战略管理[J]. 天然气工业, 2022, 42(1): 170-175.
HE Chunlei, WANG Baicang, GU Sui, et al. Strategic management for the sustainable high-quality development of tight sandstone gas industry in the Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(1): 170-175.
- [15] 孙龙德, 邹才能, 贾爱林, 等. 中国致密油气发展特征与方向[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(6): 1015-1026.
SUN Longde, ZOU Caineng, JIA Ailin, et al. Development characteristics and orientation of tight oil and gas in China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2019, 46(6): 1015-1026.
- [16] 张道伟, 杨雨. 四川盆地陆相致密砂岩气勘探潜力与发展方向[J]. 天然气工业, 2022, 42(1): 1-11.
ZHANG Daowei, YANG Yu. Exploration potential and development direction of continental tight sandstone gas in the Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(1): 1-11.
- [17] 辜穗, 王良锦, 卢栎羽, 等. 天然气产业可持续发展耦合系统研究[J]. 天然气技术与经济, 2018, 12(6): 54-58.
GU Sui, WANG Liangjin, LU Liyu, et al. Study on coupling system for the sustainable development of natural gas industry[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2018, 12(6): 54-58.
- [18] 任丽梅, 辜穗, 高卓月, 等. 基于财务恒等式的致密气开发提质增效思路与途径[J]. 天然气技术与经济, 2020, 14(5): 66-72.
REN Limei, GU Sui, GAO Zhuoyue, et al. Thoughts on quality and efficiency to improve tight-gas development based on financial identity[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2020, 14(5): 66-72.
- [19] 党录瑞, 辜穗, 刘建青, 等. 中国“气大庆”战略下的天然气科技管理模式创新——以中国石油西南油气田公司为例[J]. 天然气工业, 2022, 42(5): 142-147.
DANG Lurui, GU Sui, LIU Jianqing, et al. Innovation of natural gas science and technology management mode under the strategy of "Gas Daqing" in China[J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(5): 142-147.
- [20] 姜子昂, 辜穗, 任丽梅, 等. 油气田企业管理创新成果收益分成模型研究[J]. 石油科技论坛, 2021, 40(4): 40-49.
JIANG Zi'ang, GU Sui, REN Limei, et al. Research on profit-sharing model of management-innovating achievements from oil and gas field company[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2021, 40(4): 40-49.
- [21] 姜子昂, 辜穗, 王径, 等. 我国油气勘探开发技术产品谱系构建[J]. 天然气工业, 2020, 40(6): 149-156.
JIANG Zi'ang, GU Sui, WANG Jing, et al. Genealogy construction of oil & gas exploration and development technological products in China[J]. Natural Gas Industry, 2020, 40(6): 149-156.
- [22] 姜子昂, 辜穗, 彭彬, 等. 油气科技创新成果收益递进分成法的构建——以油气勘探开发为例[J]. 天然气工业, 2022, 42(5): 148-155.
JIANG Zi'ang, GU Sui, PENG Bin, et al. Construction of progressive revenue sharing method for oil & gas scientific and technological innovation achievements: A case study on oil & gas exploration and development[J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(5): 148-155.
- [23] 任丽梅, 王隽, 杨利平, 等. 油气田企业科技创新管理会计体系建设的思考[J]. 天然气技术与经济, 2021, 15(3): 74-79.
REN Limei, WANG Juan, YANG Liping, et al. Considerations on constructing the technological innovation management accounting system for oil and gas companies[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2021, 15(3): 74-79.

- [24] 何润民, 王富平, 李洪兵, 等. 基于最优组合模型的中国天然气需求量预测 [J]. 天然气技术与经济, 2021, 15(6): 50-57.
HE Runmin, WANG Fuping, LI Hongbing, et al. China's predicting natural-gas demand based on an optimal combination model[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2021, 15(6): 50-57.
- [25] 姜子昂, 辜穗, 张鸥, 等. 基于价值溯源的油气产业科技成果经济价值计量——以地下储气库单项科技成果为例 [J]. 国际石油经济, 2023, 31(1): 99-106.
JIANG Zi'ang, GU Sui, ZHANG Ou, et al. Economic value measurement of scientific and technological achievements in oil and gas industry based on value in tracing—A case study of single scientific and technological achievement of underground gas storage[J]. International Petroleum Economics, 2023, 31(1): 99-106.
- [26] 何春蕾, 江如意, 辜穗, 等. 油气储运科技创新成果收益递进分成评估 [J]. 石油科技论坛, 2023, 42(1): 32-40.
HE Chunlei, JIANG Ruyi, GU Sui, et al. Estimate progressive sharing of scientific and technological innovative benefits in oil & gas storage and transportation area[J]. Petroleum Science and

- Technology Forum, 2023, 42(1): 32-40.
- [27] 任丽梅, 詹玉霞, 夏江华, 等. 油公司体制下致密气勘探开发项目群管理模式探索——以中国石油西南油气田为例 [J]. 天然气技术与经济, 2022, 16(2): 73-79.
REN Limei, ZHAN Yuxia, XIA Jianghua, et al. A management model used for tight gas exploration and development project group under the system of oil company: An example from PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2022, 16(2): 73-79.
- [28] 辜穗, 陈睿, 张莉, 等. 油气企地文化融合发展模式 [J]. 天然气技术与经济, 2022, 16(4): 74-80.
GU Sui, CHEN Rui, ZHANG Li, et al. A development model of cultural integration between oil and gas enterprise and resource region[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2022, 16(4): 74-80.

(修改回稿日期 2023-04-13 编辑 陈 高)



本
文
互
动

“化学解堵+泡排”解决井底堵塞减产难题

1. 目的

中国石油西南油气田公司川东北气矿(以下简称气矿)部分含硫气井产气量递减速度较快,目前采取大压差带水采气技术勉强维持生产,效益较差、安全性较低,且易造成井壁垮塌、气流通道堵塞、边底水过早进入井底等问题。该类气井自投产以来,长期加注缓蚀剂防腐,造成井筒内沉积粘稠泥状污物堵塞。因此,为释放气井正常产能,笔者提出一种方法,即关井后向油管加注降凝剂分散该段堵塞物,再辅以泡排剂排出,疏通产层气流通道,最终达到气井正常生产的目的。

2. 方法

含硫气井化学解堵原理是基于油气井解堵用清洗剂——醇醚 CT4-13 和起泡剂甜菜碱 CT5-7F 的协同作用(图 1),溶解、分散井底及近井地带粘稠状污物,净化井筒,改变其流动性,再辅以消泡剂有机硅 CT5-10 即可控制泡沫,降低排液时泡沫在井筒的摩阻,提升产气量,恢复该井正常生产。



图 1 CT5-7F 和 CT4-13 共同作用下的溶垢能力图

3. 作用和效果

以川东北地区温泉井区块 WQ1-1 井和黄龙场区块 HL1 井、HL4 井等井站分离器液位计下端取样口取得的污水、堵塞物为实验样品,经过近 2 个月实验、1 个月的现场施工验证,证明“化学解堵+泡排”复产技术可满足现场应用,实现化学解堵,彻底排出井底粘稠状污物,有效净化油管、衬管及近井地带。本复产技术目前在温泉井、黄龙场、龙会场等区块已成功应用 800 余井次(WQ1-1 井产量由 $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 提升至 $5.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, HL1 井产量由 $3.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 提升至 $5.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 尤其是龙会场区块 LH002-H5 井产量由 $0 \text{ m}^3/\text{d}$ 提升至 $4.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$),其应用推广价值主要体现在其成熟性、适用范围、安全性 3 个方面:

1) 成熟性:研发了化学解堵与泡沫排水采气的配套化学药剂,并形成了现场应用的工艺技术,彻底清洗出井底及油管污物,净化衬管底部至油管底部气流通道,气井实施“化学解堵+泡排”工艺后,可实现连续带液,稳定生产,不再频繁进行大压差采气,减少操作安全隐患,复产效果显著。

2) 适用范围:适用于低压、含硫、有水、长期加注缓蚀剂、油气层堵塞、积液多、气量小、气井带液能力弱的气井。

3) 安全性:所使用化学解堵药剂、泡排药剂均为无毒、无害的表面活性剂水溶液,在现场使用中,按照施工操作规程进行操作,废液排放至污水池中并及时进行回注处理,不会对人体和环境产生大的伤害。

该项技术在不断推广完善后,能够为气矿挖潜增效提供更加坚实的保障。

(荣准、张修明、向毅、刘洋、谢川、潘弘:中国石油西南油气田分公司川东北气矿,第一作者 E-mail: rongzhun@petrochina.com.cn 编辑 董莎)