

第二篇

矿山生产勘探与矿山取样

第一章 矿山生产勘探与矿山取样

第一节 生产勘探的目的和任务

生产勘探是在地质勘探的基础上进行的勘探工作,其主要目的在于提高矿床勘探程度,达到储量升级,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。生产勘探的主要任务:

(1)采用一定技术手段进一步准确地圈定矿体,详细查明采矿区矿体形状、产状及围岩特征等赋存条件,着重点是矿体边界、端部,阶段间矿体的“下垂”、“上延”部分,夹石及破坏矿体的断层、破碎带,后期穿插岩脉,矿石品级,类型的圈定和控制。

(2)进一步查明矿产的质量和数量,按生产要求重新计算矿石平均品位或其他质量指标,重新计算矿产储量。

(3)探明采区原地质勘探未控制的存在于主矿体上,下盘及边,深部的平行、分支矿体和其他小盲矿体。

(4)在采区进一步查明矿床水文地质条件,工程地质条件、矿岩的物理力学性质,必要时还要进一步查明矿石技术加工条件及其他生产需要解决的地质问题。

通过生产勘探,多数矿床的矿产地质储量由 C 级升至 B 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。

生产勘探费用摊入采区生产成本,亦可动用维简费。

第二节 生产勘探的技术手段

生产勘探采用的主要技术手段有槽探、井探、钻探和坑探三类。各工程主要技术特征和适用条件综合如表 1-1。

表 1-1 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
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-120F YSP-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:探槽工效单位米³/工班;浅井工效单位米/工班;钻探及坑道工效单位/台班。

合理选择勘探技术手段是决定生产勘探效果的重要因素。由于勘探常与采掘生产交叉进行,必须考虑探、采工程的相互利用和施工设备的机动灵活。最适用的工程必须依据矿区具体的地质、技术和经济条件综合选用。

在砂矿、风化矿床露天采矿时,最适用的生产勘探工程为砂钻和浅井。对于原生矿床露天采矿则是平盘探槽和地表岩心钻。平盘探槽一般沿勘探线垂直矿体、矿带布置,目的是挖去露天采场工作平盘上的人工堆积浮碴和碎矿,便于取样和填绘平盘地质平面图。平盘探槽分两类;主干槽切穿整个矿带,辅助槽揭露矿体,如图 1-1。由于露天采矿生产勘探往往逐段进行,地表岩心钻多采用浅及中深型,孔深一般小于 200m。为避免影响采场生产作业,广泛采用机动性强的汽车钻(如 DDP-100 型)。利用炮孔取样,是露天采矿控制原矿品位经济而有效的手段。

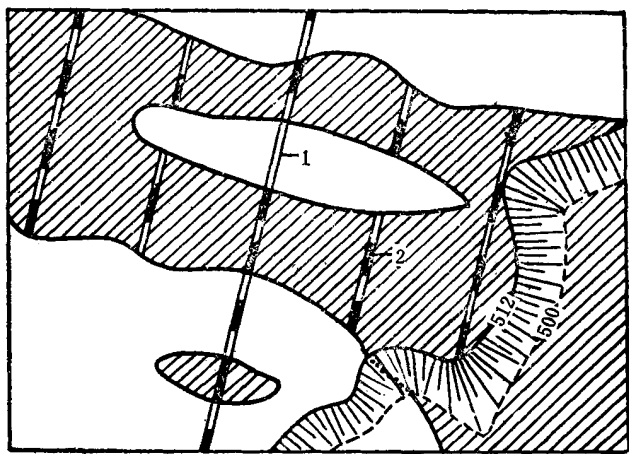


图 1-1 宝山矿露天采场平盘探槽布置
1—主干槽;2—辅助槽

地下采矿时,坑探是重要的生产勘探手段,其优点是可供生产利用,所获资料可靠程度较高。各类坑道的勘探作用综合示意如图 1-2。

单纯依靠坑道勘探不能取得最佳效果,必须与坑内钻相配合。坑内钻的作用主要有:指导坑道掘进;以钻代坑;探明坑道难于控制的不规则矿体和零星分散的小盲矿体以及阶段间矿体的“下垂”、’上延”部分;探明构造及构造错失矿体;探明地下水;也可作生产用钻孔,如放水孔等。坑内钻的作用综合示意如图 1-3

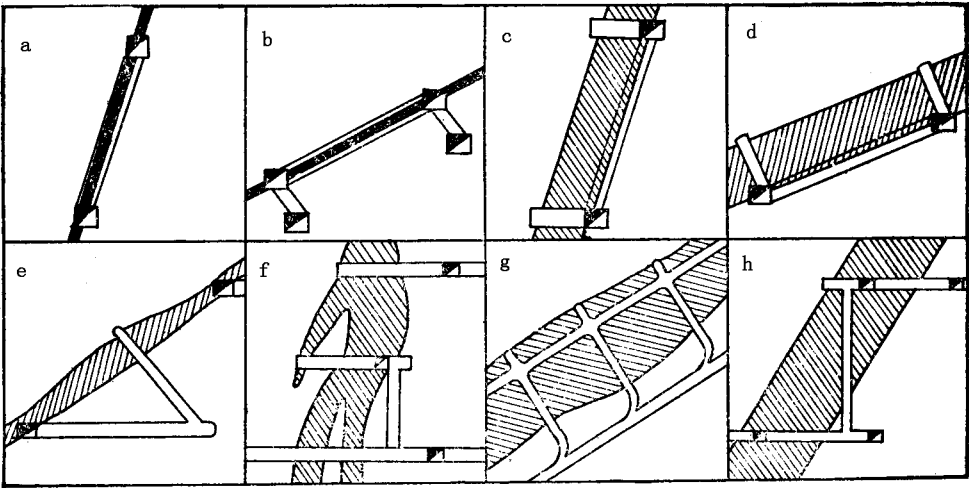


图 1-2 生产勘探中所用各类坑道综合示意图

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、
上山及小井;*e*—倾斜中厚矿体,用下盘沿脉及斜天井;*f*—不规则矿体,用分段
巷道;*g*~*h*—厚大矿体,阶段水平面上用脉内沿脉和穿脉巷道
(*g*),垂直剖面上用阶段天井(*h*)

与坑道比较,坑内钻工效高约 3 ~ 5 倍,单位成本低约 5 ~ 10 倍,即使考虑布置为束形、扇形,半圆甚至全圆的群孔,总进尺可能高于坑道,其总成本仍然较低,且劳动条件较好,使用比较机动灵活。但钻探所获资料的可靠程度往往低于坑探,且一般也不能为生产利用。比较好的方法是将两者结合起来,实行“坑钻组合勘探”。按工程的作用,坑钻组合勘探可以分为“以坑探为主”或“以钻探为主”两种方式。一般在阶段或分段平面上往往以坑道勘探为主,钻探为辅;剖面上则以钻探为主,坑探为辅。坑钻组合勘探要求两者统筹布置:统一施工管理,最终能综合利用成果。由于钻探取得资料的可靠性低于坑探,当对钻探资料有疑问时,钻探的可靠性要用一定的坑道进行检验。

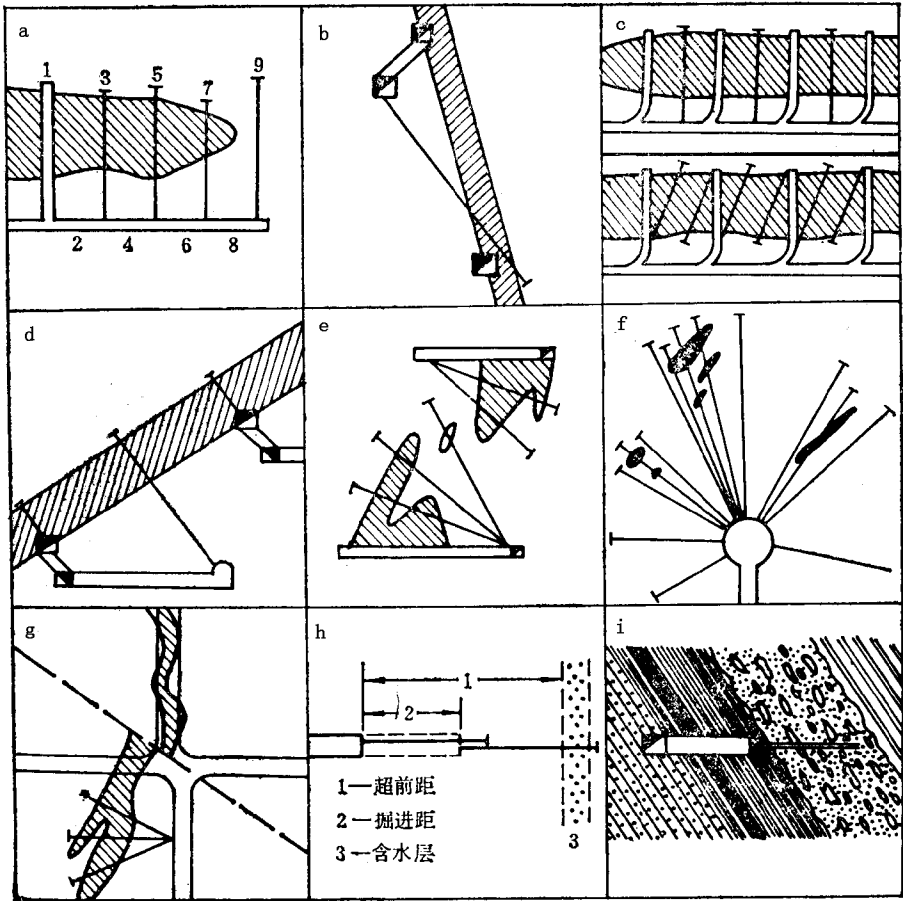


图 1-3 坑内钻作用综合示意图

a—指导沿脉掘进,数字表示施工顺序;b—指导下阶段巷道掘进;c—代替穿脉加密工程;d—代替斜天井或上山;e—探阶段间的“下垂”、“上延”矿体;f—探不规则的小盲矿体;g—探构造错失矿体;h—超前探地下水;i—作为放水孔

(图中 acfh 为平面图,其余为剖面图)

第三节 生产勘探工程的总体布置

生产勘探工程总体布置时应考虑下述因素:

(1)尽可能与地质勘探已形成的总体工程系统保持一致,即在原地质勘探线上加密工程或者在原地质勘探线间加密新的勘探线,以便利用原地质勘探提供的资料。

(2)生产勘探剖面线的方向应尽可能垂直采区矿体走向,当勘探地段矿体产状变化较大,其走向与总的勘探线剖面不垂直且交角小于 60° 时,应当根据实际情况改变剖面工程布置的方向(图 1-4)。

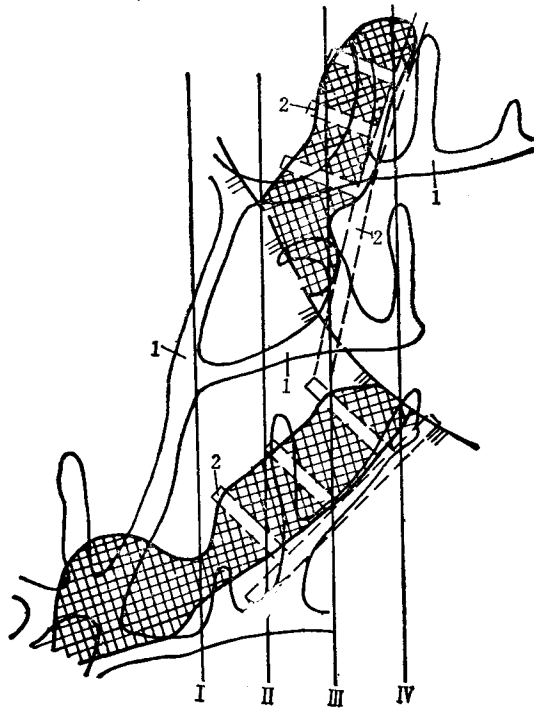


图 1-4 生产勘探工程布置对比

1—原布置坑道;2—应正确布置的坑道; I、II、III、IV—原勘探线

(3)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。

按工程系统布置形式,生产勘探共有五类不同的工程系统:

勘探网系统

勘探网系统由铅直性工程,如浅井、直钻沿两组以上剖面线排列形成。工程在乎面上布置为正方形,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。本系统多利用原地质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。

勘探线系统

该系统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勘探线剖面布置,利用该剖面控制和

圈定矿体。本系统工程多在原地质勘探基础上加密,往往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。

水平勘探系统

生产勘探工程沿一系列水平面布置,并从水平断面图上控制和圈定矿体。有下述两种情况:

(1) 厚大矿体露天采矿时单纯用平盘探槽(填制平盘地质平面图)的生产勘探;

(2) 急倾斜不规则中、小型柱状矿体地下采矿时采用水平扇形坑内钻(填制阶段地质平面图)的生产勘探。

棋盘格式勘探系统

该系统适用于薄矿体地下采矿时的生产勘探,坑道沿矿体走向及倾斜布置构成棋盘格状。对于急倾斜薄矿脉、层,工程主要由脉内沿脉及其间的脉内天井构成;对于缓倾斜薄矿层,工程主要由脉内沿脉及其间的上、下山构成。矿体纵投影图是本系统用以圈定矿体的主要图件之一。

格架式勘探系统

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。采用露天采矿时,平盘探槽与钻孔结合,亦可组成格架系统。此系统应用甚广,当矿体厚度较大,生产勘探工程的布置最终多能形成这样一种系统。

第四节 生产勘探工程网度

为了提高矿床勘探程度,生产勘探必须在地质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,有时二至四倍。但是进行生产勘探时并不是对所有的矿体、地段都毫无例外地同等加密工程,在确定合理工程网度时必须综合考虑下述因素:

(1) 矿床地质因素:矿床地质构造复杂,矿体形状、产状变化大,取得同级地质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。

(2) 地质工作要求: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

能漏掉任何有开采价值的矿体。

(3)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。

(4)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,取得同级地质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,所需的勘探工程网度也愈密。

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。

(5)经济因素:生产勘探工程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。

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,相应工程网度允许较密。

确定生产勘探工程网度的方法一般有三种,即类比法、验证法和统计计算法。

(1)类比法 类比法亦称经验法,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(包括工程网度)的一种矿床分类。分类的主要依据是:矿体规模的大小,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分类,第Ⅰ勘探类型一般矿床大而简单,而第Ⅱ、Ⅱ…等勘探类型相应较小和比较复杂。求取同级地质储量时,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地质储量的相应工程网度的经验性规定在全国矿产储量委员会所制定的各矿种的勘探规范内有详细记载,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。今仅将部分矿山实际勘探工程网度列入表1-2,供参考。

表 1-2 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	II	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 筒口钻 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	II—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	II—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—II	钻 C 300×150 B 150×70 A 75×75	坑 A 50~60×40×40~60	
13	湘潭锰矿	II	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	II	钻 C 100×100~150 B 100×50~75	坑 A 30×25~30	
15	因民铜矿	II	钻坑 C 60~120×40 B 60×40	坑 A 60×10~20	
16	桃林铅锌矿	II—III	钻坑 C 100×50 B 20×25	坑 B 40×25×30~50	
17	杨家杖子钼矿	II—III	钻 C 100×100	坑 B 40×25×50	

序号	矿区	勘探类型	地质勘探网度 (m)	生产勘探网度 (m)	备注
18	西华山钨矿	Ⅲ	钻 D 80~100×80~100 C 80×40~50×50	坑 B 25~50×50×50 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 C 50×20~40	坑 B 50×20×40 小矿体加剖段 12×25	
21	716铀矿	Ⅳ	钻 D 40×40 C 20×20 坑 C 30×20	坑 C 30×20×40	矿区东部
22	广元粘土矿	Ⅱ	钻 C 200×200 B 100×100	坑 C 100×100 B 50×50	
23	马路坪磷矿	Ⅰ	钻 C 800×800 B 400×200 A 200×100	坑 A 40×100	
24	凤城硼矿	Ⅲ	钻 D 100×50 C 50×50 钻、坑 B 50×50	坑 B 12.5~25×12.5~25 A 6~25×12.5	
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 C 50×30~50	坑 B 40×25 A 8~20×25	
27	应城石膏矿	Ⅰ	钻 C 1000×1000 B 500×500	坑 120 (切割与回风巷平距) × 70 (上、下山)	无单独生产勘探
28	金州石棉矿	Ⅰ	钻 C 200×100 B 100×100	坑 B 50×80~100 A 50×40~50 坑内钻 10~20	下盘矿
29	鲁矿石墨矿	Ⅱ	钻 C 600×500 B 300×250	坑 A 35×100×100	
30	丹巴云母矿	Ⅰ—Ⅲ	坑 D 30~50×30~50 C 30~40×20~40	坑 B 30 (斜距) ×10~20	缓倾斜矿体

- 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. 平盘探槽网度:台阶高×走向,只一数字指走向;
5. 序号 3 内“筒口锹”指手握“洛阳铲”;
6. 表中地质储量分级(A、B、C、D)概念见 3.6。

类比法方法简便,应用甚广,所确定工程网度是否准确可靠,有待工作过程中用其他方法检验。

(2)验证法 验证法可以分为工程网度抽稀验证法和探采资料对比验证法两种。工程网度抽稀验证法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。探采资料对比验证法是将同地段开采前勘探取得的资料与开采取得的资料对比,以开采资料作为对比的标准,验证不同勘探网度的合理性。

探采资料对比验证法最适用于矿山生产时期,既可验证地质勘探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。

(3)统计计算法 统计计算法是最能说明勘探工程网度合理性的方法,方法的种类较多,这里介绍的是地质统计学方法。

地质统计学中根据经验半变异函数曲线可以确定变程 α , α 实质上代表样品的影响范围,因此变程可以表明具相关性的两取样(工程)点间最大可能的合理间距。通过半变异函数还可计算克立格估计方差 σ_k :

$$\sigma_k^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \bar{\gamma}(v_i, V) - \bar{\gamma}(V, V) + \mu \quad (1-1)$$

式中 λ_i ——权系数;

$\bar{\gamma}(v_i, V)$ ——当向量 h 两端分别独立描述邻域 v_i 和待估域 V 时的平均半变异函数值;

$\bar{\gamma}(V, V)$ ——待估域内所有样品对间的平均半变异函数;

μ ——拉格朗日乘子。

上式表明,克立格估计方差 σ_k^2 是平均半变异函数 $\gamma(h)$ 的线性组合,在被估块段尺寸、变异函数模型及参数确定以后,估计方差即与勘探工程网度有关,即估计方差最小的勘探工程位置和网度方案为最优方案。

1)最优工程位置的确定:先计算完工工程数为 n 时的每个工程的克立格估计方差 $\sigma_k^2(n)$ 及每当增加一个工程 x_i 后全区每个工程的估计方差 $\sigma_k^2(n+1.2 \cdot x_i)$,然后计算每一工程的估计方差相对降低率 G_i :

$$G_i = \frac{\sigma_k^2(n) - \sigma_k^2(n+1, x_i)}{\sigma_k^2(n)} \times 100\% \quad (1-2)$$

根据 G_i 的计算值作出“等估计方差相对降低率曲线图”,图中高点与工程位置重合,说明该工程位置为最优方案。

2)最优工程网度的确定:将已按相对最密网度勘探的地段划分为大小、形状不同的网格(图 1-5),每一网格的交点就是一个工程结点。对各种网格计算每一结点的克立格估计方差,再计算每一网度的平均估计方差,然后将每一网格花费的费用金额与平均估

计方差进行对比,作出曲线图(图 1-6),从图上选出最优工程网度,在图 1-6 中,200 ~ 300m 之间的工程间距应为最优勘探工程网度方案,因为即使再加密网度,也无助于降低平均估计方差,而只是增加了勘探费用。还可利用每一结点的估计方差编制“等估计方差图”,按上述确定最优工程位置的方法对图中估计方差相对较高的区域适当加密工程,而估计方差相对较小的区域应当是工程优先施工区域。

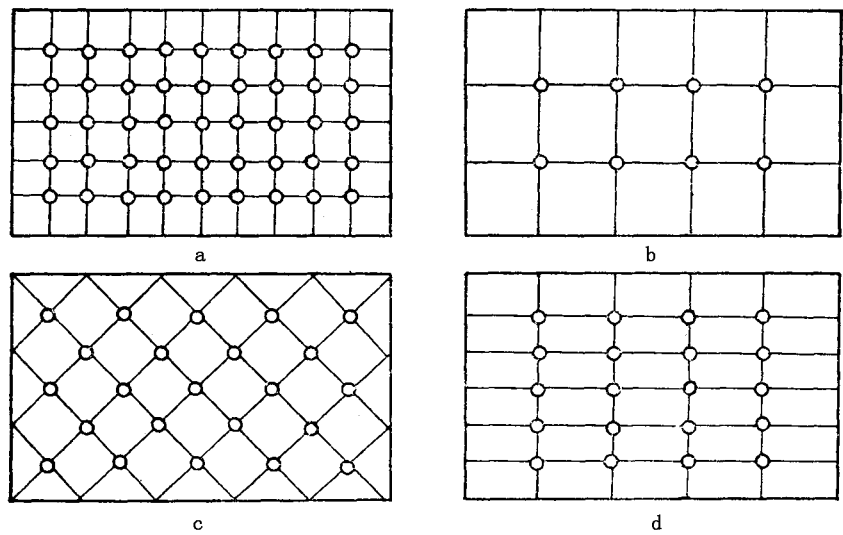


图 1-5 同一勘探地段划分的各种勘探工程网格

a—密的正正方形网格;b—稀的正正方形网格;
c—斜正方形网格
d—长方形网格

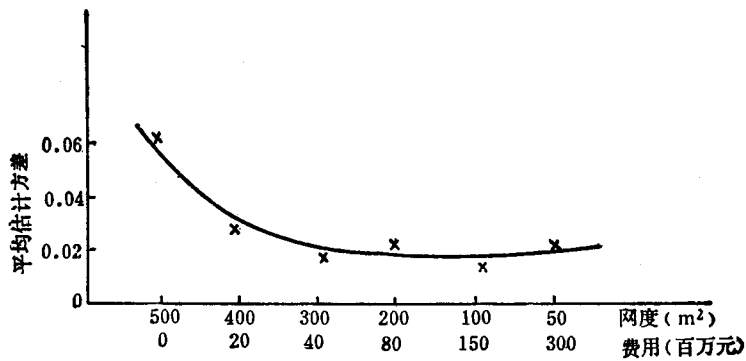


图 1-6 最优勘探网度选择曲线

上述方法虽能通过估计方差的分析较有效地确定合理的工程网度,但也应辅以不同网度对地质构造以及矿体内部结构控制程度的综合分析,才能得出最可靠的结论。

第五节 生产勘探设计

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的对象、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方案总体设计及工程单体技术设计两个步骤。

生产勘探总体设计

总体设计主要解决生产勘探的总体方案问题,如勘探地段选择,技术手段选择,工程网度确定,工程的总体布置方式,工程的施工顺序和编制工程施工方案等。设计完成后应编写设计说明书,说明书由文字、设计图和表格构成。文字中应说明:上年度生产勘探工作完成情况;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络图表。

生产勘探工程的单体技术设计

单体设计主要解决各工程的施工技术和要求等问题。

(1)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。

(2)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,提出施工目的和要求;井深大于 10m 者尚应提出通风、排水,支护措施;进入原生岩石的浅井,应提出爆破、运搬措施。

(3)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质层、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。

(4)坑探。要求提供坑道通过地段的地质层、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。参见表 1-1。

第六节 探采结合方法及实例包

探采结合方法

生产勘探必须考虑探采结合,自 60 年代以来已成为我国矿山地质有特色的工作方法之一。实践证明,探采结合具有减少工程量,缩短生产周期,降低生产成本,提高地质工作效率与质量,有利于安全生产和加强生产管理等优越性。生产矿山有大量采掘工程,不少可供勘探利用。

实施探采结合工作法应注意下述要求:

(1)探采双方在工作上必须打破部门的界限,实行统一规划,联合设计,统筹施工和综合利用成果,形成一体化工作法,

(2)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,

(3)必须合理确定工程施工顺序,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,

(4)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。在条件不完全具备的情况下,仍应先施工若干单纯的探矿工程(钻探或坑探)。

露天采矿的探采结合比较简单,下面主要介绍地下采矿的探采结合方法。

开拓阶段:

(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勘探要求的基础上,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,地质人员布置勘探工程,双方共同选定探采结合工程,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勘探工程,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。

采准阶段:

(1)地质人员根据前阶段所获地质资料编制和提供块段单体地质资料;

(2)采矿人员根据资料初步确定采矿方法及采准方案;

(3)地采双方共同从采准工程中选定能达到勘探的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形成探采结合层;

(4)块段探采结合工程施工,首先利用对矿体空间位置依赖性不大的脉外工程优先施工接近矿体,并达到探采结合工程施工位置,通过勘探查明矿体边界位置及内部构造;

(5)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;

(6)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勘探工程,再整理采准阶段生产勘探所获地质资料,为转入块段矿石回采作好准备。

切割、回采阶段:

在生产地质工作中,利用切割、回采工程进一步控制矿体,有时也补充少量勘探工程,探明可附带回采的矿体分支和小盲矿体。

探采结合实例

实例一 金州石棉矿

该矿床属沉积变质型,产于震旦系甘井子组白云质石灰岩中。矿体呈似层状产出,沿走向呈“S”形弯曲,倾角 $45^{\circ} \sim 70^{\circ}$,矿石平均品位4.52%。矿床规模大而形态简单,属第I勘探类型。地质勘探钻探网度:D级 $400 \times 200\text{m}$;C级 $200 \times 100\text{m}$;B级 $100 \times 100\text{m}$ 。矿床受一定断层切割,且产于含水层中,生产勘探除了达到储量升级目的外,查明采区断裂构造及地下水活动规律也是重要任务。

矿山采用竖井开拓,阶段水平布置脉内和脉外运输平巷,每80~100m掘进穿脉联络巷道。采用尾砂干式充填采矿法,矿块结构:阶段高50m,长80~100m,矿块中央布置充填井,两翼布置人行井及溜矿井。

阶段开拓时,首先掘进脉外运输平巷,从穿脉或未来天井位置向矿体打坑内钻(单孔或双孔,水平或上向)。工程布置方案见图1-7。脉内运输平巷、穿脉巷道及部分坑内钻构成探采结合工程。在坑内钻方面,水平钻作穿脉掘进掏槽孔,上向斜钻作放水孔,沿脉掘进用水平钻超前探水,同时也是掘进的掏槽孔。超前探构造指导沿脉开拓施工采用小断面坑道,待矿体探明后再扩帮形成生产巷道。剖面上探构造采用扇形坑内钻。进入采

准阶段,切割沿脉及各类天井是主要的探采结合工程(图 1-8)。有时还将探矿的钻孔兼作吊罐天井掘进中心孔和通风孔。矿区探采结合施工结束后所形成的最终工程网度为:50(段高) \times 80~100(穿脉) \times 40~50(天井)m,坑内钻为:15~20(走向) \times 10~15(倾向)m,储量升至 A 级。

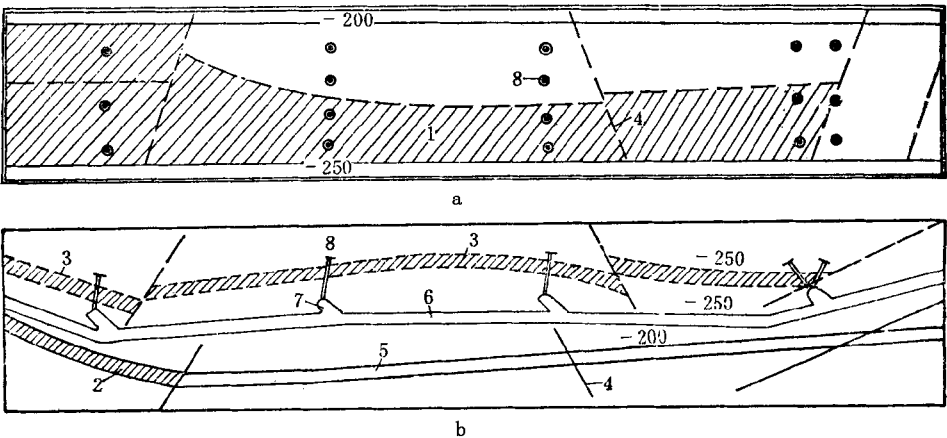


图 1-7 金州石棉矿阶段开拓探采结合工程布置示意图

a—垂直纵投影图;b—水中投影图

1—矿体的垂直投影;2—200m 阶段被子巷揭露的矿体;3—250m 阶段推测矿体;4—断层;
5—200m 阶段运输平巷;6—250m 脉外运输平巷;7—穿脉;8—坑内钻

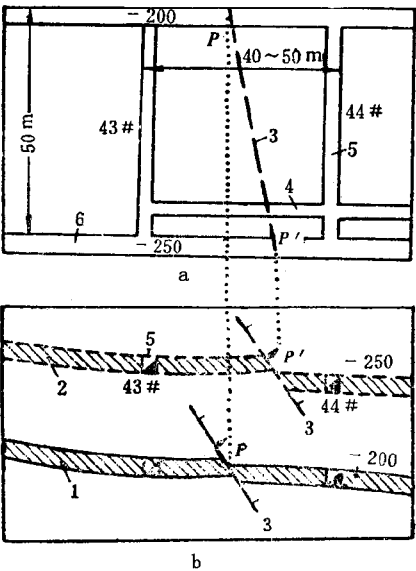


图 1-8 金州石棉矿采场工程布置示意图

a—垂直纵投影图;b—水平投影图

1—200m 阶段已揭露矿体;2—250m 阶段推测矿体;3—断层;
4—切割沿脉;5—天井;6—运输平巷

矿区实行探采结合的结果,仅勘探钻孔的生产利用率即达 30%左右。坑钻进尺的探矿比为 0.2~0.4,年度生产勘探专门费仅 4 万元左右。(本例由伍润年,杨本申提供)

实例二 711 铀矿

矿床产于下工迭统当冲组硅质岩层内,矿化受北北东向构造控制。层位内矿化均匀到极不均匀,工业矿体形态极不规则,大小不一,可由第Ⅲ到第Ⅴ勘探类型。矿体总的倾向南东,倾角较陡。围岩一般稳固,但断层附近较差。

矿区采用平硐、竖井联合开拓,主要以干式水平分层充填法开采。

矿区勘探的主要特点是地质勘探,生产勘探与采矿生产都存在一定结合关系。地质勘探手段以坑探为主,坑内岩心钻或接杆凿岩深孔为辅。矿山生产中利用地质勘探已完成的工程,经过补充加密形成生产勘探及阶段开拓的巷道系统,见图 1-9。地质及生产勘探坑道在圈定矿体后,部分穿脉可供采准利用,形成探采结合工程(图 1-9 中涂黑部分)。由于矿体变化很大,采准块段内部必须加密两到三层副穿脉(图 1-10)才能较全面地控制矿体。副穿脉无生产意义,且对未来采矿具潜在的不安全因素,因此尽可能以接杆凿岩深孔伽玛取样圈定矿体来代替。回采阶段利用深孔探明矿体分支,指导切割和寻找小盲矿体。对极不规则的小矿体实行边探边采。矿床探采结合最终形成的勘探工程网度为 40~50(段高)及 13~16(副穿脉或深孔)×20~40(穿脉)或 10(坑内钻)×20~40(天井)m,储量升至 C 或 B 级。

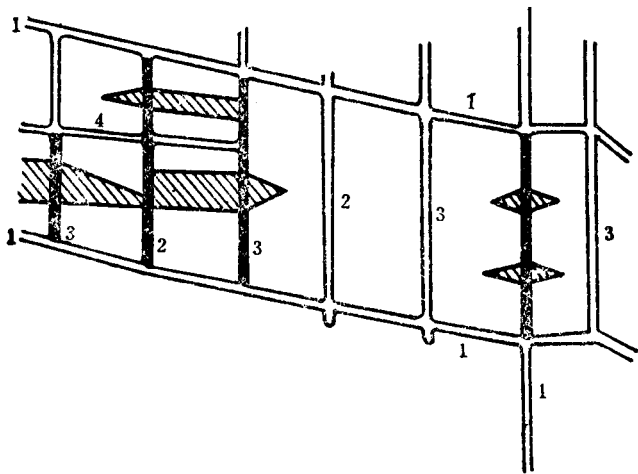


图 1-9 711 矿 2 号井田 90m 阶段探采结合方案图

1—开拓运输巷道;2—地质勘探坑道;3—生产勘探坑道;4—采准巷道

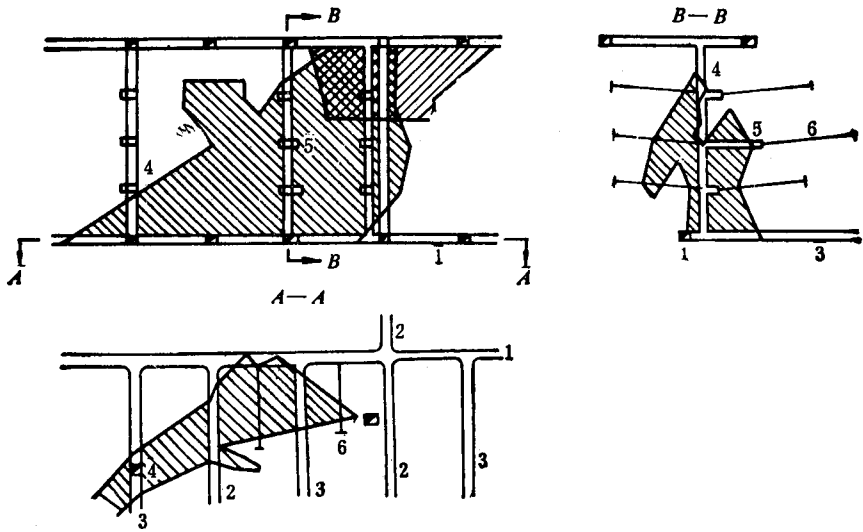


图 1-10 711 矿 90m 阶段 22 号矿体块段探采结合三面图

1—阶段运输平巷;2—地质勘探坑道;3—生产勘探坑道;4—天井;5—副穿脉;6—坑内钻

实行探采结合,矿山勘探工程的生产利用率比较高,如 2 号井田达 67.7%,130m 阶段的勘探天井生产利用率达 90% 以上。(本例由曹庭增提供)

实例三 中条山有色金属公司胡家峪及篦子沟铜矿

胡家峪及篦子沟矿床属沉积变质型,赋存于前寒武系中条山群变质岩系中。矿体呈似层状,透镜状产出,厚度、形状、产状及矿石品位变化都较大,倾角一般为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$,矿床属第Ⅳ类勘探类型。地质勘探钻探网度: C 级 $100 \times 50\text{m}$,坑探网度: B 级 $25 \sim 30(\text{段高}) \times 50(\text{穿脉})\text{m}$ 。

矿山采用平硐、竖井联合开拓,阶段高 $45 \sim 50\text{m}$ 。阶段水平采用沿脉及穿脉巷道环形运输布置,穿脉间距 $25 \sim 30\text{m}$ 。采矿方法有多种,以有底柱分段崩落法为主。

阶段开拓的探采联合设计方案见图 1-11。工程施工顺序为:首先掘进石门及运输巷道尽快接近矿体,然后优先施工具有探矿意义的工程,如穿脉、脉内沿脉及坑内钻,一般需超前脉外工程 100m 。图 1-11 中涂黑部分即为优先施工的工程。阶段开拓的探采结合工程施工结束后,勘探工程网度达 $45 \sim 50(\text{段高}) \times 12.5 \sim 15(\text{穿脉及其间加密的坑内钻})\text{m}$,储量由 D 级升至 C 级。在采准设计之前,要求所掌握的地质资料能达到这种程度,即:能据以正确判断块段内部情况,正确选择采矿方法和采准方案,可以确定必要的勘探工程网度。采准块段布置分两类:当矿体厚度大于 10m 时,采场垂直走向布置,电耙道间距 15m ,电耙道及穿脉构成探采结合工程(图 1-12 中的 3、4、7)。当矿体厚度小于

10m 时,采场沿矿体走向布置,拉槽巷道及穿脉构成探采结合工程(图 1-13 中的 2、5、7)。电耙道水平还要补充坑内钻以控制矿体局部形态(图 1-13 中的 3)。块段工程施工时,首先掘进与矿体边界位置依赖性不大的下盘溜矿井、人行井或通风井,达到分段探采结合层位置。在探明矿体边界(主要是下盘)位置后再指导采准工程全面设计和施工。采准块段探采结合施工结束,生产勘探工程网度达到 $10 \sim 20$ (分段高) $\times 10 \sim 15$ (电耙道或拉槽巷道、坑内钻)m,储量进一步由 C 级升至 B 级。回采阶段在必要时还要利用切穿矿体边界的回采深孔取样圈定矿体。

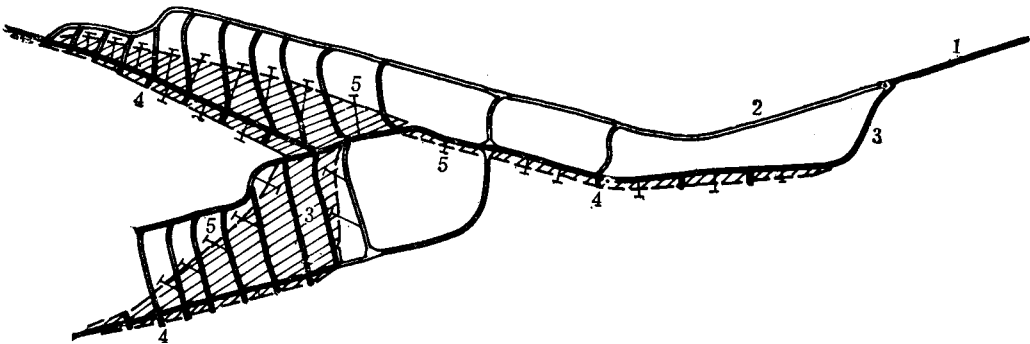


图 1-11 胡家峪矿阶段生产勘探及开拓联合设计方案图

1—石门;2—阶段脉外运输巷道;3—探采结合穿脉及沿脉运输巷道;
4—生产勘探穿脉;5—生产勘探钻孔

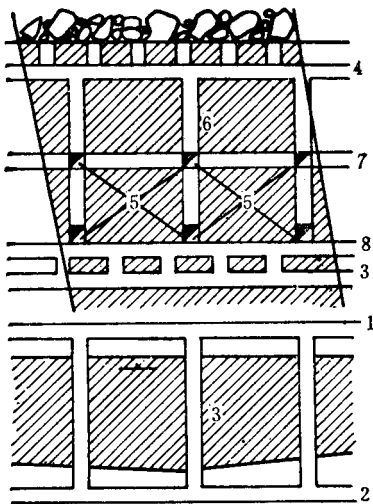


图 1-12 篦子沟矿垂直矿体走向采场的探采结合方案

1—上盘运输平巷;2—下盘运输平巷;3—电耙道;4—上阶段下分段的电耙道;
5—拉槽巷道;6—切割井;7—上阶段开拓穿脉;8—玺沟巷道

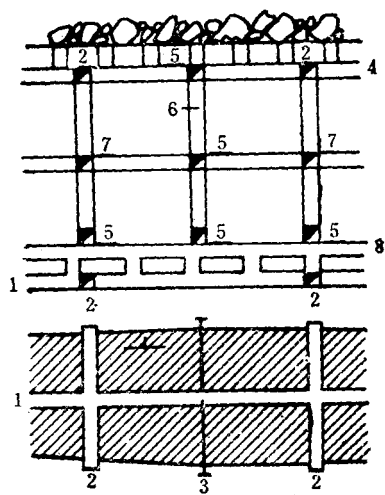


图 1-13 篦子沟矿沿矿体走向采场的探采结合方案

1—电耙道;2—穿脉;3—生产勘探钻孔;4—上阶段下分段的电耙遭;
5—拉槽巷道;6—切割井;7—上阶段开拓穿脉;8—堑沟巷道

上述两个矿区,年采矿量均达百万吨以上,年掘进量达 1500m 以上。据。篦子沟矿统计,探采结合工程占工程总量的 40%,年减少勘探坑道数千米,降低掘进费 80 万元以上。胡家峪矿年减少掘进量 300m,千吨探矿比由结合前的 7.1 下降到 2.5,综合效益比较显著。(本例由郭纯毓、贾永山提供)

第二章 矿山取样

矿山取样,是矿山地质工作中主要基础工作之一。按研究矿产质量的方法,可分为化学取样、物理取样、矿物取样、矿石加工技术试验取样、砂矿取样以及用仪器测定矿石质量的方法六类;按所要解决的问题,可分为生产勘探取样、生产取样、商品取样以及生产矿山深部、边部、外围找矿勘探工作中的矿产取样四种。这四种取样工作,按矿种和具体情况应用上述六类取样方法中某几种方法确定矿产质量。

第一节 化学取样

化学取样,是指为测定矿体及其围岩,矿山生产的产品(如原矿、精矿)以及尾矿、废石、与矿产有关的岩石中的化学成分及其含量的取样工作。它包括化学样品采集、加工、分析及质量检查等取样工作的全过程。

化学样品采集方法(取样方法)

化学样品采集方法有刻槽法、刻线法、网格法、点线法(直线打块法)、拣块法、打眼法、剥层法、全巷法、岩心取样九种。根据不同的矿种、矿化均匀程度、矿体厚度大小、矿石类型、用途等,可选用不同的取样方法和规格(表 2-1)。结合工业指标所规定的最低可采厚度和夹石剔除厚度,可选用合理的取样长度。地下开采的矿山常用取样长度 1~2m;露天开采矿山常用取样长度 3~5m。随着勘探程度的深入,取样间距往往不断加密。地质条件及采矿方法不同,取样方法、规格均有可能发生变化。所以,需区别不同矿种和

表 2－1 化学样品采集方法、规格及用途

名 称		方 法	规 格	用 途
刻槽法		在矿岩露头上,用取样钎、锤或取样机开凿槽子,将槽中凿取下来的全部矿岩作为样品	常用样槽规格宽×深为 5×2~10×5cm,矿化均匀时规格小些,矿化不均匀时规格大些	为金属、非金属矿产最常用的取样方法。在探槽、井巷,回采工作面等人工露头或自然露头上采集样品
刻线法		在矿岩露头上刻一条或几条连续的或规则断续的线形样沟,收集凿下的全部矿岩作为样品	常用样沟规格宽×深为(1~3)×(1~3)cm,线距 10~40cm	单线刻线法用于矿化均匀矿床,多线刻线法用于矿化不均匀矿床,常用于采场内取样
网格法		在矿岩露头上划出网格或铺以绳网,在网线的交点上或网格中心凿取大致相等的矿(岩)石碎块(粉)作为样品。网格形状有正方形,菱形,长方形等	网格总范围一般为 1m 见方,单个网格边长 10~25cm,一个样品由 15~100 点合成,总重 2~10kg	代替刻槽法
点线法		按刻槽法布置样线,在样长范围内直线上等距离布置样点,各点凿取近似重量的矿岩碎块(粉)作为样品,矿化不均匀时可在 2~3 条直线上布置样点	点距一般为 10cm,线距一般为 50~100cm	一定程度上代替网格法,常用于矿化较均匀的采场内取样
拣块法		从采下的矿(岩)石堆上,或装运矿石的车、船、皮带上,或成品矿堆上,按一定网距或点距拣取数量大致相等的碎块(粉)作为样品	爆堆上网点间距一般为 0.2~0.5m,矿车上取样视矿化均匀程度与矿车大小,有 3 点法,5 点法、8 点法,9 点法、12 点法等	常用于确定采下矿石质量或运出成品矿质量
打眼法	浅孔 取样	用凿岩机钻凿浅眼的过程中,同时采集矿岩泥(粉)作为样品	常用眼深 1~2m,一般不超过 4m,由一个或几个炮眼所排出矿岩泥(粉)组成一个样品	常用于矿体厚 2~5m 沿脉掘进时探明矿体界线,代替短穿脉,以及浅眼回采的采场内确定残留矿体界线、质量
	深孔 取样	用采矿凿岩设备进行深孔凿岩过程中,同时采集矿,岩,泥(粉)作为样品。有全孔取样,分段连续取样,孔底取样三种方法	露天深孔取样间距一般为 4×4~6×8m,地下深孔取样间距一般为 4~8m 或 8~12m	露天深孔取样(穿爆孔取样)结果是详细确定开采块段矿体边界、矿石质量、矿石类型(晶级)、编制爆破块段图,指挥生产等主要依据,地下深孔取样主要用于详细确定回采块段矿岩边界和矿石质量,也可代替部分坑探或钻探工程中取样
		剥层法 在矿岩出露面上按一定规格凿下一目矿岩石作为样品	常用剥层宽度×深度为 20~50×5~15cm,某些非金属矿产取样断面规格较大	主要用于检查其他取样方法精度,采取技术试验样品,厚度小或矿化不均匀矿床的化学取样
全毛法		在巷道掘进的一定进尺范围内的全部或部分矿(岩)石作为样品	取样断面与井巷断面一致,样长一般为 1~2m	主要用于检查其他化学取样方法精度以及矿化极不均匀矿床的化学取样
岩心取样		从钻探获得的岩心,岩屑,岩粉作为样品。常用岩心劈开机劈取一半岩心或金刚石锯取一半岩心作为样品	岩(矿)心直径有大孔径 127~146mm,中孔径 75~110mm,小孔径 < 75mm。样长一般为 1m	用岩心钻探探矿时进行岩心取样

矿化均匀程度,不同生产准备阶段与采矿方法,选择或试验确定其相适应的取样方法及其取样规格、长度、间距,使所采集的样品有代表性,又要经济合理。取样时应沿物质成分变化最大的方向(一般为厚度方向)采取,按不同矿石类型、品级分段连续取样。

化学样品加工

化学样品加工是指为满足化学分析对样品最终重量和颗粒大小的要求,而对原始样品进行加工的工作。

样品加工的基本问题是确定满足化学分析所需的最小可靠重量,常用切乔特公式确定:

$$Q = KD^2 \tag{2-1}$$

式中 Q ——样品的最小可靠重量,kg;

D ——样品中最大颗粒直径,mm;

K ——根据矿石特性确定的缩分系数。

尺值的大小与矿种、矿石物质成分均匀程度有关。一般样品 K 值多在 0.1~0.5 之间,特殊样品在 1 以上。所以,样品加工前应选择或试验确定合理的 K 值,据切乔特公式制订加工流程图(图 2-1),以便把原始样品按加工流程加工到最小可靠重量的分析样品(试样)。

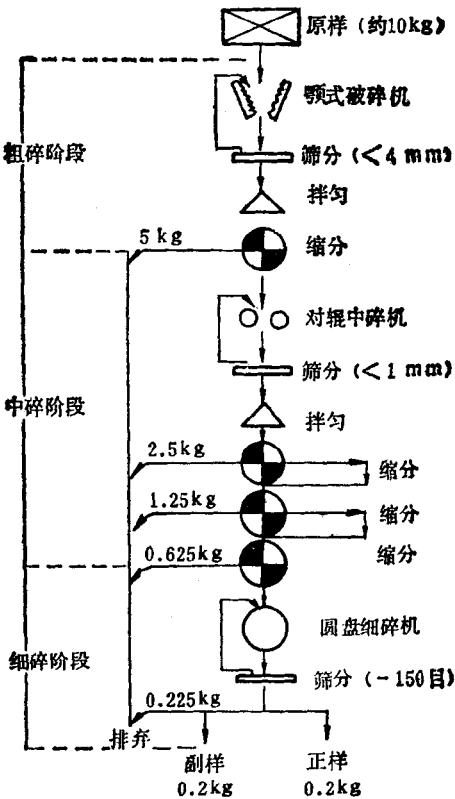


图 2-1 样品加工流程图实例

由图 2-1 可见,样品加工可分若干阶段,每个阶段又包括破碎、筛分、拌匀、缩分四个基本程序。

对于特殊样品,如黄铁矿、铬铁矿、沸石、膨润土、岩盐、芒硝、石膏、玻璃及陶瓷原料等矿石,应进行特殊加工处理。

化学样品的分析种类及质量检查

A 化学样品分析种类

a 基本分析

基本分析又称普通分析,为了确定矿体和矿产品中主要有用,有害组分的含量及其变化情况而进行的分析。这种分析在矿山最常用,数量最多。其分析所获资料是圈定矿体、划分矿石类型和品级、计算储量、确定矿产品质量的主要依据。分析项目视矿种和矿石类型而定。

b 组合分析

本分析的目的是确定矿体内伴生组分的含量及其分布,用于储量计算;或了解影响选、冶性能及矿产价值的有害组分和一般组分的含量。样品由同一矿石类型或品级的两个以上(一般为 8~10 个)的基本分析副样,按原来样品的长度或重量、体积比例组合而成。分析项目据全分析或多元素分析结果确定。

c 物相分析

本分析又称合理分析,是为了研究某些矿床的自然分带和确定矿石自然类型以及确定有用组分赋存状态而进行的样品化学分析与鉴定。例如,硫化物矿床可在肉眼和镜下鉴定基础上,先大致确定不同矿石自然类型,而后在分带线附近采集一定数量的样品,或用基本分析副样作样品,通过物相分析,获得硫化矿物与氧化矿物的比例。即:

$$\frac{\text{硫化物中金属含量}}{\text{总金属含量}}\% \text{ 或 } \frac{\text{氧化物中金属含量}}{\text{总金属含量}}\%$$

再用以确定每一样品所在位置是氧化矿,原生矿还是混合矿,据此划分这三类矿石的分布位置,并进一步确定各种有用组分赋存状态,从而为分别计算储量和分别采、选、冶提供依据。

d 多元素分析

本分析的目的是检验矿石中可能存在的有用、有害元素,为组合分析提供项目。一个矿区一般有 10~20 个代表性样品即可。一般可采用光谱或极谱分析或多元素化学分析。

e 全分析

全分析的目的是了解各种类型矿石和岩石中全部元素及组分的含量。包括光谱全

分析和化学全分析。化学全分析项目常据光谱全分析结果确定。全分析样品可利用组合分析副样或单独采集。每类型矿石,岩石大致作 1~2 个。

f 单矿物分析

本分析的目的是查明某种单矿物中赋存有哪些稀散元素或贵金属及其含量,用以确定工业利用的可能性,有时还用以计算其储量。单矿物样品从主金属矿物着手,工业矿体内采取,要纯净,有时借助分选方法获得,数量视需要而定。

B 化学取样质量检查

(1)检查原始样品代表性(通过不同取样方法或规格的对比试验来检查);

(2)检查加工系数、流程是否合理(通过不同加工系数、流程的对比试验来检查),操作是否正确;

(3)检查分析质量(通过内检和外检来检查)。

内检是从原分析副样总数中挑选 5~10% 的样品,分期、分批编密码送原分析化验室化验;外检是从已经内检的副样中挑选原分析样品数的 3~5%,分期、分批送技术水平更高的化验室化验。

地质人员在收到内、外检结果后,要计算超差率或平均相对误差。如超差率大于 30% 或平均相对误差超差,应检查原因或将超差样品重新化验;如结果仍超差,原分析结果应报废或将储量降级;如超差率小于 30%,但存在系统误差,而误差不太大,可利用检查分析与原分析平均值比率校正。至于超差的标准可查阅全国矿产储量委员会所制订的有关规范。

用以代替化学取样的实测统计法

这是通过在现场进行地质编录过程中,实测有用矿物与矿体的面积或长度,再经室内统计计算以确定矿石中主要有用组分品位的一种方法。我国某些钨矿山和铋矿山 60 年代开始试验,用以代替化学采样及样品的基本分析,已用于生产 20 多年。此法又分两种:

A 面积统计法

在实测矿体暴露面积及其上有用矿物面积的基础上,用公式(2-1)计算品位:

$$C = \frac{\sum S_x D_x C_x}{(S - \sum S_x) D_y + \sum S_x D_x} \times 100\% \quad (2-2)$$

式中 C ——矿石中某有用组分的品位, %;

$\sum S_x$ ——在矿体的一定暴露面积上含该有用组分矿物的面积总和, mm^2 ;

D_x ——该有用矿物的平均体重, t/m^3 ;

C_x ——该有用矿物中有用组分的平均含量, %;

S ——受测定的矿体暴露面积, mm^2 ;

D_y ——矿石中脉石矿物的平均体重, t/m^3 。

此法首创于西华山钨矿。经用剥层法对比,其精度优于刻槽法,现已在某些含黑钨矿石英脉矿床的矿山推广使用。这类钨矿在实测中,取沿矿体走向(或倾向)2m 长的矿体暴露面,作为一个测定单位;用钢卷尺实测 S 及 ΣS_x ;而 D_x 、 C_x 、 D_y 等数据,则通过事先对本矿不同地段 30~40 个样品的测定加以确定。

此法的优点是:在保证精度的前提下,不需刻槽、样品加工及化验等工序,既节省了费用,又避免了刻凿样品及样品加工带来的矽尘危害。但是,它只能在矿体与围岩界限分明,矿石的矿物组成简单,有用矿物与脉石矿物易于区别和有用矿物颗粒粗大的矿床使用,因而有一定的局限性。

B 长度统计法

此法首创于锡矿山锑矿,具体作法如下:

在巷道壁上沿矿体厚度方向布置若干条平行测线(锡矿山为 11 条)作为一测样点,测线间距可为 2~10cm,测样点间距及测线长度(相当于样槽长度)可与一般刻槽法相同。在每条测线上用卡规量出含矿矿物集合体段落长度,同时用小钢尺量出测线总长度,再目估含矿矿物集合体的品位和脉石矿物集合体品位,最后用公式(2-3)计算该测样点的品位:

$$C_i = \frac{\Sigma L_x D_x C_x + (\Sigma L - \Sigma L_x) D_y C_y}{(\Sigma L - \Sigma L_x) D_y + \Sigma L_x D_x} \times 100\% \quad (2-3)$$

式中 C_i ——某测样点的品位, %;

ΣL_x ——测线上含矿矿物集合体段落总长度, mm;

D_x ——含矿矿物集合体的体重, g/cm^3 ;

C_g ——含矿矿物集合体的品位, %;

ΣL ——测线总长度, mm;

D_y ——脉石矿物集合体体重, g/cm^3 ;

C_y ——脉石矿物集合体品位。

上述参数中,除 ΣL_x 和 ΣL 实测取得外, C_x 及 C_y 是测定者根据大量样品外观与化验结果对比所积累的经验,在现场目估确定; D_x 是根据 D_x 与 C_x 间的回归方程确定,而 D_y 是实测的平均值。

锡矿山锑矿采用此法与刻槽法对比,证明其精度不低于刻槽法,但要求测定人员必须是富有目估经验者。

第二节 物理取样

物理取样又称技术取样。是指为了研究矿产和岩石的技术物理性质而进行的取样工作。对大部分非金属矿产,主要是测定与矿产用途有关的物理和技术性质,例如对石棉矿,要测定石棉的含棉率、纤维长度、抗拉强度、吸水性、抗压强度、抗冻性、耐磨性等;对宝石要确定其晶体大小、颜色、透明度以及晶体内裂纹或包裹体的分布等;对耐火粘土要测定其软化点、耐火度等等,从而为确定矿产质量和工业用途提供主要依据。对一般矿产,主要是测定矿石和围岩的物理力学性质,包括体重、容重、湿度、孔隙度、松散系数、块度、自然安息角、强度与变形模量、可钻性、爆破性以及砂性土及粘土的土工试验技术参数等,从而为储量计算,矿山设计或生产等提供必要的参数。

测定矿岩物理力学性质的物理取样

A 体重测定

矿石体重指矿石在自然状态下单位体积的重量。单位: t/m^3 。体重样应按矿石类型、品级采取,在品位和分布上要有代表性,按测定方法分小体重和大体重两种:

小体重是采取体积为 $60 \sim 120\text{cm}^3$ 的标本或岩心,用封蜡排水法,分别测定封蜡前矿石重量 P_1 、封蜡后的矿石重量 P_2 和体积 V (蜡比重 d 为常数)以求体重 D :

$$D = \frac{P_1}{V - \frac{P_2 - P_1}{d}} \quad (2-4)$$

大体重常用全巷法或爆破法,分别测定采下矿石重量 P 、坑道(爆破)体积 V 以求体重 D :

$$D = \frac{P}{V} \quad (2-5)$$

一般每一矿石类型或品级测定小体重 $20 \sim 30$ 个以上,并测定 $1 \sim 3$ 个大体重作为检查。当两者体重差别大时,以大体重修正小体重后用于储量计算。

B 容重测定

矿(岩)石容重指松散矿(岩)石单位体积重量。用体重与松散系数比值求得。容重与块度大小有关。主要用于计算矿(废)石堆储存量。

C 温度测定

矿石湿度指自然状态下单位重量矿石中所含水分的百分含量。此参数主要用于校正体重和供解决有关矿石运输、贮存问题参考。对盐类和其他疏松、多孔隙矿石,一般都必须测定湿度。应按季对不同类型矿石取样,样重 300 ~ 400g。设采出样品立即称重为 P_1 ,破碎到 1 ~ 2cm 粒径烘干后恒重为 P_2 ,则湿度 ω 为:

$$\omega = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100\% \tag{2-6}$$

用湿度校正湿体重 D 时,校正后体重 D_1 为:

$$D_1 = \frac{D(100 - \omega)}{100} \tag{2-7}$$

一般湿度 $\omega < 5\%$ 时可不进行校正。

D 孔隙度测定

见 6.3。

E 松散系数测定

矿(岩)石松散系数指矿(岩)石爆破后松。散体积与爆破前体积比值。它是矿山运输能力、矿车大小及矿仓容积等设计和矿车计量、劳动定额、采掘量计算等必要的参数。测定方法有:露天大体积法,测量和计算矿石爆破后与其前的体积比值;全巷法,测量和计算装入矿车中松散矿石体积和坑道体积比值。

F 块度测定

对爆破后矿石碎块中大于 50mm 的用手选分级,小于 50mm 的用筛子分级,以求得各级块度的重量占总重量的百分比。还可用照像法进行测定。

块度分级取决于矿种和矿石的工业用途。一般分为七级: < 5mm、5 ~ 10mm、10 ~ 25mm、25 ~ 50mm、50 ~ 100mm、100 ~ 200mm、> 200mm。

找出块度与品位的关系即为机械分析。可为选择采矿方法、破碎机械及运搬工具提供依据。

G 自然安息角测定

自然安息角指爆破后矿(岩)石在自然堆放条件下,碎块坡面与水平面的最大夹角。它是决定堆放矿(废)石场地范围或决定运输铁道与工作面间距等的依据。应按矿石类型、品级和不同岩石分别测定,每次测定不少于 5 次,然后取平均值。

H 岩矿石物理力学试验

I 可钻性和爆破性测定

J 土工试验

二、确定矿产质量的物理取样

工业上对许多非金属矿产(如石棉,建筑石材、金刚石、云母,滑石,石墨、大理石等),主要是利用其物理特性。因此,除了要评述其主要有益、有害组分的含量以及选矿加工性能外,主要是通过物理取样,测定与矿产用途有关的物理和技术性质,以确定矿产质量和工业用途。

非金属矿产种类繁多,有的一矿多用,可供工业利用的物理和技术性能多种多样,不同工业用途所要求测试的项目不同(表 2-2),取样方法,规格、要求也各异。

表 2-2 某些非金属矿产的主要物理性质测试项目

矿种	用途	物理性质测试项目
石棉	纺织,耐磨、绝热、建筑材料等	纤维长度、机械强度、耐酸性、耐碱性、导热性,导电性
石墨	坩埚材料 电极材料	导热性、鳞片大小 导电性、粒度
云母(包括白云母、金云母)	电器设备材料	硬度、抗压强度、耐热性、挠曲性、击穿电压、体积电阻率、表面电阻率、介质损耗角
	一般工业及建筑材料	硬度、挠曲性、抗压强度、耐热性
金刚石	宝石拉丝模、硬度计、刀具、研磨材料等 半导体器件等	晶体大小、晶形、颜色、透明度、包裹体等 导热性,半导体性能
滑石	造纸,纺织、日用化工等 高频瓷	白度、细度 白度、细度、导电性、耐热性、表面电阻、热敏性能等
石膏	医药、雕塑、装饰、造纸等	白度、细度
高岭土	建筑、陶瓷、电瓷、日用化工等	可塑性指数、白度、耐火度、烧结范围、干燥收缩和烧成收缩率
凹凸棒石粘土	油脂精炼、抗高温钻井泥浆、建筑涂料等	脱色力、吸附率、造束率、吸兰率、脱质价、比表面、可交换阳离子及阳离子交换总量
沸石	水凝水泥的硬凝剂,吸附剂,阳离子交换剂、轻骨料等	比表面、吸附串、可交换阳离子及阳离子交换总量等
大理石	饰面材料和工艺品	颜色、花纹、光泽度、抗折强度、抗压强度、容重、吸水率、耐磨串等
	电气绝缘材料	磨光性、加工性能、吸水率及吸湿后的体积、电阻系数、干燥状态的电场击穿强度

常用取样方法有刻槽法、全巷法、单块采取法、拣块法、剥层法等。

刻槽规格一般比金属矿要大,例如对高岭土、滑石、硅灰石、海泡石、凹凸棒石等常用 10×5cm 断面规格;有的需更大,如石棉一般达 10×10~30×30cm。样品长度一般为 1m。

为保持矿物外形完整或有用矿物含量甚少时用全巷法,如水晶、云母、金刚石等矿。水晶取样工程规格,应以能对晶洞或晶体砾石作出正确评价为原则;云母取样体积不少于 2~3m³;金刚石取样体积,原生矿一般为 2~4m³,砂矿一般为 5~10m³。

对于建筑石材,一般用单块采取法,例如大理石取样规格一般为 10×10×5cm、20×20×5cm 或成材规格。

物理取样拣块法不同于一般金属矿产,例如对云母矿,在所采取的样品中,选出 1~3 套有效面积大于 40cm² 的厚片云母进行物理性能及电工性能试验;对石棉矿试验比重、耐酸性、耐碱性、导热性、耐热性及矿物种属样品,一般可用手选棉。

某些矿产也用剥层法,例如网状石棉矿,剥层规格可为宽 5~15cm,深 20cm 左右。

第三节 矿物取样

矿物取样,是指从矿体,岩石或其风化剥蚀自然产物中,采集矿石、岩石、自然产物的标本、样品或单矿物,用化学、物理和物理化学方法鉴定和研究矿物的取样工作,是进行矿物学研究时的取样手段。在配合矿产普查勘探与矿山生产方面,它是概略估价矿产质量,研究矿床成因和确定找矿方向的一种取样手段;也是解决一些矿床的综合评价或重新评价,或分析矿石选、冶加工工艺性质的重要取样手段;对于一些利用其中某些矿物特性的矿产,则可根据矿物取样得到有用矿物含量的资料。

矿物取样种类随矿物学的发展与矿物应用的发展而增加,目前,用于矿产普查勘探与矿山地质工作方面,矿物取样种类有岩矿显微镜鉴定取样、矿物包裹体测试取样、稳定同位素测定取样、同位素地质年龄测定取样等。各类矿物取样的样品采集、取样过程及用途见表 2-3。

表 2-3 各类矿物取样样品采集、取样过程及用途

岩矿显微镜鉴定取样	样品采集	从岩石或矿石中采集块状标本,标本规格视需要而定
	取样过程	采集岩矿标本→加工成光片、薄片或光薄片→显微镜下鉴定
	用途	确定矿石、岩石种类,分析地质构造,推断矿床生成地质条件,了解矿石加工技术性能,划分矿石类型等

矿物包裹体测试取样	样品采集	从岩石或矿石中采集样品,样重按测试项目而定
	取样过程	采集原始样品→选取单矿物→用爆裂法测温或测定包裹体化学成分采集原始样品→制成薄片或光薄片→在显微镜下用均化法测温和研究包裹体形态、大小及气、液、固相比例
	用途	用于研究矿物的形成温度、包裹体成分,进而利用热晕、蒸发晕找矿或研究矿床、岩石成因等问题
稳定同位素测定取样	样品采集	从岩石或矿石中采集全岩样品或单矿物样品;所采样品应避免有后期叠加蚀变、退变质或固体包裹体或有固熔体分离的矿物;单矿物纯度要求 98% 以上
	取样过程	采集标本或样品→提取单矿物→测定稳定同位素
	用途	判别岩成矿物质来源,解决矿床成因,划分矿化阶段和成矿期次,指导找矿方向以及判断矿床规模等
同位素地质年龄测定	样品采集	查清地质情况的条件下,除专门研究蚀变和形变作用时期外,采集新鲜,未受蚀变风化的岩石或矿物样品,矿物中不应含副矿物包裹体,母体和子体同位素没有与外界物质发生交换取样
	取样过程	采集原始样品→加工成单矿物样品、一致曲线样品,等时线样品→进行同位素地质年龄测定
	用途	确定岩层或矿床地质年龄,指导找矿

第四节 矿石加工技术试验取样

矿石加工技术试验取样,是指为了研究矿石的加工技术性能,确定矿石的选矿,冶炼或其他加工方法、工艺流程和合理的技术经济指标等,而对矿床进行的取样工作。不同种类或用途的矿产,加工技术试验取样任务不同。对绝大多数金属矿产和部分非金属矿产,主要是确定矿石的可选性及选矿工艺,其中一部分矿石还需研究冶炼性能或其他加工性能。对绝大部分非金属矿产,主要是确定矿石的可用性、可选性和可加工性(含化工处理)。

矿石加工技术试验取样的种类

A 可选(冶)性试验取样

对不同自然类型、品级分别采取矿石试样,进行可选(冶)性试验,用以判别试验对象是否可作为工业原料,对易选(冶)矿石,试验结果可作为制订工业指标的基础。

B 实验室流程试验取样

按不同选冶性能的矿石分别采取矿石试样,并按不同围岩、夹石的混入率采取若干岩石样再组成试样,进行实验流程试验,以确定合理的流程和指标。对一般矿石,其试验成果是矿床开发初步可行性和制定工业指标的基础;对易选矿石,在满足矿山设计所需基本参数下,可作为矿山设计依据。

C 实验室扩大连续试验取样

根据实验室流程试验推荐出来的一个或几个流程,采取较多数量的试验样,进行串组为连续性的、类似生产状态的实验室扩大连续试验,以获得可靠的流程和指标。对一般矿石,其试验成果可作为矿山设计的基本依据;对难选矿石仅作为矿床开发初步可行性和制定工业指标的依据。

D 半工业试验取样

主要是针对选冶工艺流程复杂,而在实验室试验中难以充分查明工艺特性及其设备配置的某些矿石,采集大量试样,在专门的试验车间或实验工厂进行模拟工业生产的试验,以获得置信度高的数据。其试验成果是矿山设计的依据。

E 工业试验取样

主要是针对矿床规模很大,矿石性质很复杂,或为了确定采用先进技术措施或新设备的适用性,采集大量矿石作为样品,借助工业生产装置进行的试验。在工业试验中所获得可靠流程 and 指标,是矿山设计建厂和生产操作的基础和依据。

生产矿山一般不需频繁地进行上述各种试验。但对于在矿山地质工作中新发现的具有一定规模的新矿种或新类型矿床,需要开展上述的某些试验;为了改进加工工艺,采用新技术、新设备、新药剂,或为了进行进一步综合利用的研究,也需要开展上述某些试验。

矿石加工技术试验取样的要求和方法

取样前,应由地质、生产、设计部门和试验单位,共同协商样品的种类、个数、重量、代表性要求和采样原则,并编制采样设计;经主管部门批准后,再进行采样、品位验算和编出采样说明;样品经包装后连同说明书送往试验单位。在取样时应充分考虑样品的代表性,且区分不同类型、品级的矿石分别进行。对于上述后三类试验,还应按开采中可能混入矿石的不同围岩、夹石的混入率,采取若干岩石样,以便与矿石样组成混合样进行试验。

对于要求样品数量不多的实验室试验,可用刻槽法或剥层法取样,也可用全巷法或局部爆破法取样,在现场缩分后再送往试验室。对于要求样品数量大的试验,则需用全巷法或局部爆破取样,甚至用正常开采的矿石作为样品。

无论应用何种取样方法,为了保证样品的代表性,每个样品应尽可能采自矿床的不同部位,然后再按各小样所代表的储量比例组合为一个样品。在组合过程中,还必须保证按同类型、同品级的矿石进行组合。

不同类型加工技术试验样品的重量可参考表 2-4 和表 2-5。

表 2-4 金属矿产矿石加工技术试验试样重量参考表

试验类型	试样重量
可选(冶)性试验	50 ~ 500kg
实验室流程试验	300 ~ 1000kg
实验室扩大连续试验	5 ~ 25t
半工业试验	试样重量根据试验单位的设备规格、处理能力及必须试验的时间而定
工业试验	试样重量根据工厂设备规格及需要试验的时间而定。当采用新设备需作工业试验时,所需试样重量按设备能力而定

表 2-5 某些非金属矿产矿石加工技术试验试样重量参考表

试验类型	初步可选性试验(kg)	详细可选性试验(kg)	半工业试验	工业试验	工业技术性能试验
矿种					
石棉	500 ~ 1000	3000 ~ 5000	根据试验方案的数目、选矿方法、试验单位的设备规格、处理能力及必须的试验时间而定	根据试验方案的数目、工厂规模及必须的试验时间而定	单项试验不少于 3kg,一般总重需 30kg
高岭土	500 ~ 1000	> 1000			实验室规模制陶试验 100 ~ 500kg
滑石	300 ~ 500	> 1000			单项试验 1 ~ 3kg,一般总重需 20 ~ 30kg
石膏		> 30			实验室制板试验 100 ~ 200kg
金刚石	5000 ~ 30000	5000 ~ 30000			对每颗金刚石进行晶形、重量、导热性、半导体性能等测定
石墨	300 ~ 500	> 1000			20 ~ 30kg
硅灰石					500kg
云母					需有效面积大于 40cm ² 的厚片云母 1 ~ 3 套,每套包括 1 ~ 4 种标号,总重盘 10 ~ 15kg,5、6、7、8 标号云母 10 ~ 20kg 作薄片出成串试验
凹凸棒石粘土					测试脱色力、吸附率、吸兰量、胶质价、膨胀容、比表面、阳离子交换总量等,每单项需一至几克不等

第五节 砂矿取样

砂矿取样是指为了查明砂矿床中 有用矿物(或组分)含量及其回收性能而进行的取样。

砂矿取样与一般矿产取样相比较有其特点:取样断面大、数量多,一般用淘洗方法加工获取有用矿物精矿,用矿物鉴定方法确定其含量。

砂矿取样方法

有浅坑法、筒口锹法、刻槽法、剥层法、全巷法、留柱法、砂钻取样等。对湖泊、河床等水下砂矿,需用特殊取样工具,如带有挖掘机械的木筏或船只进行取样。

砂矿普查一般用浅坑法取样;砂矿勘探一般在砂钻,浅井,坑道中取样等,砂矿开采还需进行采场工作面取样及检查损失、贫化的取样。

浅井、坑道中取样;常用刻槽法,矿化很不均匀时用剥层法;检查砂钻取样和剥层法、刻槽法的代表性,采集技术试验样品,或矿化极不均匀时用全巷法;松散,涌水砂矿用留柱法。

砂钻中取样:一般用泵筒在套管中抽取样品,腐植层、软质和砂质粘土层中,用拨管、勺形钻头或筒口锹、浅坑取样。

采场工作面取样:常用刻槽法,矿化极不均匀时用剥层法。一般工作面推进 10 ~ 15m 生产勘探取样一次,5 ~ 10m 生产取样一次。

检查砂矿开采损失取样:对未采下的矿体边缘、留底、保安矿柱、废石、剥离超挖部分进行取样,常用刻槽法,检查贫化取样:一般是通过测量采空区,计算地质储量,品位,与选厂取样计量的矿量、品位之比获得贫化率。

取样长度:一般含矿较均匀、厚度较大的为 1 ~ 2m,不均匀或厚度较薄的为 0.5m 或更短,换层或到达基岩如样长大于 0.3m 可另作一个样。一般取入基岩 0.5m。

取样规格:一般是刻槽法 $0.1 \sim 0.2 \times 0.05 \sim 0.1\text{m}$ (一壁或两壁刻取)。剥层法 $0.5 \sim 1 \times 0.05 \sim 0.1\text{m}$ (一壁或两壁剥取),全巷法视工程规格而定。

砂矿品位的确定

确定砂矿品位所用样品,通常不需经过破碎、筛分等样品加工过程,但往往需通过淘洗盘或瓢淘洗出重砂和单矿物分离,先确定样品中有用单矿物含量及淘洗系数,再进一

步确定所谓“淘洗品位”。有关这方面的详细情况。

有时也可将样品拌匀、缩分后直接化验其品位,但化验结果包括了不能完全为选矿所回收的脉石矿物中的有用组分含量,故尚应查明有用组分的分配率。

砂矿技术性能的测定

此种测定是为了了解矿石加工技术性质以及开采技术条件,为采选设计提供资料。主要测定项目有体重、湿度、孔隙度、自然安息角、松散系数、砾石度、含泥量、粒度分析、选矿试验等。体重、湿度、自然安息角测定,见本章第二节。

含泥量测定:淘洗浅井样品时保留泥浆,用明矾沉淀,晒干后称得泥质重量 T_1 ,然后与原样重量 T_2 相比得含泥量 w :

$$w = \frac{T_1}{T_2} \times 100\% \quad (2-8)$$

砾石度测定:淘洗浅井样品时,将直径大于 1cm 以上的砾石分级(1~5、5~10、10cm 以上),求分级砾石度:

$$\text{某级砾石度} = \frac{\text{某级砾石体积}}{\text{样品体积}} \times 100\% \quad (2-9)$$

砾石度是砂矿开采、选矿设计的重要参数。

粒度分析:主要了解含矿层内组成物质及有用矿物颗粒大小,以及各个不同粒级的百分含量,提供选矿参考。样品采自浅井或钻孔,样重一般为 10~15kg,粗粒级分析在野外进行,湿法过筛,干后称重。筛级分为 100mm、50mm、25mm、10mm、5mm、2.5mm,小于 2.5mm 的细粒级,加明矾沉淀、烘干、称重、包装送实验室分析。按粒度分析结果计算各粒级百分比。

选矿试验:目的是为砂矿床工业评价、制定工业指标、选矿工艺流程设计提供资料。砂矿普查勘探、开采等阶段试验程度和取样要求与原生矿基本相同,但应注意砂矿中有用矿物的粒度,砾石度和含泥量等特殊情况。

第六节 用仪器测定矿石质量的方法

核物理测定法

本法是利用激发源轰击被测岩(矿)石中元素使其放出各种射线,并用仪器测量放出射线的种类与能量以确定元素含量的方法,如中子活化分析、质子荧光分析、X 射线荧光

分析等。其中适用于现场测定的是放射性同位素 X 射线荧光分析仪。近年也开始使用中子活化分析法进行测井。

A 放射性同位素 X 射线荧光分析

本法是以放射性同位素作为激发源照射待测样品,使受激元素产生二次特征 X 射线(荧光),用 X 射线荧光仪测量,记录样品中待测元素的荧光射线强度,从而确定样品成分和有用元素含量的方法。特点是仪器轻便,操作简单,可快速定性,定量确定大多数元素(原子序数 ≥ 13 者)的含量,精度千分之几至十万分之几;可直接测定固体(包括粉末)、液体样品中待测元素的含量;可携带到现场,在露头、岩矿心、采下矿岩上和钻孔中直接确定矿产组分,划分矿岩界线,代替或部分代替采样分析。

仪器种类按使用场合分为:室内分析的 X 射线荧光仪,探头部分固定,多用途,可一次测定多种元素,用于测定粉末样品和液体样品,便携型同位素 X 射线荧光仪,仪器重量小于 7kg,适于现场测量,测岩(矿)心时,探头上安置瓦片状装置;X 射线荧光测井仪,直接在钻孔中测量,需有电缆以传输脉冲讯号,探头有贴井壁装置。

国产 X 射线荧光仪主要用闪烁、正比探测器,主要仪器型号:便携型已有 C-2、YF、XY-1、TXY-1、HYX-1、ZYF-1 等型号;测井仪有 JXY-1 等型号。目前对铁、铅、锌等矿石粉末样品的快速测报,可用于矿石质量管理;对铁、铜、锡、锑、重晶石等矿石露头、矿(岩)心及钻孔中现场测定,效果较好。

国外有多种型号的便携型荧光仪和测井仪,可对金、银、钨、锡、锑、钼、铁、铜、铅、锌、钡、汞、萤石等数十种矿产进行现场测定,其测定成果可用于储量计算。例如,近年出现的便携型测金仪,用非接触测量技术,对金和其他重元素的现场测量,其检测限可达几十至几 ppm。

B 中子活化分析

本法是利用中子源照射样品中某些元素使其活化,研究活化生成的同位素半衰期,射线种类和能量等放射性特点,以确定这些元素含量的方法,可分析元素周期表中绝大部分元素,而且一个样品可同时测定多种元素的含量。一般用于实验室,现场仅用于测井。

放射性物理测定法

本法是根据放射性测量确定矿层厚度和放射性元素含量,以代替或部分代替化学采样分析的方法。其中辐射测样和 γ 测井广泛用于铀矿勘探和开采中现场测定。前者可代替刻槽取样,但需用 10~20% 刻槽取样检查,后者可代替岩(矿)心取样,但需用 3~5% 岩(矿)心取样检查。

A 辐射测样

辐射测样是在采探工程露头上、矿堆上,用辐射仪按一定点距精确测量矿石的放射性强度,从而定量确定放射性元素含量和矿体厚度的方法。按照记录射线的种类和测量方法的不同分为 γ 测样、 $\beta - \gamma$ 综合测样、 γ 能谱测样三种。根据 γ 测样以确定矿石品位代表性好,应用广泛,我国常用仪器为国产 FD-42 定向 γ 辐射仪;在平衡偏轴的矿区用 $\beta - \gamma$ 取样,常用 FD-127 型 $\beta - \gamma$ 测样仪和改装的 FD-21 型测样仪;在铀、钍混合矿区用 γ 能谱测样。

在铀钍平衡严重破坏,而对其规律性未很好认识的矿区,不利于开展辐射测样。

B γ 测井

γ 测井是用 γ 测井仪器沿钻孔直接测量(一般用点测)岩矿石的天然长 γ 强度,寻找放射性异常,以及根据钻孔 γ 测量异常曲线,定量解释钻孔中矿层的空间位置、厚度和放射性元素含量的一种定量物探方法。我国常用 FD-61K 型晶体管轻便测井仪,可用于垂直或倾斜钻孔(或炮孔)的放射性测量。