

# 矿井深部开采矿压与支护技术研究

解明峰

(安徽神源煤化工有限公司, 安徽 淮北 235000)

**摘要:**随着社会经济的发展和科学技术的进步,我国对于矿产资源的需求也在不断上升,煤矿以及各种矿产资源的开发与利用工作广受社会各界的关注,矿产的安全和质量控制越来越成为人们关心的话题,尤其是每年频发的矿难事件,足以为矿产开发行业敲响警钟。为了确保矿产开采的经济性和安全性,就要重视矿压和支护技术的研究。目前,深井采矿在矿井中占有重要地位,这是一个不可避免的进程,在现阶段,矿产行业的发展与其开采利用技术之间的关系越来越紧密。

**关键词:** 矿井; 开采矿压; 支护技术; 矿井深部

中图分类号: TD853

文献标识码: A

文章编号: 1004-7344(2023)07-0105-03

## 0 引言

煤矿的开发是一个从浅到深的发展阶段,随着技术、装备的改进,煤矿的采掘程度也在逐步提高。我国的矿产资源丰富,并且幅员辽阔,针对区域来说,具有东部经济比西部经济发达、沿海经济比内陆经济发达的趋势,因此这些发达区域对能量的需求也随之增加。随着矿洞的深入,安全开采问题就越发重要,就煤炭生产情况来说,煤矿开采的地质环境、技术装备等方面都有很大差别,特别是深层煤炭资源开发利用程度高,所以各个地区煤矿的采掘工作中出现的问题也不尽相同。

## 1 矿井深部的特点

### 1.1 巷道变形特征

在矿山深处,巷道具有收缩变形不断增加的明显特征,这是由于岩体断裂造成的,特别是当采矿深度增大时,巷道的形变率呈现直线变化,从煤矿深处 600m 起,往下加深 100m,巷道顶部相对运动能力将会提升 10%。在同一层地层中,由于受力程度的差异,其破坏变形程度也不尽一致。普遍的观点是,煤矿的深井开采深度大于 600m,采矿就有很大的困难。深井和超深井因其复杂的地质结构和岩性的变化,在各区域内的数据量有很大的差别,在相同的地层中,各层的数据有很大的差别<sup>[1]</sup>。巷道变形问题涉及的综合因素较多,甚至不同时期的矿井以及开采深度问题都会造成不同的影响,包括了不同的挖掘方法也会产生不同的效果,由于采矿方法和地质情况的差异,其效果也不尽相同,所以,在考虑变形问题的同时,要全面排查各种因素。

### 1.2 前期掘巷的变形速率较高

矿山深层采矿时,巷道开挖时的变形速率是持续

增大的,井巷隧道初挖时,其位移速率通常为 50mm。产生变形的根本原因就是由于在剩余的应力状态下,围岩的断裂状况产生了扩容和膨胀,因此出现了变形的问题<sup>[2]</sup>。所以,在进行变形监控时,应采用适当的方法进行测量,以保证其在容许的范围之内。变形检测设备可以运用专用的检测仪器对巷道内的变形进行观察、分析、预报等,然后可以上传到监控设备中,工作人员可以据此进行分析,明确巷道内的安全隐患问题。现有的计量技术和方法都有其优点和不足之处,还有待于对其应用的条件及应用领域进行深入探讨。矿山开发越是深入,矿山内部的压力就会逐步增强,如此一来,巷道维修工作就变得更加的困难,并且地下温度也呈现上升的趋势,给深部矿井的测量工作带来了许多阻碍和挑战。

### 1.3 冲击地压的频率增大

通过对有关资料和资料的分析,得出了随着煤矿的深入开发,煤矿的冲击地震波出现的次数和强度也会随着煤矿的发展而变化的规律,研究表明这是由于矿井和岩石由于变形而聚集了大量的能源,在这种情况下,一定会有很高的地压力。地下气压的波动范围很大,其加压比平时的压强大到数十到数百倍,并且会造成极度的负压<sup>[3]</sup>。与此对应的是,当煤层压力升高时,所观测到电波频率的辐射程度也会变得更强,从而使其发生碰撞地压的概率也会提高。所以,与一般的露天煤矿相比,地下矿井具有更大的危害性,对工人的人身安全也有更大的威胁。在数十年的研究与探索中,国内外学者总结出一套全新的地震地震学新的研究方法和研究结果。

## 2 矿井深部开采矿压处理机制

### 2.1 确定矿压作用机制

矿山开采压力管理工作中的合理控制是最基本的元素,确定矿压作用机制可以提高围岩的稳定度和变形的尺寸,只有这样,才能依此建立起一个完善的矿井压力控制模型,防止煤矿出现安全问题。围岩本身具有机械特性的特点,并且围岩对于巷道结构稳定的影响是非常巨大的。同时,如果该地区的应力集中在岩体上,一旦当压力超过其所能接受的数值或强度限制时,围岩将不可避免地产生稳定性问题,巷道围岩区内结构的受压程度也会发生变化,在外力的影响下,超过了巷道的承载限值时,煤层将会直接到达塑流区,发生基座向里移动或凸出的状况。变形增加还可影响上覆岩石的支撑力在此作用下,支座发生了偏转,使露出的顶板区域扩大,最终对其产生了一定的破坏作用。由于顶板受力状况的作用,导致顶板下陷或出露。最后,会发生破裂、崩塌等问题。为了确保矿山压力治理的正确性和科学性,就要确定作用机制,并与现场条件相联系,保证其稳定性,防止超过限值的压力指标,还要与现场的安全处置需求相联系,提高相应的工艺效果和管理方法。

### 2.2 合理布局巷道线路

煤矿井下采矿压力的管理与控制应采取措施的前提就是要保证煤层结构的合理化、规范化,防止煤柱受力过大。防止应力的集中,可以选择具有良好稳定性的岩体区作为中心部分,然后对岩巷进行施工。特别是随着开采的加深,开采难度也会随着可塑性范围的扩大而增加,那么煤柱留宽势必也会增加,所以,为了提高采收率和加快开采的速度,必须严格管控开采后的回风量,使用无煤柱护巷道的形式。此外,巷道在规划的时候,如果发生褶皱、逆断层等情况,必须保持井口的方向和相应的构造方向保持竖直的联系,如果遇到了主要受拉力影响的断层,那么,井口的方向必须保持与之平行,这样才能将采煤压力的影响降到最低。并且,还必须根据具体的具体条件,将其设计方案和设计方案实施得恰到好处,保证方案的设计和整体的控制水准达到最好,保证巷道的布置位置尽可能地与断裂推进区保持一定距离,尽可能减少并行排列的情形,避免因巷道交叉引起的不利后果,降低因撞击引起的风险。

### 2.3 科学选取支护形式

矿山在深井采矿时,矿山压力的治理也应把支撑方式的选取问题列为重点,特别是800m以下的深井,

可以以巷道中等硬度和中等硬度以上的岩石为主,常规的支撑系统难以达到强度的要求,为此,必须采用相应的支护工艺,选择排桩支护、锚杆支护、基槽支护、可缩性支架、改变巷支护强度、锚喷网组合支护等方法,根据不同的地质条件,使其能够最大限度地利用岩体本身的承载量,使其最大限度地提高其支护水平,降低矿山压力不稳定所带来的安全风险。

## 3 矿井开采支护技术分析

### 3.1 支护处理要求

矿山斜井及大巷工程大多为长期工程,不但具有长期的施工周期,而且涉及的项目也很多,要提高有关工作的基础质量,必须确保相应的支撑工作体系具备规范化、科学化。所以就要注意支护的布局,在不受人为破坏的情况下,尽可能地进行支护处理,在周边地区进行支挡加固。为了从根本上改善支护管理方式,维护矿采作业的正常进行,必须在开挖作业之前进行有关的地质调查和实地勘察,特别是煤巷的宽度和深度,根据测量的数据可以来选择钻具的尺寸,保证煤巷的采掘与钻井机的规模相符,并在卸料装置的辅助下保持采矿作业的合理性<sup>[4]</sup>。这样的工作治理机制,既可以提高采矿作业的品质,又可防止矿井的安全问题,还能够维护周边岩石的稳定,最后还要严格的管控不稳定的地层运动问题,可以将不同的支撑模式和工艺措施相结合,实现复合加固的综合支撑。

由于采区内有大量的巷道矿井,因此,在煤矿生产中,大多是采用半开挖的方法来进行采矿。为此,必须在下层布置相应的底板,并与煤柱等基本组件相结合,以保持采区整体的平稳,创造一个稳定、可靠的支撑条件,提高支护的综合质量。如果在煤矿生产中发现煤巷下煤柱数目不多,不仅会对煤层造成一定的冲击,而且还会对煤层的动压造成一定的损害,从而限制了煤矿整体的安全运行和作业系统的稳定。如果煤巷的下限截面超过3m,则要根据整个支护的设计,采用与外托架相结合的支护方式,确保支护结构的一致性与预想的一致,从而有效地防止了岩层的破坏,并将煤的损失降到最低。所以,应在采用支护机制时,根据施工组织的具体情况,实施更为合理的施工控制措施,保持总体水准。

在综采过程中,采动变形是回采巷道应力处理中的最大威胁,如果发生相应的位移,势必会对采巷的支护效果和矿井的生产品质造成一定的不利影响。因此,必须将巷道支撑技术的重点统一起来,实行精细的解析与技术的管理,才能保持其总体的使用效益。要充分

发挥采后留巷治理的作用,以保证在采空带的边界部位能够进行相应的支撑,以及在支撑治理机制结束后,在空送巷内进行煤柱防护,既降低了风险,又提高了巷道的支护效率。同时,采用复合锚杆支护技术,结合金属网锚与锚杆间的锚固作业,在实际巷道的治理过程中,可以保持整个巷道的支护水平,形成一个稳定、合理的支护模型,使支护的稳定性得到最大限度的改善。

### 3.2 支护处理方式

虽然采矿环境在不断改善,但是由于采矿技术效应与经济效应的综合作用,导致了煤矿的深层采矿重大问题已经产生。其中最主要的影响是矿井的地质条件,在高应力的影响下周围的岩体会产生了一定的位移,并且位移造成的抖动加剧,坑洞的内部稳定性就容易遭到破坏。这种情况下进行基坑支护和岩层采矿作业的话,U形金属支撑及围岩支护巷道往往会在高应力的作用下产生很大程度上的变形。所以不仅是开采环境非常恶劣,巷道的维护工作也难以在确保安全的前提下进行。

U型钢的伸缩式支撑通常选用弓形U型钢和U型钢的伸缩式支撑。U型钢拱式伸缩式支撑具有良好的承载力和伸缩性能,能够使支撑物的受力达到均衡,同时适用于不稳定的围岩体和动压巷。因此,采用该支护技术对掘进巷道进行了加固,可使其整体稳定性得到最大程度的改善。环状U型钢托架具有更好的闭环稳定性,使其承载量大幅提高,并大幅减少了变形破坏的发生率。采用锚杆支护时,可使其充分发挥其悬吊功能,最大限度地保持岩体的稳定,应根据现场勘察获得的层厚及冒落拱顶的高度,首先可以计算出锚杆长度,根据相关参数进行分析。在工程实践中,通过对锚固结构的联合变形进行控制,可以提高结构的抗弯承载力,降低因变形引起的岩体结构的安全风险。在深埋施工过程中,由于岩体的受力和变形会发生很大的改变,从而导致顶板的岩体发生损伤,因此,要防止产生拉应力和弯矩平衡,必须采用悬挂方式来保持正常的承载力<sup>④</sup>。

### 3.3 支护分析系统

地质情况、土壤成分、开采技术、施工工艺等对于煤矿深部开挖的影响很大。由于巷道的围岩体变形速率太大,导致了巷道的开挖难度也在不断的增加,周围的变形区域增大,那么深部矿产工作的危险系数也在上升,并巷道岩性的对比研究显示,由于岩性不同,当巷道逐步向内延伸时,其岩性的差别将会影响到巷道的围岩,围岩会产生相应的变化。所以就巷道而言,其

使用和维修费用相对较高,并且,由于掘进的深度和开挖部位的改变,在不同的条件下,会产生很多的废弃的巷道。巷道对于内部支撑性的承载力和环境条件等都有严格的要求,即使把支架的形状扩大到一定程度,那么造成的成本问题以及安全问题都将成为支护技术的应用考量。

随着社会经济的发展,科学技术的进步,信息时代的来临已经让计算机技术开始应用于各个领域之中,在数据库技术的加持下,可以对于矿压以及支护技术进行综合分析。还可以进行立体建模仿真模拟,对于围岩以及地层的变动进行数据录入,包括了检测顶板数据等,可以直观的分析出巷道管理的效果,并且对于支护技术进行数据分析。能够建立完全的支护管理体系,确保矿采作业的科学性和合理性<sup>⑤</sup>。尤其是数据库中的信息输入是把资料的处理能力有机地整合在一起,使得信息的处理更为统一。在信息技术飞速发展的今天,对数据库的管理和可视性提出了更高的要求。该系统的架构更为成熟,可以在一定程度上,对各类型的需求,并在较快的速度上满足建出一套针对特定问题的体系。这些都是为了适应矿采巷道支护安全的要求而进行的,在面对新的要求时,还必须根据实际情况来不断调整和优化。

## 4 结语

世界各国关于深井的研究目前尚无明确的量化指标,因而煤炭深层的储量分析仍需进一步深入,在矿井深部开采矿压与支护技术研究的过程中,需要结合本国的国情和煤矿开采的实际情况。

### 参考文献

- [1] 梁旭.井下采矿技术及井下采矿的发展趋势探究[J].能源与节能,2021(12):149-150.
- [2] 连晓强.矿井深部开采矿压与支护技术[J].当代化工研究,2022(4):93-95.
- [3] 杨涛.谈井下采矿技术及井下采矿的发展趋势[J].当代化工研究,2020(10):9-10.
- [4] 文皓亮.井下采矿技术及井下采矿的发展趋势分析[J].中国金属通报,2021(2):16-17.
- [5] 郑要伟.我国金属矿山采矿技术现状与发展趋势[J].工程建设与设计,2021(16):33-35.
- [6] 翟文立,王其杰,李涛,等.高强高预紧力锚网支护技术在深部矿井沿空掘巷中的应用[J].煤矿安全,2018,49(12):79-82.

作者简介:解明峰(1981—),男,汉族,安徽宿州人,本科,工程师,研究方向为采矿工程。