钽铌父女的一场较量

柴占丽*

内蒙古大学化学化工学院, 呼和浩特 010021

摘要: 钽和铌是性质非常相似的父女俩, 他们都具有超高的化学稳定性和广泛的应用。但是他们谁更独特、更出色呢? 本文以拟人的手法, 通过钽铌父女的多回合比试, 展现铌钽化合物的性质和应用。

关键词: 铌; 钽; 相似性; 独特性

中图分类号: G64; O6

A Competition between Tantalum Father and Niobium Daughter

Zhanli Chai *

School of Chemistry and Chemical Engineering, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China.

Abstract: Tantalum and niobium are father and daughter with similar properties. They have high chemical stability and wide applications. However, who is more unique and outstanding? This paper presents the properties and applications of niobium and tantalum compounds through the multi-round competition between father and daughter.

Key Words: Niobium; Tantalum; Similarity; Unique

1 序幕

在元素的国度里, 住着这样一对父女, 他们分别叫做钽和铌。作为父亲钽爸的体重更大(原子序数为73, 位于第六周期VB族, 外层电子结构为 $[\text{Xe}]4f^{14}5d^36s^2$); 相比之下女儿铌铌的体重略轻(原子序数为41, 位于第五周期VB族, 电子结构为 $[\text{Kr}]4d^35s^2$), 他们都来自于铌钽矿, 如图1所示。

图1 铌钽矿石

收稿: 2021-04-06; 录用: 2021-06-08; 网络发表: 2021-07-02

*通讯作者, Email: chai_zl@hotmail.com

基金资助: 内蒙古自治区自然科学基金(2020MS02011); 内蒙古大学第三批“课程思政”基金(21300-121051)

有一天，女儿铌铈突然问爸爸：“爸爸，我是怎么来的？你又是从哪来的？我为什么会是你的女儿呢？”钽爸露出慈祥的微笑，缓缓答道：“我的名字钽，来自于拉丁文，意思是旦塔勒斯(Tantalus)，他是希腊神话中的超级英雄，而你的名字铌也是来自拉丁文，意思是尼奥婢(Niobe)，正好是旦塔勒斯的女儿。为什么这样起名呢，这又是一个更长的故事了。”

“1801年，英国化学家查尔斯·哈切特(Charles Hatchett)在研究伦敦大英博物馆中收藏的铌铁矿时，分离出一种新元素的氧化物，并命名该元素为Columbium(钶)，它是你的旧名字。1802年，瑞典化学家埃克伯格(A. Ekeberg)在钽铁矿中发现另一种新元素Tantalum(钽)，也就是我。刚开始，由于我们太像了，大家都认为我们是同一种元素。直到1844年，德意志化学家罗斯(H. Rose)详细研究了许多铌铁矿和钽铁矿，成功将我们分离，才澄清了误会，并给你起了一个新名字Niobium(铌)^[1]。”

铌铈露出恍然大悟的表情，说道：“怪不得叔叔阿姨们都说，我不光跟你长得一模一样，性格也特别像。”钽爸一脸骄傲地说：“要不怎们说你是我亲闺女呢。看看咱俩，体型一样(共价半径均为235 pm；离子半径~0.64 Å (1 Å = 0.1 nm)；晶格类型为体心立方，晶格常数为~330 pm，摩尔体积为10.84 cm³)^[1]，笑容一样(电负性Ta~1.6，Nb~1.5)，就连性格都是一样的坚强(高硬度、高熔点>2700 °C、低膨胀、强抗腐蚀性，对盐酸、浓硝酸、氢氧化钠甚至“王水”都无动于衷)^[2]。”

铌铈又不解地问道：“咱们这么像，让别人怎么区分呢？”钽爸答道：“你虽然很像我，但我们也有很多不同，而你是独一无二的，你有很多我没有的闪光点。”铌铈却不太自信了：“我感觉我有的你也有了，而你没有的我也没有。”听到这里，钽爸决定跟铌铈展开一次“比试”，让她意识到自己的独特性。比赛采用电脑出题的方式，共分为三个回合。

2 第一回合

电脑出题：除去你们的相似性外，谁能说出更多的差异性，交互回答，每次一个，答不出者输。

钽爸想率先做个示范，说道：“我的密度是16.65 g·cm⁻³，而你的密度是8.57 g·cm⁻³，这一方面我们的差异最大。”

铌铈得到爸爸的启发，也想到一个：“我穿着漂亮的银白色套装，而你的服饰是丑丑的深灰色。”

轮到钽爸：“虽然我们的熔沸点接近，但是我的熔点是3269 °C，沸点是5690 °C，都比你的约高500 °C。”

铌铈已经进入状态，很快说道：“我的超导转变温度高达9.22 K，远高于你的4.38 K，在金属单质中独占鳌头。”

钽爸也不甘示弱，紧接着说道：“别看我这把老骨头，还是最坚硬的呢！我的硬度可达6–6.5，在硬质家族中，我的老哥们碳化钽的硬度是最高的，能抗得住3800 °C以下的高温，可以与金刚石匹敌，寿命更是比碳化钨更长^[3]。所以说姜还是老的辣，骨头还是老的硬。”

铌铈也琢磨出一个新的差异：“我的热中子俘获截面小到1.15靶恩，是你的1/20，这一性质让我在众多金属姐妹中鹤立鸡群。”

钽爸发挥年龄和经验优势，说道：“我们的化学性质也不同。在价态种类方面，虽然我们都是+5价最稳定，但是你有Nb₂O₅、NbO₂、NbO三种稳定的氧化物，而我只有Ta₂O₅是稳定的；在变价方面，你比我较易还原，且你易被还原成3价，而我只能还原到4价；你对氧的亲合性较强，而我的金属性更大。”

铌铈年龄太小，实在想不出了……

电脑显示第一回合结果：鉴于铌铈未能接上，钽爸阐述的差异性更多。本回合钽爸胜，目前比分：父/女 = 1/0。

3 第二回合

电脑出题：既然二位存在众多差异，请在3 min时间里说出你们不同的“兼职”(应用)?

“这一轮该我先了！”铌铌着急地喊道，“我在电容器厂做过兼职，我的小伙伴们大多具有介电常数小、压电性高、频率常数大、密度小等优点，被分派到红外线、激光和电子公司里。还有就是，我的熔点高，发射电子能力强，并具有吸气能力，在电子管和电真空器件车间也干过活儿^[4]。”

“说到电容器方面的兼职，我可是资历最老的。”钽爸不慌不忙地道，“我的皮肤特别容易生成致密的氧化膜，具有单向导电的阀金属性质，因此用我制成的电容器，具有电容量高、体积小、漏电流小、等效串联电阻低、高低温特性好、使用寿命长、可靠性好等众多优点，于是我经常游走在通讯、计算机、汽车、家用电器、仪器仪表、国防军工等工业和科技部门^[4]。”

“嘿嘿，老爸你的这些兼职都好老土啊！”铌铌骄傲地说道，“在我们引以为傲的航天事业中，我可是出了不少力呢！由于我的热强合金具有良好热强性能、抗热性能和加工性能，被广泛用于制造航空发动机的零部件、燃气轮机的叶片^[4]。现在的最新战机和航空航天飞机上都有我的身影！”

钽爸被吐槽老土，却不反驳，继续倚老卖老：“由于我具有高度耐蚀性、良好的强度和加工塑性，让我成了资深老裁缝，可以帮助化工设备缝制外套。很多无机酸、石油炼制的外套都是我做的，非常耐穿。”

铌铌撇撇嘴，反驳道：“老爸，别忘了，我也继承了咱们家这门祖传的手艺，而且我的外套又便宜又时尚，购买的人越来越多啦！”

这时，钽爸也想到新兴领域：“我被人类称为亲生物金属，是由于我具有更优异的生物相容性，加上我们固有的化学稳定性和抗生理腐蚀性，常常被医院叫去帮忙，我可以帮助修复整牙和颅骨、辅助神经修复/刺激装置和心脏起搏器等^[3]。这份救死扶伤的兼职让我非常骄傲！”

铌铌紧接着说道：“虽然我和爸爸都加入了超导金属朋友圈(28种)，但是我具有最高的超导临界温度，可达18.5–21 °C，我的好朋友Nb₃Sn，是制造8.0–15.0 T超导磁体的最主要材料^[3]。因此，在超导性能上，我是最棒的！”

没等钽爸说话，铌铌继续说道：“因为我具有较高的熔点和耐蚀性，更重要的是我有相对小的热中子俘获截面，这让原子能工业署里的叔叔阿姨非常喜欢我，铀也来找我做朋友，因为我可以帮他制造反应堆的放热元件。”

钽爸一直冥思苦想，终于又想到一个新的，说道：“近些年来，我在催化领域有了一份新兼职，因为我的简历特殊——独特的电子构型、超强的氧化还原性能以及极高的稳定性，让光电催化领域的大佬们对我很是青睐。”

铌铌继续补刀：“老爸，这个也不算新了，我早就开始了，我的好多化合物同学都具有独特的层状结构和良好的光吸收能力，加之良好的稳定性，使我在催化上的简历更加漂亮——具有良好的催化活性、选择性及稳定性。”

没等钽爸想到新的兼职，铌铌又开始抢答：“炼钢是我最重要的工作，我的85%–90%的时间都用来生产铌铁。我是钢的微合金化元素的佼佼者，实际上钢中只需加入0.03%–0.05%的我，便可使屈服强度提高30%以上^[3]。于是与钢铁相关的产业，如输油输气管道、汽车船舶工业、铁路运输、建筑工业等，都与我建立了长期战略合作伙伴关系。”

电脑统计第二回合结果：鉴于铌铌阐述的兼职工作多达7项，超过钽爸的4项，本回合女儿胜出，目前比分：父/女 = 1/1。

4 第三回合

电脑出题：在实际应用中，谁的性价比更高？

钽爸鉴于上回合的失利，本轮决定奋起直追，坚定地答道：“闺女，我吃的盐比你走的路都多！我的各方面性能都优于你，例如我的熔沸点都比你高出500多摄氏度，密度和硬度更是你的2倍，在化学稳定性方面也要高于你，作为铂的替代元素，我是第一，你只能排第二。谈到性价比，我的性能占有绝对优势。”

铌铌到现在已经信心满满了，不慌不忙地说道：“老爸，还有句老话叫做‘长江后浪推前浪，前浪被拍在沙滩上’，呵呵！在性能上我也有很多突出特点，比如较高的超导转变温度，更低的热中子俘获截面，更优的热强性能等，所以我们在性能上各有千秋，不相上下。但在价格上，我具有绝对优势。在地壳中，我们都主要来源于铌钽矿，而在我大中华，铌钽矿主要有内蒙古包头的白云鄂博矿、内蒙古扎鲁特旗的花岗岩型铌矿、湖北竹山庙垭铌钽矿、陕西华阳川铌钽铅矿和江西宜春的铌钽矿等^[2]。但是在铌钽矿中我的含量是老爸你的17.3–17.6倍，原料价格是你的1/3–1/5，所以无论是在何种应用领域，性价比方面，我的价格都绝对碾压你！”

电脑计算第三回合结果：综合考虑价格和性能，铌铌的优势更加明显，本回合铌铌获胜，最终比分：父/女 = 1/2

5 尾声

三个回合的比赛结束了，电脑公布了最终比分，女儿铌铌以1分优势胜出。铌铌开心地扑到钽爸怀里，说道：“老爸，你说得对，我真的是独一无二的，我太开心了！我今后会更加努力的，让越来越多的人看到我的魅力！”而输了的老爸露出欣慰的笑容，柔声道：“爸爸也跟着你一起加油，让世界都能看到咱们爷俩的风采！”

参 考 文 献

- [1] 周公度, 王颖霞. 元素周期表和元素知识集萃. 第2版. 北京: 化学工业出版社, 2018.
- [2] 刘新锦, 朱亚先, 高飞. 无机元素化学. 北京: 科学出版社, 2010: 172–173.
- [3] 格林伍德(Greenwood, N. N.) (英), 厄恩肖(Earnshaw, A.) (英). 元素化学(下册). 李学同, 译. 北京: 高等教育出版社, 1996.
- [4] Nowak, I.; Ziolk, M. *Chem. Rev.* **1999**, *99* (12), 3603.

欢迎订阅《大学化学》

《大学化学》是由教育部主管，北京大学和中国化学会共同主办的教育研究性学术刊物。以促进深化大学化学教育改革为宗旨，为提高我国化学教学水平服务。读者对象为高等学校化学教师、研究生、本科生，中学化学教师，对化学有浓厚兴趣的中学生，以及化学教育领域的各级管理人员和其他岗位上的化学工作者。主要栏目有：今日化学、教学研究与改革、知识介绍、化学实验、师生笔谈、自学之友、大学化学先修课程、竞赛园地、未来化学家、科普、国外化学教育、化学史以及专题讨论等。

《大学化学》现为月刊，大16开本，亚光铜版纸印刷。2022年每本定价30.00元，全年出版12期，共360.00元。

全国各地邮局均可订阅，邮发代号：82-314。为方便读者订阅，本刊编辑部全年办理邮购业务。

地址：北京大学化学学院《大学化学》编辑部

邮编：100871

电话：010-62751721

邮箱：dxhx@pku.edu.cn

网址：http://www.dxhx.pku.edu.cn

《大学化学》编辑部