

# Research on the Prevention and Control of Rock Burst Near Goaf in Stope

Shiwen Dou<sup>1</sup> Mancang Zhang<sup>2</sup> Wenqi Zhao<sup>2</sup> Weidong Jia<sup>2</sup> Haobing Li<sup>2</sup>

1. Xinjiang Coal Design and Research Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China  
2. School of Mining, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning, 123000, China

## Abstract

The critical tunnel of the mining field is an impact ground pressure frequency area, analyzes the disaster-causing factors of impact ground pressure, and summarizes the current impact ground pressure control measures. Based on the theory of impact start, the paper analyzes and determine the type of dynamic and static load. Thus proposing the prevention and control technology of the impact start load source, clarifying the roof dynamic source, the coal bed static source and the bottom plate, deep hole blasting of the roof dynamic load source, unloading the two groups of coal, and deep hole blasting of the roadway bottom plate, explaining the specific measures for the control and control of the branch. The practical cases of Jixian Coal Mine have proved that the subsource control measures of the roof, coal seam and bottom plate are conducive to the impact ground pressure control of the airport roadway.

## Keywords

impact ground pressure; critical tunnel; impact start theory; dynamic load source; source control

# 采场临空巷道冲击地压防治研究

窦世文<sup>1</sup> 张满仓<sup>2</sup> 赵文琪<sup>2</sup> 贾伟东<sup>2</sup> 李浩丙<sup>2</sup>

1. 新疆煤炭设计研究院有限责任公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000  
2. 辽宁工程技术大学矿业学院, 中国·辽宁 阜新 123000

## 摘要

采场临空巷道是冲击地压频发区域, 分析了冲击地压的致灾因素, 概括了当前冲击地压防治措施。基于冲击启动理论, 论文分析了集贤煤矿冲击地压巷道底鼓的机制, 确定了冲击地压类型为动静载荷叠加型。由此提出了冲击启动载荷源分源防治技术, 明确了顶板动载源、煤层静载源和底板静载源, 对巷道顶板动载源进行深孔爆破预裂、对巷道两帮煤体进行大直径钻孔卸压和对巷道底板深孔爆破, 说明了分源防治的具体措施。集贤煤矿工程实践案例证明, 顶板、煤层和底板的分源防治措施, 有利于临空巷道冲击地压防治。

## 关键词

冲击地压; 临空巷道; 冲击启动理论; 动静载分源; 分源防治

## 1 引言

根据2020年6月最新发布的《BP世界能源统计年鉴》显示, 2020年全球一次能源消费量占比降至27%, 为过去十六年来最低。然而, 煤炭仍然是发电最主要的能源, 在全球总发电量中占比超过36%。在《中国能源发展报告2020》中, 中国的煤炭消费量占能源消费总量的57.7%。从中国能源的消费结构来看, 煤炭在中国的能源消费中仍居于主要地位。随着深部开采深度的增加, 深部岩体力学性质较浅部有很大的差异, 这造成矿井中的冲击地压发生频率也随之增加。中国东北地区冲击地压发生的矿井, 如龙煤集团东荣煤矿、

集贤煤矿和东保卫煤矿、鄂尔多斯红庆梁煤矿等, 这些煤矿的回采巷道内都发生过冲击地压, 并造成了一定的人员伤亡和经济损失。就目前对冲击地压研究来看, 冲击地压机理、监测和防治理论与方法都还不成熟与完善。基于此, 结合中国集贤煤矿冲击地压发生的实例, 基于冲击启动理论分析采场临空巷道冲击地压发生机理, 进而提出防冲设计方案。

## 2 冲击地压致灾因素分析

冲击地压是煤矿开采诱发的动力灾害之一, 分析煤矿冲击地压致灾因素, 对冲击地压发生机理、预测、监测和防治是必不可少的。冲击地压致灾因素主要分为自然因素和人为因素。自然因素包括开采深度、覆岩空间结构、煤体冲击倾向性等; 扰动因素包括开采扰动和采煤方法等。

【作者简介】窦世文(1982-), 硕士, 任职新疆煤炭设计研究院有限责任公司部门经理, 从事矿山压力与岩层控制研究。

## 2.1 开采深度

冲击地压是在巷道、采场、煤柱受到的岩体应力作用达到一定大小时才能发生的,而原岩应力和开采深度直接相关。根据弹性理论,煤层在自然状态的三向应力条件下,对于开采深度为  $H$  的煤层,煤体所承受的应力为:

$$\sigma_1 = \gamma H, \quad \sigma_2 = \sigma_3 = \frac{\nu}{1-\nu} \gamma H$$

式中,  $H$  为  $\gamma$  煤层上覆岩层的平均容重;  $\nu$  为泊松比;

$\sigma_1$  为垂直应力;  $\sigma_2$  和  $\sigma_3$  为水平面内两个坐标方向上的应力。

由此可见,地应力随着开采深度的增大呈增大趋势。因此,冲击地压的发生与开采深度直接相关。开采深度越大,煤体应力越高,煤体变形和积蓄的弹性能也越大。

## 2.2 覆岩空间结构

采场覆岩空间结构是指采场周围岩体破裂边缘的形状特征及其破裂区内部岩层形成的运动结构。采区与矿井范围内覆岩空间结构形式,是由顶板埋深、工作面和采区之间煤柱以及断层煤柱等决定的,随开采阶段不同而发生变化。煤层上方坚硬、厚层顶板是影响冲击地压发生的主要因素之一。中国大多数冲击地压矿井的煤层顶板十分坚硬,不易冒落,对于坚硬顶板,当采动覆岩破裂范围扩展至岩层老顶断裂极限时,产生破断或回转。并突然释放大量的动能,形成强烈震动<sup>[1]</sup>。

## 2.3 采煤方法

不同采煤方法的巷道布置方式不同,产生的矿山压力和分布规律也不同。一般情况下,短壁体系采煤方法由于采掘巷道多,巷道交叉多,遗留煤柱也多形成多处支承压力叠加,易发生冲击地压。冲击地压煤层的开拓和开采方法的选择首要考虑的是能够整齐、干净地进行回采。不留或少留煤柱,尽可能保证工作面成直线,使煤层没有向采空区突出的地段,在煤层中掘巷量最少,限制采场和巷道附近的应力集中。长壁工作面开采法是冲击地压煤层最有利的开采方法。

## 3 冲击地压防治措施

目前,中国煤矿防治冲击地压的方法有区域防范方法、局部解危方法和个体防护法。其中,区域防范方法包括合理开采开拓布置和开采保护层等,局部解危包括顶板深孔断裂爆破、煤层大直径钻孔卸压和顶板水压致裂法等,个体防护法包括采掘空间强力支护和人员防护服的穿戴等。

### 3.1 区域防范方法

保护层开采是在煤层群开采条件下,首先开采无冲击危险性或冲击危险性较小的煤层,以使其他有冲击危险性煤层支承压力卸载,降低采掘过程中发生冲击的可能性。

### 3.2 局部解危方法

顶板深孔断裂爆破就是对工作面采空区的顶板爆破切

断,进而使顶板冒落,削弱采空区与待采区之间的顶板连续性,降低待采区煤层的支承压力,达到防治冲击地压的目的。

### 3.3 个体防护法

加强煤层巷道的支护,由之前的二级支护提高到三级支护,减弱巷道的大变形,以保证煤炭人员的安全。

## 4 基于冲击启动理论的案例分析

### 4.1 冲击地压案例

集贤煤矿西二采区9煤层四片工作面位于-450m水平,北临西二采区,西临西二采区五片准备面,东临西二采区三片采空区。工作面倾角15°左右,工作面长度为194m,走向长度平均为410m,平均采深为672m,开采煤层厚度平均为0.35m,煤体单轴抗压强度7.31MPa,直接顶为粉砂岩,厚度0.25m左右,分布较稳定,基本顶为粉砂岩,厚度约10.2m;在煤层约60m处为细砂岩,厚度为30m。底板:自上而下为粉砂岩、炭页岩、粉砂岩、炭页岩、细砂岩、粉砂岩,分布稳定。煤层和顶、底板均具有冲击倾向性,且存在较大的水平应力。在西二采区四片工作面的回采过程中,临空巷道中多次发生冲击地压,主要表现为巷道底板鼓起、巷道片帮,致使防止底板和巷道两帮变形的支护体和锚网受到不同程度的破坏。西二采区四片工作面位置,冲击地压造成的破坏,造成风筒断3节,巷道66m片帮严重,上帮位移0.3m,6套锚索变形、9片钢带弯曲,18m轨道连同枕木被掀起。

### 4.2 冲击启动载荷源分源防治技术

基于冲击启动理论,诱发临空巷道冲击启动的载荷来源在空间上是确定的,如图1所示,巷道两帮的垂直应力以及底板的水平应力是空间上确定的静载荷源。随着工作面的开采与推进,采空区顶板的周期冒落,致使临空巷道支承压力升高,产生顶板动载荷源。

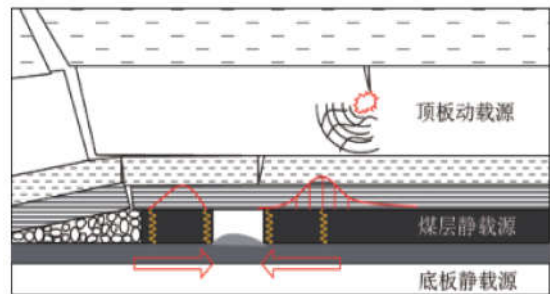


图1 临空巷道冲击载荷源空间分类

冲击启动理论认为以“卸压”为主,以“支护”为辅,“卸、支”耦合作用的冲击地压局部防治方式。根据图1的临空巷道冲击载荷源空间分类,需要对诱发巷道两帮、底板静载源及顶板动载源进行分源处置,以达到分源防治效果。如图2所示,针对顶板动载源进行深孔爆破预裂;针对巷道两帮煤体中垂直应力进行大直径钻孔卸压;针对巷道底板高水平应力进行底板深孔爆破,阻断其推动底板作用<sup>[2]</sup>。

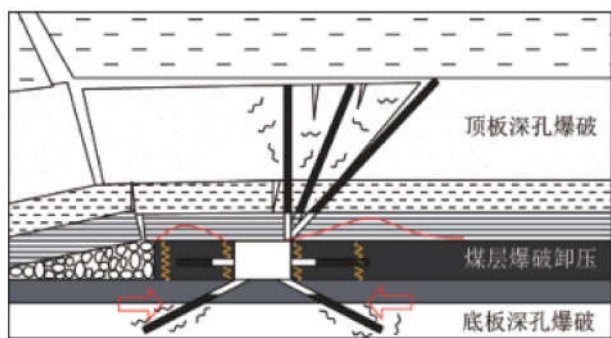


图2 临空巷道冲击载荷源分源防治技术

### 4.3 冲击启动载荷源分源防治技术应用

通过对集贤煤矿西二采区9煤层四片工作面开采期间冲击地压显现位置分析,冲击地压的位置主要分布在临空巷道。为此,结合图2的临空巷道冲击载荷源分源防治技术,采取冲击启动的动、静载荷源分源治理<sup>[3]</sup>。

#### 4.3.1 顶板动载荷深孔爆破技术

针对西二采区9煤层四片工作面临空巷道的前方进行倾斜方向、扇形走向顶板深孔预裂爆破。顶板深孔预裂爆破区域需要覆盖9煤层四片工作面开切眼向外20m至终采线向外约40m范围。顶板需要爆破处理煤层向上高度30m,顶煤厚度按5.5m计算,多数炮孔在垂向的投影均为35.5m,其中,装药段的垂向投影为17m,封孔段的垂向投影为13m。巷道超前区域和沿工作面走向的爆破步距均设定为20m。走向孔的开孔位置为钻场位置沿巷道走向向外平移2m。

#### 4.3.2 煤层静载荷大直径钻孔卸压技术

考虑到煤层瓦斯问题,不能采取爆破,两帮采用直径为200mm的大直径钻孔卸压。钻孔长度在回采帮为30m,煤柱帮为24m,钻孔间距分别为0.8m,0.6m。鉴于初次卸压应力容易恢复,需要采取在线应力监测。如发现应力恢复情况,需及时补打大直径钻孔。

#### 4.3.3 底板静载荷深孔爆破阻断技术

底板受水平应力作用,表现出底臃现象。在巷道两底角进行深孔爆破,切断水平应力传递路径,阻止底板冲击鼓起。

钻孔深度为13m,倾角为45°。走向间距为3m,每孔装药量为12kg。

在回采过程中,上述三种防治措施严格落实且工作面日进刀不超过三刀的要求下,工程实践证明能够达到防冲预期效果<sup>[4]</sup>。

## 5 结语

①随着深部开采的进行,深部岩体力学性质表现出明显的差异性,冲击地压发生频率也逐渐增加。开采深度是冲击地压关键致灾因素之一,开采深度越大,冲击地压发生的可能性越大,发生次数越频繁。

②煤矿防治冲击地压的方法主要有区域防范方法,如开采保护层和巷道布置,局部解危方法,如煤层大直径钻孔卸压和顶板深孔断裂爆破及个体防护法,如采掘空间强力支护。

③以集贤煤矿为案例,基于冲击启动理论,分析采场临空巷道冲击地压发生机制,认为该巷道发生冲击地压是由于动静载荷叠加引起的。分析了巷道底鼓显现机制,并给出了巷道两帮及底板的应力分布的力学模型。

④基于冲击启动理论,以冲击启动载荷源分源防治为突破口,对诱发临空巷道的煤层底板静载荷和顶板动载荷进行分源防治。针对顶板动载荷采取爆破预裂,针对煤层静载荷采取大直径钻孔卸压,针对底板静载荷采取爆破阻断,实现三结合,以达到防冲目的<sup>[5]</sup>。

## 参考文献

- [1] 何满潮,谢和平,彭苏萍,等.深部开采岩体力学研究[J].岩石力学与工程学报,2005(16):2803-2813.
- [2] 高家明,潘俊锋,杜涛涛,等.我国东北矿区冲击地压发生特征及防治现状[J/OL].煤炭科学技术,2021-02-25.
- [3] 张鹏.综放回采工作面临空区段巷道底板冲击地压防治及工程实践[J].现代矿业,2019,35(11):116-118.
- [4] 潘俊锋.煤矿冲击地压启动理论及其成套技术体系研究[J].煤炭学报,2019,44(1):173-182.
- [5] 潘俊锋,宁宇,毛德兵,等.煤矿开采冲击地压启动理论[J].岩石力学与工程学报,2012,31(3):586-596.