

液压支架的使用 及其改进的途径

[苏] C.T.库兹涅佐夫 等
董玉文 译 罗志鸿 校

55

煤炭工业出版社

液压支架的使用 及其改进的途径

〔苏〕 C. T. 库兹涅佐夫 等
董玉文 译 罗志鸿 校

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书叙述了液压支架使用在不同矿山地质条件下, 矿压显现的研究结果, 揭示了液压支架的工作性能与围岩相互作用之间的关系; 介绍了工厂对液压支架立柱密封性的试验研究工作, 并提出了在矿井条件下关于支架立柱密封性的鉴定方法及立柱报废标准的建议; 说明了利用液压支架的初撑合力的位置、大小和支架立柱的控顶功能系数, 以及有效管理顶板的原则和实际措施; 指出了改进液压支架的途径。

本书可供从事液压支架的研究、设计、制造、试验和使用的工程技术人员参考。

责任编辑: 陈 锦 忠

С.Т.Кузнецов, В.Ф.Крылов, Ф.П.Глу-шихин,
Н.И.Яковлев, В.А.Бессонников, Н.М.Дво-рецкий.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ И ПУТИ

ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Издательство «Недра», 1976

液 压 支 架 的 使 用 及 其 改 进 的 途 径

〔苏〕 С.Т.库兹涅佐夫 等
董玉文 译 罗志鸿 校

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850×1168¹/₃₂ 印张 5
字数 129 千字 印数 1—4,420
1984年 8 月第 1 版 1984年 8 月第 1 次印刷
书号 15035·2642 定价 0.85 元

目 录

第一章 液压支架与围岩的相互作用	1
第一节 矿山地质条件对液压支架工况的影响	1
第二节 液压支架与围岩相互作用的研究方法	15
第三节 OMKT型掩护式支架在兹里亚诺夫斯卡亚矿井 29a煤层条件下的使用	16
第四节 2MK型支撑掩护式支架在十一月七日矿井纳德 拜卡伊姆斯基煤层条件下的使用	21
第五节 OMKT型掩护式支架在波雷萨耶夫斯卡亚矿井 巴依卡伊姆斯基煤层条件下的使用	25
第六节 2MK型支撑掩护式支架在切尔丁斯卡亚矿井 5号煤层条件下的使用	27
第七节 KM-87型支撑式支架在别列佐夫斯卡亚矿井 XXV I I煤层条件下的使用	36
第八节 KM-120型掩护式支架在亚罗斯拉夫斯基矿井 茹林斯基煤层条件下的使用	39
第二章 矿井研究结果的分析	43
第一节 液压支架的阻力	43
第二节 支架立柱安全阀的工况	54
第三节 支架立柱的密封性	59
第四节 液压支架与围岩相互接触作用的条件	61
第五节 顶板的支护	70
第三章 工厂对液压支架立柱密封性的研究	73
第一节 采煤工作面中支架立柱工作条件的特点	73
第二节 支架立柱在刚性试验台上的试验	77
第三节 支架立柱的恒载试验	86
第四节 对支架立柱密封性试验原则的分析及推荐的方法	93
第四章 在矿井条件下液压支架立柱的报废	106
第一节 支架立柱的报废标准	106

第二节	在矿井条件下确定支架立柱密封性的方法	112
第三节	检验整修工作的组织	121
第五章	使用液压支架时顶板的管理	125
第一节	概述	125
第二节	液压支架与围岩相互作用的机理特点	127
第三节	确定支架立柱额定阻力的原则及控顶功能系数	134
第四节	使用液压支架时顶板管理实际方法的改进	139
参考文献		150

第一章 液压支架与围岩的相互作用

第一节 矿山地质条件对液压支架工况的影响

煤层开采的矿山地质条件是十分复杂的。在解决研制和推广使用工作面综合机械化采煤设备的任务时，必须考虑这些地质条件对综采机械设备主要组成部分——采煤机、运输机和液压支架——工况的影响。

苏联各煤田所生产的煤炭，其强度变化范围很广，由40~50公斤力/厘米²到500公斤力/厘米²（样品单轴承压时）以上。岩石的强度变化范围也很广，约由50~100公斤力/厘米²到3000公斤力/厘米²。所开采的煤炭的品种包括褐煤和无烟煤。相应于煤炭的不同品级，岩石变质作用的程度在很大的范围内变化。莫斯科近郊煤田所属褐煤层的围岩为泥质岩，胶结性好和胶结性不好的砂岩。顿巴斯煤田生产无烟煤，其围岩的变质程度较高，并形成片理。强度大的片岩易于形成大面积岩石悬顶。由于变质作用的程度不同，岩石在含水区段与水的相互作用也不同。煤炭品级大致由B到K的煤层，其泥质围岩和泥质胶结碎屑岩易于吸水膨胀。当煤炭的品级相当高时，其围岩的吸水膨胀性很小，甚至完全不吸水膨胀。这样，苏联各煤田具有各种品级的煤炭，这就决定了岩石的机械性质具有很大的变化范围。此外，各煤田和各矿层之间的区别，在于矿层中的沉积物经过条件不同的浸蚀、变迁和置换作用等过程。实际上，所有煤田的一些区段，其围岩具有多变的成份，还有的区段形成矿层尖灭等。许多矿区承受了引起断裂破坏的地质构造力的作用。

在煤田的较多煤层中，具有复杂的构造：下层顶板不稳定，底板松软（尤其是在含水区段），显著地显现初次沉降，随后沉降及顶板冒落；煤层厚度和煤层倾角变化大；瓦斯含量和水含量

大。许多煤层还有矿山冲击地压，存在煤、岩石和瓦斯突出的危险。

矿山地质条件的复杂性，一方面，给对液压支架和综采设备提出统一的技术要求带来困难；另一方面，根据统一技术要求制造的液压支架和综采设备不可能在各种地质条件下都有效地使用。因此，在一些场合，工作面综采设备只要严格地实现操作规程所规定的要求，即可使工作面快速地推进。但是在另外一些场合，则要求采取某些辅助措施，增大一些附加的消耗。在许多情况下，现代液压支架不能保证取得更高的技术经济指标。因此，为了提高所有综采工作面的技术经济指标，必须做到下列各点：

正确地估计和预测矿山地质条件；

编制足够充分的指导性资料，用以表明各种矿山综合地质因素对液压支架工况影响的特性；

改进在数量上反映与某些地质因素影响有关的技术要求的措施；

明确规定选择液压支架动力参数和几何参数的原则，以便保证可靠地管理任何顶板。

在综采设备的三个组成部分中，液压支架受矿山地质条件的影响最大。根据对液压支架工况影响的特性，可把所有矿山地质因素分为下列三类〔3〕：

第一类包括决定液压支架外载荷数量指标和质量指标的因素，即直接顶和老顶岩石的机械性质，层理和裂隙。这些因素表现在顶板岩石的稳定性和冒落性方面；

第二类包括决定发挥支架支护能力以阻止外载荷可能性的因素，即包括直接与支架相接触的岩石的变形性质；

第三类包括所有其它直接或间接地影响支架工况的因素。

支架外载荷的质量指标和数量指标决定于顶板岩石的稳定性和冒落性。因此，决定岩石机械性质，层理和自然裂隙这些主要性质的所有因素均属于第一类。

岩石样品的机械性质决定于多种的综合因素，即岩体材质及

胶结物的物质组成，胶结类型，碎屑材质的晶粒大小，沉积物形成的条件，变质作用程度，孔隙率，含水率及风化程度等。此外，岩体的机械性质还与层理和自然裂隙有关。在这种情况下，主要从岩层产生分层倾向的观点出发，岩石的层理具有更大的影响。研究〔4〕指出，岩层的分层作用是由于松软夹层的影响而产生的。因此，岩层的分层厚度及分层厚度的变化关系决定于松软夹层的分布状况，以及它们之间的距离。这样，在研究含煤岩石的层理时，应当设法查明松软夹层的类型。

由于自然裂隙的存在，使得自然条件下的岩石强度低于其样品强度。这种强度的降低与裂隙显现的密度及程度，裂隙系统的数量及尺寸有关。沿裂隙系统的裂隙表面的法线方向，每1米长度上所具有的裂隙数量即为该系统的裂隙密度。下面我们将引用裂隙总系数 I 这个概念。在某一部位的范围内，所有裂隙系统的密度之总和称为裂隙总系数〔2〕。在庫茲巴斯的列寧斯克和別洛夫斯克矿区，这种系数分三种数值：当顶板岩石裂隙不发育时，该系数等于10~30；当顶板岩石裂隙发育程度中等时，该系数等于30~60；当顶板岩石裂隙高度发育时，该系数大于60。在岩层范围内，每个系统的裂隙是具有裂隙的各个区段的总和。在各区段之间具有裂隙中间间隔，这些间隔的方向平行或垂直于各区段。在很少的情况下，这种裂隙区段能够完全通过松软夹层之间的岩层。当层间具有这种裂隙和光滑的夹层（具有滑动痕迹和钙质及炭质泥岩薄层的光亮夹层）时，岩层实际上呈现出各种形状和尺寸的节理。斜切裂隙（外生裂隙）可以完全通过一些间层，而延伸的裂隙却可通过多个分层。

松软夹层和自然裂隙可以利用研究斜层岩芯的方法加以判明。这种岩芯可用一定的方式由定向孔中取出〔4，5〕。下面将说明取芯孔的布置及对岩芯资料的要求。

最下层顶板的稳定性，直接顶和老顶的冒落性，与矿层岩石的机械性质有关。而顶板的稳定性和冒落性决定着支架外载荷的质量指标和数量指标。

人们把顶板保持其完整性和在采煤过程中工艺上所必要的某段时间内不发生冒落的能力看作是顶板岩石的稳定性。关于顶板保持其完整性和不发生冒落的能力这两个概念，不能等同起来。当顶板岩层受到支撑时（例如，当工作面由后煤柱离开时），在采煤过程中顶板岩石出现裂隙后，岩石可能仍不发生冒落〔6〕。这一点可以解释为，由所形成的“构件”（岩块）构成了三铰拱，因此具有更大的自控能力。对于工作面中采煤的情况来说，应当把在采煤过程中顶板岩石暴露出一定的面积而仍不发生冒落的能力看作是顶板岩石的稳定性。但是这种能力决定于岩石产生裂隙而形成的岩块大小和岩石暴露的面积。因此，关于岩石稳定性的预测可以归结于关于岩石完整性破坏的预测。当超过某种开采深度时，下层顶板岩石的完整性在煤壁附近开始发生破坏。当使用液压支架支护具有不同稳定性的工作面下层顶板岩石时，液压支架的移架对于采煤机的允许滞后量也不同，并对煤壁附近的顶板直接支护提出不同的要求。

苏联的煤田和矿区，大多数煤层的倾角在 35° 以下，其下层顶板不稳定。所有煤田的下层顶板通常为泥质岩和炭质泥岩，粉砂岩较少，砂岩和石灰岩很少。在顿巴斯煤田，煤层工作面的伪顶多数具有成层的节理（有光滑的表面和滑动的痕迹），还具有方解石层和炭质泥岩层。块状构造的松软岩石分布得相当广泛。由于表面松软，通常发生小于0.2米厚的岩石离层。在庫兹巴斯煤田〔2〕，下层顶板岩石的厚度由5厘米到30厘米，极不稳定，抗压强度约为200公斤力/厘米²，裂隙总密度系数约为50~70。

于1955年~1958年期间，全苏矿山测量科学研究所在庫兹巴斯50个缓倾斜煤层的68个工作面中，对暴露顶板的稳定性进行了专门的研究〔8〕。每个工作面都使用深截式采煤机采煤，在这种情况下，在5~7个相邻的循环内进行观测。根据观测所得到的结果，将所有顶板按其下层岩石的稳定性进行分类，可分为五个等级：Ⅰ级—极不稳定；Ⅱ级—不稳定；Ⅲ级—中等稳定；Ⅳ级—稳定；Ⅴ级—极稳定。暴露顶板的面积和顶板处于稳定状态的

时间，按等级列出下列数值：

等级	顶板暴露面积，米 ²	稳定时间
I	(1.4~2.0) × 4.0	≤ 5 分
II	(1.4~2.0) × 4.0	5 ~ 20 分
III	由 (1.4~2.0) × 4.0 到 (1.4~2.0) × 25	由 20 分到 2 小时
IV	(1.4~2.0) × 25	> 2 小时
V	(1.2~1.5) × (80~120)	一个采煤 循环时间， 并经过 3 ~ 4 小时

在库兹巴斯煤田的缓倾斜煤层中，根据其顶板稳定性的等级，工作面所占的百分数如下：I 级顶板—37.4%；II 级顶板—25.7%；III 级顶板—14.6%；IV 级顶板—16.1%；V 级顶板—5~6.2%。可见，有63%工作面的顶板是属于极不稳定和不稳定的。

在使用浅截深开采法和液压支架时，煤壁附近顶板支护的效果较差，在其它条件相同时，煤壁附近顶板冒落的空穴数量增多。对于液压支架来说，十分重要的是要判明极不稳定和不稳定的顶板。在苏联的煤田中，具有这种顶板的煤层工作面约为70%。

决定顶板下层岩石稳定性的主要因素有：层厚 h ，岩石抗压强度 $\sigma_{\text{сж}}$ ，裂隙总密度 I 和开采深度 H 。Ю.Н.杜帕克和З.Д.尼兹古列茨基^[2]（全苏矿山测量科学研究所）根据对上述划分等级的顶板数据进行统计处理的结果，得到计算顶板稳定性系数用的经验公式

$$f = 2.14 + 0.25h + 0.002\sigma_{\text{сж}} - 0.004H - 0.01I \quad (\text{I.1})$$

在进行统计处理每个煤层的试验数据时，曾将上述观测结果所得的顶板稳定性等级数据代入公式。因此，下层顶板稳定性可近似地表示为：

I 级—— $f \leq 1.5$;

II 级—— $f = 1.51 \sim 2.5$;

Ⅲ级—— $f = 2.51 \sim 3.5$;

Ⅳ级—— $f = 3.51 \sim 4.5$;

Ⅴ级—— $f > 4.5$ 。

直接顶和老顶岩层在支护空间范围之外发生冒落的能力可理解为岩石的冒落性。根据顶板在支护空间范围之外发生冒落的能力来判断支护空间上方顶板岩石发生破坏的能力。

直接顶和老顶岩石的冒落性同下层顶板岩石的稳定性一样，也决定于层厚、岩石强度、裂隙密度和开采深度。在苏联各煤田的大多数煤层中，煤层的上面具有易冒落的岩层。这种易冒落岩层的总厚度为煤层开采厚度的 $3 \sim 4$ 倍。在这种条件下，老顶岩层虽然也能对有效外载荷值产生影响，但是这种影响不大。当泥质岩和粉砂岩顶板的厚度不大时，易于发生冒落。当岩石的强度较低时（ $\leq 300 \sim 400$ 公斤力/厘米²），较厚的顶板岩石（ $1.5 \sim 2$ 米）也可能易于发生冒落。在倾角 $\leq 35^\circ$ 的煤层中，约有12%的工作面，其易冒落顶板岩层总厚度对煤层开采厚度之比值小于 $3 \sim 4$ 。在这样的工作面中，有效外载荷增高。在大多数这样的工作面中〔9〕，老顶为砂岩，在某些场合下为石灰岩，有时为坚固的粉砂岩。

如果已知关于层厚的数据，即可近似地确定直接顶和老顶岩石的冒落性。根据И.Н.沃罗宁在库兹巴斯煤田所进行的研究工作〔10〕，确定了层厚（松软夹层之间的距离）与岩石平均强度之间的关系：层厚越大，其岩石强度也越大。地质专家们确定，裂隙密度随着层厚的增大而减小。由此可知，层厚在很大的程度上也可以表示岩石的强度和裂隙的密度。这就给根据层厚近似地判定岩石冒落性的做法提供了基础。为了近似地判定岩石的冒落性，И.Н.沃罗宁利用了М.瓦弗罗的文章〔11〕中所讲到的作图法的观点。И.Н.沃罗宁说明了作图的实质，确定了图形重心和冒落性角度指标〔12〕。现在，我们介绍一下作图方法，并说明如何分析确定顶板岩石冒落性的角度指标。

顶板岩层高度方向上的厚度可达煤层开采厚度的10倍。现在

我们分析各分层纵向厚度大致相等的岩层，并绘制出图形（图1）。

该图的 x 轴表示岩层中各分层的横向平均厚度， y 轴表示岩层中各分层的纵向平均厚度。对于每个岩层，图中均有一个相应的矩形。顶板的冒落性可由横座标与一斜线之间的夹角加以表示。该斜线起始于座标原点，终止于由每个岩层矩形的总和而形成的图形的重心。在绘制岩层的矩形图时，把若干个分层总和起来，这些分层的最大厚度和最小厚度，与平均厚度之间的差别达

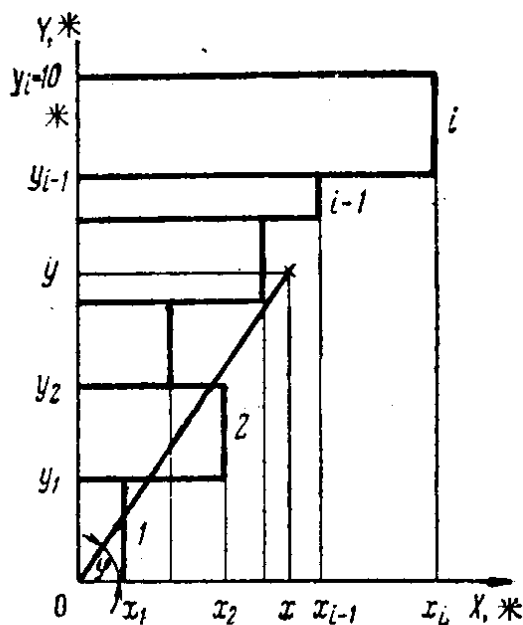


图1 顶板冒落性的预测图

15%。图1中的1, 2, …… i 由下向上地依次表示各分层岩层，而 $x_1, x_2, \dots, x_i$ 分别表示岩层中各分层的横向平均厚度。纵座标 $y_1, y_2, \dots, y_i$ 相当于岩层的上边界。由下向上各岩层厚度分别等于 $y_1, y_2 - y_1, \dots, y_i - y_{i-1}$ 。图形的上边界，其纵座标值 $y_i = 10$ 米，它不可能精确地与某个岩层的上边界相重合。通常，某个岩层的上边界，其纵座标小于10米。

如果纵座标 $y = 10$ 米只处在其上面相邻岩层的一个下分层范围内，则应把相邻下部岩层的上边界作为图形的上边界。在这种情况下， y_i 小于10米，即不包括上面相邻部分岩层的矩形图。

如果在纵座标 $y = 10$ 米以下，上部岩层具有几个分层（这个岩层的上边界的纵座标大于10米），则应把这些分层的平均厚度作为上部岩层的平均厚度，而应把纵座标 $y_i = 10$ 米作为图形的上边界。在这种情况下，在确定上部不完整岩层的分层平均厚度时，应当只计及位于该座标下面的完整的分层，而在确定上部矩形的高度时，应当计及这些分层（包括部分地位于 $y_i = 10$ 米下面的那个分层）的总厚度。

图1中的“x”字号表示整个图形重心的座标点, 其座标值可由下式求定:

$$x = \frac{y_1 \frac{x_1^2}{2} + (y_2 - y_1) \frac{x_2^2}{2} + \cdots + (y_i - y_{i-1}) \frac{x_i^2}{2}}{x_1 y_1 + x_2 (y_2 - y_1) + \cdots + x_i (y_i - y_{i-1})} \quad (I.2)$$

$$y = \frac{x_1 \frac{y_1^2}{2} + x_2 \frac{y_2^2 - y_1^2}{2} + \cdots + x_i \frac{y_i^2 - y_{i-1}^2}{2}}{x_1 y_1 + x_2 (y_2 - y_1) + \cdots + x_i \frac{y_i^2 - y_{i-1}^2}{2}} \quad (I.3)$$

顶板的冒落性可利用角度 φ (度) 或该角度的正切值 ($\text{tg}\varphi = y/x$) 加以判定。若把计算所得的 φ 角正切值, 同根据库兹巴斯煤田一些矿井冒落区有关测定结果对顶板冒落性的判定加以比较, 则可以认为, 当 $\text{tg}\varphi > 3.7$ ($\varphi \approx 75^\circ$) 时, 顶板属于易冒落性质。当这个角度的正切值较小时, 顶板岩石属于难冒落性质。这种顶板岩石直接位于煤层的上面, 或在煤层以上一个不大的距离。当开采深度为300~400米和岩石的强度接近于库兹巴斯煤田岩石的强度时, 公式(I.2)和(I.3)可用于近似地判定顶板的冒落性。

经验指出, 许多煤层中具有难冒落的顶板。在这种情况下, 为了防止液压支架工作面的顶板发生冒顶和支架被压死的事故, 必须采取一些特殊措施。其中最有效的是在支架后面进行强制放顶^[13], 对岩层进行超前爆破^[14]和预先进行水力处理^[15]。

为了判定顶板的冒落性和提高采用上述措施的效果, 必须掌握关于岩层中松软夹层及自然裂隙所处位置的数据, 这是非常重要的。通常, 矿井的地质测量资料中很少记载有关这方面的重要矿山地质数据。上述数据不充分, 表明缺乏根据煤田岩芯取得所有数据的有效方法。

在确定自然裂隙的赋存条件时, 最简单和最方便的办法, 就是在未被支架支护的暴露的工作面顶板岩石处, 利用比例尺和罗盘仪测定裂隙的发育程度, 裂隙面倾向方位及倾角。将自然裂隙

和压力裂隙加以区别，是很重要的，而且又是十分复杂的。在有关文件资料中应当提供裂隙的有关数据，因为在预测和计算岩石的冒落过程时，必须要利用自然裂隙的有关数据。

当煤层的顶板岩石尚未在工作面中暴露时，只能根据钻孔岩芯来取得有关裂隙的数据。这样的钻孔应当处于回采工作影响区之外。为了根据岩芯来确定自然裂隙的赋存条件，必须保证在提取岩芯之后有可能确定岩芯的方位。在炭质沉积的岩层中具有明显的层理时，可在钻取偏斜岩芯的情况下来确定岩芯的方位。

钻孔在沿走向方向截断岩层的平面中的位置，如图2a所示，而在沿倾斜方向截断岩层的平面中的位置，如图2b所示。钻孔1、2、3、4的轴线在平面上的方位，如图2b所示。钻孔应与岩层的垂直线略成 30° 夹角。不难理解，在确定自然裂隙的方位时，由于4个钻孔具有如图2所示的位置，各钻孔不可避免地会通过所有可能的裂隙系统，因此可以获得充分可靠的有关自然裂隙系统的裂隙密度及其赋存条件的数据。钻孔的数目可以减少到2~3个，但是在这种情况下，裂隙数据的可靠程度减低，因为钻孔可能通过某些裂隙系统，也可能完全不通过这些裂隙系统。例如曾有一次就不能判定这些系统裂隙的密度。

图2r表示钻孔位置的举例。这些钻孔是在切尔丁斯卡亚矿井5号煤层的顶板中钻出的。根据这些钻孔岩芯的记载数据绘制出柱状图。可以看出，在直接位于煤层上方的泥岩中具有滑动面夹层，而在泥岩的上面具有炭质夹层，大片植物化石及小片植物化石。在岩层中含有一些自然裂隙系统。

裂隙的赋存条件可利用标准曲线板加以确定^[16]。利用这种曲线板可以确定裂隙面的大致倾向，而裂隙面倾向与某椭圆长轴方向之一的方位成一定的位置关系。此处的椭圆系指岩层与岩芯圆柱表面相切时所形成的痕迹。裂隙对于岩石层理的倾角可以加以确定。为了求定裂隙面的真实倾向及倾角，必须知道钻孔轴线的方位和倾斜角，以及岩层面的倾向。裂隙面的真实倾向及倾角的数值可根据几何图形加以确定^[17]。对岩芯的侧面和端面进行

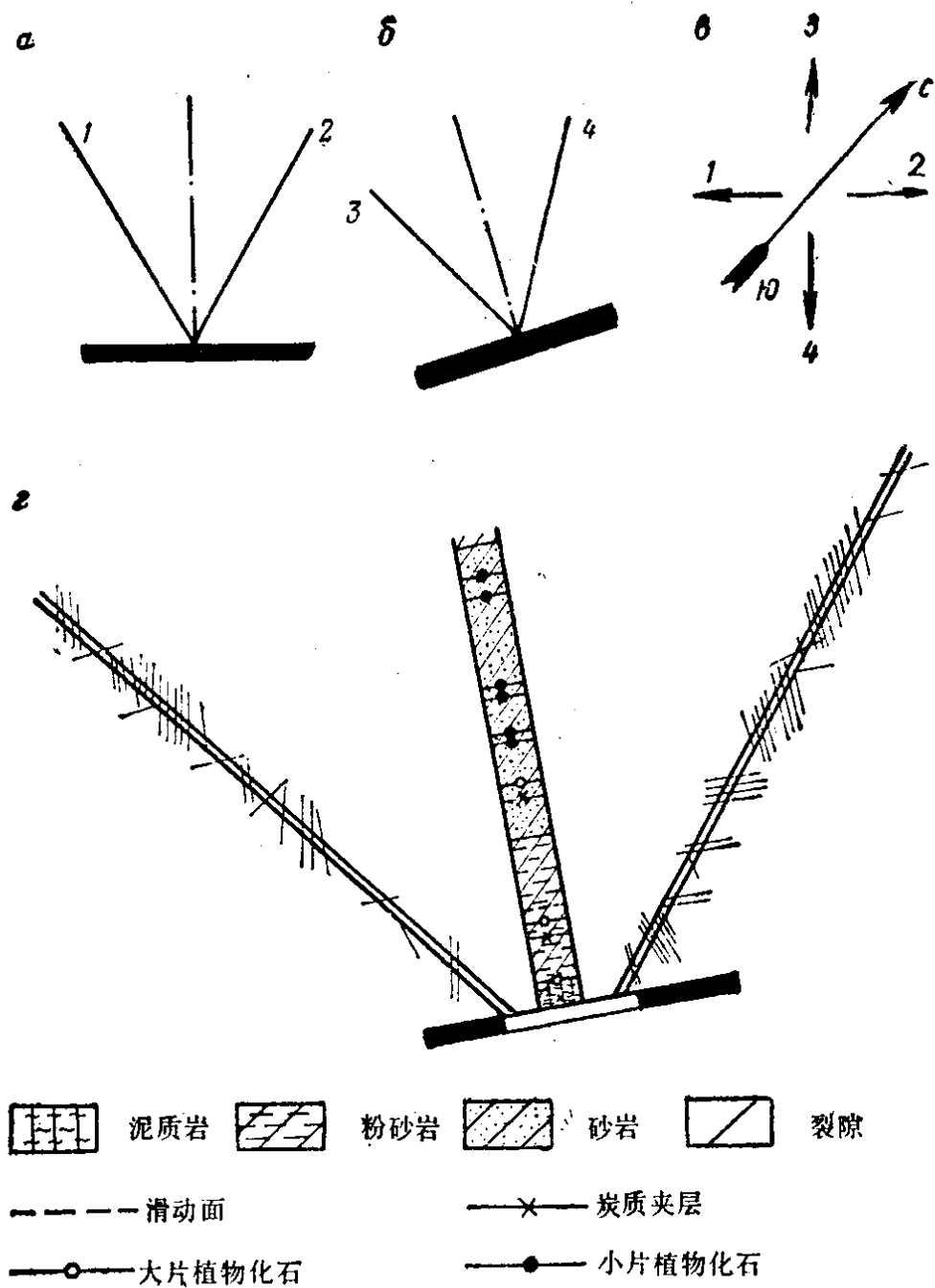


图 2 用以判定松软夹层，自然裂隙密度及其赋存条件的钻孔位置图

观测和编录，即可确定松软夹层的类型及其位置。

表 1 所示为四种类型的松软夹层。这些夹层是从库兹巴斯煤田的炭质岩层中发现的。具有滑动面痕迹的夹层，其强度最低。这些夹层总是光滑的，而且通常是发亮的，其抗拉强度接近于零。在所有的情况下，就是沿着这些夹层产生顶板离层的。薄层炭质夹层，特别是在泥质岩和粉砂岩中的炭质夹层，其特点也是

表 1

松软夹层类型	夹 层	围 岩	松软表面		抗拉强度 σ_P 吨力/米 ²	内摩擦角 ρ 度	附着系数 C 吨力/米 ²
I	滑动面：沿 泥质岩层	泥 质 岩	平坦	光滑	0~1.0	12~14	0~3.0
		泥质粉砂岩					
	滑动面：沿 植物化石	细粒粉砂岩	不平坦	光滑	0.5~5.0		1.5~15.0
		粗粒粉砂岩					
II	炭质夹层	泥 质 岩	不平坦	光滑	0.5~1.5	15~20	1.5~4.5
		粉 砂 岩	不平坦	光滑	0.5~10.0		1.5~30.0
				不光滑			
		砂 岩	平坦	不光滑	1.5~2.5		4.5~75.0
III	大片和中片 植物化石	泥 质 岩	平坦	不光滑	1.0~15.0	20~26	3.0~45.0
		粉 砂 岩	不平坦	不光滑	2.5~30		7.5~90
IV	小片植物化 石	粉 砂 岩	平坦	不光滑	30.0~70.0	26~35	90.0~210.0
		砂 岩	平坦	不光滑	30.0~150		90.0~450.0

十分松软的。泥质岩和粉砂岩就是沿着这种夹层产生离层的。砂岩也可能产生离层，也可能沿具有大片植物化石的多种夹层产生离层。这些夹层的强度与植物化石所占的单位面积有关，其值在相当大的范围内发生变化。在粉砂岩和砂岩中，含有小片植物化石的夹层，其分布范围相当广。但是，这种夹层的强度较大，不会沿这种夹层产生离层。

在编录岩芯时，必须仔细地观测其侧表面和端表面。特别要注意观测其端表面，因为在钻进或提取岩芯时，岩芯总是在松软的夹层处发生断裂。

图 3 和图 4 分别表示佳吉列夫斯基和布列耶夫斯基煤层（库兹巴斯煤田的列宁斯克矿区）顶板岩层中松软夹层的位置及岩石的强度。柱状图的右侧表示岩石的抗拉强度，左侧表示抗压强度。柱状图左侧的数字表示煤层赋存深度H。

在佳吉列夫斯基煤层的下部具有强度较大的砂岩层，其抗拉强度为40公斤力/厘米²，抗压强度为1400公斤力/厘米²。

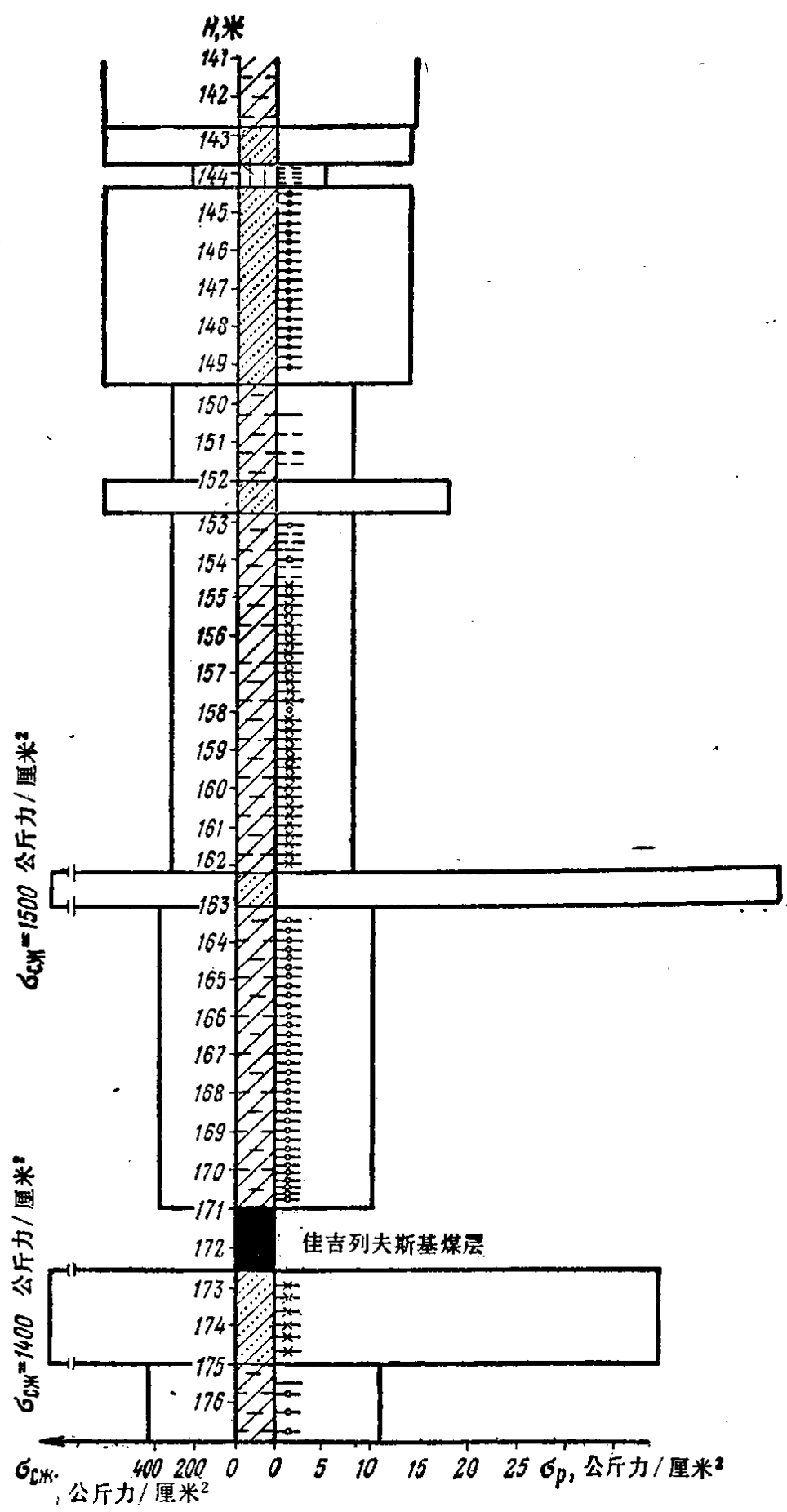


图 3 佳吉列夫斯基煤层围岩的结构及强度，图中的标记参阅图 2