

自然電場法介紹

趙 文 津

一、序 言

目前，作為重要的地球物理勘探方法之一的自然電場法正在日益廣泛地被用來普查和勘探各種金屬硫化礦床。效果是明顯的。但是在一般同志中對待這些自然電位異常尚存在着兩種錯誤的看法：首先有些同志對這種異常想像成某些磁異常那樣簡單，（實際上也並不是那樣簡單），即在磁鐵礦產地上有磁性異常即打鑽；他們不對自然電位異常產生的原因和異常的性質加以分析研究而盲目地指定了鑽眼，結果常發生浪費進尺的現象。另外也有些同志認為自然電場法結果不可靠，毫不加分析地不相信，不利用。這些情況的存在就限制了這種方法的發展並大大地減少了它在勘探中的作用。本文主要目的是一般性地介紹一下自然電場法使用範圍和條件及極淺近地介紹一下如何識別異常的性質。

二、自然電場法過去使用的情況及其應用範圍

自然電場法 (Метод естественных электрических полей) 是最早被使用的地球物理勘探方法之一，在一八二九——一八四三年，拉·維·福克斯 (Р. В. Фокос) 第一次用在翠綠砷銅礦脈上 (жил корнуэуса)。一九一三年起，斯留姆別爾斯 (шлюмберже) 用自然電場法進行了一系列工作，發現在黃鐵礦、磁硫鐵礦、含方鉛礦和亞方鉛礦的黃鐵礦，含銅黃鐵礦，含銅藍的黃鐵礦上都有自然電位異常出現，而在某些方鉛礦，磁鐵礦和軟錳礦上則沒有明顯的自然電位異常表現。

在蘇聯，第一個使用自然電場法進行工作的是彼得羅夫斯基教授。他在一九二四年在阿爾泰金屬礦上作了實驗。一九三〇年隨着社會主義建設事業要求，自然電場法便廣泛地用在黃鐵礦、磁硫鐵礦、含銅黃鐵礦和透鏡狀錳銅黃鐵礦上。多年工作結果發現在具有電子導電性的地質體上如黃鐵礦，大多數多金屬礦床、硫化錳礦床、磁性礦床、石墨、無煙煤，以及石墨化的、炭質的、次石墨質的頁岩片岩的分佈區；黃鐵礦化的和磁鐵化的頁岩、片岩、蛇紋石化所生之磁鐵礦細脈，石英礦絹云母化和石英綠泥石化的片岩等等都能產生明顯的自然電位異常。但在另一方面，在許

多情況下，含黃鐵礦、磁硫鐵礦、黃銅礦的礦體並不能在地表上產生明顯的自然電場。在金屬礦及非金屬礦上自然電位表現為負值，但是在許多情況下也表現為正值。同時也發現了許多由其他原因所引起的明顯的自然電位異常。

我國是在一九四一年開始使用自然電場法進行勘探工作。當時工作人員非常少，工作亦僅限於在礦區內作幾條剖面。所勘探的對象為黃鐵礦。以後曾在白銀礦、鉛鋅礦、磁硫鐵礦、馬尾絲銅礦上以及硫化錳礦上進行了自然電場法工作。解放後，由於經濟建設需要，自然電場法便在更多種的礦床上，更大規模地進行了工作。幾年工作的結果表明了硫化錳礦床，黃鐵礦，塊狀含銅黃鐵礦，網脈狀含銅黃鐵礦，散漫狀含銅黃鐵礦，鉛鋅多金屬礦床，硫化錫多金屬礦床上，含銅磁硫鐵礦床上等等都發現了明顯的自然電位異常。除此之外，也觀測到在綠泥石片岩上，炭質灰岩（如長江沿岸棲霞灰岩上部，及下部。）、黑色頁岩，炭質板岩，黑色片岩（樂平煤系上），礦化千枚岩，礦化石榴子石岩等上面都有明顯的甚至於是相當強的自然電位異常。在某些山上出現山頂負心。在雨後發現極不穩定的滲透電場。也發現了由於大量礦化水存在而引起之自然電位異常，同時也常常在一個礦區內發現了許多不能解釋的正異常（如在某地發現在閃長岩上出現極規律的自然電位異常，強度達到五十毫伏特以上。）以及許多負異常。

總結自然電場法工作結果，由於自然電場法方法本身操作簡單，人員、儀器等配備簡單方便，效果直接，明顯，因此可作為普查和勘探的方法，廣泛地用來解決：

1. 普查和勘探各種金屬的硫化礦床（方鉛礦，閃鋅礦是不利的對象）。
2. 普查和勘探石墨礦床和無煙煤礦床。
3. 在某些情況下，可用來找磁鐵礦（一般效果不太好，而且磁法勘探結果很肯定）。
4. 利用石墨化岩層，黃鐵礦化岩層，炭質頁岩，炭質灰岩，及某種可產生自然電場的岩層作標誌層進行地質填圖工作。
5. 可能解決某些水文地質問題。如尋找某種特定條件下的礦化水等。

6. 尋找輸油管腐蝕處。在鋪設地下水管及油管時可用以調查大地電流的情況，以免油管等埋在高導電性的地區易受腐蝕。

三、鑛體產生自然電場的原因

上面總結的各種自然電場現象到現在為止仍未能全部滿意地解說了他們產生的原因。這正是因為實際情況變化極為不同，而對這些影響自然電場產生的因素研究得還不够。關於硫化鑛體產生自然電場的原因直到一九三五年——一九三六年才得到較合理的解釋。即在循環水帶中的硫化鑛體上部發生了轉變成鐵的氫氧化物的強的氧化作用，在這個過程中即發生了自然電場。但是這樣一種解釋尚不够充分，因此在一九三六年，耶·阿·謝爾蓋耶夫(Е. А. Сергеев)根據野外及實驗室內許多工作結果提出了下面較為具體的解釋方法。簡述如後：

硫化鑛體在氧化帶——循環水帶，被氧化後，在大多數情況下形成易溶解的硫化物。硫化物的溶液沿裂隙漸漸地從氧化帶向下流去，一直到低於土壤水面。然後漸漸轉變成鹼性溶液，它的鹼性在停滯水帶中特別明顯地顯示出。因此鑛體上部為氧化的硫化物

溶液所浸與存在在鹼性還原帶中的鑛體下部比較就得到了正的電位。形成一個封閉的電路：

鑛體上、下端相當於兩個電極，鑛體本身相當於這個電池的外部線路，而圍岩則相當於鑛體的內部線路。圍繞着鑛體的

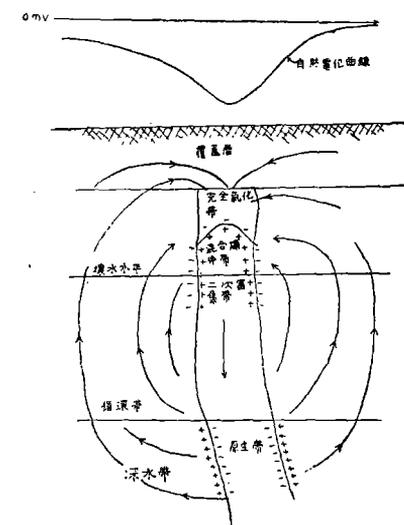


圖 1

溶液則得到相反的電位分佈——即在上部為負電位在深處則為正電位。這樣在地表處即造成明顯的自然電位異常。氧化作用可持續多久呢？氧化帶下降是很緩慢的，因此在地表的自然電位的存在也是極長的，直到氧化帶下落到這樣一個深度而使地表自然電位不明顯或者是到某個時候由於情況改變使得氧化作用和水

的循環停止了，這時自然電位也就消失了。

四、尋找和勘探硫化鑛體使用自然電流法的有利條件及不利條件

從理論以及實際工作中的經驗得出，有利條件是：鑛體電子導電性高，礦物的化學活動性強，氧化溶液循環的有利條件。

不利的條件是：浸染狀鑛床（礦物是彼此絕緣和分散的）很大的氧化帶，沼澤地帶，氣候乾熱，強大的游散電流等。

五、自然電位異常的解釋問題

自然電位異常產生的原因是極複雜的，因此要得出一個簡單的推斷解釋方法也是不可能的。常常是同樣的東西會產生不同的自然電位異常，而同樣的自然電位異常也可由不同的原因造成。因此在進行推斷解釋時首先要對本區或自然電位異常處是否可能成礦，要從地質鑛床觀點出發提出意見。要對勘探區域內鑛體與圍岩的電阻率加以仔細研究，要對本區水文地質資料，水的礦化情況作出詳細研究。此外對異常本身穩定性，異常強度，及異常特徵進行研究。事實上，在作了這些方面之後仍需進行金屬測量，電剖面法，極化充電法等地球物理勘探工作以便能更有把握地肯定異常性質。

1. 各種異常的性質

在野外有時在山坡上發現有電場存在，即所謂山地電場，梯度與坡度有關，如一九二三年——一九二九年，厄別吉根別爾格(Oberguggenberger)觀測得到這樣結果：

水平距離 (米)	高 差 (米)	導線斜率	電位差 毫伏特/仟米
3123	532	9°43'	104
870	33	2°	88±5
390	170	25°50'	204±25
180	95	33°	晴 314±4 陰 149±3
75	75	90°	489
180	75	24°38'	123

在各地區內山地電場的強度在六一七十毫伏特每公里的範圍內改變，主要是由滲透電場和動力電場所生。等電位線形狀是和地形等高線一致，山頂是負中心，電位強度與氣象條件和早晚時間內水面的變化有關。如布朗得爾(Brander)試驗結果所表明：在高差達九百五拾米兩點，夜間電流強度 達到 0.332 伏

特，最低為0.171伏特。在下雨下雪後滲透電場就加強了，如在蘇聯北部觀測到的與永久冰凍有關的自然電場則是有季節性的。這種電場一般範圍是很大的。我們在寧夏，山西，安徽等省的某些區域中所觀測到的常是發現強度達幾十到一百毫伏特左右的自然電位負異常，形狀位置倒不一定和山的等高線符合，但是經重覆測量後（在不同時間，不同的氣象條件下）曾發現有異常丟失的現象。雨後電場強度的增加是普遍觀測到的事實。

基本上取決於滲透電場和擴散電場的河流電場在我們的野外實際工作中是很少遇到的，極個別的異常可能是河流電場，但因我們研究不夠因此也不能肯定。河流電場的特性按在蘇聯厄爾勃魯斯（эльбрус）山區和切爾斯科爾河（черскон），阿查烏河（Азау）和巴克山河（Баксан）上進行的野外工作結論，知道：大多數的垂直於河身的電位剖面其特徵是在河岸與河接觸處發現顯著的電位突變，而在順河岸的方向則觀測到或多或少的均勻的電位降落。一般臨近河流的滲透電場的梯度為10—20毫伏特/米（如圖2）。

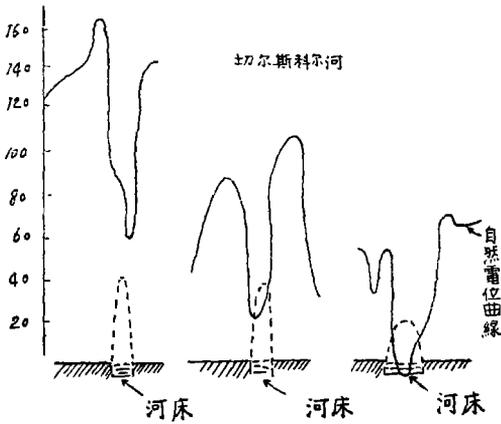


圖2

在流動的河水上有時也可觀測到數值達+80毫伏特以上的自然電位異常如圖3。地表和地下暗河異常的走向是與河流流向一致的。有時這種異常也很難與礦體異常區別開。

由金屬礦，碳質片岩等所生的異常的特點是很穩定的。多次重覆觀測都得到同一的電位的絕對數值。當然，等電位線的形狀是不改變的。只在礦體埋藏特別淺時（三—五米），才可觀測與地下水面升降有關的某些小的變化。由金屬礦所生的自然電流強度是由當地氧化還原條件及圍岩和礦體的導電性，礦體埋藏深度決定。一般性規律是沒有的。蘇聯達爾霍夫野外工作經驗是；在烏拉爾某些地區，金屬礦所生異常強

度多是一百毫伏特到二百毫伏特，而片岩所生則多是七百毫伏特到九百毫伏特。按我們的野外工作結果：

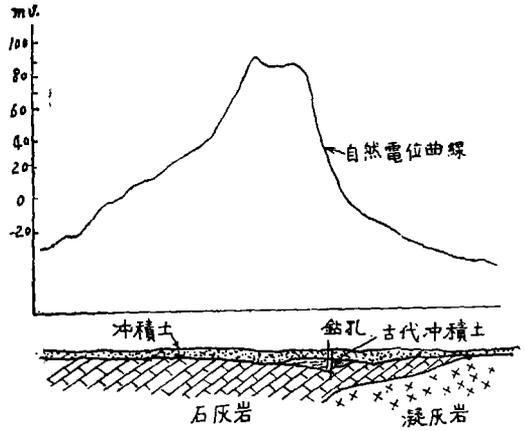


圖3

如在我國西北則發現由礦體所生之異常一般不足一百毫伏特，在中國南部如安徽南部一些地區則多為一百—二百毫伏特，有些地方強度則最大可達四百毫伏特。片岩，頁岩所生的自然電位在該地區內一般來說是最強的。如樂平煤系在某地所生之自然電位強度達到八百多毫伏特，而在另一些地區則只達到三百多毫伏特，各地規律並不一致。異常的數值只可能作為肯定異常性質的一個參考。更重要的是按異常特徵來考慮，金屬礦體所生之異常最主要特徵是局部性，梯度變化大，而片岩，頁岩等所生之異常則很寬廣，異常與構造，岩性變化情況有極密切關係。如圖4所示為在山東某地一個硫化鎳礦床，在礦體露頭上出現了

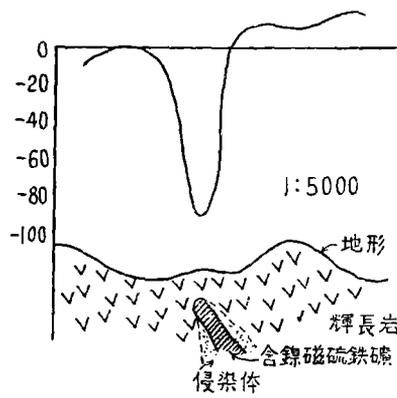


圖4

自然電流異常，梯度很大，二十米變化幾達一百毫伏特，而其四周廣大面積內電場都是很平緩。又如圖5在片麻岩內出現自然電流異常，電位梯度變化在負心附近十公尺內達140毫伏特。而從地質情況看來該異常表示是硫化物反映而不可能是其他東西引起，試鑽結果證實果為黃鐵礦及磁鐵礦浸染體。炭質灰岩所生的異常如湖北某地觀測結果所示6圖：該地地形陡峻變化複雜，有山峯，有山谷，多數是很陡的山

坡，不可能為山地電場。岩性上，棲霞灰岩上部，下部都極富含炭質，色炭黑，偶夾有薄層狀黃鐵礦層。自然電位的特點是：

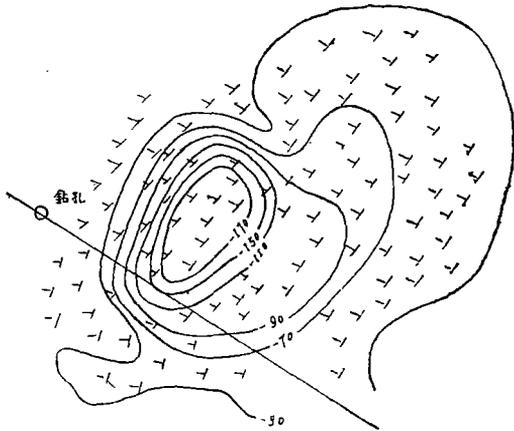


圖5 平面圖

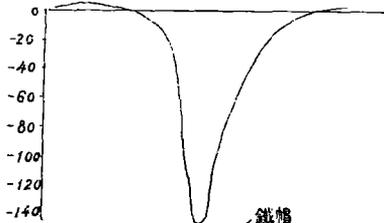


圖5 剖面圖

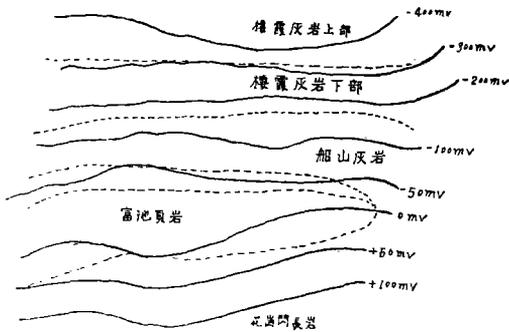


圖6

- (1) 等電位線走向與岩層走向一致。區域性極明顯，走向長達二千多米。
- (2) 區域內差不多每隔30米—40米有100毫伏特之變化。

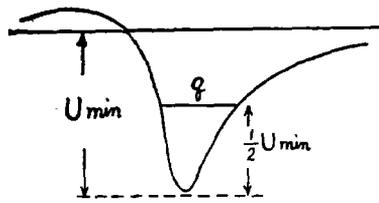


圖7

(3) 數值大，達到—400毫伏特以上。其他進一步的問題如：

1. 在我們過去工作過的地區內，不同條件下，各種異常強度規律。

2. 在我們過去工作中所發現的簡單及複雜的各種異常的特徵及如何最後肯定異常性質。

這些困難問題因限於時間及目前材料尚知道得很少，因此在這次介紹中就不能談了。

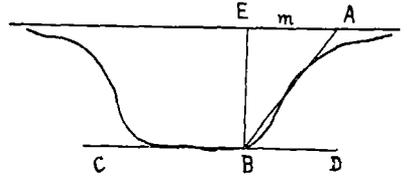


圖8

2. 關於定量推斷問題

自然電位異常只有在最簡單的情況下——異常確實是由單個礦體所生，附近無其他疊加影響存在，才可作一些定量推斷。一般定量推斷只限於定礦體正在進行氧化部分的深度及位置，只有在礦體是球體和水平圓柱體的情況下，才可確定其半徑，延深。定礦體傾角意義是不大的(誤差非常之大)。目前作自然電位定量推斷方法很多，計有十幾種以上。但用的最多的則是一種實驗方法。這種方法定深度一般效果還好。如圖7所示，在異常是狹窄的情況：

當礦體延深不大於其長度時，則其深度h等於q (在異常值等於最大異常值之半的地方電位曲線的寬度)的0.4倍誤差在25%。當延深等於其長度十倍以上時(這些數字要求並不嚴格)則其深度h等於(0.25—0.4)q，而當延深極大時則h等於(0.2—0.3)q。當礦體所生之異常很寬如圖8 (AB是電位曲線轉向點之切線，CD是在最大異常處電位曲線之切線，B為AB，CD交點，BE垂直於AE，AE是正長場，AE之距即為m。)

一般則取0.6米作為礦體埋藏深度。當在曲線兩邊所作之m不等時，則取其平均值。

礦體位置一般可認為是在異常負中心下面。

關於各種定量推斷方法的討論及實際應用情況限於篇幅本文亦不敘述。

3. 自然電場法與其他方法之配合

由於產生同樣自然電位異常的原因可以有很多，因此為了能更肯定地確定產生自然電位的對象就必藉助於其他方法，測量該地質的其他物理參數如密

度，導電性，磁性極化電位以及分散量等。如達爾霍夫所說：「在此同時，也不能忽略了其他方法在自然電流解釋上之作用。不同類型的電法勘探可以得到許多結果，特別是應當指出能够定出異體深度的聯合剖面法。

按對稱剖面法所取得的數據作成的視電阻率平面圖，利用這個圖，譬如，可以勾出永久冰凍的島嶼。片岩，石灰岩等分佈地區這些地質體都具有明顯的異常。

金屬測量方法可以得到極有價值的結果，它可以很快而且能可靠地分出礦與非礦的異常。……」

六、結語

由於作者的水平和時間關係，對一些問題未作更詳細敘述，組織也較亂，考慮亦不週，可能在一些問題上是片面的或甚至是錯誤的，希同志們多加批評。

煤岩成分的定量*

秦廣忱

煤岩成分（也有稱為煤的岩性差異質），是煤炭性質上的一個重要問題；過去對這一問題多注意其定性方面，至於定量的方法到目前為止仍不够普遍的為我們所瞭解。筆者致意於本問題已久，茲將個人摸索的結果，介紹於此，以供參考，不適之處尚希讀者多予批評與補充。

一、實驗程序及需用物品

實驗中的先決條件，就是實驗者必須具備在肉眼及顯微鏡下能够精確的分辨出鏡煤(Витрон, Vitraïne), 亮煤(Кларон, Claraine), 暗煤(Дюрэн, Duraine), 赫炭(Фюзэн, Fusaine)及岩石等的的能力；否則來談煤岩成分之定量問題是完全不可能的。實驗程序大約如下：

進行原煤各成分的單體分離並測其比重——取樣——破碎——篩分——鏡檢——計算。

對各成分的單體分離，一般可用小刀或其他工具在肉眼下剝離，分別收集、粉碎、測比重。如原煤各成分結合特殊，不能直接剝離時，可設法加以適當的破碎，或用浮沉試驗方法，而在擴大鏡或低倍顯微鏡下收集之。各成分測比重所需量約3~4克。

實驗時需用物品如下：

1. 選礦顯微鏡（如無此項顯微鏡亦可用其他適宜之反射光線顯微鏡代之）。
2. 測微計（顯微鏡接目鏡用及接物鏡用——見圖2）。
3. 試樣破碎用器械（切忌直接定量各煤岩成分的試樣，其破碎必須利用鐵乳鉢或其他適當之手工器具，不得依機械行之）。
4. 分級管（必要時應用）。
5. 化學天秤。

6. 標準篩或實驗者認為適宜之其他種篩；惟篩子必須為無銹之新品，否則對極微細之煤粒將會影響其篩分與鏡檢（所取之篩級應視煤質而不同）；在筆者之實驗中，按所實驗的煤質各煤岩成分的結合狀態及各成分分離的最適破碎情形，曾經應用過的篩級為1.651, 1.168, 0.833, 0.589, 0.417, 0.295, 0.208, 0.175, 0.147, 0.124, 0.104, 0.088, 0.074, 0.061, 0.053, 0.043, 0.037及0.25, 0.20, 0.15, 0.12, 0.10, 0.08, 0.075, 0.06（單位均為公厘）兩種。

二、操作方法

當原煤各岩石成分的比重均已測出後，首先將事前所取預作煤岩成分定量的試樣加以破碎，破碎粒度應視煤樣各岩石成分分離的情形而定，若各成分已達到充分分離時便不可過加破碎。為了達到這樣的要求，便須隨時的一面破碎一面過篩，決不可一次持續地破碎到底。破碎的原則是可以篩分之最小粒0.037公厘（相當於400篩孔mesh）以下的極微粉不要超過全量的5%。因為0.037公厘以下的微粉不能篩分，須要利用分級管使之再分成2~3級；這樣就會延長測定時間，並增加操作的手續。如0.037公厘以下之微粉不超過全量的5%，可棄除而勿視其誤差。

從已破碎後的試樣中，經過縮分再取出具有代表性的測定試樣約20~30克，放在篩振器上進行篩分，（所取篩級視最適的破碎粒度而定，而破碎之最適度如前所述要視各煤岩成分分離的情形而定）。篩分後，則依選礦顯微鏡按各個篩級分別在篩上進行鏡檢（見圖1，甲）。

顯微鏡倍率不可過高，對0.075公厘左右以上之粒度用100倍或低於100倍即可；對0.075公厘左右