

水镁石的应用

董发勤

(中国地质大学(武汉)测试中心)

摘要 本文论述了水镁石的应用矿物学特征与水镁石岩的研究现状; 对水镁石工业矿床的矿石类型及工艺特征进行了对比分析; 总结了国内外水镁石的主要应用途径

水镁石作为一种矿物, 早已被矿物学家(1919)所认识。直至1937年, 国外才开始了对水镁石矿物的研究, 而真正作为一种工业矿物加以利用是在苏联远东地质局发现了纯水镁石岩以后。近年来, 在水镁石的选矿、加工、提纯、深加工方面的研究有较大进展。我国对水镁石矿床的研究较晚。至今还未发现大型非纤维状水镁石工业矿床, 仅有一些矿点报导。本文以国外水镁石应用现状及作者在西北地区工作的成果, 就水镁石矿物原料的特性和应用作初步探讨。

一、水镁石应用矿物学特征与水镁石岩

(一) 水镁石应用矿物学特征: 水镁石(Brucite)是一种层状氢氧化物, 其中纤维水镁石(Fibrous Br.)是其变种。化学组成简单, MgO 的理论值为69.12%, 天然产出者常含有 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Ni^{2+} 等杂质, 呈类质同象存在, 形成连续或不连续的固溶体系列, 构成成分端元亚种: 铁水镁石($FeO \leq 10\%$ 、锰水镁石($MnO \leq 18\%$)、锌水镁石($ZnO \leq 4\%$); 作者在黑木林发现富Ni亚种、镍水镁石($NiO \leq 2.5\%$), 这些端元亚种不常见。

1. 化学成分

水镁石和它的纤维状变种在成分、物性、应用上差异较大。附表中列出了国内外典型水镁石矿床或矿化点的单矿物分析结果。从中可以看出, 两类水镁石的化学成分比较纯净, 阳离子 Mg^{2+} 一般占95%以上, 类质同象代替的元

素有限, 主要为 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} , 其次是 Ni^{2+} 、 Fe^{2+} 。

2. 结构特征

R. C. Peterson(1979)认为, 水镁石 $Mg-OH$ 不是正八面体片, 而是沿C轴明显压扁, 片厚从正常的2.42Å, 变为2.11Å, 压扁度 $\alpha = 6 \sim 7$ 。纤维水镁石与水镁石的畸变程度有差异, 表现在晶胞参数上, 前者 a_0 比后者大0.01Å, C_0 大0.009Å; 但 C_0/a_0 比率二者很相近。

纤维水镁石与水镁石 $H-O$ 、 H 键取向及空间分布不同: 水镁石 $O-H$ 基本上与C轴方向一致(G. W. Brindley); 但纤维水镁石因应力作用, $H-O$ 、 H 键在八面片内得到强化, 并在空间分布上与a轴方向一致, $H-O$ 连线与a轴斜交, 交角一般 15° , 故在纤维断头上可看到两头斜交的解理断头(纤维轴平行a轴)纤维水镁石 $H-O$ 、 H 键的空间定向分布是其呈现纤维状的內因, 并在介电常数上呈现很明显的各向异性。

3. 矿物特征

(1) 纤维水镁石: 淡绿色、淡黄绿色、白色, 遇水颜色加深明显, 强丝绸光泽。纤维束松解后全呈白色。常以纵斜纤维形式产出, 可与温石棉共生或伴生, 或单独构成纤维束。性脆而硬, 折一两次即断。发育不好时, 呈板状、片状, 没有劈分性, 与其它共生矿物一起形成“棉桩”、“棉根”。

自然纤维长 $2 \sim 60 \mu m$, 长宽比可达 10^5 数量级, 细度范围 $0.32 \sim 3.2 \mu m$, 比表面积

产 地	中 国						加 拿 大		苏 联		美国	朝鲜		
	黑刺沟 (纤)	黑 木 林 (纤) (块)				尖石包 (纤)	吉林	西峡 (球)	魁 北 克 (纤) (球)	雅 库 梯 区 (球) (块)	德州	忠州 (球)		
资料来源	①	①	②	①	②	①	③	④	⑤	⑥	③	⑦	⑧	⑨
SiO ₂	0.64	0.29	0.32	0.24	0.12	3.40	/	0.10	/	/	0.46	0.78	0.30	2.45
TiO ₂	0.23	0.03	0.08	0.03	0.02	0.03	/	/	/	/	/	/	/	/
Al ₂ O ₃	0.27	0.31	0.02	0.74	0.31	0.27	0.64	/	/	/	/	0.72	/	0.24
Fe ₂ O ₃	0.28	1.63	0.86	1.04	0.81	0.17	/	0.20	/	1.97	0.16	0.11	/	0.18
MgO	66.82	62.93	61.60	63.84	65.80	66.37	68.18	66.21	60.53	60.33	61.00	61.07	67.31	65.26
FeO	0.92	3.16	5.71	3.50	2.99	0.65	0.44	/	8.70	9.57	0.42	0.26	/	/
MnO	0.15	0.42	0.21	0.36	0.15	0.11	0.06	/	0.24	/	/	0.56	0.89	/
NiO	0.22	0.04	0.04	0.09	0.10	0.06	/	/	/	/	/	/	/	/
ZnO	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01	/	/	/	/	/	/	/	/
K ₂ O	0.00	0.06	/	0.06	/	0.00	/	/	/	/	/	/	/	/
Na ₂ O	0.08	0.16	/	0.10	/	0.01	/	/	/	/	/	/	/	/
H ₂ O	29.96	29.99	28.90	29.68	29.87	29.03	29.88	30.99	27.93	28.60	28.14	33.42	31.52	30.80
H ₂ O	0.03	0.23	0.01	0.07	0.02	0.06	/	/	/	/	/	0.32	/	/
CaO	/	/	0.09	/	0.05	/	/	1.20	/	/	痕	0.10	/	0.55
CO ₂	/	/	/	/	0.31	/	1.73	/	/	/	6.41	/	/	/
总 计	99.31	99.57	99.88	99.74	100.89	100.17	100.93	98.73	97.40	100.45	100.24	100.36	100.14	100.11

* 烧失量 资料来源: ①朱自尊等《矿物岩石》1986No.4, ②自测: ③李典等《建材地质》

1987No.2; ④左培锦《河南地质》1987No.5; ⑤Richard 1972; ⑥Berman 1932; ⑦Габс 1977,

⑧Palache 1962; ⑨吉本文平 1968。

3.8 ~ 4.1 m²/g, 比重2.3, 抗拉强度90 ~ 140 kg/cm², 质量电阻率为3.6 ~ 8.82 × 10⁶Ω · g/cm²; 比磁化系数为9.28 ~ 15.78 × 10⁻⁶ CGSM, 耐酸性极差, 耐碱性极好, 过滤性不好。耐热温度为500 °C, 导热系数为0.416 W/m · K, 热膨胀系数为8.8 ~ 16.7 × 10⁻⁷ m/°C, 并具有阻燃, 耐明火性质。

(2) 水镁石: 结核状、鳞片状、粒状、块状。结核大小不一, 浅绿色, 淡黄色, 灰黑色, 水红色等。镜下无色或略带浅色调, 明显多角形、球形、纤维状假晶, 具同心状。放射状构造, 纤维状假晶重结晶充填在细裂隙中呈板状, 极细鳞片状。近均质的等轴状粒状集合体具胶状构造, 沿韵律状的细微条带分布, 而与颗粒大小无关, 条带规律变化很大。在黑木林, 与纤维水镁石共生者多为鳞片状, 亦有0.1 ~

0.5 mm的半自形粒状水镁石、纤维水镁石与块状水镁石有互层交错现象。

(二) 水镁石岩类: 一般工业上利用的水镁石岩类, 其主要组分比较单一, 并具有简单原岩控制的特点。

1. 原岩为沉积岩

主要是沉积的碳酸盐岩, 经区域变质作用形成富Mg变质岩: 变质菱镁岩、变质白云岩、变质蛇纹石岩, 构成水镁石的主要矿源层, 最常见的成矿原岩矿物组合(方镁石) - 菱镁矿 - 白云石 - 蛇纹石 - (透辉石), 形成各种具变质结构的大理岩型、白云岩型、蛇纹岩型低级变质岩。经交代成矿作用, 新矿物组合为: 水镁石 - 蛇纹石 - 滑石 - 硼镁石 - 磁铁矿。次生矿物组合主要是: 纤蛇纹石 - 绿泥石 - 水菱镁矿。

2. 原岩为超基性岩

其特点是 Mg/Fe 比值高,一般 >12 ,原岩矿物组合:顽火辉石-镁橄榄石-磁铁矿,主要原岩为纯橄岩、辉橄岩等。成矿阶段发生强烈水镁石化和蛇纹石化,主要矿物组合:(纤、叶、利)蛇纹石-水镁石-滑石-(菱镁矿)-磁铁矿,形成蛇纹石岩和水镁石、纤蛇纹石石棉和纤维水镁石共生,伴生是其突出的特点。次生矿物常有:纤水菱镁矿-多水菱镁矿-红鳞镁铁矿等。

二、水镁石矿石类型及其工艺特性

水镁石是自然界含镁最高的工业矿物,一般据其成因、结构、选矿工艺分为球状型、块状型、纤维型和片状型。前三者具工业价值。

1. 球状型

水镁石由方镁石水化而成,呈结核状产出,大似西瓜,小如豆。此类型矿石质量极佳,常是纯水镁石岩的主体, MgO 含量在60%以上,如欣甘库利杜尔矿床: MgO 66.45%、 SiO_2 0.79%、 CaO 0.80%、 FeO 0.10%,美国德州、朝鲜忠州及我国的宝玉河矿床也属此类。这类矿石有用组分很高,符合电子技术和化学纯品在成分上的要求,开采后不经选矿即可加工使用,因此矿石的品级及划分要依据经常性系统取样分析来确定。

2. 块状型

水镁石经交代直接水化而成,呈结晶粒状、块状集合体与蛇纹石、方解石、菱镁矿等均匀嵌布。水镁石含量约为30~40%。安大略的此类矿石,含水镁石32%,粒度0.5~4 mm,经28目筛选,干燥粒质量是: MgO 94~96%, $SiO_2 < 1\%$, $CaO < 1\%$, Fe_2O_3 1.0~1.5%。吉林集安含水镁石达35%,一般含量20~50%。此类型开采对象是水镁大理岩(蛇纹岩)类,水镁石含量一般不高,须经选矿和提纯加工提高质量。

3. 纤维型

以脉状纵、斜纤维产于蛇纹岩中,品位一

般1~9%之间,平均4.3%左右,夹石为蛇纹石和磁铁矿,经一般的石棉选矿工艺流程即可选出,产品质量: MgO 62~65%、 CaO 0.14%、 FeO 2~6%、 Fe_2O_3 0.6~1.0%、 Al_2O_3 0.27%、 SiO_2 1~3%,但用途来说,化学成分已居次要地位,主要是纤维的长短及其松散性、劈分性、吸附性、机械强度、热学性质等。在苏联和加拿大有产出,但未形成工业矿床,而我国黑木林开采这种矿石已有20余年。

4. 片状型

此类可归到块状型,它没有单独的工业意义。

三、水镁石的应用

水镁石以高 Mg 为特征,无或极低的有害组分(Fe 、 S 、 Cl 、碱金属),以及层状矿物的基本性质,不同形态变种,决定了它的应用领域十分广泛。

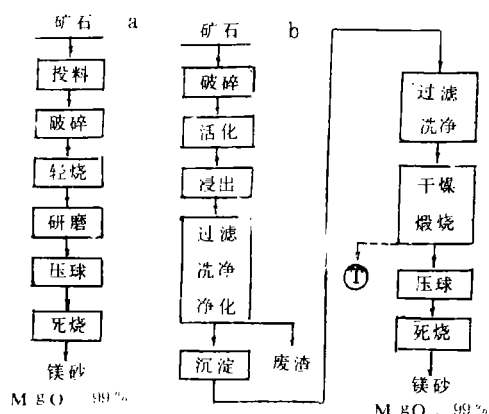
1. 用其成分

这是国外水镁石目前最主要的用途。在70年代以前,主要从菱镁矿、白云石、海水、卤水中提 Mg ;80年代,国外开始从水镁石、蛇纹石中提 Mg 。海水、卤水提 Mg ,优点是综合利用价值高,资源成本廉价且取之不尽,缺点是产品中 B 、 Cl 影响产品质量,工艺也复杂,设备投资大。白云石、菱镁矿、蛇纹石提 Mg ,成本高,污染严重,而水镁石则不同。

(1) 制取重烧 Mg 砂:水镁石主要用于镁质耐火材料中。现代钢铁工业大量使用 $Mg-C$ 砖, MgO 用量已超过制镁工业产量的一半,在缺乏菱镁矿而有特大型水镁石矿床的国家,用于制造重烧镁砂。

纯度较高的水镁石一般要经过精细选矿分流,保证高纯度,采用附图(a)中所示的流程进行处理得到所需产品。优点是轻烧温度很低,无污染,无回收设备。这种产量一般不大。

杂质较多的矿石物理选矿后,要经化学精细提纯,工艺较为复杂(附图b)。在浸出阶



附图 水镁石制镁砂工艺流程

段, 浸出剂的选择会导致不同的工艺方法: 碳化法、碳化氨化法、水解法。北京化工厂对黑木林水镁石用水解法制镁, 浸出率低, 回收次数较多。而采用其它方法则用酸量大, 气体回收不足。采用何种工艺的关键是矿石的质量, 工艺参数和产品等级, 而经济效益也是重要的制约因素。

水镁石制得的重烧Mg砂, 具优良的热学性质: 高比重 ($>335 \text{ g/cm}^3$)、高耐火度 ($>2800^\circ\text{C}$)、高化学惰性和高热震稳定性。

(2) 轻质MgO、 MgCO_3 : 苏、美、加、英等国都从低品位的水镁石岩类中, 通过化学方法提取上述产品, 其工艺与附图(b)相差不大, ①步出产品。其轻质MgO的自然堆积容重 0.17 g/cm^3 , 比表面积 $>20 \text{ m}^2/\text{g}$, 白度约为100%, 经研磨粒度可极细, 是极优质的橡胶、塑料填料。

(3) 电熔方镁石: 是满足高技术电子产品的特纯品, 水镁石经电熔炼制的方镁石集合体具高热传导率和高电绝缘性, 产品寿命可提高2~3倍。

(4) 化学纯Mg试剂: 水镁石含杂质极少, 可用电热方法炼取金属镁。由于水镁石全部微量元素的极大值易于求得和控制, 最适合于制取纯化学试剂, 如 MgCl 、 MgSO_4 、

$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 等。

(5) Mg质白水泥、Mg质焊剂: Mg质水泥是 $\text{MgO}-\text{MgCl}_2-\text{H}_2\text{O}$ 体系, 主要组成是 $5 \text{ Mg}(\text{OH})_2$ 、 MgCl_2 、 $8 \text{ H}_2\text{O}$ 、 $3 \text{ Mg}(\text{OH})_2$ 、 MgCl_2 、 $8 \text{ H}_2\text{O}$, 这是水镁石新的应用领域。最近宝鸡电焊条厂用水镁石试制焊条包皮, 用MgO降低熔化温度, 减少电弧和电焊缝孔隙。

水镁石还可用于制作MgO单晶。

与菱镁矿相比, 水镁石的优势在于自身组分较纯, 杂质元素少, 含量低, 净化简单、快速。二是煅烧、活化温度很低, 其失水温度仅为 450°C , 而且没有 CO_2 放出, 无污染, 不需回收设备。这也是水镁石引起人们注意的重要原因。

2. 用其物性:

(1) 增强、补强纤维: 纤维水镁石许多物理性质与温石棉类似, 完全可以在许多领域取代温石棉。纤维水镁石对环境、对人体没有致癌危险, 顺应了材料发展的趋势。现在此纤维主要用于微孔硅酸钙、硅板等中档保温材料中。其一般配方是: 硅藻土+石灰浆+水玻璃+纤维水镁石。纤维含量为8~10%左右。产品优点是: 白度高、外观漂亮、容重低、成本低, 可以作为无石棉保温材料出口创汇。1989年我国已出口此产品到美国。

(2) 造纸填料: 水镁石白度高, 剥片性好, 粘着力强, 吸水性低。苏联把它与方解石一起用作造纸填料, 使造纸工艺由酸法改为碱法, 并降低浆水污染。

(3) 工艺品: 水镁石块体颜色丰富多样, 质地均一, 透明度好, 无裂纹, 细腻滑润, 常与其它矿物或变种形成自然条纹、天然图案、造型等, 有观赏价值, 而且易于雕凿, 做工艺品成本低廉。

(4) 其它用途: 生料水镁石可作多次循环使用的纸浆镁基; 可用核反应堆防护; 土壤改良、Mg肥、调节湖水pH值等。

大规模的菱镁矿矿床基本上满足了工业

某难选硅线石矿石硅线石 金红石等的选别情况简介

温 英 吴应莲 崔辛明

(冶金部长沙矿冶研究院)

河南某硅线石原矿含 Al_2O_3 15%，另含金红石和钛铁矿、 TiO_2 含量 1.5% 左右。脉石矿物为云母、长石、褐铁矿及一些粘土矿物等。

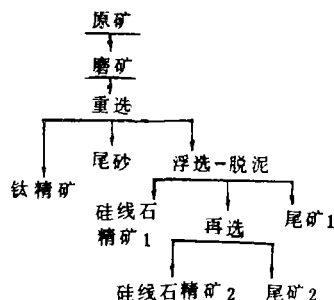
磨矿试验发现，该矿易过磨而泥化。为避免过磨，磨矿细度控制在 -200 目 60% 左右。粒度分析表明，-200 目的细粒级含 Al_2O_3 19% 左右，而 +200 目级别含 Al_2O_3 只有 8~9%。在 -200 目级别中硅线石的占有率达 75% 以上。-400 目的粒级中 Al_2O_3 的含量高达 25% 左右。因此回收硅线石，就必须进行矿泥的浮选。

原矿含 TiO_2 1.5%，具有综合回收的价值，并且硅线石精矿对杂质 TiO_2 、 Fe_2O_3 的含量有严格要求。因此，必须脱除金石石、钛铁矿和褐铁矿等。根据矿石中金红石和钛铁矿等矿物比重较大的特点，对原矿采用重选流程回收金红石和钛铁矿，取得的选别指标为钛精矿含 TiO_2 53.21%，回收率 84.44%。

对硅线石的浮选，通过试验研究，找到了合理的浮选药方选别工艺。其药方为捕收剂：

RO（脂肪酸阴离子型捕收剂），矿浆 pH 调整剂： Na_2CO_3 ，脉石矿物抑制剂及矿浆分散剂：SP。

为剔除粗选夹带上的脉石矿物，对粗精矿进行了精选及选择性絮凝脱泥。取得的最终指标为硅线石精矿含 Al_2O_3 >56%， TiO_2 、 Fe_2O_3 均低于 1%；低品位精矿含 Al_2O_3 >48% 可作一般耐火材料用。其原则流程见下图。



MgO 的需求，但是储量不大的水镁石矿床常与特征化学活性 Mg 质产物、新型材料、新用途相联系，而且在工艺矿物上有许多优点。仅此一点，就应大力扩大水镁石的利用。

四、结 论

1. 水镁石和纤维水镁石的应用矿物学特征和内部精细结构存在差异，这是二者具不同用途的基础。

2. 水镁石岩矿物组合较复杂，并且明显原岩控制的特点，其岩石分类有待进一步深入研究。

3. 水镁石的三种有工业意义的矿石类型，

其工艺特征各具特色。

4. 水镁石主要用于制 Mg 工业及中档保温材料 and 补强材料，制品性能优异，且节能效果明显。

本文得到周开灿、万朴、潘兆槽老师的指导，在此一并致谢！

主要参考资料

- (1) 张光荣等《建材地质》No3, 1987
- (2) 左培锦等《河南地质》No5, 1987
- (3) 江绍英《蛇纹石矿物学及其物性测试》地质出版社 1987
- (4) 朱自尊等《矿物岩石》No4, 1986