1
奇妙的化学

让世界更美好

世界是由物质构成的，物质世界处在不断的变化之中。物质的变化有许多不同形式：有的是物质不同状态之间的相互变化，比如结冰时水从液态变成了固态,称为物理变化 有的是物质转化为性质完全不同的另一些物质，像固态的木炭燃烧时与空气中的氧气化合成为气态的二氧化碳，这叫做化学变化；还有的与生命现象有关，称为生物变化；等等。这些不同的物质变化，构成了各门自然科学不同的研究对象。化学就是以物质的化学变化为主要研究内容的一门科学。在化学变化过程中，构成物质的分子、原子或离子的状态发生了变化,从而导致物质的组成和结合方式产生改变,并生成新的物质,表现出不同的物理性质和化学性质。

人类很早就对化学有了朦胧的认识。在几千年前，我们的祖先就能够制造祭祀和生活用的各种陶

需要全本请访问 www.ertongbook.com

器,这可以看作是化学知识的最早应用。后来,人类又逐渐掌握了金属冶炼技术,有力地推动了人类文明的进步。特别值得我们骄傲的是,中国古代四大发明中的造纸术和火药,都是化学知识的重要应用,也是中华民族对人类文明的巨大贡献。到了中世纪,炼金术的流行使化学知识得到了不断积累。许多器具和方法,今天仍在化学实验室中沿用。若干常见的化学元素(如汞、锌、砷、锑、磷等)的发现,也要归功于金丹术士们。实际上"化学"(chemistry)这个词,就来源于"金丹术"(alchemy)。

然而,化学真正成为一门科学,却仅仅只有300多年的历史。1661年,玻意耳(R. Boyle)确定了化学元素的科学定义,为化学成为一门真正的科学奠定了基础。自此以后,化学有了长足的进步。到了19世纪中叶,逐渐开始形成化学的四大分支学科:无机化学、有机化学、分析化学和物理化学。进入20世纪以来,化学的发展更为惊人,成果更为巨大。新的化学分支(如放射化学、材料化学、生物化学等等)不断涌现,化学对农业、医药、环境、食品等领域的影响,也正在得到越来越深入的认识。目前,化学已经渗透到了人类和社会生活的几乎每个方面。可以这样说,没有现代化学的迅猛发展,就谈不上有现代化的社会。

举目望去,高高耸立的摩天大楼、灯光璀璨的夜市美景、飞速奔驰的汽车、五彩缤纷的衣饰……哪一样离得开化学?我们可以毫不夸张地说,它们全都

与现代化学和化学工业的成果有关。建造高楼大厦所需的水泥、钢筋、玻璃、墙面涂料等等，哪一样不是化学工业的产物 用以代步的汽车、摩托，不仅需要汽油、柴油作为动力，还需要各种润滑剂、添加剂，这些无一不是石油化工产品。夜市的霓虹灯通电后放射出绚丽的光彩，是由于灯管里充满着稀有气体，而这些稀有气体也是由化学家发现的。此外，我们穿的许多衣服，是用各种高分子纤维材料制成的 衣服上所用的颜料，则是化工厂里生产出来的 即便是纯棉、纯羊毛的织物，也离不开化学染整处理，否则就根本不可能有什么免烫、防缩水等性能。

人类的衣食住行、医药卫生、交通运输、文化生活、军事国防……无一不与化学有关。因为有了化学，人类才能够更加合理地利用能源；因为有了化学，人类才能够丰衣足食。甚至可以这样说，我们已经不知不觉地生活在现代化学化工的海洋之中了。化学和化学工业的发展，推动了整个社会的发展，也使我们的世界变得越来越美丽，使我们的生活更加美好。

化学的魅力

化学是一门专门研究物质的性质、组成、结构、变化及其规律的科学。人们一旦认识了物质变化的规律，就能变废为宝，化腐朽为神奇。利用化学，人们可以把矿石变成各种各样的金属，可以把原油变

成玻璃丝袜,可以变出金刚石、红宝石。和化学的变化相比,即使是魔术师们千变万化的"戏法"也难免黯然失色。这就是化学的魅力所在。

黑黝黝的铁矿石,看上去毫不起眼,但经过钢铁厂的一番烧炼铸造,却变成了各种各样、适合多种用途的钢铁和合金钢。随处可见的泥土,似乎也没有什么用场,但里面含有丰富的硅酸铝,可以提炼出银白色的金属铝。铝有着十分广泛的用途,在铝中加入一定量的其他金属(如铁、锰、铜等),原本较软的纯铝就摇身一变,成了强度几乎与钢相近、耐腐蚀且密度小的铝合金,可用于汽车、飞机、火箭和人造卫星等的制造。所有这些神奇的变化,都来自化学。

闪闪发光的金刚石和柔软乌黑的石墨,乍一看几乎没有什么共同之处。可是当人们知道,金刚石和石墨都是碳的同素异形体,而且从热力学原理出发计算出了将石墨转化成金刚石所需的各种条件后,把石墨转变成金刚石就不再只是金丹术士们的幻想了。获得 1906 年诺贝尔化学奖的法国化学家穆瓦桑(H. Moissan),用他自己制造的电炉将石墨加热到 3000℃,再使其在高压下急剧冷却,最终得到了少量的金刚石。当人们从报纸上看到穆瓦桑发表的文章"钻石不过是高压下液态碳迅速冷却的产物",证明了金刚石可以从石墨制得后,当时的金刚石市场价格就开始急剧下跌。现在,人们已经能用各种手段产生高温高压来人工制取金刚石,不过人工制取的金刚石略带黄色,其大小、色泽都无法与天然金

刚石相媲美，主要用于各种工业用途（如钻石机械、玻璃刻刀等）。但是，焉知有一天人们不会合成出比天然金刚石更璀璨夺目的钻石呢？当然，要使这一天早日到来，就要靠化学工业的进一步发展了。

如今，人们一谈起高科技，就会想到电子计算机。电子计算机的心脏是集成电路芯片，那么，制造芯片的材料是什么呢？是硅，硅单晶。而硅单晶也是人们利用化学原理化腐朽为神奇的产物。黑色或黄褐色的原油，经过石油化工的“巧妙变化”，就能变成种类繁多、性能各异的石油化工产品，如塑料、人造橡胶、人造纤维、洗涤剂等等。

化学的魅力来自构成原子、分子的各种化学元素，来自这些化学元素之间发生化学变化时的各种规律。对各种化学元素及其相互变化规律的认识不断深化的过程，既是化学不断发展的过程，也是人类利用化学不断改造世界的过程。

化学是一门实验科学

中国科学院前院长卢嘉锡先生曾经说过：“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。”而化学要认识和改造物质自然界，一个最重要的实践活动就是化学实验。

化学是一门具体研究物质变化及其规律的科学，因此，和自然科学的其他学科相比，实验就显得

需要全本请访问 www.ertongbook.com

格外重要。可以这样说，化学是一门实验科学。离开了实验,化学的发展就失去了源泉,就不可能有什么具体的发明创造。纵观 20 世纪这 100 年来的诺贝尔化学奖获得者，除了少数纯粹的理论化学家以外，几乎都是辛勤的实验工作者。就是那些理论化学家，他们的成果从根本上也依赖或取材于化学实验的结果。没有化学实验,理论就成了无源之水、无本之木。

设立诺贝尔奖的瑞典人阿尔弗雷德·诺贝尔(Alfred B. Nobel)本人,就是一位十分出色的实验化学家。诺贝尔对实验的投入和热情，堪称实验工作者的典范。不管走到哪里,住到哪里,他都会在住所附近建起实验室。除了处理他拥有的众多化工企业中的事务以外，其他时间就只能在实验室中找到诺



图 1　诺贝尔的实验室

贝尔的身影了。诺贝尔一生的大部分时间都是在实验室中度过的。他经常在实验室中工作到深夜，几乎从不停歇地进行研究。因为紧张地实验，他的头发、胡须也常常好久无暇修剪；他的衣服由于硫酸、硝酸的腐蚀和炸药的灼烧而布满了孔洞；他的手和脸常常被浓酸灼伤；他的身体也曾在试验雷汞时因为意外爆炸而鲜血淋漓。但诺贝尔全然不顾，似乎对这一切都毫不在意。正是有了这种精神，他才能在一生中提出 350 多项专利。诺贝尔发明的无烟火药、雷管、煤气表等一系列创造，到现在还在使用。

正是通过化学实验，化学家们开拓出一个又一个化学新领域，发现一个又一个化学新大陆 寻找出组成自然界的各种化学元素；从成分复杂的物质中分离出其中的微量物质并分析其结构；研究物质结构与性能的关系；研究物质变化的规律……许多在这些方面做出了伟大发明创造的化学家，有幸获得了诺贝尔化学奖的桂冠。

化学实验离不开仪器。过去人们一直以为，化学实验离不开瓶瓶罐罐。但进入 20 世纪，特别是在 40 和 50 年代以后，各种现代电子仪器的发明，使化学的实验手段不断进步，推动着化学研究一日千里地飞速发展。

我们都知道，夏天可以用蚊香来驱除蚊子 但很少有人知道，过去制造蚊香的最重要的原料，是一种植物——除虫菊。在现代仪器技术发展之前，人们对除虫菊中的什么成分能驱蚊一无所知。20 世纪

初的色谱技术使化学家从除虫菊中分离得到了除虫菊酯，而波谱技术则使他们得以测定其结构。在此基础上，第三代有机农药——拟除虫菊酯诞生了。人们通过合成制得的各种拟除虫菊酯，与天然的除虫菊酯功能相近，对各种有害昆虫有不同的杀虫效果 有的对蚊子更有效,有的杀苍蝇更得力,有的对棉花红铃虫的杀伤力特强。以这些拟除虫菊 酯为主要成分的日用除虫剂，也已经进入了千家万户。

近年来,现代化学实验手段的飞跃,更是将化学推进到了一个新的时代。现在，化学家已经能够将自己的目光聚焦在微观的分子上，从分子运动的角度来理解化学反应，认识化学元素之间的相互转变。同时,化学家也已经利用现代实验方法,研制出各具特性的各种新物质、新材料，为我们的生活增光添彩。

一把双刃剑

任何事物都是一分为二的。化学以它独特的魅力使我们的世界变得越来越美好，但它同时也给我们的世界带来了不少灾难。现代不断发展的化学工业,在生产了许许多多化工产品的同时,也制造了许多废气、废液、废渣,污染了我们的环境,危害着人类的健康。各种人工合成的塑料，固然方便了我们的生活,提高了我们的生活质量,但这些塑料却很难被自然界中的细菌所分解,因而留下了难以消除的‘白

色污染”。新装修的房子看起来富丽堂皇,但如果不注意,墙壁上的涂料和屋内的家具释放的甲醛,就会在不知不觉中危害居住者的健康。凡此种种，不一而足。于是乎,人们常常谈化学而色变,避之惟恐不及,似乎化学就是‘三废”,就是有毒有害物质,却忘了我们就生活在化学的‘海洋”之中。没有化学,就没有了我们的美好生活。

仔细分析起来，在与化学工业有关的种种灾害里,有许多完全是不应发生的或者是人为造成的,与化学本身其实并没有什么关系。例如，一些不法商贩为了牟取暴利,在酒中掺甲醇、将陈米抛光上色等等，这些恶劣行径，根本不应该由化学来承担恶名。再比如,1984 年印度的博帕尔曾发生了异氰酸甲酯泄漏事故,造成 3000 人中毒而死。这种意外事故是人为控制不当造成的，也与化学本身无关。

在化学工业的种种后遗症当中，还有一些是可以通过改进工艺、提高技术水平而加以控制甚至完全消灭的。像前面所讲的家居中的甲醛渗漏，就可以通过改变配方、提高质量要求而使之大为降低;化工厂的废气、废液和废渣也可以通过吸收、焚化或填埋等手段,使其危害大大减少。

然而,化学家们做出的发明创造,往往要经过许多年才能真正看清它的利弊。有些发明创造，在当时看来是有益的,但长期积累下来,就会造成很大的危害。而这也正是我们将化学称为‘一把双刃剑’的原因。我们可以举两个引人瞩目的例子——DDT 和

氟利昂。

DDT 的化学名称是二对氯苯基三氯乙烷。它是一种早在 1873 年就被人工合成的含氯有机化合物。瑞士化学家米勒(P. H. Müller)在寻找杀虫药物时，经过大量试验，发现这种化合物具有良好的杀虫效果，并于 1942 年将其投放市场。由于 DDT 对杀灭多种害虫迅速有效，而对人和家畜无害，同时还有效力持久、无刺激性气味、稳定性好、价格便宜等优点，从而在世界各国得到迅速推广，成为第一代有机农药的典型代表(第二代有机农药是有机磷农药，第三代有机农药是拟除虫菊酯）。米勒也因此获得了 1948 年诺贝尔生理学医学奖。但后来人们逐渐发现，正因为 DDT 具有很强的稳定性，可在人或动物肝脏内累积，天长日久，就会损害生命体的健康。许多被 DDT 侵害的鸟类产下了无法孵化的薄壳蛋。而且，DDT 的扩散范围极广，甚至连南极企鹅的体内也发现了 DDT 的踪迹。因此，在 20 世纪 70 年代前后，DDT 先后被世界各国禁止使用。可是，要消除世界上现存的 DDT 的不良影响，恐怕还要相当长的一段时间。

另一个例子是氟利昂。氟利昂是几种氟氯代甲烷和氟氯代乙烷的总称。由于氟利昂在加压时易变成液体，如果压力释放又会变回气体状态，同时性能稳定、无臭无味、热容量高，所以被广泛用于制冷、化妆品等行业。然而后来人们发现，大气平流层上的臭氧层出现了很大的空洞，这对全球的气候变化产

生了严重影响。荷兰科学家克鲁岑(P.J.Crutzen)、墨西哥化学家莫利纳(M.J.Molina)和美国化学家罗兰(F.S.Rowland)通过研究发现,臭氧层之所以会出现空洞,"罪魁祸首"当推氟利昂。氟利昂在光照后分解,产生氯原子,会对臭氧层起到破坏作用。一个氯原子就可以破坏成千上万个臭氧分子。现在,世界各国已纷纷立法,禁止使用氟利昂。上述三位科学家也因为对环境问题的巨大贡献而获得 1995 年诺贝尔化学奖。其实,除了氟利昂,其他一些含氯化合物,如氯仿($CHCl_3$)、氯化氢(HCl)等,也对臭氧层有破坏作用。这些含氯化合物的影响占全部影响的 40% 左右,因此也不容忽视。

目前正在兴起的绿色化学,将彻底改变过去化学工业产生的"三废"危害。所谓绿色化学,就是要发展没有污染的化学工业。原料中的原子和分子将得到百分之百的利用。虽然现在我们还很难做到完全的"绿色",但我们正在朝这一方向努力。1999 年美国《科学》杂志刊登了一篇论文,描述了如何以环己烯或环己醇、环己酮为原料,用双氧水催化氧化,从而得到己二酸,产物只有己二酸和水,没有其他废物。我们应该相信,随着化学的不断发展,它将带给我们越来越多的物质财富,使我们的生活更加美好,同时也将使各种污染和有害物质越来越少。

以上例子说明,人类在认识自然、认识自然规律、认识自然界对人类的反作用等方面,做得还很不够。在其发展过程中,化学既给人类带来了许多福

需要全本请访问 www.ertongbook.

音，但其中也隐含了许多可能危害人类自身的问题。这也是科学发展所不可避免的。而人们一旦意识到了这些危害的严重性，就应毫不犹豫地加以改正。可以相信，随着人类对自然规律认识的不断深化，我们一定能更好地利用化学这把双刃剑，开辟更为美好的未来。

化学的发展与诺贝尔化学奖

我们前面已经说过，化学成为一门真正的科学，是从 17 世纪后期玻意耳对化学元素的定义开始的。他认为化学元素“应该是一些具有确定性质的、实在的、可察觉到的实物，用一般化学方法不能再分解为更简单的某些实物”。这个朴实的定义为人们研究自然界中各种物质的组成指明了方向。

从 17 世纪到 18 世纪初，为了说明燃烧现象，许多化学家都信奉一种“燃素说”，认为燃烧时物质会失去所谓的“燃素”。现在我们知道，这是不正确的。但是燃素说的出现极大地促进了化学的发展，在历史上起着十分积极的作用。

由于工业革命的强烈推动，化学在 18 世纪下半叶有了突飞猛进的发展，积累了大量的实验事实，从而最终导致了化学革命的发生。法国化学家拉瓦锡（A.-L. Lavoisier）是这场革命的核心人物。他第一个证明，物质的燃烧需要空气的参与，并进而建立了科学的氧化理论。他还列出了第一张元素表，并将元

素的特性和化合物的元素组成作为元素和化合物命名的原则。这些新思想很快被各国化学家普遍接受,并使化学的发展进入了新纪元。

18世纪末到19世纪初,化学反应的质量守恒定律、定比定律、倍比定律等最早的化学基本定律逐渐得到确认。在此基础上,19世纪初,英国化学家道尔顿(J.Dalton)提出了原子学说,认为化学元素由非常小的不可再分的微粒——原子组成。这是科学发展史上的重要里程碑。其后,意大利人阿伏伽德罗(A.Avogadro)对此作了改进,提出了分子学说。到了19世纪50年代,原子—分子学说得到了全世界化学家的公认,为化学的发展奠定了坚实的理论基础。

原子一分子学说为物质结构的认识奠定了基础。通过对矿物的分析,化学家们不断发现各种新元素,并从中总结了许多规律。19世纪60年代,俄国科学家门捷列夫(Д.И.Менделеев)和德国化学家迈尔(J.L.Meyer)各自独立地提出了元素周期律。它揭示了各种元素之间存在的内在联系,有力地推动了现代化学的发展,也使无机化学的体系初步形成。元素周期律的提出使化学家们能够在理论指导下寻找新元素,19世纪末惰性气体的发现就是最典型的例子。与此同时,许多化学家对各种原子的原子量进行了精密测量,使原子一分子学说得到了完善。

在原子—分子学说的基础上,有机化学开始进入了有机合成和有机结构分析阶段。19世纪20年

代,德国化学家韦勒(F. Wöhler)用无机物为原料,在试管中合成了有机物尿素，打破了有机物与无机物之间不可逾越的传统观念，开创了有机合成的新时代。1865 年,德国化学家凯库勒(F. A. Kekulé)根据洛施密特(J. Loschmidt)早先的文章,进一步阐明了苯的环状结构，解决了一大类有机化合物的结构问题。此后，有机化学家在这两大领域内完成了许多重要工作。

分析方法和手段是化学研究的基础。在无机化学和有机化学蓬勃发展的同时，化学分析方法也有了长足进步。从定性分析方法到重量分析、容量分析等等，经典分析技术初步得到了完善。而电学和光学分析法的崛起，使化学家们有了认识物质的新的有力武器。

19 世纪末、20 世纪初,X 射线、放射性和电子相继被发现。这三大发现使物理学进入了新的阶段，也给化学带来了深刻影响。热力学和统计思想的引入，不仅澄清了化学平衡和反应速率等化学反应的基本概念，也导致了物理化学这门交叉学科的出现。物理化学的诞生，把化学从理论上提高到了一个新的水平。

20 世纪是化学大发展的时期，新的成果不断涌现,各种理论层出不穷,一个又一个天才人物各领风骚。放射化学的诞生和发展、原子价概念的不断深化、化学键理论的提出、现代分析技术的革命、生物化学的长足进步……都是 20 世纪化学发展史上的

重要篇章。其中绝大多数成就，都被铭刻在诺贝尔化学奖的荣誉榜上。

诞生于 1901 年的诺贝尔奖,是现代科学界的最高荣誉，记录了众多为科学发展建立了不朽业绩的科学家和他们的功勋。这个由瑞典化学家、发明家阿尔弗雷德·诺贝尔在遗嘱中创立的奖项,旨在表彰那些“给予人类最大利益的人”,共含诺贝尔物理学奖、化学奖、生理学医学奖等科学奖以及文学奖与和平奖。1968 年又决定增设经济学奖,并于 1969 年正式开始颁发。

1901 年，首届诺贝尔化学奖被授予荷兰物理化学家范托夫(J.H.van't Hoff)。其后,与他合称“物理化学三剑客”的另两位物理化学奠基人阿伦尼乌斯(S.A.Arrhenius)和奥斯特瓦尔德(W.Ostwald)先后在 1903 年和 1909 年获此殊荣。这也充分说明了诺贝尔奖对物理化学这门当时的新兴学科的重视。其后，随着物理学中的量子思想和方法逐渐被化学家所接受,量子化学也应运而生。在 20 世纪末期,量子化学的进步使化学进入了严密科学的殿堂。

随着科学家打开了认识原子的大门，原子核物理学和放射化学就成为诺贝尔奖中的一个重要方面。在诺贝尔化学奖得主名单中，我们可以看到卢瑟福(E.Rutherford)、玛丽·居里(M. Curie)、哈恩(O. Hahn) 等许多在这个领域有着突出贡献的科学家的名字。他们不但实现了古代炼金术士们转变元素的思想，还为人类利用原子核能源和元素放射性提供

了科学根据。

与传统的化学实验相比，现代的化学实验更依赖于现代的实验分析仪器。只有了解了各种现代实验分析仪器的原理、使用方法和适用范围，化学家才能更多更快地做出新的发明创造。阿斯顿（F.W. Aston）蒂塞利乌斯（A.W.K.Tiselius）、海洛夫斯基（J.Heyrovsky）等人，就是因为各自在分析技术上的突出贡献而成为诺贝尔化学奖的获得者。

生命科学在20世纪的飞跃孕育了生物化学这门交叉学科。1902年，埃米尔·费歇尔（Emil Fischer）就成了第一位生物化学的获奖者。在20世纪后半叶，生物化学步入了黄金时代，诺贝尔化学奖的颁奖典礼上也先后迎来了许多生物化学家。这也从一个侧面反映了生物化学在现代化学中的重要地位。

以高分子为代表的材料化学是20世纪化学对社会生活的重大贡献。在20世纪20年代施陶丁格（H. Staudinger）提出高分子概念以后，齐格勒（K. Ziegler）和纳塔（G.Natta）发明了工业合成聚乙烯和聚丙烯的方法，使高分子材料得以广泛应用。近年来，导电高分子材料成为人们关注的焦点，也成为20世纪最后一次诺贝尔化学奖的颁奖课题。

在20世纪，古老的无机化学和有机化学也重新焕发了青春。合成氨的工业化，开创了人工固氮的新纪元，提供了农业上大量需要的氮肥。各种有机染料的合成，满足了当时社会发展的迫切需要。在后面的章节中，读者将会了解更多这些方面的内容。

在某种意义上，我们可以说，20 世纪诺贝尔化学奖的历史就是现代化学的发展史。在 21 世纪的今天，回顾百年来化学的巨变，重温诺贝尔化学奖得主们的伟大成就，对我们认识化学、了解化学、热爱化学尤为有益。本卷将以百年来的诺贝尔化学奖为主要内容，勾勒现代化学的不断进步，向读者展示一幅现代化学的优美画卷。

需要全本请访问 www.ertongbook.