

镉小白游学记

谢榕杰[†], 朱亚先^{*}

厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005

摘要: 镉及其化合物在人类的生产生活中有着许多应用, 也带来了环境污染。本文采用拟人化的手法, 向读者展示镉的性质及应用。

关键词: 镉; 性质; 应用

中图分类号: G64; O6

Cadmium's Journey

Rongjie Xie [†], Yaxian Zhu ^{*}

College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, China.

Abstract: Cadmium and its compounds have many applications in human production and life, but it also causes environmental pollution. Herein, this paper shows the properties and applications of cadmium.

Key Words: Cadmium; Property; Application

大家好! 我的名字叫做镉, 据我的族谱介绍, 我的家族位于元素王国中的 ds 区第五排, 占据着第十二街。这条街在我来之前只住着汞和锌两位老人家, 汞老被发现于1500年前的古埃及墓中^[1]。锌老早于公元1637年就被中国人记载^[2]。而我作为家族里的第三代传人, 一般在锌矿或汞矿中伴生, 以锌矿为主, 在自然界中少得可怜, 看起来平平无奇。但正是平凡的我, 却有着不平凡的经历。

我在800华氏度左右时会汽化逸出^[3], 所以在高温炼制锌、汞时, 我总不被发现。1817年我终于遇到了我的伯乐: F. Stromeyer, 他在碳酸锌中发现了, 并让我以一种新元素的身份出现在了世人眼前, 在元素王国中排位48号^[4]。

刚出生的我身体柔软, 银白色的长礼服是我童年时期的最爱。我的礼服颜色不是一成不变的, 偶尔会散发着淡蓝色的光泽, 而潮湿的空气会将礼服缓慢氧化, 逐渐失去光泽; 在热一些的天气下, 礼服的材料会变成棕红色的氧化镉, 五颜六色的礼服给我的童年增添了不少乐趣^[5]。

我一天天长大, 为能掌握更多知识, 拓展视野, 我计划出门游学一日。出门前家人送给了我一个感应器, 里面装着百科全书。

1 第一站: 单质世界

我游学的第一站是接触元素王国的其他单质。我带着我的护卫队——12个价电子, 他们分成两队, 前面10个是 $4d$ 贴身保镖, 后面是2个 $5s$ 侦察兵护卫。按着地图所指示的方向, 我穿过 d 区, 跨过主族和副族的分界线来拜见氢老大。

收稿: 2021-05-06; 录用: 2021-05-12; 网络发表: 2021-05-25

[†] 2019 级本科生

^{*} 通讯作者, Email: yaxian@xmu.edu.cn

基金资助: 国家基础科学人才培养基金项目(J1310024)

氢老大热情地握着我的手，并通过广播召集元素王国里的各种元素单质前来参加我的欢迎会。欢迎会上有着一个神奇的仪器，“你先站到左边”。氢老大边说边一个箭步跳上右侧。

“嘟—”仪器亮起了红灯，“哎，看来我和你通过简单结合没法形成新的物质呀。”氢老大的话语中充满了遗憾。

“还有谁愿意上来尝试一下吗？”氢老大对着台下说。

话音刚落，活泼的卤素兄弟冲上了台。

氟作为大哥先站了上去，仪器“叮—”地一声亮起了绿灯，显示板背景变成了白色，板中央出现了 CdF_2 的字样，“氟化镉可由碳酸镉和氢氟酸溶液制备^[6]……”百科全书发出来声音。

百科全书的声音瞬间被台下的掌声覆盖。

氯、溴、碘也依次站了上去，均显示出白色背景。卤素兄弟的性质果然如此相似啊！

台下坐着的其他非金属元素也跃跃欲试，氧小姐站上去以后出现了棕红色的背景；硒妹妹站上去也显示红色背景；而到硫哥哥站上去的时候，背景出现了两种颜色：柠檬黄色和桔红色，看来硫化镉是双胞胎兄弟呀。

“怎么都是非金属元素呀？有金属元素愿意上来试一下吗？”

银作为金属元素代表被推举上台，这时显示屏上除了出现 Ag-Cd ，还出现了一行特殊的字：合金。“银镉合金有很好的耐腐蚀性，镉含量为17%的银镉合金中含有金属间化合物 $\text{AgCd}^{[7]}$ 。”百科全书的声音又响起来了……

越来越多的元素走上台，各式各样的镉的化合物被发现并送往人类世界探索其用途。

2 第二站：饮料代言人争霸赛

从氢老大家里出来后，我经过元素王国里的一家商店门口。

“商店门口怎么这么多人呢？”我抓住刚从店里走出来的金兄弟问道。

“店里在举办单质饮料挑战赛，只要能与店内5种招牌饮料中的2种反应就可以成为饮料代言人，还可以获得前往人族世界游历的奖励呢。不过……”

金垂头丧气：“我的性质太稳定了，没有挑战成功……”

“那我去试试！”我冲上前，一跃上台。

店内一张桌子上摆放着5杯元素王国的特制饮料：盐酸水、火碱茶、海水混合汁、碳酸汽水、硝酸银拿铁。

“开始吧！”工作人员拿起摄像机对准我。

我拿起盐酸水抿了一口，衣服瞬间变为无色透明，我立刻感受到身体内有两股电荷。

“ $\text{Cd} + 2\text{HCl} = \text{CdCl}_2 + \text{H}_2$ ，氯化镉为无色的离子晶体，正负离子相互吸引。”百科全书立刻解答了我的疑惑。

“第一杯挑战成功。”

我迫不及待地端起第二杯饮料火碱茶一饮而尽，然而没有变化。

第三杯海水混合汁亦没有变化。

第四杯碳酸汽水还是没有变化。

我充满期待地缓缓举起最后一杯饮料——硝酸银拿铁，能否去人族世界游历就看此一试了。我猛灌一口，衣服马上变成了镶着黑珍珠的白西装。

“ $\text{Cd} + 2\text{AgNO}_3 = \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$ ，硝酸镉为白色晶体，而反应生成的银粉呈现黑色。”百科全书再次解说。

“成功了！成功了！”我兴奋得站到去往人族世界的传送门上。

3 第三站：日本之旅

我被传送到日本的一个村庄，村庄里的村民有些奇怪。不少村民腰、手、脚疼痛，行动困难，

有的骨骼软化、萎缩，四肢弯曲、脊柱变形。

我穿过人群，时不时能听到他们大喊：“痛死了！好痛啊！”。

“阿嚏！”突然有一个人打了个喷嚏，立马有两个保安扶住了他。

为啥打个喷嚏都要人扶着呢？

紧接着的一幕让我吃惊地合不拢嘴，只见那个刚打完喷嚏的人的骨头处出现了歪曲，很明显，这个人骨折了。

打个喷嚏都能骨折？

我对眼前的这一幕满怀疑惑，于是我赶紧打开百科全书寻找答案。

原来这里是1930年的日本富山县。

因为战争需求，神冈矿山开采重点由银转向铅和锌，在锌的产量大幅度提高的同时，排放的含镉烟尘、矿渣和废水也大幅度增加^[8]。

“工厂的废水未经严格处理都直接排到我这里，随着水体的流动，整条河都被污染了。河水中富含镉，导致生活在其中的鱼和虾也富含了镉，镉通过食物链传递与积累，人类怎么能独善其身呢？”河水痛苦地诉说着。

土壤接着说：“我们土壤因为需要你们河水滋润，也因此富含了镉。土壤中水溶性的镉主要以离子态或络合态存在^[9]，易被植物吸收、富集。通过食物链，最终也流向了人类餐桌啊。”

空气也愤愤不平：“工业生产除了产生含镉废水，还产生了含镉废气。这些飘尘镉毒，可悬浮于空气中达数年，随呼吸可直达肺的深处沉积，通过血液传输至全身，对身体危害甚大^[10]。”

“镉进入人体后会取代骨骼中的钙离子，还会干扰维生素D的代谢，骨胶原无法正常固化成熟，进而产生骨质疏松和骨骼萎缩等多种不良反应。这就是痛痛病。镉中毒不止对骨骼有害，对神经系统、肾脏等也有损伤^[11]。”医生接着解释：

“而镉的半衰期为10–30年，且有着较显著的生物富集作用，即使人们停止接触镉，过去积累的镉仍然会停留在人体内，引发慢性镉中毒。”

看到自己给人类带来这么大的痛苦，我深感惭愧。我拿起感应器，看到了在世界的其他地方，镉污染一直困扰着人们的生活和健康，直至21世纪仍未彻底解决。

我只会危害人类吗？我存在的价值在哪里呢？我低下头思索着。

4 第四站：镉工业基地

传送门又将我送到了工业基地——镉工业基地。

镉大哥正站在门口等我：“我先带你参观一下镉单质车间。”

镉大哥边走边说：“我们可以附着在钢铁的表面通过牺牲阳极保护法保护内部金属，常用于飞机和一些军用零件上，耐腐蚀性好；我们在合金中也是抗拉强度和耐磨性的担当，在飞机的轴承中也有我们的身影；而且我们截面大，可以俘获大量的热中子，还可作为原子反应堆的中子吸收控制棒呢^[12]。”

“可是镉在地壳中分布很散，单质难以制备吧？”

镉大哥听出了我的疑惑，“咱们镉的化学性质与锌姐姐相似，所以在成矿作用过程中常随着闪锌矿被富集，锌姐姐被提取后剩下镉渣。工人伯伯将锌姐姐和硫酸加入镉渣中置换出粗镉，然后再进行精炼。传统的精镉生产有两种方法：‘全湿法电解工艺’和‘湿法-火法联合工艺’^[13]。”

“我听说第一种方法的除杂流程很复杂，不适合处理杂质含量高的镉原料；第二种方法曾出现过镉蒸气的泄漏，会影响到工人的生产安全。”我忘不了在日本的经历，皱着眉头。

镉大哥停下脚步，“所以我们这几年来在尝试一种清洁生产精镉的新方法，请看这儿。”

我顺着镉大哥手指的方向，看到了一个工作区：真空精馏技术区。

“铜、铅、锌和镉的关系密切，常赋歪在一起，我们基地目前主要是利用不同金属的饱和蒸汽压的差异，通过真空蒸馏使镉挥发而其他杂质留在残留物中，从而来实现镉的精炼。”

“你们如何做到环保呢？”我迫不及待地追问。

“请看这张图。”镉大哥打开了流程图(图1)，详细地给我讲解了镉烟气的处理。



图1 镉烟气的处理

我看到基地严格遵守环保要求，对镉废物进行规范处理，不禁竖起了大拇指。

紧接着，我来到了镍镉电池车间。

这个车间更像一间陈列室。里面陈列着二十多年前“大哥大”、飞机发动机、电动剃须刀、电动玩具等，陈列室中间摆放着不同大小的镍镉电池：大型袋式、圆柱密封式、小型纽扣式……

镉大哥道，“小弟与镍联手开发的镍铬电池，体积小、容量大、经济耐用而被广泛使用……”

“老师曾经讲过它的充放电原理： $\text{Cd} + 2\text{NiO}(\text{OH}) + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{Cd}(\text{OH})_2$ ”我连忙说。

“但是，它也有致命的缺点，记忆效应强、带来环境污染等，随着技术的进步，曾经叱咤风云的它们如今已被锂离子电池取代。现在这个车间已经停止生产了，只是作为陈列馆供参观，纪念它们为人类做出的贡献^[14]。”

不远处，皮肤灰黑的碲化镉向我招手。于是，我告别镉大哥，走进半导体车间。

“我可由碲化氢与氯化镉在溶液中制得。我是半导体，禁带宽度与地表的太阳光谱相配，可见光照射在我身上会产生电流。因此，太阳能电池常欢迎我去做客；我还可以被用作发光二极管磷光体^[15]。”

接下来，我还参观了用于涂料、太阳能电池的电子传输层的硫化镉车间^[16]，可用于做信号弹的卤化镉车间等。

看着镉有这么多的用途，我心里踏实了，原来镉是人类的好朋友啊！

暮色降临，我通过传送门回到了家中。我拿起笔记录下自己这一天的经历：镉小白游学记。

参 考 文 献

- [1] 孙淑兰. 上海计量测试, **2006**, No. 5, 6.
- [2] 叶铁林. 化工学报, **2013**, 64 (5), 1560.
- [3] 张宝琪. 化工炼油机械通讯, **1978**, No. 1, 29.
- [4] 金属百科. [2021-03-29]. 镉的发现及行业发展. <http://baike.asianmetal.cn/metal/cd/history.shtml>
- [5] 刘新锦, 朱亚先, 高飞. 无机元素化学. 第2版. 北京: 科学出版社, 2010.
- [6] 物竞数据库. [2021-03-30]. 氟化镉. <http://www.basechem.org/chemical/11332>
- [7] 安茂忠, 张菊香, 刘建一. 材料保护, **2003**, No. 5, 27.
- [8] 包茂红. “痛痛病”: 少走环境治理的弯路. 社会科学报, 2017-01-26 (005).
- [9] 黄亚男, 傅志强. 作物研究, **2018**, 32 (3), 244.
- [10] 黄宝圣. 生物学通报, **2005**, No. 11, 26.
- [11] 钱海雷. 氟、镉对骨的效应(博士学位论文). 上海: 复旦大学, 2006.
- [12] 余楚蓉. 有色冶炼, **1984**, No. 4, 26.
- [13] 浦恩彬, 戴卫平, 王海北. 有色金属工程, **2011**, 1 (3), 41.
- [14] 郑香伟. 内蒙古科技与经济, **2016**, No. 23, 102.
- [15] 傅华新, 林鸿权. 湖南化工, **1995**, No. 2, 6.
- [16] 高迪. 水热沉积法制备硫硒化镉太阳能电池的研究(硕士学位论文). 合肥: 中国科学技术大学, 2020.