

KANGJUN FANGMEI
JISHU SHOUC

抗菌防霉 技·术·手·册

第二版

顾学斌 王 磊 马振瀛 等编著



化学工业出版社

非外借

KANGJUN FANGMEI
JISHU SHOUC

抗菌防霉 技·术·手·册

第二版

顾学斌 王 磊 马振瀛 等编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书为抗菌防霉领域具有重要参考价值的工具书,在简述微生物的形态构造、特点和生长条件、霉腐微生物造成的危害等内容的基础上,详细介绍了近 400 种抗菌防霉剂的化学结构式、化学名称、分子式、分子量、CAS 登录号、理化性质、毒性、抗菌防霉效果以及应用情况等内容。另外,还介绍了抗菌防霉工作的具体步骤及有关试验方法。

本书可供广大抗菌防霉领域包括科研、教学、生产、应用、销售及管理等有关人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

抗菌防霉技术手册/顾学斌等编著. —2 版. —北京:
化学工业出版社, 2018.11

ISBN 978-7-122-32970-7

I. ①抗… II. ①顾… III. ①防霉剂-技术手册 IV.
①TQ047.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 207373 号

责任编辑: 张 艳 刘 军

装帧设计: 史利平

责任校对: 宋 夏

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 中煤 (北京) 印务有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张 35 字数 730 千字 2019 年 1 月北京第 2 版第 1 次印刷



购书咨询: 010-64518888 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 168.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2018—17

前言

微生物给人类生活带来了许多益处，人们利用微生物制造出了酱油、醋、味精、白酒、黄酒、啤酒，乙醇、丙酮、丁醇，有机酸、氨基酸、核苷酸，抗生素、维生素、疫苗等。同时，微生物也给人类造成了不少危害，致使人类、动物、植物等患病甚至造成个体死亡。

由于霉菌、细菌等微生物广布于地球的生物圈内，它们的生长繁殖非常迅速，新陈代谢十分旺盛，而且容易适应和变异，所以在适宜条件下，它们就会在各种材料及其制品上生长繁殖，并由此而产生各种水解酶、有机酸及有害毒素等。这不仅影响物品的外观和质量，而且污染环境，危害人畜健康。由此，必须切实做好防范工作。

采用抗菌防霉剂是控制材料及其制品的霉变、腐败、腐蚀的重要手段之一。鉴于抗菌防霉剂种类繁多，物理化学性质各异，安全性有差别，抗菌防霉效果不同，应用对象亦不一样，这就需要经过筛选试验才能选择到适合于特定物品的抗菌防霉剂。同时，因抗菌防霉剂的抗性、毒性、法规等要求，还必须不断开发新品种、新配方。必须指出，选择两种或两种以上药物复配的使用效果更佳。

本书所介绍的工业抗菌防霉剂在第一版的基础之上，从品种种类上淘汰了部分不适合工业领域的药物，增加了国内外已经证实可用于工业领域的药物；从内容上进一步完善原有的项目内容，尤其是安全性和实际应用参考方面；并且新增了商品名称、IUPAC名、EC编码、制备技术以及国内外相关法规；同时对部分药物做了抗菌防霉效果检测和应用试验，使其内容更为完善。

本书注重实际需要，覆盖面广，技术信息来源准确可靠，是防腐防霉、抗菌行业科研、生产、应用、营销等相关专业人士不可缺少的工具书之一。

在本书的编写过程中，吴学众博士、胡安康、何喆等同事帮助整理部分资料和实验数据，在此深表谢意。

由于笔者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，希望读者不吝批评和指正。

编著者

2018年8月于上海

第一版序一

由微生物引起的霉变以及腐败给人类的生产和生活带来了极大的影响，如何抵御有害微生物的侵袭，是人们长期以来奋战的课题。众所周知，抗菌防霉几乎涉及所有领域。除农业及日常生活外，还主要关系到纤维、皮革、塑料与薄膜、建筑材料、木材、金属加工液、工业用水、光学仪器、涂料、胶黏剂、食品、医药品、化妆品、饲料、造纸、电工材料、橡胶以及树脂等领域，也涉及国防、文物、水产养殖等领域。

由于抗菌防霉涉及面极广，迫切需要较为系统的资料予以全面介绍。在我国，虽然出版过几种相关的书籍，但年代一般久远，而且从品种、特性、试验方法等方面予以全面介绍的抗菌防霉类书籍近几年还是一片空白。《抗菌防霉技术手册》一书的出版正是顺应了社会的需求。

本书的一大特点是作者新老结合，其中长者传授了许多经验，年轻人也增添了许多新内容。

由于抗菌防霉剂的品种有限，且不少品种的毒性、抗性问题日益显现，有的在发达国家已禁用或限制使用，故亟需开发新的品种。而不少农用杀菌剂亦可在抗菌防霉领域中应用。书中三百余个品种中有三分之一以上为农用杀菌剂，其中有的品种还是本书作者所开发或正在开发的品种，此是本书的又一特点。

总之，本书的出版对抗菌防霉领域是一件大好事，对此领域工作具有一定的指导作用。我衷心祝贺本书顺利出版，并向有关读者推荐。

中国工程院院士

沈寅初

2011年3月

第一版序二

抗菌防霉工作涉及的范围十分广泛，并日益引起人们的重视。随着社会的发展和环境保护意识的提高，研究工业抗菌防霉剂的任务除要不断提高抗菌防霉效果外，也更加注重解决使用安全和环境友好等问题。

本书作者长期从事抗菌防霉的研究开发和市场信息研究，近年来更致力于抗菌防霉的对外检测服务，同时在剂型配方及应用方面亦积累了丰富的经验。其中两位作者还曾编著过多本抗菌防霉领域方面的书籍。

该技术手册收录了 300 多个在工业领域曾使用、正使用或正在研发的抗菌防霉剂，详细叙述了工业抗菌防霉的研发方法。此书凝结了作者从事工业抗菌防霉工作的心血。

该书内容丰富，对我国工业领域从事抗菌防霉研发工作的科研人员，对从事抗菌防霉剂生产的管理、生产和市场营销人员以及抗菌防霉学科的教师和学生都是一部十分有益的参考书；同时，对从事农用杀菌剂开发和生产的企业或人员也有相当的参考价值，为此向大家推荐。

李仲华

2011 年 3 月

第一版前言

微生物给人类生活带来了很多益处，人们利用微生物制造出了酱油、醋、味精、白酒、黄酒、啤酒；乙醇、丙酮、丁醇；有机酸、氨基酸、核苷酸；抗生素、维生素、疫苗等。同时，微生物也给人类造成了不少危害，致使人类、动物、植物等患病而造成个体死亡。

但是，微生物对各种工业材料及其制品的霉腐变质和腐蚀破坏作用却没有引起人们的足够重视。由于霉菌、细菌等微生物广布于地球的生物圈内，它们的生长繁殖非常迅速，新陈代谢十分旺盛，而且容易适应和变异，所以在适宜条件下，它们就会在各种材料及其制品上生长繁殖，并由此而产生各种水解酶、有机酸及有害毒素等。这不仅影响物品的外观和质量，而且污染环境，危害人畜健康。由此，必须切实做好防范工作。

采用抗菌防霉剂是控制材料及其制品的霉变、腐败、腐蚀的重要手段之一。鉴于抗菌防霉剂种类繁多，物理化学性质各异，安全性有差别，抗菌防霉效果不同，应用对象亦不一样，这就需要经过筛选试验才能选择到适合于特定物品的抗菌防霉剂。同时，因抗菌防霉剂的抗性、毒性还必须不断开发新品种、新配方。必须指出，选择两种或两种以上的药物复配使用效果更佳。书中对一些已被禁、限使用的品种也专门予以指出。

本书所介绍的工业抗菌防霉剂包括已经在工业领域使用的药物，有些单位正在研制开发的药物，原来在其他行业使用而被实践证明可以用于工业领域的药物以及国外报道的新型药物等。同时对部分药物作了抗菌防霉效果检测和应用试验，使其内容更为完善。

工业抗菌防霉剂的应用范围广泛，其涉及的领域有：食品、饮料、粮食、饲料、烟草、中草药、化妆品、洗涤剂、胶黏剂、皮革及其制品、竹木藤草及其制品、塑料橡胶制品、纺织品、帆布、漆布、漆纸、墙纸、地毯、涂料、纸浆、铜版纸、包装材料、金属加工液、石油制品、混凝土、循环冷却水、油田注水系统、光学镜头、仪器仪表、电线电缆、航天航空器材、工艺美术品、墨水墨汁、美术颜料、感光胶片、乐器、文物以及档案图书等。

为方便读者查询，本书中的抗菌防霉剂以中文名称出现的药物，按汉字笔画排列，优先考虑通用名。

本书在编写过程中参阅和引用了不少专家、学者如陈仪本、欧阳友生、薛广波、吕嘉桡等的有关著作和数据，获益匪浅，特此感谢。

中国工程院沈寅初院士和中化化工科技研究总院李钟华副院长专门为本书撰写序言，深表谢意。

由于作者水平有限，有不妥之处，诚请读者提出宝贵意见。

编著者

2011年4月于上海

目录

第一章 霉腐微生物概述	001
第一节 霉腐微生物的形态构造和特点 ...	001
一、细菌	001
二、放线菌	004
三、酵母菌	005
四、霉菌	006
第二节 霉腐微生物的生长条件	007
一、营养物质	008
二、空气	008
三、水分	009
四、温度	009
五、pH 值	010
六、渗透压	010
第三节 微生物灾害研究概况	011
第二章 抗菌防霉剂品种	012
氨(胺)溶性季铵铜	012
奥替尼啶盐酸盐	014
1,2-苯并异噻唑-3-酮	015
吡啶硫酮	018
吡啶硫酮钠	019
吡啶硫酮脲	021
吡啶硫酮铜	022
吡啶硫酮锌	023
吡啶三苯基硼	026
丙二醇月桂酸酯	027
1,3-苯二酚	027
苯酚	029
苯氟磺胺	031
丙环唑	032
苯甲醇	035
苯甲醇单(聚)半缩甲醛	036
2-苯甲基苯酚	037
2-苄基-4-氯苯酚	038
苯菌灵	039
N-苄基马来酰亚胺	041
N-苄基马来酰亚胺	042
苯甲醛	044
百菌清	044
苯甲酸	046
百里酚	048
吡罗克酮乙醇胺盐	049
苯醚甲环唑	051
β -丙内酯	052
丙酸钙	053
苜蓿素	054
苯噻硫氰	056
丙烯醛	059
苯乙醇	060
苯氧异丙醇	061
苯氧乙醇	062
拌种胺	065
次氯酸钙	065
次氯酸钠	067
乙酸苯汞	068
乙酸氯己定	069
对苯基苯酚	071
3-碘-2-丙炔-1-醇	072
丁苯吗啉	073
敌草隆	074
3-碘代-2-丙炔醇氨基甲酸酯	075
3-碘代-2-丙炔醇苯基甲酸酯	076
3-碘代-2-丙炔醇-丁基甲酸酯	076
3-(3-碘代炔丙基)苯并噁唑-2-酮	079
对二氯苯	079
对二氧环己酮	080

迪高 51	081	二氯-1,2-二硫环戊烯酮	126
多果定	083	二硫化硒	126
2-丁基-1,2-苯并异噻唑啉-3-酮	084	1,3-二氯-5-甲基-5-乙基海因	127
多聚甲醛	086	4,5-二氯-2-甲基-3-异噻唑啉酮	127
多菌灵	088	3,5-二氯-4-羟基苯甲醛	128
敌菌灵	090	二硫氰基甲烷	129
丁基羟基茴香醚	091	二氯生	131
碘甲烷	092	4,5-二氯-2-正辛基-3-异噻唑啉酮	132
度米芬	093	二氯乙二肟	136
对羟基苯甲酸苄酯	094	二氯异氰尿酸钠	137
对羟基苯乙酮	095	二氯乙烷	139
代森铵	096	1,3-二羟甲基-5,5-二甲基海因	140
代森锰	097	2,2-二溴丙二酰胺	142
代森锰锌	098	1,3-二溴-5,5-二甲基海因	142
代森钠	099	二氧化氯	144
对叔戊基苯酚	100	二氧化钛	145
代森锌	101	2,4-二硝基苯酚	147
丁香酚	102	2,4-二硝基氟苯	148
对硝基苯酚	103	2,2-二溴-3-氰基丙酰胺	148
碘乙酰胺	103	2,2-二溴-2-硝基乙醇	152
二碘甲基-4-氯苯基砷	104	噁唑烷	153
二癸基二甲基碳酸铵	105	氟化钠	154
二环己胺	106	氟环唑	156
3,5-二甲基苯酚	107	氟灭菌丹	158
3,5-二甲基吡唑-1-甲醇	107	富马酸单甲酯	159
2,6-二甲基-1,3-二噁烷-4-醇乙酸酯	108	富马酸单乙酯	160
二甲基二硫代氨基甲酸钾	109	富马酸二甲酯	162
二甲基二硫代氨基甲酸钠	111	芬替克洛	163
二甲基二硫代氨基甲酸镍	112	粉唑醇	164
二甲基二硫代氨基甲酸铜	113	2-癸硫基乙基胺盐酸盐	165
二甲基二硫代氨基甲酸锌	113	高锰酸钾	166
二碳酸二甲酯	115	过碳酸钠	167
4,4-二甲基噁唑烷	116	高铁酸钾	168
5,5-二甲基海因	117	过氧化丁酮	168
噁唑酸	118	过氧化脲	169
5,6-二氯苯并噁唑-2(3H)-酮	119	过氧化氢	170
2,4-二氯苄醇	120	过氧乙酸	172
二硫代-2,2'-双苯甲酰甲胺	121	环丙特丁嗪	173
2,4-二氯-3,5-二甲基苯酚	123	海克替啶	174
1,3-二氯-5,5-二甲基海因	124	哈拉宗	175

环烷酸铜	176	邻苯基苯酚	232
环氧丙烷	178	4-氯-2-苄基苯酚	234
环氧乙烷	178	氯丙炔碘	235
环唑醇	179	4-氯苯基-3-碘炔丙基	236
季铵盐-15	181	氯代百里酚	237
甲苯氟磺胺	183	α -氯代萘	237
4-甲基二碘甲基砒	185	4-氯-3,5-二甲基苯酚	238
甲酚皂溶液	186	氯化苦	240
聚赖氨酸	188	氯己定	241
聚季铵盐 PQ	190	辣椒碱	243
2-甲基-1,2-苯并异噻唑-3-酮	191	咯菌腈	244
4-己基间苯二酚	192	4-氯-3-甲基苯酚	245
甲基硫菌灵	193	硫菌灵	247
N-(2-甲基-1-萘基)马来酰亚胺	194	六氯酚	248
2-甲基-4,5-三亚甲基-4-异噻唑啉-3-酮	195	硫柳汞	249
3-甲基-4-异丙基苯酚	196	氯咪巴唑	250
聚甲氧基双环噁唑烷	197	氯氰菊酯	251
2-甲基-4-异噻唑啉-3-酮	198	六氢-1,3,5-三(2-羟基丙基)均三嗪	252
腈菌唑	201	六氢-1,3,5-三(羟乙基)均三嗪	253
2-甲-4-氯丙酸	202	六氢-1,3,5-三[(四氢-2-呋喃基)甲基]均 三嗪	255
聚六亚甲基单胍磷酸盐	203	六氢-1,3,5-三甲基均三嗪	256
聚六亚甲基单胍盐酸盐	204	六氢-1,3,5-三乙基均三嗪	257
聚六亚甲基双胍盐酸盐	206	硫氰酸亚铜	257
己脒定二(羟乙基磺酸)盐	210	5-氯-2,4,6-三氟间苯二腈	258
甲萘威	212	硫酸铜	259
甲醛	214	氯乙酰胺	261
甲醛苄醇半缩醛	215	米丁 FF	262
甲酸	216	灭菌丹	263
聚塞氯铵	217	噁菌酯	265
聚维酮碘	219	棉隆	266
甲硝唑	220	吗啉混合物	267
己唑醇	221	噁霉胺	269
克菌丹	222	麦穗宁	270
壳聚糖	224	美托咪定	271
克霉唑	226	咪鲜胺	272
氯胺 B	227	灭藻醌	274
氯胺 T	228	咪唑烷基脲	275
邻苯二甲醛	229	柠檬醛	276
氯苯甘醚	230	柠檬酸	278
2-氯-3-苯磺酰-2-丙烯腈	231		

尿囊素	279	十八烷基三甲基氯化铵	323
尼泊金丙酯	280	三苯基锡(鎔)	324
尼泊金丁酯	282	三丁基氧化锡	326
尼泊金庚酯	283	2,3,3-三碘烯丙醇	327
尼泊金甲酯	285	十二烷基二甲基苄基氯化铵	328
尼泊金辛酯	287	十二烷基二甲基苄基溴化铵	328
尼泊金异丙酯	288	十二烷基三甲基氯化铵	330
尼泊金异丁酯	289	十二烷基盐酸胍	331
尼泊金乙酯	290	4-三氟甲基苯磺胺	332
纳他霉素	292	双胍辛盐	333
硼酸苯汞	294	双(N-环己烷基二氮烯二氧)铜	334
葡萄糖酸氯己定	294	四甲基秋兰姆二硫化物	335
2-羟基吡啶-N-氧化物	296	1-羧甲基-3,5,7-三氮杂-1-氮鎔盐酸盐氯 化物	337
巯基苯并噻唑钠	297	噻菌灵	338
1-(N-羟甲基氨基甲酰基)甲基]-3,5,7- 三氮杂-1-氮鎔金刚烷氯化物	297	2,4,5-三氯苯酚	340
1-(羟甲基)氨基-2-丙醇	298	2,4,6-三氯苯酚	341
1-羟甲基-5,5-二甲基海因	299	2,3,4,6-四氯苯酚	341
2-(羟甲基氨基)乙醇	300	N-(2,4,6-三氯苯基)马来酰亚胺	342
N-羟甲基甘氨酸钠	301	双氯酚	343
N-羟甲基氯乙酰胺	302	四氯甘脲	345
3-羟基甲基-1,3-苯并噻唑-2-硫酮	303	2,3,5,6-四氯-4-(甲基磺酰)吡啶	346
8-羟基喹啉铜(Ⅱ)	304	三氯卡班	347
8-羟基喹啉硫酸盐	305	三氯生	348
2-羟基-1-萘甲醛	306	山梨酸	350
曲酸	307	三氯叔丁醇	352
4-肉桂苯酚	308	山梨坦辛酸酯	353
肉桂醛	309	十六烷基吡啶氯化铵	355
肉桂酸	311	十六烷基吡啶溴化铵	357
溶菌酶	312	十六烷基三甲基氯化铵	358
乳酸	313	十六烷基三甲基溴化铵	359
乳酸链球菌素	314	三氯异氰尿酸	360
乳酸依沙吖啶	316	四硼酸钠	362
三胺嗪	317	四羟甲基甘脲	363
双吡啶硫酮	317	四羟甲基硫酸磷	364
三苯基氯化锡	319	双(羟甲基)咪唑烷基脲	365
双八烷基二甲基氯化铵	320	三(羟甲基)硝基甲烷	367
十八烷基二甲基苄基氯化铵	321	双羟甲脲	368
十八烷基二甲基[3-(三甲氧基硅基)丙基] 氯化铵	322	四水八硼酸二钠	369
		双十八烷基二甲基氯化铵	371

双十二烷基二甲基氯化铵	372	N-(4-溴-2-甲基苯基)-2-氯乙酰胺	423
双十烷基二甲基氯化铵	372	溴甲烷	424
双十烷基二甲基溴化铵	375	1-溴-3-氯-5, 5-二甲基海因	425
双(三氯甲基)砒	376	溴氯芬	427
十四烷基二甲基苄基氯化铵	377	1-溴-3-氯-5-甲基-5-乙基海因	427
十四烷基三丁基氯化磷	378	西玛津	429
2,4,6-三溴苯酚	379	香芹酚	430
4-叔辛基酚	380	2-溴-4'-羟基苯乙酮	431
3,5,4'-三溴水杨酰苯胺	381	硝酸银	432
1,2-双(溴乙酰氧基)乙烷	381	溴硝醇	434
1,4-双(溴乙酰氧基)-2-丁烯	382	2-溴-2-硝基丙醇	437
三氧化二砷	384	溴硝基苯乙烯	438
水杨菌胺	385	5-溴-5-硝基-1,3-二噁烷	439
双乙酸钠	386	溴乙酸苯酯	440
水杨酸	387	溴乙酸苄酯	441
水杨酰苯胺	389	溴乙酸乙酯	442
10-十一烯酸	390	溴乙酰胺	443
三唑醇	391	1-溴-3-乙氧基羰基氧基-1,2-二碘-1-丙烯	444
三正丁基苯甲酸锡	393	烯唑醇	444
特丁净	394	异丙醇	445
酮康唑	395	异丙隆	446
铜铬砷	396	乙醇	447
脱氢乙酸	397	10,10'-氧代二酚噁嗪	449
铜唑防腐剂	399	1,1'-(2-亚丁烯基)双(3,5,7-三氮杂-1-氮鎓金 刚烷氯化物)	450
威百亩	400	乙二醇双羟甲基醚	451
1,2-戊二醇	402	乙二醛	452
戊二醛	403	月桂胺二亚丙基二胺	453
戊环唑	405	月桂基氨基丙酸	454
烷基铵化合物	406	月桂基甜菜碱	455
烷基(C ₁₂ ~C ₁₆)二甲基苄基氯化铵	406	月桂酸甘油酯	456
烷基(C ₁₂ ~C ₁₈)二甲基乙基苄基氯化铵	409	月桂酸五氯苯酯	457
戊菌唑	410	月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐	458
五氯苯酚	411	氧化锌	460
乌洛托品	412	氧化亚铜	461
戊唑醇	413	乙环唑	462
溴虫腈	416	鱼精蛋白	463
溴代吡咯腈	417	乙基大蒜素	466
α-溴代肉桂醛	419	乙基己基甘油	467
4-溴-2,5-二氯苯酚	420		
溴菌腈	422		

3,3'-亚甲基双(5-甲基噁唑啉)	469	盐酸氯己定	479
N,N'-亚甲基双吗啉	470	异噻唑啉酮	481
异菌脲	471	乙型丙内酯	485
7-乙基双环噁唑烷	472	亚硝酸钠	486
叶菌唑	474	乙氧基喹啉	487
乙霉威	475	椰油双胍乙酸盐	488
抑霉唑	476	仲丁胺	489
乙萘酚	477	2-正辛基-4-异噻唑啉-3-酮	490
乙酸	478		
第三章 防霉抗菌步骤和试验方法	492		
第一节 防霉抗菌工作的步骤	492	五、菌种保藏	506
一、霉腐微生物的调查	492	六、活菌计数法和抗菌率	507
二、实验室供试微生物	493	七、滤纸抑菌圈法	508
三、防霉抗菌剂的筛选	493	八、最低抑制浓度法(MIC法)	509
第二节 防霉抗菌试验的有关方法	495	九、圆片培养皿法	512
一、玻璃器皿等的清洗和消毒	495	十、湿室挂片法	513
二、培养基的配制与灭菌	496	十一、土壤埋没法	514
三、微生物的接种	502	十二、挥发性防霉剂效果的测定	515
四、菌种的分离方法	504	十三、挑战试验	516
附录 抗菌防腐相关标准和规范	518		
参考文献	530		
中文名称索引	535		
英文名称索引	541		

第一章 霉腐微生物概述

在工业、农业、医药等生产实践中常见和常用的微生物主要有病毒、细菌、放线菌、酵母菌和霉菌五大类，而引起物品的腐败、霉变，造成工业灾害的微生物主要是细菌、酵母菌和霉菌。

第一节 霉腐微生物的形态构造和特点

下面主要介绍细菌、放线菌、酵母菌和霉菌四种。

一、细菌

细菌是自然界中分布最广、数量最多、与人类关系最密切的一类微生物。日常生活中出现的低度酒类、果汁、乳品、蛋品、肉类等食品的变质，食物中毒，墨汁发臭，抹布发黏，化妆品产气发胀，某些传染病的发生，铁、铜、铝等金属制品的腐蚀等，主要是细菌活动的结果。

1. 细菌的形态和构造

(1) 细菌的大小与形态 细菌的个体很小，它的大小通常以微米(μm)表示。细菌的形态多种多样，常随着菌龄和环境条件的不同而有所改变。各种细菌在幼龄和生长条件适宜时，表现正常的形态。根据细菌的外形不同，可将细菌分为球形、杆形和螺旋形三种基本形态，分别称为球菌、杆菌和螺旋菌。球菌的直径约为 $0.5\sim 2\mu\text{m}$ ，杆菌约为 $(0.5\sim 1\mu\text{m})\times(1\sim 5\mu\text{m})$ ，弧菌约为 $(0.3\sim 0.5\mu\text{m})\times(1\sim 5\mu\text{m})$ ，螺旋菌约为 $(0.3\sim 1\mu\text{m})\times(1\sim 50\mu\text{m})$ 。

① 球菌 这类细菌单个存在时，呈圆球形或扁圆形。几个球菌联合在一起，其接触面常呈扁平状态，如尿素小球菌 (*Micrococcus ureae*)、金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 等。

② 杆菌 杆状的细菌，多数细菌为杆菌。杆菌的长短、形态差别很大。杆菌按其形态有短杆菌、链杆菌、分枝杆菌、棒状杆菌和芽孢杆菌等，如伤寒沙门菌 (*Salmonella typhi*)、普通变形杆菌 (*Proteus vulgaris*)、痢疾志贺菌 (*Shigella dysenteriae*) 等。

③ 螺旋菌 细胞呈弯曲、螺旋状的细菌，弯曲不足一圈的称为弧菌，如霍乱弧菌 (*Vibrio cholerae*)、玫瑰色螺菌 (*Spirillum roseum*) 等。

(2) 细菌的细胞结构 细菌的细胞结构可分为一般结构和特殊结构两类。一般结构, 这是任何细菌都具有的共同构造, 主要由细胞壁、细胞膜、细胞质和核质体组成。鞭毛、荚膜和芽孢等, 是某些细菌所特有的结构。

① 细胞壁 包在细胞表面的一层坚韧而具有弹性的结构, 厚度一般在 $10\sim 80\text{nm}$, 细菌的细胞壁约占菌体干重的 $10\%\sim 25\%$ 。

细菌细胞壁的主要成分是肽聚糖 (又称黏质复合物)。肽聚糖是由 *N*-乙酰葡萄糖胺、*N*-乙酰胞壁酸 (*N*-乙酰羧乙基氨基葡萄糖) 以及短肽聚合而成的多层网状结构大分子化合物。其中的短肽一般由 $4\sim 5$ 个氨基酸组成, 如 *L*-丙氨酸-*D*-谷氨酸-*L*-赖氨酸-*D*-丙氨酸等, 而且短肽中常有 *D*-氨基酸与二氨基庚二酸存在。不同种类细菌的细胞壁中肽聚糖的结构与组成不完全相同。肽聚糖是细菌、放线菌所特有的成分, 它使细胞壁具有坚韧的特性。

细胞壁上有许多微细的小孔, 可容许直径 1nm 的可溶性物质通过, 对大分子物质有阻拦作用。

② 细胞膜 细胞膜也称细胞质膜或原生质膜, 或简称为质膜, 是紧靠在细胞壁内侧, 在细胞壁与细胞质之间的一层柔软而富有弹性的半渗透性薄膜。细胞膜厚度一般为 $5\sim 8\text{nm}$, 细菌细胞膜约占细胞干重的 10% 。细胞膜主要由蛋白质 ($60\%\sim 70\%$) 和脂质 (主要是磷脂, 含 $20\%\sim 30\%$) 组成, 此外还有少量的糖类物质、固醇类物质以及核酸等, 构成精细的膜结构。

细胞膜的基本结构是在液体的脂质双层中镶嵌着可移动的球形蛋白质。脂质双层由两排脂质分子排列构成膜的基本骨架, 每个脂质分子是由一个可溶于水的“头部” (亲水部分) 和两条脂肪酸链 (疏水部分) 组成。在脂质双层中, 所有脂质分子的亲水端都朝向膜内外两表面, 疏水端则朝向膜中央。镶嵌在脂质双层内的膜蛋白称嵌入蛋白质, 对膜的通透性起着重要作用。附着在脂质双层内表面的膜蛋白称外在蛋白质, 含有许多呼吸酶系、三羧酸循环酶系和脱氢酶系。

③ 细胞质及其内含物 细胞质是包于细胞膜内、除核质体之外的一种无色透明的胶状物。细胞质的主要成分是水、蛋白质、核酸、脂类及少量的糖类和无机盐类。细菌细胞质中核糖核酸的含量较高, 可达固形物的 $15\%\sim 20\%$ 。

细胞质是细菌的内在环境, 具有生命活动的所有特性, 含有各种酶系统, 是细菌进行新陈代谢的主要场所, 通过细胞质使细菌细胞与周围环境不断进行物质交换。

④ 核质体 细菌属于原核生物, 细胞内没有一个结构完整的核, 不具有核膜和核仁, 因此没有固定的形状, 只有一个核质体。细菌核质体的主要成分是 DNA (脱氧核糖核酸), 细菌的核实际上是一个巨大的、连续的、环状双链 DNA 分子, 长达 1mm , 比细菌本身长 1000 倍。

⑤ 鞭毛 某些细菌的表面长着一种从细胞内伸出的纤细而呈波状的丝状物, 称为鞭毛。鞭毛着生在接近细胞膜的细胞质中的基粒上, 通过细胞膜和细胞壁而伸出体外。鞭毛的长度常可超过菌体的若干倍, 但直径很细, 一般为 $10\sim 20\text{nm}$ 。

鞭毛的主要成分是蛋白质，只含有少量的多糖，或可能有脂类。鞭毛蛋白类似于动物肌肉中的肌球蛋白，能收缩。鞭毛是细菌的运动“器官”。鞭毛极其纤细，易于脱落，细菌在幼龄时期运动活泼，衰老的细胞鞭毛脱落而不运动。

大多数球菌不生鞭毛。杆菌中有的生鞭毛，有的不生鞭毛。螺旋菌都生有鞭毛。鞭毛着生的位置、数目与排列是细菌种的特征，有鉴定意义。

⑥ 荚膜 有些细菌在其细胞壁表面覆盖一层疏松、透明的黏液性物质，称为荚膜。荚膜的厚度一般可达 200nm。荚膜含有大量的水分，约占 90% 以上。其化学成分随菌种的不同而不同，通常是多糖，少数革兰氏阳性菌的荚膜是单一的多肽。

荚膜的形成与环境条件密切相关。如炭疽杆菌只是在被它所感染的动物体内才形成荚膜；而肠膜状明串珠菌 (*Leuconostoc mesenteroides*) 只有在含糖量高、含氮量低的培养基中，才会产生大量的荚膜物质。

⑦ 芽孢 某些细菌生长到一定阶段，细胞内会形成一个圆形、椭圆形或圆柱形的对不良环境条件具有较强抗性的休眠体，称为芽孢。由于细菌芽孢的形成都在细胞内，故又称内生孢子。由于每一个细菌只产生一个芽孢，所以芽孢不是细菌的繁殖方式。

2. 细菌的繁殖方式

细菌一般进行无性繁殖，主要以裂殖的方式，由 1 个细胞分裂为 2 个大小基本相等的子细胞。

细菌细胞分裂可分为核与细胞质分裂、横隔壁形成和子细胞分离等过程。首先核分裂，同时在细胞赤道附近的细胞质膜从外向中心作环状推进，然后闭合而形成一个垂直于细胞长轴的细胞质隔膜，使细胞质分开。其次形成横隔壁。细胞壁向内生长，把细胞质隔膜分成两层，每一层分别形成子细胞的细胞质膜。随后横隔壁也分成两层，这样每一个子细胞就各具一完整的细胞壁。最后是子细胞的分离。

除无性繁殖外，细菌亦存在着有性结合。但细菌有性结合频率较低，主要以裂殖方式进行无性繁殖。

3. 细菌的菌落形态

细菌的形态很小，肉眼看不见单个细菌细胞。但是，当单个或少数细菌（或其他微生物的细胞、孢子）接种到固体培养基后，如果条件适宜，它们就会迅速生长繁殖。由于大量子细胞不能像在液体培养基中那样自由弥散，势必会以母细胞为中心形成一个较大的子细胞群体。这种由单个细菌细胞（或少数细菌细胞），在固体培养基的表面（有时在内部）繁殖出来的、肉眼可见的子细胞群体，称为菌落。

不同种的细菌所形成的菌落形态不同。同一种细菌常因培养基成分、培养时间等不同，菌落形态也有变化。但是，各种细菌在一定的培养条件下形成的菌落具有一定的特征。菌落的特征，对菌种的识别和鉴定有一定意义。

菌落形态包括菌落的大小、形状（圆形、假根状、不规则状等）、隆起形态（如扩散、台状、低凸、凸面、乳头状等）、边缘（如边缘整齐、波状、裂叶状、圆锯齿状等）、表面状态（如光滑、皱褶、颗粒状、龟裂状、同心环状等）、表面光泽（如闪光、

不闪光、金属色泽等)、质地(油脂状、膜状、黏、脆等)、颜色以及透明程度(如不透明、半透明等)等项。

在观察细菌菌落时,一般要求分散度合适,并培养一定的时间,在这种情况下生长的菌落就可以比较充分地反映此细菌在这种培养条件下的典型菌落特征。

二、放线菌

放线菌由于菌落呈放射状而得名。它具有生长发育良好的菌丝体。放线菌在自然界分布很广,土壤是它们的大本营,一般在中性或偏碱性的土壤和有机质丰富的土壤中较多。

放线菌大部分是腐生菌,少数是寄生菌。寄生性放线菌可引起动物、植物病害,如一些放线菌(*Actinomyces*)和诺卡菌(*Nocardia*)会引起动物的皮肤、脚、肺或脑膜感染。放线菌引起的植物病害有马铃薯疮痂病与甜菜疮痂病等。放线菌具有特殊的土霉味,使食品变味。有些放线菌能使棉、毛、纸张等霉坏。

1. 放线菌的形态和构造

放线菌是一类介于真菌和细菌之间,但又接近于细菌的原核微生物。放线菌与细菌一样,细胞可被溶菌酶溶解,也可被特异性噬菌体感染,凡能抑制细菌的抗生素也都能抑制放线菌,而抑制真菌的抗生素(如多烯类抗生素)对放线菌无抑制作用。

放线菌的菌丝体无横隔膜,是多核的单细胞微生物,而丝状真菌一般是多细胞微生物,细菌也是单细胞微生物。

放线菌与细菌的区别在于:放线菌有真正分枝的菌丝体,而细菌没有菌丝体。

另外,放线菌会形成纤细的、没有横隔膜的、多核的分枝菌丝体,在固体培养基上有基质菌丝和气生菌丝的分化,在气生菌丝的顶端会形成分生孢子等,这些特点与丝状真菌相似。放线菌虽然是介于细菌和丝状真菌之间的一类微生物,但它在微生物中的分类位置应在细菌之中,而不属于真菌。

2. 放线菌的繁殖方式

放线菌主要是通过形成无性孢子的方式进行繁殖。在液体培养基中,菌丝断裂的片段即可繁殖成新的菌丝体。在固体培养基上生长时,气生菌丝分化为孢子丝,它通过分裂可形成一长串分生孢子或气生菌丝上形成孢子囊,产生孢子囊孢子。

3. 放线菌的菌落形态

放线菌由于产生大量基内菌丝而伸入培养基内,而气生菌丝又紧贴培养基表面互相交错缠绕,气生菌丝纤细、致密、生长缓慢,所以形成的菌落质地致密,表面呈较紧密的绒状或坚实、干燥、多皱,菌落较小而不致广泛延伸。

放线菌的基内菌丝和孢子常有不同的颜色,故菌落的背面、正面常呈相应的不同颜色。基内菌丝大部分呈黄、橙、红、紫、蓝、绿、灰褐色,甚至黑色,也有无色的,这些色素有水溶性的,可扩散至培养基中,脂溶性色素则不能扩散。放线菌孢子一般呈白、灰、黄、橙黄、红、蓝、绿等颜色。用放大镜仔细观察,可以看到菌落周围有放射状菌丝。