

光性礦物学

美國 A.F. 罗 吉 斯 合 著
P.F. 凱 尔

地质出版社

光性礦物学

美國 A.F. 罗吉斯 P.F. 凱尔 合著

李学清 孙 鼎 王德滋 合譯

地质出版社

1956·北京

OPTICAL
MINERALOGY
PUBLISHED FORMERLY UNDER THE TITLE
THIN-SECTION MINERALOGY

BY

AUSTIN F. ROGERS, Ph. D.
*Professor of Mineralogy and Petrography
Stanford University*

AND

PAUL F. KERR, Ph. D.
Professor of Mineralogy, Columbia University

本書系依罗吉斯和凯尔合著的光性礦物学第二版譯出。書中除講述一般光性礦物学的知識外，特別对礦物的顏色、解理和方位，以及礦物碎屑的觀察均列專章講解，而這些在一般的光性礦物学書中則常常略而不詳。此書可供地質院校師生及室內礦物岩石鑑定工作的同志們參考。

光性礦物学

308,000 字

著 者 美國A.F. 罗吉斯 P.F. 凯尔
譯 者 李 学 清 等
出版者 地 質 出 版 社
北京宣武門外永光寺西街三號
北京市書刊出版業營業登記證出字第零伍零號
發行者 新 華 書 店
印刷者 北 京 市 印 刷 一 厂
北京西便門內南大道乙1號

編輯：高書平 技術編輯：吳學華

校對：金伯瑤

印數(京)1—6,750册 一九五六年七月北京第一版
定價(10)2,60元 一九五六年七月第一次印刷
開本31''×43'' $\frac{1}{2}$ 印張13 $\frac{1}{2}$ 插頁1

原書第二版序言

本書出版已七年了，在這時期內，著者曾與同道商討了第一版中所取之材料和編排，並且各方面供給了很多寶貴的建議，這些建議在這次再版中都已考慮在內。特別要感謝的，如亞立桑那大學之蕭特博士 (Dr. M. N. Short of the University of Arizona)，加利福尼亞工業專科學校之凱貝爾博士 (Dr. Ian Campbell of the California Institute of Technology)，華盛頓大學之柯姆博士 (Dr. Howard A. Coombs of the University of Washington)，普莫納學院之伍德弗爾博士 (Dr. A. O. Woodford of Pomona College)，伊阿華省立大學之倫諾爾博士 (Dr. J. J. Runner of the State University of Iowa)，地球物理實驗室之杜奈爾博士和萊特博士 (Dr. George Tunell and Dr. F. E. Wright of the Geophysical Laboratory)，司丹福大學之瓦特博士 (Dr. Aaron C. Waters of Stanford University)，哥倫比亞大學之山德博士 (Dr. S. J. Shand of Columbia University)，美國地質調查所之謝勒博士和羅斯博士 (Dr. W. T. Schaller and Dr. Clarence Ross of the U. S. Geological Survey) 等。

書的一般處理格式，在第一版中所有者，仍保持不變，但很多光學上的解釋都已改寫，並增加不少新的圖表。一些增加的礦物都有所敘述，有幾類礦物已重行敘述，惟書的篇幅則盡量避免過分擴大。

第一版局限於利用光學上的性質以鑑定薄片中之礦物。由經驗表明本書應採取用顯微鏡以鑑定礦物的其他方式。認識了這種情況後，書之名稱將有改變，其中某些部分重行編排，以擴充其應用的範圍，但是本書仍然適用於薄片中之礦物的鑑定。

羅吉斯 (Austin F. Rogers)

凱爾 (Paul F. Kerr)

司丹福大學

哥倫比亞大學

1942年1月

原書第一版序言

鑑定岩石薄片中的許多普通礦物，可用光性礦物學的簡單方法以試之。一個學生勿須費很多的时间去學習關於晶体光性的很多的理論知識。如需要進一步的知識，那末熟練普通礦物的光性鑑定，是高深研究不可缺少的基礎。

此教本所收集的材料為哥倫比亞大学和司丹福大学所開設的光性礦物的入門課程。此書的編寫，欲使初學的学生對光性礦物學有所啓發，不論他們的志趣在礦物學、岩石學、地質學、化學、物理學及工程學等。原理的敘述超過一般礦物學的范围，但其用途仍以礦物為限。

為簡化起見，題目的論述尽可能地避免數理上的問題。既然很多現象最好以圖解解釋，故本書內用了很多圖解。凡可搜得的有關碎屑礦物鑑定的材料，均包括在內，以幫助解決這種碎屑礦物單獨在薄片中的困難。各種表亦都採用，以加速鑑定礦物過程中的程序。

在準備寫稿時，曾得到礦物學和岩石學的不少同道友誼上的批評。地球物理實驗室杜奈爾博士校閱有關光學理論的章節，和提供很多的意見。他和他的同事在地球物理實驗室對此稿件中的數部分提出了討論，並總結了他們討論的結果。美國地質調查所羅斯博士在出版前亦曾校閱此書。美國地質調查所謝勒博士，哥倫比亞大学柯露尼與阿加教授(Professors R. J. Colony and William M. Agar)，地球物理實驗室的克里博士(Dr. J. W. Creig)，司丹福大学的瓦特教授和紐約大学的斯波克教授(Professor L. E. Spock of New York University)等建議了很多應改正的地方。所有以上各位學者，均費了很多时间和提出他們的經驗，我們對此十分珍視。我們亦感謝哥倫比亞大学畢業生勃德先生(Mr. Paul H. Bird)指導我們對薄片製做的技術。第二部分的圖均為蘇爾貝格先生(Mr. Rudolph G. Sohlberg)所繪。第二部分的校對得到羅吉斯女士的幫助，亦應致以感謝。各種光學上的設備的圖樣如第

二部所用者，均为各光学公司所供給。

此書的第二篇各种礦物的光性之叙述为第一著者所担任。第一篇及鑑定表为第二著者所担任。

罗吉斯 (Austin. F. Rogers)

凱尔 (Paul. F. Kerr)

司丹福大学

哥倫比亞大学

1933年10月

目 錄

原書第二版序言.....	3
原書第一版序言.....	4
簡寫表.....	9

第一篇 礦物的光性

第一章

礦物和岩石薄片的制备.....	11
-----------------	----

第二章

偏光顯微鏡.....	15
概論——顯微鏡的各部分——蓋玻片——用顯微鏡時應注意的事項——顯微鏡的保護——放大倍數——照明——偏光顯微鏡的校正	

第三章

光的性質概要.....	34
光的理論——波動說的名稱——光向量——光的速度——波動——光的顏色	

第四章

光的折射.....	41
斯涅耳定律——折光率——色散——臨界角——全反射——非均質礦物的折光率——用折射儀測定折光率——用稜鏡定折光率的方法——用顯微鏡測定折光率——雙光圈法——突起	

第五章

礦物中的平面偏光.....	59
偏光——由反射所起的偏光——由吸收所起的偏光——雙折射——尼科爾鏡——正交尼科爾鏡間的干涉——象差——干涉色——用干涉色圖譜以研究礦物——用貝瑞克消色器以定光程差——切片厚薄的鑑定——定慢光或快光的振	

动方向——消光——延長方向——干涉色的反常

第六章

聚斂偏光.....78

通論——干涉圖的形成——一軸晶干涉圖——一軸晶晶体中的振動方向——一軸晶晶体的正負符号——二軸晶干涉圖——不在中心的二軸晶干涉圖——二軸晶礦物中的光性方向——光率体——光軸角 $2E$ 和 $2V$ ——光軸角的变化——二軸晶礦物光性符号的鑑定——光軸干涉圖——二軸晶干涉圖的色散

第七章

顏色、形狀或集合体、解理和方位.....101

顏色及多色性——形狀或集合体——在薄片 中自然晶体之形狀——解理、裂开、和断口对区别礦物的作用——方位

第八章

礦物碎屑的觀察118

压碎的碎屑——裝置方法——油浸法——由油浸法鑑定折光率——礦物碎屑的形狀——油浸介質——液体的标准化和注意点

第九章

薄片 中鑑定礦物的程序127

鑑定礦物的程序摘要——礦物鑑定表指南——表 I. 不透明礦物——表 II. 有色礦物 (透明礦物)——表 III. 礦物的形态——表 IV. 解理——表 V. 折光率——表 VI. 均質礦物——圖表 A. 均質礦物——表 VII. 双折射率——表 VIII. 非均質一軸晶礦物——圖表 B. 非均質一軸晶礦物——表 IX. 非均質二軸晶正礦物——表 X. 非均質二軸晶負礦物——圖表 C 及 D. 非均質二軸晶礦物——圖表 E, F 及 G. 光軸角——鑑定礦物的格式。

第二篇 单独礦物和似礦物的叙述

導言157

参考文献158

礦物及似礦物的分类158

礦物叙述161—343

元素

石墨	161
硫化物和硫代硫酸鹽类	
閃鋅礦——黃鉄礦——磁黃鉄礦——黃銅礦	162
鹵化物	
石鹽——螢石	164
氧化物	
α -石英—— β -石英——玉髓——蛋白石——磷石英——方英石——焦石 英——方鎂石——剛玉——赤鉄礦——鈦鉄礦——金紅石——錫石	167
鋁鹽等	
尖晶石——磁鉄礦——鉻鉄礦	179
含水氧化物	
水鋁石——水鋁礦——膠鋁礦——水鎂石——褐鉄礦	182
碳酸鹽类	
方解石——白云石——菱鎂礦——菱鉄礦——霰石	187
硫酸鹽类	
重晶石——青天石——硬石膏——石膏——雜鹵石 ——明礬石——黃鉀鉄礬	193
磷酸鹽类	
獨居石——磷灰石——炭磷灰石——膠磷礦——天藍石	201
鈦鹽	
鈦鈦礦	208
矽酸鹽类	
長石——似長石——輝石类——矽灰石——角閃石类——橄欖石类——粒 矽鎂石——石榴石类——綠柱石——柱石类——符山石——鎇石——黃晶 ——紅柱石——矽綫石——藍晶石——富鋁紅柱石——藍綫石——电气石 类——斧石——黝簾石——斜黝簾石——綠簾石——紅簾石——褐簾石 ——十字石——榍石——堇青石——葡萄石——硬柱石——云母类——綠 泥石类——硬綠泥石——滑石——叶蠟石——粘土礦物——蛇紋石礦物 ——伊丁石——海綠石——沸石类	208
不固定的似礦物	
火山玻璃——橙玄玻璃	241

簡 寫 表

一般应用的折光率符号

应用折光率符号的各 种礦物类型	本書所用的符号	达那(Dana), 乐漢生(Johannsen), 勞尔森(Larsen), 和貝尔曼(Berman) 所用之符号	文契尔 (Winchell) 所用之符号
均質礦物	"	"	N
一軸晶礦物			
非常光綫	n_{ϵ}	ϵ	Ne
常光綫	n_{ω}	ω	No
二軸晶礦物			
最小数值	n_{α}	α	Np
中間数值	n_{β}	β	Nm
最大数值	n_{γ}	γ	Ng

n = 折光率。

n_{α} (alpha) = 二軸晶礦物中的快光折光率。最小折光率。

n_{β} (beta) = 垂直於 n_{α} 和 n_{γ} 的光綫的折光率。

n_{γ} (gamma) = 二軸晶礦物中的慢光折光率。最大的折光率。

n_{ϵ} (epsilon) = 一軸晶礦物中的非常光綫的折光率，最大者(光性正)或最小者(光性負)。

n_{ω} (omega) = 一軸晶礦物中的常光綫折光率。

如 $n_{\omega} < n_{\epsilon}$ ，礦物为正。如 $n_{\omega} > n_{\epsilon}$ ，礦物为負。

n_{ω} 在某一軸晶礦物中为固定的，非常光綫的折光率是不固定的，自 n_{ω} 到 n_{ϵ} 。

n_1 和 n_2 = 無一定方位晶体切片中的二个光綫的較小和較大的折光率。

X = 振動最易的軸。光綫平行於 X 振動的速度最大(亦用 α 表之)。

Z = 振動最不易的軸。光綫平行於 Z 振動的速度最小(亦用 γ 表之)。

Y = 中間的軸，垂直於 X 和 Z 的平面(亦用 β 表之)。

ϵ = 非常光綫振動的軸。

ω = 常光綫振動的軸，其面垂直於 ϵ 。

r = 紅光的色散。

v = 紫光的色散。

$2V$ = 光軸角。

$2E$ = 空氣中所觀察的光軸角。

BX_a = 銳角等分綫。

BX_o = 鈍角等分綫。

A_X . pl. = 光軸面。

μ = 微米，千分之一公厘(0.001 mm.)

$m\mu$ = 毫微米，百萬分之一公厘(0.000001 mm.)

AU = 埃(angstrom unit)，十分之一毫微米(0.000,0001 mm.)。

Δ = 光程差 $m\mu$ (毫微米)。

t = 薄片厚度。通常為百分之一公厘(0.01 mm)。

a, b, c , = 結晶軸。

$\angle_s \alpha, \beta, \gamma$ = 結晶軸間夾角。

$(n_\gamma - n_a)$ = 二軸晶礦物的雙折射率。

$(n_\omega - n_e); (n_e - n_\omega)$ = 一軸晶礦物的雙折射率。

H_1 = 貝瑞克消色器上的慢光。

H_2 = 貝瑞克消色器上的快光。

e = 非常光綫。

o = 常光綫。

快延長(負延長) = 延長方向，平行於快光的振動方向。

慢延長(正延長) = 延長方向，平行於慢光的振動方向。

ca = 大約(circa)。

第一篇 礦物的光性

第一章 礦物和岩石薄片的制备

研究礦物学的学生虽很少自制薄片，但至少應該懂得如何制薄片。一个学生如就教於專制薄片为職業的人，就可学会这种技巧。工作的速度虽不及專門職業者，只要稍一專心，即可制成同样好的薄片。介紹簡單的制薄片方法，對於初学的人，还是很有益的。

磨片的技能，須看物質的性質。磨切普通的火成岩，沉積岩，和變質岩，是經常的工作。脆的或具有裂縫的岩石和不固結的物質，則需要特別小心，但在密致的标本中，即不需要如此。

一般制普通岩石的薄片，可分成几个步驟，如圖 1。首先選擇適宜於顯微鏡研究的标本。这种标本所含之礦物顆粒較細，非肉眼所能觀察，而在顯微鏡下即能看出其構造，还有其他很多細微現象，用顯微鏡鑑定也很有效。

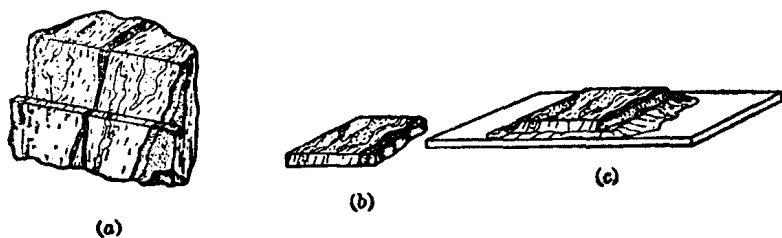


圖 1. (a) 選擇一塊岩石，備制薄片，並將它鋸成小片；(b) 已鋸成大小適宜之小片其底面已磨平；(c) 此小片用加拿大樹膠黏於載玻片上，以備作第一步的磨制

从标本上打下或鋸下大小適宜的岩石小片，面宜平整，約一英寸見方，厚約 $\frac{1}{8}$ 英寸。欲得平整之面，用岩石鋸子鋸下的，比用錘打

下的要好些。用金剛石或金剛砂鋸子鋸岩石，可以得到滿意結果。普通的鋸子為軟金屬制成的薄輪，其邊黏有磨擦粉。金剛砂鋸一般常用之，因其費用較小，且也完全適合於切片工作。

圖 2 為礦物鋸子的普通式樣。它是堅硬、而可以滾轉的圓銅板，置於槽上，在槽中有金剛砂和以泥土。當圓銅板在槽中滾轉時，其邊即黏有金剛砂，與岩石標本相磨擦，能將岩石鋸下。如泥土，金剛砂，和水三種有適當的混和，在五分鐘以內，即能鋸下一英寸厚的石英。

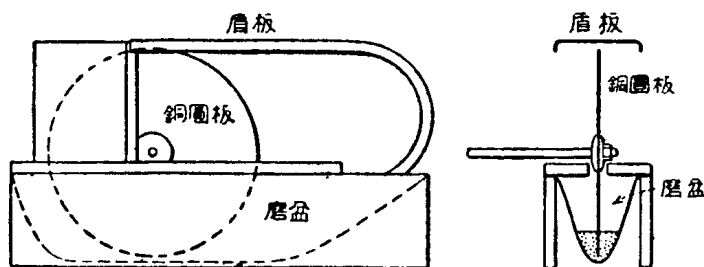


圖 2. 礦物鋸子，由一硬而滾圓的銅盤構成，用時和以金剛砂

已經預備好的岩石小片，可依次用 100、FFF、600 等號的金剛砂，將岩石小片的一面磨平，以後可用 302¹/₂ 號金剛粉磨之。如岩石質較軟，則將首次所用的 100 號金剛砂省去，因 100 號砂很粗，能將岩石中較軟的物質損壞。

磨片經常在金屬制成的圓磨盤上磨之。圓磨盤的面平扁，直徑至少十二英寸，每分鐘能轉 600 次。工作進行時，鋸子前面宜有盾板，以擋磨琢粉的飛散。轉軸的裝置，是將力傳於磨盤，使其旋轉。磨細砂時的磨盤，宜用銅或黃銅制成。

在制薄片的过程中，關於清潔一事，最應注意。一粒粗砂如與岩石切片磨擦，可使薄片完全損壞。

近於磨平，但尚未磨光的切片，須洗淨使干，然後用加拿大樹膠為黏質，黏於載玻片上。樹膠須用小火慢慢烤之。用針蘸膠，等冷後以不黏指甲為度^①。若烤之太久，質將變脆，而色轉黃。當載玻片上

① 先將樹膠在 160°C 時，烤 2 分鐘。然後熱至 120°C 將切片黏於載玻片上，在蓋玻片時的溫度，約為 100°C。

的樹膠尚熱而在液體狀態時，將岩石切片平的一面，置於載玻片上。冷後切片即很堅固的黏結在載玻片之上。在樹膠中須無氣泡，若有氣泡存在，須將切片烘熱取下，重行黏結。樹膠的適當烘熱，可用空心板，內藏甘油，如是使熱度可以很平均的分佈，同時裝一膨脹圓筒，內插寒暑表，借以控制溫度的高下(圖3)。

已黏在載玻片上的切片，再用中等的與細的金剛砂或鋁砂磨之。使用鋁砂時，切片的厚度約為0.1公厘。磨片工作經常在轉動的圓盤上為之，最後用手在玻璃板上完成。用細鋁砂與細金剛砂磨片時，必須在玻璃板上為之。薄片將磨成時，須要特別小心與技巧，不然容易損壞，而毀其全功。薄片應使其厚薄均勻，直磨至0.03公厘的厚度為止。在工作接近完成時，薄片宜濕以水，常置於顯微鏡下觀察，俟石英的干涉色顯淡灰色或白色，此時的厚度約等於0.03公厘。

小的夾子，對於磨片是有幫助的。此種夾子使薄片的兩面易平，而無厚薄不均之弊，是有利於磨片工作。用夾子能使幾個切片同時進行。普通使用三個夾子為最適宜的配合。先用一個夾子裝六個薄片磨至0.5公厘厚度，次裝兩片磨至0.1公厘，最後裝一片磨至0.03公厘厚度時為止。如無此種夾子，可用小軟木以樹膠黏於切片的背面以代之。

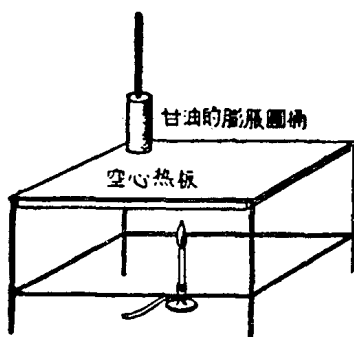


圖3. 一塊空心板，內有甘油和溫度計，用以控制烘熱(加拿大樹膠溫度之用。為勃特(Paul H. Bird)所創制)

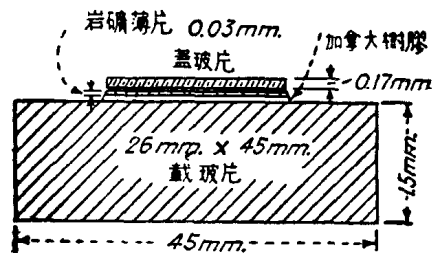


圖4. 一個已黏在載玻片上的岩石薄片的剖面(垂直比例尺是過分放大)

切片磨至適宜的厚薄時，須將砂洗淨，使干。取蓋玻片(厚約0.17公厘)，上放樹膠，在火上烤至適用時為止，然後將蓋玻片蓋上，冷後將蓋玻片外邊多餘的膠，用二甲苯(xylol)洗擦，使之溶解，然後再用火油(kerosene)

洗之，这样切片就算磨成，以备应用（圖4）。

如切片为結实和密致的物質，可將起先所用的磨片的載玻片，轉移至另一載玻片上，因起先磨的載玻片上有磨紋。当轉移时，將起先的磨片（上有切片）敷以樹膠，置於热的板上，而另一載玻片亦同样敷以樹膠，置於起先磨片之旁，同在板上热之。至適宜时，將薄片用針或牙籤挑移至另一載玻片上，然后照通常方法，將盖玻片盖上。

如切片为黏結不固的物質，則須用特別方法，罗斯博士（Dr.C.S. Ross）在美國地質調查所岩石實驗室對於黏結不固的物質，如未黏結的砂、凝灰岩、土壤、黏土和頁岩等，創造一种專門技術以磨之。

这里包括二个主要問題。第一，用一种物質浸入於松散的物質中，而使之黏結。第二，是取一种適宜於磨的介質，對於松散的物質不起反应，並使它們分散。柯罗膠（kollolith）^①、樹膠、或白氏塑料（bakelite）等均可用作膠結物。石油、酒精、乙醚、丙酮（acetone）、乙二醇（glycol）或水等視各种不同物質的性質可用作磨片的介質。金剛砂紙、金剛砂、金剛粉、鋁砂等，用作磨料。此种磨片工作宜用手在玻璃板上为之。

由黏土光平面上所取下之“漿”膜（peeled films），可用樹膠黏於載玻片上，而置於顯微鏡下觀察，一如尋常的薄片工作。此漿膜大部分很薄，而黏土內粗的顆粒，亦可能被摘去，或者突出在漿膜之中。

黏土的光平面須小心地在玻璃板上磨光，尙在湿的时候用醋酸（acstate）和火棉（pyroxylin）敷於其面，待五六小时后，使之干透，而后再用小刀將由火棉所起之漿膜自黏土面取下，用樹膠黏於載玻片上，並用盖玻片盖上。

参 考 文 献

- Holmes, A.: "Petrographic Methods and Calculations." pp. 231-249,
Thomas Murby and Co., London, 1930.
Johannsen, A.: "Manual of Petrographic Methods," 21 ed., pp. 572-604.

^①德國，Göttingen, Voigt and Hochgesang 制造。

McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1918. (With bibliography.)

Keyes, Mary G.: Making Thin Sections of Rocks, *Am. Jour. Sci.*, 5th ser., vol. 10, pp. 538-550, 1925.

Ross, C. S.: Methods of Preparation of Sedimentary Materials for Study, *Econ. Geol.*, vol. 21, pp. 454-468, 1926. See also *Am. Jour. Sci.*, 5th ser., vol. 7, pp. 483-485, 1924.

Weatherhead, A. V.: A New Method for the Preparation of Thin Sections of Clays, *Mineralog. Mag.*, vol. 25, pp. 529-533, 1940.

Weymouth, A. Allen: Simple Methods for Making Thin Sections, *Econ. Geol.* vol. 23, pp. 323-330, 1928.

第二章 偏光顯微鏡

概論——偏光顯微鏡或岩石顯微鏡與其他顯微鏡不同，是用以研究礦物與岩石的薄片。透鏡系統的裝置與其他顯微鏡相仿，惟增加了一些配備以擴大其用途的範圍，其中最特別的是備有偏光鏡和分析鏡、與其他附件如勃氏鏡、云母試板、石膏試板及石英楔子等。

偏光顯微鏡各部分之名稱見圖 5。此圖所示的顯微鏡為學生用的類型，或顯微鏡的普通類型。如為進一步的研究工作，則需用精細的顯微鏡。

偏光顯微鏡是適宜於用在平面偏光、正交尼科爾鏡，及錐光以觀察礦物。偏光鏡裝在聚斂鏡下，分析鏡在一般觀察並不需用，可置之一旁。如此裝置可以知道顯微鏡全部放大之大小。如欲在正交尼科爾鏡間觀察標本、上下兩鏡須全用^①，此時光綫經過顯微鏡的途徑，見剖面圖 7。在正交尼科爾鏡間的觀察、與普通一個鏡的觀察可得到同樣放大的倍數，只在分析鏡之上、插一簡單的透鏡，以改正因分析鏡所起之放大倍數的微細錯誤。

^①尼科爾 (nicol) 一辭廣義的用法，既指偏光鏡也指分析鏡。嚴格說起來稜鏡 (prism) 不一定指尼科爾鏡。



圖 5. 學生用岩石顯微鏡，其各部分名稱均已註於圖中 (E. Leitz, Inc.)

錐光的研究是包括正交尼科爾鏡用勃氏鏡在聚斂偏光下的觀察。其裝置程序如圖 8 所示。圖中 16 公厘的接物鏡為用來觀察大面積的晶体。8 或 4 公厘的接物鏡可用來觀察小晶体的干涉圖。

顯微鏡的各部分 接目鏡——接目鏡在現在的岩石顯微鏡中為普通的惠更斯式 (Huygenian type) 或其稍加修改。惠更斯接目鏡可與 40 和 16 公厘的接物鏡或類似放大倍數的接物鏡相配合應用。如與放大倍數較高的接物鏡相配合，則須用另一種接目鏡。此種接目鏡與惠更斯接目鏡相似，只內有一特別校正的目透鏡 (eye-lens)，因此可以得到一面平的視域。此種校正對於顯微鏡照相、最為重要。

惠更斯接目鏡中光綫的焦點在兩個透鏡的中間，謂之負接目鏡，圖 9, a。雷姆斯 (Ramsden) 接目鏡中光綫的焦點在兩個透鏡之下，謂之正接目鏡，圖 9, b。