

21 世纪将出现“大化学”时代——关于化学未来地位、作用的展望

Prospects for the Future Position and Role of Chemistry

吴海江

(河北师范大学, 副教授 石家庄 050016)

崔晓丽

(中科院山西煤炭化学研究所, 博士生 太原 030001)

杨晓雍

(河北师范大学, 副教授 石家庄 050016)

回顾 20 世纪, 化学科学取得了突飞猛进的发展和极其辉煌的成就。化学处在一个多边关系的中心, 促进了相关学科的发展, 极大地推动了人类社会的进步, 现代社会生活已完全离不开化学。

历史即将跨入新的世纪, 21 世纪的化学何去何从? 对此, 一种估计是, 21 世纪的化学将在物理学与生物学的夹缝中逐渐消微。因为在未来世纪, 物理学仍将继续是整个科学技术领域的带头学科。同时, 一些有远见的科学家预言, 生命科学有可能成为 21 世纪的主导科学。此外, 随着环境问题的日趋恶化, 一些人对化学产生了一种恐惧感, 认为化学是环境污染的罪魁祸首。因此, 正确认识化学的发展前景及其在 21 世纪科技发展及社会进步中的地位和作用, 对教育事业的改革, 对科技人才的培养, 对科学技术的研究和发展, 及至对经济社会发展, 都是至关重要的。

我们认为, 在 21 世纪, 化学不会逐渐消微, 而是将在与物理学、生命科学、材料科学、信息科学、

能源科学、环境科学、海洋科学、空间科学的相互交叉、相互渗透、相互促进中得到共同大发展。化学仍将是自然科学中的中心学科, 21 世纪将是一个“大化学”的时代。

一、世纪之交对化学发展的回顾与展望

现代化学学科的发展和进步, 与现代科学技术整体的发展、进步紧密相关。现代化学的发展, 一般认为是从 19 世纪末物理学的三大发现(X 射线, 1895 年; 元素放射性, 1896 年; 电子, 1897 年) 之后的 20 世纪初算起, 到本世纪, 特别是 60 年代以后, 化学科学获得了巨大的发展。在物理学三大发现的有力推动下, 化学科学的发展进入了微观领域。本世纪初相对论(1916 年) 和量子力学(1926 年) 的创立, 改变了人类的时空观, 现代化学基本理论如价键理论、分子轨道理论、配位场理论等, 逐步形成与

80. 解析全套细胞蛋白质结构与功能, 展现生命活动全景	王大成
81. 心思的神经生物学机理	万选才
82. 细胞三维生长和组织培养	陶祖莱
83. 重返海洋	周百成
84. 客观世界的自组织	姜 璐
85. 全信息理论与高等智能	钟义信
86. 关于“意识”问题	汪元九
87. 植物光合作用吸、传、转能的分子机理及其调控	匡廷云
88. 系统科学的困惑	苗东升
89. 复杂经济系统的演化分析	方福康
90. 路径积分	严加安

91. 朗兰兹纲领	冯克勤
92. 球堆积问题	宗传明
93. 相变的数学理论	陈木法
94. P—NP 问题	堵丁柱
95. 超级计算理论	唐克敏 夏培肃
96. 庞加莱猜想及低维拓扑	周 青
97. 黎曼猜想	胡作玄
98. 中华民族及现代人类的起源	莫鑫泉
99. 人类基因组研究中的社会学、伦理学和法律问题	倪慧芳 刘次全
100 物质和精神的关系问题	董光璧

(责任编辑 蔡德诚)

完善。60 年代以后,借助计算机科学技术的进步,不仅使量子化学、结构化学得到迅速发展和广泛应用,而且化学科学正在走向分子设计的新方向;分子反应动力学以及态—态化学的发展,正在分子水平上对化学科学的核心问题——化学反应的本质做深入的揭示。化学大发展的另一个表现是新分子新材料以指数函数飞速增长。50 年代以前已发现的化合物总数大约为 200 万种,到 60 年代达到 600 万种,进入 90 年代(1991 年)已达到 1 200 多万种,平均每天发现和合成 7 000 多种新化合物。同时,化学的研究范围扩展到星际化学、地球化学、环境化学、能源化学、材料化学、生物化学等。

大量的事实说明,现代化学的发展已经处于从宏观深入到微观、从定性走向定量、从描述过渡到推理、从静态推进到动态的发展阶段。目前,在分子水平的探索中,化学已经从重视分子本身的结构、价键、性能、合成、分析等方面的研究转入重点研究分子与分子之间不以化学键相连接的分子聚集体问题,这种从“分子”到“分子间”的重点转移体现了从微观到宏观、从个别到集体、从简单体系到复杂体系的变化。事实上,自然界的现象多为复杂系统的复杂行为,而科学还远没有发展到能直接解决各种复杂问题的地步。70 年代以来,科学的发展使人们认识到,远离平衡态、非线性关系和非决定论(内禀随机性)现象,作为世界复杂性的本质,已成为科学认识无法回避的问题,于是探索复杂性的趋势日益得到自然科学各个领域的认可与参与。化学领域中非平衡热力学的耗散结构理论对复杂系统的研究极有意义,正是非线性混沌的理论才能解释诸如化学中的振荡反应、色谱的分离作用、催化剂的选择催化、凝集和聚结过程,尤其是生物化学中的很多问题涉及非线性非平衡系统,涉及混沌、分形和自组织问题。科学研究的对象更趋向复杂的、非线性的、非平衡态的多样而真实的体系。在未来世纪,化学家大有可为,21 世纪的化学从理论、实验到应用方面都将获得全面发展,不仅将在更深的层次揭示化学反应、化学结构和性能关系等的本质,而且将在揭示和解决许多自然的、社会的、精神的实际问题,例如生命科学中的化学问题、环境中的化学问题、人类认知和思维的物质基础及其化学过程等方面发挥巨大作用并做出贡献。未来世纪的化学决不会在物理学与生物学的夹缝中逐渐消微。

二、化学仍将是自然科学中的中心学科

1985 年,美国学者皮门特尔(G. Pimentel)提出,化学是一门中心学科,化学处于自然科学的中心位置。的确,化学正处在一个多边关系的中心,是

自然科学中一门承上启下的中心科学(图 1)。化学的发展直接或间接地促进了相关学科的发展,产生了新的发现,这些学科包括生物学、物理学、地质学、天文学、材料科学、药理学及社会行为科学,化学向自然科学各个学科的广泛渗透和移植,促使一系列交叉学科、边缘学科不断涌现,而正是这些交叉学科、边缘学科有可能成为未来学科中有希望取得最多成果领域。

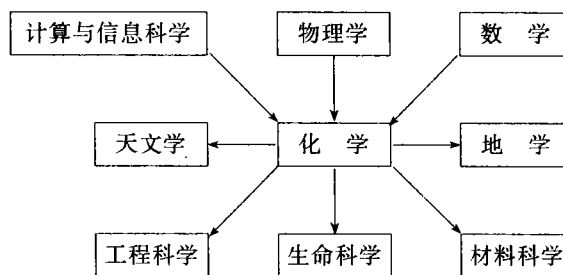


图 1 化学是自然科学中一门承上启下的中心科学

生物学就是在化学一系列研究成果的基础上而获得了迅速发展的,由于采用了实验和与化学、物理学相结合的研究方法,用更基本的物理学、化学的原理和更敏锐的物理、化学的方法及其仪器,探索复杂的生命运动,从而揭开了一个又一个生命的奥秘。诺贝尔化学奖的研究领域是公认的化学研究前沿,1988、1989、1993、1997 年的诺贝尔化学奖都与生物学的基本概念和基本技术直接相关。在未来世纪,化学家将与生物学家等携手并进,共创生命科学辉煌的明天。

化学与物理学紧密相关,整个 19 世纪,化学是科学的物质结构理论的发源地。到 19 世纪末,化学已经把物质的结构揭示到分子怎样由原子组成的层次,总结出了元素周期律,并在通过化学反应来研究分子立体结构的过程中奠定了立体化学。与此同时,物理学通过质点运动和波动这两种极限运动形式来反复研究声、热、光、电、磁等现象,从 19 世纪末开始陆续发现了 X 射线、电子、光子和原子的核模型以及微粒的波性等,为发展以原子理论为主线的化学准备了新的实验手段和理论工具。从此,化学的发展如虎添翼,而物理学也不再局限于研究原来所谓的“物理变化”。物理学除向纵深方向揭开了原子核这个结构层次外,也开始在原子核外的结构层次上或原子和分子的层次上与化学并肩进行研究工作。与此同时,现代化学的成就也极大地促进了物理学的发展。超纯硅和锗的制备及掺杂技术,为半导体及微电子科学的发展奠定了物理基础。大块非线性光学晶体的寻找和培养,使激光技术得以施展它的才能。化学家以其智慧除去光纤材料中极微量的杂质,并找到性能优良和光学性质匹配的包皮保护材料,使远距离的光纤通讯成为现

实,氧化物超导体和碱金属富勒烯 C_{60} 超导体的发现和制备、稀土永磁材料的发展等,均借助于化学的帮助与启发。化学键理论和结构化学的深入发展,为探讨物理的问题提供了理论工具。可以相信,在未来世纪,物理学与化学的进一步密切结合,必将促进物理学的迅速发展。

此外,材料科学、环境化学、地球化学等新学科的建立和发展,充分表明化学学科的中心位置及向外扩散的趋势,越来越多的物理学家、地球物理学家、材料科学家、生物学家等都在某种程度上从事化学工作。未来的世纪,化学将变得更加扩散,显示出“大化学”的特征,化学知识将帮助各种科学技术专家实现他们最神奇的构想。

三、化学是现代高科技发展和社会进步的基础

早期的化学属于一种技术,与其它学科相比,化学科学与工业部门的联系更直接更明显。化学家以发现新的化合物而著称,这些化合物的发现为筛选新材料、新药物、新农药、新能源等提供了广阔天地。化学是现代高科技发展和社会进步的基础和先导,是一门社会需要的中心科学(图2)。未来社会的进步,将会极大地依赖于化学以及与化学有关的边缘学科和交叉学科的进展。

信息技术、能源技术、材料技术、生物工程、激光技术、空间技术、海洋工程等新技术革命的重要门类 and 支柱,每一样都离不开化学,尤其是信息、能源、材料和化学的关系更为密切。

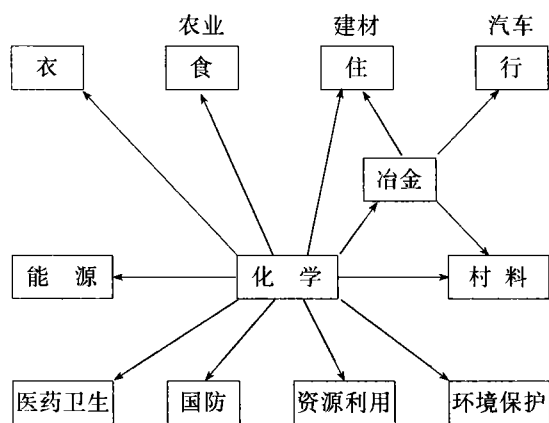


图2 化学是一门社会需要的中心科学

能源、信息和材料是人类社会现代文明的三大支柱,而材料又是能源和信息工业技术的物质基础,材料技术是化工科学技术中最活跃的研究领域。天然化石能源的有效利用,新能源的开发,信息工程中的信息采集、处理和执行等都需要各种功能材料;发展微电子技术、航空技术、机器人技术、海

洋技术等都需要以新材料作为技术性能的保证。因此,新材料的发明、开发和应用往往是人类社会文明发展进程的里程碑。在人类历史上,焦炭和钢铁的生产引发了资本主义的工业革命,今天各种智能材料的发明和应用开辟了信息时代。从现代科技发展史来看,一种新的化合物的合成,它的功能特性的发现和实际应用,往往可以导致一个新的科技领域的产生和一种新的产业的兴起,可以创造数十亿以至上百亿元的产值,可以改善社会物质文化生活的状况。如1910年InP的合成,开始了Ⅲ—V族化合物半导体的应用,其作用一直延续到现在的信息电子技术的各方面。30年代末,稳定化的 ZrO_2 (YSZ)以及 $Na-\beta-Al_2O_3$ 的合成,兴起了固态电解质的研究以及燃料电池新化学能源的开发和应用。50年代初期, $Ca_5(PO_4)_3X:Sb,Mn$ 发光材料的合成,开始了高光效和节能的荧光照明时代。60年代末,红色荧光体 $Y_2O_3:Eu$ 的发现和應用,推动了彩色电视的发展,在推动电子技术进步的同时,极大地丰富了人们的文化生活。新技术革命迫切需要极端条件下的有突出功能的材料,如在失重、超高真空、超低温、超高压、强辐射等条件下适用的材料,现代化学化工的研究,为合成这些材料提供了可能。

能源是人类社会活动的物质基础。化学家把解决人类未来的能源问题当成自己的神圣职责。21世纪将是直接利用“太阳能”的世纪。太阳辐射到地球表面的能量是目前全世界能量消费的约1.3万倍,所以开发太阳能电池及其封装材料是化学工作者面临的重大课题。现在知道,非晶硅、砷化镓、单晶硅可以把太阳能转化成电能,其中非晶硅转换率高,希望很大。储能材料可以做电池,如锂电池是铅电池蓄电量的几十倍。氢是一种无污染的燃料,由于氢很可能成为未来的燃料,近几年由水制氢已成为热门研究领域。此外,对沼气的利用、地热资源的开发,都离不开现代化学与化工的帮助。核电的发展也离不开化学,且对化学化工提出了多方面的更高要求。化学对于核电的经济性、安全性关系很大。放射化学、辐射化学、有机化学、无机化学、物理化学、分析化学及放射化工、化工机械等众多学科领域均在核电发展过程中起着重要的作用。

化学与医学的关系十分密切,现代医学进入了分子生物学时代,人类开始运用化学的理论、观点与方法从分子层次、细胞层次和整体上来研究和认识疾病的发生发展和防治的机理,21世纪的医学人才必须注重化学的理论和实践基础。至于药学,更是离不开化学。在史书和本草中载有相当数量的化学药剂,2000多年来,中国本草学成为中国医药学的一个伟大宝库。在这个宝库中,无机药物有335种,有机药物有2273种。这些物质既是药学研究的

对象,又是化学研究的基本内容,而且,前者是以后者为指导的。化学与药学的融合,派生出交叉学科药物化学。随着化学学科的发展,化学知识、原理、方法和技术在制药和发现新药的过程中得到了普遍应用,成为研究药物结构和性质的主要手段,也为化学药物的合成设计、性能检测和化工生产奠定了基础。在 21 世纪,人类攻克癌症、心脑血管病、艾滋病等顽症的过程中,化学也将发挥举足轻重的作用。

环境污染是当今全球性的严重问题,它是伴随人类社会的三次工业革命和科学技术的发展而产生的,经历了蒸汽机时代的发生期、内燃机时代的发展期和原子能开始利用时代的公害的泛滥期三大阶段,给人类社会带来了严重的危害。事实上,在有些时候,环境的污染恰是决策者或企业领导缺乏基本化学知识,没有按化学规律办事造成的。如果当前的全球环境问题作为科学问题来对待,那么,化学则在这个科学问题面前首当其冲。60 年代开始重视酸雨的成因,80 年代又对臭氧空洞及温室效应等进行了详细的机制探讨,其中,化学和化学家均发挥了不可或缺的作用。化学家与地学、医学、工程学及社会学、经济学、法学等多种学科的学者结成环境治理及废物综合利用的联盟,在环境公害治理中起着突出的作用。化学家是“环境”的朋友,他们在进行化学理论与实践研究的同时,还对产生环境污染的污染物的特性提供信息,积极探索污染的防治、转化、处理及综合利用的途径,并积极改革旧工艺、寻求无污染或低排放的“绿色”新工艺。化学家在这些方面已经并将继续做出更大的贡献。厌恶化学、把化学看成环境污染的罪魁祸首是一种偏见。

化学科学的进步对农业生产的发展也起到了十分重要的作用。化学农药是植物保护的重要支柱,并将继续成为未来农业技术不可缺少的部分。化学肥料已经并会继续为人类在有限的土地上生产出不断增长的粮食,满足人类生存的需要做出更大贡献。

有人估计,21 世纪化工产品以及与化学、化工有关的产品将成为国际市场上仅次于电子产品的第二大竞争的产品,将成为国力竞争的重要因素。

四、21 世纪将是一个“大化学”的时代

1. 化学知识是高科技人才知识结构的重要组成部分

化学是一门重要的基础科学,是整个自然科学的重要基础之一。因此,化学知识对一切高科技人才都是不可缺少的,不仅理、工、农、医的学生应该在大学里学化学,而且人文科学的学生也要具备基本的化学知识。在国外,尤其是在科学、技术、教育

比较发达的国家,如美国、加拿大、日本,都在实施对所有的非理科大学一年级学生进行化学素养教育的计划,并提出“要使全社会公民都具有化学素养”的口号。21 世纪高科技人才需要具备对科学信息作出评价及做出决策的能力,他们都应当了解有关环境、医药、新材料等方面的信息,化学知识需成为人们必备的常识。在我国,1990 年周公度教授首先在北京大学为物理系学生开设了一门叫做“结构与物性”的化学课,强调物质结构与物理性质之间的关系,强调化学与物理之间的联系,受到物理系学生的热烈欢迎。1992 年,国家教委下文指示,所有的物理专业都要学一门化学课程。对于文科的学生,也有一些学校开设了化学课,如厦门大学开设了“化学与健康”、中山大学开设了“化学世界”等。最近,高等教育出版社出版了由唐有祺、王夔院士主编的《化学与社会》一书,此书是全国文管类各专业的化学教材,将化学视为文科学子窥视自然科学全貌的窗口。随着化学日益广泛地深入人们的生活中,将会有越来越多的有识之士认识到普及化学素养教育的重要性。

2. 学习化学是现代生活的需要

在现代生活中,从饮食营养到穿戴美容,从医疗卫生到老年保健,从中草药配伍禁忌到气功强身,从庭院美化到星际环境,无不涉及化学。学习并掌握必要的化学知识,了解化学与国计民生、环境保护、未来发展和日常生活的关系,是人的素质与修养的重要内容。1991 年,第 11 届国际化学教育会议共同探讨的主题是“把化学带到生活中去”,使社会公众认识到“化学是与人人有关的”,应当加强对所有的公民尤其是青年公民的化学素养教育,以适应未来社会变化、技术进步和职业选择的需要。早在 1985 年皮门特尔就指出:化学将成为人类继续生存的关键科学,因为它对人类的供水、食物、能源、环境以及健康问题至关重要。

因此,化学不但是一般公民科学素养的重要组成部分,而且,更高水平的化学知识对各类高科技人才的知识结构的优化及良好的科学素质的形成也是必须的。

综上所述,化学在 21 世纪从理论、实验到应用方面都将获得全面发展,并仍将是自然科学中的中心学科,同时也是一门社会需要的中心学科。21 世纪将是一个人人都要懂点化学的“大化学”时代,化学工作者必须承担普及化学素养教育的重大职责。化学工业将持续不断地为人类提供新材料、新能源、新方法和新产品,并将继续为人类服务。确立这一观点,对于深化化学教育改革,培养 21 世纪需要的建设人才,将具有十分重要的意义。

(略去 12 篇参考文献) (责任编辑 孙立明)