



——战略性新兴资源中的宠儿

□ 文图 / 王酉臣 王登红

第一作者简介 王酉臣，硕士研究生，地质学专业。



> 玻璃安瓿瓶

(图片来源: Michael osterrieder)

19世纪50年代，住在汉堡城里的德国化学家罗伯特·威廉·本生发明了一种可以燃烧煤气的灯，命名为“本生灯”。当把不同的物质放到这种灯的高温火焰里时，火焰会有不同的颜色变化：放入含钠的物质，火焰会变成黄色；放入含钾的物质，火焰

则变成紫色……在物理学家古斯塔夫·罗伯特·基尔霍夫研制的分光仪的帮助下，他们成功地找到了一种可靠地探索和分析物质成份的方法——光谱分析法。1861年，利用这种方法在一种矿泉水里和锂云母矿石中，科学家发现了一种产生红色光谱线的未知元素。这个新发现的元素就用它的光谱线颜色来命名（在拉丁语里，铷的含意是深红色）。铷的发现是用光谱分析法研究分析物质元素成分取得的第一个胜利。

那么问题来了——“铷”为何物？又该“铷”何得到？它为何“铷”此了得？

“铷”为何物？

铷（Rb）是一种稀有金属元素，原子序数37，位于元素周期表中第五周期、第ⅠA族，与锂、钠、钾、铯同属碱金属家族，是一种极软的银白色蜡状金属，其化学性质比钾活泼。在室温条件下，能在空气中自燃。其熔点为 38.89°C ，沸点为 686°C ，密度为 $1.532\text{g}/\text{cm}^3$ （ 20°C 条件下），在地壳中含量约为0.009%，遇水起剧烈作用，生成氢气和氢氧化铷，即使与温度低于 -100°C 的冰亦能发生反应，并随之生成氢气和氢氧化铷。铷在空气中会很快形成氧化层，失去光泽并自燃生成深棕色的超氧化物 RbO_2 ；铷跟氯气或溴猛烈反应燃烧形成火焰。铷不与氮气反应，它跟氢气反应则生成氢化铷。铷的蒸气在 180°C 时显绛红色，高于 250°C 时则变为橙黄色。纯金属铷通常储存于密封的玻璃安瓿瓶中（是用于盛装药液的小型玻璃容器，容量一般为1~25毫升，具有膨

胀系数小、耐热性好等特点)。

铷与铯的物理及化学性质非常相似,在用途上也相差无几,绝大多数情况下两者可以相互代替。铷的不同特性使其在不同领域中具有不同作用,如易电离性多用于磁流体发电、离子火箭等;铷原子外层电子的超精细跃迁频率可用于原子钟、卫星导航、计算机通信等;特殊的生化作用可使其在治疗癫痫的镇定剂中起到作用。由于现阶段全球铷需求并不高且与我们日常生活具有一定距离,因此人们在日常生活中很难感受到它的重要性。目前,铷资源处于“产一销”两不旺的尴尬处境,究其原因是因为铷资源的稀缺导致其高昂的价格。美国地质调查局资料显示:2010年,纯度达99.75%的铷的估价为52.33美元/克。价格太高会使得使用者尽量使用代替品,但随着提取和化合物生产技术的提高,其价格肯定会下降,需求量也会上升。从长远来看,铷的应用肯定会越来越广泛,如通信领域中用作光导纤维的添加剂;在能源领域中用作能源转换与存储材料;在环保领域中用于烟气除硫,等等。

不仅如此,铷还是人体必需的微量元素。铷在自然界普遍存在,以一定浓度存在于动植物体内。铷在人体组织中浓度维持不变或随人体衰老而降低,可刺激或促进生长。在体内代谢方面,科学家发现可能存在铷的平衡和调节机制,并能透过胎盘

和乳腺屏障供给新生儿。实验研究发现,铷不仅能影响生长、生殖功能以及脑发育和脑衰老等,而且还具有抗癌效用。在医学上,铷被应用于治疗神经系统、心血管系统、泌尿系统、老年性白内障等疾病。同时,铷还具有抗抑郁作用。自20世纪60年代后,由于锂在精神科临床的广泛应用,人们对锂的同族元素铷亦进行了较深入的研究。经研究证实,铷与锂的药理效应恰恰相反,具有抗抑郁作用。据此,研究者们建议临床用铷作为抑郁症的治疗药物。结果发现,经过4周氯化铷药物治疗,70%的顽固性抑郁症患者疗效显著,且无严重的不良反应。

“铷”何得到?

铷在自然界储量虽大,但可实际应用的资源却并不多,因此铷的提取就变得至关重要。由于铷是钾、锂或铯矿中的伴生元素,常作为钾、锂、铯提取时的副产品回收。目前提取和分离铷的技术主要有以下4种:一是分步结晶法,即利用溶液中物质溶解度差异而分步结晶的原理来分离和提纯物质,例如,从含铷锂云母或铯榴石等含铷矿物中提取铷及其化合物,但作为一种传统方法,现代工业生产已经很少应用;二是沉淀法,铷离子能与某些阴离子反应产生沉淀,通过控制沉淀的条件,如浓度、





> 可可托海的瞬间 吴洪杰 / 摄

酸度等，可有效地分离铷与其他杂质，达到回收铷及铷盐的目的，此方法可用于粗产品的进一步提纯，由于盐湖卤水中铷的含量较低，因此很少应用沉淀法从卤水中提取铷，由于沉淀剂价格高、沉淀物的稳定性一般，此法在工业界应用并不广泛；三是离子交换法，是从卤水等液态资源中提取铷的重要手段，利用离子交换剂（离子筛分材料）中的可交换基团与溶液中各种离子间的离子交换能力的不同来进行分离的一种方法，该方法具有工艺简单，回收率高，且易于实现大规模工业化生产，是非常具有前景的一种方法；四是溶剂萃取法，通过有机萃取液和水溶的铷铯母液相互混合，利用质量与密度的不同将两者分开，该方法既可用于含铷矿物铷的提取回收，也可用于含铷卤水铷的提取回收，是近年来应用最广、研究最多、研究进展最快的一种分离回收技术，具有广泛的应用前景。

铷在全球市场中的应用尚未被充分发挥。目前铷产品（铷盐、铷金属等）的主要消费国家是日本和美国，近20年来日本在铷生产和应用领域中发展最快，而美国又将80%的铷应用都聚焦在高新技术的开发上，其余20%用于电子器件、催化剂等传统领域。2014年，全美消耗铷盐61 600吨，基本等同于全球的消耗量。据统计，我国2010—2016年国内铷产量从1.5吨发展到4吨，而其产品消耗量也逐年增加。

虽然全球范围内铷储量丰富，但因其独特的性质，至今仍未发现单独的铷矿，其主要是以类质同象形式赋存于钾含量较高的硅酸盐矿物和氯化物矿物中。铷资源主要包括花岗伟晶岩、天然光卤石、铯锂云母、

钾矿、锂云母、铯榴石、海水、地热水及盐湖卤水，等等。目前的工业回收方法主要是从花岗伟晶岩中回收铷，其工业矿物是锂云母和铯沸石（铯榴石）。根据美国地质调查局统计，全球氧化铷储量约为341万吨，其中盐湖卤水（死海和大盐湖）中氧化铷储量总计109.4万吨。国外伟晶岩中氧化铷储量共计18.3万吨，其中津巴布韦占58%（约11万吨）、纳米比亚占29%（约5.5万吨）、加拿大占7%（约1.3万吨）。此外，虽然海水中铷的浓度并不高（0.12毫克/升），但因为总量巨大，仍然不可小觑。国际上，美国、南非、纳米比亚、赞比亚等国铷储量丰富。特别是加拿大Baenic湖沉积物中的锂云母和铯榴石、智利的Salar de atacama卤水中均含有丰富的铷资源。我国铷资源相对丰富，储量约为18.4万吨，基础储量约31.1万吨，目前已探明氧化铷资源量约195.8万吨，占全国氧化铷资源量的97%；主要分布在江西、新疆和广东等12个省份，其中江西宜春是我国最主要的铷供应地（约34%），新疆可可托海则是开采时间最久的地区。可可托海三号矿更是以“地质矿产博物馆”享誉海内外，是中外地质学者心目中的“麦加”，拥有地球上已知140多种矿物中的86种，稀有金属占到矿山储量的九成以上，是一座天然的稀有金属元素储备库。

铷金属具有特殊的化学性质，可在空气中自燃。因此，其生产、储存和运输必须需采用液

体石蜡、惰性气体或真空条件等方式隔绝空气，然而这种近乎苛刻的存储方法也在很大程度上制约了铷在某些领域的应用和开发。但随着对铷应用不断深入的研究，铷在很多高科技领域显示出了广阔的应用前景。

“铷”此了得

优异的光电性几乎可称为铷的最重要的性质，因此它也被称为“长眼睛”的金属。钙钛矿型太阳能电池是最新的第三代太阳能电池，区别于第一代单晶硅电池和第二代多晶硅薄膜电池，其认证效率目前已经达到了 22.1%，是一种有着巨大潜力的太阳能电池，具有稳定、高效、结构简单、便于批量生产等特点。然而，钙钛矿的稳定性问题限制了该种太阳能电池的使用寿命。解决这一问题的一个研究方向就是通过掺入构造更复杂的阳离子化合物以提高钙钛矿性能。掺入阳离子的目的是用来提高钙钛矿的稳定性。2016 年 9 月 29 日在《Science》杂志上发表的一篇文章称，将氧化态铷离子加入到钙钛矿中，在小面积上实现了稳定效率 21.6%（平均值为 20.02%，在 0.5 平方厘米的面积上稳定效率为 19%）。铷离子的掺入使钙钛矿稳定地保持了具有光活性的黑色相，在 85℃ 下长达 500 小时的太阳光照射后仍然保持最初性能的 95%。

此外，铷原子钟是全球导航系统装备最早、数量最多的原子钟，被视为导航定位系统的“心脏”。



> PET-CT 成像设备
(图片来源: www.hedy.com.cn)



> 钙钛矿型电池
(图片来源: www.xincailliao.com)

这颗“心脏”为卫星系统提供高稳定的时间频率信号，而频率稳定是整个卫星系统导航定位精度的关键。

在医疗领域中，铷盐则常用于治疗甲状腺肿大，并可作为抗狂躁剂和心境稳定剂的药物。铷的溴化物形式作为抗癫痫药物用于临床，并制成碘化物用于治疗梅毒。使用铷金属作为重要制作材料的 PET-CT 成像设备，除了常规的 X 射线造影外，还可以精确地评价冠状动脉疾病的位置和程度。

此外，在铸铝合金中加入 0.01% ~ 1%（质量分数）的铷可以改善其力学性能。在很多有机和无机合成中，可以用 RbO_2 代替 K_2O 作为助催化剂以提高现有催化剂的催化活性和效率。 RbN_3 被作为氧化剂用于制备红外烟火药剂。值得一提的是，有些含铷化合物具有多重性质，并不局限于一个应用领域，而是可以在多个领域发挥作用。

总而言之，战略性新兴产业矿产中的代表性矿种——铷，如今越来越受到人们关注。也许铷并不像锂那样广为人知，也不像钾、钠一样随处可见，但它却与我们的生活息息相关——从 20 世纪 60 年代它的锋芒初露，到如今它在各大领域中的必不可少。也许到了将来的某一天，忽“铷”一夜春风来，千树万树梨花开，它必将走进我们的生活，为我们创造出无穷无尽的价值! 

第一作者单位 / 桂林理工大学地球科学学院

(本文编辑: 王依卓)