

低产量煤层气井解堵技术研究

郭亚鹏（华新燃气集团沁水蓝焰煤层气公司，山西 晋城 048200）

摘要：煤层气井受到排采制度不合理、储层条件差以及煤粉、砂子堆积等导致煤层气原有导气通道被堵塞，从而引起煤层气井堵塞、产气量明显降低等问题。文中对煤层气现有的解堵技术进行分析，并重点对水力喷射径向钻孔、高能流体解堵技术解堵原理、现场工程应用效果等进行探讨。水力喷射径向钻孔、高能流体解堵技术均可起到煤层气井解堵效果，提升低产量煤层气井产气量。研究成果可为其他低产量煤层气井解堵技术选择以及解堵技术应用提供经验参考。

关键词：煤层气开采；煤储层；解堵技术；储层裂隙

我国煤层气资源储量丰富，但是煤层气储层普遍具有低渗、低压、低孔特征，煤层气井排采难度大、产量低^[1-3]。为了提升煤层气井产量普遍对直井或者羽状水平井进行水力压裂，具体工艺技术包括有线性胶、清水、活性水、清洁压裂液、氮气和二氧化碳泡沫^[4]。受到煤层气储层特殊的物理力学性质影响，采用的增产措施会在一定程度上给煤储层带来伤害；同时当煤层气井后期排采制度不合理时，煤粉运移、吐砂等会堵塞气体通道，降低煤层气井产量^[5-6]。对低产量煤层气井采气通道堵塞原因分析及解堵技术进行研究，对提升煤层气产量具有一定促进意义。因此，文中对现阶段常用的煤层气井解堵技术进行分析探讨，以期能促进煤层气开采工作更好的开展。

1 煤层气井堵塞分析

众多的分析研究认为，在煤层气储层相对良好的区域内部分煤层气井产量较低的主要原因是采气通道堵塞，而造成堵塞的主要原因可归结为以下几点：①受到煤层气井在排采影响，煤层气储层有效应力增大、同时导气裂隙宽度减小，在应力作用下煤基质出现一定程度挤压破坏情况并产生小颗粒煤粉，煤粉在导气裂隙或者煤层通道中运移，在局部位置出现堆积并导致通道堵塞；②为了增加煤层气储层透气性往往采用水力压力技术，水力压裂期间煤层气储层裂隙中会注入大量的水，但是煤粉具有一定的疏水性，在水中团聚会导致采气通道堵塞；③煤储层中煤层气解析会导致煤基质收缩，在地应力影响下容易导致煤基质中导气通道堵塞；④为了增加采气通道以及煤层气储层裂隙，在水力压裂过程中往往采用砂子作为支撑剂，在压裂影响区内容易出现“砂堵”，影响采气产量；⑤煤层气井排采期间储层内的砂子、煤粉等容易在井底堆积，长时间慢慢积累后淹没部分煤储层或者引起裸露段煤储层坍塌，砂子、煤粉等导致煤层气储层内采气通道堵塞，降低煤层气井产量。煤层气产气通道堵塞是导致煤层气井产量偏低的主要原因之一，对于此类低产量煤层气可采取解堵技术提高产气量。

2 低产量煤层气井解堵技术改善及工程应用效果分析

近些年来，众多的科研学者以及工程技术人员将油

气田开采领域内的解堵措施应用到煤层气井中，并依据煤层气储层特征提出采用井下多级强抽泵、水力喷射径向钻孔、高能流体解堵、电爆震解堵以及爆燃解堵等解堵技术措施。多级强抽泵只适用于近井地带解堵，不能从根本上解决煤层堵塞的问题；爆燃解堵是用固体火箭推进剂或火药，在井下爆燃（而不是爆炸）产生大量的高温高压气体，并形成辐射状的裂缝，可对近地带堵塞解堵。多级强抽泵及爆燃解堵在油田的解堵应用上有一定的效果，但在煤层气井应用的过程中解堵效果较差，未能大范围应用。阶段应用较为广泛的技术包括有水力喷射径向钻孔以及高能流体解堵技术，下文就重点对两类解堵技术进行分析。

2.1 水力喷射径向钻孔

2.1.1 技术概述

水力喷射径向钻孔在地面采用高压射流装置对煤层气储层进行喷射，具体见图1所示，在高压射流作用下使得煤层气储层内形成多个与主应力呈一定夹角的小井眼。通过采用水力喷射径向钻孔技术后可在煤层气井堵塞区域内形成长100m、直径约为2英寸小井眼，提高解堵煤层气导气通道并提升煤层气储层透气性目的。该技术工艺采用高压水切割储层并形成导气通道，不会给储层带来不利影响，同时切割形成的缝隙会原有煤层气储层裂隙相互沟通，降低煤层气运移阻力。

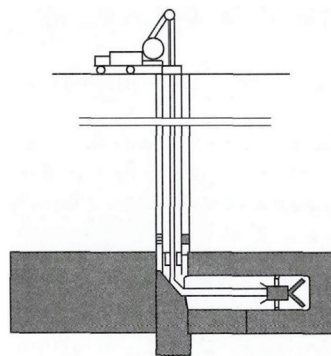


图1 水力喷射径向钻孔技术示意图

水力喷射径向钻孔即可在煤层气储层任意位置形成多条长度100mm、直径2英寸水平小井眼，但是最大解堵深度一般在1800m以浅；现场应用的煤层气储层厚度一般应在3m以上。现场采用的设备主要包括有地面监

控设备、井下开窗工具、高压射流发生装置、推进及高压水喷射装置等。

2.1.2 现场应用效果分析

山西中部某煤层气开采区块内 L15、L17、L30 等三口井煤层井产气量经过 1 年排采，产气量降低至 $280\text{m}^3/\text{d}$ 以内，产气量较低。经过前期分析发现导致煤层气产气量不高的主要原因是井下出现堵塞问题，为此，提出采用水力喷射径向钻孔进行解堵。L15 井施工控制的煤层气储层厚度为 59.8m，施工的水力喷射径向钻孔深度介于 689~785m，现场共计施工 13 个水平井眼，喷射钻孔长度共计 1098m；L17 井施工控制的煤层气储层厚度为 39.6m，施工的水力喷射径向钻孔深度介于 826~931m，喷射钻孔与储层割理面尽可能垂直，现场共计布置 3 个水平井眼、喷射孔水平长度共计 378.9m；L30 井施工控制的煤层气储层厚度为 42.3m，施工的水力喷射径向钻孔深度介于 785~938m，喷射钻孔与储层割理面尽可能垂直，现场共计布置 15 个水平井眼、喷射孔水平长度共计 1532.1m。具体采用 L15、L17、L30 煤层气井采用水力喷射径向钻孔解堵前后产量变化情况见表 1 所示。从表中看出，经过水力喷射径向钻孔解堵后，煤层气产量均得以明显提升，表明采用的水力喷射径向钻孔取得较高的堵塞解堵效果。

表 1 解堵效果

编号	产气量 / (m^3/d)		产水量 / (m^3/d)	
	解堵前	解堵后	解堵前	解堵后
L15	205	557	0.53	1.12
L17	347	1354	29.7	37.5
L30	189	3421	1.1	6.2

2.2 高能流体解堵技术

2.2.1 技术概述

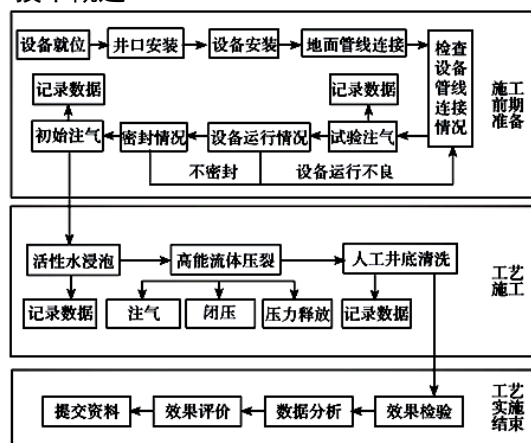


图 2 高能流体解堵技术应用流程图

该技术是空气和水（水内参入有活性化学剂）为解堵介质，并以空气压缩机为动力源，对煤层气储层进行冲击，从而达到解堵目的。高能流体解堵技术解堵机理为：第一，向煤层气井内注入活性水起到降低煤粉与水间的表面张力，增加堵塞煤粉的流动性和储层渗透率；第二，向井内注入高压空气增大裂缝宽度且衍生新的贯通裂隙，此时打开地面控制阀门，高能流体压力瞬间释

放井内形成负压空化腔，部分堵塞物质被带到地面、部分落入井底；第一，对人工井底清洗时将井底煤粉带洗出井口，从而实现煤层气导气通道清洁与通畅。

高能流体解堵技术应用分为前期准备、现场施工、实施结束等过程，具体工艺流程如图 2 所示。

2.2.2 应用效果

山西北部某煤层气区块 MCQ11 采用 U 型井进行煤层气抽采，后期对水平井平直段定向射孔、分段压裂以释放煤层应力、增加导流能力。井组经过 10 个月排采后煤层气产量由 $2275\text{m}^3/\text{d}$ 降至 $153\text{m}^3/\text{d}$ 。据该井开采的煤层气储层参数及排采情况，判断煤层气井产生降低的主要原因为产气通道堵塞。为此，采用高能流体解堵技术进行解堵，具体耗时 12d 完成解堵工作。现场应用完成后，该井组煤层气产量稳定到 $653\text{m}^3/\text{d}$ 以上，施工效果明显。同区块 MCQ29 为分支水平井，采用水力压裂技术增产并使用砂子作为支撑剂，在后期排采 13 个月后中该井基本不产气、不产水。分析发现导致该井产气量低的原因是水力压裂采用的砂子由于“砂堵”导致采气通道堵塞。采用高能流体解堵技术进行解堵，现场应用后该煤层气井产气量稳定在 $487\text{m}^3/\text{d}$ 以上，施工效果明显。

3 总结

①煤层气井受到煤储层条件、压裂增透以及排采制度不合理等因素影响，容易出现堵塞导气通道等问题，从而降低煤层气井产气量，实现导气通道疏通、清洗等是提高煤层气井产量的主要措施；②文中在对煤层气井堵塞原因分析基础上，重点对煤层气井常用的水力喷射径向钻孔、高能流体解堵技术原理、现场工程应用效果进行探讨。上述 2 种解堵技术均可提高煤储层透气性并提高煤层气井产气量，具体在解堵技术选择时应依据煤层气井现场条件以及储层情况确定，以便达到降级投入小、煤层气井解堵效果明显等目的。

参考文献：

- [1] 秦大鹏, 杜世涛. 煤层气井产能影响因素分析和解决对策探讨 [J]. 中国煤层气, 2021, 18(04): 3-6.
- [2] 秦锐锋, 裴艳斐, 许海峰. 煤层气井解堵技术研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020, 40(18): 223-224.
- [3] 王喆. 可控冲击波解堵增透技术在延川南煤层气田中的应用 [J]. 油气藏评价与开发, 2020, 10(04): 87-92.
- [4] 李鑫, 肖翠, 陈贞龙, 金晓波. 延川南煤层气田低效井原因分析与措施优选 [J]. 油气藏评价与开发, 2020, 10(04): 32-38.
- [5] 王涛. 樊庄区块煤层气直井低产的关键影响因素及二次压裂改造 [D]. 徐州: 中国矿业大学, 2020.
- [6] 常红梅, 任贵阳. 煤层气井解堵技术研究 [J]. 能源与环保, 2019, 41(11): 76-79.

作者简介：

郭亚鹏（1987-），男，汉族，山西晋城人，本科，助理工程师，技术员，研究方向：煤层气增产。