

 21世纪高等院校教材

化学与社会

蔡 苹 © 编

武汉大学化学与分子科学学院



科学出版社

www.sciencep.com

06-05
C042

21 世纪高等院校教材

化学与社会

蔡 苹 编

武汉大学化学与分子科学学院

科学出版社

北 京

06-05
C042

内 容 简 介

本书主要介绍日常生活中的化学概念及化学原理。本书共 10 章,包括:绪论,化学与健康,化学与环境,化学与生命,水、水污染及其防治,化学与能源,化学与日常生活,化学与新型材料,化学与武器,原子结构与元素周期律。本书理论部分力求简单易懂,且与生活联系紧密,以培养学生的学习兴趣;在编写过程中注重理论与实践的结合,关注化学与其他学科的交叉,如物理(新型材料等)和生物(药物和生化武器等);帮助学生了解化学在生产、生活中的重要作用,并培养学生的科学文化素养。

本书可作为高等院校非化学化工专业本科生的化学通识课教材,也可供其他教师和学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

化学与社会/蔡苹编. —北京:科学出版社,2010.4

21 世纪高等院校教材

ISBN 978-7-03-027050-4

I. ①化… II. ①蔡… III. ①化学-关系-社会生活-高等学校-教材

IV. ①O6-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 047906 号

责任编辑:丁 里 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 4 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010 年 4 月第一次印刷 印张:16 1/4

印数:1—4 000 字数:325 000

定价:26.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言



我们每天都会听到一些与化学有关的话题,如化学品、化学污染、纯天然等。这些话题有的是严格的科学概念,有的似是而非,有的却完全是来自于想像的错误说法。那么究竟什么是化学?这门科学是怎么发展起来的?它能解决什么问题?又带来了什么问题?带来的这些问题该怎么解决?化学家是干什么的?我们面向非化学化工专业的本科生开设“化学与社会”课程,一方面是为了提高学生的文化素养,另一方面也希望能在科学文化和人文文化的冲突中消除一些误解,达到某种程度的相互理解。

现代化学经过 200 多年的发展,内容十分丰富,但化学本质上是一门应用科学或经验科学。本课程从知识性、实用性和经验性出发,以社会广泛关注的有关问题及日常生活问题为视点,阐述化学在社会、生活中的重要作用,如能源开发与利用、环境污染及保护、化学与生命现象、材料科学、食物营养与健康、食品中的化学制品、洗涤剂、化学与美容美发、化学药物等,甚至包括化学前沿的动态和研究成果等。我们希望学生通过学习本课程,了解化学与社会发展和日常生活的联系;了解当今化学发展的现状和当前人们普遍关心的论题;掌握化学学科的基本概念、原理及其应用;拓展科学视野,扩大科学知识面,提高科学素养,至少能在遇到与化学有关的问题时做出自己的判断。

这门课程在开设过程中深受广大学生,尤其是文科生的欢迎。然而在教学的过程中,我们发现选择一本合适的教材实在太难,原因之一是现代化学的内容太丰富,很难取舍;其次是上课的学生有别于化学类或相关专业学生,因此,最终要达到的教学目标一直是我们思考的内容;最后还要在通俗的科普读物和严肃的教科书之间寻找到平衡点。基于对这些问题和困难的考虑,我编写了本书,希望以与现实生活密切相关的具体例子说明化学的基本原理,提高学生的学习兴趣,并帮助他



们用化学知识解释或解决生活中的实际问题,因此在本书编写的过程中力求图文并茂、通俗易懂。

在本书编写过程中,编者得到了武汉大学化学与分子科学学院及无机化学研究所各位老师的大力支持,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者理解,并提出宝贵意见。

编 者

2009 年 12 月





科学出版社 高等教育出版中心

教学支持说明

科学出版社高等教育出版中心为了对教师的教学提供支持，特对教师免费提供本教材的电子课件，以方便教师教学。

获取电子课件的教师需要填写如下情况的调查表，以确保本电子课件仅为任课教师获得，并保证只能用于教学，不得复制传播用于商业用途。否则，科学出版社保留诉诸法律的权利。

地址：北京市东黄城根北街 16 号，100717

科学出版社 高等教育出版中心 化学与资源环境分社 丁里（收）

电话：010-64002239

传真：010-64034327

（登陆科学出版社网站：www.sciencep.com “教材天地”栏目可下载本表。）

请将本证明签字盖章后，传真或者邮寄到本社，我们确认销售记录后立即赠送。

如果您对本书有任何意见和建议，也欢迎您告诉我们。意见经采纳，我们将赠送书目，教师可以免费赠书一本。

证 明

兹证明 _____ 大学 _____ 学院/ _____ 系
第 _____ 学年 ☐ 上 / ☐ 下学期开设的课程，采用科学出版社出版的
_____ / _____ （书名/作者）作为上课教材。
任课老师为 _____ 共 _____ 人，学生 _____ 个
班共 _____ 人。

任课教师需要与本教材配套的电子课件。

电 话： _____

传 真： _____

E-mail： _____

地 址： _____

邮 编： _____

院长/系主任： _____ （签字）

（盖章）

_____ 年 _____ 月 _____ 日

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 化学发展简史	1
1.2 化学的社会功能	5
趣味阅读	9
思考题	15
第 2 章 化学与健康	16
2.1 人体的组成元素与健康	16
2.2 化学与疾病治疗	30
2.3 食品中的化学	44
思考题	52
第 3 章 化学与环境	53
3.1 自然环境中化学物质的循环	54
3.2 保护大气环境	61
3.3 土壤污染	70
思考题	76
第 4 章 化学与生命	77
4.1 物质的产生和生命起源中的化学	79
4.2 生命体系的化学组成	88
4.3 一些生命活动的化学过程	101
思考题	105
第 5 章 水、水污染及其防治	106
5.1 水的基本物理性质	106
5.2 评价水质的指标	109
5.3 水的净化	112





5.4	水的污染	116
5.5	工业废水的处理	121
	趣味阅读	124
	思考题	125
第6章	化学与能源	126
6.1	能源的分类和能量的转化	127
6.2	碳化学	131
6.3	核能	139
6.4	化学电源	141
6.5	新能源的开发	146
	思考题	149
第7章	化学与日常生活	150
7.1	洗涤用品	150
7.2	化妆品	157
7.3	化学与染料	164
	趣味阅读	169
	思考题	170
第8章	化学与新型材料	171
8.1	信息功能材料	171
8.2	储能材料	178
8.3	仿生材料	181
8.4	纳米材料与技术	186
8.5	超导材料与技术	190
8.6	军用新材料	191
	思考题	196
第9章	化学与武器	197
9.1	冷兵器中的化学	199
9.2	热武器时代的化学	204
9.3	化学武器	216
9.4	核武器与化学	221

趣味阅读	225
思考题	227
第 10 章 原子结构与元素周期律	228
10.1 原子结构的近代概念	228
10.2 核外电子的运动状态	233
10.3 元素周期表	241
10.4 元素周期性	244
趣味阅读	248
思考题	249
参考文献	250



第 1 章

绪 论

第 1 章

绪 论

人类赖以生存的世界乃至人本身都是由物质组成的。而化学是研究物质结构、组成和性质等问题的自然科学,凡涉及物质问题,便涉及化学。人类直接或间接地借助化学反应过程或化学物质,创造了辉煌的物质文明,让我们的生活丰富多彩,杜邦公司曾将“美好生活源于化学”作为其营销理念。例如,农药和化肥的使用可以提高作物的产量,除草剂使农民从辛苦的劳作中解放出来,这也直接引发了 20 世纪的农业革命,使得地球养活如此庞大的人口成为可能;各种各样的人工合成药物使我们的健康更有保障,平均寿命得以大幅提高。此类由于化学科学和技术的发展使人类生活质量提高的例子不胜枚举。但与此同时,随着人类干预大自然的程度和规模的不断加大,人类陷入了始料不及的严重困扰:全球性的资源短缺、环境污染和生态破坏等。那么化学到底研究什么?经历了怎样的发展过程?化学在社会中到底充当什么样的角色?我们只能从化学的研究内容和历史发展的痕迹中寻找答案。

1.1 化学发展简史

化学是一门经验科学或应用科学,其产生离不开人类的活动。任何生物都是由化学物质组成,其生理活动也不能违背物理规律和化学规律。但只有人类诞生以后,对物质世界的探索才成为可能,如钻木取火、用火烧煮食物、烧制陶器、冶炼青铜器和铁器都是化学技术的应用。正是这些原始的化学技术应用极大地促进了当时社会生产力和人类认知水平的发展,成为人类进步的标志。今天,化学作为一门基础科学,在科学技术和社会生活的各个方面起着越来越大的作用。从古至今,

伴随着人类社会的进步,化学历史的发展经历了哪些时期呢?

1.1.1 远古的工艺化学时期

远古时代人类就发明了制陶、冶金、酿酒和染色等工艺,但这些都是
化学与社会
是在实践经验的直接启发下经过长期的摸索而来的,尽管是复杂的化学原理在起作用,但系统的化学知识还没有形成,正处在化学的萌芽时期。



图 1-1 庙底沟彩陶

例如,制陶工艺就是通过煅烧改变黏土的性质,使黏土中的二氧化硅(SiO_2 ,沙子、石英的主要成分)、三氧化二铝(Al_2O_3 ,红宝石、刚玉的主要成分)、碳酸钙(CaCO_3 ,石灰石、大理石的主要成分)和氧化镁(MgO)等在烧制过程中发生了一系列的化学变化,形成具有微观网状连接的结构,使陶器具备了防水耐用的优良特性(图 1-1)。陶器不仅

可以存放东西,而且可以使人类通过蒸煮来烹饪食物,其技术意义和经济价值不言而喻。在陶器的烧制过程中,人们发现将一些物质敷于陶胚表面,在烧制后会产生丰富的色彩,于是伴随着原始化学技术的发展产生了原始艺术。这些最早的颜料是从大自然中取得的,彩陶上的黑色来自于炭,红色来自于赤铁矿或朱砂,赤铁矿俗称“红赭石”,主要的化学成分是氧化铁(Fe_2O_3),朱砂是硫化汞(HgS)。人造朱砂俗称“银朱”,我国制造的银朱印泥颜色纯正,不褪色,受到国内外画家的赞誉。

1.1.2 炼丹术和冶金化学时期

东方炼丹术和西方炼金术的产生和发展是出于人类对生命和财富的无止境追求,从这个意义上讲,现在规模庞大的制药行业并不比炼丹术有更深的哲学意义,对新材料的渴求也不比炼金术高明多少。这种深信物质能够转化的指导思想使得术士试图在炼丹炉中人工合成金银或修炼长生不老之药。他们有目的地将各类物质搭配烧炼,进行实验,为此设计制作了研究物质变化用的各类器皿,如升华器、蒸馏器、研钵等,也创造了各种实验方法,如研磨、混合、溶解、结晶、灼烧、熔融、升

华、密封等。从公元前 1500 年到公元 1650 年,炼丹术士和炼金术士为求得长生不老的仙丹和代表财富的黄金,开始了最早的化学实验。在我国、阿拉伯、埃及、希腊等古老文明国家都有不少记载和总结炼丹术的书籍。公元 4 世纪,东晋葛洪著有《抱朴子内篇》20 卷,记载了 HgS 和 Hg 、 Pb_3O_4 和 Pb 之间的相互转化:“丹砂(硫化汞)烧之成水银,积变(把硫和水银放在一起)又还成(变成)丹砂”,发现了反应的可逆性,同时还描述了金属铁和铜盐的取代反应。这一时期发现了许多物质间的化学变化,为化学的进一步发展准备了丰富的素材。在欧洲文艺复兴时期,出版了一些有关化学的书籍,第一次有了“化学”这个名词。英语的 chemistry(化学)起源于 alchemy,即炼金术。

约公元前 3800 年,两河流域的苏美儿人就开始将铜矿石(孔雀石)和木炭混合在一起加热,得到了金属铜。纯铜的质地较软,用它制造的工具和兵器的质量都不够好。在铜的基础上加以改进,便出现了青铜器。青铜是铜与锡的合金,与天然铜相比具有更大的硬度。青铜的出现,产生了灿烂辉煌的希腊罗马文明和商周文明。1965 年冬天,在

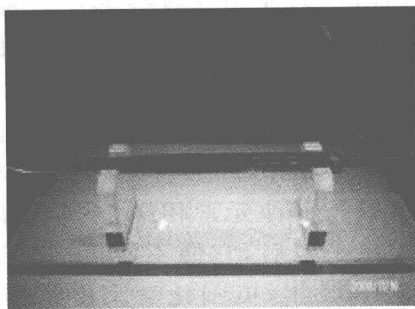


图 1-2 越王勾践剑

湖北省荆州市附近的望山楚墓群中出土的越王勾践剑(图 1-2)就是采用青铜铸造而成,含铜量为 80%~83%,含锡量为 16%~17%,另外还有少量的铅和铁,可能是原料中的杂质。

火药的发明与我国西汉时期的炼丹术有关,在炼丹的原料中就有硫磺和硝石。炼丹的方法是把硫磺和硝石放在炼丹炉中,长时间地用火炼制。唐朝初年,著名的药物学家孙思邈也曾炼过丹并著有《丹经》一书,书中提到一种“伏硫磺法”,即用硫磺二两、硝石二两、熟木炭三斤一起炒。一次又一次爆炸起火,一次又一次冒险试验,终于有人找到了恰当的比例,进一步把硝石、硫磺和木炭这三种物质混在一起,配制成黑火药,反应式如下:



黑火药发明以后就与炼丹脱离了关系,一直用于军事。

1.1.3 创建近代化学理论——探索物质结构

世界是由丰富多彩的物质构成的,物质是不是由某些最基本的物质组合而成呢?如果答案是肯定的,它们是什么?如果是否定的,如何认识这缤纷的世界?这些问题困惑着一代代的思想家,各种各样的答案都有。古希腊的泰立斯认为水是万物之母;赫拉克里特斯则认为万物是由火生成的;亚里士多德在《发生和消灭》一书中论证物质构造时,以四种“原性”作为自然界最原始的性质,它们是热、冷、干、湿,把它们成对地组合起来,便形成了四种“元素”,即火、气、水、土,然后构成了各种物质。但在实证科学产生之前,所有这些答案都是基于各自的直觉和朴素的经验产生的,所以这些理论既无高下之分也无对错之别,更不可能触及物质结构的本质。

在化学发展的历史上,英国的波义耳在研究气体运动的基础上第一次给元素下了一个明确的定义。他指出:“元素是构成物质的基本,它可以与其他元素相结合,形成化合物。但是,如果把元素从化合物中分离出来以后,它便不能再被分解为任何比它更简单的东西了。”

1803年,英国化学家道尔顿创立的原子学说进一步解答了物质由什么组成的问题。

道尔顿原子学说的主要内容有以下三点:①一切元素都是由不能再分割和不能毁灭的微粒所组成,这种微粒称为原子;②同一种元素的原子的性质和质量都相同,不同元素的原子的性质和质量不同;③一定数目的两种不同元素化合以后,便形成化合物。

原子学说成功地解释了不少化学现象。随后意大利化学家阿伏伽德罗又于1811年提出了分子学说,进一步补充和发展了道尔顿的原子学说。他认为,许多物质往往不是以原子的形式存在,而是以分子的形式存在,如氧气是以两个氧原子组成的氧分子,而化合物实际上都是分子。尽管由于20世纪高能物理和基本粒子物理的发展,波义耳和道尔顿给出的元素和原子的概念都必须重新阐释,但从此化学由宏观进入微观的层次,使化学研究建立在原子和分子水平的基础上,也限制在分子和原子的范围内。

1.1.4 现代化学的兴起

19世纪末,物理学出现了三大发现,即X射线、放射性和电子。这

些新发现猛烈地冲击了道尔顿关于原子不可分割的观念,从而打开了原子和原子核内部结构的大门,揭露了微观世界中更深层次的奥秘。热力学等物理学理论引入化学以后,利用化学平衡和反应速率的概念,可以判断化学反应中物质转化的方向和条件,把化学从理论上提高到一个新的水平,并应用于生产实践,以提高反应物到生成物的转化率。

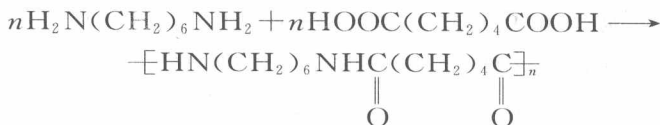
在量子力学建立的基础上发展起来的化学键(分子中原子之间的结合力)理论,使人类进一步了解了分子结构与性能的关系,大大地促进了化学与材料科学的联系,为发展材料科学提供了理论依据。而化学与其他科学相互交叉、渗透,产生了很多边缘学科,如生物化学、地球化学、宇宙化学、海洋化学、大气化学等,使得生物、电子、航天、激光、地质、海洋等科学技术迅猛发展。同时,越来越多的化学知识用来分析和解决社会问题。1938年3月14日,比利时的哈塞尔特处在一 -15°C 的严寒中,横跨阿尔伯运河的一座雄伟壮丽的钢桥突然间发出巨响,不到几分钟即折成几段,坠入河中。此事故的肇事者是钢铁中的磷。磷是钢的有害元素之一,能使钢产生冷脆性,使钢在常温下轧制和加工时容易断裂,尽管它能提高钢的硬度,但显著降低了钢的塑性和韧性。当今社会所面临的能源危机、粮食问题、环境污染等无一不和化学有着密切的联系。

1.2 化学的社会功能

化学自古就对人类的生活和生产产生巨大的影响,人们的衣、食、住、行、健康等离不开化学,人类生存的环境和社会的发展也离不开化学。

1.2.1 化学与人类的衣食住行

各种各样的面料大大丰富了人们的衣橱,尼龙(Nylon)的出现更使纺织品的面貌焕然一新。它是合成纤维的重大突破,同时也是高分子化学的重要里程碑。我国锦州化工厂最早大量生产尼龙,故我国统称“锦纶”,主要品种是尼龙6和尼龙66。尼龙6的原料为己内酰胺;尼龙66由己二酸和己二胺聚合而成,反应式如下:



大量用于制造服装面料和工业制品的涤纶是合成纤维中的一个重要品种,是我国聚酯纤维的商品名称。以精对苯二甲酸(PTA)或对苯二甲酸二甲酯(DMT)和乙二醇(EG)为原料,经酯化或酯交换和缩聚反应制得成纤高聚物——聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET),经纺丝和后处理制成的纤维即涤纶。

现在被广泛应用于内衣制造的面料莱卡是杜邦公司研制成功的一种人造弹性纤维,是氨纶的一种,极富弹性且不易变形,并可掺入任何面料,为改变服装的设计款式和提高舒适度做出了重大贡献。当前,利用最新的生物技术、纳米技术和微波技术,科学家正在研究开发各种超级织物,以使未来的服装具有意想不到的功能,如防蚊虫服装、防晒服装、免清洗服装等。

要装满粮袋子,丰富菜篮子,关键之一是发展化肥和农药的生产。在 21 世纪,我们要生产的是绿色肥料和农药,要求高效,低毒,调节作物生长,抑制有害生物,对非指定目标没有负面影响,并且不会长期存留,对人类健康和生态平衡有最大的好处。加工制造色香味俱佳的食品离不开各种食品添加剂,如甜味剂、防腐剂、香料、调味剂和色素等,它们大多是用化学合成方法合成或用化学分离方法从天然产物中提取出来的。用纯碱发面制成的馒头松软可口。各种饮用酒是经粮食等原料发生一系列化学变化制得。

现代建筑所用的水泥、石灰、油漆、玻璃和塑料等材料都是化工产品。生石灰浸在水中成熟石灰,熟石灰涂在墙上干后成洁白坚硬的碳酸钙,覆盖了泥土的黄色,房子才显得整洁明亮。化学煅烧陶土,才能制成漂亮的瓷砖。

用以代步的各种现代交通工具不仅需要汽油、柴油作动力,还需要各种燃油添加剂、防冻剂以及润滑剂,这些都是石油化工产品。此外,人们需要的药品、洗涤剂、美容化妆品等日常生活必需品也都是化学制剂。洗涤剂就是一种含磷的化合物,含磷化合物广泛应用于纺织、造纸、农药;用黄铁矿烧制的硫酸是重要的化工原料;用“王水”检验黄金的纯度;用盐酸洗去水垢;用汽油乳化橡胶做黏合剂;用氢氟酸雕画玻璃;用泡沫灭火器灭火;用二氧化碳加压溶解制爽口的汽水;用小苏打做可口的饼干。可见人类的衣、食、住、行无不与化学有关,人人都需要用化学制品。

1.2.2 化学与人类的健康

化学对人类的健康起着至关重要的作用,一方面很多先进的医学检验技术是从化学分析技术得来,如血液检测、核磁共振等最早都是化学分析方法;另一方面,药物的发现和研制都离不开化学。例如,从19世纪开始,人们从天然药物中陆续分离出一些具有生理活性的化学物质(如从鸦片中分离出镇痛药吗啡、从颠茄中分离出抗胆碱药阿托品、从金鸡纳树的树皮中分离出抗疟药奎宁等)。而且,人类还必须不断用化学方法研制各种新药以对抗各种棘手的疾病,如癌症、艾滋病甚至“非典”等。

1.2.3 环境问题与化学化工

传统化学工业对环境的污染非常严重,但直到20世纪后期人们才意识到,然而恰恰是利用化学才从污染治理的角度初步解决了问题。人们通过化学了解大气、土壤、湖泊、海洋等复杂而又相互作用的世界,从各个层面上研究物质与环境的相互作用,对化工产品在生态系统中的分布状况和作用做出实际可靠的评价,为制定各种生态环境保护政策提供了科学依据。

1.2.4 化学与能源问题

能源和环境是人类目前面临的两大问题。当今地球负载人口过多,发展不太合理,在过去的工业化进程中,许多宝贵资源被过度消耗,大量污染物质直接排放到自然环境中,致使人类赖以生存的环境受到严重威胁。目前,化石燃料是人类生产生活的能源。随着全球能源消耗量的增长和不科学使用,化石燃料等不可再生能源日益枯竭,也对环境产生严重影响。这就迫切要求人们开发氢能、核能、风能、地热能、太阳能和潮汐能等新能源。这些能源的利用与开发不但可以部分解决化石能源面临耗尽的危机,还可以减少环境污染。人类的这个危机必须利用化学化工技术解决,这也是对化学家的挑战。

1.2.5 化学与保健

人类保健和化学化工的密切联系最直接的体现是人们日常生活中需要的化学品。随着物质生活水平的日益提高,洗涤用品和化妆用品发展十分迅速。维护生态平衡,节约能源是未来洗涤工业发展的方向。化妆品将向天然性、生物性、疗效性和功能性方向发展。绿色化设计、绿色化技术和绿色化生产工艺是化学日用品生产企业的发展方向,并已经取得了巨大的技术突破。

1.2.6 化学与新材料

几乎所有的领域都对特殊功能的材料有强烈的需求。因此新型功能材料的设计与合成是化学化工的核心研究领域,有用途的新物质的创制是化学化工研究永恒的主题,它不仅可以带动整个学科的发展,还可以使人类彻底摆脱对自然资源 and 环境的依赖。人们可在不同时间和空间尺度上研究物质形成与转化过程中的化学本质和规律、预测新材料的生态影响,用于新物质分子的创造,最终设计出高效、环保和低能耗的生产工艺。原料经济、绿色合成已经是新时期合成化学与化工发展的重要内涵。

1.2.7 化学与安全

安全工程中的化学化工问题小到日常饮食检测、大到国防工业,涉及合成、分析、环境和材料等化学领域。借助于绿色化学的理论、实践和安全的密切关系,采用环境友好的技术和绿色工艺,将使化学化工过程的危险性大大降低甚至为零。开发无公害食品和绿色食品,采用绿色原料,改进安全的化工生产过程;开发绿色涂料,减少对人身体的危害,增加消防安全系数;选择 N、H、O 元素含量高的无公害物质作原料制造高能炸药,改善工人工作环境,还可以巩固国防。总之,绿色化学化工技术以及化工产品对维护国家和人民的安全具有重要意义。

但是不能以偏概全,仅仅看到化学带来的利益。和其他任何事物一样,化学也有两面性。当我们理性地、一分为二地看待化学时,不难发现它的危害性。例如,DDT[2,2-二(4-氯苯基)-1,1,1-三氯乙烷,一种农药]的使用,开始它以方便快捷、造价低廉等优点得到了广泛普及,