

来自伊特比的钇

原文作者：

彼得·迪纳（Peter Dinér），瑞典皇家理工学院化学系。



迪纳描述了元素钇从在偏远矿井中被发现到被用于制作高温超导体和发光二极管的历程。

如果你在斯德哥尔摩可以腾出些时间去了解一些科学史，不妨做个短途旅行，去附近的罗萨（Resarö）岛上一个叫伊特比（Ytterby）的村庄走一遭。那里有一座废弃的矿井，虽然已被重填，却仍值得参观，因为这里是4种稀土元素（钇、铈、镨、钕）的诞生地，它们的名字全部源自于伊特比这个村庄的名字。

这个村子的科学故事可追溯至1789年，在一个盛产炼铁厂所需的石英石以及瓷器厂所需的长石的采石场里，年轻的瑞典陆军中尉卡尔·阿克塞尔·阿伦尼乌斯（Carl Axel Arrhenius）在煤矸石剩料堆里发现了一块黑色石头。中尉曾在皇家铸币厂的实验室里工作过，由此培养出了对矿物矿石的浓厚兴趣。他起初以为自己发现的是钨矿石，并将这块奇特的黑色矿石送至其在芬兰的好友——时任皇家图尔库学院（拉丁语为“Regia academia aboensis”，即现在的赫尔辛基大学前身）化学教授的加多林处。

加多林发现这块被称为“ytterbite”的矿石（后来为纪念加多林先生的贡献，将其重新命名为“gadolinite”，中文名为“硅铈钇矿”）含有一种未知稀土元素的氧化物^[1]。随后，瑞典化学家安德斯·古斯塔夫·埃克贝格（Anders Gustaf Ekeberg）证实了这个发现，并将这种氧化物命名为“yttria”，即氧化钇^[2]。1828年，非纯态的单质钇是由维勒通过向硅铈钇矿石通氯气形成无水氯化钇（ YCl_3 ），然后再利用金属钾将其还原成钇单质而分离获得的^[3]。1843年，莫桑德发现先前认为的氧化钇实际上是几种金属氧化物的混合物，他分离出了三种氧化物：yttria（含氧化钇， Y_2O_3 ）、erbia（氧化铈）、terbia（氧化镨）^[4]。到最后，阿伦尼乌斯发现的这块黑色矿石被证实为含有8种稀土元素（铈、镨、钕、钐、铕、钆、铽和镱）的氧化物。等到了20世纪20年代，第39号元素在元素周期表上的符号从早期的Yt改成了现今的Y。

和元素周期表第3族上面的邻居钪一样，钇的化学性质和镧系元素相似，由此它们被统称为稀土元素。这意味着，如同生产镧系元素一样，钇也可以从独居石和氟碳铈矿等矿石所含的混合氧化物中分离得到。随后可以通过将其制备成氟化钇，再经钙金属还原的方法来进行单质钇的提纯。

钇具有银色金属光泽，在空气中较稳定。类似于镧系金属，钇通常呈三价离子态 Y^{3+} ，大量以氧化钇形式存在。钇有很多同位素，质量

数从79一直到103不等，但在自然存在的只有Y-89一种稳定同位素。

有机化学家一定非常熟悉三价**钇**的配位化合物，它们被当作路易斯酸催化剂应用于多种反应当中。例如，最近一个对于氮丙环的具有高度对映选择性的开环反应就是由**钇**的双金属配合物催化进行的[5]。

第39号元素也以**钇**铝石榴石（YAGs）晶体的形式，应用于各种光学仪器中。在这种材料里，这些材料中的一小部分的**钇**原子被镧系元素替代时，由此引入了能改变材料光学性质的晶格应变。例如，掺杂铈的**钇**铝晶体(Ce:YAGs)被作为荧光体与蓝色发光二极管(LEDs)结合使用。从LED中发出的蓝光“流”过Ce:YAG荧光体后降频转换为黄光，其又依次与LED的蓝光叠加产生类日光的白光。其他设备包括被称为Nd:YAG（掺杂钕的**钇**铝石榴石晶体）的激光，常被用于医学和工业应用中。

然而**钇**最重要的影响也许还是其在高温超导体（零电阻）发现过程中所扮演的角色。1986年，贝德诺尔茨和米勒发现一种镧基铜酸钙钛矿(La_2CuO_3)在绝对温度35 K下显示出超导特性，为此他们第二年就被授予了诺贝尔物理学奖[6]。另外在1987年，美国的物理学家发现 $\text{Y}_{1.2}\text{Ba}_{0.8}\text{CuO}_4$ （常被简称为YBCO）在93 K时就可以发生超导现象，该超导临界温度的提升具有重要现实意义，因为这在液氮沸点(77 K)以上，是一个实际可行的制冷温度[7]。该发现激发了更多的研究力量投入到寻找更高临界温度的超导体的工作中——理想是实现室温以上的超导，虽然至今仍未可得。

第39号元素，一种近似于镧系元素的过渡金属，已经从一座如今已被废弃的矿里走了出来，进入到了各色高科技设备中。

[1] Gadolin, J. Kungl. Svenska Vetenskapsak. Handl. 15, 137-155 (1794).

[2] Ekeberg, A. G. Kungl. Svenska Vetenskapsak. Handl. 18, 156-164 (1797).

[3] Wöhler, F. Annal. Phys. Chem. 13, 577-582 (1828).

[4] Mosander, C. G. Annal. Phys. Chem. 60, 297-315 (1843).

[5] Wu, B., Gallucci, J. C., Parquette, J. R. & RajanBabu, T. V. Chem. Sci. 5, 1102-1117 (2014).

[6] Bednorz, J. G. & Müller, K. A. Z. Physik B 64, 189-193 (1986).

[7] Wu, M. K. et al. Phys. Rev. Lett. 58, 908-910 (1987).