

绪 论

第一节 化学的发展

化学是研究物质的性质、组成、结构、变化和应用的科学。世界是由物质组成的，化学则是人类认识和改造物质世界的主要方法和手段之一，它是一门历史悠久又富有活力的学科，它的成就是社会文明的重要标志。

一、化学的历史与新世纪的化学

(一)悠久的历史

人类的化学实践，在历史上很早就开始了。从火的利用，到烧制陶器、冶炼金属以及酿酒、造纸、染色等工艺的出现，都是古代实用化学的发展。我国是世界上化学工艺发展最早的国家之一，优美的陶瓷制品是中国对世界文明的一大贡献。在铜、钢铁、银、锡、铅、锌、汞等金属的冶炼史上中国均居于世界的前列。中国在四千多年前就已知利用酒曲酿酒。中国古代的本草和炼丹术也是世界闻名。火药则是中国的四大发明之一。

17世纪后期，英国著名科学家波义耳（Boyle）提出了科学的元素概念，化学走上了科学的道路。1803年，英国化学家道尔顿（Dalton）提出了原子学说。1811年，意大利物理学家阿佛加德罗（Avogadro）又提出了分子的概念，1860年，正式建立了分子学说。1869年，俄国著名化学家门捷列夫（Mendeleev）提出了元素周期律。19世纪末期，阴极射线、X射线和放射性三大重要科学发现证明原子是可分的并且有复杂的结构。

(二)20世纪的化学

进入20世纪以后，化学学科不论在认识物质的组成、结构、反应、合成和测试等方面都有了长足的进展，而且在理论方面取得

了许多重要成果。在无机化学、分析化学、有机化学和物理化学四大分支学科的基础上产生了许多新的化学分支学科。

在结构化学方面，应用量子力学研究分子结构，产生了量子化学，逐步揭示了化学键的本质，化学反应理论也深入到微观境界。应用 X 射线可以洞察物质的晶体结构，研究物质结构的谱学方法也由光谱扩展到核磁共振谱、光电子能谱等。电子显微镜放大倍数不断提高，人们已经可以直接观察分子的结构。

经典的元素学说由于放射性的发现而产生深刻的变革。从同位素的发现到人工核反应和核裂变的实现、中子和正电子及其他基本粒子的发现，使人类的认识深入到亚原子层次；放射化学和核化学等分支学科相继产生；元素周期表扩充到 112 种元素。

在化学反应理论方面，经典的、统计的反应理论已进一步深化，逐渐向微观的反应理论发展，用分子轨道理论研究微观的反应机理。分子束、激光和等离子技术的应用，使化学动力学深入到单个分子或原子水平的微观反应动力学。计算机技术的发展，使得化学统计、化学模式识别都得到较大的进展。从无机催化到有机催化和生物催化，已经开始研究酶类的作用。

分析方法和手段是化学研究的基本方法和手段。经典的成分和组成分析方法仍在不断改进，分析灵敏度从常量发展到微量、超微量、痕量；发展出许多新的分析方法，可以深入到进行结构分析、各种活泼中间体的直接测定。分离手段也不断革新，离子交换、膜技术，特别是各种色谱法得到迅速的发展。各种分析仪器，如质谱仪、极谱仪、色谱仪广泛应用并实现微机化、自动化。

在无机合成方面，氨的合成开创了无机合成工业，而且带动了催化化学，发展了化学热力学和反应动力学；后来相继合成了红宝石、人造水晶、硼氢化合物、金刚石、半导体、超导材料和多种配位化合物，稀有气体化合物的合成成功又向化学家提出了新的挑战。无机化学在与有机化学、生物化学、物理学等学科相互渗透中产生了有机金属化学、生物无机化学、无机固体化学等新兴学科。

酚醛树脂的合成，开辟了高分子科学领域，高分子化学得以迅

速发展。各种高分子材料（塑料、橡胶和纤维）的合成和应用，提供了多种性能优异而成本较低的重要材料，成为现代文明的重要标志。

20 世纪是有机合成的黄金时代，一方面，合成了各种具有特种结构和特种性能的有机化合物；另一方面，合成了从不稳定的自由基到有生物活性的蛋白质、核酸等生命基础物质，例如胰岛素、核糖核酸等。有机化学家还合成了复杂结构的天然有机化合物，如吗啡、血红素、叶绿素、甾族激素、维生素 B₁₂ 和有特效的药物，如磺胺、抗生素等。

在 20 世纪，新化合物的数目从 55 万种增加到 2000 万种以上。

20 世纪以来，化学发展的趋势可以归纳为：由宏观到微观、由定性到定量、由稳定态向亚稳态发展、由经验上升到理论，再用于指导设计和开创新的研究。

（三）21 世纪的化学

1. 研究对象的更新

（1）在数量上，新分子和新化合物将以指数函数的速度增长，大约每隔 10 年翻一番。

（2）在质量上，将更加重视人类需要的功能分子和功能材料。

（3）人们将不再满足于合成新分子，而要把分子扩展组装成分子材料、分子器件、分子机器，例如碳纳米管分子导线、分子开关、分子磁体、分子电路、分子计算机等。

2. 研究对象丰富多彩 从研究对象的不同可以划分为 8 个层次。

（1）原子层次的化学 其中包括核化学、放射化学、同位素化学、元素化学、单原子操纵和检测化学等。

（2）分子片（molecular fragment）层次的化学 原子只有 110 余种，但分子数已经超过 2000 万种，因此有必要在原子和分子之间引入一个“分子片”的新层次。分子片这一名词是由霍夫曼（Hoffmann）在他的“等瓣心原理”（isolobal principle）中首先提到的。高

分子化学中的单体、蛋白质中的氨基酸、DNA 中的 4 种碱基也可以认为是一种分子片。在 21 世纪, 将开展分子片化学的研究。

(3) 分子层次的化学 分子是一个可以独立存在的、具有一定化学特性的物质微粒。惰性气体原子可以生成单原子分子, 其他元素的分子则是由 2 个或多个原子通过共价键或共价配位键连接起来的。高分子、生物大分子、自由基、准分子(即分子的激发态、过渡态、吸附态等)和带电荷的分子、离子都属于分子的范畴。现已合成 2000 多万种分子和化合物, 通常把它们分为无机、有机和高分子化合物。但是近 30 年来合成的众多化合物, 如金属有机化合物、元素有机化合物、原子簇化合物、金属酶、金属硫蛋白、富勒烯、团簇、配位高分子等很难适应老的分类法, 21 世纪将研究分子的多元分类法, 如按照分子片结合方式和生成的分子结构类型分类等。

(4) 超分子层次的化学 超分子是由 2 个或 2 个以上分子通过非共价键的分子间作用力结合起来的物质微粒。这些分子间作用力包括范德华引力、各种不同类型的氢键、疏水-疏水基团相互作用、疏水-亲水基团相互作用、亲水-亲水基团相互作用、静电引力、极化作用、电荷迁移、分子的堆积和组装、位阻和空间效应等等。相对于共价键而言, 分子间作用力研究得很不够, 是今后要重视的方向。

(5) 生物分子层次的化学 其中包括生物化学、分子生物学、化学生物学、酶化学、脑化学、神经化学、基因化学、生命调控化学、药物化学、手性化学、环境化学、生命起源、认知化学、从生物分子到分子生物的飞跃等。

(6) 宏观聚集态的化学 其中包括固体化学、晶体化学、非晶态化学、流体和溶液化学、等离子体化学、胶体化学、界面化学等。

(7) 介观聚集态的化学 根据最新的科学观点, 把物质世界划分为宏观、介观和微观三种, 介观世界物质的尺度在 $0.1 \sim 100\text{nm}$, 介于宏观世界和微观世界之间, 其中包括纳米化学、微乳化学、溶

胶-凝胶化学、软物质化学、胶团-胶束化学、气溶胶化学等。

(8) 复杂分子体系的化学 其中包括分子材料、分子器件(如分子开关、分子探针)、分子芯片、分子机器(如分子计算机)等。

3. 研究方法的更新

(1) 合成化学的发展趋势 从合成有机化合物到设计合成符合人类需要的功能分子;计算机辅助合成的方法将被广泛使用;从合成单个化合物到合成数以千百计的类似化合物的组合化学,从中筛选出我们需要的药物;利用生物工程来进行化学合成,例如,用大肠杆菌来生产胰岛素等药物;各种新的合成方法将不断出现,如手性合成、自组织合成、相转移合成、模板合成、原子经济合成、环境友好合成、极端条件下的合成、太空无重力条件下的晶体生长等。

(2) 分离化学的发展趋势 提高现有各种分离方法(萃取化学、离子交换、色层分离、电泳、离心分离、扩散分离、电磁分离、重力分离等)的效率,并发展新的分离方法;把合成和分离结合起来,变成一个过程,例如把反应物 A 接到离子交换树脂上,让反应物 B 在溶液中和树脂上的 A 起反应,则反应产物就自动和 A 分离;把分离和性能测试两者结合起来,例如把抗原接在树脂上,让一批候补的化合物在溶液中通过树脂,如果其中含有抗体,就能和树脂中的抗原结合。

(3) 分析化学的发展趋势 从化学分析拓宽到生命科学中的分析;从常规分析到流动注射分析、活体分析、单细胞分析、单原子和单分子检测和分析、各种传感器的广泛使用;各类分析方法的联用,例如,色谱和质谱联用、色谱和光谱联用、电感耦合等离子光谱-质谱联用等;从静态分析到原位、实时、在线和高灵敏度、高选择性的新型动态分析和无损探测方法;把分析化学实验室搬到芯片上:现在有十几家化学仪器公司正在玻璃、塑料或硅片上刻蚀化学实验室,把试管、烧杯、漏斗、本生灯等搬到芯片上,化学家只要把 $1\mu\text{L}$ 或 1nL 的样品注入化学芯片,几分钟后就能在计算机的屏幕上看到分析结果;分析化学的信息化和化学计量学的发展。

二、化学的学科分类

(一) 化学的分支学科

化学在发展过程中,依照所研究的分子类别和研究手段、目的、任务的不同,派生出不同层次的许多分支学科。根据当今化学学科的发展,化学这个一级学科的分支学科见表 0-1。

表 0-1 化学的分支学科

二级学科	三级学科
无机化学	元素化学、无机合成化学、无机固体化学、配位化学、生物无机化学、有机金属化学
有机化学	天然有机化学、一般有机化学(包括链烃、环烃、芳烃、杂环等化学)、有机合成化学、金属有机化学和非金属有机化学、物理有机化学、生物有机化学、有机分析化学
物理化学	化学热力学、结构化学(包括量子化学)、化学动力学(包括反应理论、催化理论、分子反应动力学)、分门物理化学(包括热化学、光化学、电化学、磁化学、等离子体化学、辐射化学、胶体化学、表面化学等)
分析化学	分离和预富集、化学分析(包括定性分析和定量分析)、仪器及新技术分析(包括光化学分析、电化学分析、各种色谱、波谱、磁共振谱和能谱,以及射线衍射晶体分析、结构及微区测定等)
高分子化学	天然高分子化学、高分子合成化学、高分子物理化学、高聚物应用、高分子物理
核化学和放射化学	放射性元素化学(包括天然和人工放射性元素化学及核燃料化学)、放射分析化学、辐射化学、同位素化学、核化学(包括高能核化学和低能核化学、重离子核化学、热原子化学和奇特原子化学等)

(二) 边缘学科

根据化学学科与天文学、物理学、数学、生物学、医学、地学等学科相互交叉和渗透的情况,出现了大量边缘学科,例如,生物化学是化学和生物学的交叉学科,内容有:一般生物化学(包括代谢、酶类)、微生物化学、植物化学、免疫化学、发酵和生物工程、食品化学、禽畜营养、肥料、土壤和植物营养等。

其他与化学有关的边缘学科还有:地球化学、海洋化学、大气化学、环境化学、宇宙化学、星际化学等等。

第二节 环境与生态平衡

一、基本概念

(一)生态系统

特定地段中的全部生物（即生物群落）和物理环境相互作用的**整体叫做生态系统（ecosystem）**。在生态系统内，能量的流动导致形成一定的营养结构、生物多样性和物质循环（即生物和非生物之间的交换）。从营养关系看，有自养成分和异养成分的区分。自养成分是生产者，主要是绿色植物；异养成分是消费者，包括草食者、肉食者和分解者。因为生态系统包括生物与非生物环境，并且每一部分又影响另一部分，两者都是地球上生命所必需，因此生态系统就成为生态学中的基本功能单位。生态系统是一个很广的概念，可以从实验室橱窗中含有藻类和原生动物的一瓶水到巨大的热带雨林，甚至地球本身。

按照植物区系、动物区系和它们的环境特点，地球上自然生态系统可以归并成淡水型、海洋型和陆生型三大生态系统。淡水型又分为流水的和静水的两种；海洋型又分为海岸带、浅海带、上涌带、远洋带和珊瑚礁等五种；陆生型又分为荒漠、冻原、极地、高山、草原、稀树草原、温带针叶林和热带雨林等八种。

(二)生态平衡

生态平衡又叫自然平衡，指生态系统的能量流动、物质循环和信息传递都处于稳定和通畅的状态。在自然生态系统中，平衡还表现为物种数量的相对稳定。生态系统之所以能保持相对的平衡稳定状态，是因为其内部具有自动调节（或自我恢复）能力。这种自动调节能力是有限度的，如果外力干扰超过限度，就会引起生态平衡破坏，表现为结构破坏和功能衰退。引起生态平衡破坏的有自然灾害，也有人类不适当的活动，包括人类生活和生产废物污染和对自然资源的过量开发利用等。人为破坏作用造成对生态系统三方面的压力：①生物种类成分的改变；②引起生物赖以生存的环境条件改变；③引起生物系统的信息流通系统的破坏，从而改变生物繁殖

状况。

在人类对自然作用力如此之大的今天，生态平衡已经成为全球人们所共同关心的大问题。

二、当代资源与环境问题

资源与环境问题是当前世界上人类面临的重要问题之一。由于人类利用资源和环境不当，以及人类社会发展与自然不协调，导致资源和环境问题。

（一）资源短缺

1. 水资源 水是生命的命脉，也是工农业生产的必要条件，又是清洁、理想的能源，保护珍贵的淡水资源是至关重要的一件大事。1997年6月，在纽约召开的联合国第二次全球环境首脑会议突出提及水资源问题，并警告：“地区性的水危机可能预示着全球性危机的到来”（参见第十章）。

2. 土地资源 作为一种资源，土地有两个主要属性：面积和质量。随着世界人口的增长，人类正在面临土地资源不足的问题（参见第十一章）。

3. 能源 从不同的角度可以把能源分为不同的类型，比如一次能源和二次能源。当前世界能源主要来自一次不可再生能源。总的趋势是，世界能源消耗在继续增长（参见第九章）。

4. 矿产资源 地壳形成以后，经过几千万年，甚至几十亿年的地质作用，生成的地面或地下的具有利用价值的自然资源叫做矿产资源。矿产资源是人类生活资料和生产资料的主要来源，目前95%以上的能源、80%以上的工业原料、70%以上的农业生产资料、30%以上的工农业用水都来自矿产资源。矿产资源绝大多数是不可再生的、有限的耗竭性自然资源，其区域性分布很不平衡。

矿产资源存在着供需矛盾。在可预见的未来，经济上和技术上可供开采的矿产资源是有限的，而人类的需求却在不断地增长，这个矛盾最终会导致矿产资源的耗竭，而且这种耗竭的前景已迫在眉睫。几十亿年地质历史时期内形成的矿产资源在几百年的人类现代历史中被耗竭，将成为历史上的一大悲剧。

我国已发现 168 种矿产，特点是：资源总量大，居世界第三位，但人均占有量只是世界平均水平的 58%，居世界第 53 位，个别矿种甚至居世界百位以后；我国矿产资源地区分布不平衡，主要富集在中部或西部地区，而加工消费区集中在东南沿海区；到目前为止，我国 45 种主要矿产的探明储量有相当部分不能满足经济发展的需要，特别是需求量大的石油、铁、铜、铝、硫、磷等重要矿产，供需缺口较大。

(二) 环境污染

环境污染主要指人类活动引起环境质量下降，有害于人类及其他生物的正常生存和发展的现象。自然过程引起的同类现象，叫做自然灾害或异常。环境污染的产生有一个从量变到质变的发展过程，当某种能造成污染的物质的浓度或总量超过环境自净的能力，就会产生危害。目前环境污染产生的主要原因是资源的浪费和不合理使用，使有些资源变为废物进入环境而造成危害。

产业革命以后，工业生产迅速发展，人类排放的污染物大量增加，以至在一些地区发生环境污染事件，如 1850 年英国伦敦附近泰晤士河中水生生物大量死亡；1873 年伦敦烟雾事件等等。当时，由于受到科学技术和认识水平的限制，环境污染并没有引起重视。20 世纪 30 年代到 60 年代，由于工业的进一步发展，在世界一些地区先后发生公害事件（见表 0-2），环境污染才逐渐引起人们普遍注意。这个时期的公害事件主要出现在工业发达国家，是局部性、小范围的环境污染问题。

表 0-2 世界历史上的八大公害事件

事件名称	时间和地点	污染源及现象	主要危害
马斯河谷 烟雾	1930 年 12 月，比利时马斯河谷工业区	二氧化硫、粉尘蓄积于空气中	约 60 人死亡，数千人患呼吸道疾病
洛杉矶光 化学烟雾	1943 年，美国洛杉矶	晴朗天空出现蓝色刺激性烟雾，主要由汽车尾气经光化学反应造成的烟雾	眼红、喉痛、咳嗽等呼吸道疾病，死亡 400 多人

续表

事件名称	时间和地点	污染源及现象	主要危害
多诺拉烟雾	1948 年, 美国宾夕法尼亚州多诺拉镇	炼锌、钢铁、硫酸等工厂的废气, 蓄积于深谷空气中	死亡 10 多人, 患病约 6 000 人
伦敦烟雾	1952 年 12 月, 英国伦敦	二氧化硫、烟尘在一定气象条件下形成刺激性烟雾	诱发呼吸道疾病, 死亡 4 000 多人
四日市哮喘病	1961 年, 日本四日市	炼油厂和工业燃油排放废气中的二氧化硫、烟尘	800 多人患哮喘病, 死亡 10 多人
富山县痛痛病	1955 年, 日本富山县神通川流域	冶炼铅锌的工厂排放的含镉废水	引起痛痛病, 患者 300 多人, 死亡 200 多人
水俣病	1956 年, 日本熊本县水俣湾	化肥厂排放的含汞废水	中枢神经受伤害, 听觉、语言、运动失调, 死亡 1 000 多人
米糠油事件	1968 年, 日本北九州地区	米糠油中混入多氯联苯	死亡 30 多人, 中毒 1 000 余人

20 世纪 70~90 年代, 世界上又发生过多起突发性的严重污染事件 (见表 0-3)。

表 0-3 20 世纪 70~90 年代突发性的严重污染事件

事件名称	时 间	地 点	危 害	原 因
阿摩柯卡的斯油轮泄油	1978 年 3 月	法国西北部布列塔尼半岛	藻类、潮间带动物、海鸟灭绝, 工农业生产、旅游业损失巨大	油轮触礁, 22 万吨原油入海
三里岛核电站泄漏	1979 年 3 月 28 日	美国宾夕法尼亚州	周围 80km ² 的 200 万人极度不安, 直接损失 10 多亿美元	核电站反应堆严重失水
墨西哥油库爆炸	1984 年 11 月 9 日	墨西哥	4 200 人受伤, 400 人死亡, 300 栋房屋被毁, 10 万人被疏散	石油公司一个油库爆炸
博帕尔农药厂泄漏	1984 年 12 月 2 日	印度中央邦博帕尔市	1 408 人死亡, 2 万人严重中毒, 15 万人接受治疗, 20 万人逃离	41 吨异氰酸甲酯泄漏

续表

事件名称	时 间	地 点	危 害	原 因
威尔士饮用水污染	1985 年 1 月	英国威尔 士	200 万居民饮水污染, 44% 的人中毒	化工公司将酚 排入迪河
切尔诺贝利核 电站泄漏	1986 年 4 月 26 日	前苏联乌 克兰	31 人死亡, 203 人受 伤, 13 万人被疏散, 直接 损失 30 亿美元	4 号反应堆机 房爆炸
莱茵河污染	1986 年 11 月 1 日	瑞士巴塞 尔市	事故段生物绝迹, 160km 内鱼类死亡, 480km 内的水不能饮用	化学公司仓库 起火, 30t 含硫、 磷、汞的剧毒物 入河
莫农格希拉河 污染	1988 年 11 月 1 日	美国	沿岸 100 万居民生活 受严重影响	石油公司油罐 爆炸, 1.3 万 m ³ 原油入河
埃克森·瓦尔 迪兹号油轮漏油	1989 年 3 月 24 日	美国阿拉 斯加	海域严重污染	漏油 4.2 万 m ³
比利时污染鸡 事件	1999 年 2 月至 6 月	比利时	2 000 多家养鸡户的鸡 生长及产蛋异常, 波及 欧洲, 导致比利时政府 内阁辞职	鸡饲料中混入 二噁英

20 世纪 80 年代以来, 污染的范围扩大了很多, 像全球气候变化、臭氧层被破坏等都属于全球性环境污染, 酸雨等属于大面积区域污染。这个时期的环境污染是大范围甚至是全球性的环境污染和大面积的生态破坏, 不但包括经济发达国家, 也包括众多的发展中国家, 甚至有些情况在发展中国家更为严重。

当今世界上大气、水、土壤和生物所受到的污染和破坏已经达到危险的程度; 自然界的生态平衡受到日益严重的干扰, 自然资源受到大面积破坏, 自然环境正在退化。

环境污染有不同的类型。按环境要素可以分为大气污染、水体

污染和土壤污染等；按污染物的性质可分为生物污染、化学污染和物理污染；按污染物的形态可分为废气污染、废水污染和固体废弃物污染，以及噪声污染、辐射污染等；按污染产生的原因可分为生产污染和生活污染，生产污染又可分为工业污染、农业污染、交通污染等；按污染物的分布范围又可分为全球性污染、区域性污染、地方性污染和局部性污染等。本书后面的章节将要分别介绍不同类型的污染情况。

（三）环境保护和可持续发展战略

环境保护是指采取行政、法律、经济、科学技术等多方面措施，合理地利用自然资源，防治环境污染和破坏，以求保持和发展生态平衡，扩大有用自然资源的再生产，保障人类社会的发展。

20 世纪 50 年代，有些国家出现反污染运动。科学家们惊奇地发现，短短几十年时间内，工业的发展却把人类带进了一个被毒化了的环境，而且环境污染造成的损害是全面的、长期的、严重的。1972 年联合国人类环境会议提出环境问题不仅是一个区域性问题，而且是一个全球性问题，于是，“环境保护”这一术语被广泛地采用。

联合国于 1983 年成立了世界环境与发展委员会。该委员会于 1987 年向联合国大会提交的研究报告《我们共同的未来》提出了“可持续发展”的概念。

1992 年，联合国环境与发展大会在巴西里约热内卢召开。会议通过了《里约环境与发展宣言》和《21 世纪议程》两个纲领性文件；大会为人类高举可持续发展旗帜、走可持续发展道路发出了总动员。

第三节 化学与环境

一、化学与环境的密切关系

人们一直注意改善自己的衣食住行条件，以创造一个有益于健康的环境，当这些基本需要得到保证的时候，人们的注意力就转向对舒适和方便的追求。所有这些愿望能得到满足的程度决定了生活

的质量。然而，一般来说，由于某种质量的取得很容易以牺牲其他方面为代价来实现，因此需要作出抉择。现在我们发现，要获得更丰富的消费品和能源以及满足人们的愿望同保持一个有益健康的环境是互相抵触的。当代的一个重大问题就是：面对世界人口日益增长并不断集中（城市化），生活水平不断提高，我们应该如何保护环境。

环境污染问题正在日益显著，人们也正在认识周围世界中某些微妙的相互作用，发现以前没有注意到的化学反应。许多大规模的化学污染事件提醒人们：大规模地生产消费品，需要妥善地处置有潜在危险的原料和半成品。公众对保护环境已经有了比较深刻的认识，比如，多数人都表示愿意为环境友好的产品，比如无铅汽油付更多的钱。

要保护我们的环境，需要充分的知识和合理的对策。我们必须能够回答下列问题。

(1) 在我们的空气、水、土壤和食品中，存在着哪些潜在的有害物质？

(2) 这些物质来自何方？

(3) 有什么方案（例如代用品和改变生产工艺）能缓解和消除存在的污染问题？

(4) 某种物质的危险程度与人们接触它们的程度之间的依赖关系如何？在现有的改进方案中我们应如何作出选择？

十分明显，在解决前三个重要问题方面，化学家可以起核心作用。要了解环境中存在哪些物质，我们就需要分析化学家开发越来越灵敏、选择性越来越高的分析技术。为了对污染物溯本求源，我们也指望分析化学家经常与气象学家、海洋学家、火山学家、生物学家及水文学家开展合作研究，起到侦探的作用。寻根觅源可能需要从化学上详细了解在污染源与最终有害或有毒产物之间发生的各种反应，因此，解决方案的制订需要全面的化学知识。如果我们必须使用较低级的能源来满足对能源的需求，那么，能开发出哪些催化剂和新工艺来避免目前燃煤电厂导致的酸雨和致癌物排放问题

进一步恶化？

因此，我们要想及早发现环境污染的出现，要想知道环境污染的根源，要想选择经济上可行的解决方案，就必须保证化学事业的健康发展。其他学科也能作出各自独特的贡献，但是化学能起相当重要的作用。

上述最后一个问题，即对某一物质必须接触到何种程度才具有危险性，则是医学家、毒理学家和流行病学家的研究领域。

最后，在各种解决方案之间必须由政府作出抉择。化学家及其他相关学科的科学家的在此肩负着重要的提供信息的责任。每一项抉择都应该得到最全面、最客观、最有效的科学资料，对于公民和政府来说，最大的困境莫过于面临决策时还不掌握全部事实和有关的科学知识。包括化学家在内的科学家们必需肩负起责任，向公众、新闻传媒和政府提供通俗易懂的客观情况，这种客观情况必须能为某项决策奠定科学基础，并摆出可供选择的各种方案。

二、《化学与环境》课程的目的和内容

（一）《化学与环境》课程的主要目的

首先，在高等学校普遍开展化学教育，是加强素质教育的需要。《化学与环境》课程在中学化学内容的基础上，介绍最基本的化学原理、化学物质和若干化学分支学科的内容，使学生的科学素质配套齐整，不致在化学这个领域形成空白或缺口。

人类在 20 世纪中叶开始了一场新的觉醒，即对环境问题的认识。人类正遭受严重环境问题的威胁和危害，既关系到当今人类的健康、生存与发展，更危及地球的命运和人类的前途。为了保护环境，走可持续发展的道路，起根本作用的是全人类的觉醒和一致行动，尤其是年青的大学生，作为将来社会的栋梁，其意识、伦理、知识、信念，都将极大程度地决定世界的未来，所以在高等学校开设有关环境的课程极为重要。

化学与环境的关系极为密切。大多数环境问题和污染事件都是由化学污染物造成的，而这些环境问题的解决也主要采用化学或物理化学的方法。因此，开设《化学与环境》课程是大势所趋，水到

渠成。

（二）《化学与环境》课程的主要内容

《化学与环境》课程并非《普通化学》课程和《环境保护》课程的简单、机械加和，而是以环境为依托，融入化学的基本原理、基础知识，并与现代科技相沟通形成的新课程。在化学原理和分支部分，注意与现行中学化学内容合理衔接，选取大学生必备、环境保护中必需的内容。在环境污染物和背景物质部分，又分为无机污染物、有机污染物和胶体物质三章，其中无机污染物与有机污染物的分类却又按照元素周期表中的族来讨论，两门课程的融合在这一部分体现得最为鲜明。在本书最后各类污染及其防治当中，主要选取由化学污染物造成的污染。于是，两门以前完全独立的课程有机地融合成一门新的课程。

本书内容力求体现现代观点，引入化学和环境科学中一些新概念，介绍一些新发生的事件和与环境有关的热点话题，既突出基本内容，又扩大学生的知识面，以适应新世纪科学技术和社会发展的需要，加强素质教育，使学生在科学文化和环境意识方面均有所收益。

习 题

1. 在 20 世纪当中，化学学科取得了哪些发展和进步？
2. 21 世纪的化学研究有哪些特点？
3. 当今化学有哪些分支学科？
4. 什么是生态系统？它有哪些类型？
5. 什么是生态平衡？
6. 当今世界有哪些资源短缺问题？
7. 什么是环境污染？环境污染分哪些类型？
8. 什么是环境保护？
9. “可持续发展战略”是如何提出来的？
10. 化学与环境有什么样的关系？
11. 《化学与环境》课程的主要目的和主要内容是什么？

第一章 化学平衡原理

第一节 化学热力学基础

热力学是在生产实践中逐渐发展起来的一门科学。人们早就知道，伴随化学反应的发生，能量也发生转化。热力学是研究热与功的转换规律的科学。

一、化学反应的热效应

(一) 热力学的一些基本概念

1. 系统与环境 系统就是所研究的对象，在化学中就是所研究的物质和空间。系统以外的部分统称为环境。系统和环境的范围是人为划定的，目的是便于研究。例如我们要研究一杯水的变化，则把水选择为系统，水之外的物质如杯子、空气等均为环境。如果环境与系统之间既有物质交换又有能量交换，则该系统称为敞开系统（open system）；环境与系统之间只有能量交换而没有物质交换，则该系统称为封闭系统（closed system）；环境与系统之间既无物质交换又无能量交换，则该系统称为孤立系统（isolated system）。

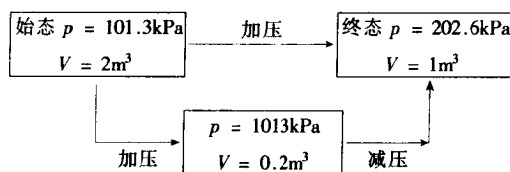
2. 状态与状态函数 热力学状态不是指物质的聚集状态（固、液、气态），而是指系统的物理性质和化学性质的总和（如质量、温度、压力、体积、密度、组成等）。当这些性质都有确定的值时，就说系统处于一定的状态，即热力学状态。

系统的状态可由状态量进行描述。所谓状态量，就是描述系统性质有确定值的物理量。例如以气体为系统时，气体的物质的量 n ，气体的压力 p ，体积 V ，温度 T 等，都是状态量。因为系统的状态是系统多种性质的综合体现，所以状态量之间存在着相互联系而不是各自独立的，例如，理想气体有 $pV = nRT$ 的关系， p 、 V 、 n 、 T 这些状态量，就可以相互构成函数关系，如 $p = f(V, n, T)$ 。

T) 等。这样, 状态量就常称为状态函数 (state functions)。当系统的状态发生变化时, 状态函数的变化值, 只与系统的始态和终态有关, 而与变化途径无关, 这是状态函数最重要的特性。

3. 过程 系统只要有一个性质在随时间而发生变化, 就叫做发生着过程, 例如, 某气体的压力由 101.3kPa 变成 202.6kPa , 或某系统发生化学组成的变化, 都叫做发生着过程。

4. 途径 状态变化所经历的具体步骤称为途径。例如, 一定量的某理想气体, 由始态 $p_1 = 101.3\text{kPa}$, $V_1 = 2\text{m}^3$, 变成终态 $p_2 = 202.6\text{kPa}$, $V_2 = 1\text{m}^3$, 此过程可以有二个不同途径:



然而, 不管过程是一次加压而达到终点, 还是经过加压和减压两步而达到终点, 只要始态和终态一定, 则其状态函数 p , V 的变化是定值, 即

$$\Delta p = p_2 - p_1 = 202.6\text{kPa} - 101.3\text{kPa} = 101.3\text{kPa}$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 1\text{m}^3 - 2\text{m}^3 = -1\text{m}^3$$

5. 内能 系统内各物质的微观粒子都在不停地运动和相互作用着, 以各种形式的能量表现出来, 如分子平动能、分子转动能、分子振动能、分子间势能、原子间键能、电子运动能、核内基本粒子间核能等。系统内部这些能的总和叫做系统的热力学能 (thermodynamic energy) 或内能, 以 U 表示, 单位是 J, kJ。

内能是系统内部能量的总和, 是系统本身的性质, 所以仅决定于状态, 在一定状态下, 有一定的值, 换言之, 内能是状态函数。内能的变化量 ΔU , 只与物质的始态和终态有关, 与变化的途径无关。由于物质内部结构的复杂性、能量形式的多样性, 内能的绝对值尚无法测定, 但内能的变化量 ΔU 是可以测定的。根据能量守恒与转化定律, 内能变化量可以由系统与环境间交换的热和功来加以