

# 第六篇

## 矿山地质勘探

# 第一章 生产勘探的技术手段

## 第一节 生产勘探的目的与任务

### 一、生产勘探的目的

生产勘探是在矿山生产期间,在前阶段地质工作的基础上,为满足开采和继续开拓延深的需要,提高矿产储量级别和为深入研究矿床(矿体)地质特征所进行的探矿工作。其主要目的在于提高矿床勘探程度,达到矿产储量升级,直接为采矿生产服务。其成果是编制矿山生产计划,进行采矿生产设计、施工和管理的重要依据。

### 二、生产勘探的任务

(1)采用一定的探矿手段或利用部分生产工程,正确圈定矿体边界线。

(2)进一步查明矿体形态特征和影响矿床开采的地质构造特征,查明矿产质量、矿石品级和类型,准确圈定矿体的氧化带、混合带、原生带,必要时圈定出矿石类型和品级边界,为储量计算、矿石质量管理、矿产资源的合理开采提供地质依据。

(3)按生产要求重新计算矿产储量,提高储量的可靠程度,为制定生产作业计划和矿产储量管理提供依据。

(4)探清近期开采地段的矿床水文地质条件、开采技术条件,必要时还要进一步查明矿石技术加工条件及其它生产需要解决的地质问题,为安全生产作业和矿石的合理开发

提供必要的资料。

(5) 探明原矿床勘探时未控制的存在于主矿体上、下盘及边、深部的平行、分支再现等矿体和其它小盲矿体,不断增加矿山保有储量,延长矿山服务年限。

通过生产勘探,多数矿床的矿产储量由 C 级逐步升至 B 级或 A 级,小而复杂的矿床由 D 级升至 C 级(极少数可能达 B 级)。由于生产勘探多年持续进行,储量升级随采区发展而逐步扩展,为保证生产勘探资料及时服务于生产,储量升级必须对生产保持一定的超前关系,超前的范围和期限由矿山具体的地质、技术和经济条件决定。在一般情况下,生产勘探超前采矿生产的范围对露天采矿为一到几个台阶,地下采矿为一到两个阶段。

## 第二节 勘探的技术手段

生产勘探所采用的技术手段,与矿产地质勘查阶段所采用的技术手段大体相似,但是,在生产勘探中所选用的各种工程的目的及其使用的比重与矿床地质勘探相比,具有其不同的特点。因为生产勘探是直接为矿山生产服务的勘探工作,要求研究程度高,提供的地质资料要准确,生产勘探与采矿生产关系密切,探矿工程与采矿工程往往结合使用。

在目前的探矿技术水平条件下,生产探矿的主要技术手段有探槽、浅井、钻探和地下坑探工程。

### 一、影响选择生产勘探手段的因素

(1) 矿体地质因素 特别是矿体外部形态变化特征,诸如矿体的形态、产状、空间分布及矿体底盘边界的形状和位置。

(2) 能被矿山生产利用的可能性 特别是地下坑探工程的选择,必须考虑探采结合,尽可能使生产探矿工程能为以后矿床开拓、采准或备采工程所利用。

(3) 矿床开采方式及采矿方法 对露天开采矿山,一般只用地表的槽探、井探和浅钻或堍沟等技术手段,而地下开采矿山则主要采用地下坑探和各种地下钻探来进行;不同的采矿方法对勘探技术手段的选择也往往有一定的影响。

(4) 矿床的开采技术条件和水文地质条件以及矿区的自然地理经济条件,在某种程度上也会影响勘查技术手段的选择。

在具体选择生产探矿技术手段时,必须对上述各种影响因素进行全面研究、综合分析,才能正确地选择探矿技术手段。

## 二、露天开采矿山的生产勘探手段

在露天开采矿山的生产勘探中,探槽、浅井、穿孔机和岩心钻等是常用的技术手段。

(1)探槽 主要用于露天开采平台上,揭露矿体、进行生产取样和准确圈定矿体。当地质条件简单,矿体形态、产状及有用组分含量稳定而又不要求选别开采的矿山,用探槽探矿更为有利。

平台探槽的布置,一般应垂直矿体或矿化带走向,并尽可能与原勘探线方向一致。为节省工程量可采用主干探槽与辅助探槽相间布置(图 6-1-1)。

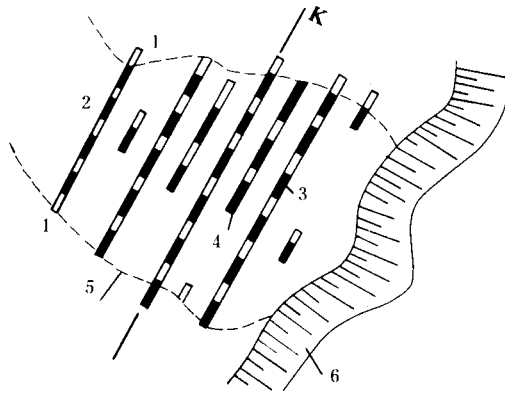


图 6-1-1 露采平台探槽布置

1—围岩 2—矿体 3—主干槽;  
4—辅助槽 5—矿体边界 6—露天边坡

(2)浅井 常用于探查缓倾斜矿体或浮土掩盖不深的矿体,其作用是取样并准确圈定矿体,测定含矿率,检查浅钻质量。

(3)钻探 岩心钻是露天采场生产勘探的主要技术手段,一般孔深取决于矿体厚度及产状。常选用中、浅型钻孔。如矿体厚在中等以下,可以一次打穿;如矿体厚度大、倾角陡时,一般孔深为 50~100m,只要求打穿 2~3 个台阶,深部矿体可采用分阶段接力的方法探矿。为弥补上下层钻孔不能紧接的缺点,上下层孔间应有 20~30m 的重复部位(图 6-1-2)。

(4)潜孔钻或穿孔机 当矿体平缓时,此时可采用潜孔钻或穿孔机,通过收集岩(矿)粉取样以代替探槽的作用。样品的收集应分段进行,可在现场缩分后送去化验。

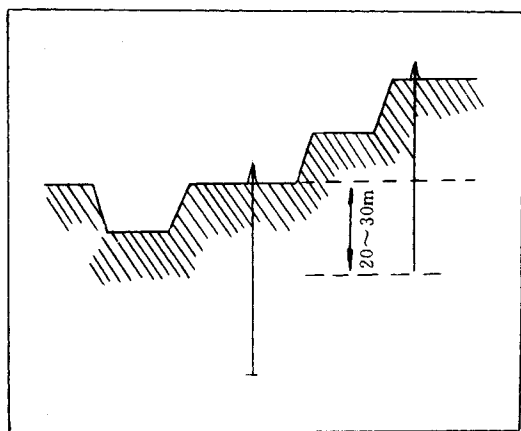


图 6-1-2 露采钻孔布置剖面示意图

### 三、地下开采矿山的生产探矿手段

地下开采矿山的生产探矿手段,主要是各种地下坑道和坑内钻,在可能情况下也可利用各种凿岩机起辅助探矿作用。

#### (一) 坑道

坑道是地下开采矿山的主要生产探矿手段。所获资料准确可靠,利于探采结合,能为生产所利用。其缺点是探矿成本高、掘进速度慢。

各类坑道的探矿作用是:沿矿体走向追索时,主要使用脉内沿脉和脉外沿脉或带穿脉的沿脉;沿矿体倾向追索时,主要使用天井(急倾斜)、上山(缓倾斜)、斜天井(中等倾斜);沿厚度方向切穿矿体时,主要使用穿脉、小天井(暗井)或盲中段中的辐穿。各类探矿坑道的作用综合示意图如图 6-1-3。

#### (二) 钻探

钻探亦是井下生产矿山常用的探矿技术手段。根据钻探揭露的部位的不同,可分为地表岩心钻和坑内岩心钻两类。前者多用于探明浅部矿体,后者多用于追索和圈定矿体深部延深情况,寻找深部和旁侧的盲矿体,也可以多方向准确控制矿体的形态和内部结构以及探明影响开采的地质构造等。

目前我国有色金属矿山使用的坑内钻有:国产红旗—100 型、钻石—100 型、KD—100 型、太原—100 型、ТХИ—75 型等,还有加拿大产 JK—25 型。这些坑内钻都有结构简单、轻便、操作方便、能打各种方向及各个角度的钻孔,效率高,成本低的特点。

近年来,为解决坑道探矿周期长、经济效益差的问题,坑内钻已在我国许多地下开采

矿山,得到了广泛使用。目前采用以钻探代替部分坑探、坑钻组合方式进行生产探矿,提高了生产探矿效果,缩短了探矿周期,降低了成本,满足了生产的需要,对加速矿山生产具有重要意义。它已成为我国地下开采矿山生产勘探手段的发展方向。

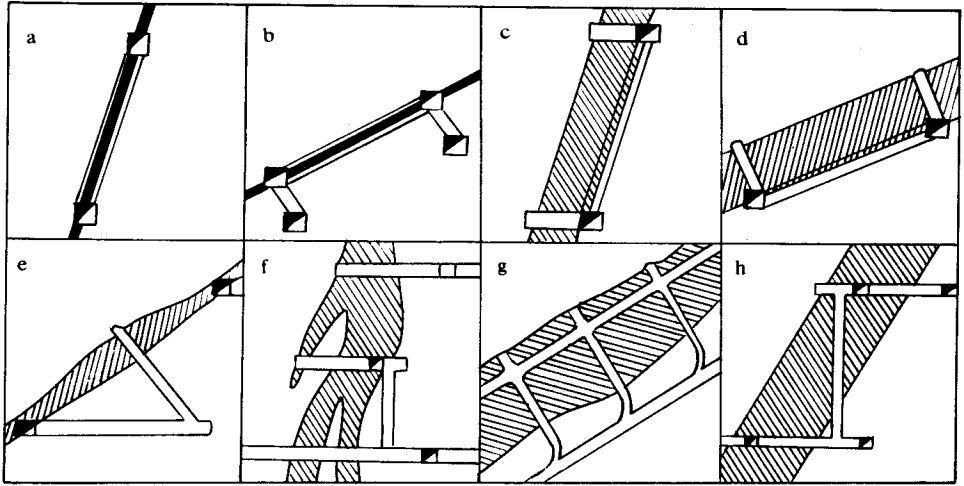


图 6-1-3 生产勘探中所用各类坑道综合示意图

- a—急倾斜极薄矿体,用脉内沿脉及天井;b—缓倾斜极薄矿体,用脉内沿脉及上山或下山;  
c—急倾斜中厚矿体,用下盘沿脉、天井及穿脉;d—缓倾斜中厚矿体,用下盘沿脉、上山及天井;  
e—倾斜中厚矿体,用下盘沿脉及斜天井;f—不规则矿体,用盲中段辅穿探矿;  
g—厚大矿体,阶段水平面上用脉内沿脉和穿脉坑道探矿;h—厚大矿体,垂直剖面上用阶段天井探矿

坑内钻具有以下优点:

### 1. 地质效果好

**坑内钻岩心采取率高** 坑内钻大部分都是利用金刚石钻头钻进,其岩矿心采取率一般都在 80% 以上,如中条山篦子沟铜矿从 1979 年到 1985 年,施工不同角度的坑内钻孔进尺共 15000m,平均岩矿心采取率为 92%。辽宁红透山铜矿,施工 223 个钻孔,岩矿心采取率在 80% 以上的占 93.3%。

**钻孔方位和倾角偏差小** 钻孔方位偏差和倾角偏差一般为  $2^{\circ} \sim 4^{\circ}$ ,达到规定质量要求。如红透山铜矿,在施工 223 钻孔中,其方位角偏差在两度左右,倾角偏差  $2^{\circ} \sim 4^{\circ}$ ,证明钻孔工程质量是可靠的。

**取得地质资料可靠** 通过某些矿床对应地段的坑内钻与坑道所取得的主要地质成果对比证明,坑内钻地质效果较好。如湖南锡矿山矿务局南段,矿体形态的重叠率为

93% ~ 96% 以上 ,矿体上盘位移 0 ~ 0.6m ,下盘位移 0 ~ 1m ,单项工程矿体品位相对误差一般在 ± 5% ~ 20% 左右 ,平均为 ± 10%。杨家杖子岭前某地段以坑钻组合探矿 ,获升级储量 470kt ,与坑探所获得的升级储量相比仅差 - 2%。

湖南桃林铅锌矿床为中低温热液裂隙充填铅锌萤石矿床 ,属三至四勘探类型。矿床断续赋存在花岗岩体接触断裂带上部 ,呈扁豆状 ,复合脉体产出 ,矿体脉幅厚 ,品位低。该矿为了验证坑内钻代替坑探的可行性 ,分别在同一地点 ,先施工钻孔 ,再掘进坑道 ,两者相比 (表 6 - 1 - 1) ,矿体下盘界限偏差一般为 2m ,最大者不超过 8m ,主要是因矿化为稀疏网脉状和团块状为主 ,极不均匀所致 ,两者控制矿体的总轮廓相似 ,面积相对误差仅为 5% ,品位相对误差不大 ,表明坑探及钻探所获得的资料相近 ,能揭示矿床的客观特征 ,证明坑内钻探完全可以作为生产探矿的一种手段 ,如果适当加密钻探网度 ,地质效果将会更好。

表 6 - 1 - 1 桃林铅锌矿坑探、钻探资料对比表

工程	手段	矿体条	矿体下盘 界线变化 m	品位变化系数		工程平均品位		品位绝对误差		品位相对误差		面积 m <sup>2</sup>	面积 绝对差 m <sup>2</sup>	面积相 对差 %
				%		%		%		%				
				Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn			
7 号	坑	8	8	110	124	0.57	0.89	± 0.03	- 0.11	± 5	- 12			
	钻	8		108	129	0.60	0.78							
3 ~ 7 号联	坑	7	基本 吻合			0.41	1.33	± 0.24	- 0.36	± 59	29			
	钻	9				0.65	0.95							
6 号联	坑	6	2	108	122	0.79	1.21	- 0.15	- 0.27	- 19	22			
	钻	7		128	123	0.64	0.04							
5 号联	坑	5	2			2.01	3.81	- 0.76	- 1.39	- 38	36			
	钻	5				1.25	2.42							
1 联	坑	4	2	100	125	1.85	0.85	- 0.33	± 0.21	- 18	25			
	钻	4		135	122	1.52	1.06							
全地段	坑		2 ~ 8	98	112	1.03	1.01	- 0.09	- 0.07	- 9	- 7	6085	- 291	5
	钻			128	124	0.94	0.94					5794		

2. 机动灵活、操作简单

坑内金刚石钻机体积小 ,重量轻 ,搬迁方便 ,操作简单。可以进行任何方位 ,任何角度的钻进 ,可以最合适的角度穿过矿体或构造线 ,从而获得更好的地质效果。

3. 钻探效率高、成本低

这种坑内钻,钻探速度快,探矿周期短,资料供给及时。坑探每米成本约 140 ~ 200 元以上,而这种钻探成本只有 10 ~ 20 元。以钻代坑可以减少坑内掘进量,如红透山铜矿用 1.3m 钻探可以代替 1m 坑探,岭前钼矿用 1.6m 钻探可以代替 1m 坑道。同时以钻探代替坑探可以大大减少坑道维护量,节约大量的木材、钢材和水泥等支护材料。

#### 4. 有利于安全生产

以钻探代替坑探,减少了坑探掘进工程量,不但可以降低粉尘,减少出渣量,减轻工人劳动强度,而且使矿岩稳固性少遭破坏,有利于安全生产。

坑内钻在生产勘探中的主要用途:

(1) 探明矿体深部延深,为深部开拓工程布置提供依据(图 6-1-4)。

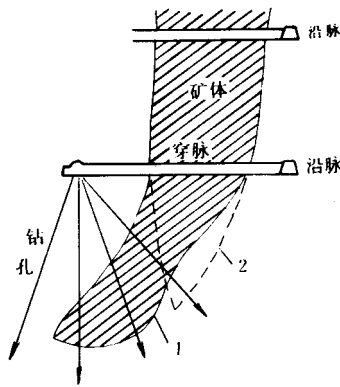


图 6-1-4 坑内钻探明矿体的延伸示意剖面图

1—用坑内钻圈定的矿体边界;

2—原推断的矿体边界

(2) 用坑内钻指导脉外坑道掘进。为控制矿体走向和赋存位置,先打超前孔,指导脉外沿脉坑道的施工(图 6-1-5)。

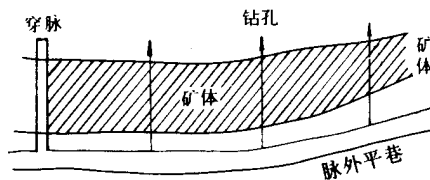


图 6-1-5 用坑内钻指导脉外坑道掘进平面图

(3) 用坑内钻代替天井及付穿控制两个中段之间矿体形态与厚度的变化(图 6-2-6)。



(4)用水平坑内钻代替付穿 圈定矿体工业品级界线(图 6-1-7)。

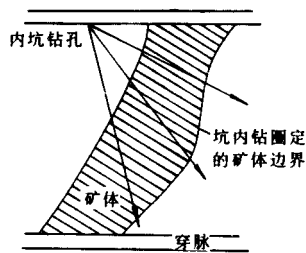


图 6-1-6 用坑内钻代替天井及付穿控制  
矿体形态与厚度变化剖面图

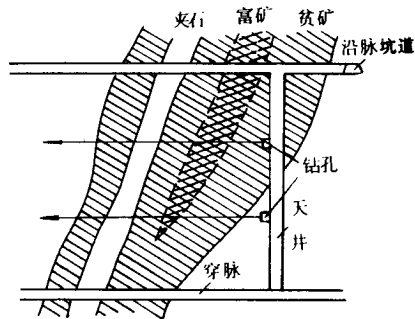


图 6-1-7 用坑内钻代替付穿圈定矿体  
工业品级界线剖面图

(5)用坑内钻代替穿脉加密工程 提高储量级别(图 6-1-8、图 6-1-9)。

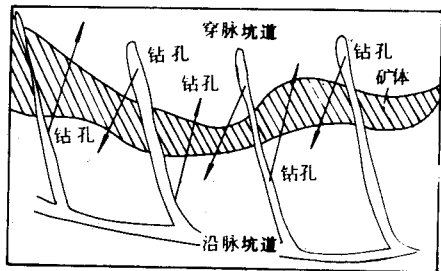


图 6-1-8 坑内钻代替穿脉加密工程平面图

(6)用坑内钻探矿体下垂及上延部分 圈定矿体边界(图 6-1-10、图 6-1-11)。

(7)探构造错失矿体(图 6-1-12)。

(8)探矿体边部或空白区寻找盲矿体(图 6-1-13)。

(9)用扇形坑内钻控制形状复杂不规则矿体(图 6-1-14)。

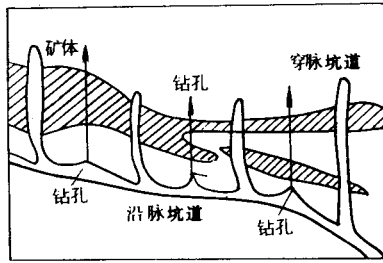


图 6-1-9 坑内钻代替穿脉加密工程平面图

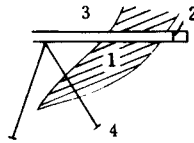


图 6-1-10 坑内钻探下垂矿体剖面图

1—矿体 2—沿脉坑道 3—穿脉坑道 4—钻孔

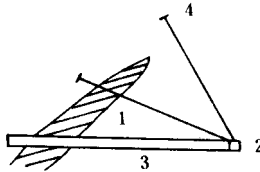


图 6-1-11 坑内钻探矿体上延部分剖面图

1—矿体 2—沿脉坑道 3—穿脉坑道 4—钻孔

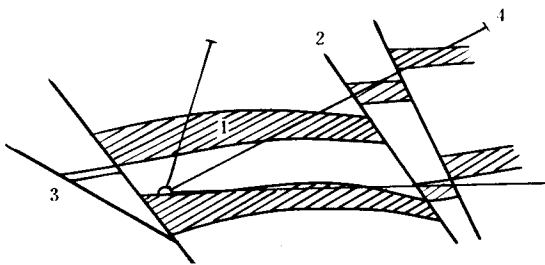


图 6-1-12 坑内钻探构造错失矿体剖面图

1—矿体 2—断层 3—沿脉 4—钻孔

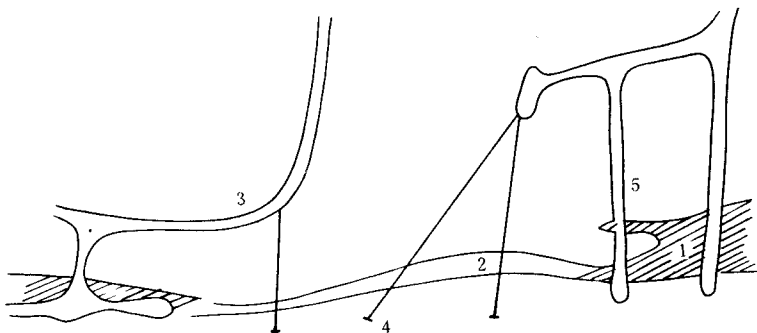


图 6-1-13 用坑内钻追索边部矿体和寻找盲矿体平面图  
1—矿体 2—盲矿体 3—沿脉道 4—钻孔 5—穿脉

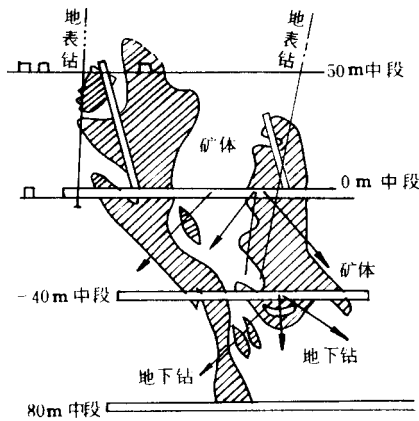


图 6-1-14 扇形坑内钻控制不规则矿体形态平面图

(10) 探老洞残矿(图 6-1-15)。

(11) 探含水层、地下暗河、溶洞

用坑内钻不仅可探明分布在开采范围内的含水层、地下暗河、岩溶等岩溶构造 ,同时还可利用钻孔作放水孔 ,为生产创造条件。如东薄有色金属矿横水岭 500m 中段大巷 ,位于水库下面 ,该地段暗河、溶洞发育 ,为探清地下水情况 ,当大巷施工到一定位置时 ,先施工一个 200m 深的超前探水孔 ,避免地下水患 ,保证坑道施工安全(图 6-1-16、图 6-1-17)。

(三) 凿岩机探矿

近十几年来 ,我国一些配有中深孔或深孔凿岩设备的矿山 ,经常利用矿山已有的凿岩机进行探矿 ,也取得了良好效果。某铜矿近年来每年完成 2000 ~ 3000m 的深孔取样探

矿工程量,可以代替 1000m 以上的坑探工程量。目前此种手段也亦成为矿山生产探矿的重要手段之一。



图 6-1-15 坑内钻探老洞残矿平面图

1—老洞 2—沿脉 3—矿体 4—钻孔

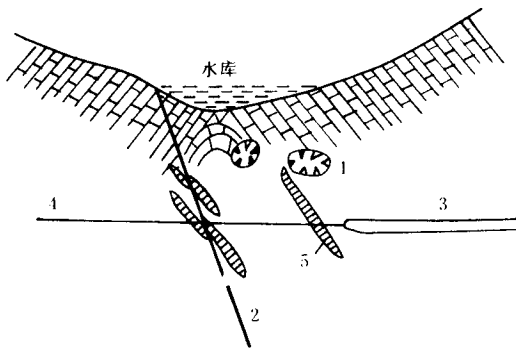


图 6-1-16 坑内钻探含水层剖面图

1—溶洞 2—断层 3—穿脉坑道 4—钻孔 5—矿体

目前,我国一些生产矿山常使用的凿岩机类型有当探矿孔眼深度小于 13m 时,可用“01-38 型”和“YG-40 型”等凿岩机;当探矿孔眼深度为 13~25m 时,可用“BBC-120F 型”或“YG-80 型”等凿岩机;当探孔眼深度大于 25m 时,可用“YG100 型”等潜孔钻机。

凿岩机探矿的优点是 设备的装卸、搬运比坑内钻更为方便,而且要求的作业条件也更简单,特别是利用它在采场内进行生产探矿其优越性更显著;比一般坑内钻更适于

打各种上向孔 ,与坑内钻探相比具有更高的效率和更低的成本 ,其效率可比坑内钻高 1 ~ 2 倍 ,而成本却更低 ,许多情况下可以实行探采结合 ,往往通过爆破用的炮眼孔取样 ,就可使此炮孔起探矿作用。

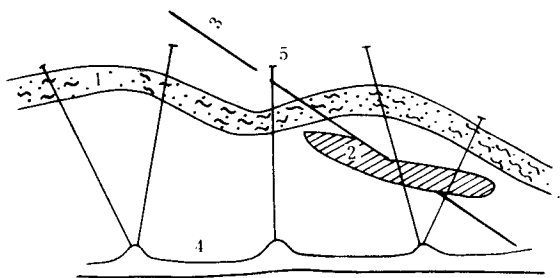


图 6-1-17 坑内钻探暗河平面图

1—暗河 2—矿体 3—断层 4—沿脉 5—钻孔

但是 ,用这种设备探矿有一定局限性 ,因为此类设备一般不适于打下向孔 ,所取得的样品为矿(岩)泥 ,不易鉴定岩性、岩层产状及地质构造等 ,当地质体之间成过渡关系时 ,不易划准界线。

用凿岩机进行探矿的作用是 寻找坑道附近的盲矿体 ,代替部分穿脉进行生产探矿 ,用于进一步加密工程控制 ,探矿体尖灭端和用于回采前对矿体的最后圈定等。

生产探矿时期所使用的各种工程的主要技术特征和适用条件综合如表 6-1-2。

表 6-1-2 生产勘探工程技术特征

工程种类	工程名称		主要技术规格	工 效	基本作用	常用设备型号
槽井探	探槽	山地探槽	底宽 0.5 ~ 1.0m ,壁坡度 70° ~ 80° ;长度等于矿体或矿带宽度	0.5 ~ 1.0	揭露埋深小于 5m 的矿体露头	手掘或挖沟机械
		平盘探槽	断面 1.0(宽) × 0.5(深)m ;长度等于矿体或矿带宽度	5 ~ 10	剥离露天采场工作平盘上的人工堆积物	手掘或挖沟机械
	浅井		断面 0.6 ~ 1.0 × 1.0 ~ 1.2m ;深度一般小于 20m	0.5 ~ 1.0	揭露埋深大于 5m 的矿体 ,多用于砂矿及风化堆积矿床	手掘或吊杆机械

工程种类	工程名称		主要技术规格	工 效	基本作用	常用设备型号
钻 探	砂矿		孔径 130 ~ 335mm ; 深度 15 ~ 30m	10 ~ 15	探砂矿	SZ - 130 ,SZC - 150 , SZC - 219 ,SZC - 325
	露天炮孔		孔径 150 ~ 320mm ; 深度 10 ~ 30m	15 ~ 20	取岩泥、岩粉、控制矿石品位	露天采矿潜孔、牙轮钻
	地表岩心钻		孔径 91 ~ 150mm ; 深度一般 50 ~ 200m ; 最大 600m	3 ~ 5	探原生矿床 ,多用于露天采矿	DDP - 100 型汽车钻 , 北京 - 100 ,XU - 300 ,XU - 600 ,YL - 3 ,YL - 6 , XY - 1
	坑内钻	岩心钻	孔径 91 ~ 150mm 深度一般 50 ~ 200m ; 最大 600m	5 ~ 10	配合坑道探各类原生矿床	KD - 100 ,钻石 - 100 , 钻石 - 300 ,钻石 - 600 , YL - 3
		爆破深孔	孔径 45 ~ 100mm 深度 15 ~ 50m	15 ~ 20	配合坑道探各类原生矿床	YG - 40、80 ,BBC - 120FYSP - 45 ,YQ - 100
坑 探	平巷 (穿脉、沿脉)		断面 坡度、弯道与生产坑道一致。纯勘探坑道断面 1.5 ~ 2.0(宽)×1.8 ~ 2.0(高)m 坡度可达 5%	0.2 ~ 1.0	在阶段、分段平面上 ,沿脉控制矿床走向 ,穿脉控制矿体宽度	利用矿山坑道掘进设备
	上、下山		断面同平巷、坡度 15° ~ 40°	0.2 ~ 0.8	用于缓倾斜矿体 ,在阶段间控制矿体沿倾斜变化	利用矿山坑道掘进设备
	天井		断面 1.2×2.2m 坡度 40° ~ 90°	0.2 ~ 1.0	用于急倾斜矿体 ,在阶段间控制矿体变化	利用矿山坑道掘进设备

注 探槽工效单位 m³/工班 浅井工效单位 m/工班 钻探及坑道工效单位 m/台班。

## 第二章 勘探工程的总体布置

### 第一节 总体布置应考虑的因素

生产勘探工程总体布置应考虑以下几个因素 :尽可能与原矿床勘探阶段已形成的总体工程布置系统保持一致 ,即在原总体布置的基础上进行进一步加密点、线 ,以便充分利用已有的勘探资料 ;生产勘探剖面线的方向尽可能垂直采区矿体走向 ,如矿体的产状与由矿体组成的矿带产状不一致时 ,此时 ,生产勘探剖面的布置首先应考虑矿体的产状 ,根据实际情况改变生产勘探剖面的布置方向 ,以利于节省探矿工程量 ,提高勘探剖面的质量和计算储量的可靠性(图 6-2-1) ;生产勘探工程构成的系统应当尽可能与采掘工程系统相结合 ,以便为矿山生产所利用。

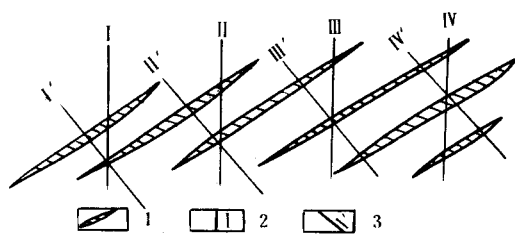


图 6-2-1 生产勘探剖面与原勘探剖面的关系平面图

1—矿体 2—原勘探剖面 3—生产勘探剖面

## 第二节 生产勘探工程的总体布置形式

生产勘探工程的总体布置与矿床勘探阶段工程的总体布置相比较,有其共同的一面,也有其不同的地方。生产勘探工程的布置,不仅要考虑矿床、矿体的地质特点,更重要的还要考虑矿床的开采因素,特别是开采方式及采矿方法的因素。在生产勘探中有以下几种布置形式:

### 1. 垂直横剖面形式(勘探线形式)

该种布置形式是由具有不同倾角的工程构成,如探槽、浅井、直或斜钻以及某些坑道(常为穿脉、天井及上、下山)。工程沿一组平行或不平行的、垂直于矿体走向的垂直横剖面布置,利用该剖面控制和圈定矿体。此种布置形式多在原矿床勘探基础上加密,主要用于倾斜产出的各类原生矿床露天采矿以及某些情况下(开拓、采准尚未完全展开等)地下采矿的生产勘探。

### 2. 水平勘探剖面形式

生产勘探工程沿一系列水平勘探剖面布置,并从水平断面图上控制和圈定矿体。这种形式,在地下开采矿山,主要用于矿体产状较陡而且在不同标高的水平面上矿体形状复杂,产状变化大的筒状、似层状、脉状及不规则状矿体。在该条件下,主要探矿手段为水平的坑道及坑内扇形钻用于对矿体进行追索和二次圈定。露天开采的矿山使用平台探槽探矿时,也采用这种布置形式。

### 3. 纵横垂直勘探剖面形式(勘探网形式)

这种形式是由铅直性工程,如浅井、直钻沿两组以上勘探剖面线排列形成。工程在平面上布置为正方形、长方形或菱形等网格,可以从两个以上剖面方向控制和圈定矿体。该布置形式多利用原矿床勘探已形成的勘探网加密,适用于砂矿床、风化矿床及产出平缓的原生矿床露天采矿时的生产勘探。

### 4. 垂直剖面与水平勘探剖面组合形式

这种布置形式要求探矿的工程既要分布在一定标高的平面上,同时又要要在一定的垂直剖面上。即控制和圈定矿体的工程沿平面及剖面两个方向布置,组成格架状。当地下采矿时,在阶段及分段平面上,工程主要由脉外或脉内沿脉、穿脉及水平钻构成;在剖面上主要由天井或上下山及剖面钻构成。露天采矿时,平台探槽与钻孔结合,亦可组成此



种格架系统。此种布置形式应用甚广 ,当矿体厚度较大 ,生产探矿工程的布置最终多能形成这样一种形式。

5. 开采块段 (棋盘格)形式

该种工程布置形式 ,是用坑道将薄矿体切割成一系列开采块段 ,矿块由坑道四面包围 ,上下两个中段布置有沿脉 ,两个中段之间矿块左右两侧沿倾斜有天井或上山揭露矿体。这些工程把矿体切割成一系列长方形式方形的矿块。它主要适用于矿体厚度可被沿脉天井或上山全部揭露的薄矿体。急倾斜薄矿脉矿块 ,上下可用沿脉 ,左右可用天井包围 ,而缓倾斜矿脉的矿块 ,上下用沿脉(如拉底巷道) ,左右两侧用上山包围 ,可以进行探采结合的生产勘探。矿体纵投影图是此种布置系统用以圈定矿体的主要图件之一。

各类探矿工程总体布置形式综合示意图(图 6-2-2)。

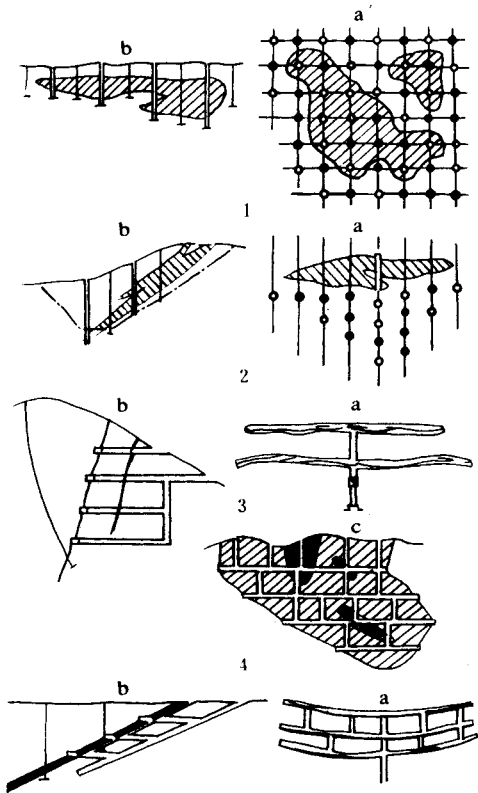


图 6-2-2 探矿工程总体布置形式综合示意图

1—勘探网形式工程布置 2—勘探线形式工程布置 ;

3—垂直与水平剖面组合形式工程布置 4—开采块段形式工程布置

## 第三章 勘探工程网度

为了提高矿床勘探程度,达到矿产储量升级的目的,生产勘探必须在原矿床勘探的基础上加密工程。通常储量每提高一个级别,工程需加密一倍,有时还需要更密。但是进行生产勘探时并不是对所有矿体、地段都毫无例外地同等加密工程,在确定合理工程网度(间距)时必须综合考虑许多因素。

### 第一节 影响工程网度(间距)的因素

#### 一、矿床地质因素

矿床地质构造复杂,矿体形状、产状变化大,取得同级矿产储量的工程网度应较密,反之则可稀。矿体边、端部,次要的小盲矿体及构造复杂部位勘探难度较大,工程网度一般密于主矿体或矿体的主要部位。

#### 二、工作要求

合理的工程网度应保证工程及剖面间地质资料可联系和对比,不应漏掉任何有开采价值的矿体。

#### 三、工程技术因素

坑道所获资料的可靠程度高于钻探,在相似地质条件下达到同等勘探程度,坑道间

距可以稀于钻探。

#### 四、生产因素

露天采矿的地质研究条件较好,在相似地质条件下,取得同级矿产储量所需工程网度可以稀于地下采矿。当所用采矿方法的采矿效率愈高,采矿分段、盘区及块段的结构愈复杂,构成参数要求愈严格,对采矿贫化与损失的管理要求愈高或者要求按矿石品级、类型选别开采,需要进行矿石质量均衡而应对矿石品级进行严格控制等情况下,对勘探程度要求愈高,所需的工程网度也愈密。此外,为了便于探采结合,地下采矿时生产勘探工程间距应与采矿阶段、分段的高度以及开拓、采准及切割工程的间距相适应。

#### 五、经济因素

生产勘探网度加密将增加探矿费用,但却可减少采矿设计的经济风险。当两者综合经济效果处于最佳状态时的网度应为最优工程网度。此外,生产勘探工程网度与矿产本身的经济价值大小亦有一定关系。价值高的矿产与价值低的矿产比较,勘探程度可以较高,相应的工程网度允许较密。

### 第二节 确定生产勘探网度(间距)的方法

确定生产勘探网度(间距)的方法一般有三种,即类比法、验证法和统计计算法。

#### 一、类比法

此法亦称经验法,此法是先划分矿床的勘探类型,再将被勘探矿床(区段)与同类型矿床(区段)的勘探工程网度(经实践证明是正确的)对比,以选定合理的工程网度。

矿床勘探类型是根据矿床的某些地质特点用以衡量矿床勘探难易程度进而选定勘探方法的一种矿床分类。分类的主要依据是:矿体的规模大小、矿石质量变化程度或矿化均匀程度,矿化的连续性,矿体形态特征及其变化程度,矿体产状的稳定性等。一般用罗马数字表示,第Ⅰ勘探类型一般矿床规模大而简单,而第Ⅱ、Ⅲ等勘探类型相应较小和比较复杂。求取同级矿产储量时,第Ⅰ勘探类型工程网度最稀,而第Ⅱ、Ⅲ等勘探类型要

求逐类增密。矿床种类不同,矿床勘探类型具体划分亦不相同,且不同矿种同一勘探类型矿床之间在矿床地质特点和工程网度方面难以相互对比。有的矿种如铬铁矿划分为三类,有的矿种如铜和铀等矿床则划分为五类,而多数矿种划分四类。各类矿种矿床勘探类型的具体划分和求取各级矿产储量(A、B、C、D)的相应工程网度的经验性规定在各矿种的勘探规范内均有详细记载,本书从略。由于矿体局部地质构造因素变化的复杂性,采掘工程构成对生产勘探的影响,矿山实际采用的生产勘探工程网度往往密于规范规定,且不同矿山工程的加密情况和程度有所不同。今将部分矿山实际勘探工程网度列入表6-3-1,供参考使用。

类比方法简便,应用甚广,所确定的工程网度是否准确可靠,有待工作中用其它方法检验。

## 二、验证法

此法可分为工程网度抽稀验证法和探采资料对比验证法两种。前者是将同地段不同网度所获资料进行对比,以最密网度资料作为对比标准,选定逐次抽稀后不超出允许误差范围的最稀网度作为今后采用的生产勘探工程网度;后者是将同地段开采前后所取得的资料进行对比,以开采后资料作为对比标准,验证不同网度的合理性。

探采资料对比法最适用矿山生产时期,既可验证原矿床勘探的工程网度又可验证生产勘探工程网度的合理性,而抽稀验证法由于具有一定程度的不确定性,只是一种辅助方法。

## 三、统计计算法

是用数理统计分析方法计算合理工程数目和合理工程间距的方法。如用变化系数及给定精度确定合理工程网度,根据参数的方差及给定精度要求确定合理工程网度和应用地质统计学法计算探矿工程的合理网度。今只就后者作一个简要介绍。

地质统计学所用的变差函数和变差图能反映地质变量的空间相关关系,并能求得表征空间相关程度的影响范围—变程( $a$ ),这用于确定探矿网度具有一定的优越性。目前可采用以下几种方法:

(1)应用变程确定工程间距 变程大小是由矿床本身特点所决定的。对于金属矿床变程影响范围可达数百米,但对于铀矿、金矿可以很小。确定探矿工程间距就要了解每个工程所控制的影响范围。一般讲探矿工程间距应小于变程值,这样就能控制矿体的基本变化。

表 6-3-1 部分矿山地质勘探及生产勘探工程网度

序号	矿区	勘探类型	地质勘探网度/m	生产勘探网度/m	备 注
1	南芬铁矿	I	钻 C 400×200 B 200×100~150 A 100~200×100	平盘探槽 24×50 钻 A 50×50	
2	攀枝花铁矿	I	钻 C 200×100 B 100×100 A 100×50~100	平盘探槽 15×25~30 钻 A 50×50	
3	八一锰矿	I	钻 C 50~100×50 B 25~50×25	钻、浅井 B 25~30×25~30 筒口锹 10~20×10~20	水力开采
4	孝义铝矿	I	钻、浅井、槽 C 200×200 B 100×100	钻、浅井 C 200×200 B 100×100 指导剥离 50×50	
5	老厂砂锡矿	Ⅲ	砂钻、浅井 C 50~70×50~70 B 25~60×25~60	砂钻、浅井 B 25~30×25~30	水力开采
6	白银铜矿	Ⅲ	钻 C 100×100	钻 B 50×25 局部 25×25	
7	老虎头稀有金属矿	Ⅲ~Ⅳ	钻 C 200×100	平盘探槽 25 钻 B 50~100×50	
8	701 铀矿	Ⅲ	钻 D 40×40 C 40×20	平盘探槽 10×10	
9	云浮硫铁矿	Ⅰ~Ⅲ	钻 C 200×50~100 B 100×50	平盘探槽 12×25~50 钻 A 50×50	Ⅲ、Ⅳ号矿体
10	浏阳磷矿	Ⅰ~Ⅲ	钻 C 200×100	平盘探槽 25 钻 B 50~100×50	
11	庞家堡铁矿	I	钻 C 300~400×100~200 B 75~150×75~150	坑 A 30×30~60	
12	弓长岭铁矿	I~Ⅰ	钻 C 300×150 B 150×70 A 75×75	坑 A 50~60×40×40~60	
13	湘潭锰矿	Ⅰ	钻 C 150×70 B 75~150×75 A 75×37.5	坑 A 30×50~100×7.5~10 坑内钻 15~30×10~15	
14	金川镍矿	I	钻 C 100×100~150 B 100×50~75	坑 A 30×25~30	
15	因民铜矿	I	钻 C 60~120×40 坑 B 60×40	坑 A 60×10~20	

序号	矿区	勘探类型	地质勘探网度/m		生产勘探网度/m		备 注
16	桃林铅锌矿	I ~ III	钻	C 100×50	坑	B 40×25×30~50	
			坑	B 20×25			
17	杨家杖子钼	I ~ III	钻	C 100×100	坑	B 40×25×50	
18	西华山钨矿	III	钻	D 80~100×80~100	坑	B 25~50×50×50	
				C 80×40~50×50	坑内钻	10	
19	万山汞矿	IV	钻	C 50×50	坑	B 10~25×20~30×20~30	
					坑内钻	10	
20	711-1 铀矿	III	钻	D 50~100×50	坑	B 50×20×40	
			坑	C 50×20~40	小矿体加副段	12×25	
21	716 铀矿	IV	钻	D 40×40	坑	C 30×20×40	矿区东部
				C 20×20			
			坑	C 30×20			
22	广元粘土矿	I	钻	C 200×200	坑	C 100×100	
				B 100×100		B 50×50	
23	马路坪磷矿	I	钻	C 800×800	坑	A 40×100	
				B 400×200			
				A 200×100			
24	风城硼矿	III	钻	D 100×50	坑	B 12.5~25×12.5~25	
				C 50×50		A 6~25×12.5	
			钻、坑	B 50×50			
25	向山硫铁矿	III	钻	C 100×50	坑	B 20~30×25×17.5	
					坑内钻	50×50	
26	七宝山硫铁矿	III ~ IV	钻	D 100×80~100	坑	B 40×25	
				C 50×30~50		A 8~20×25	
27	应城石膏矿	I	钻	C 1000×1000	坑	120（切割与回风巷平距）×	无单独生产勘探
				B 500×500		70（上、下山）	
28	金州石棉矿	I	钻	C 200×100	坑	B 50×80~100	下盘矿
				B 100×100		A 50×40~50	
					坑内钻	10~20	
29	鲁圪石墨矿	I	钻	C 600×500	坑	A 35×100×100	
				B 300×250			
30	丹巴云母矿	I ~ III	坑	D 30~50×30~50	坑	B 30（斜距）×10~20	缓倾斜矿体
				C 30~40×20~40			

注：1. 序号 1~10 为露天采矿，11~30 为地下采矿；2. 钻探网度：走向×倾向；3. 坑探网度：段高×穿脉×天井或上下山；4. 平台探槽网度：台阶高×走向；只一数值指走向；5. 序号 3 内“筒口锹”指手握“洛阳铲”。

(2)应用变程玫瑰花图确定探矿工程总体布置形式 工程的布置形式可以通过不同方向的变差曲线,求出不同方向的变程,作出变程玫瑰花图。如果是各向同性,则宜选择方格网,若为各向异性,则宜选择菱形网和矩形网,矩形网的网距应与各向变程相吻合,而且通过各向异性的椭球体,可以判断矿体变化最大方向,便于确定勘探剖面线的方向。

(3)应用估计方差确定探矿工程网度 生产勘探阶段将要布置大量的工程,这对投资与经济效益有极大影响。为此,需要选择一个最佳的勘探方案,最合理的勘探网格。所谓最合理的勘探网格,就是在工程数相同情况下,使标志值估计量的误差为最小的一种工程排列方式。

估计方差  $\sigma_E^2$  就是从一个样点的信息  $v$  推断到矿体内某矿块  $V$  时所产生的误差。这种估计误差的大小取决于样品信息的性质与数量,矿化空间的规则性,被估计矿块的大小。地质统计学可以用变差函数  $\gamma(h)$  的线性组合估计这种误差。

$$\sigma_E^2 = 2\bar{\gamma}(v \cdot V) - \bar{\gamma}(v \cdot v) - \bar{\gamma}(V \cdot V) \tag{3-1}$$

利用估计方差确定出最佳网格的步骤如下:

a. 在一定矿化面积条件下,按不同网度划分为不同形状的网格,如方形、矩形、菱形等(图 6-3-1)。假设每一网格结点都有一个工程,并对不同形状的网格计算出每一结点  $x_i$  的估计方差  $\sigma_k^2(n \cdot x_i)$ 。再计算出这种网度下全区结点的平均估计方差  $\bar{\sigma}_k^2$ ,即根据此点外网格上其它点来估计该点值时的克里格方差。

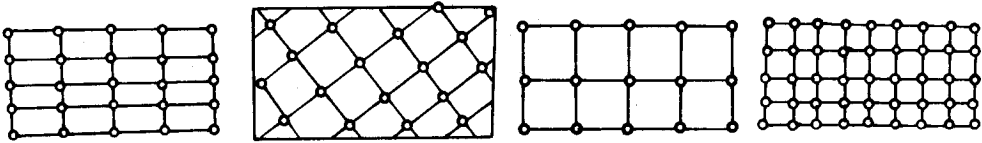


图 6-3-1 不同的勘探网度

$$\bar{\sigma}_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_k^2(n \cdot x_i)$$

b. 将勘探区不同规格的网格,按上述方法分别算出全区不同网度下结点估计方差的平均值,并把每种网度所要花费的资金与平均估计方差的关系,绘成相应的曲线(图 6-3-2),找出曲线上变化快到慢的转折点(如图 6-3-2 中,在 300m 和 200m 之间处)。认为其对应的网度平均估计方差最小,而投资也较合理,所以是最佳的勘探网度。如果再增加投资,所取得的效益就不大了。

(4)利用估计方差  $\sigma_E^2$  还可以确定最优工程位置 在一个探矿区已有几个探矿工程,并且从这些工程资料中已初步获得该区的变差函数  $\gamma(h)$ ,为了提高该区品位及储量的

估计精度,决定再增加少数几个工程。为此,可以用估计方差  $\sigma^2$  来确定最优孔位  $x$  的具体位置,其方法概括如下:

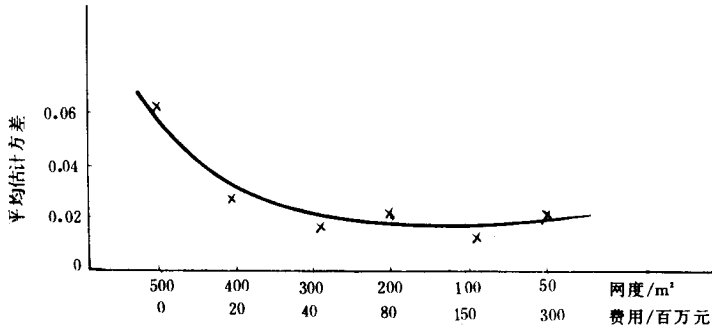


图 6-3-2 最优勘探网度的选择

a. 首先计算出  $n$  个已完工工程  $x_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) 中每个工程的两个估计方差:当工程数均为  $n$  时,用其它  $(n-1)$  个工程品位估计程  $x_i$  处品位的估计方差  $\sigma_E^2(n \cdot x_i)$ ,当增加一个工程  $x_{n+1}$  后用  $x_i$  以外的其它  $n$  个工程品位估计工  $x_i$  处品位的估计方差  $\sigma_E^2(n+1, x_i)$  (图 6-3-3),一般有:

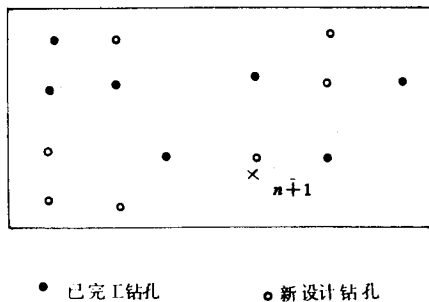


图 6-3-3 利用  $\sigma_E^2$  确定新工程位置  $x_i$

$$\sigma_E^2(n+1, x_i) \leq \sigma_E^2(n \cdot x_i) \quad (3-2)$$

b. 计算每个原有工程的相对收益  $G(x_i)$

$$G(x_i) = \frac{\sigma_E^2(n \cdot x_i) - \sigma_E^2(n+1, x_i)}{\sigma_E^2(n \cdot x_i)} \times 100\% \quad (3-3)$$

再求出新设计工程  $x_{n+1}$  的平均相对收益:

$$G(n+1) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n G(x_i) \quad (3-4)$$

并将此值标在  $x_{n+1}$  处。



c. 多次改变  $x_{n+1}$  的位置 求出相应的  $G(n+1)$  值 ,分别标在相应  $x_{n+1}$  的位置上 ,然后根据这些值作出平均值相对收益的等值线图。如果该等值线图的最大值与原来考虑的  $x_{n+1}$  工程重合 则该工程位置就是最优工程设计位置 ,也就是布置该工程之后 ,可以获得较小的估计方差。否则 ,改变  $x_{n+1}$  位置 ,重复上述计算 ,直到等值线图的最大值与某  $x_{n+1}$  位置重合为止。

d. 再从上述的  $(n+1)$  个工程出发 ,重复上述步骤 ,可以求出  $n+2$  个最优设计的工程位置 ,这样下去 ,一直到补打的工程全部设计完位置为止。

这种方法的优点是严格的最优化 ,但成本高 ,因此只有在增加少量几个工程时才适用。如果要一下子增加许多工程 ,用这种方法就显得麻烦了。此时 ,可以首先按照勘探精度要求 ,确定工程网度 ,并在平面上划上网格 ,假设已完工的几个工程和要增加设计的工程均在网格结点上(图 6-3-4)。于是 ,可仿照上述方法算出全部未完(未打)的工程结点处增加一个工程  $x_{n+1}$  的平均相对收益值。

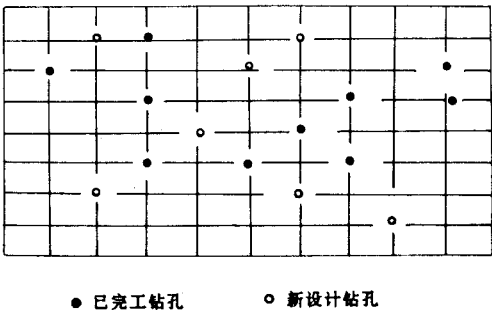


图 6-3-4 利用  $\sigma_e^2$  确定一批工程位置

$$\overline{G}(n+1)=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n G(x_i) \tag{3-5}$$

设若这种收益值共有  $M$  个 ,如果只增加  $m(< M)$  个工程 ,就可在这  $M$  个  $G(n+1)$  值中选择前  $m$  个较大的值其所对应的  $m$  个结点作为最优设计的一批工程 ,设计工程也可按  $G(n+1)$  值由大到小的顺序进行。

## 第四章 勘探设计

生产勘探设计一般每年进行一次,是矿山年度生产计划的组成部分之一。必要时也进行较长或较短期的设计。生产勘探设计的主要任务为:根据矿山地质、技术和经济条件、企业生产能力、任务以及三级矿量平衡和发展建设的要求,并按照开采工程发展顺序所安排的生产勘探对象、范围以及储量升级任务来拟定生产勘探方案,确定工程量、人员、投资、预计勘探成果,并对生产勘探设计的合理性作出说明。

生产勘探设计按工作程序一般分为总体设计和工程单体技术设计两个步骤。

### 第一节 生产勘探总体设计

总设计主要解决生产勘探的总体方案问题,如勘探地段的选择、技术手段选择、工程网度确定、工程总体布置形式、工程施工顺序方案等。设计完成后,应编写设计说明书。设计说明书由文字、设计图纸和表格构成。文字中应说明:上年度生产勘探工程完成情况,本年度生产勘探任务和依据;设计地段地质概况;生产勘探总体方案;勘探工作及工程量统计、预计矿量平衡统计、预计技术经济指标计算;工程施工顺序和方案等。主要设计图有:露天采矿的采场综合地质平面图及勘探工程布置图、预计地质剖面图;地下采矿的预计阶段地质平面图及工程布置图,预计地质剖面图。必要时提交矿体顶、底板标高等高线图,矿体纵投影图和施工有关的网格图表。

## 第二节 生产勘探工程的单体设计

单体设计主要解决各工程的施工技术和要求等问题。

**探槽** 要确定工程位置、方位、长度、断面规格,提出施工目的和要求。

**浅井** 要确定井位坐标、断面规格、深度,提供工程通过地段的水文和工程地质条件,施工目的与任务要求,井深大于 10m 者尚应提出通风、排水、支护措施,进入原岩的浅井,应提出爆破、运搬措施。

**钻探** 要求编出钻孔预计地质剖面图及钻孔柱状图,并说明钻孔通过地段的地层、岩性、水文及工程地质条件,确定钻孔孔位坐标、方位、倾角、预计换层、见矿及终孔深度,提出对钻孔结构、测斜、验证孔深、岩(矿)心采取率、水文地质观测及封孔等的要求,孔深小于 50m 者,上述要求可简化。

**坑探** 要求提供坑道通过地层、岩性、构造、水文及工程地质条件,说明坑道开门点位置和坐标,工程的方位、长度、坡度、断面形状和规格,弯道位置及参数,工程的施工目的和地质技术要求。探采结合坑道的技术规格要符合生产技术要求,必要时由采矿人员设计。纯勘探坑道的技术要求可以适当降低。

## 第五章 勘探中的探采结合

所谓探采结合,是指在保证探矿效果的前提下,实行探矿工程与采掘工程的统筹规划,统一安排,利用采掘工程进行生产探矿,或生产探矿工程能为采矿工作所利用。实行探采结合是我国矿山地质工作实践中总结出来的一套行之有效的工作方法。

### 第一节 探采结合的意义与要求

生产探矿工作贯穿于矿山生产的全过程,它常与采矿工程交叉进行,许多工程互有联系,并往往可以互相利用。实行探采结合可以减少矿山坑道掘进量,降低采掘比,加快生产探矿进度,缩短生产探矿和生产准备周期,降低生产成本,提高探矿工作质量与效果,有利于安全生产和加强生产管理,充分发挥矿山生产潜力,并可使矿山坑道系统更趋合理。

实施探采结合时,要求探采双方在工作上必须打破部门界限、实行统一设计,联合设计,统筹施工和综合利用成果,形成一体化工作法,探采结合必须是系统的、全面的,必须贯穿于采掘生产的全过程,合理确定施工顺序,在保证“探矿超前”的前提下,探采之间力求作到平行交叉作业,探采结合必须以矿床的一定勘探程度为基础,特别是对地下采矿块段内部矿体的连续性应已基本掌握,不致因矿体变化过大导致在底部结构形成后,采准、回采方案的大幅度修改,工程的大量报废。在条件不具备的情况下,仍应先施工若干单纯的探矿工程(钻探或坑道)。

## 第二节 露采矿山的探采结合

露天采矿在剥离前,一般均已进行一定工程密度的探矿工作,矿体总的边界已经控制。因此,露天采矿的探采结合主要存在于爆破回采阶段。此时能用于生产探矿的生产工程为:采场平台、台阶边坡、爆破孔、爆破洞井、爆破矿堆。利用平台与探槽的资料编制平台地质平面图,利用岩心钻及爆破孔揭露的资料编制地质剖面图。

剥离和堑沟,是露天开采的重要采准工程,同时可起到生产探矿作用。通过剥离,可重点查明矿体在平面上的四周边界和矿体的夹石分布。通过堑沟,可以掌握矿体上、下盘的具体界线。

采矿平台和爆破孔,是采矿过程中的直接生产工程,可以直接利用平台上部和侧面已爆露部分进行素描、编录、取样等地质工作,确定在平台上的矿体边界、地质构造界线、夹石分布、矿石品位和类型等,并编制平台实测地质平面图。在该图的基础上,进行穿爆孔设计。根据穿爆孔岩粉取样化验结果和爆破孔岩粉颜色的变化,进一步圈定矿体的局部边界,指导采矿工作的进行,同时根据爆破孔孔底取样资料,编制下一台阶预测平台地质平面图,作为平台开拓设计的依据。

## 第三节 地下开采的探采结合

### 一、开拓阶段的探采结合

开拓阶段各种工程用于探采结合的可能性分为下述几类:

控制性工程 包括竖井、斜井、主平窿,无探矿作用。

联络工程 石门、井底车场等,也不能起探矿作用。

探采结合工程 包括脉内沿脉、运输穿脉等,这些工程大部分切穿矿体,能起探矿作用。

脉外开拓工程 此类工程对矿体产状、形态、边界的空间位置依赖性较大,必须在探

矿后才能施工,不能实行探采结合。

纯生产探矿工程 包括探矿穿脉、天井、盲中段、坑内钻等,这类工程对生产无直接生产意义。

开拓工程与生产探矿结合的步骤和方法:

- (1)地质人员提供阶段开拓的预测地质平面图及矿石品位、储量资料;
- (2)在充分考虑阶段地质条件和探矿要求的基础上,采矿人员拟定阶段开拓方案;
- (3)进行探采联合设计,采矿人员布置开拓工程,地质人员布置探矿工程,双方共同选择探采结合工程,并进行工程的施工设计;
- (4)地采双方联合确定工程施工顺序并统筹施工,施工中,地质人员与测量人员配合掌握施工工程的方向、进度、目的,采矿人员控制技术措施;
- (5)阶段开拓工程施工结束后,地质人员视情况补充一定探矿工程,再整理开拓阶段生产勘探所获资料,为转入采准阶段的探采结合创造条件。

## 二、采准阶段的探采结合

采准阶段的探采结合,是以采矿块段(采场、采区、盘区)为单元,属于单体性生产探矿范围。

采准工程与生产探矿工程结合的步骤:

- (1)地质人员提供采矿块段地质平面图、剖面图和矿体纵投影图;
- (2)采矿人员根据资料初步确定采矿方法及采准方案;
- (3)地采双方共同商定采准阶段的探采结合方案,通常是从采准工程中,选定能达到探矿目的而又允许优先施工的工程作为探采结合工程,有时与分段等生产工程结合探采结合层;
- (4)编制块段探采结合施工设计。利用采准工程进行生产探矿的工程,一般由采矿人员设计,纯生产探矿工程由地质人员设计;
- (5)确定工程施工顺序。首先掘进离矿体较远或对矿体空间位置依赖性不大的工程,以接近矿体和构成通路,然后选择某些能起探矿作用又基本符合探矿间距的采准工程作为探采结合工程,并优先施工。配合部分纯生产探矿工程,对矿块内部的矿体边界、夹石、构造、矿石质量及品位变化情况进行控制;
- (6)地质人员整理块段探采结合工程施工所获地质资料,提供采矿人员进行全面采准工程设计;
- (7)采准工程全面施工。施工结束后,地质人员视情况补充必要的探矿工程,再整理

采准阶段生产勘探阶段所获地质资料,为转入块段矿石回采作好准备。

采准阶段的探采结合方法,随矿体地质条件和采矿方法的不同而有别,这里只举数例加以说明:

(1)壁式采矿方法的采场 此法适于薄而缓倾斜的矿体。结构简单,采准工程多布置于矿体内,能用于探矿。此种采矿方法沿矿体走向布置(图 6-5-1)。先从脉外大巷开溜井进入矿体下盘,切割沿脉和倾斜井为探采结合工程,斜井中的探矿小穿脉、短天井(或坑内钻),用于探矿体厚度。这些工程也为探采结合工程,如地质构造复杂时,还应补充纯生产勘探工程。

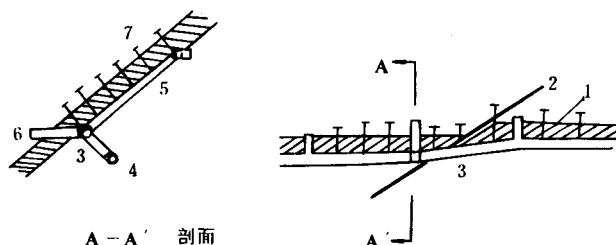


图 6-5-1 某锡矿壁式采矿法探采结合工程示意图

1—矿体 2—断层 3—切割沿脉 4—脉外运输巷道;  
5—斜井 6—探矿小穿脉(探采) 7—钻孔

(2)留矿法采场 此类采矿方法运用于薄而陡倾斜矿体,采场多为沿矿体走向布置。这类采矿方法分有底柱留矿法及无底柱留矿法。以某铅锌矿的无底柱留矿法采场为例(图 6-5-2),开拓沿脉为采准阶段的采场切割道。为探采结合工程在切割道的下盘掘一个平行于沿脉切割道的下盘脉外坑道为运输道,每隔 5~6m 打一个垂直沿脉切割道的出矿进路(为探采结合工程)。在矿体走向上,每隔 50m 上掘一个探采结合天井,在天井里掘两层幅穿或以坑内钻进行生产探矿。

(3)分段法(空场法)采场 此类采矿方法适于中厚、陡倾斜矿体,电耙道沿矿体走向布置。采场可分二或三个分段,分段高 10~15m,用中深孔凿岩,采场各天井为探采结合工程。它可以控制矿体下盘界线,用天井幅穿或天井里打钻孔代替幅穿探矿体上盘界线,再于分段凿岩巷道里布置扇形坑内钻进行矿体的重新圈定(图 6-5-3)。

(4)沿矿体走向布置的有底柱分段崩落法采场 此法适用于中厚、缓倾斜矿体的采矿,即一个阶段分二或三个分段,分段高度为 20~15m 左右,利用电耙出矿,电耙道于脉外沿脉沿矿体走向布置,电耙道长 30~40m(图 6-5-4)。

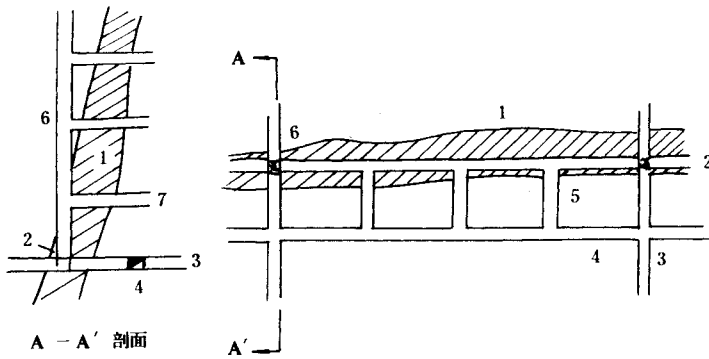


图 6-5-2 某铅锌矿无底柱留矿法探采结合工程示意图

- 1—矿体 2—沿脉(探采) 3—穿脉(探采);  
4—脉外运输巷道 5—出矿出路 6—探矿天井(探采) 7—分段幅穿

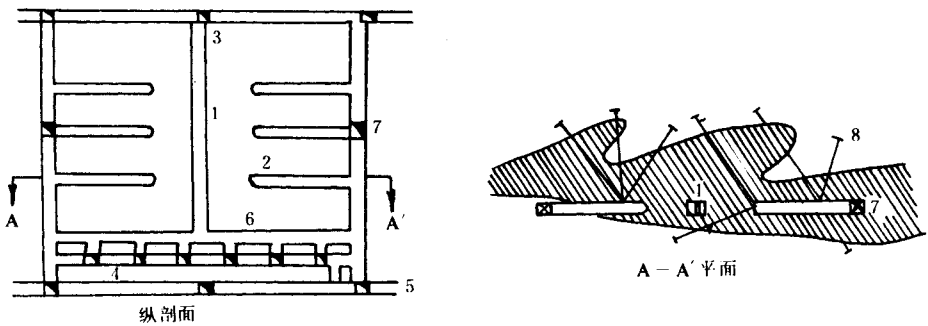


图 6-5-3 空场法探采结合工程示意图

- 1—采区天井(探采) 2—分段凿岩坑道(探采) 3—阶段穿脉(探采);  
4—电耙道 5—阶段沿脉运输巷道 6—切割槽 7—天井幅穿(探采) 8—钻孔

这类采场,下盘脉外通风井或溜矿井,属采矿工程,一般距矿体较远,对控制矿体边界位置的依赖性不大,可首先掘进。然后选出一个或两个电耙层作为探采结合层(中等倾斜可选择一个电耙层,其位置大致介于阶段高度的一半;缓倾斜至少要选择两个电耙层),并优先施工,待联络道掘进到矿体下盘位置后,从中打扇形钻控制矿体厚度,作为采场矿体的圈定资料,为全面采准施工提供依据。矿体形态复杂时,尚需利用凿岩天井,各类联络道和切割工程进行探矿。

(5)垂直矿体走向布置的有底柱分段崩落法采场 当矿体为厚或极厚时,电耙道垂直矿体走向布置,一般间距为 15m 左右(图 6-5-5)。作为采准工程,常要求这些穿脉耙道工程穿过矿体上下盘界线,这样,这些坑道便完全能够起到加密工程的作用。



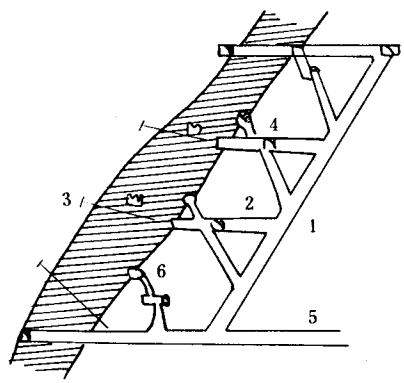


图 6-5-4 中厚矿体有底柱分段崩落法采场探采结合工程剖面图

1—采区通风井 2—联络道(探采) 3—钻孔 4—电耙道；  
5—阶段穿脉巷道(探采) 6—切割巷道

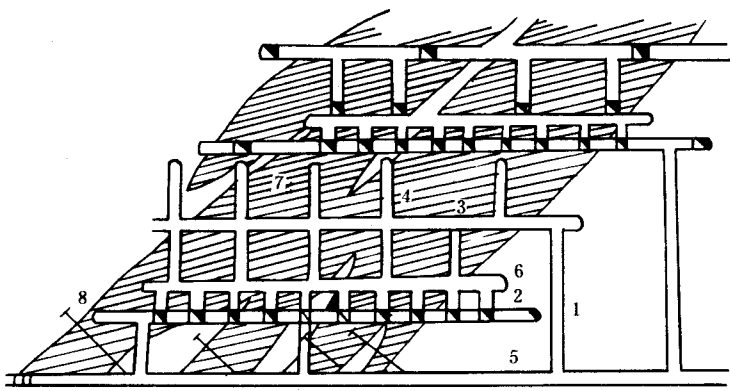


图 6-5-5 厚矿体有底柱分段崩落法采场探采结合工程剖面图

1—溜井 2—电道遭(探采) 3—凿岩巷道 4—拉槽工程；  
5—阶段穿脉(探采) 6—切割巷道 7—切割井 8—钻孔

(6)无底柱分段崩落法采场 此法适用于厚矿体，进路工程多为垂直矿体走向布置，进路间距一般为 10m，分段高度 10m。进路工程大部分位于矿体内部(图 6-5-6)。各个进路和下盘切割井可作为探采结合工程。依据这些探采结合工程的地质资料进行矿体的重新圈定和储量计算，提供备采设计利用。

无底柱分段崩落法如果处于覆盖岩下放矿，必须严格控制矿体上下盘界线，否则易造成矿石的贫化损失。

### 三、回采阶段的探采结合

经过采准阶段的探采结合,重新圈定矿体,一般已控制住矿体的形态和质量。对于形态变化复杂的矿体,为了更准确地掌握矿体的变化,应该充分利用回采阶段的切割层。回采分层、爆破中深孔等进行最后一次生产探矿,进行矿体边界的再次圈定,正确指导下一步的回采工作。

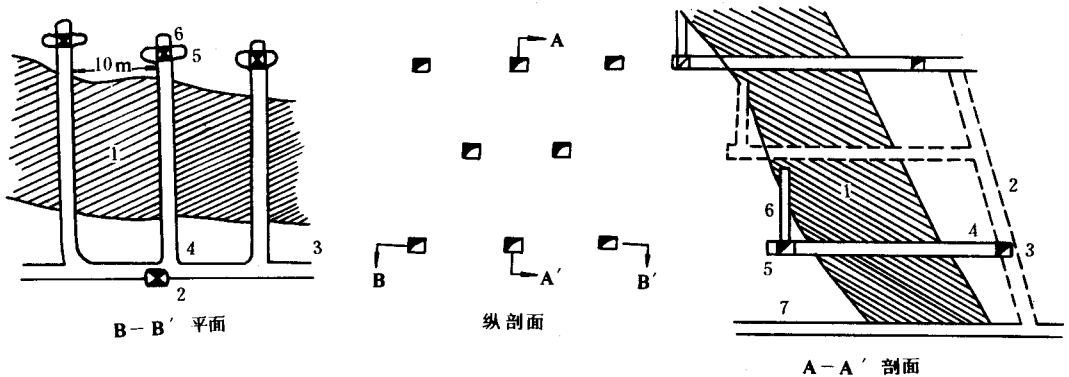


图 6-5-6 无底柱分段崩落法采场探采结合工程布置图

1—矿体 2—溜井 3—运输联络道 4—溜井联络道(探采);  
5—切割巷道 6—切割井(探采) 7—阶段穿脉运输巷道(探采)

### 第四节 探采结合的经济效益

生产探矿的经济效益,体现在以最小的劳动消耗取得尽可能多、尽可能好的、满足生产需要的矿产储量和地质资料。

某铜矿 1958 年基建,1964 年正式投产,为年产矿石百万吨的大型矿山。该铜矿属于沉积变质型铜矿,为第Ⅲ勘探类型。主要采用平洞与竖井开拓。阶段高为 45m。各阶段的开拓工程为矿体上下盘脉外沿脉巷道及穿脉巷道。采矿方法为有底柱分段崩落法,一个阶段分为两个分段,采高 20m 左右,电耙出矿,电耙道垂直或沿矿体走向布置。垂直矿体走向布置的电耙道间距为 15m,沿矿体走向布置的电耙道(适于薄矿体),耙距一般为 30~40m 左右。

探采结合的经济效益。该矿山 60 年代中期至 70 年代中期 ,生产探矿除坑探外 ,开始应用坑内钻代替部分坑探 ,万吨探矿比 50 年代中后期已大幅度下降 ,但仍为 40m/万吨以上。70 年代中期以来 ,由于普遍使用以钻代坑或探采结合的生产探矿方法 ,万吨探矿比逐年下降 ,如 1980 年至 1987 年已下降到 7 ~ 10m/万吨。

矿山平均掘进总量为  $1.5 \times 10^4$  m 左右 ,其中生产探矿与开拓、采准结合工程约占年掘进总量的 40% 以上 ,每年大约节省生产探矿成本费 80 万元以上。

根据生产实践 ,一般一条电耙道及配套工程的全部掘进量约为 380m。其中纯采矿工程约占 64% ,纯探矿工程占 5% ,探采结合工程占 31% 左右。通常一条电耙道的探采结合工程可节约生产探矿成本费 1.6 万元。

一条沿矿体走向布置的电耙道及配套工程全部掘进量约为 400m 以上。其中采矿工程约占 53% ,纯探矿工程占 3% ,探采结合工程占 44%。所以 ,一条沿脉电耙道的探采结合工程可节约生产探矿成本费 2.5 万元以上。

## 第六章 勘探程度要求与探采资料对比

### 第一节 生产勘探程度要求

矿床生产勘探程度,是指经过生产勘探工作之后,对生产勘探范围内矿床或矿体的地质特征控制和研究程度。其基本内容与地质勘探阶段基本相同,所不同的是在地质勘探程度的基础上,进行更为深入、细致的勘探程度的要求。

#### 一、生产勘探程度对矿山生产的影响

矿体的形状、产状、空间赋存特征和受构造影响或破坏的情况,是反映矿体外部形态特征的重要因素,也是确定矿山开采、开拓方案和选择开采方法的重要依据。

矿体外部形态控制研究程度的高低,直接关系到露天采场的底界标高、最终境界线位置、分期扩建范围及期限、边坡角及平台高度、开沟位置、剥离方案、排土系统、运输线路、地面建筑物等生产要素的确定;对地下开采矿山则关系到井筒位置、盘区及阶段划分、阶段高度、开拓方案、开拓运输系统、采矿方法及块段构成。矿石回收工艺的确定,相应地还影响生产的各项技术经济指标:采掘或采剥比、贫化率及损失量及贫化率、生产成本及效率等。而对矿石质量内部结构研究程度不足,将会直接影响到矿山产品方案的质量及选矿加工工艺流程,选矿效果。我国在这方面的正反两方面的实例甚多,经验与教训也都是深刻的。

## 二、生产勘探程度的具体要求

### 1. 对矿体产状、形态、空间位置的控制程度的要求

矿体边界位移程度的要求 矿体的实际边界与生产探矿圈定的边界位置不一致而发生的边界位移,对采掘、采剥工程的正确布置有直接的影响。它是衡量生产探矿程度的重要参数。即使是储量误差不大而边界位移过大,也严重影响矿山正常生产、导致工程报废、资金浪费。

矿体边界位移误差允许范围决定于下列因素:①储量级别高低,级别高,要求严;②位移的方向,垂直位移比水平位移要求严;③矿体倾角,缓倾斜比急倾斜要求严;④矿体下盘位移比上盘位移要求严;⑤地下开采比露天开采要求严;⑥当开拓、采准工程多数位于矿体内部时,此时生产工程对矿体边界的摆动适应性较好,边界位移允许较大些。但当开拓工程位于脉外时,则对边界位移要求甚严,否则,将引起开采贫化与损失的增大,如误差过大时,将造成整个坑道的报废;⑦露采的一次基建与分期基建则对矿体位移的要求也不同。

矿体产状变化的要求 矿体倾角及倾向必须准确控制,才能使采掘工程正确布置,否则将严重影响生产进行。如某铜矿由于矿体产状变缓而无法放矿,造成多次更改矿体下盘脉外放矿运输巷道。而有的矿床由于矿体产状变陡,使矿石储量大减。

### 2. 对于主矿体周边小盲矿体的控制程度要求

这部分小矿体在地质勘探时不可能控制清楚。但经生产探矿和矿床开拓后,这些小矿体的价值则显露出来,若不及时探明或开采,在主矿体开采后,将造成永久损失。因此,要求在生产探矿阶段进行一定工程间距的控制与研究。

### 3. 对矿体内部结构和矿石质量控制程度的要求

在生产探矿期间,必须根据选矿的需要,采矿的可能,对矿体中矿石自然类型、工业类型、工业品级的种类及其比例和分布规律,夹石性质与分布,矿石品位及其变化规律,进行必要的工程控制与深入地研究。

为了进一步确定矿石的选冶性能和伴生矿产综合利用的可能性,必须认真研究矿石的物质成分、结构构造及其变化情况。

### 4. 对地质构造及矿床水文地质条件等的控制研究程度的要求

也应针对地质勘探阶段工作程度不够或尚未查清的问题,开展深入、细致的工作,以保证矿山生产工作的顺利进行。

三、生产探矿深度的基本要求

生产探矿深度依据矿山服务年限、矿体延深及生产接替情况来决定。对于小矿体、薄矿体一般一次探清。厚大而延伸较深的矿体则多年持续分段进行。表 6-6-1 是有色金属矿山生产探矿控制深度参考表。

表 6-6-1 生产探矿控制深度参考表

工作目的	开采方式	控制深度
为近期矿山服务	露天开采 地下开采	3~4 个平台 1~2 个阶段
为开拓工程衔接服务	露天开采 地下开采	7~6 个平台 4 个阶段
为远景规划服务	露天开采 地下开采	终了深度 400~600m 左右

第二节 矿山探采资料验证对比

一、验证对比的意义和作用

矿床探采资料验证对比,是根据矿山开采所获得的有关资料,通过与开采前对应地段勘探资料的对比,来研究勘探方法、验证勘探网度和检查勘探程度的合理性,从而达到总结勘探经验,提高以后的地质勘探水平,深化对矿床地质特征与成矿规律的认识,更好地为矿山生产建设服务。

其具体作用,主要有以下几点:

- (1)验证地质勘探对矿床地质认识及结论的正确与否;
- (2)验证矿床勘探类型划分与勘探网度确定、勘探手段选择的合理性;
- (3)验证矿床使用工业指标及地质储量的合理性与可靠性;
- (4)为编制和修订地质勘探规程与有关技术政策提供资料依据。

二、地段选择和衡量标准

(1)地段选择原则 ①矿床中参加对比的矿体 ,在地质特征、矿石类型、矿石质量等方面应具有代表性 ;②参与对比的对象 ,应是主矿体分布地段 ,其储量应占总储量的大部分 ,或至少在一半以上 ;③矿体开采已结束或基本结束 ,已取得足够可供对比的生产地质资料。

(2)衡量标准 探采对比有关参数的允许误差和衡量标准 ,目前国内尚无统一要求 ,现仅就一般经验列于表 6-6-2 ,以供参考使用。

表 6-6-2 各级储量探采对比允许误差

储量级别	面积重合率/%	形态歪曲率/%	底板位移误差/m	矿石量误差率/%	品位误差率/%	金属量误差率/%
A	≥80	≤30	≤10	≤10		≤10
B	≥80	≤40	≤10	≤20	15	≤20
C	≥70	≤100	≤10	≤40	20	≤40

( 据昆明有色冶金设计院《铜矿总结》1976 )

三、验证对比方法与内容

(1)探采对比的基本要求 ①根据矿山具体情况 ,探采对比可分为 :生产勘探与开采资料对比 ,地质勘探与开采资料对比 ,少数为地质勘探与生产勘探资料对比 ;②根据矿山生产勘探地质资料 ,进行不同勘探网度的试验对比 ,进一步研究矿床合理勘探网度 ;③探采对比应以最终开采资料为对比的标准和基数 ;④开采储量对比基数应包括采出矿量、损失矿量。

(2)验证对比内容 ①矿体形态对比分析 ;②矿体产状和位移的对比分析 ;③矿体品位、储量对比与分析 ;④矿床地质条件对比分析。

(3)探采对比参数的计算方法

a. 矿体面积绝对误差 指被一定网度工程圈定的矿体面积  $S_c$  与矿体真实面积  $S_u$  之间的误差。

面积绝对误差

$$S_{\delta} = S_u - S_c \tag{6-1}$$

面积误差率

$$S_r = \frac{S_u - S_c}{S_u} \times 100\% \tag{6-2}$$

b. 矿体面积重合率(  $D_r$  )指开采(或生探)揭露的矿体面积与勘探圈定矿体面积两者在平面或剖面上重合部分的面积(  $S_d$  )与矿体真实面积(  $S_u$  )的比值。

$$D_r = \frac{S_d}{S_u} 100\% \quad (6-3)$$

c. 矿体形态歪曲误差(  $W_\delta$  )指在平面或剖面上由一定网度工程所圈定的矿体形态与其真实形态相比较,即勘探工程圈定出来的面积比开采真实面积多圈(  $S_n$  )和少圈(  $S_p$  )面积的总和(不考虑正负号)。

$$\text{形态歪曲绝对误差} \quad W_\delta = \Sigma( S_n + S_p ) \quad (6-4)$$

$$\text{矿体形态歪曲率} \quad W_r = \frac{\Sigma( S_n + S_p )}{S_u} \times 100\% \quad (6-5)$$

d. 矿体厚度绝对误差(  $M_\delta$  )指开采揭露的矿体真实厚度(  $M_u$  )与勘探圈定的矿体厚度(  $M_c$  )之间的误差。

$$M_\delta = M_u - M_c \quad (6-6)$$

$$\text{矿体厚度误差率} \quad M_r = \frac{M_u - M_c}{M_u} \times 100\% \quad (6-7)$$

e. 矿体长度误差(  $L_\delta$  )指开采揭露的矿体真实长度(  $L_u$  )与勘探圈定矿体长度(  $L_c$  )之间的误差。

$$L_\delta = L_u - L_c \quad (6-8)$$

$$\text{矿体长度误差率} \quad L_r = \frac{L_u - L_c}{L_u} \times 100\% \quad (6-9)$$

f. 矿体边界位移误差 一般指包括矿体下盘边界或上盘边界位移。这里着重介绍矿体底板边界的水平位移,其测定与计算方法有两种:其一是在水平断面图上以开采所揭露的矿体底板界线为基准,沿走向按规定的勘探线间距,测定矿体底盘位移值,并按 < 2m、2 ~ 5m、5 ~ 10m、10 ~ 15m、15 ~ 20m、> 20m 等间距分别统计不同区间的位移所占长度百分比,计算平均位移和最大位移值。第二种方法是用探采底板线在水平断面上所构成的图形的面积除以底板直线的平均长度,即得平均水平位移距离,并注明最大位移值。

矿体位移误差对比,一般采用矿体上下盘的水平位移和垂直位移误差两方面进行对比。对矿山开拓工程来说,矿体下盘位移误差比上盘位移误差更显得重要,所以,通常十分重视下盘位移误差。

以上反映矿体外部形状产状之探采对比资料内容及主要参数,通常集中反映于下列表格中(表 6-6-3),以便进行综合性的验证对比。



表 6-6-3 矿体形态、产状参数综合表

矿体编号	中段或断面	面积误差率/%	面积重合率/%	形态歪曲率/%	厚度误差率/%	长度误差率/%	矿体边界模数	底板位移/m	
								向北或向南移	向东或向西移
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

g. 矿石品位误差(  $C_{\delta}$  )指开采测定的矿体平均品位(  $C_u$  )与勘探计算的平均品位(  $C_c$  )之间的误差。

$$C_{\delta} = C_u - C_c$$

( 6-10 )

矿石品位误差率

$$C_r = \frac{C_u - C_c}{C_u} \times 100\%$$

( 6-11 )

h. 矿石储量误差  $Q_{\delta}$  指开采统计的矿石储量(  $Q_u$  )与勘探计算的矿石量(  $Q_c$  )之间的误差。

$$Q_{\delta} = Q_u - Q_c$$

( 6-12 )

矿石储量误差率

$$Q_r = \frac{Q_u - Q_c}{Q_u} \times 100\%$$

( 6-13 )

i. 金属量误差 指用开采资料计算的金属储量(  $P_u$  )与勘探资料计算的金属储量(  $P_c$  )之间的误差。

$$P_{\delta} = P_u - P_c$$

( 6-14 )

金属储量误差率

$$P_r = \frac{P_u - P_c}{P_u} \times 100\%$$

( 6-15 )

以上反映矿体品位、储量探采对比资料内容 ,也要集中反映于下列表 6-6-4 中。

表 6-6-4 矿石品位、储量对比参数综合表

矿山	矿体编号	勘探线或中段	矿石量误差率/%	品位误差率/%	金属量误差率/%
1	2	3	4	5	6

四、验证对比结果分析与说明书的编制

通过探采资料两者对比后算出绝对误差( 正负差 )及相对误差百分率 ,并与各参数的允许误差标准对照 ,发现勘探结果有无问题或问题所在。肯定勘探正确方面 ,以便继续有效指导今后的勘探工作。同时找出问题产生的原因 ,以防止今后重复发生。特别对勘

探工作存在的较大问题及给生产造成的影响和危害,应实事求是的加以说明,以吸取教训。

在上述对比分析基础上编写验证对比说明书。其主要内容有:①矿区地质概况;②地质勘探工作概况;③矿山生产和生产探矿情况;④地段选择和衡量标准;⑤探采对比分析;⑥评价结论及今后意见。

## 第七章 生产矿山找矿勘探

### 第一节 生产矿山找矿勘探的特点

生产矿山找矿勘探的主要目的是在其深部、边部和外围寻找并探明新矿体或新矿床以至新矿种,增加新储量,为矿山制定长远规划,延长服务年限或扩大生产能力提供接替资源。其具体任务是:以综合地质研究为基础,运用各种找矿方法进行成矿预测,确定成矿最有利地段,布置工程验证成矿预测目标,进行初步评价,对已知矿体的深部和边部及新发现的矿体进行生产时期的地质勘探。生产矿山找矿勘探的主要特点如下:

(1)找矿和勘探二者界线不很明确,发现矿体后,经初步评价即可投入勘探;

(2)找矿勘探的组织形式可根据矿山地质技术力量,由矿山本身或由专业地质勘探队完成,也可由两个部门共同完成;

(3)找矿勘探的主要对象是其深部、边部和外围的盲矿体或隐伏矿床。虽难度较大,但因对矿区地质条件及成矿规律已有较深入的认识,所以找到新矿体或新矿床的可能性也较大;

(4)找矿勘探是随着生产逐步进行的、故可充分利用生产矿山已有的地质资料这一有利条件,直接指导找矿勘探;

(5)对于找深部盲矿体,可利用已有巷道延伸追索,或从中打坑内钻进行找矿;

(6)如发现新矿体增加了新储量,可充分发挥矿山的生产潜力,例如发挥原有技术力量、设备和交通运输设施的作用,故投资少收效快,具有明显的经济效益。

生产矿山找矿勘探成功的实例很多,如江西 19 个钨矿区及坑口,地质勘探所提交的储量只能生产 15 到 20 年,因开发后又开展了找矿勘探,至今已开采 30 多年,除一个坑口闭坑外,其余矿山的矿量保有期仍在 10 年以上,且其中多数矿山都已扩建;美国在开采克莱梅克斯钼矿期间,因较好地开展了找矿勘探,在其外围 30km 处发现了隐伏于地下 1000km,储量 3 亿多吨的亨德森大型钼矿床;广东金子窝锡矿,在原有储量采尽停产后,开展了找矿工作,结果在深部又发现了盲矿体及银、铅、锌等新矿种。有些老矿山,通过物质成分检查,发现了新矿种,如永平铜矿的钨矿、团宝山铅锌矿的菱镁矿都属于新发现的矿种。

## 第二节 生产矿山找矿的地质途径

普查找矿和一般地质勘探中常采用的某些地质找矿方法,如地质填图法、重砂找矿法,在生产矿山找矿勘探中仍具有一定的作用。但由于生产矿山的特殊性,在使用时又有一定差别,其关键是要通过对已知矿床所提供的各种地质信息的综合分析,总结矿床的成矿规律、成因类型、成矿模式和成因系列,并开展以已知矿床为中心的大比例尺成矿预测等途径,确定成矿有利地段,指导找矿勘探。具体可从几方面着手。

### 一、利用成矿规律指导找矿勘探

从研究地质条件着手,总结矿床在空间和时间上的分布规律,以指导找矿勘探。

(1)查明岩浆侵入体的时代、岩性、规模、形态、产状等特征与内生矿床成矿的关系。例如,内生矿床与成矿母岩的专属性;矽卡岩矿床的富集部位与侵入体形态之间的密切关系等。

(2)查明矿区各时代的地层及其岩层、岩相古地理与沉积矿床、沉积变质矿床的成矿关系,围岩岩性对某些气液矿床的成矿控制作用。例如,锦屏磷矿属沉积变质矿床,矿层堆积于浅海凹陷缓坡部位或边缘,这种岩相古地理环境下所形成的矿层,具有厚度较稳定、分布较广的特点,据此在矿山深部和外围成矿有利地段布置工程进行找矿勘探,发现并探明了 20 余个新矿段。又如,许多气液交代作用形成的矿床,根据一定岩性条件对成矿的控制作用,也找到了许多盲矿体。

(3)查明地质构造类型、性质、规模、发育程度、空间组合规律与成矿的关系。特别要

注意断裂破碎带及其两侧、褶曲轴部、构造交汇部位、层间破碎带常是成矿有利地段,如五龙金矿就是在北北东与北西西两组断裂或花岗斑岩侵入体与北西断裂相交部位发现了较多的盲矿体。

### 二、运用成矿理论指导找矿勘探

通过综合地质研究,确定矿床成因类型,可用于指导找矿勘探。

(1)注意运用新的成矿理论,正确地确定成因类型以指导找矿。如凡口铅锌矿,原用岩浆期后低温热液成矿理论指导找矿勘探,效果很差。后通过综合研究,并根据该矿区大部分铅锌矿体位于中上泥盆统不纯碳酸盐岩地层之中这一事实,改用层控理论并结合岩相和断裂控矿规律指导找矿,发现了新的盲矿体,增加了较多储量。

(2)注意寻找多种成因类型的矿床。如杨家杖子钼矿区,原来仅注意矽卡岩型钼矿床的寻找,所以只在花岗岩和石灰岩的接触带进行找矿勘探。即使岩浆岩体内见到了较强的矿化现象,也认为意义不大而放弃。后来重视了存在斑岩型矿床的可能性,在岩浆岩体内进行矿点评价时,发现了较大的兰家沟钼矿床。

### 三、编制成矿预测图指导找矿勘探

在研究成矿地质规律和成矿理论的基础上,结合物化探资料,利用各种地质图件,编制出能反映整个矿床(或矿区)、矿体形成和分布规律的成矿预测图,用于指导找矿勘探。如华铜铜矿根据接触面垂直凹带与水平凹带相交处控矿规律,在垂直纵投影图上编制了矿区预测图(图6-7-1),成功地指导了找矿勘探。

### 四、利用成矿模式指导找矿

在综合地质研究的基础上,将成矿规律用图式或表格建立矿床的成矿模式,用来预测盲矿体或隐伏矿床。这一方法在国外已广泛采用,我国也建立了一些较好的成矿模式,且正在逐步应用于找矿。例如:

(1)玢岩铁矿成矿模式:该模式总结了宁芜地区围绕次火山岩体不同部位出现八种不同类型矿床的可能情况。

(2)钨矿五层楼成矿模式:南岭地区钨矿床,按矿脉形态由上到下递变特征可分五带:线脉带、细脉带、薄脉带、大脉带、消失带。如在坑道中发现不具工业价值的线脉或细脉,便可预测下部可能有盲矿体存在。

除上述两种较典型的成矿模式外,还有其他一些成矿模式正在不断总结中。

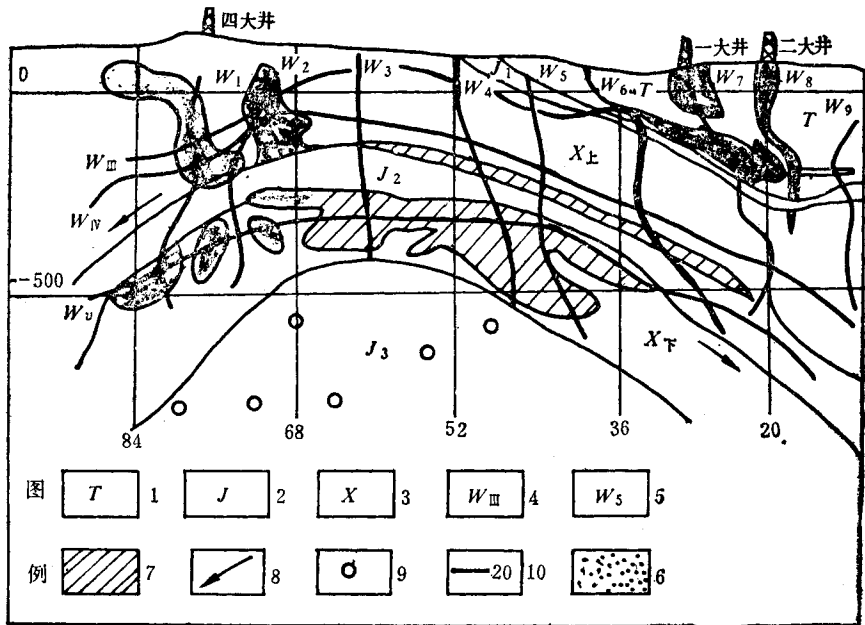


图 6-7-1 华铜矿区成矿预测图( 本图由华铜铜矿赵智全、高永勤提供 )

1—大理岩带 2—角岩带 3—互层带 4—水平凹带 5—垂直凹带 ;  
6—已知矿体带 7—预测矿体带 8—倾伏背斜的倾向 9—深部钻孔 ;10—勘探线

## 五、利用成矿系列指导找矿

成矿系列又称之为“ 多位一体 ”。其基本原理是同一元素或相关的一组元素 ,可以以多种成因类型在同一地区不同部位形成一系列矿床。如鄂东一带在斑岩体内有斑岩型钼矿床 ,接触带有矽卡岩型钼钨矿床 ,外带黄龙灰岩中往往形成铜、铅、锌矿床 ,赣东北城门山一带 ,斑岩体内有斑岩型铜矿床 ,接触带有矽卡岩型铜矿床 ,外带有层状和脉状热液型铜矿床 ,并往往有铅锌矿、黄铁矿共生。如在某地区已掌握某种成矿系列 ,便可用以指导找矿。

## 第三节 生产矿山找矿的物探方法

### 一、物探方法找矿的种类和作用

当矿体和围岩的物理性质在磁性、弹性、放射性、电性和密度等五个方面中至少有一

个方面存在差异 ,并且这个差异能被仪器测到时 ,可分别选用相应的磁性测量、地震测量、放射性测量、电法测量、重力测量等物探方法进行找矿。几种主要物探方法所使用的条件、范围和作用详见表 6－7－1。

表 6－7－1 主要物探方法及其作用

方法名称		基本原理	适用条件与范围	可找矿床种类	主要作用
磁性测量法		利用仪器观测各种岩、矿石间磁性差异所引起的磁场变化与磁异常特征	用于普查找矿、地质勘探和生产矿山外围找寻具有较明显磁性异常的盲矿体	可寻找磁铁矿、磁黄铁矿及其伴生的各种矿床如铜、磷、黄铁矿等矿床 ;亦可用于找含矿磁性岩体而再找矿 ,如金、刚石、石棉等矿床	寻找盲矿体或磁性含矿岩体 ;磁化率测孔尚可确定被揭露矿体的品位 ;三分量磁测孔还可发现钻孔附近磁铁矿盲矿体
放射性测量法	地面伽玛测量	利用辐射仪测量近地表岩石或覆盖层中放射性元素发出的伽玛射线强度与变化	用于普查找矿、地质勘探和生产矿山外围找寻具有放射性的矿床。基岩出露良好或覆盖层不厚的地区更为有利	可寻找铀、钍矿床及其与放射性元素有关的其他各种矿床	可确定成矿远景区 ;寻找盲矿体 ;探测地下水
	射气测量	利用射气仪测量近地表土壤中射气浓度的分布	测量深度一般为 6m 左右 ,有时可达 15m		寻找盲矿体晕 ;追索覆盖层以下的构造破碎带
	阿尔法径迹测量	利用阿尔法探测器在地表土壤中 ,测量阿尔法径迹密度的大小	常用于生产矿山外围找矿工作。探测深度可达 150m 到 200m		寻找盲矿体 ;寻找地下水 ,确定构造破碎带
	伽玛测井	利用伽玛测孔仪对钻孔不同深度的孔壁进行伽玛测量	与钻孔结合起来进行找矿和探矿 ;探测深度决定于钻孔深度		可在钻孔内发现盲矿体 ,并确定矿体上、下界线和矿石品位 用于地对比
	X 射线荧光测量	测量用激发源射线照射待测元素所产生次级射线的能量和强度	既是一种找矿方法 ,又是一种测定矿石品位的手段		寻找盲矿体 ;直接测定各种元素的含量
自然电场法		通过仪器测量岩、矿体的自然电场及其变化特征	用于大面积快速普查找矿和生产矿山外围及坑内找寻埋藏于潜水面附近能形成天然电场的矿床	可寻找金属硫化物矿床和石墨矿床	寻找盲矿体 ;进行工程地质调查 ;确定含水破碎带 ;确定地下水与河水之间的补给关系

方法名称		基本原理	适用条件与范围	可找矿床种类	主要作用
充电法		对已被揭露的良好电矿体直接充电后 ,观测其电场分布特征	用于详查和地质勘探阶段寻找与围岩有明显电性差异 ,且具备充电条件( 有露头或探矿工程 ) 埋藏不深 ,有一定规模的盲矿体	可寻找黄铁矿、含铜黄铁矿、铅锌矿、磁黄铁矿、硫化锡矿等矿床	追索或圈定已发现的矿体 ;确定已知矿体的形状、产状、范围及埋深 ;寻找已知矿体附近的盲矿体 ;确定地下水流速、流向 ;确定滑坡方向与速度
电剖面法	对称剖面法	采用一定的电极距 ,并将整个电测仪器装置沿着观测剖面移动 ,逐点观测电阻率变化特征	用于详查、地质勘探和生产矿山外围寻找陡倾斜的层状或脉状金属矿床。不同的方法电极排列的方式不同 ,适用条件和范围也有差别	可寻找各种金属矿床 ,如铜、铅、锌、镍等矿床	寻找盲矿体和热田 ;了解覆盖层下的基岩起伏和地质构造 ;为水文地质和工程地质服务
	联合剖面法				
	中间梯度法				
电测深法		在同一测点上多次加大供电电极距 ,逐次观测不同电性岩层视电阻率沿垂向分布特征	用于地形起伏不大 ( 坡角 < 30° )地区 ,探测产状较平缓、电阻率有明显差异的岩矿层	可寻找油田、气田、煤田、地下水及某些金属矿床 ,如 :黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等矿床	确定覆盖层厚度 ,了解断裂构造 ,基岩起伏及埋藏深度 ;寻找与构造有关的盲矿体或隐伏矿床
激发极化法		通过仪器装置观测在充放电过程中 ,地下电场分布随时间而变化的特征	用于普查找矿、地质勘探和生产矿山外围找寻导电良好的金属矿体 ,特别是那些电阻率与围岩没有明显差异的金属矿床 ,效果较好	可寻找致密块状和浸染状的金属矿床 ,如 :黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、铜镍矿、铅锌矿以及与硫化物共生的其他矿床	寻找富矿体和地下水 ;用激发极化联合剖面装置可确定矿体倾向和顶部位置 ;用激发极化电测深装置可确定金属矿体倾向和顶部埋藏深度
无线电波透视法		根据不同介质对无线电波吸收性能不同的原理 ,可利用一发射机发射电磁波 ,在另一地点利用接收机接收电磁波 ,如遇金属矿体时 ,电磁波被强烈吸收而形成 “ 电磁阴影 ”	用于地质勘探和生产矿山外围及坑内寻找具有高导电率或被勘查的地质体与围岩间电导率差异大的矿体。  可用于坑道之间、钻孔之间、坑道与钻孔之间、坑道与地表之间找寻盲矿体 ,但最好有两个或两个以上的探采工程( 间距一般为 100m 左右 ,最大也应小于 500m ) ,探测深度可由数十米到四百米左右	可寻找煤田、铁矿床和其他多金属矿床	寻找盲矿体 ;确定已揭露矿体的范围和产状 ;探查充水溶洞、老窿及断层破碎带



## 二、物探方法的应用与实测

表中所列几种主要物探方法,在普查找矿、地质勘探和生产矿山外围的找矿工作中已得到了广泛运用。在生产矿山坑内(即深部和边部)找矿工作中,由于受到较多人为因素干扰,如电法测量受到人工导体(坑内各种线路、管道、钢轨等)的影响,给物探方法的使用带来了一定的困难,因此目前仍处探索阶段。尽管如此,但通过试测证明,某些干扰因素还是可以排除的。如实行在坑道掘成但尚未安装人工导体前进行测量,采用大容量的电容接地办法等都可消除某些干扰。部分物探方法,如三分量磁测井、放射性测井、自然电场法、无线电波透视法在坑道或钻孔中找寻盲矿体已取得了一定的效果,而且随着重量轻、操作灵活。灵敏度高的测试仪器的出现,必将得到更广泛的应用。

实例:某磁铁矿区,地面磁测发现一规则磁异常带,在其中心布置 ZK117 孔未见矿,在 ZK119 孔见到了巨厚矿体。但在其周围的 ZK122、ZK124、ZK126 等钻孔中均未见矿。后在 ZK117—ZK122、ZK124—ZK126、ZK122—ZK124、ZK117—ZK126 等四个剖面中利用无线电波透视法进行双孔透视观测,前两个剖面未发现异常,后两个剖面中发现有较强的屏蔽现象,出现阴影区,场强急剧下降,故推断该盲矿体具东西延伸特点,据此布置了 ZK132、ZK51 等钻孔,都见到了巨厚矿体(如图 6-7-2)。在生产矿山的坑道之间、坑道与钻孔之间、坑道与地面之间找寻盲矿体的原理和方法都与此相似。

必须指出,物探方法的另一个作用是用于探查控矿地质体(特定的岩体、地层、岩性界面、断裂带等)的空间分布,从而指导找矿。由于控矿地质体的规模通常比矿体大得多,在找矿深度要求不断加大的情况下,物探在这方面的应用比较有效,但这要求提高仪器的灵敏度,以适应控矿地质体与其他地质体间物性差异较小的特点。这将是物探发展的重要方向之一。

## 第四节 生产矿山找矿的化探方法

### 一、化探方法的种类与作用

化探方法种类很多,不同的方法适用范围和作用各不相同,详见表 6-7-2。

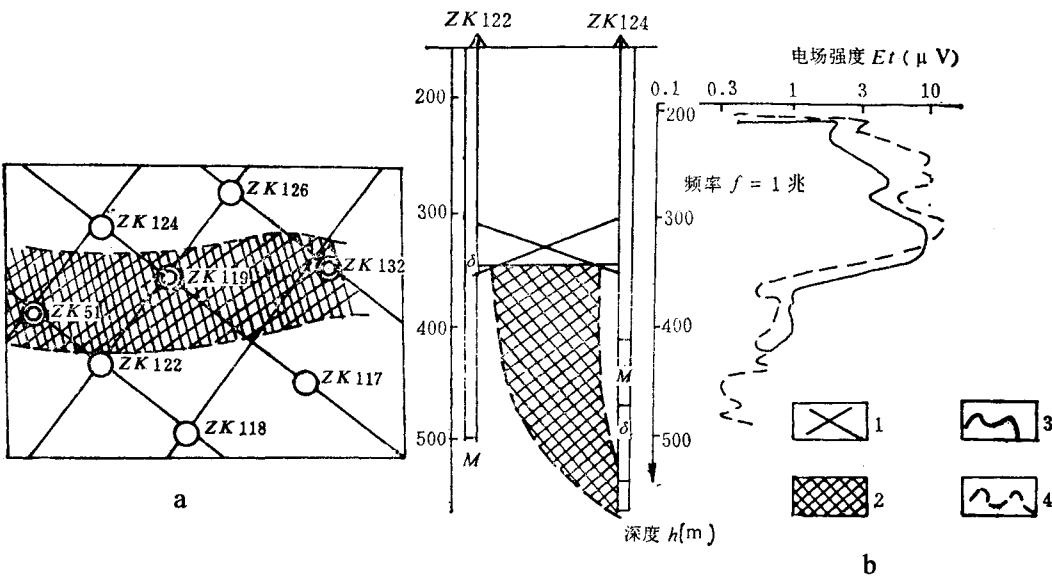


图 6-7-2 利用无线电波透视法找寻盲矿体实例

a—某磁铁矿区矿体及钻孔布置平面图 b—利用无线电波透视法探测盲矿体剖面图

1—交会线 2—推断盲矿体 3—发射机在 310m 标高定点观测曲线 4—水平同步观测曲线

表 6-7-2 主要化探方法及其作用

方法名称	基本原理	适用条件与范围	可找矿种	主要作用
岩石测量 (原生晕法)	系统采集新鲜岩石样品,了解原生晕分布特征	用于普查找矿、地质勘探及矿山开采阶段找寻内生矿床	Cu、Pb、Zn、Mo、Hg、CT、Ni、Au、Ag、U、Sn、W 等	找寻盲矿体,评价地段含矿性
土壤测量 (次生晕法)	系统采集残坡积土壤样品,了解次生晕分布特征	用于浮土厚度不大的地区进行普查找矿、矿山外围找矿	除上述矿种外,还可找 V、Mn、P、As、Sb 等	找寻盲矿体,查明成矿远景地段
分散流法	系统采集水系沉积物样品,了解分散流分布特征	用于地形切割强烈、水系发育地区进行区域化探、普查找矿	除原生晕法中矿种外,还可找寻某些稀有金属矿床	找寻盲矿体,显示成矿区,圈定矿化范围

方法名称	基本原理	适用条件与范围	可找矿种	主要作用
水化学法	在水域中,系统采集水样,了解水晕分布特征	用于气候潮湿,地下水露头良好,水文网密度大而水量小的地区找矿	硫化物多金属矿床、盐类矿床、石油、天然气及铀矿床	找寻埋藏较深的盲矿体
稳定同位 纱法	在矿体上方系统采集固体或气体样品,了解同位素异常特征	用于各阶段研究成矿物质来源和成矿温度;确定成因类型。现已利用的同位素有:Pb、S、O、B、C	有色金属矿床、非金属矿床、硫化物矿床	指导盲矿体的寻找
气体测量 (气晕法)	对土壤中气体和空气进行系统取样,了解微量元素或化合物的气晕分布特征	可用于大、中比例尺普查找矿和生产矿山找矿。Hg 蒸气法可找寻 Au、Ag、Sb、Mo、Cu、W、U 等;SO <sub>2</sub> 和 H <sub>2</sub> S 可找寻各种硫化物矿床;惰性气体(如 Rn 气)可找寻 U、Ra、Cu、K 等		可作为远程指示元素指导追索埋藏较深的断裂构造和盲矿体
生物化学 测量	根据生物体内化学成分(特别是微量元素)变化特点与生物的个体或群体生态特征的变异	用于森林发育地区及疏松覆盖层厚度较大(大于 10m)地区进行普查找矿	Ni、CO、Zn、CU、Sn、Ag、Hg、Cr、Fe、Mn、Au、W、Mo、V、U、B、S、P 等	寻找盲矿体,提供成矿远景区
地电化学 法	在人工电场的作用下,以石墨电极富集渗透液流中的重金属,了解深部金属分布的异常	用于当地有广泛外来运积物覆盖,原生晕、次生晕、分散流等法不易奏效的地区	有色金属硫化物矿床	寻找矿山边缘及外围覆盖层下被掩埋矿体

表中所述方法在普查找矿、地质勘探和生产矿区外围找矿工作中都普遍采用。在生产矿山深部和边部找矿时,因取样只能在坑道和钻孔中进行,所以有些方法的使用受到限制,目前采用较多效果较好的是原生晕法,此外气体测量法、热晕或蒸气晕法(采用矿物气液包体测温手段)、矿物晕法(矿体附近蚀变矿物呈带状分布)在矿山深部和边部找矿工作中,已取得了一定效果,并具有较大发展前途。但无论使用哪种化探方法,都应将化探成果与地质综合研究结合起来,方能取得较好的效果。

## 二、生产矿山化探找矿的具体步骤

(1) 选择合适的指示元素 通过对生产矿山已揭露的矿体和围岩的系统取样化验,分析各种成矿元素和伴生元素的含量与变化规律及其同成矿之间的关系,选择可提供找矿线索的指示元素。它可以是某单一元素。可以是多种元素组合,也可以是元素对的比值。具体选用指示元素时,可根据下列原则:元素形成的异常有较高的衬度(异常值/背景值);异常范围适中,因范围太小时,矿体不易发现,范围太大时,容易受到坑道中已知矿体异常的干扰;异常变化规律明显;选择的元素具有快速简便且灵敏度合乎要求的分析方法。通常可用作指示元素的有:Cu、Pb、Mo、Ag、Co、Hg、Mn、Ni、As、Bi、Rb、Sr等。

(2) 确定背景值与异常下限值:背景值不是一个下限值,而是一个量范围,通常都是用几何平均值或众数值或中位值来做为背景值的估计值。异常下限值可根据实际情况确定为背景值的若干倍,或用直方图图解法、统计法或直观扫视法来确定背景值和异常下限值。(3) 查明分散晕特征以预测盲矿体具体位置:准确地判断分散晕与盲矿体之间的相对位置是提高生产矿山化探找矿效果的关键,可采取各种方法。例如:

1) 利用多种指示元素组合分带规律,确定距矿体的远近,利用各指示元素间比值变化梯度规律,来推断盲矿体埋藏深度与已知矿体深度变化情况。

2) 利用围岩内某种单矿物中某种元素含量的变化或有无判断距矿体的远近。

3) 利用分散晕的某些变化特点,来判断盲矿体相对位置。例如根据分散晕的扩散范围、形态特征、水平分带和垂直分带特征确定其前缘晕、后缘晕、侧晕与盲矿体相对位置关系。如在坑道中发现前缘晕时,其下部可能有盲矿体;发现后缘晕时,则向下找到矿体的希望不大;发现侧晕时,其两侧可能有盲矿体。

## 三、生产矿山化探找矿实例

生产矿山运用化探方法找寻盲矿体的成功实例很多。如辽宁青城子铅锌矿赵家南沟,发育着岩脉及成矿前断裂带(图6-7-3),在ZK07号钻孔中进行了岩石地球化学测量,发现a、b两段异常,根据成矿地质条件,在ZK07号孔左侧100m处打了ZK11号钻孔,结果在上部发现了一个铅锌矿化带(A),在下部发现了一个铅锌工业矿体(B),分别与ZK07号孔中两段异常相对应,实际上a、b两段异常是矿体的前缘晕。

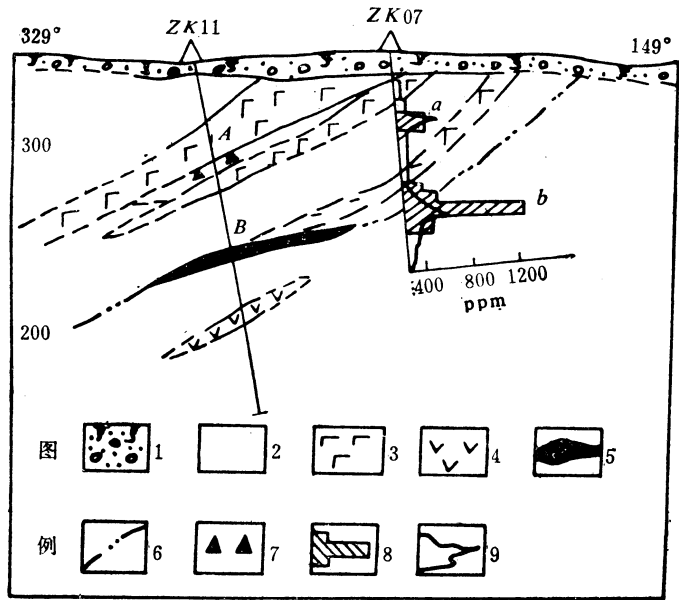


图 6-7-3 青城子铅锌矿赵家南沟 13 号勘探线岩石地球化学剖面图  
(根据长春地院侯德义主编《找矿勘探地质学》)

1—表土、残坡积层 2—白云石大理岩 3—岩脉 4—煌斑岩脉 5—盲矿体；  
6—成矿前断层 7—铅锌矿化 8—原生晕砷含量线 9—原生晕铅含量线

### 第五节 生产矿山找矿中数学地质的应用

数学地质在生产矿山找矿工作中正逐步得到应用与推广,特别是将物化探及地质研究中所获得的各种数据信息运用数学地质方法处理后,可大大提高找矿地质效果。现将几种常用的多元统计分析法在生产矿山找矿中应用简述于下。

#### 一、相关分析

通过分析各变量间相关关系的密切程度,确定成矿因素、找矿标志与矿床分布的相关关系,以指导找矿。现已用于:通过对某些有用组分或有用矿物与矿体厚度或埋藏深度间消长关系的分析,了解矿化富集规律;通过对矿体厚度、产状与埋藏深度间消长关系的分析,了解矿体空间形态的变化规律;在物化探数据处理及异常解释中,也可通过此种

分析找出各变量间的相关关系。

## 二、聚类分析

又名群分析或点群分析。主要用于对一些尚未分类的表面相似的地质体进行合理分类。已用于对宏观上不易区分的岩层进行合理的分类,有助于根据岩性差别进行找矿,对宏观上难以区别的围岩蚀变进行合理分类,并用以判断某类围岩蚀变与成矿间的关系。此法与判别分析结合使用,往往可取得更好的效果。

## 三、判别分析

主要用于判别新发现的某地质体应属于已知类别地质体中的哪一类,以便进一步确定其是否与成矿有关。采用最多的是两组判别分析,常用来判别宏观上不易区分的岩体、围岩、围岩蚀变与成矿有无关系。例如矿区内有若干花岗岩体,一类与成矿有关,其他与成矿无关,此时区别不同的花岗岩对指导找矿具有重要意义。可通过对不同花岗岩中多种组分的判别分析,确定其是否属于与成矿有关的花岗岩。判别分析最适用于生产矿山找矿。

## 四、趋势面分析

是通过自变量若干次方(常用 $2 \sim 4$ 次)的回归分析,得出回归方程,并用电算机绘出地质体某一地质特征值(厚度、品位、物探或化探数据、某标准层层面标高等)的趋势等值线图(对物、化探数据还要分解出残差值和剩余值,突出局部异常),达到掌握某一地质特征空间分布和变化规律,以指导找矿。常用于:分析物探或化探异常的分布及变化;分析某些组分或矿物在空间上分布与变化规律;分析矿体厚度、顶底板起伏在空间上的变化规律;分析某标准层层面起伏变化,以掌握与成矿有关的褶皱构造形态变化,进而确定成矿有利部位;分析断层面起伏变化,了解某些热液充填式或岩浆贯入式矿体在断层中分布规律等。

实例:某锡石-硫化物多金属成矿区,其成矿作用与花岗岩作用有关,在102个钻孔中采集了花岗岩样品,并根据光谱分析结果,进行了趋势面分析,将锡和铜四次趋势面等值线投绘于侵入体顶板等高线图上(图6-7-4)。由图可见:锡富集于侵入体顶板突起部位,铜富集于相对凹陷部位,且锡富集的方向正好指向已知锡矿床所在部位,故可以此作为该矿区成矿预测的依据。

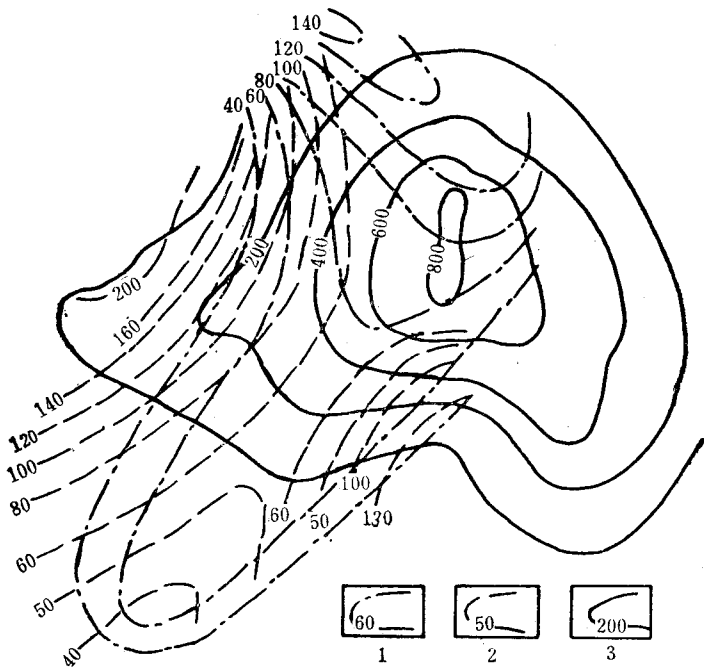


图 6-7-4 深部岩浆岩锡、铜含量变化趋势与岩浆岩顶板起伏对比图

1—锡四次趋势面等值线( ppm ) ;

2—铜四次趋势面等值线( ppm ) 3—岩浆岩顶板等高线( m )

五、齐波夫分布律

该分布律认为在同一成矿区内不同大小矿床间或同一矿区内不同大小矿体间的储量关系是 最大矿床或矿体的储量为第二大矿床或矿体的二倍 ,为第三大矿床或矿体的三倍.....以此类推。运用时可由成矿区内已知若干个矿床或矿体 ,按此分布律顺次估算出可能存在的其他尚未发现矿床或矿体的储量 ,直排到在现有经济技术条件下可采储量的最小值 ,再与已知矿床或矿体相对照 ,即可用于预测可能尚未发现的矿床或矿体数目和储量 ,但不能用于预测其成矿位置。

此外 ,还有其他许多方法也正在逐渐应用和推广 ,如目前国外出现的三维矿床统计预测 ,利用因子分析法 ,找出最有利矿化标高与矿体垂向延伸规律 ,用于预测生产矿山深部盲矿体 ,可取到较好效果。生产矿山已积累了大量深部地质资料 ,可为此法的应用提供有利的条件。

应用数学地质分析方法时 ,必须注意 正确地选用数学地质分析方法 ,保证原始资料的可靠性 ,分析某个具体问题时所 用全部资料应是具有统一内在成因联系的数据 ,要把

数学分析与成矿条件的地质分析密切结合起来。

## 第六节 生产矿山找矿勘探工程手段与布置的特点

生产矿山外围找矿勘探的工程手段种类、选择和布置,与一般普查找矿和地质勘探时相似,但生产矿山深部和边部找矿勘探的工程手段种类、选择和布置常具有如下特点:

(1)与矿山的开采方式有关。露天开采矿山多用地表钻探,当矿体埋藏较浅时可用汽车钻,埋藏较深时采用大型钻机,在露天采场边部还可使用槽井探;地下开采矿山,多采用坑下钻探,此时钻孔多采用扇形布置方式。

(2)可充分利用生产矿山已有的探采工程和设备:

1)根据某些矿化标志,估计沿矿体尖灭端的矿化带走向不远可能有矿体重现时,可延长已有的沿脉坑道,追索或圈定盲矿体。

2)当某些矿山有大量密集平行矿脉或成群小盲矿体时,可利用钻凿深孔岩矿泥样品的化验或某种物理仪器(如钻孔光电测脉仪、X射线荧光分析仪、伽玛测孔仪等)的测试,以发现新的盲矿体和确定矿体与围岩的界线。有时也可适当延长生产勘探水平钻孔或某些探采穿脉探找此种密集平行矿脉。

3)当生产勘探地段下部深处估计可能有盲矿体时,可适当加深生产勘探钻孔,以兼做找矿钻孔。

4)对于原认为无矿地段的工程揭露面(如露天矿堍沟帮或地下矿山井巷、硐室等)进行认真的原始地质编录,以发现过去未发现的矿化现象、矿化标志或有利的成矿条件(如控矿构造)等。

(3)探矿工程布置特点是应充分考虑地质勘探、基建勘探和生产勘探时已有工程的总体布置格局(如总体布置方式、勘探线方向等),使其相互协调,以利综合图纸的整理和使用。

(4)找矿工程间距特点是要充分考虑矿山已知最小工业矿体走向及倾斜的长度和生产勘探时所采用的工程网度。