



中国医学百科全书

流 行 病 学
消 毒、杀 虫、灭 鼠

上海科学技术出版社

中国医学百科全书

中国医学百科全书编辑委员会

上海科学技术出版社

中国医学百科全书

⑨ 流行病学

盖宝璞 主编

⑩ 消毒、杀虫、灭鼠

刘育京 主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 12 字数 321,000

1992 年 9 月第 1 版 1992 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—2,700

ISBN 7-5323-2843-0/R·859

定价: 8.80 元

(沪)新登字 108 号

序

《中国医学百科全书》的出版是我国医学发展史上的一件大事，也是对全人类医学事业的重大贡献。六十年代初，毛泽东同志曾讲过：可在《医学卫生普及全书》的基础上编写一部中国医学百科全书。我们深感这是一项重大而艰巨的任务，因此积极进行筹备工作，收集研究各种有关医学百科全书的资料。但由于十年动乱，工作被迫中断。粉碎“四人帮”后，在党和政府的重视和支持下，医学百科全书的编写出版工作又重新开始。一九七八年四月，在北京正式召开筹备会议，拟订了编写出版方案和组织领导原则。同年十一月，在武汉举行了第一次编委会，落实了三十多个主编单位，全国医学界的著名专家、教授和中青骨干都参加了编写工作。

祖国医学发展史中，历代王朝就有学者编纂各类“集成”和“全书”的科学传统，但系统、全面地编写符合我国国情和医学科学发展史实的大型的医学百科全书还是第一次。这是时代的需要，人民的需要，是提高全民族科学文化水平，加速实现社会主义现代化建设的需要。从长远来看，这是发展我国医药卫生事业和医学科学的一项基本建设，也是建设社会主义精神文明的重要组成部分。因此，编写出版《中国医学百科全书》是我国医学界的一项重大历史使命。

我国既有源远流长的祖国医学，又有丰富多彩的现代医学。解放以来，在党的卫生方针指导下，还积累了群众性卫生工作

和保健强身的宝贵经验，涌现了许多中西医结合防治疾病的科研成果。在我们广大的医药卫生队伍中，有一大批具有真才实学，又善于写作的专家，他们都愿意为我国科学文化事业竭尽全力，把自己的经验总结出来，编写出具有我国特点的医学百科全书。

《中国医学百科全书》是一部专科性的医学参考工具书，主要读者对象是医药院校毕业及具有同等水平的医药卫生人员，但实际需要查阅这部全书的读者将远远超过这一范围。全书内容包括祖国医学、基础医学、临床医学、预防医学和特种医学等各个学科和专业，用条目形式撰写，以疾病防治为主体，全面而精确地概述中西医药科学的重要内容和最新成就。在编写上要求具有高度的思想性和科学性，文字叙述力求言简意明，浅出深入，主要介绍基本概念、重要事实、科学论据、技术要点和肯定结论，使读者便于检索，易于理解，少化时间，开卷得益。一般说来，条目内容比词典详尽，比教材深入，比专著精炼。

为适应各方面的需要，《中国医学百科全书》的编写出版工作准备分两步走：先按学科或专业撰写分卷单行本，然后在此基础上加以综合，按字顺编排出版合订本。这两种版本将长期并存。随着学科发展的日新月异，我们并将定期出版补新活页。由于涉及面广，工作量大，经验不足，缺点错误在所难免，希望读者批评指正。

钱信忠

1982年11月

中国医学百科全书

流 行 病 学

主 编：盖宝璜（四川医学院）

副 主 编：苏德隆（上海第一医学院）

乔树民（大连医学院）

编 委：（以姓氏笔画为序）

马鸣岗（北京医学院）

白云翔（四川医学院）

刘瑞璋（哈尔滨医科大学）

何尚浦（武汉医学院）

李婉先（上海第一医学院）

姚凤一（山西医学院）

康 庚（四川医学院）

学术秘书：尹厚源（四川医学院）

编写说明

- 一、本分卷选收流行病学总论方面的条目 80 条。为了避免与其他分卷重复,有关各种疾病的流行病学(各论),以及消毒、杀虫、灭鼠等具体防疫措施条目均不予收入。
- 二、本分卷名词术语原则上只选收本学科最常用者,其他名称则附注其后列为别名。外国人名一般迳写外文,不再转译。
- 三、本分卷附有汉英和英汉流行病学词汇,按笔画和字母顺序排列。正文中一般不注外文。书末还附有中文索引,按笔画顺序排列。
- 四、本分卷曾邀请严镜清、俞焕文、何观清、胡克成、耿贯一等教授参加审稿。
- 五、本分卷撰稿人较多,各作者用词和写作风格不一致,内容也有重复或遗漏,虽经编委会几次修改,可能尚有不妥之处,希望读者指正。

流行病学分卷编辑委员会

一九八二年十二月

中国医学百科全书

流 行 病 学

目 录

流行病学	1	流行病学调查分析	25
病因、宿主和环境	2	个案调查	26
疾病生态学	3	现况调查	26
地理病理学	4	普查	26
描述流行病学	5	抽样调查	27
分析流行病学	8	爆发调查	27
实验流行病学	8	回顾性调查	28
理论流行病学	9	前瞻性调查	29
临床流行病学	10	流行病学侦察	29
血清流行病学	11	地区流行病学分析	30
代谢流行病学	12	预防措施	32
移民流行病学	13	疫区处理	32
遗传流行病学	14	接触者	32
历史流行病学	16	传染病报告	33
感染过程	17	潜伏期	34
感染谱	17	传染期	34
传染源	18	隔离	35
附加传染源	18	医院交叉感染	35
病原携带者	18	分级预防	36
动物传染源	19	生物制品	37
传播机转	19	预防接种	38
传染病的传播途径	20	药物预防	42
经空气飞沫传播	20	检疫	42
经水传播	20	国境卫生检疫	43
经食物传播	21	出口检疫	44
土壤传播	21	进口检疫	44
虫媒传播	21	就地诊验	44
日常生活接触传播	22	流行病学监察	44
直接接触传播	22	发病率	46
医源性传播	22	死亡率	46
母婴传播和垂直传播	22	患病率	46
人群易感性	22	病死率	46
外潜伏期	23	标化率	46
疫源地	23	标化死亡比	46
自然疫源地	23	家庭二代发病率	47
流行过程	23	引入率	47
散发发病	24	超额死亡率	47
流行	24	感染率	47
大流行	24	汉英流行病学词汇	48
爆发	24	英汉流行病学词汇	51
家庭聚集性	25	索引	54
地方性	25		

消毒

消毒在医学中为对传播媒介上的微生物，特别是病原微生物进行杀灭或清除使达无害化处理的总称。达到无菌程度的消毒又称灭菌；对活组织表面的消毒又称抗菌；防止食品等无生命有机物腐败的消毒又称防腐。

消毒为预防微生物引起疾病的重要手段之一。平时，除发生传染病需进行疫源地消毒外，尚需对可能被病原微生物污染的物品、场所和人体表面等进行经常的预防性消毒处理，如饮水消毒、食品消毒、医疗器材消毒、公共场所消毒以及污水、污物消毒等等。战时，消毒更是清除生物战剂污染的重要手段。由于消毒处理的对象复杂，涉及面广，工作量大，在技术上要求不断改进，因此已成为医学研究中的一个重要方面。

消毒的历史(见下表)，可追溯到微生物发现以前。当时人类根据生活经验已不自觉地某些方面采取了消毒措施。如我国人民早已应用加热、干燥、烟熏、盐腌、糖渍、酸化等法保存食物；纪元前阿里斯多德曾建议士兵饮用煮沸的水；中世纪阿拉伯医生曾使用升汞处理开放性伤口等等。现代消毒，始于19世纪，是在对微生物与传染学说有较清楚的认识以后，逐步发展起来的。

我国解放前，无专业消毒队伍。解放后，消毒事业取得较快发展。各省、市以至大多数县卫生防疫站均已设有消毒科，部分大城市设有消毒站，有的单位更成立专门研究组织探索新的方法和药物。此类措施均促进了消毒工作专业化的加强。

消毒可以利用物理、化学与生物学等方法进行。利用物理因子作用于微生物，将之杀灭或清除的方法称物理消毒法。物理因子按其作用可分为五类：①具灭菌作用者：如热力、红外线、微波、激光、电离辐射等，杀灭微生物的能力强，处理时易达灭菌要求；②具一定杀菌作用者：如紫外线、超声波等，可杀灭大部分微生物，但难达灭菌要求；③具防腐与自然净化作用者：如寒冷、冰冻、干燥等，杀灭微生物能力有限，仅于防腐与自然净化中发挥作用，尚未见用于其他人工消毒措施；④具除菌作用者：如机械擦拭、冲洗、过滤等，虽不能杀灭微生物，但可将之清除以达灭菌或其他消毒目的；⑤具辅助作用者：如真空、磁力、压力等，能为杀灭或清除微生物创造有利条件，缩短消毒时间或加强消毒效果。

利用化学药物杀灭微生物称化学消毒法，所用药物统称消毒剂。消毒剂中可杀灭一切类型微生物者，如漂白粉、过氧乙酸、环氧乙烷、甲醛、戊二醛等，因可用于灭菌处理，故又称灭菌剂。消毒剂中主要为抑菌作用的药物，如吡啶黄、结晶紫、苯甲酸、8-羟基喹啉等，多仅用于抗菌或防腐，故又称抗菌剂或防腐剂。化学消毒用药方法有溶液浸泡、擦拭、喷洒法，气体或烟雾熏蒸法和粉剂直接处理法等。

利用生物于新陈代谢过程中形成的条件将微生物杀灭或清除者，称生物消毒法。如污水净化，可利用厌氧微生物的生长来阻碍需氧微生物的存活；粪便垃圾堆肥，可

主要消毒方法发展表

年分	创始人	消毒方法
1804	Appert	食品煮沸后密封保存
1825	Labarraque	次氯酸盐处理伤口
1827	Alcock	漂白粉消毒饮水
1860	Kuchenmeister	以苯酚作为消毒剂
1861	Semmelweis	漂白粉消毒预防产褥热
1865	Lister	苯酚消毒预防手术后感染
1876	Tyndall	间歇灭菌
1877	Bergmann	升汞消毒
1878	Pasteur	无菌技术预防手术感染
1880	Chamberland	压力蒸气灭菌
1884	Chamberland 等	素磁滤烛液体除菌
1888	Blum 等	甲醛消毒
1894	Reinicke	乙醇消毒
1897	Kinyoun	夹层压力蒸气灭菌器灭菌
1908	Grossich	碘酊消毒手术区皮肤
1916	Jacob 等	发现季铵盐类药物杀菌作用 (1935, Domagk进一步研究后始广泛应用)
1928	Gates	确定紫外线杀菌作用最强波段
1929	Schrader 等	发现环氧乙烷杀菌作用(1949, Phillips等进一步研究后始广泛应用)
1933	Underwood	集中供应灭菌器材
1951	Greenspan 等	过氧乙烷消毒
1953	Ethicon 公司	β 射线灭菌
1954	Davis 等	洗必太消毒
1957	Gershenfield	合成碘伏
1960	Wantage 研究所	钴-60装置灭菌
1961	Whittfield	层流通风除菌
1963	Stonehill	戊二醛消毒

利用嗜热菌发酵产生的热杀灭病原微生物；水的过滤，可利用生物在新陈代谢过程中形成的生物膜将微生物滤除。生物消毒法作用慢，效果不完全可靠，但比较经济，对大量的粪便、垃圾、污水等仍不失为一种基本的处理方法。

各种理化因子对微生物的杀灭机理，主要有以下四类作用：①作用于细胞膜使其功能受到损害，如季铵盐类、双胍类、酚类等消毒剂的杀菌作用；②作用于菌体核酸与蛋白质使之变性，如电离辐射、加热、醇类、酚类、卤素等的杀菌作用；③作用于微生物的酶与辅酶使之灭活，金属离子的杀菌作用多属此类反应，环氧乙烷、乙型丙内酯、甲醛等亦可使酶的巯基烷化而破坏微生物的新陈代谢；④抑制核酸的合成，如吡啶类药物可与DNA结合而影响其在RNA合成中的模板作用。

消毒时，处理剂量是杀灭微生物所需的基本条件，包含两个因素，一为强度，一为时间。强度在热力消毒中指温度，在电离辐射消毒中指照射强度，在化学消毒中指药物浓度。时间指所使用处理方法对微生物作用的时间。一

般强度愈高，微生物愈易死亡；时间愈长，微生物遭到杀灭的机率也愈大。强度与时间可互相补偿，但均有一定极限。消毒时必须正确规定处理的强度与时间。对化学消毒，多以浓度系数(n 值)表示其药物浓度与作用时间的关系：

$$\text{浓度系数 (n)} = \frac{\lg T_2 - \lg T_1}{\lg C_1 - \lg C_2}$$

(药物浓度为 C_1 时，所需杀菌时间为 T_1 ；药物浓度为 C_2 时，所需杀菌时间为 T_2)

浓度系数大的消毒剂，浓度效应较明显，使用时应注意浓度的准确性。例如，石炭酸的浓度系数为 4~6，将浓度减半时，作用时间需延长 16~64 倍 ($2^4 \sim 2^6$)。系数小的消毒剂，浓度效应较差，相对来说时间的影响就比较突出。例如环氧乙烷的浓度系数为 1，如将作用时间缩短一半，浓度即要加大一倍。

不同种类微生物对各种消毒处理的耐受性不一样。细菌芽胞抗力最强，一般多用之作为最难杀灭的微生物代表；结核杆菌、真菌孢子、肠道病毒与肉毒杆菌毒素等，对某些消毒措施比较敏感，但对某些则具一定耐力，因此在选择方法上应予慎重；至于其他细菌繁殖体与病毒，以及螺旋体、支原体、立克次体、科克斯体与衣原体等，对消毒处理的耐受力差，常用方法一般均可收到较好的效果。

消毒的效果可受环境条件影响，研究最多者为温度因素。其影响程度多以温度系数 (Q_{10}) 表示，即在一定条件下，温度每增加 10°C ，杀灭微生物所需时间与原需时间的比值。系数愈大，温度效应愈明显。一般，温度愈高，杀菌效果愈好，但亦有少数例外，如臭氧消毒饮水，温度过高，不利其溶解，效果反而降低。此外，作用因子穿透的难易，有机物的多少，化学拮抗物质的有无，溶液酸碱度的强弱，空气湿度的高低等亦均可严重影响消毒效果。

消毒效果的鉴定，在某些情况下，可用物理学或化学法间接进行。例如：热力灭菌时，可观察温度、压力的变化或化学指示剂的反应；电离辐射灭菌或环氧乙烷灭菌时，可观察化学指示剂的反应；饮水消毒时可测定余氯含量等。此类方法虽然简便，但准确性较差，鉴定时仍多以微生物学测定法为基础，即根据处理前后微生物存活情况判断其效果。其结果多用杀灭率表示。杀灭率是指消毒处理时，杀灭微生物的百分率(见“消毒剂杀菌试验”条)。与其相似的尚有：清除率，即清除掉微生物的百分率，多用于评价机械擦洗消毒效果；阻留率，系指过滤除菌法中微生物被阻留的百分率；衰亡率，系指微生物自然死亡的百分率；消亡率，系指空气中微生物沉降与死亡总和所占的百分率；灭除率，则指污染于表面的微生物被杀灭与清除总和所占的百分率。另一种与杀灭率相对应的表达方式为灭活指数，即消毒处理中使微生物减少的指数。它是用处理后微生物存活个数去除原有微生物，然后将结果化为 10 的乘方以表示。例如，原有菌数为 100,000 个，处理后只留下 100 个，其灭活指

数即为 10^5 。灭活指数 1^5 ，相当于杀灭率 99.9%，为大多数情况下消毒处理所要求达到的杀菌程度。

目前，消毒工作需要迫切解决的问题，一是寻找更为简便、有效的方法与药物以满足各种要求；一是如何正确使用现有方法，使之充分发挥作用。为解决这些问题，不仅需寻找新的杀菌因子，尚须于杀菌机理、消毒动力学、器械设计以及影响因素等方面进行深入研究。

(刘育京)

热力消毒

热力消毒系指利用热力作用杀灭病原微生物防止疾病传播的处理。若将微生物全部杀灭则称热力灭菌。热力消毒为最古老的一种消毒方法，自人类用火以来，即已不自觉地进行热力消毒。我国古代有“百沸无毒”之说，宋代庄绰指出：“纵细民在道路上，亦必饮煎水。”明代李时珍在《本草纲目》中写道：“天行瘟疫，取出病人衣服，于甑上蒸过，则一家不染”。基督教《圣经》中记载用火焚毁患者衣物以防疫病的传播。十九世纪以来，人们认识微生物后，热力消毒不断得到新发展。Schroeder (1859) 提出压力蒸气灭菌法，Pasteur (1863) 提出低热消毒法，Tyndall (1876) 提出间歇灭菌法，Terrillon (1883) 提出使用煮沸、干热与火焰烧灼法处理手术器械等等。迄今，热力消毒仍为一项使用最广泛，效果最可靠的消毒方法。

热力消毒可分湿热与干热两种。湿热消毒是将物品在水中或用蒸气加热以达消毒的处理。其主要作用是通过菌体酶的破坏与蛋白质的凝固使微生物死亡。干热消毒是在无水情况下加热以达消毒的处理。其主要作用是通过氧化，破坏细菌原生质使微生物死亡。湿热杀菌作用较干热为强，但所有微生物均可被此两种处理方法杀灭而达灭菌。

微生物对热的抵抗力多用热死亡时间表达，即在一定温度与条件下，全部杀死该种微生物所需的时间。不同微生物在湿热或干热处理下的热死亡时间不尽相同，其中以细菌芽胞最长，而嗜热脂肪芽胞杆菌芽胞又较一般病原菌芽胞的热死亡时间为长(见表 1)。

表 1 微生物热死亡时间概值(min)

微 生 物	煮 沸				
	100 °C	121 °C	132 °C	160 °C	180 °C
细菌繁殖体	2	1	< 1	3	< 1
*病 毒	2	1	< 1	3	< 1
真菌孢子	2	1	< 1	3	< 1
产气荚膜梭菌芽胞	5	2	< 1	4	< 1
腐败梭菌芽胞	10	3	< 1	6	< 1
炭疽杆菌芽胞	10	3	< 1	6	< 1
破伤风梭菌芽胞	60	5	1	12	2
肉毒杆菌芽胞	300	12	2	30	5
嗜热脂肪芽胞杆菌芽胞	300	12	2	30	5

* 乙型肝炎病毒热死亡时间较一般病毒为长，与产气荚膜梭菌芽胞相似。

热力消毒的情况可用多种方法测定。温度计或压力计(对压力蒸气灭菌)可直接或间接标示达到的温度。热电偶测温计与自动记录仪可记录灭菌过程中温度的变化。为了解压力蒸气灭菌器内每件物品是否达到灭菌,还可事先夹放化学指示剂。过去用已知熔点药物,只可测达到的温度,不知在该温度停留的时间。新法利用药物变色反应,可进一步指示达到规定温度所持续的时间。测知是否达灭菌的最准确方法为微生物学鉴定法,即将染有指示微生物的菌片夹放于消毒物品中,灭菌后取出培养,观察结果。指示微生物多选用嗜热脂肪芽胞杆菌芽胞。此法不能立即获得结果,多仅用于灭菌试验或定期检查设备是否能达灭菌要求。

湿热消毒常用有:煮沸、流通蒸气、低热、间歇加热、压力蒸气等法;干热消毒常用有:焚烧、烧灼与干烤等法。

煮沸消毒法 煮沸消毒法系指将物品放于水中加热至沸点的消毒方法。其热力传导主要靠水的对流,温度一般不超过 100°C 。此法几分钟即可杀死微生物繁殖体,对乙型肝炎病毒或肉毒杆菌毒素,需十余分钟,而对细菌芽胞则需数十分钟以至数小时,故多不用作灭菌处理。消毒所需的煮沸时间随处理物品而异。对衣服等大件物品,热力穿透情况良好时,需 $15\sim 30\text{min}$,餐具或导热较好的金属物品,时间可少些。煮沸时,在水中加少量增效剂,如肥皂(0.5%)或碳酸钠、磷酸钠(1%)等,可提高消毒效果,但应注意避免对某些物品的腐蚀。消毒时间从水沸开始计算。物品应全部浸于水内,不得放入可增加粘稠度物质。高原地区沸点低,勿用本法消毒,必须使用时应延长煮沸时间。

流通蒸气消毒法 流通蒸气消毒法是利用水蒸气加热进行消毒的一种方法。热力穿透主要依靠水蒸气释放潜伏热(2257J/g 即 539cal/g)与凝聚时体积缩小而产生的负压。消毒温度达 100°C 左右,所需时间与煮沸法相似。多用于牛奶场、啤酒厂、食品厂内大容器与管道消毒,以及食堂餐具消毒。流通蒸气消毒最简单的设备是蒸笼,经常大量处理可于特制消毒器(见图1)内进行。物品安放应注意使水蒸气易于接触到各表面。

低热消毒法 低热消毒法是利用低于 100°C 的热杀灭微生物的消毒方法。本消毒法因由Pasteur创始,故又名巴氏消毒法。低热消毒最早用于酒类处理,因温度较低,不致损坏有效成分,故亦用于高温下易损坏的流质食物与药品,特别是牛奶的处理。便盆、床上用品、尿布、清洁工具、内窥镜、麻醉设备等医院用品亦可用此法消毒。处理温度随物品不同,一般于 65°C 左右,亦有高至 95°C

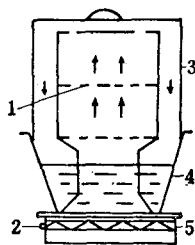


图1 流通蒸气消毒器

1. 带孔隔板
2. 接电源
3. 蒸气回流罩
4. 蒸气发生器
5. 电热器

者。牛奶消毒可于 $61\sim 63^{\circ}\text{C}$ 处理 30min ,或 $71\sim 72^{\circ}\text{C}$ 处理 $15\sim 20\text{s}$ 。后者可用于大量牛奶的连续流动处理。酒类因含酒精或酸, $44\sim 56^{\circ}\text{C}$ 处理 15min 即可。疫苗于 60°C 处理 60min ,时间过长或温度过高均可削弱其抗原性。以上处理,虽温度较低,无法达到灭菌,但能将结核杆菌、布氏杆菌、伤寒杆菌、痢疾杆菌等致病微生物杀灭,并使总菌数减少 $90\sim 95\%$,故可减少疾病传播或延长贮存时间。

间歇加热灭菌法 间歇加热灭菌法为利用间歇加热至 100°C 以杀灭所有微生物的灭菌方法。此法由英人Tyndall所创用,故又称廷德耳灭菌法。间歇加热灭菌法多用于处理不耐高温的培养基与血清制品等。其法将物品加热至 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$,持续 $30\sim 60\text{min}$ 后,置于室温下,次日再次同样处理,如此连续3日。物品中如有细菌芽胞存在,在室温下即发芽成为繁殖体,在第二或第三次加热时可被杀灭。加热多用水浴或流通蒸气。

压力蒸气灭菌法 压力蒸气灭菌法是在专门的灭菌器(见图2、3)中利用压力蒸气加热以对物品进行灭菌的一种方法。压力蒸气法达到的温度高(见表2)灭菌效果可靠,为医疗卫生工作中使用最广泛的一种灭菌方法。

压力蒸气灭菌的灭菌时间,由灭菌器内达到要求温度起计算,至灭菌完成为止。其中包括:热力穿透时间、微生物热死亡时间与安全时间(见图4)。安全时间一般规定为热死亡时间之半。热力穿透时间随物品的性质、包装方法、体积大小与放置情况而定,小型手术器械包仅需 $3\sim 5\text{min}$;装于金属提桶中的微生物实验室污染物品则需数十分钟至一小时。微生物热死亡时间加安全时间之和多规定为: 115°C 为 30min , 121°C 为 15min , 126°C 为 10min , 132°C 为 3min 。

压力蒸气灭菌时,须先将灭菌器中空气排尽才能达到规定温度。压力蒸气灭菌器根据排气法可分为下排气式和预真空式。下排气式压力蒸气灭菌器利用重力作用,使蒸气将空气由上向下经排气孔

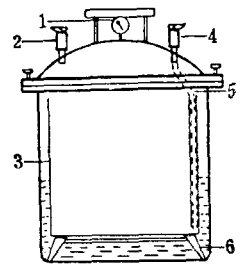


图2 手提式压力蒸气灭菌器结构示意图

1. 压力表
2. 安全阀
3. 消毒桶
4. 排气阀
5. 排气软管
6. 底架

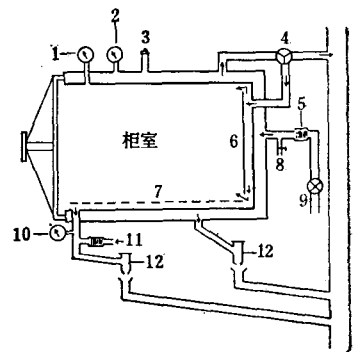


图3 卧式压力蒸气灭菌器结构示意图

1. 柜室压力真空表
2. 夹套压力表
3. 安全阀
4. 蒸气控制阀
5. 蒸气过滤器
6. 分流档板
7. 穿孔托盘
8. 压力调节阀
9. 进气阀
10. 温度计
11. 空气滤器
12. 阻气器

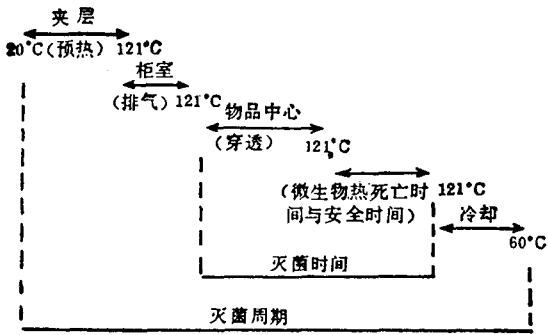


图4 压力蒸气灭菌周期示意图

表2 饱和蒸气温度与压力的关系

温度 (°C)	压力表读数	
	kg/cm ²	psi
100	0	0
115	0.66	9.5
121	1.03	14.7
126	1.37	19.7
132	1.86	26.6
134	2.03	29.1

逐渐挤出。此类灭菌器设计较简单，但空气排除不彻底，温度不宜超过126℃，所需灭菌时间较长。为保证效果，物品包装不宜过大，数量不宜过多，装放不宜过密。加热时，速度不宜太快，避免出现过早达到灭菌时间的假象。蒸气应防止超热，以免影响凝聚，阻碍热的穿透。预真空式压力蒸气灭菌器利用抽气机，先将灭菌器中的绝对压力抽成2.0~2.7kPa(15~20mmHg)，然后通入蒸气进行灭菌处理。此类灭菌器空气排除较彻底，热力穿透迅速，可在较高温度(132~134℃)进行灭菌，所需灭菌时间短，但对设计与制造的要求较高，且不宜用于瓶装液体的灭菌。为保证灭菌效果，物品装放不宜过少，否则可产生小装量效应，即装填物品过少，灭菌器内残留空气较多，因而影响蒸气对物品的穿透，导致灭菌失败。

焚烧与烧灼灭菌法 焚烧与烧灼灭菌法是直接利用火焰加热以达灭菌的消毒方法。焚烧法是将物品全部焚化，多用于可燃性废弃物，最好于焚化炉(见图5)中进行。烧灼法则直接以火焰烧烤处理对象，多用于消毒污染地面、金属器械以及微生物实验室的接种环等。此类方法简便，只要焚烧或烧灼彻底，可保证灭菌效果，但易损坏物品，使用受到限制。

干烤灭菌法 干烤灭菌是用热的烘烤使物品达到灭菌的处理方法。其热力传导主要靠空气对流与介质传导，速度虽较

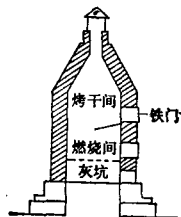


图5 焚化炉结构示意图

湿热为慢，但对金属与玻璃器皿损害小，对油脂类物品灭菌作用好，且可使物品保持干燥，故有一定实用价值。干烤一般多于烤箱中进行，常用为机械对流型电热烤箱(见图6)，箱中除电热器外并装有送风机以加强空气对流。

机械对流型烤箱因热力传导较慢，故处理时间长(见表3)。为加速灭菌处理，有用电热真空烤箱者。此类烤箱，物品放入抽至真空(绝对压力0.27kPa即2mmHg)后再加热。物品于真空状态下不易氧化，可热至较高温度，所需处理时间可大大缩短，如于280℃，仅需15 min。

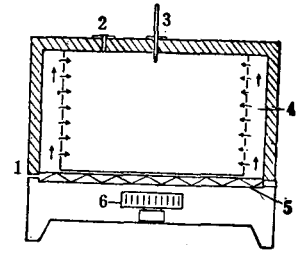


图6 机械对流型电热烤箱结构示意图

1.可调节空气入口 2.可调节排气口 3.温度计 4.通气夹层 5.电热器 6.送风机

表3 干热灭菌时间

温度(°C)	灭菌时间(min)
180	30~60
170	60~90
160	120~150
150	150~180
0	180~240
121	>480

干烤时，物品包装不宜过大。高温可损坏的物品，如棉织品、塑料制品等，不可用此法灭菌。

(顾德鸿)

紫外线消毒

紫外线为波长介于16~397nm的电磁波。其光子能量不足使原子或分子电离，故属非电离辐射。1926年，McKinley发现紫外线能使病毒灭活。1928年，Gates测定了各种波长紫外线对细菌的杀灭能力，并确定杀菌力最强波段为250~270nm。紫外线可用紫外线灯发生，对各种微生物均有一定杀灭能力，已广泛用于消毒工作，特别是对空气与水的消毒。

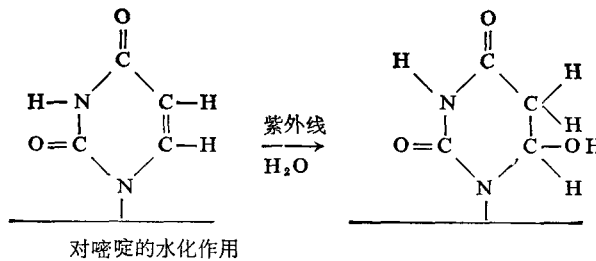
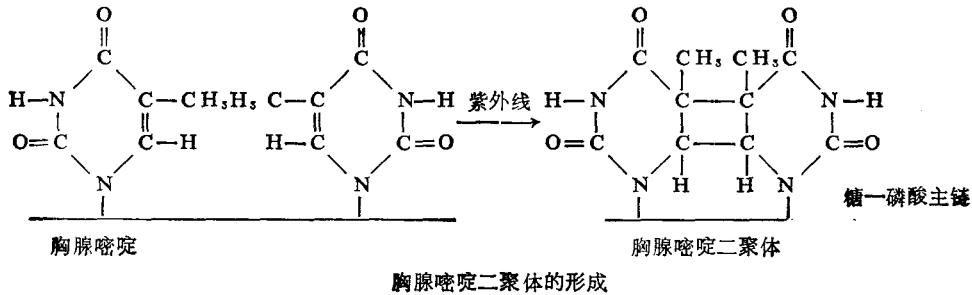
消毒用紫外线灯又称杀菌灯。杀菌灯和太阳灯不同。太阳灯发出的紫外线波长多介于280.4~313.2nm之间，其中短于280nm者不到1%，故杀菌力微弱。目前常用的杀菌灯为石英玻璃管低压(13.3Pa即0.1mmHg)汞蒸气灯，其发出的紫外线，95%的波长为253.7nm，杀菌力远较太阳灯为强。日光也含有紫外线，但射到地面只剩下0.1%，且波长多大于290nm。波长为290nm、300nm、310nm的紫外线，其杀菌作用依次只相当于波长为254nm的50%、6%及1%。故日光中紫外线的杀菌作用有限。

紫外线除使微生物蛋白质变性外，尚可使：①核酸中

相邻的各类嘧啶形成二聚体，如 DNA 形成胸腺嘧啶二聚体，RNA 形成尿嘧啶二聚体；②嘧啶的 C₅ 与 C₆ 双键处发生水化作用形成 5 氢-6 羟衍生物，此反应对含 RNA 的微生物更为重要；③双股核酸发生交联。上述各反应均可导致微生物死亡(见图)。

某些微生物如大肠杆菌、灰色链霉菌等，对紫外线引

起的损害恢复能力较强，特别当照射剂量不足时，可有部分复活。一为光复活，即在波长为 330~480nm 可见光照射下，依光酶将胸腺嘧啶二聚体切开而恢复其原结构；一为暗复活，即不需光照，由水解酶切开二聚体，由 DNA 聚合酶和多核苷酸连接酶恢复其照射前结构。



紫外线杀菌作用的强弱，随微生物种类而异。在细菌中，革兰阴性菌较革兰阳性菌易于杀灭；繁殖体较芽胞易于杀灭。但有例外，如革兰阴性的伤寒杆菌比革兰阳性的金黄色葡萄球菌难于杀灭；黑曲霉孢子对紫外线的抵抗力比枯草杆菌芽胞大15倍。各类病毒对紫外线的抵抗力差别也很大。抵抗力较小的流感病毒比革兰阴性菌还易于杀灭，而抵抗力强的肝炎病毒，其抗力可比细菌繁殖体强10~100倍。此外，同种微生物芽胞比繁殖体的

抵抗力强2~10倍；不同株的抵抗力也不全相同；同一株的抵抗力，处于稳定期者较处于对数生长期者强。

紫外线的杀菌力与其照射时间和强度成正比。其强度又与光源和被照射物间的距离平方成反比。紫外线穿透力弱，灯管上的灰尘或油垢均可妨碍其透过，故须经常擦净。灯管在长期使用中，受紫外线作用发生一定变性，亦可影响其穿透。一般紫外线灯总使用时间不宜超过4000h。尘粒、杂质与多数介质对紫外线的穿透亦均有影响，如含有尘粒800~900个/m³的空气，只可透过70~80%；2.5cm及15cm深的蒸馏水只能透过97~98%及81~90%；0.1~5mm厚的酒、果汁、黑醋和蛋清只能透过10%；3mm厚的有机玻璃只能透过10~20%；糊窗纸只能透过20~40%；2mm厚的窗玻璃则完全不能透过。市售紫外线灯之设计大都于27℃左右时杀菌力最强，温度过高和过低均可降低其杀菌作用。温度低至4℃时可降低65~80%，一般不宜低于20℃。相对湿度较高时，空气中尘粒因吸潮变大，不利紫外线穿透，而降低其杀菌力。相对湿度从33%升至56%时，杀菌力可减少至原来的三分之一。消毒时相对湿度一般不宜超过50%。

用紫外线消毒室内空气，可将灯管悬于天花板下或装于墙壁上，离地约2.5m。无人时照射用，每10~15m³可装30W灯管2支。有人时照射用，灯管装量减半，并安装反射罩(见图1)，使光反射到天花板上，不直接照射到人体。一次照射时间不宜超过2h。此外，尚可使用移

紫外线对各种微生物的杀灭剂量(概值)

微生物名称	不同杀灭率所需剂量(μW·s/cm ²)	
	99%	99.99%
流感病毒	2000	>5000
大肠杆菌	6000	12,000
弗氏痢疾杆菌	6000	12,000
金黄色葡萄球菌	6000	12,000
伤寒杆菌	8000	16,000
白喉杆菌	10,000	20,000
结核杆菌	10,000	20,000
枯草杆菌芽胞	20,000	40,000
藤黄八迭球菌	30,000	60,000
黑曲霉孢子	300,000	600,000

注：测定条件为，每毫升自来水中含微生物10⁶~10⁷个，水深2cm。

动式装置照射(见图2)。该装置以直径30cm铝制圆筒为外壳,内壁装4支30W紫外线灯,一端装风扇。使用时,风扇转动迫使空气流经紫外线甬道,每分钟可消毒空气20m³以上。将紫外线灯装于空调系统滤器后之管道内,亦可获得较好消毒效果。在建筑物出入口门框上部及左右,安装5支20W带反射罩的紫外线灯,可形成紫外线屏幕,使进出空气中的微生物减少92~99%。紫外线空气消毒常用于手术室、换药室、产房、婴儿室、隔离室、实验室以及其他公共场所。

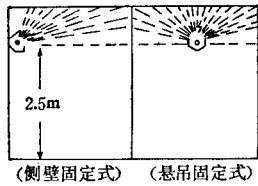


图1 固定式紫外线空气消毒

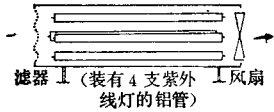


图2 移动式紫外线空气消毒装置

用紫外线消毒水,可不增加水的杂质,不改变水的的气味。消毒时可于水道中装紫外线灯照射。水质应清洁,水深不宜超过2cm,灯管不宜浸于水中,以免降低灯管温度减少紫外线输出强度。此法可用于饮水及饲养某些忌氯生物用水的消毒(见“生活饮用水消毒”条)。

用紫外线消毒固体物品表面,须面面照到。物品与光源相距不宜超过1m。用30W灯管照射,时间不得少于30min。光滑表面较粗糙不平表面的消毒效果好。微生物接种箱内消毒,箱底紫外线强度不应低于40μW/cm²。如用紫外线灭活疫苗,其抗原性较用化学药物或热力灭活者为优。

紫外线可引起眼炎与皮肤病变,应避免长时间直接照射。必要时,可戴用防护眼镜与穿着防护服。空气受紫外线照射可形成臭氧。臭氧对眼有刺激作用,浓度超过5~10ppm,可引起脉搏加速、疲倦、头疼等症状;长时间吸入,可引起呼吸道炎症。人员长时间停留的场所应防止空气中臭氧积累。

(涂 凌)

电离辐射消毒

电离辐射消毒是指利用可引起物质分子或原子电离的射线杀灭传播媒介上微生物以防疾病传播的处理。早在1898年,Rieder即证明电离辐射中的X射线可杀菌。1900年,Strebel又证明镭的放射性有抑菌作用。第二次世界大战后,照射装置得到发展,乃开始其实用研究。最早消毒对象为食物和药品,60年代起大规模用于医疗用品灭菌。目前,其使用范围逐年扩大,已为原子能利用的重要方面之一。

常用于消毒的电离辐射为β射线与γ射线。β射线属粒子辐射。各种粒子辐射均可引起电离,但有的穿透力太弱,有的可使照射对象产生有害的诱发放射性,故一般仅将低能量的β射线用于消毒。γ射线属电磁辐射。具有电离作用的电磁辐射尚有X射线,但因杀菌效率低而

少用。

消毒用电离辐射装置有实验室或医院用的小型装置,或工业用大型装置。γ射线多以⁶⁰钴或¹³⁷铯为放射源,工业用者容量可达3MCi。放射源多做成圆柱状,密封于不锈钢管内。不用时放入壁厚约1.7m的水泥井中,用时提出。被消毒物品须由传送带送至放射源周围照射。消毒用β射线常以下列两种电子加速器产生,一为直线加速器,现工业用者所产生的能量可达6~13MeV,输出功率达5~15kW;另一为范登格拉夫静电加速器,现工业用者所产生的电子能量为3~4MeV,输出功率为6~8kW。实际工作中,γ射线的使用较β射线广泛。两种射线及其装置的主要特点如下:

	γ射线	β射线
性质	电磁波,不带电荷	电子流,带负电荷
电离作用	弱	比γ射线约强100倍
穿透力	比β射线约强100倍	弱
剂量率	低,灭菌所需时间长	高,灭菌所需时间短
利用系数	>30%	60%
使用时间	可连续不断	<30min

电离辐射对微生物的致死作用有直接和间接两种。直接作用是射线的光子或电子直接轰击微生物的分子或原子,特别是轰击与微生物生命攸关的DNA,使之激发或电离,产生自由基,甚至使化学键发生交联或断裂。

间接作用是射线的光子或电子先轰击微生物邻近之分子,特别是水分子,使激发或电离。水分子经照射后产生的激发状态分子或电离状态分子(H₂O⁺, H₂O⁻)皆可迅速分解成自由基·H·及·OH;若有游离氧存在,尚可产生强氧化自由基·HO₂和H₂O₂等。此类自由基或H₂O₂均为强氧化剂或还原剂,可与核酸、酶或蛋白质结合,使嘌呤的咪唑环断开,嘧啶形成氧化物,或使核酸与蛋白质脱磷、脱氨。微生物分子结构被破坏,代谢被干扰,以至死亡。

电离辐射对微生物的杀灭作用,一般对细菌繁殖体最强,其下依次为霉菌、酵母菌及细菌芽胞(见表)。细菌中,革兰阴性菌较革兰阳性菌,需氧芽胞较厌氧芽胞易杀灭。对病毒的杀灭作用和对芽胞相差不多或更弱。单股病毒比双股病毒,大病毒比小病毒易杀灭。肉毒毒素较肉毒杆菌芽胞抵抗力强,须2.1Mrad才能破坏。个别细菌,如耐辐射微球菌较细菌芽胞抵抗力强,须3~4Mrad才能完全杀灭。

影响电离辐射灭菌作用的因素较多。不同种类微生物对电离辐射的抵抗力有所不同。不同血清型的同种微生物间亦可有差别。生长静止期微生物的抵抗力较对数期强。微生物于干粉状态下较于悬液中抵抗力强;于真空中干燥者较于大气中干燥者强。微生物浓度大,所需灭菌剂量也大。环境有氧时照射的杀菌作用较缺氧时强数倍以至十余倍,含氧量于1~10mg/L时影响最突出。冰冻条件下照射的杀菌作用较室温下弱一倍左右。微生物所在介质中如含可与辐射产生的自由基起反应的物质,

常见微生物电离辐射 D_{10} 值

微生物	D_{10} (Mrad)
病毒:	
柯萨奇病毒	0.08~0.55
人肠细胞病变孤儿病毒	0.11~0.68
脊髓灰质炎病毒	0.07~0.65
口蹄疫病毒	0.62
圣路易脑炎病毒	0.55
委内瑞拉马脑炎病毒	0.40
西部马脑炎病毒	0.45
风疹病毒	0.44~0.67
新城鸡瘟病毒	0.49~0.56
呼肠病毒	0.41~0.49
流感病毒	0.05~0.56
多瘤病毒	0.07~5.30
腺病毒	0.38~0.61
单纯疱疹病毒	0.39~0.41
牛痘病毒	0.09~0.53
细菌:	
肉毒杆菌芽胞	0.13~0.34
破伤风杆菌芽胞	0.22~0.33
产气荚膜杆菌芽胞	0.12~0.27
枯草杆菌芽胞	0.17~0.25
嗜热脂肪芽胞杆菌芽胞	0.21
短小芽胞杆菌芽胞	0.26~0.33
藤黄八叠球菌	0.09
肺炎双球菌	0.05
化脓性链球菌	0.03
金黄色葡萄球菌	0.02
鼠伤寒杆菌	0.02~0.13
肺炎杆菌	0.02
乙型副伤寒杆菌	0.02
大肠杆菌	0.01
绿脓杆菌	0.01
酵母:	
酿酒酵母	0.05
白色球拟酵母	0.04
霉菌:	
黑曲霉	0.05
特异青霉	0.02

注: 电离辐射 D_{10} 值为杀灭90%微生物所需的照射剂量。

如氨基酸、蛋白质及其他硫基化合物均可降低电离辐射杀菌效果。病毒于培养液中的抵抗力即比于水中强三倍。另外一些化合物, 如维生素K₃、氨基萘酚、氟腺甙及碘乙酰胺等, 则可加强电离辐射的杀菌作用。照射时, 如剂量率太高, 又不能很快补充消耗的氧, 其灭菌作用将减弱。故高速电子流杀菌作用较 γ 射线为差。照射后, 若微生物处于含有有利于核酸代谢物质, 如嘌呤、嘧啶、谷氨酸、丝氨酸和蛋氨酸等环境中, 在低于其适宜生长温度下培养, 则较易复苏。

电离辐射消毒的优点为: ①温度升高不超过4℃, 适于

处理易被热损坏的物品; ②穿透力强, 物品可预先包装密封, 有利长期保持无菌; ③物品受形状和结构的限制不大; ④消毒后立即可用; ⑤操作简单, 设备一旦安装好, 只需控制照射时间即可; ⑥可连续对大批物品消毒, 便于消毒工业化和自动化。目前, 不少国家已用于处理各种灭菌后随时可用或只用一次的医疗用品, 以及某些移植植物、食品和药品等。近年也试用于污水、污物的消毒。

灭菌剂量多规定为 2.5Mrad, 但也有根据微生物种类和数量确定剂量者。食品罐头处理剂量, 有按12D原则计算者, 即以测定杀灭90%微生物所需剂量 (D_{10}) 的12倍作为正式处理剂量。若测定的 D_{10} 值为 0.37Mrad, 则处理剂量即为 4.5Mrad。从理论上推算, 经 12D 剂量照射后, 可使微生物数量减至原有的 10^{-12} 。

电离辐射对某些物品有破坏作用。如棉织品和某些塑料(如聚四氟乙烯)经照射, 抗强度降低; 普通玻璃变黄; 某些食品变色、变味或营养价值降低; 某些水果失去原有香味; 某些药品失效等。一般在冰冻、干燥及无氧情况下, 用小剂量照射可减少物品损害。为减少物品吸收剂量, 有电离辐射巴氏消毒法和电离辐射杀菌法。前者(多用1Mrad以下剂量)使食品中细菌繁殖体减至很少后冷藏, 以延长保存时间; 后者仅杀灭与卫生有关的微生物, 如用亚灭菌剂量杀灭食物中的沙门氏菌。对食品与药物的电离辐射处理, 须经试验证明不致形成对人有害物质者, 才可用于生产。

(涂 斌)

微波消毒

微波属于非电离辐射, 一般指波长为 0.001~1m, 频率为 300~300,000MHz 的电磁波。1930 年前后, 曾初步研究其对微生物的作用。40年代后期, 发展为具有一定特点的消毒方法。60年代后, 微波消毒已于多方面得到推广应用。消毒时, 常用 915MHz 和 2450MHz 两种频率的微波。

微波的杀菌作用原理, 主要有两种观点: ①认为只是由于热效应; ②认为除热效应外, 尚有非热效应, 即微波本身具有的特殊杀菌作用。目前, 热效应作用已肯定, 非热效应作用尚在研究中。微波的热效应通常解释如下: 物质的每个分子均带有正负电荷, 如果分子两端电荷相反电量相等即成为偶极子。在一般情况下, 介质内的分子作不规则运动, 偶极子排列无一定取向。若物品在微波作用下, 其内部偶极子沿外加电场方向取向排列。当外加电场为高频交变电场, 则物品中偶极子的取向也以相同频率随着改变。这种高速运动使分子互相同产生类似摩擦的作用, 由之使温度升高。水是使微波产生热效应的良好介质。

消毒应用的微波加热器主要是驻波场谐振腔加热器。驻波是由两个振幅相同的相干波在同一直线上沿相反方向引进时叠加而成的波。由驻波构成的波场称为驻波场。谐振腔相当于声学中的共鸣箱。当输入微波的频率等于

谐振腔的频率，腔内即激起强烈振荡。利用谐振腔内驻波场加热的微波装置叫做驻波场谐振腔加热器。此类加热器可分为炉式和连续式两种。炉式微波加热器又称微波炉或微波箱(见图1)。此类装置，微波能泄漏少，利用率高，适于分次处理各种形状不规则的物品。连续式微波加热器(见图2)，适于对物品进行连续处理，效率较高。

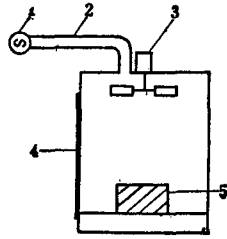


图1 炉式微波加热器示意图
1.微波源 2.波导管 3.搅拌器 4.门 5.消毒物品

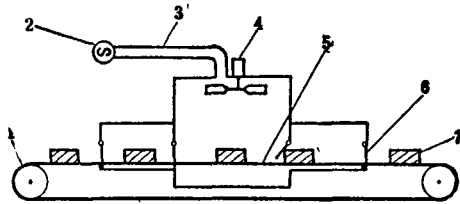


图2 连续式微波加热器示意图

1.滚筒 2.微波源 3.波导管 4.搅拌器 5.传送带
6.反射板 7.消毒物品

影响微波消毒的因素较多。当频率高时，加热速度快，消毒时间短，但其穿透浅，适于处理小件或厚度不大的物品。当频率低时，则穿透深，可处理较大物品，但其加热速度慢，所需消毒时间长。一定条件下，微波输出的功率愈大，杀菌作用愈强，所需消毒时间愈短。但微波输出功率应与被消毒物品相匹配，小量物品使用过高功率，除浪费热能外，尚可损坏磁控管。易于使电场能量转变为热能的介质，如水和含水量高的物品，较易用微波消毒。大多数绝缘体，如玻璃、陶瓷以及聚四氟乙烯和聚丙烯等塑料制品，微波可大部分透过，很少产热。大多数良导体，如铜、银、铝等金属，微波全被反射，亦不产热。后两类物品用微波照射，一般不能达到消毒目的，只有将其放入水或水蒸汽中（相对湿度不低于50%），借水分子升高的温度，才能使之达到消毒。物品温度较低或数量较多，杀菌需照射的时间亦较长。需对内部进行消毒的物品，其厚度一般不应大于微波对该物品的穿透深度。所谓穿透深度是指微波穿透到物体内部时，能量密度减少到物体表面微波能量密度的13.6%的距离。在可进行多方位照射的微波加热器中，物品厚度也不宜大于穿透深度的一倍。液态物质，因流动性好，热传导快，厚度可适当增加。

微波使物品内外温度同时均匀升高，因此可缩短消毒时间，减轻物品损坏。由于微波有一定穿透作用，故可将物品事先装于塑料、玻璃或陶瓷容器内，以防消毒后再污染。本消毒法已用于食品和医疗药械的处理。

长期接触微波可使睾丸损伤，眼睛晶状体混浊，神经功能紊乱。防护措施主要有：①设置金属屏蔽；②穿戴

微波（2450MHz）照射灭菌剂量

物品	输出功率 (kW)	照射时间 (s)
瓶装糖水桔子	1.0	140
瓶装猪排	0.7	140
医疗器械包(预湿)	0.7	600
敷料包(预湿)	3.6	1200
瓶装琼脂培养基	3.0	420
安瓿注射液	4.0	20

特制个人防护用品；③限制暴露时间。

(王代全 丁兰英)

红外线消毒

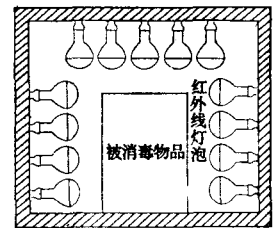
红外线又称热射线，为0.77~1000 μ m波长之电磁波。按波长的差别，大致可分为3段：0.77~3.0 μ m为近红外区，3.0~30.0 μ m为中红外区，30.0~1000 μ m为远红外区。红外线有良好的热效应，热能直接由放射电磁波产生，不需经介质传导，故升温快，有利于消毒。

红外线杀菌作用的强弱，依其产生温度的高低而定。灭菌所需温度和时间，与干烤相同（见“热力消毒”条）。红外线热效应仅产生于所照到的表面，故仅适用于表面平坦或导热性强物品的处理，如手术器械、注射器及其他玻璃器皿等。为使物品受热均匀，可采用多面照射或旋转式单侧照射(见图)。

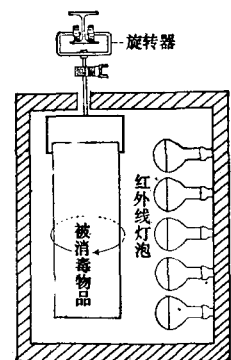
红外线光源愈强，热效应愈高。距光源愈远，热效应愈差。各种颜色表面对红外线的吸收率不同，吸收率愈高，温度效应愈好。黑色吸收率最高，达87%，其他依次为灰(75%)、绿(73%)、红(64%)、黄(50%)、白(46%)。

消毒用远红外线快速恒温烤箱，最高温度达200 $^{\circ}$ C，较电热烤箱节电50%以上。自动输送式红外线烤箱，温度可达180 $^{\circ}$ C，物品由传送带连续送入，经30min传出即达灭菌。物品大小或导热性能不同，可装于不同颜色金属容器内以使得得到同样热量处理，既能保证灭菌效果，又不致损坏物品。高真空红外线烤箱，先抽真空，然后加热至280 $^{\circ}$ C，作用7min，即达灭菌，冷却时可充入无菌氮气以防氧化，全程仅需15min。

红外线消毒较电热干烤升温快，对物品损坏较轻，更适于连续性生产。其设



多面照射型红外线烤箱



单侧照射旋转式红外线烤箱

备较微波加热装置便宜,易推广,现已用于食品工业以及医院与微生物实验室等工作中的消毒。

(刘育京)

激光消毒

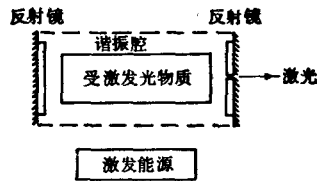
激光为激光器中受激发光物质经激发产生的光子通过谐振腔放大所形成的光束。其特点为:①能量高度集中,最亮时可高出太阳亮度一百亿倍以上;②单色性好,谱线宽度通常小于 0.1nm ;③指向性强,发散角小于 1mrad 。激光因其特点,自1958年发现后迅即受到重视,并广泛用于各领域,在消毒中也进行了研究。

激光器是产生激光的光源,主要由三部分组成:①受激发光物质,如红宝石、 CO_2 气体或有机染料溶液等;②激发能源,如氙灯或高频电子振荡器等;③谐振腔,主要为对立的两面反射镜,可将光子流往返反射以放大其光强(见图)。目前激光器种类已达千余种。随品种不同,产生的波长可从 200nm 至 $10,800\text{nm}$ 以上。最高功率可达 10^7kW ,强度可超过 500J 。其照射表面的温度可达 8727°C 以上。激光发射可呈连续性,照射时间可长达数分钟;亦可为脉冲式,照射时间从几毫秒到 10^{-12}s 。

激光对生物组织的破坏原理为:①热效应使细胞焦化以至气化。连续性 CO_2 激光产生的主要为热效应。其他辐射强度较低,脉冲时间较长的激光,大部分产生的

也是热效应。红宝石激光仅需 0.3J 强度即可于组织表面产生 100°C 的温度。②冲击效应将细胞压缩变形以至破裂。冲击效应的产生可因照射对象表面蒸发和喷出粒子时形成的反作用引起,亦可因温度瞬间上升扩散不及所形成的膨胀压力引起。激光发射时,缩短脉冲时间,提高功率,使强大能量快速释放,可加强冲击效应。 50ns (纳秒)脉冲激光产生的冲击波压力可超过 10^6 大气压。红宝石 8mJ 脉冲激光束照在组织上产生的冲击波可使周围 $100\mu\text{m}$ 外的细胞死亡。③化学效应引起细胞分子化学键的断裂、催化作用或生成游离基团,从而使其死亡。此类效应多于激光形成高强度电场时产生。高能红宝石激光产生的电场强度达 10^6V 以上,可以引起化学效应。紫外线激光照射病毒,当强度为 $10^7\sim 10^9\text{W}/\text{cm}^2$ 时,可使单链DNA断开而灭活;较低强度照射,可使形成吡啶二聚体而灭活。用波长为 694nm 的激光照射细菌培养物,能量为 50J ,脉冲照射时间 1ms (毫秒),当照射5次,总强度为 250J 时,可抑制沙雷菌、金黄色葡萄球菌、假单胞菌、肺炎双球菌和黑曲霉的生长。

Adrain等(1979)用 10W CO_2 激光扫描手术刀片 $1.5\sim 2.0\text{min}$,全部杀灭污染的枯草杆菌芽胞。Hooks等(1980)用同类激光扫描牙科钻头 3s ,亦将污染的嗜



激光器结构示意图

热脂肪芽胞杆菌芽胞与枯草杆菌黑色变种芽胞全部杀灭。Tensmeyer等(1981)用激光照射 10ml 玻璃空瓶,使形成等离子区(plasma),待等离子区强度达 200W 持续 1s ,可将瓶内污染的枯草杆菌芽胞全部杀灭。用此法灭菌玻璃瓶,温度不升高,无须添加化学药品,能量消耗少,经济快速,有望用于工业处理。Parker(1976)用高压氧杀灭水中大肠杆菌时发现同时照以 1064nm 波长激光以激活单线态氧可破坏菌体的细胞壁而加速其死亡。激光与超声波亦有杀菌的协同作用。

激光直接照射可烧伤角膜、视网膜、皮肤。连续性红外波段 CO_2 激光尚可伤及深部组织和器官。为防护,工作室应涂成暗色,并减少反光表面,光线要明亮以使瞳孔缩小。照射时,可用电视等间接观察系统或戴相应波段的微晶玻璃防护眼镜。深色皮肤可用围裙或手套遮挡。橡胶手套防护作用差,最好为黑色皮手套。硫酸铜溶液对激光有阻断作用。

(刘育京)

超声波消毒

超声波系频率大于 20kHz 的纵波。当其通过液体时,不断呈疏密相间的波动。稀疏时所产生的瞬时负压可超过液体分子间的内聚力而形成空穴,密集时所产生的正压又使空穴破溃,形成巨大的压力。此种正负相间的压力,冲击微生物,可使之破碎死亡;冲击水或其他化合物分子可产生电离和自由基。自由基的化学活性较强,作用于微生物亦可使之致死。

超声波对杆菌的杀灭作用较球菌强,对细菌繁殖体和病毒较酵母菌及细菌芽胞强。用 26kHz 的超声波作用于 5ml 绿脓杆菌或大肠杆菌菌液,经 $2\sim 3\text{min}$ 细菌即可完全破碎;作用于 2ml 金黄色葡萄球菌菌液, $5\sim 10\text{min}$ 仅 90% 破碎;作用于 2ml 构巢曲霉菌液, 10min 可使其 $80\sim 90\%$ 的分生孢子破碎,但 20min 仍不能将其子囊孢子杀灭。

影响超声波消毒效果的因素较多。一般,作用时间越长,消毒效果越好。菌液浓度越高或容量越大,消毒效果越差,如对 30ml 大肠杆菌菌液,当浓度为 2000 万个/ ml 时,需作用 80min 才可将之全部杀灭;浓度为 300 万个/ ml 时,仅需 40min ;若菌液量减为 15ml ,浓度减为 450 万个/ ml ,则作用 20min 即可。菌液深度最好浅于所用超声波波长之半,过深消毒效果降低。超声波的输入功率越大,消毒效果越好。在一定范围内,超声波频率越高,杀菌效果也越好,但频率过高因不易产生空穴作用,效果反差。温度高有利于超声波的消毒。有机物如牛乳和蛋白胨等对微生物有保护作用,可降低超声波消毒的效果。

超声波消毒对人物无害,但杀菌多不彻底,且仅适于液体或液体中物品的消毒,物品量又不能太大,消毒时超声波发生器的探头又必须接触被消毒的液体,故应用受到限制。目前主要用于消毒前清除物品上的污垢,与其他消毒方法联合使用以提高杀菌效果。(涂斌)