

煤层气矿山地质环境问题类型及形成机理

——以山西蓝焰煤层气矿山成庄区块为例

段丽军,尚长生,曹金亮,张建萍

(山西省地质环境监测中心,太原 030024)

摘 要:针对山西蓝焰煤层气矿山成庄区块开发利用现状,探讨分析了煤层气开采过程中产生的主要矿山地质环境问题类型及其形成机理。结果表明,煤层气开采引发的主要矿山地质环境问题包括:地面基础建设中形成的不稳定边坡易诱发崩塌、滑坡地质灾害;由于排采煤层水破坏上覆岩层与地下水之间的压力平衡,导致松散岩层被压缩而引发的地面沉降;煤层气排采过程对地下水水位以及钻井、压裂过程中钻井液、压裂液等对地下水水质的影响;集气管线、集气站、井场等建设对原有微地貌、植被景观与土地资源的破坏;具有高矿化度、高盐度,并含有少量重金属、无机物的煤层排采水,如发生渗漏对地表水土的污染等。

关键词:煤层气;矿山地质环境问题;地面沉降;地下水

中图分类号:TD167

文献标识码:A

Types and Mechanism of Geological Environment Problems in Coalbed Methane Mines: Chengzhuang Section of Lanyan Coalbed Methane Mine in Shanxi Province

DUAN Lijun, SHANG Changsheng, CAO Jinliang, ZHANG Jianping

(Shanxi Geological Environment Monitoring Center, Taiyuan 030024, China)

Abstract: As for the development and utilization of Chengzhuang section in Shanxi Lanyan Coalbed Methane Mine, the types and mechanisms of major geological environment problems in the mining process of coalbed methane (CBM) are discussed and analyzed. The results show the major geological environment problems as follows: unstable slopes, formed in the ground foundation construction, are easy to induce geological disasters such as collapse and landslide; draining coal seam water destroys the pressure balance between the overlying strata and the groundwater, causing the compressed loose rock formation and land subsidence; CBM drainage process affects groundwater level; drilling fluid and fracturing fluid affect groundwater quality during drilling and fracturing; the construction of gas gathering pipelines, gas gathering stations and well sites destroys the original micro-geomorphology, vegetation landscape and land resources; coal seam drainage water with high mineralization, high salinity, and small amount of heavy metals and inorganic substances, if leakage occurs, will pollute the surface water and soil.

Key words: coalbed methane; mine geological environment problems; land subsidence; under groundwater

煤层气是指储存在含煤地层中,以吸附态和游离态赋存于煤基质颗粒表面、孔隙中或溶解于煤层水中的烃类气体,主要成分为 CH_4 ^[1]。山西煤层气资源丰

富,埋深 2 000 m 以浅的含气面积约 3 59 万 km^2 ,资源量约占全国资源总量的近三分之一^[2]。煤层气资源的开发,可以弥补常规油气资源量不足的现状,但

* 收稿日期:2019-03-10

作者简介:段丽军(1985-),男,山西静乐人,硕士研究生,工程师,从事水文地质、工程地质、环境地质工作。

在开发过程中引起的各类环境问题具有滞后性、隐蔽性,一旦显现,其后果不但严重而且很难恢复^[3],最终将成为制约地面开发的关键问题^[4]。截止目前,国内外针对煤层气开采引起的环境问题主要集中于地下水污染、地表水土污染、植被破坏、大气污染等方面,从矿山地质环境角度进行的探讨相对较少且不够全面和深入,为此,本文结合成庄区块煤层气开发利用现状,探讨分析了煤层气开采过程中产生的主要矿山地质环境问题类型及其形成机理,为我省煤层气资源化利用、矿山地质环境监测体系的建立、矿山地质环境问题的修复提供基础依据。

1 区域概况

山西蓝焰煤层气矿山成庄煤层气开采区块内地层倾角一般小于 10° ,相对平缓;地质构造简单,以北西向单斜构造为主。主要含煤地层为山西组和太原组,可采煤层总厚度 14.23 m。沁水盆地晚侏罗系至早白垩系发生的构造热事件,形成“叠加生烃”或“叠加成气”^[5],为成庄区块提供了丰富的气源。该区煤层气产储能力强,成藏条件优越,气体质量高,使其成为中国高煤阶煤层气勘探开发成效较好的区块之一^[6]。成庄煤层气区块开采的目标煤层为 3 号、15 号煤层,煤层气探明储量 $66.36 \times 10^8 \text{ m}^3$,矿山开采规模 $1 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

2 煤层气开采工序

成庄煤层气开采工序可概括为:钻井—压裂—排采—集输。

钻井工程以立井为主,采用双开结构配以套管完井,一开利用直径 311.15 mm 钻头成井,穿透地表松散岩层至基岩下 10 m 终孔,下入管径 244.5 mm 的套管护孔,采用常规密度钻井泥浆,稳固表层松散岩层;二开利用直径 215.9 mm 钻头,穿透至 15 号目标煤层底板以下 40 m 完孔,下入 139.7 mm 的无缝钢管护孔,管外采用低密度、低固相水基泥浆固井。钻进时加入防塌处理剂和絮凝剂,目标煤层段要求采用清水钻进,水泥砂浆返至煤层以上不少于 200 m^3 。

压裂工程采用水力压裂技术。由于煤层气资源储集于煤层,常伴以低温、低压和低孔渗条件^[8],通过对目标煤层进行水力加压以产生压力裂缝,并注入带有支撑剂(圆度和球度不低于 0.7 的石英砂)的活性水,形成具有一定几何空间和高效导流能力的支撑裂缝,以增加煤储层的透气性,有效联通井筒和

储层^[9-10]。同时,在活性水压裂时,为提高活性水注入效果和防止压裂过程造成地层水敏感性伤害,需加入适量氟碳离子表面活性剂和 1.5%~2% 的氯化钾作为粘土膨胀抑制剂。

排采工程采用排水降压的原理,通过抽排煤层水和压裂水降低目标储层压力,从而使处于吸附态和游离态的煤层气体不断解吸、扩散和运移,并采用磕头机进行地面抽排。

集输工程采用星式管网与支状管网相结合的形式进行集输,各集气站通过集气支线和集气干线呈枝状连接。井场设置简易气水分离器,对采出的煤层气进行初步处理,脱去其中大部分游离水后经集气管线抽采进入集气站;集气站对来自各井的煤层气进行调压后输送到集中处理站进行净化、加压、深度脱水处理,最后将处理好的煤层气用车罐装或通过增压外输管线输送至用户。

3 主要矿山地质环境问题类型

成庄区块煤层气开采过程中引发的矿山地质环境问题主要包括:矿山地质灾害、含水层破坏、地形地貌景观与土地资源占用破坏和地表水土污染等几个方面。

3.1 矿山地质灾害

长时间、大面积、井丛式集聚抽排煤层水,使区域地下水的补径排条件发生改变,破坏了地下水系统之间原有的均衡,造成区域地下含水层水位下降,进而引起上覆松散岩层与地下水之间的压力失衡,导致松散岩层被压缩而引发地面沉降,该问题受煤层气开采工艺影响具有缓变性。此外,井场、管线及道路建设过程中挖填方形成的不稳定边坡,易诱发崩塌、滑坡地质灾害。

3.2 含水层破坏

煤层气开采对含水层的破坏主要表现为煤层气排采过程对地下水水位以及钻井、压裂过程中钻井液、压裂液对地下水水质的影响等。

1)对含水层水位水量影响。钻井工程实施过程中,将贯穿各层含水层,影响了含水层原有的整体结构和补径排条件。水力压裂破坏了煤体完整性,力学强度下降,顶板附近含水层易被导通、涌水量增大,加以煤系地层裂隙承压水向上流量减少甚至发生逆转,进而影响含水层水位、水量,最终造成含水层水位下降。

2)对含水层水质的影响。钻井液包括氯化钾、絮凝剂、乳化剂、润滑剂、柴油、防卡液、降滤失剂、氟

碳离子表面活性剂等,这些添加剂中含有毒有害的氯化钾、木质素铁铬盐、碱、柴油、重晶石等多种污染物,若钻井过程中操作不当,将造成钻井液的跑冒滴漏,并随着水流场运移形成污染羽,甚至导致有水力联系的煤层气井产生污染叠加效应,扩大污染面积,加重污染程度。

3.3 地形地貌景观与土地资源占用破坏

煤层气开采对地形地貌景观的影响主要表现为:建设集气管线及联络线道路、生产管理调度指挥中心、集气站、井场等设施时,采用切坡、平整场地、堆积人工边坡等手段时,对原有微地貌和原生植被的破坏。成庄区块已建设煤层气井场 294 口,集气站 25 座,敷设采气管线、集气支线及集输干线 150.73 km,共计占用破坏土地面积 393.71 hm²,其中形成永久占地 124.61 hm²,临时占地 269.1 hm²。煤层气开采区块建设过程中,对地表有挖损和破坏现象;长期占地破坏原生植被,影响区域地形地貌景观;钻井工程致使局部含水层破坏,造成部分耕地、林地轻度退化,地表局部地段景观协调较低。

3.4 地表水土环境污染

煤层排采水主要以高矿化度、高盐度为特征,并含有少量重金属(As、Cd、Hg、Pb、Zn 等)、无机物(K⁺、Na⁺、HCO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、F 等),其含量远高于地表水土原生环境中的含量,如果排入防渗池的这些水发生渗漏,将与浅层地下水发生化学作用,造成地下水水质类型的改变,进而污染地表水土。

4 结束语

山西煤层气资源丰富,成藏条件优越,煤层气资源的开发,虽可以弥补常规油气资源量不足的现状,改善煤矿安全生产状况,促进煤层气资源的合理利用,但也将不可避免地诱发矿山地质灾害,造成含水层破坏、地形地貌景观与土地资源占用破坏和地表水土污染等矿山地质环境问题。因此,煤层气矿山的开采需以恢复矿山地质环境为目标,完善煤层气矿山地质环境调查、评价、监测、治理技术标准体系,促进矿产资源开发与经济社会和资源环境协调发展。

参考文献:

- [1] 许童玮. 煤层气压裂工艺技术及实施要点分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(19): 183-184.
- [2] 张正喜, 张庆辉. 山西省煤层气资源潜力评价[R]. 太原: 山西省煤炭地质勘查研究院, 2012.
- [3] 李沿英, 康静文. 煤层气地面开采中潜在的生态环境影响分析[J]. 中国煤炭, 2014, 40(3): 124-127.
LI Yanying, KANG Jingwen. Analysis of Potential Ecological Influence During Grounding Mining of Coal Bed Methane[J]. China Coal, 2014, 40(3): 124-127.
- [4] 卢国军, 刘彬, 王力, 等. 中国煤层气储层伤害分析及钻井液储层保护研究现状[J]. 煤田地质与勘探, 2016, 44(2): 121-126.
LU Guojun, LIU Bin, WANG Li, et al. Analysis of CBM Reservoir Damage and Status of Research on Reservoir Protection with Drilling Fluids in China[J]. Coal Geology & Exploration, 2016, 44(2): 121-126.
- [5] 杨起, 汤达祯. 华北煤变质作用对煤层含气量和渗透率的影响[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2000, 25(3): 273-278.
- [6] 王勃, 姚红星, 王红娜, 等. 沁水盆地成庄区块煤层气成藏优势及富集高产主控地质因素[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(2): 366-372.
WANG Bo, YAO Hongxing, WANG Hongna, et al. Favorable and Major Geological Controlling Factors for Coalbed Methane Accumulation and High Production in the Chengzhuang Block, Qinshui Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(2): 366-372.
- [7] 赵万福, 马永明, 胡顺鹏, 等. 煤层气地面开发的外部效应[J]. 煤田地质与勘探, 2012, 40(1): 29-33, 37.
ZHAO Wanfu, MA Yongming, HU Shunpeng, et al. External Effect of Coalbed Methane Development on Surface[J]. Coal Geology & Exploration, 2012, 40(1): 29-33, 37.
- [8] 杨海亮. 煤层气地面开发对环境的影响及防护对策[J]. 能源环境保护, 2009, 23(3): 26-30.
YANG Hailiang. Effects of CBM Ground Development on Environment and Its Protection Countermeasures[J]. Energy Environmental Protection, 2009, 23(3): 26-30.
- [9] 李志有. 地面煤层气开发对矿区水文地质条件的影响[J]. 水利与建筑工程学报, 2013, 11(1): 93-96.
LI Zhiyou. Effects of CBM Ground Development on Hydrogeological Conditions in Mining Areas[J]. Journal of Water Resources Architectural Engineering, 2013, 11(1): 93-96.
- [10] 张亚蒲, 杨正明, 鲜保安. 煤层气增产技术[J]. 特种油气藏, 2006, 13(1): 95-98.
ZHANG Yapu, YANG Zhengming, XIAN Baoan. Coal-bed Gas Stimulation Technology[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2006, 13(1): 95-98.

(编辑: 樊 敏)