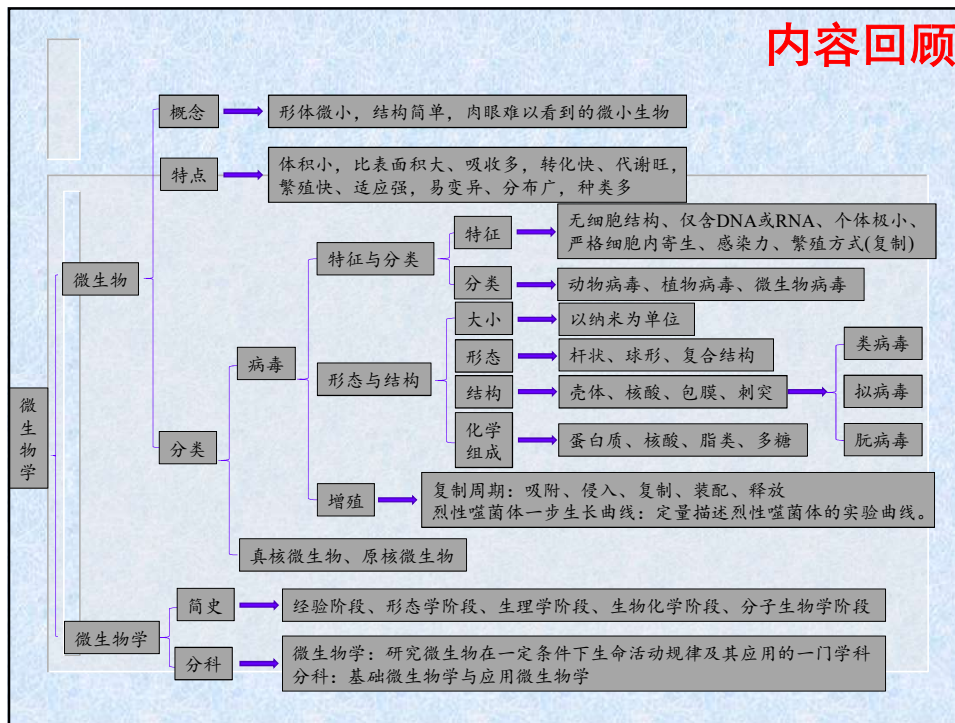
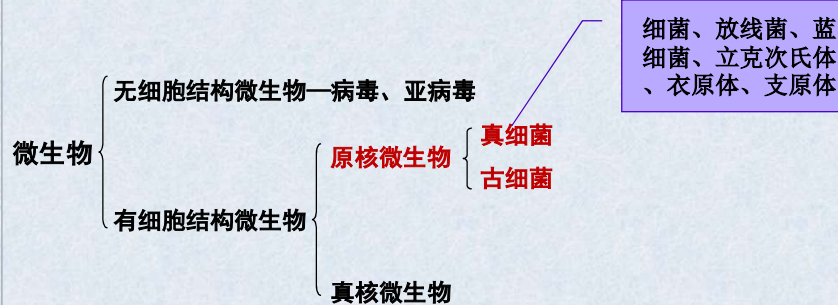


内容回顾



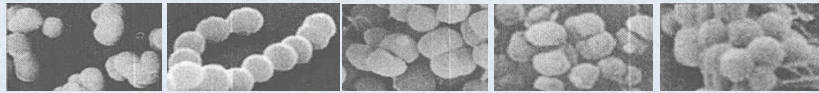
第三章 原核微生物



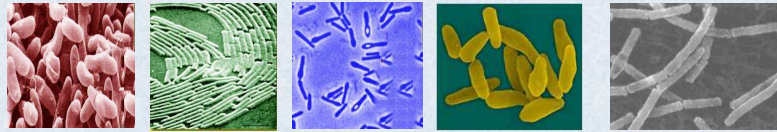
第一节 真细菌

一、细菌形态

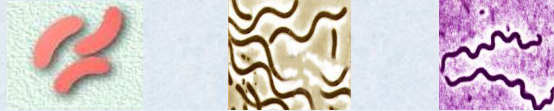
球菌：单球菌、双球菌、四联球菌、八叠球菌、葡萄球菌



杆菌：短杆菌、长杆菌、芽孢杆菌、棒杆菌、单杆菌、双杆菌、链杆菌



螺旋菌：弧菌（<1圈）、螺旋菌（2-6环）、螺旋体（>6环）



第一节 真细菌

一、细菌形态

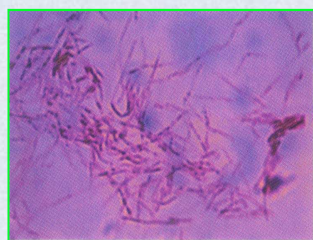
特殊形态



第一节 真细菌

一、细菌形态

正常生长条件下，细菌的形态是相对稳定。但外界条件（如培养基的组成、浓度、培养温度、pH、培养时间）的改变也会引起细菌形态的变化。



结核杆菌的正常形态



结核杆菌的异常形态

第一节 真细菌

一、细菌形态

大小

(1)测量:

测微尺

(2)长度单位:

微米 (μm)

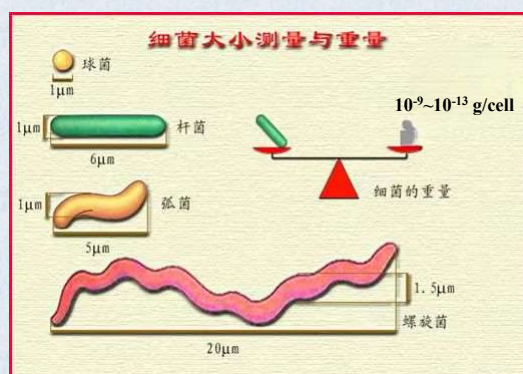
(3)表示:

球菌:直径

杆菌:宽 \times 长

螺菌:宽、长、螺距

同一种细菌的大小也有不同，如培养数小时的幼龄菌较大，而老龄均较小。



第一节 真细菌

一、细菌形态

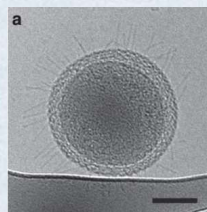
大小

最大细菌：2009年列斯大学Gros教授团队在加勒比海瓜德罗普群岛的红树林里发现的华丽硫珠菌，长1 cm。



华丽硫珠菌形态
Volland et al.,
Science 376:1453-
1458 (2022)

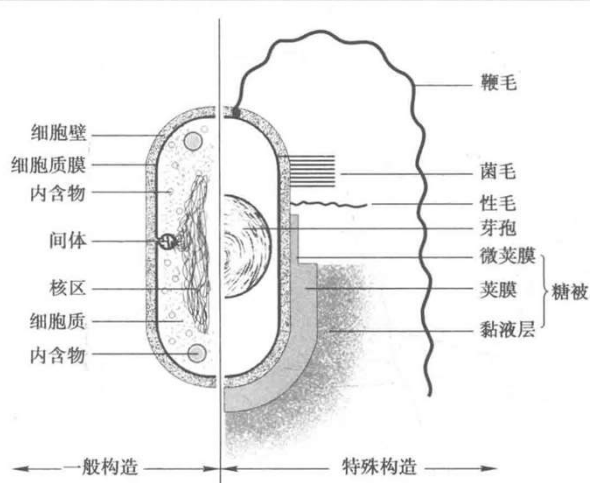
极小细菌：2015年美国科学家在地下水中发现“极小细菌”，体积 $0.009\ \mu\text{m}^3$ ，为大肠杆菌的1/150。



“极小细菌”形态
Luef et al., Nat.
Communi.6:6372
(2015)

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构



细菌细胞构造模式图

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

细胞壁

细菌最外围的坚韧而略带弹性的薄膜。

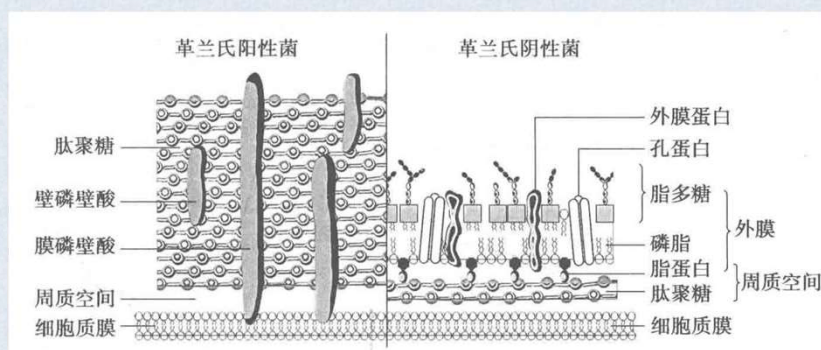
功能：

- 维持细菌的固有形态
- 提高细菌细胞的机械强度，使其免受渗透压等外力的损伤
- 阻拦大分子物质进入细胞内（允许水分和直径 $<1\text{nm}$ 的小分子物质通过）
- 赋予细胞特定的抗原性、致病性以及对抗生素和噬菌体的敏感性
- 为细胞的生长、分裂和鞭毛运动所需

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

细胞壁



革兰氏阳性细菌与革兰氏阴性细菌细胞壁成分

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

细胞壁

革兰氏阳性菌
交联的四肽达75%

N-乙酰氨基葡萄糖

N-乙酰胞壁酸

β -1,4-糖苷键

肽链

肽桥

因种而异

金黄色葡萄球菌

大肠杆菌

革兰氏阴性菌
交联的四肽只有25%

肽聚糖的整体网状结构

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

细胞壁

项目	革兰氏阳性细菌	革兰氏阴性细菌
结构层次	单层	双层
厚度	20-80 nm	8-11 nm
肽聚糖	占40-90%，达50层，交联度高	占5-10%，1-3层，交联度低
磷壁酸	有	无
外膜（脂多糖、磷脂、蛋白质）	无	有
机械抗性	强	弱
溶菌酶抗性	弱	强

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

细胞壁--革兰氏染色

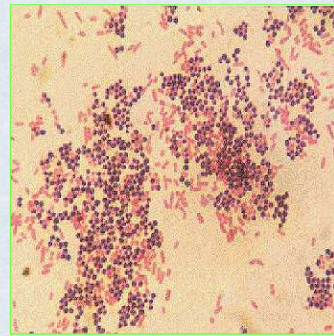
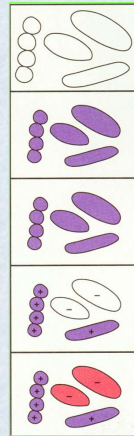
丹麦医生 Gram

步骤:

涂片固定;
结晶紫初染1 min;
碘液媒染1 min;
95%乙醇脱色0.5 min;
番红复染2 min。

结果:

阳性菌——紫色;
阴性菌——红色。



革 兰 氏 染 色 法

原理: 染色后细胞壁内形成不溶于水的结晶紫和碘复合物, G^+ 菌细胞壁厚、肽聚糖含量和交联程度高, 乙醇脱色时, 肽聚糖网孔因脱水而收缩, 而 G^- 菌细胞壁恰恰相反, 且脂类含量高, 乙醇脱色时, 加大细胞壁孔隙。

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

缺壁细菌

实验室中形成

原生质体: 人工条件下, 用溶解酶除尽原有细胞壁或青霉素抑制细胞壁合成, 形成仅有一层细胞膜包裹的圆球状细胞; 多见于革兰氏阳性菌。

球状体: 用溶菌酶仅能去除细胞壁的肽聚糖成分, 形成仍有脂多糖层包裹的菌体; 多见于革兰氏阴性菌。

L型细菌: 通过自发突变形成的遗传性稳定细胞壁缺损菌株。

支原体: 自然界长期进化中形成、适应自然生活条件的无细胞壁的原核生物。

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

细胞膜（细胞质膜）

功能：

- 作为渗透屏障，维持细胞内正常的渗透压
- 选择性控制细胞内、外物质的运输和交换
- 参与合成细胞壁组分（脂多糖、肽聚糖、磷壁酸等）和荚膜
- 参与DNA复制和子细胞分裂
- 细胞产能代谢的重要部位，参与呼吸作用和光合作用
- 提供鞭毛着生位点及其运动所需能量

第一节 真细菌

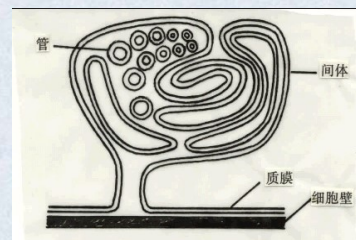
二、细菌细胞结构

间体（内膜系统）

细胞膜内陷形成的层状、管状或囊状结构，多见于革兰氏阳性细菌。

可能的功能：

- 参与DNA复制及细胞分裂
- 与胞外酶分泌有关



细菌间体

载色体、类囊体、气泡、羧酶体（内膜系统）

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

细胞质及其内含物

原核生物的细胞质是不流动的

细胞质：细胞膜内除核以外的无色透明物质。

细胞质成分：核糖体、贮藏物、酶类、质粒等

幼龄细菌细胞质稠密，富含RNA，易被碱性染料染色且着色均匀；

老龄细菌缺乏营养物质，RNA成为氮源和磷源，含量降低，染色不均匀。



判断细胞凋亡或生长阶段

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

细胞质及其内含物

内含物：细胞质中所含的颗粒状物质。

常见的内含物：

核糖体：由蛋白质和RNA组成，是蛋白质合成场所。

核糖体	亚基	核苷酸	蛋白质
原核细胞  70S	 50S  30S	 23S RNA 3 000 核苷酸  16S RNA 1 700 核苷酸  5S RNA 120 核苷酸	31 21

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

细胞质及其内含物

常见的内含物：

颗粒状贮藏物：细胞内因营养过剩而形成的一个储藏颗粒；
主要功能储存营养物质。

碳源能源类 { 糖原：大肠杆菌、克雷伯氏菌、芽孢杆菌、蓝细菌等
聚-β-羟丁酸（PHB）：固氮菌、产碱菌、肠杆菌等
硫粒：紫硫细菌、丝硫细菌、贝氏硫杆菌等

氮源类——藻青素、藻青蛋白：蓝细菌

磷源类——异染粒：迂回螺菌、白喉棒杆菌、结核分枝杆菌

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

细胞质及其内含物

常见的内含物：

气泡：由2 nm厚的蛋白质膜包裹。光合细菌和水生细菌的特征，每个细胞含几个到几百个。

功能：使细菌具有浮力，趋向于光强度和氧浓度的区域。

磁小体：起导向作用。磁性定向药物和抗体，制造生物传感器。

羧酶体：在一些自养细菌的CO₂固定中起关键作用。

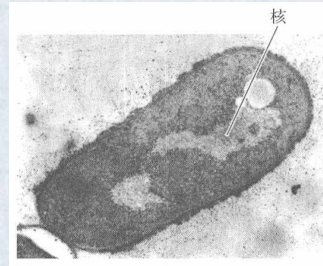
第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

核区

由**环状双链DNA**高度卷曲、缠绕而成的超螺旋，同时含有少量RNA和蛋白质的区域。

负载遗传信息的主要物质基础。



细菌核区

特点：无核膜和核仁、形态不定

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

特殊结构——**糖被/荚膜**、鞭毛、菌毛、芽孢

糖被：包被于某些细菌细胞壁外的一层厚度不定的透明胶状物质。

包裹在单个 细胞上	{	在壁上有固定层次	{	层次厚：（大）荚膜
		层次薄：微荚膜		
		松散，未固定在壁上：黏液层		

包裹在细胞群上：菌胶团（动胶菌属含有）

第一节 真细菌

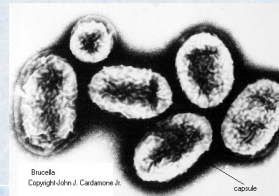
二、细菌细胞结构

特殊结构——糖被/荚膜、鞭毛、菌毛、芽孢

荚膜：某些细菌细胞壁之外包裹着一层厚度不定的胶状黏性物质。

不同细胞的荚膜连在一起，形成一个内含多个菌体的胶团，称**菌胶团**。

荚膜染色：碳素墨水对产荚膜菌采用背景染色法-----负染色法



第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

特殊结构——糖被/荚膜、鞭毛、菌毛、芽孢

荚膜的组分：多糖、多肽

主要功能：

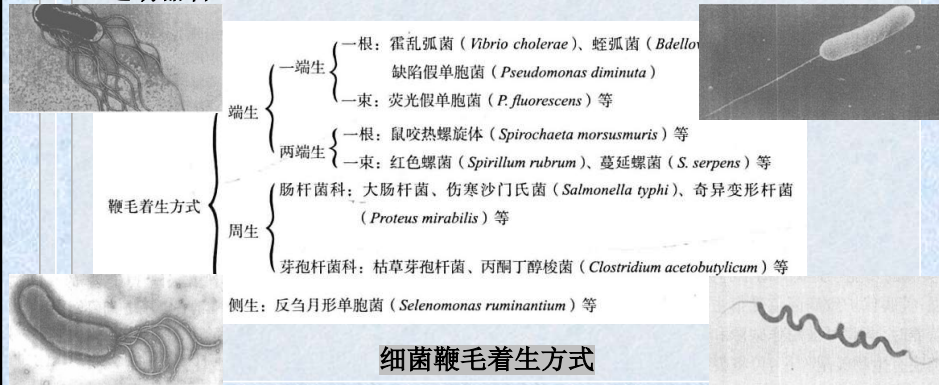
- 富含水分，保护细胞免受干旱损伤；抵御吞噬细胞的吞噬（带正电，具亲水性）
- 作为渗透屏障和离子交换系统，保护细菌免受重金属离子毒害
- 细菌间的信息识别作用
- 表面附着作用
- 是多糖聚合物，可作为贮藏性物质
- 是某些病原菌（S型肺炎双球菌）的毒力因子
- 堆积代谢废物

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

特殊结构——糖被/荚膜、鞭毛、菌毛、芽孢

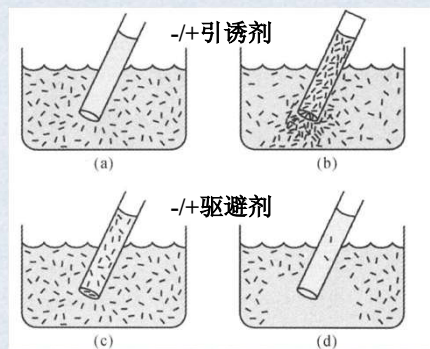
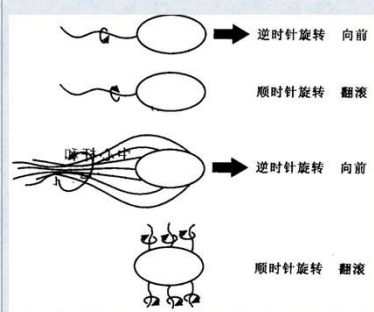
鞭毛：某些细菌菌体上具有细长而弯曲的丝状蛋白质附属物，是细菌运动器官。



第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

特殊结构——糖被/荚膜、鞭毛、菌毛、芽孢

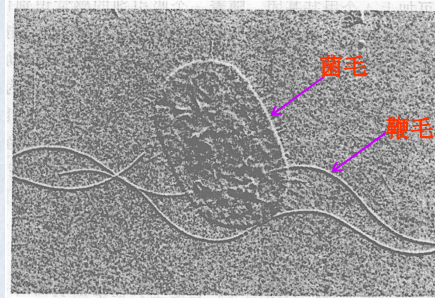


第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

特殊结构——糖被/荚膜、鞭毛、菌毛、芽孢

菌毛：生长在细菌表面的一种蛋白质微丝。



与鞭毛相比，菌毛短、细、硬、多

菌毛主要功能：黏附

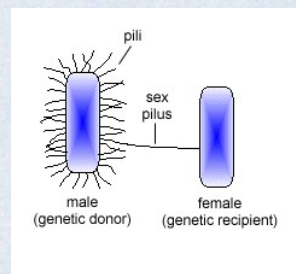
普通变形菌的鞭毛与菌毛

第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

特殊结构——糖被/荚膜、鞭毛、菌毛、芽孢

性菌毛：构造和成分与菌毛相同，比菌毛长且少。



具有向雌性菌株传递遗传物质的作用。

性毛

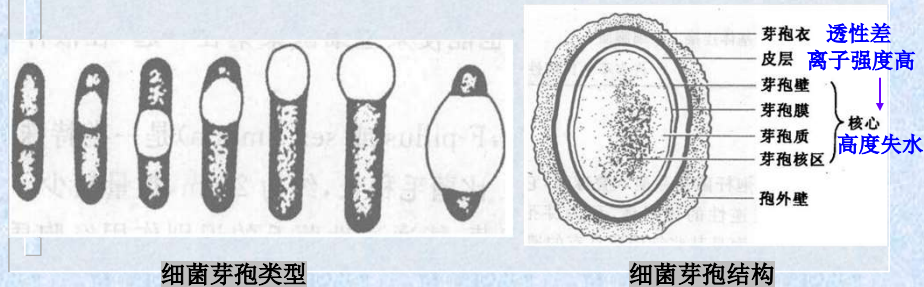
第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

特殊结构——糖被/荚膜、鞭毛、菌毛、芽孢

芽孢：生长后期，某些细菌（芽孢杆菌属、梭状芽孢杆菌属）在菌体内形成的一种折光性、具有抗逆性的休眠体。

芽孢不是细菌的繁殖体，代谢相对静止，抗逆性强。



第一节 真细菌

二、细菌细胞结构

特殊结构——糖被/荚膜、鞭毛、菌毛、芽孢

(1) 特有成分：DPA-Ca，即吡啶二羧酸钙盐（皮层）

(2) 杀死芽孢所需要的条件：

湿热灭菌时温度不能低于121°C 10 min。

热空气干热灭菌则温度在150-160°C下维持1~2 h。

(3) 芽孢的形态：圆柱形、椭圆形、圆形等

(4) 芽孢的染色方法：孔雀绿染色

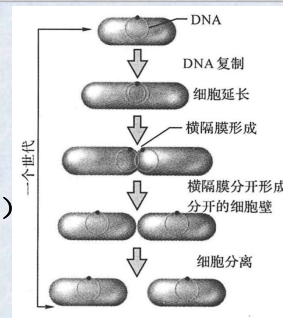
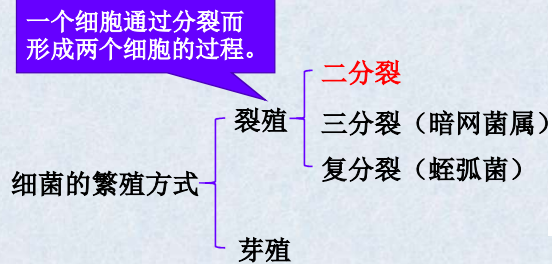
(5) 芽孢的萌发：

促进萌发物质：葡萄糖、表面活性剂、L-丙氨酸、 Mn^{2+} 等

抑制萌发物质：D-丙氨酸和碳酸氢钠等

第一节 真细菌

三、细菌的繁殖



母细胞表面先形成一个突起，待其长大到与母细胞相仿后再相互分裂分离并独立生活的繁殖方式。

第一节 真细菌

四、细菌的群落培养特征

菌落形态

菌落：固体平板培养基上，微生物单细胞经过生长繁殖，形成肉眼能看到的，具有一定形态特征的群体。

菌落特征：大小、形状、隆起形状、边缘和表面状况、颜色、黏度、硬度、透明度等。

菌苔：多个菌落在固体培养基表面连成一片的培养物。

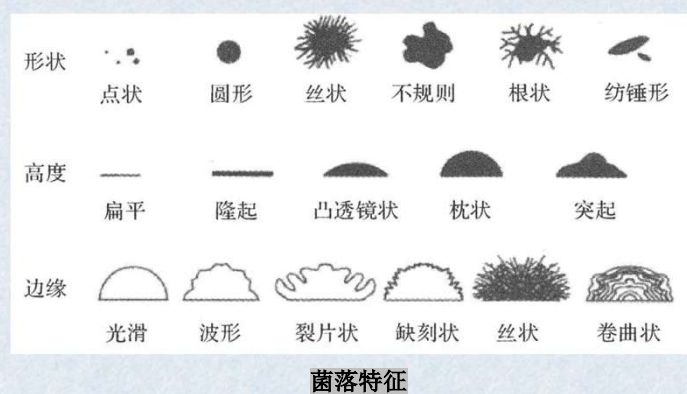


细菌菌落

第一节 真细菌

四、细菌的群落培养特征

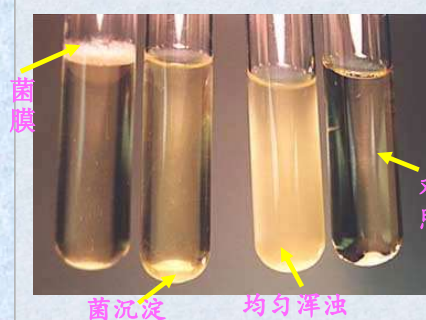
菌落形态



第一节 真细菌

四、细菌的群落培养特征

液体培养形态



根据浑浊情况判断细菌与氧气的关系：
上部浑浊：好氧菌
下部浑浊：厌氧菌
均匀浑浊：兼性菌

第一节 真细菌

五、常见细菌种群代表

革兰氏阴性菌



根瘤菌属



大肠杆菌属



弧菌属



假单胞菌属



沙门氏菌属

第一节 真细菌

五、常见细菌种群代表

革兰氏阳性菌

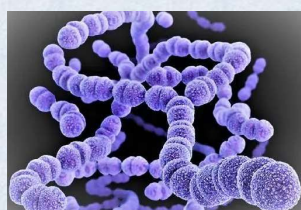
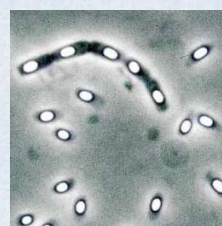
微球菌属

链球菌属

葡萄球菌属

芽孢杆菌属

乳酸杆菌属

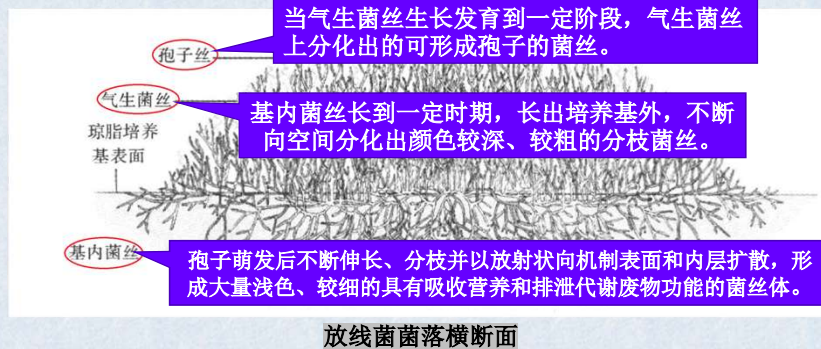


第一节 真细菌

五、放线菌

形态结构

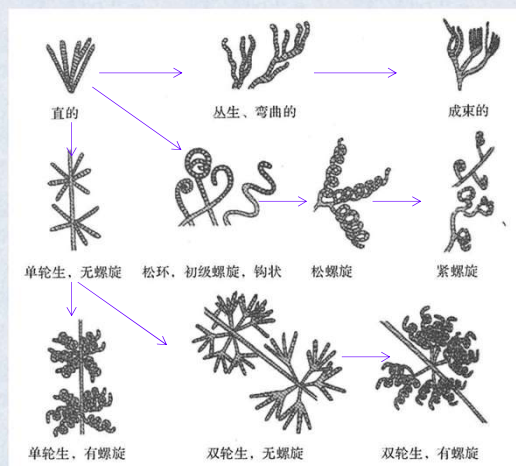
放线菌： G^+ ，呈丝状生长、主要以孢子繁殖、陆生性较强的丝状原核微生物。



第一节 真细菌

五、放线菌

形态结构



孢子丝类型、排列及演变

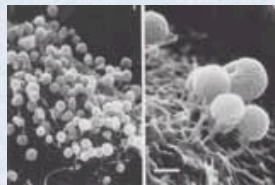
第一节 真细菌

五、放线菌

繁殖方式

无性繁殖 { 菌丝断裂 (液体培养时)
 { 无性孢子 { 分生孢子
 { 孢囊孢子

链孢囊菌属



第一节 真细菌

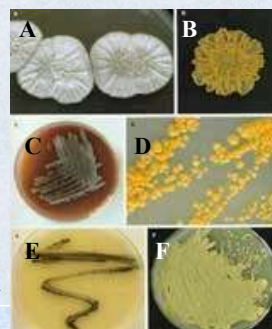
五、放线菌

菌落特征

- 菌落质地硬而且致密，菌落小而不广泛延伸；
- 菌落表面呈紧密的绒状或坚实、干燥多皱；
- 接种针难以挑取，有时可挑碎，有时可将整个菌落挑起；
- 菌落的正反面颜色常不一致；
- 基内菌丝呈辐射状生长。



A: 诺尔斯氏链霉菌
B: 皮疽诺卡氏菌;
C: 酒红指孢囊菌
D: 游动放线菌;
E: 小单胞菌
F: 皱双孢马杜拉放线菌

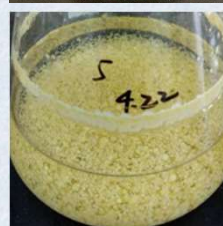
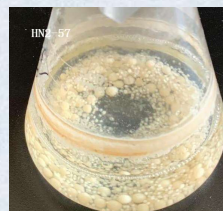
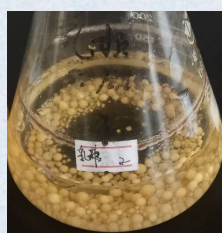
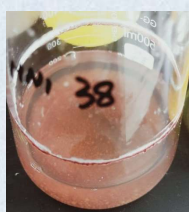


第一节 真细菌

五、放线菌

液体摇瓶培养特征

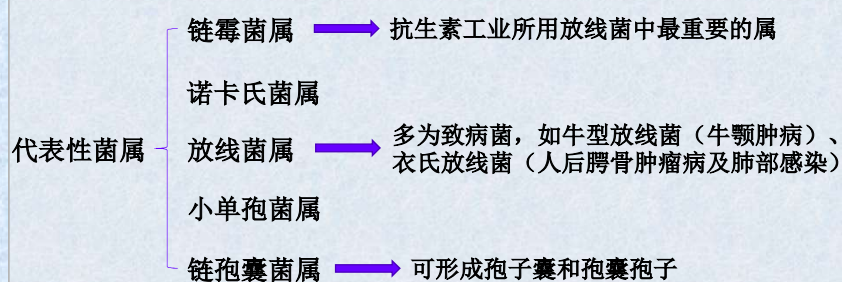
- 液面与瓶壁交界处粘着一圈菌苔；
- 培养液清而不混；
- 培养液中悬浮许多珠状小菌丝团；
- 大菌丝团沉在瓶底。



第一节 真细菌

五、放线菌

常见放线菌种群



第一节 真细菌

六、蓝细菌

形态结构

蓝细菌：G⁻，无鞭毛，含有叶绿素a、能进行光合作用的原核微生物。无叶绿体而有类囊体。



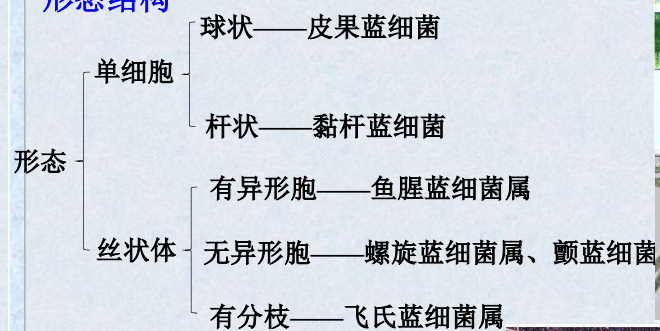
许多蓝细菌生长在氮磷污染后富营养化海水和湖泊中，并形成胶质团浮于水面，形成“赤潮”、“水华”，使水体变色。



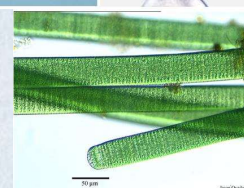
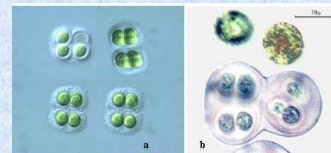
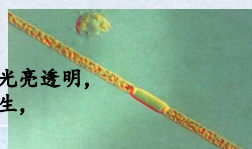
第一节 真细菌

六、蓝细菌

形态结构



异形胞：光亮透明，
间生或端生，
固氮作用



第一节 真细菌

六、蓝细菌

色素组成

- 叶绿素a——产氧光合作用
 - 类胡萝卜素
 - 藻胆素
 - 藻蓝素：红光下含量高
 - 藻红素：绿光下含量高
- 有效地利用光源

气泡：存在于细胞质中。利于菌体漂浮水面进行光合作用。

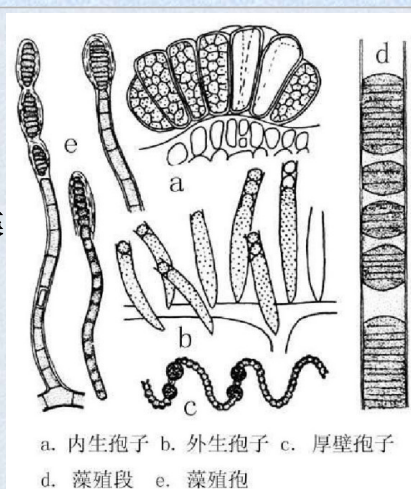
第一节 真细菌

六、蓝细菌

繁殖方式

无性繁殖

- 裂殖——黏杆藻、皮果藻
- 连锁体/藻殖段——颤藻、念珠藻
- 内孢子——管胞藻
- 静息孢子/厚壁孢子——念珠藻、鱼腥藻



第一节 真细菌

七、其他真细菌

培养条件苛刻：需在含血清、酵母膏或者胆固醇等营养丰富的培养基中才能生长。

支原体

能够独立生活的最小（0.1-0.3 μm ）、无细胞壁的原核微生物。

形态：以球状、丝状为主

病害：引起人和禽畜呼吸道、肺部系统炎症。植物原体（类支原体）是黄化病、矮缩病的病原体。

第一节 真细菌

七、其他真细菌

立克次氏体

专性活细胞内寄生、存在产能代谢系统的G-致病性原核微生物。

形态：球状、杆状、丝状等；没有鞭毛，不能运动。

大小：介于细菌和病毒之间， $(0.3-0.6) \times (0.8-2.0) \mu\text{m}$ ，不能通过细菌滤器。

病害：洛基山斑点热、流行性斑疹伤寒、地方性斑疹伤寒、Q热和恙虫热等。

第一节 真细菌

七、其他真细菌

衣原体

严格细胞内寄生，G⁻，有细胞壁但缺肽聚糖，缺少独立产能系统，能通过细菌滤器的原核微生物。

形态：球形或椭圆形，个体小（0.2-1.5 μm）；

原体（小，有感染性，无生长性）和始体（大，无感染性、有生长性）

病害：沙眼、鹦鹉热、淋巴肉芽肿、粒性结膜炎等。

第二节 古菌

一、古细菌的发现

1977年，Carl Woese以16S rRNA序列比较为依据，提出的独立于真细菌和真核生物之外的第三种生命形式。

▲ **具独特基因结构**，在分类地位上与真细菌和真核生物并列为三域，并且在进化谱系上更接近真核生物。

▲ **在细胞构造上与真细菌较为接近**，同属**原核生物**。

▲ 这些生物的**栖息生境多数类似于早期的地球环境**，例如高温、高盐、高酸等。

▲ **命名：古细菌**

第二节 古菌

三、古细菌的分类

嗜热嗜酸菌 多属于泉古菌门

生长温度：80-100°C，pH: 1~3。

硫化叶菌属 热变形菌属 火叶菌属 热网菌属

热棒菌属 热丝菌属 等

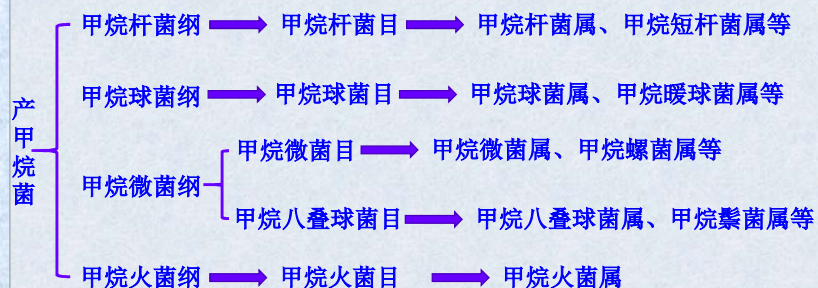
专性嗜热，好养、严格厌氧或兼性，革兰氏阴性、杆状、丝状或球状；嗜酸性和嗜中性，自养或异养生长，大多数种是硫代谢菌。

第二节 古菌

三、古细菌的分类

产甲烷菌 属广古菌门，严格厌氧菌、4纲5目28属

能够利用一碳或二碳化合物产生甲烷的古菌。



第二节 古菌

三、古细菌的分类

产甲烷菌

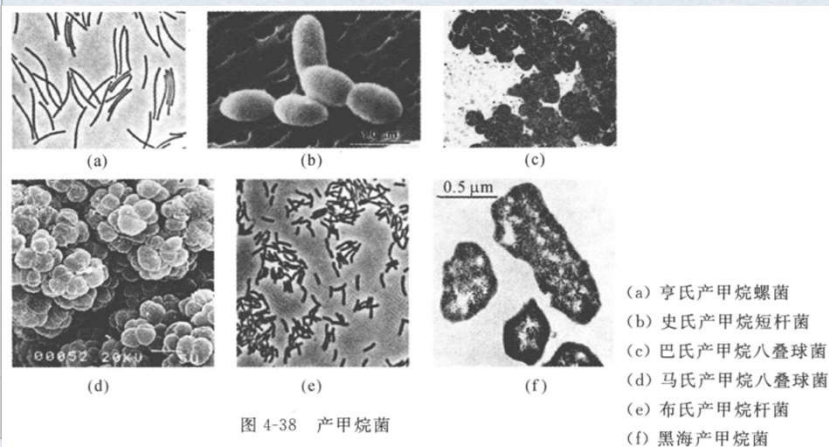


图 4-38 产甲烷菌

第二节 古菌

三、古细菌的分类

极端嗜盐菌

属广古菌门，18属

生长的NaCl浓度：9~32%。

一些极端嗜盐古菌的分类

属	形态
盐杆菌属(<i>Halobacterium</i>)	杆状
盐红杆菌属(<i>Halorubrum</i>)	杆状、多形态杆状
盐棒杆菌属(<i>Halobaculum</i>)	杆状
富盐菌属(<i>Haloferax</i>)	平圆盘或杯形
盐盒菌属(<i>Haloarcula</i>)	不规则圆盘状或三角形、长方形
嗜盐球菌属(<i>Halococcus</i>)	球形
嗜盐碱杆菌属(<i>Natronobacterium</i>)	杆状
嗜盐碱球菌属(<i>Natronococcus</i>)	球形