

菌类 (fungi)

菌类真核，异养，孢子繁殖，多由丝状多细胞结构构成。

1 黏菌门 (Myxomycota)

在生长期为无细胞壁的原生质团，多核，类似变形虫，称为变形体 (plasmodium)，多外被胶质鞘。子实体为产孢子组织，外有包被。多腐生，少数寄生植物。

1.1 发网菌目 (Stemonitales)

孢子紫褐色。原生质团细小，质地均一，而后伸长分枝为网状，无胶质鞘。

1.1.1 发网菌 (*Stemonitis*)

变形体为不规则网状。无性生殖时，变形体生发状突起。每个突起发育为具柄孢子囊，呈长桶形，紫色。孢子囊内有胞丝 (capillitium)。孢子核由原生质体核减数分裂形成。孢子有细胞壁，后萌发为有两条不等长鞭毛的游动细胞。游动细胞鞭毛收缩，形成变形菌胞。

有性生殖时，单倍体孢子发育而来的游动细胞或变形菌胞两两结合为合子。合子核有丝分裂为原生质团。

2 根肿菌门 (Plasmodiophoromycota)

仅根肿菌科 (Plasmodiophoraceae) 一科。胞内寄生高等植物、藻类或真菌。休眠孢子在寄主细胞内游离。常引起寄主细胞过度增大、分裂，造成组织增生。如芸薹根肿菌 (*Plasmodiophora brassicae*)。

3 卵菌门 (Oomycota)

多水生，腐生或寄生。细胞壁不含几丁质 (chitin)。无性生殖产游动孢子，有等长双鞭毛。营养体细胞为二倍体，减数分裂形成配子。有性生殖产厚壁卵孢子。仅卵菌纲 (Oomycetes)。

19 3.1 水霉目 (*Saprolegniales*)

20 多腐生。孢子囊层出。藏卵器内有卵一至多枚。

21 3.1.1 水霉 (*Saprolegnia*)

22 常寄生于淡水鱼或淡水动物尸体。菌丝体白色，绒毛状，细长分枝。以根状菌丝插入寄主组织。

23 无性生殖时，菌丝顶部膨大，细胞核进入顶端，生隔形成长桶形游动孢子囊。孢子囊顶端开口，释放
24 游动孢子。旧孢子囊基部生第二个孢子囊，伸入旧孢子囊空壳，即孢子囊层出。游动孢子顶生两条鞭毛，
25 条件适宜时直接萌发。条件不适时，游动孢子鞭毛消失，形成球形静孢子。静孢子再生出一条鞭毛，形成
26 次生孢子。次生孢子鞭毛消失，形成静孢子后萌发。

27 有性生殖时，菌丝顶端形成精囊和卵囊。精囊紧靠卵囊，生出丝状输精管。精核经输精管于卵核结合，
28 形成卵孢子。卵孢子休眠后萌发，形成菌丝体。

29 3.2 霜霉目 (*Peronosporales*)

30 多寄生于维管植物。

31 3.2.1 白锈菌 (*Peronosporales*)

32 高等维管植物专性寄生菌。无性生殖时，菌丝在寄主表皮下长出短、不分枝、密集成排的棍棒状孢囊
33 梗。自孢囊梗顶端到基部，多核孢子囊不断形成，造成宿主表皮突起、破裂，释放孢子囊。孢子囊萌发，
34 产生游动孢子，萌发后侵入寄主。

35 有性生殖时，菌丝顶端生横壁，形成精囊和卵囊。精核由受精管进入卵囊，形成卵孢子。卵孢子壁上
36 有纹饰，萌发形成游动孢子，侵入寄主。

37 3.2.2 霜霉 (*Peronospora*)

38 高等维管植物专性寄生菌。常侵染叶。菌丝体无色，在寄主细胞间隙生长。无性生殖为主。孢囊梗自
39 寄主气孔伸出分叉。

40 4 真菌 (*True fungi*)

41 除少数单细胞品种外，多为分枝丝状体，即菌丝 (*hyphae*)。菌丝集合为菌丝体 (*mycelium*)。菌丝
42 有隔或无隔。隔上有小孔。细胞壁含几丁质。

43 生活史的某个阶段，菌丝体交织形成结构紧密的菌组织，包括拟薄壁组织 (*pseudoparenchyma*) 和疏
44 丝组织 (*prosenchyma*)。拟薄壁组织由紧密排列的菌丝细胞组成。疏丝组织菌丝细胞长，多平行排列或互
45 相交错，结构疏松。

菌组织形成不同结构的营养或繁殖结构,包括根状菌索(rhizomorph)、子座(stroma)、菌核(sclerotium)。根状菌索外层颜色深,为拟薄壁组织组成的皮层;内层为疏丝组织组成的髓层。顶端有一生长点。子座为容纳子实体的基座,是从营养阶段到繁殖阶段的过渡,亦由拟薄壁组织和疏丝组织组成。菌核质地坚硬,颜色深,抗逆性强,为度过不良环境的休眠体。

营养繁殖通过细胞分裂或菌丝断裂进行。无性生殖产生孢子。游动孢子(zoopore)在游动孢子囊(zooporangium)内形成,有单鞭,无细胞壁;孢囊孢子是在孢子囊(sporangium)内形成的不动孢子;分生孢子(conidiospore)是菌丝或分生孢子梗从生长点出芽形成的芽殖型(blastic)孢子,或菌丝顶端生横隔后断裂形成的菌丝型(thallic)孢子。有性生殖产生有性孢子,如接合孢子、子囊孢子、担孢子等。

少数品种营准性生殖(parasexuality)。异宗菌丝接触、融合、质配,使得同一细胞内有两个异宗核,称为异核体(heterokaryon)。在生殖结构中,异核发生核配并减数分裂,形成孢子。少数品种的非生殖结构中,异核偶尔能融合为杂合核。杂合核有丝分裂时发生染色体交换、重组,产生新的杂合核、非整倍核或单倍核。非整倍核不稳定,染色体随机分配,形成单倍体。

4.1 壶菌门 (Chytridiomycota)

多单细胞品种,单细胞体兼司营养和繁殖,为整体产果式(holocarpic)。少数有无隔分枝菌丝。菌丝有营养和繁殖之分工。繁殖时部分菌丝形成繁殖结构,通过隔与其他营养菌丝各开,为分体产果式(eucarpic)。无性游动孢子有一后生尾鞭毛。有性生殖为同配、异配或卵配,产休眠孢子或卵孢子。

4.1.1 壶菌目 (Chytridiales)

单细胞。游动孢子囊薄壁。休眠孢子囊厚壁,为有性生殖形成的。

节壶菌(*Physoderma*)寄生高等植物,不引起组织膨大。

4.2 接合菌门 (Zygomycota)

菌丝无隔多核。无性生殖产生不动的孢囊孢子。有性生殖时配子囊接合,产生二倍体接合孢子。

4.2.1 毛霉目 (Mucorales)

无性生殖产孢囊孢子或分生孢子。

根霉(*Rhizopus*)腐生,常生于富淀粉基质。菌丝体棉絮状,在基质表面铺开大量匍匐枝,有假根伸入基质。无性生殖时,基部向上生出直立孢囊梗(sporangiophore),其顶端膨大为孢子囊。孢子囊中央有半圆形囊轴(columella),基部有囊托。孢子囊中原生质分裂成块,形成多核静孢子。成熟后孢子囊破裂,释放孢囊孢子。有性生殖时,两个不同宗的菌丝上生出有柄配子囊。配子囊顶端接触,囊壁融解,细胞核融合为二倍体接合孢子。接合孢子减数分裂后产生单倍体孢子并释放。

毛霉(*Mucor*)类似根霉,但无匍匐枝,无假根,孢子囊基部无囊托。

75 4.2.2 虫霉目 (Entomophthorales)

76 常寄生昆虫。无性生殖产分生孢子。

77 虫霉 (*Entomophthom*) 寄生昆虫或腐生于粪便。菌丝多有隔，常自隔处断裂形成虫菌体。无性生殖
78 发达，产光滑分生孢子。有性生殖产接合孢子，或营孤雌生殖。

79 4.3 子囊菌门 (Ascomycota)

80 除酵母外均为多细胞。菌丝有隔。营养繁殖方式为出芽 (酵母) 或菌丝断裂 (多细胞品种)。无性生
81 殖多产分生孢子。有性生殖多同宗配合，形成子囊 (ascus)。合子在子囊内进行减数分裂。单细胞品种子
82 囊裸露。多细胞品种菌丝形成疏丝组织和拟薄壁组织，形成子囊果 (ascocarp)，包裹子实体。

83 有性生殖时，菌丝体顶端生出短小、直立、二叉分枝的菌丝，其顶端发育为精囊或卵囊。卵囊又称产
84 囊体 (ascogonium)。产囊体顶端生出受精丝 (trichogyne)，连通精囊。质配后，产囊体上半部生产囊丝
85 (ascogenous hypha)。雌雄核成对进入产囊丝，而后产囊丝基部生隔，形成双核细胞。产囊丝顶部伸长弯
86 曲为产囊丝钩 (crosier)。双核分裂为四核。产囊丝钩生横隔，形成钩尖、钩头、钩柄、三个细胞。钩尖、钩
87 柄单核，钩头双核。钩头细胞为子囊母细胞，核配后减数分裂，再有丝分裂，形成一行八个子囊孢子。钩
88 尖、钩柄细胞相连通后两个核再分裂并形成新的钩尖、钩头、钩柄细胞，进而形成新一行子囊孢子。如此
89 多次，一根产囊丝上形成一丛平行排列的子囊。产囊体下方生不育菌丝，在子囊间形成侧丝 (paraphysis);
90 在子囊外侧交织为包被 (peridium)，形成子囊果外壳。子囊果内，侧丝核子囊整齐排列成一层，即子实
91 层。

92 子囊果分为三种类型。子囊盘 (apothecium) 盘状、杯状或碗状，子实层在盘中且暴露向外。闭囊壳
93 (cleistothecium) 球形，完全闭合，破裂后释放孢子。子囊壳 (perithecium) 成瓶状，顶端开口。

94 4.3.1 半子囊菌纲 (Hemiascomycetes)

95 子囊裸露，无产囊丝和子囊果。

96 酵母 (*Saccharomyces*) 为单细胞，成圆形或椭圆形。出芽生殖。有性生殖时两营养细胞结合为合子。
97 合子出芽，形成单细胞子囊。子囊减数分裂形成子囊孢子。

98 4.3.2 不整囊菌纲 (Plectomycetes)

99 闭囊壳子囊果。子囊近球形，不规则散生，不形成子实层。仅散囊菌目 (Eurotiales)。

100 曲霉 (*Aspergillus*) 菌丝体发达。分生孢子梗多，顶端膨大为泡囊 (vesicle)。泡囊表面布满放射状排
101 列的瓶形结构，依次为梗基、初生小梗、次生小梗。小梗顶端形成一串球形分生孢子。不同品种分生孢子
102 颜色不一。有性生殖少，闭囊壳子囊果。无子实层，子囊不规则分散在子囊果中。子囊壁常融解，在子囊
103 果中释放子囊孢子。

104 青霉 (*Penicillium*) 菌丝产生长而直立的无性分生孢子梗，其顶端数次分枝，成扫帚状。最末小枝为
105 小梗，上生一串绿色分生孢子。鲜有有性生殖。

106 4.3.3 核菌纲 (Pyrenomycetes)

107 子囊果为子囊壳和闭囊壳。子囊棍状，排列整齐，顶端开裂。

108 赤霉菌 (*Gibberella*) 子囊壳蓝色或紫色。孢子梭形，有横隔。

109 麦角菌 (*Claviceps*) 寄生于禾本科植物子房。菌核萌发出子实体，称为子座。子座有一长柄，头部膨
110 大球形，其内生子囊壳。子囊壳椭圆形，孔口突出于子座表面。子囊壳内有长圆柱形子囊，子囊内有线状
111 子囊孢子。子囊孢子侵入寄主，发育为菌丝体。菌丝体生出分生孢子梗并释放分生孢子后，菌丝体发育为
112 菌核。

113 白粉菌 (*Erysiphe*) 寄生于植物。闭囊壳，内有子囊排列成子实层。子囊果表面有柔软丝状结构。

114 虫草 (*Cordyceps*) 子座从昆虫宿主虫体发出，肉质，多为棒状，直立。

115 4.3.4 盘菌纲 (Pezizomycetes)

116 子囊盘。子囊顶端不加厚，排列成子实层，分布于子囊盘内表面。

117 羊肚菌 (*Morchella*) 腐生。子实体有菌盖和菌柄。菌盖近球形或圆锥形，边缘全部和菌柄相连，表面
118 有网状棱纹。菌柄平整或有凹槽。子实层分布于菌盖凹陷处。子囊之间有长侧丝。

119 盘菌 (*Peziza*) 子囊盘成盘状，菌柄不发达。子囊圆柱状，有侧丝。子囊孢子椭圆形，无色，在子囊
120 内排列成一行。

121 核盘菌 (*Sclerotinia*) 营寄生。子囊盘有柄。子囊棍棒状，顶端加厚，中央有孔。

122 4.4 担子菌门 (Basidiomycota)

123 陆生高等真菌，多细胞，菌丝有隔。单倍体担孢子萌发的菌丝初期无隔多核，后生横隔，形成单核
124 菌丝，称初生菌丝 (primary hyphae)。初生菌丝的两个细胞质配为双核细胞，后分裂形成双核菌丝，称
125 为次生菌丝体 (secondary hyphae)。次生菌丝特化为双核三生菌丝体 (tertiary hyphae)，形成担子果
126 (basidiocarp)。

127 次生菌丝体和三生菌丝体细胞分裂时产生锁状联合 (clamp connection)。细胞中央侧生出喙状突起，
128 向下弯曲。一细胞核移入突起基部，另一核在其附近。两核分裂为四个子核，其中两个在细胞上部，一个
129 在基部，一个在突起中。而后生隔，母细胞分为三个子细胞。上方子细胞双核，基部和喙状突起形成的子
130 细胞单核。喙突向下弯曲的部位连通基部子细胞，形成双核细胞。两个双核子细胞之间残留喙突。

131 有性生殖可通过初生菌丝结合、形成担孢子或形成受精丝，常不形成特殊结构。初生菌丝结合时仅质
132 配，不核配，形成双核菌丝。双核菌丝有两种方式发育为次生菌丝。一是生出分枝，双核移入分枝后分裂
133 为四核，而后细胞生隔，形成两个双核细胞。如此不断分裂，形成双核菌丝。二是双核菌丝先进行核分裂，

子核移如亲配型相反的初生菌丝体，即“+”核移入“-”菌丝。而后子核迅速分裂并在细胞间迁移，直到母菌丝全部由异源双核细胞组成。

形成担孢子 (basidiospore) 时，双核菌丝顶端膨大形成担子 (basidium)。担子核配后减数分裂为四个单倍体核。担子顶端生四个小梗，小梗顶端膨大，单倍体核进入，形成担孢子。单倍体担孢子萌发形成初生菌丝，或两两结合后形成双核菌丝。

受精丝为起雌性器官作用的营养菌丝。性孢子和受精丝接触并质配，形成双核菌丝。

亦营无性生殖，产生分生孢子或粉孢子。

4.4.1 冬孢菌纲 (Teliomycetes)

多寄生高等植物。不形成子实体。产自冬孢子 (teliospore)。

黑粉菌目 (Ustilaginales) 担孢子顶生或侧生。每个担子产生担孢子数目不定，孢子不强力散射。产生煤黑色粉状孢子。如玉米黑粉菌 (*Ustilago maydis*)。

锈菌目 (Uredinales) 多寄生。初生菌丝产生性孢子 (pycniospore)，次生菌丝产春孢子 (aeciospore)、夏孢子 (urediospore)、冬孢子。冬孢子经核配和减数分裂，萌发为有四个细胞的担子，每个细胞发育为一个担孢子，借弹力散射。如禾柄锈菌 (*Puccin graminis*)。

4.4.2 层菌纲 (Hymenomycetes)

担子果发达，分为三类。裸果型 (gymnocarpous type) 担子果开放，担子整齐排列形成的子实层始终裸露。半被果型 (hemiangiocarpous type) 担子果发育初期有内、外菌幕包裹子实层；而后菌幕破裂，子实层裸露。假被果型 (pseudoangiocarpous type) 最初子实层裸露；后菌盖边缘向内弯曲，封闭子实层；最后子实层再次裸露。

担子整齐排列为子实层，分布在菌髓两侧。子实层和菌髓形成子实层体 (hymenophore)。

银耳目 (Tremellales) 腐生，裸果型。担子果胶质、软骨质或膜质。子实层生于担子果两侧。担子球形，纵分为四个细胞，每个细胞顶端有一小梗，梗上生一担孢子。如银耳 (*Tremella fuciformis*)。

木耳目 (Auriculariales) 担子果裸果型，胶质。子实层分布于担子果表面，或大部分包埋于其内。担子圆柱形，纵分为四个细胞，每个细胞顶端有一小梗，梗上生一担孢子。如木耳 (*Auricularia auricula*)。

伞菌目 (Agaricales) 担子果多肉质，有伞状的菌盖 (pileus)，下方为菌柄 (stipe)。菌柄多中生，菌盖腹面有放射排列的菌褶 (gills)。菌褶内部为菌髓。子实层位于菌褶两面，主要为担孢子和侧丝。担子单细胞，棒状，上生四个小梗，梗顶端有一个担孢子，可弹射。子实体幼时常有内菌幕 (partial veil) 遮盖菌褶。菌盖展开，内菌幕破裂，在菌柄残留环状菌环 (annulus)。部分品种子实体幼时有外菌幕 (universal veil)，包围子实体。菌柄伸长，外菌幕破裂，在菌柄基部残留菌托 (volva)，在菌盖顶部可能残留鳞片 (scale)。多腐生。如蘑菇 (*Agaricus spp.*)、香菇 (*Lentinus spp.*)、口蘑 (*Tricholoma spp.*)、鹅膏菌 (*Amanita spp.*)。

165 多孔菌目 (Polyporales) 担子果裸果型, 可为多年生, 木质或肉质。子实层位于菌管内或菌刺上, 无
166 菌褶。担子单细胞, 棒状。如灵芝 (*Ganoderma spp.*)、猴头 (*Hericium spp.*)。

167 4.4.3 腹菌纲 (Gasteromycetes)

168 被果型, 担子果发达, 常生于地下, 成熟时露出地面。担子果外有多层包被 (peridium), 内为产孢
169 体 (gleba)。产孢体多腔, 担子沿腔边缘生出。

170 鬼笔目 (Phallales) 担子果生于地下, 卵形、圆形或梨形。成熟时包被裂开, 包托伸长, 露出地面。包
171 被残留形成菌托。产孢组织成熟时有黏性, 恶臭。担孢子卵圆, 表面光滑。如鬼笔 (*Phallus spp.*)、竹荪
172 (*Dictyophora spp.*)。

173 马勃目 (Lycoperdales) 担子果球形或近球形, 基部有白色根状菌索。包被多层, 可能不裂开。担子
174 果成熟后产孢组织分解, 留下粉末状孢子。担子球形, 上生四至八个小梗, 各生一担孢子。担孢子球形,
175 常有疣刺。如马勃 (*Lycoperdon spp.*)、秃马勃 (*Calvatia spp.*)、地星 (*Geastrum spp.*)。

176 4.5 半知菌类 (Fungi imperfecti)

177 未发现有性生殖的真菌。单倍体, 菌丝有隔。菌丝体发达。营养繁殖为主。无性生殖形成分生孢子。
178 亦营准性生殖。

179 4.5.1 丛孢目 (Moniliales)

180 分生孢子梗分散丛生于基质表面。如稻瘟病菌 (*Piricularia oryzae*)。

181 4.5.2 黑盘孢目 (Melanconiales)

182 分生孢子梗紧密排列于分生孢子盘 (acervulus) 上。如棉花炭疫病菌 (*Colletotrichum gossypii*)。

183 4.5.3 球壳孢目 (Sphaeropsidales)

184 分生孢子梗位于分生孢子器 (pycnidium) 壁上。如茄褐纹病菌 (*Phomopsis vexans*)。