

磁黃鐵礦 (Pyrrhotite)

磁黃鐵礦(圖一^[1])的化學通式為 $Fe_{1-x}S$ ($x = 0\sim 0.125$) 是一種常見的硫化物礦物，主要產於基性火成岩、接觸變質或高溫、熱液的礦脈之中，更可在隕石中發現其蹤跡；雖然磁黃鐵礦可獨自產出，但常與黃鐵礦、白鐵礦、黃銅礦、鎳黃鐵礦、閃鋅礦等硫化物礦物共生。

由於鐵離子有 Fe^{2+} 及 Fe^{3+} 兩種電荷大小，當礦物結構中的 Fe^{3+} 含量增加時鐵的比例必須降低以達成與硫的電荷平衡，因此在結構中形成空缺；由於磁黃鐵礦結構中含有鐵的空缺，使磁黃鐵礦可能具有磁性，其磁性強弱受空缺的多寡及空間分佈影響，空缺越多、分佈越均勻，其磁性越強。

此外由於鐵和硫的比例不固定，因此磁黃鐵礦有很多種類型的超晶格結構 (superlattice；當晶體結構中混有雜質或空缺時，對稱性降低，必須用較大的晶胞作為單位晶胞，來描述礦物的晶體結構特性)，如表一^[2]所示，當超晶格結構的 c 軸方向為原單位晶胞的 2 倍時，表示成 2C-pyrrhotite，以此類推致 n 倍，而由於磁黃鐵礦有多種超晶格結構，因此當晶格大小為原本單位晶胞大小時，通常會寫成 1C-pyrrhotite，用以和其他超晶格結構作區分。

前人文獻已辨識了許多的磁黃鐵礦的超晶格結構，然而於自然界的環境條件中只存在以下3種磁黃鐵礦^[2]：(1) 2C-pyrrhotite，化學式為 FeS ，即所謂的隕硫鐵 (troilite，或稱硫鐵礦)，結晶為六方晶系，通常發現於隕石之中，亦可發現於深海的鎳礦床中；(2) 4C-pyrrhotite，化學式為 Fe_7S_8 ，具有磁性，結晶屬於單斜晶系，為最常見的磁黃鐵礦類型，常形成六方板狀結晶(偽六方，圖一)，摩是硬度4，條痕黑色；(3) NC-pyrrhotite (N為5~11間的整數)，化學式可從 Fe_9S_{10} 、 $Fe_{10}S_{11}$ 變化到空缺最少的 $Fe_{11}S_{12}$ ，不具有磁性，雖然一般以為 NC-pyrrhotite 為六方晶系，但是它已經被認為是偽六方體 (pseudohexagonal)，並且可能是單斜或是斜方晶系。

磁黃鐵礦在台灣的產地與產狀包括有東澳和銅山地區的含銅硫化鐵礦床、屏風山金礦區、豐田蛇紋岩礦床、太魯閣沙卡礫河谷硬綠泥岩中^[3]，以及近年來在中央山脈西翼亞變質岩區的板岩中^[4]。其在含銅硫化鐵礦床中常與黃銅礦和黃鐵礦共生，豐田蛇紋岩礦床的磁黃鐵礦還含有高鐵成份的隕硫鐵^[3]；板岩中的磁黃鐵礦則被認為是取代黃鐵礦而來^[4]。



圖一、晶形呈現六方形柱狀結晶之磁黃鐵礦。圖片來源：自然與人文數位博物館—典藏標本^[1]。

表一、磁黃鐵礦的超晶格結構、成份與性質^[2]

Type	Comp.	Structure	Magnetic Properties	Other names	Stability	Occurrence	Refs
1C	FeS	Hex	pm	-	High temp phase	Synthetic	1, 2
2C	FeS	Hex	afm	Troilite	<147 ⁰ C	Natural & lunar	3-6
NC	Fe ₉ S ₁₀ , Fe ₁₀ S ₁₁ , Fe ₁₁ S ₁₂	Hex, Ortho, Mon	afm	Non-magnetic, 5C, 6C, 11C, Intermediate pyrrhotite	<209 ⁰ C	Natural	2-3, 6-7
NA	Fe ₇ S ₈	Trig	afm	2A, 3C	< 262 ⁰ C	Synthetic	2, 8-10
MC		Hex?	afm	-	< 315 ⁰ C	Synthetic	1, 2
4C	Fe ₇ S ₈	Mon	fm	Magnetic Pyrrhotite	< 254 ⁰ C	Natural	3, 11-13
-	Fe _{7+x} S ₈	Mon	afm	Anomalous Pyrrhotite	?	Natural	14

Note: pm – paramagnetic, afm – antiferromagnetic, fm - ferrimagnetic. [1] Nakazawa and Morimoto (1971) [2] Kissin and Scott (1982) [3] Morimoto *et al.* (1970) [4] Evans (1970) [5] Skala *et al.* (2006) [6] Fleet (2006) [7] Koto *et al.* (1975) [8] Francis and Craig (1976) [9] Nakano *et al.* (1979) [10] Keller-Besrest *et al.* (1982) [11] Bertaut (1953) [12] Tokonami *et al.* (1972) [13] Powell *et al.* (2004) [14] Clark (1966).

參考資料：

1. 自然與人文數位博物館
<http://digimuse.nmns.edu.tw/DigiMuse/NewModule.aspx?ObjectId=0b000001800334ea&ParentID=0b000001800334ea&Domin=g&Field=m0&Language=CHI>
2. <http://upetd.up.ac.za/thesis/available/etd-09272009-100136/unrestricted/01chapters1-2.pdf>
3. 陳培源、劉德慶、黃怡禎 (2004) 台灣之礦物。經濟部地質調查所，416 頁。
4. 洪崇勝、陳國航、林俊宏、謝凱旋、陳勉銘、羅偉 (2000) 雪山山脈地層中磁黃鐵礦分佈之初探。第六屆台灣地層研討會，論文摘要集，第 43 - 44 頁，經濟部地質調查所。
5. 台灣大學地質科學系數位典藏博物館
http://nadm.gl.ntu.edu.tw/nadm/contents/pyrrhotite/html/pyrrhotite_story.htm
6. Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussman, J. (1992) *An Introduction to the Rock-Forming Minerals* (2nd edition). Prentice Hall, 696pp.

撰稿：郭清順