

缓斜和倾斜 厚煤层 无煤柱开采

吴绍倩 刘听成 译

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书总结了厚煤层倾斜分层开采法不留区段和阶段煤柱的经验。

在介绍各种护巷方法的同时,介绍了井下和实验室关于冒落矸石边界处煤层边缘部分的矿压显现、岩石移动和分层巷道中支架上载荷分布的研究结果。

书中探讨了厚煤层无煤柱开采易于自然发火的防火问题。列举了厚煤层无煤柱开采的准备系统的研究结果。

本书供煤矿工程技术人员阅读,也可供采矿院、系师生参考。

В.Н.Корнилков А.М.Вандышев В.В.Таскаев
Г.Т.Грищенко Н.Н.Сытников В.П.Тюлькин

БЕСЦЕЛИКОВАЯ ОТРАБОТКА МОЩНЫХ ПОЛОГИХ И НАКПОННЫХ ПЛАСТОВ

Москва издательство «Недра» 1978

*

缓斜和倾斜厚煤层无煤柱开采

吴绍倩 刘听成 译

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16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 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $5^{18/16}$

字数 126 千字 印数 1—2,400

1981年4月第1版 1981年4月第1次印刷

书号15035·2391 定价0.65元

前 言

苏联预定在第十个五年计划的末期煤产量达7.9~8.1亿吨；劳动效率提高22~24%。这主要是依靠采用新技术和先进工艺来加快煤产量的增长，改善煤质和提高工作效果。

缓斜和倾斜厚煤层产量约占苏联地下产煤量的13%，对这种煤层基本上是采用倾斜分层开采法。

当用倾斜分层法开采厚煤层时，通常是用围岩共用平巷以及用煤柱保护分层平巷的准备方法。这种方法煤损较大（20~30%甚至更多）。随着采深的增加，护巷煤柱要加宽，煤损也进一步增加。即使这样也不能改善分层巷道的维护状况。还应指出，大量煤损是发生内因火灾的主要原因之一。

降低煤损有着重要的国民经济意义，关于保护煤炭资源和降低煤损方面，苏联曾作过一系列有关决议和规定。

开采缓斜和倾斜厚煤层时应用无煤柱的方法，即在冒落矸石边界处（卸压带中）布置分层巷道，不仅可以大量降低煤损，而且还可以减少巷道的维护费用。

减少煤损是降低厚煤层开采时火灾危险的主要原因之一，大多数自然发火都与煤柱有关，因而最根本的解决办法是无煤柱开采。

近年来，关于薄及中厚煤层应用无煤柱护巷的方法已进行了大量的研究，并将研究结果列入有关的技术规定中。

中亚细亚、车良宾、卡拉干达和库兹巴斯煤田的矿井中，用无煤柱开采缓斜和倾斜厚煤层所积累的经验证明了这

种方法是有发展前途的。但总的来说，对这种方法还研究得很不够。

本书列举了作者在中亚细亚和车良宾煤田的矿井中进行研究的结果，其主要内容是总结在冒落矸石边界处煤层边缘部分的矿压分布规律，沿空巷道中矿压显现的特点，以及确定对倾斜分层开采法的准备工作和开采顺序有重要影响的参数。也研究了用无煤柱开采厚煤层时的内因火灾预防问题，以及与留煤柱护巷相比的经济效果。

根据上述的研究内容，本书的主要结论首先是适合于直接顶岩石强度较低和冒落后易于胶结的条件，但对其他岩石的条件也可在不同程度上加以应用。

本书总结了厚煤层无煤柱开采经验，希望它能促进这种方法的推广，并有助于选择其最优系统和参数。

目 录

第一章 缓斜和倾斜厚煤层开采的矿山地质条件与采矿技术条件	1
第一节 煤田的简要地质特征	1
第二节 缓斜和倾斜厚煤层开采法的护巷方法	14
第二章 缓斜和倾斜厚煤层的无煤柱开采经验	26
第三章 厚煤层上分层和下分层中残余支承压力带的分布	49
第一节 概况 研究方法	49
第二节 井下研究结果和残余支承压力带参数的计算	53
第四章 分层巷道中矿压显现的特征	72
第一节 概述	72
第二节 不同护巷方法时分层巷道周边岩石的移动	72
第三节 影响分层巷道周边岩石移动的因素以及预期移动量的计算	90
第四节 沿空巷道围岩移动的特点及其支架上载荷的分布	100
第五章 厚煤层无煤柱开采的防火问题	115
第一节 概况	115
第二节 用倾斜分层开采厚煤层时发生内因火灾的原因和地点的分析	117
第三节 煤体、煤柱和冒落矸石的透气性	119
第四节 分层巷道保护方法不同时采空区中煤的发热情况	126
第五节 无煤柱开采缓斜和倾斜厚煤层时内因火灾的预防	135

第六章 厚煤层倾斜分层不留区段煤柱的准备系统	
和开采顺序	144
第一节 概况	144
第二节 开采相邻分层和相邻区段之间必需的时 间间隔	145
第三节 厚煤层倾斜分层准备方法和开采顺序的 选择	152
结束语	177

第一章 缓斜和倾斜厚煤层开采的 矿山地质条件与采矿技术条件

第一节 煤田的简要地质特征

苏联各煤田厚煤层的埋藏条件极为复杂，而且具有一系列的特点。缓斜和倾斜厚煤层占主要地位，其比重约占厚煤层总产量的80%。

如果说某些煤田（如卡拉干达煤田，库兹巴斯煤田的托姆——乌辛矿区）的厚煤层，其埋藏要素比较简单的话，那么另一些矿区（车良宾煤田，库兹巴斯煤田的普罗柯皮也夫——基泽尔矿区，中亚细亚煤田等等）的厚煤层，因褶曲而使其埋藏条件变得很复杂，其煤层倾角，无论是沿倾斜还是沿走向，在不大的范围内都有变化。

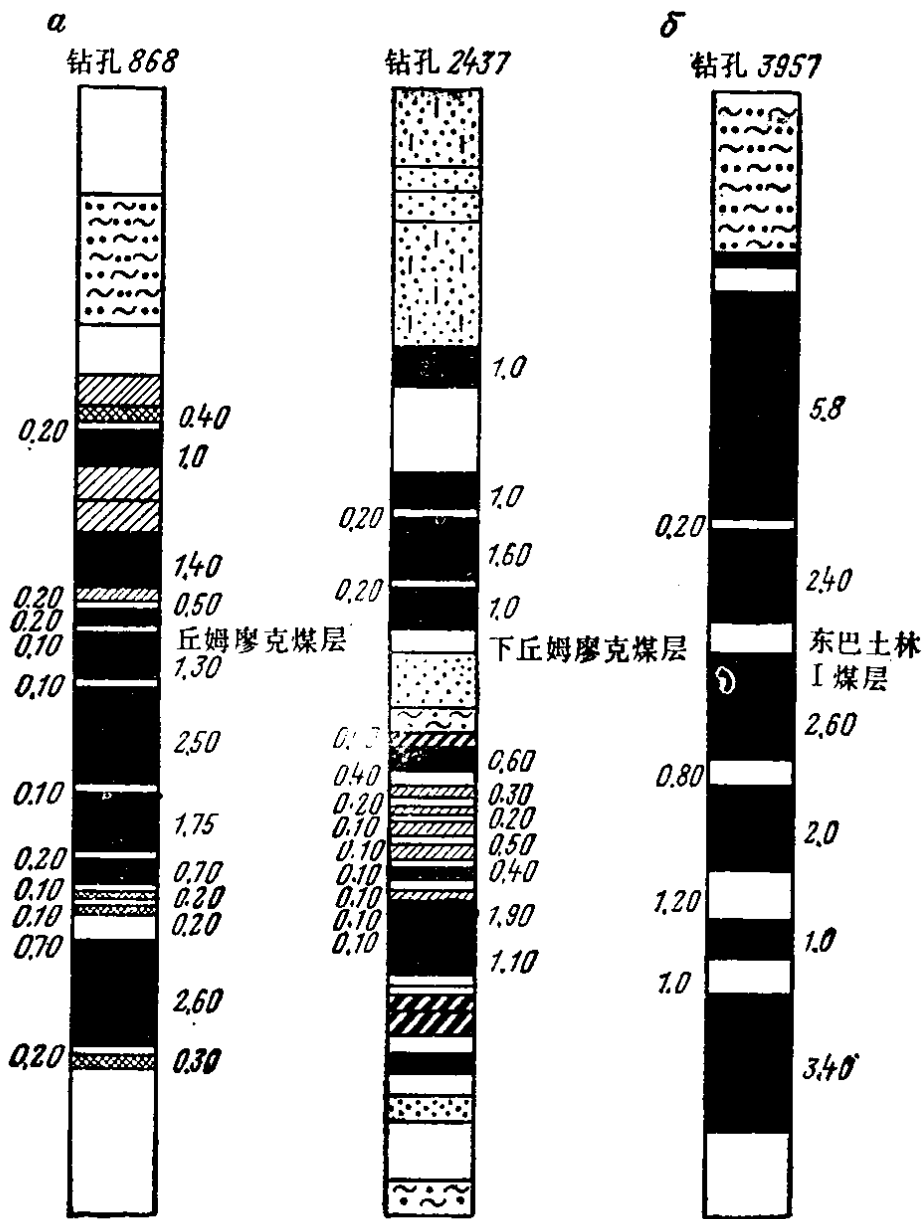
矿山岩石的物理——力学性质差异很大。通常，硬煤煤田的岩石相当坚硬，其抗压强度达1000公斤/厘米²或更大。在褐煤煤田中（如在中亚细亚），常常遇到强度比煤还低的岩石，其强度仅为40~60公斤/厘米²。

厚煤层开采的矿井，其瓦斯情况也很不同。它由无瓦斯变化到每昼夜采一吨煤涌出20~30米³瓦斯的超级瓦斯矿。某些厚煤层有冲击矿压的危险。水文地质条件也较复杂。

矿山地质因素对选择厚煤层的准备方法，巷道保护方法，采煤工艺以及机械化方式等都有重要影响，不能忽视。

现在来研究厚煤层无煤柱开采的煤田的地质特征。

车良宾煤田 含煤地层属于上三叠纪。含煤率分布是不均衡的。个别聚煤区域被无煤带或大的构造破坏所分割。该煤田最典型的煤层埋藏形式为带有倾斜（由2~3°至18~22°）轴的向斜褶曲。目前煤田中具有工业价值的有八个厚煤层，其厚度由4到15.5米（表1）。



煤层的结构复杂，它是纯煤的小分层与煤质页岩和粘土页岩夹层所形成的互层（图1）。

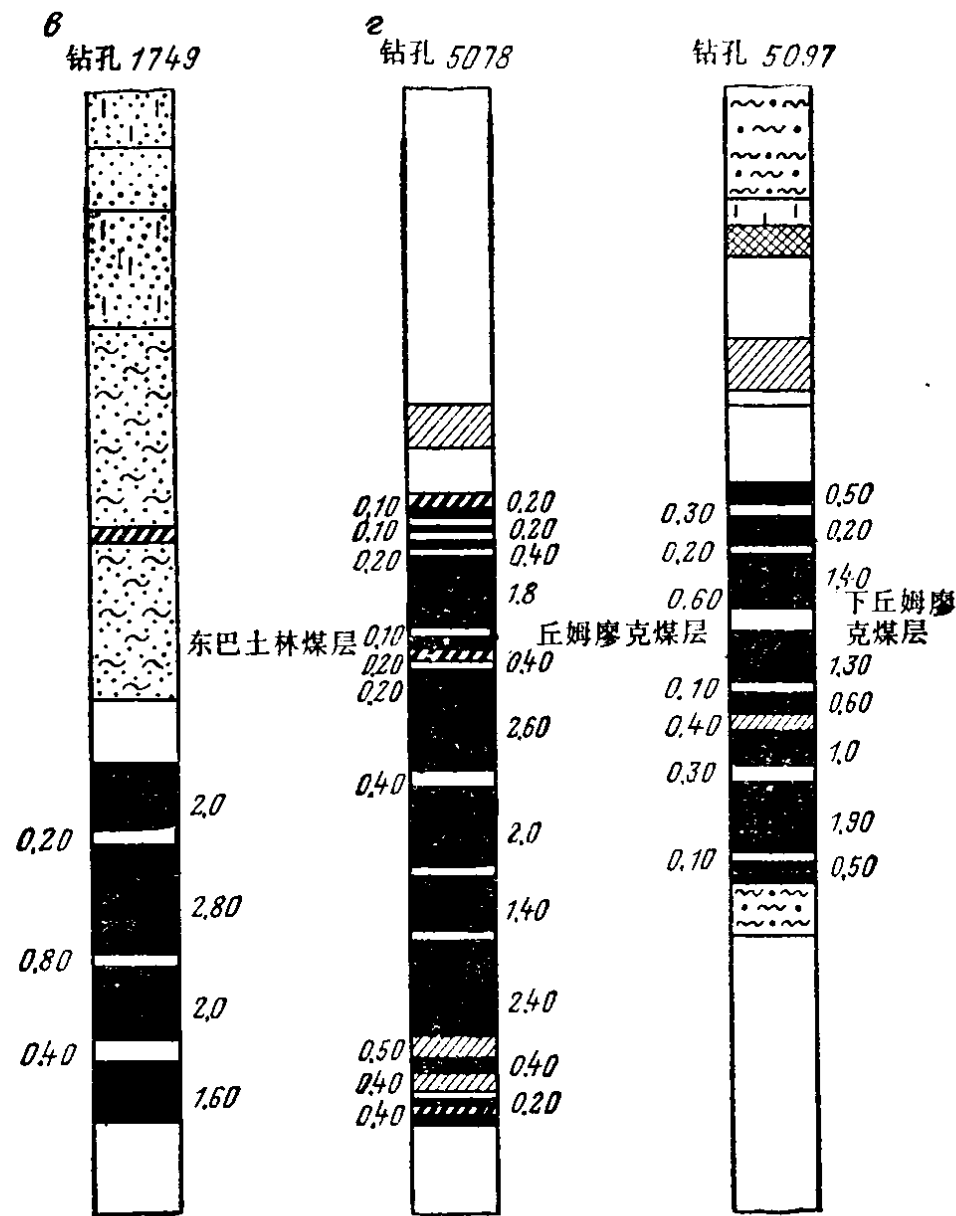


图 1 车良宾煤田厚煤层结构柱状图

a—《丘姆廖克》矿；б—《东方》矿；в—《巴士林》矿；г—《柯尔京》矿

表 1

矿 区	煤 层	煤层厚度 米	倾角, 度	顶板岩石	岩石厚度 米
柯尔京斯克	丘姆廖克	9~15.5	3~30	泥 质 岩	1.0~22.0
				粉 砂 岩	0.3~2.5
				砂 岩	0~15.0
	下丘姆廖克	8.2~9.3	5~32	泥 质 岩	0~4.5
				粉 砂 岩	0.8~2.6
				砂 岩	8.4~10.5
	哈尔柯夫	4.2~4.5	25~30	泥 质 岩	0~1.5
				粉 砂 岩	8~15
				砂 岩	3.0~5.0
	VI (“卡拉契夫”矿田)	7.0~7.4	40~45	泥 质 岩	2.4
				粉 砂 岩	2.3
				泥质岩和粉砂岩的互层	5.6
叶曼日林斯克	东-巴士林	4.5~5.5	15~17	泥 质 岩	1.4~4.4
				粉 砂 岩	8.3~10.0
				砂 岩	2.6~3.0
	I	9.5~10	40~45	泥 质 岩	2.0~2.6
				粉 砂 岩	3.0~35.0
				砂 岩	7.0~8.0
	VI	6.2~6.7	30~40	泥 质 岩	0~0.1
				粉 砂 岩	12~15.0
				砂 岩	1.9~5.0
	I _{н,п}	5.0~5.5	12~18	泥 质 岩	6.7~23.0
				砂 岩	6.0~8.3

大多数煤层含有大量菱铁矿包果物（“圆滑巨石”），特点是其形状和尺寸多种多样，而且沿煤层厚度的分布是无规律的。

占全煤田储量1/3以上的厚煤层，其中2/3以上的储量又是厚度大于6.5米的煤层。厚煤层向深部以及沿走向方向常

有尖灭，并分叉成为失去工业价值的许多小层。

车良宾煤田的煤是经过强烈变质的褐煤，按其含炭量（ $C = 72 \sim 74\%$ ）接近于硬煤。它具有较高的化学活性，并能自燃。

煤田中所有矿井都属于瓦斯矿井。

煤层的围岩在大多数情况下是松软、不稳定的，常常是泥质岩（ $40 \sim 55\%$ ）和粉砂岩（ $20 \sim 40\%$ ）。较少的是砂岩（ $12 \sim 25\%$ ）和砾岩（ $1 \sim 2\%$ ）。煤田的特征，是在较小的区域内沿倾斜或沿走向发生岩相的交替变化。

厚煤层的直接顶主要是泥质岩，其厚度由几十厘米到23米，老顶是粉砂岩和砂岩。在少数情况下没有直接顶，煤层之上就是老顶。厚煤层围岩的强度特征列在表2中。

厚煤层直接顶岩石胶结得很好，当进行预防性灌浆时，经10~12个月以后，它达到的胶结程度，可使下分层开采时无需留分层煤皮和铺设分层假顶。

岩石的含水性随埋藏深度的增加而减少，在目前的生产水平上为4~9%。煤的含水性比围岩的含水性大，在矿井的生产水平上它变化在8~15%之间。

从煤田中各矿井的水文地质情况看，涌水量不大。矿井的涌水量通常是100~250米³/小时。

中亚细亚褐煤煤田 中亚细亚煤田厚煤层的储量大约占65%，这些厚煤层既用露天开采也用地下开采。最具有工业价值的是凯席尔——基斯克、苏留克静和舒拉勃煤田，这些地区的厚煤层是用地下方法开采的。这些褐煤煤田位于中亚细亚的南弗尔岗含煤区。它们在地理上彼此相隔甚远，但是其沉积和聚煤的地质构造，古地理和古地貌的条件是彼此相关联的。

表 2

煤 田	矿 区	煤 层	石 的 强 度 公斤/厘米 ²			
			泥 质 岩	粉 砂 岩	砂 岩	砾 岩
车良宾	柯尔京斯克	丘姆廖克	128~152*(10~11)**	153~210(20~33)	166~230(26~32)	—
	同 上	下丘姆廖克	126~155(9 ~13)	139~142(19~30)	170~226(25~31)	—
	叶曼日林斯克	Ⅶ	96 (21)	179 (34)	—	—
	同 上	东-巴士林	116~134(6 ~ 8)	130~196(8 ~13)	282~411(11~15)	—
	同 上	Ⅰ	198~208(28~37)	235~276(22~19)	269~308(32~40)	—
	同 上	Ⅶ	150~152(21~27)	176~228(38~42)	238~286(28~37)	—
中亚细亚	柯别依斯克	Ⅰ _{а, в}	162~181(26~29)	—	270~326(34~39)	—
	凯席尔-基斯克		52~170(12~21)	158~270(9 ~30)	191~400(17~47)	—
	同 上		60~165(7 ~18)	140~250(12~23)	230~450(16~38)	—
	苏留克静斯克	F	58~180(7 ~22)	75~230(18~24)	176~350(24~35)	70-100
	舒 拉 勃	B	65~120(3 ~ 7)	93~248(19~23)	—	—
库兹巴斯	托姆-乌辛	Ⅱ	300~600(22~38)	600~900(29~37)	860 (48)	—
	同 上	Ⅳ - V	—	600~900(29~37)	860~1400(54~73)	640
	同 上	Ⅵ	300~600(22~28)	600~900(29~37)	1000~1400(54~73)	—
	卡拉岗京斯克	k _{1,2}	206~334(16~35)	340~560(32~57)	430~705 (30~94)	—
卡拉干达	吞捷克斯克	d	90~160(12~25)	105~650(12~60)	210~880 (19~76)	—

* 抗压强度; **抗拉强度.

这个含煤区的大地构造呈现为一系列的大的或比较大的短轴褶曲，它沿着纬度方向延伸。一些小的次要的褶曲和断层也使主要构造更为复杂。

在南弗尔岗含煤区的构造中包含了古生代、中生代和新生代的地层。含煤岩层属中侏罗纪和下侏罗纪。

这些煤层的特征，无论是厚度还是结构都极不稳定。它们基本上都是煤的小分层数量不定的复杂结构。煤质中硬，煤层中有软弱的和不稳定的夹层。

凯席尔-基斯克煤田的生产矿井开采着京-吉岗斯基和凯席尔-基斯克含煤区内的矿田。在京-吉岗斯基含煤区内开采着结构复杂的奥斯诺夫煤层，其厚度为1.2~10.5米。煤的小分层的总厚度达7.6米。煤层倾角变化在0到50°之间。在凯席尔-基斯克含煤区内开采着结构也较复杂的凯席尔-基斯克煤层。煤层总厚度为1.5~12.6米。煤的小分层的总厚度达10.3米。煤层倾角变化在8到35°之间。

在苏留克静煤田开采着结构复杂的F煤层。煤层厚度变化在0.1~18米之间，多数厚度是5~7米，煤层倾角由缓斜变化到急斜，基本上是20~30°。

在舒拉勃-2含煤区内查明有10层煤，其中只有B层具有工业价值。B层的厚度由3米变化到20米，主要的厚度是12~15米。煤层构造简单，倾角的变化是由15到40°。

凯席尔-基斯克、苏留克静和舒拉勃煤田的煤是腐植煤，而按炭化程度属于褐煤。煤的特征是含水性高(达40%)和易于自燃发火。苏联在所有研究过的煤中，中亚细亚煤田的褐煤是化学活性最大的，它常常造成内因火灾。所有煤层都有煤尘爆炸危险，没有发现瓦斯涌出的情况。

中亚细亚褐煤煤层另一个突出的特点是它具有冲击矿压

的潜在危险。由于开采工作过渡到300~500米的深度，使发生冲击矿压的危险大为增加。冲击危险最大的是B层。近10年来，在开采这个煤层时，曾发生过60次冲击矿压。冲击矿压主要发生在掘进分层平巷时，以及回采上分层时在工作面与分层运输机平巷连接处，且通常是在进行爆破时发生。

含煤地层主要是由不同粒度的砂岩、砾岩、砂砾岩、泥质岩和煤所组成。被开采煤层和围岩的岩石学构造示例表示在图2中。煤层的直接顶最常见的是松软的泥质岩和煤质页岩，在较少的情况下为中等稳定的泥质岩和煤质页岩。通常顶板岩石不能够达到用采煤机采煤所必需的较大暴露面积。允许的暴露面积平均为3~5米²，只有在个别的情况下达6~8米²。直接顶岩石易于冒落，能很好地胶结和压实。

上分层回采工作结束后经6~8个月，已冒落和已胶结的岩石允许的暴露面积达4~6米²，这就可以使开采下分层时无需铺设分层假顶和留分层煤皮。

与苏联其他煤田相比，被研究的中亚细亚煤田的围岩强度指标是很低的（表2和表3）。岩石非常容易鼓起，巷道中垂直移动量的70~75%是由底板鼓起所造成的。

埋藏在离底板法向距离为20~80米处的古生代地层具有很高的强度和稳定性。

中亚细亚褐煤煤田矿山岩石的物理-力学性质目前还研究得不够充分。所以作者对确定岩石各种性质之间的关系进行了专门的研究，目的在于使工作量达到最小，以及根据已知的指标就能迅速确定岩石的某些性质。

上述的一些研究成果列举在表4中。

用静力方法和借助于标准锤，确定了巷道底板岩石对面积为10厘米²压模的抗压入强度 $\sigma_{压入}$ 。

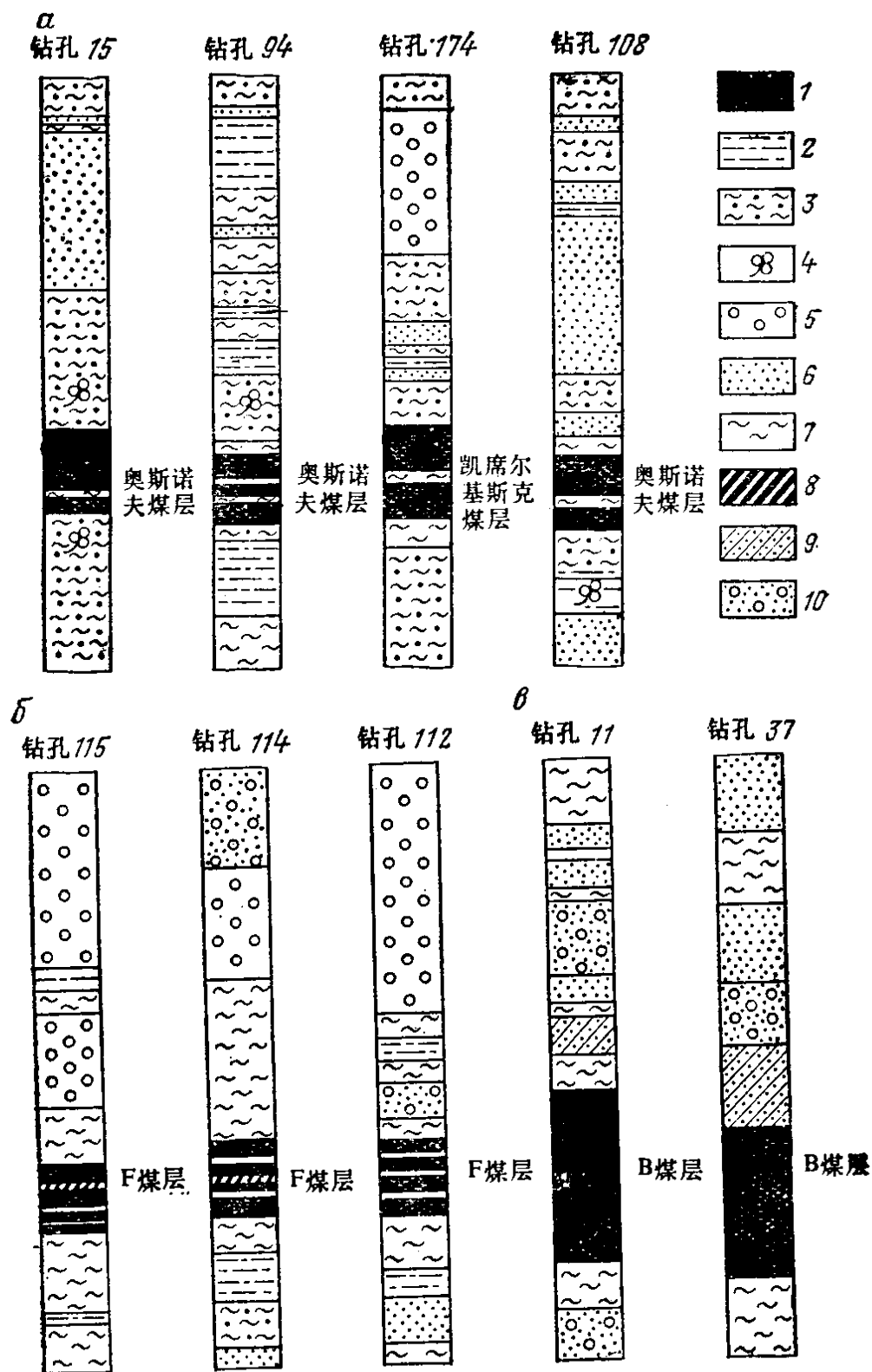


图 2 南弗尔岗区煤田含煤地层的岩石柱状图

a—凯席尔-基斯克煤田；b—苏留克静煤田；B—舒拉勃煤田；
 1—煤；2—粉砂岩；3—砂质粘土；4—根土岩；5—砾岩；6—砂岩；
 7—泥质岩；8—煤质泥岩；9—砂子；10—砂砾岩

表 3

指 标	砂 岩	粉砂岩	泥质岩	煤
容重, 克/厘米 ³	2.1~2.5	2.0~2.4	1.8~2.3	1.2~1.38
含水率, %	0.6~6.0	1.0~10.0	2.0~21	12.0~40.0
孔隙度, %	13~15	12~21	15~30	16~48
单向抗压强度, 公斤/厘米 ²	120~400	50~250	30~210	30~100
抗拉强度, 公斤/厘米 ²	7~30	10~30	5~25	3~8
对面积为10厘米 ² 压模的抗压入强度, 公斤/厘米 ²	—	30~250	20~280	40~370
弹性模量 $E \times 10^{-6}$, 公斤/厘米 ²	1.0~7.5	0.45~1.70	0.3~2.5	0.017~0.060
内摩擦角, 度	—	30~35	16~47	27~50
粘聚力系数, 公斤/厘米 ²	—	30~70	20~50	15~40

指标 n (表 4 第三栏) 由下式确定:

$$n = \frac{D}{d}$$

式中 D —— 岩样上压痕的直径, 毫米;

d —— 标准杆件上压痕的直径, 毫米。

也用YKB-1M超声仪测定了单向抗压强度。得到了岩石单向抗压强度 $\sigma_{\text{压}}$ 和平行于岩石层面方向的纵波传播速度(v_{11})之间有下列关系:

$$\sigma_{\text{压}} = e \times p(0.0006v_{11} + 3.5), \text{ 公斤/厘米}^2$$

中亚细亚褐煤煤田各矿的水文地质条件基本上是良好的, 其含水系数通常不超过 3。但在许多地区, 存在着含水的园砾石地层。这使得矿山巷道的涌水量增高, 并使巷道维护条件大为复杂。

库兹巴斯煤田 该煤田的许多矿区(列宁斯克、克麦罗夫、普罗柯皮也夫矿区)中埋藏着缓斜和倾斜厚煤层。但在

表 4

岩 石	原始资料 的 数 量	关 系 方 程	关系系数, γ
煤: B 煤 层	16	$\sigma_{压} = \frac{9650}{w} - 225$	0.78 ± 0.03
F 煤 层 奥斯诺夫煤层	24	$\sigma_{压} = \frac{10500}{w} - 350$	0.75 ± 0.04
泥 质 岩	17	$\sigma_{压} = \frac{430}{w} - 45$	0.67 ± 0.05
粉 砂 岩	15	$\sigma_{压} = \frac{500}{w} - 38$	0.70 ± 0.05
煤: B 煤 层	95	$w = 25.8 + \frac{1350}{H}$	0.87 ± 0.02
F 煤 层	155	$w = 22.5 + \frac{450}{H}$	0.80 ± 0.03
奥斯诺夫煤层	131	$w = 21.0 + \frac{500}{H}$	0.91 ± 0.01
煤	41	$\sigma_{压入} = \frac{800}{n} - 90$	0.93 ± 0.01
泥 质 岩	82	$\sigma_{压入} = \frac{672}{n} - 24$	0.75 ± 0.06
粉 砂 岩	37	$\sigma_{压入} = \frac{820}{n} - 100$	0.90 ± 0.08
煤	40	$\sigma_{压入} = 2.47\sigma_{压}$	0.69 ± 0.97
泥 质 岩	74	$\sigma_{压入} = 2.40\sigma_{压}$	0.72 ± 0.05
粉 砂 岩	35	$\sigma_{压入} = 2.54\sigma_{压}$	0.79 ± 0.04

注: w—自然含水率, %; H—开采深度, 米。

库兹巴斯煤田内, 缓斜厚煤层产量中占主要地位的是 托 姆-乌辛矿区。在托姆-乌辛和相邻的姆拉斯克矿区中, 上 巴 拉洪和下巴拉洪煤层群包含了大约100层煤, 其中达到 可 采厚度的有34层。含煤系数高的两个层位属于上巴拉洪煤层群。

在托姆-乌辛矿区可划分出五个煤层组。厚煤层-Ⅲ、