

我国金属矿床勘探的主要经验

周 秋 兰

建国以来,我国金属矿的地质勘探和矿山建设取得了很大成绩,探明了大量矿产资源,积累了丰富的勘探经验和地质资料,为金属矿床勘探方法的总结,提供了重要的依据和基础。

为了总结经验,探索符合我国实际情况的合理勘探方法,十多年来,我们曾对一些铁、铜、多金属矿床和生产矿山进行实际调查。本文结合近年来的工作成果,对金属矿床勘探方法的主要经验,谈谈个人认识,供作参考。

一 合理确定矿床勘探和研究程度是地质勘探的关键

地质勘探的主要目的是为矿山设计和建设提供必要的矿产资源和地质基础资料。实践证明,要达到上述要求,关键是对具体矿床确定适当的地质勘探及研究程度,勘探程度不足或过头,都会浪费国家投资、拖延投产时间。因此,它是关系到矿床勘探和矿山建设能否做到多快好省的一个重要问题。

根据实践经验,一个金属矿床的地质勘探和研究程度,是由下列因素确定的:

1. 必须特别注意矿床及矿体形态、空间位置的控制 矿床的轮廓边界,是矿山设计时合理选择开采方法、圈定开采境界、确定开采规模和布置井巷工程的主要依据。以往常常是对矿床整体(主要是矿床范围、矿体的边界)及主矿体形态、空间位置控制不够。如金岭铁矿,原勘探深度一般为150米,最深200米,矿体勘探深度仅为矿体实际延深的1/2。因此,在生产勘探时又扩大储量约一倍(图1),使生产规模显得不够合理。玉泉岭铁矿南部矿体东西端边界未控制,开采和生产勘探证明,矿体向西增加88米,向东增加38米,造成露采境界改变,不得不二次扩帮,而且卷扬机压矿(图2)。南和沟矿区勘探时对原3号矿体北东端尖灭特点研究不足,误将矿体底盘分枝和5号矿体联成一体,开拓后才发现矿体受褶皱控制,原3号矿体应与6线以南的原5号矿体绕转相连,形成转折透镜状,致使开拓运输巷道改变(图3)。类似问题在其他一些矿床也出

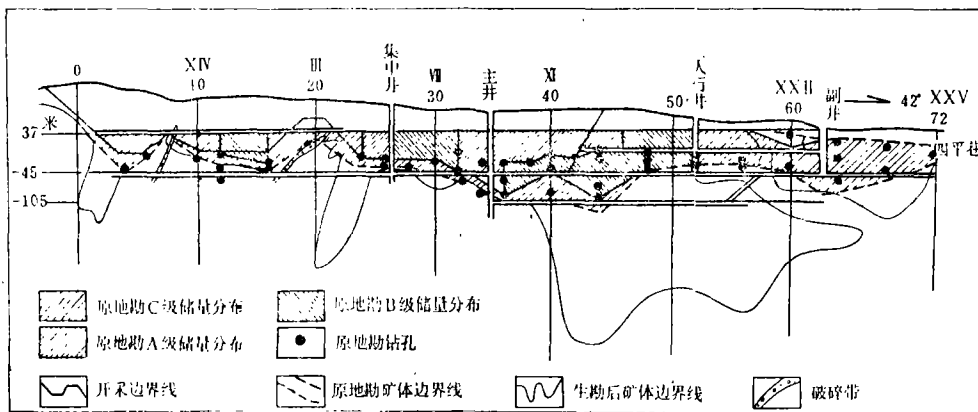


图1 金岭铁矿体纵投影剖面图

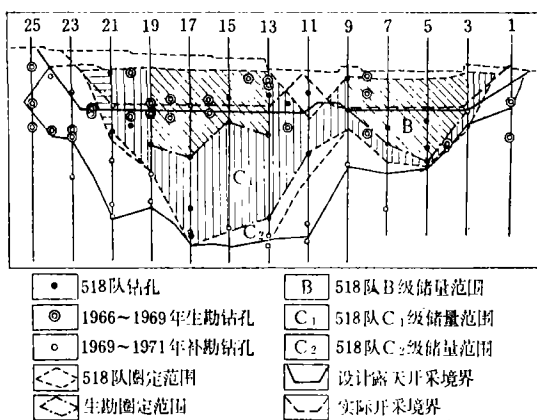


图2 玉泉岭铁矿南部矿体纵投影对比及露天开采境界对比图

现过。因此，矿床轮廓边界与主矿体形态的研究和控制程度，将直接影响矿山建设和生产效果。地质勘探时要特别注意对矿床轮廓边界的控制和研究，其外部最好有落空工程或物化探资料作有限外推圈定依据。

2. 先期开采地段的勘探程度要适当 先期开采地段是矿山基建时进行采准工程的地段，一般位于矿床上部第一、第二两个中段。它的勘探程度直接关系到基建工作能否顺利进行，矿山能否按国家计划建成投产，以及合理使用国家资金等问题，所以具有突出意义。凤凰山铜矿勘探时，先期开采地段的+10米和-20米两个中段，用坑道控制了

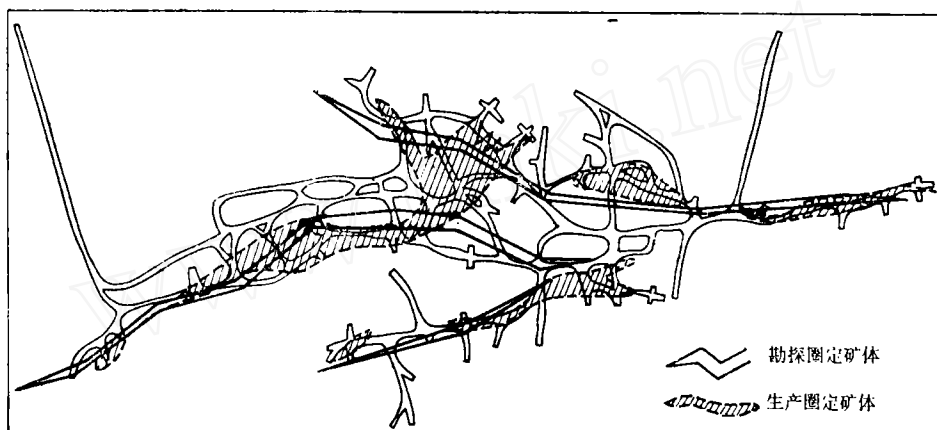


图3 840中段3-5号矿体开拓布置图

9.5%的B级储量，勘探程度较高，基建工作进行顺利，仅四年即建成大型采选企业，投产当年达到设计规模。丰山洞铜矿南缘矿体，用 $100 \times 60 \sim 80$ 米钻探网度系统控制矿体，经“三结合”方式确定了0米中段为先期开采地段，在该矿段加密浅钻指导0米中段坑探掘进，在10~16线求了B级储量，勘探工作与矿山建设紧密配合，大大缩短了矿山建设时间。但也有的矿床先期开采地段勘探程度过高或不足，从而造成损失。如大冶铁矿地勘时， $A_2 + B$ 级储量占总储量的67%，程度过高。玉石洼铁矿，勘探时没有提交一定的高级储量，不能满足先期开采的要求，只好补勘。有些矿床虽勘探了一定的高级储量，但分布不合理，集中于一个块段（水平或垂直方向过于集中），分布在矿体厚大、

形态变化较稳定的中、下部地段，先期开采地段却勘探不足。如折腰山铜矿B级储量集中在Ⅲ—V剖面间地表以下25~200米地段，其上部 and 两侧则为 C_1 级储量（图4）。高级储量在水平方向过于集中，在深度上又显得过深（有的投产后六年才被利用），致使开采初期未发挥其应有的作用。符山铁矿在地勘时，虽求得18%的B级储量，但分布在东部地表以下约30米，即矿体形态变化较稳定的中部地段，而上部为 C_1 级储量，与设计拟定的先期开采地段（西段）不一致，给投产初期造成一定困难。产生上述情况的主要原因在于当时有的矿区对探求高级储量的目的性和作用不明确，地质勘探与设计生产部门互相配合不够，造成先期开采地段和勘探的高级储量地段不一致。在今后的勘探工作

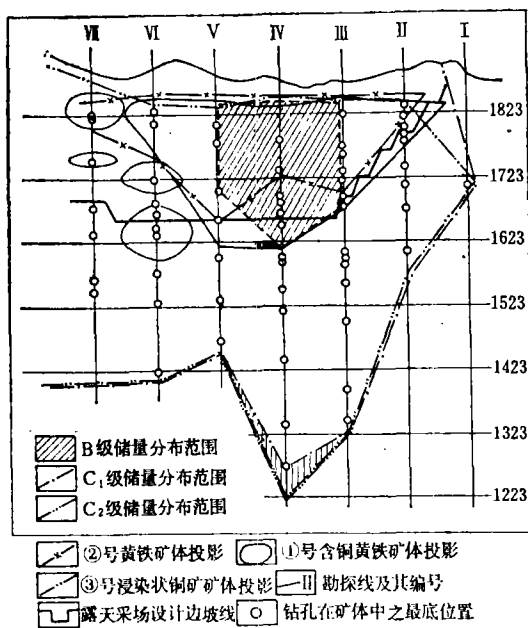


图4 折腰山铜矿床I—VII线1V2#3号矿体纵投影图
(附储量级别分布)

中,应通过地质勘探、矿山设计、基建(生产)“三结合”,根据矿床的特点和可能的开采方案,将先期开采地段和勘探程度较高地段结合起来。高级储量的平面分布范围与分布深度主要取决于开采方式和矿床埋藏条件,一般情况下,在平面上最好呈连续的带状,在垂直方向上最好在一定的标高以上。

3. 注意研究矿石物质成分和合理划分矿石工业类型 由于矿石中有用矿物种类、结构构造及物理化学特征的不同,其加工工艺流程、产品方案及技术经济指标都有差别,因此,在勘探过程中要注意研究矿石物质成分、结构及质量,并根据这些特征和加工工艺要求划分矿石工业类型,为合理利用资源提供依据。已往勘探工作在这方面出现的问题是:

(1) 对矿石物质成分研究不够。大冶铁矿勘探时已发现菱铁矿—磁铁矿矿石,但未作必要的研究,而按矿石化学成分和TFe/FeO比值划分出氧化矿与原生矿,投产后造成选矿过程中铁大量流失,使磁选尾矿含铁高达10~20%(有时竟达31~35%)。在勘探结束10年(生产7年)后,不得不对这类矿石重新加以研究并增添回收设备,造成

大量资源浪费。另外,该矿高炉富矿单项分析缺乏硫的化验,生产时出现 $S > 0.3\%$ 的不合格矿石,影响高炉矿石的供应,造成高硫氧化矿石暂难利用。

(2) 缺乏对氧化矿的查定与研究。氧化矿的发育程度因矿床特点而异,氧化带深度也各不相同。氧化矿的矿物组分复杂,选矿加工工艺、选别效果等与硫化矿有较大差别。如赤马山铜矿,在勘探中未圈出氧化矿范围,也没有研究其中铜的赋存状态及技术加工性能,矿山建设时无法考虑其工业利用。在初期生产中不仅积压浪费了氧化矿资源,而且由于没有掌握氧化矿界线,部分氧化矿被混入硫化矿,选矿回收率降低了5~10%。此外,在一些铜矿床中存在着含量较高的结合氧化铜,未充分予以开发利用。而要合理地利用氧化矿资源和确定其加工性能,单靠地质勘探部门是不行的,需要设计、生产等部门的全力协作和配合。

(3) 矿石工业类型的划分必须考虑实际可能与分采分选的需要,否则对生产建设没有实际意义。如某铜矿划分了富铁矿石、贫铁矿石、表外铁矿石、铜铁矿石、低铁铜矿石、高铁铜矿石、表外铜铁矿石、铜矿石及表外铜矿石等九个类型。加上氧化矿、原生矿,整个矿床的矿石工业类型就更加复杂。但高铜铁矿石和低铁铜矿石不仅厚度小,剖面间不对应,而且矿石量所占比例也很小。因此单独划出对生产建设并无实际意义。该矿建成投产后,由于采矿工艺尚未解决而无法分采,故原生矿石中的铁矿石、铜矿石及铜铁矿石等类型均混采送往选厂。而含结合氧化铜的贫矿(含TFe 25~30%)和矿体底板破碎带的泥化矿等难选矿石,反倒未单独分类,造成矿石工业类型划分与实际生产脱节的情况。因此,在一般情况下,特别是矿石类型、品级繁多的矿床,应尽量简化矿石类型和品级;至于选冶性能相近而又不易分采、分选的类型、品级,对矿山开采实用意义不大,应尽量合并,以免给勘探工作增加不必要的困难。但对选冶性能截然不同的矿石,以及影响采矿方法选择的矿石类型,如氧化矿、原生矿、贫矿、富矿、碱性矿、酸性矿、块矿、粉矿等,在可能的条件下,一

定要划分圈定。而要合理地划分矿石工业类型，必须实行地质勘探、矿山设计、基建（生产）“三结合”。

4.加强综合评价、综

合勘探 在金属矿床中，除一种主金属和主要矿物或矿石类型外，往往大量伴生其他有用组分，或与主矿物共生的其他有用矿物。如在铜矿床中，除铜矿物外，还共生有方铅矿、闪锌矿、辉钴矿、辉钼矿、黄铁矿、磁铁矿等，可在选矿过程中分离出单独产品。有的呈分散状态赋存在铜矿物和其他有用矿物中，如钴、硒、碲、铈、镉、镓、锗、铼及金、银等，在选冶过程中也可富集。其中有些呈单独矿体产出，如铁矿体、铅锌矿体、钴矿体等，可以分采分选。查明伴生有益组分的分布、含量和赋存规律，对共生矿体进行必要的勘探，既可提高矿床工业价值，又能使生产矿山获得更好的经济效果。以往在这方面已取得显著效果，但仍存在对伴生有益组分研究不足的问题。折腰山铜矿大量伴生铅、锌、稀散元素及金、银等，但在勘探中，仅查明金、银，对铜矿底板的铅锌矿，只进行了少量工作就否定其工业价值，故选冶均未建铅锌系统。矿山生产后，确定了铅锌工业价值，才对已有资料进行综合分析，圈出31个矿体，仅锌金属量就达十几万吨，不得不增建铅锌回收系统。可是矿山已投产六年，造成资源的损失。另一个突出问题是，忽视了矿床内呈单独矿体产出的共生矿体的综合勘探。铜官山矿区松一小一庙矿段铜矿体上部、边部共生铁矿，1952年勘探铜矿时，钻孔穿过出露地表的铁矿，没有进行系统采样化验和研究，勘探结束时只提交铜矿地质报告。矿山在进行铜矿露天开采时也没有采取补救措施，而是将剥离的铁矿石送往井下作充填料或作废石抛掉。据不完全统计，已浪费含TFe33%的矿石数百万吨。海南石碌矿，铜钴矿体围绕铁矿体呈环形产出（图5）。在1953~63

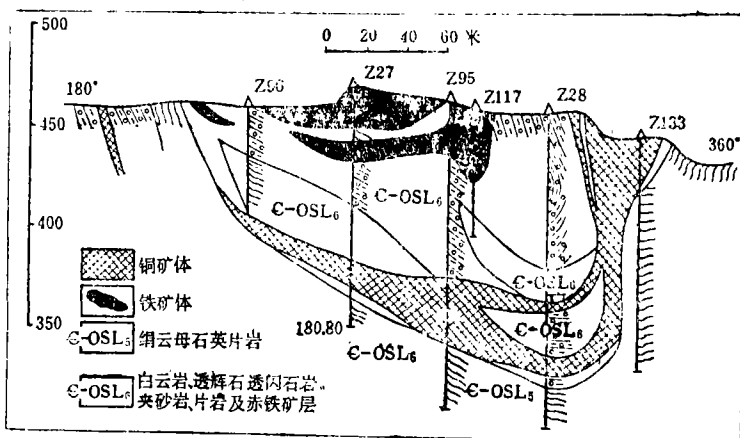


图 5

年勘探中,仅勘探了铁矿体,有些钻孔虽穿过铜钴矿体,却未系统进行采样、化验,因而在建矿时,无法拟定铁和铜钴矿体综合开采方案;生产中也未重视铜钴资源的综合利用。1968~76年进行了补充勘探,造成了资源长期不能利用。因此,在勘探主矿种和主矿体的同时,对矿体及其上下盘围岩内的所有具有工业价值的共生矿产、伴生有益组分,都应根据资源条件、矿山建设设计需要和一孔多用的原则,进行综合勘探和综合评价,并分别计算储量。对经济价值较大的共生矿产,应根据具体情况布置勘探工作,单独圈定矿体并计算储量。一个开拓系统范围内的各种矿产,应一次提交勘探报告,以便建矿时全面考虑。

除上所述问题外，其他如水文地质条件和开采技术条件，也是地质勘探程度的内容之一。有些矿床矿体上下盘或其围岩受断裂构造破坏，开采过程中突然涌水，使坑道或采场淹没，顶板垮塌造成停采。如某铁矿投产后因构造断裂破坏边坡稳定性，在相当长时间内成为影响矿山正常生产的主要原因。后在露天坑南72米水平以上，增加千余万吨剥离量，同时为了查明地下水活动对边坡安全的影响程度，补做了钻孔抽水试验和压水试验。这些都应当引以为戒。

应当指出的是，一个矿床的地质勘探研究程度，还应注意按不同情况确定，如新建矿山与扩建或改建的老矿山，地质条件简单

的矿床与地质条件复杂的矿床,大型矿床与中小型矿床,适于露采的矿床与适于坑采的矿床,建设联合企业与单建矿山等,都要加以区别,以确定不同要求。因为它们的经济技术等条件不同,地质勘探研究程度的要求当然也就不一样。有些老矿山,矿区总的设施已具备,产品方案基本确定,对矿床地质规律、矿石加工技术性能、矿山开采技术条件等有类比的资料,则地质勘探研究程度的某些项目(如矿石加工技术性能,矿山开采技术条件等)可少做或不做;反之,一个新区就应当多做,所需勘探研究程度的基本内容都应具备。

二 勘探工程布置应根据矿床地质特征和矿山建设需要确定

回顾我国金属矿床勘探历史,我们认为以往过分强调了勘探类型分类条件的类比,而忽视了对分析矿床的自身特点。不少矿床按照“划类型、套网度、定储量级别”的方法进行勘探,不仅不符合多快好省的方针,也很难满足生产的要求。因为多数矿床地质条件是不完全相同的、复杂的,用同一工程网度必然造成简单地段网度过密,而复杂地段过稀的情况,这已为一些矿区的生产实践所证明。

通过三十几个矿床勘探实例的总结和探采资料对比,我们认为勘探工程必须根据矿床地质特征和矿山建设需要两方面来具体确定。这里特别要注意以下几个问题。

1. 工程网度 一个矿床的不同区段或矿体,其产状、形态和规模的变化往往有很大区别,因而勘探工程网度也应有所区别。矿体产状稳定、规模较大或形态简单的部位,网度可稀,反之应密;按等距布置工程,只是在地质推断不能预测矿体总体变化或矿体地质特征的简单情况下才是恰当的。

2. 矿床边界 矿床总的分布范围和主矿体边界的控制、圈定精度如何,直接关系到矿山生产规模、开拓方案等的合理确定。以往勘探的有些矿床,由于只着重已知矿体的勘探,忽视了对矿床(体)的总体控制,常造成储量增减幅度较大,露采境界或开拓运

输巷道需要改变。因此,要注意矿区内主要控矿构造和矿床总的分布范围以及矿体边界的控制。必要时应适当加密工程。

3. 矿床开采方案 由于矿床的开采方式和开采条件不同,对矿床勘探工程的具体布置和勘探网度的选择甚至整个矿床勘探程度都有不同的要求。因此,勘探工程的布置,除了考虑地质特点外,还需注意同开采方式、开采条件以及开采因素结合起来。如地下采较露采矿床控制程度要高,多品级分采的矿山比单一品级开采和多品级混采的矿山控制程度要高些。适于露采的矿床,工程应布置在露采底界部位。对矿山开采影响最大的地段(如确定露采境界部位的矿体形态),工程应密一些,其他地段可稍稀;沿矿体倾斜方向,工程布置要与中段高度相适应,沿走向,工程布置要与采场长度相适应。特别是当用坑道勘探时,更要考虑节约资金和缩短矿山建设周期,注意提高勘探坑道为日后开采所用。

冶金部有色冶金设计院^[4]对33个金属矿山的各种采矿方法所使用的矿块大小、不同矿体厚度、倾角以及矿岩稳定性进行统计(表1、2)。可见,当采矿矿块垂直矿体走向布置时,其长度与一般地质勘探剖面所惯用的间距可成倍数关系;中段高度与惯用坑探高度也相适应。因此,地质勘探工程的

采场矿块一般宽(长)度(米) 表1

采矿布置方式	矿体倾角	矿体厚度	矿岩稳定性 (不稳固→极稳固)
垂直走向	$>30^\circ$	厚至极厚 (一般 >10 米)	10, 15, 20, 25
沿倾向	$<30^\circ$	所有厚度	25, 30, 40, 50, 60
沿走向	$0\sim90^\circ$	中厚以下 (一般 <10 米)	25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100

一般中段高度(米) 表2

矿体倾角	缓 倾 斜	10, 15, 20, 25
	中 等 倾 斜	30, 40, 50
	陡 倾 斜	50, 60

合理布置,在参照类似矿山的矿体地质特征选择基本线距,再根据矿体的厚度、倾角选择具体的工程间距是有意义的。

为了比较确切地掌握矿床地质特征,使勘探工程布置得合理,必须加强地质规律的综合研究。红透山铜矿在地质勘探阶段(“三结合”的第一阶段),虽然投入的钻探工程不多,但由于充分利用各项工程和物化探资料,认识到矿体延长是连续的,深部尚无尖灭迹象,分布范围已基本控制,矿床规模大局已定,不必再多用工程。二十年的生产实践证明,-107米中段以上的勘探储量与矿山总储量(包括采掘和保有储量)对比,勘探储量只减少4.6%,矿体规模、产状、厚度、品位变化不大,说明地质勘探程度的高低,不仅取决于工程控制,而且还取决于地质规律的综合研究程度。

三 根据不同矿床条件及地形特点,选择合理的勘探手段,也是加快地质勘探和矿山建设速度的一个重要方面

矿床勘探程度的高低,不仅取决于勘探工程的密度和工程布置形式,在一些情况下,也与勘探手段的选择是否适宜有关。通过勘探实例总结,我们有以下几点体会:

1.在地形陡、高差较大、矿体倾向与地形倾向相反的情况下或产状近于直立的巨厚矿床,宜使用坑探。如三家厂铜矿地形陡峻,侵蚀基准面以上矿体垂高250~500米,地质勘探以坑探为主要手段。同时在探矿与基建过程中,发挥地形的有利条件,实行多中段多掌子面施工,使12个坑口32000多米的坑道和1000多米天井工程,只用三年时间就完成了,而且一部分探矿坑道能为开采利用。

矿床为缓倾斜,矿区地形比高不大,矿体绝大部分在侵蚀基准面以下,宜采用钻探,如郝家河铜矿床。如果矿床缓倾,但上覆岩层厚、硬、复杂,地形不利钻探施工,岩层影响钻探效率时,地形有利处用坑探配合钻探,也是合理手段,如豫西勘探的某些宣龙

式铁矿。

2.对复杂的中小型或小型矿床,最好是坑钻相结合,充分运用坑内浅钻。马家坟铁矿,矿体陡直,形态比较复杂,矿体成群成带分布。生产实践和探采资料对比说明,坑探对这类矿体的控制较钻探效果明显。寿王坟铜矿,矿体规模小(主矿体长300~500米,小矿体长30~50米),形态复杂(多为成矿前后的脉岩所隔断),加之为高山地形,用单一钻探手段对多数矿体很难反映矿体的基本地质特征,获得的储量多为点、线储量。但矿化带延长达3000多米,倾斜延深800米以上,大部分为盲矿,产状很陡,完全采用坑探,从经济和时间上,也是不合适的。实践证明,对一些小矿体采用浅钻配合坑探,就矿圈矿效果较好(图6),应充分利用。

3.勘探手段是多种多样的,各种手段有其特殊性和使用条件。为使矿床勘探研究和控制程度合理,满足建设和生产需要,必须选择适合矿床特点的勘探手段。目前我国主要用钻探和坑探两种手段;钻探效率高、灵活、成本低,是一个常用和不可缺少的探矿手段。但钻探认识矿床的局限性较大,可靠性不及坑探,因此对地质条件复杂或适于地下开采的矿床,应重视和合理运用坑探。坑道可以为基建生产利用,缩短矿山建设周期,节约资金,在我国金属矿特别是有色金

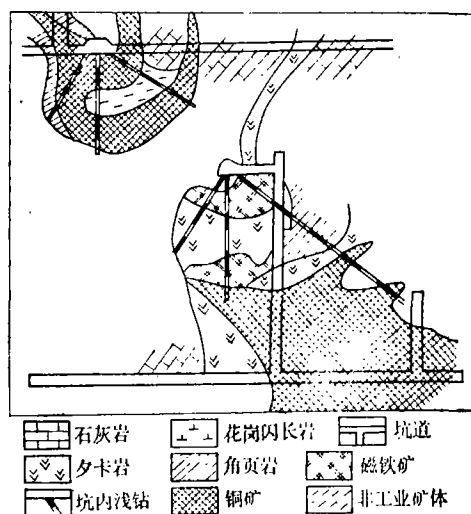


图6 寿王坟矿区18号勘探线地质剖面图

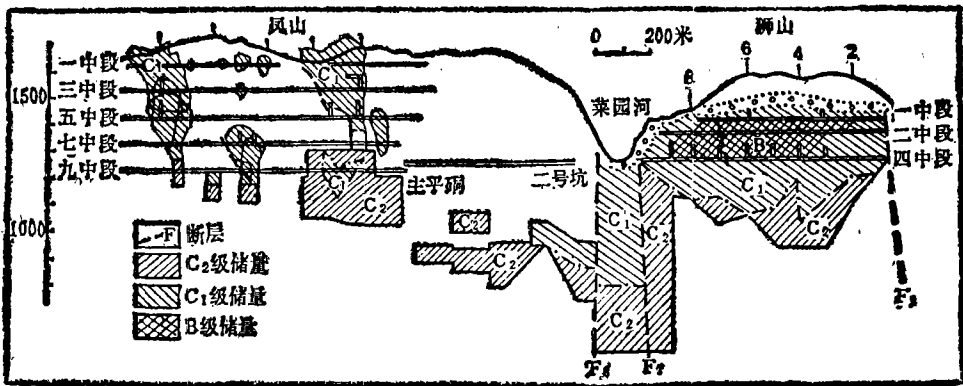
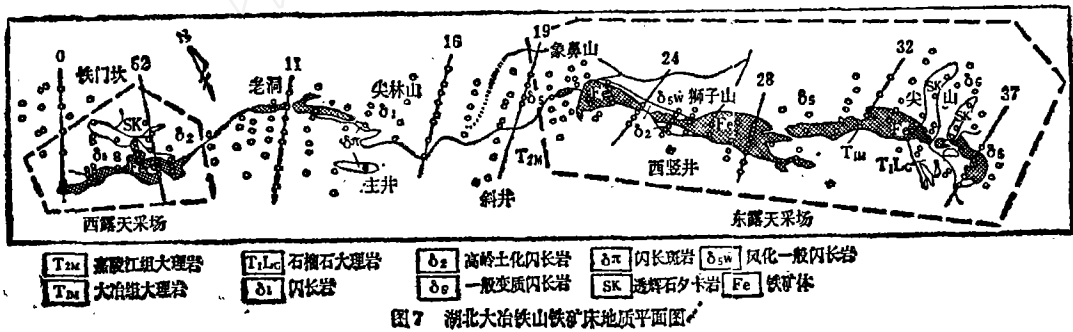
属矿勘探工作中曾广泛应用过并取得较好的效果，可惜后来用得少了。当然坑探所需投资较多，时间也长，只要考虑周到，这些弱点是可弥补的。为了达到预期效果，坑探设计时应进行“三结合”，使探矿坑道更好为矿山建设利用。丰山洞铜矿由于实行“三结合”，探矿坑道和开拓坑道相结合，节约地质事业费和开采坑道建设费共250万元，比按老办法建设周期缩短四年。

四 分期分段勘探是多快好省进行矿山建设的有效办法

有些金属矿成群成组成片出现，在一个矿区内同时分布着许多矿段。如大冶铁山矿区，沿火成岩体的南侧分布有铁门坎、龙洞、尖林山、象鼻山、狮子山、尖山等矿段，全长约5公里（图7）。这些矿段由于各个主要矿体之间有一定的无矿间隔或主要矿体被断距较大的断层分割，其间距达数十米至数百米，在勘探和开采上可以分开成独立单元。

也有由于地形切割，使一个完整矿体赋存部位分别在不同的标高或侵蚀基准面上下，可用不同方式分期分段建设、开采，如易门三家厂铜矿（图8）。或是由于矿床延深太大，上部 and 下部就需用不同的开采方式分期分段建设开采。

建国以来，开发这些矿区，多数都是采用集中优势兵力打歼灭战的办法，按自然划分的矿段，或按浅部和深部分别进行勘探和建设（即进行分期分段勘探和分期分段建设），缩短了勘探和建设时间，节约了投资，收到了良好的效果。易门三家厂铜矿于1953~57年集中勘探了侵蚀基准面以上垂高250~500米范围内的矿体，1960年大型采选厂即建成投产，但矿区的勘探至今仍在进行。铜官山铜矿的勘探，首先集中力量勘探老庙基山、小铜官山、松树山矿段，两年结束勘探，及时满足了建设需要，紧接着又用了两年时间勘探完其它各矿段，保证了各矿段的建设。我国北方许多鞍山式铁矿，由于规模大，也都是分期、分段勘探与建设的。



不过,我国有些大中型多矿段矿床不是采取分期分段勘探的,勘探深度过大,造成投资多,勘探周期长。

分期分段勘探为分期分段建设提供资源基础。在进行分期分段勘探前,关键在于合理地划分矿段和正确选择先期勘探和开采地段。根据已往经验,矿段划分一般应按矿体自然分段,即把矿体间不连续,有较大的无矿间隔,开采时互不崩落影响,并能形成完整的开拓系统的单元,划为不同的矿段。对有些矿体规模大的大型矿床,也可以根据建设规模、矿石类型等划分的开拓范围划分矿段。先期勘探块段应选择矿石质量较好,储量较大和开采条件较优越的地段,不能单纯按勘探的难易程度来选择。在进行分期分段建设前,一般需进行矿区总体规划,提出最终规模,分期建设的衔接,进行厂址方案(集中与分散)比较,研究远近结合等问题。因此,在提交分段地质报告时,对矿区范围内已知其余矿段和深部,应有稀疏工程控制,

初步查明矿体规模、矿石物质组份、矿石可选性及开采技术条件等问题,以使矿山建设总体规划合理。

以上初步小结,只是三十年来广大地质勘探、矿山生产、设计、科研同志辛勤劳动所获得的宝贵经验的一部分。它是在反复实践中积累起来的技术财富,在社会主义建设中曾经发挥了积极作用,受到了广大职工的重视,我们在清除“四人帮”对地质勘探工作造成的破坏、损失的时候,更感这些经验的可贵。现在党中央号召我们要为实现四个现代化而奋发图强,我们一定要虚心学习外国先进经验,吸收近年来的新鲜经验,适应我国生产技术的发展的新水平和社会主义建设的需要,进一步运用毛主席的光辉哲学思想,在新的长征中发展、提高我国金属矿床勘探方法这门技术,使之现代化、理论化。欣逢社会主义祖国国庆三十周年,心潮澎湃,投文以表心意,限于水平和工作的局限性,不当之处,请予指正。

主 要 参 考 资 料

(1) 桂林冶金地质研究所勘探方法专题组,《铁铜矿床勘探三十例》,1975.3。

(2) 周秋兰,1977,“对铁矿储量分级条件问题的几点认识”,《地质与勘探》1977.6期。

(3) 《金属矿床地质勘探规范总则》,地质出版社,1978.8。

(4) 冶金部有色冶金设计院系统“铜矿床地质勘探

程度经验总结”编写组,《铜矿床地质勘探程度经验总结》,1977.10。

(5) 周秋兰,1977,“谈谈勘探类型和勘探网度问题”,《地质与勘探》1977.5期。

(6) 铁矿山地质勘探程度总结编写组,《从矿山生产实践与探采对比铁矿床地质勘探中几个问题的讨论》,1978.1。

(上接第96页)

规模大,过程长,而且不可能再现。传统地质学对地质作用的了解是采用观测一对比—归纳—提出假设—实际检验的定性描述方法,而地质过程的数学模拟则是用数学模型来模拟各种地质现象并对它进行定量解释,其方法要点是:1)野外及室内的调查研究,2)根据调查结果构成数学模型,选择适当函数进行拟合,3)根据实际资料,确定必要参数,进行模拟计算,并且修改参数,反复计算,直至与实际相似,4)检验模拟结果,如与实际不符,找出原因,或修改模型,或改变计算方法,或改变参数取值,反复计算,直到满意为止。很明显,通

过改变各种参数,修改数学模型,就可以了解地质作用发展演化的全过程,这将有助于预测,并且可能发现至今尚未观测到的然而又有可能存在的某些地质现象。

地质过程的数学模拟,目前尚处于研究试验阶段,国外只是在沉积学、地层、构造和古生物等方面有专门的研究成果,我国也有人开始地层等方面的研究,而冶金地质系统工作中尚无人研究,鉴于该法对了解地质过程,研究地质理论,进行矿产预测都有很大益处,而且对地质学的发展可能会产生深远影响,因此,我们也应该着手研究这方面的问题。