

中央人民政府地質部推薦
高等學校教材試用本

論導學相礦

瓦赫羅麥耶夫著

地質出版社

中央人民政府地質部推薦
高等學校教材試用本

礦 相 學 導 論

地質出版社

1954 • 北京

本書係根據蘇聯國立地質書籍出版社 (Госгизлит) 1950 年出版的礦相學導論 (Руководство по минераграфии) 而譯出的。作者是瓦赫羅麥耶夫 (С. А. Вахромеев)。原書經蘇聯高等教育部批准作為地質勘探高等學校教學參考書。

本書對礦石光片如何在顯微鏡下進行研究以及微量化學試驗等作了詳細的敘述，並列有金屬礦物鑑定表。因此，它可作為地質學院和綜合大學地質系教材，亦可供地質技術人員作參考。

本書由北京地質學院礦床教研室翻譯，經中央地質部編譯出版室劉適隆同志審校。

書號 0074

礦相學導論

150 千字

著者 瓦赫羅麥耶夫

譯者 北京地質學院礦床教研室

出版者 地質出版社

北京安定門外六鋪炕

北京市書刊出版業營業許可證出字第 005 號

發行者 新華書店

印刷者 北京市印刷一廠

北京西便門南大街一號

印數 (京) 1—3500 一九五四年七月北京第一版

定價 11,500 元 一九五四年七月第一次印刷

開本 31 × 43 1/2

中央人民政府地質部推薦

高等學校 中等專業學校教材試用本說明

爲了實現國家在過渡時期的總路綫與總任務，依照國家建設需要，相應地培養地質人材，是一項重要而艱巨的任務。要求提高我們地質教育的現有水平，則學習蘇聯先進經驗，是最爲迫切需要的；而其中使有蘇聯教材更是對提高和改進教學內容有直接作用。一九五二年九月廿四日人民日報社論也曾經指出：「蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯系實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。」我們就是本着這種需要陸續翻譯了蘇聯的有關地質教材，作爲現階段我國高等學校、中等專業學校的教材試用本。

希望使用這一教材及今後我們陸續推薦的教材的教師和同學們，特別是各有關教研組或學科委員會，在教學過程中，對譯本的內容或譯文認真地研究，提出意見，作爲今後修訂的參攷。我們並希望各校的有關教研組或學科委員會在此基礎上使之能結合我國實際，逐步適當增刪，以求最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府地質部

目 錄

原序	1
緒言	2
第一章 礦相顯微鏡	6
1. 概論	6
2. 各種礦相顯微鏡之描述	6
3. 垂直照明器之構造及其應用	9
4. 照射設備	11
5. 接物鏡和目鏡	14
實習	17
第二章 礦石磨光片的製備	20
1. 概論	20
2. 製備磨光片的重要步驟	20
3. 製備無突起的磨光片	23
4. 透明的磨光片	25
實習	26
第三章 在顯微鏡下照像和製圖	28
1. 反光顯微鏡下照像的原理	28
2. 在顯微鏡下的描繪器	31
實習	32
第四章 金屬礦物的可作為鑑定的特徵	33
1. 概論	33
2. 吸收性晶體的結晶光學原理	34
第五章 反射力及雙反射力	37
1. 基本概念及理論的前題	37
2. 測定金屬礦物反射率的儀器	40
實習	44
第六章 金屬礦物的顏色	46
1. 基本概念	46

2. 影響金屬礦物感受顏色的條件.....	47
3. 測定礦物顏色的方法.....	48
實習	49
第七章 內反射	51
1. 基本概念	51
2. 觀察內反射色和粉末色的條件.....	51
實習	52
第八章 正交偏光鏡下的研究	54
1. 基本概念及理論的前題.....	54
2. 觀察的儀器.....	55
3. 觀察方法.....	56
4. 誤差的可能來源.....	58
實習	59
第九章 硬度 :	59
1. 概論.....	61
2. 測定硬度的方法.....	61
3. 錯誤的來源及實際的建議.....	67
實習	68
第十章 磁性和導電性	69
1. 磁性.....	69
2. 導電性.....	70
實習	71
第十一章 浸蝕鑑定	74
1. 概論.....	74
2. 光線侵蝕.....	74
3. 化學浸蝕的一套試劑及用具.....	75
4. 浸蝕時產生的現象.....	76
5. 浸蝕的方法.....	78
6. 錯誤的來源及實際的建議.....	79
實習	80
第十二章 微量化學試驗.....	82

	5
1. 基本概念.....	82
2. 儀器和工具.....	82
3. 工作方法.....	84
4. 幾種最主要的微化試驗的描述.....	87
5. 用印痕法作化學定性試驗.....	91
實習	93
第十三章 礦物表	95
1. 緒論.....	95
2. 在反光顯微鏡下鑑定金屬礦物的方法.....	95
金屬礦物鑑定綜合表	98
第十四章 表中所列礦物簡述	104
第十五章 礦石的構造與結構	131
1. 緒論.....	134
2. 礦石的構造.....	135
3. 礦石的結構.....	146
4. 結晶顆粒的構造.....	158
第十六章 礦石顆粒在顯微鏡下的測量和計算	169
1. 基本概念.....	169
2. 測定礦石顆粒的直徑.....	169
3. 金屬礦物的數量比例的測量.....	170
4. 計算礦石中金屬的百分含量.....	177
實習	179
第十七章 礦相學研究工作的組織和計算.....	181
1. 認識礦床及選擇研究的標本.....	181
2. 標本的肉眼研究.....	181
3. 礦石磨光片的製備.....	182
4. 礦石的顯微鏡研究.....	183
5. 綜合研究的材料及編製報告書.....	185
6. 礦相學研究的實驗室組織.....	186
參考文獻.....	189

原 序

礦相學指導初稿，作者寫於一九三七年，該部著作——“礦相學實習作業導論”(第一部分)已於一九四一年由斯維爾德洛夫斯克礦冶研究所出版。

本書係“礦相學導論”再版。根據作者教學和研究工作的經驗，並考慮了有名的礦相學家們的意見，將該書大大加以修改和補充。其次本書包括着高等地質勘探學校教學大綱中所規定的各種問題的全部內容。

礦相學指導是供學習礦相學的學生所用，故書中特別重視礦相研究的方法。

作者把物理的特徵(反射力及硬度)作為鑑定金屬礦物的基礎，因為這是蘇維埃學者所發展的礦相學前進的方向。遵循着這個原則，作者編製了金屬礦物和其他重要的伴生礦物的鑑定表，並採用簡便的儀器設備測定反射力。

本書也十分着重描述關於礦石構造和結構方面的問題，以蘇聯科學院通訊院士別傑赫琴(А. Г. Бетехтин)的研究及作者親身的觀察為基礎。礦相學導論中的礦物定量分析是以格拉果列夫(А. А. Глаголев)教授的研究作為根據。

最後，作者對給本書曾加以批評性的審閱，及提出許多寶貴指示的別傑赫琴、查哈羅夫(Е. Е. Захаров)、伏倫斯基(И. С. Волынский)、格拉茲科夫斯基(В. А. Глазковский)及伊凡諾夫(С. И. Иванов)表示感謝。

緒 言

礦相學 (минераграфия) 就是用反射光在顯微鏡下研究金屬礦物以及一切不透明礦物的磨光標本的方法。藉助於這種方法，就可以確定礦石的礦物成分 (定性的和定量的) 並查明其結構特徵。

礦相學與礦物學和礦床學密切地聯系着。礦物學的知識，對於研讀礦相學的課程來說，是必要的。藉助於礦相學的方法，就可以鑑定那些用吹管分析或其他肉眼方法所不能鑑定的礦物微粒。除此以外，用礦相學的方法還能夠鑑定極微細的包體和有規律的微細連晶，這就能夠給按照化學分析結果所計算出來的礦物分子式加入適當的修正。

礦相學在礦床的研究上有着特別重大的意義。礦相學的方法能幫助確定礦石的物質成分並查明其在礦體的各部分中變化的規律性。研究了礦石的結構特徵，就能夠指出礦物生成的順序。礦相學研究與岩石研究和地質研究在一起，就能夠查明礦床的成因類型，同時能夠對礦床作出正確的評價，並能選定最有效地進行地質勘探的方法。

礦相學對於礦石的機械選礦以及整個的技術加工說來，具有極大的意義。選礦者無論對於原礦石和精礦以及尾礦和中間產物，皆應明瞭其定性和定量礦物成分、顆粒大小以及顆粒連生特點。根據這些材料，就能確定所要求碾碎的顆粒大小，便利了選擇選礦的方法，並能檢查選礦的進程。

還要指出，反光顯微鏡鑑定方法應用於煤礦研究上是很有成效的。

礦相學是一種新的、迅速的和比較簡單的研究礦物原料的方法，它廣泛地用來解決一系列的科學問題和實用問題。

顯微鏡研究金屬的方法，首先是在一八三一年由礦山工程師阿諾索夫 (П. Аносов) 在茲拉托烏斯特城開始應用的，他利用顯微鏡發現了“古劍” (булата) 構造中的奧秘，從而奠定了祖國自製優質刀身劍身的生產。

一八六八年，在奧布霍夫工廠工作的契爾諾夫(Д. К. Чернов)發現了鋼的臨界轉變溫度，確定了這種轉變與金屬結構的關係，並奠定了金相學的基礎，這就是以後礦相學的來源。

本世紀初，地質學者斯特拉坦諾維奇(Е. Д. Стратанович)在費多羅夫(Е. С. Федоров)的倡導下，在圖里耶(Турье)的礦山製定出了礦石磨光塗漆標本的肉眼研究方法，使他得以闡明了礦化的作用。

在蘇聯，首先由維斯康特(К. И. Висконт)教授提出了礦相學研究方法，他在一九一八年的“礦學通報”(Рудный вестник)發表了“論不透明金屬礦物的金相學研究方法”。從一九二二年到一九二四年，列寧格勒礦冶專科學校和莫斯科礦冶學院的學生都先後開始學習了礦相學。一九二九年，沙德龍(Н. А. Шадлун)教授和本書著者一同在烏拉爾技術專科學校開始了礦相學的教學工作。

一九三〇年出版了一本簡短的礦相學指導和鑑定表，名“礦石在反射光下的顯微鏡研究”，是由阿布拉莫夫(Ф. И. Абрамов)寫的。該書內容包括一篇簡短的總論，許多礦物的描述，金屬礦物的化學性質、物理性質和結晶性質的綜合材料。

一九三三年出版了別傑赫琴和拉杜京娜(Л. В. Радугина)合著的“金屬礦物之顯微鏡鑑定”。書中敘述了礦物的鑑定方法，列了兩個礦物鑑定表：一個是“小的”，是為教學之用；一個是“大的”，是為研究工作之用。書的第二部分是按字母排列的金屬礦物詳細描述。

一九三四年出版了尤什科(С. А. Юшко)的“礦石在反射光下研究的方法”。書中除了簡短的方法學和鑑定表之外，還包括了關於礦石結構的描述和礦物定量分析的原理。在檢查反應方面，尤什科把點滴分析提到微化分析之上。

各種顯微鏡及其輔助零件，在齊托夫(Л. Г. Титов)的“顯微鏡，它的附件和它的應用”一書中曾加以詳細描述。該書於一九三四年出版。

一系列有關研究反射光中光學現象的問題，在奧賽(Ж. Орсель)的“用光電池測定金屬礦物之反射力”(伏倫斯基，一九三六年的俄譯

本)書中和林涅(Ф. Ринне)、貝瑞克(М. Берек)合著的“用偏光顯微鏡的光學研究”(彼斯科夫〔П. Песков〕和舒布尼科夫〔А. Шубников〕一九三七年主編的俄譯本)書中,曾加以闡述。

一九三四年,在“蘇維埃地質學問題”中發表了別傑赫琴的題為“論礦石的構造和結構”一文,他在文中對構造和結構的概念給了原則性的區分,並指出:有許多可在顯微鏡下看到的礦石連晶,是屬於構造的範疇。

一九三七年別傑赫琴在“科學院通報”上發表了兩篇論文,闡述“礦石的構造和結構”的生成作用,並提出它們的分類。一九四一年,他又在科學院通報上發表了題為“磨光片的結構浸蝕”一文。

一九三七年伏倫斯基提出了金屬礦物在礦相學研究中的新鑑定表。它的基礎是一個由統計學得來的表格系統。用這些表格來鑑定金屬礦物,方法是先把標準卡片聚合起來,再自動地除去那些與測得性質不相符合的礦物。

科學院一九四〇年出版的“蘇聯礦物”中,別傑赫琴、沙德龍、丘赫羅夫(Ф. В. Чухров)等人的論文,從金屬礦物的產狀和成因條件、結晶學和化學性質和礦相學特性的觀點對金屬礦物作了詳盡的描述。這一本書對於所有研究礦石物質成分和結構的人說來都是一本極有價值的參考書。

用顯微鏡作礦石的礦物定量分析,在格拉果列夫的“在顯微鏡下作礦物集合體定量分析的幾何方法”一書中有詳細闡述。該書於一九四一年由國立地質書籍出版社出版。

同年,斯維爾德洛夫斯克礦冶研究所出版的瓦赫羅麥耶夫的“礦相學實習指導”,是一本地質勘探高等學校的教材。

一九四五年,在“科學院通報”上別傑赫琴又發表了“論礦相學”一文,文中指出了這門科學今後發展的途徑。作者認為當前首先的任務在於建立記錄礦相學(описательная минераграфия),這是一門研究已確定各族礦石的科學。

一九四七年至一九四九年，國立地質書籍出版社出版了伏倫斯基的“金屬礦物之顯微鏡鑑定”，全書共分三冊。第一冊講到礦相顯微鏡及其附件、製備礦石磨光片的方法、金屬礦物的鑑定特徵和研究方法；第二冊為用表格系統鑑定金屬礦物的指南，並列出了鑑定表本身是由七十個標準表所組成的卡片；第三冊是礦物的描述。

一九四九年，國立地質書籍出版社出版了尤什科的“反光顯微鏡研究礦石方法”的第二版。這本書是經過了很大的修改和補充的，考慮到了近數年來礦相學領域中的新成就。該書適合於地質勘探高等學校的教學大綱，並經高等教育部批准作為教材（該書已由地質出版社出版了中譯本——譯者註）。

礦相學的研究方法，在蘇聯年復一年地獲得了日益廣闊的發展。

近十五年至二十年來，大部分的礦相學方面的論著是由蘇聯學者發表的，現今蘇聯的礦相學已在全世界上居於領導地位了。

第一章 礦相顯微鏡

1. 概 論

礦相顯微鏡與岩石顯微鏡的區別，在於它有如下幾點：

1. 垂直照明器是獲得垂直反射光的儀器；
2. 可以上下移動以對準焦點的載物台，移動時不變顯微鏡之鏡筒和光源的位置；
3. 特別的接物鏡，以供觀察無蓋玻璃片的光片。

垂直照明器是礦相顯微鏡的最主要部分。任何岩石顯微鏡甚至生物顯微鏡，只要裝配有垂直照明器，便可供研究礦石之用。

2. 各種礦相顯微鏡之描述

“俄羅斯寶石”(Русские самоцветы)工廠製 МП-4 型顯微鏡

“俄羅斯寶石”工廠新出品 МП-4 型顯微鏡最適宜作礦相研究。

МП-4型顯微鏡主要應用在反光中研究不透明或半透明之切片，但也可應用在透光中研究透明之切片。顯微鏡(圖1)裝在粗大彎曲之台架(1)上，帶有馬蹄狀墊腳(2)。其上部固置有垂直偏光照明器(4)及兩個目之鏡筒(3)。側目鏡(5)裝有稜鏡(6)是供肉眼觀察，而垂直目鏡(7)則做顯微照像、顯微繪圖(線罅光度計、測微光度計)或供照相測微計工作應用。

台架下部安置旋轉載物台(8)，可藉升降螺旋(9)或微動螺旋(10)而與顯微物鏡(11)作相對的垂直移動。

在載物台簡單裝置中可用把柄(12)使螺旋止動。在旋轉載物台(附置刻有 360° 之測角器)左面裝有游尺和止動螺旋。爲了使測目鏡(5)適合肉眼觀察，應當把目鏡向左折轉並向鏡筒推入。

鏡筒中部置有去像散物鏡之分析器(анастигматический анализа-

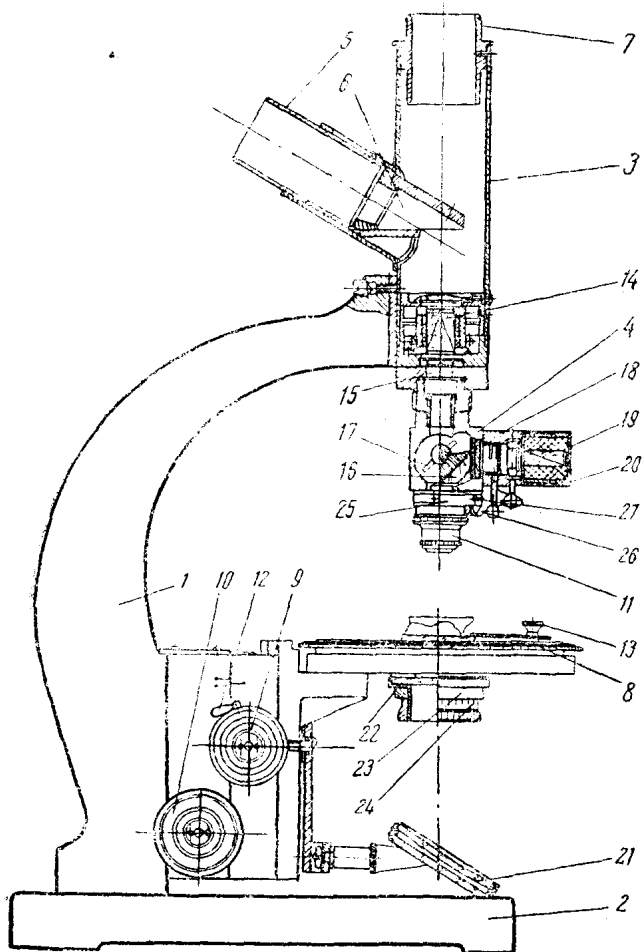


圖 1. “俄羅斯寶石”工廠製MTI-4型礦相偏光顯微鏡構造圖。

原大 $\times 0.26$

- 1, 2—台架及墊腳；3—鏡筒；4—垂直照明器；5, 6—置有稜鏡之目鏡以供肉眼觀察；7—供繪圖或其他儀器應用之目鏡；8—載物台；9, 10—載物台之升降螺旋和測微螺旋；11—接物鏡；12—止動螺旋；13—卡子（зажимные клеммы）；14—去像散物鏡之分析器；15—供安置石膏薄片和石英楔之槽；16—三重反射之稜鏡；17—具平行面之玻璃片；18—垂直照明器之鏡管；19, 20—置在框內之偏光鏡；21—鏡子；22, 23—偏振片在撐架上；24—偏振片刻度；25, 26—供安置物鏡之圓套和夾鉗；27—校正中心之螺旋

топ)(14)，可以在鏡筒中自由裝入和取出。其底部安裝垂直偏光照明器(4)，該器下面將會述及。

如把顯微鏡改裝為能研究透明光片，必須除去垂直照明器之稜鏡，並以鏡子(21)由下向上照射光片。在鏡子和光片間我們便可安裝在撐架(23)上之偏振片(22)。用酸作用時應把偏振片置於一旁。МП-4 型顯微鏡之外形如圖 2 所示。

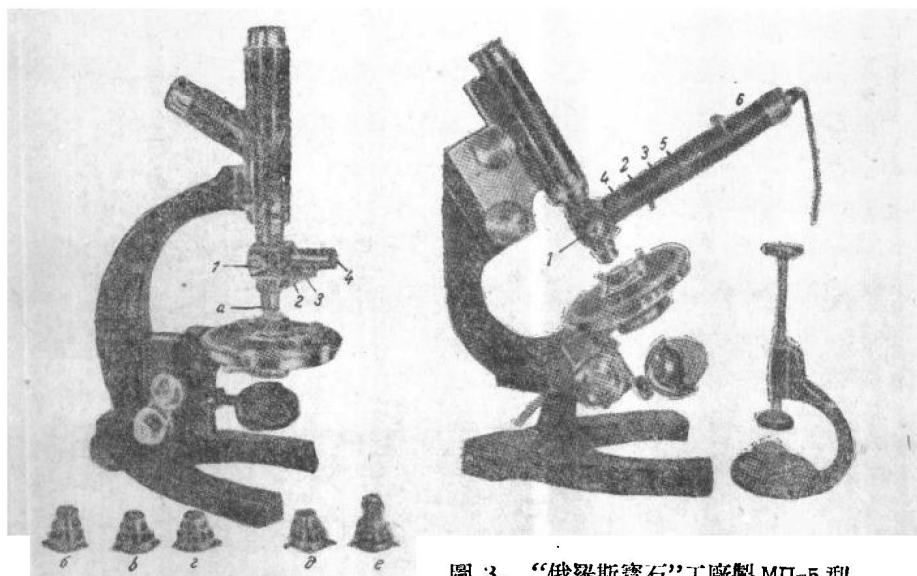


圖 2. “俄羅斯寶石”工廠製 МП-4 型顯微鏡外形。原大 $\times 0.2$

垂直照明器零件：1—裝有稜鏡體和玻璃片之柱管(стойжонь)；2—小透鏡；

3—視野光圈；4—偏光鏡

接物鏡：a— $5.7\times$ ；b— $9\times$ ；в— $21\times$ ；

г— $40\times$ ；д— $62\times$ ；e— $12\times$ (油浸)

圖 3. “俄羅斯寶石”工廠製 МП-5 型顯微鏡外形。原大 $\times 0.2$ 。

右方為安裝光片之手壓機

垂直照明器零件：1—裝有稜鏡和玻璃片之柱管；2—小透鏡；3—視野光圈；4—偏光鏡；

5—口徑光圈；6—照明器，裝有低伏特燈泡和穿口，供毛玻璃或濾光器之用

其他礦相顯微鏡 “俄羅斯寶石”工廠製 МП-5 型顯微鏡(圖3)，如 МП-4 型顯微鏡一樣，既可作反光研究，也可用於透光中觀察。它具有上述 МП-4 型顯微鏡相同之垂直照明器和鏡頭。МП-5 型的特點如下：

(1)備有彎曲之台架，使顯微鏡筒傾斜成不同角度；(2)藉昇降螺旋和微

旋不僅能使顯微鏡載物台，也使鏡筒沿光軸方向移動。該型顯微鏡裝置有低伏特燈泡之特種照射器。

“進步”工廠製造之金相顯微鏡(ММ-5 型)可應用於反光中(非偏光)觀察及對礦石進行顯微照像。該顯微鏡不宜作礦相實習用，因其沒有具旋動載物台和偏光設備，而且因磨光片反置於載物台上，用針測定礦物硬度和進行浸蝕試驗也是極其困難的。

礦物顯微鏡(МИН-1 型和 МИН-2 型)及岩石偏光顯微鏡(МП-2 型)，若配有垂直照明器和專門短頭接物鏡之組合，便能作礦石之研究。

3. 垂直照明器之構造及其應用

使光垂直反射之儀器叫做垂直照明器。通常它安裝在接物鏡和顯微鏡筒之間。垂直照明器有兩種主要類型，即：稜鏡垂直照明器和玻璃片垂直照明器。在 МП-4 型顯微鏡內，該兩種垂直照明器都裝在同一儀器內。當移動裝有稜鏡體和玻璃片之柱管時，便可依據需要，使用其中之一。

稜鏡垂直照明器中光線進行方向如圖 4 a 所示。

光束初成水平方向由光源(1)經垂直照明器(2)之“光圈”(иpис)，隨即穿過小透鏡(3)並繼在鍍銀邊(具完全之內反射)之玻璃稜鏡內折為幾乎成垂直方向之光束。光束穿出稜鏡體後經顯微接物鏡(5)，投射在磨光片上。於是光線再由光片表面反射出來並與前相反，向上行動，經接物鏡越過垂直稜鏡照明器，經顯微鏡鏡筒和目鏡

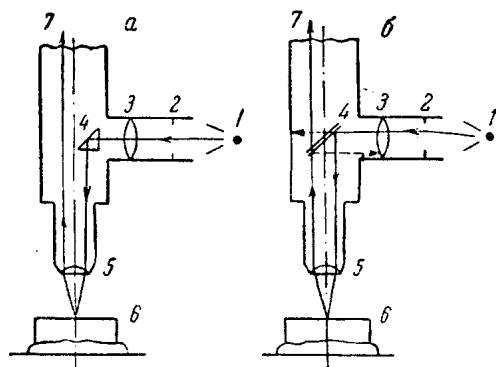


圖 4. 組合垂直照明器中光線的進行
a—稜鏡垂直照明器；б—玻璃片垂直照明器
1—光源；2—光圈；3—小透鏡；4—稜鏡(a)，
玻璃薄片(б)；5—接物鏡；6—磨光片；
7—射向目鏡之光線

(7), 直到觀察者的目中。

如圖 4 及上述所示, 稜鏡體把全部投射到本身之光反射向下。但光片表面所反射出來之光僅部分投射到觀察者目中, 因為另一部分光不能再通過稜鏡體本身, 由於後者佔據了顯微鏡鏡筒斷面之一半所致。因此在稜鏡垂直照明器內接物鏡鏡口僅一半能工作, 也就是說能利用投射到光片表面之光僅佔 50%。垂直稜鏡照明器之缺點在於照射到顯微鏡視野之光線不均勻和不能全部利用接物鏡之口徑, 以致削弱影像之明顯度。此類之垂直照明器最適用在具有中等倍數的接物鏡(放大由 $9\times$ 至 $21\times$)。故當接物鏡放大較少則得到極顯著的對照圖景, 如果放大過多, 便造成光線不均勻照射。因此之故, 在礦相實際研究中常採用具中等倍數之接物鏡, 而在工作中稜鏡垂直照明器也被廣泛地應用着。

玻璃片垂直照明器(圖 4b)與前者之區別是它以 45° 角度之玻璃薄片代替稜鏡。投射到玻璃片(4)之光束成水平方向通過它, 但其時部分光即無益地消失, 而另一部分則折射向下經接物鏡(5)並再從磨光片(6)向上反射。光線在返回途中達玻璃片(4)後, 其部分光線即從玻璃片向旁散射, 而部分却繼續向上經玻璃片和目鏡(7)直至觀察者目中。

此類構造之垂直照明器能全部使用接物鏡鏡口, 故顯微鏡視野中光度極為均勻。這裏影像之明顯度比稜鏡垂直照明器差些, 因為所能利用之光不大於原來光之 25%。

玻璃片垂直照明器比稜鏡照明器所具之優點在於其光線能均勻照射(對照像極重要)和能使接物鏡鏡口全部工作。由於能利用接物鏡之全部口徑, 以致可以鑑別礦物結構中最細小的單位。上述垂直照明器之缺點是光耗量大及因此必須使用更強烈的光線。

實際工作中, 玻璃片垂直照明器也採用低倍數接物鏡(放大 $3.7\times$), 能避免顯明的黑暗邊緣, 同時也採用高倍數接物鏡(特別用油浸 $95\times$), 藉以鑑別極小之顆粒和結構之極小單位。