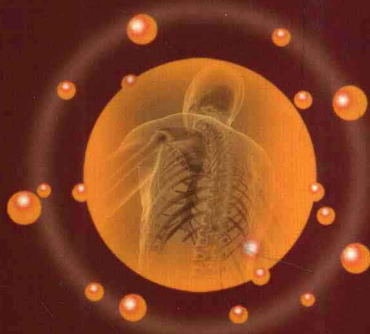


元素生物学

YUANSU SHENGWU XUE

吕选忠 于 宙 王广仪 编著

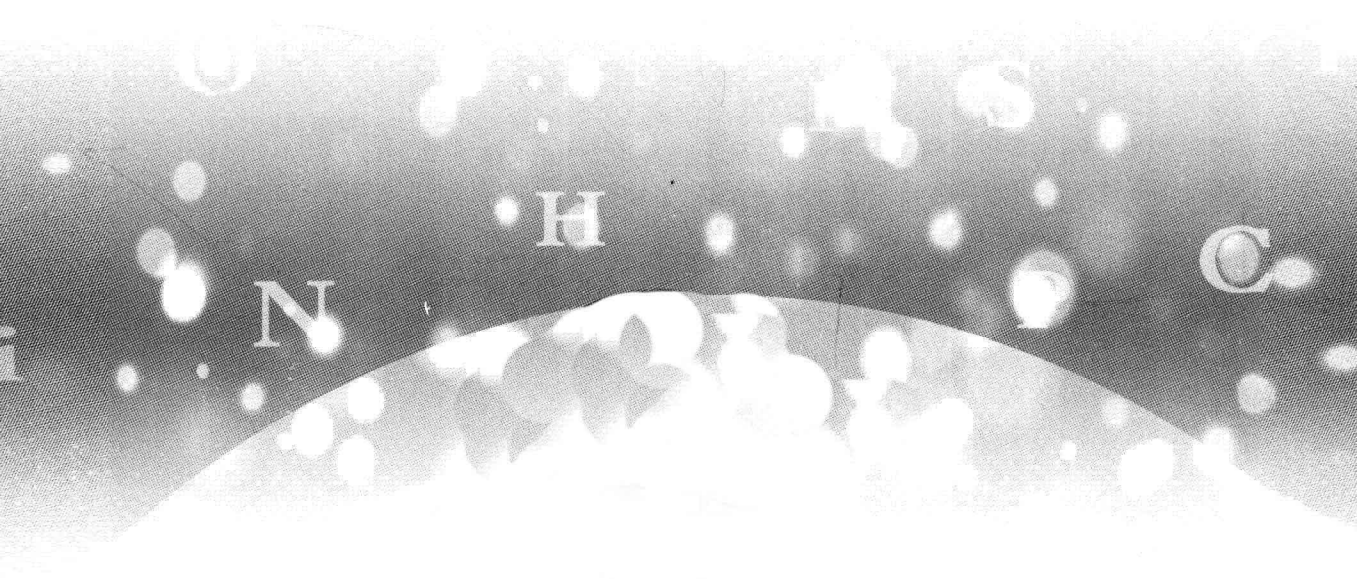


中国科学技术大学出版社

元素生物学

YUANSU SHENGWU XUE

吕选忠 于 宙 王广仪 编著



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书全面阐述了与生命体有关的 32 种元素,不但对 11 种生命宏量元素做了较系统的介绍,而且对有争议的硼、锶等元素及有害的铅、砷、汞、镉等元素进行了介绍。对这些元素在人体、动物、植物及微生物中的生物学作用做了详细介绍。

本书适合化学、生物化学、生命科学、环境科学、临床医学、动物学、植物学及微生物学等专业的本科生、研究生和中高级科教人员阅读和使用。

图书在版编目(CIP)数据

元素生物学/吕选忠,于宙,王广仪编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2011. 1
ISBN 978-7-312-02128-2

I. 元… II. ①吕… ②于… ③王… III. 生物学—化学元素 IV. Q58

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 249599 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编: 230026
网址: <http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥晓星印刷有限责任公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 787 mm×1092 mm 1/16
印张 60.5
插页 1
字数 1550 千
版次 2011 年 1 月第 1 版
印次 2011 年 1 月第 1 次印刷
定价 98.00 元

序

21 世纪是生命科学的世纪。现在已知的 100 多万种无机化合物和几百万种有机化合物都是由 92 种天然元素构成的。自然界 20 多万种微生物、30 多万种植物和 100 多万种动物都离不开核酸和蛋白质,即最基本的生命物质,而核酸和蛋白质则分别由 4 种核苷酸和 20 多种氨基酸组成。自然界生物虽然复杂,但均由最基本的元素、核苷酸和氨基酸组成,只是由于排列组合不同而表现出生物的特异性。既然元素普遍存在于生命体中,那么生命活动就离不开这些元素。冯子道明确提出:“生命元素是构成人体或生物体生命活动的基本单元,且与周围环境不断发生交换关系的化学元素及其化合物。”

化学与生命科学有密不可分的关系。就自然科学而言,它们是最具有亲缘关系的姊妹学科。众所周知,化学与生物学结合,形成了生物化学,进而又形成了生物化学的分支——生物有机化学和生物无机化学,化学、生物学与地学结合形成了生物地球化学。随着化学和生物学研究的深入,这两大学科之间的渗透融合越来越多,在它们结合处,科技融合越来越深入、广泛,形成了更深层次的交叉科学——元素生物学或化学生物学等。

现代化学在当前高度综合和高度分化的发展趋势中,正面临着更为深刻、广泛的综合,如基础理论之间的综合,基础理论与技术方面的综合以及微观与宏观之间的综合等。这些综合交叉既可以出现在化学科学的内部,又可以出现在化学同其他学科之间;这种综合交叉既反映出不同的运动形式,又反映出不同的结构层次。在这些趋势的影响下,不仅能形成更高层次的新理论,而且能形成更为科学的新方法。

化学与生命科学两者之间的联系是从化学向生物学的渗透开始的。进入 20 世纪后,化学家对生物学的兴趣日益增强,研究对象日益复杂,从小分子到天然大分子,从无生命分子到有生命分子,化学家把它们的结构与生物活性联系起来,尤其是 20 世纪 50 年代 DNA 双螺旋结构揭示以来,有些化学家从生物领域进入到生命科学领域。由于人们研究的生命活动是与人类切身相关的课题,所以化学向生命科学渗透是当前最活跃的化学前沿领域之一。与化学科学关系较密切的主要是生命科学、药物、物质与材料科学、新型能源等。在谈到 21 世纪科学的发展趋势时,路甬祥院士指出,在物质科学研究的层面上,科研将进一步揭示宇宙起源和演化的规律,跨越有生命物质和无生命物质的界限,为生命科学、材料科学、能源科学和信息科学带来新的革命。在生命科学研究的层面上,谢联辉院士认为:人口、食物、健康、环境、资源、能源将成为新世纪人类面临的六大难题,生物技术,特别是 DNA 重组技术,正为人类解决六大难题带来新的希望和手段,要依靠生命科学,实施以生物产业为中心的可持续发展战略。

元素在自然体中分布的不均匀性,是导致生物体内元素不平衡的主要原因,也是引起生物各种疾病(又称地球化学疾病或地方病)的主要原因。各种元素分布于地表的上层岩石、土壤、水、植物体、动物体中,通过食物链等途径进入人体,直接影响人体各生命元素之间的比例和平衡。因此,某些疾病的发病率在地理分布上具有一定的规律性。如哈萨克斯坦的阿拉木图,土壤中的铝含量与食道癌或胃癌发病率呈正相关;发病率较低的地区则土壤中锰含量比较丰富。低碘地区易患甲状腺肿瘤,但在我国中南部的某一高碘地区,甲状腺肿瘤发病率也较高,现已证明饮食中含高碘也会发生甲状腺病变。非洲是食管癌的高发区,这是因为那里酒精饮料中亚硝酸铵的含量较高,并有锌的污染。美国、加拿大和新西兰是肠癌的高发区,与环境(土壤、水、植物)中缺硒有关。北威尔士的胃癌发病率高,与土壤中缺铜、富硒有关。这些都说明,环境中微量金属元素与疾病有着密切关系。

元素的过量与缺乏可引起生物的多种疾病。在生命科学研究中,以生命元素及其化合物为对象的生物无机化学占有重要的地位。微量金属元素参与了人体中 50%~70% 的酶组分,构成体内重要的载体和电子传递系统。随着某些激素分析和结构测试技术的发展,人们更容易认识生物体内金属元素存在的状态、结构及其生物学作用。微量元素研究作为生物无机化学的重要分支,以崭新的活力向生物科学各个领域交叉、渗透而迅速发展,并获得实际应用。应用最广泛的领域是医学,从地方性疾病、心血管病、免疫功能失调、某些肿瘤以至新药物和营养素,从减轻病痛到增进健康和防止衰老,无处不显示出生命微量元素的活力。有人预言:微量元素不“微”,它将与抗菌素、维生素、激素并驾齐驱,为人类健康做出新贡献。从生物地球化学和化学生物学的角度研究元素的迁移、分布规律,对防治与之有关的各种疾病具有重要意义。

元素在自然体和生物体中的分布有一定的规律性和相关性。众所周知,天、地、人都是由元素构成的,宇宙变化制造化学元素,而人体内不能制造元素,人体元素全靠摄入。地球天然元素有 92 种,在人体内可以找到其中的 70 多种。人体内的元素含量有一个正常范围,各元素之间也有一个比例范围,这两者都非常重要,人的生、老、病、死无不与体内元素含量及元素之间的平衡有关。其他生物也大致如此。

组成生物体的元素有 90 多种,目前得到公认的生命元素只有 26 种,其中宏量元素有 11 种,微量元素有 15 种,另有 6 种存在争议。

生命宏量元素和微量元素,都是生命体在生长、发育、繁殖过程中不可缺少的。生物体的元素之间因协同、拮抗(或抑制)等作用形成调控系统。生物体内微量元素的相互作用是十分复杂的,既有生命必需微量元素之间的协同作用和拮抗作用,又有必需微量元素和非必需微量元素之间的协同作用与拮抗作用。这涉及生物体内平衡机制对进入体内的微量元素进行调节和控制的问题。调控系统维持各种微量元素在体内的平衡,满足机体对各种微量元素的需要。

本书大致有如下几个特点:编著指导思想非常明确,这就是交叉融合、系统集成和人本主义,较全面地阐述了与生命体有关的 32 种元素,不但对 11 种生命宏量元素做了较系统的介绍,而且对有争议的硼、锗等元素及有害元素铅、砷、汞、镉都一一列出。在介绍元素的生物学作用方面,一般图书只介绍某元素在动物和人体中的生物学作用,对其在植物

和微生物中的作用机理少有涉及,而本书对其在人体、动物、植物、微生物中的生物学作用都做了详细介绍。

本书与现有化学类和生物类著作相比,更重视理论联系实际,使读者阅读后认识到元素,特别是生命元素在维护生态环境、人类健康和农业可持续发展中的重要作用;认识到元素在环境中的分布、迁移、富集转化规律;了解生命元素在生物圈的化学形态、特定生物学作用(包括生理作用和生化功能)及机理;了解各元素在人体、植物、动物及微生物中的作用(包括过量和缺少引起的一系列疾病),启发读者利用生物和生命元素研制和开发医药、农牧业、保健等领域新产品的思路。

相信本书的问世,对化学、应用化学、生物化学、生命科学、环境科学、临床医学、动物学、植物学及微生物学等专业的本科生、研究生和中高级科教人员的教学与科研将不无裨益。

中国科学院院士
广州地球化学研究所研究员



2010年4月29日

目 录

序.....	(I)
第 1 章 绪论.....	(1)
1.1 化学与生物学	(1)
1.1.1 化学的主要研究方向	(1)
1.1.2 生物学的主要研究方向	(7)
1.1.3 化学与生物学的交叉	(13)
1.1.4 21 世纪化学与生物学科技展望	(15)
1.2 生命元素	(20)
1.2.1 元素的分布规律与作用	(20)
1.2.2 生命元素研究的回顾与展望	(39)
1.3 本书的编写思想与内容介绍	(77)
1.3.1 本书的编写思想	(78)
1.3.2 本书的内容介绍	(79)
第 2 章 生物化学基础.....	(81)
2.1 糖类	(81)
2.1.1 糖的理化性质	(81)
2.1.2 糖的分类	(82)
2.1.3 有关糖类的鉴定方法	(89)
2.2 脂类和生物膜	(89)
2.2.1 脂类的化学组成、分类和性质.....	(90)
2.2.2 脂肪酸与必需脂肪酸	(93)
2.2.3 类脂的分类与性质	(95)
2.2.4 生物膜	(99)
2.3 蛋白质与氨基酸	(100)
2.3.1 蛋白质	(100)
2.3.2 氨基酸	(112)
2.3.3 氨基酸的研究与应用	(117)

2.4 核酸生物化学	(121)
2.4.1 对核酸的新认识	(121)
2.4.2 核酸生物化学的研究内容与回顾	(122)
2.4.3 核酸生物化学研究的前景	(125)
2.5 酶	(127)
2.5.1 酶的概念与特点	(127)
2.5.2 酶的结构与功能	(128)
2.5.3 影响酶促反应速度的因素	(132)
2.5.4 酶的国际分类、命名及应用	(136)
2.6 激素	(138)
2.6.1 动物激素的分类和性质	(139)
2.6.2 促生长因子(激素)	(139)
2.6.3 植物激素的分类与性质	(141)
2.7 生物代谢	(143)
2.7.1 生物代谢的概念与代谢途径	(143)
2.7.2 代谢途径的调节与 ATP 的作用	(143)
2.8 生物无机化学	(144)
2.8.1 生物无机化学的研究内容、现状与前景	(144)
2.8.2 软硬酸碱原理与生物络合物	(148)
2.8.3 唯象原理	(152)

第3章 生命宏量元素	(154)
3.1 氧	(154)
3.1.1 氧的化学	(154)
3.1.2 氧的来源与分布	(160)
3.1.3 氧的生物呼吸作用	(162)
3.1.4 氧的生物学作用	(164)
3.2 氢	(165)
3.2.1 氢的化学	(165)
3.2.2 氢的来源与分布	(171)
3.2.3 氢的生物学作用	(173)
3.3 碳	(176)
3.3.1 碳的化学	(177)
3.3.2 碳的来源与分布	(184)
3.3.3 碳的生物学作用	(186)
3.4 氮	(190)
3.4.1 氮的化学	(191)

3.4.2	氮的来源与分布	(196)
3.4.3	氮在动物与植物体中的作用	(199)
3.4.4	氮在微生物中的作用	(204)
3.5	硫	(211)
3.5.1	硫的化学	(211)
3.5.2	硫的来源与分布	(216)
3.5.3	硫在动物和植物体中的作用	(218)
3.5.4	硫在微生物中的作用	(223)
3.6	氯	(230)
3.6.1	氯的化学	(230)
3.6.2	氯的来源与分布	(235)
3.6.3	氯的生物学作用	(236)
3.7	镁	(238)
3.7.1	镁的化学	(239)
3.7.2	镁的来源与分布	(240)
3.7.3	镁的生物学作用	(245)
3.7.4	镁与疾病	(252)
3.8	磷	(259)
3.8.1	磷的化学	(260)
3.8.2	磷的来源与分布	(264)
3.8.3	磷的生物学作用	(270)
3.8.4	磷中毒与疾病	(280)
3.9	钙	(282)
3.9.1	钙的化学	(282)
3.9.2	钙的来源与分布	(283)
3.9.3	钙的生物学作用	(290)
3.9.4	钙与疾病	(312)
3.10	钠	(323)
3.10.1	钠的化学	(323)
3.10.2	钠的来源与分布	(326)
3.10.3	钠的生物学作用	(328)
3.10.4	钠与疾病	(331)
3.11	钾	(334)
3.11.1	钾的化学	(335)
3.11.2	钾的来源与分布	(337)
3.11.3	钾的生物学作用	(344)
3.11.4	钾与疾病	(350)

第4章 生命微量元素(上).....	(354)
4.1 氟	(354)
4.1.1 氟的化学	(354)
4.1.2 氟的来源与分布	(359)
4.1.3 氟的生物学作用	(363)
4.1.4 氟中毒与疾病	(366)
4.2 硅	(373)
4.2.1 硅的化学	(373)
4.2.2 硅的来源与分布	(378)
4.2.3 硅的生物学作用	(382)
4.2.4 硅与疾病	(386)
4.3 钒	(388)
4.3.1 钒的化学	(388)
4.3.2 钒的来源与分布	(391)
4.3.3 钒的生物学作用	(395)
4.3.4 钒与疾病	(400)
4.4 铁	(403)
4.4.1 铁的化学	(403)
4.4.2 铁的来源与分布	(410)
4.4.3 铁的生物学作用	(415)
4.4.4 铁中毒与疾病	(438)
4.5 钴	(451)
4.5.1 钴的化学	(451)
4.5.2 钴的来源与分布	(454)
4.5.3 钴的生物学作用	(460)
4.5.4 钴与疾病	(466)
4.6 钼	(467)
4.6.1 钼的化学	(468)
4.6.2 钼的来源与分布	(470)
4.6.3 钼的生物学作用	(474)
4.6.4 钼中毒与疾病	(484)
4.7 铜	(489)
4.7.1 铜的化学	(490)
4.7.2 铜的来源与分布	(494)
4.7.3 铜的生物学作用	(502)
4.7.4 铜中毒与疾病	(516)
4.8 锌	(530)

4.8.1	锌的化学	(531)
4.8.2	锌的来源与分布	(534)
4.8.3	锌的生物学作用	(546)
4.8.4	锌中毒与疾病	(564)
第5章	生命微量元素(下)	(582)
5.1	硒	(582)
5.1.1	硒的化学	(582)
5.1.2	硒的来源与分布	(589)
5.1.3	硒的生物学作用	(601)
5.1.4	硒中毒与疾病	(618)
5.2	锰	(642)
5.2.1	锰的化学	(643)
5.2.2	锰的来源与分布	(646)
5.2.3	锰的生物学作用	(651)
5.2.4	锰中毒与疾病	(665)
5.3	镍	(670)
5.3.1	镍的化学	(670)
5.3.2	镍的来源与分布	(674)
5.3.3	镍的生物学作用	(679)
5.3.4	镍中毒与疾病	(686)
5.4	锡	(691)
5.4.1	锡的化学	(691)
5.4.2	有机锡化合物的应用	(695)
5.4.3	锡的来源与分布	(696)
5.4.4	锡的生物学作用	(700)
5.5	铬	(704)
5.5.1	铬的化学	(704)
5.5.2	铬的来源与分布	(708)
5.5.3	铬的生物学作用	(714)
5.5.4	铬中毒与疾病	(720)
5.6	碘	(730)
5.6.1	碘的化学	(730)
5.6.2	碘的来源与分布	(734)
5.6.3	碘的生物学作用	(736)
5.6.4	碘与疾病	(743)
5.7	锶	(749)
5.7.1	锶的化学	(749)
5.7.2	锶的来源与分布	(751)

5.7.3 锶的生物学作用	(756)
5.7.4 锶与疾病	(757)
第6章 其他元素	(764)
6.1 硼	(764)
6.1.1 硼的化学	(764)
6.1.2 硼的来源与分布	(767)
6.1.3 硼的生物学作用	(771)
6.1.4 硼中毒与疾病	(780)
6.2 锆	(781)
6.2.1 锆的化学	(782)
6.2.2 锆的来源与分布	(789)
6.2.3 锆的生物学作用	(793)
6.2.4 锆中毒与疾病	(800)
6.3 铅	(805)
6.3.1 铅的化学	(806)
6.3.2 铅的来源与分布	(810)
6.3.3 铅的生物学作用	(818)
6.3.4 铅中毒与疾病	(829)
6.4 砷	(842)
6.4.1 砷的化学	(843)
6.4.2 砷的来源与分布	(846)
6.4.3 砷的生物学作用	(849)
6.4.4 砷中毒与疾病	(860)
6.5 汞	(864)
6.5.1 汞的化学	(865)
6.5.2 汞的来源与分布	(869)
6.5.3 汞的生物学作用	(874)
6.5.4 汞中毒	(883)
6.6 镉	(887)
6.6.1 镉的化学	(887)
6.6.2 镉的来源与分布	(891)
6.6.3 镉的生物学作用	(897)
6.6.4 镉中毒与疾病	(906)
第7章 生物样品的元素检测方法	(912)
7.1 生物样品的前处理技术	(913)
7.1.1 植物样品的采集、保存和制备	(913)
7.1.2 动物样品的采集、保存和制备	(914)

7.1.3 生物样品的其他处理方法	(917)
7.2 生物样品中元素的常用分析方法	(919)
7.2.1 原子吸收光谱分析法	(919)
7.2.2 原子荧光光谱分析法	(921)
7.2.3 高频电感耦合等离子体原子发射光谱分析法	(922)
7.2.4 电感耦合等离子体质谱分析法	(923)
7.2.5 中子活化分析法	(925)
7.2.6 质子激发 X 射线光谱法	(926)
7.2.7 荧光分光光度法	(926)
7.2.8 紫外可见分光光度法	(927)
7.2.9 伏安分析法	(927)
7.2.10 离子选择电极法	(928)
7.2.11 量子共振检测法	(929)
7.3 生物元素测定的质量控制	(930)
7.3.1 样品采集和测定方法选择	(931)
7.3.2 空白值、精密度和准确度控制	(931)
 元素周期表	 (933)
 参考文献	 (934)
 后记	 (955)

第 1 章 绪 论

20 世纪科学技术突飞猛进地发展,化学与生命科学取得了惊人的成就,并成为自然科学研究的热门领域。元素化学或化学生物学是化学与生命科学交叉学科研究的方向。2000 年 6 月 26 日,中、日、法、德、英、美六国科学家正式宣布,包含人类所有遗传密码的人类基因组工作草图已经绘就,这是 20 世纪末人类在科学领域取得的最重要突破之一,它为人类全面揭示生命的秘密奠定了基础。

21 世纪将是生命科学与化学结合的世纪。随着生命科学、生物技术和化学科学不断取得新突破,意识的本质、性的起源和疾病的发生等生命中的各种秘密将逐渐浮出水面。生命的解密将帮助人类利用不断成熟的生物技术和化学技术来改变自己的生命,从而极大地改变自己的生活方式和与自然的关系,推动人类文明向更高的层次发展。

本绪论将介绍化学与生物学的研究方向,概括地介绍元素化学的内容和本书的编著思想等,使读者从总体上把握和理解元素生物学这门学科。

1.1 化学与生物学

化学与生物学是关系密切的一类学科,就自然科学而言,它们是最有亲缘关系的姊妹学科。众所周知,化学与生物学结合,形成了生物化学,进而又形成了生物化学的分支生物有机化学和生物无机化学;化学、生物学与地学结合,形成了生物地球化学,等等。随着化学和生物学科科技研究的深入发展,这两大学科之间的渗透融合越来越多,在它们结合的边缘上,科技融合的研究方向或生长点也越来越深入、广泛,形成了更深层次的交叉学科元素生物学。北京某著名高校已开始设置化学生物学专业,元素生物学应该是其主要研究领域之一。正是在此背景下,我们尝试着编著了《元素生物学》一书,以期起到抛砖引玉的作用。下面就化学与生物学的研究方向及交叉内容等做简要介绍。

1.1.1 化学的主要研究方向

在自然科学的各个分支中,化学是在原子水平上研究物质的组成、结构、性能以及相互转化的学科。在化学反应的转化中,原子相互转化的方式或结构都要发生改变。从天然资源中制取我们所需要的物质,一般都要通过化学反应与分离相结合的过程。化学反应的重要性还

在于它相当普遍地存在于包括生物界在内的大自然中。不难想像,化学的发展既关系到国计民生,也与生命科学和整个科学技术息息相关。

化学学科发展的主要方向可粗略地归纳为:

(1) 物质结构

提高对物质结构及其与性能关系的认识,使结构理论达到新的水平,并以所需要的性能为导向,寻找或设计最佳的化合物、材料或体系,如微尺度化学等。

(2) 新能源

主要指化学工程与生物学相结合的一些科学领域,如生物质转换成汽油和柴油的理论和技術,一些谷物类通过生物发酵转换成甲醇、乙醇等能源技术,新工艺、新材料制成的各类电池,利用重水(核能)发电技术等。

(3) 新材料合成

主要指特殊条件下合成的一些材料和有特殊作用的功能材料,如低温超导材料,常温下合成金刚石,可降解材料,硒、锗等抗癌医药材料,生物膜材料,纳米材料等。此外,还有一些制药工业中使用的医药中间体等。

(4) 绿色化学

主要是指对环境友好、且与化学有关的绿色技术,如生物农药、生物肥料、秸秆生化饲料及利用微生物与化工结合起来处理垃圾(固体废弃物)等理论和技术。

(5) 计算化学

主要是通过理论计算来模拟物质的分子结构,如量子化学、计算化学等。

(6) 环境化学

主要是通过化学的方法来解决环境科学中的一些问题,如自然环境中的能量流动和物质循环,天然水系的物质组成和性质,大气的化学及其污染物,土壤的物质组成及其污染物。总之,主要研究化学污染物的环境特性及其治理和分析技术等。

(7) 食品化学

主要是通过化学的方法,研究食品的成分、各类生物的营养素及其生物学作用。此外,还有一些通过食品发酵技术,改变食品成分、比例和功能的一些新技术、新方法,使研制出的食品比原食品营养成分更合理、比例更科学,更有益于人类的健康。

(8) 生物无机—有机化学

通过有机化学与无机化学的一些方法,来研究生物学的问题。这是一个多学科相互渗透的新领域,是目前研究的一个热点。将无机化学或有机化学与生命科学相结合,从分子水平研究各种必需元素和非必需元素的化合物在病理、毒理、药理等过程中所起的作用,通过研究它们之间的关系来探索调节、补充、排除某些元素的途径,从而为临床医学提供新的防治疾病的方法。如研究元素及其化合物在生物体中的作用(生理作用与生化功能),并与临床医学相结合,致力于发展医药与保健的一些新领域。

(9) 化学工程

根据化学反应理论,发现新的化学过程,以揭示和沟通从原材料到产物之间的渠道,进而寻找或设计包括以催化剂为核心的化学过程在内的最佳过程。

(10) 仪器和测试方法

发展分析仪器和测试的新方法,并依靠计算机技术,使分析方法和分析结果趋于灵敏和

可靠。

此外还有一些其他研究领域,不再赘述。

现代化学在当前高度综合和高度分化辩证的发展趋势中,正面临着更为深刻、广泛的综合,如基础理论之间的综合,基础理论与技术方面的综合以及微观与宏观之间的综合,等等。这些综合交叉既可以出现在化学科学的内部,又可以出现在化学科学同其他学科之间;这种综合交叉既反映出不同的运动形式,又反映出了不同的结构层次,等等。在这些趋势的影响下,不仅能形成更高层次的新理论,而且能形成更为科学的新方法。

在 20 世纪的 100 年中,科学技术突飞猛进地发展,在化学领域涌现出了一大批杰出的科学家,其中 100 多人荣获诺贝尔化学奖(见表 1-1,为叙述方便,将 2001~2008 年的获奖者也列入其中,供参考)。

表 1-1 1901~2008 年诺贝尔化学奖获奖情况一览表

年份	获奖人及国籍	成就
1901	J·H·范特霍夫(荷兰)	发现溶液中的化学动力学法则和渗透压规律
1902	E·H·费雪(德国)	合成了糖类及嘌呤诱导体
1903	S·A·阿伦纽斯(瑞典)	建立电解质电离理论
1904	W·拉姆赛(英国)	发现空气中的惰性气体,并确定其在周期表中的位置
1905	A·冯·贝耶尔(德国)	从事有机染料及氢化芳香族化合物的合成研究
1906	H·莫瓦桑(法国)	从事氟元素的研究(即采用莫瓦桑炉分离氟)
1907	E·布赫纳(德国)	从事酵素和酶化学、生物学研究
1908	E·卢瑟福(英国)	首先提出放射性元素的蜕变理论
1909	W·奥斯特瓦尔德(德国)	对催化作用、化学平衡及反应速度的首创性研究
1910	O·瓦拉赫(德国)	脂环族化合物研究的奠基人
1911	M·S·居里夫人(法国)	发现镭和钋,并分离了镭
1912	V·格林尼亚(德国)	发明了格林尼亚试剂(有机镁试剂),对有机合成的贡献
	P·萨巴蒂埃(法国)	使用细金属粉末作催化剂,发明了一种制取氢化不饱和烃的有效方法(即有机催化-氢化反应的研究)
1913	A·维尔纳(瑞士)	对金属络合物分子内原子化合价理论的研究
1914	T·W·理查兹(美国)	致力于原子量的研究,精确地测定了许多元素的原子量
1915	R·威尔斯泰特(德国)	从事植物色素(叶绿素)及其结构的首创性研究
1918	F·哈伯(德国)	从事元素氢与氮合成氨及其生产工业化研究
1920	W·H·能斯特(德国)	从事电化学和热力学方面的研究,发现热力学第三定律
1921	F·索迪(英国)	从事放射性物质的研究,首次命名“同位素”
1922	F·W·阿斯顿(英国)	运用质谱仪发现非放射性元素中的同位素,并发现其定律
1923	F·普雷格尔(奥地利)	创立了有机化合物的微量分析法
1925	R·A·席格蒙迪(奥地利)	从事胶体溶液的研究,并确立了胶体化学

续表

年份	获奖人及国籍	成 就
1926	T·斯韦德伯格(瑞典)	发明了高速离心机,并用于胶体化学中分散系统的研究
1927	H·维兰德(德国)	研究确定了胆酸及多种同类物质的化学结构
1928	A·温道斯(德国)	研究出了固醇的组分及其与维生素的关系
1929	A·哈登(英国) 冯·奥伊勒·歇尔平(瑞典)	阐明了糖发酵过程和酶的作用
1930	H·费雪(德国)	从事血红素和叶绿素的性质及结构方面的研究
1931	C·博施(德国) F·贝吉乌斯(德国)	发明和开发了高压化学方法
1932	I·兰米尔(美国)	创立了表面化学
1934	H·C·尤里(美国)	发现重氢
1935	J·F·J·居里(法国) I·J·居里(法国)	合成与研究了人工放射性元素
1936	P·J·W·德拜(荷兰)	用磁偶极矩和气体中X射线与电子衍射方法研究分子结构
1937	W·N·霍沃斯(英国)	从事碳水化合物和维生素C的结构研究
	P·卡勒(瑞士)	从事类胡萝卜素、核黄素以及维生素A、B ₂ 的结构研究
1938	R·库恩(德国)	从事类胡萝卜素及维生素类的研究
1939	A·布泰南特(德国)	从事性激素的研究
	L·鲁齐卡(瑞士)	从事萜烯、聚甲烯结构方面的研究
1943	G·海韦希(匈牙利)	利用放射性同位素示踪技术研究化学和物理变化过程
1944	O·哈恩(德国)	发现重核裂变反应
1945	A·I·魏尔塔南(芬兰)	研究农业化学和营养化学,发明了饲料贮藏保鲜法
1946	J·B·萨姆纳(美国)	首次分离提纯了酶
	J·H·诺思罗普(美国) W·M·斯坦利(美国)	分离提纯酶和病毒蛋白质的制备
	R·鲁宾孙(英国)	从事生物碱和其他植物制品的研究
1948	A·W·K·蒂塞留斯(瑞典)	发现电泳技术和吸附作用分析以及血清蛋白复杂性的研究
1949	W·F·吉奥克(美国)	从事化学热力学的研究,特别是对超低温状态下物质性能的研究
1950	O·P·H·狄尔斯(联邦德国) K·阿尔德(联邦德国)	狄尔斯-阿尔德反应(双烯合成法)的发现及应用
1951	G·T·西博格(美国) E·M·麦克米伦(美国)	发现和研究超铀元素
1952	A·J·P·马丁(英国) R·L·M·辛格(英国)	用色谱法鉴别与分离化学元素
1953	H·施陶丁格(联邦德国)	从事环状、链状大分子化合物的研究
1954	L·C·鲍林(美国)	阐明化学结合的本性(化学键),解释了复杂的分子结构