

阜康矿区低渗煤储层压裂增产效果影响因素分析

仲 劼¹ 史永祥² 邢冬勇¹

1.新疆亚新煤层气投资开发(集团)有限责任公司 新疆 维吾尔自治区 830000

2.新疆亚新煤层气勘探开发有限责任公司 新疆 维吾尔自治区 830000

【摘要】：为解决阜康矿区低渗煤储层渗透性差、产气效率低的开发难题，依托2014年至2024年十年间先后实施的150口井压裂施工数据，系统分析压裂增产效果的主要影响因素，明确各因素作用规律及最优参数范围。研究表明，加砂强度、液砂比、暂堵工艺、支撑剂组合及防水锁剂应用是影响压裂增产效果的核心因素，用液强度、平均砂比、簇间距对增产效果存在不同程度影响，定向射孔工艺在该矿区应用效果不显著。基于研究结果，提出针对性优化建议，为阜康矿区低渗煤储层压裂方案优化、增产效率提升提供理论支撑和工程参考。

【关键词】：阜康矿区；低渗煤储层；压裂增产；影响因素；参数优化

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.032

1 引言

低渗煤储层因其孔隙度低、渗透率差、煤层非均质性强等特点，成为煤层气开发的重点和难点。压裂改造作为改善低渗煤储层渗透性、提高煤层气产量的核心技术，其施工效果直接决定煤层气开发的经济效益和规模化推进速度。阜康矿区作为重要的煤层气开发区域，主要开发八道湾组39、41、42、43、44等煤层，储层普遍具有低渗、高非均质性特征，压裂改造过程中存在改造体积不足、产气稳定性差、参数适配性不强等问题。根据2024年阜康矿区完成134口井607层的压裂施工数据，同步开展微地震监测、示踪剂监测等多项监测工作及多组工艺对比试验，积累了丰富的现场数据和试验成果。本文基于该年度压裂改造跟踪评价资料，系统分析各类因素对低渗煤储层压裂增产效果的影响规律，明确各关键参数的最优范围，提出针对性优化措施，为矿区后续压裂方案优化、施工效率提升提供技术支撑，助力低渗煤储层高效开发。

2 研究区概况

2.1 监测技术与试验开展情况

为精准评价压裂效果，矿区采用多种监测技术，其中微地震监测应用于27口井，可有效获取裂缝形态和扩展方向；示踪剂监测开展6井次，用于追踪流体在裂缝中的流动情况；停泵不稳定量化表征进行7井次，助力分析裂缝闭合压力。为优化压裂方案，提升增产效果，同步开展多项对比试验，包括高强度加砂、智能滑套压裂、不同加砂强度、大粒径支撑剂使用、

防水锁剂应用及液砂比研究等，通过试验数据对比，明确各类工艺和参数的应用效果，为后续压裂方案优化提供数据支撑。

2.2 典型井及平台压裂概况

选取某7井、某-3井作为典型深部煤层气井，重点分析其压裂效果及储层特征。7井完钻井深2860m，钻遇煤层总厚度93.1m共12层，深部煤层含气量高达16.07cm³/g，产气潜力显著；-3井完钻井深2722m，钻遇煤层129.0m共49层，深部煤层含气量13~22.08cm³/g，储层资源丰富。选取四区CMG1平台、八区9平台、九区FK19平台作为典型平台，涵盖多类型井和多煤层，平台内均完成压裂施工及效果监测，其中CMG1平台11口井均见气，煤产量突出；八区9平台开展多项工艺试验，智能滑套压裂工艺成效显著；FK19平台开展支撑剂和防水锁剂对比试验，为参数优化提供重要参考。

3 压裂增产效果影响因素分析

结合阜康矿区2024年压裂施工数据、监测结果及对比试验资料，系统分析影响低渗煤储层压裂增产效果的关键因素，明确各因素作用规律。

3.1 施工参数影响因素

(1)加砂强度：加砂强度是影响压裂改造体积和产气效果的核心参数之一。研究表明，改造体积与砂量和加砂强度呈明显正相关，提高加砂强度对单井产量有积极影响，但存在效益平衡点，并非越高越好。

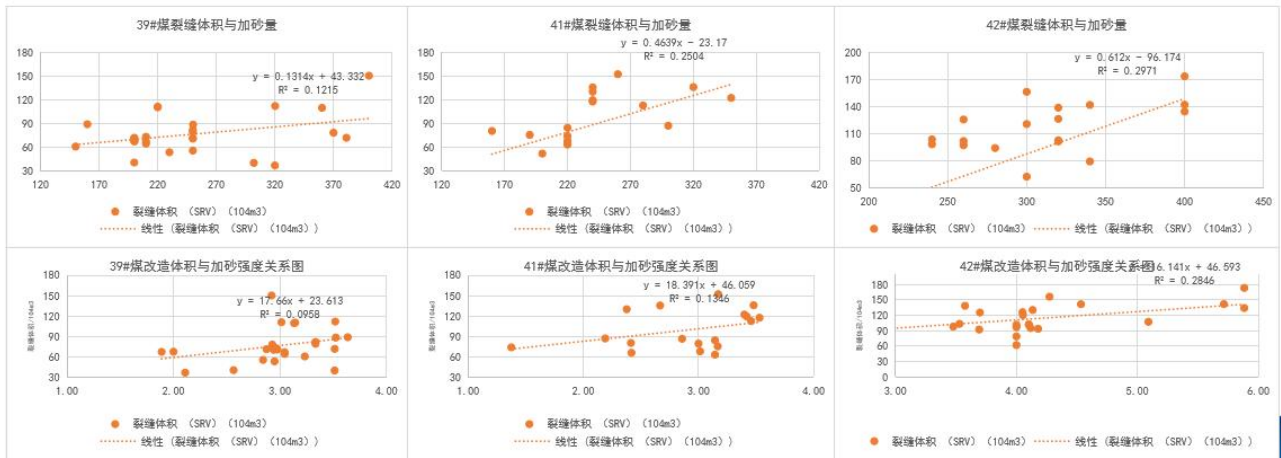


图1 加砂强度

通过对 39、41、42 煤水平井加砂强度与米日产气分析发现，加砂强度在一定范围内与米日产气成正比，当加砂强度达到一定值后，米日产气量增速明显放缓。结合试验数据，确定各煤层最优加砂强度范围：39 煤推荐 3.0m³/m，41 煤推荐 3.0~3.5m³/m，42 煤推荐 4.0~4.5m³/m。

典型井 FK7 井压裂过程中，入井砂量 930.1 方，微地震解释改造体积达 300.4×10⁴m³，试井解释改造体积 254.33×10⁴m³，形成多级别缝网，产气效果显著，但当加砂量达到 600m³后，缝长延伸速度明显放缓，验证了加砂强度的最优控制范围。

(2) 用液强度：用液强度对压裂效果的影响呈现双重特征。从各煤层单井不同改造段用液强度与改造体积关系来看，两者无明显规律，表明单纯增加用液强度无法有效增大改造体积，需结合其他参数综合考量。但从八区各煤层水平井用液强度与米日产气的关系分析，产气能力与用液强度呈一般正相关性，合理提高用液强度可提升产气能力。结合试验数据，推荐各煤层用液强度范围：39 煤 20~25m³/m，41 煤 25m³/m，42 煤 30m³/m，可在保证施工安全的前提下，最大化提升产气效果。

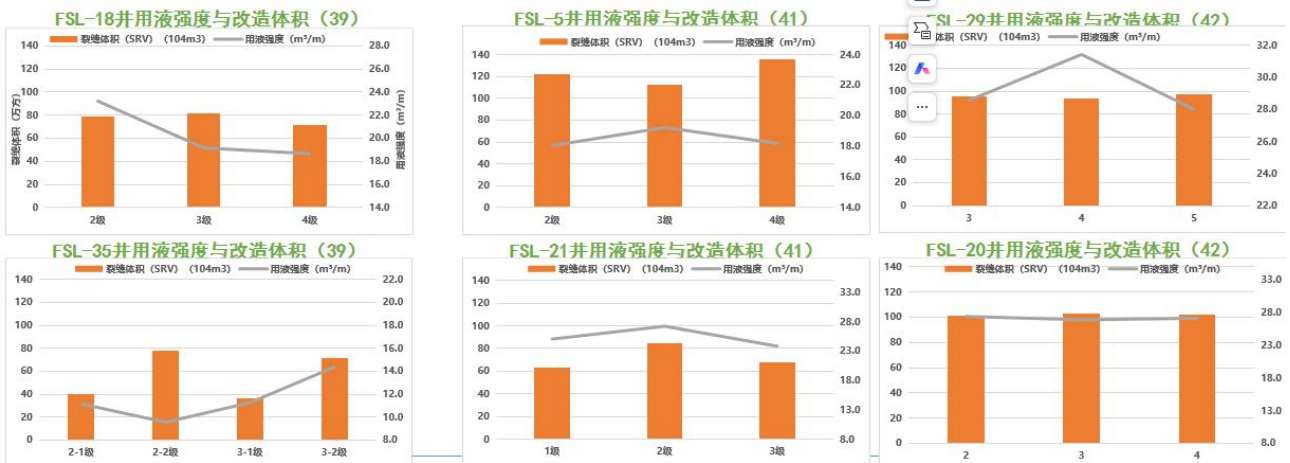


图2 用液强度与改造体积关系

(3) 平均砂比：平均砂比对裂缝改造体积无明显影响，但与产气能力呈正相关，平均砂比越高，产气能力越强。通过八区各煤层水平井数据对比分析，推荐平均砂比为 18~20%，同时可开展 20~24% 平均砂比的试验，探索更高产气潜力。阜康矿区整体压裂平均

砂比控制在合理范围，多数井产气效果良好，验证了该推荐值的合理性，同时也表明，平均砂比的优化需结合加砂强度、液砂比等参数协同调整，才能实现最佳增产效果。

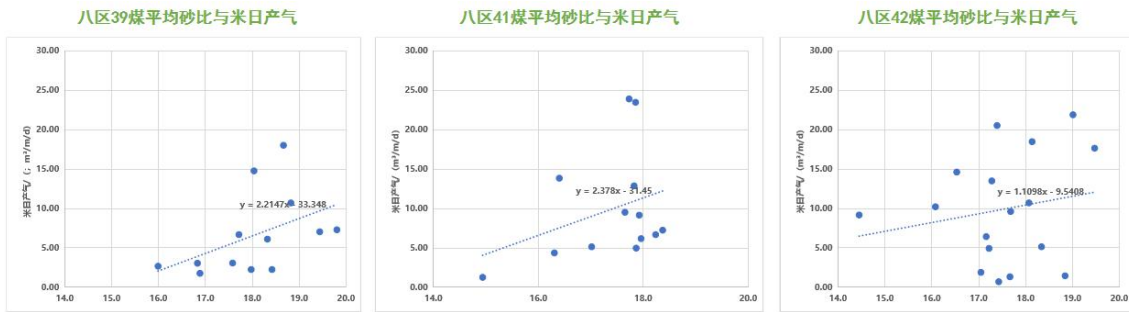


图3 平均砂比

3.2 工艺技术影响因素

(1) 暂堵工艺：暂堵工艺是影响区域压裂改造效果的关键因素，对产量提升具有显著作用，但对改造体积无明显提升，甚至可能对缝长产生轻微负面影响。FSL-45井采用二次加砂工艺，第2级、第4级采用暂堵转向工艺，单级停泵或暂堵前后施工压力有明显涨幅，表明转向有效；与常规工艺井FSL-40井对比，施工难度无明显差异，说明暂堵工艺在保证效果的同时，不会增加施工复杂度。不同暂堵方式效果存在差异，FSL-43井第3、4级采用停泵，第5、6级采用停泵加暂堵颗粒，FSL-21井全井段使用暂堵球，均实现产量提升，表明暂堵工艺的适配性较强，可在矿区广泛应用。

(2) 支撑剂组合：支撑剂粒径组合对压裂增产效果影响显著，不仅影响改造体积，还直接决定单井产量。试验表明，大粒径支撑剂对施工压力和加砂难度影响较小，而大比例小粒径支撑剂与产量呈正相关。通过5组支撑剂粒径对比试验发现，不同粒径组合的产量差异明显。例如，FSL-24井支撑剂粒径比例为70/140:40/70:30/50=3:4:3，单位产量 $1.568\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{MPa}\cdot\text{d})$ ；FSL-27井采用不同组合，单位产量达 $6.936\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{MPa}\cdot\text{d})$ ，差异显著。FK17-X1井采用70/140:40/70=6:4的比例，单位产量达 $215\text{m}^3/(\text{MPa}\cdot\text{d})$ ，优于其他组合。基于试验结果，推荐支撑剂粒径组合为70/140:40/70:30/50=6:3:1，同时可开展更大比例小粒径支撑剂的试验，进一步提升产量潜力。

(3) 智能滑套压裂工艺：八区9平台FSL-35井采用无限级智能滑套分段压裂工艺，成效显著。施工效率方面，单段施工时效较常规井FSL-37井提高约3

倍；生产效果方面，最高日产气达 6000m^3 ，平均日产气 $3000\text{m}^3/\text{d}$ ，米日产气效果是FSL-37井的9倍。由于目前仅FSL-35井采用该工艺，缺乏多井验证，暂无法确定其效果为必然因素还是偶然因素。后续需布置试验井，深入研究该工艺的适配性，尝试单段1~2簇工艺试验，提高簇间距，增强与连管拖动精确改造工艺的适配性。

(4) 定向射孔工艺：通过多组对比试验分析，定向射孔工艺在阜康矿区低渗煤储层压裂中应用效果不显著。对比FSL-32、61井与常规井的施工曲线，发现定向射孔井与普通井在施工难度上无明显差别；对比FSL-30、33、41、47井与常规井的产量，发现定向射孔井在提高产量上无优势。建议后续编写压裂方案时，除煤层井段外，常规井段不再采用定向射孔工艺，合理分配资源。

4 结论

阜康矿区低渗煤储层压裂增产效果受施工参数、工艺技术、储层保护及储层自身特征多因素综合影响，其中加砂强度、液砂比、暂堵工艺、支撑剂组合及防水锁剂应用是核心影响因素。加砂强度、平均砂比与产气能力呈正相关，存在最优控制范围；液砂比与产气能力呈负相关，需严格控制在合理区间；用液强度与产气能力呈一般正相关，需结合其他参数协同优化。基于影响因素分析提出的参数优化和工艺改进建议，可有效提升阜康矿区低渗煤储层压裂增产效果，为矿区煤层气高效开发提供技术支撑。后续需加强试验研究，进一步优化参数和工艺，解决施工中存在的问题，推动矿区低渗煤储层开发提质增效。

参考文献：

- [1] 董传宾,马实英,景忠峰,等.超低渗透油藏提升油井压裂增产效果研究[J].石化技术,2025,32(09):332-334.
- [2] 唐超俗.水平井压裂技术在低渗透油藏增产中的应用研究[J].石化技术,2025,32(05):305-307.