

植物学 Botany

分类: 藻类、地衣、苔藓、石松类与蕨类、裸子、被子

孢子

种子

低等: 藻类、地衣

高等: 苔藓、蕨类、种子植物

生活史(生活周期): 生长发育和繁殖阶段前后相继, 有规律地循环的全部过程

繁殖方式: ①. 营养繁殖(某一部分直接形成) ②. 无性生殖(孢子直接发育为新个体) ③. 有性生殖(配子结合成合子/受精卵)

配子体: 产生配子进行有性生殖 孢子体: 产生孢子进行无性生殖

> 世代交替

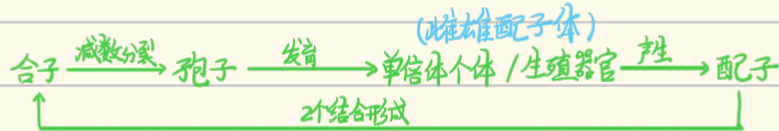
染色体为二倍(2n): 孢子体阶段, 无性世代 单倍(n): 配子体阶段, 有性世代

· 有性世代: 3种生活史

1. 减数分裂在合子萌发前进行(合子减数分裂): 藻类中普遍 eg. 衣藻、团藻、丝藻、轮藻. (植物体是单倍体!)

两个配子融合成合子, 合子一萌发就减数分裂 $\Rightarrow$ 孢子 (合子是唯一二倍体阶段, 无真正的二倍体植物)

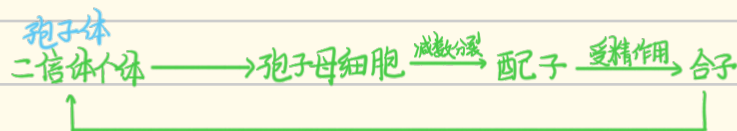
只是核相交替! 没有世代交替



2. 减数分裂在配子产生时进行(配子减数分裂) 绿藻门中的管藻目, 褐藻门中的无孢子纲, 多种硅藻

营养体为二倍体, 配子产生时减数分裂, 配子受精形成合子, 合子又萌发成二倍体

没有世代交替



3. 减数分裂在二倍的植物体形成孢子时进行(孢子减数分裂)(居间减数分裂)

绿藻中的石莼、浒苔, 褐藻门除了无孢子纲植物外的其他类群, 红藻门的石花菜、多管藻, 以及所有的陆生植物

二倍体的孢子体产生孢子时减数分裂, 孢子形成单倍体的配子体, 再产生配子, 雌雄配子结合成二倍的合子.

存在世代交替



孢子减数分裂类型中: 同形世代交替 & 异形世代交替

配子体与孢子体在形态构造上完全相同 eg. 石莼、水云 $\Rightarrow$ 不同

异形: 配子体世代优势: 苔藓、藻类中的紫菜; 孢子体世代优势: 褐藻中的海带 & 所有维管植物

ps. 同形世代交替较原始, 只存在于低等植物藻类中, 所有陆生植物都是异形世代交替, 植物进化程度越高, 孢子体越发达.

eg. 苔藓配子体营独立生活, 有了茎叶的分化, 而孢子体“寄生”在配子体上, 它的主要部分只是一个称为孢蒴的孢子囊.

•孢子的类型和结构

孢子是一种特殊的细胞。成熟的孢子一般近似球形，外面被较厚的纤维素构成的细胞壁所包围。

孢子在孢子囊/孢子叶内产生：内生孢子 eg. 苔藓的孢蒴、蕨类的孢子囊

孢子在孢子囊外形成：外生孢子 eg. 藻类的休眠孢子和厚壁孢子

eg. 水绵的接合生殖(有性生殖)

- 生殖过程：首先，两条水绵丝状体并行靠近，在两条丝状体的细胞相对的一侧各产生1个突起。继而两相对突起伸长，顶端接触，端壁融解形成1条连通的管子，即接合管。同时，各个细胞内的原生质体浓缩，形成1个配子。其中1条丝状体的每个细胞中的配子，以变形虫式运动通过接合管移入另1条相对细胞中，与其中的1个配子融合，产生1个卵形或椭圆形的合子，也称接合孢子。这样，1条丝状体的细胞都变空，另1条丝状体的细胞中都各有1个合子。空的丝状体可视为雄性，有合子的丝状体可视为雌性。
- 合子的发育：合子分泌产生厚壁，藻体死亡崩解后，合子沉入水底休眠。在条件适宜时，合子会萌发，合子核经过减数分裂，所产生的三个单倍体的核会退化消失，仅有一个继续发育并不断进行纵向有丝分裂，最后产生一条新的水绵丝状体。
- 接合类型：水绵的接合生殖包括梯形接合、侧面接合和直接侧面接合3种类型，但以梯形接合为最常见。

形成接合孢子

产生单倍的孢子

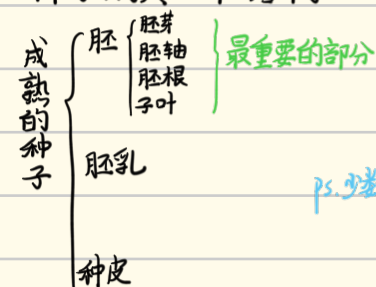
另外，根据孢子形成的方式，还可将孢子分为营养孢子(vegetative spore)、接合孢子(zygospore)和真孢子(euspore)。

(1) 营养孢子 营养孢子是由植物营养体细胞直接分化形成的孢子，如藻类常见的游动孢子和似亲孢子等。游动孢子(zoopore)是营养孢子一种常见类型，由游动孢子囊(zooporangium)产生，具有一条或几条鞭毛；厚壁孢子(chlamydospore)是藻丝的个别细胞膨大，积累养分，细胞壁增厚，可以渡过不良环境。

(2) 接合孢子 接合孢子是藻类接合藻纲有性生殖所形成的孢子。接合孢子由两个配子囊细胞融合，直接形成具坚韧细胞壁的孢子。

(3) 真孢子 真孢子是孢子体的部分细胞通过减数分裂而形成的孢子，如苔藓植物和蕨类植物所具有的孢子(图2-4B)。红藻、褐藻类具有的四分孢子。真孢子还包括在种子植物中形成的单核花粉(小孢子)和单核胚囊(大孢子)等。

•种子的类型和结构



根据胚的子叶数目：单子叶种子 & 双子叶种子

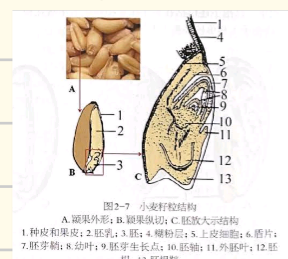
胚乳有无：有胚乳种子 & 无胚乳种子

ps. 少数植物种子在形成过程中，胚珠中一部分珠心组织保留下来，形成类似胚乳的营养组织——外胚乳

类型：(1) 基部被子植物和真双子叶植物有胚乳种子 eg. 蓖麻、番茄、粟、柿等植物种子

(2) 基部被子植物和真双子叶植物无胚乳种子 eg. 蚕豆、棉、油菜、茶、桃、瓜类 成熟种子由种皮和胚组成，胚乳在胚发育中被子叶吸收

(3) 单子叶植物有胚乳种子 eg. 水稻、小麦、玉米、洋葱等



颖果，外面是愈合的果皮与种皮；盾片与胚乳相接的一面有一层排列整齐的细胞：上皮细胞

种子萌发时，盾片 cells 形成 GA 扩散至糊粉层，诱导 α-淀粉酶等水解酶产生

外胚叶：退化的子叶

(4). 单子叶植物无胚乳种子 eg. 慈姑、泽泻等植物

(5). 裸子植物种子的结构: 胚珠裸露, 不为心皮包被, 种子外面没有果皮包被; 胚乳源于雌配子体, 是单倍体, 与被子植物的受精极核 (三倍) 形成的胚乳功能相同而来源不同

5. 系统分类原理和方法

命名法: 双名法: 2个拉丁词组成 (属名 & 种加词)

属名: 拉丁文名词, 单数第1格 (主格), 其第一个字母必须大写 (可用植物特征、古罗马植物名、地名、人名等表示)

种加词: 常用拉丁文形容词, 也可用同位名词或名词的第2格 (所有格), 其第一个字母一律小写 (也常用植物特征、地名、人名等表示)

命名人 (作者名): 学名后加上命名人, 正确完整地指示该种植物名称, 也便于今后考证. 姓名一般采用缩写, 第一个字母必须大写, 缩写的右下角加 “.”

种以下等级则在种名后边分别加上等级缩写 subsp. 或 ssp. (亚种)、var. (变种)、f. (变型), 然后再加上种下等级附加词 (亚种名、变种名、变型名) 以及命名人的姓氏或姓氏缩写. eg. 糯稻为变种, 学名为 *Oryza sativa* L. var. *glutiosa* Matsum

ps. 每种植物只有1个合法的正确学名, 其他均作为异名予以废弃

命名有优先律原则

6. 学名之改变

由于进行了专门的研究, 认为一个属中的某一种植物应转移到另一属中去时, 假如等级不变, 可将它原来的种加词移动到另一属中而被保留, 这样组成的新名称叫新组合 (combination nova)。原来的名称叫基原异名 (basinym)。原命名人则用括号括之, 转移的作者写在小括号之外。例如, 杉木最初是1803年由 Lambert 定名为 *Pinus lanceolata* Lamb. 1826年, Robert Brown 又定名为 *Cunninghamia sinensis* R. Br. ex Rich. 1827年, Hooker 在研究了该名的原始文献后, 认为它属于 *Cunninghamia* 属。但 *Pinus lanceolata* Lamb. 这一学名发表早, 按命名法规定, 在该学名转移到另一属时, 种加词 “*lanceolata*” 应予保留。故杉木的合法学名为 *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook., 其他两个学名成为它的异名, 而 *Pinus lanceolata* Lamb. 称为基原异名。

7. 保留名 (nomina conservanda)

对不符合命名法规的名称, 若历史上惯用已久, 可经国际植物学会议讨论通过作为保留名。某些科名, 其拉丁词尾不是 -aceae, 如豆科 Leguminosae (目前常用 Fabaceae), 十字花科 Cruciferae (目前用 Brassicaceae), 菊科 Compositae (Asteraceae) 等, 但是前面的科名仍然可以使用。

9. 杂种

杂种用两个种加词之间加 × 表示, 如旋花科打碗花属的 *Calystegia sepium* × *silvatica* 为 *C. sepium* 和 *C. silvatica* 之间的杂交种, 但也可另取一名, 用 × 分开, 如 *Calystegia* × *lucana*。

Other words between the authors (在定名人之间的其它词)

1) et = and

eg., *Smilax guiyangensis* C. X. Fu et C. D. Shen 花叶菝葜

2) ex = from

eg., *Corydalis spathulata* Prain ex Craib 匙距紫堇

3) f./fil. after the author shows the famous botanist's son,

eg., *Rhododendron lanatum* Hook. f. 黄钟杜鹃

4) () 括号, The nomenclature of a taxonomic group is based upon priority of publication.

eg., *Corydalis racemosa* (Thunb.) Pers. 小花黄堇

5) × = hybrid, eg., *Lycoris* × *rosea*

6) nov. = new 新的

7) comb. nov. 新组合

1. 植物命名的模式和模式标本

科或科以下的分类群的名称, 都是由命名模式来决定的。但更高等级 (科级以上) 分类群的名称, 只有当其名称是基于属名的才由命名模式来决定。种或种以下的分类群的命名必须有模式标本作依据。模式标本必须永久保存, 不能是活植物。模式标本有以下几种:

(1) 主模式标本 (全模式标本、正模式标本) (holotype) 是由命名人指定的模式标本, 即著者发表新分类群时据以命名、描述和绘图的那一份标本。

(2) 等模式标本 (同模式标本、复模式标本) (isotype) 系与主模式标本同为同一采集者在同一地点与时间所采集的同号复份标本。

(3) 合模式标本 (等值模式标本) (syntype) 著者在发表一分类群时未曾指定主模式而引证了2个以上的标本或被著者指定为模式的标本, 其数目在2个以上时, 此等标本中的任何1份, 均可称为合模式标本。1950年斯德哥尔摩法规已修改, 指明用合模式标本为无效发表。

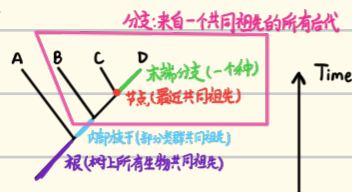
(4) 后选模式标本 (选定模式标本) (lectotype) 当发表新分类群时, 著作未曾指定主模式标本或主模式标本已遗失或损坏时, 后来的作者根据原始资料, 在等模式标本或以外同时引证的标本, 称为副模式标本。

(5) 副模式标本 (同举模式标本) (paratype) 对于某一分类群, 著者在原描述中除主模式、等模式或合模式标本以外同时引证的标本, 称为副模式标本。

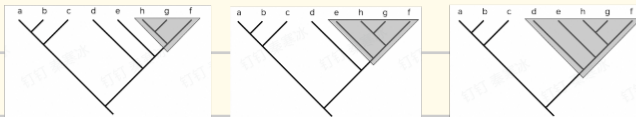
(6) 新模式标本 (neotype) 当主模式、等模式、合模式、副模式标本均有错误、损坏或遗失时, 根据原始资料从其他标本中重新选定出来充当命名模式的标本。

(7) 原产地模式标本 (topotype) 当不能获得某种植物的模式标本时, 便从该植物的模式标本产地采到同种植物的标本, 与原始资料核对, 完全符合者以代替模式标本, 称为原产地模式标本。

系统发育树

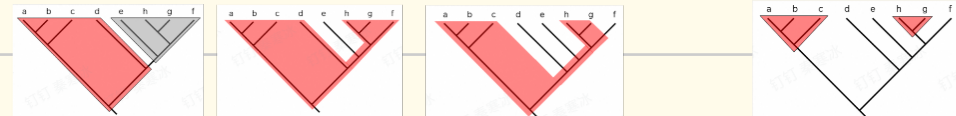


单系群: 一个共同祖先的所有后代 → 一个分支. 所有分类群必须是单系的



并系群: 一个共同祖先, 不包括所有后代 (缺少至少一个亚分支)

多系群 (复系群): 到达共同祖先前要回溯两个或多个不同祖先的类群



有胚植物 = 高等植物 = 陆地植物 (胚: 陆地植物的幼孢子体)

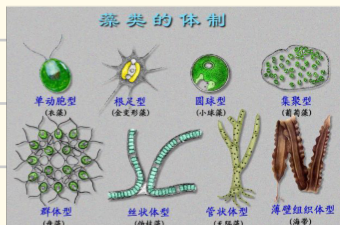
Characters 特征: 生命体多样, 单细胞-多细胞群体-丝状体-叶状体。 最高的有简单的组织分化。 藻体小的只有几微米(衣藻), 最大的可达100米以上(巨藻)。

藻类植物一般都含**光合色素**, 能进行光合作用, 生活方式是**自养的**。 **生殖器官多数为单细胞**, **合子发育不成形虫**。

Distribution 分布: 主要分布于淡水或海水和潮湿土壤。

Classification 分类: 约47种, 根据生命体的形态结构、所含色素、贮藏营养物质的类别以及生殖方式和生活方式类型等, 可分为8-10个门。

eg. 螺旋藻, 紫菜, 海带; 羊栖菜, 鹧鸪菜; 石花菜



藻类类别	蓝藻门	灰藻门	红藻门	隐藻门	甲金硅藻褐藻门	裸藻门	绿、轮藻门	绿色陆生植物
叶绿素	a	a	a, d	a, c	a, c	a, b	a, b	a, b
类胡萝卜素	β-胡、 叶黄素		β-胡、 叶黄素	α 和 β-胡、 叶黄素	β-胡、 叶黄素	β 和 γ-胡、 叶黄素	α 和 β-胡、 叶黄素	α 和 β-胡、 叶黄素
藻胆素	藻蓝素 藻红素	藻蓝素 藻红素	藻蓝素 藻红素	藻蓝素 藻红素				
储藏物质	蓝藻 淀粉		红藻 淀粉	淀粉	金藻昆布褐或褐 藻淀粉或淀粉	裸藻 淀粉	淀粉	淀粉

注: α-胡=α-胡萝卜素, α 和 β-胡=α 和 β-胡萝卜素, γ-胡=γ-胡萝卜素

1. Classification & Distribution 分类与分布

绿藻门是藻类中最大的一门，约有430属，6700种。关于绿藻门的分类，意见不一，本教材沿用两个纲：绿藻纲(Chlorophyceae)和轮藻纲(Charophyceae)。

绿藻的分布很广，以淡水中的为最多。流水和静水中都可见到。陆地上的阴湿处和海水中有绿藻生长。有的和真菌共同形成地衣。

2. Characters 主要特征

绿藻的细胞多种多样，有单细胞、群体、丝状体或叶状体。绿藻植物的细胞与高等植物相似，也有细胞核和叶绿体，有相似的色素、贮藏养分及细胞壁的成分。

色素中以叶绿素a和b最多，故呈绿色。

贮藏物质主要为淀粉和油类。细胞壁的成分主要是纤维素。

轮藻纲

(1) 壳状地衣 叶状体很薄, 以菌丝牢固地紧贴在基座上, 有的甚至伸入基座中, 因此很难剥离。壳状地衣约占全部地衣的80%。如生于岩石上的茶渍属 (*Lecanora*) 和生于树皮上的文字衣属 (*Graphis*) 等。

(2) 叶状地衣 叶状体以假根或脐状或疏松地着生在基座上, 易与基质剥离。如生于草地上的地卷属 (*Peltigera*)、脐衣属 (石耳属, *Umbilicaria*) 和生在岩石或树皮上的梅衣属 (*Parmelia*) 等。

(3) 枝状地衣 全体呈树状枝, 直立或下垂, 仅基部附着于基座上。如直立的石蕊属 (*Cladonia*)、丛生于树干上的松萝属 (*Usnea*)。

叶状地衣的构造

异层地衣 (heteromerous lichen)，可分为上皮层、藻类层、髓层和下皮层。上皮层和下皮层由多角形的藻类构成。髓层和藻类层之间的一层由少量薄壳细胞构成。髓层介于藻类层和下皮层之间，由一些细长的菌丝和薄壁组织构成。

同层地衣 (homolomerous lichen)，菌丝体在髓层中均匀分布，不在上皮层之下等于排列成层 (即无髓层)，如喇叭环 (Leptogium)，豹皮衣 (Physcia)、豹衣 (Parmelia)。

早层!

叶状地衣的构造

上皮层
藻类层
髓层
下皮层

叶状地衣的构造

有的表面有由几根菌丝缠绕数个藻细胞组成的**粉芽**也可进行繁殖。

1. 植物体有茎、叶的分化, 但尚无真正的根
根为根细胞或单列细胞所组成的根, 有吸收水分、无机盐和固着的作用。
无输导组织, 输导能力不强。
植物体矮小, 最大的也只有数十厘米。
较高等的种类为没有茎、叶分化的扁芽状叶 (如地钱)。

2. 具多细胞的生殖器官
颈卵器 (archegonium): 雌性生殖器官, 外形如高颈, 由细长柄和膨大的腹部 (颈卵细胞) 组成。
精子囊 (antheridium): 雄性生殖器官, 外形多呈棒状或球状, 其壁由一层细胞构成, 内有多个精子, 精子长而弯曲, 具2条等长的鞭毛。

3. 合子发育成胚

精子借助于水进入颈卵器与卵结合形成合子，合子在配子体的颈卵器内育成胚，再发育成孢子体。

颈卵器和胚的出现是苔藓植物由水生向陆生过渡的重要进化性状。

4. 孢子体寄生于配子体上

苔藓植物的生活史具有明显的世代交替，但配子体占优势，孢子体不发育且寄生在配子体上，不能独立生活。

5. 孢子萌发经过原丝体阶段

原丝体(protonema): 苔藓植物的孢子在适宜的环境下萌发出丝状体, 形如丝状绿藻, 一段时间后再长成熟了的植物体, 即配子体。

· 孢子体构造简单, 一般无 **蒴轴**, **蒴盖**, **蒴齿**。^{极稀} · 原丝体不发达, 每一原丝体通常只形成一个植株。

雌生殖器托
Archegonium

雄生殖器托
Antheridium

营养繁殖:

胞芽：生于叶状体背面的胞芽杯中

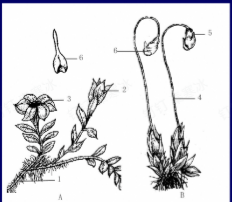
[illegible]

孢蒴内有长条形、壁上有螺旋状增厚的弹丝。孢蒴成熟后开裂，孢子借弹丝的力量散出。

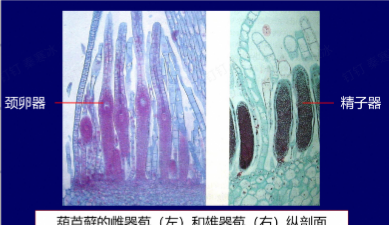
在适宜的环境中萌发成雌/雄性原丝体,进而发育成配子体(叶状体)

2. 蕨类: 无背腹之分的**茎叶体**; 假根由单列细胞组成, 叶常具中肋, 细胞内叶绿体多数, 无淀粉核。

· 孢子体比苔类复杂, 孢蒴有**蒴轴**、**蒴盖**、**蒴齿**、**无弹丝** · 原丝体发达, 每一原丝体形成多个植物



葫芦藓的植物体
A. 配子体
1. 配子体
2. 雄器苞
3. 雌器苞
B. 孢子体
(寄生于配子体上)
4. 蒴柄
5. 孢蒴
6. 蒴帽



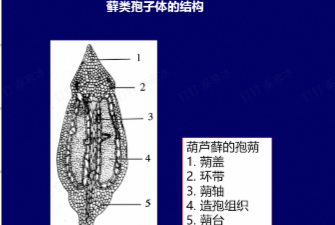
颈卵器 精子器

葫芦藓的雌器苞 (左) 和雄器苞 (右) 纵剖面



葫芦藓的孢蒴

- 蒴盖
- 环带
- 蒴齿
- 造孢组织
- 蒴台

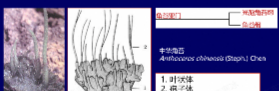


葫芦藓的孢蒴

- 蒴盖
- 环带
- 蒴齿
- 造孢组织
- 蒴台

3. 苔类:

- 由单列细胞组成的体 (配子体) 称为叶状体;
- 细胞内仅有1-5个大形叶绿体, 叶状体亦有叶绿体;
- 孢子体由配子体产生, 配子体常具假根;
- 孢子体无根, 但能靠假根吸收水分和无机盐, 进行光合作用。



本图左侧为苔类植物体 (苔类) 的叶状体, 右侧为苔类植物体 (苔类) 的孢子体。

- 叶状体
- 孢子体 (由叶状体的上部发育而来)

三、苔藓植物的起源与演化

1. 认为起源于藻类。其理由为: 孢子体具有2条等长的假根, 孢子体发育时形成的假根, 与丝藻体很相似。丝藻体的假根与孢子的构造可与苔藓植物的假根和孢子体相比较。
2. 认为起源于裸蕨类植物演化而来。裸蕨类植物出现于志留纪, 而苔藓植物出现于泥盆纪中期, 要比裸蕨类晚数千万年。从进化顺序上, 它们很可能起源于同一祖先。

由于苔藓植物的配子体依靠孢子体而生活, 但配子体仍具, 真正的假根和假根, 假根在, 在寄生生活时, 必须借助于水, 因而在陆地上难以发育, 这都表明它是水生到陆生的过渡类型。

二、蕨类植物的形态特征

蕨类植物具有营养茎结构, 有明显的根、茎、叶分化。中肋类型、表皮附属物 (如毛被、鳞片类型)、叶脉分支方式都有别于苔藓。蕨类植物是具有的孢子植物, 孢子体发达, 配子体退化。其孢子囊的形状或位置、孢子囊环着生位置、囊群的位置、孢子的类型及形态是蕨类植物的重要特征。这些特征不同于种子植物, 为蕨类植物所特有。

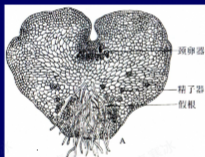


· 石松类和蕨类植物: 现代蕨类植物分类系统 (PPG I): **石松纲** & **水龙骨科**

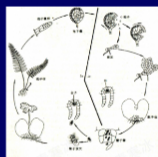
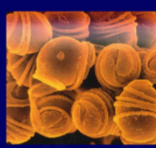
(1). 孢子体发达, 出现了真根及维管组织, 进一步适应陆生生活 (2). 孢子囊 (及孢子叶) 常集生成孢子叶穗 (孢子叶球)、孢子囊穗、孢子囊群或孢子果。

3. 配子体大多数能独立生活

原叶体 (prothallium): 蕨类植物的配子体, 小型 (1cm)、扁平、心形的叶状体; 具叶绿体和假根, 能独立生活; 贴地一面生有颈卵器和精子器。



4. 配子体还不能完全适应陆生, 受精过程还需要水环境。
5. 产生孢子, 不产生种子
6. 有明显的世代交替



叶有营养叶和孢子叶、大型叶与小型叶之分。

- 大型叶 (macrophyll), 有叶柄, 叶缘有或无, 叶脉多分支。按顶生学说认为是由多个顶枝合并演化而成。
- 小型叶 (microphyll), 没有叶柄和叶缘, 只具有单一叶脉。按顶生学说理论是由单个顶枝演化而成; 但起生学说认为是由经轴表面突起而形成。
- 同型叶 (homomorphic leaf), 形状相同, 没有营养叶和孢子叶之分;
- 异型叶 (heteromorphic leaf), 叶分孢子叶和营养叶, 且形状不同。

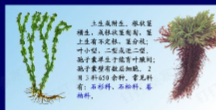
石松纲 Lycopodiopsida 1. 石松亚纲 Lycopodiidae - 石松目: 石松科 - 水韭目: 水韭科 - 卷柏目: 卷柏科 水龙骨科 Polypodiopsida 2. 木贼亚纲 Equisetidae - 木贼目: 木贼科	合囊藻亚纲 Marattiidae - 合囊藻目: 合囊藻科 5. 水龙骨科 Polypodiidae - 紫萁目: 紫萁科 - 鳞蕨目: 鳞蕨科 - 黑白目: 罗伞蕨科、双扇蕨科、黑白科 - 莎草目: 海金沙科、莎草蕨科、双胞蕨科 - 柳叶目: 柳叶蕨科、蕨科 - 松叶目: 8 - 蕨尔小蕨目: 蕨尔小蕨科 - 水龙骨科: 26 (增加3科)
--	---

(一) 石松纲—石松亚纲

孢子体有真根, 茎多为二叉分枝, 通常具原生中柱。小型叶, 螺旋状排列, 仅1条叶脉。孢子囊单生于孢子叶腋或近基部, 孢子叶通常集生于枝端形成**孢子叶穗**。孢子同型或异型。

本亚门植物在石炭纪时最为繁盛, 有高大乔木及草本, 后绝大多数相继绝灭。

1. 石松科 Lycopodiaceae
2. 水韭科 Isoetaceae
3. 卷柏科 Selaginellaceae





1. 石松科 Lycopodiaceae



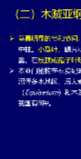
2. 水韭科 Isoetaceae



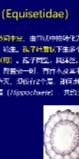
3. 卷柏科 Selaginellaceae

(二) 水龙骨科

木贼亚纲
瓶尔小草亚纲
合囊藻亚纲
水龙骨科



(二) 木贼亚纲 (Equisetidae)



(三) 瓶尔小草亚纲 Ophioglossidae (真蕨亚纲)

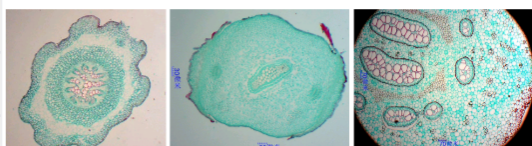


水龙骨科 Polypodiidae

(五) 水龙骨科 Polypodiidae (真蕨亚纲)

- 孢子体发达。茎除了树藤外, 均为根状茎, 有各式中柱。叶大型, 幼叶拳卷状, 分化为叶柄和叶片二部分。叶片为单叶或一至多回羽状分裂或复叶。孢子囊常聚集成**孢子囊群**生于叶边缘或背面, 也有生于特化的孢子叶上。孢子同型, 一些水生真蕨的孢子囊则生于特化的孢子果内, 孢子异型。配子体为心脏形的叶状体, 长宽一般不超过1cm, 绿色, 有假根。精子器和颈卵器均生于腹面。
- 真蕨是现今最繁茂的蕨类植物, 约有1万种以上, 广布全世界; 我国近2000种, 广布全国。

石松和蕨类植物的中柱类型



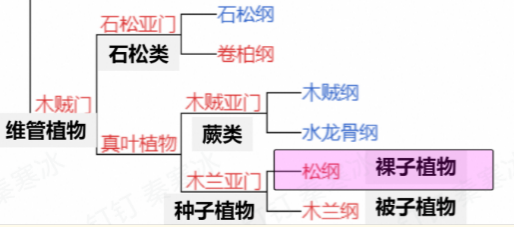
石松
编织中柱

卷柏
原生中柱

蕨
多环网状中柱

孢子囊的发育方式、结构及着生位置:

- **厚壁型**: 由一群细胞发育而成。孢子囊壁为多层细胞, 环带有或无, 环带 (girdle band) 为孢子囊壁上一列内壁及侧壁加厚的细胞, 有助于孢子囊的开裂和孢子的散布。
- **原始薄壁型**: 孢子囊由一个原始细胞发育而来, 但囊壁可由多数细胞所发生。孢子囊壁由一层细胞组成, 仅在1侧有数个细胞的壁是加厚的, 形成盾形的环带。
- **薄壁型**: 孢子囊和囊柄均由一个细胞发育而来。孢子囊壁仅一层细胞, 有各式环带。

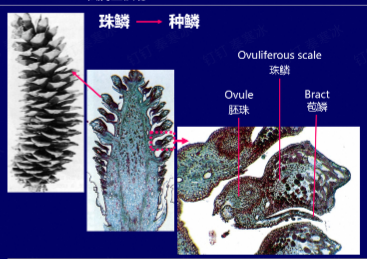
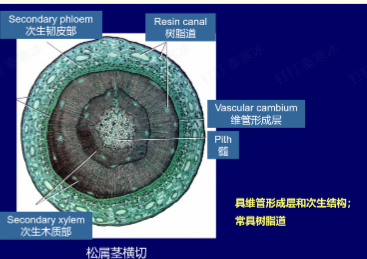


裸子植物

1. 孢子体发达, 具形成层和次生结构: 中柱为网状中柱, 木质部大多只有管胞, 极少有导管, 韧皮部中只有筛胞而无筛管及伴胞

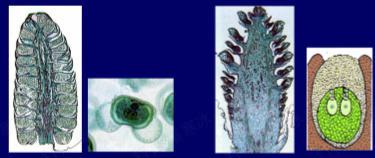
2. 产生种子, 但胚珠和种子裸露

- Pollen and seeds are produced in cones (球果)
- 孢子叶大多聚生成球果状, 称为孢子叶球 (strobilus):
 - 小孢子叶球 (staminate strobilus)
 - 大孢子叶球 (ovulate strobilus)
- 种子: 胚、胚乳 (雌配子体的一部分)、种皮

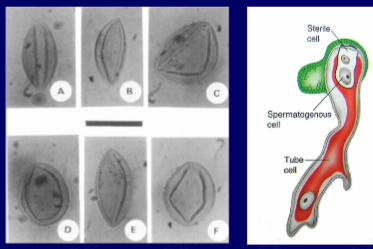


3. 配子体进一步简化, 完全寄生在孢子体上

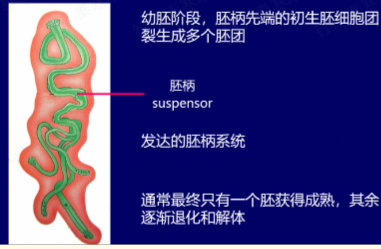
雄配子体 (花粉) → 雄球花
雌配子体 (胚珠里的颈卵器) → 雌球花
球花均着生于孢子体 (植物体)



4. 形成花粉管



5. 多胚现象

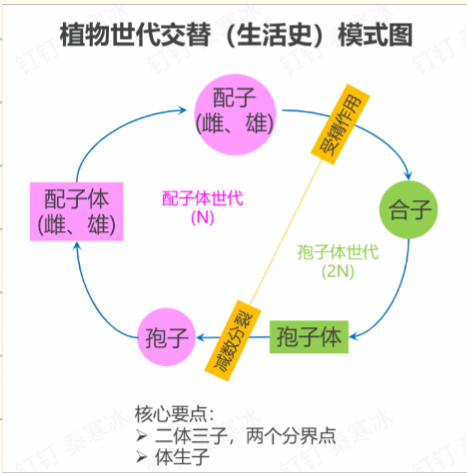
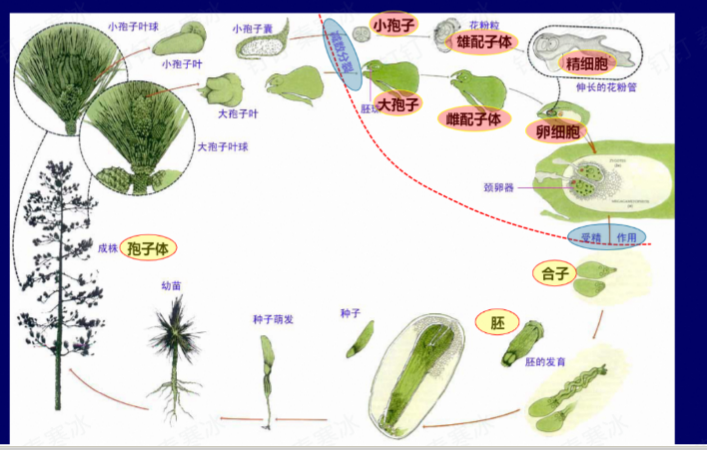


6. 雌雄异株率高

裸子植物: 65% (667/1033) 种为雌雄异株, 分布于 8/12 科 (75%); 仅 5 种具性染色体 (Walas et al., 2018 Basic Appl Ecol)

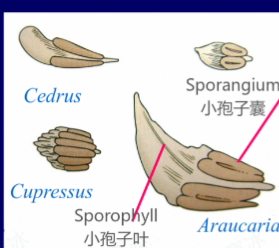
被子植物: 5~6% (15,600/300,000) 种为雌雄异株, 分布于 987 属 175 科 (7%/43%); 40 种具性染色体 (Renner, 2014 Am J Bot)

二、裸子植物的生活史 (以松为例)



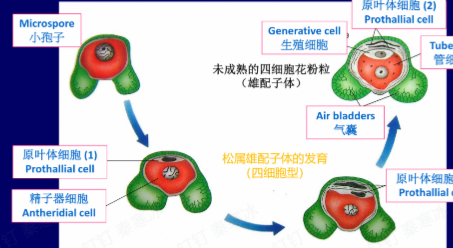
1. 雄配子体的发育

Development of male gametophyte



(2) 小孢子的萌发

Microspore (小孢子) develops into a small gametophyte (配子体) with four cells.



雄配子体 (成熟花粉粒)
裸子植物 vs. 被子植物

	组成	发育过程
裸子植物	五细胞型: - 原叶体细胞2 - 管细胞1 - 不育生殖细胞1 - 精细胞1	小孢子 (单核花粉粒) → → 1) 原叶体细胞1 → 原叶体细胞2 → 2) 精子细胞1 → 管细胞1 → 生殖细胞1 → 不育细胞1 → 精细胞1
被子植物	三细胞型: - 营养细胞1 - 精细胞2	小孢子 (单核花粉粒) → → 1) 营养细胞1 → 2) 生殖细胞1 → 精细胞2

2. 此佳配子体发育

相当于是原叶体

3. 传粉和受精

4. 胚的发育

发育过程:
A zygote (合子) does not immediately form an embryo, some of the first cells elongate as a suspensor (胚柄) that pushes the other cells deep into the megagametophyte (雌配子体).

5. 种子的形成

embryo 胚

裸子植物种子构造

1. 郑万钧系统 (郑万钧&傅立国, 1978, 中国植物志)

4纲11科

- 苏铁纲
 - 苏铁目: 苏铁科
- 银杏纲
 - 银杏目: 银杏科
- 松柏纲:
 - 松杉目: 南洋杉科、松科、杉科*、柏科
 - 罗汉松目: 罗汉松科
 - 三尖杉目: 三尖杉科*
 - 红豆杉目: 红豆杉科
- 被子植物纲
 - 麻黄目: 麻黄科
 - 买麻藤目: 买麻藤科

与克氏系统的区别:

- 基于中国原产或常见栽培种类
- 松柏类目的科的范围、位置、数量
- 泽米铁科中国不产
- 松杉目范围大 (3目)
- 承认杉科, 并包括金松科
- 承认三尖杉科, 并单立成目
- 百岁兰目百岁兰科中国不产

2. 克氏裸子植物分类系统 (2011)

4亚纲, 8目, 12科:

- 苏铁亚纲
 - 苏铁目: 苏铁科(107), 泽米铁科(224)
- 银杏亚纲
 - 银杏目: 银杏科(1)
- 买麻藤亚纲
 - 百岁兰目: 百岁兰科(1)
 - 买麻藤目: 买麻藤科(39)
 - 麻黄目: 麻黄科(54)
- 松柏亚纲
 - 松目: 松科(224)
 - 南洋杉目: 南洋杉科(37), 罗汉松科(178)
 - 柏目: 金松科(1), 柏科(135), 红豆杉科(32)

*(物种数)

3. 杨永裸子植物分类系统 (2022)*

松亚门: 3纲5亚纲, 8目, 13科 (vs. 克氏: 4/8/12)

1. 亚门vs.纲

- 苏铁纲-苏铁亚纲
 - 1. 苏铁目: 1. 苏铁科(107), 2. 泽米铁科(224)
- 银杏纲-银杏亚纲
 - 2. 银杏目: 3. 银杏科(1)
- 松纲-柏亚纲
 - 2. 新增柏亚纲, 含2目6科
 - 3. 南洋杉目: 4. 南洋杉科(37), 5. 罗汉松科(178)
 - 4. 柏目: 6. 金松科(1), 7. 柏科(135), 8. 三尖杉科, 9. 红豆杉科(32)
- 松纲-松亚纲
 - 3. 分出三尖杉科
 - 5. 松目: 10. 松科(224)
- 松纲-买麻藤亚纲*
 - 4. 买麻藤亚纲置于最后
 - 6. 麻黄目: 11. 麻黄科(54)
 - 7. 百岁兰目: 12. 百岁兰科(1)
 - 8. 买麻藤目: 13. 买麻藤科(39)

1. 苏铁亚纲

(1) 主要特征

- Palm-like trees that have stout trunks with pinnately compound leaves (羽状复叶).
- Dioecious (雌雄异株)
- Producing seed cones and pollen cones
- Pollen grain produce large, multiflagellated (多鞭毛) sperm cells.

攀枝花苏铁 *Cycas panzhihuaensis*

● 大孢子叶球
Seed cone is a large, loose aggregation (聚合体) of leaflike, pinnately compound megasporophylls. Two to eight ovules (胚珠) occur near the base, but the upper half of the megasporophyll (大孢子叶) is rather leaflike.

● 小孢子叶球
Pollen cone

2. 银杏亚纲

Ginkgo biloba L. is the only extant species.

现存一种, 中国特有孑遗植物, 全球广泛栽培

有长枝和短枝之分
Long shoots and short shoots; Leaves fan-shaped, fascicled

叶扇形, 在短枝上簇生, 在长枝上互生
Leaves fan-shaped, fascicled

Dioecious 雌雄异株

雌球花
1枚珠柄上2枚胚珠

雄球花, 雄蕊花序状

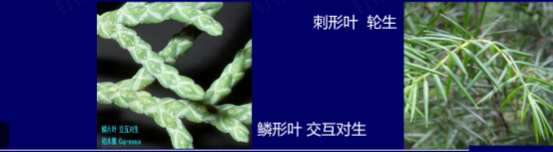
3. 柏亚纲

- usually have scalelike leaves (鳞形叶), and nearly all are evergreen
- have pollen-producing cones and seed-producing cones
- extended reproductive cycle > 1 year
- Cosmopolitan (全球广布)



(4) 柏科 (Cupressaceae) Cypress family

- 特征:
- 常绿乔木或灌木
 - 叶鳞形或刺形, 交互对生或轮生
 - 大小孢子叶均交互对生, 小孢子叶常有2个以上花粉囊, 小孢子无气囊
 - 珠鳞与苞鳞完全合生, 有1至多枚直立胚珠
- 分类:
- 共22属, 约150种。我国产8属, 30余种, 分布几遍全国。



5. 买麻藤亚纲

- 特征:
- 次生木质部有导管, 无树脂道。叶对生或轮生。
 - 孢子叶球有类似花被的盖被, 或有两性的痕迹。
 - 胚珠具珠孔管(micropylar tube)。精子无鞭毛, 颈卵器退化或无。
- 分类: 3科, 3属, 约80种。我国只有2属, 19种。



(1) 麻黄科(Ephedraceae) Mormon tea or Joint Fir Family

草麻黄(*Ephedra sinica*, 草本状, 叶退化成鳞片状, 对生而基部连合, 雌雄异株, 颈卵器存在。产于我国东北、华北及西北等省区, 是著名的中药材, 含麻黄碱, 枝叶及根均供药用。



(2) 买麻藤科(Gnetaceae)

买麻藤(*Gnetum montanum*), 常绿大藤本, 叶卵状椭圆形, 对生, 雌配子体不形成颈卵器, 分布于华南及云南。



4. 松亚纲

(1) Pinaceae 松科 Pine family

- 常绿, 乔木, 树脂, 雌雄同株;
- 叶针形或条形, 螺旋状排列;
- 小孢子叶具2个花粉囊, 小孢子多有气囊;
- 珠鳞与苞鳞分开, 每珠鳞具2枚胚珠;
- 种子常有翅。



罗汉松
Podocarpus macrophyllus
雌异株, 雄花序柔荑状。

雌球花具螺旋状着生的苞片, 顶端苞腋着生1胚珠。种子全部或部分为肉质的假种皮所包, 苞片与轴愈合发育成肉质种托。

被子植物

特征: 1. 孢子体进一步完善和多样化(出现导管及筛管)

3. 子房包藏胚珠, 并发育成果实 4. 进一步退化的配子体

5. 双受精作用

边沁 & 虎克: 单&双子叶植物两大类群

1. 恩格勒系统

Adolf Engler (1844-1930)

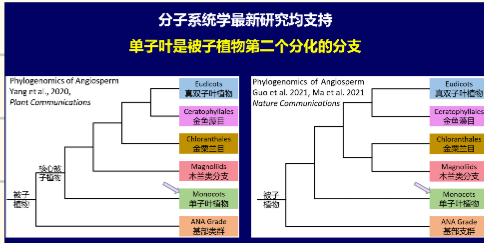
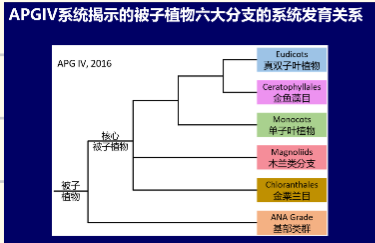
- Engler & Prantl, 1897 《植物自然志》
- 分类学史上第一个完整的自然分类系统
- 1964, 《植物分类志要》第12版
- 被子植物门, 2纲, 62目, 344科
- 原主张假花学说, 1964年接受真花学说
- 二元论: 离萼花序类-孢子穗类; 多心皮类-孢子叶类

3. 克朗奎斯特系统

Arthur Cronquist (1919-1992)

- 1958年提出, 1981、1987年修订
- 11亚纲, 83目, 388科
- 主张: 真花学说, 单元论
- 证据: 综合形态学、解剖学、细胞学、组织化学、微形态学、孢粉学等资料
- 被认为比较合理, 接受度较高

APG系统: 被子植物作为一个亚纲——木兰亚纲



2. 具有真正的花

- 大孢子叶(心皮)融合形成子房
- 多轮孢子叶组成成功能复合体

柱头
花柱
子房

B. 花冠
花药
C. 雄蕊
花丝
A. 花萼
花托
花梗/柄

花药的结构

Pollen Mother Cell 花粉母细胞 (2N)

原叶体 → Antipodal cell 反足细胞

Central cell (中央细胞) with two polar nucleus (极核)

Egg cell 卵细胞

Synergid 助细胞

卵器

颈卵器

真花说 Euanthium Theory

两性孢子叶球 → 两性花

假花说 Pseudanthium Theory

具两性孢子叶球的孢子叶球穗 → 单性花 → 两性花

本内苏铁 两性孢子叶球

麻黄类 孢子叶球穗