

探究低渗透煤储层煤层气开采有效技术

豆高峰 (中联煤层气有限责任公司晋城分公司, 山西 晋城 048000)

摘要: 煤层气开发价值较高, 属于清洁能源。我国具有丰富的煤层气储量, 然而在渗透率不高、地质复杂等因素影响, 我国整体开采效率不高, 并不利于开发新能源。在此背景下相关企业亟需解决的问题就是如何提高煤储层低渗透, 提升开采效率。基于此, 本文首先简述低渗透煤储层煤层气开采, 其次分析低渗透煤储层煤层气开采存在的问题, 之后分析低渗透煤储层煤层气开采常用技术, 最后探讨了低渗透煤层气的注热增产的有效技术, 以期相关人员开采低渗透煤储层煤层气提供参考。

关键词: 低渗透煤储层; 煤层气开采; 常用技术; 注热增产

煤层气是较好的清洁能源, 其主要吸附于煤层中。然而低渗透煤储层煤层气开采难度较大, 目前我国该能源的开采仍然存在诸多问题, 且渗透率较高, 增加了开采难度, 并不利于煤层气相关工业发展。由于该资源开采与企业生存和发展有着直接联系, 在此背景下必须高度重视相应的开采技术, 结合有效的开采技术提升企业经济效益, 推动企业甚至我国的发展。

1 简述低渗透煤储层煤层气开采

有研究表明我国煤层气中绝大部分开采难度较大, 以低渗透煤储层煤层气为主, 对我国煤层气的开采产生不利影响。参考美国地面煤层气开采的数据可知, 煤田渗透率在 $(3\sim 4) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 时最适合开采煤层气, 若在 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以下开采难度很大。与美国这一发达国家相比, 我国煤层渗透率基本上低 1~2 个数量级左右, 且我国在开采煤层气时主要受到低渗透性影响, 并不利于我国煤层气相关产业的发展。

近年来我国煤层气产业取得一定的发展, 不少专家加大力度研究了低渗透煤层气开采方面的问题, 各类解决方案也相继出现, 如水力割缝、大力冲孔、扩孔技术、大直径密集钻孔开采等, 虽然也有一定的效果, 但是目前仍然还未研究出有效的开采低渗透煤储层煤层气的方法, 其他国家在该能源技术开采方面也没有取得较大的突破, 研发的技术普遍性不强, 仅能应用于特定煤层。

2 低渗透煤储层煤层气开采存在的问题

2.1 钻井成本高

钻井成本较高是开采低渗透煤储层煤层气的主要问题之一, 这以成本约占总开采成本的 50% 以上。虽然我国应用平衡钻井技术优势较多, 但是仍然需深入探讨选用何种钻井液的问题。一般情况下, 若煤层较浅可用泡沫或空气作为钻井液, 但并不适用于深部煤层, 其更适用泥浆钻井技术, 在具体的操作时容易受到操作不当、操作失误等因素影响污染煤层, 整体煤层渗透性显著降低, 在此背景下要想解决问题就必须探索在保证钻井效果的基础上降低成本的有效途径。

2.2 水压技术局限性较强

目前人们已经普遍应用了水力压裂增产技术, 然而受到煤质较软这一性质影响, 支撑剂可能嵌入煤中, 最终可能出现空隙闭合的问题, 而应用其他的压裂液比较常见的矛盾就是性能、成本和污染三者的矛盾。现如今我国绝大多数地区煤层含水量少或不含水, 但受到压裂液排返率较

低的影响, 滞留与煤层中容易对煤层产生污染。排采时控制难度较大, 速度快或者慢都产生不利影响。开采时可能出现大量污水, 若没有处理好就会污染环境; 压裂时需要应用很多大型设备, 设备费用高, 因此整体开采成本高。

2.3 国外先进技术不适用于我国

目前美国广泛应用裸眼洞穴完井技术开采低渗透煤储层煤层气, 在降低成本的基础上取得了良好的开采效果, 但该技术却不适用于我国。从该技术的应用分析可知, 其对煤层渗透率的要求较高, 加之还要求煤层顶底板稳定、地应力小、煤储层强度大等。若不具备上述条件, 开采时很容易出现洞穴坍塌问题, 堵塞了煤层气运移通道。因此, 应用该技术风险较高, 且后期维护成本高。虽然套管完井稳定性较强, 风险小, 但完井费用高, 操作复杂, 一旦出现操作不当都有可能导导致泥浆侵入煤层, 对煤层产生较大的污染。

3 低渗透煤储层煤层气开采常用技术

3.1 裸眼洞穴完井技术

若开采的煤层重单层煤厚度在 5m 以上, 煤层中含气量在 $15\text{m}^3/\text{t}$ 以上, 煤层压力为高压或超高压, 上下围岩处于稳定状态, 煤层渗透率在 $0.005 \mu\text{m}^2$ 以上, 满足上述条件, 则可以应用裸眼洞穴完井技术开采煤储层煤层气。从该技术的原理分析可知, 通过于煤层中注入高压空气的方式提高井筒压力, 使其高于井筒周边最小的地应力, 如此一来在压力的影响下就会产生张性裂缝, 而后在释放压力时就会破坏剪切, 这时煤粉就会进入井筒中, 而后发挥钻井液周期循环将煤层中的气、水和煤层微粒等反排出来。应用该技术必须以恒定速率将空气和水的混合物注入井筒, 待一段时间后, 地面压力在 10MPa 左右。完井时通常需要泵入二三十次, 耗时间 15d 左右。

3.2 直井水力压裂工艺技术

应用直井水力压裂工艺技术必须通过地面高压泵组, 于井中注入超过底层吸收能力排量的压裂液, 以此产生高压。这时若底层岩石抗张强度与井壁附近张力小于注入张力时就会出现裂缝, 这时工作人员应注入含有支撑力的压裂液, 这是裂缝继续延伸的关键。直井关闭后这时支撑剂上裂缝处于闭合状态, 这时填砂裂缝也因此出现, 以此达到预期的增产煤层气的目标。

3.3 注气增产技术

应用注气增产技术的关键在于在煤层中注入惰性气体, 这一步的关键在于降低甲烷分压, 提 (下转第 82 页)

凝温度 52℃, 送风风量 41000m³/h。

循环水供回水温度 32/40℃, 供回水压力 0.4/0.25MPaG, 循环水污垢系数 3.44 × 10⁻⁴m²k/W。

4.2.2 冷凝器选型计算

由文献 1, $A=Q_1/q_1$ (式中: A 传热面积 m², Q₁ 冷凝器负荷 W, q₁ 热流密度 W/m²)

冷凝器负荷简化计算:

$Q_1=Q\xi$ (式中: Q₁ 冷凝器负荷 W, Q 压缩机制冷量 W, ξ 冷凝负荷系数)

$$Q_1=Q\xi=21.9 \times 1.28=28.032\text{kW}$$

$$A=Q_1/q_1=28.032\text{kW}/5000\text{W}/\text{m}^2=5.606\text{m}^2$$

最终取冷凝器换热面积 6m²。

4.2.3 循环水量计算

由 $Q=C\rho V\Delta t$ [Q 换热负荷 W, C 循环水比热 C_水=4.2 × 10³J/(kg · °C), 循环水体积流量 m³/s, Δt 循环水温差 °C, ρ 水的密度]

$$V=Q/1.163\Delta t=28.032/9.304=3.012\text{m}^3/\text{h}=8 \times 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}$$

循环水管道截面积 $S=V/v$ (式中: V 体积流量, v 水流速度, 取 0.9m/s)

$$\text{由 } r^2=S/\pi, \text{ 得 } D=2r=33.6\text{mm}$$

循环水管道管径最终取值 DN40。

冷凝器选择管壳式, 水走管程, 制冷剂走壳程, 管程、壳程设计参数见表 1。

循环水回水管路上安装冷凝压力调节阀, 可以根据冷凝压力的变化来调节冷却水的流量。

冷凝压力调节阀是通过直接感应制冷剂循环的压力改

变而调节阀门开启度以便让足够的冷却水流出, 这将节省大量的冷却水, 同时可以按要求进行冷却。当压缩机的冷凝压力升高 (即冷凝压力升高) 时, 阀门会自动开大, 使较多的冷却水进入冷凝器, 加快制冷剂冷凝的速度; 反之, 当冷凝压力下降时, 阀门会自动关小, 使进入冷凝器的冷却水量减少, 从而使冷凝压力保持在一定的范围内。

表 1 冷凝器管程、壳程设计参数

项目	管程	壳程
设计压力 (MPa)	1.0	2.4
试验压力 (MPa)	1.15	2.76
设计温度 (°C)	50	60
工作介质	H ₂ O	R134a
主体材质	紫铜 T2	20# 碳钢
换热面积 (m ²)	6	

5 改造后的效果

风冷冷风空调机组改造为水冷冷风机组的方案实施后, 效果显著, 机组运行正常平稳, 再没有出现因吸气温度高或排气温度高导致压缩机热保护停机的现象。

参考文献:

- [1] 徐荣晋. 暖通空调设备工程师实务手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.

作者简介:

余志龙 (1979-), 男, 籍贯: 浙江绍兴, 2004 年毕业于新疆大学建筑环境与设备工程专业, 本科, 工学学士, 工程师, 现从事化工行业公用工程设备及项目建设管理工作。

(上接第 80 页) 高甲烷开采量。煤吸附二氧化碳、甲烷和氮气时吸附率最快的就是二氧化碳, 其次为甲烷, 最后为氮气, 由此可知氮气无法替代甲烷。此外, 还需要将二氧化碳注入煤层中, 以此达到驱甲烷的目标, 这主要是因为煤对二氧化碳吸附能力更强, 因此将二氧化碳注入其中实现了竞争吸附的目标, 且可以降低甲烷中的有效成分。

3.4 低渗透煤层气的注热增产的有效技术

开采煤层气是必须严格按照施工要求作业。首先就要做好地面钻井工作, 若钻井到储层以下, 还需要做好固井和完井两种措施。生产煤层气时要发挥钻井作用, 同时借助压裂液处理煤层压裂问题, 这一步的关键在于延伸拓展裂隙, 增加渗透率, 对煤层气排除产生有利影响。其次, 结合煤层气井经由地面管线排除水汽混合物, 于油管口处将水和气体分离, 煤层气在压缩后从输气管线处进行运输, 而后将其排放到排液池中, 以此实现重复利用, 煤层气开采效率显著提高。但这期间需要注意开采时煤层气产量受储层渗透性变化影响, 绝大部分煤层气排出气液后也随之闭合, 加大了运移煤层气的难度, 影响产量。

注热开采技术主要应用于低渗透煤储层煤层气, 但应用的过程中应于地面设置一高温高压锅炉, 压裂液应用高温高压蒸汽替代, 在满足了储层压力需要的基础上提升产量。煤层中注入高温蒸汽后温度和地应力均显著升高, 二者共同作用拓展延伸了低渗透煤储层裂隙, 很多细小裂隙

也由此产生。之后裂缝在时间的延长下逐步进行拓展延伸, 网格裂缝由此产生, 储层孔隙率显著提高, 增加了渗透性, 煤层气运移通道显著增多。

可通过煤层卸压的方式提高低渗透煤储层煤层气, 但开采的过程中可应用开采解放层技术解决瓦斯和煤过突出问题, 有效开采了临近煤层, 出现采空区, 切断原有岩层应力传递途径, 在此基础上达到煤层泄压目的。

4 结束语

受到开采难度大等影响, 我国煤层气资源开采效率不高。工作人员开采低渗透煤储层煤层气时应立足煤层的具体情况应用合适的开发技术, 以此提高低渗透煤储层煤层气开采效率, 提升企业经济效益。

参考文献:

- [1] 宋进利. 低渗透煤储层煤层气开采有效技术途径的研究 [J]. 资源信息与工程, 2018, 33(3): 73-74.
- [2] 毛安妮. 低渗透煤储层煤层气开采有效技术途径的研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2017, 37(8): 65-66.
- [3] 王进超. 低渗透煤储层煤层气开采有效技术途径的相关研究 [J]. 云南化工, 2018, 45(3): 58.
- [4] 李飞. 分析低渗透煤储层煤层气开采的有效方法 [J]. 工程技术 (文摘版), 2016(4): 292-292.
- [5] 李友谊, 靳小平. 低渗透煤储层煤层气高效开采技术途径研究 [J]. 中国资源综合利用, 2019, 37(2): 84-86.