

YINGYONG HUAXUE
QIANYAN JI CHUANGXIN FANGFA

应用化学 前沿及创新方法

张 芳 林木松 杨晓焱 / 主编



化学工业出版社

应用化学 前沿及创新方法

张 芳 林木松 杨晓焱 / 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

《应用化学前沿及创新方法》系统地介绍了应用化学涉及的多领域前沿及发展创新技术。其主要内容包括材料领域研究前沿及创新技术、能源领域研究前沿及创新技术、石化领域研究前沿及创新技术、航空航天领域研究前沿及创新技术、专业大数据获取及分析技术、课题研究立项及开题方法、R 软件基础及初步应用、R 语言在应用化学课题分析中的应用。本书内容翔实，案例典型，实用性、针对性强。

《应用化学前沿及创新方法》可供应用化学、化学、材料科学与工程、计算机科学与技术、信息科学、化学工程与技术、统计学专业人员阅读，也可供相关专业的在校师生和研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

应用化学前沿及创新方法/张芳，林木松，杨晓焱

主编. —北京：化学工业出版社，2019.5

ISBN 978-7-122-33546-3

I. ①应… II. ①张…②林…③杨… III. ①应用化学 IV. ①O69

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 297327 号

责任编辑：李 琰 宋林青

装帧设计：关 飞

责任校对：宋 夏

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 装：北京虎彩文化传播有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 308 千字 2019 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：35.00 元

版权所有 违者必究

前言

《应用化学前沿及创新方法》首先以材料领域（含纳米材料）、能源领域（含核能、氢能、能源储存）、石化领域（含碳纤维复合材料）及航空航天领域为研究对象，详细介绍了应用化学专业在其中的最新研究动态和创新发展；其次，在介绍应用化学类课题的立项、方案设计及开题方法的基础上，详细讨论了化学类专业大数据的概念、发展、特点及应用化学大数据的基本分析方法；最后，重点介绍了 R 软件的基本功能、高级功能及其在应用化学课题研究中的典型应用。

本书共分八章，张芳负责编写第一章、第二章、第四章，林木松负责编写第三章、第五章，杨晓焱负责编写第六章、第七章，李宇春负责编写绪论及第八章。在本书的编写过程中，得到很多同事和朋友的关心与大力支持，主要协助参与编写的人员有：易球、刘思佳、刘梦、李湘川、何壮、赵野及李文峥等；另外，本书的出版受到了长沙理工大学“十三五”校级专业综合改革项目（应用化学）的大力支持，在此表示衷心的感谢。

《应用化学前沿及创新方法》可供应用化学、化学、化学工程与工艺、石油工程、新能源、材料科学与工程、机械设备与制造、能源工程等专业大专生、本科生、研究生及相关专业的科研、技术人员阅读，其中 R 软件部分还可以供金融、财务、数学、计算科学、网络、软件、工程分析等多领域的专业人员阅读。

由于编者的水平能力有限，编写时间仓促，书中难免有不足之处，望读者不吝批评指正。

编者

2018 年 10 月

目 录

绪论 / 1

思考题	13
-----------	----

第一章 材料领域研究前沿及创新技术 / 14

第一节 材料领域的研究前沿	14
第二节 纳米材料的制造新技术	22
思考题	30

第二章 能源领域研究前沿及创新技术 / 31

第一节 能源领域的研究前沿	31
第二节 核电设备老化监测创新技术	35
第三节 能源水质净化创新技术	39
思考题	48

第三章 石化领域研究前沿及创新技术 / 50

第一节 石油化工领域的研究前沿	50
第二节 石油化工领域的创新技术	55
第三节 碳纤维材料研发	62
第四节 碳纤维复合材料创新技术	66
思考题	71

第四章 航空航天领域研究前沿及创新技术 / 73

第一节 航空航天领域的研究前沿	73
-----------------------	----

第二节	太阳能航空动力创新技术	84
第三节	太阳能储能研究前沿	89
思考题		100

第五章 专业大数据获取及分析技术 / 101

第一节	国内外应用化学主要学术机构	101
第二节	应用化学领域大数据	112
第三节	应用化学大数据分析方法	122
第四节	燃煤重金属迁移规律的数据分析	128
思考题		137

第六章 课题研究立项及开题方法 / 138

第一节	课题的选择	138
第二节	课题研究的目的地及意义	140
第三节	文献综述的撰写	142
第四节	课题研究方案的提出	147
第五节	正交试验设计及其应用	151
思考题		155

第七章 R 软件基础及初步应用 / 156

第一节	R 软件的特点和作用	156
第二节	R 软件的安装、设置及启动	158
第三节	R 语言的向量、矩阵及数据框	161
第四节	R 语言的函数及数据统计	167
第五节	R 语言的假设检验	170

第八章 R 语言在应用化学课题分析中的应用 / 173

第一节	金属材料的高温热腐蚀数据集	173
第二节	数据集的统计描述和基本分析	176
第三节	高温热腐蚀数据集的综合分析	179
第四节	R 语言的魅力包及其在应用化学专业中的应用	185

参考文献 / 192

绪 论

一、应用化学概况

1. 应用化学是什么？

应用化学是研究如何将当今化学研究成果迅速转化为实用产品的应用性学科。在日常生活中，应用化学无处不在。例如医院里使用的氧气瓶，其中的氧气是科研人员通过一定的方法技术提纯了空气中的氧气而制得的；洗衣粉、肥皂、衣领净等添加了去污能力强、使衣服颜色鲜艳而又比较温和的化学物质；人们喝的饮料、矿泉水里添加了人体需要的微量元素，这些微量元素可以被人吸收；除此以外，还有化妆品的祛斑、美白、去皱纹、补水功效，手机电池的持久耐用，电视电脑屏幕辐射降低，塑料袋的降解等。这些都是化学物质起重要作用。能够满足人们日常生活和工业生产需要的这些物品，就是应用化学的产物。应用化学研究者发现某些元素或某些物质具有很好的用途，然后进行小剂量的科研实验，如果成功，就将此方案提供给化学工程与工艺的研究者进一步实验放大，再投入使用。如今应用化学已经在轻工业、日化、石化、制药、农药、环境保护等领域得到广泛应用。

2. 应用化学的作用

应用化学的研讨方向是利用已经知道或了解的应用化学理论和实际方法去解决生产和生活中的问题，将理论转化为实际操作。应用化学并不是单一的，而是具有综合性的，不但综合了化学知识，还吸收了一些非化学方面的理论。

对于研究大型化工厂的生产产品来说，应用化学的贡献是很大的。应用化学具有很强的社会效益性，应用化学的实验成果把经济效益作为基本的指标，所以，需要特别重视产品原材料的价格和来源、运输问题、贮藏方式、产品的加工及产率。随着社会新产品的不断开发，加强应用化学的理论基础和实验成果相结合是非常重要的。

二、应用化学学科及专业

1. 应用化学学科及专业

应用化学是一门培养具备化学方面的基础知识、基本理论、基本技能以及相关的工程技

术知识和较强的实验技能,具有化学基础研究和应用基础研究方面的科学思维和科学实验训练,能在科研机构、高等学校及企事业单位等从事科学研究、教学工作及管理工作的**高级专门人才**的学科。

应用化学专业在大学本科体系属于化学专业大类,其专业代码为 070302,毕业后可以授予理学或工学学士学位。而在研究生培养体系中,应用化学专业是一级学科“化学工程与技术”下设的二级学科,学科代码为 081704。

应用化学专业服务于化工、能源、机械、材料和轻工等行业,面向经济发展需求,构建了厚基础、强能力、高素质的人才培养模式。依托高水平的平台建设,以强有力的学科作为支撑,坚持以科研促进教学,重视实践教学,着力培养学生的实践能力和创新能力,加强学生的吃苦耐劳精神、创业精神、团队精神和奉献精神等综合素质培养。同时依据相关领域发展需求,不断更新教学内容,优化课程体系,全面推进教学改革,培养重基础、重实践、重能力、重创新的高素质工程技术及管理人才。

应用化学专业遵循“德育为先、知识为本、能力为重、全面发展”的育人理念,主动适应国家化学、化工、能源、制药、轻工等行业与经济发展需求,培养学生具有强实践能力和创新精神,系统掌握化学理论和实验技能,具备工程实践能力、技术开发能力,熟悉相关领域的法律、法规、标准及工程管理、项目决策等知识,具备对此领域的工程问题进行研究分析和设计开发的工程实践能力,能在相关领域从事生产、技术管理、研发等工作,成为应用型高素质专门人才和行业精英。

2. 应用化学的特点

应用化学专业培养适应社会需要,具有良好的科学素质和创新精神,掌握化学的基本理论、基本知识和实验技能,受到应用研究、科技开发、科技管理初步训练的应用化学专门人才。应用化学是根据化学的基本理论和方法对工业生产中与化学有关的问题进行应用理论和**方法的研究,以及实验开发研究的一门科学,融化学理论和实践于一体,并与多门学科相互渗透。

化学作为一门核心、实用、创造性科学,已经为人类认识物质世界和人类的文明进步做出了巨大的贡献。应用化学专业重在将化学的基本原理和知识应用于国民经济和社会发展的各个相关领域,包括化工、材料、医药、环境、能源、轻工等行业。应用化学专业偏重于应用,是研究如何将当今化学研究成果迅速转化为实用产品的应用型专业。

3. 应用化学的要求

应用化学专业学生主要学习化学方面的基础知识、基本理论、基本技能以及相关的工程技术知识,受到基础研究和应用基础研究方面的科学思维和科学实验训练,具有较好的科学素养,具备运用所学知识和实验技能进行应用研究、技术开发和科技管理的基本技能。应用化学专业对学生的要求包括知识要求、能力要求及素质要求。

(1) 知识要求

◇ 工具性知识。是指数学、外语、计算机与信息技术应用、数据库使用、文献检索、社会调查与研究方法、专业论文写作等知识。

◇ 专业性知识。是指化工与制药类专业基本知识、基础理论和基本技能。

◇ 人文社会科学、自然科学和相关的工程技术知识。人文社会科学知识是指文学、历史学、哲学、伦理学、政治学、艺术、社会学、心理学、逻辑学等知识;自然科学知识是指

物理学、化学、生命科学、环境科学、能源科学等知识；工程技术知识是指工程设计、工程制图、计算机绘图、电工与电子技术、化工仪表、仪器分析、环境保护、安全工程学等方面的知识。

◇ 管理学与法律知识。管理学知识包括政治经济学、化工技术经济学、经济管理学、企业管理学等方面的知识。

(2) 能力要求

◇ 具有终身自我学习、获取知识的能力；

◇ 具有将化工与制药类专业理论与知识融会贯通，综合化工与制药类专业知识分析和解决问题的能力；

◇ 具有利用创造性思维方法开展科学研究和就业创业实践的创新能力；

◇ 具有较强的汉语写作和表达能力、沟通协调能力和团队合作能力。

(3) 素质要求

◇ 具有良好的思想道德修养、职业素养和社会责任感；

◇ 具有较高的审美情趣、文化品位和人文素养；

◇ 具备良好的生活习惯和健康的心理与体质；

◇ 成为德智体美全面发展的社会主义建设者和接班人。

4. 应用化学的培养方向

应用化学专业所包含的领域具有广阔的发展前景，应用化学包含的专业方向有很多种，主要有电化学、现代分析、精细化学品合成、胶体与表面化学、水化学与水处理技术、材料化学、材料保护和精细化工等培养方向。

三、应用化学的课程及相关特点

1. 应用化学的主要课程

应用化学专业设置的主要课程包括：无机化学、分析化学、有机化学、物理化学、结构化学、化工原理、化学信息学、仪器分析、元素化学、生物化学、化工设计、现代分析进展、药物分析、有机合成、精细化学品化学、胶体与表面化学、电极过程原理与应用、水化学与水处理技术、废水处理技术、绿色化学等。

2. 开设应用化学的高校

开设应用化学专业的大学约 437 所学校。例如北京市开设应用化学专业的高校有北京大学、清华大学、中国石油大学（北京）、中国矿业大学（北京）、华北电力大学（北京）、北京航空航天大学、北京理工大学、北京科技大学、北京工业大学、北京化工大学、北京化工大学北方学院、北京工商大学、北京石油化工学院、北京服装学院等；湖南省开设应用化学专业的高校有湖南大学、国防科学技术大学、中南大学、湖南师范大学、湘潭大学、湖南工程学院、长沙理工大学、长沙学院、湖南农业大学、吉首大学、湖南理工学院、湖南文理学院、衡阳师范学院、湖南科技大学等；上海市开设应用化学专业的高校有上海应用技术大学、东华大学、复旦大学、上海交通大学、同济大学、华东师范大学、华东理工大学、上海大学、东华大学、上海师范大学、上海理工大学。开设应用化学专业详细的高校清单可以参见网站 <http://www.dxsbb.com/news/10178.html>。

3. 应用化学的就业

应用化学专业培养的是化学领域的通才，毕业后可以从事的工作岗位领域相当广泛。如果从事精细化工行业，可以做一名工程师，按照自己的想法去设计实验品，研发大家需要的日化产品。若进入分析化学行业，可以到大型仪器公司研发部做研究人员、实验人员等；也可以进入国家标准制定中心做标准品的纯化；还可以在研究院、高校等做研究人员，独立分析各种物质，严格控制质量。材料行业要求创新精神和实践能力，要从不同的角度分析问题，毕业生可以去企业做研发，也可以到科研院所、海关等单位做化学分析，还可以在企事业单位从事教学、管理药品和实验室等工作。

应用化学专业的毕业生一次性就业率比较高，就业行业包括教育、材料、军工、汽车、军队、电子、信息、环保、市政、建筑、建材、消防、化工、机械等行业。部门包括：各级质量监督与检测部门、科研院所、设计院所、教学单位、生产企业、省级以上的消防总队等。该专业毕业生适宜到石油化工、环保、商品检验、卫生防疫、海关、医药、精细化工厂等生产、技术、行政部门和厂矿企业从事应用研究、科技开发、生产技术和管理工作；也适宜到科研部门和学校从事科学研究和教学工作。

4. 应用化学的毕业要求

(1) 政治方面

坚持社会主义核心价值观，具有坚定的政治立场，热爱祖国，具有为国家富强、民族昌盛而奋斗的志向和社会责任感，树立科学的世界观，成为社会主义事业的建设者和可靠接班人。

(2) 工程知识

能够将数学、自然科学、工程基础和专业知用于解决电力化学和材料保护领域复杂的工程问题。

(3) 问题分析

能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析电力化学和材料保护领域复杂的工程问题，以获得有效结论。

(4) 设计/开发解决方案

能够设计电力化学和材料保护领域复杂工程问题的解决方案，并能够在设计环节体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。

(5) 研究

能够基于科学原理并采用科学方法对电力化学和材料保护领域复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、通过信息综合得到合理有效的结论。进而具有良好的应用化学工程设计能力和新产品、新工艺、新材料、新技术研究开发的初步能力。

(6) 使用现代工具

能够针对化学、材料、能源、石化等相关领域复杂工程问题，选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具。

(7) 工程与社会

能够基于化学、材料、能源、石化领域相关背景知识进行合理分析，评价专业工程

实践和工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响,并理解应承担的责任。

(8) 环境和可持续发展

了解化学、材料、能源、石化等相关行业的生产、设计、研究、开发与运行的法律法规,能够理解和评价电力化学和材料保护工程实践与复杂工程问题的解决方案及其对社会、环境和可持续发展的影响。

(9) 身心健康和职业规范

具有良好的人文社会科学素养、社会责任感,具有正确的价值观,身心健康,能够在应用化学专业工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范,履行责任。

(10) 个人和团队

具有敬业爱岗、团结合作的品质,能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。

(11) 沟通

能够就化学、材料、能源、石化领域复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流,包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达,并具备一定的国际视野,能够在跨文化背景下进行沟通和交流。

(12) 项目管理

掌握生产过程技术经济分析基础知识,理解并掌握工程管理原理与经济决策方法。

(13) 终身学习

具有自主学习和终身学习的意识,有不断学习和适应发展的能力。

四、应用化学与其他专业的相互关系

1. 应用化学与化工

应用化学与化工最初都是化学的分支,化工偏重于工业大规模生产方面的研究,应用化学偏重于理论向应用实践过程的转化。应用化学是化学的一个分支,是与理论化学相对而言的。如果说理论化学只停留在理论阶段,那应用化学就是脚踏实地、踏踏实实把理论应用到实践上。

人类早期的生活更多地依赖于对天然物质的直接利用,渐渐地这些物质满足不了人类的需求,于是产生了各种加工技术,有意识有目的地在工业规模上生产具有多种性能的新物质。广义地说,凡运用化学方法改变物质组成或结构、或合成新物质的,都属于化学生产技术,也就是化工,所得的产品被称为化学品或化工产品。

2. 应用化学和材料化学

应用化学和材料化学专业的相同点是依托的主干学科都是化学。

应用化学和材料化学专业的不同点体现在两个方面:学习内容与就业状况。

(1) 学习内容

应用化学专业注重研究化学成果如何转化为现实产品,偏重于应用,因此在掌握一定理论的基础上,还必须重视学生的动手能力,必须熟练操作化学仪器,熟练掌握化学实验操作。研究生阶段对学生化学实验的操作有更高要求。

材料化学专业注重研究材料及其使用过程所涉及的化学原理与技术, 目的在于探究微观内容。该专业对于理论知识考查较多, 学习范围包括无机非金属材料、有机高分子材料、新兴复合材料等。研究生阶段将对化学原理与技术进行进一步研究, 对各种化学材料有更深了解。

(2) 就业状况

应用化学专业毕业生可在各类涉及化学应用的企事业单位就业, 例如石油化工、环保、商品检验、卫生防疫、海关、医药等, 主要从事应用研究、科技开发、生产和管理等。

材料化学专业毕业生可在涉及金属材料、陶瓷材料、高分子材料(如塑料)、半导体材料或复合材料的单位从事制备、加工、开发利用等工作, 但目前与专业比较对口的单位, 主要是一些国有大中型企业, 特别是大型钢铁制造公司。

3. 化学、应用化学、化工

化学是理科, 化工是工科, 应用化学在有的学校是理科, 在有的学校是工科。化学和应用化学一脉相承, 互为依托。应用化学以化学的基本理论作为基石; 同时, 应用化学的发展也促进化学基础知识的不断完善。对于高校学生而言, 化学和应用化学都是实验科学, 在课程设置方面略有不同。化学专业培养的是高素质理科人才, 能在化学领域从事科研、分析检测和教学等工作; 应用化学融理论和实践于一体, 既要学习化学的基本理论, 又要学习化工方面的工程与工艺, 兼工兼理, 是两者的结合。

在就业方面, 化学与应用化学的毕业生主要在各企事业单位从事化学相关的科研开发及应用等方面的工作, 没有必然的区别。从企业方面来讲, 化学相关专业的学生主要从事基础研发的工作, 而应用化学专业的学生主要从事工程设计等相关工作。

例如复旦大学的化学专业、应用化学专业几乎没差别, 绝大部分课都一样, 可能有很少几门课的差别, 授予学位都是理科学士。

化工专业的核心课程是化工原理、化工热力学、反应工程及分离工程等。

五、中国典型的应用化学专业介绍

北京大学从 1956 年起开始进行我国第一个放射化学专业的建设。1958 年开始在全国正式招收放射化学专业本科生。1973 年, 又设立了我国第一个环境化学专业, 1981 年, 放射化学专业成为国家批准建立的首批博士点之一。20 世纪 80 年代初, 原有放射化学专业(本科)和环境化学专业(本科)合并而成立了应用化学专业(本科), 1982 年开始招生。此后又建立了博士后流动站。2001 年 5 月 30 日, 应用化学专业并入化学学院, 成立了应用化学系、应用化学研究所。

在学科的创立和发展过程中, 徐光宪、刘元方、吴季兰、孙亦梁、唐孝炎、黎乐民等一大批杰出的化学家在这里建功立业。几十年来, 大批的放射化学和应用化学人才走向社会, 为我国的核科学事业和经济建设做出了卓越的贡献。北京大学应用化学主要包括以下六个主要领域。

1. 核药物化学

放射性同位素示踪技术在现代医学、生物学、农学、化学、地质学及考古学应用广泛。在现代医学领域, 放射性药物已用于许多疾病的诊断和治疗。放射性标记的受体及其他生物活性分子是研究人体生理和病理的强有力手段。在生物学中, 同位素技术已经成为分子生物学研

究不可缺少的常规实验手段。

该方向目前主要从事肿瘤诊断和治疗用的放射性药物的研制。

2. 辐射化学和材料

辐射化学是研究电离辐射与物质相互作用所产生的化学效应的一门学科。而高分子辐射化学是高分子化学和辐射化学的交叉领域,研究电离辐射与单体和聚合物相互作用所产生的化学变化及其效应,包括电离辐射引发的各种聚合、交联、接枝和裂解等。

该方向的主要研究内容包括:用 ^{60}Co - γ 辐照的方法研究橡胶的辐射硫化机理及其粉末化工艺;研究辐射硫化超细粉末橡胶在工程塑料增韧和新型热塑弹性体制备中的应用;探索超细粉末橡胶的进一步修饰或改性方法;研究天然高分子材料(纤维素、壳聚糖)的辐射改性以及高分子材料的辐射交联与辐射降解的机理研究等。

3. 超分子化学与超分子材料

超分子化学主要研究两个或两个以上的分子组分通过非共价键相互作用(自组装、自识别)而形成的分子有序体的结构和功能。超分子材料是超分子化学的主要发展方向之一,也是纳米化学和材料的重要内容。

该方向的研究内容主要包括:环糊精纳米管、轮烷、多聚轮烷、环糊精分子传感器等新型超分子体系的设计合成及性质研究;用分子印迹技术和微乳化技术制备有记忆功能的纳米级高聚物;微乳液形成机理及应用研究。

4. 新能源与材料

合成发展新能源和环境产业所急需的新型复合金属氧化物材料(由过渡金属钴、镍、锰等与锂元素形成的新的化学物质),研究这些材料的物理和化学性质与物质的化学组成以及结构之间的关系,并开拓这些新材料的应用领域。重点是锂离子二次电池正极材料。

5. 核环境化学

该方向主要研究放射性核素在环境中的化学行为、环境过程机理以及新材料应用中的环境化学问题。

6. 功能材料化学

近年来,有机/高分子材料在光、电、半导体、传感、智能存储等领域的应用成为研究热点,并取得了重要进展。将这类功能性材料的制备和加工与超分子组装相结合,从而实现或提高微观结构的可控性和有序度,可以进一步优化材料的相关功能,提高其应用价值,拓展应用领域。

目前的主要研究方向包括:具有高级结构的有机/高分子材料的分子设计、合成和表征,新型有机/高分子半导体、光电材料的合成和应用,以及具有手性结构的超分子组装体的研究及其在有机合成中的应用等。研究内容具有有机化学、高分子化学、材料科学和超分子化学交叉领域的特征。

六、开设应用化学专业的高校

表 0-1 为开设应用化学专业的部分高校。

表 0-1 开设应用化学专业的部分高校

学校名称	学校名称	学校名称
西安交通大学	长沙理工大学	山东理工大学
华中科技大学	华东交通大学	中北大学
天津大学	湖北大学	西北民族大学
大连理工大学	首都师范大学	河北科技大学
重庆大学	东北林业大学	苏州科技学院
吉林大学	青岛科技大学	沈阳化工大学
中南大学	青海大学	内蒙古科技大学
南京航空航天大学	长春理工大学	东华理工大学
湖南大学	沈阳药科大学	西安工程大学
华东理工大学	长江大学	河南理工大学
北京科技大学	新疆大学	内蒙古民族大学
武汉理工大学	石河子大学	沈阳理工大学
西安电子科技大学	上海电力学院	安徽理工大学
华北电力大学保定校区	山西大学	湖南科技大学
东北大学	温州大学	江西农业大学
北京化工大学	辽宁师范大学	陕西理工学院
合肥工业大学	山西农业大学	安徽科技学院
东华大学	沈阳工程学院	西南民族大学
江南大学	重庆理工大学	武汉纺织大学
哈尔滨工程大学	江苏科技大学	烟台大学
华中农业大学	湖南工业大学	嘉兴学院
中国石油大学(北京)	西安石油大学	新疆农业大学
浙江工商大学	北京石油化工学院	江苏师范大学
山东大学威海分校	吉林农业大学	湖北师范学院
南昌大学	大连交通大学	天津城建大学
中国矿业大学	南昌航空大学	安康学院
南京农业大学	河南工业大学	沧州师范学院
太原理工大学	东莞理工学院	湖北第二师范学院
西北农林科技大学	沈阳工业大学	广东石油化工学院
武汉科技大学	华北水利水电大学	商丘师范学院
青岛大学	泉州师范学院	吉林化工学院
华侨大学	莆田学院	晋中学院
海南大学	东北电力大学	江西师范大学

应用化学专业在研究生阶段归属于“化学工程与技术”一级学科，授予工科学位，与本科专业归属的专业大类有所区别。

七、精细化工的研究方法

1. 技术创新

随着知识产权保护意识的加强、法规的完善、商品经济的发展以及激烈的市场竞争，技术创新已提上了日程。精细化工技术的创新和产品的创新在今后将被作为“创新工程”得到新的发展。催化剂是精细化工的一个重要门类，是化工生产中的核心技术之一。

多年来，科研部门和生产企业都很重视催化剂，已建立了一套研制程序和创新办法。我国在催化剂创新上会更上一层楼，如多年来困扰我国乃至世界的苯酚羟基化制备邻二酚的生产技术，可以尝试用我国创新的新型催化剂。我国稀土资源丰富，以稀土元素如铈、镨和钕等制造的催化剂可用于化肥工业、有机合成工业、合成橡胶工业、涂料工业。

2. 精细化工技术研究和开发

在精细化工技术研究和开发, 以及产品生产方面与国外的合作和合资的程度将会更高, 如在表面活性剂和胶黏剂等方面与德国 Henkel、美国 P&G、意大利 Press、瑞士 Buss、法国罗纳普朗克等公司的合作和合资都会加强, 以定制化学品为主方向的精细化工园区将得到迅速发展。

3. 精细化学品改进

超细超微细的粉体工程使无机和高分子材料进入新的发展阶段。将无机和高分子材料制成了粉体材料, 从而制备得到高性能的精细化学品。在制备过程中有的方法必须要添加抗凝剂、分散剂或抗静电剂等表面活性剂, 制得各种超细和超微细的粉体材料 (特别是纳米材料), 这些粉体材料具有高比表面积、优异的导热和光学性能、高耐磨性、极好的遮盖性、高吸附性等各种特异性能。

根据这些粉体材料的特性, 又可将其用于精细化工产品的制备, 如制备高活性的催化剂、多功能的化妆品、药品、涂料、黏合剂、表面活性剂、磁性记录材料、塑料和橡胶等高分子材料合成和加工的改性剂及填料等。

4. 绿色高新精细化工

精细化工将为节能和环保作出较大的贡献, 自身将向清洁化和节能化的方向发展, 成为绿色高新精细化工。即在精细化学品的生产中要实现生态“绿色”化, 采用精细化学品为相关行业服务时, 也要追求相关行业的生产实现生态“绿色”化, 也就是要模拟动植物、微生物生态系统的功能, 建立起相当于“生态者、消费者和还原者”的化工生态链, 以低消耗 (物耗和水、电、气、冷等能耗及工耗)、无污染 (至少低污染)、资源再生、废物综合利用、分离降解等方式, 实现生产无毒精细化学品的精细化工的“生态”循环和“环境友好”及清洁和安全生产的“绿色”结果。

化学工业是中国所有工业中的能耗大户, 约占全国能耗的 10%, 工业系统能耗的 20%。因此, 发挥精细化工的特点, 可为化学工业和相关行业节能做出贡献。

5. 利用可再生资源发展精细化工

利用可再生资源发展精细化工, 是绿色高新精细化工行业的主要研究方向。辅酶 Q10 是醌类化合物, 存在于动物、植物以及微生物体内, 主要影响某些酶的三维结构, 直接参与这些酶的生化活动, 同时也是细胞呼吸和代谢强有力的天然抗氧化剂。常用于人类心血管系统疾病的治疗, 还具有提高人体免疫力、保持青春等功效。由于以上神奇功效和安全无副作用, 它成为市场上受欢迎的非处方药, 成为“营养研究方面的里程碑”。从废弃烟叶、马铃薯和桑叶中提取茄尼醇, 与异戊二烯溴加成制得癸异戊二烯醇, 再与辅酶缩合制得 Q10 粗品, 最后经 CO_2 超临界萃取得到纯品。利用我国烟草资源丰富的优势, 采用高新技术从烟草中提取高纯度的茄尼醇 (纯度大于 90%) 中间体, 进而生产辅酶 Q10, 走中国发展天然精细化工中间体的道路。

6. 精细化工应向集中化方向发展

今后, 精细化工厂应建立多功能生产车间, 为精细化工集中生产提供条件。如德国巴斯夫精细化工产品多达 1500 个, 拜尔公司精细化工产品多达 1100 个, 竞争力极强。

根据中国和世界市场的需求, 中国将按精细化工发展的内在规律, 充分利用国内外的资

金、人才和技术,从根本上进行原始创新,使精细化工行业的整体水平上一个档次。

八、能源化学的绿色处理措施

在能源系统领域中,采用有效的化学处理方法防止出现热力设备腐蚀、结垢和积盐等严重后果。然而在进行化学处理过程中,同时也会有许多废液产生。为了有效地解决此类问题,严格执行国家的环保法规和要求,根本的办法是采用绿色化学处理方法,从源头上消除废液。就目前的技术条件和绿色化学发展水平而言,在电厂的生产中可以实施的绿色处理技术主要有以下几方面。

1. 锅炉给水的绿色化学处理

目前,对于处理锅炉给水来说,普遍的做法是除氧器实行热力除氧后,再进行化学除氧操作。目前,发电厂采用亚硫酸钠和联氨进行锅炉给水的化学除氧。

采用联氨有很多优点,不但可以很好地去氧,而且联氨和氧气反应后不会产生固态物质,锅炉给水中的含盐量也不会因为二者的反应而导致增加。但采用联氨也存在一些缺点,低温状态下,联氨与氧气的反应速率较慢。

采用亚硫酸钠也有很多优点,操作简单并且投资的成本很低,操作过程安全。但采用亚硫酸钠也存在一定的缺点,在操作过程中不易控制亚硫酸钠的加入量。另外还会使锅炉水含盐量和排污量增大。

针对上述问题,世界各国都在抓紧研究和开发新型的除氧剂。然而对于新型除氧剂对人的健康是否会产生影响,人们仍会存在很多顾虑。因此,想要从源头上解决问题,可以改变除氧方式,取消化学除氧方式,保留物理除氧方式,即只进行锅炉给水的热力除氧,也可以改变给水处理方式,将给水除氧处理改为加氧处理,所加氧为气态氧气或者过氧化氢,这样就避免带来与环境及人身安全有关的问题,也会从根本上解决问题,彻底消除人们对安全的顾虑。

2. 炉水排放的绿色化学处理

目前在我国的电厂锅炉运行中,一般都是利用磷酸盐来对锅炉中的水体进行处理后再排放。但是这样一来,就会造成污水排放,影响当地的水源质量。尤其是在污水的温度还很高的时候就将其排放在外,不但会造成严重的水体污染,还会浪费大量的热能,降低电厂锅炉燃料的资源利用效率。采用绿色化学处理方法来对炉水进行处理,不但能够避免水资源污染,而且能够提高锅炉运行效率和资源利用效率。

要做到这一点,首先要根据实际情况合理地管理锅炉及相关设备,并分析炉水处理所用添加剂的化学成分,找出能中和其所得反应物的中和剂,并对炉水进行处理,以实现零排污的效果。除此之外,可以改变处理炉水的方式,达到锅炉零排污的目标,即使锅炉要排污,也不会产生环境污染等问题,即从源头上解决了问题,实现锅炉的节水和节能,这也是从绿色化学处理的观点出发的。

3. 循环冷却水处理

目前,电厂采用缓蚀阻垢的方法处理循环冷却水,所用的水处理药剂有很多种,包括铬系、锌系、磷系、全有机系等,电厂用得较多的水处理药剂是磷系和全有机系。

由于铬和锌为有害元素,铬系和锌系水处理药剂的使用,会给环境保护造成很大的影

响。而磷可以为水中的微生物提供营养物质，如果在处理循环冷却水时使用磷系和全有机系水处理药剂，会产生很多问题，例如会使菌藻类物质大量生长。除此之外，处理后的废水由于含磷而导致自身的排放受到一定的限制。因此，采用磷系等水处理药剂处理循环冷却水，不能达到环保的要求和标准，从长远来看，在循环水处理过程中可采用不含磷的化学药剂。

4. 发电机内冷水处理

在电厂的生产运行系统中，发电机是一种最重要的生产设备，但是在运行的过程中，发电机的内部会产生大量的摩擦热，若该热量不及时排出，就会对电机产生很大的破坏，导致发电机不能正常发电生产。

为此，电厂都会通过内冷水的方式来进行循环水降温。但是循环水会对发电机的铜导线产生一定的腐蚀作用。为了解决这一问题，大多数电厂选择添加缓蚀剂来避免内冷水对发电机铜线产生太大干扰。然而这种解决方法却不够绿色环保，这是因为这些缓蚀剂存在一定的毒性，会散发出非常刺鼻的臭味，对工作人员的身体健康会产生很大影响。为此，针对发电机内冷水的处理方法也是绿色化学研究的一个重要内容。例如可以不通过加入缓蚀剂来实现防腐的目的，可以采用凝结水调节内冷水水质，除去氧气和二氧化碳，使水质保持良好来实现防腐，这种无药的处理方式符合绿色化学处理的方向。

九、绿色化学与绿色化学技术

1. 绿色化学及其原理

绿色化学 (Green Chemistry)，又称为环境无害化学 (Environmentally Benign Chemistry)，是指设计生产不具有或具有较小环境副作用，并在技术和经济上具有可行性的化学品和化学过程。它包括合成、催化、工艺、分离和分析监测等。

在化学和分子科学各个分支的发展中，绿色化学将利用完善的、基本的科学原则，实现经济和环境副目标。有效的环境友好策略，是社会可持续发展的主要推动力。这一承诺和意图对人们有着巨大的吸引力。

因此，绿色化学一经提出，就受到学术界的高度重视，在全世界迅速掀起了绿色化学的浪潮。绿色化学要遵循以下原则：防止污染优于污染治理，防止产生废弃物，从源头制止污染；原子经济性，即尽量使参加过程的原子都进入最终产物；绿色合成，在合成中不进行有危险、有害的合成反应；设计安全化学品，设计具有高使用效益、低环境毒性的化学产品；采用无毒无害的溶剂和助剂；合理使用和节约能源，生产过程应该在温和的温度和压力下进行；利用可再生的资源合成化学品；减少化合物不必要的衍生化步骤；采用高选择性的催化剂；设计可降解化学品；减少或消除制备和使用过程中的事故。

2. 研究领域

(1) 反应的绿色化

反应的绿色化就是开发原子经济反应。绿色化学的核心内容之一是原子经济性，即充分利用反应物中的各个原子，高效的有机合成应最大限度地利用原料分子中的每一个原子，使之结合到目标分子中，从而达到零排放。

(2) 原料的绿色化

目前已成功开发了可代替有毒有害原料的替代物。替代光气原料方面有胺类和二氧化碳