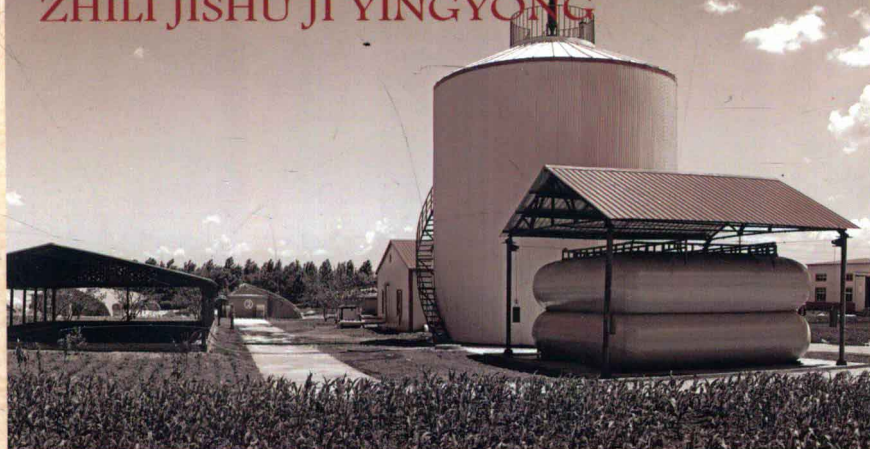


NONGCUN
HUANJING WURAN
ZHILI JISHU JI YINGYONG



农村环境污染 治理技术及应用

赵军 著

中国环境科学出版社

农村环境污染治理技术及应用

赵 军 著



中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

农村环境污染治理技术及应用/赵军著. —北京: 中国环境科学出版社, 2012.12

ISBN 978-7-5111-0719-0

I. ①农… II. ①赵… III. ①农业环境污染—污染防治 IV. ①X322

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 191033 号

责任编辑 李卫民
责任校对 唐丽虹
封面设计 玄石至上

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)
印装质量热线: 010-67113404

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2012 年 12 月第 1 版
印 次 2012 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 12.25
字 数 213 千字
定 价 25.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

本书编写人员名单

赵 军 胡 成 郎咸明 师晓春 王京城
冯 欣 刘一威 杨明珍 包震宇 代秀兰
晁 雷 李晓东 张 巍 尤 涛 汪德生

序

现阶段，随着农村各项事业的逐步发展，环境污染问题日益突出，村镇居民生活污水、农村生产生活垃圾、畜禽养殖粪污等成为影响农村环境的主要问题。然而由于我国农村污染治理机制与基础设施不完善，污染物大量累积，没有得到有效处理，由此对农村生态环境及农民身体健康造成了极大威胁，也制约了农村经济的进一步发展。因此，寻求适合我国农村基本情况的污染治理模式和技术迫在眉睫。

农村污染综合治理模式应遵循农村可持续发展的要求，成为农村、农业发展的有机组成部分。好的农村污染治理模式可以将农业生产、农民生活的各个环节连接起来，成为农村、农业可持续发展的推动力。同时，农村污染属于复合型污染，多种污染源综合作用，其污染治理是一项系统工程，因此研发农村污染治理技术，须从研究农村经济社会情况、环境污染特性出发，兼具技术先进性、经济适用性特点。

本书从分析我国农村污染现状及成因出发，重点介绍目前应用较广的农村生活污水控制技术、养殖业废弃物污染控制技术、农村生活垃圾污染控制技术，并详列了相关示范工程。同时，本书根据农业可持续发展理论，提出了农村污染低碳循环治理模式，希望能为农村环境综合治理提供新的思路。

要全面系统地总结农村环境污染治理技术的最新理论成果、工程经

验无疑是一项艰巨的工程，限于编者的学识和工程经验所限，书中难免有不妥和谬误之处，望读者不吝赐教。在本书的编写过程中参考了众多国内外的书刊，每章末都列出了主要的参考文献，在此谨向文献作者致以谢意。

作者

2012-11-13

目 录

第一章 农村环境污染现状与成因分析	1
第一节 农村环境污染现状	1
第二节 农村环境污染成因分析	5
参考文献	13
第二章 农村生活污水控制技术	15
第一节 农村污水性质及特点	15
第二节 污水处理模式	18
第三节 污水处理技术	19
参考文献	56
第三章 养殖业废弃物污染控制技术	58
第一节 畜禽养殖业废弃物污染控制技术	58
第二节 水产养殖业废弃物污染控制技术	80
参考文献	86
第四章 种植业废弃物污染控制技术	87
第一节 农作物秸秆污染控制技术	87
第二节 农用地膜污染防治	117
第三节 废旧农膜回收	120
参考文献	124
第五章 农村生活垃圾污染控制技术	125
第一节 农村生活垃圾污染现状和危害	125
第二节 农村生活垃圾构成和分类	131
第三节 农村垃圾收运模式	133
第四节 农村生活垃圾处理技术比选	136

第五节 农村生活垃圾填埋技术	142
第六节 工程实例	149
参考文献	153
第六章 农村污染综合治理模式与案例设计	155
第一节 农业可持续发展理论	155
第二节 农村污染治理模式	161
第三节 农村污染治理案例设计	173
参考文献	187

第一章 农村环境污染现状与成因分析

第一节 农村环境污染现状

我国环保工作在过去的 30 多年里主要以城市环境和工业环境治理为主,农村环境基础设施薄弱,环境保护工作相对滞后。随着农村生活条件的改善和农村经济的发展,农村环境问题已经越来越成为我国环保工作中的重中之重。农村环境污染是点源污染与面源污染并存,主要体现在水体污染严重、清洁水源稀缺、土壤质量下降、人居环境恶化、生态遭到破坏等方面。

一、水体污染现状

我国水资源严重短缺,人均水资源占有量仅为世界人均值的 1/4。水污染造成的水质性缺水,更加剧了我国水资源短缺的状况。农村水环境包括分布在广大农村的河流、湖泊、池塘、水库及地下水等。

(一) 地表水污染状况

我国对地表水污染非常重视,通过近年来大力度治理工作的开展,污染状况虽有所改善,但水质污染问题仍然存在。

2009 年《中国环境状况公报》的调查显示,我国七大水系的长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河和辽河总体为轻度污染。203 条河流、408 个地表水国控监测断面中,Ⅰ~Ⅲ类、Ⅳ~Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 57.3%、24.3%和 18.4%。其中,珠江、长江水质良好,海河污染最重。

26 个国控重点湖泊(水库)中,满足Ⅱ类水质的 1 个,Ⅲ类的 5 个,Ⅳ类的 6 个,Ⅴ类的 5 个,劣Ⅴ类的 9 个,劣Ⅴ类水质占总体的 34.6%。营养状态为重度富营养的 1 个,中度富营养的 2 个,轻度富营养的 8 个,其他均为中营养。

9 个重点国控大型淡水湖泊中,洱海、镜泊湖和博斯腾湖为Ⅲ类水质,鄱阳湖和南四湖为Ⅳ类水质,洞庭湖为Ⅴ类水质,达赉湖、白洋淀和洪泽湖为劣Ⅴ类

水质。其中轻度富营养状态的 3 个,中度富营养状态的 1 个,中营养状态的 5 个。监测的 9 座大型水库中,密云水库(北京)为Ⅱ类水质,董铺水库(安徽)和千岛湖(浙江)为Ⅲ类水质,松花湖(吉林)和丹江口水库(湖北、河南)为Ⅳ类水质,于桥水库(天津)和大伙房水库(辽宁)为Ⅴ类水质,崂山水库(山东)和门楼水库(山东)为劣Ⅴ类水质。9 座大型水库均为中营养状态。

(二) 地下水污染状况

我国地下水开采量近 30 年来以每年 25 亿 m^3 的速度递增,地下水的供给量占到了全国总供水量的 20%。其中北方缺水地区占 52%,华北和西北城市供水中地下水所占比例分别为 72%和 66%。在农村地区,地下水更成为主要的饮用水源。

根据中国地质环境监测院公布的信息,目前我国地下水污染呈现由点到面、由浅向深、由城市向农村的扩展趋势,污染程度日益严重。对北京、辽宁、吉林、上海、江苏、海南、宁夏和广东 8 个省(自治区、直辖市)641 眼井的水质监测结果显示,水质适用于各种使用用途的Ⅰ~Ⅱ类监测井仅占评价监测井总数的 2.3%,适合集中式生活饮用水水源及工农业用水的Ⅲ类监测井占 23.9%,适合除饮用外其他用途的Ⅳ~Ⅴ类监测井占总数的 73.8%。

我国地下水的水质状况目前十分严峻,起因一般都是生活污染、农业耕作、畜禽养殖等人为因素。

(三) 水源污染

我国水源污染问题严重,生活污水的直接排放、垃圾的随意堆放、畜禽粪便未处理及化肥和农药的过量使用等原因,造成污染物进入河流、湖泊、地下水等水体环境,严重影响了地表水和地下水的水质。据统计,我国 7 亿人饮用水源不合格,1.6 亿人饮用受有机物污染的水源,大肠杆菌超标率达 86%。

2009 年环境保护部组织开展了全国典型乡镇集中式饮用水水源基础环境状况调查及评估工作。调查结果显示,我国共有 2.5 万多个乡镇集中式饮用水水源,服务于 2.2 万个乡镇,供水人口超过 2 亿人。其中地下水型、河流型和湖库型水源分别占 57%、28%和 15%,地下水水源超过半数。按照服务人口、区域特征等原则,筛选了服务于 6200 万人口的 3737 个典型乡镇集中式饮用水水源进行深入调查。结果表明,南方地区水质好于北方,西部地区好于东部。水质状况从好到差依次为湖库型、河流型和地下水型。

二、大气污染现状

农村大气污染主要源于秸秆、薪柴等的燃烧、畜禽养殖臭气、化学药剂的散发和乡镇企业废气排放等。

（一）秸秆的焚烧

随着农耕技术的发展和农民生活水平的提高，秸秆在农业生产和农村生活中发挥的作用日趋弱化。农村劳动力短缺、农民环保意识淡薄等因素，造成了农户大量焚烧秸秆。

据中国气象局国家卫星气象中心遥感监测，2004—2007年4年间，共计监测到麦收期间和秋季秸秆火点15107个，其中数量最少的2006年也达到3294个，并且由于卫星重访时间相对较长和探测精度的限制，实际数量远不止于此。

焚烧秸秆导致空气中总悬浮颗粒数量增加，浓烟中含有的大量有毒有害气体（CO、CO₂、SO₂等）会对人体健康产生不良影响，并且容易引发火灾，对交通也会造成严重影响。河南省管理部门统计显示，河南每年因焚烧秸秆造成的直接经济损失达10多亿元。北京首都机场、天津滨海机场、广州白云机场等全国近20个机场都因秸秆焚烧烟尘而影响过航班正常飞行。另外焚烧秸秆使交通事故发生率增加，高速公路封闭。

（二）畜禽粪便产生的臭气问题

畜禽粪便产生量增加，但利用率低，畜禽粪便未经处理，随意堆积现象普遍。畜禽粪便堆积过程中的粪臭，发酵产生的硫化氢、氨、胺、苯酚、乙醇、乙醛等上百种有毒有害物质，造成空气污浊度升高，降低空气质量，危害周围人群的身体健康。

（三）农药、化肥的大量使用产生大气污染

农药、化肥的大量使用散发也是农村大气污染的原因之一。农药大多数以喷雾的形式喷洒于农作物上，但只有10%附着于农作物上。相当一部分农药散发到空中，随风飘移，造成大气污染。

（四）乡镇企业大气污染

乡镇企业多数为低技术含量的粗放经营，主要是小型的造纸、制革、电镀、印染等以牺牲环境为代价的高污染行业。大气污染物排放量居高不下，直接导致

大气污染。

三、土壤污染现状

土壤污染一般可分为水型污染、气型污染和固体废弃物污染。水型污染多是因污水灌溉造成的；气型污染主要是大气中的污染物经降雨和沉降污染土壤；固体废弃物污染的污染源主要是畜禽粪便、农药、秸秆等。与水和大气污染相比，土壤污染一是很难直观判断；二是积累性强；三是不易降解，治理难度大，周期长。

根据对典型地区的调查结果，我国土壤污染问题已经相当严重，已明显影响到水环境和农产品质量。虽然我国近年来已经开始进行“三废”处理、控制污灌、施用低毒新农药，但近期内土壤污染问题仍呈逐渐加重的趋势，尤其是在化肥、农药用量较大的地区和乡镇企业密集区。

（一）重金属污染

我国土壤的重金属污染问题主要源于镉、砷、铬、铅等重金属元素的富集。其中污水灌溉是造成农田污染的原因之一。污水中含有较丰富的有机物质，可提氮、磷等多种养分，并且缓解水资源短缺问题。但同时污水成分复杂，长期使用会造成其中含有的重金属成分富集，污染土壤。畜禽类粪便肥料也是造成土壤重金属污染的原因之一。由于畜禽饲料中配比了一定量的微量元素添加剂，因此畜禽粪便中除含有植物生长所需的 N、P、K 和有机质等营养成分外，还含有一定量的铜、砷、锌等微量元素。因此，过量施用粪肥除了导致养分流失外，还会造成土壤中盐分和重金属的积累。

（二）农药、农膜残存

我国土壤的有机污染十分严重，造成耕地质量的下降，阻碍了农作物的正常生长，已开始影响到农产品质量和人体健康。农药施用后在土壤中的残留量为 50%~60%，如已经长期停用的六六六、DDT 在土壤中的检出率仍很高。农膜残留造成的“白色污染”问题，也已严重影响了农业的发展。根据农业部 20 世纪 90 年代初对全国 17 个省市的调查结果，所有农膜覆盖过的农田土壤均存在不同程度的农膜残留，残留量平均为 60 kg/hm^2 ，最高达 135 kg/hm^2 。

（三）秸秆焚烧对土壤造成的破坏

秸秆焚烧在造成大气污染的同时，也会对土壤造成一定的破坏。秸秆焚烧降

低土壤肥力,使耕地表层土壤水分损失,致使耕地贫瘠化。据测定,秸秆焚烧会使土壤有机质下降 0.2%~0.3%,损失有机碳 3 500~4 000 kg/hm²,同时排放二氧化碳 11~13 t。秸秆焚烧对土壤微生物有杀灭作用,导致农田板结化。土壤微生物起到分解土壤有机质的作用,对加速土壤养分的释放和改善土壤结构起着重要作用。绝大多数土壤微生物在 15~40℃ 范围内活性最强,但秸秆焚烧使地下 5 cm 处的温度达到 65~90℃,致使绝大多数土壤微生物无法存活。

第二节 农村环境污染成因分析

一、生活污染源

随着农民生活水平的提高,生活用水量、生活垃圾产生量都在逐年增加。但农民环境保护意识较低,生活污水直接排放、生活垃圾随意堆放的现象普遍,已严重影响到广大农村居民的生活质量。

(一) 生活污水造成的污染危害

国家环境保护总局在《国家农村小康环境保护行动计划》中指出,全国农村每年产生生活污水约 80 亿 t。而据 2005 年建设部对全国部分农村的调查,96% 的农村没有污水处理及收集系统。农村大部分生活污水未经处理,直接进入河流、湖泊等水体环境。并且由于各种洗涤剂的使用,生活污水中磷的含量越来越高。农村污水得不到有效处理,但农村污水排放量占总排放量的比例却越来越大,严重影响了农村水体质量。

(二) 生活垃圾造成的污染危害

由于农村人口居住分散,环境保护意识较差,而且大多数农村没有有效的垃圾收集、处理体系,垃圾堆放现象普遍。对全国 31 个省、市、自治区的农村地区进行抽样调查的结果显示,全国农村人均日生活垃圾量为 0.86 kg,生活垃圾的堆放方式中随意堆放占 36.72%,收集堆放占 63.28%。收集堆放的垃圾中进行填埋的占 57.03%,焚烧的占 14.26%,高温堆肥的占 13.88%,直接再利用的占 14.83%。

垃圾堆放不仅侵占了土地,而且还成为蚊蝇、病原体的滋生场所。垃圾在堆放过程中腐烂、发酵甚至发生生物化学反应,不仅会释放出危害人体健康的气体,而且渗滤液还会污染水体和土壤。

1. 对水体的影响

垃圾可随地表径流进入河流湖泊，或随风被吹入水体。垃圾渗透液流入地表径流，或渗入土壤污染地下水。垃圾中不但含有大量的细菌和微生物，还会在堆放过程中产生大量的酸碱，由于水的溶解特性，污染物质一旦进入水体，污染就会扩散，产生严重的污染后果。

2. 对大气的影响

垃圾中的细小颗粒、粉尘等可随风飞扬。在适宜的温度和湿度下垃圾还可发生生物降解，释放出沼气。垃圾中的有毒有害物质可发生化学反应产生有毒气体，危害人体健康。

3. 对土壤的影响

生活垃圾的堆放，会造成土壤残留毒害物质难以挥发消解，杀死土壤微生物，改变土壤性质和结构，阻碍植物根系的生长发育。

二、畜禽养殖业

近年来禽畜养殖业发展迅猛，养殖方式由农户分散养殖向集约化养殖场转变，养殖地点从农村向城郊转移。养殖量增加的同时，禽畜粪便排放量也急剧增多，已成为农村环境污染的主要污染源之一。

（一）畜禽养殖业的现状

2007 年我国主要牲畜出栏量牛是 4359.5 万头，猪是 56508.3 万头，羊是 25570.7 万头，家禽是 958000 万只，比 1999 年分别增长了 15%、13%、36%和 29%。存栏量牛是 10594.8 万头，猪是 43989.5 万头，羊是 28564.7 万头，家禽是 502000 万只。畜禽养殖力度加大的同时，畜禽粪便也随之增加。但由于有机肥料逐渐被化学肥料代替，畜禽粪便的还田率仅为 30%~50%。未被利用的畜禽粪便多数没有经过安全处理，据统计，目前 80%的规模化养殖场没有污染治理措施。畜禽粪便的直接排放和任意堆放，造成水体富营养化以及地表水和地下水的污染，是影响农村地区饮用水安全的原因之一。

（二）畜禽养殖业造成的环境危害

畜禽粪便如不经妥善处理直接排入环境，会对水体、土壤和空气造成严重污染，并危及畜禽和人体健康。

1. 对水体的影响

畜禽粪便中含有大量的氮、磷和有机污染物，一旦流入江河湖泊，会造成

COD、TN、TP 等主要污染指标超标和水体富营养化, 导致对污染敏感的水生生物死亡。畜禽粪便中的有毒有害物质进入地下水后, 会降低水体溶解氧, 增加水中有毒有害成分, 严重时使水体发黑发臭, 丧失使用价值。

2. 对土壤的影响

畜禽粪便中的有机质可被土壤微生物分解而得到净化, 但如果污染物排放量超过了土壤本身的自净能力, 便会出现降解不完全和厌氧腐解现象, 产生恶臭物质和亚硝酸盐等有害物质, 导致土壤性状改变, 破坏其原有的基本功能。另外, 畜禽饲料中通常含有一定量的铜、砷、锌等微量添加剂, 这些微量元素超过环境容量时将会造成土壤的重金属污染。

3. 对空气的影响

粪便中产生的有毒有害气体、粉尘和微生物等可对空气产生污染。研究表明, 猪粪可产生 230 种恶臭物质, 其中的有害气体主要有氨气、硫化氢、二氧化碳、酚、粪臭素等, 严重影响了畜禽养殖场周围的空气质量, 危害饲养人员和周围居民的身体健康, 并且影响畜禽的生长。

4. 传播病菌

畜禽粪便中含有大量的病原微生物、寄生虫卵, 容易滋生蚊蝇, 使环境中的病原菌和寄生虫大量繁殖, 造成人、畜传染病的蔓延。

因此如何将畜禽粪便变废为宝, 实现畜禽粪便的无害化与资源化利用, 减少环境污染, 改善农村生态环境, 已经成为农村环境保护工作中的重大任务。

三、水产养殖业

随着经济的发展, 人们对水产品的需求日益增加, 为了弥补捕捞量的不足, 水产养殖业发展迅猛。

根据对 2007 年水产养殖业的统计结果, 海水养殖面积从 1990 年的 $428\,900\text{hm}^2$ 增加到 $1\,331\,500\text{hm}^2$, 内陆养殖面积从 1990 年的 $3\,829\,800\text{hm}^2$ 增加到 $4\,413\,600\text{hm}^2$, 海水养殖产量从 1990 年的 162 万 t 增加到 1 307 万 t, 内陆养殖产量从 1990 年的 445 万 t 增加到 1 971 万 t, 单从产量来说, 海水养殖和内陆养殖分别是 1990 年的 8 倍和 4.4 倍。见图 1-1。随着水产养殖业规模的扩大, 其对环境尤其是水环境的污染已经日益突出。水产养殖中大量未被鱼类摄食的饵料、鱼类排泄物和残留鱼药等, 是水产养殖污染的主要来源。

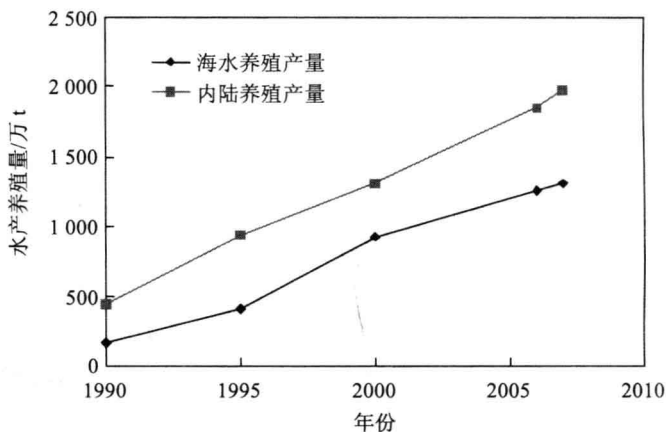


图 1-1 我国水产养殖量的增长

水产养殖大多靠人工投饵, 由于养殖密度高, 饵料投入量大, 加上施用的不合理, 养殖水体中残饵、排泄物、生物尸体、渔用营养物质等大量增加。有关实验表明, 投喂饲料中有 10%~20% 未被摄食而直接溶失到水中, 摄入饲料中 20%~25% 的氮和 25%~40% 的磷用于生长, 75%~80% 的氮和 60%~75% 的磷以粪便和代谢物形式排入水环境。养殖水体中排泄物和残饵逐渐累积, 引起水体自净能力下降, 导致水体富营养化和水质恶化。

另外, 为了预防水生生物疾病的发生, 保证良好的养殖环境, 养殖人员经常投加药物。水产养殖中经常使用杀菌剂、杀寄生虫剂等以防治水产动物疾病; 使用杀藻剂、除草剂控制水生植物; 使用杀虫剂、杀螺剂等消除敌害生物, 此外还使用麻醉剂、激素、疫苗和消毒剂等药物, 用药剂量越来越大, 药物的毒性越来越强, 导致养殖水域出现药物残留, 对水域生态系统造成危害。

由此可见, 水产养殖污染的主要原因是由于人为添加饵料、药物等物质, 加之缺乏规范管理, 施用不合理, 超过了水体的自然净化能力, 从而导致对水体的污染, 造成水质恶化。

四、种植业

(一) 农药和化肥污染

科学地使用农药和化肥, 有助于提高农作物的产量。但由于农民缺乏环保观念, 一味盲目地追求产量、产值, 因而目前农药和化肥过量使用, 甚至乱用、滥

用现象严重,致使农药和化肥成为农村环境污染的主要污染源。

1. 农药污染

农药在农业生产中,对病虫害的防治和农产品产量的提高发挥着重要作用,但同时农药的大量施用导致的农药流失和残留问题,已经成为越来越突出的农村环境问题之一。农药的毒性大,残留时间长,具有化学和生物稳定性。流失的大量农药残留在土壤、水体和空气中,参与生态环境系统循环,严重威胁着环境安全和人体健康。一些农药还具有环境激素效应,对人和动物的内分泌系统、免疫系统产生干扰作用,影响生殖机能。

(1) 施用量过大,利用率较低

目前,我国农药施用量远高于世界平均水平,是世界上最大的农药施用国。根据国家统计局的统计数据,我国农药施用量 1990 年为 73.3 万 t, 1995 年为 108.7 万 t, 2000 年为 128.0 万 t, 2003 年为 132.5 万 t, 2004 年为 138.6 万 t, 2005 年为 146 万 t, 2006 年 153.7 万 t, 2007 年 162.3 万 t (图 1-2)。农药总量中化学农药占总量的 93.3%, 生物农药仅占 6.7%, 化学农药中高毒、高残留农药占了 30% 以上。从统计数据中可以看出,我国农药施用量呈逐年上升的趋势,2007 年农药的总施用量是 1990 年的 2.2 倍,超过世界农药施用总量的 30%。单位面积耕地农药施用量从 1990 年的 $7.66\text{kg}/\text{hm}^2$ 增加到 2007 年的 $13.33\text{kg}/\text{hm}^2$, 而发达国家耕地农药平均施用量仅为 $7\text{kg}/\text{hm}^2$ 。相比高涨的施用量,我国农药利用水平较低,利用率有的只有 10%~20%,余下的则流失在水体、土壤和空气中。

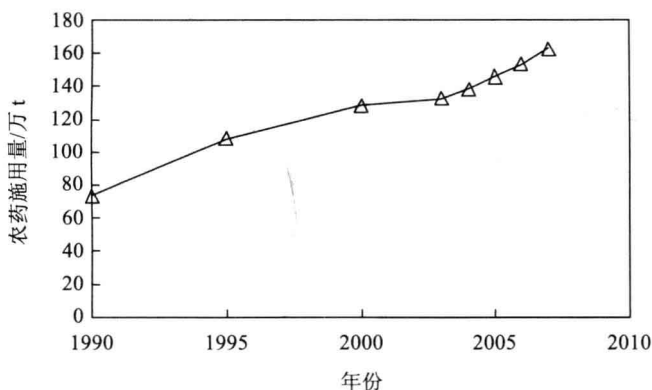


图 1-2 我国农药施用量