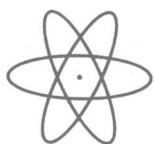


科学图书馆 >>

·新化学· THE NEW CHEMISTRY



# 环境化学

Chemistry of the Environment

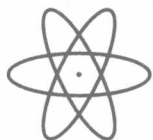
[美] 大卫·E. 牛顿 著 陈松 译



上海科学技术文献出版社

科学图书馆 >>

·新化学· THE NEW CHEMISTRY



# 环境化学

Chemistry of the  
Environment

[美] 大卫·E. 牛顿 著 陈 松 译

上海科学技术文献出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

环境化学/(美)大卫·E.牛顿著;陈松译. —上海:上海科学技术文献出版社, 2008. 7

(新化学)

ISBN 978-7-5439-3597-6

I. 环… II. ①大… ②陈… III. 环境化学-普及读物  
IV. X13-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第073719号

The New Chemistry: Chemistry of the Environment

Copyright © 2007 by David E. Newton

Copyright in the Chinese language translation (Simplified character rights only) ©  
2008 Shanghai Scientific & Technological Literature Publishing House

All Rights Reserved

版权所有, 翻印必究

图字: 09-2008-289

责任编辑: 谭 燕

封面设计: 徐 利

## 环 境 化 学

[美]大卫·E.牛顿 著

陈 松 译

\*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码200031)

全 国 新 华 书 店 经 销

江苏常熟市人民印刷厂印刷

\*

开本740X970 1/16 印张12 字数172 000

2008年7月第1版 2008年7月第1次印刷

印数: 1-5 000

ISBN 978-7-5439-3597-6

定价: 20.00元

<http://www.sstlp.com>

## 内容简介

---

当我们面对着高速发展的社会时,难免会困惑,在一个连呼吸都困难的大都市里这样的进步究竟能带给我们什么?总是会幻想青山绿水的世外桃源,总是希望抬头看见的是满天繁星,但是现实又来不及我们去思考,在匆忙的生活中我们与这个世界一同迷失了方向。

《环境化学》这本书就为我们打开了一扇窗,让我们了解到环境问题背后的真正元凶,让我们开始对自己犯下的错误作出反省。这本书的语言并不深奥,即使你并不是学习化学专业的人也可以读懂。但其中蕴藏的深刻道理又有多少人能真正明白呢?

我们希望通过大家的努力,终能在环境与发展的道路上找到我们应走的方向,也希望我们的世界天空更蓝、河水更清、风景更美!

# 前言

中学基础化学课所讲授的内容多半相对陈旧,而且学校之间在内容上大同小异。学生所学的不外乎以下几个方面的内容:原子理论、化学元素周期表、离子和共价化合物、化学方程式书写方法、化学计量以及液体等。对于那些有意在化学和其他科学领域继续攀登的学生来说,这些知识是他们前进的基础和根本。虽然课堂上老师能够准确地突出重点,但是,通常教师向学生所传授的只是化学领域中浩如烟海的众多研究中有限的部分。多数无意在化学和科学领域驻足的学生也会通过化学获得有趣的知识,掌握化学对于他们日常生活方方面面所带来的最直接的影响。确实如此,那些主修科学的学生能够受益于这样的专业。

新化学系列丛书共6册,力求带领读者纵览化学领域的最新资讯,而不拘泥于中学课本的条条框框。这6册书分别是:药物化学、新材料化学、法医化学、环境化学、食品化学以及太空化学。丛书内容覆盖面广、内容新颖。书中的内容包括化学最基本的领域,诸如物质和宇宙的起源,到实际生活中的化学,例如食品和药品的构成。之所以选择“新化学”作为丛书的标题,原因在于本丛书囊括了化学领域最新最尖端的科研成果。丛书面向中学生,因为他们已经通过在校学习掌握了一定的化学基础。丛书的每一册书中大部分的内容可以为具有基础化学知识的人所理解,还有少部分内容需要在掌握化学最新的尖端研究之后才能够领悟。

丛书中每一册书都相对独立,各成体系。因此,读者可以从中任意选择进行阅读和学习。为帮助读者更好地理解书中的内容,每一册书都附有术语表、相关内容的阅读信息包括网络资源和书目。每一册书中对于重要人物还附有简短的生平介绍。

## 简介

《环境化学》这本书主要关注的是化学在解决环境问题的过程中所扮演的重要角色,其中包括空气污染、水污染、固体废料和垃圾污染的内容以及“绿色化学”中相关新领域的介绍。“污染”这个词指的是那些向环境中排放有毒有害物质的行为,而这些行为通常都是由于人类活动而产生的。最常见的一些污染的例子包括工业生产所产生的浓烟,伴随燃料的燃烧而产生并排放到空气中的二氧化碳与其他气体,被雨水冲刷带走的地面的淤泥与沉积物以及倾倒在地面上的垃圾等等。

也许在数千年以前,当篝火燃烧产生的滚滚浓烟第一次在穴居生活的原始人的家里肆意蔓延的时候,人们就已经在思考解决污染问题了。但是千百年过去了,在人类历史的大部分时间里,污染只是被简单地理解为个人与社会在生产生活中一直存在又无法避免的问题,人们只有被动地去接受它。生活在大都市里的居民也许并不希望看到自家门前的道路上流淌着没有处理过的生活污水,但是他们并没有能力改变这样的状况。与此同时,在大多数时候,统治者与政府也对这样的问题漠不关心或是无能为力。

然而,随着18世纪早期工业革命的兴起,污染问题却变得越来越突出,越来越重要。在那个时期,伴随工业生产而产生的大量污染物被排放到周围的环境中,人们根本没有尝试去确定或是去控制这些污染物对动物、植物以及人类生活所产生的负面影响。谈起那时的大英帝国强大的国家实力时,人们总是会很自然地联想到长年弥漫在帝国城市上空无法消散的滚滚浓烟和被烟尘浸染的片片乌云。在工业进步给很多人带来空

前的财富与更多就业机会的同时,伴随人类千百年的空气污染和水污染等问题也比从前严重了无数倍,给几乎所有的人都带来了糟糕的环境。

直到 20 世纪的后 50 年,科学家、政府和普通民众才开始把目光投向了工业废料对生物健康所产生的严重影响,进而颁布了一系列控制各种形式污染的法律。在人们对环境问题的新认识中很重要的一个内容,就是认识到化学对理解污染的成因、污染物的性质以及控制污染可能采取的措施所具有的重要作用。在人类历史中,这也许是社会第一次将解决污染问题的决心与用来达到这一目的的技术知识融汇在一起。写这本书的最初目的,就是想对目前化学家们所研究出的可供现代社会理解并对解决污染问题有所帮助的资料进行一个概括和总结。

《环境化学》这本书,一开始对人类社会的污染问题进行了历史回顾,介绍了人类不得不面对的一些污染问题,还为读者展示了社会进步与环境污染之间纠缠不清永远解决不了的矛盾。在接下来的内容中,笔者探讨了现代环境运动的发展,这一运动的特色不仅仅来自它对现代社会面临的污染问题所作出的客观评价,还来自它对用来解决这些问题的一般科学方法和特殊化学方法的深刻理解。

许多历史学家考证,这一运动兴起于 1970 年 4 月 22 日,在美国举行了第一个世界地球日的纪念活动。面对身边的自然环境所遭受的破坏,参与这一活动的大批民众清楚地认识到,他们不能再这样袖手旁观下去了。他们要求政府采取更有针对性更加切实有效的措施,让人们能够更透彻地理解环境破坏的本质,从而控制或保护正在遭受这样破坏的土地资源、水资源和大气资源。

在过去的 35 年中,我们的社会在环境问题上的进步有目共睹。在人类社会发展的大部分时间里,这些问题在我们的日常生活中曾经被人们轻易地忽略,而现在它们正在被人们彻底地研究着,更加透彻地理解着,也更加有效地得到了解决。产生这一进步的一大原因就是化学领域中新的分支学科——环境化学的迅速发展。环境化学家研究造成大气、土地和水污染的元凶,这些元凶的来源,它们在环境中经历的变化,它们对人类健康和环境造成的影响以及缓解这种影响的方法。

《环境化学》这本书,希望能够大致介绍大气、水与固体废料污染的化学本质,污染物质的生物、化学与物理影响,以及可以用来控制不同种类污染的方法。除了介绍纯科学的知识以外,这本书还对一些与环境问题相关的社会、政治、经济、法律和其他问题的历史背景与内容做了简要的介绍。科学中任何一个领域的发展都不可能抛开历史、社会或者政治而单独产生,环境化学也不例外。它们通常都包含一些历史背景,常常是人们在回答一些社会问题的过程中所产生的。在化学(与其他科学)领域进步发展的大多数案例中,总体来说总是循序渐进地向社会提出一些新的挑战与问题。这本书认识到了将环境化学的进步放在一个更加广阔的社会背景中讨论的事实,不管在哪里,这样的研究方法都是必要或有效的。

在当今社会,环境化学所涉足的领域变得如此之广阔,只要是一些基础理论都被吸纳到了这一迷人的学科中来。

# 目 录

---

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| 前言                  | 1         |
| 简介                  | 1         |
| <b>1 通往地球日之路</b>    | <b>1</b>  |
| 人类历史上的污染问题          | 2         |
| 防污染法律法规的诞生          | 6         |
| 1970 年世界地球日         | 8         |
| 雷切尔·卡逊 (1907—1964)  | 9         |
| 盖洛德·尼尔森 (1916—2005) | 13        |
| 丹尼斯·海斯 (1944— )     | 14        |
| <b>2 大气化学： 污染物</b>  | <b>19</b> |
| 一氧化碳                | 19        |
| 氮氧化物                | 24        |
| 尤金·霍德里 (1892—1962)  | 29        |
| 二氧化硫                | 32        |
| 悬浮颗粒                | 37        |
| 挥发性有机化合物            | 40        |
| 臭氧                  | 44        |
| 铅                   | 46        |
| 空气质量标准              | 48        |

## 2 环境化学

|                     |            |
|---------------------|------------|
| <b>3 大气化学：大气的变化</b> | <b>50</b>  |
| 大气的性质               | 50         |
| 酸雨                  | 52         |
| 臭氧层破坏               | 61         |
| 小托马斯·米奇利(1889—1944) | 64         |
| 全球气候变化              | 73         |
| 维拉哈德兰·拉马纳坦(1944— )  | 80         |
| <br>                |            |
| <b>4 水污染化学</b>      | <b>86</b>  |
| 常见的污染物质和来源          | 87         |
| 小约翰·凯恩斯(1923— )     | 89         |
| 耗氧物质                | 90         |
| 养分                  | 93         |
| 沉降与沉积               | 96         |
| 病原体                 | 98         |
| 罗思·帕特里克(1907— )     | 99         |
| 有机化学毒物              | 102        |
| 重金属                 | 105        |
| 酸性                  | 108        |
| 热                   | 110        |
| <br>                |            |
| <b>5 固体废弃物处理化学</b>  | <b>114</b> |
| 固体废弃物的概述            | 115        |
| 市政固体废物(即生活垃圾)       | 116        |
| 市政固体废物处理：填埋         | 118        |
| 市政固体废物处理：焚烧         | 123        |
| 减少市政固体废弃物的措施：回收再利用  | 125        |
| 凡斯·帕克德(1914—1996)   | 127        |
| 工业废料                | 132        |

|                  |            |
|------------------|------------|
| 罗伯特·布拉德(1946— )  | 133        |
| 核废弃物             | 138        |
| <b>6 绿色化学</b>    | <b>145</b> |
| 问题：向环境中排放危险的化学物质 | 146        |
| 解决之道：绿色化学        | 149        |
| 美国绿色化学的组织机构      | 151        |
| 乔·布里恩(1942—1999) | 153        |
| 保罗·阿纳斯塔斯(1962— ) | 155        |
| 原子经济性            | 156        |
| 替代原料             | 160        |
| 催化剂              | 165        |
| 溶剂               | 168        |
| 结语               | 173        |
| 译者感言             | 176        |

# 通往地球日之路

“凯霍加河着火了!”

1969年6月22日,正当俄亥俄州克里夫兰市的居民们准备坐下来享受他们星期日的家庭晚餐时,这一句听上去完全不可能的警报突然划破了这座城市静宁的夜空。在长达20多分钟的时间里,大火从克里夫兰的主河道、位于闹市区东南方的凯霍加河的表面肆虐着。虽然在3个陆上消防队与城市的安东尼奥·J.切莱布雷泽消防船的合力扑救下,大火很快就被扑灭了,但是大火对诺福克与西部铁路桥造成了严重的破坏,并对纽堡与南海岸铁路桥造成了轻微的损害。与公众通过第二天的报纸中刊登的城市内主要河流着火照片而想象出的损失相比,实际大约为5万美元的经济损失并没有想象中那么严重。火灾发生之后不久,人们就将引起火灾的矛头指向了越来越大量的倾倒入河水里的挥发性石油废料。

更令人奇怪的是,1969年发生的这场火灾并不是凯霍加河第一次遭受大火的袭击了。回顾历史我们可以发现,早在1936年就发生了这样一次的火灾,当时那场大火对桥梁与河岸上的设备单位等造成了超过100万美元的经济损失。而与此前发生大火之后不同,1969年的这场火灾,使得政府官员与普通民众越来越深刻地认识到环境问题的重要性,开始把环境问题当做他们日常生活问题中的一部分了。确实,在凯霍加河大火发生之后,克里夫兰市已经投入了1亿多美元来支持清洁河流以及建设水处理设备的工程。

正如本章后面将提到的一样,从某种意义上来说,1969年的凯霍加

河大火其实并不是什么新鲜事。虽然一条河着火的事情并不常见,但是长久以来,人类对那些烟雾弥漫的天空、漂浮着动物尸体的河流、泛滥着人类排泄物的排水沟以及很多其他形式的污染早已经见怪不怪了。唯一不同的是,20 世纪 60 年代美国人决心再也不能接受这样的情况了,再也不能把这样的情况当做是无能为力的事情了。他们开始要求采取行动来保护人类的健康与自然环境,要与这些伴随他们祖先生活了几个世纪的空气、水和土地污染作斗争。当污染从一个被我们的日常生活所接受的事实变成一个要求政府与个人采取行动制止的现象,我们的世界究竟从中得到了什么?

### 人类历史上的污染问题

污染问题并不是当代社会才有的一个新现象。事实上,每一个人类文明历史中现存的故事都显示出人类对处理自己产生的废弃物所惯有的漫不经心的态度。一直到最近几十年,还有很多人直接将废弃物倾倒在最近的河流或湖泊、露天的大坑或是周围的空气中,丝毫没有考虑过这些废弃物对周围的植物、动物和他们自己的生命可能产生的影响。

当大片空旷的土地上只有一小部分人类活动时,这样的行为造成的损害是微乎其微的。例如,中世纪法国乡间的一个小村庄中,居民产生的固体、液体和气体废料并不太可能对周围的环境造成严重的、长期的损害。直到 20 世纪中期的美国乡村还流传着这样的谚语:“水流十步自清”(或是“百码”、“一里”之类的)。但是随着城市面积的扩大,人们互相之间住得越来越靠近,这种行为积累起来的负面影响越来越严重,人类再也不能仅仅依赖于流水或是自然界其他部分的自净功能净化环境了。

最早记录的关于环境污染特别是空气污染的抱怨大约是在公元前 900 年,在埃及法老图库尔特宁(Tukulti)记录他去巴比伦访问的感受中被提及。

他描述了从希特(Hit)镇附近的沥青矿中所散发出来的让人作呕的气味,他说这片地区的污染就像从泥土中发出的“上帝的声音”。图库尔

提宁所抱怨的气体主要是硫化氢和二氧化硫,具有和腐烂的臭鸡蛋与燃烧的火柴相似的特殊臭味,这些气体是人们将沥青从地下抽取出来时所散发出来的。

尽管有图库尔提宁的亲身经历,但是造成历史上大多数空气污染的主要原因一直是木头与煤炭的燃烧,特别是在拥挤的城市社区中。例如罗马的大街小巷,就由于它们糟糕且烟雾弥漫的特点而臭名昭著,而造成这种状况的罪魁祸首就是那成千上万燃烧着的木柴与煤炭。公元 61 年,罗马哲学家塞内加(Seneca)描写了这些污浊的空气是怎样影响到他的心情的:“我只要一从罗马室外沉重的空气和从冒着浓烟的烟囱里散发出来的臭味里离开,”他写道:“……我就因此而感到自己的情绪顿时都改变了。”

现存的很多关于后来空气污染的有意思的故事大都来自大不列颠帝国。例如 1157 年,亨利二世国王(King Henry II)的妻子埃莉诺请求国王搬离诺丁汉的塔德伯里城堡(Tudbury Castle),其原因就是因为这个地区木柴燃烧所造成的空气污染已经到了让人无法忍受的程度了。英国也曾经最早实施了一些限制或禁止燃烧木柴和煤炭的法律,试图减少对空气的污染。例如在 1306 年,爱德华一世国王(King Edward I)禁止人们燃烧煤炭,他宣布:“只要被发现违法燃烧煤炭的人一律要杀头。”他之后的国王们试图以更加人性化更加温和的方式来执行这条禁令,他们通常会对选择燃烧煤炭的个人或单位征收燃煤税,以限制煤炭的燃烧。

在此后的 6 个世纪里,英国的作家们还在不停地描述着笼罩在伦敦和英国其他大都市上空黑暗而浓重的空气。直到 17 世纪,科学家、物理学家以及其他关心此事的市民们一直在研究造成空气污染的原因、空气污染造成的影响并且提出一些改进环境问题的具体措施。例如 1661 年,一个名叫约翰·伊夫林(John Evelyn)的政府小官员写了一本标题为《防烟》(Fumifugium)的描述伦敦污浊空气的小册子,他希望借着这本书引起国王查尔斯二世(King Charles II)的注意。伊夫林解释他写这本小书的目的,就是为了展示“这一致命的麻烦(指空气污染)是如何可能被改善的;同时还介绍了使用什么方法可以不仅使老人们能从这种不便的生活

中解脱出来,而且还能使国王的王宫以及整个城市成为这个世界上最温馨最美好的住所”。

伊夫林接下来介绍了使用焦炭来代替煤炭生火取暖,在城市周围建造被保护的绿化带,将所有工业生产单位驱逐到绿化带以外,以及建造更加高的烟囱使得烟雾可以被排放到更高的高空等一系列方法措施。

其他的发达国家也一直与同样的问题进行着斗争,但是在那些公告、法律或者规则(就像伊夫林的那些提议)中,没有一条能够对缓解伦敦以及其他大城市所遭受的慢性空气污染问题产生长期的效果。恰恰相反,空气污染问题与过去几个世纪相比变得越来越严重,其中很大一个原因是因为工业革命——这一从 18 世纪晚期开始的一段工业大发展时期。

工业革命在生产系统中掀起了巨大的变革,使得原本以人力为基础的家庭小作坊和农场生产变成了以工厂为基础的大规模生产方式。这些工厂的运作主要依靠矿物燃料与未处理的煤炭混合提供动力。工业化的生产方式产生了大量的废料,但是处理这些垃圾废料的方法却并没有由于生产方式的改变而发生相应的改变,生产废料依然被直接排放到河水与湖水中,或是被直接排放到大气中。结果到 19 世纪初期,生活在都市和工业化地区的人们已经习惯于呼吸被严重污染的空气和饮用高污染的脏水。

人们也确实发现了这些问题,有些人也认识到了污染所造成的危险后果。例如一位叫做爱德文·查德维克(Edwin Chadwick)(1800—1890)的英国律师在 1842 年发表了一篇名为《英国劳动人口的公共卫生状况》(Sanitary Conditions of the Labouring Population of Great Britain)的报告,呼吁立法为英国的工人阶级提供更好的公共卫生状况。其中包括以下的意见:

主要在工人阶级之中发生、加重或扩散的各种形式的传染病、地方病和其他疾病在王国里各个地方的人口口中流行,这些疾病都是由于腐烂的动物尸体和蔬菜以及潮湿污浊拥挤不堪的住所所产生的空气杂质而引起的,不管是在独立的房子、乡间村

庄、小镇、大城市还是在大都市里最底层的地区都肆虐着这样的疾病。

查德维克的报告包括关于英国环境状况的 17 个结论以及改善这些环境状况的 15 条建议。

然而,直到很久以后人们才采取了实际行动。例如,英国政府建立了一系列委员会来解决空气和水污染问题,其中第一个委员会成立于 1819 年,但是直到 1848 年才确立了第一套有关的法律。那一年第一部公共健康法案(Public Health Act)被政府采纳,建立了一个卫生机构,其职责就是控制烟尘在英国各大城市内的排放。又过了 24 年,第一位负责控制空气污染的官员罗伯特·安格斯·史密斯(Robert Angus Smith)(1817—1884)才被正式任命。

除此之外,并不是所有的污染问题都能受到人们同样的重视的。水污染问题就没有空气污染受到的关注多,其根本原因是由于飘过城市上空包裹着烟尘的云团很难被人们所忽视。人们不需要经历检测污染物的训练,就可以直接看到和嗅到工厂里排放出来的讨厌的废气。但是要认识到水污染则要比这困难得多。一瓶看起来可以安全饮用的水也许包含了数量庞大的致病微生物,这些微生物都是无色、无味或无臭的。另外,在 19 世纪 60 年代疾病的细菌理论首次发表之前,没有人可以真正理解污染后的水对疾病的传播起作用的机制,这些疾病包括霍乱、瘟疫、斑疹伤寒和伤寒。事实上,直到 20 世纪中期,科学家们才对造成水污染的化学成分有了比较清楚的了解,包括污染物质可能存在于水中,它们是怎样出现在水里的,它们对人类、其他动物和环境会造成什么影响,以及如何控制它们等问题。

但是在理解水中存在的生物污染物方面我们也取得了一些进步。事实上,到 19 世纪中期,污染的水和疾病之间的联系就已经变得越来越清晰了。在 1853 年产生了一项巨大的突破,那就是对疾病爆发与传播的研究,这也是传染病学领域的经典案例。

那一年,一场严重的霍乱疫情横扫伦敦,而在布罗德大街附近的影响

是最严重的。一个名叫约翰·斯诺(John Snow)的医生确定,大多数霍乱患者都饮用了位于这条街上的公共水井的井水。他推测应该是从水泵里打上来的被污染的水使得饮用过这些水的人都患上了霍乱。斯诺宣布了他解决这个问题的对策,这也成为一个至今都很著名的警告:“撤掉水泵的把手!”虽然政府官员们对这一简单行动的影响保持怀疑,但是他们还是照办了——于是这场严重的传染病大流行迅速结束了。后来的研究表明,从这个水泵里打上来的井水都已经被第一个患上霍乱的住户家的下水道污水污染了。

尽管污染问题至少在公元前 10 世纪就已经被人类认识到了,但是直到 19 世纪中期这个问题依然没有得到很好的解决。

### 防污染法律法规的诞生

乍一看,如此严重的环境问题是如何在看似发达的社会中留存了成百上千年确实很让人费解。19 世纪是大英帝国成为一个成熟的国家繁荣昌盛的时期,也是这个国家的发展史上最强大最有实力的时期。然而,生活在这个国家各地的大多数公民们的日常生活都被严重的空气和水污染包围着,其毒害程度是生活在 21 世纪的美国人都无法想象的。为什么人们要忍受这样糟糕的环境呢?

其根本原因就在于,这样的环境退化的程度被当时的人们认为是成功的标志。严重的污染标志着经济的繁荣。工业生产的水平越高,至少这个国家的一部分公民的生活水平就会越高,这部分公民显然是指那些开办工厂的上流社会的人物,以及那些新兴的中产阶级。如果这些工厂在生产上取得成功的同时还向河水、湖水或空气中排放过量的“有害废料”产物,那么对人们来说很可能是不幸的,尤其是对工人阶级,但是这样的不幸作为整个国家经济成功的附属产品又似乎是无法避免的。

遵循这样的逻辑,大多数发达国家直到 20 世纪都没有一个广为人知的成功控制污染的法律这一事实也就不会令人感到惊讶了。例如,英国政府在 1875 年和 1891 年通过对 1848 年公共卫生法案的修正案以后,就