

中等专业学校教学用书

非金属矿床开采

下 册

И. М. 庫庫諾夫 著

建筑工业出版社

目 录

第二篇 非金属矿床地下开采

第十六章 非金属矿床地下开采概述	(1)
§ 1. 矿山企业、矿井、井田、阶段	(1)
§ 2. 阶段的回采顺序	(2)
§ 3. 矿井年产量的确定	(5)
§ 4. 阶段采准与回采时间的关系	(6)
复 习 题	(7)
第十七章 非金属矿床开拓法	(8)
§ 1. 开拓巷道	(8)
§ 2. 各种开拓方法概述及其应用条件	(8)
§ 3. 安全矿柱的尺寸及其图解绘制法	(11)
复 习 题	(14)
作 业 题	(14)
第十八章 回采工作面的顶板支护和顶板管理	(15)
§ 1. 概述及顶板支护法分类	(15)
§ 2. 采场的地层压力	(16)
§ 3. 回采工作面的支护	(17)
§ 4. 临时矿柱	(21)
§ 5. 留矿和使采空场保持稳定的方法	(21)
§ 6. 采空场的充填	(23)
§ 7. 顶板冒落管理法	(27)
复 习 题	(23)
第十九章 非金属矿床开采法	(29)
§ 1. 非金属矿床的产状及其开采要求	(29)
§ 2. 影响选择采矿方法的因素	(30)
§ 3. 房柱开采法	(32)
§ 4. 矿房开采法	(34)
§ 5. 走向长壁式开采法	(41)

§ 6. 短壁式开采法	(44)
§ 7. 水平分层充填开采法	(46)
§ 8. 留矿开采法	(47)
§ 9. 充填开采法	(51)
§ 10. 围岩崩落开采法	(53)
§ 11. 阶段崩落开采法	(57)
§ 12. 分段平巷和横巷开采法	(60)
复 习 题	(63)
第二十章 主要采矿过程	(64)
§ 1. 主要回采作业	(64)
§ 2. 机械落矿	(64)
§ 3. 爆破落矿	(67)
§ 4. 运输方法及其組織	(69)
复 习 题	(74)
作 业 题	(74)
第二十一章 地下开采工作組織	(75)
§ 1. 生产革新者的先进工作方法	(75)
§ 2. 按循环图表进行回采的劳动組織	(76)
复 习 题	(78)
作 业 题	(78)
第二十二章 坑内通风、排水和照明	(79)
§ 1. 通风	(79)
§ 2. 坑内排水和排水巷道	(93)
§ 3. 坑内照明	(95)
复 习 题	(102)
作 业 题	(102)

第十六章 非金屬矿床地下开采概述

§ 1. 矿山企业、矿井、井田、阶段

矿山企业是以开采有用矿物为目的的工业企业。

矿井是矿山企业的生产单位（在行政业务管理方面），借助井下工程开采地下有用矿物。

划归某一矿井开采的部分矿床称为井田。如果矿床储量不多，规模也不大，井田可包括整个矿床。

井田可分为双翼的（图183, a）或单翼的（图183, b）两种。双翼井田的回采工作是在运输平峒或提升井的两边进行，使用这种开采方法能增加产量和减少运输费用，因为在这种情况下，通往平峒或提升井的运输距离比单翼井田（平峒或井筒布置在井田的一侧，回采工作只是单侧推进）的运输距离大致缩短一半。

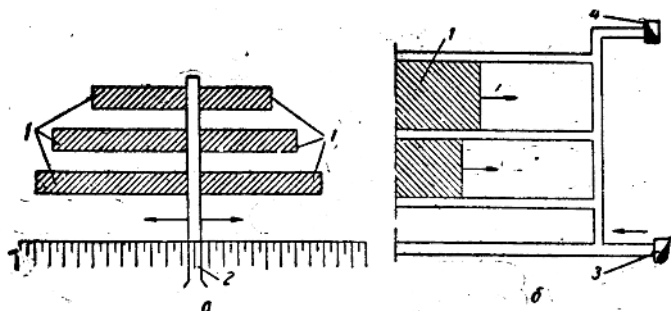


图 183 双翼井田(a)及单翼(b)井田布置示意图

1—回采区；2—平峒；3—提升井；4—通风井

实际上，开采非金屬矿床，几乎都是采用双翼开采法，因为

这样布置能开辟寬闊的回采工作綫。

阶段系井田的一部分，在傾斜方向上下兩端，都以主要平巷为界，而在走向方向則以井田边界为界。水平矿床不划分阶段。水平的或极緩傾斜（ 7° 以下）的矿层、矿脉和层状矿床的井田則划为盘区。盘区就是为縱向和橫向平巷所圈定的長方形或正方形的区段。

分段是阶段的一部分，在傾斜方向的上下兩端，以几条分段平巷或一条分段平巷与一条通风平巷（或一条主要运输平巷）为界，而在走向方向則以上山或有时以井田边界为界。

§ 2. 阶段的回采順序

井田一般划分为几个依次回采的阶段。采矿工作正常展开时，一般三个阶段同时进行回采。即当上一阶段回采工作結束（回收矿柱）时，次一阶段的回采工作就沿整个工作綫展开，而下一阶段則进行采准工作。

在一个阶段內，如果不能保証必須的回采工作綫，則可将同时进行回采的阶段增加到4~7个。但是，在这种情况下，往往使工作組織更加复杂，而且巷道維修費用和采矿費用也会增加。

划分为几个阶段的井田的开采順序，多是由上而下（图184, α ），或者是由下而上（图184, δ ）。第一种开采順序可大大縮短开拓時間并显著降低开拓費用，因为在这种情况下，井筒尚未掘进到矿床底部之前，就可在上部阶段內进行回采。呈急傾斜或緩傾斜的非金屬矿床多用这种开采順序进行回采。

阶段沿傾斜方向可由下而上（图185, α ）或由上而下（图185, δ ）进行回采。

由下而上进行回采时，回采工作由主要运输平巷开始分层向上回采。这种回采順序适用于开采頂板稳定的脉状矿床，或者需要用廢石充填采空場的矿床。

由上而下的回采方法，适用于开采圍岩易于崩落的非金屬矿床（如石墨）。

阶段沿走向进行回采时，可从平峒（或井筒）向井田边界推进（图186,a），或由井田边界向平峒（或井筒）方向（图186,b）推进。第一种方法能使回采工作迅速展开，因为回采工作是从靠近平峒（或井筒）的采区开始的。这种回采方法叫做“前进式回采法”。这样叫的原因乃是由于通向井田边界的主要平巷和回采

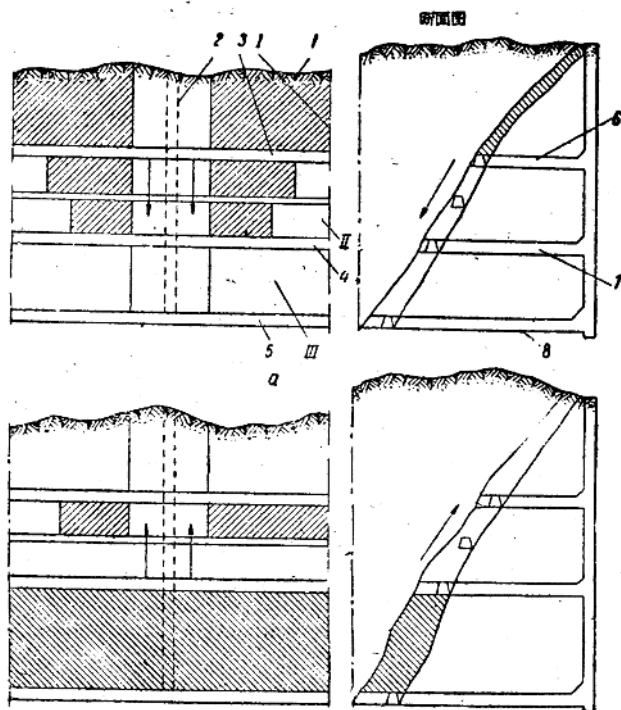


图 184 阶段由上而下 (a) 和由下而上 (b) 的回采顺序示意图

1—地表线；2—井筒；3、4和5—第一、二和三阶段的运输平巷（运输水平层）；6、7和8—第一、二和三阶段的石門；I—已采阶段；II—部分已采阶段；III—准备阶段

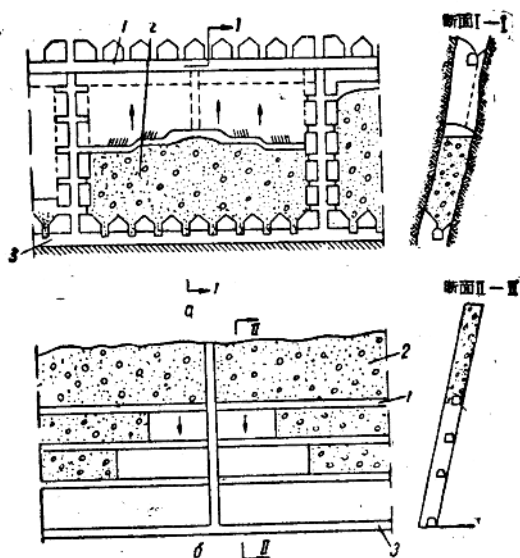


图 183 阶段沿倾斜（仰斜）方面的回采顺序示意图

a —由下而上； b —由上而下；1—通风平巷；2—采空区；3—运输（主要）平巷

工作线的推进方向是一致的（类似“向前推进”）。这种回采方法的缺点是：主要平巷在采空区，巷道周围往往需要留矿柱，而這些矿柱只有当巷道不作运输或无其它用途时才能回收，这样，就会增加了有用矿物的损失。

由井田边界向平峒（或提升井）进行回采，回采工作需要在主要平巷掘进到井田边界之后才能开始。因之，主要平巷的维护条件是較好的，但回采工作则需要经过一个較長的时间方能开始。非金属矿床开采很少使用这种方法，而只是在井田不太長和地層压力很大的情况下使用之。

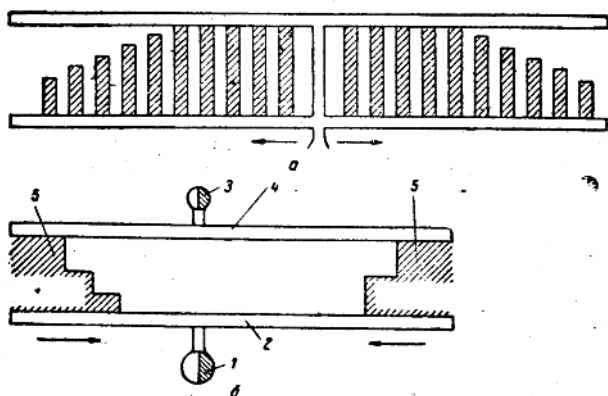


图 186 阶段沿走向的回采顺序示意图

α —回采从井筒向井田边界推进； β —回采从井田边界向井筒方向推进；1—提升井；2—主要平巷；3—通风井；4—通风平巷；5—回采工作面

§ 3. 矿井年产量的确定

在社会主义国家，矿井年产量、井田储量和矿井使用年限是根据我国（苏联）国民经济按比例和有计划的发展规律，并根据技术经济的合理性而确定的。

根据所确定的矿井年产量，确定以下几个矿床开采的基本要素：矿床开拓平巷及采准平巷的断面规格，主要采矿设备的生产能力及其类型，生产过程机械化的特点，厂房及住宅的大小，选矿厂的生产能力。

矿井年产量根据下列原则确定：

矿床开采的可能性，也就是说，要根据矿床的大小，有用矿物的储量，回采工作线的大小及其推进速度；

成本最低，劳动生产率最高；

国民经济对该有用矿物的需要量。

确定矿井年产量时，要考虑到需要的建井期限，达到设计产量

的期限, 矿山企业建筑物基建投资的多少和各个地区的不同条件。

目前, 确定非金属矿矿井年产量的分析方法还没有研究出来, 因此, 矿井年产量要根据技术设计的原则和矿床的具体条件加以确定。

在絕大多数的情况下, 矿物原料的需要量是确定矿井年产量的主要因素, 而矿物原料的需要量又取决于加工厂的生产能力。在这种情况下, 就必须考虑到矿床开采的可能性及其开采赢利。

§ 4. 阶段采准与回采时间的关系

儲 量 分 級

开拓和采准超前于回采是开采任何矿床的基本原则。

必須遵循这个原则的目的, 是为了随着一些采区回采工作結束, 而能轉到預先准备好的采区进行回采。轉到新采区之后, 就必需着手准备其他采区。除此而外, 还必须准备出因預料不到的阻滯、地質破坏或增加产量的备用采区。

采准工作超前于回采的时间取决于有用矿物的采准儲量。从理論上講, 阶段(或采区)回采工作結束的时候, 每个投入回采的阶段(或采区)的采准工作就应完全做好。在这种情况下, 二者所需的时间相等, 即:

$$T_n = T_0, \quad (1)$$

式中: T_n ——阶段(或采区)所需的采准时间;

T_0 ——阶段(或采区)的回采时间。

阶段(或采区)所需的实际采准时间 $T_{\phi.n}$ 应大于理論上所需的采准时间, 即:

$$T_{\phi.n} = K T_n, \quad (2)$$

式中: K ——时间备用系数(采准过程中因偶然情况(如被迫停工, 地質破坏等)所需的时间)。

如果矿床比較規則, 則 K 值可取为 1.1~1.3。

如果是产状特別复杂的云母矿床, K 值取为 2, 有时取为 3。

有用矿物的备用儲量要根据矿床开拓和开采方法, 采准巷道

和基本巷道的掘进速度、矿床的勘探程度及破坏程度来确定。

储量根据所用的储量分类法可分为以下几种^①：地质储量、平衡表内储量、工业储量、开拓储量、采准储量和回采储量。

地质储量是经全苏矿产储量委员会批准的矿床的各級总储量。

平衡表内储量是经全苏矿产储量委员会批准的在目前的技术水平条件下按质量和赋存条件能用于国民经济中的勘探储量。

工业储量是平衡表内储量的一部分，即根据矿床的开采设计或采矿发展计划应该采出的储量。工业储量等于平衡表内储量减去设计中的开采损失量。

开拓储量是工业储量的一部分，即掘进基本巷道（平硐、井筒、主要石门、主要下山等）后准备好的储量。

采准储量是开拓储量的一部分，是掘进主要采准巷道（主要平巷和其他巷道）后得出的储量。

回采储量是采区范围内采准储量的一部分，此时，采区所有采准、切割巷道及必须的工作（安装皮带运输机和其他运输设备，保证通风等）都已做好，并根据保安规程和“技术操作规程”的要求能够进行回采的储量。

复 习 題

1. 试述“矿井”的概念。
2. 何谓井田，其界线如何划分？
3. 何谓阶段及分段？
4. 双翼井田比单翼井田有哪些优点？
5. 从井筒向井田边界回采有何优缺点？
6. 列举阶段沿倾斜（仰斜）方向的回采方法，并简单说明之。
7. 有哪些主要因素影响矿井年产量的确定？
8. 矿井年产量应如何确定？
9. 采准储量和开拓储量有何区别？
10. 何谓回采储量？

^① Инструкция по учету состояния и движения запасов и потерь угля (сланца) в недрах, Углетехиздат, 1951.

第十七章 非金屬矿床开拓法

§1. 开拓巷道

地下开采同露天开采一样，其开拓的目的都是为了开辟通往矿床的通路，并用矿山巷道把它与地面连通。

开拓矿床时，使用以下几种主要开拓巷道：平峒、竖井（或斜井）、石门及天井。

平峒或井筒把矿床和地面直接连通。若井筒或平峒不与矿床相交，则用石门和天井使之连通。

矿床可以只用主要巷道（井筒、平峒）开拓，也可以用主要巷道与其他巷道（如石门、天井）混合开拓。

为了使井下通风正常，至少要有两个和地面相通的主要巷道（平峒、井筒），即提升井及通风井。通风井布置在提升井附近（采用中央式通风方法时），或布置在井田边界（采用对角式通风方法时）。

矿床的开拓方法主要要根据开拓巷道的基本特征来确定。

开采非金屬矿床，使用下列几种开拓方法：竖井开拓、斜井开拓、平峒开拓、竖井及石门开拓。

根据开拓巷道在矿体内的位置，矿床开拓可分为：矿体内掘进主要巷道的开拓法，或者矿体顶底盘岩层内掘进主要巷道的开拓法。主要开拓巷道可布置在矿床中央，也可布置在矿床侧翼。

§2. 各种开拓方法概述及其应用条件

竖井开拓法（图187）用于开采水平矿床、缓倾斜及急倾斜矿床，以及层状矿床。

开拓水平矿床时，一般是将井筒布置在矿床中央；开拓倾斜矿床时，井筒往往是布置在矿床下盘，但有时也布置在矿床上

盘。

例如，斯大林諾石膏矿就是用竖井开拓的。該矿石膏矿床厚約15米；矿床呈水平产状，埋藏深度約100米。該矿床用一对竖井开拓：即設有箕斗設備的提升井和設有罐籠的通风井。两个竖井相距很近，都布置在矿床中央（采用中央式通风法）。“五一”矿厚約12米的水平瀝青質石灰岩矿床，也是使用这种方法开拓。

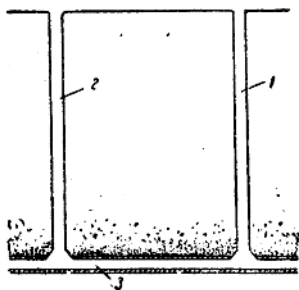


图 187 用竖井开拓石膏矿床示意图

1—提升井；2—通风井；3—平巷



图 188 斜井开拓法

斜井开拓方法（图188）比竖井开拓法用的較少。矿床傾角不大时，如果使用竖井及石門开拓，则需要很長的石門，在这种情况下，多用斜井开拓法。資源勘探不清的云母矿床，那怕呈急傾斜产状，也是經常用这种方法开拓。

斜井开拓法还适于开拓下列矿床：含有坚硬夹层不厚的矿床（此时矿柱中 useful 矿物损失非常少）；資源勘探不清、但又急需开采的矿床；由露天开采轉为地下开采的矿床。

斜井开拓法具有以下优点：矿山投入生产快，在掘进过程中能进一步确定有关矿床的地質勘探資料。开拓云母矿床时，斜井可部分地当作探矿巷道使用。

本开拓方法也有如下缺点：井筒很長，因此掘进費用和开采

期間的提升費用增加；維護費比豎井高的多。由於這個方法具有上述兩大缺點，以致不能廣泛地使用於開采非金屬礦床。

平峒開拓法（圖189）廣泛用於開拓緩傾斜、水平、傾斜以及急傾斜的非金屬礦床。

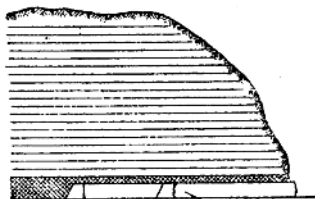


圖 189 平峒開拓法

1—平峒

平峒開拓和豎井開拓比較起來，前者有如下優點：平峒能在礦體內掘進，掘進平峒時能順便采出一部分有用礦物，因而能夠抵銷一部分平峒掘進費用；能使用極簡單（或不需）的排水設備，降低排水費用；不用提升設備，開采費用也可降低；另外，

本法還有勞動組織簡單以及掘進費用低等優點。

如果地形條件有利，應優先考慮使用平峒開拓法。

石膏礦床常用平峒開拓，例如在中央礦和安頓諾夫礦（卡明斯克坑）就是用平峒（平峒口朝向伏爾加河）開拓的。蘇聯建築材料工業部所屬阿爾條莫夫斯克和頓涅茨石膏礦以及東西伯利亞的“奧羅西捷利納雅”石膏礦都是使用這種開拓方法。東西伯利亞地區的許多雲母礦和“歐爾洛夫勒格”正在轉為地下開采的露天耐火粘土礦（圖190）也都是使用平峒開拓。

豎井石門開拓法廣泛用於開拓傾斜或急傾斜的礦床、層狀礦床、脈狀礦床，也適用開拓數個礦層或多礦脈礦床。使用此法

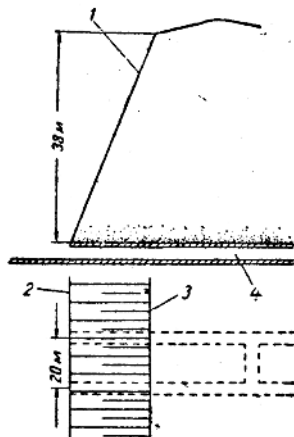


圖 190 用平峒開拓的粘土礦床

1—剝離梯段坡面；2—梯段坡底綫；3—梯段坡頂綫；4—平峒

时，一般是在矿床下盘掘进井筒，并用石門使之与矿床連通。

堅井及石門开拓法的优点是：在多数情况下不留安全矿柱，故无矿柱損失；井筒維修及支护費用低；开拓数个矿层时可以建几个生产能力較大的矿井。

堅井石門开拓法，曾用于开拓 8 米厚、傾角达 80° 的石墨矿床。

为了正确评价非金屬矿床的各种开拓法，首先必須就下列指标比較各种主要开拓巷道的优缺点：每条主要巷道的長度、断面大小、掘进費用、掘进速度以及巷道支护速度；巷道支护期間的支柱修理費用；运输費用（井筒提升、平峒及石門运输）；排水及通风費用；总开拓時間及开拓費用；安全条件及是否便于开采；安全矿柱損失以及其它因素。

为了便于比較，各种开拓方案应按比例尺繪图。

确定这个问题必須遵循第十九次党代表大会的決議，即“在各个經濟建設地区必須坚定不移地进行節約”。

从技术上来說，最合理的开拓方案中應該是：每吨矿石所摊的开拓費用和开采費用的总額最低，符合安全要求，矿石損失少，作业方便，开拓及采准時間短。

§ 3. 安全矿柱的尺寸及其图解繪制法

防止地表建筑物破坏的方法

采矿时，采空区周围岩石的平衡状态受到破坏，因此岩层开始片落，进而弯曲，最后冒落。

采空区充填之后，岩层可能停止冒落，而不会影响到地面。但有时岩层冒落也会引起地表下沉。

如果冒落的岩石体积（即崩落帶）、下沉和弯曲的岩石体积（即沉陷帶），更确切的說，这两个帶的高度小于矿床开采深度时，则岩层崩落和沉陷不致影响到地面。这个开采深度叫做安全开采深度。

为了使采空区上面的地面建筑物和主要巷道不致遭到破坏，

必須把建築物及井筒布置在地面陷落区以外，并且充填采空区，以及根据有关規程的要求留出安全矿柱。

留安全矿柱，矿石的损失往往很大。因此，重要的建筑物通常要布置在陷落区以外，或者是开采时留矿柱或充填采空区，而使岩层不陷落。

繪制陷落錐体及地表陷落边界

繪制陷落边界及陷落錐体，需划出三面投影图（图191）。

沿矿床走向及正交走向的陷落投影图，从矿床下部边界按下列角度划出：在坚硬基岩里，取 $\beta = 60 \sim 75^\circ$ ，在表土里取 $\beta_1 = 30 \sim 45^\circ$ ，在破坏的基岩里 $\beta_2 = 45 \sim 60^\circ$ 。

如果矿体倾角 α 小于（或等于）岩层陷落角 β ，则矿体与下盘的接触綫就做为矿床下盘的陷落边界。

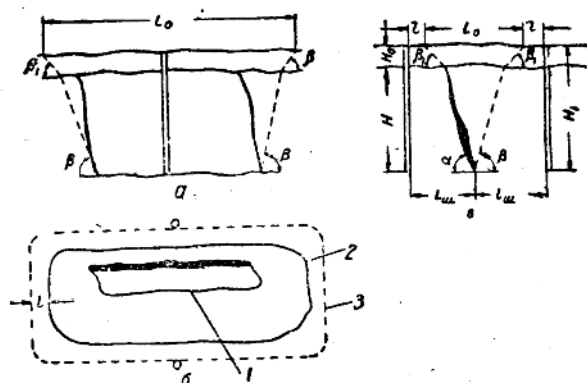


图 191 繪制陷落边界示意图

a—垂直平面投影图；b—平面图；c—正交走向断面图

1—矿体；2—地面陷落边界；3—布置建筑物的安全边界

将陷落区与地面的交綫划到平面图上，再在陷落区周圍划出20~50米的安全距离，井筒和地面建筑物可以布置在这个范围以外。如果矿床沿走向的傾角变化不一，表土厚度及矿体埋藏深

度不同，地面又不平坦，在这种情况下，繪制陷落边界平面图时，就必须繪制几个横断面图及垂直走向的陷落锥体图。

有时，也有这种情况，地面建筑物和井筒陷入陷落区以内，这是因为实际开采深度超过计划开采深度，或是岩石的稳定度比設計时所采用的稳定度小之故。所以在繪制陷落锥体之前，必須仔細研究和驗正矿床的开采深度，圍岩特征，矿体傾角以及矿床其他埋藏要素。

繪制安全矿柱的原则

下面，我們就来敘述繪制安全矿柱的一般原則。茲举井筒与矿床相交为例（图192）來說明。繪制安全矿柱边界綫的傾角和矿床沿走向的傾角（图192右侧投影图）取为：如为疏松表土层， $\beta_1=45^\circ$ ，上盘如为厚岩层， $\beta_2=70^\circ$ ，繪制矿柱下部边界綫（与走向正交的断面图中），取 $\gamma=70^\circ$ 。

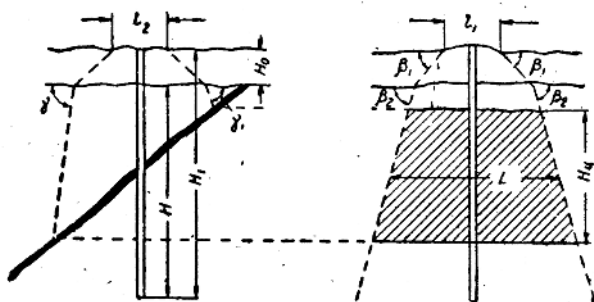


图 192 繪制安全矿柱示意图

在与走向正交的断面图中（图192左侧断面图），矿柱上部边界的傾角 γ_1 是根据矿体的傾角 α 确定的。当 $\alpha=0\sim15^\circ$ 时，取 $\gamma_1=75^\circ$ ，当 $\alpha=15\sim45^\circ$ 时，則取 $\gamma_1=75\sim45^\circ$ 。

地面上所要保护的建筑物所需的安全区，把它划成長方形。長方形两边平行矿床走向，其他两边垂直矿床走向。井筒和其他

重要建筑物所需的安全区各边均要增加 5~10 米。

建筑物保护规程（防止受采矿巷道的有害影响）由地质部批准。繪制的安全矿柱图要交矿山技术监察局批准。

复 习 題

1. 开拓矿床用那些主要巷道？
2. 非金属矿床有那些主要开拓方法？
3. 斜井开拓有那些缺点？
4. 在什么条件下使用竖井和石门开拓法？
5. 根据那些指标比較各种开拓方案？
6. 采矿时，有何方法可以防止建筑物不受破坏？
7. 若矿床倾角为 10° 或 15° ，試問在何种情况下，留矿柱（矿体厚度一致）的矿石损失最大？

作 业 題

1. 設垂直开拓深度为 150 米，矿床倾角为 30° 。矿层內掘进斜井。竖井位于下盘，距矿床露头 30 米。支护与掘进的平均速度分別为：斜井为 60 米，竖井为 50 米，石门为 80 米。試比較竖井开拓法和斜井开拓法所需的时间（解題时繪出巷道示意图）。

2. 根据上題的条件，如果表土厚 2 米，表土下部为坚硬基岩，試求井筒是否会陷入陷落区之內。

3. 矿脉厚 8 米，倾角为 60° ，竖井布置在矿床上盘，深 100 米（到与矿脉相交为止），試求安全矿柱的损失量。

4. 設有石门的竖井布置在离矿脉露头 10 米处，其他条件与第三題相同，試求安全矿柱的损失量。