

抗 菌 材 料

季君晖摇史维明摇编著

化 学 工 业 出 版 社

材料科学与工程出版中心

· 北 摇 摇 京 ·

(京)新登字 000000号

图书在版编目(CIP)数据

抗菌材料 / 季君晖, 史维明编著. —北京: 化学工业出版社, 2005.12

ISBN 7-122-03888-8

I. ①抗... II. ①季...②史... III. ①抗微生物性材料 IV. ①T315.3

中国版本图书馆CIP数据核字(000000)第 000000号

抗 菌 材 料

季君晖 史维明 编著

责任编辑: 王苏平

责任校对: 凌亚男

封面设计: 于兵

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里) 邮政编码 100029

发行电话: (010) 59051000

网址: www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 880毫米×1230毫米 1/32 印张 4.5 字数 100千字

2005年 12月第 1版 2005年 12月北京第 1次印刷

定价: 15.00元

定 价: 15.00元

版权所有 侵权必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前摇摇言

抗菌材料是国际上 20 世纪 80 年代兴起，并于 20 世纪 90 年代迅速发展起来的新一代功能材料，具有自主抑制或杀灭其表面微生物的功能。随着人们生活水平的提高和对健康卫生要求的提高，对抗菌材料的需求也越来越高，目前已经广泛应用于家电、建材、通讯、包装、建筑等许多领域。

在日本等发达国家，抗菌塑料已经进行了较为系统的研究，并得到十分广泛的应用。近几年我国的抗菌材料研究、开发和应用也获得了长足的发展，国内许多科研院所从事抗菌材料研制，在抗菌塑料、抗菌陶瓷、抗菌纤维等各种抗菌材料方面都取得了较好的成果，并在家电、建材、包装等领域得到了较为广泛的应用。

本书主要介绍了我国抗菌材料研究和应用的进展状况。在编撰此书时，我们力求全面介绍抗菌材料研究的理论和应用进展，但我国从事抗菌材料研制应用的单位众多，分布在全国各地，部分单位还可能由于商业原因没有公开其最新研究成果。而且限于编者水平和对相关信息的掌握，难免对目前抗菌材料的研究成果介绍会有遗漏或不准确之处，请读者指正并敬请有关人士提出以便于编者在再版时修正。

本书共分十章，第一章由季君晖（中国科学院理化技术研究所）史维明（中国科学院理化技术研究所）编写，第二章、第三章、第六章、第八章、第十章由季君晖编写，第四章由贾临芳（中国科学院理化技术研究所）季君晖编写，第五章由王静（中国建筑材料科学研究院）编写，第七章由李红梅（解放军第 301 医院）编写，第九章由董晓旭（中国科学院理化技术研究所抗菌材料检测中心）史维明编写。全书由季君晖统稿。

季君晖

史维明

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongboo.com

目摇摇录

第一章摇概论	员
摇第一节摇微生物的危害及抗菌材料的必要性	员
摇摇一、微生物及其危害	员
摇摇二、微生物在材料表面的生长	猿
摇摇三、微生物的生长条件及常见的抑制方法	远
摇第二节摇抗菌材料的发展	愿
摇摇一、抗菌材料目前发展状况	愿
摇摇二、国外抗菌材料研制、生产及应用状况	怨
摇摇三、我国抗菌塑料生产应用及其市场发展状况	圆
摇摇四、抗菌材料的研究开发和市场的未来发展趋势	源
摇第三节摇抗菌的概念	缘
摇摇一、广义抗菌和狭义抗菌	缘
摇摇二、抗菌、防霉、灭菌、消毒、抑菌等	缘
摇参考文献	苑
第二章摇抗菌剂	愿
摇第一节摇抗菌剂特征	愿
摇摇一、最低抑菌浓度和最低杀菌浓度	怨
摇摇二、抗菌谱	圆
摇摇三、持久性	圆
摇摇四、加工适应性	圆
摇摇五、耐候性	圆
摇摇六、稳定性	圆
摇摇七、反应惰性	圆
摇摇八、安全性	圆
摇摇九、价格	圆
摇第二节摇抗菌剂抗菌动力学	圆
摇摇一、影响抗菌剂抗菌性能的主要因素	圆
摇摇二、正常增殖条件下微生物生长动力学	圆
摇摇三、抗菌剂的静菌作用	圆

摇摇四、抗菌剂的杀菌作用	愿
摇摇第三节摇摇无机抗菌剂	愿
摇摇一、溶出型无机抗菌剂的品种	猿
摇摇二、无机抗菌剂抗菌机理	愿
摇摇三、无机抗菌剂生产状况	源
摇摇第四节摇摇有机抗菌剂	愿
摇摇一、有机抗菌剂的种类	缘
摇摇二、有机抗菌剂的抗菌机理	远
摇摇第五节摇摇天然抗菌剂	愿
摇摇一、壳聚糖	愿
摇摇二、山梨酸	殒
摇摇三、黄姜根醇	殒
摇摇四、孟宗竹提取物	殒
摇摇五、日柏醇	殒
摇摇第六节摇摇高分子抗菌剂	殒
摇摇第七节摇摇光催化型无机抗菌剂	殒
摇摇一、光催化型抗菌剂的抗菌机理	殒
摇摇二、纳米 栽韵 光催化型抗菌剂的制备方法	殒
摇摇三、光催化型抗菌剂的应用与发展	愿
摇摇参考文献	愿
第三章摇摇抗菌塑料	愿
摇摇第一节摇摇概述	愿
摇摇第二节摇摇抗菌塑料发展历程	愿
摇摇一、以维持塑料性能为目的的抗菌塑料发展阶段	愿
摇摇二、以健康为目的的抗菌塑料发展阶段	愿
摇摇第三节摇摇塑料用抗菌剂要求特点	愿
摇摇一、通用要求	愿
摇摇二、加工性能要求	愿
摇摇三、相容性和迁移性要求	愿
摇摇第四节摇摇抗菌塑料制备工艺	愿
摇摇一、抗菌塑料制备工艺	愿
摇摇二、最佳抗菌剂添加量的选择	愿
摇摇第五节摇摇抗菌剂的加入对塑料性能的影响	愿

摇摇一、抗菌剂对塑料稳定性的影响	页缘
摇摇二、抗菌剂及抗菌母粒对塑料力学性能的影响	页愿
摇摇三、抗菌剂对塑料电性能的影响	页员
摇第六节摇抗菌塑料的应用	页圆
摇摇一、抗菌塑料在家电行业的应用	页圆
摇摇二、抗菌塑料在包装行业的应用	页怨
摇摇三、抗菌塑料在建筑领域的应用	页源
摇摇四、抗菌塑料在其他行业的应用	页员
摇参考文献	页猿
第四章摇抗菌纤维和织物	页源
摇第一节摇前言	页源
摇第二节摇抗菌纤维的制备方法	页缘
摇摇一、纤维用抗菌剂	页缘
摇摇二、抗菌纤维制备方法	页愿
摇第三节摇天然抗菌纤维	页源
摇摇一、甲壳素纤维和壳聚糖纤维	页源
摇摇二、含壳聚糖的共混纤维和织物	页远
摇摇三、大麻纤维	页怨
摇摇四、其他天然抗菌纤维	页圆
摇第四节摇抗菌纤维及织物的应用现状	页圆
摇参考文献	页猿
第五章摇抗菌陶瓷	页缘
摇第一节摇陶瓷用无机抗菌剂	页缘
摇摇一、抗菌陶瓷用无机抗菌剂选择原则	页缘
摇摇二、抗菌陶瓷用无机抗菌剂的种类及特征	页远
摇第二节摇抗菌陶瓷的制备	页员
摇摇一、金属离子溶出型抗菌陶瓷的制备	页员
摇摇二、光催化表面镀膜型抗菌陶瓷	页远
摇第三节摇抗菌陶瓷的应用及发展前景	页圆
摇参考文献	页猿
第六章摇抗菌金属材料	页缘
摇第一节摇前言	页缘
摇第二节摇合金型抗菌金属材料	页远

摇摇一、加铜不锈钢材料	圆远
摇摇二、加银的抗菌不锈钢	圆远
摇第三节摇涂层型抗菌金属材料	圆远
摇摇一、抗菌剂涂层型抗菌金属材料	圆远
摇摇二、光催化剂涂层型抗菌金属材料	圆苑
摇第四节摇复合型抗菌金属材料	圆远
摇参考文献	圆源
第七章摇抗菌材料在医疗领域的应用	圆远
摇第一节摇抗菌材料作为生物材料的应用	圆远
摇摇一、生物材料发展概况	圆远
摇摇二、抗菌材料在生物材料中的应用	圆苑
摇第二节摇抗菌材料在医疗器械中的应用	圆源
摇摇一、医疗器械定义	圆源
摇摇二、用于医疗器械的材料的要求	圆源
摇摇三、医疗器械相关微生物导致感染情况	圆远
摇摇四、抗菌材料在医疗器械中的应用	圆远
摇第三节摇抗菌材料在医院设施中的应用	圆猿
摇摇一、微生物对院内设施的影响	圆猿
摇摇二、抗菌材料在院内设施中的应用	圆源
摇参考文献	圆愿
第八章摇抗菌材料在其他领域的应用	圆猿
摇第一节摇抗菌技术在皮革行业的应用	圆猿
摇第二节摇抗菌技术在纸张行业的应用	圆缘
摇摇一、抗菌材料在造纸过程中的应用	圆苑
摇摇二、抗菌防霉剂在纸张中的应用	圆愿
摇第三节摇抗菌技术在涂料行业的应用	圆远
摇摇一、抗菌技术在普通涂料中的应用	圆远
摇摇二、抗菌技术在粉末涂料中的应用	圆怨
摇第四节摇抗菌技术在金属加工液行业的应用	圆远
摇第五节摇抗菌技术在其他领域的应用	圆远
摇摇一、在水处理和废水处理领域的应用	圆远
摇摇二、抗菌材料在建筑材料中的应用	圆远
摇摇三、抗菌材料在精细化学品中的应用	圆源

参考文献	1
第九章抗菌材料的抗菌性评价方法	1
第一节摇试验条件要求	1
摇摇一、对人员的要求	1
摇摇二、无菌条件的要求	1
摇摇三、安全和预防措施	1
第二节摇试验设备和器皿	1
摇摇一、常用的仪器设备	1
摇摇二、常用的玻璃器皿和器具	1
第三节摇试验用试剂和菌种	1
摇摇一、培养基	1
摇摇二、中和剂	1
摇摇三、分散剂和润剂	1
摇摇四、试验用菌	1
第四节摇试验方法及评价标准	1
摇摇一、抗菌剂的抗菌性测定	1
摇摇二、抗菌材料及其制品抗菌性能的评价	1
第五节摇相关标准实例	1
摇摇一、抗菌织物	1
摇摇二、抗菌塑料	1
摇摇三、抗菌涂料、抗菌陶瓷的评价方法	1
摇摇四、其他相关标准	1
第六节摇常用抗菌材料测试方法的比较	1
第十章抗菌材料发展展望	1
第一节摇复合高效抗菌剂研究进展	1
摇摇一、银系抗菌剂颜色稳定化研究	1
摇摇二、不同功能抗菌剂复合化	1
摇摇三、抗菌剂结构化	1
第二节摇光催化型抗菌剂的研究进展	1
第三节摇聚合物接枝抗菌基团制备抗菌材料	1
第四节摇“纳米”抗菌剂的研究新进展	1
第五节摇抗菌材料应用领域的拓展	1
参考文献	1

第一章 概 论

第一节 微生物的危害及抗菌材料的必要性

一、微生物及其危害

微生物 (microorganism) 是存在于自然界的一群体形细小、构造简单、肉眼无法直接看到, 必须借助显微镜等设备才能观察到的微小生物。微生物虽然个体微小, 但仍具有一定的形态结构、生理功能, 并能在适宜的条件下迅速繁殖生长。微生物在自然界中分布十分广泛, 江河、湖泊、海洋、土壤、空气、矿层甚至人类、动植物体表、腔道都有品种、数量不等的微生物存在。微生物种类繁多, 据估计至少在十万种以上, 按其结构、组成等差异可分成三大类:

(1) 非细胞型微生物。体积极其微小, 只能在活细胞内生长繁殖, 如病毒;

(2) 原核细胞型微生物。仅有原始核, 无核仁和核膜, 缺乏完整的细胞器, 如细菌、衣原体、立克次体、支原体和放线菌等;

(3) 真核细胞型微生物。细胞核分化程度较高, 有核仁、核膜、核染色体, 有完整的细胞器, 如真菌等。

绝大多数的微生物对人类和动植物是无害的, 甚至是有益和必需的。自然界有许多物质循环就是靠微生物的代谢完成的。空气中氮气也依靠固氮菌等作用才能被植物吸收利用。但是也有小部分的微生物可以引起人类和动植物的病害。这些能导致人类或动植物疾病的微生物成为病原微生物。

细菌是微生物中最重要的品种之一, 也是和人类关系最为密切的微生物之一。细菌在自然界各个角落普遍存在, 但由于其个体微小, 人们无法用肉眼看到。细菌的一般尺寸为长径 $0.5 \sim 5 \mu\text{m}$, 短

径 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ 。细菌属于原生生物界原核生物中的细菌类。其具体的分类情况见图 1-1 所示。细菌可以根据其外形的基本形态分为球菌 (cococcus)、杆菌 (bacillus) 和螺形菌 (spirillar bacterium) 等三类, 根据细胞壁的结构可分成革兰阳性菌、革兰阴性菌以及古细菌等三类。对于细菌的生存和繁殖, 水分、合适的环境酸碱性、氧气和二氧化碳的合适浓度、矿物质、营养及适当的生长因子都是十分必要的, 另外还需合适的温度和压力。但是细菌对温度和压力的承受能力比其他许多生物要高得多, 它们可在 $-7\sim 80^{\circ}\text{C}$ 范围内保持活性并继续繁殖, 耐压可达 40MPa , 细菌的孢子甚至可耐压达 200MPa 。大部分细菌在正常情况下对人体是没有危害的, 如人的口、鼻、消化道的细菌不仅无害, 而且还具有拮抗某些病原微生物的作用。通常将能引起人类等宿主致病的细菌叫病原菌。病原菌致病一般通过两种途径: 一是由细菌毒素直接引起, 另一是宿主对细菌产生的产物过敏, 然后通过免疫反应间接地造成损伤。如葡萄球菌是最常见的化脓性球菌之一, 80% 以上的化脓性疾病都是由葡萄球菌引起; 链球菌主要引起化脓性炎症、猩红热、丹毒、产褥热及链球菌变态反应性疾病; 大肠杆菌则是条件致病菌, 当人体抵抗力较差或大肠杆菌进入肠道以外部位时可引起相应的肠道感染和非肠道感染; 志贺菌通常引起人们细菌性痢疾; 流感杆菌则是呼吸道感染的罪魁祸首之一。

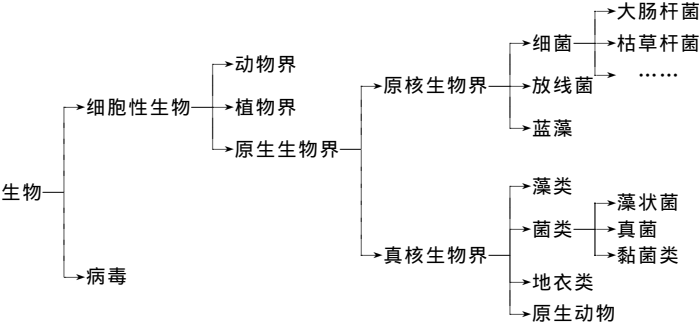


图 1-1 微生物的分类

真菌是另一类重要的和人们日常生活关系密切的微生物。和细菌一样，真菌在自然界的分布也极广，但真菌的形态结构较细菌复杂，根据形态真菌可分为单细胞和多细胞两类，前者常见于酵母菌和类酵母菌，后者多呈丝状，分枝交织成团，称为丝状菌，但一般称霉菌。我国古代劳动人民就知道利用真菌制酱酿酒、发酵食物，现代真菌经常被利用制备抗生素，为人类创造了巨大财富。但是少数真菌也可以感染人体形成真菌病。如婴儿易受白色念珠菌侵害引起鹅口疮，学龄前儿童易患发癣，黄曲霉、黑曲霉、赤曲霉、橘青霉等霉菌产生的黄曲霉素（aflatoxin）能引起肝脏变性、肝细胞坏死和肝硬化等疾病，赭曲霉产生的黄褐毒素（ochrotoxin）可诱发肾、肝肿瘤，拟丝孢镰刀菌产生的镰刀菌素，可引起人和动物的消化道中毒性白血病等。

病毒是一类非细胞型微生物，颗粒微小，最大的约为 300nm（痘病毒类），最小的仅 20nm 左右（口蹄疫病毒）。病毒能侵害动植物和人类，造成国民经济巨大损失，如病毒经常引起狂犬病、脊髓灰质炎、肝炎、脑炎等人和动物的致死性感染，风疹病毒、巨细胞病毒等能引起先天性感染，导致胎儿先天性畸形，流感病毒、麻疹病毒可引起相关疾病大流行。

微生物的品种还很多，对人体和动植物的危害也各不相同。如寄生于活细胞内生长的立克次体（rickettsia），是一类原核型微生物，天然寄生在一些节肢动物体内（如虱、蚤、蜱、螨等），是引起斑疹伤寒等传染病的病原体。支原体（mycoplasma）则介于病毒和细菌之间，是目前所知的能独立生活的最小微生物，广泛分布于人类和动物体上，可以引起宿主疾病，如肺炎支原体可以引起人类原发性非典型性肺炎，蕈状支原体可引起胸膜肺炎。1965 年英国因霉腐造成的棉布损失可达数百万英镑之多，而当年美国因微生物破坏造成的橡胶的损失价值超过了 2300 万美元。1996 年国内某行业内部统计表明当年因霉变造成的物品损失高达 5.6 亿元，是同期火灾损失的 23 倍。

二、微生物在材料表面的生长

由于微生物的分布极其广泛，在空气、土壤和水体中都有多种

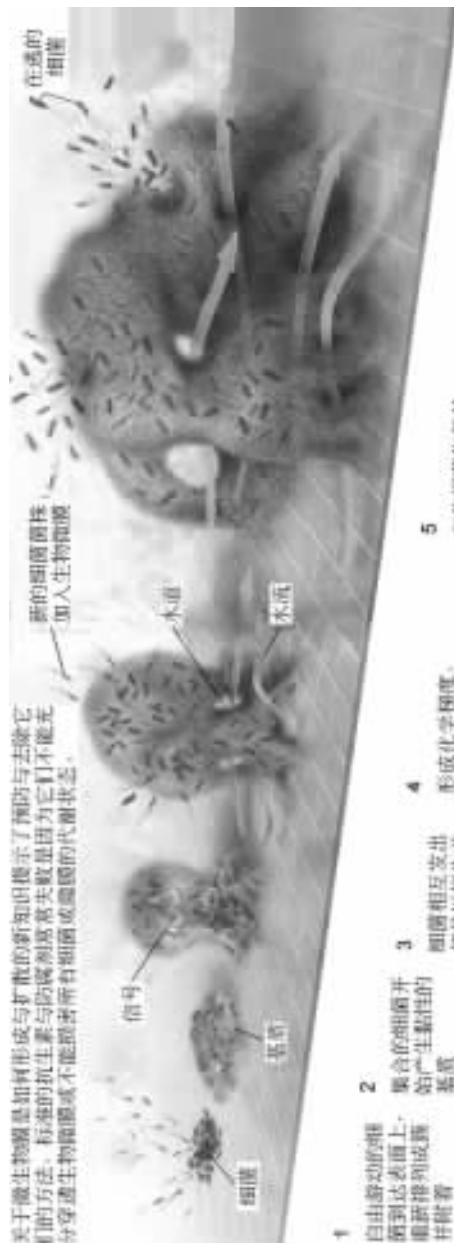
微生物分布，所以在各种场合使用的材料不可避免地将接触到微生物。微生物一旦接触到材料表面就可能沉积在材料表面，通过微生物和材料表面的相互作用逐渐粘附定植在材料表面，然后进一步在材料表面生长。人们经常可以发现在很多固体表面尤其是在潮湿表面有一层黏滑的物质，这就是微生物在材料表面生长的结果。一般微生物在材料表面生长可分成以下几个步骤，见图 1-2。

(1) 沉积 (deposit) 洁净的材料表面并没有细菌，但材料在贮存和使用过程中不可避免地将接触到环境中无所不在的微生物。当材料接触到微生物后，微生物就可能停留在材料表面，即沉积在材料表面，使材料表面带菌。

(2) 粘附 (adhesion) 经常也称定植，指沉积在材料表面的微生物由可逆的沉积到不可逆沉积的转化过程。据 Rutter, Gristina 等人的研究结果表明微生物的粘附是材料和微生物之间的吸引力和斥力平衡的结果。其中斥力主要来源于材料和微生物间的静电斥力，吸引力主要来源于范德华力、疏水力、材料表面和微生物之间的特异性相互作用等。其中疏水作用力范围离表面约 $8\sim 10\text{nm}$ ，作用强度是范德华力的数十倍，能有效地克服材料表面和微生物之间的相关斥力，使微生物表面基团和材料表面特定基团发生特异性相互作用。大多数微生物和绝大多数的材料表面都具有一定程度的表面疏水性，因而微生物可以通过疏水作用力比较牢固并不可逆地粘附在材料表面。

(3) 生长 (propagation) 完成粘附的微生物很快恢复生长，微生物开始分泌细胞外基质 (extracellular matrix, ECM)，尤其是黏性基质，并逐渐开始生长繁殖。粘附在材料表面的微生物的生长繁殖情况和定植的材料性质和周围环境性能密切相关。如果材料或周围环境具有适合的温度、湿度、营养等条件，微生物将很快大量地繁殖。但是如果所处环境的条件较恶劣，微生物生长将十分缓慢甚至以孢子形式存在和逐渐死亡。随着微生物的不断生长繁殖，材料表面临近的微生物逐渐相互凝集 (co-aggregation)，形成微菌落 (microcolony)。在微生物的微菌落里，微生物本身所占不到三分之一，其余都是微生物分泌的细胞外基质。

关于微生物膜是如何形成与扩散的新知识提示了预防与去除它们的方法。标准的抗生素与防腐剂常常失败是因为它们不能充分穿透生物微膜或不能阻碍所有细菌或菌膜的代谢状态。



- 1 自由游动的细菌到达表面上，能沿排列成簇并附着。
攻击策略：在表面涂布能阻碍或破坏细菌排列和黏附的分子。
- 2 集合的细菌开始产生黏性的基质。
攻击策略：在表面涂布能阻碍或破坏基质的物质。
- 3 细菌相互发出信号以增生并组成微菌落。
攻击策略：提供信号阻断剂以终止生物微膜形成。
- 4 形成化学梯度，促进各种细菌共生并进行代谢。
攻击策略：以多种抗生素或防腐剂，破坏生物微膜中的不同细菌。
- 5 有些细菌恢复其原来的自由游动形式，造成成准备形成新的生物微膜。
攻击策略：诱导细菌脱落，然后用于抗生素或抗体攻击它们。

图 1-2 微生物微膜形成过程示意图

(4) 形成菌膜 (biofilm formation) 随着微菌落中微生物进一步生长繁殖和分泌的 ECM 量进一步提高, 材料表面的微菌落逐渐相互凝集, 相互融合, 形成一个完整的复合菌落网, 当聚集在材料表面的微生物数量达到一定阈值后 (法定人意识、quorum sensing), 复合菌落的性质将会发生巨大的变化, 菌落内微生物密度明显降低, 但相互作用更加密切, 即材料表面形成了菌膜。菌膜在自然界和人们的日常生活中也十分常见, 人们经常见到牙斑、牙垢、小溪石头上的滑膜、使用几天的花瓶内不可避免地长出的黏滑物都是常见的菌膜事例。

需要特别说明的是在菌膜中生长的微生物个体的生理和形态和游离生长的微生物个体有明显的差异。在菌膜中的微生物由于有 ECM 的屏障和保护, 一般不易受到抗生素、防腐剂及其他外界化学品的干扰, 因此很难被常规的抗菌素清除。由于居住在营养丰富的菌膜环境中, 微生物繁殖迅速, 而且微生物能够形成电位梯度和特定的 pH 环境, 调节微生物生长的理化条件, 位于菌膜表层和底层的微生物在形态和特征方面也不完全一致, 表层微生物类似相应游离微生物, 而底层微生物代谢较表层的低, 对外界物质敏感性低, 由于代谢产物不易排除, 因而形态也可能有所变异。菌膜表层中的部分微生物个体也可能脱离菌膜重新恢复游离状态浮游在环境中或又重新开始材料表面的生长过程。

当然, 并不是所有沉积在材料表面的微生物的生长都完成上述步骤, 微生物能否在材料表面定植生长形成菌膜和材料本身的性能及材料所处的环境密切相关。一般在潮湿环境中使用的材料表面容易形成菌膜, 而干燥环境形成菌膜的几率则很少。材料本身含有有利于微生物生长的物质时, 微生物容易定植生长并形成菌膜, 如增塑剂含量较高的聚氯乙烯材料中增塑剂可以作为微生物的营养, 十分有利于微生物在其表面的生长。

三、微生物的生长条件及常见的抑制方法

1. 微生物生长所需的理化条件

① 水分; ② pH; ③ 氧气; ④ 无机盐; ⑤ 营养; ⑥ 温度;

⑦压力。

2. 目前常见的微生物抑制方法

由于部分微生物会对人体或其他物品造成很大的危害，所以人们很早就开始研究如何杀灭和抑制微生物的危害了。长期以来我国民间常用盐腌、糖渍、烟熏、风干等方法保存食物，实际上就是防止食物因微生物生长而腐烂变质的好方法。19世纪60年代，法国科学家巴斯德（Louis Pasteur）首次试验证实腐败是由微生物造成的，并发明了加温处理的巴斯德消毒法。英国科学家李斯德（Joseph Lister）随后发明了用石炭酸喷洒手术室，煮沸手术用具进行灭菌，防止感染。目前杀灭微生物常用的是通过控制温度、压力，采用电磁波、射线或切断细菌必须营养等物理方法及调节体系酸碱度等化学方法进行杀灭或抑制微生物。最常见的方法有高温湿热灭菌（医院等）、巴斯德消毒法（食品消毒）、环氧乙烷消毒法（一次性卫生用品）和 γ -射线消毒法等。目前使用的杀灭或抑制细菌方法列举于图1-3中。

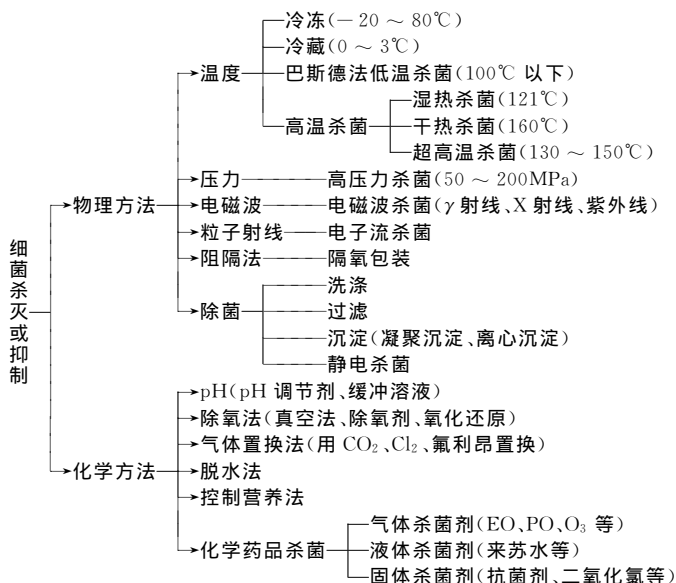


图 1-3 常见细菌杀灭或抑制方法

第二节 抗菌材料的发展

沉睡在埃及金字塔中的木乃伊的包裹布可能就是人类有意识地使用的最早的抗菌物品了，当然其所用的植物浸渍液也就成为了人类最早使用的抗菌剂。在我国古代人们也有利用植物浸渍液制成抗菌物品进行抗菌防病的记载。1935 年德国人 G. Domark 采用季铵盐处理军服以防止伤口感染，从此揭开了现代抗菌材料研究和应用的序幕。随着科技的发展和人们生活水平的提高，人们对卫生和健康的要求越来越高，抗菌产品也逐渐从军用品转变为了民用品而迅速发展起来。抗菌塑料、抗菌纤维、抗菌陶瓷及抗菌钢铁等抗菌材料均已面市，应用于各领域，深受消费者欢迎。

一、抗菌材料目前发展状况

抗菌材料指自身具有杀灭或抑制微生物功能的一类新型功能材料。在自然界有许多物质本身就具有良好的杀菌和抑制微生物的功能，如部分带有特定基团的有机化合物，一些无机金属材料及其化合物、部分矿物和天然物质。但目前抗菌材料更多的是指通过添加一定的抗菌物质（称为抗菌剂）从而使材料具有抑制或杀灭其表面细菌能力的一类新型功能材料，如抗菌塑料、抗菌纤维、抗菌陶瓷等等。由于抗菌材料能杀灭和抑制沾污在其表面的微生物，可保持材料表面的自身清洁状态，因而被广泛采用于制备健康型制品。

人类很早就开始有意无意地使用天然抗菌材料了。如果从埃及金字塔中木乃伊的包裹布开始计算，则人类有意识利用抗菌材料已经有几千年的历史了。目前抗菌材料的研制和生产的核心是抗菌剂的研制和生产。到目前抗菌剂已经基本形成了无机抗菌剂、有机抗菌剂、天然抗菌剂和高分子抗菌剂等四类。在这四类抗菌剂中有机抗菌剂耐热性较差、易分解，天然和高分子类抗菌剂耐热性差、加工困难且研究时间短，因此各类抗菌剂各有特点，同时各种抗菌剂都有自己比较适合的应用领域。目前应用最为广泛的是具有耐热性好、抗菌谱广、有效期长的无机抗菌剂。表 1-1 对这四种抗菌剂进行了简单的归纳。

表 1-1 抗菌剂的分类及其特点

抗菌剂类别	主要品种举例	优 点	缺 点
无机抗菌剂	银沸石、银活性炭、银硅胶、银玻璃珠、银羟基磷灰石基抗菌剂、磷酸钛盐、磷酸锆盐、银陶瓷等	耐热性好、抗菌谱广、有效抗菌期长、毒性低、不产生耐药性	银系抗菌剂易变色、制造困难、在塑料中使用工艺复杂
有机抗菌剂	季铵盐、酚醚类、苯酚类、双胍类、异噻唑类、吡咯类、有机金属类、咪唑类、吡啶类、噻唑类等	杀菌速度快、抗菌效能高、部分抗菌剂无毒、加工方便、颜色稳定好	耐热性差、易在溶剂环境中析出、易产生耐药性、分解产物经常有毒
天然抗菌剂	壳聚糖、山梨酸等	抗菌效率高、安全无毒	加工困难、耐热性差
高分子抗菌剂	聚苯乙烯己内酰胺、聚吡啶、聚噻唑等	长效、广谱、安全无毒、颜色稳定好	研究刚刚起步

二、国外抗菌材料研制、生产及应用状况

国外抗菌材料的研究始于 20 世纪 80 年代初。欧美开始主要集中在研究有机抗菌剂，到目前其主要的的应用还仅集中于普通日用品中，近年已开始逐步应用于玩具中，但总体的规模和影响都不是很大。抗菌材料研制和应用最为发达的是日本。日本在 20 世纪 80 年代开始集中研究银系无机抗菌剂及其在各种材料中的应用，很快取得了进展。而 20 世纪 80 年代日本频发的 MRSA 院内感染、O-157 流行和食物中毒事件以及 PL 法（Product liability，制造物责任）的实施更是大大促进了日本抗菌剂和抗菌材料的研制和应用。1983 年品川燃料株式会社首先实现了无机抗菌剂的工业化，1984 年锺纺也推出了自己的抗菌剂。直到 1990 年石塚硝子加入到抗菌剂生产厂家的行列前，日本抗菌剂及抗菌制品一直由品川和锺纺两家提供。1991~1995 年是日本抗菌行业发展最快的时期，在这短短的几年中共有 30 多家企业进入了抗菌剂和抗菌材料的生产厂家行列。1991 年品川燃料独资创立了 Sinanenzeomics 株式会社专门生产银沸石抗菌剂。1994 年日本无机抗菌剂的市场为 100t，1996 年为 250~260t，1997 年为 400t，而 1998 年单品川燃料的 Sinanenzeomics 株式会社生产能力就达 1000t。东亚合成株式会社 1998 年生产了 400t 银系纳米抗菌剂。1996 年日本的抗菌材料使用量达