

摩擦式金属支柱的 使用与维修

卫代福 編

中国工业出版社

摩擦式金属支柱的 使用与维修

卫代福 编

中国工业出版社

本书是根据现场实际经验及有关单位的研究报告编写的，介绍了 HZJA 型和 HZWA 型摩擦式金属支柱的结构、工作原理以及这两种支柱的选型、支护方式和操作经验。最后还专章叙述了摩擦式金属支柱的修复方法。本书可供煤矿工程技术人员参考。

摩擦式金属支柱的使用与维修

卫代福 编

煤炭工业部书刊编辑室编辑（北京东长安街煤炭工业部大楼）

中国工业出版社出版（北京东横街西10号）

北京市书刊出版业营业许可正出字第116号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $3^{1/8}$ ·字数72,000

1965年12月北京第一版·1965年12月北京第一次印刷

印数0001—2,220·定价(科四)0.40元

统一书号: 15165·4233(煤炭-329)

前 言

从1953年起，我国煤矿即开始使用摩擦式金属支柱（简称摩擦支柱）。近几年来，摩擦支柱的使用数量逐年增加，使用范围日益扩大。起初，摩擦支柱只是使用在爆破装煤工作面、长截盘截煤机和联合采煤机的单一长壁采煤工作面；但从1964年以来，摩擦支柱就与HDJA型金属铰接顶梁配合，成功地支护了MLQ-64型浅截式联合采煤机机组工作面和可弯曲运输机的爆破装煤工作面。这为发挥采煤机械生产能力创造了良好条件。同时，在水平分层和倾斜分层采煤工作面中，使用摩擦支柱也取得一些比较成熟的经验。

从目前使用情况来看，摩擦支柱具有下列优点：

1. 具有不同的工作阻力、可缩量和特性曲线，能适应各种工作面的顶底板条件，有效地管理顶板，保证生产安全。

2. 支柱的工作高度能在较大的范围内调整，可以适应采煤工作面采高的变化。

3. 支柱的架设和回收比较简单。

4. 支柱的结构简单、坚固、耐用，也易于维修。

使用摩擦支柱，不仅能大量节约坑木，而且能提高产量和效率，降低成本，为推行正规循环，发展采煤机械化创造条件。但是，我国广泛使用摩擦支柱的时间还不太长，即使许多矿区在使用过程中积累了不少经验，而另一些矿区却使用得不够好。因此，合理地用好摩擦支柱，在当前是一个非常重要的问题。

现在，根据淄博、阳泉、淮南、开滦、鸡西、鹤岗及徐州等矿区使用摩擦支柱的经验，以及有关单位的研究报告等材料，编成“摩擦式金属支柱的使用与维修”一书，以供煤矿工作人员参考。由于编者水平不高，书中错误或缺点在所难免，希读者批评指正。

目 录

前 言

第一章 摩擦支柱的工作原理及结构	1
第1节 摩擦支柱的工作原理及特性曲线	1
第2节 HZJA型摩擦支柱的结构及特性曲线	6
第3节 HZWA型摩擦支柱的结构及特性曲线	12
第二章 摩擦支柱选型	19
第1节 摩擦支柱选型参数	19
第2节 摩擦支柱选型	25
第三章 摩擦支柱的支护方式	31
第1节 带帽点柱支护	31
第2节 棚子支护	37
第3节 悬臂支架支护	45
第4节 人工假顶分层开采工作面的支护	59
第四章 摩擦支柱的操作方法	67
第1节 摩擦支柱的架设	67
第2节 摩擦支柱的回收	73
第五章 摩擦支柱的修理	79
第1节 HZJA型摩擦支柱损坏的修理	79
第2节 HZWA型摩擦支柱损坏的修理	86

第一章 摩擦支柱的工作原理及結構

第1节 摩擦支柱的工作原理及特性曲綫

摩擦支柱一般采用普通碳素鋼、优质碳素結構鋼和低合金結構鋼制成。为了減輕支柱重量，适应傾斜与急傾斜采煤工作面的需要，国外也有采用輕合金制的摩擦支柱。但是，絕大多數摩擦支柱仍是鋼支柱。

摩擦支柱一般由活柱、柱鎖与柱筒三部分組成。活柱直接承受工作面的頂板压力，并传递給柱鎖，再由柱鎖經柱筒传至底板，从而实现支柱对頂板的支撐作用。活柱与柱筒的连接是利用柱鎖与活柱的摩擦工作原理，而柱鎖鎖体則焊在柱筒上。在柱鎖鎖紧时，活柱不仅具有相当大的支撐力，而且能逐漸縮入柱体，使支柱在維持对頂板較高支撐力的情况下，随着頂板的下沉而相应地縮短高度。

摩擦支柱的工作原理

摩擦总是在两个物体的接触表面上发生的，发生摩擦的两个物体称为摩擦对偶或摩擦副，两个接触表面称为摩擦表面。按照庫仑定律，在一对摩擦表面上，摩擦阻力为：

$$P = fN, \quad (1-1)$$

式中 f ——摩擦系数；

N ——法向正压力。

摩擦系数 f 也可用摩擦角 φ 的正切来表示，即

$$f = \operatorname{tg} \varphi. \quad (1-2)$$

在摩擦支柱柱鎖內的摩擦连接中，要使活柱向下运动必須克服各对摩擦表面上的摩擦阻力，对于具有两对相同摩擦表面、活柱的两个工作表面平行的恒阻式摩擦支柱（图 1-1），支柱的工

作阻力 P (即支柱的支撑力) 和柱锁的锁紧力 N 可用下式表示:

$$P = P_1 + P_2,$$

式中 P_1, P_2 —— 摩擦面上的摩擦阻力。

因为 $P_1 = P_2 = fN$, 故

$$P = fN + fN = 2fN, \quad (1-3)$$

式中 2 —— 支柱的锁紧系数。

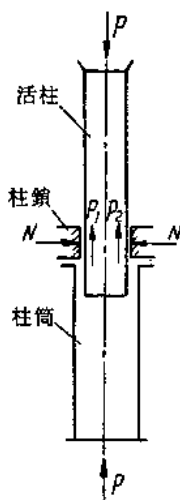


图 1-1 支柱受力示意图之一

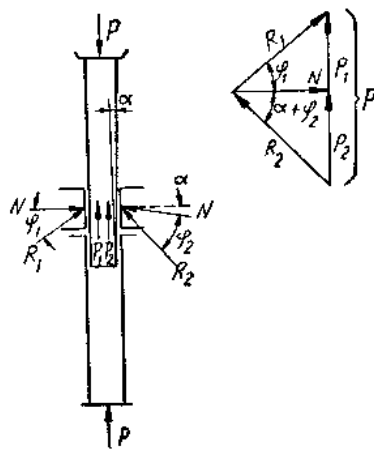


图 1-2 支柱受力示意图之二

对于其它恒阻式摩擦支柱, 锁紧系数是不相同的, 以字母 n 表示, 代入式 (1-3), 则恒阻式摩擦支柱工作阻力 P 与锁紧力 N 的关系如下:

$$P = n f N. \quad (1-4)$$

对于具有两对相同摩擦表面的增阻式摩擦支柱 (活柱工作表面具有斜度), 工作阻力 P 与锁紧力 N 的关系式如下 (图 1-2):

$$\begin{aligned} P &= P_1 + P_2 = N \tan \varphi_1 + N \tan (\alpha + \varphi_2) \\ &= N [\tan \varphi_1 + \tan (\alpha + \varphi_2)], \end{aligned} \quad (1-5)$$

式中 φ_1 与 φ_2 —— 两对摩擦面的摩擦角;

α ——活柱斜度。

从式(1-4)及(1-5)可以看出, 摩擦支柱的工作阻力 P 与锁紧力 N 成正比, 参照式(1-1), 式(1-4)及式(1-5)可以用式(1-6)来代替。

$$P = \mu N, \quad (1-6)$$

式中 μ ——摩擦阻力系数。

式(1-6)为摩擦支柱工作阻力 P 和锁紧力 N 的一般关系式。摩擦阻力系数 μ 具有比较复杂的含义, 对于恒阻式摩擦支柱来说,

$$\mu = n f [\text{見式(1-4)}];$$

对于增阻式摩擦支柱来说,

$$\mu = \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_2) [\text{見式(1-5)}].$$

摩擦阻力系数 μ

从式(1-6)可以看出, 当要求支柱具有一定的工作阻力 P 时, 提高摩擦阻力系数 μ , 可以降低柱锁的锁紧力 N , 从而使柱锁结构简化, 零件减小, 重量减轻, 支柱的回收、架设等操作方便。

从式(1-4)、(1-5)可以看到, 提高锁紧系数 n 、摩擦系数 f (或 $\operatorname{tg} \varphi$)与活柱斜度 α , 可以使摩擦阻力系统 μ 增加。

1. 锁紧系数 n 锁紧系数 n 决定于柱锁与活柱的结构(如方形、六角形及栅形断面), 等于摩擦平面对数。活柱与柱锁具有圆柱形摩擦表面, 其锁紧系数 n 较大, 可达 2π 或 3π 。

2. 摩擦系数 f 摩擦是一个复杂的物理过程, 受着很多因素的影响。在支柱的摩擦过程中, 由于井下工作条件不良, 摩擦表面状态变化, 摩擦系数 f 也有很大波动。

影响支柱摩擦系数 f 的因素主要有: 煤尘、水分、铁锈、摩擦表面的光洁度等。

煤尘和水分附在摩擦表面上, 起着润滑作用, 可使摩擦系数 f 降低。

铁锈可使摩擦系数 f 略有变动。有铁锈或干净的摩擦表面, 静摩擦系数和动摩擦系数相差较大。活柱受压压缩瞬间, 工作阻

力將出現跳動性的下降，下降值可達幾噸至十幾噸，有的支柱甚至可降到零。這種現象稱為摩擦支柱的自動卸載。伴隨自動卸載的是活柱跳動性下縮和產生短促的摩擦聲響。這種自動卸載現象，在新支柱開始使用時較為明顯，但使用不久，隨著摩擦表面濕煤塵的粘附而逐漸減弱。

3. 活柱斜度 α 活柱摩擦表面具有斜度，將使摩擦阻力係數 μ 增加。但活柱斜度 α 太大，使支柱特性成為急增阻式。因此，一般的新型摩擦支柱，提高摩擦阻力係數 μ ，多採取增加鎖緊係數 n ，提高並穩定摩擦係數 f 的措施。為降低自動卸載影響，也採取較小的活柱斜度，使支柱特性成為微增阻式的。

柱鎖鎖緊力 N

增加柱鎖鎖緊力 N ，支柱工作阻力 P 就成正比增加，但也使柱鎖重量增加，活柱橫向壓力增大，回收、架設操作不便。因此，柱鎖鎖緊力 N 應尽可能降低。

在工作過程中，柱鎖鎖緊力 N 不變的支柱，其鎖緊力主要由鎖緊楔的鎖緊程度而定。採用人力打緊鎖緊楔，由於打緊程度不易掌握，因而，在支柱每一次架設或不同的支柱，鎖緊力 N 都有差異，從而使支柱工作阻力不同。採用液壓鎖緊裝置，則可使鎖緊力 N 穩定，使各根支柱或一根支柱的每一次工作阻力都較穩定。

在工作過程中，柱鎖鎖緊力 N 逐漸增加的支柱，架設時的鎖緊力 N 也受鎖緊楔打緊程度的影響。但是，鎖緊力 N 是逐漸增加的，因此，對支柱的整個工作過程影響較小。

增加鎖緊力 N ，一是使活柱有斜度；一是採用自動鎖緊裝置。這在以後還要細述。

摩擦支柱的特性曲線

支柱主要是用來支撐採煤過程中暴露的需要繼續維護的工作空間的頂板，減少頂板下沉、裂隙和離層，避免頂板破壞和冒落，保證工作面工人和設備的安全，使生產正常進行。

为了支撑顶板，支柱应具有一定的工作阻力（对顶板的支撑能力）和适当的可缩量。同时，为了减少顶板暴露初期的下沉量，支柱安装后不被崩倒，支柱架设后，应具有一定的支撑能力，即支柱的初撑力 P_0 。

表示支柱的初撑力、工作阻力及可缩量的相互关系的曲线叫做支柱的特性曲线。图 1-3、1-4、1-5 表示了各种支柱的特性曲线。

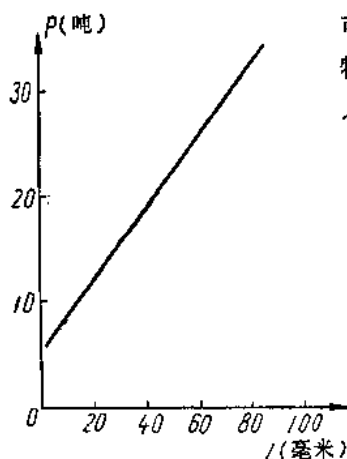


图 1-3 HZJA-1000、1200、1600 型摩擦支柱特性曲线

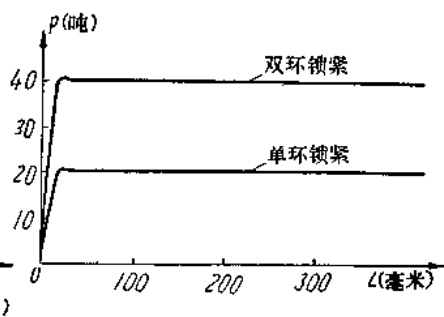


图 1-4 双卡环摩擦支柱特性曲线

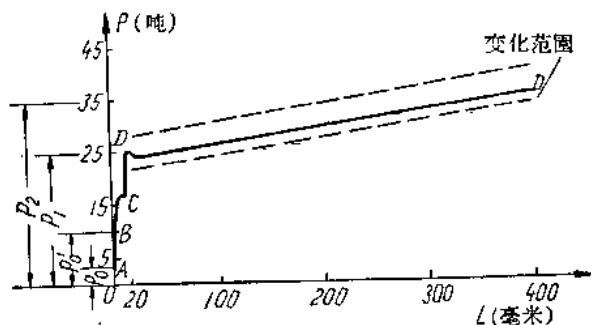


图 1-5 HZWA 型摩擦支柱特性曲线

P_0 —初撑力； P'_0 —转动阻力； P_1 —初工作阻力； P_2 —最大工作阻力

图1-3为 HZJA 型急增阻式摩擦支柱的特性曲线, 支柱的可缩量较小, 最大仅 120 毫米; 支柱工作时, 随着支柱的压缩, 工作阻力急剧增长。

图 1-4 为双卡环支柱的特性曲线, 可缩量较大, 支柱达到最大工作阻力后保持不变。有自动锁紧装置的恒阻支柱, 其初期压缩阶段与图1-5所示的相近。

图1-5为 HZWA 型微增阻式摩擦支柱的特性曲线。微增阻式摩擦支柱的工作阻力虽然随着支柱的被压缩而逐渐增加, 但增加速度很小, 它的可缩量很大, 例如, HZWA 型摩擦支柱达 400 毫米。

第 2 节 HZJA 型摩擦支柱的结构及特性曲线

HZJA 型摩擦支柱的结构

HZJA 型摩擦支柱为急增阻式摩擦支柱, 共分三组, 有七种规格。HZJA-665、865 型为一组, HZJA-1000、1200 及 1600 型为二组, HZJA-2000、2300 型为三组。在每一组中的几种规格, 除了支柱高度, 与支柱高度有关的活柱和柱筒的长度不同外, 支柱的柱锁零件、活柱筒与柱筒断面都一样。在这三个组

表 1-1

支 柱 规 格	支柱高度(毫米)		工作阻力(吨)		可 缩 量 (毫米)	活柱 斜度	重量 (公斤)
	最 大	最 小	最 大	破 坏			
HZJA-665	665	431	22~25	40	50~70	1:80	15.4
HZJA-865	865	531	22~25	40	50~70	1:80	17.3
HZJA-1000	1000	626	35	50	70~100	1:100	32.4
HZJA-1200	1200	726	35	50	70~100	1:100	35.8
HZJA-1600	1600	926	35	50	70~100	1:100	42.4
HZJA-2000	2000	1256	35	50	90~120	1:120	56.2
HZJA-2300	2300	1556	35	50	90~120	1:120	63.8

注: 上述数据为平顶盖与不开支撑孔的支柱; 铰接顶盖与开支撑孔的支柱数据略有差异。

間，每組支柱的結構是一樣的。

上述的第三組支柱，由於性能較差，不能適應2.0米左右采高的頂板下沉量，已不生產。

HZJA型摩擦支柱的技術規範如表1-1所示。

HZJA型摩擦支柱由活柱、柱鎖與柱筒組成。它的外形如圖1-6所示；它的結構如圖1-7所示。

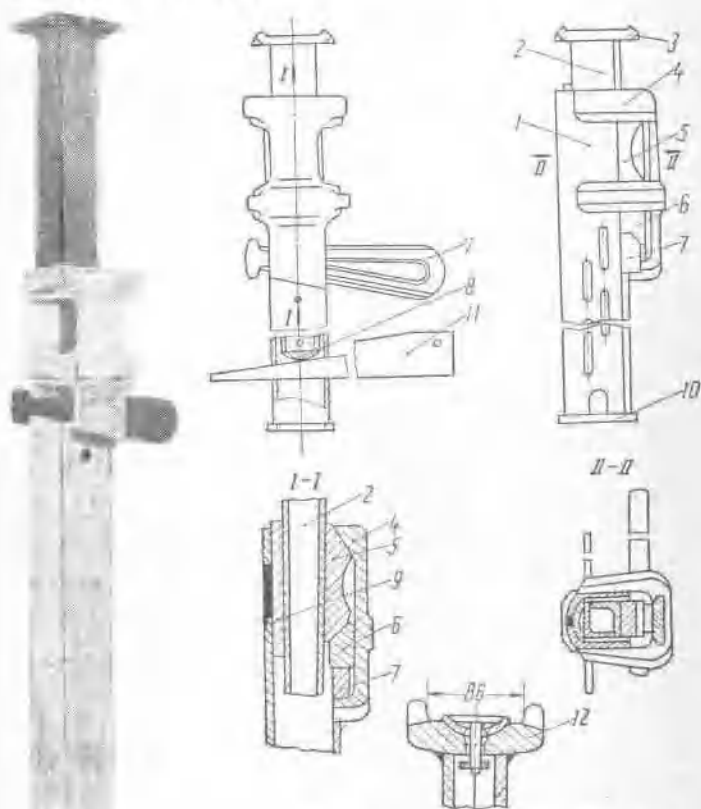


圖 1-6 HZJA 型摩擦
支柱外觀

圖 1-7 HZJA 型摩擦支柱結構圖
1—柱筒；2—活柱；3—頂蓋；4—鎖塊；5—
垂直楔；6—傳動楔；7—水平楔；8—擋底；
9—摩擦板；10—底座；11—支撐楔；12—鉸
接頂蓋

活柱由30号锰角鋼对焊而成，其頂端焊有頂蓋，底端焊有挡底，并装有防脫銷，用以防止活柱与柱鎖脫落。活柱有两个摩擦表面，其中一个具有1:80、1:100或1:120的斜度。頂蓋有两种型式：一种为平頂蓋，可与木柱帽或刚性金属頂梁配合使用；一种为鉸接頂蓋，可与鉸接式頂梁或刚性金属頂梁配合使用。鉸接頂蓋可使頂梁上下及左右偏轉一定角度，略微調整支柱和頂梁的偏心負荷。

柱鎖由鎖箍、垂直楔、传动楔、水平楔及摩擦板組成。鎖箍与摩擦板直接焊在柱筒上。水平楔起着鎖紧楔的作用。垂直楔和传动楔一方面传递鎖紧力，压紧活柱，以产生工作阻力；一方面把与鎖紧力相反的张力的主要作用传递給鎖箍，使水平楔受的压力較小，便于支柱架設与回收。

柱筒由鋼板弯制的U型鋼与扁鋼焊接而成，下端焊有底座，柱筒的两侧开有两排支撑孔，作为使用支撑楔之用。在支撑孔下还开有两个出煤粉孔。

HZJA型摩擦支柱的特性曲线

HZJA型摩擦支柱具有两对摩擦表面，活柱具有相当大的斜度，因而支柱的工作阻力和柱鎖鎖紧力的关系可用式(1-5)表示。支柱鎖紧力由打紧水平楔产生，随后借活柱的斜度增高。

設計的特性曲线（图1-3、1-8） HZJA型摩擦支柱具有急增阻式的特性曲线。特性曲线工作部分的斜度主要决定于活柱斜度。在三組支柱中，小規格支柱的活柱斜度大，特性曲线斜率也大，支柱容許可縮量較小，仅50~70毫米；大規格支柱的活柱斜度較小，特性曲线斜率也小，支柱容許可縮量也稍大，可达90~120毫米。容許可縮量具有一个变化范围，这是由于制造上加工活柱斜度的容許偏差决定的。

当支柱負荷超过容許的最大工作阻力时，鎖箍所受张力超过其容許强度，产生較大的变形，鎖紧力的增长减慢，工作阻力增长也减慢，特性曲线出现平緩的弯曲部分。

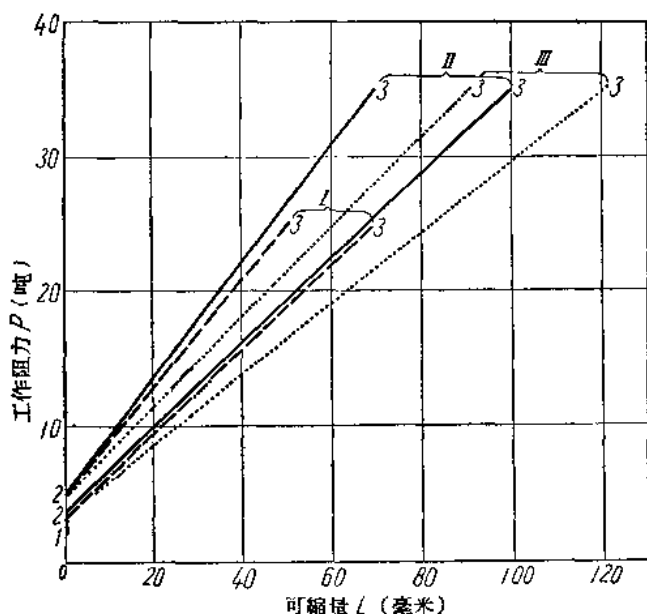


图 1-8 HZJA型摩擦支柱设计特性曲线变化范围

1—初撑力；2—初工作阻力；3—最大工作阻力；

I—HZJA-665、865型；II—HZJA-1000、1600型；III—HZJA-2000、2300型

特性曲线的变化 HZJA型摩擦支柱的特性曲线也受摩擦表面介质的影响。当摩擦表面比较干净或存在铁锈时，在工作过程中，发生局部自动卸载现象，支柱特性曲线上下跳动（图1-9）。

摩擦表面附着湿煤尘，支柱的摩擦阻力系数约降低20%，从而特性曲线斜率也相应变小，可缩量有所增加（图1-10）。

也应指出，支柱的特性曲线是在支柱受连续增长的压力时所表现出的性能，在使用过程中，支柱承受顶板压力，由于顶板压力变化的复杂性，支柱实际对顶板的支撑作用与特性曲线有显著的不同。

在采煤工作面，支柱按一定间距排列，许多支柱同时支撑顶板，但工作面各处顶板的压力不同，它的下沉量各异，每根支柱

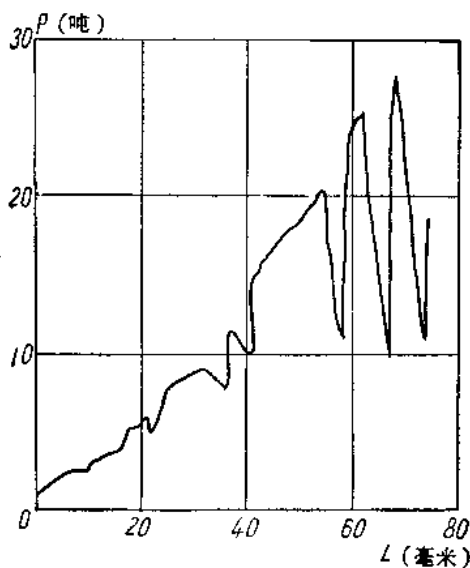


图 1-9 井下测得的HZJA型摩擦支柱的工作曲线

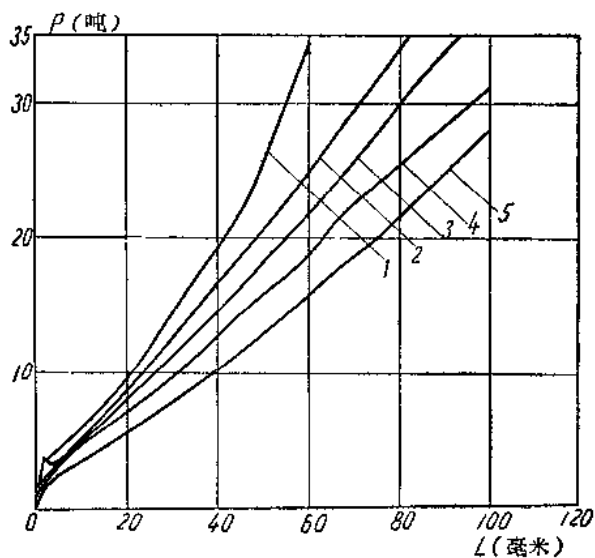


图 1-10 不同介质对HZJA型支柱特性曲线的影响
1—用砂布去锈；2—无介质；3—干煤粉；4—湿煤粉；5—加油

所受的載荷也很不均衡。同時，由於周圍頂板活動情況的變化，采煤工序的影響，周圍支柱工作情況的變化，木柱帽的破裂，頂底板的壓入，支柱的壓縮等等原因，也使同一根支柱在不同時間內所受載荷有顯著的變化。這種情況稱為支柱工作的不均衡性。例如，井下測得的HZJA型摩擦支柱的實際工作曲線就有較大的波動（圖1-11）。

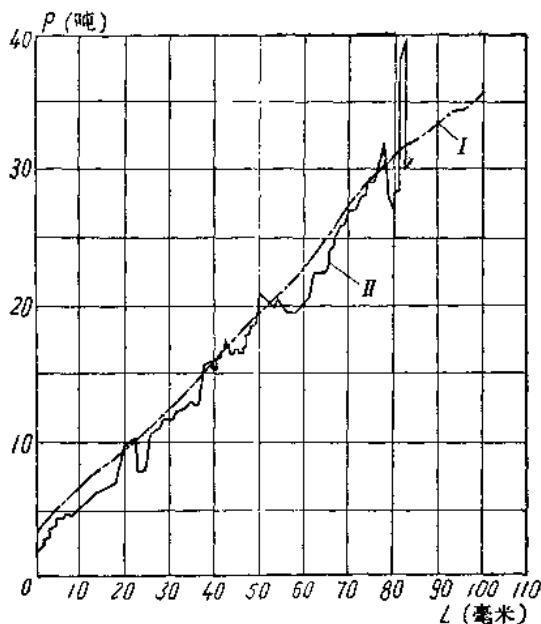


圖 1-11 HZJA-II 型摩擦支柱特性曲線

I — 實驗室的；II — 井下的

HZJA型摩擦支柱在採用人工回柱時，打松水平楔較易，回柱靈活性好。中、小規格支柱的架設與回收都方便，效率高。但是也存在下列缺點：

1. 支柱為急增阻式，可縮量小，初期支撐力低，因而使用範圍較小。在一般情況下，采煤工作面采高越小，頂板下沉量及支柱載荷也越小，反之亦然。因此，小規格的HZJA型摩擦支柱一

般能适应薄煤层工作面的要求，使用中损坏较少，大规格的HZJA型摩擦支柱则只能在顶板比较稳定、下沉量小的工作面使用，否则损坏率就高。

2. 垂直楔和传动楔有时产生自锁现象，增加回柱困难。

第3节 HZWA型摩擦支柱的结构及特性曲线

HZWA型摩擦支柱的结构

HZWA型摩擦支柱为微增阻式支柱（图1-12），五种规格中已有四种规格可以成批生产。这五种规格的支柱，除支柱高度及与支柱高度有关的零部件的长度不同外，其柱锁结构、零件、活柱与柱筒断面都相同，但HZWA-2600型支柱柱筒进行了调直处理。

HZWA型支柱的技术规范如表1-2所示。

表 1-2

规格	支柱高度①(毫米)		工作阻力(吨)		可缩量 (毫米)	重量 (公斤)	备注
	最大	最小	初	最大			
HZWA-1400	1400	857	25	35	400	42.8	試用
HZWA-1700	1700	1012	25	35	400	47.7	
HZWA-2000	2000	1162	25	35	400	52.4	
HZWA-2300	2300	1312	25	35	400	57.1	
HZWA-2600	2600	1612	25	35	400	61.8	

① 支柱高度以带铰接顶盖的支柱为准。

HZWA型支柱由活柱、柱锁及柱筒三部分组成，其结构如图1-13所示。

活柱由两根轧制的II型钢对焊而成，具有两个摩擦面，其中一个摩擦面具有1:1250的斜度，也有两个摩擦面都具有1:2500斜度的。