

ZS15型煤矿束管监测系统

王理¹, 王峰¹, 葛学玮¹, 张军杰¹, 高玉娥²

(1. 煤炭科学研究总院抚顺分院, 辽宁抚顺 113122; 2. 抚顺煤矿电机厂, 辽宁抚顺 113000)

摘要:介绍了 ZS15 型煤矿束管监测系统组成及用途, 论述了系统的工作原理、性能及特点, 并阐述了束管监测系统在束管敷设及监测点布置中应注意的几个问题。

关键词:束管监测; 煤炭自燃; 指标气体

中图分类号: TD76

文献标识码: B

文章编号: 1003-496X(2008)07-0082-03

煤矿束管监测是一种有效的煤炭自燃发火指标气体监测的专用技术。从使用形式上分, 有井上束管监测系统 (ASZII、ZS15) 和井下束管监测系统 (KJF) 两种使用形式。从使用分析用仪器上分, 有矿用传感器型束管监测系统、分析仪型束管监测系统和气相色谱仪型束管监测系统三种形式; 在技术上相对成熟, 已在我国煤矿中得到应用。系统主要由采样器、束管、抽气泵、气路控制装置及分析仪器等组成。据不完全统计, 我国已开采的煤矿中, 存在自然发火危险的煤矿占总数的一半, 自然发火煤层占累计可采煤层数的 60% 左右, 煤矿自然火灾发生的次数占矿井火灾总数的 90% 以上。因此, 及时准确地预测预报煤矿自然发火, 不仅可以及时准确地采取防灭火措施, 而且还可以减少防灭火造成的经济损失, 防止火灾事故的发生, 促进煤矿安全生产。

1 束管敷设及监测点的布置

1.1 束管敷设

(1) 束管敷设顺序: 从地面束管监测室 ~ 副井 ~ 井底车厂安装束管主管缆; 井底车厂 ~ 轨道上山 ~ 工作面安装束管次主管缆; 工作面回风巷及上隅角安装单芯束管。

(2) 在大巷巷道或井底车厂变坡最低处, 安装气水分离器箱。

(3) 束管主管缆与束管次主管缆之间用束管分线箱连接。

(4) 凡是经过风门、墙体的束管都必须穿过线管, 防止将束管压扁。

(5) 束管敷设应本着, 尽可能不与动力电缆敷设在同一侧; 如确需与动力电缆敷设在同一侧时, 应在敷设动力电缆的上方 0.2~0.3 m 处敷设束管, 当与动力电缆交叉时, 应垂直通过。

(6) 束管一般要平直敷设, 需要拐弯时, 弯曲半径应大于束管直径的 8 倍。

1.2 束管监测点的布置

(1) 根据煤矿生产实际情况及煤层自然发火条件, 将各发火危险区域作为监测对象 (易燃点), 布置束管监测点。

(2) 从全负压角度考虑, 只要漏风风流经过易燃点, 各漏风通道以负压最高处最能反映易发火区域的真实情况。

(3) 束管监测点应避开温差自然风压的影响; 并排除炮烟干扰。

(4) 束管监测过程中如无特殊需要, 尽量不改变通风系统现状; 如需改变, 改变后则应及时调整束管监测点, 各参数量应重新对比调整。

2 火灾危险程度的识别

煤在氧化升温过程中释放出的气体因煤的种类、性质及地质条件等因素的不同而有所差别。煤炭自燃指标气体一般在同一煤层、同一采区的生成量与煤温成正比 (见表 1、表 2), 有较好的对应关系, 并能用检测仪器快速、准确地检测到该指标气体的变化情况。

表 1 各煤种代表性煤样 CO 的临界温度值

煤种	褐煤	长焰煤	气煤	肥煤	焦煤	瘦煤	贫煤	无烟煤
临界温度 /℃	41	66	59	66	81	94	130	83

表 2 各煤种代表性煤样 C₂H₄ 的临界温度值

煤种	褐煤	长焰煤	气煤	肥煤	焦煤	瘦煤	贫煤	无烟煤
临界温度 /℃	109	119	124	127	148	150	150	148

煤矿火灾危险程度或者说火区熄灭程度的识别通常采取标志气体指标并结合温度来进行判定。特

别是对于封闭火区的启封或注销, 2005年版《煤矿安全规程》第二百四十八条规定: 火区必须同时具备下列条件时, 方可认为已熄灭: ①火区内的空气温度下降到 30℃以下, 或与火灾发生前该区的日常空气温度相同; ②火区内空气中的氧气浓度降到 5%以下; ③火区内空气中不含有乙烯、乙炔, 一氧化碳浓度在封闭期间内逐渐下降, 并稳定在 0.001%以下; ④火区的出水温度低于 25℃, 或与火灾发生前该区的日常出水温度相同; ⑤上述 4 项指标持续稳定的时间在 1 个月以上。

格雷厄姆 (Graham) 系数值是火区中 CO 含量的 100 倍与沉积在煤中的氧含量之比, 格雷厄姆系数指标是测点火灾气体的无量纲参数, 即:

$$G = \frac{100CO}{0.265N_2 - O_2}$$

CO、O₂、N₂ 分别为回风侧采样点气样中的 CO、O₂、N₂ 的体积百分比浓度。

格雷厄姆系数主要用于煤炭自燃状况的判断。格雷厄姆系数 G 的值在 0.7~3.0 的范围内对于评价煤炭的自燃和重新自燃过程是有意义的。

3 系统主要性能及技术指标

ZS15 型煤矿束管监测系统通常安装在井口的监测室内, 井下被测地点的气体在抽气泵负压作用下, 经采样器、气水分离器、单芯束管、束管分线箱、束管主管缆到井底车场的气水分离器箱, 经井口至监测室内的气路控制装置后经抽气泵放空; 系统在工作站的控制下, 将选定气样送入气相色谱仪进行分析, 可实现自动采样, 连续监测, 具有数据查询、趋势数据查询、趋势曲线显示、打印等功能, 并具有对矿井可燃气体爆炸危险性及火灾危险程度的智能判别功能。系统使用先进的束管取样技术、气体分析技术, 保证了数据的可靠性和精度。

各国自然发火指标气体、辅助指标气体对照表如表 3 所示。

表 3 各国自然发火指标气体、辅助指标气体对照表		
国家名称	主要指标气体	辅助指标气体
美国	CO	CO △ O ₂
波兰	CO	CO △ O ₂
澳大利亚	CO	CO △ O ₂
德国	CO	CO △ O ₂
俄罗斯	CO	C ₂ H ₆ /CH ₄
日本	CO、C ₂ H ₄	CO △ O ₂ 、C ₂ H ₆ /CH ₄
中国	CO、C ₂ H ₄ 、C ₂ H ₂	CO △ O ₂ 、C ₂ H ₆ /CH ₄

- ZS15 型煤矿束管监测系统主要技术指标:
- (1) 监测气体组份: CO、CH₄、CO₂、O₂、N₂、C₂H₄、C₂H₂、C₂H₆ 等; 最小检测浓度: 微量分析 ≤ 0.5 × 10⁻⁶, 常量分析 ≤ 0.01%。
 - (2) 具有对矿井可燃气体爆炸危险性及火灾危险程度的智能判别功能, 并计算格雷厄姆系数、乙烯 乙炔、乙烯 乙烷、乙烷 甲烷。
 - (3) 对分析结果进行处理后, 能够自动绘出爆炸三角形, 并显示、打印数据报表。
 - (4) 监测点数: 1~8、12、16、20、24、30、32、40 点。
 - (5) 监测距离: ≤ 15 km。
 - (6) 色谱仪全组份分析时间 ≤ 16 min。
 - (7) 开机稳定时间 ≤ 1 h。
 - (8) 可以实现束管监测系统的联网。

4 ZS15 型煤矿束管监测系统软件特点

系统软件在充分吸收目前矿井火灾研究的知识和技术基础上, 利用先进的计算机技术, 实现了对各种采样设备的自动控制; 实现了智能识别矿井可燃气体的爆炸危险性和火灾危险程度; 实现了为矿井安全管理提供决策支持。

- (1) 方便灵活的气样采集控制定义: 软件可以方便的定义气体取气路数和延时, 可以调整控制电机的启动顺序。
- (2) 动态爆炸三角形显示: 每一次采集完成, 根据各种气体的组成成分动态绘制爆炸三角形图, 爆炸三角形图在每一次采集时都不一样, 都是动态绘制完成的。
- (3) 采集数据的统计分析报表和采样气体变化趋势功能: 分类显示各种气体在每一次采集的比例值, 根据一段时间内的采集值绘制某种气体的变化趋势, 并且可以做到多个气体组分的同屏分析。
- (4) 系统采用了 MD5 加密算法对重要数据进行了安全处理, 它的作用是让大容量信息在用数字签名软件签署私人密匙前被“压缩”成一种保密的格式 (就是把一个任意长度的字节串变换成一定长的大整数)。利用该特性, 系统可以对系统采集的数据的合法性进行签名认证。
- (5) 曲线区以曲线的方式直观显示各个监测点的发火程度和爆炸危险程度。
- (6) 矿井可燃气体爆炸危险性及火灾危险程度的智能识别。

型及可视化模拟 [J]. 杭州: 浙江大学出版社, 2002

[2] 李萌萌. 微通道气体流动的分子动力学模拟 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2005.

[3] 曹炳阳, 陈 民, 等. 粗糙微孔道内气体流动的分子动力学研究 [J]. 工程热物理学报, 2004(25): 131—134.

[4] 刘迎春, 王 琦, 等. 微孔中简单流体扩散行为的分子动力学模拟研究 [J]. 高等学校化学学报, 2004, 25(5): 900—903.

[5] 秦 星, 张秉坚, 等. 微孔隙中流体扩散系数分子动力学模拟并行算法研究 [J]. 计算机与应用化学, 2005, 22(2): 85—90.

[6] 文玉华, 朱如曾, 等. 分子动力学模拟的主要技术 [J]. 力学进展, 2003, 33(1): 65—73.

[7] 张立红, 张 军. 分子动力学模拟方法及误差分析 [J]. 青岛大学学报, 2003, 16(2): 24—28.

[8] 陆小华, 王 俊, 等. 分子动力学模拟研究流体微观结

构和扩散性质 [J]. 南京工业大学学报, 2002, 24(1): 7—11.

[9] 何伟保, 张民选. 数值分析 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2003.

[10] 樊康旗, 贾建援. 经典分子动力学模拟的主要技术 [J]. 微纳电子技术, 2005(3): 133—138.

[11] 李萌萌. 微通道气体流动的分子动力学模拟 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2005.

作者简介: 李希建 (1967—) 男, 土家族, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事安全技术及工程、煤层气抽采利用等方面的教学与科研工作。

(收稿日期: 2007—11—23; 责任编辑: 王福厚)

(上接第 83 页)

矿井可燃气体的组份比例不同, 其爆炸危害性也不同, 通过分析矿井可燃气体的组份构成及比例, 可以界定其爆炸危险程度, 同时也可以对火灾的发生、发展态势或熄灭程度做出初步的预测。

系统利用动态绘制的爆炸三角形, 来判定矿井可燃气体的爆炸危险程度; 根据矿井的煤种和采样气体的组份及比例来确定火灾的危险程度。

5 结束语

ZS15 型煤矿束管监测系统使用先进的束管取样技术、气体分析技术, 保证了数据的可靠性和精度。系统设计合理、技术先进、自动化成度高、运行

安全可靠、且操作方便、维护简单。系统可连续监测, 并具有对矿井可燃气体爆炸危险性及火灾危险程度的智能判别功能, 是一种较为理想的煤炭自燃发火指标气体的监测装备, 为保证煤矿安全生产具有十分重要的意义。

作者简介: 王 理 (1957—), 高级工程师, 主要从事矿井火灾预测预报及防灭火技术研究工作, 已完成国家攻关项目 2 项, 省部级项目 6 项; 获发明专利 2 项, 实用新型专利 3 项; 发表论文 10 余篇。

(收稿日期: 2008—01—01; 责任编辑: 金丽华)

