

选煤学

上 卷



煤炭工业出版社

选 煤 学

上 卷

美国 台维特R.密契尔等著

北京矿业学院选矿教研组译

煤炭工业出版社

內 容 提 要

書內除探討了選煤的基本理論外，并闡述了美國選煤廠採用的新式機器和機械，引証了從工作實驗中得來的廣泛資料。上卷包括煤和其雜質的特性、煤的取樣、使用規格、篩分、破碎、手揀、重力精選、分級式洗煤機、槽洗機、跳汰機、淘汰盤等。

David R. Mitchell

COAL PREPARATION

The American Institute of Mining and
Metallurgical Engineers NEW YORK

根據美國礦冶工程師學會1950年版譯

1190

選 煤 學

上 卷

北京礦業學院選礦教研組譯

*

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可証出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

開本 850×1168 公厘 $\frac{1}{32}$ 印張 $15\frac{7}{16}$ 字數356,000

1959年8月北京第1版 1959年8月北京第1次印刷

統一書號：15025·872 印數：0,001—3,500冊 定價：2.65元

这本选煤学是根据英文本“Coal Preparation”1950年第二版翻譯的，并根据俄文譯本作了一些删节与修正。本書除探討了选煤的基本理論外，并闡述了美国选煤厂采用的各种新式机器和机械，引証了从工作实驗中得来的广泛資料。全書分上下两卷出版，在上卷內，我們删去了原書第一章选煤經濟和第七章采掘工作面的准备工作，这是因为資本主义的經濟观点和社会主义的經濟观点截然不同，美国的采煤方法也和我們的有异。章次是重編的。原文参考書目未列入。为便于閱讀，譯者作了一些注釋。原書采用英制单位，为便于換算为公制单位，在下卷末附了換算表。

本書可供我国煤炭工业和冶金工业选煤工程技術人員以及矿业、冶金高等院校師生参考。

目 录

出版者的話

第 一 章	煤和其杂质特性.....	1
第 二 章	取样	55
第 三 章	煤的使用规格	90
第 四 章	筛分	108
第 五 章	破碎	181
第 六 章	手选	214
第 七 章	重力精选法原理	227
第 八 章	分級式洗煤机	255
第 九 章	槽洗机	359
第 十 章	跳汰机	396
第十一章	淘汰盘	449

第一章 煤和其雜質的特性

H. F. 楊 守
M. R. 齊 亞
J. D. 台 維 斯

煤的机械精选虽然是在地面选煤厂中进行，而实际上精选过程在井下工作面上已经开始。在工作面上可以看到煤的性质，以及杂质的数量、性质和分布情况。爆破、抑尘、与杂质夹层有关的截割位置和在井下抛弃已脱离的杂质，这一切过程都与地面精选设备的顺利运转有重要的关系。

从精选方面看，煤和其杂质最重要的特性就是比重。其他特性之与选煤有关者为：碳化程度、岩相组成、构造、硬度和脆性。本章第一部分将讨论煤的这些特性和另外一些特性，第二部分将讨论杂质的特性。

与选煤有关的煤的特性

碳 化 程 度

美国材料试验学会和美国标准协会的委员会经过几年的工作，制订了标准规格，说明了按照煤的碳化程度和质量的分类法。碳化程度这一名词，表达原始成煤物质受变质作用由泥炭逐步变成无烟煤的连续阶段中所达到的程度。表 1 为上述团体的委员会按照碳化程度而拟出的煤炭分类。对于碳化程度高的煤，分类的基本方法是按照无水、无矿物质基计算出的固定碳含量来规定的。碳化程度较低的类别是按照无矿物质基及自然煤层水分含量计算出的发热量来加以区分的。粘结性和风化性在区分某些碳化程度中的类别时，可以作参考。

表 1

煤的按碳化程度分类。

级 别	类 别	无矿物基质的固定碳或英国热单位的限度	必需的物理特性
I. 无烟煤性	1. 低无烟煤	无水基固定碳, 百分之98或更多 (无水基挥发分, 百分之2或更少)	不粘結①
	2. 无烟煤	无水基固定碳, 百分之95或更多, 而少于百分之98 (无水基挥发分, 百分之8或更少, 而多于百分之2)	
	3. 中无烟煤	无水基固定碳, 百分之85或更多, 而少于百分之92 (无水基挥发分, 百分之14或更少, 而多于百分之8)	
II. 烟煤性②	1. 低挥发烟煤	无水基固定碳, 百分之78或更多, 而少于百分之83 (无水基挥发分, 百分之22或更少, 而多于百分之14)	或者粘結, 或者不风化⑤ 呈团結状 不呈团結状
	2. 中挥发烟煤	无水基固定碳, 百分之69或更多, 而少于百分之78 (无水基挥发分, 百分之31或更少, 而多于百分之25)	
	3. 高挥发烟煤 A	无水基固定碳, 少于百分之69 (无水基挥发分, 多于百分之25); 或英国热单位, 14,000或更多	
III. 副烟煤性	4. 高挥发烟煤 B	湿④英国热单位, 13,000或更多, 而少于14,000④	或者粘結, 或者不风化⑤ 呈团結状 不呈团結状
	5. 高挥发烟煤 C	湿英国热单位, 11,000或更多, 而少于13,000④	
	1. 副烟煤 A	湿英国热单位, 11,000或更多, 而少于13,000④	
IV. 褐煤性	2. 副烟煤 C	湿英国热单位, 9,500或更多, 而少于11,000④	
	1. 褐煤 2. 褐色煤	湿英国热单位, 8,300或更多, 而少于9,500④	

• 具有特殊物理和化学特性的、其固定碳或英国热单位属于高挥发烟煤或副烟煤碳化程度内的几种煤, 未列入本分类中, 这几种煤的无水基、无矿物基固定碳都是少于百分之48; 或共湿、无矿物基英国热单位多于15,500。

①如果是粘結的, 分类时列入烟煤性碳化程度的低挥发类别中。

②在烟煤性碳化程度的每一类别中, 认为可能有不能粘結成块的种类。

③湿英国热单位指含有来自煤层的自然水分的煤而言, 但不包括在煤表面上的可见水分。

④凡是含有百分之69或更多的无水基、无矿物基固定碳的煤, 都是按照固定碳分类, 不管英国热单位是多少。

⑤在低挥发烟煤 C 碳化程度中, 有三种煤: 第一种, 粘結而不风化; 第二种, 粘結而风化; 第三种, 不粘結也不风化。

图1取自费尔达尼、赛尔维格和弗雷特里克报告，以图解法说明分类系统。图上有310种美国煤炭，按照无矿物质基的固定碳和英国热单位绘制的。

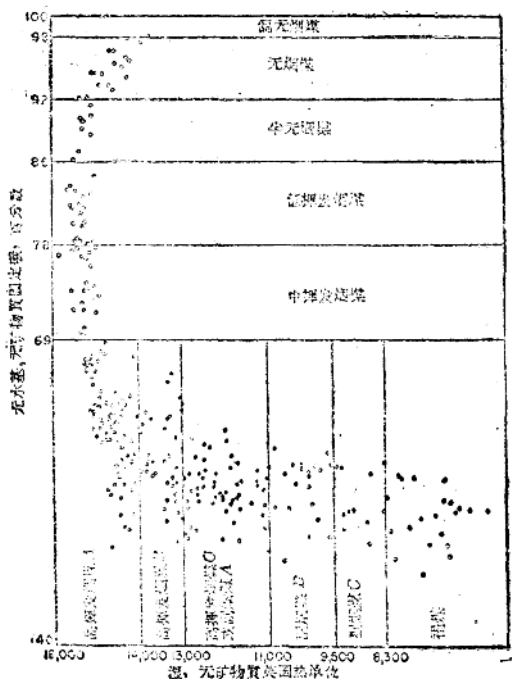


图1 几种典型美国煤按碳化程度的分类

构造与碎裂

煤层最初的碎裂是在采掘过程中发生的，首先是沿主要层理面分割成为水平台阶。同时，大块沿着明显的垂直解理面分

开而碎裂成为大方块、不规则形块或板形块，当然还有碎裂成为较小粒度以及或多或少的尘末。煤在自然地碎裂时所形成的粒度和形状，在很大程度上取决于主要的垂直解理面系统和网状状的弱面组织，这些弱面组织通常称为节理裂缝或节理面。

一定地区内的煤层往往有其独特的破裂系统。节理和解理的发展，在低挥发烟煤中最为显著。这种煤很脆，筛下产品的比率高，有时叫做“软”构造的煤。如果破裂系统不很显著，而破裂面相距较远，那么，这种煤可认为“硬”构造的。随着破裂系统发展的性质，煤层中的煤可以形成大块体、立方体或板形体的产品。

如果煤在洗选之前经过破碎，则煤将沿着次要层理面、沿着暗煤与亮煤之间的界面、和沿着与层理成垂直的节理裂隙等处分离，这种现象在不同煤层中的煤有着不同的程度。这并不是说煤只能沿着这些明确的裂缝碎裂，但是沿着裂缝碎裂的现象是很明显的。所以，煤的实际构造情况，在一定程度上，决定煤的碎裂情况，更重要的是它决定煤与杂质是否能够彼此分离。

如果煤中杂质主要是存在于各种缝隙中的矿物沉淀物，而煤很易沿这些缝隙分开，那么，煤经破碎后，杂质一般地将暴露出来，这是有利于把大量脏物①颗粒同煤脱离。在许多情况中，自然解理面是在煤与脏物之间，因而煤与脏物彼此可以容易而干净地分离。相反地，煤与脏物可能坚固地粘在一起，而破裂出现在煤中或脏物中，而不是出现在这两者的接触面上。这就造成“固结”颗粒，即部分是净煤和部分是脏物的颗粒。

粒度组成

煤的质量是依据其含灰量和发热量来衡量的，一般认为这

① “脏物”原文为 dirt，指杂质而言。——译者

个尺度是决定煤的市价的主要因素。但是，事实上，几种煤因質量不同而引起的竞争价格上的差别，往往比同一种煤粗粒与細粒之間的价格差别小得多。因此，煤的粒度組成——就是所含不同粒度的比率——具有重大的經濟意义。一种能够产生大量粗粒，因而在家庭用煤市場上可以获得高价的煤，可以比另一种脆弱而質量較优的煤，更可提高盈利。

許多因素影响原煤的粒度組成。有些因素是属于煤本身內在的，例如煤的物理强度和煤层碎裂系統的性质。其他因素则为采煤方法和在地面車間对于碰碎所采取的预防措施所引起的。所有这些因素非常变化不定。所以，在不同煤中，其粗細粒度的相对量也变化很大。但是，尽管有这样变化，多数煤的粒度組成似乎是符合一种规范的。

一九三三年，罗新和賴姆勒得出一个关于存留在試篩上的煤的百分数与篩孔大小之間关系的数学方程式。此后，貝耐特把这方程式应用于英国原煤上，証明不仅是罗新和賴姆勒所研究的細粒，并且粗粒也符合这个粒度分配定律。再往后，这方程式的适用性又在若干美国煤上証实。

罗新和賴姆勒方程式的意义是这样：如以常用的繪图方法把篩分分析——不論資料是得自實驗室試驗或者是得自篩煤厂操作的記錄中——繪制在有特制綫格的紙上，則根据粒度分配定律，任何物料都可繪出一根直綫。图 2 表明四种美国煤的結果。可以看出，除所用最大的篩子外，每种篩分分析的各点都准确地落在—根直綫上。

煤的粒度分配与其粒度有关的特性經常相互影响。在这一个研究領域中，罗新和賴姆勒定律最为有用。这一定律也可应用于日常的試驗中。当篩分分析結果按照此法繪制成綫时，可以得到直綫关系所給予的一般优点。确定直綫位置所需的点可

以比曲线所需者为少。这样，进行筛分分析所需的实验室工作量可以减少。此外，直线可以用于核对取样和筛分的准确性。如果某一中间粒度的点不落在线上，则此点可能有误。

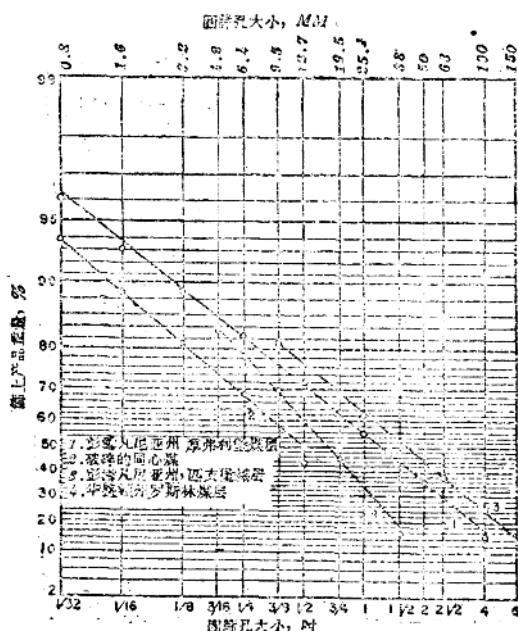


图 2 繪制成为直线的煤的部分分析

硬 度

有許多資料涉及与硬度有关的煤的特性，这就是脆性和可磨性。但是，关于把煤的硬度作为一种专门特性的资料则不多见。这是因为煤的硬度的营业意义不大，不能与脆性和可磨性

有重要的經濟意义相比。

海涅特曾測定过一系列的煤的划痕硬度，其中主要是英国煤。所用方法是以角錐形鋼尖放在試样的磨光面上，在这磨光面上造成一道寬100微米的划痕，測量造成划痕所需的压力。曾对頁岩、方解石和黃鉄矿进行試驗，以作比較，試驗方解石和黃鉄矿时用鑽石尖。这些試驗結果示于表 2 中。

划 痕 硬 度 試 驗

表 2

物 料	与巴斯雷 軟煤相比的 划痕硬度	物 料	与巴斯雷 軟煤相比的 划痕硬度
无烟煤，大山	1.70	烟 煤	0.92
无烟煤，紅雲	1.75	磷質頁岩	0.69
威爾斯常汽煤	0.99	頁 岩	0.32
巴斯雷硬煤	0.85	黃 鉄 矿	5.71
巴斯雷軟煤	1.00	方 解 石	1.92
伊利諾結	1.10		

无烟煤的划痕硬度約为所試最軟煤的 6 倍，而黃鉄矿的划痕硬度則几乎是其 20 倍。为了比較，海涅特又測定这一系列物料对于刚砂布磨削作用的抗磨度。这两种試驗方法測出較脆物料的硬度及抗磨度的次序是相同的。但是磷質頁岩和烟煤虽然比較軟，而抗磨度則高，这是由于它們的韌性之故。

德国煤組成部分的試驗，指出暗煤硬度为百分之 68，鏡煤只是百分之 17，粘土夹层为百分之 7，黃鉄矿夹层为百分之 80。其試驗硬度的方法是这样：以一个小的球形头鎚使作鐘擺搖擺，并使其碰击試样，所得彈回距离的百分数就是这些硬度数字。这个仪器叫做硬度計，可以搬动，适于在矿內現場試驗。

煤的抗磨度虽然在营业上没有什么意义，但是它的相似特

性，就是煤的磨剝力，是一极其重要的經濟因素。赫德格魯夫指出，在磨制煤炭作为粉末燃料时，由于煤的磨剝作用所引起的細磨机件的磨損，成为維護費中主要項目之一。还有，各种煤的磨剝力相差很大，所以为粉末燃料工厂选择煤炭时，这个因素必須加以考虑。观测煤的磨剝力的标准簡單實驗室方法，犹如現在已有的标准可磨性試驗一样，将有助于选择作粉末燃料的煤。事实上，煤的磨剝力取决于与之相伴的雜質的特性更多于煤本身的性質。

强 度

煤的抗压强度与在采掘过程中作为支柱的煤柱强度有关，这是引起对煤的抗压强度的兴趣的主要原因。早在1900年，彭雪凡尼亚州斯格蘭頓城工程师俱乐部发起进行彭雪凡尼亚州无烟煤区北部的无烟煤抗碎强度的試驗。把423个試样制成为稜柱体，其底面为2吋見方，其切割面与煤的层理面作平行，高度为1、2和4吋。所施压力垂直于层理面。1吋高稜柱体的抗碎强度在每平方吋3,200至10,892磅之間，平均为每平方吋6,000磅。三种高度的稜柱体試驗証明，煤的抗压强度与試样高度的平方根成反比。

在此后的研究中，戴尼尔斯和摩尔发现，烟煤試样的强度还受着橫向尺寸的影响，較小試样的强度大于較大試样的。表8清楚地說明抗压强度与試样大小之間的关系。

• 較大煤块有較低的强度这一点，認為由于破裂面或解理存在之故，这些破裂面或解理使試样变弱。較小試样的破裂面比較少，因而显出煤質本身的固有强度。大块煤的强度試驗出为低于小块煤，其原因也許是如此：大块煤是难于采掘的；又把它們从矿內运到實驗室途中不免受碰压以致沿解理而发生裂縫。为

为了避免这个误差来源，葛林渥特、郝华斯和赫德門設計了一种在矿内現場試驗煤柱的方法。現場試驗的結果，匹支堡煤层的抗压强度比表 3 所列最大立方体的强度略为大些。

匹支堡煤层煤塊的最大抗压强度* 表 3

試样数目	大 小 范 围	平均最大抗压强度 磅/平方吋
6	2½至4吋立方体	2485
3	7至8吋立方体	2170
3	10至12吋立方体	2008
1	12×12×18吋高	1152
1	約3吋立方体	817
1	約54吋立方体	506

• 根据萊斯所得結果。

勃华尔和荷兰測定了西弗夕尼亚州十一个煤层煤的抗压强度和正割弹性模数。以三吋立方体作試驗，使載荷平行和垂直于层理面。当所施压力垂直于层理时，九个上弗利堡煤层試样的强度平均为每平方吋1,682磅，十个五号勃劳克煤层試样平均为每平方吋4,893磅。相应的正割弹性模数为373,000和615,000。平行于层理面的压力所得出的最后强度为垂直載荷所产生的百分之68至95。如果在达到抗碎强度之前把应力解除，該两方向的应力都使試样产生永久变形或固定变形。但是，平行于层理面的应力所产生的永久变形大得多。

捷克的无烟煤在所施压力垂直于层理面时也显示較大强度。但是，褐煤則与此不同，它在两个方向上具有大致相等的强度。裂縫很多的英国煤，即使以一时立方体作試驗，其平行于层理面的强度可能大于垂直于层理面的。例如，一种威尔斯煤的平行抗压强度要大两倍多。

煤的抗压强度与其岩相組成有关，这事实已經被注意到。

含有百分之12以上鏡煤的煤具有每平方公分 23 至 90 公斤的強度，并具有試樣逐漸地達到破損的特征。鏡煤含量少于百分之12的煤，其強度為每平方公分163至346公斤，而以爆裂的狀態達到破損。

脆 性

煤的強度現象之一種，表現在它在處理^①時抵抗粒度“降級”的能力。處理時煤趨于碎裂的程度叫做脆性；脆性在某些程度上與韌性、彈性、破裂特征和強度有關，但是，雖然有這許多有關因素的存在，測定煤的強度的最常用方法是脆性試驗。脆性之所以引人注意，主要是因為脆煤產生粗粒較少。雖然細粒需要量正在增加，但是粗粒仍然可以得到較高的價格。脆性的另一重要方面，就是脆煤在處理中因“降級”而增加其表面積。擴大了表面積就加速氧化作用，因而促成自燃，減低煉焦煤的煉焦質量和造成隨着氧化而發生的其他變化。煤的脆性在經濟方面有這些關係，因而推動了脆性試驗的發展。

滾筒法是美國材料試驗學會用于測定煤脆性的暫用標準方法。這試驗採用一個圓柱形瓷制磨筒，直徑和深度均為7¼吋，並裝有三個提升板以助煤翻滾。煤樣先經篩分，其粒度為小于1.5吋而大于1.05吋方篩孔，以1000克重量的煤樣放入磨筒中（不用細磨介質）翻滾1小時，轉速每分鐘40次。然後將煤取出，放在1.05、0.742、0.525、0.371、0.0469和0.0117吋篩孔的方孔篩上篩分。脆性以平均顆粒粒度在試驗過程中所受到的縮小百分數來表示。例如，如果經翻滾過的煤的平均顆粒粒度為原試樣的百分之75，則其脆性為百分之25。

① 處理原文為 handling，指採煤、運煤、篩煤、破煤、選煤等一切工作而言。——譯者。

墜碎法也是美国材料試驗学会用于測定煤脆性的一个暫用标准方法。这标准方法是把50磅粒度在3吋和2吋圓孔篩之間的煤样，由一活底箱下墜到距箱底6呎的鋼板上两次。然后把經過两次下墜而破碎的物料放在3、2、1½、1、¾和½吋的圓孔篩上进行篩分，并計算其平均顆粒粒度。物料的平均粒度，以原样粒度的百分数来表示，就是众所周知的“粒度稳定性”，它的余数，即平均顆粒粒度縮小百分数，称为“脆性百分数。”若以标准試驗所指定以外的粒度作試驗，則另有規定，以便对同一种煤的不同粒度作比較。

墜碎試驗曾用于研究南非洲煤的脆性，这試驗証明墜碎試驗产品符合罗新-賴姆勒的粒度分配方程式。一个較新近的对美国煤作的同样研究指出：罗新和賴姆勒定律虽然准确地說明了从較軟煤的墜碎試驗中所得产品的粒度組成，但是它不能圓滿地应用于具有高度抗碎力的煤。

矿业局曾把測定煤脆性用的墜碎法和滾筒法作了比較，发现易于因冲击碎裂而降低粒度的煤，不一定也会相等地易于因磨剝而碎裂。一种煤可能有这两种不同程度的特性。墜碎試驗似乎最适宜于測定薄层而大粒的煤在处理时所产生的碎裂程度，而不很适宜于測定大块煤在处理时所产生的碎裂程度。滾筒法利用摔碎和摩擦两种力量，所以在一般应用上也許較为适宜。齐尔莫和聶郭尔斯也比較过这两种脆性試驗方式，結果認為：要完全肯定煤的强度和碎裂特性的話，这两种方式都是必需的。滾筒法較适宜于測定煤在严苛的处理情况下所受的影响，而墜碎法则适宜于測定煤在較緩和的处理中的經耐力。

實驗室脆性試驗指出煤的脆性与碳化程度有相互关系。表4为美国矿业局所作235个脆性測定結果的摘要，所用试样为华盛顿州、彭雪凡尼亚州、西弗夕尼亚州、馬利兰州、根塔基

州、伊利諾州、北达科脱州、蒙塔納州和华埃烏民州的一个或几个煤层的不同碳化程度的煤。

不同碳化程度的煤的平均脆性值

表 4

煤 的 級 类	試驗个数	脆性, 百分数①
无 烟 煤	36	33
半 烟 煤	27	70
烟 煤	87	43
副 烟 煤A	40	30
副 烟 煤B	29	20
褐 煤	16	12

① 所得結果系在美国材料試驗学会滾筒法創出之前;翻滾时间为3小时, 而非現今标准的1小时。

褐煤在所有煤中是最不脆的, 脆性随碳化程度的升高而增大, 半烟煤(低挥发)的脆性为最大。无烟煤脆性可与副烟煤相比。这两种煤的强度都比烟煤为高, 而且它們的抗碎能力肯定地比很易脆的半烟煤来得大。

脆性与碳化程度之間虽然有一定关系, 但是只能概括地說明这关系, 因为同一程度的煤其脆性有很大的变化。矿业局試驗指出, 阿拉巴馬州高挥发烟煤A的脆性, 最低为百分之17, 最高为百分之60。同程度的加拿大煤也有这样大的脆性变化, 这見于齐尔莫和聶郭尔斯的資料中。

煤的脆性与碳化程度之間的关系影响煤的自然发热和发火的趋向。碳化程度高而脆的煤, 由于所含挥发物少, 不易于氧化, 虽在处理时会大量增加其細末和表面积。碳化程度略低的煤虽易于氧化, 但一般不很脆, 不易降級, 从而避免氧化面的增加。史密特和爱尔达在进行八种营业上重要的煤的氧化試驗中发现: 如果把煤的脆性按照它們下降次序排列起来, 这个次