



普通高等教育“十二五”规划教材

工程化学

王毅 陈丽 陈娜丽 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

014006714

TQ02-43
88

普通高等教育“十二五”规划教材

工程化学

王毅 陈丽 陈娜丽 主编

北京航空航天大学
藏书
图书馆

中国石化出版社



北航

C1693770

TQ02-43

88

117300310

内 容 提 要

针对非化学化工类专业化学课程学时少、化学理论与专业背景和工程实践结合不紧密的实际,本书浓缩了化学反应的基本原理,并将其渗透到与之密切相关的能源、给排水、土木、机械和材料等领域,注重知识应用能力及分析问题、解决问题能力的培养,强调理论联系实际、学科交叉,实现了理论与实践、基础与提高、传承与创新、素质教育与工程训练的统一,融基础理论、工程实践、素质教育为一体。

全书共13章,其中,第1章为绪论,主要介绍化学对人类生活的影响,激发学生的学习兴趣;第2~8章为基础理论,重点论述化学反应的基本原理、化学反应的调控及利用、物质的结构与性能;第9~13章为工程应用,强调基础理论在能源、给排水、材料、合成氨等领域的应用,各章与基础理论相对应,是基础理论的拓展与升华。

本书可作为高等院校非化学化工类专业的化学基础课程教材,也可作为工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程化学/王毅,陈丽,陈娜丽主编. —北京:
中国石化出版社,2013.9
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5114-2321-4

I. ①工… II. ①王… ②陈… ③陈… III. ①工程化
学—高等学校—教材 IV. ①TQ02

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第192001号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式
或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街58号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米16开本13印张322千字

2013年9月第1版 2013年9月第1次印刷

定价:35.00元

前言

化学作为一门中心科学,它不仅是人类认识生命过程和进化的工具,也是人类获得生存与自由的手段。化学在推动社会进步、提高人类认识和改造物质世界的能力、改善人类生活质量和健康水平,以及促进其他学科的发展等方面做出了巨大贡献,极大地影响和改变了人们的生活。现今,无论是高新技术的创新发展还是重大社会问题的解决几乎都离不开化学学科的参与。可以预言,随着学科进一步的交叉与融合,众多难题的解决必将是多学科知识综合运用结果。因此,具有国际视野的复合型专业技术人才不仅应具有扎实的专业知识、正确的价值观、良好的思想道德修养与科学精神,而且还应具备广博的知识面、多学科的基础和理论联系实际的能力。

化学学科研究的对象宽广、生动有趣,研究过程有自己独特的语言和学科文化。对高等院校非化学化工类各工科专业学生进行工程化学的基础教育,不仅可使其掌握化学的基本理论知识,对自然界和专业知识的认知从“知其然”上升到“知其所以然”,而且也是其优化知识和能力结构、获得独特的、与数理截然不同的分析问题和解决问题的思维方法、培养严谨求实的工作作风和团结协作精神的必然途径,更是理论(化学知识)联系实际(工程应用)的一次重要实践。

本书是兰州理工大学多年教学实践经验和教学改革成果的结晶,充分反映了“夯实基础、瞄准前沿、结合专业、突出工程、因材施教”的教学理念。在基础理论知识的选取上,针对非化学化工类专业工程化学课程学时少的特点,针对性地重组了知识体系,浓缩了化学反应的基本原理,力图使其成为工程技术教育实施的载体。在工程应用内容的选取上,针对基础理论与专业背景和工程实践结合不紧密、学生学习兴趣不高的实际问题,围绕能源、给排水、土木、机械、材料、过程装备、腐蚀与防腐等大多数工科院校相关专业,深入浅出地介绍理论知识在上述专业领域的应用,注重知识应用能力及分析问题、解决问题能力的培养,强调理论联系实际和学科交叉,实现了理论与实践、基础与提高、传承与创新、素质教育与工程训练、基础课学习与专业课学习的统一,融基础理论、工程实践、素质教育为一体。

参加本书编写工作的有兰州理工大学王毅(编写第1、2、3、4、9、12章,合作编写第8章),陈丽(第5、11章,合作编写第8章),陈娜丽(第6、7章),王坤杰(第10章),冯辉霞(第13章)。附录由王毅、冯辉霞整理。研究生师欢、张瑜、杨伟华、雷娇娇、李俊青参与了部分内容的编写及相关资料的收集、整理和校核工作。全书的编写工作由王毅策划并统稿。本书的编写工作得到了中国石化出版社的大力帮助,得到了兰州理工大学的陈泳、王玉春、欧玉静、李思良等老师的支持,他们在审阅的基础上提出了许多有益的建议。本书在编写过程中,参阅了大量国内外有关书籍、期刊和网络上的信息,从中摘取了部分内容,对此,特向这些作者深表谢意!

限于编写时间的紧迫和编者水平,再加本书涉及多方面的知识及工程应用,书中定会有诸多不尽人意之处,恳请同行专家和读者不吝指正,以便我们在再版时进行修订。在此诚恳地致以谢意。

编者

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 化学——我们的生活与未来	(1)
1.1.1 化学的科学性——科学发展的助力器	(1)
1.1.2 化学的应用性——美好生活的缔造者	(2)
1.1.3 化学的社会性——社会形成和进步的基础	(5)
1.1.4 构筑辉煌未来——化学面临的挑战	(6)
1.1.5 化学的信任危机——春天也会寂静	(7)
1.2 工程化学的内涵及其内容	(8)
1.2.1 工程化学的内涵	(8)
1.2.2 工程化学的内容	(8)
1.2.3 学习工程化学的重要性	(9)
第2章 化学反应的能量关系	(11)
2.1 基本概念	(11)
2.1.1 系统与环境	(11)
2.1.2 状态与状态函数	(12)
2.1.3 过程与途径	(12)
2.1.4 热与功	(12)
2.1.5 热力学能	(13)
2.1.6 热力学第一定律	(13)
2.2 热效应	(14)
2.2.1 恒容热效应和恒压热效应	(14)
2.2.2 热效应的测定	(15)
2.3 热化学	(16)
2.3.1 质量守恒定律	(16)
2.3.2 反应进度	(17)
2.3.3 标准态	(17)
2.3.4 热化学反应方程式	(18)
2.4 化学反应热的计算	(18)
2.4.1 由热化学反应方程式的组合计算化学反应的热效应	(18)

2.4.2	由标准摩尔生成焓计算化学反应的标准摩尔焓变	(19)
2.4.3	由标准摩尔燃烧焓计算化学反应的标准摩尔焓变	(21)
2.4.4	由键焓计算化学反应的标准摩尔焓变	(21)
第3章	化学反应的自发性	(22)
3.1	自发过程	(22)
3.2	焓与自发过程	(22)
3.3	熵与自发过程	(23)
3.3.1	熵变与反应的自发性	(23)
3.3.2	绝对熵和标准熵	(24)
3.3.3	化学反应的熵变	(24)
3.4	Gibbs 函数与自发过程	(25)
3.4.1	Gibbs 函数(变)判据	(25)
3.4.2	标准摩尔 Gibbs 函数(变)的计算	(26)
3.4.3	非标准态摩尔 Gibbs 函数(变)的计算	(28)
3.4.4	几种热力学函数间的关系	(31)
第4章	化学反应的现实性	(32)
4.1	化学反应的程度及其转化率的提高	(32)
4.1.1	平衡状态	(32)
4.1.2	标准平衡常数	(32)
4.1.3	常见的标准平衡常数	(33)
4.1.4	标准平衡常数的应用	(35)
4.1.5	化学平衡的移动及其应用	(36)
4.2	化学反应的速率及其控制	(38)
4.2.1	化学反应速率的表示方法	(38)
4.2.2	影响化学反应速率的因素	(38)
4.2.3	催化剂对反应速率的影响	(40)
第5章	溶液与胶体	(42)
5.1	液体	(42)
5.1.1	液体的蒸汽压与大气湿度	(42)
5.1.2	液体的沸点	(43)
5.1.3	液体的溶解性	(43)
5.1.4	液体的表面张力	(44)
5.1.5	润湿现象	(45)
5.1.6	弯曲液面的附加压力和毛细管现象	(46)
5.2	溶液	(47)
5.2.1	溶液的浓度	(47)

5.2.2 液体的通性	(48)
5.3 胶体	(50)
5.3.1 分散系统	(51)
5.3.2 胶体的特性	(51)
5.3.3 胶团的结构	(54)
5.3.4 溶胶的稳定性与聚沉	(54)
第6章 溶液中的平衡及其利用	(57)
6.1 酸碱平衡及其利用	(57)
6.1.1 酸碱质子理论	(57)
6.1.2 常见的酸碱反应及其 pH 的计算	(59)
6.1.3 缓冲溶液	(60)
6.2 沉淀溶解平衡及其利用	(64)
6.2.1 溶度积规则	(64)
6.2.2 沉淀的生成与溶解	(64)
6.3 配位平衡及其利用	(67)
6.3.1 配位化合物	(67)
6.3.2 配位平衡	(68)
6.3.3 配位化合物的应用	(69)
第7章 氧化还原反应与电化学基础	(70)
7.1 氧化还原反应	(70)
7.1.1 氧化数	(70)
7.1.2 氧化还原反应及其配平	(70)
7.2 原电池与电极电势	(72)
7.2.1 原电池	(72)
7.2.2 电极电势	(73)
7.3 电极电势的应用	(77)
7.3.1 判断氧化剂和还原剂的相对强弱	(77)
7.3.2 判断氧化还原反应进行的方向	(78)
7.3.3 判断反应进行的程度	(79)
第8章 物质的微观结构与键合	(80)
8.1 微观粒子的运动特性	(80)
8.1.1 波粒二象性	(80)
8.1.2 不确定原理	(80)
8.1.3 微观粒子运动的统计规律	(81)
8.2 核外电子运动状态的描述	(81)
8.2.1 薛定谔方程	(81)

8.2.2	波函数的图像	(82)
8.2.3	概率密度与电子云	(83)
8.2.4	四个量子数	(84)
8.3	多电子原子结构和元素周期律	(86)
8.3.1	轨道的能级	(86)
8.3.2	基态原子的核外电子排布	(88)
8.3.3	原子的电子层结构与元素周期系	(91)
8.3.4	元素性质的周期性	(92)
8.4	原子键合与分子结构	(95)
8.4.1	离子键	(95)
8.4.2	共价键	(95)
8.4.3	金属键	(102)
8.4.4	分子间作用力和氢键	(104)
8.5	晶体结构与晶体缺陷	(106)
8.5.1	晶体的结构特征	(106)
8.5.2	晶体结构的类型	(107)
8.5.3	晶体缺陷	(109)
8.6	结构-性能关系	(110)
8.6.1	结合方式与性质的关系	(110)
8.6.2	材料的成分-结构-组织-性能关系	(112)
第9章	化学与能源工程——化学能的转化与利用	(114)
9.1	能源与能量转换	(114)
9.2	化学反应热的利用	(115)
9.2.1	煤及其燃烧热的利用	(115)
9.2.2	天然气及其燃烧热的利用	(117)
9.2.3	高能燃料化学反应热的利用	(118)
9.3	电化学反应的利用	(119)
9.3.1	一次电池	(119)
9.3.2	二次电池	(120)
9.3.3	燃料电池	(121)
9.3.4	新型绿色电池	(122)
9.4	化学反应在热能存储中的应用	(123)
9.5	太阳能的热利用	(124)
9.5.1	太阳能热水器	(125)
9.5.2	太阳能采暖	(126)
9.5.3	聚焦式太阳能热发电	(128)

9.5.4	太阳能热分解制氢	(129)
9.5.5	太阳能空调制冷	(130)
第10章 化学与合成氨工业——化学反应原理的综合应用		(132)
10.1	合成氨工业	(132)
10.2	合成氨的理论分析	(132)
10.2.1	氨合成反应的热力学基础	(132)
10.2.2	氨合成的反应动力学	(134)
10.2.3	催化剂	(136)
10.2.4	氨合成的工艺条件	(137)
10.3	氨合成的工艺流程	(140)
10.3.1	氨合成原料气的制备	(140)
10.3.2	氨合成原料气的净化	(141)
10.3.3	氨合成工艺	(143)
第11章 化学与土木工程材料——典型的胶凝材料		(147)
11.1	典型的水硬性胶凝材料——水泥	(147)
11.1.1	水泥的分类	(147)
11.1.2	水泥的组成	(148)
11.1.3	水泥的水化反应	(148)
11.2	典型的气硬性胶凝材料——石膏和石灰	(149)
11.2.1	石膏	(149)
11.2.2	石灰	(151)
11.3	钢筋混凝土的腐蚀与防腐	(152)
11.3.1	混凝土的腐蚀	(153)
11.3.2	混凝土中钢筋的腐蚀	(154)
11.3.3	钢筋混凝土的防腐	(155)
第12章 化学与工业水处理——给水与用水处理技术		(156)
12.1	天然水的化学特征	(156)
12.1.1	天然水中的碳酸化合物	(156)
12.1.2	天然水的酸度和碱度	(158)
12.1.3	天然水的硬度	(158)
12.2	天然水中的杂质	(159)
12.3	工业用水的预处理	(160)
12.3.1	混凝	(160)
12.3.2	沉淀与澄清	(163)
12.3.3	水的软化	(164)
12.3.4	水的除盐处理	(168)

12.3.5 水的脱氧处理	(168)
12.4 重点行业(锅炉)水处理技术	(169)
12.4.1 锅炉水系统的问题	(169)
12.4.2 锅炉水系统运行的控制	(169)
12.4.3 锅炉水处理工程实例	(172)
第13章 化学与工程材料——金属的加工、腐蚀与防护	(174)
13.1 金属材料	(174)
13.1.1 有色金属	(174)
13.1.2 黑色金属	(175)
13.2 电解技术	(176)
13.2.1 电解原理	(176)
13.2.2 分解电压与超电势	(177)
13.2.3 电解产物的判断规律	(177)
13.3 金属材料的化学与电化学加工	(178)
13.3.1 化学镀	(178)
13.3.2 电镀	(179)
13.3.3 电铸	(180)
13.3.4 电解加工	(180)
13.3.5 电解抛光	(181)
13.3.6 化学刻蚀和电刻蚀	(182)
13.2.7 电解精炼	(182)
13.4 金属的腐蚀与防护	(183)
13.4.1 化学腐蚀	(184)
13.4.2 电化学腐蚀	(185)
13.4.3 微生物腐蚀	(187)
13.4.4 腐蚀速率	(189)
13.4.5 金属腐蚀的防护	(190)
参考文献	(191)
附录	(192)
附表1 一些化学键的键能(298.15K)	(192)
附表2 一些弱酸、弱碱的标准解离常数(298.15K)	(192)
附表3 一些物质的标准热力学函数值(298.15K)	(193)
附表4 一些难溶电解质的溶度积常数(298.15K)	(196)
附表5 一些电对在水溶液中的标准电极电势(298.15K)	(197)
附表6 一些常见配离子的稳定常数和不稳定常数	(198)

第1章 绪 论

化学发展到今天,已经成为人类认识物质自然界,改造物质自然界,并从物质和自然界的相互作用得到自由的一种极为重要的武器。就人类的生活而言,农轻重,吃穿用,无不密切地依赖化学。在新的技术革命浪潮中,化学更是引人瞩目的弄潮儿。

——卢嘉锡

1.1 化学——我们的生活与未来

化学是一门在原子、分子层次上研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。化学研究的对象不仅包括原子、分子片、结构单元、分子、高分子、原子分子团簇、原子分子的激发态和过渡态以及分子和原子的各种不同维数、不同尺度和不同复杂程度的聚集态和组装态,也包括超分子、生物大分子、分子材料、分子器件和分子机器的合成与反应、制备与组装、分离和分析、结构和形态、物理性能和生物活性及其规律等。由于人类赖以生存的世界乃至于人本身都是由物质组成的,因此化学既是关于自然的科学,又是关于人的科学,它不仅是人类认识生命过程和进化的工具,也是人类生存和获得解放的手段。和其他自然科学一样,化学的最终目标是认识世界、改造世界和保护世界。100多年来,化学为推动社会进步、提高人类认识和改造自然的能力、改善人类生活质量和健康水平,以及促进其他学科的发展等方面做出了巨大贡献,极大地影响和改变了人类的生活,现已经成为“一门满足社会各种需要的中心科学”和“人类继续生存的关键科学”。

1.1.1 化学的科学性——科学发展的助力器

19世纪末20世纪初微观领域的重大发现,揭示了原子内部的结构和微观世界波粒二象性的普遍性,使经典力学上升为量子力学,阐明了化学键的本质,促使价键理论、分子轨道理论和配位场理论三大重要化学键理论的建立,使得人们对原子结合成分子的方式、依据和规律上升到了新的高度。在电子计算机和高精密度现代仪器的推动下,可以精密测量分子中电子云分布和成键状况的精密结晶学得到了充分的发展,使得人们可以深入研究原子、分子和晶体的结构以及结构与性能间的关系。随着分子轨道对称守恒原理的提出,分子轨道理论从分子静态的研究发展到化学反应体系的动态研究,并可以预言和解释化学反应的历程。可见,科学技术的迅猛发展极大地推动了化学学科自身的发展。

化学学科自身的发展使人们逐渐掌握了物质变化的规律和各类化学反应的机理,也使得人们在掌握化学反应规律基础上更深层次的认识化学过程并揭示变化的本质。同时,数学、物理学、计算机技术以及生物学,特别是生物技术不断渗入化学领域并引起了化学研究的革命性变革,这种相互融合趋势将着眼于分子变化的化学学科置于特殊的中心位置。因此,化学学科的发展必然带动其他相关学科的过程研究,同时,化学与之融合之后分化出了许多化学过程学

科,如应用化学热力学、动力学的概念和方法与土壤学融合,研究土壤中物质转化和迁移规律,发展了土壤化学。随后土壤化学和水化学结合,在进一步解决水体、土壤中有害物质的转化和迁移问题上发挥重要作用,形成了环境化学的基础。

化学带动其他学科向分子层次发展最为明显的是生物学。20 世纪 50 ~ 60 年代,生命科学各个领域出现了一系列在分子层次上研究问题的新学科,如分子生物学等。其实,从 20 世纪 20 年代起生物小分子的化学结构研究(血红素、叶绿素、维生素等)就多次获得诺贝尔化学奖,而这仅仅是有机化学向生命科学逼近的第一步。随后关心结构问题的化学家利用研究小分子结构的理论和方法研究生物大分子,这使得生物大分子结构从 20 世纪 50 年代起出现了一系列重大突破。与此同时,复杂活性生物大分子的合成也成为攻关对象,伍德沃德(Woodward)就是因为合成维生素 B12 而荣获 1965 年诺贝尔奖。

从利用天然材料到创造和利用合成材料是合成化学发展的里程碑。20 世纪 40 年代,以模拟天然橡胶、蚕丝等天然材料为目标的高分子合成产业,以及作为其基础的聚合反应研究蓬勃发展并推动了功能材料、复合材料等新兴产业的建立和发展,而后者为电子、航天、通信等朝阳产业提供了高纯硅、光导纤维及能量转化等新型材料。可见,化学化工技术的发展和源头创新为朝阳产业的发展奠定了前期基础。同时,掌握材料结构-性能间的关系、合成和组装的化学过程是“随心所欲”设计所需材料的前期,而化学学科建立的物质结构和形态的理论、方法和实验手段,使人们认识了物质结构与性能之间的关系和规律,为设计各种特殊功能的材料提供了有效的方法和手段。而且,化学科学技术的发展使人类对材料有了更广的来源和更多的选择,如有了高分子材料就有了合成纤维,有了轮胎和塑料制品;有了荧光物质就有了电视;有了半导体材料就有了电子计算机和信息产业等,没有半导体材料,就没有作为集成电路的硅芯片材料的应用,计算机就只能像一座楼房那样庞大。

1.1.2 化学的应用性——美好生活的缔造者

1.1.2.1 生活必需品的制造者

20 世纪是科学发展突飞猛进的一个时期,化学也经历了使人眼花缭乱的一百年,基于化学过程的社会物质生产更是发生了飞跃性的发展。可以毫不夸张地说,没有化学科学创造的物质文明就没有人类的现代生活。在 20 世纪的 100 年中,化学取得了空前辉煌的成就。这个“空前辉煌”可以用一个数字来表达,就是 2285 万。1900 年在 Chemical Abstracts (CA) 上登录的从天然产物中分离出来的和人工合成的已知化合物只有 55 万种。经过 45 年翻了一番,到 1945 年达到 110 万种。再经过 25 年,又翻一番,到 1970 年为 236.7 万种。以后新化合物增长的速度大大加快,每隔 10 年翻一番。所以在这 100 年中,化学合成和分离了 2285 万种新化合物、新药物、新材料、新分子来满足人类生活和高新技术发展的需要,而在 1900 年前的历史长河中人们只知道 55 万种。由此可以看出,化学是以指数函数的形式向前发展的。没有一门其他科学能像化学那样在过去的 100 年中创造出如此众多的新化合物,化学家几乎又创造出了一个新的自然界。

报刊上常说 20 世纪发明了六大技术:①包括无线电、半导体、芯片、集成电路、计算机、通信和网络等的信息技术;②基因重组、克隆和生物芯片等生物技术;③核科学和核武器技术;④航空航天和导弹技术;⑤激光技术;⑥纳米技术。实际上 20 世纪发明了七大技术,即化学合成

(包括分离)技术和上述六大技术,而且最重要的是化学合成技术。这是因为“化学家太谦虚”(源于 Nature 杂志在 2001 年的评论),不会向社会宣传化学与化工对社会的重要贡献,因此 20 世纪化学取得的辉煌成就并未获得社会应有的认可。从重要性上看,上述六大技术如果缺少一两个,人类照样生存。但如果没有合成氨、合成尿素和第一、第二、第三代新农药的技术的发明,世界粮食产量至少要减半,60 亿人口中的 30 亿就会饿死;没有合成抗生素和大量新药物技术的发明,人类平均寿命要缩短 25 年;没有合成纤维、合成橡胶、合成塑料技术的发明,人类生活要受到很大影响;没有合成大量新分子和新材料的化学工业技术,上述六大技术根本无法实现,这些都是无可争辩的事实。从人类对上述七大技术发明需要的迫切性来看,化学合成和分离技术应当排名第一,这不仅因为它是人类生存的绝对需要,而且它还为其余六大技术发明提供了不可或缺的物质基础。

1.1.2.2 生命和健康的守护神

化学是研究生命过程的基础,尤其是从原子和分子的水平上认识生命过程的奥秘。在过去的一个世纪里,化学家们揭示了 DNA 的双螺旋结构,破译了遗传密码,合成了一系列重要的具有生物学特性的物质,研究了大、小环境中不利因素的产生、转化和人体的相互作用,探索了许多重要的天然大分子(蛋白质、核酸和激素等)的结构并加以人工合成。

化学是调节生命过程和提高人体素质的重要手段,化学物质通过人体的吸收和排泄而处于大循环中,影响着人体的结构与功能。当化学物质进入人体后,不仅起营养作用,还起调节、控制作用,人的生老病死无不与化学物质密切相关。如缺少维生素会加速老化;乳酸在肌肉积累就会感到疲劳;钙的缺乏对儿童会造成骨质生长不良和骨化不全,成年人则易发生骨折、高血压等等。人体内的这些化学物质的缺乏或过剩可使一些生命物质激活或抑制,形成连锁式的化学反应和相应的生命过程,从而表现出各种各样的现象。

药物是人类战胜疾病的重要武器。现代化学的发展为药物的发展提供了一个极为宽广的后方基地,依靠化学可以研究药物的组成、结构,从本质上认识药物,进而在实验室内合成并进行大规模生产。1909 年德国化学家合成出了治疗梅毒的特效药物胍凡纳明,20 世纪 30 年代以来化学家创造出系列磺胺药,使许多细菌性传染病特别是肺炎、流行性脑炎、细菌性痢疾等长期危害人类健康和生命的疾病得到控制。青霉素、链霉素、金霉素、氯霉素、头孢菌素等类型抗生素的发明,为人类的健康做出了巨大贡献。据不完全统计,20 世纪化学家通过合成、半合成或从动植物、微生物中提取而得到临床有效的化学药物超过 2 万种,常用的就有 1000 余种。可以毫不夸张地说,没有化学,就没有现代药物,就不会有现代医学。

化学在疾病诊断方面也起着核心的作用。磁共振成像技术的发明是核磁共振光谱应用于化学研究的结果,利用该方法可得到人脑断层成像,它可以帮助医生找到病变部位,指导医生手术工作。近年来开发的光纤化学传感器体积小、无毒、绝缘、化学稳定性、热稳定性及生物兼容性好,加之良好的柔韧性和不带电安全性,使之具有适用于临床医学的独特优势,它可以用来测量人体和生物体内有关医疗诊断的医学参量,为医疗诊断提供一个全新的角度。

在满足生存需要之后,不断提高生存质量和生存安全是现阶段的首要任务。生存质量和生存安全程度的高低取决于人与自然环境相互作用中外来物质和能量是否满足人体需要以及是否维持最佳状态。外来物质和能量(包括饮水、食物、空气、电磁波、放射性、热等)有的是有利于生存质量的提高,有的反而对健康形成威胁。优化物质利用,避害趋利是保证生存质量和安全的基础。生存质量不仅仅以个人满足感为依据,更应该考虑人以外的整

个环境的改善。而化学的研究则可以从三个方面对保证、提高生存质量做出贡献：

(1) 研究物质和能量生物效应(正面的和负面的)的化学基础,特别是搞清楚两面性的本质,寻求最佳利用条件。

(2) 研究开发对环境无害的化学品和生活用品,研究对环境友好的生产方式,而这两方面恰好是绿色化学的主要内容。

(3) 研究大环境和小环境(如室内环境)中不利因素的产生、转化及其和人体的相互作用,提出优化环境、建立洁净生活空间的途径。

1.1.2.3 粮食增产的贡献者

化学在解决日趋严重的粮食短缺问题上是最有成效、最实用的学科之一。农业要增产,农、林、牧、副、渔各业要全面发展,在很大程度上依赖于化学科学的成就;化肥、农药、植物生长激素和除草剂等化学产品不仅可以提高产量,而且可以改进耕作方法;高效、低毒新农药的研制,长效、复合化肥的生产,农、副业产品的综合利用也都需要化学知识。有专家指出,在过去的30年中,世界人口翻了一番,粮食增产了一倍,其中化学的作用约占50%~60%,也就是说解决粮食问题一半要靠化学。

19世纪中叶,人们认识到绿色植物从土壤中吸收的只是无机养分和水分,靠叶绿素进行光合作用合成有机物,这一发现为无机养分作为肥源归还土壤找到了科学依据,也为施肥奠定了理论基础,于是现代农业化学与化肥工业应运而生。化肥的问世,突破了利用作物秸秆还田的有机物循环模式,从而可以不依赖于作物茎秆、不受气候条件和耕地面积的限制也能不断向农业投入农作物必需的养分,不断提高集约化水平,强化农业生产。国外农业生产实践证明:充分、合理地使用化学肥料是促进作物增产,加速农业发展的一条行之有效的途径。前苏联学者普良尼斯尼柯夫根据对20世纪30年代一些欧美国家农业发展的统计结果认为,粮食产量主要与这些国家的化学指数($N + P_2O_5 + K_2O$ 施用量)密切相关。

我国于1901年开始使用无机氮素化肥,从那时起化肥在我国农业生产中就发挥了巨大的作用。自1949~2000年,我国人口从4.5亿增至12亿多,同期粮食产量由1.3亿吨增到5亿吨。用占世界耕地面积9%的土地解决了占世界21%人口的温饱问题,取得这些成绩除了选育优良品种之外,另一个较大的贡献应该归功于使用化肥。目前,我国粮食产量增长速度一直保持高于人口增长的速度,发展农用化学品已经成为提高粮食单位面积产量、解决粮食危机的重要手段。

合理施用化肥可以提高农产品品质。大量的研究结果证明,养分的均衡供应可以明显地提高农产品品质,如在一定范围内合理增施氮肥可以提高籽粒作物的蛋白质含量,可以改善小麦的加工品质;氮、磷、钾肥的均衡供应可以显著提高水果的外观品质、风味和营养品质。科学施肥还可增加了留在土壤中的作物残体量,这对改善土壤理化性质,提高易耕性和保水性能,增强养分供应能力都有促进使用。有研究表明,在土壤中长期配合施用氮磷钾化肥,可以保持或提高土壤有机质、全氮和全磷含量,特别是对于低肥力土壤,这种增肥作用更为明显。另外,合理、平衡地施用化肥还可保持和增加土壤孔隙度和持水量,避免土壤板结。

在各类植物保护方法中,化学防治是用少量化学能换取大量太阳能的最有效方法。资料表明,如果农业生产上不使用杀虫剂,而用非化学防治的方法来代替,估计由害虫引起的作物损失要增加5%;停止使用杀菌剂,作物的损失估计要增加3%;如果停止使用除草剂,

作物的损失将增加1%。可见农药的使用给人类带来了巨大的经济利益,为人类生存做出了重大贡献。另外,化学的发展为粮食的储藏、食品的运输及加工提供了各类防腐剂、助味剂、着色剂以及各种营养素的添加剂,已形成的天然有机化学、食品化学、味道化学等分支学科也在粮食、蔬菜等食物的增产、食品的功能化和多样化等领域中发挥着越来越大的作用。

在未来,不仅要增加粮食产量以保证人类生存,而且要保证食品品质以确保安全,还要改善农牧业生态环境,以保证可持续发展,然而这一切必须得到化学的支撑。化学将在设计、合成功能分子和结构材料以及从分子层次阐明和控制生物过程(如光合作用、动植物生长)的机理等方面,为研究开发高效安全肥料、饲料和饲料添加剂、农药、农用材料、环境友好生物肥料、生物农药等打下基础;在研究有预防性药理作用的成分、增加动植物食品的防病活性成分,提供安全、有疾病预防作用的食物和食品添加剂及改进食品存储加工方法等方面发挥重要作用。

1.1.3 化学的社会性——社会形成和进步的基础

1.1.3.1 化学是社会形成的关键

火是最常见、最普遍的一种化学现象,它是可燃物质与氧气发生的化学反应,反应过程中化学能转化为光和热。火的出现促成了人类合群而居、聚集在火堆周围,形成彼此熟悉、信任、互惠、分工合作的群体结构,建立了最早的人类社会。随着以火堆为中心“社区”的增多,文明社会也就从火堆中诞生了,有人还认为家庭的起源也归功于火的出现。

如果从社会的主体是人的角度审视,火的利用还促进了人类自身的进化。火的利用结束了茹毛饮血的生活,使人类的饮食发生了根本性的变革,扩大了人类食物的种类和范围,极大地改善了人类的生存条件和生存能力,提高了人体的消化能力和对营养素的摄取。更为重要的是,熟食促进了大脑智力的不断发展。研究表明:人类的“每一种精神活动都可追溯到脑的化学活动”。可见,人类在改造自然的过程中,大脑逐渐产生适应新环境的新化学物质,并将其部分地遗传给下一代,使得人脑中的化学物质种类和数量越来越多,结构和功能也日趋完善,这种“劳动——大脑化学物质进化——更复杂劳动——化学物质更高一级的进化”过程,实际上是人类大脑发展的社会化学模式。

火是人类打开化学大门第一把钥匙,也是人类利用能源的第一步。人们借助于火的巨大能量开始了自然界的改造。有了火黏土烧成了陶器、矿石冶炼成了金属。最早将热能转化为机械能的是蒸汽机,蒸汽机的产生导致了18世纪欧洲的产业革命,并产生了资本主义。陶器时代、青铜器时代、铁器时代、蒸汽机时代……依次产生。

1.1.3.2 化学是社会进步的基础

化学是当代科学技术和人类物质文明迅速发展的基础和动力,化学的核心知识应用于自然科学的方方面面,并与其他学科结合形成了人类认识和改造自然的强大力量。从古代化学知识的积累、近代化学独立学科的出现,到现代化学的飞速发展,化学始终与社会发展联系在一起。在原始社会,人们为了生存的需要,开始研究火的产生及火种的保存方法,从而发明了钻木取火。旧石器时代末期,人们为抵御外来侵略、猎获野兽和提高耕作效率的需要,发明了金属冶炼技术,迎来新石器时期的曙光。封建社会时期,为满足统治者渴求长生不老的要求,兴起了炼丹术。尽管炼丹术的出发点是错误的,其理论基础很多是牵强附会的,但炼丹过程中也积累了丰富的化学知识和经验。16世纪,随着欧洲资本主义生产方式的出现,城市不断扩

大和人口大量集中,需要发展保健事业和开辟新的药源,这促使一些炼丹家转向以炼丹术的化学手段来制造化学药物,在化学发展史上形成了一个医学化学时期,标志着古代化学从炼金术向科学化学过渡的开始。20 世纪二、三十年代,二次世界大战爆发,为满足战争的需要,原子能工业和核化学得到空前发展,为第一颗原子弹的爆炸奠定了坚实的基础。20 世纪下叶,渴望世界处于一个相对和平的时期,随着生活水平的提高,人们更多地关注生活的环境和质量,希望绿色、和平的环境和健康的身体,因此化学研究的重点转移到环境的控制、净化和污染物替代品的研究,以及生命自身过程、生命现象的探索上。可见,社会的发展离不开化学,化学的发展推动着社会的发展,化学为人类创造财富,改变着人类生存的环境,促进社会变革,化学是社会进步的基础。

1.1.3.3 化学文化是人类文化的重要组成部分

化学是科学文化的一种亚文化,是人类文化的重要组成部分,化学对社会文化发展起着重要作用。揭示生命体和人类形成的全过程,是生命化学的伟大使命,是人类文化中十分有意义的内容。人类对生命起源和人类起源的认识,既属于人文文化的内容,又属于化学文化的内容。恩格斯以“生命是蛋白质(体)的存在方式”为主要依据,得出了“生命起源必然是通过化学途径实现的”结论。生命的起源是化学物质“自组织”系统进化的结果,如核酸决定蛋白质的性质,蛋白质控制核酸的代谢,两者的相互作用构成一个自组织系统,从而导致生命活动出现。

化学文化是化学物质和化学精神相统一的高级文化。化学文化是由化学物质、化学变化、化学组织、化学活动、化学方法、化学语言、化学知识、化学理论以及化学思想等要素共同构成的科学文化。化学文化的价值就在于它的科学精神和应用的合理性,化学物质产品是化学文化的一种表现形式,其中蕴涵着化学家的思想智慧,具有丰富的化学知识,是化学精神的结晶。人类生活在千变万化的世界中,当人们缺乏化学知识时,就会对周围变化的化学现象感到深奥莫测。全社会文明程度的提高,决不能缺少化学文化。

化学的发展丰富、充实了人类对美的观念。元素周期表中元素化学性质周期性的变化表现了化学的丰富性;分子空间结构的对称性体现了化学的美学价值;分子轨道中的对称性问题及化学振荡反应中涉及的空间和时间的对称性问题反映了化学深邃的美,因为现代美学认为,保持一定的对称性是一种美,而将对称和非对称结合起来的化学美更是达到了美的更高境界。化学在解决环境问题上则体现了化学与时俱进、和平共处和融会贯通的和谐之美。

化学文化和人文文化是相互推进的,人类在它们相互结合和互动中得到全面发展。化学科学知识本是美的塑造品,与此同时,人们在化学实践中,要把化学的副作用降低到最低的水平或限制在最小的范围内,这将有利于创造完美的化学文化。

1.1.4 构筑辉煌未来——化学面临的挑战

量子力学的发展给化学带来了新的生机,完整理论体系的建立促使化学的发展日益完善。H. Eyring 建立了绝对反应速度理论, Semenov 发展了链式反应理论, M. Eigen 提出了弛豫法研究快速的化学反应,李远哲和 Herschbach 用交叉分子束研究态反应, W. Kohn 从理论上证明了电子云密度决定物质的所有性质……。虽然 20 世纪在宏观化学动力学、微观分子反应动态学以及物质结构与性能关系方面有很大发展,但离彻底了解化学反应的规律、结构和性能的定量关系等方面还有很大的距离。因此,建立化学理论和定律、彻底阐明物质结构与性能之间