

129811

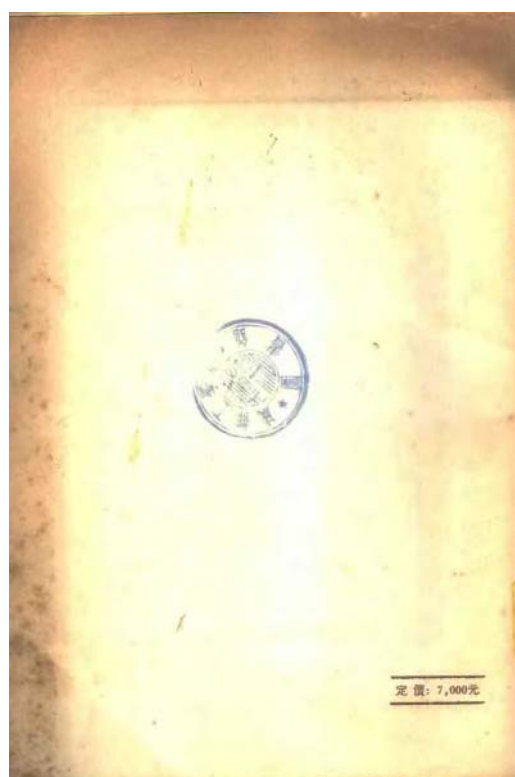
基本馆藏

地球化學探礦法

謝爾蓋耶夫等著

2
14

地質出版社



地球化學探礦法

蘇聯 謝爾蓋耶夫等著

地質出版社

本書搜集蘇聯1946年前所發表的地球化學探礦論文六篇。原文散見蘇聯“資源勘探”“地球物理”等雜誌中。1950年美國地質調查所彙編成冊，譯成英文出版，書名“蘇聯地球化學探礦論文選輯”(Selected Russian Papers on Geochemical Prospecting for Ores)。英譯者為V. P. Sokoloff; H. E. Hawkes。本書由中央地質部地質礦產司地球化學探礦室自該英譯本轉譯。

書號0056 地球化學探礦法 150千字

著者 謝爾蓋耶夫

翻譯者 中央人民政府地質部化探室
審校者

出版者 地質出版社
(北京安定門外六鋪炕)

經售者 新華書店

印刷者 北京市印刷一廠

印數(京) 1—4,000 一九五四年一月北京第一版
定價7000元 一九五四年一月第一次印刷

譯 者 的 話

“地球化學探礦”是蘇聯於1930年前後首先提出的。其後，北歐國家（瑞典，挪威等）也開始了這方面的工作。美國則直到1945年前後才予以注意。這些1946年以前的蘇聯論文，美國地質調查所在1950年才翻譯成英文作為內部刊物出版。現有英美地球化學方法探礦的論文中，還缺乏如同本書所選輯那樣的文章。

從這幾篇論文中，可獲得地球化學探礦法的初步概念。尤其謝爾蓋耶夫的“地球化學探礦法”，在理論和實用方面都敘述得非常詳細，可以說是第一篇有系統敘述地球化學探礦法的論文。這些論文發表後的十餘年來，蘇聯在地球化學探礦方面的進展，由於我們缺乏資料，知道得很少。只知道地球化學探礦已構成為地球化學在實際應用上重要的一部分。同時蘇聯科學院把研究“分散量探礦法”，列為地球化學研究重點之一。對穩定礦物（金、鉑、錫、銅、鉻、汞等）利用機械分散量進行探礦，則已廣泛的應用。對於鹽量及複鹽量，近年來還在研究另一種型式的量——吸附量。對利用原生量（生因量）來探礦的工作也有了發展。利用水量不但可以勘探重金屬，而且還可勘探鉀、溴、硼等礦床。利用水量和氣量來勘探石油的工作，則更具有實際的意義。但截至現在為止，除了石油而外，在金屬礦床方面完整的綜合性的地球化學方法著作還沒有見到過。本書內謝爾蓋耶夫的“地球化學探礦法”直到今日，仍不失為這方面的有價值的著作。

在祖國大規模經濟建設中，蘇聯先進勘探方法必會引起各方面的注意。本書的出版可以幫助地質工作人員對這種勘探方法有適當的了解，因而在綜合性地質勘探中，將更有效的發揮此種方法所應

起的作用。

由於我們還沒有找到原文，同時本文的英譯者在譯文方面或多或少雜有某些錯誤，因此中譯者儘可能加添了一些註譯。但是譯者的業務水平很低，錯誤在所難免，希望讀者提出疑問，指正錯誤，以便討論和修正。

目 錄

譯者的話.....	(1-2)
一、地球化學探礦法.....	謝爾蓋耶夫 (1)
緒言.....	(1)
(一)方法的來源.....	(1)
(二)分散.....	(3)
(三)地球化學分散量.....	(8)
1. 氣暈.....	(8)
2. 機械分散暈.....	(10)
3. 鹽及複鹽暈.....	(18)
(四)分散量在勘探中之應用.....	(22)
(五)野外工作中的問題與方法.....	(28)
1. 截線的分佈與形式.....	(29)
2. 採樣層.....	(30)
3. 樣品種類與量.....	(31)
4. 採樣.....	(33)
5. 分析.....	(34)
(六)快速分析方法.....	(35)
1. 光譜分析.....	(36)
2. 斑點試驗及其他方法.....	(45)
(七)生產量.....	(47)
1. 採樣.....	(48)
2. 樣品準備.....	(48)
3. 分析.....	(49)

(八)地球化學方法的應用.....	(50)
1.方法的綜合使用.....	(50)
2.結果的解釋、以及勘探的可能結論.....	(51)
3.野外勘探計劃.....	(52)
(九)結論.....	(56)
註釋.....	(58)
二、勘探隊的野外分光化學實驗室.....	拉特新保 (61)
三、水分析——一種勘探金屬礦床的方法.....	謝爾蓋耶夫 (67)
四、野外用新型螢光鏡.....	謝爾蓋耶夫 (73)
五、地球物理勘探的離子法.....	謝爾蓋耶夫 蘇洛伏夫 (75)
六、北巴爾卡什湖區半沙漠氣候帶中勘探鉬的 物理化學方法.....	契柯米洛夫、米勒 (83)

一、地球化學探礦法

謝爾蓋耶夫⁽¹⁾

緒 言

本文擬對一種新的勘探方法的原理，試作有系統的討論。此法不久以前，由全蘇地質研究所⁽²⁾的地球物理組首先提出，目前仍在繼續改進中。

更多的勘探機構都在使用地球化學方法，而關於這方面可參考的書籍，完全缺乏，這是寫作本文的主要目的。目前已很明顯，為了引導這個方法繼續發展，並在工業上加以應用，就亟需給它以適當的評價。

我們的問題比預期的更為困難，可由下列原因中看出：

此種方法的發展主要是為了解決當前的實際問題。方法中個別部分在演進過程中常缺乏任何理論根據。這類缺陷如沒有特殊的研究工作，就很難彌補；而組織這類研究工作又非常困難，因此某些很重要的問題，在這裏祇能作綱要式的介紹，特別是關於本法野外勘探應用的一章。大多數野外工作報告中，對地球化學方法的地質背景都敘述得不够，工作中的細節，也說明得非常不够。

儘管有這些缺陷，作者還是希望本文所提出的一般化的敘述將會對讀者有一些實際用途，並希望給地球化學方法理論方面的發展打下一定的基礎。作者對地質工程師伯蘇斯基，工程師米勒，尤其是後者，給本文的極有價值的幫助，謹致謝意。

(一) 方法的來源

在已知的礦化區域勘探新礦體，對開發礦物資源特別重要。在

普查的第一階段，就必須取得有關礦物的具體的勘探指示。所有方法中，露頭的調查可說是最可靠的勘探方法。但在為近代岩層所覆蓋的地區，就需應用費用較昂貴的操作方法找尋礦體。地球物理勘探的發展（在勘探和普查中很專門的一個領域），乃是這方面的主要成就。凡受阻礙而不能直接觀察的物質，根據其物理場的特性，可以用地球物理方法去加以判斷。雖然這些方法在勘探某些特殊礦物（石油）時，具有決定性作用，且具有無限的發展前途，然而露頭仍為探礦的最可靠的指示。因各種勘探方法有一基本缺陷，從下面的討論，即可以很明顯的看出。

根據地質假設以及物探數據綜合資料所得的勘探指示，大多是一種間接的或者是假定的證據，對這些證據的最後解釋，多少具有不同程度上的不肯定性。因此在同一勘探問題上常使用數種地球物理方法，其原因之一就是由於上述的顧慮。在合適的條件下，幾種不同的間接指示，可以增加最後解釋的肯定性。同樣理由就可以說明地質勘探工作人員常在尋求直接指示礦體的新方法。也因而發展了一些特殊的勘探方法。例如對重的和耐風化礦物（錫石、鎢、鉍、鐵礦、鉻鐵礦、金、鉬等）中的元素已採用了沖積物探礦法（Alluvial Methods of prospecting）⁽³⁾，即在普查過程中，對地表礦床用簡單的淘洗或者相當詳細的礦物分析，利用這些資料的引導，可一步步逐漸接近漂砂礦床或原生礦體。最近，在美國（懷特1922年）發展了一種新的銅的勘探方法，稱為銅量測量（Cupro-metric Survey）⁽⁴⁾。此法是對勘探區域內的生根岩石，以及岩屑作肉眼或用吹管鑑定。用銅的等量綫勾出強烈的礦化區域，以與浸染礦化的一般背景加以對比。這個方法在蘇聯科恩拉德地區也應用過。

上述這些方法，以及另一些其他方法，他們的理論根據都比較簡單：即在地表物質中找出礦化指示，進而確定礦體位置。

這些已使用過的方法，在經濟上和技術上的作用，還是有限

的。這些方法不能與地球物理方法的水平相提並論。其中在技術上發展得最完善的方法，也祇限於應用在重的以及穩定的礦物，並要受顆粒大小的限制。顆粒太小，則礦物無法鑑定。換句話說，這些方法並非到處可用。

最近在地球物理勘探的大規模發展中，迫切要求一種可廣泛利用並直接指示礦化存在的方法。

一個直接原因是地球物理在某些勘探問題上遭遇了困難（錫、多金屬礦床），往往得到不良的結果。野外工作中不斷提出，如何用較鑽探價廉的方法來確定地球物理變異的來源（由於礦體，抑其他地質原因）。從1932年開始，地球物理變異與其經濟意義的問題，已引起地球物理家們的注意。1932年索柯洛夫建議使用氣量法（Gasometric Methods）勘探油田。大約在同時，中央地質勘探科學研究所⁽⁵⁾的一個組，提出了勘探硫化礦床的離子方法，以及一些其他方法。這些方法在實驗室及野外檢查過，現已開始應用到工業上。對於各種特殊問題所發展的方法⁽⁶⁾，不同之處祇在於指示元素的選擇，而它們已有了各種特殊的命名。現在可把它們都歸入一個簡單的範疇之內，統稱謂“地球化學方法”（Geochemical Methods）。

（二）分散（Dispersion）

地圈上層露出地表而可以直接觀察得到的部份，就我們所知，是一個不超過15—20公里厚的帶。此帶百分之九十五以上由酸性花崗岩——二長岩所組成。地殼這一部份的平均化學成份，用著名的克拉克值（Clarke Numbers）來表示。有經濟價值元素的克拉克值列入表1第一行。第二行是這些金屬在有經濟價值礦床中濃度因次。第三行是這兩個數值之比值。從此比值可約略看出礦床中有價值金屬對於圍岩中金屬含量的集中程度。如圍岩是沉積岩，此比值一般比表上所列者為高。並且用克拉克的分析方法在岩石中未能普遍檢出

的元素⁽⁷⁾，如錫、鎢、鉬及其他，此比值可能比表中所列者為高。後者在表中比例數字是根據世界上已知的儲量算出的。

表 1. 元素在經濟礦床內之濃度與在地殼中濃度之比較

元 素	K(在地殼內的百分率) (根據克拉克)	P(在經濟礦床) (內的百分率)	P : K
鉍	3.080	10x	<10
鐵	5.030	10x	~10
鎂	2.090	10x	~100
磷	0.157	~10	10至100
鋁	0.134	10x	~100
硫	0.030	10x	~100
鉍	0.063	10x	~100
鈳	0.041	1x	~100
鎳	0.031	1至10	~100
銅	0.010	~10	~1000
鋅	0.004	~10	~1000
鉛	0.003	~10	1000至10,000
鈷	0.003	1至10	~1000
硼	0.001	~10	~10,000
鉬	0.0001x	~10	~10,000
錫	0.0001x	1至5	~10,000
神	0.0001x	5至10	10,000至100,000
銻	0.0001x	5至10	~100,000
鐳	0.0001x	0.5至1	10,000至100,000
汞	0.00001x	1至5	~100,000
銀	0.00001x	0.0001	100至1000
鈾	0.000001x	~1	~1,000,000
金	0.0000001	0.0001	~1000

x爲一因數，在1與10之間。

金屬在地殼中的平均量，與它們在經濟礦床中局部含量之間顯著的差別，並非偶然，乃是在地殼循環的發展中各種物質特性的表現。

地質作用的循環性，是近代地質學指導原理之一。維爾納斯基

認為地殼的發展可用一封閉循環表示，即可用物質在一個以上的地質圈範圍內的循環移動來表示。

圖1為基本循環的圖解，此循環的基本原理以及其個別相(Phase)的存在已確立無疑。必須指出此封閉循環有一假定，即在第二相內沉積岩被岩漿同化。上述概念，在原則上雖無人反對，但在量方面的研究則毫無發展。在基本循環上，各種化學元素之行動很不相同。例如在地球化學上有一類重要的元素，在移轉過程中產生的化合物，具有可循環性。此種現象又與濃度的規律變化同時進行。這種特點，使他們發展了地球化學變異(Geochemical Anomalies)。而在特殊的情況下，這種變異就形成了有經濟價值的礦床。

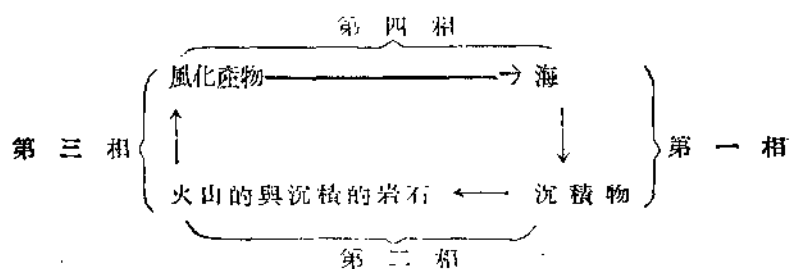


圖1. 風化循環(根據維爾納斯基)

非金屬類元素所造成的經濟礦床，一部份是在基本循環的第一相(圖1)。極多的礦床是岩漿活動的結果(基本循環第二相)。在風化條件下產了很重要的聚集帶，在基本循環第三相。就在此相內，可引致前述第一、第二相內所產生的礦床的消失。對於所有已形成的礦床的消失過程，在基本循環第四相中格外明顯。

金屬富集帶濃度降低的現象，最後會引致地球化學變異的全部消失。這種現象可以簡稱為分散作用(Dispersion Process)。分散作用進行時期，叫作分散相(Dispersion phase)。

因此，研究富集與分散的交替所產生的週期性，極為重要。

富集作用，即成礦或礦化作用，久已被認為是頭等重要問題，並已發展到今日詳盡的程度。只有在研究同一現象兩方面的顯明的相互關係時，始涉及聚集元素的分散問題。近年來，大量分散相的具體材料，已開始引起各種專門問題研究者的注意。在討論本問題時，某些規律性必需提及。自然界物質任何物理或化學狀態的變化（特別在聚集和分散過程中的變化），都可認為是在變化着的物理化學條件下，一種想達成平衡的趨向。

在某一地質時期的過程中，石圈內某一定位置的礦床，在空間內逐漸接近風化帶時，仍繼續存在於同樣的物理化學環境中。這一段時期，可認為是在發展過程中的一個停滯相。在此時期內進行的作用，一般對礦床無影響，亦即不影響有價值元素的局部聚集帶。

經過一定時期，礦床受到風化因素的影響，其發展過程進入一新的相。在新的相中，原先聚集的元素羣遭遇了分散。沿着分散的主要趨勢，雖然由於化學與機械的作用，使部份礦床發生了顯著的局部循環，因而引致次生富集，但總的說來，礦床是在基本循環第四相過程中進行分散。在物質移轉的總方向中，除個別例外，基本循環分散相的局部次生循環中，只有元素濃度的週期性改變。

作用方式很多，一般特徵是變異與環境之間的相互作用。作用進行的空間自礦體向外展開，其物理化學性質與四周一般的空間很不相同。此空間可名為分散場 (Field of dispersion)。由於礦化帶礦物成份不同，以及其他條件，此空間可用不同的參數 (parameter) 確定出來。例如在有利條件下，即由於礦床內某些礦物的散熱與吸熱作用，可以確定出熱分散場。此種熱分散場 (Thermal Field) 已由實驗證實。但因缺乏足夠的實驗工作，此原理尚未在勘探中加以應用。某些硫化礦床在風化帶的放熱氧化反應，根據礦物特性，可以發生某種電場。這些電場的研究，已在地球物理勘探中廣泛應用（此種方法稱為自然電流法）。

最普通分散的例子，是某一礦床內有關物質，特別是此礦床內有價值元素在四周環境內富集所造成的場。本文所採用的地球化學分散場一詞，比上述條件所定義的作用區意義更廣。地球化學分散場包括下列兩個概念：

(1) 基本分散現象。

(2) 分散型式和原因的指示。

同時考慮這兩個概念，就足以確定討論题目的範圍。

分散量(Dispersion halo)是物理化學(地球化學)分散場的具體表現。它主要是由疏鬆物質組成的一個帶，內有一系列的變異，從礦體的最高值到圍岩中的最低值。前文已提過局部變化的循環，可形成特徵元素週期性的暫時聚集，有個別情況聚集成有經濟價值礦體，此種循環可以而且也的確在基本循環的分散相內進行。濃度的連續變化，從礦體開始(不論它是何種成因型式)通過他的分散量，通過各式移轉的道路，到達海洋大循環中的最終擴散。這個過程是在時間空間中發展着。這個一般化的概念，使我們可以辨認出另一種特殊型式的分散場，即一個局部相分散量，與另一個局部相的富集帶相連繫地區的空間因素。這種空間因素可稱之謂分散帶(Dispersion train)。如果在定義分散量時，是着重指出濃度趨向的漸變特性，則分散帶就可與之相區別。分散帶對它的來源——分散量(亦可以說就是礦體)之間的空間關係，對觀察者比較不顯著。在野外工作中，分散帶與礦床之間有時缺乏連繫，這樣就給了人一種“假暈”的概念。這種“假暈”的來源由於次生作用，包括與礦床初生分散無關的人為作用在內。

因此，特別是在局部相內，有下列三個連續的作用階段：

(1) 聚集相，這裏在適合的環境條件下形成了礦床。

(2) 分散量。

(3) 分散帶。

但作用並非都按照上述程序進行，根據礦床礦物組成以及其他地質與岩石環境的特徵，作用可能有各種不同方式。下文中將討論一些分散量發展規律性的簡單例子。

(三) 地球化學分散量

1. 氣 量

氣體礦床或含氣礦床分散量的性質與其他礦床不同。氣量性質特殊，我們對他的了解也較多，因此在這裏首先討論。氣體礦床一般含有大量氣體，封閉於不透性地層下的適合地質構造中。氣體所受壓力大於大氣壓，其大小與深度有關。此壓力使氣體向低壓方面移動，一般說來即移向地表，此即公認為基本的分散作用。若其他條件相同，他的強度可由覆蓋於礦床上全部物體的穿透性決定，氣體通過具有微毛細管 (Subcapillary pores) 的物質時，須符合擴散定律 (Law of diffusion)。這些具有微毛細管的物質，稱為不滲透物質 (Impermeable)，包括濕的黏土、含水砂以及其他。石灰岩、砂岩及類似的岩石具有毛細管孔道，氣體穿過它們須符合滲漏定律 (Law of effusion)。

$$V = KP/d\%$$

V = 滲漏速率;

P = 氣體壓力;

d = 氣體密度。

事實上，氣體從岩石內通過時，擴散與滲漏都會發生，則計算可根據達爾蘇 (Darcy) 對單成份氣體所建立之實驗式 (Single component gas)。

$$K = \frac{m Q L}{A (P_1 - P_2)}$$

Q = 氣體通過之速率，單位：立方厘米/秒；

K = 滲漏率，單位：達爾蘇；

A = 截面積，單位：平方厘米；

L = 通路長度，單位：厘米；

P_1 和 P_2 為壓力，單位：大氣壓；

m = 黏度係數，單位：泊 (Poise)。

設有一簡單情況：礦床與正規形狀的穹窿構造有關，覆蓋岩石的性質完全均勻，即可假設在氣體移動通路上濃度隨來源距離的平方而變化。地表上穿過分散量的截線上的濃度曲線形狀會很規律，如圖2。

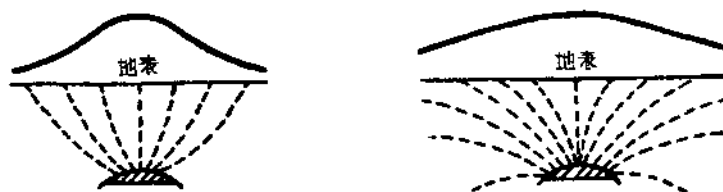


圖3 地表附近氣體分佈；不同密度的氣體圖（根據索珂洛夫）

根據上述假設，利用在地表所測定的氣體濃度值，索珂洛夫和安東諾夫用稍不相同的方式，解決了氣源深度，及礦床等品位線的勾出等問題，兩法結果都很一致。數學分析的應用到現在還是有限制的，由於氣量的實際特性，要受許多因素影響，包括所有構造上的因素，成份的不同，氣壓與溫度的變化，氣象及生物化學上的因素等等。對礦床正常分散的最大擾亂，是當覆蓋體的孔道相當大，可讓氣體自由通過而直達地表時，因而造成的一股相當強的氣流。裂縫也會造成同樣結果。這樣就不能觀察到氣體濃度漸變的規律，而這種現象祇能歸入於分散帶一類中去。

岩石對氣體選擇性的吸附作用，在氣量的應用上極為重要，這

種特別複雜又研究得較少的現象，並不是單純的物理性的吸附，同時還伴有氣體中的化學變化發生（特別是碳氫化合物）。

2. 機械分散量 (Halos of Mechanical Dispersion)

假設礦床內有價值元素的化合物，在風化帶是穩定的，則該有價值元素參與礦體在風化環境中的連續變化時，它本身祇限於物理狀態的變化，或者與四周物質（脈石與圍岩）間相對散佈的變化。

此種量（機械分散量）的發展，基本上有兩種作用決定。第一、露頭遭到連續物理性的破壞，有價值元素直接進入了殘積層 (eluvium)；第二、疏鬆物質不斷移開。普通總是兩種現象同時進行，在他們之間造成一種動力平衡。礦床及圍岩中，部份風化碎塊，結果就被較近代的不同厚度的疏鬆物質所掩埋。分散量就在這些疏鬆物質中形成。

在疏鬆物質的正常發展中，可以在洞穴內觀察到岩層構造的某種次序性 (orderliness)。大塊的圍岩逐漸由肉眼可看見的裂縫層，變到很清楚的破碎帶。破碎帶的裂縫體積小於大塊圍岩的裂縫。裂縫內普通都填滿易碎的 (friable) 物質，其中一部份來自上層。越靠近地表碎塊的顆粒越小，沒有顯著的界限。直到最後都成為極細物質。在此情況下，碎塊的相互位置變動很大，不像較下層那樣容易找到它們的固定位置。在底土層 (sub soil) 內，主要的物質是疏鬆的砂和黏土的混合物，其中帶有分佈還算均勻的小碎石。

上述形式的疏鬆層某些移動的特徵，值得注意。疏鬆物質可用一種很慢的速度向下坡移動。如果坡度超過安息角 (Angle of Repose)—— 35° — 45° ，疏鬆物質就會很快的下坡，這種情況不予討論。疏鬆物質移動最可能的原因是：

(1) 周期性濕潤以及雨、雪、霜、雹的影響，減低了顆粒之間的附着力（最嚴重情況是水洗）(Water-wash)；

(2) 每日及每年間溫度變化引致物體周期性的膨脹收縮，特別是有水的形成，這些都影響顆粒間的附着力。

附着力減弱後，個別顆粒即可從周圍顆粒中移往一定的距離之外。這要靠顆粒散佈情況決定，個別分子移動的總和，即形成整體的移動。圖3是一個表示地表物質匍匐構造 (Creep structure) 的標準剖面 (野外草圖)。從裂縫的彎曲形狀，使我們得到關於不同水平中相對運動速度分佈的概念。疏鬆物質的表層用最大速度運動，移動速度隨深度減低，至未崩壞的岩石面時速度為零。從速度分佈的一般概念以及前述的顆粒間附着力特徵來看，疏鬆物質的移動類似黏滯係數極高的液體。

讓我們考慮疏鬆物質靠近地表一層的移動，為簡單起見，假設顆粒的形狀、大小相同，則這一層的構造可用一層圓球來代表(圖4)。假設兩種顆粒“a”和“b”在每行內都是均勻分佈，並假設行的單位長度內“a”顆粒數量都自左至右增加，如有一層依 V 的方向移動，每一顆粒移動 ΔS 的距離 (等於顆粒直徑) 還必須假設個別顆粒的移

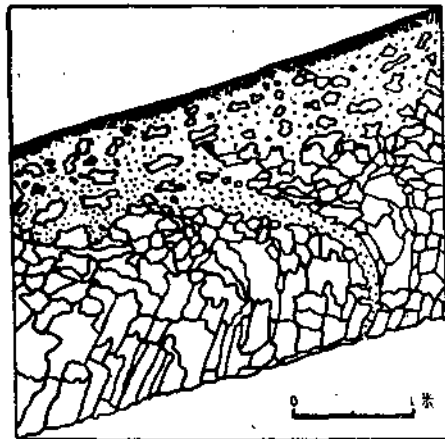


圖 3. 匍匐構造土壤中剖面

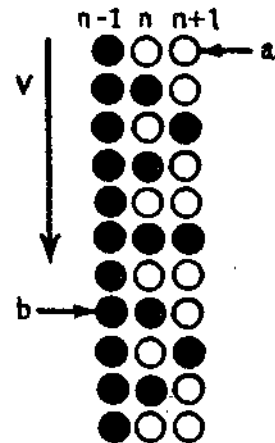


圖 4

動方向，並不見得與一般方向“V”符合，其中有一個分方向與V垂直，如果在行內顆粒數目很大，在足夠時間內使每個顆粒都進行了移動，移動的垂直分方向的分佈就會符合或然率，即可能進入左方一行或右方一行的顆粒數目會相等。因此在直線距離內，每行內“a”球數目 ΔQ ，會始終與本行和隣行“a”球數目的差成比例。 ΔQ 的大小，與它一個鄰行有關，可用下式表示：

$$\Delta Q = \frac{KS(c_n - c_{n+1})T}{L}$$

c_n 和 c_{n+1} 是“n”和“n+1”行每單位長度內的顆粒數目；S是行的長度；

L ，“n”行“n+1”行間的距離；

T ，整個層移動的週期數。

很容易看出這個公式很像著名的菲克氏的物質在介質中擴散的定律：

$$dm = -\Delta S \cdot \frac{ds}{dx} dt \quad (8)$$

第一式表示此現象強度與每單位時間內移動周期數，或與各別層移動的速度有關。因此將疏鬆物質移動方向垂直線上各顆粒的位移和擴散作用相比擬，即可得知， K （相當於擴散係數）的變化決定於疏鬆物質各層間速率的分佈（從0，圍岩附近，到接近地表的極大值），在這方面計算總會有缺陷，因為我們的結論所根據的圖與實際複雜情況並不相符，不過在顆粒移動中所假定的次序性，可取得一種近似概念，用來解釋野外觀察，並且提供敘述這種現象性質的方法。

下面討論在疏鬆物質覆蓋層背景值對比下，分散元素富集的空間分佈型式。假設有一礦床，呈柱狀（礦株），地形平坦，在疏鬆層沒有顯著的匍匐構造。這就可以想像，由於體積的變化（一部物

質變成溶液而移去)，雨、雪、霜、雹的移動以及溫度變化，疏鬆物質中會連續發生顆粒的相對位移。最可能的位移方向是垂直向下，與此位移同時，根據前面的推理，在水平方向還會有一種“擴散”的分散（“diffuse” dispersion），這種擴散的分散，在顆粒垂直行程最長的帶中將特別顯著。

在剖面上，此現象可用等濃度綫來表示。圖5表示一個礦株在疏鬆物質中所造暈的剖面。用等量綫畫出指示元素在分散場中的不同濃度區。疏鬆物質覆蓋的下坡匍匐（downslope creep）是一種普遍現象。如果匍匐很顯著，則在分散暈的形成上具有決定性影響。根據疏鬆物質在不同深度上運動速度的分佈情況（圖3），上層會對下層發生位移⁽⁹⁾。礦床中細顆粒垂直方向的位移，僅佔次要地位。用等量綫畫出之暈剖面見圖6b。

匍匐的第二個重要後果是側面分散效應（Lateral dispersion effect）。某一疏鬆物質層移動距離增長後，與主要運動方向垂直方面的分散距離也增長。在疏鬆物質的上層中，可以顯著的觀察到最大的側面分散效應。

脈狀礦床露頭，可當作是沿礦脈方向的一系列礦株所組成；脈礦的暈可作為許多礦株的暈的總和看待。

可能遇到兩種情況：

i) 礦脈沿疏鬆層匍匐方向伸延，不需加證明就可假設礦脈

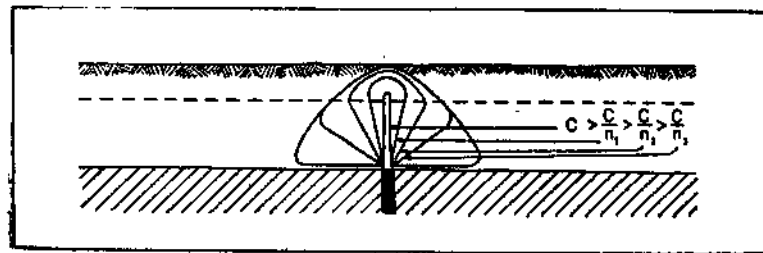


圖5. 在平坦地形中一礦體分散暈剖面

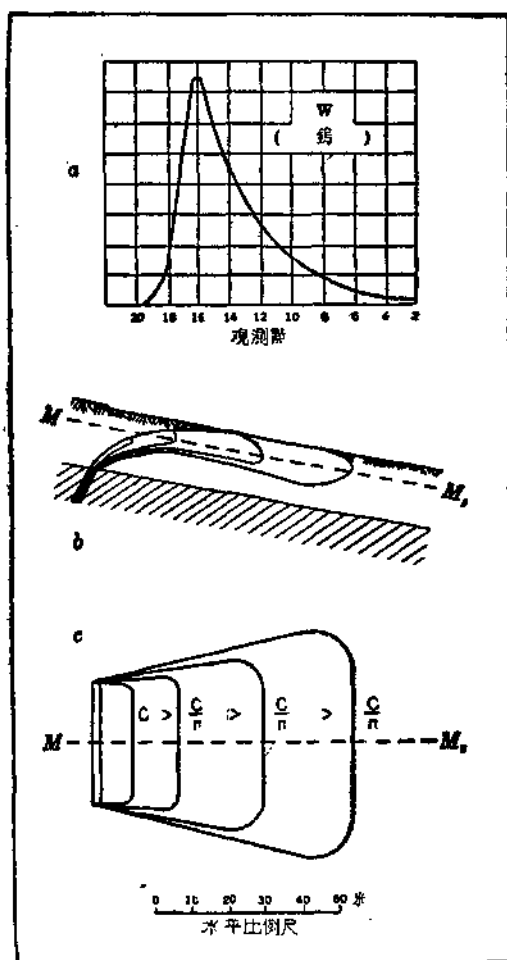


圖 6. 一與等高綫平行的礦脈的暈

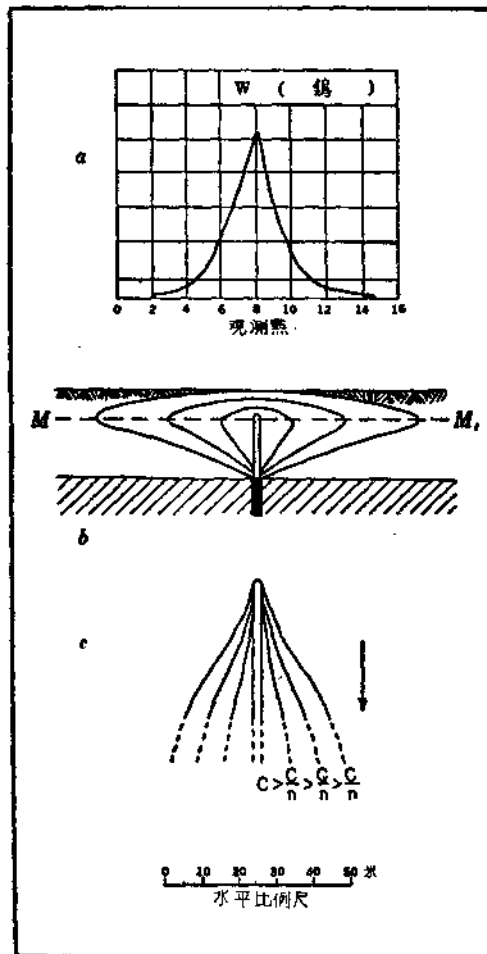


圖 7. 一與土壤移動方向平行的膨脹的暈

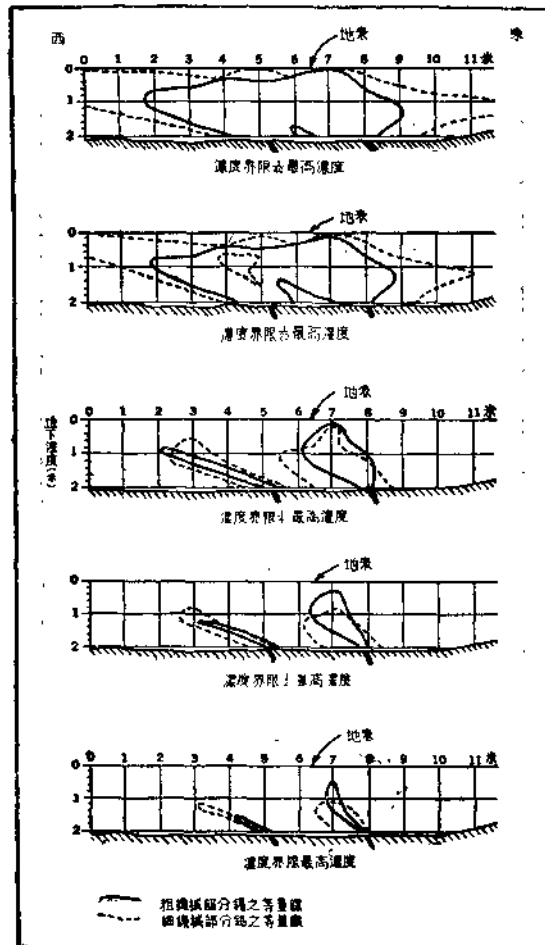


圖 8. 含錫鉬脈分散帶，沿溝之剖面

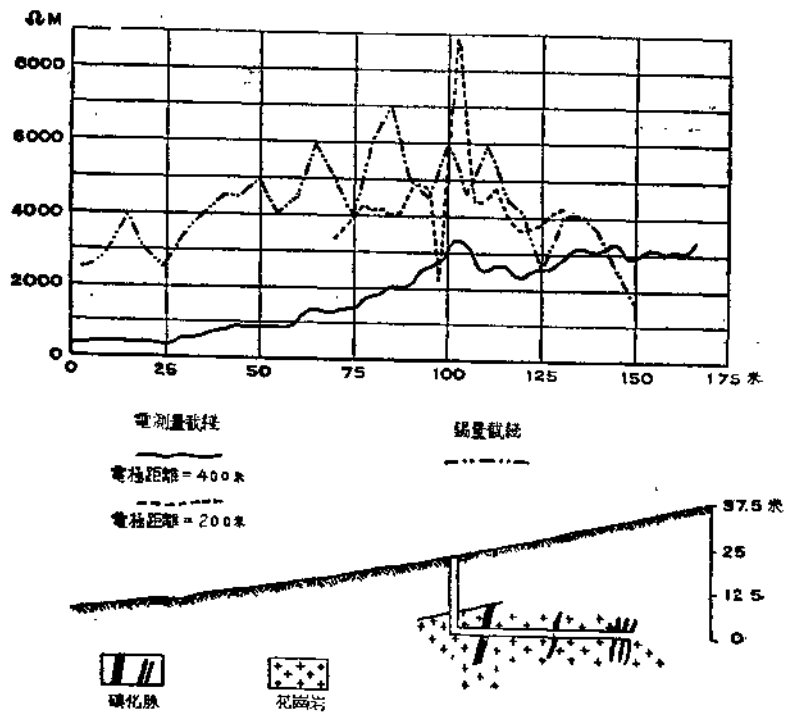


圖 9. 在錫的礦化區電量和錫量測量

垂直方向剖面內的量的形狀如圖 7b, 圖 7c 是量的平面圖, 圖 7a 是截綫 (profile) M-M₁ 的濃度圖, 圖 7a 取材自一個錳礦的野外分析。濃度的規律性同樣也在錫礦的野外觀察中證實。

圖 8 所示一個錫礦脈的剖面 (哈爾其崙格礦床, “分水嶺” 礦脈) 例證了我們所討論的現象。此處須附加說明, 剖面的平面有 6—8° 向西傾斜。此事實與礦脈本身向東傾斜的特性, 造成了量的不對稱, 即量在左方較強。

2) 礦脈與等高綫平行。圖 6b 表示垂直於礦脈量的剖面。圖 6c 是量的平面圖, 圖 6a 是截綫 M-M₁ 上的濃度圖 (根據錳礦材料)。

礦脈在地形上所有其他可能位置，會產生各種中間形式的量，可將前述例子的要點綜合推測。但複雜型式礦體或者“窩狀”（“Nest” type）礦化所造成的量，就比較不明確，疏鬆物質的厚層堆積（厚於2—3米），可以歪曲了上述量的本來面目，例如圖9。

當可移動物質進入了常年流水河的活動範圍，就會在這裏發展第二種型式的分散場，亦即前所稱的分散帶。在作用中會發生局部堆積和造成漂砂礦床。對漂砂礦床的研究為時已久。已在有關的文獻中討論。

3. 鹽及複鹽量 (Saline and Complex halos)

化學性不穩定礦物，在氧化帶所造成的分散場異常複雜。在水、空氣中的氧和其他風化因素影響下，礦床內原生礦物進行了各種化學變化，主要是氧化作用，甚或簡單的溶解作用。氧化作用一般比礦床機械崩解作用迅速。普通總是兩種作用同時進行，它們之間發展成一種平衡關係。

礦床的礦物在氧化與溶解作用中遭受到一系列連續變化，總是形成在當前環境內最穩定的化合物。但必需假設，在變化中，元素有一過渡階段，以水溶液、鹽、膠體溶液形式存在。礦床內不同元素，在溶液階段的久暫變化很大。鹼金屬和一些半金屬，在某些溶液中可形成穩定化合物。礦體內由雨水及地下水所造成的溶液，被水流帶走。溶液中指示元素一般情況下不可能立即在礦床附近重新沉澱⁽¹⁰⁾。因此分散場即與礦化的水流帶相一致；亦即在滲漏帶 (Seepage zone) 與滲漏水 (vadose water) 一致，在流出帶 (effluence zone) 與地下水一致。

這類分散場的形式受所在地區內各種水文因素的支配。主要因素是地形、地區構造、岩石情況、氣候及地下水面深度與礦化帶的關係（氧化劇烈帶）。若其他條件相同，則礦的品位特別重要。所

有礦床在遭受到“溶解”的情況下，這類分散帶，不論強度大小，無疑是存在的，並已被許多已知礦化區所作含金屬水的分析所證實。

礦床近處的礦水含有大量有價值或特徵的元素。根據埃蒙斯研究，在銅礦區十八個礦水樣品中，平均硫酸根含量為 1,820 克/噸（比正常情況高出數百倍）。銅與鋅在個別地點含量亦達此數。在奧涅迦湖區喀爾達乞哈村附近勘探區內，許多水塘內含鎳，此區與橄欖岩共生的鎳礦，是全蘇地質科學研究所的地球物理野外隊所發現。

礦溶液經過岩石，造成了礦化帶的擴展（分散帶）。利比傑夫研究了溶液在土壤中的移動，確定了下列條件：

土壤中含水量低於最大吸濕度（maximum hygroscopicity）時，鹽類並不移動。鹽類實際移動要在薄膜水（Pellicular moisture）或重力水（Gravitational moisture）存在時發生。鹽按照濃度梯度（concentration gradient）而移動，但移動方向不必與水份移動方向一致。根據波盧諾夫，易溶鹽的移動是以帶礦水份順土壤毛細管，或土壤顆粒表面水膜向上移動的形式出現。這種作用基本上沒有條件的限制。只有在與地表蒸發達到動力平衡時，才會停止作用。土壤學家所建立的規律，由於物理環境相同，在分散現象上無疑亦可應用。

第二個重要現象是溶液被膠體或分散物質吸附。分散物質在風化帶很發達，多呈矽膠（silicagel）、矽鋁酸鹽、鐵錳之氫氧化物及其他形式。這些作用已在傑卓資對土壤吸附能力的理論中詳加闡明，此處不擬討論，只預備提到一些基本原理。主要吸附對象是可溶性鹽內的陽離子，定量關係上可用下列吸附等溫綫（adsorption isotherm）約略表示：

$$\frac{x}{m} = KC^{\frac{1}{n}}$$

x = 吸附物的量；

m = 吸附劑的量;

K 及 n 是常數, 與吸附物及吸附劑特性有關;

C = 平衡常數。

作用是可逆的, 即意味着可能用一個純溶劑或具有更大吸附能力的陽離子溶液來沖淋以移去吸附物質。重金屬 (Cu, Zn, Ni 等) 在自然界分散組系中 (黏土) 的吸附現象, 還研究得很少。全蘇耐火及耐酸材料研究所研究黏土吸附有機酸和鹼性溶液, 給我們 x/m 量方面一個近似的概念。各種國產耐火黏土對 0.01 N 酸液及鹽溶

液的吸附, x/m 值自 0.03 到 0.3, 亦即數值相當大。

我們所作對 Cu^{++} , Zn^{++} 和 Ni^{++} 吸附能力的研究, 也得到類似的結果。根據斯米爾諾夫, 上述作用影響可能很大, 造成吸附物質的某些局部高濃度。

有一類很重要的礦床所含特徵礦物的有價值元素, 可在氧化帶、與鹽類, 氣體以及濃集了酸性碳酸鹽、磷酸鹽等的溶液起作用, 形成新的穩定化合物。根據元素化學性質以及礦物環境之不同, 沉積帶與金屬來源間距離變化可以很大⁽¹⁾。例如鉛的硫化物——硫酸鹽——碳酸鹽連續變化系, 並非由

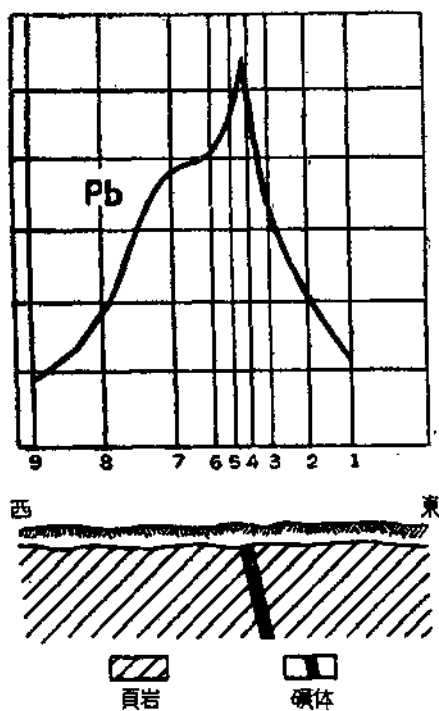


圖 10. 阿爾泰, 格克霍夫礦, 鉛鋅礦床分散量中鉛濃度截線

溶解狀態移動獲得。鉛的分散場可以和機械分散場比擬。銅礦床介於中間地位。鋅礦床主要產生一鹽場。確定強烈鹽場是否存在時，必須考慮淋蝕作用。在乾旱地區或水份供給不夠的氧化帶，可望得到鹽量的顯著富集，甚至會有固體相析出。當由於氧化而發生的溶解作用，在侵蝕作用範圍內發生，則環境有利於聚集作用。另一方面，在年降雨量極豐富，或侵蝕作用遠較氧化——溶解作用為速時，環境不利於鹽分散量的發展與固定。

例如在朱稚夫斯克的鉛鋅礦床，這裏有發育良好的厚層氧化帶，但找不到鋅的分散量，却在地表上找到了清晰的鉛量，圖10、16。在辛南琴多金屬礦床中也得到同樣結果。在那格努山的意薩洛夫礦床，那裏實際上幾乎沒有淋蝕帶，（局部地區亦僅1—2米厚），就有了極清晰的鋅量以及鉛量。圖11示穿過含礦板岩的一條截綫，很清楚的說明了這個關係。

必須注意，此處所用鹽量一詞，乃是一種生因方面的概念，並非表示在此相內特有的物質狀態。

在這類場發展時，有各種作用參於其中，造成了分散量的複雜

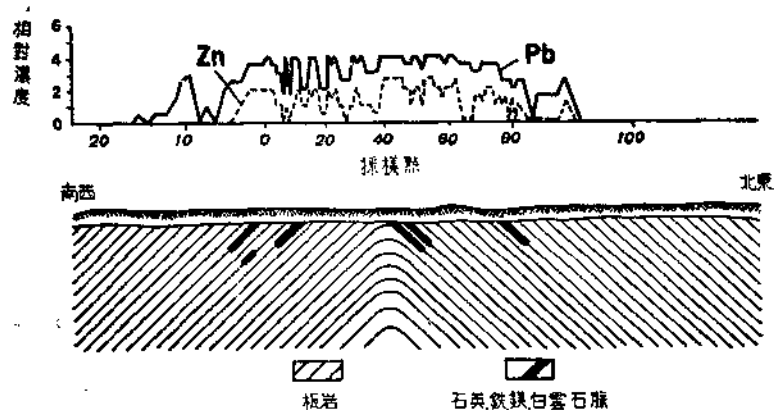


圖 11. 那格努山意薩洛夫礦床—含礦帶之指示截綫

性，並使對鹽量的研究很困難，並非每次都能將當地水文學因素弄清楚。移動過程的發展，岩石物質對溶液的吸收，以及鹽帶區域內新生或次生礦物的發展等等。這些因素極難逐一給予評價。因此在實際勘探中，最好用簡單辦法來分析這類礦床的分散。將全部環境因素的總和與其結果相對照，總可以在下列兩種分散中選到一種合適的：

1) 在氧化帶穩定的新形成物質，進行機械作用的分散（假定在溶液形式僅有極小的位移）。

2) 溶液作用引致礦床的分散，礦物物質被滲漏水及地下水帶走。

（四）分散量在勘探中之應用

自以下討論看出，地球化學分散場的發展帶直接在地表之下。於有利情況下，分散場可在地表加以觀察，此為應用地球化學探礦法基本前提之一。

在場內，被指示元素固定濃度所勾出的分散量發展帶，如接近地表，並可用最簡單的方法採樣，則我們說此分散量是可觀察的。

確定量範圍的固定濃度數值，可根據分散場特點，以及分析技術來選擇。

量的接近地表，由分散場發展中的特殊條件，以及量的形式來決定。

簡單的機械分散量，根據其與地表礦床的生因關係，可分為二類：

（1）礦床與圍岩同時風化，形成殘積土壤。此種形式的量，可稱為同生的（Syngenetic），普通多露出地表，能予觀察。在較平坦地形內，此種量或被自高坡落下的疏鬆物所掩蓋，此掩蓋作用是機械的。因此可假設（見“機械分散”）在坡底部堆積的疏鬆物，主要

是由較薄的表層物質位移所致。

因而可知，必有一作為在坡上“A”與“B”分界的“C”帶存在（圖12），具有下列特徵：

上層疏鬆物質在“C”以上的區域內可自由移動，不受阻礙，亦不致引起堆積。在“C”以下區域特徵是疏鬆物逐漸加厚。

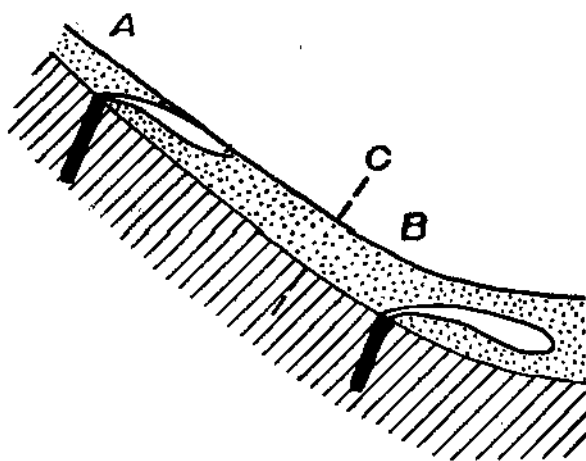


圖 13. 量被疏鬆物質掩蓋

若礦體在“A”之位置，距凹處尚遠，根據經驗，量可以露出表面。若礦體在“B”之位置，量被不同厚度的疏鬆物完全掩蓋，則不易觀察出量。確定“C”界限的位置，以及確定隱蔽物質的移動原理，乃是野外待解決的一個重要問題。

2) 機械分散量如被遠來物質所掩蓋（河成、湖成、冰川及海底沉積），則其地表觀察更困難，因此時所遇乃是埋藏量（buried halo）。

若懷疑埋藏量是否存在，則可參閱工程師扎丁納的工作。他在姆哥資哈路礦區，覆蓋在前白堊紀橄欖岩岩盤上的白堊紀沉積中找

到鉻的地球化學變異。由於資料不足，此處不予詳述。其結果見圖13。

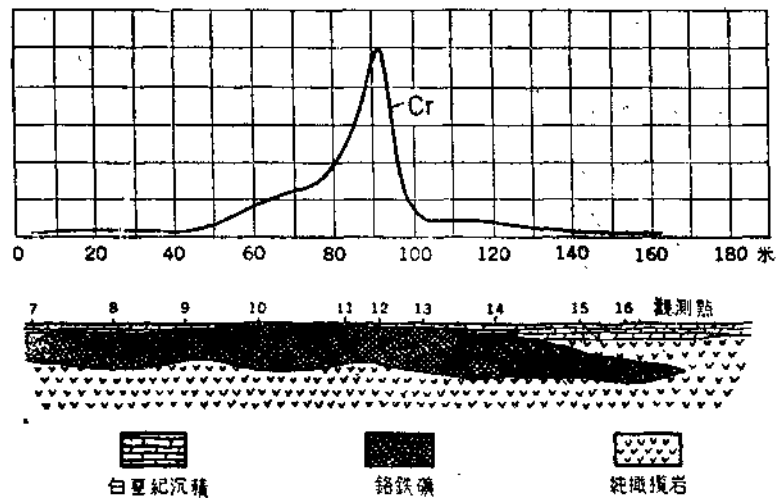


圖 15. 鉻鐵礦床之截線

鹽與複鹽分散場的暈，與機械暈不同，可以重疊暈(Superimposed halos)的形式出現。當溶液移入與暈同時生成並覆蓋於暈上的地層時，即造成了重疊暈。此類構造在理論上的可能性前已述及。著名的土壤鹽化作用(Salinization of soils)與重疊暈很相似，因此更支持了重疊暈的觀點。實際上重疊暈在自然界很少見，須具數種有利條件，巧合一處始可存在。即：

- (1) 足夠量鹽的來源。
- (2) 熱而乾燥的氣候。
- (3) 覆蓋地層的構造適合於水份薄膜的上升。

鹽分散場的研究，其初步嘗試是對植物在土壤溶液中吸收重金屬的現象加以利用。早在1934年，地質科學研究所已在這方面作了一些工作。

瑞典地質學家（布羅丁和派姆奎斯）最近研究稀有元素時，正在檢查樹葉中元素含量。

最近亟需開始對此問題作有系統的研究，在稀的土壤溶液中，如金屬果為植物所聚集，則此研究可在勘探中加以應用。

前已討論，地表形成了含氣礦床暈的自然界限，更確切的說，即形成土壤、空氣和大氣之間氣體交換的界限。此界限的厚度一般是3米。氣量法製圖（Gasometric mapping）的實際工作可以作到此點。

綜合上述討論，可得結論如下：在地表觀察暈的可能性限於疏鬆層發展的區域內。各別地區尚可觀察重疊暈或埋藏暈。

自開始討論分散場時即可看出，對於隱蔽礦體（blind ore）不可能有機械分散暈。

在評價這類條件時須審慎，因此處涉及到我們習慣上區別礦體與圍岩界限的方法（衆所周知，礦體的概念，實際上包含一整套其他概念的錯綜）。

有一類很重要的原生礦床，其具有經濟價值的礦體部分與圍岩之間，缺乏明確界限。純岩漿礦床類的特徵亦如此。與氣化相有關的礦床，其特徵是有價值的金屬充滿裂隙，並向四周深深滲透。對清楚的條狀脈礦而言，金屬元素向圍岩穿入的現象亦甚明顯。因此，某些情況之下，可假設有一種礦床的生因暈（Genetic halo）存在，此為金屬含量介於礦體與圍岩之間的帶。

生因暈亦可造成分散暈，而使我們的能力擴大至能觀察隱蔽礦體。茲舉瑞列的工作為例，以說明此可能性。他曾觀察墨西哥某銀鉛礦帶，對礦體四周的變蝕曾作全面研究。發現某些化學物質和個別元素在樣品中的量與採樣地點距礦體遠近有關。圖14係將其研究結果更理想化地表示出來，此並不影響本問題的實質。圖上已將問題說明清楚，即根據各種指示，包括接觸帶的礦物，指出了特殊生

因量存在的可能。

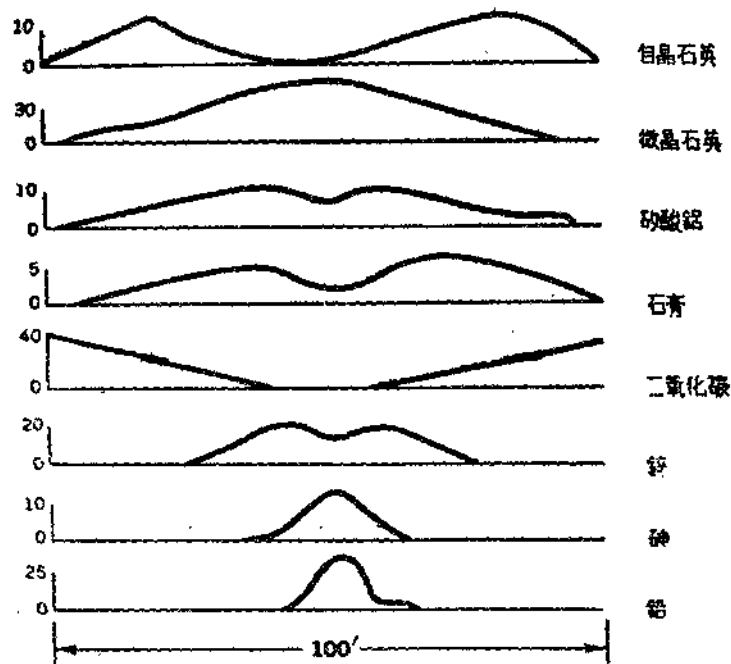


圖 14. 墨西哥某銀鉛礦氧化矽體四周分帶(Zoning)圖

當考慮廣泛分佈的變質帶內的許多礦床時，瑞列的結果非常重要。這些帶內有許多與圍岩不相似的物質和礦物特徵。研究分散量時，對這些問題的解釋，在普查與勘探上甚為重要。

對某一特殊量，選擇其適當的指示元素，亦為重要問題之一。選擇具有經濟價值的元素作為指示有某些好處，因為可得一種直接的勘探意義。有時可選擇一些共生物作指示，則對勘探更有利。例如，在某些錫礦床（辛南琴，凡琴），曾選擇在礦體與量中較錫為高的鉛作為指示。

此問題可參閱地質科學研究所辛南琴野外隊所製圖中之一（圖15）。根據量的發展條件，以及試驗技術，在另一些情況下，亦應用了共生物。例如考慮以地球化學方法勘探某些碑金礦時，發現碑可作分散場的指示。勘探硫化礦床時，試驗證明硫酸鹽可作指示，與主要的指示元素（Cu、Pb、Zn）並用。圖16是北吉爾 吉斯的布烏爾杜地方鉛鋅礦區所製圖中之一。以特製的電極作試驗，其電動勢隨土壤上層硫酸鹽濃度變化。個別情況在使用直接指示以外的間接指示時，可認為是地球化學方法能力的擴展。

每一情況，對於量指示元素的合理選擇問題，均要求說明清楚。此問題及其它某些問題可作為在已知礦化區域實驗工作的題材。

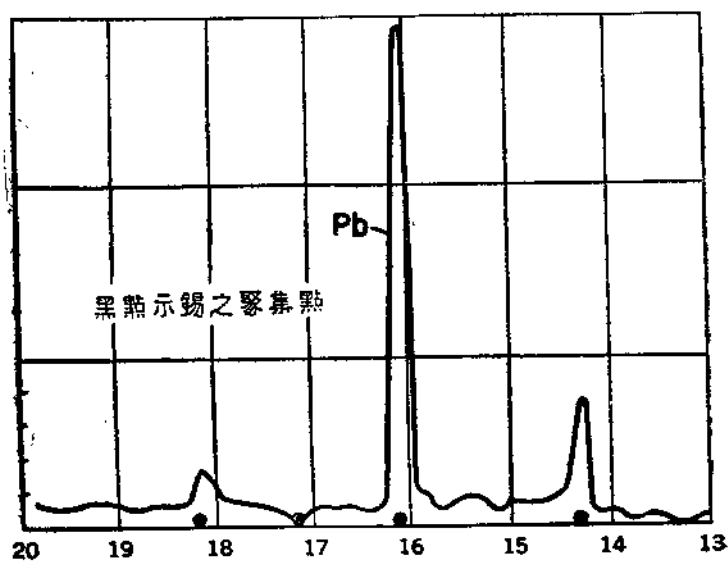


圖 15. 多金屬錫礦床載線中錫與鉛的濃度

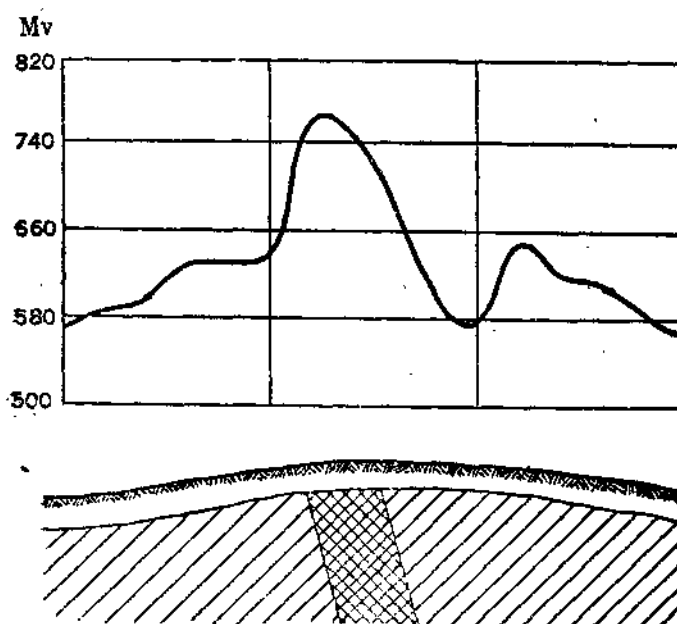


圖 16. 北吉爾吉斯、布烏爾杜鉛鋅礦床用電極極化法所得分散量的指示截線

(五) 野外工作中的問題與方法⁽¹²⁾

地球化學勘探工作的第一步驟，是觀察地表物質、水及各種勘探工程等等，以便找尋礦床分散量的證據（即地球化學變異）。然後藉詳細的研究以確定量之位置及其形式。為此，須在某一表面層內確定指示元素的濃度梯度。在實際工作中為了解決上述二問題，就須自系統的取樣格子中，採取表面物質樣品，並測定每一樣品中指示元素的濃度。

勘探的第二步驟——對區域予以經濟評價。地球化學方法至今尚未在此方面應用⁽¹³⁾。

受鹽分散作用的礦床，可有系統的研究地下水、河流、以及保

留微跡分散物質的地表固體物質。在地質勘探中，此方法與岩石的化學試驗可同時進行。

此處的討論限於將本方法作為綜合性地質調查中的一部分來考慮。詳細工作的佈置，由勘探者根據各別情況自己決定。

本方法的特色，在原生礦體詳查工作的直接經驗中很快即可體會。以下討論地球化學方法的實際應用。

1. 截線的分佈與形式

為經濟起見，在實際情況許可下，取樣格子應儘量放寬。此種放寬亦有限度，因“固定”一個量至少需兩個以上指示元素的變異。計劃格子時，以採取地球物理通用的方法使截線垂直於變異（礦體）可能伸展的方向為佳。此種佈置可使最小的、具經濟價值的礦體採用最大的截線間距。此種截線佈置，最為經濟。

弗洛若夫於討論錫的沖積層勘探時，曾提出有價值的技術上意見，包括對分散量特徵的討論。垂直於變異的假定走向的截線，其佈置規則須考慮下列分散作用中常見的特徵：

1. 量向下坡發展；對錫及鎢而言，可伸展40—60米或更遠；
2. 量自側面可將露頭擴大15至20米或更多。

再者，必須同時考慮礦床的大小及量的大小。量的大小往往可以估計。根據量來定截線的方位甚為有益。量的發展藉肉眼觀察地形即可決定。此處須注意，上述自量的區域發展所得的輪廓全係憑經驗得來。它們受許多因素支配，即坡度、疏鬆物質、匍匐程度、構造等。側面分散的範圍決定於經歷路程的遠近、原生礦物在化學上的穩定性及新生成氧化帶的穩定性等。指示元素界限濃度的選擇對確定量的範圍具有決定性意義。欲辨認較弱的量，須將分析技術予以標準化使能測出指示元素最低的極限濃度。由下式表示：

$$C_{lim} = C_0 + \Delta C^{(14)}$$

C_0 = 在圍岩中指示元素的濃度;

ΔC = 試驗的絕對精確度。

根據上述推論，當礦床走向不明或礦床長寬相近時，地球化學截線可沿與匍匐垂直的方向，即沿等高線方向佈置。第一條截線置於最大分散帶為佳，即山坡下部，須在暴露出的範圍之內。位於截線上的點距一般應等於

$$\frac{a+b}{2}$$

a = 分散暈側面距離;

b = 礦床本身可能的厚度。

一般可用 5—10 米的平均點距，個別點距可有疏密。於未勘探地區作普查時亦可通用。

其後的截線可置於山坡較高處，與第一截線平行。第一條及第二條截線的間距須合理選擇，應較暈的下坡發展長度為短。如未曾獲得資料，則於開始調查時，對 20—25° 坡可取 40—50 米的間距。

在礦床特性即深度、形狀、厚度、以及覆蓋層的移動形式等確定後，區域調查可用系統方法進行。

截線方向及間距，係由變異的特性和要求詳細的程度而決定。故此處勿須詳論。由於野外環境變化頗大，亦無法詳細討論。

為實際應用起見，前述弗洛若夫的工作尚需加以註釋，即覆蓋厚度未超過 3—4 米時，方可假定分散暈係均勻發展。弗洛若夫所描述暈的“幾何化”(Geometrization)，對於較大的厚度很難成立。

2. 採樣層 (Sampling Horizon)

採樣格子或截線上試點的數目須維持最小值。因此採樣須在暈發展得最好的層中進行（係指其面積之擴展）。疏鬆層的上部一般均符合此要求（圖 6、7、8）。實際工作中，採樣恰在植物覆蓋層下

面進行，最好在壤土之下，因為壤土中生物圈物質含量很多（會造成量的弱化）。

由於下列原因，上述的概括或有例外，即分散量界限濃度並不在疏鬆層的較上層。

（1）由於重力分異（Differentiation by gravity）作用使某種礦物移入較低層。

（2）在鹽暈中，由於淋蝕作用將指示元素從上層移開。

（3）當暈被疏鬆物質埋藏時（以及其它種類的埋藏暈）。

以上情況均須預知其弱化層或掩蓋物質的厚度，此係野外勘探工作之前定位（Orientation）工作的一部分。

在較薄的疏鬆層中，亦可沿整個剖面連續採樣。則可避免單在某一層內採樣將暈錯過之慮。如覆蓋相當厚（厚於0.5—1米）則須考慮此種作法頗為麻煩，並減低每一試樣所起的作用。

詳細研究時，至少要求附加一深層採樣，以便精確的確定暈的形式。這些試驗對環境因素，以及地球物理的補助資料作適當考慮後，可以作為勘探結論的基礎。

當地下水面距地面不遠時，可自水塘、水井或試驗井內採集樣品。

3. 樣品種類與量

根據野外對錫的經驗，以及對鎢與鉻的一部分經驗，礦床近處這部分暈中所採集的樣品，可分為下列二機械部分（mechanical fraction）：

（1）小於1毫米的顆粒；

（2）5毫米或更粗的顆粒。

上兩者中，其有價值元素含量約略相同。某些地方粗粒部分所含有價值元素更多。含量低的樣品（暈距礦體較遠部分或分散帶部

分)中;粗粒部分內有價值元素較細粒部分為低(直至零)。細粒部分中濃度變化較為穩定。故分散主要係由細粒部分担任。此結論與我們對作用過程的概念一致,亦經野外觀察所證實(圖8)。尤以鹽暈中具有與生根岩石直接關係較少的次生化合物,因此自細粒部分來觀察暈則更有利。此類樣品能可靠的表示分散暈在其最大空間內的發展。

細顆粒缺乏時,可採集粗顆粒,取出其中一部分磨細之。

根據著名的狄斯蒙與哈弗達公式⁽¹⁵⁾,樣品採集的合適量是:

$$q = Kd^2$$

q = 樣品重(公斤);

d = 顆粒平均直徑(厘米);

K 及 α 是係數,由有價值元素在樣品中分佈的均勻性來決定。

上式的成立,須先假設分散暈可用任何粗細顆粒表示,並假設各種粗細顆粒在自然作用中已被粉碎及攪拌。

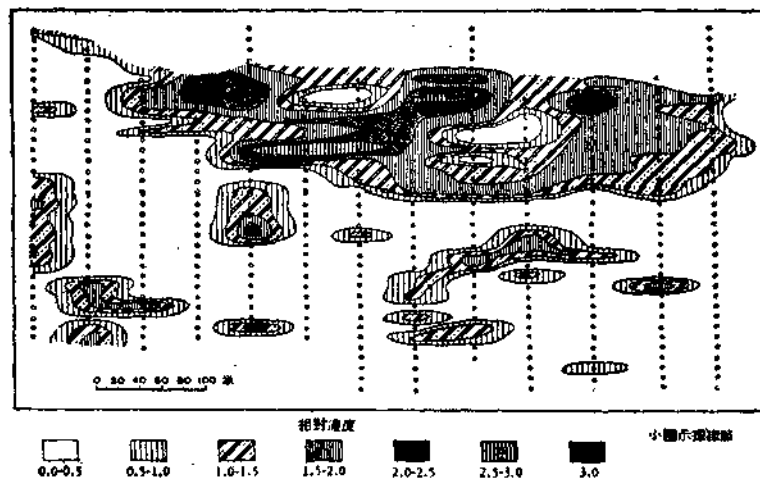


圖 17. 席布克林礦床, 用斑點法所得之濃度

含分散量的疏鬆物質，其上層可列爲“相當均勻”的試樣類。根據波茲哈斯基， $K=0.06$ ， $a=1.7$ ，則可得出採樣重量：對1毫米顆粒，採集60克；對0.5毫米顆粒，採集20克，事實上往往採取含1—2毫米的各種顆粒，重量約200克。如須經淘洗來富集樣品，樣品重則可增至400—500克。

取樣品兩份，其一按習用重量取樣，另一則多採20—30倍。光譜分析的結果，其中含錫量均在同一因次之內。

於同一地點以標準重量重覆採樣，使用現有光譜方法的濃度範圍等級證明，其錫量不變。

如生因疊存在時，或只須考慮疏鬆物質的粗塊時，可自未風化的岩石中採樣。席布克林礦床的野外經驗證明，將較少的樣品（僅400—500克）即可作出指示元素頗有規律的分佈圖。圖(17)示礦床附近錳在未風化岩石中的分佈。

4. 採 樣

在初步的普查截線中，採樣深度很少超過0.5米。此種深度可

正面與側面圖

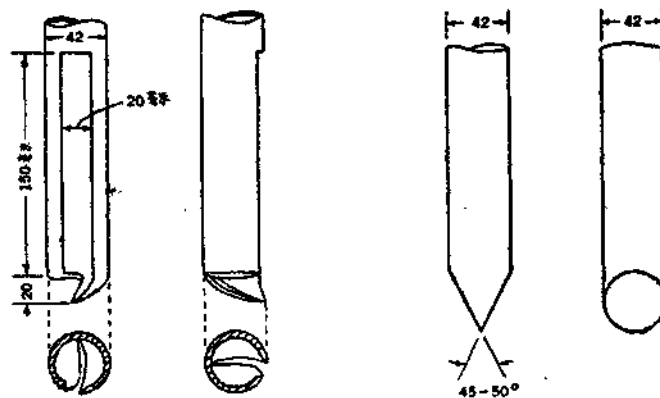


圖 18. 採集疏鬆樣品時所用的長柄勺及鐵桿

自鶴嘴鋤掘成的洞內採樣。較深時，掘洞則感到困難。圖(18)示工具一套，包括鐵桿一，匙一。此工具可自0.5—1.5米的深度內取樣。用鐵鎚敲打鐵桿至所需深度，同時用拳頭轉動鐵桿，可助其穿過較粗的疏鬆物質，然後用長柄勺將樣品自洞中採集。

此操作可由工人二，採集員一所組成的小組担任之。取樣格子間距至少須50米。採集員須作樣品記錄，並作技術指導。

5. 分 析

分析樣品的製備包括下列程序：

1. 乾燥（視需要而定）；
2. 過篩；
3. 縮減；
4. 縮減後樣品之研磨。

以上的簡單操作技術此處勿須討論。唯須考慮各種操作在地球化學勘探工作中的意義。某些情況下，加一淘洗步驟很有成效。在北冰洋錫量測量的經驗中，根據礦脈中礦物含量的不同，樣品中錫含量可藉淘洗法增加20—50倍^[16]。樣品物質如係黏土類，企圖以淘洗法來富集則無效。

縮減方法，在勘探的實際工作中尚未標準化。確定分散量時，縮減程序係根據經驗來決定。為經濟起見（除去一些例外），此操作越簡單越好。此問題不久即可用實驗解決，使其符合於研究分散量的各種特殊野外問題及分析方法精確度的需要。根據經驗，可這樣作：

樣品所含物質較細時，自1—2毫米孔篩過篩後不必研磨，即可縮減至10—15克。如大部分是粗顆粒時，則須將粗粒研磨過篩後，再與細的部分混合。

縮減至10—15克後，研磨至150—200網眼，於實際工作時以手

指拈來一搓即可確定，如無顆粒感覺，表示研磨已滿意。

初步研磨可用盤磨機。每次磨畢，不需清除機盤（否則時間不經濟）。

粉碎的樣品置入紙袋送交分析。

（六）快速分析方法

對快速分析技術的特殊要求，由野外地球化學方法的技術與經濟觀點來決定。其基本要求如下：

1. 靈敏度高，操作速度快；
2. 並且尚需成本低廉，此為大規模操作的先決條件。

上述要求對方法的選擇範圍，予以嚴格限制。由於一般的勘探問題，對測定金屬濃度並不需要很高的精確度，亦不要求測出量的任何絕對意義，因此上述要求始能達到。須注意，對分散場亦僅要求得一相對的濃度梯度圖。對方法的其他要求如下：

- （1）自動記錄，以便增加結果之可靠性；
- （2）可以普遍應用；
- （3）設備簡單，易攜帶（尤其在荒遠人烟稀少的地區工作）。

近代物理化學分析方法的特點為靈敏、快速及成本低廉。這些方法，尤其是光譜方法在最近十年內已廣泛發展，並受到重視。

利用定性光譜方法，可將其定性的分析步驟用來作半定量。利用吹管分析有色焰長度的半定量指示，可進行銅量測量，此外1936年地質科學研究所提出在凡琴地區應用成功的鉛量測量（Plumbimetric Survey），以及其它一些例子均可在此提出。鉛量測量係利用極普通的定性分析化學作用——在鹼性溶液內鉛沉澱成硫化鉛，用比濁法（nephelometry）來定量，此方法靈敏度高，簡便，結果完全可靠。此外還有斑點分析法，留在下文討論。

地球化學問題上所需種種元素的檢出，只要利用了近代化學分

析的技巧和經驗都可作到。對系統的經驗累積及對已知步驟批判的採用即可產生一整套特別適用於勘探問題的半定量方法。這一整套方法與現有的半定量方法（如吹管法）不同之處為其靈敏度、準確度更高（這是野外方法的先決條件）及生產量大（操作簡單）。下面所討論的方法尚係首次野外試用。

1. 光譜分析

光譜分析因為它具有顯著的優點，所以在快速分析中佔有卓越的地位。最特出和最值得讚許之處，就是不需任何預先處理（淘洗、沉澱、分離等）。極大多數的元素能用最簡單的光譜方法來測定，因此只需要一些對要測定元素的礦物與化學形態的了解即成為通用的方法。

我們知道，目前光譜分析正在猛烈發展與技術改進的階段，但是直到現在在地球化學勘探工作中，只應用了根據譜線的有無及其黑度的最簡單的光譜方法，這離完善程度還很遠。另一方面簡化操作滿足了靈敏度、價廉、目的性（objectivity）和可靠的記錄等基本要求。我們不擬在這裏討論和描述光譜技術，只對步驟中某些要點加以評述。

直到現在，我們主要是應用光譜的紫外部分。

國產儀器牌號：

1. 紫外光譜儀 13×18, I.S.P.—1⁽¹⁷⁾; L.O.M.Z.

2. 通用式“鋼鐵分光儀” N.I.I.F., M.G.U

光譜的激發是用直流電弧或交流電弧在炭極中將樣品燃燒（樣品是放在下炭極孔穴內）。

試樣的光譜在固定條件下經過激發，曝光，照像等一般處理然後用標準圖表來比較。

這裏羅列了一些表，表明錫、鎢、鉬、鉛、鎳、砷和銻線，是

由不同種類的儀器得來的。

表二、用國家光學研究所 (G.O.I) 舒爾文 (Sylvin) 光譜儀所得之錫線 (I.S.P.—1型)。

固定條件：特純炭棒直徑 10 毫米，陽極孔穴直徑 2.7 毫米深 6 毫米，分色片，靈敏度 200H.L.&D. 曝光 30 秒，電流 6—7 安培。

Sn%	譜 線
0.01	2439 和 2863 清晰可見；3034 帶狀構造背景下明顯
0.05	2286 模糊；弱線 2334 可見；2431 很弱但清楚
0.1	2517 痕跡；2571 痕跡；2546 很弱
0.2	2495，2785 痕跡
0.3	2860 很弱但清楚；2495，2785 變為清晰
0.5	2408 出現；2915 清楚出現
1.0	2253 清楚出現；3142 清晰；2268 痕跡
3.0	2268 顯著；2455 極清晰；3218 出現
10.0	漫線 2558 出現

表三、野外型，自準直式 (autocollimation) 光譜儀所得錫線 (國家光學研究所製，型號：1，1936)。

固定條件：全色負片，靈敏度 700，電流 8A. 曝光 60 秒，炭棒 (特純) 直徑 10 毫米孔穴徑 2.7 毫米深 6 毫米，捲片在顯影前浸入消增感劑 (Desensitizer) 1—2 分鐘。

Sn%	譜 線
0.05	2439 清晰；2431 痕跡
0.1	2421 清晰；2534，2571 痕跡
0.3	弱線 2517 出現；2495 痕跡
0.5	弱線 2495 可辨
1.0	弱線 2785 出現
3.0	2581 弱但易辨別；2408 痕跡
10.0	2408 變為清晰；2268 痕跡；2558 弱；2455 相當清晰

表四、用舒爾文分光儀 (I.S.P.—1型) 所得之鉛線。

固定條件：特純炭棒，直徑10毫米，陽極孔穴直徑2.4毫米深4毫米，分色片，靈敏度200H.&D. 曝光30秒，電流6—7安培。

Pb%	譜 線
0.01	3639.58, 3683.47和4057.07出現並清晰。
0.05	極弱的2476.39出現。
0.1	2476.39已相當清晰。
0.3	弱線2577.28; 2446.20出現; 2393.81相當清晰。
1.0	弱線2443.86; 2401出現; 並出現一寬的漫線2346.90
3	2411.75清晰; 弱漫線2337.49; 弱線2331.47
5	2697.5相當清晰; 並有一較寬漫線2650.5的淡影
10	漫線2353.9出現
20	2338.8相當清晰

表五、用希爾格石英分光儀(E 316)所得之鉛線。

固定條件：特純炭棒直徑10毫米，陽極孔穴直徑2.4毫米深4毫米，分色片，靈敏度200 H.&D. 曝光30秒，電流6—7安培。

Pb%	譜 線
0.01	3639.58清晰
0.05	2476.39很弱
0.1	2393.81痕跡
0.3	2577.28弱在帶狀構造背景下可辨認; 2446.20, 2443.86弱而細; 2346.90只見其影
0.5	2411.75弱而散漫; 2401.95清晰; 3635.47清晰但散漫
1.0	2337.42清晰
3.9	2399.60相當清晰; 2353.9極淡的影
10.0	2697.5在帶狀構造的背景下游晰; 2657清楚而細; 2650.5相當清晰 (成為散漫較寬之影); 2426.64在帶狀背景下非常清晰; 2338.8明 顯; 2353.47很明顯; 2330.54和3240可見

註：上表適用於在同一光譜上，同時定Sn時，定Pb之用。

表六、用希爾格石英光譜儀所得之鉍線。

固定條件：特純炭棒直徑12毫米，陽極孔穴直徑2.8毫米，深4毫米，分色片，靈敏度200H.&D. 曝光30秒，電流6安培

Mo%	譜 線
<0.01	3158.2相當清晰
0.01	3132.6在帶狀背景下相當清晰; 3170.3相當清晰; 3194.0弱但很明顯
0.05	3113.1強度比連接的帶狀構造的強度稍強; 3203.9弱
0.1	3353.1相當清晰; 2655.0很弱; 2641.0很弱但清楚; 3456.4弱
0.2	3337.3很弱; 3390.8弱但清晰; 3094.7, 3085.6隱約可辨; 3015.8很弱; 2816.2和3775.4隱約可辨; 2649.4很弱, 但可辨認 2664, 2848痕跡; 2978.3, 2891.0弱但清晰; 3785.0隱約可辨
0.5	明顯的2954.6, 2944.8出現
1.0	3307.1弱但清楚; 2849.4可能有; 3837.7弱但明顯; 3751.4弱但很清 晰; 3701.0弱; 3567.0很弱, 在帶狀構造下勉強可見
3.0	2572.5清晰, 明顯

表七、用希爾格石英光譜儀(E 316)測定之鎢線。

固定情況: 特純炭棒直徑12毫米, 陽電極孔穴直徑 2.8 毫米深
4 毫米, 分色片, 靈敏度 200H.&V. 曝光45秒, 電流10安培。

W%	譜 線
0.05	4008.8清晰; 2896.4弱
0.1	2656.5很弱但可與周圍的帶狀譜區分; 2935.0, 2879.4痕跡;
0.2	2744—2774.5雙線痕跡; 2792.7很弱, 幾乎與左邊的帶譜相混; 2405.6可辨; 2547.1弱但清晰; 2724.5極弱但清晰; 2831.4弱; 2866.0痕跡; 2935.0弱; 2947.3弱而清晰; 2633.1痕跡; 2979.9 很弱; 2518.1痕跡
0.3	2504.7弱但清晰; 2561.5痕跡; 2691.4弱; 2856.0, 2911.0出現
0.5	2415.7痕跡
1.0	鎢線3176.7及2663.2出現; 2964.5弱而清晰; 2473.1痕跡
3.0	2473.1變為清楚; 2435.0清晰; 2431.0易辨; 2456.5出現; 2480.1, 2572.5出現。3108.1—3108.9易辨; 鎢線3373.9出現
10.0	極弱線2720.0出現

表八、G.O.I. 舒爾文光譜儀 (I.S.P.—1 型) 所得之鎢線。

固定條件: 特純炭棒直徑10毫米, 陽電極孔穴直徑2.7毫米, 深
3.4毫米, 分色片, 靈敏度 200 H.&V. 曝光 30 秒, 電流 8 安培。

Ni%	譜 線	
	清 晰	弱
0.01	2311; 2315.5; 2520; 2345.5; 2419; 2992.5; 3057.6; 3318	3081
0.05	2317; 3002.5; 3064.6; 3081; 3222; 3226; 3365; 3493	
0.1	2424; 2821.5; 3114	
0.2	2410; 2521	2388; 2414; 2441; 2984
0.5	2557	2316; 2347; 2415
0.5	2316; 2415	2865.5
1.0	2441	

表九、用希爾格石英光譜儀所得之砷線

固定條件：電流 10 安培，曝光 60 秒，用陰極層照像，石墨電極，孔徑 2 毫米深 4 毫米，試樣重 15—20 毫克。

As%	譜 線
0.01	2349.8 比長波方面相隣之線強度相同；2388.1 比在短波方面相隣之分子譜線要弱。
0.05	2349.8 比長波方面相隣之線稍強；2281.1 與相隣短波方面相隣之分子譜線強度相同。
0.1	2288.1 較其短波方面相隣之線強一些；2360.4 痕跡。
0.3	2360.4 可見但很弱。
1.0	2466.5 較難和相隣短波方面構造分開；2492.9 弱；2898.7 很弱；2381.3 痕跡。
5.0	2381.3 弱但十分清晰；3032.8 勉強可見。
10.0	3032.8 易辨；2991 在鐵線中勉強可見。

註：2288As 線只能在沒有 2286Cd 線才能用。

3032.8As 線與 3032.8Sn 線重合，但 Sn 不超過 0.2% 時並不干擾 As 的測定。

如果 Bi 含量高時，2898.7As 線將被 2898.7Bi 線所覆蓋。

表十、用希爾格石英光譜儀(E 316)所得之鎢線。

固定條件：電流 10 安培，曝光 60 秒，用陰極層照相，石墨電極孔穴直徑 2 毫米深 4 毫米，試樣重量 15—20 毫克。

Sb%	譜	線
0.01	3311.0可見，在較弱背景下約略可辨。	
0.03	3311.0完全可見	
0.1	2877.9勉強可見	
0.3	2877.9相當強；2670.6對於長波方面的背景下勉強可見； 3267.5與其長波方面鄰近的線有相等強度。	
1.0	2445.5，2306.5，2574.1痕跡。	
5.0	2445.5相當清晰；2306.5弱但可辨；2574.1弱但清晰；2682.7較其左右的 線都更強；2426.4痕跡。	
10.0	2432勉強可辨；2426.4勉強可辨；2385.6清晰。	

註：2877.9可被2877.4Ti線干擾。

10%Zn存在時可干擾2670.6Sb線。

3267.5Sb線應當很小心地應用因與3267.7V強線重合，並與3268.2Fe線難分開。

2574.1Sb線與2575.1Al強線接近，同時又和2574.4Fe弱線重合。

2432Sb線僅在試樣錫含量低於0.1%時可用。

如果Pb含量高2426.4可被2426.6Pb線所干擾。

以上各表所有波長單位均為Å。

光譜圖的解釋需要確定所需的譜線及其強度，所以要用特殊的方式一開始就要系統地尋出待測定元素的譜線，先在標準光譜中找出，再在試樣的光譜中找出。根據試樣中譜線存在與否，用適當的表格作下記錄，清楚出現的線用“+”表示，不出現用“-”表示也可使用“弱”和“微跡”這樣記錄的例子見表11⁽¹⁸⁾。

岩石物質中對硼的光譜分析不能用正規形式的報告，因為在發射光譜中缺乏關於這個元素的特性線，少量的硼(0.01—0.5%)可用最簡單的對比法(利用硼雙線2497.53和2498.48)，高含量的硼(0.3—10%)用硼和銅光譜的同比線對，(Homologous Pairs)方法，在選擇同比線對時所用的硼、銅譜線見表11。

用來製表的標準試樣是由不含礦的岩石製成(即與當地鑽石成分相對比，它是不含礦的)這些標準是經過選擇的，它的組成相當於圍岩與脈石的平均組成，因為在每個光譜中希望某些線清晰而其他

表11 以現場材料製備的標準所校準的試樣譜線校正表

樣品	0.05%		0.1%		0.3%	0.5%	1.0%	3.0%		10.0%			Sn含量範圍%
號碼	2429	2421	2334	2571	2317	2496	2785	2381	2408	2268	2558	2455	
1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不能檢出
2	+	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	<0.05
3	+	tr	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~0.05
4	+	+	tr	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.05—(0.1)
5	+	+	tr	tr	○	○	○	○	○	○	○	○	0.05—0.1, av.
6	+	+	+	+	wk	tr	○	○	○	○	○	○	0.5
7	+	+	+	+	+	+	○	○	○	○	○	○	0.5—1
8	+	+	+	+	+	+	wk	○	○	○	○	○	(0.5)—1
9	+	+	+	+	+	+	+	wk	tr	○	○	○	~5.0
10	+	+	+	+	+	+	+	+	tr	tr	○	○	(5.0)—10.0
11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	>10

註: tr 代表痕跡, wk 代表弱。

表12 銅錫的同比線對

波	長	條	件
B	Cu		
2090.25	2105.1; 2119.0	銅電極	
2089.59	2117; 2125; 2126.0; 2130.7 2135.9; 2138.5; 2140.7	電流 6A 曝光 30 秒 軟片在光譜架外部靈敏	

弱, 以資鑑定成分, 所以標準試樣必需選擇。利用現場材料所製之表 (如表12) 必需加以檢定, 尤其是當需要的精確度超過一般金屬

量測量時。

譜線出現表，在個別情況下可能毫無價值，即使用於金屬量測量。例如在一個實驗性鉻的野外勘察，用了當地附近物質所校準的表，對元素真正濃度來說，結果不可靠。

現在迫切需要野外用的改良光譜分析方法（測定物質不需任何預先化學處理）如各種定量的步驟，各種燃燒方法⁽¹⁹⁾和對陰極層照像優點的充份利用等，並且對通用式“鋼鐵分光儀”（用光度法測量譜線黑度）能廣泛應用的可能也寄以同樣期待。

所有其他野外方法，都需要將試樣中待測定物變為溶液，這些方法適用於研究風化帶不穩定礦物所作成之量，多為水化物，碳酸鹽，氧化物等，均較溶於稀酸。

在野外，因為經濟緣故無法確定浸提是否完全，但這並不影響指示元素相對分佈關係。如果實驗室條件對浸提係數 C （由試樣中該元素的總含量與浸提部分的比例決定）和稀釋係數 B （由溶液體積與試樣重量的比例決定）是固定不變的，又 A 為浸提液中指示元素的濃度。它在試樣中的比例表示如下：

$$Q = \frac{AB}{C} = kA$$

必需小心遵守操作規程方能保證係數 B 和 C 之固定不變。實驗室中對係數 C 在標準條件下改變率的研究（在稀酸中煮沸一定的時間）顯示對於銅鋅和其他金屬的類似礦物， C 值因次大小不變，根據化合物形式的不同，可漬出性是有改變的。對碳酸物可達1(100%)對硫化物其值較低，對礦物的矽酸鹽為0.1—0.2%。野外工作中要抽查係數 C 以保證其因次不變並作為此方法的一種較正，偏差與不可預測的變化的影響在野外是不可避免的，但很少超過所採用之較粗的定量分級限度。

實際野外問題：——勾出量的輪廓，確定最大地球化學變異量

——可以用一組所謂濕法 (wet method) 加以有效的解決。光譜法與濕法結果的比較見圖19。

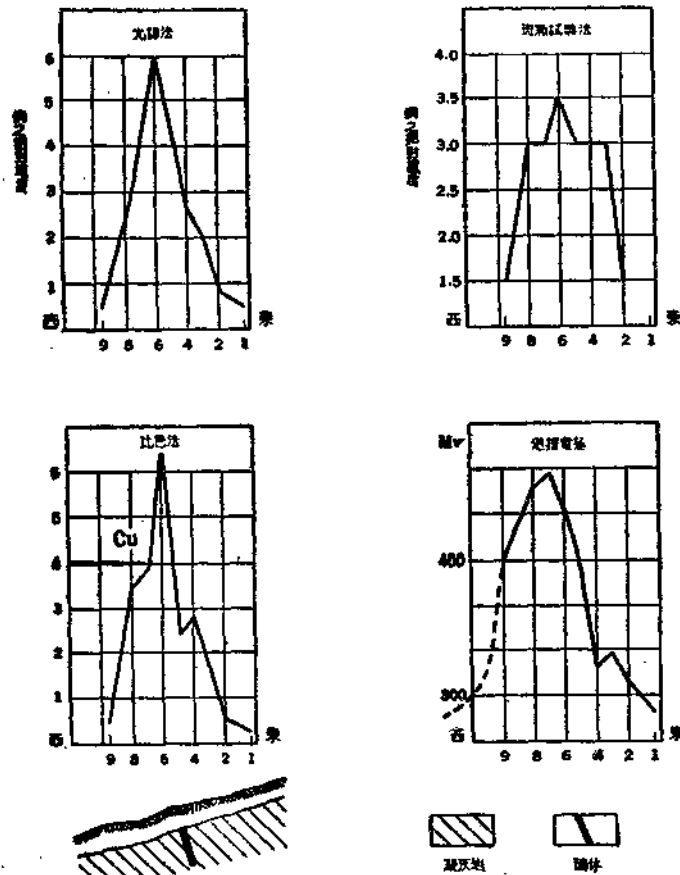


圖 19. 阿爾泰，亞力山大礦，用各種方法所得銅礦床的指示載線

濕法的優點係簡單、靈敏度高、所需設備輕便。與光譜比較，其缺點為：

1. 每一方法的應用範圍均狹窄，僅能用作定一兩種元素。因此，操作者需使用特殊的方法，將某些分析步驟合併使用，始能同時測定一個以上的元素。

2. 對分析只有主觀的估價缺乏客觀的記錄。

此處對各別方法系統步驟的敘述不予考慮，因於地球物理方法的手冊中記載甚詳，此處只將其特點分類敘述，並述及某些個別方法的原理。

2. 斑點試驗及其他方法

分析化學的新支——斑點分析，已應用於對分散場的研究。許多斑點反應的特點是它們對元素羣的選擇性 (Group selectivity)。在有許多試驗中，只有某種特殊元素可以檢出，其他元素無影響。對元素的定性指示可從試紙上一個有色斑點得到。文獻上所敘述的各種反應加以適當修改後用來定量，已在勘探中試用成功。定量估計，普通是把顏色深度與標準斑點色相比較。將試液稀釋到反應的靈敏度極限等各種修改辦法並不常用。一般說來斑點分析定量測量結果可用另定的尺度來表示。

下列對一羣非鐵金屬的試劑已應用在實際工作上：苯肼硫羰偶氮苯 (dithizone)；二磺乙二醯胺 (rubeanic acid)；玫瑰紅試劑 (dimethylamino benzylidenerhodanine)。這些試劑的靈敏度以及顏色變化見表13。

過去在各種特殊勘探問題中用過各種不同的分析方法。這些方法都是根據已知的分析反應。除上述的對鉛的方法外，還發展了對硼、砷、鉍、錳、及錫的半定量方法。對醌對二酚茜素反應 (Quinalizarin) 來檢定硼；砷則使成砷酸銀來測定等。

1毫升⁽²⁰⁾磨好的樣品用3—4毫升濃鹽酸處理30分鐘，在坩埚內置入0.5克化學純的鋅。二、三小時之後，把裝滿水的試管底部浸

入坩堝，將坩堝內溶液加以攪動，抽出試管，將試管的潮濕的底部插入巴特氏噴燈（Bartel burner）的還原焰中。可看到圍繞試管有一極特徵的藍色火焰。火焰面積與樣品內含錫量成比例。再與標準溶液比較即得錫的定量測定。表(14)是用上述方法和用化學分析方法所得結果的比較。

試 劑		元 素					
		Cu	Ag	Zu	Pb	Ni	Co
玫瑰紅試劑	顏 色	紅色沉澱	紅色 ×	紅色 ××	紅色 ××	無	無
	靈敏度	0.0004%	0.001%	0.005%	0.008%	—	—
二磺乙二酸胺	顏 色	灰綠	黃褐色	無	無	藍色	黃褐色
	靈敏度	0.0004%	0.01%	—	—	0.00008%	0.0008%
苯胍硫脲 偶氮苯	顏 色	灰綠	紫紅	覆盆子紅	磚紅	無	無
	靈敏度	0.0004%	0.001%	0.00005%	0.008%	—	—

- 註：(1) 此表為根據純金屬溶液所製。
 (2) 鐵及其他並無顏色干擾，如大量存在，將減低反應靈敏度。
 (3) ×指在酸性溶液中。
 (4) ××指在酸性溶液中或在亞硫酸鈉結晶存在時無顏色

表14 錫之火焰試驗與化學分析之比較

方法	錫 百 分 率													
火焰分析	0.01	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1 0.5	0.1 1.0	>0.1	>1.0	1.0 5.0	1.0 5.0	0.1 0.5	
化學分析	0.03	0.04	0.07	0.08	0.1	0.16	0.23	0.33	0.56	1.28	2.47	5.74	0.44	

上法在大規模工作中可得很高之生產量。

為使此敘述更完全，可再談兩個方法：電極電壓方法與極譜方

法。這些方法因為各種理由並未在野外試驗過。電極電壓方法在1935年曾有文敘述，並稱之謂離子方法(Ionic Method)⁽³³⁾。將特殊的金屬表面，所謂「選擇電極與」，與水溶液或潮濕的風化岩石相接觸，這樣得到的電壓與某些離子濃度有關。此方法的原理並非新的。並已被農業物理學家作了各種不同的修改後，在快速測定土壤的酸度時使用。

在許多合適的選擇電極中，地質研究所的實驗室在野外發展並試驗了所謂鉛——鉛——過氧化物電極。這些電極在中性溶液中可以指示硫酸根的存在。電極對甘汞半電池所造成之電壓，可用下式表示：

$$E = 1.34 + 0.023 \log(\text{H}^+)^4(\text{SO}_4^{2-})$$

圖(16)表示用這樣的電極方法在鉛鋅礦體上方物質中觀察到的截線。近年來在許多野外工作中，這個方法有時很成功。

某些基本缺點（主要是讀數方面不夠靈敏）使這個方法現在還不能在工業上應用，而需要改進。

極譜方法。此法理論方面的複雜性這裏無法討論，簡單地說極譜分析是利用在滴汞電極（陰極）上的電解現象。極譜儀可以自動紀錄電解曲線（電流電壓曲線）也可以說紀錄試液的電流——電壓圖，檢查極譜圖（電流——電壓圖）即可定性或定量的檢定溶液的成份。極譜分析的生產量比光譜分析要低些。因需事先對樣品作化學處理，及較複雜的儀器與操作技巧。簡化方法使其符合野外快速分析的要求，乃是地質科學研究所物理化學方法研究室附帶的研究題目之一。在這方面，正在進行的用金屬電極代替通常使用的滴汞電極的研究，值得注意。

(七) 生產量

下表表示地質科學研究所地球物理組在1938年所制定的生產定

額，是根據1936, 1937, 以及一部分1938年的工作。

1. 採 樣

用鶴嘴鋤取樣，深度0.5米。地質科學研究所地球物理組在1938年所設計的鐵棒和匙可在0.5——1米深度間取樣。

表(15)，金屬量測量採樣生產量定額，
兩個工人一個採集員每日工作八小時。

深 度	取 樣 數 目
少於0.5米或自探槽壁上取樣	135
0.3—0.5米	85
0.5—0.7米	60
0.7—1.0米	40

上述定額係對10×40米取樣格子在平坦地形及疏鬆而細緻的地表物質而言。在地形不好或植物茂盛地區，標準要降低百分之二十五。在粘質土壤或有粗碎塊存在時，也須降低百分之二十五。如採樣點距或綫距增加，定額須降低百分之十。採樣係在佈置好的格子上進行。

2. 樣品準備

根據採樣物質種類與構造不同，樣品的準備亦有多種不同步驟。

步驟1. 樣品過篩，棄去粗於2毫米的顆粒，縮減，磨至200網眼。

步驟2. 樣品裂碎至0.5毫米大小的顆粒，縮減，磨碎至200網眼。

表 16 樣品準備，每人一日生產量定額

操 作	樣 品 數 目
過篩及縮減	120
磨碎及縮減*	70
縮減後樣品之粉碎，(5-10克)成200網眼細度	60
用淘洗法將400克樣品濃集成20—5克	60—100

*對特硬物質，定額減低百分之三十五

3. 分 析

(1)光譜測定(根據對錫及鎢的經驗)

表(17).光譜分析的生產量定額(樣品數量)，每人每日工作八小時

操 作	固定式舒爾文型 G.O.I.(I.S.P.—1)	野 外 式 G. O. I. 1936
光譜之準備及紀錄 (解釋不在內)	140	100
試樣裝入炭棒	180	180
清除炭棒並鑽孔	180	180

註：上表裝樣與清除炭棒工作定額是指使用鑽與銼的手工操作。

(2)斑點試驗以及其他濕法分析。

表(18).濕法的生產定額一個工作員一個工人每日工作八小時

方 法	樣 品 數 目
斑點分析 (Cu, Ni, Co, 或 Ag)	80
比色法	80

如果最後浸提液要分析多種金屬成份，每添一個元素，上述定額降低百分之二十（對樣品數目而言）。

上述定額是指全部分析程序的必要操作而言，從稱樣到紀錄結果。

一個採樣點的成本，包括隊的旅行費用，根據光譜生產定額約6—7盧布。對濕法成本還要高些。

（八）地球化學方法的應用

1. 方法的綜合使用

野外經驗以及問題的本質，指出了地球化學勘探必須要與地質、地球物理、以及礦床勘探進行充分有效的合作，地球化學方法或作為輔助方法，或作為主要方法。對綜合性普查勘探方法，包括地球化學方法的討論在本文範圍之外。這裏祇簡單提供一些地球化學方法所起的作用：

（1）一個綜合的地質調查，分散場各別成份（component）的發現，及其強度指示的獲得，可能成為決定性的因素。

（2）地球化學方法比岩石礦物方法更能解決一個地區金屬化的特殊問題。

（3）在地質工作做得很仔細的地區作詳細勘探時，關於與地球物理相配合的問題，根據野外經驗：

a. 地球化學方法可用來對地球物理所確立的變異給以評價，特別是電法和磁法所得的變異。

b. 地球化學方法可以用來確立勘探區域金屬帶的變異，然後再用其他地球物理方法或槽探方法來仔細確定露頭位置。實際上，在任何情況下，各種方法的配合都要根據當地特殊環境以及礦床生因特徵來決定。

2. 結果的解釋以及勘探的可能結論

試驗的直接結果，即分散場指示元素的濃度可與地形與水文方面材料一齊繪在圖上。地球化學變異可用點、截線、曲綫或等量綫來表示。其結果可在當地勘探指示的全部錯綜背景下加以評價，並適當考慮礦床成因，分散場分散量發展規律性的程度。這裏必須指出在疏鬆物質上層指示元素聚集值的高峰常常並非恰好在埋藏露頭之上。前面已提過礦脈礦床機械分散量之最大位移可如圖(6)所示。在許多地區位移的範圍可達數十米。根據最高點，祇能大概確定埋藏露頭的位置。只有找到露頭的方向方可有把握決定。量位移的程度及範圍，可從不對稱的截線曲線平緩上升的一支看出。根據變異截線的指示，在底層補加取樣，可能弄清這個關係。加一條水平截線對確定埋藏礦體的位置可以更確定一些。⁽²¹⁾

如用其他地球物理方法來確定露頭位置時，量位移的規律性決不可忽視、反之亦然，即用地球化學方法來確定地球物理變異之礦化時，亦須重視此種量位移的規律性。

自地球化學勘探數據，可得這些結論：

1. 對某一些地區一般金屬化的推測；
2. 地球物理變異地區金屬化的推測；
3. 埋藏露頭範圍，或含礦帶的推測；
4. 在適當條件下，直接確定埋藏露頭位置；
5. 礦床上層（分散量的來源）相對經濟價值的概念；⁽²²⁾
6. 在勘探過程中所確定的分散場可對繼續勘探提供方向。

有時地球化學方法的結果可突然改變對某一地區經濟評價。

在齊布克林銅礦床發現了與銅含量相當的鎳就是一例。

地球化學的方法除直接用於研究分散場，在與勘探間接有關之

問題上的應用亦很有成效。例如可用同樣分析步驟估量岩心，礦渣，礦物岩石樣品等內的有價值金屬含量。

可藉此法初步淘汰含量貧乏樣品以節省定量分析所需之費用。必須聲明地球化學方法並無與其他更可靠的定量方法競爭之意。但如忽視各種方法合理的配合，顯然是錯誤的。例如以光譜分析與淘洗法配合，即可尋出濃度0.00001%的錫的分散場。

3. 野外勘探計劃

這個報告是基於中央地質勘探研究所各地球物理野外工作隊於1935—1939四年間經驗與全部生產數據。⁽²³⁾

地球化學方法近年來已被許多勘探機構所應用，包括全蘇北極研究所，蘇聯鎳錫勘探隊與地區的地質機構，他們的報告有助於本題的討論。

從地球化學探礦方法的現代要求觀點來看，大部分的報告，如緒論所提及者，在許多方面是有缺陷的。用探礦工作結果對變異作進一步證明，並不包括地球物理隊工作進程之內。理由很明顯，蘇聯中央地質勘探研究所的地球物理部門履行了他們的合同義務後，除了少數例外，往往失去與工業部門的連繫。因而未能得到進一步探礦的情況。所以野外勘探具體內容主要包括變異的研究與適當的意見。

在確立變異，並提出意見方面，地球化學方法能發揮作用，因為他的結果包括：

(1) 提出一個地區有礦的證據。

(2) 在磁法與電法探礦的基礎上確定量的存在，並大約確定露頭的位置。

第一類結果工業意義很明顯。第二類結果與別的地球物理方法區別在於可得到金屬化作用的指示。下一步探礦可進行造成量的礦

化作用經濟意義上的評價。

從上面敘述很明顯的，藉助於地球化學研究結果的指導，槽探與坑探可減少至最少量。在構造複雜與電法，磁法表示很弱的地區，地球化學方法就顯得很重要。對這種情況它的經濟價值已很明顯，因可解決過去地球物理所不能解決的勘探問題。

下面例舉了地球物理組已完成的野外勘探工作，並簡單敘述其特點與結果。

(1)哈爾其崙格，1953。技術指導蘇洛夫夫。勘探目的，石英——錫石型與硫化物——錫石型的錫礦脈。指示元素，錫。方法，光譜分析。三個月內作了三千個分析。此次調查具有實驗與生產雙重目的，用簡單光譜技術證實主要錫礦體附近分散量的存在，經濟上的成果：利用分散量發現了多條細小平行的礦脈。⁽²⁴⁾

根據調查所確立的一變異區中，在1938年發現有經濟價值的“分水嶺”礦脈。勘探隊所建立的一個固定光譜實驗室，後來一直對各種物質，特別是鑽眼的泥漿進行錫的快速測定。

(2)歇洛瓦亞山，1935。技術指導蘇洛夫夫。用在哈爾其崙格制定的方法作了少量工作，大約400個樣品。結果指出金屬量測量適用於勘探問題，並在若干地區指出錫的礦化範圍。

(3)北吉爾吉斯的布烏爾杜，1935。技術指導西德若夫。鉛鋅礦床。一個特別富的礦體。用電極極化法研究了硫酸溶液。找到了礦。見圖16。

(4)阿爾泰山的朱瑞安諾夫斯基隊，1936。技術指導米勒。對金屬礦床的分散量作實驗性觀察。曾用各種方法、極譜法、斑點試驗法、電位法、光譜法來研究Cu、Pb、Zn的分散。主要理論上的成果，已在本文述及，可參閱圖10，圖19。

(5)那格努山，1936。技術指導弗德曼和瑪依奧娃。對多金屬礦床分散量作實驗性觀察。對鋅、鉛和銅曾作2,000個以上的斑點

試驗。

此類礦床使用地球物理方法特別困難。此次工作的主要收穫，證明多金屬礦床分散量的存在。

(6) 英得爾礪礦，1936。技術指導維諾格拉多夫。對礪作光譜測定。大約12,000個測定。證明位於沖積層下面含礪黏土中的礪礦具有分散量。礪量測量，由於其精確度不夠，尚未得到適當的經濟評價。

(7) 斯摩爾諾夫礦床，1936。技術指導義烏涅夫和扎丁納。標準的錫量測量。4200測定。結果：於斯摩爾諾夫部分礦區，以及附近一些地區確立了錫的存在。

(8) 喀爾巴——那茹姆地區，1936。技術指導蘇洛夫夫。小規模錫量測量（400個觀察）。結果：於若干地區確立了錫的存在。

(9) 巴達姆——巴宜，1936。技術指導西德諾夫。鉛鋅礦床，有極厚的氧化帶。主要係用極譜法在室內分析鉛。於沾污了的礦區背景下確立了富集的存在。

(10) 辛南琴錫礦床，1936。技術指導伯蘇斯基。硫化物——錫石型的多金屬含錫礦脈，地質構造較複雜。5,000個測定。此係金屬量測量應用於綜合地球物理研究（電法和磁法勘探）上的成果。

1. 於許多新地區發現錫的存在。
2. 追跡到兩個新的錫礦脈。
3. 確定了鉛可作為指示元素。

(11) 德茲丁鎢礦床，1937。技術指導維諾格拉多夫。脈狀鑛床，地質構造複雜。以鎢及鉬作指示元素作光譜分析。4700個測定。金屬量測量為調查中的主要方法，電量法作為輔助。結果：確立了大量的變異及很清楚的鎢及鉬的分散量。對少量變異檢查結果，證明百分之七十以上的變異均在礦脈上層有含礦特徵。

(12) 齊伯克林銅礦，1937。技術指導波克拉德與瑪依奧娃。

凝灰斑岩中浸染狀的金屬化地區。對銅及鎳作斑點分析（鎳係由地球化學方法所發現）。2,000個以上測定。此次工作可認為是對原生量方法一次成功的應用。確定了Cu和Ni很清楚的變異，調查中之一例見圖17。

(13)阿齊夏礦床，1937。技術指導 西德洛夫。用極譜法測定鉛。確定了分散量的輪廓，與電法所確立的變異相符。

(14)卡里累芬蘭共和國，皮亞——瓦拉地區勘探，1937。技術指導蘇什克維什。在含鉬石英脈上冰湖沉積中分散量不存在。

(15)凡琴錫礦床，1937。技術指導伯蘇斯基。硫化物——錫石礦脈。2,000個測定。(1)以光譜法測定Pb和Sn。(2)以比量法測定鉛，證明Pb適合於作指示元素。綜合勘探的結果（包括磁法和電法）：

1. 根據勘探結果，改變了追尋礦脈的方向。
2. 若干地區內均確定了金屬化的存在。
3. 發現一個新的含礦裂隙。

(16)哈爾其崙卡，1938。技術指導伯蘇斯基。錫量及鉛量測量，5,000個測定，結果：

1. 於新的勘探地區確立了一系列的變異。
2. 於分散場中部加以複查，所得結果與槽探結果符合，顯示礦的存在。
3. 闡明了某些基本的，關於量的形狀及野外技術問題。

(17)喀爾達乞哈村（奧尼迦湖區）附近地區的勘探，1937。技術指導卡茨科夫。目的：在橄欖岩中的鎳礦。用斑點分析法研究勘探區域山上崩裂的碎塊，由於碎塊太大，以及其來源不明，故無法繪出鎳等量線圖。於橄欖岩區域內水塘中發現鎳的存在。

(18)姆哥查哈地區鉬礦床，1938。技術指導，扎丁納。試驗性的鉬量測量，檢查方法是否合用。可見部分的光譜分析，800個測

定。主要結果為發現礦體上富集的分散量。位於結晶岩石為白堊層所覆蓋的接觸帶有一特殊量的存在，值得注意。白堊層中量的範圍超過1米。圖13示鉻礦床上白堊層中之鉻量，白堊覆蓋兩米厚。

(19)那格努山，1938。技術指導，卡申科。問題：參加該地區綜合地質普查。工作量 6,000 個測定。一羣金屬，主要為鉛，以光譜及比疊法觀察。初步數據已說明勘探地區的含礦特徵。

(20)自1936年開始，全蘇北極研究所會應用地球化學方法進行對礦體普查——勘探研究（作為地球物理綜合普查的一部分）所得的數據指示量的存在。

（九）結 論

1.地球化學探礦法，是為滿足地球物理普查對礦化直接證據的需要，而憑藉經驗發展起來的。

2.方法的地質背景如下：

（1）位於風化帶的礦體進入地殼物質基本循環的分散相，即發展成地球化學分散場。

（2）地球化學分散場自礦體延伸入周圍物質中去，發展成三個連續階段：礦體的分散量，分散帶，及二次富集。

3.分散量及分散帶可能自地表觀察，對其研究已成為確立某種元素地球化學變異的方法。此為地球化學方法的實質。

4.上述的可能性，係決定於物質是否在可觀察或可試驗的範圍內，必須根據礦體本身，以及其地質環境中許多特有的因素來決定。正確的選擇指示元素非常重要，分析方法的靈敏度亦同等重要。

5.現代分析方法的應用，特別是光譜方法和斑點方法，此等方法快速，費用低廉，靈敏而又可普遍應用，可用於研究很多經濟上重要元素的分散。

6. 野外應用：在地表物質內對所尋覓的元素（或其它分散場指示元素）作半定量測定。野外方法包括兩個階段：

（1）自格子中採樣，格子根據分散場發展的假設而佈置。

（2）以最簡便的光譜方法或分析方法來試驗樣品。下列元素的野外試驗方法已經制定：Sn, W, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, B, As, Sb, Cr, Mn。

7. 地球化學方法所得的野外數據與地質的及地球物理的數據綜合研究，可解決下列問題。

（1）礦化的性質及種類——係指地質調查不夠的地區而言。

（2）詳細勘探時，確定埋藏露頭的位置。

（3）對探礦工作進行評價，以便指導更進一步的調查。

8. 直至最近，地球化學方法均用於與地球物理方法配合勘探錫、鎢、鉬及其它金屬的原生礦床。於某些其它情況下，地球化學方法亦可指導全部調查工作。

9. 本文係首次將地球化學方法與原理作有系統和相當廣泛的探討。其結果必有助於以此法應用於工業，可予勘探問題提供一快速而低廉的解決辦法。其結果亦將有助於此法進一步的發展：勘探計劃程序的擴充；新的分散型式知識的增加；分析方法的改進以及此方法進一步在工業上的應用。

原文載於地球物理（蘇聯地質科學研究所期刊），

第9-10卷，3-55頁，1941年。

註 釋

(1) 中譯者註：著者謝爾蓋耶夫，查得原文爲Е. А. Сергеев。

(2) 中譯者註：全蘇地質科學研究所原文爲Всесоюзный Научно-исследовательский Геологический Институт，縮寫爲ВСГЕИ。

(3) 原註：前蘇聯地質委員會於1927年首先使用此法。

(4) 中譯者註：金屬量測量 (Metallometric Survey)，例如銅量測量，錫量測量，(Stannometric Survey)，鉛量測量 (Plumbometric Survey) 的意義，較過去又有發展。凡有系統佈置探樣格子，進行探樣分析，以尋找金屬礦床的地球化學方法，有時均稱爲“金屬量測量”。在強烈的礦化地區，從地表露頭進行礦體經濟評價的方法，稱爲地表露頭評價的金屬量測量。

(5) 中譯者註：中央地質勘探科學研究所係全蘇地質科學研究所之前身。原文爲 Центральный Научно-исследовательский Геологическо-разведочный Институт。

(6) 中譯者註：地球化學探礦方法的名稱，目前還不很一致。例如：薩伏郎諾夫與謝爾蓋耶夫(1936)稱地球化學方法爲“研究分散量的新的地球物理方法”。弗洛諾夫(1935)與謝若夫(1937)用地球化學方法勘探錫時，稱之爲“錫量測量”。契柯米洛夫與米勒(1946)用光譜分析勘探鉬時，稱爲“物理化學方法”。康洛瓦洛夫(1941)在水中勘探金時，稱爲“水化學方法”。弗格特(T. Vogt, 1939)稱之爲“化學探礦法”。另對各種特殊金屬之勘探，又有“銅量測量”“錫量測量”，“鉬量測量”，“汞量測量”等等。

(7) 英譯者註：在今日，這些元素在岩石中含量已可用分析方法確定。

(8) 中譯者註：根據英譯本中所列菲克氏擴散定律 (Fick's Law of Diffusion) 之公式爲 $dm = -\Delta S \frac{ds}{dx} dt$ 。查物理化學上，本定律係指濃度梯度爲 $-\frac{dc}{dx}$ 時，在時間 dt 內，通過單位面積的氣體的量爲： $dm = -D \frac{dc}{dx} dt$ (D 爲擴散係數)。如通過面積 S 時，本式爲 $dm = -DS \frac{dc}{dx} dt$ 。疑英譯本有錯誤。即將 DS 誤改爲 ΔS (Delta S)，將原文中之 dc 誤改 ds 。

(9) 原註：在這裏討論埋藏露頭 (buried outcrops) 時，假定地表與地下地層起伏一致。

(10) 原註：在有利條件下，溶液中指示元素可在附近積水地區重新沉澱，因而進入鹽分散場的一個新的發展階段。

(11) 原註：討論多金屬礦床分散場的發展時，沒有考慮硫化物次生富集現象。實際上硫化物次生富集是局部循環移轉的好例子。

(12) 原註：本章內未討論氣量測量。氣量測量各種方法，已應用石油勘探（部分應用於煤田勘探）。其文獻極多，有許多專著及雜誌上的文章。氣量法至今尚未用來勘探可燃性氣體及氮等。但出氣量測量 (emanation measurement) 除外。此法現今尚不可能用於其他礦體，必須進行實驗研究工作。故本章只討論我們對鹽量及機械量的經驗。

(13) 中譯者註：此段英譯文意義不明確，實際上地球化學方法可以對區域的經濟意義進行評價。例如班班銅礦地表露頭評價的銅量測量。

(14) 原註：普通 $C=0$ ，此時 C_{lim} 接近 ΔC ，則 ΔC 具有靈敏度含意。因而欲增加方法測定限度時，靈敏度成爲決定性因素。實驗證明各種方法的精確度是很低的，只足以存量的因次方面得出一個近似概念。

(15) 中譯者註：事實上一般地質勘探書籍常見者爲李查茲——捷却特公式 $Q=kd^2$

(16) 原註：樣品的富集增加了野外實驗的靈敏度，這在勘探初步階段特別重要。

(17) 中譯者註：本書中 U.S.P 及 I.S.P.，概指俄文 H.C.H.

(18) 原註：這是用國家光學研究所製造的“自視準”野外光譜儀，在錫量測量中測定 Sn 的例子。

(19) 原註：作者最近製定一個對岩石物質光譜激發方法（即加一磁場吸引弧焰，以燃燒置盤面上之試樣）。其主要優點，可燃燒大量樣品，及不需研磨即可對岩心進行局部觀察。激發比較簡單而可靠。

(20) 中譯者註：此處恐係採用匙量法，取出一定容量樣品，而不採用稱量法。

(21) 英譯者註：水平截綫指平行於礦體之截綫。原註：在垂直截綫上應

將點距縮小。

(22) 原註：必須嚴格考慮量形成之地質與岩石條件。

(23) 原註：自 1932——1935 年個別地球物理隊就作了一些觀察，目的是證實分散量的存在。

(24) 原註：進一步研究，發現礦脈中主要礦物為錫石。

二、勘探隊的野外分光化學實驗室

拉特斯係

野外光譜分析自1935年起已被成功的應用了。它的經濟利益和野外應用的可能性已確立無疑。

可提出兩類這樣的實驗室。

1. 固定實驗室：隣近電源和工業中心，可為滿足廣大地區許多野外隊的需要而服務。

2. 流動實驗室：自己備有電源，是臨時性的，通常設於荒僻地區。

裝在汽車上的流動實驗室是完全辦得到的，光譜法在野外應用中提供了一些流動實驗室的例子，例如：哈爾其崙加是第一種類型的例子。土魯曼斯坦山的實驗室是第二種類型的。但缺乏適當的光譜儀一直是這種實驗室發展的主要障礙。文獻中描述的這樣實驗室的例子，裝備各種各樣的光譜儀，而沒有專為野外設計的。目前我們有了一種特殊設計並經過試驗的通用式紫外光譜儀（L.O.M.Z.廠出品，其中部分為國家光學研究所製造）和一種簡單設計的野外光譜儀。這兩種光譜都有同樣長的光譜（170毫米）並且也都完全適合於野外應用。

下表列舉的設備和野外供應物品是為第二種類型實驗室用的，同時也能用在第一種類型，只要把“電力廠”部分免去即可。這張清單是基於作者於1936年在土爾其斯坦勘探隊流動實驗室的經驗。

一、電力廠

項號	項 目 與 規 格	數 量	備 註
1	汽油馬達 6H.P., 220R.P.M., 基輔廠製	1	如果試樣超過100克, 則另需一電動機以帶動轉磨機及盤磨機, 見表4的項目。 如果用交流發電機, 所有設備一定要適用於交流電。
2	發電機 直流或交流 110—130V., 2—3kw., 1800—2000R.P.M., 15—20A	1	
3	電流表 直流或交流 20—30A	1	
4	電壓表 直流或交流 150—250V	2	
5	電阻器 6—7A, 7—10 Ohm.	1	
6	開關, 兩極, 25A.	1	
7	具保險絲的開門	2	
8	燈泡 40—60V	3	
9	汽油	2噸	
10	潤滑油	0.2噸	
11	轉動皮帶	10米	
12	地腳螺絲(用來固定機器)	10個	
13	皮帶油(用來潤滑皮帶)	1公斤	
14	螺絲鉗(各種的)	5	

二、光譜儀器

項號	項 目 及 規 格	數 量	備 註
1	光譜儀 舒爾文(Sylvia), 紫外, 固定, 牌號G.O.I., I.S.P.—4野外型; 或 G.O.I., I.S.P.—6, L.O.M.S. 廠有一石英聚光器和萬能支架。	1	根據發電機的種類 根據發電機的種類
2	騎架(Riders)	2	
3	電流計 20—50A, 直流或交流	1	
4	電壓計 150—250V. 直流或交流	1	
5	開關, 兩極, 25A	1	
6	電阻器 6—7A, 7—10 Ohm	6	

三、電 氣 器 材

項號	項 目 及 規 格	數 量	備 註
1	“Gupper's” 電線, 1½kw	150米	
2	電線 照明用	50米	
3	開關	2	
4	絕緣帶	0.5公斤	
5	電插梢	5	
6	橡皮管 直徑1厘米	4米	
7	電燈泡 40—60W	5	
8	多分路插頭	2	
9	磁絕緣器	50	
10	“庫丁諾夫”炭棒 特純, 直徑9—12毫米。	2000支	

四、實 驗 室 儀 器

項號	項 目 與 規 格	數 量	備 註
1	溫度計 化學用, 100°C	1	
2	粗天秤	1	
3	砝碼	1套	
4	砝碼 毫克	1套	
5	加熱板	1	
6	搪瓷盆	1	
7	馬口鐵製水桶	1	
8	搪瓷杯	1	
9	搪瓷盤 分樣用	2	
10	銅製小匙	1	
11	碼瑙乳鉢	1	
12	試管架 木製, 放炭極用	4	
13	懷錶 帶秒針	1	
14	放大鏡 帶小架檢查光譜用	1	
15	搪瓷漏斗	2	
16	米尺 鋼製, 可攜帶	1	
17	玻璃刀 切玻璃乾板	1	
18	傢俱 桌子架子椅子等		在現場作

五、工 具

項號	項 目	規 格	數 量	備 註
1	錘子		1	
2	螺絲刀	各樣的	2	
3	刀子		1	
4	鋼鋸	帶鋸條	1	
5	鉋子		1	
6	斧		1	
7	鑽頭	各樣的	3	
8	圓背錐刀	各樣的	2	
9	鏟子	各樣的	2	
10	鐵夾	大的	1	
11	三角錐刀	各樣的	5	
12	鑽子	手搖,有扼制器以鑽炭棒	1	
13	老虎鉗	中號	1	
14	鑽頭	鑽2毫米炭棒用	20	
15	剪刀		1	
16	鉗子(Pliers)		1	

六、藥 品

項號	項 目	規 格	數 量	備 註
1	氯化錫	二價或四價	0.3公斤	這些藥品是為測定 Sn, Cr, Ni, Co, Zn, Pb, Bi, Mo, W和V用。
2	重鉻酸鉀		0.2公斤	
3	硫酸錫		0.3公斤	
4	硝酸鈷		0.3公斤	
5	氧化鋅		0.3公斤	
6	氯化鉛		0.3公斤	
7	硝酸鉍		0.3公斤	
8	鉬酸銨		0.3公斤	
9	鎢酸或鎢酸鉀		0.3公斤	
10	氧化鈦		0.3公斤	

七、照 像 材 料

項號	項 目	規 格	數 量	備 註
1	膠捲	F.E.D.	100捲	爲野外型光譜儀用 爲固定形式G.O.I. 光譜儀用。
2	感光板	分色片,靈敏度100H.& D.以上,或幻燈片,靈敏 度2,13×18	20打	
3	量筒	100—200 c.c.	2	
4	消增感劑(Desensitizer)	"Irsa" N.I.K.F.I.	30	
5	搪瓷盆	13×13厘米	6	
6	海波		5公斤	
7	無水亞硫酸鈉	結晶	8公斤	
8	米得爾		0.5公斤	
9	海得爾		0.5公斤	
10	蘇打	結晶, 無水,	2公斤	
11	溴化鉀		0.1公斤	
12	醋酸		1公斤	
13	明礬		0.2公斤	
14	脫脂棉		0.5公斤	
15	紅燈	照像用	1	

*英譯本作N.D., 可能係H.&D.(俄文X.H.D.)之誤, 因感光板靈敏度無N.D.單位。

八 光譜分析的加添設備

項號	項 目	規 格	數 量	備 註
1	凱薩氏(Kayser's)主要 譜線表		1	
2	鐵的弧光譜線表		1	
3	菲立波夫著光譜分析		1	
4	光譜分析參考表		1	
5	礦物學手冊		1	
6	護目鏡	藍色	1	

九、另 外 的 附 件

項號	項 目	規 段	數 量	備 註
1	釘子	各種的 門上的	2公斤	
2	搭扣		1	
3	鎖		2	
4	地質學家野外用具箱		1	
5	黑緞或黑綾		30米	
6	手巾		2	
7	文具等和野外分析記錄 本			

原文載於資源勘探，十卷，一期，38-41頁，1939。

三、水分析——一種勘探金屬礦床的方法

謝爾蓋耶夫

許多已經形成的礦床，一般在它現存的環境裏，進行着氧化、溶解、機械崩解和搬運，破壞了原來的礦物並移動了其中的金屬。

這個過程本是崩解作用之一，可同時產生有用礦物的新富集，對所有的礦來說，整個地球表面可認為是它的分散場。

這個分散場包括正常的分散地區，緊緊與礦床接連的分散量地區和分散帶。分散帶是礦體的風化產物進入了地表排水帶後，從其量中產生的。分散場內物質的移動經機械或化學的作用而沉澱，因而往往形成礦物的再度集中。但主要趨向還是分散，集中則較少。

近年來已發展了特殊的地球物理方法用來確定礦體的分散量。

以沖積物探礦法去找尋某些型式的礦床，主要是觀察抗風化的重金屬的分散帶，如：錫石、錳鐵礦、金與白金等。

可惜這種很有效的方法只能用於很少的幾種礦物。銅、鋁、及多金屬礦床則不能用，並且也沒有可與上述方法相對比的勘探方法。但對後幾種金屬來講，根據觀察可溶物質的分散帶，沒有理由不能發展成類似的方法。這些元素的地球化學性質給這類方法提供了一個很完善的基礎，其理論如下：滲漏水透過飽和帶與礦床氧化帶相接觸，於是富含其可溶性風化物，最後進入地表水而流走。如果排水系統發育相當良好，即每一分支都具有一小流域，那麼我們就可能在水中找到可檢出濃度的金屬。再從河口到河源系統的分析河水，即可找出含金屬水的來源。

分析方法的繁複與分析靈敏度的不夠，直到現在仍為發展這種探礦方法上難以通過的障礙。

在1941年全蘇地質科學研究所的水文化學研究員瑞資尼可夫提出一個含某些重金屬(Cu、Zn、Cd、Pb、Co)的水的初步分析方法，這方法的特點是靈敏度高且比較簡單。

這個方法的要點是用一種試劑溶於少量 CCl_4 ，而從大量水中抽提上述金屬離子。在實驗室條件下，其靈敏度足以檢出 $1 \times 10^{-6} \%$ 的重金屬。

用這個分析方法，作者曾於1941年調查過一些多金屬礦化作用地區的河水。其中一些數據在討論本問題時值得重視。茲將阿爾泰的扎烏丁與勃瑞佐夫二多金屬礦床分散帶的野外觀察結果敘述於後：

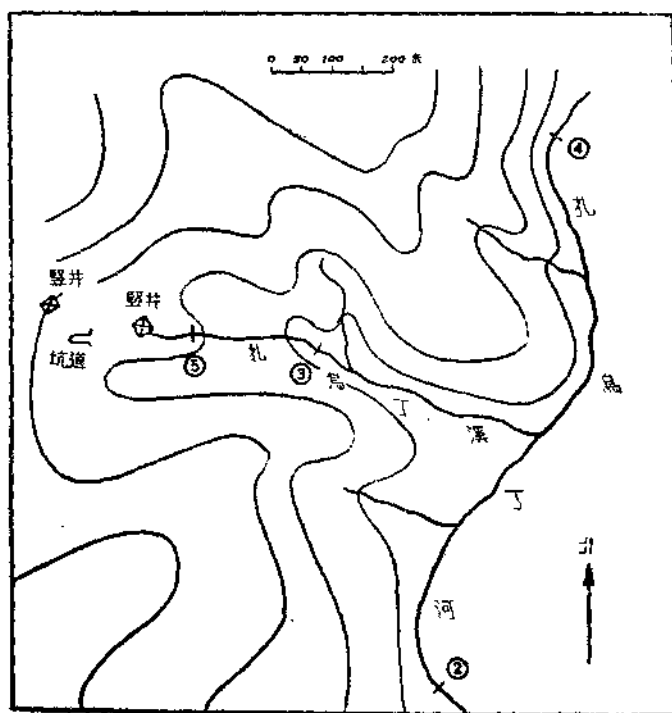


圖 20. 扎烏丁礦床附近變異位置簡圖

扎烏丁礦床地區數據較少，用流過該區河水中五個金屬含量變異點即可完全表示：（見表一）

表 1 扎烏丁地區河水分析結果

號數	採 樣 地 點	成 分 毫克/升		
		pH	Cu	Me*
1	布克塔馬河	7.0—7.3	0.004	>0.03
2	扎烏丁河出口	7.0—7.3	0.003	0.07
3	流過礦區小河接近它流入扎烏丁河的入口處	6.8	0.036	1.5
4	扎烏丁河上流	7.0—7.3	0.008	0.03
5	流過礦區小河的河源	6.8	0.023	9.85

* 總金屬含量。

從上表的數據對採樣地點金屬濃度意義的分析發現一定符合之點。扎烏丁河口中重金屬含量三倍於布克塔馬河。扎烏丁河中部重金屬濃度較之河源增至 70—100 到 150—200 倍，而在扎烏丁上游重金屬含量則近乎正常（0.03 毫克/升）。銅的表示並不顯明。

上述數據的地質解釋是很清楚的，因為這個表示明顯的說明了含金屬水的來源是在開礦的地區。還有，在主流上游的樣品 4，金屬含量也較高。這個地區是很有興趣的。

從勃瑞佐夫河（流過同一礦區）的金屬含量調查，得到更為有意義的結果。

河水中總金屬含量見表二。第一行為樣品號、依照採樣順序排列。第二行為樣品組號數。一般每組採三個：一個採自支流入口處上游部分，一個採自支流入口處下游部分，第三個恰好在入口處。分別標以 u、d 及 t。

表 2 勃瑞佐夫河水總金屬含量

樣品號	樣品組號	附 號	重金屬 毫克/升×1000
1 2 3	1	u d t	10 20 (50)—60
4 5 6	2	u d t	50—60 50—60 10
7 8 9	3	u d t	60 60 10
10 11 12	4	u d t	100—110 80—(90) 50—40
13 14 15	5	u d t	110 80 50
16 17 18	6	u d t	150 120 50
20 21	7	d t	160 110
22 25	8	u t	20 1290
26 27 28	9	u d t	50 20 50—40
29 30	10	d t	20 20—30
31 32	11	u t	20 10
33 34	12	u t	20 80

第一組（在勃瑞佐夫河流入克拉斯諾雅克河處）顯示克拉斯諾雅克河的在勃瑞佐夫河入口上游處的金屬含量最低（樣品1）。而在勃瑞佐夫入口下游處金屬含量則顯著增加（樣品2）。這個增加是由於勃瑞佐夫河中金屬的加入，它的金屬含量超過樣品1五倍（樣品3）。

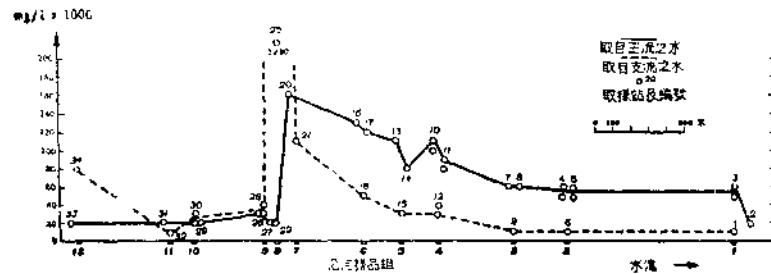


圖 31. 勃瑞佐夫河總金屬含量變異圖。

圖2是沿勃瑞佐夫河金屬濃度的其他變化，其濃度以毫克/立升 $\times 1000$ 表之為縱坐標。從上游一點量起將距離以萬分之一比例尺繪於橫坐標。實線表示勃瑞佐夫河水中金屬含量，虛線表示支流金屬含量。最高含量在7.8.9.三組與鑛化地點符合。

再仔細分析上述數據可得如下的結論：第八組樣品在一個支流口上，此支流中的水部分是來自含金屬 1290毫克/立升的礦井水，使勃瑞佐夫河這個地方水中金屬含量增加，往下又漸漸沖淡。

實線對探礦的意義不大，僅能粗略表示之，應當集中注意於虛線，以給當地情況更進一步評價。第 12.10.9.7.6.5.4 組樣品雖無含礦水的支流流入，事實上金屬量亦高。這些支流大都相當小（幾十公尺長），可能來自泉水。

本區滲漏水與地下水的關係，已由水文地質調查確定。

由於礦井停止抽水，致使更多地下水流入河中，就是說更多可溶性風化產物加入勃瑞佐夫河中。

我們可以斷言，勃瑞佐夫河第 7.8 組樣品金屬含量最高，不僅係因礦水的關係，而主要是由於水文地質條件及一個重要金屬來源（氧化的多金屬礦床）存在的影響。此事實可由表示勃瑞佐夫河支流金屬含量的虛線曲線（8 號站除外）清楚地來說明。

將上述二礦區的數據加以綜合：在適合的條件下，用分析地面水的方法來追溯分散帶，已被認為勘探多金屬礦床的有效方法。合適的條件首先是一個氧化活動帶的存在及氧化礦中有可移動溶液流出。

地形的切割，河流系統的發育及水文學的條件（即地下水來自滲漏水）也是很重要的。

上述的勘探方法應列入我們的地質調查工作中，與沖積物探礦法並列，從這個試驗可以看出還需對技術與分析方法作進一步的研究。

原文載於資源勘探，十二卷，二期，51-55 頁，1946。

四、野外用新型螢光鏡

謝爾蓋耶夫

全蘇地質科學研究所製造一野外用新型螢光鏡 (Luminoscope)，用以藉分散量找尋稀有金屬的來源。

此儀器能直接在野外檢查疏鬆物質。螢光鏡 (見圖) 包括一圓柱形外殼 1，覆以蓋 2，外殼與蓋間的連結，可以活動並為不透光者。照明器 3，及“觀察器” 4 被緊固於蓋上。在野外，於挖開腐植土後，螢光鏡直接置殘積土面上。

為外殼所覆蓋的地面上一小點 (直徑約 40 毫米) 曝露於紫外光中。本儀器的光學系統可將照射區放大 4 倍。物鏡可調節至放大 25 倍。外殼與蓋間的活動連結，可使光柱自由提高，以檢查為外殼所覆蓋的全部面積 (約 3 平方公寸)。

一高壓 PRK—4 型石英水銀燈用作紫外光的光源。照明機構可以

更換：在一種情況下，它包括一具有較寬狹縫的石英單色光器；另一種則應用帶有一紫外光濾光鏡及一石英聚光鏡的普通照明器。

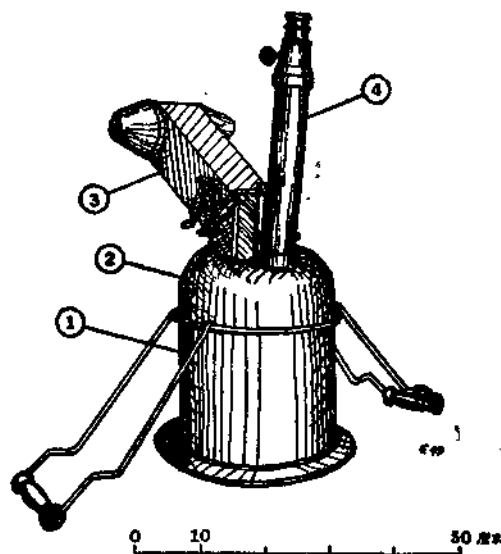


圖 23. 由原相片摹繪的螢光鏡簡圖。

本說明僅示石英單色光器式者。每一照明器均經特意設計，以適應不論位於長波或短波部份的礦物螢光組。螢光鏡重7公斤，高約70厘米。

水英燈以置三腳架上的手搖交流發電機供電，PRK-4型燈耗電3至4瓦。全套裝備重約25公斤，若改良其構造，則此重量可減低至原有的一半。

另一種照明器，以12伏蓄電池通過一振動振盪器 (Vibration Oscillator) 來供電，供電功率及裝備重量與手搖發電機同。

實驗室研究指出：大部礦物的螢光可以此方式觀察，少量的礦物亦可檢出。例如，可確證岩石碎片中少於0.05%白鎢的存在。

此儀器曾在野外試用過。

原文載於資源勘探，第12卷，5期 41-42頁，1946。

五、地球物理勘探的離子法

謝爾蓋耶夫、蘇洛伏夫

1. 導言 及 2. 本方法在地質方面的物理化學基礎

(摘要)

作者討論新勘探方法的需要，並敘述中央地質勘探科學研究所
在發展新方法方面的研究工作。他扼要寫出物質在礦床風化土壤中的
分散作用及分散量的形成。他指出礦水中含有硫酸鹽及氧化礦近
旁土壤的水份中也一定含有離子狀態的硫酸鹽。

3. 鹽量的電化測量法

鹽量法基於下列理由：

衆所週知，大多數礦物的導電度，受所存在的毛細水分（亦為
電解的支配者）的限制。因此，以一電極與土壤相觸，即成為一金屬
—電解質電池，此種電池，具有一切物理化學性質。在其交界面上的
電位，為電極特性及電解質的函數。一般的自然電位測量，企圖
以應用非極化電極來消除此種影響。若用特經選定的電極材料與土
壤中指定可溶成份相作用時，則電極電位測量就可應用至勘探上。
電法測定土壤的酸度(pH)雖已為土壤科學很好發展，然而，與我們
以選擇電極辨別不同土壤成份的方法，有主要區別。

此種電極在理論上的可能性，由下列諸已知事實得之：在鹽的
水溶液中，解離分子的數目及所形成離子的濃度，由下列公式得：

$$\frac{[C_A]^m [C_K]^n}{C_M} = K \quad (1)$$

式中, C_A 為陰離子濃度,

C_K 為陽離子濃度,

C_M 為未解離分子的濃度,

K 為一常數, 由電解質的特性決定。

再者, 我們知道, 當浸任何金屬於其鹽溶液中時, 根據下列關係可得到對此溶液的電位(P)。

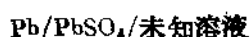
$$P = P_0 - \frac{RT}{nF} \ln C_K \quad (2)$$

(設 R 為氣體常數, T 為絕對溫度, n 為價數及 F 為法拉第常數。)

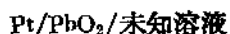
由此甚為明顯, 金屬電極的電位為一函數, 決定於金屬鹽濃度的方程式(1)。因此, 對每一種可溶性鹽, 我們在理論上都有一對應系列的選擇電極。事實上情況更為複雜, 如我們目前所知者, 僅有數種電極, 其電位為濃度的簡單函數。此即為已經精確測量並校正的已知電極。

中央地質勘探科學研究所地球物理組的實驗室研究, 曾應用此種電極於礦床氧化帶的特徵離子上; 亦即應用於硫酸根離子及游離硫酸上。

首先, 硫酸鉛電極可應用於此系統:



其次, 為鉑-鉛電極應用於此系統:

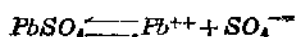


甚明顯, 此等電極的構造較一般金屬電極略為複雜。理論上, 硫酸鉛電極為金屬鉛浸於其微溶性鹽的溶液中(溶液中帶有沉澱)。

由反應 $\text{Pb} \rightleftharpoons \text{Pb}^{++} + 2e$ 的結果, 根據方程式(2), 此電極遵從下列公式。

$$P_N = P_0 + \frac{RT}{2F} \ln [\text{Pb}^{++}] \quad (3)$$

根據公式, $[Pb^{++}]$ 爲由硫酸鹽所生成的鉛離子濃度。即



解離過程遵守下列規則

$$[Pb^{++}][SO_4^{--}] = S = 1 \times 10^{-8}$$

或

$$[Pb^{++}] = \frac{1 \times 10^{-8}}{[SO_4^{--}]}$$

代入方程式(3)中, 得

$$P_N = P_0 + \frac{RT}{2F} \ln S - \frac{RT}{2F} \ln [SO_4^{--}] = K - 0.029 \log [SO_4^{--}]$$

此最後方程式說明, 硫酸鉛電極的電位, 一般決定於其溶液中硫酸根離子的濃度。

我們曾應用此最後方程式計算與通常飽和甘汞半電池相聯結的電動勢, 並記住已知各量:

P_K = 以氫爲標準的甘汞半電池電位 = +0.250V.

P_0 = 鉛電極的正常電位 = -0.130V.

$\frac{RT}{2F} = 0.029$, 當應用以10爲底的對數時。

電動勢爲

$$\begin{aligned} E &= P_N - P_K \\ &= -0.130 + 0.029 \log 10^{-8} - 0.029 \log [SO_4^{--}] - 0.250 \\ &= -0.612 - 0.029 \log [SO_4^{--}]. \end{aligned}$$

以此公式, 我們可作出電動勢與溶液中硫酸根離子濃度的關係曲線。

硫酸鉛電極是用金屬鉛浸於混有少許硝酸的硫酸中製得, 由此生成的硫酸鉛裹層 (Coating) 已足夠厚及耐久。浸於鹼金屬硫酸鹽溶液中的電位電極可得一曲線, 此曲線近乎遵從理論曲線。

圖1爲一實驗室曲線, 表示在一中性硫酸鉀溶液中的電位, 在同圖上的直線爲理論曲線。

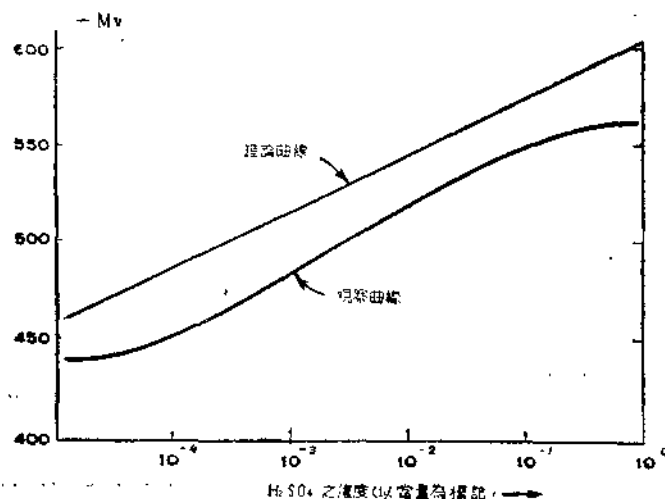


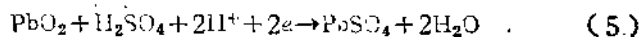
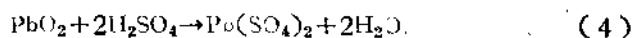
圖 25。

第二類為 Pt-PbO_2 電極，與用作測定氧化-還原電位的電極為同一型式。理論上，它是一貴金屬浸於一含有相同離子但具不同氧化狀態 (Pb^{++} 及 Pb^{++++}) 的溶液中。

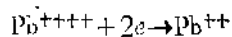
若 Ox. 為氧化相的濃度而 Red. 為還原相者，則可引用彼得方程式 (Peter's equation)。

$$P = P_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{\text{Ox.}}{\text{Red.}}$$

在我們的電極中，此二相是由過氧化鉛在硫酸中的部分溶液所構成，根據反應：



其基本的電極反應為：



根據彼得公式，電極的電位為

$$P = P_0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[Pb^{++++}]}{[Pb^{++}]} \quad (6)$$

$\frac{[Pb^{++++}]}{[Pb^{++}]}$ 比例的對數為電極電位的函數，決定於硫酸的濃度，如下。

對遵守方程式(4)的過程， $[PbO_2] = \text{常數}$ ，及 $[H_2O] = \text{常數}$ ，因此由質量作用定律

$$\frac{[H_2SO_4]^2}{[Pb(SO_4)_2]} = K_1$$

$$\text{及} \quad \frac{[H_2SO_4]}{[H^+]^2[SO_4^{--}]} = K_2 \quad \frac{[Pb(SO_4)_2]}{[Pb^{++++}][SO_4^{--}]} = K_3$$

$$\text{因此,} \quad \frac{[H_2SO_4]^2}{[Pb(SO_4)_2]} = \frac{K_2^2[H^+]^4}{K_3[Pb^{++++}]} = \frac{K_4[H^+]^4}{[Pb^{++++}]} = K_1 \quad (7)$$

再者，根據方程式(5)所生成的硫酸鉛的解離：

$$[Pb^{++}][SO_4^{--}] = K_5 \quad (8)$$

由方程式(7)及(8)，得

$$\frac{[Pb^{++++}]}{[Pb^{++}]} = \frac{[H^+]^4[SO_4^{--}]}{K_1 K_5} = K_6 [H^+]^4 [SO_4^{--}]$$

引用方程式(6)於電極電位中，得

$$\begin{aligned} P &= P_0 + 0.29 \log K_6 [H^+]^4 [SO_4^{--}] \\ &= K_7 + 0.029 \log [H^+]^4 [SO_4^{--}] \end{aligned}$$

因此鉛-鉛電極的電位，與游離硫酸中氫離子濃度的四次方，及硫酸鹽溶液中硫酸根陰離子濃度的一次方有關。

以此可解釋此種電極在硫酸溶液中的選擇性問題，對我們的目的來說，已經足夠準確。

我們的電極與飽和甘汞電極相聯結時，對硫酸溶液的電動勢為

$$E = +1.34 + 0.029 \log [H^+]^4 [SO_4^{--}]$$

電極是以浸一鉛陽極於硝酸鉛溶液中製得，在此種處理中，鉛裹以一層過氧化鉛的赤黑色析出物。圖2示一電位曲線，其電位為

硫酸濃度的函數，同圖上的直線為理論曲線。

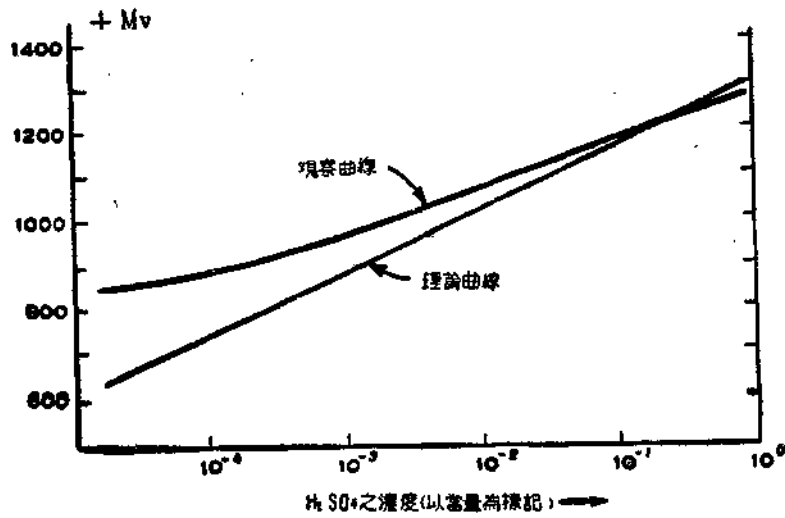


圖 94。

在實驗室實驗中，此電極的電位實際上不受鹼金屬，鹼土，及類似Cu、Fe、及Zn等陽離子存在的影響。

應注意，我們應用於電極電位的計算公式，並不能用來決定離子濃度的絕對值，祇僅表示實驗觀察與理論原則一致而已。

4. 野外方法

始於1932年，電位電極測量在野外進行過許多次的實驗，以測定硫化物礦床的氧化產物濃度。

1932年於阿爾泰地區，索契凡諾夫獲得了第一個令人鼓舞的結果。此研究工作繼為羅第昂諾夫（中烏拉爾，1933）索弗郎諾夫（南卡累利亞，1934）及索契凡諾夫（南烏拉爾，1934）所重複試驗；但他們的測量不夠系統化，且他們的電極得出一些錯誤結果。

野外工作的結果雖很有希望，但不能用作任何確定結論的基礎。

然而，在目前所做的少量野外工作及實驗室的結果，必可給予製作此方法野外步驟的基礎。

離子的濃度，由沿着垂直礦床走向的截線上各個別點的土壤溶液中觀察之。極化電極的電位測量，是以一簡化了的電位計，與一置觀察站土壤表面上的當量甘汞（或其它非極化的）電極相比較而得。在地下水面低的地區中，第二活性電極可置一小鑽孔中，其深度足夠達到含水的土壤層。在缺乏這些條件時，活性電極可置於深度足以消除腐植土層效應處，與濕土相接觸。

野外紀錄，可用圖表示。以距離作橫座標，電位值作縱座標，則指示離子濃度的電極電位，決定於區域特性，可以硫化物礦化來解釋。

圖3示電極電位為硫化礦氧化產物濃度的函數的理想曲線。

為了校核此種變異，需要考慮到地下水流條件及礦床存在的型式。

必須注意，在深度低於地下水面處，對這種觀察具有利條件。在某些條件下，常遇的困難可能為土壤過度乾燥

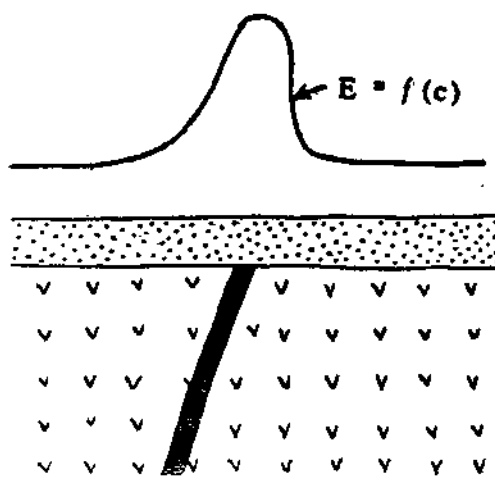


圖 35.

因此離子平衡的條件不能獲效。在這種情況下，可使鑽孔中的土壤濕潤。稀釋的後果，顯然在容許範圍之內，因此諸條件依然被保持為一般常態。在特壞的條件下，可於一小容器中，將土樣微加濕潤

以作電法測驗。

此方法可用以校對由其他地球物理方法所得的變異。第一，它可能分辨自然電位變異是由於炭質板岩的指示抑為硫鐵礦礦化的形跡。離子法亦可單獨地與其他勘探方法配合應用。在鋅及多金屬礦床上，閃鋅礦的不良導電常數，使一般的電法失效。

5. 總 結

(摘 要)

氧化礦床散播一風化產物的量於殘餘土壤中，這種量可用肉眼，光譜法，化學法或電法來認辨，因此用作發現埋藏礦的指示。

作 者 補 遺

中央地質勘探科學研究所於1935年所作類似的地球物理工作及已在本文出版前所完成者，可在此提及。在北古爾吉斯的布烏爾杜多金屬（鉛—鋅）礦床中，鉛—鉛氧化物電極測量確證離子法有效。

錫量法（即製出殘餘土壤的錫含量圖）很成功地應用於哈爾其崙加（東札巴依卡爾）的錫礦床上，及硼量法（土壤中的硼）應於英得爾的硼礦床上。這些成就指出，基於尋找礦床分散量的勘探，可廣泛地應用。

原文載於地球物理，（蘇聯地質科學研究所刊物），
第三卷，1-10頁，1937年。

六、北巴爾卡什湖區半沙漠氣候帶 中勘探鉬的物理化學方法

契柯米洛夫 米勒

北巴爾卡什湖區，地形平坦。由於風成物及水成物的覆蓋，幾乎全部遮住第四紀前的岩石，露頭缺乏，勘探亦極感困難。因此，基於一般地質地表觀察的負結果，並不能證實礦床的不存在。

此種情況通常應用於一切有價值的礦物上。在勘探鉬時，由於氧化帶中輝鉬礦的淋蝕，困難較大。正如東科恩拉德鎢鉬礦區的例中可看到，在該處地表上的石英碎塊上，並無礦化的形跡，至多僅有極易被忽略的微跡礦物。

在此種條件下，輝鉬礦在脈石英中礦化的可能性，主要是根據鉬鎢鈣礦及脈石英中溶液孔穴的存在來作評價。

然而，縱以其多經驗來解釋，脈石英中溶液孔穴的存在，並非礦化的可靠標準。在輝鉬礦與其他硫化物共生處，分解並遺下棕色的褐鐵礦薄層時，此種解釋特感困難，即使為鉬鎢鈣礦亦難於野外認辨。

這些區域的特徵，引起作者應用新勘探方法的企圖，此方法可給予較個人單獨觀察更客觀的標準。

本文所描述的實驗，其目的在試驗物理化學方法應用於勘探鉬的可能。

理論上此方法並不新穎，並已被採用為礦床四周所產生的分散量的定位方法。分散量的理論已在文獻中整理過，故不需在此贅述。

此方法的實驗工作，由作者在東科恩拉德的鉬及鎢礦中進行過，其步驟如下：

橫斷主礦脈的走向，在多數情況下，隨着探槽佈置了八條截線。（圖26）沿截線每隔一定距離，採集約200克表面物試樣。試樣間隔為2至5米，在截線與礦脈相交處則以0.5米的較近間距。接近礦脈處較緊密的間距，其目的為觀察量中的最大金屬濃度及對礦脈的高峯位移程度（Peak displacement）。

第1號與第2號截線與第4號礦脈相交，此礦脈主要含鎢錳鐵礦，僅帶有少量的輝鉬礦。在主要礦化區的西部礦體處，佈置了一條截線（第3號），此礦體傾向西北並不達於地表。

第4號截線位於更東，在此處，第1號礦脈已分開成一羣礦脈。在中部最富的礦化部分，置下三條截線（第5、6及7號），其相互間距為50至100米。最後一條截線（第

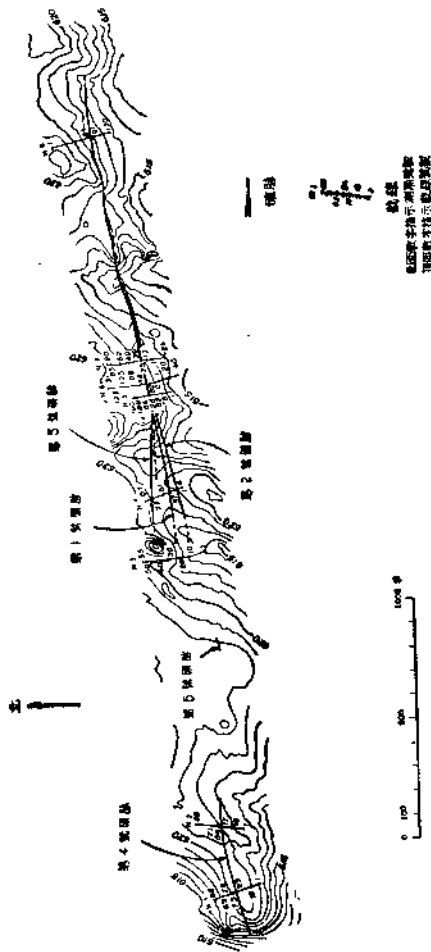
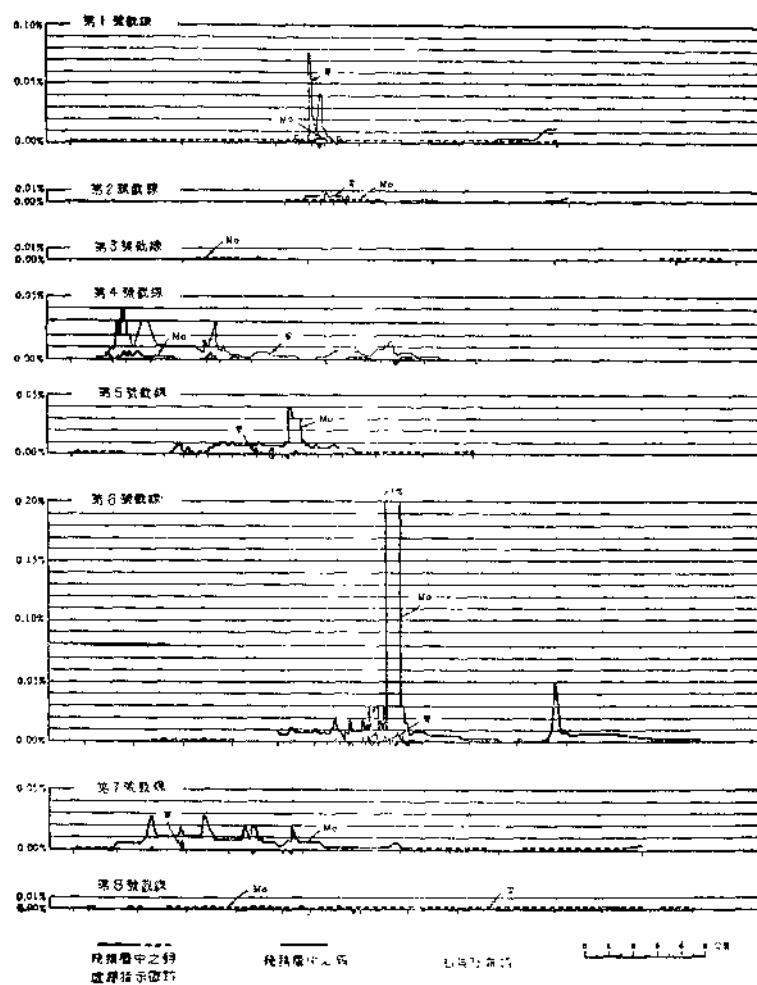


圖 26. 東科恩拉德鎢鉬礦床試驗性金屬截線位置的平面圖



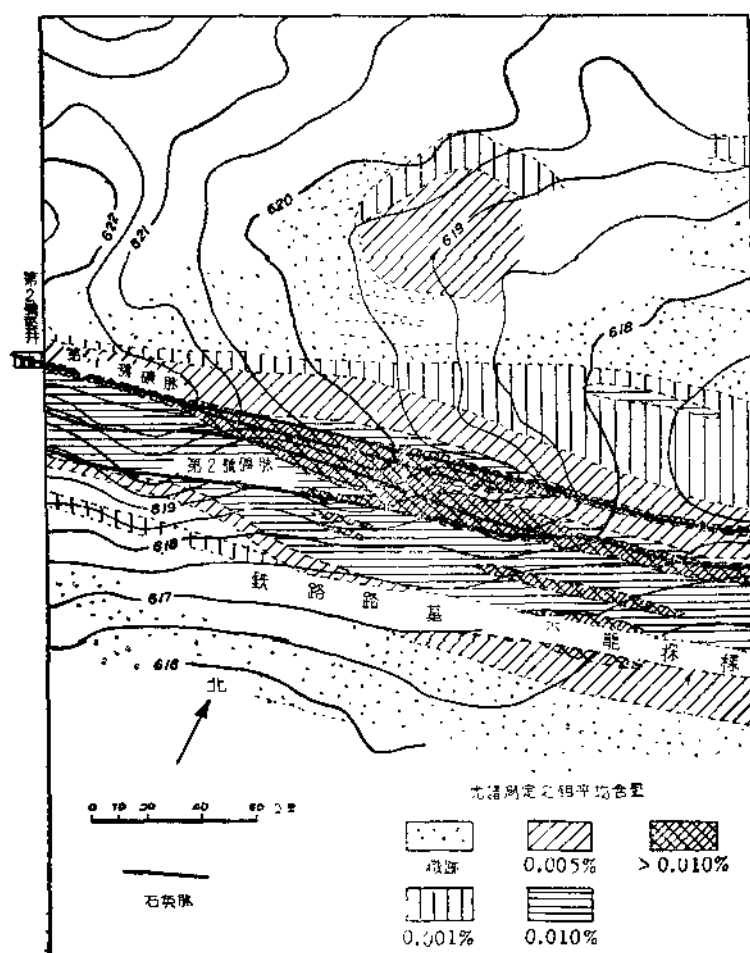


圖 98. 第2號井東部的分散率略圖 (根據契柯米洛夫所繪)

8號)橫越礦床東部,與第1號礦脈向東伸延的貧礦化部分相交。

所採的表面物為黑雲母花崗岩圍岩的風化產物,以及脈物質本身。浮蓋的厚度變化由10—20至60—80厘米,為夾有較大碎塊的花崗岩細碎石與沙質黏土所組成,礦體物質碎塊的大小及量與接近礦體的程度俱增。

試樣是在緊接腐植土薄層下的土層中採得。用0.8毫米的孔篩過篩,以選出試樣中的細粒物質。過篩後,試樣以四分法減至10—15克,並在磁研鉢中研磨至相當於150—200網眼大小,可以觸覺辨別之。試樣以此種方式製成後,置紙囊(Paper capsules)中,以供光譜分析。

光譜分析以一希爾格牌(E—316型,光譜長25厘米)紫外光譜儀進行。光譜以炭電弧激發,用8至9安培的電流。光譜圖的讀數是與一以同法製得的標準試樣光譜圖比較其譜線黑度而得。

每條截線的試樣中,鉬及鉍的半定量結果,以圖表方式列於圖2,並繪出一地圖(圖3),以示截線5,6,7所經過地區的中央部份鉬的等濃度線。

分析此等紀錄,並與礦床的勘探工作紀錄相較,得出如下的結論:

- 1.對於北巴爾卡什湖地區的氣候不賦有發展鉬分散量有利條件所產生的顧慮已被消除。相反,在東科恩拉德的鎢鉬礦床不僅有鉬的分散量,而且其界限極為清楚。再者,於對應地區的表面物質中,分散量是以鉬的較均勻分佈為特徵。高金屬含量地區,並無金屬含量陡峭降至不重要值的孤立點,如同在錫的測量中有時所見到者。

因此,鉬的分散量較有時變化多端的錫分散量更適合於勘探。從所需試樣位置的密度及最小試樣量的觀點來看,此方法的利點甚為明顯,無庸再作解釋。

2. 不計微跡，此地區的分散量中鉬濃度的絕對值，其範圍由十萬分之幾至千分之幾。僅有一個別情況超過百分之一（是在試樣的一小部分中進行測定的）。

3. 可看出分散量的特徵及淋蝕帶下的礦脈中金屬含量的可靠關係；換言之：最富與最寬的暈，相當於礦的富集部分。

沿着鉬含量低而錳佔主要的第4號礦脈，鉬暈的寬度僅為20至30米，而鉬含量亦在十萬分之幾左右。沿着連同其分支的第1號礦脈的經濟部分，鉬暈的寬度達70至100米，若濃度低於0.001者亦包括在內，則暈的寬度再可增大些。同樣，於近礦體處的鉬暈中鉬的濃度以萬分之幾及十萬分之幾來表示（見圖3）。在整個第一號礦脈東部的非經濟部分上，其淋蝕帶下礦脈的鉬含量（從探坑及鑽孔中取樣）低於萬分之幾，除非以微跡作指示，否則不能獲得分散量。

4. 在礦脈經濟部分中鉬暈的表面中心，較礦脈本身的氧化帶，含有更豐富的鉬。即使整個過程的趨勢是向着分散，可是我們在此處所得到的是一個“濃集暈”，而不是一個“分散暈”。

5. 由礦中分散的鎢、錳鐵礦，也生成分散量。分散量中的鎢濃度，類似鉬的情況，與礦的含鎢量有關。祇是鎢暈較窄（20—30米，金屬含量一般在十萬分之幾上下），即使是沿着第4號礦脈的暈亦然，雖然該處的鎢含量已達百分之0.1。

6. 在暈中，鉬含量的側面變化甚為規律，此指示出試樣的製備法已够準確，而原始試樣的量（200克）亦為合適。

這些就是研究的主要收穫。實驗結果指出，分光法測量金屬為可能，並適用於勘探工作，縱似東科恩拉德鉬礦區，其近地表處有強烈淋蝕發生的情況下亦然。同時也斷定，淋蝕並不妨礙鉬暈的生成，事實上反有助於暈的生長（由氧化帶上昇的溶液，能部分加強此分散量）。

然而，由於其價昂，區域性的分光法金屬測量並不能應用至勘

探地質人員所用的1:100,000, 1:50,000甚至1:25,000比例尺的廣大地區上。

此方法僅可用於已知礦區範圍內找尋新礦床，或在已知礦床附近根據構造或其他的有力指示，追尋已知礦脈是否延續或新礦脈的存在。

如採樣時祇採石英脈本身而不採脈上表面物質，則此法仍可應用於廣大地區。

此方法已由哈薩克地質局成功地應用於巴爾卡什湖地區中鋁的勘探。當地的礦脈很小，但並不影響此法的有效性。

- 此方法可推廣至其他區域及勘探一般有價值的金屬。

原文載於資源勘探，第十二卷，二冊，34-39頁，1946。

編者按：在過去幾年中，基於分光分析法的鋁勘探測量，已由西伯利亞東部的地球物理隊成功應用了。此地球物理隊是由國家地質委員會所派遣的，目的是進行西伯利亞西部有色金屬的勘探。

