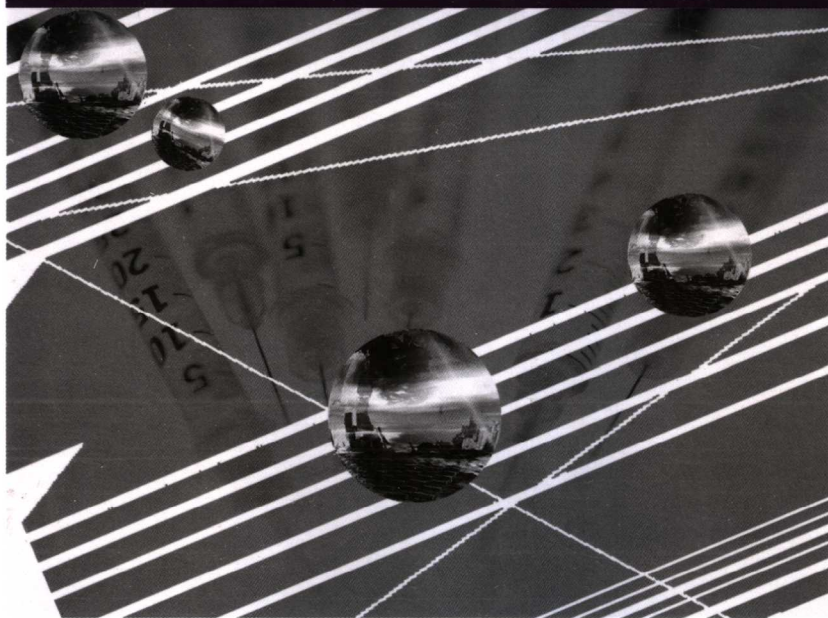


固体废物处理与资源化丛书

医疗废物管理与 污染控制技术

赵由才 张全 蒲敏 主编



Chemical Industry Press

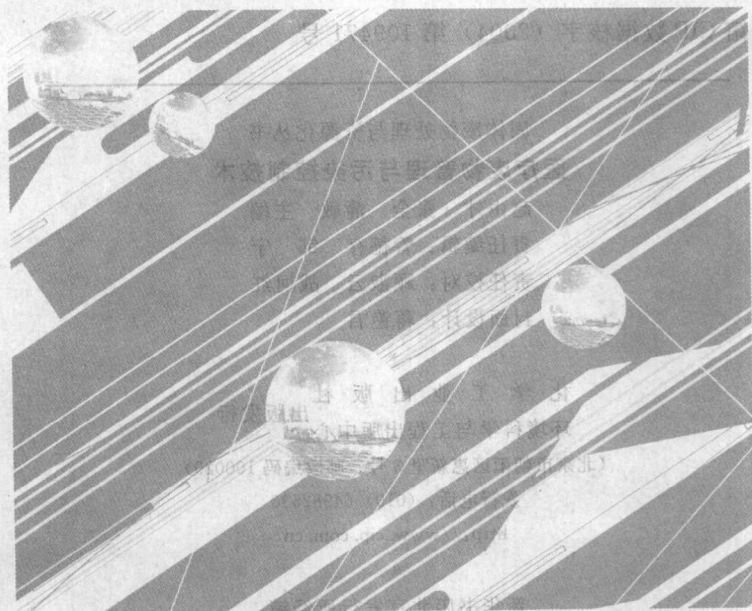


化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

固体废物处理与资源化丛书 (京)

医疗废物管理与 污染控制技术

赵由才 张全 蒲敏 主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

地址: 北京市东城区东黄城根北街2号 邮编: 100021

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

医疗废物管理与污染控制技术/赵由才, 张全, 蒲敏
主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 11

(固体废物处理与资源化丛书)

ISBN 7-5025-6226-5

I. 医… II. ①赵…②张…③蒲… III. 医院-
废物处理-污染控制 IV. X799.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 109471 号

固体废物处理与资源化丛书
医疗废物管理与污染控制技术

赵由才 张全 蒲敏 主编
责任编辑: 管德存 邹 宁
责任校对: 顾淑云 战河红
封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
环境科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷
三河市前程装订厂装订
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 397 千字
2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-6226-5/X·550
定 价: 40.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

随着我国国民经济和社会的发展,固体废物产生量在迅速增加。在我国的城镇中,以生活垃圾为主的固体废物的收集、运输、处理与处置、分类与分选、资源化循环利用等,不仅是当地政府的重要日常工作,也是当今社会可持续发展的核心内容。

固体废物处理与资源化,首先强调的是资源化,即物质的循环使用。所谓固体废物的资源化,一方面是固体废物通过简单加工后的再利用,另一方面是通过功能的改变而得到再利用。通过简单维修或转换使用者,不能认为是固体废物的资源化过程。分类的固体废物资源化过程应该比混合的各种固体废物资源化过程更容易实现。因此,实行固体废物分类收集、运输、储存和加工,是资源化的最佳路径,应该持之以恒地加以实施。

固体废物的处理,一般是指不考虑再利用的无害化方法,如生活垃圾的填埋与焚烧、放射性废物的固化与稳定化、危险废物的去毒化与安全填埋等。有机可降解废物的堆肥既是一种固体废物的处理方法,也是一种资源化方法。

近二十年来,我国在固体废物处理与资源化方面发展较快,越来越多的高等院校和科研单位开始进行固体废物的研究工作,许多企业也积极介入固体废物的处理与资源化行业,从业人员数量迅速增加。同时,我国政府和企业对固体废物处理与资源化方面的投入逐年增加,研究开发了一系列新技术、新方法,在传统技术的改造和改良方面也有进展。另外,国外大量相关企业也在我国开展业务,在管理和技术方面积累了许多经验教训。因此,全面总结和介绍国内外固体废物处理与资源化技术,对于发展我国的环境保护事业,具有重要的意义。

本丛书反映了国内外固体废物处理与资源化领域的发展现状和趋势,内容覆盖了生活垃圾、危险废物、一般工业废物、建筑废物、放射性废物等的处理与资源化各个方面,适于从事固体废物研究、开发、教学、培训和管理等的人员阅读参考。

赵由才

2004年1月

前 言

医疗废物主要指城市、乡镇中各类医院、卫生防疫、病员疗养、畜禽防治、医学研究及生物制品等单位产生的垃圾,包括医院临床废物如手术和包扎残余物,生物培养、动物试验残余物,化验检查残余物,传染性废物,废水处理污泥,废药物、药品,感光材料废物(如X光和CT检查中产生的废显影液及胶片)。医疗废物含有大量的病原微生物(如SARS病毒等)、寄生虫,还含有其他有害物质,必须严格处理与管理,应该控制包装、贮存和处理过程中可能发生传染性物质、有害化学物质的流散等,以确保居民健康和环境安全。

医疗废物是一种特殊的污染物,虽然与其他固体废物相比,其总量不大,但由于这类废物是有害病菌、病毒的传播源头之一,也是产生各种传染病及病虫害的污染源之一,世界各国越来越高度重视医疗废物的管理与处理。自20世纪50年代起,医疗废物管理及其处置技术已引起世界各国政府和国际组织的广泛关注。我国已经把医疗废物列为危险废物,其处理正在受到严密控制与监管,各地正逐步建立起监管体制,形成完善的处置系统。

医疗废物一般采用高温焚烧方法进行处置,并要求焚烧后的底灰和尾气必须达到相关标准后才能够排放,同时我国参照危险废物管理办法,执行了转移联单制度,并对从事医疗废物收集焚烧处理的单位实施许可证制度管理。随着认识的不断深入及技术的不断进步,有部分单位采用微波或高温消毒的方法对医疗垃圾进行预处理,热分解、等离子等技术也不断地应用于医疗废物的安全处置。

本书全面系统地总结了国内外医疗垃圾处理方面的管理、处理技术等,内容包括医疗垃圾产量预测、污染控制管理体系、焚烧与非焚烧处理方法、移动式处理设备等,可供从事环境工程专业(特别是医疗废物处理)的人员参考。

本书的编写受到国家科技部“十五”攻关项目“小城镇科技发展重大项目——小城镇环境保护关键技术研究及设备开发”(2003BA808A17)、国家“863”计划(A类, No. 2002AA649070)、教育部“博士点”基金(No. 20020247020)的部分资助。

全书由赵由才、张全、蒲敏任主编,李兵、李茂德任副主编。参加编写的有:张全、蒲敏、李兵(第一章);李茂德、李兵、张全、陈立波、陈荔英(第二章);李兵、李茂德、赵由才、徐伟锋、陈荔英(第三章);李茂德、张全、蒲敏(第四章);宋立言、张善发、李兵、赵由才(第五章)。限于作者水平,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2004年9月

目 录

第一章 医疗废物管理	1	二、制定专门的医疗废物管理制度	53
第一节 医疗废物的定义和特性	1	三、培训与宣传	54
一、医疗垃圾的定义	1	四、建立风险管理体系	54
二、医疗废物的分类	2	五、推出配套的环保产品	54
三、医疗废物的物理化学特性	9	六、应建立全国性或区域性医疗废物 处置系统	54
第二节 医疗废物的产生	10	第二章 医疗废物的收集、贮存与运输	55
一、医疗废物的来源	10	第一节 医疗废物的分类和包装	55
二、医疗废物的产生	11	第二节 医疗废物的收集、贮存	56
第三节 医疗废物产生量的预测	13	一、收集	56
一、国外城市医疗废物的产生与成分	13	二、贮存	57
二、医疗废物产量的预测方法	16	第三节 医疗废物的运输	57
三、医疗废物成分的预测	17	一、场内运输	57
第四节 医疗废物对环境的污染	17	二、场外运输	58
一、医疗废物对环境的危害特性	17	第四节 收运系统分析	63
二、医疗废物对环境的污染	18	一、基本概念	64
第五节 医疗废物对人体健康的影响	20	二、拖曳容器系统	65
一、医疗废物污染的健康风险	20	三、固定容器系统	66
二、医疗废物危害健康的影响要素	21	第三章 医疗废物焚烧处理技术	68
三、医疗废物污染的健康危害	22	第一节 概述	68
四、病原性微生物的环境生存能力	26	一、垃圾焚烧技术的特点和发展前景	68
五、进一步研究和流行病学调查的 需要	26	二、医疗废物焚烧的技术要求	69
六、结论	26	三、医疗废物处理技术指标及定义	69
第六节 医疗废物污染控制技术	27	四、烟气有害物质排放浓度指标	70
第七节 医疗废物污染防治的法规体系	28	五、危险废物焚烧处理的基本方式	70
一、国际协议及管理基本原则	28	第二节 焚烧处理指标、标准及要求	71
二、美国医疗废物管理的法规体系	30	一、焚烧的基本概念	71
三、我国医疗废物管理的法规体系	35	二、焚烧过程	72
第八节 医疗废物管理规划	41	三、焚烧处理技术标准及限值	76
一、概述	41	四、焚烧过程污染物的产生	77
二、管理作用机制研究	42	五、焚烧技术布置	81
三、管理原则	43	六、影响焚烧的主要因素	83
四、国家级医疗废物管理战略	45	第三节 焚烧过程的平衡分析	87
五、区域性医疗废物管理项目规划	47	一、热平衡的基本概念	87
六、医疗机构的医疗废物管理规划	51	二、热平衡分析	88
第九节 我国医疗废物污染控制现状和 发展方向	53	三、焚烧过程的化学平衡	90
一、处置管理	53	四、主要焚烧参数计算	92
		五、危险废物的成分测定和热值测定	95

第四节 医疗废物焚烧系统	97	七、大型包胶技术	169
一、概述	97	八、重金属药剂稳定化处理技术	169
二、医疗废物的焚烧系统	97	第四章 移动式医疗废物处理技术	173
第五节 医疗废物焚烧炉	102	第一节 概述	173
一、概述	102	第二节 移动医疗废物处理装置系统的	
二、固体医疗废物焚烧炉	103	工作原理	174
第六节 医疗废物焚烧炉设计原则及		一、高温热水或蒸汽的热处理技术	175
要点	118	二、焚烧热处理技术	176
一、我国医疗废物焚烧炉的技术要求	118	三、强氧化剂处理法	177
二、危险废物物理化学特性及其预防	122	四、紫外线和微波处理法	179
三、医疗废物焚烧炉设计一般原则	122	五、臭氧处理技术	179
四、固体废物焚烧炉	124	第五章 医疗废物非焚烧处理技术	181
五、旋转窑焚烧炉	126	第一节 概述	181
六、液体废物焚烧炉	127	一、采用非焚烧技术的缘由	181
七、废气焚烧炉	127	二、非焚烧技术的战略性框架	182
八、燃烧装置与炉膛结构	127	三、评估和选择非焚烧技术	182
九、炉衬结构和材料	128	四、通常的分类和工艺	183
十、废气停留时间与炉温	128	第二节 医疗废物高温热处理技术	184
十一、进料与排灰系统	129	一、高温分解氧化技术	185
十二、金属材料腐蚀	129	二、建立在等离子基础上的高温热解	
十三、设计步骤	130	系统	186
第七节 烟气污染控制技术	130	三、其他基于等离子高温热解处理的	
一、焚烧烟气中污染物的种类	130	系统	188
二、焚烧废气污染形成机制	131	四、建立在感应基础上的高温热解	189
三、焚烧烟气污染控制方法	134	五、高级氧化技术	190
四、粒状污染物控制技术	135	第三节 医疗废物中温热处理技术	190
五、酸性气体控制技术	143	一、解聚合作用	190
六、重金属控制技术	147	二、其他技术	191
七、氮氧化物的控制技术	148	第四节 医疗废物低温热处理技术	192
八、二噁英控制技术	149	一、湿热净化技术——高压锅和蒸	
第八节 监控系统	149	馏釜	192
一、监控的操作参数	149	二、其他基于蒸汽技术的体系	195
二、典型装置	150	三、干热系统	195
三、焚烧系统运行问题和解决方法	152	第五节 医疗废物化学处理技术	198
四、医疗焚烧系统的维护	156	一、概述	198
五、做记录	159	二、含氯处理系统	200
六、安全指导方针	161	三、不含氯处理技术	200
第九节 灰渣的处理	162	第六节 医疗废物微波处理技术	203
一、概述	162	一、技术概况	203
二、灰渣的固化/稳定化技术	162	二、工作原理	203
三、水泥固化	164	三、可处理废物的种类	204
四、石灰固化	166	四、废物残渣的排放	204
五、塑性材料固化法	167	五、微生物失活	204
六、熔融固化技术	168	六、微波技术的优缺点	205

第七节 医疗废物生物处理技术.....	205	附录.....	219
第八节 医疗废物其他处理技术.....	206	附录一 危险废物经营许可证管理办法.....	219
一、电子束处理技术.....	206	附录二 危险废物转移联单管理办法.....	223
二、小型的利器处理单元.....	208	附录三 危险废物污染防治技术政策.....	232
第九节 医疗废物非焚烧处理技术的分析和		附录四 医疗废物管理条例.....	236
比选.....	210	附录五 医疗卫生机构医疗废物管理	
一、概述.....	210	办法.....	242
二、处理技术的经济考虑.....	214	附录六 医疗废物管理行政处罚办法.....	248
		参考文献.....	252

第一章 医疗废物管理

医疗废物是一种特殊的污染物，主要来自病人的生活、医疗诊断、治疗过程中产生的各类有害固体废物。虽然医疗废物与其他种类的固体废物相比，其总量并不大，但由于这类废物中含有大量的病原微生物、寄生虫等有害物质，是产生各种传染病及病虫害的污染源之一，所以各国政府越来越高度重视医疗废物的管理与处理，WHO 等国际组织也积极倡导各国建立完善的医疗废物管理系统，以确保人体健康和环境安全。

国内的医疗卫生机构大多集中在市中心区域，如对医疗废物，特别是传染性废物等特殊医疗废物不加以严格处理与管理，则在包装、贮存和处理过程中都有可能发生传染性物质、有害化学物质的流散事故，直接危害公众安全。

国外对医疗废物的问题非常重视，并形成了一套完善的处理处置程序和全过程管理系统，如 1995~2001 年欧盟就投资了五千万欧元用于医疗废物处理的研究，同时对从事医疗废物集中焚烧处理的单位实施了许可证管理制度。我国对医疗废物的管理起步较晚，虽然法律、法规对医疗废物的管理和处理也有所规定，但医疗废物污染的专业控制体系目前还是很不健全。

第一节 医疗废物的定义和特性

一、医疗垃圾的定义

美国环境保护局（EPA）1978 年 4 月 26 日起草的文件认为：如果废物是来源于医院产科（包括病房）、急诊部、外科（包括病房）、太平间、传染病科、病理科、隔离病房、实验室、特护区、儿科部门等处被认为具有传染性，除非是已经过高压灭菌。1989 年制定的《控制危险废物越境转移及其处置的巴塞尔公约》中，将“从医院、医疗中心和诊所的医疗服务中产生的临床废物”列为“应加控制的废物类别”中 Y1 组，其危险特性等级为 6.2 级，属传染性物质。

随着认识的深入，对医疗废物的概念和特性日益明确。美国环境保护局、世界卫生组织（WHO）和世界银行（WB）认为“医疗废物”（medical waste/health-care waste）是指为人或动物提供诊断、治疗和免疫等医疗服务，以及医疗研究、生物实验和生物制品生产过程中产生的各种固体废物，其中包括脏的或沾血绑带、办公垃圾与废玻璃器皿、废弃的外科手套、输血或输液使用后的针头、切除的躯体组织、柳叶刀等。其中，医疗废物的 75%~90% 属于城市生活垃圾，是没有危害的“一般医疗废物”（general medical waste/general health-care waste），主要来源于医疗卫生机构的内部行政管理、生活服务等部门，如锅炉房的煤灰煤渣、清扫院落的渣土、建筑拆建废料、普通生活垃圾、厨房废弃物、剩饭剩菜、果皮果核、废纸废塑料、医药包装材料、枯草落叶、干枝朽木等。这类垃圾不需要特别处理，及时清运或委托处理即可，通常纳入城市生活垃圾管理系统。而其余 10%~25% 的医院废物因具有危害性或可能产生多种健康风险（具有传染性或潜在传染性），被认为是“危险医疗废物”或“特殊医疗废物”（hazardous health-care waste/health-care risk waste）。综上所述，美国环境保护局、世界卫生组织和世界银行认为“危险医疗废物”是指为人或动物提供

诊断、治疗和免疫等医疗服务，以及医疗研究、生物实验和生物制品生产过程中产生的、具有危害性或可能产生多种健康风险（具有传染性或潜在传染性）的固体废物，其内涵基本与我国医疗废物的定义所指范围相吻合，是需要予以特别管理和处理处置的医院废物。

我国建设部发布的行业标准《城市垃圾产生源分类及垃圾排放》（CJ/T 3033—1996）规定，医疗卫生垃圾是指城市各类医院、卫生防疫、病员疗养、畜禽防治、医学研究及生物制品等单位产生的垃圾。1998 年我国国家环保局与公安部、外经贸部联合颁布的《国家危险废物名录》中规定，与医疗废物有关的 HW01（医院临床废物）、HW03（废药物、药品）和 HW16（感光材料废物）均属于危险废物。《医疗废弃物焚烧设备技术要求》（CT/T 3083—1999）中，医疗废弃物是指“城市、乡镇中各类医院、卫生防疫、病员修养、医学研究及生物制品等单位产生的废弃物”，具体指医疗卫生机构、预防保健机构、医学科研机构、医学教育机构等卫生机构在医疗、预防、保健、检验、采供血、生物制品生产、科研活动中产生对环境和人体造成危害的废弃物，它包括《国家危险废物名录》所列的 HW01 医院临床废物，如手术、包扎残余物，生物培养、动物试验残余物，化验检查残余物，传染性废物，废水处理污泥等；HW03 废药物、药品，如积压或报废的药品（物）；HW16 感光材料废物，如医疗院所的 X 光和 CT 检查中产生的废显（定）影液及胶片。可见，以前国内有关法律法规中的医疗废物涵盖的范围不一，对医疗废物定义尚未统一。

为了加强医疗废物的安全管理，防止疾病传播，保护环境，保障人体健康，根据《中华人民共和国传染病防治法》和《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2003 年 6 月 26 日我国国务院颁布的《医疗废物管理条例》最新明确地指出“医疗废物是指医疗卫生机构在医疗、预防、保健以及其他相关活动中产生的具有直接或者间接传染性、毒性以及其他危害性的废物”，第一次在法律层面对医疗废物定义予以了统一与确定。同时，考虑我国的现行管理体制，《医疗废物管理条例》也指出“医疗卫生机构废弃的麻醉、精神、放射性、毒性等药品及其相关的废物的管理，依照有关法律、行政法规和国家有关规定、标准执行”。和“医疗废物分类目录，由国务院卫生行政主管部门和环境保护行政主管部门共同制定、公布。”等条款，明确了医疗废物的覆盖范围。

二、医疗废物的分类

如果各种医疗卫生机构产生的一般固体废物（生活垃圾等）与医疗废物混合，那么混合废物必须按医疗废物予以管理，需要特别的搬运和处置，会导致医疗废物管理对象数量成倍增加，从而加重管理负担。同时，基于医疗废物的特殊性和污染控制的要求，必须对医疗废物进行分类收集、贮存、运输和处理处置，因此区分医疗废物、对医疗废物进行分类是对医疗废物进行有效处理的前提和基础。

1. 国外对医疗废物垃圾的分类

世界卫生组织西太平洋地区环境健康中心将医院废物分为 5 种类型：传染性废物、锐器、药理性和化学性废物、其他有害物质（如细胞毒性、放射性、压力容器）及普通废物；新加坡将医院废物分为传染性、病理性、一般临床废物、污染锐器、细胞毒性、放射性、药理性、化学性、普通废物 9 种类型。

美国环境保护局、世界卫生组织和世界银行首先将医疗废物分为“一般医疗废物”和“特殊医疗废物”，“特殊医疗废物”通常可分为传染性废物、病理性废物、损伤性废物、药物性废物、细胞毒性废物、化学废物、重金属废物、压力容器和放射性废物 9 大类别（见表 1-1）。

表 1-1 美国医疗垃圾的分类

废物种类	含 义 及 实 例
传染性废物	可能含有病原体的废物,如:实验室培养体;隔离病房的垃圾;与被感染病人接触过的棉球(药签)、物体或设备;排泄物
病理性废物	人体组织或体液,如:肢体、血液和其他体液、胚胎
锐器	利刃器械废物,如:针、输液管、解剖刀、小刀、刀片、玻璃渣
药物性废物	含有医药品的废物,如:过期或无用的医药品、被污染的或含有医药品的容器(瓶子、盒子)
细胞毒性废物	含有基因毒性物质的废物,如:含有抑制细胞生长药物(经常在癌症治疗中使用)的垃圾、基因毒性化学药品
化学废物	含有化学物质的废物,如:实验试剂、膜涂料、过期或作废的消毒剂、溶剂等
重金属废物	含有高浓度重金属废物,如:电池、破损温度计、血压计等
压力容器	气缸、气筒、烟雾罐等
放射性废物	含有放射性物质的垃圾,如:放射性治疗或实验室研究中的废弃液、受污染的玻璃器具、包裹或吸纸、接受开放的放射性核治疗或测试的病人的尿和其他排泄物、密封性物源

(1) 传染性废物

传染性废物是指携带一定数量或浓度的细菌、病菌、寄生虫等病原体,易引发敏感性人群感染疾病的医疗废物,该类废物主要包括以下类型。

① 试验室产生的含有传染性物质的培养细菌和试验动物等。

② 对患有传染性疾病的病人进行外科手术或解剖过程中产生的废物,如躯体组织、接触过血液或体液的材料及设备。

③ 来自隔离病区传染病患者产生的废物,如患者的活检物质、粪尿、血、剩余饭菜、果皮等生活垃圾以及外伤包扎绷带等。

④ 传染病患者血液透析工程中产生的废物,如玻璃管、滤纸等透析设备,透析过程中使用过的毛巾、长衫、围裙、手套等用品。

⑤ 其他接触传染性人群或动物的设备和材料。

(2) 病理性废物

被切除的人体组织、器官、胚胎和医学实验动物尸体、血液、体液等医疗废物统称为病理性废物,也称为解剖性废物。不管病理性废物是否来自健康人群,该类废物通常被视为传染性废物的分支,应予以高度重视。

(3) 损伤性废物

损伤性废物是指已被人体血液、体液污染的各种废弃锐器等医疗废物。损伤性废物易导致切口型或刺破型伤口,主要包括针、皮下注射针头、解剖刀、注入设备、锯子、碎玻璃、图钉和其他刀刃或小刀。不管损伤性废物是否具有传染性,该类废物都应纳入重点控制的医疗废物范畴。

(4) 药物性废物

过期、淘汰、变质的药品、疫苗和血液、血清、血浆等医疗废物统称为药物性废物,该类废物还包括含有以上种类废物残留物的瓶子或包装箱以及接触过以上种类废物的手套、面具、导管等。

(5) 细胞毒性废物

细胞毒性废物是指过期的细胞毒药物和被细胞毒药物污染的镊子、管子、手巾、锐器等以及接受细胞毒药物、化学治疗和放射性治疗的患者产生的呕吐物、排泄物等医疗废物。

细胞毒药物因能杀死细胞或阻止细胞生长，最常用于治疗癌症病人的化学治疗或放射治疗病房，目前在其他病房的应用也有增加趋势，如在器官移植中被广泛作为免疫抑制药品使用。细胞毒药物大多为静脉注射或输液给药，有些为口服片、胶囊、混悬液。细胞毒进入人体的途径有：吸入途径，但处理不当可形成气溶胶或灰尘污染；通过消化道摄入途径；接触皮肤途径，这种途径除局部反应外，有些还可能被吸收，不易洗掉。细胞毒性废物可能具有致突变、致畸形、致癌的特性，属于高危险性废物，在医疗卫生机构内部和处置后都会引起严重的安全问题，应对其予以高度重视。有害的细胞毒性药品主要有致使遗传基因交叉结合和乱码的烷基化合物、抑制细胞核酸生物合成的抗菌剂、避免细胞复制的间接核裂抑制剂几大类，如（硝基）咪唑硫嘌呤、苯丁酸氮芥、环磷酰胺、（左旋）苯丙氨酸氮芥、三苯氧胺、三胺硫磷等，医疗中最常用的细胞毒性产品见表 1-2。

表 1-2 医疗中最常用的细胞毒性产品^①

分 类	毒 性 物 质	
按致癌物质分类	化学药品	苯
	抑制细胞生长的药物	(硝基)咪唑硫嘌呤、苯丁酸氮芥(瘤可宁)、chlornaphzine、ciclosporin、环磷酰胺(癌得星)、(左旋)苯丙氨酸氮芥、semustine、三苯氧胺(它莫西芬)、三胺硫磷、treosulfan
	放射性物质	放射性物质在本书中将作为个别种类单独处理
按致癌隐患物质分类	抑制细胞生长的药物	azacitidine、博来霉素、氟霉素、chlorozotocin、cisplatin、dacarbazine、dihydroxymethylfuratrizine(例如不再使用的 Panfuran)柔毛霉素、阿霉素、lomustine、methylthiouracil、灭滴灵、丝裂霉素、nafenopin、niridazole、去甲羟安定、非那西汀、镇静安眠剂、二苯乙内酰脲、甲卞肼、氢氯化物、黄体酮、sarcolysin、streptozocin、trichlormethine

① 分类取自国际癌症研究机构工作组。

① 抑制细胞生长的有害药物分类如下：

- 烷基化物 引起 DNA 烷化，导致遗传物质耦合和密码错译；
- 抗代谢物 细胞中抑制生物合成的核酸；
- 有丝分裂抑制剂 阻止细胞复制。

② 抑制细胞生长的垃圾来源如下：

- 药物制备和经营中被污染的物质，如注射器、针、度量仪、小瓶和包装袋等；
- 过期药物、残留液、病房中残留药物；
- 病人的尿液、粪便和呕吐物，其中可能含有大量已服用过的抑制细胞生长的药物或其代谢物（具有潜在危险），因此，在服用药物后至少 48h 内，病人的排泄物都应看作遗传毒性物质，有时甚至长达一周。

肿瘤专科医院的基因毒性垃圾占总医疗垃圾的 1% 之多，其中主要含有抑制细胞生长或放射性物质。

(6) 化学废物

① 化学废物由固态、液态和气态化学品废弃物组成，是指在毒性、腐蚀性、易燃性或反应性方面具有一种或一种以上特性的被抛弃化学物质等医疗废物，主要来源于医疗卫生机构的诊断、清扫、消毒和维修等工作中。来自医疗中的化学品垃圾可能是危险的，也可能是安全的。但从健康保护的观点来讲，如果其中含有以下性质中的一种就被认为是危险的：毒性；腐蚀性（如 $\text{pH} < 2$ 的酸和 $\text{pH} > 12$ 的碱）；易燃；高活性（易爆、遇水起反应、震动敏

感性)；细胞毒性(如抑制细胞生长的药物)。

② 类别主要有如下几种。

- 甲醛：医疗卫生机构大量使用甲醛作为设备清洗、消毒和生物保存的化学药剂。
- 显影、定影化学剂：定影液主要含有5%~10%的对苯二酚、1%~5%的氢氧化钾和不低于1%的银，显影液主要含有约45%的戊二酸醛，同时在显影和定影过程中，都会大量使用乙酸等药剂。
- 溶剂：医疗卫生机构中的病理学、组织学试验室和工程部门会产生大量含有溶剂的废物，溶剂物质主要包括氯代苯、氯仿、三氯乙烯、制冷剂。
- 有机化学物质：如清洗地板用的苯酚系列和全氯乙烯等消毒、清洗化学药剂；油；杀虫剂、灭鼠剂。
- 无机化学物质：主要由酸和碱组成(如硫磺溶液、硫酸、盐酸、硝酸、铬酸、氢氧化钠和氨水溶液)，也包括一些氧化剂[如高锰酸钾(KMnO_4)和重铬酸钾($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)]和还原剂[如亚硫酸氢钠(NaHSO_3)和亚硫酸钠(Na_2SO_3)]。

(7) 重金属废物

含有高浓度重金属的废物是危险化学品废物Ⅱ类的代表，通常是高毒性的。含汞垃圾是破碎的临床设备溢流物所形成，但随着固体电子感应替代仪器(温度计、血压计等)的出现，其量逐渐减少。无论何时含有汞物溢流，都要尽可能的加以补救。牙科的废弃物中含有大量的汞。镉废弃物主要来自废弃电池。X射线辐射实验部和诊断部仍旧使用某些含铅木板。大量的药物含有砷，但在本书中作为医药废物处理。

(8) 压力容器

医疗卫生机构使用多种装载各种气体的压力容器，一旦空瓶或不再使用，这些压力容器作为废物必须进行正确处理，不得进行焚烧或破碎。使用的气体通常有麻醉气(如全氯乙烯、氧化氮与全氯乙烯)、乙炔、氧和压缩空气等，医疗机构中常用的气体见表1-3。

表 1-3 医疗机构中常用的气体

类 型	常见组分或者废物名称
气态麻醉药	含氮氧化物、挥发性卤代烃(如三氟溴氯乙烷、异氟醚和安氟醚)，这些气体药物很大程度上替代了乙醚和氯仿 使用范围：手术台、孕妇分娩、救护车、普通病房中产生疼痛的程序中、牙科诊室、镇静剂等
环氧乙烷	使用范围：手术器材和医疗设备的灭菌、中枢供应室、操作室
氧气	以气体或液体形式储存在大罐或大缸中，由中枢管道系统配给 使用范围：病人输氧
压缩空气	使用范围：实验操作、输氧治疗仪、设备维护、环境控制系统

医疗中使用的多种类型的气体存在于加压气缸、气筒、烟雾罐内。其中多数容器一旦腾空或不再使用(虽然里面仍然含有残渣)后仍可重新利用，但一些特定类型的容器(特别是烟雾罐)必须给予处置。不管是具有内在还是潜在危险，残留在压力容器中的气体都应做认真的处理；否则，在焚烧或者压力容器被不小心戳破时可能会发生爆炸。

(9) 放射性废物

放射性废物是指在应用放射性核素的医学实践中产生的放射性活度超过国家规定值的医疗废物，主要有沾有放射性的金属、非金属及劳防用品，受放射性污染的工具、设备，散置的低放射性非液固化物，以放射性同位素进行试验的动植物尸体或植株，超过使用期限的废

放射源等。

① 放射性背景 与可以发生在开放空间中的灼伤不同，人们对离子放射不会有任何察觉，除非放射量很大才会有即时反应。医疗中的离子辐射物包括：X 射线、 α 粒子和 β 粒子，以及放射性核物质释放出的 γ 射线。这几类放射性物质的一个重要实践性差别就是：来自 X 射线管中的 X 射线仅在发生设备开关打开的时候释放，而来自放射性核的放射物不能通过开关而关闭，只能通过屏蔽材料消除。放射性核连续地经受自发瓦解（称作“放射性衰减”），在此过程中释放能量，通常导致新核的形成；同时伴随着一种或几种类型的放射性物质（如： α 粒子和 β 粒子，以及 γ 射线）的释放，引起细胞内物质的离子化；因此，放射性物质是遗毒性的。

• α 粒子是体积较大且带有正电荷的粒子（包括质子和中子），其穿透能力低，主要是在吸入和吸收时对人类产生危害。

• β 粒子是带有负电荷或正电荷的电子，对人类皮肤具有极强的穿透能力，通过细胞内蛋白质和类蛋白物质的离子化而危害人类健康。

• γ 射线和 X 射线类似，属电磁辐射物，但波长更短。它们的穿透能力高，要求以铅板或较厚的混凝土板作为屏蔽物，才可降低其强度。

通常以放射性减半所要求的时间来度量放射性的衰减（称作“半衰期”）。每一个放射性核物质都有一个特有的半衰期，值是常数，从小于 1s 到数百万年不等，可以用来鉴别放射性核物质的种类。医疗设施中所使用的主要放射性核物质见表 1-4，放射性核物质的放射性

表 1-4 医疗设施中所使用的主要放射性核物质^①

放射性核 ^②	释放物	释放形式	半衰期	应 用
³ H	β	打开的	12.3 年	研究
¹⁴ C	β	打开的	5730 年	研究
³² P	β	打开的	14.3 天	诊断、治疗
⁵¹ Cr	γ	打开的	27.8 天	体内诊断
⁵⁷ Co	β	打开的	271 天	体内诊断
⁶⁰ Co	β	未打开的	5.3 年	诊断、治疗、研究
⁵⁹ Fe	β	打开的	45 天	体内诊断
⁶⁷ Ga	γ	打开的	78 小时	诊断成像
⁷⁵ Se	γ	打开的	119 天	诊断成像
⁸⁵ Kr	β	打开的	10.7 年	诊断成像、研究
⁹⁹ Tc	γ	打开的	6 小时	诊断成像
¹²³ I	γ	打开的	13.1 小时	诊断吸收、治疗
¹²⁵ I	γ	打开的	60 天	诊断吸收、治疗
¹³¹ I	β	打开的	8 天	治疗
¹³³ Xe	β	打开的	5.3 天	诊断成像
¹³⁷ Cs	β	未打开的	30 年	治疗、研究
¹⁹² Ir	β	未打开的	74 天	治疗
¹⁹⁸ Au	β	未打开的	2.3 天	治疗
²²² Rd	α	未打开的	3.8 天	治疗
²²⁶ Ra	α	未打开的	1600 年	治疗

① 根据 WHO（1985）编写。

② 放射性医疗垃圾中数量最多的来自于研究用的³H 和¹⁴C。

与衰减速率相当，用贝可勒尔（Bq）度量〔国际单位，已经替代了居里（Ci）〕。

$$1\text{Bq}=1\text{次衰减/s}$$

$$1\text{Ci}=3.7\times 10^{10}\text{Bq}$$

游离于离子辐射中，单位质量的物质所吸收的能量，叫做吸收剂量，以灰度表示（Gy），此国际单位已经代替了拉德（ $1\text{Gy}=100\text{rad}$ ）。然而，不同类型的辐射物，根据生物材料和组织类型的不同，会产生不同的效果。如果允许这些差异存在的话，一种类型的吸收剂量应该取自一种器官或组织的加权平均值。因此产生了等价剂量，用西弗特（Sv）度量，此单位代替了雷姆（ $1\text{Sv}=100\text{rem}$ ）。

② 用于医疗中的放射性物质及产生的垃圾 放射性垃圾包括被放射性核物质污染的固态、液态及气态物质，产生于下述医疗过程，如身体器官和体液的体内分析、体内器官成像、肿块定位以及不同的研究和治疗实践。

医疗中使用的放射性核物质通常处于打开的（或“开放的”）或未打开的条件下。打开的物质通常是液体，在药物使用中不压缩而直接应用；未打开的是放射性实体，他们自制成部分设备或器械，或者到诸如“胶粒”或针管这样不能破损的未打开的物体中。放射性垃圾中通常含有短半衰期的放射性核物质，它们很快就失去活性（见表 1-4）。然而，某些医疗程序需要使用具有长半衰期的放射性核物质；这些物质通常以烧针、针或“胶粒”的形态存在，并且灭菌后可再用于其他病人。医疗设施中使用的这种类型和形态的放射性材料通常产生低水平的放射性垃圾（ $<1\text{MBq}$ ）。未打开的垃圾可能含有相当高的活性，但仅在大的医疗和研究实验室中有少量产生。未打开的物源一般都返回到供应者，因此不会进入垃圾物流中。

涉及放射性核物质的医疗和研究活动中所产生的垃圾，以及相关活动（如设备维护和储藏等）可分类如下：未打开的物源；失效的放射性核发生器；低水平的固体废弃物，如吸收纸、棉签、玻璃器具类、注射器、小瓶等；放射性材料出货时的残渣、医疗诊断或治疗中使用后多余的放射性核溶液；与水不相溶的液体，如放射性免疫测定中使用的闪烁计数残液，及受污染的真空油；溢出液和净化放射性溢出液的废弃物；接受开放的放射性核治疗或检验的病人的排泄物；低水平液体废弃物，如来自洗涤设备中的液体废弃物；毒气和烟气储存设备中的废气。

2. 我国对医疗废物的分类

关于医疗废物分类《医疗废物管理条例》中尚未予以明确，由国务院卫生行政主管部门和环境保护行政主管部门共同制定的《医疗废物分类目录》借鉴了世界卫生组织对“特殊医疗废物”的分类方法，将医疗废物划分为感染性废物、病理性废物、损伤性废物、药物性废物和化学性废物，参见表 1-5。其中，需要做出如下的特别说明。

① 医疗卫生机构产生的人的尸体或肢体按有关法律法规另行管理和处理处置，《医疗废物分类目录》中未将其纳入医疗废物范畴。

② 医疗卫生机构产生的麻醉、精神、放射性、毒性等药品及其相关的废物的管理，依照有关法律、行政法规和国家有关规定、标准执行，本书也将不再进一步讨论。例如，医疗卫生机构产生的放射性废物属于城市放射性废物，根据国家有关法律法规、条例和《城市放射性废物管理办法》等，按照“污染集中控制”的原则，由专门的行政部门负责管理，《医疗废物分类目录》中未将其纳入医疗废物管理范畴。

③《医疗废物分类目录》中所列的“一次性使用卫生用品”是指使用后即丢弃的、与人体直接或者间接接触的、并为达到人体生理卫生或者卫生保健目的而使用的各种日常生活用品；“一次性使用医疗用品”是指临床用于病人检查、治疗、护理用指套、手套、吸痰管、阴道窥镜、肛镜、印模托盘、皮肤清洁巾、擦手巾、压舌板、臀垫、床单等接触完整黏膜、皮肤的各类一次性使用医疗、护理用品；“一次性医疗器械”指《医疗器械管理条例》及配套文件所规定的用于人体的一次性仪器、设备、器具、材料等物品。

表 1-5 我国医疗废物分类目录

类别	特 征	常见组分或者废物名称
感 染 性 废 物	携带病原微生物具有引发感染性 疾病传播危险的医疗废物	被病人血液、体液、排泄物污染的物品,包括:棉球、棉签、引流棉条、纱布及其他各种敷料;一次性使用卫生用品、一次性使用医疗用品及一次性医疗器械;废弃的被服;其他被病人血液、体液、排泄物污染的物品
		医疗机构收治的隔离传染病病人或者疑似传染病病人产生的生活垃圾
		病原体的培养基、标本和菌种、毒种保存液
		各种废弃的医学标本
		废弃的血液、血清
		使用后的一次性使用医疗用品及一次性医疗器械视为感染性废物
病 理 性 废 物	诊疗过程中产生的人体废弃物 和医学实验动物尸体等	手术及其他诊疗过程中产生的废弃的人体组织、器官等
		医学实验动物的组织、尸体
		病理切片后废弃的人体组织、病理腊块等
损 伤 性 废 物	能够刺伤或者割伤人体的废弃 的医用锐器	医用针头、缝合针
		各类医用锐器,包括:解剖刀、手术刀、备皮刀、手术锯等
		载玻片、玻璃试管、玻璃安瓿等
药 物 性 废 物	过期、淘汰、变质或者被污染的 废弃的药品	废弃的一般性药品,如:抗生素、非处方类药品等
		废弃的细胞毒性药物和遗传毒性药物,包括:致癌性药物,如硫唑嘌呤、苯丁酸氮芥、萘氮芥、环孢霉素、环磷酰胺、苯丙胺酸氮芥、司莫司汀、三苯氧氨、硫替派等;可疑致癌性药物,如:顺铂、丝裂霉素、阿霉素、苯巴比妥等;免疫抑制剂
		废弃的疫苗、血液制品等
化 学 性 废 物	具有毒性、腐蚀性、易燃易爆性 的废弃的化学物品	医学影像室、实验室废弃的化学试剂
		废弃的过氧乙酸、戊二醛等化学消毒剂
		废弃的汞血压计、汞温度计

基于我国法律法规体系，医疗卫生机构产生的废物主要包括医疗废物、放射性废物、其他危险废物和生活垃圾；同时按照来源和特性，医疗废物通常可分为感染性废物、病理性废物、损伤性废物、药物性废物、细胞毒性废物、化学废物、重金属废物、压力容器和放射性废物 9 大类别。除放射性废物的管理依照国家有关法律、法规和标准执行外，其他医疗废物应纳入危险废物管理范畴，但根据医疗废物的特性，针对感染性废物、病理性废物、损伤性废物和药物性废物，应建立隶属于危险废物控制系统的医疗废物专业控制系统，如图 1-1 所示。

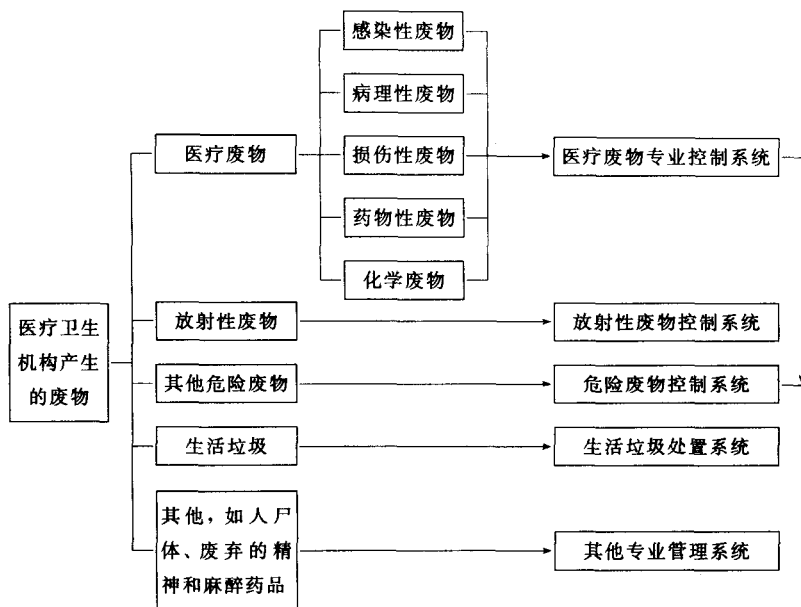


图 1-1 医疗卫生机构产生废物的分类控制

三、医疗废物的物理化学特性

通过调查或估算确定医疗废物的物理化学参数，是医疗废物管理和处理处置计划的决策首要步骤。医疗废物的典型物理参数如表 1-6 所示，其数据的波动受各国经济发展水平、医疗卫生机构服务专业、管理方法等因素影响；表 1-7 和表 1-8 列出了意大利和中国台湾省的医疗废物组分比例，表 1-9 和表 1-10 则是意大利、美国调查得到的大医院医疗废物特性数据。

表 1-6 医疗废物的典型物理参数

参 数	最 小 值	最 大 值	平 均 值
可燃组分含量	83%	99%	—
最低燃烧值	12550kJ/kg(3000kcal/kg)	25100kJ/kg(6000kcal/kg)	—
含湿量	0(塑料废物)	90%(病理性废物)	35%

表 1-7 意大利医疗废物组分平均值 (1992 年)

医院废物组分	百分比(湿重)/%	医院废物组分	百分比(湿重)/%
纸张	34.0	病理性废物	0.1
塑料	56.0	液体	12.0
玻璃	7.5	其他	0.1
金属	0.4		

表 1-8 中国台湾省医疗废物组分平均值 (1992 年)

医院废物组分	百分比(质量)/%			医院废物组分	百分比(质量)/%		
	大学医院	医院 A	医院 B		大学医院	医院 A	医院 B
纸张	16	34	51	纺织品	10	14	2
塑料	50	21	18	泔脚	21	17	7
玻璃	1	11	9	其他	1.5	2	5
金属(针头等)	0.5	1	9				