摘要：通过对微波消毒机理的研究，根据其节能、快速、污染小、消毒效果彻底等特点，提出了微波消毒技术适用于医疗废物集中处置工程，并且列举国际应用实例为证。通过对医疗废物微波处理技术标准、微波消毒适用范围、系统组成、安全与防护等方面对我国已颁布的《医疗废物微波消毒集中处理工程技术规范》(试行)(HJ/T229-2006)主要内容作了客观阐述，提出在我国目前《全国危险废物和医疗废物处置设施建设规划》实施的情况下，医疗废物微波消毒处理法将与其它几种非焚烧处置法，共同作为医疗废物焚烧法的合理补充技术在中国应用，将有效地推进中国医疗废物处理进程。

1微波消毒处理技术概述

1.1微波消毒机理

　　微波是波长1~1000mm的电磁波，频率在数百兆赫至3000MHz之间。用于消毒的微波频率一般为(2450±50)MHz与(915±25)MHz两种。微波在介质中通过时被介质吸收而产生热，热能的产生是通过物质分子以每秒几十亿次振动、摩擦而产生热量，从而达到高热消毒的作用，微波的消毒机理一般认为有以下几种。

1.1.1热效应微波照射热效应的产生是由分子内部激烈运动所致。极性物质(如水)的分子两端分别带有正负电，形成偶极矩，此种分子称为偶极子。当置于电场中时，偶极子即沿外加电场的方向排列，在高频电场中，物质内偶极子的高速运动引起分子相互摩擦，从而使温度迅速升高。因此微波加热与其他加热方式不同，不是使热从外到内传热，微波加热时产热均匀，微波能达到的地方，吸收介质均能吸收微波并很快将微波转化为热能，使微生物死亡。

1.1.2非热效应微波的振荡改变了细胞胶体的电动势，改变细胞膜的通透性，因而影响细胞及组织器官的某些功能；微波照射后，由于细胞核内物质吸收微波能量的系数不同，致使细胞核内物质受热不均匀，影响细胞的遗传与生殖；谐振吸收，微波中的频率较接近于有机分子的固有振荡频率，当细胞受到微波照射时，细胞中的蛋白质特别是以氨基酸、肽等成分可选择性地吸收微波能量，改变了分子结构或个别部分的结构，破坏生物酶的活性，因而影响细胞的生化反应，影响微生物的生长代谢。

　　1.1.3综合效应经过分析研究结果发现，单纯热效应或非热效应都不能解释微波的消毒特性，微波快速广谱的消毒作用是复杂的综合因素作用的结果。认为只存在热效应或非热效应观点的差异主要是各自实验方法都存在一定的不足。综上所述，微波消毒是以热效应为主，非热效应为辅，通过多种效应共同作用的结果。

　　1.2微波消毒的特点?

　　微波的消毒具有节能，作用温度低、热损失慢，作用快速，消毒之后的废物无毒性、无残留物，损坏轻，环境污染小等特点。

1.3微波消毒的效果，微波消毒菌谱广，可杀灭各种微生物。在国外早有研究发现，微波照射1min可杀灭玻璃容器中各种细菌繁殖体，包括真菌，对巨大杆菌芽孢照射2min，其杀灭率可达99?90%。据Kohrer研究证明，对受细菌、真菌、脊髓灰质炎病毒、疱疹病毒Ⅰ型污染的假牙、牙托、牙钻，用600W微波照射5min，可将污染微生物全部杀灭。照射8min可杀灭芽孢。照射3min可将HBsAg抗原性全部破坏。国内研究证明，采用某型号快速消毒器，经过5~15min照射可将金属表面上及其他物体表面上细菌芽孢全部杀灭。同时发现，类炭疽杆菌芽孢、炭疽杆菌芽孢、蜡状杆菌芽孢、嗜热脂肪杆菌芽孢和枯草杆菌黑色变种芽孢等对微波的抗力较强。微波照射5min之内可完全灭活乙型肝炎病毒、艾滋病病毒和其他病毒。微波对各种微生物的杀灭作用详见表1。

　　表1微波对不同微生物的杀灭作用

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 微生物名称 | 杀灭不同介质内微生物所需时间min | | |
| 试验载体上 | 物体表面 | 液体内 |
| 葡萄球菌 | 1~2 | 8 | 1~2 |
| 大肠杆菌 | 1~2 | 8 | 1~2 |
| 白色念珠菌 | 1~3 | … | 1~3 |
| 细菌芽孢 | 5~15 | 5~20 | 3~10 |

　　2医疗废物微波消毒处理技术国外应用情况在目前国际上应用较多的医疗废物处理方法中，微波处理技术是继焚烧之后经证实并取得广泛应用的医疗废物处理技术之一，近几年在美国、欧洲、澳洲等发达国家已经得到应用。由于微波消毒技术所体现出的建设成本和处理成本低、处理达标难度小、公众可接受程度高、无国际公约要求，在美国和欧洲得到了应用和发展的机会，目前在美国、欧洲、澳洲等国家应用微波消毒处理医疗废物量呈上升趋势。表2显示了世界各地处理医疗废物的非焚烧技术应用概况，其中微波消毒法的应用已日趋成熟。　　表2世界各地处理医疗废物的非焚烧技术应用概况

|  |  |
| --- | --- |
| 国家 | 应用情况 |
| 德国（2000.8） | 微波灭菌法和高压蒸汽灭菌法的应用数量在减少 |
| 英国 | 微波灭菌法：1台高压蒸汽灭菌法：1台 |
| 美国（1997） | 高压蒸汽灭菌法：931台化学消毒法：173台电热辐射：5台微波法：254台等离子体法或照射法：61台 |
| 澳大利亚 | 高压灭菌法：2台（昆士兰），1台（新南威尔士）化学药剂法：3台（维多利亚，新南威尔士）微波法：1台（新南威尔士） |
| 菲律宾 | 1999年在马尼拉安装了几套微波灭菌系统来处理医疗废物 |
| 日本 | 蒸汽灭菌法：3台 |

3医疗废物微波消毒处理标准要求，针对医疗废物非焚烧处理技术，美国、欧洲和加拿大分别于1994年、2001年和2002年发布了非焚烧处理标准(欧洲和加拿大参照美国制定，基本要求是一致的)。美国各州的管理机构的联合体(即STAATT),在第一次会议中对微生物的杀灭水平做了如下的定义：

第一级：对细菌繁殖体、真菌和亲脂性病毒的杀灭率达到6 log10或更高。?

第二级：对细菌繁殖体、真菌、亲脂性/亲水性病毒、寄生虫和分支杆菌的消毒率达到6 log10或更高。

第三级(第三级是STAATT推荐的最低标准)：对细菌繁殖体、真菌、亲脂性/亲水性病毒、寄生虫和分支杆菌的杀灭率达到6 log10以上。对嗜热脂肪杆菌芽孢(B. stearothermophilus-ATCC 7953)或枯草杆菌黑色变种芽孢(B. subtilis-ATCC 9372)的杀灭率达到4 log10以上。

第四级：对细菌繁殖体、真菌、亲脂性/亲水性病毒、寄生虫、分支杆菌和嗜热脂肪杆菌芽孢(B. stearothermophilus -ATCC 7953)的杀灭率达到6 log10以上(ATCC指美国分类繁殖总汇)。

6 log10杀灭率是指10?6杀灭率，相当于微生物百万分之一的可能存活率，或经过处理后999999%的微生物杀灭率，即杀灭对数值≥6。

4 log10杀灭率是指10?4杀灭率，相当于微生物百万分之一的可能存活率，或经过处理后99?99%的微生物杀灭率，即杀灭对数值≥4。我国目前已经颁布的《医疗废物微波消毒集中处理工程技术规范》(试行)，其中7.1.6条款规定：微波消毒处理的消毒效果应能达到：对繁殖体细菌、真菌、亲脂性/亲水性病毒、寄生虫和分支杆菌的杀灭对数值≥6；对枯草杆菌黑色变种芽孢(B.Subtilis ATCC 9372)的杀灭对数值≥4。与国际要求相统一。

4医疗废物处理中微波消毒的适用范围，针不同废物对微波的吸收能力有所不同，对微波吸收的多少可影响消毒效果，因此一般根据废物的性质，分为三类：吸收介质(如水、肉类和含水量高的废物，均是强吸收介质)、良导体类(如钢、黄铜、银、铁、不锈钢等金属能引起反射而不吸收微波)、绝缘体类(如石英、陶瓷、玻璃、聚氟乙烯等塑料制品，微波大部分能透过、小部分反射)。

微波消毒技术适用于处理医疗废物分类目录中的感染性废物、损伤性废物、病理性废物(人体器官和传染性的动物尸体等除外)，不适用于处理药物性废物、化学性废物。损伤性废物、病理性废物以及传染性废物混合破碎后加湿，和湿毛巾包裹金属具有同样效果，可见微波可以处理损伤性医疗废物。由于微波的热效应会使药物性废物和化学性废物产生不同的化学变化，释放复杂的有毒有害物质。因此微波消毒不适于处理这两类废物。

5医疗废物微波消毒处理系统简介

我国目前出台的《医疗废物微波消毒集中处理工程技术规范》(试行)(HJ/T229-2006)要求，微波消毒处理系统一般应包括如下单元：进料单元、破碎单元、微波消毒处理单元、卸料单元、自动化控制单元、废气处理单元、废水处理单元。其中进料单元、破碎单元的操作均在密闭及负压状态下进行。微波处理单元包括反应室、微波发射源、搅拌器、喷雾装置、出料装置等。出料单元设置自动输送装置直接卸入废物接受容器中，并对包装有专门要求，在此环节完成对废渣的污染控制。自动控制单元要实现废物供给及自动启停、实时显示当前运行状态、具备安全互锁功能、自动记录及打印、自我监测、异常情况紧急停车、远程联网监控等目标。

该系统运行过程中产生的颗粒物、微生物、挥发性有机物(VOC)、重金属等污染物，通过尾气过滤器、活性炭吸附装置，脱臭装置等来消除。

　　6防止微波辐射的安全防护要求及突发事件应急计划

　　设置屏蔽，阻挡微波扩散。目前应用屏蔽的材料有反射性和吸收性材料两大类。屏蔽可用反射性的，如用金属纤维与合成纤维混合编制而成者；亦可用吸收性的如木板、有机硅橡胶、含羰基铁填料的聚氯乙烯树脂等制成者，可吸收95%左右微波。亦可两种性质的屏蔽合用。遥控操作，减少照射剂量。微波照射强度与距离平方成反比，远离箱体可减少所受照射强度。开机时，工作人员应退出到屏蔽之外。如要进入高场强范围内进行特殊工作时，可穿上直径为0?457mm、线间隙为1mm涂银尼龙线编织成的“尼龙布”工作服。戴防护眼镜。提供防护装备，加强个人防护。工作人员进入微波场操作时，必须穿用金属丝织成的屏蔽防护服、帽、手套等，对微波有较好的阻挡作用，佩戴涂有二氧化铅层的防护眼镜，对眼睛有良好的保护作用。

制定严密的应急和突发事件处理计划。内容至少应包括：

(1)处理技术设备出现问题时的应急计划?

　　(2)机械故障(如破碎设备堵塞等)时的应急计划?

　　(3)处理过程中设备突然停止的应急计划?

　　(4)发生微波泄漏时的应急计划?

　　(5)医疗废物未处理或处理不彻底时的废物收集应急计划。?

　　7结论根据《全国危险废物和医疗废物处置设施建设规划》，“——小于10t/d的医疗废物处置设施，也可采用其他处理技术,但必须做到杀菌、灭活、毁形和无害化,防止二次污染。积极发展和鼓励其他新技术的开发和示范”的规定。目前国际上应用较为广泛的医疗废物微波处理技术已正式作为中国处理医疗废物的技术。该技术具有建设成本和处理成本低、可以达到消毒、毁形的处理要求。微波消毒技术同化学消毒处理法、高温蒸汽消毒法，作为焚烧法的合理补充技术在中国得到广泛应用，能够有效地推进中国医疗废物处理进程。