

852464

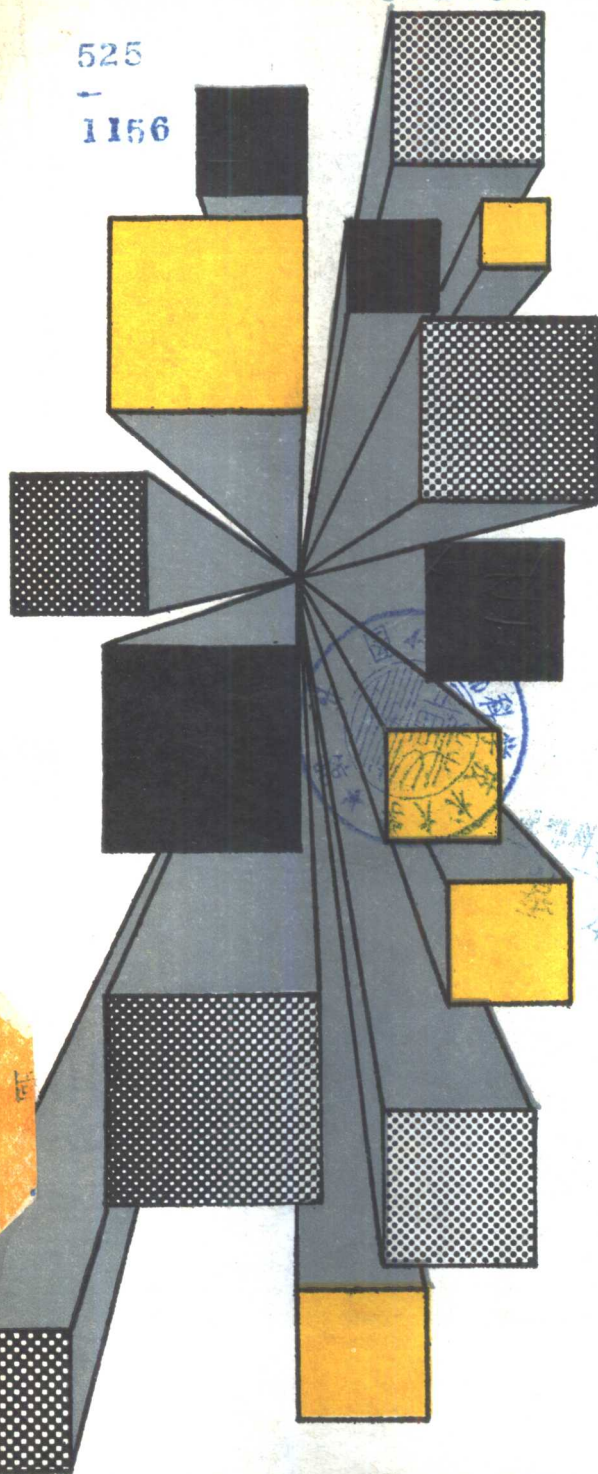
525
—
1156

固体废物的处理与处置

● 高等学校教材

牟振明主编

高等教育出版社



525

1156

高等学校教材

525
1156

固体废物的处理与处置

毕振明 编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书比较系统、全面地阐述了固体废物处理与处置的基本概念、原理、途径和方法。全书共七章分三个部分，第一部分即第一章绪论，介绍固体废物的来源、分类、特点、危害与管理。第二部分为固体废物的处理与利用，其中第二章为固体废物的预处理，第三、四、五、六章，介绍了固体废物资源化利用的主要途径和技术。本书的第三部分讲述固体废物的最终处置技术。

本书除可作为高等院校环境类专业教学使用外，还可作高等学校理、工、农、林、医、师等与环境教育有关的专业的试用教材，也可供从事环境保护工作的技术人员和管理人员、中等学校环境课程教师参考。

高等学校教材

固体废物的处理与处置

李振明 编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北 京 印 刷 三 厂 印 装

*

开本850×1168 1/32 印张8.5 字数205 000

1988年4月第1版 1988年4月第1次印刷

印数 0,091—3,240

ISBN 7-04-000832-7/K·35 定价 1.70 元

前 言

《固体废物处理与处置》是根据国家教育委员会高等工业学校环境工程类教材委员会关于本门课程的教学任务与基本要求编写的。

编者依据自己多年讲授本课程的基本内容和体系，于1985年编写了“固体废物处理与处置”（讲义），并于同年报送环境工程类教材委员会评审，本书即是在评审的基础上，依据教材委员会的决定，修改写成的。

全书共七章。第一章为绪论；第二章为固体废物的预处理，讲述固体废物的压实、破碎、分选、增稠以及稳定化和固化等处理原理和方法；第三、四、五、六各章为固体废物的资源化，按照我国固体废物管理的方针和要求，重点讲述了排量大、来源广的几种固体废物和部分有毒废渣的资源化利用途径和方法；第七章讲述固体废物的最终处置方法和技术。

全书由茅振明主编，并编写了前言、第一、二、三、四、五、六章和第七章第五节的一、二部分，清华大学环境工程研究所吴天宝同志承担了第七章的主要编写工作。

在本书编写过程中，先后征求了承担审稿工作的林肇信副教授（北京工业大学）和石青高级工程师（国家环保局废物管理处处长）的意见，得到了他们的热情帮助和支持。城乡建设环境保护部城市环境卫生管理处王保祥同志、有色冶金研究总院环保室李少时同志、中国农业科学院土壤肥料研究所金继续同志、清华大学吴天宝同志为本书编写提供了重要资料。河北化工学院环工系王

AS62/67

顾珩副教授对本书编写给予了许多具体帮助。本书还参考引用了一些从事教学、科研、生产工作的同志撰写的教材、论文等有关文献资料。高等教育出版社张月娥、陈文两同志，对本书的编辑和加工做了许多工作。仅在此一并表示感谢。

限于编者的水平以及经验不足，缺点错误在所难免，敬希读者多多批评指正。

编者 1987年1月于河北化工学院

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 固体废物的产生、分类、处理和处置	(1)
一、固体废物的产生	(1)
二、固体废物的分类	(4)
三、固体废物的处理与处置	(5)
第二节 固体废物的特点和危害	(6)
一、固体废物的特点	(6)
二、固体废物的危害	(6)
第三节 固体废物资源化	(9)
一、固体废物资源化的重要意义	(9)
二、固体废物资源化的原则和途径	(10)
第四节 固体废物管理	(11)
一、概念和现状	(11)
二、各类固体废物的管理	(11)
三、固体废物管理法规和标准的制订	(13)
第二章 固体废物预处理	(14)
第一节 固体废物的压实	(14)
一、固体废物压实处理概述	(14)
二、固体废物压实处理流程	(15)
三、固体废物压实器	(16)
第二节 固体废物的破碎	(19)
一、固体废物破碎概述	(19)
二、剪断破碎	(20)
三、冲击破碎	(22)
四、低温破碎	(25)
五、湿式破碎	(26)
六、半湿式选择破碎分选	(28)

第三节 固体废物分选	(30)
一、筛分	(31)
二、重力分选	(37)
三、磁力分选	(47)
四、浮选	(51)
五、分选技术的组合	(54)
第四节 污泥的增稠和脱水	(55)
一、概述	(55)
二、污泥的增稠和脱水	(58)
第五节 固体废物的化学稳定和固化	(60)
一、概述	(60)
二、包胶固化	(61)
三、自胶结固化	(66)
四、玻璃固化	(67)
五、水玻璃固化	(68)
第三章 固体废物能的利用	(70)
第一节 固体废物能及其利用途径	(70)
一、固体废物能	(70)
二、固体废物能的利用途径	(71)
第二节 固体废物焚烧热回收	(71)
一、概述	(71)
二、固体废物焚烧产物与支配焚烧过程的因素	(73)
三、固体废物焚烧器	(76)
四、固体废物焚烧热的利用和焚烧技术的发展	(82)
第三节 固体废物热解回收燃料	(84)
一、固体废物热解概念及其历史	(84)
二、固体废物热解原理	(85)
三、固体废物热解工艺	(88)
四、固体废物热解法的发展	(93)
第四节 固体废物生产沼气	(97)
一、固体废物生产沼气的重要意义	(97)
二、沼气发酵原理	(99)
三、沼气发酵工艺与操作	(102)
四、沼气发酵池的结构与工作原理	(105)

第五节 污泥的湿式燃烧	(109)
一、湿式燃烧及其发展	(109)
二、湿式燃烧反应和产物	(110)
三、污泥湿式燃烧工艺	(111)
四、湿式催化燃烧	(113)
第四章 固体废物的建材利用	(115)
第一节 高炉渣的建材利用	(115)
一、高炉渣的来源及其组成	(115)
二、高炉渣水淬和水渣的利用	(116)
三、高炉渣热渣和矿渣碎石的利用	(123)
四、高炉渣生产膨珠	(126)
第二节 钢渣的建材利用	(128)
一、钢渣的来源和组成	(128)
二、钢渣加工方法	(130)
三、钢渣的利用	(133)
第三节 粉煤灰的建材利用	(135)
一、粉煤灰的性质和利用途径	(135)
二、粉煤灰生产墙体材料	(138)
三、粉煤灰生产水泥	(143)
四、粉煤灰混凝土掺合料	(144)
五、粉煤灰筑路	(145)
第四节 煤矸石的建材利用	(145)
一、煤矸石的基本性质及其燃烧设备	(145)
二、煤矸石建材	(149)
第五节 铬渣的建材利用	(155)
一、铬渣生产青砖的原理和流程	(155)
二、铬渣青砖的特点	(156)
第五章 固体废物的农业利用	(158)
第一节 垃圾粪便的堆肥化	(158)
一、堆肥化概述	(158)
二、堆肥化原理	(161)
三、堆肥化方法	(163)
四、影响好气性堆肥化的因素	(167)

五、堆肥的理化特性和效用	(170)
六、堆肥农用问题与垃圾农用标准	(177)
七、垃圾堆肥化的前景	(179)
第二节 粉煤灰的农业利用	(181)
一、粉煤灰改土作用及其污染研究	(181)
二、粉煤灰生产硅钾肥	(187)
第六章 固体废物的化工利用	(190)
第一节 硫铁矿烧渣的氯化焙烧与有色金属回收	(190)
一、硫铁矿烧渣的化学成分和氯化焙烧概念	(190)
二、硫铁矿烧渣氯化焙烧原理	(192)
三、硫铁矿烧渣氯化焙烧方法	(200)
第二节 含汞废物的焙烧与汞回收	(205)
一、含汞废物的发生源	(205)
二、含汞废物的焙烧工艺	(205)
三、含汞废物焙烧设备的选择	(207)
第三节 煤矸石烧渣制结晶氯化铝和聚合氯化铝	(207)
一、煤矸石烧渣盐酸浸出制备结晶氯化铝	(208)
二、由结晶氯化铝生产聚合氯化铝	(212)
第七章 固体废物的最终处置	(214)
第一节 处置方法概述	(214)
一、处置概念	(214)
二、处置方法	(214)
第二节 海洋处置	(215)
一、海洋处置概述	(215)
二、海洋处置技术	(217)
第三节 土地耕作处置	(219)
一、土地耕作的机理及影响因素	(219)
二、操作程序	(222)
第四节 深井灌注处置	(223)
一、深井灌注处置法简介	(223)
二、深井灌注的工作程序	(225)
第五节 土地填埋处置	(228)
一、土地填埋处置技术的发展和分类	(228)

二、卫生土地填埋	(232)
三、安全土地填埋	(239)
附录 1 中华人民共和国国家标准	(251)
有色金属工业固体废物污染控制标准 GB5085-85	(251)
表 1 有色金属工业固体废物浸出毒性鉴别标准	(251)
表 2 有害固体废物表	(251)
有色金属工业固体废物浸出毒性试验方法标准 GB5086-85	(252)
有色金属工业固体废物腐蚀性试验方法标准 GB5087-85	(254)
有色金属工业固体废物急性毒性初筛试验方法标准 GB5088-85	(255)
附录 2 中华人民共和国国家标准 GB4284	(257)
农用污泥中污染物控制标准	(257)
附录 3 中华人民共和国国家标准 1986年12月技术审定通过	(258)
城市垃圾农用控制标准	(258)
附录 4 国外城市垃圾农用控制标准 (或参数)	(259)

第一章 绪 论

第一节 固体废物的产生、分类、处理和处置

固体废物(solid waste), 亦称废物, 一般是指人类在生产、加工、流通、消费以及生活等过程提取目的组分后, 弃去的固状物质和泥浆状物质。

在具体生产环节中, 由于原材料的混杂程度, 产品的选择性以及燃料、工艺设备不同, 弃去的这部分物质多种多样。从一个生产环节来看它们是无用的废物, 而从另一生产环节来看, 它们往往可以作为其他产品的原材料, 又不是废物。

一、固体废物的产生

固体废物大部分来自人类生产活动的许多环节, 其中也包括来自各种废物处理设施的排弃物, 其余部分则来自人类的生活活动, 主要表现为生活垃圾、粪便的排放。此外人类在从事科研、医疗、卫生等项活动中也排放出一定数量的固体废物。表 1-1 列出了各类发生源排出的主要固体废物。

在当今技术条件下, 工业固体废物的产生和排弃有其必然性。这一方面是由于人们在利用天然资源从事生产活动时, 限于实际需要和技术条件, 总要将其中的一部分作为废物而丢弃; 另一方面是由于各种产品, 都有一定的使用寿命, 超过了一定期限就会成为废物。随着经济的不断发展, 工业生产规模不断扩大, 随之而来的废物排量也与日俱增。一些工业发达国家, 70年代以来, 特别是近些年以来, 粗放式的资源消耗导致工业固体废物产生数量越来越多。据有关资料粗略统计, 美国工业固体废物年排

表1-1 从各类发生源排出的主要固体废物

发 生 源	产 生 的 主 要 固 体 废 物
采矿、选矿业	废石、尾矿、金属、木、砖瓦、水泥、混凝土等建筑材料
冶金、机械、金属结构、交通工业	金属渣、砂石、废模型、陶瓷、涂层、管道、粘结剂、绝热绝缘材料、污垢、木、塑料、橡胶、布、纤维、填料、各种建筑材料、纸、烟尘、破汽车、废机床、废仪器、构架、废电器等
食品工业	烂肉、蔬菜、水果、谷物、硬果壳、金属、玻璃、塑料、烟草、玻璃瓶、罐头盒等
橡胶、皮革、塑料工业	橡胶、塑料、皮革、线、布、纤维、染料、金属、废渣等
石油、化学工业	有机和无机化学药品、金属、塑料、橡胶、玻璃、陶瓷、沥青、毡、石棉、纸、布、纤维、污泥、烟尘等
电气、仪器、仪表工业	金属、玻璃、木、橡胶、塑料、布、化学药品、研磨废料、纤维、电器、仪器、仪表、机械等
居民生活	食物垃圾、纸、木、布、金属、玻璃、塑料、陶瓷、器具、杂品、庭院整修物、碎砖瓦、脏土、燃料、灰渣、粪便等
商业机关	纸、木、布、金属、玻璃、塑料、陶瓷、器具、杂品、燃料灰渣、管道、沥青及其他建筑材料、各种有害渣、废渣、汽车、电器等
市政管理、污水处理	脏土、碎砖瓦、树叶、死禽畜、旧金属、废锅炉、灰渣、污泥、管道、器具、建筑材料等
农业	庄稼秸秆、烂蔬菜、烂水果、糠秕、果树剪枝、人畜粪便、农药等
核工业、核动力及放射性同位素应用	旧金属、废渣、粉尘、污泥、器具、建筑材料等

引自：刘天齐等《环境保护概论》，人民教育出版社，1983.3，190页。

出量为 $34\,400 \times 10^4 \text{ t}$ (1976年)，日本为 $32\,000 \times 10^4 \text{ t}$ (1982年)。目前，各工业发达国家工业固体废物的发生量还在以每年2—4%的速度增加。在这些国家中，工业固体废物的主要排放源是冶金、煤炭、火力发电三大工业，其次为化工、石油化学、原子能等工业。

由于人们生活水平不断提高,生活垃圾的排放量也日益增多,其发生量一般约为工业固体废物的10%。据报导,美国每年产生城市生活垃圾 $18000 \times 10^4 \text{ t}$, 苏联 $4000 \times 10^4 \text{ t}$ 以上,日本 $3700 \times 10^4 \text{ t}$, 联邦德国 $2700 \times 10^4 \text{ t}$, 法国、英国各 $1400 \times 10^4 \text{ t}$ 。生活垃圾的增长率与经济发达程度有关,发达国家高于发展中国家:美国城市人均日产垃圾 1.75kg, 日本为 0.95kg, 尼日利亚为 0.35kg, 印度为 0.29kg, 靠石油输出发展起来的中东各国后来居上,已达1.06kg,超过了英国(0.845kg),比亚洲城市高出一倍多。

我国固体废物的产生量,随着经济的发展和人民生活水平的不断提高在急剧增加。1982年工业固体废物与城市市政垃圾产生量为 $5.5 \times 10^4 \text{ t}$, 其中市政垃圾约占20%。1985年,仅工业固体废物的产生量即达 $5.23 \times 10^4 \text{ t}$ 。近几年,我国城市垃圾量平均每年增长速度为9.6%。据统计,全国300多个城市每年产生垃圾 $5188 \times 10^4 \text{ t}$ 。以北京市为例,解放初期,生活垃圾年清运量为 $40 \times 10^4 \text{ t}$, 1963年增至110多万t, 1979年是 $128 \times 10^4 \text{ t}$, 1982年是 $194 \times 10^4 \text{ t}$, 比1979年增长51.5%,比解放初期几乎增加5倍。一般说来,200万人以上的大城市每人每天平均垃圾产生量为0.62—0.98kg, 中小城市在1.10—1.30kg之间。根据预测,随着民用煤气和集中供热事业的发展,城市生活垃圾中无机物将逐年下降,到2000年,城市居民每人每天平均生活垃圾产生量,可能稳定在1.2kg的水平。到本世纪末,我国城镇人口将增加到 2.33×10^8 人(按年增500万计算),其中城市人口将有 1.7×10^8 人(按年增400万人计算),城镇生活垃圾年产量将达到 $1.02 \times 10^8 \text{ t}$, 其中城市占 $0.74 \times 10^8 \text{ t}$ 。我国目前300多个城市中每年产生粪便 $3453 \times 10^4 \text{ t}$ 。到2000年,全国城镇将有10%采用水冲式厕所,粪便(包括冲洗用水)还将有一定幅度的增加,城镇居民每人每天平均粪便产生量预计为0.8kg,届时城镇粪便年产生量将达到 $6800 \times 10^4 \text{ t}$, 其中城市在 $4900 \times 10^4 \text{ t}$ 以上。总之,生活垃

圾和粪便的收集、清运、处理量都将比目前有大幅度的增加。这是一个不可等闲视之的问题。

二、固体废物的分类

固体废物的分类方法很多，一般是按来源分类。日本把固体废物按来源分成产业固体废物和一般固体废物两类。前者是指来自生产过程的固体废物，其中相当一部分是对人和环境有害的。后者是指来自人类生活过程的固体废物。欧美等许多国家将固体废物按来源分为工业固体废物(industrial solid waste)、矿业固体废物(mineral solid waste)、城市固体废物(municipal solid waste 简写 MSW)、农业固体废物(agriculture solid waste)、放射性固体废物(radioactive solid waste)等 5 类。我国从固体废物管理需要出发，将其分为三类进行管理，即工矿业固体废物、有害固体废物和城市垃圾(包括粪便)。

(一) 工矿业固体废物

一般工业固体废物是指工业生产、加工过程排出的废渣、粉尘、废屑、污泥等，如冶金工业产生的高炉矿渣、钢渣、有色金属渣、赤泥、铁合金渣，采煤和选矿过程排出的煤矸石，燃煤设备产生的粉煤灰、烟道灰、页岩灰，化学工业产生的种类繁多的工艺渣，机械工业排出的金属碎屑，木材加工工业产生的边角料、刨花、木屑，粮食、食品加工过程排出的谷屑、下脚料、渣滓，建材生产过程排出的废渣，纺织、造纸工业产生的泥渣，工业废水、废气处理装置排出的沉渣、污泥等。矿业固体废物主要包括废石和尾矿。废石是指各种金属、非金属矿山开采过程中从主矿上剥离下来的各种围岩，从主要工业角度看其利用价值不大。这类废物量大，多在采矿现场就近排放。尾矿是选矿过程中经过提取精矿以后剩余的尾渣，其产生量也相当大，多堆弃在选矿作业场附近。

(二) 有害固体废物

1985年召开的“有害废物的环境管理指南和规定草案”国际讨论会，对有害废物定义为：除放射性废物以外的某种或某些积聚后具有毒性、化学活动、腐蚀性、爆炸性因而可能对人类和动植物的生活环境产生危害的废物。我国将放射性废物也列入有害固体废物之内。放射性固体废物是指铀的生产、加工、回收过程中所排出的固体废物，也包括生产、应用放射性同位素过程排出的固体废物，还包括核武器试验时产生的各种放射性碎片、弹壳及其污染物。在我国，对有害固体废物的管理一直是国家废物管理的重点之一。

（三）城市垃圾和粪便

习惯上把生活过程产生并接近固体废物状的废物，叫做垃圾(refuse)。垃圾一般多按其产生的场所分类。例如厨房垃圾，指烹调时扔掉的废物；城市垃圾，指城市各区域内广泛收集的废物；街道垃圾，指清扫街道收集的废物；事业垃圾，指来自文化设施、医院、建筑工地等场所的废物。发达国家的城市居民粪便全部通过下水道输送到污水处理场处理，因而城市垃圾不包括粪便。我国城市污水处理设施很少，居民粪便需要收集、清运，因而是城市固体废物的重要组成部分，在固体废物管理工作上是不容忽视的。

三、固体废物的处理与处置

固体废物处理(treatment)是指通过物理、化学、生物等不同方法，使固体废物转化成为适于运输、贮存、资源化利用，以及最终处置的一种过程。固体废物的物理处理包括破碎、分选、沉淀、过滤、离心分离等处理方式，其化学处理包括焚烧、焙烧、热解、溶出等处理方式，生物处理包括好氧分解和厌氧分解等处理方式。

固体废物处置(disposal)是指最终处置(final disposal)，目的在于寻求固体废物的最终归宿。

第二节 固体废物的特点和危害

一、固体废物的特点

与废水、废气相比，固体废物具有几个显著的特点。首先，固体废物是各种污染物的终态，特别是从污染控制设施排出的固体废物，浓集了许多污染成分。人们却往往对这类污染物存有一种稳定、滞呆的错觉。第二，在自然条件影响下，固体废物中的一些有害成分会转入大气、水体和土壤，参与生态系统的物质循环，因而具有潜在的、长期的危害性。第三，固体废物所具有的上述两个特点，决定了从其产生到运输、处理、贮存、处置每一环节都必须妥善控制，使其不危害人类环境，即具有全过程管理的特点。

二、固体废物的危害

固体废物对人类环境的危害，表现在以下几个方面。

(一) 侵占土地

固体废物不加利用，须占地堆放。堆积量越大，占地越多。据估算，每堆积 1×10^4 t 渣，约须占地一亩。我国仅煤矸石一项积存量就达 10×10^8 t，侵占农田 5×10^4 亩。随着我国生产的发展和消费的增长，城市垃圾消纳场地日益显得不足，垃圾占地的矛盾日益尖锐，以北京市为例，截止到1983年，在三环路与四环路之间形成的环状垃圾群堆，已占地7000多亩，给市政建设带来诸多不便。

(二) 污染土壤

废物堆置，其中的有害组分容易污染土壤。如果直接利用来自医院、肉类联合厂、生物制品厂的废渣作为肥料施入农田，其中的病菌、寄生虫等，就会使土壤污染。人与污染的土壤直接接触，或生吃此土壤上种植的蔬菜、瓜果，就会致病。当污染土壤

中的病原微生物和其他有害物质，随天然降水径流或渗流进入水体后也可能进一步危害人的健康。

工业固体废物还会破坏土壤内的生态平衡。土壤是许多细菌、真菌等微生物聚居的场所。这些微生物形成了一个生态系统，在大自然的物质循环中，担负着碳循环和氮循环的一部分重要任务。工业固体废物，特别是有害固体废物，经过风化、雨淋，产生高温、毒水或其他反应，能杀灭土壤中的微生物，使土壤丧失腐解能力，导致草木不生。例如，包头尾矿堆积量已达 $1500 \times 10^4 \text{ t}$ ，使尾矿坝下游的全巴免乡大片土地被污染，居民被迫搬迁。

固体废物中的有害物质进入土壤后，还可能在土壤中积累。重庆市郊因农田长期施用垃圾，土壤中的汞浓度已超过本底3倍，铜、铅分别增加87%和55%，都可能对作物的生长等带来危害。

来自大气层核爆炸实验产生的散落物，以及来自工业或科研单位的放射性固体废物，也能在土壤中积累，并被植物吸收，进而通过食物进入人体。

（三）污染水体

固体废物引起水体污染的途径有：随天然降水径流进入河流、湖泊，或因较小颗粒随风飘迁，落入河流、湖泊，污染地面水，随渗沥水渗透到土壤中，进入地下水，使地下水污染；废渣直接排入河流、湖泊或海洋，造成污染。

联邦德国莱茵河地区的地下水，因受废渣渗沥水污染导致自来水厂有的关闭，有的减产。

一些国家，还把大量固体废物投入海洋，仅1968年美国就向太平洋、大西洋和墨西哥湾投弃了各种固体废物 $4800 \times 10^4 \text{ t}$ 以上。1975年美国向156处洋面垃圾投置区投置市政及工业固体废物 $500 \times 10^4 \text{ t}$ 以上，对海洋造成潜在的污染危害。

即使无害的固体废物，排入河流、湖泊，也会造成河床淤