

大断面巷道支护技术在矿井工程中的应用研究

武文浩（山西焦煤西山煤电股份有限公司镇城底矿，山西 古交 030203）

摘要：中国煤矿企业面临着浅部煤炭资源开采殆尽的现状，为了解决煤炭资源短缺问题，不得不往更深层的地下开采，而煤矿深井巷道的地质环境更加复杂。针对这一问题，应采用相应的支护技术以提高开采效率。大断面软岩巷道在掘进过程中受集中应力、支护设计以及围岩稳定情况等影响，巷道两帮易出现片帮现象。为了提高大断面煤矿巷道开采的安全性和稳定性，提高煤矿采煤掘进工作效率，进而提高煤矿企业的经济收益，将对采煤工程中应用大断面煤矿巷道支护技术的研究。基于此，本篇文章对大断面煤矿巷道支护技术在采煤工程中的应用进行研究，以供参考。

关键词：大断面；煤矿巷道支护技术；采煤工程；应用分析

0 引言

我国目前许多矿井采用一次采全高综采工艺开采厚煤层。一次采全高综采设备尺寸一般较大，滚筒直径已经达到 3.0m 以上，液压支架超过 8.0m。为满足设备安装和采掘需求，大断面开切眼已逐渐成为常态。大断面开切眼顶板跨度大、维护困难，这给开切眼巷道的围岩稳定控制带来了一定的技术难题。近年来，越来越多的专家学者关注到了大断面巷道成巷支护技术的研究，形成了如锚索网架、复合锚索架等支护技术，指导了大断面开切眼成巷支护。

1 大断面煤矿巷道支护技术的实施背景

现阶段，在进行煤矿开采作业的过程中，大断面煤矿巷道支护技术得到了更加广泛的应用，该技术实施的主要目的是保证矿内的结构安全，为现场人员的生命安全提供保障。

结合实际的生产情况来看，大断面矩形煤巷在工程中体现出操作便利、利用率高的特征，可以更好地满足工程建设的实际需求，因此在各大矿山中得到了广泛应用。然而大断面矩形煤巷也存在着一定弊端，比较大的断面加上比较松软的岩体都造成了围岩变形的情况，这不仅大大提升了顶板事故发生的概率，还增加了相关人员进行维护的难度。因此为提升工程质量与效率，相关人员应加强对大断面矩形煤巷围岩变形特征的研究，并准确掌握其破坏规律。

大断面矩形煤巷围岩变形的原理为：在进行开挖作业之前，岩体处于原岩应力状态，同时保持着三向应力平衡。在开挖之后，原岩应力状态会被改变，进而向四周转移，在这样的情况下，会出现围岩径向应力减小以及切向应力增加的情况。与此同时，三向应力平衡的状态会被进一步打破，从而逐渐转变为双向应力或单向应力状态，围岩整体的强度也会随之降低。在围岩强度下降的情况下，如果可以超过切向应力，那么就可以保持整体的稳定状态；如果没有超过切向应力，则会出现围岩被破坏的情况，进而对煤矿开采质量、开采进度以及现场人员的生命安全都会产生不利影响。

2 影响大断面煤矿巷道采煤快速掘进的因素

2.1 采煤设备

采煤设备对大断面煤矿巷道采煤快速掘进有很大的影响。在大断面煤矿巷道采煤快速掘进过程中，如果各个环节所使用的设备老旧、不能有效作业，就会影响巷道采煤快速掘进效率，不能满足煤矿巷道采煤生产力。因此，为了保证大断面煤矿巷道采煤快速掘进的顺利实施，应该重视采煤设备的选择，当采煤工作面机械水平低导致开采各个环节衔接不上或效果不好时，应及时调整更换采煤设备，以保证巷道采煤快速掘进效率，进而在一定程度上提高煤矿企业的经济收益。

2.2 支护操作

随着煤矿开采深度加大，深井巷道围岩承受的压力越来越大，支护技术的应用对大断面煤矿巷道采煤工程至关重要。支护技术的应用离不开锚杆和锚索等设备配件。支护过程中，锚杆和锚索的配合对支护效果起到关键作用，如果安装不当会造成锚杆和锚索错位，也会使得后续施工过程中出现跑钻现象，阻碍大断面煤矿巷道采煤工程进展。因此，在实际大断面煤矿巷道采煤工程中，应根据巷道环境选择支护技术，确保锚杆和锚索安装无误，有效提高整体煤矿大断面巷道的采煤效率。

3 大断面煤矿巷道支护技术在采煤工程中的应用分析

3.1 巷道变形特征

在高应力条件下，围岩强度显著降低，表现为以下特征。①分离。水平构造应力引起岩石之间的相对滑移。岩石黏结强度损失，导致岩石分离；②疏松性。岩石破碎度增大，孔隙度增大。围岩松动造成了围岩风化和水淹破坏的特征；③抗蠕变。主要是抗非稳态蠕变。开挖初期巷道蠕变较快，高应变速率持续时间较长。应加强支持，促进其向稳定蠕变状态过渡。或者当变形达到一定程度时，蠕变速度越来越快，造成围岩和衬板的全面破坏；④变形不均匀性。巷道关键部位变形迅速，导致支架脱落、剥落、开裂，岩体分离松动，导致巷道整体失稳变形；⑤快速性。巷道底鼓迅速。某地方巷道底鼓

量在 50min 内达到 700mm。

3.2 锚固支护技术参数确认

锚杆与锚索两者只是量的区别,原理上是相同的,只是张、拉介质有所不同。锚索的受拉筋是用较长的钢绞线制作,锚杆是用较短的钢筋或钢管制作,故锚索的锚固范围和所能承受的张、拉力更大,而锚杆由于其材质的特性抗剪能力较强。操作人员可以利用钢型材料来对整个巷道面进行有效的加固和支护作用,通常情况下使用的钢材直径为 6mm 左右,这个直径不仅可以使刚才结构的性能发挥到最大,还可以提前预支一定的防护效果,配合后期岩层结构的脱落和支撑作用。在对钢筋防护网进行搭建时,可以利用锚杆之间的相互作用力来有效地增强该相邻网片之间的作用支撑结构,搭建的宽度必须位于 100mm 之上,才能真正的起到稳定和加固作用。在利用支护技术时,最好使用 20mm 左右的螺纹钢来进行支撑,还需要使用具有共同特征的锚杆支护配套设施来增强整个支护结构的稳定性和安全性。顶板的作用主要是利用结构的加强性能来做好一定的加固作用,这种固态的处理结构能够使锚索的作用发挥到最大,但操作人员必须确锚索之间的间距间隔处于正常的范围之内。

3.3 反向支持

高强度二次支承的工作阻力为被动配重。高强度的支护强度补偿了由于围岩演化而减少的应力,保证了围岩应力能够转移到长期强度和巷道稳定性的演化暂停状态,并逐渐削弱了围岩演化的变形趋势。在复合应力高、围岩破碎的巷道中,二次支护采用了重的、拱形的、可缩小的金属支架来支撑顶板。但是,支护阻力不能有效控制巷道的快速变形,因此我们将对支架进行重新设计。当围岩复合应力较大时,支架受力情况比较复杂,为了便于计算,将其视为等效梁结构进行了一定程度的简化。支架可受集中或分散荷载和弯矩的影响,具有纯弯曲特性。等效梁结构发生纯弯曲时截面上任意点的正应力公式为:

$$\sigma = \frac{MY}{IZ} \quad (1)$$

式中: M 为截面弯矩,与支架荷载、长度有关; IZ 为截面相对于中性轴 Z 的惯性矩; y 是得到的应力点的纵坐标。

IZ 计算公式为:

$$IZ = \int Ay^2dA \quad (2)$$

3.4 地质概况以及相应的掘进技术

在进行掘进的过程中,通常可以选用短掘短支方式,与此同时需要借助高强度的支护形式,从而能够有效地对巷道围岩进行控制,从而大大提高围岩的稳定性,可是巷道掘进时出现断面较大时,那么将大大增加巷道掘进的工作进度。与此同时,对于围岩控制而言,往往需要增加过多的锚杆以及锚索,因此将消耗一定的时间,

进而降低工作效率。

3.5 厚煤层快速掘进工艺

对于厚煤层掘进时,可以选择应用在空巷到掘进的机械化临时支护以及相应的掘进设,与此同时可以依据现场支护的需要对现有的设备进行优化,从而能够得到性能优良的掘进与临时支护设备。经过工程实践发现,其可以保证空顶区域的安全性、快速支护,使得综掘工作面位置的掘进、支护以及锚等工作的有序进行,从而可以大大提高综采设备的自动化水平。

3.6 掘进支护平行作业

为了能够有效地使得掘进与支护相结合,因此可以使用掘进与支护平行的工作流程,从而能够提高掘进效率。与此同时可以有效地避免因支护对掘进工作效率产生影响,以此需要依据掘进巷道的工况,实施大断面巷道多级支护,主要包括如如下三个环节:临时支护、及时支护、滞后支护。与此同时可以确定各个支护的时间、间距以及强度。在对巷道进行支护的过程中,假如巷道顶板围岩处于稳定的状态时,可以选用机载临时支护装置,从而可以在空顶巷道上迅速的设置两排钢带。同时需要在巷帮施工上方设置两个锚杆,在掘进施工时都要设置一次。假如巷道掘进时,所经过的地质相对松软,那么巷帮锚杆需要紧跟掘进迎头。

3.7 切巷顶板联合支护技术

①为了保证工作面半切巷的安全掘进,在切巷开口位置施工一根长度为 5m 的锁口钢梁,钢梁与三根预应力钢绞线相连,同时为了确保皮带巷交叉位置的煤壁完整性,在交叉位置安装一组组合锚索;②半切巷掘进时,每两排钢带施工一排(两根)长度为 8.3m 锚索,使用钢托板及锁具将锚索紧固,第一根锚索安装在距离侧帮 1.15m 的位置,相邻锚索的距离为 1.8m;③切巷扩帮施工时,同样采用锚杆、锚索、JW 型钢带联合支护的方式对顶板进行支护,钢带上施工 5 个钻孔,相邻钢带的排距为 1m,每根钢带上配套 5 左旋无纵筋螺纹钢锚杆,相邻锚杆的距离为 0.8m,二次扩帮安装的钢带要与初次安装的钢带交错布置;④切巷在进行扩帮时,在相邻两排钢带之间施工一根锚索,第一根锚索安装在距煤壁侧 1.75m 的位置,锚索长度为 8.3m,直径为 17.8mm;⑤为了确保半巷掘进与二次扩帮期间的巷道交叉处顶板完整性,需在其交叉处施工一组组合锚索,相邻组合锚索的距离为 3m,顺着工作面倾向布置,组合锚索是由长度为 0.5m 的正方形钢托板与 4 根长度为 8.3m 锚索组合而成;⑥工作面切巷顶板永久支护全部施工完后,在切巷内支设三排单体柱。具体施工工艺如下:a.首先在距离煤壁侧 2.0m 的位置支设第一排单体柱,相邻单体柱之间的距离为 2.0m;b.在距工作面煤壁侧 1.5m 处支设第二排单体柱,相邻单体柱之间的距离为 2.0m,在采煤机壁龛紧贴煤壁的位置安装第三排排单体柱;c.所有的单体柱安装完毕后须由专人进行查验,确保每根单体柱的

支撑应力达到要求,顶板较破碎处的单体柱采用木楔进行镶嵌。

3.8 质量标准

①锚杆的锚固力应达到 127kN 以上;②锚杆的间、排距误差均不能超过 $\pm 50\text{mm}$;③顶部锚杆孔深度应达到 $2300+50\text{mm}$;④锚杆的外露长度应控制在 $30\sim 70\text{mm}$ 范围内;⑤锚杆的预紧力应达到 $300\text{N}\cdot\text{m}$ 以上,但不能超过 $500\text{N}\cdot\text{m}$;⑥锚杆都应打入到限位孔当中;⑦锚索的锚固力应达到 $200\sim 250\text{kN}$ 以上;⑧锚索的外露长度应控制在 $200\sim 300\text{mm}$ 范围内。

3.9 安全技术措施

①锚网施工必须严格按照从外到里和先顶部再两帮的顺序进行;②人员进场后,做好敲帮问顶,确定巷道顶帮实际情况。若检查中发现问题,应立即处理,若无法处理,应向领导汇报,施工必须要在措施到位且整改完成后恢复。切勿蛮干,杜绝一切违章指挥及操作;③锚网施工应由 2-3 人配合完成,互相之间要注意安全监护。整个施工过程中,必须始终确保退路通畅,以免冒顶造成伤害。作业中,除了安全监护人员,其他与施工无关的人员不可在作业点内长时间逗留;④在对巷道高冒地段进行处理的过程中,应安排专人负责,必须具备足够的作业经验;相关领导与专门的安全人员必须跟班指挥,设专人密切观察顶板情况,如果发现异常,应先将作业人员撤出,然后立即进行处理,处理到位后才能恢复正常作业,保证作业安全;⑤在处理网兜及临时作业平台的搭建过程中,应在支护完整且牢固的地方进行作业;⑥严格执行交接班制度与现场跟班带班制度,在作业点方圆 10m 之内应保证照明和通风良好;⑦打眼及挂网的操作人员应站在相对安全的地方进行操作,不可在裸巷进行施工;⑧若锚网支护无法满足安全要求,应立即请示相关领导,制定有针对性的支护方式,经批准后进行加强支护。

3.10 锚杆荷载监测结果分析

要想真正的分析巷道岩石内部结构所表现出来的支护效力,工作人员可以监测锚杆所发挥的支护效能和承受的荷载压力,利用这些部分的参数变化和特征来分析出锚杆的实际变化。通过对数据的分析,可以发现锚杆的参数变化是处于阶段性的,前期呈现上升的趋势,而且速度由快变慢,在后期,整个上升趋势将会趋于稳定和平缓的状态,这种现象是根据不同监测点来进行连线所形成的虚拟图,但整个锚杆的载荷量在整体的监测过程中一直处于零的状态。通过这一结果可以分析出锚杆在进行承压能力时,所受到的压迫较小,并不会影响到煤炭的开采效用,对环境的安全性也不会产生较大的破坏,整体的影响力可以趋于为零。而使用锚杆荷载技术之后,可以将这种安全性能最大化提高,提高整个工作面的安全稳定性,通过最佳且合理的支护方式选择来进行相关煤炭开采效率的上升,对于整个煤炭行业开

采和支护技术的升级都有着关键作用。

3.11 超前支撑压力监测

在巷道断面的四角处出现应力集中,塑性变形更加显著。同时,由于地质构造和采动扰动的影响,巷道围岩塑性区呈现不规则蝶形,随着工作面的推进,巷道围岩的主应力大小和方向不断发生调整,巷道围岩蝶形塑性区也不断地发生变化。一般可通过工作面综采液压支架工作阻力和超前支护支架或单体液压支柱的工作阻力测,来实时监测工作面采动扰动影响下的巷道顶板压力情况。本组单体液压支柱的工作阻力在距工作面煤壁 23m 和 45m 处出现显著化,这是由于顶板破断长度和高度的发育具有大致的极限和周期性。工作面后上方顶板破断情况发育到该时刻,对回采巷道顶板造成的载荷在距工作面煤壁 $0\sim 23\text{m}$ 范围内处于较高水平,预判在距工作面煤壁 45m 及更远的位置,回采造成的超前支撑压力处于较低水平。超前支架或单体支柱对于锚支巷道起着重要部位补强支护的作用,超前支护设备的工作阻力监测结果对于超前支架或单体支柱的位置布置和选型是否合理具有重要的评估作用。压力峰值处是锚支巷道最易发生破坏的位置,应对该部位的顶板和巷帮变形破坏情况多加监测,作为本巷道安全警报之一。

4 结束语

综上所述,当前煤矿巷道支护施工技术在大断面煤矿巷道开采工作中得到了越来越广泛的应用,同时也发挥了十分重要的作用。在实际开展相关工程的过程中,施工团队应不断对该技术规律原理以及参数设计展开研究,保证煤矿巷道支护施工技术可以充分发挥出其优势,为提升煤矿巷道结构的安全性奠定基础。

参考文献:

- [1] 张雪峰. 大断面巷道支护技术在采煤工程中的应用[J]. 矿业装备, 2019(05):40-41.
- [2] 张光普. 煤矿高效掘进技术现状与发展趋势[J]. 矿业装备, 2019(05):64-65.
- [3] 董明明. 大断面煤矿巷道支护技术在采煤工程中的应用研究[J]. 能源与节能, 2019(08):193-194.
- [4] 李坤. 煤矿综采面切眼大断面巷道掘进技术研究[J]. 当代化工研究, 2019(13):54-55.
- [5] 张冰. 大断面巷道支护技术在采煤工程中的应用[J]. 能源与节能, 2019(06):172-173.
- [6] 张康乐. 大断面巷道支护技术在采煤工程中的实践应用研究[J]. 矿业装备, 2019(03):36-37.
- [7] 陆伟田. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的应用分析[J]. 当代化工研究, 2019(09):73-74.
- [8] 王金梁. 大断面巷道软岩破碎顶板支护技术应用[J]. 当代化工研究, 2019(07):56-57.

作者简介:

武文浩(1978-),男,山西兴县人,2013年1月毕业于太原理工大学,采矿工程专业。