

支架放煤涌出 H_2S 防治技术及应用

程 丽

(中煤科工集团重庆研究院有限公司,重庆 400037)

摘要:为解决乌东煤矿作业期间局部 H_2S 气体浓度超限问题,设定测点监测分析支架放煤扰动涌出 H_2S 扩散分布规律;并进行喷洒吸收液治理 H_2S 关键影响因素实验室研究,在此基础上,进行了喷洒吸收液治理支架放煤涌出 H_2S 工艺技术研究,并对喷洒吸收液装置的设计及布置进行了研究。通过对喷洒吸收液治理 H_2S 效果的影响因素进行试验研究,对治理煤矿支架放煤扰动涌出 H_2S 危害的工艺参数进行了优化。实践效果表明,支架放煤时,下风流 6 m 后溜槽及人行道 H_2S 浓度分别降至 186×10^{-6} 及 32.6×10^{-6} , H_2S 降低效率分别为 86.1% 及 84.6%,取得了良好的治理效果。

关键词: 支架放煤; H_2S ; 吸收液; 分布规律; 治理技术

中图分类号: TD711

文献标志码: A

文章编号: 1006-6772(2018)02-0149-05

Research and application of hydrogen sulphide prevention and cure technology with stent coal

CHENG Li

(China Coal Technology and Engineering Group Chongqing Research Institute, Chongqing 400037, China)

Abstract: In order to solve the problem of over-limit of local concentration of hydrogen sulfide gas during the operation of Wudong Coal mining, the measuring points were set up to monitor the diffusion and distribution of disturbance and emission of hydrogen sulfide from support caving. The key influencing factors of hydrogen sulfide treatment was studied by spraying absorption liquid. Accordingly the the processing technology for discharging hydrogen sulfide from the scaffolding by spraying the absorption liquid was carried out. The design and layout of the spray absorption liquid device were also investigated. The process parameters for controlling the hazard of hydrogen sulfide emission from the coal support during coal caving were optimized through the experimental study on the spray absorption liquid. The practical results show that the hydrogen sulfide in the chute and the side-walk drop to 186×10^{-6} and 32.6×10^{-6} respectively after 6 m of downwind flow, and the reduction efficiency of hydrogen sulfide are 86.1% and 84.6% respectively after placing the coal on the support. Eventually, good control effects are achieved.

Key words: stent coal; hydrogen sulfide; absorbent; distribution; treatment technology

0 引 言

在矿井的开采中,往往会伴随着 H_2S 气体的产生,当其浓度达到 50×10^{-6} 时,会使接触人员产生咳嗽或眼睛红肿疼痛等症状;浓度继续增加可能会威胁生命。从物化性质分析, H_2S 较为活泼,会很快腐蚀金属及其他材质仪器,浓度达到 0.043 ~ 0.460 时,会有爆炸隐患^[1-5]。 H_2S 浓度较高是煤矿开采中常见问题,至今,我国新疆等多个地区的近百矿井

有过 H_2S 气体异常的记录。国内外学者、专家从成因、 H_2S 形成机理以及防治措施等方面进行了研究,形成了较为系统的治理措施^[6-10]。本文以乌东煤矿为研究背景进行了综采工作面的 H_2S 灾害治理技术研究和工艺参数优化。在乌东煤矿的开采过程中, H_2S 气体异常涌出,高于相关规程规定 (6.6×10^{-6}) 近 700 倍,矿井 H_2S 必须引起重视。由于放顶煤技术工艺的特性,在放煤时会有大量 H_2S 气体涌出,工作面 H_2S 也主要是这一部分,因此有必要对

收稿日期: 2017-12-18; 责任编辑: 李柏熹 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2018.02.027

作者简介: 程 丽 (1983—), 女, 四川成都人, 助理研究员, 主要从事粉尘防治技术研究工作。 E-mail: 38409031@qq.com

引用格式: 程丽. 支架放煤涌出 H_2S 防治技术及应用[J]. 洁净煤技术, 2018, 24(2): 149-153.

CHENG Li. Research and application of hydrogen sulphide prevention and cure technology with stent coal[J]. Clean Coal Technology, 2018, 24(2): 149-153.

支架放煤时 H_2S 气体的涌出规律监测、分析,并结合喷洒液吸收 H_2S 气体试验研究,提出防治措施优化参数,进行 H_2S 治理,为相似矿井综采工作面的 H_2S 气体防治提供借鉴和参考。

1 支架放煤扰动 H_2S 扩散分布规律

在北区的+575水平45号煤层西翼综采工作面设置了气体测点。由于该工作面煤层较厚,故沿放煤支架下风流方向及后部放煤空间至支架人行道方向布点,并采用CD4型 H_2S 便携仪进行监测。

1.1 支架放煤下风流沿程方向 H_2S 扩散分布规律

在生产中放煤时,由于放煤机的上下运动和后部溜槽运煤的扰动,会有 H_2S 涌出,且随着其后部气体的流动而流动。

分别在不同位置设置了5个测点进行气体监测(1.5、3.0、4.5、6.0、7.5 m)。采用 10^{-6} 为计数单位,监测结果如图1所示。可以看出:由于放煤涌出的 H_2S 体积分数具有随距离增加而减小的趋势;且在4.5 m后, H_2S 减小趋势变弱,这可能是由于受到了后溜槽运煤扰动涌出的 H_2S 二次叠加的影响。

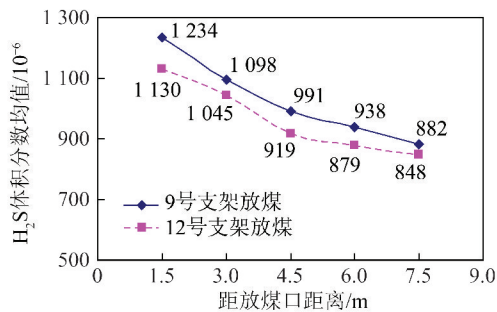


图1 H_2S 在下风流向分布

Fig. 1 Return airflow distribution of hydrogen sulfide

1.2 支架后溜槽至人行道方向 H_2S 扩散分布规律

分别在支架后溜槽、后溜槽与支架人行道中部、支架人行道靠近后立柱等处布点进行观测,结果如图2所示。可以看出,在后部煤体阻挡作用下,放煤时涌出的 H_2S 会向人行道方向流动,并且随距离的增加有逐渐减小的趋势。

2 喷洒吸收液治理 H_2S 的影响因素

喷洒液体通过化学反应进行 H_2S 气体吸收是现在业内公认的有效治理技术之一。但是因为没有进行针对性的研究,致使吸收效率只能达到60%。通过改变治理技术条件进行模拟,以深入了解各影响因素的作用,提高治理效果。目前使用的吸收液

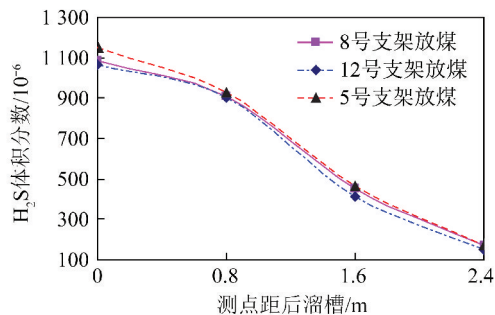


图2 H_2S 沿人行道方向变化

Fig. 2 Hydrogen sulfide changes along the sidewalk

的主要化学添加成分为 $CaCO_3$,但中和反应后形成的尾液不稳定,有 H_2S 挥发出来,因此,在溶液中加入代号为WT的高效氧化剂,直接将溶液中吸收的硫元素变为单质硫。

2.1 喷洒吸收液治理煤矿 H_2S 实验室系统建立

模拟试验系统如图3所示。根据实际情况将风速设置为0.5~3.0 m/s、 H_2S 浓度为 50×10^{-6} ~ 200×10^{-6} 。改变微压计、风机及变频器等设施,得到模拟试验所需外部条件;通过喷吸收液净化 H_2S 模拟装置、 H_2S 发送系统控制喷洒液浓度;通过调节喷吸收液装置、吸收液供应泵站控制液体喷洒量,尾液、尾气处理装置可避免环境污染。

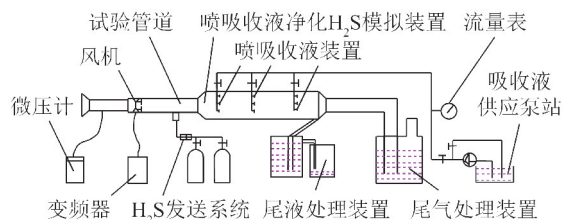


图3 喷洒吸收液治理 H_2S 实验室试验系统

Fig. 3 Laboratory test system of spray absorption liquid to control hydrogen sulfide

2.2 风速的影响

参数设置:吸收液浓度0.2%,流量18、27、54 L/min,压力8 MPa;风速0.5、1.0、2.0、3.0 m/s。试验结果如图4所示。可以看出,当条件固定时,吸收效率和风速成反比。当流量为27 L/min时,风速由初始值增至最高值,吸收效率从峰值的97.1%减小到83.3%。原因是:流量一定,随风速增大,液体流动加快,液体中的化学分子没有完全接触空气中的 H_2S ,导致吸收效果下降。风速不变时单纯增大液体的流量,吸收效率有变大的趋势。如风速为2 m/s时,将流量从初始值逐渐增大到最终值的过程中,气体的吸收效率增加了8.7%。因此,风速和气

体吸收效率成反比,但在风速不变的情况下,适当增大吸收液流量,对 H₂S 气体的吸收有积极影响。

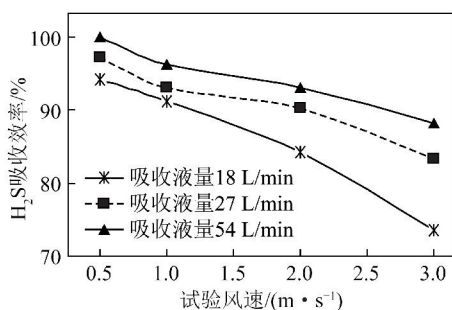


图 4 吸收效率随风速变化

Fig. 4 Absorption efficiency varies with wind speed

2.3 喷洒液量的影响

风速为 2 m/s, H₂S 体积分数 100×10^{-6} , 吸收液流量设置在 18 ~ 54 L/min 的 4 个等差档次, 浓度分别设置了 0.1%、0.2%、0.5% 和 1%, 将喷头压力设置在 8 MPa, 试验结果如图 5 所示。可以看出, 吸收液浓度不变的情况下, 单纯增加喷雾流量, H₂S 气体的吸收效率变大, 但当到达临界值时增加量逐渐减小, 并趋于稳定。即在一定范围内, 吸收效率和流量增加量呈正比关系。化学喷洒吸收液体的浓度为 0.2%, 液体的流量从 27 L/min 增加到最大值时, 气体的吸收效率增加了近 2%。试验中, 化学喷洒吸收液的流量不变, 而将低浓度的吸收液换成高浓度的吸收液, 发现吸收效果与浓度在一定的范围内呈正相关关系。如液体流量为 27 L/min, 将吸收液的浓度从 0.1% 增至 0.5% 后, 气体的吸收效果增加了近 15%。因此, 当单纯增加化学喷洒吸收液体吸收效果不显著的情况下, 适当提高液体中化学成分的浓度, 可对吸收效率产生积极的影响。

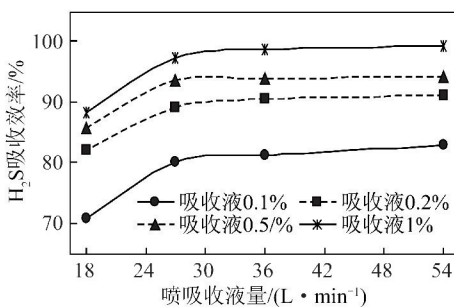


图 5 吸收效率随流量变化

Fig. 5 Absorption efficiency varies with flow rate

2.4 涌出浓度的影响

试验风速 1 m/s, 化学喷洒吸收液浓度 0.2%, 液体流量 18、27 和 54 L/min, 液体压力为 8 MPa, 气

体浓度 $50 \times 10^{-6} \sim 200 \times 10^{-6}$ 。试验结果如图 6 所示。

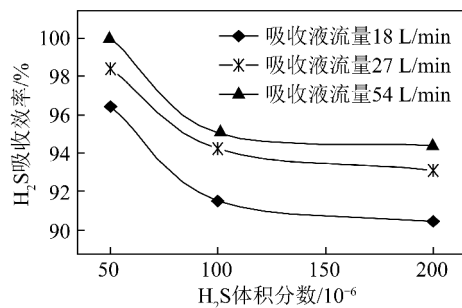


图 6 吸收效率随涌出浓度变化

Fig. 6 Absorption efficiency varies with effluent concentration

由图 6 看出, 当其他条件不变时, 气体的吸收效率与其涌出量呈负相关关系。液体流量为 18 L/min 时, 气体的涌出量从初始的最小值增加到最大值 200×10^{-6} 时, 其吸收效率为 90.4%, 与初始相比降低了 6%; 涌出浓度降低一半, 液体流量从最小值增加到最大值时, 气体吸收效率增加 3.6%。因此, 如果气体涌出量突然增加致使吸收效果减弱时, 可通过增大流量来提高吸收效率。

3 喷洒吸收液治理支架放煤涌出 H₂S 工艺

采用特制的喷洒化学液进行中和, 在正对放煤口处布置化学液体喷洒装置(图 7)。考虑到放煤口处采用设施可能会有气体溢出, 在支架尾梁的下方布置拦截装置(图 8)。

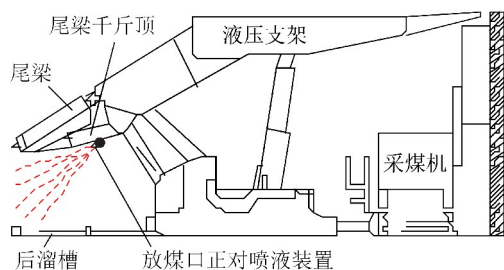


图 7 正对放煤口喷洒吸收液装置示意

Fig. 7 Schematic of coal caving department spray absorbent device

3.1 喷雾装置设计及布置

考虑到 +575 试验综采工作面支架放煤气体的浓度、工作面的风量等因素, 通过计算得出完全吸收放煤口 H₂S 所需喷雾装置流量约 60 L/min。根据乌东矿 +575 试验工作面支架放煤空间并考虑到所喷吸收液有效覆盖放煤涌出 H₂S 的空间范围, 放煤口正对喷雾装置安装在支架尾梁 2 个千斤顶下方正对放煤口方向; 喷雾装置主体为外径 $\phi 27$ mm、壁厚

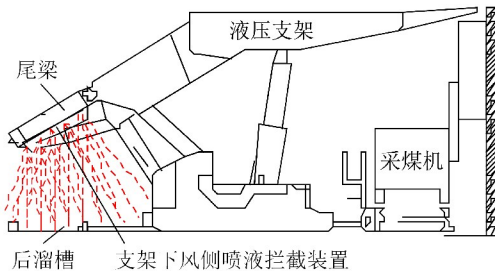
图8 放煤口扩散H₂S拦截喷雾示意

Fig. 8 Caving department diffusion hydrogen sulfide interception spray diagram

5 mm的无缝钢管,长度1 m,喷雾装置上安装10个PZ型喷嘴,喷嘴内芯选型为 $\phi 2.5$ mm。

支架下风流拦截喷雾装置安装在支架尾梁下方靠近下风流侧,与风流方向成 70° 夹角;喷雾装置主体为外径 $\phi 27$ mm、壁厚5 mm的无缝钢管,长度1.2 m,喷雾装置上安装7个PZ型喷嘴,内芯 $\phi 2.5$ mm。

3.2 喷雾流量的影响

现场试验时,通过更换喷嘴内芯孔径以及阀门调节,得出不同喷雾流量,流量通过喷雾系统中的SGS型双功能水表测得,喷雾压力取8 MPa,化学吸收液浓度为0.9%,治理效果与流量关系如图9所示。可以看出:①当将喷嘴处的液体压力固定时,H₂S的治理效率与喷嘴处的液体流量呈正相关关系。设置喷嘴处液体流量50 L/min不变,通过在特定点处安装设置的气体检测仪对H₂S的浓度进行监测,测得回风中,距离工作面1.5 m处的H₂S浓度均值仅为 573.4×10^{-6} ,与喷液相比,未喷液前减小了 751.8×10^{-6} ,降低效率为56.7%;当喷雾流量为70 L/min时,测得放煤口下风流1.5 m处的后溜槽上方H₂S浓度均值为 432.4×10^{-6} ,相比未喷液前减小了 856.2×10^{-6} ,降低效率为66.4%;当喷雾流量为100 L/min时,测得放煤口下风流1.5 m的后溜槽上

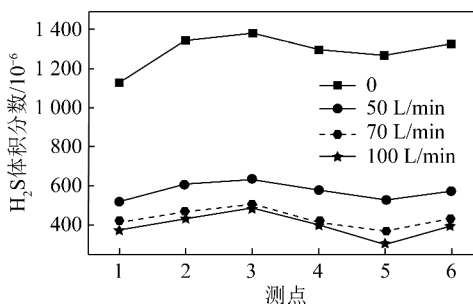
图9 喷雾吸收液不同流量条件下H₂S治理效果测试

Fig. 9 Hydrogen sulfide treatment effect test of spray absorption liquid under different flow conditions

方H₂S浓度均值为 397.4×10^{-6} ,相比未喷液前减小了 827.2×10^{-6} ,降低效率为67.5%。②当将流量增大到临界值时,流量增大的治理效果不明显。流量为70 L/min,气体的吸收效率为66.4%;增大化学喷洒吸收液体流量至100 L/min,效果增加仅为67.5%。因此,适合急倾斜厚煤层综采工作面喷洒吸收液治理支架放煤涌出H₂S的喷雾流量约70 L/min。

3.3 喷洒吸收液浓度的影响

喷洒吸收液压力为8 MPa,喷洒吸收液流量约70 L/min,喷洒吸收液浓度分别取0.9%、1.1%及1.3%,吸附液浓度与治理效果关系如图10所示。可知,①喷洒吸收液为0.9%时,测得放煤口下风流1.5 m处的后溜槽上方H₂S均值为 432.4×10^{-6} ,相比未喷液前减小了 856.2×10^{-6} ,降低效率为66.4%;喷洒吸收液增加到1.1%时,测得放煤口下风流1.5 m处的后溜槽上方H₂S均值为 404.2×10^{-6} ,比未喷液前减小了 821.2×10^{-6} ,H₂S降低效率为67%;喷洒吸收液增至1.3%时,测得放煤口下风流1.5 m的后溜槽上方H₂S均值为 395.2×10^{-6} ,比未喷液前减小了 868.4×10^{-6} ,H₂S降低效率为68.7%。②在喷雾压力及喷雾流量一定条件下,化学喷洒吸收液浓度达到临界值0.9%时,再增加浓度并没有对吸收效率有较大影响。液体浓度增至1.1%和1.3%时,效率仅增加0.6%和2.3%。因此,适合该矿综采工作面的喷洒吸收液治理支架放煤涌出H₂S的吸收液配比浓度约0.9%。

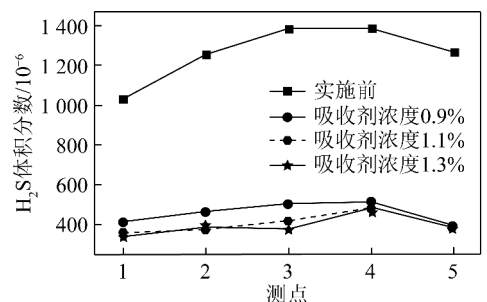
图10 喷洒不同吸收液浓度条件下H₂S治理效果测试

Fig. 10 Sulfate reduction test with different concentration of absorbing liquid

3.4 支架下风流喷雾拦截组数的影响

为降低H₂S扩散浓度,在支架尾梁下方安装喷洒吸收液装置,利用其喷洒吸收液水雾对下风流中的H₂S进行拦截捕捉并净化吸收。现场试验时,喷雾压力8 MPa,喷洒吸收液浓度0.9%。由支架下风流不同拦截喷雾组数时H₂S治理效果测试如图11

所示。可以看出: ① 一定范围内, H₂S 气体的吸收效率与喷雾装置的开启组数呈正相关关系。在开启 1 组装置时, 下风侧 6 m 处监测 H₂S 浓度为 747.6×10⁻⁶; 再开启 1 组装置时, 浓度减弱到 608.4×10⁻⁶, 降低效果分别超过了 40% 和 50.5%; 继续开启 1 组喷雾装置时, 此处测得浓度已低至 451.2×10⁻⁶, 与之前未采取措施时相比, H₂S 吸收效率高达 65.5%, 与之前分别开启 1 组和 2 组喷雾装置相比较, H₂S 的吸收效率分别提升 22.1% 和 12%。② 通过工程实践看出, 开启正对着放煤口的喷雾装置时, 向外扩散的 H₂S 浓度明显降低; 再将风流沿程方向的喷雾装置打开, 可以增加 H₂S 的吸收效率。打开工作面中设置的全部装置, 测得在下风侧 6 m 的后溜槽处, H₂S 的平均值有了较为明显的降低 (186×10⁻⁶), 与采取喷雾措施之前比较, 降低 1 154×10⁻⁶, H₂S 的吸收效率高达 86.1%。

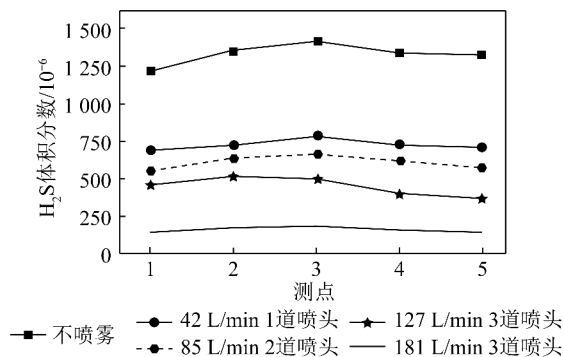


图 11 支架下风流不同拦截喷雾组数时 H₂S 治理效果测试

Fig. 11 Hydrogen sulfide treatment effect test with different back pack air flow interception spray group

4 结 论

1) 采用现场实测分析方法, 得出支架放煤涌出规律: H₂S 浓度与距支架放煤口距离呈负相关关系, 一定范围内, 距放煤口越远, 气体浓度越低。由于受 H₂S 二次叠加影响, 在距支架放煤口 4.5 m 后, H₂S 扩散过程中减小量较小; 由于受到支架后部风流流场和后部溜槽煤体的遮挡, 支架放煤涌出的 H₂S 部分向支架人行道方向扩散, 且在后部溜槽至人行道方向上呈现逐步减小的扩散分布规律。

2) 经实验室试验和现场实践得出喷雾吸收液治理 H₂S 的最佳工艺参数为: 喷雾压力 8 MPa, 吸收液浓度 0.9%, 喷向滚筒的水雾流量 70 L/min 左右,

放煤口和下风流跟踪 H₂S 拦截喷洒吸收液装置适合开启 3 组。该条件下测得下风流 6 m 处后溜槽 H₂S 浓度降至 186×10⁻⁶, 吸收效率 86.1%。

参考文献 (References):

- [1] 魏俊杰, 邓奇根, 刘明举. 煤矿 H₂S 的危害与防治[J]. 煤炭技术, 2014, 33(10): 269-272.
WEI Junjie, DENG Qigen, LIU Mingju. Hazards of hydrogen sulfide and control measures in coal mines[J]. Coal Technology, 2014, 33(10): 269-272.
- [2] 彭本信, 酈宗元, 张建华, 等. 乌达矿区 H₂S 综合防治技术[J]. 煤炭科学技术, 1992, 20(9): 23-27.
- [3] 张家忠, 易红宏, 宁平, 等. H₂S 吸收净化技术研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(6): 47-52.
ZHANG Jiazhong, YI Honghong, NING Ping, et al. Advances of the study on absorption technology of hydrogen sulfide[J]. Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control, 2002, 3(6): 47-52.
- [4] 邓兆银. 浅谈非煤矿山爆破及 H₂S 防治安全管理[J]. 科技风, 2011(22): 251.
- [5] 酈宗元, 戚务铭. 矿内 H₂S 防治的探讨[J]. 煤矿安全, 1998, 12(9): 30-35.
- [6] 刘明举, 李国旗, HANI Mitri, 等. 煤矿 H₂S 气体成因类型探讨[J]. 煤炭学报, 2011, 36(6): 978-983.
LIU Mingju, LI Guoqi, HANI Mitri, et al. Genesis modes discussion of H₂S gas in coal mines[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(6): 978-983.
- [7] 任秀荣, 张宗友, 常丽萍, 等. 气体净化中的 H₂S 脱除技术研究[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(6): 70-73.
REN Xiurong, ZHANG Zongyou, CHANG Liping, et al. Research progress of H₂S removal technique from coal gas[J]. Clean Coal Technology, 2007, 13(6): 70-73.
- [8] 李建锁, 刘建秋, 张现林, 等. 微生物填料塔净化 H₂S 的实验与实践[J]. 洁净煤技术, 2005, 11(1): 64-68.
LI Jiansuo, LIU Jianqiu, ZHANG Xianlin, et al. Study & practice on the removal of hydrogen sulfide by micro-biological filtration tower[J]. Clean Coal Technology, 2005, 11(1): 64-68.
- [9] 刘平, 胡敏. 煤矿 H₂S 的形成机理及综合防治措施[J]. 中州煤炭, 2009, 30(5): 69-70.
LIU Ping, HU Min. Formation mechanism of sulfureted hydrogen in coal mine and comprehensive control counter measures[J]. Zhongzhou Coal, 2009, 30(5): 69-70.
- [10] 傅雪海, 王文峰, 岳建华, 等. 枣庄八一矿瓦斯中 H₂S 气体异常成因分析[J]. 煤炭学报, 2006, 31(2): 206-210.
FU Xuehai, WANG Wenfeng, YUE Jianhua, et al. Genesis analyses of H₂S gas abnormality in gas of Bayi coal mine in Zaozhuang[J]. Journal of China Coal Society, 2006, 31(2): 206-210.