

铝的魅力

原文作者：

丹尼尔·拉比诺维奇（Daniel Rabinovich），美国北卡罗来纳大学化学系。



拉比诺维奇概述了铝的历史、性质以及用途。铝是当今用途最多、最普遍且最廉价的金属，而就在仅仅150年前，它还被认为是一种稀有且昂贵的元素。

很难相信铝曾经比金还贵。19世纪中叶时，为了给客人们留下深刻的印象，拿破仑三世在国宴上摆出了全套的轻巧铝制餐具。尽管第13号元素铝是地壳中最丰富的金属（含量约为8%），且存在于超过270种不同的矿物中，但由于它对氧的高亲和性及其氧化物和硅化物良好的化学稳定性，使得很长一段时间人们都无法获得单质铝。直到1827年，德国化学家维勒制备出第一个纯铝样品，他也是开始研究铝那迷人的物理和化学性质的第一人。

1854年，法国化学家亨利·圣克莱尔·德维尔（Henri Sainte-Claire Deville, 1818—1881年）开发了一种可以大规模制备铝的方法。很快，他又出版了第一本极为全面地描述铝的制造、特性和新兴应用的书籍^[1]。

这种新型金属的诱人特性很快被研究清楚，包括低密度、高抗拉强度和延展性、良好的导热导电性，以及卓越的抗腐蚀性。凡尔纳在1865年写成的小说《从地球到月球》中生动地写道：“这种宝贵的金属具有银的洁白、黄金般的坚不可摧、铁的韧性、铜的可熔性以及玻璃的亮度。它易于被制造，分布广泛，是大多数岩石的基础成分，且比铁轻三倍，似乎就是为了给我们提供月球炮弹的材料而生。”但那个时候铝的价格仍与银差不多。高价阻碍了铝的大规模应用，同时也促使人们去寻找一种更经济的制备工艺以替代旧方法。

到了1886年，美国人查尔斯·M. 霍尔（Charles M. Hall）与法国人保罗·埃鲁（Paul Héroult）几乎同时独立研究出了将氧化铝溶解在熔融冰晶石（ Na_3AlF_6 ）中并电解以制备铝的方法。著名的德国化学和制药公司拜耳的创始人之子、奥地利化学家卡尔·约瑟夫·拜耳（Karl Josef Bayer）在几年后就开发出了一种从最重要的铝矿石——铝土矿中提取和纯化氧化铝的高效工艺，这使Hall-Héroult电解炼铝法变得经济可行。到20世纪60年代早期，铝超越铜成为世界上最广泛使用的有色金属。

铝及其合金的应用范围非常广泛，从建筑和运输行业，到电线、包装材料、炊具和许多其他家庭用品的制造。这一无处不在的金属的另一个重要特性是易于回收利用，这种特性具有重要的经济和环保价值。将铝二次回收所耗的能量大约仅为从铝土矿中提取新铝金属所消

耗电量的5%，同时这还可以减少垃圾填埋占据的空间，并减少温室气体的排放。

与纯铝的短暂历史大不相同的是，含铝化合物早就为人所知。在古希腊和古罗马，明矾——十二水合硫酸铝钾 $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ 就被用作止血剂和染色剂。氯化铝 (AlCl_3) 作为常见的路易斯酸，广泛应用于Friedel-Crafts酰基化和烷基化反应。碱式氯化铝则是许多抑汗剂中的活性成分。三甲基铝部分水解得到的不确定混合物——通称甲基铝氧烷则大量用于Ziegler-Natta烯烃聚合反应。

种类日益增多的铝配位络合物的存在给铝金属的化学带来了许多新进展，这些络合物将在催化和有机合成^[2]领域大展身手。其他较为活跃的研究领域包括制备包含金属有机形态^[3]和类金属簇^[4]在内的罕见一价铝化合物，合成可有效破坏有机磷神经毒剂和杀虫剂^[5]的Schiff碱衍生物。

这个曾经被美国《国家地理》称为“神奇金属”的元素仍是科学家、工程师，甚至是艺术家和设计师的灵感来源^[6]。让我们在下一次使用铝箔纸包裹三明治或者从易拉罐里喝碳酸饮料时，铭记它丰富多彩的化学性质、迷人的历史和诸多的用途。

[1] Sainte-Claire Deville, H. De l' aluminium: ses propriétés, sa fabrication et ses applications (Mallet-Bachelier, 1859).

[2] Taguchi, T. & Yanai, H. in Acid Catalysis in Modern Organic Synthesis (eds Yamamoto, H. & Ishihara, K.) 241-345 (Wiley-VCH, 2008).

[3] Roesky, H. W. & Kumar, S. S. Chem. Commun. 4027-4038 (2005).

[4] Schnepf, A. & Schnöckel, H. Angew. Chem. Int. Ed. 41, 3532-3552 (2002).

[5] Butala, R. R., Cooper, J. K., Mitra, A., Webster, M. K. & Atwood, D. A. Main Group Chem. 9, 315-335 (2010).

[6] Nichols, S. C. Aluminum by Design: Jewelry to Jets (Harry N. Abrams, 2000).