

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

金屬礦物研究的一種方法——高頻 電弧燒灼法

宋天銳

(中華人民共和國地質部)

在祖國大規模社會主義工業化的戰線上，金屬礦藏的勘探列為前哨的地位，因而，金屬礦物的研究和鑑定亦就更為重要了。研究和鑑定礦物的方法很多，但金屬礦物中大部分是不透明的，所以在研究方法方面就不能和透明礦物完全相同。自從偏光顯微鏡發明以後，礦物學家們就開始研究透明礦物的光學性質，其方法是將透明礦物切製成薄片，用透過光的方法研究的。最初，人們也曾試圖以同樣的方法去研究不透明礦物，但由於不透明礦物磨至極薄，亦不能透過光線，所以用透光的方法進行研究是不可能的了。

金屬不透明礦物既不能用透光法研究，因此，後來就採用了金相學的研究方法。其法是將金屬或合金磨成光面，在裝以垂直照明器的顯微鏡下，用反射光進行研究，觀察其顯微結構與化學成分的關係。近二、三十年來，礦物學家們已將反光法應用於金屬不透明礦物的研究，後來就稱為礦相學。若干礦物學家們利用反光法，研究金屬礦物的磨光面，已得出了很多寶貴的經驗。例如現在通用的鑑定表中，只以在其光面上簡單地試驗了礦物的硬度、反光度、偏光性和幾種化學藥品對它的浸蝕反應以後，就可以把這個礦物鑑定出來，或歸納在某幾種礦物之中。當然，這些成就給後人帶來了不少的方便，但是我們絕不應該把在金屬礦物的磨光面上測定了的硬度、反光度以及浸蝕反應等等性質，僅僅單純地認為是礦物鑑定的一個步驟，而應該注意到上述測定了的結果正確地表示出了該礦物的種種物理的及化學的性質。如果按照這個觀點，我們就很容易感覺到金屬礦物尚有很多其他的性質是用上述測定的結果不能表示完全的。應該指出，蘇聯礦物學界對於金屬礦物的研究已有了很大的發展，例如，在磨光面上測定金屬礦物的磁性和導電性等等都是新的研究方向。作者於1954年在某錫礦區工作時，由於工作需要，為了鑑別某兩種金屬礦物，得出了另一新的研究

方法——高頻電弧燒灼法，並設製一種儀器——高頻電弧儀，還實測了二十餘種金屬礦物的反應結果。今願提供出來，並請諸位學者賜教、指示和批評。

高頻電弧儀的功用就是產生電弧。我們已熟知，如將直流電源或交流電源的兩個極端互相接觸時（亦即短路），立即就會產生火花，但是當兩極端分離後，火花就立刻消滅。如果引用一高壓的電源時，可能當兩極端在一定距離之內保持着火花放電的現象，亦即產生了電弧。但這樣高壓的電源引用到鑑定礦物的顯微鏡下，而且必須隨時用手操作，則既不方便又不安全；但當採用了高頻（是指較常用交流電源的頻率高）的電源以後，就可非常簡單而安全地產生電弧了。

高頻電弧儀的高頻率，是由並聯的可變容電器（空氣介質的）與電感器產生的，於電感器外，再套另一電感器，稱為輸出電感器。如果輸出電感器的電感量大於原電感器時，則輸出電壓變大，而可輸出的電流較小；若輸出電感器的電感量小於原電感器

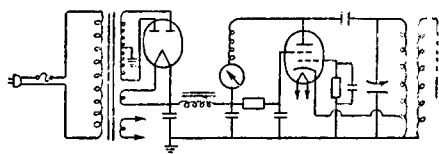


圖 1 高頻電弧儀電路圖

時，則輸出電壓較小，而可輸出較大的電流。本文所指的電弧儀是採取了前者的形式（圖 1）。

高頻電弧儀輸出電感器的下端，與電弧儀的鐵箱接連，上端則由絕緣套管引出，於其頂端連一白金絲，裝於細玻璃管中，以便於手握。白金絲露出約 1 厘米，磨成針尖狀；如將其尖端觸碰電弧儀附近的任何金屬，或導電液體時，因感应的關係都可產生火花電弧，其溫度在一點之域內即可高達 $1,000^{\circ}\text{C}$ 左右。適當地調節可變容電器，則可改變電弧的強弱，其輸出功率可由 5 瓦到 15 瓦。

使用電弧儀進行研究工作時，即可將其輸出尖端觸碰金屬礦物的磨光面，或標本的平滑面，在反光顯微鏡下觀察或用放大鏡觀察。作用時間一般只須 1—5 秒，易熔融的礦物（詳見後述），時間須更短，一觸即可；不易熔融的礦物（詳見後述），可適當增加其作用時間，以觀察其變化。因為電弧可產生很高的溫度，所以在工作數次以後，應檢查白金絲尖端是否熔圓，須注意經常保持極端尖銳，才可使電弧集中。使用時應防止極端接觸顯微鏡或其他大的金屬體，否則會損壞顯微鏡或電弧儀，同時亦不可觸及人手，以免灼傷。此外，亦應避免易燃藥品或油類接近。

電弧儀測定過的金屬礦物，可得出兩項主要的結果，一是礦物的可熔性，另一是礦物化學成分的揮發性。前者，可由電弧作用時間的長短及燒灼情況的不同（如燒灼穴、燒灼量等等——見後述）比較出來；後者，則可由其揮發出的煙霧濃、薄或有、無判

定，並可由電弧中心（即燒灼點）周圍的昇華物分佈面積辨別出來。但應注意到昇華物所成的暈色，與金屬礦物表面被燒灼而成的暈色（即燒灼暈）的區別。有些含砷的礦物，揮發的葱臭味很濃，可用鼻嗅出來，也是它的特徵。

此外，利用上述已測定了的不同性質的綜合結果，亦可區別不同的礦物，做為研究和鑑定礦物的依據。例如黝錫礦（均質性者）與黝銅礦的磨光面，在反光顯微鏡下觀察它們的硬度、顏色、反光度、偏光性和浸蝕反應等等的變化都十分相似。雖然用微量化學分析亦可鑑別，但遠不如根據電弧燒灼的暈色區別，更為簡便迅速（兩者暈色的區別，詳見後述礦物的測定結果）。

作者曾以二十餘種金屬礦物的磨光面，在反光顯微鏡下作了電弧燒灼的試驗，其結果如下：

（1）黃鐵礦：以電弧儀輸出極端觸其磨光面，一觸即生強烈電弧，但不能成燒灼穴，僅有藍色（電弧中心）及黃色（中心外圍）的燒灼散暈。

（2）磁黃鐵礦：極端一觸，立即出現燒灼穴，有藍色燒灼暈產生。

（3）針鎳礦：極端一觸，不產生燒灼穴，燒灼暈亦呈藍色與黃色。

（4）黃銅礦：極端一觸，即現燒灼穴，燒灼暈面積小，穴外為天藍色暈帶較寬，最外為金黃色散暈。

（5）輝鉬礦：不生燒灼穴，作用 5 秒後，僅生黃色燒灼暈，時間再長可變為藍色。

（6）輝鈿礦：極端一觸，即現深燒灼穴，穴中有銀白色金屬狀癢痕，揮發物昇華於燒灼暈外呈黃色及白色膜，二氧化硫煙霧噴出，可以用肉眼與鼻嗅辨別。

（7）銅藍：極端一觸即成燒灼穴，揮發現象顯著，而且燒灼影響面積較大，燒灼穴外有一圈，保持原深藍色無變化環帶，環外有多數血紅色小點復成一環。

（8）紅砷鎳礦：燒灼 5 秒不生穴，中心成金黃色燒灼暈，外圍現白色。

（9）輝銅礦：極易熔，一觸即成較大的燒灼穴，外有一窄條藍色暈環包圍。

（10）毒砂：一觸即現燒灼穴，但面積不大，穴外有一圈無變化的銀色帶，其外又有淡藍色的燒灼暈環，環兩側呈土黃色。

（11）方鉛礦：一觸即成穴，其穴呈麻癢狀，外形不規則，穴外有一圈窄的藍色暈。

（12）斜方砷鐵礦：極端一觸不現燒灼穴，2 秒後可有穴出現，中心呈深灰色，外有極窄的黃、藍、紅等色的燒灼疊暈。

（13）輝鈷礦：頗難熔，5 秒後僅生金黃色散暈。

（14）黝錫礦：易熔，極端一觸即成穴，燒灼暈色面積大而不規則，以藍色所占面

積最大。

(15) 黝銅礦：極端一觸即現燒灼穴，燒灼暈帶極窄，僅穴外一圈黃色，昇華暈顯著，成乳白色環帶狀，外有灰色昇華散暈分佈廣，成罩霧狀。

(16) 錦硫鎳礦：燒灼 5 秒後，僅生黃色燒灼散暈。

(17) 硫砷銅礦：易熔，極端一觸即起濃煙，電弧中心立即成深穴，有葱臭味甚濃，灼穴成規則圓形，穴外為黃綠色昇華暈帶包圍，其外又有灰藍色散暈。

(18) 汞黝銅礦：易熔融，一觸即生穴，其外為窄的黃色暈帶，再外為黑、藍色暈帶，最外為金黃色散暈，均為燒灼暈。

(19) 斜方砷鈷礦：極端一觸，即現燒灼癍，但面積甚小，外有窄的藍色暈環及土黃色散暈，均為燒灼暈。

(20) 軟錳礦：極易熔，極尖端一觸即出現“油散狀”流体擴散¹⁾，燒灼穴外呈藍色散暈為其特徵。

(21) 硬錳礦：極易熔，極尖端一觸出現“油散狀”流体擴散，電弧消失後，只有燒灼穴周邊有“凝油狀”痕跡，但不具暈色。

上列的二十餘種礦物，僅僅是金屬礦物的一小部分，如有條件，仍須繼續收集其他礦物的燒灼反應。現僅將上述礦物列一簡單的檢查表(表1)。

高頻電弧燒灼法測定過的金屬礦物，能使我們簡便而直接地了解到它的兩種亦屬重要的物理性質——可熔性和揮發性，並且根據測定已知礦物的結果，亦可補充現在通用的金屬礦物鑑定檢查表覽。但因作者能收集到的礦物很少，和其他種種關係，所以這些材料還是極不完善的。本文的發表亦僅僅是為有志於深入研究此方法的同志作為一個開端，正如張炳熿先生指出，如果用某些化學藥品通過電弧的促進，使其與金屬礦物的磨光面作用，亦可能發現電弧作用的其他變化，對金屬礦物的研究和鑑定將能更提高一步。本文請孟憲民與張炳熿先生審閱，謹致謝意。

1) “油散狀”流体擴散，為礦物結晶水揮發的結果。

表 1

特 可 熔 性	微 燒灼反應	礦物名稱	礦 物 化 學 式	備 註
× × ×	+++	硫砷銅礦 黝銅礦 銅藍 輝銻礦	$3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$ $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ CuS Sb_2S_3	揮發濃煙，蔥臭味甚濃。 乳白色昇華暈成罩霧狀。 穴外一圈原色、及血紅色小點成環。 白色昇華暈及二氧化硫味。
× × ×	++	汞黝汞銅礦 黝錫礦 軟錳礦 方鉛礦 輝銅礦	$\text{CuS}_2 \cdot \text{FeS} \cdot \text{SnS}_2$ MnO_2 PbS Cu_2S	“油散狀”流體，及穴之藍色暈。
× × ×	+	硬錳礦	MnO_2	“油散狀”流體，無暈色。
× ×	+++			
× ×	++	斜方砷鉍礦 斜方砷鐵礦 毒砂 磁黃鐵礦 黃銅礦	CoAs FeAs_2 FeAsS FeS CuFeS_2	成燒灼暈。 具一圈不變化銀色環。
× ×	+			
×	+++			
×	++	針鎳礦 黃鐵礦 輝鉍礦	NiS FeS_2 MoS_2	藍色與黃色的燒灼暈。 燒灼暈由黃變藍。
×	+	銻硫鎳礦 輝鉍礦 紅砷鎳礦	NiSbS CoAsS NiAs	

附註：× × ×：極易熔融，極端一觸其磨光面則成深穴。

× ×：可熔融，燒灼穴面積小或淺。

×：熔融慢，電弧燒灼 1—5 秒不產生燒灼穴。

+++：揮發性強，電弧燒灼生濃煙，或具昇華暈。

++：有燒灼暈，暈色一般非本色。

＋：無燒灼暈色，或具微弱燒灼暈，暈色與本色相近。

參 考 文 獻

[1] 尤什科，反光顯微鏡研究礦石方法。

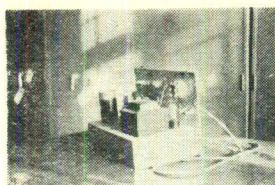


圖 2 電弧儀

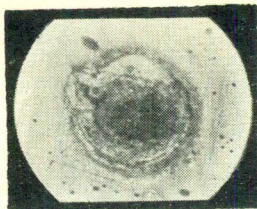


圖 7 輝銅礦



圖 12 斜方砷鈷礦



圖 3 錒錫礦



圖 8 銅藍

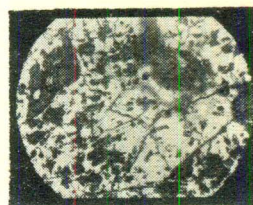


圖 13 斜方砷鐵礦



圖 4 錒銅礦

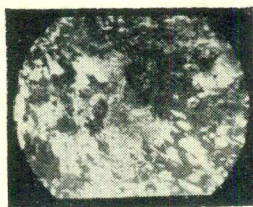


圖 9 軟錳礦

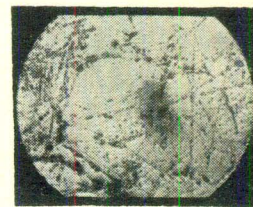


圖 14 輝鈷礦



圖 5 砒砒銅礦

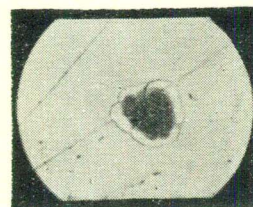


圖 10 硬錳礦

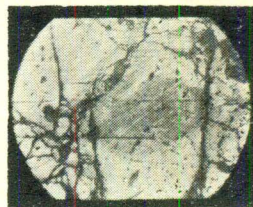


圖 15 黃鐵礦



圖 6 輝鈷礦



圖 11 毒砂