

矿产储量计算的 验算和计算 误差的确定

苏联 C. C. 依札克松著

孙振先译



煤炭工业出版社

矿产储量计算的验算 和计算误差的确定

苏联 G.C. 依札卓松著

孙振先译

煤炭工业出版社

內 容 提 要

礦產儲量計算的驗算和計算誤差的確定是一種極其繁重而細緻的工作。本書針對這一情況，根據蘇聯現有經驗，分章敘述了礦產儲量計算方法的選擇、驗算公式的推導、計算技術的簡化、驗算方法標準化、儲量劃分工作的精確化、要素值變化程度的確定以及誤差確定方法的改善。

本書可供礦產儲量計算地質技術人員、礦山測量技術人員以及其他有關專家參考。

КОНТРОЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ПОДСЧЕТА

— 蘇聯 С. С. ИЗАРСОН 著

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1953年莫斯科第1版譯

675

礦產儲量計算的驗算和計算誤差的確定

孫振先譯

*

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可證出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

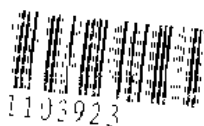
*

開本 78.7×109.2 公分 $1/32$ * 印張 4 * 插頁 3 * 字數 79,000

1958年3月北京第1版

1958年3月北京第1次印刷

統一書號：15035·414 印數：0,001—2,000 冊 定價：(10)0.65元



前 言

第一章	固体矿产储量计算方法概述	3
第二章	计算储量验算公式的推导	45
第三章	确定要素值变化程度及储量计算成果误差	80
第四章	计算要素技术误差的结构和水平的分析	104
結論		121

前 言

为了执行苏共十九次代表大会关于進一步發展采礦工業的歷史性決議，需要勘探和計算數十億噸礦產的儲量：煤、礦石、建築材料及其他礦產儲量。

在苏联大規模开展这些工作的时候，使礦產儲量計算的方法和技術合理化（標準化、簡化及改善）是一个十分迫切的問題。

对于从事儲量計算的地質師、礦山測量師以及其他有关專家，通常會產生下列問題：

1. 在現有的儲量計算方法中，哪一種計算方法能滿足礦體及其開采方法的具体条件。

2. 在不損害計算成果精度的条件下，計算儲量及確定計算要素的平均值（礦體厚度、成分含量及其他）时，如何使計算技術及驗算得以簡化和標準化。

3. 如何使按某一標誌划分儲量的工作得以簡化，以及在若干情況下如何使儲量工作划分得更精確。

4. 如何使計算要素变化程度和計算成果誤差的確定方法得以簡化、標準化及改善。

本書綜合了現有的經驗，擬定了以解决上述問題为目的的方法、公式及示意圖，同时还指出了進一步研究的途徑。

第一章 固体矿产储量计算方法概述

在推导验算固体矿产储量和确定计算成果误差的公式以前，先对固体矿产储量计算方法作一简要介绍。

固体矿产储量计算的主要任务如下。

1. 确定矿体（或矿体的一部分）的矿产总量及有用成分总量。

2. 按下列两种特征划分矿产在面积及空间上的储量：

a) 按定性标志（有用及有害成分的含量、矿产的工艺性质等）；

b) 按矿体各部分的勘探程度和研究程度，也就是说，按地质分类的级别和类型（ A_1, A_2, B, C_1 及 C_2 ）。

3. 在当前的技术和经济水平的情况下，按工业使用的适用性划分储量（平衡表内储量、没有经过工业评价但有勘探前途的平衡表外储量）。

4. 按开采的准备程度划分储量（开拓储量、准备储量、获得储量）。

5. 按照矿体形状及其产状条件将矿产的分布和矿产性质绘于附件资料中。

固体矿产储量计算技术的目的通常是：确定由勘探或开采资料查明的矿体面积和体积，以及确定矿产或矿体有用成分的重量。

现在我们来回忆一下有关储量计算的若干概念。

根据限定的储量计算面积的边界位置，对于暴露了具

有工業意义礦產的边界勘探坑洞（可以是各种巷道、鑽眼、淺井——譯者註），分成內边界和外边界。

連接边界勘探坑洞的那一條綫称为儲量計算的內边界，这里所說的边界勘探坑洞是指那些暴露了具有工業意义礦產的坑洞而言的（圖1）。

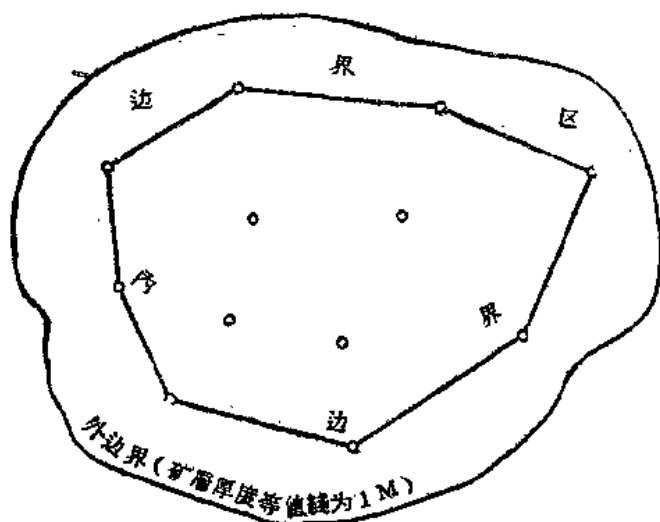


圖1 儲量計算的內边界和外边界

儲量計算的外边界通常是礦体工業价值最低的边界（例如，礦体厚度为1公尺的等值綫），如果这种等值綫是在內边界以外并包圍着內边界，那么这种等值綫就可称为外边界（圖1）。

外边界也可以是另外一种包圍內边界的限定計算面積的綫（例如，礦体尖滅綫或者礦体因地質破坏而中斷的

断綫)。

位于内外兩边界間的地帶称为边界帶。

礦產及有用成分儲量的要素中包括：礦体生產力、礦產沿坑洞的綫性儲量、有用成分的面積含量、有用成分沿坑洞的綫性儲量、礦產沿礦体剖面的面積儲量、有用成分沿礦体剖面的面積儲量。

礦体(礦層)生產力就是礦体 1 平方公尺面積上所具有的礦產重量。

礦体生產力等于礦体厚度 h 与礦產在岩体中的容重 d 的乘積，如果用 q 表示礦体生產力，則每平方公尺的噸數可按下列公式計算：

$$q = h \cdot d.$$

所謂某点(坑洞)上的礦產綫性儲量是指如下的礦柱內的礦產儲量，这种礦柱的剖面面積为 1 平方公尺，其高度和相当于該坑洞(淺井、鑿眼等)的礦体厚度。

因此，“礦產沿坑洞的綫性儲量”的概念和由該坑洞所确定的礦体(礦層)生產力的概念相同。

有用成分的面積含量就是礦体 1 平方公尺面積上所具有的該成分的重量。

有用成分的面積含量用 P 表示，它等于礦体厚度 h 、礦產容重 d 和成分含量 c (重量)三者的乘積，以每平方公尺若干噸來表示，計算公式如下：

$$P = h \cdot d \cdot c.$$

所謂有用成分沿某坑洞的綫性儲量是指礦柱內有用成分儲量，这种礦柱的剖面面積为 1 平方公尺，其高度相当

于該点（該坑洞）上的礦体厚度。

因此，有用成分沿坑洞的綫性儲量的概念和由該坑洞所确定的成分的面積含量的概念相同。

礦產沿礦体某剖面（垂直或水平剖面）的面積儲量就是鄰近該剖面內的、寬度为 1 公尺的分層的面積儲量 q_s 。

剖面的面積儲量 q_s 等于礦体剖面面積与礦產容重的乘積，以每公尺若干噸來表示，計算公式如下：

$$q_s = S \cdot d,$$

有用成分沿某剖面的面積儲量，就是鄰近該剖面的、寬度为 1 公尺的分層的有用成分儲量 P_s 。

这种儲量等于礦体剖面面積 S 、礦產容重 d 和有用成分含量 c （重量）三者的乘積，以每公尺若干噸來表示，計算公式如下：

$$P_s = S \cdot d \cdot c.$$

固体礦產儲量計算有兩类方法。

1) 用以确定礦產（或有用成分）总儲量的方法：算術平均法，卡查柯夫斯基教授的总数法，坑洞影响区的分析計算法，索波列夫斯基教授的体積方格紙法和三角形法。

2) 按某一种標誌划分儲量的方法：按照水平-階段划分儲量法（巴曼教授的等高綫法，平行水平剖面法），按照定性標誌划分儲量法（塊段法，最近地区法，地貌法），按照勘探与研究程度划分儲量法（塊段法，平行剖面法等）。

下面我們將討論上述每一种儲量計算法，并按其适用性加以評定。

算術平均法

这是已知的儲量計算方法中一种最簡單的方法。

計算面積被坑洞边界（內边界）連綫所限定的情况（圖2），就是应用这种方法最簡單的情况。

这种方法的實質是：把按切探網全部坑洞所确定的厚度（或綫性儲量）的算術平均值应用到全部計算面積中。

这一方法所用的計算公式如下：

$$V=B \frac{\sum h}{n};$$

$$Q=B \frac{\sum q}{n};$$

$$P=B \frac{\sum P}{n},$$

式中 V 、 Q 和 P ——分別表示礦体全部計算面積內的礦產体積，礦產儲量及有用成分儲量；

B ——計算的總面積；

n ——探坑总数；

$\sum h$ 、 $\sum q$ 和 $\sum P$ ——分別表示全部勘探坑洞礦体厚度之和、礦產綫性儲量之和及有用成分綫性儲量之和。

如果儲量計算的范围是在外边界以內（見圖1），通常則采用算術平均法中一种較精確的变态公式計算。用这种变态公式計算儲量时，边界帶的儲量及內边界所限定的面積內的儲量是分別計算的。

在这种情况下，边界帶的礦產儲量是按外边界和边界坑洞的礦体厚度（或綫性儲量）的算術平均值确定的，而內边界，所限定的面積內的儲量則按探網全部坑洞中相应指数的算術平均值來計算。

算術平均法可以用于各种类型礦床和各种礦產。

大家都知道，在确定礦層厚度或其他儲量計算要素时，如果測点分布均匀而又具有足够的密度，那末，这种方法能得出足够精确的結果。

卡查柯夫斯基教授指出：礦体如果由中央向边界逐漸尖滅时，也就是說，当礦体边界坑洞1、2、3、4、5、6、7、8、9（見圖2）的平均厚度較之边界內各坑洞10、11、12、13、14、15、16的平均厚度低得很多时，用算術平均法計算儲量將產生偏低的数值。

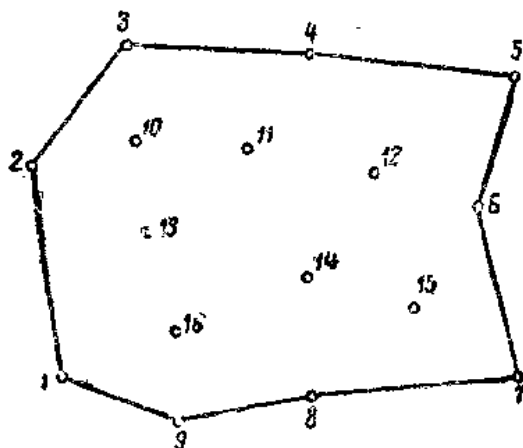


圖2 算術平均法

总 数 法

对于用鑽眼、淺井或其他坑洞規則網形來進行勘探的礦體，卡查柯夫斯基教授建議用下列公式來計算礦體體積、礦產儲量及有用成分的儲量。他并且把这些公式的应用称为总数法。

这种方法的公式由于計算面積邊界的類別不同，而有所區別。

对于礦體零邊界範圍內（尖滅邊界）的計算，建議采用下列公式：

$$V = l^2 \sum h;$$

$$Q = l^2 \sum q;$$

$$P = l^2 \sum P,$$

式中 l ——坑洞間的距離，這種距離在全部計算面積內部相同；

h, q, P ——分別表示其坑洞的礦體厚度、礦產綫性儲量及有用成分的綫性儲量；

V, Q, P ——分別表示全部計算面積的體積、礦產儲量及有用成分的儲量。

对于連接邊界探坑的邊界（內邊界）範圍內的計算，建議采用下列公式。這種公式又因邊界坑洞礦體厚度的和与全部坑洞礦體厚度的总和之間的比值不同，而有所區別：

1. 如果邊界坑洞礦體厚度的和（ $\sum h_n$ ）不超过全部坑洞礦體厚度的总和（ $\sum h$ ）的40%，則采用：

$$V' = \frac{2\Sigma h - 0.5\Sigma h_k}{2N - k} \cdot B',$$

2. 如果 Σh_k 超过了 Σh 的 40%，則用：

$$V'_1 = \frac{2\Sigma h - \Sigma h_k}{2N - k} \cdot B',$$

式中 k —— 边界坑洞的数目；

N —— 坑洞总数；

B' —— 内边界範圍內的計算面積。

如果以 q 和 P 分別代替上述公式中的 h ，就可以得出計算 Q 和 P 的公式，也就是說，就可以得出下列的計算內边界範圍內的礦產或有用成分的儲量的公式：

$$Q' = \frac{2\Sigma q - 0.5\Sigma q_k}{2N - k} \cdot B', \quad Q'_1 = \frac{2\Sigma q - \Sigma q_k}{2N - k} \cdot B',$$

$$P' = \frac{2\Sigma P - 0.5\Sigma P_k}{2N - k} \cdot B', \quad P'_1 = \frac{2\Sigma P - \Sigma P_k}{2N - k} \cdot B',$$

式中 Σq 、 ΣP —— 分別表示探網全部坑洞的礦產儲量之和、有用成分綫性儲量之和；

Σq_k 、 ΣP_k —— 分別表示探網边界坑洞的礦產儲量之和、有用成分的綫性儲量之和。

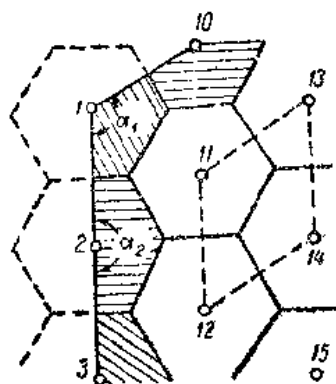
應該指出：按总数法公式計算的成果和按最近地区法（見 40 頁）計算的成果很接近。

坑洞影响区分析計算法

为了在內边界範圍內獲得較算礦平均法計算的成果更为精確的儲量数据，还可以考慮坑洞影响区分析計算法。

为了說明这一方法的概念，用圖3來表示計算面積的一部分，这一部分是經過均匀的坑洞網勘探过的。

在每一坑洞附近，按最近点（最近地区）的原則作每一坑洞影响区的多边形；同时边界坑洞的影响面積則用綫条划出（參閱圖20）。



上述方法的基礎是：假定边界坑洞影响面積和边界內坑洞影响面積之比，等于該边界坑洞处 α_1 、 α_2 等角值与 360° 的全周角之比。

由此可见，1、2等边界坑洞影响面積將与該坑洞处 α_1 、 α_2 等角值成比例。根据这个假定，可推出下列計算公式：

$$V = s_n \left(\Sigma h_n + \Sigma h_k \frac{k-2}{2k} \right),$$

式中 V ——全部計算面積的礦產体積，該面積由边界各坑洞 1、2、3 等所限定；

Σh_n ——沿全部內坑洞 11、12、13、14、15 礦体厚度之和；

Σh_k ——沿全部边界坑洞 1、2、3、……10 礦体厚度之和；

k ——边界坑洞的數目；

s_n ——內坑洞影响面積。

s_b 可按下列式确定：

$$s_b = \frac{B}{m + \frac{k}{2} - 1},$$

式中 B ——边界坑洞范围内的计算总面积；

m ——内坑洞的数目；

k ——边界坑洞的数目。

这种无需作图的计算方法所得的结果也和最近地区法计算的成果相近，因为这里坑洞影响区是用分析式表示的。

П. К. 索波列夫斯基教授的體積方格紙法

这种方法是能用以计算事先将矿体绘成厚度（矿产綫性儲量或有用成分的綫性儲量）等值綫圖的儲量計算法之一。

这一方法就在于将一个正方格的面积乘以矿体在全部方格点上所确定的厚度、矿产綫性儲量或有用成分綫性儲量的总和。所用的公式如下：

$$V = B_0 \Sigma h,$$

$$Q = B_0 \Sigma q,$$

$$P = B_0 \Sigma P,$$

式中 B_0 ——一个正方格的面积；

Σh 、 Σq 和 ΣP ——分别表示由全部方格点（正方形中心）所确定的矿体厚度、矿产綫性儲量或有用成分的綫性儲量的总和（圖 4）。

用等值綫描繪的礦体通常都是某一標誌（礦体厚度，有用成分含量等）在計算面積範圍內具有很大大變化的礦体。而體積方格紙法正是針對這類變化情況採用的。

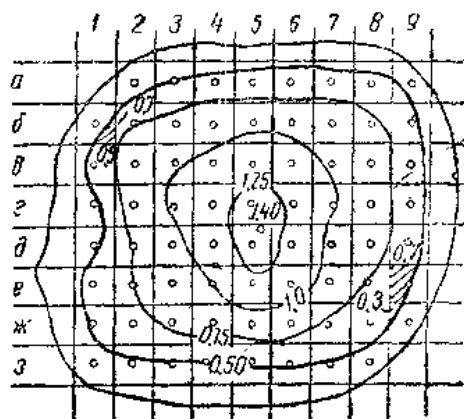


圖4 П.Н.索波列夫斯基教授的體積方格紙法

要想使體積方格紙法獲得足夠精確的成果，除上述條件外，還要求有大量的勘探或開采數據，這也是限制將礦体繪成等值綫的一個條件。

統計法

儲量計算的統計法是在要計算儲量的一部分面積上，根據開采或詳細勘探的結果確定單位面積或單位體積的礦產數量，然後將這些數據按類比法推廣到地質情況相同的所有其餘未勘探部分中去。

因為這時計算所用的不是直接勘探或開采本區所得的數據，而是按類比法從其他區域勘探或開采工作中得來的

数据。顯然，这种方法只能用以确定礦產的低級(C_1 和 C_2)儲量。

三 角 形 法

用这种方法时，要把礦体看成若干斜截头三稜角柱体儲量之和(圖 5)。其計算公式如下：

$$V = \left[B_i \frac{\sum h}{3} \right]; \quad Q = \left[B_i \frac{\sum q}{3} \right]; \quad P = \left[B_i \frac{\sum P}{3} \right],$$

式中 V 、 Q 和 P ——表示各三角形面積与相应三角形三頂点(探坑)的礦体厚度、礦產綫性儲量及有用成分綫性儲量的算術平均值的乘積之和。

这个方法的主要缺点是：1)坑洞数目大时工作繁重，因为要确定每个三角形中礦体的面積，平均厚度或其他指标；2)按各个标志划分儲量时不方便。

为了减少在三角形个数很多时所产生的繁重計算工

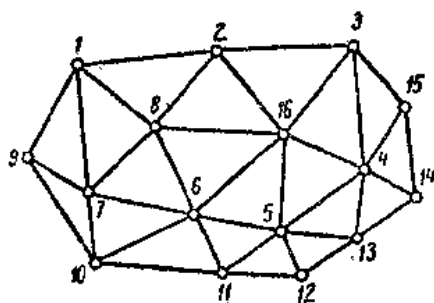


圖5 三角形法