

方解石及霏石族碳酸鹽 的顯微鏡鑑定

В. В. 塔塔爾斯基著

地質出版社

方解石及霏石族碳酸鹽
的顯微鏡鑑定

B.Б.塔塔爾斯基 著

張瑞錫等 譯

地質出版社

1958•北京

В. Б. Татарский
МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
КАРБОНАТОВ ГРУПП КАЛЬЦИТА И АРАГОНИТА
ГОСГОПТЕХИЗДАТ 1955

本書系供顯微鏡下鑑定鈣、鎂、鉄、錳、鋅、鈷、鋁、銀及鉛的天然碳酸鹽之用。詳細地敘述了油浸法，并加进了新資料及作者研究出来的新方法。对于碳酸鹽中的陽离子的微量化学反应也有敘述。薄片及岩石碎塊的染色方法也予以詳尽的描述。

本書可供研究各种碳酸鹽的地質学家、岩石学家及矿物学家參攷，也可供地質院校及綜合大学地質系的学生參考。

方解石及霏石族碳酸鹽的顯微鏡鑑定

著 者	В. Б. 塔 塔 尔 斯 基
譯 者	張 瑞 錫 等
出版者	地 質 出 版 社
	北京宣武門外永光寺西街3号
	北京市書刊出版業營業許可証出字第050号
發行者	新 華 書 店
印刷者	北 京 市 印 刷 一 厂

印数(京)1—1,300册	1958年8月北京第1版
开本31''×43'' $\frac{1}{32}$	1958年8月第1次印刷
字数45000字	印張2 $\frac{1}{2}$ 插頁
定价(10)0.30元	

目 录

序言	4
一、碳酸鹽矿物的一般特性	6
方解石族	6
霏石族	10
方解石族和霏石族的特征	11
二、油浸法	16
油浸法应用于方解石族碳酸鹽的可能性	16
油浸法应用于霏石族碳酸鹽的可能性	22
需要的折光率的寻找	23
用于碳酸鹽油浸鑑定的油液	25
油浸薄片及換油	27
光帶(貝克綫)及其变化	30
三、碳酸鹽矿物中的主要陽离子的鑑定	35
鈣的微量化学試驗	35
錳的鑑定	37
鋅的微量化学試驗	38
鈷的鑑定	43
鏷及鉍的試驗	43
鉛的显示法	45
四、染色法及腐蝕法	46
染色薄片的制备	46
方解石和白云石及其他碳酸鹽的鑑別	46
霏石和方解石的鑑別	56
白云石—鐵鈦白云石系列碳酸鹽和菱錳矿及鉄—鎂碳酸鹽的鑑別	60
發現碳酸鹽中鉄的試驗	64
白鉛矿的染色	65
結論	66
参考文献	70

序 言

沉积碳酸鹽岩石在含油建造中佔有極重要的地位，并且也是含煤地層的組成部分。一定的碳酸鹽矿物綜合体和鹽类矿床有关。碳酸鹽矿物也見于变質岩及岩漿岩中（在后者中一般为次生产物），也广泛地分布于硫化矿床的氧化帶中，分布于矿脉以及圍繞着矿脉的交代蚀变岩石中。

从事实际及科学研究工作的各方面的地質学家、岩石学家及矿物学家經常遇見并研究碳酸鹽矿物及岩石。但是，由于碳酸鹽成分的变化無常以及个别碳酸鹽在外形上及許多物理性質上極為相似，致使碳酸鹽的正确鑑定經常遇到困难，常用的化学分析方法并不能达到目的，而且对于有多种碳酸鹽矿物时，可能导致不正确的結果。

在化学分析之前应当进行相分析。相分析的基本方法有：各种显微鏡法、倫琴射綫和热分析法等。無論在國內或国外文献中，均沒有相分析方面的参考書。在一般矿物及岩石参考書中，碳酸鹽矿物的鑑定問題研究得很膚淺，而且不是全都正确。因此，在工作中經常見到对一种方法采取不加批判的态度，对另外的方法則采取不应有的忽視，而有时这些方法却是較簡單，可靠的。

这种不正确的态度促使著者写了一本書（塔塔爾斯基，1952），在这本書中整理了可用于方解石、白云石及菱鎂矿的油浸法、染色及腐蝕法、热分析及倫琴射綫粉末法。每种方法的应用范围及可靠程度均予以考虑，并充分分析了可能的誤差。

关于該書的評論表明，这类参考書的需要量是很大的。

許多讀者指出，研究地質學家常見的其他碳酸鹽的鑑定問題是十分必需的。

這本書的目的是為了敘述方解石族及霏石族各種碳酸鹽的顯微鏡鑑定方法。書中詳細地敘述了油浸法的技術，並指出這種方法在何種情況下能給出肯定的結果，在何種情況下需要補充試驗。因此，也介紹了碳酸鹽中各陽離子的部分微量化學試驗。書中也幾乎收集了碳酸鹽的全部染色試驗。碳酸鹽在薄片及光片中的染色對於復礦物碳酸鹽岩石的研究而言具有特殊的意義，因為應用這種方法能夠觀察到各種碳酸鹽間的關係，並能判斷其生成的順序，用別的方法是達不到的。

顯微鏡方法是研究碳酸鹽的基本方法，僅有比較少數的標本能夠用倫琴射綫研究，而且倫琴射綫分析所用試樣的採取是在先經顯微鏡研究的基礎上進行的。熱分析法也是如此。此外，當標本的礦物成分複雜時，為了使熱譜的解釋真實，必須要有該標本的顯微鏡研究資料。

捷奧多羅維奇(Г. И. Теодорович)在校閱原稿時曾提出不少意見，著者謹向其表示謝忱。

一 碳酸鹽矿物的一般特性

天然的無水二价金屬碳酸鹽分为兩個类質同像族：方解石族和霏石族。在方解石族中包括有碳酸鎂、碳酸錳、碳酸鐵、碳酸鋅和碳酸鈷^①，而霏石族中則有碳酸鋁、碳酸鋇和碳酸鉛。呈兩种类質多像变体——方解石和霏石——的碳酸鈣是屬於兩族的。

下面介紹這兩族矿物，主要着重介紹它們可用于显微鏡鑑定的性質。

方 解 石 族

属于这族的矿物結晶呈三方晶系。除白云石外，大多数矿物属于偏三角面体的对 称 型 式 (G_23G_23Pc)；白云石属于菱面体的对称型式 (G_3c)。

这类的所有矿物的特征是沿菱面 $10\bar{1}1$ 有極完全的解理。在光性上这些矿物是一軸晶負光性，且具有强的重屈折率。方解石族中主要矿物（类質同像系列的后几种矿物）的重要光性列于表 1。

这些矿物的結晶常数相互之間很少有差別，这是由于相同構造中陽离子半徑相近所致(表 2)。

碳酸鹽中陽离子半徑間近似程度的高低决定着类質同像在晶体化学意义上的完善程度，即組成中間化学成分的混合晶体的能力。

鈣的离子半徑比本組矿物中的其他陽离子半徑大些。根

①除了指出的以外，还有碳酸鋇——菱錒矿—— $CdCO_3$ ，这种矿物發現于非洲西南部。光学資料未引用。比重=5.0 (德納, 1953, 220 頁)。

据这个原因和生成的条件，方解石实际上几乎总是沒有类質同像混入物的。有材料說明：在方解石中可能有鎂原子、鉄原子或鉛原子加入（其量可达鈣原子的10%）；在少数情况下也可能有少量的鋅、鈷、鋁或鋇的原子加入。錳原子可能比較大量地加入，因为錳离子和鈣离子的大小，較方解石类的其他碳酸鹽陽离子的大小更相近些。已知錳方解石中錳原子可取代鈣原子的量达70%。

方解石族主要矿物的折光率 (n_D) 和比重

(根据文契尔及其他学者)

表 1

矿物名称	化 学 式	n_o	n_e	1011 的 n_g	$n_g - n_p$	比 重
方解石	CaCO_3	1.658	1.486	1.566	0.172	2.715
菱錳矿	MgCO_3	1.700	1.509	1.602	0.191	2.98
菱鉄矿	FeCO_3	1.875	1.633	1.748	0.242	3.95
菱錳矿	MnCO_3	1.816	1.597	1.702	0.219	3.60
菱鋅矿	ZnCO_3	1.850	1.625	1.732	0.225	4.4
菱鈷矿 ^①	CoCO_3	1.855	1.600	1.722	0.255	4.1
白云石	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	1.681	1.500	1.587	0.181	2.87
鉄白云石 ^②	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{FeCO}_3$	1.765	1.555	1.655	0.210	3.2

碳酸鎂、碳酸鉄、碳酸鋅和碳酸鈷能生成任何过渡成分的混合晶体；碳酸鉄和碳酸錳二者之間同样能以任何比例混合起来。碳酸錳和碳酸鎂表现为有限的混溶性：菱錳矿晶体中碳酸鎂的最大可能含量或菱錳矿中碳酸錳的最大可能含量約为20%。

①菱鈷矿即碳酸鈷。

②純鉄白云石不清楚，所列常数为計算所得。

方解石族矿物的陽离子半徑 R_i (Å) 和結晶常數 c/a 表 2

矿物名称			陽离子	R_i	c/a
菱	鎂	矿	Mg	0.74	0.810
菱	鈷	矿	Co	0.78	0.810
菱	鉄	矿	Fe ⁺⁺	0.80	0.818
菱	鋅	矿	Zn	0.83	0.806
菱	錳	矿	Mn ⁺⁺	0.91	0.826
方	解	石	Ca	1.04	0.854
白	云	石	—	—	0.832

碳酸鎂和碳酸鈣的陽离子半徑有相当显著的差別，所以它們具有極小的互溶性。它們構成成分一定的复鹽——白云石 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ 。鈣和鉄的碳酸鹽——鉄白云石(ферродоломит) $\text{CaCO}_3 \cdot \text{FeCO}_3$ 構成类似的化合物。由于碳酸鹽中的鉄和鎂能以任何比例彼此取代，所以存在着由白云石至鉄白云石的总的分子式为 $\text{CaCO}_3 \cdot (\text{Mg}, \text{Fe})\text{CO}_3$ 的連續的类質同像系列。这系列的矿物称为鎂鉄白云石(анкериты)。

不久以前，方解石和菱鎂矿之間过渡成分的化合物仅仅知道有一种——白云石，其中鈣离子和鎂离子的数量相等。最近發現了一种新矿物——гунтит (huntite)，它是一种成分为 $3\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ 的复鹽(浮士德, Фауст, 1953)。гунтит呈極細的粉末狀，它的晶体只有用电子显微鏡才能看到；它的光学性質尙未能鑑定。这种矿物在自然界的分布还不知道。

虽然鎂能类質同像地被許多元素所取代，但是菱鎂矿和白云石按照其形成条件来看，差不多总是沒有类質同像的混入物。

在沉积岩的碳酸鹽矿物中鈣、鎂和鉄起主要作用；如有

錳加入，則它常常成少量的類質同像混入物存在于含鐵或含鎂的碳酸鹽中^①；鋅和鈷實際上是不存在的。圖1表示碳酸鈣、碳酸鎂和碳酸鐵之間類質同像的關係。虛綫表示沒有完全

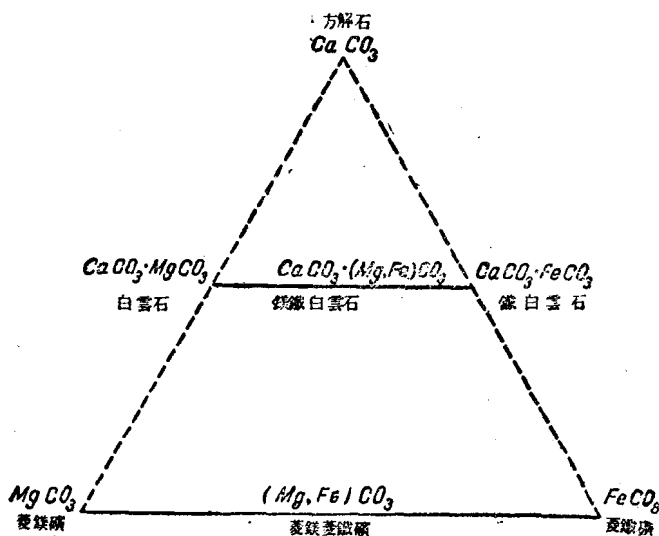


圖1. 碳酸鈣、碳酸鎂和碳酸鐵之間類質同像的關係
(虛綫——沒有完全的類質同像現象；
實綫——連續的類質同像系列)

的類質同像現象，實綫表示連續的類質同像系列。在圖上有兩個類質同像系列：由白雲石至鐵白雲石（鎂鐵白雲石系列）和由菱鎂礦至菱鐵礦。后一系列尚沒有總的名稱，這顯然在描述碳酸鹽岩石時造成不便。我們建議稱它為鎂菱鐵礦（магнесидериты）系列。過去曾用不同名稱對這系列礦物中個別代表作過描述。有時對菱鎂菱鐵礦系列的成員採用下列

^① 錳礦的碳酸鹽不在此例。

的分类：鉄菱鎂矿—— FeCO_3 佔 10—30%，菱鉄鎂矿—— FeCO_3 自 30—50%，菱鎂鉄矿—— FeCO_3 自 50—70%，鎂菱鉄矿—— FeCO_3 自 70—90%。

稀有矿物鉬方解石 ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{BaCO}_3$ 复鹽) 也可屬於方解石族。單斜晶系，具有三个方向的解理，呈似菱面体。 $n_g = 1.686$; $n_m = 1.684$; $n_p = 1.525$; $n_g - n_p = 0.161$; $-2V = 15^\circ$; 比重——3.56。有一种同样成分的斜方矿物——碳酸鈣鉬矿或鉬霞石，它屬於霞石族（参看后面）。

霞 石 族

本族包括碳酸鈣、碳酸鋇、碳酸鉬和碳酸鉛，結晶成斜方晶系。根据結構它們是假六方晶系，并且 c 軸是假六次对称軸。表現如下：該族矿物常沿 110 成假六方的双晶；所有这些矿物都有 010 和 110 方向的解理，总之好像是沿六方柱面的解理。它們在光性上都接近于一軸晶，有小的光軸角，并且銳角等分綫和 c 軸重合。

本族所有矿物的其他的光学性質：負光性和極强的重屈折率(表 3)和方解石族中的情况相同。本族类質同像的相互关系要比方解石族研究得少些。陽离子半徑在这里有如下的数值：鈣—— $1.04\text{\AA}$ ，鋇—— $1.20\text{\AA}$ ，鉬—— $1.38\text{\AA}$ ，鉛—— $1.26\text{\AA}$ 。由这些数据可以看出，这些陽离子的大小較方解石族的差別稍許大些，因此在大多数类質同像系列中陽离子只可能在一定範圍內彼此替代。

已知霞石的亞种，含有百分之几的碳酸鉛（鉛霞石）或碳酸鋇。菱鋇矿含有鈣的类質同像混入物，有时也含有鉬的混入物。在碳酸鉬矿中常有不多的鋇的混入物。鈣和鉬的碳酸鹽，除了以前提到的鉬方解石外，还有屬於霞石族的具有

霏石族主要矿物的光性和比重 (根据文契尔) 表 3

矿物名称	化 学 式	n_g	n_m	n_p	$2V_{Na}$	$2E_{Na}$	$n_g - n_p$	比重
霏石	$CaCO_3$	1.685	1.681	1.530	$18^\circ 11'$	$30^\circ 52'$	0.155	2.94
菱錒矿	$SrCO_3$	1.666	1.664	1.516	7°	$12^\circ 17'$	0.150	3.72
碳酸鋇矿	$BaCO_3$	1.677	1.676	1.529	16°	26.5°	0.148	4.29
白鉛矿	$PbCO_3$	2.076	2.074	1.503	$8^\circ 34'$	$17^\circ 50'$	0.273	6.57
碳酸鈣鋇矿	$CaCO_3 \cdot BaCO_3$	1.672	1.671	1.526	$7^\circ 14'$	—	0.146	3.71

相同成分 $CaCO_3 \cdot BaCO_3$ 的复鹽——碳酸鈣鋇矿 (альстонит) 或鋇霏石。在碳酸鈣鋇矿中可以含有錒的类質同像混入物。在表 3 中引用的它的常数是含 SiO_2 4.25%， CaO 17.6%， BaO 48.54% 和 CO_2 29.41% 的标本。

方解石族和霏石族的特征

兩族矿物在自由生長时形成的完好的晶体具有截然不同的外貌，根据特有的外形、对称、解理及其他在矿物学课程中所指出的特征可以容易地区分它們。而这里要研究的是在实践中所最常遇到的不規則晶体的紧密集合体或該兩类矿物能共生的岩石标本。

区分方解石族和霏石族矿物的方法已知有梅根反应 (реакция мейгена)：霏石粉末在硝酸鈷溶液中煮沸呈現玫瑰色或淡紫色，而方解石則是無色的。这个反应及其他反应將在后面更詳細地敘述 (56—59頁)。

談到該族的一般区别时，需要指出：纖維狀、針狀及放射狀集合体等特征，对于霏石族矿物來說它們的意义被过分

地夸大了。实际上，这些矿物往往成为晶体或不規則結晶顆粒以及沒有显著的纖維結構特征的集合体。另一方面，根据外形被当作霰石的柱狀集合体却差不多总是方解石。有时方解石具有霰石的副像，而这样的外形往往是由于方解石在特殊条件下的生長。

在薄片中能区别出霰石族碳酸鹽的主要特征是它們的二軸性。但由于其光軸角很小，它的二軸性只有在这样的情况下，即至少有一个光軸和銳角等分綫位于錐光鏡的視域中时，才可能看到。

在近于第三軸面的（具低干涉色的）切面上，这些矿物由于具有假六方形的三連晶而呈扇形消光。

В. П. 巴圖林〔在米耳涅尔 (Мильнер) 的書中，1934，308 頁〕注意到在薄片中霰石的“弱多色的”干涉色能区别于方解石的“均匀金黄色的”干涉色。但是这个說法沒有得到証实。上述矿物的重屈折率的差異(方解石 0.172, 霰石 0.155)远不足以引起干涉色的显著区别。由于顆粒的方向，薄片厚度的变化，这两种矿物都可以呈現珍珠色調，也可以呈現高級的白色。作者終归認為这个特征是不可靠的，并建議寻找显示霰石二軸性的切面。霰石族其他矿物的重屈折率也較具有相近折光率的方解石族矿物低得不多。

方解石对于解理裂縫呈对称消光，霰石在一个面上呈平行消光，另一个面上呈对称消光。因此对于解理呈平行消光的碳酸鹽証明屬于霰石族。但由于这些矿物的解理性質不好，它們只有在很少的情况下才能在薄片中表現出来。方解石族也不是随时都能在薄片中看到十分完善的沿碳酸鹽菱面体的解理，尤其是小顆粒。所以沒有菱面解理的碳酸鹽还不能証明就屬于霰石族。

应当指出，所有霞石族碳酸鹽在稀鹽酸中易溶解并“起泡”，而在三方系碳酸鹽中仅方解石是如此。为了确定碳酸鹽矿物屬於这一族或是另一族，一个特征还是不够的，但是測定折光率来配合則会得到益处。

在油浸薄片中可以容易地区分兩族碳酸鹽。如果注意它們的形狀及碎屑的解理方向的話，那連折光率也不必測定。下列方法只适用于足够大的（0.4—0.5 公厘）可以繼續粉碎的單晶顆粒。

从一塊岩石中用放大鏡选出所要研究的矿物，并粉碎为 0.05—0.10 公厘大小的粉末，用得到的粉末制备油浸薄片。

我們以前曾經指出（塔塔爾斯基，1940，1949），在打碎晶体顆粒得到的粉末当中，关于解理的性質可根据碎屑的規則的外形以及相当的光率体軸的有規律的方向来判定。薄片中能發現解理方向的裂縫照例是沒有的。

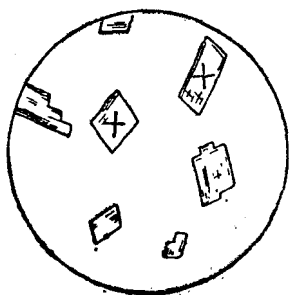


圖 2. 方解石族矿物碎屑的解理形态（十字表示光的振动方向）

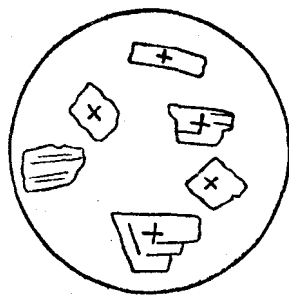


圖 3. 霞石族矿物碎屑的解理形态（十字表示光的振动方向）

方解石族矿物，由于具有十分完善的菱面解理，差不多所有的碎屑都具有規則的外形。在正交偏光下它們呈現对称消光或者差不多对称消光（圖 2）。因为絕大多數碎屑都依菱

面躺在載玻璃上，故在錐光下它們表現出相同的一軸晶不太斜的切面的圖形。

在類似的條件下，霰石族礦物則完全是另一個樣子。它們的解理表現的非常不好，所以有一半的顆粒在薄片中具有不規則的外形；在具有規則外形的顆粒當中，近似的對稱消光是例外；大多數顆粒呈現平行消光或差不多平行消光（圖3）。

確定所研究的碳酸鹽是否屬於霰石族，這些特征已經足够了。如果補充地應用錐光，則可以看到大多數顆粒具有垂直鈍角等分綫或垂直 n_m 軸的切面的干涉圖（由於所研究的礦物的光軸角很小，這些切面彼此沒有什麼區別），或者可以看到很斜的切面的干涉圖。

在許多參考書中指出：霰石族的不同礦物具有不同晶面的解理，而同一種礦物的特征在不同參考書中也是不同的。以前曾經指出（塔塔爾斯基，1952），譬如霰石的解理在五本參考書中均不相同，碳酸鋇礦的情形也是這樣。這種不同是因為片面的和主觀的應用測定解理的方法的結果，而這些方法是从礦物學作為描述科學萌芽時期起被一成不變地保留下來的。

實際上，像文契爾的參考書中所指出的，所有的霰石族礦物都有沿柱面 110 和沿軸面 010 的解理。這個見解已被我們借助於擬定的油浸法研究霰石和碳酸鋇礦的結果所証實，是一種比較客觀的結果。這個方法是一種比較常用的測定解理的方法，它使我們能在不同的切面上比較解理的完善程度（塔塔爾斯基，1954）。

霰石的 010 面垂直於鈍角等分綫，這一族的其他礦物的 010 面垂直於 n_m 軸產生同樣的錐光圖。110 面平行於銳角等

分綫并斜交于鈍角等分綫和 n_m 軸，在这个面上具有好像很斜的一軸晶切面的干涉圖。被 010 和 110 面限定的解理碎屑呈長条狀外形，具平行消光及負延長。

上述情况說明霞石族矿物在油浸薄片中的性狀不同于三方系碳酸鹽的性狀。

研究發現，霞石和碳酸鋁矿有性質很坏的第三組解理，不平行銳角等分綫，它的符号尚未确定。这組解理和 110 解理構成近于对称消光的碎屑，这种碎屑有时在霞石族碳酸鹽中見到。

二 油 浸 法

油浸法应用于方解石族碳酸鹽的可能性

油浸法用于碳酸鹽类的鑑定的技术將在下面加以闡述。这里所要研究的是在什么限度內可以根据其折光率判断方解石族碳酸鹽的成分。

在表1(7頁)中, 每一个矿物引用了四个光学常数: $n_o(n_g)$; $n_e(n_p)$; 在解理面上的 n'_p 和 $n_g - n_p$ 。原則上其中的两个光学常数 n_o 和 n_e 是独立的; $n_g - n_p$ 是它們的差值, 而在解理面上的 n'_p 取决于 n_o, n_e 及矿物的結晶常数。下面將說明碳酸鹽的 n_o 和 n_e 彼此也是有一定关系的。

常光的折光率 $n_o(n_g)$ 最容易找到并可能精确地鑑定, 因为它在晶体所有的切面中都具有同样的数值, 并且在任一單晶顆粒中, 不管其定向如何都可以測定。实际上往往只能精确的測定 n_o 。不超过 1.780 的碳酸鹽的折光率(一套标准浸油中最高的折光率)。

当所研究的粉末是由比較大的晶体研碎的且薄片中有解理碎屑时, 或者細粒結晶質碳酸鹽具有菱面 $10\bar{1}1$ 的形态时, 在这样的情况下, 在解理面上的非常光折光率 ($10\bar{1}1$ 上的 n'_p) 也可以測定。本系列大部分的碳酸鹽都常有这样的形态, 方解石例外, 它几乎沒有菱面 $10\bar{1}1$ 的生長形狀。精确的測定 $10\bar{1}1$ 面上的 n'_p 可在解理碎屑的平面上或在 $10\bar{1}1$ 面平躺在載玻璃上的菱面晶体上进行。斜躺着的顆粒及靠着邻近的顆粒的那些顆粒对于鑑定是不适用的。錯誤也可能由于晶面的底面呈阶梯狀或弯曲所引起, 这种現象并非經常可以發