

房采采空区顶板大面积冒落对巷道危害及防治

尚福建*

(中铁十四局集团有限公司, 山东 济南 250014)

摘要:房柱式采煤方法所特有的回采方式,采空区内遗留大量的煤柱.采空区顶板在煤柱的支撑下,暴露面积越来越大.当悬顶跨度达到一定的程度时,遗留煤柱会因应力的转移承受的载荷增加发生失稳,顶板失去支撑,大面积切断冒落,在短时间内压缩采空区气体,形成高速气流涌入巷道.此过程会对巷道产生严重的冲击灾害,造成人员与设备的损失.针对这一灾变运用流体力学理论,建立了简单的气体压缩活塞模型,对这一灾变对巷道造成的冲击压强进行了理论推导.结合某矿的具体情况,针对这一灾变提出了构筑防冲密闭墙的防治措施,并对密闭墙的厚度进行了计算.

关键词:房柱式采煤;采空区;冲击压强;防冲密闭墙

中图分类号:TD721

文献标志码:A

文章编号:1672-9102(2018)01-0023-04

Damage to Roadway by Large-Scaled Roof Falling in a Mined-Area of Room and Pillar Mining and Its Prevention

Shang Fujian

(China Railway 14th Bureau Group Co. Ltd., Jinan 250014, China)

Abstract: The unique method in gob of room and pillar mining leaves behind a large number of coal pillars. Under the support of coal pillars, the area of roof in gob is bigger and bigger. When the area reaches a certain extent, the coal pillars will collapse due to the stress transfer. The roof falls down in a large scale without supporting and compresses the gob gas in short time. High-speed gas flows into the roadway. This process will have a serious impact on the roadway, resulting in the loss of personnel and equipment. In connection with this disaster, this paper establishes a simple model of compressed gas. It makes the theoretical derivation from the impact-stress to roadway caused by this disaster. Combined with the specific circumstances of a mine, this paper puts forward protective measures of building anti-impact closed walls, and calculates its thickness.

Keywords: room and pillar mining; gob; impact-stress; anti-impact closed wall

煤矿事故中,顶板事故一直居高不下,许多学者针对这一问题做了大量研究.采空区顶板的大面积冒落问题的研究大多都局限于采空区顶板断裂和跨落机理方面以及垮落顶板自重对采场支架的支撑能力的影响规律,对采空区顶板大面积垮落造成的空气动力灾害研究较少.吴爱祥,王贻明^[1]等用拉格朗日法从理论上计算了采空区顶板大面积冒落所产生空气冲击波的强度.邢平伟^[2]博士运用气体动力学理论及差分方法计算了采空区顶板大面积冒落所产生空气冲击波的风速.翟欣,袁印^[3]采用理论分析及数值模拟,对成庄矿4320综放工作面采空区密闭墙的构筑位置与构筑厚度进行了研究.房采采空区内遗留大量的煤柱,随着工作面的不断推进悬顶面积越来越大,达到一定跨度就会发生突然的大面积冒落.本文采用流体力学理论,对房采采空区顶板大面积冒落时压缩气体涌入巷道的风速及产生的冲击压强进行了推导计算,对房采采空区顶板冒落的灾害防治有一定的参考意义.

收稿日期:2017-09-24

*通信作者,E-mail: sunforjean@163.com

1 模型建立

随着房采工作面的不断推进,采空区顶板暴露面积越来越大,当达到极限跨距时,采空区煤柱不足以支撑大面积的顶板,顶板会发生瞬间的切落.此过程由于时间很短,可以近似的看作是采空区为密闭的容器,当不考虑摩擦力对顶板冒落运动的影响时,可把顶板冒落过程简化为一个在重力和空气阻力作用下的活塞运动模型,如图 1 所示.

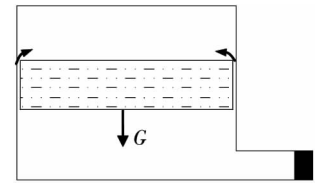


图 1 房采采空区顶板垮落冲击灾害简化模型

同时假设当顶板切顶垮落时房采采空区煤柱完全被破坏,对顶板失去任何支撑能力,采空区内顶板跨落过程为仅有顶板重力与采空区空气压力参与的跨落顶板近似自由落体运动;采空区内气体速度显著变化时间短,传热能力差,模型灾变过程视为绝热、恒温变化;煤柱崩塌,无碎胀均匀平铺于采空区底板,采空区空气残余体积极少.顶板跨落演进过程如图 2 所示.

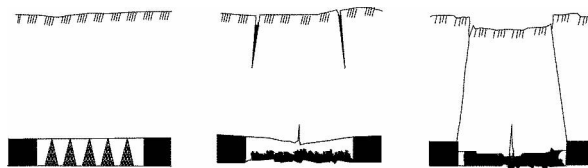


图 2 顶板切落演进过程

2 巷道冲击压强的推导

顶板冒落压缩采空区气体,气体看作是不可压缩的理想气体^[4,5].采空区的气体除部分通过顶板垮落时形成的裂缝泄漏在顶板上方空间外,其余全部涌入到联通巷道中.高速气体涌入联通巷道如图 3 所示.

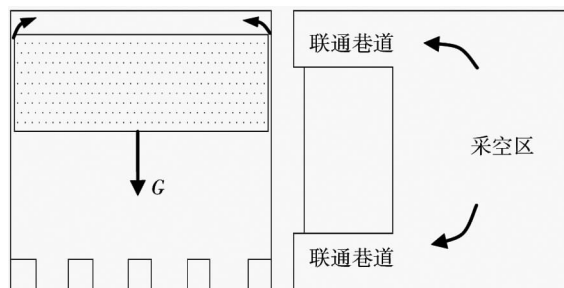


图 3 顶板岩块切落压缩气体涌入巷道

采空区悬顶面积为 A_0 ,巷道的横断面积为 A_1 ,采高为 h ,顶板大面积垮落时采空区的气体部分通过周边空间泄漏在顶板上方空间,其余全部涌入到巷道中.设气体速度为 v ,由于顶板下落过程近似为自由落体运动,由气体的质量守恒^[6]可得:

$$\rho v_1 A_0 dt = n \rho v A_1 dt. \tag{1}$$

式中: $v_1 = gt$, 即自由落体的速度, m/s; ρ 为标准大气压下,空气密度, kg/m³; A_0 为空区暴露面积, m²; A_1 为巷道的横截面积, m²; n 为涌入巷道数目.

对式(1)积分得:

$$\frac{1}{2} \rho A_0 g t^2 = n \rho v A_1 t. \tag{2}$$

假设密度 ρ 在同一时间内都相同,则有:

$$v = \frac{A_0 g t}{2nA_1} \quad (3)$$

式中: t 为顶板自由下落高度 h 所用的时间,即 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$.代入(3)可得:

$$v = \frac{A_0 \sqrt{2gh}}{2nA_1} \quad (4)$$

式(4)即为理想状况下顶板大面积垮落时涌入巷道气体速度.考虑到气体向上泄漏、空气阻力及摩擦阻力等因素,计算值一般会大于实际风速值.

根据流体力学公式^[7]可以求出作用在密闭墙上的冲击压强 P :

$$P = \frac{\rho v^2}{2} \quad (5)$$

由式(4)和式(5)加入空气折减系数 $k(k < 1)$,可以求出:

$$P = \frac{k\rho A_0^2 g h}{4n^2 A_1^2} \quad (6)$$

式中: A_0 为房采采空区顶板暴露面积修正面积,修正系数为 $k_0 < 1$.

$$P = \frac{k\rho g}{4} h T^2 \quad (7)$$

式中: T 为气体涌入面积比, $T = \frac{A_0}{nA_1}$.

式(7)表明,顶板大面积切落产生的冲击气体波对密闭的冲击压强与压缩气体涌入面积比即采空区顶板暴露面积与涌入巷道的总面积之比有关,在采高一定的情况下,比值 T 越大,冲击压强越大.同时还与采高有关,采高越大,采空区体积就会越大,气体量也会增加,冲击波压强也会越大.针对实际矿井来说,其采高一般由可采煤层厚度决定,故一般为一具体常量.

3 工程实例

3.1 工程概况

某矿四盘区54F02工作面5⁻²煤层的主要特点是埋藏浅、硬度较大,裂隙不发育且厚度大,直接顶以泥岩和粉砂岩为主,厚度变化0.00~2.18 m,属三类稳定顶板;基本顶以中、细粒砂岩为主,属Ⅲ~Ⅳ级,压力显示强烈-非常强烈,硬度较高,不易垮落;对于房采区(四盘区)因悬顶面积过大,易出现突然冒顶或大面积垮落的灾害.

54F02工作面的开采尺寸已达到初次来压的面积,一旦因煤柱垮塌失稳造成大面积顶板冒落,将产生冲击波.54F02工作面联络通道为矩形巷道(净宽4 m,净高5.2 m),共有5条联络通道与外界联通,目前采区开采面积已达到2.8万m²,由前文中的式(7)计算其冲击压强为0.898 MPa.为了防止基本顶突然冒顶或大面积垮落压缩采空区内气体引起的冲击波,对与四盘区联通的相关巷道内的工作人员及其相关装备及设施造成危害,应科学构筑防冲密闭墙.

3.2 防冲密闭墙厚度确定

通过比选研究决定采用嵌入式墙体结构,此结构可与周围岩(煤)体更加稳固地结合,能够分散部分冲击荷载到围岩中,具有良好的抗冲击性能.通过墙体抗剪强度的分析来确定墙体的尺寸,计算公式^[8,9]如式(8):

$$C \geq \frac{k_a k_d P a b}{2(a+b)f_v} \quad (8)$$

式中: C 为密闭墙厚度,m; k_a 为墙体结构安全系数,取值1.2; k_d 为结构动力系数,取值1.5; a 为巷道净宽,m;

b 为巷道净高, m; P 为密闭墙上的冲击压力, MPa; f_v 为普通砖砌体抗剪强度, MPa.

由式(8)计算可得密闭墙厚度为 4.92 m.

3.3 防冲密闭墙设计

综合考虑^[10], 实际防冲密闭构造形式采用“里外嵌入墙+内充填”设计, 嵌入墙厚度均为 0.75 m, 两墙中间填充物(砂浆)厚度为 5 m, 防冲密闭墙构造如图 4 所示.

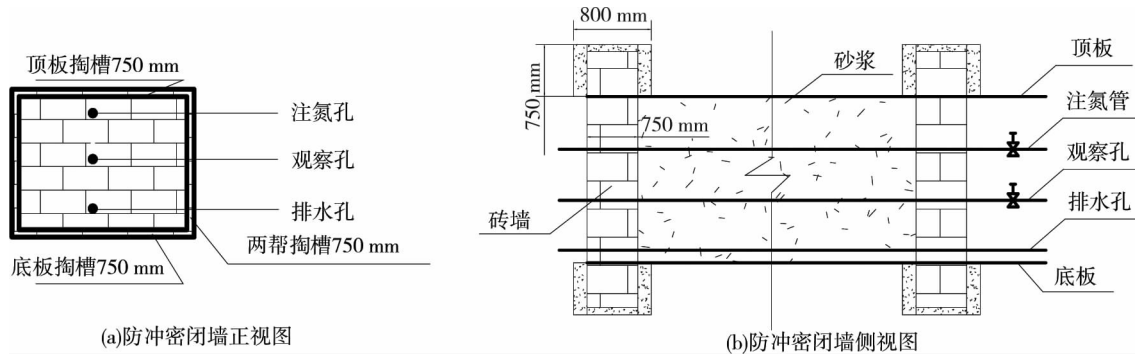


图 4 防冲密闭墙设计图

确定密闭墙砌筑位置后, 沿巷道断面四周对围岩(煤)进行掏槽, 掏槽深度为 0.75 m, 宽度为 0.8 m. 人工砌筑里外内嵌墙, 砌墙时必须一层砂浆一层砖, 砖要平放, 保证错缝四边砂浆饱满; 预留灌注口最后进行封堵, 砌筑完成要进行抹面处理. 一般密闭墙填充物为黄土或粉煤灰料, 但此类材料充填密实性较差且接顶性能差, 容易出现与顶板离层现象, 因此选择采用砂浆作为填充物; 砂浆具有良好的流动性, 能够充填密实且具有足够的抗压强度, 可选用商品砂浆在地面搅拌站拌制后运至井口, 然后输送到井下作业面进行灌注施工.

根据该矿的实际情况, 该方法能够满足安全生产要求.

4 结论

- 1) 可以通过流体动力学理论求出作用在密闭墙上的冲击压强计算公式, 并求出所需墙体厚度.
- 2) 防护密闭的效果首先取决于密闭的自身强度, 密闭上的冲击压强与顶板切落块体的面积即采空区顶板暴露面积有关, 同时也与受冲击巷道的横截面积和巷道数目有关, 与工作面采高有关.
- 3) 本文推导的冲击压强公式未考虑气体的上边界泄漏损失、空气阻力及摩擦阻力等因素, 在一定程度上, 计算所得值比实际值稍大一些, 但从安全的角度考虑, 实际操作中是可以运用的.

参考文献:

- [1] 吴爱祥, 王贻明, 胡国斌. 采空区顶板大面积冒落的空气冲击波[J]. 中国矿业大学学报, 2007, 36(4): 473-477.
- [2] 邢平伟. 采空区顶板垮落空气冲击灾害的理论及控制技术研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2013: 15-20.
- [3] 翟欣, 袁印. 综放工作面采空区密闭墙主要技术参数研究[J]. 煤, 2017, 26(6): 22-24.
- [4] 张修玉, 张义平, 池恩安, 等. 采空区坚硬顶板大面积冒落时巷道空气冲击波的计算[J]. 矿业研究与开发, 2010, 30(5): 68-69.
- [5] 郑怀昌, 宋存义, 胡龙, 等. 采空区顶板大面积冒落诱发冲击气浪模拟[J]. 北京科技大学学报, 2010, 32(3): 277-281.
- [6] 张国强, 吴家鸣. 流体力学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 143-146.
- [7] 张景松. 流体力学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001: 102.
- [8] 张荣立, 何国纬, 李铎. 采矿工程设计手册[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2003: 2531.
- [9] GB50003-2011. 砌体结构设计规范[P]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [10] 金永飞, 赵先科, 肖利利, 等. 粉煤灰浆快速固化构筑密闭墙技术[J]. 煤矿安全, 2016, 47(3): 76-78.