

我国金属矿产矿床工业指标研究

万会, 高利民, 张明燕

国土资源部矿产资源储量评审中心, 北京 100035

矿床工业指标是评价矿床的工业价值、圈定矿体、估算矿产资源储量的标准和依据。是指当前技术经济条件下, 矿床应达到工业利用的综合标准, 是评价矿床工业价值、圈定矿体、估算矿产资源储量的依据。其内容由矿石质量指标和矿床开采技术条件两部分组成[1]。既体现了矿床的经济意义, 又影响着矿床资源储量规模, 是评价一个矿床有无开采价值的基础指标。目前我国具有查明资源储量、政府进行登记统计上表的金属矿产有 54 种。而工业指标的数值随矿种不同、矿床地质特征的不同而异, 具体矿床的工业指标应具体制订。分析研究我国金属矿床不同矿种的工业指标的问题, 对于掌控金属矿产的资源数据库和加强矿政管理都具有十分重要的意义。

1 我国金属矿床工业指标中常见问题及建议

1.1 伴生矿产的评价

首先, 硫(S)是金属矿床中最主要的伴生组分之一。根据《矿产资源综合勘查评价规范》, 在加工选冶过程中可单独出产品的伴生组分, 应按实际回收状况确定评价指标[2]。但伴生 S 的估算标准并不统一, 有的认为只有黄铁矿(FeS)中的 S 才是有效硫, 其它的 S 都视为无效硫, 不予进行资源储量估算。也有的认为闪锌矿(ZnS)、方铅矿(PbS)中的 S 才是有效硫, 而黄铁矿中的 S 为无效硫。近年来, 随着选冶工艺的不断改进, 在选冶过程中可以对闪锌矿、方铅矿中的 S 回收利用。通过湿法冶炼, 可回收得到纯 S; 通过火法冶炼, 在冶炼过程中加上烟气回收流程直接生成硫酸, 既实现了矿产资源的综合回收利用, 又防止了环境污染。一直以来,

我国对未达到伴生矿产评价要求的伴生 S 没有要求估算资源储量, 虽然现实中对伴生 S 的回收利用已给矿业权人带来了一定的经济效益, 但其资源储量并没有进入国家储量表, 从某种意义上造成了国有资产的流失。建议矿政管理部门加强对伴生 S 利用的监督与管理, 对能够回收利用的, 严格按规范要求估算资源储量; 对于不能回收利用的, 应加强环保治理, 出台相关政策鼓励引进新技术、新方法, 变害为利。

其次, 对于没有达到伴生矿产评价要求, 也不能单独形成选矿产品的伴生组分, 评价的标准并不统一。比如, 金矿中品位低于评价指标 2g/t 的伴生 Ag, 既没有达到评价标准, 又不能单独出选矿产品, 但 Ag 通过选矿进入了 Au 精矿中, 可以在冶炼过程中加以分离的, 应该采用精矿法对伴生 Ag 估算资源储量。

1.2 低品位矿的圈定与划分

第一, 低品位矿的界定标准不统一。低品位矿是指介于边界品位与工业品位之间、在当前技术经济条件下不具开采价值的矿产^[2], 但实际工作中, 却因为品位指标的要求不同影响了低品位矿的界定。以岩金矿为例, 规范中的品位指标有三个, 即边界品位、工业品位和矿床(体、块段)平均品位, 通常称为“三指标”。但近年来, 随着黄金价格的上扬, 多数省(市)、自治区执行了“双指标”, 即不再考虑矿床平均品位, 只要达到最低工业品位的就可以划成工业矿体, 只把介于边界品位和最低工业品位之间的划为低品位矿。而国土资源部一直按照规范要求执行“三指标”, 只有既达到最低工业品位又达到矿床平均品位的才能划为工业矿体。达到最低工业品位但未达到矿床平均品位要求的, 也

注: 本文为科技部国家公益性行业科研专项《矿床工业指标研究》项目(编号 201111032)成果。

收稿日期: 2013-03-13; 改回日期: 2013-03-31; 责任编辑: 费红彩。

作者简介: 万会(1975~)女, 山东临沂人, 高级工程师, 副研究员, 主要研究方向为地质矿产勘查与地矿经济研究。

划为低品位矿。这样,因为对“双指标”和“三指标”的执行标准不统一,就导致了低品位矿范围界定的不一致。第二,低品位矿的圈矿方法不统一。根据《固体矿产地质勘查规范总则》,厚大且能连片的低品位矿石应单独圈定^[3]。根据《铜、铅、锌、银、镍、钼矿地质勘查规范》,在圈定矿体时,如果矿体边部一侧或两侧为厚大且成片分布的低品位矿时,应单独圈出。这种情况下,在单工程中圈定矿体时,边界附近允许将相当于夹石厚度的低品位矿圈入矿体,对夹在矿体中厚度不大、且分布零星难以分采的低品位矿,则无须单独圈出,而应圈入矿体中参与矿体厚度和平均品位估算^[4]。实际工作中低品位矿的圈定方法主要有以下两种:一种是,只有在一个块段至少有一个点达到最低工业品位指标的,才可以圈定低品位矿,一个单工程控制的矿体不圈低品位矿,理由是低品位矿是在开采工业矿体时顺便开采的,不具单独开采价值,如果具有单独的开采价值则应降低最低工业品位指标。另一种是,只要是介于边界品位和工业品位之间的,不论是否是单工程控制,只要厚度达到工业指标的,均圈出低品位矿,理由是近年来矿产品价格走高,低品位矿具有现实的开采价值。

为了解决上述问题,首先,岩金矿的“三指标”要求已经严重与黄金的市场价格不符,建议尽快予以修订,取消矿床平均品位指标要求。其次,要通过规范修订消除歧义,统一低品位矿的圈矿方法和执行尽度。再次,要加强对矿床工业指标的论证管理,严格界定工业矿体和低品位矿体。

1.3 米·克/吨值(或米·百分值)的应用

首先,是米·克/吨值(或米·百分值)圈定矿体的外推问题。米·克/吨值(或米·百分值)是指最低工业品位和最低可采厚度的乘积。当矿体厚度小于最小可采厚度、但品位较高时,可用该值衡量是否应当被圈为矿体。当矿体的厚度小于最低可采厚度要求时,可按厚度与品位乘积的米·克/吨值(或米·百分值)圈定。《关于将一九八九年第二期〈储委工作简报〉改为暂行规定的通知》(国储[1991]164号)规定,采用米·百分值及米·克/吨值圈定矿体边界时,需结合矿床的特征来考虑,一般不得外推。对薄脉型矿体,多数采用米·百分值及米·克/吨值衡量矿体者,可外推圈定。2002年发布的各矿种勘查规范中,只有《铜、铅、锌、银、镍、钼矿地质

勘查规范》规定,采用米·百分值圈定矿体时不得外推(以米·百分值圈定的薄脉状矿体除外),这就从规范上明确了以米·百分值圈定的薄脉状的铜、铅、锌、银、镍、钼矿可以外推^[4]。而《岩金矿地质勘查规范》则明确规定了以米·克/吨值圈定的矿体边界不外推^[1]。在实际的执行中掌握的标准并不统一,有的依据原储量委员会的规定,对薄脉型岩金矿体进行外推;有的则根据岩金矿的勘查规范要求,对任何形态的矿体均不进行外推。其次,是对这一指标概念的错误理解。有的勘查单位用最低边界品位和最低可采厚度的乘积创造了“边界米·克/吨值”(或边界米·百分值)这一错误指标,并用以圈定低品位矿,显然不符合规范要求。米·克/吨值(或米·百分值)指标存在的前提是开采厚度低于最小可采厚度,不能再用其圈定低品位矿。

加强对米·克/吨值(或米·百分值)指标的管理,首先对米·克/吨值(或米·百分值)能否外推、在什么条件下外推,要通过规范或行政规定予以统一,全国应统一执行标准;其次要通过专业技术培训等方式,向专业人员明确仅有工业米·克/吨值(或米·百分值)指标,而不能随意创造边界米·克/吨值(或米·百分值)指标,更不能用以圈定低品位矿体。

1.4 工业指标的选取忽略了矿石加工选冶技术性能和矿山开采技术条件

选矿回收率和采矿的回采率都与工业指标密切相关。一方面,选矿试验指标是确定矿石选冶加工工艺流程、制定矿产资源储量估算工业指标和评价矿床工业价值的重要依据^[5]。然而,有的矿山制订工业指标时没有考虑矿石加工选冶技术性能。矿物的赋存状态、嵌布关系、粒度、形状、品位、氧化程度、有害组分含量等会影响到选矿回收率。比如,有的Au以包体金的形式赋存于石英脉的脉石矿物或矿石矿物当中,或伴生As、C等不利于选矿的元素,许多Au进入了尾矿,甚至有尾矿Au品位高于边界品位的现象,导致尾矿也成了低品位矿。这种情况存在两种可能:第一,在勘查阶段,尾矿品位高于边界品位,有可能是选矿试验不成功,需进一步研究矿石加工技术性能提高选矿回收率,也有可能是所选用的工业指标偏低,应论证并提高工业指标;第二,对于生产多年的矿山,选矿条件已非

常成熟,仍存在尾矿品位高于边界品位的现象,只能说明是所采用的工业指标太低,需进一步论证。

另一方面,矿床的开采技术条件和市场价格与工业指标密切相关。矿床的地理位置、交通、埋深、剥采比、开采方式、生产规模等会影响到开采及生产成本。工业指标体现出矿石开采的经济意义,采矿成本的高低是评价矿石有没有经济开采价值的主要因素。有的矿山从露天开采到向纵深部延伸的井工开采,开采成本不断增加,甚至有向深部呈现矿石贫化的趋势,仍然采用与浅部的露天开采相同的工业指标,这种做法会直接影响到矿山的经济效益。

1.5 一般工业指标的应用

首先,是一般工业指标区间的确定问题。对于多数金属矿床,规范推荐的一般工业指标都是一个区间,比如,岩金矿的边界品位 $1\text{g/t} \sim 2\text{g/t}$,最低工业品位 $2.5\text{g/t} \sim 4.5\text{g/t}$,最低可采厚度 $0.8\text{m} \sim 1.5\text{m}$,夹石剔除厚度 $2\text{m} \sim 4\text{m}$,无矿段剔除标准对应工程 $10\text{m} \sim 15\text{m}$,不对应工程 $20\text{m} \sim 30\text{m}$ 。在选取工业指标时,在推荐的指标区间内该如何选择?没有统一的规定,各省的做法也不统一。国土资源部及大多数省(市、自治区)都没有具体的规定,只要矿业权人或勘查单位采用的指标在推荐的指标区间内,就符合一般工业指标要求。而吉林省则要求采用一般工业指标也要通过论证,以在推荐的区间内确定具体的指标。建议矿政管理部门对一般工业指标也要重视管理,在一般工业指标规定的区间内选取也要有理有据。既能使工业指标确定的依据更充分,又能防止矿业权人为了不同的目的而选取不同的具体指标以多算或者少算资源储量的现象发生。

其次,有些矿种的一般工业指标没有区分矿石类型。以钼矿为例,现行的钼矿勘查规范中只有硫化矿石的工业指标,而没有氧化矿石的工业指标。钼矿的氧化程度直接关系到选矿的回收率,氧化程度越高越难以回收。目前,氧化钼的选矿问题是一个世界难题,氧化钼的回收率一般都低于 20%,甚至有些矿山氧化钼的回收率低于 10%。在圈定矿体和估算资源储量时,均采用硫化矿的工业指标显然欠妥。如果估算了大量的氧化钼资源储量用以上市融资,就有可能误导投资者做出乐观的判断。而对于岩金矿则恰恰相反,其氧化程度越高越容易回收利用,但氧化矿和硫化矿的选矿工艺流程不同,要

根据氧化矿的资源储量规模确定是否增加新的选矿工艺。矿石类型对矿石加工选冶技术性能影响较大的矿种,应分矿石类型制订工业指标。建议通过对矿床工业指标的修订,解决和完善上述问题。

再次,部门矿种的工业指标已不符合市场行情。比如需选磁铁矿一般工业指标中,磁铁矿的边界品位为 $\text{TFe } 20\% (\text{mFe } 15\%)$,工业品位 $\text{TFe } 25\% (\text{mFe } 20\%)$ 。而近年勘查开发实践中最低工业品位要求普遍明显降低,内蒙、陕西、湖北等省的许多超贫磁铁矿边界品位都低于 $\text{mFe } 10\%$,河北省的超贫磁铁矿边界品位甚至降到 $\text{mFe } 6\%$ 。这种边界品位确定的前提条件是以破坏生态环境为代价的,没有考虑到环境治理成本,但它同时也反映出了磁铁矿一般工业指标要求已经与市场行情脱节。再如,岩金矿的一般工业指标中边界品位为 1g/t ,而多年来黄金价格处于上扬态势,金矿采选冶技术进步显著,边界品位可降到 0.5g/t ,有些氧化矿还可以更低。这说明现行的一般工业指标已制订多年,有些矿种的工业指标已不符合现在的市场行情。对于达到详查程度以上的或生产矿山,可以通过论证工业指解决;而在预查和普查阶段尚不能论证工业指标,对一般工业指标的修订就显得尤为重要。近 20 年来,矿产品市场发生了巨大变化,我国矿业采、选、冶各方面技术取得了长足进步,应及时修订规范推荐的一般工业指标,对于部分矿种(如铁矿和金矿)的工业指标应适度调整。使之既能符合现在的市场经济条件,适用于预查、普查阶段矿体的圈定和资源量估算,又能保持今后一段时期内的相对稳定性。

1.6 工业指标的选取与论证

不同的工业指标对同一矿床资源储量规模有重要影响。尤其以低品位矿为主的矿床,采用一般工业指标进行圈矿时,矿体不连续,估算的资源储量规模小。而通过论证降低了工业指标后,原来的低品位矿体就可能变成工业矿体,导致资源储量规模增加。原来不连续的矿体也随着工业指标的降低变得连续,矿体形态就可能由复杂变为中等或简单,进而引起勘查类型的变化,甚至可能在同样的工程间距条件下提高资源储量类别。国土资发[2007]26号文规定,用于上缴矿业权价款的资源储量报告应采用规范推荐的一般工业指标。对于这种低品位矿较多的矿床,用于上市时,通过论证降低

工业指标,就会比采用一般工业指标时增加资源储量规模。但这种变化是符合实际的,也是符合行政规定要求的。可见,工业指标的论证与选取对矿体的圈定和资源储量的估算起着至关重要的作用。

根据《固体矿产地质勘查规范总则》(GB/T 13908-2002),预查、普查阶段,可用一般工业指标进行圈定和估算,或者通过类比的方法确定工业指标。详查、勘探阶段所用指标通常应结合预可行性研究或可行性研究,依据当时的市场价格论证、确定的工业指标进行圈定和估算。这就意味着达到详查以上阶段就都要对工业指标进行论证。而国土资发[2007]26号文规定,“选取不同于规范推荐的一般工业指标或改变工业指标应提供由具有设计资质单位编写的工业指标推荐书或论证报告”。首先,这一规定默认了任何阶段都可采用一般工业指标的做法,甚至正常生产的矿山也采用一般工业指标估算资源储量,使资源储量的估算指标与实际生产指标相去甚远。其次,对这一规定的理解存在歧义:在上一次报告采用了设计单位论证的工业指标而本次报告采用一般工业指标的情况下,是否需要对本次的一般工业指标进行论证?一种观点认为本次的工业指标不需要进行论证,因为本次采用的工业指标是规范推荐的一般工业指标;另一种观点则认为应对本次的工业指标重新论证,因为本次采用的工业指标已不同于上一次报告采用的工业指标(万贵龙等,2011)。

建议矿政管理部门加强对矿床工业指标的论证、制订管理,严格按照《固体矿产地质勘查规范总则》的要求执行,切不可出台存在有歧义或脱离实际的行政文件。

2 结论

矿床工业指标直接关系着矿体的圈定、资源储量的估算,关系到国家黄金资源储量数据库的真实性、可靠性。现行规范推荐的矿床工业指标不尽合理,部分金属矿种的工业指标急需调整。有些行政规定也在实践中证实存在不足之处,矿床工业指标的管理仍需加强。科学评价采矿回采率、选矿回收率、综合利用率,制订科学合理、适时有效的工业指标,并据此圈定矿体、估算资源储量,必将有利于提高资源储量数据库的可靠性,有利于促进矿产资源高效开发利用,有利于矿产资源监督,为矿政管理奠定坚实的基础。

参考文献 / References

- 中华人民共和国地质矿产行业标准.《岩金矿地质勘查规范》 Specifications for hard-rock gold exploration(DZ/T 0205-2002).地质出版社,2003:12
- 中华人民共和国国家标准,《矿产资源综合勘查评价规范》 Specifications for comprehensive exploration and evaluation of mineral resources (GB/T 25283-2010),中国标准出版社,2011:2
- 中华人民共和国国家标准.《固体矿产地质勘查规范总则》 General requirements for solid mineral exploration (GB/T 13908-2002).中国标准出版社.2002:10
- 中华人民共和国国家标准,《铜、铅、锌、银、镍、钼矿地质勘查规范》 Specifications for copper, lead, zinc, silver, nickel and molybdenum mineral exploration (DZ/T 0214-2002),中国标准出版社,2003:
- 中华人民共和国地质矿产行业标准.《铁、锰、铬矿地质勘查规范》 Specifications for iron, manganese and chromium mineral exploration(DZ/T 0200-2002).地质出版社,2003:8
- 万贵龙,万会,张德会.2011.我国矿产资源工业指标问题浅析.中国矿业,(8):1~2.