



中国矿业大学

采矿学电子教案

www.zgmk1t.com

能源科学与工程学院

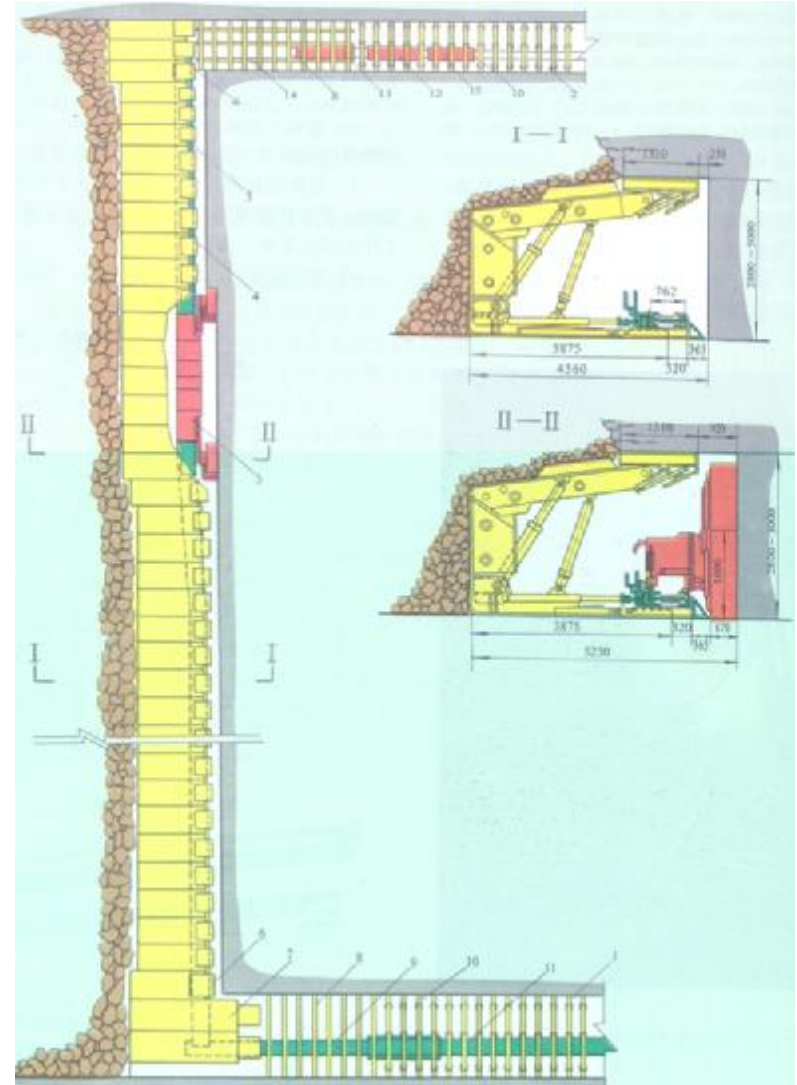
采矿系2006年11月

第十一章 长壁放顶煤采煤法

第一节 厚煤层长壁放顶煤采煤法类型和采煤系统

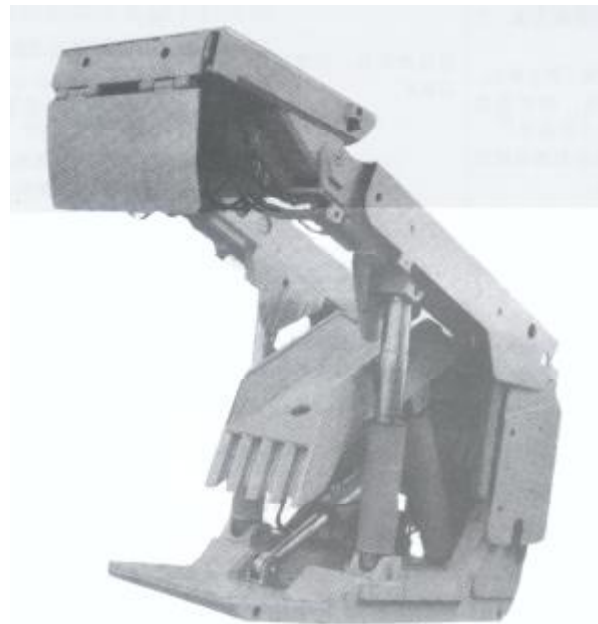
一、长壁放顶煤采煤法

长壁放顶煤采煤法：开采缓斜厚煤层时，先采出煤层底部长壁工作面的煤，随即放采上部顶煤的采煤方法。

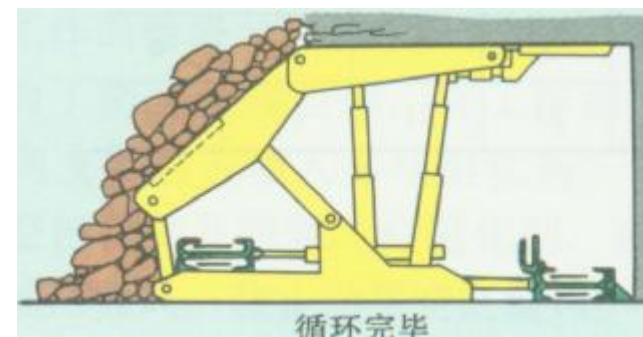
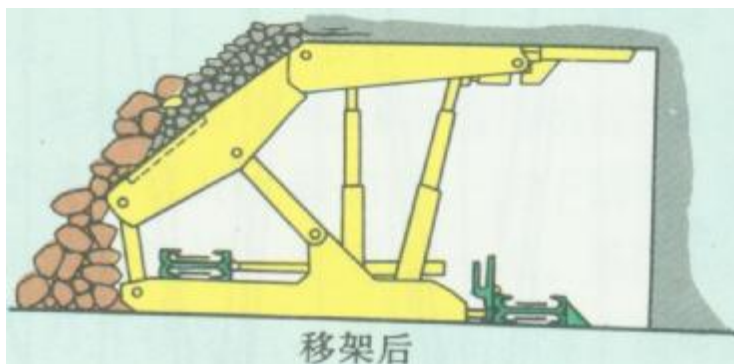
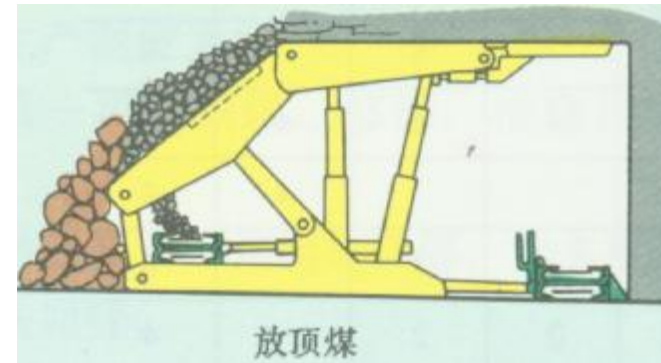
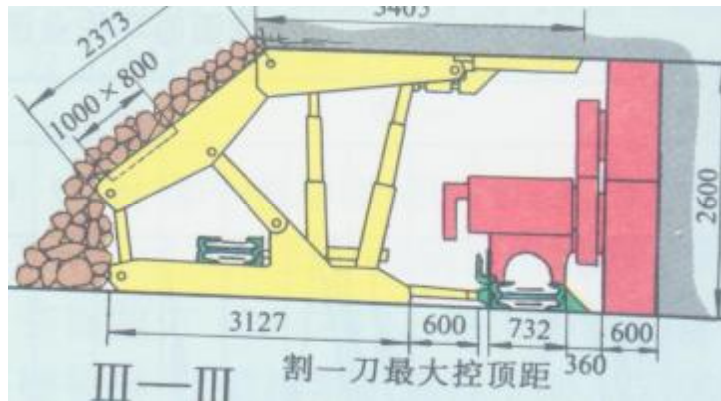
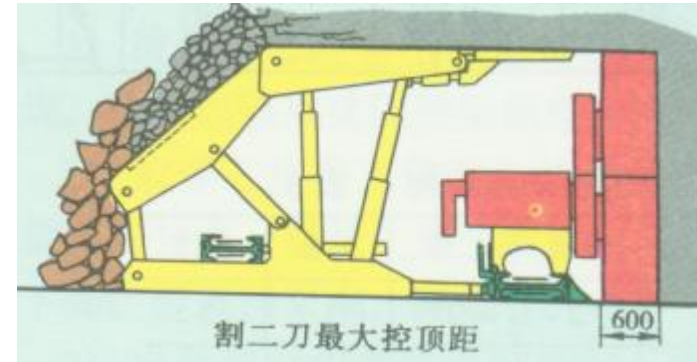
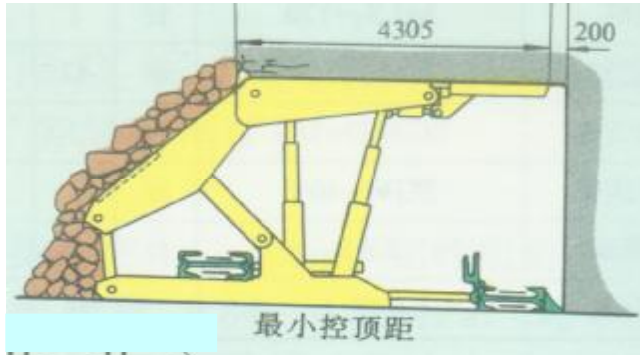


放顶煤采煤工艺基本特点：

- 1、采面采煤：同综采、普采、炮采。
- 2、增加了放顶煤工序。
- 3、采煤循环 — 完成采、放全部工序过程。



放顶煤采煤工艺基本特点:



放顶煤采煤的基本类型

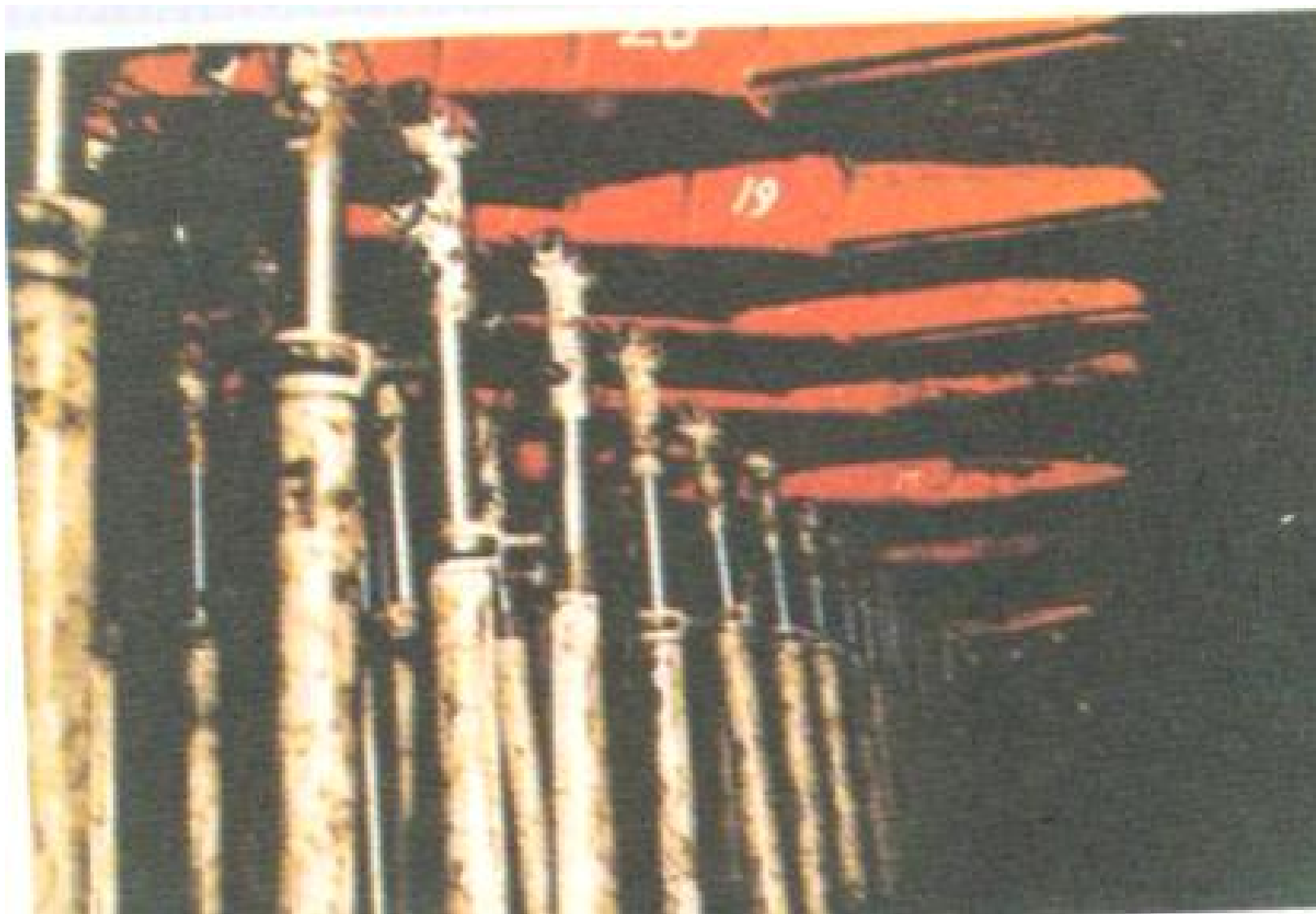
- 按采煤工艺分：
 - 综采放顶煤
 - 普采放顶煤
 - 炮采放顶煤

滑移顶梁液压支架铺顶网

单体液压支柱配II型钢梁铺顶网



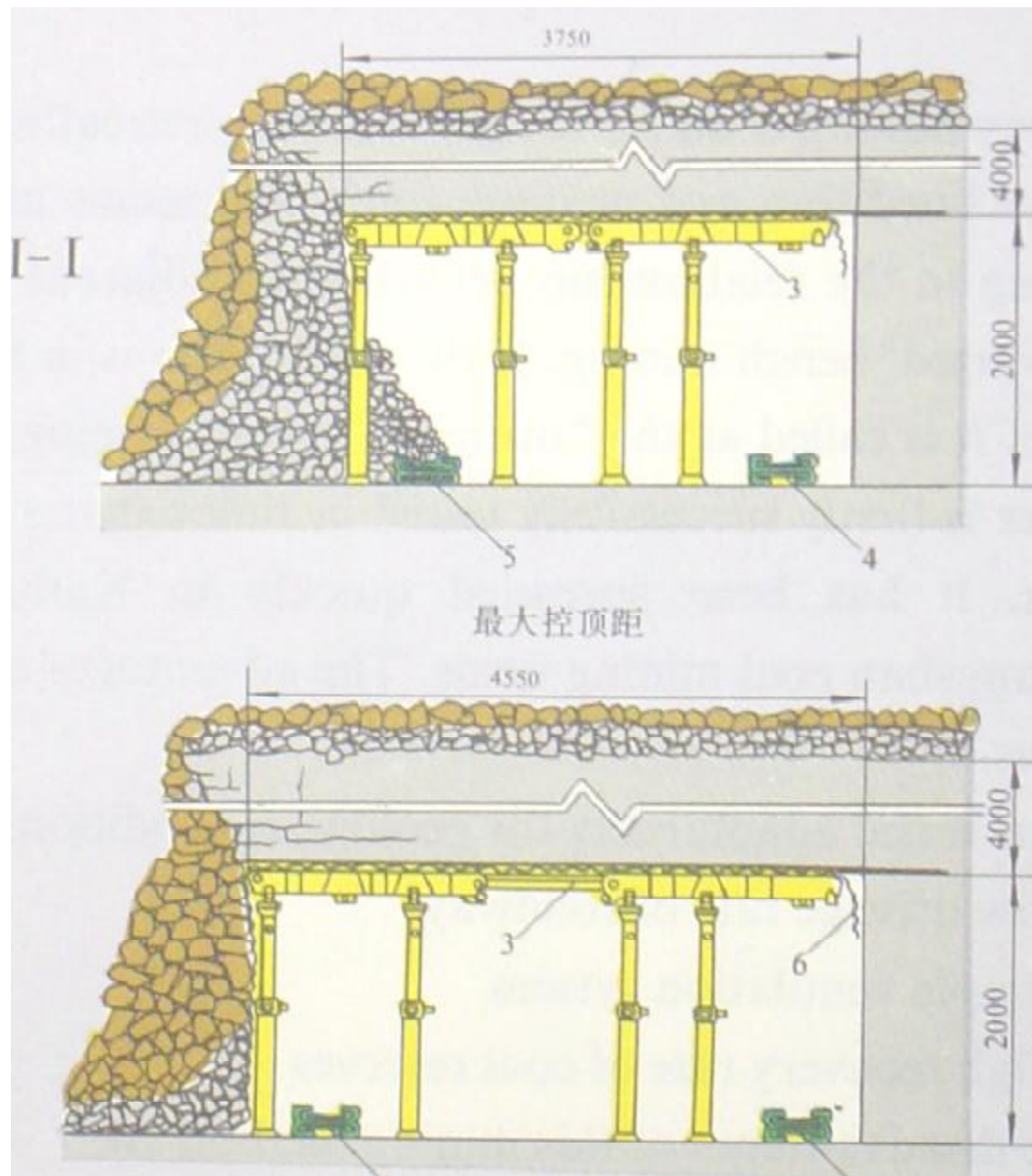
简易放顶煤技术



简易放顶煤技术



简易放顶煤技术



综采放顶煤采煤的基本类型

- 按综采工作面放顶煤工作面输送机数目分：
 - 单输送机
 - 双输送机
- 按放顶煤液压支架放煤口及位置分：
 - 高位放顶煤液压支架
 - 中位放顶煤液压支架
 - 低位放顶煤液压支架

放顶煤液压支架类型

高位放顶煤单输送机液压支架（平顶山、辽源、潞安）

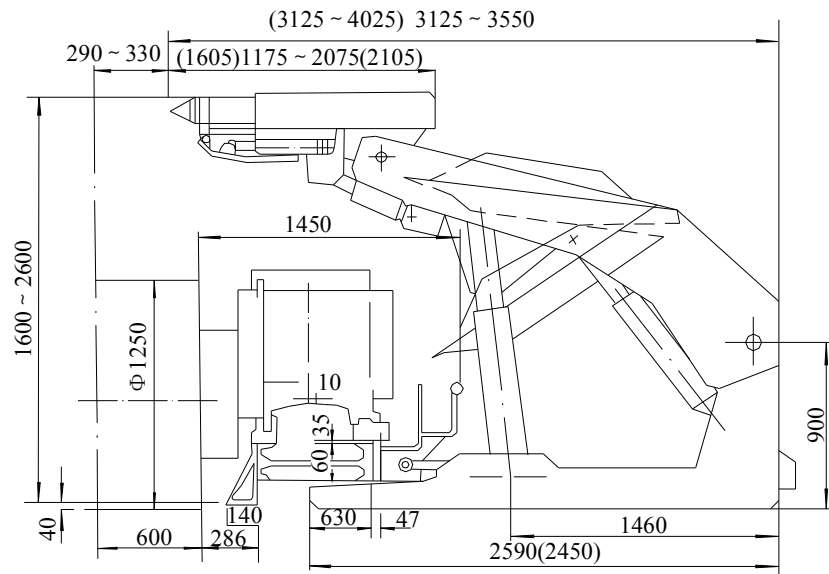
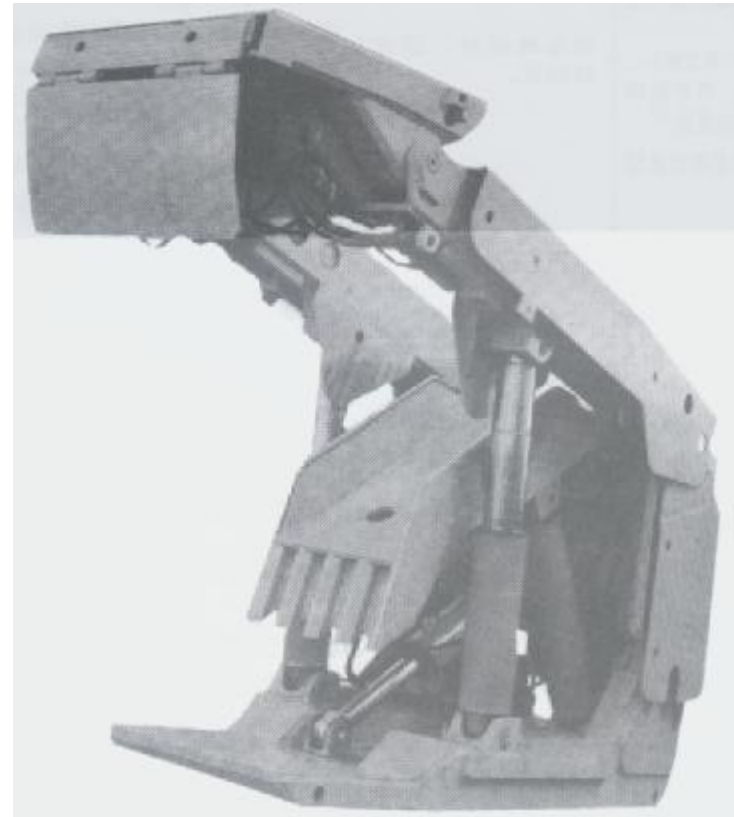


图7-3 YFY3000—16/26型放顶煤液压支架



煤尘大、采放不能平行作业、回收率低

放顶煤液压支架类型

中位放顶煤双输送机液压支架（阳泉、乌鲁木齐、抚顺）

后输送机铺在液压支架的底座上。

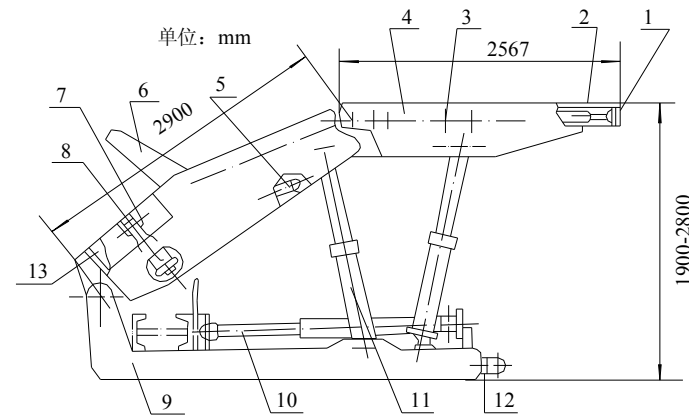
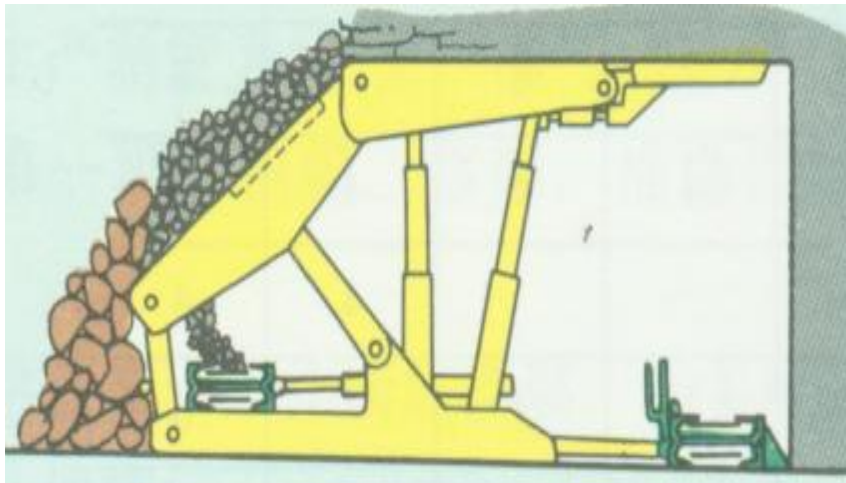
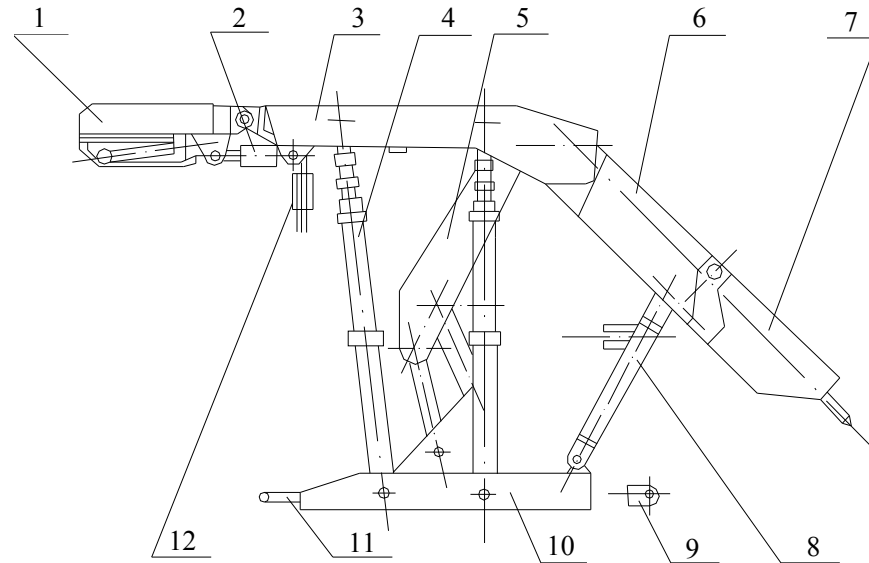
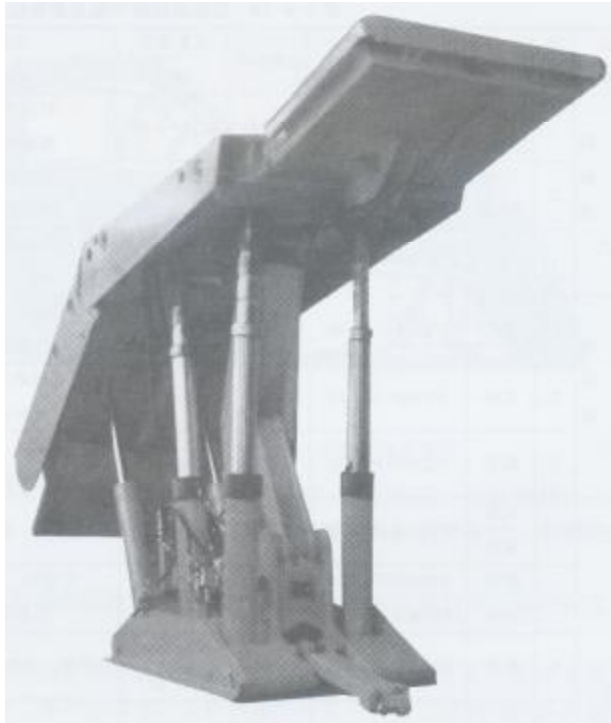


图7-4 FYS3000-19/28型放顶煤支架

煤尘较小、采放可平行作业、回收率较高，后部空间小

放顶煤液压支架类型

低位放顶煤双输送机液压支架（兖州、鹤壁、晋城）
后输送机铺在底板上，煤尘小，煤损少，应用多

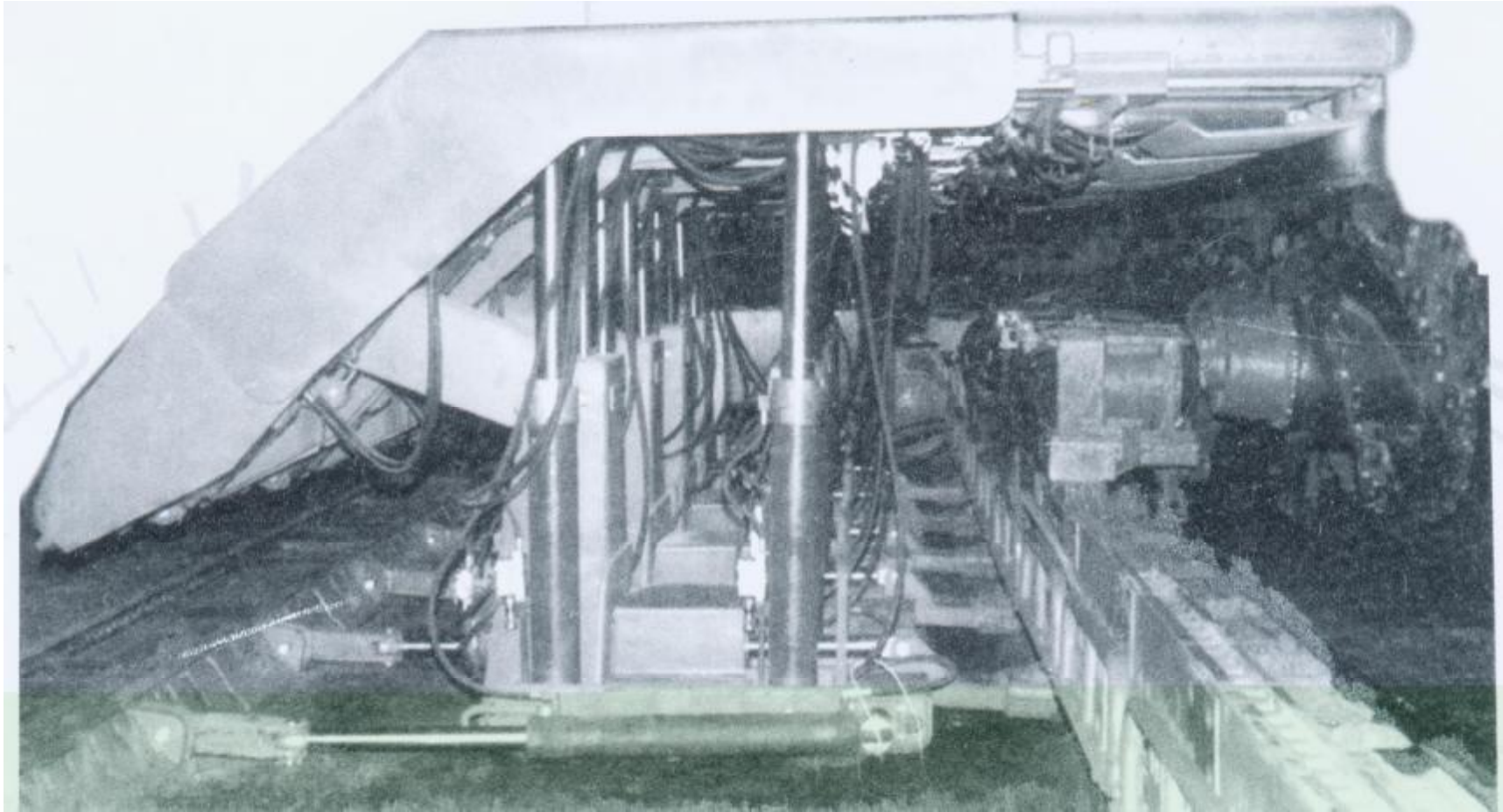


放顶煤液压支架类型



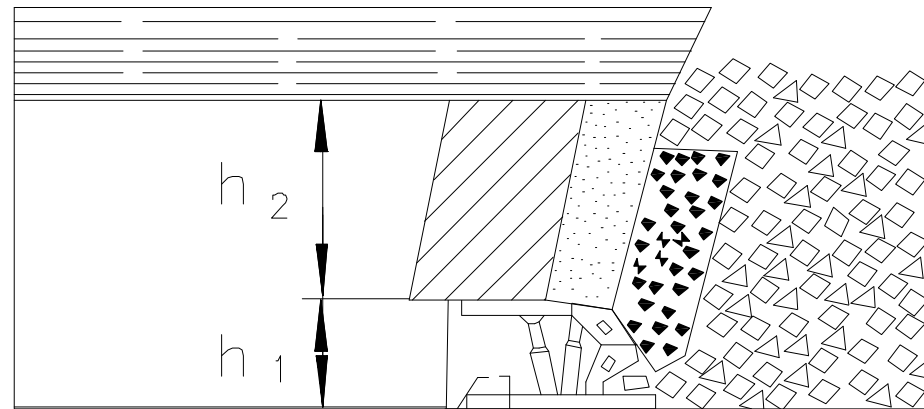
低位放顶煤双输送机液压支架

低位放顶煤双输送机液压支架工作面



放顶煤采煤的基本类型

- 按回采巷道的布置方式，分：
 - 1) 缓倾斜特厚煤层一次采全高放顶煤采煤法
- 特点： (1) 采面采高： $h_1=2.0\sim3.0\text{m}$
 (2) 放顶煤高度： $h_2=(1\sim3)h_1$
- 适用： $M > 4.5\text{m}$ ， $M < 12\sim14\text{m}$



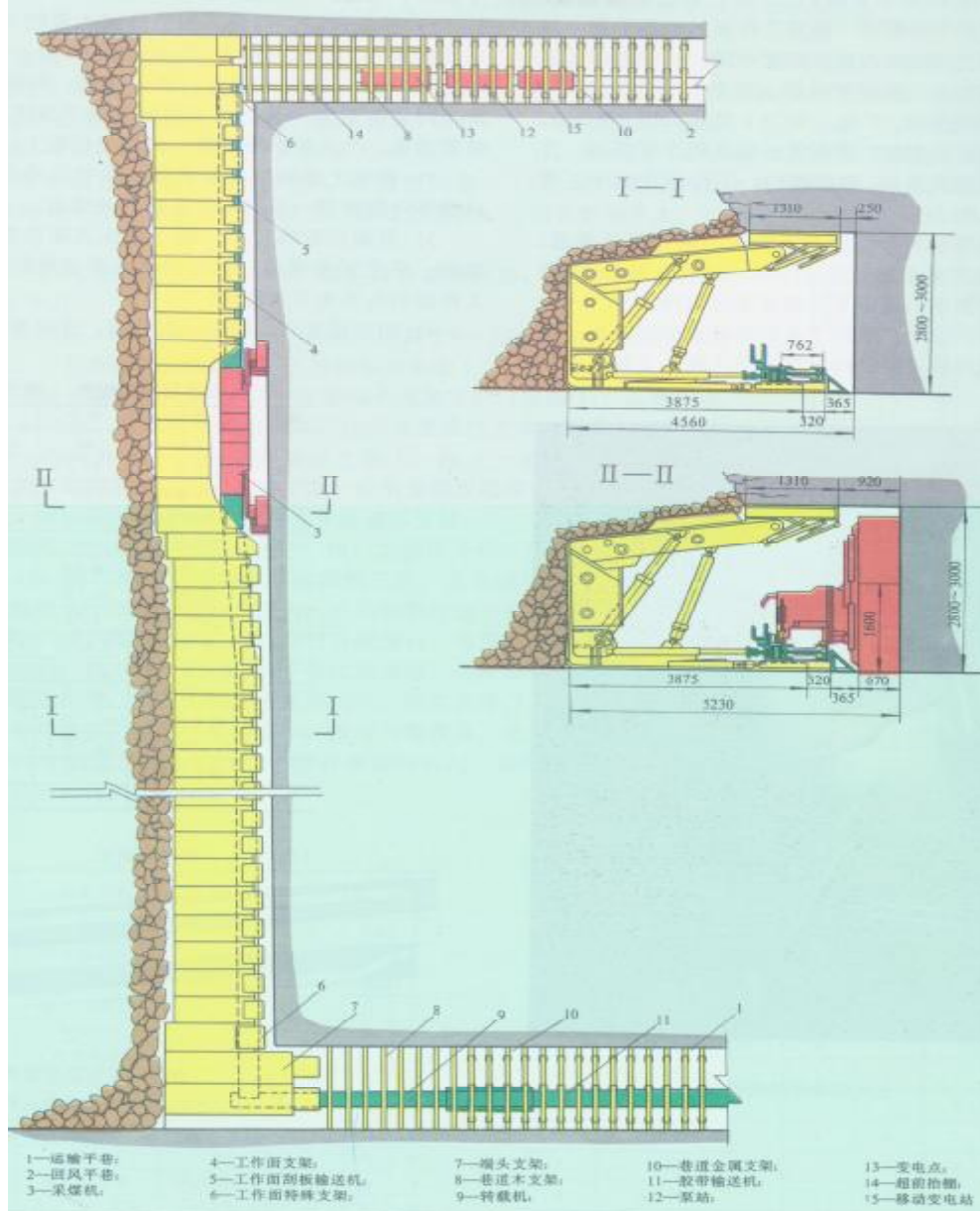
(a)

实例：平一矿

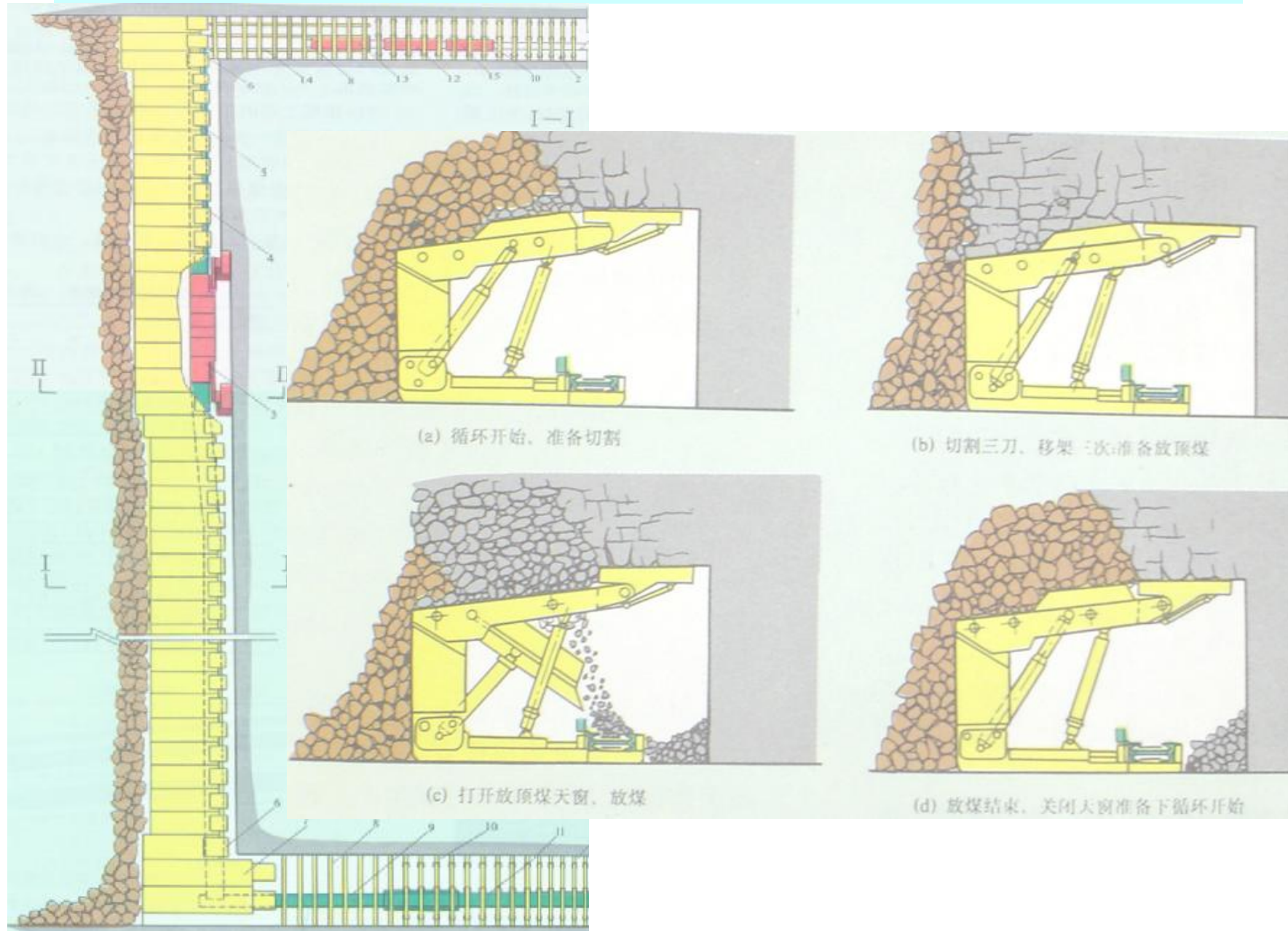
$M=7 \sim 8\text{m}$, $\alpha=7 \sim 9^\circ$
煤 $f=1.5 \sim 1.8$,

发火期4~6个月, 低沼矿
直接顶: 3~5m泥岩
基本顶: 18.5m中粒砂岩
底板: 1.8~6m泥岩

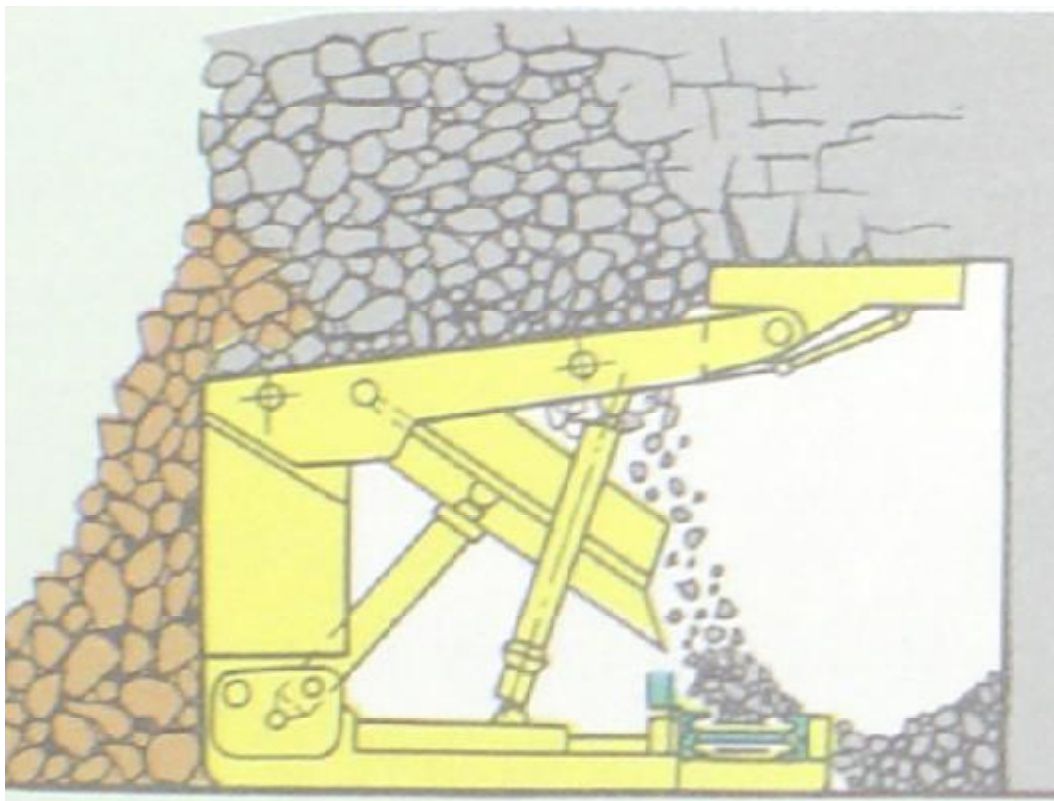
平顶山矿务局一矿戊8-10-23110回采工作面开天窗放顶煤工艺平面布置图(图1)



实例：平一矿



实例：平一矿



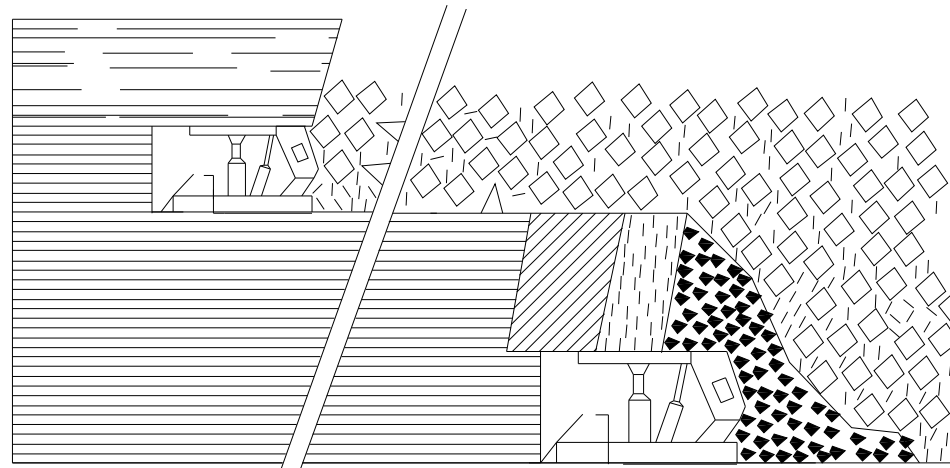
放顶煤采煤的基本类型

2) 缓倾斜特厚煤层预采顶分层（网下）放顶煤采煤法

特点：（1）顶层，2~3m，只采不放；铺网。

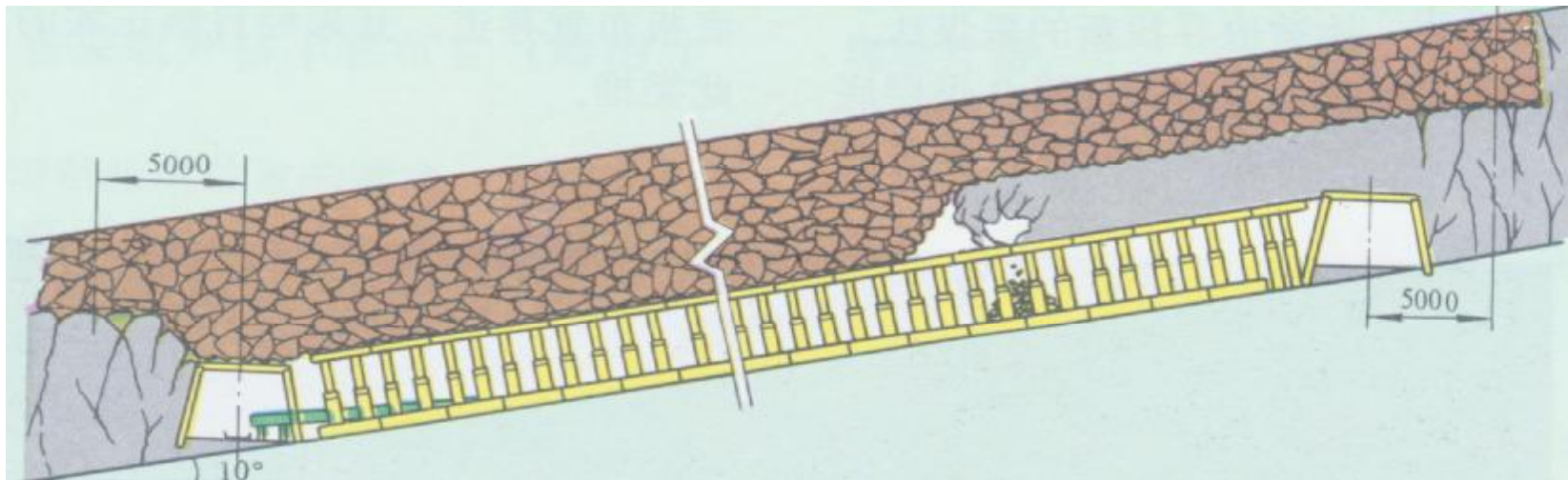
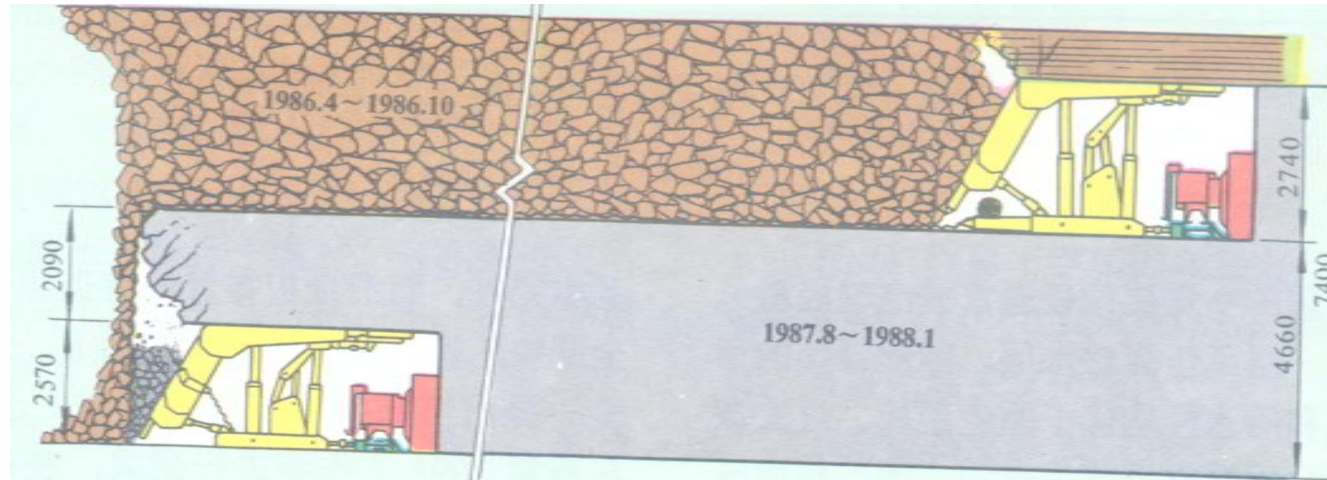
（2）下层采面：采、放。

适用：12~14m煤层。



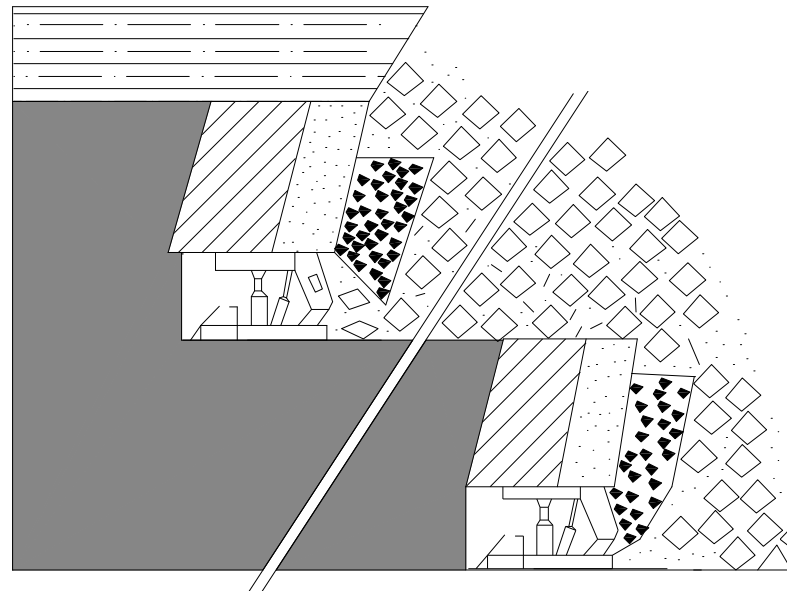
放顶煤采煤的基本类型

鹤壁六矿预采顶分层（网下）放顶煤采煤法



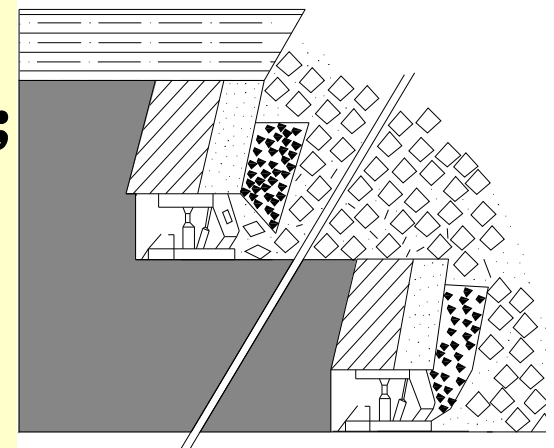
放顶煤采煤的基本类型

3) 缓倾斜特厚煤层多次（倾斜分层）放顶煤采煤法



特厚煤层多次（倾斜分层）放顶煤特点：

- 将厚煤层分为若干分层， $H_1 = H_2 \dots$ 大于6~8 m，一般10 m \pm ；
- 自上而下依次回采各分层，采放；
- 以下各分层均采、放；
- 工艺 — 多用综放。



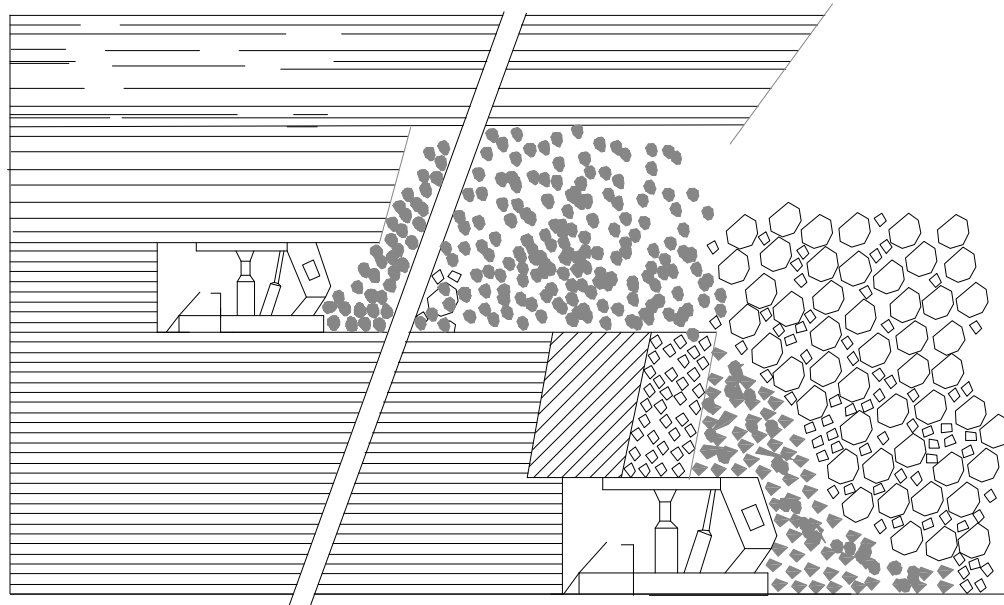
适用：M > 12m

例如：南斯拉夫维林基矿开采了厚80~150 m的褐煤

我国石炭井矿区开采厚20m以上的煤层

放顶煤采煤的基本类型

4) 缓倾斜特厚煤层预采中分层放顶煤采煤法



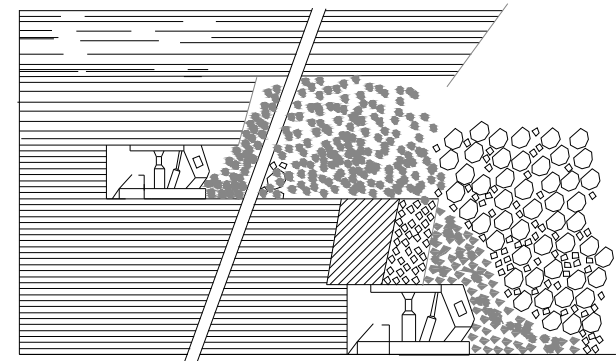
预采中分层放顶煤特点：

- 中分层布置采面：采中分层，该面上部顶煤冒落，不放，堆积于采空区。

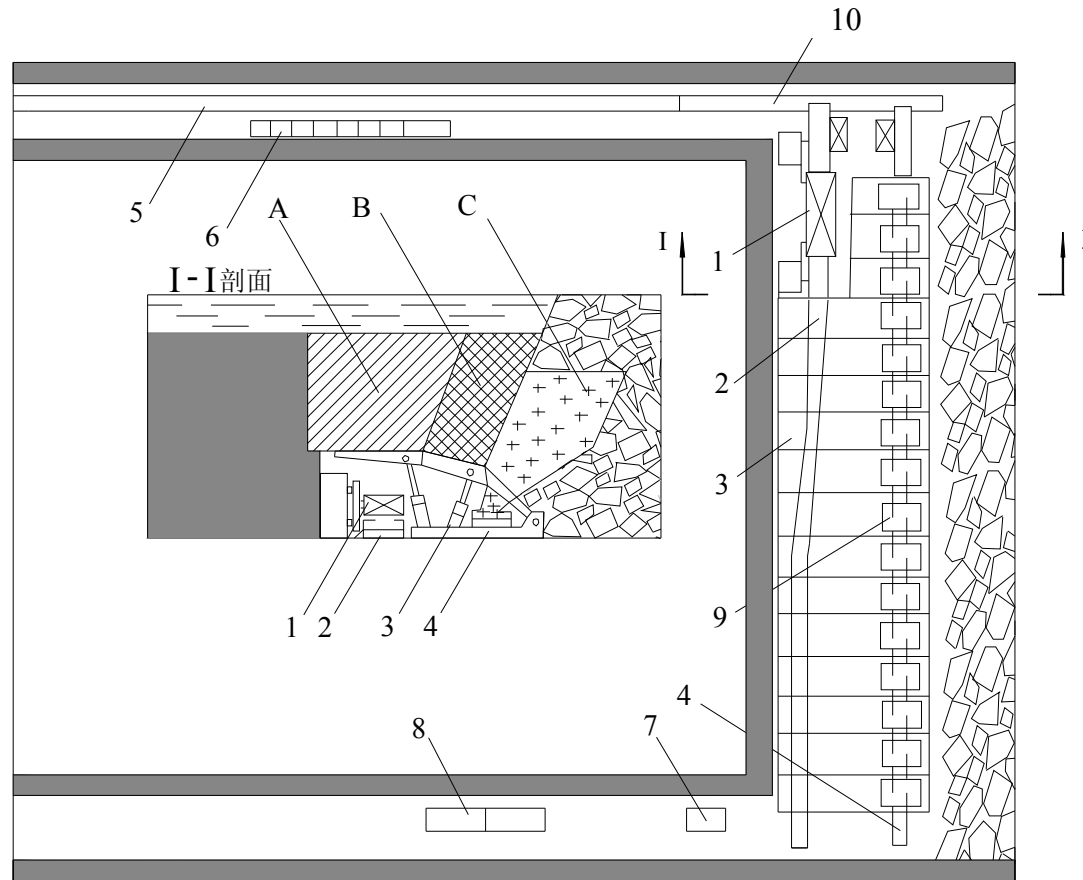
- 下分层采面：采底层煤，放顶煤。

问题：煤层松碎易发火。

适用：8 ~ 12m煤层。



二、一次采全厚放顶煤采煤系统



1 采煤机； 2前输送机； 3放顶煤液压支架； 4后输送机； 5平巷胶带输送机；
6配电设备； 7安全绞车； 8泵站； 9放煤窗口； 10转载破碎机；
A不充分破碎煤体； B较充分破碎煤体； C待放出松散煤体

(三) 主要参数

1、工作面长度

1) 主要影响因素

顶煤破碎

顶煤放出

煤炭损失

采场上覆岩层充分运动—有利于破煤。

当采面 $< 80\text{m}$ 时，顶煤不能充分破碎，放煤难。

工作面长度的主要影响因素

2) 原则：一个班内要将顶煤放完

一个班内将顶煤放完为原则确定的工作面长度

$$l = n \times \frac{T}{t} \times B \times \eta$$

式中：l—采面长度，m；n—同时放煤的支架数， $n \leq 3$ ；

T—每班工作时间，min；t—每架支架放煤所需时间，min；

B—支架宽，m； η —班工作时间利用率。

T、B、n—视为常数。

工作面长度计算实例：

阳泉一矿： $M=6.5\text{m}$ ，顶煤 4m ，
平均每架放煤 $t=5\sim 7\text{min}$ ，取 $n=2$ ，
 $B=1.6\text{m}$ ， $T.\eta=5\text{h}$

得： $l=135\sim 190\text{m}$

平一矿： $M=7\sim 9\text{m}$ ，顶煤 $5\sim 6\text{m}$ ，
 $t=8\text{min}$ ， $T.\eta=5\text{h}$

则： $l=96\text{m}\pm$ 。实际采面长 87m 。

工作面长度

一般工作面长度 $>150\text{m}$,
高产高效工作面长度达 200m ,
国内最长的工作面达 270 m 。
济三矿： 280m ,
东滩矿： 200m

我国高产高效矿井工作面放顶煤综采长度及分布

工作面类型	放顶煤综采
平均面长 (m)	138.9
长度大于等于180m的工作面数 (个)	14
其中大于等于200m的工作面数 (个)	5
矿及面最大长度 (m)	潞安王庄270 兖州东滩235 潞安常村210 潞安石圪节200 兖州鲍店200

2、工作面连续推进长度

一般大于1000m，

加中切眼后，已加大到 2000m以上。

简易放顶煤工作面的连续推进长度不应小于 600 ~ 800m。

加大工作面长度，可减少搬家次数，减少初采和末采损失

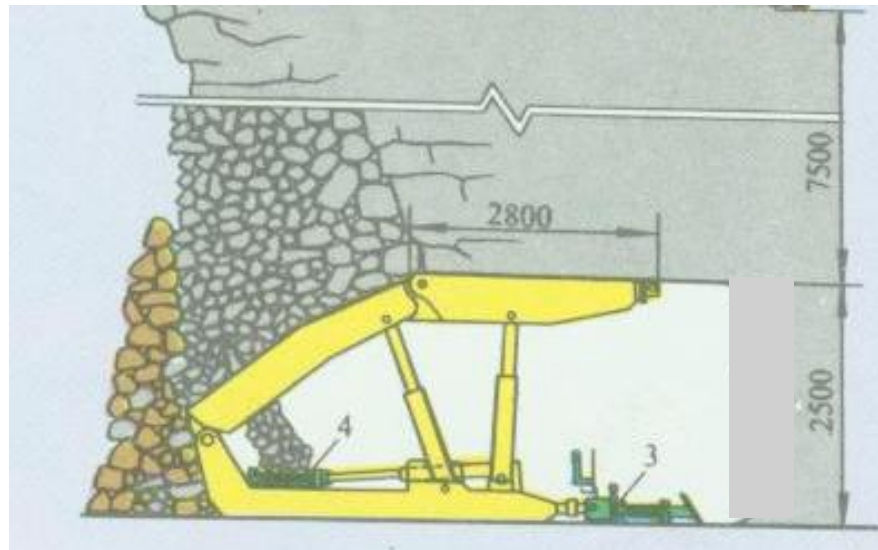
其它

煤层厚度：

一次采出厚度以5~12m为佳

顶煤厚度过小架前易超前冒顶，增大含矸率。

煤层太厚将使顶煤破碎不充分。

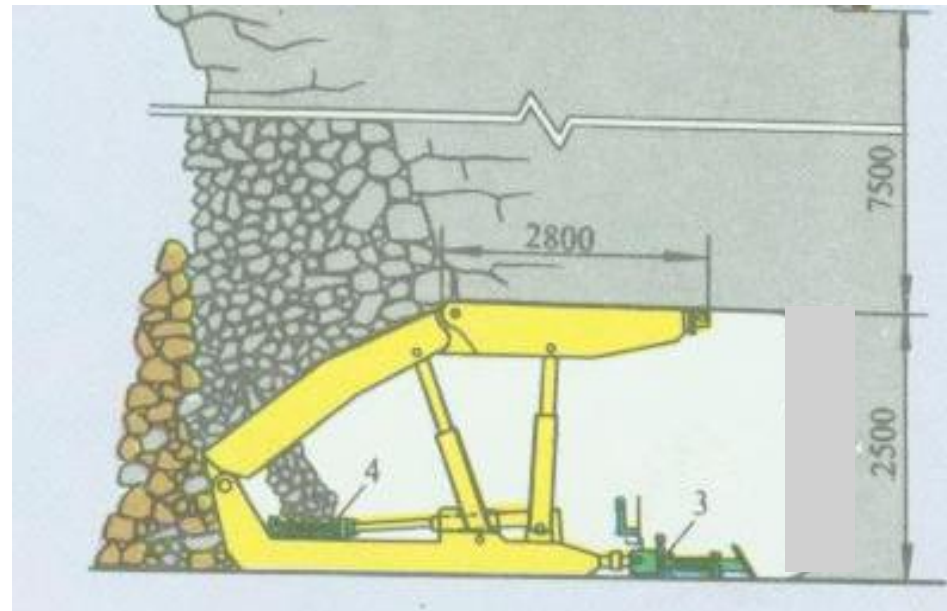


3、其它

机采高度： 支架的稳定性、通风断面

一般重型支架放顶煤面采高在2.5m，煤质中硬以上，采高可达2.8~3.0m。

机采高度增加，有利于通风和顶煤充分破碎，不利于防止片帮
增加支架重量

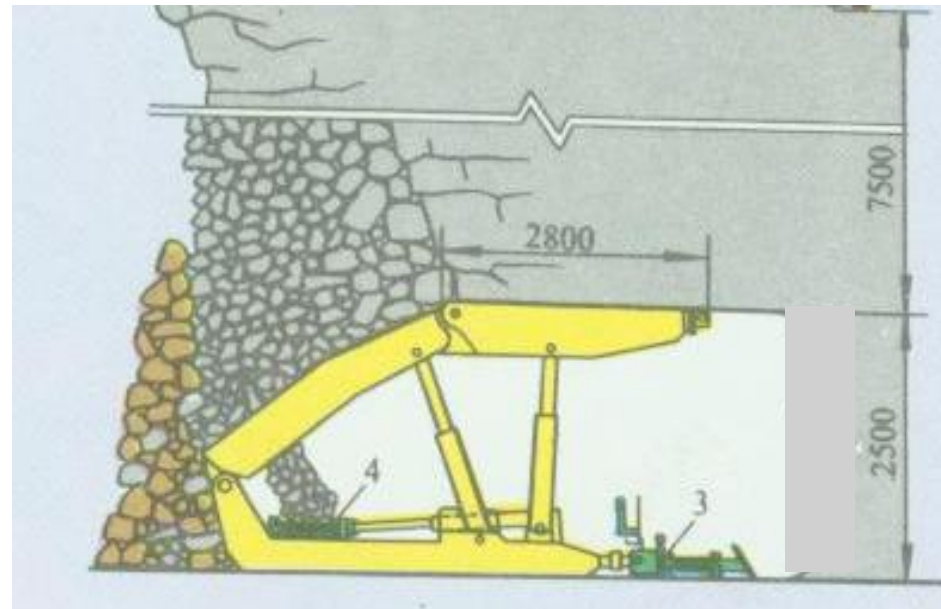


其它

采放比：机采高度与放顶煤厚度之比

理想的状态是所放顶煤充分松散后增加的高度等于底层工作面的采高。

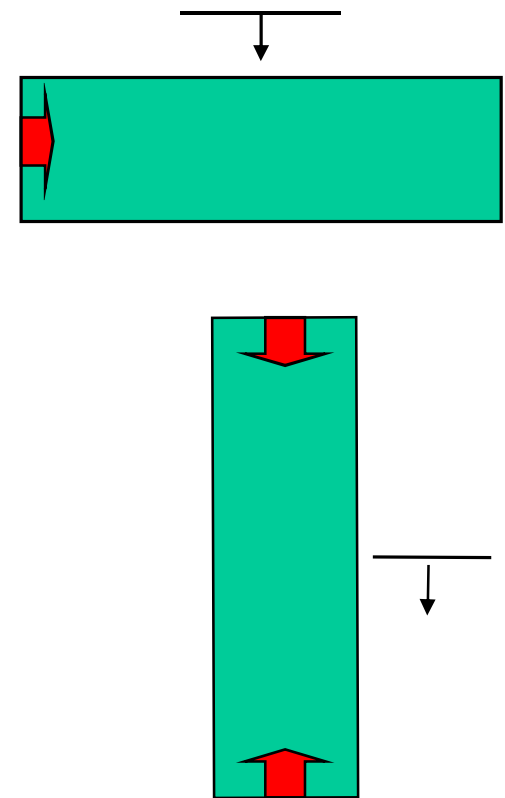
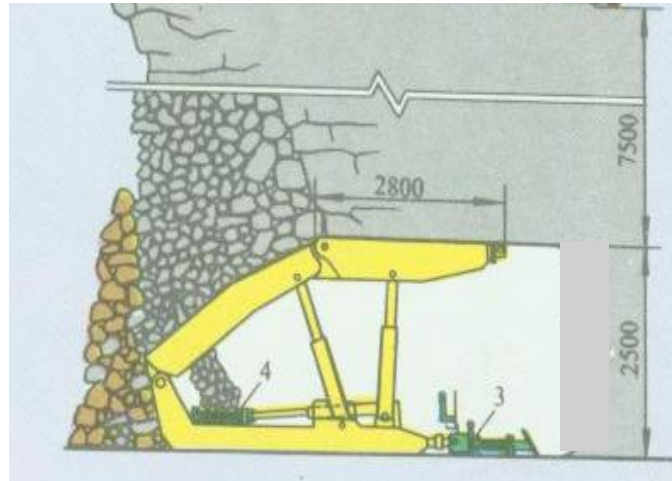
国内采放比在1：2.6 ~ 6.5



其它

工作面推进方向

以沿走向或俯斜向下推进为佳
仰斜推进时，上仰角最好小于 5°
片帮、超前冒顶，煤放入的位置



第二节 综采放顶煤矿压显现 及顶煤破碎放出规律

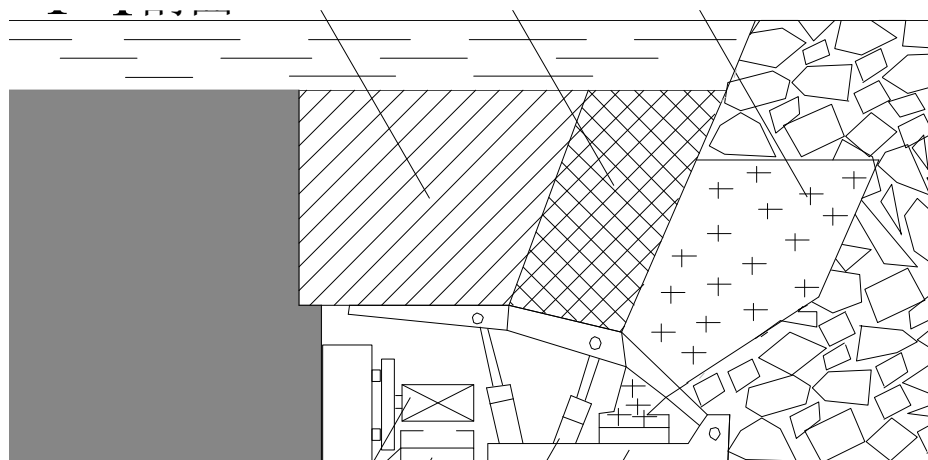
一、综采放顶煤矿压显现规律

- 矿山压力比想象的缓和
- 周期来压不明显
- 支架载荷没有随采厚加大而大幅度增加
- 支架的工作阻力多未达到额定工作阻力
- 开采引起的支承压力对两巷的影响距离增加，影响程度降低。

二、顶煤破碎和放出规律

(一) 顶煤破碎和影响因素

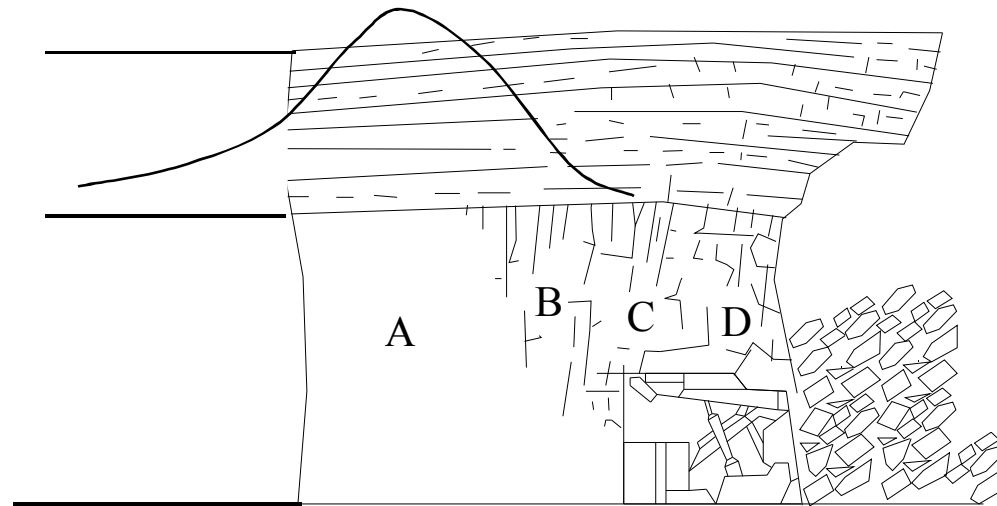
实体煤 — 破碎煤块 — 放煤口
支承压压力 + 顶板回转 + 支架作用



顶煤破坏过程:

- **初始破坏区**

支承压力作用
煤壁远处顶煤由弹性变形进入塑性变形，原生裂隙扩展，顶煤初始破坏。
支承压力峰值大小与工作面长度和岩性有关

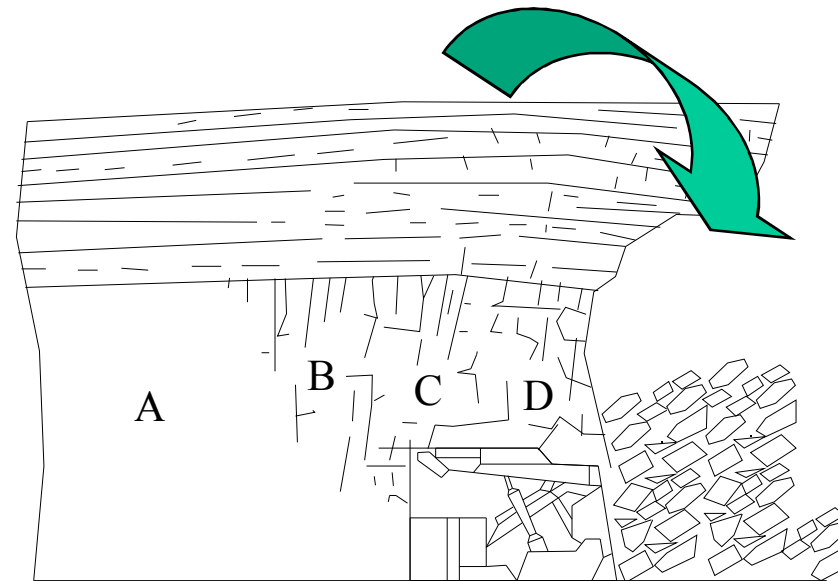


顶煤破坏过程

破坏发展区

顶板回转

煤壁前方附近顶煤
发生破坏，裂隙扩展，
位移增大。



顶煤破坏过程:

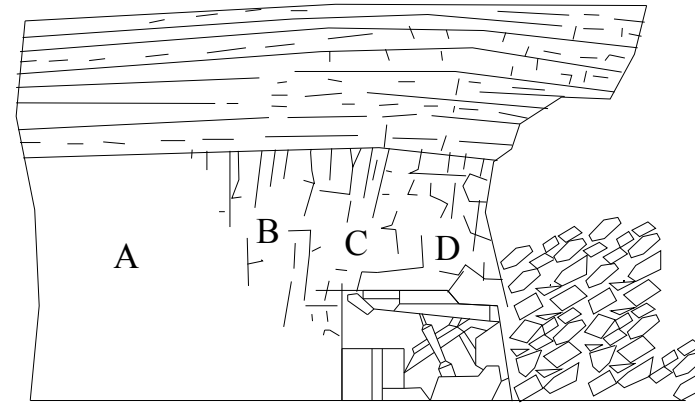
裂隙发育区

支架反复支撑，控顶区内的顶煤形成发育的裂隙。

支架反复支撑，形成交变应力，破碎效果提高。

梁长顶煤破碎加剧，顶上易冒空。

支架反复支撑的次数 n 与顶梁长度 L 及截深 B 有关



$$L=nB$$

式中 $B = 0.6\text{m}$,

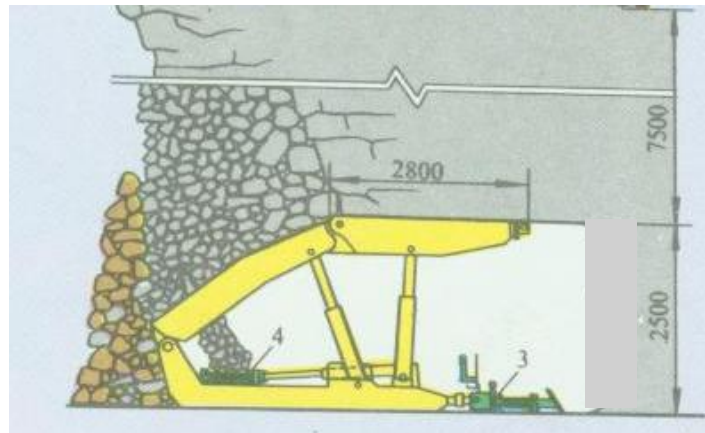
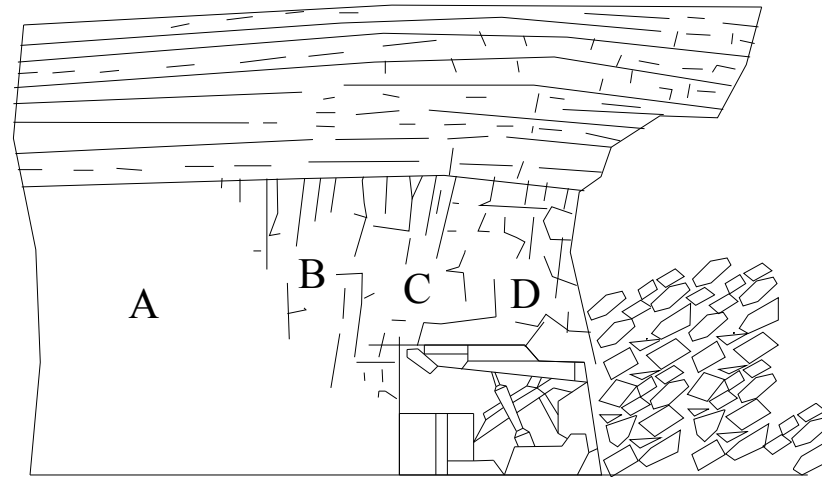
$n = 3 \sim 7$ 次

顶煤强度小，节理发育， n 取小值；

反之， n 取大值；

顶煤破坏过程:

垮落破碎区顶煤完全破坏，失支连续性，在支架后方垮落放出。



(三) 顶煤放出规律

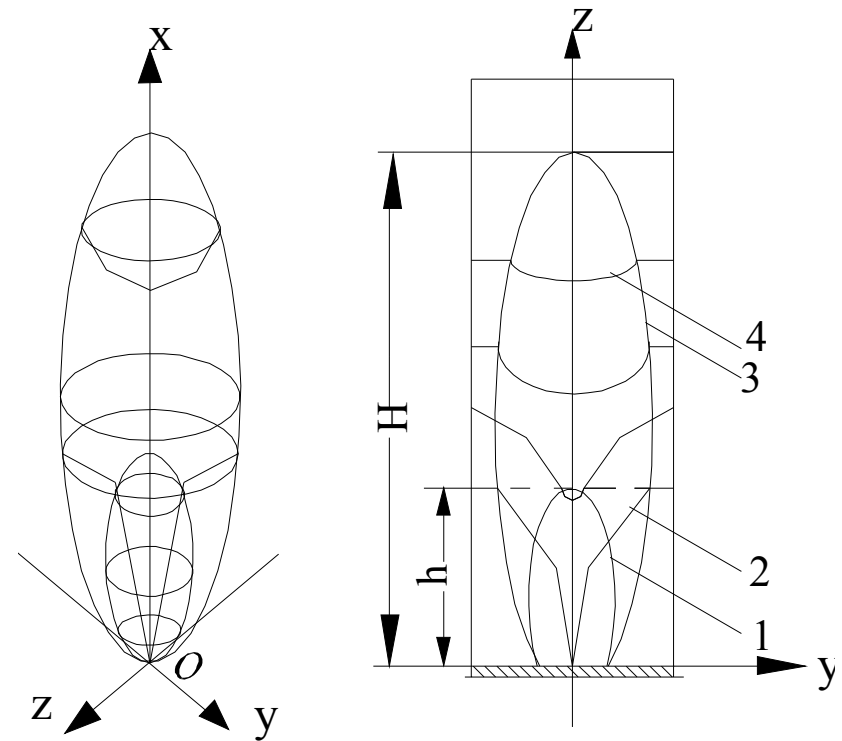
1、椭球体放矿理论

椭球体放矿理论认为：矿石在采场破碎后，是近似椭球体形状向下自然流动下来的，即原来所占的空间形状为一个旋转椭球体；

放矿椭球体表面上的颗粒将大体同时到达放煤口。

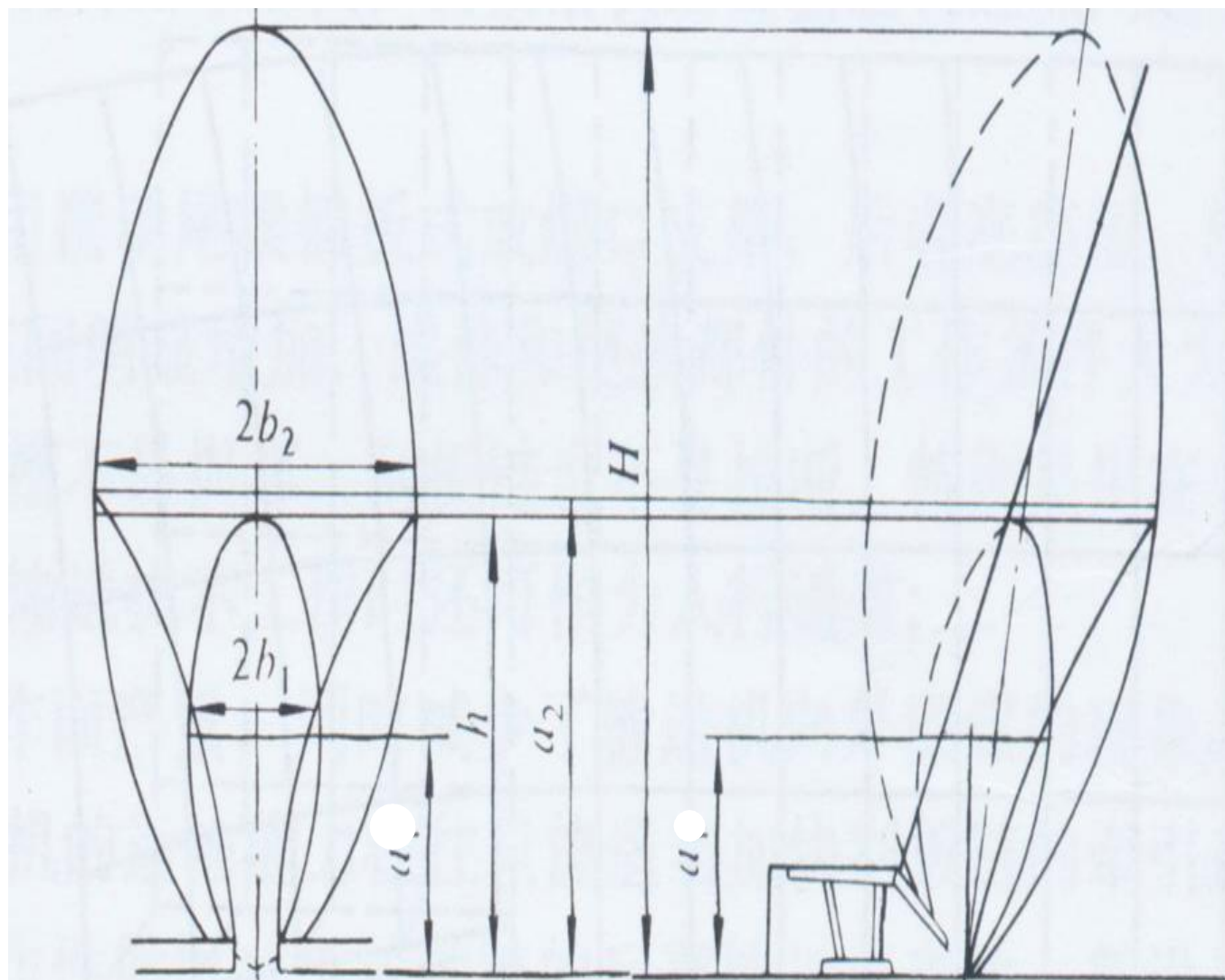
放矿过程形成的椭球体叫放出椭球体

停止扩展而最终形成的椭球体叫松动椭球体



1-放出椭球体，2-放出漏斗
3-松动椭球体，4-移动漏斗

2、放出椭球体参数



放出椭球体参数

设长轴 $2a = h$,

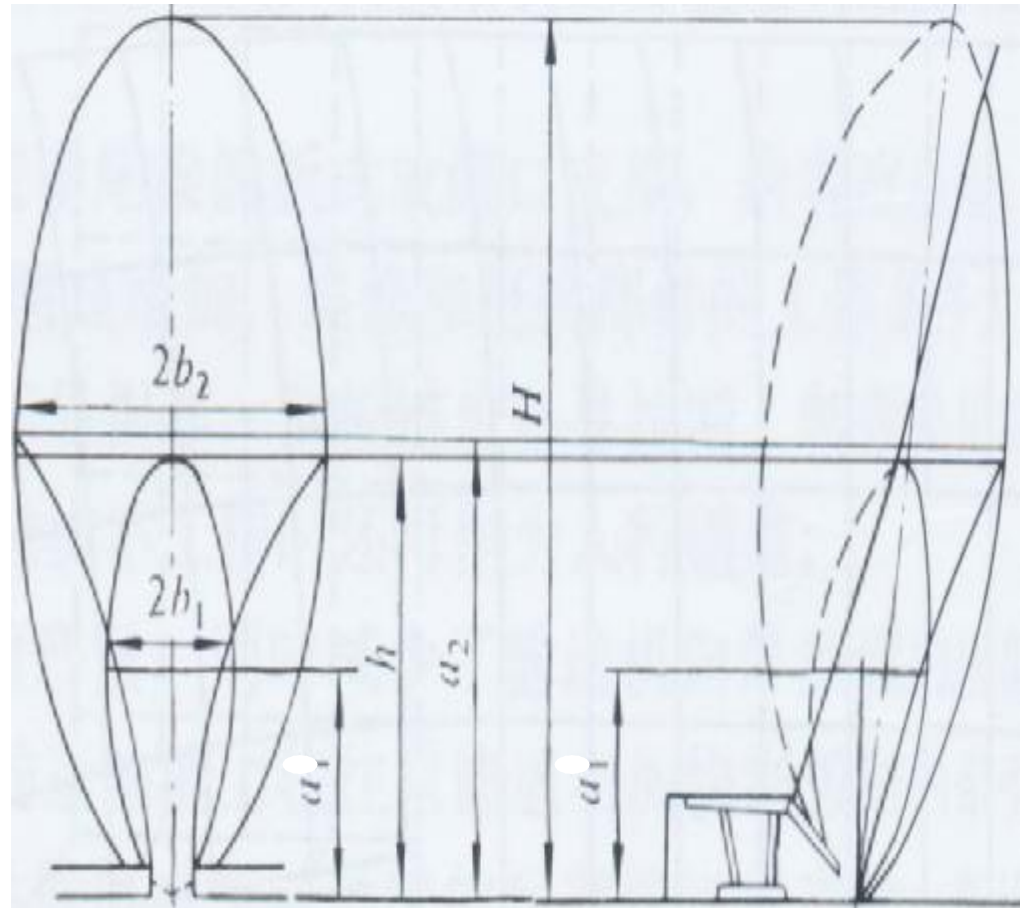
短轴为 $2b_1$;

h — 放顶煤高度。

生产实践及实验表明

$$2b_1 = (0.25 \sim 0.3)h$$

$$b_1 = (0.25 \sim 0.3) h / 2$$



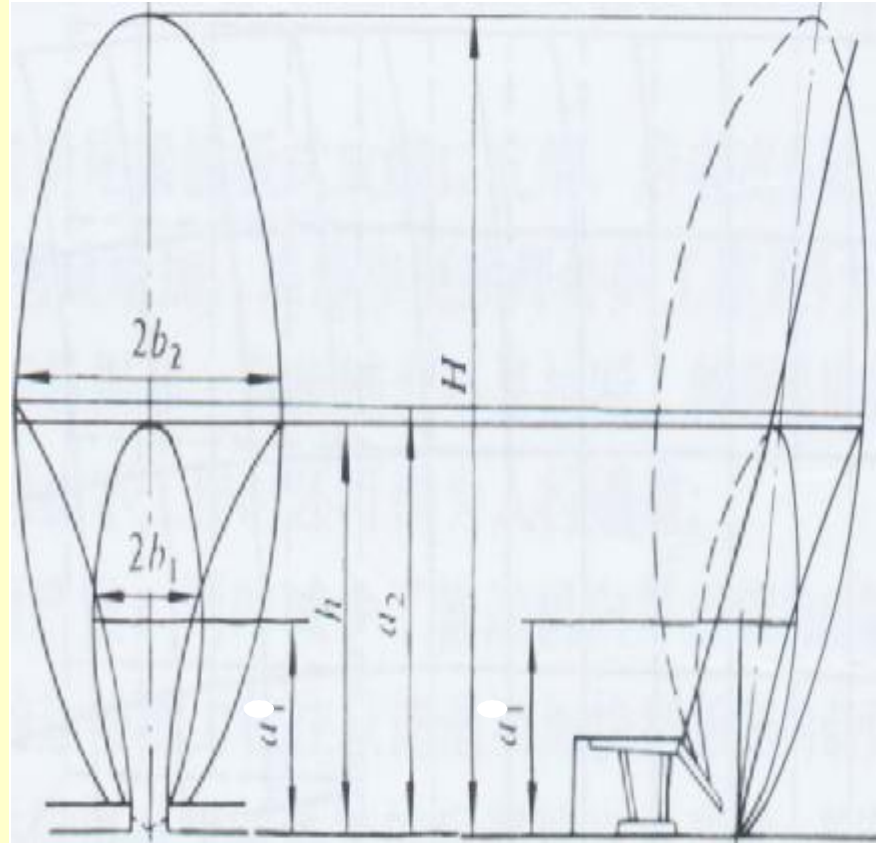
3、 松动椭球体：

理论认为：放煤的同时，放出椭球体周围的煤岩也将向放煤口移动，充填放煤留下的空间，此空间体与放出椭球体相似，称松动椭球体。

松动椭球体参数：

松动椭球体高度为H，

$$H = (2.2 \sim 2.6) h$$

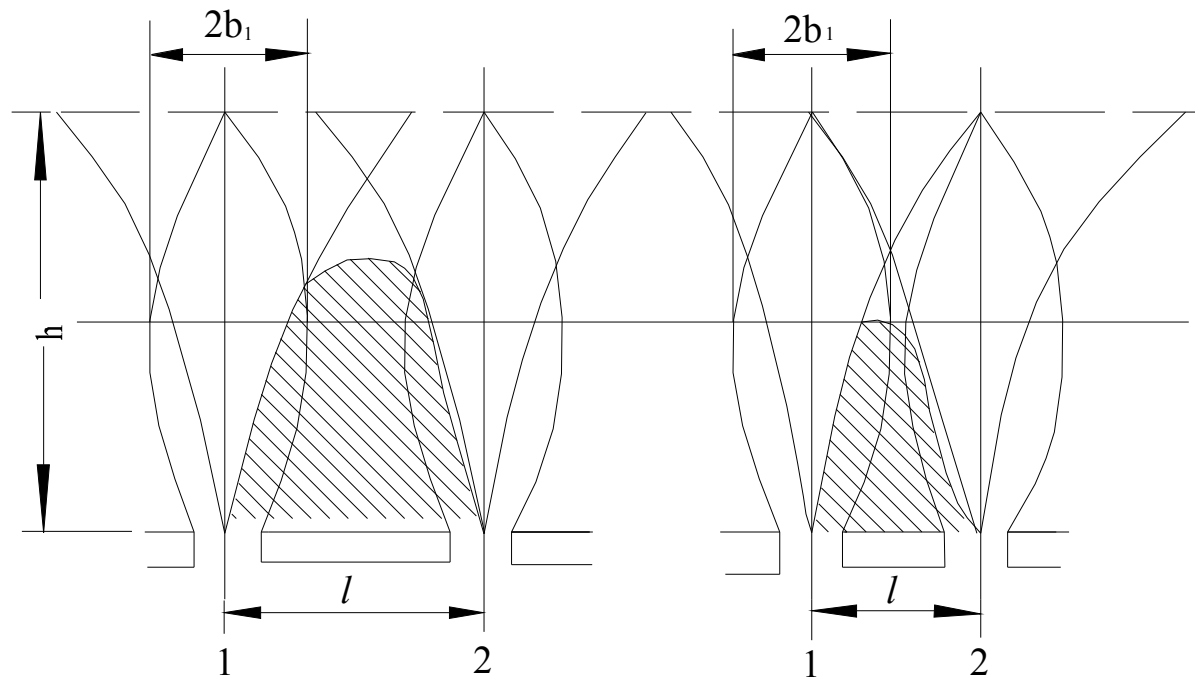


4、放煤口间距

放煤口间距 l 大小影响放煤效果

当 $l > 2b_1$ 时，脊背煤损失大

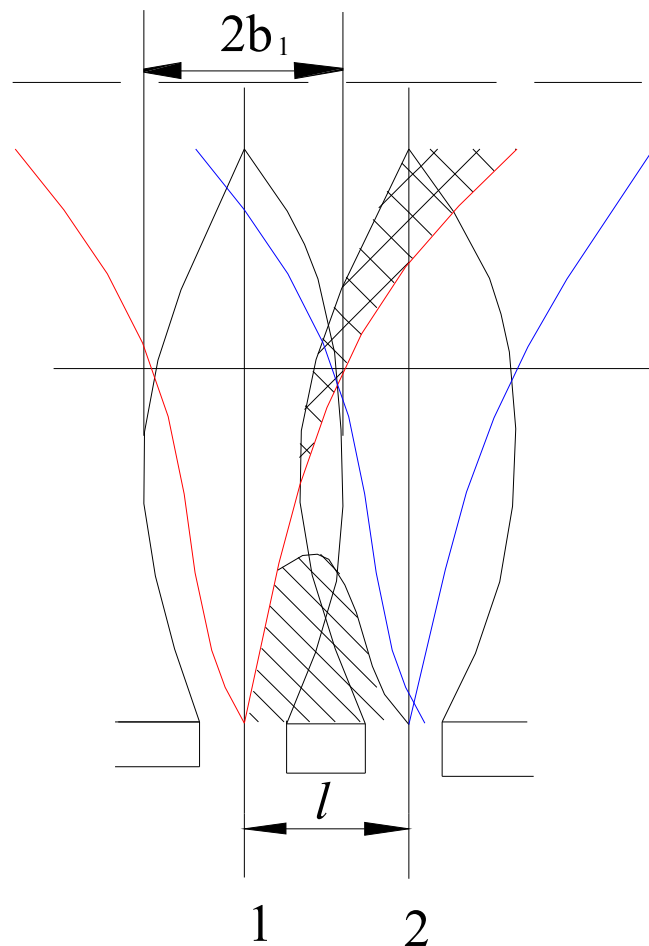
l 越大，损失越大



放煤口间距

当 $l < 2b_1$ 时
脊煤损失小，煤矸石混杂

支架选取后，支架的放煤口宽度是确定的，但放煤步距是人为可变的，要尽可能多放出煤，减少煤损，又不增加混矸



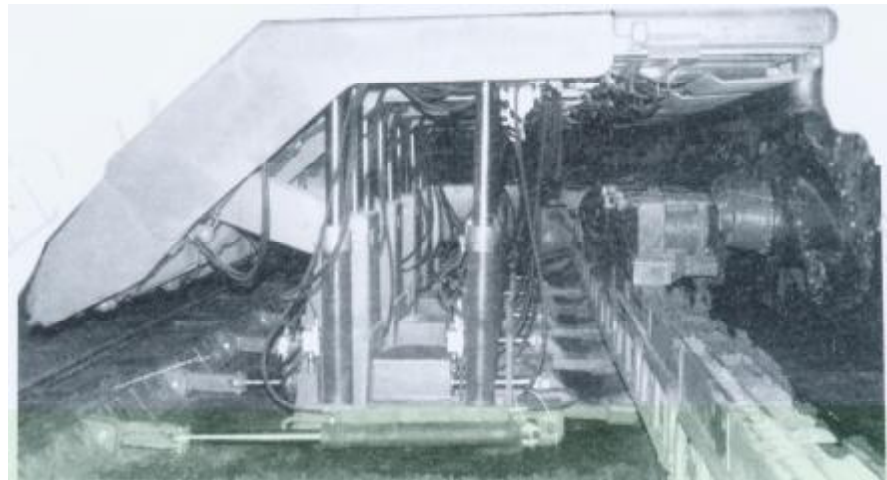
第三节 综采放顶煤工艺特点

一、放顶煤工艺特点

割煤、移架、推前刮板输送机、放煤、拉后刮板输送机

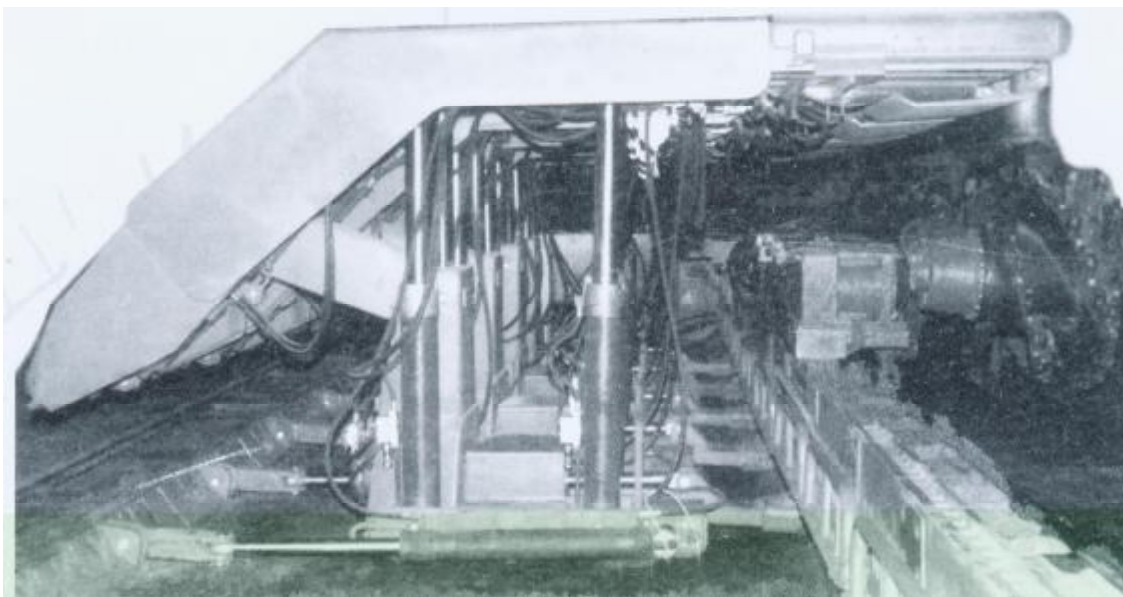
•**割煤**：双向割煤，端头自开缺口斜切进刀，斜切进刀长度不小于30m，截深0.8m。

移架：及时支护方式，移架滞后煤机后滚筒3 ~ 9m，追机作业。



放顶煤工艺过程

推前溜：在移架后顺序推移前部运输机，滞后移架10~15m左右，其弯曲段长度不得小于30m，推移步距为0.8m，严禁相向操作。推溜后溜子必须保持平、直。



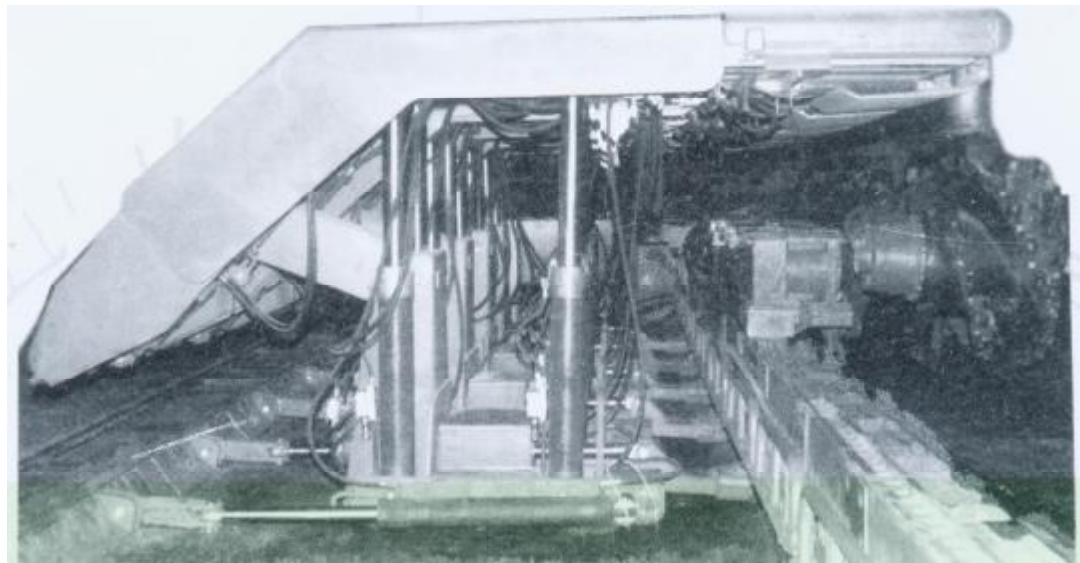
放顶煤工艺过程

放煤：采用多轮顺序放煤，一刀一放，采取平行作业。

见顶板矸石占放出物的 $\frac{1}{3}$ 时停止放煤。

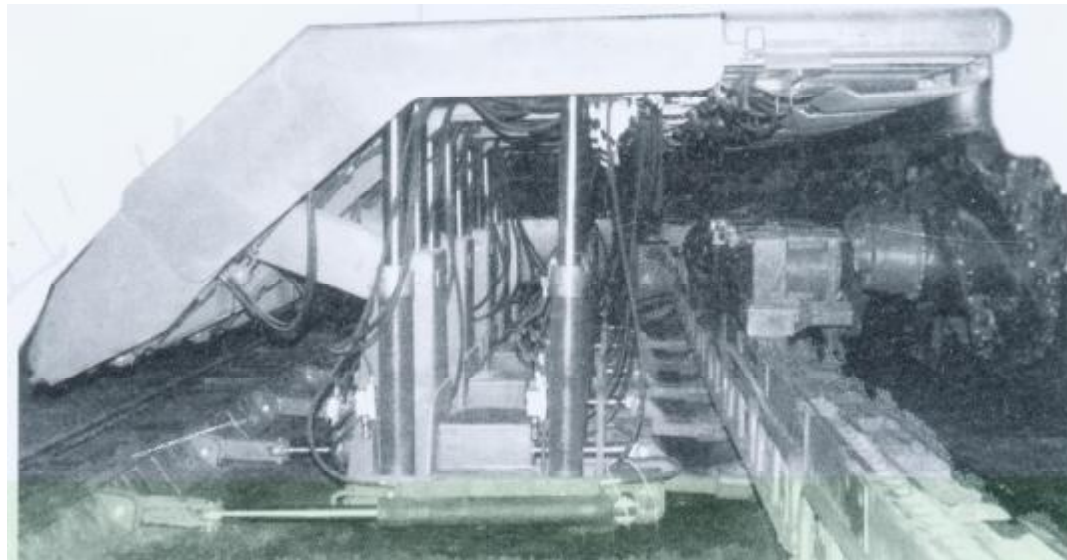
若遇到大块煤不易放出时，可反复伸缩插板，小幅度上下摆动尾梁，使顶煤破碎后顺利放出。

放煤结束后应关好放煤口，并确保过煤高度不小于500mm，放煤与移架间距不小于20m。



放顶煤工艺过程

拉后溜：后溜在放完顶煤后拉移，拉移步距为0.8m，必须依次顺序进行，严禁相向操作，后部运输机拉移滞后放煤架10~15m，并确保弯曲段不小于30m，确保拉移到位。



综采放顶煤工艺特点

（一）初末采放煤工艺

初采放煤工艺

初期：初采推进10~20m不放煤（煤损多）

现在：多数工作面从开切眼处放煤

措施：让顶煤和顶板垮落

综采放顶煤工艺特点

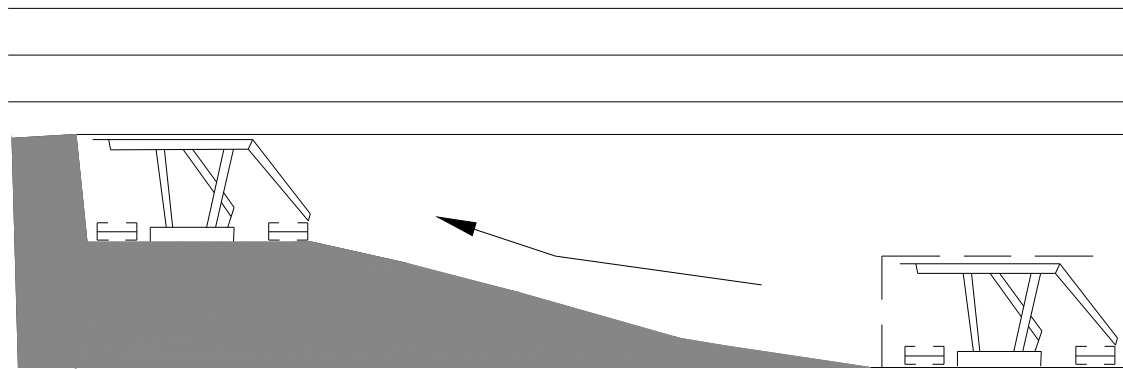
(一) 初末采放煤工艺

末采放煤工艺

初期：距停采线20m铺网、停止放煤；
或工作面沿底板爬至顶板（煤损多）

现在：距停采线10m铺网、停止放煤

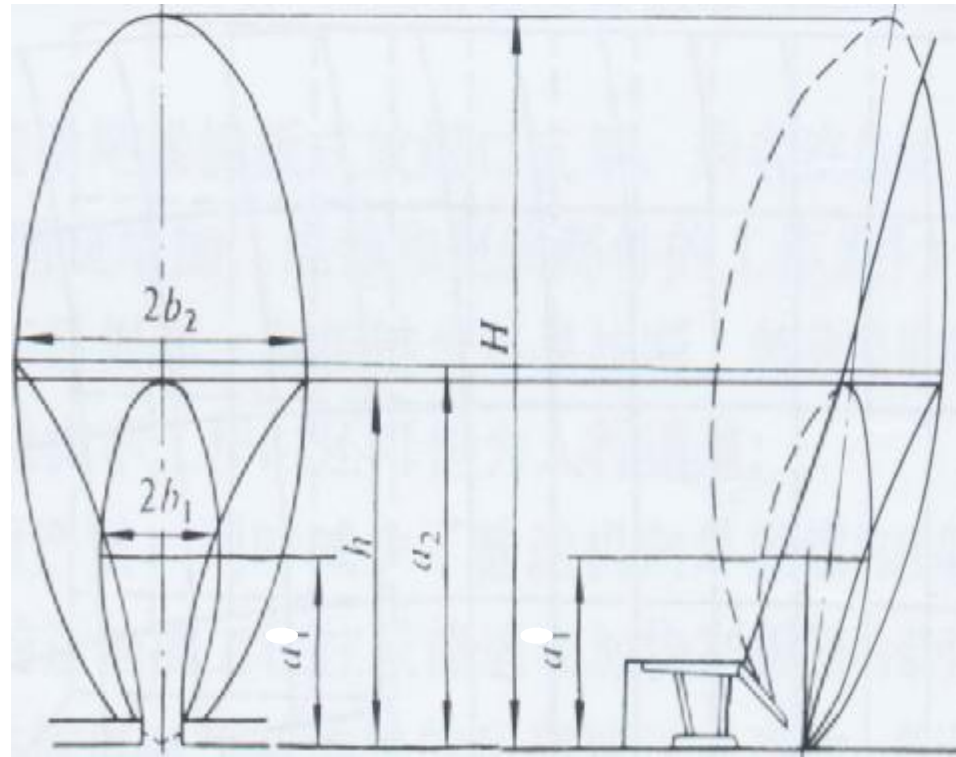
措施：选择合理的停采线位置，以利于撤面
防止后方矸石窜入



(二) 放煤步距 (循环放煤步距)

1、放煤步距 (循环放煤步距)

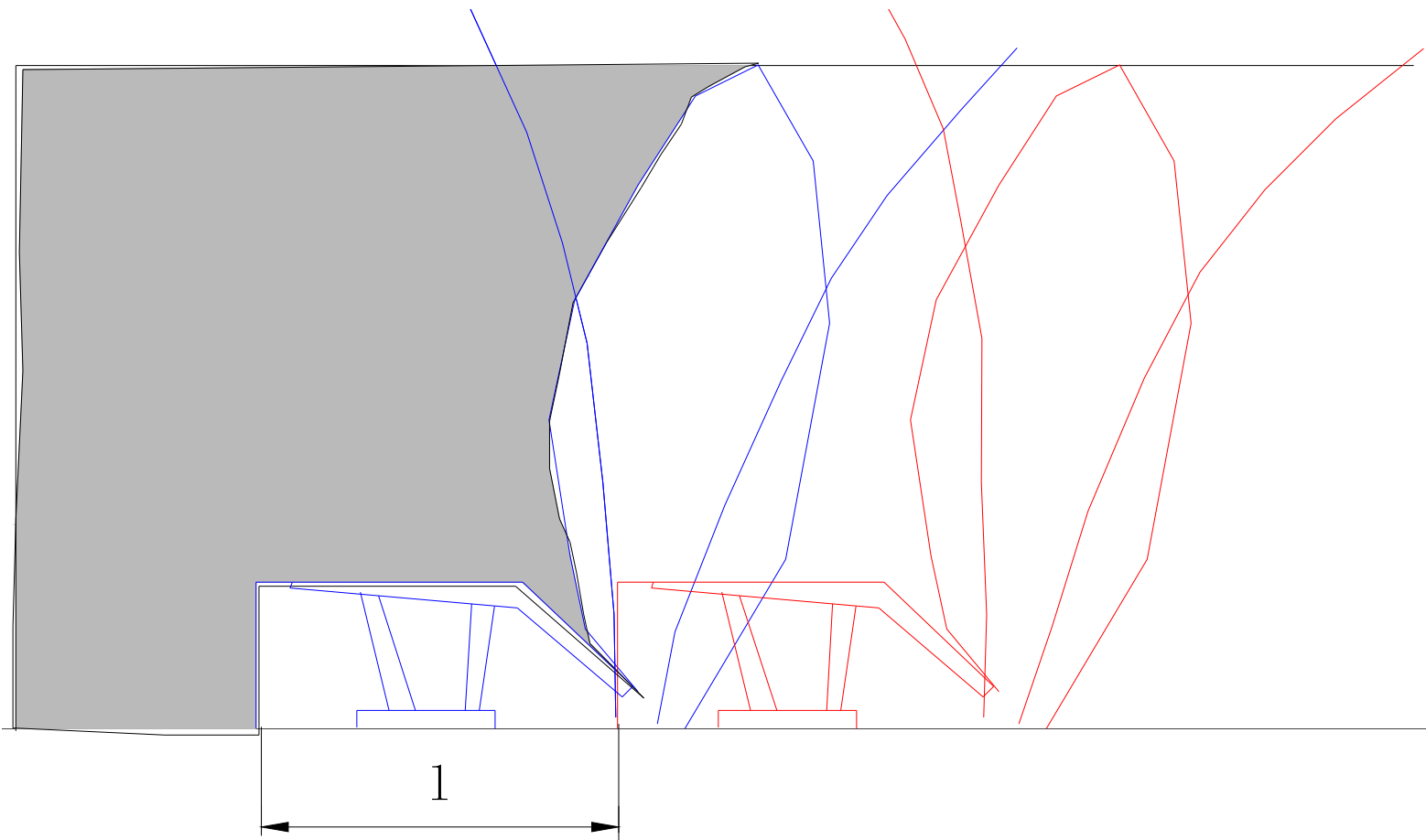
在工作面推进方向上，前后两次放顶煤之间工作面推进的距离。



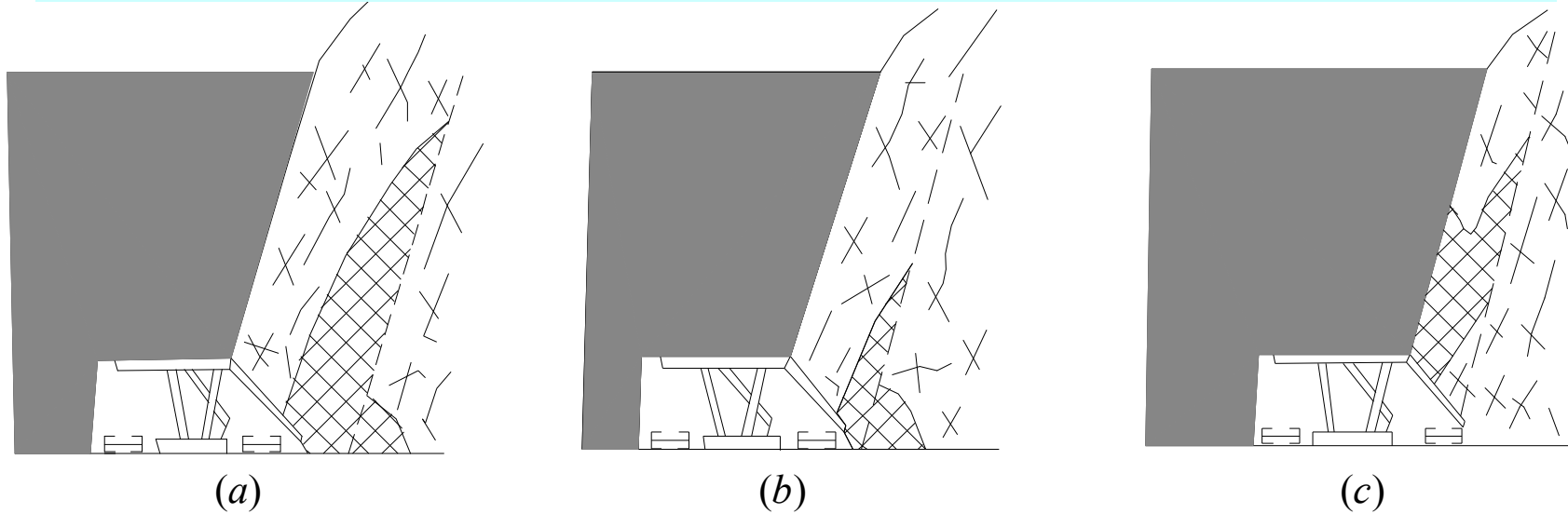
确定放煤步距原则：

顶煤充分破碎，提高采出率，减少煤矸混杂。

放煤步距（循环放煤步距）



放煤步距（循环放煤步距）



放煤步距大，顶煤放不出，煤损大；

放煤步距小，煤矸混杂，煤质差。

放煤步距太大：顶板方向的矸石先于采空区后方的煤达到放煤口，关口，顶煤放不出

放煤步距太小：采空区方向的矸石先于上部顶煤到达放煤口，顶煤损失部分

放煤步距影响因素

顶煤厚度；顶煤可放性；
顶煤冒落时的垮落角；
直接顶厚度。

当前，生产实践中

截一刀放顶煤一次，（顶煤厚度较小）

截两刀放顶煤一次，（顶煤厚度较大）

截三刀放顶煤一次，（顶煤厚度较大）

阳泉一矿实则：放煤步距、采出率和含矸率的关系

放煤步距(m)	采出率(%)	含矸率(%)	备注
0.5 ~ 0.6			打开放煤口即有矸石混杂
1.0 ~ 1.2	86.5	11.45	
1.5 ~ 1.8	72.93	12.27	
2.0 ~ 2.4	70.48	16.99	

我国放煤步距经验公式 $L=(0.15\sim 0.21)h$

h-放煤高度

(三) 放煤方式

放煤方式:

放顶煤工作面放煤顺序、次数和放煤量的配合方式

1、多轮、分段、顺序、等量放煤

采面分2~3段；段内同时开启两个相邻放煤口；

每次放 $1/2 \sim 1/3$ 的顶煤；按顺序循环放煤，

直至该段全部放完；再进行下一段放顶煤。

或是各段平行作业。

优点：可使冒落煤岩分界面均匀下降，采出率高，含矸率低；充分利用放煤口面积。

缺点：要求操作水平高，放煤速度慢。

适用：顶煤3m以上。

放煤方式

2、多轮、间隔、顺序、等量放煤

放煤口放煤顺序

先放1#、3#、5#、7#、 、 、 、 、 、 、 、 、

每次放 $1/2 \sim 1/3$ 的顶煤；

后放2#、4#、6#、8#、 、 、 、 、 、 、 、 、

每次放 $1/2 \sim 1/3$ 的顶煤；

反复两三轮

优点：可使冒落煤岩分界面均匀下降，采出率高，含矸率低；放煤速度慢，丢煤少。

放煤方式

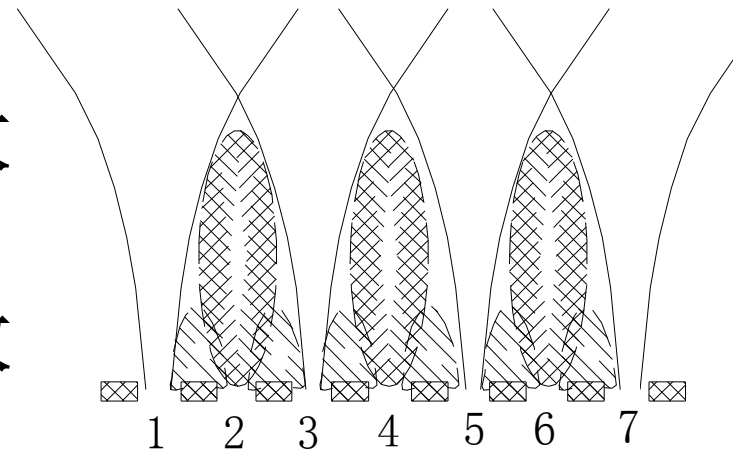
3、单轮、间隔、多口放煤

先放 1#、3#、5#、.....放顶煤，
见矸关口，留较大脊背煤；

滞后一定距离放 2#、4#、6#、放
出留下脊背煤中的一个椭球体。

优点：操作简单，容易掌握；放
顶效果好，丢煤少，少出矸，
放煤快。

适用：广泛采用。



(四) 煤炭损失

国家规定：厚煤层采区采出率 $> 75\%$ 。

采区煤炭损失：

1) 护巷煤柱损失

2) 采面的回采损失（初采、终采，放煤工艺）

• 初采损失，为防止顶板冲击支架，开切眼放煤量往往控制在 $80\% \pm$ ；采空区充填物高度约等于支架高度。

煤炭损失

- 末采损失（末采损失与采面推进长度成反比）

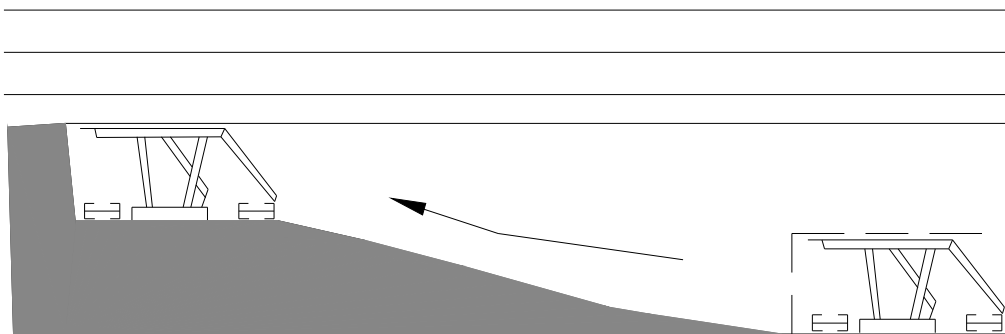
放顶煤采面收尾方法：

(1) 为安全拆除设备，距停采线10~15m内，铺网、不放顶煤，以保持顶煤及顶板稳定性。

适用：顶煤较硬较稳定条件。

(2) 以 $8 \sim 10^\circ$ 的坡度，采面爬顶，停采线处顶板为岩层。

三角煤损失
适用：煤软

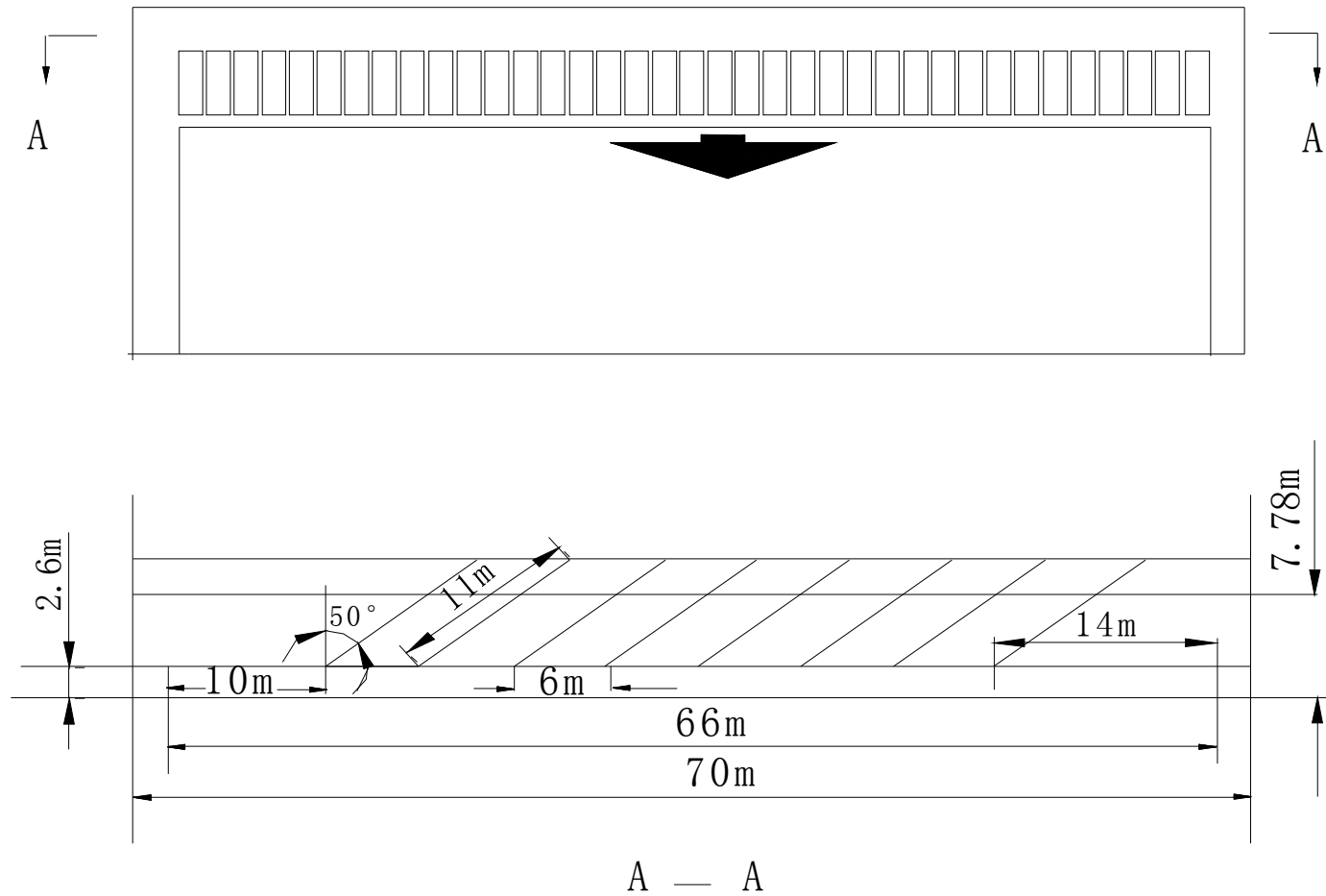


煤炭损失

- 端头损失：端部2~3架不放顶煤，保护出口。此损失与采面长度成反比。
- 放顶工艺（脊背煤损）损失
- 采面泼洒损失

提高煤炭采出率的技术措施

开切眼内预爆破



第四节 综采放顶煤长壁采煤法的应用

一、综采放顶煤与厚煤层分层开采相比

(1) 有利于合理集中生产，单产高，效率高，巷道少，系统简单

(兖州矿区综放面产量已超过500万t/a，工效已超过200t/工)。

(2) 对煤层厚度变化适应性强

综采放顶煤与厚煤层分层开采相比

(3) 经济效益好

减少了巷道掘进费、维护费、分层开采的设备占用费、材料消耗费，工作面安装费和工作面拆迁费，工资。

综采放顶煤与厚煤层分层开采相比

(4) 煤损大：比分层开采多10%以上；

(5) 采空区丢煤后易发火，易自燃；防火的难度较分层开采小；

(6) 瓦斯隐患较大，要求管理严格；

瓦斯聚积：顶煤空间聚积瓦斯。当顶板垮落、硬岩块摩擦冲击，

火星——爆炸

(7) 煤尘大：比分层开采高1~2倍以上。
1000~1200毫克 / m³

国家标准，10毫克 / m³ 以下。

二、放顶煤适用条件

1、煤层厚度

$M = 5 \sim 12\text{m}$ 为佳，过小易超前冒顶，过大破坏不充分。

2、煤层的可放性

煤质松软，层理节理发育容易放出。

煤质中硬， $f < 2$ 最好。

个别 $f = 3.1 \sim 3.9$ ，层理节理发育亦可。

放顶煤适用条件

3、煤层倾角

α 不宜太大，缓倾斜煤层中一般 $\alpha < 15^\circ$ ，太大影响支架的稳定性， $25^\circ \sim 30^\circ$ 煤层中也试验成功，支架要加防倒防滑装备。

4、煤层结构

过厚、过硬的夹矸影响顶煤放落，单层夹矸厚度大于0.5m或 f 大于3要采取措施。

顶煤中的夹矸总厚度不宜大于顶煤厚度的
10 ~ 15%

放顶煤适用条件

5、顶板条件

顶板岩性最理想的条件是基本顶I、II级，直接顶有一定厚度，采空区不悬顶，冒落后松散体基本能充满采空区。

6、地质构造

煤层厚度变化大，地质构造复杂，断层切割块段，阶段煤柱等

无法应用分层长壁采煤法时，可放顶煤。
采面短，亦可放顶煤。如：回采鸡窝煤。

思考题

- 1、 放顶煤采煤法的主要工艺过程
- 2、 放顶煤采煤法的主要优缺点？
- 3、 放顶煤采煤法的技术难题有哪些？