

煤矿技术操作丛书

巷道维修

(修订本)

吴健 乔缺斋 李万钟 编

煤炭工业出版社

466583

出 版 说 明

《巷道维修》是煤矿技术操作丛书的一个分册。它是一本讲述煤矿巷道维修操作技术知识的工人读物。

本书在总结煤矿巷道维修经验的基础上，简要地介绍了有关巷道矿山压力的形成、巷道破坏的原因及其规律；重点阐述了各种矿山巷道的维修方法和操作技术以及安全注意事项等。内容具体实用，文字通俗易懂，配上插图，便于工人阅读，也可供从事巷道维修工作的工程技术人员及基层生产管理人员参考。

10203/5

引 言

完好的、合乎生产要求的巷道是矿井通风、运输、排水、行人及其他辅助生产环节能够正常工作的重要保证，也是减少各种事故的发生，以及在事故发生后能及时采取有效措施的保证。

为了保证巷道完好及合乎生产要求，一般应该做好四方面的工作：一是设法将巷道布置在矿山压力显现比较小的地方，以减少巷道的变形和破坏；二是采用支撑能力较大的、支撑性能较好的可缩性支架，在巷道发生变形时，减少支架的折损；三是在掘进时，预先估计巷道可能发生的变形（断面缩小），将巷道断面掘得较大些，保证巷道发生变形后，仍能满足使用的要求；四是要经常做好巷道的检查、维修工作，保证在整个服务期间，巷道断面能满足使用要求。巷道支架出现弯曲、歪斜、折损、倒塌以及支架材料腐朽等现象，应及时清理修复。前三方面的工作主要是开采设计和支架选型人员的任务，巷道维修工的主要职责是完成第四方面的任务。

巷道维修是比较复杂的工作，巷道维修工除了应该掌握熟练的操作技术和具有丰富的生产经验以外，还应该了解巷道矿山压力和矿山压力显现的基本规律，以掌握巷道维修工作的主动权，提高巷道的维修质量。

巷道维修工一般都是在巷道支架折损、顶板破坏比较严重的地点工作，同时还可能受水、火和有害气体等灾害的威

胁。因此，巷道维修工必须十分熟悉《煤矿安全规程》的有关条文。

改善巷道维修工作对于提高煤矿生产的经济效益也有着十分重要的作用。从实际统计资料来看，受回采工作面开采影响的木支架巷道，每年每米的平均维修费一般为几十元，特殊的难于维护的巷道每年每米需要的维修费甚至超过一百元。由此看来，减少巷道维修工作量，提高巷道维修质量，对于降低煤炭成本是很重要的。

本书主要介绍了各种巷道的维修操作技术及有关的安全注意事项，并对与巷道维修有关的巷道矿山压力及矿山压力显现的基本概念作了一定的介绍。

本书是在1963年中国工业出版社出版的、由梁燕飞等同志执笔写的《巷道维修》一书基础上加工改编、并作了较多的补充写成的。本书对从事巷道维修工作的工人和技术人员有一定的参考价值。

目 录

引 言

第一章 巷道矿山压力及其显现	1
第一节 巷道矿山压力的形成	1
第二节 巷道变形的原因	3
第三节 巷道变形的规律	11
第四节 岩性及巷道位置与巷道变形量的关系	17
第二章 巷道维修基本知识	19
第一节 支架材料	19
第二节 支架	22
第三节 巷道维修安全知识	30
第四节 巷道维修工具	32
第三章 木支架巷道维修	39
第一节 平巷维修	39
第二节 平巷加固支架	49
第三节 斜巷维修	53
第四章 木支架特殊巷道维修	57
第一节 抬棚的修复	57
第二节 曲线巷道支架的修复	64
第三节 立眼的修复	67
第五章 钢筋混凝土支架及刚性金属支架巷道 维修	74
第一节 钢筋混凝土支架水平巷道的维修	74
第二节 钢筋混凝土支架倾斜巷道的维修	82

第三节 梯形金属支架巷道的维修	83
第六章 拱形金属支架巷道维修	85
第一节 拱形支架损坏的原因	85
第二节 巷道维修方法	89
第三节 拱形支架的整形及修复	92
第七章 砌碛巷道维修	95
第一节 砌碛巷道损坏原因及其维修前的准备工作	95
第二节 巷道维修方法	96
第三节 补碛	105
第四节 交叉碛岔的维修	107
第五节 拱形砌碛巷道的临时性加固支护	111
第八章 锚喷巷道维修	117
第一节 用木支架维修	117
第二节 用拱形金属支架维修	118
第三节 砌碛维修	119
第九章 片帮、底臃和冒顶的处理	121
第一节 片帮的处理	121
第二节 底臃的处理	122
第三节 冒顶的处理	124
第四节 刷大巷道	131
第五节 水沟的维修	134

主要参考书

第一章 巷道矿山压力及其显现

什么叫矿山压力和矿山压力显现（也称矿压显现）呢？我们说，凡是由于开采（包括掘进和回采）所引起的，在回采工作面或巷道周围的岩层或煤体内的力，以及这个力的作用过程都叫矿山压力。由于矿山压力的作用而引起的一些现象叫做矿压显现。例如支架受压以及受压后的变形和折损，顶板下沉，底臌，巷道两帮的变形、片帮、冒顶，冲击地压以及煤和瓦斯突出等都是矿压显现。本章主要介绍与巷道维修工作有关的矿压的一般知识。

第一节 巷道矿山压力的形成

地下的任一块岩石或煤，在没有受到回采和掘进的影响之前，主要承受在它上面岩石重量的压力，埋藏得越深，受的压力越大；埋藏深度相同，受的压力也相同。这种压力叫原始压力，如果以单位面积（ 1米^2 或 1厘米^2 ）所受压力计算，则叫做原始应力。岩石在原始应力的作用下，由于岩石之间互相挤压作用，所以在没有强大的地壳变动力的影响时，岩石不会产生破坏和变形。

如果我们在岩体中掘出了一条巷道（如图 1 中的abcd），情况将发生变化。即原来从上到下均匀传递的原始应力，由于出现了abcd这个空洞而不得不通过巷道两帮向下传递。在两帮引起应力集中（如图 1 a 中巷道两帮应力束密集）现象，就形成了支撑压力。如果把巷道看成一座桥，那么巷道顶板

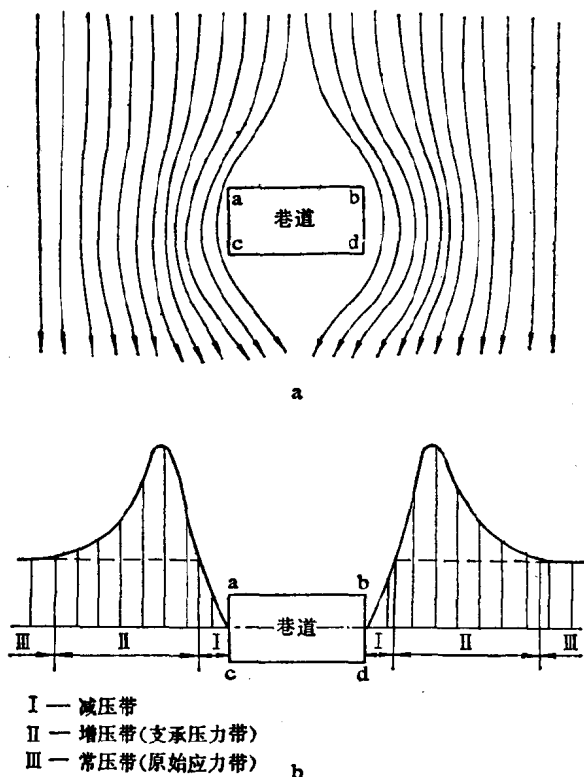


图 1 支撑压力的形成

ab可以看作是桥的“横梁”，两帮则可以看作是桥的两个“桥墩”，“横梁”上承受的岩石重量必然会传递到两帮的“桥墩”上，而形成支撑压力。

如果巷道两帮的煤或岩石不坚硬，则靠近巷道两帮的那部分煤或岩石由于受高压力的作用，会很快发生破坏。破坏后的两帮支撑能力很小，往往低于原始支撑能力，这就形成

(如图1b中Ⅰ区)减压带。此时埋藏深度越大,支撑压力愈大,其减压带越明显;两帮的岩石越硬,减压带的宽度就越小;巷道的宽度大(如果把采空区看作是一个巷道,则这个巷道的宽度是最大的),减压带的宽度就可能大。减压带的宽度一般不超过1~3米。

上面介绍的把巷道顶板看作横梁的理论,认为顶板ab间的岩石重量会加到两帮。由于两帮减压带连正常原始压力都不能承担,所以当顶板梁上的压力超过岩层的原始压力时,支撑压力就会向距离巷道两帮表面较深的地方发展,而在两帮深处形成一个增压带(如图1b中Ⅱ)。这里的岩层所受的压力要大于原始压力,最大值可超过K倍。K值的大小和巷道距地表深度、巷道宽度、顶板和两帮的岩石性质等因素有密切关系。K值一般变化在1.3~4之间,增压带的宽度可从8米到20米,或者更大一些。

距离巷道两帮较远的岩层,受巷道的影响就不明显了,岩层压力恢复到原始压力状态,这就是(如图1b中Ⅲ)常压带(原始压力带)。

以上所阐明的矿山压力规律是引起巷道各种矿压显现的最主要的原因。

第二节 巷道变形的原因

巷道变形、破坏的原因一般可分为三类:一是受顶板压力(顶压)的作用;二是受两侧压力(侧压)的作用;三是受底压的作用,下面将分别加以介绍。

一、关于顶压的作用

如前所述,当地下掘进巷道后,暴露出来的顶板即失去了原来岩石或煤的支撑,而形成岩石梁。这个“梁”受

到在“梁”上面岩层的重量和岩梁本身重量的作用，必然会产生弯曲，这种弯曲往往在巷道中间较大，在巷道两帮较小；顶板以及距顶板较近的上部岩层弯曲大，距顶板较远的上部岩层弯曲小。由于弯曲，岩层下部就会产生拉力，岩石抵抗拉力的能力又很小，所以在弯曲大的部份就会出现裂隙。又由于距顶板较近的上部岩层弯曲大，距顶板较远的上部岩层弯曲小，

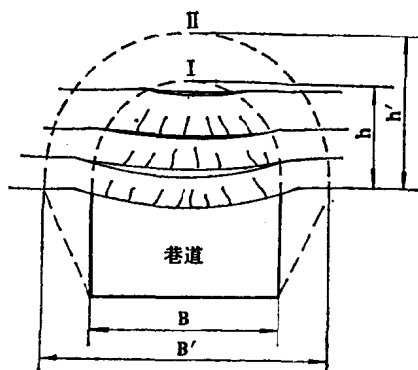


图 2 顶板冒落拱

上下岩层之间也会出现裂缝，叫做离层。此时如果没有支架支撑，裂隙和离层继续发展，最后顶板就会冒落。顶板冒落的范围由下向上逐渐缩小（图 2），最后形成一个拱形，这就是拱形理论。拱形理论认为，拱以内的岩石是会掉落下来的，拱以外的

的岩石一般就不会掉落下来，这样的拱就叫做自然平衡拱。自然平衡拱内岩石的重量就是顶板加给支架的力，也就是巷道顶压。顶板的弯曲下沉就是我们经常所讲的顶板下沉。

自然平衡拱的高度、形状与顶板岩石性质、巷道宽度有密切关系。顶板岩层坚硬，拱的高度就小。顶板岩层很坚硬，则没有明显的离层和弯曲，拱高就为零，不用支撑也不会冒顶。松软的顶板，拱高就高，支架所承受的顶压也大。根据自然平衡拱的高度和面积可以估算巷道的顶压，其公式如下：

$$Q_d = \frac{B^2}{1.2f}, \text{ 吨/米}$$

式中 Q_d ——每米巷道支架所承受的顶压，吨/米；

B ——巷道宽度，米；

f ——岩石坚固性系数（即普氏系数，为顶板岩石抗压强度的百分之一）。

当巷道两帮岩石松软、受压后产生片帮或破碎不能支撑顶板压力时，即相当于巷道宽度加大了。由于巷道宽度加大了，拱的高度也会加大，拱内面积也加大（如图2中Ⅱ线所示），拱内破碎的岩石就多，故作用在支架上的顶压就大。

岩石在地下，尽管受到很大的压力，由于互相挤压，一般不会变形。如果开掘了巷道，打开了缺口，有了一个空洞（自由面），空洞周围的岩石就要逐渐向这个空洞移动，顶板上的岩石就要向下移动，产生顶板下沉。这种下沉有时是十分强烈的，是巷道支架所不能阻止的，也就是说巷道顶板下沉是不可避免的。

根据以上所述，巷道支架一方面应该有足够的支撑力去承受顶板自然平衡拱内岩石自重量的压力，维持破碎的顶板不发生冒顶；另一方面要考虑到顶板下沉是不可避免的，因此要求支架的性能必须能与其相适应。根据巷道条件不同，对顶板下沉采取的措施大致可分为两种：一种是当巷道不受回采工作面开采影响时，特别是当巷道开在比较坚硬的岩层中，由于支撑压力小，巷道顶板下沉量也小，此时采用支撑能力较大，基本上是不可压缩的刚性支架“硬顶”；另一种是巷道受回采工作面开采和采空区的影响比较严重，支撑压力大，顶板下沉量大，采用可缩性支架“让压”。因为这种情况下“硬顶”是顶不住的，“硬顶”的结果会使支架折损或破坏，所以只能采取“让压”的办法。这就是说，随着顶板的下沉，支架在保持足够的支撑力的同时能相应地

下缩。顶板下沉量大，支架就可以“让”一下（“让”的时候也要有相当大的支撑力），这就是可缩性支架。采区巷道采用这种支架可以大大减少巷道维修工作量，有利于安全生产，并能收到较好的经济效益。

应该指出，由于顶板岩梁的作用，顶压和顶板下沉对巷道的威胁往往不如侧压和底压对巷道的威胁大。特别是在巷道矿压大的地方，底臃和巷道两帮挤出要比顶板下沉严重得多。

二、关于侧压的作用

侧压是指巷道两帮对支架的压力。它是由于两帮岩石或煤向巷道内挤压而产生的。

井下的岩石在高压作用下的变形和含水的粘土在普通压力作用下的变形相近似。当压力加在含水粘土块上时，粘土会向侧面挤出。巷道两帮的岩石也一样，在支撑压力这样的高压作用下，会向巷道中间挤出。这种变形使巷道两帮逐渐移近。如果巷道两帮不支护或支护壁后的充填不密实（两帮塞得不紧），使变形得不到控制，继续发展下去就会造成片帮。片帮后，新暴露出来的两帮会继续向巷道中间挤出，即继续片帮，此时巷道压力会急速增加。如果巷道使用不能压缩的刚性支架，例如料石砌碛、钢筋混凝土棚子等来控制巷道两帮变形移近，在变形不严重时，这类支架尚可以取得较好的效果；而变形严重时，则支架很难“顶住”，侧压引起的变形可能破坏碛墙或折断棚腿。

采区巷道因受采空区影响，两帮的变形移近量经常是很明显的。对这类巷道进行的大量现场观测结果表明，巷道两帮移近是这类巷道的重要矿压显现，对巷道维修工作有很大影响。两帮移近量大约与顶板下沉量、底臃量之和相等，有时

甚至可能更大。

影响巷道两帮移近量大小的主要原因有两个：

(一) 巷道两帮支撑压力的大小

巷道两帮支撑压力的大小首先取决于巷道的位置。如果巷道附近没有采空区，巷道两帮当然也会产生支撑压力，出现增压带，并有两帮移近量，但这个支撑压力比起采空区引起的支撑压力要小得多，因而两帮移近量也要小得多。即使是巷道附近有采空区，采空区附近煤柱中支撑压力也很大，但巷道的位置不同，巷道受压也不同，两帮的变形移近量就不同（如图 3 所示，图中煤层上的箭头长短表示支撑压力的大小）。

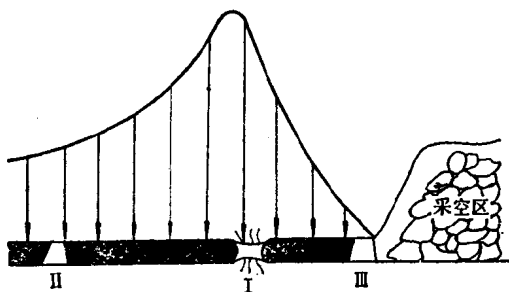


图 3 巷道位置与巷道变形

大小)。图 3 中巷道 I 处在采空区支撑压力的增压带，巷道压力很大，巷道变形十分严重，两帮移近量很大，巷道维护困难，维修费用很高；巷道 II 距离采空区比较远，处在常压带，巷道变形与不受采空区影响的巷道一样；巷道 III 位于采空区的边缘，和采空区之间有时有一窄煤柱，有时无煤柱，也处于减压带内。如果这条巷道是在回采工作面采完后才掘进的，那么这样的巷道受压是最小的，巷道变形相应也就小，

巷道易于维护。不过，由于采空区边缘煤柱已被压酥，两帮容易滑落片帮，而在支护时将柱腿后的两帮塞紧填实，两帮的变形移近量就会很小。有时，在巷道维修工作中会遇见这样的问题，就是需要维修的巷道已垮塌得十分严重，维修工作量很大，不如另外开一条巷道便宜。那么，这条巷道开在采空区边缘是比较合理的。

(二) 巷道两帮煤或岩石的稳定性

巷道维修工普遍都有这样的经验，即大多数情况下岩巷比半煤岩巷好维护，半煤岩巷比全煤巷好维护。也就是说，巷道两帮的煤或岩石越坚硬稳定，巷道越易维护。如果煤质比较坚硬，顶底板岩层都很稳定，即使巷道受到采空区的影响，两帮的变形移近量也不会很大，巷道维护也不十分困难。

巷道侧压力大小的计算和顶压计算一样有很多种方法，同时也都是一些近似的估算方法，下面介绍一种简化后的公式供参考，它适用于没有采动影响的巷道。

$$Q_c = 0.25\lambda \left(\frac{B_1}{2f} + H \right)$$

式中 Q_c ——巷道两帮的最大侧压力（一般都假设在巷道底部），吨/米²；

B_1 ——巷道破碎宽度， $B_1 = B + \sqrt{\lambda} H$ ；

B ——巷道宽度，米；

H ——巷道高度，米；

f ——两帮岩石的坚固性系数；

λ ——侧压力系数（两帮岩石比较完整、稳定时，可取 $\lambda = 0.13$ ；破碎、不稳定时，可取 $\lambda = 0.22$ ；中等情况可取 $\lambda = 0.17$ ）。

三、关于底压的作用

巷道底压的产生可以简单地用图4来解释：即当巷道两侧煤帮或岩帮受到支撑压力 P 的作用时，高的支撑压力 P 在两帮和底板内部都有一个侧压力 Q ， Q 力又可以产生向上的侧压力 R ，这个 R 力就是底压。底压可使底板臃起并产生离层、弯曲和破坏。

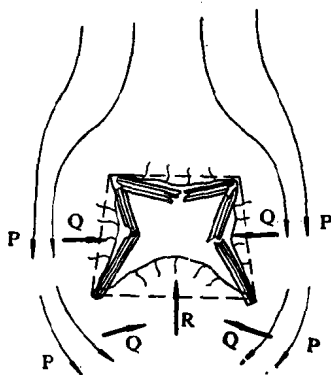


图4 巷道底压

对于底板来说，除了底板岩层本身的重量是阻止底板向上臃起的力量外，人们往往不设支架底梁去阻止底臃。所以有时底板向上臃起就要比顶板下沉、两帮移近容易得多，也严重得多。顶板下沉量和底板臃起量的总和叫做顶底板移近量（人们往往错把这个数值叫做顶板下沉量）。大量的井下观测数据表明：位于采空区附近的巷道，其底臃量往往要占顶底板移近总量的70~80%，这说明底臃这种矿压显现对改善巷道维修有时是十分重要的。但由于人们的错觉，总认为是顶板下沉了。如果不是底臃现象十分严重，往往人们注意不到底板在臃起，也就认识不到解决底臃问题对于巷道维护的重要性。

底臃对巷道的破坏作用主要表现在三个方面：一是底臃减少了巷道的实际断面，给通风、运输及行人都带来不便，甚至影响安全；二是底臃会臃坏轨道、运输机，水沟等巷道设施，影响生产；三是底臃破坏了底板的完整性，挤碎了底板，使支架两帮的柱腿容易插入底板，减少了支架支撑顶板的能力，使顶板下沉增加，顶板更加破碎，从而给巷道维修

带来困难。

影响巷道底臃的因素和影响巷道两帮变形移近的因素一样，首先是巷道矿压的大小，而矿山压力的大小又和巷道的周围环境、巷道位置有密切关系；其次是底板岩石的强度，即底板岩石是否容易破坏。除了这两个因素之外，巷道底臃是否严重还和底板岩石的吸水膨胀性能有关。巷道底板经常是有水的，有的水是地下含水层的水，通过采空区或顶板流到巷道内；有的水是洒水设备洒出来的，有的是液压设备的乳化液。当巷道水沟不通或底板起伏不平时，巷道就可能积水。如果巷道底板是粘土岩、泥岩或泥质页岩等岩层，这些岩层吸水后会膨胀，使底板臃起。解决由水引起的底臃问题主要是解决积水问题，即及时清理水沟，保持流水畅通，巷道低洼处应备有局部排水设施等。

无论是顶板变形、两帮变形，还是底板变形都是巷道矿压的显现，它和巷道矿压的大小密切相关，而矿压大小又与巷道深度有关，受采空区影响的巷道与深度关系更大。随着我国矿井开采深度的增加，巷道维护问题将越来越突出。

此外，我们知道，强大的地壳运动使地层中产生极大的压应力和张应力这就是地质应力。由于地质应力的作用，便形成各种褶曲和断层。在褶曲的向斜、背斜部分和断层附近的岩层，在受挤压、弯曲后而破碎，有时岩层内还有地质应力未释放。若在这个区域内掘进的巷道，则由于强大的地质应力作用，巷道两帮的变形、底臃都会十分严重，巷道维护十分困难。尤其是巷道掘进初期、两帮变形移近速度和底臃速度一开始就很高，一条巷道往往前面在掘，后面跟着就得进行维修，一直要等到岩帮不断挤出，并延续一段时间后，变形才会逐渐减小，并趋向稳定，也就是地质应力才能逐渐

释放。我国除了极少数矿井巷道受地质应力影响外，大多数的煤矿地质应力的作用并不明显，增加巷道维护困难的只是断层褶曲等地质破坏。断层附近和褶曲的向斜轴、背斜轴区域的破坏带，整体的岩层被挤成碎块，掘进巷道时就容易冒顶。巷道掘出后，顶板上的和两帮的碎矸也经常会从巷道顶梁和柱腿后堵塞不严的地方漏进巷道，甚至可能堵死巷道。

第三节 巷道变形的规律

前面已讲过，受回采工作面采动影响的采区巷道，往往由于矿压大，巷道变形严重，支架折梁断柱多，需要频繁地进行维修。那么，是不是所有采区巷道都不可避免地要频繁维修呢？巷道的那些部份应该提前采取加强措施，打主动仗，减少折梁断柱，以减少巷道维修工作量呢？应该指出，预先加强支护，打主动仗，减少维修量也是巷道维修工的重要职责，这是提高巷道维修工作经济效果的重要方法。这一节所介绍的采动影响下巷道变形规律，主要是为了达到上述目的。下面将介绍在回采工作面前后、上下巷道的变形情况。

一、运输机巷的变形规律

图5所示为一组回采工作面的区段运输平巷，上方为运输机巷，下方为运输机巷的辅巷，工作面向右推进，已经回采到Y—Y的位置，左边为采空区。下半部的座标图和上面的图是对应的，我们现在用它来表示运输巷辅巷的顶底板移近和两帮移近的变化规律。以Y—Y座标轴线表示工作面位置，在X—X座标上标明向右推进的方向为正值，它表示未采区任一地方与工作面的距离。左边在X—X座标上标明的负值表示已采区任一地方与工作面的距离。同时X—X轴线还把Y—Y轴线分为两半，上半部表示顶底板移近速度（包括顶板下沉