

文章编号: 1001-1986(2006)03-0024-04

断裂结构面对回采工作面矿压及顶板稳定性的影响

孟召平¹, 彭苏萍¹, 冯玉², 雷志勇¹

(1. 中国矿业大学资源与地球科学系, 北京 100083;

2. 开滦(集团)有限责任公司唐山煤矿, 河北唐山 063018)

摘要:通过对现场观测和数值模拟分析, 系统研究了断裂结构面对回采工作面矿压分布和顶板稳定性的影响。研究表明, 回采工作面顶板断裂结构面有3种典型组合类型, 即“正三角形”结构、“川字形”结构和“倒三角形”结构。在工作面开采过程中, “正三角形”结构顶板稳定性差; “倒三角形”结构顶板稳定性好; 而“川字形”结构顶板能形成结构平衡且稳定。由于断层使介质不连续, 导致初始应力场扰动, 局部产生附加应力, 在断层带附近形成低压力区和高应力集中区带, 比较明显的影响范围距断层面大约10~30 m。当工作面推进到高应力集中区带时, 工作面前方煤(岩)体中支承压力明显增大, 支承压力峰值位置向前方煤岩体中转移, 易于发生冒顶事故和其他矿井动力地质现象; 当工作面推进到低应力区带时, 压力峰值降低, 顶板稳定性差。

关键词: 断裂结构面; 回采工作面; 矿压分布; 顶板稳定性

中图分类号: TD32 **文献标识码:** A

Influence of fracture structure plane on underground pressure and roof stability of working face

MENG Zhao-ping¹, PENG Su-ping¹, FENG Yu², LEI Zhi-yong¹

(1. Department of Resource and Geoscience, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China;

2. Tangshan Mine, Kailuan Group Limited-liability Corporation, Tangshan 063018, China)

Abstract: By using field observation and numerical simulation method, the influence of fracture structure plane on the underground pressure and the roof stability of working face are systematically studied. The research results show that the fracture structure plane of coal roof has three kinds of typical combination styles, namely “regular triangle” structure, “III shape” structure and “inverted triangle” structure. During coal mining, the coal roof of “regular triangle” structure is unstable, but the “inverted triangle” structure is stable and the roof of “III shape” structure is able to form structure equilibrium and reaching stability. Because of fault inducing medium discontinuous and changes of initial stress field and additional stress in some areas, there are the low stress area and high stress concentration zone in the fault and its surrounding zone, the much obvious effect range is about 10~30 m far away the fault surface. In the high stress concentration zone of fault, the abutment stress in front of working face increases obviously and the peak value position of abutment stress migrates to the inside of coal mass with reduction of distance away from the fault. In the zone, the roof accident and other dynamic phenomenon are prone to happen. In the low stress zone of the fault, the strength of coal and rock is lower, the abutment stress decreases and the stability of coal roof is weak.

Key words: fracture structure plane; working face; underground pressure; roof stability

1 引言

断层是影响煤炭开采重要的地质因素。煤层开采采区(或工作面)构造分析, 对采区布置和煤炭开采及采场支护起着决定性作用^[1-2]。长期以来, 国内外不少学者注意到断层对采矿的影响, 并进行了卓有成效的研究^[1-6], 但由于受观察条件的限制, 有关断层及其组合对回采工作面顶板稳定性的影响缺

乏系统的认识。现有的岩层控制和矿压理论基本上都是建立在均匀连续介质基础上, 并没有考虑岩层中存在的岩层不连续面, 如节理、裂隙以及断层的影响^[7-8]。而实际上岩层中存在大量的节理裂隙和规模不等的断层。这些不连续面的存在, 在采动影响下易于“活化”^[9-10], 使煤层顶板难以控制, 尤其是当开采区域断层比较发育时, 断层对矿压分布规律的影响十分明显。因此, 研究断裂结构面对回采工作

收稿日期: 2005-09-12

基金项目 全国优秀博士学位论文作者专项资金资助项目(项目批准号 200247); 高等学校博士学科点专项科研基金资助课题; 国家自然科学基金资助项目(40172059)

作者简介: 孟召平(1963—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事矿井地质及工程地质研究。

面矿压及顶板稳定性的影响, 对于井下煤炭开采巷道设计、工作面回采和地质灾害的防治等都具有一定的理论与实际意义。

2 断层对回采工作面矿压分布的影响

2.1 断层对初始垂直应力分布的影响

为了认识断层对矿压分布的影响, 在模型计算中, 分别考虑了不同倾角(30° 、 60° 和 90°)正断层的情况。断层从地表延伸到下部模型边界, 模型中断层被描述为薄弱的滑移层(面)。根据淮南潘三井田13—1煤层开采实际, 在埋深900 m情况下, 设计模型长200 m, 高110 m; 煤层被正断层所切割, 断层落差为10 m, 且为活断层。

数值模拟结果表明, 在重力场作用下, 由于断层的存在, 初始应力场明显地产生扰动, 在断层破坏带内覆岩应力表现为低压力区, 应力降低值为正常地应力值的25%~40%左右; 其旁侧存在的高应力集中区带, 为正常地应力的1.5~2.5倍, 且沿断层走向呈带状分布, 垂直于断层走向变化大, 比较明显的影响范围距断层面大约10~30 m(图1)。

在重力场作用下, 随着断层倾角的变化, 初始主应力场的分布也发生不同的变化。在断层倾角较小时, 也就是低角度断层引起的应力扰动明显, 扰动范围较大; 当倾角增大时, 高角度断层引起的应力扰动范围明显减少。这些变化, 在回采过程中将直接影响煤层顶底板岩层的变形破坏规律和矿压分布, 对煤层顶底板的稳定性产生不利的影响(图1)。

2.2 断层对回采工作面矿压分布的影响

数值模拟计算结果表明, 在回采工作面前方煤体中存在断层的情况下, 当工作面开采到断层旁侧高应力集中区带时, 随着回采工作面向断层面靠近, 直到断层位置的前方煤岩体中支承压力增大; 当工作面开采到断层带内低应力区带时, 直到断层位置的前方煤岩体中支承压力反而减小, 这是由初始应力场所决定的。

如图2所示, 在断层面倾角为 60° 情况下, 当回采工作面推进到距前方断层60 m处, 压力峰值为一37.44 MPa; 当回采工作面开采到距前方断层40 m时, 压力峰值升为一40.64 MPa, 此时, 工作面前方煤体中支承压力比离断层60 m处支承压力增大了8.5%。在回采工作面煤壁和其前方断层之间煤柱之上的压力分布类似于小的残留煤柱情况; 在小的残留煤柱情况下, 压力峰值出现在煤柱中部, 并且煤柱愈窄, 压力峰值愈高, 煤的抗压强度是残余煤柱承压作用的极限。当工作面开采到距断层面20 m时,

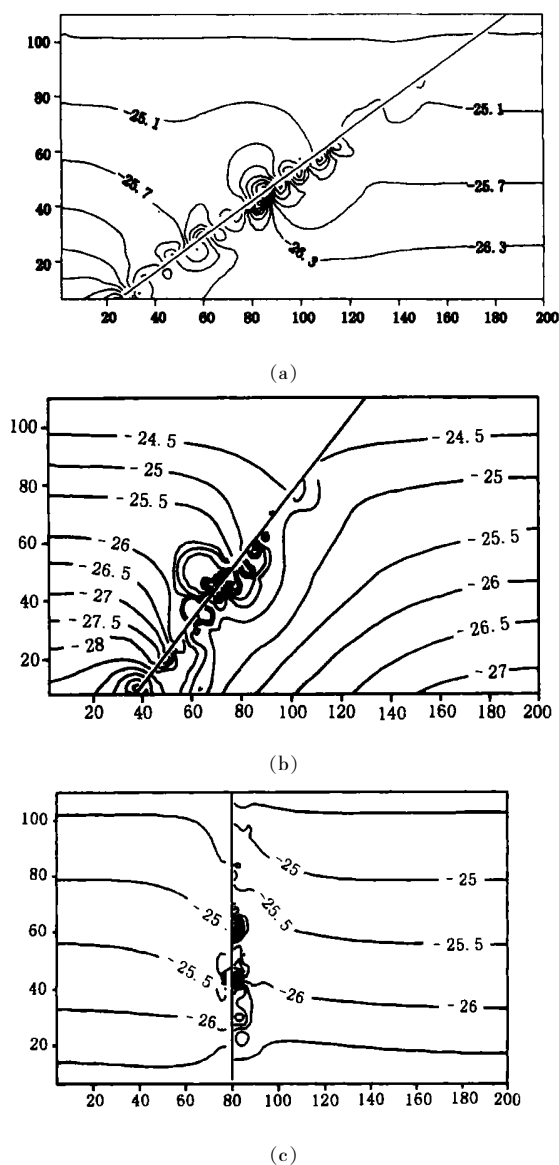


图1 计算模型初始垂直主应力等值线图/MPa
(坐标轴为模型位置/m)

Fig. 1 Isoline map of initial vertical stress for calculation models
a——断层面倾角 30° ; b——断层面倾角 60° ; c——断层面倾角 90°

由于工作面已开采到断层带低应力区带内, 压力峰值为一34.1 MPa, 直到断层位置的前方煤岩体中支承压力反而减小, 与开采60 m的压力峰值相比, 降低了8.9%。这种应力扰动作为超前附加压力, 是煤层承担的顶板重量的一部分, 其分布在回采工作面前方和断层之间煤柱的面积上, 剩余的部分载荷作用在断层后部的煤层中。不同倾角大小的断层对回采工作面影响的规律是一致的。

由此可以看出, 在工作面前方存在断层的情况下, 无论是断层倾向开采方向还是断层倾向采空区方向, 在井下采动过程中, 当工作面开采到断层旁侧高应力集中区带时, 工作面前方煤(岩)体中支承压力均明显增大, 且在单轴压缩条件下, 比煤(岩)体的承载能力要大得多。因此, 当回采工作面位于断层

旁侧高应力集中区带时,煤(岩)体在支承压力作用下产生裂隙,煤体被压碎,强度进一步降低,顶板稳定性差,从而使传递压力的能力减弱,支承压力峰值位置向前方煤岩体中转移;当工作面推进到断层带内低应力区带时,压力峰值降低。这些都说明了当回采工作面开采到断层附近时,易于发生冒顶事故和其它矿井动力地质现象。如开滦唐山矿 2000 年 8 月 15 日,T2253 风道掘进过程中,遇到一条落差为 1.5 m 的张性正断层,其走向与巷道斜交,夹角约为 45°,掘进巷道过断层后,其下盘三角区岩体整个垮落,摧垮拱形支架,冒顶范围约 4 m,冒顶高度约 2 m,堵塞巷道,见图 3。

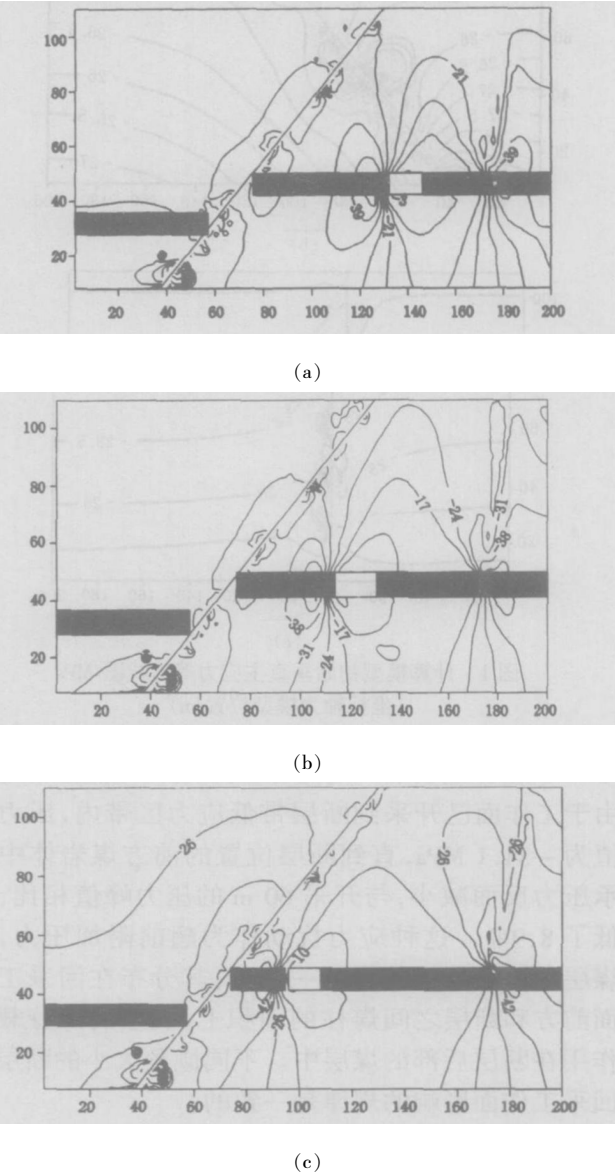


图 2 回采工作面垂直主应力等值线图/MPa
(坐标轴为模型位置/m)

Fig.2 Isoline map of initial vertical stress of working face for calculation models
a——回采工作面距断层 60 m;b——回采工作面距断层 40 m;c——回采工作面距断层 20 m

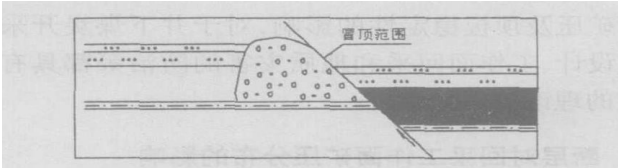


图 3 唐山煤矿 T2253 风道冒顶事故示意图
Fig.3 Sketch map of roof accident in wind-road T2253, Tangshan coal mine

3 断裂结构面对回采工作面顶板稳定性的影响

断裂结构面对开采的反应,不仅决定于结构面本身特征,而且与结构面的组合及其产状与工作面的推进方向密切相关。一般情况下,只有当结构面的组合使顶板内可能出现有利于塌落或滑动的分离体,且其尺寸又小于开采空间时,这类顶板才有局部失稳的可能。对于顶板来说,有 3 种典型组合类型:“正三角形”结构、“川字形”结构和“倒三角形”结构。

a. “正三角形”结构,是最不稳定的。无论在初次断裂前或在初次断裂后,还是在直接顶或老顶岩层中,被此类结构面所围限的分离体都易于塌落。如开滦唐山矿 T2155 运输道,曾在开采期间工作面前方 20 m 处,受采动影响,应力活动加剧,局部应力集中后导致部分顶板支护锚杆断裂,致使巷道上方法长 2.5 m,宽 2.0 m,高 1.2 m 的三角形锥形岩体整体冒落。经调查,在该冒顶区,顶板岩体中发育两组较大的节理裂隙,其组合为“正三角形”,正是由于这两组节理裂隙的发育及其组合破坏了该处顶板的完整性,再加上应力作用,导致冒顶发生(图 4)。

b. “川字形”结构,在直接顶板岩层中受拉应力作用下较不稳定,往往造成冒顶。而在老顶岩层中由于破断岩块间相互回转,且在转动中受各岩块几何形状的限制,有可能形成强大的水平挤压力,形成一定力的结构平衡,当沿结构面的摩擦阻力大于所限岩块的自重时,尽管裂隙发育,也仍将是稳定的。如开滦唐山矿 1998 年 6 月 4 日,T2155 风道在掘进至 564 m 处,遇到一组裂隙,在煤层顶板内呈“川”字型排列,切割顶板,使顶板岩体完整性受到破坏,加上放炮震动影响,掘进迎头发生冒顶,冒落高度约 3 m,冒顶长度约 5 m,煤层顶板岩体整体垮落,摧垮拱形支架、堵塞巷道(图 5)。

c. “倒三角形”结构,无论是在顶板初次断裂前,还是初次断裂后,顶板岩体中都将形成力的结构平衡,都将是相对稳定的。

对于同一方向的一组高角度断裂结构面来说,在顶板岩层中倾向回采工作面前进方向和倾向采空区方向的结构面对顶板的稳定性影响不同。在断裂

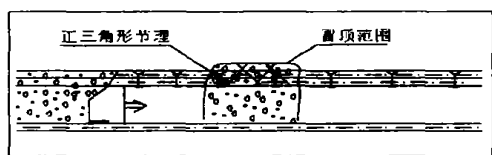


图4 T2155 运输道冒顶区示意图

Fig.4 Sketch map of roof accident in haul road T2155,

Tangshan coal mine

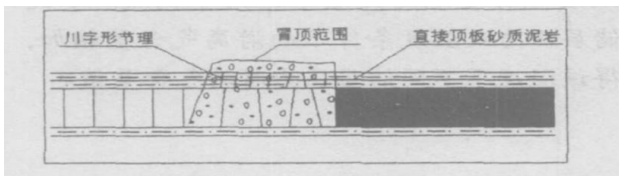


图5 T2155 风道冒顶区示意图

Fig.5 Sketch map of roof accident in wind-road T2155,

Tangshan coal mine

结构面倾向工作面前进方向时,在初次断裂后顶板易于垮落,稳定性相对较差,周期断裂步距相对较小;而在断裂结构面倾向采空区的情况下,顶板初次断裂步距小,在初次断裂后顶板稳定性相对倾向工作面前进方向的情况要高,周期断裂步距相对较大。

结构面走向与工作面掘进方向也有很大的关系。当结构面与工作面斜交时,由于顶板被结构面分割为上、下盘两大块,其间失去了连接力,也就不存在抗弯、抗剪和抗拉的能力。因此,两盘岩体会向煤层倾向方向或采空区方向滑移,使支架失稳而产生冒落。当结构面与工作面平行时,冒顶范围可能影响到整个工作面控顶区,尤其是当结构面倾向煤层时,情况更为严重;当结构面走向与工作面近似垂直时,其上、下盘断层影响范围内,顶板稳定性差。

煤层顶板内软弱结构面发育,则往往造成大面积的冒顶事故。如2000年5月20日,T1354运输道掘进过程中,使用锚杆支护,掘至距边眼320 m处,由于煤层顶板泥岩上方约2 m处发育1~2层小煤线,形成了弱结构面,而锚杆深度恰好打在弱结构面附近,使其支护能力大为减弱,发生大面积冒顶,从迎头往后10 m,整个煤线以下的顶板岩体整体垮落,后被迫改用拱形支护才把这条巷道掘完。因此,研究煤层顶板中弱结构面的发育情况和空间分布特征,对确定支护方案,避免大面积冒顶事故具有十分重要的意义(图6)。

4 结论

a. 断裂结构面对顶板稳定性的影响,不仅决定于结构面本身特征,而且与结构面的组合及其产状与工作面的推进方向密切相关。对于顶板来说,

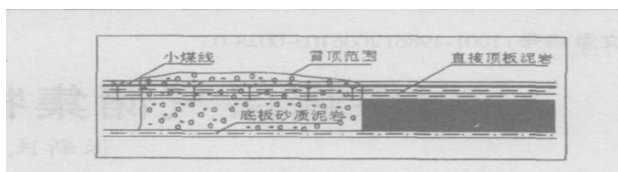


图6 T1354 运输道冒顶事故示意图

Fig.6 Sketch map of roof accident in haul road T1354,

Tangshan coal mine

有3种典型组合类型,即“正三角形”结构、“川字形”结构和“倒三角形”结构,它们具有不同的稳定性特征。在工作面开采过程中“正三角形”结构顶板稳定性差,“倒三角形”结构顶板稳定好,而“川字形”结构顶板能形成结构平衡且稳定。

b. 由于断层使介质不连续,导致初始应力场扰动,局部产生附加应力,在回采过程中将直接影响煤层顶底板岩层的变形破坏规律和矿压分布,对煤层顶底板的稳定性产生不利的影响。

c. 当回采工作面位于断层旁侧高应力集中区带时,工作面前方煤(岩)体中支承压力明显增大,煤(岩)体在支承压力作用下产生裂隙,煤体被压碎,强度进一步降低,从而使传递压力的能力减弱,支承压力峰值位置向前方煤岩体中转移。当工作面推进到断层带内低应力区带时,压力峰值降低,煤岩强度低,顶板稳定性差。

d. 由于断层存在,在采动影响下导致断层“活化”,易于发生冒顶事故和其他矿井动力地质现象。因此,在回采工作面过断层时一定要加强顶板支护与管理。

参考文献

- [1] Köse H. Modeltheoretische Untersuchung der Gebirgsdruckverteilung beim Abbau[J]. Glückauf—Forschungshefte, 1987, 48(1): 17—22.
- [2] Müller W. Wütele M. Gebirgsmechanische Modelltechniken zur Simulierung streckenartiger Hohlräume unter Berücksichtigung hoher Konvergenzen[J]. Bergbau, 1994, (9): 394—401.
- [3] Adler B E. Tektonische Deformationszahl zur Gebirgsbeschreibung[J]. Glückauf, 1978, 114(4): 169—175.
- [4] 孟召平, 王冲, 彭苏萍, 等. 地质构造有限变形几何分析及其应用[J]. 煤炭学报, 1998, 22(5): 119—123.
- [5] 夏玉成, 胡明星. 矿井构造的GMDH—BP评价预测方法及其应用[J]. 煤炭学报, 1997, 22(5): 466—469.
- [6] 吕志发, 孟召平. 正断层附近煤层的空隙裂隙特征及其研究意义[J]. 煤田地质与勘探, 1989, 17(3): 29—33.
- [7] 钱鸣高, 刘听成. 矿山压力及其控制[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1984.
- [8] 彭苏萍, 孟召平. 长壁工作面顶底板稳定性数值模型计算分析[J]. 中国矿业大学学报, 1999, 28(1): 41—45.
- [9] 孟召平, 彭苏萍. 正断层附近煤的物理力学性质变化及其对矿压分布的影响[J]. 煤炭学报, 2001, 26(6): 561—566.
- [10] 于广明, 谢和平, 杨伦, 等. 采动断层活化变形界面效应的数值模拟研究[J]. 煤炭学报, 1998, 23(4): 396—399.