



千面含铁矿石

○巫翔 秦善

闲话钢铁

据科学家推算,地球上的铁有 79.52% 分布在地核, 20.42% 分布在地幔, 只有 0.06% 分布在地壳。即便是地壳中 0.06% 的铁, 换算成重量的话, 也高达 1.5×10^{18} 吨, 如果将它们覆盖在地球表面, 其高度可达 350 米。

人类能够开发的铁只有地壳和地幔中的很少一部分, 这部分铁存在于种类繁多的含铁矿物中。目前已经发现的含铁矿物约有 300 余种, 其中常见的有 170 余种。在当前的技术条件下, 具有工业利用价值的只有屈指可数的几种, 它们是磁铁矿、赤铁矿、钛铁矿、褐铁矿和菱铁矿。那么这几种铁矿石是什么样子的呢?

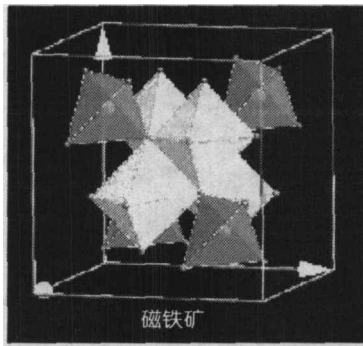
磁铁矿

顾名思义, 磁铁矿就是具有磁性的铁矿物, 它的化学成分为 Fe_3O_4 , 其中既有 +2 价的铁, 也有 +3 价的铁。从微观角度来看, 磁铁矿结构中的铁离子排列如图所示: 连接氧离子 O^{2-} 可形成配位的四面体和八面体, 其中半数的 Fe^{3+} 位于四面体的中心, 另外半数 Fe^{3+} 和所有的 Fe^{2+} 位于八面体的中心。在宏观形态上, 也常见八面体形态的磁铁矿, 其颜色通常为铁黑色, 呈现半金属光泽, 不透明, 硬度在 5.5 ~ 6.5 之间, 性脆, 比重为 4.9 ~ 5.2。

此外, 磁铁矿中还可以有相当数量的其他金属离子替代铁离子, 如 Ti^{4+} 、 V^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 等。如果其他离子与铁离子的原子尺寸、性质

比较类似, 那么这些离子代替铁离子的数量就会较多, 相应地该种磁铁矿的名称就要添加一些修饰词了。如钛磁铁矿, 含 TiO_2 为 12% ~ 16%; 钒磁铁矿, 含 V_2O_5 高达 68.41% ~ 72.04%; 铬磁铁矿, 含 Cr_2O_3 可达百分之几; 镁磁铁矿, 含 MgO 可达 6.01%。

磁铁矿最大的特点是有强磁性, 这又可以分为两种: 一种为顺磁性, 即本身能被磁铁吸引, 但它不能吸引别的铁或磁铁矿, 即像没有磁化的普通钢铁一样; 第二种为铁磁性, 即它本身也能吸引铁或者磁铁矿, 像“磁铁”一样。在磁铁矿中, 大多数只具有顺磁性, 而具有铁磁性的磁铁矿很少见。磁铁矿在加热到 578℃ 时也会转变为顺磁铁矿, 这是磁性矿物的一种热磁效应。



我国古代四大发明之一的指南针就是利用了磁铁矿的磁性来指示方向的。战国时代的“司南”即为这样的仪器, 它是用天然磁铁矿雕刻成的一把光滑勺子, 勺底高而圆, 放在周围刻着方位的“平滑底盘”上, 可以自由旋转。静止的时候, 勺柄永远指向南方。当然, 现在的指南针比那个时候的要精确得多。

磁铁矿形成的地质条件非常广

泛, 既可以与岩浆活动有关, 也可以与变质作用有关。在我国磁铁矿产地很多, 如四川攀枝花(岩浆成因的矿床)、辽宁鞍山(沉积变质形成的矿床)、湖北大冶(接触交代形成的铁矿床)。顺便说明一下, 寻找磁铁矿矿床有一个好办法, 即进行航磁测量, 这也是利用了磁铁矿具有强磁性的特点。

赤铁矿

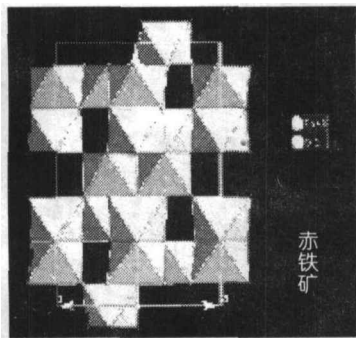
据说我们的祖先在给死者举行葬礼时, 要把一种赤红色的粉末撒在死者的身旁。他们认为红色代表血, 是生命的源泉。另外, 红色也代表光明与温暖, 人活着时是红润而温暖的, 死后则变得苍白而冰凉, 撒红粉是希望再一次给死者以生命的温暖和活力。我们的祖先寄予如此巨大希望的红粉, 便是用赤铁矿研磨而成的。此外, 赤铁矿也是一种非常稳定的红色颜料, 一些远古壁画中的红色块就是用赤铁矿做颜料画成的。

赤铁矿的化学成分是 Fe_2O_3 , 与磁铁矿相比, 赤铁矿的内部结构中只有 Fe^{3+} , 且只位于 O^{2-} 构成的配位八面体中心(见下页图)。具有完好的晶体形态的赤铁矿比较少见, 表面颜色为铁灰或钢灰色, 呈现金属至半金属光泽, 但其粉末的颜色呈樱桃红色或鲜猪肝色, 硬度为 5 ~ 6, 比重为 5 ~ 5.3。

赤铁矿的晶体聚集在一起时, 可呈现多种形态, 于是就有了各自不同的称呼。例如, 如果赤铁矿呈花瓣状或片状集合体, 且有很强的金属光泽, 则称之为镜铁矿; 如果赤铁

小知识: 彩页“千面含铁矿石”中的黄铁矿为什么会呈现出规则的立方体型呢? 黄铁矿的化学成分是 FeS_2 , 为一种具有晶体形态的铁化合物, 其最小组成单元(也可说晶胞)呈立方体型。在结晶过程中, 由于结晶材料比较充足、生长空间相对较大以及化学形成条件适宜, 所以黄铁矿基本按照规则的立方体型生长起来, 并最终形成具有立方体型界面的晶体。

矿具有金属光泽,且表现为结晶质的细鳞状,则称为云母赤铁矿;最常见的还是所谓鲕状或肾状赤铁矿,它们聚集在一起的时候,酷似很多鱼籽在一起形状。



自然界中,磁铁矿(Fe_3O_4)和赤铁矿(Fe_2O_3)可以相互转化,并在一定的条件下达到平衡。当环境中氧的浓度增大,磁铁矿可以氧化成赤铁矿,这个化学过程可表达为: $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ 。此时,赤铁矿若仍保留原磁铁矿之晶形,就称为假象赤铁矿。当然,如果环境中氧的浓度减少,赤铁矿可还原为磁铁矿: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ 。如果它保留赤铁矿的晶形,此时则称为磁赤铁矿。

赤铁矿可形成于各种地质条件下,有的时候也可与磁铁矿共生在一起。如我国的辽宁鞍山,不仅是磁铁矿的产地,同时也有大量的赤铁矿。至于钛铁矿,其化学组成为 FeTiO_3 ,相当于赤铁矿中的一个Fe被Ti代替了,虽然从内部结构上两者的差别很小,但由于钛铁矿含有相当的Ti,于是在一些性质上与赤铁矿相比有了较大的差异。如钛铁矿具有微磁性、粉末的颜色为黑色、比重较小等特点,甚至在成因上也较局限,钛铁矿的形成主要与岩浆活动有关。

褐铁矿

在自然界中,铁还能以氢氧化物的形式产出,如针铁矿(FeOOH)、水针铁矿($\text{FeOOH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)、纤铁矿

(FeOOH)和水纤铁矿($\text{FeOOH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)等等。这些矿物常和富水的氢氧化铁胶凝体以及铝的氢氧化物、泥质物质混合,这种混合物由于矿物颗粒很细,不易分开,肉眼难以区别,故统称为“褐铁矿”。所以褐铁矿不是一种矿物,而是混合物的统称。正是因为是表生的混合物,因此褐铁矿常呈块状或胶态(肾状、钟乳状、葡萄状、结合状、鲕状)或疏松多孔的土状。

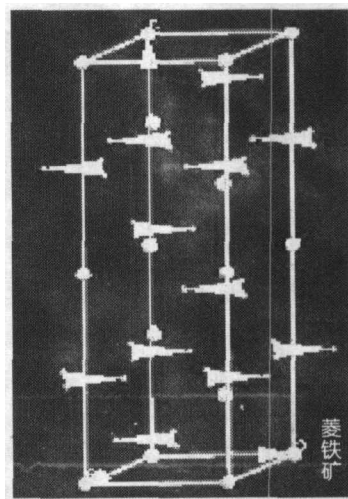
由于褐铁矿不是单独的矿物种,所以它没有像其他铁矿物那样固定的内部结构和稳定的化学组成。但从外表上看,它确实也像一个矿物,如呈现黄褐色—红褐色的颜色,粉末颜色常为棕色,比重大致为3.3~4.0。有时褐铁矿也呈现出晶形来,如保持像黄铁矿那样的立方体形态,这是由于这样的褐铁矿是由黄铁矿氧化而来,并保存有黄铁矿的假象,称之为假象褐铁矿。

褐铁矿是表生作用的产物,即含铁的硫化物(如黄铁矿、黄铜矿)、氧化物(如赤铁矿、磁铁矿)、碳酸盐(如菱铁矿)、硅酸盐(如海绿石、黑云母)等矿物,在地表的 H_2O 、 CO_2 、 O_2 等作用下,通过所谓的氧化和水化作用之后都转为褐铁矿。这一作用称之为褐铁矿化作用。可以想象,只要有含铁矿物的地方,几乎都能见到褐铁矿。

当褐铁矿在金属矿床氧化带露头上分布有一定面积时称为“铁帽”,多由原生矿石和围岩中含铁矿物褐铁矿化而成。一般根据“铁帽”的颜色、构造和所含微量元素及次生的伴生矿物等标志(次生矿物常与原生矿物的种类和结构构造有一定关系),可推断深部原生矿床的种类,因此铁帽是很好的找矿标志。当然,如果褐铁矿呈大面积分布并大量富集时,可作为铁矿床开采。

菱铁矿

与前几种含Fe矿物不同的是:菱铁矿是一种碳酸盐,它的化学成分为 FeCO_3 。新鲜的样品外观很像石灰岩(CaCO_3),甚至在用偏光显微镜鉴定时也会出错。曾经出现过这样的事例,一个地质队打钻取出的岩心经显微镜鉴定,认为是方解石或白云石,没有经济价值而不予留意。后来岩心在长期贮存中因被氧化而生了“锈”,锈是褐铁矿,这才引起注意而进行化学分析,证明是菱铁矿。于是,根据这个鉴定结果而发现了一个有经济价值的铁矿。



菱铁矿的内部结构是这样的(如上图): $[\text{CO}_3]^{2-}$ 离子呈平面三角形状的阴离子团,与 Fe^{2+} 离子一起在三维空间相间排列。菱铁矿的晶体常呈菱面体,颜色为浅白色或浅黄白色,有时微带浅褐色,具有像玻璃那样的光泽,硬度在3.5~4之间,比重为3.96左右。

由于菱铁矿中的铁是+2价,而非+3价,所以菱铁矿形成于相对还原的条件下。在地质上,可以由热液作用形成,也可以在缺氧的条件下,由生物作用或化学沉积作用形成。

(责任编辑 XH)

幸福在于自主自足之中。

——亚里士多德

