

金属矿物 显微镜鉴定表

W. 乌顿布格
E. A. J. 伯克 著

地质出版社

金属矿物显微镜鉴定表

(第二修订版)

W. 烏頓布格 著
E.A.J. 伯克

本书翻译组译

地 质 出 版 社

1975·北京

W. UYTENBOGAARDT
E. A. J. BURKE
TABLES FOR
MICROSCOPIC IDENTIFICATION
OF ORE MINERALS

(Second revised edition)

Elsevier Publishing Company, Amsterdam, London, New York, 1971

金属矿物显微镜鉴定表

(第二修订版)

W. 乌顿布格 著
E. A. J. 伯克
本书翻译组译

地质局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

北京新华书店发行所发行 各地新华书店经售

1975年9月北京第一版·1975年9月北京第一次印刷

印数1—3,800册·定价3.00元

统一书号, 15038·新137

译 者 的 话

本书是1951年第一版的修订版。新版增补了作者二十年来的研究成果和直至1970年的世界各国最新资料。不透明矿物数量由第一版的250种增至500多种。

全书共分上、下两编。上编为鉴定表，按金属矿物的显微压入硬度、反射率、抗磨硬度分别编排成表；另将一些关系密切、经常共生在一起的矿物分九类（如硒化物，碲化物，铅-铋复硫酸盐等）列表。下编为矿物描述，详述了500余种不透明矿物的光学性质、其他物理性质、鉴定特征、地质产状、共生关系等。书末附有中、英矿物名词索引。

本书较为全面，查阅方便。遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，将此书翻译出版，以供岩矿鉴定工作者及有关地质工作人员参考。

本书由闵茂中、于凤池、苏树春等同志译校，经集体整理而成。译稿经北京大学地质地理系及陈正同志等审校，谨在此表示感谢。

由于译者水平有限，译文错误和不妥之处在所难免，敬请读者指正。

序

自本书第一版于1951年出版以来，矿物学界发生了巨大的变化，不透明矿物领域的变化也颇为显著。国际矿物学协会 (International Mineralogical Association) 宣告成立。该协会下设的几个委员会，特别是矿物资料委员会 (Commission on Mineral Data)，新矿物与矿物名称审查委员会 (Commission on New Minerals and Mineral Names)，和矿相学委员会 (Commission on Ore Microscopy)，为我们提供了大量关于不透明矿物的资料。

在过去的二十年中，电子探针显微分析法在矿物学研究中日益大规模的应用，具有极为重大的意义。一些悬而未决的问题，特别是那些关于矿物化学成分的问题，得到了解决。许多原先被认为是不合格的矿物，重新得到了肯定；一些熟悉的矿物名称从确切的金属矿物名单中消失了；与此同时，发现了一大批新矿物。在不透明矿物领域里，我们好象仅仅处在一个新发展阶段的起点。

此外，在矿相学中应用定量方法，已经越来越成为矿相工作者的标准工作方法。在这方面，几次国际性和地区性的定量矿相学夏季讲习班予以有力地促进，并且高精度的反射率和显微压入硬度测量仪器的制造提供了极大的方便。其结果是，关于新的定量数据的论文迅速大量涌现。鉴于这种情况，将所有这些资料数据作一新的综合归纳，就显得十分必要，虽然作者首先承认，对于几族金属矿物来说，现有的准确定量数据还存在着严重的差距。

可能会提出这样的问题：今天，这样一个电子探针和计算机的世界里，象本书这样的鉴定表是否还有实用价值？不论是透射光显微镜鉴定学，还是反射光显微镜鉴定学，对于这个问题的回答都是肯定的。反射光显微镜将总是矿相工作者，金属矿床地质工作者和选矿工程人员研究金属矿物标本或选矿产品首先使用的仪器。即使并非在所有的情况下都能用显微镜鉴定出某一未知矿物，鉴定表仍将常是研究金属矿物必不可少的工具。

许多人给我们寄送了矿物标本，有价值的定量数据或他们论文的复本，促进了本书的完成，这里不可能一一列举他们的姓名，作者谨向他们致以深切的谢意。

作者也欢迎并感谢对本书错误、遗漏之处的更正和补充。

荷兰弗里大学

地学院矿物岩石系

W. 乌顿布格

E. A. J. 伯克

1970年2月于阿姆斯特丹

引 言

编写本书新版的目的是与第一版相同，(1)对于所有已作充分描述的金属矿物提供尽可能详尽的有用资料；(2)将这些资料编排成尽可能便于查阅使用的形式。近二十年来，确切的金属矿物种的数量有了极大的增加。本书第一版中只有 250 种矿物，而这一版中已增加到大约 500 种矿物。大部分矿物都有足够的资料可供引用，从而有可能根据其主要物理性质之一编排成鉴定表。这一部分矿物列于上编的表 I-XII 中。但是，也有相当大一部分矿物，没有足够的资料可供引用。所以，不能将这些矿物列入上编的任何一个表中，而在下编描述与之最为密切相关的矿物时，以“注”的形式描述这些矿物。本表不包括碳化合物。

为了便于熟悉第一版的读者使用本表，新版保持了与第一版相同的总体结构。在 1951 年版中，鉴定矿物所依据的主要性质是“硬度”和反射率^①。新版中仍然采用这两种性质作为鉴定矿物的主要依据。

硬 度

由于缺乏定量数据，1951 年采用的是抗磨硬度，如今已测定了大部分金属矿物的显微压入硬度（维氏硬度值 Vickers Hardness Number, VHN），这就使得我们有可能按 (VHN) 递增的顺序排列这些矿物，尽管不同矿物的 (VHN) 范围有重叠现象（上编，表 I）。这一版中，完全删去了塔尔马奇硬度 (Talmage hardness)。但是，对于许多鉴定工作者来说，抗磨硬度在鉴定矿物时仍然有极大用处。特别是由于许多矿物的 (VHN) 尚未测得，而即使在抛光良好的光片中通常也可见到亮线，抗磨硬度就显得更为有用。因此，也将矿物按抗磨硬度递增的顺序（某些情况下是推测性的）排列于上编的表 III 中。

关于显微压入硬度测定的理论和实践问题的讨论，读者可参考比克拉 (Buckle, 1960)，伽姆 (Gahn, 1969)，佩尔纳玛 (Pärnamaa, 1963) 和乌顿布格 (Uytenbogaardt, 1967) 的著作。一些实际操作问题可简述如下：

(1) 因为 (VHN) 与荷载有关，发表 (VHN) 资料时应注明所加的荷载。

(2) 如有可能，荷载应按如下方式选择：所得压痕对角线长度为 20-25 微米。荷载过小，压锥不能穿透较硬的表层。测量时应首先试用 100 克的标准荷载。

(3) 每次测量至少应作十个压痕。

(4) 显微压入硬度值范围，用压痕最小对角线长度的平均值和最大对角线长度的平均值计算。

(5) 压锥降至最低点的时间和压入时间每次均为 15 秒。

光片中测定的数值不能与晶面上测定的数值相比较。

① 遵照国际理论与应用物理协会 (International Union of Pure and Applied Physics) 确定的术语和国际矿物学协会矿相学委员会关于此问题的决议，本书用“反射率” (reflectance) 代替“反射力” (reflectivity)，用“双反射” (bireflectance) 代替“反射多色性” (reflection pleochroism)。

反射率

反射率是金属矿物最主要的性质之一，反射率的测定应成为常规鉴定工作的一部分。虽然现有的反射率数据是采用不同类型的仪器、滤光片、标准体等测得的，并非总能互相对比，在上编表Ⅱ中，仍然试将绝大多数金属矿物按空气中最低反射率递增的顺序排列。表Ⅱ中的反射率值均作了四舍五入的处理，大多数反射率值是用某种类型的光电倍增管式仪器在绿光中测定的。下编矿物描述部分列有更为详尽的反射率数据。建议所有的矿相工作者，在可能的情况下，按照国际矿物学协会矿相学委员会推荐的四个标准波长，即 470, 546, 589, 650nm (毫微米)，发表反射率 (R) 值。如果只发表一个波长的 (R) 值，则应采用 546nm 的波长。当然，最理想的是测出所有矿物的完整的分光反射率曲线 (均质矿物为一条，一轴晶矿物为两条，二轴晶矿物为三条)，但在目前还远远没有这个可能。然而，所有矿相工作者都应共同向这个方向努力。

有关反射率的测量，测量误差等问题的理论性讨论，请读者参看皮勒与冯盖伦 (Piller and Von Gehlen, 1964)，鲍威 (Bowie, 1967) 和德米尔索 (Demirsoy, 1968) 的著作。

共生关系

除了上而已经提到的旨在迅速提供一般性资料的三个表外，上编中还有另外九个表，这九个表中分别列有那些彼此关系密切或通常共生在一起的矿物：硒化物 (表Ⅳ)，碲化物 (表Ⅴ)，银复硫酸盐和银-铁硫化物 (表Ⅵ)，铅-锑复硫酸盐 (表Ⅶ)，铋复硫酸盐 (表Ⅷ)，铅-砷复硫酸盐 (表Ⅸ)，锡复硫酸盐和锡硫化物 (表Ⅹ)，铂族矿物 (表Ⅺ) 和氧化锰矿物 (表Ⅻ)。这些表的用法很清楚，通常根据所研究的金属矿物的共生，可指出一定范围，以便查阅适当的鉴定表。在下编中，紧接表Ⅲ矿物的描述之后，分别对表Ⅳ—Ⅻ中的矿物按其在表中相同的顺序进行了详细的描述。

金属矿物的描述

下编中，金属矿物按表Ⅲ—Ⅻ中同样的顺序描述。描述的性质有以下几个方面。

第一栏是名称，化学成分和晶系。矿物名称采用标准的英语拼写法。未经国际矿物学协会新矿物与矿物名称审查委员会 (IMA-CNMMN) 承认的矿物名称均在右上角标有星号。

第二栏是非定量的光性资料：(1) 反射色；(2) 双反射；(3) 非均性；(4) 内反射。尽作者掌握的资料，列出了与伴生的金属矿物相比时所显现的反射色或反射色的色调。因此，“→方铅矿，淡灰色”是指当该矿物与方铅矿接触时，与方铅矿相比，色调为淡灰色。如未特别说明，所有的反射色均指浸油中的反射色而言，因为大多数情况下，双反射或反射色色调的差异，在油中比在空气中更为显著。非均性也是如此。所以，作者建议，油浸观察应作为研究光片的标准工作方法。

第三栏是定量数据，尽作者所掌握的资料，列出了空气中的反射率值。精确到小数点第一位的反射率值，都是用某种类型的光电倍增管式仪器在某一特定波长的光中测定的。其它方法测定的反射率值均已作了四舍五入处理，化成了整数，如“大约45%”。

第四栏列有抗磨硬度 (H) 和显微压入硬度 (VHN)。若未特别说明, (VHN) 值是指在荷载为100克时测定的。(VHN)₅₀ 是指所加荷载为50克。(VHN)_? 是指发表此数据的作者未说明所加荷载的大小。若未专门说明, (VHN) 的范围是综合鲍威与泰勒(Bowie and Taylor, 1958)、伯克(Burke)、列别捷娃(Lebedeva, 1963)、佩尔纳玛(Pärnamaa, 1963) 以及杨与密尔曼(Young and Millman, 1964) 等测得的最小值和最大值得出的。

最后一栏列出了一些典型性质或特点, 如晶形、双晶、解理、连晶、产状、共生矿物等。作者并不追求完整无缺的描述, 因为这远远超出了本书的范围; 这方面, 其它作者已有专门的著作, 如最近拉姆多尔(Ramdohr, 1960) 的著作。

浸蚀试验

这一版中删去了浸蚀试验。因为定量方法已日益大规模地得到应用, 没有必要再用化学浸蚀试验这种很不准确的鉴定方法。此外, 近二十年来所描述的矿物, 大多数都没有浸蚀试验的资料。

接触印痕法

接触印痕法能够得到关于光片中存在元素的有用补充资料。但化学分析超出了本鉴定表的范围。读者可参考这方面的专著, 如斯坦普洛克(Štemprok, 1953) 的论文中便有这方面参考文献的详细目录。

旋光性

本鉴定表未列入金属矿物的旋光性, 因为卡麦伦(Cameron, 1961)、卡麦伦等(Cameron et al., 1961) 以及卡潘特与卡麦伦(Carpenter and Cameron, 1963) 的著作中收入了所有旋光性方面的资料。

多余的矿物名称

第一版中, 有一章专门讨论多余的矿物名称。这类名称现在已经增加得太多了, 这一版中不准备再作详尽的讨论。在矿物名词索引中, 凡是多余的矿物名称, 右上角均标有星号并注明见该矿物的真正名称(如 ramdohrite*, See Andorite)。关于不合格矿物的详尽资料, 请读者参看休多巴(Chudoba, 1967) 的著作和该书的前几卷。

推荐的文献

关于金属矿物的成因关系, 生成顺序, 连晶, 不混溶或交代现象, 共生关系等问题, 请读者参看巴斯丁等(Bastin et al., 1931)、施瓦茨(Schwartz, 1951)、爱德华兹(Edwards, 1954)、拉姆多尔(Ramdohr, 1960)、奥尔斯纳(Oelsner, 1961) 和弗洛因德(Freund, 1966) 等人的著作。

目 录

序

引言

上编 鉴定表

表 I	金属矿物按最小显微压入硬度 (VHN) 递增的顺序排列	3
表 II	金属矿物按空气中最低反射率 (R) 递增的顺序排列	13
表 III	金属矿物按抗磨硬度 (H) 递增的顺序排列	18
表 IV	硒化物	24
表 V	碲化物	26
表 VI	银复硫酸盐和银-铁硫化物	28
表 VII	铅-铋复硫酸盐	29
表 VIII	铋复硫酸盐	30
表 IX	铅-碲复硫酸盐	31
表 X	锡复硫酸盐和锡硫化物	31
表 XI	铂族矿物	32
表 XII	氧化锰矿物	33

下编 矿物描述

表 III 矿物的描述	36
硒化物	215
碲化物	233
银复硫酸盐和银-铁硫化物	255
铅-铋复硫酸盐	271
铋复硫酸盐	281
铅-碲复硫酸盐	297
锡复硫酸盐和锡硫化物	307
铂族矿物	319
氧化锰矿物	333

矿物名词索引	353
中文矿物名词首字笔画检索表	354
中英矿物名词索引	355
英中矿物名词索引	371

上 编 鉴 定 表

表 I 金属矿物按最小显微压入硬度 (VHN) 递增的顺序排列

在这个表中, 按最小显微压入硬度 (即维氏硬度值 VHN) 递增的顺序, 列有大约 350 种金属矿物。因为许多矿物的 (VHN) 范围颇大, 所以按 (VHN) 为 1—100, 100—200 等区间, 将矿物分为许多组, 最后一组的 (VHN) 大于 1000。因此, 许多矿物同时在这几个组中出现。

在表的末尾, 按字母顺序列有 167 种尚未测定其显微压入硬度的金属矿物。

矿 物	VHN	矿 物	VHN	矿 物	VHN
VHN 1—100		圆柱锡矿	31—131	铜蓝	59—129
自然铅	4—6	碲铋矿	32—93	麦金斯特里矿	60
硫铁银矿	5—74	碲铅矿	34—60	锂硬锰矿	60—100
石墨	7—12	银金矿	34—82	针碲金银矿	60—250
辉钼矿	8—101	碲铜金矿	35—48	硫铊铜矿	61—90
自然铋	9—26	碲金银矿	35—74	碲铋矿	63—156
自然锡	10—15	硫碲铋矿	36—50	针辉铋铅矿	65
辉碲锡铅矿	13—108	红碲矿	36—99	锌黑辰砂	66—89
辉铋矿	15—16	白碲金银矿	36—130	脆硫碲铅矿	67—126
螺状硫银矿—辉银矿	20—61	英霍夫矿	38	辉铋矿	67—216
雌黄	22—58	红铊矿	39—57	斑铜矿	68—124
硒铜矿	22—99	叶碲矿	39—129	硫碲铋铅矿	69—173
辉铜银矿	23—30	硫碲铋矿-A	40—87	黑锌锰矿	71—246
碲汞矿	23—35	自然银	40—118	黑辰砂	73—86
硒铜银矿	23—94	自然金	41—94	低辉铜矿	74—83
碲银矿	24—44	辉碲矿	42—153	碲汞碲矿	74—131
自然硫	24—66	硒铋矿	42—210	斜方辉铅碲矿	74—161
辉硒银矿	25—35	硒铅矿	43—74	六方碲银矿	75—90
辉碲铋矿	25—75	自然碲	43—135	软锰矿	76—1500
自然碲	25—87	雄黄	47—60	红硒铜矿	77—112
硒汞矿	26—39	汞银矿	48—81	叶碲铋矿	81
脆银矿	26—124	硫锡矿	48—114	“捷硫碲银矿”	83—155
硒银矿	27—56	自然铜	48—143	柱硫碲铅银矿	85—140
硫铜银矿	27—82	淡红银矿—深红银矿	50—156	辉碲银矿	88—130
辉碲银铅矿	29—40	辰砂	51—98	辉铅碲矿	88—150
硫碲铋矿-B	29—67	方铅矿	51—116	“硫铊铜矿”	90—160
脆硫碲银矿	29—214	硫铜矿	52—91	块硫碲铅矿	90—183
墨铜矿	30	马基诺矿	52—181	斜方锰矿	93—1200
硫碲铋矿	30—50	沃伦斯基矿	55—103	碲硫碲铅矿	95—206
蓝辉铜矿	30—83	六方硒铜矿	57—86		
赫碲铋矿	30—89	自然碲	57—167	VHN 100—200	
副硒铋矿	30—160	淡碲铜矿	58	辉钼矿	8—101
叶硫锡铅矿	31—125	辉铜矿	58—99	辉碲锡铅矿	13—108
		硫铅碲银矿	59—91	脆银矿	26—124

表 I (续)

矿 物	VHN	矿 物	VHN	矿 物	VHN
脆硫锑银矿	29—214	硫锑铜银矿	108—141	硫锑铜铅矿	149—178
副硒锑矿	30—160	硒锑镍矿	109—119	灰硫砷铅矿	149—204
叶硫锡铅矿	31—125	板硫锑铅矿	109—173	普硫锑铅矿	150—171
圆柱锡矿	31—131	派克矿	111—142	方黄铜矿	150—264
白碲金银矿	36—130	铜红铈铅矿	113—165	红锌矿	150—318
叶碲矿	39—129	斜辉锑铅矿	113—183	硫钼铜矿	152—165
自然银	40—118	六方砷铜矿	114—147	锑银矿	152—178
辉锑矿	42—153	自然铂	114—274	基性锰铅矿	153—186
硒锑矿	42—210	自然铁	116—288	维硫锑铅矿	156—172
自然锑	45—135	纤硫锑铅矿	118—123	硫铜锑矿	158—249
硫锡矿	48—114	斜硫锑铅矿	120—165	拉硫砷铅矿-I	159—163
自然铜	48—143	硫锡铅矿	120—195	硫砷银铅矿	161—171
淡红银矿—		细硫砷铅矿	123—156	铜银铅锑矿	161—194
深红银矿	50—156	辉锑矿	123—207	硫锑铜矿	161—216
马基诺矿	52—181	褐硫砷铅矿	128—182	针硫锑铅矿	165—248
沃伦斯基矿	55—103	四碲矿	128—276	硫铁锡铜矿	168—210
方铅矿	56—116	斜方硫锑铅矿	129—205	红铈铅矿	170—171
自然砷	57—167	硫锰矿	129—266	锑砷矿	170—202
铜蓝	59—129	自然砷	130	劳硫锑铅矿	171—197
针碲金银矿	60—250	自然铜	130—159	索硫锑铅矿	172—186
碲银矿	63—156	特硫锑铅矿	131—152	斜硫砷铅矿	173—183
脆硫锑铅矿	67—126	板硫锑铜铅矿	131—171	铋铁铀矿	173—315
辉铋矿	67—216	车轮矿	132—213	黄铜矿	174—219
斑铜矿	68—124	碲铜矿	138—167	铁铜蓝	176—260
硫锑锑铅矿	69—173	硫银锑矿—		赤铜矿	179—218
黑锌锰矿	71—248	黑硫银锡矿	133—172	格硫锑铅矿	180—197
硫汞锑矿	74—131	硫砷铜矿	133—383	水钠锰矿	181
斜方辉铅锑矿	74—161	异硫锑铅矿	137—187	硫铜锑矿	183—287
软锰矿	76—1500	硫锑铅银矿	140—208	铁钴矿	185—329
红硒铜矿	77—112	黄锡矿	140—326	自然镍	186—210
柱硫锑铅银矿	85—140	菱硫锑铅矿	141—171	针镍矿	192—376
辉锑银矿	88—130	铜硒铁矿	141—202	脆硫砷铅矿	194—197
辉铅铋矿	88—150	辉砷铜矿	142—147	镍黄铁矿	195—303
“硫铂铜矿”	90—160	硫砷铜银矿	142—164	水锰矿	195—803
块硫锑铅矿	90—183	六方锑银矿	143—157	辉锑铅银矿	197—242
斜方锰矿	93—1200	硫砷铅矿	145—156	亮碲金矿	198—228
砷硫锑铅矿	95—206	纤锌矿	146—264	碲金矿	198—237
硒铈银铜矿	101—141	纤铁矿	147—782	锰铜矿	200—357
辉铁锑矿	102—213	丁硫锑锑铅矿	149—157		
三碲—钼矿	105—125	铜—黑辰砂	149—161	VHN 300—300	
粒碲银矿	108—133	硫砷铅铜矿	149—167	脆硫锑银矿	29—214

表 I (续)

矿 物	VHN	矿 物	VHN	矿 物	VHN
硒铋矿	42—210	碲金矿	198—237	锑铋矿	297—645
针碲金银矿	60—250	锰铜矿	200—357	VHN 300—400	
辉铋矿	67—216	铜硒矿	203—222		
黑铋锰矿	71—246	黑铜矿	203—254	软锰矿	76—1500
软锰矿	76—1500	硬锰矿	203—813	斜方锰矿	93—1200
斜方锰矿	93—1200	块硫砷铜矿—		硫砷铜矿	133—383
砷硫铋铅矿	95—206	块硫铋铜矿	205—397	黄锡矿	140—326
辉铁铋矿	102—213	砷铜矿	206—250	纤铁矿	147—782
自然铂	114—274	铁铋矿	209—420	红锌矿	150—318
自然铁	116—288	“暗砷铋矿”	210—220	锑铁铋矿	173—815
辉铋铅矿	123—207	铅铅矿	211—333	铁钴矿	185—329
闪锌矿	128—276	微晶砷铜矿	217—255	针铁矿	192—376
斜方硫铋铅矿	129—205	六方硫铋矿	221—321	镍黄铁矿	195—303
硫铋矿	129—266	辉铋矿	224—245	水锰矿	195—803
车轮矿	132—213	“辉铜铋矿”	230	锰铜矿	200—357
硫砷铜矿	133—383	磁黄铁矿	230—390	硬锰矿	203—813
硫铋铅银矿	140—206	似黄锡矿	232—271	块硫砷铜矿—	
黄锡矿	140—326	黄铋砷钨矿	236	块硫铋铜矿	205—397
铜硒铁矿	141—202	水硅铋矿	236—333	铁铋矿	209—420
纤铁矿	146—264	铋铁矿—钼铁矿	240—1021	钼铅矿	211—333
纤铁矿	147—782	硫铜矿	241	六方硫铋矿	221—321
灰硫砷铅矿	149—204	铅铋钨钼矿	241—318	磁黄铁矿	230—390
方黄铜矿	150—264	紫硫铋矿	241—458	水硅铋矿	236—333
红锌矿	150—318	蔷薇黄铁矿	243—266	铋铁矿—钼铁矿	240—1021
硫铜铋矿	158—249	钴镍黄铁矿	245—363	铅铋钨钼矿	241—318
硫铋铜矿	161—216	方金铋矿	248—262	紫硫铋矿	241—458
针硫铋铅矿	165—246	少银黄铁矿	250—252	钴镍黄铁矿	245—363
硫铁铋铜矿	166—210	斜方碲铁矿	250—297	黝铜矿—砷黝铜矿	251—425
砷砷矿	170—202	砷铜矿—砷黝铜矿	251—425	银黝铜矿	252—375
锑铁铋矿	173—815	银黝铜矿	252—375	烧绿石	255—828
黄铜矿	174—219	烧绿石	255—828	黑钨矿系列	258—657
铁铜矿	176—260	黑钨矿系列	258—657	汞黝铜矿	262—373
赤铜矿	179—218	汞黝铜矿	262—373	黑铁钨矿	266—300
硫铜铋矿	183—287	黑铁钨矿	266—300	方钴矿系列	268—974
铁钴矿	185—329	方钴矿系列	268—974	钨硬锰矿	272—1048
自然铋	186—210	钨硬锰矿	272—1048	褐锰矿	280—1187
针铁矿	192—376	褐锰矿	280—1187	白钨矿	285—464
镍黄铁矿	195—303	白钨矿	285—464	硫铁铋矿	293—325
水锰矿	195—803	硫铁铋矿	293—325	硫铜铋矿	295—425
辉铋铅银矿	197—242	硫铜铋矿	295—425	锡黝铜矿	296—376
亮碲金矿	198—228	锡黝铜矿	296—376	锑铋矿	297—645

表 I (续)

矿 物	VHN	矿 物	VHN	矿 物	VHN
尼格里矿	306—537	硬锰矿	272—1046	VHN 500—600	
红砷镍矿	308—533	褐锰矿	280—1187		
钒铅锌矿	310—491	白钨矿	285—464	软锰矿	76—1500
等轴硫铁矿	312	硫铜钴矿	295—425	斜方锰矿	93—1200
方锰矿	314—325	铁铈矿	297—645	纤铁矿	147—782
沥青铀矿	314—803	尼格里矿	306—537	铌铁铀矿	173—815
钇铀烧绿石	317—412	红镍砷矿	308—533	水锰矿	195—803
锌黄锡矿	320—322	钒铅锌矿	310—491	硬锰矿	203—813
粗铂矿	329—397	沥青铀矿	314—803	铌铁矿—钽铁矿	240—1021
狄瑞尔矿	336—469	钇铀烧绿石	317—412	烧绿石	255—826
硫镍钴矿	336—580	狄瑞尔矿	336—469	黑钨矿系列	258—657
细晶石	341—916	硫镍钴矿	336—580	方钴矿系列	268—974
恩苏塔矿	350—1288	细晶石	341—916	钼硬锰矿	272—1046
硫铜钴矿	351—566	恩苏塔矿	350—1288	褐锰矿	280—1187
硫钴矿	351—566	硫铜钴矿	351—566	铁铈矿	297—645
水钼铈烧绿石	353—550	硫钴矿	351—566	尼格里矿	306—537
辛纳矿	357—390	水钼铈烧绿石	353—550	红砷镍矿	308—533
磁赤铁矿	357—988	磁赤铁矿	357—988	沥青铀矿	314—803
铅硬锰矿	359—840	铅硬锰矿	359—840	硫镍钴矿	336—580
辉镍矿	362—449	辉镍矿	362—449	细晶石	341—916
斜方砷铁矿	368—1048	斜方砷铁矿	368—1048	恩苏塔矿	350—1288
锗石	372—450	锗石	372—450	硫铜钴矿	351—566
砷铜银矿	387—398	钨铁矿	387—418	硫钴矿	352—566
钨铁矿	387—418	钛铀矿	387—907	水钼铈烧绿石	353—550
钛铀矿	387—907	硫锑铁矿	402—1221	磁赤铁矿	357—988
VHN 400—500		硒铜镍矿	407—550	铅硬锰矿	359—840
		红锑镍矿	412—584	斜方砷铁矿	368—1048
软锰矿	76—1500	斜方砷钴矿	430—988	钛铀矿	387—907
斜方锰矿	93—1200	自形维拉曼矿	440—520	硫锑铁矿	402—1221
纤铁矿	147—782	磁铁矿	440—1100	硒铜镍矿	407—550
铌铁铀矿	173—815	锑钽矿	441—607	红锑镍矿	412—584
水锰矿	195—803	灰铈矿	446—471	斜方砷钴矿	430—988
硬锰矿	203—813	斜方砷镍矿	459—830	自形维拉曼矿	440—520
铁镍矿	209—420	锑硫镍矿	460—560	磁铁矿	440—1100
铌铁矿—钽铁矿	240—1021	黑锰矿	466—724	锑钽矿	441—607
紫硫镍矿	241—458	钽锡矿	473—797	斜方砷镍矿	459—830
黝铜矿—		硫砷锌铜矿	480—500	锑硫镍矿	460—560
砷黝铜矿	251—425	雷克鲍尔矿	485—498	黑锰矿	466—724
烧绿石	255—826	褐硫锰矿	485—508	钽锡矿	473—797
黑钨矿系列	258—657	块黑铅矿	490—642	褐硫锰矿	485—508
方钴矿系列	268—974	钠铌矿	490—760	块黑铅矿	490—642

表 I (续)

矿 物	VHN	矿 物	VHN	矿 物	VHN
钠铈矿	490—760	钠铈矿	490—760	恩苏塔矿	350—1288
钛铁矿	501—752	块黑铅矿	490—842	磁赤铁矿	357—988
硫铂矿	505—588	钛铁矿	501—752	铅硬锰矿	359—840
方铜铅矿	519—592	辉砷镍矿	520—907	斜方砷铁矿	368—1048
辉砷镍矿	520—907	针铁矿	525—1010	钛铀矿	387—907
针铁矿	525—1010	隐钾锰矿	525—1048	硫锑铁矿	402—1221
隐钾锰矿	525—1048	结核状维拉曼矿	535—710	斜方砷钴矿	430—988
结核状维拉曼矿	535—710	硼镁铁矿	537—1486	磁铁矿	440—1100
硼镁铁矿	537—1486	黑镁铁锰矿	575—875	斜方砷镍矿	459—830
黑镁铁锰矿	575—875	锐钛矿	576—623	黑锰矿	466—724
锐钛矿	576—623	锌黑锰矿	585—813	钼锡矿	473—797
锌黑锰矿	585—813	砷镍矿	602—724	钠铈矿	490—760
VHN 600—700		砷铁镍矿	605—635	钛铁矿	501—752
软锰矿	76—1500	锰硼石	613—813	辉砷镍矿	520—907
斜方锰矿	93—1200	品质铀矿	625—929	针铁矿	525—1010
纤铁矿	147—782	钙锆钛矿	626—1035	隐钾锰矿	525—1048
铈钛铀矿	173—815	镁铁矿	627—925	结核状维拉曼矿	535—710
水锰矿	195—803	钛铈钙锑矿	648—895	硼镁铁矿	537—1486
硬锰矿	203—813	硫砷钴矿	657—848	黑镁铁锰矿	575—875
铈铁矿—钼铁矿	240—1021	锡钼铁矿	660	锌黑锰矿	585—813
烧绿石	255—826	锌铁尖晶石	667—847	砷镍矿	602—724
黑钨矿系列	258—857	方硫铁镍矿	668—1535	锰硼石	613—813
方钴矿系列	268—974	副斜方砷镍矿	673—824	品质铀矿	625—929
钼硬锰矿	272—1048	褐钨铈矿	683—897	钙锆钛矿	626—1035
褐锰矿	280—1187	铈钛磁铁矿	693—890	镁铁矿	627—925
钨铈矿	297—645	白硒铁矿	700—933	钛铈钙锑矿	648—895
沥青铀矿	314—803	VHN 700—800		硫砷钴矿	657—848
细晶石	341—916	软锰矿	76—1500	锌铁尖晶石	667—847
恩苏塔矿	350—1288	斜方锰矿	93—1200	方硫铁镍矿	668—1535
磁赤铁矿	357—988	纤铁矿	147—782	副斜方砷镍矿	673—824
铅硬锰矿	359—840	铈钛铀矿	173—815	褐钨铈矿	683—897
斜方砷铁矿	368—1048	水锰矿	195—803	铈钛磁铁矿	693—890
钛铀矿	387—907	硬锰矿	203—813	白硒铁矿	700—933
硫锑铁矿	402—1221	铈铁矿—钼铁矿	240—1021	黑柱石	703—1055
斜方砷钴矿	430—988	烧绿石	255—826	硼铁矿	707—1003
磁铁矿	440—1100	方钴矿系列	268—974	钛磁铁矿	715—734
锑钼矿	441—607	钼硬锰矿	272—1048	毒砂	715—1354
斜方砷镍矿	459—830	褐锰矿	280—1187	铁钨矿	717—766
黑锰矿	466—724	沥青铀矿	314—803	赤铁矿	739—1114
钨锡矿	473—797	细晶石	341—916	硫镍钼铂矿	742—1030
				纤锌锰矿	744

表 I (续)

矿 物	VHN	矿 物	VHN	矿 物	VHN
镁钛矿	750—930	钙锆钛矿	625—1035	恩苏塔矿	350—1288
白铁矿	762—1561	钱铁矿	627—925	磁赤铁矿	357—988
铋钨矿	764—824	钛铈钙钨矿	648—895	斜方砷铁矿	368—1048
锡锰钨矿	766—1080	硫砷钨矿	657—848	钛铈矿	387—907
黄钨钨矿	772—870	铈铁尖晶石	667—847	硫锑铁矿	402—1221
镍磁铁矿	773	方硫铁镍矿	668—1535	斜方砷钴矿	430—988
方硫镍矿	773—856	副斜方砷镍矿	673—824	磁铁矿	440—1100
砷镍钴矿	780—857	褐钨铈矿	683—897	辉砷镍矿	520—907
重钨铁矿	796—1132	铈钛磁铁矿	693—890	针铁矿	525—1010
钙黑锰矿	800	白硒铁矿	700—933	隐钾锰矿	525—1048
VHN 800—900		黑柱石	703—1055	硼镁铁矿	537—1486
软锰矿	76—1500	硼铁矿	707—1003	晶质铈矿	625—929
斜方锰矿	93—1200	毒砂	715—1354	钙锆钛矿	626—1035
铈钛钨矿	173—815	赤铁矿	739—1114	钱铁矿	627—925
水锰矿	195—803	硫镍钨钨矿	742—1030	方硫铁镍矿	668—1535
硬锰矿	203—813	镁钛矿	750—930	白硒铁矿	700—933
铈铁矿—钨铁矿	240—1021	白铁矿	762—1561	黑柱石	703—1055
烧绿石	255—826	钨钨矿	764—824	硼铁矿	707—1003
方钴矿系列	268—974	锡锰钨矿	766—1080	毒砂	715—1354
铜硬锰矿	272—1048	黄钨钨矿	772—870	赤铁矿	739—1114
褐锰矿	280—1187	方硫镍矿	773—856	硫镍钨钨矿	742—1030
沥青铈矿	314—803	砷镍钴矿	780—857	镁钛矿	750—930
细晶石	341—916	重钨铁矿	796—1132	白铁矿	762—1561
恩苏塔矿	350—1288	钙黑锰矿	800	锡锰钨矿	766—1080
磁赤铁矿	357—988	铈金红石	803—1180	重钨铁矿	796—1132
铅硬锰矿	359—840	锡石	811—1532	铈金红石	803—1180
斜方砷铁矿	368—1048	硼钙锰石	840	锡石	811—1532
钛铈矿	387—907	磁铁矿	841—868	铁硫砷钴矿	841—1277
硫锑铁矿	402—1221	铁硫砷钴矿	841—1277	铈钨矿	860—947
斜方砷钴矿	430—988	铈钨矿	860—947	尖晶石	861—1650
磁铁矿	440—1100	尖晶石	861—1650	方铁锰矿	882—1168
斜方砷镍矿	459—830	方铁锰矿	882—1168	钨金红石	911—1239
辉砷镍矿	520—907	VHN 900—1000		黄铁矿	913—2056
针铁矿	525—1010	软锰矿	76—1500	方钍石	920—1235
隐钾锰矿	525—1048	斜方锰矿	93—1200	钙钛矿	925—1131
硼镁铁矿	537—1486	铈铁矿—钨铁矿	240—1021	金红石	933—1280
黑铁铁锰矿	575—875	方钴矿系列	268—974	辉钴矿	948—1367
铈黑锰矿	585—813	铜硬锰矿	272—1048	方硫钴矿	953—1113
锰钨石	613—813	褐锰矿	280—1187	砷钨矿	960—1277
晶质铈矿	625—929	细晶石	341—916	硫砷钨矿	976