

矿产资源综合利用 技术指标及其计算方法

冯安生 鞠建华 编著

冶金工业出版社

2018

《矿产资源综合利用 技术指标及其计算方法》

编写委员会

主 编 冯安生 鞠建华

副 主 编 黄学雄 吕振福

编委会人员 (以姓氏笔画为序)

于延棠 马 俊 王文利 王秋霞

王衍平 卞孝东 尹仲年 左前明

冯安生 成 功 吕振福 朱 进

刘效良 江伟华 汤晓壮 汤家轩

许大纯 杜家海 李 亮 杨卉芄

张永涛 张应红 张 楠 陈丛林

武秋杰 尚福山 单 强 赵军伟

赵冠楠 段绍甫 姜圣才 袁俊宏

黄学雄 雷平喜 薛迎喜 鞠建华

编 审 人 员 冯安生 吕振福 曹进成

前 言

2012年国土资源部印发《关于开展重要矿产资源“三率”调查与评价工作的通知》，要求在全国范围内部署开展煤、石油、天然气、铁、锰、铜、铅、锌、铝、镍、钨、锡、锑、钼、稀土、金、磷、硫铁矿、钾盐、石墨、高铝黏土、萤石等22个重要矿种开采回采率、选矿回收率和综合利用率（以下简称“三率”）调查与评价。中国地质调查局随即启动了“全国重要矿产资源‘三率’调查与评价”（以下简称“三率”调查）工作，中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所负责“三率”调查与评价技术业务支撑，经过3年多的努力，在各级国土资源主管部门和技术支撑单位、行业协会的共同努力下，圆满完成了既定的“全国重要矿产资源‘三率’调查与评价”工作目标任务。

本次调查了全国22个矿种19432座矿山（油气田），基本查清了煤、石油、天然气、铁、锰、铜等22种重要矿产资源“三率”现状，对我国矿产资源利用水平有了初步认识和基本判断。建成了全国22种重要矿产矿山数据库；收集分析了国外249座典型矿山采选数据；发布了煤炭、石油、天然气、铁、萤石等33种重要矿产资源开发“三率”最低指标要求；提出实行矿产资源差别化管理和加强尾矿、废石等固体废弃物合理利用等多项建议。

II ~~~~~ 矿产资源综合利用技术指标及其计算方法

本书是对“全国重要矿产资源‘三率’调查与评价”部分成果的总结和集成,向开展矿产资源开发利用评价、试验研究、工业设计、生产现场和矿产资源管理的科研、设计人员以及高校师生、矿山规划和矿政管理人员等介绍矿产资源综合利用技术指标及其计算方法和33种重要矿产开发利用“三率”最低指标要求。这些前期成果对矿产开发和管理具有重要的参考和指导价值。

全书分为5章,主要内容包括:矿产资源综合利用技术指标及其计算方法标准,金属、能源、非金属及其他矿产开发利用“三率”最低指标要求等。

本书的出版得到了国土资源部矿产资源储量以及参与“三率”调查研究的有关单位的大力支持,在此一并致谢!囿于水平,恳请广大读者对本书的不足之处批评指正。

作 者

2017年11月

目 录

1 矿产资源综合利用技术指标及其计算方法标准	1
1.1 矿产资源综合利用技术指标及其计算方法标准	1
1.2 指标解释	9
2 金属矿产开发利用“三率”最低指标要求	12
2.1 铁矿	12
2.2 铜矿	16
2.3 金矿	22
2.4 锰矿	25
2.5 钼矿	28
2.6 钒钛磁铁矿	31
2.7 铅锌矿	34
2.8 稀土	42
2.9 铬矿	48
2.10 铝土矿	50
2.11 钨矿	52
2.12 镍矿	55
2.13 锡矿	58
2.14 锑矿	60
2.15 锂矿	63

IV ~~~~~ 矿产资源综合利用技术指标及其计算方法

2.16 锑矿	66
3 能源矿产开发利用“三率”最低指标要求	70
3.1 煤炭	70
3.2 石油	74
3.3 天然气	78
4 非金属及其他矿产开发利用“三率”最低指标要求	83
4.1 磷矿	83
4.2 高岭土	85
4.3 钾盐	86
4.4 萤石	90
4.5 硫铁矿	92
4.6 石墨	95
4.7 石棉	97
4.8 石膏	98
4.9 滑石	100
4.10 重晶石	102
4.11 石灰岩	104
4.12 菱镁矿	105
4.13 硼矿	107
5 结语	110
参考文献	112

矿产资源综合利用技术指标 及其计算方法标准

1.1 矿产资源综合利用技术指标及其计算方法标准

1.1.1 范围

本标准界定了固体非能源矿产资源综合利用过程中开采回采率、选矿回收率、共伴生矿产综合利用率和矿产资源综合利用率等术语的定义和计算方法。

本标准适用于固体非能源矿产资源开发利用的科学评价、试验研究、工业设计、生产实践和矿产资源管理。

1.1.2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 25283—2010 矿产资源综合勘查评价规范。

1.1.3 术语、定义和符号

1.1.3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件:

(1) 主要有用组分 (main useful component)。矿石中具有经济价值、在当前技术经济和环境许可条件下可单独提取利用的主要组分。它是矿产勘查、开采的主要对象,也是评价矿石品质的一项主要内容。

(2) 共生有用组分 (coexisting useful component)。同一矿区(矿床)内,存在两种或多种有用组分(矿物、元素,下同)分别达到工业品位,或虽未达到工业品位,但已达到边界品位以上,经论证后可以制定综合工业指标的一组矿产,称为共生矿产,与主要有用组分共生的其他有用组分即为共生有用组分。它既包括在开采或加工利用过程中可以综合回收的有用组分,又包括加工利用时虽不能单独回收,但进入产品并对产品品质有利的成分。

(3) 伴生有用组分 (associated useful component)。在主要有用组分矿体中赋存的、未达到工业品位但已达到综合评价参考指标,或虽未达到综合评价参考指标,但可在选冶过程中单独产出产品或可在主矿产的精矿及某一产品中富集且达到计价标准,通过开采主要有用组分可综合回收利用的其他有用组分。共生及伴生组分的确定可参考 GB/T 25283—2010 矿产资源综合勘查评价规范。

(4) 当量品位 (grade equivalent)。共伴生组分的品位按照价格比法折算成的相对于主要组分的品位。企业自身考核时,可根据具体情况,参考 GB/T 25283—2010 的附录 Q。

(5) 开采回采率 (mining recovery)。当期采出的纯矿石量 (资源储量) 占当期消耗的矿产资源储量的百分比。

(6) 选矿回收率 (mineral processing recovery)。精矿中某有用组分的质量占入选原矿中该有用组分质量的百分比。

(7) 共伴生矿产综合利用率 (total recovery of associated and co-existing minerals)。采选作业中, 各最终精矿产品中共伴生有用组分的质量之和与当期消耗矿产资源储量中共伴生有用组分质量和的百分比。

(8) 矿产资源综合利用率 (total recovery of minerals)。采选作业中, 各最终精矿产品中有用组分 (包括主要有用组分、共生有用组分、伴生有用组分) 的质量和占当期消耗矿产资源储量中所有有用组分质量之和的百分比, 用符号 R 表示。

(9) 采矿损失率 (mining loss ratio)。采矿过程中, 损失资源储量占当期消耗矿产资源储量的百分比。

(10) 精矿品位 (concentrate grade)。选矿精矿产品中, 某有用组分的质量占该精矿质量的百分比。

1.1.3.2 符号

下列符号适用于本文件:

K , 开采回采率, %;

P , 参考 GB/T 25283—2010 的附录 Q, 以价格比法计算当量品位时, 主矿产单价, 元/吨;

Q , 当期消耗的矿产资源储量, 万吨;

R , 矿产资源综合利用率, %;

S , 采矿损失率, %;

T , 共伴生矿产综合利用率, %;

K_i , 第 i 个矿山的开采回采率, %;

K_n , 加权平均法计算得到的 n 个矿山平均开采回采率, %;

P_i , 参考 GB/T 25283—2010 的附录 Q, 以价格比法计算当量品位时, 第 i 种矿产单价, 元/吨;

Q_0 , 选矿入选原矿质量, 万吨;

Q_{0i} , 第 i 个选矿厂入选原矿质量, 万吨;

Q_1 , 精矿质量, 万吨;

Q_{1i} , 第 i 个矿山选矿厂精矿质量, 万吨;

Q_{1j} , 第 j 个精矿质量, 万吨;

Q_c , 当期采出矿石量 (资源储量), 万吨;

Q_{ci} , 第 i 个矿山采出矿石量 (资源储量), 万吨;

Q_i , 第 i 个矿山消耗的矿产资源储量, 万吨;

Q_s , 损失资源储量, 万吨;

R_i , 加权平均法计算多矿山平均矿产资源综合利用率时, 第 i 个矿山的矿产资源综合利用率, %;

R_n , 加权平均法计算得到的 n 个矿山平均矿产资源综合利用率, %;

R_m^n , 消耗的矿产资源储量中, m 种有用组分回收利用了 n 种时的矿产资源综合利用率, %;

T_i , 加权平均法计算多矿山平均共伴生矿产综合利用率时, 第 i 个矿山的共伴生矿产综合利用率, %;

T_n , 加权平均法计算得到的 n 个矿山平均共伴生矿产综合利用率, %;

T_m^n , 消耗的矿产资源储量中, m 种共生和伴生有用组分回收利用了 n 种时的共伴生矿产综合利用率, %;

α , 计算选矿回收率时指入选原矿品位, 计算矿石贫化率时指矿体中矿石的品位, %;

β , 精矿品位, %;

γ , 精矿产率, %;

ε , 选矿回收率, %;

α' , 参考 GB/T 25283—2010 的附录 Q 中价格比法, 折算的共伴生组分当量品位, %;

α_i , 计算选矿回收率时指第 i 个选矿厂的入选原矿品位, 计算矿产资源综合利用率和共伴生矿产综合利用率时, 指消耗资源储量中共伴生有用组分品位, %;

α_k , 质量法计算矿产资源综合利用率和共伴生矿产综合利用率时, 指消耗资源储量中共伴生有用组分品位, %;

α'_i , 参考 GB/T 25283—2010 的附录 Q, 按价格比法折算成的第 i 种组分的当量品位, %;

β_i , 加权平均法计算多矿山平均选矿回收率时, 第 i 个选矿厂的精矿品位, %;

ε_i , 加权平均法计算多矿山平均选矿回收率时, 第 i 个选矿厂的选矿回收率, 计算矿产资源综合利用率和共伴生矿产综合利用率时, 有用组分 i 的选矿回收率, %;

ε_n , 加权平均法计算得到的 n 个矿山平均选矿回收率, %。

1.1.4 计算方法

1.1.4.1 开采回采率

(1) 矿山开采回采率:

$$K = \frac{Q_c}{Q} \times 100\% = \frac{Q - Q_s}{Q} \times 100\% = (1 - S) \times 100\% \quad (1-1)$$

(2) 多矿山平均开采回采率:

$$K_n = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ci}}{\sum_{i=1}^n Q_i} \times 100\% = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \times 100\% \quad (1-2)$$

1.1.4.2 选矿回收率

(1) 矿山选矿回收率:

$$\varepsilon = \frac{Q_1 \cdot \beta}{Q_0 \cdot \alpha} \times 100\% \quad (1-3)$$

在矿物加工过程中,个别有用组分被回收进入多个选矿产品时,可根据式(1-3)分别计算其在各个产品中的选矿回收率,然后将各个产品中的回收率累加即为该组分在矿物加工过程中的选矿回收率。

(2) 多矿山平均选矿回收率:

多矿山平均选矿回收率,即各矿山选矿厂精矿中某有用组分质量之和与各选矿厂入选原矿中该有用组分质量之和的百分比。若参加计算的选矿厂个数为 n ,采用加权平均法计算见式(1-4)。

$$\varepsilon_n = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{1i} \cdot \beta_i}{\sum_{i=1}^n Q_{0i} \cdot \alpha_i} \times 100\% = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{0i} \cdot \alpha_i \cdot \varepsilon_i}{\sum_{i=1}^n Q_{0i} \cdot \alpha_i} \times 100\% \quad (1-4)$$

1.1.4.3 共伴生矿产综合利用率

(1) 质量法矿山共伴生矿产综合利用率:

以 m 表示矿产资源储量中共伴生有用组分个数, u 表示精矿产品个数, n 表示各最终精矿产品中回收利用的共伴生有用组分个

数。共伴生矿产综合利用率计算见式 (1-5)。

$$T_m^n = \frac{\sum_{j=1}^u \sum_{i=1}^n Q_{ij} \cdot \beta_i}{Q \cdot \sum_{k=1}^m \alpha_k} \times 100\% \quad (1-5)$$

(2) 价值法矿山共伴生矿产综合利用率:

引入当量品位, 按照价格比法将共伴生组分的品位折算成主要组分的品位。若第 i 种组分品位为 α_i , 单位该组分价格为 P_i , 单位主要组分价格为 P , 第 i 种组分相当于主要组分的品位 α'_i 计算见式 (1-6)。

$$\alpha'_i = \alpha_i \cdot \frac{P_i}{P} \times 100\% \quad (1-6)$$

以 m 表示矿产资源储量中共伴生有用组分个数, n 表示各最终精矿产品中回收利用的共伴生有用组分个数。价值法计算共伴生矿产综合利用率计算见式 (1-7)。

$$T_{Pm}^n = \frac{K \cdot \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \cdot \alpha'_i}{\sum_{i=1}^m \alpha'_i} \times 100\% \quad (1-7)$$

(3) 多矿山平均共伴生矿产综合利用率:

若参加计算矿山个数为 n , 参与计算各矿山共伴生综合利用率为 T_i , 采用加权平均法计算多矿山平均共伴生矿产综合利用率计算见式 (1-8)。

$$T_n = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \times 100\% \quad (1-8)$$

1.1.4.4 矿产资源综合利用率

(1) 质量法矿山矿产资源综合利用率:

以 u 表示矿产资源储量中主、共伴生有用组分个数, m 表示精矿产品个数, v 表示各最终精矿产品中回收利用的主、共伴生有用组分个数。矿产资源综合利用率计算见式 (1-9)。

$$R_u^v = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^v Q_{ij} \cdot \beta_i}{Q \cdot \sum_{k=1}^u \alpha_k} \times 100\% \quad (1-9)$$

(2) 价值法矿山矿产资源综合利用率:

以 u 表示矿产资源储量中主、共伴生有用组分个数, v 表示各最终精矿产品中回收利用的主、共伴生有用组分个数。价值法计算矿产资源综合利用率见式 (1-10)。

$$R_{Pu}^v = \frac{K \cdot \sum_{i=1}^v \varepsilon_i \cdot \alpha'_i}{\sum_{i=1}^u \alpha'_i} \times 100\% \quad (1-10)$$

(3) 多矿山平均矿产资源综合利用率:

若参加计算矿山个数为 n , 参与计算各矿山矿产资源综合利用率为 R_i , 采用加权平均法计算多矿山平均矿产资源综合利用率计算见式 (1-11)。

$$R_n = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \times 100\% \quad (1-11)$$

1.1.5 参考文献

(1) GB/T 50612 冶金矿山选矿厂工艺设计规范;

(2) GB/T 50782 冶金矿山采矿设计规范。

1.2 指标解释

1.2.1 主要有用组分

主要有用组分对应的矿产是主矿产，是矿山勘查、开采和选矿的主要对象。一般来说，主要有用组分的精矿是矿山的主要经济来源，主矿产的利用程度（开采回采率、选矿回收率）是评价矿山资源利用的主要指标。

1.2.2 共生有用组分

共生有用组分对应的矿产是共生矿产，一般指达到综合工业指标且与主矿产存在于一个矿床的矿产，是综合回收的对象。一般分为**同体共生**（与主要有用组分共生于同一矿体中，如铁矿体共生的铜钴矿）和**异体共生**（与主要有用组分矿体分离，如煤层上面的铝土矿、黏土矿等）。

对共生矿产的评价要视矿种、预测储量规模和经济价值等进行综合评价，以确定勘查、开采方案。

1.2.3 伴生有用组分

伴生有用组分对应的是伴生矿产，指在主要有用组分矿体中赋存的、有回收利用价值，但品位未达到工业品位的矿产。伴生矿产一般不具备单独开采价值，需与主矿产一同开采回收。一般在选矿流程中以副产品回收或主矿产精矿中混合回收。如铜矿伴生铅锌、钼矿伴生萤石和钨矿等。

1.2.4 当量品位

当量品位是按价格比法折算出的共伴生组分的品位，主要是解

决不同数量级含量的组分在核算回收率时的合理性。如有色金属矿伴生有金，有色金属矿品位单位一般是质量百分比（%），而金矿品位单位是克每吨（g/t），但金的单价较高，每克 200~300 元，而铜等有色金属每千克仅几十元。

1.2.5 开采回采率

开采回采率反映资源采出程度，其高低在一定程度上反映采矿的水平。开采回采率是矿产资源“三率”指标之一，是矿产资源合理开发利用的约束性指标。

1.2.6 选矿回收率

选矿回收率反映矿石中的有用组分通过矿物加工回收的程度，其高低在一定程度上反映选矿的水平。选矿回收率是矿产资源“三率”指标之一，是矿产资源合理开发利用的约束性指标。

1.2.7 共伴生矿产综合利用率

共伴生矿产综合利用率反映共伴生矿产的采选综合回收率，其反映了共伴生组分的回收利用程度。

1.2.8 矿产资源综合利用率

矿产资源综合利用率反映所有组分（主要有用组分、共生有用组分、伴生有用组分）采选综合回收的程度，其指标的高低直接反映了一座矿山资源整体利用程度。

1.2.9 采矿损失率

采矿损失率反映采矿过程中，由于地质条件、采矿工艺等损失

的资源程度。

1.2.10 精矿品位

精矿品位一般指选矿目标组分的含量，其高低直接反映了精矿的品级和利用方向。

1.2.11 多矿山平均开采回采率

多矿山平均开采回采率反映多个矿山采矿的平均采出程度。多矿山平均开采回采率通过单个矿山开采回采率、消耗的资源储量指标加权计算的多个矿山指标的平均值，反映多个矿山的平均开采水平，一般来说对同一种矿产加权计算具有实际意义。

1.2.12 多矿山平均选矿回收率

多矿山平均选矿回收率反映多个矿山选矿的平均水平，反映有用组分的回收程度。多矿山平均选矿回收率通过单个矿山入选质量、品位和选矿回收率的指标加权计算的多个矿山指标的平均值，其反映多个矿山的平均选矿水平，一般来说对同一种矿产加权计算具有实际意义。