

Study on the High Carbon Dioxide in Second Mining Coal Seam of Tangshan

Zhongqiang Sun^{1,2}, Zhongan Jiang¹

¹Civil and Environment Engineering School, University of Science and Technology Beijing, Beijing, China, 100083

²College of Environment Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang, China, 050018

Email: sunzhongqiang80@126.com

Abstract: With the development of economic and the shortage of energy, second mining is an important measure. Based on the production characteristic of small coal in Tangshan, and with years of practice in mine ventilation technology and teaching experience, the result of gas grade appraising is discussed. The reason of high carbon dioxide emission in Tangshan is analyzed, which are abandon coal spontaneous combustion wooden support decayed and geological mining technology. The measures of control high carbon dioxide are proposed. The study result is important to improve safety production in the second mining coal.

Keywords: carbon dioxide; second mining; coal mine; spontaneous combustion

唐山地区复采煤层高二氧化碳的研究

孙忠强^{1,2}, 蒋仲安¹

¹北京科技大学土木与环境工程学院, 北京, 中国, 100083

²河北科技大学环境科学与工程学院, 石家庄, 中国, 050018

Email: sunzhongqiang80@126.com

摘要: 随着社会经济的发展和能源的紧缺, 煤层复采是一项重要的措施。根据唐山地方煤矿生产实际情况, 结合煤矿通风技术实践和教学经验, 对近几年矿井瓦斯等级鉴定的结果进行分析探讨, 分析了唐山地区复采矿井二氧化碳涌出量偏高的原因主要是采空区浮煤自燃、遗留木支架的腐烂及地质、开采技术条件等, 并针对这些原因提出了一些治理措施, 结果对搞好复采煤矿的安全生产具有着重要的意义。

关键词: 二氧化碳; 复采; 煤矿; 自燃

1 引言

20世纪80年代, 地方煤矿、特别是乡镇煤矿蓬勃发展, 唐山地区的地方小煤矿也正是这一时期发展起来的。该地区小煤矿主要位于开平煤田北部, 每个矿的井田范围较小, 一般走向长度只有200~300m, 主要复采原开滦矿务局大矿浅部报废水平内残留煤柱和厚煤层采后剩余的底部煤层和丢弃煤层等。该地区煤层赋存条件差, 有毒有害气体涌出极不稳定, 给矿井开采带来了较大的困难, 严重影响矿井资源回收率。《煤矿安全规程》规定: 采掘工作面的进风流中, 二氧化碳浓度不超过0.5%; 当采区回风巷、采掘工作面回风巷风流中二氧化碳浓度超过1.5%时, 必须停止工作, 撤出人员,

作者简介: 孙忠强(1980-), 男, 河北唐山人, 讲师, 博士研究生, 主要从事安全工程的科研与教学工作。

采取措施, 进行处理。但根据唐山地区近几年小煤矿瓦斯等级鉴定的结果: 该区复采小煤矿CO₂涌出量均偏高。为把井下有限的资源最大限度地回收出来(提高复采率), 延长矿井服务年限和今后矿井生产接替的顺利进行打下坚实基础, 有必要对该地区复采矿井CO₂涌出量偏高的原因进行一下探讨。

2 地质概况及开采条件

2.1 地质概况

唐山地区小煤矿都是复采原开滦赵各庄、马家沟等矿的浅部薄煤层或难采煤层。受地质条件和当时技术条件的限制, 煤炭回收率一般在50%~70%, 造成大量煤炭滞留井下。井下采空区较多且留有許多未回收的各种支架及一些含碳的有机物质。一般, 在下部水

平延伸到一定深度后，上部已回采完毕的采空区，会进行复采以提高资源的回收率。该地区地质构造复杂，井下开采条件恶劣，煤层倾角为 50°~80°，部分矿的煤层呈现直立或倒转状态。

该矿区范围内小煤矿众多，历史上曾多达 200 多个，遍布整个矿区范围内。经过多次关井压产和治理整合后，目前还有 60 多个小煤矿。各复采煤层情况如下：

煤 8：厚度一般在 0.1~2.4m 之间，平均厚度 0.90m，为较稳定可采煤层。顶板为深灰色粉砂岩，含植物化石，黑色粉砂岩之上为细砂岩；底板为灰色粉砂岩，泥质胶结，层理发育，内含大量植物根化石。

煤 9₂：复采煤层，原始煤厚 4.30m，残留厚度一般在 0.80~2.50m 之间，平均厚度 1.5m，为较稳定可采煤层。顶板为黑色炭质页岩及褐色斑状粘土岩，黑色粉砂岩之上为细砂岩；底板为黑色粘土岩，岩性致密均一，有明显的水平层理，中间夹有黑色的砂质粘土岩。

煤 12：复采煤层，原始煤厚 6.50m，残留厚度一般在 0.65~2.0m 之间，平均厚度 1.20m。顶板为黑色粘土岩，含植物化石，黑色粉砂岩之上为细砂岩；底板为深灰色泥质岩，质软，不稳定。泥岩下为细砂岩，有明显的水平层理，中间夹有黑色的砂质粘土岩。

煤 13：属不稳定煤层，原始厚度 0.45~0.91m，煤层平均厚度 0.84m，为局部可采薄煤层。

煤 14：属不稳定煤层，原始厚度 0.82~1.21m，煤层平均厚度 1.1m，为局部可采薄煤层。

2.2 小煤矿开采现状

(1) 该类小煤矿，井田范围都较小，井田开拓布置不合理。通常将井筒布置在井田浅部边界，采用中央并列机械抽出式通风，实行下山开采，矿井通风系统复杂，特别是矿井生产后期通风线路长，通风阻力大，事故隐患多。

(2) 井田一般采用立井单水平罐笼或箕斗混合提升形式。2006 年核定生产能力大多为 6 万 t/a。

(3) 地质勘探资料精度不够。开采原开滦矿区井田边角煤柱、断层煤柱、区段煤柱及上山煤柱，对井田地质构造和煤层赋存情况难以准确判断，往往造成采掘失调。采准巷道以探煤为主，巷道弯弯曲曲，布置极不规范，给回采工作造成一定困难。

(4) 机械化程度低，矿井装备技术水平较差，受资金、技术力量限制，小煤矿采煤、掘进、运输等生产环节都没有实现机械化，采煤工作以炮采工艺、手工作业为主，工人劳动强度大，劳动效率低；以伪倾斜柔性掩护支架和短壁式采煤法为主，工作面长度较短，一般只有 20~30m。

(5) 采准巷道和采场支护主要采用木棚支护，极少数采用金属支架支护，支架性能较差，且不易回收。

(6) 有些小煤矿采、掘不分，采煤系统不完善，防灾和抗灾能力差。甚至有的井下还存在串联通风的现象；有的工作面不完全负压通风，实行局部通风机通风。

3 瓦斯等级鉴定的结果及分析

3.1 矿井瓦斯等级鉴定的结果

瓦斯等级鉴定采用现场测定采煤工作面、总回风瓦斯浓度和 CO₂ 浓度，并现场取气样、实验室采用矿井空气气象色谱仪检测瓦斯浓度相结合的方式，确定矿井瓦斯、CO₂ 浓度。在矿井正常生产过程中，八月的上、中、下三旬各取一天，分别对矿井的通风量和瓦斯、CO₂ 浓度进行测定，每天测 3 次。所测得的结果如表 1：

Table 1 Reason of gas grade appraising
表 1 瓦斯等级鉴定结果

矿井名称	绝对瓦斯涌出量 (m ³ /min)	相对瓦斯涌出量 (m ³ /t)	绝对 CO ₂ 涌出量 (m ³ /min)	相对 CO ₂ 涌出量 (m ³ /t)	自然发火等级	自然发火期 (月)	煤尘爆炸指数 (%)
开平恒通煤矿	0.32	4.6	0.73	10.5	II	6	32.21~45.0
开平兴源煤矿	0.44	6.3	0.75	10.8	II	6	32.21~45.0
开平四海	0.21	1.5	1.56	11.23	II	6	32.21~45.0

煤矿开平顺达煤矿古冶华城煤矿古冶兴旺煤矿

0.11	1.58	0.82	11.8 1	II	6	32.21 ~45.0
0.17	2.45	0.86	12.3 8	II	6	32.21 ~45.0
0.09	1.30	0.79	11.3 8	II	6	32.21 ~45.0

从表 1 中可以看出，该地区煤矿为低瓦斯矿井，但是相对 CO₂ 涌出量偏高，属高二氧化碳矿井，煤炭易自燃，发火期仅为 6 个月，且煤尘具有爆炸性。根据《煤矿安全规程》规定：高二氧化碳矿井按高瓦斯矿井管理，所以有必要对该地区的矿井高碳原因进行分析，以采取措施，确保矿井的生产安全。

3.2 CO₂ 涌出偏高的原因分析

(1) 随着开采深度的增加，煤层中 CO₂ 含量也增大；由于上部煤层的开采，采场附近的地应力得到了充分的释放，下部煤层在失去应力制约后，煤体开始膨胀变形，引起煤层裂隙节理的发育，为煤层中吸附 CO₂ 的解析和向采空区大量逸散创造了有利条件。

(2) 结合有关技术资料对该地区所有小煤矿的通风系统进行了全面调查，并对每个通风设施都进行了详细的检查。理论上，封闭的采空区空气有与外界大气压力取得平衡的趋势；在气压稳定和封闭的条件下，采空区 CO₂ 浓度处于比较稳定的状态，不会大量向外涌出。只有外界条件发生变化时，采空区向外漏风量增加，从而才出现 CO₂ 大量涌出的现象。在矿井通风系统中不论是总体还是局部，其风流流动规律必然遵循通风阻力定律，即：

$$h = R \times Q^n \tag{1}$$

式中： h ——矿井通风总阻力或局部区段的通风阻力即风流流动始末两点间的压差，Pa；

Q ——矿井总风量或局部区段的风量，m³/s；

R ——矿井通风总风阻或局部区段风阻，N·s²/m⁸；

n ——漏风风流流态指数， $n=(1\sim2)$ ；

为了研究漏风的方便，把公式换算成如下形式：

$$Q = (h / R)^n \tag{2}$$

由公式 (2) 可以看出，要使采空区漏风量 Q 增加，有两种可能，即 R 变小或 h 增大。在通风系统内没有发生明显的密闭损坏的情况下， R 一般不会发生改变，漏风量的增加是 h 增大所造成的。因为采空区内的空气在大气压力稳定的情况下，内外压差已经趋近平衡，大气压力发生变化时，这种平衡关系就被打破。当大气压力升高时，向采空区漏风压差为正值，向采空区漏风增加；大气压力降低时，向采空区漏风压差为负值，采空区向外漏风量增加，采空区 CO₂ 随之涌出，使井下 CO₂ 浓度偏高。

(3) 依据煤科总院抚顺分院煤炭自燃倾向性鉴定报告结果：9、12 煤层为 II 类自燃，自然发火期仅为 6 个月，煤炭易自燃。因为该区开采年限较早，浅部在 20 世纪六、七十年代已开采完毕，浮煤不容易被压实，而且当时开采技术条件较差，漏风缓慢渗入，这样为老采空区内煤层提供足够的 O₂，增大了浮煤与 O₂ 接触的机会，这样就可能导致煤炭自燃。由于煤炭自燃使煤层里产生 CO₂，当复采时，CO₂ 开始涌出，造成 CO₂ 涌出量较以前偏高。特别是初采结束后，隔堵采空区的密闭质量不可靠，并且历史上曾经有小煤矿群采的现象，造成了严重的漏风，因此，复采时更易产生 CO₂。

(4) 由于早期煤矿开采技术条件比较落后，采区基本使用木支架支护。而且该区是急倾斜煤层，采煤方法主要以落垛式非正规采煤方法为主，这样木支架很难回收，使木支架直接留在采空区内，经过几十年的时间，密闭区内的木支架与各种物质经过复杂的化学反应，就产生了 CO₂ 等一些有毒有害气体，加之长期停止通风，煤、岩层中涌出的有毒有害气体得不到及时排除，积聚在采空区、冒落区和盲巷中，使复采时 CO₂ 涌出浓度较高。

(5) 有些小煤矿的通风系统不完善，甚至有的矿井超层越界开采，超能力生产，使矿井 CO₂ 涌出量较高。

4 高 CO₂ 矿井开采的的几点建议

(1) 选择合理的通风方式和方法，保证有足量的

新鲜风送到工作面,使井下 CO₂ 及各种气体浓度稀释到《煤矿安全规程》的要求;防止作业面微风或无风,工作面供风不足,巷道中风速过小或风流不稳定;防止矿井外部漏风大,不能按要求反风等。

(2) 生产过程中,要加强“一通三防”管理;加强 CO₂、瓦斯的监测监控及预测分析,发现异常及时采取有效措施,避免事故发生。

(3) 加强职工安全培训教育,提高职工的业务素质和技术水平,增强预防能力,避免“三违”现象。

(4) 加大安全投入,购买先进的安全设备,引进先进的技术和有经验的高级人才,从而提高安全管理水平,企业要经常组织安全检查,对查出的隐患要及时整改,对重大危险源要进行监控并制定相应的应急措施,确保小煤矿的安全生产。

(5) 政府加强安全监管力度,强化安全生产意识,严禁超能力生产和超层越界开采。进行资源整合,将现有相邻的多个小煤矿整合,进行改、扩建工作,提高矿井生产规模,实现合理集中生产;采用先进实用的采煤方法。

(6) 尽量减少或取消木支护,采用先进的支护方式,防止顶板的冒落;加强地质资料的收集和勘探工作,加强采空区管理,杜绝采空区煤炭自燃导致火灾事故的发生,减少二氧化碳的产生源;将采空区的位置、尺寸以及影响范围标在采掘工程平面图上;对地质构造等变化引起的采掘事故要提前预测并编制应急预案。

结 语

地方小煤矿是我国煤炭工业的重要组成部分,为国民经济的发展作出了重要的贡献。但由于复采残留煤层

的小煤矿地质条件复杂,矿井机械化程度低、生产技术和管理水平较低,开采困难,井田范围小,开采煤层 CO₂ 涌出量高,给通风造成了一定的困难。针对小煤矿后期进行的残采复采,在生产过程中更应狠抓安全工作,多渠道地采取一些安全技术措施,保障工人生命安全、确保生产正常。只要深入研究和加强技术及现场安全生产管理,便可以在确保安全生产的前提下搞好复采工作,提高煤炭资源回收率和企业经济效益。

References (参考文献)

- [1] Zhai Xinxian, Shao Qiang, WANG Kejie, *etc.* Mining Technology Study of Small Coal Collieries in Secondary Coal Seams Mining[J], China Safety Science Journal, 2004, 14(4), P47-50. 翟新献, 邵强, 王克杰等, 复采残采煤层小煤矿开采技术研究[J], 中国安全科学学报, 2004, 14(4), P47-50.
- [2] Wang Jiuming, On some questions on promoting a streamlined development of medium and small coal mines [J], China coal, 2003, 29(2), P24-25. 王玖明, 规范中小煤矿发展的几个问题[J], 中国煤炭, 2003, 29(2), P24-25.
- [3] Chen Shijie, Causes of Goaf Gas Emission and Controlling in Hongqi Coal Mine [J], Safety in Coal Mines, 2005, 36(1), P56-57. 陈世杰, 红旗煤矿采空区瓦斯涌出原因及其治理[J], 煤矿安全, 2005, 36(1), P56-57.
- [4] Law of the People's Republic of China on Safety in Mines [M]. 煤矿安全规程[M].
- [5] Geology of Zhaogezhuang coalmine[R]. 开滦赵各庄矿地质报告[R].
- [6] Huang Yuanping, Mine Ventilation [M], Xuzhou: Journal of China University of Mining & Technology Press, 1986. 黄元平, 矿井通风[M], 徐州: 中国矿业大学出版社, 1986.
- [7] Zhi Yuanheng, Discussion of the control technology in the mining of deeply inclined thick coal seam delaminating mine [J], Gansu Science and Technology, 2007,23(11), P144-145、69. 支元恒, 急倾斜 CO₂ 突出厚煤层分层放顶煤开采防治技术分析[J], 甘肃科技, 2007, 23(11), P144-145、69.