地面井煤层气抽采技术及其应用前景分析

李大冬　毕志远（华阳新材料科技集团有限公司一矿，山西　阳泉　045008）

摘　要：面对矿区松土抽采困难的问题，在充分利用动态效应的情况下，在采动区以井底卸压气体的方式提高抽采技术。地表井应符合生产和煤层气合理利用，井的设计，应注意到地面井的结构，局部保护，安全抽采控制，以及关键技术和成套技术的发展前景，而地面井的结构应该充分发挥采场裂隙区的作用。在采区从地面钻井提取煤层气的技术，是综合治理矿井瓦斯气体灾害的有效手段之一，从资源评估的角度出发，深入分析地面井煤层气抽采技术的应用，提出合理开发井下煤层气的建议，有效管理地下瓦斯气体灾害风险，同时满足矿区资源一体化开发的模式。

关键词：地面井；煤层气开发；发展趋势

我国的煤层经历了复杂的构造运动，大多数煤层的结构发生了重大变化，主要是在软层形式，低渗透率和高气体含量，导致了我国正常的煤层气压抽运和其他复杂状况，如开采成本高，泵送效率低，泵送效率不稳定等。解决煤层衰减和低渗透问题的一个主要方法是增加排矿压力，充分利用自然或人工方法灌注目标矿层，提高解吸速度和抽采效率。目前采用的方法有水力压裂、水力扩孔、高能气体爆炸、深孔预破碎等动态降压和保护层开采方式。与水力压裂等人工蚀刻法相比，在煤层开采过程中，伴随着排泄区渗透率的提高，气体排放量显著增加，从该地区完成抽取煤层气，既可提高开采效率，也可解决开采层有害气体过度问题。因此，从煤炭开采和煤层气的和谐开发的角度来看，侧重点是从地面矿层中提取煤层气的方法和技术，实地应用的例子也证明了它们的有效性。

1 卸压瓦斯抽采原理和地面井井位选择

淮北矿区煤层含气层的特点是气体含量高，气层压力大，煤层渗透性低，低效率的预抽泵等，它很容易导致煤层气体的释放。因此，现阶段处理灾难后果的最经济和最实际的技术手段是选择合理和有效的煤层气开采方法。近几年，从国内外实践表明，通过开采保护层释放压力可能会大大增加对煤层所覆盖的岩石的降压，使其透射率高出几千倍。因此，通过由保护层开采的降压开采地表井可以产生良好的效果，对煤层气可以进行安全有效的开采。根据岩石力学理论，刘天娟院士表示，采石场保护层开采后地层会发生倾斜、下沉、流动变形，不同岩石上的裂缝在不同程度上沿地层屋顶的斜坡发展，在上面形成三条带：沉降带、裂纹带和弯曲带。由于顶板岩石的崩落和移动，形成了大量的层间裂缝，在气体从吸附状态排放到电离状态的覆盖煤层并解吸之后。由于自由气体具有容易上浮和渗漏的特点，因此在开采区上方的环形裂缝区内聚集大量气体，地面井设在环形断裂区的位置可以得到最佳的结果。抽运效应地面钻井地点的选择应该考虑到以下两个因素：第一，大面积和高浓度的煤层气的可采性；因此，地面井的位置应该在卸压区的范围内。在压力差和浓度差的作用下，以及在泵抽空的作用下，将向钻井方向排放压缩区的气体。第二，必须优化井身选择和设计，以保证气体抽运的稳定性和长期效果，避免井壁损坏。但是，在实践中，从地面压力井中抽出气体会破坏矿井稳定性的严重问题，这甚至是决定因素，会影响到地下气体提取效率。在过去，地面井的布置导致井的过早破裂和气体排放停止。为解决这一问题，应控制好在开采保护层过程中释放压力的程度，及其控制的地面压缩气体抽采的位置，在高渗透率和有效抽气的同时，能够实现连续抽气。

2 采动区地面井抽采方式及效果分析

2.1 煤层群条件下布井的基本原则

地表井的布井位置原则：①在倾向上，一般偏向于设在采场中部，位置选在距离回风巷道 50–80m 的区域；②在地质条件允许，以及不影响生产的情况下，地面井的布井位置可以设在采区间的保护煤柱上，可以消减在煤层群不断的开采影响下，钻井套管因岩层反复运动造成的损耗；③地面井套管受到破坏，容易变形的高危位置，一般位于基岩界面、厚表土层、厚硬关键层的界面，需要在这些位置加固保护结构，采取一定的保护措施。

2.2 地面钻井设计

淮南矿区采动区煤层气抽采地面井设计，其井身结构主要采用三开式井身结构设计（见图 1），一开钻至基岩下 30m，二开钻至保护煤层上方 5~10m，三开钻至开采煤层底板内 1~2m。其中，二开位于被保护煤层的上方 20~30m 段，这是钻井主要的产气井段，固井措施采取局部固井法，使用筛管贯穿整个被保护煤层群。

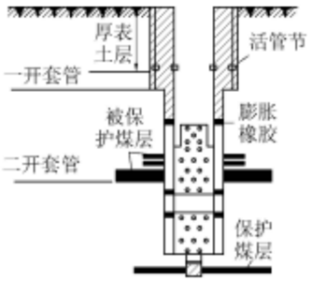

图 1　淮南矿区采动区地面井结构

2.3 抽采效果分析

所设计的第 3 代新型地面钻井在淮南盘一煤矿进行

煤层气的抽采试验，达到非常理想的抽采效果。试验地表井正常可持续运行时间在 200d 以上。工作面回采以后，由钻孔抽采平均瓦斯体积分数可达到 85%，平均抽采瓦斯纯量 3m³/min 左右。通过图 2 可知潘一矿某个试验钻井瓦斯抽采相关的数据趋势，可见试验钻井在工作面过井 70m 左右，瓦斯流量达到峰值约 30m³/min，此时抽采瓦斯体积分数最高值达到 90% 以上，流量随着推进距离的增加缓慢减弱，基本上保持在 15m³/min 左右。

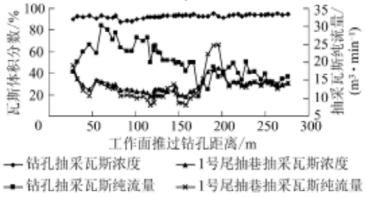

图 2 潘一煤矿某试验钻井瓦斯抽采数据走势

2.4 单一开采层条件基本布井原则

单一大采高条件，在回避陷落柱的前提下，一般选择距离回风巷 40~80m 的区域进行钻井布井，宜采用充填法对采空区顶板进行管理，减缓顶板及覆岩沉降提高钻井安全性。当回采工作面推进到钻井位置前后 1 倍采动影响半径范围内时，应加速通过该区域，以降低回采工作期间的剧烈扰动。地面钻井设计（图 3）：采动区瓦斯地面井身结构主要采用三开的井身结构，一开位于基岩下 30 m，二开布置在裂隙带，三开钻至开采煤层底板内 30m。二开采用局部固井措施，具体位置根据采动影响下不同高位破坏位置的分布高度计算确定；三开为钻井主要产气井段，全程使用筛管。

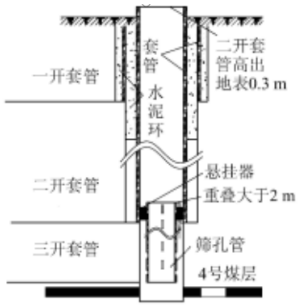

图 3 晋城矿区采动区地面井结构

2.5 煤层气抽采效果分析

晋煤寺河矿及成庄矿实施的地面井抽采试验，收获较好的瓦斯治理成效，抽采瓦斯体积分数基本上能高达 50%~90%，抽采瓦斯纯量峰值 1.35 万 m³/d，平均 0.6 万 m³/d 以上。从寺河矿抽采瓦斯纯量、瓦斯浓度与采煤工作面至井位距离的关系可知，抽采瓦斯纯量、瓦斯浓度在工作面推进井位 3m 左右时，逐渐趋向于稳定，抽采瓦斯纯量达 12000m³/d，瓦斯体积分数约为 85%。在工作面推过井位 350m 后，抽采瓦斯纯量降到 0.3 万 m³/d 左右，瓦斯体积分数维持在 24.3% 左右。通过图 4 可见，地面井还未抽采时，工作面平均瓦斯体积分数为 0.76%，平均风排瓦斯量达 30.4m³/min；地面井进行抽采后，工作面平均瓦斯体积分数降至 0.41% 以下，平均风排瓦斯量降至 16.4m³/min 以下。

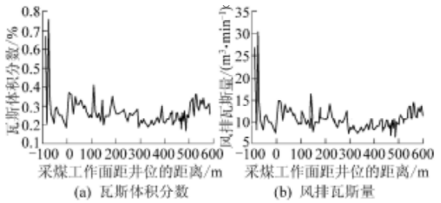

图 4 地面井抽采对工作面瓦斯的影响

3 我国典型赋存条件下的应用前景

3.1 在采矿区使用

在开采地区开采地表井的新方法将有助于从邻近地层中抽出煤层气，至少在这种情况下，当矿井无法进行附近地层的开采时，这种技术应用的关键是改变煤层开采顺序，先是在较低层开采，然后是地面井侵入上部地层，开采低层时，借助于将大量压缩气体卸到上部地层中来开采。从上部地层开采时，地面井仍然可以用来从空隙中提取气体。

3.2 在煤层、矿床开采的应用

从一个矿场表面提取气体是从低渗透层中提取气体的一种经济有效的方法。有效控制工作面上的气体，从工作面附近地区排出、排放和排气，并将气体从裂缝区、上角气体中排出，就天然气区在与采矿规模相称的范围内进行部署，可以有效减轻工作场所对天然气系统的压力。开采矿的表层井将是提取天然气的重要而有效的方法，将有助于在不受时间和时间限制情况下在矿山使用和实施。开采区的地表井对一个采煤层的矿井仍然有良好的抽汲效果，而且由于所提取的气体主要来自井底，极大降低了井底气体的流量和浓度。

3.3 安全技术要求

水泥浆带压封孔技术实施质量，跟钻孔施工质量、注浆压力、注浆量等几个因素相关，为了保证封孔质量以及施工时期安全，提出下面几项要求：①在煤岩层松软易塌孔的施钻地点开钻之前，先施工注浆孔并往煤岩体内注浆，为在钻孔封孔段一定范围内，确保形成人造外壳，保证施钻时候不会塌孔，对钻孔封堵段煤岩裂隙进行充填；②煤巷钻孔布置间距大于 0.8m，岩巷钻孔间距大于 0.5m，方位应满足设计要求，并保证钻孔之间不会出现漏气，可以承受注浆压力；③钻孔采用 Φ94mm 以上的钻头进行，密封孔前，用气压或水清洗孔内的钻屑。装袋后的马丽散应安装在正确的位置，绑扎牢固。密封段中马丽散的数量应根据马丽散的膨胀和压缩来确定，密封管上的马丽散两头缠绕比钻孔直径稍小的破布或棉纱，以控制马丽散在密封段前后方向的膨胀。

4 结束语

矿区地面井煤层气抽采技术是一项专业性较强的技术，抽采技术关系到能否实现安全开采，因此，技术管理人员必须要加强瓦斯抽采技术研究及应用，避免事故的发生，提高利用效率，更好的为开采区安全生产服务。

参考文献：

[1] 张铁岗 . 矿井瓦斯综合治理技术 [M]. 北京 : 煤炭工业出版社 ,2001.