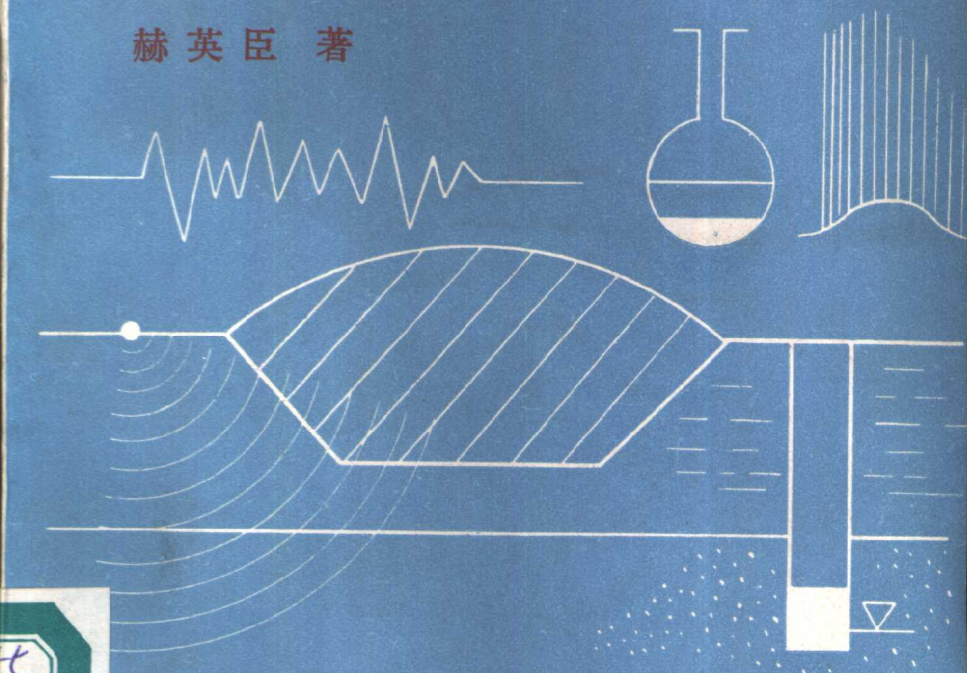


固体废物 安全排放技术

赫英臣 著



煤炭工业出版社

固体废物安全排放技术

林 范 臣 著

煤炭工业出版社

一九九五年八月十一日

(京)新登字042号

图书在版编目(CIP)数据

固体废物安全排放技术/赫英臣著. —北京: 煤炭工业出版社, 1994

ISBN 7-5020-0853-5

I. 固… I. 赫… III. 固体废物—废物处理—安全技术IV. X705

中国版本图书馆CIP数据核字 (94) 第07133号

固体废物安全排放技术

赫英臣 著

责任编辑: 李振祥

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平门北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787×1092mm¹/₃₂ 印张 8 插页 2

字数 173 千字 印数 1—2,000

1995年1月第1版 1995年1月第1次印刷

书号 3619 G0265 定价 12.50元

前 言

环境污染随着工农业生产的发展，人口的激增而日趋严重，在某种程度上威胁着人类在地球上的生存。这种情况不能不引起世界各个国家的极端关注，并推动各国共同致力于环境保护工作。

固体废物（主要是工业废物和生活垃圾）是造成环境污染的重要来源之一。在产品生产的发展阶段，人们往往忽视对固体废物的安全处理和处置，处于将废物乱堆放的不规范状态，造成水域、地下水、土壤和大气污染的日趋严重。随着人们生活水平的提高、产品的增加、工业的高速发展，固体废物数量与日俱增。据前联邦德国1991年的统计资料，每年要排放出 $2.5 \times 10^8 \text{t}$ 固体废物，按全国6000万人口计算，每人每年要排放出4t多的废物，这显然是一个惊人的数字，所以固体废物的回收利用、安全合理的处理和处置将是人类面临的艰巨任务。

目前，西方发达国家的所有部门和科技人员已掀起了对固体废物安全处理、处置技术研究的高潮，主要致力于废物的回收利用和再循环利用、废物的燃烧和沤肥化处理以及安全排放技术的研究。其中废物数量的50%以上要进行安全排放处置，所以废物安全排放技术的研究具有特殊意义。废物安全排放场将和其他工程设施一样，如选择什么样的场地，设计什么样的结构、规模，怎样防止对环境的污染，怎样管理和监测，经多年的研究和实践，目前已在西方发达国家形

成一整套废物安全排放技术，成为环境科学的一个分支系统。

固体废物安全排放技术目前在我国仍然是一项空白，这方面的资料少，经验缺乏。迄今为止，象我国北京、上海这样人口密集、工业发达的大城市，仍然没有一个科学的、具有一定污染防治能力的城市中心固体废物安全排放场。写这本书的目的，就是想把国外的这方面的技术和经验借鉴过来，用来促进我国这方面的环保技术发展。

作者在前联邦德国进修期间，已用德文编写了《废物安全排放与污染治理技术》(Deponietechnik und Altlasten-behandlung)一书，由亚琛工业大学出版。当时写书的目的，除为了供德国大学生和博士生学习和选写论文参考，也想把这方面技术系统地带回我国。回国后，经与我国环保部门的接触和了解，为了满足我国目前对废物安全排放技术的急需要求，结合我国环保事业发展的具体情况，用中文重新编写了这本书。由于我国目前这方面的资料较少，所以书中大部分资料仍然引用德国的，并把作者在1991年第二次去德国考察搜集到的更新的技术方法也编入本书中。

该书内容比较全面系统，结构紧密，技术方法较新，很适合环保事业的实际工作需要，也适合科技人员、大学生和研究生学习和参考。

内 容 提 要

本书主要介绍固体废物的分类和危害；安全排放的技术措施和场地要求；排放场的水文地质调查方法和项目；场地技术设计工作内容，包括底、衬、盖的密封措施，排气、排水措施，以及废物在填埋作业中的管理和监测方法等。是从事地质、环保专业的管理干部、工程技术人员和科研工作者及大专院校师生较为理想的参考用书。

目 录

前 言

第一章 概论	1
第一节 废物安全排放技术的发展现状	1
第二节 废物安全排放技术研究的任务	5
第三节 废物安全排放技术的发展趋势	7
第二章 地质技术条件对废物污染的防护能力	10
第一节 地质屏障	10
第二节 排放场地选择	24
第三节 排放场地的地质类型	47
第四节 多屏障防护系统	50
第五节 排放场地条件的安全分析	51
第三章 废物排放场场地地质技术调查	55
第一节 废物排放场概况	55
第二节 废物排放场地的区域地质概况	56
第三节 旧排放场地的污染调查	57
第四节 排放场场地地质技术调查	60
第五节 排放场场地地质技术调查报告书的编写	85
第四章 固体废物排放场类型	90
第一节 一般生活垃圾排放场类型	90
第二节 特殊废物排放场类型	93
第五章 废物安全排放场密封技术	99
第一节 基础密封技术	101
第二节 固体有害废物排放场的垂直密封技术	194

第三节	固体有害废物排放场的表面密封技术	219
第四节	边坡和陡壁的密封技术	236
参考文献		247

第一章 概 论

废物安全排放技术主要是防止废物对地下水、土壤和大气造成污染的一种可靠的环境保护措施。它是以地质技术为依托、查清规划中废物排放场地的地质、水文地质和工程地质条件，对地质屏障阻滞污染能力作出评价，以此确定排放场的密封、排气、排水等技术措施，达到安全可靠地保护环境的目的。

废物安全排放技术（或废物安全填埋技术）在一些发达国家已形成一门全面系统的技术体系或专门学科，目前这种技术正向更科学化和高深层次发展，可用图1-1所示的简单框图来概括。

第一节 废物安全排放技术的发展现状

西方发达国家，针对固体废物日趋增多并对环境污染急剧严重的情况，首先开展废物安全排放技术研究工作。

一、国外发展状况

目前，美国、日本和德国等发达国家在固体废物安全排放方面已建立了基本的技术体系，积累了20多年的实践经验，从70年代起得到了广泛的发展，以德国（前联邦德国）为例，大致可以分为两大发展阶段。

70年代前，德国对固体废弃物的排放基本上是无规则的，对工业废物和生活垃圾排放地点的选择主要以运输近、堆放地点能够被使用为原则，并没有考虑污染的后果，所以

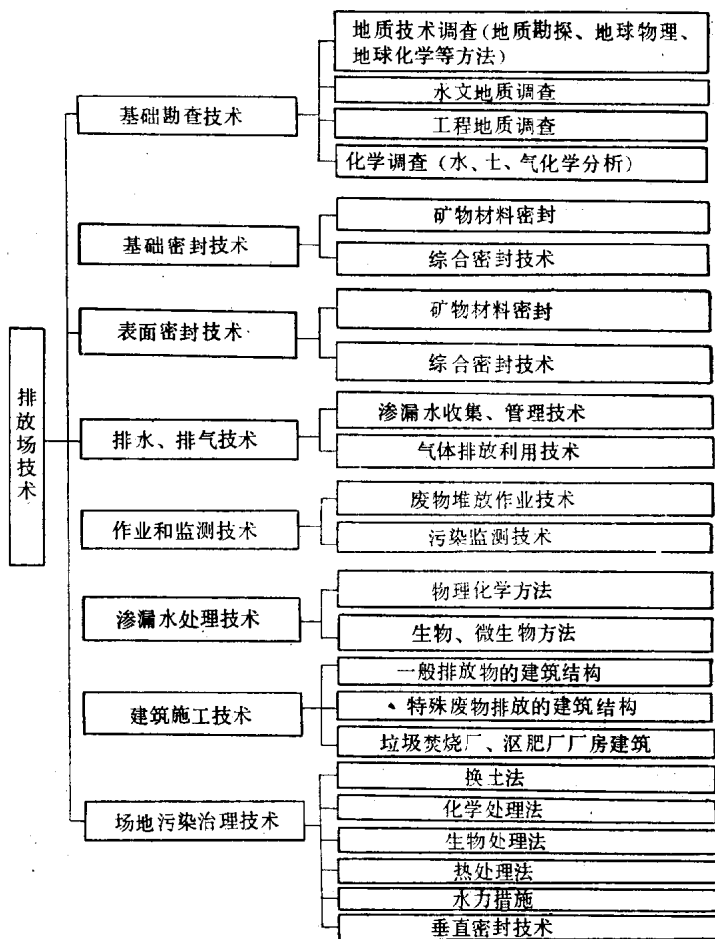


图 1-1 废物排放场技术范围

居民区和大工业区附近到处可见任意堆放的垃圾堆，由此带来的污染越来越严重，尤其是对地下水的污染，这就引起了公众的关注和政府的重视。这时，德国政府才着手制订建设城市中心排放场的规划和废物安全排放技术规范。

污染比较严重的大工业区（如鲁尔和斯图加特重工业区）至今治理污染的任务仍很繁重。德国政府已投进很大的人力、物力和财力积极治理以往遗留下来的污染，已逐渐取得成效，并形成了庞大的治理污染的施工队伍和研究机构，发展了许多有成效的治理污染的技术措施和方法。

70年代以来，德国于1972年6月颁布了废物安全排放法，除了建立、健全各种对废物排放的安全要求法规之外，还规定在每个大区或城市都要建立足够数量的中心废物安全排放场，逐渐形成了一套完整的科学体系。它以地质科学为基础，为安全排放场的规划、设计和施工提供全面的地质技术数据。例如，以地质科学观点合理选择废物安全排放场的场地，进行场地的各种地质技术调查，场地地质条件的类型划分，提出对地下水和水域保护的水经济要求，并以地质科学观点对废物排放场作业后的污染进行可能性预测和对危害程度进行评价。

目前，西方发达国家的废物安全排放技术不断得到发展，除继续对安全排放技术方法加强研究外，还对废物污染治理、有害物质在基础内的各种化学反应过程、地质屏障对有害物质的阻滞能力和防护作用进行更深入地研究。目前，德国国家地质原材料总局（BGR）开展了一项大科学研究联合规划，项目名称为“排放场基础”，该项目从1991年开始，1994年将提交全部成果，投资1亿马克。该项目的二级子课题分三个大方面研究：水文地质项目组共9个课题；地球物

理项目组共 8 个课题；地球化学项目组共 5 个课题。这些课题已下达德国的各研究能力较强的大学、科研机构和各大专业公司。开展这个大科学研究的目的，就是要建立一整套成熟、有效的排放场基础调查方法，并应用现代技术查清排放场基础的地质结构，为排放场的设计和施工提供最可靠的地质技术数据。

实践表明，废物安全排放技术是环境保护的重要措施之一。所以，不论那个国家，经济发展水平如何，都应积极开展废物安全排放技术的研究，促进环境保护事业的发展。

二、国内的发展状况

我国目前的环境状况基本上与德国 70 年代前的情况相当，固体废物安全排放技术方面仍处于空白阶段，至今仍未有一座合乎安全要求的固体废物排放场，垃圾、废物仍处于乱堆、乱放的不规则状态，同时污水、废液处理率仍很低，多半为乱排、乱流状态，致使我国目前环境污染已达到十分严重的地步。据有关资料表明，废物、废水造成地下水的污染已威胁到一些大、中城市的供水问题。环境污染的严重性已引起我国政府和有关部门的密切关注，目前已着手开展对固体废物安全处理、处置技术的研究。由国家环保局和中国环保科学研究院共同主持的“有害废物安全填埋处理、处置技术研究”项目已由国家科委正式批准，于 1992 年开始安排实施，1995 年提交全部成果。该项目共分二级子课题共四项：有害废物入场条件及预处理技术研究；填埋场构造技术研究；防水防渗材料的筛选和研制；示范性填埋场工程实施与管理研究。

上述每个二级子课题又分出四个三级子课题，这样该“八五”项目共计 12 个大型课题。目前该项目已分派给国内

一些研究能力较强的科研机构和大专院校，从今年开始将投入全面的研究工作。该项目完成后，会给我国废物安全排放技术填补这方面的技术空白，大大改善我国的环境状况。

第二节 废物安全排放技术研究的任务

环境污染来自多方面，废水、废气和废物的来源涉及到各个经济活动环节和人类活动场所，所以污染治理和垃圾、废物的安全合理处理、处置应是全社会、全人类的重要任务，也是各学科领域协同作战的综合任务。

废物安全排放技术几乎与所有学科都有关，与它关系比较密切的有地质科学、建筑科学以及数学、物理学、化学、生物学、电子学、计算机科学和政治、经济、法律等学科。所以环境保护和环境污染的治理必须运用自然科学和社会科学中各学科的理论、技术和方法来研究和工作。总之，环境保护技术研究是一个多学科作战问题。

一、地质科学是环境科学的基础

环境科学是在现代社会经济和科学发展过程中形成的一门综合性科学，它所研究的环境是以人类为主体的外部世界，即人类赖以生存和发展的物质条件综合体，包括自然环境和社会环境。环境科学是一门综合性很强的学科。它在宏观上研究人类同环境之间的相互作用、相互促进、相互制约的对立统一关系，揭示社会经济发展和环境保护协调发展的基本规律；在微观上研究环境中的物质，尤其是人类活动排放的污染物的分子、原子等微小粒子在有机体内和地质环境中的迁移、转化、蓄积的过程及其运动规律，探索其对生命的影响及其作用机理。

当今世界上大气、水、土壤和生物所受到的污染和破坏

已达到危险的程度；自然界的生态平衡受到日益严重的干扰，自然资源受到大规模的破坏，自然环境正在退化。所以，环境科学研究的任务是：探索全球范围内环境演化规律；揭示人类活动同自然生态之间的关系；探索环境变化对人类生存的影响；研究区域环境污染综合防治技术措施和管理措施。

目前，德国所有大学、科研和生产部门的地质技术人员都从事环保课题的研究。他们的中心工作就是污染调查、排放场选址、排放场矿物密封材料研究和试验、对污染机理的研究、地质屏障对污染防护能力的研究、治理地下水和土壤污染技术措施研究等。因此，我国地质工作者应迅速将服务方向转向环境科学领域，尽快担负起治理污染、改善环境的艰巨任务，为促进我国环保事业的发展作出更大贡献。

二、环境科学与建筑科学的关系

许多环境工程都要求有特殊的建筑结构，一般生活垃圾排放场只要求较简单的建筑技术和施工方法，而特殊废物排放场就要求有高难度的建筑设计和施工措施。例如，可监测的特殊废物排放场、放射性废物地下排放场都要求具有严格密封措施的钢筋混凝土结构的高强度建筑工程，并在施工方法上有特殊要求。

其他的环境工程，如城市污水处理厂、垃圾焚烧厂、垃圾沤肥厂及其配套的其他建筑物都是大型和重要的建筑工程，具有复杂的建筑设计和高精度的施工标准。

由此看来，建筑科学技术在环保科学方面的应用大有前景。如德国几家有名的大建筑公司都设有专门机构来从事环境工程的设计和施工。我国建筑部门也要注意和重视环保工程的设计和研究，以适应我国环保事业迅速发展的浪潮。

三、环境科学与其他学科的关系

环境科学还与许多学科有紧密的联系。因为环境科学主要是运用自然科学和社会科学的有关学科理论、技术和方法来研究环境问题,形成有关学科的相互渗透、交叉,进而形成许多边缘学科的分支。与环境科学紧密相关的自然学科有地学、生物学、化学、物理学、医学、建筑学、数学、计算机科学等。与环境科学紧密相关的社会学科有法律学、经济学、管理学等。

因此,环境问题的解决是一个多学科作战问题,缺一不可,必须要紧密合作、协调一致,在各学科相互促进发展的同时,也推动了环境科学的发展。

第三节 废物安全排放技术的发展趋势

随着人口的增多、人民生活水平的提高和工农业高速的发展,垃圾和废物(特别是有害程度较高的工业废物)数量的增长不可避免,所以废物安全处理、处置技术的发展越来越迫切和重要。

据统计,德国每年有250Mt的垃圾和废物(1990年资料),给环境造成很严重的负担。这些废物的处置途径见图1-2所示。德国的废物处置目前仍以填埋为主,如果1个排放场的填埋面积按 1km^2 、埋深10m计算,只能填装10Mt废物,那么一年应填埋的废物(185Mt)就需要这样规模的排放场18.5个,占地面积就达 $18.5\text{km}^2/\text{a}$ 。

由以上分析表明,将来废物安全处理、处置技术的发展方向应为以下几方面:

(1) 在产品生产中尽量减少废物生成的数量。这就要努力提高生产工艺,就地回收利用边角废料,提高原材料的

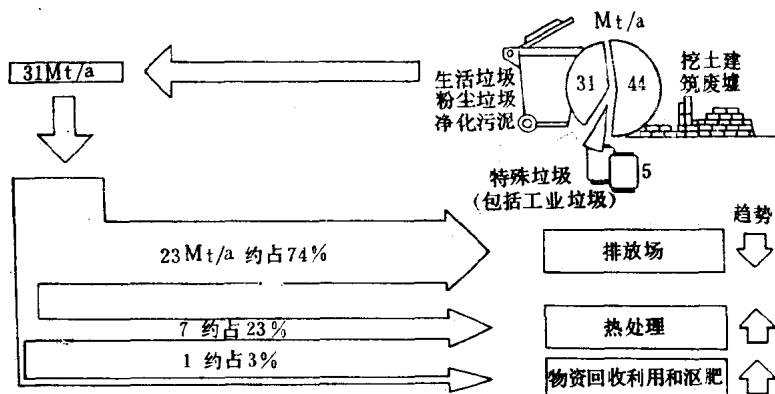


图 1-2 德国废物的生成和处置途径

利用率。

（2）提倡废物的回收利用和再循环利用。这个办法可以使废物数量大幅度降低。

（3）积极推广废物热处理（焚烧）方法。废物热处理目前有低温处理、高温处理和低-高温联合处理三种。

废物作低温处理时，就是要把废物性质改变到环境所容纳的最佳状态，既可大大地缩减废物排放体积，也使废物中的有害物质的浸蚀作用降低到允许标准极限范围之内。另外，废物通过低温处理后可提供一些有用物质和能源。

废物高温处理时燃烧温度高于 1200°C ，一般达 $1300\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 。除能显著地缩减废物体积、增加热能利用外，更重要的是将废物的毒性和有害物质完全破坏掉，使燃烧后的炉渣变成不溶于水的结晶体，并可在深层建筑中应用。

采用低-高温联合处理时，废物先经低温处理后提取类似于岩石或玻璃的惰性物质，可用在建筑业上，或将它制成

隔音墙。在低温处理过程中，还可从废物中提取能再利用的金属物质。另外，更重要一点是利用低温技术可以把废物生成两种均质、高热量的可燃物质——低温瓦斯和碳质灰。这两种物质在 1300°C 以上温度和最佳的物理和控制技术条件下可以再燃烧，以便在高温燃烧时充分利用废物的发热量。

废物通过燃烧后体积会缩小，但有害物质的浓度会增加，并都集中在灰渣中，一旦造成污染，危害性更大。所以，必须加强燃烧工艺技术和烟气以及灰渣处理技术的研究。

（4）生活垃圾的沤肥化处理。生活垃圾和污水处理厂的净化污泥以及一切有机废物都可送到沤肥厂进行处理，变成可利用的农业、林业或城市绿化用肥料。经验表明，这种肥料比化学肥料对土壤保护和农作物吸收更具优越性。尤其对于我国这样的农业大国是十分必要的，应尽快在各地兴建起一定数量的先进的垃圾沤肥厂，以促进农业的发展，并保护环境。

（5）废物的安全排放处置。这种废物处置方法目前仍有一些发达国家占有相当大的比重，一般占废物总量的50%以上，并且处置方法已逐渐科学化和形成专门技术。但排放场要有一定的占地面积，而且要求严格的地质条件和密封技术，因而从施工到管理等都有相当大的难度。另外，从长远角度考虑，也难以保证排放场在漫长的历史时期内不出现有害物质对环境的侵害。

对于用上述方法处理后所残留下来的二次废物，或不能在上述方法处理的废物，只能在废物安全排放场处置，这样就能达到显著的缩减废物体积和排放场数量。为了保证环境安全和极度降低污染，在安全排放场技术上还要加强排放场基础（地质屏障性能）、排放场密封技术和排放体的研究。