

〔苏〕В.И.索洛德 В.И.查依柯夫

К.М.彼尔沃夫 著

刘福棠 翟培祥 刘以正 译

采矿机械 和自动化机组

煤 炭 工 业 出 版 社

87
TD42
24
3

采矿机械和自动化机组

[苏]B.И.索洛德 B.И.查依柯夫 К.М.彼尔沃夫 著
刘福棠 翟培祥 刘以正 译

煤炭工业出版社

B

416833

内 容 简 介

本书经苏联高教部批准可作为“矿山机械和机组”专业使用的高等学校教材。在苏联,本书已成为主要的教科书,有着广泛的影响。书中取材丰富,内容详细,大体可反映苏联在这方面的水平和成就。书中所阐述的有关采矿机械和机组的工作理论和计算方法在其它国家,特别是在英美等国家的书籍中是少见的。本书既可作为教材,又可作为技术参考书。

责任编辑:殷永龄

В.И.СОЛОД, В.И.ЗАЙКОВ, К.М.ПЕРВОВ

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ

КОМПЛЕКСЫ

МОСКВА «НЕДРА» 1981

采矿机械和自动化机组

〔苏〕В.И.索洛德 В.И.查依柯夫 К.М.彼尔沃夫 著

刘福棠 翟培祥 刘以正 译

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21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850×1168¹/₃₂

印张18¹/₄

字数481千字

印数1—1,970

1987年2月第1版

1987年2月第1次印刷

书号15035·2785 定价3.55元



前 言

《采矿机械和自动化机组》是苏联矿山机械专业大学生的主要专业课程之一。这门课是在学完《矿山生产过程》，《矿山岩石物理性质》等专业理论课之后才开的，它和《地下采矿工艺》，《运输机械和自动化机组》，《采矿机械的电力驱动和供电》，《矿山机械的制造和修理工艺》，《部门经济》等课程有着密切联系。本书内容对从事研制、设计、使用采矿机械的工程技术人员也非常有用，现将全文译出，供高校师生和厂矿技术人员参考。

全书由刘福棠（第四、五、八篇），翟培祥（第一、六、七篇）、刘以正（第二、三篇）三位同志译出，最后由刘福棠同志统校。

对书中的错误和缺点，欢迎批评指正。

目 录

前 言

第一篇 采掘机械刀具的破落理论

第一章 机械方法破落矿岩	1
§ 1 矿岩的性质及其对抗破落强度的影响	1
§ 2 采掘机械的破落刀具	10
§ 3 矿岩截割破落过程的机理	18
§ 4 破落过程的定性指标与定量指数	25
第二章 破落刀具上作用力的确定	33
§ 1 确定作用力的方法和仪器	33
§ 2 破落刀具上作用力的计算	34
§ 3 采掘机械最大可能牵引速度的确定	38

第二篇 采掘机械功能机构的基本工作原理

第一章 工作机构	46
§ 1 工作机构的分类	46
§ 2 掏槽式工作机构的结构和主要参数的选择	49
§ 3 鼓形滚筒和螺旋滚筒工作机构的结构和基本参数 的选择	56
§ 4 齿冠式工作机构的结构和基本参数的选择	63
§ 5 刨削式工作机构的结构和基本参数的选择	75
§ 6 钻划式工作机构的结构和基本参数的选择	84
§ 7 行星式工作机构的结构和基本参数的选择	89
§ 8 工作机构截割参数的最优化	103
第二章 装载机构	105
§ 1 装载机构的分类	105
§ 2 主要结构类型	106

§ 3 基本参数的计算和选择	108
第三章 移动机构	120
§ 1 移动机构的分类	120
§ 2 主要结构类型	123
§ 3 基本参数的计算和选择	136

第三篇 功能机构的驱动装置、操纵机构和操纵系统

第一章 采掘机械功能机构的驱动装置	146
§ 1 功能机构驱动装置的分类	147
§ 2 驱动装置动力设备的机械特性	149
§ 3 动力设备的选择和它的使用特点	151
§ 4 工作面设备用电动机的工况和基本参数	156
§ 5 采掘机械的传动机构	162
§ 6 机构和机器的折算当量系统	170
§ 7 考虑动力学特性时传动元件的计算	175
第二章 采掘机械的操纵方式和操纵元件	182
§ 1 采掘机械的操纵方式	182
§ 2 操纵元件	187

第四篇 综合机组和联动机组的功能机械

第一章 采煤机械	197
§ 1 分类和构成	197
§ 2 采煤机的总体布置方式和结构类型	203
§ 3 采煤机主要参数的选择	218
§ 4 采煤机运动方程和稳定性计算	222
§ 5 采煤机的防滑装置	230
§ 6 采煤机的自动操纵装置	232
§ 7 采煤机的使用和维护	236
§ 8 采煤机的生产率	240
§ 9 采煤机的发展方向	245
§ 10 刨煤机	246
第二章 回采工作面支架	249

§ 1	支架的一般分类	249
§ 2	单体支架的组成与工作特性曲线	250
§ 3	单体支柱的结构类型和主要元件	253
§ 4	机械化支架的分类和主要结构类型	258
§ 5	按矿山地质因素选择机械化支架	272
§ 6	机械化支架的载荷和稳定性计算	276
§ 7	支架的实际工作阻力	280
第三章	钻孔机	290
§ 1	钻孔机和钻孔方法的分类	290
§ 2	冲击-转动式钻孔机	294
§ 3	回转式钻孔机	299
§ 4	冲击-回转式和回转-冲击式钻孔机	304
§ 5	钻孔机的使用	309
第四章	落煤镐	311
§ 1	落煤镐的用途、使用范围和结构	311
§ 2	风镐主要参数的选择	315
§ 3	风镐的使用	317
第五章	装载机	317
§ 1	装载机的分类	317
§ 2	装载机的主要参数和主要部件	321
§ 3	装载机的生产率	324
§ 4	装载机的使用	326
§ 5	装载机的发展方向	327
第六章	除尘设备	327
§ 1	岩层加压注水设备	328
§ 2	对已生成岩尘进行除尘的设备	330
§ 3	捕尘设备	333
第七章	工作面开切机和开切综合机组	335
§ 1	开切机	335
§ 2	开切综合机组	340
第八章	掘进机	344
§ 1	掘进机的分类和主要结构类型	344

§ 2	悬臂式工作机构掘进机的工况	348
§ 3	钻划式工作机构掘进机的工况	356
§ 4	行星式工作机构掘进机的工况	361
§ 5	带盘形滚刀的转盘式工作机构掘进机的工况	364
§ 6	掘进机的稳定性	367
§ 7	掘进机技术生产率的计算特点	371
第五篇 采煤和掘进用综合机组或联动机组		
第一章	采煤综合机组和采煤联动机组	374
§ 1	分类和系统化	374
§ 2	选择机械化采煤设备的影响因素	381
§ 3	缓倾斜煤层开采用综合机组和联动机组的总体 布置方式	384
§ 4	倾斜和急倾斜煤层开采用综合机组和联动机组 的总体布置方式	387
§ 5	采煤综合机组和联动机组的工作方式	390
第二章	采煤综合机组和联动机组的生产率	393
§ 1	理论生产率	394
§ 2	技术生产率	395
§ 3	使用生产率	405
§ 4	工作参数对生产率的影响	408
§ 5	回采工作面工人劳动生产率和矿井工人劳动生产率	412
§ 6	选择工况参数和结构参数的原则	414
第三章	采煤综合机组和联动机组中机械设备 的选择	418
§ 1	功能机械的选择	418
§ 2	采煤综合机组中功能机械间结构参数和工况参数的 相互衔接	438
§ 3	正面式采煤联动机组	441
第四章	采煤综合机组和联动机组的自动化	445
第五章	采掘机械工作过程的研究	454
§ 1	试验研究的任务和方法	456
§ 2	试验方法和试验技术的基础	458

§ 3	测量技术装置和测量方法	462
§ 4	试验结果的处理方法和处理装置	477
第六章	掘进综合机组	484
§ 1	现状和发展远景	484
§ 2	掘进综合机组中机械设备的选择	487
§ 3	掘进机综合机组的总体布置方式和技术经济指标	489
§ 4	钻装式掘进综合机组的总体布置方式	497
§ 5	掘进综合机组中的辅助机械设备	504
§ 6	护盾式掘进综合机组	508

第六篇 井下作业用的挖掘机、推铲机和自行式铲运机

第一章	挖掘机	516
第二章	推铲机	519
第三章	铲运机	525

第七篇 破碎机和混凝土与砂浆制备机械

第一章	破碎机	528
§ 1	颚式和圆锥式破碎机的结构特点	529
§ 2	破碎机的生产率	531
§ 3	破碎机的使用	533
第二章	混凝土与砂浆的制备机械	534

第八篇 采掘机械、采煤综合机组和联动机组的使用

第一章	采掘机械的使用	539
§ 1	矿井设备的基本状况和使用规程	539
§ 2	采掘机械设备正常使用工况的保持及其检测的方法 和装置	543
§ 3	采煤综合机组的工作组织和技术经济指标	549
第二章	采煤综合机组中机械设备的安装	564
§ 1	安装前的准备工作	564
§ 2	主要的安装方式	565
参考文献		573

第一篇 采掘机械刀具的破落理论

第一章 机械方法破落矿岩

矿岩的破落过程是采掘机械的一个主要工作过程，它反映出工作机构上外载荷的性质。工作机构上外载荷大小决定着消耗在破落矿岩与机器牵引所需的功率，以及决定着机器工况动力学。同时，用刀具破落矿岩过程的主要指数——截割力、牵引力、破落过程的比能耗容量、最佳破落参数，以及破落刀具的几何参数等，都取决于给定的工况，其中首先取决于被破落矿岩的物理机械性质。只有在已知这些工况数据的条件下，才有可能进行有价值的采掘机械零件强度计算。并且，只有在认清破落过程的变化特性及其机理，科学地选择主要破落参数后，才有可能正确地评价机器，才有可能发挥机器的最大使用效能。

§ 1 矿岩的性质及其对抗破落强度的影响

矿岩的基本性质可以分成两类：

物理性质——密度、孔隙度，湿度，导声性，导电性与导热性等；

机械性质——强度，硬度，塑性，应变性，研磨性等；

机械性质是表示矿岩抵抗外力作用的能力，并且，能表征外力的类型和强烈程度对尺寸、形状和状态的依赖关系，所以，用机械方法破落矿岩时，矿岩的机械性质具有特别重要的意义。

强度——表示矿岩在一定的条件下，能承受某个外力作用而

不破坏的性能。

硬度——表示矿岩在局部表面上抵抗接触作用而不破坏的性能。

塑性——表示材料在不破坏连续性的条件下非可逆变形的性能。

应变性——表示矿岩因外力作用而改变其形状与尺寸的性能。

矿岩的强度取决于破落的抗压强度 $\sigma_{c\pi}$ ，抗剪强度 $\sigma_{c\pi}$ 和抗拉强度 σ_p 。

由莫斯科近郊的软煤到坚硬的无烟煤，各种煤炭的抗压强度 $\sigma_{c\pi}$ 值在1~35兆帕范围内变化。

还可以证实，抗拉强度的平均值 $\sigma_p = (0.002 \sim 0.2) \sigma_{c\pi}$ 。

上面三种强度之间大致存在着如下的比例关系： $\sigma_{c\pi} : \sigma_{c\pi} : \sigma_p = 1 : 0.3 : 0.1$ 。这些强度值用实验方法测定是极其困难的。

某些矿岩的抗压与抗拉强度值如表 I .1所列。

表 I .1

矿 岩	强度值范围，兆帕		矿 岩	强度值范围，兆帕	
	$\sigma_{c\pi}$	σ_p		$\sigma_{c\pi}$	σ_p
褐煤	5~9	0.2~1.5	泥质岩	21~77	1~8
烟煤	2.4~13	0.1~0.5	粗粒砂岩	140~176	5~7
无烟煤	10~35	0.5~0.9	花岗岩	180~240	

注，强度值是沿垂直层理方向破碎测得的。

矿岩的硬度可以用布氏与洛氏硬度计的压头压入量和肖氏回弹硬度计的小球回弹量等方法测定。可是，利用这些方法通常只可以测定出矿岩的微观硬度，因为这些硬度计作用工具（接触区）的尺寸很小，与矿岩的微观结构相当，因此，在测定过程所测得的数据只能代表结构材料个别矿物颗粒或个别粘结物颗粒的硬度。

矿岩的宏观硬度是矿岩抗破落强度的一个指数，为了确定矿

岩的宏观硬度，比较方便的是以接触强度指数表示，该指数是用直径为颗粒平均直径3~5倍的压头压入岩石时测得的。

将矿岩在某个瞬间发生脆性破坏（破碎）时压头底部的比压值当作接触强度值。该瞬间可按载荷急剧下降（60~100%）时找到。

接触强度值可按 n 次实验所测得压头上载荷值 p_i ，对压头面积 S 比值的平均值确定：

$$p_K = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{nS}$$

接触强度指数在掘进机破落刀具力学参数计算的技术文献中常能见到。

应当指出，无论是矿岩的抗压强度、抗剪强度、抗拉强度、还是接触强度指数，都不能正确地反映岩石破落过程的机理。

用破裂落岩法研究矿岩的机械性质，就是采用直径较大（达100毫米）的压头压入试样（图1.1），这种方法比其它方法更适合采掘机械破落刀具的使用条件，因为此法可确定破落参数——破裂的最大直径 D_{max} ，临界破裂深度 H_{kp} ，破落刀具的直径 d_n 间的最佳比值，以及可以评定破落过程的完善程度如何。

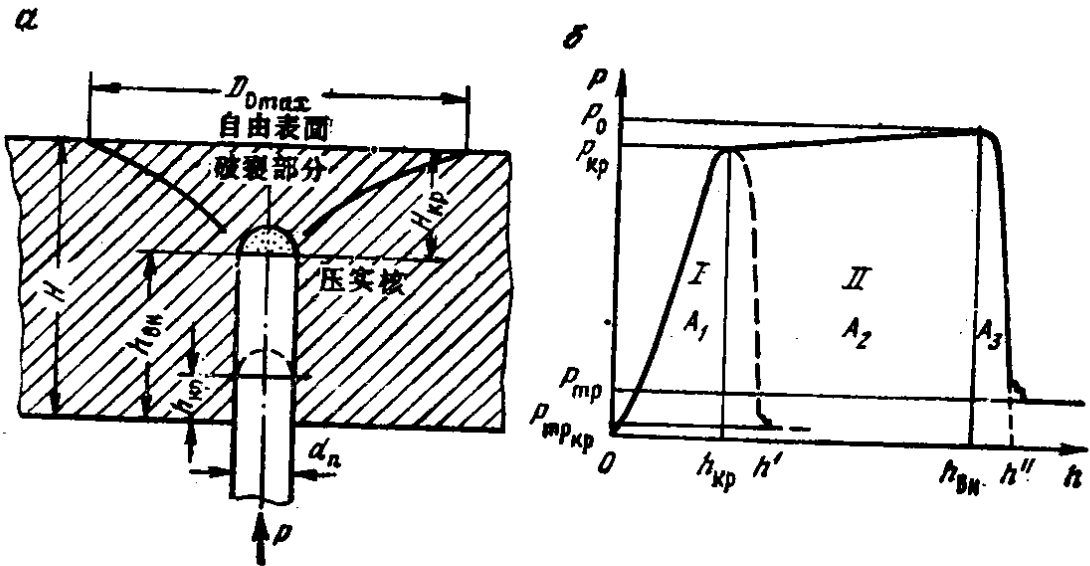


图 1.1 用破裂法研究矿岩的物理机械性质
a—压头压入图；b—压头压入力 P 与压入深度 h 间的变化曲线

当压头压入深度达到 h_{kp} (如图I.1) 时, 形成压 实核的过程就结束, 这时相应的压入力达到 P_{kp} , 该力足以剥离直径为 $D_{0. max}$ 和高度为 H_{kp} 的破裂部份。

可是, 压头强制行程却要等于 h_{BH} , 即到达距自由表面 H_{kp} 处才结束, 对于给定物理机械性能的岩石试样与在相同的实验条件下, H_{kp} 是一个常数。

在 h_{BH} —— h_{kp} 区域, 压入力只是随压头对被破落岩石间摩擦力增加而增加。这个摩擦力值可增大到 P_{rp} , 因此, 一个 破落基本循环所消耗的总功, 就等于三个分量的总和:

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3 \quad (I.1)$$

式中 A_1 ——消耗在矿体内形成压实核与应力场所做的功, 其单位应力等于该材料的破坏应力,

$$A_1 = \int_0^{h_{kp}} P dh \quad (I.2)$$

A_2 ——消耗在压头行程由 h_{kp} 到 h_{BH} 的过程中, 由于材料的粉碎, 压头摩擦力增加和压头沿应力场运动行程移动所做的功

$$A_2 = \int_{h_{kp}}^{h_{BH}} P dh \quad (I.3)$$

A_2 不是有用功, 在试件给定的物理性能的条件下为了使外部因素 (参数 d_n 与 H) 进行到 临界值 (破裂瞬间) 所需做的功,

A_3 ——消耗在破裂准备过程中, 分裂矿岩本身所做的功

$$A_3 = \int_{h_{kr}}^{h'} P dh = \int_{h_{BH}}^{h''} P dh \quad (I.4)$$

A_1 , A_2 和 A_3 的数值可以评价破裂法破落过程的效率,

$$\eta_0 = \frac{A_1 + A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

同样可以证实, 过程各阶段所做有用功的比值等于矿岩的抗压强度与抗拉强度的比值, 对于一定的材料, 这个比值是一个常数;

$$\frac{A_1}{A_3} = \frac{\sigma_{c\pi}}{\sigma_p} = \text{const}$$

对于各种结构不同材料破裂破落过程的机理，用三个常数表示就完全可以了，这三个常数是矿岩物理机械性能的广义综合指数，也就是：

c ——决定于矿岩的抗压强度 $\sigma_{c\pi}$ 与抗拉强度 σ_p 的比值，其值等于破裂部份的上部直径 $D_{o \max}$ （在临界破裂深度时）与压头直径 d_{π} 的差值，对压头直径 d_{π} 的比值，即

$$c = \frac{\sigma_{c\pi}}{\sigma_p} = \frac{D_{o \max} - d_{\pi}}{d_{\pi}}$$

c_1 ——决定于矿岩抗压强度 $\sigma_{c\pi}$ 与抗剪强度 $\sigma_{c\lambda}$ 的比值，其值等于临界破裂深度 H_{kp} 对压头直径的比值，即

$$c_1 = \frac{\sigma_{c\pi}}{\sigma_{c\lambda}} = \frac{H_{kp}}{d_{\pi}}$$

c_2 ——决定于抗剪强度 $\sigma_{c\lambda}$ 与抗拉强度 σ_p 的比值，其值等于破裂部份上部直径 $D_{o \max}$ 与压头直径 d_{π} 的差值对临界破裂深度 H_{kp} 的比值，即

$$c_2 = \frac{\sigma_{c\lambda}}{\sigma_p} = \frac{D_{o \max} - d_{\pi}}{H_{kp}}$$

因此， $c = c_1 c_2$ 。

采掘机械工作机构的机械破岩，绝大多数属于破裂落岩的情况，可是，这是一种最简单的破岩方法，并且在研究破岩过程机理时，又可以避免很多难以进行试验研究而对研究过程又有重要影响的因素。因此，这种破岩方法可利用上面研究所得的物理机械常数编制强度规范，确定矿岩抗破落强度，按可采性制定矿岩分等级的基础。

除了上面所讨论的矿岩机械性能以外，还必须分析影响破岩过程的力学参数与能量参数等特殊指数。

为了正确选择破落刀具的材料，以及计算刀具的耐磨性，必须知道矿岩的研磨性指数。

矿岩与金属、硬质合金或其它固体摩擦的磨损能力，称为矿岩的研磨性。因此，通常是按与矿岩相接触材料的磨损量来评定矿岩的研磨性。

巴隆教授提出了一种确定矿岩研磨性指数的方法，该方法的实质在于用钢制试杆端面沿被试矿岩试样的未加工表面作旋转运动，进行磨损试验，然后测量出试杆的磨损量。试杆装在钻床的主轴上，被试矿岩试样则固定在钻床工作台的虎钳上，试杆每个端面分别沿试样水平面研磨10分钟。在研磨过程中试杆承受的轴向力为150牛，转速为400转/分。

以被试试杆的被磨掉质量作为矿岩的相对研磨性指数，磨损量的计量精度达0.1毫克。

矿岩的相对研磨性指数 a ，是根据实验结果再按下式计算

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} g_i}{2n}$$

式中 a ——研磨性指数，毫米；

g_i ——每根磨损试杆的质量损失，毫克；

n ——试杆根数。

作者提出一种按研磨性进行分级的方法，将所有的矿岩按研磨性不同分成八个等级(如表I.2)。

根据A.A.斯柯钦斯基矿业研究所的资料，杆式截齿沿后刃面的线性磨损量 c (毫米)，可以按下式确定：

$$c = \Delta c_c + \Delta c_n L = 0.01a^{1.32} + 0.0007a^3 L$$

式中 $\Delta c_c = 0.01a^{1.32}$ ——磨损量达到稳定以前的线性磨损量，毫米；

$\Delta c_n = 0.0007a^3$ ——在磨损量达到稳定不变时的截割路程上截齿后刃面的单位行程线性磨损量，毫米/公里；

L ——磨损量达到稳定不变时的截割路程长度，公里；

表 I.2

研磨性 等 级	矿岩研磨性	研磨性指数 毫 克	矿 岩
I	极弱研磨性	<5	石灰岩, 大理石, 磷灰石, 岩盐及其它
II	弱研磨性	5~10	硫化矿石, 泥质岩, 软页岩, 炭质岩, 页 岩, 绿泥岩
III	弱中研磨性	10~18	碧玉铁质岩, 角岩, 石英硫化矿石, 细粒 火成岩, 铁矿石
IV	中研磨性	18~30	含石英与花岗质或长石的砂岩, 细粒辉绿 岩, 熔性玄武岩, 粗粒黄铁矿石, 石英硫化 矿石
V	强中研磨性	30~45	中粒与粗粒含石英与长石的砂岩, 细粒花 岗岩与闪长岩, 辉长岩, 片麻岩, 矽嘎岩
VI	次强研磨性	45~65	火成岩, 中粒与粗粒花岗岩, 闪长岩, 花岗 闪长岩, 玢岩, 霞石正长岩, 辉岩, 二长岩, 角闪岩, 含石英的页岩和硅化片麻岩
VII	强 研 磨 性	65~90	玢岩, 闪长岩, 花岗岩, 长辉霞石正长岩
VIII	最强研磨性	>90	含刚玉的岩石

$$L = L_0 - L_c = L_0 - 500 \frac{1}{a^{2.93}}$$

式中 $L_c \approx 500 \frac{1}{a^{2.93}}$ —— 稳定磨损量时截齿所走的路程。

矿岩的抗破落强度指数。为了实用起见, 矿业中广泛应用老 M.M. 普罗托季雅科诺夫教授所提出的矿岩坚固性系数, 该系数可以表示开采岩石时的相对抗破落强度, 取矿岩的单向抗压强度 $\sigma_{c.m} = 10$ 兆帕作为坚固性系数等于1, 即:

$$f = \frac{\sigma_{c.m}}{10} \quad (I.5)$$

根据 M.M. 普罗托季雅科诺夫教授的坚固性系数进行矿岩分级, 将所有的矿岩可分成十级, 最松软的流砂层, $f = 0.3$, 最坚

固（最高级）的矿岩， $f = 20$ 。

坚固性系数的数值可以决定：破落矿岩时所耗功的大小；采掘强度（或采掘速度）；截齿消耗量；采落爆破材料消耗量等。

当确定抗压强度 $\sigma_{c\pi} \leq 50$ 兆帕的矿岩坚固性系数时，Л.И.巴隆教授建议按直径与高度均为22~32毫米的矿岩试样获得的数据，用下式计算坚固性系数：

$$f = \frac{\sigma_{c\pi}}{30} + \sqrt{\frac{\sigma_{c\pi}}{3}} \quad (I.6)$$

A.A.斯柯钦斯基矿业研究所制定出一种借助ЛКС-2装置，确定煤炭抗截强度的方法。这种方法是用标准锐利截齿直接在工作面上切割封闭切槽测定抗截强度，使用测力计与记录仪记录作用在截齿上的截割力。

对于第 i 个切槽的平均截割力 $Z_{6.н}$ 可按式确定

$$Z_{6.н} = \frac{F_i m}{L_i}$$

式中 F_i ——第 i 个截齿截割力曲线图的面积，毫米²；

m ——记录比例，牛/毫米；

L_i ——截割力曲线图的长度，毫米。

根据已求得的 $Z_{6.н}$ 值，可以确定出煤的抗截强度指数 $\bar{A}$ ，该强度值表示ЛКС标准截齿在封闭切槽条件下，截割深度为1厘米时截煤所需的截割力。

$$\bar{A} = \frac{Z_{6.н}}{h}$$

式中 h ——切槽深度。

抗截强度指数 $\bar{A}$ （千牛/米或公斤力/厘米）与坚固性系数 f 间具有良好的相关性。对于实用计算，可取下述关系式：

$$\bar{A} = 150f$$

应当注意到，煤的抗截强度受煤层地压显现程度的影响很大，而地压显现程度又取决于：煤层与围岩性质；煤层的厚度与倾角；工作面的推进速度；工作机构的截深；工作面（巷道）的