

南方中小煤矿煤与瓦斯突出特征及防治技术

潘锡辉¹, 谢东海²

(1.湖南煤业集团 金竹山矿业公司, 湖南 冷水江 417500;2.煤矿安全开采技术湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201)

摘 要:通过分析土朱煤矿近年来煤与瓦斯突出特征、突出原因、突出规律,采取突出预测预报、防治措施、效果检验和施工验证等,得出了该矿工作面突出预测预报敏感指标临界值为:瓦斯涌出初速度临界值($q_{初}$)5 L/min,钻屑量指标(S_{max})6 kg/m,钻屑瓦斯解吸指标(K_1)0.5 ml/g·min^{1/2};生产实践表明,区域性防突技术(上保护层开采和瓦斯抽放)和局部防突措施(如采用深孔松动爆破、水力冲孔、排放钻孔、金属骨架和超前钻孔等)相结合,能较好地解决土朱矿开采煤层群的防突问题。

关键词:煤与瓦斯突出; 中小煤矿; 预测指标; 防治技术

中图分类号:TD713

文献标识码:A

文章编号:1674-5876(2010)02-0044-04

煤与瓦斯突出是煤矿井下一一种极其复杂的动力现象.迄今还没有一个公认的理论,绝大多数研究者同意这种观点,即煤与瓦斯突出是地应力、瓦斯和煤的物理力学性能 3 个因素综合作用的结果.由于煤与瓦斯突出至今尚未根治,仍然是威胁煤矿安全生产的一大自然灾害,加之突出的本质也有待彻底查明,所以世界各国对煤与瓦斯突出的研究还将继续.我国南方煤矿的煤与瓦斯突出具有其特殊性和复杂性,其中一个重要原因是这类煤矿的地质构造相当复杂,从而使得这类煤矿具有地质构造变化大、煤层瓦斯压力大、煤层瓦斯含量大、煤层瓦斯透气性系数小、井型小(“三大二小”)等特征,即属于典型的南方中小煤矿的特征,全面研究这类煤矿的煤与瓦斯突出特征、机理和防治措施是十分必要的.

在煤与瓦斯突出预测预报方面,我国新颁布的《防治煤与瓦斯突出规定》中有相应的规定,但对于这类极其复杂的突出,欠实用性.如何结合我国南方煤矿的实际条件,研究实用的预测预报技术,探求预测预报的敏感性指标,直至采取行之有效的预防措施,是当前南方煤矿防治煤与瓦斯突出的一项重要工作.

1 矿井概况

土朱煤矿位于金竹山矿区南部中段,井田西南起石子岭断层及 1 勘探线西 200 m,与一平硐矿井相邻;东南至 39 勘探线与托山相接,东北至 88 勘探线与石湾井田相接,深部至 -300 m 标高,走向长东南翼为 4.4 km,西北翼为 2.9 km,倾向宽为 3.4 km.该矿井是典型的南方中小型矿井,其地质构造变化大、煤层瓦斯压力大、煤层瓦斯含量大、煤层瓦斯透气性系数小、井型小(“三大二小”)等特征.该矿 1970 年投产,矿井设计生产能力 0.4 Mt/a,核定年生产能力为 0.25 Mt/a,2005 年实际生产原煤 0.26 Mt,可采煤层属于高变质程度的无烟煤,煤层不自燃,煤层无爆炸危险,有煤与瓦斯突出矿井.

该矿井田内共含煤 7 层,从上至下依次为 1[#],2[#],3[#],4[#],5[#],6[#],7[#] 煤,属于近距离煤层群,各煤层间的平均间距为 6~8 m.煤层倾角为 5°~70°,其中东南翼倾角平均 35°,西北翼平均 75°,向斜中部平均倾角 25°.其中 1[#],6[#],7[#] 煤层为不可采煤层,2[#],4[#] 煤局部可采,主采 3[#],5[#] 煤,可采煤层总厚 5.01 m.矿井 2[#],3[#],4[#] 煤为无突出危险煤层,5[#] 煤层存在有较多的分支构造煤,具有强突出危险,6[#],7[#] 煤层为突出煤层;含煤系数为 6.54%,可采煤层

收稿日期:2010-04-14

基金项目:国家安监总局资助项目(07-210.08-204);湖南省煤监局资助项目(07-05.HN08-20.HN09-01.HNMJ10-06)

通信作者:潘锡辉(1968-),男,湖南娄底人,工程师,研究方向:煤田地质与安全开采技术.E-mail:jzspsh@163.com

含煤系数为 6.2%,且为不稳定 - 较稳定型.煤质特征见表 1、表 2,煤层柱状见图 1.

表 1 土朱矿煤质工业分析

Tab.1 Analysis of coal quality industrial index in Tuzhu mine

煤层	水分 /%	灰分 /%	挥发份 /%	固定碳 /%	发热量 /(kJ/kg)
2 [#]	1.9	17.85	8.66	76.40	28 257
3 [#]	2.2	14.00	6.82	79.71	29 966
4 [#]	2.7	13.60	9.68	78.87	29 799
5 [#]	1.9	7.50	7.23	83.50	31 902

表 2 土朱矿可采煤层特征

Tab.2 Coal layer characteristics in Tuzhu mine

煤层	煤质 牌号	煤层 厚度 /m	层间 距 /m	容重 /(t/m ³)	顶板岩性	底板岩性
2 [#]	WY	3.60	12.5	1.45	砂岩、砂质泥岩	砂质泥岩、砂岩
3 [#]	WY	3.86	10.0	1.45	砂质泥岩、砂岩	石英砂岩、砂质泥岩
4 [#]	WY	2.45	9.0	1.45	石英砂岩、砂质泥岩	石英砂岩、砂质泥岩
5 [#]	WY	9.23		1.45	石英砂岩、砂质泥岩	砂质泥岩

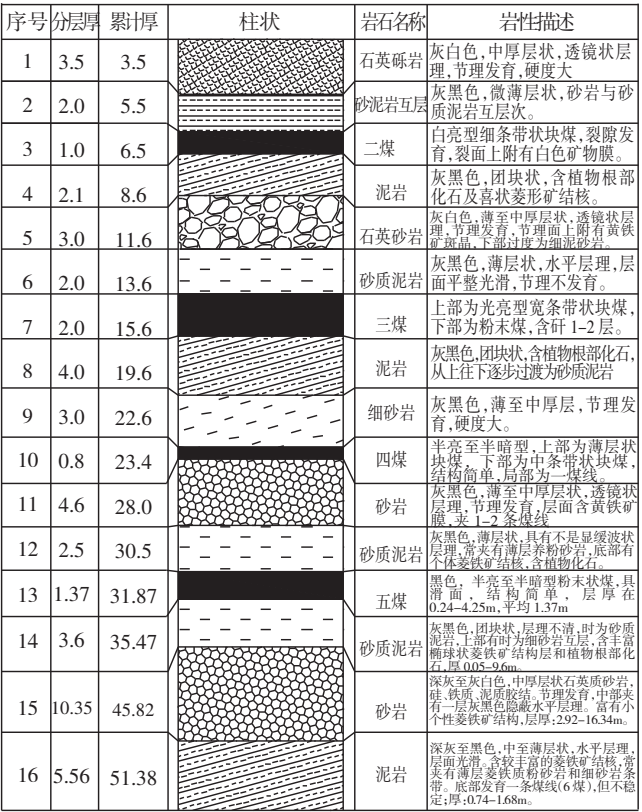


图 1 土朱矿地质柱状图

Fig.1 Geological column in Tuzhu mine

2005 年该矿进行了瓦斯鉴定,矿井相对瓦斯涌出量 15.98 m³/t,绝对瓦斯涌出量 8.52 m³/min,瓦斯压力为 0.35~1.512 MPa. 从建井以来,共发生了 22 次(截止 2005 年)煤与瓦斯突出,其中最大突出强度为 1 100 t,平均 112 t,最大喷出瓦斯量 43 000 m³.研究该矿煤与瓦斯突出规律,对于该矿防治煤与瓦斯突出具有重大的现实意义.

土朱矿采用隧洞、暗斜井开拓.分二个水平开采,其中:一水平开采标高为 -50 m 以上,划分 7 个采区

(东南翼的 11,13,15 采区,西北翼的 14,16 采区,中部的 10,12 采区),已经采毕.二水平采用暗斜井延伸,共划分为 5 个采区(21,23,25,22,24 采区),开采标高 -50 ~ -250 m,现正在开采的是 21 采区(采用剃头下山开采)和 23 采区,21 采区已采至 -85 m 标高.由于接替紧张,采用了跳采方式布置工作面.土朱矿井各采区均采用联合布置,即:在 5[#] 煤的底板设置岩石集中运输大巷,采用采区前进、区内后退式的开采顺序,各煤层自上而下进行开采,采煤工作面采用走向长壁后退式采煤法,采煤工艺为炮采(落煤方式为爆破,支护方式为单体液压支柱加铰接顶梁).

2 煤与瓦斯突出的基本特征与原因

由土朱煤矿建矿以来发生的几起典型的煤与瓦斯突出事故可知,该矿的煤与瓦斯突出具有如下特征:突出的煤量较大;涌出的瓦斯较多;突出的煤块抛掷距离长、堆积角小、分选性好.现就几起典型的煤与瓦斯突出事故^[1-2]进行分析见表 3.

表 3 土朱矿煤与瓦斯突出典型事故

Tab.3 Typical Accident of coal and gas in Tuzhu mine

序号	事故 发生时间	事故 发生地点	事故特征	事故 伤亡情况
1	1976-09-08	12 采区轨道下山底板巷道	突出煤岩量达 1 100 t,抛掷距离 90 m;喷出瓦斯 43 000 m ³ ,风流逆转 2 200 m.	重伤 2 人
2	1995-07-28 早班	23 采区 -50 m 回风石门	突出煤量 480 t,突出瓦斯 28 440 m ³ ,突出物抛掷距离 92 m.	无人员伤亡
3	1996-07-28 早班	23 采区底板运输上山	突出煤矸石 180 t,涌出瓦斯 8 000 m ³ .	2 人死亡

表中事故主要有如下原因:

1)底板巷道施工时,由于煤系地层地质条件复杂,煤层变化大,容易造成误穿煤层而发生煤与瓦斯突出.如表中第 1,3 两起事故都是在掘岩石巷道时误穿 7[#] 煤,5[#] 煤发生的煤与瓦斯突出事故.

2)煤与瓦斯事故都是发生在地质构造变化区域.第一起事故发生地点位于两断层之间,地堑式构造,煤层厚度变化大,厚度为 0~2.7 m;第二起事故发生在地质构造复杂带,该地点存在一系列的压性断层、褶皱等紧密构造,煤岩中构造应力较大,造成煤的原生结构破坏;第 3 起事故的发生正处于 5[#] 煤底板构造带,该区域存在一大型底板逆断层,落差最大 200 m 以上,倾角为 45°~60°,同时通过 6[#] 和 7[#] 煤层,逆断层往往是瓦斯富集带和应力集中带.

3)巷道施工的预测和防治措施不到位.如第一起事故发生前根本没有采取任何预测和防突措施;第二起事故是我国颁布和实行《防治煤与瓦斯突出实施细则》的第一年,预测准确率低和防突措施不力,如石门

顶部煤层十分松软、易跨落,没有较好的护顶措施,另外是采取的金属骨架施工质量差;第3起事故的主要原因是采掘工程中没有及时实行复杂地质构造地段的预测预报,以致发生误穿突出煤层的故事。

3 煤与瓦斯突出规律分析

1)地质构造复杂是煤矿煤与瓦斯突出的主要原因。历年突出资料统计表明:土朱矿发生突出的均处于地质构造变化区域。由于这些区域受水平和垂直方向地应力的综合影响,井田内产生一系列的逆断层、褶皱等紧密构造,导致煤岩层中构造应力集中;同时,逆断层构成一个封闭空间,使得煤岩透气性大大降低,瓦斯易于积聚而压力升高;另外地质构造减低煤体强度,增大煤层的突出危险性。

2)煤层厚度突变和煤的力学性能减弱给瓦斯突出创造了条件。该矿井的5[#]、6[#]、7[#]煤均为突出煤层,其中5[#]煤可采,6[#]、7[#]煤不可采,5[#]煤由于其底板构造影响导致在其底板中出现分岔煤层(“吊肚煤”),并且切过6[#]、7[#]煤层,一直延伸到石磴子灰岩,煤层厚度为0~5.6 m,煤层倾角变大,甚至直立,煤层异常酥松。历年统计资料表明,在这一区域进行采掘工作所发生的煤与瓦斯突出次数占到矿井总突出次数的68%,是矿井瓦斯治理的重点区域。

3)采掘活动过程的预报准确率不高是造成煤与瓦斯突出的直接原因。在矿井的石门揭煤和底板巷道掘进施工过程中,由于没有及时进行预测预报,造成误穿构造带内煤层突出次数达15次之多,占矿井总突出次数的80%。石门揭煤过程中发生的煤与瓦斯突出达6次,占总突出次数的32%,还发生过延期突出3次。因此,在矿井巷道工程布置和设计方面应尽量减少揭煤的次数,同时加强这一区域的瓦斯抽放。

4)采掘生产方式不当容易导致煤与瓦斯突出。在进行历年资料的统计分析中发现,手镐落煤工艺容易诱发煤与瓦斯突出,其引发的突出次数多达13次;爆破作业也易于导致煤与瓦斯突出,一方面是爆破本身所产生的动力诱发煤与瓦斯突出,另一方面是爆破后煤层容易垮落,漏空顶板而造成煤与瓦斯突出。

4 煤与瓦斯突出防治技术

土朱矿区煤与瓦斯突出特征、原因及规律的分析表明,加强煤层地质的勘探和做好煤与瓦斯突出的预测预报工作相当重要,特别要探求适合本矿的预测预

报的敏感指标,在此基础上采取合适的防治措施,就可以取得较好的效果。

1)突出危险性预测预报的敏感指标研究。在此研究过程中采用了MD-2瓦斯解吸仪、ATY突出预测参数仪、WTC突出预测参数仪、A-1监测系统等设备。石门揭煤时主要采用瓦斯涌出初速度法和钻屑指标法进行预测。从两个方面判断一种指标是否敏感,一方面根据测试指标值是否随着突出危险性的大小明显变化;其次考虑影响指标值的突出危险因素是否大于测定误差等外部条件和人为因素。采取测定值统计结果分布、指标与其他敏感指标对比,确定其敏感性突出指标^[9]。初步获得适合本矿的预测预报敏感指标临界值,瓦斯涌出初速度临界值(q_{ml})为5 L/min,钻屑量指标(S_{max})为6 kg/m,钻屑瓦斯解吸指标(K_1)为0.5 ml/g·min^{1/2}。该矿从1990年开始危险性预测预报以来,先后在工作面预测614次,有581次预测无突出危险,实施措施33次,效果检验均获得了较好的效果,安全指导巷道掘进超过2 000 m,减少了实施措施时间超过20 000 h,节省了大量防突措施工程和节约了直接工程费用35万多元;但在预测预报过程中存在劳动强度大、只能静态预测等的缺点。

2)区域性防突措施及其效果研究。有关研究表明^[4-6],采取区域性措施防治煤与瓦斯突出问题,防突效果范围大,可以节省大量的防突时间和工程,是煤矿应该优先发展的方向。土朱矿多年来采用开采上保护层技术和瓦斯抽放技术的区域性措施,即在5[#]煤上方先开采了没有煤与瓦斯突出的2[#]、3[#]、4[#]煤,同时,在2[#]、3[#]、4[#]煤开采过程中进行瓦斯抽放,安全开采工作面近20个,回采煤炭近5 000 000 t,取得了较好的防突效果。

3)局部防突措施及其效果研究。有关研究表明^[7-10],除了上述区域防治煤与瓦斯突出的措施外,在掘进工作面仍应采取局部防突措施,才能从根本上杜绝煤与瓦斯突出事故。土朱矿针对石门揭煤突出严重的实际情况,先后采用金属骨架、排放钻孔、超前钻孔、深孔松动爆破、水力冲孔和瓦斯抽放等防突措施,特别是超前钻孔技术、排放钻孔技术和瓦斯抽放,技术成熟,已经成功地应用在近40多个石门揭煤的工作面,取得了较好的防突效果。

5 结论

1)该矿的煤与瓦斯突出事故具有显著的特点:煤与瓦斯突出的地点均处于地质构造变化带和煤层厚度变化带,石门揭煤和底板巷道掘进揭煤是防突工作的

重点,5# 煤构造煤是防突的难点.中小煤矿的瓦斯突出大都与地质构造变化带具有较大的相关性.

2)土朱矿的煤与瓦斯突出预测预报敏感指标临界值分别为:瓦斯涌出初速度临界值(q_{ml})5 L/min,钻屑量指标(S_{max})6 kg/m,钻屑瓦斯解吸指标(K_1)0.5 ml/g·min^{1/2}.因此,寻求适合中小煤矿具体生产条件的煤与瓦斯突出预测预报敏感指标的临界值尤为重要.

3)采取上保护层开采技术和瓦斯抽放技术,是该矿区域性防治煤与瓦斯突出的有效措施,但对突出的机理和防突效果有待进一步的研究.

4)采用金属骨架、排放钻孔、超前钻孔、深孔松动爆破、水力冲孔和瓦斯抽放等局部防突措施,较好地解决了石门揭煤的防突问题,超前钻孔、排放钻孔措施和瓦斯抽放是土朱矿近年来主要的且较为规范的局部防突措施.

参考文献:

- [1] 肖红飞,刘黎明. 土朱矿煤与瓦斯突出特征及其防治方法[J]. 矿业安全与环保,2002,29(6):40-41.
XIAO Hongfei, LIU Liming. Coal and gas outburst features and its prevention and control technique in Tuzhu mine mining [J]. Safety & Environmental Protection,2002,29(6):40-41.
- [2] 刘黎明,肖红飞. 金竹山矿区煤与瓦斯突出事故分析及预防措施[J]. 煤炭技术,2002,22(11):32-34.
LIU Liming, XIAO Hongfei. Analysis and protective measures of coal or gas outburst in Jinzhushan Coal Mine[J]. Coal Technology, 2002,22(11):32-34.
- [3] 赵旭生. 煤与瓦斯突出预测敏感性指标及其临界值的确定方法[J]. 矿业安全与环保.2007,34(3):28-30,52.
- [4] 马丕梁,蔡成功. 我国煤矿瓦斯综合治理现状及发展战略[J]. 煤炭科学技术,2007,35(12):7-11,16.
MA Piliang, CAI Chenggong. Present status and development strategy of gas comprehensive control in China coal mine [J]. Coal Science and Technology,2007,35(12):7-11,16.
- [5] 张铁岗. 矿井瓦斯综合治理技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,2001.
ZHANG Tiegang. Technology of integrated pest control gas in coal mines [M]. Beijing: Coal Industry Press,2001.
- [6] 邵景忠. 区域性防治瓦斯突出措施-保护层的分类、作用原理及应用[J]. 煤炭技术,2008,27(6):91-92.
SHAO Jingzhong. Measures of regional prevention and cure gas outburst-classify, function and application of releasing coal seam[J]. Coal Technology, 2008,27(6):91-92.
- [7] 白福臣,齐庆杰,黄伯轩. 回采工作面煤与瓦斯突出规律与预防[J]. 阜新矿业学院学报,1993,12(3):1-6.
BAI Fuchen, QI Qingjie, HUANG Boxuan. The law and prevention of working face coal-and-gas outburst[J]. Journal of Fuxin Mining College, 1993,12(3):1-6.
- [8] 蒋承林. 石门揭煤条件下动力现象的三分类预测研究[J]. 煤炭学报,1997,22(4):406-409.
JIANG Chenglin. Prediction study of three dynamic force phenomena under the condition of uncovering coal seam in cross cut[J]. Journal of China Coal Society,1997,22(4):406-409.
- [9] 刘金海,冯涛,谢东海. 煤层突出危险性预测的可拓方法[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2008,23(3):28-31.
LIU Jinhai, FENG Tao, XIE Donghai. The extension method for risk prediction of coal seams outburst [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology(Natural Science Edition), 2008,23(3):28-31.
- [10] 胡宝军. 石门揭煤综合防治突出技术[J]. 矿业安全与环保,2004,31(4):56-57.
HU Baojun. Technology of integrated pest control in cross cut of coal-and-gas outburst[J]. Safety and Environmental Protection,2004,31(4):56-57.

Study on characteristics and preventive measures of coal and gas outburst of the medium and small coal mines in the south part of China

PAN Xihui¹, XIE Donghai²

(1. Jinzhushan Mining Company, Hunan Coal Industry Group, Lengshuijiang 417500, China;

2. Hunan Provincial Key Laboratory of Mine Safety and Mining Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: The paper analyzed the characteristics, reasons and rules of coal and gas outburst of Tuzhu coal mine, and investigated the relevant preventive measures, effect of construction inspection and verification which have been used in recent years. Studies have shown that the critical value of sensitive indicator of outburst forecast at coal mine working face are: the critical value is 5 L/min of initial velocity of gas emission (q_{ml}), the amount is 6kg/m of drill cuttings (S_{max}), the desorption indicator is 0.5 mL/g·min^{1/2} of drill cuttings gas (K_1); regional outburst prevention techniques and localized outburst prevention techniques which have been taken in Tuzhu coal mine, are better solutions to the outburst preventive problems of the seam group mining.

Key words: coal and gas outburst; medium and small coal mines; predictive indicator; preventive measures