对话硼先生

张来英, 朱亚先*

厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005

摘要: 硼在人类的生产和生活中都发挥着重要的作用。本文通过对话访谈的方式, 借用拟人化的手法, 介绍了硼及其化合物的基本性质和在生活、生产中的应用, 让读者以生动活泼的方式了解硼及其化合物。

关键词: 硼; 性质; 应用

中图分类号: G64; O6

Dialogue with Mr. Boron

Laiying Zhang, Yaxian Zhu *

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

Abstract: Boron has played an essential role in human life and production. Herein, this paper personifies Boron to describe its properties and applications in life and production. Our aim is to make it easier for readers to understand in a more lively way.

Key Words: Boron; Property; Application

“先生们! 女士们! 大家好! 有请今天的嘉宾——硼先生。”

1 初识硼先生

大华: “硼先生好! 能先向大家做个自我介绍吗?”

硼先生: “我是元素周期表第IIIA族第二周期的元素硼, 在元素周期表排行第五, 英文名Boron, 在地壳中的质量分数为0.001%, 我和人类打交道可以追溯到约公元前200年呢^[1]!”

大华: “硼先生家族是人类的老朋友啦!”

硼先生: “在自然界中最常看到的是我的家人硼砂和硼镁矿等矿物, 中国西藏自治区的湖泊是我们热爱居住的地方, 夏天, 水妹妹蒸发外出后, 您就可以看到硼砂的晶体了。古埃及、罗马、巴比伦人很早就用硼砂来制造玻璃和焊接黄金, 古代炼丹家也用过哦^[1-3]。”

硼先生: “硼家兄弟姐妹众多, 有多种同素异形体, 可以分为晶体和无定型两大类。无定型的硼姐妹喜欢穿棕色的裙子, 常为粉末状, 性格较活泼。”

大华: “那晶体硼兄弟呢?”

硼先生: “晶体硼就不一样了, 比较懒惰; 他们喜欢穿黑灰色的大衣, 是硬汉, 硬度极高, 和金刚石有得一拼; 有很高的电阻, 但神奇的是他的电导率却随着温度的升高而增大, 高温时为良导体

收稿: 2021-08-13; 录用: 2021-09-08; 网络发表: 2021-09-14

*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); 2021 年度教育部“基础学科拔尖学生培养计划 2.0”研究课题

哦。”

大华：“真有个性！你们兄弟姐妹们长得都很像吧？”

硼先生：“是的，我们都以正二十面体为基本的结构单元。当然，由于各自的特点特性，各自相处的连接方式不同，就呈现出不同的晶体类型^[4,5]。”

2 缺电子性

大华：“硼先生，咱们展示一下您们家族的性格特征吧。”

“大家都听说过甲烷、乙烷、丁烷吧？其实，我和氢妹妹关系也不一般哦。”

硼先生站起身，同时邀请了另一位硼先生上台，氢妹妹也随即飘然而至：

“硼兄，咱们共用电子对吧。”

“好哇！”硼先生向氢妹妹伸出手。

“我也要参加！可是，我这个轨道上没有电子啊！”旁边的另一个硼先生噘起了嘴。

“没关系，我把你们二位连起来。”氢妹妹伸出左右手，各拉起一个硼原子，搭起一个漂亮的化合物(图1)。

图1 B₂H₆分子的结构图

“大家看到了吧，两位氢妹妹就像上下两座桥一样，把两边的硼连起来，这就是科学家常说的氢桥键。但是，这个‘桥’很特别，由三个原子二个电子组成。”

“除了和氢妹妹形成‘三中心二电子’氢桥键，‘桥’的方式还有多种，比如开放的硼桥键、闭合的硼桥^[5]……”

“美国化学家威廉·纳恩·利普斯科姆(William Nunn Lipscomb, Jr)对硼化合物的成键、性能等进行了系统研究，由此获得了1976年诺贝尔化学奖^[6]。”大华补充道。

话音刚落，卤素们已经迫不及待地空降到台上。

看到好朋友来了，硼先生连忙上前握手。只见硼先生慷慨地把自己三个电子分别与三位氟先生共用，氟热情地围在硼的周围，形成了一个平面三角形化合物。

正当大家沉浸在兴奋中，硼先生开口了：“怎么办？我还有一个轨道，但是上面没有电子啊？”

“看我的！”三位氟先生分别拿出3个充满电子的p轨道，他们一同挽了硼先生空的p轨道，4个轨道重叠，6个电子在上面自由地驰骋起来(图2)。

“看么，这就是 π_4^6 键，我们是不是更紧密了呢！”

“哇！硼先生好有魅力。”

“是啊，我的魅力就是‘缺电子性’。这就是我们家族最重要的特征。”硼先生骄傲地说。

“缺电子性？”台下有人弱弱地问了一句。

图2 三氟化硼结构示意图

“你看，我有些轨道上没有电子宝宝的，科学家把它叫空轨道。这些空轨道很招惹其他原子的电子宝宝们，他们也想加入进来，与我们结交成好朋友，增进相互之间的友谊。”

大华说：“原来传说中的‘缺电子性’就是因为价电子宝宝数少于价层轨道数带来的性质哦。”

这时，硼先生又站到舞台中央，一挥手，招呼来氧姐姐，氧姐姐拉着氢妹妹的手，一旋转，形成了片层状的晶体(图3)。

图3 硼酸晶体的片层结构图

工作人员搬来一个大水池。还没等大家明白，晶体一跃身跳入水池。

一个声音从水里传来：“大家好，我叫硼酸，化学式为 $B(OH)_3$ ，也写成 H_3BO_3 。大家猜猜，我是几元酸？”

“三元酸。而且看您的化学式，您应该也是质子酸吧。”有观众抢答道。

“哈哈，错！还记得我的缺电子性吧？水妹妹羟基上的孤电子对喜欢我的空轨道，于是我就把她‘抢’了过来，水中的 H^+ 就游离出来咯，这样我的水溶液就显酸性啦。”硼酸得意地说。

大华及时在电子屏幕上打出来(图4)。

图4 硼酸的酸性

“所以，你是一元酸，不是质子酸，是路易斯酸！”另一名观众高声答道。

硼先生说：“硼酸的用途可大了：用作色谱分析试剂；用于缓冲剂的配制；用于玻璃工业改善玻璃制品的耐热、透明性能，提高机械强度，缩短熔融时间；在搪瓷、陶瓷业中，用以增强搪瓷产品的光泽和坚牢度；在冶金工业中做添加剂、助溶剂……”

“我还可以做木材防腐剂，这样大家就不用受甲醛的危害了。我还能吸收中子，在核反应堆中用来调节反应性呢。”硼酸抢过话道。

台下响起热烈的掌声。

3 硼砂

硼先生回到座位上：“现在，大家猜个化学谜语吧，猜中了有奖！谜面是‘交际不广’（徐妃格）。”台下一阵沉默，大家都陷入思考。

硼先生说：“徐妃格是谜语的谜格中的一种，谜底不少于二字，每字是左右结构，而且要有相同的偏旁，去掉偏旁余下的意思扣合谜面。”

台下有人喊：“硼砂！硼砂！”

“好棒！”硼先生一边称赞一边从包里拿出一袋东西。

“端午节要到啦，我带了一些粽子，请刚才猜到谜底的朋友上台！”

一个年轻人跳上台，从硼先生手里接过两串粽子，迫不及待地想剥开享用。

“且慢！”硼先生说道，“这里有一串是添加了硼砂的。硼砂进入人体经胃酸作用变成硼酸，会在体内积蓄，妨碍消化道酶的作用，长期食用会引起消化不良、食欲减退，抑制营养的吸收，过量还有可能会引发多脏器蓄积性中毒^[7,8]。”

台下一阵骚乱，大华说出了大家的疑问：“既然如此，为什么要添加硼砂呢？”

硼先生说：“硼砂具有增加食物韧性、脆度及改善食物保水性和保存度等功能。添加硼砂的食品会感觉更Q弹，能节省时间及成本并达到令人满意的感官性状及口感。因此，一些不法商贩会在粽子、腐竹、肉丸、凉粉、凉皮、面条、饺子皮、馄饨等中添加硼砂。”

“让我们做个实验。”硼先生在两串粽子中各选了一个粽子剥开，并在简易的实验台上进行了处理，拿出两片淡黄色的试纸浸入处理液，又是一番操作，其中一片就像变魔术一样成为红色。

硼先生说：“这是姜黄试纸，可以定性地检验出硼砂。这个使试纸变为红色的粽子是加了硼砂的^[9]。”

大家的神情一下子变得凝重起来。

硼先生语重心长道：“FAO/WHO食品添加剂联合专家委员会(JECFA)早在1961年就提出硼酸及硼砂不宜作为食品添加剂^[7]。中国《食品卫生法》和《食品添加剂卫生管理办法》中明令禁止硼砂作为食品添加剂使用^[8]。因此，大家一定要购买正规厂家的合格产品哦！”

“哦，这样我们心里踏实了一点！”

硼先生继续说：“硼砂虽不能吃，但是用途非常广泛，是我们家族最重要的含氧酸盐，可用作清洁剂、杀虫剂、洗衣粉填料等，也可用于配制缓冲溶液和制取其他硼化合物等。”

大华手一挥：“硼砂是个大名人，还会变脸呢。请看——”

只见一名工作人员将铂丝做成小圆圈，蘸一点硼砂，在酒精喷灯上一边加热、一边不停地转动，只见硼砂一开始冒出一些小气泡，然后迅速熔融成无色的液体，冷却后，成了无色透明的固体，就像玻璃珠，牢牢地粘在铂丝做成的小圆圈上，经过工作人员反复灼烧，形成了漂亮的、透明的硼砂珠(图5(a))。

紧接着，工作人员请上来几位观众。他们拿着透明的硼砂珠，分别蘸取少量不同的氧化物在喷灯上灼烧，冷却后小伙伴们惊呼起来：

“我的珠子是蓝色的！”

“我的珠子是绿色的！”

“我的珠子是红色的！”

……

“好神奇耶。”一位观众挠了挠头。

“这就是我们常听到的‘硼砂珠试验’：熔融的硼砂能与多数金属元素的氧化物及盐类形成各种不同颜色的化合物，借此可以检验某些金属元素的存在。如果珠子是蓝色的就表明遇到氧化钴姐姐，(图5(b))；如果珠子是绿色的就是遇到了三氧化二铬妹妹；如果珠子是红色的就是遇上三氧化二铁哥哥了……以前，地质工作者还可以利用‘硼砂珠试验’来找矿呢。”硼先生看着那位好奇的观众笑道。

图5 硼砂珠试验

“因为硼砂的这种性质，可以制造特种玻璃、人造宝石，也可以用于陶瓷、搪瓷等工业上点釉，还可以在焊接金属时除去氧化物。”

大华一听到特种玻璃，转向大家问道：“对了，大家都接种新冠疫苗了吧？能顺利接种上新冠疫苗多亏有硼先生帮忙呢！”

硼先生憨憨地笑道：“能为人类作贡献是我们的荣幸。”

硼先生从低温箱中拿出一小瓶新冠疫苗：“这个小瓶子就是用高硼硅玻璃做的。高硼硅玻璃由于其组成中含有很高的硼成分，具有很低的热膨胀系数，遇到冷热变化时基本没有膨胀或收缩，不会因膨胀或收缩不均而发生破裂，当然是保存运输新冠疫苗的首选。”

大家不由自主地竖起了大拇指。

4 氮化硼

大华追问道：“硼先生，听说您和氮先生联手制造的化合物非同凡响？”

硼先生笑道：“用非同凡响来形容我们，着实不敢当，只是有所作为而已。请看！”硼先生指了指坐在第一排的四位帅哥。

四位帅哥起身招手，向大家打招呼。他们形态各异，有六方氮化硼(h-BN)、立方氮化硼(c-BN)、菱方氮化硼(r-BN)和纤锌矿氮化硼(w-BN)。

穿着白色大衣的六方氮化硼首先开口：“大家好！请看大屏幕(图6)，是不是觉得我长得像石墨先

图6 (a) 石墨结构示意图；(b) 六方氮化硼结构示意图；
(c) 石墨俯视图；(d) 六方氮化硼俯视图

生呢？是的，鄙人外号‘白石墨’，结构与石墨类似。我们都有耐热、润滑性、耐化学腐蚀等优良性能，但我和石墨先生的性质却并不相同哦，最大的不同点是不导电，具有良好的绝缘性能。我是一种有着巨大发展潜力的高温结构陶瓷材料，在导弹、飞船、运载火箭等领域都有广泛应用。我还可以添加到化妆品中，尤其是防晒霜……”

“‘白石墨’在高温、高压下就可以转变为我啦。”旁边的金刚石型的立方氮化硼迫不及待地接过头，“我的结构与金刚石类似，硬度当然大，是特殊的耐磨和切削材料哦^[3,5]，可用于加工钢、铁等黑色金属，特别是高温合金、火钢和冷硬铸铁、数控机床的加工。”

大华竖起大拇指：“各有所长！”

大华站起身，向硼先生鞠躬道：“谢谢硼先生！今天的专访让我们增长了很多知识！”

硼先生谦虚地拱了拱手：“谢谢肯定！我们的应用广泛，很难一一说全。建材、机械、电器、化工、轻毛、核工业、医药、农业等部门都活跃着我们家族的身影。”

会场响起热烈的掌声。

硼先生挥手致谢：“我们也将继续努力，开发更多的功能，为人类社会和科技发展贡献力量。”

参 考 文 献

- [1] 百度百科. 硼. [2021-05-20]. <https://baike.baidu.com/item/%E7%A1%BC/400485#5>
- [2] 宋天佑. 无机化学教程. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [3] 刘新锦, 朱亚先, 高飞. 无机元素化学. 北京: 科学出版社, 2005.
- [4] 宋天佑, 徐家宁, 程功臻. 无机化学(下册). 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [5] 北京师范大学, 华中师范大学, 南京师范大学. 无机化学(下册). 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [6] 百度百科. 威廉·利普斯科姆. [2021-07-20]. <https://baike.baidu.com/item/威廉·利普斯科姆/10854971>
- [7] 岑海蓉, 唐帅, 符郁馥, 韦盈. 现代食品, **2019**, No. 17, 168.
- [8] 王爱琴. 现代工业经济和信息化, **2016**, No. 1, 39.
- [9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.275-2016 食品安全国家标准 食品中硼酸的测定. 北京: 中国标准出版社, 2016.