

浅谈巷道底鼓的防治措施

黄胜 刘巍 于驰

(中国矿业大学, 江苏 徐州 221008)

摘要: 随着煤矿开采深度的增加, 巷道底鼓现象越来越多, 严重影响了矿井的安全和生产, 本文概述了巷道底鼓形成的原因、形式, 浅谈了防治底鼓的措施。

关键词: 底鼓; 卸压; 防治措施

中图分类号: TD 26 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-8550 (2006) 05-0027-03

1 巷道底鼓产生的原因

引起巷道底鼓的主要原因有: 构造应力、水的影响、弹性变形。

——构造应力的基本特点是以水平应力为主, 具有明显的方向性和区域性。水平应力是影响巷道底板鼓起、两帮内挤的主要因素。在软岩和厚煤层中, 底板岩层在水平应力作用下与形成褶皱构造相类似, 向巷道空间鼓起。如果底板岩层呈粘—塑性变形, 底板岩层则进入蠕变状态, 此时高水平应力是造成底板岩层破坏和强烈底鼓的主要原因。

——水对岩石强度的影响: 1) 由于水的作用减少了岩石层理、节理和裂隙间的摩擦力, 使岩石的整体连接强度降低, 使岩体沿岩层的节理面、层理面和裂隙面形成滑移面, 并将原来层间连接紧密的岩体分为很多薄层, 甚至完全丧失强度; 2) 岩石中的某些矿物成分遇水产生膨胀。

2 底鼓破坏的形式

2.1 断裂式底鼓

断裂式底鼓一般发生在底板岩层分层厚度较小的砂页岩底板或存在弱面、薄煤层的底板中。巷道开掘后受两侧岩柱传递的水平压力的作用, 使巷道两边内移, 底板岩层从表面向深部发生离层, 并在巷道的中部鼓起并断裂, 底板的压力卸载, 应力集中区逐步向深部转移, 破坏区逐渐增大, 直到围岩应力平衡后才停止。

2.2 软岩体向巷道空间整体流动

当巷道底板是松软的黏土层或其它强度较低的岩石 (特别是巷道底板岩层有积水使底板软化) 或处在矿井深部的巷道, 其底板岩层呈典型的蠕变状态, 在围岩压力作用下这些软化了了的岩石便向巷道空间产生整体流动, 巷道的两帮也随底鼓产生内移。

由于岩体流动而产生的底鼓在巷道中往往看不到岩层折断的现象, 只看到较平缓的鼓起, 两帮的内移量也较大。这种底鼓的延续时间很长, 当巷道底鼓无支护时, 底鼓量很大, 并不因卸载而稳定。因此, 具有这种底鼓的巷道用卧底的方式往往不能达到满意效果。

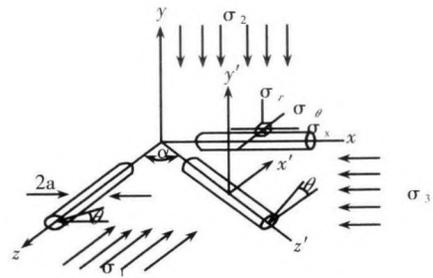


图1 巷道轴向与构造应力成一定角度时周围岩体应力计算简图

上述两种底鼓形式有可能混合出现, 巷道刚开掘时底板岩层出现离层向巷道空间折断, 并没有整体移动, 随着水从裂隙中向围岩深部渗入, 岩石的强度降低, 底鼓由折断形式转化为向巷道空间整体流动形式。应指出的是影响巷道底鼓的因素除水、围岩特性和应力外, 矿车行走时的震动有时也是不可忽视的影响因素。这是因为震动使岩层的连接强度降低、松脱, 产生裂隙给水的侵入形成通道, 从而削弱了岩体的整体强度。

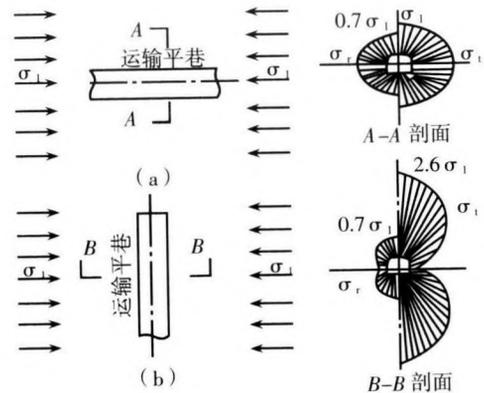


图2 巷道轴向平行、垂直构造应力条件下, 周围岩体应力分布

a—平行构造应力; b—垂直构造应力

3 巷道底鼓的防治措施

巷道底鼓的防治措施是在巷道产生显著底鼓之前, 采

收稿日期: 2006-06-27

作者简介: 黄胜 (1978-), 男 (汉族), 安徽人, 淮北矿业集团公司从事技术工作, 现在中国矿业大学应用技术学院深造。

取一些措施阻止底鼓的发生和延缓底鼓发生的时间;或在巷道产生底鼓显著之后,采取一些措施减小和控制底鼓。为了保持底板岩层和整个巷道围岩的稳定性,应以预防为主,治理为辅。巷道底鼓的防治措施可分为两方面:1)将巷道已底鼓的部分清除即起底。它是现场应用很广泛的一种治理底鼓的方法,是一种消极治理底鼓的措施。在具有强烈底鼓趋势的巷道中,往往需要多次起底,但并不能完全制止底鼓,不仅起底工程量大、费用高,而且还影响两帮及顶板岩层的稳定性和矿井的正常生产;2)采取措施消除底鼓。目前防治底鼓的措施主要从降低巷道围岩应力,加固或保持围岩的强度这两方面考虑。

3.1 合理的巷道布置

巷道轴向与构造应力方向之间夹角不同,巷道围岩水平应力集中程度有很大差异。因此,在构造应力影响较强烈的区域,要重视巷道布置方向,依靠正确调整巷道方向与构造应力方向间的关系,削减构造应力对巷道围岩稳定性的影响。从巷道围岩控制的角度出发,布置巷道时应重视下列问题:

——在时间和空间上尽量避开采掘活动的影响,最好将巷道布置在煤层开采后所形成的应力降低区域内;

——如果不能避开采动支承压力的影响,应尽量避免支承压力的强烈作用,或尽量缩短支承压力的影响时间;

——在采矿系统允许的距离范围内,选择稳定的岩层或煤层布置巷道,尽量避免水与松软膨胀岩层直接接触;

——巷道通过地质构造带时,巷道轴向应尽量垂直断层构造带或向、背斜构造;

——相邻巷道或硐室之间选择合理的岩柱宽度;

——巷道的轴线方向尽可能与构造应力方向平行,避免与构造应力方向垂直。

3.2 底板锚杆

要求底板岩层具有较好的完整性,如果底板岩层破碎,锚杆将失去锚固作用,因此在使用底板锚杆前首先要对巷道进行评价。同时巷道底板岩石对水的敏感程度也很重要,这包括了顶板淋水和施工用水,当底板岩层遇水泥化,则要考虑用干式打眼或悬浮剂冲洗钻孔的方法。

巷道底板锚杆的形式,应根据巷道服务年限、用途和生产条件选定。底板锚杆的长度应能穿过全部底鼓的岩层,锚杆的尾端应在底板以下 $0.6\sim 0.8\text{ m}$,这样做的好处是必要时还可以卧底。为了充分发挥锚杆对底鼓的作用,同时考虑到现场钻孔的方便,底板锚杆应按图布置(图3)。当底板为砂页岩时,锚杆密度不应小于 $1\text{ 根}/\text{m}^2$;当岩层破

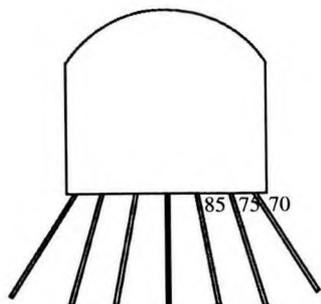


图3 底板锚杆布置

碎时,应适当加大锚杆的密度,排距一般为 $0.8\sim 1.2\text{ m}$;当底板岩层间连结强度较低时,锚杆的排距应在 1 m 以下。

3.3 底板注浆

底板注浆一般用于加固已破碎的岩石,提高岩层抗底鼓的能力。当底板岩石承受的压力超过岩体本身的强度而产生裂隙和裂缝时,应采用注浆的办法使底板岩层的强度提高,达到防治底板底鼓的目的。由于所选择注浆的形式、材料、压力和时间长短不同,岩层中的裂隙可能全部或部分被粘,当注浆压力高于围岩强度时,会产生新的裂隙并有浆液渗入。注浆的作用可分为3种情况:

——注浆只起到部分效果,即注浆后重新结合的强度只比岩石产生离层、裂隙后的残余强度稍高。产生这种情况的主要原因是注浆压力太低、注浆液浓度太大或注浆钻孔的布置不合理。底板注浆后对减少底鼓有一定的效果,但不显著。

——注浆后破碎的岩石全部被加固,在岩层中极为微小的裂隙也被粘和起来。注浆后岩层的结合强度与原始强度相等。在这种情况下,底板注浆起到了显著的效果,巷道底鼓量明显减少。

——注进的浆液包围破碎的岩块并将其粘和成一体,岩层的整体强度得到提高,注浆后岩层的结合强度高于原始强度是底板注浆最理想的情况。

注浆后岩层达到的结合强度主要取决于选择的注浆材料:采用聚氨酯材料,岩层间的结合强度较高,加固的效果较好,但底板潮湿时粘和强度较低,成本也较高;注水泥浆虽然成本低,但结合强度较低,所以在选择材料时要根据实际情况合理选择。

3.4 巷道底板开卸压槽(孔)

巷道周边围岩开槽卸压的力学原理,是使原来作用于周边围岩的高应力向卸压区以外的岩体深部转移。深部岩体处于三向应力状态,具有较高的强度,在应力增高区内岩体形成自承载结构,承受掘巷引起的应力集中。同时在它的支承和保护下,又使卸压区内的岩体得以保持稳定。另一方面结构和完整性并未遭到完全破坏的卸压区内的围岩,仍然存在一定的残余强度,并向岩体支承结构提供侧向约束力,增加岩体支承结构的强度和稳定性,从而使围岩的整体稳定性得到显著提高。

在实际工程中,由于目前尚无合适的开槽机具,常用成排的大直径钻孔来代替。钻孔卸压的机理和开槽卸压基本相同,钻孔卸压的效果主要取决于孔径、孔距、孔深等参数。一般情况下钻孔直径 $150\sim 350\text{ mm}$ 、间距为钻孔直径的 $1.5\sim 1.7$ 倍、孔深 $6\sim 10\text{ m}$ 。

在巷道底板开槽,不仅使支承压力的峰值向深部转移,降低应力集中;卸压槽还为巷道围岩变形提供了补偿空间,从而使巷道围岩变形量减小。通常采用垂直切槽防治底鼓,卸压效果主要取决于卸压槽宽(b)、深(h)。对于中硬岩层槽宽为 $200\sim 300\text{ mm}$;而软岩层则为 $200\sim 300\text{ mm}$ 。

巷道底板切槽如图4所示。当切槽深(b)小于巷帮到切缝的间距(a),即 $a/b > 1$ 时,开槽后的底板视作从卸压槽下方受到横向载荷 p 作用的岩石悬梁,承受弯曲应力,岩石抗弯强度小,底板上翘,甚至下面岩层向上断裂。岩层受剪力作用,当 $a/b < 1$ 时,岩石抗剪强度一般大于抗拉强度,岩石底板稳定。

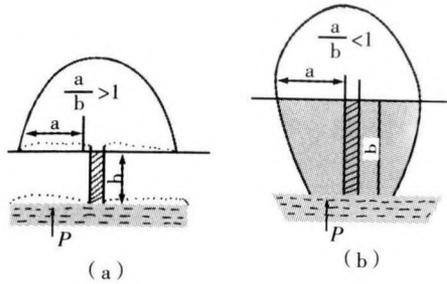


图4 底板切槽对顶板稳定性的影响

(a) $a/b > 1$ 时; (b) $a/b < 1$ 时

3.5 药壶爆破

药壶爆破是在炮孔底部先少量装药爆破成壶状,再装药爆破不破裂岩体表面。

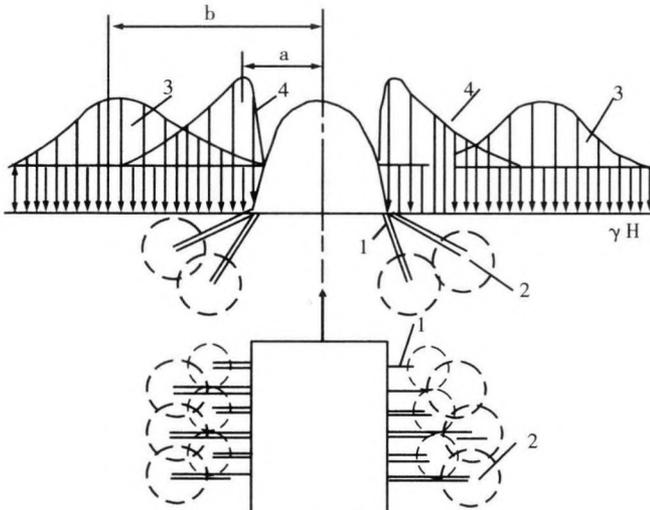


图5 药壶爆破法

1——炮眼; 2——爆破后围岩松动区域; 3——爆破后支承压力分布; 4——爆破前支承压力分布; a——爆破前支承压力峰值距巷道中线距离; b——爆破后支承压力峰值距巷道中线距离

U. I. 切尔尼亚克教授提出,用爆破法卸压的实质是用爆破法在靠近巷道周边的煤层底板中形成岩石松动带,由于该松动带最大支承压力转移到岩体及煤柱深部,图5所示。

确定爆破参数时,应考虑煤层底板岩石性质及厚度,软岩巷道底鼓岩层深度一般为巷宽的0.7倍左右。还应考

虑炮孔与水平的夹角、孔间距及深度、炸药性能及装药量等。

用钻孔底药壶爆破的方法进行限制性爆破,在围岩体中形成一个连续的松散破碎带,将支承压力峰值转移到围岩深部。同时,已经松散破碎的围岩体具有缓冲垫层作用。确定松动爆破技术参数应以不破坏底板与松散破碎带之间的围岩完整性为原则。

单纯依靠松动爆破卸压,一般效果并不理想,如将松动爆破卸压与松动圈的围岩加固结合起来,则可以取得很好的效果。加固的方法可采用水泥和化学注浆等。松动爆破卸压-加固的方法已在我国煤矿中得到广泛应用。松动爆破与打封混凝土反拱联合控制巷道底鼓也取得了很好的效果。

3.6 封闭式巷道支架

采用全封闭式巷道支架被证明是一种防治底鼓的有效措施,与其它措施相比,具有简单易行、适用范围广及效果显著等优点。

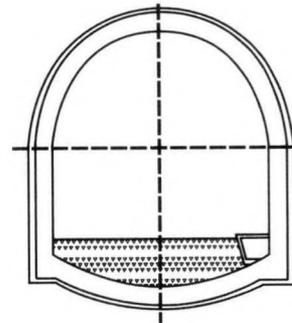


图6 巷道断面

封闭式支架的特点具有底拱,支架抵抗巷道两帮内移的能力大大加强,减少了巷道底板所承受的水平力,控制了巷道底板岩层的离层和断裂。支架底拱对底板的支撑力改变了巷道底板岩层的受力状态,使底板岩层由两向受力变为3向受力,从而大大提高了围岩的强度,增加了巷道围岩的稳定性,有利于围岩承载圈的形成。由于底拱的设置对于防止水侵入巷道底板、避免车辆震动及防止底板产生裂隙都有一定的效果。

参考文献:

- [1] 苏瑞海,孙荣久编.巷道底鼓及防治.技术创新与实践——全国煤矿技术成果论文选编,中国煤炭工业协会编.徐州:中国矿业大学出版社,2000-06.
- [2] 钱鸣高,石平五.矿山压力与岩层控制.徐州:中国矿业大学出版社,2003-11.

Precautions against swell-up of tunnel bottom plate

HUANG Sheng, LIU Wei, YU Chi

(China University of Mining Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: With the increase of mining depth, swell-up of tunnel bottom plate in underground coalmine occurs often that is a danger for safety of mining activities. The reasons of swell-up and its form are discussed, and the precautions against swell-up are explained.

Key words: swell-up of bottom plate; pressure release; precaution