

探索跨越时空的元素

詹思遥¹, 王亚姣¹, 蔡志欢¹, 阿依扎达·买买提玉米尔¹, 段体兰¹, 魏香凤^{1,*},
王琪¹, 刘节华², 孔祥华^{1,*}

¹ 合肥工业大学化学与化工学院, 合肥 230009

² 合肥工业大学材料科学与工程学院, 合肥 230009

摘要: 古往今来, 人们从未停止对物质与生命的探索, 小到尘埃, 大到宇宙。经过探索, 人们发现这纷繁复杂的世界, 目前已知竟由118种化学元素排列与组合构筑而成。作为构成万物的基元, 元素所蕴含的秘密, 是怎么被揭晓的? 本文将从元素起源, 元素认知历程以及元素应用历程等角度逐步揭开元素在不同时期的神秘面纱。

关键词: 化学元素; 元素起源; 认知历程; 元素周期律; 应用历程

中图分类号: G64; O6

Exploration of the Chemical Elements across Time and Space

Siyao Zhan¹, Yajiao Wang¹, Zihuan Cai¹, Ayizhada Maimaitiyumier¹, Tilan Duan¹,
Xiangfeng Wei^{1,*}, Qi Wang¹, Jiehua Liu², Xianghua Kong^{1,*}

¹ School of Chemistry and Chemical Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China.

² School of Materials Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China.

Abstract: Throughout history, mankind has continuously explored the realms of matter and life, from the smallest dust particles to the vast expanses of the universe. Through systematic exploration, it has been revealed that the complex world we inhabit is constructed from 118 chemical elements, arranged and combined according to specific rules. As the fundamental building blocks of all matter, the chemical elements hold secrets that have been gradually unveiled through their origin, cognitive understanding, and applications across different periods. This paper aims to uncover the mysteries surrounding chemical elements from various perspectives.

Key Words: Chemical elements; Origin of elements; Cognitive understanding; Periodic table;
Applications across different periods

1 引言

当我们立足于天地, 看日月星辰, 宇宙之辽阔; 当我们遨游于世, 看山川湖海, 自然之奇观; 当我们置身于新时代, 看经济发展, 科技之进步, 你有没有好奇过其背后隐藏的底层本质? 构建我们眼中纷繁世界(图1)的基石目前已知其实只有118种元素, 这些元素通过生生不息的跨时空循环往复, 像乐高积木一样挪移拼构成各样的物质和生命, 它们遵循着守恒定律, 从来不曾增多也不曾减少。那它们从哪儿来? 怎么来的?

收稿: 2024-03-23; 录用: 2024-05-07; 网络发表: 2024-09-05

*通讯作者, Emails: weixf@hfut.edu.cn (魏香凤); kongxh@hfut.edu.cn (孔祥华)

基金资助: 安徽省自然科学基金(2308085MB45, 305067828053); 合肥工业大学课程思政教学改革示范课程项目(KCSZ2021024); 中央高校基本科研业务专项资金(JZ2020HGQA0149)



图1 多彩世界

2 元素的起源：追本溯“元”，“元”自久远

在宇宙的初生阶段，宇宙还只是一个高能高热且比原子还小的奇点^[1]，突然间，奇点像烟花样爆炸，时空就此展开。在那一刻，质子和中子害怕地抱团，于是便组合成了氢原子核，剩余没有中子抱的质子就只能以氢原子核的形式“自立门户”，这时宇宙中便有了75%的氢和25%的氦。自由中子的半衰期很短，可质子与中子结合成的原子核是不发生衰变的，所以为了更好地“活”下去，中子开始寻找“依靠”，找到氢结合成了氘和氚，氘和氚又分别与质子抱团，形成了氦3和氦4，并进一步生成了锂原子核^[2]。因此，奇点大爆炸合成出了氢、氦、锂三种原子核，实现了元素从无到有的创造，其简化过程如图2所示，这个过程称为核合成^[2-4]。

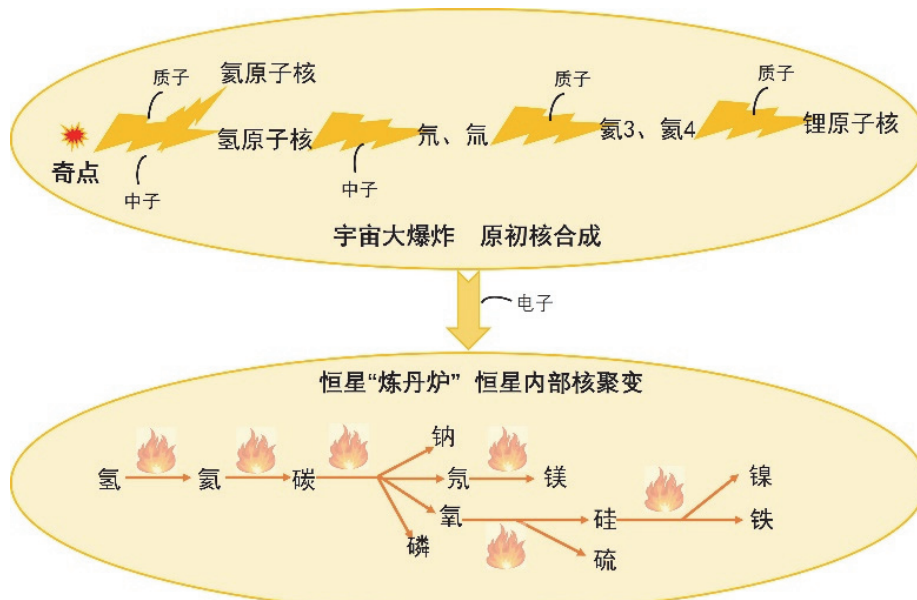


图2 元素的起源示意图

大约30万年后，宇宙温度骤降至3000摄氏度，电子和原子核互相吸引合成了原子，这时，宇宙中充满了氢原子和氦原子等组成的混合气体，状态就像神话盘古开天辟地描述的一样，一片混沌。

5亿年后，这些气体在引力作用下聚集在一起，形成了美丽的星系。星系中的混合气体向中心凝

聚, 形成了恒星。随着恒星中心温度的飙升, 氢难以抵抗这种高温, 引发了氢聚变为氦的核反应, 这就是“氢燃烧”^[2-4]。恒星至晚期时, 核心中氢全部聚变成氦, 没有氢可以继续燃烧, 没有能量对抗引力作用, 恒星气体向中心收缩, 中心温度又开始攀升, 当中心持续升温至1亿摄氏度时, 氦也适应不了这种高温, 便也开始聚变成碳, 这就是“氦燃烧”。氦燃烧结束后, 碳不断在引力吸引下收缩, 温度升高, 碳得以燃烧。又在引力作用下, 不断循环往复以上反应, 就这样, 在恒星核心一次又一次地高温炼制中, 碳炼出了氮和氧, 氮炼出了镁, 氧炼出了硅和硫, 硅炼出了铁和镍……恒星的核心就像“炼丹炉”一样(图2), 实现了化学元素的进一步多样化。最终当恒星崩塌并爆炸成超新星时, 这些元素被散播开来。

历经80多亿年, 经过很多批次的恒星爆炸, 我们的太阳和地球依次被拼构出来。随着时间不停地流淌, 神奇的生命也拼构成功^[5]。从此, 溪上花落, 林间鸟鸣, 旖旎自然, 繁华世间, 皆是元素跨越时空循环变身的分离和重逢而已。那元素为什么能以不同的形态存在, 又遵循着什么样的秩序和规律在变换呢?

3 元素的认知历程: 通“元”识微, 一“表”非凡

纵观人类对元素的探索历史, 大致可分为三个阶段: 第一个阶段为古代到文艺复兴前的萌芽阶段, 第二个阶段为文艺复兴到20世纪的探索阶段, 第三个阶段是20世纪后期至今的飞速发展阶段。

在萌芽阶段, 古代哲学家们便已开始思考世界的构成。他们认为, 看似复杂多变的世界, 其实是由最基本的单元构成的。古希腊亚里士多德的“四元素学说”认为世界由水、火、土、气组成, 而我国的“五行说”则包括金、木、水、火、土。此外, 古印度也有“四大说”, 即地、水、火和风。在这一阶段, 古代思想家化繁为简的思维方法, 提出的基本单元概念, 以及认为万物都是有关联的理念, 为后人对元素的探索奠定了基础。

在探索阶段, 随着欧洲文艺复兴的脚步, 人们的思想逐渐解放, 对世界的认知也有了质的飞跃。培根、开普勒、笛卡尔等一批杰出科学家崭露头角, 开始用实验的方法挑战传统的经验观念。其中, 英国科学家波义耳在1661年发表的“怀疑派的化学家”中批判了传统的“四元素学说”, 并首次提出了化学元素的概念, 开启了元素探索的新篇章。卡文迪许通过金属和酸的反应制得氢气, 并对氢元素做了系统研究^[6]。普利斯特利和舍勒在实验中发现了氧气和氯气, 拉姆塞发现了稀有气体元素氩、氦、氖、氙, 戴维用电解法先后制得钠、钾、钙、镁、锶、钡等元素, 进一步拓宽人们对金属元素的认知, 之后, 放射性元素铀、钋、镭等也相继被贝克勒尔和居里夫妇等科学家发现^[7]。

在这一阶段, 人们在积累、收集元素知识材料和探索元素间的联系规律方面, 做了大量的艰苦工作。科学家们思考拟用最简单明了的表或图, 根据元素性质和规律, 进一步对其分门别类归纳总结, 先是拉瓦锡列出的第一张元素表(表1), 再到德贝莱纳提出的“三元素组”(表2), 以及纽兰兹的“八音律”(表3), 尚古多绘出的“螺旋图”(图3a-3b)。但是这些规律各有不足, 也与我们今天所使用的元素周期表有很大的不同。那么又是谁承前人之经验, 启后人之进步, 完成了元素这一庞大体系的分门别类呢? 他就是俄罗斯著名化学家门捷列夫。作为中学化学教材中的“常客”, 他在化学史上的地位不容小觑。据门捷列夫自己介绍, 他在一张张卡片上写下了化学元素的名称、原子量和主要性质, 尝试把性质相似的元素和相近的原子量排成行列, 并在接下来的时间里, 每天都将这些带有元素的卡片拿出来, 像玩纸牌那样排列、展开和整理, 就这样周而复始, 日复一日。有一天他突然发现, 按照某一规律排列, 一些特定的元素之间能够呈现惊人的相似性和周期性, 这一发现让他欣喜若狂, 于是他总结出了全新的元素周期律, 绘制出了第一张较完整的元素周期表(图3c)^[8], 为现代周期表的发展提供了坚实的科学依据, 成为化学发展史上的重要里程碑。此后人们在此基础上不断完善该周期表, 越来越多元素加入, 并在这一寸表格之中找到了属于自己的位置。

用的机理；居里夫人发现放射性元素；卢瑟福等提出元素衰变理论，杨振宁和李政道提出弱相互作用下宇称不守恒，深入探讨了元素衰变过程；迈特纳、哈恩等人发现元素重核裂变过程，探索出了原子能利用的新途径。这些重大发现已开枝散叶延伸成不同的新兴学科继续蓬勃发展。

4 元素的应用历程：“元”远流长，不可估量

人类对元素的利用远远早于对化学元素的探究。早在两万年以前，我们的祖先发明的制陶术，就是采用了富含硅、铝、钙等元素的黏土，经过高温烧结制作成色彩斑斓的陶器和瓷器，并将其作为烹饪用的器皿或者应用于储物等，其中明净素雅的青花瓷更是成为中国传统文化的瑰宝享誉世界。五千年前，新石器晚期，人类就从石矿中发现了铜，后来通过采矿、冶炼、去除杂质、提纯等工序得到了最早天然纯铜，此后又经过一千多年的发展，往铜中加入锡、铅等元素制成了不同性能的合金铜，进一步推动了器皿、工具和武器等制品的升级和改进。四千多年前，人类成功运用炭火加热铁矿石，从中提取出金属铁元素，从而开启了冶铁技术的先河。这一技术直接带来社会生产力的大幅提高，成为人类社会发展的基础；随着时间的推移，在铁制武器和军事战争的催化下，冶铁技术更是突飞猛进。两千多年前，古人用以碳元素为主要成分的植物烟灰制成了初始的墨水，用于书写和绘画，因其化学性质极其稳定，而成为记录人类文明的载体。一千多年前，我国炼丹家使用汞、硫、碳、锡、铅、铜、金、银等元素，以及一些硫化物、硝酸盐、硼酸盐等化合物作为原料发展成的炼丹方法，传播到了阿拉伯、埃及及欧洲等地，促成了以研究火和燃烧为起点的近代化学的萌芽。每项创造和发明都彰显着人类无与伦比的智慧，化学元素也成为书写古代人类文明的重要组成部分。

如今，科技的飞速发展更是带动加速了化学元素在生活中方方面面的渗透和应用。

在日常生活中，化学元素扮演着重要角色。我们生存所需要的氧气和水便是氧元素以单质和化合物的形式存在，滋养着我们的生命。每天离不开的一日三餐，维持生命所需的蛋白质、脂肪和糖类主要是由碳、氢、氧、氮等元素所构成。钙是人体必须的金属元素，是人类骨、齿的主要无机成分，其含量不足或过剩都会影响生长发育和健康。其他一些微量元素如铁、铜、锌、钴、锰、铬、硒等同样也与我们人体健康和生命活动息息相关，这要求我们日常饮食结构要尽可能多样化，保持营养均衡。而一些重金属元素如砷、铅、汞、镉、以及放射性元素等则会通过大气、土壤、水和食物等不同渠道对我们的生存环境和生命健康造成威胁。深入认识和合理利用化学元素可以助力我们更好地实现可持续发展。

在医疗领域，化学元素在药物研发中占据着举足轻重的地位。例如，只含碳、氢、氧的有机化合物非甾体抗炎药阿司匹林($C_9H_8O_4$)，至今仍被广泛应用于缓解疼痛和降低发热。在抗击癌症与抗菌方面，镓元素“闪亮登场”，与癌细胞表面的特异性受体结合，抑制癌细胞生长的同时还能消灭细菌。此外，3D打印技术结合含镁元素的医用材料在修复骨缺损等疾病方面取得了重大突破，不断为医疗界解决棘手难题。

在农业领域，合理施用含有氮、磷等元素的肥料可增加土壤肥力，并提高农作物产量及品质。此外，研究还发现，钾元素不仅能提高植物体内多种酶的活性，而且在碳水化合物和脂肪合成过程中发挥着重要作用，既增加了农产品的营养价值，还提升了农作物的抗逆性和耐寒性^[9]。

在工业领域，铁被广泛应用于建筑、机械和交通工具，如钢材制造和汽车制造等。铝由于其轻质、耐腐蚀等特点，在航空航天、汽车制造业、包装材料和建筑等领域中备受青睐。铜以其卓越的导电和导热特性，在电子、电气领域大显身手，包括但不限于电线、电缆、电路板等产品的制造。还有具有不同特性的各类合金材料，就像为重要机械元件量身打造一样，为科技进步和工业生产注入了源源不断的动力。现在，科学家们正在研发高熵合金，将多种金属元素掺杂在一起，希望打造出金属界的六边形战士。

在能源领域，碳、氢、硫等元素构成了传统能源的主要来源，如石油、天然气和煤炭，这些能

源在人类历史发展中占据了重要地位。随着科技的发展,新型能源也正在源源不断地涌现。锂离子电池,作为一种高效的可充电电池,因其具有正负极之间离子传递的特性而备受瞩目,实现了电能的储存和释放,广泛应用于移动设备和新能源汽车等领域,虽然其安全性和寿命仍是当前待进一步优化的痛点,但不可否认锂离子电池确实为我们创造了一个无线、可充电的世界^[10]。最近,锂的同族兄弟钠元素也加入到了电池大家庭并引起了高度关注。此外,太阳能电池作为一种清洁可持续能源,也是当前太空探索研究领域唯一的能源供给,吸引着国内外众多科学家们的目光。这种电池中的半导体材料通常含有硅元素,通过光照射引发电子和空穴定向移动从而将光能转化为可用的电能^[11]。氘、氚核聚变是模拟太阳原理,两个较轻的氘、氚原子核结合成一个较重的原子核,同时释放出巨大的能量。核聚变过程辐射极少,且氘、氚这两种核聚变原料堪称取之不尽,用之不竭。因此,核聚变被视为未来理想能源之一^[12]。这种新能源有望为缓解全球能源紧缺和保护生态环境做出重要贡献。

在智能化和信息化等高科技领域中,硅元素作为主要成分制成的芯片在国家人工智能发展中发挥着重要作用。碳纤维复合材料具备轻质、高比强度和出色的耐高温性能。这些特性使得碳纤维复合材料在各种应用中成为理想的选择,在航空航天、通信器材、海洋制造等领域展现出独特的魅力。锗作为一种半导体材料,常被用于红外探测器和光纤通信技术中,在热成像和红外摄像等领域具有广泛的应用价值。

5 结语

综上所述,这些跨越时空的化学元素,神秘而又迷人。经由人类对元素漫长曲折的探索之旅,我们虽已揭开了元素的很多层面纱,但我们仍面临着很多好奇的元素未解之谜。如元素原子内部99.9%的空间是真空,这意味着由原子组成的物质包括我们人体也是有99.9%的空间是真空,但为什么不会坍塌;为什么人工合成的超重元素不稳定,原子核会自发衰变;由元素到生命的进化机制是什么。未来,随着科技的飞速发展,我们相信,我们一定能解开这些穿越时空而来,既进化出了生命,又可循环变幻出万物的元素所携带的更多秘密。

参 考 文 献

- [1] Bagdonas, A.; Kojevnikov, A. *Hist. Stud. Nat. Sci.* **2021**, 51 (1), 87.
- [2] 赵永恒. 现代物理知识, **2014**, 26 (3), 20.
- [3] 张帅. 粒子宇宙与生命起源的关联研究[硕士学位论文]. 郑州: 河南大学, 2023.
- [4] 靳根明. 现代物理知识, **2023**, 35 (4), 51.
- [5] 林巍, 李一良, 王高鸿, 潘永信. 科学通报, **2020**, 65 (5), 380.
- [6] 孙雨菲, 毛婧一, 秦思学, 张学峰. 物理与工程, **2023**, 33 (4), 41.
- [7] 江玉安. 中学生数理化(八年级物理)(配合人教社教材), **2010**, No. 9, 47.
- [8] 杨奇, 陈三平, 邸友莹, 周春生, 高胜利. 大学化学, **2017**, 32 (6), 46.
- [9] 胡明. 农业考古, **2021**, No. 6, 79.
- [10] 李文俊, 徐航宇, 杨琪, 李久铭, 张振宇, 王胜彬, 彭佳悦, 张斌, 陈相雷, 张臻, 等. 储能科学与技术, **2020**, 9 (2), 448.
- [11] 曹邵文, 周国庆, 蔡琦琳, 叶庆, 庞昊强, 吴玺. 复合材料学报, **2022**, 39 (5), 1847.
- [12] 吴西顺, 王登红. 自然资源科普与文化, **2024**, No. 1, 22.