1103923

前　言
第一章　固体礦產儲量計算方法概述 …… 3
第二章　計算儲量驗算公式的推導 ……45
第三章　確定要素値变化程度及儲量計算成果誤差 ……80
第四章　計算要素技術誤差的結構和水平的分析 …… …104
結論 …… 121

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

前　言

为了执行苏共十九次党代表大会关于進一步發展采礦工業的歷史性決議，需要勘探和計算数十億噸礦產的儲量：煤、礦石、建筑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（标准化、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师、礦山測量师以及其他有关專家，通常会產生下列問題：

1.在現有的儲量計算方法中，哪一种計算方法能滿足礦体及其开采方法的具体条件。

2.在不損害計算成果精度的条件下，計算儲量及确定計算要素的平均值（礦体厚度、成分含量及其他）时，如何使計算技術及驗算得以簡化和标准化。

3.如何使按某一标誌划分儲量的工作得以簡化，以及在若干情况下如何使儲量工作划分得更精确。

4.如何使計算要素变化程度和計算成果誤差的确定方法得以簡化、标准化及改善。

本書綜合了現有的經驗，拟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。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

第一章　固体矿產儲量計算方法概述

在推導驗算固体礦產儲量和确定計算成果誤差的公式以前，先对固体礦產儲量計算方法作一簡要介紹。

固体礦產儲量計算的主要任务如下。

1.确定礦体（或礦体的一部分）的礦產总量及有用成分总量。

2.按下列兩种特征划分礦產在面積及空間上的儲量：

а)按定性标誌（有用及有害成分的含量、礦產的工藝性質等）；

б)按礦体各部分的勘探程度和研究程度，也就是說，按地質分类的級别和类型（A_1, A_2, B, C_1 及 C_2）。

3.在当前的技術和經济水平的情况下，按工業使用的适用性划分儲量（平衡表内儲量、沒有經过工業評价但有勘探前途的平衡表外儲量）。

4.按开采的准备程度划分儲量（开拓儲量、准备儲量、猶得儲量）。

5.按照礦体形狀及其产狀条件將礦產的分布和礦產性質繪于圖件資料中。

固体礦產儲量計算技術的目的通常是：确定由勘探或开采資料查明的礦体面積和体積，以及确定礦產或礦体有用成分的重量。

現在我們來回憶一下有关儲量計算的若干概念。

根据限定的儲量計算面積的边界位置，对于暴露了其

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

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条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)。

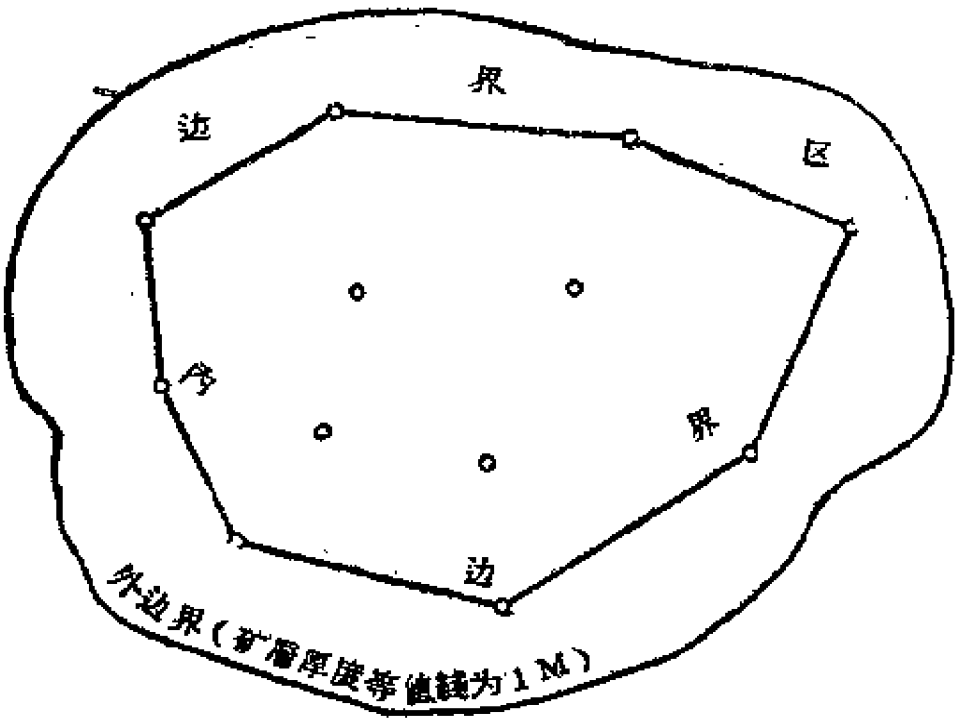


圖1　儲量計算的內边界和外边界

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断的

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

断綫）。

位于內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，則每平方公尺的噸数可按下列公式計算：

$$q=h\cdot d,$$

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，其高度相当于該坑洞（淺井、鑽眼等）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

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

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公尺的分層的礦產儲量 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）按某一种标誌划分儲量的方法：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），按照定性标誌划分儲量法（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。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

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。

这种方法的实質是：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：

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

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

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

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

B——計算的总面積；

n——探坑总数；

Σh、Σq和ΣP——分別表示全部勘探坑洞礦体厚度之和、礦産綫性儲量之和及有用成分綫性儲量之和。

如果儲量計算的范圍是在外边界以內（見圖1），通常則采用算術平均法中一种較精确的变态公式計算。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。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

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。

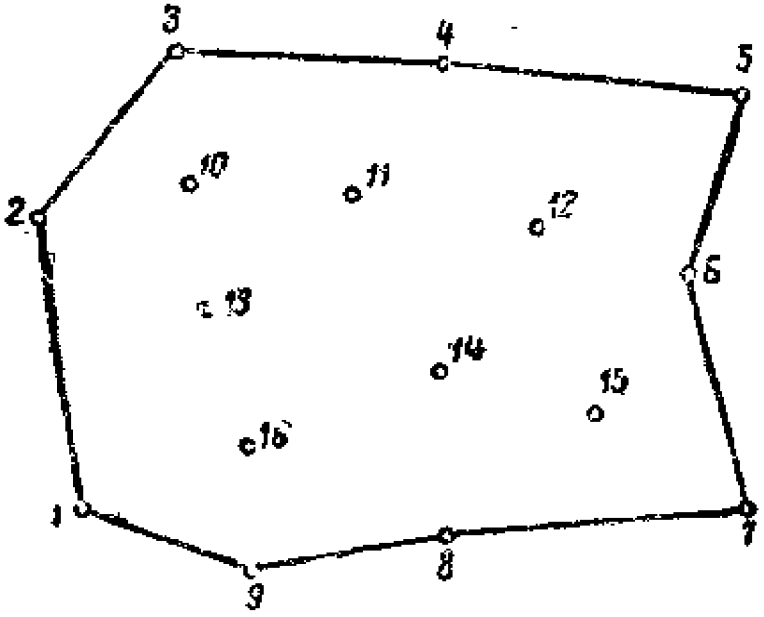


圖2 算術平均法

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

总 数 法

对于用浅眼、浅井或其他坑洞规则網形來進行勘探的礦体，卡查柯夫斯基教授建議用下列公式來計算礦体体積、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边界的类别不同，而有所区别。

对于礦体零边界范圍內（实滅边界）的計算，建議采用下列公式：

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

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

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

式中 l ——坑洞間的距离，这种距离在全部計算面積內都相同；

h、q、P——分别表示各坑洞的礦体厚度、礦產綫性儲量及有用成分的綫性儲量；

V、Q、P——分别表示全部計算面積的体積、礦產儲量及有用成分的儲量。

对于連接边界探坑的边界（內边界）范圍內的計算，建議采用下列公式。这种公式又因边界坑洞礦体厚度的和与全部坑洞礦体厚度的总和之間的比值不同，而有所区别：

1. 如果边界坑洞礦体厚度的和（Σh_n）不超过全部坑洞礦体厚度的总和（Σh）的40%，則采用：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

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

2. 如果Σh_{κ}超过了Σh的40%，则用：

$$V_1'=\frac{2\Sigma h-\Sigma h_{\kappa}}{2N-k}\cdot B',$$

式中 k——边界坑洞的数目；

N——坑洞总数；

B'——内边界范圍內的計算面積。

如果以q和P分别代替上述公式中的k，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范圍內的礦產或有用成分的儲量的公式：

$$Q'=\frac{2\Sigma q-0.5\Sigma q_{\kappa}}{2N-k}\cdot B',\qquad Q_1'=\frac{2\Sigma q-\Sigma q_{\kappa}}{2N-k}B',$$

$$P'=\frac{2\Sigma P-0.5\Sigma P_{\kappa}}{2N-k}\cdot B',\qquad P_1'=\frac{2\Sigma P-\Sigma P_{\kappa}}{2N-k}B',$$

式中 Σq、ΣP——分别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_{κ}、ΣP_{κ}——分别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。

应該指出：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

为了在內边界范圍內獲得較算術平均法計算的成果更为精确的儲量数据，还可以考慮坑洞影响区分析計算法。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

为了說明这一方法的概念，用圖3来表示計算面積的一部分，这一部分是經过均勻的坑洞網勘探过的。

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（参閱圖20）。

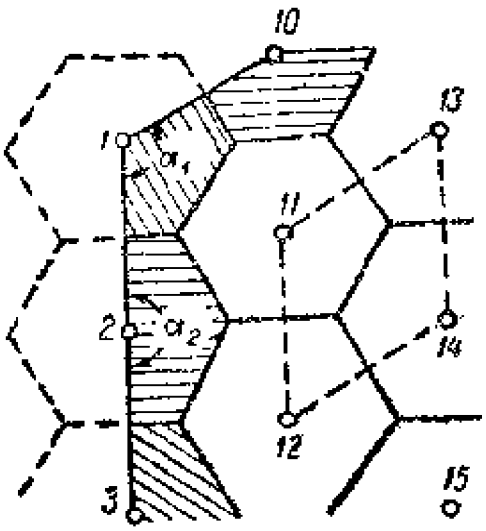


圖3 坑洞影响区的分析計算法

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°的全圓周角之比。

由此可見，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 ——边界坑洞的数目；

s_n ——內坑洞影响面積。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

s_0 可按下式确定：

$$s_0=\frac{B}{m+\frac{k}{2}-1},$$

式中 B ——边界坑洞范圍內的計算总面积；

m ——內坑洞的数目；

k ——边界坑洞的数目。

这种无需作圖的計算方法所得的結果也和最近地区法計算的成果相近，因为这里坑洞影响区是用分析式表示的。

П.К.柴波列夫斯基教授的體積方格紙法

这种方法是能用以計算事先將礦体繪成厚度（礦產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。

这一方法就在于將一个正方格的面積乘以礦体在全部方格点上所确定的厚度、礦產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——一个正方格的面積；

Σh、Σq和ΣP——分別表示由全部方格点（正方形中心）所确定的礦体厚度、礦產綫性儲量或有用成分的綫性儲量的总和（圖4）。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

用等值綫描繪的礦体通常都是某一标誌（礦体厚度，有用成分含量等）在計算面積范圍內具有很大变化的礦体。而体積方格紙法正是針对这类变化情况采用的。

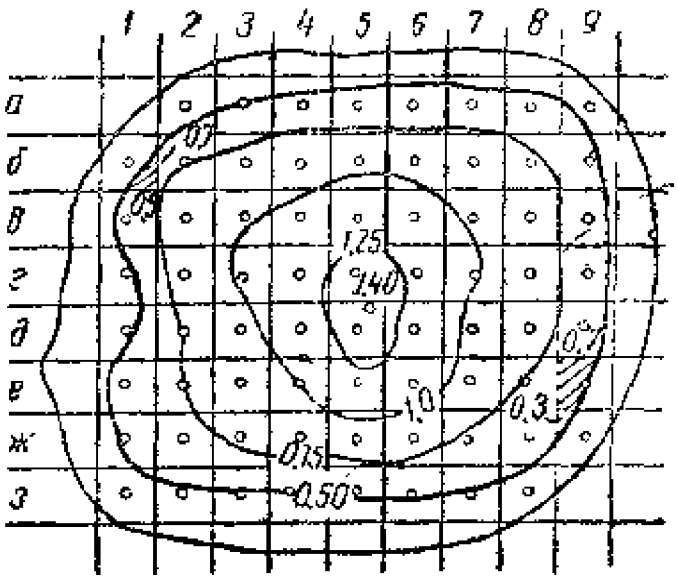


圖 4　П. Е. 索波列夫斯基教授的体積方格紙法

要想使体積方格紙法獲得足够精确的成果，除上述条件外，还要求有大量的勘探或开采数据，这也是限制將礦体繪成等值綫的一个条件。

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，根据开采或詳細勘探的結果确定單位面積或單位体積的礦產数量，然后將这些数据按类比法推广到地質情况相同的所有其余未勘探部分中去。

因为这时計算所用的不是直接勘探或开采本区所得的数据，而是按类比法从其他区域勘探或开采工作中得来的

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

数据。顯然，这种方法只能用以确定磷產的低級(C_1和C_2)儲量。

三角形法

用这种方法时，要把磷体看成若干斜截头三棱角柱体儲量之和(圖5)。其計算公式如下：

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

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)的磷体厚度、磷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磷体的面積，平均厚度或其他指标；2)按各个标誌划分儲量时不方便。

为了減少在三角形个数很多时所產生的繁重計算工

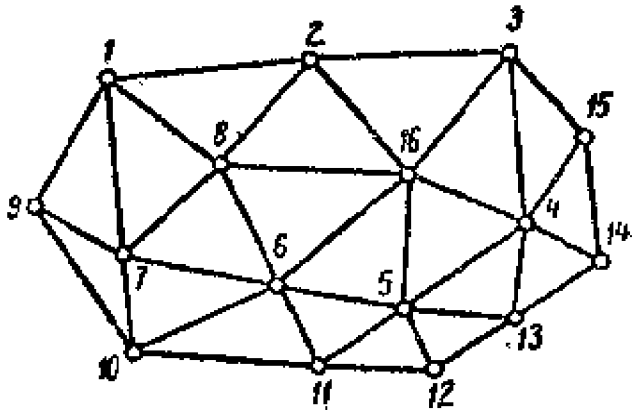


圖5 三角形法

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

作、消除有关圖解求面積的誤差，以及在划分三角形的各种情况下能使計算成果保持單值。E. A. 特魯舍奇基曾提出一种三角形法的应用方案，这一方案可用下列公式來計算：

$$V=1/3B_0\sum_{i=1}^{i=n}h_ik_i,$$

$$Q=1/3B_0\sum_{i=1}^{i=n}h_ik_id_i,$$

$$P=1/3B_0\sum_{i=1}^{i=n}h_ik_id_ic_i,$$

式中 $B_0=\frac{B}{N}$；

B ——儲量計算的总面積；

N ——計算面積中的三角形总个数；

B_0——三角形平均面積；

V ——計算区的礦產体積；

Q ——礦產儲量；

P ——有用成分儲量；

h_i、d_i、c_i——分别表示編号为 i 的探坑的礦產厚度、礦產容重及有用成分含量；

k_i ——系数，决定于由編号为 i 的坑洞作为角頂的三角形的数目；

n ——勘探点(坑洞)数目。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

由公式中可看出，按三角形法的这种方案来計算，不需要确定每个三角形的面積，而只要在划出三角形的平面圖上計算連接各点所得的三角形个数，然后采用这一数值作为編号为 i 的坑洞各指标的系数。例如，对于鑽眼 16（圖 5），連接在該点上的三角形数为 6，因此这一鑽眼的系数 k 等于 6。

由此可見，这一方案在实际工作中能使三角形法大大地簡化。此外，也还有一些应用三角形法的其他方案：

1.“按角度加权”的三角形方案。这时本三角形的礦体厚度或其他指标的平均值不是采用算術平均值，而是应用加权平均值，并且把三角形各相应角度的某一种三角函数当作权。

2.“按边長加权”的三角形方案。其中在求平均厚度或其他計算要素的平均值时把本坑洞（例如，鑽眼）所对的三角形边長当作权。

然而，在按不同方式划分三角形时，为了求得單值的成果，应用这些方案并不能使三角形法得以簡化，反而使它更为繁雜。

可是，在上述三角形法的各方案中，沒有一种能够消除三角形法的缺点：不能根据那些对于解决生產上利用儲量問題比較重要的标誌来划分儲量，同时也缺乏用儲量計算的圖件資料来表示礦体構造所应有的那种明顯性，而这种明顯性是設計進一步勘探与采礦工作所必需的。

上述的各种儲量計算法是用来綜合地求得礦產或有用成分的总量。下面將簡述那些适用于按个别标誌划分儲量

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

17947

的儲量計算方法。

巴曼教授的等高綫法

当礦層底板用等高綫表示时（圖6，a），应用这种方法能确定褶曲形的成層礦体的表面。

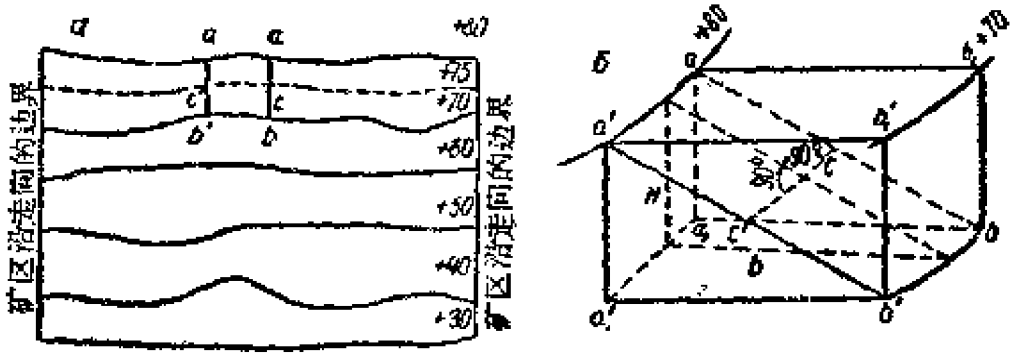


圖6　巴曼教授的等高綫法：

a—礦体等高綫圖；б—礦体面上的几何要素。

在这种情况下，位于礦体底板兩相鄰等高綫間的每一部分的礦層表面面積可以当作礦層水平投影面積(B_i)的平方与其垂直投影面積(C_i)的平方的和数的平方根（圖6，б），因此礦層总的表面(F)可按下式求得：

$$F=\sum\sqrt{B_i^2+C_i^2},$$

式中　$C_i=\frac{l_1+l_2}{2}H;$

l_1和l_2——分别表示相鄰等高綫的長度；

H——等高綫間距；

i——确定B_i、C_i的礦層部分的編号。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

由此可見，这种方法能按水平划分儲量，可以用于确定厚度稳定的褶曲形層狀礦体的儲量。

这种方法是巴曼教授提出的，适用于礦層傾角沿走向及傾斜方向都有相当变化的礦層。而对于那种傾角僅沿某一方向变化的礦層或者对于那种計算面积划成等傾角（或傾角变化很小的）区域沒有特殊困难的礦層，巴曼教授建議用所謂礦層平均傾角法。

礦層平均傾角法（礦層面对投影面的平均傾角）

这种方法在于求出礦層傾斜面的面積，而此傾斜面的面積則等于礦層水平投影面的面積与該区礦層平均傾角的正割的乘積(圖 7)。而确定儲量以后的各种运算則与其他方法的相应运算法沒有区别。

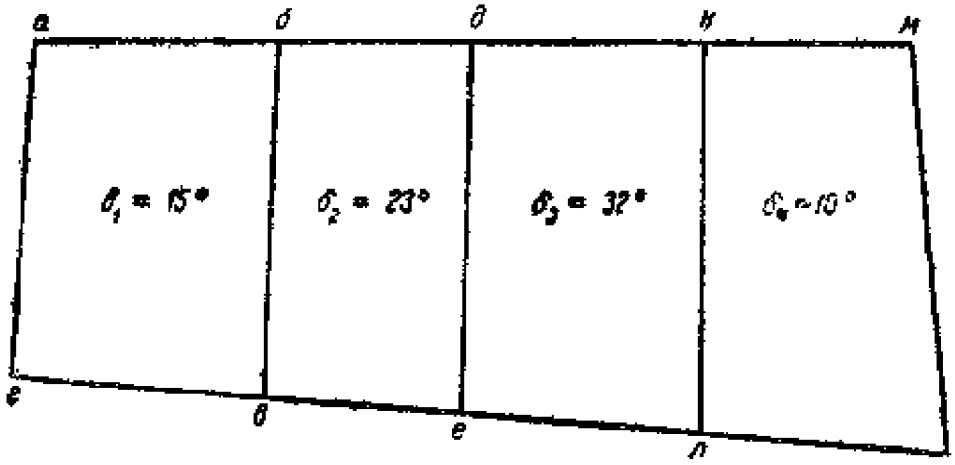


圖 7　平均傾角法

当根据垂直投影面計算急傾斜礦層的儲量时，則需要用礦層对水平面的平均傾角的余角代替公式中的正割。該

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

法的公式如下：

$$F=\Sigma B_i sec\delta_i \quad 及 \quad F=\Sigma C_i cosec\delta_i,$$

式中 F ——矿层倾斜面面积；

δ_i ——矿层某一储量計算区对水平面的倾斜角；

B_i ——矿层某一区域的水平投影面积；

C_i ——矿层某一区域的垂直投影面积；

i ——区域的編号。

顯然，上述公式不僅可用來計算面积，而且还可以在將矿层的法綫厚度換算成垂直厚度和水平厚度时用來計算矿层厚度。

平行剖面法

通常將平行剖面法区分为平行垂直剖面法和水平剖面法，这兩种方法的实質是相同的，都是將矿体分割成平行平面間的分层，然后把各分层的儲量加起來作为总儲量。

这时，計算所必需的縱剖面或水平剖面的作法可按下列方案之一繪制：

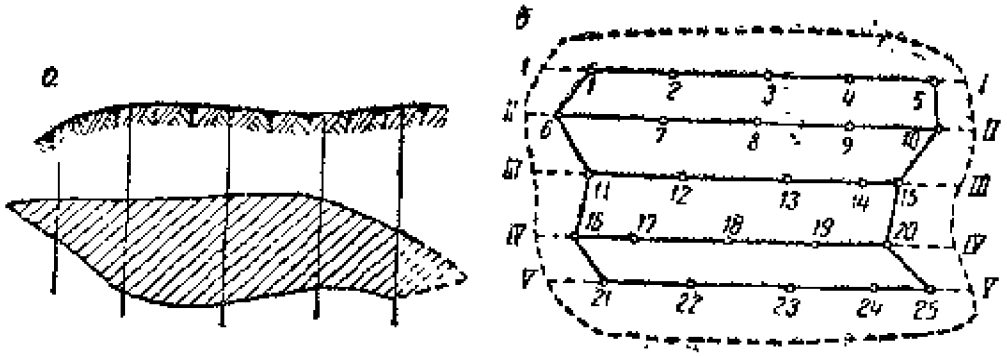


圖8 平行剖面法，直接沿探坑作剖面的方案

а——沿勘探綫的垂直剖面；б——勘探坑洞平面圖

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

а)直接根据勘探或开探坑洞繪制縱剖面。顯然，为了繪制这种圖，必需用一組平行勘探綫或采礦坑洞先对礦体進行勘探(圖8，а和б)；

б)根据沉于水平面上的假想礦体（金屬鑄塊的概念）的等高綫繪制平行剖面(圖 9)；

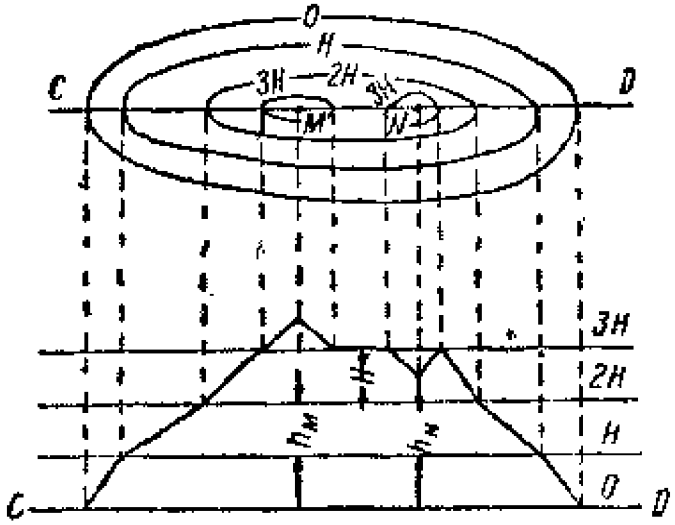


圖9　平行剖面法金屬鑄塊的概念

в)根据兩組等高綫（礦体頂底板等高綫）用內插法繪制平行縱剖面。

平行剖面法的应用有兩种方案：

第一种方案——按各剖面面積計算。这时，对于剖面間距离H相等时，礦產体積按下式确定：

$$V=\left(0.5S_1+0.5S_n+\sum_{2}^{n-1}S_i\right)H,$$

式中　S_1及S_n——礦体边界剖面(第一个与最后一个)的面積，这种剖面是礦体儲量計算的边界；

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$\sum_{2}^{n-1} S_i$ ——其余各剖面面积的总和（从第二个起至倒数第二个止）。对于剖面间距离不等时，矿产体积按下式确定：

$$V=\left[\left(\frac{S_i+S_{i+1}}{2}\cdot Hi\right)\right].$$

此处公式的右边表示两相邻剖面（沿倾分层作出）面积的平均值与该两剖面间距离（分层厚度）的乘积的总和。

同时，矿产的储量 Q 可以当作体积 V 与容重平均值 d_{cp} 的乘积，并按公式 $Q=V\cdot d_{cp}$ 求得；而有用成分的储量则按 $P=Q\cdot C_{cp}$ 计算。其中 C_{cp} 为有用成分含量（重量）的平均值。

这种方案适用于矿产容重或有用成分含量沿计算区域变动不大的矿体。

第二方案应用于矿产容重及有用成分含量变动较大的矿体，这种方案在于矿产及有用成分的储量及根据各剖面的矿产的面积储量和有用成分的面积储量按下式算得：

$$\left.\begin{aligned} Q&=H\left(0.5q_{S_1}+0.5q_{S_n}+\sum_{2}^{n-1}q_{S_i}\right)\\ P&=H\left(0.5P_{S_1}+0.5P_{S_n}+\sum_{2}^{n-1}P_{S_i}\right)\end{aligned}\right\}\ \text{各剖面之间的距离相等时。}$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$$Q=\left[H_i\left(\frac{q_{s_i}+q_{s_{i+1}}}{2}\right)\right]$$

$$P=\left[H_i\left(\frac{P_{s_i}+P_{s_{i+1}}}{2}\right)\right]$$

各剖面之間的距离不相等时。

上述的按每分層計算体積和儲量的公式是一种梯形公式。对于相鄰剖面的面積变动較大时，可采用：角柱形公式，截头圓錐体公式，巴曼公式和考慮礦体面母綫的曲率的公式。

当剖面之間的距离相等时，角柱形公式具有下列形式：

$$V=\frac{H}{6}\left(S_1+S_n+2\sum_{2}^{n-1}S_i+4\Sigma S_0\right),$$

式中 S_1和S_n——边界剖面的面積；

$\sum_{2}^{n-1}S_i$——其余各剖面面積的总和；

ΣS_0——按每分層算出的各平均剖面面積的总和。

在这种情况下，分層的平均剖面取自分層高度的一半处。

按截头圓錐体公式求得礦床体積为：

$$V=\frac{H}{3}\left(S_1+S_n+2\sum_{2}^{n-1}S_i+\sum\sqrt{S_i\cdot S_{i+1}}\right),$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

此处括弧内最后一个和数項表示每一对相鄰剖面面積的乘積的平方根。

按巴曼教授的公式算得的礦產体積較梯形公式相差一改正数$\frac{H}{6}\Sigma B_n$，巴曼教授提議將这种具有負号的改正数加于用梯形公式算得的体積中，这是因为按水平剖面計算不規則形狀的礦体儲量时，用梯形公式（平均間柱体公式）計算，將使分層体積数值过高。

为了确定每一分層的 B_n 值，应進行如下的圖解（圖10）：用直綫連接平面圖上的上下等高綫輪廓的相应的轉折特征点1、1′；2、2′；……12、12′（圖10，а）。这些直綫表示分層面母綫的投影；然后由任意点O作向量0—1，0—2，0—3，……0—12（圖10，б），令其平行且等于母綫的投影1—1′、2—2′……12—12′，并用光滑曲綫將这些向量的端点連接起來。

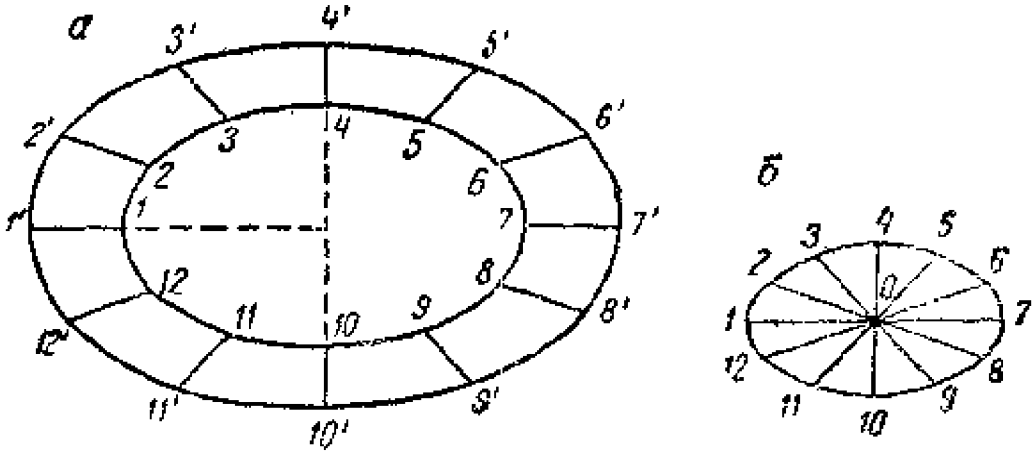


圖10 平行剖面法，計算巴曼改正数时求面积 B_n 的示意圖：
а——分層面母綫的投影；б——巴曼改正数中的面積

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

用求積仪測定这条曲綫所圍成的面積，即得数值B_x。將所有分層的这种面積的和ΣB_x乘以$^1/_6H$（此处H表示分層高度或剖面間的距离）。

因此，巴曼教授的公式可寫成下列形式：

$$V=V_{梯形}-\frac{H}{6}\Sigma B_x,$$

式中 $V_{梯形}$——按梯形公式求得的体積。

礦体面母綫的曲率的公式与巴曼教授的公式是不同的，它是在礦体面不为直綫狀曲面的条件下導出的，也就是說，礦体面不是由直綫、而是由曲綫的运动所形成的（圖11）。这种公式的形式如下：

$$V=\frac{1}{b}\left[T_1S_1+T_2S_2+\left(\frac{T_3}{b}-T_2\right)B_x\right],$$

式中 T_1——由边界（上界及下界）剖面間的礦体母綫（M_1M_2）、礦体母綫的垂直投影（M_2L_2）及其在x-軸上的水平投影（M_1L_2）所圍成的面積（圖11）；

T_2——由这条母綫及其在y-軸上的垂直投影（M_1N_2）以及水平投影（N_2M_2）所圍成的面積；

T_3——面積T_2对y-軸的靜力矩；

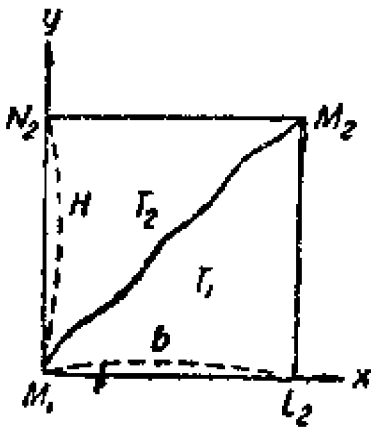


圖11 平行断面法中計算礦体面母綫的曲率公式

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

b ——母綫在x-軸上的水平投影(M_1L_2)長度；

S_1及S_2——矿体上、下剖面的面積；

B_c——巴曼教授的公式中的改正数值，依上述圖解法确定之。

水平剖面法主要用于計算鷄窩狀及礦瘤狀的礦体以及輪廓不規則的急傾斜厚礦脉的儲量，也就是說，这个方法主要应用于礦体水平剖面变化得比較顯著的情况下。

垂直剖面通常都用于礦体的垂直剖面面積变化相当大、而勘探又采用垂直鑽眼、小井或垂直坑洞的勘探綫的条件下。

这种方法的主要优点之一是能得出关于礦体構造变化的明顯概念。当礦体是用礦体面等高綫、厚度等值綫或礦產及有用成分的綫性儲量等值綫表示的时候，除可利用索波列夫斯基教授的体積方格紙法以外，平行剖面法也是一种适合于在上述場合下求体積和儲量的方法。

不平行剖面法

这种方法在于求礦体不平行剖面間的分層的体積和儲量，当礦体用不平行坑洞綫進行勘探时、或者在用平行坑洞綫的同时，由于礦体走向有变化，也采用了不平行綫，这时应用不平行剖面法是必需的。

不平行剖面法計算儲量的方案有如下几种：

1)按A.C.卓拉塔列夫提出的公式計算；

2)按綫的影响区(所謂"綫狀法")計算；

3)按本書作者所提出的半旋轉角公式計算。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

卓拉塔烈夫所提出的全部公式都是以一个剖面的面積值逐漸而均勻地轉变为另一个剖面的面積值的剖面旋轉法为根据。在这种情况下，公式又可分为兩組，其中一組（精密公式）用于剖面間的夾角較大和相鄰剖面面積及剖面其他指数（容重和成分含量）相差較大的情况下。这时需要求各剖面的重心，在大多数情况下，求重心是一件繁重的工作。

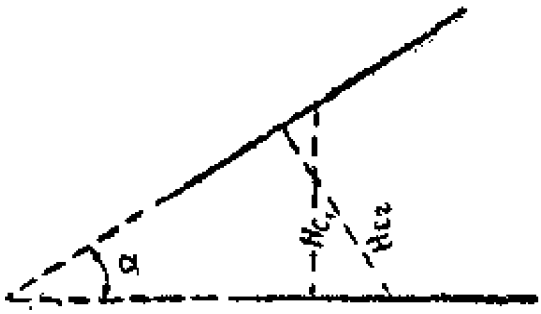


圖 12　不平行剖面法——A.C. 卓拉塔烈夫公式

第二組公式（簡化公式）用于剖面間角度不大和剖面面積值及其他指数相差較小的情况下。

如果采用下列符号：

α ——不平行剖面間的夾角，用弧度表示；

H_n ——由該剖面的重心向相鄰剖面所作的垂綫的長度（在平面圖上的長度）；

S_1及S_2 ——不平行垂直剖面的面積。

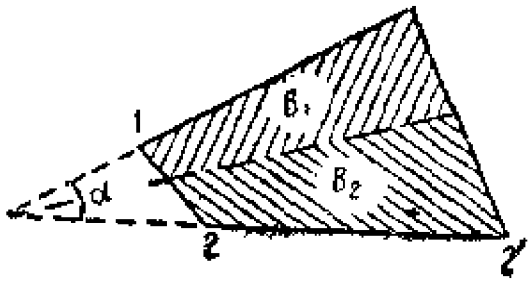


圖 13　不平行剖面法——綫的影响区方案

那么卓拉塔烈夫的第一組公式（精密）具有下列形式：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$$V=\frac{\alpha}{6\sin\alpha}\left[H_{\Pi_1}(S_2+2S_1)+H_{\Pi_2}(S_1+2S_2)\right]$$

及

$$V=\frac{\alpha}{\sin\alpha}\left(\frac{H_{\Pi_1}+H_{\Pi_2}}{2}\right)\left(\frac{S_1+S_2}{2}\right).$$

卓拉塔烈夫的第二組公式(簡化)具有下列形式:

$$V=\frac{\alpha}{\sin\alpha}\left(\frac{H_{c_1}+H_{c_2}}{2}\right)\left(\frac{S_1+S_2}{2}\right);$$

$$V=\left(\frac{H_{c_1}+H_{c_2}}{2}\right)\left(\frac{S_1+S_2}{2}\right);$$

$$V=l_c\left(\frac{S_1+S_2}{2}\right),$$

式中 V ——不平行剖面間的分層的体積;

H_c ——由該剖面的中心向相鄰剖面所作的(在平面圖上)垂綫長(見圖12);

l_c ——不平行剖面(縱剖面)的水平投影的中心間的距离(在平面圖上)。

作者并确定了剖面間的夾角値和剖面面積及其他指数間的差値的各种極限,以便根据这些極限选用这种或那种公式。

不平行剖面法第二种方案(綫的影响区方案或叫做"綫狀法")的实質如下:

將每一不平行剖面的坑洞中的厚度或綫性儲量的平均値推广到这个剖面的影响面積中,也就是說,推广到相应的勘探綫的影响区的面積中(圖13)。这种影响面積的界

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

綫，一边是不平行綫所形成的角度 α 的二等分綫，而其他兩边是不平行綫的端点联綫 *1—2*和*1′—2′*（圖13），其面積可按勘探坑洞平面圖量得（B_1 为 *1—1′* 剖面綫之影响面積；B_2 为 *2—2′* 剖面綫之影响面積）。为了圈定面積 B_1 及 B_2，也可以用綫段 *1—1′*及*2—2′*的中点的联綫（所謂平分綫）来代替角度 α 的二等分綫。

这种方案的公式如下：

$$V=B_1h_{cp_1}+B_2h_{cp_2};$$

$$Q=B_1q_{cp_1}+B_2q_{cp_2};$$

$$P=B_1P_{cp_1}+B_2P_{cp_2}.$$

此处 h_{cp_1} 及 h_{cp_2}；q_{cp_1}及q_{cp_2}；P_{cp_1}及P_{cp_2}——分别表示沿已知勘探綫的礦体厚度、礦產綫性儲量及有用成分的綫性儲量的平均值。

不平行剖面法計算儲量的第三种方案系采用如下的公式：

$$V=\frac{\alpha\cdot a}{2}\sum_{1}^{n}(\rho_0+(i-0.5)a)y_i,$$

式中 α——由平面圖上量得的兩剖面間的夾角，以弧度表示（圖14及15）；

ρ_0——由剖面的交点至該剖面的起点間的距离，同样由这平面圖上量得（圖14）；同时，ρ_0 值对于兩个剖面是各不相同的：ρ_{0_1} 及 ρ_{0_2}；

a——鉛直綫間的距离（这些鉛直綫將剖面面積划分为同寬度的單元帶）也即帶的寬度（圖

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

16）；

n ——单元带的个数；

y_i ——某一单元带的磁体垂直厚度的平均值（为了使下确定剖面的y_i值可用公厘方格紙作圖）；

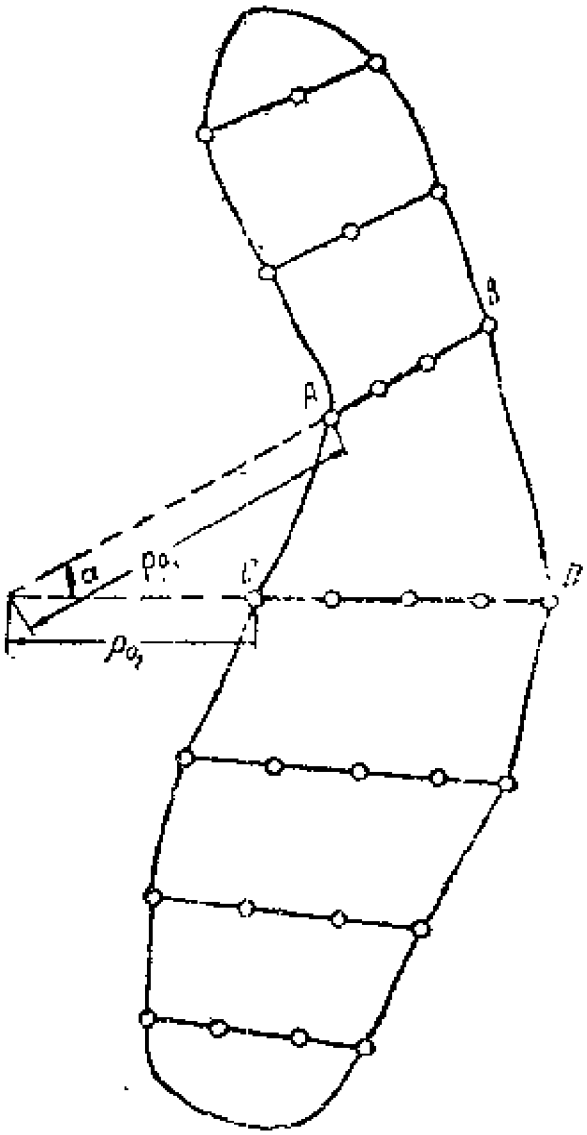


圖14 不平行剖面法——不平行剖面相交于儲量計算边界外的情况

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

i ——帶的編号（1、2、3等）。

当剖面交綫位于計算体積的边界内时（礦体范圍内）（圖15——Ⅲ—Ⅲ和Ⅳ—Ⅳ剖面綫），数值y_0为零，因面公式的形式如下：

$$V=\frac{\alpha}{2}\cdot a^2\sum_{1}^{n}(i-0.5)y_i.$$

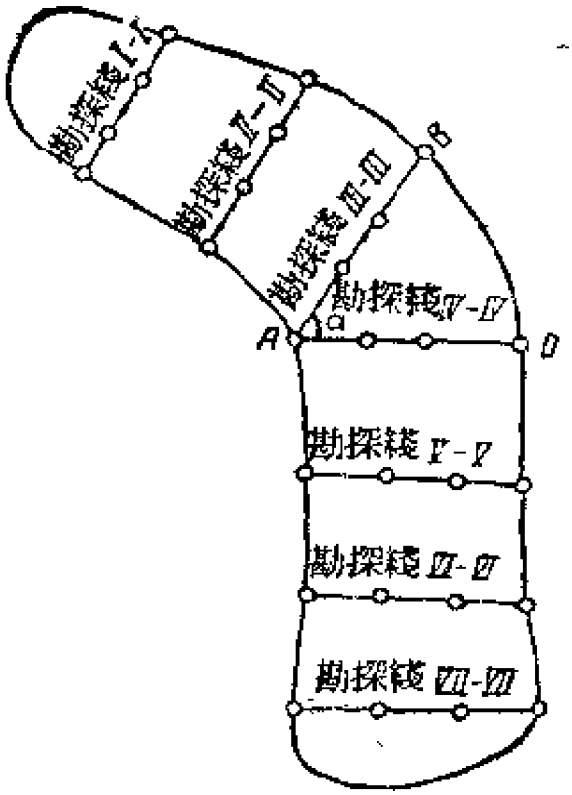


圖15 不平行剖面法——不平行剖面相交于儲量計算边界内的情况

最后的兩个公式可以在不需要求剖面的重心及剖面面積与平面面積的条件下，求得相交剖面間的礦体体積与儲量。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

按这些公式求和（計算$\sum_{1}^{n}$），可以一下計算兩个剖面，而无需按每一个剖面單独求和。

最后的公式是本書作者所提出的方法（所謂輻射方向法）的基礎，用以根据厚度等值綫及礦產（或成分）的綫性儲量等值綫来确定儲量。

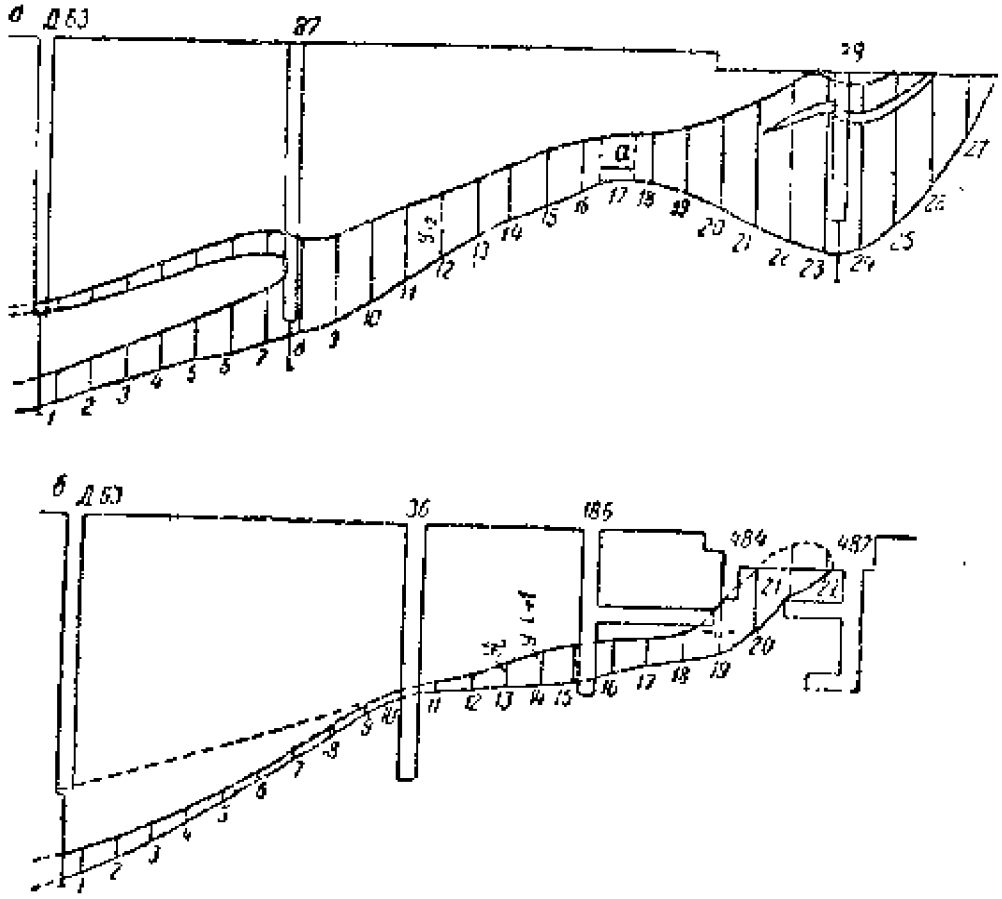


圖16 按半旋轉角公式計算的示意圖：
а—剖面Ⅰ；б—剖面Ⅱ。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

輻射綫法

用这种方法时，礦体（或礦体的一部分）的礦產儲量被看作不平行垂直剖面間各个分層的儲量的总和，而这些剖面彼此互成同一角度且相交于同一条綫上。

在圖17及圖18中，这些剖面是用一組由同一点A出發的輻射綫表示出來。当有礦体厚度或礦產(有用成分)綫性儲量等值綫圖，或者相应的產狀等深綫圖(剝离厚度)时，用这种方法來計算礦產儲量或剝离体積是很容易实現的。

按輻射綫法計算礦產体積及礦產（有用成分）儲量，或者計算剝离体積可以用下列公式之一進行：

$$V=\alpha\cdot a^2\Sigma(i-0.5)y_i \text{ 或 } V=\alpha\Sigma\rho_i a_i y_i.$$

应用第一个公式时，称为等間距法；应用第二个公式时，則称为特征点法。

按公式 $V=\alpha a^2\Sigma(i-0.5)y_i$ 計算（等間距法）

我們有一种用礦体相应的計算要素繪制好的等值綫圖(礦層厚度h、剝离厚度H、礦產綫性儲量q或有用成分綫性儲量P的等值綫)，在这种圖上画出輻射綫網，这些輻射綫成相同的角度α相交于A点，A点大致位于計算面積的中央(見圖17)。这些輻射綫間的角度最好不小于30°。

从A点起沿每条輻射綫向兩边用兩脚規标出距离为$0.5a$；$1.5a$；$2.5a$；$3.5a$等的点子。并且各輻射綫上的a值都相等，a值的大小应根据輻射綫的長短按照如下的原則來确定：要使每条輻射綫上有相当多的点子。在每个这些点子的旁边标出相应的数值0.5；1.5；2.5等。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

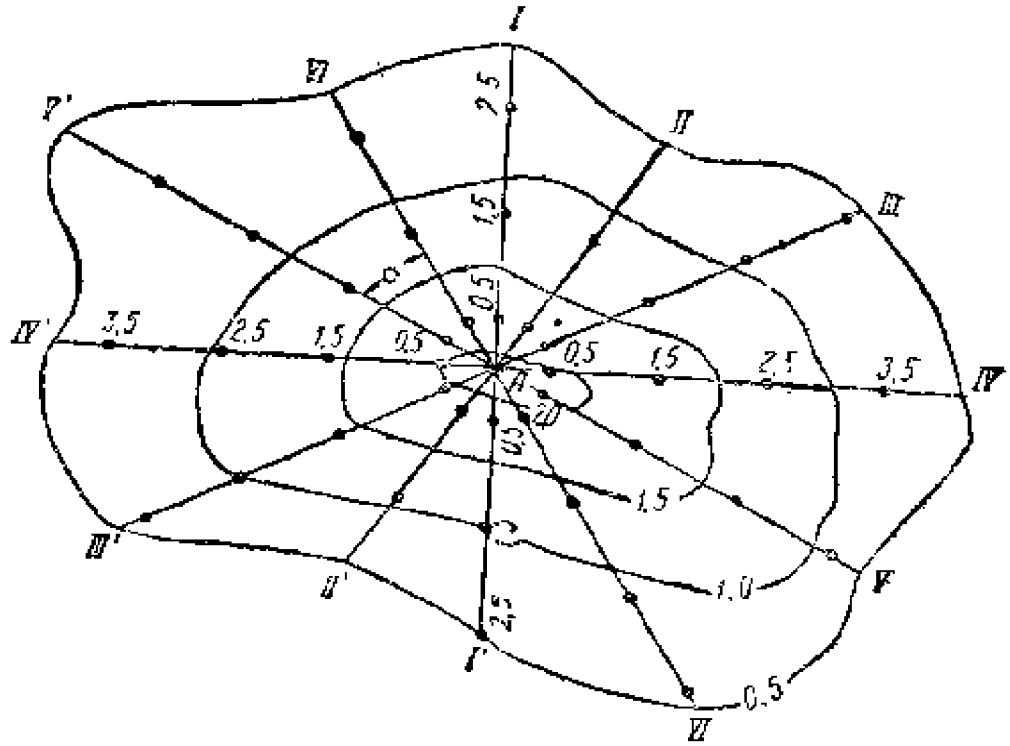


圖17　用輻射綫法按等值綫計算儲量——等間距法

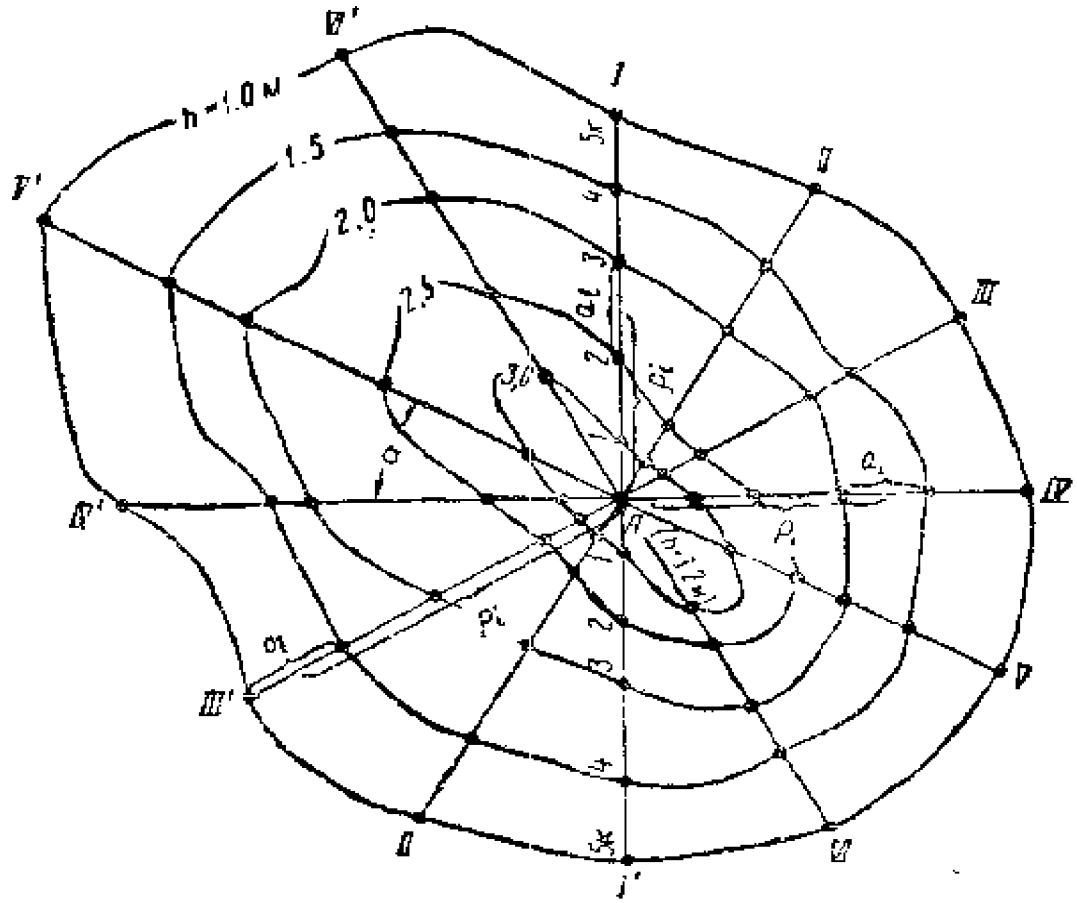


圖18　用輻射綫法按等值綫計算儲量——特征值法

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$(i-0.5)\,y_i$ 的乘积　　表 1

y_i \ $i-0.5$	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.50	8.50	9.50	10.50	11.50	12.50	13.50	14.50	15.50
0.10	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05	1.15	1.25	1.35	1.45	1.55
0.20	0.10	0.30	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10
0.30	0.15	0.45	0.75	1.05	1.35	1.65	1.95	2.25	2.55	2.85	3.15	3.45	3.75	4.05	4.35	4.65
0.40	0.20	0.60	1.00	1.40	1.80	2.20	2.60	3.00	3.40	3.80	4.20	4.60	5.00	5.40	5.80	6.20
0.50	0.25	0.75	1.25	1.75	2.25	2.75	3.25	3.75	4.25	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75	7.25	7.75
0.60	0.30	0.90	1.50	2.10	2.70	3.30	3.90	4.50	5.10	5.70	6.30	6.90	7.50	8.10	8.70	9.30
0.70	0.35	1.05	1.75	2.45	3.15	3.85	4.55	5.25	5.95	6.65	7.35	8.05	8.75	9.45	10.15	10.85
0.80	0.40	1.20	2.00	2.80	3.60	4.40	5.20	6.00	6.80	7.60	8.40	9.20	10.00	10.80	11.60	12.40
0.90	0.45	1.35	2.25	3.15	4.05	4.95	5.85	6.75	7.65	8.55	9.45	10.35	11.25	12.15	13.05	13.95
1.00	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50	6.50	7.50	8.50	9.50	10.50	11.50	12.50	13.50	14.50	15.50
1.10	0.55	1.65	2.75	3.85	4.95	6.05	7.15	8.25	9.35	10.45	11.55	12.65	13.75	14.85	15.95	17.05
1.20	0.60	1.80	3.00	4.20	5.40	6.60	7.80	9.00	10.20	11.40	12.60	13.80	15.00	16.20	17.40	18.60
1.30	0.65	1.95	3.25	4.55	5.85	7.15	8.45	9.75	11.05	12.35	13.65	14.95	16.25	17.55	18.85	20.15
1.40	0.70	2.10	3.50	4.90	6.30	7.70	9.10	10.50	11.90	13.30	14.70	16.10	17.50	18.90	20.30	21.70
1.50	0.75	2.25	3.75	5.25	6.75	8.25	9.75	11.25	12.75	14.25	15.75	17.25	18.75	20.25	21.75	23.25
1.60	0.80	2.40	4.00	5.60	7.20	8.80	10.40	12.00	13.60	15.20	16.80	18.40	20.00	21.60	23.20	24.80
1.70	0.85	2.55	4.25	5.95	7.65	9.35	11.05	12.75	14.45	16.15	17.85	19.55	21.25	22.95	24.65	26.35
1.80	0.90	2.70	4.50	6.30	8.10	9.90	11.70	13.50	15.30	17.10	18.90	20.70	22.50	24.30	26.10	27.90
1.90	0.95	2.85	4.75	6.65	8.55	10.45	12.35	14.25	16.15	18.05	19.95	21.85	23.75	25.65	27.55	29.45
2.00	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	19.00	21.00	23.00	25.00	27.00	29.00	31.00
2.10	1.05	3.15	5.25	7.35	9.45	11.55	13.65	15.75	17.85	19.95	22.05	24.15	26.25	28.35	30.45	32.55
2.20	1.10	3.30	5.50	7.70	9.90	12.10	14.30	16.50	18.70	20.90	23.10	25.30	27.50	29.70	31.90	34.10
2.30	1.15	3.45	5.75	8.05	10.35	12.65	14.95	17.25	19.55	21.85	24.15	26.45	28.75	31.05	33.35	35.65
2.40	1.20	3.60	6.00	8.40	10.80	13.20	15.60	18.00	20.40	22.80	25.20	27.60	30.00	32.40	34.80	37.20
2.50	1.25	3.75	6.25	8.75	11.25	13.75	16.25	18.75	21.25	23.75	26.25	28.75	31.25	33.75	36.25	38.75
2.60	1.30	3.90	6.50	9.10	11.70	14.30	16.90	19.50	22.10	24.70	27.30	29.90	32.50	35.10	37.70	40.30
2.70	1.35	4.05	6.75	9.45	12.15	14.85	17.55	20.25	22.95	25.65	28.35	31.05	33.75	36.45	39.15	41.85
2.80	1.40	4.20	7.00	9.80	12.60	15.40	18.20	21.00	23.80	26.60	29.40	32.20	35.00	37.80	40.60	43.40
2.90	1.45	4.35	7.25	10.15	13.05	15.95	18.85	21.75	24.65	27.55	30.45	33.35	36.25	39.15	42.05	44.95
3.00	1.50	4.50	7.50	10.50	13.50	16.50	19.50	22.50	25.50	28.50	31.50	34.50	37.50	40.50	43.50	46.50

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

根据等值綫按上述的每一点讀取相应指数值 y_i（h_i, H_i, q_i 或 P_i），此处 i 表示从A点算起的点的編号，然后根据取得的讀数与該点編号之（註于下面的点旁）相当的数值 $i-0.5$（0.5; 1.5; 2.5等），按表1求得相应的乘積項：

$(i-0.5)h_i$; $(i-0.5)H_i$; $(i-0.5)q_i$; 或 $(i-0.5)P_i$.

用弧度表示的角值　　表 2

度数	弧度	度数	弧度	度数	弧度
1	0.017	31	0.541	61	1.065
2	0.035	32	0.559	62	1.082
3	0.052	33	0.576	63	1.100
4	0.070	34	0.593	64	1.117
5	0.087	35	0.611	65	1.134
6	0.105	36	0.628	66	1.152
7	0.122	37	0.646	67	1.169
8	0.140	38	0.663	68	1.187
9	0.157	39	0.681	69	1.204
10	0.175	40	0.698	70	1.222
11	0.192	41	0.716	71	1.239
12	0.209	42	0.733	72	1.257
13	0.227	43	0.750	73	1.274
14	0.244	44	0.768	74	1.292
15	0.262	45	0.785	75	1.309
16	0.279	46	0.803	76	1.326
17	0.297	47	0.820	77	1.344
18	0.314	48	0.838	78	1.361
19	0.332	49	0.855	79	1.379
20	0.349	50	0.873	80	1.396
21	0.367	51	0.890	81	1.414
22	0.384	52	0.908	82	1.431
23	0.401	53	0.925	83	1.449
24	0.419	54	0.942	84	1.466
25	0.436	55	0.960	85	1.484
26	0.454	56	0.977	86	1.501
27	0.471	57	0.995	87	1.518
28	0.489	58	1.012	88	1.536
29	0.506	59	1.030	89	1.554
30	0.524	60	1.047	90	1.571

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

对全部上述輻射綫上的点子的讀数，都經过这样的計算，并按下式求出各相应乘積的总和。

$$\Sigma(i-0.5)y_i;\quad \Sigma(i-0.5)H_i;\quad \Sigma(i-0.5)q_i$$

$$或\ \Sigma(i-0.5)P_i.$$

再將这个和数乘以常数 αa^2，此处 α 用弧度表示，其值自表 2 中查得，当 $\alpha=30°$，$a=4$ 公尺时，这一系数等于 8.384 平方公尺。

用輻射綫法的特征点法計算礦產体积　　表 3

点　号	$\rho_{i,M}$	$a_{i,M}$	$y_{i,M}$	$\rho_i a_i y_i, M^3$
輻射綫　I — I′				
5K				
4	38.5	20.0	1.25	963.0
3	28.5	18.0	1.75	900.0
2	19.5	16.0	2.25	764.0
1	11.5	15.0	2.75	475.0
A	4.0	8.0	3.10	99.5
1	4.0	8.0	3.10	99.5
2	10	12	2.75	330.5
3	16	12	2.25	453.0
4	26	21	1.75	910.0
5K	35	18	1.25	790.0
輻射綫　II — II′				
輻射綫　III — III′				
余类推				

$\Sigma = 19700$

$\alpha = 0.524$（弧度）

$V = 10330.3^{M^3}$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

为了校查起見，可以將輻射綫網以第一位置为准轉动某一角度，然后进行重复計算，以便比較兩种輻射綫網位置的計算結果。

由此可見，按該公式計算不僅不用求測量面積，而且也无需編制任何計算表。

按公式$V=a\Sigma\rho_i a\, y_i$計算（特征点法）

公式中包括（見圖18）：

a ——輻射綫間的夾角，以弧度表示；

a_i——兩相鄰等值綫沿某輻射綫的距离；

ρ_i——沿某輻射綫从起点（A）到兩相鄰等值綫間的中点的距离（圖18）；

y_i——兩相鄰等值綫的指数（h、H、q 或 P）的平均值。

在起始輻射綫任意的定位下，通过大致位于計算面積中央的 A 点，作夾角 a 相等的各輻射綫与儲量計算边界相交。ρ_i 及 a_i 值是用比例尺在平面圖上量得，而 y_i 值則可当作相鄰等值綫上指数的算術平均值來求。

数值 ρ_i、a_i、y_i 可按輻射綫与各等值綫的兩个相鄰交点的每一个分別求得，而对于輻射綫的端点則按輻射綫与边界等值綫，及計算边界的兩交点來确定。在圖18所示的情况下，計算边界也就是等值綫。

將上述各值求得的結果填寫在表3的2、3、4欄的各相应行中。然后將 ρ_i、a_i、y_i 这些数值按每一行互乘起來，其乘積值填入第5欄中。这种乘法可以用計算尺來作。

对全部各对輻射綫可以一下求得其乘積（$\Sigma\rho_i a_i y_i$）的

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

总和，然后再在这总和上乘以輻射綫間的角值 α（以弧度表示）。

根据計算用的等值綫类型的不同，上述乘積可确定礦產体積 V，礦產儲量 Q，有用成分儲量 P 或剝离体積 V'。

这种方案也和前述的輻射綫法方案一样，可以应用中心輻射綫組对計算平面圖的另一种定位方式來進行計算，以資檢驗。

塊 段 法

从前常把下列方法叫做塊段法，这种方法是把各个塊段的儲量彙总起來而求得礦產总儲量的，其中这些塊段的周圍均被順礦產开掘的礦山坑洞所限定(圖19)。該方法的这种形式曾經是为了計算脉狀礦体的礦石和金屬的儲量而提出的。其实質如下：

1.沿圈定礦塊的每一礦山坑洞（沿平巷AB及BT和天井TA及BB）計算礦脉的平均厚度。这种厚度可以根据坑洞中*1*，*2*，*3*，*4*……*26*，*27*各点所測的数据，按算術平均值或加权平均值計算。在圖19所示的例子中，測点間距离大致相同，因此厚度采用算術平均值。

2.每一礦塊的礦脉平均厚度是取圈定該礦塊的各坑洞中的平均厚度的加权平均值，并以各坑洞的長度作为权。

3.礦塊的体積是由礦塊的面積与該礦塊的礦脉平均厚度的乘積來确定。

4.圈定礦塊的每一礦山坑洞的礦石中平均金屬含量，是按每一取样点的礦脉厚度的加权平均值來确定。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

5. 全礦塊的金屬平均含量是按圈定該礦塊的各礦山坑洞的垂直剖面面積的加权平均值來确定。

圖19为每一巷道塊段的断面，各断面上表示有测量点和取样点的号数、礦脉的厚度值（公尺）及金屬的含量值（克/噸）。

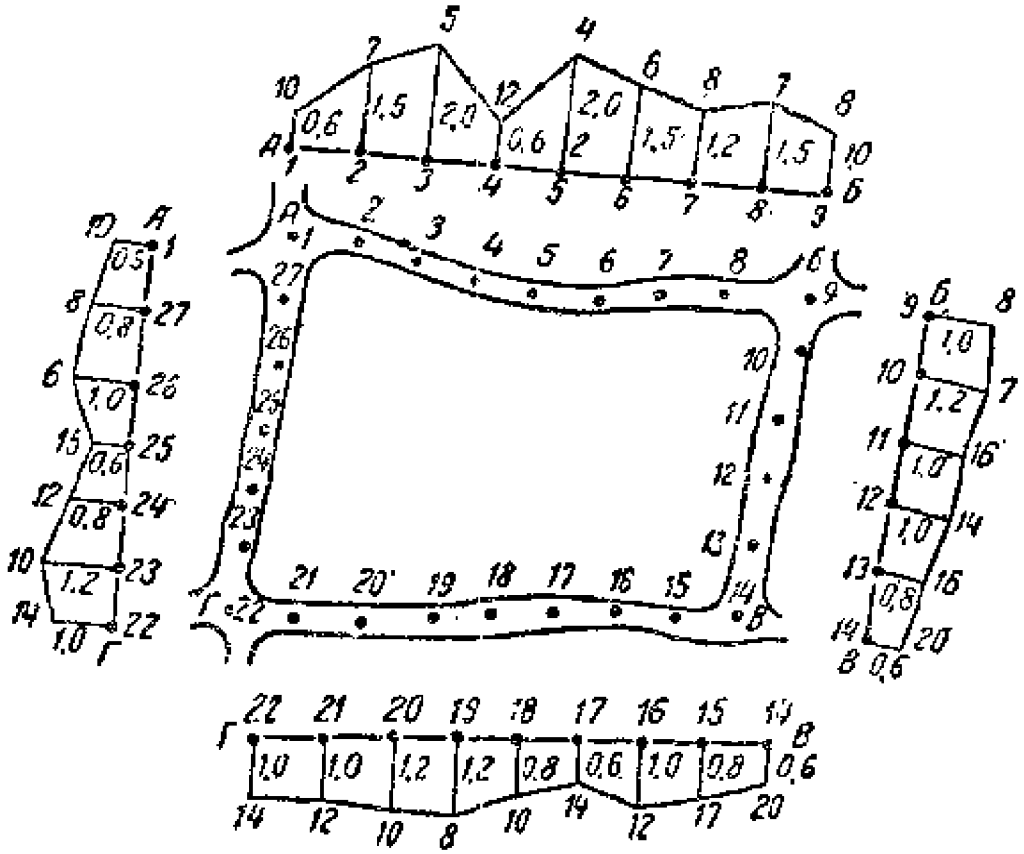


圖19 塊 段 法

6. 确定儲量：

a. 礦塊中的礦石儲量是由礦塊中的礦石体積与其容重的乘積來确定。

б. 礦石中的金屬儲量是由礦石儲量与該礦塊中礦石的金屬平均含量的乘積來确定。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

当塊段法用于計算由礦山坑洞所圈定的礦塊的时候，斯米尔諾夫把它称为开采塊段法，它与地質塊段法的区别在于地質塊段法不是用开采坑洞圈定礦塊，而是用礦体的断層綫，地質分类的不同級别和类型的儲量的分界綫（A_1、A_2、B、C_1、C_2）或者礦產不同品級(或类型)的儲量的分界綫來圈定礦塊。

在这种形式的礦塊中，礦体厚度或其他計算要素的平均值，通常都按該塊段內各勘探坑洞的相应要素的算術平均值来得。

开采塊段法可以广泛用于开采过程中計算各种类型的礦体及個体礦產的儲量，特别是用于按准备开采程度划分儲量的时候。

地質塊段法則广泛用于按礦体各部分的研究程度及勘探程度划分儲量的条件下，以及按礦產的品級和类型划分儲量的条件下。

最近地区法

这种方法最初是由 A.F. 鮑尔迪烈夫教授所提出，用以計算砂礦床的儲量。該方法在于令某勘探坑洞所得的礦体指数的影响圈(权)等于一多边形的面積，这种多边形是由本坑洞与各相鄰坑洞的联綫的中点所作的各

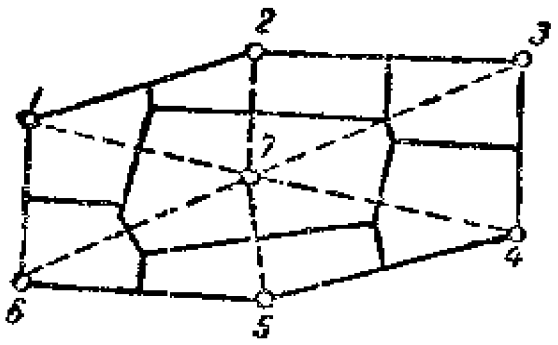


圖20 最近点法（最近地区法）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

垂綫相交而成(圖20)。

該方法所用的計算公式如下:

$$V=\Sigma B_i h_i; \quad Q=\Sigma B_i q_i; \quad P=\Sigma B_i P_i.$$

此处: B_i——由上述作法在坑洞旁所画成的多边形面積(所謂最近点地区);

i——坑洞編号(鑽眼,小井等);

h_i、q_i、P_i——編号为 i 的坑洞的礦体厚度,礦產綫性儲量及有用成分的綫性儲量。

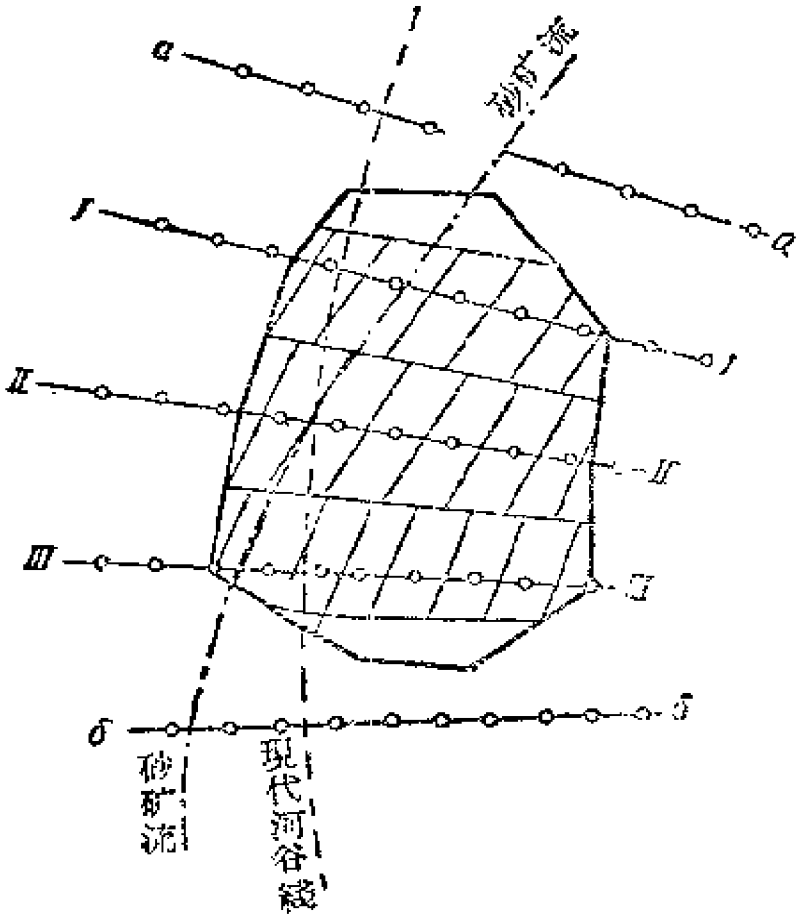


圖21 地 貌 法

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

在用这种方法时，假定坑洞都打在矿体指数具有特征变化的地方。事实上，在矿体开采前我們对这些特征点是不知道的。因此在某些情况下，这些权（最近点地区）甚至可能歪曲計算的結果。此外，該方法的缺点是划出影响地区（最近点地区）及确定这些地区（由于多边形的形狀不規則）的面積的工作很繁重。

促使实际中选用这种計算法的主要原因之一，是該計算法能將儲量划分成各种类型与品級。然而，必需指出在考慮到坑洞的分布与矿体形狀和性質的特征变化的实际点位置不等时，这种划分在一定程度上是假定的。

正如B.П.斯米尔諾夫和A.П.普罗科菲耶夫所指出的那样，这种以圈定各点的影响地区为基礎的划分法是不够精确的，特别是对于金屬矿体。

作为本种方法基礎的几何标誌在許多情况下都可能不符合矿产性質在空間和平面上的实际分布情况。因为这沒有考慮到这种分布的地貌特征。

地　貌　法

当砂矿床的現代河谷綫与非古代河谷綫不相重合时，对于該矿床勘探工作的研究，采用这种計算法。同时，勘探綫是垂直于現代河谷綫而布置的，但这种垂直于勘探綫的現代河谷綫与砂矿中金屬最大含量綫不相重合。也就是說，与所謂"砂矿流"不相重合(圖21)。

用这种方法划定各个别坑洞的影响地区时，力求反映出由矿床地質所决定的砂矿中金屬分布的形狀（砂矿的地

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

貌）。

当“砂礦流”方向与現代河谷綫方向偏离較大，而勘探綫垂直于現代河谷綫布置时，划定最近点地区的几何标誌，可能与砂礦中金屬的实际分布有很大差别。这时应用地貌法計算儲量是适宜的，这种方法的內容如下：

根据砂礦中金屬的最低工業含量划定礦床可采部分儲量計算的边界后，就可在每一綫上找到相当于砂礦中金屬含量最高的一点，这一点就决定了砂礦流在这条勘探綫上的位置。然后对每一条勘探綫以同样的方式求得各相应的金屬最高含量点，并以光滑的曲綫联結砂礦流的各个点，即得砂礦流方向。于是过每兩相鄰坑洞的中央作一直綫平行于“砂礦流”，这些直綫与早先划好的各勘探綫夾角的二等分綫相交，因而在每一坑洞周圍形成坑洞的影响地区。这些地区不是按形式上的几何标誌，而是按地貌标誌划定的，也就是說，考慮到砂礦中金屬的实际分布的性質。

走向-傾斜地区法

上面討論的地貌法是在适当的情况下用以代替最近地区法計算儲量。層狀礦床与脉狀礦床的标誌（計算要素）值的分布規律可能与它的走向或傾斜有关系。

在划定坑洞的影响地区时，对于按某一种标誌划分儲量，常力求考慮到标誌分布的地貌，而同时又尽量使这些地区的划分及其面積的測定得以簡化。这种企圖在本書作者所提出的走向傾斜地区法中有所反映。

这种方法的內容如下：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

在公厘方格紙上繪制勘探坑洞平面圖（圖22，a及б），同时坑洞要这样来定位，以便使得礦層或礦脉的主要（一般）走向方向与公厘方格紙的水平綫相重合。然后，不是像最近地区法那样通过坑洞連綫的中点作它的垂綫，而是作礦層的走向綫与傾斜綫。这些直綫在每一个坑洞周圍相交成一个直角多边形，有时或相交成三角形（边界处）。

这些多边形的作圖因其边界可以沿公厘方格綫划定而得以簡化。同样，多边形面積的測定也可以簡化，因为由于多边形都是由直角所組成，可以利用公厘方格綫按几何法計算其面積。

对于那些成分含量（或其他标誌）的变化性質遠礦層（或礦脉）走向与傾斜方向而不同的礦床，这种方法还能划出符合于該标誌分布的地貌的各种儲量来。

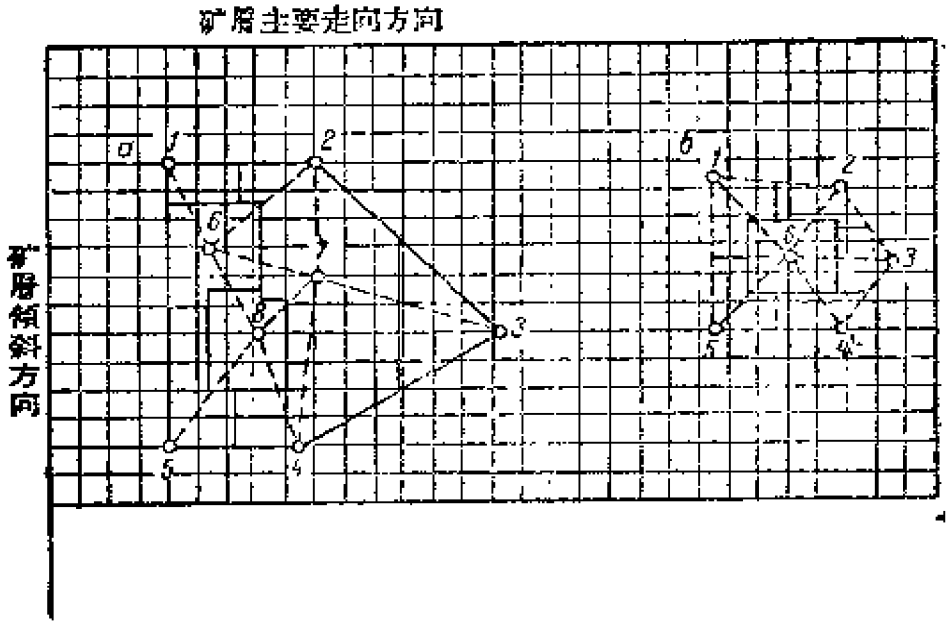


圖22　走向傾斜地区法

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

几何圖形法

这种計算方法的根据是个礦体全部計算部分的体積等于一种規則几何圖形的体積，或者是將礦体划分为几部分，其中每一部分的体積等于規則几何圖形的体積。

在这种情况下，采用梯形体、圓錐体、三稜形、稜錐体、球体、橢圓体、楔形、方尖柱等公式計算。

当采用所謂假定外推法將边界外推至勘探水平以外或外推至礦体其他部分时，例如，在按三稜形、稜錐体、"基底"法等外推时，可以应用几何圖形法。同样在确定煤倉中煤堆的体積和礦体采空区的体積等时，也采用这种方法。

第二章　計算儲量驗算公式的推導

在与繁重計算有关的礦山測量、大地測量及其他計算工作中，都采用驗算公式，以便能控制內部計算工作的正确性，这种驗算采用某种計算法所得的計算成果來進行驗算，并不采用其他方法去進行驗算。

这类公式对于儲量計算的实踐也是有益的。

为了詳細研究这些公式，先要对各种計算方法所用的公式來加以分析，分析是从所考慮到的那些計算要素有变化的观点出發的。这些要素是：礦層或礦脉的傾角，礦体厚度、礦產或有用成分的綫性儲量、礦体剖面面積、礦產或有用成分的面積儲量。同时在每一个别的計算法中，考

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

慮有变化的不是全部要素，而只是一个或者几个要素。

由考慮上述要素的变化的观点，可以將礦產儲量計算法划分为下列几类：

1.考慮礦体傾角有变化的方法；

2.考慮礦体厚度或有用成分含量有变化的方法，考慮沿坑洞的礦產或有用成分的綫性儲量有变化的方法；

3.考慮礦体剖面面積或者礦產及有用成分的面積儲量有变化的方法；

4.几何圖形法。

屬于考慮礦層傾角有变化的方法的有：

1)礦層平均傾角（对投影平面）法；

2)巴曼法。

礦層面的面積由这些方法直接加以确定。

用"礦層平均傾角（对投影平面）"法計算时，礦層面的面積（見圖7）对于水平投影面可用下列公式表示：

$$F=\Sigma B_i \sec \delta_i .$$

上式的右边同时以一数值 $B=\Sigma B_i$ 來乘除（ΣB表示礦層傾角大致不变的各个地区的面積和），則公式可寫成下列形式：

$$F=B\cdot\frac{\Sigma B_i \sec \delta_i}{\Sigma B_i}.$$

公式右边的分数表示礦層傾角正割的加权平均值，同时权就是求出傾角正割的各地区的面積。

由此可見，按这种方法計算的直接成果表示計算面積的常量B与变量的加权平均值的乘積，而这种变量就是礦

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

層傾角的正割。

顯然，在投影面为垂直面时，經过类似的換算后，公式具有如下的形式：

$$F=C\frac{\Sigma C_i \operatorname{cosec}\delta_i}{\Sigma C_i},$$

式中 C_i——各个地区在垂直投影中的面積。

其他儲量計算法算得的成果，同样也可用常量与变量的加权平均值的乘積來表示。不同方法的上述共同情况是拟定驗算通用公式的根据。

大家都知道，巴曼教授法中的礦層面面積（第17頁）按下式确定：

$$F=\Sigma F_i=\Sigma\sqrt{B_i^2+C_i^2},$$

式中

$$F_i=\sqrt{B_i^2+C_i^2}.$$

末一公式是用以求兩相鄰等高綫間的礦層斜面面積的，这个公式可以改寫成下列形式：

$$F_i=\sqrt{B_i^2+C_i^2}=\sqrt{B_i^2+H^2l^2}=B_i\sqrt{1+\frac{H^2l^2}{B_i^2}}$$

$$=B_i\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\delta_i}=B_i\sqrt{\sec^2\delta_i}=B_i\sec\delta_i,$$

式中 H——等高綫的間距；

l——中央等高綫（位于兩相鄰等高綫之中）的長度；

δ_i——該地区內礦層傾角的平均值。

我們利用这种改寫了的公式，可以用与上面相类似的

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

步驟以巴曼法按下式來确定礦層的全部面積：

$$F=B\frac{\Sigma B_i\sec\delta_i}{\Sigma B_i}.$$

为了拟定出儲量驗算的統一公式，可以將前面兩种計算法用下列公式來表示：

$$F=B\sec_{.p}\delta\cdots\cdots\text{ 或 }F=C\cdot\operatorname{cosec}_{.q}\delta,$$

式中 $\sec_{.p}\delta$ 及 $\operatorname{cosec}_{.p}\delta$ ——分別表示全部計算面積內的礦層傾角的正割或余割的平均值。

在这一公式中，計算常量是礦層水平（或垂直）投影的面積，而变量則是礦層傾角的正割或余割。

考慮厚度（礦产綫性儲量）或成分含量（有用成分的綫性儲量）有变化的儲量計算法

这类儲量計算法中包括以下几种：

1.厚度（或成分含量，或綫性儲量）算術平均值計算法；

2.坑洞影响区分析計算法；

3.索波烈夫斯基教授体積方格紙法；

4.三角形法；

5.最近地区法；

6.塊段法。

用这些方法算得的成果是礦体体積或礦產（或有用成分）儲量。其中取平均值的变量是：礦体厚度或成分含量及礦產或有用成分的綫性儲量。

从公式本身及其方法的名称中，顯然可以看出，形式

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

最簡單的厚度（綫性儲量）算術平均計算法(參閱圖 2)屬于这类的計算法。坑洞影响区分析計算法(參閱圖 3)中求体積的公式如下：

$$V=s_{\text{Б}}\left(\Sigma h_{\text{Л}}+\Sigma h_{\text{К}}\frac{k-2}{2k}\right).$$

全部边界坑洞影响区的总面積等于边界坑洞数 k 与一个边界坑洞影响区的面積的平均值 $s_{\text{Л}}$ 的乘积，这一总面積可由下式确定：

$$ks_{\text{К}}=s_{\text{Б}}\frac{k-2}{2},$$

此时，上述公式可寫成：

$$V=s_{\text{Л}}\Sigma h_{\text{Л}}+s_{\text{К}}\Sigma h_{\text{К}}.$$

假設公式的右边乘以下列数值：

$$\frac{B}{s_{\text{Б}}m+s_{\text{К}}k}.$$

此处 $s_{\text{Б}}m+s_{\text{К}}k=B$

則得：

$$V=B\frac{s_{\text{Л}}\Sigma h_{\text{Л}}+s_{\text{К}}\Sigma h_{\text{К}}}{s_{\text{Б}}m+s_{\text{К}}k},$$

式中分数表示全部儲量計算面積中的礦体加权平均厚度。

假如体積方格紙法公式（第12頁）中的数值 B_0，代之以 $\frac{B}{N}$，則公式就具有下列形式：

$$V=B\frac{\Sigma h}{N};\qquad Q=B\frac{\Sigma q}{N}\text{ 及 }\quad P=B\frac{\Sigma P}{N},$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

式中分数表示盖着矿体面积的全部方格点的厚度，或綫性储量的算術平均值。

假如我們在这一类計算矿体体積或储量的其他方法的公式中，引入一个計算总面积B作为乘数与除数，其值等于測定厚度或綫性储量的地区（三角形、最近地区、塊段）的面積的总和。那末，按这类方法算得的成果可写成下列形式：

对于三角形法（第14頁）

$$V=B\frac{\left[Bi\ \frac{\Sigma h}{3}\right]}{[Bi]};$$

对于最近地区法（第40頁）

$$V=B\frac{①}{\frac{\Sigma Bihi}{\Sigma Bi}};$$

对于塊段法（第38頁）

$$V=B\frac{\left[Bi\left[P\ \frac{\Sigma P'h}{\Sigma P'}\right]\right]}{\frac{\Sigma P}{\Sigma Bi}}.$$

由此可見，全部計算面積中的平均厚度或平均綫性储量在許多情况下都是不簡單的，而为某一階段的复雜平均数。例如，对于塊段法来說，全部計算面積中的平均厚度，按各塊段的厚度的平均值来計算，其中各塊段的权

① 原文缺此和数符号，疑原文有誤——譯者。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

(B_i)就是每一塊段的面積；每一塊段的厚度又由圈定塊段的各坑洞的平均厚度的加权平均值來确定。其中平均厚度的权(P)就是坑洞的長度；而各坑洞的平均厚度本身，則按該坑洞內的各个厚度的測量值的加权平均值或算術平均值來計算。这些測量值的权(P')在坑洞中測量点分布不均勻时（常見的情况）用該測点与其兩相鄰測点間距离的半和來表示。

上述这类方法的特点可以用一般公式，$V=B\cdot h_{cp}$，$Q=B\cdot q_{cp}$或者$P=BP_{cp}$表示出來，其中P_{cp}、q_{cp}或h_{cp}表示直接确定值P、q或h的平均值。

考慮礦體剖面面積（礦产或有用成分的面積儲量）变化的方法

屬于这些方法的有：

1.平行剖面法（第19頁）；

2.不平行剖面法（相交剖面法）（第25頁）。

如果利用剖面面積計算，則用这些方法算得的直接成果是礦体体積，如果采用剖面的面積儲量計算，則其直接成果为礦產(成分)儲量。

我們用L表示礦体边緣兩平行剖面間的法綫距离。

假設剖面間距离相等时，將梯形公式中的剖面間的距离H換成与它相等的数值$\frac{L}{n-1}$；將截头圓錐体公式中的数值$\frac{H}{3}$換成$\frac{L}{3(n-1)}$；將角柱形公式中的数值$\frac{H}{6}$換成

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

平行剖面法的变态公式　　表 4

公式名称	剖面间距离相等	剖面间距离不等
梯形公式	$V=L\dfrac{0.5S_1+0.5S_n+\sum_{2}^{n-1}S_i}{n-1}$	$V=L\dfrac{\left[\left(\frac{S_i+S_{i+1}}{2}\right)H_i\right]}{\Sigma H_i}$
截头棱锥体公式	$V=L\dfrac{S_1+S_n+2\sum_{2}^{n-1}S_i+\sum_{i=1}^{i=n-1}\sqrt{S_iS_{i+1}}}{3(n-1)}$	$V=L\dfrac{\left[\left(S_i+S_{i+1}+\sqrt{S_i\cdot S_{i+1}}\right)\right]\cdot H_i}{3\Sigma H_i}$
角柱形公式	$V=L\dfrac{S_1+S_n+2\sum_{2}^{n-1}S_i+4\Sigma S_{0i}}{6(n-1)}$	$V=L\dfrac{\left[\left(\frac{S_i+S_2+4S_n}{6}\right)H_i\right]}{\Sigma H_i}$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$\frac{L}{6(n-1)}$；而在剖面間距离不相等时，則作相应的計算公式的右边引入一数值L作为乘数，并引入一与它相等的数值ΣH_i作为除数，那么礦產的体積同样也是常量L（剖面間距离）与变量的加权平均值的乘積，在本例中該变量就是礦体剖面的面積S。各变态公式載于表4。

將各相应值S处的系数相加，即可証明，由分数表示的乘数就是加权平均值。例如，系数的总和，即剖面間距离相等时的梯形公式中各S值的权的总和，等于$0.5+0.5+(n-2)=n-1$，这个数值等于分数的分母——权的总和。

系数的总和，即剖面間距离相等时的角錐形公式中各S值的权的总和等于$1+1+2(n-2)+(n-1)=2+2n-4+n-1=3n-3=3(n-1)$，这个数值等于分数的分母——权的总和。

同时，截头圓錐体公式与其他兩公式的区别，在于求平均剖面时，不僅利用直接确定的剖面，而且还利用相鄰剖面的直接确定值S的几何平均数$\sqrt{S_i \cdot S_{i+1}}$。

角柱形公式是由礦体剖面面積加权平均数構成的第三种公式。当剖面間距离相等时，表4所列的式子中的分数表示直接确定值的平均数；当剖面間距离不相等时，这些分数是某数值的平均数，这些数值本身又是由另外一些数值計算出來的平均数。

如果在平行剖面法的其他方案的情况下，应用的不是剖面的大小，而是剖面的面積儲量，那末同样可以得到类似的公式。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

因此，平行剖面法的公式的一般形式可以寫成：

$$V=L\cdot S_{cp}\text{ 或 }Q=Lq_{S_{cp}};\quad P=LP_{S_{cp}}.$$

只有平行剖面法的最后兩个公式(第28頁)不能寫成一般形式，因为这个式子包括有一項改正面積B_c，它不是按測出的剖面用分析法求得，而是用圖解法求得。此外，在最后一式中，数值T_1和T_2以及随T_2而定的T_3也都是用圖解法确定的。

在不平行剖面法中，面積为S_1及S_2的兩相鄰剖面間的分層的体積，按照查拉塔烈夫所推荐的公式可以寫成下列形式：

$$1.\ V=\frac{a}{\sin\alpha}\cdot\frac{H_{П_1}+H_{П_2}}{2}\cdot\frac{2\cdot H_{П_1}S_1+H_{П_1}S_2+2H_{П_2}S_2+H_{П_2}S_1}{3\left(H_{П_1}+H_{П_2}\right)};$$

$$2.\ V=\frac{a}{\sin\alpha}\cdot\frac{H_{П_1}+H_{П_2}}{2}\cdot\frac{S_1+S_2}{2};$$

$$3.\ V=\frac{a}{\sin\alpha}\cdot\frac{H_{C_1}+H_{C_2}}{2}\cdot\frac{S_1+S_2}{2};$$

$$4.\ V=\frac{H_{П_1}+H_{П_2}}{2}\cdot\frac{S+S_2}{2};$$

$$5.\ V=\frac{H_{C_1}+H_{C_2}}{2}\cdot\frac{S_1+S_2}{2};$$

$$6.\ V=l_c\cdot\frac{S_1+S_2}{2}.$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

上面第一个精确的公式可改写成一般形式，也就是說，改写成常量 $\frac{\alpha}{\sin\alpha}$ 与变量平均值的乘积，其中变量为 H_{H_1} 和 H_{H_2}（由礦体每一剖面的重心至另一剖面所作的垂綫）以及剖面面积 S_1 和 S_2。

在这种情况下，公式中有兩个平均值 H_{cp} 和 S_{cp} 作为乘数。

我們比較这些公式，就可以看出，其中作为乘数的礦体平均剖面值，在第一个精确公式中是加权平均值，而在其余的公式中（用于剖面值相差不大时）則为算術平均值。

前三公式中的体積的一般形式是：

$$V=\frac{\alpha}{\sin\alpha}\cdot H_{cp}\cdot S_{cp},$$

其余的三个公式适用于剖面間夾角相当小及常数 $\frac{\alpha}{\sin\alpha}$（乘数）因趋近于 1 而不起作用的情况下。而在第六公式中（最簡化的公式）垂綫 Hc 的平均值用 Ic（剖面中心間的距离）来代替。

如將不平行剖面法的各公式加以綜合，則計算体積的公式如下：

$$V=\frac{\alpha^{\circ}}{\sin\alpha}\cdot H_{cp}\cdot S_{cp},$$

而計算儲量的公式如下：

$$Q=\frac{\alpha}{\sin\alpha}\cdot H_{cp}qs_{cp}\text{ 及 }P=\frac{\alpha}{\sin\alpha}\cdot H_{cp}\cdot Ps_{cp}.$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

这样，上述各方法的全部公式中，都包括有剖面面積或面積儲量的一般算術中数；而在不平行剖面法中，除了这个中数以外，还包含有H值的平均数。

平行剖面法中的常量是边界剖面間的距离L，不平行剖面法中的常量是比值$\frac{\alpha}{\sin\alpha}$。

只有用綫的影响区法（見第26頁）來進行平行剖面法的計算才是一种例外，这时計算体積和儲量的公式如下：

$$V=B_1h_{cp1}+B_2h_{cp2}=B\cdot h_{cp}\text{①};$$

$$Q=B_1q_{cp1}+B_2q_{cp2}=B\cdot q_{cp},$$

式中 B_1和B_2——某一剖面的影响区面積；

h_{cp_1}，h_{cp_2}及q_{cp_1}，q_{cp_2}——相应剖面的礦体厚度或礦產有用成分綫性儲量的平均值。

几何圖形法

体積的几何圖形，就是几何圖形法中計算的原始圖形。

許多几何圖形的体積，也可能表示成常量与圖形的变量的一般算術中数的乘積。

例如，方尖柱是一种直角形底面積不相等的多面体，

① 此兩式原文誤为 $V=\frac{B_1hcp_1+B_2hcp}{B_1+B_2}=B\cdot hcp$；

$$Q=\frac{B\,qcp_1+B_2qcp_2}{B+B_2}=Bqcp,$$

——譯者

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

它的各侧平面不相交于一点，其体積可由下式算出：

$$V=\frac{H}{6}[(2a+a_1)b+(2a_1+a)b_1]$$

$$=H\left[\left(\frac{2a+a_1}{3}\right)\frac{b}{2}+\left(\frac{2a_1+a}{3}\right)\frac{b_1}{2}\right]$$

$$=H\frac{2ab+a_1b+2a_1b_1+ab_1}{6},$$

式中 a、a_1、b及b_1——方尖柱各棱之長度，或者令$ab=S_1$；$a_1b=S_2$；$a_1b_1=S_3$及$ab_1=S_4$；

此处 S_1、S_2、S_3、S_4——由各棱的不同組合的乘積所表示的面積：

$$V=H\frac{2S_1+S_2+2S_3+S_4}{6},$$

也就是說，方尖柱的体積等于它的高H与S_1、S_2、S_3及S_4的四个面積的加权平均值的乘積。

最后，从計算的变量的观点來看，不同儲量計算法的分析可以指出以下兩点：

1. 每一种儲量計算法中，都考慮了要素的变化，并按可变要素的原始值求其平均值；

2. 每一种儲量計算法所得的最后成果，都可以用变量的平均值与常量的乘積來表示。

由于計算方法的不同，这种常量可以是計算面積B（水平投影面積）或C（垂直投影面積）、边界剖面間的距离L或数值$\frac{a}{\sin\alpha}$（查拉塔烈夫公式中）。

根据上述的兩点原則，对于不同的儲量計算法可能制

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

定一个驗算的示意圖。

礦層厚度或儲量的其他可变要素的平均值，通常都是复雜的平均值，这种平均值是根据本身是其他可变量的平均值的数量計算而來的，而这种可变量同时又可能是第三級数值的平均值等。

我們把这类复雜的平均值叫做高階平均值：二階、三階、四階及四階以上，其階次决定于由直接測量值变成最后平均值时所取得的中数次数。例如，三角形法中全部計算面積的平均厚度 $h_{cp}=\frac{\left[Bi\ \frac{h\Sigma}{3}\right]}{\Sigma Bi}$ 是二階平均值，如果想計算这种平均值，首先要求計算每一三角形的厚度平均值，然后又以三角形面積为权，根据这些平均值算出新平均值。塊段法中的加权平均厚度是三階平均值等等。

塊段法中成分的加权平均含量甚至可以是五階平均值，即：本坑洞的一段取样間隔的平均值(一階)，坑洞的平均值(二階)，剖面(过若干坑洞所作)的平均值(三階)，塊段（由若干剖面所圍成）的平均值(四階)及区域（由若干塊段所組成）的平均值(五階)。

現在我們將用圖23的示意圖來說明高階(三階)平均值的概念，其中不管其本身数值如何，所有原始数值都用 a 表示，一階、二階、三階平均值則都分別用 a_1、a_2 及 a_3 表示。同样，不管权的数值如何，第一种权都用 P_1 表示，第二种权相应地用 P_2 表示，第三种权則相应地都用 P_3 表示。

假設补充下列符号：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

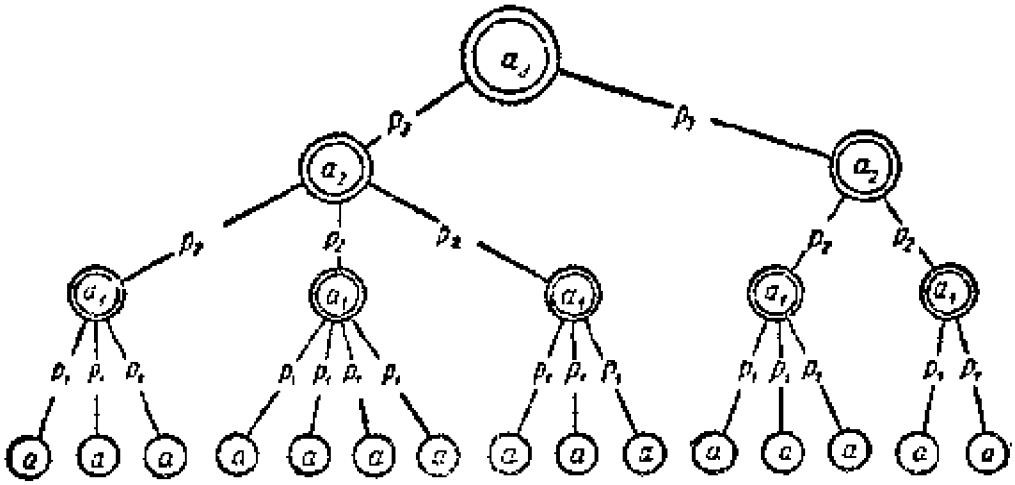


圖 23　確定高阶平均值的示意圖

n_i——計算相应的一階平均值中的原始数值（a）的个数；

Σn_i——包含在計算二階平均值中的原始数值（a）的个数；

n——包含在計算最后平均值中的原始数值（a）的个数；

m_i——計算相应的二階平均值所用的一階平均值的个数；

k——計算三階平均值所用的二階平均值的个数。

將每一种权及每次加权的权的总和除以权的总和ΣP，由此可得ΣP为1，而每一种权將是一个小数。我們把权的这种新值称为導來权。

因为ΣP_1等于 1，故一階平均值由公式

$$a_1 = \frac{\sum_{1}^{n_i} P_1 a}{\Sigma P_1} = \sum_{1}^{n_i} P_1 a$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

來确定。

同理，二階平均值可由

$$a_2=\sum_{1}^{m_1}P_2a_1$$ ①

來表示。

用前式中的a_1代入，則得：

$$a_2=\left\{P_2\sum_{1}^{n_1}P_1a\right\}_1^{m_1},$$

又將相应的P_2值作为乘数去乘$\sum_{1}^{ni}P_1a$中的每一項，可得：

$$a_2=\left[P_2P_1a\right]_1^{\Sigma n_i}.$$

对于三階平均值a_3相应地有：

$$a_3=\sum_{1}^{k}P_3a_2.$$

用前式中的a_2值代入，則有：

$$a_3=\left\{P_3\left[P_2P_1a\right]_1^{\Sigma n_i}\right\}_1^{k},$$

或者將相应的P_3值作为乘数去乘$\left[P_2P_1a\right]_1^{\Sigma n_i}$的每一項；

① 原文誤为a_0 ——譯者

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

可得：

$$a_3=\left\{P_3P_2P_1a\right\}_1^n.$$

同理：

$$a_4=\left\{P_4P_3P_2P_1a\right\}_1^n,$$

$$a_5=\left\{P_5P_4P_3P_2P_1a\right\}_1^n,$$

$$\cdots\cdots\cdots,$$

$$\cdots\cdots\cdots,$$

$$\cdots\cdots\cdots,$$

$$a_R=\left\{P_R\cdots\cdots P_5P_4P_3P_2P_1a\right\}_1^n,$$

式中 R ——最后平均值的階次，即最后成果的階次。

因此，任一階平均值都可以当作原始数值 a 与某一計算法中計算时所加入的权值（位于示意圖中的原始数值 a 与最后值 a_R 的各联綫上的权）的乘積的总和来确定。

但是，权的乘積 $P_R\cdots\cdots P_5P_4P_3P_2P_1$ 可以看做权的某种統一值。我們考虑到这一点，再将高階平均值与一階平均值公式加以比較，就可以看出来，这些公式完全相似。由此可見，高階平均值中的導来权的总和，即乘積 $P_R\cdots\cdots P_5P_4P_3P_2P_1$ 的总和，也和一階平均值中 P_1 的总和一样，其值为一。

根据導出的高階平均值公式，就有可能直接計算全部計算区域内的变量的平均值，而无需按这种計算区域内的个别坑洞、圖形、塊段去計算中間平均值。然后将 a_R 乘上储量計算中的常量，其結果就可檢驗储量的計算。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

必須指出，为了進行全部檢查，应当直接确定儲量計算中的常量值，也就是說，确定全部計算区域内的总面積，或者驗算公式中边界平行剖面間的总距离，而不宜采用初次計算时所測定的面積和距离直接相加。

儲量驗算的示意式

根据前面推導出的公式，將儲量驗算的示意式列成表5。

儲量計算时驗算的示意式　　表 5

原始数据編号	儲量計算中变量平均值a_p之計算 $a_p=[p_1p_2p_3\cdots p_n a]$			体積及儲量的計算
	a	$p_1p_2p_3\cdots p_n$	$p_1p_2p_3\cdots p_n a$	
1	2	3	4	5
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ⋮				$B=\ldots;C=\ldots;L=\ldots$ $V=B\sec\alpha_{cp}\delta;V=C\operatorname{cosec}\alpha_{cp}\delta;$ $V=Bh_{cp}$垂直；$V=Ch_{cp}$，水平$Q=Bq_{cp};Q=Ch_{cp}d_{cp};$ $Q=Lq_{cp}$ $P=Bp_{cp};P=Bh_{cp}d_{cp}c_{cp};$ $P=Lp_{cp}$
	$\Sigma=1$		$\Sigma=a_p$	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

在表的第一欄內，填寫計算中变量的原始数值 a 的編号；第二欄內填寫該变量的原始数值 a（$\sec\delta$、$\operatorname{cosec}\delta$，$h$、$q$ 或 S）；第三欄內填寫導來权的乘積。这些权是用示意圖表示在原始数值 a 与最后成果 a_R（即高階平均值）的联綫上。

这些乘積的总和（即該欄数值的总和）应該等于一，用以檢查計算導來权及其乘積的正确性。

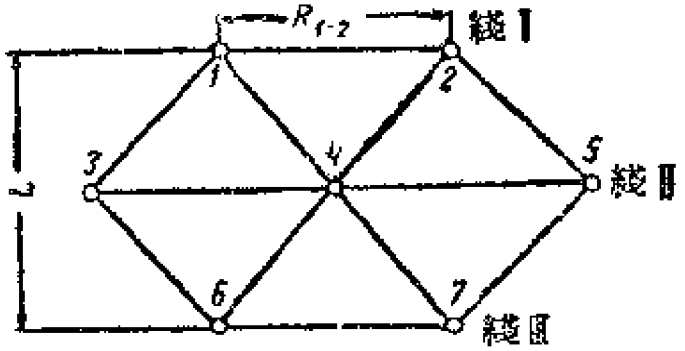


圖 24　用三角形法及平行剖面法計算儲量后的驗算实例示意圖

第四欄填寫 2、3 兩欄的相应值的乘積，这些乘積的总和等于待求的全部計算区域內的变量的平均值 a_R。

儲量的驗算工作在表的第二部分進行，其中第一行填寫計算的常量 B、C 或 L，而其余各行則計算礦產体積 V，礦產儲量 Q 及有用成分的儲量 P，他們是由表中第 4 欄相加所得的变量平均值 a_R 分別与常量 B、C 或 L 相乘的結果。

現在，我們來研究一个具体計算礦床地区不大的礦產体積的例子。該区沿三条綫鑽探过七个鑽眼。

沿勘探綫上鑽眼間的距离为30公尺，勘探綫間的距离为40公尺（圖24）。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

表 6

用三角形法算出的矿体体积的验算

钻眼编号	钻眼中矿体的厚度，公尺	三角形中的平均厚度，公尺	三角形面积，平方公尺	三角形中的矿体体积，立方公尺	p_1p_2	验算 $h_H=p_1p_2\Sigma h_i$ $v=h_H\cdot B$	$h_H-h_i(h_H-h_2)$	计算平均厚度的误差、平均厚度的变异系数以及矿体体积的误差
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5.5				0.0555		2.1	4.41
2					0.0555		0.1	0.01
3		7.6	600	4200	0.0555		1.9	3.61
4					0.0555			$m_{h_H}=\pm\sqrt{\frac{p_1p_2\Sigma(h_i-\bar{h})^2}{n-1}}=$
5							0.1	0.01
6					0.0555		1.9	3.61
7		6.3	600	2780	0.0555		4.1	16.81
8					0.0555			$=\pm\sqrt{\frac{p_1p_2\Sigma(h_i-\bar{h})^2}{n-1}}=$
9					0.0555		1.9	3.61
10		7.3	600	4380	0.0555		4.1	16.81
11					0.0555		3.9	8.41
12								$=\pm\sqrt{\frac{0.0555\times101.75}{9}}=$
								$=\pm0.68$ 公尺。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

7	10				0.0555	2.9	8.41	平均厚度的变异系数：
4	9	7.7	600	4620	0.0555	1.9	3.61	$V=\pm\frac{m_{h_B}}{h_B}=\pm\frac{0.58公尺}{7.1}=0.082$
6	4				0.0555	3.1	9.61	
6	4				0.0555	3.1	9.61	$V\%=8.2\%$
4	9	7.0	600	4200	0.0555	1.9	3.61	测量体积的误差：
3	8				0.0555	0.9	0.81	$m_V=B\cdot m_{h_B}$
3	8				0.0555	0.9	0.81	=3600平方公尺±0.58公尺
4	9	7.3	600	4380	0.0555	1.9	3.61	=±2052立方公尺
1	5				0.0555	2.1	4.41	
$\Sigma h=128公尺$		$B=3600$		$V=25560\ \Sigma=0.999$		$\Sigma=101.78$		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

在表6中，載有用三角形法算出的礦產体積（1、2、3、4、5各欄）及其驗算（6、7兩欄）。

圖25为确定本例子的礦体平均厚度的示意圖。其中單圓圈中所表示的鑽眼的礦体厚度（5公尺、7公尺、9公尺等），是示意圖的原始数值 a，每三角形的礦体平均厚度（双圓圈）是一階平均值，而全部計算面積的礦体厚度的平均值，則是二階平均值。

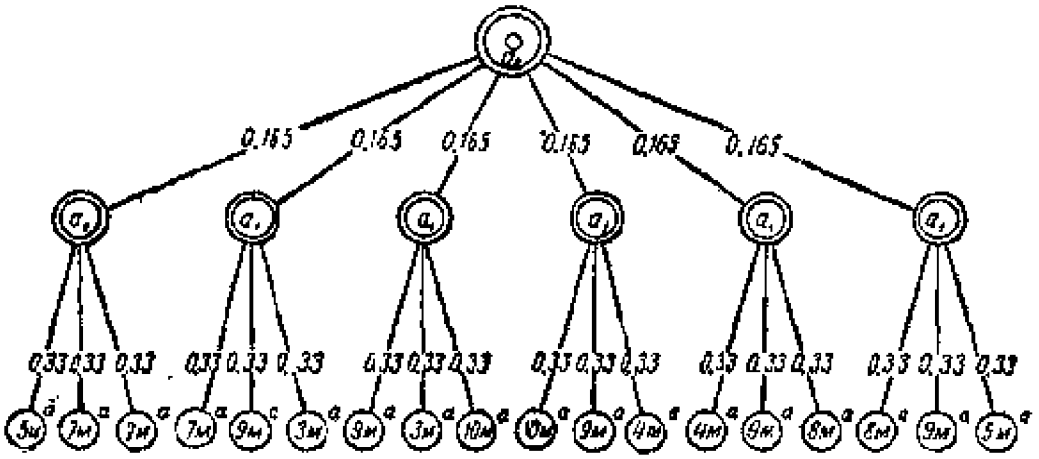


圖 25　三角形法中确定高阶平均值的示意圖

因为三角形中的平均厚度是由簡單算術中数來确定的，所以全部原始数值的权（P_1）都相同，并等于0.33，即1/3。

同样由于所有的六个三角形的面積都相等，因而全部一階平均值的权也彼此相同，并等于1/6，即0.165。

在表的第6欄中，填寫第一導來权与第二導來权的乘積。由于联綫上的各个第一和第二導來权都各自相等，因而这些乘積也彼此相等，并等于0.33×0.165=0.0555；而权的乘積的总和〔P_1P_2〕$=P_1P_2\times18=0.999$，即在等于1

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

的計算精度范圍內。

全部計算面積內的礦体厚度平均值为 $h_R=\langle P_1P_2a\rangle$，但在本例中所有 a 值的 P_1P_2 都相等，可以寫在和数符号外，因此 $h_R=\langle P_1P_2a\rangle=0.0555\times128$公尺$=7.1$公尺，其中128公尺为礦体加入三角形中計算的厚度值的总和（見表6第一部分第2欄）。

礦產体積按公式 $V=B\,h_R$ 進行驗算，其中B为計算的总面積。$V=B\cdot h_R=25560$ 立方公尺，与初次計算的結果相同。

表7（1—7欄）表示根据前例中的鑽眼数据，用平行垂直剖面法計算的礦產体積。

在表7中(8—10欄)还進行了驗算。其体積按由 I—I，II—II 及 III—III 垂直剖面所限定的三个礦体分層体積的总和來确定。

剖面的面積乃是过該剖面坑洞中的礦体平均厚度与剖面在水平投影中的長度R的乘積。

圖26为用此法計算时，确定剖面平均面積的示意圖。在下面的一排原始值中（單圈），坑洞的礦層厚度的原始值，假定用剖面面積代替，这种面積是坑洞的礦体厚度(分母)与該坑洞所占的剖面長度R的乘積。在第二排数值中(正方形)，表示剖面的面積，其中剖面 I—I 为 180 平方公尺，剖面 II—II 为135平方公尺及剖面 III—III 为210平方公尺。它們被看做面積原始值的一階平均值，例如，

$$180\text{平方公尺}=\frac{150\text{平方公尺}+210\text{平方公尺}}{2}$$

，同时决定

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

用平行垂直剖面法算出的礦体体积的驗算　　表 7

Ⅰ.体積計算：　　Ⅱ.驗算：

坑洞編号	礦層厚度，公尺	礦層平均厚度，公尺	剖面長度 R，公尺	剖面面積 S，平方公尺	剖面平均面積 S，平方公尺	分層的体積 V，立方公尺	P_1P_2	$a=S=Rh$（平方公尺）	P_1P_2S（平方公尺）
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	6.0	30	180			0.125	150	18.75
2	7						0.125	210	26.25
3	8	7.25*	60	435	307.5	12300	0.125	480	60.00
4	9						0.250	540	135.00
5	3						0.125	180	22.5
6	4	7.0	30	210	322.5	12900	0.125	120	15.0
7	10						0.125	300	37.5

$\Sigma=25200$　　$\Sigma=1.000$　　$\Sigma=315$

$\Sigma p_1p_2S=315.0$平方公尺

$L=80.0$公尺

$v=315.0\times80.0=25200$立方公尺

* $7.25=\left[\frac{8+9}{2}+\frac{9+3}{2}\right]:2$.

該坑洞影响圈大小的勘探綫段值就是权。例如，在 $I-I$ 及 $III-III$ 綫上的兩个坑洞中，每个坑洞的影响圈相同，因而它的权都等于 0.5。但在 $II-II$ 綫上，內坑洞的影响圈（权）为0.5，而兩个边界坑洞的影响圈則都等于0.25。

全区（全部計算范圍內）的剖面平均面積为二階平均值。在求全区的剖面平均面積时，內剖面（$II-II$）面積的权为0.50，而边界剖面面積的权为0.25。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

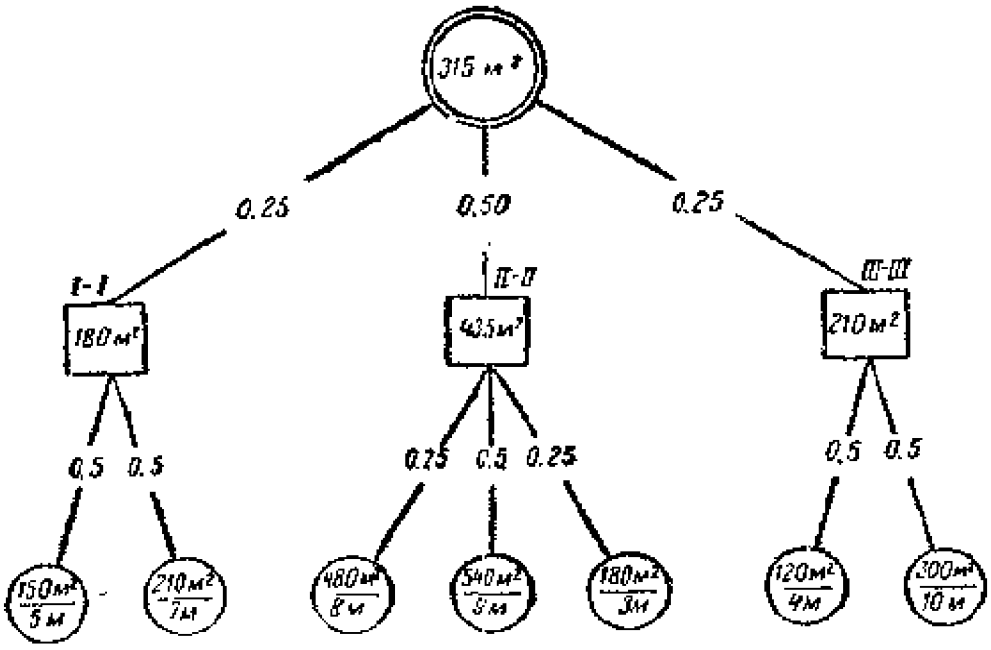


圖 26 ／用平形剖面法时确定高阶平均值的示意圖

利用这种略圖，儲量驗算可以按如下方式在表 7 的第二部分中進行：在第 8 欄中填寫联綫（原始值 a 与其平均值 a_n 的联綫）上的第一种权与第二种权的乘積，除第四坑洞外，对各坑洞的这种乘積都等于 $0.125=0.25\times0.5$，只有第四坑洞的权的乘積才等于 $0.5\times0.5=0.250$。在第 9 欄中，原始值 a 用剖面面積的形式表示，由坑洞中礦体厚度与該坑洞所占剖面的長度相乘而求得，也就是說，由表 7 第一部分的2、4兩欄分別相乘而求得。第 10 欄中的值是由这些改变后的原始值乘以权的乘積 P_1P_2，即乘上第 8 欄。这些乘積的和等于 315 平方公尺（二階平均值），它就是全計算区的剖面平均面積。將这个总和乘以 L，即乘以边界剖面間的距离（80公尺），則得礦体体積25,200立方公尺，与初次計算的結果相同。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

計算金屬礦体塊段 A 的有用成分的加权平均含量

表 8

圖形編号	槽溝編号	取样坑洞的長度 l_i，公尺	总長度 Σl	按坑洞加权的平均含量 c_i，%	cl	乘積和 Σcl	c_{cpi}，%	圖形面積 B_i，平方公尺	$c_{cpi}B_i$，平方公尺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	1	33.80	55.55	21.32	825.02	1234.40	$c_{cp_1}=\frac{1234.40}{55.55}=22.22$	605.00	13443.10
	2	21.75		18.96	412.38				
II	2	21.75	32.40	18.96	412.38	730.82	$c_{cp_2}=\frac{730.82}{32.40}=22.56$	1390.00	31838.40
	9	10.65		29.90	318.44				
III	9	10.65	36.55	29.90	318.44	1079.90	$c_{cp_3}=\frac{1079.90}{36.55}=29.54$	385.00	11372.90
	3	25.90		29.40	761.46				
IV	3	25.90	58.80	29.40	761.46	1554.68	$c_{cp_4}=\frac{1554.68}{58.80}=26.41$	1020.00	26968.80
	131	32.90		24.11	793.22				
V	131	32.90	79.35	21.11	793.22	2067.34	$c_{cp_5}=\frac{2067.34}{79.35}=26.05$	1665.00	43373.25
	11	46.45		27.43	1274.12				
VI	11	46.45	94.85	27.43	1274.12	2559.14	$c_{cp_6}=\frac{2559.14}{94.85}=26.98$	2130.00	57467.40
	12	48.40		26.55	1285.02				
VII	12	48.40	56.60	26.55	1285.02	1509.62	$c_{cp_7}=\frac{1509.62}{56.60}=26.67$	1105.00	29470.35
	13	8.20		27.39	224.60				
VIII	13	8.20	20.25	27.39	224.60	536.09	$c_{cp_8}=\frac{536.09}{20.25}=26.47$	1040.00	27528.80
	14	12.05		25.85	311.49				
								$\Sigma=9340.00$	$\Sigma=249983.00$

全塊段的加权平均值 $c_{cp}=\frac{c_1B_1+c_2B_2+c_3B_3+c_4B_4+c_5B_5+c_6B_6+c_7B_7+c_8B_8}{B_1+B_2+B_3+B_4+B_5+B_6+B_7+B_8}=\frac{249983.00}{9340.00}=25.80\%$.

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

在表8中，用事先算好塊段中各个别圖形Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ……Ⅷ的平均成分含量的办法，計算全塊段的平均成分含量(圖27)。

表8的驗算及成分含量变化系数的計算　　表9

圖形編号	巷道(溝槽)編号	驗算 $a_R(p_1p_2a)$			变化系数的計算 $W=\frac{m'_R}{c_R}$；$m'_R=\pm\sqrt{\frac{\sum p_1p_2(c_R-c)^2}{n-1}}$			
		p_1	p_2	p_1p_2a	p_1p_2	a_2-a	$(a_2-a)^2$	$p_1p_2(a_2-a)^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ⅰ	1	0.61	0.065	0.96	0.040	1.18	1.39	0.05
	2	0.39		0.48	0.025	6.54	42.60	1.06
Ⅱ	3	0.67	0.149	1.90	0.100	6.54	42.60	4.26
	4	0.33		1.46	0.049	4.40	19.30	0.95
Ⅲ	5	0.29	0.041	0.35	0.012	4.40	19.30	0.23
	6	0.71		0.86	0.029	3.90	15.20	0.44
Ⅳ	7	0.44		1.42	0.048	3.90	15.20	0.73
			0.109					
	8	0.56		1.47	0.061	1.39	1.94	0.12
Ⅴ	9	0.41	0.178	1.77	0.073	1.39	1.94	0.14
	10	0.59		2.87	0.105	3.73	3.73	0.39
Ⅵ	11	0.49	0.228	3.06	0.112	1.93	3.73	0.41
	12	0.51		3.09	0.116	1.05	1.10	0.13
Ⅶ	13	0.86	0.107	2.46	0.092	1.05	1.10	0.10
	14	0.14		0.41	0.015	1.89	3.57	0.05
Ⅷ	15	0.40		1.22	0.045	1.89	3.57	0.16
			0.111					
	16	0.60		1.73	0.067	0.35	0.12	0.01
		$\Sigma=0.988$		$\Sigma=25.51\%$	$\Sigma=0.989$			$\Sigma=9.23$

$$m_{cp}=\pm\sqrt{\frac{9.23}{15}}=\pm\sqrt{0.62}=\pm0.79\%;$$

$$W=\pm\frac{0.79}{25.8}\times100=3.06\%.$$

在表9中(3、4、5各欄)，按我們推導的高階平均数公式進行驗算。而在这个表的6、7、8、9各欄中，則列出

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

用第82頁所導出的高階平均值的誤差的公式來求变化系数。

一个区域的銅礦体的礦石和銅的儲量計算

（三角形法）　　表 10

三角形編号	坑洞編号	三角形面積，平方公尺	每坑洞的礦体厚度，公尺	平均厚度，公尺	礦石体積，立方公尺	礦石容重，噸/立方公尺	礦石儲量，噸	各坑洞中銅的含量，%	銅的平均含量，%	銅的儲量，噸
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	1 2 3	2800	4.2 6.3 3.7	4.73	13250	3.6	47700	3.2 3.6 2.8	3.20	1520
II	1 2 4	3600	4.1 6.2 8.1	6.13	22100	3.6	79500	3.2 3.6 4.2	3.66	2910
III	2 4 5	4200	6.1 8.2 6.1	6.80	28600	3.6	10300	3.6 4.2 3.8	3.86	4020
IV	4 5 6	3780	8.3 6.2 4.4	6.30	23800	3.6	85600	4.2 3.8 4.1	4.03	3420
总計		14380			87750		315800			11870
		平均值		6.11		3.6			3.76	



圖27　金矚礦体塊段 *A* 的平均成分含量的驗算圖

取样坑洞的長度做为决定各圖形的权的标誌（表8第3欄）；而圖形的面積則做为决定第二等來权的标誌（表8第9欄）。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

利用高階平均值公式，可以檢驗全礦体的平均成分含量的計算，这种平均含量將是五階平均值，并且，如表9下面所示，还可以确定全礦体的成分含量的变化系数。

从表9中可以看出，驗算工作十分簡單，僅在表中占有三欄。

在表10中，表示用三角形法計算一个区域的銅礦体的礦石和銅的儲量(圖38)。

在表11中，列出表10的驗算。

計算塊段 *I* 的礦脉平均厚度：

$$h_{cp_I}=\frac{1.32\times 28+0.91\times 28+0.86\times 18+0.93\times 18}{28+28+18+18}$$

$$=\frac{37.0+25.5+15.5+16.8}{92}=\frac{94.8}{92}=1.031\text{公尺}.$$

計算塊段 *II* 的礦脉平均厚度：

$$h_{cp_{II}}=\frac{0.89\times 21+0.86\times 21+0.93\times 18+0.95\times 18}{21+21+18+18}$$

$$=\frac{18.7+18.2+16.7+17.1}{78}=\frac{70.7}{78}=0.907\text{公尺}.$$

計算全区域的礦脉平均厚度：

$$h_{cp}=\frac{1.029\times 504+0.907\times 378}{882}=\frac{519+344}{882}$$

$$=\frac{863}{882}=0.978\text{公尺}.$$

同时在表11的第2及3兩欄中，表示出礦体厚度 h(第

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

表 10 的驗算及儲量計算成果變化系數的確定

表 11

巷道編号	a 厚度 h，公尺	a 含量 c，%	驗算 $a_R=(p_1p_2a)$ p_1	p_2	ap_1p_2 h	ap_1p_2 c	p_1p_2	确定要素的变化程度及計算成果的变异誤差 $W=\frac{m'_R}{a_R}\cdot100$ 和 $m'_R=\sqrt{\frac{\sum p_1p_2(a_R-a)^2}{n-1}}$ a_R-a h	a_R-a c	$(a_R-a)^2$ h	$(a_R-a)^2$ c	$p_1p_2(a_R-a)^2$ h	$p_1p_2(a_R-a)^2$ c
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	4.2	3.2	0.333		0.273	0.208		1.9	0.6	3.61	0.36	0.23	0.02
2	6.3	3.6	0.333	0.195	0.409	0.234	0.065	0.2	0.2	0.04	0.04	0	0
3	3.7	2.8	0.333		0.210	0.182		2.4	1.0	5.76	1.00	0.37	0.06
			$\Sigma=0.999$										
1	4.1	3.2	0.333		0.344	0.269		2.6	0.6	4.00	0.36	0.34	0.03
2	6.2	3.6	0.333	0.251	0.251	0.302	0.084	0.1	0.2	0.01	0.04	0	0
4	8.1	4.2	0.333		0.680	0.353		2.0	0.4	4.00	0.16	0.34	0.02
			$\Sigma=0.999$										
2	6.3	3.6	0.333		0.592	0.349		0	0.2	0	0.04	0	0
4	8.2	4.2	0.333	0.292	0.795	0.407	0.097	2.0	0.4	4.41	0.16	0.43	0.02
5	6.1	3.8	0.333		0.592	0.368		0	0	0	0	0	0
			$\Sigma=0.999$										
4	8.3	4.2	0.333		0.722	0.370		2.2	0.4	4.84	0.16	0.42	0.01
5	6.2	3.8	0.333	0.263	0.540	0.335	0.087	0.1	0	0.01	0	0	0
6	4.4	4.1	0.333		0.383	0.361		1.7	0.3	2.89	0.09	0.25	0.01
			$\Sigma=0.999$	$\Sigma=1.001$	$\Sigma=6.09$	$\Sigma=3.74$	$\Sigma=0.999$					$\Sigma=2.38$	$\Sigma=0.17$

对于厚度 $\begin{cases} m'_a=\pm\sqrt{\frac{2.38}{11}}=\pm\sqrt{0.216}=\pm0.465\text{公尺} \\ W_a\%=\pm\frac{0.465\text{公尺}}{6.1}\times100=7.6\% \end{cases}$

对于含量 $\begin{cases} m'_c=\pm\sqrt{\frac{0.17}{11}}=\pm\sqrt{0.015}=\pm0.122\% \\ W_c\%=\pm\frac{0.122\%}{3.8\%}\times100=3.2\%\text{相对值} \end{cases}$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

表 12

計算由探矿坑洞准备好的矿产区域的矿脉平均厚度（塊段法）

回風平巷				运輸平巷				天　　井				大　　井			
点号	矿脉厚度，公尺	平均厚度，公尺	坑洞長度，公尺	点号	矿脉厚度，公尺	平均厚度，公尺	坑洞長度，公尺								
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
塊　段 I															
1	0.6			14	0.6			22	1.0			9	1.0		
2	1.5			15	0.8			23	1.2			10	1.2		
3	2.0			16	1.0			24	0.8			11	1.0		
4	0.6			17	0.6			25	0.6	0.86	18	12	1.0	0.93	18
5	2.0	1.32	28	18	0.8	0.91	28	26	1.0			13	0.8		
6	1.5			19	1.2			27	0.8			14	0.6		
7	1.2			20	1.2			1	0.6			Σ=5.6			
8	1.5			21	1.0			Σ=6.0							
9	1.0			22	1.0										
Σ=11.9				Σ=8.2											
塊段面積＝ 504 平方公尺															
塊　段 II															
37	1.0			14	0.6			9	1.0			32	0.8		
38	0.8			27a	0.7			10	1.2			33	0.7		
39	0.7			28	0.9			11	1.0			34	0.9		
40	0.9	0.89	21	29	1.2	0.86	21	12	1.0	0.93	18	35	1.2	0.95	18
41	0.8			30	1.0			13	0.8			36	1.1		
42	1.0			31	0.9			14	0.6			37	1.0		
9	1.0			32	0.8			Σ=5.6				Σ=5.7			
Σ=6.2				Σ=6.1											
塊段面積＝ 378 平方公尺															

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

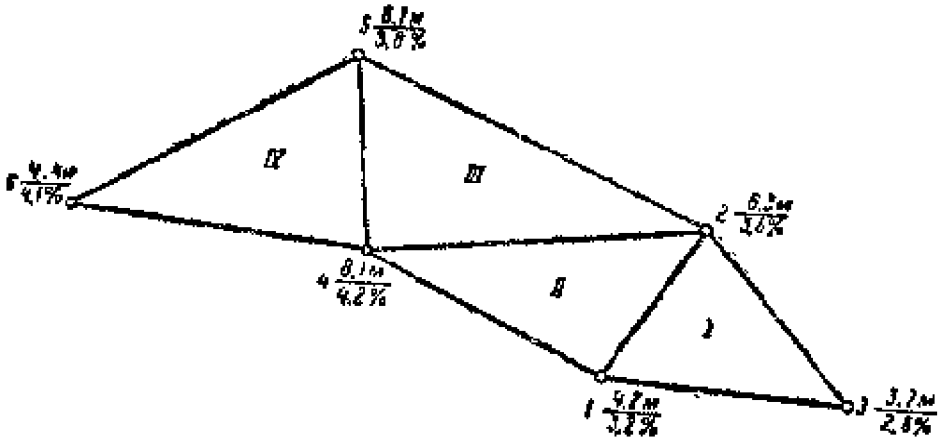


圖28　一个区域銅礦体的平均厚度及平均含量的驗算圖

2欄)及成分含量C(第3欄)的原始值，这些数值將运用在計算乘積aP_1P_2(即hP_1P_2及CP_1P_2)中(第6及7兩欄)。其中每一欄的乘積和可得出全計算区的a_R值(h_R及C_R)；h_R——全計算区內的礦体平均厚度——等于6.09公尺，这个数值証实了表10中算出的平均厚度为6.11公尺是正确的，后者是由礦石的总体積除以計算区的总面積而求得；C_R——全計算区內的平均含銅量——等于3.74%，它証实了表10中算出的平均含量为3.76%是正确的，后者是由銅的总儲量除以礦石的总儲量而求得。

在表12中，計算了采礦坑洞切割好的礦产区域的礦脉平均厚度(圖29)，而在表13及14中(第3—6欄)則对它進行了驗算。

并且，在表13中，單独对塊段I進行了驗算，但在表14中，則避开确定各个别塊段的平均值，而直接去核算全計算区(兩塊段)的礦脉平均厚度。

因此，根据表12、13、14中所举的实例証明，不管按

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

个别塊段或者按全計算区（避开計算个别塊段）來对初次計算工作進行驗算，高階平均值公式都是可以适用的。

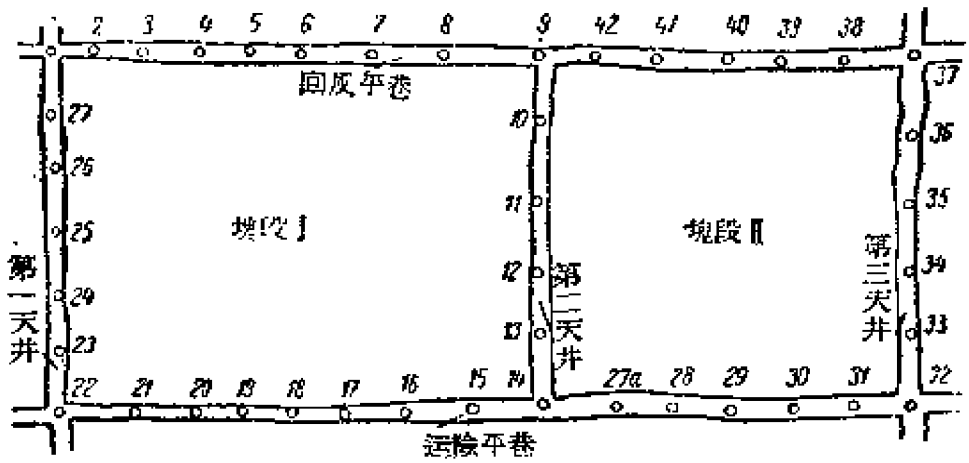


圖 29　由采礦坑洞准备好的脉礦区域的驗算

在第一种情况下（表12），我們將有二階平均值，其中第一权P_1为 $\frac{1}{n_i}$，此处n_i表示塊段某一边中的測量厚度的点数；而第二权(P_2)則为$-l_i/\sum l_i$，此处l_i表示塊段的边長，即圈定塊段的坑洞長度。

在第二种情况下(表14)，我們將有三階平均值，其中第三权(P_3)是$S_i/\sum S_i$（S_i——某一塊段的面積）。

按表 12 求得塊段 I 的平均厚度为1.031公尺，而根据驗算式則得1.042公尺。

按表 12 求得全区的平均厚度为0.978公尺，而根据驗算式則得 0.976 公尺，由此可見，这种差值是在計算尺的計算精度范圍內。

最后，我們將指出，推出的高階平均值公式不僅可以用來驗算全計算区的儲量及各要素的平均值，而且还可以

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

表12的驗算及塊段Ⅰ中豚磧厚度的变化系数的確定

表 13

点号	a (h) 公尺	驗算 $a_R=(ap_1p_2)$ p_1	p_2	ap_1p_2	变化系数的确定 $W=\frac{m'_R}{h_R}\cdot 100;\ m_R=\sqrt{\frac{(p_1p_2(a_R-a)^2)}{n-1}}$ p_1p_2	a_R-a	$(a_R-a)^2$	$p_1p_2(a_R-a)^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
				同 風 平 巷				
1	0.6	0.111		0.022	0.034	0.40	0.16	0.005
2	1.5	0.111		0.051	0.034	0.50	0.25	0.008
3	2.0	0.111		0.068	0.034	1.00	1.00	0.034
4	0.6	0.111		0.022	0.034	0.40	0.16	0.005
5	2.0	0.111	0.304	0.068	0.034	1.00	1.00	0.034
6	1.5	0.111		0.051	0.034	0.50	0.25	0.009
7	1.2	0.111		0.041	0.034	0.20	0.04	0.001
8	1.5	0.111		0.051	0.034	0.50	0.25	0.008
9	1.0	0.111		0.034	0.034	0.00	0.00	0
		$\Sigma=0.999$						
				第 二 天 井				
9	1.0	1.167		0.033	0.033	0.00	0.00	0
10	1.2	1.167		0.039	0.033	0.20	0.04	0.001
11	1.0	1.167		0.033	0.033	0.00	0.00	0

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

| | | |

用來确定那些不是儲量計算要素的礦產定性指数。例如，平均灰分量及平均發热量就是煤的这种指数。它是礦体全計算区或个别部分的性質确定所必要的。

这些指数不能使用相反的办法來計算。例如，不能象計算礦体平均厚度那样（即將总儲量除以計算的总面積）來計算，因此用計算指数平均值（全計算区）的公式对这些定性指数是有益的。

这些公式还可以在常常需要确定高階平均值的礦山測量、大地測量及其他工作中用來确定測量值（或确定值）的平均值。

第三章　确定要素值变化程度及儲量計算成果誤差

就各种不同的儲量計算法确定計算成果誤差的一般公式和示意式

在本章里，我們將应用前面引証过的求高階平均值的一般公式，來推導另一种公式，用以决定作为儲量計算中原始数据的礦体各指数的变化程度及計算成果的誤差。同时，我們將以变化統計法及誤差理論作为根据。

根据誤差理論，函数的誤差可按下式，根据独立变数 x、y、z、……n的誤差來計算：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$$M_F=\sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 m^2_x+\left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 m^2_y}$$

$$+\left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)^2 m^2_z+\cdots\cdots+\left(\frac{\partial F}{\partial u}\right)^2 m^2_u,$$

式中 $\frac{\partial F}{\partial x}$，$\frac{\partial F}{\partial y}$，$\frac{\partial F}{\partial z}$，……$\frac{\partial F}{\partial u}$——函数对各变数的偏导数，而$m_x$，$m_y$，$m_z$，……$m_u$——各相应变数的誤差。

礦產儲量Q可用面積B，礦產厚度h及容重d的連乘積來表示，即　　$Q=B\cdot h\cdot d$.

則得

$$M_Q=\sqrt{(h\cdot d)^2m^2_B+(B\cdot d)^2m^2_h+(B\cdot h)^2m^2_d}.$$

上式兩边各除以儲量$Q=B\cdot h\cdot d$；則儲量的相对誤差为：

$$\frac{M_Q}{Q}=\sqrt{\frac{(h\cdot d)^2}{(B\cdot h\cdot d)^2}\cdot m^2_B+\frac{(B\cdot d)^2}{(B\cdot h\cdot d)^2}\cdot m^2_h+\frac{(B\cdot h)^2}{(B\cdot h\cdot d)^2}\cdot m^2_d}$$

$$=\sqrt{\left(\frac{m_B}{B}\right)^2+\left(\frac{m_h}{h}\right)^2+\left(\frac{m_d}{d}\right)^2}.$$

因此，乘積(儲量)的相对誤差等于各因子(計算要素)的相对誤差的平方和的平方根。如果这种相对誤差用百分数來表示，則同样可得：

$$\frac{M_Q}{Q}\%=\sqrt{\left(\frac{m_B}{B}\%\right)^2+\left(\frac{m_h}{h}\%\right)^2+\left(\frac{m_d}{d}\%\right)^2}.$$

但是，从上面儲量計算法分析中可知，不僅最簡單的

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

計算法的成果（厚度的算術平均法）可以用若干因子的乘積來表示，而且几乎所有的計算法的成果也都可以用若干因子的乘積來表示，其中每个因子又可以是計算要素中的常量或变量的一般算術中数。

由此可見，乘積的誤差公式不僅可用于最簡單的情况（厚度的算術平均法），同时也可用于其他儲量計算法。

对于考慮煤層对投影面傾斜角有变化的計算法，誤差公式將成为：

$$\frac{M_Q}{Q}\% = \sqrt{\left(\frac{m_B}{B}\%\right)^2 + \left(\frac{m\sec\delta}{\sec\delta}\%\right)^2 + \left(\frac{m_h}{h}\%\right)^2 + \left(\frac{m_d}{d}\%\right)^2}.$$

对于考慮礦体厚度有变化的計算法(綫性儲量)，則：

$$\frac{M_Q}{Q}\% = \sqrt{\left(\frac{m_B}{B}\%\right)^2 + \left(\frac{m_h}{h}\%\right)^2 + \left(\frac{m_d}{d}\%\right)^2}.$$

或

$$\frac{M_P}{Q}\% = \sqrt{\left(\frac{m_B}{B}\%\right)^2 + \left(\frac{m_h}{h}\%\right)^2 + \left(\frac{m_d}{d}\%\right)^2 + \left(\frac{m_C}{C}\%\right)^2}.$$

对于考慮礦体剖面面積有变化的計算法，則：

1. $\frac{M_Q}{Q}\% = \sqrt{\left(\frac{m_L}{L}\%\right)^2 + \left(\frac{m_S}{S}\%\right)^2 + \left(\frac{m_d}{d}\%\right)^2}$ （平行剖面法）.

2. $\frac{M_Q}{Q}\% = \sqrt{\left(\frac{m\ \frac{\alpha}{\sin\alpha}}{\frac{\alpha}{\sin\alpha}}\%\right)^2 + \left(\frac{m_S}{S}\%\right)^2 + \left(\frac{m_H}{H}\%\right)^2 + \left(\frac{m_d}{d}\%\right)^2}$,

（不平行剖面法）

3. $\frac{M_Q}{Q}\% = \sqrt{\left(\frac{m_l}{l}\%\right)^2 + \left(\frac{m_S}{S}\%\right)^2 + \left(\frac{m_d}{d}\%\right)^2}$.

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

对于求有用成分的儲量誤差，还要在根号内相应地增加一項：有用成分含量的相对誤差的平方。

对于几何圖形計算法，誤差公式的形式將决定于几何圖形的形式，但其結構仍与前面推導的相同。

由此可見，根据計算儲量的示意式是計算要素中常量与变量平均值的乘積，就能使确定誤差的示意式标准化。

然而按上式計算誤差时，必須先知道計算区內变量平均值的誤差，前面已經講过，这种平均值通常都是高階平均值。

計算中每一要素的誤差都由兩部分組成：技術誤差及似眞誤差。

技術誤差是在勘探点本身的測量和确定当中，由于技術不够完善而產生的誤差。例如，在某工作面中測量礦層厚度不够精确而產生的誤差，或确定礦產容重中所產生的誤差等就是这样的誤差。

似眞誤差（从前称为地質誤差）是由于勘探不够詳細而產生的誤差，也就是說，由于該要素在勘探或采礦坑洞間的若干特征变化点沒有被全部地考慮進去而引起的誤差。

如果用m_τ表示技術誤差，用m_z表示似眞誤差，由于这些誤差彼此独立，并假設計算中的每一要素是兩部分的和，其中一部分由誤差m_τ來确定，而另一部分則由誤差m_z來确定，因而就有：

$$m=\pm\sqrt{m^2_\tau+m^2_z}\ .$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

現在分別來討論計算要素中总誤差的每一部分：似眞誤差及技術誤差。

儲量計算时各要素的似眞誤差

用变异統計学及偶然誤差理論的方法來确定似眞誤差时，普通加权平均数的誤差，也就是說直接測量值的加权平均数（一階平均值）的誤差，可按下式計算：

$$mi=\pm t\sqrt{\frac{[P\delta\delta]}{(n-1)[P]}}\cdot k^{①}.$$

式中 δ——原始数值及其平均值之差；

P——相应的原始数值的权；

n——原始数值的个数；

k——决定于礦体勘探的詳細程度及該要素的穩定程度的系数(計算这个系数的公式見第94頁)；

t——概率系数。当概率为0.64时，t 等于1；概率为0.96时t等于2；概率为0.99时，t 等于3；这就是說，該誤差的單一值(m)的概率为64%；誤差的兩倍值的概率为96%；誤差的三倍值的概率为99%。

如果用 m'表示$\pm\sqrt{\frac{[P\delta\delta]}{(n-1)[P]}}$，則有$m=t\sqrt{k}m'$

(在下面的叙述中我們將只研究数值m'。这个 m'僅僅由原

① 原文为$m=\pm\sqrt{\frac{[p\delta\delta]}{(n-1)[p]}}\cdot k$，应为$m=\pm t\sqrt{\frac{[p\delta\delta]}{(n-1)[p]}}\cdot k$

——譯者

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

始数值，原始数值的个数及其权的大小而定）。

然而，正如我們所見到的一样，各种不同計算法的公式中所包含的平均值，不是按直接測量值算得的普通平均值，而是高階平均值，即二階、三階、四階乃至在許多情况下为五階平均值。

如何來求高階平均值的数值m'呢？

解决这个問題，需要利用前面引証过的（第51頁）高階平均值的公式：

$$a_R=\sqrt[]{P_1P_2P_3\cdots\cdots P_Ra}$$

我們把这个公式中沿計算要素的某原始值（a）与其最后值（a_R）之每一联綫上的各权的連乘積$P_1P_2P_3\cdots\cdots P_R$（見圖23）看做求$a_R$时$a$的某种統一权值，則可应用一階平均值的似眞誤差公式來計算任意階平均值的似眞誤差。

因此数值a_R的誤差m'_R，可按下式确定：

$$m'_R=\pm\sqrt{\frac{[P\delta_R\delta_R]}{(n-1)[P]}}.$$

式中 δ_R——原始数值对平均数之差，等于(a_R-a)，而每一数值a的权P則等于乘積$P_1P_2P_3\cdots\cdots P_R$。

于是高階平均值的誤差將为

$$m'_R=\pm\sqrt{\frac{[P_1P_2P_3\cdots\cdots P_R(a_R-a)^2]}{(n-1)[P_1P_2P_3\cdots\cdots P_R]}}.$$

但是前章所証明过的高階平均值的導來权的和$[P_1P_2P_3\cdots\cdots P_R]$，也同一階平均值的導來权的和$[P]$一样，都等于1。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

因此确定高階平均值誤差的公式可以簡化而成下式形式：

$$m'=\pm\sqrt{\frac{[P_1P_2P_3\cdots\cdots P_R(a_R-a)^2]}{n-1}}.$$

其中分母上的 n 是原始数值的总个数，可以在对这一計算法求高階平均值的示意圖（圖25、26）中标出。

很明顯，n 这个数字可能和測定厚度或确定儲量其他要素的点数不相符合。因为，例如在用三角形法計算时，厚度的某一值，可能同时包括在求这一个和其相鄰的一个三角形的平均厚度中。也就是說，可能在計算示意圖中应用兩次。

因以，高階平均值誤差等于一个分数的平方根，这个分数的分子，是高階平均值（a_R）对原始数值（a）之差的平方与導來权連乘積的乘積的总和；而分母則为加入这种計算法示意圖中的原始数值的个数减一。

同时，为了按每一数值 a 确定導來权的連乘積，需要將位于該 a 值与最終值 a_R 联綫（見圖33）上各相应 权 P_1 P_2 P_3……P_R 連乘起來。

这一公式可以在礦体（礦層及其他）全部計算区内計算厚度、有用成分的含量或其他儲量計算要素的平均值的中誤差，或者計算有害成分平均值的中誤差，而无需事先按个别圖形、塊形、区域等去計算中間平均数的誤差。此外，这个公式还是各种不同的儲量計算法的一般公式。

考慮到儲量計算时要素的技術誤差，則該要素的总誤差可按下式确定。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$$m = \pm\sqrt{m^2_\gamma + m^2_\alpha}\ .$$

將m除以a_R后，則得該要素的总相对誤差值。

把所有計算中变量的相对誤差值代入公式

$$\frac{M_Q}{Q}\% = \pm\sqrt{\left(\frac{m_B}{B}\%\right)^2 + \left(\frac{m_h}{h}\%\right)^2 + \left(\frac{m_d}{d}\%\right)^2}\ .$$

就得礦產或相应成分的儲量計算的总相对誤差量。

当按礦体內边界范圍計算儲量，而礦產在其分布的面積方面較为穩定时，則可假設儲量計算中常量（B——計算面積，L——边界剖面間的距离等等）的似眞誤差等于零。

此外，考慮到确定面積B、距离L及其他儲量計算的常量的技術誤差很小（見第四章），儲量总相对誤差公式的根号內可只保留那些变量的相对似眞誤差的平方和。

对于大多数煤及其他成層礦床，其变化較大者僅为礦体厚度或剖面面積（容重变化不大，其相对似眞誤差非常小，而技術誤差在大量的精确測定下可以忽略），对于考慮礦体厚度有变化的計算法，其儲量計算的誤差形式为

$$\frac{M_Q}{Q} = \frac{m_{h_{cp}}}{h_{cp}}\ .$$

而对于考慮礦体剖面面積有变化的計算法，則有

$$\frac{M_Q}{Q} = \frac{M_{S_{cp}}}{S_{cp}}\ .$$

由此可見，儲量計算的相对誤差，可以令其等于本礦体中变化程度較大的某一計算要素的相对誤差。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

現在我們用一些例子來說明高階平均值誤差公式的应用問題，这些例子在应用儲量計算的驗算公式时曾經解釋过了（見表6，9，11，13，14）。

在表6中确定了礦体厚度平均值的均方誤差、厚度变化系数及礦產体積的变异誤差。确定这些数值的必需数据填在8、9兩欄中。第8欄是按每一区計算每一原始厚度值 h 对其平均值 $h_R=7.1$ 公尺的差。第9欄是將这些差值平方起來，然后相加，其和为101.78。

平均厚度的均方誤差按公式

$$m_{h_R}=\pm\sqrt{\frac{[P_1P_2(h_R-h)^2]}{n-1}}=\pm\sqrt{\frac{0.0555\times101.78}{17}}$$ ①

$$=\pm0.58\text{公尺}.$$

計算。式中 $P_1P_2=0.0555$ 提到和数符号外，因为它对厚度的全部原始值都一样，而 n 是參加三角形法計算中的原始值的个数，其值为18。

厚度值的变化系数用百分数表示，則有

$$\frac{m_{h_R}}{h_R}\cdot100=\pm\frac{0.58}{7.1}\times100=8.2\%.$$

礦產体積的变异誤差为 $m_V=B\cdot m_{h_R}=3600$ 平方公尺 $\times(\pm0.58)=\pm2052$ 立方公尺，也就是說，等于該区域的面積与其平均厚度的变异誤差的乘積。

如用百分数來表示，則体積的相对誤差等于厚度的变化系数

① 原文漏排根号。——譯者

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$$\frac{m_V}{V}\% = \pm\frac{2052}{25560}\times 100 = \frac{\pm 0.58}{7.1}\cdot 100 = \pm 8.2\%.$$

同理，可以計算平行剖面法中体積的相对誤差（見表7）。

在表9的6、7、8、9各欄中，計算了一个区域金屬礦体中一塊段的成分平均含量的中誤差，以及計算了該塊段中这种成分含量的变化系数。

在表11中（第6、7、8、9各欄中），求出了一采区銅礦体的厚度变化系数，該礦体的礦石及銅儲量是在計算区內探坑分布不均勻的情况下，用三角形法算得的（見表10及圖28）。

在表13及表14中，求出了采区的礦脉厚度变化系数，該采区已为采礦巷道切割好（見圖29）。表13中單独計算塊段Ⅰ的厚度变化系数，而在表14中，則整个計算全区的厚度变化系数。

3、4、5、6各欄的計算，也和驗算的要求一样，是用計算尺進行的。

从6、9、11、13及14各表所列的变化系数的全部計算中可以看出：導來权的乘積值以及該值与原始数值 a 对最后成果 a_R 的差值的平方乘積值，好象分数的乘積一样，都是十分小的。因此用計算尺确定这些数值时，为了簡化計算工作，只需取一、兩位数字就够了。

最后还要指出，高階平均值的誤差公式不僅可以在礦產儲量計算中，而且还可以在礦山測量、大地測量或礦業統計工作中用来确定測量值的平均数的誤差，这些部門同

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

样也会遇到高階平均值。

儲量計算的似眞誤差及計算要素变化程度的确定法概述

如所周知，某一量的誤差可以用实驗法及分析法來确定。

儲量計算中似眞誤差的实驗确定法有如下几种：

1.將开采成果与勘探成果中的儲量数据加以比較。

正如Л.А.卡查柯夫斯基教授的著作中所指出的一样，这种确定誤差法的缺点是，只能用來直接評定勘探網的一定布置方式（定点及定位）。

Л.А.卡查柯夫斯基注意到儲量計算的成果决定于勘探網布置方式的这种情况，因而認为在已知的礦体形狀、勘探詳細程度及儲量計算法中，勘探網的布置方式不同，就可能得出不同的儲量数字。

因此用开采与勘探成果的儲量数据進行的比較，將產生一种由这种具体勘探網的布置方式所特有的誤差，这种誤差可能与詳細勘探数据及計算法所固有的中誤差（或極限可能誤差）相差很大。

2.將規則几何圖形的眞实体積与用某种測量網所"勘探"出的体積加以比較。

德聶普洛彼得洛夫斯克礦業学院礦山測量教研組曾做过这种工作。他們用旋轉橢圓体做为研究的对象，按某种規則的測点網确定橢圓体的"垂直厚度"，并根据这些"厚度"用不同方法計算橢圓体的体積。然后將計算的成果与

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

按橢圓体各軸的大小所算得的眞实体積加以比較。

然而研究的結果并沒有确定：用各种勘探法勘探規則几何画形的成果与其眞实体積的这种比較法，是否对眞实礦体条件下的实际勘探有足够的示范意义。

此外，研究的缺点还在于僅对一种圖形——旋轉橢圓形——做了研究。

3.將与一定类型礦床相当的模型的精密体積和按某种測点網数据算得的同一圖形的体積進行比較(模型法)。

关于这方面的研究工作，科学院、中央礦山測量科学研究处（ЦНИМБ）及列宁格勒礦業学院礦山測量教研組曾進行过研究。

这类比較法較之与規則几何圖形所作的比較自然更有示范性。

这些工作的提出需要作徹底的研究，并对礦床的形狀進行分类。

4.將礦体詳細勘探的成果与同一区域用稀散探網勘探所獲得的成果加以对照（Н. А. 尼古拉也夫工程师等的著作）。

这种研究工作曾經确立了随探坑的加密而逐步減少誤差的規律。

然而根据許多試驗工作的結果証明，随着探網的加密，体積和儲量的計算值不是均匀地、而是極不規則地逐漸趋向他的眞值。

因此要根据这种对照来求出它的变化規律是不可能的。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

5. 將按各种不同的儲量計算法所算出的成果加以对照。

然而，这种比較法只能确定計算中有无粗差存在。

自然，兩种計算法成果的差值不能得出关于某种儲量計算法成果的誤差概念。

計算誤差的数学法可归結如下：

1. 用具有某种規則形狀的表面物体代替真实礦体

（根据列宁格勒礦业学院数学教研組的研究）

用規則几何圖形面去代替被探坑截穿的各点間的真实礦体面是沒有根据的，因而加入誤差公式中的系数，无論在数量上和符号上都是不定的。

根据三角形法所作的研究，得出下列三角形法似眞誤差（"地質誤差"）的一般分析式：

$$\Delta = \frac{3}{8}\lambda r^2_{\text{最大}} S,$$

式中 $r_{\text{最大}}$ ——通过联接探坑的三角形的各頂点所作的最大外接圓的半徑；

S——礦体勘探部分的面積；

λ——由礦体性質所决定的系数。

如所周知，誤差的这种数学确定法沒有獲得發展。

2. 数理統計学及誤差理論的方法

数理統計学及誤差理論的方法，在儲量計算方面的应用受到无比巨大的注意。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

現在我們更詳細地來討論这些方法。

变异統計法是以抽样理論中的下列假設为基礎的：

1.抽样过程是随机的和等概率的（史达哈斯基性的）；

2.具有某一标志的足够的測定次数。

經初步的研究确定：为了要使这个方法可靠的应用，数据的最少必需数目根据矿体类型的不同，可以变动在20至40之間。

上述限額是由变化指数的誤差公式得出的，它决定于測定的次数，

$$m\omega = \frac{\omega}{2n}\sqrt{1+2\left(\frac{\omega}{100}\right)^2},$$

式中 ω——变化指数，等于計算中厚度或其他要素平均值的均方誤差与該要素平均值之比；

n——測定的次数。

如果数值m_ω——变化指数的誤差——的三倍等于或趋近于变化指数值本身，那么以数理（变异）統計法为基礎的推导將不可靠。

应用变异統計法去分析儲量計算的精度的最早著作之一，是沙馬斯基工程师的著作。在这个著作里，沒有考慮到对确定計算成果的誤差具有重大意义的下列情况：

1.在确定某要素抽样数列的平均数的誤差公式中，沒有考慮到系数 K，以表示礦体勘探时測定某要素的抽样总体与礦体該要素值的全及总体之比。

問題在于作者所用的公式

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$$m=\sqrt{\frac{[P\delta^2]}{(n-1)[P]}},$$

只是嚴格确定同一量的測量数列平均值的誤差，而在为儲量計算所作的礦体勘探过程中，我們要求的是另一类平均值。这就是在礦体各个不同点上測量某計算要素（礦体厚度、有用成分含量等）不同值的抽样数列的平均值。它以某种精度給出关于礦体勘探部分全部現有的某要素值的抽象平均数的概念。

根据数理統計学的理論，对于这类平均数，应在其誤差公式的根号中乘以系数值

$$k=\frac{S-nf}{S-f},$$

式中　S——某要素散布的地区；

n——測量(确定)要素的次数；

f——地区S中的一部分的大小，在这样大的一部分地区內，要素的数值，实际上可以認为是不变的。

在确定平均厚度时，厚度散布的地区就是已勘探的面積；而在求容重的平均值时，容重散布的地区則为計算面積內的礦产体積等。

因此，例数第二个公式采取形式

$$m=\sqrt{\frac{[P\delta^2]}{(n-1)[P]}\times\frac{S-nf}{S-f}}.$$

在这一公式中，数值nf决定于“抽样总体”的大小，而S則为全及“总体”（按数理統計学的術語）。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

抽样总体与全及总体相差越少，则系数 k 愈小，因而誤差也愈小。

然而，某要素一次确定的影响圈的平均值 f，仍旧是未知数。这个数值首先决定于計算中被研究要素的穩定程度，也就是說，决定于礦床的类型。但是确定 f 值的研究工作，到現在还沒有进行。

由此可見，系数 K 对要素平均值的誤差的影响將决定于勘探的詳細程度（由数值 n 决定）及礦床的类型（由数值 f 决定）。

对于 n 值很小的低級儲量的勘探工作，k 趋近于 1，則按下式算出的誤差值变化很小：

$$m=\sqrt{\frac{(P\delta^2)}{(n-1)(P)}}\quad（即不考慮k），$$

而在开采过程中計算儲量时，k 对 m 值❶有相当大的影响。

2. 在确定函数的誤差时，按沙馬斯基工程师所应用的公式：

$$M=\sqrt{\frac{\partial f^2}{\partial x_1}\cdot m_1^2+\frac{\partial f^2}{\partial x_2}m_2^2+\cdots+\frac{\partial f^2}{\partial x_n}m_n^2},$$

也就是說，根据变数 x_1，x_2，……x_n 的誤差 m_1，m_2，……m_n，認为包括在全部变数中（在这种情况下为計算中的各要素）的每一个都是独立的。

当儲量各要素間存在着关系（相关）时，这种公式便不

❶ 关于系数 K 的問題及其他許多沙馬斯基等所忽略了的因素，在諾若夫教授（Н. А. Норов）所著的「礦床儿何学」一书及其他著作中有闡明，它第一次用变異統計法研究了每种儲量計算的誤差。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

能采用。

同样，在沙馬斯基工程师的著作中，沒有提出关于研究儲量要素(礦体厚度、容重、有用成分的含量及其他)間是否有关系(相关)存在，以及用相关系数表示的这种关系值的大小的問題；同时也沒有提出关于研究其他种类的相关的問題。这种相关是表示某要素在一定方向上的变化規律，即要素值与其在这方向上距某一起点的距离的相关。

当因子x_1和x_2(儲量要素)間存在着关系时，乘積(儲量)的相对誤差按照数理統計学理論应依下式計算。

$$\frac{M_Q}{Q}=\sqrt{\left(\frac{m_{x_1}}{x_1}\right)^2+\left(\frac{m_{x_2}}{x_2}\right)^2+2\cdot r\frac{m_{x_1}}{x_1}\cdot\frac{m_{x_2}}{x_2}},$$

式中　　r——相关系数值，由下式决定

$$r=\frac{\frac{\Sigma x_1x_2}{n}-x_{1cp}x_{2cp}}{\sigma_{x_1}\cdot\sigma_{x_2}},$$

其中：

n——数据的总个数；

x_{1cp}——数据X_1的算術平均值；

x_{2cp}——数据X_2的算術平均值；

σ_{x_1}、σ_{x_2}——x_1及x_2的兩数列的均方差。

当某計算要素值(礦体指数)与一定的方向綫上(从某起点到測量各点)的距离具有相关时，則应在本要素的均方差σ中，按下式加一改正数：

$$\sigma'=\sigma\sqrt{1-r^2},$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$$\sigma=\sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n-1}},$$

式中 r——相当的相关系数。

3. 沙馬斯基工程师在其著作中所提出的确定各种储量計算法誤差的示意式，沒有充分考慮到标誌值的全部变化。

例如，在計算兩平行垂直剖面間的分層(塊段)中体積的誤差时，体積由梯形公式 $V=\frac{S_1+S_2}{2}H$ 來确定。这时作者考慮了剖面內礦体厚度值的变化，但沒有考慮到剖面間体積的似眞誤差，也就是說，沒有考慮到由勘探数据所确定的剖面間礦体的剖面面積值的变化。

我們認为如果有一种确定各种储量計算法中储量計算成果的誤差的統一公式，并使这种公式能考慮到計算要素值的全部变化及其权值，則將促進变异統計法在計算这种誤差方面的应用。因而在本章的上一節里曾討論了这种公式。

对于礦床按类型的分組和在变化系数的基礎上确定礦床变化程度及研究程度，以及对于根据储量要素的誤差公式中的系数 k 值的試驗測定而進行的研究工作，也必須使应用变异統計法的示圖式标准化和应用方法加以改善。

在储量計算精度評定法的敍述將結束时，我們还將討論卡查柯夫斯基教授所提出的，并在其“与礦床几何制圖和储量計算有关的成果的精度評定”（苏联煤炭技術書籍出版社1948年版）一書中所闡明的方法。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

卡查柯夫斯基教授根据模型的实驗研究及理論研究的結果証明：同一方法算得的儲量在探坑間距离相同而探坑網的布置方式（定点及定位）相异时可能有不同的結果，因而礦体真实儲量和計算成果間的差值也將不同，也就是說，誤差不同。

研究固体礦產儲量計算成果与探坑布置方式的关系时，可以求得極限誤差值（絕对值最大的誤差），这种誤差是在探坑間距离一定而探網布置方式不同时某一方法所固有的。

对于規則探坑網（鑽眼、小井等），礦床体積或儲量的变化与各勘探点中礦体厚度和的变化成正比，因为在尖滅边界范圍內，礦床体積可以按总数法公式$V=l^2\Sigma h$足够精密地算得。其中l——鑽眼間距离，而Σh——礦床在鑽眼中的厚度和。

因此算得的体積的相对誤差可以看做礦床所測厚度和的相对誤差，也就是說，看做这种和与厚度的真和的相对差值。

这个差值当鑽眼間距离为已知时，可以从其極限正值变动到極限負值，其中經过相当于所謂良好的探網位置的零值。

当具有礦体模型时，也就是說，从我們所感兴趣的計算要素（厚度，成分含量等）的变化性質方面說具有与礦体相似的圖形时，就可以求出这个模型的真实体積，然后將所得体積除以l^2，即得相应的真实厚度的和（$\Sigma h_{n.m}$）。

如果知道这种真和，就可以將它与探網各种布置方式

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

所得的厚度和進行比較，从而求得該和数 Σh 对厚度的眞和 Σh 眞的差值，用以說明所采用的儲量計算法在鑽眼間距离为已知时的可能極限誤差。

在厚度和的相对差可以認为等于体積的相对差（即体積誤差）的条件下，計算公式为

$$V=l^2\Sigma h.$$

因此，在比較其他儲量計算法及确定这种方法算得的儲量对其眞值的可能極限差时，应該应用这种公式作为"标准"。

前已述及(見第10頁)，按公式（在实滅边界范圍內）

$$V=l^2\Sigma h$$

或者按公式（在內边界范圍內）

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

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

計算体積就叫做总数法。

这种方法，以及最近点法，是足够精密的，可以做为比較該法与其他計算法的成果的标准。

在这种情况下，建議把已知儲量計算法的成果的可能極限誤差当做下列兩个分量的絕对值和来求：а)总数法的極限誤差及б)已知儲量計算法与总数法的計算成果的差值。

因为已知方法的可能極限誤差的第二分量并不难求，

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

所以顯然全部工作就归結为确定总数法的極限誤差。

这个問題是用下列方法借确定礦体研究程度的系数和总数法極限誤差間的实驗关系来解决的。

在具有平面形基底及不規則狀表面的礦体模型上（沉实在平面上的礦体），其厚度变化的特征是用实际勘探最大的数值来表示。在这种模型上用不同的探網布置方式对各种不同的探坑間的距离求出差值$\Delta\Sigma h_i=(\Sigma h)_i-(\Sigma h)$值再根据这些差值来求各种不同的探網密度的極限差。

然后对各种不同的探網密度确定研究程度的指数。

这种研究程度的指数是根据卡查柯夫斯基的二次差数法求出来的。它与B. Г. 索拉弗耶夫及其他作者所提出的以变化系数为基礎的确定法不同。

二次差数就是兩对相鄰的測量值的差数的差数。例如，假設有一組以公尺为單位的礦体厚度数列：1.2；1.4；1.7；……1.9，那末前三个数的二次差数等于0.3—0.2＝0.1公尺。

二次差数表示該数列变化的强度（интенсивность）及性質。

卡查柯夫斯基按下式确定研究程度的指数：

$$R=\frac{n\cdot k\cdot K_{cp}}{1000[g\Delta^2]},$$

式中 n——礦体厚度或其他要素的測点数；

k——要素測量值的二次差数的个数；

K_{cp}——要素的平均值；

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

〔$g\Delta^2$〕——二次差数的数值Δ与其权g的乘積和。

在这种情况下，二次差数的权是与測点間的距离成反比。

按正方格網測量厚度，对各种不同的測点密度繪制R和$\Delta\Sigma h$的关系圖表。

按照这种表(或圖)，根据在相当条件下的R值确定最大極限差$\Delta\Sigma h_{пр}$（以百分数表示），这种差值也就是按总数法評定体积的計算精度的标准。

假如体积是用其他方法計算的，那末該法与总数法計算体积的相对差值是按下式計算：

$$\frac{V_p}{l^2\Sigma h}-1,$$

式中 V_p——用某一方法求得的体積值。

而該法所求得的体積的可能極限誤差$\mu(V)_{в.п}$，可以当做总数法的極限誤差$\Delta\Sigma h_{пр}$与兩法成果的相对差之和按下式求出：

$$\mu(V)_{в.п}=\pm\Delta(\Sigma h)_{пр}+\left(\frac{V_p}{l^2\Sigma h}-1\right).$$

式中$\Delta(\Sigma h)_{пр}$之符号取与括弧內差数相同的符号，因而所用方法的可能極限誤差也采取这种符号。

对于其他規則形状的探網（差形及其他）、可用实驗法借助模型繪制另一些圖表，然后同样地按圖表進行成果的精度評定。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

結　　論

在礦產儲量計算精度評定的研究方向上，所用方法的多样性以及許多作者在这方面所作过的巨大工作，便說明了这个問題的复雜性，同时也說明了該問題对采礦及地質勘探工程的重要性。

顯然，在这方向上所做过的每一种研究工作，在确定該誤差变化的数量或性質上已做出了貢献。

至于变分法及誤差理論法的应用，則必需区分下列兩种任务：确定儲量誤差及計算要素平均值的誤差或确定礦体（或礦体的一部分）已知要素值的变化程度。

在应用变异統計法确定礦体儲量誤差及指数平均值誤差方面，在能滿足应用变异統計学的基本要求的条件下，也就是說，在已知計算要素值的抽样具有史达哈斯基性（随机性）及存在大量数据的条件下，任何一个研究者也不否認利用該法的可能性和合理性。

在勘探时所得的計算要素值，特別是对于有用成分含量的抽样中，許多实驗工作都証明这种抽样具有史达哈斯基性，特別是为雷若夫教授的著作所証实。

在詳細勘探时，特別是在开采过程中重算儲量时，我們常拥有大量数据，因此，应用这种方法的条件是存在的。

自然，不能在所有条件下都把計算要素的变异統計誤差与其眞誤差混为一談，然而，根据許多研究工作的証明，特別是B. H. 克拉斯尼柯夫在苏联科学院礦業研究所作的著作，用模型將变异統計法确定儲量計算精度的成果

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

与誤差的眞值加以比較，認为有可能推出联系变异統計誤差与眞誤差的确定的系数。

必需指出，成分含量的精度的变异統計評定法已为实际工作中所采用。

特别是斯米尔諾夫教授在他寫的“矿物原料儲量計算”一書的例子中，曾根据一个金矿体所作的計算，說明如何应用变异統計法去确定矿石有用成分平均含量的誤差。

确定矿体指数变化程度时，特别是确定成分含量的变化程度时，如要素沒有局部变化規律，則可用变化系数直接評定矿体指数和成化含量的变化。

因此將这些方法的应用方法加以改善是完全必要的。

特别是为了有可能統一和正确地將这种評定法对各种儲量計算法所得的誤差成果与按矿体开采数据或矿体模型上确定的眞誤差的成果加以对照，需要改善应用的方法。

今后在这方面要進行下列的工作：

1.确定計算要素的变异誤差公式中的系数$k=\frac{S-nf}{S-f}$，这里顯然可归結为对不同类型的矿床确定数量f。

2.确定联系不同类型矿床的变异誤差与眞誤差的系数，这种变异誤差按公式$m=t\frac{\sigma}{\sqrt{n}}=\sqrt{k}$計算。

卡查柯夫斯基所提出的研究系数与極限差間的关系的方法可以用于按均勻探坑網勘探的矿床实际中。此处矿体研究程度的系数是根据二次差数法算出，而極限差則可根

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

据厚度和（或綫性儲量）与开采数据或在礦体模型上求得的眞和計算。

用这种办法得到的可能極限誤差可以和变异誤差相对照，因而这些数值間的相互关系問題就得以解决。

在結束关于确定假眞誤差与礦体变化程度問題的意見时，我們認为还应該指出，对照眞誤差与按变异公式算得的誤差，也和对照厚度和及綫性儲量的極限差与礦体研究程度的系数一样，必需在按礦体类型精确分組的基礎上，根据开采数据或制作礦体模型来進行实驗工作。

第四章　計算要素技術誤差的結構和水平的分析

屬于儲量計算要素的有：

1. 礦体面積；
2. 礦体厚度；
3. 礦体剖面面積；
4. 礦層傾角之正割；
5. 有用礦物的容量；
6. 成分含量；
7. 有用礦物或有益成分的綫性儲量；
8. 不平行剖面間的夾角与其正弦之比 $\frac{\alpha}{\sin\alpha}$；
9. 从剖面重心向其相鄰的不平行剖面所作的垂綫值 $H_{\text{垂}}$。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

确定礦体面積的誤差

确定面積的誤差值决定于坑洞測量时的誤差（所謂外業誤差）及測量資料室内整理的誤差。

面積的"外業"誤差。根据誤差理論确定面積的外業技術誤差值的大小問題，書籍中只研究过最簡單的几何圖形（長方形、三角形），而这种圖形的各要素則是根据实地中直接測量而求得的。

契巴塔列夫教授在推導誤差时，考慮到圖形的底和高的誤差的乘積很小，可以忽略。因此，这种圖形面積 B 的相对誤差將等于底 a 和高 b 的相对誤差之和，按下式計算：

$$\frac{m_B}{B} = \frac{m_a}{a} + \frac{m_b}{b}.$$

然而，在儲量計算的实际中，我們通常所碰到的都是折綫或曲綫所圍成的圖形面積。因此，我們必須解决如何确定用導綫或視距測量所測定的曲綫形圖形的面積的誤差的問題。

我們將不規則的圖形面積，可看做为該圖形的平均底長及平均高度的乘積，也就是說，可看做为矩形面積，矩形的边長即为这种平均值。

如果沿圖形边界敷設一条全長精度相同的經緯仪附合導綫，那末就可以認为圖形的平均底長和平均高度具有相等的相对誤差。我們合这种誤差等于導綫的相对閉合差。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

因此，不規則輪廓的圖形面積的相对技術誤差 $\frac{m_{BT}}{B}$ ❶，可看做平均底長和平均高度的相对誤差之和，等于導綫相对閉合差的兩倍。

$$\frac{m_{BT}}{B} = 2\left(\frac{f}{l_i}\right)^{*}$$

式中 B ——礦体面積；

f ——導綫的絕对閉合差；

l_i ——導綫边長。

由此可見，甚至在很容易达到的導綫相对閉合差 $\frac{1}{1000}$ 的情况下，面積的"外業"相对技術誤差也不过为 0.002 即0.2%。

为了計算按視距測量測定的边界所限定的面積誤差，我們先研究确定一視距樁位置的誤差。

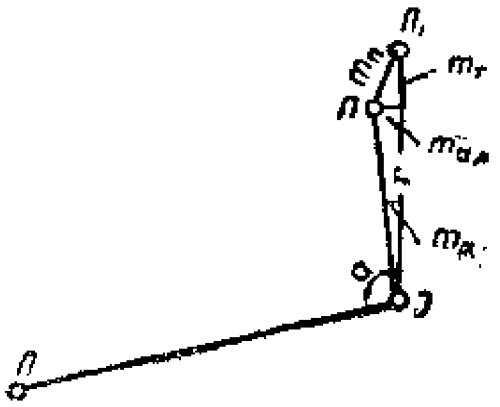


圖 30 求面积的技術誤差

这种誤差用 m_n 表示，对于一个已經繪在圖上的測樁，估計到在圖上設角常用分度器，其設角誤差 m_α 不小于5′；而距离的外業誤差 m_r（圖30）用大比例尺制圖时不会被增大。

由圖30可知，測樁位置的誤差可用直角三角形

❶ 此处原文为 m_{BT}，想为 $\frac{m_{BT}}{B}$ 之誤。——譯者

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

的斜边来表示。而其兩直角边为 m_r 及 $m_{\alpha_{\text{II}}}$，其中 $m_{\alpha_{\text{II}}}$——由于測角 α 的誤差（m_α）而產生的綫量誤差；从該三角形中得：

$$m_{\text{II}} = \pm\sqrt{m_r^2 + m_{\alpha_{\text{II}}}^2}.$$

設有一例：仪器至測樁間的最大距离 $r = 100$ 公尺，長度測量的相对誤差为 $\frac{1}{300}$；这时 $m_r = \frac{1\times 100}{300} = \pm 0.33$ 公尺；則誤差 $m\alpha_{\text{II}}$ 將等于 $r\cdot\sin 5'$。

$5'$ 的正弦可看做小角的正弦，以度数与弧度之比來代替，則得：

$$m\alpha_{\text{I}} = 100\frac{5'}{\rho'} = 100\frac{5}{3438}① = \pm 0.15 \text{公尺}.$$

及

$$m_{\text{II}} = \pm\sqrt{m_r^2 + m_{\alpha_{\text{II}}}^2} = \pm\sqrt{0.33^2 + 0.15^2} = \pm 0.36 \text{公尺}.$$

連接兩个中誤差为 ± 0.36 公尺的測樁的綫長誤差將为 $\pm 0.36\sqrt{2}$。

現在我們把圖形的平均底長和平均高度看做是各綫段的長度和，而每一綫段的長度又是由兩測樁來限定的。假設按圖形的平均底長求得这种綫段数 n_1，而按圖形的平均高度則得綫段数 n_2；那末面積的相对誤差將等于圖形平均底長和平均高度的相对誤差之和，可以按下式計算：

① 此处 P' 应等于 3438，而原文誤为 3420。——譯者

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$$\frac{m_B}{B}=\pm\frac{0.36\sqrt{2n_x}}{a}\pm\frac{0.36\sqrt{2n_y}}{b}$$

$$=\pm0.508\left(\frac{\sqrt{n_1}}{a}+\frac{\sqrt{n_2}}{b}\right)=\pm0.508\frac{b\sqrt{n_1}+a\sqrt{n_2}}{ab},$$

考慮到 $ab=B$，則

$$\frac{m_B}{B}=\frac{0.508(b\sqrt{n_1}+a\sqrt{n_2})}{B},$$

由此，圖形面積的絕对誤差为

$$m_B=\pm0.508\,(b\sqrt{n_1}+a\sqrt{n_2}).$$

設有一例：勘探区面積为 240,000 平方公尺，其平均底長为600公尺，平均高度为400公尺，用鑽眼勘探，其鑽眼位置用視距測量确定，鑽眼間的平均离距为 100 公尺，則

$$m_B=0.508(600\sqrt{4}+400\sqrt{6})=1100\text{平方公尺},$$

而

$$\frac{m_B}{B}=\frac{1100\text{平方公尺}}{240,000\text{平方公尺}}\simeq\frac{1}{250},$$

$$(m_B:B)\%\cong0.4\%.$$

从这个例子可以看出，这种誤差比較小，僅为千分之几，如果再补加上确定視距位置的導綫誤差影响，那末其面積誤差仍然很小．因为如前所見，導綫誤差是一种更小的百分数。

內業誤差

平面圖上的面積通常是用求積仪測定的，根据試驗研

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

究确定，用求積仪繞行面積 B 一圈的中誤差公式为

$$m_B = \pm k\sqrt{B}\ ,$$

式中 $k=0.03$。

研究的結果还証明：平面圖上要測的面積愈大，則測定面積的相对誤差愈小。对于面積为100～400平方公分的最常見的圖形，其測量中誤差变化在0.3至0.15%之間，甚至对于很小的圖形，其測量中誤差也不大，不会超过3%。当用繞行兩圈測定圖形面積时，精度將增大$\sqrt{2}$倍，也就是說，对于普通尺寸的圖形，精度將变化在0.2至0.1%之間。由此可見，这种誤差几乎不会改变儲量計算边界的仪器測量的精度。

确定傾角正割的誤差

在应用考慮傾角有变化的儲量計算法时，所需計算的礦層傾角正割的平均值，可用礦用罗盤、懸挂半圓仪，或用經緯仪竪盤直接測定礦層傾角来求得；或者按下式計算：

$$\sec\delta = \sqrt{\frac{H^2+b^2}{b^2}}\ ,$$

也就是說，根据礦層面兩勘探点的高程差H及其水平距离b来計算，而这些勘探点（鑽眼、小井）是由地面測量确定的。

直接測定礦層傾角时，对于緩傾斜礦層（$\delta=10°$时），傾角δ的正割的誤差（当用懸挂半圓仪及礦用罗盤測量δ的誤差为0.5—1°时）为：

$$\begin{array}{rl} & 1.01872 \quad (\sec\ 11°) \\ - & 1.01543 \quad (\sec\ 10°). \\ \hline & 0.00329 \end{array}$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

其相对誤差为$\frac{0.00329}{1.01707}=0.00324$，或0.3%。

对于傾角δ为45°的礦層，正割誤差为：

$$\begin{array}{r} 1.43956 \quad (\sec\ 46^\circ) \\ -\ 1.41421 \quad (\sec\ 45^\circ), \\ \hline 0.02535 \end{array}$$

其相对誤差为$\frac{0.02535\cdot 100}{1.42688}=1.8\%$。

对于急傾斜礦層（$\delta=80^\circ$），正割誤差为：

$$\begin{array}{r} 6.392 \quad (\sec\ 81^\circ) \\ -\ 5.759 \quad (\sec\ 80^\circ), \\ \hline 0.633 \end{array}$$

其相对誤差为0.633：6.075=0.104或10.4%。

由此可見，对于緩傾斜礦層，甚至在測量傾角的誤差达到1度的情况下，給計算儲量帶來的誤差是微不足道的。

然而对于急傾斜礦層，礦用罗盤或懸挂半圓仪的測角誤差則可能为計算儲量成果帶來重大的誤差。

根据礦層面的高程及距离b算得的傾角，可按上面举出的公式計算$\sec\delta$的技術誤差的平均值：

$$m_{\sec\delta}=\pm\sqrt{\left(\frac{\partial\sec\delta}{\partial H}\right)^2 m_H^2+\left(\frac{\partial\sec\delta}{\partial b}\right)^2 m_b^2},$$

假設用$\frac{\partial f}{\partial H}$表示$\frac{\partial\sec\delta}{\partial H}$，用$\frac{\partial f}{\partial b}$表示$\frac{\partial\sec\delta}{\partial b}$；

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

$$\frac{\partial f}{\partial H}=\frac{1}{b}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{2H}{\sqrt{H^2+b^2}}=\frac{H}{b\sqrt{H^2+b^2}},$$

但

$$\frac{H}{\sqrt{H^2+b^2}}=\sin\delta,$$

因此

$$\frac{\partial f}{\partial H}=\frac{\sin\delta}{b};$$

$$\frac{\partial f}{\partial b}=\left[\frac{1}{2}\cdot b(H^2+b^2)^{-\frac{3}{2}}\cdot 2b-1\cdot\sqrt{H^2+b^2}\right]^{①}=$$

$$=\frac{2b^2}{2\sqrt{H^2+b^2}}-\frac{\sqrt{H^2+b^2}}{b^2}=\frac{1}{\sqrt{H^2+b^2}}-\frac{\sqrt{H^2+b^2}}{b^2}$$

$$=\frac{b^2-H^2-b^2}{b^2\sqrt{H^2+b^2}}=\frac{-H^2}{b^2\sqrt{H^2+b^2}}=-\frac{\operatorname{tg}^2\delta}{\sqrt{H^2+b^2}}.$$

于是

$$m_{\sec\delta}=\pm\sqrt{\left(\frac{\sin^2\delta}{b^2}\right)m_H^2+\left(\frac{\operatorname{tg}^4\delta}{H^2+b^2}\right)m_b^2}$$

$$=\pm\sqrt{\frac{\sin^2\delta}{b^2}\cdot m_H^2+\frac{\operatorname{tg}^4\delta}{r^2}\cdot m_b^2}$$

$$=\pm\sqrt{\left(\frac{\sin\delta}{b}\right)^2m_H^2+\left(\frac{\operatorname{tg}^2\delta}{r}\right)^2m_b^2},$$

① 原文误为 $\frac{1}{2}b\,(H^2+b^2)^{-\frac{1}{2}}\left(\frac{2b}{b^2}\cdot(-1\sqrt{H^2+b^2})\right)$。——译者

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

式中　r ——两点沿矿层倾斜方向的距离。

现在来求矿层倾斜线上两点高差的误差 m_H 及其水平距离的误差 m_b，以及这些误差对求误差 $m_{s\cos\delta}$ 的影响。

用几何水准测量时，m_H 值为几公厘，而用视距法定高程时，误差可达几公分。但是如果把勘探时与测量矿层深度有关的偶然误差也考虑进去，那末偶然误差量 m_H 将达0.1—0.2公尺。

由上式可知，当急倾斜时，b 值比较小，而 $\sin\delta$ 比较大，故 m_H 的影响将增大；如果坑洞位置是用仪器测定的，则 m_b 将很小。

m_b 的影响通常都很小，因为这个数值需要除以 r，但在急倾斜中，因为乘上了 $\mathrm{tg}^2\delta$，这种影响也将使误差稍微增大。

由此可见，待求的误差也和 δ 在直接测量的情况下一样，急倾斜时为最大。

因此，我們在下面可求出急倾斜时的误差数值。

設有一例：　$\delta=80^\circ$ $H=50$ 公尺。

則 $b=H\,\mathrm{ctg}\,\delta=50\cdot\mathrm{ctg}\,80^\circ=50\cdot0.17633=8.8$ 公尺。

假設 $m_H=\pm0.2$ 公尺；$m_b=\frac{8.8u}{1000}=0.009$ 公尺。

則由于 m_H 而引起的相对誤差为：

$$\frac{\frac{\partial f}{\partial H}\cdot m_H}{s\,c\,\delta}=\frac{\sin\delta}{b}\cdot m_H\cdot\cos\delta=\frac{0.985}{8.8}\cdot0.2\times0.174$$

$$=\frac{985\times174}{44}\cdot10^{-6}=0.0039\text{ 或 }0.4\%.$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

而 m_b 的相对影响为：

$$\frac{\frac{\partial f}{\partial b} m_b}{\sec\delta} = \frac{tg^2\delta}{r} \cdot m_b \cdot \cos\delta = \frac{(5.671)^2}{50^2+8.8^2} \cdot 0.009 \cdot 0.174$$

$$= \frac{32.15 \cdot 0.009 \cdot 0.174}{2500+77.44} = \frac{3215 \cdot 9 \cdot 174 \cdot 10^{-8}}{506 \cdot 10^{-1}}$$

$$= \cong 0.001 \text{ 或} \cong 0.1\%.$$

总誤差

$$m_{\sec\delta}\% = \sqrt{0.4\%^2 + 0.1\%^2} = \pm\sqrt{0.16+0.01}$$

$$= \pm\sqrt{0.17} = \pm 0.4\%.$$

因而根据仪器測定的高程及离距 b 按公式

$\sec\delta = \frac{\sqrt{H^2+b^2}}{b}$ 来計算傾角时，$\sec\delta$ 的技術相对誤差一般僅有几千分之几，只是在傾角接近 90° 时，这种誤差才可能因受 m_b 的影响而顯著增大。

測定礦層厚度的誤差

礦層厚度測量的技術誤差主要决定于坑洞类型（采礦巷道、鑽眼）、礦体与圍岩的接触界綫是否清楚和是否接近直綫，以及决定于有用礦產与圍岩堅固程度的差别。这种堅固程度的差别可使鑽工更确切地掌握岩石更換，同时这个誤差的相对值也决定于礦体本身厚度的大小。

巷道内礦層露头的厚度可以直接用鋼尺測定，这时，在有利的情况下，測量精度可达0.01—0.02公尺，而在不

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

利情况下，精度为0.03—0.06公尺。

鑽探时，測定厚度的精度决定于岩心的取出率。但是既使在岩心取出率的百分数大的情况下，測量的相对誤差也达5—10%，而在岩心取出率小时，可以超过30—40%。按岩心測定的厚度通常都帶有一系統誤差，其符号为負。

要想消除这种系統誤差，可以用同一些点上开采时測量得的厚度与鑽探的数据進行对照，或者用設出的坑洞来联通鑽眼，然后对照在坑洞与鑽眼中測得的厚度。

測定厚度的技術誤差，在应用电測的条件下可以大大減小。

剖面面積的誤差m_s

直接沿穿过礦層厚度的坑洞所作的剖面可以按公式$S=Rh_{cp}$求得，式中h_{cp}——礦体平均厚度（对水平剖面为水平厚度，对垂直剖面則为垂直厚度），而R——剖面長度；即剖面上边界坑洞間的距离。

于是

$$m_s=\pm\sqrt{\left(\frac{\partial S}{\partial h}\right)^2 m_{h_{cp}}^2+\left(\frac{\partial S}{\partial R}\right)^2 m_R^2}$$

$$=\pm\sqrt{R^2 m_{h_{cp}}^2+h_{cp}^2 m_R^2}.$$

因为在用仪器測量时，剖面長度R的誤差非常小，故有$m_s=R\cdot m h_{cp}$。由此可見，按測有礦体厚度的坑洞所作的剖面面積誤差与該剖面各坑洞的厚度平均值誤差成正比。

我們这里所討論的这种剖面面积的技術誤差m_{S_T}式將

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

类似于

$$m_{S_\tau} = R\, m_{h_{cp}}.$$

确定容重的誤差

影响确定有用礦物容重精度的主要因素是有用礦物的性質及确定容重的方法。

确定致密礦物容重的精度要比确定松散的、破裂的和多孔狀的礦物容重的精度为高，后者的相对誤差达到10—15%。

直接称量从礦柱中采来的样品时，确定容重的相对誤差决定于确定样品体積的誤差，因为称量的誤差小，一般都可忽略不計。体積的相对誤差也和乘積誤差一样，等于三个測量值中每个測量值的相对誤差的平方和的平方根。因此相对誤差将随样品体積的增大而减小。

在采掘的空間为立方形、綫量測量的中誤差为±0.02公尺时，样品体積（例如体積等于4立方公尺）的誤差由下式确定：

$$\frac{m_d}{d}\% = \pm 100\sqrt{3\cdot\left(\frac{\frac{0.02}{3}}{\sqrt{4}}\right)^2} = \pm 100\cdot\frac{\frac{0.02}{3}}{1.59}\cdot\sqrt{3}$$

$$= \pm\frac{0.0346}{1.59}\cdot 100 = \pm 2.2\%.$$

卡查柯夫斯基教授在研究确定煤柱中煤的容重时，得到这样的結論：用建議的那种形式的試驗采掘法可造成相当大的誤差（6%以下）。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

在确定各种牌号的煤炭和无烟煤的容重时，卡查柯夫斯基建議应用分析确定法确定容重，以代替那种繁重和不够精密的試驗采掘法。分析法可用作者所提出的下列公式来实现：

$$R_{\text{煤}}=R_{\text{样}}+0.007\left(A^{c}_{\text{煤}}-A^{c}_{\text{样}}\right)+\Delta R_{\text{样}},$$

式中 $R_{\text{煤}}$ ——煤柱中煤的容重；

$R_{\text{样}}$ ——按静水称量的数据求得的煤的平均容重；

$A^{c}_{\text{煤样}}$ ——求$R_{\text{样}}$的样品中的内部灰分的平均含量，以百分数表示；

$A^{c}_{\text{煤}}$ ——求$R_{\text{煤}}$的某煤层（或者个别采区）的内部灰分的平均含量；

$\Delta R_{\text{样}}$ ——在确定礦車中煤的平均重量时，由于存在沒有选出的廢石(3—4%)而加的改正数。对于地下开采，取这种改正数为+0.002；而在露天开采时，取为+0.03；

0.007——煤的内部灰分每增加1%而產生的容重的变化系数，其值由实驗研究所确定。

作者建議按每一开采煤層确定$R_{\text{样}}$及$A^{c}_{\text{煤样}}$：

1.在煤礦中至少挑选10个純煤样品（塊），其重为200—250克。

2.对挑选好的各样品，拿到化驗室中，在开采掌子的温度狀态下，确定内部含量$A^{c}_{\text{煤样}}$及容重$R_{\text{样}}$。

3.將所得的数据平均，即得$R_{\text{样}}$及$A^{c}_{\text{煤样}}$。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

在确定各純煤層的R_n值时，其灰分量$A^c_{n,n}$取自煤質科或选煤科的現成数据，因为这些科由于研究灰分的标准而需要选取和分析各煤層的样品。

应用这个公式时成果的誤差由下列要素組成：

1)公式本身的誤差；

2)由于采用的系数(等于0.007 T/M^3) 的可能变化而引起的誤差；

3)由于煤層中内部灰分含量A^c_n的变化而引起的誤差；

4)由于煤中水分的变化而引起的誤差；

5)确定改正数ΔR_n的誤差。

作者用分析法确定容重的总的極限誤差(相对誤差)为2 %(与容重值相比)，对于灰分最穩定的煤，則为1.5%。

有用成分平均含量的誤差

这种誤差主要由下列部分組成：

1)“采取”样品的誤差；

2)处理样品的誤差；

3)正常化驗工作的誤差。

坑洞中采取样品的偶然技術誤差大部分可以互相抵消，在样品数目足够大时(15—25)，并不是平均含量总誤差中的主要誤差值，而在鑽眼中这种誤差可能达到很大的数值。

处理样品的誤差决定于所采用的处理方案和处理的技術。这种誤差一般不大。

正常化驗工作的誤差由下列兩种誤差組成：从样品中

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

称取化驗样品的誤差及分析方法的誤差。

第一种誤差通常都很小，而某一分析法一次分析的偶然誤差則根据礦物的性質及成分含量的百分数的不同，变化的幅度很大。

这些誤差的相对值随低含量成分的礦石而增大。例如，当錳的含量在5%以上时，正常化驗工作的相对誤差一般变化在2—4%，而在含量为0.1—1%时，其相对誤差可达20%。

因此含量的平均技術誤差（总誤差）等于三个分誤差的平方和的平方根。

緩性儲量的誤差mq和mp

緩性儲量（煤層生產力）的相对技術誤差，可看做厚度和容重乘積的相对技術誤差，是由厚度和容重的相对技術誤差的平方和的平方根來确定。

有用成分緩性儲量（有用成分面積含量）的技術誤差的确定法也和礦物緩性儲量相同，也就是說，等于厚度、容重及含量的技術誤差的平方和的平方根。

誤差$m_{\frac{\alpha}{\sin\alpha}}$（用不平行剖面法时）

按不平行剖面計算儲量时（卓拉塔烈夫公式，見第26頁），数值$\frac{\alpha}{\sin\alpha}$为常量，其技術誤差按下式确定：

$$m_{\frac{\alpha}{\sin\alpha}} = \frac{\partial \frac{\alpha}{\sin\alpha}}{\partial\alpha} m_\alpha = \frac{\sin\alpha - \alpha\cdot\cos\alpha}{\sin^2\alpha}\cdot m_\alpha .$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

角值 α 普通都是用分度器在圖上量得，因此假設 m_α 等于 30′，然后計算 $m_{\frac{\alpha}{\sin\alpha}}$，对于剖面間角值小的角度，当其弧度值为0.2时$\alpha$，=11°28′；对于弧度值为1.2的大角，$\alpha$=68°46′。

这时按照上面的公式

$$m_{\frac{\alpha_1}{\sin\alpha_1}}=\frac{0.199-0.980\times0.2}{0.039}\cdot0.009$$

$$=\frac{0.003}{0.039}\times0.009=0.00069,$$

但

$$\frac{\alpha_1}{\sin\alpha_1}=\frac{0.2}{0.199}\cong1,$$

因此

$$\frac{m_{\frac{\alpha_1}{\sin\alpha_1}}}{\frac{\alpha_1}{\sin\alpha_1}}=0.00069 \text{ 或 } 0.07\%.$$

現在來求角值为68°46′的$_{\frac{\alpha}{\sin\alpha}}$ 的技術誤差

$$m_{\frac{\alpha_2}{\sin\alpha_2}}=\frac{(0.932-0.434)\cdot0.009}{0.869}=\frac{0.498}{0.869}\cdot0.009$$

$$=0.00504,\quad \frac{\alpha_2}{\sin\alpha_2}=\frac{1.2}{0.932}=1.29.$$

因此

$$\frac{m_{\frac{\alpha_2}{\sin\alpha_2}}}{\frac{\alpha_2}{\sin\alpha_2}}=\frac{0.00504}{1.29}=0.004 \text{ 或 } 0.4\%.$$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

由这些例子可以做出如下結論：用上述不平行剖面法計算剖面間夾角 α 很大的塊段儲量时，用普通分度器量角的誤差不会給儲量計算帶来很大的誤差。

由剖面重心間其相鄰剖面所作的垂綫長度的誤差 m_{H_n}

由剖面重心向其相鄰剖面綫所作的垂綫值 H_n 也是不平行剖面法中儲量計算的变量之一（卓拉塔烈夫公式）。这个值的誤差决定于确定重心和該重心在本剖面綫上投影的精度，同时也决定于确定該垂綫与相鄰剖面綫的交点的精度，也就是說，决定于确定該垂綫兩端点的精度。

在确定重心时，对于簡單圖形采用几何法，而对于复雜圖形，則采用圖解分析法，这样确定重心的誤差在平面圖上不会超过0.5—1.0公厘。假設垂綫終点的誤差值也是这样，那末在儲量計算圖的比例尺很大时，相对誤差 $\frac{m_{H_n}}{H_n}$ 將非常小。例如，在圖的比例尺为 $\frac{1}{500}$ 和 $H_n=50$ 公尺时，相对誤差（1公厘$\sqrt{2}$）：100公厘＝1.4公厘：100公厘＝0.014或1.4%。

而兩次确定的平均数的技術誤差为：

$$\frac{1.4\%}{\sqrt{2}}\simeq 1\%.$$

从上面的研究中可以看出，計算要素的技術誤差一般不大，而且計算要素的平均值的誤差在多次确定时还將减

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

少$\frac{1}{\sqrt{n}}$，其中 n ——确定的次数。在下列情况下技術誤差將是相当大的：

а)根据鑽孔内鑽探的数据确定礦体厚度时（特别是岩心取出率很小时，誤差可超过30—40％），并且这种誤差通常变为帶負号的系統誤差；

б)利用礦用罗盤或懸挂半圓仪直接測定急傾斜礦層的傾角，并用这种傾角來求礦層傾角的正割时，其正割相对誤差可以达到10—11％，或更大；

в)在就成分含量的百分数很低的礦石确定其有用成分的含量时，含量的相对誤差可达到30％。

結　　論

要想选擇儲量計算的方法，必需根据礦体的勘探、設計或开采的資料查明礦体的構造、成分分布的性質以及計算的要求，然后应該首先选擇出一类方法，也就是說，解决下列問題：

а)是否只需綜合計算或者还要求按个别标誌划分儲量；

б)那一种标誌（計算要素）的变化是該礦体（或該礦体的待估价部分）最具有特征的变化。

从第一、二兩章的分类中选定一类計算方法后，就可着手了解这类方法中每种方法的特点，然后必須从这一类

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

中选择一种最能符合該礦体儲量計算任务的計算方法。

分析儲量計算方法是从那些計算要素为常量和变量的观点着手（見第二章）。此外，分析的結果能得出統一各种不同的計算法的共同因素，本書根据这些共同因素，推導出各种計算法的儲量确定和儲量驗算，以及計算成果的誤差确定的一般公式及示意式。

各种計算法的共同因素就是儲量計算的最后成果可以用全計算区的变量平均值与常量的乘積的形式表示。

因此，儲量計算成果的誤差对于全部应用方法都可以用乘積的誤差來表示。考慮到常量的技術誤差不大，而在很多情况下，甚至变量的技術誤差也不大，这一点已为第四章所導出的誤差公式的实驗研究所証明；同时还考慮到在很多情况下可以令常量的似眞誤差等于零，因而計算区的儲量計算成果的誤差就可計算变量的誤差，也就是說，計算高階平均值的誤差。

这些平均值及其誤差可根据原始值及权借高階平均值公式來确定，而无需計算各个圖形或塊段的中間平均值及其誤差。同时，各种不同計算法的确定誤差的示意式都相同，并能充分顧及到标誌值的全部变化。

高階平均值及其誤差的公式不僅可以用來計算礦產儲量，而且还可以用在具有高階平均值的礦山測量、大地測量及礦業統計工作中。

关于如何簡化儲量計算技術的問題，根据研究的結果，認为对于数据沿計算面積均匀分布时应用綜合計算的原則可以獲得解答。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

根据这一点，对于矿体不平行剖面间各分层的储量計算，我們建議采用半旋轉角公式，这种公式可以直接計算兩个不平行剖面間的儲量，而不需要象查拉塔烈夫所提出的計算法那样要求确定剖面面積及其剖面重心的位置，同时也无需象应用綫的影响区公式那样要求确定平面圖的面積。

半旋轉角公式不僅可用来确定各个分層中的儲量，而且还可用于計算整个矿体的儲量，为此我們把矿体体積和与体積相似的儲量看做各分層的矿產体積与儲量的总和。这种分層是矿体被相交剖面的中心組划分而成的（輻射方向法）。

在应用輻射方向法时，为了避免進行內插，可采用特征点法，該法可以按公式 $\frac{a}{2}\sum a_i\rho_i\gamma_i$ 計算相交剖面的各个分層，并且无需作剖面圖。因为坑洞中的各指标都可以直接利用：γ_i——厚度或綫性儲量，a_i——兩坑洞在平面圖上的距离，ρ_i——剖面綫交点沿平面圖至兩坑洞的中央間的距离。

对于确定露天开采时的剝离工作量，建設时的土方以及計算有关大量爆破的爆破工作量，同样也可以应用輻射方向法。

在按一定标誌划分傾斜或層矿体及脉矿体的儲量时，为了使計算能得以簡化而又精密，可以將这种划分的地貌原則与坑洞影响区的簡化作圖法相配合。同时在相应的情况下矿層（或矿脉）的走向及傾斜綫可作为地貌綫（走向傾

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

斜地区法）。

儲量計算成果的誤差計算法方面的進一步研究，应該根据礦体在地貌类型方面的分类進行，这种研究对于每种类型应該：

а）确定一次测定某計算要素的影响圈的平均值 f；

б）將开采和礦体模型上的儲量資料所得的眞誤差与礦体的变异誤差加以比較，并确定其間的相互关系；

в）將由卡查柯夫斯基教授計算得的儲量的可能極限誤差与其变异誤差加以比較，并确定其間的相互关系；

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

参 考 文 献

1. Бауман В. И. К вопросу о подсчете запасов полезных ископаемых, «Горный журнал», 1938 (декабрь).

2 Болдырев А. К. Теория подсчета запасов металла в расшурфованной россыпи, «Горный журнал», №7--8, 1914.

3. Рыжов П. А. Геометрия недр, Углетехиздат, 1952.

4. Рыжов П. А. Математическое определение «геологической» ошибки при подсчете запасов полезных ископаемых, Труды Казахского Горнометаллургического института, №1. 1938.

5. Казаковский Д. А. Оценка точности результатов в связи с геометризацией и подсчетом запасов, Углетехиздат, ВНИМИ, 1948.

6. Смирнов В. И. Подсчет запасов минерального сырья, Госгеолиздат, 1950.

7. Крейг А. А., Пожарицкий К. Л., Розин А. А. Руководство по подсчету запасов месторождений золота, издание НКЦМ СССР, 1940.

8. Золотарев А. С., Подсчет запасов полезного ископаемого в блокемежду сходящимися профилями. Материалы по методике разведки и подсчета запасов полезных ископаемых, ОНТИ, 1936.

9. Брудно П. С. и Долженко В. В. Преобразование формулы Баумана для подсчета запасов складчатых пластовых месторождений, «Уголь», 1940, №12.

10. Иаксон С. С. Подсчет запасов полезных ископаемых,

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

04419
110923

второе перераб. издание, Углетехиздат, 1948.

11. Исаков С. С. К методике определения запасов полезных ископаемых в недрах и на поверхности шахт, Углетехиздат, 1952.

12. Красников В. И. Результаты экспериментальных работ по выявлению погрешностей подсчета запасов, «Горный журнал», №2, 1947.

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.cn