

Teaching Theory and Practice of Applied Chemistry in New Century

新世纪应用化学教学 理论与实践

—— 余远斌 尹学琼 主编 ——

中国石化出版社

新世纪应用化学教学 理论与实践

余远斌 尹学琼 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书全面地介绍了新世纪化学与应用化学学科发展的现状、趋势以及应用化学专业本科教学的理论与实践。涵盖化学类专业教学指导分委员会在化学学科及相关化学、应用化学本科专业教育发展过程、现状、趋势及本科教学理论研究、教学改革与实践方面的调研成果,以及国家教育部制订的化学、应用化学本科教学的专业规范;全国几十所高校百余名教师在应用化学本科教学理论、教学方法、课程设置、教材建设、基础化学以及教学管理、实践教学等方面进行理论研究和实践探索的成果和体会。可谓百花齐放、百家争鸣。

本书特别适合全国所有从事应用化学本科专业教学的教师、教辅人员和管理人员阅读,也可供从事基础化学和化工教学的教师、教辅人员及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

新世纪应用化学教学理论与实践/余远斌,尹学琼主编.

—北京:中国石化出版社,2005

ISBN 7-80164-934-6

I.新… II.①余…②尹… III.应用化学-教学研究-高等学校 IV.069-42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 142938 号

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.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 24.25 印张 606 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定价:60.00 元

《新世纪应用化学教学理论与实践》

编辑委员会

主 任：俞庆森 余远斌

副主任：林 强 唐小真 尹学琼

委 员（按汉语拼音顺序排列）：

白金泉 曹 阳 梁振益 林 强 庞素娟

余远斌 孙中亮 唐小真 武 霞 胥 涛

杨建新 尹学琼 俞庆森 袁 文 张德拉

序

本书汇集了教育部高等学校化学教学指导分委员会应用化学协作组第五次会议各成员院校有关老师近年来在化学及应用化学专业教学改革探索中取得的成果、经验和体会。这些论文的出版将对今后应用化学专业教学改革起到推动、拓展和参考作用。

应用化学是化学学科的一个重要组成部分，是化学学科与其他学科交融的领域，能充分发挥化学基础理论、实验和研究方法的作用，对相关学科起到支撑和支持作用。应用化学也与工程学科有着密切的关系，是很多工程学科的上游学科，因此应用化学学科及专业正在日益成为许多高校通才教育的重要组成部分。

正因为应用化学涉及到如此广泛的学科和领域，其教学内容也非常丰富，而且随着科学技术的迅猛发展，其涵盖面亦将越来越宽。针对丰富而复杂的教学内容，研究形成一个既具有统一的规范和要求，又包括具体院校特色的教学理念和教学体系，是应用化学专业必须承担的艰巨任务，而且教学改革已成为应用化学专业持续发展的关键和刻不容缓的要求。

应用化学协作组以及全体成员院校在化学教学指导分委员会的指导下，经过近20年不懈的努力，已形成了自觉、稳定和有效的合作和交流机制，每年一度的教学交流年会从未间断，成员已发展至200余所院校，相互之间保持着良好的日常联系，共同承担并圆满完成了一系列国家和地方政府的教改重大项目，积极参与制定、并贯彻了教育部应用化学专业规范。从2005年开始，以教学交流为目标的应用化学协作组网站已开始建立，在专业教学交流活动中走在了前沿。

在应用化学协作组2005年年会上，一个新的交流形式在承办单位和有关老师的创导和积极筹划下出现了，成员院校有关的教学改革成果和经验体会以正式出版的书籍来推广，必将发挥更大的作用，取得更好的效果。我们祝愿本书的出版能够取得预期的效果，并感谢为本书提供论文和为本书出版做出贡献的各位作者、编委和筹备者。

俞庆森 唐小真

2005年10月

前 言

正如美国化学会前会长、哥伦比亚大学教授 Ronald Breslow 所著《化学的今天和明天——化学是一门中心的、实用的和创造性的科学》一书的书名一样，人类文明发展史和社会进步史已经充分证明，化学是一门“中心的、实用的和创造性的科学”。而其作为中心、实用和创造性科学的充分体现就是化学原理和知识的应用——应用化学。在刚刚过去的 20 世纪里，随着化学科学研究成果、化学知识、化学产品被广泛用于人类的衣食住行，化学几乎遍布人们生活的各个方面，并在不断地改善、提高我们的生活质量，特别是化学药物在防病去疾、救死扶伤方面发挥的神奇功效使人们逐步认识到化学是一门最有用的中心科学。

在刚刚制订的国家中长期科学和技术发展规划中，再次将化学及化工明确定位为创造新物质的分子科学，并明确指出：化学是研究包括原子、分子、分子片、超分子等各种物质的不同层次与复杂程度的聚集态的合成和制备，反应和转化，分离和分析，结构和形态，化学物理性能和生物与生理活性及其规律和应用的科学。

由此可见，化学科学的应用——即应用化学在整个化学化工学科的发展中具有十分独特的地位和作用。

应用化学学科及专业涉及的面非常广，它是连接化学和化工的桥梁。一方面，应用化学作为一门学科，它是“化学工程与技术”下面的一个二级学科。其重点是运用化学的原理和化工的传递理论，针对某些特定的领域，承上启下地解决实验室小试到工业化之间的技术及产品的研究、开发问题。另一方面，教育部在全国普通高等学校本科专业目录和专业介绍中也明确地将应用化学定位为“应用理科”，并指出它是化学科学的拓展，要求其不仅衔接化学与化工，而且应该实现与生命、医学、药物、环境、能源、材料、农学、食品及信息等学科领域的交叉与渗透，充分发挥化学基础学科对相关学科的基础、支撑和促进作用。

与之形成鲜明对比的是，尽管我国在高等学校设置应用化学专业已有 30 余年的历史，而且设置应用化学专业的高等学校也从上世纪 70 年代的几十所增加到了目前的 224 所，全国应用化学教学协作组会议也已连续召开了四次，许多在

第一线从事与应用化学专业相关课程教学的教师提出了许多很好的真知灼见，对新世纪应用化学教学的理论与实践进行了深入的研究，但是，到目前为止还没有正式出版过一本系统地介绍和展示应用化学专业发展战略、专业规范及评估体系、相关的课程建设、教学理论与实践、课程设计及理论探讨、体会与实践等相关成果的专著和论文集。

因此，在国内外应用化学学科及专业迅速发展的今天，特别是在我国教育部拟正式出台“普通高等学校本科化学及应用化学专业规范”之际，借全国高等学校化学教学指导分委员会应用化学专业协作组于2005年在海南大学召开第五次会议的契机，首次收集、整理并正式出版这本围绕应用化学专业的基础化学、专业课程教学与改革方面的理论探讨、体会与实践的成果论文集，期望能够抛砖引玉，推动应用化学学科及专业的教学改革与实践。

本书在全面介绍国家教育部有关化学及应用化学本科教学专业规范的基础上，收集了来自华东理工大学、大连理工大学、南开大学、南京大学、华南理工大学、四川大学、上海交通大学、武汉大学、复旦大学、湖南大学、中南大学、复旦大学、兰州大学、厦门大学等教育部院校以及北京工业大学、海南大学等地方院校的120余名教师围绕应用化学专业所开设的基础化学、专业课程教学与改革方面的理论探讨、体会与实践的论文。希望本书能为全国220余所设有应用化学本科专业的教师、教辅人员和从事无机化学、分析化学、有机化学、物理化学和生物化学等基础化学、化工基础教学的教师提供必要的参考和借鉴。

本书的编辑出版得到了全国应用化学专业协作组、海南大学、北京工业大学、中国石化出版社及众多老师的大力支持，北京工业大学的白金泉副教授以及段立丽、李燕、段存业等研究生为书稿的整理、编辑、打印、校对付出了辛勤劳动，在此，谨代表会务组和编委会对上述老师和研究生的支持和帮助表示衷心的感谢！

应用化学专业涉及的面非常宽，本科教学所涉及的课程及内容差别又非常大，尽管我们已经尽了最大的努力，但由于时间紧、内容多、任务重，再加上我们的水平和能力有限，书中错误、纰漏之处恐难完全避免，恳请各位老师和读者批评指正。

余远斌 尹学琼

2005年10月

目 录

第一部分 重要文件汇编

一、化学类专业发展战略研究报告.....	(1)
二、普通高等学校本科化学专业规范.....	(12)
三、普通高等学校本科应用化学专业规范.....	(28)
四、第四届高等学校化学教育研究中心学术委员会名单.....	(41)

第二部分 应用化学课程设置理论与改革研究

应用化学专业教学体系的改革与实践.....	白金泉 余远斌 孟 声等(42)
特区综合性大学应用化学专业的建设与实践探索.....	陈志行 刘 波等(45)
应用化学专业方向及培养计划的设置与研究.....	尹学琼 罗盛旭 胡广林等(48)
21 世纪应用化学专业发展模式探讨	程四清 严建芳 韦一良(51)
通识教育培养模式中应用化学专业课程体系改革与实践.....	傅 敏 吴四维(54)
应用化学专业课程体系新探.....	宫宝安 程建波 鄢旭然等(56)
应用化学专业制药工程方向课程设置的思考.....	谢异萍 赵逸云 李 惠等(59)
加强应用化学专业建设 提高人才培养质量.....	叶楚平 杨世芳 王海人等(62)
应用化学专业基础课程教学改革的实践与管理.....	罗惠文(70)
理工融合的应用化学专业培养模式的探索.....	张光华 马宏瑞 陈均志等(73)
应用化学专业教学体系的改革.....	汪红梅 朱志平 杨道武等(76)
应用化学专业培养计划制订的思路.....	张玉军 卢 奎 毛 璞等(79)
浅谈应用化学专业仪器分析课程的设置与改革.....	李佩珩 戴洪兴 何 洪等(81)
改革教学计划 提高综合素质.....	朱亚先 胡荣宗 袁友珠等(84)
关于药学专业物理化学课程教学改革的体会.....	林 涛(87)

第三部分 应用化学专业基础化学教学理论与实践研究

化学基础课程总体整合计划.....	阎 雁 尹业高 李 丹等(89)
谈物理化学实验的创意教学.....	陈良坦 张来英 李海燕等(92)
关于应用化学专业物理化学教学改革的几点思考.....	李海燕 张来英 陈良坦等(94)
无机与分析化学教学改革初探.....	谢少艾 陈虹锦(97)
普通化学课程内容改革的探索.....	王林山 牛 盾 李光禄等(100)
有机化学课程进行开卷考试的体会.....	秦 川 荣国斌(103)
应用化学专业分析化学课程的教学改革与实践.....	苏星光 田 媛(106)

多媒体教学在有机化学教学中的应用·····	武霞 余远斌 白金泉等(107)
在物理化学教学中加强学生综合素质的培养·····	焦庆影 夏定国 张丽娟等(109)
高效液相色谱与红外光谱教学探讨·····	匡晓帆(113)
本科化学课程结构“集约化”改革的初步探讨·····	李瑛(116)
在实践中推进物理化学课程考核方法和教学内容	
改革 培养优秀人才·····	童冬梅 何玉蓉 薛英等(118)
分析化学电子课件与教育心理学·····	张华丽(121)
生物专业“物理化学”教学引用前沿成果更新教学内容	
的探索·····	张文华 金永东 薛英等(123)
浅谈在“物理化学”教学中知识的相互联系·····	周歌林 涛 张文华等(126)
论自发过程的推动力与平衡态的标志·····	吴周新 庞素娟(127)
分析化学教学中“量”的概念的建立·····	胡广林(130)
仪器分析“互动式”教学中多媒体技术的合理运用·····	罗盛旭 梁振益(132)
《无机化学与化学分析》电子教案的制作和应用·····	高胜利 陈三平 谢钢(135)
《无机化学与化学分析》:与应化专业相伴而行·····	史启祯(139)
优化分析化学实践教学 注重学生能力的培养·····	白燕 周艳晖(141)
有机化学教学的个性化教育培养模式的探索·····	朱红军 宋广亮(145)
轻化工专业中化工原理课程体系改革浅谈·····	陈均志(147)
分析化学远程辅助教学探索与实践·····	方明建 古昌红(152)
“化工原理”计算机辅助教学方法改革的探索·····	郑旭煦(155)
谈“普通化学”课程改革与学生科学素质培养·····	王利明(158)
无机化学元素教学的改革与实践·····	万平 陈淑莲 孟平安等(162)
分析化学教学改革探讨·····	邓光辉 谭学才(164)
滴定分析中准确滴定统一判据的探讨·····	吴小琴 熊联明(168)
多种媒体在无机化学教学中的应用·····	张红梅 王彦清 张根成(171)
工控图形软件在“基本有机化工工艺学”课堂教学中	
的应用·····	赵丽娟 孙宁 关崇新(173)
分析化学教学方法与教学模式的研究与实践·····	蔡明招(177)
在物理化学实验教学中提高学生能力培养的尝试·····	葛华才 刘仕文 蒋荣英(180)

第四部分 应用化学专业教学理论与实践研究

化工类本科生计算机中期学习课程教学实践·····	纪红兵(183)
“精细有机合成原理”电子教案的研制及课堂教学实践·····	赵艳秋 张英菊(186)
“有机反应机理”实施双语教学探讨·····	李瑛 谢均(189)
多媒体在应用化学专业药物化学教学中的应用·····	胡艾希 陈学伟 蒋正文(191)
“精细有机合成化学及工艺学”课件制作体会·····	孙继红 霍煜 余远斌(194)
膜分离在化工原理课程中的应用·····	彭跃莲 纪树兰 王湛(198)
“分离及复杂物质分析”的改革与实践·····	张文清 夏玮 蔡良珍(201)
“环境与绿色化学”的多媒体教学实践·····	张钟宪(203)

“课程设计”的整合与教改实践探索·····	张德拉 钟金钰 罗先群(206)
食品化学课程教学改革实践·····	赵逸云 丁中涛 王加强等(208)
应用化学课程论文的教学研究与实践·····	朱红军 肖 涛 宋广亮等(211)
应用化学专业“有机合成”课程建设与改革·····	代 斌 马晓伟 王 东(213)
关于“精细化工工艺学”课程建设的几点思考·····	夏红英 段先志 曾兰萍(216)
生物化学课堂教学方法的探索与实践·····	张兰杰 辛 广(218)
从大学理念的变化看创新精神的培养·····	杭义萍 刘军民 林文岳(221)
理科应用化学专业本科教学改革设想·····	李庆余 梁福沛 曾明华等(224)

第五部分 应用化学专业教学管理理论与实践研究

德国高校考试制度的特点及其对我国的启示·····	陈六平(227)
建立具有同济特色的以通识教育为基础的宽口径	
专业教育课程体系·····	陈 伟 吴庆生 李佟茗(232)
从化学教育入手 培养和拓展大学生的全面素质·····	李 梅 陈虹锦 韩 莉等(234)
注重能力培养的加拿大本科化学教育·····	廖世军(237)
深化教学改革 培养高素质创新人才的几点思考·····	高 歌 孙洪海 刘凤歧等(239)
学科交叉实验培养学生创新能力的设想·····	李俊锋 王洪艳 甘树才(242)
从学以致用到“用”以至“学”·····	刘在群(245)
应用化学复合型人才培养模式探讨·····	王洪艳 周海峰 李俊锋等(247)
处于交叉学科前沿的应用化学学科建设研究·····	孟 声 白金泉 邱文革等(249)
浅谈班主任在大学应用化学教学中应如何扮演自己的角色·····	宋旭锋 余远斌(253)
闭卷试题中设计型考题的设计与学生全面素质的考察 ·····	李桂英 王 波 胡常伟(257)
关于高校教学中标准化问题的思考·····	张 雷(261)
从课堂教学到研究训练·····	姚文华 王家强(264)
转变教育思想 加强专业建设 提高培养人才素质·····	谷文祥 刘小平 高琼芝等(266)
遵循教育理念 完善教学体系·····	胡慧玲 彭 秧(269)
化学-电子复合型人才培养模式的研究与实践·····	梁燕萍 张思锐 王建坤等(271)
利用化学课程新理念统领和深化应用化学专业实验课程	
的改革与实践·····	王广健 郭亚杰 张振新等(274)
充分利用综合型大学的优势与资源 发展和提升应用化学的应用理论与	
应用技术水平·····	王运华(277)

第六部分 应用化学专业实践教学理论与实践研究

应用化学专业实验现代化初探·····	赵艳秋 张英菊 杜 欣等(281)
抓好实践教学环节 注重“应化”人才的能力培养·····	赵艳秋 张英菊 杜 欣等(283)
开放式化学实验网络管理系统开发与实践·····	虞大红 汪建军 史济斌(285)
培养学生实验兴趣 提高实验教学质量·····	董振荣 章 慧 程大典等(288)
实验教学的几点思考·····	张来英 陈良坦 李海燕等(290)

对应用化学实践教学的几点建议	宋旭锋 余远斌	(292)
浅谈如何上好应用化学专业的认识实习课	瞿学红 宋旭锋 李佩珩等	(296)
应用化学专业实验改革探索	邱文革 白广梅 孟 声等	(299)
化学与环境实验教学改革研究与实践	于志辉 陈 莎 李 英等	(302)
改革实践性教学环节 培养创新型人才	古映莹 黄可龙 唐有根等	(305)
科学协调 挖掘潜力 提高物理化学实验教学水平	何玉萼 彭新民 赵 明等	(307)
开设实验室安全技术选修课程探讨	吴 江	(310)
精细化工创新实践基地建设与实践	李凤艳 李翠清 许 波等	(314)
应用化学专业教学改革的新思路——研究型教学	魏贤勇 宗志敏 李保民等	(316)
实习基地建设模式的探索与思考	谢异萍 赵逸云 林 军	(318)
优化实验教学培养计划 全面提高应用化学专业学生实验技能	谷文祥 刘小平	(321)
应用化学专业实践教学改革与探索	杨良准 余锡宾	(324)
加强实践教学的管理和改革	梁燕波	(328)
建立化学综合设计实验室的探讨	卢莲英 汪敦佳 韩德艳	(330)
打牢化学理论基础 加强专业应用实践	鲁道荣 史成武	(334)
清洁化、系列化、微型化	孟平安 万 平 王雪梅等	(335)
性质实验低浓度化的研究与推广应用	孟平安 万 平 周贤爵等	(338)
应用化学综合实验的教材特点及教学大纲	舒红英 王承宜 张爱琴	(340)
水质分析实验教学模式改革与实践	汪红梅 张 玲 朱志平	(343)
应用化学专业实验教学新理念的确立	王广健 郭亚杰 张振新等	(345)
提高应用化学专业毕业实习质量的探索与实践	王雅琼 许文林 袁诗海等	(348)
仪器分析设计性实验课的教学实践	吴四维 丁社光 傅 敏	(350)
基础化学实验课程体系的改革与实践	李先文(执笔)等	(352)
论高师应用化学专业学生实验能力的培养	章鹏飞 郭军利	(354)
分析化学实验考试系统的研制	刘 静 刘建宇	(357)
改革实验教学模式 提高学生创新意识	林东恩 张逸伟	(361)
物理化学实验辅导及仿真教学软件的应用	张 震	(363)

第七部分 应用化学专业教材建设理论与实践研究

编写《化工基础实验》教材的思考	马玉龙 于 萍 冯 俊等	(365)
《能源化学》教材介绍	唐有根	(367)
《化合物结构表征与应用》教材介绍	唐有根	(368)
关于《基础化学》的编写	马 荔 陈虹锦 李 梅等	(370)
关于《简明计算机化学教程》的介绍	乔园园 张明涛	(372)

第一部分 重要文件汇编

一、化学类专业发展战略研究报告

(一) 化学学科发展的历史沿革

1661年,波义耳在其著名论文《怀疑派的化学家》中提出“元素”的概念,从而把化学确定为一门学科。1803年道尔顿提出原子论,1811年阿伏加德罗提出了“分子”的概念,1860年康尼查罗提出了原子-分子论,经历了这些重要的发展阶段,到1870年门捷列夫发现了元素周期律,奠定了化学学科的理论基础。19世纪末,化学的重要分支学科分析化学、无机化学、有机化学和物理化学相继建立,这种分工大大推动了化学研究的深化。进入20世纪后,量子力学的诞生,近邻学科特别是物理学、生物学和数学的发展,以及各种新的实验技术及精密仪器的发明和计算机的出现,使化学学科得到迅猛的发展。20世纪化学的发展可从化学基础研究和化学工业两个方面作简要回顾。

1. 基础研究的重大突破

(1) 放射性和铀裂变的重大发现

20世纪在能源利用方面一个重大突破是核能的释放和可控利用,其前期基础研究经历了半个世纪。最有代表性的是约里奥-居里夫妇用人工方法创造出放射性元素,在1935年荣获诺贝尔化学奖。1942年在费米领导下成功地建造了第一座原子反应堆。

(2) 化学键和现代量子化学理论的建立

鲍林因在化学键本质研究和应用化学键理论来阐明物质结构方面的贡献而荣获1945年诺贝尔化学奖。经许多化学家近半个世纪的努力,使现代量子化学理论不断发展和完善,使化学进入实验和理论计算并重的时代。化学家们由浅入深,认识分子的本质及其相互作用的基本原理,从而让人们进入分子的理性设计的高层次领域。

(3) 创建新分子新结构-合成化学

近百年来化学家(特别是有机化学家)已经设计和合成了数千万个化合物,几乎又创造了一个新的自然界;同时还发现了大量的新反应、新试剂、新方法和新理论。1912年格林尼亚因发明格林尼亚试剂,开创了有机金属化合物在各种官能团反应中的新领域而荣获诺贝尔化学奖。现代有机合成化学是经过20世纪近100年的研究、探索发展到今天已可以合成像海葵毒素(polytoxin)这样复杂的有机分子(具有64个手性中心的7个骨架内双键的分子,存在 $2^{71} \approx 2 \times 10^{21}$ 个异构体)。

(4) 高分子科学的建立和发展

20世纪的人类社会文明的标志之一是合成材料的出现。1920年德国施陶丁格提出了高分子这个概念,创立了高分子链型学说,认为原子按正常价键结合几乎可以构成任何长度的链状分子。在此理论指导下塑料、纤维、橡胶三大合成材料得以发展,33年后的1953年他获得诺贝尔化学奖。其后,弗洛里发展了非线性聚合物的理论,荣获1974年诺贝尔化学奖。

(5) 化学动力学与分子反应动态学的发展

揭示化学反应的历程和研究物质的结构与其反应能力之间的关系,是控制化学反应过程

的需要。1956 年前苏联的谢苗诺夫和英国的欣歇尔伍德因在化学反应机理、反应速度和链式反应方面的开创性研究而荣获诺贝尔化学奖。同时研究快速反应的技术得到发展,现在可以研究十亿分之一秒内发生的化学反应。美籍华人化学家李远哲及美国化学家赫西巴赫首先研制成功能获得各种态信息的交叉分子束实验装置,从微观角度来认识化学反应,发展了分子反应动态学,亦称态-态化学,对化学反应的基本原理作出了重要突破(荣获 1986 年诺贝尔化学奖)。

(6) 分析科学的发展

20 世纪 70 年代,生命科学、信息科学和计算机技术的发展,使分析化学进入了分析科学的崭新阶段,它不只限于测定物质的组成和含量,而要对物质的状态(氧化-还原态、各种结合态、结晶态)、结构(一维、二维、三维空间分布)、微区、薄层和表面的组成与结构以及化学行为和生物活性等作出瞬时追踪,无损和在线监测等分析及过程控制,甚至要求直接观察原子和分子的形态与排列。分析化学成为一门仪器装置和测量的科学,1990 年开始的人类基因组计划(HGP)中,由于 DNA 测序技术不断推陈出新,从板凝胶电泳到凝胶毛细管电泳线性高分子溶液毛细管电泳、到阵列毛细管电泳,直至全基因组鸟枪测序技术。终于使人类基因组计划提前到 2001 年完成。分析化学在推进人们弄清与环境 and 生命有关的化学问题中起着关键作用。

以上是化学基础研究在 20 世纪六个方面的重大突破,值得一提的是从 1901 年到 2003 年 142 位诺贝尔化学奖得主中,高等院校的教授有 109 位,占 76.8%。可见高等院校的化学基础研究在整个化学学科发展中的重要地位。

2. 在化学基础研究推动下化学工业的大发展

(1) 石油化工成为支柱产业

20 世纪 30 年代催化剂进入石油化工,推动动力学的发展及催化剂的作用使石油的各种馏分成为各种不同用途的化工产品,石油化工迅速发展,已成为世界经济发展中占重要地位的工业领域。世界化工总产值中 80% 以上的产品与石油化工有关。

(2) 三大合成材料时代

20 世纪前半叶,由于基础化学中的高分子化学的兴起和发展,逐步形成了塑料、纤维、橡胶三大合成材料工业。到 20 世纪末,世界年产合成橡胶能力已达 1200 万吨,合成纤维达 1500 万吨,合成塑料已超过 6000 万吨。以塑料为主体的三大合成材料,以体积计算其世界总产量已超过全部金属的产量,所以有人称 20 世纪为聚合物时代。

(3) 化肥工业的巨大作用

20 世纪面临人口大幅度增长和粮食需求迅速增加的局面。在解决这一困难中,化肥起了重要作用。其中氮肥的生产关键问题是如何利用大气中的氮大规模合成肥料。1909 年德国化学家哈伯用钨作催化剂成功地建立了每小时产生 80 克氨的实验装置。哈伯因此而荣获 1918 年诺贝尔化学奖。1931 年德国博施建成第一个用铁催化剂的合成氨工厂日产量为 30 吨(荣获 1931 年诺贝尔化学奖)。60 多年来,不断对合成氮工艺进行改进并引入现代化化工技术。我国是农业大国,肥料是增产的关键措施。目前已达年产 2000 万吨的规模,占世界第二位。

(4) 医药工业的大发展

20 世纪人类寿命显著延长,70 岁以上的老人比例显著提高,估计 20 世纪人类平均寿命增加 30 岁左右。人类寿命延长的原因之一是医疗条件的改善,其中针对人类常见病、多发病的新药的研制成功是关键因素。医药工业的发展与化学紧密相关。化学合成药在医学工业

中占主导地位。磺胺药是第二次世界大战前惟一有效的抗细菌感染的药物。Domagk 因此而 在 1939 年荣获诺贝尔生理及医学奖。磺胺类药物的问世标志着化学疗法方面的一大突破。第二次世界大战后,磺胺药逐渐让位于治疗效果更好的抗生素类药,如青霉素、四环素、红霉素、氯霉素、头孢菌素等。目前世界药物市场的年销售量约为 3000 亿美元,在世界经济发展中有举足轻重的作用。

化学工业已成为某些国家的支柱产业。例如,美国 90 年代化学工业产值约占 30%,化学品出口占总出口的 30%,位居世界第二位。美国的调查报告“化学中的机会”指出,化学工业在国际市场上要保持竞争力,主要看作为基础学科的化学能否保持领先地位。可见,没有基础学科的发展为后盾,国民经济、高新技术的发展是不可能的。基础研究和工业生产紧密联系的一个典型事例是 2001 年诺贝尔化学奖授予不对称催化合成的先驱化学家:美国孟山都生物技术公司的威廉·S·诺尔斯博士,日本名古屋大学的野依良治教授和美国 The Scripps 研究所 K·巴里·夏普莱斯(K. Barry Sharpless)教授。他们的研究成果使化学家们能够有效地操纵反应,开发了使化学反应向着只生成其中的一种手性分子的不对称合成技术,这些化学技术被广泛用于工业生产,特别是高纯药物分子,如抗生素、消炎药、治疗心脏病的药物以及神经传导阻滞剂等工业合成中。

(二) 化学学科发展的现状

1. 化学是为人类进步提供物质基础的基础学科

化学不但能够大量制造各种自然界已有的物质,而且能够根据人类需要创造出自然界本不存在的物质。它们不但为人类吃、穿、用提供了大量适用的物质,而且使化学家迈向蛋白质、核酸等大分子。化学能够提供组成分析和结构分析手段,使人们能够在分子层面上认识天然的和合成的物质与材料的组成和结构,掌握和解释结构-性质-功能的关系,并且能够预测某种结构的分子是否可以存在?在什么条件下存在?有了这些基础,化学就能针对需要裁剪和设计分子。化学掌握了决定化学过程的热力学、动力学理论,并用于解决生产和生活问题。而且能从理论上指导新物质(如催化剂)和反应新条件(如高压、高温、超临界状态)的设计和创造,从而能够达到大自然所不能达到的目标。

2. 化学是促进交叉学科兴起的中心学科

20 世纪初化学已深入到原子、分子层次。化学成为在原子、分子层次上研究物质结构和性能的科学,建立了一套物质分子的研究方法(包括理论研究和计算,分子层次上的测量,微观结构和宏观性质的研究),化学的原理和这些研究方法广泛使用于其他学科,使化学渗入到其他学科形成许多新的交叉前沿学科,从而使化学处于中心学科的地位。以下介绍几个最重要的交叉学科。

(1) 生物化学与化学生物学

生命过程中的基础物质——蛋白质、核酸、糖和一些激素分子等,通过 20 世纪的研究已相继确定了它们的结构,并通过化学和生物方法可以进行合成。但这些基础物质如何配合起来产生生命现象和生命活动,则需进一步研究。现今这方面的研究途径大体上是从化学出发,模拟生命过程,合成生物功能分子及其类似物,组装成模型生物功能结构等等。

(2) 材料化学

材料、能源和信息构成现代文明的三大支柱。材料科学的发展十分迅速,它是物理、化学、数学、生物、工程等一系列学科交叉而产生的新的学科领域。材料化学处于核心地位,它具有十分鲜明的应用目的,是人类进行生产的最基本的物质基础,也是人类衣、住、行及日

常生活用品的原料。如有了高分子材料,就有了合成纤维,有了轮胎,有了塑料制品;有了荧光物质就有了电视。当前迅速发展的新型导电材料、新型光学材料、新型陶瓷材料、复合材料、生物医学材料、新型合金材料、功能高分子材料等无一不与化学合成材料密切相关。

特别是许多纳米级材料在电、光、磁、力学以至生物学等方面的性质发生了突变,这种变异开拓了一门新兴的交叉学科——纳米化学。纳米材料已成为高新技术的重要研究领域,纳米科学技术将成为 21 世纪关键的高新技术之一,而合成与研究纳米材料是纳米化学的主要任务。

(3) 环境化学

环境化学是研究环境中物质相互作用的学科。包括研究天然物质、生物物质和合成化学物质在环境介质(大气、水体、土壤、生物)中的存在,化学特性、行为和效应,并在此基础上研究其控制的化学原理和方法。环境化学的研究任务包括分析检测环境介质中存在的有害物质,跟踪它们的来源以及在环境介质中的环境化学行为,了解有害物质对生物和人体产生不良影响的规律,因此又推动了环境分析化学、大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学、元素化学循环、环境计算化学等三级学科的发展。

绿色化学的核心是要利用化学原理从源头消除污染。绿色化学是指化学反应和过程以“原子经济性”为基本原则,即在获取新物质的化学反应中充分利用参与反应的每个原料原子,实现零排放。不仅充分利用资源,而且不产生污染。并采用无毒、无害的溶剂、助剂和催化剂,生产有利于环境保护、社区安全和人身健康的环境友好产品。因此,绿色化学是更高层次的化学,化学家不仅要研究化学品生产的可行性和现实用途,还要考虑和设计符合绿色化学要求、不产生或减少污染的化学过程。绿色化学将使化学工业改变面貌。

3. 技术进步大大推动化学的发展

科学按照研究对象由简单到复杂可分为上游、中游和下游,数学、物理为上游,化学处于中游,生命、材料、环境等为下游。其他学科的发展和技术的进步促使化学学科的发展。例如 19 世纪中叶蒸汽机的发明,在大量实验的基础上,建立了热力学第二定律,解决了判别化学变化方向和限度的标准问题。20 世纪初,低温实验技术的发展及低温性质的研究,确立了热力学第三定律,为化学家解决了如何从物质的热力学测量数据推算物质间化学反应的平衡限度问题。

20 世纪初量子力学的诞生而随后物理技术的进步建立了量子化学和分子层次的研究方法。

20 世纪 60 年代激光器的问世及激光的发展和应用产生了激光化学,尤其使化学动力学进入态-态反应层次。许多重要的快速反应得以研究形成“飞秒化学”。

信息科学的崛起是与电子计算机迅速发展分不开的。化学家们在研究中所需要获得的各种信息也逐渐通过电子计算机进行。如分子结构的测定可以通过计算机计算分子体系的能量和过渡态来判断;未知化合物的性能可通过计算机按结构和性能的关系进行预测,如药物设计、材料设计等;化学键及分子稳定性可通过量子化学计算得到确切的信息。计算机的迅速发展大大推动了化学的发展。化学和计算机相结合,逐渐形成了计算化学这个新兴交叉学科。

(三) 化学学科发展的态势

1. 人类社会的发展对化学的需求

(1) 化学仍是解决食物和健康问题的主要学科之一

食物问题是涉及人类生存和生存质量的重大问题。未来的食品将不只满足人类生存的需

要，还要在提高人类生存质量、提高健康水平和身体素质方面起作用。利用化学和生物的方法增加动植物食品的防腐有效成分，提供安全有防病作用的食物和食物添加剂(特别是抗氧化剂)，改进食物储存加工方法，以减少不安全因素，保持有益成分等，都是化学研究的重要内容。

(2) 化学在能源和资源的合理开发和高效安全利用中起关键作用

21 世纪初，我国重点能源仍然为煤炭、天然气、石油等化石能源。这就要求研究高效洁净的转化技术和控制低品位燃料的化学反应，使之既能保护环境又能降低能源的成本。这不仅是化工问题，也有基础化学问题。此外要开发新能源，新能源必须满足高效、洁净、经济、安全的要求。太阳能以及新型的高效洁净化学电源与燃料电池都将成为 21 世纪的重要能源。

(3) 化学将继续推动材料科学发展

21 世纪电子信息技术将向更快、更小、功能更强的方向发展。目前正在致力于量子计算机、生物计算机、分子电路、生物芯片等新技术，标志着进入分子信息技术阶段。这需要物理学家提供器件设计思路，化学家则设计、合成所需的物质和材料。化学家应该更主动地研究各种与电子信息有关的材料的性质和功能以及与各个层次结构的关系，特别是物质与能的相互作用的化学特征，创造具有特殊功能的新物质和新材料。此外，化学还必须推动凝聚态化学的研究，如纳米科学技术、超分子凝聚态构筑、晶体工程等，创造新的聚集态构筑技术。

(4) 化学仍是提高人类生存质量和生存安全的有效保障

不断提高生存质量和生存安全是人类进步的标志。化学研究至少可以从三方面对保证生存质量的提高做出贡献：①通过研究各种物质和能的生物效应(正面的和负面的)的化学基础特别是搞清楚两面性的本质，找出最佳利用条件；②研究开发对环境无害的化学品和生活用品，研究对环境无害的生产方式；③研究大环境和小环境(如室内环境)中不利因素的产生、转化与人体的相互作用，提出优化环境建立洁净生活空间的途径。健康是重要的生存质量的标志。预防疾病将是 21 世纪医学发展的中心任务。首先是肿瘤、心血管病和脑神经退行性病变，将要在相当程度上可以预防。化学可以从分子水平了解病理过程，提出预警生物标志物的检测方法，建议预防途径。

2. 化学的基础研究方法的发展

(1) 微观与宏观相结合

化学的发展不应只看到化学热力学和动力学的经典内容，而应该看到它们发展趋势。例如，非平衡态热力学(普里高津，1977 年获诺贝尔化学奖)的贡献是教给化学家一把开启从分子层面洞察生命过程的钥匙。迄今还需要更好的理论和方法描述实际开放体系(生物体、河流、大气等)的时-空动态变化。尽管在沟通微观与宏观研究中已经取得一些成绩，也建立了一些方法，但是大多数工作还是微观与宏观分离。由于实际问题需要也因为在理论上和方法上已经有了一定的基础，预期未来微观与宏观将会更深更广泛地结合。

(2) 静态与动态(过程)相结合

化学反应历程的早期研究仅限于小分子参与的宏观动力学研究，而且只能研究速率较慢的简单反应。后来，停流技术的发展才使人们有可能研究快速反应过程。交叉分子束实验技术的建立使微观反应动力学有了重大突破。近年来单分子操作能够用来观察分子的动态过程，计算机能够模拟分子间相互作用的过程。这些都预示着在不远的将来化学过程的微观动

态跟踪的可能性。将来的化学既要从分子层次解释静态结构和行为的关系，更需要的是解释有关过程中发生的事件。例如，极快速生成和转化的氧自由基会引起高分子材料的老化，人类的活性氧疾病群(白内障、肿瘤、心血管病以及各种退行性病变)和衰老的发生，以及金属的腐蚀、食品和粮食的氧化等缓慢过程，这些过程包含从微秒到几十年、几百年的极快和极慢的反应。

(3) 由复杂到简单，再由简单到复杂

经典物质科学(包括化学)研究物质世界的最终目的在于寻求简单的、普通的、永恒的基本解。他们或者用简化的方法、抽象的方法去研究复杂系统，建立各种模型和概念去解释实际生命现象。或者把生物系统拆成个别生物分子，研究它们的结构和性质的关系，用微观来解释宏观。近年来大家逐渐意识到，研究现实事物必须回到真实条件中去，即必须研究复杂系统中的复杂过程。对于化学，首先需要建立对复杂过程进行实验研究的方法，特别是过程中事件的动态跟踪；其次，需要分析和模拟多反应组合的理论方法。从复杂系统的简化，到回归复杂性，再抽出个别问题进一步做简化研究，这将是今后一段时期内对复杂系统进行化学研究的主要方法。

(4) 多学科的综合

未来化学将在与其他学科综合研究中有所突破，这种突破将会产生若干新的领域，是未来科学的生长点。未来化学研究模式将体现在如下几个方面：从实际问题中抽出化学基本问题来研究；吸收其他学科的新理论和新结果，孕育化学生长点；与其他学科融合，开拓化学新领域；把握动向和时机，提出新的思路和新的研究方向；重视化学学科自身发展与整体科学技术的发展相结合。

预计 21 世纪科学发展的趋势是各学科间纵横交叉而解决实际问题。对于化学学科，其自身的继续发展与相关学科融合发展相结合；化学学科内部的传统分支的继续发展与作为整体发展相结合；研究科学基本问题与解决实际问题相结合。

3. 化学学科一些可能的发展方向

当今国际化学基础研究的重要核心科学问题之一是如何创造具有特定性质和功能的新物质和新材料，建立和发展物质反应和转化的新方法，阐明物质结构 - 反应 - 性能的基本规律。

未来化学学科一些可能的发展方向：

① 引用现代实验方法和理论计算及模拟手段，探索和阐明化学键的断裂和形成之基本规律，揭示物质形成与转化的内在规律；

② 以绿色化学为准，发展分子物质(材料)合成的新概念、新反应、新试剂和新方法，使化学学科更好地服务于社会的可持续性发展；

③ 发展新型分子物质(材料)合成与制备的催化体系，特别重视不对称催化，提高合成与制备反应的效率和选择性，为分子物质(材料)合成与制备提供高效、低耗的先进方法；

④ 发展包括碳 - 氯键、碳 - 碳键和碳 - 氢键等非活性键的小分子活化方法，发展新的基于基本石油产品的原子经济性反应，建立物质合成与制备的新体系；

⑤ 发展基于生物转化反应的新的生物催化剂体系，将生物催化体系与金属催化剂及其他反应相结合，拓展生物技术催化反应体系，运用现代科学的理论和方法，结合生物技术手段来揭示生命过程的本质，并为实现对生物体系和过程的调控提供理论依据；

⑥ 研究外场(如超临界流体、离子液体等)中的特殊反应，探索物质合成和制备中的新