

# 复杂地质条件下煤矿掘进支护技术的应用探析

侯静涛\*

(山西焦煤山煤国际鹿台山煤业有限公司,山西 晋城 048200)

**摘要:**煤矿是维系社会正常运转的支柱型能源之一,在当代能源产业发生革命之前,煤矿的作用和价值是无法被忽视和否定的,其资源应用与工业化发展直接相关。随着近年来社会发展水平的逐步提升,整个社会对煤矿资源的需求也越来越多,而煤矿储藏的环境则有很大的不确定性,复杂地质条件下的煤矿开采需要注意的内容也更多。因此为保证煤矿掘进作业的安全系数,就需要合理运用相应的煤矿支护技术。将以煤矿掘进面临的情况为出发点,尝试分析具体的煤矿掘进支护技术,并针对案例中技术的实际应用加以探析。

**关键词:**复杂地质条件;煤矿掘进;支护技术

**中图分类号:**TD26 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2024)07-0107-03

我国拥有丰富的煤矿资源储量,而这些种类各异的煤矿也在我国现代化过程中发挥了重要作用,其在生产及出口行业的表现不仅减轻了我国面临的能源压力,也为我国创造了一条具有可行性的经济发展途径。煤矿掘进必然涉及到不同类型的地质条件,而复杂地质条件下各类因素环环相扣、相互影响,且随着国内煤矿资源开发的逐渐深入,煤矿开采过程中遭遇复杂地质条件的情况也越来越常见,显著增加了煤矿掘进开采的技术难度。在这种背景下,就需要对复杂地质条件下煤矿掘进支护技术的应用加以研究,使之能够为我国能源事业提供更完备的支持。

## 1 煤矿掘进作业面临的影响因素

### 1.1 复杂的地质条件

我国对煤矿的开采古已有之,且随着进入近代以来开采技术的提升,开采的强度也日趋增大。由于我国煤矿开采作业在古代时就已经出现,因此有相当一部分矿区拥有久远的开采历史,而长期开采则导致这类矿区面临非常大的矿山地压,其煤层地质赋存条件的稳定性也不甚理想。而且在经过长期大规模开采之后,当前大部分已发现矿藏的开采区基本都处于深度和地压偏高的区域,这就导致矿区的开采条件不甚理想,使得开采过程更为艰巨<sup>[1]</sup>。也因此煤矿掘进作业在进行过程中必须重视支护措施的应用,以充分保证矿工的生命安全,避免掘进开采过程发生安全生产事故,

为企业获取良好的经济效益与社会效益。

### 1.2 掘进支护技术难点

煤矿掘进过程中支护技术的应用面临着一些显著的重难点及困难,主要表现为以下几方面内容:

首先是围岩压力的日渐提升,围岩压力来源于围岩承受的应力状况,而围岩的应力状况则会随着煤矿开采程度日渐深入发生变化,越来越高的应力直接影响到煤层顶底板围岩的结构稳定性,并导致巷道在高应力条件下更容易也更大规模出现变形,当围岩形变系数超过结构稳定强度时,则很容易引发安全事故;

其次是井下地质构造的变动,井下地层状况并非一成不变的,各地地层发育情况完全不同,因此地质构造也具有非常高的复杂程度,以断层、褶皱等特殊的地质构造直接提升了井下地质构造状况的复杂系数,且这一系数还会随着开采活动的日趋深入及地心引力的构造的影响逐渐变化,并导致其复杂系数逐步上升,所以煤矿掘进过程中针对复杂地质构造区域往往需要采取特殊的支护技术,在保证结构完整性、分散巷道应力的同时,还需要尽可能控制地质构造因人为因素影响出现的变化<sup>[2]</sup>;

最后则是煤矿掘进过程中作业设备的应用,在涉及到支护之后,煤矿掘进过程中应用的作业设备就包括掘进设备与支护设备两种类型,以掘进设备中最常用的掘进机为例,不同型号的掘进机能够适应的地质

\* 收稿日期:2023-02-27

作者简介:侯静涛(1993-),男(汉族),河南林州人,助理工程师,现从事防治水、地质、测量技术工作。

条件也有所差异,因此掘进机的选择应建立在充分了解矿井地质条件的基础上,而支护设备、技术及材料的选择同样需要建立在充分了解地质构造及变化趋势的前提下,才能保证支护作业充分发挥其应有的作用,保障煤矿掘进及开采的安全。

## 2 煤矿掘进支护技术的具体内容

### 2.1 穿越断层锚网支护技术

复杂地质条件下会应用穿越断层锚网支护技术,在掘进机作业过程中提供支护,具体的实现方法以直接破顶法与后退卧底法较为常见。

直接破顶法指的是应用掘进机直接挖掘巷道顶部,使煤矿巷道顶部断层实现爆破,这种方法在煤矿掘进作业面临高差时的应用更为常见。应用直接破顶法需要深入分析顶板岩层结构的稳定性,尽可能保留巷道中满足稳定性要求的顶板,并采用锚网索的技术措施加以固定;若顶板出现无法满足稳定性需求,或是顶板由岩石刚度在5以下的脆弱岩层构成,则需要对这类顶板加以处理,以免后续开采作业承受不必要的安全隐患<sup>[3]</sup>。

后退卧底法则在巷道出现明显下落断层的情况下较为适用,其技术应用的目的同样以调整施工条件为主,旨在确保施工条件满足掘进及后续开采作业的需求。通常情况下,煤矿掘进过程对掘进形成的场地坡度是有要求的,但考虑到复杂地质条件下自然形成的环境无法完全保证满足这一坡度要求,某些路段甚至可能与实际要求相去甚远,因此就需要对这些路段的坡度加以处理<sup>[4]</sup>。后退卧底法则是通过重新构建巷道结构,来使整体坡度得到控制,方便后续开采及掘进作

业的进行。

### 2.2 起坡卧底和顶煤放炮技术

煤矿掘进及开采过程将不可避免地面面临着不同程度的断层、煤层结构持续上移等状况,这是由复杂的地质变动条件决定的,同时也会导致掘进及开采作业的难度直线上升,且非常容易导致安全事故。若在掘进过程中遭遇这种情况,就需要采用起坡卧底和顶煤放炮技术加以解决。一般来讲是按照作业现场施工条件决定采用哪一种技术,或是将两种技术合并应用,在断层高度不超过0.7m、水平坡度在120°以内的情况下,仅靠起坡卧底技术就能够满足后续掘进作业正常进行;但如果断层高差超过规定范围,可能需要采用顶煤点小炮放炮的方法加以爆破。如果开采环境复杂程度过高,同时出现多种复杂情况,则需要同时结合两种方法加以处理。

受篇幅影响,其他具体技术不再一一详细阐述。

## 3 复杂地质条件下煤矿掘进支护技术的实际应用

### 3.1 案例内容

某矿区1号井东部运输中巷断层间接底板岩石施工过程中,发现构成间接地板的主要内容以含砾粉、砂质泥岩居多,且存在部分地段以厚度10m上下的泥岩、炭质泥岩构成,另有部分地段要么厚度超过10m,要么厚度不足2m,就质地及刚度而言这类地段非常容易出现底板破碎,在稳定性上的表现也不理想<sup>[5]</sup>。因此为方便后续支护技术具体措施的应用,对断层下煤顶和底板岩石物理取样进行了试验,得出其关键物理性能参数如表1所示。

表1 断层下煤顶/底板岩石物理性能参数实验表

顶/底板	名称	取样深度(m)	物理实验(%)			力学实验(MPa)			
			固定性	吸水率	饱和吸水率	抗压强度	抗拉强度	抗剪强度	内摩擦角
直接顶板	粗砂岩	441.17~455.98		5.12	5.51	18.64		1.38	
间接顶板	粉砂岩	472.47~491.82	1.28	0.57	0.81	38.94	1.97	8.42	34°37'

结合表中实验数据、矿山具体情况及岩石地下建筑技术规范不难判断出,由这类材质构成的底板稳定性并不理想,掘进过程中很容易出现破损,也可能造成断层巷道岩层出现裂隙或局部破碎等问题,直接影响到围岩的稳定性。

### 3.2 支护技术优化方案

首先需要确保巷道底鼓支护设计得到充分落实。进行支护设计之前需要深入分析巷道底鼓出现的根本原因,若存在底板吸水膨胀的情况,则需要通过铺设隔

水层减少水分向底板中的渗入,防范底板中的膨胀性矿物遇水膨胀出现底鼓问题。在此基础上还可采取加强底板厚度的策略,如采用底角锚杆、加固巷道帮角等支护策略,也能在一定程度上防范巷道底鼓问题。因此结合案例中1号井巷道出现的情况,可采取补打帮部锚杆支护、铺设隔水层的策略防范底鼓问题出现,具体解决方式如图1所示。

其次可应用超前支护处理掘进作业面遭遇的断层破碎带。应用超前支护的目的是为了保障作业过程人

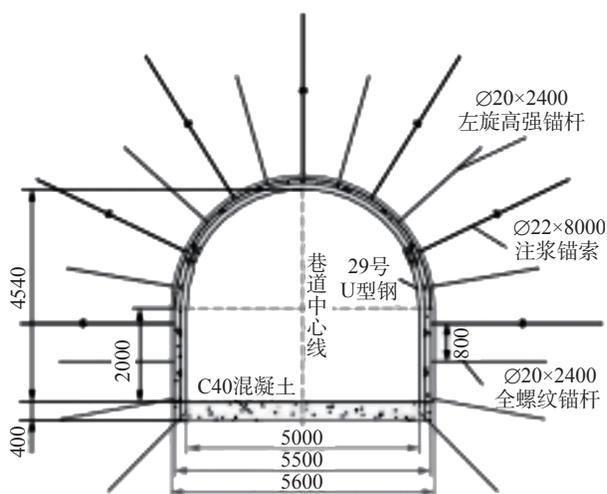


图1 巷道底鼓支护示意图(单位:mm)

与安全,同时确保掘进作业能够通过断层带。就1号井中断层表现出的情况而言,在具体的超前支护方法上可同时应用围岩体注浆、超前管棚两种技术实现超前支护。管棚的布置应在距断层位置28m处开始进行,管棚的半径需要控制在31mm左右,间距为170mm,并可应用长短管棚交互的布置方式,最大限度分散围岩造成的压力,长管棚长度为30m,短管棚则为25m。管棚布置工作结束后还需要为围岩体注浆,为确保注浆能够有效加固围岩体并避免成本浪费,注浆过程中需要详细计算围岩体注浆的数量、注浆时的压力控制等参数,以确保注浆作业能够获得理想的效果,使原本已经破碎的围岩在浆液作用下重新构成一个完整的整体,大幅提升围岩结构的结构强度、完整性及稳定性。

再次则需要应用后退卧底支护方法。应用后退卧底支护是为了保证掘进作业的安全系数,并将其他因素对掘进作业的影响控制在最低水准,案例中实际掘进支护施工时遭遇了断层落差在顶板间2.5m范围内的情况,综合现场状况考量后决定采用后退卧底支护的方法,主要是使掘进机保持后退状态,方便卧底实现持续前进。采用这种方法的作用在于强化巷道局部区域的强度、高度及稳定性,同时也能够满足巷道支护的实际需求,但在应用时需要以巷道顶板足够完整为前提,以保障后续掘进及开采作业的安全性。

当事企业案例问题解决过程中还应用了壁厚充填注浆加固技术。应用该技术是因为掘进作业中发现巷道存在局部应力集中及支护阻力不足的情况,结合现场施工状况进行分析之后,发现是因为围岩体表面平

整度不高、加之部分区域支护结构设计缺乏科学性导致。为解决这些问题,该企业采用围岩体注浆结合壁厚充填的策略加以完善,其中壁厚充填重新调整了围岩体的结构,在一定程度上消弭了支护应力不均的情况,也大幅提升了U29型钢及混凝土衬砌的承载能力,最终使得巷道的支护强度达到一个理想的范畴。实际应用该技术时需要作业人员预先埋设注浆管,埋设的关键在于保持注浆管间距1.5m、排距1.4m,外露注浆口应超过20mm。上述二次支护作业完成之后,就需要企业应用预埋的注浆管执行注浆及壁厚充填。注浆作业进行之前需要用钻头详细清孔,并保证清孔深度至少达到1m,之后向孔中注入提前预备好的浆液,而为了保证浆液的注浆效果,注浆压力需要严格控制在2MPa左右。

此外若断层存在较大落差,导致断层区域岩性因摩擦挤压产生破碎,可采用U型钢予以临时支护。U型钢临时支护需要配合锚杆进行,支护内容也以顶板支护为主,其目的是为了保证围岩锚杆区在支护结构上的整体性,对围岩起到一定的加固作用。而除了与U型钢共同发挥临时支护作用之外,企业也可综合应用锚杆索及其他措施实现更理想的加固策略,增加围岩的结构强度及可靠程度。

#### 4 结语

社会的高速发展意味着对煤炭资源需求的持续上升,而在新技术、新材料及新理念的影响下,我国的煤矿工业也于数十年来实现了突飞猛进的发展,并面临着越发复杂的地质条件。在这种情况下就需要深入研讨不同支护技术在煤炭掘进过程中的应用,以期这类支护技术能为掘进作业提供更安全的作业环境支持,提升煤矿的掘进开采效率,并使煤矿作业得到更可靠的安全保障。

#### 参考文献:

- [1] 梁博杰.基于复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术及应用探析[J].矿业装备,2021(4):50-51.
- [2] 袁学军.基于复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术及应用探析[J].中文科技期刊数据库,2021(9):281-282.
- [3] 王存礼,田强.复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术应用解析[J].中国科技投资,2021(8):130-131.
- [4] 杨明明.复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术应用[J].山西冶金,2021(1):175-180.
- [5] 秦伟.复杂地质条件下煤矿掘进支护技术分析[J].化工中间体,2021(1):69-70.