



中等專業學校教學用書

礦物岩石學 簡明教程

蘇聯 伏·伏·克利茨基 合著
斯·德·契特維里柯夫

燃料工業出版社

中 等 專 業 學 校 教 學 用 書

礦 物 岩 石 學

簡 明 教 程

蘇聯 伏·伏·克 利 茨 基 合 著
斯·德·契特維里柯夫

北京礦業學院翻譯室翻譯
北京礦業學院地質教研組審訂

蘇聯煤炭工業部教育司審定作為煤炭專科學校教材

燃 料 工 業 出 版 社

本書包括三個部分；首先簡要地闡述了結晶學的基本概念；次就礦物的一般性質及其在自然界的形成分別作了說明，在礦物各論中論述了一百一十五種最主要礦物，指出了每一種礦物區別於它種礦物的特性，介紹了利用吹管分析來鑑定礦物的簡單方法；最後一部分是關於岩石學的基本知識，分別說明了火成岩、沉積岩、變質岩的成因、類別和分佈以及個別主要岩石的構造和特性。

本書係北京礦業學院編譯室和地質教研組的同志們譯校而成，主要由邱尙周同志翻譯，劉國鈞、沈文、王潔等同志各分譯了一部分，由劉國鈞、王紹章、張鵬飛二同志負責審校。

書號 154 煤 55

礦物岩石學簡明教程

КРАТКИЙ КУРС МИНЕРАЛОГИИ И ПЕТРОГРАФИИ
С НАЧАЛЬНЫМИ СВЕДЕНИЯМИ ПО КРИСТАЛЛОГРАФИИ

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社1940年莫斯科增訂第五版翻譯

蘇聯 В. В. КРИТСКИЙ С. Д. ЧЕТВЕРИКОВ 著

北京礦業學院編譯室譯 北京礦業學院地質教研組審訂

燃料工業出版社出版（北京·西26號）

北京市印刷工業管理局登記證出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：張伯顏 校對：趙迦南 張國樞

787×1092 1/32 開本 * 10 1/8 印張 * 254 千字 * 印18,301—20,350冊

一九五四年二月北京第一版第一次印刷

一九五五年十一月北京第一版第四次印刷

定價一元七角

目 錄

五版序言

第一章 結晶學的基本知識	7
§ 1. 引言	7
§ 2. 結晶物質的性質	7
§ 3. 對稱要素	8
§ 4. 晶軸, 標軸及符號	10
§ 5. 晶系	13
§ 6. 單形, 聚形, 雙晶	14
§ 7. 晶體的光學性質	19
§ 8. 晶體的形成	21
§ 9. 晶體的結構	23
§ 10. 晶體的X射線研究	26
第二章 礦物學	30
§ 1. 引言	30
§ 2. 礦物的概念	31
§ 3. 礦物的一般性質	32
a) 礦物的物理性質	32
b) 自然界礦物的形狀	33
§ 4. 類質同形	44
§ 5. 礦物的化學	45
§ 6. 同質異形	46
§ 7. 共生	47
§ 8. 假像	47
§ 9. 地球的內部構造	49
§ 10. 自然界礦物的形成	50
a) 地殼	50
b) 地殼帶	52
b) 岩漿及其分化	55
§ 11. 岩漿的成礦作用	55
a) 岩漿的直接成礦作用	55

б) 接觸帶的成礦作用	57
в) 水熱成礦作用	58
г) 氣化礦脈及偉晶岩脈中的成礦作用	60
д) 火山作用時的成礦作用	61
§ 12. 風化帶的成礦作用	62
а) 機械風化過程中的成礦作用	62
б) 化學風化過程中的成礦作用	63
в) 破壞着的金屬礦脈中的成礦作用	64
г) 海洋和湖泊中的成礦作用	67
д) 有機起源的礦物(有機石)	68
е) 變質帶的成礦作用	71
§ 13. 礦物各論	71
а) 礦物的分類	71
б) 礦物成因關係及成礦作用的動力學	152
§ 14. 礦物的鑑定	156
а) 吹管鑑定礦物用的工具及試藥	156
б) 燭焰	158
в) 礦物熔度的試驗	160
г) 珠球顏色試驗	160
д) 硫的鑑定	162
е) 木炭板上的被膜	163
ж) 金屬球的製取	164
з) 水的鑑定	165
и) 二氧化矽的鑑別	165
к) 焰色反應	166
л) 鹼性反應	166
м) 加硝酸鉍試驗	167
第三章 岩石學	168
§ 1. 引言	168
§ 2. 俄國及蘇聯學者在岩石學發展過程中所起的作用	169
§ 3. 火成岩	170
а) 火成岩的一般性質	170
б) 火成岩的分類	176
в) 火成岩各論	179
г) 根據外形鑑定火成岩	199
д) 最重要的火成岩的外形	201
е) 火成岩的各種成因	202

ж) 各類火成岩的分佈	204
з) 岩區	204
§ 4. 沉積岩	205
а) 沉積岩的生成及其分類	205
б) 沉積岩各論	206
§ 5. 變質岩	235
а) 變質岩的生成條件及其分類	235
б) 變質作用的種類	235
в) 變質帶或變質相	237
г) 變質岩各論	239
參考書目錄	245
礦物岩石俄中名詞對照表	246
俄中地名對照表	255



五 版 序 言

在蘇聯，科學知識的巨大成就是跟祖國的文化、政治及經濟方面的空前高漲緊密地聯繫着的，這些巨大的成就給蘇聯的教學界提出了新的任務，並促使〔簡明教程〕的作者對本書的前期各版作徹底的修訂。

辯證法已經根深蒂固地深入到我們的科學中，這一點所表現在礦物學中的就是我們已經認識到研究各種成礦環境及成礦過程的特殊重要性，在這些背景下所造成的礦物，在地殼裡物質的總的運動中，有時它們代表着很短的階段，有時則又代表着很長的階段。

從這個觀點上來看，在教科書及手冊中所通行的按礦物的化學成分來加以研究的方式，似乎是不能令人滿意了。奠基於十九世紀初期、具有好些優點、並曾作了光榮的貢獻的礦物化學分類法，已不能充分地適應當前科學上、尤其是教學上的要求了。這種分類法的最嚴重的缺點就在於：與大自然作用的規律性地發展的過程，與礦物在某種環境中的成因及天然組合，沒有直接的因果相生而又明顯的聯繫。

以上所談的，正可以說明，作者要在這一版〔教程〕中採用新的方法來敘述礦物的類屬的企圖，這種新的方法從開頭就把學生的注意力集中在最重要的關鍵上，也就是指在礦物成因中環境所起的作用，礦物的天然組合以及礦物的實用意義。

爲了這個目的，研究礦物學從矽酸鹽開始，矽酸鹽是分佈最廣、很難精通的一類，它一下子就開闢了敘述礦物學中最主要的情況的可能性，給予學生理解其餘各類礦物的成因以初步的、也是最重要的知識。所有的矽酸鹽類各屬礦物，均使用結晶化學分類集爲一個整體，而這種結晶化學分類是跟礦物的成分、組織及物理性質聯繫着的。

了解矽酸鹽之後，再學碳酸鹽，隨後就很容易從碳酸鹽更進到在經濟上極其重要的類屬，如氧化物及硫化物。由硫化物又十分自然地

轉到硫酸鹽。硫酸鹽在成因上也很容易跟可溶的、或難溶的鹵化物聯繫起來(如重晶石及螢石)。

因為許多鹵化物都可用作肥料，於是就可以把它們放在與磷酸鹽接近的章節中來講述，而在磷酸鹽中又把農用礦物放在顯要的地位。

其他各類礦物的安排則多少是隨意的，最後敘述的是有機化合物，這些物質既可劃歸礦物，亦可劃歸岩石，其間並無軒輊。當然，像鋁土礦、煤、石油、泥炭這類假礦物自應歸入岩石部分。

在礦物部分的最末一章，是談礦物在成因上的相互關係及成礦作用的動力學。

書中所引用的表，應能幫助讀者記憶主要礦物的共生關係。

在[岩石學]篇中，與以往各版比較，變化不多，而在沉積岩部分却有增補，近年來沉積岩岩石學特別發展而且具有愈來愈大的實用意義。

C.A.契特維里柯夫

第一章 結晶學的基本知識

§ 1. 引 言

在認識礦物之初，首先呈現在眼前的是大多數礦物所固有的形成規律的輪廓的能力——形成晶體的能力，所謂晶體也就是許多平面圍合而成的物體。因為礦物學要經常應用結晶學的名詞及概念，所以必須在系統地講述礦物學以前先講一下結晶學的基本知識。

§ 2. 結晶物質的性質

一切同類的物體，根據其物理性質的特點，可以分為兩類：非晶質物體及晶質物體。

在非晶質物體（均質體）中，一切物理性質在任何方向都是相同的。

非晶質物體包括液體、氣體及固體——玻璃、玻璃狀熔體及凝固的膠體（凝膠）。

在晶質物體（非均質體）中，一切物理性質都是與一定的方向分不開的：在平行的方向是相同的，而在不平行的方向，一般說來，則不相同。

大多數固體，尤其是礦物大多屬於晶質物體。

一切固體物質的物理性質還包括有形成晶體的各個成分間的凝聚力。結晶物質的這種物理性質是因方向而異的。例如呈比較完整的立方體結晶的石鹽，在這種晶體中，在與立方體的面垂直的方向，凝聚力就會是最小的。所以一塊石鹽遭受打擊的時候很容易沿一定方向——與立方體的面平行的方向——分裂，而非晶質的塊體如玻璃，則不沿一定的方向分裂。

礦物沿一定已知的方向分裂，而形成光澤的劈開面的性質叫做解理（見後面「礦物的物理性質」節）。許多礦物在不同的程度上都具有這

種性質。

物質從過飽和的溶液中析出時，分子間的引力引起了一定方向的聚集，就是在和每一個這樣的方向垂直的方向形成平面，這種面隨着新的物質的沉積，從成長中的晶體的中心平行地向外推移。這些面的聚合構成了晶體所特有的完整的多面體的形狀。

如果趨向成長中的晶體的分子流，在各方面進行得不均勻，這種現象在自然環境中就常見到，尤其是當晶體正在成長而受到鄰近晶體阻礙的時候，那麼物質的沉積也同樣是不均勻的，晶體就形成扁平或細長的形狀，或者充填在以前已經形成的晶體之間的空間。應當指出，對於很多礦物來說，完整的晶體是很少見的。

但是，無論如何，每個晶體的面的方向是不變的，因而，同一物質、同一結構所形成的各個晶體相當面間的面交角應該是固定的。

這就是結晶學的第一個基本定律，也就是有名的[面角守恆定律]，這是葛普列爾首先提出的，隨後於1669年經丹麥學者H. 斯丹諾歸納成為一般的規律。隨後在1749年，M.B. 羅蒙諾索夫首先用硝石晶體的內部構造引證了[面角守恆定律]。

三十年後，法國結晶學家勞曼德雷經過二十年測量晶體角度的工作證實了這個定律的一般性，並把它定成了定律。

由斯丹諾、羅蒙諾索夫、勞曼德雷所研究出的這個定律給當時一切晶體學的研究工作奠定了基礎，並且成為以後發展結晶學的起點。如果晶面是平行移動的，而且相當的面從中心移動的距離相等，那麼所得到的多面體就具有理想的形狀，這是在理想的條件下，也就是在不受外界影響的條件下成長的。

§ 3. 對 稱 要 素

對稱。對稱的概念從表面上看來似乎是簡單而平凡的，實際上却是很複雜的。對稱最簡單的定義就是物體相等部分排列的規律性。這個規律性表現在：(1)物體旋轉時各部分重複的規律性，而且旋轉以後與原狀相符；(2)物體各部鏡面的均衡；即其中的一部是它一部的鏡像。

還有比較複雜的對稱形態：要使某一部分與另外一部分相符合，不僅須要經過鏡面的反射，而且還要旋轉一定的角度。這是一種反射旋轉對稱。

了解對稱要素以後，對所有這些規律性就會有一個深刻的概念了。

仔細地研究自然晶體或晶體模型，就很容易掌握晶體相當面及相當角的規律性。這些規律性可以歸納成爲下列諸對稱要素（單獨的或在一定的結合中）：(1) 對稱面、(2) 對稱軸及(3) 對稱中心。

1. 某一假想平面，能把物體分成兩個相等相關的部分，此一部份是他一部分的鏡像（像右手與左手一樣），叫做對稱面，可用字母 P 表示（圖1——如 AB 平面）

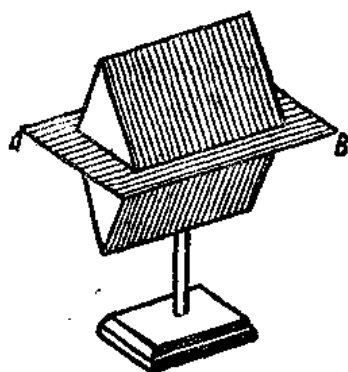


圖1 對稱面

2. 某一方向綫，當晶體繞此方向綫按照同一角度旋轉時，晶體各部分重複 n 次，叫做簡單對稱軸或旋轉對稱軸（圖2及3）。 n 表示晶體繞軸旋轉一週（即 360° ）時各部重複的次數，或對稱軸的次數。

根據這個理論的推斷就很容易證明 n ——總是整數，而且晶體中僅有

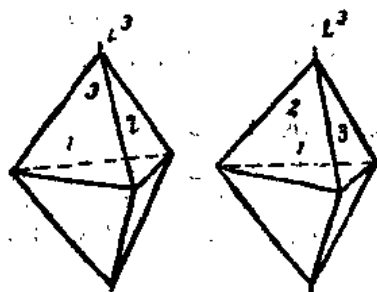


圖2 三次對稱軸

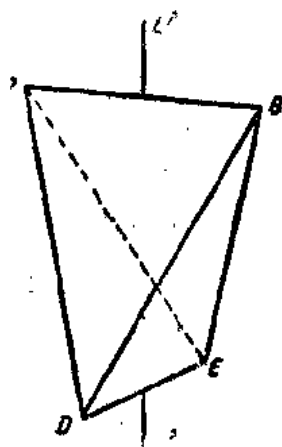


圖3 具二次對稱軸的多面體

二次、三次、四次及六次的對稱軸。

對稱軸用字母 L 來表示，把對稱軸的次數寫在右上角，如 L^3 表示三次對稱軸， L^6 表示六次對稱軸等。如果晶體有幾個對稱軸或對稱面時，那麼數目就用係數表示之，該係數寫於相當的字母的前面。如 $4L^3$ 、 $3L^2$ 、 $6P$ 表示晶體中有四個三次對稱軸，三個二次對稱軸及六個對稱面。

除簡單對稱軸外，還有所謂複雜的或反射旋轉對稱軸。這時就像上面所述的那樣，要使多面體各部分與原有的狀態相重合就不僅是旋轉某一角度 α 的結果，同時還要經過假想與軸垂直的平面的反射。複雜對稱軸也用字母 L 表示之，不過指數是寫在下面，如 L_4 。研究結果證明，結晶多面體可能有 2 次、4 次及 6 次的複雜對稱軸，即 L_2 、 L_4 、 L_6 。

3. 晶體內部的一點，如果在其相對兩端等距離處具有相等的、平行的、而且一般都是相對排列的邊，叫對稱中心或倒逆均衡中心，對稱中心用字母 c 表示(圖 4)。很容易證明， $c = L_2$ ，也就是說，倒逆

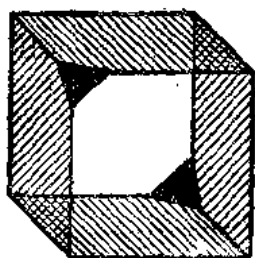


圖 4 具對稱中心的晶體

均衡中心是具有二次複雜對稱軸的晶體才具有的。同時應當指出，複雜對稱軸也就是指數小一半的簡單對稱軸，可用 L_4^2 、 L_6^3 表示之。但是決不能由此作出相反的結論，因為並非每個簡單對稱軸都一定是指數大一倍的複雜對稱軸。俄國學者 A.B. 加多林於 1869 年證明了晶體中所可能有的上述對稱要素的組合，即所謂對稱組或對稱形式祇有 32 種。

所有這些，無論在自然晶體中或是人造晶體中都是確定了的。

§ 4. 晶軸、標軸及符號

在研究晶體時，除了表明對稱要素以外，還需要確定晶體各個面在空間的位置。同時爲了瞭解自然結晶多面體的特性，一般應用解析幾何方法。

晶軸是晶體內部穿過中心的直線，這些晶軸大多與對稱要素(對稱軸及對稱面)相符合。在合理的選擇晶軸時，形狀及物理性質相同

的晶面是具有相同的意義的，晶軸就是與實見的或可能的晶面相平行。晶軸大多是三個 I、II 及 III，少數是具有四個晶軸 I、II、III 及 IV 的。

在三個晶軸的情形下，與觀察者相對的一軸（譯者按即前後方向的軸）用符號 I 表示（圖 5），另外一個由左向右的晶軸，用符號 II 表示，及第三個直立的晶軸，用符號 III 表示。

在舊的參考書及著作裏，軸 I 稱為軸 X，軸 II 稱為軸 Y，而軸 III 稱為軸 Z。當四個軸存在時，軸 I 相當於軸 X，軸 II 相當於軸 Y，軸 III 相當於軸 U，而軸 IV 相當於軸 Z。

向右、向上、及指向觀察者的軸端是正的，向左、向下及背向觀察者的軸端是負的。

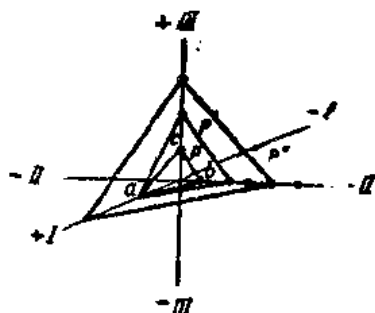


圖 5 座標軸上的晶面

平面 P （圖 5）截晶軸於 a 、 b 及 c 。結晶多面體的形狀只是取決於面角及每個晶面傾角的大小，而不是晶面的大小，所以任何一個晶面平行移動時，多面體的大小是可以擴大與縮小的（祇有在晶體成長的時候）。因此要表明晶面 P 的形態，並不須要知道截距 a 、 b 、 c 的絕對數值，僅僅了解 $a:b:c$ 的關係即可。在一般情形下，所有其它的面用 $a':b':c'$ 或 $a'':b'':c''$ 表示之。

假如 $a' = ma$ ； $b' = nb$ ； $c' = pc$ ； $a'' = m'a$ ； $b'' = n'b$ ； $c'' = p'c$ ，也就是用數值來表示這些面在晶軸上截距的長短，其數值為基面或單位面 P 在晶軸上的截距的倍數。 m 、 n 、 p 、 m' 、 n' 、 p' 是相當面的標軸係數。

結晶多面體標軸的係數為簡單的有理數。

晶體的這種性質是法國學者奧依於 1784 年發現的，稱為「標軸有理數定律」。

一般標軸係數等於 1, 2, 3, 4；標軸的數值越大，相當的晶面就越少見。

如果研究一下空間格子的概念（見圖 15），那麼就可以看出晶面及晶稜是什麼了；所謂晶面就是在面網的結點排列有晶質的平面，而晶稜則是在等距離處排列有同種晶質的直線。

如果選擇晶軸與晶稜平行（通常的情形均如此），那麼晶軸也就可以說是排列有晶質的直線。基面（ P ）在晶軸上的截面決定於該種結晶物質空間格子的單位結構。

圖 5 中的基面 P 截晶軸於 a 、 b 、 c 或其倍數。

屬於這種空間格子的任何其他的面必截軸 I 於 a 的倍數處，截軸 II 於 b 的倍數處，而截 III 於 c 的倍數處。如面 P' 截於 a 、 $2b$ 、 $2c$ ；而面 P'' 則截於 $2a$ 、 $4b$ 、 $3c$ 等。作為標軸置於 a 、 b 、 c 前的係數只可能是有理數。

使用這種符號表示晶面的方法，一般說來在十九世紀末葉曾在科學上佔着統治的地位，後來就讓位於其他方法了。

目前是用密勒法來表示晶面的位置，這種方法雖然表面看來有些複雜生硬，但在結晶學的計算上却是很方便的。

如上所述，基面或單位面決定於空間格子，知道了基面的標軸 $m:n:p$ 以後，便可據以確定其他各面的位置了。為了結晶學的計算能夠適當的表明某面的位置，並不引用各個面的標軸的比率，而是用它的倒數的比率，也就是以各標軸除 1 的比率。

這樣得出的值顯然也是整數，一般用字母 h 、 k 及 l 來表示。這樣，所有的面都可以用 h 、 k 及 l 三個量來表示，其值正是面在三個晶軸上截距的倒數，通常沿每一個軸，取單位面在相當軸上的單位截距。如果選擇晶軸時與對稱軸相符合，或與對稱面垂直的方向相符合，或是在缺少這些對稱要素時，使與晶稜相符合，那麼面的符號就可以用簡單的整數來表示，而其他晶形各個晶面也都可以用類似的符號表示。

h 、 k 及 l 稱為面的單位，而其總合 (hkl) 則稱為面的符號。面的符號一般不用任何標點，只是依次把它寫在括弧中 (hkl) 。 h 表示面與軸 I 的關係， k 表示面與軸 II 的關係， l 表示面與軸 III 的關係。符號顯然是面在晶軸上截距的倒數。如果面與晶軸平行，它的符號就等於

零。如果把所有三個符號都化簡，那就必須約成簡單的整數。

面的符號如用數字表示，如(210)應讀成：二，一，零。如果是截在軸的相反方向，在他相當的符號上面應加負號，例如(0 $\bar{1}$ 0)，應讀成：零，負一，零。

§ 5. 晶 系

上面已經說過，晶體中可能有三十二種對稱要素的組合，這三十二種組合叫做晶組或對稱種類。晶組根據某些特點可以歸納成為晶系，其中最重要的是在有了適當選擇的座標軸(晶軸)時，能够簡單而合理地表示晶面符號。這種晶系可分為七種。

把二個最低對稱晶組歸納為一個三斜晶系。所以稱為三斜晶系，是因為它必須選擇斜交的晶軸系統，也就是要選擇三個互相傾斜的晶軸。這個晶系一般不具備什麼對稱要素，或者僅有一個對稱中心。結晶於這個晶系的礦物很多，如斜長石類、胆礬等。

具有一個對稱面(P)或具有一個二次對稱軸(L^2)，或二者均具備並兼有對稱中心(L^2Pc)的晶體均屬於單斜晶系。在座標系統中祇有一個晶軸與它一晶軸斜交。結晶於這個晶系的礦物是很多的，像正長石、輝石、冰糖及其它很多物質。

具有三個對稱面，三個垂直於對稱面的二次對稱軸及一個對稱中心($3L^2, 3P, c$)的晶體屬於斜方晶系，這些礦物的橫斷面經常是斜方形。屬於這個晶系的還有祇具三個二次對稱軸($3L^2$)的晶體；或具有二個對稱面及一個二次對稱軸($L^2, 2P$)的晶體。

具有此種對稱要素的晶體可以列入三個互相垂直的座標軸系統中。結晶成斜方晶系的有硫磺、橄欖石、輝鎂礦等。

僅具有一個簡單的或複雜的四次對稱軸(L^4)，或兼具其他對稱要素的晶體，屬於正方晶系。這個晶系最高的對稱可用公式($L^4, 4L^2, 5P, c$)表示。鎔石及黃銅礦等屬於這個晶系。(黃銅礦的對稱為 $L_4, 2L^2, 2P$ ，其中有一個複雜四次對稱軸)。

僅具有一個三次對稱軸(L^3)或兼具其他對稱要素的晶體屬於三方晶系或稱菱面體晶系，但(L^3, P 及 $L^3, 3L^2, 4P$)兩對稱組例外。為

了簡單而合理的表示晶面，須將這系晶體列入四個軸的座標系統，同時 L^3 可以當作軸IV，而三個 L^2 軸可當作軸I、軸II及軸III，這個晶系最高的對稱要素可用公式 $L^3_4, 3L^2, 3P, c$ 表示。三方晶系的代表礦物：石英、方解石等。

具有簡單六次對稱軸(L^6)的晶體屬於六方晶系。上述例外的對稱組 L^3, P 及 $L^3, 3L^2, 4P$ 屬於這個晶系。本品系最高對稱要素可用公式 $L^6, 6L^2, 7P, c$ 表示。其晶體可列入四個軸的座標系統中， L^6 軸

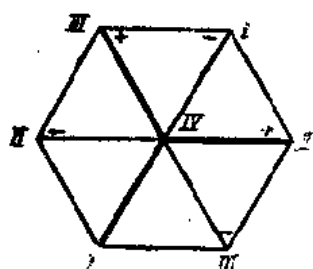


圖6 六方晶系晶體的座標軸

可當作軸IV，當具有三個 L^2 軸時，就可選作軸I、II及III(圖6)。在這種情形下三個軸的正向相交於 120° ，而軸III指向觀察者的方向為負向。這樣選擇了晶軸以後，就可以用四個符號來作為晶面的符號，前面三個符號的總和等於零。如 $(12\bar{1}1)$ 及 $(10\bar{1}0)$ 等。屬於這個晶系的礦物有磷灰石、霞石等。

等軸晶系的晶體是對稱性能最高的晶體。這類晶體必須具備四個三次對稱軸($4L^3$)兼具三個互相垂直的四次對稱軸($3L^4$)，或三個互相垂直的二次對稱軸($3L^2$)。這三個軸可作座標軸。等軸晶系中最高的對稱要素相當於 $3L^4, 4L^3, 6L^2, 9P, c$ 。這樣一來，等軸晶系的晶體是所有晶體中具有最高對稱要素的晶體。等軸晶系的代表礦物有石鹽、金剛石、閃鋅礦、柘榴石等。

§ 6. 單形、聚形、雙晶

如果晶體所有的晶面皆相同，也就是說，由於對稱的關係晶體任何一面與所有的面都相同，此種晶形叫單形。

立方體(圖7)就是單形。在理想中成長起來的立方體結晶，所有的六個晶面彼此都相等而且都成正方形。立方體的每一個面總要有一個座標軸穿過而與其他二軸平行。立方體的對稱要素為 $3L^4, 4L^3, 6L^2, 9P, c$ 。立方體各面的符號

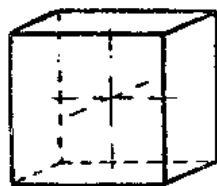


圖7 立方體