

页岩气开发效率提升措施研究

张 雷 成 露

中石化江汉油田分公司采气一厂 重庆 404100

摘要：伴随勘探技术的不断提升，页岩气探明储量剧增，开发潜力巨大，提升开发效率对能源供给至关重要。本文围绕这一核心目标展开，首先深度剖析地质条件、技术应用、管理以及系统等关键影响因素；接着，针对钻井、压裂、排采等核心开发环节，提出切实可行的增效措施；随后，详细阐述系统管理与协同增效的有效举措；最终，构建起涵盖技术研发、绿色开发、配套服务等多维度的支撑体系，为页岩气开发效率提升提供全面且实用的参考。

关键词：页岩气开发；开发效率；技术增效；系统管理；支撑体系

引言：页岩气作为清洁能源，开发意义重大。但当前开发效率受多种因素制约，影响资源利用与行业发展。地质条件复杂、技术应用不匹配、管理协同不足等问题，阻碍开发进程。深入研究开发效率提升措施，对优化开发流程、降低成本、提高产量十分关键，是推动页岩气产业可持续发展的必然要求。

1 页岩气开发效率的核心影响因素分析

1.1 地质条件因素

页岩气开发效率与地质条件密切相关。页岩储层的孔隙度、渗透率是影响开发的关键因素。一般而言，孔隙度每提升1个单位，理论上可储存的页岩气量能增加500立方米；渗透率每增加1毫达西，气体在储层内的流动阻力可降低20%，更利于气体开发^[1]。储层岩石力学性质对开发过程有着重要影响，岩石的强度、脆性等关系到钻井和压裂的实施效果。强度过高，钻井过程钻头磨损加剧，钻进速度会从每小时10米降至每小时3米，钻井周期加长；脆性不足，压裂后难以形成复杂的裂缝网络，不利于气体的解吸和运移，进而影响开发效率。地层水分布不规则易导致井筒积液严重，长此以往将导致气井水淹停产。

1.2 技术应用因素

在钻井环节，水平井钻井技术对开发效率影响显著，而影响其效果的关键在于井眼轨迹精确度和穿越目的层长度。地质结构的复杂程度、钻井设备的性能以及钻井工艺的精细程度，都会对井眼轨迹精确度产生作用，若轨迹偏差大，会干扰后续开发作业；目的层的地质特性、钻井方向控制能力等，决定了水平井穿越目的层的长度，穿越长度不足会降低泄流面积，影响采收率。压裂技术方面，诸多因素关乎开发成效。压裂液的配方与性能需适配储层，以确保良好的携砂和造缝能力；施工排量与压力要合理把控，排量过小、压力不足

难以有效改造储层，排量过大、压力过高则可能破坏储层结构；支撑剂类型与浓度影响着裂缝的支撑效果，进而影响渗流通道的畅通性；此外，裂缝监测与适时调整也必不可少，能及时掌握裂缝扩展情况并做出优化。助采工艺的合理选择及制度安排同样重要。不同的地质条件和开发阶段，需针对性地选用泡沫排水采气、增压开采等助采措施，并制定科学合理的助采制度，以实现高效开发。

1.3 管理与系统因素

开发流程的衔接效率与工序协同对开发效率影响重大。钻井、压裂、排采等环节紧密相连，若协同不佳，出现工序等待、信息传递滞后等情况，会浪费大量资源，降低整体开发效率。例如，钻前工程完成后提前预制好井场高压管线，优化钻前平台布局，争取压裂和地面流程建设同步实施，可增强各环节协同性，减少时间浪费。设备系统管理同样关键。实施设备系统责任制和专业化管管理，明确设备维护责任，由专业人员定期对设备进行维护保养，确保设备工况良好，运维及时。这样能有效减少设备故障发生，保障开发工作顺利推进。地面流程智能化程度也不容忽视。借助智能化技术，提升地面流程的智能化水平，有助于实时监控各项数据，实现远程及时调控产量。通过智能化管理，能根据实际情况灵活调整生产，做到可持续高效开发，避免因生产调节不及时造成的效率损失。优秀技术团队的配置是开发效率的有力保障。一支优秀的技术团队，能够在钻井、压裂及助采等各个环节及时给予指导和纠偏，凭借专业知识和丰富经验，及时跟踪分析生产情况，优化生产措施，确保开发过程始终处于高效状态，有效提升页岩气开发的整体效率。

2 页岩气开发核心环节的技术增效措施

2.1 钻井工程的高效化技术优化

在页岩气开发中,水平井轨迹精准控制技术升级是提升钻井效率的关键。借助先进的随钻测量与导向系统,能够实时获取井眼轨迹数据,依据地质模型和开发目标,对钻头行进方向进行动态调整。这不仅能确保水平井在目标储层内延伸更长的有效长度,增加泄流面积,还能避免因轨迹偏差导致的重复钻进,大幅缩短钻井周期^[2]。高效破岩与钻井提速技术的应用同样不可或缺。采用新型高效钻头,如个性化设计的聚晶金刚石复合片钻头,能够根据不同地层的岩石特性,优化切削齿的布局和形状,提高破岩效率。同时结合大功率、高转速的钻井设备,形成强大的钻压和转速组合,进一步加快钻进速度,实现钻井工程的高效推进。井眼稳定技术与钻井液体系优化是保障钻井安全顺利进行的基石。针对页岩地层易坍塌的特点,研发具有强抑制性和良好封堵性的钻井液体系。这种钻井液能够在井壁形成一层致密的滤饼,有效阻止地层流体侵入井内,维持井壁稳定。此外,通过优化钻井液的流变性能,降低循环损耗,减少对钻井设备的磨损,提高钻井效率。

2.2 压裂改造技术的优化升级

压裂液配方优化与性能提升是压裂改造的重要环节。研发低伤害、高携砂性的压裂液,能够减少对储层的伤害,提高裂缝的导流能力。低伤害压裂液采用环保型添加剂,降低对地层微生物和岩石孔隙结构的破坏;高携砂性则确保在压裂过程中能够将更多的支撑剂携带至裂缝深处,形成稳定的渗流通道。支撑剂选型与铺置优化也至关重要。选用高强度、高导流能力的支撑剂,如陶瓷支撑剂,能够在地层压力作用下保持裂缝的开启状态,提高气体的流动能力。通过优化支撑剂的铺置方式,实现裂缝内支撑剂的均匀分布,进一步提高裂缝的导流效率。分段压裂工艺创新与参数精准调控能够根据储层的非均质性,对不同层段进行有针对性的压裂改造。通过精确控制每段的压裂规模、施工压力等参数,形成复杂的裂缝网络,增加泄流面积。体积压裂技术的优化应用与裂缝网络扩展控制则进一步拓展了改造体积,提高单井产量。

2.3 开采阶段的生产效率提升策略

开采制度优化与生产参数动态调整是提高开采效率的核心。根据页岩气井的生产特性,制定合理的开采速度和压力管理制度。在生产初期,采用缓慢降压开采方式,避免地层压力下降过快导致储层伤害;随着生产进行,根据气井的生产动态,动态调整开采速度和生产参数,实现气井的高效生产。生产初期降压速度可控制在每天0.2兆帕,动态调整后产气效率可提升20%。排水采

气工艺的高效应用与适配能够及时排出井筒内的积液,降低井底回压,提高气体产量。针对不同气井的生产情况,选择合适的排水采气工艺,如柱塞气举、泡沫排水采气等。气液分离工艺优化与产出物资源化利用技术则能够将产出物中的气体和液体进行有效分离,并对分离后的液体进行资源化利用,提高资源利用率,降低生产成本。排水采气工艺可使气体产量提升100立方米/天,资源利用率可提升15%。

3 页岩气开发的系统管理与协同增效措施

3.1 开发全流程的智能化管控

实时监测系统构建需覆盖钻井、压裂、采气等关键环节,布设压力、流量、温度等多维度传感设备,确保数据采集精准高效^[3]。借助物联网技术实现数据传输无缝衔接,减少信号干扰导致的误差,为后续分析提供可靠依据。基于数据分析的开发过程动态调控强调挖掘数据关联价值,通过大数据算法构建开发参数模型,实时调整压裂液配比、井口压力等关键指标,避免资源浪费。开发参数模型可使资源浪费率降低15%。智能化平台建设整合各工序数据资源,打破信息壁垒,实现钻井进度、设备状态、人员安排等要素协同调度,提升流程衔接效率,缩短开发周期。流程衔接效率可提升20%,开发周期可缩短10天。

3.2 资源与设备的高效配置管理

设备全生命周期管理贯穿采购、使用、维护、报废全阶段,建立设备运行档案,通过预测性维护技术提前排查故障隐患,延长设备使用寿命并降低运维成本。人力与技术资源调配需结合开发进度与工序需求,明确各岗位技能标准,实现专业人员与技术任务精准对接,避免人力闲置或技能错配。物料供应体系优化聚焦供应链上下游协同,建立动态需求预测机制,精准把控压裂液、支撑剂等关键物料消耗节奏,同时实施库存分级管理,平衡供应稳定性与资金占用,确保物料及时供应且避免积压。

3.3 技术团队能力提升与规范管理

专业操作技能培训需结合现场实际设置课程,采用理论授课与实操演练相结合的方式,配套严格考核机制,确保操作人员具备合规操作能力。开发流程标准化建设需梳理各工序技术要点与安全规范,形成可落地的操作手册,同时建立全流程监督机制,及时纠正流程执行偏差。技术创新激励机制可通过设立专项奖励、搭建创新平台等方式激发团队活力,行业经验共享体系则需加强与同行、科研机构的合作交流,促进先进技术与管理经验的高效转化。

4 页岩气开发效率提升的支撑体系构建

4.1 技术研发与创新体系支撑

在页岩气开发效率提升进程中,技术研发与创新体系是核心驱动力。核心技术攻关方向需精准聚焦,针对页岩气开发中的关键难题,如深层页岩气开发技术、复杂地质条件下高效压裂技术等,明确研发重点布局。通过集中资源开展针对性研究,突破技术瓶颈,为开发效率提升奠定坚实基础。产学研协同创新机制是加速技术转化的关键桥梁。高校、科研机构与企业应深度融合,形成优势互补的合作关系^[4]。高校与科研机构发挥理论研究和技术创新优势,企业则提供实践场景与资金支持。通过建立紧密的协同创新网络,加速科研成果从实验室走向实际应用,缩短技术转化周期,提升开发效率。前沿技术储备对于页岩气开发的长远发展至关重要。密切关注国际前沿技术动态,预判未来发展方向,提前布局相关技术研发。例如,智能完井技术、纳米材料在页岩气开发中的应用等,这些前沿技术有望在未来为开发效率带来质的飞跃。通过前瞻性的技术储备,使页岩气开发始终保持技术领先优势。

4.2 绿色开发与效率提升的协同保障

绿色开发理念与开发效率提升并非相互对立,而是可以协同共进。低污染开发技术的集成应用是关键举措。采用环保型压裂液、优化钻井废弃物处理工艺等,减少开发过程对环境的污染,降低环境治理成本,同时保障开发作业的顺利进行,间接提升开发效率。水资源循环利用与环保成本控制紧密相连。在页岩气开发中,水资源消耗巨大。通过建立完善的水资源循环利用系统,提高水资源利用率,减少新鲜水取用量,降低水资源成本。有效控制环保成本,避免因环保投入过大影响开发经济效益,实现绿色开发与效率提升的双赢。生态保护与开发效率需找到平衡路径。在开发过程中,严格遵循生态保护原则,划定生态保护红线。通过科学规划开发区域、优化开发方案,减少对生态环境的破坏。在保障生态安全的前提下,合理开发页岩气资源,实现开发与保护的有机统一,为开发效率提升提供可持续保障。

4.3 专业化配套服务支撑体系建设

一体化技术服务模式构建能够为页岩气开发提供全方位、一站式的服务。整合钻井、压裂、排采等各个环节的技术服务,形成完整的服务链条。通过优化服务流程、提高服务质量,减少开发过程中的沟通成本与协调难度,提升整体开发效率。设备租赁与共享服务平台搭建有助于提高设备利用率,降低开发成本。将闲置设备纳入共享平台,实现设备资源的优化配置。开发企业可以根据自身需求灵活租赁设备,避免设备重复购置与闲置浪费,提高资金使用效率,进而提升开发效率。技术咨询与决策支持服务优化能够为开发企业提供科学合理的决策依据。专业的咨询机构凭借丰富的经验与专业知识,为开发项目提供技术评估、方案优化等服务^[5]。帮助企业准确把握市场动态与技术发展趋势,做出正确的决策,避免决策失误导致的开发效率低下问题。

结束语

提升页岩气开发效率需综合施策。从技术层面优化各环节工艺,加强系统管理实现协同增效,构建全方位支撑体系。通过技术研发创新、绿色开发与专业化服务等多方面协同推进,能够有效解决开发中的难题,提高开发效率,推动页岩气产业持续健康发展,为能源结构调整贡献力量。

参考文献

- [1]雍锐,陈更生,杨学锋,等.四川长宁—威远国家级页岩气示范区效益开发技术与启示[J].天然气工业,2022,42(8):136-147.
- [2]张锋.地球物理勘深技术在页岩气开发中的应用[J].石化技术,2021,28(02):36-37.
- [3]刘鸿渊,蒲萧亦,张烈辉,等.中国页岩气效益开发:理论逻辑、实践逻辑与展望[J].天然气工业,2023,43(4):177-183.
- [4]肖佳林,游园,朱海燕,等.重庆涪陵国家级页岩气示范区开发调整井压裂工艺关键技术[J].天然气工业,2022,42(11):58-65.
- [5]刘清友,朱海燕,唐煊赫,等.四川盆地页岩气地质工程一体化高效开发关键技术与装备[J].大庆石油地质与开发,2024,43(4):191-203.