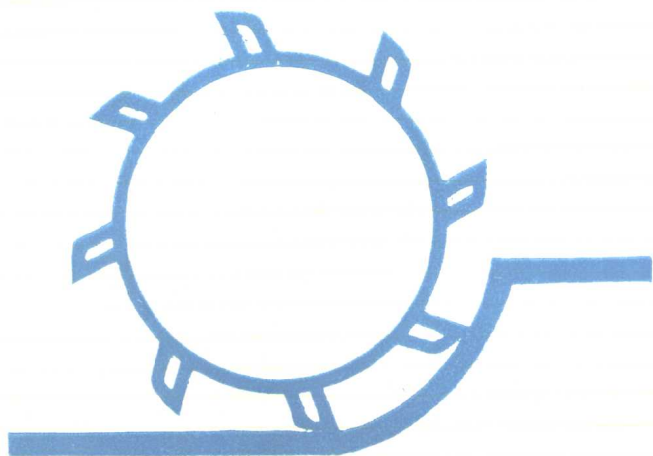




采煤机破煤理论

CAIMEIJI POMEI LILUN

〔苏〕 E. 3. 保晋
B. 3. 乜拉麦德
B. B. 顿

王庆康 门迎春 译

煤炭工业出版社

79.3145

9400173

采煤机破煤理论

[苏]E.3.保晋 B.3.也拉麦德 B.B.顿

王庆康 门迎春 译

煤炭工业出版社

(京) 新登字042号

内 容 简 介

本书阐明了煤炭切削原理,并以此为基础探讨了采煤机工作机构参数的计算方法。

书中叙述了煤层的性质,即被切削介质的性质;切削刀具的类型及其选择和计算的方法;工作机构上各组截齿的破煤规律;采煤机、刨煤机工作机构的参数及其结构对破煤机理的影响。介绍了截齿破煤过程和采煤机工作机构的数学模拟基本方法;保持采煤机最优工作方式的原则。

本书可供从事研究、设计、制造和使用采煤机的工程技术人员阅读,也可供矿业院校的师生参考。

Е.З.ПОЗИН, В.З.МЕЛАМЕД, В.В.ТОИ
РАЗРУШЕНИЕ УГЛЕЙ ВЫЕМОЧНЫМИ МАШИНАМИ
Москва «Недра» 1984

采 煤 机 破 煤 理 论

[苏]Е.З.保晋 В.З.扎拉麦德 В.В.顿

王庆康 门迎春 译

责任编辑:黄 朝 阳

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 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/4}$, 印张 10 $^{3/4}$,

字数 234 千字 印数 1—870

1992年9月第1版 1992年9月第1次印刷

ISBN 7-5020-0821-7/TD·760

书号 3589 G0254 定价 11.80元

译者的话

在煤炭开采中，机械化采煤是提高煤炭产量、保证安全生产、降低劳动强度和增加经济效益的有效途径。在现代化采掘成套机械设备中，采煤机(或掘进机)是主要机械，而其工作机构的基本作用原理是刀具切削煤炭的原理，即机械破煤理论。在这方面，前苏联的一些科研单位和高等院校中的科研人员做了大量的实验和研究工作，直到目前，关于机械破煤的研究工作，在世界上仍处于领先地位。早在1962年，前苏联A.A.斯阔琴斯基矿业研究所中的著名学者A.H.别隆教授和E.3.保晋教授就出版了第一本专著《煤炭切削原理》一书。现在，E.3.保晋教授等学者又总结了20余年的最新研究成果和实践经验，著出《采煤机破煤理论》一书。

继《煤炭切削原理》一书之后，本书又考虑了切削介质的概率性质和设备本身的动力特性，更加全面地阐述了被切削介质——煤层的性质、切削刀具的类型及其选择和计算方法、工作机构上各部截齿的破煤规律，介绍了截齿破煤过程和保持采煤机优化工作制度的数学模型方法。本书所阐述的内容不仅可以解决各种条件下选择和使用采煤机工作机构的参数问题，而且还可以预测采煤机开采复杂构造煤层的单产、评价各种工作机构的设计方案及使用效果等。

本书内容不仅对从事研究机械破煤规律和采煤机的稳定性及可靠性方面的科研人员，有重要参考价值，而且对从事设计、制造和使用采煤机的工程技术人员，也有很大的实

用价值。

本书在翻译过程中，得到了鸡西煤机厂、西安煤机厂、辽源煤机厂、无锡采煤机厂的支持，在此表示感谢。由于水平有限，在翻译中会有许多不足之处，望读者给予批评指正。

1992年11月

目 录

译者的话

第 1 章 关于采煤机破煤过程的基本概念	1
1.1. 截齿破煤过程的研究特点	1
1.2. 工作机构破煤——多因素的随机过程	3
1.3. 破煤过程的实验研究方法	6
第 2 章 破碎介质——煤炭和煤层的性质	11
2.1. 煤层构造	12
2.2. 煤层的抗切削强度	16
2.3. 煤炭脆性程度的评价	26
2.4. 切削时, 煤层破碎性能的评价	27
2.5. 煤炭粉碎性能	30
2.6. 煤层的研磨性能	32
2.7. 开切围岩时, 煤层破碎性能的评价	35
2.8. 按采煤机使用条件, 煤层的分类	36
第 3 章 截齿从煤体上切削煤炭的规律	39
3.1. 截齿破煤过程的特点	39
3.2. 截齿上的作用力	43
3.3. 煤炭切削过程的优化参数及其检验准则	46
3.4. 煤炭破碎特性对切削力和能量指标的影响	47
3.5. 截齿几何参数对切削过程效果的影响	50
3.6. 切削制度参数对破碎过程效果的影响	59
3.7. 截齿上的平均载荷	73
3.8. 截齿上的最大载荷	82
3.9. 截齿上的载荷谱	88

第 4 章 采煤机截齿	93
4.1. 对截齿的工艺性要求	93
4.2. 截齿的主要参数	95
4.3. 截齿的结构特点	100
4.4. 截齿的强度计算	105
4.5. 截齿强度和寿命等概率的计算基础	110
4.6. 截齿的磨蚀	114
4.7. 截齿的可靠性	120
4.8. 提高截齿效能和可靠性的研究结果	125
4.9. 截齿消耗量的确定	130
4.10. 截齿的试验方法	133
4.11. 截齿质量水平的评价	135
第 5 章 工作机构截齿破煤	140
5.1. 从煤体上分离煤炭的方法	140
5.2. 工作机构上截齿的切削和排列方法	143
5.3. 切削方法合理参数的选择	148
5.4. 截齿排列方法参数的选择	150
5.5. 工作机构截齿上的平均载荷	159
5.6. 工作机构上的平均载荷不均衡性	167
5.7. 工作机构上截齿的载荷谱	175
5.8. 工作机构上的最大载荷	184
第 6 章 工作机构的结构对破煤过程参数选择的影响	188
6.1. 概述	188
6.2. 工作机构的结构对切削参数选择的影响	191
6.3. 采煤机或刨煤机工作机构的装载性能	193
6.4. 电动机的允许转矩和稳定功率	208
6.5. 切削过程的技术约束	216
6.6. 采煤机的稳定性	226

6.7. 电动机功率的计算	231
第7章 采煤机破碎煤层过程的效果指标	235
7.1. 破煤过程效果的标准	235
7.2. 采煤机的生产能力	236
7.3. 对生产能力和制度参数的工艺约束	239
7.4. 对切削过程的经济约束	241
7.5. 采煤机或刨煤机的采煤能容量	245
7.6. 采煤机割煤时, 煤炭的品级和产尘量	248
7.7. 采煤机割煤时, 煤炭粒度组成的计算	254
7.8. 按煤炭品级、煤尘的产尘量和悬浮量等因素, 对 采煤机的评价	258
第8章 煤炭破碎过程基本参数的工程计算	267
8.1. 工程计算方法	267
8.2. 采煤机参数的选择和计算	269
8.3. 刨煤机参数的选择和计算	280
8.4. 采煤机的可能生产能力及其有效使用范围的确定	284
8.5. 使用数字电算机, 计算采煤机参数及工作制度的 数学模拟	290
第9章 采煤机工作机构的工作制度	301
9.1. 抗切削强度和截齿磨钝程度等变化对制度参数的 影响	302
9.2. 根据实验资料, 确定采煤机工作制度	309
9.3. 保持优化制度的方法	316
结束语	329
参考文献	331

第 1 章 关于采煤机破煤过程的 基 本 概 念

1.1. 截齿破煤过程的研究特点

根据现代工艺要求，即回采工作集中和开采强度大的要求，采煤机械（采煤机、刨煤机、机组）的结构应在以下几个方面进行改进：提高生产能力和增大功率；采用合理的工作机构和切削刀具，以保证改进采出煤炭的质量、有利于控制机器和破煤过程的自动化；在复杂矿山地质条件下采用综合机械化装备时，在有地质破坏的区间内，如煤中夹有矸石或穿有岩柱（墙）时，要求采煤机应能够通过并进行开采。这些要求的目的在于，能有效地实现**采煤机的工作过程**。破碎煤炭与从移动的回采空间中把煤炭装运出去的组合过程就是采煤机的工作过程。破煤过程在煤炭采出的环节中是最重要的和最基本的过程。破碎煤炭的这门学科可使破煤过程的合理参数更有理论依据。由此，该学科中主要研究的问题有：

评价作为破坏介质的煤层；

建立截齿切削煤炭过程的规律；

找出截齿的合理参数和探讨保证截齿可靠性的科学依据；

确定合理的切削方式和截齿排列，以及工作机构破煤的有效方法；

制定选择工作机构合理参数和工作制度的工程方法，以及计算其载荷的工程方法；

建立保持优化破煤机制的规律。

为了描述破煤过程，选择理论模型是个重要的方法问题。在进行研究的相当时期内，这个问题是有争论的，对此A.И.别隆进行了论证分析〔11〕。按他的分析，不能采用弹性理论或塑性理论的基本原理作为破煤过程的理论模型依据，必须应当承认这样的结论，即在某种程度上，煤炭切削过程主要发生在出现明显破坏特征之后，而破坏特征才取决于某种强度理论。采用能量方法，描述这种破坏特征更为合适，其中包括捣碎理论。

煤层主要特征可用构造的非均质性、裂隙性和媒体应力状态（在截齿与煤相作用的范围内）来描述。该应力状态可用其与煤的单轴抗拉强度的比值来表示。这实际上排除了，在工程计算中可以使用由实验室条件确定出的物理、力学特性，即通常在一些强度理论中都应用这种力学特性。

在这里，须指出下列可使用的一些方法性原则：

破碎介质性质和破碎过程规律应合在一起进行研究，利用状态参数和破碎范围不变的准则，进行评价介质性质；

由于媒体的非均质性，截齿和工作机构上的载荷应视为随机的。因此，利用概率和随机过程的理论方法，对其进行研究更为合适；

得出的工作机构参数与载荷的关系和计算方法，必须达到工程计算中所要求的精度。为此，应以实验资料为基础，并且这些资料要在状态参数变化范围较宽条件下取得。

使用的破碎手段应保证：达到给定的生产能力，降低破碎能容量；限制设备功率增大；减少产生量；截齿和工作机

构的可靠性高。因为采出的煤炭品级决定着它的商业价格，所以在研制采煤机时，应保证在实际方面体现出合理的破煤基本原则，即不产生任何“多余”的破碎。因为单位能耗决定着破煤能力、煤炭品级和产尘量，所以破煤的单位能耗将是一个有效的准则。还可以利用能够反映截齿适用范围、煤炭品级、产尘量和截齿（排列）可靠性等的煤层破碎性能，作为破碎过程效果的辅助准则。

1.2. 工作机构破煤——多因素的随机过程

由于在空间中要破碎的煤层性质和在时间上使用截齿的切削性能都是变化的，故而采煤机是在外力随机变化条件下进行工作的。

采煤机可以用工作状态参数的变化进行控制。为此，必须知道这些变化参数与外部因素相互关系的规律。如已指出的，破煤过程是煤炭从其母体上分离下来和从切削处被送出的一个联合过程。工作机机构的任何参数都不同程度地影响着破煤过程。因此，在提法上可以说，选择工作机构参数的问题，就是进行优化的问题。在一定程度上，采煤机工作状态参数与采煤中的其它工序状态是一致的，故可以分析固定的或可变的生产能力的优化状态。在这种状态下，应能保证采煤机重量和功率的利用率最佳，达到所要求的煤炭品级和产尘量最少。

因此，就不能用解单值的方法，进行采煤机工作机构参数的计算和工作状态的选择，必须分析其相互关连的全部系统，并选出能够得到优化指标的算法。为此，提出了描述破煤过程的框图（图1.1）〔12〕，框图中的所有因素集合为：

输入参量——描述破碎对象，即描述煤层的指标组

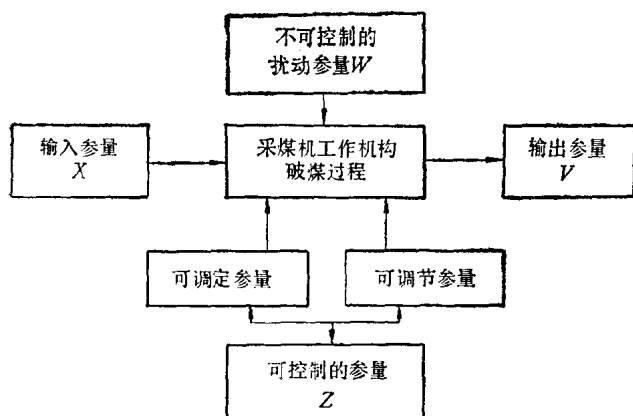


图 1.1 破煤过程原理框图

$([X] = x_1, x_2, \dots, x_m)$ 。通常，这组参量值都落在一定的区间 $(x_{\min} < x_i < x_{\max})$ 。必要时，可用统计特征来表示。

输出参量 $([V] = v_1, v_2, \dots, v_m)$ ——描述破碎过程结果的一些参量（生产能力、煤炭品级、能容量、截齿的单位消耗量、产尘量水平等）。在计算破煤过程的参数时，这组指标 $(v_{\min} < v_i < v_{\max})$ 可作为目的函数或工艺及经济约束条件；

可控制参量——描述采煤机在技术上可行的指标组 $([Z] = z_1, z_2, \dots, z_m)$ 。首先，这种可控制参量 $(z_{\min} < z_i < z_{\max})$ 可分为；

可测定参量（传动功率，强度指标，稳定特性）。这些参数须在设计时考虑，而在工作过程中是不能改变的。在选择使用采煤机的工作状态时，它们可作为技术约束条件 $(z_i \leq z_{\max} \text{ 或 } z_i \geq z_{\min})$ ；

可调节参量（牵引和切削速度，截线上的截齿数目，截深等）。这些参数在采煤机工作时，或在准备过程中，是可以改变的。优化问题就是找出可调节参量的变化规律，得出最佳的输出参量。

不可控制（随机）的扰动参量。有时伴随着破碎过程，会出现一些具有随机特性的扰动作用。甚至，在评价输入参量时，也会发生具有概率特征和概率规律的一些扰动。这种扰动是采用的统计分布和事故险情范围以外的扰动。因此，制定概率模型是个重要问题。这种概率模型在总体上应该考虑确定型的或随机的扰动参量的作用。

根据所提出的框图，可解决下列各类问题：

1. 在 $[Z = \text{const}]$ 时，输出参量与输入参量的关系为 $[V] = \varphi_1(X)$ 。对已知型号的采煤机（即具有已知的可控制参量 $Z_{1, \dots, n}$ ）可求出，输入参量在各种不同值 $[X_i]$ 时的输出参量值 $[V_i]$ 。这类问题中最重要的是，求出具体使用条件下采煤机的可能生产能力。

2. 在 $[X = \text{const}]$ 时，输出类参量与可控制参量的关系为 $[V] = \varphi_2(Z)$ 。在具体的破碎性能条件下，评价采煤机一些设计方案的可能生产能力（品级，能容量等）时，会出现这样的问题。

3. 在 $[V = \text{const}]$ 时，可控制参量与输入参量的关系为 $[Z] = \varphi_3(X)$ 。这在设计时，对各种不同组合的输入参量，可以求得可控制参量的最大或然值，例如在各种不同切削强度煤炭中的转矩或消费功率值等。

4. 输出参量与输入参量和可控制参量共同作用的关系为 $[V] = \varphi_n(X, Z)$ 。一般情况下，利用这种关系，可以求出优化解：对 $x_{\min} \sim x_{\max}$ 范围内的任意 x_i ，可求出 $z_{\min} \sim$

$z_{i\max}$ 范围内的 z_i 来, 这时, 将有 $U_i = U_{\text{онт}}$ 。

由此, 所提出的多因素框图可以分别地或整体地分析所有参与破碎过程参量的联系, 计算出载荷, 选择出采煤机工作制度的优化参数。

1.3. 破煤过程的实验研究方法

研究煤炭破碎过程的实验方法, 可适用于上面所叙述的一些基本问题。

1. 评价破碎介质。破碎的对象为煤层, 其研究方法的特点(见第2章)是利用一些设备或仪表, 确定出工艺指标。其所使用的设备或仪表可以是专门为此目的而研制的。为了确定出煤炭的强度特性, 特别是岩石夹层或硬包裹物的强度特性, 可利用标准方法[8]。

2. 在实验室条件下或是在生产条件下, 确定截齿切削煤炭过程的规律。在金属切削机床(龙门刨床、立式车床及其它)上, 使用应变仪(测力计、放大器、示波器等)记录截齿上的分力, 进行实验室研究。

钢弦应变测力计使用最广泛。在A.A.斯阔琴斯基矿业研究所中, A.H.别隆、Л.Б.哥拉特曼和E.K.古宾科夫等是三向分量测力计(图1.2a)首批研制者之一。测力计的传感器贴在刀头架的环形外圆上, 外圆的厚度可根据要量测力的水平来确定。

近来, 由顿涅茨煤炭科学研究所的M.M.富兰克福尔特、B.H.列列卡和B.C.哥鲁申柯等人研制出的三向分量测力计(图1.2б)得到了广泛的使用。图1.2б中应变柱1是测力计的敏感元件。虽然这种测力计提高了量测精度, 但却只能记录压缩力。此外, 使用过的还有带矩形传感器的ИТУ型测力

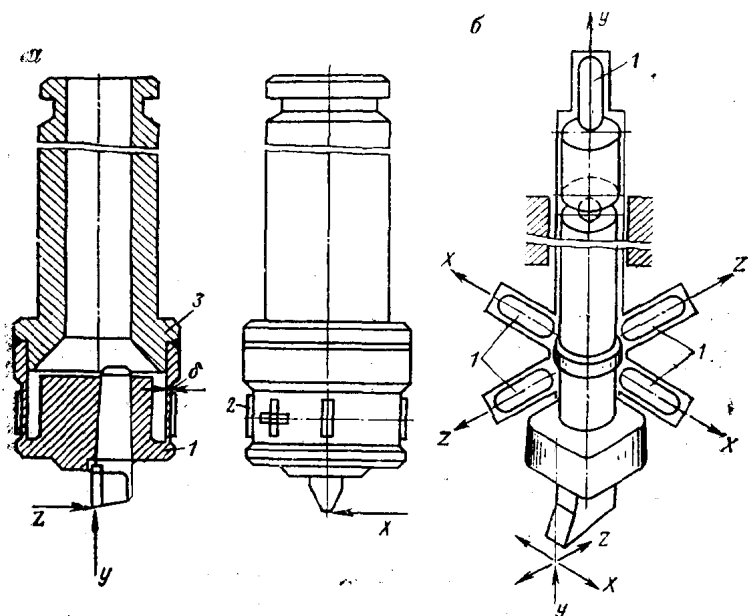


图 1.2 三向分量测力计

a—钢弦式测力计（1—刀头架；2—传感器；3—尾端），b—带应变柱的测力计

计〔2〕和带切面截齿的测力计。后者可以单独测定合力的分载荷。

在实验室中，除研究各种牌号煤炭的破碎外，还利用煤粒水泥块作为破碎材料，模拟粘性煤。煤粒水泥块是由水泥和末煤（0~6mm）及块煤（大于13mm）等混合制成的。近来，还在煤粒水泥块中混有岩石或硬包裹物，作为试块。

在生产条件下，多数研究都是用ДКС型装置〔2、5〕完成的。这就是用液压测力计及贴在截齿上的应变传感器作为量测装置。为了研究煤炭破碎过程，还使用了适应大块切屑的

ДТУ-8000型和УКС-2型等专用测力装置[2]。

3. 在试验台或矿井中, 研究截齿的合理参数和探讨保持其可靠性的科学依据。

采用上述方法和试验台, 可确定出截齿的合理参数。通常, 使用切削金属的立式车床做试验台, 来研究截齿的耐磨性。为此, 诺瓦切尔卡斯克工学院提出了一种确定磨损的方法, 即用镶嵌刀片与研磨轮进行磨蚀, 并用适当的研究方法和装置确定出: 硬合金镶嵌刀片的冲击强度 (А.А.斯阔琴斯基矿业研究所); 截齿刀头的静力强度 (诺瓦切尔卡斯克工学院); 截齿刀身的周期强度 (А.А.斯阔琴斯基矿业研究所, 国立煤矿机械制造试验设计院)。这种方法可评价截齿及截齿上镶嵌的硬合金刀片在实验室条件下的强度。

研究截齿在各种不同使用条件下的寿命, 可得出可靠性的指标, 而可靠性指标取决于截齿的损坏程度。

4. 在试验台或生产条件下, 获得工作机构破碎煤体的有效方法。

图1.3所示为А.А.斯阔琴斯基矿业研究所切削煤炭实验室的研究采煤机工作机构的试验台。试验台包括有, 各种不同工作机构 (螺旋滚筒, 立式鼓筒, 钻削头) 的采煤机 1, 输送机 2, 千斤顶 3, 煤粒水泥墙 4 和量测-计算设备 5。输送机 2 中的一台是用 ПП-1-УМ 型液压推移千斤顶进行移动的。

采煤机上装有辅助减速器和一些传感器。辅助减速器可以改变切削速度, 传感器可测量工作机构轴上的转矩 $M_{\text{д.в.}}$ 、转数 $n_{\text{д.в.}}$ 、测出截齿上的分力 X 、 Y 、 Z , 支点处的反力 $R_{\text{оп}}$, 牵引速度 $v_{\text{н}}$ 等。牵引力 P_t 可用牵引链 6 中的测力环量测, 而消耗功率 W 可用接在起动器 7 端子上的豪拉变流器量测。破碎

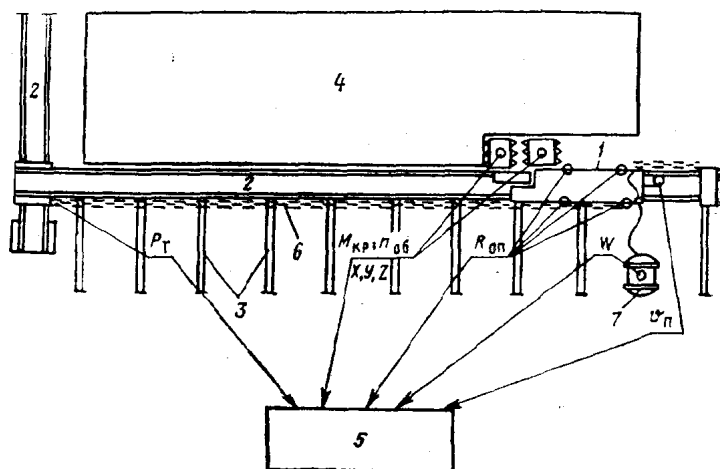


图 1.3 研究采煤机工作机构的试验台 (CHOM)

的对象是煤粒水泥墙，尺寸为 $27 \times 6 \times 2\text{m}$ ，它是按煤炭抗切削强度和含有夹石层或硬包裹物等特点进行铺设的。

ВИК-1 型量测-计算设备可以很快地把传感器信号整理出来。电子-60 微型计算机是该设备的主件。传感器信号进入有14个通道的放大器和积分器的微机系统中。由放大器出来的信号，再经同类入线接口，进入计算机。实验人员可在控制台发指令，计算机把信息整理出来。在研究期间，字母数字打印机可打出各量测的检测值、每个过程的平均值及其统计特征。

还必须在生产条件下，研究采煤机的试验样机及其结构系列。通常，要量取消费功率（使用自记电流表或豪拉传感器）、牵引力和牵引速度。此外，还要取出不同牵引制度的煤试样，测定出空气中的煤尘含量。在必要时，还可用力计测出机器连接处的载荷。