

非金属矿与宝石

И.Ф.罗马诺维奇 著

聂良田 译

李正忻 校

地矿部科技司

非金属矿与宝石

И. Ф. 罗马诺维奇 著

聂 良 田 译

李 正 忻 校

地 矿 部 科 技 司

一九九〇年九月

本书系根据苏联《矿产》出版社1986年出版的《非金属矿床》(МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ)一书翻译的,是一本系统而全面地论述非金属矿床的专著。本书对每一种原料(化肥-化工、工业、农业、建筑材料、宝石工业、宝石首饰)的矿物-化学特性、原料种类、等级、用途及国际市场价格等方面都进行了较详细的阐述。该书是高等、中等地质院校师生,从事非金属矿产研究的科研人员和生产部门的工程技术人员的重要参考书。

本书由聂良田译,李正忻校,由汪美凤审阅。

目 录

绪 言	(1)
一、元 素	(5)
1. 化学肥料和化工原料	(5)
硫	(5)
磷	(10)
钾、钠、镁、氯	(16)
2. 工业原料和化工原料	(22)
硼、硒、砷、锑	(22)
二、元素和矿物	(32)
氟和萤石	(32)
钡和重晶石	(37)
三、矿 物	(42)
1. 化学成分有工业价值的原料	(42)
长石及其代用品	(42)
高铝矿物	(47)
菱镁矿和水镁石	(48)
2. 物理性质和化学成分有工业价值的原料	(53)
滑石和叶蜡石	(53)
硅 灰 石	(57)
橄 榄 石	(58)
3. 物理性质有工业价值的原料	(59)
1) 晶 体	(59)
工业原料	(59)
云 母	(59)
石 棉	(65)

冰 洲 石	(70)
2) 宝石-工业原料	(72)
贵 刚 玉	(72)
压电石英和光学石英	(73)
有色石英晶体	(76)
贵绿柱石	(77)
电 气 石	(80)
贵尖晶石	(81)
3) 宝石原料	(82)
贵石榴石	(82)
金绿宝石	(84)
蓝 柱 石	(85)
贵透辉石	(85)
贵锂辉石	(86)
黄 玉	(87)
贵橄榄石	(88)
虹彩色长石	(89)
天 河 石	(90)
其它宝石种类	(91)
4. 矿物集合体和非晶质物质	(94)
1) 工业原料	(94)
石 墨	(94)
刚 玉	(97)
沸 石	(98)
2) 工业-宝石原料	(101)
玛 瑙	(101)
琥 珀	(102)
孔 雀 石	(105)

3) 宝石原料	(106)
绿 松 石	(106)
贵蛋白石	(109)
绿 玉 髓	(110)
猫眼石、虎眼石、鹰眼石	(110)
硅 化 木	(111)
赤铁矿-血滴石	(111)
四、岩 石	(113)
1. 化学成分有工业价值的原料	(113)
石膏和硬石膏	(113)
2. 物理性质和化学成分有工业价值的原料	(115)
粘土岩类	(115)
碳酸盐岩类	(121)
硅质岩类	(127)
火成岩和变质岩类	(129)
碎屑岩类	(131)
砂岩、石英岩、脉石英	(134)
3. 物理性质有工业价值的原料	(136)
1) 工业-宝石原料	(136)
矿物颜料	(136)
黑 曜 岩	(137)
碧 石	(138)
2) 宝石原料	(140)
硬 玉	(140)
软 玉	(141)
蔷薇石英	(142)
天 青 石	(143)
淡紫色岩	(144)

煤 玉	(144)
大理岩化缟玛瑙	(145)
蔷薇辉石	(146)

绪 言

含矿非金属原料是矿物集合体，在加工过程中可从中提取元素及其化合物或矿物(如石棉、金刚石、硼、含钾矿石)。粘土、砂-砾石混合岩和其它工业岩石属于不含矿非金属原料。有些岩石不是全部都利用，而是在加工过程中从中选用最有用的组分(如建筑石料和护面石料)。这些原料属于半含矿原料。

实践证明，不仅可以提取非金属(S、Se、P、As等)，而且也可以提取金属(K、Mg、Na等)的矿产都属于非金属原料。但是，与金属不同，非金属不是以合金来使用，而是以元素和各种化合物形式来使用的。有些原料(锶、钛、锂、铍等)即是金属矿产，也是非金属矿产。例如，在国外的许多分类中铝土矿、含钛、锂、铍、锆、钽等矿石都列为非金属之列。A.E.费尔斯曼认为铀和钍矿石及许多稀有金属也是非金属原料。

在苏联地质部的分类中，对非金属有用原料采用如下的划分：矿山-化工原料(硫、硼、磷等)；采矿技术原料(石棉、滑石、石墨、沸石、长石、中国陶石等)；建筑材料(陶瓷粘土、水泥原料、砂、砾石、方英石-蛋白石岩等)；宝石和压电光学原料(水晶、冰洲石、玛瑙、软玉、蔷薇辉石、硬玉等)。许多非金属原料都可以作为黑色和有色冶金的原 料(型砂、菱镁矿、耐火粘土等)。

A.E.费尔斯曼制定出非金属原料按部门的分类，后来又加以完善。

1. 化工和化学肥料工业原料：钾、硼、磷、重晶石、锶、砷、苏打、溴碘水、明矾石、海绿石、石灰岩、白云石、萤石、兰铁矿-泥炭混合物、惰性气体、氮、空气中的氧等。

2.陶瓷和玻璃工业以及生产矿棉的原料：粘土、长石、中国陶石、脉石英、霞石、滑石、叶蜡石、硅灰石、萤石、玻璃砂、石灰岩、白云石、透辉石、玄武岩类、黑曜岩、珍珠岩、硫酸钠、硼矿、硅藻土、长英角岩类、碱性高岭土、高岭土、低铁透闪石、顽辉石、镁橄榄石。

3.晶体和矿物集合体合成原料：萤石、脉石英、铝土矿、铍矿、铬矿、钴矿等。

4.作金属熔炼和合金用的原料：钡、锶、硼、磷等矿石。

5.熔剂：石灰岩、萤石、长石、霞石、硼化物、石英等。

6.耐火原料：菱镁矿、水镁石、石墨、耐火粘土、红柱石、硅线石、蓝晶石、蓝线石、石英岩、纯橄榄岩、黄玉、苦闪橄榄岩、砂岩、白云岩、橄榄岩、滑石料、铝土矿、铬铁矿、石棉、含锆和铍的矿石等。

7.铸造原料：砂、膨润土、苦闪橄榄岩、弱蛇纹石化的纯橄榄岩、橄榄岩。

8.岩铸原料：玄武岩、辉绿岩、辉长辉绿岩、角闪岩。

9.耐酸原料：石英岩、角闪石石棉、滑石、酸性火山岩（石英角斑岩、流纹岩等）。

10.生产粘合物料用的原料：石灰岩、粘土、石膏、亚粘土、泥灰岩、菱镁矿、粗面凝灰岩、白榴火山灰、天然煅烧粘土、板状硅藻土、蛋白土、硅藻土、海绵硅质岩、放射虫岩、风化辉绿岩、硬石膏、长石、铝土矿、铁矿等。

11.电器绝缘材料：云母、石棉、硅灰石、滑石-绿泥石材料、大理岩、瓦板岩等。

12.隔热和隔音材料：硅藻土、板状硅藻土、石棉、蛭石、珍珠岩、浮石、火山岩滓、石灰岩-介壳石灰岩、生产矿棉的原料（暗色火山岩类、白云岩、泥灰岩、透辉石等）。

13.高吸附材料：膨润土、山软木粘土、海泡石粘土、沸石、

碱性石棉、水蛇纹石、硅藻土、高岭土、易碎温石棉等。

14.磨削材料：金刚石、刚玉、金刚砂、砂岩、砂、粉石英、石榴石、浮石、板状硅藻土、硅藻土、长石、硼化物、石英、十字石、黄玉等。

15.加重剂：重晶石、铁矿等。

16.添加料：高岭土、粘土、石灰岩（包括白垩）、滑石、叶蜡石、云母、沸石、水镁石、石膏、石棉、粘土质页岩等。

17.填料和生产填料的原料：细砾石、砂、浮石、重晶石、火山岩滓、碳酸盐岩类、火成岩和变质岩（花岗岩、片麻岩、辉长岩、闪长岩等）、硅藻土、板状硅藻土等。

18.建筑材料：火成岩和变质岩、砂岩、石英岩、砂、砂-砾石、砾石、碳酸盐岩类、石膏、硬石膏、粘土质页岩、滑石石料等。

19.装修石料：花岗岩、拉长石岩、大理岩化缟玛瑙、蛇纹岩、大理岩、砂岩、石英岩、钙华、大理岩化石灰岩、碳酸盐岩类、方沸粗玄岩、辉长岩、碧玉、瓦板岩等。

20.宝石原料和工艺原料：金刚石、祖母绿、琥珀、贵刚玉、尖晶石、透辉石、花岗岩类、孔雀石、绿玉髓、绿松石、天青石、蔷薇辉石、软玉、硬玉、玛瑙、透石膏、硬石膏、碧玉、大理岩化缟玛瑙、硅化木、贵橄榄石等。

21.矿物颜料：含铁赭石、含锰-铁赭石、铬岭石、重晶石、石墨、滑石、叶蜡石、硅灰石、天然碳黑、碳酸盐岩类、蓝铜矿、海蓝柱石等。

22.用于原子能工业和防护放射线及防止放射性污染的原料：硼、重晶石、含铍和钠的矿石、石墨、沸石、蛇纹岩、角闪石石棉、膨润土等。

23.用于无线电和遥控技术、无线电子技术、计算机技术、全息术、制造激光器和微波激射器、半导体技术的原料：白云

母、冰洲石、水晶、红宝石、祖母绿、贵尖晶石、铯矿、砷矿、硅矿等。

本书是将所有矿物原料（包括金属和可燃矿产）分为三个类型：一 元素和它们的化合物，二 矿物，三 岩石。据此可把第一类非金属矿产（用于提取元素及其化合物的原料）再划分2类：

1 化学肥料和化工原料（硫、磷、钾、氯、钠、氮等）；2 工业和化工原料（硼、铯、砷、锑、镁、惰性气体、氧等）。

第二类非金属矿产（提取工业矿物的原料）又可分为三个亚类：化学成分有工业价值的原料（长石、高铝矿物、菱镁矿）；物理性质和化学成分有工业价值的原料（滑石、叶蜡石、硅灰石、高岭石等）；物理性质有工业价值的原料。后一亚类的原料又可分为晶体、矿物集合体和非晶质体。晶体原料类又可分为以下亚类：1）工业原料（云母、石棉、冰洲石）；2）宝石-工业原料（金刚石、贵刚玉、绿柱石、尖晶石、压电石英和光学石英、电气石等）；3）宝石原料（贵榴石、透辉石、锂辉石、金绿宝石、蓝柱石、黄玉等）。呈矿物集合体和非晶质体的原料也可以分三个亚类：1）工业原料（石墨、刚玉、沸石）；2）工业-宝石原料（玛瑙、琥珀、孔雀石）；3）宝石原料（绿松石、贵蛋白石、绿玉髓等）。

第三类非金属矿产（工业岩石）也可以划分为三个亚类：化学成分有工业价值的原料（石膏和硬石膏）；物理性质和化学成分有工业价值的原料（粘土岩、硅质岩石、碳酸盐类岩石、火成岩、变质岩等）；物理性质有工业价值的原料。最后一亚类又可分为：1）工业-宝石原料（矿物颜料、黑曜岩、碧石）；2）宝石原料（玛瑙、硬玉、软玉等）；3）细工材料（大理岩化编玛瑙、蔷薇辉石、蛇纹岩等）。

有许多种原料，它们可以同时属于不同的亚类。例如，岩盐矿床它即可作为岩石来源，也可作为元素的来源。

一. 元 素

1. 化学肥料和化工原料

硫

概 况

根据A.Π.维诺格拉多夫的资料,硫在地壳岩石中的分布如下(%) : 超基性暗色火山岩类 $1 \cdot 10^{-2}$; 暗色火山岩类 $3 \cdot 10^{-2}$; 中性岩 $2 \cdot 10^{-2}$; 酸性岩 $4 \cdot 10^{-2}$; 沉积岩 $3 \cdot 10^{-1}$; 硫的克拉克值 $4.7 \cdot 10^{-2}$ 。自然硫由4种同位素 ^{32}S 、 ^{33}S 、 ^{34}S 和 ^{36}S 混合物组成。同位素 ^{32}S 和 ^{34}S 分布最广泛; 同时, 同位素 ^{34}S 为原生岩浆产物所特有, 而 ^{32}S 为沉积产物所特有。显然, $\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S}$ 的变化过程致使同位素 ^{34}S 贫化。

硫往往与Se、As、亲铜金属, 以及Sr、Ca、Ba共生, 有时也与Te和Tl共生。

具有工业意义的硫矿物有以下几种: 自然硫S, 包括 α -硫(斜方晶系)、 β -硫(单斜晶系)、 μ -硫(非晶质); 铁硫化物——黄铁矿和白铁矿 FeS_2 、磁黄铁矿 Fe_{1-x}S ; 有色金属硫化物——黄铜矿 CuFeS_2 、方铅矿 PbS 、闪锌矿 ZnS 、斑铜矿 Cu_5FeS_4 等; 硫酸盐——石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、硬石膏 CaSO_4 、明矾石 $\text{KAl}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$ 。

硫的主要来源是天然可燃气体硫化氢。硫可从硫化石油、各种沥青质岩石, 及地下水硫化氢中提取。

α -硫达到95~96.6℃是稳定的，超过这个温度就转变成 β -硫；后者在114~119℃时就溶化。在自然界中，温泉和火山作用带中所形成的乳渣状沉积物块的硫化矿物是 μ -硫的代表。自然 μ -硫是非晶质硫和晶质硫的混合物，非晶质硫较快地转变成晶体（在洞穴中）。

自然硫是电和热的不良导体，在摩擦时产生负电荷。暗色硫与含沥青物质有关。硫易燃，燃烧时可析出含硫气体和含硫硬石膏。常见有Se含量达5.2%的硫—硒硫磺， α -硫易溶解于二硫化碳、苯、苛性碱和三氯甲烷。

原料种类

硫原料分为下列几种：1.自然硫，2.硫化物硫（黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等），3.自然可燃气体硫化氢，4.含硫石油，5.沥青砂岩，6.焦化生产气体，7.冶炼气体，8.硫酸盐硫（石膏、硬石膏、明矾石），9.含油页岩，10.地下水硫化氢，11.热电厂气体。

自然硫矿石可分为富矿（25% S）、中矿（10~25% S）和贫矿（5~10% S）三种。

按矿石中的矿物成分，自然硫矿石可分为：石灰岩（硫-方解石）、白云岩、粘土岩、泥灰岩、石膏和砂岩类，含硫蛋白岩、含硫石英岩、含硫-明矾石石英岩、含硫-高岭石石英岩、细脉-浸染状含硫-高岭土和松散的升华-交代岩类，含硫淤泥，以及泉华、泉华-集块岩、砾岩、明矾岩等亚类。

石灰岩矿石为前喀尔巴阡含硫地区所特有。矿石90~92%由方解石和硫组成。硫含量平均为25%。根据A.Г.特鲁哈契娃的资料，在前喀尔巴阡石灰岩矿石中划分出：浸染状、矿巢状、细脉状、矿巢-浸染状、矿巢-细脉状、矿巢-细脉-浸染状和角砾状

矿石。矿石中的硫既是隐晶质变体，也是晶质变体。在晶质硫中分出细晶质（颗粒直径0.004~0.1毫米）、中晶质和粗晶质的三种。中晶质和粗晶质硫（颗粒直径0.1~15毫米以上）通常形成集合体和晶族（在洞穴中）。

隐晶质硫（颗粒直径小于0.01毫米）形成矿巢和浸染体，它们由硫和细粒方解石、粘土物质和沥青等杂质所组成。晶质硫是在隐晶质硫之后形成的。

白云岩矿石比石灰岩矿石少见，这种矿石多见于伏尔加河流域的矿床中。矿石中硫的含量介于1~12%。如像在石灰岩矿石中那样，洞穴为方解石和硫所充填。硫往往为沥青所污染，矿石常具有带状构造。

粘土矿石的分布不甚广泛，属于贫矿类（5~10% S）；硫形成细脉，以及层状析出体。

泥灰岩矿石与石灰岩矿石相近似，但其中大部分硫的含量较低。

石膏矿石见于伏尔加河流域和外喀尔巴阡地区。矿石属于贫矿。硫在石膏中主要是细脉体，以及与碳酸盐共生的单个包体。

砂岩矿石形成矿染，透镜体和细脉，往往是砂岩的胶结物。

上面所研究的矿石是与石膏-硬石膏矿层有关的典型的原生硫矿石。氧化矿石是团粒状和粉末状集合体。矿石中硫的含量较低（1~10%）。氧化石灰岩矿石由细粒方解石、粘土物质，以及碎屑石英、云母、海绿石、石膏、长石和其它矿物所组成。

含硫蛋白岩中的硫含量为20~80%。硫分布在含蛋白石的细粒连晶之中。硫的颗粒直径小于0.001毫米。含硫石英岩中的硫含量达80%。氧化硅是石英和蛋白石质方英石。含硫-明矾石石英岩中的硫含量一般介于18~25%。硫形成细矿脉，以及形成与石英和方英石紧密的连晶体。含硫-高岭石石英岩比较少见，矿石中硫的含量介于1~15%之间，甚至更少。除硫和高岭石以外，还

有石英、蛋白石、明矾石、硫化铁。

浸染-细脉状含硫-高岭土矿石发育在高岭土化岩石中，分布极为广泛。硫的含量介于1~10%。

松散的升华-交代矿石（“散砂”）具有易变成分；硫含量为8~60%。矿石发育比较广泛，但是其规模不大。

现代火山口湖的含硫淤泥含有滴状、球状和半球状颗粒，以及不规则状碎屑和双锥状硫晶体。除自然硫外，在淤泥中还有火山玻璃（中性或酸性成分）、多水高岭土、高岭土、方英石、石膏、硫化铁（胶黄铁矿、白铁矿）和少量的有机物质。硫含量变化范围比较广泛（25~60%），淤泥湿度达50%，细层状构造。致密（沉积化）的含硫淤泥含硫为35~50%，以及还含有蛋白石、明矾石、石膏、高岭石、白铁矿、黄铁矿和重晶石。

硅质矿石一般含硫为80~90%。蛋白石呈混杂物出现。硅质集块岩矿石含硫为40~60%，为碎屑物质所胶结。硅质沉积层中的硫含量为85~98%，而在含硫的水流中达95%，在集块岩状矿石中硫的含量减少。

在硫化物硫的矿石中划分出硫黄铁矿矿石（含硫矿物——黄铁矿、磁黄铁矿、白铁矿）和有色金属含硫矿石（铜、多金属矿等）。

硫化物矿石，即有往往含石英、绿泥石、绢云母、重晶石和碳酸盐的块状、浸染状、斑点状和其它形状的矿石，也有含黄铁矿的石煤和褐煤、砂岩和泥质页岩。在硫化物矿石中硫往往是伴生组分。

在许多情况下，天然的可燃气体形成的 H_2S 含量较高。例如，在加拿大的一些矿床中 H_2S 占可燃气体总量的1~33%，而有时达到87%。在法国（拉克矿床） H_2S 的含量为15.3%。在许多国家都发现含硫石油，其中硫含量一般为1.3~5.4%。

石膏、硬石膏、明矾石、硫镁矾、白钠镁矾、无水芒硝、芒

硝和其它矿物均可看作是硫的潜在来源。

自然硫矿床，无论用露天法或用地下溶流法都能开采。在后一种情况下，过热水（150~160℃）在压力下通过钻孔注入硫矿层，过热水在矿体部位熔化硫，并呈熔化状态溢出于地表（弗拉什-硫）。

用 途

硫的主要利用范围是制取硫酸（“化学工业的食粮”）。硫酸在矿物肥料、人造纤维、各种酸类和塑料的生产中，以及湿法冶金和其它生产中都得到广泛的应用。硫及其化合物可用于造纸、橡胶、化工-制药工业部门，还可用于生产炸药、火柴、各种合成材料，也可用于淀粉、蜜、糖、酒、糖浆的脱色。

在农业上硫用作杀虫剂，还可治疗牲畜。硫化物在石油化学工业、制备高压设备的润滑剂、制取防爆剂、化妆品、油漆颜料工业、生产萤光粉、花炮、生产含硫沥青、混凝土、含硫涂料等都得广泛应用。

对硫及其化合物需求的人均指标是国家经济发展的重要指标

表1 工业对硫原料的质量要求

品 级	硫 含 量 不 能 超 过 (%)					
	灰 分	As	Fe	Mn	Cu	Se
自 然 硫						
9995	0.03	0	0.02	0.001	0.001	0
9990	0.05	0	0.02	0.001	0.001	0
9950	0.2	0	0.02	0.001	0.001	0
9920	0.4	0.003	—	—	—	0.04
气 体 硫						
9998	0.02	—	—	—	—	—
9985	0.1	—	—	—	—	—
9900	0.4	—	—	—	—	—

之一。砷、硒、沥青是生产硫的有害杂质。

工业对硫原料的质量要求 硫的品级应与产品中的硫含量相一致（例如，在品级9995中硫含量应不低于99.95%）。国家标准局规定出自然硫的下列品级：9995、9990、9950、9920；气体硫的品级：9998、9985、9900（表1）。

商品硫出产六个品种：团块硫、颗粒硫、硫磺粉、鳞片硫、流状硫、液态硫。

※ ※ ※

硫的价格，1980年美国为120~160美元/吨。

磷

概 况

根据A. II. 维诺格拉多夫的资料，磷的分布如下（%）：超基性岩 1.7×10^{-2} ，基性岩 1.4×10^{-1} ，中性岩 1.6×10^{-1} ，酸性岩 7×10^{-2} ，沉积岩 7.7×10^{-2} ；地壳中磷的克拉克值为 9.3×10^{-2} 。A. E. 费尔斯曼认为，在碱性岩中由于有磷灰石存在使磷得到高度富集。Ca、F、Cl、U、Sr、Tr、V、Th、Fe、Ti常与磷共生。

自然磷主要由同位素 ^{31}P 组成；而在大气圈中是同位素 ^{32}P 和 ^{33}P ，它们在宇宙射线的作用下形成 ^{31}P 。

含磷矿物有190多种。但仅仅是磷灰石亚种具有工业意义，如：氟磷灰石 $\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6(\text{F}, \text{Cl})_2$ ；氯磷灰石 $(\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6(\text{Cl}, \text{F})_2$ ；细晶磷灰石族矿物（氟磷灰石、细晶磷灰石、库尔斯克石） $\text{Ca}_{(10-12)/2}[\text{PO}_4]_{6-n}(\text{CO}_3)_n\text{F}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ；羟磷灰石 $\text{Ca}_{(10-n)/2}[\text{PO}_4]_{6-n}(\text{CO}_3)_n(\text{H}, \text{OH})_2$ ；碳