

礦物原料儲量計算

В. И. 斯米爾諾夫著

地質出版社

礦物原料儲量計算

В. И. 斯米爾諾夫 著

地質出版社

1955·北京

В. И. Смирнов
ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА—1950

本書敘述確定礦產儲量計算所必需的全部數值的方法。對於儲量計算法作了批判性的闡述。指出在不同勘探方法下，各種類型礦床的合理計算法。並列舉金屬和非金屬、煤、石油、油頁岩和天然氣各級儲量分類的條件。

本書供地質勘探和礦業高等學校的學生和研究生，以及普查、勘探和開採部門的礦山工程師使用。

本書由王同善、孫永濱、蔡冬生、張麗娟、徐啓明等同志譯出，趙興田和蔡冬生兩位同志校訂。

書號0195 礦物原料儲量計算 350千字

著者 В. И. 斯米爾諾夫

譯者 王同善、孫永濱等

出版者 地質出版社

北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可證出字第零四零號

發行者 新華書店

印刷者 地質印刷廠

北京廣安門內教子胡同甲32號

印數(京)1—1700冊 一九五五年十一月北京第一版

定價(8)2.25元 一九五五年十一月第一次印刷

開本31"×43" $\frac{1}{32}$ 印張15 $\frac{1}{2}$ 插頁5

目 錄

原序.....	7
---------	---

第一篇 儲量計算的基本參數的確定

第一章 儲量計算的一般程序及其測定單位	11
第二章 厚度的確定... ..	12
礦體厚度的測定。真正厚度的計算。總厚度、開發厚度及有用厚度。平均厚度的確定。可採厚度。	
第三章 體重的確定	24
第四章 組份品位的確定	29
測定單位。溫度的修正數。檢查分析。確定組份品位的容許誤差。邊緣品位和最低平均品位。平均品位的確定。估計組份品位特別高的樣品。有用組份品位資料的修正係數。	
第五章 計算石油和天然氣儲量的參數的確定	62
儲油和儲氣層的面積。儲油層和儲氣層的厚度。岩石孔隙孔度係數。岩石的填充係數。油層的出油係數。利用係數。石油的比重。井口壓力。油層溫度。	
第六章 面積的確定	71
圈定面積的一般方法。圖的比例尺。確定面積的方法。可採係數。	

第二篇 儲量計算方法

第一章 固體礦產儲量計算法	86
算術平均法。地質塊段法。開採塊段法。多角形法。三角形法。等值綫法。剖面法（直綫法）。等高綫法。綜合法。統計法。	
第二章 固體礦產儲量計算法的比較	114
第三章 石油和天然氣礦床的儲量計算法	118
體積法。開採曲綫法。統計法。	
第四章 儲量的經常性計算	128

儲量經常計算法的選擇。經常計算法的幾個特點。儲量的經常統計時期。

第三篇 在不同勘探方法下，對不同 形狀礦床的儲量計算

第一章	在選擇儲量計算法時，各種不同因素的作用.....	138
第二章	按形狀和按確定着選取合理的儲量計算法的勘探而將 礦床分類	141
第三章	用鑽孔勘探過的厚度穩定的緩傾的或陡傾的層狀礦床 的儲量計算方法	142
第四章	按勘探綫勘探的下列礦體的儲量計算法：厚度穩定的 水平礦體、厚度不穩定的層狀的、似層狀的、透鏡狀 的、斗篷狀的礦體和大而不規則的礦體.....	148
第五章	用分佈無規則的坑道勘探過的下列礦體儲量計算法： 厚度穩定的水平礦體和厚度不穩定的層狀的、似層狀 的、透鏡狀的、斗篷狀的礦體和大而不規則的礦體	176
第六章	為山地坑道所追探的礦脈和礦層的儲量計算法	183
第七章	為鑽孔所勘探的礦脈和礦層的儲量計算法	187
第八章	管狀礦體儲量計算法	190
第九章	巢狀礦床儲量計算法	192
第十章	石油和天然氣儲量計算法	197

第四篇 儲量分類

第一章	概 論.....	201
	固體礦產儲量分類表	201
	固體礦床儲量分類的一般原則	203
	分類的原則	203
	地下儲量的計算原則	203
	儲量級別的鑑定	204
	勘探程度的典型條件	204
	對礦產質量的研究程度和對使用它的加工技術的研究程度...	204

	對礦體形狀以及礦產類型和品級分佈的查明程度	205
	對將來開採的礦山技術條件的查明程度	206
	某些不同礦產儲量分類應用規範	205
第二章	金屬礦床儲量分類	207
	按確定儲量分類條件的自然因素，將原生金屬礦床分類	207
	原生金屬礦床儲量列入不同級的條件	207
	原生金屬礦床的儲量分類	214
	第一類。第二類。第三類。第四類。第五類。	
	鋁土礦儲量分類	228
	第一類。第二類。第三類。第四類。	
	鋁土礦床儲量分類的條件	230
	砂礦根據確定儲量分類條件的自然因素的分類	237
	第一類。第二類。第三類。	
	砂礦儲量列入不同級別的條件	238
第三章	煤和油頁岩的儲量分類	246
	煤和油頁岩的儲量列入不同級的條件	247
	根據煤和油頁岩在工業上的用途，對各級儲量所提出的取樣的 要求	249
	根據確定儲量分類條件的自然因素將煤田分類	256
	主要類型的煤礦床的儲量分類	257
	第一類。第二類。第三類。第四類。第五類。	
	油頁岩礦床的儲量分類	284
第四章	非金屬礦產儲量分類	287
	為了建築工業需要而開採的沉積礦床和風化礦床的儲量分類 的實例	288
	耐火黏土礦床儲量分類	288
	建築用砂礦床的儲量分類	293
	用來製造石灰的石灰岩礦床的儲量分類	301
	石英岩與砂岩的儲量分類	311
	水泥原料礦床的儲量分類	317
	為了化學工業和其他礦物原料加工工業的需要而開採的沉積 礦床和變質礦床儲量分類的實例	322

硫礦床的儲量分類	323
鉀鹽與鎂鹽礦產的儲量分類	327
磷灰石礦床的儲量分類	337
與岩漿活動有關的和應用在工業的不同部門中的礦床儲量分	
類的實例	345
雲母-白雲母礦床的儲量分類	346
爲了建築工業的需要而開採的火成岩礦床儲量分類的實例	353
第五章 石油和天然氣的儲量分類	363
第五篇 儲量計算資料的編製	
第一章 總結報告的內容	370
地質勘探報告的全文	370
儲量計算表	374
圖表資料	375
地質勘探工作的文件資料和儲量計算的其他原始資料的檔案	
資料	375
第二章 報告書的編製	376
參攷文獻	

原 序

礦床是蘇維埃社會主義國家天然財富中最重要的一部分。國民經濟的發展要求經常統計各個礦床、各種礦物原料、工業據點、各個區、省和各個共和國的礦產儲量。

因此，世界上沒有任何一個國家，像我國一樣，有根據的和統一的礦物原料儲量計算法能成為國家的重大措施。“統計與檢查——這是一項主要的工作，是爲了“安排”，爲了正確地實現共產主義社會的第一階段所必需的（列寧選集第三版第二十一卷440頁）。因此，蘇聯礦產儲量計算的基本原則是由政府批准的。一九四〇年三月，蘇維埃社會主義共和國聯盟人民委員會作出了有關於批准全蘇礦產儲量委員會的章程的決議。依據決議，全蘇礦產儲量委員會是確定和批准各種礦產儲量的最高的國家機關。同一決議也嚴禁在那些儲量未經全蘇儲量委員會批准的礦產基地上設計與建設新的企業以及改建和擴建正在生產的企業。

一九四一年二月，蘇維埃社會主義共和國聯盟人民委員會批准了固體礦產儲量分類條例和分類表。地質部設立了地質資料總局，專管統計我國地下各種礦物原料的儲量。

確定工業上有用的地下礦物原料的數量就是儲量計算。

雖然儲量計算是一種計算的操作，但是若沒有正確的勘探和缺少以先進的方法對礦床地質構造作全面的研究，儲量計算便是不可想像的。因此，在計算任一礦床儲量之先與計算的同時，應對礦床的地質構造進行充分的研究。計算儲量和因計算儲量而對礦床所進行的研究，其主要目的如下：

（1）確定地下的工業礦物原料的數量，並查明其各個品級儲量的分佈情況：

(2) 確定礦物原料的質量;

(3) 確定礦物原料的加工技術性質，以便指出原料的工業使用途徑;

(4) 確定正確選擇礦床開採方法所必需的地質條件;

(5) 確定儲量計算數字的準確程度和礦床的研究程度，以便解決儲量在工業上的應用問題。

本書共有五篇。第一篇敘述確定儲量計算所必需的基本數值（參數）的方法。在這一篇內，發展了完全可能應用最簡單的方法來確定這些數值的觀點，這些方法減輕了浩繁的計算手續。

第二篇敘述固體、液體和氣體礦產的儲量計算法。在這一篇中，證明完全可以不用極複雜的形式幾何方法（формально-геометрические способы），因為它只能引起計算的高度準確的錯覺。提出完全可以根據礦體天然地質形狀用最簡單的方法來計算儲量的意見。

第三篇描述在不同勘探方法下，不同構造的各礦床的原料儲量最合理的計算法。本篇對我們來說是新的東西，在本篇中提出了作者個人的見解和經驗，這些見解和經驗還有待討論，以便使各類礦床的儲量計算法今後更加完善。

在第四篇內，提出了金屬礦床、煤和油頁岩、非金屬礦床，以及石油和天然氣礦床儲量的分類。本篇內容之廣泛和具體，在地質勘探書籍中還是前所未有的。然而這一篇的基礎是全蘇儲量委員會的規範，這一篇只不過是把在計算上最重要的方面——儲量分類方面所積累起來的經驗加以系統化而已。

在簡短的第五篇內，敘述如何根據正式批准的規範，編製儲量計算資料。最後開列礦產儲量計算方面參考書單。

本書根據作者在莫斯科地質勘探學院的講稿和作者在全蘇儲量委員會工作所積累起來的經驗寫成的。作者最初任某些金屬礦床儲量計算的領導人，後來任檢查員，再後任主席。在編寫本書時，作者盡量把所有種類的礦產儲量計算的各方面包羅進去。自然，和作者的地質工作較為切近的問題闡述得較為具體，而和作者接觸較少的問題便敘述得簡略一些。特別困難的問題是在石油、天然氣儲量計算這一方面，

首先因爲在這一方面不像在其他方面有系統，其次因爲作者在這方面所作的實際工作較其他方面所作的實際工作要少。所以這一節在本書中就敘述得最簡略。

在編寫本書時，曾採用了通過全蘇儲量委員會的儲量計算方面的廣泛的資料。爲了選取書中列舉的儲量計算和儲量分類的例子，作者曾參考了下列地質學家的著作：阿弗杜辛（П. П. Авдусин）、阿古梁斯基（И. С. Агулянский）、安德魯舒克（В. Л. Андрушук）、阿塔耶夫（А. Я. Атаев）、阿法納謝夫（А. И. Афанасьев）、巴蘭事（Б. В. Баланин）、博耶夫（А. И. Боев）、博洛特尼科夫（Д. П. Болотников）、博爾沙科夫（Н. И. Большаков）、布雷茲加洛夫（Л. П. Брызгалов）、瓦茲布茨基（Г. Л. Вазбуцкий）、沃倫佐夫（Н. И. Воронцов）、加蘭（М. И. Гарань）、格爾紹依格（Ю. Г. Гершойг）、吉麥爾法爾布（Б. М. Гиммельфарб）、戈洛溫娜（М. В. Головинна）、格里察依（В. М. Грицай）、達維多夫（Н. И. Давыдов）、晉斯-里托夫斯基（А. И. Дзэнс-Литовский）、多麥契耶夫（Л. И. Дометьев）、杜吉娜（Л. Ф. Дугина）、耶果洛夫（А. С. Егоров）、熱爾達科夫（М. Е. Желдаков）、查瓦里申（М. А. Завалишин）、茲維列夫（А. С. Зверев）、晉琴科（А. Н. Зенченко）、伊澤爾京（Г. И. Изергин）、卡爾曼金（П. П. Калманкин）、卡明斯卡婭（Е. И. Каминская）、康恰科夫（С. Д. Кончаков）、科辛青（И. В. Косицин）、列什涅爾（Л. М. Лещинер）、羅吉諾夫（А. П. Логинов）、盧依克（А. Луйк）、米森科（И. И. Мищенко）、莫羅霍弗斯卡婭（М. С. Мороховская）、涅依巴烏耶爾（В. Н. Нейбауер）、奧加爾科夫（Н. М. Огарков）、奧爾洛夫（А. Н. Орлов）、奧爾利亞金（С. М. Орлянкин）、帕爾金（К. А. Палкин）、博爾捷夫（В. П. Полтев）、普羅丹丘克（А. Д. Проданчук）、普里亞米科夫（К. М. Прямыков）、拉杜茨卡婭（П. Д. Радуцкая）、羅普巴烏莫（В. Г. Розенбаум）、羅爾什科夫（В. П. Рольшиков）、羅曼諾夫（А. В. Романов）、羅馬西科（С. Д. Ромаско）、里亞賓科（В. Е. Рябенко）、斯維羅皮亞多夫（В. А. Све-

рпятав)、謝苗年科(П. А. Семененко)、謝苗諾娃(Г. П. Семенова)、謝爾然托娃(Е. А. Сержантова)、西多羅夫(В. Л. Сидоров)、斯米爾諾夫(В. И. Смирнов)、薩科洛夫(А. С. Соколов)、斯捷布列夫(М. Ф. Стеблев)、蘇巴契(В. М. Субач)、蘇林(Д. Ф. Сулин)、塞羅皮亞托夫(Б. А. Сыропятав)、塔拉布欣(А. К. Тарабухин)、托耳琴斯卡婭(Ф. С. Толчинская)、托波爾科夫(Д. Д. Топорков)、托爾古德(Н. А. Торгуд)、溫科夫斯基(А. А. Унковский)、費維格(М. А. Фивег)、哈依金娜(П. Я. Хайкина)、什利亞耶娃(О. П. Шляева)和其他等地質學家的著作。

如果沒有上述地質學家的工作經驗以及其他經常改進礦產勘探和儲量計算法的地質學家的經驗，要想寫成這本書是難以想像的。

全蘇儲量委員會的全體人員，特別是安得烈耶娃(М. С. Андреева)、阿索夫斯卡婭(В. А. Ассовская)、普羅科菲耶夫(А. П. Прокофьев)、費多羅夫(В. С. Федоров)、雅斯諾什(С. М. Яснош)在為本書收集資料方面，給予很大的支持。作者謹向他們致謝。

本書原稿曾承功勳科學技術工作者加彼耶夫教授(А. А. Гапеев)和布雅洛夫(Н. И. Буялов)教授審閱一遍，他們提出了寶貴的意見，大部分意見都在本書準備付印之前，慎重地考慮過。作者特向他們致謝。

第一篇 儲量計算的基本參數的確定

第一章 儲量計算的一般程序 及其測定單位

任何一種組份儲量，例如金屬礦床中的金屬，通常都按下面公式確定：

$$P = Qc,$$

式中： P —組份儲量，例如金屬；

Q —礦物原料儲量，例如礦石；

c —在所計算的儲量邊界內的組份平均品位，例如礦石中的金屬平均品位。

如果 c 用百分數表示，那末 $P = Q \frac{c}{100}$ 。

而礦物原料儲量 Q 按下面公式確定：

$$Q = vd,$$

式中： v —礦體體積或礦體作儲量計算的那部分體積；

d —地下礦物原料的體重。

礦體體積，或礦體作儲量計算的那部分體積一般按下面公式確定。

$$v = sm,$$

式中： s —礦體的面積或者礦體作儲量計算的那部分面積（多半都是與厚度垂直的）；

m —在計算儲量的邊界範圍內的礦體平均厚度。

因此，實際上，對於任何一個固體礦產的儲量計算法，或者液體及氣體礦產的某些儲量計算法來說，必須知道下列基本參數：

s —礦體面積或其部分面積；

m —在計算儲量的邊界範圍內的礦體平均厚度；

d —在計算儲量的邊界範圍內的礦產體重；

c —在計算儲量的邊界範圍內的組份的平均品位。

把前三個參數連乘起來即得礦物原料儲量，而將所得之積再乘以第四個參數就得出該原料的組份儲量。對於液體和氣體礦產的某些儲量計算法，需要知道下列補充參數：孔隙度、填充係數、產出係數、壓力及溫度。

地下礦物原料儲量 Q 一般用下列單位測定：

(1) 原生金屬礦床的礦石儲量，極大多數其他類型的固體礦產和石油的儲量以噸計；

(2) 砂礦的砂儲量，燒磚用的黏土，用在建築上的火成岩，建築用的石灰岩，大理岩，地下水以及可燃氣體等儲量以立方公尺計。

大部分元素的組份儲量都以噸計。同時，對於鐵、錳、鉻、鈮、鈦，即對黑色金屬，只確定和批准原礦石的儲量 Q 及其中的金屬平均品位 c ，而不計算金屬儲量 P 。貴金屬（金、鉑、銀）儲量以公斤計。金剛石儲量以克拉^①或克計算。

第二章 厚度的確定

敘述確定儲量計算參數的方法最好從描述確定礦體厚度的方法開始最為方便。

礦體厚度的測定 礦體的厚度是在坑道裏和根據鑽探資料測定

①1克拉等於205毫克。

的。

與圍岩接觸明顯的礦體的厚度，在編錄和取樣時直接在坑道裏測量出來，其精確度達一公分，並將該厚度記入取樣簿內。假若礦體在其厚度上可分為不同品級，那末就應當分別地測量每一品級礦體的厚度。當礦體僅為坑道所橫截而沒有為坑道所追索時，測量厚度的次數與切穿礦體的坑道數量相符合，若在坑道兩壁測量厚度時，測量次數就要增加一倍。由於連續追索因而礦體完全為勘探坑道的掌子面所揭露時，測量厚度是隔一定的距離有系統地進行的。測量厚度一般都在採樣地點進行，因而測量厚度地點之間的距離與樣品中間的距離相同。衆所週知，樣品中間的距離一般介於1—50公尺，距離的大小決定於礦體中組份分佈的均勻程度。距離常常根據下面所列的簡表（表1）來確定。

可用的樣品間的距離

表 1

礦床類型	組份的分佈性質	組份含量變化係數	典 型 礦 床	樣品之間的距離(公尺)
I	很均勻	20以下	大多數的沉積礦床：煤、建築材料、鹽礦、鐵礦	50—15
II	均 勻	20—40	比較複雜的沉積礦床及變質礦床：黏土、高嶺土、都拉鐵礦，哈利洛夫型風化礦床、克里沃羅格鐵礦床	15—4
III	不均勻	40—100	大多數有色金屬礦床	4—2.5
IV	很不均勻	100—150	多半是稀有金屬礦床及金礦床	2.5—1.5
V	極不均勻	> 150	某些稀有金屬礦床及金礦床	1.5—1

表中厚度測量點中間的距離不決定於礦體厚度的變化，而完全決定於組份分佈的性質。組份的含量可以藉取樣確定之。因此，當礦體厚度不均（局部膨脹和變薄），而組份含量均勻時，應在取樣點之間的間隔中對礦體厚度作補充測量。至於是否有必要對厚度作補充測量的問題可以礦體厚度及組份含量變化係數對比的方法來求得解決。

當厚度的變化係數小於或者近於組份含量變化係數時，就無須對厚度作補充測量；若是厚度變化係數比組份含量變化係數大得多（大

於30—50%或更大)，那末就必須在取樣點間之間隔中對礦體厚度作補充測量。在這種情況下，最好不按組份含量變化係數，而按厚度的變化係數把礦床分為各種類型。測量的結果應記入取樣簿中並註明在該點沒有取樣。應當指出，類似這樣的情況在勘探礦床的實際工作中是很少見的，但是對某些煤礦、黏土礦以及其他沉積礦床來說，類似這樣的情況並不是罕見的。

確定與圍岩接觸界綫不清楚的礦體厚度是比較複雜的。這一類型礦床包括：逐漸過渡到無礦圍岩中去的浸染銅礦、多金屬礦、汞礦和其他礦床以及有色金屬和稀有金屬網狀脈礦床、稀有金屬和貴金屬砂礦、某些鐵、矽酸鋁、自然硫、石墨、滑石綠泥岩、水鉛石等殘餘礦床、某些氟石、製玻璃用砂礦床以及許多類似的礦床。在所有這些和其他類似的情況下，礦體厚度只能根據取樣的結果來確定。在橫截礦體的坑道中取樣綫要包括挨近的圍岩地段。然後，在取樣平面圖上根據該礦床所規定的有用組份的或者最大容許的有害組份的最小邊緣品位即所謂邊緣品位來劃出礦體的界限（見下）。這樣一來，才能確定礦體的厚度。

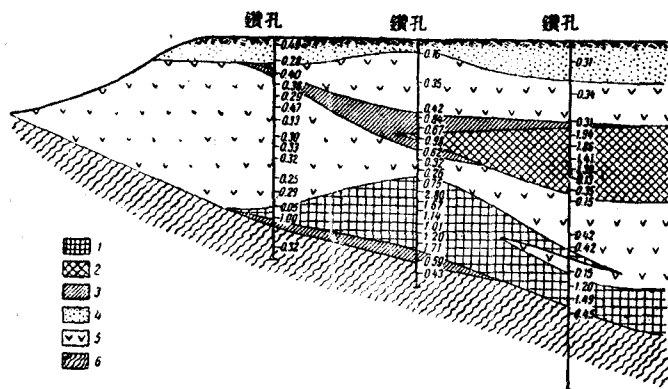


圖 1. 根據取樣資料確定的矽酸鋁礦床的礦體厚度圖

- 1—下面的平衡表內的礦石；2—上面的平衡表內的礦石；
3—平衡表外的礦石；4—含砂的褐色黏土；5—破碎的蛇紋岩；6—綠泥石岩、滑石-綠泥岩及陽起石岩層

圖 1 舉出了按化學分析的結果確定礦體厚度的例子。在這種情況

下，分出來兩個幾乎成水平的透鏡狀礦體。下面的主礦體分佈在與蛇紋岩接觸的片岩之上（有時在大理岩之上），主要是由喀斯特黏土、破碎片岩以及某些含矽酸鎳礦物的蛇紋岩組成的。上面礦體位於風化的蛇紋岩之中，是由蛇紋石破碎物及矽鹽鎳組成的。兩個礦體的界限不清楚。因此，礦體的邊界只能根據取樣結果來確定。

另一個例子是其礦帶為破碎花崗岩帶的礦床。破碎的花崗岩帶含有大量的交錯它的短脈和含金礦物的細石英脈（圖2）。細礦脈的厚度介於1—40公分。在計算儲量邊界範圍內的金屬礦帶的厚度變化從2到13公尺。當計算儲量時要考慮到，整個金屬礦帶，其可採部分的圈定是根據化學分析的資料進行的。金屬的最小可採品位一般定為0.3%，而最小的邊際品位為0.1%。

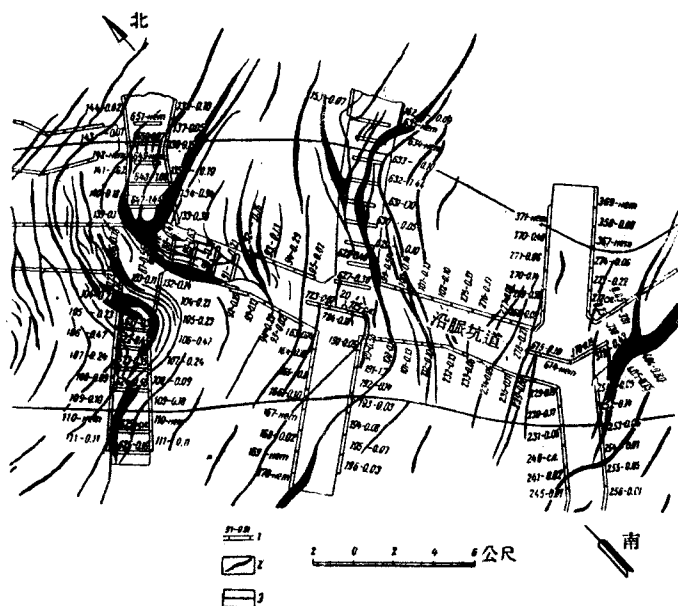


圖 2. 根據取樣資料確定礦帶厚度圖

1—刻槽樣品；樣品號碼及金屬含量的百分數；2—礦帶及細脈；3—可採礦石之邊界綫 圖中Hem—沒有金屬含量；C.I—痕跡

根據鑽探資料，以直接法與間接法來確定礦體厚度。用直接法確定厚度在岩心鑽進時根據岩心，在軟的和可塑性的岩石上用慢速迴轉鑽進時根據蛇形鑽取出的岩心帶，在衝擊鑽進時根據岩粉取樣的資料。在後一情況下，礦體的界限根據在鑽探中取得的岩粉細粒劃出，樣品經過分析後，才能最後確定。分析的結果記在鑽孔柱狀地質剖面圖上。在圖3中舉出圈定斑狀銅礦床中的礦體的例子。

如果從鑽孔內取出的岩石標本沒有很高的採取率時，則採用間接法確定厚度。測井為確定礦體厚度的主要間接法。

電測井是用來確定為鑽孔切穿的煤、石油、天然氣礦體和硫化礦體厚度的測井法中最普遍的一種。下面所引證的根據電測井資料確定礦體厚度的數據是依烈茲尼克 (А. М. Резник) 的意見而提供出來的。

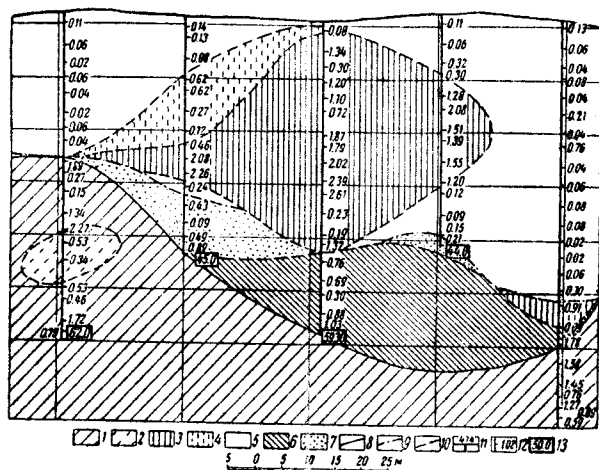


圖 3. 根據衝擊式銅繩鑽進鑽孔取樣資料確定的斑狀銅礦床之各個品級礦石內邊界。橫斷面圖的一部分

1—含銅量0.5%以上的可採輝銅礦；2—含銅量0.3—0.5%的貧輝銅礦；3—含銅量高於0.5%可採的氧化礦石；4—含銅量0.3—0.5%的貧氧化礦；5—銅含量低於0.3%的消失礦石及無礦岩石；6—銅含量大於0.5%的混合可採礦石；7—銅含量低於0.3%的混合礦石；8—可採輝銅礦之上邊界綫；9—輝銅礦帶上的邊界綫；10—其他品級礦石的邊界；11—衝擊式銅繩鑽進之鑽孔；12—樣品中的銅含量；13—鑽孔深度(公尺)