

气井排液效率强化与经济效益协同优化研究

杨骏师 (海油发展(澄迈)能源技术有限公司, 海南 海口 570000)

摘要: 气井积液是制约气田产能释放、降低开发效益的核心问题之一, 排液效率直接决定气井生产周期与单井产量, 而经济效益优化则是气田开发的核心目标。本文基于气井排液机理与经济评价理论, 系统分析影响气井排液效率的关键因素, 探讨排液效率强化技术的应用逻辑, 提出兼顾技术可行性与经济合理性的协同优化策略。研究表明, 通过技术选型优化、参数动态调整、成本管控等手段, 可实现排液效率提升与经济效益增长的双向赋能, 为气田高效开发提供理论支撑与技术参考。

关键词: 气井; 排液效率; 强化技术; 经济效益; 协同优化

中图分类号: TE37 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 005-0053-03

Research on Enhancing Drainage Efficiency and Coordinating Optimization with Economic Benefits in Gas Wells

Yang Junshi (CNOOC Development (Chengmai) Energy Technology Co., Ltd., Haikou Hainan 570000, China)

Abstract: Liquid accumulation in gas wells is one of the core issues restricting the release of gas field production capacity and reducing development benefits. The efficiency of liquid discharge directly determines the production cycle of gas wells and single-well output, while economic benefit optimization is the core goal of gas field development. Based on the mechanism of gas well liquid discharge and economic evaluation theory, this paper systematically analyzes the key factors affecting the efficiency of gas well liquid discharge, explores the application logic of liquid discharge efficiency enhancement technologies, and proposes a synergistic optimization strategy that takes into account technical feasibility and economic rationality. The study shows that through means such as technical selection optimization, dynamic parameter adjustment, and cost control, dual empowerment can be achieved for the improvement of liquid discharge efficiency and economic benefit growth, providing theoretical support and technical reference for the efficient development of gas fields.

Keywords: gas well; fluid drainage efficiency; enhancement technology; economic benefits; collaborative optimization

气田开发中, 地层能量衰减与压力下降会削弱气井携液能力, 气相流速低于临界值时易形成井底积液, 产生回压导致产量递减、水淹停产, 增加开发成本。全球约 30% 气井因积液损失产能, 国内老气田部分区块达 50%, 成为高效开发瓶颈。现有泡排、气举等排液技术各有优劣, 传统应用重效率轻效益, 易引发成本与效率矛盾。气田开发中后期对排液提出高效低成本要求, 因此开展二者协同优化研究意义重大。本文将分析影响因素、梳理技术特性、构建优化模型并提出策略, 为气井排液提供支撑。

1 气井排液效率影响因素分析

1.1 储层与流体特性因素

储层特性是影响气井积液与排液效率的基础。储层压力和渗透率决定气井产能与携液能力: 压力越高, 气相流速越大, 积液形成越慢; 压力降低则积液快速积聚, 增加排液难度。低渗透率储层气液流动阻力大, 积液排出慢且易回渗, 储层非均质性会加剧气液分布不均与积液问题。流体性质主要是粘度、密度以及界面张力共同对排液效率产生影响, 地层水的粘度越高、凝析液的密度越大, 排液难度以及积液沉积风险也就越高, 较大的界面张力不利于液滴的破碎以及气相携

带, 降低界面张力, 对气液分离携带的效率进行提升, 可间接地强化排液的效果^[1]。

1.2 井身结构与生产参数因素

井身结构及生产参数, 对气井排液效率的影响显著, 井身结构方面, 井径的确定需要结合产能设计, 过大能减少阻力, 但会导致气相流速降低; 井斜角增加会让积液在井眼低处聚集, 水平井段方面的问题更加突出, 需要采用针对性的工艺来解决; 完井方式会影响气液流入, 如果设计不当, 容易导致地层受到污染, 积液风险也会上升, 如果产气量不足, 需要借助辅助技术来提升携液能力, 套压与油压之间的差值是气液流动的驱动力, 需要进行动态调整来维持合理的梯度, 保障积液能够顺利排出。

1.3 排液技术与工艺因素

排液技术、工艺选型以及应用效果, 是提高排液工作效率的关键所在。泡沫排水方式适合产量低、压力不高的井, 成本但排液的能力有限; 气举方式排液效率高, 适用范围广, 不过对设备和运行成本的要求较高; 电潜泵则适合积液情况比较严重的井, 排液能力强, 不过对井况的要求也高, 维护成本大, 选错型号, 易导致成本浪费或者设备损坏。工艺操作规范性是保

障排液效果的关键，直接关系到技术效能的发挥及成本控制。以核心操作为例，泡排剂依据积液量和流体性质，调整注浓度和周期进行动态；气举阀的安装位置、开启压力，须结合井身结构精准设定；电潜泵在运行过程中，要对转速、电流这些参数进行实时调控，适配气井工况的动态变化，严格遵守标准化流程，防止因参数不匹配而导致效率降低或者设备损耗，气井的工况随时间改变，排液工艺也要动态去适配，只有及时调整参数或者更换技术，才能维持长期稳定的排液效率。

2 气井排液效率强化技术及特性分析

2.1 辅助排液强化技术

2.1.1 泡沫排水技术

泡沫排水技术是往井底注入泡排剂，让井底的积液跟泡排剂混合在一起，变成粘度较低、密度较小的泡沫，能把气液两相流动的阻力降下来，同时让气相和液相接触的面积变大，把气相携带液体的能力提上去，实现积液的高效排出，这项技术拥有工艺简单、设备投入少、操作方便、成本低特性，适宜用在低产、低压、液量少的气井上，或者不能用其他排液技术的特殊气井^[2]。

泡沫排水技术的强化效果主要取决于泡排剂的性能以及加注参数。优质的泡排剂需要具备良好的发泡能力、稳泡性、耐温耐盐性，能够在复杂地层条件下形成稳定的泡沫，同时不会对储层造成污染。加注参数包括加注浓度、加注周期及加注量，需要根据气井的积液量、产气量、流体性质等开展动态调整，避免因为加注不足导致排液效果不佳，或者因为加注过量造成成本的浪费以及气液分离困难。

2.1.2 气举排水技术

气举排水技术是把高压气体注入井内，以提高井内气相流速，增强携液能力，同时降低井底回压，促使地层流体流入井内，实现排液效率的强化，这项技术具备排液能力强、适用范围广、对井况适应性好等优势，能够运用于低产低压气井、高产液气井以及水平井等各类井型，也适宜在泡沫排水效果不佳的气井中使用。气举排水技术的核心，在于气举阀的设计以及注气参数的优化。对于气举阀的安装位置、开启压力，需要根据井身结构、积液深度以及地层压力来进行精准计算，以确保注入气体能够有效提升气相流速；注气参数涵盖注气量、注气压力，需要与气井产气量、积液量相匹配，避免因注气量不足而导致排液效果有限，或者是因注气压力过高而造成地层损伤。该技术前期设备投入较大，且在运行过程中需要消耗大量高压气体，导致经济成本相对较高。

2.1.3 电潜泵排水技术

电潜泵排水技术是在井底下把电潜泵安装好，运用泵的抽吸作用来把井底的积液直接排到地面，属于主动排液技术，排液效率较高、排液量较稳定、实现连续排液等特性，比较适用于高产液量、积液比较严重的气井，及气举、泡排技术没法满足排液需求的气井^[3]。

2.2 排液工艺优化技术

2.2.1 生产参数动态优化

生产参数动态优化是依据气井的生产数据和工况的变化情况，对产气量、套压、油压以及泡排剂加注量等参数开展实时的调整工作，维持气井在最佳排液状态下的运行，实现排液效率与能耗成本之间的平衡。建立气井排液动态模型，结合井底压力、产气量、积液量等监测数据对气井积液的变化趋势进行分析，提前开展生产参数的调整工作，避免因积液过度积聚而造成产能的损失。如监测到井底压力下降及产气量递减，适当降低油压来提升气相流速，或者增加泡排剂的加注量以强化携液能力，同时还需对调整幅度进行控制，避免参数突变给气井生产带来冲击。

2.2.2 井身结构与完井工艺优化

针对新钻井或修井气井，优化井身结构及完井工艺，从源头上把积液风险降低，且对排液效率进行提升。在井身结构设计方面，结合储层特性以及排液需求，合理确定井径、井斜角，水平井段选用分段完井技术，设置积液导流通道，防止液塞形成；完井工艺方面，对射孔参数进行优化，增加气液流动通道，同时运用储层保护技术，减少地层污染，让气井产能以及携液能力得到提升。至于老井，修井作业对井身结构进行调整，比如加深井眼、优化射孔层位等，以此来改善排液条件。

2.2.3 气液分离工艺优化

气液分离效率直接对地面处理系统的运行负荷及最终的排液效果产生影响，对气液分离工艺进行优化，能够减少液相回注到井里，降低积液风险。选用高效的气液分离器，对气液分离的精度进行提高，减少天然气里携带的液滴数量，防止液滴在输送的过程中发生沉积；对含有较多凝析液的气井，对凝析液回收工艺进行优化，把分离出来的凝析液外输，降低井底积液的补给量。对分离器的运行参数，像液位、压力、温度等，进行调整，提升分离效率，减少能耗，实现排液和节能的协同。

3 气井排液效率与经济效益协同优化策略

3.1 精准化排液技术选型策略

根据气井生产阶段、储层特性、积液情况与经济

预算,制定差异化的排液技术选型方案,避免“一刀切”选型导致的效率不足或成本浪费。对于新井及高产、高压气井,优先采用自喷排液技术,通过优化井身结构与生产参数,维持气井自身携液能力,无需额外投入,降低开发成本;对于低产、低压、低液量气井,优先选用泡沫排水技术,凭借其低成本、易操作的优势,在控制成本的同时提升排液效率,若泡排效果不佳,可考虑气举排水技术,通过优化注气参数降低运行成本^[4]。

对于高产液、高积液气井,以及水平井、定向井等复杂井型,可选用电潜泵排水技术,确保排液效率,同时通过优化设备选型与运行参数,延长设备使用寿命,降低维护成本。此外,可采用复合排液技术,结合各类技术的优势,如泡沫-气举复合排液技术,在低产气井中应用,既能提升排液效率,又能减少注气量,降低运行成本。

3.2 动态化生产参数优化策略

依据气井实时监测数据,建立动态优化机制,持续对生产及工艺参数进行调整,以此来平衡排液效率与经济效益,运用AI智能及大数据分析技术,实时采集井底压力、产气量、积液量、泡排剂浓度等数据,构建动态预测模型,对积液变化趋势进行预判及时调整。同时按生产阶段调整重点:初期储层压力高、产能足,重点维持自喷排液能力,减少辅助投入;中期储层压力下降、积液增多,聚焦提升辅助排液效率、控制运行成本;后期产能大幅递减,核心为降低排液成本、延长气井生产周期,实现效益最大化。

3.3 全流程成本管控策略

建立覆盖排液技术投资、运行及维护全阶段的成本管控体系,减少无效的成本支出,经济效益得到提升,在投资阶段,针对像气举、电潜泵这类需要进行设备投入的技术,开展投资回报率的测算工作,优先选用那些投资少且回报周期比较短的方案,同时对设备选型进行优化,把性价比高及维护成本低设备当作首选,避免因为盲目追求高端设备而造成的投资浪费^[5]。

到生产运行阶段,要把耗材和能耗的管理工作做好,比如在选用泡排剂时,选用效率高又便宜的,且精准地加注来减少用量;合理地调整电潜泵的转速、气举的注气量,降低电费和高压气体的消耗;维护阶段,建立设备定期维护机制,及时排查故障,延长设备使用寿命,减少维修成本和停机带来的损失。另外,开展规模化的作业降低单位成本,比如在同一个区块里的多口气井进行统一采购泡排剂、共享维护设备,以此来实现成本的分摊。

3.4 智能化动态调控策略

运用智能化技术构建气井排液智能调控系统,让排液效率与经济效益实现实时的协同调控。把气井的监测数据、排液技术参数以及成本数据等整合起来,建立智能化决策平台,借助算法模型自动生成优化方案,实现参数的自动调整及工艺的动态适配,智能调控系统能够依据井底积液量的变化情况,自动对泡排剂的加注量与加注周期进行调整,无需人工进行干预,让调控效率得到提升,把人工成本降低。借助数字化模拟技术,提前对各种优化方案的排液效果以及经济效益进行预判,为决策工作提供有力支撑。借助数值模拟软件,对不同排液技术以及参数组合情况下的气液流动规律和成本投入去开展模拟工作,筛选出最优方案,避免因现场试验而导致的成本增加以及产能损失。建立气井排液优化效果评价机制,定期对优化方案的实施情况开展评估工作,结合气井工况的变化及时对策略进行调整,确保协同优化工作的持续性和有效性。

4 结论

本文研究表明,气井排液效率与经济效益协同优化是破解积液难题、提升气田开发效益的关键。排液效率受储层特性、流体性质、排液技术等多因素综合影响,泡沫排水、气举、电潜泵等技术需结合井况精准选型。构建多目标协同优化模型,能有效平衡排液效率与经济效益。通过技术精准匹配、参数动态优化、全流程成本管控及智能化调控,可化解传统排液中效率与成本的矛盾,实现双向赋能。其核心在于动态适配与精准匹配,为气井长期高效低成本运行提供理论与技术支撑。

参考文献:

- [1] 刘丽萍,陈虎,高伟.柱塞气举排液生产模式气井出砂条件分析[J].石化技术,2025,32(03):230-232.
- [2] 王志彬.水平井油管下深影响气井排液程度实验方法提高排液效率[J].石油钻采工艺,2024,46(04):455-465.
- [3] 高春升,刘孟鹏,陈焱,等.苏里格区块低压气井排液工艺优化研究[J].内蒙古石油化工,2024,50(07):9-12.
- [4] 石延辉.气井积液诊断及气举排液采气技术应用[J].广东石油化工学院学报,2024,34(03):53-57.
- [5] 龙刚,伍强,李洪波.川西高含硫气井测试返排液环保处理技术[J].油气井测试,2023,32(01):16-21.

作者简介:

杨骏师(1997-),男,汉族,江西宜春人,本科,助理级工程师,研究方向:提高采收率。