

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

鉻尖晶石類礦物的分類法 和鑑別法擬議

陳 正

(中 央 地 質 部)

鉻尖晶石類礦物普通稱為鉻鐵礦，是一種重要的工業原料，最大用處為熔鑄鉻鐵合金，作為冶煉特種鋼材之用，這些鋼材是航空、造船、汽車、國防等工業不可少的材料；其次，製造冶金工廠和機器製造廠的耐火材料；此外，提製各種鉻鹽，用於皮革工業及其他化學工業的範圍很廣。近十多年來，用鉻的範圍更為推廣，常用金屬鉻製煉種種合金如鋁鉻合金和鋁鉻鐵合金等，應用到無綫電和電氣工業上去。由此可知鉻鐵礦是一種非常重要的礦產，祖國的工業化正期待着大量鉻鐵礦的發現，來開發利用，配合工業上的需要。目前我們所知道的鉻鐵礦產地還比較少，遼闊的祖國河山是不會沒有豐富的蘊藏的，此後需要地質工作者發揮智慧和毅力，熱情地為祖國找鉻鐵礦，不僅要找到礦，並且更重要的，要找到品質優良的礦，能夠適合國家冶煉工業方面的要求。

本篇把已有的關於鉻尖晶石類礦物的三種分類法加以簡單的介紹和批判，採取了比較妥善的波爾得列夫分類法作為標準分類法。並把這分類法中的各礦物加以系統的研究，提供一些簡易的鑑別方法，以供野外和室內工作者鑑定時參考之用。作者以往對這方面的工作沒有經驗，瞭解也不夠全面和深入，如有錯誤和不妥之處，請同志們多加指正。

一. 礦物成分的重要性

鉻尖晶石類礦物包含 Cr_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO 等五種基本成分，由三價的氧化物和二價的氧化物配合而成，三價元素間和二價元素間都可以獨立的互相變換，造成種種類質同像礦物。一般的分子式可以 $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{O} \cdot (\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3$ 代表。普通稱為鉻鐵礦的礦物含 Cr_2O_3 的成分從 13.91% 變到 61.0%，變化的間距

很大。一個鉻鐵礦礦床的經濟價值，主要是決定於礦物的化學成分。一般說，可以開採的鉻鐵礦含 Cr_2O_3 的量要在 30% 以上，鑄煉鉻鐵合金的礦石最好還能在 40% 以上，並且 Cr_2O_3 與 FeO 的重量比要超過 2.5；製造耐火材料時， Cr_2O_3 的含量平均不應小於 35%；製造鉻鹽時要在 34—37% 之間，並且越高越好。因此，礦物中鉻的含量是有最低限度的要求的，假使含量太低，就是礦量很大，也沒有用處。相反時，假使 Cr_2O_3 的含量高，並且 Cr_2O_3 與 FeO 的重量比合式，緻密狀的礦石可直接作為冶煉材料；就是一些散漫狀的礦石，經過一道機械選礦之後，也一樣可以利用。譬如有的散漫狀的礦石，鉻鐵礦只占到 10—20%，如把其中 80—90% 的矽酸鹽礦物用機械選礦法剔除，常常也可成為品質很高的淨砂。從這裏可以瞭解到鉻鐵礦礦物中 Cr_2O_3 的含量是礦床經濟價值的決定性因素。因此，鑑別鉻鐵礦的種類時，看它是那一種？含 Cr_2O_3 的高低如何？是非常重要的工作。塔塔林諾夫所著鉻鐵礦的書上說：“通曉組成任何鉻鐵礦礦石的各種鉻尖晶石類礦物的類別，對於解決這些礦石能用於那一部門和是否適合於機械選礦的問題是極端重要的”。這話完全正確。下面我們研究一下這類礦物的分類法和鑑別法。

二. 文且爾和斯梯溫司的分類法及它們的缺點

文且爾(Winchell, A. N.) 在 1941 年研究尖晶石族的時候，曾把這類礦物製定了一種分類法，其後在他的 1951 年出版的“光性礦物原理”一書中也加以採用^[1]。他以鉻鐵礦($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$)、鎂鉻礦($\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$)、鐵尖晶石($\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)和尖晶石($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)四種礦物作為基本礦物成分的極相礦物(End members)，採用四分法分成十六種礦物，其中四種還沒有代表礦物發現。他以比重和折射率作為這一系列礦物的鑑別因素，圖 1 即代表他的分類法。

文氏的分類法有明顯的缺點：(1) 他的鑑定要仰賴折射率的測定，普通折射液在 1.8 以上的不易配製，所以應用上有困難。(2) 鉻鐵礦三價離子中常有 Fe_2O_3

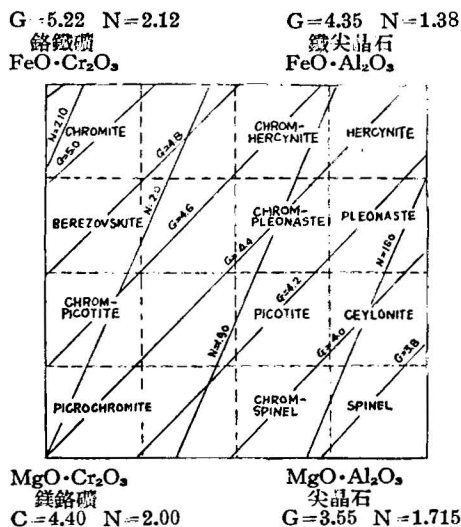


圖 1 文且爾的鉻尖晶石類礦物分類法

存在，在他的分類法中完全略去不提，與事實不符。(3) 根據斯梯溫司(Stevens, R. E.) 的論文，圖中空白未發現代表礦物的格位，已知有很多礦物存在，尤其是中間二項，但文氏並未加以修正。

斯梯溫司把南北美洲各處的鉻鐵礦做了52個全分析和144個部分分析，在1944年製定了一種以鉻鐵礦 $(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ ，尖晶石 $(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ，磁鐵礦 $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 三種礦物作為基本礦物成分的三角形組成圖，每一種基本礦物以其他三價離子存在的多少，二等分為二種，共得六種礦物^[2] (圖 2)。

斯梯溫司分類法中加入磁鐵礦的成分，補救了文且爾分類法這一方面的缺點，不過也有一些不妥當

的地方：(1) 鉻鐵礦的經濟價值與 Fe^{++} ， Mg^{++} 間的相互比例很有關係，在他的分類法中把二者併為一談，完全不能把二者含量多少的重要性表達出來；(2) 磁鐵礦 $(\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 也與鎂鐵礦 $(\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 產生 Fe^{++} ， Mg^{++} 間的變換，所以也應該把後者考慮進去才算完備，不可以略去不提；(3) 這分類法是採用頂角等分綫法，它們的命名只能依靠化學分析，不可能用普通礦物學上常用的簡易方法如硬度磁性比重等作為鑑定因素，這對地質工作者會發生很大的困難。

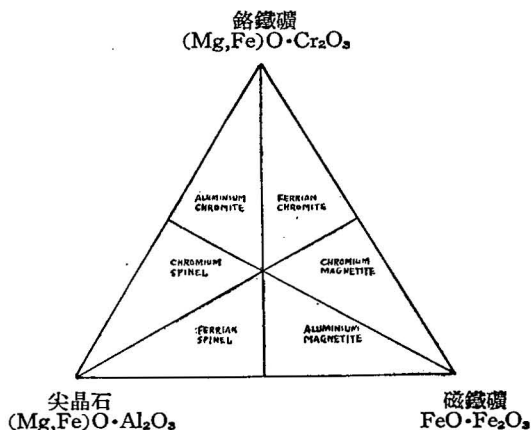


圖 2 斯梯溫司的鉻尖晶石類礦物分類法

三. A.K. 波爾得列夫 (A. K. Болдырев) 分類法^[3]

關於鉻尖晶石類礦物的分類法，要算波氏的分類法最為完善。他把這類礦物的五種基本成分 MgO ， FeO ， Al_2O_3 ， Cr_2O_3 ， Fe_2O_3 一起考慮在內，並把尖晶石 $(\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)$ 、鐵尖晶石 $(\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)$ 、鎂鐵礦 $(\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 、磁鐵礦 $(\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 、鎂鉻礦 $(\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3)$ 、鉻鐵礦 $(\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3)$ 等六種礦物作為基本礦物，其中 Fe^{++} 與 Mg^{++} 兩兩配合，各得一中間礦物， Fe^{+++} ， Cr^{+++} ， Al^{+++} 兩兩配合，也各得一中間礦物， Fe^{+++} ， Cr^{+++} ， Al^{+++} 同時配合，也得一中間礦物，這樣共得到 21 種應有礦物。這分類法化學成分遞變的意義簡單清楚，又因為是三分法，每一礦物的特性很容易理解。同時他把化學成分包括得也很齊全，不像文且爾分類法略去

Fe^{+++} 的成分、斯梯溫司略去了 $\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 的成分而把 $(\text{Mg}^{++}, \text{Fe}^{++})$ 併為一談。所以波氏分類法是最妥當的分類法，研究鉻鐵礦應以這分類法為命名標準。表 I 代表波氏分類法的大要，係根據塔塔林諾夫鉻鐵礦書中所列略加增補而得。

表 1 A.K. 波爾得列夫的鉻尖晶石類礦物分類法 (*代表極相礦物)

三 價 元 素	兩 價 元 素		
	Mg	Fe''	Mg, Fe''
Al	尖晶石* (шпинель)	鐵尖晶石* (гедцинит)	鐵鎂尖晶石 (плонаст)
Fe'''	鎂鐵礦* (магнетит)	磁鐵礦* (магнетит)	鎂磁鐵礦 (магномангнетит)
Cr	鎂鉻礦* (пикрохромит)	鉻鐵礦* (хромит)	鎂鉻鐵礦 (магнохромит)
Al, Fe'''	—	—	—
Al, Cr	鉻尖晶石 (хромшпинель)	鋁鉻鐵礦 (Алюмохромит)	鐵富鉻尖晶石 (хромпикотит)
Fe''' , Cr	—	—	鎂鐵鉻鐵礦 (магнетитхромит)
Al, Fe''' , Cr	鐵鉻尖晶石 (феррихромшпинель)	—	高鐵富鉻尖晶石 (феррихромпикотит)

四. 基於波氏分類的立體表示法和各礦物 鑑定因素的選擇

我們倘若把波氏的分類法不用表格而改用三稜柱體表示，各礦物的相互關係就更為明顯。並且假使把各極相礦物的物理性質加以比較，還可發現它們個別的特性及其逐漸變化所應有的規律。因此，我們可以選擇一些重要的因素，作為鑑定的標準，把各個礦物分辨出來。

試作一個三稜柱體 (圖 3)，柱體的上、下兩面都是等邊三角形。三稜柱體一稜的上角代表鉻鐵礦 ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$)，下角代表鎂鉻礦 ($\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$)；一稜上角代表鐵尖晶石 ($\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)，下角代表尖晶石 ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)；一稜上角代表磁鐵礦 ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)，下角代表鎂鐵礦 ($\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)；共六種礦物，代表組成的基本礦物，或稱極相礦物。三稜柱體上面含 FeO 的三角的三個極相礦物 (1a, 2a, 3a) 兩兩配合，得三個中間成分的礦物 (4a, 5a, 6a,)，三成分一齊配合，得一三成分的中間礦物 (7a, 共三個，併在一起)，共得七個礦物。下面含 MgO 的三角也一樣為七個礦物，上下成分各相配合，又另得七個中間成分的礦物。因此，

波氏分類法的 21 個礦物，完全可由這三稜柱體表示。如圖 3 中 1a 的小三稜柱體代表鉻鐵礦的成分，2a 代表磁鐵礦，3a 代表鐵尖晶石，6a 代表鋁鉻鐵礦，1b 代表鎂鉻鐵礦，6b 代表鐵富鉻尖晶石，1c 代表鎂鉻礦等等，依此類推（詳見第五節及附表）。

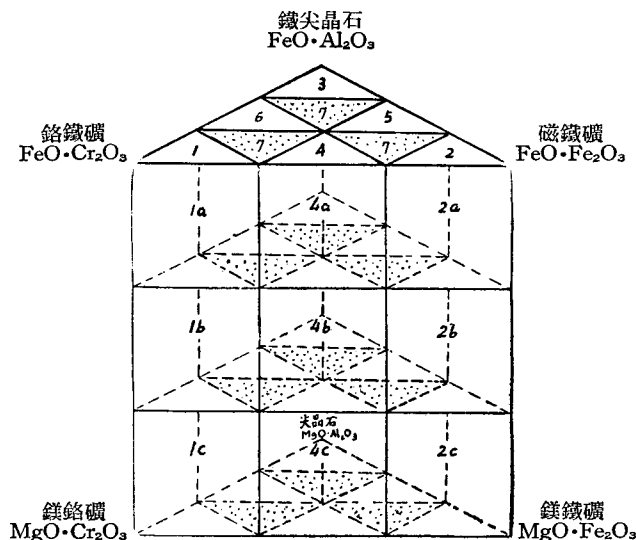


圖 3 波氏分類的立體表示法（每一小三稜體代表一礦物）

從立體圖上可以看出鉻尖晶石類礦物是由鉻鐵礦、鎂鉻礦、尖晶石、鐵尖晶石、磁鐵礦、鎂鐵礦等六種極相礦物以各種分子比例互相配合而成的，所有礦物都是些類質同像的產物。可以理解，既然化學成分是逐漸變換，它們的物理性也一定是逐漸改變的，所以假使能够找出這六極相礦物同質的通性和異質的特性來，那末那些居間礦物的性質，一定可以決定下來。反之，倘把各礦物的性質找出，

表 2 六極相礦物的性質（*表示 Cr_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 三成分的礦物的特性）

礦 物	硼砂珠 鉻試驗	比 重	硬 度	光 澤	顏 色	條 痕	薄片色	磁性
鉻鐵礦 ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$)	翠綠色*	5.2	5.5	金屬、半金屬	黑	棕	紅、棕、黑	無、弱
鎂鉻礦 ($\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$)	翠綠色*	4.4	5.5	金屬、半金屬	黑	棕	紅、棕、黑	無、弱
鐵尖晶石 ($\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)	無(氧焰)	4.35	7.5-8*	玻璃	黑	灰、綠	綠	無、弱
尖晶石 ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)	無(氧焰)	3.55	8*	玻璃	紅、黃、綠、棕	白	淡 色	無、弱
磁鐵礦 ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)	無(氧焰)	5.2	5.5	金屬	黑	黑	黑	強*
鎂鐵礦 ($\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)	無(氧焰)	4.5-4.6	6-6.5	金屬	黑	黑	黑	強*

也可以鑑定它們，是屬於那些化學成分的某種礦物。

從普通礦物學^[4,5,6,7,8]上可以查出這六種極相礦物的性質，有如表II所示。由表II可發現下列幾點：(1)同含 Cr_2O_3 的二礦物，鉻鐵礦和鎂鉻礦，除比重外一切都相似，因此可用測定比重法分出這兩種礦物和三分法的中間礦物。同樣，同含 Al_2O_3 的鐵尖晶石和尖晶石以及同含 Fe_2O_3 的磁鐵礦和鎂鐵礦也是一樣的情形，可用測定比重法分開其中間礦物。(2)同含 FeO 的三個礦物鉻鐵礦鐵尖晶石和磁鐵礦，可找出為一礦物所特有而為其他二礦物所無的性質作為劃分的標準。檢查這些特性共有三項：(i) 鉻的硼砂珠試驗，氧化焰中的翠綠色反應為鉻鐵礦所特有而為其他二礦物所無，因此可大致以一定容量的硼砂和礦粉作試驗標準，把鉻鐵礦和鐵尖晶石磁鐵礦分開，並把有中等鉻反應（淡綠色）的礦物作為中間礦物。(ii) 硬度，鐵尖晶石的硬度為 7.5—8，而其他二礦物為 5.5，因此也可以硬度把鐵尖晶石和鉻鐵礦磁鐵礦分開，並把其中等硬度的礦物作為中間礦物。(iii) 磁性，磁鐵礦為強磁性，其他二礦物一般無磁性，因此也可用磁性把磁鐵礦和鉻鐵礦鐵尖晶石分開，並把中等磁性的礦物作為中間礦物。所以，很簡單地這含 FeO 的三個礦物及其在稜體上方所組成的三角形組成圖中的七個礦物，可用這三種性質把它們鑑別開來。同樣，下方含 MgO 的三個礦物所組成的七個礦物也用同樣方法可以鑑別開來。這含 FeO 和含 MgO 的兩組礦物間的比重都有一定的關係，都是含鐵的較含鎂的為重，因此這上下各七種的礦物又可以比重分出它們中間的礦物。如上所述，基於波氏分類法的 21 種礦物，可用鉻反應磁性硬度和比重四種特性把它們鑑別開來。因此，假使有一鉻尖晶石類礦物，測定了這四種特性、其名稱及其在成分組成圖上的位置，就可以決定，不論野外室內此法都可應用。

五. 鉻尖晶石類礦物的鑑別法

基於上述理由，可把藉地質知識找到的鉻尖晶石類礦物測驗上述的四項特性。先試驗鉻反應，假使有鉻，這就很好，然後可依次試驗磁性、硬度和比重，把它在立體成分組成圖上的位置找出來，也就是把礦物的名稱鑑定下來。現在把這 21 個礦物所應有的特性分述如下：

(1a) 鉻鐵礦 (хромит)：硼砂珠鉻反應顯著 (翠綠色)，磁性弱或無，硬度 5.5，比重 5.2，純粹的鉻鐵礦比較少見。

(1b) 鎂鉻鐵礦 (магнохромит)：鉻反應顯著 (翠綠色)，磁性弱或無，硬度 5.5，比重 $= (4.4 + 5.2) / 2 = 4.8$ ，這礦物最有工業價值。

- (1c) 鎳鉻礦 (пикрохромит)：鉻反應顯著 (翠綠色)，磁性弱或無，硬度 5.5，比重 4.4。
- (2a) 磁鐵礦 (магнетит)：鉻反應弱或無，磁性強，硬度 5.5，比重 5.2。
- (2b) 鎳磁鐵礦 (магномагнетит)：鉻反應弱或無，磁性強，硬度 6，比重 $(4.5 + 5.2)/2 = 4.9$ 。
- (2c) 鎳鐵礦 (магноферрит)：鉻反應弱或無，磁性強，硬度 6—6.5，比重 4.5—4.6。
- (3a) 鐵尖晶石 (герцинит)：鉻反應弱或無，磁性弱或無，硬度 7.5—8，比重 4.35。
- (3b) 鐵鎳尖晶石 (плеонаст)：鉻反應弱或無，磁性弱或無，硬度 7.5—8，比重 $(4.35 + 3.55)/2 = 4.0$ 。
- (3c) 尖晶石 (шпинель)：鉻反應弱或無，磁性弱或無，硬度 8，比重 3.55。
- (4a) 尚無代表礦物發現：鉻反應中等 (淡綠色)，磁性中等，硬度 6，比重 5.2。
- (4b) 鎳鐵鉻鐵礦 (магноферрихромит)：鉻反應中等 (淡綠色)，磁性中等，硬度 6.3，比重 $(4.5 + 5.2)/2 = 4.9$ 。
- (4c) 尚無代表礦物發現：鉻反應中等 (淡綠色)，磁性中等，硬度 6，比重 4.5。
- (5a) 尚無代表礦物發現：鉻反應弱或無，磁性中等，硬度 $(5.5 + 7.5)/2 = 6.5$ ，比重 $(4.3 + 5.2)/2 = 4.8$ 。
- (5b) 尚無代表礦物發現：鉻反應弱或無，磁性中等，硬度 $(6 + \frac{7.5+8}{2})/2 = 6.8$ ，比重 $(4.0 + 4.8)/2 = 4.4$ 。
- (5c) 尚無代表礦物發現：鉻反應弱或無，磁性中等，硬度 $(8 + 6.2)/2 = 7.1$ ，比重 $(3.55 + 4.55)/2 = 4$ 。
- (6a) 鋁鉻鐵礦 (Алюмохромит)：鉻反應中等 (淡綠色)，磁性弱或無，硬度 6.5+，比重 4.7+，最有工業價值。
- (6b) 鐵富鉻尖晶石 (хромпикотит)：鉻反應中等 (淡綠色)，磁性弱或無，硬度 6.5+，比重 4.4，最有工業價值。
- (6c) 鉻尖晶石 (хромшпинель)：鉻反應中等 (淡綠色)，磁性弱或無，硬度 6.5，比重 4.0+。
- (7a) 尚無代表礦物發現：鉻反應中等 (淡綠色)，磁性中等，硬度 $(5.5 + 8 + 6)/3 = 6.3$ ，比重 $(5.2 + 4.35 + 5.2)/3 = 4.9$ 。
- (7b) 高鐵富鉻尖晶石 (феррихромпикотит)：鉻反應中等 (淡綠色)，磁性中等，硬度 $(5.5 + 6 + 7.5)/3 = 6.4$ ，比重 $(4.85 + 4.8 + 3.93)/3 = 4.5$ 。
- (7c) 鐵鉻尖晶石 (феррихромшпинель)：鉻反應中等 (淡綠色)，磁性中等，硬度 $(5.5 + 6.25 + 8)/3 = 6.6$ ，比重 $(4.4 + 4.5 + 3.6)/3 = 4.1$ 。

六. 討 論

1. 礦物必須純淨才能正確，最好能找到鉻鐵礦的晶粒試驗，否則，假使表面上有風化現象或者塊體中夾有其他造岩礦物，鉻反應、硬度、比重等就無法測準，礦物的鑑定難以正確。

2. 礪砂珠鉻反應的分為顯著、中等或無三級，全憑個人經驗決定。鑑定人可以研成粉末的礦石，檢取某一定大小的一粒或二粒、三粒作為試驗，礪砂珠的大小也大致要一定。作者推薦用兩塊玻璃，兩邊各放一條一定粗細的鐵絲或銅絲，礪砂珠燒好後隨即壓入二玻璃的鐵絲間，這樣可以得到一定厚度的礪砂珠，比起

色來，比較可靠。

3. 磁性試驗比較簡單，可把礦粉和一樣粗細的磁鐵礦粉末比較磁性的強弱，看被吸引時粉末離磁鐵的距離，不難把礦石的強、中、弱三等決定下來。

4. 硬度的數值應該是相對數值才能正確，本篇所用數值仍是用慕爾的以十礦物為等級的硬度數字。因為參考其他資料，硬度在 5—8 之間的，它們每一級相差的相對數值大致相等，所以普通的硬度等級仍可應用。

5. 比重最好檢取小晶粒在室內用比重瓶測，在野外用精細的小秤測。緻密塊狀的礦石不宜引用，因其常含其他礦物，不能測得正確。

6. 這 21 個礦物中，6 個代表極相礦物，它們的性質都是根據普通礦物書上的記載。至於其他 15 個中間礦物，因為波氏所用的是三分法，中間礦物的成分是兩端礦物的配合，其比自 $\frac{1}{3}$ 至 $\frac{2}{3}$ ，因此它們的性質也應該是中間的。本篇所用數值都是把上、下或左、右兩端的性質折中計算而得，它們所代表的乃是中間礦物的中間數值，因此數值可有一定範圍的增減，並不是固定的。譬如以鎂鉻鐵礦的比重 4.8 來說，其數值是由上、下二端的兩個礦物鉻鐵礦和鎂鉻礦的比重 4.4 和 5.2 相加除 2 而得，但實際上它是可以從 $\left[4.4 + \frac{5.2-4.4}{3}\right] = 4.7$ 變到 $\left[4.4 + 2\frac{5.2-4.4}{3}\right] = 5.0$ 的。其他硬度磁性和鉻反應的意義也是一樣。

7. 參看立體圖，本分類法中有三個以 7 來代表的三稜柱體。這三個三稜柱體因為性質不同，本可分開成為 7, 8, 9 三種，並以上下 a, b, c 來分，共得九個礦物，如依何作霖同志意見，也應予以分開為妥。不過本分類法所依據的四項鑑定因素大致只是示性範圍，不可能定量，鑑定上的微小差異很難避免。看這三個 7，以鉻反應、硬度、磁性三者而言，都是一項較顯著、較強或較高，屬於中等範圍，而其他二項則較弱、較低，雖然較弱較低，而比起 1, 2, 3, 4, 5, 6 等格位的礦物來，大多數仍舊比較接近中等範圍。所以這三個 7 的格位可以說或多或少是接近中間性質的。一方面為了鑑定上的靈敏度的限制，不易得到嚴格的分開；另一方面也便於與波氏分類法取得一致起見，暫時仍把三個 7 的格位合成一個由三個三價元素合成的中間礦物，只分以 Mg^{++} , Fe^{++} 的多少來劃分的 7a, 7b, 7c 三個礦物。是否恰當，尚待研討。

8. 目前我國鉻鐵礦發現的還少，精密的礦物化學分析也才開始，如要找些確實可靠的資料作為試驗的根據，還辦不到。本篇引用的各種鑑定因素都採自國外作者的紀錄，推論完全以此為根據，終究是否可靠，又我國鉻鐵礦是否另有特殊

情況，均不得而知。今後需要我國地質工作者由野外、礦物化學分析及室內鑑定工作三方面配合，從實際事例中作進一步的研究。

附表：鉻尖晶石類礦物鑑別表

立體圖中 方位號碼	礦 物 名 稱	硼砂珠鉻反應	磁 性	硬 度	比 重
1a	鉻鐵礦	顯著	弱或無	5.5	5.2
1b	鎂鉻鐵礦	顯著	弱或無	5.5	4.8
1c	鎂鉻礦	顯著	弱或無	5.5	4.4
2a	磁鐵礦	弱或無	強	5.5	5.2
2b	鎂磁鐵礦	弱或無	強	6	4.9
2c	鎂鐵礦	弱或無	強	6—6.5	4.5—4.6
3a	鐵尖晶石	弱或無	弱或無	7.5—8	4.35
3b	鐵鎂尖晶石	弱或無	弱或無	7.5—8	4.0
3c	尖晶石	弱或無	弱或無	8	3.55
4a	——	中等	中等	6	5.2
4b	鎂鐵鉻鐵礦	中等	中等	6	4.9
4c	——	中等	中等	6	4.5
5a	——	弱或無	中等	6.5	4.8
5b	——	弱或無	中等	6.8	4.4
5c	——	弱或無	中等	7.1	4.0
6a	鋁鉻鐵礦	中等	弱或無	6.5	4.7
6b	鐵富鉻尖晶石	中等	弱或無	6.5	4.4
6c	鉻尖晶石	中等	弱或無	6.5	4.0
7a	——	中等	中等	6.3	4.9
7b	高鐵富鉻尖晶石	中等	中等	6.3	4.5
7c	鐵鉻尖晶石	中等	中等	6.6	4.1

參 考 文 獻

- [1] Winchell, A. N., 1951. Elements of Optical Mineralogy, p. 82.
- [2] Stevens, R. E., Composition of some Chromites of the Western Hemisphere, *Am. Min.*,

29, 1-34.

- [3] 塔塔林諾夫, 鉻鐵礦, 第7頁(中央地質部編譯出版室編印)。
- [4] Winchell, A. N., 1951. *Elements of Optical Mineralogy*, pp. 82-87.
- [5] Dana, E. S., and Ford, W. E., 1932. *A Textbook of Mineralogy*, pp. 487-493.
- [6] Dana, J. D., and others, 1944. *The System of Mineralogy*, pp. 689-711.
- [7] Smith, O. S., 1946. *Identification and Qualitative Chemical Analysis of Minerals*.
- [8] Ramdohr, P., 1950. *Die Erzminerale u. Ihre Verwachsungen*.