

金属矿床开采

上册

北京钢铁学院

东北工学院 中南矿冶学院

昆明工学院 西安矿业学院

采矿教研组编

*

冶金工业部图书编辑室编辑 (北京猪市大街78号)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

北京印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092 1/16·印张20 3/8·字数468,000

1961年10月北京第一版·1961年12月北京第二次印刷

印数2,438—4,117·定价(10-6)2.40元

*

统一书号: 15165·926 (冶金-210)

高等学校教学用书

金属矿床开采

上册

北京钢铁学院
东北工学院 中南矿冶学院
昆明工学院 西安矿业学院
采矿教研组编



中国工业出版社

74.917
171
21

再 版 說 明

本书是原冶金工业出版社1959年出版的北京钢铁学院等五学院合編“金属矿床开采”一书的修訂再版本。本书第一版是在1957年整风运动以后，各学院师生思想认识都得到了一定提高的基础上，由北京钢铁学院、东北工学院、中南矿冶学院、昆明工学院及西安矿业学院等五学院采矿教研組根据新的教学計划共同編写的。

本书初版在內容上基本反映了各校的教学经验和現有教材的优点，并考虑到未来采矿技术干部除需要基本知识外，还应当具备一定科学研究的能力。全书共分为四篇，分上、下两册出版，上册为第一、第二两篇；下册为第三、第四两篇。第一篇、第二两篇为金属矿床地下开采的基本理論知识；第三篇对采矿工业中具有重大意义的专门問題进行了初步的闡述；第四篇为金属矿床的露天开采，扩大了过去教学大纲中所規定的露天开采部分的教学內容。

本书的編写过程是首先通过集体討論拟定了編写大纲，而后分工执笔和共同审閱，完成了初稿，先作为內部教材試用，此后根据各学院所提出的意見，进行了全面修改，于1959年底正式出版。在修改过程中，天津大学矿冶系也曾派教师参加了工作。

本书第一版出版之后，通过教学实践，发现有許多地方須要修訂。这次再版之前，由北京钢铁学院采矿教研組負責，并根据其他編写单位的意見，对原版进行了审查与修訂。本书第二版经冶金工业部教育司推荐作为高等学校矿区开采专业的教学用书。由于時間紧迫，修訂版定稿后又未来得及征求其他編者的意見，书中可能还有不妥之处，希讀者批評指正。

zk586/27



目 录

再版說明	3
緒論	5

第一篇 矿床地下开采前論

第一章 矿床的工业性质	7
§ 1. 矿石和围岩的工业性质	7
§ 2. 金属矿床的工业特性	8
§ 3. 矿石的最低工业品位和矿床的最 小工业厚度	11
第二章 矿床地下开采的一般原則	15
§ 1. 井田及阶段	15
§ 2. 矿体群的开采順序	22
§ 3. 矿床的开采步骤及儲量	24
§ 4. 矿床开采强度及矿井年产量	25
§ 5. 矿石損失及貧化	27
§ 6. 对矿床开采的基本要求	30
第三章 矿床开拓	32
§ 1. 开拓巷道	32
§ 2. 开拓方法分类	32
§ 3. 主要开拓巷道的評价	33
§ 4. 开拓方法的評述	34
§ 5. 开拓巷道类型的选择	41
§ 6. 影响主要开拓巷道位置的因素	42
§ 7. 地面和地下运输功对主要开拓巷道 位置的影响	43
§ 8. 采空区岩层移动对井筒位置的影响 及保安矿柱	47
§ 9. 副井的位置	50
§ 10. 开拓方法选择	51
§ 11. 井底車場及峒室	54
第四章 矿床采准	63
§ 1. 采准巷道和切割巷道	63
§ 2. 对矿床采准的基本要求和采准工作 量	69
§ 3. 主要水平的采准方法	70
第五章 回采工作的主要生产作业	77
§ 1. 概述	77
§ 2. 落矿	77
§ 3. 二次破碎	92
§ 4. 矿石的运搬方法	98
§ 5. 采区地压的管理	110

第二篇 地下采矿方法

第六章 地下采矿方法的分类	125
§ 1. 分类的目的与要求	125

§ 2. 分类及其依据	126
§ 3. 各种采矿法在我国及苏联使用的 比重	127

第七章 空場采矿法

§ 1. 概述	130
§ 2. 全面采矿法	130
§ 3. 房柱采矿法	133
§ 4. 上向梯段横撑支柱采矿法	141
§ 5. 下向梯段采矿法	147
§ 6. 分段采矿法	148
§ 7. 阶段矿房采矿法	158

第八章 留矿采矿法

§ 1. 概述	163
§ 2. 自回采工作面落矿的留矿采矿 法	163
§ 3. 自专用巷道中落矿的留矿采矿 法	181

第九章 充填采矿法

§ 1. 概述	188
§ 2. 水平分层充填采矿法	189
§ 3. 傾斜分层充填法	200
§ 4. 选別回采充填采矿法	204

第十章 支柱及支柱充填采矿法

§ 1. 概述	214
§ 2. 方框支柱充填法	214
§ 3. 加强横撑支柱采矿法	220
§ 4. 水平分层棚子支柱采矿法	222

第十一章 崩落采矿法

§ 1. 概述	224
§ 2. 单层回采并崩落頂板的壁式采矿 法	224
§ 3. 分层崩落采矿法	230
§ 4. 分段崩落采矿法	245
§ 5. 阶段崩落法	265

第十二章 矿柱回采与空場处理

§ 1. 矿柱回采	288
§ 2. 空場处理	313

第十三章 金属矿床地下采矿方法的

选择	317
§ 1. 正确地选择采矿方法的意义与要 求	317
§ 2. 采矿方法的选择及其影响因素	318
§ 3. 采矿方法的经济評价方法	320

緒 論

采矿业不是加工工业，是一种生产原料的工业。采矿业能供应各种工业原料，尤其是重工业所需要的原料；所以说采矿业是加工工业的基础。它所供应的有：金属矿石、燃料、建筑材料、研磨材料、绝缘材料、陶瓷和玻璃材料、盐类、矿物肥料，以及其它工业原料、工业技术材料和稀有元素等。

由上可知采矿的对象是很多种类的矿床。通常这些矿床的形状、大小及埋藏深度的变化很大，地形、水文地质和矿物岩石的物理机械性质也各不相同；又由于随着采矿过程的不断进展，工作地点经常变动，地压与地温也随之变化，因此，在不同条件下，采矿方法的变化很大，工作也相当复杂。而地下的矿石采出后，不能再生，因此要求采矿工作者即使在上述的复杂条件下，尽可能充分地回收地下资源，减少矿石损失和废石混入。随着社会主义建设的蓬勃发展，对矿石的数量和种类的需要将与日俱增；而且随着科学技术的发展，有经济价值的矿石种类将越来越多，矿石的可采品位越来越低，开采深度也会越来越深。这就说明采矿事业肩负了艰巨任务和具有远大前景。

我国的采矿事业在历史上有着光辉而巨大的成就。远在几千年前，我国就已经能开采铜、铁、金、煤等矿石。到了周代（公元前1122年），金属矿床开采已有相当发展，并开始了地下采煤。在两千年前，就能用浸析法采铜，唐代（公元809年）发明了黑色火药。元朝（公元1200年）就有了250米以上的深盐井。明时（公元1370年）已采用热力爆破法开采汞矿。

鸦片战争（1840—1842年）以后，我国的矿山为帝国主义、官僚资本主义及封建势力所操纵。那时候的矿山，设备一般都很简陋，单凭人力采矿；由于专挖富矿，破坏了矿床的整体开采。日本帝国主义者在侵占东北之后，对东北的一些大型铁矿及其它铜、铅、锌等矿进行了掠夺式的开采；其所采用的采矿方法都是极不正规的充填法和浅眼留矿法。在中南与西南地区，官僚资本家与封建把头开采铜、锡、铅、锌等矿的目的是追求最大利润；极大部分是“老鼠打洞”式的采矿，见矿就挖；虽有极少数矿山使用过浅眼留矿法，但也都不合理。

1949年全国解放后，由于党的正确领导、工人阶级的忘我劳动，我国的采矿事业获得了巨大的发展。生产技术水平有很大的提高，生产过程基本上达到机械化和半机械化。矿山的开拓方法也逐渐趋向合理。采矿方法中留矿法与分段法的采出矿量大大提高，单层回采并崩落顶板的长壁式采矿法与分层崩落法也都被采用，并且还在大力试验与推广各种深孔采矿方法。为了扩大留矿法的应用范围，试验杆柱留矿法已获得成功。横撑支柱留矿法、棚子支护留矿法等的应用，解决了采矿场片帮现象，同时也消灭了漏斗的堵塞。此外，具有高度政治觉悟的中国采矿工人在劳动组织上，作出了不少的优异成绩。近年来，广泛地实行了单人单机和单人多机的操作方法，使劳动生产率普遍有所提高。这些成就的取得，使我国采矿业面貌焕然一新，已经由解放前的落后局面，转变为拥有先进技术的国民经济的一个部门。

我国第一个五年计划期间，由于认真执行了党的鼓足干劲，力争上游，多快好省地

建設社会主义的总路綫，生产資料工业的产值平均每年增长24%。

我国采矿工人和矿山工作者在总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗的指引下，不断开展了技术革新和技术革命运动。結果使生产获得了不断的大跃进。在薄矿脉开采中，扩大留矿法的使用范围，就是其中一个例子。不断进行革新，不断总结提高和推广在大跃进中所创造的生产经验，并及时地注意进行理論上的概括工作，是进一步发展生产和采矿科学的重要任务之一。

加强学习外国的科学技术成就，首先是学习苏联和其他社会主义国家的先进经验，也是发展采矿事业的一个必要方面。最近二十年来，世界上金属采矿科学技术得到了很大的发展。在厚矿床开采中，由于各种深孔凿岩机和钻机的出現与改进，深孔落矿采矿方法已被相当广泛的采用。因此，加大了阶段高度，增大了合格矿石块度的尺寸，并应用了脉外采准布置。許多矿山以耙运巷代替了格筛巷，并使用了大容积耙斗和矿車，有些矿山簡化了底柱結構，采用了平底方案，并装設了地下破碎机等。在使用房柱法开采微傾斜和水平矿床时，采用了生产率很高的自动走行式凿岩和装車及运矿設備，使用了金属支柱、杆柱，并推广新型塑料支柱。在薄矿脉开采中，推大了留矿法的使用范围，使用长壁法开采围岩脆弱的緩傾斜矿脉，以及减小炮眼直径、使用杆柱支护、推广机械化充填等。这些新的技术方向与成就，可根据我国实际情况加以研究和应用。

正确地用数学计算方法，来解决矿业問題是上述的生产实践概括的一种形式。俄国学者波基首先应用了这种方法。苏維埃政权的胜利与社会主义計划经济的实施，更提供了必要性和可能性。現在，在用計算法解决矿业中的主要問題方面，苏联已经走在世界矿业的最前列。从1919年开始，苏联的矿山技术文献中，在金属矿床开采方面发表了許多有价值的著作；特別如有关矿床的鑑定及评价、矿床开拓問題的解决方法、露天开采深度的决定、矿山企业年产量的計算，采矿方法经济比較的分析、地压的探討、深孔落矿爆破参数的寻求、放矿理論的建立等都具有重大意义。此外关于选择矿井的位置、确定经济合理的阶段高度等著作都具有一定实际应用的价值。我国的采矿工作者也正在开展这方面的研究，并已取得一些成果。

正确的解决矿床开采問題，选择高效率的采矿方法，运用先进的劳动組織形式，改善安全及卫生工作条件等，是我国采矿工作者的迫切任务。解决这些問題，将使我国的采矿事业走向近代化。在解决金属矿床开采中任何一个問題时，都必须考虑到工作的安全、经济、劳动生产率和开采强度；同时也須要估計到工业及技术的发展。这些都是祖国的社会主义建設任务向采矿工作者提出来的要求。

为了符合我国大专院校采矿系矿区开采专业金属矿地下开采專門化的教学要求，本书根据新的教育計劃編写，亦即以金属矿地下开拓和采矿方法为主要內容，并包括了地下开采中一些特殊問題和露天开采。

从上述內容中，可知本书的任务是研究矿床的开拓方法、采矿方法、回采主要作业（落矿、运搬、支护）等理論知识。同时，为了进一步了解采矿过程中的理論知识，便于今后在实践中起指导作用，对于放矿、地压、深部开采、企业年产量等問題也作了必要的專門的論述。

“金属矿床开采”这門課程对于采矿系学生來說，是非常重要的。它几乎与采矿方面所有专业课程都有密切联系；特别是与“凿岩爆破”、“井巷掘进与支护”及“通风与安全技术”更有不可分割的关系。只有在上述課程的基础上，才能对“金属矿床开采”課程有全面的了解。通过本課程和其它有关专业课程的学习，使学生能根据党的方針政策和国民经济需要結合矿山的地质条件，及其他开采技术組織条件正确的进行設計、开采与管理矿山生产的工作。

第一篇 矿床地下开采前論

第一章 矿床的工业性质

§ 1. 矿石和围岩的工业性质

一、矿石、废石和采出矿石的概念

凡是地壳内遇到的矿物质，在现代技术经济水平下能以工业规模从其中提取国民经济所必需的金属或矿物产品的，就叫做矿石，矿床周围的岩石，以及夹在矿床中根本不含有用成分或所含有用成分过少不值得工业加工的岩石，叫做废石。在矿山企业中，矿石和废石的概念是相对的，它们决定于：1) 国家经济制度，2) 采矿和矿石加工的技术水平，3) 当地的经济和地理条件，4) 矿床埋藏条件，5) 矿床储量，6) 企业规模等等。采出的纯矿石和混入的废石之总合叫做采出矿石。

二、矿石种类——按矿物组成和矿石价值来分

按矿物组成，金属矿石可分为：

- 1) 自然金属矿石 金属以单一元素存在于矿床中的矿石叫做自然金属矿石，例如：金、铂、银、铜，除以上四种金属外，能达到工业含量的自然金属矿石很少；
- 2) 氧化矿石 在矿床上部常见的有氧化物、碳酸盐及硫酸盐 (Fe_2O_3 , $2\text{FeO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, Fe_3O_4 , ZnO , MnO_2 , Cu_2O , PbCO_3)；
- 3) 硫化矿石 (CuFeS_2 , PtS , ZnS , Sb_2S_3 , MoS_2 等)；
- 4) 混合矿石 前三种矿石的混合物。

矿石按其所含金属的价值可分为：高价矿；中价矿；低价矿。例如贵金属的金属矿石（锡矿石等）为高价矿，而铜矿石、铁矿石等则为中价矿和低价矿。矿石按其品位高低又可分为：富矿；中矿；贫矿。

三、矿石和围岩的性质

矿石和围岩的性质中，对矿床开采有很大影响的有：矿石的结块性、氧化性、自燃性、含水性、硬度以及矿石与围岩的稳固性。

结块性 采下来的矿石如含有粘土、滑石及其他有粘性的微粒时，受湿及受压后在一定的时间内就能结成整块，这种使碎矿石结成整块的性质就是结块性。某些重硫化矿石（磁黄铁矿）遇水时，即使没有细而粘的物质，由于矿石表面氧化，形成硫酸盐薄膜，也具有结块性。结块性对于放矿、装矿、运搬及运输矿石等都会造成困难。

氧化性 硫化矿石受水和空气的作用变为氧化矿石。采下来的硫化矿石如在地下或地面储存过久，就会氧化；矿石氧化能降低选矿回收指标。

自燃性 含硫在18~20%以上的硫化矿石具有自燃性。硫化矿石吸附氧气并氧化，在氧化过程中放热，如和采空区的碎矿石及木料发生作用，形成热源经一定时间后温度升高会引起地下火灾。

硫化矿石的这些特性对选择采矿方法提出使用充填法的要求，从预防的观点来说，用水砂充填最为合理。

含水性 矿石的含水性是矿石吸入和保持水分的性质，它随着矿石孔隙度和节理而变。

矿石的含水性对于落矿、运输和运输矿石，以及箕斗提升、矿仓储存和矿车转运等有很大影响。

碎胀系数 采下矿石的体积与它在原矿体中的体积之比叫做碎胀系数。根据采下矿石的块度和形状的不同，碎胀系数平均为1.4~1.6；但装入容器中的矿石，由于各碎块之间的空隙很大，碎胀系数常增加到1.8~2。

硬度 在采矿工业中，矿石或岩石的坚硬度，通常叫做硬度，本书仍采用这一名词，最早的硬度分类，是苏联学者波基所拟定的，他分岩石（矿石）为松散的，软的，脆的，坚硬的与最坚硬的五类。目前常用的硬度分类是苏联学者普洛托吉雅科诺夫的分类法，即根据矿石或岩石的极限抗压强度，将其分为20类，用普氏硬度系数（f）来表示。

稳固性 矿石和围岩的稳固性，是在一定的暴露面下和一定的时间内不崩落的性能。

矿石和围岩按稳固程度可分为：

1. 极不稳固的岩石，这种岩石在开采过程中，顶板和两帮不能有露出面，需要立即进行支撑。通常在断层破碎带，流沙，含饱和水的松散岩石中全呈现出这种现象。

2. 不稳固的岩石，开采时顶板和二帮可以有不大的露出面，但必须随着回采工作推进直接用坚固的支撑物支撑。

3. 中等稳固的岩石，开采时顶板和两帮可以有相当大的暴露面，并且不须要随着回采工作面的推进而立即加以支撑，而是经过一定时间之后才需支撑。

4. 稳固的岩石，开采时顶板和两帮可以有很大的暴露面，一般不须支护，在极个别地方要支护。

5. 极稳固的岩石，开采时顶板和两帮能有很大暴露面积，并在长时间内不会冒落。

稳固性目前尚无一标准尺度来衡量，是随着暴露面积大小和时间长短相对而言的，特别对某一具体矿山来说，岩石可能属于中等稳固，但矿山为了使用上的方便，从中还分成稳固或不稳固的。因此，在本课程学习中希望注意矿石和围岩稳固的相对性。

矿石和岩石的稳固性是带有条件的。很硬的岩石如节理发达亦不允许大的暴露面；软的和中等硬度的岩石，如具有粘性和完整性，在相同的暴露面下，虽没有支护，也能维持很长时间而不崩落。

节理的方向和岩石的含水性对顶板的稳固性有很大的影响，尤其是当节理方向与顶板平行时，对于稳固性更为不利。

§ 2. 金属矿床的工业特性

一、金属矿床、工业矿床与非工业矿床的概念

金属矿床 在地质作用下地壳中形成的金属矿物自然聚积体叫做金属矿床。

工业矿床和非工业矿床 根据矿山地质条件、经济地理条件和目前技术水平，在经济上适于开采的矿床叫做工业矿床，否则，就叫非工业矿床。

二、金属矿床分类

矿床的形状、厚度和倾角对于采矿方法选择有重要影响。

1. 按矿床形状金属矿床可分为：

1) 层状矿床 它们多数是由沉积生成的，且常为地质堆积的组成部分；这些矿床埋藏在堆积层中，在层位上与堆积层有联系。通常其分布面积较大，形状和埋藏条件稳定（图1），其中有用成分的组成及含量比较均匀。庞家堡铁矿床可做为层状矿床的例子。



图1 层状矿床

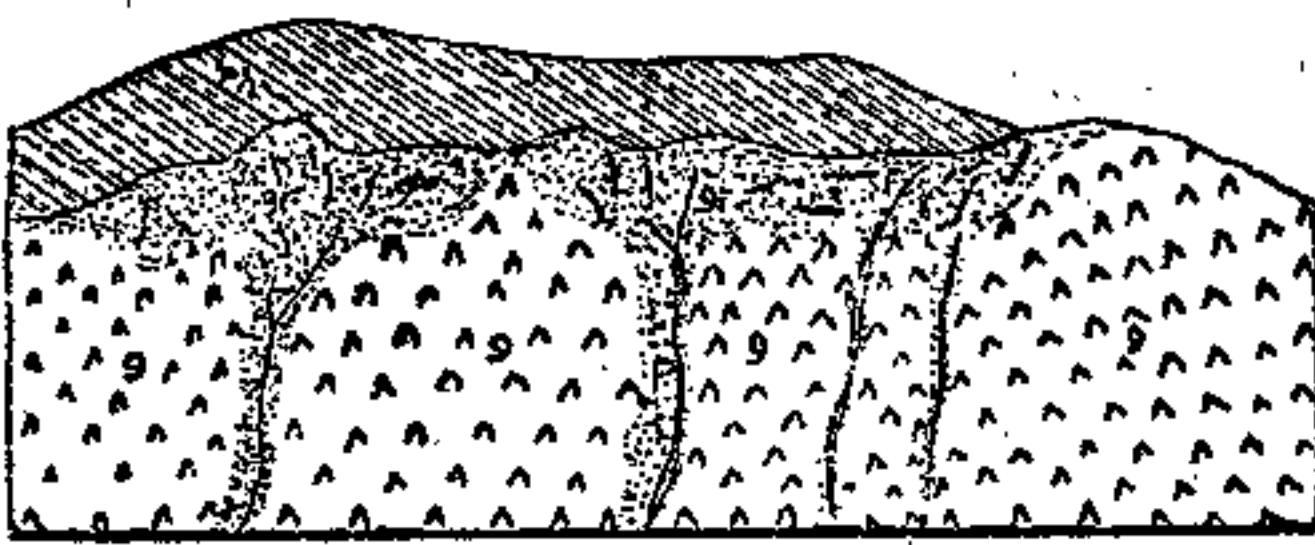


图2 矿脉

9—花岗岩；Pb—千枚岩；qr—云英岩；P—伟晶岩式石英脉
含锡及锡钨铁矿

2) 矿脉 这种矿床主要是由热液作用和气化作用将矿物质充填于地壳裂缝而成。脉状矿床的特点是它们的埋藏不定和有用成分含量不均。贵重金属、稀有金属和有色金属矿床常以矿脉形状赋存（图2）。

3) 块状矿床 这种矿床大小不一，形状呈不规则的透镜状矿体、矿巢和矿株；一般和围岩无明显界限。它们是由充填、交代、熔离及气化等作用生成的。有色金属矿床（铜、铅等）常以块状矿床赋存，图3所示铅锌矿床即其一例。

2. 按厚度金属矿床可分为：

1) 极薄的——厚度在0.7

~0.8米以下，当回采这种矿床时，为了在工作面创造正常的工作条件。常需要开凿围岩。

2) 薄的——厚度为0.8~2.0米，仅在矿床中掘进采准巷道时才开凿围岩。

3) 中厚的——厚度为2~5米的矿床。在这种矿床中掘进采准巷时，不须开凿围岩；中厚矿床的上限（5米）是表示在采掘矿石时，可能应用人工支柱的最大限度。

4) 厚的——厚度从5到15~20米，急倾斜矿床可以用沿走向布置的采区开采。

5) 极厚的——厚度大于15~20米，通常按照地压管理条件，需要以垂直走向布置的采区开采，这些采区（矿房）是用垂直走向布置的矿柱分开。如果矿床厚度大于40~50米，还要用沿走向布置的矿柱把矿床分开。

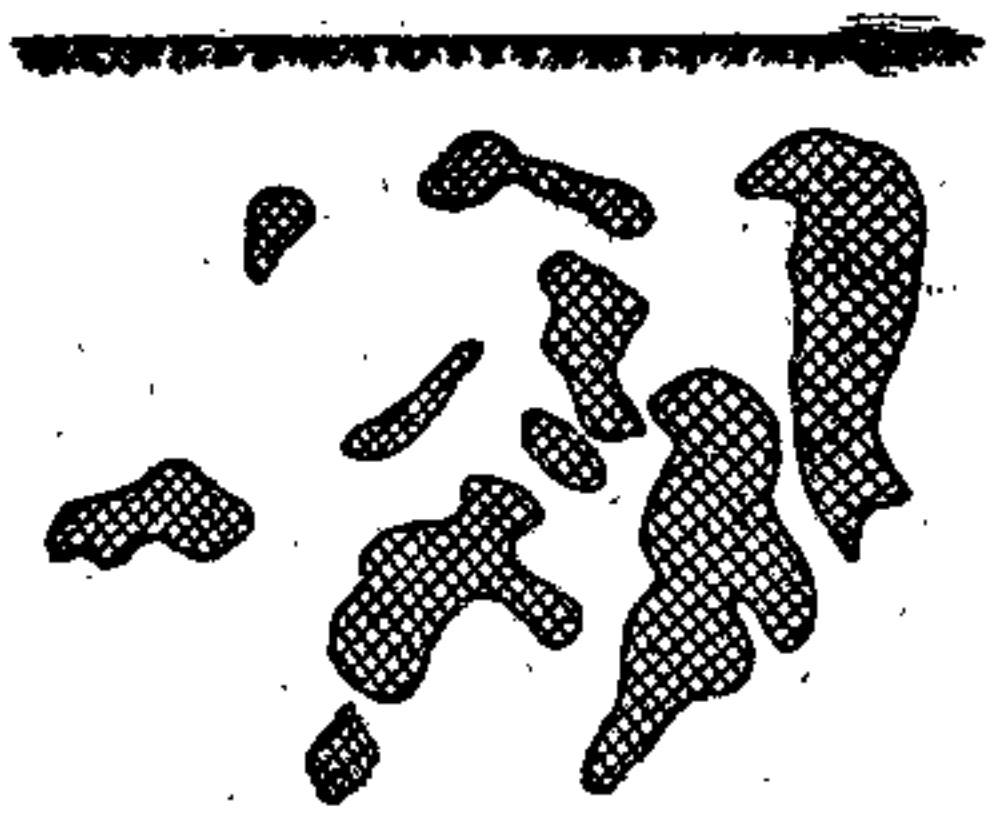


图3 块状矿床

这种分法是一个较通用的标准，而实际上，厚和薄也是相对的。某一矿山其矿体厚度可能都处于中厚状态，但为了使用上的方便，按照该矿山的生产特点，往往还有自己的厚和薄的标准。

矿床的厚度：矿床的厚度可分为水平厚度和垂直厚度，倾斜和急倾斜矿床通常用水平厚度或垂直厚度表示；而水平和缓倾斜矿床用垂直厚度表示。

3. 按倾角矿床可分为：

- 1) 水平的，倾角在 $0^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 之间；
- 2) 缓倾斜的，倾角从 3° 到 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，需要用电耙或运输机运搬矿石；其中倾角为 $3^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 者又称为微倾斜；
- 3) 倾斜的，倾角为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ，可利用溜槽、溜板及其它设备借自重运搬矿石；
- 4) 急倾斜的，倾角大于 45° ，可用自重运搬矿石。

某些矿体在走向方向上有偏斜，它的偏斜面与垂直面所成的角度叫做偏角；偏角的大小影响开采方法及开拓巷道位置的选择。

三、影响开采方法的金属矿床特性

对开采方法有重大影响的金属矿床特性如下：

1) 矿床埋藏要素和形状不定：金属矿床的特性之一是厚度不定。在同一矿床，尤其是脉状矿床，不同区段的厚度常不同，有的胀大，有的缩小。

很多金属矿床在同一区段内倾角发生很大的变化，当倾角变化很大时，就要改变采矿场的矿石运搬条件，因而影响所用的采矿方法。

金属矿床的形状不定，常使开采工作复杂化（图4）。

2) 矿石和围岩的硬度较大：大多数金属矿床具有这样特性，因而需要用凿岩爆破工作崩落矿石和岩石。

3) 矿物组成和有用成分的品位变化很大：金属矿床不仅在整个矿床范围内矿石的组成常有很大的变化，甚至在个别区段，沿走向，厚度或深度，矿石的组成也常有变化。

在矿床的工业矿石层里，有时埋藏有非工业矿石的区段和夹层，甚至废石；在这些情况下，按矿体的区段或按层分别开采矿石，可能是合理的。

4) 带状分布：有色金属矿床有时具有明显的带状分布。例如某些矿床中可分两带，每带又分两部分。

(1) 氧化带，其中埋藏着氧化矿石。在这个带里又分两部分：上部分是靠近地面的矿床露头，常出现“铁帽”，存在着氧化物，而其中可溶矿物多被浸析掉了。

下部分是以自然金属，金属氧化物和碳酸盐的形式所沉积的矿床。

(2) 硫化带，其中也分为两部分，它与氧化带的分界是地下水水面。

上部分由于氧化物的二次沉积，生成最富的硫化矿床。

下部分是硫化带的最低部，它是原生的硫化矿石，一般是较贫的。

上述各层的界线常不明显，若要采出矿石满足质量规定的要求，则采掘过程将更加复杂。

加混合采掘氧化矿和硫化矿，则将增加加工费用，降低金属回收率。在这种情况下，为了尽量回收矿石中所含的有用成分，常将矿石分采和分运。

5) 矿床埋藏的破坏(图5): 断层、穿入矿体的交错岩脉、各种构造破坏、压碎、沿走向和倾斜的断裂等, 常使矿床勘探和开采工作变得复杂。



图4 形状不规则的矿床

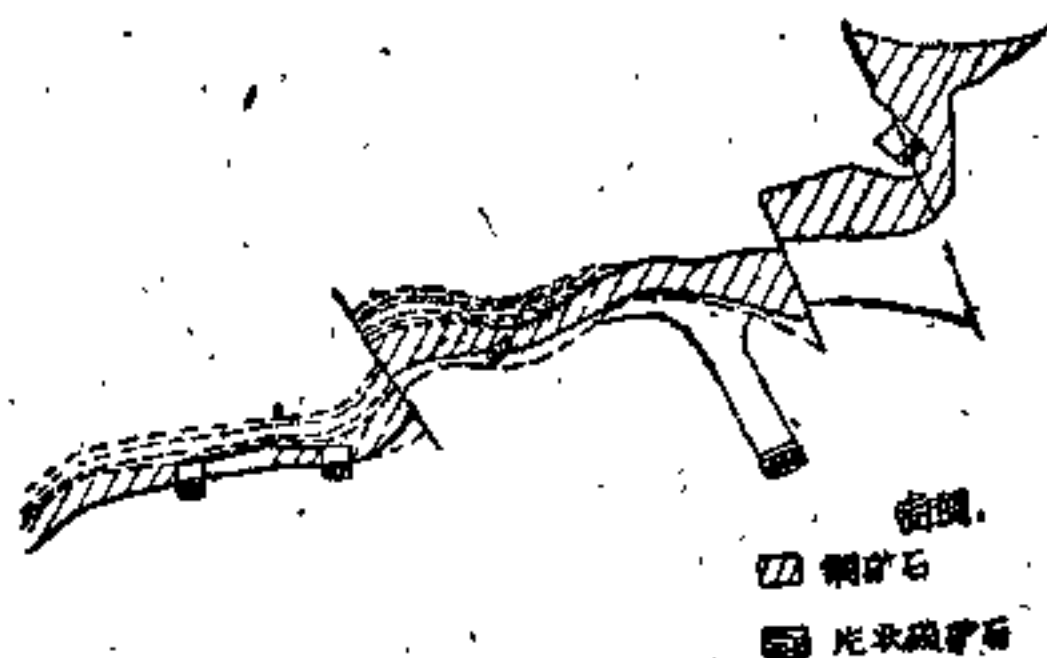


图5 破坏很剧烈的矿床

6) 矿床的含水性: 由矿床涌水量决定排水设备的能力, 辅助措施及排水费用。含水的碎矿石, 在回采工作面及矿石溜子中容易解决, 这时就必须选用适当的采矿方法。

大的含水性将引起某些矿石和岩石的膨胀和滑落, 减少其中巷道的稳固性。围岩的含水使其稳固性降低, 而裂缝网的形成又提高了矿山涌水量。

§ 3. 矿石的最低工业品位和矿床的最小工业厚度

一、矿石的最低工业品位

1. 矿石最低工业品位的概念:

矿石中某种有用成分含量, 或者几种有用成分含量的总和如低于最低限度时, 则这种矿石就成为非工业矿石, 亦即在经济上没有(或暂时没有)利用价值的矿石; 这种最低限度叫做最低工业品位。最低限度的标准, 从经济上可以是这样的含量: 即从矿石中提出有用成分的价值仅能抵补开采、加工所消耗的费用。由此可见, 矿床中矿石的最低工业品位取决于采掘、加工及提取有用成分的费用, 也就是取决于技术经济因素。

对最低工业品位实际上影响因素很多, 矿床的地理分布、生产技术、地方经济和国家对该矿石的需要程度等。在每个具体条件下, 最低工业品位应考虑全部影响因素来决定。

矿石的最低工业品位与矿体的边界品位不完全相同, 边界品位系指矿体边界上矿石的最低品位而言, 即低于此品位的矿石, 在圈定矿体可采范围时, 一律不计算在内。但有时为了不至于把矿体分割成零星矿段, 可将边界品位降低或提高(整体的或局部的), 以便获得完整的矿体。但其所圈定的矿体中, 矿石的平均品位不应低于最低工业品位。

2. 决定最低工业品位的方法:

最低工业品位, 是根据前述的标准(见第一章)加以确定的。确定时, 有时也根据当时有关指标, 取得的难易及指标的可靠性, 用下列方法进行适当的比较, 以作为决定最低工业品位参考因素之一。其方法如下:

1) 分析法——分析法是用矿石最终产品价格求出矿石的最低工业品位。此法不能考虑国家对该金属的需要及原料基地的情况, 只限于概略的校核, 在解决实际问题时不采用。

2) 方案法——根据矿床的具体条件首先拟定出几个方案, 并算出各个方案的经济

指标, 经过分析得出最优的方案。

方案法步骤如下:

(1) 根据已有的基础资料拟出几个最低工业品位的数值 (最多不超过4~5个);

(2) 按各方案圈定矿体界限, 确定矿石储量及金属平均含量; 初步拟订各个方案的开拓及采矿方法、生产能力、存在年限及达到设计能力的期限;

(3) 计算各方案最终产品的成本 (列成表格) 及金属回收量;

(4) 根据国民经济利益 (原料的合理利用, 技术可能性, 成本, 等等) 全面地分析各方案, 最后确定一个合理的最低工业品位。

例题: 有一品位逐渐变化的矿床, 所拟定的最低工业品位为0.9, 0.8, 0.6, 0.4 (百分数), 圈定矿体的矿石储量、矿体平均品位以及初步选用开拓及采矿方法后, 所算出的其他指标列在表1中。

矿石最低工业品位的确定^①

表1

号数	主要指标	方 案			
		1	2	3	4
1	最低工业品位, %	0.9	0.8	0.6	0.4
2	矿石的工业储量, 千吨	3,000	4,000	4,500	12,000
3	矿石中金属平均品位, %	1.0	0.95	0.74	0.44
4	金属储量, 吨	30,000	38,000	48,000	53,000
5	回收金属量, 吨	27,000	30,000	38,000	37,900
6	1吨金属成本, 元	5,000	5,200	4,900	7,000
7	1吨矿石基建投资, 元	12	11	10	8
8	1吨金属基建投资, 元	6,000	6,500	7,500	9,000
9	矿石年产量, 千吨	250	300	400	600
10	企业存在年限, 年	14	16	19	24
11	金属年产量, 吨	2,250	2,300	2,350	1,900
12	达到设计产量年限, 年	2	2.3	3	4

① 表内数字只作说明问题之用。

各方案的分析:

1) 从表1中可以看出第4方案的矿石工业储量与金属储量虽比第3方案多, 但回收金属量和金属年产量却比第3方案的少;

2) 1吨金属成本第3方案最低, 第4方案最高;

3) 1吨金属的基建投资第4方案最高, 第3方案次之;

4) 达到设计产量的年限也是第4方案最高, 第3方案次之。

以上分析的数据所制成的图表如图6所示。

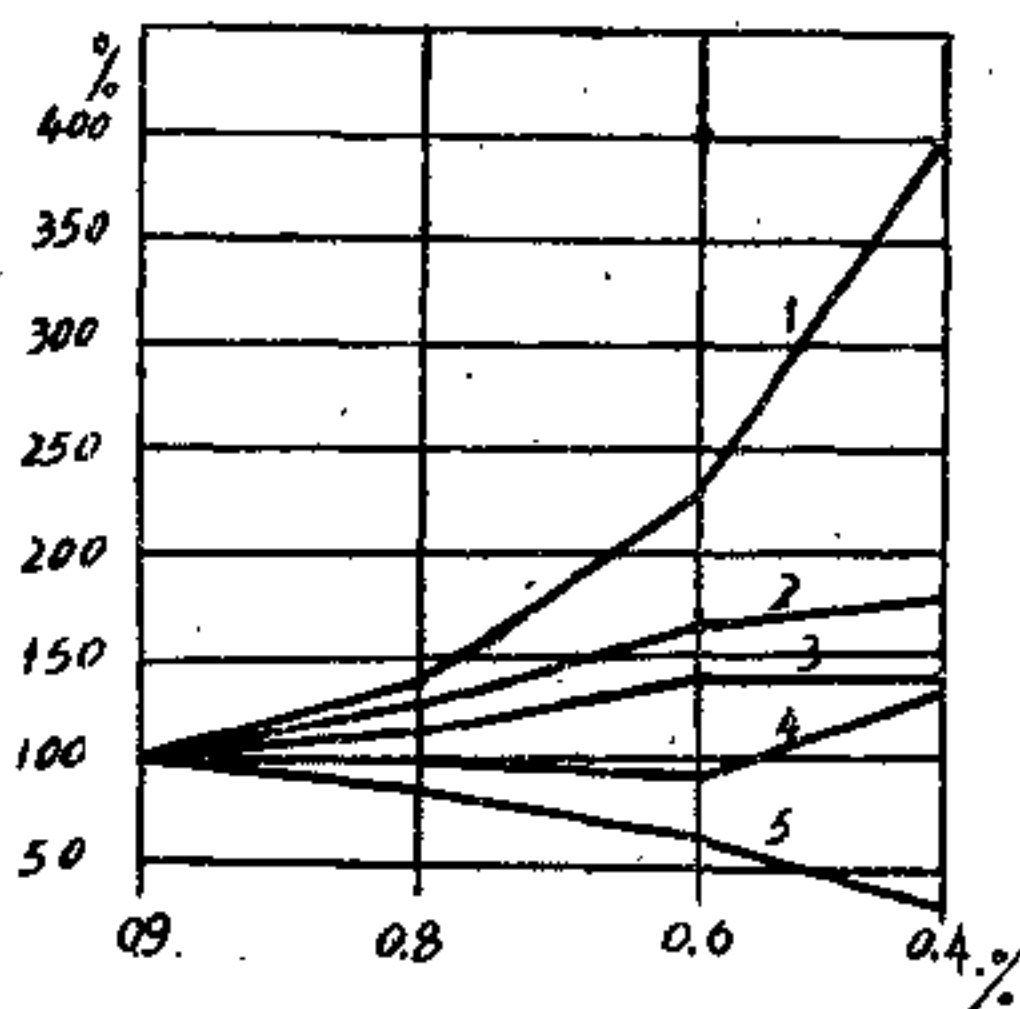


图6 最低工业品位方案比较图

1—矿石的工业储量; 2—金属储量; 3—回收金属量;
4—1吨金属成本; 5—矿石中金属平均品位

从总的分析结果看出第3方案最优。

当圈定和计算各方案的储量时，必须考虑开采条件。

二、矿床的最小工业厚度

1. 混合回采、选别回采及最小工业厚度的概念：

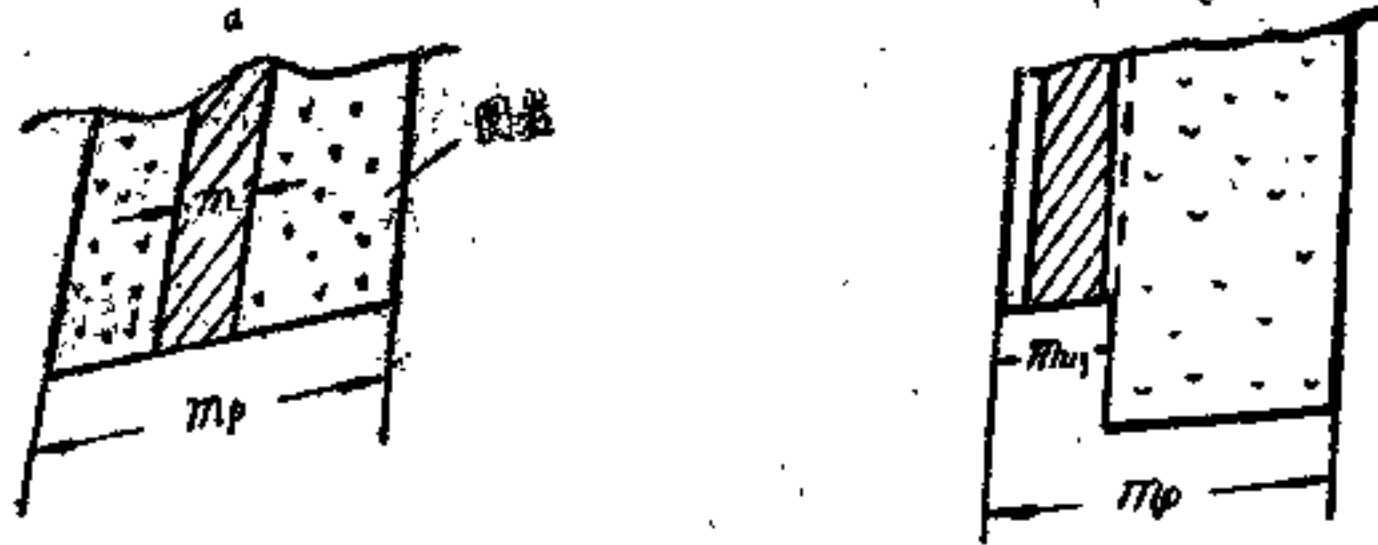


图7 薄矿脉回采方式

a—混合回采； b—选别回采

混合回采——混合回采是在工作面上同时崩落矿石和围岩（图7a）。常用混合回采法开采贫矿中夹有富层的厚矿床，在采掘时不把贫、富矿分开。当采矿的技术条件或经济条件不适于选别回采时，也常用混合回采开采极薄矿脉。

选别回采——选别回采是在工作面上分别开采矿脉与围岩，或把埋藏在一起的各种有用矿产分别采出（图7b）。选别回采用于产量小而矿石富的矿山，常留下贫矿不采。选别回采也用于贵重金属矿石极薄矿脉的开采。

最小工业厚度——当开采极薄矿脉时（厚度小于0.7~0.8米）常使用混合回采或选别回采的方法。由于凿岩爆破技术条件的限制，无论使用混合回采或选别回采都要与矿石同时采下一定数量的围岩来。采下矿石的品位，决定于矿脉品位的高低和厚度的大小。当矿脉的品位一定时，采下矿石的品位随矿脉厚度大小而增减。当矿脉厚度刚好使采下矿石的品位满足最低工业品位的要求，这种矿脉厚度叫作最小工业厚度。

2. 最小工业厚度的确定

1) 混合回采

(1) 围岩不含品位时：

$$am\gamma_1 = a'm_p\gamma_2$$

则

$$a' = \frac{am\gamma_1}{m_p\gamma_2}$$

式中 m_p ——采幅宽度，米； γ_1 ——矿脉容重，吨/米³；
 m ——矿脉厚度，米； γ_2 ——采下矿石容重，吨/米³；
 a ——矿脉品位，%； a' ——采下矿石品位，%。

但采下矿石的品位不应小于所定的最低工业品位（ a_M ）即

$$a_M \leq \frac{am\gamma_1}{m_p\gamma_2}$$

如 $a_M = \frac{am\gamma_1}{m_p\gamma_2}$ ，则 m 就是最小工业厚度（ m_M ）

$$m_M = \frac{a_M m_p \gamma_2}{a \gamma_1} \quad (1)$$

亦即，当混合回采时，矿脉厚度不应小于 m_M ，否则就应当选别回采。

(2) 围岩含有品位时：

$$\alpha' m_p \gamma_2 = \alpha m \gamma_1 + \alpha_0 (m_p - m) \gamma_3$$

则

$$\alpha' = \frac{\alpha m \gamma_1 + \alpha_0 (m_p - m) \gamma_3}{m_p \gamma_2}$$

式中 α_0 —— 围岩的品位，%； γ_3 —— 围岩的容重，吨/米³。

同理

$$\alpha_M = \frac{\alpha m \gamma_1 + \alpha_0 (m_p - m) \gamma_3}{m_p \gamma_2}$$

则

$$m_M = \frac{(\alpha_M \gamma_2 - \alpha_0 \gamma_3) m_p}{\alpha \gamma_1 - \alpha_0 \gamma_3} \quad (2)$$

2) 选别回采

最小工业厚度 (m_M) 的求法与使用混合回采时相同，只是将采幅宽度 m_p 改为回采沟的宽度 (m_{III}) 即可。

(1) 围岩不含品位时：

$$m_M = \frac{\alpha_M m_{III} \gamma_2}{\alpha \gamma_1} \quad (3)$$

(2) 围岩含品位时：

$$m_M = \frac{(\alpha_M \gamma_2 - \alpha_0 \gamma_3) m_{III}}{\alpha \gamma_1 - \alpha_0 \gamma_3} \quad (4)$$

从上面可以看出，其他条件相同时，选别回采的最小工业厚度比混合回采的最小工业厚度小；同时，采下矿石的运输费和加工费也小；最低工业品位在选别回采时比混合回采时要低，开采矿脉的厚度也就更小了。由以上可以看出选别回采的优点很多，在开采贵重金属的极薄矿脉时，应尽量使用选别回采。但选别回采的回采劳动生产率低和采矿强度小，因此在现场中对容易在地面选矿的矿石，使用混合回采的仍占多数。

分采或混采，应当按单位精矿量所消耗的劳动量最低，以及精矿的成本来考虑。

我国某钨矿经验认为，0.3~0.4米厚度大致可作为分采和混采的界限。愈薄则愈有利于分采。对分枝和复杂的矿脉，以及接触面不明的矿脉，则不利于分采。当矿石和围岩在颜色及比重上易于识别时，工作面容易手选。手选的成本低。手选出的废石不易带出精矿粉末，则有利于混采。当运输距离近，运输费用小，多使用混采。对于贵重金属的极薄矿脉来说，分采比混采的损失和贫化要少。若其他条件适合，应尽量考虑分采，如使用选别回采的充填采矿法，要比使用混采的留矿法的损失和贫化少。但同时也必须考虑采矿强度。当分采的强度小而不能完成任务时，则混采合适。

参考文献

1. Р. П. Каплунов 等著：Подземная разработка рудных и россыпных месторождений. Металлургиздат, 1955.
2. 朱熙人等：矿床学，地质出版社，1955年。
3. 戈格杰茨基著：矿山企业设计原理，冶金工业出版社，1958年。
4. 鞍山黑色矿山设计院著：黑色金属采矿设计手册，冶金工业出版社，1959年。

第二章 矿床地下开采的一般原则

§ 1. 井田及阶段

一、井 田

1. 井田概念

划規一个矿山开采的矿床或其一部分叫做矿田。划規一个矿井开采的矿床或其一部分，叫做井田。一个矿山可能包括一个或几个生产矿井（或坑口），前者矿田即等于井田，后者矿田包括几个井田（图8）。

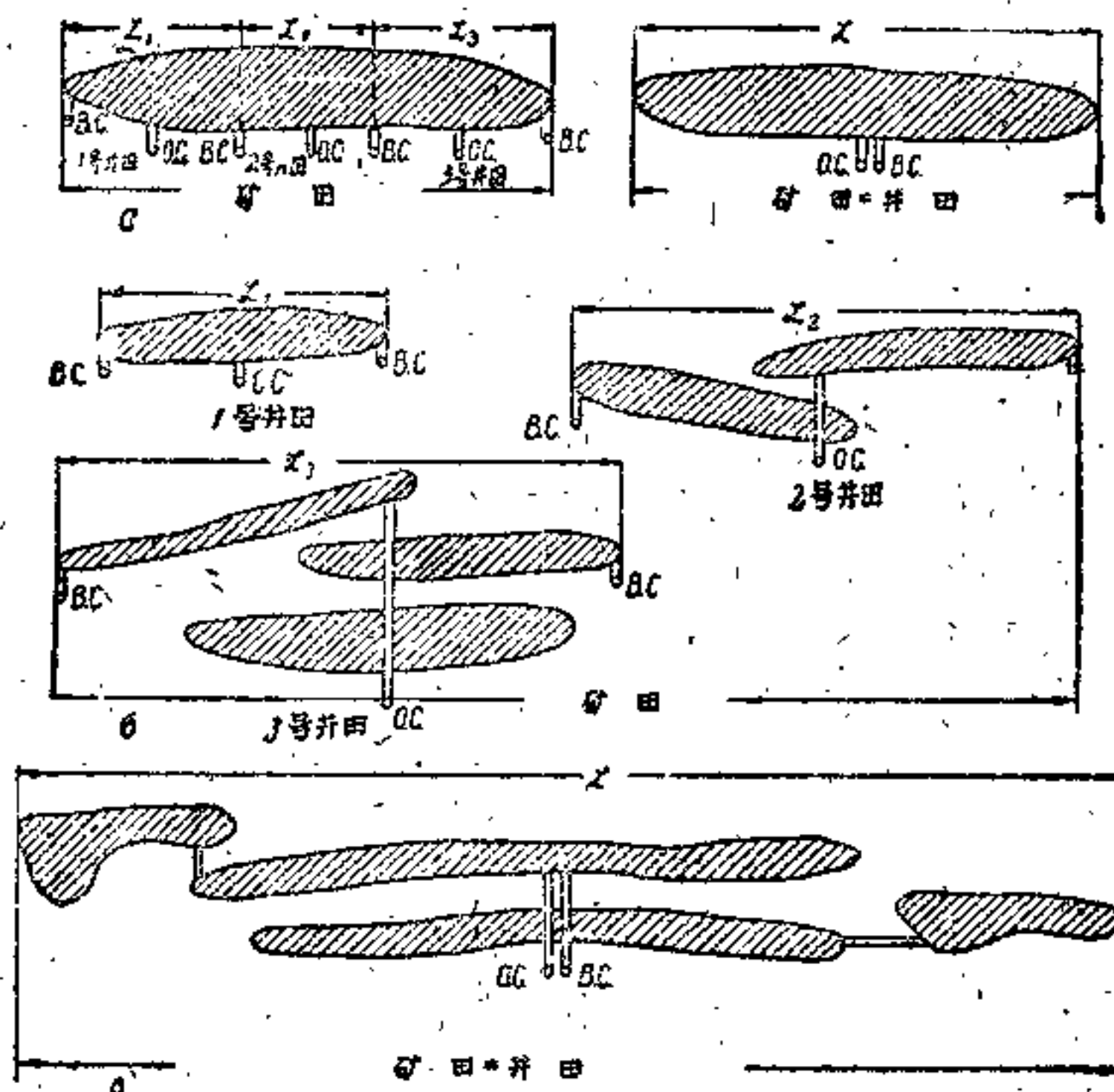


图8 井 田

L, L_1, L_2 和 L_3 —井田长度； a —一个矿体的矿床； a 和 B —几个矿体的矿床； O, C —主井筒； B, C —副井筒

包括几个矿体的矿床，可用一个或几个井田开采。后者用在互相分散的矿体群中，这时，如掘进連絡巷道用一个井田开采，则经济上不合理，开拓时间也可能长。

当各矿体距离较近时，则用一个井田开采矿体群。

在实际上，也有在矿床上部用几个井田开采，而在矿床下部为减少井筒用一个井田开采的。

2. 井田大小及其尺寸决定的原则

用下列方式表明井田尺寸:

对水平和缓倾斜矿床用 L 表明矿床长度, 用 B 表明矿床宽度 (图9)。

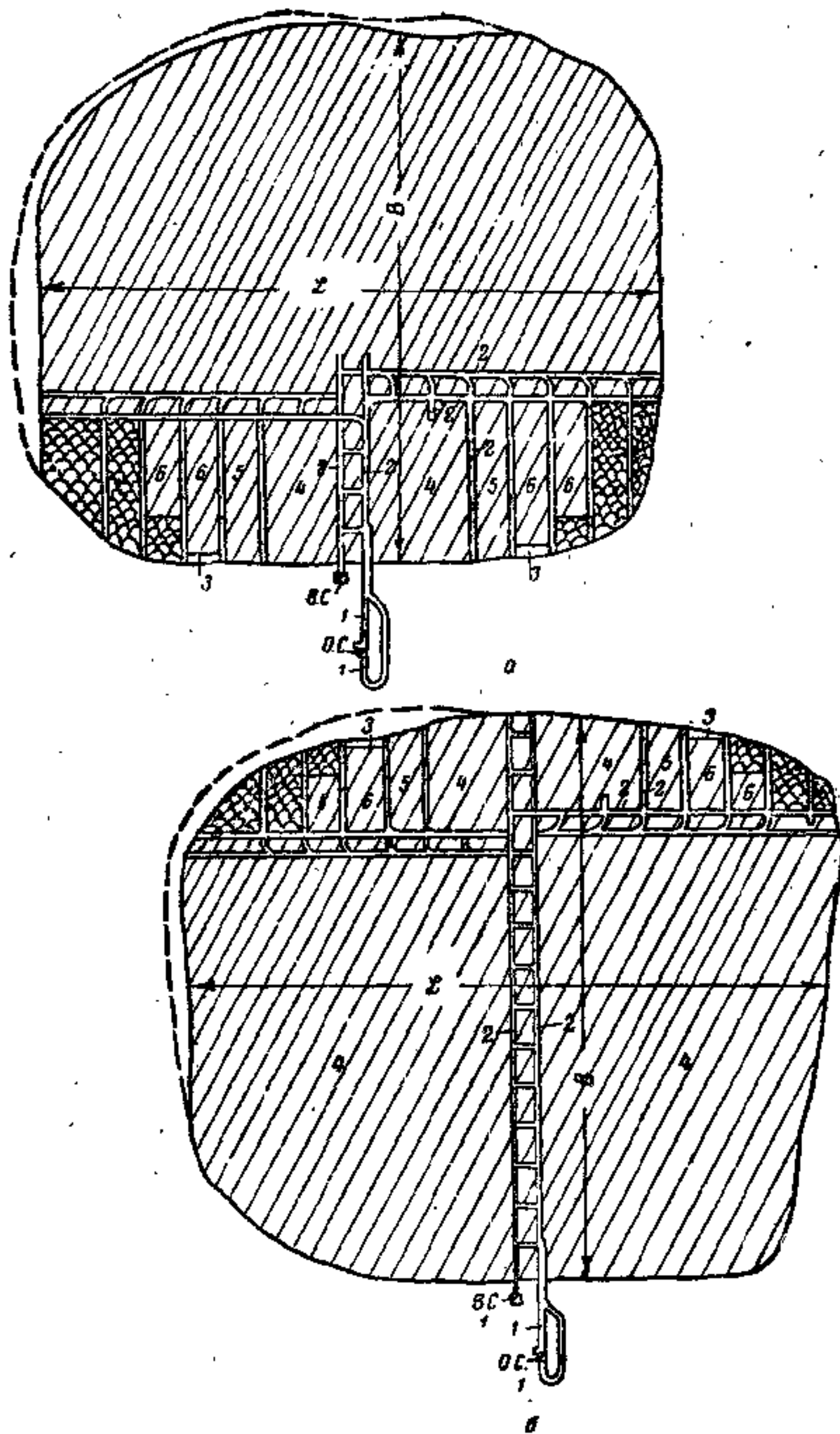


图9 水平矿床的开采步骤 (图例同图10)

对倾斜和急倾斜矿床用 L 表示矿床长度, 用沿倾斜尺寸 H 或垂直尺寸 H_{rp} 表明矿床开采深度 (图10)。

沿走向长度为1000~1500米及深度延伸到500~600米的矿床通常用一个井田开采;