

第一篇

现代矿床开拓新技术

第一章 现代矿床开拓概述

第一节 矿床开拓的基本概念

开采地下金属矿床时,必须先从地表掘进一系列井巷到达矿体,以建立地表与矿体之间运行人员、设备、材料,以及运送矿石和废石的通路,为进行采掘创造条件,并在这些通路上形成一整套独立完整的提升、运输、通风、排水、供电、供水、供风等系统。这些工程的综合称为矿床开拓。

为开拓矿床而掘进的井巷称为开拓巷道。开拓巷道种类繁多,一般使用的有平硐、竖井、斜井、斜坡道、井底车场、石门、阶段运输平巷、溜矿井、充填井等,并在井底车场范围内设置有各种用途的硐室。

平硐:如图 1-1-1 中的 12,又称平窿,它是具有一端通达地表出口的水平巷道,铺设运输线路,有 3~7‰ 的坡度,以利列车和水流运行。平硐与隧道的区别在于后者具有两端通达地表的出口。

竖井:是指其轴向与水平面相垂直的,供提升矿石、废石、人员、设备、材料用的主要巷道。按其提升容器类型分罐笼井、箕斗井和混合井;按其地表有无出口分明竖井和盲竖井。

斜井:是指其轴向与水平面成一定倾角的主要巷道,其功能与竖井相同。斜井内铺设运输线路。根据提升容器的类型分串车斜井和箕斗斜井;根据地表有无出口分明斜井和盲斜井。

竖井和斜井总称为井筒。作提升用井筒其井口都设有提升装置;作通风用井筒,其

井口都设有通风装置。

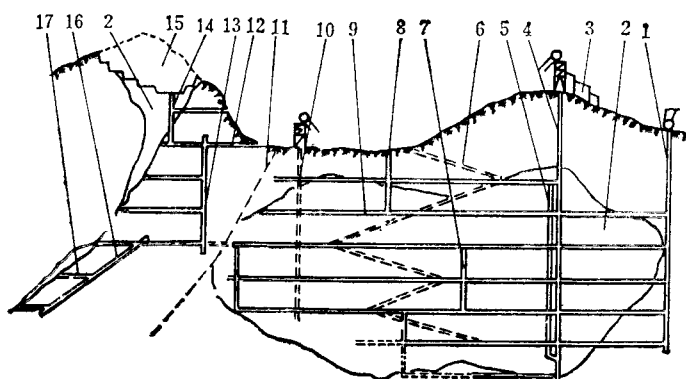


图 1-1-1 开拓巷道名称示意图

- 1—风井 2—矿体 3—选矿厂 4—箕斗提升井 5—主溜井 6—斜坡道 7—溜井；
8—充填井 9—阶段运输巷道 10—副井 11—大断层 12—主平硐；
13—盲竖井 14—溜井 15—露天采矿场 16—盲斜井 17—石门

斜坡道：它也是具有直通地表出口的倾斜巷道。斜坡道主要供运行无轨设备及安装胶带运输机使用，不铺设轨道，坡度小，方向变换灵活。

井底车场：它是井筒与阶段运输巷道连接处各种运输线路和硐室的总称，是连接井下运输和井筒提升的枢纽。在井底车场范围内除一般铺设储车线、行车线、调车线之外，还设置有水泵房、变电所、调度室、修理库等硐室。

石门和阶段运输平巷：又统称阶段运输巷道，它们开在阶段水平内。由井底车场通到矿体的一段，掘在岩内中，称为石门；接着石门沿走向通到矿体两端井田边界，称为阶段运输平巷；垂直走向掘进时，称为阶段运输横巷。这些巷道主要是供运输及通风用。

溜矿井：是专用于溜放矿石的井筒，常常垂直或急倾斜布置。

充填井：是专用于下放充填料的井筒，也往往垂直或急倾斜布置。

这些井巷中，凡属于用来运输、提升矿石，不管有无地表出口，如主平硐、提升井筒、主斜坡道、盲竖井、盲斜井等，均称为主要开拓巷道；而其它开拓巷道，如通风井、溜矿井、充填井、井底车场、阶段运输巷道等，在开采矿床时只起辅助开拓作用，则称为辅助开拓巷道。

为开拓矿床，而在一定空间内所布置的主要开拓巷道和辅助开拓巷道体系，称为矿床的开拓系统。一个独立、完整的开拓系统应能在井田范围内实现运输、提升、通风、排水、供电、供风、供水及行人等全部目的，并至少有两个独立的通地表的安全出口。

图 1-1-2 为竖井开拓系统图示例。它在井田中央布置主、副井，两翼布置通风井；

通过井底车场、石门、阶段运输平巷,建立起地表与矿体之间的联系。矿石通过溜井下放至破碎硐室,转经箕斗提升至地表;人员、材料、设备及废石提升则通过副井运行。全井田通风采用对角式通风系统,由副井进风,两翼风井出风。井底车场起着连接竖井提升和阶段运输之间的交通枢纽作用。

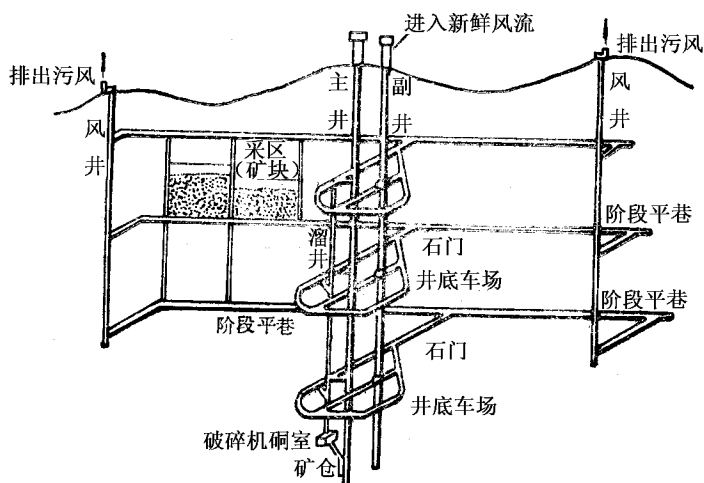


图 1-1-2 竖井开拓系统立体图

完成这套开拓系统的整个工程,称为开拓工程。选用何种类型的主要开拓巷道进行开拓及开拓巷道在矿床内的布置方法,称为开拓方法。

第二节 矿床开拓方法分类

矿床开拓方法,既包含选择主要开拓巷道的类型,又包括对选定的主要开拓巷道在矿床内进行合理的布置。因此,设定主要开拓巷道在矿床开拓中就显得极为重要。设定得正确与否,不仅直接影响到矿井的生产能力和生产的安全,而且还直接影响到开拓工程量、基建投资以及矿井的建设期限。

矿床开拓方法一般是依照所选用的主要开拓巷道类型来命名的。由于矿床赋存条件的多样性、地表地形条件的复杂性,能被用来选择的矿床开拓方法的种类很多,其中有一些随着采矿技术的发展被渐趋淘汰,而另有一些则随着无轨设备的广泛使用,正在兴起。本书为反映现实,便于选择研究,选用按井田中采用的主要开拓巷道的数目、类型、位置等关系,进行综合分类。

根据开拓系统中所用的主要开拓巷道数目,地下矿床开拓方法可以概括为两大类:即单一开拓法和联合开拓法。凡用一种主要开拓巷道开拓整个井田,称为单一开拓法;如果用两种或两种以上的主要开拓巷道开拓井田,包括矿床上部用一种主要开拓巷道、下部用另一种主要开拓巷道,则称为联合开拓法。

两大类开拓方法中,又可按主要开拓巷道的类型及与矿体的位置关系、划分为各种不同的开拓方法和方案。

表 1-1-1 为本书所采用的开拓方法分类表。

表 1-1-1 开拓方法分类表

开拓方法类别	开拓方法	典型的开拓方案	主要开拓巷道类型
单一开拓法	1. 平硐开拓法	(1)沿矿体走向平硐开拓法 (2)垂直矿体走向平硐开拓法	平硐
	2. 斜井开拓法	(1)脉内斜井开拓法 (2)下盘斜井开拓法	斜井
	3. 竖井开拓法	(1)下盘竖井开拓法 (2)上盘竖井开拓法 (3)侧翼竖井开拓法	竖井
	4. 斜坡道开拓法	(1)螺旋式斜坡道开拓法 (2)折返式斜坡道开拓法	斜坡道
联合开拓法	1. 平硐与井筒联合开拓法	(1)平硐与盲竖井联合开拓法 (2)平硐与盲斜井联合开拓法	平硐、盲竖井 平硐、盲斜井
	2. 斜井与盲井联合开拓法	(1)斜井与盲竖井联合开拓法 (2)斜井与盲斜井联合开拓法	斜井、盲竖井 斜井、盲斜井
	3. 竖井与盲井联合开拓法	(1)竖井与盲竖井联合开拓法 (2)竖井与盲斜井联合开拓法	竖井、盲竖井 竖井、盲斜井
	4. 斜坡道联合开拓法	(1)斜坡道与平硐联合开拓法 (2)斜坡道与井筒联合开拓法	斜坡道、平硐 斜坡道、竖井、斜井

第三节 矿床开拓方案的选择

在矿山设计中,选择矿床开拓方案是总体设计中十分重要的内容,包括确定主要开

拓巷道和辅助巷道的类型、位置、数目等。本节对选择矿床开拓方案和步骤、基本要求和应考虑的影响因素以及专家系统的应用作简要说明

一、选择开拓方案的基本要求

矿床开拓是矿床开采的一个主要问题。它往往决定整个矿山企业建设的全貌,并与矿山总平面布置、提升运输、通风、排水等一系列问题有密切的联系。矿床开拓方案一经选定并施工之后,很难改变。为此,选择矿床开拓方案需满足下列基本要求:

- (1) 确保工作安全,创造良好的地面与地下劳动卫生条件,具有良好的提升、运输、通风、排水等功能;
- (2) 技术上可靠,并有足够的生产能力,以保证矿山企业均衡地生产;
- (3) 基建工程量最少,尽量减少基本建设投资和生产经营费用;
- (4) 确保在规定时间内投产,在生产期间能及时准备出新水平;
- (5) 不留和少留保安矿柱,以减少矿石损失;
- (6) 与开拓方案密切关联的地面总布置,应不占或少占农田。

二、影响矿床开拓方案选择的因素

- (1) 地形地质条件、矿体赋存条件,如矿体的厚度、倾角、偏角、走向长度和埋藏深度等;
- (2) 地质构造破坏,如断层、破裂带等;
- (3) 矿石和围岩的物理力学性质,如坚固性、稳固性等;
- (4) 矿区水文地质条件,如地表水(河流、湖泊等)、地下水、溶洞的分布情况;
- (5) 地表地形条件,如地面运输条件、地面工业场地布置、地面岩体崩落和移动范围,外部交通条件、农田分布情况等;
- (6) 矿石工业储量、矿石工业价值、矿床勘探程度及远景储量等;
- (7) 选用的采矿方法;
- (8) 水、电供应条件;
- (9) 原有井巷工程存在状态;
- (10) 选场和尾矿库可能建设的地点。

三、选择矿床开拓方案的方法和步骤

对于一个矿山,往往有几个技术上可行的而在经济上不易区分的开拓方案,矿床开拓设计是从中选出最优方案。由于矿床开拓设计内容广泛,它涉及到井田划分、选场和

尾矿库的相关位置以及地面总平面布置等一系列问题,往往不能轻易地判断方案的优劣,因此,必须综合分析比较方法,才能选出最优的矿床开拓方案。用综合分析方法选择矿床方案的步骤如下。

1. 开拓方案初选

在全面了解设计基础资料和对矿床开拓有关的问题进行深入调查研究的基础上,根据国家技术经济政策和设计任务书,充分考虑前述影响因素,提出在技术上可行的若干方案,对各个方案拟定出开拓运输系统、通风系统,确定主要开拓巷道类型、位置和断面尺寸,绘出开拓方案草图,从其中初选出3~5个可能列入初步分析比较的开拓方案。

在方案初选中,既不要遗漏技术上可行的方案,又不必将有明显缺陷的方案列入比较。

2. 开拓方案的初步分析比较

对初选出的开拓方案,进行技术、经济、建设时间等方面的初步分析比较,删去某些无突出优点和难于实现的开拓方案,从中选出2~3个在技术经济上难于区分的开拓方案,列为进行技术经济比较的开拓方案。

3. 开拓方案的技术经济比较

对初步分析比较选出的2~3个开拓方案,进行详细的技术经济计算,综合评价,从中选出最优的开拓方案。

在技术经济比较中,一般要计算和对比下列技术经济指标:

- (1)基建工程量、基建投资总额和投资回收期;
- (2)年生产经营费用、产品成本;
- (3)基本建设期限、投产和达产时间;
- (4)设备与材料(钢材、木材、水泥)用量;
- (5)采出的矿石量、矿产资源利用程度、留保安矿柱的经济损失;
- (6)占用农田和土地的面积;
- (7)安全与劳动卫生条件;
- (8)其他值得参与技术经济比较评价的项目。

通过以上技术经济比较评价,衡量矿床开采的技术经济效益,最后应估算出矿床开采的盈利指标。

在进行技术经济计算时,一律按国家规定的扩大概算指标进行计算。

第四节 矿床开拓方案选择专家系统

一、专家系统概述

专家系统是 20 世纪 70 年代兴起的一门计算机应用科学,它同模式识别和智能机器人一起构成了人工智能科学的三大前沿领域。专家系统的实质是一套基于广泛的人工领域专家知识,应用推理方法模拟领域专家思维与解决领域问题的过程的计算机程序。一个成功的领域专家系统,应当是综合吸收了本领域的理论知识和众多领域专家的实践经验及解决实践问题的策略,因而能够模拟一个专家的水平去解决本领域的问题,从而使领域专家的知识与智能得以充分发挥。同时,作为计算机程序的专家系统又具有不受人的心理因素、地域因素、时间因素的影响,以及方便、灵活、准确、快速的优点。专家系统作为一种有效而实用的工具,为人类提供了保存、传播、利用和评价领域专家知识和经验的一种有效手段。

1. 专家系统的结构

一个专家系统程序由若干个程序模块组成,各模块根据其功能的不同相对独立,其基本组成部分包括:知识库、推理机、数据库、解释程序、知识获取程序和用户接口程序。其中,知识库和推理机是专家系统的核心。

2. 知识的表达与知识库的建立

知识库中所拥有的知识数量与知识水平,决定了专家系统水平的高低。因此,知识的获取、知识的表达、知识库的设计与构造是建造专家系统的一个技术关键。

(1)知识的来源。知识库是领域知识与专家经验的存储器。知识的来源一般分为两个方面,即领域的理论知识与专家的经验知识。领域的理论知识通常指写在书本上或文献著作中公开发表的为大家所公认的知识;专家的经验亦称做启发性知识,这种知识能使专家在需要的时候作出训练有素的猜测,辨别有希望解决问题的途径,有效地处理有错误的或不完善的数据。

(2)知识的表达。从书本上或领域专家处获取的领域知识如何以计算机易于理解的方式表达出来,是建造专家系统时首先要解决的一个关键性技术问题。好的知识表达方式应该达到以下三条标准:

①精确——能够全面地表达专家的思维与领域知识;

②有效——能够有效地通过计算机来实现；

③简明——表达形式易于理解和改进。

迄今为止,知识工程领域所研究出来的知识表达方式有以下几种：

①谓词逻辑表示法；

②语义网络表示法；

③产生式规则表示法；

④过程表述法；

⑤框架表示法。

(3)知识库的建立。知识库的建立,首先应广泛而全面地收集领域知识与领域专家的经验,然后在对上述知识进行整理、分析、归纳、总结的基础上,根据知识的特点选择一种适合的知识表达方式与计算机语言形式,将专家知识编码成合适的数据结构,存入计算机中而形成专家系统的知识库。

3. 推理机

(1)推理机的功能。推理机是专家系统的核心,它模拟人解决问题的推理过程,推理机质量的好坏直接影响专家系统的运行效率及对领域问题的适应能力。推理机主要负责在知识库中搜索相关的知识规则,并对其进行解释。推理过程在控制策略的指导下,将推理规则的前提部分与知识库中的知识内容相匹配,匹配成功则执行规则的结论部分。

推理机常用的推理方法有演绎推理、归纳推理、不精确推理与单调推理等。推理策略主要指推理方向的控制和推理规则的选取,推理方向主要有正向推理、反向推理、正反向混合推理三种形式。

(2)推理机的组成。推理机主要由调度程序和规则解释程序组成。调度程序决定所选用的推理策略应使用哪些事实或关系。规则解释程序处理由调度程序所选出的规则,它用已知事实去匹配规则,并完成规则所指定的行为,它亦可以存储中间推理结果以备推理机以后使用。

二、开拓方案选择专家系统

1. 领域问题的分析

对于一特定矿床,可以用多种不同的方式来建立通达矿体的开拓巷道,形成不同的开拓系统。不同的开拓方法与开拓系统所构成的生产规模及所需的生产费用大不相同,如何在保证安全生产的前提下,选择一种既能满足设计生产能力的要求、技术上可靠,又能减少基建时间和基建费用的开拓方案,是矿山设计者首先需要考虑的原则性问题。严

格地讲,最准确、最有说服力的方法是:在各种方案开拓设计的基础上,再进行设计方案的经济指标比较,从中选择最优的开拓方案。然而,一方面由于人力、物力、财力及时间的限制,这样的做法不尽可行;另一方面,长期的矿山设计和生产实践培育出许多经验丰富的采矿专家,凭借他们的学识和经验既能指出不可行的开拓方案,同时也能指出较为可行的开拓方案,这就大大缩小了需进行方案设计与经济比较的范围,减少了不必要的人力、物力和财力消耗,缩短了设计工作时间,开拓方案选择专家系统,即是一个基于采矿专家经验和采矿领域知识进行开拓方案选择的人工智能系统,该系统可模拟采矿专家的思维与推理方法,对地质及赋存条件已知的矿体指出可行的或优选的开拓方案。

2. 开拓方案知识库的建立

通过广泛收集、整理地下开拓方法的领域知识,将国内外矿床开拓实践中所运用的各种开拓方案进行了分析归纳,得出如图 1-1-3 所示的开拓方案主分类结构:

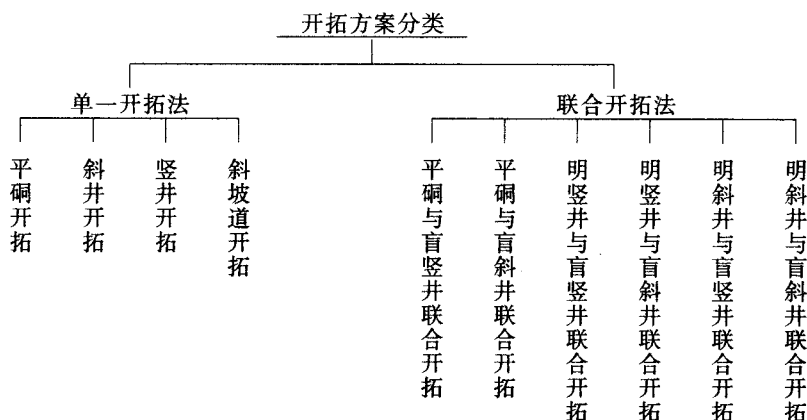


图 1-1-3 开拓方案主分类结构

矿床开拓方案的选择主要取决于矿体的赋存条件,如矿体赋存形态、埋藏深度、矿石的物理力学性质、围岩的物理力学性质与稳定性、矿区的地表地形及水文地质条件等。对于某一矿体依据上述几方面条件可初步确定合理的开拓方案类型:单一开拓或联合开拓方式,再根据矿床的围岩状况及地表地形条件进一步确定开拓巷道位置。因此,可归纳出如图 1-1-4 所示的典型开拓方案选择规则架。

基于上述开拓方案选择领域的知识分析,开拓方案选择知识库由以下三部分组成:

(1) 开拓方案分类知识。以谓词 topic 来表达开拓方案的主分类结构,具体的定义形式如下:

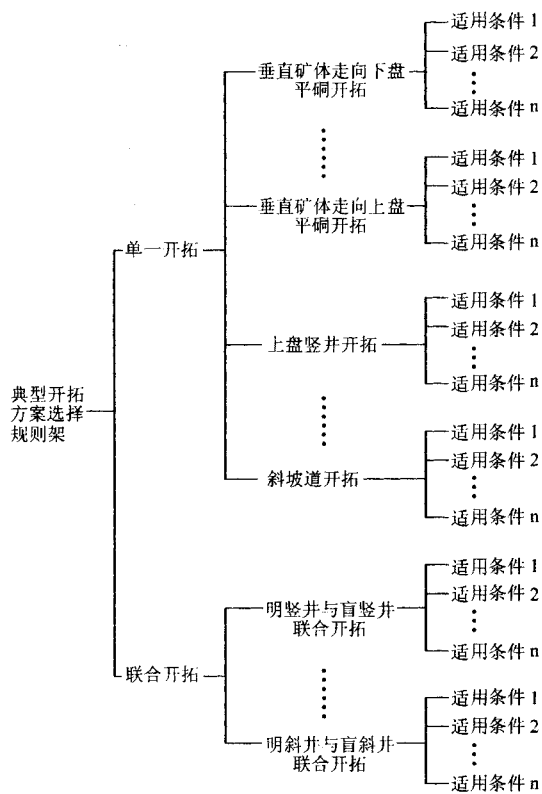


图 1-1-4 典型开拓方案选择规则架

topic(开拓方案类元 ,开拓类型说明)

(2)开拓方案选择规则。以谓词 rule 来表达开拓方案的选择规则 ,具体的定义形式如下 :

rule(规则序号 ,开拓方案元 ,开拓方案类元 [适用条件表])

[适用条件表]::=[适用条件 1 ,适用条件 2 ,..... ,适用条件 n]

(3)矿体条件事实知识描述。以谓词 condition 来描述各种矿体赋存条件事实性知识 如矿体厚度、矿体倾角、矿体走向长度、矿体延深、围岩稳定性、地表地形及工业场地位置等影响开拓方案选择的因素。谓词 condition 的具体定义形式如下 :

condition(序号 ,条件描述元 [条件值域表])

[条件值域表]::=[上限值 ,下限值]

3. 开拓方案选择专家系统

开拓方案选择专家咨询系统主要由开拓方案知识库、用户接口程序、专家系统解释程序、开拓方案决策推理机、综合数据库五个主要功能组成。程序系统各主要功能模块的调用过程及系统的信息流程如图 1-1-5 所示。

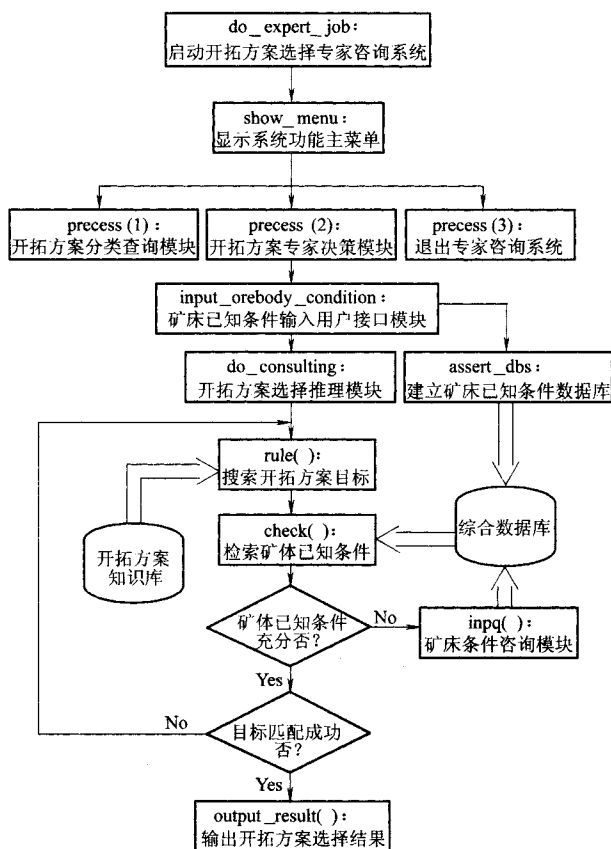


图 1-1-5 开拓方案选择专家系统程序模块结构

开拓方案选择专家系统的运行原理是：首先，通过调用用户接口程序模块，提示用户按屏幕窗口中所显示的信息，依次输入咨询矿体的赋存条件，如矿体的赋存深度、矿体的走向长度、矿体的倾角、矿体的厚度、围岩的稳定性等信息。然后，系统调用开拓方案决策推理机，执行开拓方案推理决策操作。先搜索知识库中典型开拓方案选择规则及其适用条件，接着检查动态综合数据库中已记忆的有关咨询矿体的赋存信息。若已记忆的矿床信息不充分，系统则调用查询用户模块，通过屏幕显示提问形式进一步向用户查询，并将查询结果整理后存入动态综合数据库，并继续进行开拓方案的目标搜索与条件匹配操作。若决策推理过程成功，则系统将决策结果显示于屏幕窗口，否则，显示出相应的解释信息。

第二章 平硐开拓新技术

当矿体(或其大部分)赋存在地平面以上时,广泛地采用平硐开拓法。如果平硐过长,基建时间也较长。但我国矿山建设中,创造了长平硐中间掘措施井的办法,可加快施工进度,从而扩大了平硐的使用范围。

当采用平硐开拓法时,有如下几种典型开拓法。

第一节 垂直矿体走向下盘平硐开拓法

当矿脉和山坡的倾斜方向相反时,则由下盘掘进平硐穿过矿脉开拓矿床,这种开拓方法叫做下盘平硐开拓法。图 1-2-1 为我国某矿下盘平硐开拓法示意图。该矿在 598 水平开掘主平硐 1,各阶段采下的矿石通过主溜井 2 溜放至主平硐水平,再用电机车运出硐外。人员、设备、材料由辅助竖井 3 提升至上部各阶段。为改善通风、人行、运出废石的条件,在 758 和 678 水平设辅助平硐通达地表。

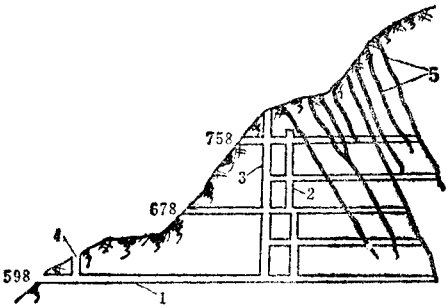


图 1-2-1 下盘平硐开拓法

1—主平硐 2—主溜井 3—辅助竖井 4—入风井 5—矿脉

第二节 垂直矿体走向上盘平硐开拓法

当矿脉与山坡的倾斜方向相同时,则由上盘掘进平硐穿过矿脉开拓矿床,这种开拓法叫做上盘平硐开拓法。图 1-2-2 为上盘平硐开拓法示意图,图中 V_{24} 、 V_{26} 表示急倾斜矿脉。各阶段平硐穿过矿脉后,再沿矿脉掘沿脉巷道。各阶段采下来的矿石经溜井 2 溜放至主平硐 3 水平,并由主平硐运出地表。人员、设备、材料等由辅助竖井 4 提升至各个阶段。

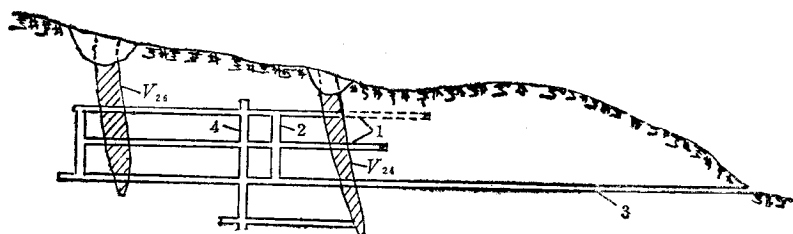


图 1-2-2 上盘平硐开拓法

1—阶段平硐 2—溜井 3—主平硐 4—辅助盲竖井

采用下盘平硐开拓法和上盘平硐开拓法时,平硐穿过矿脉,可对矿脉进行补充勘探。我国各中小型脉状矿床,广泛采用这种开拓方法。

第三节 沿矿体走向平硐开拓法

当矿脉侧翼沿山坡露出,平硐可沿矿脉走向掘进,成为沿脉平硐开拓法。平硐一般设在脉内,但当矿脉厚度大且矿石不够稳固时,则平硐设于下盘岩石中。

图 1-2-3 表示脉内沿脉平硐开拓法。Ⅰ阶段采下的矿石经溜井 5 溜放至Ⅱ阶段,再由主溜井 3 或 4 溜放至主平硐 1 水平。Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ阶段采下的矿石经主溜井 3 或 4 溜放至主平硐水平,并由主平硐运出地表,形成完整的运输系统。人员、设备、材料等由辅助盲竖井 2 提升至各阶段。

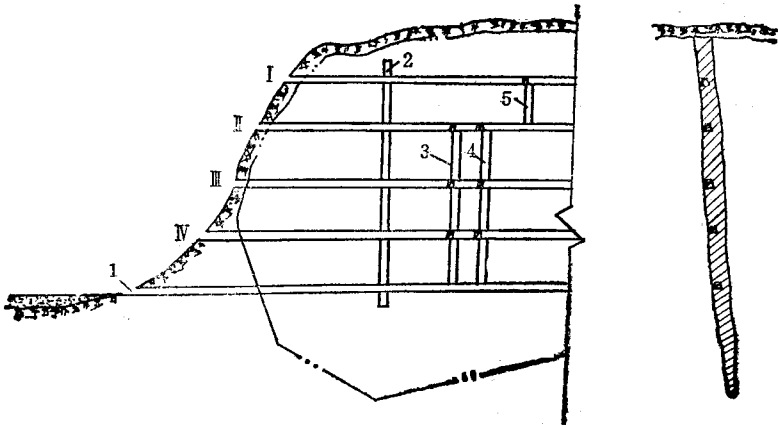


图 1-2-3 脉内沿脉平硐拓法

I、II、III、IV—上部阶段平硐

1—主平硐 2—辅助盲竖井 3、4—主溜井 5—溜井

这种开拓方法的优点是能在短期开始采矿 ;各阶段平硐设在脉内时 ,在基建开拓期间可顺便采出一部分矿石 ,以抵偿部分基建投资。平硐还可起补充勘探作用。它的缺点是平硐设在脉内时 ,必须从井田边界后退回采。

第三章 斜井开拓新技术

斜井开拓法是以斜井为主要开拓巷道来实现矿床开拓系统的开拓方法。斜井与阶段运输平巷之间需要通过井底车场和石门取得联系。

斜井开拓法一般用于开拓矿体埋藏在地平面以下、埋藏深度不大、地表义无过厚表土层的层状矿床。斜井倾角为 $15^{\circ} \sim 40^{\circ}$ (缓倾斜和倾斜);当采用伪倾斜斜井时,也可用于急倾斜。由于斜井本身提升能力小、承压能力差,故一般只宜开拓中小型矿床。国外,应用钢绳胶带运输机运矿的大型矿山,也采用斜井开拓。

根据斜井与矿体之间的相对位置关系,斜井开拓法可以分为以下两种方案。

第一节 脉内斜井开拓法

脉内斜井开拓法是将斜井直接开在矿体内部,靠矿体下盘,并沿矿体的倾斜线布置,如图 1-3-1。斜井与阶段运输平巷之间的连接,只通过井底车场,不开石门。

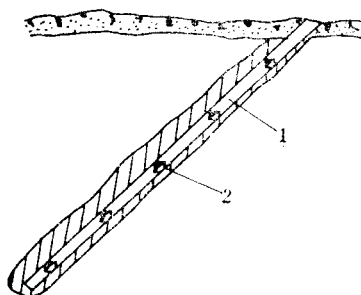


图 1-3-1 脉内斜井开拓法

1—脉内斜井 2—阶段运输平巷

这种开拓方法的优点是:不开石门基建投资少,基建时间短,投产快,并能补充探矿,且副产部分矿石。它的缺点是:必须留斜井的保安矿柱,并当矿体底板倾角起伏较大时,斜井难于保持平直,影响斜井的提升能力和提升安全。

综合以上分析,脉内斜井开拓法对金属矿山仅在以下条件时使用:

1. 矿体厚度小,面积大,底板起伏不大,下盘岩石不稳固,矿石稳固,矿石价值不高;
2. 矿床勘探不足,但又急需短期投产,早日见矿;
3. 矿床由露天开采转入地下开采。露天开采时,露天矿场的边坡或其斜坡卷扬道沿着矿体底板布置,转入地下开采后,继续沿用原来斜坡卷扬道循矿体倾斜线向下开掘。

第二节 下盘斜井开拓法

下盘斜井开拓法,是将斜井布置在矿体下盘围岩内,通过各种不同型式的斜井井底车场和石门,与阶段运输平巷相连接,从而建立起矿体与地表之间的联系,如图 1-3-2。

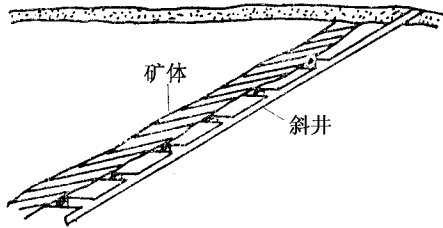


图 1-3-2 下盘斜井开拓法

下盘斜井开拓法,通常斜井是沿矿体的真倾斜方向布置。但对有些大型金属矿山,矿体走向长度较大,为了选用钢绳胶带输送机运送矿石,保持 16° 左右的有效坡度,也可布置成伪倾斜斜井,如图 1-3-3。其时不仅可开拓倾斜矿体,而且可开拓急倾斜矿体。布成伪倾斜斜井后,各阶段的石门与矿体之间的连接系分散在矿体的走向线上。

这种开拓方案的优点是不需要留保安矿柱,井筒维护条件好,且不受矿体底板起伏变化的影响,与脉内斜井开拓法比较只是多开了一些石门,但这些石门并不很长,故在金属矿山斜井开拓中,以这种方案应用最广。

斜井开拓法斜井的倾角是根据装备在井筒内提升容器的要求来确定的。采用钢绳胶带输送机运送矿石,斜井倾角取用小于或等于 16° ;用串车提升矿石,斜井倾角取用 $25^\circ \sim 30^\circ$;当用箕斗或台车提升矿石,斜井倾角可取 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。各种提升运输方式,其井筒与

井底车场之间的连接方式是不同的。斜井倾角除了随提升容器的要求而不同外,下盘岩层移动角大小也必须结合考虑。若矿体倾角小于下盘岩层的移动角时,斜井依矿体倾角进行布置;当矿体倾角大于下盘岩层的移动角时,则斜井应平行于下盘岩层的移动线布置。

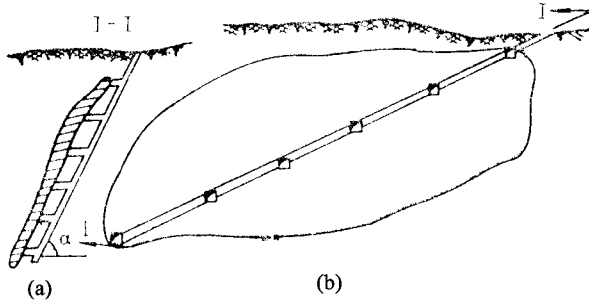


图 1-3-3 伪倾斜斜井开拓示意图
(a) 垂直走向投影图 (b) 沿走向投影图

第四章 竖井开拓新技术

竖井开拓法,是以竖井作为主要开拓巷道来实现矿床开拓系统的开拓方法。由于在一般情况下,竖井的生产能力比斜井大,受地质条件的限制较小,比较安全,且易于维护,故竖井开拓法在国内外金属矿山中应用甚为广泛。根据我国 30 多个大中型金属矿山统计,有 70% 的矿山使用竖井开拓。可以预计,随着开采深度的加深,用这种开拓方法应用范围将更加扩大。

竖井开拓法主要用于开拓矿体赋存在地平面以下,倾角大于 45° 的急倾斜矿床或矿体埋藏较深、倾角小于 15° 的水平与缓倾斜矿床。

竖井深度小于 300m,矿井日产量约为 700t 时,一般采用罐笼井提升;竖井深度大于 300m、矿井日产量超过 1000t 时,大多采用箕斗井提升。

根据主竖井与矿体相对位置的不同,竖井开拓法可以分为以下三种典型方案。

第一节 下盘竖井开拓法

下盘竖井开拓方案,系将主竖井布置在矿体下盘围岩内,并位于下盘岩石移动带以外,然后按阶段的标高分别掘进各阶段的井底车场、石门及主要运输平巷,以通达矿体建立开拓联系,如图 1-4-1。

这种开拓方案的最大优点是井筒的保护条件好,无需留保安矿柱。它的缺点是石门的长度随开采深度的增加而加长,尤其是当矿体的倾角变小时,这个缺点更加突出。由此可见,下盘竖井开拓法最适宜于开拓埋藏在地平面以下的急倾斜矿体,对倾角大于 75° ,下盘地形、地质构造、岩层条件适合于开掘井筒时更为有利。

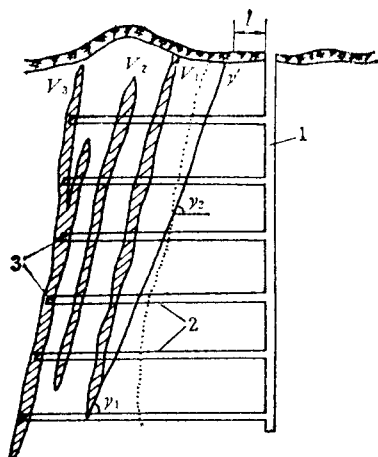


图 1-4-1 下盘竖井开拓法

1—竖井 2—石门 3—阶段运输平巷 γ_1 、 γ_2 —下盘岩石移动角； γ' —表土层移动角；

l —安全距离； V_1 、 V_2 、 V_3 —矿体编号

下盘竖井开拓法在国内金属矿中使用最广。

第二节 上盘竖井开拓法

上盘竖井开拓方案与下盘竖井开拓方案相区别的是，主竖井布置在上盘岩石移动带以外，再由竖井掘阶段石门通达矿体（图 1-4-2）。这样布置的结果，上部阶段需要掘进很长的石门，从而使初期基建投资增大，基建时间延长。

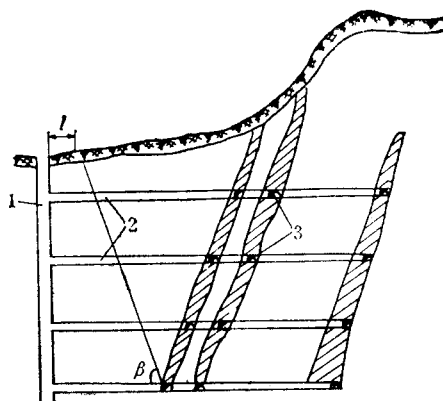


图 1-4-2 上盘竖井开拓法

1—竖井 2—石门 3—阶段运输平巷 β —上盘岩石移动角； l —安全距离

这种方案只有在下列特殊条件下采用：

1. 受地表地形限制,下盘或侧翼缺乏布置工业场地的条件,只有上盘的地形有利；
2. 根据矿区内部和外部的运输联系,选矿厂和尾矿库只宜布置在矿体上盘方向,这时开上盘竖井,地面的运输费用最少；
3. 下盘岩层地质及水文地质条件复杂,不宜掘进竖井。

第三节 侧翼竖井开拓法

侧翼竖井开拓方案是将竖井布置在走向的一侧,矿体侧翼岩石移动带以外,然后在各阶段水平上同样以井底车场、石门、阶段运输平巷与矿体间建立开拓联系(图 1-4-3)。这时,阶段石门有可能与矿体走向一致。

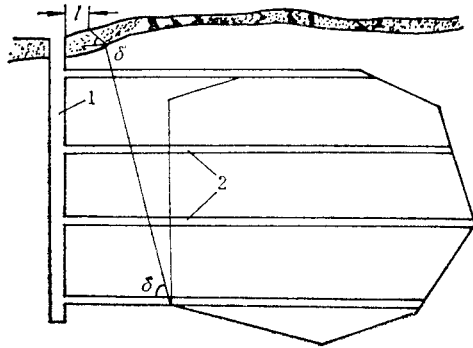


图 1-4-3 侧翼竖井开拓法

1—侧翼竖井 2—阶段运输平巷

σ —矿体侧翼岩石移动角; δ' —表土移动角; l —侧翼竖井至岩层移动线的安全距离

这种方案,在金属矿床特别是有色金属和稀有金属矿床的竖井开拓中,应用也较为广泛。这是由于这些矿床规模小,矿体走向长度较短,有可能从井筒一翼将矿采完。这种方案的缺点是井下存在单向运输、运输功较大;回采工作线也只能是单向推进,掘进与回采强度受到限制。

因此,这种方案只宜适用于下列条件：

1. 矿体倾角较缓,竖井布置在下盘或上盘时石门都很长；
2. 矿体走向长度不大,矿体偏角也小；
3. 只有矿体侧翼有合适的工业场地与布置井筒条件,采用侧翼竖井开拓后,井下与

地面的运输方向一致。

竖井开拓法过去也沿用过竖井穿过矿体的开拓方案,即对矿体倾角较小,厚度较薄,分布面积较广,埋藏深度又不大的矿床,从矿体内部开掘穿矿竖井。这样的开拓方案上下部阶段的石门总长度为最短,但必须留用维护井筒的保安矿柱,引起矿石损失。故除了低价矿石外,现在一般金属矿山很少采用。

第五章 斜坡道开拓新技术

斜坡道又称斜巷,是近 20 多年来随着无轨自行设备的广泛应用而出现的一种新的开拓方法。这种开拓方法是以斜坡道作为主要开拓巷道来沟通地表与矿体之间的联系。斜坡道内不敷设轨道,矿石用无轨自行设备直接从采场运出,中间没有井底车场的倒运环节,因此它能简化矿石的采装运工序,提高矿床的开采强度。

斜坡道开拓法一般用来开拓矿体埋藏较浅、开采范围不大,矿山年产量较小、服务年限较短且围岩稳固的矿床条件。它可以作独立的单一开拓,也可以和其它类型的主要开拓巷道配合使用。前一种斜坡道称主斜坡道,而后一种斜坡道则作为辅助开拓巷道使用。

主斜坡道的线路型式分螺旋式与折返式。图 1-5-1 为典型的螺旋式斜坡道示意图。这种斜坡道的几何形状一般为圆柱螺旋线或圆锥螺旋线。两者的区别是圆锥螺旋线的曲率半径和坡度,在整个线路内是变化的,最小曲率半径应符合行车设备的曲率半径,而螺旋线的坡度一般为 10~30%。螺旋式斜坡道要有中心溜矿井或其它垂直天井配合施工时,掘进的出碴与通风才方便。

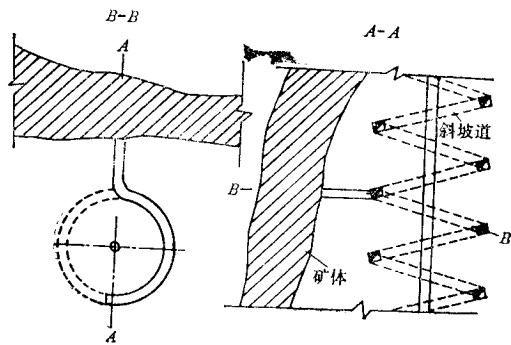


图 1-5-1 螺旋式斜坡道开拓法

图 1-5-2 为典型的折返式斜坡道开拓法。折返式斜坡道开在矿体下盘岩层移动界限以外,其线路分直线段和折返段。直线段线路较长,变换高程,坡度一般不大于 15%。折返段线路较短,变换方向,坡度减缓以至水平。在折返段处开掘阶段石门通达阶段运输平巷。为便于掘进时出碴和通风,折返段处也可考虑开设措施井。

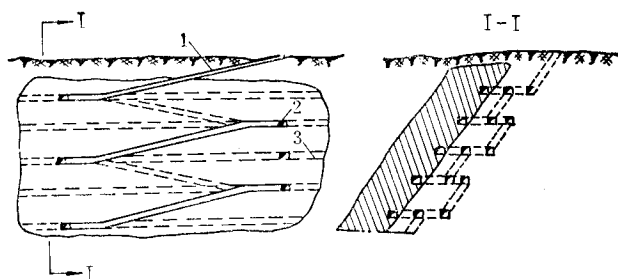


图 1-5-2 折返式斜坡道开拓法

1—斜坡道 2—阶段石门 3—阶段运输平巷

对比这两种型式的斜坡道,由于螺旋式线路中没有缓坡段,故在同等高程内螺旋式线路较折返式短,其开拓工程量也小。但螺旋式线路掘进困难,行车时司机视距小,安全性差,车辆轮胎的磨损也较大,路面又不容易维护。因此,在实际应用中仍以折返式居多。

第六章 联合开拓新技术

联合开拓法是指用两种或两种以上主要开拓巷道共同来开拓一个井田的方法。使用这类开拓方法通常是矿体上部用一种主要开拓巷道,而下部用另一种主要开拓巷道。

金属矿床矿区地形、矿床赋存条件及埋藏深度等变化很大,往往用单一开拓方法不能解决整个井田的开拓问题。因此,需要联合其它类型的主要开拓巷道来共同开拓井田。

使用联合开拓法的前提,必须是井田上部的主要开拓巷道能为开拓深部矿床时继续利用,同时,两种主要开拓巷道之间在生产能力上互能衔接协调。

联合开拓法可供联合的方案很多,以下就每种主要开拓巷道类型的联合型式予以介绍。

第一节 平硐与井筒联合开拓法

这种开拓法是指矿体上部采用平硐开拓,平硐水平以下采取与井筒(盲竖井、盲斜井)联合的开拓方式。这时,从深部采出的矿石,需经盲井筒提升、平硐转运才能到达地表(图 1-6-1)。

在平硐与井筒联合开拓法中,井筒一般用盲井筒,但当地表地形和矿体赋存条件等较为有利时,也可考虑采用明井筒。用盲井筒时石门短,但需增掘地下调车场和卷扬机硐室,用明井筒时石门长,井口要安装井架,但掘进施工方便。

平硐与井筒联合开拓法通常应用在下列条件:

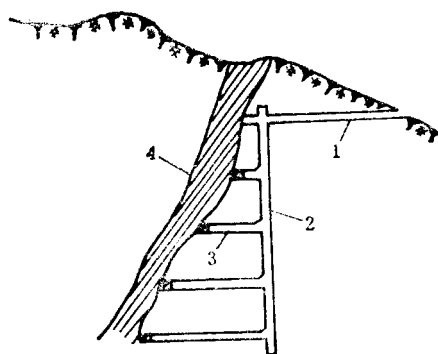


图 1-6-1 平硐与盲竖井联合开拓法

1—平硐 2—盲竖井 3—石门 4—矿体

(1)在山岭地区,矿体一部分赋存在当地地平面以上,另一部分延伸到地平面以下;地平面以上部分用平硐开拓,地平面以下部分用井筒开拓;

(2)在山岭地区,矿体均赋存在当地地平面以下,因受地表地形限制不宜开掘明井筒,故也用平硐盲井筒联合开拓法。

第二节 斜井与盲井联合开拓法

这种开拓法是指矿体上部用斜井开拓,而到深部用盲井筒开拓。因而,这种开拓法同样也分斜井与盲竖井联合开拓法和斜井与盲斜井联合开拓法两个方案。

图 1-6-2 是斜井与盲竖井联合开拓方案,适用于矿床深部存在盲矿体时。图 1-6-3 是斜井与盲斜井联合开拓方案,适用于开采深度很大,用上部斜井无论从提升能力或巷道承压能力方面,均不适宜于继续延深的条件下,此时改用两条小断面盲斜井代替主斜井往下开拓。

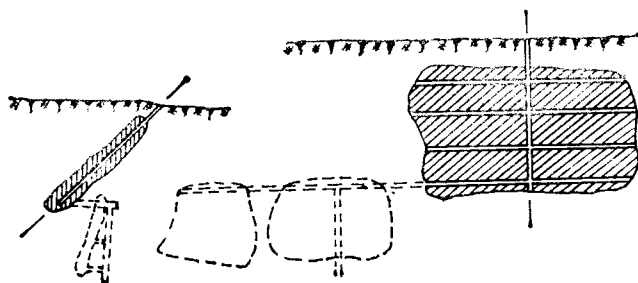


图 1-6-2 斜井与盲竖井联合开拓方案

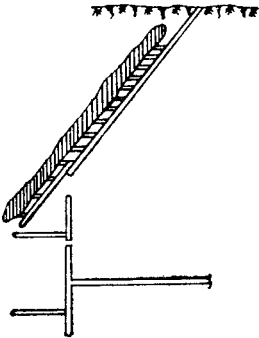


图 1-6-3 斜井与盲斜井联合开拓方案

第三节 竖井与盲井联合开拓法

开采深度很大的矿体,如果用一段竖井提升,则所需提升设备功率过大,深部石门过长,可考虑采用竖井与盲井联合开拓,即上部用明竖井,下部用盲竖井或盲斜井,如图 1-6-4 图 1-6-5。

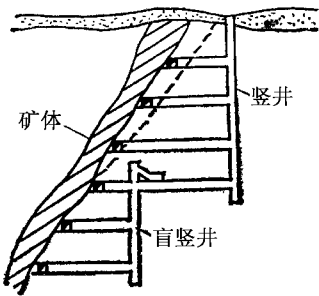


图 1-6-4 竖井盲竖井联合开拓方案

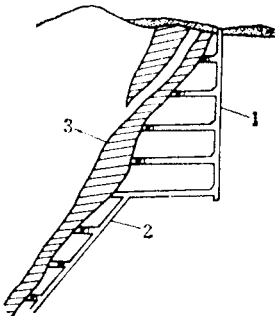


图 1-6-5 竖井盲斜井联合开拓方案

1—竖井 2—盲斜井 3—矿体

用这种联合开拓法,虽能减少深部石门长度和维持上部竖井原有的提升能力,但却带来提升工作复杂化、提升设备与成本增加。故在设计时应尽量使第一段竖井的开拓深度加大,或使减少石门长度所节约的费用能补偿在提升上增加的费用。

竖井与盲井联合开拓法一般的应用条件为:

- (1) 矿体埋藏很深或延深很大,或深部矿体倾角变缓,致使一段竖井提升发生困难,深部石门过长;
- (2) 矿体深部偏角变大,延伸向一方侧移;
- (3) 深部发现有盲矿体。

第四节 斜坡道联合开拓法

单一斜坡道开拓,由于受到无轨自行设备合理运输距离的限制,只能开拓 200 ~ 300m 以内深度的矿体,而且矿井规模不宜很大。因而,主斜坡道作单独开拓使用,其应用范围亦较局限。在实践中斜坡道常与平硐、斜井、竖井联合,作辅助开拓巷道使用。辅助斜坡道也从地表开起,或联通各阶段的阶段运输平巷,供无轨设备由地表进入地下各阶段或由一个阶段转向另一个阶段,但其作用主要是辅助联络,运送人员和材料,同时兼作通风。

图 1-6-6 是加拿大马德林铜矿采用的平硐与斜坡道联合开拓方案实例。在主平硐 884 水平以上,斜坡道作辅助开拓巷道使用,884 水平以下斜坡道用来勘探下部矿体。

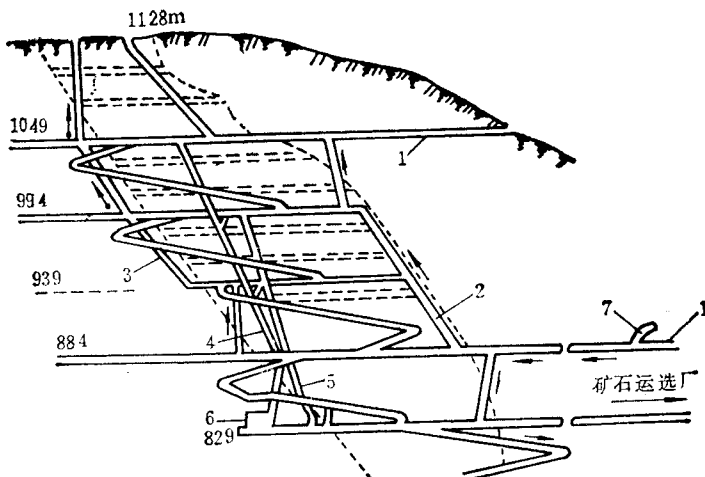


图 1-6-6 马德林铜矿平硐与斜坡道联合开拓系统纵剖面图

1—平硐 2—入风井 3—回风井 4—溜井 5—废石溜井 6—破碎站 7—扇风机

图 1-6-7 是南非普列斯卡铜矿采用的竖井与斜坡道联合开拓方案示例。此处斜坡道作为无轨设备的出入通道。我国凡口铅锌矿采用的斜坡道也是这种类型。

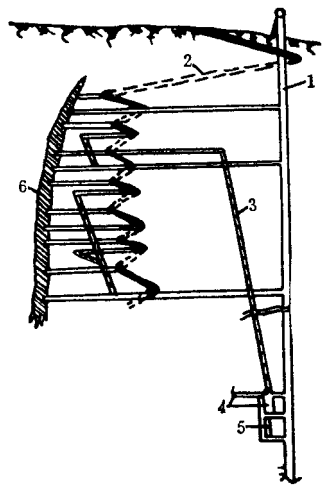


图 1-6-7 普列斯卡铜矿开拓系统示意图

1—主井 2—斜坡道 3—溜井 4—破碎硐室 5—矿仓 6—矿体