

论金属矿物偏光色颜色指数的鉴定 意义和计算方法

武汉地质学院

徐国风 梅建明

应用色度学原理和方法测量金属矿物的反射色特征, 经过许多学者长期的努力, 已经取得突破性的进展^[1-3], 目前已受到比较广泛的重视^[4-7]。现在已有一百余种金属矿物测量、计算出表征它们反射色特点的亮度 (R_{vis})、色调 (主波长 λ_d 和色度座标 X 、 Y) 和纯度 (Pe)^[8-10]。本文提出同样应用色度学原理和方法测量非均质金属矿物偏光色的可能性问题, 并首次采用非均质金属矿物在不同波长下测定的主反射率 (R_1 和 R_2) 计算出一百余种金属矿物之偏光色颜色指数 (R_{vis} 、 X 、 Y 、 λ_d 、 Pe) 数值。目前, 鉴于偏光色的亮度小于反射色的亮度约几倍到几万倍^[11,12], 测量技术尚待改进, 故作者所倡议的偏光色颜色指数计算方法殊具实用意义。

一、金属矿物偏光色的 颜色指数

非均质金属矿物的偏光色系指该类矿物在垂直入射白光照射之严格正交偏光下 45° 位置时显示的颜色而言。每一种矿物在主切面中的偏光色是固定的^①, 并具有鉴定意义。比如铜蓝为火焰红橙色、辉钼矿为淡紫色、辉锑矿为橙黄色、石墨为棕黄色、红砷镍矿为蓝色、方黄铜矿为蓝灰色等。但是, 如同金属矿物的反射色一样, 在描述某矿物偏光色的具体特征时存在着困难。由于观察者的辨色力和色感性可能不同, 而将对同一

矿物在同样观察条件下作出不同的描述。因而将色度学的原理和方法引进偏光色领域具有明显的进步意义和实用价值。如镜下观察偏光色有雷同处、可能混淆的石墨、辉钼矿、铜蓝用本文计算的偏光色颜色指数 (表1) 即能明显地加以区别。

S. Koritnig于1980年在采用数值孔径为0.2、亮度标准为NGI牌号黑色中性玻璃 (反射率校正值为4%) 之条件下实测了十种非均质金属矿物的偏光色亮度^[11], 其测量结果表明这十种矿物在入射光波长为555毫微米的 45° 位置上之正交偏光反射率为0.001—0.518% (按国际照度委员会C. I. E规定的系统内亮度值 R_{vis} 为0.001—0.618%)。这个亮度比各该矿物的自然光下反射率亮度低数倍到数万倍 (一般多为数百倍), 说明测量仪器对大多数非均质金属矿物 (偏光色亮度 R_{vis} 为0.02%以下) 灵敏度欠佳。另外, 测量亮度标准太少, 并与矿物实际亮度值差别太大 (差别越大, 误差越大), 而且采用物镜数值孔径较小 (微细矿物不能测定) 等, 这些都有待改进。尽管如此, 随着科学技术的进步, 偏光色颜色指数研究无疑是很有发展前途的近代化方法。为了探索非均质金属矿物偏光色颜色指数有无实际鉴定意义, 笔者试验利用在自然光不同波长下测

① 一般矿相学书籍中描述金属矿物非均质效应中的颜色效应多包括在不完全正交偏光下显示的“准偏光色” (“不完全正交偏光色”) 在内而出现的几种颜色。

表 1 石墨、辉钼矿、铜蓝的偏光色颜色指数

Table 1 Polarization Color Indices of graphite, molybdenite and covellite

数据 (SE) 矿物	颜色指数 R _{vis} (%)	色度坐标值		主波长 λ_d (毫微米)	纯度 Pe
		x	y		
石 墨	0.9955	0.359	0.352	582.0	0.1336
辉 钼 矿	1.0721	0.329	0.318	-564.6	0.0591
铜 蓝	1.4728	0.403	0.373	585.1	0.3290

定非均质矿物的主反射率 (R_1 和 R_2), 并计算一百多种金属矿物偏光色五项颜色指数 (R_{vis} 、 X 、 Y 、 λ_d 、 Pe) 数值。计算结果说明, 偏光色颜色指数对于以定量数据鉴定非均质金属矿物具有实用意义, 为矿相学向“微粒、微区、定量、快速、自动化、电子计算机化”发展创造了有利条件。

二、偏光色颜色指数的计算方法

偏光色颜色指数计算工作分两个阶段进行。前一阶段为基础性计算阶段, 后一阶段为专门性计算阶段。基础性计算阶段的任务是根据非均质金属矿物实测的各种波长之主反射率 R_1 (最大主反射率)和 R_2 (最小主反射率)数据, 计算该矿物在严格正交偏光下 45° 位置上不同波长的正交反射率(R_+)。专门性计算阶段的任务则为根据各种波长的 R_+ 纯物理学数据转换为G. I. E生理学系统的计算数据(R_{vis} 、 X 、 Y 、 λ_d 、 Pe)。现分别简介如下:

(一) 基础性计算——据物理光学的马吕斯定律, 上述正交反射率 R_+ 为:

$$R_+ = \bar{R} \cdot \sin^2 A_r \dots\dots\dots (I)$$

(I) 式中 R_+ ——非均质金属矿物在严格正交偏光下 45° 位置上的正交反射率(%);

$\bar{R}$ ——非均质金属矿物在 45° 位置上的反射率($R_1 + R_2/2$)(%);

A_r ——非均质金属矿物在 45° 位置上的“非均质视旋转角”。

大家知道, 非均质视旋转角 A_r 在理论计算时因必须引入周相差而较复杂, 不如非均质旋转角 $A_{r\beta}$ 易于计算。王曙(1976)曾计算中等非均质性的赤铁矿在用干镜头时的反射偏光电矢量端点轨迹椭圆短轴与其长轴的比值为1:385, 即接近于“直线式振动”^[12]。他计算赤铁矿在用干镜头时 A_r 角为 $2^\circ 4'$; 赤铁矿在用油浸镜头时 A_r 角为 $3^\circ 39'$, $A_{r\beta}$ 角为 $3^\circ 38'$ 。这种极微小的差异(1'或1'以下)在实际测量时没有实用意义(一般测量误差为12')。同样, 笔者计算出弱非均质矿物细硫砷铅矿(gratonite)在580毫微米单色光下用干镜头时其 A_r 和 $A_{r\beta}$ 都为 $0^\circ 0' 22''$ 。再如强非均质矿物辉锑矿, 据沈湘元计算, 在589毫微米单色光下于(100)截面用干镜头时其 A_r 角为 $5^\circ 55'$ 、 $A_{r\beta}$ 角为 $5^\circ 47'$, 两者差别也很小。只是特强非均质矿物铜蓝在589毫微米单色光下用干镜头时笔者计算出其 A_r 角为 $21^\circ 48'$ 、 $A_{r\beta}$ 角为 $20^\circ 52'$, 非均质视旋转角 A_r 与非均质旋转角 $A_{r\beta}$ 差别较大(相对差4.375%)。故本文采用 $A_{r\beta}$ 代替 A_r 角参加(I)式计算, 特别是考虑到各种波长的 R_+ 都用 $A_{r\beta}$ 代替 A_r , 这对实际偏光色的颜色效应并不发生具有实际意义的改变。因此,

$$R_+ = \bar{R} \cdot \sin^2 A_{r\beta} \dots\dots\dots (II)$$

表2 等能光源 S_E 等值纵坐标法计算偏光色颜色指数记录表Table 2. Record table for calculation of polarization color indices with equal interval ordinate method with S_E as light source

波 长 (nm)	$P_{E\lambda} \cdot \bar{X}_\lambda \cdot R_{+\lambda}$	$P_{E\lambda} \cdot \bar{Y}_\lambda \cdot R_{+\lambda}$	$P_{E\lambda} \cdot \bar{Z}_\lambda \cdot R_{+\lambda}$
400	$0.0143 \cdot R_{+400}$	$0.0004 \cdot R_{+400}$	$0.0679 \cdot R_{+400}$
410	$0.0435 \cdot R_{+410}$	$0.0012 \cdot R_{+410}$	$0.2074 \cdot R_{+410}$
420	$0.1344 \cdot R_{+420}$	$0.0040 \cdot R_{+420}$	$0.6456 \cdot R_{+420}$
430	$0.2839 \cdot R_{+430}$	$0.0116 \cdot R_{+430}$	$1.3856 \cdot R_{+430}$
440	$0.3483 \cdot R_{+440}$	$0.0230 \cdot R_{+440}$	$1.7471 \cdot R_{+440}$
450	$0.3362 \cdot R_{+450}$	$0.0380 \cdot R_{+450}$	$1.7721 \cdot R_{+450}$
460	$0.2908 \cdot R_{+460}$	$0.0600 \cdot R_{+460}$	$1.6692 \cdot R_{+460}$
470	$0.1954 \cdot R_{+470}$	$0.0910 \cdot R_{+470}$	$1.2876 \cdot R_{+470}$
480	$0.0956 \cdot R_{+480}$	$0.1390 \cdot R_{+480}$	$0.8130 \cdot R_{+480}$
490	$0.0320 \cdot R_{+490}$	$0.2080 \cdot R_{+490}$	$0.4652 \cdot R_{+490}$
500	$0.0049 \cdot R_{+500}$	$0.3230 \cdot R_{+500}$	$0.2720 \cdot R_{+500}$
510	$0.0093 \cdot R_{+510}$	$0.5030 \cdot R_{+510}$	$0.1582 \cdot R_{+510}$
520	$0.0633 \cdot R_{+520}$	$0.7100 \cdot R_{+520}$	$0.0782 \cdot R_{+520}$
530	$0.1655 \cdot R_{+530}$	$0.8620 \cdot R_{+530}$	$0.0422 \cdot R_{+530}$
540	$0.2904 \cdot R_{+540}$	$0.9540 \cdot R_{+540}$	$0.0203 \cdot R_{+540}$
550	$0.4334 \cdot R_{+550}$	$0.9950 \cdot R_{+550}$	$0.0087 \cdot R_{+550}$
560	$0.5945 \cdot R_{+560}$	$0.9950 \cdot R_{+560}$	$0.0039 \cdot R_{+560}$
570	$0.7621 \cdot R_{+570}$	$0.9520 \cdot R_{+570}$	$0.0021 \cdot R_{+570}$
580	$0.9163 \cdot R_{+580}$	$0.8700 \cdot R_{+580}$	$0.0017 \cdot R_{+580}$
590	$1.0263 \cdot R_{+590}$	$0.7570 \cdot R_{+590}$	$0.0011 \cdot R_{+590}$
600	$1.0622 \cdot R_{+600}$	$0.6310 \cdot R_{+600}$	$0.0008 \cdot R_{+600}$
610	$1.0026 \cdot R_{+610}$	$0.5030 \cdot R_{+610}$	$0.0003 \cdot R_{+610}$
620	$0.8544 \cdot R_{+620}$	$0.3810 \cdot R_{+620}$	$0.0002 \cdot R_{+620}$
630	$0.6424 \cdot R_{+630}$	$0.2650 \cdot R_{+630}$	0.0000
640	$0.4479 \cdot R_{+640}$	$0.1750 \cdot R_{+640}$	0.0000
650	$0.2835 \cdot R_{+650}$	$0.1070 \cdot R_{+650}$	0.0000
660	$0.1649 \cdot R_{+660}$	$0.0610 \cdot R_{+660}$	0.0000
670	$0.0874 \cdot R_{+670}$	$0.0320 \cdot R_{+670}$	0.0000
680	$0.0468 \cdot R_{+680}$	$0.0170 \cdot R_{+680}$	0.0000
690	$0.0227 \cdot R_{+690}$	$0.0082 \cdot R_{+690}$	0.0000
700	$0.0114 \cdot R_{+700}$	$0.0041 \cdot R_{+700}$	0.0000
三者之和	$\Sigma(P_{E\lambda} \cdot \bar{X}_\lambda \cdot R_{+\lambda}) =$	$\Sigma(P_{E\lambda} \cdot \bar{Y}_\lambda \cdot R_{+\lambda}) =$	$\Sigma(P_{E\lambda} \cdot \bar{Z}_\lambda \cdot R_{+\lambda}) =$
应乘因素	1/10.68	1/10.68	1/10.68
三刺激值	X =	Y =	Z =

偏光色颜色指数 偏光色亮度: $R_{vis} = Y =$ 色度坐标值: $x = X/(X + Y + Z) =$; $y = Y/(X + Y + Z) =$ 偏光色主波长: $\lambda_d =$ 偏光色纯度: $P_c =$

表 3 非均质金属矿物的偏光色颜色指数

Table 3 Polarization color indices of anisotropic ore minerals

数 据 (S _E) 矿 物	项 目	偏光色亮度 R _{vis} (%)	偏光色色度坐标值		偏光色主波长 λ _d (毫微米)	偏光色纯度 P _c
			x	y		
自然砷		0.1607	0.407	0.415	576.8	0.4676
自然锑		0.0122	0.403	0.351	594.2	0.2626
自然铋		0.0607	0.365	0.418	567.1	0.3510
自然碲		0.0706	0.325	0.328	483.0	0.0325
自然硒		0.1698	0.288	0.322	488.4	0.1615
自然硫		0.0913	0.328	0.340	509.4	0.0165
石墨		0.9955	0.359	0.352	582.0	0.1336
锑铊铜矿	Cuprostibite	0.0500	0.300	0.431	532.8	0.2123
富铊锑铊铜矿	Tl-cuprostibite	0.0656	0.274	0.376	501.3	0.1811
红锑铋矿	Breithauptite	0.1640	0.349	0.459	559.6	0.4289
陨磷铁矿	Schreibersite	0.0008	0.234	0.212	472.4	0.4605
*锡铂铜钼矿	Taimarite	0.0219	0.385	0.370	582.3	0.2659
*含砷锡钼矿	Pallastannide	0.0024	0.186	0.148	471.5	0.6909
铜 蓝		1.4728	0.403	0.373	585.1	0.3290
雄 黄		0.0141	0.241	0.287	485.0	0.3489
磁黄铁矿		0.0558	0.294	0.360	500.7	0.1204
针 镍 矿	Millerite	0.0341	0.388	0.308	-497.7	0.1712
辰 砂		0.0528	0.318	0.357	513.8	0.0507
白 铁 矿		0.0580	0.312	0.442	543.5	0.2720
辉 钼 矿		1.0721	0.329	0.318	-564.6	0.0591
辉 钨 矿	Tungstenite	0.8677	0.304	0.296	471.1	0.1381
辉 铋 矿	Bismuthinite	0.0964	0.331	0.375	551.7	0.1191
辉 锑 矿		0.4188	0.271	0.282	480.1	0.2571
雌 黄		0.2319	0.346	0.359	569.9	0.1157
*锑 雌 黄	Wakabayashilite	0.0257	0.369	0.363	580.3	0.1968
*裴硫砷锑矿	Packkoenenite	0.1797	0.273	0.343	493.9	0.1976
四方硫铁镍矿	Mackinawite	1.6231	0.360	0.372	573.6	0.1969
红 砷 镍 矿	Niccolite	0.0380	0.210	0.289	487.1	0.4502
斜方砷铁矿	Loellingite	0.0096	0.305	0.148	-560.6	0.6464
钴斜方砷铁矿	Co-loellingite	0.0039	0.244	0.098	-567.2	0.9780
斜方砷钴矿	Safflorite	0.0088	0.504	0.324	617.4	0.4842
毒 砂		0.0005	0.177	0.085	460.6	0.8215
*红 氯 汞 矿	Poyarkovite	0.0788	0.248	0.332	491.7	0.2884
赤 铁 矿		0.0283	0.315	0.364	515.8	0.0633
*四方锰铁矿	Iwakite	0.0037	0.394	0.421	573.6	0.4468
钨 铁 矿	Ferberite	0.0117	0.337	0.345	565.6	0.0464
黑 柱 石	Ilvaite	0.400	0.498	0.415	586.7	0.7409
方 黄 铜 矿	Cubanite	0.0374	0.213	0.263	483.8	0.4648
铁 铜 蓝	Idaite	0.2380	0.172	0.253	485.0	0.6092
辉 铁 锑 矿	Berthierite	0.2396	0.267	0.298	484.5	0.2527
硫 锑 铁 矿	Gudmundite	0.0239	0.194	0.265	485.1	0.5252
*硫 砷 锑 矿	Getchellite	0.0202	0.309	0.288	444.1	0.1417
硫 锑 汞 矿	Livingstonite	0.1364	0.281	0.299	482.7	0.2060

续表 3

数 据 (Sg) 项 目 矿 物	偏光色亮度 $R_{vis}(\%)$	偏光色色度坐标值		偏光色主波长 $\lambda_d(\text{毫微米})$	偏光色纯度 P_c
		x	y		
红 铈 矿 Lorandite	0.0450	0.247	0.211	467.2	0.4265
硫铈铈铁铜矿 Chalcocite	0.0300	0.177	0.278	487.0	0.5700
硫铈铁铜矿 Renierite	0.0085	0.439	0.495	573.0	0.8047
墨 铜 矿 Vallerite	0.2343	0.526	0.448	584.5	0.9246
*沃硫铈镍矿 Vozhminite	0.0135	0.193	0.171	473.8	0.6380
*硫铈铜钾矿 Murunskite	0.0012	0.239	0.333	491.7	0.3189
硒 铜 蓝 Klockmannite	1.2327	0.325	0.321	465.1	0.0419
红 硒 铜 矿 Umangite	0.0572	0.383	0.528	563.9	0.7384
硒铈银铜矿 Crookesite	0.0052	0.185	0.202	479.0	0.6227
白 硒 铁 矿 Ferroselite	0.0244	0.541	0.441	586.2	0.9484
硒 黄 铜 矿 Eskebornite	0.0193	0.239	0.241	477.4	0.4067
副 硒 铈 矿 Paraguanajuatite	0.2259	0.248	0.281	483.3	0.3321
*硫 硒 铈 矿 Laitakarite	0.0248	0.423	0.387	584.4	0.4313
斜方硫铈矿 Frobergite	0.0018	0.528	0.431	586.6	0.8793
碲 铈 矿 Melonite	0.0278	0.416	0.498	570.0	0.7450
碲 铜 矿 Rickardite	0.1866	0.263	0.362	497.0	0.2218
软 碲 铜 矿 Vulcanite	1.6550	0.517	0.450	583.7	0.9034
碲 银 矿 Hessite	0.0039	0.473	0.300	494.8	0.4518
碲 金 矿 Calaverite	0.0108	0.305	0.322	486.4	0.1044
斜方碲金矿 Krennerite	0.0491	0.289	0.275	470.0	0.2117
亮 碲 金 矿 Montbrayite	0.1217	0.333	0.338	551.3	0.0134
针碲金矿 Sylvanite	0.1144	0.282	0.286	478.4	0.2176
叶 碲 金 矿 Nagyagite	0.0063	0.188	0.159	472.9	0.6692
碲 铋 矿 Tellurobismuthite	0.0192	0.398	0.418	574.8	0.4496
叶 碲 铋 矿 Wehrlite	0.0089	0.343	0.352	570.4	0.0855
碲碲铋矿-A Joseite-A	0.0250	0.293	0.312	484.6	0.1535
碲碲铋矿-B Joseite-B	0.0910	0.358	0.363	575.8	0.1636
碲碲铋矿 Tetradymite	0.0849	0.309	0.325	487.2	0.0884
*苏碲碲铋矿 Sulphotsumite	0.0170	0.408	0.405	578.6	0.4405
碲碲铋铜矿 Chalcocite	0.0329	0.219	0.193	472.2	0.5310
碲 碲 铜 矿 Enargite	0.0224	0.333	0.322	555.6	0.0352
四方碲碲铜矿 Luzonite	0.0166	0.413	0.424	576.5	0.5128
车 轮 矿 Bournonite	0.0090	0.352	0.402	564.4	0.2642
针碲铅铜矿 Betekhtinite	0.0018	0.242	0.407	502.5	0.2776
碲 车 轮 矿 Seligmannite	0.0167	0.387	0.424	571.8	0.4350
碲碲铋铅矿 Geocronite	0.0078	0.248	0.243	475.9	0.3765
斜方碲铋铅矿 Meneghinite	0.0087	0.306	0.316	483.1	0.1069
碲 碲 铅 矿 Boulangerite	0.0857	0.301	0.306	479.7	0.1341
异碲碲铋矿 Heteromorphite	0.1461	0.293	0.305	482.0	0.1608
脆碲碲铋矿 Jamesonite	0.0484	0.303	0.336	493.0	0.1006
斜碲碲铋矿 Plagionite	0.1215	0.299	0.295	474.7	0.1540
辉 碲 铅 矿 Zinkenite	0.0407	0.307	0.321	485.4	0.0986
*碲碲碲铋矿 Ardaite	0.0137	0.381	0.393	575.3	0.3233

续表 3

数据 项 目 (S _E) 矿 物	偏光色亮度 R _{vi} [*] (%)	偏光色色度坐标值		偏光色主波长 λ _d (毫微米)	偏光色纯度 P _e
		x	y		
硫锰铋铅矿 Benavidesite	0.0154	0.366	0.377	574.5	0.2300
约硫砷铅矿 Jordanite	0.0058	0.303	0.330	490.2	0.1056
细硫砷铅矿 Gratonite	0.0001	0.165	0.043	453.8	0.9306
辉铅铋矿 Galenobismutite	0.0065	0.287	0.322	488.5	0.1649
斜方辉铋铅矿 Cosalite	0.0950	0.329	0.349	538.0	0.0363
硫铋铅矿 Lillianite	0.0917	0.298	0.314	484.3	0.1351
硫铋铋铅矿 Kobellite	0.0329	0.277	0.221	428.0	0.3437
硫铜铋铅矿 Aikinite	0.0935	0.350	0.368	569.6	0.1550
硫铋铜矿 Wittchenite	0.0078	0.457	0.391	587.5	0.5453
恩硫铋铜矿 Emplectite	0.0246	0.315	0.378	527.6	0.0925
杂硫铋铜矿 Dognacskite	0.0509	0.391	0.377	581.5	0.3051
*铋车轮矿 Soucekite	0.0184	0.365	0.340	596.0	0.1154
似黄锡矿 Stannoidite	0.3450	0.246	0.340	492.9	0.2899
硫锡铁铜矿 Mawsonite	0.0214	0.503	0.381	593.2	0.6534
淡红银矿 proustite	0.0306	0.333	0.356	553.8	0.0664
硫砷铜银矿 Pearceite	0.0976	0.337	0.372	558.5	0.1284
硫铋铜银矿 Polybasite	0.0098	0.371	0.513	562.5	0.6572
浓红银矿 Pyrargyrite	0.0140	0.336	0.416	555.9	0.2574
脆银矿 Stephanite	0.0233	0.335	0.410	555.4	0.2450
脆硫铋银铅矿 Owyheeite	0.0105	0.325	0.372	542.2	0.0948
硫铁银矿 Sternbergite	0.2642	0.307	0.318	483.8	0.1015
*硫汞银铜矿 Balkanite	0.0757	0.402	0.383	582.1	0.3562
马硫铜银矿 Mackinstryite	0.0288	0.252	0.246	475.5	0.3606

表中注有 * 符号矿物之中文译名为暂译名。

(II) 式的便于计算的转换式为:

$$R_+ = \frac{1}{4} \left(\sqrt{R_1} - \sqrt{R_2} \right)^2 \dots \dots \dots$$

(III) ①

(二) 专门性计算——包括以下六个步骤:

(1) 将基础性计算中算出的各种波长之正交偏光反射率在网格纸上投点, 连成欲测矿物的正交反射率 (R₊) 色散曲线;

(2) 在上述网格纸上截量出 S_E 等能光源等值纵座标计算法所需要的间隔 10 毫微米、从 400—700 毫微米之间共 31 个正交反射率数值 (若原始 R₁ 和 R₂ 资料为单色光仪测量的间隔为 20 毫微米从 400—700 毫微米的 16 组数值, 则可省去作色散曲线图截量 31 个正

交反射率而采取平均插入法直接得出 400—700 毫微米区间的 31 个 R₊ 数据)。

(3) 借助表 2 将上述正交反射率数值乘以相对应的三刺激函数 P_{Eλ}、 $\bar{X}_\lambda$ 、P_{Eλ}、 $\bar{Y}_\lambda$ 和 P_{Eλ}、 $\bar{Z}_\lambda$ 。按红、绿、蓝三原色分别相加, 得出 Σ(P_{Eλ}、 $\bar{X}_\lambda$ 、R₊λ)、Σ(P_{Eλ}、 $\bar{Y}_\lambda$ 、R₊λ) 和 Σ(P_{Eλ}、 $\bar{Z}_\lambda$ 、R₊λ)。都乘以应乘因素 1/10.68, 即得出 X、Y、Z 值;

(4) 由 X 为 X/(X+Y+Z) 和 Y 为 Y/(X+Y+Z) 算出偏光色色度坐标值 x、y;

(5) 由 x、y 在色度图上的位置求出

① (III) 式的推导、证明参阅: 徐国风 (1979) 非均质吸收性矿物在反射直射偏光下研究的一组新理论公式和某些新测定方法。湖北《地质参考资料》第 3 辑 201—259 页。

偏光色主波长 λ_d 和偏光色纯度Pe (作图法是将x、y值在色度图上投出欲测矿物偏光色的色光点, 将此点与白点连接, 并向光谱色马蹄形曲线方向延长, 与该曲线相交得出 λ_d 交点, 此点在光谱色轨迹上的波长数即为偏光色的主波长值。上述色光点和白点之间的线段长度与 λ_d 交点和白点之间的线段长度之比值为偏光色的纯度Pe)。另外, 也可借助电子计算机的“计算法”求出偏光色的主

波长 λ_d 和纯度Pe数值;

(6) 表2算出之Y值即为该欲测矿物偏光色的亮度Pvis。

三、偏光色颜色指数的计算结果

现将笔者收集到的一百余种非均质金属矿物在不同波长的主反射率(R_1 和 R_2)资料^[10,13-15]按上述方法用PC-1500型电子计

表4 非均质金属矿物偏光色的亮度分级方案

Table 4 Luminance grade scheme of anisotropic ore minerals

亮度分级	Rvis范围(%)	典 型 矿 物	占有率(%)
极明亮	>0.5	软碲铜矿、四方硫铁镍矿、铜蓝、硒铜蓝、辉钼矿、石墨、辉钨矿等	~6
明 亮	0.1—0.5	辉铋矿、似黄锡矿、硫铁银矿、墨铜矿、雌黄、红碲镍矿、碲铜矿、自然砷、斜硫铋铅矿、针碲金银矿等。	~16
中 等	0.05—0.1	辉铋矿、硫铋铅矿、碲铋铅矿、辉碲铋矿、自然砷、硫汞银铜矿、自然铋、白铁矿、磁黄铁矿、辰砂等。	~19
微 弱	0.01—0.05	斜方碲金矿、脆硫铋铅矿、红碲镍矿、方黄铜矿、淡红银矿、赤铁矿、雄黄、深红银矿、钨铁矿、自然铋等。	~37
极微弱	<0.01	斜方碲铁矿、车轮矿、叶碲铋矿、斜方砷钴矿、叶碲金矿、硒碲铜银矿、碲银矿、斜方碲铁矿、毒砂、细硫砷铅矿等。	~22

表5 非均质金属矿物偏光色主波长的分布特征

Table 5 Distribution characteristic of the dominant wave length of polarization color indices of anisotropic ore minerals

主波长分级	λ_d 范围(毫微米)	典 型 矿 物	占有率(%)
I	380—491	硫铋铋铅矿、细硫砷铅矿、红碲矿、毒砂、辉铋矿、自然砷、方黄铜矿、雄黄、红碲镍矿、辉铅铋矿等。	~40
II	491—494	脆硫铋铅矿、似黄锡矿等。	~3
III	494—554	碲铜矿、磁黄铁矿、赤铁矿、针硫铅铜矿、碲铜矿、斜方辉铋铅矿、白铁矿、辉铋矿、亮碲金矿、淡红银矿等。	~13
IV	554—569	脆银矿、深红银矿、硫碲铜银矿、红碲镍矿、硫碲铜银矿、车轮矿、红碲铜矿、自然铋、硫铜铅铋矿等。	~9
V	569—610	雌黄、铜蓝、钨铁矿、四方硫铁镍矿、四方硫砷铜矿、自然砷、墨铜矿、斜方碲铁矿、硫锡铁铜矿、自然铋等。	~29
VI	610—780	—	—
VII	—(494—554)	碲银矿、针铋矿、硫碲铜矿等。	~3
VIII	—(554—569)	斜方砷铁矿、辉钼矿、钴斜方砷铁矿等。	~3

计算机计算的结果列于表3。

四、讨 论

从以上计算结果可以讨论:

1. 笔者认为, 对非均质金属矿物偏光色的亮度, 可分为五级(见表4)。此分级方案与镜下观察到的实际情况相符, 因而具有实用价值。

2. 不难看出, 非均质金属矿物偏光色主波长在色度图内八个区域的分布是不均匀

的(表5)。主要为第1级(约占40%)和第V级(约占29%), 属II、VI、VII、VIII级的矿物极少, III、IV级居中(约占9—14%)。占80%以上之绝大多数主波长 λ_d 小于569毫微米的矿物, 其非均质视旋转色散符号(或非均质旋转色散符号)为蓝大于红($v > r$), 大于569毫微米的矿物为红大于蓝($r > v$)。

3. 可以设想, 对非均质金属矿物偏光色的纯度分为四级(见表6)。此也与镜下观察视觉一致, 并具有实用意义。

表6 非均质金属矿物偏光色的激发纯度分级方案

Table 6 Grade scheme of the purity of the excitement of anisotropic ore minerals

纯度分级	Pe 范围	典 型 矿 物	占有率(%)
很 高 (偏光色深浓)	>0.5	细硫砷铅矿、白硒铁矿、墨铜矿、毒砂、斜方砷铁矿、铁铜蓝、叶碲金矿、硫锑铜银矿、硫锑铜矿、硫锑铁矿等。	~22
高 (偏光色鲜艳)	$0.25-0.5$	四方硫砷铜矿、方黄铜矿、红砷镍矿、红砷镍矿、自然铋、铜蓝、似黄锡矿、辉锑矿、丰轮矿、深红银矿等。	~31
中 等 (偏光色清晰)	$0.1-0.25$	自然锑、白铁矿、针镍矿、四方硫铁镍矿、辉铅铋矿、斜硫锑铅矿、石墨、磁黄铁矿、辉铋矿、雌黄等。	~32
低 (偏光色浅淡)	<0.1	辉锑铅矿、辉砷铋矿、淡红银矿、赤铁矿、辉钼矿、辰砂、自然砷、钨铁矿、亮砷金矿、脆硫锑铅矿等。	~15

参 考 文 献

[1] 陈正、陈殿芬、李纯杰, 1979, 金属矿物反射色的颜色指数。地质学报, 第53卷, 第3期。

[2] Piller H., 1966, Colour measurement in ore microscopy. Miner. Deposita, 1966, № 1, 175—192.

[3] 张志雄, 1958, 矿物反射色的测量及其应用。中南矿冶学院学报, 第3卷, 第2期。

[4] Craig J. R., Vaughan D. J., 1981, Ore microscopy and ore petrography. John Wiley & Sons, New York/Chichester/Brisbane/Toronto.

[5] 郑楚生, 1981, 不透明矿物的反射光谱鉴定。地球化学, 1981年第3期。

[6] Henry N. F. M., Phillips R., 1977, Quantitative color and its use in microscopic mineralogy. McCrone Research Associates, London.

[7] Фекличев В. Г., 1979, Диагностические спектры минералов М. "Недра".

[8] Рябева Е. Г., 1982, Цвет как диагностическая характеристика рудных минералов. Геол. рудн. месторожд., 1982, № 3, 95—98.

[9] 陈正、陈殿芬、邹星, 1979, 金属矿物颜色指数研究, 地质出版社。

[10] Чвишева Т. Н., и др., 1979, Цвет рудных минералов в отраженном свете. М. "Недра".

[11] Koritnig S., 1980, Die Messung der Stärke der Anisotropie bei gekreuzten Polarisatoren im Auflicht. N. Jb. Miner. Mh., 1980, H. 3, 131—137.

[12] 王曙, 1976, 不透明矿物晶体光学。地质出版社。

- [13] Завьялов Е. Н., и др., 1983, Новые данные о Лайтакарите. Зап. Всес. Минер. общ., 112, вып. 2, 185—191.
- [14] Lopez Soler A., et al., 1975, Optical study of cuprostibite (Cu_2Sb). Fortschr. Miner. 52, 557—566.
- [15] Besteiro J., et al., 1975, Optical study of gratonite. Fortschr. Miner. 52, 549—556.

Determinative Significance and Calculative Method of Polarization Color Indices of Ore Minerals

Xu Guofeng

Mei Jianming

Abstract

In this paper, the problems of the distinguishing characters and the calculative method of Polarization Color Indices of ore minerals are discussed. The new calculative method of Polarization Color Indices of ore minerals according to the Standard System(XYZ) of C. I. E is established. The counting method and processes are described.

The luminance, hue and degree of saturation or purity of excitement of Polarization Color of ore minerals can be obtained from above new calculative method with S_E as light source. The Polarization Color Indices of more than hundred ore minerals are given. The systematic data, which include the Luminance of Polarization Color $R_{vis}(\%)$, Chromaticity Coordinates x, y , Dominant wave length $\lambda_d(\text{nm})$, and Degree of saturation P_e of Polarization Color Indices, will aid to identify the main anisotropic ore minerals.