

加强风险防控，优化医疗废物处置技术和管理模式

YILIAO FEIWU
YOUHUA CHUZHI
JISHU JI YINGYONG

医疗废物优化处置 技术及应用

陈 扬 邵春岩 丁 琼
主编



上海科学技术出版社

医疗废物优化处置技术及应用

陈 扬 邵春岩 丁 琼 主 编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书分析了国际医疗废物处置技术的最新发展趋势,结合中国医疗废物管理和处置现状及国际公约要求,全面系统地总结了医疗废物优化处置技术及应用的相关内容。全书共6章,包括医疗废物处置技术的发展及管理需求、医疗废物处理处置技术的选择和优化、医疗废物的源头分类和减量、医疗废物优化焚烧处置技术、医疗废物非焚烧优化处理技术和医疗废物处置污染防治管理。

本书主要读者对象是与医疗废物处置管理相关的工程建设、设施运行、监督管理及环境监测/检测部门人员,为医疗废物处置设施运行单位、环境保护部门开展技术培训的人员,以及环境保护及污染治理领域科研、管理人员等。

图书在版编目(CIP)数据

医疗废物优化处置技术及应用 / 陈扬,邵春岩,丁琼主编. —上海:上海科学技术出版社,2015.7
ISBN 978-7-5478-2632-4

I. ①医… II. ①陈… ②邵… ③丁… III. ①医用废弃物—废物管理 IV. ①X799.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 095112 号

医疗废物优化处置技术及应用

陈 扬 邵春岩 丁 琼 主编

上海世纪出版股份有限公司 出版
上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行
200001 上海福建中路193号 www.ewen.co

上海中华商务联合印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13.75

字数 200千字

2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-2632-4/X·30

定价:68.00元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,请向工厂联系调换

序

Preface

中国的医疗废物处理处置,是一个相对而言起步较晚、发展势头较快、仍处于不断完善优化过程的特殊领域。

中国正式将医疗废物纳入环境监管体系、实施大规模处理处置,始于2003年“非典”时期。中国政府颁布了《全国危险废物和医疗废物处置设施建设规划》,加大资金支持力度,建立了处置设施建设技术复核体系,从无到有基本形成覆盖全国的危险废物和医疗废物环境安全设施保障能力,产业化水平和监管能力获得较大提高。这在全球危险废物和医疗废物处置设施建设历程上都是一件大事,时间进程也快于其他国家。

与此同时,中国先后颁布和修订了数十项涵盖医疗废物和危险废物鉴别、储存、转移、处理、处置、监测、监管等各管理环节,以及焚烧、安全填埋、高温蒸汽、微波、化学消毒等各类处理工艺的技术政策、标准和规范,各地也实施了医疗废物处置收费政策和办法,建立了全过程的危险废物和医疗废物管理政策、技术标准体系,在各个层面上推进医疗废物无害化管理和处置等开展了大量的工作,积累了丰富的经验。

伴随《全国危险废物和医疗废物处置设施建设规划》实施,国内外也显著加强了医疗废物和危险废物处理处置技术与政策的研究。我们越来越强烈地感觉到,各类处理处置都有其适应范围、优缺点,重要的是处理与处置应结合,技术与管理要并重,处置技术与医院内部分类需适应,工艺选择要考虑国情阶段、公众接受,处理处置本身也必须实现环境友好和可持续。

自2003年承担《全国危险废物和医疗废物处置设施建设规划》研究编

制任务开始,我一直从事医疗废物相关规划实施、政策研究、标准制定、国际援助项目支持、项目咨询评估等方面的具体工作,深深感觉到,作为一种类型特殊、来源固定、感染性强、关注度高的危险废物,医疗废物处理和管理方面还有不少地方需要总结经验,有不少地方需要完善优化,有不少地方还需要研究探索,其核心在于实现从源头分类、过程控制、末端控制等有机结合的集成式管理模式。

甚感欣慰长期以来与我一起工作学习的一众同事,积极思考,勤于耕耘,在大量的研究项目和实践的基础上,形成了内容丰富、理论性和实践性兼具的书稿,就中国医疗废物处置技术的发展趋势、医疗废物优化处置技术和管理模式等核心问题进行了有益探索,相信一定会对这一领域的研究人员、管理人员、从业人员等广大读者有帮助、有裨益。

吕舜泽

研究员

环境保护部环境规划院副院长

前言

Foreword

医疗废物作为一种特殊污染物,主要来自患者生活、医疗诊断、治疗过程中产生的各类有害固体废物。随着社会进步和科学技术不断发展,医疗废物的管理和处置越来越引起国际社会的广泛关注。医疗废物最主要的危险废物特性是感染性,为了消除医疗废物的感染性,保护环境和人体健康,国际上通常采用焚烧方法进行处置,但焚烧过程中容易产生二噁英、重金属以及酸性气体等污染物。其中二噁英被称为“地球上毒性最强的毒物”,它是一种含氯的强毒性有机化学物质,在自然界中几乎不存在,只有通过化学合成才能产生,是目前人类制造的最可怕的化学物质之一。随着技术的进步和发展,高温蒸汽、化学、微波以及高温干热等医疗废物非焚烧处理技术逐步在世界范围内获得应用,成为一种新型的不产生二噁英的医疗废物处理技术,但是非焚烧处理技术在应用过程中会产生恶臭、挥发性有机化合物(volatile organic compounds, VOCs)等污染物。另外,非焚烧处理技术处理不当还会造成消毒效果不完全,致使医疗废物的感染性不能得到彻底消除。

中国作为一个有着 13 亿人口的发展中国家,2011 年医疗废物产生量达到 70 万 t,平均日产生量达到近 2 000 t。这些医疗废物容易污染环境、传播疾病、威胁健康,具有很大的危害性,是《国家危险废物名录》49 类危险废物中的首要废物。在“非典”以后,尽管中国政府采取了许多措施来加强对医疗废物的管理与处置工作,但仍然存在处置水平低、二次污染严重、装备制造水平低、技术不过关,以及管理手段不健全等问题。这些问题的存在不

利于实现医疗废物的可持续管理,也很难满足中国履行《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》(以下简称“POPs 公约”)要求。因此,在中国加入 POPs 公约的特定背景下,如何推进医疗废物的可持续环境管理进程,并切实解决医疗废物的管理和处置问题已经成为中国当前必须面对的问题。而如何贯彻落实国家实施计划所确定的推进采用最佳可行技术和最佳环境实践(BAT/BEP),并将核心理念落实到具体的医疗废物管理实践,建立适合中国国情的医疗废物处置技术和管理模式,是一个必须面对的重大课题。

本书分析了国际医疗废物处置技术的最新发展趋势,结合中国医疗废物管理和处置现状以及国际公约要求,探索了中国医疗废物处置技术的发展趋势以及相应的医疗废物优化处置技术和管理模式,较为全面地贯彻和落实了生命周期和全过程管理理念。相关研究成果可以为中国医疗废物领域相关技术研发、应用及推广工作,为推进中国更好地履行 POPs 公约进程,推进医疗废物领域探索 BAT/BEP 并推进其采用提供技术支持,也能为工程建设、设施运行、监督管理以及环境监测/检测相关标准体系的建设和完善工作提供借鉴。

本书编写获得由联合国工业发展组织以及环境保护部环境保护对外合作中心联合实施的《全球环境基金-中国医疗废物可持续环境管理项目》以及《区域性危险废物集中处置设施最佳管理模式和环境风险控制技术研究》(环保公益项目 2011467039)的支持。感谢对本书提供指导和帮助的各位专家、领导,特别感谢环境保护部科技标准司、环境保护部环境保护对外合作中心、沈阳环境科学研究院、环境保护部环境规划院、卫生部医院管理研究所、中国疾病预防控制中心、中国科学院沈阳应用生态研究所、沈阳大学、中国环境科学学会等单位对本书编写所给予的大力支持,同时感谢上海万强科技发展有限公司、优艺国际环保科技(北京)有限公司、北京晟德瑞环境技术有限公司、欧尔东有限公司对本书编写提供的大力支持。

本书由陈扬、邵春岩、丁琼担任主编。具体编写分工如下:第1章由姜晨、丁琼、陈扬、孙宁、蒋峰完成;第2章由陈扬、刘俐媛、张正洁、陈朝中、孙

阳昭、朱忠军完成;第3章由巩玉秀、陈扬、金坚敏、单淑娟、李六亿、么丽、吴安华完成;第4章由任志远、孙宁、邵春岩、陈刚、蔡玲、陈曦、王俊峰完成;第5章由陈扬、冯钦忠、邵春岩、郝凤明、鲍桐、王俊峰完成;第6章由程亮、丁琼、徐殿斗、陈刚、侯贵光、杜雯、周杰完成。全书由陈扬、丁琼统稿,最终审稿由邵春岩完成。

限于作者水平,书中难免存在不足之处,敬请读者多提宝贵意见,以便我们在下一步工作中改进。

作者

目 录

Contents

第 1 章 医疗废物处置技术的发展及管理需求	001
1.1 医疗废物的成分及特性	001
1.1.1 医疗废物的成分	001
1.1.2 医疗废物的特性	004
1.2 国际社会对医疗废物管理和处置的要求	006
1.2.1 POPs 公约对医疗废物管理和处置的要求	006
1.2.2 巴塞尔公约对医疗废物管理和处置的要求	008
1.2.3 世界卫生组织关于医疗废物管理的要求	009
1.3 国外医疗废物处置技术发展及管理模式	010
1.3.1 国外医疗废物处置技术及发展	010
1.3.2 国外医疗废物处置管理模式	019
1.4 中国医疗废物处置技术发展及管理模式	024
1.4.1 中国医疗废物处置技术应用的发展历程	024
1.4.2 中国医疗废物处置管理模式	025
1.4.3 中国医疗废物处置技术及管理模式与国外差距 分析	028
1.5 中国医疗废物处置技术应用管理需求	031
1.5.1 建立健全生命周期和全过程管理体系	031
1.5.2 建立以城市为核心的医疗废物管理和处置体系	033

第2章 医疗废物处理处置技术的选择和优化	040
2.1 医疗废物处理处置技术分析与评估	040
2.1.1 医疗废物焚烧处置技术分析与评估	040
2.1.2 医疗废物非焚烧处理技术分析与评估	042
2.1.3 医疗废物处理处置技术适用性分析与评估	043
2.2 医疗废物处置技术选择指标及优化	048
2.2.1 医疗废物处置技术选择指标	048
2.2.2 医疗废物处理处置技术优化	052
第3章 医疗废物的源头分类和减量	055
3.1 医疗废物源头减量和分类管理的依据	055
3.1.1 医疗废物的源头减量	055
3.1.2 医疗废物分类管理依据	056
3.2 医疗废物源头减量和分类管理措施	059
3.2.1 医疗废物分类减量的总体思路和分类原则	059
3.2.2 医疗废物分类减量的具体措施	061
3.3 源头减量经济效益分析	068
3.3.1 医疗废物减量化的预期效果	068
3.3.2 医疗废物二噁英预期减排效果	069
第4章 医疗废物优化焚烧处置技术	071
4.1 医疗废物焚烧处置技术原理	071
4.1.1 热解气化技术原理	071
4.1.2 回转窑焚烧技术原理	074
4.2 医疗废物焚烧处置工艺流程及产污节点	075
4.3 医疗废物焚烧过程污染物排放	077
4.3.1 大气污染物排放	077
4.3.2 废水污染物排放	077

4.3.3	固体残渣排放	078
4.3.4	噪声排放	078
4.4	医疗废物热解焚烧污染控制技术分析	078
4.4.1	热解焚烧炉型及控制参数的选择	078
4.4.2	热解焚烧尾气控制技术	081
4.5	医疗废物焚烧处置技术优化	090
4.5.1	医疗废物焚烧处置污染控制措施综合分析	090
4.5.2	医疗废物焚烧处置技术优化措施	095
第5章	医疗废物非焚烧优化处理技术	103
5.1	医疗废物高温蒸汽处理污染控制技术	103
5.1.1	技术概述	103
5.1.2	处理工艺	103
5.1.3	污染物排放	105
5.1.4	污染控制技术分析	106
5.2	医疗废物化学处理污染控制技术	106
5.2.1	技术概述	106
5.2.2	处理工艺	107
5.2.3	污染物排放	108
5.2.4	污染控制技术分析	108
5.3	医疗废物微波处理污染控制技术	109
5.3.1	技术概述	109
5.3.2	微波处理工艺和消毒机理	109
5.3.3	污染物排放	112
5.3.4	污染控制技术分析	112
5.4	医疗废物高温干热处理技术	113
5.4.1	技术概述	113
5.4.2	处理工艺	113

5.4.3	污染物排放	115
5.4.4	污染控制技术分析	115
5.5	医疗废物非焚烧处理技术优化	116
5.5.1	医疗废物非焚烧处理污染控制措施综合分析	116
5.5.2	医疗废物非焚烧处理技术优化	119
5.5.3	医疗废物非焚烧处理技术优化措施	127
第6章 医疗废物处置污染防治管理		130
6.1	医疗废物处置污染防治的总体思路	130
6.1.1	医疗废物处置污染防治的出发点和立足点	130
6.1.2	医疗废物处置污染防治的基本思路	132
6.2	医疗废物的运输、储存和接收	134
6.2.1	医疗废物运输、储存和接收管理依据	134
6.2.2	医疗废物运输、储存和接收管理要求	135
6.3	医疗废物处置设施运行管理	139
6.3.1	医疗废物热解焚烧处置设施运行管理	139
6.3.2	医疗废物非焚烧处理设施的运行管理	153
6.4	医疗废物处置过程的监督管理	161
6.4.1	医疗废物处置监督责任体系	161
6.4.2	医疗废物处置监督管理的程序和要求	162
6.4.3	医疗废物处置监督管理的内容	164
6.4.4	医疗废物处置监督管理程序	164
6.4.5	医疗废物处置监督管理方法	166
6.5	医疗废物处置设施运行的性能评价	169
6.5.1	医疗废物处置性能评价的基本思路	169
6.5.2	医疗废物焚烧处置设施的性能评价	171
6.5.3	医疗废物非焚烧处理设施的性能评价	176

6.6 医疗废物处理处置应急管理	182
6.6.1 医疗废物事故应急管理要点	182
6.6.2 医疗废物应急管理的发展需求	189
参考文献	191
后记	205

第 1 章

医疗废物处置技术的发展及管理需求

本章将在分析医疗废物的成分与特性的基础上,全面了解国际社会对医疗废物管理和处置的需求,并结合中国医疗废物管理和处置现状及国际公约要求,探索中国医疗废物处置技术的发展趋势及相应的医疗废物优化处置技术和管理模式。

1.1 医疗废物的成分及特性

1.1.1 医疗废物的成分

中国医疗卫生机构产生的医疗废物数量较大。据调查,2002 年全国产生医疗废物约 65 万 t,平均日产生量为 1 780 t。截至 2011 年年底医疗卫生机构床位数 516 万张,每千人口医疗卫生机构床位数由 2002 年的 2.5 张提高到 3.8 张。2010 年中国医疗废物产生量达 125 万 t,年平均增长速度达 7.3%。经系统分析和研究国内有关文献,获得了医疗废物的基本成分、化学组成及化学特性的基本信息,见表 1-1、表 1-2 和表 1-3。

表 1-1 医疗废物的基本成分 (%)

有机物含量	脏器	0.05
	塑料	17.91
	棉签	9.36
	纸类	22.08
	织物	11.53
	合计	60.93
无机物含量	玻璃	26.66
	金属	3.70
	合计	30.36
其 他		8.71

表 1-2 医疗废物的化学组成 (%)

组 成	碳	氧	氢	大量其他元素
百分比	50	20	6	24

表 1-3 医疗废物的理化特性

产生量 [kg/(床·d)]	密度 (kg/m ³)	湿度 (%)	可燃性 (%)	废物热值 (kcal/kg)		铝含量 (%)	汞含量 (mg/kg)	钙含量 (mg/kg)	铅含量 (mg/kg)
				低位	高位				
0.5	110	35	90	3 500	3 900	0.4	2.5	1.5	28

注：1 kcal=4. 184 0 kJ。

由表 1-1、表 1-2 和表 1-3 可以看出,医疗废物的成分及类型都比较复杂。因此,医疗废物的处置问题需要彻底消解其中的大分子物质,推进无害化管理和处置。中国《医疗废物分类目录》将医疗废物分为五大类,见表 1-4。

由表 1-4 可以看出,该分类对于加强对医疗废物感染性控制具有重要的意义。医疗废物成分或者特性的确定,对于废物分类收集方案的确定和后续的处置工艺、技术的选择具有重要的作用。因此,对医疗废物进行分类

管理是必然的选择。

表 1-4 中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	(1) 被病人血液、体液、排泄物污染的物品,包括: a. 棉球、棉签、引流棉条、纱布及其他各种敷料; b. 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; c. 废弃的被服; d. 其他被病人血液、体液、排泄物污染的物品。 (2) 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。 (3) 病原体的培养基、标本和菌种、毒种保存液。 (4) 各种废弃的医学标本。 (5) 废弃的血液、血清。 (6) 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	(1) 手术及其他诊疗过程中产生的废弃的人体组织、器官等; (2) 医学实验动物的组织、尸体; (3) 病理切片后废弃的人体组织、病理蜡块等
损伤性废物	能够刺伤或者割伤人体的废弃医用锐器	(1) 医用针头、缝合针; (2) 各类医用锐器,包括解剖刀、手术刀、备皮刀、手术锯等; (3) 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药品	(1) 废弃的一般性药品,如抗生素、非处方类药品等。 (2) 废弃的细胞毒性药物和遗传毒性药物,包括: a. 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、苯丙氨酸氮芥、司莫司汀、三苯氧氨等; b. 可疑致癌性药物,如顺铂、丝裂霉素、阿霉素、苯巴比妥等; c. 免疫抑制剂。 (3) 废弃的疫苗、血液制品等
化学性废物	具有毒性、腐蚀性、易燃易爆性的废弃化学物品	(1) 医学影像室、实验室废弃的化学试剂; (2) 废弃的过氧乙酸、戊二醛等化学消毒剂; (3) 废弃的汞血压计、汞温度计

表 1-4 说明：一次性使用卫生用品是指使用一次后即丢弃的，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患者检查、诊断、治疗、护理的指套、手套、吸痰管、阴道窥镜、肛镜、印模托盘、治疗巾、皮肤清洁巾、擦手巾、压舌板、臀垫等接触完整黏膜、皮肤的各类一次性使用医疗、护理用品。

一次性医疗器械是指《医疗器械管理条例》及相关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。

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。

1.1.2 医疗废物的特性

医疗废物具有感染性、毒性、腐蚀性和可燃性等危险废物特性，最主要的是感染性。感染性废物主要是考虑此类废物对环境 and 人具有较大危害，存在较高的将病原微生物传染给与其相接触人群的风险，引起大面积的二次交叉感染，因此应严格控制，特别是将传染病医院病区生活垃圾也定义为医疗废物。病理性废物主要包括诊疗过程中产生的废弃人体组织、器官等，以及医学实验动物尸体，也包括病理性标本，基于伦理道德观念和国家相关政策，大型人体残肢送火葬场焚烧处理。损伤性废物主要包括诊疗过程中产生的各种锐利器具、各种针具、手术器械、玻璃安瓿和其他玻璃物品等，这类锐器离开医院后，如不进行有效管理，也极有可能对废物处理处置人员和普通民众造成身体伤害，并进而引发相关疾病的发生。药物性废物主要指过期、淘汰、变质或者被污染的一般性药品，致癌、致畸、细胞毒性和遗传毒性及血液制品的批量过期药物，患者使用后残余的药物；这类废物对人群和环境具有较大的潜在危害，如果处置不当，直接对人体造成严重的伤害，进入环境后有可能污染土壤、水体或空气；更有甚者，一些不法人员收购药品，将其包装后再次流入社会，造成对患者的极大危害。化学性废物主要指医