

# 消毒与灭菌基础

## 1000问

北京国医械华光认证有限公司 编著  
中国医学装备协会医疗复用管理分会

李元春 王 瑾 张喜维 主编



 中国质量标准出版传媒有限公司  
中国标准出版社

# 消毒与灭菌基础 1000 问

北京国医械华光认证有限公司  
中国医学装备协会医疗复用管理分会

编著

李元春 王 瑾 张喜维 主编

中国质量标准出版传媒有限公司  
中国标准出版社

北 京

## 图书在版编目(CIP)数据

消毒与灭菌基础 1000 问 / 北京国医械华光认证有限公司, 中国医学装备协会医疗复用管理分会编著. —  
北京: 中国质量标准出版传媒有限公司, 2023. 6

ISBN 978-7-5026-5158-9

I. ①消… II. ①北… ②中… III. ①医院-消毒-  
问题解答 IV. ①R187-44

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 063466 号

### 内容提要

本书依据近年来我国颁布的法规、技术规范和相关标准, 采用问答形式详细介绍了医疗器械生产、复用、清洁、消毒和灭菌等方面的基础理论知识、基本操作技术和相关规范。本书主要内容包括临床微生物、环境卫生要求、常用消毒、灭菌方法、消毒剂应用中的质量控制、复用医疗器械清洗、消毒与灭菌、最终灭菌医疗器械包装、常用数据统计与分析、《中华人民共和国药典》(2020 年版) 相关要求等。

本书编委为医疗机构一线专家和管理者、医疗器械生产企业专家及骨干。本书内容丰富、框架清晰、形式新颖、实用性强, 适用于各医疗机构、医疗器械生产企业从业人员、检测人员及监管人员阅读。

中国质量标准出版传媒有限公司 出版发行  
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100029)  
北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室: (010) 68533533 发行中心: (010) 51780238

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 787×1092 1/16 印张 21.25 字数 409 千字  
2023 年 6 月第一版 2023 年 6 月第一次印刷

\*

定价 108.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

## 本书编委会

主 编：李元春 王 瑾 张喜维

副主编：董 旭 颜秋雨 秦 蕾 陈 敏 宋笠勤  
钱 军 卫志刚 黄培灿

编 者：李艳艳 汪友琼 胡 琼 康 洁 袁桂英  
张 荷 张望龙 张 婷 赵春花 卫 笑  
陆元丞 姚 龙 王长信 孙 远 李 文  
李 欣 吕连生 贺孟萍 索 娜

# 序 一

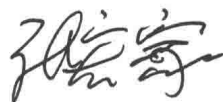
《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》（简称“十四五”规划）将构建强大的公共卫生体系置于全面推进健康中国战略的首位。“十四五”规划提出改革疾病预防控制体系、建立稳定的公共卫生事业投入机制、落实医疗机构公共卫生责任等重要发展方向，与之相关的行业和部门被赋予了重要责任。

医疗质量安全管理是医院管理的核心和永恒主题，是深化医疗卫生体制改革和促进医疗卫生发展的重要内容。预防和控制医院感染是保证医疗质量和患者安全的一项非常重要的工作。随着医学技术的发展，整个医疗系统愈加庞大和复杂，医院感染防控工作面临越来越多的挑战：新的病原体、多重耐药菌感染不断增多，侵入性诊疗技术广泛应用，由慢性非传染性疾病患者、老年人以及儿童构成的易感人群队伍迅速增加，导致医院感染的传染源、传播途径和易感人群都发生了很大改变。我国政府高度重视医院感染防控和医疗安全工作，采取一系列措施加强医院感染防控工作，尤其是在新型冠状病毒肺炎疫情爆发之后，出台了一系列法规、标准，针对医院感染管理的重点部门、医疗器械的生产使用、复用医疗器械的清洗消毒给予技术性的指导和规范，契合了时代、专业和管理的要求。

北京国医械华光认证有限公司和中国医学装备协会医疗复用管理分会携手致力于医疗器械生产、研发、安全应用、复用医疗器械再处理等感染控制关键领域的专家学者，结合我国近年来发布的标准、法规和技术规范，共同编著了《消毒与灭菌基础 1000 问》一书。他们辛勤耕耘、锐意进取的职业风范，以及为保障患者安全、持续改进医疗质量所做出的不懈努力，值得广大医院管理者、医院感染管理专业人员和医务工作者不断传承学习。

我衷心祝贺本书顺利出版！衷心希望所有为医疗安全、患者安全做出不懈努力的专家学者不忘初心，奋勇前行，以崇高的责任感和使命感，继续引领医疗质量安全事业筑梦远航，再创辉煌，为实现健康中国战略的目标做出积极的贡献！

中国医学装备协会医疗复用管理分会会长  
首都医科大学附属北京安贞医院院长



2023 年 4 月

## 序 二

消毒与灭菌是大家熟悉的术语，是人类与危害公众生命安全健康的细菌、病毒等微生物作斗争的重要手段和技术。消毒是杀灭或清除传播媒介上的病原微生物，使其达到无害化的处理。消毒可以使物品上存活微生物的数量减少到预先规定的水平，以满足下一步处理和使用的需要。灭菌是杀灭或消除医疗器械、器具和物品上一切微生物的处理，灭菌过程应当经过确认。

人类和微生物共同组成生态系统，相互依存、相互作用。微生物是人类发展必不可少的生态伙伴，是人类生命演化、迭代发展的重要驱动力。但是病原微生物对人类生命安全健康造成了危害，人类进步的历史也是人类与病原微生物引发的传染病作斗争的历程。

我国党和政府一贯高度重视健康产业的消毒与灭菌产品的监管和发展，发布了一系列法规、标准、规章以及规范性文件和技术作业指导文件，要求生产企业建立规范的质量管理体系，并按照质量管理体系要求和适用的法规要求进行消毒与灭菌产品的设计和开发、生产、贮存、流通、安装或服务并最终停用与处置以及相关的活动，实施全生命周期管理。医疗器械生产企业质量管理体系的有效运行确保了消毒与灭菌产品安全有效、质量可控。国家在对消毒与灭菌产品实施最严格监管的同时，还从战略发展的高度发布了一系列产业政策，促进包括消毒与灭菌产品在内的健康产业高质量发展，更好地维护和保障人民群众生命安全健康。

为了助推生产企业和医疗卫生机构等依据法规、标准等要求，进一步理解和应用消毒与灭菌的基础理论知识和相关技术及技能，解决医疗器械生产和应用实践中出现的各种问题，促进企业提升质量管理水平，提高消毒与灭菌产品质量和应用的有效性，李元春、王瑾和张喜维主编以及编委会的各位专家，依照多年以来耕耘消毒与灭菌领域的丰富实践经验，有的放矢地汇集了生产企业、医疗卫生机构等在消毒与灭菌实践中需要关注和解决的具体问题，以一问一答的编排形式，精心编写了《消毒与灭菌基础 1000 问》。本书针对消毒与灭菌实践中需要解决各类实际问题答疑解惑，指点迷津，为企业指出解决问题的路径和方法，实现为生产企业和医疗卫生机构等排忧解难、提升质量认知和能力的宗旨。读者可通过章节目录查询相关的问题及其答案，易于检索、使用方便，充分体现了本书的

基础性和实用性。正如本书编者李欣所言：

消毒灭菌疑难多，  
一知半解容易错。  
专家坐镇书中说，  
千问千答解人忧。

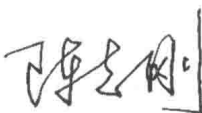
本书适用于医疗器械生产企业、医疗卫生机构、监督管理机构以及相关方的工作人员，也可用于社会各界使用消毒与灭菌产品的组织和个人。本书有助于共同构建消毒与灭菌安全有效的防线，节约资源、保护生态，促进消毒与灭菌产业高质量发展。

这里要说明的是李元春主编已至耄耋之年，于 2019 年启动策划编写本书，历经三年，克服了各种各样的困难，付出了很多心血和辛劳，与王瑾和张喜维主编及编委会的多位专家一起共同努力，终促成本书出版发行，将工作成果奉献于社会。在此向他们表示衷心的感谢和崇高的敬意。

本书在编写过程中得到中国医疗器械行业协会医疗器械包装专业委员会、上海建中医疗器械包装股份有限公司、北京中科信源科技有限公司、河南省医疗器械商会、河南驼人医疗器械集团有限公司、北京弘润清和医疗技术服务有限公司等单位的支持和指导，在此表示衷心的感谢。本书由北京国医械华光认证有限公司和中国医学装备协会医疗复用管理分会共同编著，在此向中国医学装备协会医疗复用管理分会表示衷心感谢。

《消毒与灭菌基础 1000 问》是千问之书，消毒与灭菌领域发展过程中将会有更多需要探索和解决的问题，让我们一起共同努力完善！

北京国医械华光认证有限公司董事长



2023 年 4 月

# 前 言

消毒、灭菌不仅是一门科学，也是人类与疾病作斗争的武器。近年来，我国颁布了一系列消毒、灭菌标准和法规，高等医学院校也出版了相应的教材，但在实践中，医疗机构、医疗器械生产企业仍会出现一些问题。为解决这些实际问题，北京国医械华光认证有限公司、中国医学装备协会医疗复用管理分会组织各方专家编著了《消毒与灭菌基础 1000 问》一书。本书着眼于我国颁布的有关消毒、灭菌的标准和法规，紧密结合医疗机构、医疗器械生产企业亟待解决的问题进行解答，希望与读者共同学习，为患者和医者提供安全、有效的医疗器械及安全的医疗环境，节约资源，保护生态，满足社会发展的需要。

本书编委结合各自的工作经验，收集总结了国内外消毒、灭菌的新知识和新动态，供同行参考。为方便读者解决实际问题，编委会专家经多次讨论，决定采用问答方式编写本书。本书内容丰富，涵盖了临床微生物、环境卫生要求、常用消毒、灭菌方法、消毒剂应用中的质量控制、复用医疗器械清洗、消毒与灭菌、最终灭菌医疗器械包装、常用数据统计与分析等实际工作中的问题。为了准确无误地向读者介绍解决问题的方法，我们在编写过程中多次征集专家及相关岗位从业人员的意见，力求解答准确、实用。

本书面向医疗器械生产企业相关人员、医疗机构人员、防疫检测人员和监管人员，为其解决工作中遇到的问题提供方案和依据，提高从业人员的合规意识、水平，推动我国相关标准和法规的实施。

本书编委为医疗机构一线专家和管理者、医疗器械生产企业专家及骨干，书中每个问题都凝聚了编者的智慧，体现了他们认真、严谨、负责的态度，在此深表感谢。

感谢北京国医械华光认证有限公司和中国医学装备协会医疗复用管理分会（领导）自 2019 年本书筹备撰写至正式出版期间给予的大力支持和鼓励。

真诚盼望和欢迎来自各方面专家的不同意见和批评，本书编者将虚心接纳，促使本书更加完善，更具生命力和持久力。

李元春

2022 年 12 月 8 日

# 目 录

本书常用术语和定义 .....	1
第一章 临床微生物 .....	5
第二章 环境卫生要求 .....	21
第一节 医疗机构环境卫生要求 .....	21
第二节 医疗器械生产环境卫生要求 .....	29
第三章 常用消毒方法 .....	37
第一节 湿热消毒 .....	37
第二节 紫外线消毒 .....	39
第三节 臭氧消毒 .....	42
第四节 常用化学消毒剂的应用 .....	45
第五节 空气消毒剂通用要求 .....	66
第六节 黏膜消毒剂通用要求 .....	69
第七节 手消毒剂通用要求 .....	72
第八节 普通物体表面消毒剂通用要求 .....	76
第九节 医疗器械消毒剂通用要求 .....	82
第十节 疫源地消毒剂通用要求 .....	87
第十一节 紫外线消毒器卫生要求 .....	91
第十二节 次氯酸钠发生器卫生要求 .....	99
第十三节 酸性电解水生成器卫生要求 .....	103
第十四节 臭氧消毒器卫生要求 .....	112
第四章 常用灭菌方法 .....	124
第一节 干热灭菌 .....	124
第二节 蒸汽灭菌 .....	126

第三节	环氧乙烷灭菌	130
第四节	过氧化氢灭菌	143
第五节	过氧化氢气体等离子体低温灭菌器卫生要求	146
第六节	低温蒸汽甲醛灭菌	153
第七节	辐射灭菌	159
<b>第五章</b>	<b>消毒剂应用中的质量控制</b>	<b>167</b>
第一节	喷雾消毒效果评价方法	167
第二节	消毒剂稳定性评价方法	171
第三节	消毒剂金属腐蚀性评价方法	176
第四节	工艺用水及其质量控制	181
第五节	内镜消毒效果评价方法	200
第六节	消毒剂实验室杀菌效果检验方法	204
<b>第六章</b>	<b>复用医疗器械清洗、消毒与灭菌</b>	<b>217</b>
<b>第七章</b>	<b>最终灭菌医疗器械包装</b>	<b>240</b>
第一节	医疗机构最终灭菌医疗器械包装	240
第二节	最终灭菌医疗器械包装	249
第三节	有关杜邦 Tyvek®特卫强®医疗包装的常见问题	265
第四节	医用透气包装涂胶材料常见问题	270
<b>第八章</b>	<b>常用数据统计与分析</b>	<b>279</b>
<b>第九章</b>	<b>《中华人民共和国药典》(2020 年版) 相关要求</b>	<b>307</b>
第一节	无菌检查法	307
第二节	热原检查法	312
第三节	细菌内毒素检查法	316
<b>主要参考文献</b>		<b>323</b>

# 本书常用术语和定义

近年来我国发布的法规和标准涉及诸多医疗器械消毒、灭菌的术语和定义，为了方便读者对本书内容的理解，特将常用术语和定义列出。

## 1. 抑菌 bacteriostasis

采用化学或物理方法抑制或妨碍细菌生长繁殖及其活性的过程。

[来源：消毒技术规范（2002），1.3.31]

## 2. 生物负载 bioburden

被测试的一个单位物品上承载活微生物的总数。

[来源：消毒技术规范（2002），1.3.26]

## 3. 生物指示物 biological indicator

含有活微生物，对特定灭菌过程提供特定的抗力的测试系统。

[来源：WS/T 367—2012，3.21]

## 4. 载体 carrier

试验微生物的支持物。

[来源：消毒技术规范（2002），1.3.29]

## 5. 化学指示物 chemical indicator

利用某些化学物质对某一杀菌因子的敏感性，使其发生颜色或形态改变，以指示杀菌因子的强度（或浓度）和/或作用时间是否符合消毒或灭菌处理要求的制品。

[来源：消毒技术规范（2002），1.3.3]

## 6. 洁净室（区） clean room (area)

需要对尘粒及微生物含量进行控制的房间（区域），其建筑结构、装备及其作用均具有减少对该房间（区域）内污染源的介入、产生和滞留的功能。

[来源：YY/T 0033—2000，3.9]

## 7. 洁净度 cleanliness

洁净环境中单位体积空气中含大于或等于某一粒径的悬浮粒子的允许统计数。

[来源：YY/T 0033—2000，3.10]

## 8. D 值 D value

D<sub>10</sub> 值 D<sub>10</sub> value

在设定的条件下，灭活 90% 的试验菌所需的时间。

[来源：WS/T 367—2012，3.27]

## 9. 消毒 disinfection

清除或杀灭传播媒介上病原微生物，使其达到无害化的处理。

[来源：WS/T 367—2012，3.4]

## 10. 消毒剂 disinfectant

用于杀灭传播媒介上的微生物，使其达到消毒或灭菌要求的制剂。

注：消毒剂既包括由化学成分、生物成分和金属离子配制成的制剂，也包括由专门的发生器或生成器产生的次氯酸钠、臭氧气体、臭氧水、酸性氧化电位水、微酸性电解水和二氧化氯等。

[来源：GB 38850—2020，3.1]

## 11. 医疗器械 medical device

用于人类的仪器、设备、工具、机械、器具、植入物、体外使用试剂、软件、材料或其他类似/相关物品，其预期使用由制造商确定，不论单独使用或组合使用，以达到下列一个或多个特定的医疗目的：

- 疾病的诊断、预防、监护、治疗或缓解；
- 损伤的诊断、监护、治疗、缓解或补偿；
- 生理结构或生理过程的查验、替代、调节或支持；
- 生命的支持或维持；
- 妊娠控制；
- 医疗器械的消毒；
- 通过对取自人体的样本进行体外检查的方式来提供信息；并且其在人体内或人体上的主要预期效用不是通过药理学、免疫学或代谢的方式实现，但这些方式可辅助实现预期功能。

注 1：在一些管辖区可能认为是医疗器械，但在另一些管辖区不认为是医疗器械的产品包括但不限于：

- 消毒物；
- 残障人士的辅助器具；
- 包含动物和/或人体组织的器械；
- 用于体外受精或辅助生殖技术的器械。

**注2:**我国法规《医疗器械监督管理条例》(国务院令第739号)中医疗器械的定义如下。

医疗器械是指直接或者间接用于人体的仪器、设备、器具、体外诊断试剂及校准物、材料以及其他类似或者相关的物品,包括所需要的计算机软件;其效用主要通过物理等方式获得,不是通过药理学、免疫学或者代谢的方式获得,或者虽然有这些方式参与但是只起辅助作用;其目的是:

- (1) 疾病的诊断、预防、监护、治疗或者缓解;
- (2) 损伤的诊断、监护、治疗、缓解或者功能补偿;
- (3) 生理结构或者生理过程的检验、替代、调节或者支持;
- (4) 生命的支持或者维持;
- (5) 妊娠控制;
- (6) 通过对来自人体的样本进行检查,为医疗或者诊断目的提供信息。

**注3:**医疗器械也称为医疗器材,是用于诊断、治疗、护理、支持、替代的器械、器具和物品的总称。根据使用中造成感染的危险程度,分为高度危险性医疗器材、中度危险性医疗器材和低度危险性医疗器材。

[来源:GB/T 42061—2022, 3.11, 有修改]

## 12. 中和剂 neutralizer

在微生物杀灭试验中,用以消除试验微生物与消毒剂混悬液中中和微生物表面上残留的消毒剂,使其失去对微生物抑制和杀灭作用的试剂。

[来源:WS/T 367—2012, 3.22]

## 13. 中和产物 product of neutralization

中和剂与消毒剂作用后的产物。

[来源:消毒技术规范(2002), 1.3.12]

## 14. 无菌 sterility

无微生物存活的状态。

[来源:GB/T 19971—2015, 2.45]

## 15. 灭菌 sterilization

杀灭或清除医疗器械、器具和物品上一切微生物的处理。

[来源:WS/T 367—2012, 3.9]

## 16. 无菌医疗器械 sterile medical devices

预期满足无菌要求的医疗器械。

**注:**对医疗器械无菌的要求,能按照适用的法规要求或标准执行。

[来源:GB/T 42061—2022, 3.20]

**17. 预防性消毒 preventive disinfection**

对可能受到病原微生物污染的物品和场所进行的消毒。

[来源：消毒技术规范（2002），1.3.24]

**18. 无菌检验 test for sterility**

产品经过灭菌处理后，按药典上的规定对产品进行技术操作。

[来源：GB/T 19971—2015，2.53]

**19. 无菌检查 test of sterility**

为确定单元产品或其部分上有或没有活微生物而进行的技术操作，是开发、确认或再鉴定的一部分。

[来源：GB/T 19971—2015，2.54]

# 第一章 临床微生物

## 一、何谓微生物？

答：微生物是自然界中的有生命物质，体积微小，结构简单，具有一定形态结构和生理功能，必须借助于光学显微镜或电子显微镜将其放大几百倍至几万倍才能观察到，包括细菌、病毒、真菌等。

## 二、何谓医学微生物学？

答：医学微生物学是研究病原微生物的形态、结构、生命活动规律以及与机体相互关系的一门学科，为人们学习临床各科的感染性疾病、传染病、超敏反应性疾病和肿瘤等奠定重要的理论基础。

## 三、微生物包括哪几类？

答：微生物的种类繁多，至少在十万种以上，按其结构组成等差异可分为三大类：

- (1) 非细胞型微生物，如病毒、亚病毒；
- (2) 原核细胞型微生物，如细菌；
- (3) 真核细胞型微生物，如真菌。

生物按分类系统被分为六个界：病毒界、真菌界、原核生物界、原生生物界、植物界和动物界。微生物按细胞结构特点属于以下三个界：以病毒为代表的非细胞型微生物，属于病毒界；以细菌为代表的原核细胞型微生物，属于原核生物界；以真菌为代表的真核细胞型微生物，属于真菌界。

## 四、微生物与人体的关系如何？

答：自然界中的微生物常以种群形式出现，各种不同的微生物种群与周围环境或人体共同形成生态系统。人体体表及胃肠道、呼吸道等与外界相通的腔道黏膜表面栖居的细菌数量相当于人体细胞数量的 10 倍，与人形成共生关系。许多微生物对人不仅无害，而且

有益，通常把这些在人体寄居的无害的细菌称为正常菌群。某类微生物只是在人抵抗力低下时才导致疾病，称为条件致病菌或机会致病菌。能引起人类和动植物发生疾病的微生物称为病原微生物。

## 五、微生物与环境有何关系？

答：环境的污染防治已成为科学界、公众、立法机构关注的焦点之一，微生物可能造成环境污染，同时微生物在控制环境污染方面也发挥重要作用。

### (1) 微生物对环境的污染主要是指对空气和水源的污染

空气中不存在固定的微生物群系，在空气中存在的微生物的种类和数量取决于环境中的污染源，其可通过多种途径进入空气，主要是含有细菌细胞和芽孢的菌尘、飞沫、飞沫核等气溶胶，由灰尘和液滴携带的微生物可被传播到数米甚至数千米远。有的微生物进入空气后几秒内死亡，有的可存活数周、数月或更长时间。

### (2) 微生物可作为环境污染的指示剂

许多微生物对空气污染物是敏感的，利用这种特性可以测定空气污染是否造成细胞破坏以及破坏的程度。

## 六、何谓细菌？细菌的特点是什么？

答：细菌（bacterium）是一类能够独立生活的，具有细胞壁的单细胞微生物。细菌的特点是体积小，结构简单，无典型的细胞核，即无核膜和核仁，只有核质；不进行有丝分裂，没有复杂的内膜系统和各种细胞器，有细胞壁；可独立进行生命活动；某些细菌可借助鞭毛运动。

## 七、细菌的表面结构包括哪些？

答：细菌表面存在一组极其复杂的结构包围着细菌细胞膜，其中许多结构与外界环境相接触，被称为细菌的表面结构，包括细胞壁、鞭毛、荚膜以及革兰氏阴性菌的菌毛。这些结构由不同的化学成分组成，发挥着各自不同的生物学功能。

## 八、细菌的基本形态有哪几种？

答：细菌属于原核细胞型微生物。细菌按其外形分为球形（球菌）、杆形（杆菌）和螺旋形（螺旋菌）三种。不同种类的细菌大小形态不一；同一种细菌的大小和形态也可因菌龄和环境因素的影响而改变。

## 九、细菌的基本结构包括哪些？

答：细菌的基本结构包括细胞壁、细胞膜、细胞质、核质。某些细菌具有特殊结构，如荚膜、微荚膜、鞭毛、菌毛、芽孢、异染颗粒等。

## 十、细菌生长繁殖的主要条件有哪些？

答：细菌的种类繁多，代谢过程多样。根据需要的营养物质不同，细菌分为两种营养类型。

(1) 以简单的无机物为原料，通过无机物氧化或光合作用获得能量，合成菌体成分的，称为自养菌。

(2) 需要利用多种蛋白质、糖类等有机物质作为营养和能量，合成菌体成分的，称为异养菌。

细菌生长繁殖的主要条件是营养物质、能源和适宜的环境（酸碱度、温度、气体环境）。

(1) 营养物质：一般细菌所需的营养物质有水分、无机盐、蛋白胨（或氨基酸）和糖等。

(2) 能源：维持细菌生命活动需要的能量，主要来自从外界摄取的有机化合物，特别是糖类和氨基酸，只有个别种类可从无机物中获得。生物体能量代谢的基本生化反应是生物氧化，各种细菌的生物氧化过程、代谢产物和产生能量的多少有所不同。病原菌合成细胞组分和获得能量的基质主要是糖类，通过糖的氧化或酵解释放能量，并以高能磷酸键的形式储存能量。

(3) 酸碱度：营养物质的吸收、分解及能量的产生都需要酶来参与。酶必须在适宜的酸碱度和温度下才能发挥作用。

(4) 温度：细菌生长的最适宜温度随细菌的种类不同而不同。大多数病原菌生长的最适宜温度与人体体温相同，也是 37℃。但是也有例外，如耶尔森菌最适宜的生长温度为 28℃。

(5) 气体环境：与细菌生长密切相关的气体是氧气（O<sub>2</sub>）和二氧化碳（CO<sub>2</sub>）。大部分细菌需要氧气（O<sub>2</sub>）来氧化营养物质，产生能量，供生长繁殖之用。但厌氧菌必须在无氧环境中才能生长。根据细菌代谢时对氧气的需要与否，将其分为专性需氧菌、微需氧菌、兼性厌氧菌和专性厌氧菌四类。

## 十一、何谓细菌细胞壁？细菌细胞壁的主要功能有哪些？

答：细菌细胞膜外层被黏液层包围的一层无色透明、比较坚硬、具有高度弹性的膜称