

煤矿科学技术论文选

# 水力采煤

(一)

煤炭工业出版社編

252.41

694-03

1:1

煤炭工业出版社

252-41

694-03

131

煤 矿 科 学 技 术 论 文 选

# 水 力 采 煤

(一)

煤炭工业出版社编

煤 炭 工 業 出 版 社

780

煤矿科学技术论文选

水力采煤

(一)

煤炭工业出版社编

煤炭工业出版社出版(地址:北京西长安街煤炭工业部)

北京市书刊出版业营业登记证出字第034号

北京市印刷一厂排印 新华书店发行

开本850×1168毫米 印张5.5 插页4 字数120,000

1958年9月北京第1版 1958年9月北京第1次印刷

统一书号:15035·506 印数:00,001—10,000册 定价:1.07元

## 出版說明

为了适应煤炭工業部門广大科学研究工作者和工程技术人員的需要，我們准备組織出版各种專題的“煤矿科学技术論文选”，就不同的專題从苏联和其他国家的書刊中选譯具有参考价值的論文分輯出版。我国同类性質的論文經征得作者同意后，同样也可以編入。

本輯选譯了有关“水力采煤”这一專題的九篇論文，其中七篇譯自苏联書刊或苏联專家的报告，其他一篇則譯自波蘭“采矿观察”。

在这八篇論文中，主要叙述了下面几个問題：决定水射流对煤体或岩体作用有效因素的研究，借以改进水力落煤和落岩过程，并广泛推行水力机械化；井下水力机械化的工艺系統的設計；水力运输的工作原理及水力提升系統；露天矿水力采煤的工艺研究；水力采煤矿井的脫水系統和设备及其改进途徑。此外，也介紹了水力采煤矿井中疏松煤体时深孔水封爆破的新方法。

# 目 录

## 出版說明

### 研究水射流破煤效果

的一些总结.....維·伊·盖明特耶夫( 3 )

煤矿中的有压水力运输.....阿·伊·保里索夫( 29 )

用水射流破碎固体的实验研究结果.....查卜柯( 47 )

水力机械化矿井水流循环的设计.....依·惠松米尔斯基( 67 )

煤的脱水与水的澄清.....斯·阿·柯什金( 91 )

### 井下水力机械化设计和生产的合理

技术决定的问题.....札·奥·索赫林( 115 )

### 露天煤矿水力机械化时对选择合理的

冲破岩石的工艺研究.....格·普·尼科诺夫( 132 )

### 深孔水封爆破疏松煤体

的水力采煤.....維·阿·馬卓罗夫  
德·德·伏罗比耶夫( 148 )

## 出版說明

为了适应煤炭工業部門广大科学研究工作者和工程技术人员需要，我們准备組織出版各种專題的“煤矿科学技术論文选”，就不同的專題从苏联和其他国家的書刊中选譯具有参考价值的論文分輯出版。我国同类性質的論文經征得作者同意后，同样也可以編入。

本輯选譯了有关“水力采煤”这一專題的九篇論文，其中七篇譯自苏联書刊或苏联專家的报告，其他一篇則譯自波蘭“采矿观察”。

在这八篇論文中，主要敘述了下面几个問題：决定水射流对煤体或岩体作用有效因素的研究，借以改进水力落煤和落岩过程，并广泛推行水力机械化；井下水力机械化的工艺系統的設計；水力运输的工作原理及水力提升系統；露天矿水力采煤的工艺研究；水力采煤矿井的脫水系統和设备及其改进途径。此外，也介紹了水力采煤矿井中疏松煤体时深孔水封爆破的新方法。

# 目 录

## 出版說明

### 研究水射流破煤效果

的一些总结.....維·伊·盖朗特耶夫(3)

煤矿中的有压水力运输.....阿·伊·保里索夫(29)

用水射流破碎固体的实验研究结果.....查卜柯(47)

水力机械化矿井水流循环的设计.....侯·惠松米尔斯基(67)

煤的脱水与水的澄清.....斯·阿·柯什金(91)

井下水力机械化设计和生产的合理

技术决定的问题.....札·奥·索赫林(115)

露天煤矿水力机械化时对选择合理的

冲破岩石的工艺研究.....格·普·尼科诺夫(132)

深孔水封爆破疏松煤体

的水力采煤.....  
維·阿·馬卓罗夫(148)  
德·德·伏罗比耶夫

## 研究水射流破煤效果的一些总结

雄·伊·盖明特耶夫

B. C. 莫契尼克建議用水力機械化矿井开采煤田，在采矿科学面前提出了一系列的新任务。在这方面的最重大任务之一是决定水射流对煤体或岩体作用有效因素的研究，因为只有这种研究才可能改进水力落煤和落岩过程，并扩大合理采用水力机械化的领域。水射流落煤过程的能量问题也具有很大的意义。这些工作的一部分是在列宁格勒矿业学院試驗室中完成的。

所研究問題的复杂性有必要把工作分成几个連續的步驟来完成，不过其中一部分是由試驗室技术装备的可能性所引起的。从参考文献来看，冲击破碎問題不能認為研究得已經够了，根据局部破碎情况的研究成果所得的片断資料，甚至尚不能形成关于破碎机械性質的初步概念和作出即使是作为指导第一阶段試驗綫索的科学假說。因此，必須重新查明冲击破煤和破岩的特性，以便大致拟出冲击破碎机械性質的假說。

首先，研究了一些試样的靜压和冲击破碎过程，这些試样是由庫茲巴斯某些煤層上采得或由結構上更为簡單的岩石（泥質頁岩和滑石片岩、石膏、鹽类等）制成，或由人工材料（玻璃、雪花石膏、水泥、人造成層材料）制成。这些具有輔助意义試驗的目的是，研究破碎过程的实质和制定冲击破碎岩石的假說，以及确定破碎时所消耗和被利用能量之間的主要关系和确定冲击破碎岩石能量的总概念。

在以靜荷重（压力机上）和冲击荷重（冲打机上）受压过程的

時間相差很大的情況下，曾確定了試樣破碎過程在質量上的相似。沖擊破碎發生得極快：平均破碎延續時間約為 1/380 秒。觀察到一系列連續而有規律地相互更換的階段。

在沖擊破碎第一階段，沖具陷入煤中平均為 2 公厘（當試樣高 70 公厘時），在試樣表面未出現可見裂縫。在試驗時沖具打入煤里所測得的速度由開始時期的 1.5 公尺/秒變化到結束時期的 0.9—3.2 公尺/秒（即在各種不同條件下發生速度增加或減低）。當沖擊方向沿層理和與劈理成一角度時，就測得最高速度。第一階段總延續時間平均為 1/1200 秒。

在破碎的第二階段發生由沖具沖擊處向試樣邊緣或由受沖擊的試樣邊緣向試樣底部展開的裂縫。初生裂縫沿沖擊方向展開。裂縫在起始的瞬時的展開速度平均約 170 公尺/秒，然後逐漸減低，最後的瞬時平均速度約 35 公尺/秒。次生裂縫向局部破壞和節理面方向切割試樣。其展開速度常較初生裂縫為小：起始的瞬時速度約 115 公尺/秒，最後的瞬時速度約 20 公尺/秒。當以楔狀沖具或較大沖擊速度和較大沖擊能量沿層理方向沖擊時，發現裂縫展開的最大速度。第二階段延續時間平均為 1/640 秒。

在破碎第三階段發生試樣成塊脫落。當裂縫由沖具與試樣接觸帶完全裂開後，在主要裂縫的方向上開始崩出強裂的煤粉流。煤粉飛散和跌落的特性可以認為是，當沖具自由落下時接觸帶上某些煤完全破碎。

把肉眼觀察和快速攝影方法所得的試驗資料進行比較，可提供下列破碎過程。在沖具作用下，材料起先發生壓縮和在沖具下形成一個密實核。此時，並不是核中所有材料均破碎成細末，一部分尚保持着原有的結構。然後，密實核變形，逐漸增長，以至試樣內（核下）形成裂縫。這些初生裂縫包圍着密實

核，并在其展开过程中露出試样表面。裂縫的出現改变了整个核和試样的状态，因为各部分的应力情况变得不均。位于裂縫对面的部分密实核可能向冲击方向变形，并分裂出翼狀的楔子，它是当試样破坏时在冲具下边得到的。这些翼狀物的形态如气球尾翼(圖1和2)。

我們初步的推測：破碎过程可用密实核心流体静力作用假說来解釋，但进一步的試驗表明，試样破碎的真正机械性質并没有駁倒。密实核中具有破碎时分裂成的楔狀硬粒，証明破碎过程中密实核是硬的，不可能如理想液体那样作用在与其相接触的試样上。也决不可以認為，試样是由于密实核的楔狀作用而破碎的；正确地說，楔子并不是原因，而仅仅是破碎的形狀。同时，密实核的作用是極為重要的，但也非常复杂；密实核的变形具有根本的意义。因此，目前我們試驗中的假說称为“密实核極限变形假說”，尚不完全正确。一系列專門規定的試

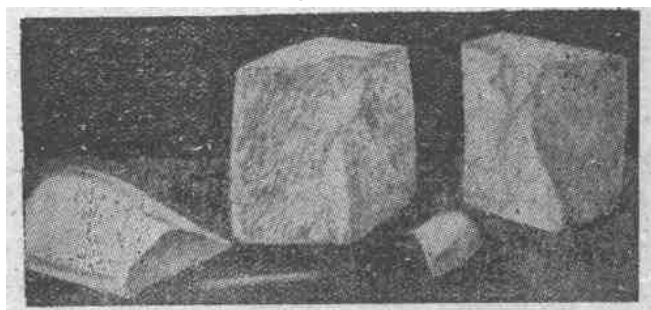


圖1 雪花石膏試样冲击破碎。帶有翼狀物的楔子

驗指出，某些研究人員發表的冲击波假說是不可能被採納的。

破碎过程数量特征試驗的結果表明，破碎时冲击能的工業利用系数是一个可变数。其数值随能量大小、冲具速度和試样尺寸而变化。随着这些因素的增長，冲击能工業利用系数起先激烈降低，然后減緩并似乎力圖至一定的極限。試样破碎过程

的能量也是一个变数，在各种相同的条件下，这个变数决定于所加荷重的速度和冲具的能量。当所加荷重速度及能量提高到一定限度时，这种情况可解释为是材料强度的增长。由于试样强度的增长与冲具的速度和能量的提高不成正比，因而进一步提高这两数值，就能降低能量的工业利用系数。



圖 2 煤样冲击破碎

以静荷重破碎煤样的能量比冲击荷重破碎时降低23—84%（决定于冲具类型和荷重作用方向）。这种降低不能解释为破碎程度小，因为是在两种破碎特性大致相同的情况下进行比较的。然而，冲击荷重破碎过程延续时间仅为静荷重的0.1%，这是一个具有决定性的因素。横着层理以冲击荷重破碎煤样时，其能量较沿着层理时为高。这种能量的增加并不大，在破碎能最小值时一般不超过30%。

第二试验阶段是在库兹巴斯各矿井中进行的。工作的主要任务是研究煤体上煤的破碎过程和确定试验室所不可能查明的一些关系。必须强调说明，在矿井中试验时，并不是想获得设计冲击机械原始资料。我们所设计和制造的仪器能力是很小的，实际上仅仅适合于矿井试验的仪器，因此，如果将研究成

果列入設計冲击机械的任务內，則研究成果的代表性是不足的。

在很多情況下，該組試驗成果証明，在試驗室試驗岩样及煤样破碎过程所得到的关于形成密实核心及其变形發展的机械性質的結論是正确的。

以冲击荷重破煤(庫茲巴斯的煤)能量的研究表明，單位能量值变动的范围很大，并决定于很多因素。其中最重要的和具有决定性的因素是冲击臂(由冲击荷重所在点至第二个露出面的距离)，在很大程度上破碎效率也决定于冲击臂值。在整理了“斯波尔內”和“莫什內”兩煤層上 200 次以上的試驗(冲击荷重速度为 4.4 公尺/秒)資料的基础上，作出了每次冲击功值  $E = f(l)$  的曲綫关系，并获得拋物綫狀的曲綫族(圖 3)。根据这些曲綫可以看出，对于每一冲击功值(同种工具)具有某一單位破碎功最小的冲击臂  $l$ 。随着冲击功的增加， $l_{\text{opt}}$  (最佳冲击臂)值也增大，但很明显只增大至一定的限度(圖 4 曲綫 1)。可利用与  $E = f(l)$  曲綫最小值相适应的單位破碎功值，来比較各种不同冲击荷重参数下的破煤效率。 $E = f(A)$  曲綫的上肢渐近于縱座标軸。下肢很显然渐近于平行橫座标軸的某一直綫。由分析  $E = f(A)$  关系中得出：存在着某一冲击功的極限值，它决定于該种煤的物理力学特性。由这种極限值开始为最小能量的破碎范围。該值可采用为煤体上破煤的指标(特征)。圖 5 所示曲綫系根据“斯波尔內”(曲綫 1)和“莫什內”(曲綫 2)兩煤層上的試驗資料繪成的。从曲綫最小值比較可以看出，“莫什內”煤層上破煤能量較“斯波尔內”煤層上約小 50%。

为了研究重复冲击功值与破碎能量間的关系，曾在每分鐘冲击頻率為 500 次和單獨冲击功 0.096—0.725 公斤公尺的条件下，进行了四百次以上的試驗。这时，得到  $E = f(l)$  拋物綫狀曲綫族(圖 6)，而且随着單獨冲击功的增加，曲綫最小值就降

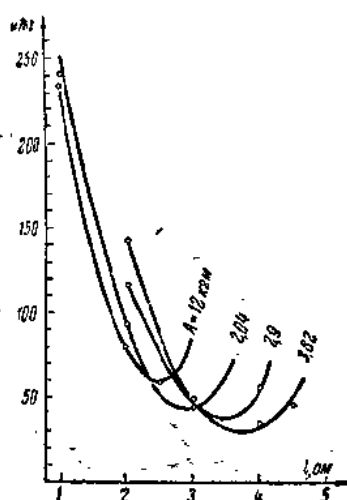


圖 3  $E=f(l)$  关系

在研究所加冲击荷重速度对破碎能量的影响时，曾在  $v$  值为 2.47、2.82、3.39 和 4.4 公尺/秒的情况下进行了約 500 次試驗。根据这些試驗資料所作出的曲綫圖(圖7)表明，在这些所加冲击荷重的速度下，保持着  $E=f(l)$  函数变化的基本規律性。随着所加冲击荷重的速度增加，破碎效率也增加(可能在一定的限度內)。所加冲击荷重頻率对破碎

低，因而也增加了  $l_{\text{ONT}}$  值。单独冲击和重复冲击破煤过程数量指标的比較，可以作出这样的結論，即第二种情况下所需单独冲击功值小得多，而單位破碎功在两种情况下大致相等。

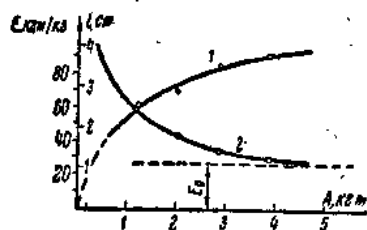


圖 4 單位破碎功与单独冲击功值的关系  
1— $l_{\text{ONT}}=f(A)$ ; 2— $E=f(A)$ 。

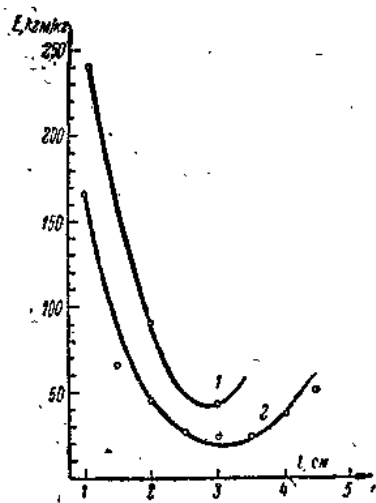


圖 5 按“斯波尔內”(1)和“莫什內”(2)兩煤層上試驗資料所得破碎能量  
 $A_y=2.04$  公斤公尺

能量影响的研究表明, 对于“莫什内”煤層的煤, 最佳冲击頻率每分鐘为 1600—1800 次, 冲击頻率进一步增加, 單位能量也增加(圖 8)。这显然是在冲击前由密实核心解体的产物形成大量煤粉的特殊緩冲物(垫子)的結果。

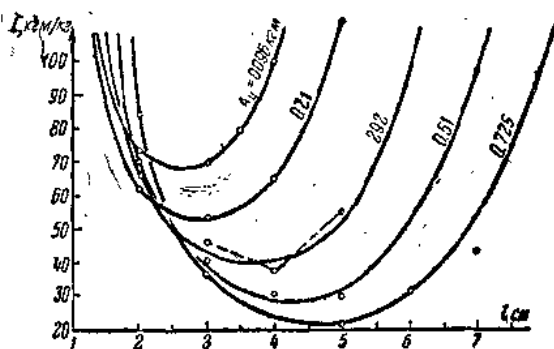


圖 6 在 5 种冲击功情况下的  $E=f(l)$  关系曲綫。冲击頻率为 500 次/分鐘

在机械冲击作用下, 研究煤和岩石破碎过程及其能量, 使我們一方面查明了一系列具有理論和实际意义的規律性, 另一方面为轉入更复杂的第三阶段(即研究煤和岩石用水射流破碎的

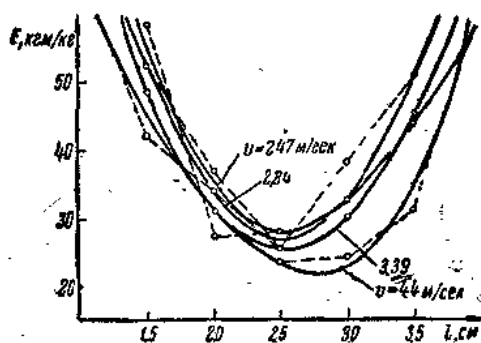


圖 7 在各种不同冲击荷重速度下的  $E=f(l)$  关系曲綫

过程和能量)找到了更多的根据和作好更充分的准备。可以预先证实,在这种情况下,破碎过程的效率和能量决定于:(1)被破碎体,即煤和岩石的物理力学特性;(2)射流的水力性能,其中特别是射流的构造、运动学和动力学;(3)所加荷重方法及水射流作用在岩体上的特性。

岩石,特别是煤的物理力学特性,一般说来是各种各样的。这些特性的研究正在广泛进行,但目前还不能认为已经完全研究到头了。我们的试验表明,像破碎能量这样的综合性指标,在同一矿井中两相邻煤层(“斯波尔内”和“莫什内”煤层)上具有极大的差别。采矿工业实际经验中的很多例子证明,同一煤层沿倾斜和走向的物理力学特性变化极大,甚至在同一煤层同一厚度的断面上也完全不一样。因而,为了保证采用水力机械破煤的良好效果,必须详尽地研究射流的水力特性和射流作用在煤上的方法,以便使用相适应的方式综合这些能确定参数的因素,并求得每一个别情况下的最好决定。完全可以理解,这些参数首先必须在试验室中进行研究。根据这些情况,我们试验的基本

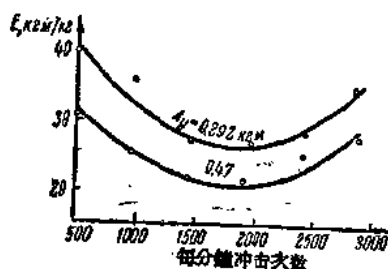


图 8 单位能量与每分钟冲击次数的关系

本方向是:(1)研究比较高压的非淹没射流的构造及其运动学和动力学;(2)研究以水射流破碎固体的能量,其中特别是破碎硬煤的能量,以便查明最合理的射流特征和煤体及岩体上所加破碎荷重的方法,

此外,虽已有了某些假设和推测作为依据,但还必须进行以水射流破煤过程的理论研究。这些研究不仅必须综合我们的

試驗工作和庫茲巴斯煤炭科學研究院水力采煤科學研究人員所完成工作的資料，而且為進一步的試驗樹立某些標誌。這就決定了我們研究的第三個方向，即在理論上綜合試驗室試驗資料。

在開始研究射流構造和破煤過程能量時，進行得不够完善，設備也常常不能符合研究目的。在水力機械化試驗室中，曾安裝了一台 M100/30 水泵，在額定工作壓力為 30 大氣壓時能力為 100 公升/分。當然，這種壓力是符合於水力采煤礦井中水射流破煤壓力的，但對確定更合理的水壓是完全不够的。

為了裝置儀器和試樣，曾製造了一種帶有手動裝置台結構最簡單的試驗台，也採用了一種用手操縱結構最簡單的截斷器。這還不能保證確定水射流在試樣上作用期間延續時間的必要精確度，只能近似地求得破碎過程的能量值。為了研究水射流構造，用 CKC-1 照像機進行了快速電影攝影，其頻率每秒 4000 張照片。這樣的攝影頻率，看來對查明水射流構造是不够的，因為沒有得到足够灵敏的照片。射流的沖擊力用彈簧測力計以肉眼來觀測，因而也不可能保證獲得精確的資料等等。這些均不能不影響到研究成果，但無論如何，在該階段某些質量關係測得還相當精確。

在後來的過程中，水力機械化試驗室的設備全部煥然一新：安裝了一台 ГВ-354 型水泵，在壓力為 200 大氣壓以內時，流量為 100 公升/分，重新設計了一座試驗台，並帶有水力升降系統的工作台，製造了一台能力較大的電子放大器，以便研究 МПО-2 型迴線示波器上的記錄，得到了一系列的貴重儀表，並進行了安裝。這些使得在更高技術裝備水平上進行後半部分的試驗。

**I. 水射流研究** 在研究水射流時，關於噴嘴結構問題是一個很重要的問題。水泵的流量允許採用出口直徑不大於 5 公

圓錐形的噴嘴。故採用的出口直徑多半為 3 公厘的噴嘴。根據許多不同斷面噴嘴的研究確定，當圓錐形噴嘴其頭部無曲綫狀連接段，端部無圓柱段時，會獲得最好的結果。對於同一水槍，不同直徑的噴嘴其圓錐角是不一樣的。除 Д'Обюиссон 和 Кастель的資料外（其試驗是在水压 3 公尺下進行的），所有高压射流的研究者（B. M. 苏哈列夫斯基，B. C. 莫契尼克）均指出圓錐角在一定變化範圍內對射流變化特性無重大影響。我們所採用的噴嘴圓錐角為  $11-13^\circ$ ，而獲得了最小散射的射流。

在一切形成射流的設備中，裝置在噴嘴前水槍于管內以消除射流軸心旋轉用的穩流器，認為是必要的零件。根據肉眼觀察，以及通過攝影照片（每秒 4000 張照片）的研究（圖 9），得出射流急速旋轉的印象，其表面在無穩流器工作時形成一種特殊的“液体螺旋”。由於各研究者關於穩流器的作用和意義的意見不同，研究旋轉射流對破碎岩體效率的影響，認為是必要的；因此，我們的試驗是在裝穩流器和不裝穩流器的兩種情況下進行的。穩流器長一公尺，由鐵板折彎而成，形如三角狀的星形，裝置在水槍干管上邊的彎管之後，距噴嘴 0.5 公尺處。

在最後工作階段，為了能夠研究射流的構造和射流的運動學，以及用裝在接受射流沖擊板上與示波器相接的測力感受器研究射流的動力學，採用了極限高速攝影。

在快速攝影時，利用 Л. А. 薩穆羅夫設計的 ФП-2 型照像機，其攝影速度為每秒 100000 張照片。專門的計算表明，在這種攝影速度下，為了保證必要的顯明度，可以拍攝極限速度為 120 公尺/秒的射流，其壓力相應為 50—60 大氣壓左右。因此，快速攝影沒有利用到設備所能保證的整個壓力範圍。然而，在上述有限的壓力範圍內，射流的研究確定了一些很有意義的關係。在噴嘴出口直徑為 3.1, 3.9 和 5.0 公厘時，距噴嘴