

摩擦支柱

和

铰接顶梁

煤炭工业部供应局组织编写 · 煤炭工业出版社

U133723

M367b

摩擦支柱和铰接顶梁

煤炭工业部供应局组织编写

煤炭工业出版社

煤炭工业部供应局组织编写

煤炭工业出版社 出版
(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092^{1/32}$

印张 $5^{1/2}$

字数121千字

印数12,001—20,000

1981年11月第1版

1981年12月第2次印刷

书号15035·2452 定价0.60元

前 言

摩擦支柱和铰接顶梁是当前煤矿井下作业的主要支护用品。全国直供煤矿有60%以上的回采工作面都采用摩擦支柱和铰接顶梁支护。从我国的实际情况出发,在今后较长的一段时间内,它们仍将是主要的支护手段。因此,搞好摩擦支柱和铰接顶梁的制造、使用、管理和检修,提高这几方面的技术业务水平,对发展煤炭生产,保证矿工安全都具有十分重要的意义。

为了普及摩擦支柱和铰接顶梁的技术知识,提高使用、管理技术水平,充分发挥它们的效能,煤炭工业部供应局委托煤炭科学研究院北京开采研究所和部分厂、矿、院、校在总结我国十多年来使用、管理经验的基础上,参照国内外有关的技术理论写成这本书。书中全面、系统地阐述支柱和顶梁的结构、工作原理、使用、检查和试验方法。本书可作为从事支护工作的专业人员的培训教材,也是主管采煤的技术人员、采煤队长和支柱维修人员需要的技术书。

在编写本书的过程中,得到了煤炭系统有关单位,特别是大同、开滦、徐州、淮南和平顶山矿务局以及淮南、郑州、兖州煤矿机械厂的的大力支持和帮助,在此表示感谢。

本书的执笔人有李从新、肖盛泉、李中元、刘顺、徐骥、曾昭仁、傅东仁和崔恩伟等同志。全书由李从新同志主编,崔亦平和赵声文同志参加校订。

附表 3 HDJA 型金属铰接顶梁用料表

零件名称	材料及相应标准	σ_s (公斤/厘米 ²)	备 注
接 头	圆钢 $\frac{70-\text{GB702-65}}{20\text{MnV}-\text{YB661-69}}$	9000~10000	
顶部扁钢	扁钢 $\frac{8 \times 80-\text{GB704-65}}{20\text{MnV}-\text{YB661-69}}$		
底部扁钢	扁钢 $\frac{8 \times 80-\text{GB704-65}}{20\text{MnV}-\text{YB661-69}}$		
钩	圆钢 $\frac{10-\text{YB158-63}}{A_3-\text{GB700-65}}$		
加劲板	扁钢 $\frac{8 \times 80-\text{GB704-65}}{20\text{MnV}-\text{YB661-69}}$		
销 钉	圆钢 $\frac{12-\text{YB158-63}}{A_3-\text{GB700-65}}$		
销 子	圆钢 $\frac{45-\text{GB702-65}}{45-\text{GB699-65}}$	8500	HRC40~50
左耳子	扁钢 $\frac{16 \times 170-\text{GB704-65}}{20\text{MnV}-\text{YB661-65}}$		
垫 圈	圆钢 $\frac{68-\text{GB702-65}}{A_3-\text{GB700-65}}$		
右耳子	扁钢 $\frac{16 \times 170-\text{GB704-65}}{20\text{MnV}-\text{YB661-69}}$		
侧部扁钢	扁钢 $\frac{6 \times 80-\text{GB704-65}}{20\text{MnV}-\text{YB661-69}}$		
定位销	圆钢 $\frac{10-\text{YB158-63}}{A_3-\text{GB700-65}}$		
楔 子	圆钢 $\frac{50-\text{GB702-65}}{30\text{Mn}_2-\text{GB699-65}}$	6000	

目 录

第一章 摩擦支柱和铰接顶梁的工作原理及其结构.....1	
第一节 摩擦支柱的工作原理	2
第二节 HZWA型摩擦式金属支柱.....	20
第三节 HZJA型摩擦式金属支柱	42
第四节 HDJA型金属铰接顶梁	52
第五节 其他型号的金属支柱和铰接顶梁	58
第二章 摩擦支柱和铰接顶梁的使用	68
第一节 回采工作面支护知识	68
第二节 支护方式的选择	75
第三节 支设与回撤	100
第四节 摩擦支柱在特殊条件下的应用	118
第五节 使用摩擦支柱的若干问题	125
第三章 摩擦支柱和铰接顶梁的检验和试验.....	135
第一节 铸锻件和焊缝的检验	135
第二节 HZWA型金属支柱的检验和性能试验.....	142
第三节 HZJA型金属支柱的检验和性能试验	150
第四节 HDJA型铰接顶梁的检验和性能试验	157
附 录 钢材选择	163

第 一 章

摩擦支柱和铰接顶梁的 工作原理及其结构

煤矿回采工作面支护顶板使用的单体支柱，我国已发展了许多品种，按工作特性，有刚性和可缩性两大类。

刚性单体支柱的结构最简单，基本上是不可压缩的，例如木支柱、钢轨支柱和钢管支柱等。刚性支柱用得最早。

可缩性支柱在承受一定的载荷时可以缩短，以适应顶板的活动并使顶板压力在各支柱间互相传递。支柱的这一特性也叫让压性。按不同的工作原理，可缩性支柱可分成液压式和摩擦式两种。单体液压支柱近几年在我国已取得相当的发展，它主要有外部注液式和内部注液式两种类型。摩擦式支柱有恒阻式和增阻式两种类型。在工作过程中，恒阻式支柱的工作阻力恒定不变，如单卡环及双卡环支柱；增阻式支柱的活柱下缩时，工作阻力随之而增加。目前我国使用的增阻式支柱有微增阻及急增阻两种类型。

恒阻式摩擦支柱的活柱没有斜度，因此，在它的工作过程中可以保持工作阻力恒定不变。微增阻支柱的活柱有小于 $1:500$ 的斜度，在它的工作过程中，支柱工作阻力随活柱下缩量增加而增加的数值较小；急增阻支柱的活柱斜度一般大于 $1:300$ ，支柱工作阻力随活柱下缩量增加而增加的数值较大。

尽管不同类型的摩擦支柱的结构各不相同，工作过程中的阻力变化与活柱压缩量的关系也不一样，但它们之间却存在许多共同之处：它们均靠摩擦获得工作阻力，工作阻力受

多种因素的影响等。

第一节 摩擦支柱的工作原理

一、摩擦支柱的工作阻力

1. 摩擦现象

摩擦是一种普遍现象，无论在工作或日常生活中都会遇到摩擦。可以说，一切物体只要和其他物体发生相对运动，它们之间便发生摩擦。

摩擦的存在，使运动的物体减速或停止，甚至使机器的零部件磨损、缩短寿命。同时，摩擦还会造成能量损失，使机器的效率降低。所以，人们总是想方设法来减轻甚或消除它的有害影响。然而，如果没有摩擦，一切物体都会失去其安定性而产生非固有的意外性质，使我们不能保持正常的生活和工作。可见，摩擦又是不可缺少的。为了利用它，在技术上的某些方面又想方设法增大摩擦。

摩擦支柱就是利用摩擦原理而设计的。支柱在整个工作过程中，只要活柱未被压缩到极限位置而不能滑动，“摩擦”便一直被利用来产生阻力。可见“摩擦”是摩擦支柱产生工作阻力的基本要素。

通常，把固体表面之间发生的摩擦叫做外摩擦。外摩擦大致按以下3种方法进行分类：

- 1) 根据运动学的特征，分为滑动摩擦、旋转摩擦和滚动摩擦；
- 2) 根据位移的大小及其与切向力的关系，分为动摩擦、非全静摩擦和静摩擦；
- 3) 根据摩擦物体表面状态以及是否有润滑的特征，分

为纯净摩擦、干摩擦、边界摩擦、液体摩擦、半干摩擦和半液体摩擦。

就摩擦支柱本身的摩擦来讲，无论按哪一种分类方法，都不是单一的形式存在，在支柱工作过程中，既有静摩擦又有动摩擦，既有滑动摩擦又有旋转摩擦等。

对具有不同特征的摩擦形式，通过大量观察、总结和研究，已经发现其一定的规律性。这些规律对我们设计、制造、使用和修理摩擦支柱都有重大意义。

2. 滑动摩擦阻力

如图1-1所示，将滑块置于平台上， Q 为加于滑块上的载荷（包括滑块本身的重量）， N 为平台施于滑块的法向反力。要使滑块沿平台向右移动，必须加力 P 来克服两者之间的静摩擦力。

通常把摩擦力与施于滑块（摩擦部件）的垂直载荷之比值，称为摩擦系数 μ ，即

$$\mu = \frac{F}{N}. \quad (1-1)$$

或

$$F = \mu N.$$

根据摩擦的物理意义，可以这样认为：两个互相接触的物体，如彼此间有相互作用的正压力，当它们发生相对运动或有相对运动的趋势时，在接触面间将产生阻止发生相对运动或相对运动趋势的阻力。这个阻力就是摩擦阻力。摩擦阻力的方向永远与运动或运动趋势的方向相反。

发生摩擦的两个物体称为摩擦对偶或摩擦副。两个摩擦表面称为摩擦面。

如果把没有斜度的平直方形活柱夹在台钳的两块夹板之间（图1-2），台钳对活柱的夹紧力分别为 N_1 和 N_2 。要使活

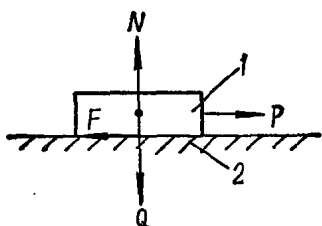


图 1-1 平面滑动摩擦示意图

1—滑块；2—平台

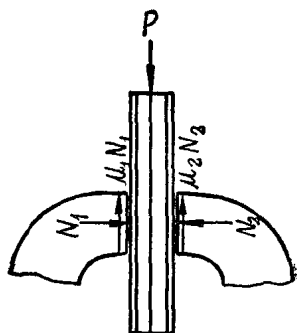


图 1-2 活柱在台钳上受力示意图

柱向下滑动，必须从上面给活柱加力 P ，使之克服活柱与台钳间的摩擦阻力。力 P 的大小可从下式求得：

$$P = \mu_1 N_1 + \mu_2 N_2.$$

实际上，活柱两侧与台钳的摩擦状况相同，即正压力 $N_1 = N_2$ ，则

$$P = 2\mu N. \quad (1-2)$$

通过装有锁紧机构的柱锁，使摩擦支柱的活柱与柱锁接触工作表面上产生一定的正压力（即锁紧力）。活柱下缩时，必须克服正压力对应产生的摩擦阻力，这样我们就获得了需要的支柱工作阻力。

在正常工作条件下，摩擦支柱的工作阻力关系式为：

$$P = n\mu N. \quad (1-3)$$

式中 P ——摩擦支柱的工作阻力；

n ——活柱的摩擦工作面数；

μ ——摩擦阻力系数（它不同于一般摩擦系数）；

N ——摩擦工作面间的正压力（即柱锁锁紧力）。

装有自动夹紧装置（即锁紧机构）的支柱，在完成工作阻力的过程中，由于夹紧装置的结构不同，关系式中的参数也有所不同，这在后面将具体分析。

摩擦支柱承受的外力由静止状态进入工作状态阶段内，活柱与柱锁之间的静摩擦力（又叫始动摩擦力）阻碍活柱滑动，静摩擦力的方向与外界载荷的方向相反。假如外施载荷增加，静摩擦力也增加。但静摩擦力不能无限增加，当它达到某一最大限度，即同外施载荷平衡，便进入临界状态。这时，外力稍一增加，活柱就开始滑动。实际上，在摩擦支柱的整个工作过程中，静摩擦和动摩擦交替变换，摩擦系数也相应地交替变化。

在摩擦支柱的工作过程中，各摩擦表面不可避免地要磨损，不断引起损耗。

3. 摩擦机理简介

前两小节叙述的，是宏观上的摩擦力表面现象、变化规律及其作用。但从物理学角度分析研究，摩擦是一物体与另一相互接触并相对滑动的物体间的分子互相作用的结果。为使摩擦支柱的结构更趋完善合理，应进一步了解摩擦机理，以便认识摩擦的内在影响因素，进而更好地改善摩擦状况，探索选择材料、加工工艺和精度等途径。

对摩擦的机理，至今尚无统一观点。当代关于摩擦的理论——“粘着理论”和“分子-机械理论”均认为，摩擦物体表面甚至经过细致加工抛光后，也只能达到相对平滑，即表面总是高低不平的。如用显微镜观察，这种凹凸不平的现象更明显。由于表面不平，两个物体总是在个别点上接触。因此，真实接触面积（物体接触的实际微小面积总和）比名义接触面积（接触物体的外形尺寸）小得多。所以，甚至在负

荷 N 很小时，真实接触面的单位面积上也产生很大的压力。

粘着理论认为：在很大的单位面积压力影响下，在摩擦时，接触点产生瞬时高温（达 1000°C 以上，且可持续千分之几秒）引起两物体发生粘着（“冷焊”）；产生相对移动时，

“粘着点”将被剪切掉，使两物体“滑溜”。摩擦就是粘着与滑溜交替进行的跃动式过程（摩擦速度增加，跃动式过程显得不明显）。这种过程就使运动受到阻力，这阻力等于各“粘着点”被剪断时阻力的总和。如摩擦表面粗糙，硬物可嵌入软物并形成粘着，它们相对移动时，这些“粘着点”也将被剪断（“刨削”）。

分子-机械理论认为：在很大的单位面积压力影响下，摩擦副保持弹-塑性混合状态，表面互相啮合而接触，在相对滑动时，互相啮合的部分便被剪断，因而构成相对运动的阻力。摩擦力就是各个接触点上产生的阻力总和。此外，在表面互相接触的部位上，产生分子吸引力。分子力的作用，就象施加的负荷一样。因此，摩擦是由下列两个因素决定的过程：一方面是克服机械的互相啮合，另一方面是克服分子力。

现根据上述理论，解释摩擦支柱两摩擦表面的摩擦过程实质。

两金属表面的接触部位受压缩和滑动两种应力的影响。由于接触应力很大，接触部位的应力超过材料的屈服限，产生滑动方向以流动为主的塑性变形。在滑动的同时，接触点被破坏，产生金属对金属的真正接触。

此外，摩擦与热是密切相关的。摩擦生热这是日常的生活现象。在实验室对一根支柱连续快速加压，由于摩擦热不能及时全部散掉，柱锁和活柱的温度往往上升很多。在井下

使用摩擦支柱时，摩擦热一般能及时散失，但也经常产生火花，这种情况应该引起足够的重视。

二、摩擦支柱工作阻力的影响因素

式1-3表明，影响摩擦支柱工作阻力的因素有活柱的摩擦工作面数 n 、摩擦阻力系数 μ 和柱锁锁紧力 N 。改变其中任一因素，都可使支柱工作阻力发生变化。实际上，为了获得一定的工作阻力，这些因素必须同时考虑；因为其中任一因素改变，会引起其他因素的变动。

1. 柱锁锁紧力 N

从式1-1中可以看出，平面滑动摩擦时，摩擦力与施加在摩擦部件表面的正压力成正比。同样，摩擦支柱的工作阻力应与柱锁的锁紧力成正比。在一般情况下，只要支柱的摩擦表面不出现严重擦伤，工作阻力总随柱锁锁紧力的增加而增加。由于摩擦的存在，摩擦阻力系数不断变化。试验结果表明，两者并不是简单的比例关系，但不管怎样，在各影响因素中，锁紧力是主要因素，在一定范围内增加柱锁锁紧力，可以提高摩擦支柱的工作阻力。

柱锁锁紧力是靠锁体的弹性变形来获得的。设计时，必须计算锁紧力的最大值，然后根据该值来选择柱锁零部件的材料，确定其断面形状和尺寸。显然，柱锁锁紧力较大，会使柱锁结构复杂，零件加大，重量增加。反之，柱锁重量将会减轻，使支柱的架设和回收等比较方便。所以，从使用角度看，靠增加柱锁锁紧力来提高工作阻力并不是理想的办法。此外，增加锁紧力还会加大摩擦面上的比压，以致摩擦面严重擦伤。所有这些，设计时必须全面考虑。

但是，对于在用支柱，由于结构早已确定，水平楔的

楔紧程度越高，锁紧力越大，支柱的始动阻力越大，工作阻力也就越高。水平楔的楔紧程度主要由施加于水平楔的锤击力来决定，锤击力大，水平楔才能打得紧。支柱的工作特性，都是按水平楔的打紧状态进行设计。产品标准对水平楔打紧程度一般都有明确规定。在使用时必须按要求把水平楔打紧，这样才能保证获得所需要的工作阻力。不然就不能保证各摩擦副的良好接触并获得预期的支护效果。

用铁锤来打击水平楔，因为打紧程度不易掌握，很难保证全工作面所有支柱都具有相同的锁紧力。这就形成支柱一开始工作阻力就不一致，结果工作面上的支柱承受载荷不均匀，某些支柱可能因过载而损坏，另外一些支柱承载力低而支承不住顶板，导致顶板状况恶化。为避免发生这一情况，使用摩擦支柱时，除注意打紧水平楔外，还应尽量使全工作面支柱的水平楔的打紧程度一致。对于恒阻式支柱，柱锁锁紧力尤其重要。为了获得高而均衡的锁紧力，一般不用锤击的方法，最好采用专门的锁紧工具，如液压锁紧器来锁紧水平楔。

增阻式摩擦支柱的活柱有斜度，断面外形尺寸由下而上逐渐增大。在活柱下缩过程中，活柱断面增加量迫使锁体产生弹性变形，从而加大了柱锁对活柱的锁紧力，提高支柱的工作阻力。

但只靠增加活柱的斜度来提高支柱的工作阻力，也不是好办法。因为不论用什么样的钢材制造锁体，它的弹性伸长量都是很有限的。要在锁体允许变形的范围内达到需要的工作阻力，支柱的压缩量必然受到限制而不可能太大。这就是急增阻式摩擦支柱使用范围较小的原因之一。此外，活柱的斜度越大，活柱两侧的摩擦力分布越不均匀，这样还会失去支

柱纵向弯曲的稳定性。

为使支柱获得较大的可缩量，活柱的斜度应设计得小些（1:1000~1:1400），阻力增长也较小，这就是微增阻式支柱。这种支柱一般都用自动夹紧装置。这种夹紧装置可使支柱在工作的初始阶段（如在活柱压缩20毫米以内），迅速增加锁紧力，从而获得较高的工作阻力，此后工作阻力将缓慢增长。

这样看来，加大锁紧力主要是靠锁体受力膨胀产生的弹性变形，以及锁体内全部零件受其反作用力而产生的压缩变形。当然，所有这些变形应当在所用材料的弹性限度之内。但是时常有个别支柱因超载而使变形超过弹性限度，发生残余变形或破裂。残余变形将大大降低支柱的工作阻力（如加大锁体内部零件的尺寸，可弥补这种阻力损失），破裂则使支柱的零件损坏、报废。

2. 摩擦工作面数 n

支柱的摩擦工作面数 n ，由支柱的具体结构决定。支柱结构确定以后， n 值就成为常数。

由式1-3可以看出，如维持一定的支柱工作阻力值，增加摩擦工作面数则可减小柱锁对活柱的锁紧力，这样就能在一定程度上减轻柱锁与活柱的重量。例如，活柱有两个摩擦面，支柱的工作阻力30吨，摩擦阻力系数 $\mu = 0.3$ 时，锁紧力 $N = \frac{30}{2 \times 0.3} = 50$ 吨；维持同样的工作阻力，活柱有4个摩擦工作面时，则锁紧力仅为 $N = \frac{30}{4 \times 0.3} = 25$ 吨。

此外，在摩擦工作面数较多的情况下，不用过强的夹紧装置也可产生足够的锁紧力以适应支柱工作阻力的需要。

基于上述情况，增加摩擦工作面数，从技术上讲是合理

的。例如已经采用圆管形或其他有两个以上摩擦工作面的活柱断面形状，并有较好的效果。

我国目前大量使用的微增阻和急增阻两种摩擦支柱的摩擦工作面数都是 2。

3. 摩擦阻力系数 μ

摩擦阻力系数是在支柱结构已确定的条件下，支柱的工作阻力与当时相应的锁紧力的比值。在支柱的工作过程中，摩擦阻力系数不断变化，不是不变的常数。

摩擦阻力系数是摩擦系数和由活柱斜度引起的附加阻力的综合值。影响摩擦阻力系数的因素较多也较复杂。虽然还没有十分准确地掌握各个因素影响程度的具体数值，但从直观上讲这些因素至少有如下 5 种：

- 1) 摩擦副的材料特性（刚度、硬度和弹性等）；
- 2) 摩擦表面光洁度及接触状况；
- 3) 有无摩擦介质（如水分、煤尘及铁锈等）；
- 4) 施加载荷的大小和速度、摩擦副间的状况——相对静止还是滑动等；
- 5) 锁紧力的大小及由活柱斜度引起的附加阻力。

对活柱与摩擦板组成的活柱摩擦副的基本要求是：有較大、較稳定的摩擦系数；摩擦面在工作中不仅不得擦伤，还应耐磨，以延长使用寿命或使用次数；有较高的强度和一定的韧性。对这些要求应该综合考虑。

活柱摩擦副的金相组织影响耐磨性和抗擦伤能力，同时也影响摩擦系数。活柱摩擦副的摩擦和擦伤过程大致如下：活柱与摩擦板工作表面上的比压很大，如果表面没有介质（或很少），接触不够好或有软点（在轧制或热处理时，钢材表面由于局部脱碳而形成的一些强度较低、金相组织也改

变的点)时,在金属与金属紧密直接接触的局部突出点受力最大,致使两种材料的分子咬紧形成结点。又由于摩擦过程中材料塑性变形引起冷作硬化,使结点比母体材料底层坚硬,因此在相对移动时母体材料出现拉伤,形成积瘤,在软点处往往先压溃,然后也形成积瘤。

珠光体加铁素体的金相组织(低硬度的活柱),结构软而金属颗粒粗大,在摩擦过程中易被粘走,引起严重擦伤。索氏体加屈氏体或回火马氏体的金相组织(高硬度的活柱),结构既脆硬又细密,不易擦伤,说明硬度相差较大的两种材料不易互相咬合,摩擦系数比较稳定。因此活柱应具有较高的硬度和适当的金相组织,使它与摩擦板保持一定的硬度差。例如,用34SiMn钢制作的活柱,为使之有最好的综合物理机械性能,其硬度确定为HRC38~43;摩擦板系采用A₃钢板制成,硬度为HB100~125。假如更换摩擦板的材质,提高硬度,要保持这一合理的硬度差,就必须相应地提高活柱的硬度。但活柱硬度再提高,脆性必然加大,容易脆断伤人。

活柱摩擦副的摩擦系数、耐磨性和抗擦伤能力,主要取决于摩擦副两个零件的最外层薄壁的状况,因为仅金属互相接触时两表面的摩擦层参加摩擦过程。所以热处理时应尽可能使活柱的硬度均匀,防止工作表面脱碳(即不致形成软点)。对活柱应整体热处理,不宜进行表面淬火,以提高其抗纵向弯曲和抗横向变形的能力。此外,还应消除活柱摩擦副表面的内应力。

摩擦副的接触状况主要取决于摩擦面的质量和光洁度。接触状况好,摩擦面上受力较均匀,不致出现局部应力过大的现象。可以保持高而稳定的摩擦系数。