

曾经的贵金属——铝的趣话 (1)

Once a Precious Metal: Anecdote of Aluminum (1)

供稿|贾成厂 / JIA Chengchang

内容导读

如果有人说，铝比金银都贵，你相信吗？是不是觉得这是天方夜谭，不可能的啊，但是，这里告诉你，千真万确，铝曾经比金银都贵。这到底是怎么回事儿呢？现在就让我们走进铝的世界，一看究竟吧。

身价曾经超金银

铝是一种很重要的商用金属元素，其应用小到铝制的易开罐或铝箔包，大到飞机的机翼，都有铝的存在。

人类究竟是什么时候开始认识、制备和使用铝的？比较公认的是大约 200 年前，但是也有一种说法是 2000 年以前已经有人掌握了铝的冶炼技术^[1]。这是什么原因呢？这源自一个餐盘的故事。据说古罗马时期一个金匠向皇帝提比略（Tiberius）进献了一个不同寻常的餐盘，这个金匠进献餐盘时声称，制作盘子的金属是他从普通的黏土中提取出来的，他采用了一种神秘的技术，而这种技术只有上帝和他知道。这个餐盘是一件令人目眩神迷的绝妙物品，它是用一种全新的金属制作而成的，质地很轻，闪闪发光，几乎与银一样亮。

金匠本想着依靠这个餐盘来升官发财，却万万未想到餐盘却给他带来了杀身之祸。这又是怎么回事呢？原来，这个皇帝是罗马最伟大的统帅之一，

他是一个战争狂，征服了今天欧洲大陆的大部分地区，并在这个过程中积聚了大量的黄金白银（图 1）；他同时也是一位财务上的行家里手，因此他很清楚，如果人们突然之间都转而青睐于这种闪闪发亮的新金属，而不再喜欢黄金，那么他的财富将会严重缩水。因此，提比略非但没有给这个金匠预期的奖赏，而是下令将他斩首了。



图 1 提比略皇帝的古罗马银币（图片来自网络）

作者单位：北京科技大学材料科学与工程学院，北京 100083

这种闪闪发亮的新金属就是铝。毫无疑问，这个金匠成了无头冤魂是全世界的损失，直到差不多2000年之后，铝才被再次发现，那已经是19世纪早期了。

让我们先来看一幅漫画吧（图2）。凭什么穿越到19世纪中期就能够成为富豪？如果把家里的铝合金门窗的铝带回1850年，绝对能够成为大富豪！现在铝是司空见惯的东西，可是就在200年前，人类还是把铝当做稀有的宝贝来看。1825年，德国化学家维勒和丹麦化学家奥斯特（图3）从铝矿中用还原的方法提炼出来了铝，但这仍没有改变铝物以稀为贵的情况。因此，那时的铝还被列入稀贵材料和艺术珍品的行列。由于铝非常稀少，被认为是世界上最有价值的金属之一。



图2 穿越到19世纪，成为大富豪（图片来自网络）



图3 1825年，德国化学家维勒（左图）和丹麦化学家奥斯特（右图）用还原的方法提炼出铝（图片来自网络）

在那个时候，铝甚至比黄金还珍贵。当时铝的售价是多少呢？根据1845年巴黎有关部门的一项记载，每公斤铝的售价是6000法郎，这在当时比黄金还贵的多。因此当时人们称铝为“银色的金子”，或叫“轻银”。

法国的皇帝拿破仑三世（Charles Louis Napoléon Bonaparte, 1808—1873，图4）是一位久负盛名的铝品收藏家，他甚至衣着上的钮扣和怀表壳都要用铝来制造，借以显示他的尊贵和阔绰。他还把将军旗上的银鹰换成铝鹰，每逢盛大国宴，只有他和王室成员才能使用铝制的餐具，当时的铝制餐具确实比金制、银制的餐具更加高贵。此外，拿破仑三世还制造了一顶铝王冠，当然，当时是比黄金冠还要名贵，这充分显摆了他的尊贵与富有。而且，拿破仑三世还为他的警卫部队的卫士制备了铝的胸甲，由于这样的胸甲过于昂贵，这让其他国王只能望洋兴叹，从而对拿破仑三世产生了羡慕并十分嫉妒。



图4 拿破仑（图片来自网络）

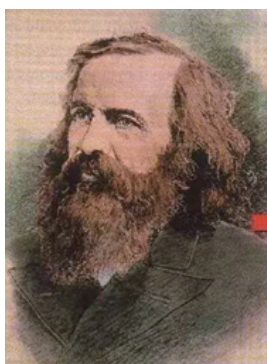
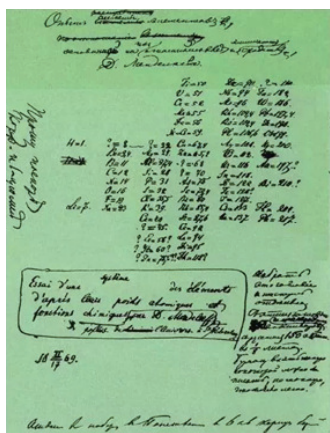
1855年在巴黎万国博览会上展出了一小块铝，标签上写道：“来自粘土的白金”。这一小块铝与当时最珍贵的珠宝并排陈列展出。1885年建成的华盛顿纪念碑，其顶端就是一块当时很昂贵的金属铝。

你猜猜当时的土豪出门都戴什么装饰品？你以为为是金？是银？那你就大错特错了，土豪出门脖子上不戴金不戴银，只带铝（图5），因为铝在当时就是一种富贵的象征。



图5 铝首饰（图片来自网络）

你知道当时最好的奖励吗？众所周知，俄国科学家门捷列夫（图6）玩命的工作，搞科研，终于整理出世界上第一张元素周期表，并据以预见了一些



1869年门捷列夫编制的
第一张周期表

图6 门捷列夫与元素周期表（图片来自网络）

尚未发现的元素，号称19世纪最伟大的科学成果之一。为人类做出这么大贡献的门捷列夫，最终被奖励的是什么？说来可能让人难以置信，1889年，为了表彰门捷列夫的伟大勋业，相关部门制备了一座含铝的天平（图7）奖励给他，毫无疑问，这在当时是一种莫大的荣誉。



图7 门捷列夫捧杯喜气洋洋（图片来自网络）

当铝初次传入中国时，有许多人不识铝为何物，误以为铝是从钢中精炼出来的，因此又叫铝为“钢精”。

为什么如此贵重

铝为什么曾经如此贵重呢？是否也像金、银、铂等贵金属那样，在地壳中的含量十分稀少呢？

其实，恰恰相反，地壳中的铝非但不稀有，而且还是含量最多的金属元素。但由于铝的化学性质活泼，在自然界通常以氧化物的形式存在，且铝与氧的结合十分牢固，不易被还原，因而铝的冶炼比较困难，难以用普通的冶炼方式分离。只能采用比铝更活泼的金属来置换，比铝活泼的金属主要有钾、钠、钙、镁等，无论哪一种都是价格昂贵，所以用这种方法制得的铝当然不会便宜。上述方法也称为热还原法。主要是用钾和镁等活泼金属复原而得到金属铝。主要有镁热法和钠热法两种流程。热还原法在铝工业开展的初期小规模生产铝^[2]。

另外，由于氧化铝和氯化铝熔点高，硫酸铝不易电解，所以，即使在电解技术出现后一段时间内也无法制取铝。都是电解钠再置换铝。

铝的这种状况一直持续到19世纪后期才得以改变。1886年由美国的霍尔和法国的埃鲁于发明霍尔-埃鲁铝电解法（图8），这种电解法的关键是以冰

晶石（ Na_3AlF_6 ）为熔剂组成的电解质，这样就有效地避开了氧化铝熔点高，难以进行电解的难点。电解的温度为950~970℃，能够使 Al_2O_3 分解在阴极以液相形式析出铝，在阳极上以 CO_2 气体形式逸出的氧。这样生产的吨铝排放的 CO_2 较多（约为1.5t），而且，耗电量也比较大，约为15000 kWh/t。

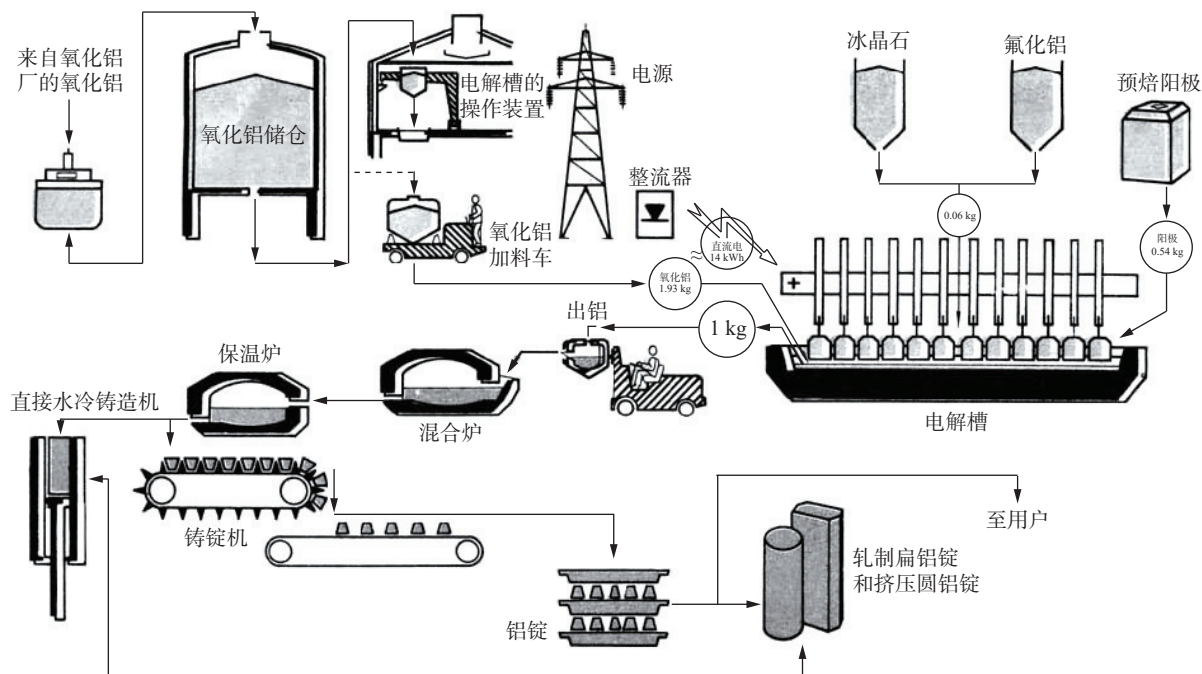


图8 电解铝的生产流程（图片来自网络）

工业电解铝的电解槽包括侧插阳极自焙槽、上插阳极自焙槽和预焙阳极槽。必要时可以对电解得到的原铝进行精炼得到高纯铝。

电解法制铝投产后，金属铝的产量迅速增长，使得铝的身价一落千丈，成为最普通的金属之一。从此，金属铝告别了首饰店。想不到吧，一时间受到富家贵人们追捧的铝，这么快就“分文不值”了。

可是，你以为铝的价值、铝的一生就这样结束了吗？那你就错了。铝的一生是励志的，既然知道自己走不了偶像派，就立马转型，让自己变成了一个实力派，从而在人们的日常生活中逐渐见到了铝的身影，同时也许许多重要的工业领域之中得到应用。现在铝是除钢铁以外最大的金属产品。

铝的发现发展

1953年，西晋周处墓在江苏宜兴被发掘。墓的

主人周处死于西晋元康七年（公元297年）。说到周处，大家可能都知道“周处除三害”的传说，讲的是周处年少时为祸乡里，口碑很差，好在是后来浪子回头，改过自新，最终还成了西晋的著名军事将领。在周处的坟墓中出土了一件金属带饰（图9）引起了众人的瞩目。1957年第4期《考古学报》公布了这件金属带饰的化学分析结果。分析报告说：“金属带饰内层合金的成分（质量分数）为，铝85%，锰5%，是以铝为主要成分的合金^[3]。这件事令人百思不得其解，在那么久远的年代，到底是哪里来的铝呢？彼时人类尚未掌握电解技术，唯一有关电的知识仅有大自然的闪电，显然，大自然的闪电与电解技术相距十万八千里呢。当然，也有人大胆地进行假象与推测，认为在那个时代，人们就掌握了制备铝的神奇方法，只不过该方法没有流传下来而已。因此形成了两派意见，一派认为当时已掌

握了制备铝的方法，但后来失传了；一派认为根据当时的状况，是绝不可能制备出冶炼难度如此之高的铝。



图9 周处的腰带（图片来自网络）

1972年第4期《考古》杂志发表了夏鼐的文章^[4]，认为周处墓中的金属带饰是后人带入的混入物，不是西晋墓中的原物。其理由是，周处墓在公元1350年和公元1860年先后两次被盗。1952年初此

墓打开时也有闲人进去过，都可能混进近代物品，而且除这件金属带饰外，周处墓中其它的十七件完整的金属饰带，经化学分析后都证明是银。因此，周处墓中的小块铝片不能作为晋代已能生产铝的证据。虽然科学分析可能不那么浪漫，但这则故事也不失为一个有趣的小插曲。

1978年，苏联科学家在西伯利亚发现了天然铝，质量分数高达98%，但这一发现未得到公认。

1983年，我国广西某又发现了天然铝，其成分铝质量分数96.47%，铜质量分数1.538%，还有其它微量的Si、Mg、Fe元素，因其与石英共生，排除了外界带入的可能，这个结果得到了国际新矿物委员会的认可，因此有人说周处的腰带可能来自天然铝。

自然界有没有天然铝直到目前科学界还未最后统一认识。但是有一点可以肯定，自然界即使存在天然铝也是罕见的，人类要大规模地使用铝，还是得从铝的矿物中进行提炼。铝的发现与发展主要事件见表1。

表1 铝的发现与发展

年代	国家和人物	主要事件
16世纪	德国，帕拉塞斯	研究了硫酸铝（明矾），其成分包含氧化铝
1757年	德国，马格拉夫	分离了矾土
1807年	英国，戴维	用电解法分离出了矾土中的钠和钾，却没有能用同样的方法分解氧化铝
1824年	丹麦，奥斯特	制得氯化铝后，把它与钾汞一起加热，首次制得不纯的金属铝
1827年	德国，维勒	通过金属钾与无水氯化铝反应而制得了银灰色的铝粉，于1845年制得一块致密的铝块
1854年	法国，德维尔	用金属钠与无水氯化铝钠加热，获得了金属光泽的小铝球
1854年	法国，德维尔 德国，本生	各自将熔融的 NaAlCl_4 电解制得了金属铝
1855年	法国	从黏土中提炼出来的铝在巴黎举办的世界博览会上展出，并引起了轰动，它被称为“德维尔的白银”
1886年	美国，霍尔 法国，埃鲁	向氧化铝中添加冰晶石，将氧化铝的熔点降低到950℃。用电子流通过一个含有氧化铝和冰晶石的电解池，在蒸馏管的底部分离出金属铝，得到了铝锭
1887年	奥地利，卡尔·约瑟夫·拜尔	改进了霍尔-埃鲁法，用氧化物和硅酸盐再次清洗铝土矿，成为目前工业制铝的拜耳法
1903年	德国，威尔姆	发现含有4%铜的铝合金可以在淬火后慢慢硬化，1909年这种铝合金开始小批量生产，就是著名的“杜拉铝”
1908年	美国铝业公司	发明电工铝合金1050，并制成钢芯铝绞线，开创高压远程输电先锋
1911年	美国	美国化学工业协会授予霍尔著名的佩琴奖章，埃鲁还特意远涉重洋到美国参加了授奖仪式，亲自向霍尔表示祝贺
1915年	美国铝业公司	发明2017合金
1935年	日本住友公司	五十岚勇研发抗拉强度突破了500 MPa的铝合金，称之为“五十岚金属”
1933年	美国铝业公司	发明了2024合金，使铝在航空器中的应用得以迅速扩大
1933年	美国铝业公司	发明了6061合金，创造了挤压机淬火工艺，显著扩大了挤压型材应用范围
1943年	美国铝业公司	发明了6063合金及7075合金，开创了高强度铝合金的新纪元
1965年	美国铝业公司	发明了经典的A356铸造铝合金

结束语

铝，既古老，又年轻。曾经是贵族，沦落为平民。曾经使拿破仑自豪，更有给诺贝尔荣誉。既有岁月的沧桑，又有传奇的经历。

参考文献

- [1] 喵教授 ProfessorMeow. 118 个元素的故事 滥情的铝. bilibili. (2019-03-02) [2024-01-02]. <https://www.bilibili.com/read/cv2174651>
- [2] 曾宝俊格致工作坊. 铝：一种后来居上的金属元素. 搜狐. (2020-09-30) [2024-01-02]. https://www.sohu.com/a/421802794_819016
- [3] 罗宗真. 江苏宜兴晋墓发掘报告：兼论出土的青瓷器. 考古学报, 1957(4): 83
- [4] 夏鼐. 晋周处墓出土的金属带饰的重新鉴定. 考古, 1972(4): 34

作者简介：贾成厂，北京科技大学教授、博士生导师。1982 年毕业于北京钢铁学院金属材料系，获学士学位。1987 年获日本东北（TOHOKU）大学硕士学位。1990 年获得日本东北（TOHOKU）大学博士学位。1990—1994 年日本神奈川科学城博士后、总工程师。获

国家发明专利 30 余项。在国内外学术期刊上发表论文 300 余篇，其中 SCI 检索 100 余篇，EI 检索近 200 篇。编著学术专著近 20 本：《复合材料教程》《陶瓷基复合材料导论》《烧结金属含油轴承》《金属基复合材料导论》《超硬材料与工具》《金属粉末凝胶注模成形》《烧结实践与科学基础》《韩凤麟教授论文集》等。获教育部科技进步二等奖、中国冶金教育协会优秀教材一等奖、高等教育国家级教学成果一等奖（参加）、北京市教育教学成果一等奖、中国有色金属学会优秀期刊二等奖、中国金属学会优秀工作者、“挑战杯”全国大学生科技竞赛优秀指导教师、复合材料学会《复合材料学报》杰出编委、北京科技大学“我爱我师——我心目中最优秀的教师”、师德先进个人、优秀党员、先进工作者、教学成果一等奖、科技论文 SCI 收录奖等荣誉。主要社会兼职：中国复合材料学会名誉理事、中国金属学会粉末冶金分会名誉理事、中国机械工程学会粉末冶金分会常务理事、中国有色金属学会粉末冶金与陶瓷分会理事、中国钢结构协会粉末冶金分会名誉理事、中国有色加工协会特聘专家、中国建材工业协会粉体分会理事、中国机协粉末冶金分会特聘专家，担任《复合材料学报》编委、《粉末冶金技术》顾问、《粉末冶金工业》编委、《中国钨业》编委、《粉末冶金材料科学与工程》编委、《中国材料科技与设备》编委、《金属世界》编委、特邀撰稿人。