

焦坪矿区油气伴生特性及其对瓦斯爆炸极限的影响

封 华¹ 徐永亮² 任万兴²

(1. 陕西铜川矿务局下石节矿; 2. 中国矿业大学能源与安全工程学院)

摘 要:焦坪矿区属于典型的煤油气共生矿区, 特殊的瓦斯赋存, 使得该矿区的瓦斯防治工作难度加大。通过理论分析计算和实测瓦斯含量, 得出了瓦斯爆炸极限的变化趋势, 为矿区的瓦斯防治提供了依据。

关键词:瓦斯; 油气伴生; 爆炸极限

中图分类号:TD712⁺.72

文献标识码:B

文章编号:1009-5683(2007)07-0053-02

1 引言

陕西铜川矿务局焦坪矿区含煤地层为延安组, 其平均厚度为 40~80m。含有煤 8 层, 仅 4-2[#] 煤层为区内唯一可采煤层, 属中灰、中硫、低磷、高挥发分的长焰煤、弱粘结煤、不粘结煤; 厚 0~34m, 一般 8~12m, 属中硬特厚煤层, 赋存较稳定, 适合机械化开采。本矿区位于鄂尔多斯盆地东南缘, 构造简单, 断层较少, 地层平缓。地质构造以起伏不大的宽缓褶皱为主, 构造线以东西向、北东向为主, 次为北西向, 少数南北向。褶皱宽度一般 2~5km, 走向长为 12~45km, 倾斜长 40~200m, 倾角 2°~10°, 褶皱的幅度、倾角随地层由老到新而变小。4-2[#] 煤层属极易自然发火煤层, 发火期 3~6 个月, 最短 24d。直接顶板为泥岩、砂质泥岩、粉砂岩; 老顶为中粒砂岩, 厚度变化较大。底板为铝质泥岩, 遇水极易膨胀。

焦坪矿区属于典型的煤油气共生矿区, 主要生产矿井为陈家山、下石节和玉华矿, 瓦斯赋存特殊, 除了煤层含有瓦斯外, 由于煤系地层存在四个含油层(顶板 3 个、底板 1 个), 使得煤层顶板和底板砂岩层也富含瓦斯和油气。由于煤层高瓦斯的易自燃特性, 同时存在油气伴生, 使得该矿区瓦斯防治以及防火工作更加困难。

2 焦坪矿区油气伴生现象

矿区共打勘探钻孔 300 余个, 大部分钻穿侏罗系煤层后完钻, 其中见油气显示钻孔数为 83 个, 约占 28%, 均位于侏罗系安定统、直罗统、延安统及三叠系的延长统等四套地层内。油气显示分为五级, 即大量、较多、含油、少量、微量。据测定^[1,2], 原油赋

存于圈闭的透镜状、粗粒砂体中。

在该矿区内, 由于地质条件的差异, 其油气伴生现象也不尽相同。如下石节煤矿在一采煤巷道中曾有持续一星期日产原油 10~120m³ 的记录, 一个月内累积产量 1300m³。而陈家山煤矿 1979 年四采区大巷掘进头油气喷出, 最大产油量达 30t/d, 持续数十天。

焦坪矿区的油气分布与煤层分布有密切关系^[1,3]。该矿区油气显示主要分布于聚煤中心带煤层的上、下部砂岩层中, 特别是煤层上部的延安组和直罗组砂岩层, 有时也见于白垩系砂岩, 而煤层不发育、构造圈闭良好的七木背斜轴部一带无油气显示。

3 瓦斯爆炸极限计算

根据焦坪矿区的地层赋存条件推测, 在焦坪矿区的三家煤矿, 其油气伴生气态产物中主要成分为甲烷、C₂₋₅ 饱和烃和烯烃以及少量的氢气、CO₂、CO 等, 此外还可能含有 N₂。因此, 可以利用莱-夏特尔公式^[4]进行计算:

$$x = \frac{100}{\frac{P_1}{N_1} + \frac{P_2}{N_2} + \frac{P_3}{N_3} + \Lambda + \frac{P_i}{N_i}}, \quad (1)$$

式中, x 为混合可燃气的爆炸极限; P_1, P_2, P_3, \dots , P_i 分别为混合气中各组分的体积百分数, %; $N_1, N_2, N_3, \dots, N_i$ 分别为混合气中各组分的爆炸极限, %。

4 瓦斯爆炸极限的理论分析

当瓦斯气体中含有惰性气体时, 此时的瓦斯爆炸极限计算方法略有不同。设各种气体的体积百分数分别为 CH₄- P_1 , C₂H₆- P_2 , C₃H₈- P_3 , C₄H₁₀- P_4 , C₅H₁₂- P_5 ; C₂H₄- P_6 , C₃H₆- P_7 , C₄H₈- P_8 , C₅H₁₀- P_9 ; H₂- P_{10} , CO- P_{11} ; CO₂- P_{12} , N₂- P_{13} ; 各

封华(1974-), 男, 727000 陕西省铜川市。

种气体的爆炸极限分别为 $\text{CH}_4\text{-N}_1$, $\text{C}_2\text{H}_6\text{-N}_2$, $\text{C}_3\text{H}_8\text{-N}_3$, $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{-N}_4$, $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{-N}_5$; $\text{C}_2\text{H}_4\text{-N}_6$, $\text{C}_3\text{H}_6\text{-N}_7$, $\text{C}_4\text{H}_8\text{-N}_8$, $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{-N}_9$; $\text{H}_2+\text{CO}_2\text{-N}_{10}$, $\text{CO}+\text{N}_2\text{-N}_{11}$ 。

则此时混合气体的爆炸极限计算公式为:

$$x = \frac{100}{\frac{P_1}{N_1} + \frac{P_2}{N_2} + \frac{P_3}{N_3} + L + \frac{P_{11}}{N_{11}}} \tag{2}$$

由于混合气体中含有惰性气体, 仍然利用莱-夏特尔公式计算其爆炸极限, 但需将每种惰性气体与一种可燃气体编为一组, 分别把各组气体看一种可燃气体成分。因此, 在此将 H_2+CO_2 合为一组, $\text{CO}+\text{N}_2$ 编为一组。该组在混合气体中的体积百分数为该组中惰性气体和可燃气体体积百分数之和。欲求某组气体的爆炸极限, 可先列出惰性气体与可燃气体的比值, 再从图 1 中查出, 然后代入(2)进行计算。

13.97%; 达到 79.24% 时, 爆炸极限为: 4.16% ~ 15.24%; 其平均爆炸极限范围为: 3.51% ~ 14.11%。存在惰性气体 N_2 时会使爆炸极限上移, 但是总体来说, 其瓦斯爆炸极限是低于 5% ~ 16%。因此, 对于瓦斯防治来说, 仍然有一定的难度。

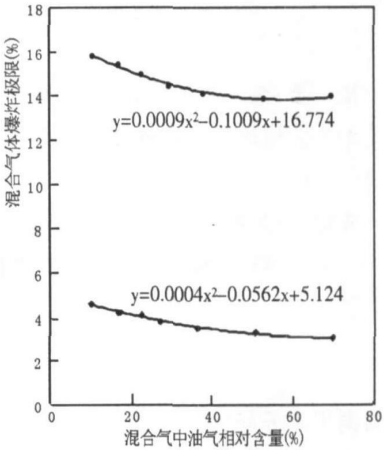


图 2 有少许 CO_2 、 N_2 气体存在时瓦斯爆炸极限趋势图

此外, 瓦斯爆炸极限的影响因素还有如温度、压力等等, 温度越高、压力越大, 其爆炸极限就越小, 危险性也就越大。

由于该地区存在极严重的油气伴生现象, 在煤层开采过程中, 有时会有油气逸出, 从而对该矿区的煤矿安全和正常生产产生很重要的影响。首先是对井下环境的破坏: 当有油气逸出时, 井下空气的成分发生变化, 油气的挥发使得井下空气污浊, 不仅对煤矿井下工人的生存和身心健康造成影响, 也影响生产效率和安全生产。其次, 油气伴生成分使焦坪矿区煤层瓦斯爆炸极限的上下限均不同程度地下降, 增大了煤矿井下瓦斯的危险性。例如, 2001 年和 2004 年, 在陈家山煤矿发生的两次特大瓦斯爆炸, 与煤层中的油气伴生存在一定的关系。

开采过程中, 发生的油气喷出现象, 不仅仅造成瓦斯爆炸和火灾事故的发生, 同时对矿压造成一定的影响。此外, 由于该矿区特殊的油气伴生现象, 在油气成分中可能含有 CO 气体, 检测出的 CO 气体是由煤炭自燃产生的还是油气逸出的, 还需要进行深入研究。对于油气伴生导致瓦斯爆炸上、下限发生变化的现象, 以往这方面的研究很少。因此, 在对待有类似情况的煤层时, 开采过程中必须加紧对油气成分的确定, 尽快确定该地区的瓦斯爆炸极限范围, 以便给瓦斯防治提供理论依据, 保证煤矿井下的安全生产, 提高煤矿工人的安全性。

6 总结

(1) 油气成分的存在, 对井下瓦斯爆炸极限产生

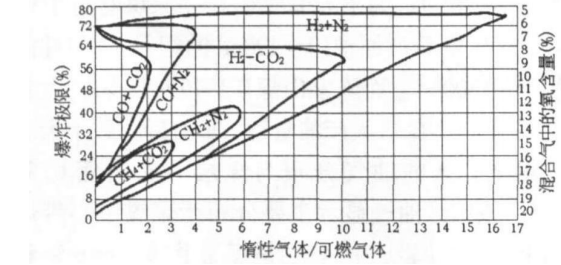


图 1 氢、一氧化碳、甲烷与氮、二氧化碳混合气体在空气中的爆炸极限

当混合气体中含有油气和惰性气体时, 瓦斯的爆炸极限如图 2 所示。

从图 2 看出, 当有少许对瓦斯爆炸有惰化作用的气体 CO_2 、 N_2 存在时, 瓦斯爆炸极限变化趋势是随着油气成分体积百分含量的增加而下降的, 上限的下降幅度相对较大。但如果继续增加瓦斯气体中油气成分的话, 其爆炸极限也将是继续下降, 假如油气成分的体积百分含量达到 80% 时, 利用公式(2)可以计算得出其上下限分别为 13.8%、2.9%, 爆炸范围增大到 11.4 个百分点, 下限值比常规的 5% 下降了 2.1 个百分点, 此时的瓦斯爆炸危险性可见一斑。

5 油气伴生对焦坪矿区安全生产的影响

根据矿区地质勘探报告提供的资料, 4-2[#] 煤层瓦斯含量为 1.38~7.26 m^3/t , 平均 2.78 m^3/t , 瓦斯成份以 CH_4 为主, 占 44.75%~79.24%, 平均 62.57%; 其次为 N_2 , 占 20.01%~50.75%, 平均 35.01%, 还有 CO_2 、 C_2H_6 、 C_{2-5} 饱和烃和烯烃等。因此, 在瓦斯爆炸极限计算时, 要考虑多方面的因素。当 CH_4 占 44.75% 时, 其爆炸极限按公式(2)应为: 3.32%~

地质雷达技术及其在煤矿中的应用

李振新

(煤炭科学研究总院抚顺分院)

摘 要:重点介绍了地质雷达的工作原理和仪器系统结构,阐述了地质雷达的测量方法和资料处理解释方式,并概括总结了地质雷达在煤矿生产中的应用。

关键词:地质雷达;煤矿;探测

中图分类号:TN959.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1009-5683(2007)07-0055-03

在煤矿生产和隧道开挖的工程中,经常会遇到复杂的地质异常情况,若事先未能探查清楚往往会造

成塌方、突水和瓦斯突出等事故,因此迫切需要一种体积小、重量轻、操作简单快速且适宜煤矿井下有限工作条件的设备。
地质雷达(又称探地雷达)是近些年迅速发展起来的一种用于确定地下介质分布的广谱(1MHz~1GHz)电磁技术,它通过天线向地下发射高频电磁脉冲波,利用地下不同介质电性参数的差异,根据回波信号的振幅、波形和频率等运动学特征来分析和推断地下介质结构。随着电子技术的迅速发展,现在的地质雷达设备已由早期的庞大笨重结构改进为适合现场使用的工具,具有快速便捷、操作简单、抗干扰和场地适应能力强、探测分辨率高等方面的优势,越来越受到煤矿的欢迎,可用于煤矿的含水层、陷落柱、裂隙带、风化带、采空区、塌方、断层、煤层瓦斯突出等灾害隐患的探测。

1 地质雷达的工作原理

地质雷达是利用高频电磁波的反射来探测有电性差异的界面或目标体的一种物探技术。地质雷达

探测时,通过发射天线向地下(或其它方向)定向发射脉冲电磁波,当脉冲电磁波传播过程中遇到有电性差异的界面或目标体(介电常数和电导率不同),就会发生反射和散射现象,根据接收天线收到的回波信号的振幅、波形和频率等运动学特征来分析和推断介质结构和物性特征。图 1 为地质雷达探测时电磁波传播示意图。

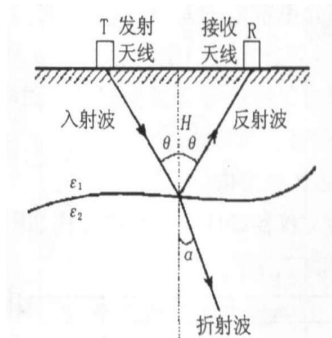


图 1 地质雷达工作原理

当电磁波在地下传播的速度 v (m/ns) 已知时,即可根据公式(1)求出地下目标或地下界面的深度 H (m),并且反射波带有地下目标和地下媒质的性质信息,通过对反射波进行分析,可以确定地下目标

一定的影响,表现为瓦斯爆炸上下限整体向下漂移。如油气成分相对含量为 70% 时,瓦斯爆炸下限向下漂移了 1.9 个百分点,增加了瓦斯爆炸危险性。

(2)焦坪矿区瓦斯成份以 CH_4 为主,占 44.75%~79.24%,其对应的瓦斯爆炸极限分别是 3.41%~14.06% 和 3.18%~14.23%。对现场工作人员来说,加强监测监控是当务之急。

参 考 文 献:

- [1] 黄弟藩,秦匡宗,王铁冠等.煤成油的形成与成烃原理[M].北京:石油工业出版社.1995.6
- [2] 傅家谟,刘德汉,盛国英.煤成烃地球化学[M].北京:科学出版社.1990,283~284
- [3] 张新民,庄军,张遂安主编.中国煤层气地质与资源评价[M].北京:科学出版社.2003,7~8
- [4] 李增华.燃烧学[R].徐州:中国矿业大学.2002

(收稿日期 2007-03-16)

李振新(1971—),男,辽宁抚顺人,工程师,113001 辽宁省抚顺市。