



矿产资源评价篇(14)

第3期刊登了第四节勘探矿区的评价的第1、2、3部分,本期刊登此节的第4、5部分。

第四节 勘探矿区的评价

4 矿体的群体产出特征是矿山开发与布局的依据

矿体地质特征包括矿体外部产出特征和内部产出特征,矿体外部产出特征又可分个体和群体两部分:个体的产出特征通常是指每个矿体的形状、产状、大小、埋深等;群体产出特征是指矿体间的相互组合关系,主要包括3个方面:各矿体间相互关系及其连续性;资源储量以及不同级别和不同矿石品级的资源储量分布情况;矿体顶、底板以及其周边地质特征及其稳定性等。在以往的普查评价和详查评价中,比较重视矿体的个体产出特征,经常忽视群体的产出特征,甚至无暇顾及。在勘探评价中由于工作性质与服务对象发生了变化,因而必须在详细查明矿体的个体产出特征的基础上,对其群体产出特征进行详细评价,为矿区开发设计与布局提供依据。在市场经济条件下,矿体的群体特征对矿区开发利用可能将起决定性作用。如某一铁矿区勘探结果表明,该矿区是由大小不一的透镜状矿体组成,虽然全矿区资源储量达到中等规模,但矿体过于分散,从开发角度看只能独立地对每一个矿体进行开发,并且其产能与产量都极其有限,若要构成一个完整的开发体系,必须投入巨量资金,开拓大量的运输巷道,才能开展规模化生产。经可行性论证与经济核算表明,规模化生产的投入与产出悬殊太大,成本过高,该方案最终被否决,一个中型矿床只好搁置,无法得到利用。此外,由于对矿体的群体产出特征不够重视,出现不少纰漏或错误,如矿体相对标高测量错误而将完整矿体拆分,或因相邻剖面间不合理连接使矿体变形、分离,或把矿体中断层错位当作矿体尖灭处理,将矿体分解了,或以矿体中夹石层/无矿地段将矿体分割成多个矿体等等,从而导致矿山开发设计中做出不合理的设计方案,极大地影响了生产程序与效率,甚至个别矿山在生产中途不得不停产,修改设计,重新施工,造成了巨大的人力和财力的浪费。

4.1 各矿体间相互关系及其连续性

矿体的群体产出特征中以各矿体间相互关系及其连续性最为重要,因为它直接关联着矿山生产巷道布局。为了做好该项工作,《规范》在总结数十年来勘探评价工作经验的基础上特别加了一句话:“通过加密各种采样工程,其间距足以肯定矿体(层)的连续性”,再次强调了对矿体连续性的研究与评价,也指明了做好这项工作的方法与要求。多年来勘探评价工作的成果也证明了加密各种采样工程是阐明矿体连续性的直接和重要手段。然而,关于“加密”我们曾走过一段不寻常的里程,开始是机械地按《规范》要求进行加密,从200 m×200 m的加密到100 m×100 m;从100 m×100 m加密到50 m×50 m,但效果并非都理想。如某似层状黑色金属矿,勘探队贯彻《规范》精神,阐明矿体连续性,便将勘探网度加密到100 m×100 m,结果除增加了工作量外,矿体形态及其连续性并无多少变化。于是,后来大家对“加密”问题都比较慎重,通过调查研究得出若干很有指导意义的共识,其中有2条值得借鉴:一是要加强各剖面间矿体地质产出特征对比研究;二是要收集各方面资料开展论证工作,其中最为简便可行的是物探与地质相结合开展综合剖面对比研究,它通常是对二条勘探线之间进行物探剖面工作,如磁测剖面、电测深剖面、大地电磁剖面等。在实施中物探剖面方向与勘探线必须一致,物探剖面间距最好按照二条勘探线间距的1/2、1/4、1/8等进行加密,然后将已知勘探线上物探剖面与勘探线之间物探剖面 and 地质剖面进行系统对比,判断二条勘探线之间矿体的连续性,进而再决定是否进行探矿工

程加密以及加密到什么程度。这种方法推广到很多矿区,并取得较好效果,避免了在资料不清的情况下盲目加密。此外,也有矿区依据地形特点,在与矿山协调后打一沿脉坑道,既阐明了矿体连续性,又验证了勘探网度的合理性,同时也提高了矿体资源储量的级别,一举多得。因而在实际工作中对加密方法和加密程度应有全面理解;加密只是手段,要在矿体地质特征研究的基础上进行,其真正的目的在于确定矿体的连续性。

4.2 资源储量和不同品级矿石的分布

矿床的资源储量及其不同类型和不同品级矿石的分布是制定矿山生产计划的基础,也是矿区不同时期生产指向问题。因而在矿区勘探评价中要注意矿体规模与其资源储量规模、不同资源储量类型、不同矿石品级间的关系,并对其做出群体性评价,为矿山布局提供依据。

矿体资源储量与矿体规模,除了以矿石量估算的黑色金属铁、锰、铬、有色金属铝土矿、非金属磷、石墨、重晶石、菱镁矿外,有色金属铜、铅、锌、镍、钴、钨、锡、钼、稀有金属铌、钽矿等则未必相对应,也就是讲规模最大的矿体,资源储量不一定最多,至于矿石品位(级)更是如此。对于集中了全矿区50%,甚至达到60%~70%资源储量,并具有高品位(级)矿石的矿体,在矿区开发中通常是作为开发的主体,是矿区生产布局的中心,因而应加大其勘探力度,力争获得更多经济的(122b以上)和边际经济(2M22以上)资源储量,为矿区创建打下基础,同时也不能忽视其周围低品位(级)矿体的勘探工作,否则不管多么璀璨的星星也会迅速陨落。这方面有很多教训,某矿区有一矿体集中了全矿区70%以上的资源储量,在勘探评价中以“集中力量打歼灭战”方式完成了此矿体的勘探工作,而对其他矿体只做简单控制,随后集中力量对其开发,不到数载,矿区已山穷矿尽,这时才想起其周围其他矿体,然而由于周围其他矿体矿石品位低,无配矿对象,只好停产待命。在这方面国外同仁有不少经验可以借鉴:在高品位大矿体勘探的同时绝不摒弃周围低品位的小矿体,并且将它们作为组合群体,对其资源储量进行结构性评价;编制出各中段、矿体不同资源储量类型以及不同矿石品级的资源储量分布图,还编制了相对应的矿石品位-吨位图,分析不同矿体间各类矿石生产搭配方案及其潜在的经济效益,做出矿体群勘探评价结论。许多矿区在开发期间,当市场上矿产品价格发生波动时能应用自如,价格高时多采贫矿,价格低时采富矿,平时贫、富矿搭配,矿区资源储量与矿石质量在品位-吨位图指导下始终处于合理的比例,致使矿山能持续稳定地发展。这与他们在勘探评价中以资源储量最大的矿体为中心对矿体群进行全面细致、有经济理念的评价是分不开的。

4.3 矿体顶、底板地质特征及其稳定性

详细查明矿体地质特征不仅仅只针对矿体本身,而且也包括矿体与围岩的关系,即矿体顶、底板地质特征及其稳定性问题。过去有一段时间在矿区地质勘探评价中,往往将绝大部分工作量放置在矿体上,对其顶、底板围岩的工作极/较为粗放。例如某一多金属矿区,矿体产出在构造破碎带中,其矿石质量尚好,但围岩破碎,胶结较松散,加之后期断裂构造的叠加,顶、底板岩石稳定性差。这个问题在详查中就已提出,但在勘探评价中没有引起重视,未加强顶、底板围岩的工作,反而集中力量于矿体连续性加密上,最后因矿体围岩破碎带产状与规模没有完全得到控制、岩石稳定性的资料与数据不全,勘探报告没有通过,多年勘探的矿区只好作为“呆矿”搁置处理。这样的事例在当时并不鲜见。后来人们意识到这个问题的严重性,加之国家对矿山安全生产的监控力度不断加强,促使勘查部门在这方面更加给力。

矿体顶底板围岩地质特征及其稳定性与矿体地质特征一样,也同样具有多样性,尤其是在一些与岩浆活动有关的有色金属矿床中,如产出在岩体中细脉浸染状Cu-Mo矿,在一般情况下岩体泥化强烈,其围岩稳定性则较差;青磐岩化强烈,其围岩稳定性则相对较好。产在岩体接触带矽卡岩中的Fe-Cu矿,虽然矿体群分布不是十分连续,但赋矿围岩多为矽卡岩和矽卡岩化岩石,岩石稳定性相对较好,若有后期断裂、节理发育,则其稳定性将会相对减弱;产出在碳酸盐岩层中的Zn-Pb-Ag矿,由于其围岩中岩溶、地下水,节理、断裂以及层间滑动等发育,极大地影响了围岩的稳定性,所以情况比较复杂,甚至会出现上一个中段比较稳定,而下一个中段却十分不稳定的现象。因而在勘探过程中一定要结合矿区产出特点对矿区顶、底板地质特征及其稳定性进行评价,才能保证矿石能安全地开采,矿产资源得到利用。

5 详细查明矿体内部特征,最大限度地利用矿产资源

矿体内部特征也是矿区勘探评价工作中十分重要的内容,主要包括矿石类型划分、矿石物质组分详细查明和矿石选冶性能试验。

5.1 矿石类型划分要切合实际

在勘探评价中矿石类型划分主要是从工业利用角度出发,使矿石在采、选、冶工作过程中得到最充分地利用,但是近年来却出现了矿石类型划分与工业利用渐行渐远的现象。例如某矿区矿石组分比较复杂多样,为了更全面地划分矿石类型,便运用“产学研”方式,在二年多时间里,承担单位进行了大量矿物学、岩石学、矿石学和地球化学工作,测定了许多数据,然后将矿区的矿石类型划分了8大类,每大类中又划分若干小类,总共划分了36种矿石类型,并全面而系统地阐述了出各类型矿石空间分布特点以及各类型矿石之间生成关系,但是在实际应用时就很难。如有的矿石类型其厚度只有几公分,在采样素描时虽然可以表示出来,但在开采时则难以剔分,只能与其他矿石类型混合。有的矿石类型呈细脉状产在远离主矿体的围岩中,有的呈小透镜体在其他类型矿石之中,这些类型的矿石很难单独进行采选。而对于分布很广的几种主要矿石类型,与选冶直接相关的矿石矿物含量、粒度、矿物间镶嵌情况、类型等却没有详细划分与对比,因而该方案由于实用性欠佳,难予全部采纳。从这个实例看出,矿石类型划分应尽量摆脱矿床成因研究的阴影,要从工业利用角度去考虑,划分类型不在多,而在于能有效地利用。

5.2 详细查明矿石物质组分的工作一定要周密细致

矿石组分的详细查明必须围绕矿石主成分、伴生组分、氧化带、矿物性质与赋存状态5个问题进行,在《详查矿区评价》一节中已有详述,此处不再重复,仅对其中应注意和加强的内容做如下补充。

(1) 详细查明主成分时切防漏矿。在主成分详细查明中要特别注意在布样和采样中不要漏矿。矿体与围岩之间的界线有的明显,有的不明显,后者只能依据化学分析来确定。以往技术装备差时,对没有明显界线的矿体只能按《规范》要求2 m一个样地连续采样,直至肉眼看不到矿化为止。这种方法费工作量,并且带有一定主观因素。后来有的勘探队采用岩石地球化学探矿方法在矿化地段采集化探样,然后依据其数据确定采样范围。这种办法比较科学,但要等待分析结果,周期过长。近年来市场上出现了多种款式的元素探测仪器,可半定量地测定数个元素的含量,广泛应用于野外预查与普查中。现在有的地质勘探队在矿区勘探评价中也采用元素探测仪,将矿化地段全面扫描一次,然后依据其数值在现场确定采样位置,简便、有效,基本上保证不漏矿。

(2) 矿体边界确定要有依据。为了准确控制矿体边界,不论矿体与围岩的界线是否明确,当矿体边缘最后一个够工业指标的样品确定后,必须接着连续再采集2~3个围岩样品,虽然其品位不够工业指标,但可保证矿体边界圈定的可靠性。曾经有个矿区就因为没有这样做而报告验收未通过。该矿区矿体与围岩有明确的界线,但有几个钻孔岩芯一到矿体边界就停止了采样,于是在评审会上引起争议,虽然汇报人员在会上一而再地解释,但评审员认为没有资料证明矿体最后一个够工业品位样品之下不存在矿化,并以矿体没得到有效控制论处。于是矿区人员只好打道回府,重新搬动数个钻孔的岩芯箱,补采样品,将资料补全。

(3) 加强单矿物工作,详细查明伴生组分。近年来由于测试仪器的更新和测试技术的进步,伴生组分查明工作及其质量有很大提升。伴生组分大多以单质或类质同象寓于各种矿物中,尤其是现代尖端技术中特需的稀有、分散和贵金属伴生组分很少形成独立矿物而大量富集,所以必须通过单矿物工作才能得到阐明。在以往勘探评价矿区中,有的单位对单矿物工作做的很好,基本阐明了所有伴生组分的赋存及其富集状态,使得大部分伴生组分得到回收,其成功经验有2点:一是开展了矿区系统性岩矿工作,理清了矿区矿物生成顺序,在此基础上进行单矿物工作,包括目测和镜下的矿物物理性质和化学分析或光谱分析。单矿物化学分析必须是在岩矿工作基础上开展的,才能保证工作质量。目前最大的问题是老岩矿人员退休后新的人员接替不上,缺少有经验人员;二是对矿物中伴生组分的认识要有一定积累,不停留在表面的感性认识上。

中国各类矿床中几乎都有伴生组分,几十年来的勘探评价工作对伴生组分赋存与富集积累了不少经验,有3点认识值得今后工作借鉴:① 同一矿床中同一伴生组分可以寓于不同矿物中,并以一、二种矿物为主。如伟晶岩中Li可寓于黑云母中,也可寓于辉石中,甚至在长石中,但以黑云母或辉石为主;钼矿床中Re可寓于辉钼矿中,也可寓于黄铁矿或黄铜矿中,并以辉钼矿为主;② 不同世代的同一矿物未必都有相同的伴生组分,如某矿区黄铁矿有3个世代,其中只有早、中世代黄铁矿伴生Ni;某金矿区有4个世代黄铁矿,其中第二世代黄铁矿含有不可见金,第三世代黄铁矿包裹明金;③ 同一矿物不同生成条件的伴生组分也不同,如闪锌矿中只有成矿温度较高的铁闪锌矿($w(\text{Fe}) > 15\%$)伴生In,且含量较高,含铁闪锌矿($15\% > w(\text{Fe}) > 10\%$)次之,而闪锌矿($w(\text{Fe}) < 5\%$)基本不含In而含有较高的Ge和Cd。辉钼矿中片状辉钼矿含Re较高,而薄模状辉钼矿含Re微乎其微。

在单矿物分析研究工作中必须依据伴生组分赋存与富集特点,准确认定伴生组分都寓于哪些矿物之中,以哪一种矿物为主,其含量、生成习性和富集都有哪些特点等,以便为选矿工艺设计提供可靠资料,使矿石中伴生组分能得到全面、有效地利用。

(4) 重视不能回收而对主产成分有益的伴生组分的处理。在矿区勘探评价中所有伴生组分未必都能达到工业利用的水平,对于在选矿和冶炼中不能回收而对主产成分有益的伴生组分,也要对其产出分布进行评价,如铁矿中镍、钛等伴生组分的存在有利于提高钢铁产品质量,虽然其品位低无法回收,估算其资源储量意义也不大,但可提高主产矿石的质量。这项工作在过去单打一地质勘探中基本上是忽视或无视,而境外同仁们做得比较好,他们在矿区勘探中不但重视伴生组分的利用,而能将未能得到利用的伴生合理的处理,作为矿石品级的一个重要参数,使矿区矿石质量及其价值有所提升。

(5) 氧化带以主成分的氧化率划分,并关注同体伴生矿。由于地理纬度,总体讲中国矿床氧化带不是十分发育,但个别地区因构造与水文地质关系,有的矿床氧化带也较发育。氧化矿石与原生矿石的工业利用要求不同,因而勘探评价中必须给予划分,以便分别利用。在氧化带划分中一般是通过矿石矿物的物相分析,然后依据氧化物含量比例来确定的,但究竟是以哪一种矿物的氧化物含量为判定标准,尤其对多金属硫化物矿床,存在不同意见,有的以最易氧化且氧化强度较大的矿石矿物为准,有的以矿区中分布最广的贯通性矿石矿物为主。现在看来都有一定偏颇。经过多年摸索,目前基本得到共识,氧化带划分要以该矿床的主产元素的氧化率进行圈定,这样才能与矿区主产组分的开发结合起来。

在氧化带划分中,不论是直接采样还是用副样组合样品都必须是连续的,才能精确定氧化带的界线;采集下来的样品应及时送到化验室进行物相分析,特别是硫化物矿床的样品,否则就会因环境变化加速样品氧化而失真。氧化带中虽然矿石质量与原生带中有所差别,但氧化带中经常会发现具有工业意义的其他矿产,如矽卡岩型铁铜矿床地表氧化带的“铁帽”中含有工业可利用的金;镁铁质-超镁铁质岩地表氧化带中有菱镁矿、硅酸盐型镍矿(镍绿泥石、镍高岭石、暗镍蛇纹石等),某些花岗岩地表风化带中含有稀土元素。在矿区勘探评价中应将它们作为同体共生矿进行评价,以便提高矿区的经济价值。

(6) 矿体中夹石处理要慎重。矿体中的夹石,有的是围岩残留的,有的是不够工业品位的矿石,还有的是后期岩脉。夹石在矿产工业指标中有明文规定:当其厚度超过最小可采厚度时作为废石处理;当达不到最小可采厚度时则并入矿体。这个规定在实际操作中有些难度。厚度大于最小可采厚度的夹石在剖面上剔除出去比较容易,但是在矿区开采中要剔除夹石就不那么容易,处理时略有疏忽将导致主产矿石的贫化。某非金属矿在勘探评价中将一个中段的矿石列为一级品,但当矿区开发时,该中段的矿石经常达不到一级品,起初认为勘探工作质量有问题,引起不少误会,后来经现场调研发现,该矿段夹石是未矿化围岩残留夹石,其外观与矿石相差不大,采矿时夹石混杂在矿石中,造成了该矿段矿石贫化、降级。厚度小于最小可采厚度的夹石按规定可列入矿体中,往往造成矿体厚度增大而矿石品位降低了,这对以矿石量为计量单位进行资源储量估算的矿区可能有一点点好处,但对以金属量或化合物为计量单位进行资源储量估算的矿区就不一样了,特别是当夹石数量多且分布密集时,其矿石品位明显下降,加之开采时由于夹石难于剥离则出现矿石严重贫化现象,导致有的矿区为保证矿石质量不得不增加一道人工手选工序,以便提高选矿效率。因而在勘探中要对夹石的产出分布特征及其可能的影响给予充分说明,以免开发时造成无辜的损失。

5.3 要认真对待矿石选矿性能试验工作

矿石选矿性能试验是矿区可行性研究中不可或缺的一项内容,因而在矿区勘探评价中对其要求都比较严谨,基本上不充许采用类比法,要进行实验室流程试验,对于大、中型矿区以及组分复杂、难选的矿石至少要进行扩大连续试验,有的还要求进行半工业试验。选矿试验样品在采集时首先必须考虑矿石类型、伴共生组分及其空间分布的代表性。在大、中型矿区中各个主要矿石类型及其伴共生组分都必须全面兼顾,分别采样,以便综合回收利用,而小型矿区有的矿石类型单一,或不易细分,难以分别采样,在此情况下可以采混合样,但一定要考虑各种矿石类型的比例,否则将会出现人为的贫化或富化。在空间上各采样点分布要合理,尽量能涵盖全矿区不同类型的矿体。有的矿区为保证采样代表性还专门挖掘了采样巷道进行全巷式采样。样品要保证原生态,考虑到采场上不可避免的贫化现象,采样时不要刻意地将样品中夹石、贫矿以及混入的围岩剔除出去,以便能真实地反映矿石的可选性及其回收率。矿石选矿试验前勘探团队应与试验单位密切沟通,共同编制采样方案。在计划经济时期采样和试验方案只要经过勘查部门和试验部门双方领导单位批准即可执行,现今必须征求矿产勘查投资人意见,并取得投资人批准后方可执行,因为涉及到今后矿区建设规模及资金支付问题,必须征得投资人认可。

(中国地质科学院矿产资源研究所 吴良士 供稿)