

我国铜矿资源开发利用的技术经济评价

盖 静¹, 鹿爱莉^{1,2}, 孙志伟¹, 张 华¹

(1. 中国国土资源经济研究院, 北京 101149; 2. 北京科技大学 土木与环境工程学院, 北京 100083)

摘 要:本文针对我国铜矿资源及其开发利用状况,建立了我国铜矿资源技术经济评价模型,并利用矿产资源技术经济评价软件系统,对我国铜矿资源进行了技术经济评价。评价结果表明,我国 317 个未利用铜矿区内有 49 个矿区的资源储量是经济的。最后,采用品位-吨位曲线表示了铜矿石品位和资源储量的关系,采用成本-吨位曲线表达了我国铜矿资源经济评价的结果。

关键词:铜矿;开发利用;技术经济评价;中国

中图分类号:F407.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2009)10-0060-05

随时掌握矿产资源的经济储量,是政府制定矿产资源宏观调控政策、矿产储备战略和矿产资源规划的迫切需要,我国铜矿资源生产和消费在世界上的地位决定了我国必须重视铜矿资源的经济分析工作^[1]。本研究在一定程度上借鉴了矿产资源技术经济评价基本理论以及分析方法,并将其作为铜矿资源开发利用技术经济评价的重要支撑。本文建立了技术经济评价模型以及投资、成本等参数计算模型,通过资源/储量分析、成本分析和经济分析,得到铜矿资源经济评价指标,计算了未利用矿区的经济资源储量,对铜矿资源进行了品位-吨位分析和储量-成本曲线分析等。

铜矿是我国的战略性矿种,本文旨在把握铜矿资源对国民经济可持续发展的保障程度,保障国家经济安全和铜矿资源的可持续供应,确保铜矿资源参与国家经济宏观调控,引导国内企业和吸引外商进行铜矿资源的勘查开发投资。

1 我国铜矿资源及其分布情况

截至 2007 年底,全国已查明铜矿区 1363 处,已查明铜矿石资源储量 7156.9 万吨(基础储量 2932.11 万吨、资源量 4224.79 万吨)、储量 1504.1 万吨。其中,富铜矿资源储量占总资源储量的 26.65%,富铜矿储量占总储量的 39.02%。江西、山西、云南、内蒙古、西藏、安徽、甘肃、湖北及黑龙江等九省(区)的铜矿储量合计占全国的 81%。

与国外相比,我国铜矿资源贫矿多、富矿少,中小型矿多、大型和超大型矿少,采选难度大,生产成

本较高。

2 我国铜矿的开发利用情况

2006 年,全国铜矿山近 740 处,其中,大型铜矿山占近 2%,中型铜矿山占近 5%,铜精矿产量为 73.48 万吨,精炼铜产量为 292.47 万吨。2007 年,全国铜精矿产量为 92.8 万吨,精炼铜产量 349.9 万吨。目前,我国已具有江西、云南、白银、东北、铜陵、大冶、中条山等铜生产基地。

3 我国铜矿资源经济评价模型和参数

矿产资源技术经济评价是在一定的技术条件和经济条件下,依据矿床(矿区)的资源及建设条件等信息,拟定采选方案,选取合理的技术经济参数,对其未来进行工业开发利用的经济效益进行计算和分析^[2]。

3.1 经济评价模型

1) 单个矿区经济评价模型。

单个矿区的经济分析是铜矿资源经济评价的基础。经济评价的基本模型是贴现的现金流量表(DCF)模型。经济评价由铜矿资源技术经济评价系统中的经济分析程序完成。利用 DCF 模型可以计算矿床(区)的财务内部收益率(FIRR)。计算方法是,在现金流量表模型中设净现值为零,因式(1)中的其他参数是已知的,因此,通过迭代算法,财务内部收益率即不难求出^[3]。

财务内部收益率是指项目计算期内净现金流量现值累计等于零时的折现率,它反映项目所占占用资

收稿日期:2009-08-18

作者简介:盖静(1975—),女,河北石家庄人,中国国土资源经济研究院助理研究员,硕士,研究方向:矿业经济;鹿爱莉(1964—),女,江苏铜山人,中国国土资源经济研究院经济政策法规研究室主任、研究员,博士,主要研究方向:矿业经济;孙志伟(1979—),男,黑龙江尚志县人,中国国土资源经济研究院研究实习员,硕士,研究方向:矿业经济;张华(1963—),男,山西怀仁人,中国国土资源经济研究院经济政策法规研究室主任、研究员,研究方向:矿业经济。

金的盈利率,是考察项目盈利能力的主要动态评价指标,其计算模型为:

$$\sum_{t=1}^n (CI - CO)_t (1 + FIRR)^{-t} = 0. \quad (1)$$

式(1)中: CI 表示现金流入量; CO 表示现金流出量; $(CI - CO)_t$ 表示第 t 年的净现金流量; n 为项目计算期; $FIRR$ 为财务内部收益率。

将求出的财务内部收益率 ($FIRR$) 与行业的基础收益率或设定的折现率 (i_c) 比较。当 $FIRR > i_c$ 时,即认为其盈利能力已满足最低要求,在财务上是可以考虑接受的,该矿床的资源储量是经济的;当 $FIRR < i_c$ 时,则相反。

2) 经济评价结果表达模型。

资源/储量分析、成本分析和经济分析的评价结果采用三种形式表达:一是未利用矿区的经济资源储量;二是品位-吨位分析模型;三是储量-成本曲线模型。其中,储量-成本曲线模型是主要的经济评价模型。

储量-成本曲线是一种储量经济性曲线,它描述的是探明资源的经济性,其资源基础分别是生产矿山或未生产矿山探明的资源储量和基础储量。储量-成本曲线研究长期行为,因此也是潜在总储量经济性曲线。储量-成本曲线是一张固定时间点。以矿区(矿床)为单位的储量经济性曲线,其优点是便于对矿区(矿床)的储量经济性进行比较。该曲线的横坐标为累计资源储量(或累计基础储量),以矿区为单位按总成本由小而大排列。如,成本最低的矿山(矿床)排第一位,成本次低的矿山(矿床)排第二位,其横坐标为该矿山(矿床)的资源储量(或基础储量)与前者资源储量(或基础储量)之和;以次类推,直至所有矿山(矿床)均排定为止。该曲线的纵坐标为单位总成本价格。本研究将生产矿山和尚未开采的矿床合在一起做两条可供性曲线:一条是生产矿山基于实际成本、未开采的矿床基于成本估算模型估算的成本所做的可供性曲线,另一条是生产矿山和尚未开采的矿床都基于成本增加 15% 的情况所做的可供性曲线。

3.2 经济评价主要参数的确定与估算

确定项目评价参数可采用扩大指标(类似矿区的统计分析)、直接案例等方法。关于模型中使用的参数(变量),如投资、成本、价格、税收、采矿与选矿技术指标等,都有严格的定义。

3.2.1 产品价格和销售收入估算

产品价格。

本次经济评价采用近三年的平均价格。项目经营期内,选用固定价格。根据近几年铜矿的市场行

情,确定铜采用金属价格为 21000 元/吨。

销售收入。

矿产资源开发的收益主要表现为生产的产品销售收入。铜矿销售的收入计算公式为:

$$S_{Cu} = M \times P. \quad (2)$$

其中,

$$M = R \times (1 - \alpha) \times \beta. \quad (3)$$

式(2)和式(3)中: S_{Cu} 为铜矿矿山铜金属年销售收入; M 为年产出金属量; P 为铜精矿中金属价格; R 为年产矿石量; α 为平均地质品位; β 为贫化率; γ 为选矿回收率。

根据统计数据选取铜矿贫化率为 10%,铜矿选矿回收率为 85%。

3.2.2 矿床规模、矿山规模和计算期的确定

1) 矿床规模和矿山规模的划分。

未利用矿床的开发基本上都为地下开采。这里仅列举地下矿山的生产规模。铜矿的矿床规模、矿山规模划分见表 1。

表 1 矿床规模和矿山规模的划分表

矿床规模	地下矿山规模
小型(铜矿金属资源储量 < 10 万吨)	小型(铜生产能力 < 30 万吨)
中型(铜矿金属资源储量 10 万吨 ~ 50 万吨)	中型(铜生产能力 30 万吨 ~ 100 万吨)
大型(铜矿金属资源储量 > 50 万吨)	大型(铜生产能力 > 100 万吨)

2) 计算期的确定。

新建矿山的计算期包括建设期和运营期。建设期根据矿山建设项目的实际情况确定。生产期一般不宜超过 20 年,超过 20 年的以 20 年计算。

根据扩大指标,新建矿山的建设期设定为:小型矿山 2 年;中型矿山 3 年;大型矿山 4 年。新建矿山的投产期设定为 1 年。

矿山的生产年限设定为:小型矿山 15 年;中型矿山 25 年;大型矿山 35 年。

3.2.3 建设总投资估算

矿山建设总投资是固定资产投资、建设期借款利息和流动资金之和。矿山建设总投资形成的资产分为固定资产和流动资产。

1) 固定资产。

固定资产投资是指矿山按照拟定的矿山建设规模、产品方案、工程技术方案进行建设所需的费用,它包括建筑工程费、设备购置费、安装工程费、工程建设其他费用和预备费用。

建立吨矿固定资产投资与生产规模之间的关系模型为:

$$y = -0.5263x + 405.26. \quad (4)$$

式(4)中: y 为吨矿固定资产投资; x 为生产规模。

建立吨矿固定资产投资和矿区位置的关系模型:

$$y = ky. \quad (5)$$

式(5)中: y 为区位固定资产投资; y 为固定资产投资。

根据扩大指标选取:东部地区, $k = 0.8$;中部地区, $k = 1.0$;西部地区, $k = 1.3$ 。

2) 流动资金。

流动资金是指维持生产所占用的全部周转资金。流动资金估算主要选用固定资产估算法,即按固定资产价值资金率估算。

$$F = V \times VR. \quad (6)$$

式(6)中: F 为流动资金额; V 为固定资产原值; VR 为固定资产价值资金率。其中,固定资产价值资金率根据扩大指标选取为 15%。

3.2.4 成本费用估算

总成本费用指在运营期内为生产产品所发生的全部费用,等于经营成本与折旧费、摊销费和财务费用之和。

经营成本是指总成本费用扣除固定资产折旧费、维简费、无形资产及递延资产摊销费用和利息支出以后的全部费用。

1) 生产成本估算。

本经济评价采用采选综合成本。采选综合成本和生产规模、矿区位置等因素有关,建立两者之间的相关关系模型如式(7)。

建立吨矿采选综合成本—生产规模直线方程:

$$y = -0.4444x + 308.88. \quad (7)$$

式(7)中: y 为吨矿采选综合成本(元/吨); x 为生产规模(万吨/年)。

建立吨矿采选综合成本和矿区位置的关系模型:

$$y = ky. \quad (8)$$

式(8)中: y 为区位采选综合成本; y 为采选综合成本; k 为区位调整系数。根据扩大指标选取:东部地区, $k = 0.8$;中部地区, $k = 1.0$;西部地区, $k = 1.3$ 。

2) 折旧费。

基本折旧费为全厂固定资产折旧。本经济评价固定资产折旧采用平均年限法。按平均年限法计算折旧的固定资产,其折旧计算公式为:

$$\text{年折旧额} = \text{固定资产原值} \times \text{年折旧率}.$$

其中:

$$\text{年折旧率} = (1 - \text{预计净残值率}) \div \text{折旧年限} \times$$

100%。

预计净残值率按固定资产原值的 4% 确定。

固定资产原值 = (可形成固定资产部分之和 + 建设期利息) \times 固定资产形成率。

可形成固定资产的部分是指固定资产投资中的工程费用、建设期设备材料涨价价差及按比例摊入的不可预见费等。固定资产形成率按 95% 考虑估算。

3) 修理费。

修理费指选厂总修理费用。本经济评价选取如下计算公式:

修理费用 = 固定资产原值 \times 占固定资产原值的百分比(4%)。

4) 其他制造费用。

其他制造费用主要指其他车间经费,估算方法如下:

其他车间经费 = (生产成本 + 基本折旧) \times 百分比(4%)。

5) 营业费用。

营业费用要根据交货的不同要求来估算。按产品销售收入一定百分比估算。计算公式如下:

年营业费用 = 产品销售收入 \times 占产品销售收入百分比(3.5%)。

6) 管理费用。

摊销费按一定年限平均分摊。本经济评价中,无形资产按 10 年平均分摊,递延资产按 5 年平均分摊。

其他矿山企业管理费 = (生产成本 + 制造费用) \times 百分比(6%)。

7) 财务费用。

贷款利率采用近期公布的数据,固定资金年利率为 6.3%,流动资金利率为 5.58%。

8) 税金、利润。

产品销售税金及附加包括增值税、资源税、城市维护建设税及教育费附加。

产品销售利润 = 产品销售净收入 - 产品总成本 - 产品销售税金及附加。

矿山企业利润按照国家规定作相应调整后缴纳所得税。本经济评价所得税率采用 25%。

矿山企业缴纳所得税后的利润,除国家另有规定者外,分配顺序为,首先弥补矿山企业以前年度亏损,其次提取法定盈余公积金。

3.2.5 经济资源储量的确定

财务盈利分析指标中最重要的是财务内部收益率,财务内部收益率可以反映一个矿山开发利用的经济可行性,是考察项目盈利能力的主要动态评价

指标^[4]。因此,本经济评价根据财务内部收益率的高低将矿产资源储量分为经济资源储量和不经济资源储量二种类型。经济资源储量是指财务内部收益率大于行业基准收益率的矿区资源储量;不经济资源储量是指财务内部收益率小于行业基准收益率的矿区资源储量。

行业基准收益率采用国家发改委和建设部发布的《建设项目经济评价方法与参数》(第三版)中的测算值。铜采用有色金属行业基准收益率 15%。

4 矿产资源技术经济评价系统

为了对铜矿资源进行经济评价,需要建立矿产资源技术经济评价系统,采用该系统对铜矿资源进行自动化经济分析。

矿产资源技术经济评价系统是一个从市场竞争观点全面分析矿产资源供应能力的系统。利用矿产资源技术经济评价系统可分析不同矿产资源对象(矿产资源潜力、矿产资源量/储量、矿产品产量)的经济性。对矿产资源量/储量和矿产品产量而言,它是一个经济分析系统,把一个矿区、一个矿床、一个国家的矿产资源量/储量和矿产品产量置于统一的市场成本—价格条件下进行研究,以取得经济性的结论^[5]。

本研究通过矿产资源技术经济评价系统对铜矿资源储量的经济性进行分析。具体是:对矿区(矿床)的盈利指标进行逐个计算,统一排队,定线取舍,汇总分析。

矿产资源技术经济评价系统以矿产资源为评价对象,建立经济评价的方法模型,通过选用合理的经济评价参数和方法,研究矿产资源在一定技术经济条件下的技术可行性和经济合理性,提供具有经济利用价值的矿产资源可供状况,为矿产资源管理的宏观调控决策提供依据^[6]。

矿产资源技术经济评价系统采用工程、项目的模式,对不同矿种、矿床进行管理。通过对全国矿产资源进行层次分级,采用面向对象的设计方法,依次把处理对象抽象为全国矿产资源、各类矿种、各片矿区、各个矿山,分别称之为系统、工程、项目、单元,建立系统对象层次图。

系统的基本流程是,矿区评价的基本数据通过数据标准化器进入系统,评价参数通过统计分析器获取,选取适当的经济评价模型和方法进行经济分析,计算经济评价指标,获取经济资源储量,建立经济评价指标数据库。

矿产资源技术经济评价系统能够实现:从全国矿产资源储量开发统计基础数据库中获取相应的矿

山数据,对未利用矿区进行投资、销售收入、生产成本等各项数据计算,根据合理的经济评价方法,选用适宜的经济参数,计算每个矿床的财务报表、评价指标,进行敏感性分析,统计生成矿产资源经济资源储量和经济基础储量,建立矿产资源经济评价数据库。系统提供了从新建、打开、处理、分析、显示、保存、输出、打印等一系列完善的功能模块。

矿产资源技术经济评价系统将主要基础数据和经济评价结果保存为数据表。主要经济数据表包括经济评价基础数据表、经济评价指标数据表、经济评价参数数据表、扩大指标数据表、经济参数和经济评价方法文件等。

5 铜矿资源的经济评价与结果分析

5.1 未利用铜矿经济评价

根据软件筛选结果,铜矿未利用矿区共计 317 个,经过经济评价,其中有 49 个未利用矿区的资源储量是经济的。未利用矿区铜矿(金属)经济资源储量为 964.04 万吨;不经济资源储量为 1728.32 万吨。铜矿经济资源储量约占总资源储量的 36%。由未利用铜矿财务内部收益率与对应的矿区数和资源储量分析,85%的未利用铜矿财务内部收益率小于 15%。该区间内,其资源储量(铜)占所统计矿区总资源储量(铜)的 64%;9%的未利用铜矿财务内部收益率在 15%~20%之间,其资源储量占所统计矿区总资源储量的 33%;财务内部收益率大于 20%的经济资源储量(铜)占所统计的全部经济资源储量(铜)3%。评价结果表明,具有经济资源储量的未利用铜矿规模较大,开发利用的经济效益一般,具有不经济资源储量的未利用铜矿大多开发利用的经济效益很差。

5.2 铜矿品位-吨位曲线

对全国 717 个铜矿区资源储量 5333.41 万吨(其中,基础储量 2349.92 万吨)的品位进行统计。统计结果见图 1、图 2。从图 1 和图 2 中可以看出,品位超过 1.25%左右以后,曲线愈来愈缓,并随着品位的升高,基础储量和资源储量越来越趋近于零。这说明品位超过 1.25%的基础储量和资源储量均

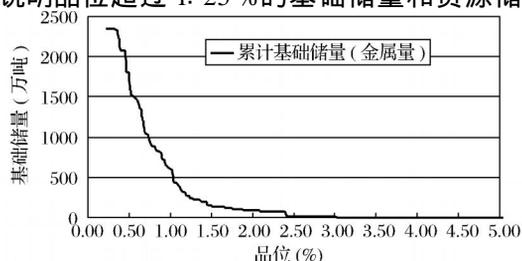


图 1 铜矿基础储量品位 - 吨位曲线图

非常少。

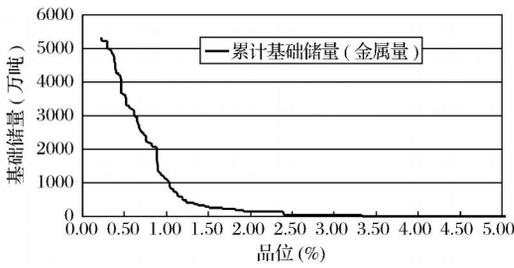


图 2 铜矿资源储量品位-吨位曲线图

5.3 铜矿成本—吨位曲线

图 3 与图 4 为 724 个矿山/矿床 2005 年的铜矿成本-吨位曲线图。该曲线图显示了我国 6747.47 万吨铜资源储量、2856.44 万吨铜基础储量的经济

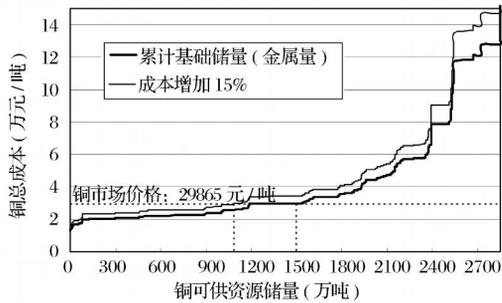


图 3 铜矿基础储量成本-吨位曲线图

评价结果。在图中对伴生储量按比例进行了折算。

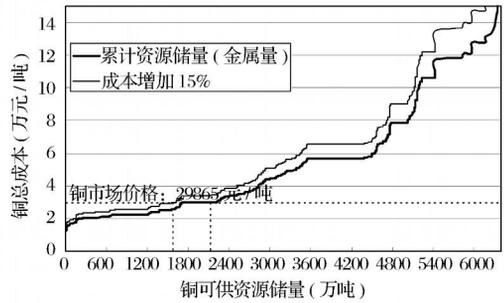


图 4 铜矿资源储量成本-吨位曲线图

参考文献

- [1] 鹿爱莉,谢承祥. 我国矿产资源可供性分析工作现状与建议[J]. 中国矿业,2009,18(5):7-10.
- [2] 鹿爱莉,张华. 关于地质矿产勘查项目投资评估的探索[J]. 地球学报,1999,20(9):853-857.
- [3] 李裕伟. 关于建立矿产资源可供性系统的若干技术问题[R]. 国土资源部咨询研究中心,2001. 1.
- [4] 鹿爱莉,孙志伟,马静. 国内外矿产资源开发利用技术经济评价[J]. 中国矿业,2008,17(3):11-13.
- [5] 张莓. 美国矿产资源可供性分析系统和工作原理简介[J]. 中国矿业,2002,11(3):5-7.
- [6] 鹿爱莉. 关于加强我国矿产资源可供性分析工作的建议[R]. 国土资源经济参考,2001.

Technical and Economic Evaluation on Development and Utilization of China's Copper Resources

Ge Jing¹, Lu Aili^{1,2}, Sun Zhiwei¹, Zhang Hua¹

(1. Chinese Academy of Land and Resources Economics, Beijing 101149, China;

2. Civil & Environment Engineering School, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract : According to China's copper resources and the circumstance of development and utilization, this paper establishes the technical economic evaluation model on copper resources, and evaluates China's copper resources by the technical and economic evaluation software system of mineral resources. The evaluation results show that, there exists 49 mines of which resource reserves are economical in 317 undevelopment mines. Finally, it uses the curve of grade-tonnage to show the relationship between grade and resource reserves of copper, and uses the curve of cost-tonnage to show the economic evaluation results on China's copper resources.

Key words : copper; development and utilization; technical economic evaluation; China