

U224
Y977



地信网论坛
BBS.3S001.COM

矿井采区断层的处理

严 正 方 编 著

中 国 工 业 出 版 社

273843



断层，是矿井生产过程中经常遇到的地质现象，处理不好，就会影响生产的正常进行。在断层较多的矿井里，处理断层就成为一项极为重要的技术问题。本书根据淄博、新汶、淮南、鸡西等矿区的实际经验，并参考有关期刊、学报发表的材料，编写了《矿井采区断层的处理》一书。书中除简要介绍断层的基本概念外，比较详细地叙述了开拓部署、掘进巷道、回采工作中断层的处理方法，以及过断层的防水方法。

本书可供煤矿工程技术人员参考，并可供煤矿院校师生阅读。

矿井采区断层的处理

严正方 编著

煤炭工业部书刊编辑室编辑（北京东长安街煤炭工业部大楼）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路10号）

北京市书刊出版业营业登记证出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张 $4\frac{1}{16}$ ·字数92,000

1966年1月北京第一版·1966年1月北京第一次印刷

印数0001—2,910·定价(科五)0.55元

统一书号：15165·4237（煤炭-333）



目 录

第一章 断层的基本概念

- § 1. 什么是断层 1
- § 2. 怎样鉴别断层 11
- § 3. 断层对生产的影响 20
- § 4. 怎样处理断层 31

第二章 开拓部署中断层的处理

- § 1. 主要开拓巷道的布置 33
- § 2. 断层作为划分水平和采区的依据 38
- § 3. 上下山的位置 42
- § 4. 工作面的布置 45

第三章 掘进巷道时断层的处理

- § 1. 掘进水平巷道时倾斜断层和斜交断层的处理 51
- § 2. 掘进水平巷道时走向断层的处理 66
- § 3. 掘进倾斜巷道时走向断层及斜交断层的处理 67
- § 4. 过断层时掘进工艺的特点 72

第四章 回采工作中断层的处理

- § 1. 走向断层的处理方法 77
- § 2. 倾斜断层的处理方法 84
- § 3. 斜交断层的处理方法 86
- § 4. 处理断层时顶板管理 90
- § 5. 不同采煤方法对断层的处理 96
- § 6. 过断层的劳动组织 104

第五章 处理断层时防水工作

- § 1. 影响断层涌水的因素 106
- § 2. 地面防水 108
- § 3. 留置防水煤柱 109
- § 4. 探水和放水 114
- § 5. 发生涌水的预兆 121
- § 6. 堵水 122



第一章 断層的基本概念

§1 什么是断层

在煤矿井下，在煤层中开掘的运输巷道，往往不完全开掘在煤层里，大約有十几米到百余米的一段开掘在岩石中，然后再进入煤层。除了因褶曲不得不在岩石中开掘巷道外，有时候，煤层的連續性受到破坏，发生了錯动，在无煤区通过一段岩石巷道（石門）后，才找到了煤层。这时，煤层中开掘的运输巷道就有一段在岩石中了（图1，AB、CD为石門）。这种煤层或岩层受力后，发生相对錯动的现象，我們称为断层。在生产矿井中，断层又被叫做嵌或石墙。

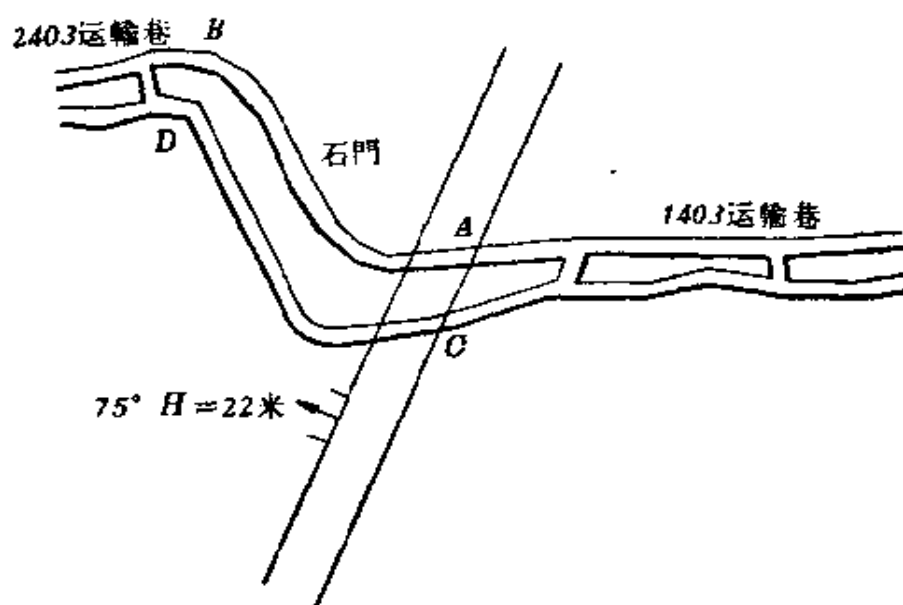


图1 中間石巷平面图

断层产生的原因，是由于岩层（包括煤层）在地球内部能力的作用下，如地壳运动和岩浆活动，受到很大的作用力，但是岩层具有一定的强度，在作用力沒有超过岩层的抵抗力时，岩层不



会断裂。当作用力超过岩石的抵抗力时，岩层即发生断裂，造成断层。

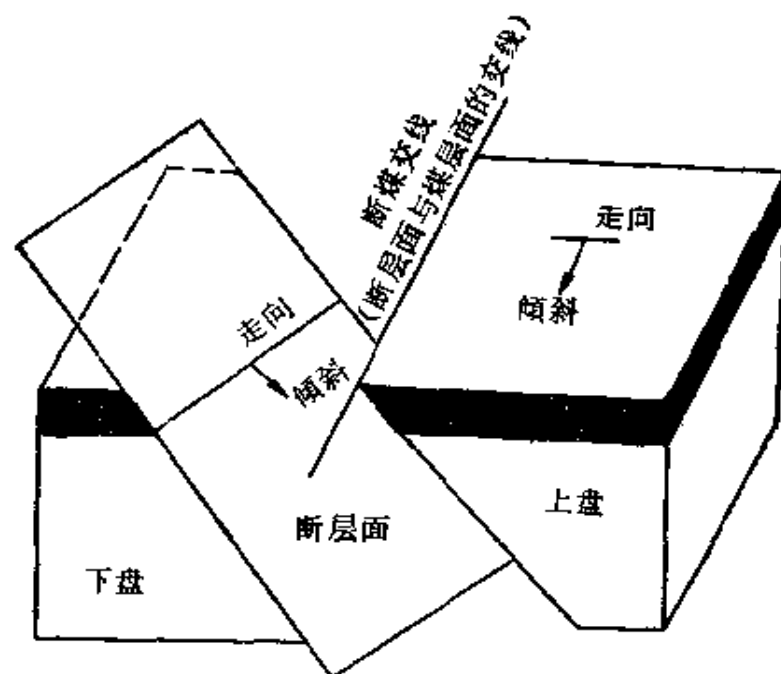


图 2 断层要素

为了说明断层的赋存状态，常用断层要素来表示（图 2）。断层要素是断层面、断煤交线、上盘、下盘和断距。所谓断距，

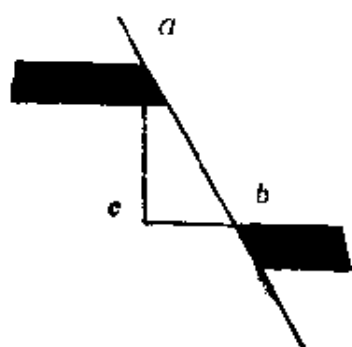


图 3 断距图

ab—真断距；bc—水平断距；

ac—垂直断距

是指岩层上某点位移后所错开的距离，也即断层面上盘和下盘相对位移的距离。断距可分为垂直断距、水平断距和真断距（图 3）。在生产中，经常使用的是垂直断距，即落差。

断层的形式是多种多样的。平巷掘进时，常会遇到图 4 和图 5 所示的断层。从平面图看来，图 4 和图 5 所示的断层差不多一样，但仔细分析，尤其是通过剖面图的研究，可以知道，煤层被断裂后的形态是不同的，断层面上下的煤层位置恰恰相反，图 4 所示为正断层，图 5 所示为逆断层。

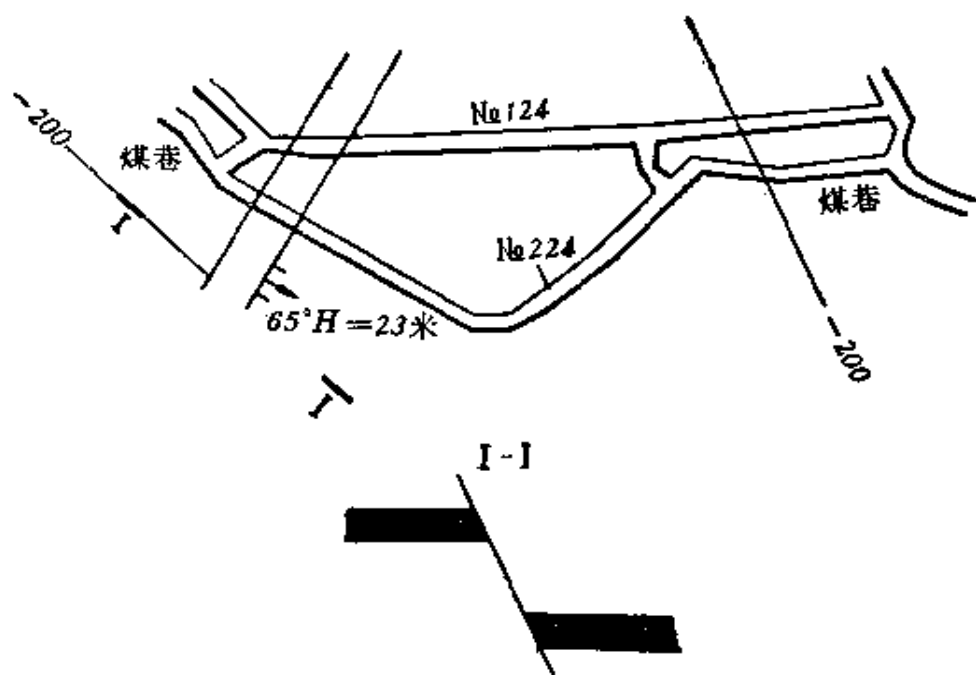


图 4 巷道通过正断层

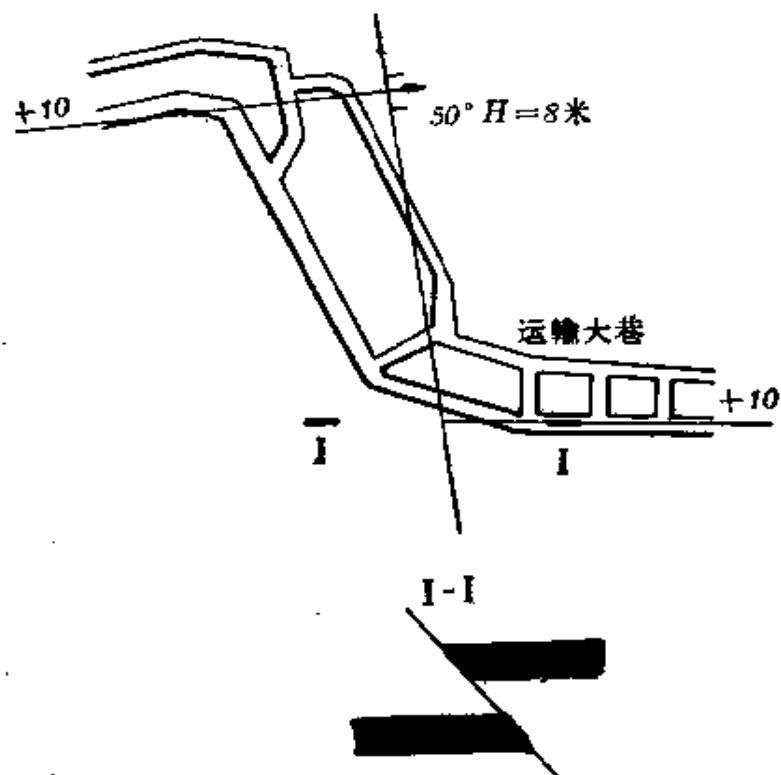


图 5 巷道通过逆断层



图6为枣庄矿区某相邻两矿的技术边界图。如果只看平面图，可能困惑不解，甲矿的风井怎么会打在乙矿井田内呢？乙矿井田内怎么会有甲矿的技术边界呢？但是，看了图6的剖面图后，就会恍然大悟，这是平面投影重叠使我们产生错觉的结果，实际上，它们是分别处于不同的上下盘中。这种有趣的问题，在采掘工程平面图中经常遇到。

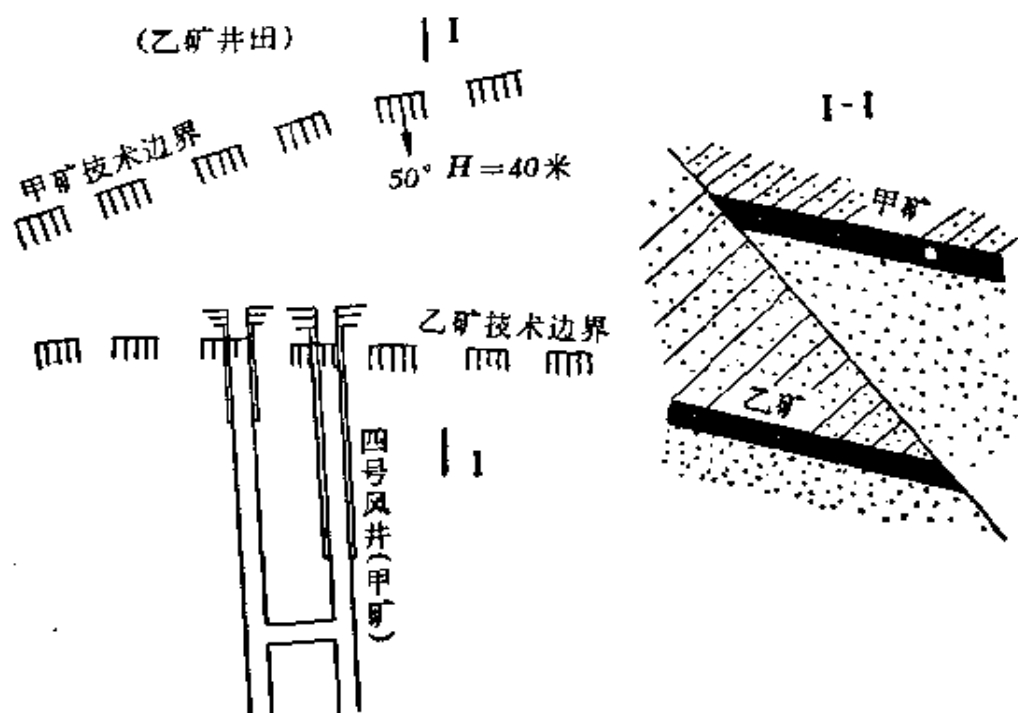


图6 相邻矿区的技术边界图

在巷道掘进过程中，只碰到一次断层的机会是很少的，在一般情况下，会遇到更多的断层，如图7和图8所示。根据图7、图8的剖面图可知，这些断层的形态也是不相同的。同样，在回采工作面也会遇到类似的断层（图9）。

根据上面所述，断层可以分为以下几类：

根据上下盘的相对位置，断层可分为正断层、逆断层（图4、图5）和逆掩断层（图6）。

根据断层面与岩层走向的相互关系，断层可分为走向断层、倾斜断层和斜交断层（图10）。

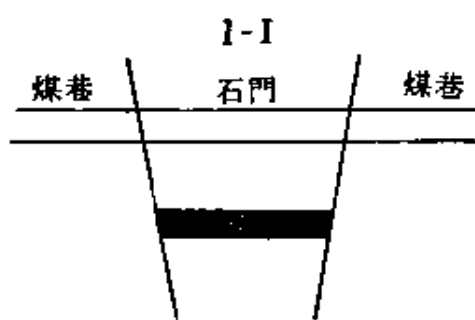
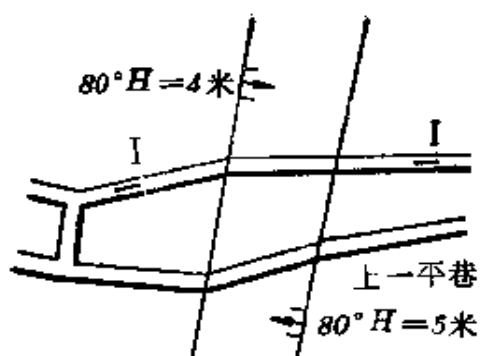
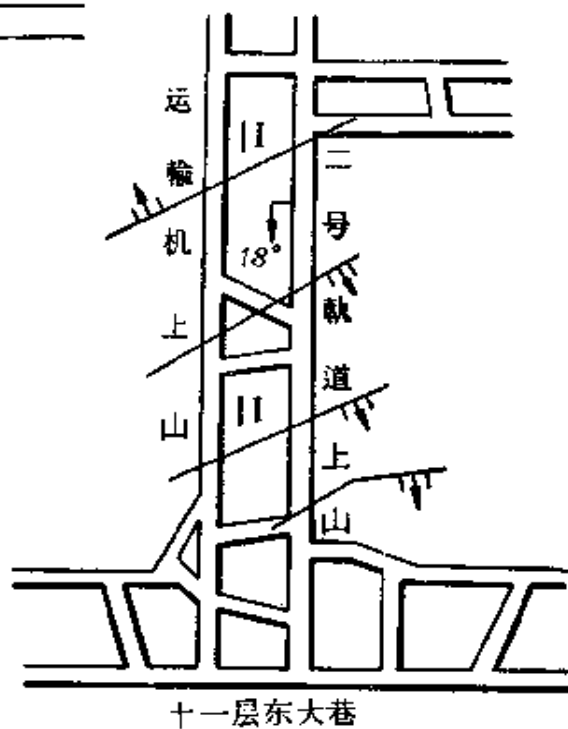


图 7 地壑



I-I

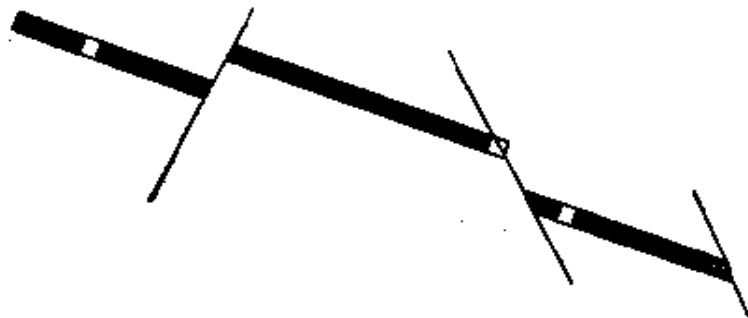
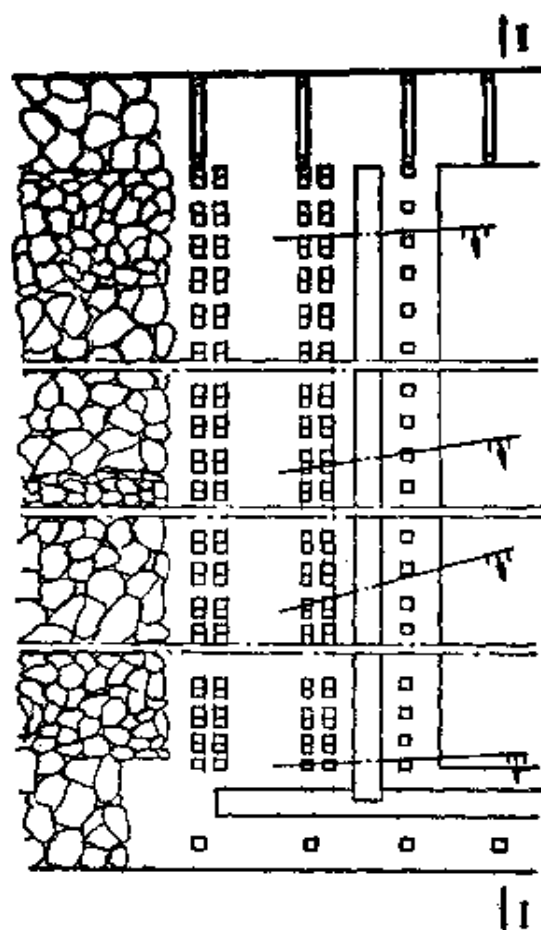


图 8 地垒



1-1



图 9 阶状断层

根据断层两盘相对运动的性质，可以分为移动和转动两种。任何断层都具有这两种运动的性质，只不过其中某一种运动性质的大小有区别罢了。属于移动的断面，移动前后，岩层皆互相平行，为直线运动；属于转动的断层，转动后，原来互相平行的岩层就不再平行了，这种断层称为扭转断层（图 10）。图 4 上盘已发生扭转，这从图上的等高线可以看出。

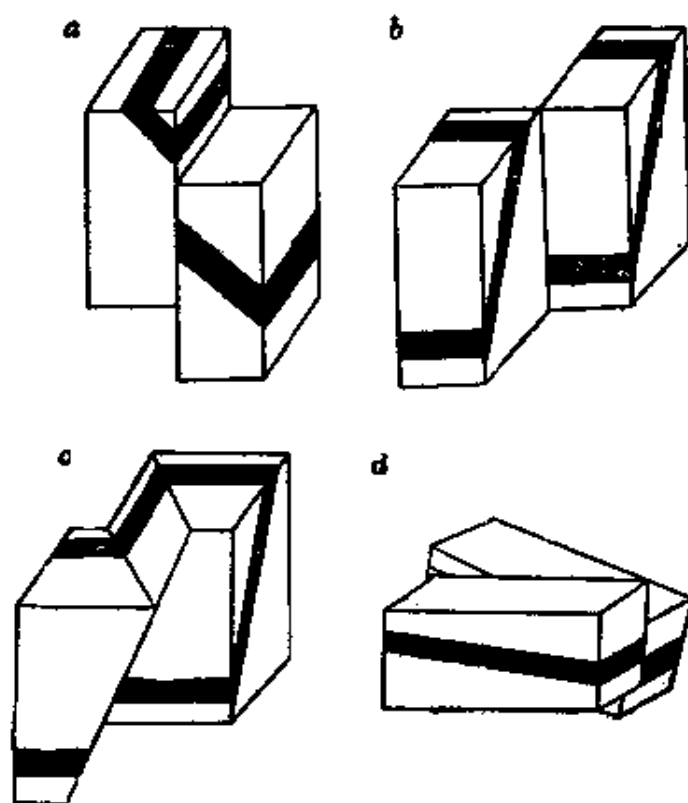


图 10 断层种类

a—走向断层；b—倾斜断层；c—斜交断层；d—扭轉断层

有时候，断层不是单独出現的，而是成組出現的。根据断层的組合关系，断层又可分为阶状断层、地垒和地堑（图 7、8、9）。它們可能由正断层組成，也可能由逆断层組成。

在生产矿井中，工人和技术人員根据断失煤层运动的方向，将断层分为“爬嵌”和“跌嵌”（图 11）。这种划分方法非常形象地說明了断失煤层去向和施工的方法，所以使用很广。



图 11 断层分类

a—跌嵌；b—爬嵌

如何表示断层呢？图 2 是用立体图表示了断层的形状，这个图看起来非常清楚易懂，但它只能做为示意图或輔助图使用，說



明某一局部地区的地质构造，而在采掘工程上利用这种图，往往会对问题交代不清楚，或者根本无法交代。因为采掘工程图要求把整个矿井的地质构造和开拓开采的进展情况表示出来。全矿井开掘了多少巷道，布置了多少个回采工作面，存在多少断层，这

实测正断层		箭头指示断层面的倾斜方向，单个短横线表示正断层，并指示地层下降的一侧
实测逆断层		箭头指示断层面的倾斜方向，两条短横线表示逆断层，并指示地层下降的一侧
实测逆掩断层		箭头指示断层面的倾斜方向，三条短横线表示逆掩断层，并指示地层下降的一侧
实测平移断层		两个箭头所指的方向，表示断层位移的方向
实测旋转断层		“○”符号表示旋转断层，箭头表示断层倾斜方向
断层之上下盘		a - 上盘；b - 下盘 (适用于煤层等高线图及储量计算图)
断层裂隙带		中间表示裂隙地带
断层破碎带		中间表示破碎地带
性质不明的断层		表示断层性质还未探清
断层剖面		断层表示在地质剖面图上，两旁箭头所指示的方向，表示地层的位移方向

说明：1. 断层符号在彩色图上应一律用红色表示，在蓝图上由于不易着色，可根据需要自行确定。

2. 凡是有水的断层均用蓝色表示“—水—”。

3. 推断的断层图例，同上，但用虚线表示。

图 12 断层图例



些断层的位置、赋存情况、延长的深度和与采掘工作面的相对位置，等等，都要在采掘工程平面图上反映出来，立体图是无法全部表达出来的。因此，在采掘工程及地质工程上，为了表示断层，采用了某种符号——这就是图例。

我国对断层图例也和其它图例一样，做了统一的规定，以便于各地使用和交流图纸。煤炭工业部于1963年颁布了《煤田地质标准图例》^①，其中对断层图例作了规定，如图12所示。

煤炭工业部曾于1955年颁布《煤矿（油页岩矿）的矿山测量平面图及地质断面图的图例》，对断层的图例也作了如下规定：

露于地面的断层裂缝，用红色梳状线表示，梳齿应画在滑落面的倾斜方面，梳齿线之间为1毫米。选择大约位于中央的一个梳齿线标以箭头表示滑落面的倾斜方向，在箭头旁边注明倾斜度数。图13是1:2000~1:10000图纸所用的图例。



图 13 露于地面的断层裂缝图例

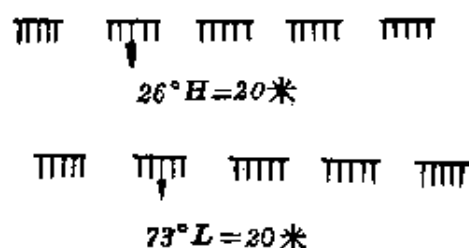


图 14 断层图例

断层面与煤层面相交的线以红色梳状虚线表示，箭头之旁写有断层面的倾斜度。如果断层面为缓倾斜，则写明落差H，如果断层面为急倾斜，则写明错距L（图14）。

假如断层的落差或错距不大，则只画一条断层线，但必须标明断层要素（断层面的倾斜角、落差或错距），并作出大比例尺断层断面图。目前，现场用的图纸多半是采用图6所示的图例。

如果在煤层底板等高线图上绘出上述断层符号，就能够将断层的埋藏深度、延长情况表示出来。图15是几种断层的表示方

① 煤炭工业部制订 煤田地质标准图例，中国工业出版社，1963年11月

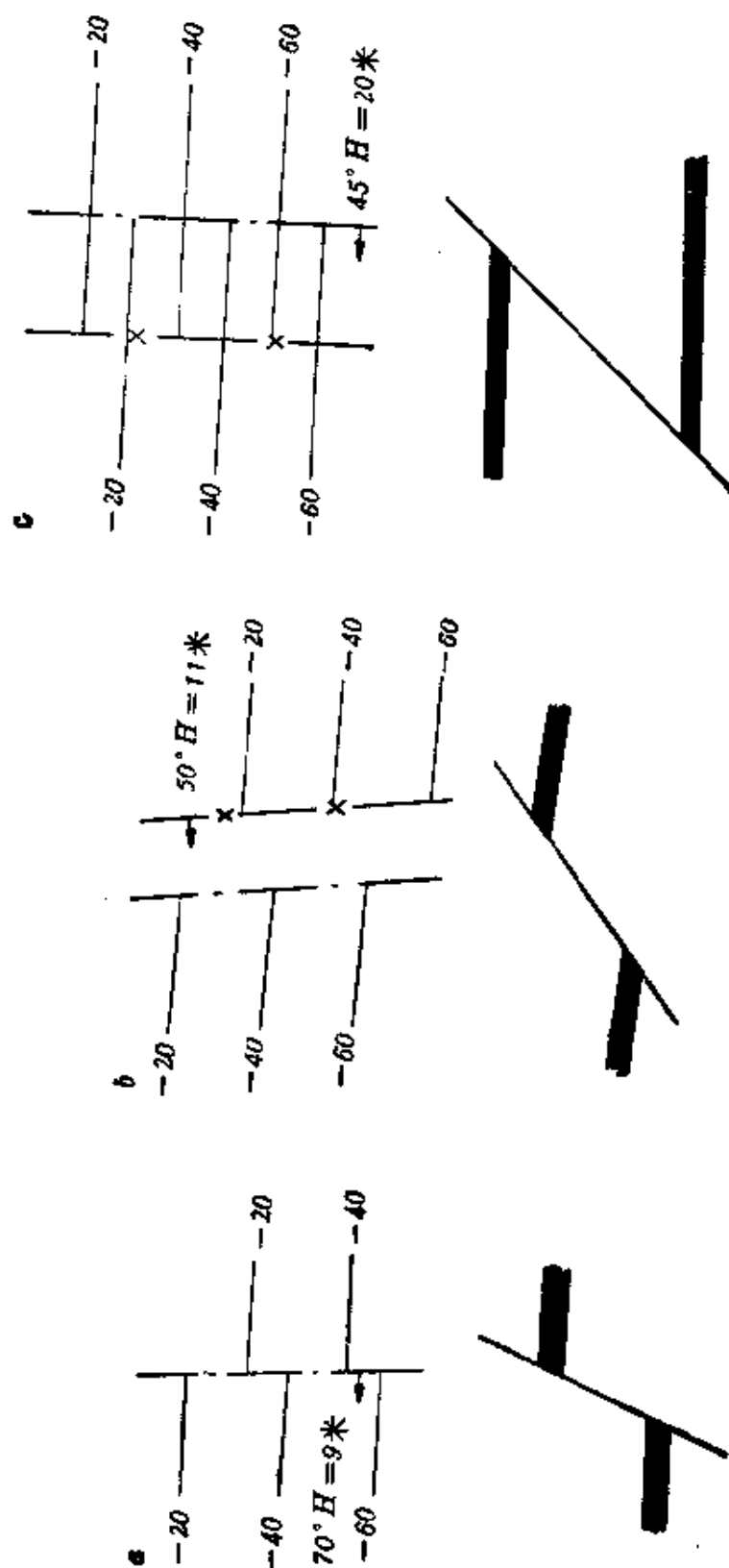


图 15 断层的表示方法



法。在剖面图中断层是以实线“——”或点画线“—·—”表示。

在绘制草图或示意图时，为了工作方便起见，有时也把平面图和剖面图中的断层用实线或点画线表示，但这种图不能做为正式技术文件。

§2 怎样鉴别断层

充分地掌握地质资料，准确地判断断层的位置、性质及赋存状态，对矿井生产具有重要的意义。正确的地质资料是指导开拓部署和生产的依据，是编制采掘工作面作业规程的根据，是减少无效进尺，减少炸药消耗，节约坑木和降低生产成本的途径之一，因此，应当重视地质资料，经常地编录和积累，并学会分析和使用。

在采掘工作面将要遇到断层以前，会有许多预兆，根据这些预兆，可以做好过断层的准备工作，不致使生产受到影响。这些预兆是：

1. 顶板压力增大，巷道支架或采场支架被压毁，因按设计所选用的支架，此时已不能支持顶板压力。

2. 顶板不平，有起伏现象，有时底板也发生突起。例如，淄博黑山煤矿十行西大巷一号下山西一顺槽在遇断层前，顶板就发生变化，延长达10余米，顶板起伏峰高1—1.5米（图16）。

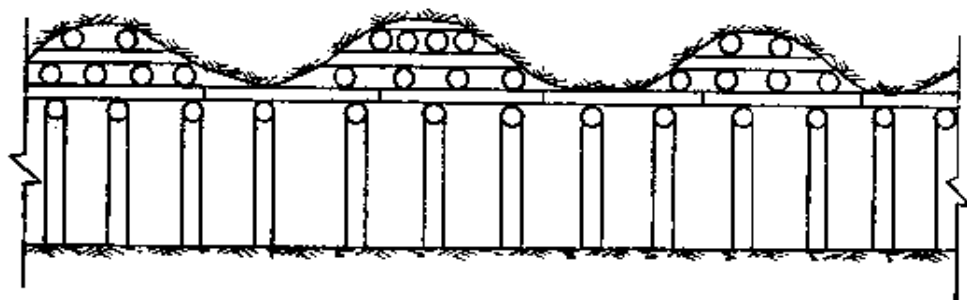


图 16 遇断层前顶板发生起伏情况

3. 顶板产生裂隙，变得松碎，尤其是当顶板比较平滑坚固的情况下，这种预兆就更为突出。

4. 顶板有滴水或淋水出现，底板也可能有水出现（铺水或



地汀水)。

5. 煤层的走向和倾角发生了剧烈的变化。
6. 煤层的厚度逐渐变厚或逐渐变薄(图 17)。

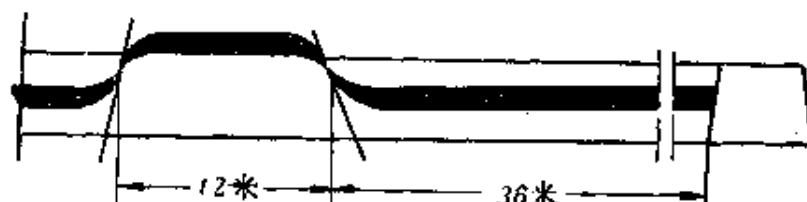


图 17 枣庄某矿 4141 巷道断面图

7. 煤层的结构和硬度发生变化, 煤层变成煤华状, 失去坚固性而松软。

8. 煤质发生变化, 靠近断层处煤中水分增加, 灰分增大, 胶质层厚度逐渐变薄, 粘结性逐渐减弱。

9. 在含瓦斯煤层, 尤其是在有瓦斯和煤突出的煤层中, 瓦斯含量增加, 有时发生突出。

10. 有岩浆岩脉侵入, 这是岩浆顺断层裂隙侵入的结果。

在遇有断层的情况下, 煤层被切断了, 必须寻找断失煤层, 以决定巷道的开采方法。一般寻找断失煤层的方法有下列几种。

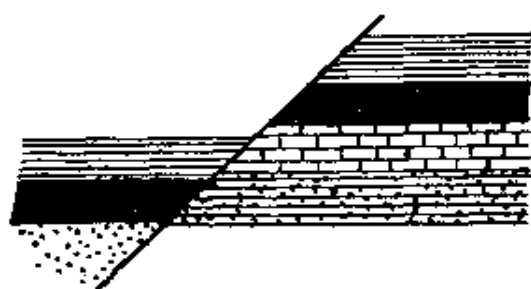


图 18 根据顶底板性质推断断层

根据顶底板性质寻找 在同一矿井中, 各煤层顶底板岩石的性质是不相同的, 可以根据不同顶底板岩石的性质去鉴别断失煤层去向。例如, 新汶矿区所开采的煤层, 计有 2、3、4、

9、11、13 和 15 层等煤层, 其中 9 层煤的底板是石灰岩, 13 层煤的顶板是石灰岩, 这是其它煤层顶底板所没有的岩性(图 18)。

根据标志层寻找 标志层是岩性特殊、层位稳定、分布较普遍而且容易认识的一种岩层。例如, 淄博矿区中石灰纪含煤系地层有徐家庄石灰岩, 厚 3—8 米, 颜色为灰黑色, 有的地方是天青色, 含燧石结核, 含水性较大, 这是淄博矿区含煤地层中的标



志层之一。此外，砂岩、頁岩、含生物化石的岩层，皆可做为标志层（图 19）。

根据矿井断层的总规律寻找 矿井内的断层有时是有规律性的，都是正断层或逆断层，可以根据这种规律性来确定断失煤层的位置。

例如，新汶孙村煤矿断层的

特点都是正断层，走向东北-西南方向。遇到断层时，可以按正断层来处理。但是，在局部地区，个别断层的性质也会是逆断层，应当注意。

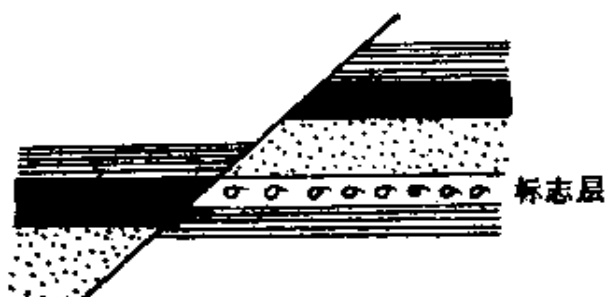


图 19 根据标志层推断断层

根据小断层的性质寻找 在大断层附近伴生的小断层，其断裂性质往往与大断层是一致的，因此，可以根据小断层的性质去寻找断失煤层（图 20）。



图 20 根据小断层推断大断层

根据断层引拔的形状寻找 煤系地层在断裂的作用下，软弱

的岩层（泥质頁岩或煤层）在断裂处被弯曲、变薄以致断裂，其薄尖的方向，即是断失煤层移动的方向（图 21,a）。但在遭受地质破坏剧烈的地方，引拔指示的方向，也可能与断失煤层的方向相反（图 21,b）。

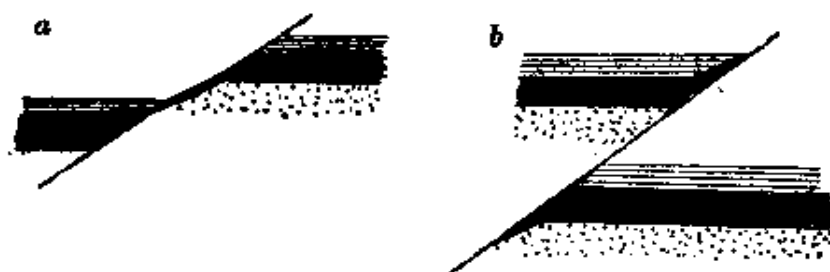


图 21 根据引拔形状推断断层

根据断层角砾岩寻找 岩层受断裂作用，断裂面上常遗有被



断裂岩层的碎屑物，可以根据断层角砾岩去寻找断失煤层（图22）。碎屑物与充填的土构成断层泥，其宽度与落差有关。新汶



图 22 根据断层角砾推断断层

矿区常见的断层泥的宽度为：断层落差1米时断层泥宽度10厘米；断层落差10米时断层泥宽度0.5—1米。这只是一个大概的数值，因为它没有严格的数量关系。在脆硬岩层中，就没有断层泥。

根据煤线寻找 煤线即煤层受断裂作用后遗留在断层面的碎屑物质。根据煤线的方向，可以寻找断失煤层（图23）。

如果煤层顶板或底板有黑色页岩存在，也可能产生“煤线”，但这些碎屑物质是没有光泽的，可以和煤层区别。

根据断层擦痕寻找

岩层错动时，在断层面上留有擦痕，用手抚摸，擦痕的光滑方向，即是煤层断失方向。



图 23 根据煤线推断煤层

根据煤系旋迴结构

寻找 旋迴结构是指一

套不同岩层有规律地互相交替成为周而复始的现象。其特点是岩性自下而上由粗到细，以剥蚀面为界。根据旋迴结构，可以寻找

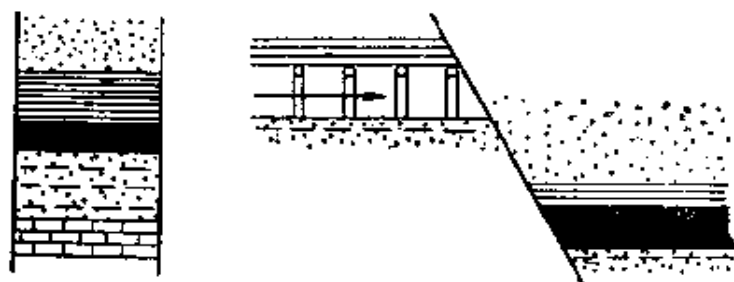


图 24 根据不对称旋迴结构推断断失煤层

置（图25），必须用其它方法寻找。

用钻探法寻找 当用上述方法不能决定断失煤层的位置时，

断失煤层。煤系旋迴结构是不对称的，寻找断失煤层比较简单（图24），如果煤系旋迴结构是对称的，就很难确定断失煤层的位置。

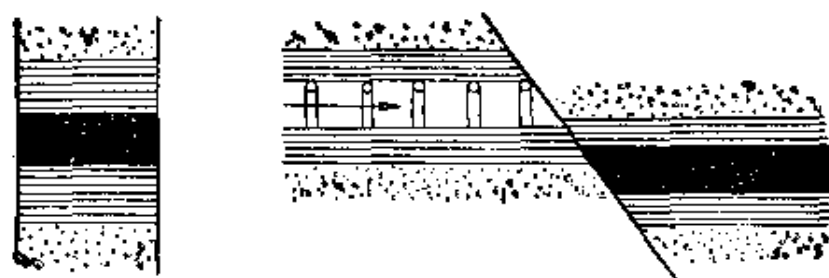


图 25 根据对称旋迴结构推断断失煤层

可用钻探方法去寻找，可用水平、上斜和下斜的钻孔探知断失煤层或顶底板岩石的性质

(图 26)。

例 1 枣庄某矿在掘进中间巷道时，在距离上山 36 米处，遇到一断层。未见断层前，即发现煤层变薄，并向上方挑起（参阅图 17），顶板岩石比较破碎，随后就遇到了岩石（断

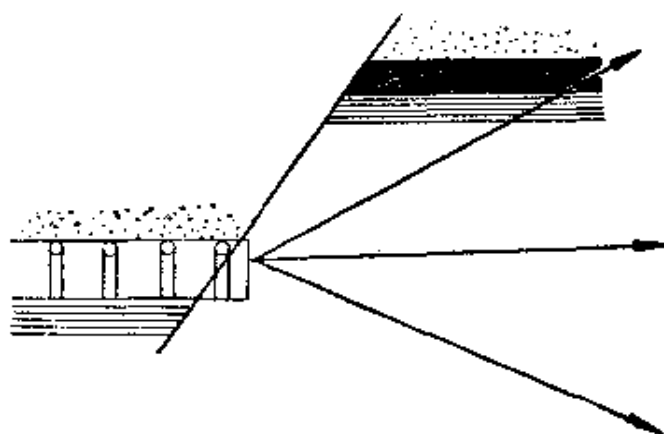


图 26 用钻探法寻找断失煤层

层）。根据对岩石的鉴定，知道是煤层的直接底板，又根据断层面和引扳的方向，确定断层为一正断层，断失煤层属于下盘向上方错动。根据所见岩石，估计落差在 1 米左右。掘进时挑顶刷大，找着了煤层，其落差为 0.7 米。

例 2 新汶某矿在掘进中间巷道时，曾遇到一断层。遇断层前，煤层的走向发生了变化，但巷道仍按原中綫掘进，结果巷道上帮的煤层下移，接近底板（图 27），延續 11 米后，遇到了断层。断层带为岩石角砾及泥质物所充填，宽约 15 厘米，而后遇到粘土頁岩。根据煤层顶底板岩石性质来断定，这是煤层底板遇到一正断层，断失煤层向上方错动（爬嵌）。因此，巷道改变了方向，向顶板方向掘进，掘进 26 米后，又遇到一正断层，巷道通过断层后找到了煤层。实际上这是一个小型地垒构造。

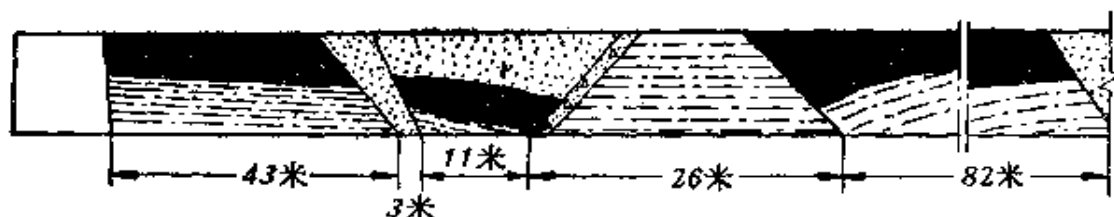


图 27 巷道纵剖面图（新汶某矿 2 层顺槽）

由上述两例可知，在采区采掘工程中，遇到的断层多是以岩性对比的方法为主，配合引板方向等方法去寻找断失煤层，因此，熟知煤层顶底板岩性是非常重要的。

为了能及时地正确地提出地质报告，必须做好地质资料的搜集和整理工作。搜集地质资料就是要做好编录工作。编录工作应定期进行，例如，平巷掘进工作面每 100 米进行一次，回采工作面可半月进行一次。记录内容有：煤层厚度、煤层结构、煤层的产状要素（走向、倾向、倾角）、煤层的顶板底板性质、煤层的含水性、煤层的瓦斯涌水情况、断层和岩浆岩的产状及其对煤层的影响程度。在遇有断层的地方，应详细观测和描述下列各项^①：

1. 断层的走向及倾斜；
2. 断层泥、断层角砾岩的成分与分布情况；
3. 断层破碎带及其附近的煤层和岩层的产状要素，在可能条件下，应根据岩层特点确定其层位；
4. 断层两侧煤层或岩层的引板方向；
5. 断层面的擦痕及岩层滑动方向；
6. 量出断层的落差。

除了描述上述内容外，还要进行素描和制图。一般巷道只须作出工作面素描图和纵向剖面图（图 28）。如果地质构造复杂，可做出整个巷道的展开图。有时，为了研究和鉴定岩性，还需要采集岩石标本。

① 煤炭工业部 矿井地质试行规程，煤炭工业出版社，1960 年。

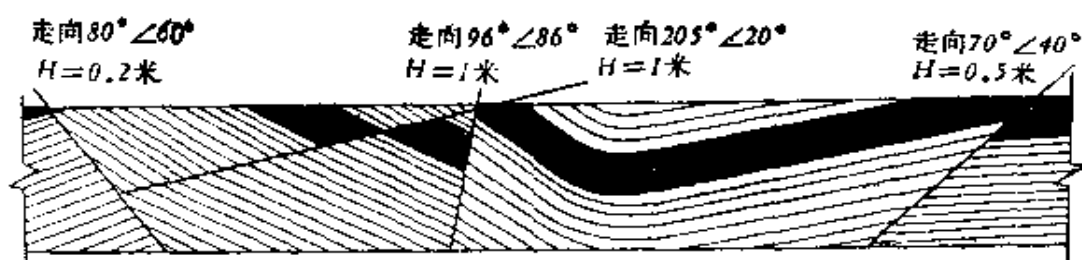


图 28 巷道上帮剖面图实例

在绘制巷道纵向剖面图时，应当注意，剖面图上所示断层倾角为伪倾斜角，与真倾斜角的关系如下所述（图 29）。

如果把巷道近似地看成矩形巷道，则

$$\operatorname{tg} \beta' = \frac{AO}{BO}, \quad (1-1)$$

$$\sin \beta'' = \frac{BO}{CO}, \quad (1-2)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{AO}{CO}. \quad (1-3)$$

由（1-1）及（1-2）式解出 AO 和 CO ，代入（1-3）式，得

$$\operatorname{tg} \beta = \sin \beta'' \cdot \operatorname{tg} \beta',$$

$$\text{所以} \quad \angle \beta = \arctg \sin \beta'' \cdot \operatorname{tg} \beta', \quad (1-4)$$

式中 β ——剖面图所示断层伪倾斜角，度；

β' ——断层真倾斜角，度；

β'' ——巷道中心线方位角与断层走向方位角之差，度。

由于所求出伪倾斜角 β 用在梯形巷道中误差很小，故在绘制剖面图时，可用（1-4）式计算。

表 1 列出伪倾斜角的计算结果，使用时，可直接由表中查取。

经过鉴定测量证实的断层，应以断煤交线的形式标在煤层底板等高线图（或采掘工程平面图）上。如果在井下是直接测量的断煤交线，就可以将测出的方位标在图纸上（图 30）；如果测量的是断层的走向，就不能将此数据标在图纸上，因为断层的走向与断煤交线之间尚有一夹角（图 31）。因此，应当经过换算变

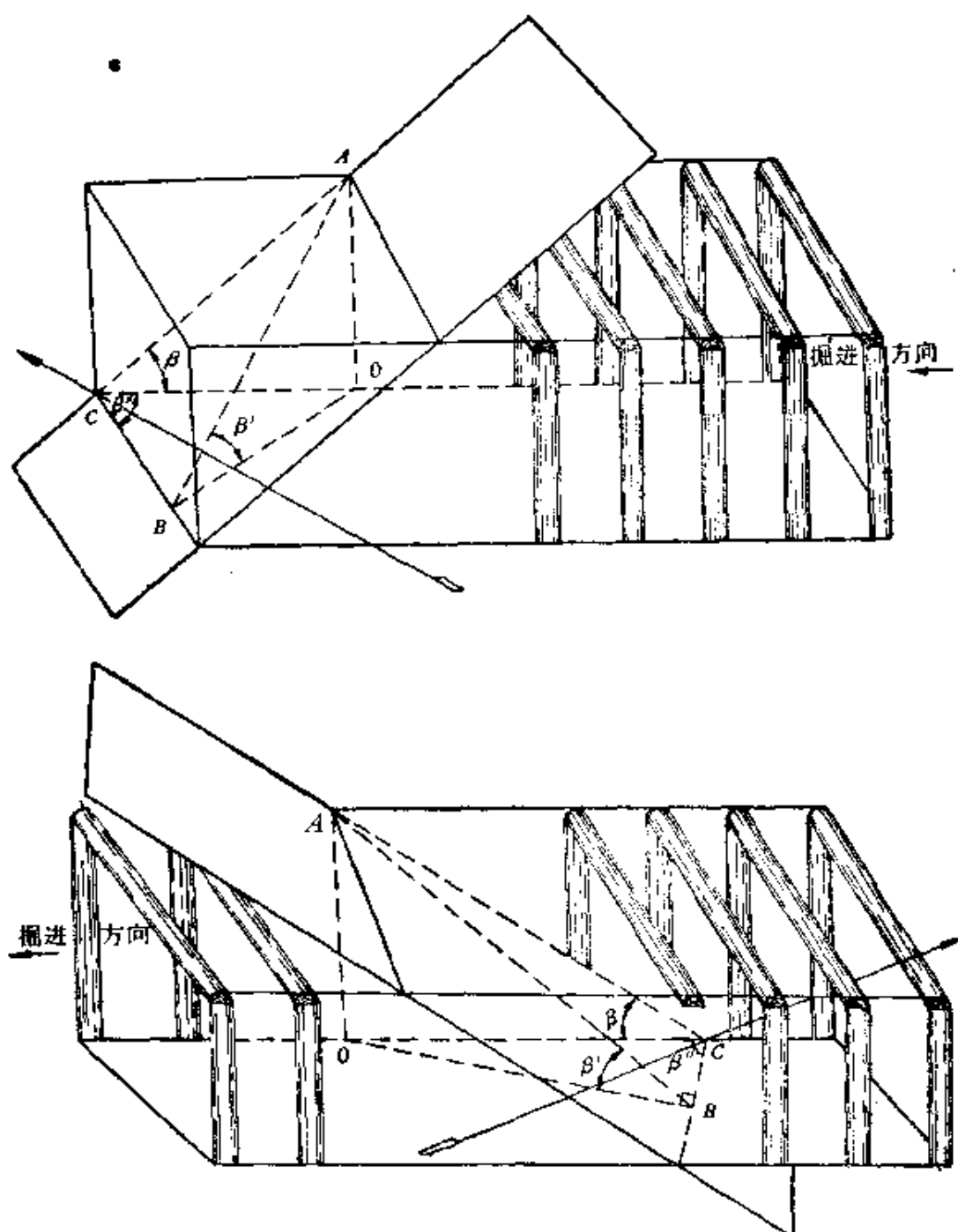


图 29 断层伪倾斜角的求法

成断煤交线后，才能标在图纸上。其换算公式是 (图 31)①：

$$\cot \alpha = \cot \delta \cdot \lg \varphi \cdot \operatorname{cosec} \beta \pm \cot \beta, \quad (1-5)$$

式中 α ——断层走向与断煤交线投影之夹角；

① 邢克礼 确定断煤交线空间位置的计算方法，煤炭工业，1961 年第 7 期。



δ ——煤层倾角；

φ ——断层倾角；

β ——煤层走向与断层走向投影的夹角，当 $\beta < 90^\circ$ 时，公式取正号，当 $90^\circ < \beta < 180^\circ$ 时，公式取负号。

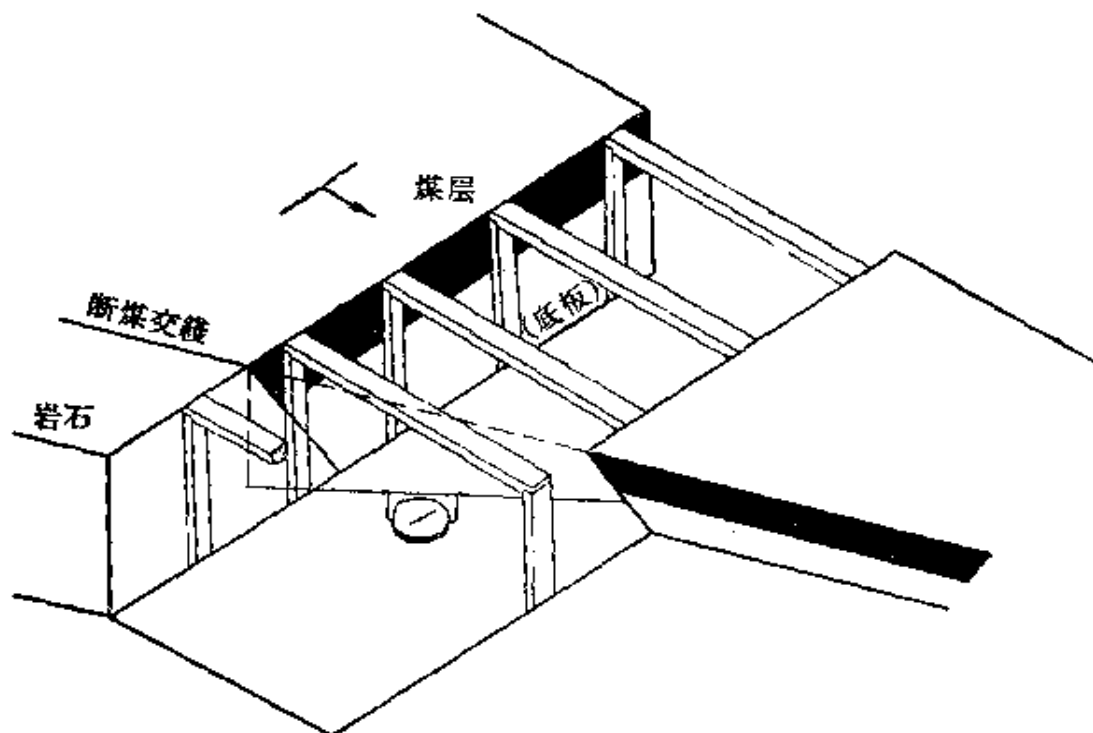


图 30 测量断煤交线

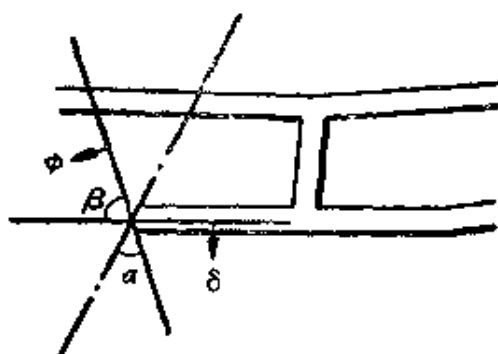


图 31 断煤交线关系图

在现场搜集的资料，经过研究分析、综合整理后，最后提出地质说明书及地质资料图件，供矿井生产和设计使用。



巷道剖面图断层

断层真倾 斜角 (β')	巷道中心线 与断层							
	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°
10°	9° 51'	9° 40'	9° 24'	9° 5'	8° 41'	8° 13'	7° 41'	7° 6'
15°	14° 47'	14° 31'	14° 8'	13° 39'	13° 34'	12° 28'	11° 36'	10° 4'
20°	19° 43'	19° 23'	18° 53'	18° 16'	17° 30'	16° 36'	15° 35'	14° 25'
25°	24° 48'	24° 15'	23° 39'	22° 55'	22° 6'	20° 54'	19° 39'	18° 15'
30°	27° 37'	29° 9'	28° 29'	27° 37'	26° 34'	25° 18'	23° 51'	22° 12'
35°	34° 36'	34° 4'	33° 21'	32° 24'	31° 53'	29° 50'	28° 12'	26° 20'
40°	39° 43'	39° 2'	38° 15'	37° 15'	36° 6'	34° 30'	32° 44'	30° 41'
45°	44° 34'	44° 1'	43° 53'	42° 11'	40° 50'	39° 19'	37° 27'	35° 16'
50°	49° 34'	49° 1'	48° 14'	47° 12'	45° 54'	44° 17'	42° 23'	40° 7'
55°	54° 35'	54° 4'	53° 19'	52° 18'	51° 3'	49° 21'	47° 35'	45° 57'
60°	59° 37'	59° 8'	58° 26'	57° 30'	56° 19'	54° 49'	53° 6'	50° 46'
65°	64° 40'	64° 14'	63° 36'	62° 46'	61° 42'	60° 21'	58° 40'	56° 30'
70°	69° 43'	69° 21'	68° 44'	68° 7'	67° 12'	66° 8'	64° 35'	62° 42'
75°	74° 47'	74° 3'	74° 5'	73° 32'	72° 48'	71° 33'	70° 43'	69° 14'
80°	79° 51'	79° 39'	79° 22'	78° 59'	78° 29'	77° 51'	77° 2'	76° 6'
85°	84° 56'	84° 50'	84° 41'	84° 29'	84° 14'	83° 54'	83° 29'	82° 57'
89°	88° 59'	88° 58'	88° 56'	88° 54'	88° 51'	88° 47'	88° 42'	88° 53'

注：该表数据取自地质部普查委员会编的《普查须知》，地质出版社，1959年

§3 断层对生产的影响

断层是井田划分的主要依据之一

煤田在遭受地质破坏后，可能被大断层断裂为几块，其落差大都在百米以上，这就会使完整的煤田变成四分五裂的状态。在划分井田时，要考虑到这些断层，否则，井田中存在的大断层，



伪倾斜角换算表

表 1

走向之夹角 (β°)

40°	35°	30°	25°	20°	15°	10°	5°	1°
6°28′	5°46′	5° 2′	4°15′	3°27′	2°37′	1°45′	0°53′	0°10′
9°46′	8°44′	7°38′	6°28′	5°14′	3°33′	2°40′	1°20′	0°16′
13°10′	11°48′	10°19′	8°45′	7° 6′	5°23′	3°37′	1°49′	0°22′
16°41′	14°58′	13° 7′	11° 9′	9° 3′	6°53′	4°37′	2°20′	0°28′
20°21′	18°19′	16° 6′	13°43′	11°11′	8°30′	5°44′	2°53′	0°35′
24°14′	21°53′	19°18′	16°29′	13°28′	10°16′	6°56′	3°30′	0°42′
28°20′	25°42′	22°45′	19°31′	16° 0′	12°15′	8°17′	4°11′	0°50′
32°44′	29°50′	26°33′	20°55′	18°53′	14°30′	9°51′	4°59′	1° 0′
37°27′	34°21′	30°47′	26°44′	22°51′	17° 9′	14°41′	5°56′	1°11′
42°33′	39°20′	35°35′	31° 7′	26°2′	20°17′	13°55′	7° 6′	1°26′
48° 4′	44°47′	40°54′	36°14′	30°29′	24° 8′	16°44′	8°38′	1°44′
54° 2′	50°53′	46°59′	42°11′	36°15′	29° 2′	20°25′	10°35′	2° 9′
60°29′	57°36′	53°57′	49°16′	43°13′	35°25′	25°30′	13°28′	2°45′
67°22′	64°58′	61°49′	57°37′	51°55′	44° 1′	32°57′	18° 1′	3°44′
74°40′	73°15′	73°34′	67°21′	62°43′	55°44′	44°33′	26°18′	5°31′
82°15′	81°20′	80° 6′	78°19′	75°39′	71°20′	63°15′	41°54′	11°17′
88°27′	88°15′	88° 0′	87°38′	87° 5′	86° 9′	84°15′	78°41′	44°15′

第 6 版。

将给生产带来巨大困难。例如，图 32 表示某煤田部分露头的分布情况，其中有两个大断层，断层面的倾角分别为 50° 和 70° ，其落差分别为 400 米和 100 米。很明显，这在开拓开采过程中，不会跨越断层，对生产影响很小。反之，如果将其中任一断层划入井田，都不合理，因为要开掘大量的岩石巷道，给掘进、运输和维护带来很多困难。

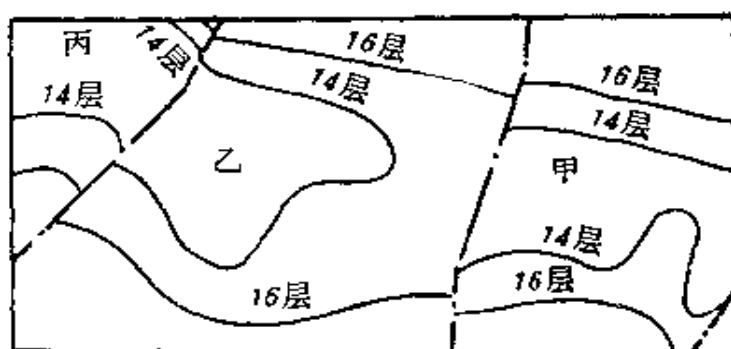


图 32 以断层为界划分井田

断层影响开拓方式

选择井田的开拓方式时，应当考虑地质因素和技术因素。地质因素中，断层是一个主要因素。断层将影响到井筒的型式和位置、井下运输大巷的位置和采区的布置。例如，图 33 表示某煤层可用斜井开拓，但煤层被断裂后（图 45），利用斜井开拓就没有利用立井主要石门开拓合理了。此时，井筒的型式，巷道的布置，都完全不同，从而改变了通风、运输、提升、充填和排水等生产系统，而巷道的维护费用也大有区别。



图 33 斜井开拓

又图 34 说明断层对采区布置的影响。当煤层断裂至主要水平大巷下部时，需要开掘下山或暗井联系，这样，通风运输都会受到影响。当煤层被两个断层隔开时，由于被该断块面积所限，只能用单翼上山（图中实线或虚线所示位置）布置巷道，或用残采方法布置巷道（当面积很小时）。

在水采矿井，由于断层的影响，可能会使巷道的无压运输改为有压运输；在水砂充填矿井，也会由于断层的影响而使充填管线增大，影响水砂充填能力。这样，对矿井生产系统也大有影响。

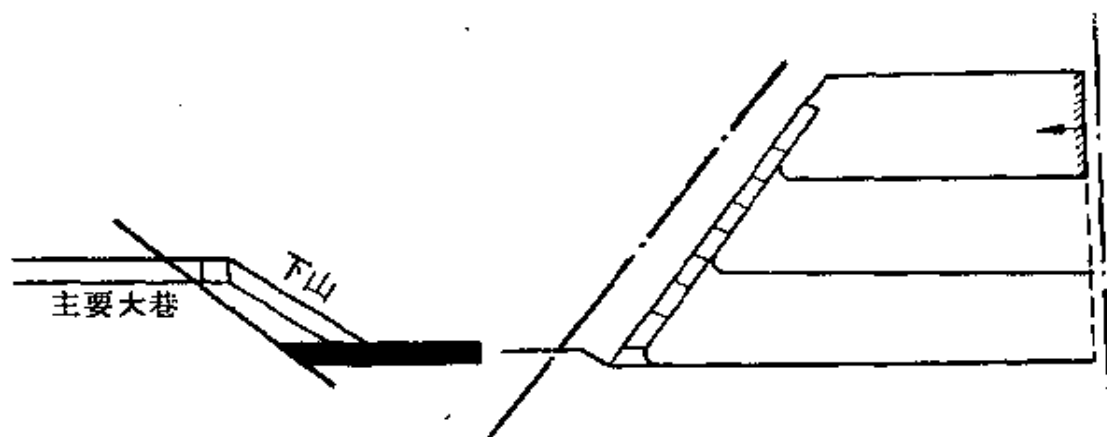


图 34 断层对采区布置的影响

断层影响采掘关系

采掘关系是否协调，对生产的均衡和稳步的增长都有影响。采掘关系协调，生产不被动，主要是采掘比例恰当，计划可靠。但在贯彻执行当中是否顺利，除了技术水平、劳动组织、器材供应等因素外，断层也是一个因素。在生产掘进中，由于遇到断层而产生的无效进尺，有时达几十米到几百米。这样，不仅浪费了人力物力，而且浪费了时间，须重新核对地质资料，设计开拓掘进方案，重新进行施工，从而引起了生产接续紧张，生产被动。又如在采掘工作面遇到较大的断层，就会迫使生产停顿，或使工作面大大缩短；即使遇到较小的断层，也会影响生产的正常进行。

断层影响正规循环作业

采掘工作面的正规循环作业是煤矿生产最科学的组织形式和生管理方法，是保证全面地均衡地完成和超额完成生产任务的重要措施。而断层往往打乱正规循环作业，例如，江西萍乡高安煤田断层很多，

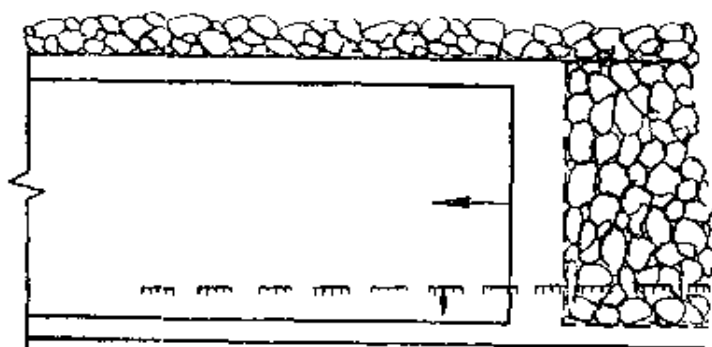


图 35 断层对生产的影响



平均每掘进一百米会遇到 20—30 条断层。

图 35 说明了该走向断层随回采工作面推进的方向而延伸，对生产十分不利，需要组织人力班班进行处理。所以煤炭工业部规定，生产矿井要组织采掘预备队，负责生产期间支援抢救循环，通过断层等。

断层是矿井瓦斯突出和透水的条件

根据对矿井透水事故的分析，透水的主要原因是由于遇到老空区和含水断层引起的。例如，淄博双山煤矿透水地点有两个断层，一个落差为 1.3 米，一个落差为 3 米。该断层与徐家庄石灰岩含水层相通，而奥陶纪石灰岩水又补给徐家庄石灰岩，引起矿井淹没。又如淄博前鲁大公司南北大井被淹，也是由于掘进巷道接近断层（周瓦庄断层），与徐家庄石灰岩及奥陶纪石灰岩相通，引起泉水突入，造成事故。

矿井由于断层涌水而发生的水灾事故，在国外也有许多记载。例如，日本的东水户矿井在海下采煤，由于遇到了通至海底的断层裂缝，海水就突入井内，把矿井淹没。

不仅矿井因断层涌水而发生事故，而且露天矿也有这种例子。例如，苏联鲍格斯洛夫斯基矿区 3 号露天矿曾发生过被断层涌水淹没的事故。这次突水的原因，是由于含煤系位于有喀斯特

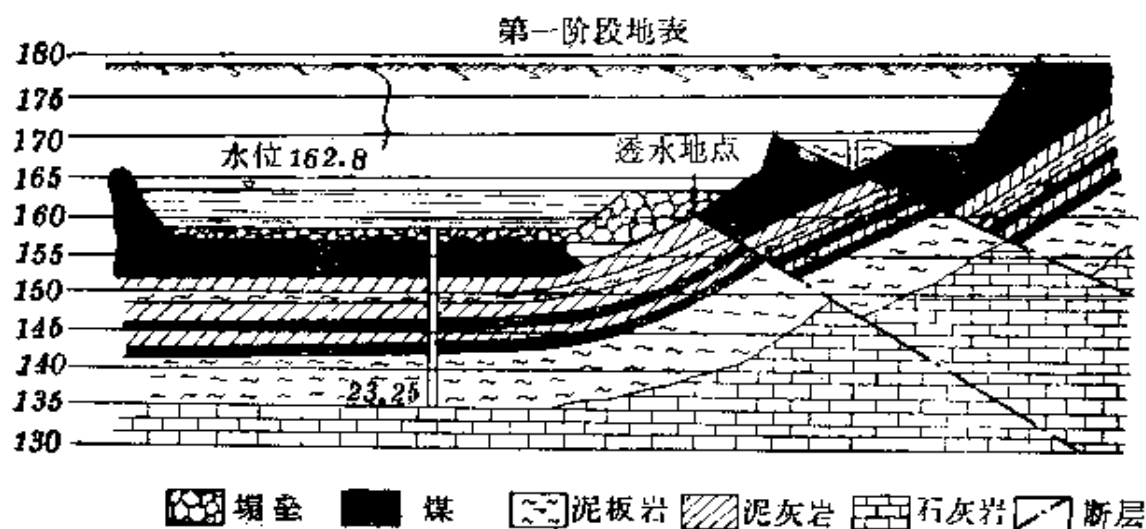


图 36 3 号露天矿地质构造



溶洞的泥盆纪石灰岩之上，石灰岩被断层割裂，并且含有承压水。当开采工作接近断层带时，便发生了突然涌水（图36）。这次突水曾使距离露天矿 2.5 公里的石灰岩中的地下水位降低了12米，最大涌水量达 3500 米³/时。

有时候，因断层存在，开拓巷道必须通过含水断层，而在涌水量很大的情况下，往往使掘进技术复杂化，或者无法掘进。

分析瓦斯（沼气或二氧化碳）突出的资料表明，瓦斯喷出的次数和强度，随采掘工作面受地质破坏的程度不同而异，有时，离开地质破坏带，突然喷出就完全停止了。

例如，对辽源矿区的瓦斯（沼气）突出的研究表明^①，瓦斯突出的规律是，距地表约 200 米的地方开始突出，在地质变化复杂的坑口，在 200 米开始，而较稳定的区域则在 300 米以下发生。瓦斯突出发生在工作面的上隅角，并多半发生在地质破坏地带，

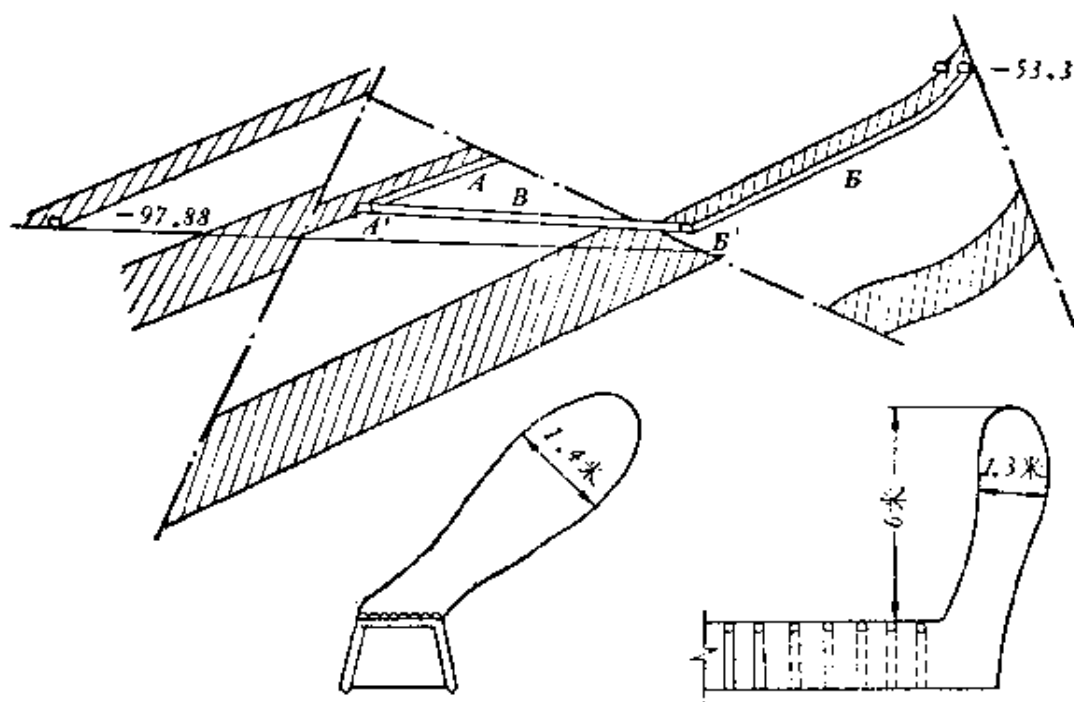


图 37 平巷掘进时煤与瓦斯突出情形

^① 何祖荣 介绍几种煤与瓦斯突出的预防方法，合肥矿业学院学报，1958 年第 3 期。



其中尤以断层为最甚。在大小断层附近发生的瓦斯突出，几乎占瓦斯突出总数的80%。

图 37 表示一个掘进平巷时发生的瓦斯突出是一个典型实例。在掘进平巷时（图 37 中之 A'B'），离断层面约两米处发生了突出，突出煤粉 16 吨，瓦斯 1040 立方米。

苏联也曾有人对瓦斯突出现象作过调查研究^①。顿巴斯发生的瓦斯突出，60.3%发生在地质破坏区，24.2%发生在煤层结构揉皱的地带和支承地压的应力最集中的地方（巷道内角），只有

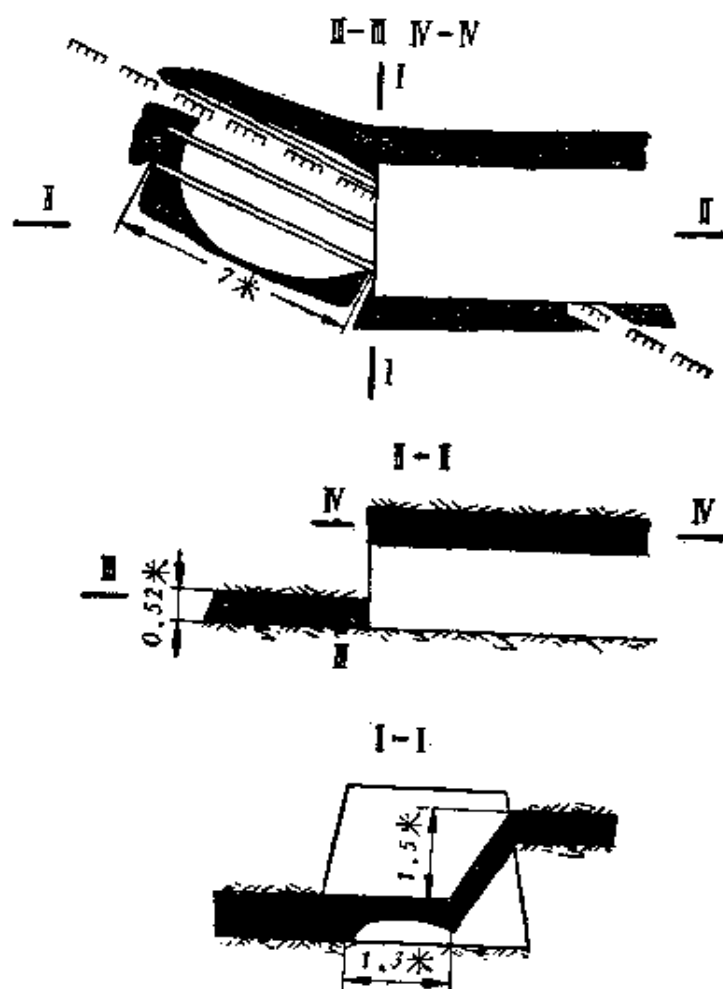


图 38 加里宁 7—8 号矿井煤与瓦斯突出

① Ф.Д.舍维雅柯夫 顿巴斯有煤与瓦斯突出危险的缓倾斜煤层的开采问题，煤炭技术通讯，1965年第7期。



15.5%的突出是与地质破坏无关。加里宁7—8号矿井普拉斯科維耶夫h₈号煤层运输平巷发生的瓦斯突出，是沿断层裂缝喷出的（图38）。该矿东11号回采工作面所发生的一系列瓦斯突出，也是沿断层喷出的（图39）。

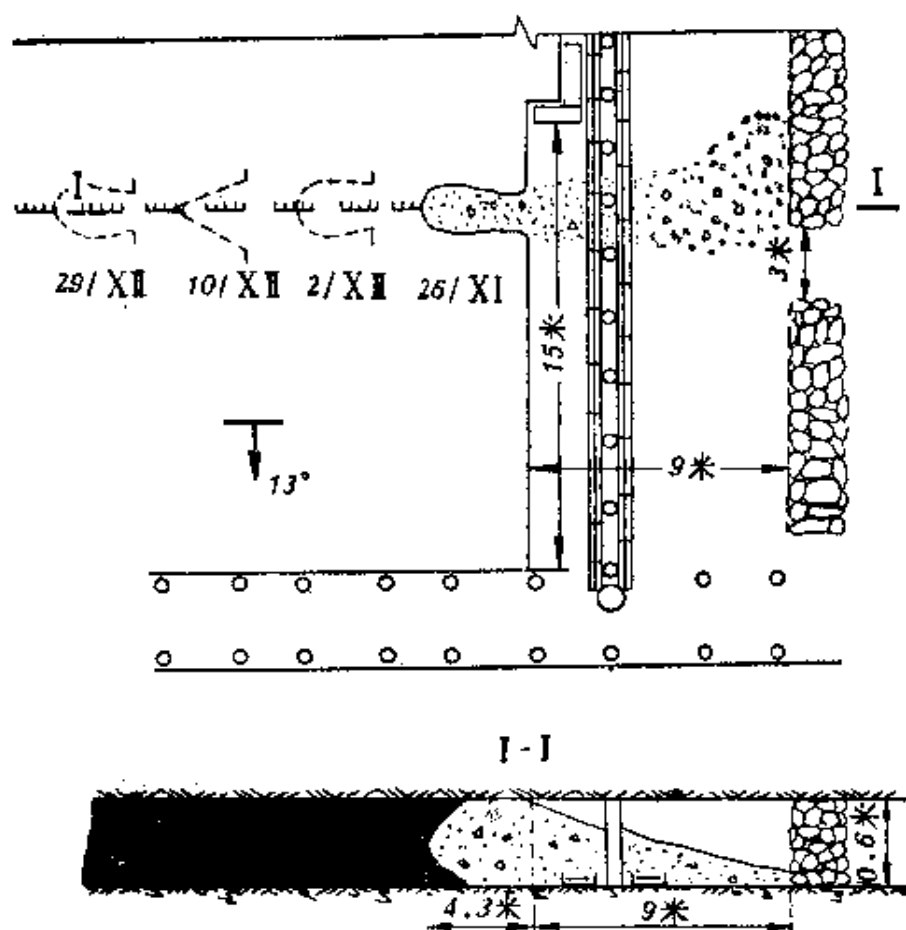


图 39 加里宁7—8号矿井平巷发生煤与瓦斯突出

断层影响顶板管理

采掘工作面顶板岩石的性质和破碎情况是顶板岩石冒落的基本因素，而断层的存在更增加了岩石冒落的可能性。因为断层带附近的岩石比较破碎，顶板管理措施稍有疏忽，就会引起顶板冒落。掘进工作面由于顶板冒落可能形成3—10米以上的空洞（图40），不利于顶板管理。图41表示某一主斜井，当井筒掘进至60—70米（斜长）时，遇到F₄断层，其落差为70米，倾角65°。



由于对地质情况了解不够清楚，采取的施工措施也不够恰当，因而发生了冒顶事故，巷道全部垮落，冒落高度达到地表，井筒被迫停工，经过三次注浆充填，才处理完毕。

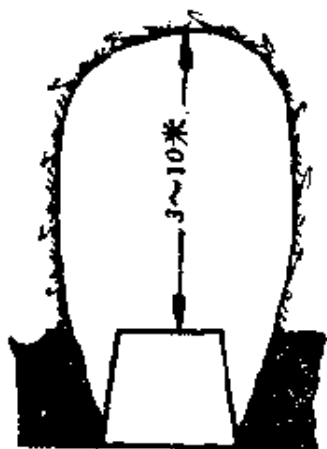


图 40 顶板冒落形状

回采工作面由于顶板冒落，可能使工作面局部堵塞，将运输机或截煤机埋住，使生产停顿。假如是倾斜断层，即使落差不到1米，遇有2次来压，老顶可能沿断层整块冒落，则有切工作面的危险。

断层影响正确分析地质资料

实践证明，断层落差在10米以内，即使勘探钻孔布置的很密，也难以发现。走向断层或近于走向断层，在多数情况下，在地面勘探是不可能查明的。煤层内的小断层更是地面勘探不到的。但这些断层对煤炭生产却具有重大意义。因此，正确地分析矿井地质资料，指出断层的位置、断层性质和要素，对指导矿井生产具有巨大作用。

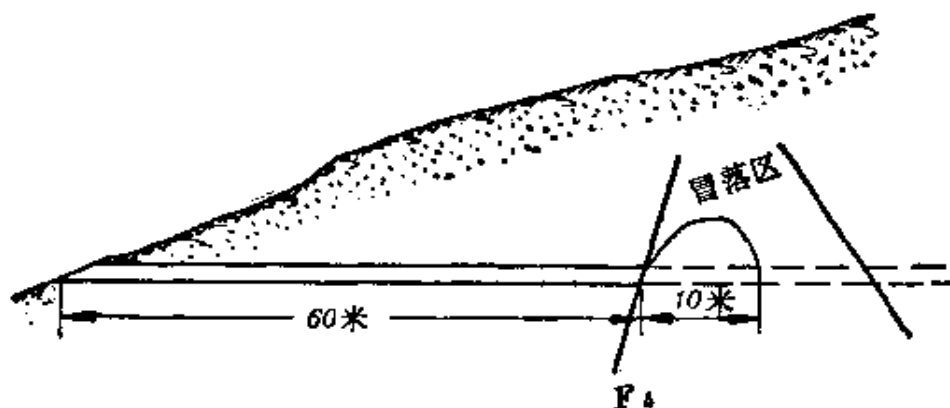


图 41 峰峰羊渠河主斜井遇断层位置图

例如，根据勘探资料，得知煤层地质剖面图只有一个断层（图42,a），而根据矿井实测地质资料，却有5个断层（图42,b），所以根据上述勘探资料所设计的开拓方案肯定是不合理的，应当进行修改。

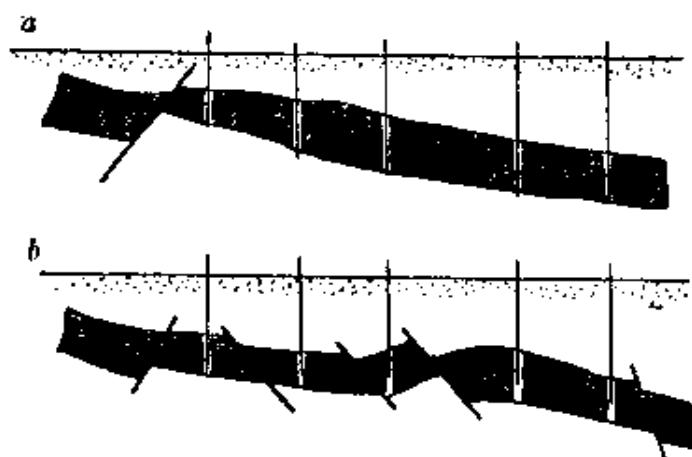


图 42 地质剖面图

断层影响煤炭损失

在生产过程中处理断层，如果以断层作为开采边界，常在断层附近留有保护煤柱，这就增加了煤炭损失。此外，在有自然发火危险的煤层中，由于煤柱引起自燃，也会给生产带来危害。

顺断层破裂带还可能有岩浆岩脉侵入，吞蚀煤炭或使煤变成天然焦，给生产带来困难。例如，枣庄陶庄煤矿岩浆岩的分布，即是沿断层上升，并向煤层的上山方向发展，造成大片无煤区，给开拓部署造成很大困难。

断层影响煤层开采价值

变动剧烈的地质构造，有时会使煤层断裂为很小的断块，因而不能建设大、中型矿井，甚至不能开采；断层可能使煤层变薄，局部失去开采价值；断层可能使煤层局部煤质变坏，灰分增高，丧失开采价值；断层也可能使煤层错断，遭受风化冲蚀，降低或丧失开采价值。

断层影响煤炭成本

由上可知，断层的存在，会增加巷道长度和无效进尺，增加处理矸石的工作量，增加巷道维修量，消耗更多的人工、材料和坑木，从而降低了劳动生产率，使煤炭成本增高。例如，就巷道维修费用来说，在断层地质破坏带巷道的维修费用较一般巷道都有所增加。峰峰各矿“大煤”巷道的维修费用如表 2 所示。



表 20

顺 序	巷 道	地 质 条 件	年 米 維 修 費, 元	百分比, %
1	单軌回风巷	地质破坏影响不大	20.1	100
	单軌回风巷	处于断层地带	25.2	125
2	双軌运输巷	地质破坏影响不大	20.0	100
	双軌运输巷	处于断层地带, 有淋水	40.9	204
3	单軌下山	地质破坏影响不大	13.6	100
	单軌下山	处于断层地带, 一度被水淹没	51.4	378

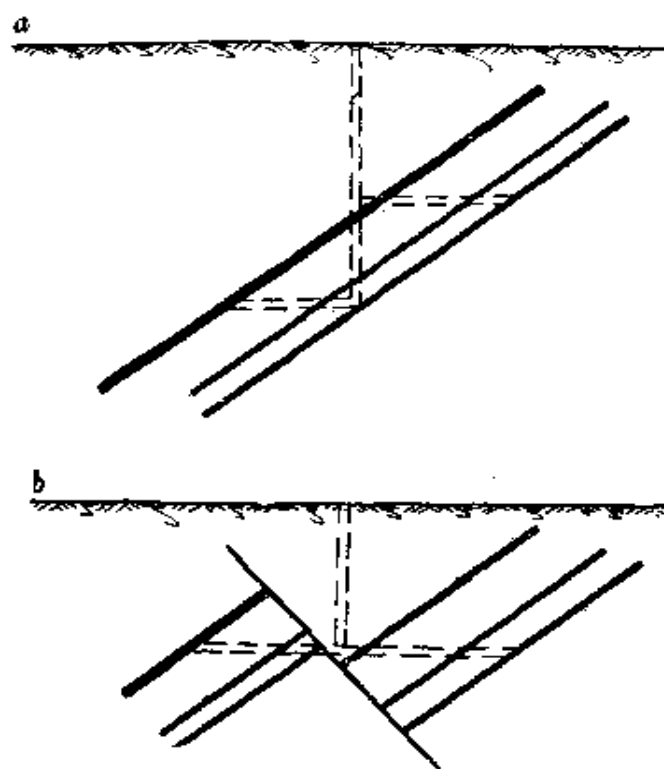


图 43 巷道布置的比较

a—未受地质破坏的煤层; b—受地质破坏的煤层

所以正确地分析断层, 根据断层合理地布置开拓准备巷道, 采取适宜的开采方法, 将会改善劳动条件, 提高劳动生产率, 降低生产成本。

在上面, 着重分析了断层对生产的不利方面, 但断层有时也

① 潘瑞瑾 蜂峰矿务局巷道维修问题在各生产过程中的比重及“大煤”巷道维修成本, 北京矿业学院学报, 1956年第3期



会带来有利的一面，例如：

1. 断层造成煤层重复，有利于巷道布置和大大地缩短了巷道长度（图43）。

2. 断层使煤层断裂为许多小的断块，在有自然发火危险的煤层中，能实行分区开采，采完后及时封闭，防止煤层自然发火。

3. 煤层被断裂后，可使其中瓦斯逸出，减少瓦斯突出的危险，这即是开放性的断层（图44）。

4. 断层能使煤田内的煤层及含水层分隔开来，有利于排水疏干。含水层（石灰岩和砂岩）埋藏在页岩中，页岩往往是不透水层，当断层造成地垒或地堑时，



图 44 开放性断层

会使含水层被页岩封闭，断绝了水源，有可能全部疏干。例如，峰峰二矿在疏干“山青”、“优青”含水层的过程中，水位下降110米时，而五矿同一含水层水位毫无变动；辛安、黄沙两井田被 F_2 、 F_3 号断层相隔，同一含水层，其水位、涌水量和水质皆不相同，这是含水层被断层隔绝造成的。

断层虽然也会带来有利的一面，但这些有利的情况并不是经常可以遇到的，而不利的一面却是经常碰到的，因此，正确地处理断层是非常重要的。

§4 怎样处理断层

在设计、准备和生产工作中，处理断层的原则应当在保证安全生产的条件下，最大限度地减少断层对生产的影响，减少处理岩石的工作量和煤炭损失，尽快地通过断层。

根据断层在矿田的位置及其落差的大小，对生产的影响程度是不同的。对落差较大的断层，应当在开拓部署中考虑处理，对



落差較小的断层，由于难以预料，只好在掘进和回采时处理。在后面，将从下列几方面談談断层的处理方法：

1. 开拓部署中断层的处理；
2. 掘进巷道时断层的处理；
3. 回采工作中断层的处理；
4. 处理断层时防水工作。



第二章 开拓部署中断層的处理

§1 主要开拓巷道的布置

在做矿井設計和开拓巷道布置以前，首先要研究煤炭儲量。一般說来，在遭受地质破坏的地区，煤炭儲量将大大减少。这时，对那些遭受地质破坏的地区，要慎重考虑：哪些地方儲量减少？哪些地方局部可采？哪些地区不能开采？遭受地质破坏的地区是否可采，这决定于儲量的大小、煤质的优劣、国家对該地区煤炭的需要程度、开拓和开采的成本等因素，經過技术經濟方案对比，再最后决定。

煤田中存在着大断层，要根据断层落差、断层分布地点、煤田儲量和划分矿井的井型分別处理。

大型矿井和中型矿井，可根据落差大于100米的断层作为矿田边界；小型矿井可根据落差大于50米的断层作为矿田边界。相邻矿井开采同一煤层时，必須在矿井分界处留出40米以上的隔离煤柱。如果矿井是以断层分界时，要在断层兩側各留出30米的隔离煤柱。这样，就划出了矿井开拓的技术边界。

矿田中存在着落差較大的断层，往往会改变开拓方案。实际工作中有下列情况：

1. 矿井开采水平的数目决定于煤层的埋藏深度、沿傾斜的延长距离、煤层的傾角和煤层間距等。当煤层被断层破坏后，由于其相互位置发生了变化，因而影响了开采水平的数目。如图45所示，煤层被断裂后，可以用立井单水平主要石門貫通各煤层，有利于巷道布置。但当断层落差很大时，則不能用一个石門貫通所有的煤层，必須用多水平主要石門开拓，如图46所示。

在煤层傾角較小的情况下，断层落差虽然較小，但为了运输和通风的方便，仍需要采用立井多水平主要石門的开拓方案（图



47)。

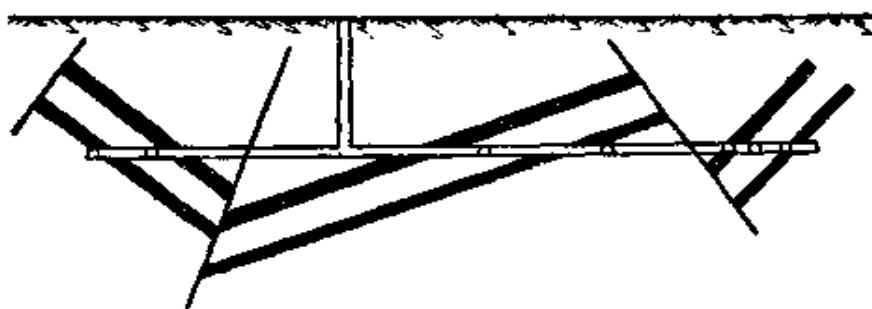


图 45 用主要石門开拓被断裂破坏的煤层

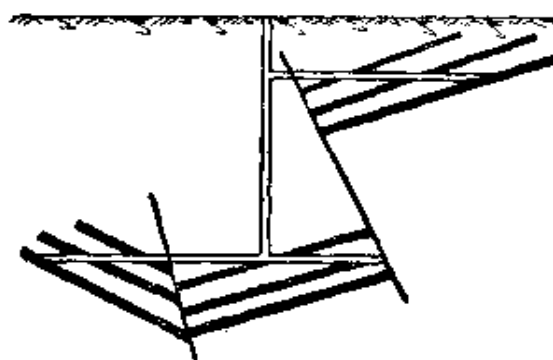


图 46 立井多水平主要石門开拓

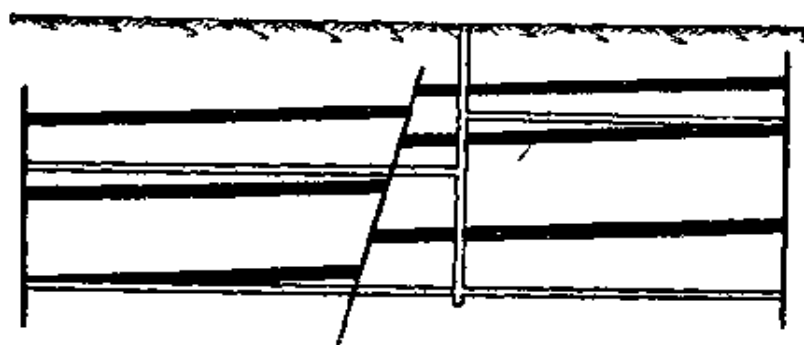


图 47 立井多水平主要石門开拓

在上述情况下，用主要石門进行开拓各煤层是非常合理的。

2. 用主要石門联系各煤层时，往往由于倾斜断层，也不得不用許多石門分別联系被断裂的各煤层。图 48 为英国某矿用主要石門联系各煤层的实例^①。該矿由于石門相互連通，已形成环形石門，便于运输。

① 英国C.H.弗利舍等 阶段采煤法，煤炭工业出版社，1959年。

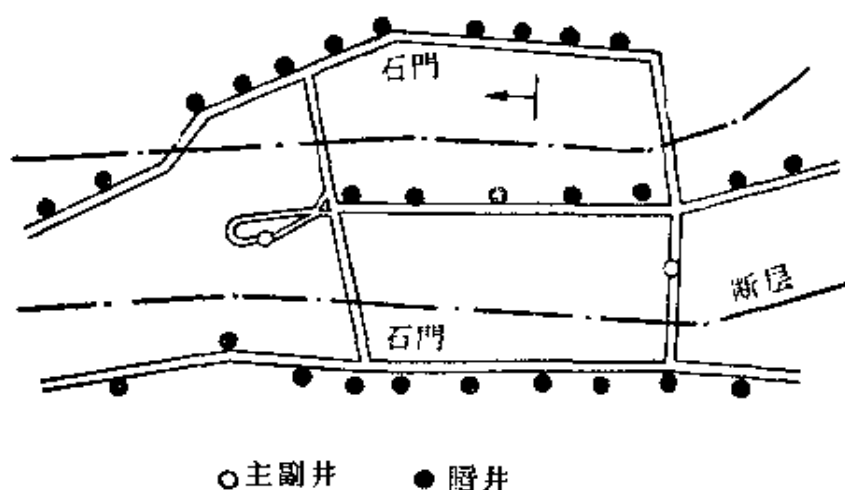


图 48 主要石门开拓

3. 矿田中各煤层深部被断层切割时 (图 49), 可以用断层做为矿田的自然边界, 但这会使各煤层的斜长不一致。如果仍用主要石门联系各煤层, 势必造成最下层煤开掘很长的下山, 或用二段下山进行开拓, 这就给运输、提升、通风、排水和巷道维修带来困难。因此, 在这种情况下, 应当采用倾斜巷道 (岩石斜巷) 来代替石门开拓最下层煤层, 以增加上山部分。

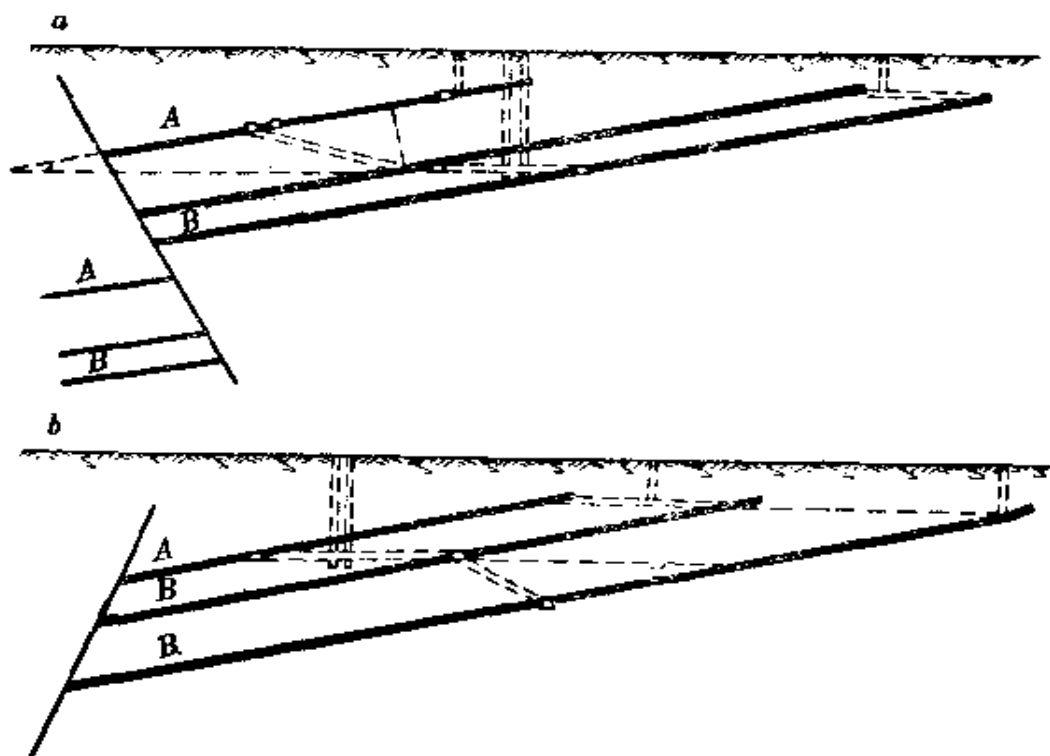


图 49 以岩石斜巷代替石门开拓



4. 当煤层被若干走向断层所断裂，用主要石門开采不便时，可用石門-暗井的方式联络各断块。图 50 为石門-暗井开拓的实例^①，该矿每一断块都有石門和暗井独立地进行运输和通风。

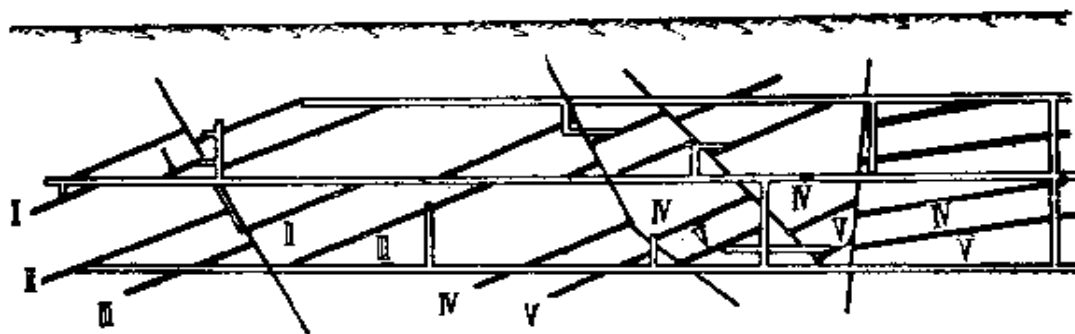


图 50 石門-暗井开拓

5. 如果煤层倾角较大，矿田深部是以断层做为边界，这时，用主要石門已不能貫通所有煤层，用一个水平开采，而必須用下山开拓，开采水平以下的煤（图 51）。

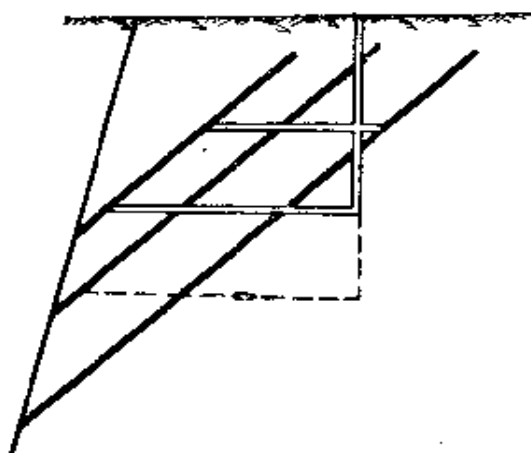


图 51 用下山开拓深部煤层

6. 矿田深部部分煤层被断至开采水平以下时，可用暗井方式开拓。图 52 表示矿田深部部分煤层被走向断层所分割，如果用石門貫通被断裂煤层，需要延深井筒，并要开掘很长的石門。这是很不经济的。如果在开采水平打一暗井沟通被断裂煤层，无论是对掘进，还是对生产，这都是很有利的。

7. 在开拓煤层群时，由于断层可以使不同的煤层錯动在一起，开拓巷道可以布置在不同的煤层中。例如，新汶某矿主要水平大巷开掘在 11 层煤中，但穿过两道断层后，却遇到了第二层煤

① 英国 C. H. 弗利舍等 阶段采煤法，煤炭工业出版社，1959 年。英国所用暗井，絕大多数是向下部水平下放煤炭。



和第四层煤，因此，該两断层区間的主要水平大巷就布置在第二层和第四层了，从而改变了运输系統和通风系統（图 53）。

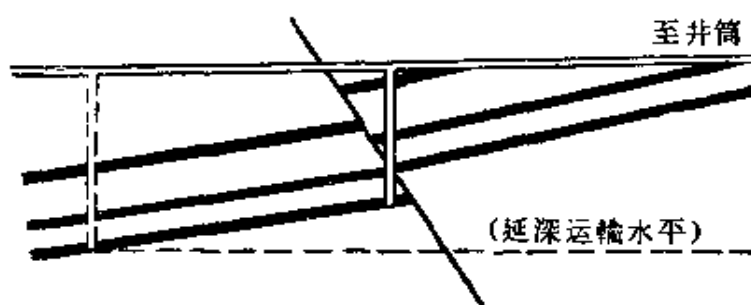


图 52 用暗井联系深部煤层

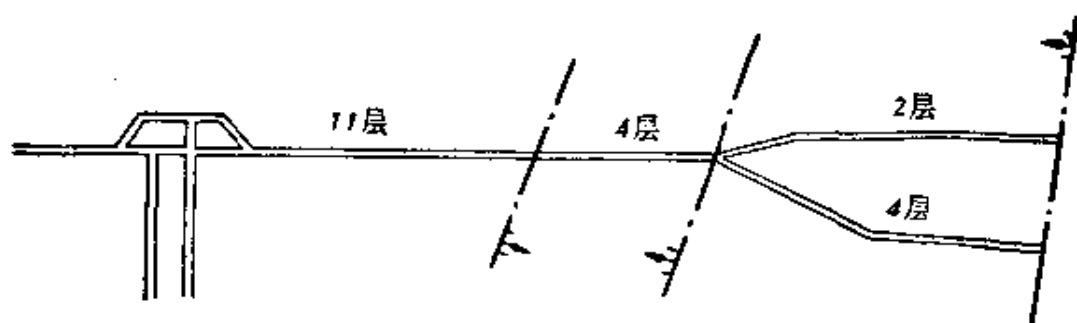


图 53 主要运输巷道布置图

8. 在开拓地质构造复杂的煤层群时，可以采用岩石集中巷道采区石門的开拓方式。采用岩石集中巷道的优点是：首先，保証阶段大巷的规格要求，便于电机车运输，为均衡和連續生产提供了条件；其次，开掘岩石大巷可以进一步了解地质情况，补充地质資料；第三，如果遇到断层，可以开掘輔助巷道来解决，不致因大巷已定，形成长期的被动局面。

在断层破坏区，可用采区石門区段暗井联系，以解决运输和通风問題。图 54 是新邱四坑采区石門暗井开拓的例子。东北地区許多矿井在采用石門暗井开采断层破坏区的例子很多，經驗也很丰富^①。

9. 在水采矿井，遇有落差較大的走向断层时，为了使水力运输提升合理（无压运输），为了减少煤炭损失，斜井或上下山

① 徐成山 矿井开拓方式及采区巷道布置，煤炭工业出版社，1960年。



应当沿着下面的煤层开掘（图 55）。

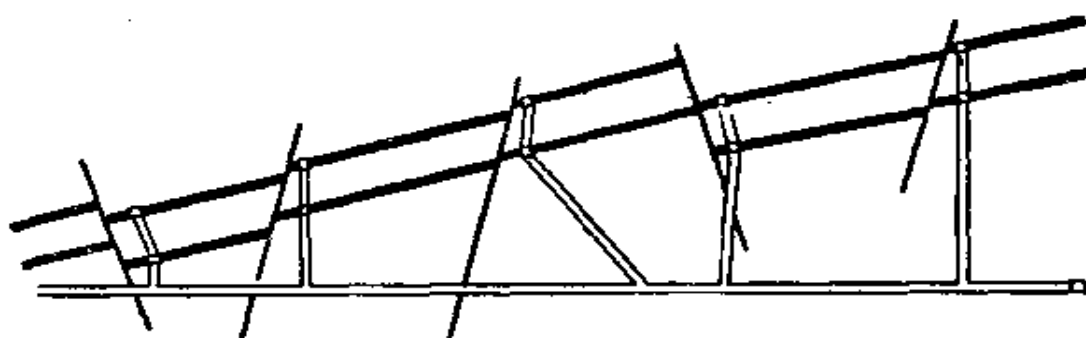


图 54 新邱四坑断层区大巷

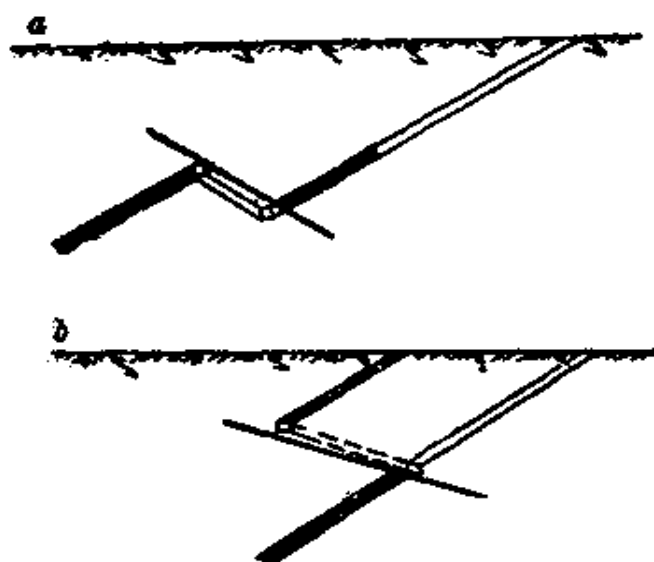


图 55 水采矿井斜井位置

由上可知，在遇有断层的情况下，开拓巷道要因地制宜地改变，使其更加合理。

§2 断层作为划分水平和采区的依据

矿田中落差小的断层，例如落差 20—50 米，可考虑作为水平或采区划分的依据。

断层作为水平划分的依据

1. 在矿田中存在的走向断层，如果断层落差大于 50 米，被断层分割的长度较大（大于 3 个区段长度），煤炭储量又能满



是一个水平的服务年限,可以考虑以走向断层作为水平界限。如图 56 所示,某矿井田内有 5 条断层(基本上属于走向断层),将煤层分割为四大部分,该矿在开拓部署中,即以断层为界划分四个水平: -65、-225、-375 和 -420,这是一个很典型的例子。

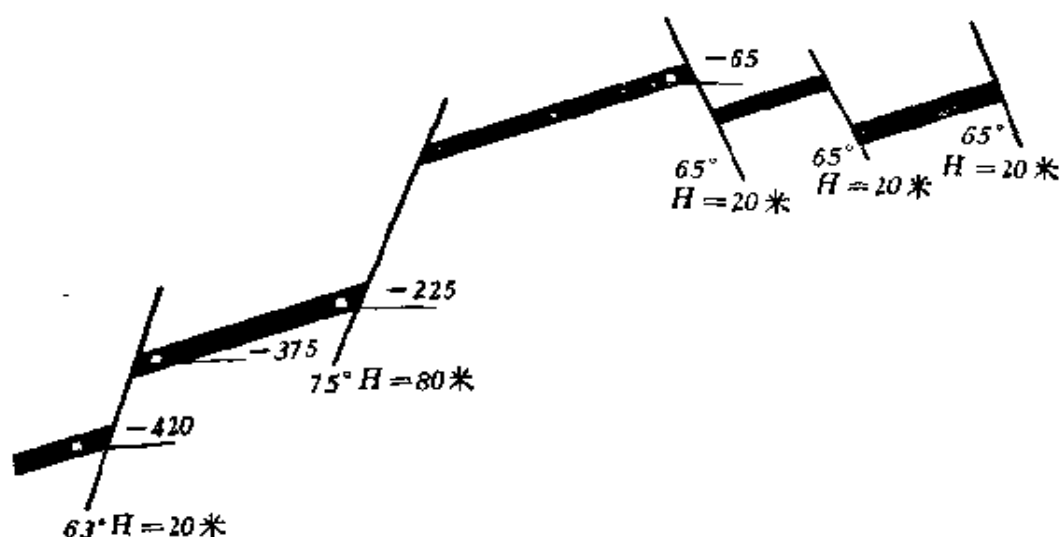


图 56 以断层作为水平界限的示意图

2. 在上山(或下山)部分存在的走向断层,其落差较大,但被断层分割的倾斜长度较短(1—2 个区段长度时),可以考虑以走向断层作为水平内的辅助水平界线(图 57),但这时运输将成为多段提升,系统复杂。

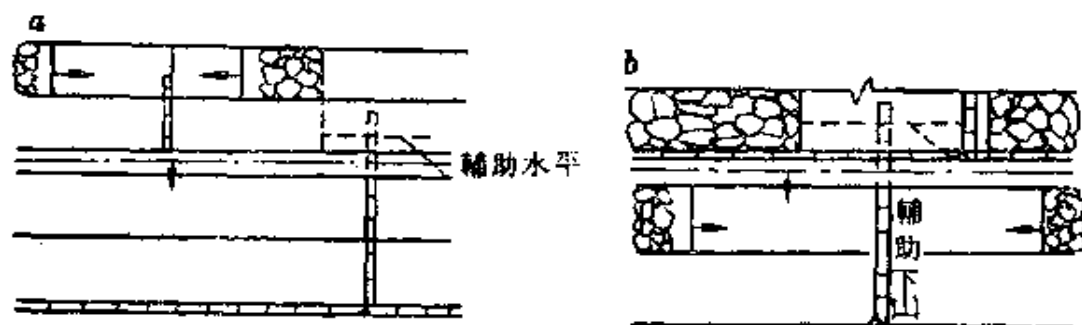


图 57 以断层划分水平
a—上山部分; b—下山部分

断层作为划分采区的依据

1. 当矿田中的倾斜断层之间的煤层走向长度在 600—800



米时，可将此区域划为一个采区，用双翼上山方案开采（图58）。

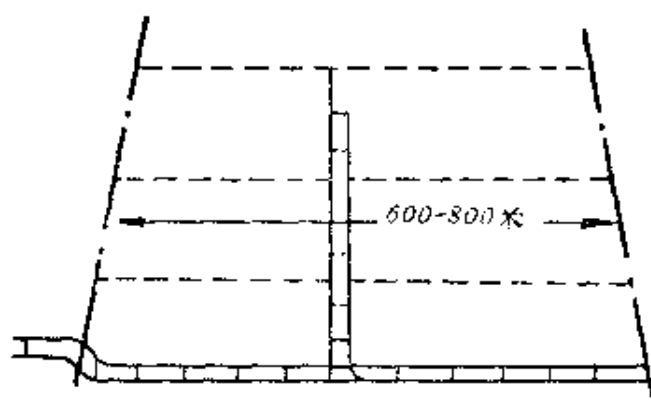


图 58 双翼上山方案开采

2. 当倾斜断层之间的煤柱走向长度为300—400米时；或跨越断层用双翼上山方案不经济时，可用单翼上山方案开采（图59）。但该方案在运输、千吨掘进率和回采方面皆不及双翼上山方案有利。

采区以断层来划分时，其走向尺寸决定于断层的位置和落差的大小。一般说来，以断层划分的采区，其尺寸应当争取与正常情况下的采区尺寸一致，否则就会因采取尺寸过小而造成准备工作紧张被动，影响技术经济指标。断层落差大于20米，断层之间距离（采区走向尺寸）较大时，可以断层为界划分采区；如果落差小于20米，以断层为界划分的采区尺寸太小，则不以断层为界，采区可跨越断层。例如，鸡西小恒山煤矿凡遇到断层落差在10—15米时，都采取通过断层的办法；断层落差大于20米，就以此作为采区边界划分采区，其效果较好。而岭西煤矿都采用了另开上山的办法，结果多开了绞车道、车场和切割眼，影响了掘进率，增加了搬家次数，这是一个很明显的对照^①。至于是否跨越断层，这取决于经济效益，就是采用过断层石门的总费用应小于另开上下山所需用的总费用。如以图60为例，其经济比较的方法如下：运输水平与通

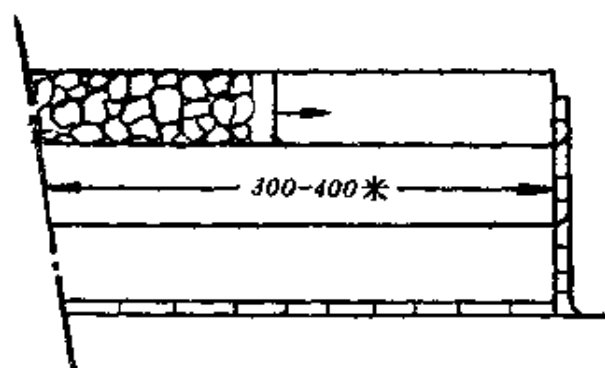


图 59 单翼上山方案开采

① 黑龙江省煤炭工业管理局办公室调查组 小恒山矿和岭西矿的差距在哪里？煤炭工业，1963年第12期。



风水平过断层的石门是必须开掘的。因此，实际是比较中间巷道过断层石门的费用与另开上山的费用，用公式表示如下。

中间巷道过断层石门的总费用为

$$Q_{\text{石}} = n_1 l_1 q_1 + 2n_1 l_1 t q_2 + n_1 A K_1 l_1 q_3; \quad (2-1)$$

另开上山的总费用为

$$Q_{\text{上山}} = n_2 n_3 l_2 q_4 K_2 + n_2 l_2 t \cdot \frac{n_3 (n_3 + 1)}{2} q_5 + K_1 A l_2 \frac{n_3 (n_3 - 1)}{2} q_6. \quad (2-2)$$

式中 n_1 ——石门的数目；

n_2 ——上山的数目；

n_3 ——区段数目；

l_1 ——石门长度，米；

l_2 ——区段斜长，米；

q_1 ——石门掘进费用
单价，元/米；

q_2 ——石门维护费用
单价，元/年-
米；

q_3 ——石门运输费用
单价，元/吨-
公里；

q_4 ——上山掘进费用
单价，元/米；

q_5 ——上山维护费用
单价，元/年-
米；

q_6 ——上山运输费用单价，元/吨-公里；

t ——每一区段的服务年限，年；

A ——每一区段地质埋藏量，吨；

K_1 ——回采率，%；

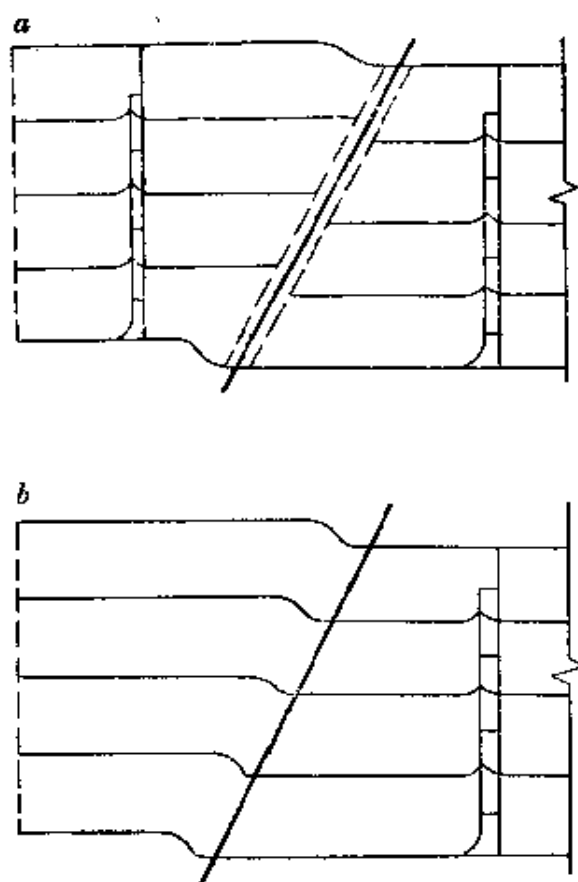


图 60 过断层方案的比较

a——另开上山的方案；

b——石门过断层的方案



K_2 ——考虑采区车场,联络眼掘进工程量系数,其值1.3—1.5。

如果 $Q_{\text{下}} \leq Q_{\text{上山}}$,则采取跨越断层的方案在经济上是合理的^①。

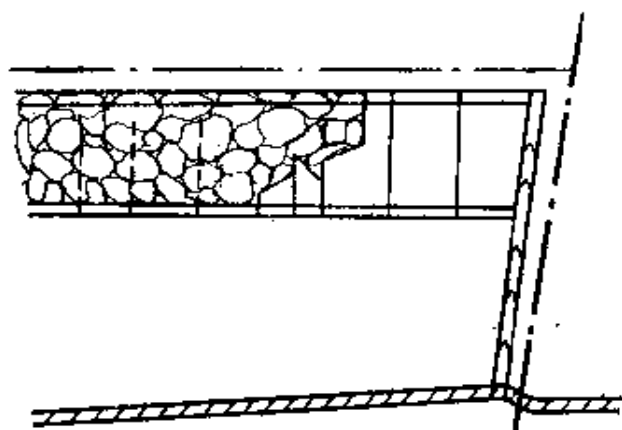


图 61 以断层划分采区

3. 在水采矿井中,可以充分地利用倾斜断层或斜交断层作为划分采区的依据(图61)。断层两侧各为一个采区,独立地回采,避免过多的巷道通过断层,使掘进和回采困难。

4. 当煤层群同时被若干倾斜断层和斜交断层切断时,所有被切断部分皆可以

此断层划为一个采区,考虑联合部署(图62)。例如,图53所举的实例,就是利用断层将2层和4层划分成两个采区,其走向长度分别是550米和600米,用双翼上山方案开拓。

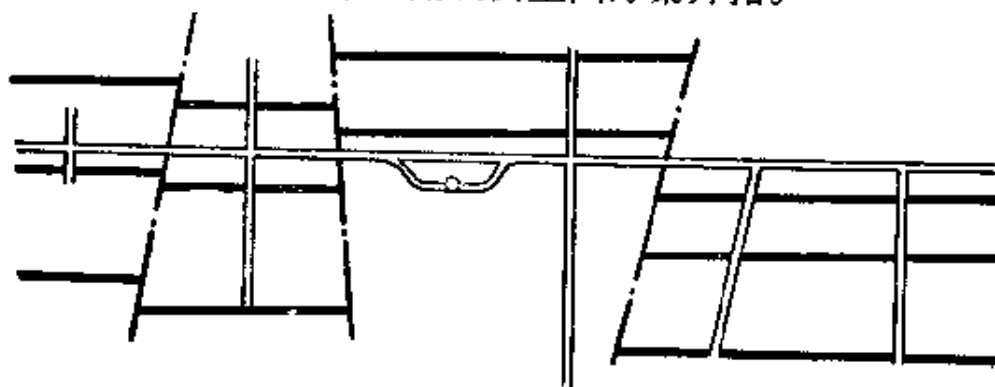


图 62 断层之间布置石门

§3 上下山的位置

断层既影响采区的巷道布置,又影响煤炭损失和掘进率,因此,合理地布置巷道,尤其是上下山的位置,对提高采区技术经

^① 有关确定过断层石门的材料,可参看徐成山《减少段数,简化各段》一文,煤炭工业,1964年第3期。



济指标有极大的意义。

矿田中存在的断层，如果落差较小，或只有局部存在，采区巷道布置可用下面的方案：

1. 被断层划分的采区走向长度较短，如果采用双翼采区开采，除掉上下山煤柱和断层煤柱外，剩余的可采面积就很小了。

在这种情况下，适于用单翼采区。为了减少煤柱损失，上下山可顺倾斜断层开掘（参阅图34）。

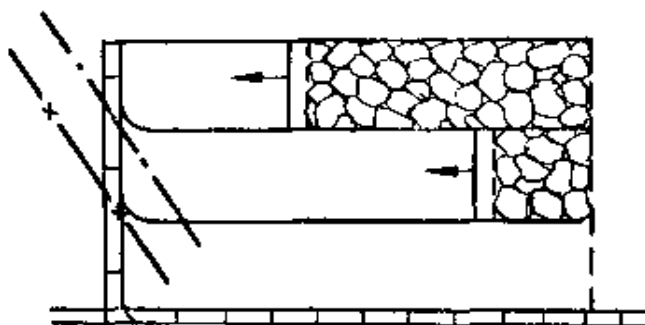


图 63 单翼上山通过断层

2. 与第一种条件相同，只是倾斜断层处于矿田边界，上下山可布置在采区的另一侧（参阅图59）。

3. 当斜交断层落差在5米以内，而岩石又比较稳定时，上下山可通过斜交断层，断层煤柱与护巷煤柱合并为一（图63、64）。

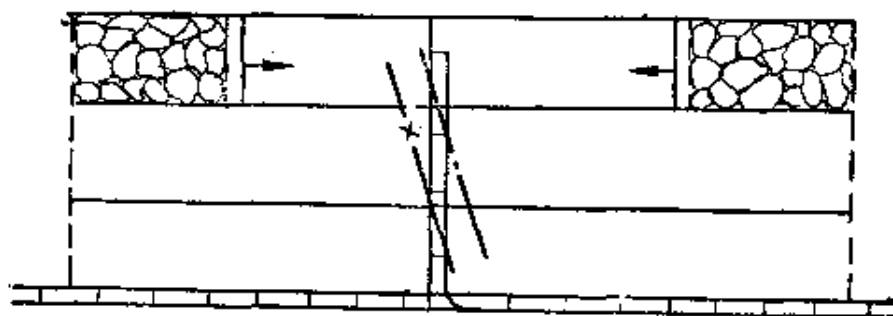


图 64 双翼上山通过断层

4. 在倾斜煤层中，如果断层落差在10米以内，岩石比较稳定，上下山可顺断层开掘，而中间平巷的车场（片口）则利用石门与平巷相连（图65）。

5. 在缓倾斜煤层中，如果遇有逆断层或逆掩断层，且断层落差在10米以内，那末，运输机上山可沿下盘掘进，轨道上山沿上盘掘进；上下盘的煤炭可通过溜煤眼与运输机上山相连，用绕



道与轨道上山相连（图66）。

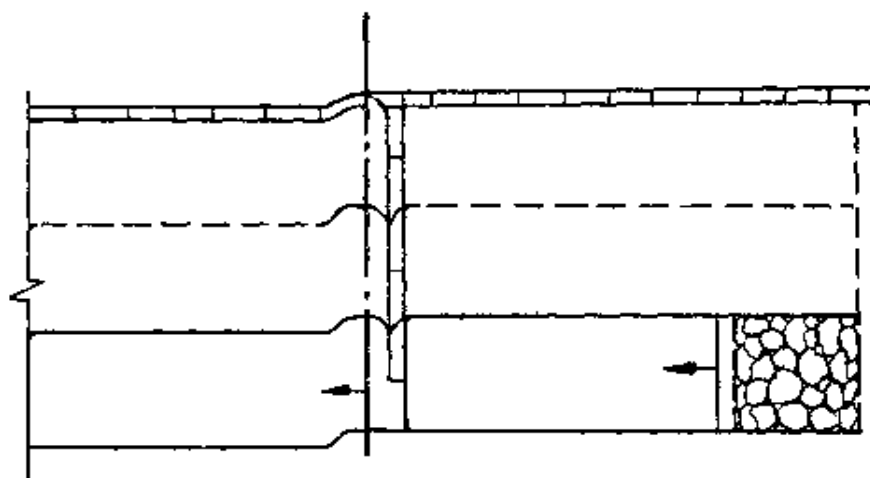


图 65 在岩石中开掘车场

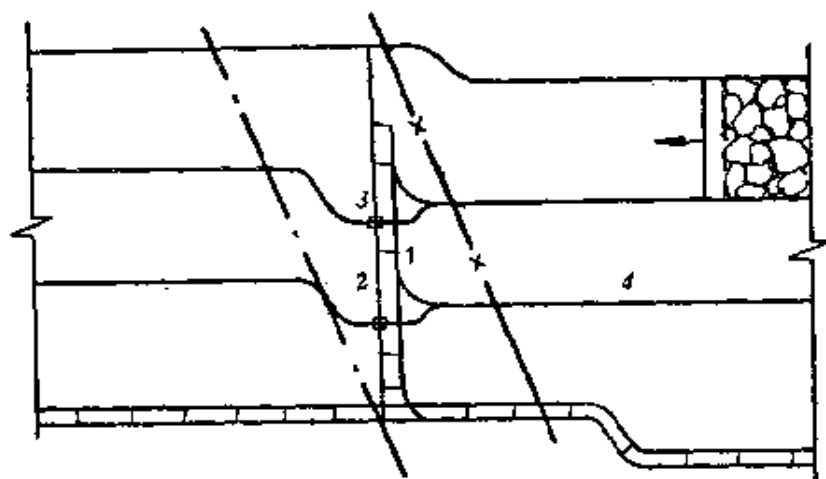


图 36 逆掩断层的处理方法

1—轨道上山；2—运输机上山；3—溜煤眼；4—中间巷道

6. 在水采矿井中，倾斜煤层受斜交断层破坏时，上山可沿断层开掘（参阅图61）。此时，上山的方向是伪倾斜方向，可以不留置三角煤柱。如果切割眼也是伪倾斜方向，在冲采过程中，可以防止矸石冲入工作面内。此外，对煤水运输和行人也都比较有利，这在倾角继续增大时更为明显（图67）。

上下山究竟是开掘在断层带中，还是顺断层开掘，这决定于断层的性质。如果断层带岩石破碎，含水或含瓦斯，上下山则不



能开掘在断层带中，否则，由于顶板压力过大，会引起冒顶片帮，巷道维护困难。如果断层落差很小，岩石稳定，无水与瓦斯，则上下山可开掘在断层带中。

在采用单翼采区开采的情况下，究竟是采用前面上山方案，还是后面上山方案，这也取决于断层的位置和性质，以及围岩情况等。在一般情况下，后面上山方案是比较有利的。

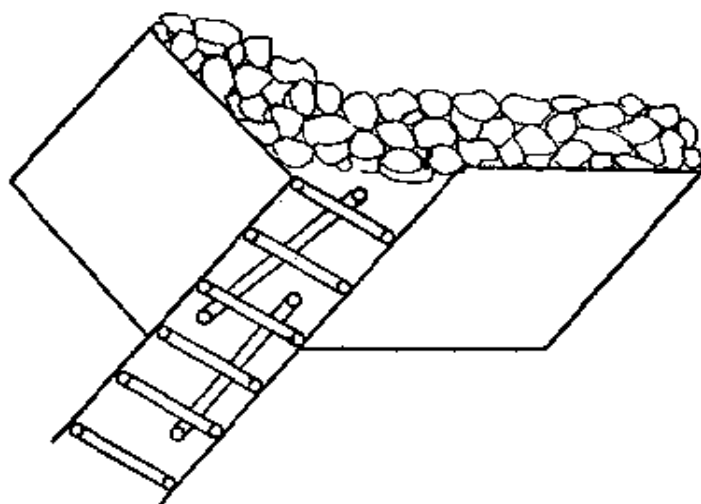


图 67 伪倾斜漏斗采煤法

当上下山顺断层开掘时，须在断层两侧留置安全煤柱。安全煤柱的尺寸要依断层落差及含水压力而定。常用尺寸是：落差大于50米的断层，保安煤柱为20—30米；落差小于50米的断层，保安煤柱为10米；落差小于10米的断层，保安煤柱为2—8米，或不留煤柱。由此可见，上下山开掘在断层带中，对提高采区回采率具有重要意义。

§4 工作面的布置

采区内有小断层时，也会给回采和掘进带来困难，在布置工作面时要适当处理，以减少断层对生产的影响。

1. 如果采区内有走向断层，其落差在2米以上，分布较长，为了减少回采工作中处理断层的困难，可以根据断层将工作面分成两个，以双工作面开采。如果因断层使煤层发生断灭，其长度在10米以上，则用双工作面回采，将断层和断灭部分作为护巷煤柱处理（图68）。当然，在这种情况下，为了使上下工作面由于放顶工作所引起的冲击压力不致互相影响，上下工作面应保持一



定的錯差，一般为 15—30 米。

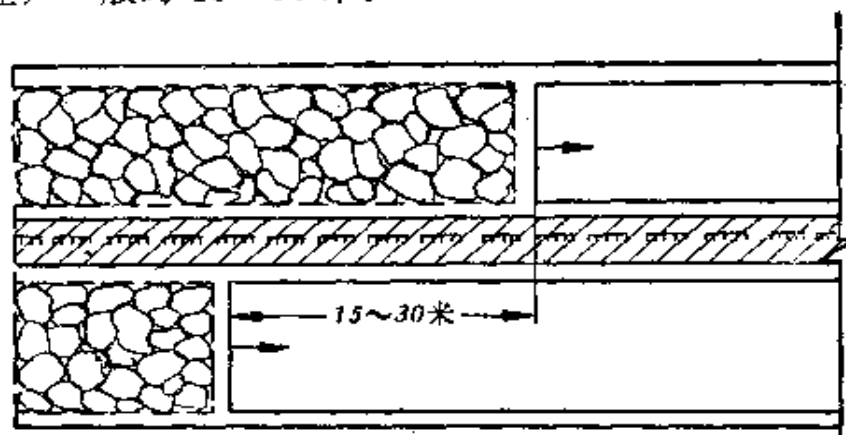


图 68 双工作面布置方法

2. 如果采区内有斜交断层，使采区傾斜长度不一致，布置一个工作面可达 150 米以上，将給回采、运输、頂板管理和正規循环作业带来困难。在这种情况下，可以布置两个工作面回采。渡过断层影响区以后，仍用一个工作面生产（图69）。

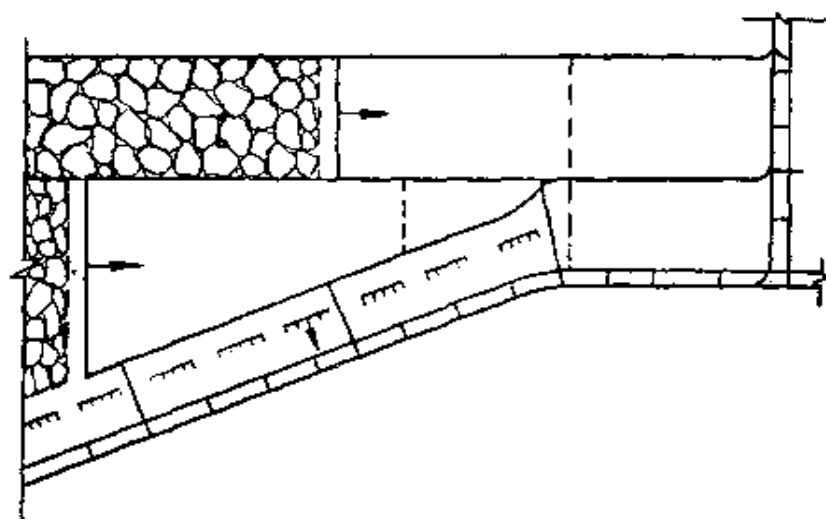


图 69 双工作面布置

3. 采区中某部分被斜交断层分割时，可以在該区内独立地布置工作面（图70）。工作面上部用斜巷与回风巷相連，用来回风和下料；工作面下部用斜巷与运输巷相联，用以行人和进风。为了便于煤炭下放和貯存，可通过煤仓与运输巷相联。在运输环节失調时，煤仓起了緩冲的作用，不致使工作面生产中断。

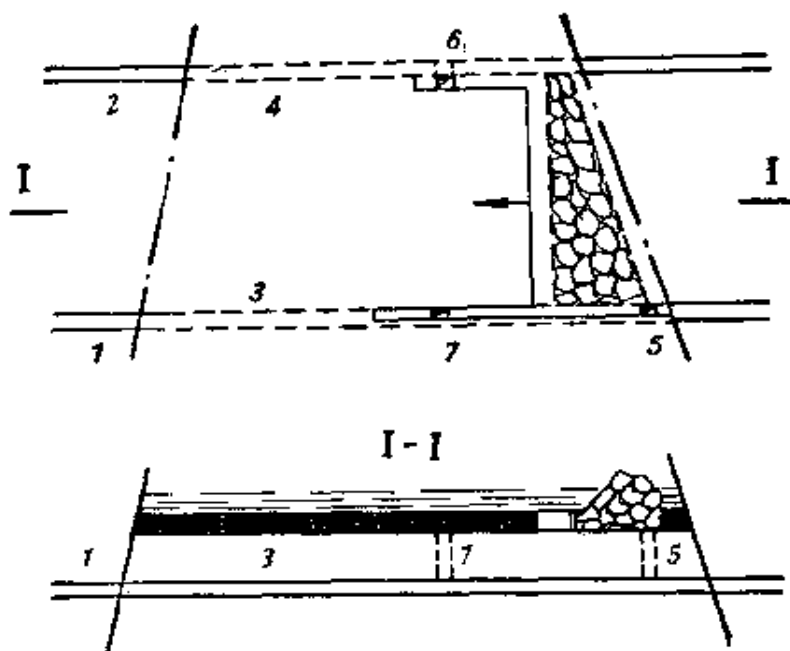


图 70 地空情况下工作面的布置

1—运输巷道；2—回风巷道；3—运输石门；4—回风石门；
5、6—斜眼；7—煤仓

4. 煤层倾角在10度以下，顶板稳定，被斜交断层所断裂的部分，其倾斜长度较长而走向长度较短时，可布置一个仰斜工作面回采（图71）。

工作面两侧为倾斜的运输巷和回风巷，其中运输巷只超前5—10米，以安置运输机机尾部分。淄博洪山煤矿采区曾按仰斜工作面方法回采，但风流容易短路，故应对采空区充填带的密闭质量特别注意。

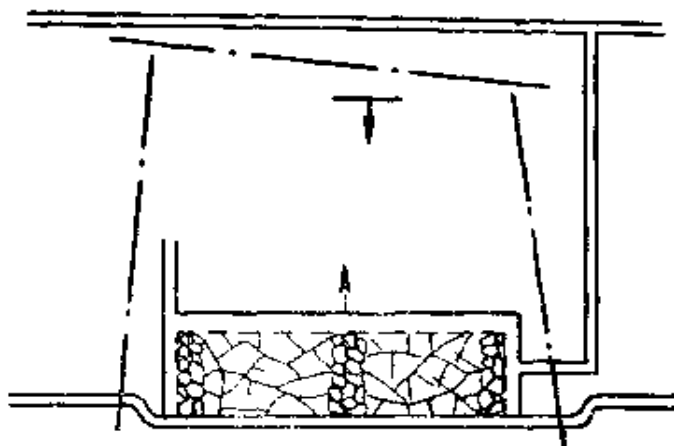


图 71 仰斜工作面

5. 与上述情况相似，但被斜交断层所断裂的部分面积很小（走向长度在50米左右），不适于正规回采，此时，可用残采（串采）方法回采（图72）。在该区中间打一上山，安置运输



机，顺走向开掘巷道采煤。巷道宽 2.5—3 米，巷道间煤柱斜长 5—10 米，用来支撑顶板。当采煤巷道较长时，可设置 V 型溜子或敷设小型轨道，用带筐板车运输。为了通风和回采，可沿倾斜开掘通风巷与回风巷相联。显然，这种采煤方法的回采率和通风条件都不好，只适合在煤炭储量较小的条件下使用。

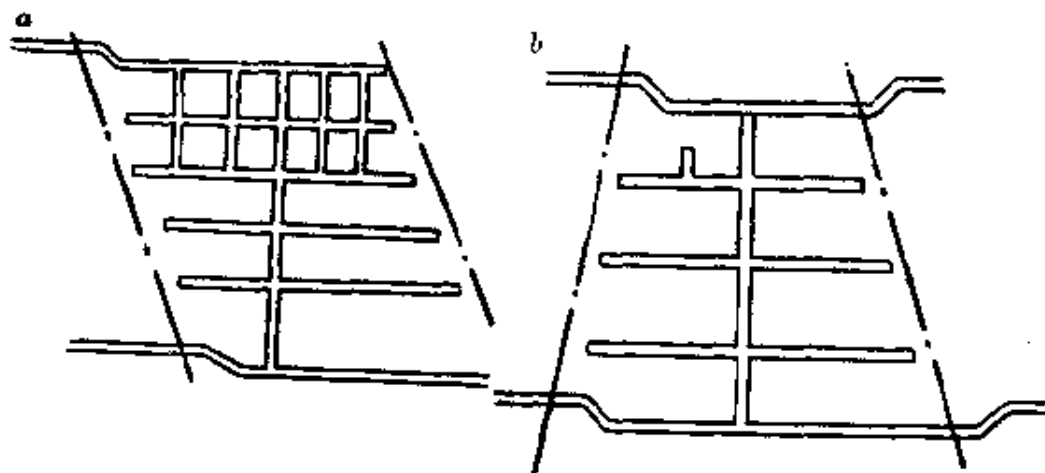


图 72 残采方法

6. 在水采区中，遇有走向断层或斜交断层时，可根据断层来划分分段，以利于煤水运输和减少煤炭损失。

由上述可知，在采区被断层切割的情况下，被切割部分工作面长度只能根据自然条件来决定，从而改变了循环进尺，昼夜循环数和掘进率，给生产带来困难。

倾斜断层和斜交断层对工作面的方向也有很大影响。当断层

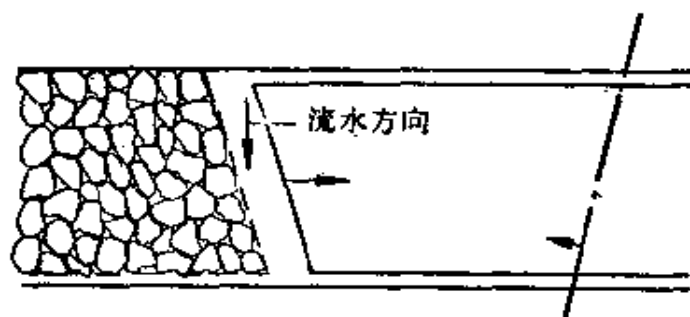


图 73 工作面调一角度的方法

切割方向与工作面方向一致时，由于顶板压力，可能出现切工作面的危险，所以应使工作面的方向与断层切割方向成较大的角度，如 60—90 度最好。在顶板

有淋水或底板有铺水的情况下，工作面调一角度也是有利的。这



样,使流水流向采空区,而不流向工作面,以改善劳动条件(图73)。

通过以上的分析,可以知道,在开拓部署中,根据断层的性质,其处理方法是多种多样的,而通过断层的巷道形式也是多种多样的。在下面,着重研究一下通过断层的巷道形式,也即研究联系断层上下盘煤层的巷道类型。

通过断层的巷道形式,如同煤层群层间联系巷道的形式一样,有垂直巷道、倾斜巷道和水平巷道三种。

1. 垂直巷道(暗井和溜井)用在断层落差较大,近水平或缓倾斜煤层中。这种巷道掘进工程量小,但施工和运输系统复杂;尤其在用暗井联系的情况下,需要多添置一套提升设备。例如,黑龙江双鸭山矿区在总结开拓方式中,曾对过断层的巷道形式做过研究^①,认为采用暗井的方式会使生产分散,掘进率增大,巷道维修量加大,影响技术经济效益,不如石门优越。

2. 倾斜巷道(溜眼和岩石斜巷)用在断层落差较小,缓倾斜及倾斜煤层中,优缺点与上述相似。

3. 水平巷道(石门)应用最广,尤其是通过落差较大的倾斜断层和斜交断层,几乎都是利用石门。石门容易维护,运输费用低,行人通风方便。因此,凡是在条件许可的情况下,都要利用石门通过断层。

4. 断层可能使不同的煤层巧合地错动在一起,此时,可用煤层平巷通过断层,从而对生产影响很小。例如,开滦林西矿5水平5381工作面,其东部以断层为界,开采8、9层煤。8层煤用竹笆假顶和夹石顶板分为三个分层回采。共用巷道布置在9层煤中,分层巷道通过石门与9层巷道相联,但在东部断层使9层煤与8层煤错在一起,11层煤与9层煤错在一起,所以过断层时由9层煤向西开掘巷道,与8层煤第一分层相遇,11层巷道与9层煤相遇,此时,中间巷道就处在不同的煤层中了(图74)。

^① 刘永胜 对双鸭山矿区煤层群开拓方式的几点意见,煤炭工业,1963年第一期。

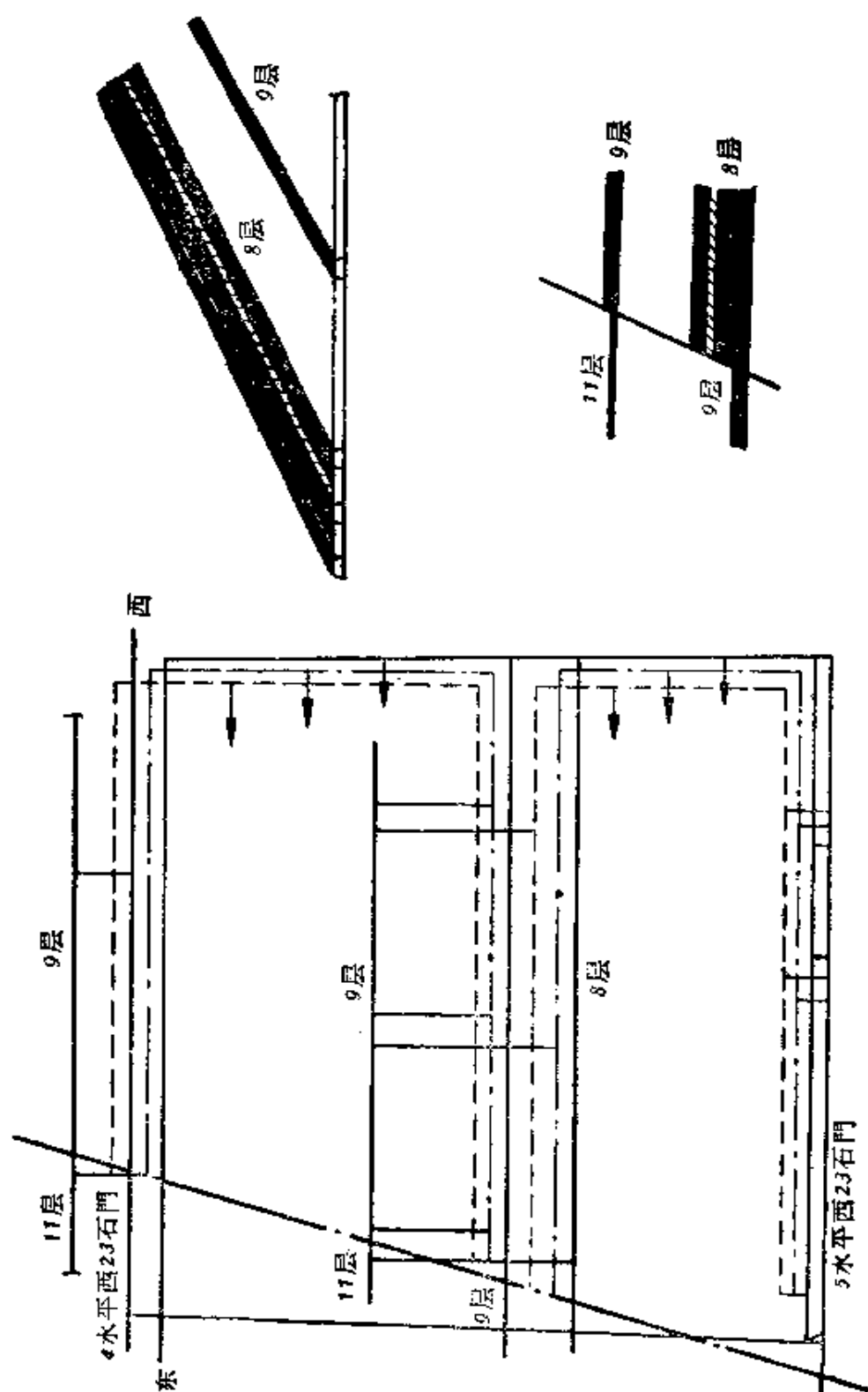


图 74 不同煤层错动的情况



第三章 掘进巷道时断层处理

§1 掘进水平巷道时倾斜断层和斜交断层的处理

在掘进水平巷道过程中，所遇到的断层，几乎都是倾斜断层或斜交断层，很少遇到走向断层。

在掘进时，如果所遇到的断层的落差小于10米，则巷道掘进的方向，可以根据断失煤层的位置，采用“转上”或“转下”的方法寻找。所谓“转上”，即是断失煤层位于煤层倾斜面以上位置（顶板方向），掘进巷道向倾斜面上方掘进（图75,a、b）；所谓“转下”，即是断失煤层位于煤层倾斜面以下位置（底板方向），掘进巷道向倾斜面下方掘进（图75,c、d）。

但是，巷道掘进的方向，并不完全是由断失煤层的位置来决定，还要考虑煤层顶底板的性质（硬度、解理和层理的发育情况、维护的难易程度等），瓦斯及含水等因素。例如，枣庄煤矿小槽煤的顶板是石灰岩，属透水层，过断层时，一般都不采用打顶板的办法，而是采用打底板（砂岩）的办法。

如果断层落差在10米以上，掘进巷道的方向虽然也采用“转上”或“转下”的办法，但是由于落差较大，如果方向不准确，往往不易找到断失煤层，即使找到了，也会造成巷道过长，增加掘进工程量和维修工作量。例如，图4的№224巷道就不及№124巷道合理，因工程量增加了。在这种情况下，应当采用计算方法，或用作图方法，求出石门的方向和长度。

用计算方法求石门的方向和长度

缓倾斜和倾斜煤层在遇到倾斜断层和正断层的情况下，不推石门长度为（图76,a）

$$a = \frac{H}{\sin \alpha}, \quad (3-1)$$

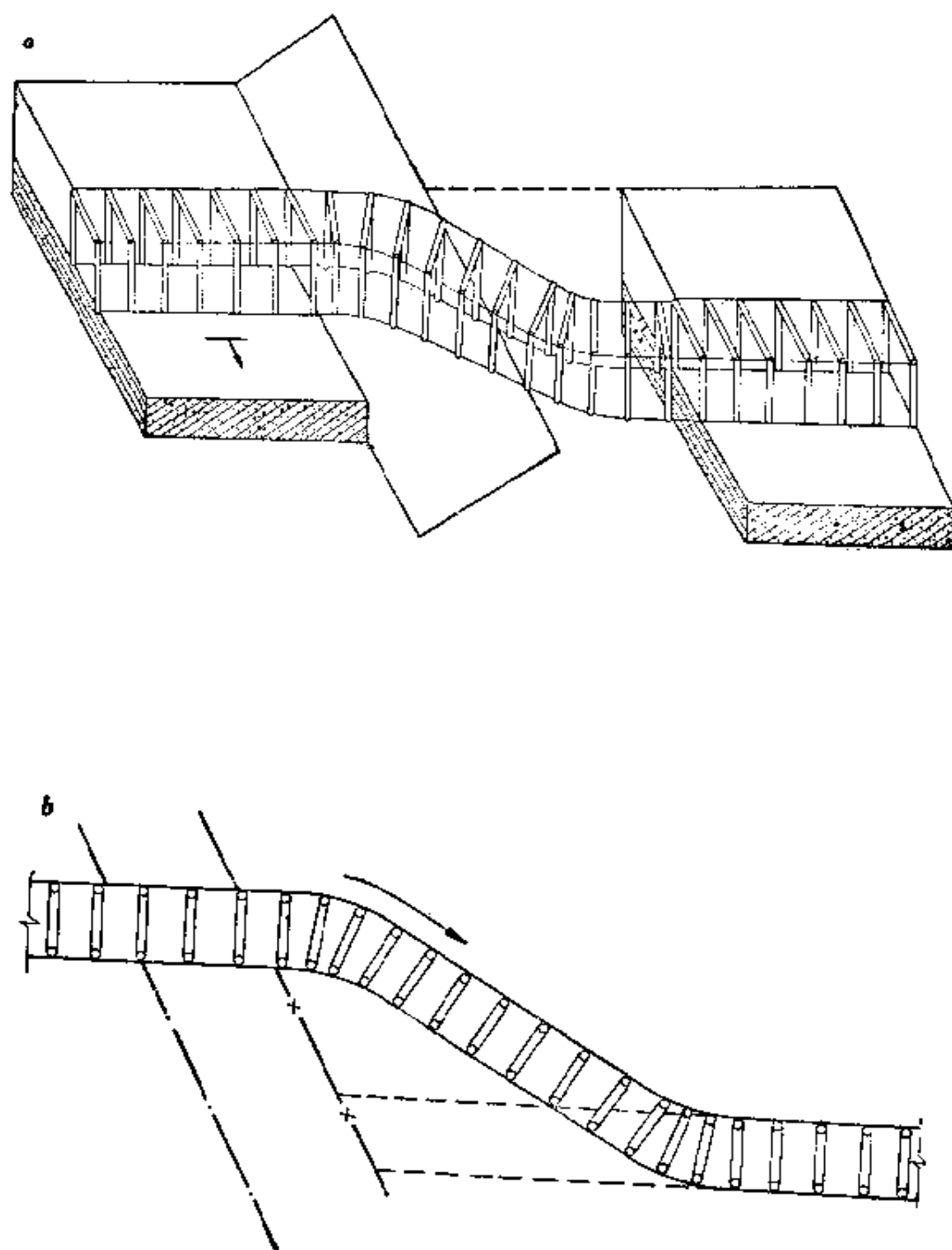
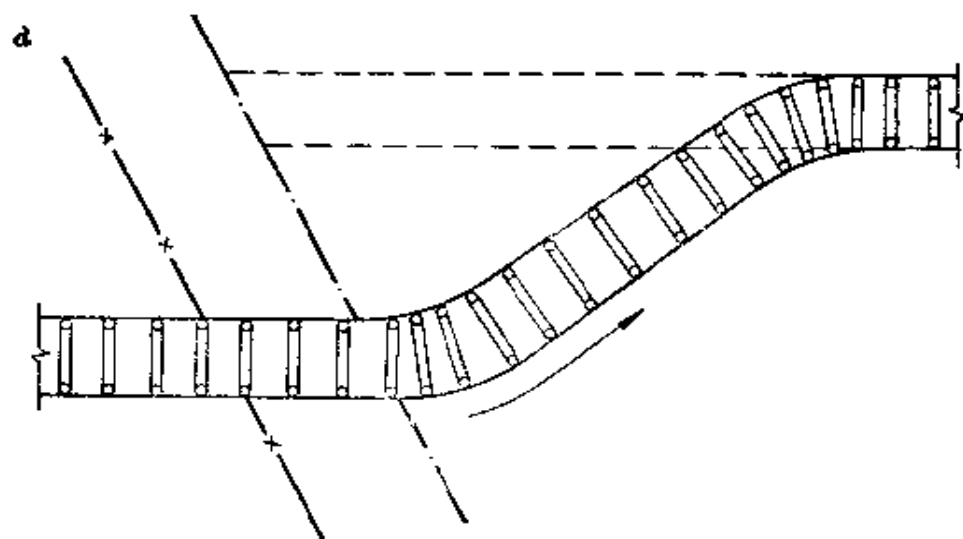
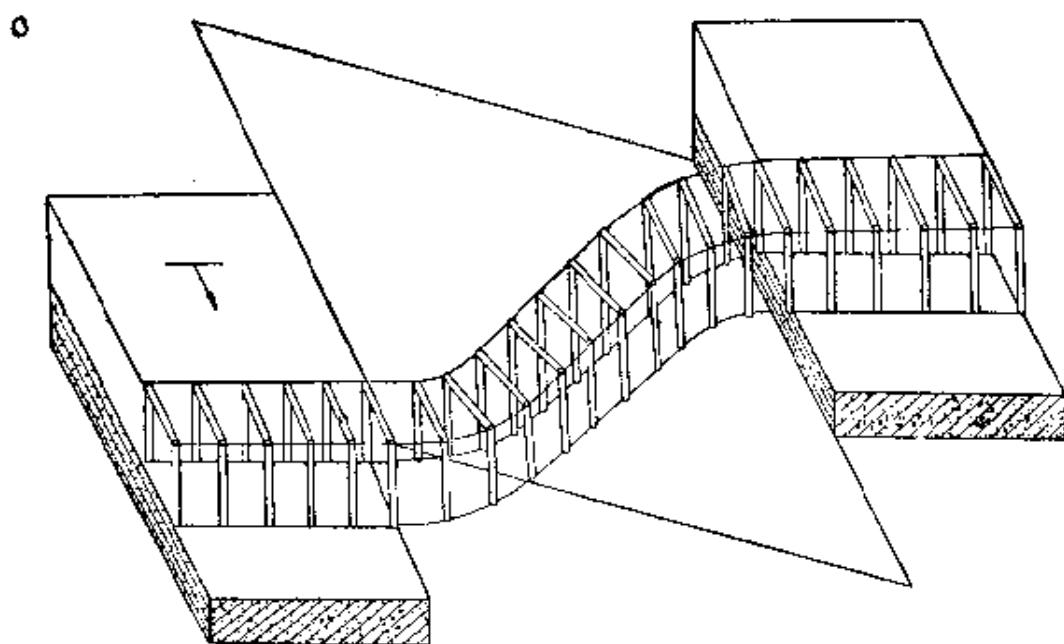


图 75 水平巷道
a、b—水平巷道通过断层（“转上”），



通过断层示意图

c、d—水平巷道通过断层（“掉下”）



式中 a ——平推石門的长度，米；

H ——落差，米；

α ——煤层倾角，度。

分析 (3-1) 式，可以知道：

1. 在一定的煤层中，平推石門的长度随落差而变化；石門的方向可垂直于煤层的走向，即垂直于大巷的方向。

2. 当 $\alpha = 90^\circ$ 时， $a = H$ ，即在急倾斜煤层的情况下，其石門的长度与錯距相等。

3. 当 $\alpha = 0^\circ$ 时， $\alpha = \infty$ ，此时，利用石門已不可能找到煤层，应当利用垂直巷道（暗井、溜煤眼）或倾斜巷道（岩石上山、下山、溜眼）寻找煤层。

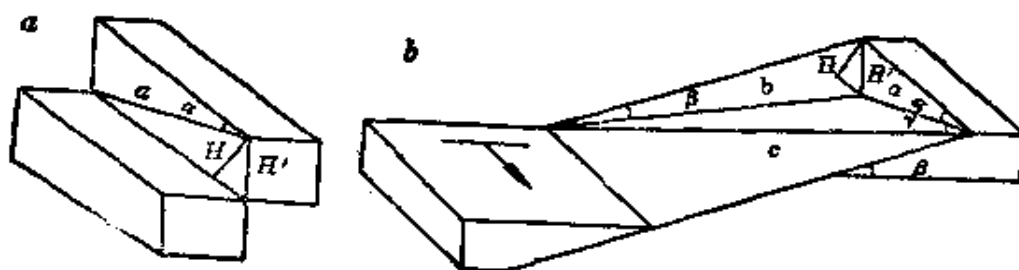


图 76 石門长度的計算

煤层断裂并发生移动后（图 76, b），石門的长度可用下式計算：

$$H' = \frac{H}{\cos \alpha}, \quad (3-2)$$

$$b = \frac{H'}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{H}{\cos \alpha} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \beta}, \quad (3-3)$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{\left(\frac{H}{\sin \alpha}\right)^2 + \left(\frac{H}{\cos \alpha} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \beta}\right)^2}, \quad (3-4)$$

式中 H' ——垂直断距，米；

b ——水平断距，米；

β ——断层面的傾角或伪傾斜角，度；

c ——平推石門的长度，米。



平推石門的方向决定于角度 γ ，其計算公式为

$$\gamma = \arctg \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} \quad (3-5)$$

式中 γ ——石門与煤层真傾斜綫之間的夹角，度。

分析公式 (3-4)，可以知道：

1. 平推石門的长度 c 随落差 H 而变化。
2. 平推石門的长度随煤层的傾角而变化。

当 $\alpha = 90^\circ$ 时，石門的长度最短；而当 $\alpha = 0^\circ$ 时，利用平推石門的办法，已不可能找到煤层，应当改用斜巷或垂直巷道联系。

在逆断层和逆掩断层的情况下，石門的长度可用公式(3-1)計算。石門长度的变化情况与上述分析的相同。

根据公式算出的石門长度是最短的石門长度。但是，考虑到在頂板（或底板）中掘进石門，并在与大巷銜接处，还需掘进出弯道，因此，石門应当稍长一些。

例 某矿所开掘的順槽遇到 F_{10} 断层，其落差为12.5米，断层面的傾角为 50° ，煤层傾角为 20° ，問石門的方向如何决定？預計掘进多少米可以寻着断层？

解
$$a = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{12.5}{\sin 20^\circ} = 36.76 \text{ 米；}$$

$$H' = \frac{H}{\cos \alpha} = \frac{12.5}{\cos 20^\circ} = 13.29 \text{ 米；}$$

$$b = \frac{H'}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{13.29}{\operatorname{tg} 50^\circ} = 11.16 \text{ 米；}$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{36.76^2 + 11.16^2} = 37 \text{ 米；}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{b}{a} = \frac{11.16}{36.76} = 0.3035;$$

$$\gamma = 16^\circ 54'.$$

答 由掘进巷道向断失煤层的方向偏 $16^\circ 54'$ ，当掘进37米后，預計可以見到断层。

实际上，該巷道掘进时偏斜 16° ，掘进40米时遇到了断失



煤层。

通过对若干石門的研究，計算的数字与实际掘进的数字相差1米到20余米。这种誤差发生的原因有：

1. 公式中将煤层做为平板考虑，忽略了煤层的弯曲和厚薄的变化；

2. 煤层被断裂后，并不像是被刀子所切的那样整齐，而是发生了弯曲、变薄和引振状；

3. 断层面的倾角的走向不是像板一样平直，而是变化的，煤层的走向也发生了变化；

4. 計算时所用的数据都是由钻探资料或邻近巷道发现的断层提供的。这些数据在设计时不一定适合；

5. 实际掘进中选取的巷道方向角度偏大。

綜合上述，在遇到較大的断层时，可以利用計算的結果作为預計寻找煤层的参考数字，虽有誤差，但对设计和掘进来说还是有用的。

根据煤层倾角及断层的落差，用作图法求出断失煤层及石門长度

当已知煤层倾角、断层落差和断层面方向时，可做出煤层剖面图，如图77所示。图77中的剖面Ⅰ-Ⅰ， $AE=H$ —落差， α 为煤层倾角。在煤层中掘进的平巷在A点遇到了断层，要想找到断失煤层，必須沿AC方向掘进，即图77Ⅱ-Ⅱ剖面中的AG方向。在D点与断失煤层相遇（实际上，是图77Ⅱ-Ⅱ剖面中之G点），而后沿煤层繼續掘进平巷。

如果沿AC方向作Ⅱ-Ⅱ剖面——水平剖面图或切面图，又以AC为軸，将ABDE平面旋轉 90° ，即ABDE平面落入Ⅱ-Ⅱ剖面上。显然，此时A点、D点皆在AC綫上，两点的位置沒有发生变化，即是AC与煤层的走向方向的交点沒有发生变化。利用这个原理，就可以根据水平剖面图，用作图法寻找断失煤层及石門的长度。

作图步骤如下：



- (1) 作出已掘平巷的煤层水平剖面AF;
- (2) 过A点画出断层面走向线AH;
- (3) 由A点作AF的垂线AC;
- (4) 由AC逆时针量取角度 α , 使 $\angle BAD = \alpha$;

(5) 作AB的垂线 $AE \perp AB$, 且 $AE = H$;

(6) 由E点作平行于AB的平行线与AC相交于D点;

(7) 由D点作平行于AF的平行线与AH交于G点——与煤层走向的交点, 当然GD就是被断裂煤层的走向方向;

(8) 由DG画出被断裂煤层的水平剖面。

至此, 就求出了被断裂煤层的位置, 也找到了最短石门的距离AG。实际上, 石门是在煤层顶板或底板内开掘的, 很少是顺着断层面走向掘进的, 因此, 石门实际的长度比较大。

如果已知煤层底板等高线图, 并标出了断层的位置, 这时求做石门的位置就很简单。作图方法如下: 在采掘工程平面图上, 标出掘进巷道的位置和标高, 在断层的另一侧找出同样标高的煤层底板等高线, 然后用最短的直线将巷道与同标高的煤层底板等高线连接起来, 其连线就是石门的位置。

例 已知采掘工程平面图及其上所示的煤层底板等高线, 求石门的位置 (图78)。

解 由图78可知, 掘进巷道的标高是 ± 0 , 被断裂的煤层已表示出煤层的底板等高线, 用直线AB连接起来, 则AB是需要开掘的石门。如果用剖面图表示, 可沿C—A—B—D剖视, 不

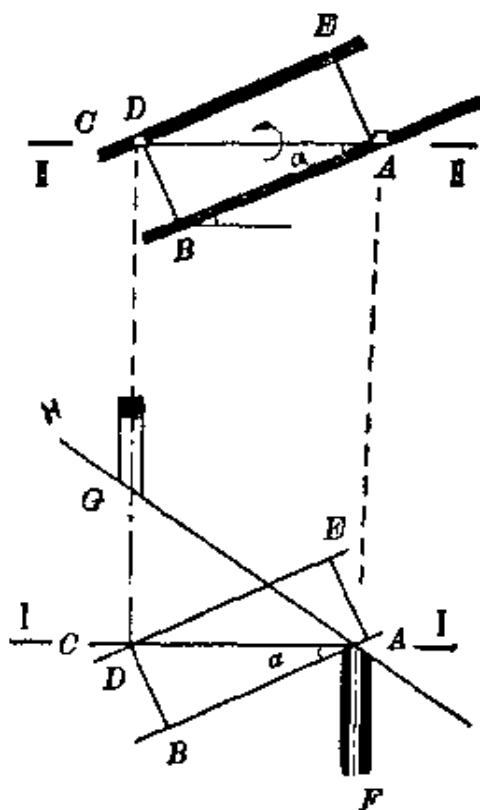


图 77 用作图法求石门



要沿AB剖视，因为沿AB作的剖面，仅表示出石门的真实长度，但此时，煤层及断层的倾角都是伪倾斜的。

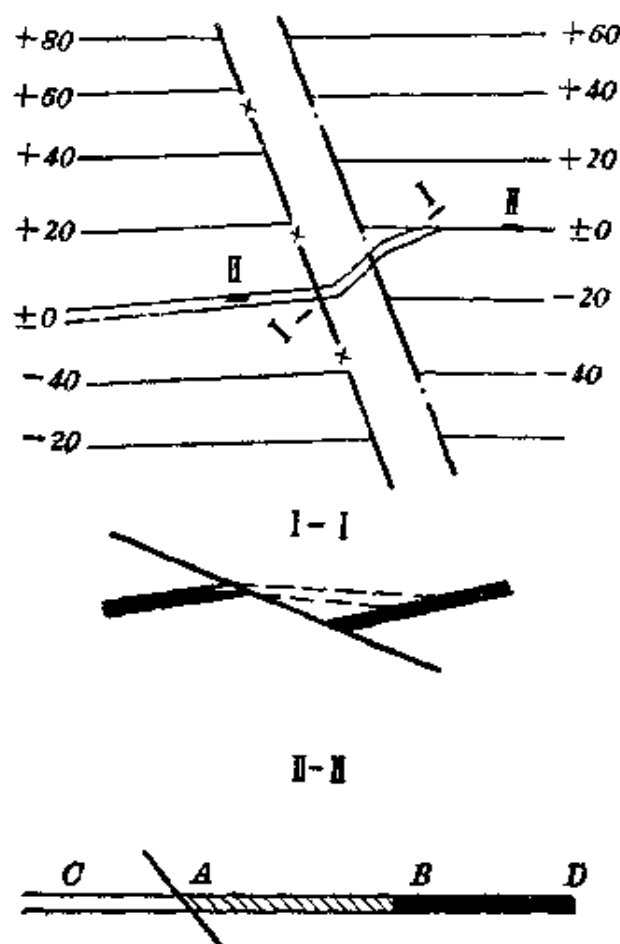


图 78 用底板等高线图决定石门位置

如果采掘工程平面图上没有与巷道同标高的煤层底板等高线，则用作图法求出同标高的煤层底板等高线（图79），然后用上述方法决定石门的位置。

无论用计算方法，还是用作图法，求出的石门最后都要用弯道将直线段巷道连接起来，这就造成了所谓异向弯道（图80，a）。异向弯道的主要尺寸用下列公式求得：

1. 弯道的曲率半径（图80，b）

$$R = \frac{S_B}{2 \sin \phi} = c S_B \text{ 米}, \quad (3-6)$$

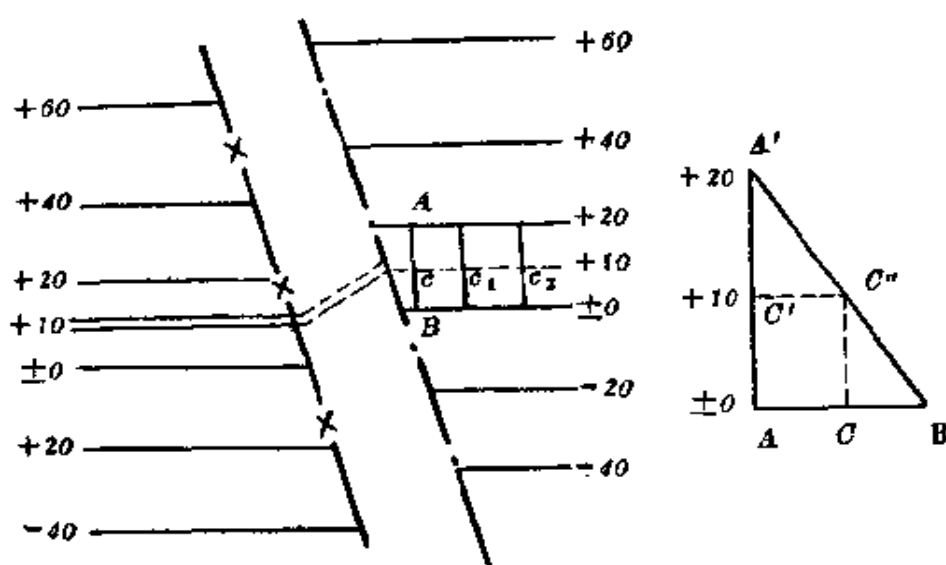


图 79 求作煤层底板等高线

式中 S_B ——车辆的轴距，米；
 ϕ ——冲击角，度；
 c ——系数，与矿车运行速度有关，见表 3。

表 3

矿车运行速度，米/秒	c 值	备 注
<1.5	7	
>1.5	10	当巷道转角大于 90° 时， $c \geq 10$
自行滑行	5	在内外轨的内侧安设护轮轨

2. 弯道长度

$$K_p = \frac{\pi R}{180^\circ} \cdot \beta \text{ 米}, \quad (3-7)$$

式中 β ——巷道转角，可采用 30° 、 45° 、 60° 。

3. 弯道切线长度

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \text{ 米}, \quad (3-8)$$

4. 直线段长度

$$c = \frac{S}{\sin \beta}, \quad (3-9)$$



$$d = c - 2T, \quad (3-10)$$

$$L = 2R \sin \beta + d \cos \beta, \quad (3-11)$$

式中 S ——过断层前后巷道轨道中心距离，米。

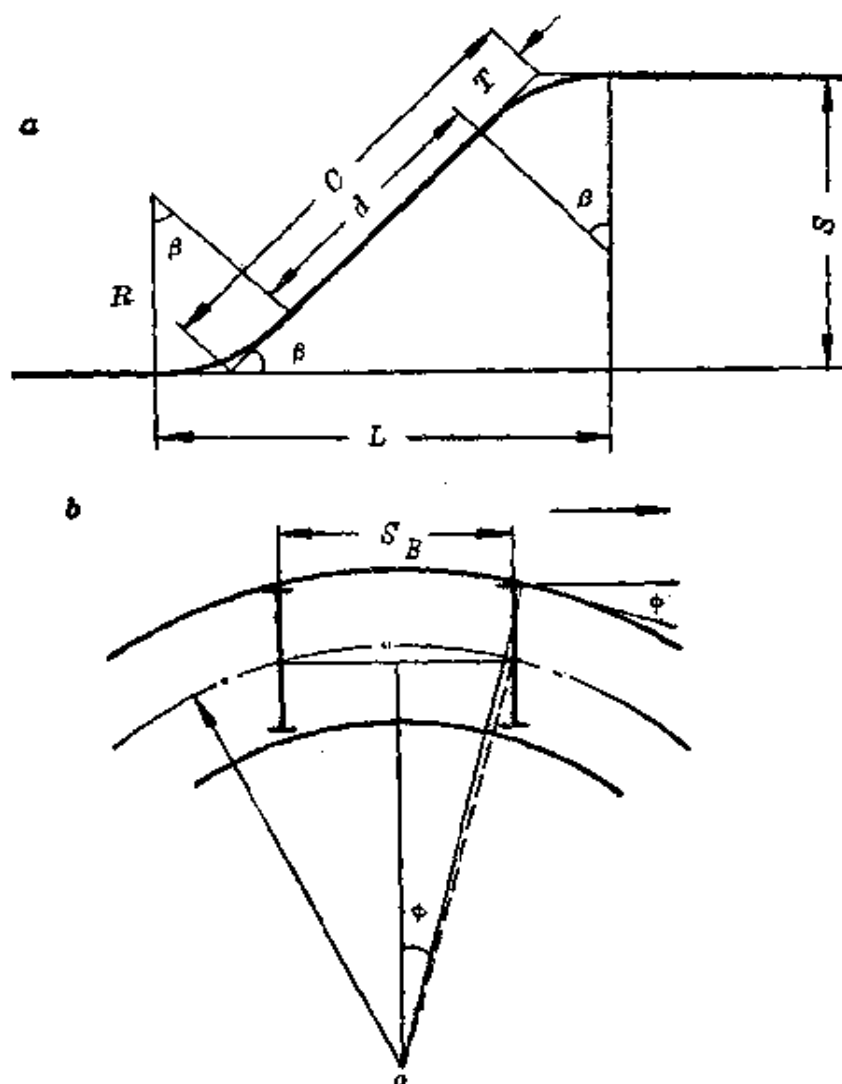


图 80 巷道的连接
a—异向弯道；b—曲率半径

直线段长度也可以由作图直接量出来。

在弯道处，由于矿车运行时车箱外伸，故需要加宽巷道尺寸，一般外侧加宽 300 毫米，内侧加宽 100 毫米。

弯道的掘进施工是比较复杂的，工程规格不易掌握。这是什么原因呢？因为弯道的方向是由中线决定的，而弯道的中线在施

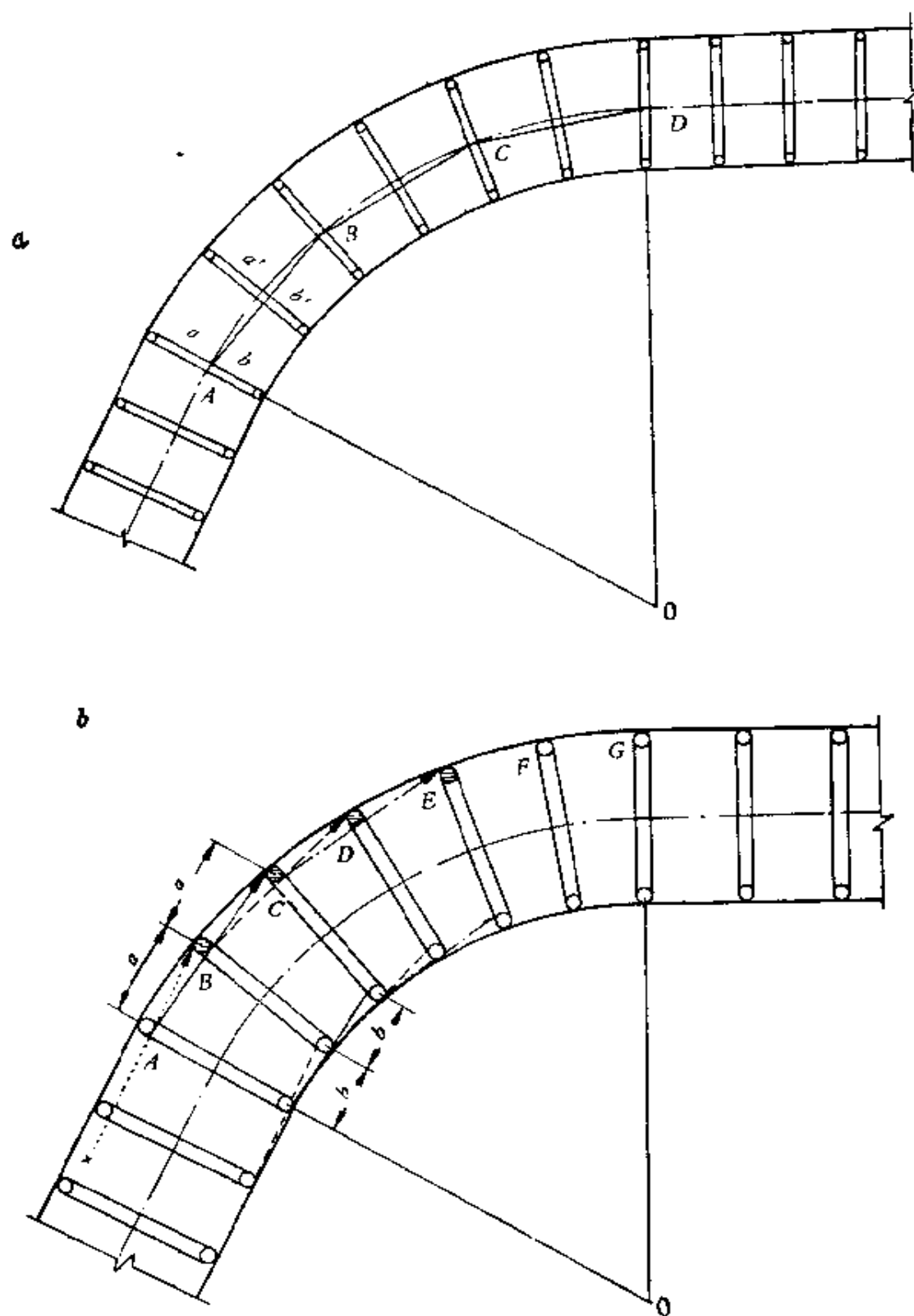


图 81 弯道的定向方法
a—用折线定向；b—用栅网定向

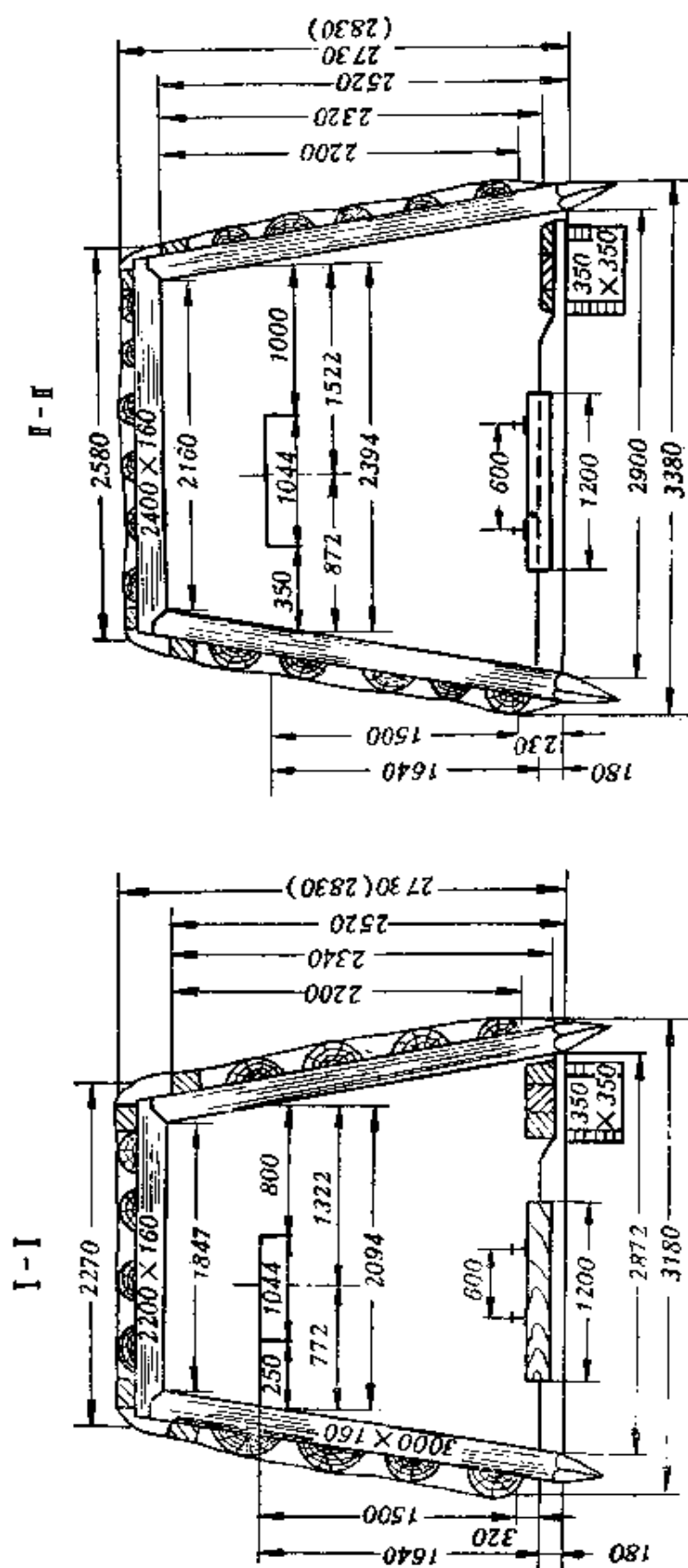


图 82 东十一层大巷过断层水平剖面图



工时不能用曲线（图 81，a 之 AD），只能采用折线 AB—BC—CD，这就给施工带来了困难。如图 81 所示，棚梁的中点与中线是不重合的，每个棚梁都被折线分为 a、b 两段，并且 $a \neq a' \neq a''$ ， $b \neq b' \neq b''$ ，因此，在施工时，就要记住并变更每个棚子两端距中线的尺寸，给掘进带来许多不便。如果中线挂的不及时，掘进巷道就会遇到更大的困难。

为了避免上述缺点，目前，有的矿井在掘进中采用了下述简便的方法。在设计弯道时，预先计算或量出支架的主要尺寸。在棚梁长度既定的情况下，使弯道外侧支架间距都等于 a，内侧支架间距都等于 b；连接 AB，并将其延长，使 C 点支柱偏出 AB 线一半或全部偏出（图 81，b）。这样，在施工时，工人只要掌握了 a、b 尺寸，知道“三柱阳一腿”或“三柱阳半腿”，就可以掌握住工程规格。当然，在弯道内侧，就要“三柱阴一腿”或“三柱阴半腿”了，但是，内侧不及外侧量得准。

过断层时，应当注意，一定要通过断层后，再改变巷道的方向去寻找断失煤层，否则，会加大工程量，甚至造成无效进尺。

例 图 82 为某矿东十一层大巷过断层剖面图^①，该断层落差为 5 米，煤层倾角为 14° ，用作图法求得断失煤层的位置，然后又计算出曲线半径 $R=10$ 米，最后将整个石门画出，就可以根据该图进行施工掘进。

比较计算法和作图法后，可以知道，作图法使用起来非常简便，而且也很准确。

如果掘进的巷道遇到下述情况，即煤层错动比较小（落差小于 1 米），但错动频繁，掘进的巷道为电机车道，或在生产时期使用调度绞车或安置运输机，再用“转上”或“转下”的方法寻找断失煤层，就不大合适。

在这种情况下，掘进巷道可以采用直接穿过的办法，即巷道尽量保持平直和顺煤层走向开掘。当然，巷道有时可能穿过顶

① 该图作了部分修改，与原图稍有出入。



板,有时又可能穿过底板;而煤层在巷道断面内可能位于装车高度(1.2米)以上,也可能位于装车高度以下,这就给将来生产时装车带来困难。为此,可采取下列措施:

1. 当巷道处于底板位置时,可由辅巷每隔15~30米开一溜煤眼,并与主巷相通,在放煤眼处装车或卸入运输机内。在卸入运输机内时,应当在溜煤眼处加以挡板保护,防止装卸时煤块飞出伤人(图83,a)。

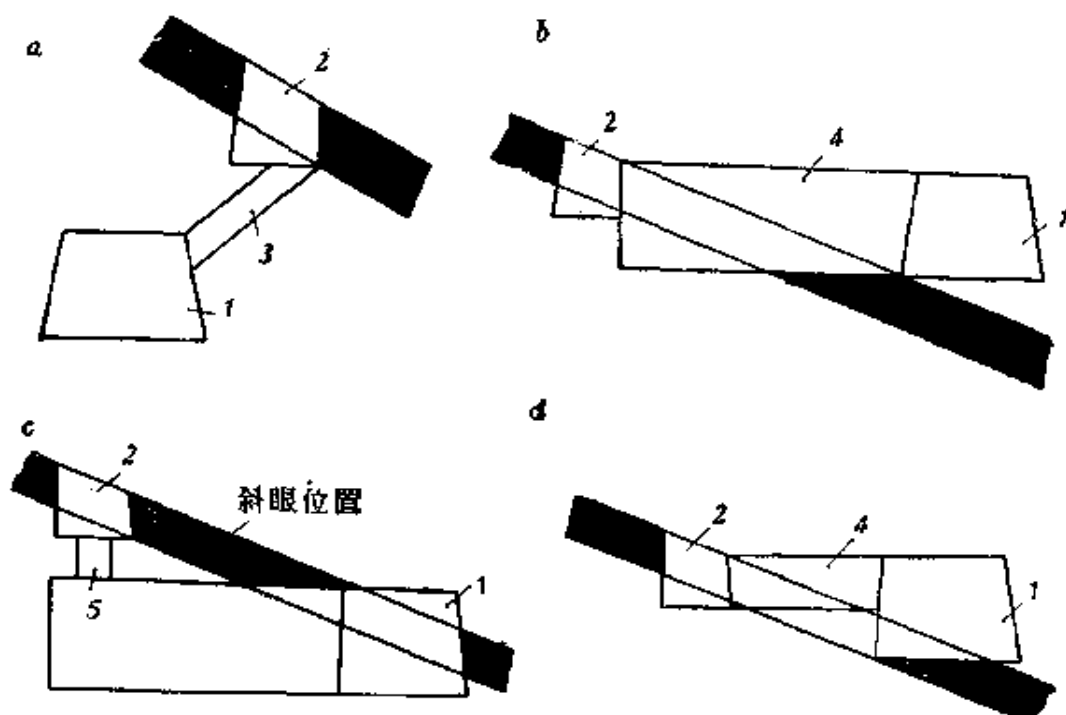


图 83 主辅巷连接的方法

1—主巷; 2—辅巷; 3—溜煤眼; 4—石门; 5—放煤眼

2. 当巷道处于顶板位置时,可由辅巷每隔15~30米开一石门,并与主巷相通,在石门内装车或卸入运输机内(图83,b)。

3. 当煤层在巷道断面内处于顶板位置时,可以采用第一种方法,用斜眼贯通主辅巷,也可用石门和放煤眼联系(图83,c)。

4. 当煤层在巷道断面内处于底板位置时,可由靠近顶板处开石门与辅巷相通,其内安置运输机(图83,d)。

在上述几种情况中,所开掘的溜煤眼及石门等,均可用掘进主辅巷时所开的联络眼来代替,因此,在掘进巷道时,应当考虑到所选定的联络眼的位置,使其既能满足准备工作的需要,又能



满足生产时的需要。

在遇有地垒和地堑构造情况时，如果对断层和煤层的赋存状况已经很清楚，为了保持巷道的平直，可以采取直接穿过的办法（参阅图70）。

铺设运输机的中间巷道，通过断层转弯时，应争取使直线巷道保持大约一部溜子的长度，即50~60米，以便铺设运输机，否则，运输机长度过短，或安装困难，都会在巷道内摆来摆去（图84）。

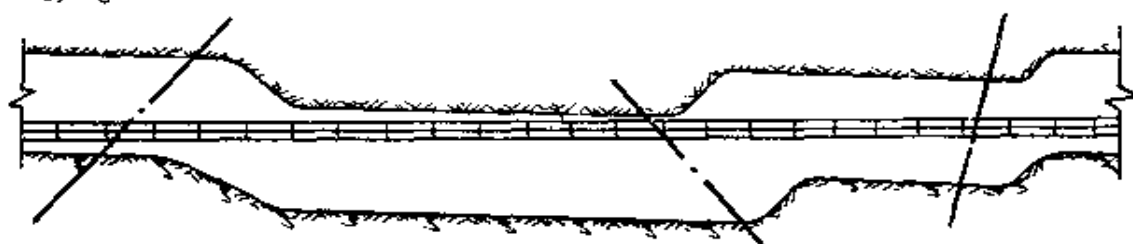


图 84 运输机中间巷道

如果井田或采区内断层较多，做设计时不可能求得每个断层的弯道长度，但为了使设计方案能与实际相符合，可在巷道总长度内考虑一个弯道系数，其值为1.1~1.3。

§2 掘进水平巷道时走向断层的处理

掘进水平巷道时，由于走向断层的方向与煤层的走向一致，走向断层很难发现。但准备巷道开掘完毕后，如果发现有走向断层，则会给生产带来严重困难。因此，巷道位置选择的合理与否，对生产关系很重要，这就是通常所说的“开门子”，一定要把“门口”位置选的恰当。

怎样才能使巷道位置选的合适呢？

1. 在作采区设计和在掘进采区巷道前，要将地质资料核对无误。凡是有断层的地方，都要在采掘工程平面图上或煤层底板等高线图上绘出来，根据断层的落差和位置，合理地进行开拓部署。使水平巷道位置尽量靠近走向断层开掘，或者以走向断层作为区段和分段的分界线，利用走向断层所留的煤柱作为护巷煤柱（参阅图68）。



2. 根据已掘好的巷道，决定水平巷道位置。在准备新的采区时，应当先掘进上山（或下山）；根据上下山所发现的断层情况，对照生产采区所遇到的走向断层，然后决定水平巷道的位置。这样布置巷道就不会将落差较大的走向断层放在工作面内了（图85）。枣庄田屯煤矿在布置巷道，选择“开门子”的位置时，就是这样做的，效果很好。

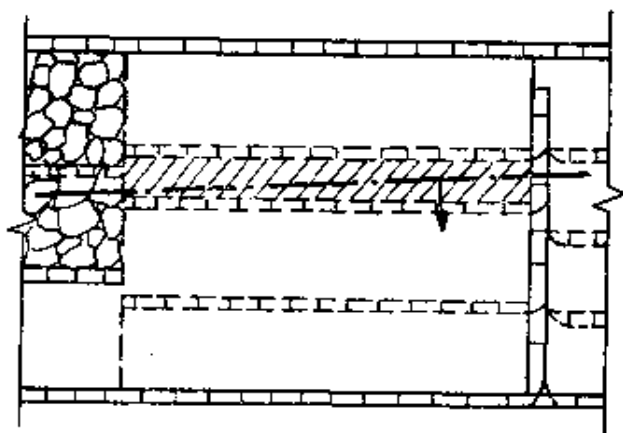


图 85 走向断层的处理

3. 顺断层开掘的平巷，从减少煤损来看，平巷应当尽量靠近断层，但从维修巷道来看，由于靠近断层处，顶板破碎，压力较大，故巷道应与断层离开一些，一般可以保持10米左右。为了使煤柱尺寸保持一致，在掘进巷道过程中，应当每隔20~30米用垂直断层的小巷去探明断层的位置，以减少煤损（图86）。

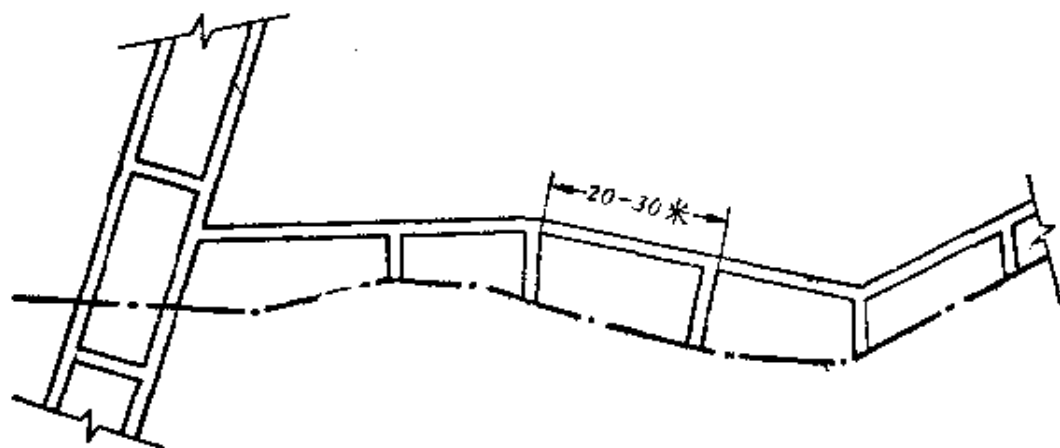


图 86 掘进中用小巷探明断层

§3 掘进倾斜巷道时走向断层及斜交断层的处理

倾斜巷道（上山、下山和水采区切割眼等）在掘进过程中所



遇到的断层都是走向断层和斜交断层，其处理方法虽多，但总的原则是，根据煤层被断裂的状态，采用增大或减小巷道倾角的办法来寻找断失煤层，通过断层。

除水采矿井外，上山一般都是利用轨道和运输机运输。掘进轨道上山时，要求沿顶板和腰线掘进，如果遇到断层，虽然可以改变巷道坡度，但应保持坡度向上，以利于提升。掘进运输机上山时，一般应按中线、腰线掘进，如果遇到断层，应沿煤层底板或减小巷道倾角掘进，防止丢煤。

在沿煤层掘进上山时，处理断层的方法有：

1. 当煤层被断裂落至巷道底板位置时，采取减小巷道倾角和挑下部分顶板的办法通过断层（图 87，a）。
2. 当煤层被断裂上升到巷道顶板位置时，采取增大巷道倾角和卧底的办法通过断层（图 87，b）。
3. 当断层落差较大，煤层被断裂至底板位置时（图 87，c 中实线所示），或断裂后上升到顶板位置时（图中虚线所示），需要采取既挑顶又卧底的办法，减小巷道倾角（图中实线所示）

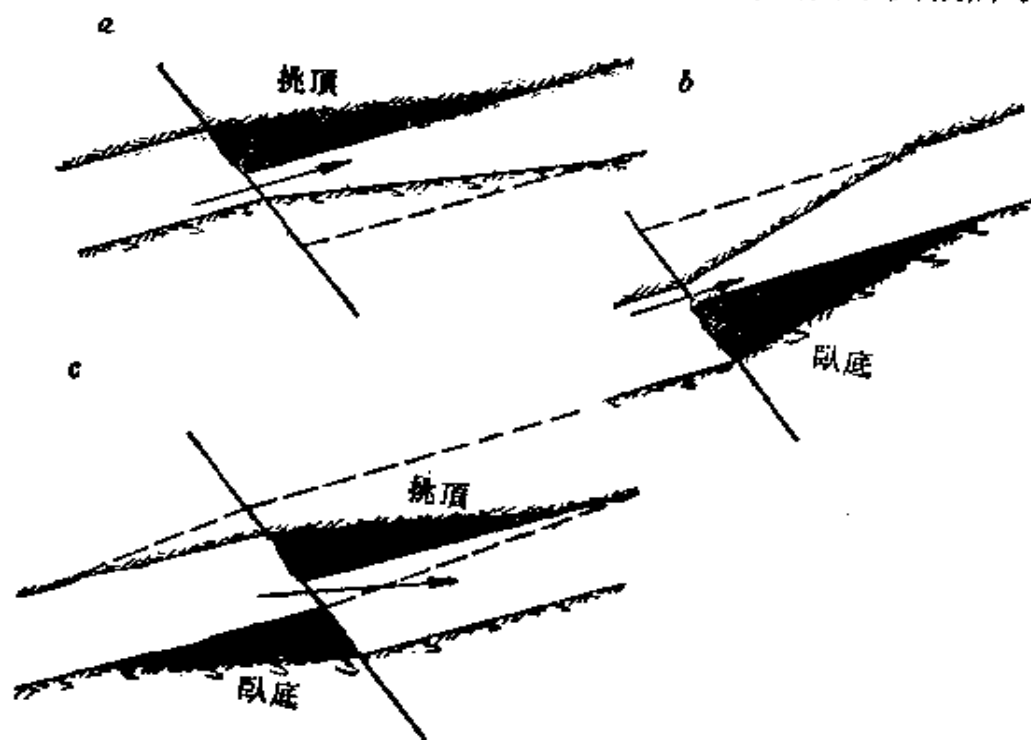


图 87 掘进上山时处理断层的方法



或增大巷道倾角（图中虚线所示）通过断层。

在沿煤层掘进下山时，其处理断层的方法有：

1. 当煤层被断裂落至巷道底板位置时，采用增大巷道倾角、挑顶的方法，通过断层（图 88，a）。
2. 当煤层被断裂上升到顶板位置时，采用减小巷道倾角、卧底的方法，通过断层（图 88，b）。
3. 当断层落差较大时，根据断失煤层的位置，采用既挑顶又卧底的方法，通过断层（图 88，c）。

可以看出，上述几种方法都是将底板坡度基本取平的办法。但是，如果断层落差较大，大于煤层厚度或在 2 米以上，即使可以采取将底板坡度取平的办法，但要通过很长的斜巷，才能寻找着煤层。在这种情况下，往往改用下述的办法。

掘进上山时断层的处理方法是：

1. 当煤层被断裂上升时，可用上山通过断层，然后加大巷道倾角，寻找煤层，遇煤后，仍沿煤层掘进（图 89，a）。

2. 遇到煤层被断裂上升，可用上山通过断层，然后开一顺槽，用溜煤眼或煤仓向上掘进，见煤后沿煤层掘进上山。当然，将来生产时，就要成为多段运输了（图 89，b）。

3. 当煤层被断裂下降时，可用上山通过断层，然后减小巷

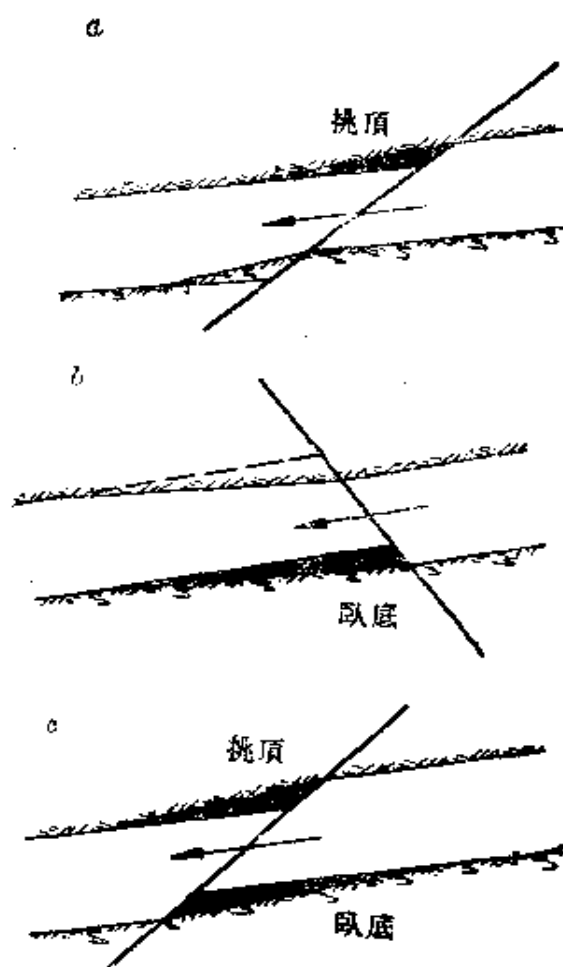


图 88 掘进下山时处理断层的方法



道倾角掘进，遇煤后再沿煤层掘进（图 89，c）。

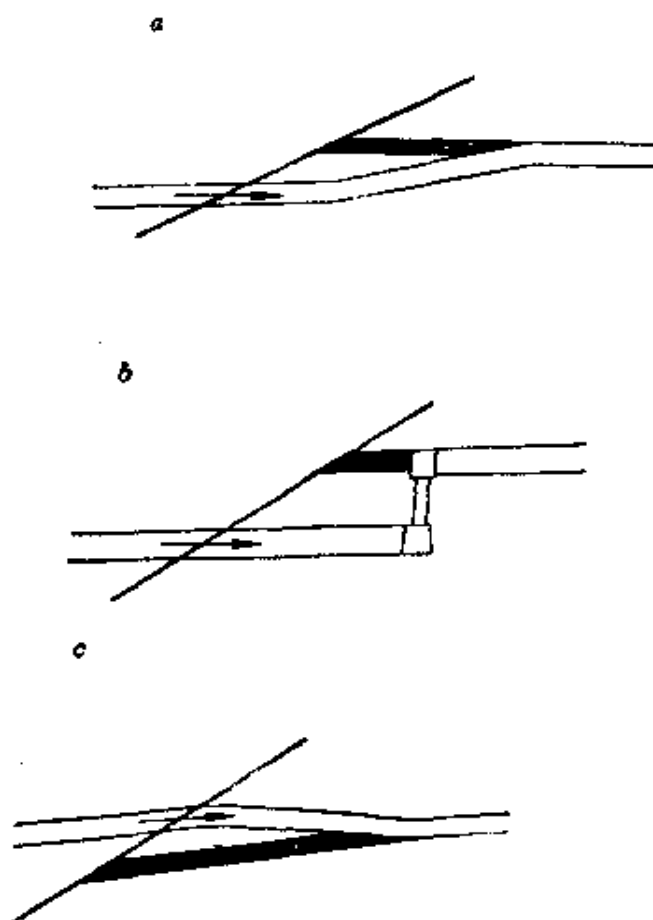


图 89 掘进上山时断层的处理

掘进下山时断层的处理方法是：

1. 当煤层被断裂上升至顶板位置时，可用下山通过断层，而后开一顺槽，用石門找着断层后，继续掘进下山，采用两段提升（图 90，a）。此时，不能采用改变下山倾角的方法，因为加大下山倾角，如果煤层倾角也发生变化，就需要开掘很长的岩石坡道，才能找到煤层；如果减小下山倾角，则将使运输（尤其是轨道运输）发生困难。

2. 当煤层被断裂下降至底板位置时，可用下山通过断层，然后加大巷道倾角寻找煤层，遇煤后继续开掘下山（图 90，b）。

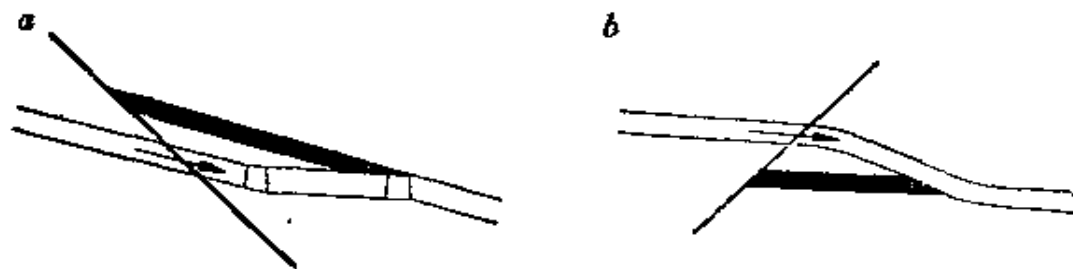


图 90 掘进下山时断层的处理

3. 当煤层被断裂下降至底板以下位置时，可用下山通过断层后，向一侧开掘石門繞道，寻找着断失煤层后，再开掘第二段



下山。图 91 为淄博某矿下山通断层的实例。该矿六〇五下山通过断层后，采用了石门绕道向底板方向掘进，遇到煤层（7 行）后，又掘进了七六〇下山。

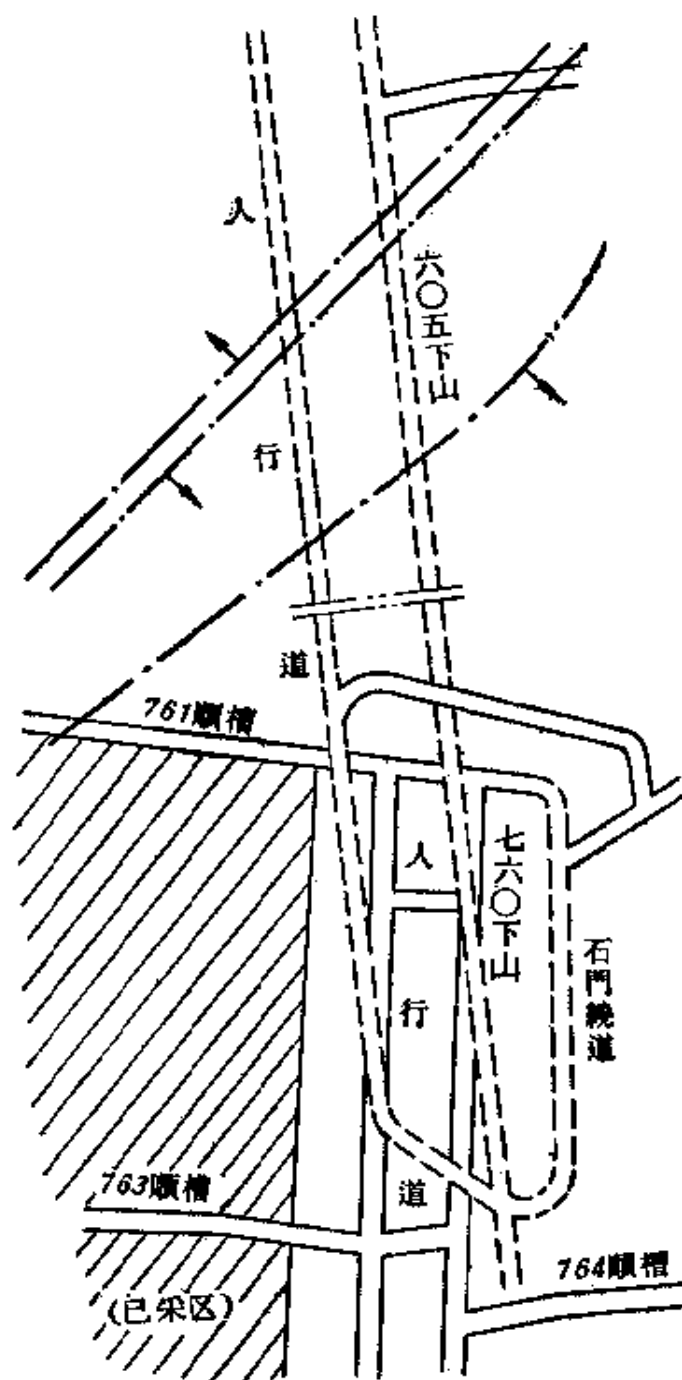


图 91 下山过断层的方法

在地质构造复杂，断层落差较大的地方，掘进主要倾斜巷道时（主要上下山），为了便于运输提升，可以采取保持巷道倾



角，穿过断层和煤层的办法掘进。

利用上下山通过断层后，也可以用暗井联系被断失的煤层，但此种方法将给生产带来许多不便，多不采用。

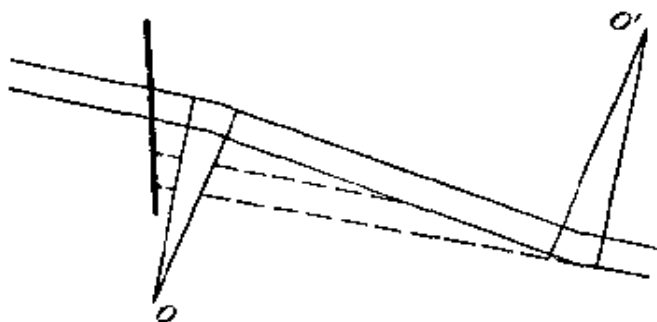


图 92 上下山坡度变化

上下山通过走向断层时，应当尽量避免过断层巷道处于断失煤层的上方，减少护巷煤柱。为此，施工前应该把地质情况了解清楚。

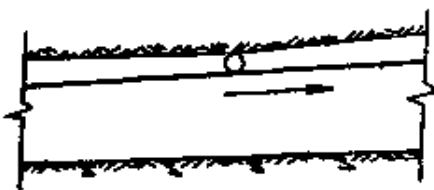
上下山通过走向断层时，其角度变化不宜

过大，最好控制在 8 度以内，避免给运输提升带来困难。曲率半径可取 9 米或 12 米（图 92）。

§ 4 过断层时掘进工艺的特点

在掘进巷道过程中通过断层时，其掘进工艺与一般巷道的相同，但由于地质构造的影响和处理断层的方法不同，因而具有下列许多特点。

1. 由于地质构造的影响，断层带附近岩石比较破碎，顶板



压力较大，通过断层时，应当减小进尺，即缩短炮眼长度，减少装药量，以免由于爆破而加剧岩石的破碎状况，引起冒顶事故。

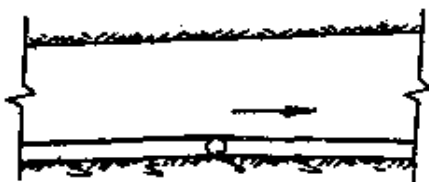


图 93 减少钢丝绳磨损的方法

2. 在掘进上下山通过断层时，由于挑顶卧底，巷道坡度发生变化，从而给轨道运输带来困难。在提升（下山）和下放（上山）矿车时，钢丝绳在张力作用下，有力求成为直线的趋势——滚筒绕绳处和矿车挂钩处两点所连成的直线。但是，巷道的倾



角改变了，鋼絲繩不能成为直綫，因此，必然要碰到頂底板，这就增加了鋼絲繩的磨損。为了減少鋼絲繩的磨損，可以在巷道頂板凸出处，安設托滾（輪），在底板凸出处安設地滾，以減小阻力（图93）。

3. 用水掘方法掘进上山时，为了处理断层（挑頂或臥底），需要开掘岩石。这时，可以用打眼放炮方法，放炮松动，然后用水力运输。但是，水力运输矸石有一定困难，即使上山能用水力运输，在平巷就无法运输了。因此，在处理断层落差不大，处理矸石量較少时，可以采用就地处理办法：上山遇到断层后，后退10~20米，在靠近断层的一側，掘进一条煤巷，将开掘的矸石充填在煤巷中。在断层落差較大，处理矸石量很大时，就要早掘早运了。

4. 靠近断层处，岩石已經松动，頂板压力很大，且不穩定，因此，支架材料一般多用木材、料石或金属支架，不宜使用装配式鋼筋混凝土支架，因为装配式鋼筋混凝土支架在压力发生变化时容易折裂。

采用木材支架时，应当在断层处縮小棚距或用密集棚子。当原設計棚子的支撑力量不够时，

可用加强棚子加强支护（图94）。

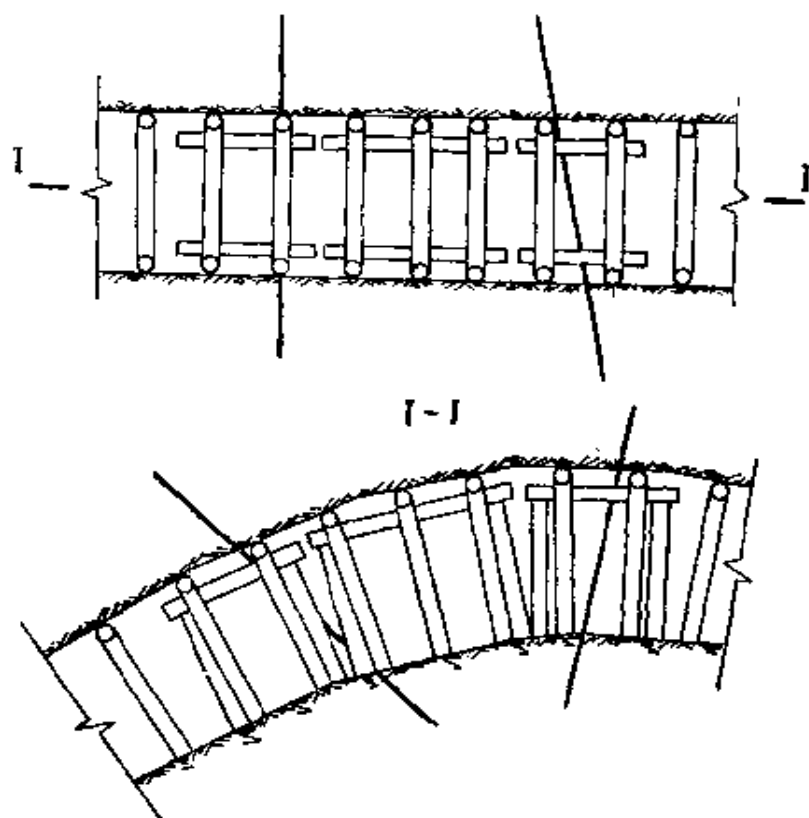


图 94 加强棚子



在頂板破碎的情況下，要用背板將頂板背嚴，防止塊石下落傷人。裝岩時，應在探梁或臨時支柱的保護下工作，嚴禁空頂作業（圖95）。

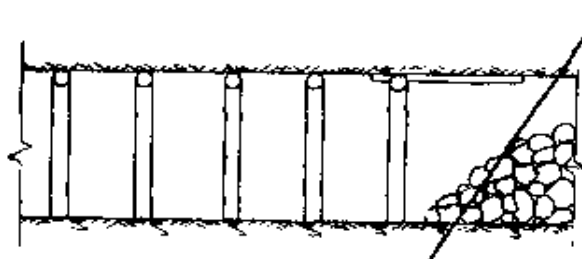


圖 95 超前探梁

在掘進過程中，頂板岩石最易在斷層處冒落，應特別注意。處理冒落頂板的支架形式常用的有兩種：一是木垛支撐（圖 96，a），一是木垛和兩幫聯合支撐（圖

96，b）。木垛支撐用在冒落範圍大、圍岩不穩定的地方；木垛和兩幫聯合支撐用在冒落範圍小、兩幫岩石較穩定的地方。兩者比較，後者施工簡單，減少了坑木消耗，處理冒頂處花費的時間少，對掘進速度的影響比前者少。究竟選擇那種支架形式，需要根據圍岩性質及頂板壓力來決定。

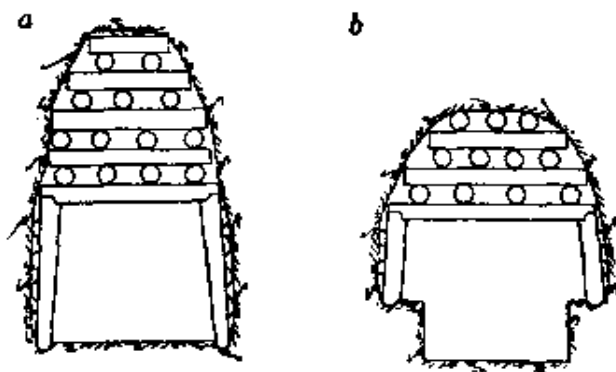


圖 96 冒頂的處理方法

巷道通過斷層後，最好是巷道砌碛，這無論是從安全維護方面來看，還是從經濟方面來看，都是合適的。

5. 如果遇到含水斷層，頂板破碎而且淋水很大，可在接近斷層處用木垛支撐頂板，防止因冒頂而引起更大的水流洩出。另外，在木垛之上鋪上鐵板，使淋水匯集流入水溝。採取了這些措施後，就可以進一步採取排水或堵水的措施。

6. 在采區內有傾斜斷層或斜交斷層，如果採用單孔掘進，當巷道掘至斷層處，可沿斷層開一上山（圖97），貫通上部風巷，而後將局扇由中部車場移至斷層上山處，以利于單孔掘進時的通風。例如，新汶雙村煤礦曾採用這種方法掘進巷道，在采區一翼長 300 米的情況下，節約輔巷 1000 米，不僅解決了單孔掘



进时的通风问题，而且为生产期间过断层提供了有利条件，并可利用该上山作为上部区段的溜子道和水道。

在瓦斯矿井掘进巷道时，对通风问题应当特别重视。掘进岩石巷道遇到煤线或接近地质破碎带时，必须经常检查瓦斯，区、班长和技术人员必须经常注意瓦斯变化情况。

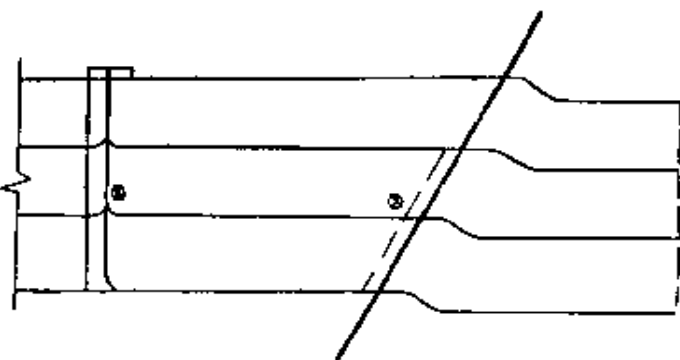


图 97 单孔掘进通风方法

进风巷道穿过地质破碎地带，裂缝中有瓦斯喷出时，必须根据具体情况，分别采取以下措施处理：

- 一、在裂缝附近打钻，用管道将瓦斯引入总回风道或抽放瓦斯的管道上；
- 二、在裂缝附近砌碛，并在碛处灌注水泥浆，封堵裂缝，碛上要预备排放瓦斯孔，以便在必要时安设管道抽放瓦斯；

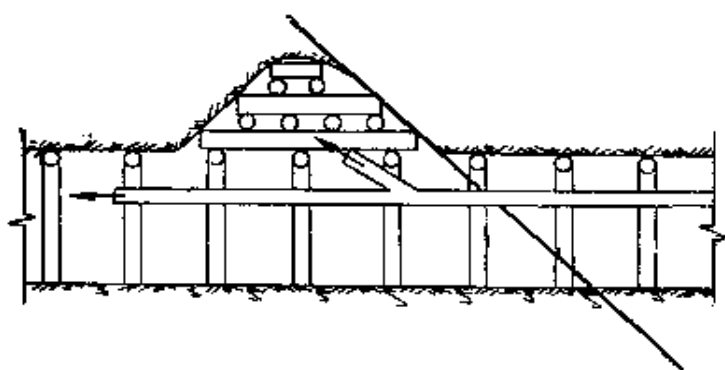


图 98 冒顶处通风

- 三、开凿专用巷道将瓦斯直接引入总回风道。

在掘进巷道冒顶处，也易于积存瓦斯，因此，需要经常以新鲜风流吹动冒顶处。为了供

给冒顶处以新鲜风流，可以在局扇风筒接出支管，通到冒顶处进行通风（图98）。

7. 目前，我国掘进巷道多采用钻眼爆破，很少使用联合掘进机，因此，在使用联合掘进机通过断层方面的经验还是不多的。峰峰一矿曾经使用过 PK-2M 型联合掘进机，在使用联合掘



进机处理断层方面，曾提供一些經驗^①。这些宝贵經驗对今后使用联合掘进机具有很大的参考价值，现介绍如下：

联合掘进机遇見落差不超过2米的上升及下降的断层时，可将机身后退3~5米，同时撤去护板，轉动手把，使机器下轉或上轉。联合掘进机后退时，如果頂板坚硬，可以将棚子拆掉，等机器退出后再支上；如果頂板不好，可将机器傾斜器放下，使截盘下降，然后后退。

如果遇見落差在2米以上的大断层，联合掘进机不易轉过去，需要切割岩石，这时可将机器后退4~5米，同时，打开联合掘进机廻轉部的离合器，用打眼放炮的方法，在大巷下帮开掘充填眼，用联合掘进机装煤。待充填眼掘成后，用打眼放炮的方法掘进巷道，爆落下来的矸石，填入充填眼。这样，联合掘进机就可以通过断层了。

一般的走向变化，要求联合掘进机司机經常注意，利用YH-2手把及时調整。

如果对断层的性质和落差的大小都已了解清楚，可在距断层15—20米处，采取上轉或下轉的措施。

① 峰峰一矿 煤巷联合掘进机掘进，煤矿技术，1959年第13期。



第四章 回采工作中断层层的处理

在回采过程中，如果工作面遇到断层，就对生产有很大影响。工作面所遇到的断层，一般说来，落差不大，仅局部存在。落差较大的断层，在开拓部署和采区设计中，一般都要加以处理，避免留在工作面。因此，在这里，只讨论落差较小的断层的处理方法。

工作面所遇到的断层的类型是多种多样的，但总括起来，有走向断层、倾斜断层和斜交断层三类。现以薄煤层及中厚煤层全部陷落采煤法为例，分别说明这三种断层的处理方法。

§1 走向断层的处理方法

断层位于工作面中部

当断层落差小于0.5米，或小于煤层厚度的1/2时，根据断层性质，可以采取将底板坡度基本取齐的办法，以便使截煤机或联合采煤机通过和铺设运输机。这种办法非常简单方便，但在底板上却留下了三角煤，增加了煤损（图99）。

当断层落差大于0.5米，或小于煤层厚度时，根据断层性质，可以采取起底或松顶的办法，使底板坡度一致。这种办法工程量大，需用钻眼爆破（图100），顶底板留有三角煤。如果采高不大，顶板坚固，可以不留顶板三角煤。

上述两种情况，在不影响安全和机械设备正常运转的情况下，为了提高回采率，也可以不留顶底煤，此时，工作面成台阶状。同时，为了保持运输机在断层处平直，可以在运输机下垫木墩、木楔或矸石。

使用截煤机和联合采煤机时，根据煤层断落情况，可以采取以下办法通过断层：在上坡时，为了防止截割底板，应把支柱打在底板凸起处；或用木柱撑起钢丝绳（图101,a）；或将钢丝绳固

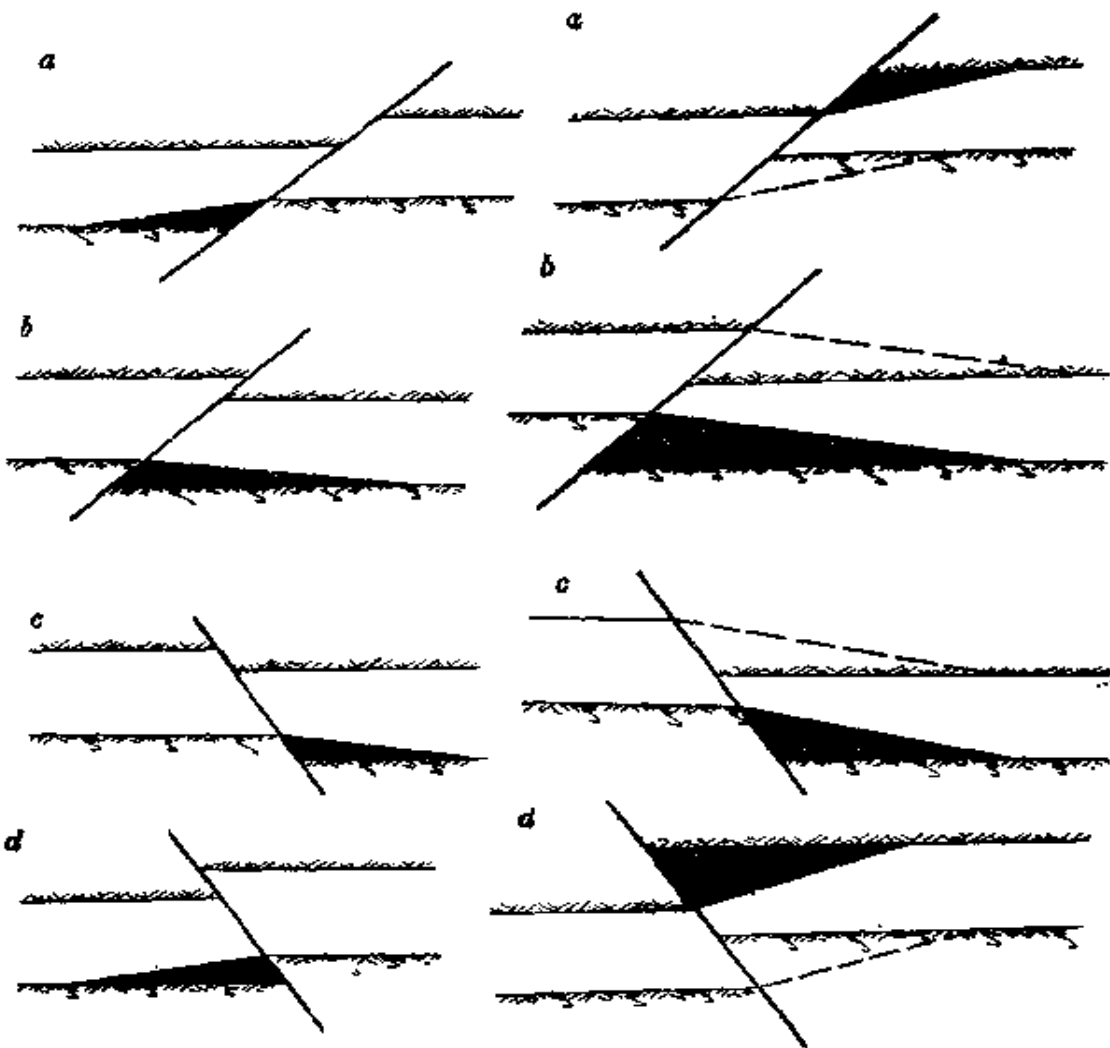


图 99 在断层处将底板坡度取齐

图 100 在断层处起底或松顶

定在牵引支柱的上端；或用木板垫起机身，使坡度一致；或把下截齿缩短、上截齿放长，在联合采煤机上则把内围截齿放长，外围截齿缩短。在下坡时，为了防止截盘截飘，应把支柱打在底板下凹处；或用支柱压住钢丝绳；或用倾斜木柱压住机头部（图 101，b）；或把下截齿放长，上截齿缩短，在联合采煤机上则把外围截齿放长，内围截齿缩短。无论是上坡，还是下坡，机器的负荷都比较大，应把牵引速度放低一些。在落差很小，底板起伏不大，而且岩石硬度较小时，可以用慢速截割法截割过去。

截煤机通过断层时，应连续地快速截过，否则会发生压截盘的事故。因此，截煤机司机在工作前应观察断层情况，顺断裂方

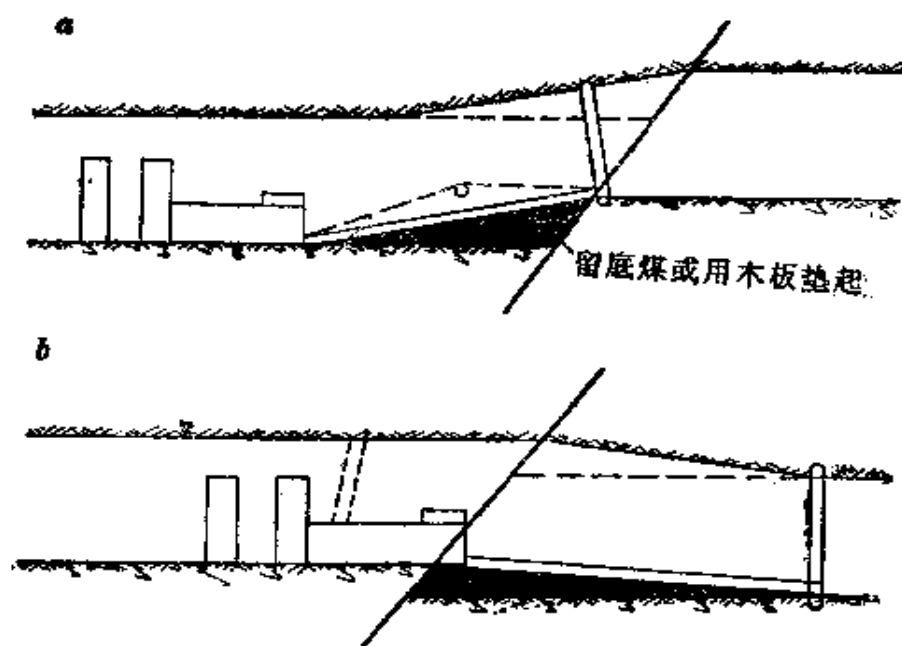


图 101 联合采煤机通过断层

向截割时，应先使截盘头通过，而后使整个截盘通过，避免压住截盘（图 102）。也可采用放炮震动的方法预先将煤松动。在中途换截齿及小修时，应该避开断层及顶板破碎地点，以免压住截盘。

截煤机和联合采煤机在断层处不易通过时，可在断层处预先开好切口（俗称“机窝子”、“窝口”），便于机器通过。切口规格：沿走向长等于截深，沿倾斜长 5 米（联合采煤机长度）。例如，夏庄煤矿一立井 1001 工作面，

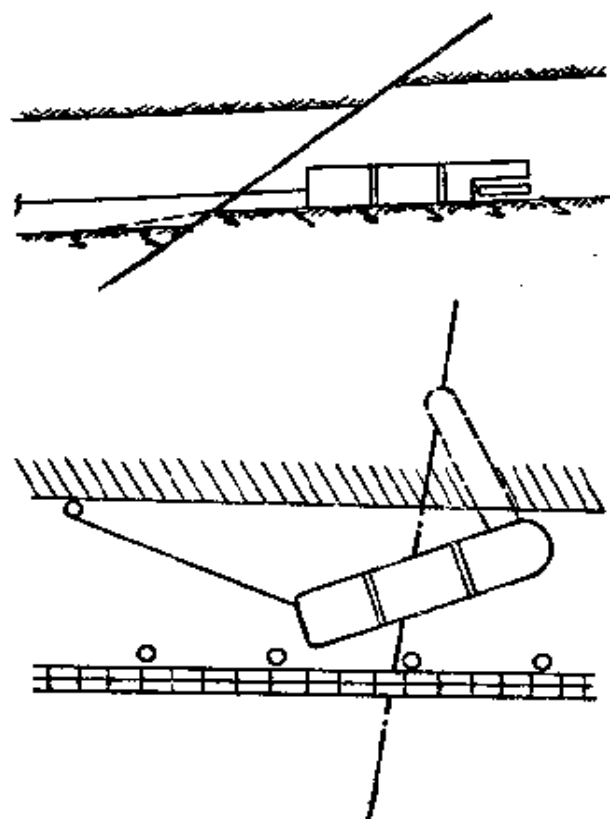


图 102 在断层处截割的方法



煤层厚 1.3 米，工作面有一走向断层，落差 0.8—1.0 米。其处理方法是：在准备班有二人超前联合采煤机一循环进尺，采用打眼放炮的办法将底板取平，并做出切口。每次打两个炮眼，各装 0.5—1.0 个药卷。起底的矸石翻至采空区。采用这种方法保证了采煤工作的正常进行（图 103）。

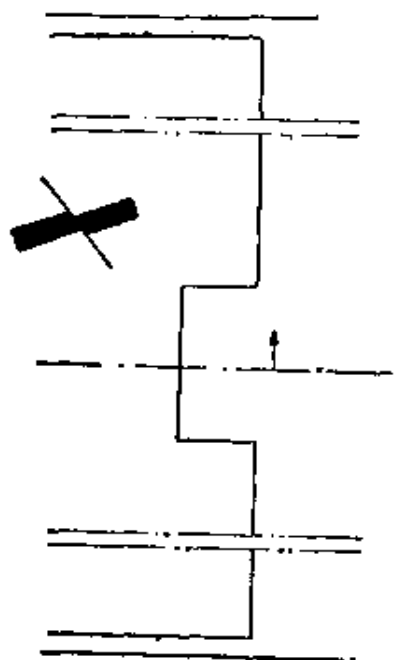


图 103 处理走向断层

截煤机在下放过程中，为了避免截盘碰撞底板，可在截盘头上戴一截盘帽，牵引钢丝绳从中间通过，使截盘头抬起（图 104）。

当断层落差大于 1 米或大于煤层厚度一倍以上时，根据断层性质分别处理。

1. 工作面下部下降、上部上升（或下部上升、上部下降不大），可

根据顶底板岩石的性质决定挑顶或起底。在使用采掘机械方面，与上述的相同，但由于落差较大，需采用以下措施：

运输机的铺设 利用两部运输机接力运输，上部机头和下部机尾搭接起来。为了避免接头处煤炭泼撒，可在下部机尾处加一挡板（图 105）。

截煤机通过断层的方法 截煤机在离断层 5 米处，应将机体垫

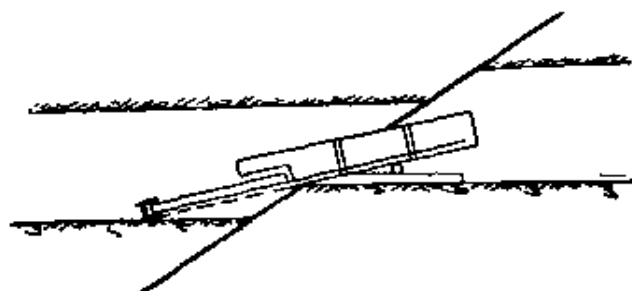


图 104 下放截煤机通过断层

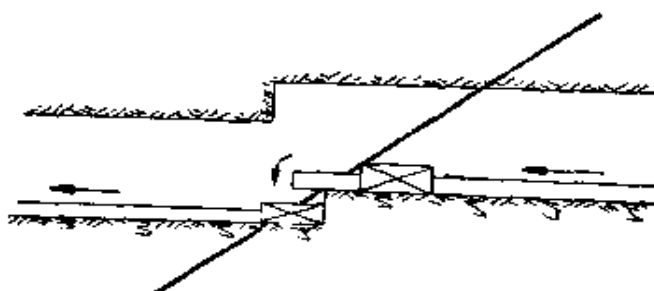


图 105 运输机的铺设



起，爬过断层（图 106）。为了防止截盘碰到底板，可将截盘拉出。

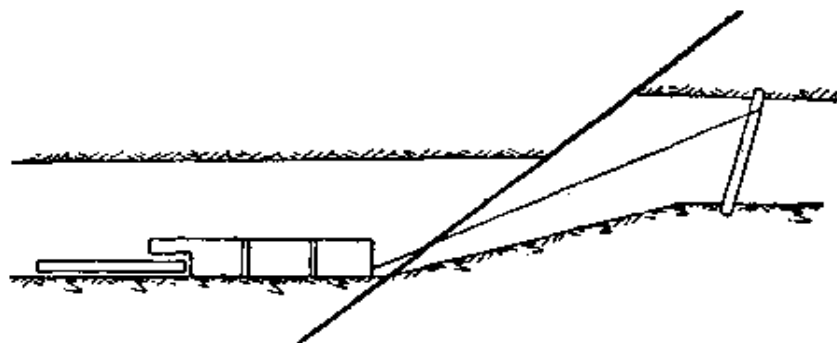


图 106 截煤机通过断层

联合采煤机通过断层时，应该预先在断层处做好切口，将机器拉过断层。

联合采煤机下放的方法 在截盘与装煤部之间加一木柱或木板，以免截盘压住装煤机（图 107，a）；根据断层情况，可用木柱吊起牵引部爬上断层，或吊起牵引部使截盘通过断层（图 107，b）；在下放过程中，为了避免摔坏装煤机，可用牵引钢丝绳通过装煤机的两个滑轮和牵引支柱上的滑轮，固定在装煤机上，使装煤机吊起通过断层（图 107，c）。

2. 当断层落差较大，调动机器发生困难时，截煤机只能在工作面下部工作，上部可用爆破落煤方法采煤。但此时应使上下工作面进尺一致，便于顶板管理，保证正规循环作业。

3. 在工作面上部下降的情况下，断层落差较大，采用松顶起底的办法工程量太大，不合理，不经济，但机器不可能通过，而运输机又无法铺设时，可采取增开中间巷道的办法。利用中间巷道，既可以运输上部工作面的煤炭，又可以作为安全出口（图 108，a）。

在断层分布不广的情况下，开掘中间巷道不经济，可采取开掘中间溜子道的办法。即用小石门将上下工作面连接起来（图 108，b）。中间溜子道的规格：高度原则上以煤层厚度为准。煤层厚度小于 1 米时，为了便于掘进及生产运输，可根据岩石的性



质，进行松顶或起底。宽度以能铺设运输机及行人为原则，一般为1.5—2.0米。小石门用来运输和通风，其间距为10—15米。

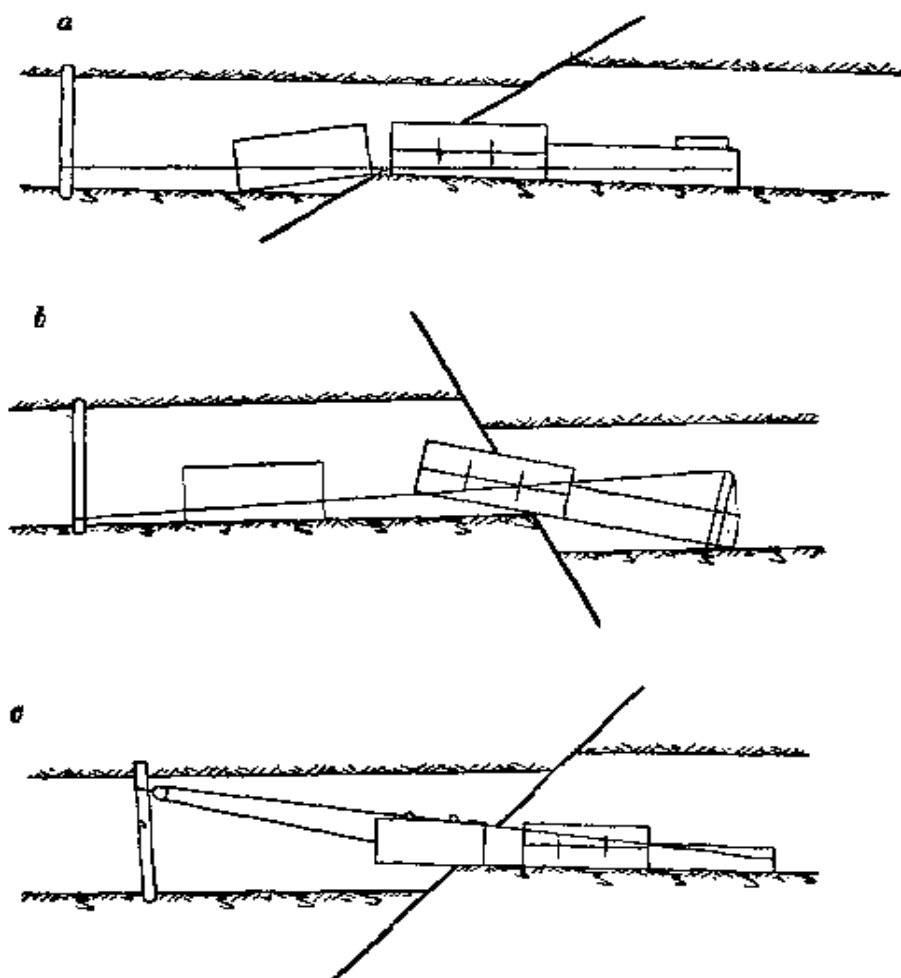


图 107 下放联合采煤机通过断层

煤层倾角在25度以下，上部回风巷可以运输时，则采用分段运输的办法，即工作面上部向上运输（煤层倾角最好在 15° 左右），下部向下运输（图108，c）。根据淄博矿区的使用经验，在上部工作面的运输机采用双机头牵引较好。此时，双机头以对拉方式运转，上头的机头拉上链，下头的机头拉下链，以减少链子的拉应力和电机的负荷，增大牵引能力。至于回风道的运输方式，决定于煤层倾角和巷道卧底的情况。在煤层倾角较小（ 10° 左右），回风巷道卧底高度大于矿车高度时，可用矿车运输，否则用运输机运输。

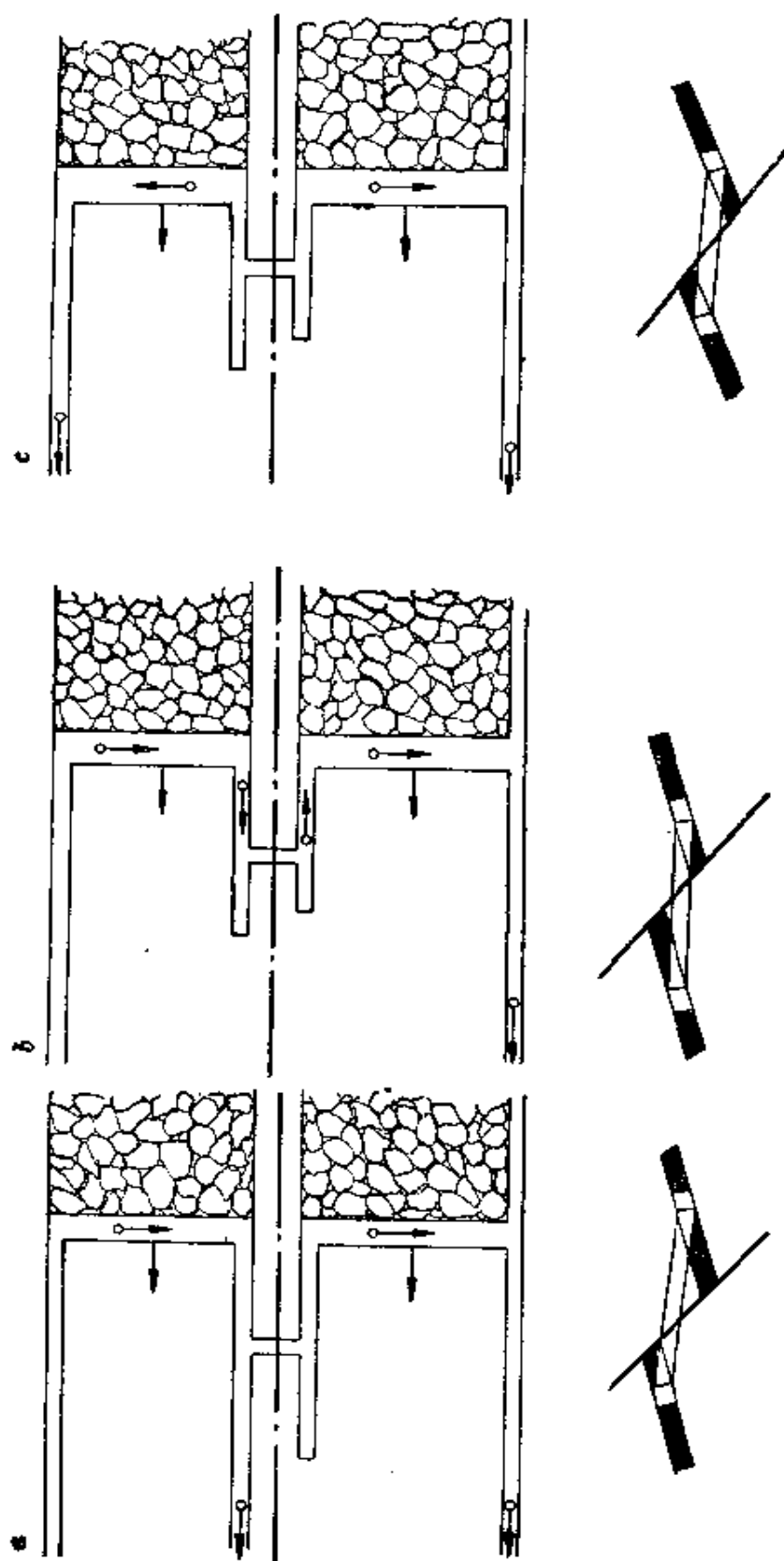


图 108 工作面中部断层的处理



这三种方案的运输和回采方法，与上述的相同，上下工作面的推进速度也应一致。

断层位于工作面上部

在工作面回风巷下，不足 10—20 米处遇有走向断层时，可顺断层开掘巷道，每隔 10~15 米开斜眼或石门与回风巷相连，作为通风行人的安全出口，大巷与断层之间的煤炭作为护巷煤柱处理，待工作面采完后，可以回收部分煤炭（图 109）。

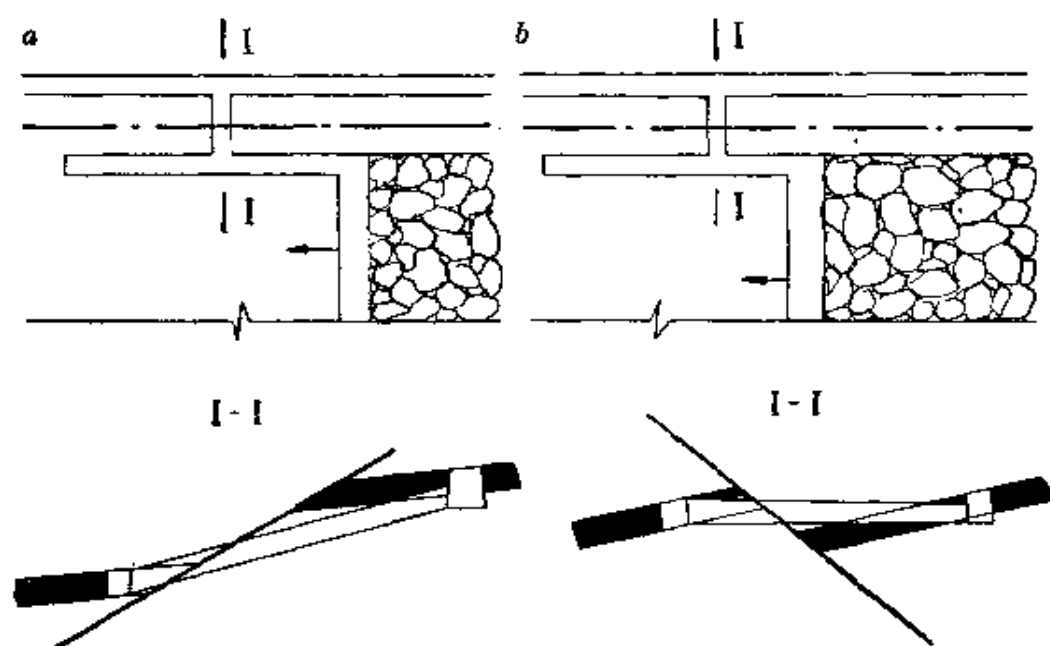


图 109 工作面上部断层的处理

断层位于工作面下部

当断层位于运输巷上侧不足 10~20 米时，可沿断层开掘辅巷（固定溜子道），每隔 10~15 米开横贯与运输巷道相通，其间煤炭作为护巷煤柱（图 110）。

§2 倾斜断层的处理方法

回采工作面在推进过程中，遇到断层落差小于 0.2 米，或不足煤层厚度的 1/2 时，采用平推硬过的办法。首先，在煤层中掏槽，或先采出煤炭，以增加自由面，然后根据顶底板岩石的性质，松顶或起底，渡过断层后将工作面取直，继续向前回采。

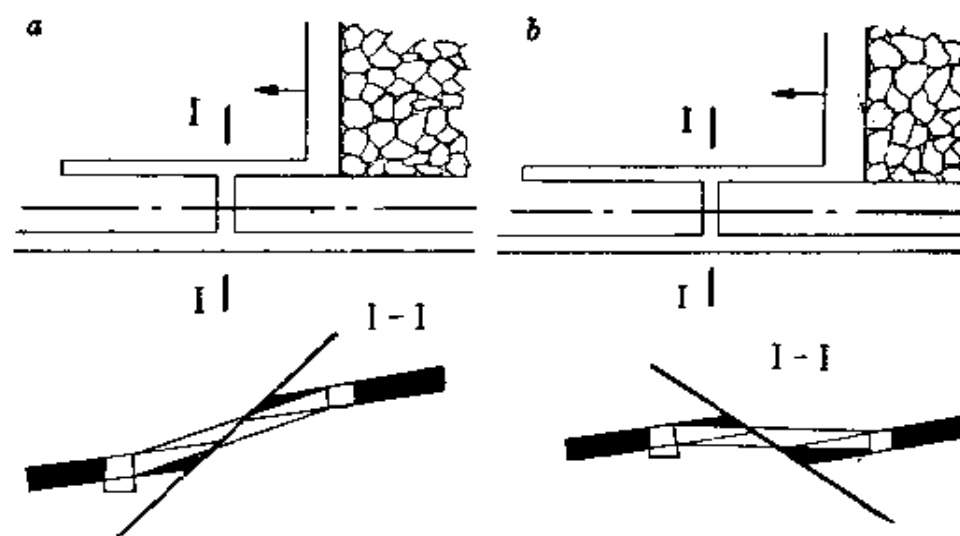


图 110 工作面下部断层的处理

在頂底板岩石較硬的情況下，全面地推過断层，工程量大，且消耗材料多，可採用分段穿孔過断层的办法。在工作面每隔 10 米左右開掘一個洞子，過断层後貫通打直，作為新的工作面進行回采（圖 111）。採用這種方法貫通時，應特別注意爆破和通風問題，確保安全。

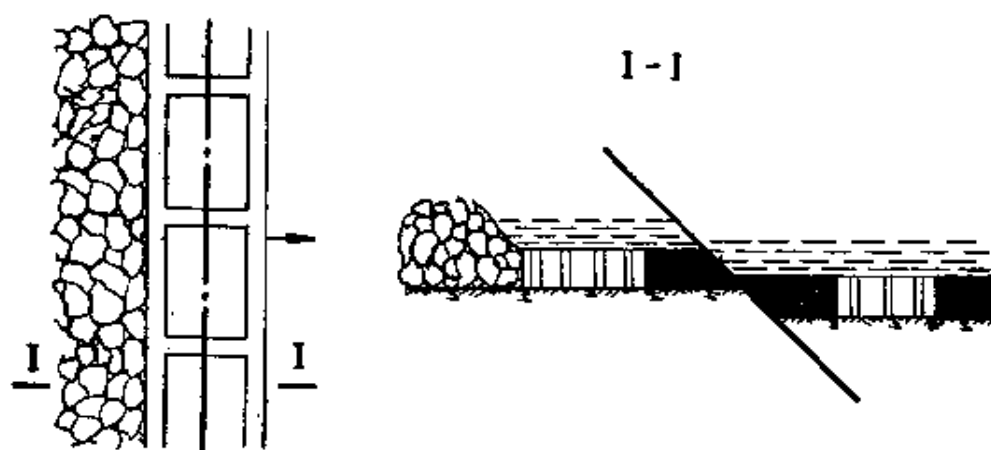


图 111 分段穿过断层

当断层落差大于 0.5 米，或大于煤层厚度的 $1/2$ 时，採用重新開掘切割眼的办法，通过断层（即“搬家”过砟）。工作面推進到断层附近，即停止回采，搬到断层另一側預先掘好的切割眼中，重新回采（圖 111 之剖面圖）。断层每側所留煤柱的尺寸，应根据断层落差及岩石性质決定。当煤层发生引振現象时，必須留



煤柱，其尺寸为2~10米。如果煤层破坏得不厉害，也可以少留煤柱或不留煤柱。

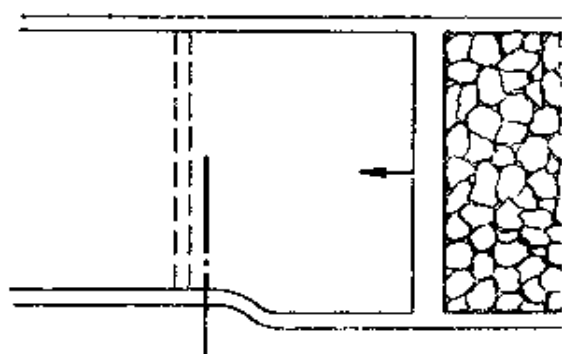


图 112 探清断层的方法

一方面探清断层情况，另一方面作为将来过断层时的新切割眼（图112）。

新切割眼应在工作面投入生产前准备好，保证回采煤量。

在运输巷道发现了倾斜断层，而在回风巷道却没有见到该断层时，为了探明断层的赋存情况，可在工作面的前方顺断层掘进煤巷，一

§3 斜交断层的处理方法

斜交断层的处理方法，可以根据断层面与工作面的夹角，采取与走向断层或倾斜断层相同的处理方法，但由于断层与工作面斜交，出现了三角煤的处理问题。为了提高煤炭回收率，可采取以下几种处理方法：

1. 当断层与工作面夹角在 $40^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 时，保持工作面倾斜方向，采取逐渐缩短工作面长度的方法（图113）。工作面上出口用单排密集支柱或多排密集支柱维护。由于工作面逐渐缩短，所以要改变昼夜单循环为多循环。当工作面缩短至10~20米时，

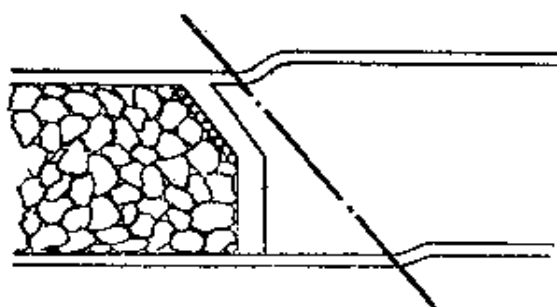


图 113 缩短工作面的方法

停止回采，剩余的煤炭作为煤柱。这种方法操作简单，但煤损较大。

2. 采用工作面调面的方法。为了减少煤炭损失，可以采用工作面调头的方法，使工作面与断层和煤层的交线相平行，在断

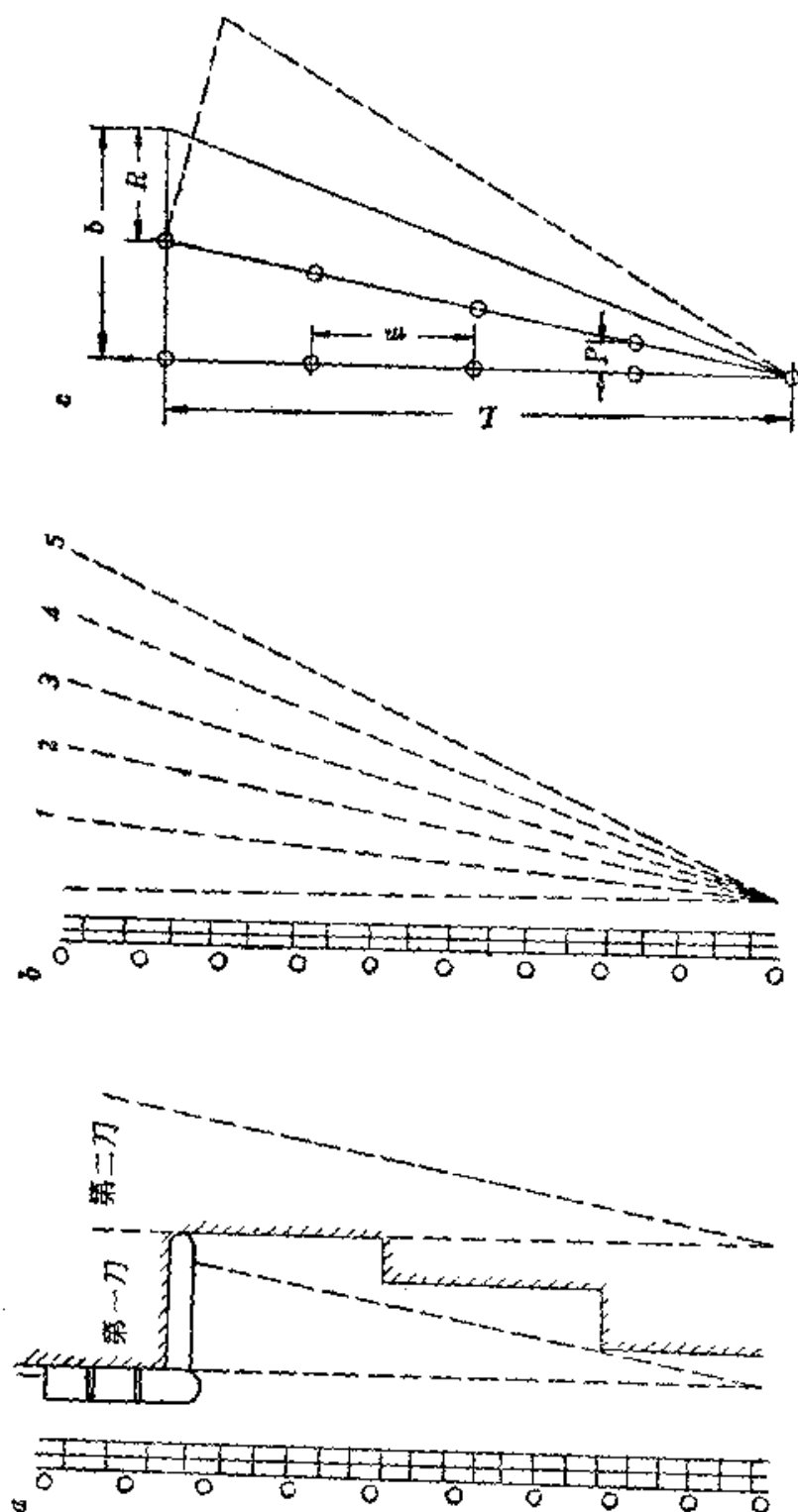


图 114 工作面圆面方法



层的另一侧，重新开切割眼，搬家过嵌。

淄博矿区在工作面调面方面有两种方式：一是三角形调面法（图 114，a）；一是二分之一调面法（图 114，b）。在工作面调头时，要掌握住每根支柱的错距，使支柱成一斜线，从而保持运输机的平直。每根支柱的错距可用下式求得（图 114，c）：

$$P = \frac{(b-R)}{L} \cdot m, \quad (4-1)$$

式中 P ——每根支柱的错距，米；

b ——截深，米；

R ——调面距离，米；

L ——工作面长度，米；

m ——支柱间距，米。

这两种方式比较起来，三角调面法较二分之一调面法简单，两种方式都能减少煤损，但在施工过程中，需要特别注意的是，三角调面法的进度小；二分之一调面法的不前进一端的顶板管理困难。该处由于多次放顶，产生冲击压力，使顶板破碎，容易冒落，因此，应用矸石带和密集支柱加强维护，确保安全。

当采用工作面调面方法生产时，由于工作面的倾斜，往往给使用截煤机和联合采煤机造成困难，因此，在工作面调面的情况下，使用截煤机或联合采煤机应采取以下的措施，保证工程质量：

1. 如果向采空区倾斜（外斜），截煤机或联合采煤机则经常挤压煤壁，碎煤垫进机器底部会截飘。这时，要在机体外侧加垫木楔；或把牵引钢丝绳打在靠近采空区的一边（图 115，a）；或把下截齿放长，也可将 45 度截齿倒装上两个；或在电动机底下穿一铁鞋。

2. 若向工作面倾斜（内斜），截煤机或联合采煤机则挤压运输机，退出煤壁，这时要在机体外侧（靠运输机侧）加垫木楔（1—2 米一个）；或放长零度截齿 2—3 毫米；或用钢丝绳把机体拦住；或用木柱顶住机器（图 115，b）。

3. 在下放机器时，应注意选择牵引支柱的位置，防止机器



撞倒支柱。为此，在机器下放过程中，可以用支柱斜撑机体，使其顺机道下行，避免撞倒支柱。

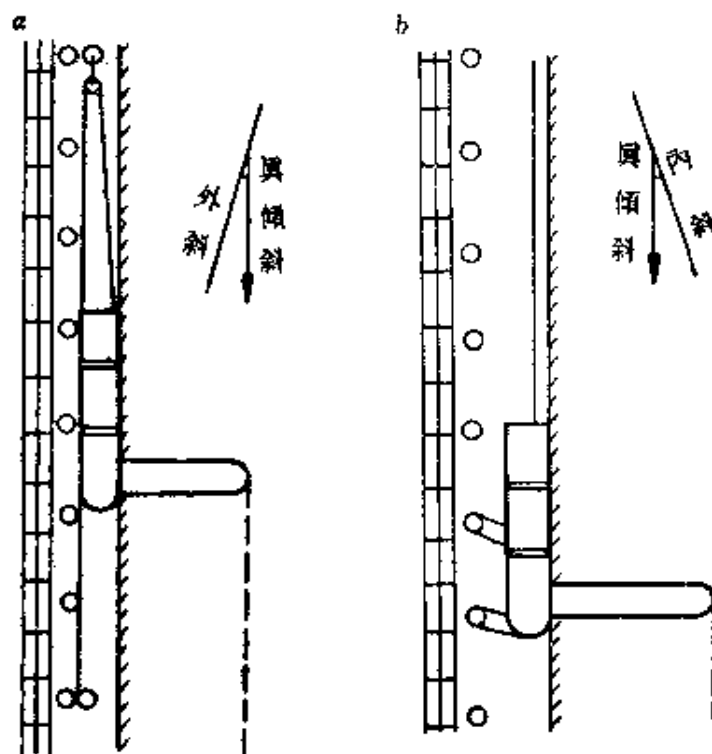


图 115 工作面调面时的截割方法

如果只在运输大巷发现斜交断层，与倾斜断层相似，可顺断层开掘巷道，摸清断层情况。例如，夏庄煤矿二立井 7055 工作面，在运输巷发现一斜交断层（图 116），为了了解断层情况，在该断层两侧各开一条巷道，将来依此巷道作为搬家的切割眼，其間煤炭作为煤柱处理，也可回采（由切割眼向后回采至断层

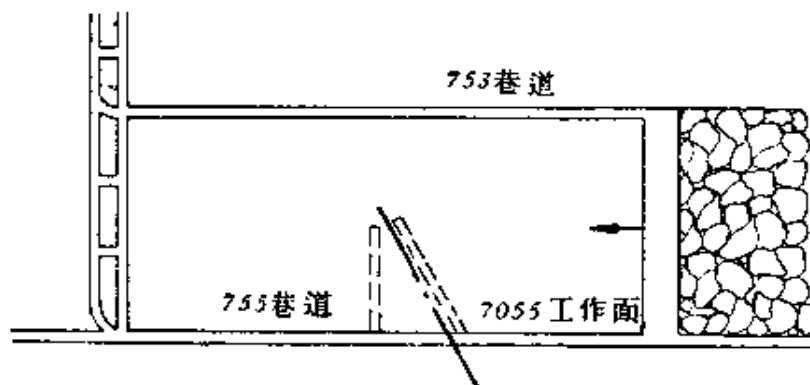


图 116 斜交断层的处理



处，再前进回采）。

§4 处理断层时顶板管理

对顶板的支护和管理，是过断层的主要内容之一。顶板控制的好坏，关系到能否顺利地通过断层和能否保证生产的安全。因此，对断层处顶板的控制就具有非常重要的意义。

分析断层处的顶板（图 117），可以知道，在遇有倾斜断层时，煤层被回采后，在采空区方面顶板已被切断，而在断层处顶板的结合力量又非常薄弱，这时顶板沿走向方向的支撑力量非常小，或者已没有支撑力量（当不留断层煤柱时），顶板只是靠倾斜方向顶板的粘结力量而被悬吊着。顶板在自重作用下下沉，产生裂隙、离层，以致顶板压力增大。但支柱的直径、支架形式和支架规格是依据顶板在采空区方面被切断的情况下设计的，断层处支柱的支撑力量一旦不够，则有切割工作面的危险。

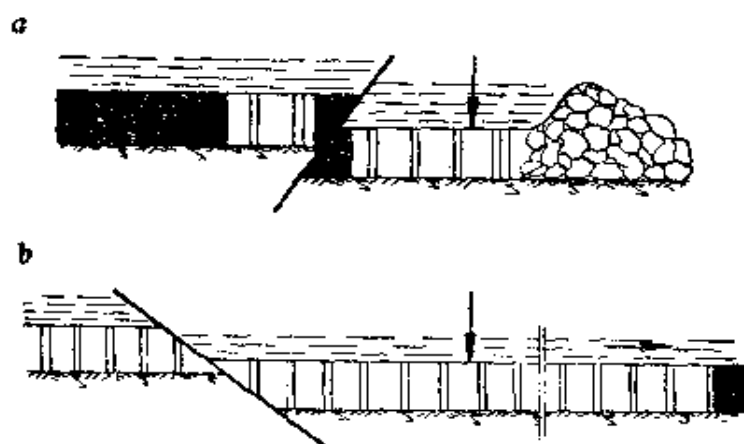


图 117 断层处顶板压力示意图

在遇有走向断层时，煤层被回采后，沿倾斜方向，顶板在断层处的结合力最薄弱；沿走向方向，在采空区顶板已被切断，顶板是被工作面前方的煤炭和倾斜方向上方或下方岩石的粘结力支撑着，所以断层处顶板压力依然很大，虽然没有整个工作面被切割的危险，但顶板仍可能局部垮落。

这两种断层在倾斜煤层和急倾斜煤层中，顶板在下滑力的作



用下，更增加了頂板冒落的危險。

根据上述分析，在遇有断层时，可采取下面几种頂板管理措施：

1. 在条件許可的情况下，使工作面与断层斜交，避免切割工作面的危險。

2. 在邻近断层处，要縮小控頂距离，縮小支柱間距和增大坑木直径，以增加支柱的支撐能力，減少坑木的毀損。

3. 在使用爆破落煤方法采煤时，当断层处围岩比較破碎，应在断层处打浅眼，少装药，避免因爆破而引起冒頂事故。

4. 使用截煤机或联合采煤机的工作面，在断层頂板破碎处，可采取以下措施：預先做切口，使机器通过；在机道处打好棚子，頂梁深入煤壁 20 厘米，机器通过时拆掉立柱，过后重新打好；截煤机掏槽后，为了防止煤壁片帮，可用板皮橫撐支撐。

5. 在支架材料方面，由于断层处頂板压力增大，应当使用可縮性大的木材支架，

不能使用金属支架或混凝土支柱。在使用金属支架或混凝土支柱的工作面，可以提前处理断层，然后使用上述支柱，保証支柱能正常使用。在使用竹材支架的工作面，为了保証安全，防止大量支柱被压坏，在断层处应換上木材支架。为了牢固地支撐頂板，也可采用石垛。

6. 关于支架形式，在通过断层时，可

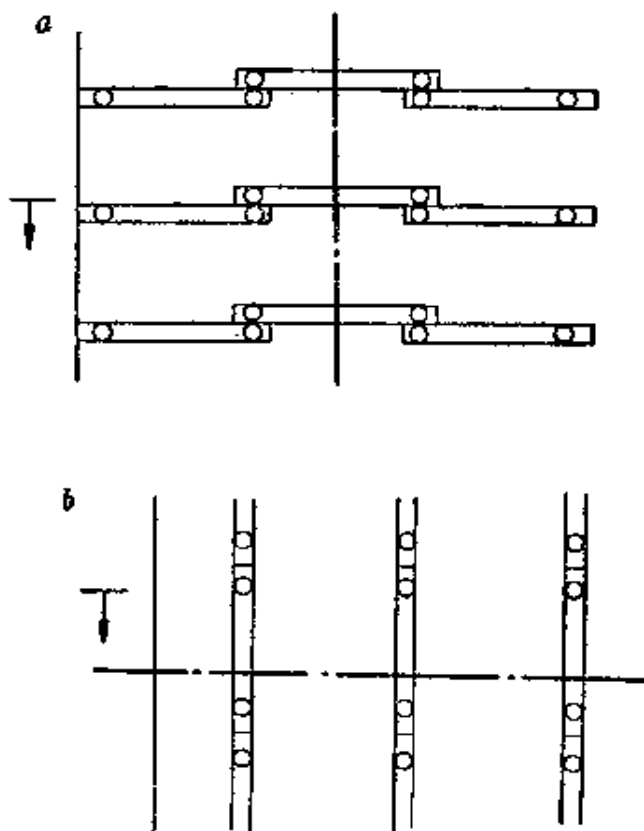


图 118 棚子支护形式



采取以下支架形式：

(1) 遇有倾斜断层时，使用走向棚；遇有走向断层时，使用倾斜棚（顺山棚），如图 118 所示。

(2) 使用截煤机或联合采煤机的工作面，在断层处可用超前支架，即以钢轨作为顶梁伸入煤壁，联合采煤机通过后即打好支柱。为了通过断层，可以开掘切口。如果空顶较大，可改点柱为板棚。当顶板破碎时，再用背板将顶板背严（图119）。

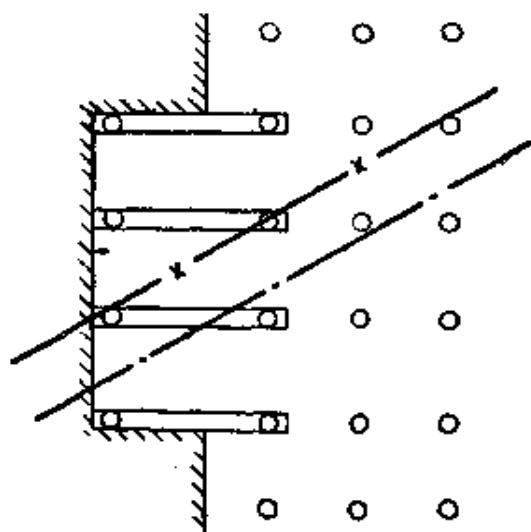


图 119 切口的支护形式

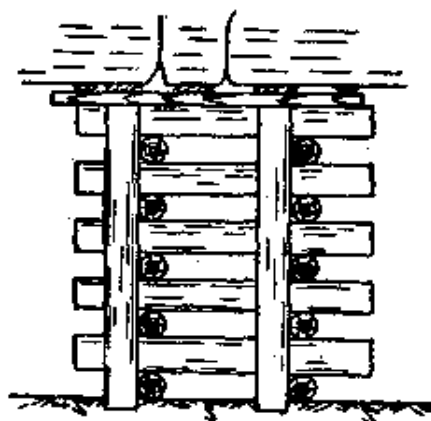


图 120 木垛

(3) 断层附近顶板压力较大或顶板破碎严重时，可用木垛支护（图120）。打木垛时，要将底板浮煤清扫干净，最下一排木柱要垂直于工作面，并设在支柱上方，以免发生滚动而使木垛坍塌。木垛要打紧，并使重迭的木柱在垂直方向上成一直线。顶板破碎时，要用背板背严。

(4) 在断层处顶底板发生变化时，可采用板棚或加强支柱支撑（图121）。

(5) 在断层处发生冒顶或岩石发生裂缝而脱落时，可用棚子或木垛支撑（图122）。

(6) 在过倾斜断层开掘巷道或处理走向断层超前掘进的洞子，其支护方法如图 123 所示。

(7) 遇有走向断层时，工作面又有夹石或伪顶存在，可利

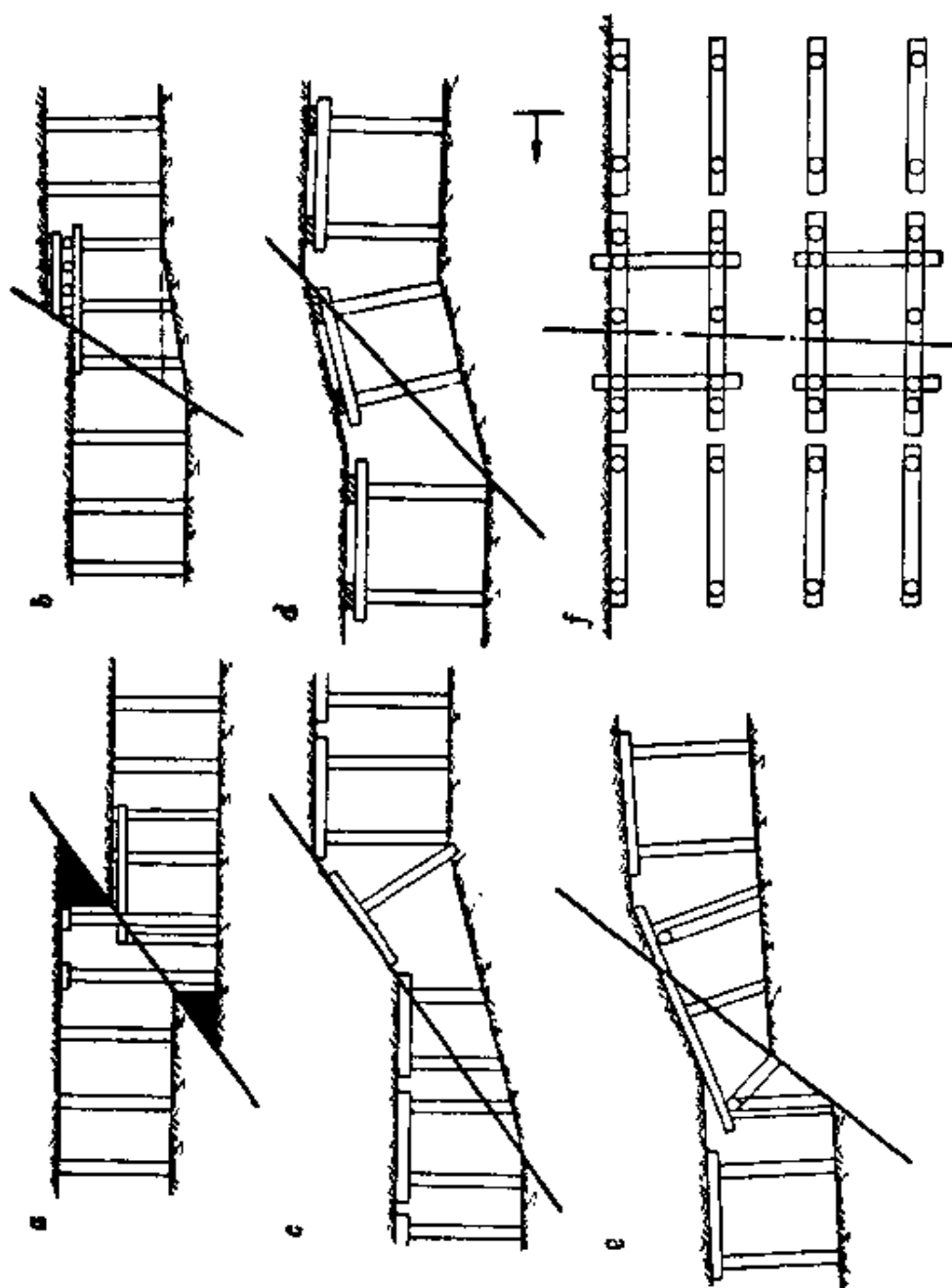


图 121 过断层的支护形式



用这些废石垒砌石垛支撑顶板（图124）。在垒砌石垛带之前，必须清除底板上的浮煤，石垛带要砌接到顶，顶板下和垛墙上的缝隙要用石块塞紧。

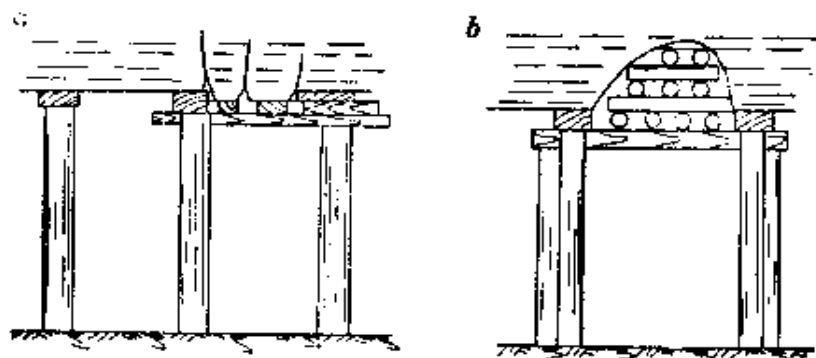


图 122 板棚与木垛

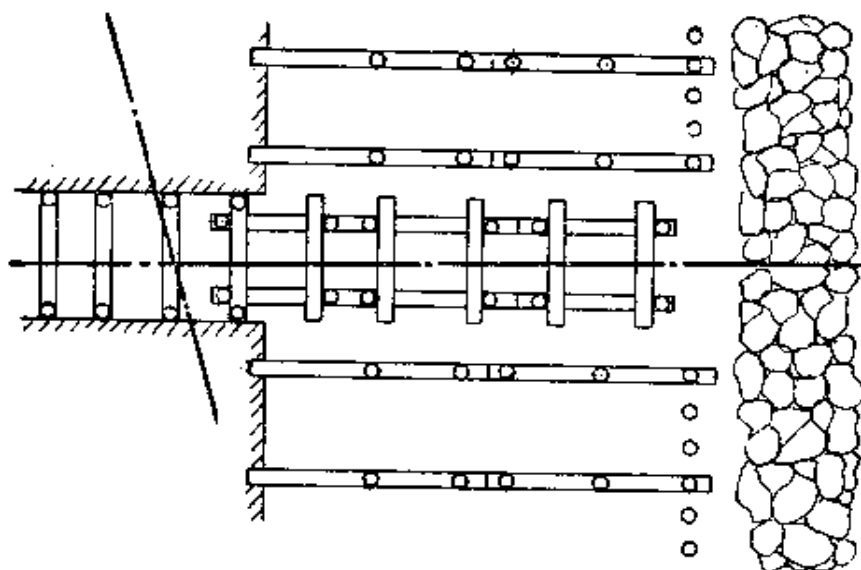


图 123 超前洞子的支护方法

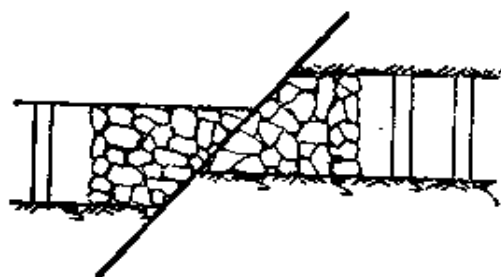


图 124 石垛

在断层处，由于煤层的错动，顶底板不能保持平整，因而给回柱放顶带来困难。在断层处，可以用以下回柱方法：

横拉回柱法 钢丝绳绕过被回撤支柱旁边的一根比较坚固的支柱，拴在被回撤的支柱上。开

动绞车后，钢丝绳沿煤层的走向方向将支柱拉倒，不因断层而妨



得回柱，因此，坑木回收率高（图 125）。

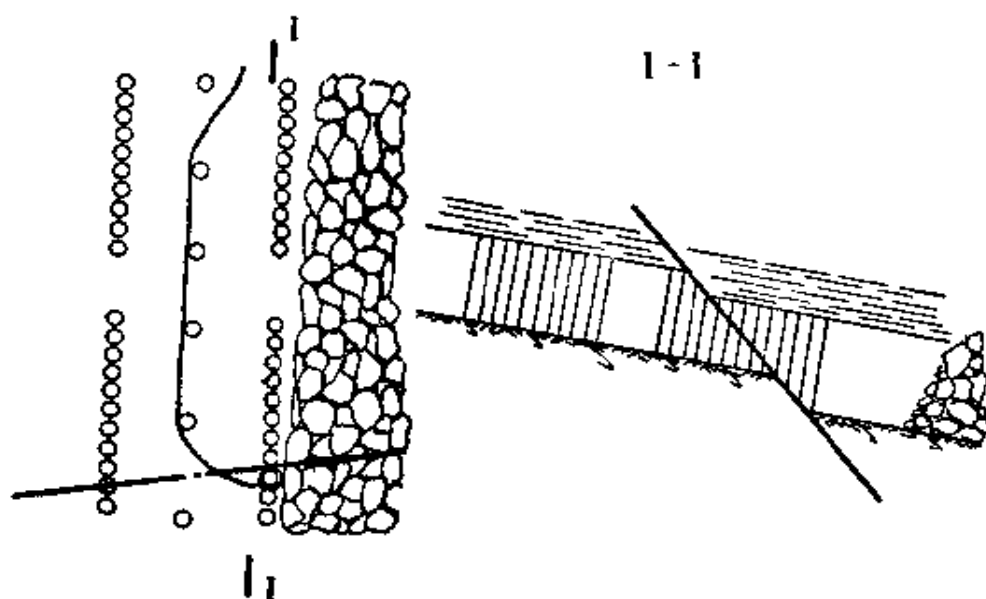


图 125 横拉回柱法

里拉外带回柱法 鋼絲繩繞成八字形，將斷層兩側的支柱栓住（图 126）。开动絞車后，靠近采空区的支柱先被拉倒，并随外侧的支柱一同回出。这种回柱法比橫拉回柱法的回柱速度快。

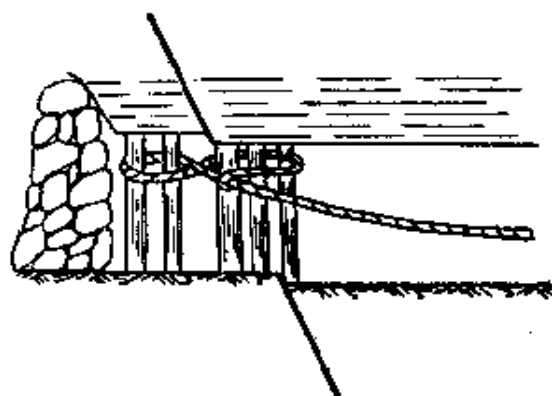


图 126 里拉外带回柱法

回柱絞車的移动都是利用回柱鋼絲繩牵引，或用截

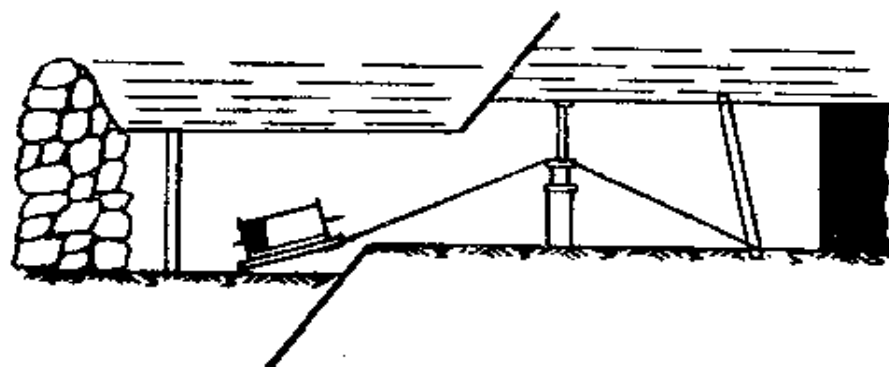


图 127 回柱絞車过断层



煤机、联合采煤机牵引鋼絲繩拉动。在用回柱鋼絲繩移动絞車时，如果遇到断层，可在上部台阶打一根金属支柱或木柱，把鋼絲繩架在金属支柱的柱鎖上，开动絞車后，把絞車拉到上台阶（图 127）。

§5 不同采煤方法对断层的处理

厚煤层水砂充填采煤法

目前，厚煤层水砂充填采煤法有以下几种类型：（1）傾斜分层走向长壁上行水砂充填采煤法；（2）傾斜分层V型长壁上行水砂充填采煤法；（3）傾斜分层走向长壁木板假顶下行水砂充填采煤法。

从处理地质构造工作方便来看，傾斜分层走向长壁上行水砂充填采煤法适用于地质条件变化简单，煤层平稳的特厚煤层开采。傾斜分层V型长壁上行水砂充填采煤法适用于地质条件复杂的特厚煤层开采。在有走向断层的情况下，便于布置仰斜工作面，处理断层简单。在有傾斜断层或斜交断层的情况下，因工作面分为两个（每个长40米），一个工作面处理断层，另一个工作面可以保持正常生产，灵活性大。傾斜分层走向长壁木板假顶下行充填采煤法适用于地质构造复杂、煤层群层理发达、煤质松軟的厚煤层中；利用木板假顶下行充填采煤法，可以防止上行充填容易发生的抽顶或冒顶事故，以及因此而引起的跑砂事故和处理上分层抽顶冒顶事故工作的困难。

处理断层时可采取以下措施：

1. 当走向断层落差相当于傾斜分层的分层厚度时（1.6—2.5米），可依据断层断失下部作为一个分层来开采，采后使下部充填砂子面与上部底板一致，而后作为同一分层一起开采（图 128）。此时，下部开采第二分层，上部开采第一分层。但在断层落差与分层厚度不一致时，仍然受到断层的影响。例如，断层落差为1.5米，而分层依据煤层层理或夹石作为顶板划分，分层厚度为2米，这样处理后仍有0.5米的落差影响。在这种情况下，



可以调整上下盘的分层厚度，上盘采高加大，下盘采高减小，采过一分层后，即可将上下盘的采高取得一致。

2. 当断层落差小于分层厚度时，与前述相同，采用底板留三角煤或卧底的办法，使底板取平（图 129）。实践证明，这种方法有四个缺点：（1）为了缓和底板坡度留下三角煤，

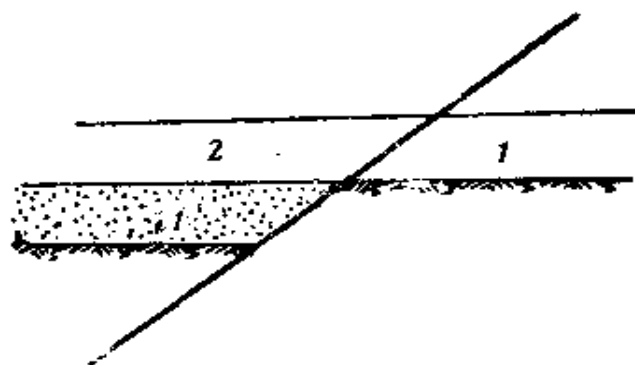


图 128 厚煤层分层方法

增加了煤损；（2）采用卧底的方法缓和底板坡度，耗费人力较多；（3）卧底后局部采高加大，顶板控制困难，安全不利；（4）使用截煤机或联合采煤机采煤时，如果掌握不好，容易发生截飘事故。

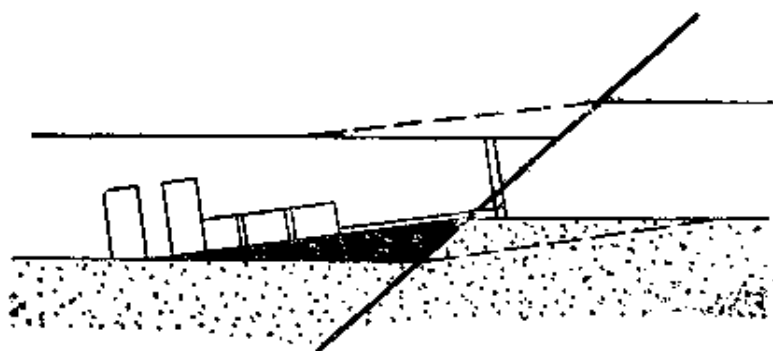


图 129 取平底板通过断层

3. 在断层地质破坏带的冒落地区充填时，充填管应当架高，靠近顶板，以充满冒落区。为了便于充填水泄出，可使用高粱杆制成放水筒，排出充填水（图 130）。放水筒的构造见图 131。

4. 由于断层处冒落部分的充填，势必给上分层回采带来困难。当联合采煤机沿底板向上牵引时，将要遇到下分层冒落处的砂包，即截砂包子，降低了煤质。如果下分层支架没有全部回收，将妨碍联合采煤机的运行，尤其是装煤机的运行，容易损坏



机器；联合采煤机通过断层后，在部分地区又需要卧底，使机器不能充分发挥作用，降低生产能力（图 132）。

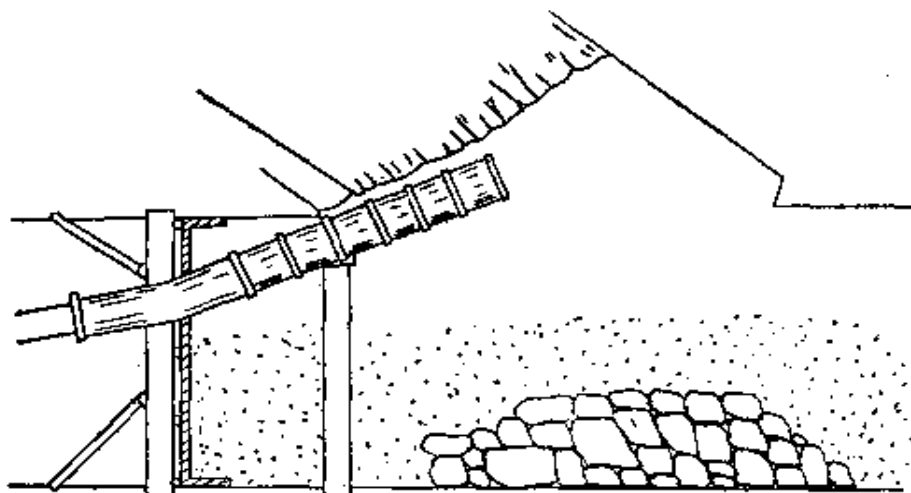


图 130 冒落处的充填

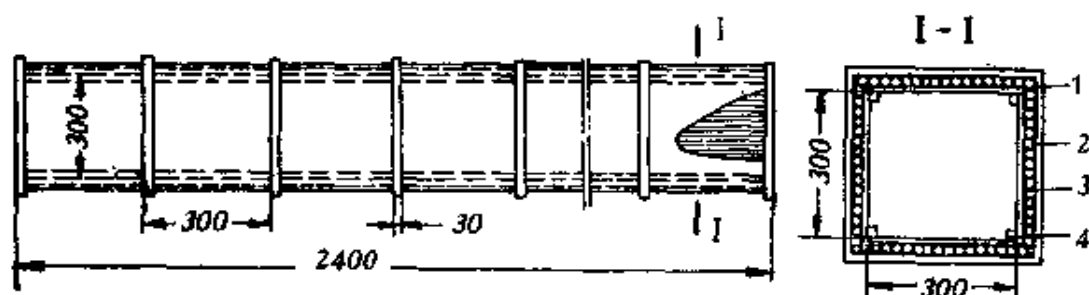


图 131 放水筒

1—押木；2—高粱杆；3—20×30 毫米冲木；4—30 毫米角撑木

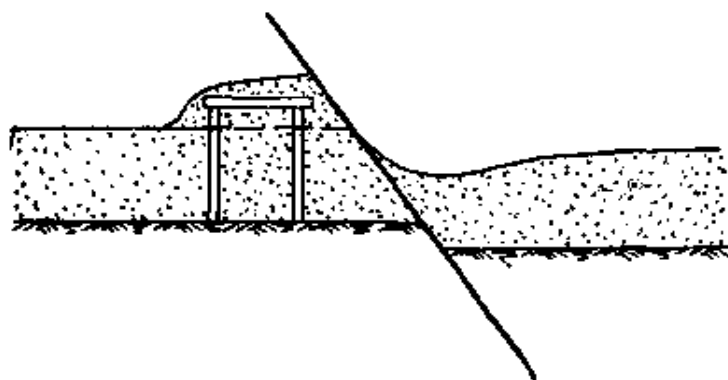


图 132 砂包的影响

因此，要使上分层顺利开采，其根本的办法是使每一分层开采时均保持顶板的平整，即上分层底板的平整。常用的办法有：

1. 在回采每一分层时，保持顶板完整，尤其是在断层处，



应加固支架或改变支架形式（使用托板或木垛），避免顶板发生冒落。

2. 当煤层顶底板发生变化时，应随时注意调整，用打眼放炮的方法挑顶，以砂子面为准，将底板取平（图133）。挑顶高度以能通过机器（如联合采煤机）为原则，太高，在采上分层时仍会出现砂包子。

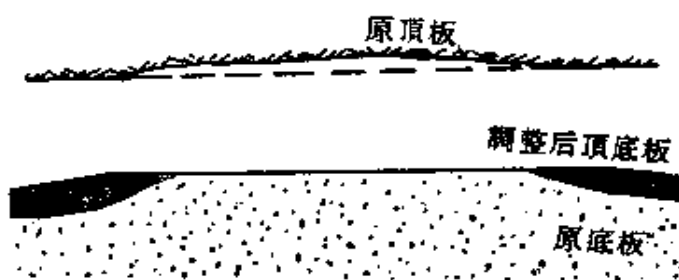


图 133 顶底板的调整

3. 工作面局部冒落部分，充填时要作专门处理。在冒落后与正常顶板高度相同的地方钉上吊铺，使充填砂子不超过顶板的正常高度，即是使上分层底板保持一致，既不截砂包子，又不须挑顶（图134）。但这种方法也有下列缺点：冒落地区的倾斜长度较长时，须加设木垛；该处容易积聚瓦斯；采后过长时容易引起自然发火；该处的支架不易回收。

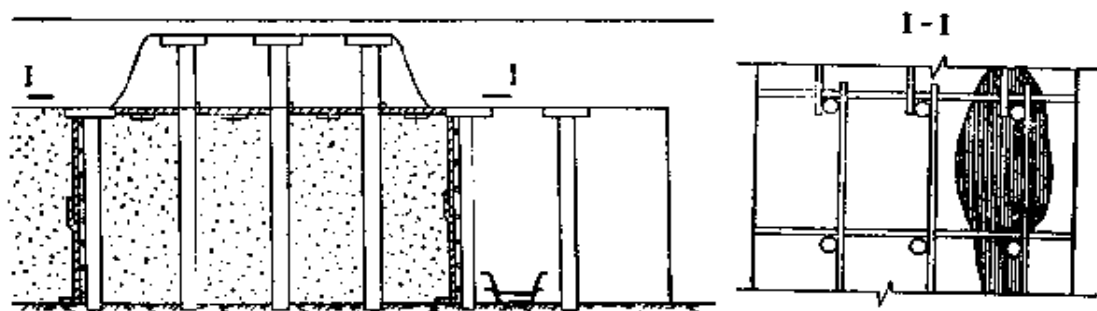


图 134 冒落处的处理

急倾斜厚煤层开采方法

急倾斜厚煤层大多数采用水平分层人工假顶下行陷落采煤法。

在地质构造复杂的地区，使用这种采煤方法几乎是不可能的。因为在被断层所切割的煤层中，开掘一条能使煤炭顺利溜放的溜煤眼非常困难，即使开掘出来，也难维护。例如，苏联雅古



諾夫矿沃尔可夫斯基煤层6号采区，煤层傾角由运输大巷到回风巷道逐渐增大，由 80° 增至 90° ，沿煤层走向和傾斜有很多断层，落差为1.5—2.0米，使煤层厚度发生变化，在5.2—3.6—2.7米之間变动（图135）。在该区使用水平分层采煤法开采的结果証明，使用水平分层是不适合的。

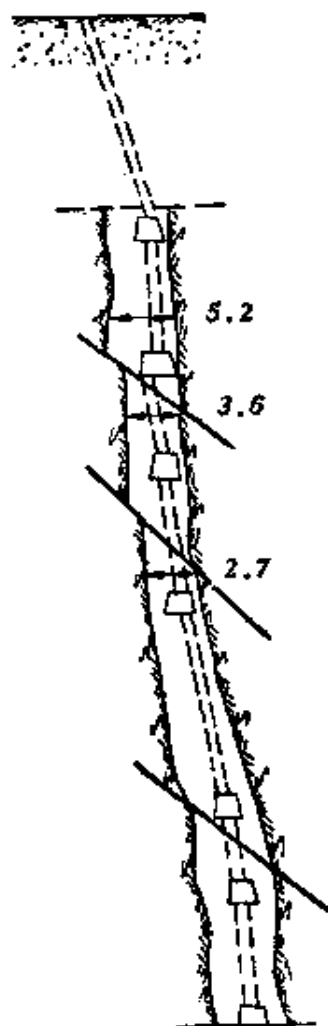


图 135 6号采区断层分布

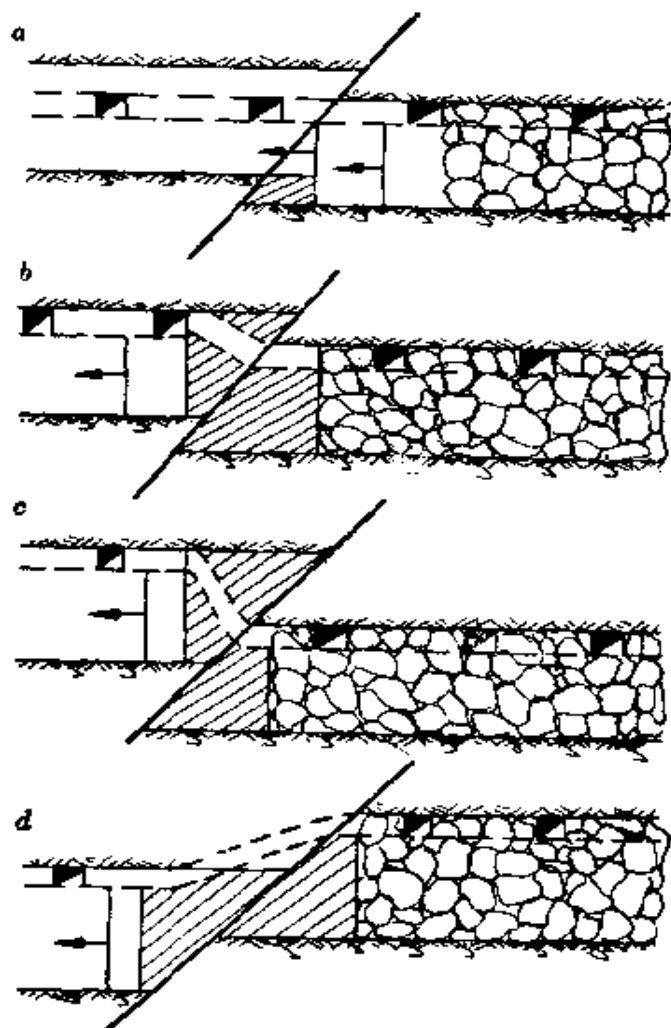


图 136 傾斜断层的处理

但是，煤层不可能是完全平稳而不受地质破坏的，根据断层的落差大小，采取以下处理办法：

1. 在遇有落差較大的傾斜断层时，可利用断层作为采区技术边界。

2. 当断层落差小于煤层厚度的 $1/2$ 时，可采用直接通过断



层的办法，即缩短工作面平推过去的办法(图 136, a)。如果断层带顶板硬碎，不易控制，则采用重新开工作面的方法(图 136, b、c)。

当断层落差大于煤层厚度的 $1/2$ 时，只能采用重新开工作面的方法(图 136, d)。

3. 在遇有走向断层时，断层落差大于煤层厚度的 $1/2$ 时，可利用走向断层作为中间集中运输平巷的界限，断层两侧留煤柱保护(图 137, a)。

当落差小于煤层厚度的 $1/2$ 时，此时溜煤眼尚能通过，但在断层处应当加固溜煤眼内的支架，采用密集井框或用横撑加固(图 137, b)。如果在断层处开采，应当特别注意顶板(悬帮)管理。此时，可用保留煤柱的办法托住顶板(图 138)。如使用金属网假顶，应考虑在下分层顶板处补网，以免由于煤柱的隔离而造成窜矸事故。

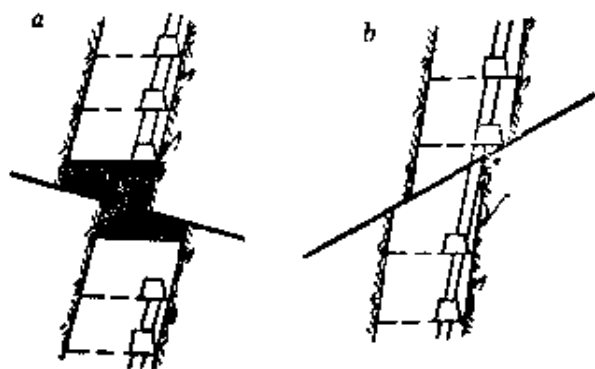


图 137 走向断层的处理

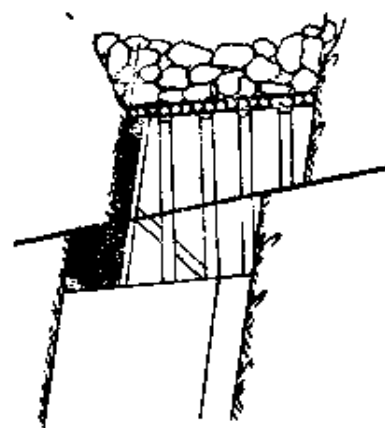


图 138 悬帮煤柱

掩护支架采煤法

在有断层地质构造复杂的地区，不适宜用掩护支架采煤法，因为煤层的断裂和厚度的变化，妨碍了掩护支架的移动，不是使掩护支架毁坏，就是造成煤炭损失，从而引起煤炭自然发火。例如，苏联普罗科皮耶夫斯克矿务局某矿的 4 号符努特联尼煤层，地质构造比较复杂，煤层厚度由于地质变动，超过 20 米，在使



用掩护支架采煤时，有一半的煤留在采空区中，因而引起自然发火事故（图 139）。在库兹巴斯使用掩护支架的结果认为：“在断裂破坏的、特别是有逆断层的采区里，不应当采用掩护支架采煤法，因为在这种条件下，使用掩护支架采煤法是不能有好的效果的”^①。

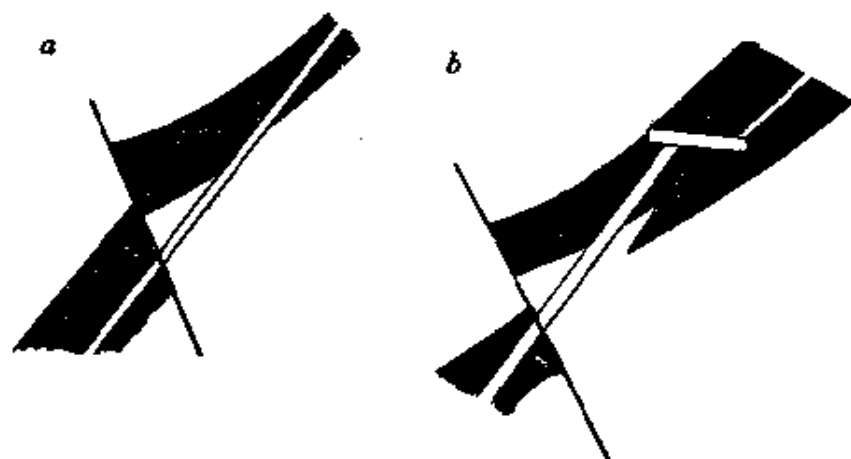


图 139 掩护支架采煤法实例

淮南、开滦矿区使用掩护支架采煤法的经验，也说明了这种采煤方法不适用于地质构造复杂的地方。

目前，在倾斜煤层使用“<”型掩护支架采煤法，也只是适用于断层落差不超过 1 米，沿倾斜方向的变化范围在 10 米以内，可以不拆支架继续下放。如果断层落差加大，影响范围加大，必然增加打岩石量，支架也不能顺利下放。

倾斜分层人工假顶下行陷落采煤法

在厚煤层采用下行陷落法开采时，第一分层如遇到断层，可以采用调整分层高度的办法，使与下分层高度一致。例如峰峰某矿 4219 工作面遇有一走向断层，落差为 1.1—1.3 米，沿走向宽 11 米，过断层的方法目前所述（打超前峒子）；上下盘采高是采用降低上盘采高的办法将底板取平（图 140）。

① 苏联恩·阿·契纳卡尔等 掩护支架采煤法，煤炭工业出版社，1956 年。

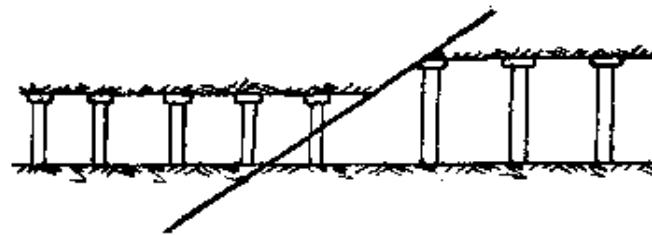


图 140 调整分层高度

薄及中厚煤层走向长壁水砂充填采煤法

新汶矿区在河下采煤使用了走向长壁水砂充填采煤法，在遇到断层时的处理方法与前述相同，但在充填工艺上有其特点。在遇有走向断层时，为了加固支柱，防止砂浆冲倒支架而引起冒顶，在立门子与煤壁之间打半截门子，并用横柱加固（捆脚木），俗称打“挎包”（图 141，a），将砂浆引入砂栏子中；在充填带中，为了防止局部冒顶堵塞水道，造成窝水而引起脏门子跑砂事故，在断层处打点柱，钉半截门子，支持顶板和做水道，俗称“条舌”，如图 141，b 所示。

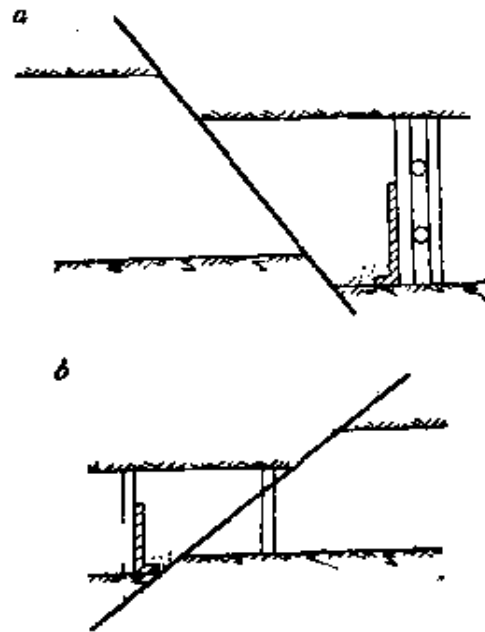


图 141 半截门子的位置

水力采煤法

水力采煤法，其回采工艺与巷道掘进工艺有相似之处，在开采时应注意以下安全措施：

1. 用漏斗法开采，在断层处顶板破碎时，上山眼两侧的煤垛应当上下错开半个垛，左右交替轮采，使水枪始终处于煤垛保护之下。

2. 在断层处，由于巷道坡度骤然改变，煤浆流速很大，当坡度在 15—25 度时，人行道与溜槽之间须加挡板或挡墙，其高度大于 1 米；当坡度大于 25 度时，冲采时禁止行人；在巷道坡度骤然改变的地方，为了防止煤浆溅出，要在溜槽上加盖板保



护。

在正常情况下，顶板的垮落步距是一定的，但在断层破碎带应减小顶板暴露面积，缩小煤垛尺寸，避免冒顶穿矸事故。

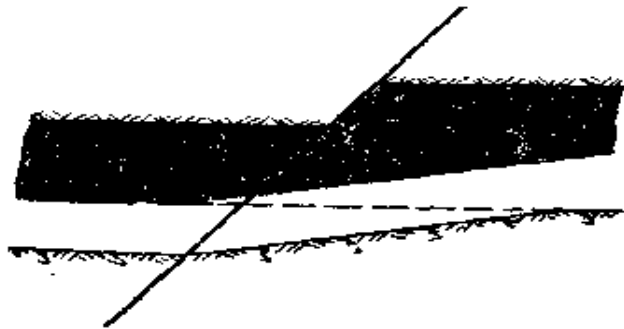


图 142 水采巷道通过断层

在掘进巷道时，要注意断层的影响，及时采取措施，以减少煤损，提高回采率。水采平巷最低要保持5%的坡度，在遇有煤层断下的情况下，要及时调整

巷道坡度，避免底板丢煤。为了减少丢煤，应当适当地队底。这样工作量虽然大一些，但煤的损失将大大减少（图 142）。

§ 6 过断层的劳动组织

无论是回采工作面，还是掘进工作面，在遇有断层的情况下，都要因地制宜地改变劳动组织，以便尽快地通过断层，减少由于断层而引起的对正规循环作业和技术经济指标的影响。

为了保证矿井的正规循环作业，不致因遇有断层和其他事故而使生产停顿，矿井应建立由矿长直接领导的采掘预备队，负责在生产期间处理断层和冒顶等事故。不致因遇有断层和其他事故而使生产停顿。



在遇有倾斜断层的情况下，当断层落差较小时，不须挑顶卧底，可以考虑两班采煤，一班准备；当断层落差较大时，要給处理矸石留出足够的时间，可以考虑用一班采煤，两班准备。即使改变循环方式，往往由于处理矸石工作的困难，仍不能保证循环作业的进行，此时，需要减少循环进尺，保证一昼夜一循环的工作方式，避免“老牛赶山”的恶性循环出现。

掘进工作面的生产组织，大多数是一昼夜三循环。在遇有断层的情况下，与回采工作面相同，可以改为一昼夜两循环或一昼夜一循环的方式；也可以采取减少循环进尺的办法（但不得小于正规循环作业日进度的0.8倍），保证一昼夜一循环的作业方式。

在采掘工作面处理断层时，应当根据工作条件、处理矸石量和工作难易程度，及时地调整劳动定额，合理地安排人员。



第五章 处理断层时防水工作

§ 1 影响断层涌水的因素

断层涌水引起水灾，是煤系地层中的含水岩层，凭借断层造成的通路或岩石脆弱带，将地下水洩入井巷。图 143 就是断层沟通石灰岩含水层引起透水的实例。在地下水具有很高的压头下，透水的威胁将更大。例如，淄博煤矿十行煤，其底板承受很大的水压，随着开采深度的加大，水压将不断增加。根据资料统计，双山煤矿徐家庄石灰岩的水压已达 34 大气压；西河煤矿奎山井开采深度距地表 420 米，水压达 40~45 大气压，其他矿井，如龙泉、洪山、夏庄石灰岩的水压也很大。井陘三矿（凤山矿）奥陶纪石灰岩喀斯特区水的压头已达 150 米。从发生的几次较大的透水事故分析说明，透水地点都靠近断层带，发生在掘进巷道内，而且水都是从底板突出来的。

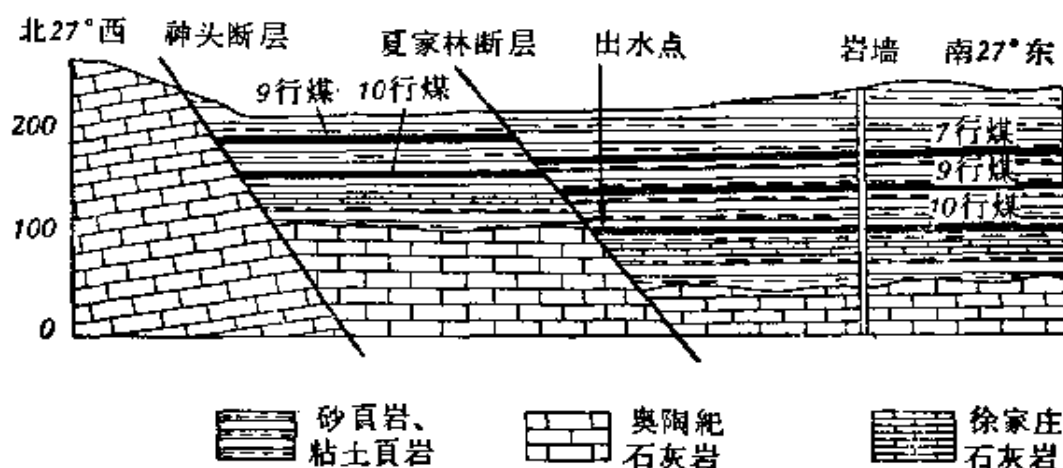


图 143 某井出水地点附近地质剖面图

但是，所有断层并不是都会引起透水。在下列情况下，就可能不发生透水事故：



1. 有些断层是压应力产生的，本身不具有裂隙，或裂隙很少。这些断层裂隙或断层不能成为地下水的通路，不会发生透水事故。

2. 石灰岩未被喀斯特化，或者虽被喀斯特化，但含水极少，水源不足，或者水源被不透水层所封闭，此时，不能补给断层水源，故不会发生透水事故。

在第二种情况下，可以利用石灰岩溶洞未被充水的情况，来排除地下水。例如，苏联在恢复顿巴斯矿井的施工过程中，就曾将矿井涌水引入未含水的喀斯特溶洞中，从而大大缩短了排水时间。

因此，只有当断层与石灰岩含水层相通时，或断层破碎带十分脆弱时，含水层的水在本身水头的作用下才能突入井巷，造成事故，如图 144、145 所示。在断层交叉处，也是最易发生突水的地方。例如焦作中马村矿曾在两断层的交点处透水，涌水量很大，影响范围很广。

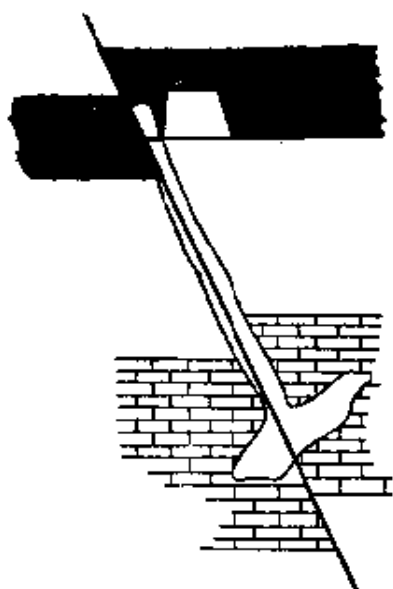


图 144 断层沟通含水层

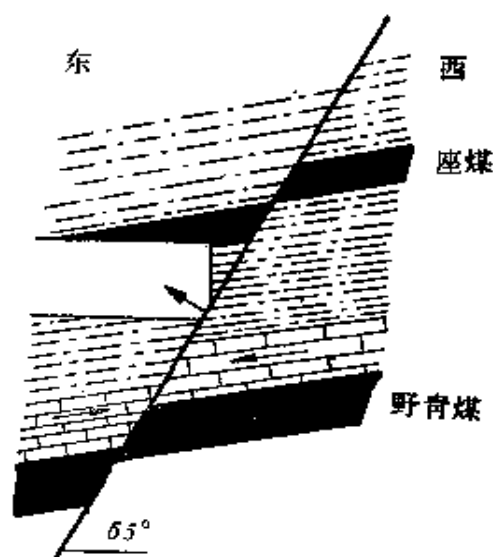


图 145 “野青”石门透水地点剖面图

为了防止断层透水，可从以下几方面着手进行防水：地面防水、掘进巷道避开断层带、井下留防水煤柱（断层煤柱）、建立防水闸门、探水放水和堵水。



§2 地 面 防 水

当断层露出地表时，能构成水流通路，使地表水经过断层裂隙渗入井下，尤其是在雨季更危险，可能造成水灾。因此，必须采取措施防止地表水渗入井下，现在常用的方法有：

1. 对地面裂缝和陷落地点，特别是沟通地表与井下的断裂地点，要用粘土或其他充填材料夯实填塞；如果面积不大，也可用石块砌筑填实，并在每年雨季前进行检查和整修（图 146）。

2. 在地面裂缝和塌陷地点，或断裂出露处，修筑沟渠截流排水。沟渠可用明渠或明渠和暗沟组成。明渠用在地形适于截流和地下水位较浅的地方（图 147，a），明渠和暗沟用在地下水位较深而且水量较大的地方。这种排水方案的效果较好，断层构造处漏水量小（图 147，b）。无论是明渠，还是暗沟，都应当用块石砌筑。

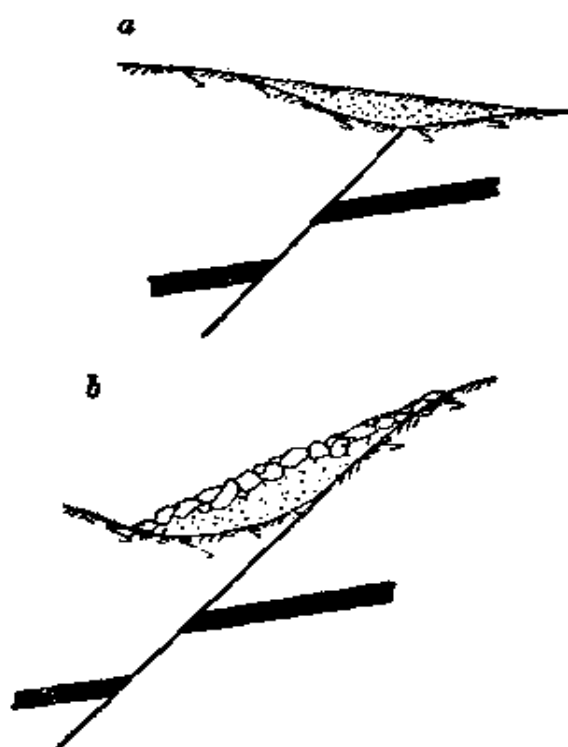


图 146 填塞裂缝

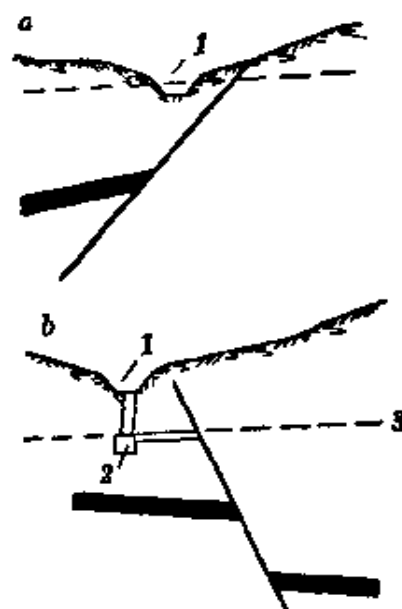


图 147 截流排水

1—明渠；2—暗沟；3—水位

3. 在地面裂缝和塌陷地点或断裂出露处附近，修筑堤岸，



并将水引出，不经过上述地区。

实践证明，这些措施是行之有效的。例如，鸡西滴道煤矿八井二斜曾将地表塌陷地区用土填好，开沟疏水，地表水沟用石砌筑，使井下涌水减少了90%。

§3 留置防水煤柱

一般说来，巷道都是顺煤层开掘的，但也可以开掘在煤层的顶板或底板中，保证巷道处于稳定围岩中，避开含水层，便于维护巷道。但遇到断层后，所开掘的巷道就不那么理想了，有可能

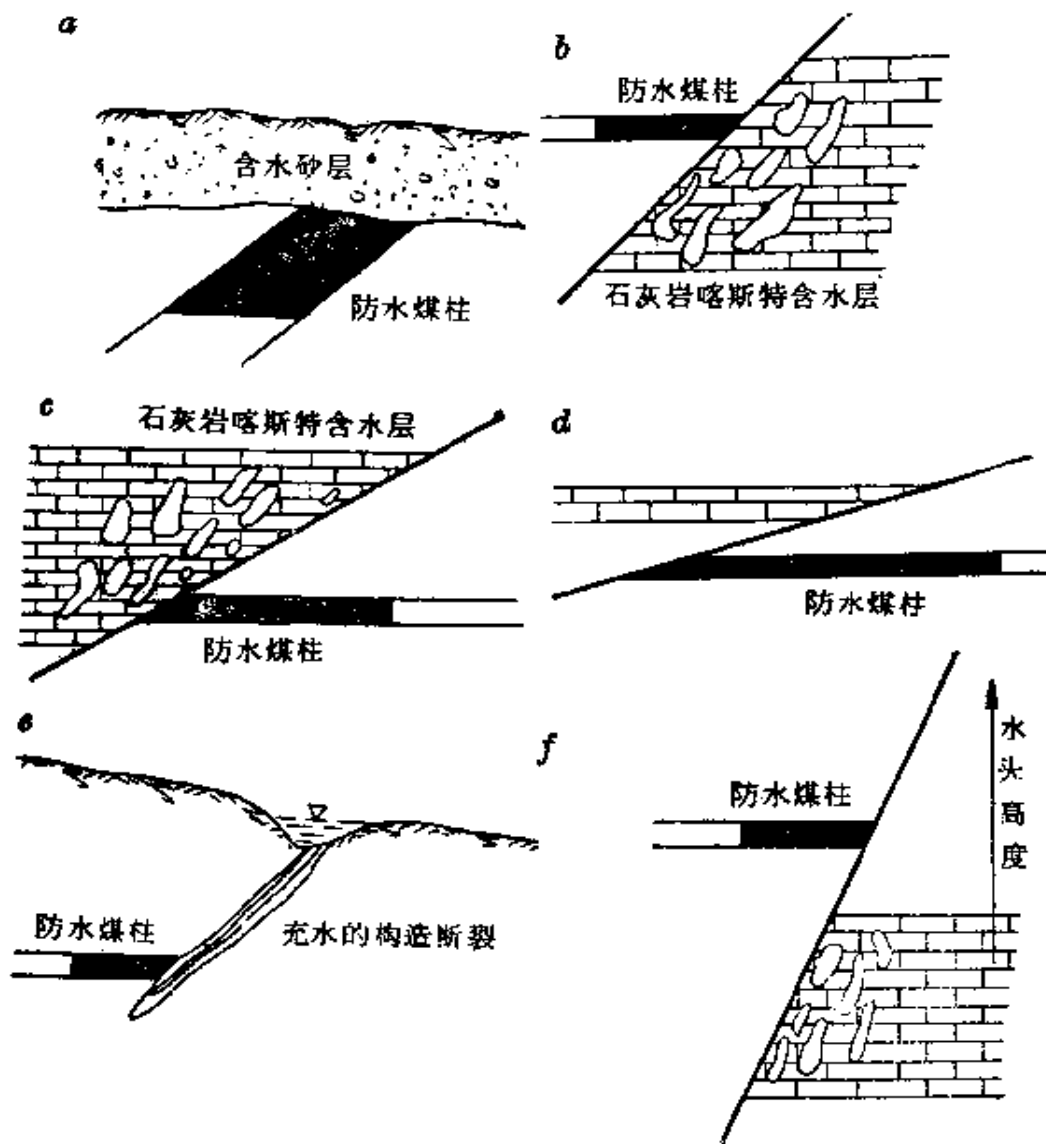


图 148 防水煤柱



与含水岩层相遇。这时，就需要在断层附近留下煤柱，使之起隔离作用和保护作用。

开采下列情况下的煤层时，如不进行地下水的预先疏干，应留防水煤柱：

1. 煤层直接被松散含水层所掩盖（图 148, a）。
2. 煤层直接与含水丰富的含水层接触或被其掩盖时（图 148, b、c）。
3. 煤层局部被含水层所掩盖，当煤层开采后，由于顶板岩石冒落，使含水层破坏易产生突水时（图 148, d）。
4. 邻近充水构造断裂时（图 148, e）。
5. 由于构造关系，巷道接近底板承压含水层及切割此含水层的构造断裂时（图 148, f）。
6. 巷道接近老窑积水区时。

煤柱的大小应根据含水层的水压、煤层开采后顶板岩石塌陷情况、煤层所处位置及强度的不同、巷道的大小和围岩破坏程度等因素来确定。

当煤层直接与含水层接触或邻近充水构造断裂时，应当在工作面的前方留置煤柱。

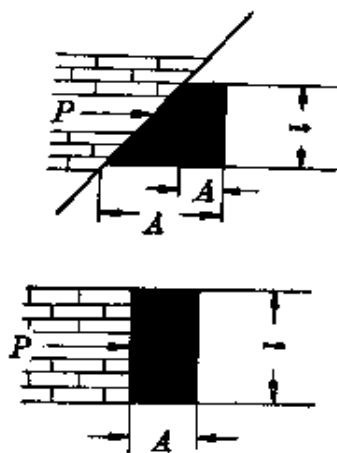


图 149 煤柱尺寸的计算

断层煤柱的尺寸（隔水层的厚度），要能防止地下水突出为原则。它根据井巷的宽度、水头压力和隔水层的性质而变化，一般用下式计算断层煤柱的尺寸（图 149）^①：

$$A = 0.5l \sqrt{\frac{30P}{K_p}} \text{ 米,} \quad (5-1)$$

式中 A ——煤柱宽度，米；

l ——巷道宽度或高度，米；

① 格·尼·舍维辽夫 贾汪煤矿水文地质和矿区疏干问题，煤炭工业出版社，1958 年。



P ——煤层承受的水头压力，米；

K_p ——岩石的抗张强度，吨/米²。

当断层处于倾斜位置时，煤柱尺寸可依据最薄弱的地方计算，求出的煤柱厚度比实际采用的煤柱尺寸要小， $A' > A$ ，这样就更为安全。

如果煤层被断开后，没有直接与石灰岩相遇，而是保持一定的距离(图 148, f, 图 150)，在这种情况下，发生透水事故可能有两个原因：一是地下水在压头的作用下，沿断层裂隙突入井巷中；一是地下水通过隔水层突入井巷中。在前一种情况下，应保留断层煤柱保护井巷，其尺寸计算方法与公式 (5-1) 相同。在后一种情况下，透水事故的发生取决于地下水的压头、底板或顶板岩石的性质和抗张强度。例如，淄博双山煤矿发生透水的原因，就是掘进巷道遇到两个断层，造成煤层及围岩破碎，降低了底板隔水层的抗张强度，使其小于含水层水的压头，从而引起了透水事故。

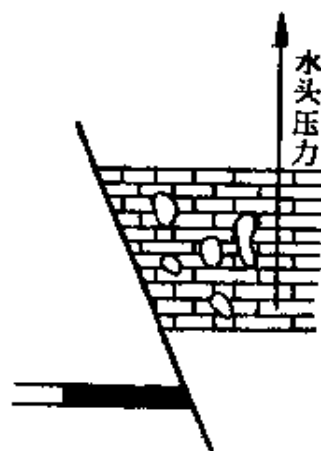


图 150 防水煤柱的另一形式

隔水层的厚度可用下式来计算 (图 151)：

$$t_1 = \frac{l_1(\sqrt{\gamma_1^2 l_1^2 + 8K_p H_1} - \gamma_1 l_1)}{4K_{p1}} \text{ 米；} \quad (5-2)$$

$$t_2 = \frac{l_2(\sqrt{\gamma_2^2 l_2^2 + 8K_p H_2} + \gamma_2 l_2)}{4K_{p2}} \text{ 米，} \quad (5-3)$$

式中 t_1 及 t_2 ——巷道底板及顶板隔水层厚度，米；

l_1 及 l_2 ——巷道底部及顶部宽度，米；

H_1 及 H_2 ——水头高度，米；

γ_1 及 γ_2 ——巷道底板及顶板隔水层岩石容重，吨/米³；

K_{p1} 及 K_{p2} ——巷道底板及顶板隔水层的抗张强度，吨/米²。

为了校对上式计算的结果，可用公式 (5-1) 计算，选取较大的尺寸留置煤柱。

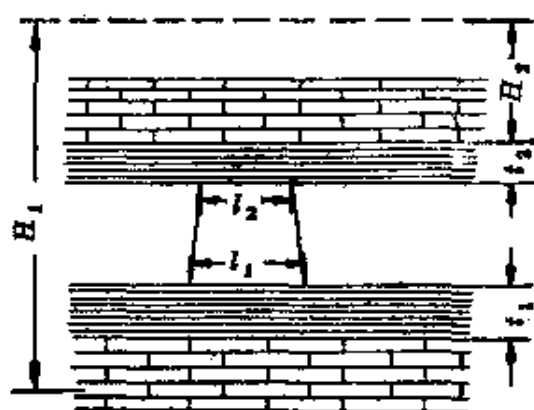


图 151 隔水层厚度计算

在上述公式中，都应用了岩石抗张强度，其数值可由试验决定。在没有岩石抗张强度试验数据的情况下，可采用下列数据：

石灰岩…………… 3—80吨/米²；
砂 岩…………… 6—20吨/米²；
頁 岩…………… 158—300吨/米²。

为了安全起见，计算的煤柱可加大 2~3 倍的安全系数。

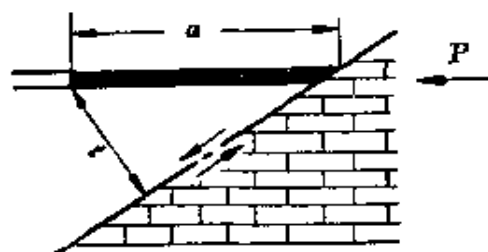


图 152 防水煤柱

峰峰、焦作和新汶等矿区对上述基本公式都作了验证，并根据本地区的具体条件提出了不同的公式。例如对峰峰煤田提出了如下的公式^①：

1. 煤层直接与含水层接触，其防水煤柱的计算公式（图 152）：

$$A = 0.5/K \sqrt{\frac{30P}{K_p}} + n, \text{ 米}; \quad (5-4)$$

$$t = \frac{l \sqrt{\gamma^2 l^2 + 8K_p H - \gamma l}}{4K_p} + N, \text{ 米}, \quad (5-5)$$

式中 K——安全系数，2~5；

① 王友瑜等 峰峰煤田断层带透水性及留设防水煤柱的探讨，煤炭工业，1963 年第21期，原文公式中之 $\sqrt{3P}$ 恐系 $\sqrt{30P}$ 之误。



n ——回采后采空区边界煤柱破坏宽度，米；

N ——回采后底板破坏深度，米；

比较 (5-4) 及 (5-5) 式计算的结果，选取大值作为煤柱尺寸。

2. 煤层未与含水层接触 (图 153)，按下式计算：

$$H' = 2K_p \frac{t^2}{l^2} + \gamma t \text{ 吨/米}^2 \quad (5-6)$$

式中 H' ——安全水压力，吨/米²；

K_p ——断层带充填物抗张强度，吨/米²；

t ——断层带受水压厚度，米；

l ——断层带宽度，米；

γ ——断层带充填物容重，吨/米³。

实际承受水压力 H 小于安全水压力 H' ，则不留防水煤柱。

从公式 (5-5) 及 (5-6) 的计算结果中选取大值，作为煤柱尺寸。

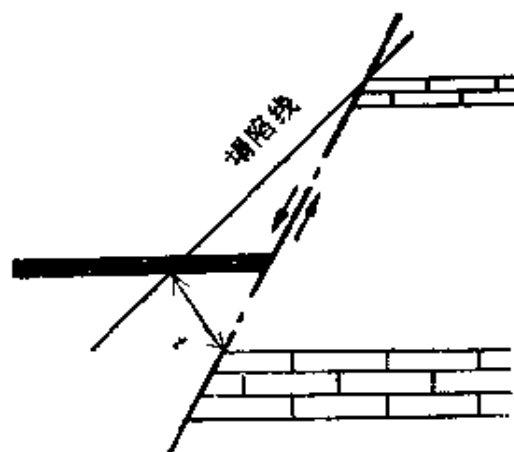


图 153 防水煤柱

3. 无论用哪个公式计算出来的煤柱尺寸，都应当使沿煤柱边缘所作的岩层移动角塌陷线，与含水层相交点之距离大于采高的 40 倍。

由于断裂构造而使煤层局部被含水层所掩盖，此时，煤柱尺寸的大小主要取决于采场顶板陷落带的高度（使用大冒顶方法管理顶板时），以不破坏含水层而引起突水为原则。其计算方法如下 (图 154)：

$$h = \frac{M}{(K-1) \cos \alpha} \text{ 米}, \quad (5-7)$$

式中 h ——陷落带的高度，米；

M ——煤层的厚度（采高）米；



K ——顶板岩石的碎胀性系数，一般为1.1—1.5，计算时可采用1.3；

α ——煤层倾角，度。

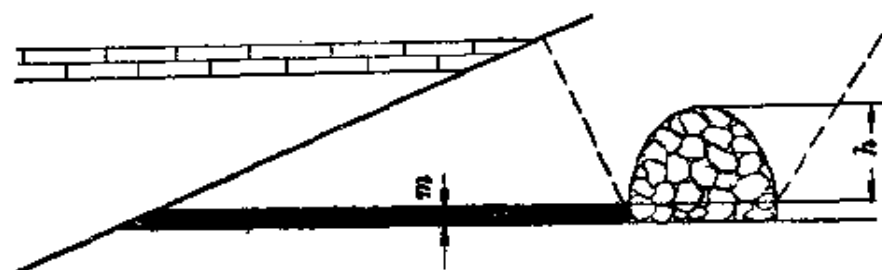


图 154 陷落带的高度

根据实际观测，陷落带的高度为煤层采高的2~6倍。焦作某矿测定缓倾斜煤层陷落带高度为采高的2~4倍；淮南某矿测定急倾斜煤层陷落带高度等于41—42米，为煤层采高的6倍。

至于煤层直接被松散含水层所掩盖时，所留煤柱尺寸的大小，在这里不拟讨论。根据开滦矿区的经验，认为80—100米适



岩层被构造断裂破坏的情况、构造断裂在含水层之间的水力联系上所起的作用、含水岩层的含水性（喀斯特发育和充水情况等）。

探水的方法，各矿要根据经局总工程师批准的探水制度或探水计划和作业规程进行。

为了正确地求得断层的位置，巷道的掘进方向最好能够与断层垂直。在离开断层约70米处即开始探水。

探水前，要做好以下准备工作：

1. 加强钻眼附近巷道的支架；
2. 确定探水眼的位置、方向、数目、进尺；
3. 清理巷道，准备疏水道路；
4. 安设照明及通讯设备；
5. 水压较大处的探水眼要安装套管，建筑水闸墙。

探水钻孔的深度不得小于20米，使工作面能够经常保持20米的保护煤柱。钻孔可按以下的方法布置：钻孔分为中心钻眼、顶帮钻眼和底帮钻眼三组，总数目不得少于3个。中心钻眼垂直于掘进工作面，并超前20米。顶帮钻眼和底帮钻眼一般与中心钻眼成30—40度夹角，并与中心钻眼的末端相距20米，超前工作面20米。这样就在工作面的前方、上帮和下帮20米的范围内都有钻眼通过（图155）。当发现煤层有出水预兆时，应在工作面底板、巷道四角或其他地方补打钻眼，了解围岩含水性质。

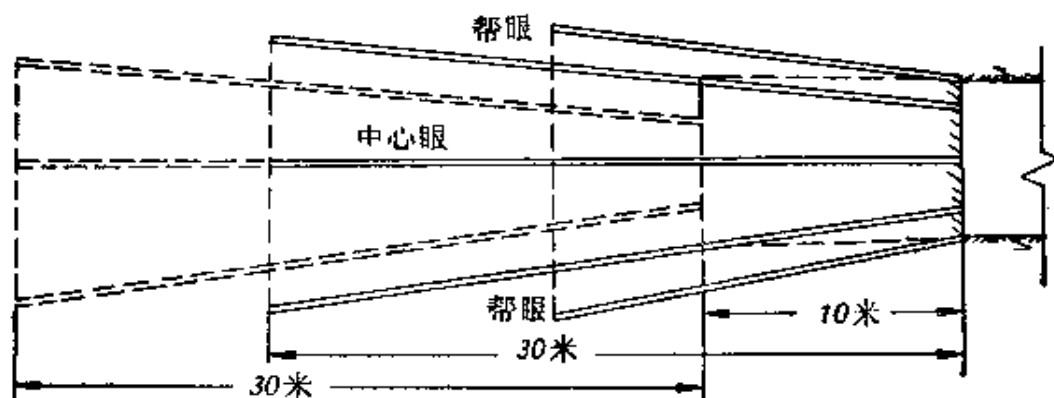


图 155 探水钻孔布置方法

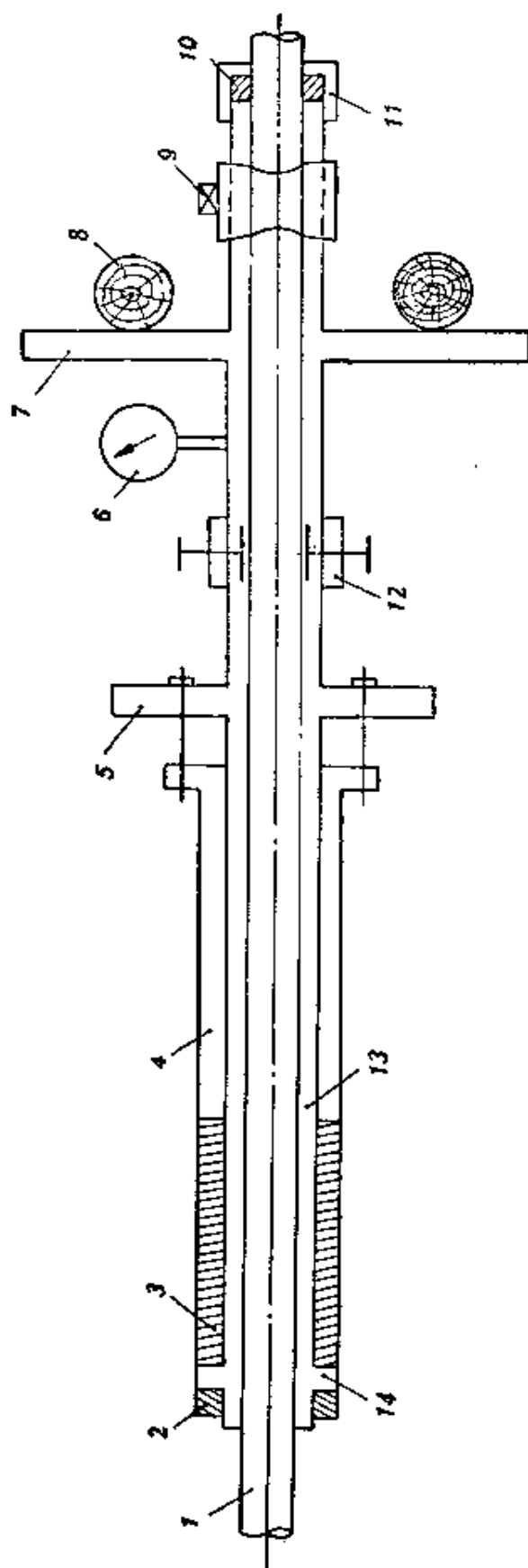


图 156 安全套管构造示意图

1—钻杆；2—橡皮垫；3—棉线盘根；4—铁楔；5—套管鼻；6—压力表；
7—铁卡；8—撑柱；9—水门；10—棉线盘根；11—盘根盘；
12—钻杆卡；13—套管；14—套管箍



在探水时，如果发现涌水量不大，即可利用探水钻孔放水；如果涌水量较大，需打放水钻孔，安设套管阀门，根据矿井排水能力控制放水量，图 156 为淄博矿区使用的探水设备示意图。当涌出水的压头很大时，不可轻易放水，应在工作面附近建立防水闸门或防水闸墙（图 157）。对防水闸墙的要求主要是：

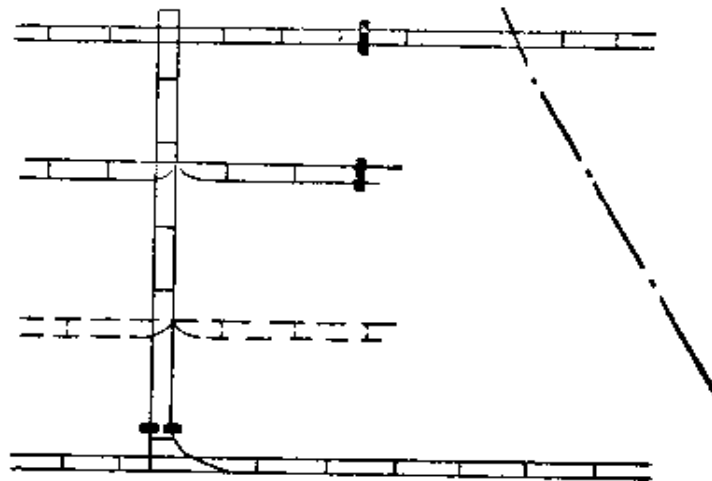


图 157 防水闸墙位置

1. 砌筑水闸墙的地点：巷道顶底板要坚固并要砌碛；墙的四周要掏槽；砌筑完毕后，槽内要灌浆；

2. 水闸墙上必须设有坚固的防水门，门要向来水方向打开，并且要经常检查和维护，使能随时关闭，水闸墙上要安装放水和测量水压的管子；

3. 紧靠掘进工作面砌筑的水闸墙不得设门，在水闸墙外安钻探水。

防水闸门用在需要截水而平时又要运输行人的地点。根据涌水情况和截水地点，水闸门分为临时水闸门和永久性水闸门（图 158）。临时性水闸门用在涌水量不大、水头压力不高的情况下，

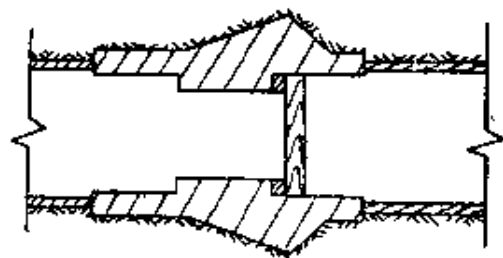
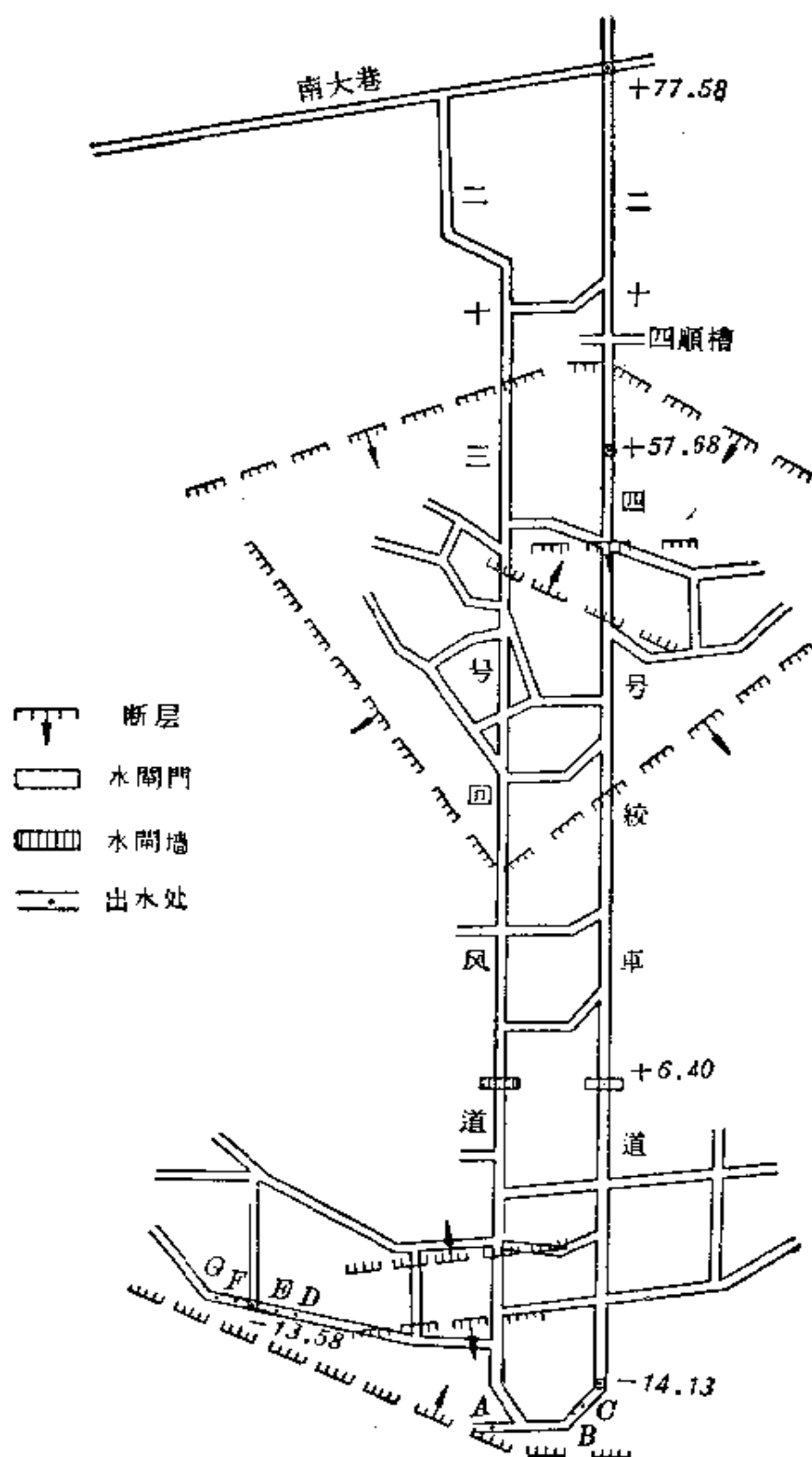


图 158 水闸门的形式

作为涌水时临时堵截水流，便于人员撤退。永久性水闸门用在涌



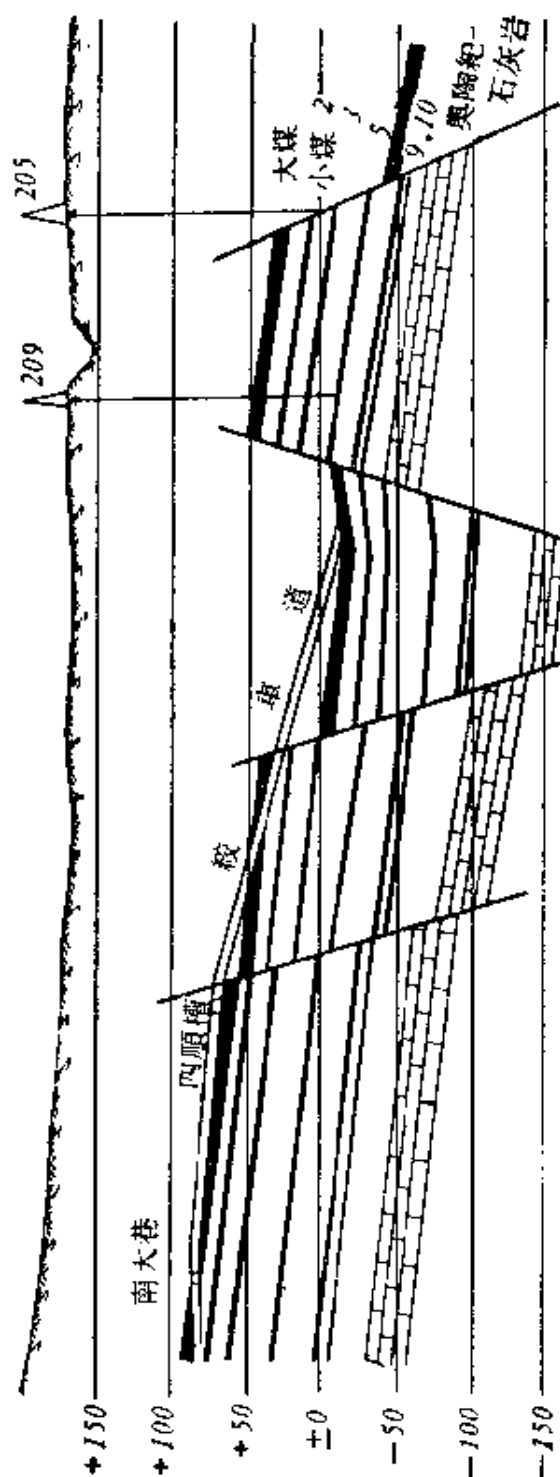


图 159 李封矿排水实例



水量較大，水头压力很高的情况下，閘門要用鋼板制成。閘門安裝好后，要进行耐压試驗，确保閘門密閉。在閘門下沒有排水沟时，应在水沟中設置帶水閘的放水管，控制放水量。

防水閘墙用在需要永久截水的地点，可用混凝土或鋼筋混凝土修筑。根据水头压力和工人的施工技术，可选用不同形状的水閘墙，如平面、圓柱面及球面水閘墙。平面水閘墙施工容易，但抗压力較弱；球面水閘墙施工复杂，但抗压力大。一般情况下，可采用圓柱面水閘墙。

防水閘門或防水閘墙在发生突然涌水时，都起了隔离巷道和封閉采区的作用，因此，它对保証安全生产具有重要意义。

图 159 为焦作李封矿排水实例^①。該矿在向西掘进巷道时，遇到断层涌水。为了封閉采区，曾在 23 号回风道打水閘墙，在 24 号絞車道打水閘門堵水，两者都建筑在煤层以上比較坚硬的砂质頁岩中。

断层水，除用探水钻孔放水外，也可以用巷道疏干。鸡西矿区在利用巷道放水方面取得了不少經驗^②。沿断层一側开掘的上山，往往是靠断层的側帮和頂底板三面涌水，为此，需要在上山和断层之間的煤柱內开一条輔助上山，把断层水截住，排至非主要的巷道中，并利用輔助上山进行通风和行人。滴道三井二斜左部作了一条輔巷，都获得了显著的效果。

如果上山頂板淋水很大，可由輔助上山向主上山頂板开掘几个斜眼，将断层水引至輔助上山排出。

如果上山底板涌水很大，可在上山的底板以下，开一輔助上山，并用斜眼与主上山貫通，把水截住，并排水。为了防止斜眼漏风或行人墜入，可用大块矸石、粗块石、細块石逐层填好，当不允許在底板下开輔助上山时，可在上山的底板中作一暗沟排水。暗沟深 0.5—1.0 米，矩形断面，用块石砌筑。暗沟也可以

① 黄继武 焦作矿务局与矿井水作斗争的經驗，合肥矿业学院学报，1956 年第 1 期。

② 于学孟 矿井水的疏干，煤炭工业，1963 年第 10 期。



用中块矸石和細块矸石填平。

当上山道通过走向断层，而且底板涌水很大时，可由人行道向上山道开掘斜眼至上山道底板3~5米处，做一平巷，以便把水截住，将水引至人行道排出。为了防止上山道底板下陷，可将小平巷用块石填平。

如果上山道頂板淋水很大，可由人行道向上山道做斜眼，至上山道頂板5米处做一平巷，将水引至人行道排出。为了防止平巷向上山道渗水，可在平巷底板上做一防水层隔水。

§5 发生涌水的預兆

在遇到断层或預計掘进工作面离断层很近时，需要特別注意防水，避免断层水涌入井巷，造成事故。在这方面，除依靠勘探資料和邻近矿井或本井其它工作面所提供的經驗外，更主要的是要掌握涌水发生的預兆，能够正确的判定工作面是否可能涌水，以便采取相应的安全措施，防止涌水时措手不及，发生事故。

发生涌水前的預兆有：

1. 巷道頂板或两帮有滴水或淋水出現，这是水流順断层裂隙排出来的。严重时，淋水有如暴雨泼下，或如泉水窜出，說明涌水的压力很大。

2. 巷道底板有水流出現，俗称“地汙水”。这可能是底板含水层在压头作用下，通过断层裂隙涌出。此时，需要注意底板隔水层的变化。当水流逐渐加大时，可能突水。

3. 煤层有水珠或水流出現，这說明煤层或巷道前方的断层有水存在，压力水透过煤层裂隙渗出。

4. 打钻时水流順钻杆流出，这是钻杆穿透含水层溶洞或穿过断层裂隙引起涌水。此时，不能拔出钻杆，应将工作人員撤出工作面，并报告主管部門处理。

5. 工作面附近有水叫声、泄水声，这是水流动时产生的，說明工作面离水很近，应当停止工作，并将人員撤出，采取防水措施。



在发生上述涌水预兆时，应当停止工作，按照作业规程规定的避灾路线撤出工作面，并关闭水闸门，报告上级处理。

§6 堵 水

为了恢复被断层水淹没的井巷和通过含水断层，必须采用排水和堵水的方法，将积水排掉，使井巷与水源隔绝，以便进行巷道恢复和掘进工程。

堵水和排水工程，按其进行的顺序，可以分为“先排后堵”和“先堵后排”两种方法。“先排后堵”的方法是先将淹没井巷的积水排出，而后堵塞突出水口。这种方法用在断层涌水量不大或为季节性涌水，围岩破碎需要固结的地方。“先堵后排”是利用钻孔将水泥等物注入出水地点，将巷道围岩结成一个完整的隔水层，截断水流，而后进行排水。这种方法用在涌水量很大而且水压很高，水源丰富，不能疏干的地方。

堵水前，必须对出水地点的位置，水源，水头压力和涌水量，进行详细的了解（包括钻探），根据调查的情况，选择排水设备，作出排水计划。

堵水是由地面或在突水地点周围的巷道中，向出水地点打入钻孔，通过钻孔注入粘土，水泥和混凝土等。为了减少矿井水溶蚀水泥，可以事先放入砾石。当泥浆压不进去时，即停止注浆，待其凝固后才可排水。

堵塞巷道水泥柱的宽度，仍可用公式（5-1）计算，此时公式中的符号代表意义如下（图160）：

A——需要水泥柱的宽度，米；

l——巷道高度或宽度，米；

P——出水地点的水头压力，米；

K_p ——水泥凝結后的抗张强度，吨/米²。

设计时也可参照§5中所述公式进行。

焦作中马村煤矿和淄博新博煤矿都成功地进行了堵水排水工程。例如，新博煤矿夏家林井即是利用钻孔注浆的方法堵水。



用3个钻孔注入水泥（包括一部分粘土，水玻璃，火硷等），約500吨左右，将透水地点封閉，进行了恢复工程。

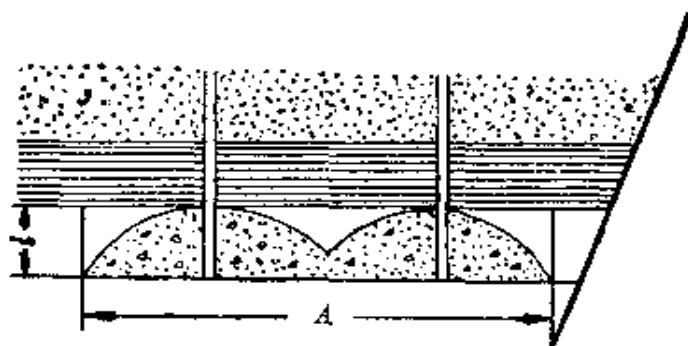


图 160 堵浆宽度

中馬村矿井在掘进井底車场时，在为了快掘掘进水仓而开掘的輔助巷道中发生透水（图 161）。輔助巷道穿过落差 12 米寬 1 米的断层，使与“大煤”煤层相隔 20—22 米的太原統石灰岩向上錯动，距輔助巷道底板 10 米，在具有 25 个大气压的水头的作用下，底板出現了底鼓，继而发生了突水。

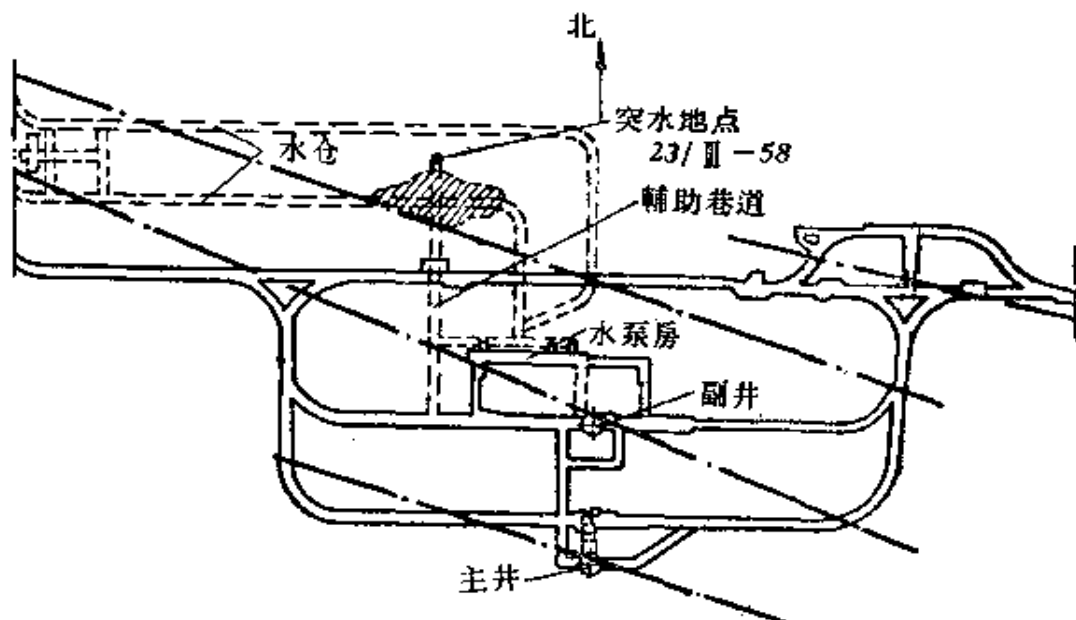


图 161 中馬村矿井底車场布置图

为了恢复矿井，采用了“先堵后排”的方法排水。由地面向透水地点打了5个钻孔，向西部石門打了两个钻孔进行注浆。注浆钻孔的位置和沿钻孔所作的剖面如图 162 所示。水泥浆的比例



由 1:3 至 1:1 (水与水泥的比例, 水泥的标号为 400 号)。用双缸泵压入, 泥浆泵的生产能力 $12 \text{ 米}^3/\text{时}$, 压力达 40 大气压。压入 10—15 吨混凝土之后, 停止 2.5—3.0 小时, 以使泥浆材料在巷道中更好地沉淀。通过西部石门的钻孔进行观测, 当发现泥浆很快地被吸收时, 又在泥浆中掺入 20% 的水玻璃。这样经过了短时间注浆结束。不计排水时间, 用于处理透水事故上共花费了 130 天, 消耗混凝土 1162 吨。

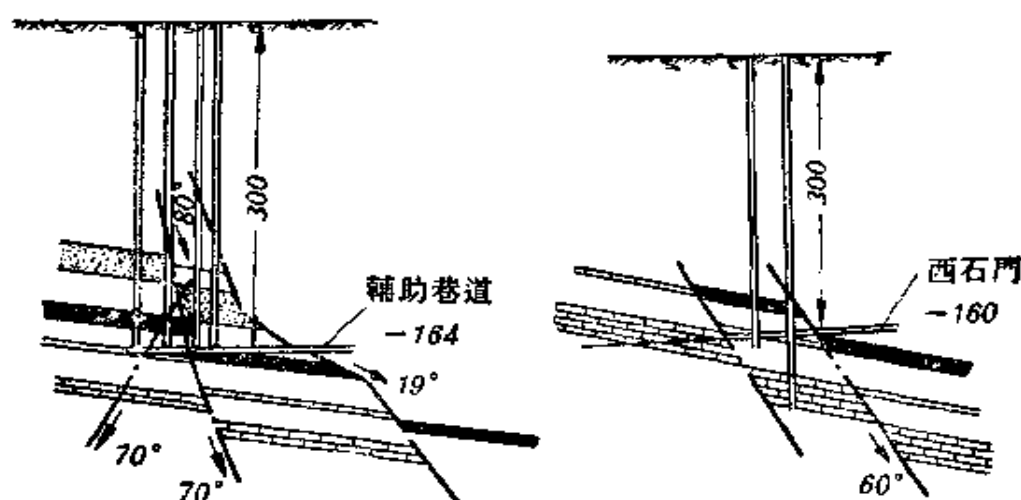


图 162 沿注浆钻孔的地质剖面图

中馬村堵排水的经验表明, 处理透水的大量时间是用打钻孔。这次由于使用了多台钻孔机和进行了很好的组织工作, 才大大地缩短了总的排水时间。另外, 在注浆过程中, 起决定性作用的不是钻孔的数量, 而是钻孔的位置, 要求钻孔的位置应当通过断层; 注入的泥浆不仅要注入到发生透水的地方, 而且要在压入到透水周围的石灰岩中, 堵塞透水通路。

根据上面所述以及其它矿井堵水的经验, 在设计堵水工程时, 应考虑:

1. 如果岩石裂隙小于 0.2—0.15 毫米, 或者岩石裂隙, 溶洞很大, 注浆效果不好。只有石灰岩的单位吸水率在 0.05—10 公升/分的范围以内, 注浆方法才是有效的。

2. 矿坑水有侵蚀水泥的可能, 因此, 在设计中必须了解矿



坑水的化学性质。一般最稳定的水泥是硅酸盐水泥（波特兰水泥）。在侵蚀性的硫酸水中，硅酸盐火山灰水泥和矾土水泥也较稳定。

3. 地下水的流速将严重地影响到注浆质量和水泥消耗量。如果水的流速在20米/昼夜以内，可以采用一般的水泥浆；大于20米/昼夜时，采用快干水泥浆；水流速度大于80米/昼夜时，则不适于采用注浆方法。

在确定选用堵水和排水的方案时，应当根据技术方案和经济效果的比较来确定。在下列情况下，选用堵水的方案是合理的：

1. 断层涌水量很大，水源充足，排水的成本要比注浆的成本高得多。
2. 比较排水和堵水所花费的时间，前者较后者长得多。
3. 矿井缺乏排水设备，或者排水地点窄狭，不允许安装排水设备。



地信网论坛

BBS.3S001.COM