

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

视觉显微光度仪反射率网

陈 正 楊鳳英

近年以来,我国地质界应用英国柯克偏光显微镜已相当普遍。这种显微镜的优点是:一、结构上同具透射光与反射光显微镜的特点,既可用于观察薄片,也可用来观察光片;二、附有一套穿孔目镜与椭圆分析仪,可测定非均质金属矿物主反射的旋转角与周相差;三、附有一套视觉显微光度仪,可作测定金属矿物反射率与透明矿物吸收率之用。

如所周知,反射率是金属矿物的主要特征数据,其重要性有如透明矿物的折射率。因此不仅测定反射率的光度仪是必要的,并且其性能的好坏与使用是否便利,也应加以重视。

视觉显微光度仪的光学原理与裂隙显微光度仪相似,但仪器的结构完全不同。视觉显微光度仪特点之一是直接按装在日常使用的显微镜上,可随时用来测定矿物的反射率,它不象裂隙显微光度仪另有一套显微装置,测定时要将光片转移到这套显微上去,使用上较不方便。

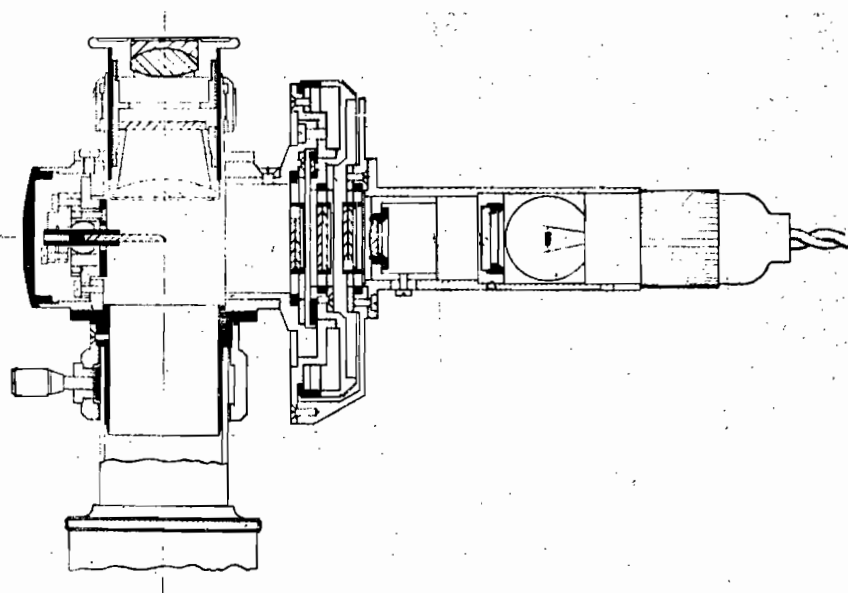


图 1 视觉显微光度仪剖面图^[2]

由于视觉显微光度仪基本上由一接目镜加一套零件构成,故又可称为视觉显微光度目镜。如图 1 所示,仪器的左边为目镜部分,系置于显微镜筒的上端以代替普通目镜。在这目镜中有一小条可沿水平方向移动的玻璃板,其右端为一 45° 的斜面,涂有金属薄膜,作为反射镜之用。如将玻璃板推出显微镜视域以外,这目镜就与一般目镜相似,并无分别,推入时则见斜面位于视域中心,可作下述光学上比较之用。目镜右方为一水平方向的

側管，由一光源与三片并列的偏光片組成。光源的強度可用变压器調節。偏光片内外二片是固定的，其摆动面也互相平行。居中的一片則可旋轉，它与前二片的关系可自平行轉至垂直，刻度 0° 为正交， 90° 为平行。这一偏光片还附有一刻度盘，可估計到 0.2° 的精度。当側管中的光綫通过三偏光片到达上述小玻璃板右端的斜面时，就被反射上升，因此可与来自載物台矿物光片反射上升的光綫比較。这时旋轉側管中的偏光片可使二者的光度相等。

光綫透过三偏光片及利用它测定矿物反射率的光学原理可簡述如下：如图 2 所示，

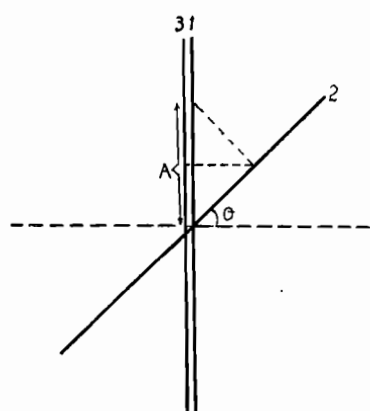


图 2 光綫透过三偏光片的基本光学原理

設 1、2、3 为光度仪的三偏光片， I 为透过第 1 偏光片的光波強度， A 为光波的振幅， θ 为第 2 偏光片振动方向与第 1、3 两偏光片振动方向垂綫間的夹角，則

透过第 2 偏光片的光波振幅为：

$$A \cos (90 - \theta) = A \sin \theta$$

透过第 3 偏光片的光波振幅为：

$$A \cos^2(90 - \theta) = A \sin^2 \theta$$

即

透过第 3 偏光片的光波強度为：

$$A^2 \sin^4 \theta = I \sin^4 \theta$$

因此如将此光波強度調節到与某一矿物的反射光強度相等，后者并用反射率 R 表示，則

$$R \propto I \sin^4 \theta$$

如另一矿物反射率为 R' ，其相应轉角为 θ' ，即得：

$$\frac{R}{R'} = \frac{I \sin^4 \theta}{I \sin^4 \theta'} = \frac{\sin^4 \theta}{\sin^4 \theta'} \quad R = R' \frac{\sin^4 \theta}{\sin^4 \theta'}$$

測定时先将已知反射率的标准矿物光片置載物台上，旋轉側管偏光片使玻璃板小反射鏡上反射光的強度与标准矿物反射光的強度相等，記下轉角度数，再取出标准矿物光片，置入需要测定反射率的矿物光片，同样旋轉側管偏光片使二者光度相等，記下轉角度数，这样就可应用上述公式算出需要测定矿物的反射率。

在上述测定工作中，显微鏡筒内壁与接物鏡后透鏡表面常反射出一部分光綫，对这部分光綫仍应用視觉光度仪測出其相应的光波強度，并在各矿物反射率的相应光波強度值中減去。設此值为 $\sin^4 \gamma$ ，上式应改为：

$$\frac{R}{R'} = \frac{\sin^4 \theta - \sin^4 \gamma}{\sin^4 \theta' - \sin^4 \gamma}$$

如 R 与 R' 值实际上比較接近。則由于 $\sin^4 \gamma$ 的数值往往极小，故可略去不計，而仍以前式計算。

如矿物为非均質矿物，反射率应作定向測定。

标准矿物通常采用白金、方鉛矿、石英（橫截面）等矿物，其通用数值如下：

		綠光(E)	橙光(D)	紅光(C)
白	金	70.0	73.0	70.0
	空气中			
	香柏油中	58.0	62.0	65.0

方 鉛 矿	空 气 中	43.26	41.61	40.10
	香柏油中	28.80	27.13	25.88
石 英 ⁽⁰⁾	空 气 中	4.61	4.58	4.54

具体操作須在暗室中进行。光源用单色光,并須注意避免进入显微鏡以外的光綫干扰光片上的实测反射光;接物鏡須注意縮小口径光圈,使数值口径限制在 0.1—0.15 之間,从而使光片上的光綫接近于垂直照射与反射;标准矿物必須选择与測定矿物反射率相近似的矿物,以便应用上述的簡單公式計算;旋轉側管偏光片比較光度时也应調整变压器,使光度相等时刻度讀数落在 50° — 70° 之間,以提高仪器的灵敏度。如能严格按照以上操作方法进行測定,測定精度可达到实际反射率值的 1—2%。否則,如条件控制不够严格,測定值就要粗略一些。但一般轉鼓刻度差数不致超过 1° , 实测反射率值差数也不致超过 1—2。

以上是视觉显微光度仪結構的基本原理与一般的使用方法。视觉显微光度仪虽然有它一定的优点,但也并非沒有缺点。按照笔者的意見,現在光度仪內的滤光片今后以置于光度仪外接目透鏡之上为妥。因为矿物反射率一般需測定綠、橙、紅三种数值,如放在接目透鏡之上,調換就很方便;又光度仪接目透鏡的直径特別大,带眼鏡者可以不必取下眼鏡观察,这是它便利之处,但在測反射率时接目透鏡直径过大使观察者的視線易与显微鏡光学軸发生交角而不可能严格平行,因而使矿物的反射光与光度仪玻璃反射鏡上的反射光都会因視線欹斜而带来变化,从而使測定工作容易造成較大的誤差。因此笔者建議另制一針孔目鏡安置在光度仪接目透鏡之上,以限制人目只在中心小孔中观察,从而使視線严格地与光学軸平行。

現在介紹我們的反射率网。从前述的計算公式可知,需要測定的矿物与标准矿物的反射率值是与光度仪偏光片各自轉角正弦的四次方成正比的,因此找出轉角之后,必須分別查出其正弦数值,再予四次方,然后相除并乘上标准矿物反射率值,才能求出需要測定矿物的反射率值。計算是麻煩而費时的,并且还必須备有一本正弦表或正弦四次方表。

为了避免繁瑣的計算,我們試制了一张反射率网,以便应用簡單的图解法找出需要測定矿物的反射率值。

视觉显微光度仪的反射率网如图 3。图的縱座标代表反射率(R),共 100 等分,代表反射率值自 0 高至 100,图的橫座标代表光度仪偏光片的轉角(θ),轉角度数自 0° 至 90° ,大致以 1° 为单位,分为 90 格,但 20° 以下 85° 以上由于格子过密,实际上沒有按照每度一格繪出。由图可知,轉角每度的寬度是不等的,在 60° 左右每度的寬度最大,向两端則寬度逐漸变狹。网中自 0° 至 90° 之間每度数离原点的实际距离是按照每度数的正弦四次方的实际数字測定的,因此离原点的距离就代表某一角度的正弦四次方值。如标准矿物与需測矿物的轉角为已知。即在網上該度数的位置就代表其正弦四次方值。所以,既然标准矿物的反射率为已知,就可以用直角相似三角形的原理,通过图解找出需測矿物的反射率。

方法是先找出标准矿物的轉角度数在橫座标上的位置与其反射率在縱座标上的位置,二者引縱橫平行綫相交于一点,自此交点与原点連一直綫。然后再将需要測定矿物的轉角定于橫座标上,引平行縱綫与上述直綫相交于一点,再自此点引平行橫綫与縱座标相

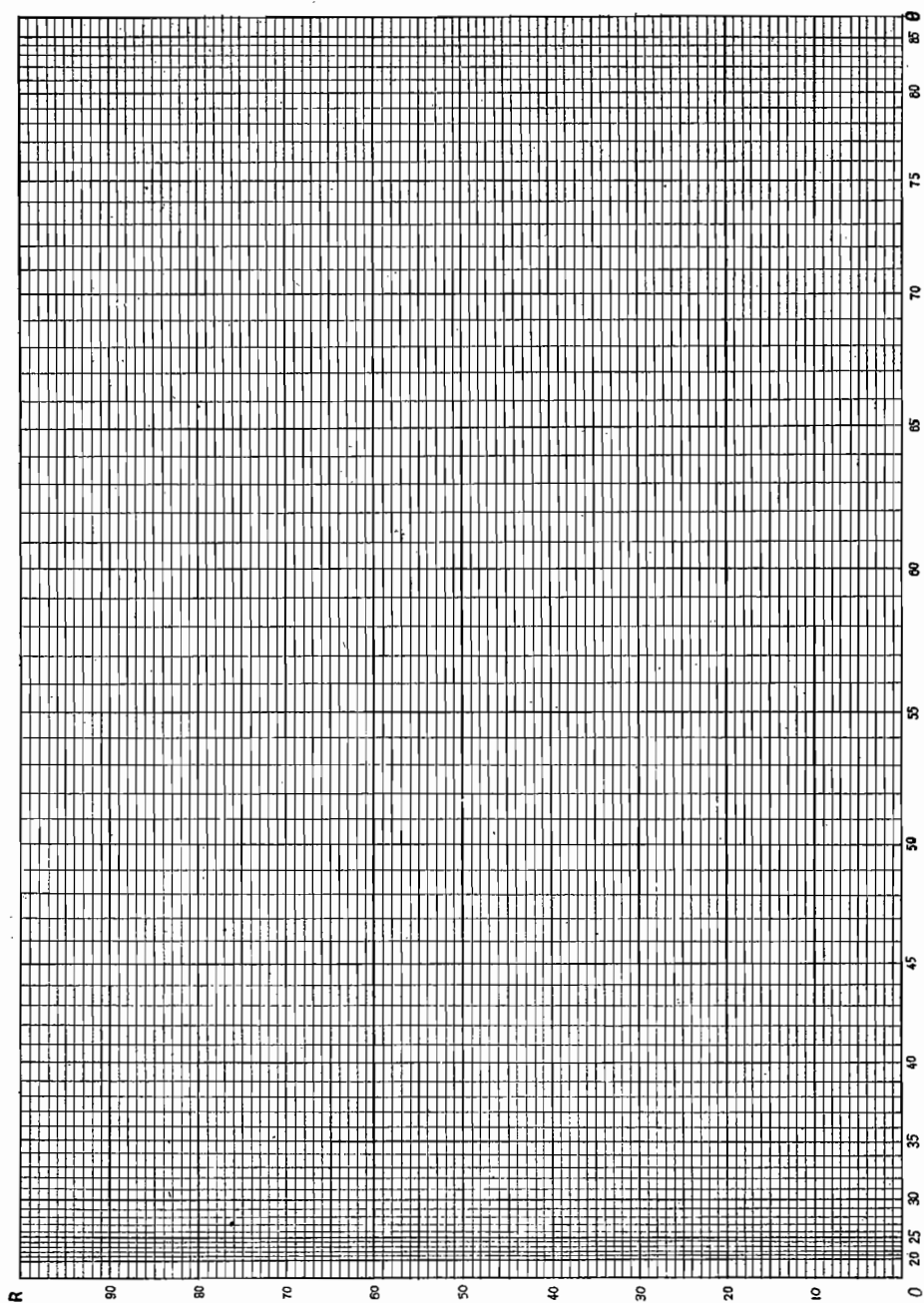


图 3 视觉显微光度仪轉角 (θ) 与反射率 (R) 关系网 (陈、杨, 1963)

交于一点,即得这一矿物的反射率值。

試举一例:設标准矿物的反射率为 40, 轉角为 60° , 作上述二綫,得一交点,将此交点与原点連一直綫。若待測矿物轉角为 50° , 即可根据前述作图法得出其反射率为 24.5。

反射率网的精度可討論如下:网的原图系用方格厘米紙繪制,以毫米为单位,在半米之內繪成 500 格。正弦四次方表(附表)数字即以 0.002 作为一格繪于图上。其相应的轉

附：正弦函数四次方表

角 度	$\sin^4$	差 数	角 度	$\sin^4$	差 数	角 度	$\sin^4$	差 数
5.0	0.00005	0.00005	32	0.0789	0.0091	59	0.5398	0.0227
6.0	0.0001	0.0001	33	0.0880	0.0098	60	0.5625	0.0227
7.0	0.0002	0.0002	34	0.0978	0.0104	61	0.5852	0.0226
8.0	0.0004	0.0002	35	0.1082	0.0112	62	0.6078	0.0225
9.0	0.0006	0.0003	36	0.1194	0.0118	63	0.6303	0.0223
10.0	0.0009	0.0004	37	0.1312	0.0125	64	0.6526	0.0221
11.0	0.0013	0.0006	38	0.1437	0.0131	65	0.6747	0.0218
12.0	0.0019	0.0007	39	0.1568	0.0139	66	0.6965	0.0215
13	0.0026	0.0008	40	0.1707	0.0146	67	0.7180	0.0210
14	0.0034	0.0011	41	0.1853	0.0152	68	0.7390	0.0206
15	0.0045	0.0013	42	0.2005	0.0158	69	0.7596	0.0201
16	0.0058	0.0015	43	0.2163	0.0166	70	0.7797	0.0196
17	0.0073	0.0018	44	0.2329	0.0171	71	0.7993	0.0189
18	0.0091	0.0021	45	0.2500	0.0178	72	0.8182	0.0181
19	0.0112	0.0025	46	0.2678	0.0183	73	0.8363	0.0175
20	0.0137	0.0028	47	0.2861	0.0189	74	0.8538	0.0167
21	0.0165	0.0032	48	0.3050	0.0194	75	0.8705	0.0159
22	0.0197	0.0036	49	0.3244	0.0200	76	0.8864	0.0150
23	0.0233	0.0041	50	0.3444	0.0204	77	0.9014	0.0140
24	0.0274	0.0045	51	0.3648	0.0208	78	0.9154	0.0131
25	0.0319	0.0050	52	0.3856	0.0212	79	0.9285	0.0121
26	0.0369	0.0056	53	0.4068	0.0216	80	0.9406	0.0111
27	0.0425	0.0061	54	0.4284	0.0219	81	0.9517	0.0099
28	0.0486	0.0066	55	0.4503	0.0221	82	0.9616	0.0089
29	0.0552	0.0073	56	0.4724	0.0223	83	0.9705	0.0078
30	0.0625	0.0079	57	0.4947	0.0225	84	0.9783	0.0065
31	0.0704	0.0085	58	0.5172	0.0226	85	0.9848	

角数字即作为横座标的单位。从正弦四次方表数字可知，轉角数字在 18° 以下，每 1° 的差数在 0.002 以下，在 18° 以上以至 35° 时每 1° 的差数在 0.002 以上，在 35° 以上以至 49° 时每 1° 的差数在 0.010 以上，在 50° 以上以至 70° 时每 1° 的差数在 0.020 以上。自 70° 以上则又逐渐变小。可见本网格在 50° — 70° 之間每度所占的宽度为最大，宽度大，说明光度差大，也说明在这一角度范围内测矿物反射率最为灵敏。进行前述测定时須将变压器调节到这一角度范围内的原因就在于此。

人目辨别反射率的精度为 1—2%，倘小于此数人目就无能辨别。因此，测定反射率时反射率值为 10 的矿物应精密到 0.1—0.2，反射率值为 30 的矿物应精密到 0.3—0.6，反射率值为 50 的矿物应精密到 0.5—1.0。

就光度仪而論，如测定时轉角控制在 50° — 70° 之間，轉角相差 0.2° 就能达到人目辨别精度的要求而有余。因此，轉角不需要比 0.2° 更为精密。就 0.2° 來說，在本仪器上是易于估定的（仪器出厂時間不同，有的有游标有的无游标）。

为了与上述精度取得一致，本网格每 1 反射率值应再細分为 10 小格，轉角每 1° 也应細分为 5 小格，但实际上网格作得比較粗略，并没有再行細分。由图可知，每 1 反射率值

估計到 0.5 与每 1° 轉角估計到 0.2° 应无問題。就这一精度而論,对一般鉴定工作中的反射率測定來說,是能合乎使用的要求的。本网格繪制的目的在使反射率測定快速易行,避免煩瑣的計算。如欲求得精密的数值,当仍以計算为宜。

反射率网系由白文吉同志在百忙中代为清繪,特此致謝。

参 考 文 献

- [1] 陈正 1959 不透明矿物显微镜鉴定。地质出版社。
- [2] Hallimond, A. F. 1953 Manual of the polarizing microscope. Cooke, Troughton & Simms, Ltd. York, England.