



中国科学院教材建设专家委员会规划教材

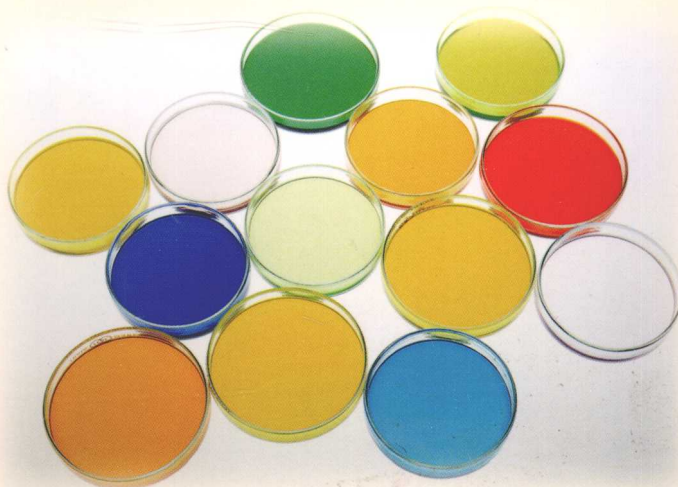
全国高等医药院校规划教材


供预防医学类、食品质量与安全、食品科学与  
工程等专业使用



# 卫生微生物学

曲章义 主编



 科学出版社  
www.sciencep.com



清华大学出版社

ISBN 7-302-11111-1



# 卫生微生物学

第二版



清华大学出版社

中国科学院教材建设专家委员会规划教材  
全国高等医药院校规划教材

案例版™

供预防医学类、食品质量与安全、食品科学与工程等专业使用

# 卫生微生物学

主 编 曲章义  
主 审 张朝武  
副主编 申元英 陈 廷 白华民  
编 委 (以姓氏笔画为序)

丁 玲 山西医科大学

王凯娟 山东大学

王金桃 山西医科大学

申元英 大理学院

白华民 包头医学院

曲章义 哈尔滨医科大学

应长青 哈尔滨医科大学

宋春花 山东大学

陈 廷 济宁医学院

周吉海 中国医科大学

郑 铃 福建医科大学

赵书欣 吉林大学

侯殿东 中国医科大学

黄立娟 哈尔滨医科大学

魏凤香 广东药学院

科 学 出 版 社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

### 郑 重 声 明

为顺应教育部教学改革潮流和改进现有的教学模式,适应目前高等医学院校的教育现状,提高医学教学质量,培养具有创新精神和创新能力的医学人才,科学出版社在充分调研的基础上,引进国外先进的教学模式,独创案例与教学内容相结合的编写形式,组织编写了国内首套引领医学教育发展趋势的案例版教材。案例教学在医学教育中,是培养高素质、创新型和实用型医学人才的有效途径。

案例版教材版权所有,其内容和引用案例的编写模式受法律保护,一切抄袭、模仿和盗版等侵权行为及不正当竞争行为,将被追究法律责任。

### 图书在版编目(CIP)数据

卫生微生物学:案例版 / 曲章义主编. —北京:科学出版社,2009  
(中国科学院教材建设专家委员会规划教材·全国高等医药院校规划教材)  
ISBN 978-7-03-025024-7

I. 卫… II. 曲… III. 卫生学:微生物学-医学院校-教材 IV. R117

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 120586 号

策划编辑:李国红 周万灏 / 责任编辑:周万灏 李国红 / 责任校对:包志虹  
责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市农林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2009 年 9 月 第 一 版 开本:850 × 1168 1/16

2009 年 9 月 第一次印刷 印张:12 1/2

印数:1—4 000 字数:376 000

定价:29.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



# 全国高等医药院校预防医学专业 教材建设指导委员会

主任委员  
委员

陈思东

(以姓氏笔画为序)

丁元林

王 菟

方小衡

邓 冰

曲章义

刘国祥

孙志伟

苏政权

李正直

吴小南

邹宇华

张文昌

张 欣

张爱华

陈 廷

陈 华

和彦苓

庞淑兰

郑振全

袁聚祥

夏昭林

翁开源

高永清

高丽敏

高 歌

詹 平

蔡维生

蔡美琴

霍建勋

## 前 言

卫生微生物学的主要任务是研究微生物的生态系统,掌握微生物与环境之间相互作用的规律,研究微生物在不同环境中的时间、空间分布和消长规律,研究环境因子对微生物分布和消长的影响,阐明环境中微生物在传播疾病中的作用,建立对环境中微生物的检测方法和防止污染、预防感染的策略与方法。本学科的研究重点是探讨如何充分利用有益的微生物为人类生产、生活服务,造福于人类。同时,要学会控制或消除有害微生物对人类健康、生产、生活的不利影响,即“兴利避害”。

作为古老而新兴的学科,卫生微生物学在我国医药院校设立课程的时间不足 30 年。尽管时间短,但伴随着我国改革开放和经济腾飞的 30 年,卫生微生物学在我国得到了长足的发展和进步,尤其是近十年,禽流感 and SARS 的暴发,使本学科更受到政府和广大民众的普遍重视,社会对本学科的专业人才的需求越来越多。因此,如何有效地培养高素质的专业人才,成为卫生微生物学教育工作者的任务。

当代大学生创新能力的强弱对于我国建设创新型国家起着关键性的作用。高等学校是培养创新人才的重要基地,应当将创新精神和创新能力的培养作为教育教学工作的重点。为更好地落实教育部关于高校教学改革的精神,进一步深化本科教育教学改革,提高人才培养质量,有针对性地在教学工作中培养创新型人才,中国科学院教材建设专家委员会和科学出版社组织编写了这套全国高等医药院校预防医学专业案例版规划教材。

案例式教学理论联系实际,把教师的教和学生的学有效地结合起来,注重调动学生的学习主动性。根据理论教学的目的、要求,以案例为基本素材,在教师的指导下,运用多种启发方法,鼓励师生互动,启发学生独立思考,对案例所提供的客观事实材料和问题进行分析,提出见解,做出判断和决策,借以提高学生分析问题、解决问题的能力。本理念的特点是侧重实践和师生在课堂上的互动,有利于激发学生的创新能力,有效增强教师授课的吸引力、说服力、实效力,从而达到预期的教育效果。

本书编者是中国科学院教材建设专家委员会从全国部分医学院校邀请的从事卫生微生物学教学的一线教师,对我国卫生微生物学的现状和发展前景有很深刻的理解和体会。我们在编写过程中力求展示学科的特点、重点和新进展、新成果。本教材共三部分。第 1 ~ 5 章为第一部分,主要介绍卫生微生物学的基本理论、基本原理和基本技术;第 6 ~ 9 章为第二部分,主要介绍土壤、水、空气和医院及极端环境中的微生物;第 10 ~ 13 章为第三部分,主要介绍食品、药品及化妆品等物品中的微生物。第二、三部分为卫生微生物学的应用,重点介绍不同环境的特点,微生物的来源、危害及防控。各院校在使用本教材进行教学的过程中,可根据学时要求和本校的具体情况取舍。本教材的突出特点是从我国的公共卫

生和卫生微生物学实践中选取典型案例,提出问题并加以深入分析并提出解决方案,以培养学生创新思维和分析问题、解决问题的能力。

感谢编者所在院校领导对本教材编写的大力支持,教研室同仁的无私帮助。感谢哈尔滨医科大学公共卫生学院卫生微生物学教研室青年教师和博士研究生袁晓辉、高虹、商蕾和王迎晨对书稿的整理、校对和审核。感谢科学出版社领导和编辑对本书编辑工作的支持和指导。

特别感谢四川大学公共卫生学院的张朝武教授,张教授欣然应邀作为本教材的主审,对本教材的整体脉络进行把握和指导。最令我们感动的是在震惊世界的“5.12”四川汶川8级大地震发生的前一天(5月11日),张教授收到了待审的本书书稿。作为我国著名的卫生微生物学和公共卫生学专家,张教授在抗震救灾工作中担负着艰巨而重要的指导任务。在那段危险、艰难的日子里,张教授在奋力抗震救灾的同时,仔细、认真地对书稿进行了通篇地审阅,提出了宝贵的指导性意见和建议,使本书更臻完善。张教授献身事业、认真负责的精神令我们备受激励和感动。

尽管我们力求做得更好,但限于能力和水平,书中一定还有很多错漏或不当之处,敬请广大读者批评指正。

主 编

2008年8月于哈尔滨

# 目 录

第1章 绪论 .....	(1)	第8章 空气微生物 .....	(91)
第1节 卫生微生物学概述 .....	(1)	第1节 空气生境特征 .....	(91)
第2节 微生物特点及作用 .....	(2)	第2节 空气微生物的种类及分布 .....	(92)
第3节 卫生微生物学与相关学科的关系 .....	(6)	第3节 空气微生物的来源 .....	(95)
第4节 卫生微生物学的发展历程 .....	(7)	第4节 空气微生物的检测及卫生标准 .....	(96)
第5节 卫生微生物学的研究前景 .....	(10)	第5节 空气微生物污染及其预防 .....	(100)
第2章 环境中微生物的主要类群 .....	(12)	第9章 特殊环境中的微生物 .....	(106)
第1节 原核微生物 .....	(12)	第1节 医院环境微生物 .....	(106)
第2节 真核微生物 .....	(20)	第2节 微生物学实验室微生物 .....	(111)
第3节 非细胞结构微生物 .....	(27)	第3节 公共场所微生物 .....	(115)
第3章 微生物生态学 .....	(30)	第4节 极端环境微生物 .....	(118)
第1节 微生物生态学概述 .....	(30)	第10章 食品微生物 .....	(122)
第2节 微生物与环境的关系 .....	(33)	第1节 食品生境特征 .....	(122)
第3节 微生物与高等动物的关系 .....	(35)	第2节 食品微生物污染 .....	(124)
第4节 微生物间的关系 .....	(38)	第3节 各种食品中的微生物 .....	(129)
第4章 卫生微生物学检验 .....	(41)	第4节 引起食物中毒的常见微生物 .....	(133)
第1节 卫生微生物学检验的意义和特点 .....	(42)	第5节 食品微生物检验及其卫生标准 .....	(141)
第2节 卫生微生物学检验的基本原则 .....	(44)	第6节 食品安全预防体系(HACCP) .....	(145)
第3节 卫生微生物学检验的内容 .....	(47)	第11章 药品微生物 .....	(149)
第4节 卫生微生物学检验方法 .....	(49)	第1节 药品生境与微生物污染的特殊性 .....	(149)
第5章 有害微生物的控制 .....	(57)	第2节 药品微生物污染的来源、种类及其危害 .....	(151)
第1节 消毒与灭菌 .....	(57)	第3节 药品微生物检验与微生物学标准 .....	(154)
第2节 特异性预防免疫 .....	(66)	第4节 药品微生物污染的预防 .....	(160)
第3节 生物危害与生物损伤的防护 .....	(69)	第12章 化妆品微生物 .....	(165)
第6章 土壤微生物 .....	(74)	第1节 化妆品生境特征 .....	(165)
第1节 土壤生境特征 .....	(74)	第2节 化妆品微生物的来源、种类及其对健康的影响 .....	(166)
第2节 土壤微生物的来源、种类、分布及其污染的危害 .....	(75)	第3节 化妆品微生物的检测与卫生标准 .....	(169)
第3节 土壤微生物的检测与卫生标准 .....	(77)	第4节 化妆品微生物污染的预防 .....	(173)
第4节 土壤微生物污染的预防 .....	(79)	第13章 医疗与卫生用品微生物 .....	(175)
第7章 水微生物 .....	(80)	第1节 医疗器械微生物 .....	(175)
第1节 水生境特征 .....	(80)	第2节 生活及卫生用品微生物 .....	(185)
第2节 水微生物的来源、种类、分布及其卫生学意义 .....	(81)	参考文献 .....	(190)
第3节 水微生物的检测与卫生标准 .....	(84)	附录 .....	(191)
第4节 水微生物污染及其预防 .....	(86)		

## 第1节 卫生微生物学概述

### 一、卫生微生物学定义

卫生微生物学(sanitary microbiology)是研究环境中与人类健康相关的微生物及这些微生物与环境相互作用的规律、对人类健康的影响以及人类应对这些微生物方略的科学。

卫生微生物学的研究对象,一是环境中与人类健康相关的微生物,即卫生微生物;二是卫生微生物所处的环境。卫生微生物种类繁多,包括存在于自然界的所有微生物,即凡能容许微生物存在的环境中的一切种群的微生物,如病原微生物和非病原微生物、对人体有害的和有利的微生物以及已知的和未知的微生物。这些微生物与人类直接或间接接触都可能对人类健康带来积极的或不良的影响。卫生微生物所处的环境包括大气、土壤、水以及在这些环境中的生物和各种物品等。这里的环境主要指物理环境因子(温度、水、有机和无机物质、酸碱度等)和生物环境因子(宿主及其状态、群落构成、竞争、捕食、寄生及合作等)。由此可知,卫生微生物学的研究对象十分广泛。

### 二、卫生微生物学研究内容

卫生微生物学的研究内容是研究卫生微生物的生命活动规律、与外环境之间的相互关系、对人类健康的影响及人类应对这些微生物的方略。研究卫生微生物的生命活动规律主要是研究这些微生物的生物学特性,包括微生物的形态学、生理学、遗传学和生态学等,以便对这些微生物进行检验、分离、鉴定和控制或利用。研究卫生微生物与外环境的关系主要是研究微生物与人类健康直接或间接相关的生境和生态,在环境中种群的分布和演替规律,集中表现为两方面:一方面是研究环境生态因子和理化因素对微生物生命活动的影响;另一方面是研究微生物对环境的影响。微生物与人类和动植物等生物之间存在着竞争、捕食、寄生和合作等既有利又有害

的关系。病原微生物可引起人类患各种疾病,影响人类的健康、生活和生存质量,乃至生命,这就体现出微生物的有害作用一面;另一方面,微生物对人体和生产生活有利的一面,人作为微生物的宿主,是其最大的微生态空间,是其繁衍的最佳领地之一,人一出生,体表及与外界相通的体腔中就有微生物并伴随到生命的终结。人肠道中的正常菌群细菌不仅直接为宿主提供营养物质,还依赖其酶降解作用对多糖、蛋白质等营养物质进行消化;参与宿主代谢和吸收,参与胆红素、胆汁、雌激素、胆固醇等肝肠循环的大部分过程;微生物生长繁殖中合成自身结构组成部分的营养物质最终会被宿主消化、吸收和利用;微生物还参与宿主免疫(正常微生物群具有对人和动物不可少的免疫刺激作用),发挥生物拮抗作用等。可见,人类与微生物存在着互利共生的关系。卫生微生物学研究微生物对人类健康的影响,主要是研究微生物对人类健康的危害或不良影响。研究人类应对卫生微生物的方略,主要是根据卫生微生物影响人类健康、人类生产、生活和社会变迁的规律,研究卫生微生物学的理论与实践、采用的技术与方法以及兴利避害的策略与措施等,进而采取有效措施和策略消除其危害,利用这些规律来为生产、生活、环境保护、生态平衡、卫生保健和可持续发展服务,中心思想就是兴利避害。

### 三、卫生微生物学的任务和应用

卫生微生物学的任务主要是研究微生物的生态系统,掌握微生物与环境之间相互作用的规律;研究微生物在不同环境中的时间、空间分布和消长规律;研究环境因子对微生物分布和消长的影响;阐明环境中微生物在传播疾病中的作用及对环境中的微生物的检测方法和防止污染、预防感染的策略与方法,同时为制定检验、预防卫生微生物的卫生标准提供依据。重点在于充分利用有益的微生物使其为人类生产、生活服务,造福于人类;同时,控制或消除有害微生物对人类健康、生产和生活的不利影响。

卫生微生物学已广泛应用于生产、生活、医疗卫生、预防保健和环境保护等各个领域,具体



体现在以下几方面:

**1. 在感染性疾病控制和治疗中的应用** 掌握致病菌、条件致病菌和机体正常菌群与宿主相互作用所致疾病的感染、免疫、病程转归和愈后等特点及规律,对感染性疾病进行早期发现和及时诊断,以便进行有效地治疗或控制等,为生物病原性疾病的防治服务。

**2. 在感染性疾病预防中的应用** 对环境季节、气候的变化,自然疫源地和环境储源,人和动植物携带病原因子的扩散、传播特点进行监测,对可能发生的疾病进行及时地预测和预报,为预防医学的发展和减少感染性疾病的发生服务。

**3. 在生物病原性突发事件中的应用** 对不同生境下微生物因交通、旅游、外贸、经济和文化交流、自然资源开发、动植物买卖和交换、候鸟迁徙等进行播散特点及规律的研究和疾病暴发和流行的信息及时收集和处理,为海关、出入境检验检疫和新发现病原因子的研究,以及突发生物病原性公共卫生事件的应对提供依据,为国际交流和生产力发展服务。

**4. 在应对生物危害和恐怖中的应用** 对具有强毒性、烈性传播、抵抗力强或产剧毒等微生物,以及对基因工程有害微生物进行深入研究,为防止可能将这些微生物用于生物武器或生物恐怖而制定防御方略和对策。

**5. 在制定国家标准和行业规范服务中的应用** 通过对食品、化妆品、药品、医疗卫生用品,公共场所,生产、生活和医疗卫生机构等生境中微生物的种群分布和相互作用规律以及利害关系的研究,为这些产品或场所的卫生质量和安全指标制定卫生微生物标准和技术规范,为卫生微生物监督工作提供理论依据,为制定标准和政策服务。

## 第2节 微生物特点及作用

### 一、微生物的特点和多样性

微生物的遗传变异、物质和能量代谢与高等生物具有共同或相似的特点,即微生物的遗传信息都是由基因编码,其基因的复制、表达与调控大多数都遵循中心法则;其次,微生物的初级代谢途径如蛋白质、核酸、多糖、脂肪酸等大分子物的合成途径与高等生物基本相同;第三,微生物的能量代谢都以 ATP 作为能量载体。同时,微生物作为生物的一大类,除了与高等生物共有的特点外,还具有其本身的特点及其独特的生物多样性。

**1. 微生物的种类多样性** 目前已确定的微生物种数在 10 万种左右,但仍正以每年发现几百至上千个新种的趋势在增加。微生物学家的观点认为,目前人类所了解的微生物种类,至多也不超过生活在自然界中的微生物总数的 10%。微生物生态学家较为一致地认为,目前已知的已分离培养的微生物种类可能还不足自然界存在的微生物总数的 1%。可见,自然界中存在着极为丰富的微生物资源。

自然界中微生物存在的数量往往超出人们的预料。每克土壤中细菌可达几亿个,放线菌孢子可达几千万个。人体肠道中细菌的种类超过 400 种,菌体总数可达 100 万亿左右。空气、水体、暴露在空气中的各种物体的表面、人类的皮肤和与外界相通的腔道都有大量的微生物存在,因此,实际上人类生活在一个充满着微生物的环境中。

微生物在生物系统发育史上比动植物和人类都要早得多,但由于其个体太小和观察技术问题,发现它们的时间却是最晚的。随着科学技术的进步,人类微观观察能力的提高和新的检测技术的出现及应用,新发现的微生物种类越来越多,有可能会超过高等生物的种类。

#### 知识窗 1

##### 人类肠道微生物的种类和数量

在人类的肠道中存在着一个丰富的生态系统。这是一个数量惊人 and 种类繁多的微生物,包括 400 多种重要的细菌,它们帮助人类消化食物、减轻病痛、调节脂肪含量,甚至还促进血管的生成。在出生以前,人的肠道是无菌的,但是一旦降生,婴儿立刻就可以从环境中获得这些微生物“居民”。不出几日,一个欣欣向荣的微生物“社区”就建设起来了。到了成年之后,人体肠道微生物细胞的总量大约  $10^{14}$  个,约为人体细胞总量的 10 倍。

**2. 微生物的形态与结构多样性** 微生物的个体极其微小,必须借助于光学显微镜或电子显微镜才能观察到。每克细菌的个数可达  $10^{10}$  个。细菌的形态有球状、杆状和螺旋状,真菌有球状和丝状,而病毒则具有多形性,表现出微生物形态的多样性。从结构上看,大多数微生物是由单细胞或简单的多细胞构成,病毒则无细胞结构,仅由 DNA 或 RNA 核心和蛋白质外壳组成病毒体。微生物细胞的显微结构具有明显的多样性,如细菌经革兰染色后可分为革兰阳性细菌和革兰阴性细菌,其原因在于细胞壁的化学组成和结构不同;古细菌的细胞壁组成更是与细菌有着明显的区别,没有肽聚糖

而是由蛋白质等组成;真菌细胞壁结构又与古细菌、细菌有很大的差异。

**3. 微生物的代谢多样性** 微生物能利用的基质十分广泛,是任何其他生物所望尘莫及的。从无机的  $\text{CO}_2$  到有机的酸、醇、糖类、蛋白质、脂类等,从短链、长链到芳香烃类,以及各种多糖大分子聚合物(果胶质、纤维素等)和许多动、植物不能利用甚至对其他生物有毒的物质,都可以成为微生物的碳源和能源。微生物不仅代谢基质丰富,而且代谢方式多样。既可以以  $\text{CO}_2$  为唯一碳源进行自养型生长,也可以以有机物为碳源进行异养型生长;既可以利用光能作为能源,也可以利用化学能作为能源;既可在有  $\text{O}_2$  条件下生长,又可在无  $\text{O}_2$  条件下生长。代谢的中间体和产物更是多种多样,各种各样的酸、醇、氨基酸、蛋白质、多糖、核酸、脂肪、抗生素、维生素、毒素、色素、生物碱、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等都是微生物的代谢产物。微生物的代谢速率也是任何其他生物所不能比拟的,如在适宜环境下,大肠埃希菌每小时可消耗的糖类相当于其自身重量的 2000 倍,以同等体积计,1 个细菌在 1h 内所消耗的糖即可相当于人在 500 年时间内所消耗的粮食。微生物代谢速率快的主要原因是其具有极为巨大的比表面积,如大肠埃希菌(*Escherichia coli*)比表面积可达 30 万,这对于微生物与环境的物质、能量和信息的交换极为有利。

**4. 微生物的繁殖与变异多样性** 微生物的繁殖方式相对于动植物的繁殖也具有多样性。细菌以二分裂法为主,个别可由性接合的方式繁殖;放线菌可以菌丝和分生孢子繁殖;真菌可由菌丝、无性孢子和有性孢子繁殖,无性孢子和有性孢子又各有不同的方式和形态;酵母菌可由出芽方式和形成子囊孢子方式繁殖。病毒则不进行繁殖,而是增殖,即病毒在宿主细胞内进行病毒体成分核酸和蛋白质的复制和装配,然后形成新的病毒粒子。

微生物尤其是以二裂法繁殖的细菌具有惊人的繁殖速率。如在适宜条件下,大肠埃希菌 37℃ 时代时间为 18min,理论上每 24h 可分裂 80 次,每 24h 的增殖数为  $1.2 \times 10^{24}$  个。

微生物由于个体小,结构简单,繁殖快,与外界环境直接接触等原因,很容易发生变异,一般自然变异的频率可达  $10^{-10} \sim 10^{-5}$ ,而且在很短时间内出现大量的变异后代。变异具有多样性,其表现可涉及任何性状,如形态构造、代谢途径、抗性、抗原性的形成与消失、代谢产物的种类和数量等。常见的人体病原菌耐药性的获得就是病原菌变异的结果。

**5. 微生物的抗性多样性** 微生物具有极强的抗热性、抗寒性、抗盐性、抗干燥性、抗酸性、抗碱性、抗压性、抗缺氧、抗辐射和抗毒物等能力,显示出其抗性的多样性。

现在已从近于 100℃ 条件下的温泉中分离到了高温芽孢杆菌,并观察到在 105℃ 时还能生长。甚至有报道,有人从太平洋 25 000m 深处分离到高温菌,在 265atm 和 250℃ 下,经过 40min 的培养,细菌数量增加 1 倍,几小时后增加了 100 倍,甚至升温到 300℃ 时仍在生长。细菌芽孢具有高度抗热性,这常给科研和发酵工业生产带来危害。许多细菌也耐冷和嗜冷,有些在 -12℃ 下仍可繁殖生长,造成贮藏于冰箱中的肉类、鱼类和蔬菜水果的腐败。大多数微生物在低温条件下生长速度大大减慢,甚至停止生长,因此,人们常用冰箱(4℃)、低温冰箱(-20℃)、干冰(-70℃)、液氮(-196℃)来保藏菌种或进行食品保鲜。

嗜酸菌可以在 pH 为 0.5 的强酸环境中生存,而硝化细菌可在 pH 9.4、脱氮硫杆菌可在 pH 10.7 的环境中活动。在含盐高达 23% ~ 25% 的“死海”中仍有相当多的嗜盐菌生存。在糖渍蜜饯、蜂蜜等高渗物中同样有高渗酵母等微生物活动,从而往往引起这些物品的变质。

微生物在不良条件(逆境)下很容易进入休眠状态,某些种类甚至会形成特殊的休眠构造,如芽孢、分生孢子、孢囊等。有些芽孢在休眠了几百年,甚至上千年之后仍有活力。甚至报道过 3000 ~ 4000 年前埃及金字塔中的木乃伊上至今仍有活的病原菌。

**6. 微生物的生态分布多样性** 微生物在自然界中的分布,可以说无处不在、无孔不入。除了“明火”、火山喷发中心区和人为的无菌环境外,到处都有微生物分布,上至几十千米外的高空,下至地表下几百米的深处、海洋上千米的水底层。土壤、水域、空气、动植物和人体内外都分布有各种不同的微生物。即使是同一地点同一环境,在不同的季节,如夏季和冬季,微生物的数量、种类、活性、生物链成员的组成等都有明显的不同,显示了微生物生态分布的多样性。

#### 知识窗 2

##### 微生物的主要特点

1. 体积小、比表面积大 该特点是微生物与一切大型生物相区别的关键所在。微生物的小体积大面积系统,使微生物具有一个巨大的营养物质吸收面、代谢物质的排泄面和环境

信息的交换面。举例:不同生物的比表面积如下,乳酸杆菌:120 000;鸡蛋:1.5;成人:0.3。

2. 生长旺、繁殖快 极高生长繁殖速度,如 *E. coli* 20~30min 分裂 1 次,若不停分裂,1 个大肠埃希菌细胞 48h 内可繁殖为  $2.2 \times 10^{43}$  个细胞。当然,营养消耗、代谢积累等会限制生长速度。这一特性可在短时间内把大量基质转化为有用产品,缩短有用产品的生产、科研周期;但其也有不利一面,如疾病、粮食霉变短时间内加剧等。

3. 吸收多、转化快 该特性为快速生长繁殖和产生大量代谢物提供了充分的物质基础。举例:重量相同下,乳酸菌 1h 可分解其体重 1000 至 10000 倍乳糖;成人  $2.5 \times 10^5$ h 消耗自身体重 1000 倍乳糖。

4. 适应强、易变异 极其灵活的适应性,对极端环境具有惊人的适应力。遗传物质易变异。

5. 分布广、种类多 分布区域广,分布环境广。生理代谢类型多,代谢产物种类多,种数多。

## 二、微生物的作用

微生物种类多、数量大、分布广、繁殖快,对人类的生产和生活乃至生存都有巨大的影响,既有有益的影响,也有有害的影响。可以说自然界的微生物既是人类的“朋友”,又是人类的“敌人”,但微生物对人类的贡献和有益作用远比其有害和不利作用大得多。卫生微生物学和医学微生物学一样,主要任务是对有害的病原微生物进行控制,所以医学生对微生物的危害认识很充分,但对其有利的作用了解的相对较少。在此,在强调病原微生物等有害微生物的危害同时,重点为微生物树碑立传,介绍其对人类的有益作用。

### (一) 微生物的危害

1. 病原微生物的危害 病原微生物使人类和各种动、植物患传染病,严重威胁着人类的健康和生命安全。对付和控制这些有害的微生物是卫生微生物学、医学微生物学、兽医微生物学和植物保护学工作者的重要任务。微生物病原菌曾给人类带来巨大灾难。14 世纪中叶,鼠疫耶森菌 (*Yersinia pestis*) 引起的瘟疫导致了欧洲总人数约 1/3 的死亡。解放前的我国也经历了类似的灾难。即使是现在,人类社会仍然遭受着微

生物病原菌引起的疾病灾难威胁。艾滋病、肺结核、疟疾、霍乱正在卷土重来和大规模传播,还有正在不断出现的新的疾病,如疯牛病、军团病、埃博拉病毒病、大肠埃希菌 0157、霍乱 0139 新致病菌株,2003 年春的 SARS 病毒、西尼罗河病毒,2004 年的禽流感病毒等,正在给人类带来新的疾病与灾难。

2. 工业产品中的微生物污染 各种工业器材,如金属、仪表、电讯器材、绝缘材料和纺织品等,它们或含有一些可被微生物利用的成分,或因种种原因沾染了或多或少的有机物质而都会受到微生物的侵蚀,使之老化变质。曾发生过飞机的铝材油槽因受到牙枝霉菌、铜绿色假单胞菌和弧菌等的腐蚀而漏油。飞机机翼的内铝壁也受到上述微生物的侵蚀。钢铁及其制品因长期与水或土壤接触,受到铁细菌、硫细菌、硫酸还原细菌等的作用而腐蚀。电子设备、集成电路、绝缘材料等均可受到真菌的侵蚀,由于真菌的菌丝能导电,因此常能引起有关设备的失灵。羊毛、棉纱、尼龙、聚酯及其制品,也常受到微生物的侵蚀而变质或腐烂。玻璃及其制品和显微镜、望远镜及照相机等器材的光学部分在温暖潮湿的条件下,都会由于曲霉、青霉等的生长繁殖而受腐蚀。

3. 农业产品中的微生物污染 粮、油原料及其制品,含有丰富的养分,它们是微生物的天然培养基,如果其他条件适宜,真菌、细菌、酵母菌等微生物就会迅速地繁殖起来导致粮油变质、发霉、腐败。肉、蛋、奶、水果和蔬菜等食品的表面都生活着很多的微生物,如果保存不当,常引起食品的变质和腐败。罐头是人们保存食品的方法之一,但肉类罐头中存在着枯草杆菌、梭菌等菌群。由于芽孢的抗热性很强,在罐头制作过程中虽然经过了高温处理,在一些肉类罐头中仍能检测出嗜热脂肪芽孢杆菌、耐热厌气性的腐败梭菌等,它们是造成罐头腐败的主要原因。

### (二) 微生物的有益作用

微生物在工农业生产中的应用,涵盖了医药制造、食品加工、化工生产、冶金采油、污水处理、环境保护、创新能源等多个领域。特别值得重视的是,微生物在物质循环、能源再生和环境保护中的巨大作用使我们更有理由强调:没有微生物,人类和动物就将无法生存。

1. 微生物与自然界的物质循环 微生物是自然界中许多有机物的分解者和转化者,如果没有它们的作用,自然界中各类元素及物质就不可能被周而复始地循环利用,生态平衡就会破坏,



整个生命世界就会绝灭,人类自然也就无法生存。

碳素是构成各种生物体最基本的元素,碳素循环包括  $\text{CO}_2$  的固定和  $\text{CO}_2$  的再生。植物和藻类,以及光合微生物,通过光合作用固定自然界中的  $\text{CO}_2$ ,合成有机碳化合物,进而转化成各种有机碳化合物。动物以植物为食物,经过生物氧化释放出  $\text{CO}_2$ ,动物、植物的尸体经微生物完全降解(即矿化作用)后,最终主要产物之一也是  $\text{CO}_2$ 。通过这些生物和非生物过程产生的  $\text{CO}_2$  随后又被植物和光合微生物利用,开始新的碳素循环。

氮素是构成生物体的另一种必需元素,自然界中的氮素循环包括许多转化作用。空气中的氮气被固氮微生物及植物与微生物的共生体固定成氨态氮,经过硝化微生物的作用转化成硝态氮,后者被植物或微生物同化成有机氮化物。动物食用含氮的植物,又转变成动物体内的蛋白质。动物、植物、微生物的尸体及排泄物被微生物分解后,又以氨的形式释放出来,这种过程叫做氨化作用。由硝化菌产生的硝酸盐在无氧条件下被一些微生物还原成为氮气,重新回到大气中,开始新的氮素循环。微生物在氮素循环中的几种作用归纳为:固氮作用、硝化作用、同化作用、氨化作用和反硝化作用。

自然界中的硫和硫化氢被微生物氧化成为硫酸盐,后者被植物和微生物同化成为有机硫化物,构成其自身组分。动物食用植物和微生物,将其转化成为动物有机硫化物。当动、植物的尸体被微生物分解时,含硫的有机质主要是蛋白质降解成为硫化氢,进入到环境中。此外,环境中的硫酸盐在缺氧条件下,能被微生物还原成为硫化氢。微生物在自然界的硫循环中,参与了各个过程:脱硫作用、硫化作用、硫同化作用和反硫化作用(硫酸盐还原作用)。

磷是包括微生物在内的所有生命体中不可缺少的元素。在生物大分子核酸、高能化合物 ATP 以及生物体内糖代谢的某些物质中,都有磷的存在。在自然界中,磷的循环包括可溶性无机磷的同化、有机磷的矿化、不溶性磷的溶解等。可溶性的无机磷化物被微生物吸收后合成有机磷化物,成为生命物质结构组分(同化作用)。在土壤中,许多细菌、放线菌和真菌等含有植酸酶和磷酸酶,能够将含磷的有机物分解(异化作用),产生的无机磷化物可被植物吸收利用。土壤中的磷酸或可溶性的磷酸盐与土壤中的一些盐基结合,形成不溶性的磷酸盐。在天然水体中,大部分的磷存在于水下的沉积物中。不过,生活在土壤和水体中的一些微生物,通过代谢产生的硝酸、硫酸和有机酸又可将不溶性的磷酸盐溶解,从而

使自然界中的磷素循环周而复始地不断进行。

**2. 微生物与能源再生** 未来社会,能源问题是人类所面临的一大突出难题。煤、石油、天然气等资源使用后不能再生或回收,总有用尽的时候。微生物在解决能源危机过程中将发挥其他生物无法替代的作用。

(1) 沼气发酵:微生物可通过厌氧发酵,把多种有机物转化为能燃烧的甲烷。我国地少人多,生态脆弱,推广沼气发酵,不仅可以解决农民的燃料问题,而且有利于农村粪便的处理和环境的改善。城市利用工厂废料和垃圾发酵沼气,除了清洁环境外,也可为城市提供一定的能源。

(2) 乙醇发酵:乙醇生产在中国已有上百年的历史。为了解决石油紧缺的难题,通过微生物发酵生产乙醇代替汽油,在节约能源的实践中发挥了重要的作用。

(3) 氢燃料的研发:氢气是可用于汽车燃料的新能源之一。用微生物发酵法生产氢的研究,上世纪 70 年代就已经在日本起步。我国多家科研单位正在对这方面课题进行攻关研究。

**3. 微生物与环境保护** 自然界的动植物残骸、人类的生活垃圾和工业垃圾,都依赖于微生物降解。在众多的垃圾、污水、废水处理中,微生物学的处理方法因具有经济方便、效果好的突出优点而被广泛应用。微生物将废弃物、污染物中的含碳有机物分解成  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CH}_4$  等气体;将含氮有机物分解成氨、硝酸、亚硝酸和氮;能使汞、砷等对人类有毒的重金属盐在水体中进行转化,以便于回收或除去。几乎所有的污水处理都是靠微生物的作用完成。污水和污物处理中既需要微生物分解和除掉各种有害物质,还要靠微生物进行除臭。另外,农业生产中,因化肥、农药、除草剂过量使用导致的农田土壤污染已成为严重的环保问题,而土壤污染带给水果、蔬菜、粮食的污染对人类造成的危害更不可低估。净化土壤,也要靠微生物发挥作用。

**4. 微生物与人类健康** 人体肠道中含有有很多种微生物,其中主要有大肠埃希菌、产气杆菌、变形菌、粪产碱菌、产气荚膜梭菌、乳酸杆菌和螺旋体等。人体为这些微生物提供了良好的栖息场所,而这些细菌生活在肠道中能合成维生素以及氨基酸以供人体吸收利用。人体正常菌群的生理作用越来越显示出其对人体健康的有益作用。抗生素的生产和微生物制药都是依赖微生物实现的。

**5. 微生物与人类日常生活** 工业微生物涉及食品、制药、冶金、采矿、石油、皮革、轻化工等多种行业。通过微生物发酵途径生产抗生素、丁醇、维生素 C 以及一些风味食品的制备等;某些

特殊微生物酶参与皮革脱毛、冶金、采油采矿等生产过程,甚至直接作为洗衣粉等的添加剂;另外还有一些微生物的代谢产物可以作为天然的微生物杀虫剂广泛应用于农业生产。对工业微生物开展的基因组研究不断发现新的特殊酶基因及重要代谢过程和代谢产物生成相关的功能基因,并将其应用于生产以及传统工业、工艺的改造,同时推动现代生物技术的迅速发展。

微生物不仅有适应各种环境和条件的特殊功能,而且有利用各种原料、制作各种产品的独特作用。食品中的面包、奶酪、酸奶、酸菜,各种发酵饮料如啤酒、白酒、葡萄酒、酱油、醋、味精等调味品,各种抗生素、维生素和其他微生物药品,各种微生物性保健品等都由微生物发酵而来。一些极端微生物可以生活于高寒、高温、高压、高酸、高碱等多种其他生物难以承受的环境中,创造或生产出人类所需要的特殊产品或解决人类无法解决的问题。开发利用极端微生物的极限特性可以突破当前生物技术领域中的一些局限,建立新的技术手段,使环境、能源、农业、健康、轻化工等领域的生物技术能力发生革命。来自极端微生物的极端酶,可在极端环境下行使功能,将极大地拓展酶的应用空间,是建立高效率、低成本生物技术加工过程的基础,例如 PCR 技术中的 TaqDNA 聚合酶、洗涤剂中的碱性酶等都具有代表意义。极端微生物的研究与应用将是取得现代生物技术优势的重要途径,其在新酶、新药开发及环境整治方面应用潜力极大。

**6. 微生物与生命科学的进步** 由于微生物体积小、结构简单、繁殖快、对外界反应敏感、易变异等特点,使其作为生命科学研究和探索的最佳模式材料。微生物已经成为现代生命科学在分子水平、基因水平、基因组水平和后基因组水平研究的基本对象和良好工具。微生物和微生物学的理论与研究技术正在被广泛应用于其他生命科学研究中,推动着生命科学的日新月异,直接和间接地推动着人类文明的快速发展。现代生命科学的许多前沿成果大多来自于对微生物的研究。生物遗传变异、基因表达、基因调控、代谢途径等生命规律的阐明,基因工程和分子生物学的兴起和应用都是从微生物入手,进而推广到高等动植物和人类。迄今为止,多数诺贝尔医学或生理学奖获得者的科研成果都是以微生物为研究对象或与微生物有关而取得的。据有关统计表明,从 1901 年到 2008 年 191 名诺贝尔生理学或医学奖获得者中,从事微生物领域研究的就有 54 名(详见附录)。微生物学发展史上的重大事件表明微生物学的发展对世界的文明进步做出了巨大贡献。

### 第 3 节 卫生微生物学 与相关学科的关系

卫生微生物学是微生物学的一个重要分支,它与许多相关学科既有联系又有区别。

#### 一、微生物学及其分科

微生物学是一门研究微生物的形态构造、生理代谢、遗传变异和分类进化等生命活动基本规律,并将其应用于医药卫生、工农业生产和环境保护等实践领域的科学。其根本任务是控制、改造或消灭有害微生物,发掘、利用、改善和保护有益微生物,为人类社会的进步服务。微生物学经过百余年的发展,已分化出大量的分支学科,据称已达 180 余门。

根据研究目的不同,首先可将微生物学分为基础微生物学(或普通微生物学)和应用微生物学两大类。基础微生物学主要是研究微生物的基本生命活动规律,应用微生物学则主要是研究微生物在各领域中的应用。

基础微生物学(general microbiology)根据研究性质可分为微生物生物学(microbial biology),微生物生理学(microbial physiology),微生物遗传学(microbial genetics),微生物生态学(microbial ecology),微生物分类学(microbial taxonomy)和分子微生物学(molecular microbiology)等;根据研究对象可分为病毒学(virology),细菌学(bacteriology),真菌学(mycology)和原生动物学(protozoology)等(图 1-1)。

应用微生物学根据微生物与人类的关系分为有益微生物的利用和有害微生物的控制两类。有益微生物的利用按微生物所处的生态环境可分为土壤微生物学(soil microbiology),空气微生物学(air microbiology),水微生物学(water microbiology),海洋微生物学(marine microbiology)和环境微生物学(environmental microbiology)等;按应用领域或行业可分为农业微生物学(agricultural microbiology),工业微生物学(industrial microbiology),发酵微生物学(fermentation microbiology),药用微生物学(drug or medicine microbiology)和食品微生物学(food microbiology)等。有害微生物的控制可分为卫生微生物学(sanitary microbiology or public health microbiology),医学微生物学(medical microbiology),兽医微生物学(veterinary microbiology),植物微生物学(plant microbiology)和传染病学(epidemiology)等(图 1-1)。



根据微生物学的研究方法和与其他学科的交叉、融合又可以分为很多门类。

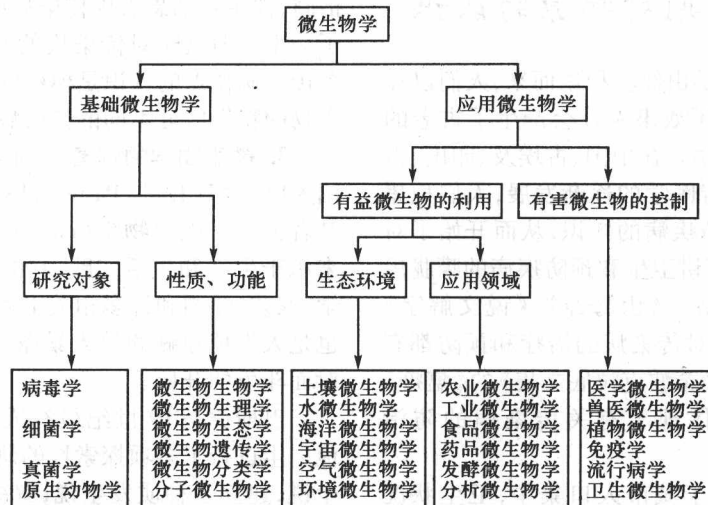


图 1-1 微生物学分类

## 二、卫生微生物学与相关学科的关系

卫生微生物学是一门理论与实践紧密结合的学科,有其独立的研究内容和方法,与其他相关学科既有联系又有区别。与卫生微生物学相关的微生物学分支学科有医学微生物学,环境微生物学,微生物生态学,土壤微生物学,水微生物学,食品微生物学,药品微生物学,实验微生物学,卫生微生物学检验等。与卫生微生物学相关且作为卫生微生物学基础或支柱的其他学科有生物学,细胞生物学,分子生物学,遗传学,生态学,微生物生态学,动物学,植物学,卫生学,卫生化学,生物化学,生物工程学,基因工程学,基因组学,蛋白组学,代谢物组学,免疫学,传染病学,流行病学,卫生统计学和生物信息学等。

卫生微生物学与普通微生物学及医学微生物学的区别在于:普通微生物学是研究微生物的分类、命名、形态染色、生理和生化特性、遗传与变异、与环境和人的关系,以及分离、培养和鉴定方法等;医学微生物学则研究可引起人类及相关动物疾病的病原微生物的生物学特性、致病性及免疫性,以及人类为防控这些病原微生物所采取的诊断、预防和治疗措施;卫生微生物学不仅研究病原微生物,而且还研究人类生存环境中的所有微生物。卫生微生物学主要研究各种生态环境下微生物的生长、繁殖、遗传、变异、更替,各种微生物种群和群落与其生境之间相互作用的规律,即土壤、水、空气、人、动物、植物和其他生境

下各种微生物群落与环境中诸多因素和微生物种群之间相互作用、相互影响及其对环境和其他机体构成的有利和有害作用的规律;同时还研究这些微生物对人类健康的影响及人类应对、控制、利用这些微生物的方略。另一方面,卫生微生物学的各种研究方法和模型、卫生微生物学指标及标准、在各类生产、生活、产品、环境和物品中的控制和干预措施等对其他相关学科也是一个完善和补充,而相关基础学科和应用学科的研究成果又大大地推进了卫生微生物学的发展。

## 第4节 卫生微生物学的发展历程

卫生微生物学是在预防医学和微生物学的基础上建立和发展起来的,卫生微生物学的发展史其实就是医学和微生物学的发展史,只是在我们回顾性的研究中挖掘出了贯穿其中的卫生微生物学的观点和理念。

自有人类历史以来,人类的祖先在生产实践和与大自然搏击的生存斗争中积累了同创伤、病痛和瘟疫做斗争以防病健身、促进健康的丰富经验,创立和发展了生物医学。长期以来,瘟疫、战争与灾荒、构成了人类生存的三大威胁,人类的健康史其实是一部与致病微生物所引起的传染病做斗争的历史。然而,在17世纪以前,人们一直为一种肉眼看不见的神秘恶魔所威胁和困扰,对其束手无策,直到1674年,荷兰人列文·虎克发明了能看见微小生物的显微镜后,人们才得以逐渐认识微生物。研究微生物与环境及人类关系的卫生微生物学是微生物学的重要分支,其历史渊源久远而学科建立较晚。

## 一、启蒙时期对病原的认识

原始社会的医学由经验积累而来,人们以经验为他人治病。到了奴隶制社会产生了古老的民间医学和僧侣医学。在中国、古埃及、印度、古希腊和古罗马,随着医学的逐渐发展,人们积累了诊断、治疗和预防疾病的知识,从而开始了对病原的认识,具有了讲卫生和预防疾病的朦胧思想。中国史书《周易》、《山海经》、《说文解字》和《礼记·曲礼》等对传染病的治疗和预防都有记载。古希腊史书《希波克拉底文集》的《瘟疫》和《急症饮食》中体现了有关传染病的防治原则。

在封建社会由于城市人口集中,卫生状况差,鼠疫、伤寒、天花及霍乱等病肆虐,麻风、梅毒等传染病广泛流行,对人类构成严重威胁。据记载,我国明朝万历八年(1580年),“大同瘟疫大作,十室九病,传染者接踵而亡,数口之家,一染此疫,十有一二甚至阖门不起者”。万历《山西通志》卷26记载,潞安“是岁大疫,肿项善染,病者不敢问,死者不敢吊”。这些卫生微生物引起的相关危害,使人们从早期的朦胧认识到急于探索、认识相关危害的本质,进而促进了微生物的发现。

## 二、实验卫生微生物学时期

生存斗争和生产力的发展促进了自然科学和社会科学的发展,它又极大地推动了医学的发展和进步,卫生微生物的研究步入了实验卫生微生物学时期。

**1. 微生物的发现** 17世纪,荷兰人列文·虎克(Antony van Leeuwen-hoek, 1632~1723)用自己磨制的透镜,装配了世界上第一部能放大266倍的显微镜。显微镜的发现开创了实验微生物学,他不久即发现和记载了污水、齿垢、粪便等中有球形、杆状和螺旋样等形态的微小生物,为微生物的存在提供了科学证据。列文·虎克的一生致力于在微观世界中探索,发表论文402篇,其中《列文·虎克发现的自然界的秘密》是人类关于微生物研究的最早专著。

**2. 对微生物的卫生学认识** 19世纪初叶,欧洲发生天花、霍乱、斑疹伤寒大流行,而医院内与流行病传染无关的手术后感染很猖獗,医院的病室成了传染源。许多外科医生从实践中得出必须保持手术室和病房清洁的结论,这时卫生微生物的基本意识开始萌发。匈牙利人塞麦尔威斯(Semmelweis, 1818~1865)在他的教学医院里

(1847年)主张用石灰消毒病室,因采取了预防措施,他主管的患者因传染病而死亡的人数减少了一半。但这时对传染病的共同传染原因和每个传染病特点的认识是模糊的,不能根据病原微生物的特性区分不同的传染病。

**3. 微生物学的创建** 到19世纪后半叶,法国人巴斯德(Louis Pasteur, 1822~1895)作为奠基者创建了微生物学(microbiology)。微生物学来源于生产和生活实践,它的出现使医学、生物学、农艺、酿酒和许多相关工业发生了重大改变,也是人类把隐藏的敌人暴露出来并与之进行面对面斗争的开始。

巴斯德是19世纪最有成就的科学家之一,他一生进行了多项探索性的研究,否定了自然发生说,建立了种质发生说;解决了酿酒酸败的难题,发明了“巴氏消毒法”,该方法至今还应用在各种食物和饮料的消毒上;研制出了炭疽疫苗和狂犬病疫苗,成功地预防了炭疽病和狂犬病,创建了现今所用疫苗的原理。后来,他开始研究人、禽、畜的传染病(狂犬病、炭疽病和鸡霍乱等),创立了病原微生物是传染病因的正确理论和应用菌苗接种预防传染病的方法。巴斯德在微生物学各方面的科学研究成果,促进了医学、发酵工业和农业的发展。1889年,巴斯德发明了狂犬病疫苗,可使人抵御可怕的狂犬病。其他科学家应用巴斯德的基本思想先后发展出抵御许多种严重疾病的疫苗,如预防斑疹伤寒和脊髓灰质炎等疾病的疫苗等。虽然在他之前英国医生琴纳发明了牛痘接种法,但有意识地培养、制造成功免疫疫苗,并广泛应用于预防多种疾病,非巴斯德莫属。

在创建微生物学过程中,另一位有突出贡献的科学家是德国医生郭霍(Robert Koch, 1843~1910)。他创用的固体培养基对从环境和患者标本中培养、分离、纯化和鉴定细菌的特点和染色方法以及多种病原菌的发现提供了重要的实验手段。他先后发现了炭疽芽孢杆菌(1876年)、结核分枝杆菌(1882年)和霍乱弧菌(1883年)。在他的带动下,在19世纪的后20年中,许多重要的传染病病原体相继被发现,如痢疾志贺菌、伤寒沙门菌、白喉杆菌、葡萄球菌、破伤风梭菌、肉毒梭菌、脑膜炎奈瑟菌、鼠疫耶尔森菌等。为表彰他在传染病预防研究中的卓越成绩,1905年的诺贝尔医学奖颁发给了他。郭霍还提出了著名的确定某种病原引起特定传染性疾病的验证标准,即郭霍法则(Koch's postulate)。

俄国的伊凡诺夫斯基(Dmitri Ivanowski, 1864~1920)于1892年发现了第一个病毒——烟草花叶病毒(tobacco mosaic virus, TMV)。其

后学者们又发现了口蹄疫病毒、黄热病病毒和细菌病毒(噬菌体);随后相继又分离出许多人和动物、植物的致病性病毒,极大地丰富了微生物学。

### 三、近代与现代微生物学

#### (一) 疾病预防的卫生学起源

随着微生物学的发展,免疫学随之产生。事实上早在公元10世纪人们已对传染与免疫有了较为明确的认识。公元998~1022年,我国北宋真宗时传说峨眉山人为王旦之子种痘;1348年,突尼斯港成立检疫所;1376年,拉格撒(Ragusa)制定30d(后改为40d)检疫制度;1383年,马赛港第一次检疫。有关卫生学的认识和实践也在同一时期兴起,1388年,英国首创卫生法案。到18世纪末,英国琴纳(Edward Jenner, 1749~1823)使用牛痘预防天花,为疾病预防学开创了广阔途径。

**1. 卫生学学科的形成** 在18世纪末至19世纪初,由于资本主义社会的发展,卫生学也随之发展成为一门科学。工人由于劳动条件极差,各种流行病如肺结核等摧残了正是壮年的工人,儿童的病死率很高。受法国和英国工人运动的影响,卫生学、环境卫生学和流行病学方面的工作开展起来。德国的彼腾科费尔(M. Pettenkofer, 1818~1901)采用实验研究的方法,为卫生学打下了科学的基础。

**2. 科学的发展促进学科的分化** 19世纪末至20世纪初是微生物学发展的黄金年代,全球在巴斯德和郭霍的微生物辉煌事业的影响下,形成了研究病原生物的热潮,传染病的大部分病原体均被发现,形成了“微生物主要是有害的”的片面观点。随着科学的进步与研究的深入,人们渐渐从正常微生物群(normal microbiota)、微生物生态学(microbial ecology)和微生态学(microecology)角度审视和研究微生物,并在防治和利用微生物为人类卫生保健服务的研究方面不断地取得了新的成就。

疫情促进了公共卫生事业和医学的发展。1865~1875年,霍乱第4次大流行,迫使人们注意水源、食品、环境等的卫生状况,促成了公共卫生学的建立,并从公共卫生的角度重新考虑城市规划,用几何布局和拓宽街道来改善过于拥挤繁杂的旧城。此间,约翰·斯诺对伦敦霍乱流行进行的医学调查,开创了早期的流行病学工作。从卫生学的需要出发,1919年,美国在耶鲁大学和霍普金斯大学分别建立了卫生

系;1920年,莫斯科成立国家科学公共卫生研究所;1929年(民国十八年),我国设立卫生部,下设医政、保健、防疫、统计等科,1930年,设立海关检疫处,1932年,卫生部设立中央卫生设施实验处,作为学术研究机构,下设九个系,从事微生物、疫苗、寄生虫等公共卫生方面的研究。与此同时,卫生微生物学也萌发和派生出来。

#### (二) 卫生微生物学学科的确立

20世纪是现代微生物学快速发展的时期。随着化学、生物学、生物化学、物理学、光学、遗传学、分子生物学、细胞生物学、生物工程学、免疫学、生态学和微生态学等学科的进展,以及电子显微镜技术、酶免疫及酶组化技术、厌氧培养技术、气相和液相色谱技术、各种标记技术和放射免疫分析技术的应用使微生物学得到了极其迅速地发展和壮大。微生物学产生了很多分支学科,如细菌学(bacteriology)、病毒学(virology)、免疫学(immunology)、临床微生物学(clinical microbiology)、药品微生物学(medicine microbiology)、兽医微生物学(veterinary microbiology)、口腔微生物学(oral microbiology)、食品微生物学(food microbiology)、环境微生物学(environmental microbiology)、水微生物学(aquatic microbiology)、土壤微生物学(soil microbiology)、微生物生态学(microbial ecology)、卫生微生物学(sanitary microbiology)或公共卫生微生物学(public health microbiology)等。卫生微生物学是在全球生产高速发展、交通快捷、外贸大发展、各种交流频繁、经济飞速发展、生活水平不断提高、科学高速发展与太空探索热潮迭起的同时引发能源危机、水资源危机、环境污染日趋严重、新病原因子不断发现、战争不断等因素的催化下建立。

**1. 世界各国的卫生微生物学** 微生物学研究来源于实践并以解决工业和医学中的问题为目的,一开始就涉及卫生微生物学问题,然而卫生微生物学作为学科在全世界尚不统一。在欧美有些大学称为卫生微生物学,有的称为应用微生物学,有的称为微生物在公共卫生中的应用,有的称为公共卫生微生物学等。大多数医学和公共卫生学院的课程中均有卫生微生物学的内容。

**2. 我国的卫生微生物学** 我国卫生微生物学第一部教材于1983年出版,确立了卫生微生物学作为公共卫生专业基础课的地位,同时也标志着卫生微生物学学科在我国的建立。在我国,卫生微生物学通过20多年的发展历程,已得到公共卫生、预防医学及医疗卫生领域的广泛认同