



第5讲 动物界的多样性

罗建川

中国科学技术大学生命科学学院

注：本PPT仅供学习使用，请勿上传至网络或另作他用。

主要内容

- 一、生物多样性的概念
- 二、动物的物种和遗传多样性
- 三、动物对环境的适应进化
- 四、人类与动物的关系

一、生物多样性的概念

生物多样性——是指地球上一定地域和时间范围内所有动物、植物、菌类等一切生命有机体及其生存环境的多样化程度。

生物多样性包括3个方面：

物种多样性；

遗传多样性；

生态系统多样性。

(生物多样性, 2009, 17 (6) : 531-532)



狮子鱼



叶海马

生物多样性各组分间的联系



二、动物的物种和遗传多样性

(一) 动物的物种多样性

物种多样性是指某一区域内生物种类的丰富度或物种的总数目，可分为**区域物种多样性**和**群落物种多样性**。

动物的类群多样，种类繁多，共19-35门（41门）70余纲，约350目，150多万种。分布广泛，结构精巧而复杂，生活史非常复杂（如：轮虫仅有无性繁殖），许多具有发育变态，运动能力和行为习性多样。

1. 什么是物种？

形态学种——是一群形态结构相同或相似的生物个体。

生物学种——是一群能够自然地成功交配的个体组成的群体，与其他类似的群体间出现了生殖隔离。

注意生物学种的应用条件：物种间的遗传差异，必须能够有效阻止自然条件下的交配；生物学种不适用化石；只适用有性繁殖的生物。

物种 (species)：生物在自然界中存在的一个基本单位，以种群的方式存在，占有一定的生境。个体之间可以互交繁殖并产生能育的后代。（来源《生物学大词典》）

动物的命名

双名法：

物种命名的双名法是由林奈(Linnaeus)创立的。

属名 + 种本名 命名人姓氏

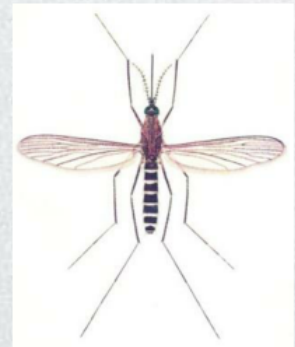
亚种的命名

三名法：亚种的学名命名方法

由属名+种本名+亚种名三部分组成

例如：尖音库蚊淡色亚种（淡色库蚊）：

Culex pipiens pallens Linnaeus



动物学名的命名规则

属名和种加词的使用严格遵照有效发表时间的先后顺序。

例子：莽山烙铁头 (*Protobothrops mangshanensis*)

1984年，陈远辉发现并研究它的毒性。

1990年，赵尔宓发表新种 *Trimeresurus mangshanensis* E. M. Zhao (莽山烙铁头)。

1993年，张服基根据头骨另立新属，更名为 *Ermia mangshanensis* (E. M. Zhao) F. J. Zhang。

2004年，德国Gumprecht发现属名 (*Ermia*) 早在1958年命名索马里蝗虫时已经使用，新属则成为无效名，将属名改为 *Zhaoermia*。

2009年，Orlov等通过分子生物学研究，将它归入原矛头蝮属(*Protobothrops*)，中文名改为莽山原矛头蝮。



动物的分类

(1) 人为分类系统：

《尔雅》：草、木、虫、鱼、鸟、兽。——全部的生物。

《礼记·月令》包含的五类动物：羽、毛、鳞、介、羸。

亚里士多德（古希腊）将动物分为有血动物（类似脊椎动物）与无血动物（无脊椎动物），把有血动物分为胎生四足类、鸟类、卵生四足类、鱼类等。

(2) 自然分类系统：

现在所用的动物分类系统，以动物形态或解剖的相似性和差异性的总和为基础，根据古生物学、比较胚胎学、比较解剖学上的许多证据，基本上能反映动物界的自然亲缘关系。

2. 物种是如何形成的？

基因突变、重组、扩增，生殖**隔离**、自然选择、**主动适应**、杂交等是物种形成主要途径。

异地物种形成——不同环境的种群形成新物种的过程。

同地物种形成——例如：非洲的维多利亚湖、马拉维湖、坦哥尼喀湖的丽鱼进化。

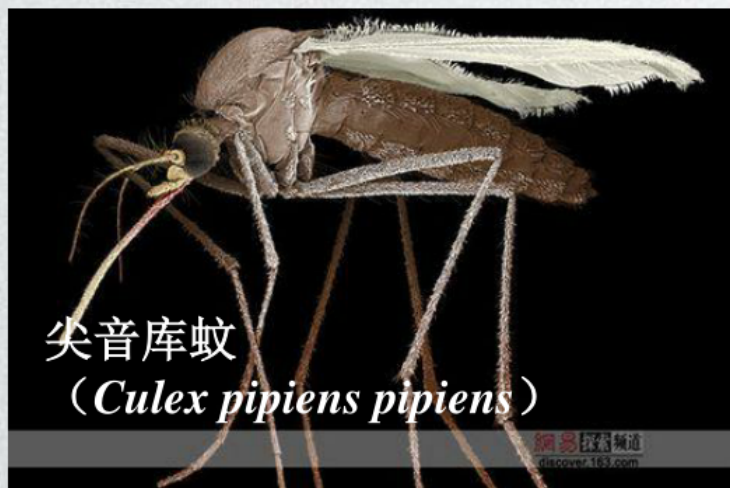


隔离进化

目前，英国的2个亚种之间出现了**生殖隔离**。一些昆虫学家将其命名为不同的种。

尖音库蚊 (*Culex pipiens*)

骚扰库蚊 (*Culex molestus*)



尖音库蚊
(*Culex pipiens pipiens*)

在英国，尖音库蚊叮咬鸟类，在空旷地方生活，常聚集成大群，雌雄胡乱交配。

骚扰库蚊叮咬哺乳动物，主要是人和鼠，在地铁里和地下管道里生活。



骚扰库蚊
(*Culex pipiens molestus*)

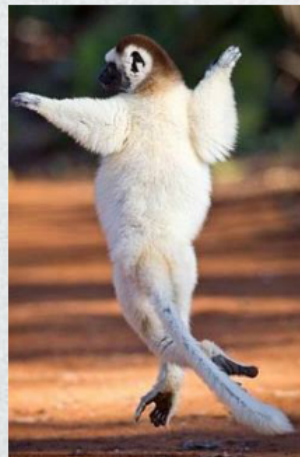
(蚊子为何爱咬人? Nature: 2014.11.13)

马达加斯加的狐猴**生态位**分化

- 马达加斯加的国宝——跳舞狐猴

指狐猴代替啄木鸟的生态位

加拉帕戈斯地雀使用树枝代替啄木鸟



狐猴是排在世界濒危动物名录第一位的野生动物，已经被认为是最大的濒危种群之一。

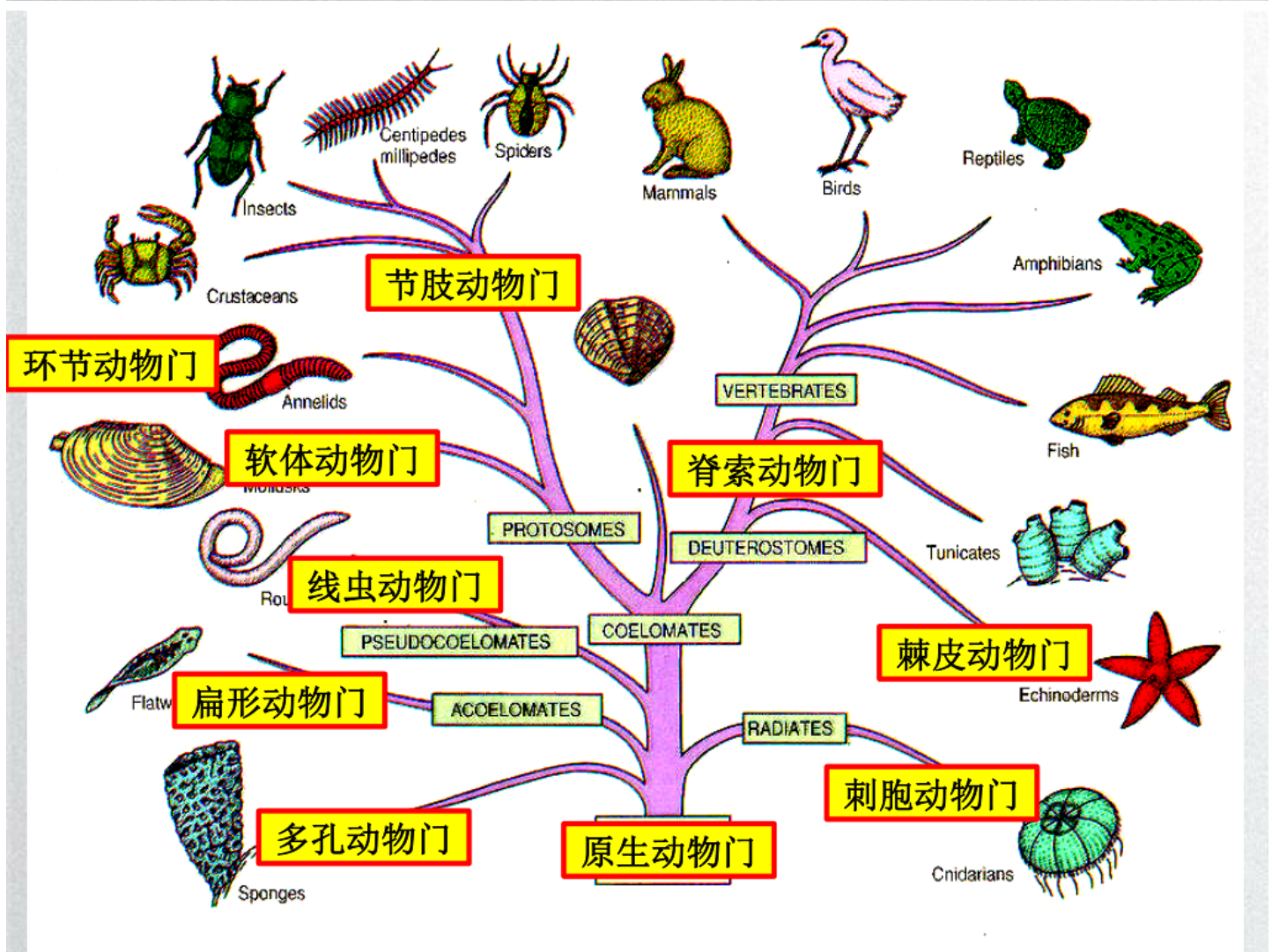
地球上动物的物种数量150万（估计400万）

动物界19-41门（原生动物门——脊索动物门）

类别	确定种数	估计种数
哺乳类	4, 170	4, 300
鸟类	8, 715	9, 000
爬行类	5, 115	6, 000
两栖类	3, 125	3, 500
鱼类	21, 000	23, 000
无脊椎动物	1, 300, 000	4, 004, 000
合计	1, 342, 000	4, 052, 800

原生动物是单细胞或群体生物，没有组织的生物。

后生动物是2或3胚层的动物（原口动物与后口动物）。





偕老同穴 *Euplectella* sp.



与子偕老，生死同穴

偕老同穴：一对俚虾终身居住其中央腔，常用做礼品。

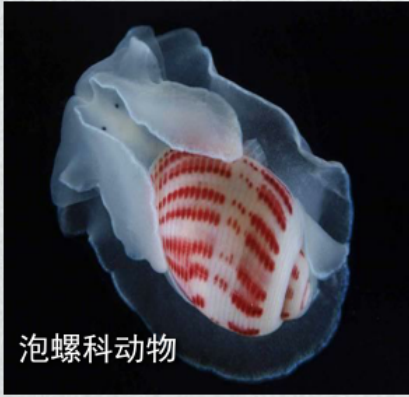
新物种的发现

在维多利亚时代（1837--1901）每年发现500种新的哺乳动物。现在，新物种发现主要在海洋和热带雨林。

自2000年起，有82个国家2000余名科学家参与了全球海洋生物普查工作，2010年10月已完成，发现6000多种奇异新物种，已经命名1200多种。（国际海洋生物普查计划）

从2014年至今，中国科学院和缅甸、老挝、泰国等东南亚国家相关部门开展了大量的联合研究工作，累计发表动植物新属15个，新种360多种，这为东南亚地区生物多样性的调查和保护提供了大量的科学数据和技术支撑。（中国科学院东南亚生物多样性研究中心，2019-06-17）

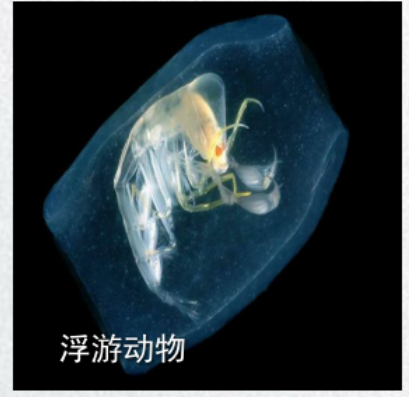
新物种的发现



泡螺科动物



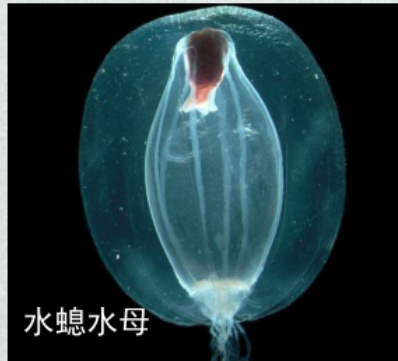
海蜗牛



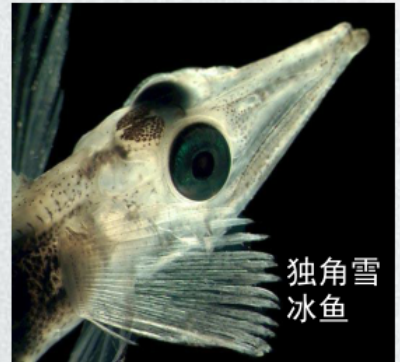
浮游动物



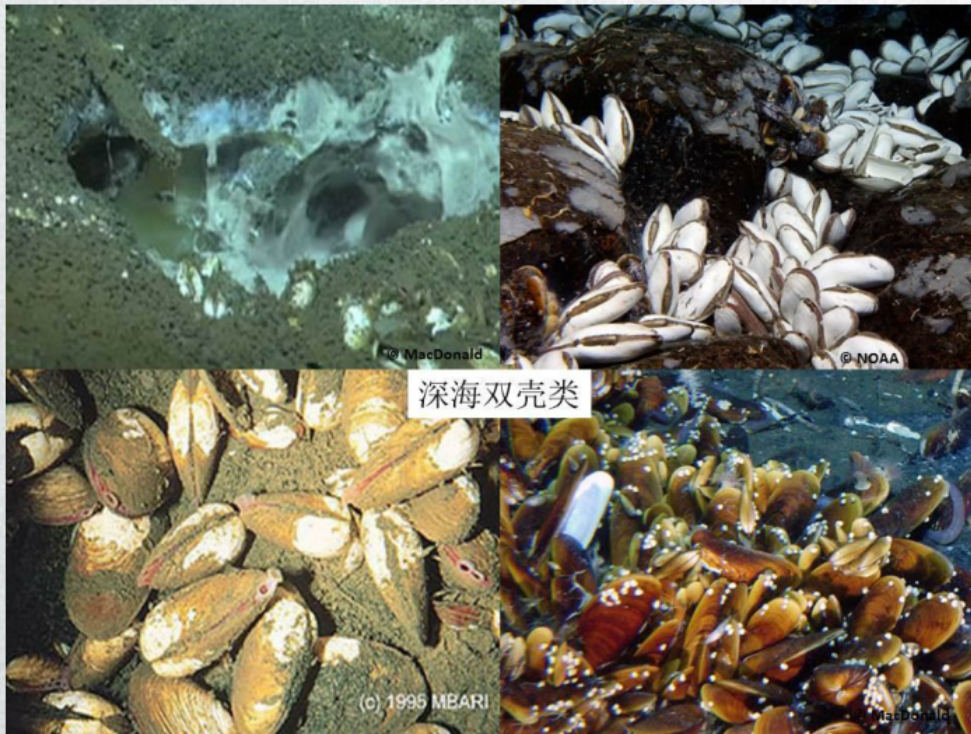
海蜗牛



水螅水母



独角雪冰鱼



深海双壳类

近30-40年以来，科学家陆续在全球各大洋的洋中脊和大陆边缘地带发现海底热液或冷泉生态系统，以及在这些生境中生活着的独特生物群落，而双壳纲贝类则是其中的主要类群之一。

(二) 动物的遗传多样性

遗传多样性是指同一物种内基因型的多样性，是衡量一个种内变异性的概念。（《基础生命科学》）

动物的种下单位只有亚种和品种。

野外现存虎分6亚种：孟加拉虎、苏门答腊虎、马来虎、印支虎、东北虎、华南虎。（Current Biology, 罗述金, 2018-10-25）

驯化满足6个必要条件：

- (1) 足够的食物；
- (2) 生长速度快；
- (3) 繁殖周期短；
- (4) 性情温顺；
- (5) 不易受惊；
- (6) 在驯养条件下交配繁殖。

人类对148种动物进行了驯化，只有14种驯化成功。

（生物多样性 2009, 17 (4) : 319-329）

种下单位：亚种

亚种：指种内个体在地理和生态上充分隔离后，形成的具有一定特征的群体。

亚种反映了物种对各种环境的适应，可促进种的繁荣。

如中国虎（地理隔离）——东北虎和华南虎。



东北虎 (*Panthera tigris altaica*)



华南虎 (*Panthera tigris amoyensis*)

- **品种**：种内由于人工选择产生的具有新形态或新性状的个体的总称。种内一部分个体经过长期的人工选择和定向培育，在形态性状上与原种发生了一些差异，往往成为人类的经济目的，如蛋鸡、肉型鸡。

羊？

Capra hircus



Ovis aries



中国驯养动物的多样性

- 鸡109品种
- 鸭35品种
- 鹅21品种
- 猪113品种
- 奶牛73品种
- 马66品种
- 绵羊79品种

- 山羊43品种
- 驴20品种
- 水牛20品种
- 牦牛50品种
- 骆驼4品种
- 火鸡3品种

除了上述，人类驯养的动物还包括狗和家蚕等。



日本长尾鸡

人工选择，5-10米长尾，最长12.5米，野外无法生存。

不是性选择！



人工选育的效应可超过自然选择

家犬 (*Canis familiaris*) 驯化有1万多年，全世界约450品种，据分子遗传学研究由**东亚灰狼** (*Canis lupus*) 驯化而成 (*Nature Heredity*, 2011-11-4)。林奈命名时家犬是“种”。



欧洲在1570年，有17品种；1850年40品种；1890年200品种。据美国犬业俱乐部统计，美国有150品种，最小是吉娃娃，重1kg，最大的英国獒，重达80kg。而自然界中的野生狗有35种，体重变化范围1-27kg。

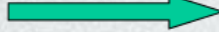
2013年，欧洲科学家通过基因研究发现，全世界犬起源于欧洲的狼 (*Science*, 2013-11-15)。2015年，研究发现世界上狗起源于中亚（尼泊尔和蒙古）1.5万年前的欧亚灰狼 (*PNAS*, 2015-10-19)。

自然选择与人工选择的组合实例——银狐的驯化



赤狐

野外突变



银狐

俄国的别里耶夫
科研小组驯化



人工养殖银狐

猫被驯化的遗传基础

(PNAS: 2014. 11. 10)

- 通过家猫基因组测序研究，人类与猫共存约9000年，而由人工培育猫品种的活动出现在大约150-180年前（波斯猫1860）。
- 与野猫基因组相比，家猫基因组表现出了与记忆、条件性恐惧以及刺激-奖赏学习有关联的基因的自然选择的证据。



驯化综合征：驯养的动物肾上腺减小，脑组织体积变小，变温顺。

（*Genetics*, 2014, 197:795-808）
家养动物比其祖先更加愚蠢。猫比野猫蠢，家猪比野猪蠢，狗比狼和豺蠢。家兔的大脑明显变小。

猫是半驯化动物

天然杂交与人工杂交



杂交优势：骡子比双亲具更强的记忆能力、分析能力、耐受能力、执著精神、社会情感、寿命长度。骡群中年长的母骡，系上铃铛，称教母或伴娘，是骡群的情感依靠对象。

目前，老虎与狮子，斑马与驴杂交，都已经获得到杂种。

三、动物对环境的适应进化

- 前进进化 (Anagenesis) 是生物的体制结构复杂化；
- 分歧进化 (Cladogenesis) 物种分化过程；

两者并非独立过程，前进进化是在物种分歧过程中由种间竞争导致的结果。

(一) 辐射适应

- 辐射适应——动物为了扩大分布区，增加种群数量，提高后代存活率，最大限度利用各种资源，向多个方向进化。
- 1. 陆地动物的辐射适应
- 2. 水生动物的辐射适应

1. 陆地动物的辐射适应

- 比较各大洲之间的动物，在地面、地下、空中，都有与之对应种类；
- 比较同一块大陆，各类动物为了资源利用，相互错开生态位，向不同习性发展；
- 比较同一类动物，为了食物资源，相互错开食物谱。

哺乳动物在2亿年前恐龙时代就发生辐射适应，出现柱兽类，1.45亿年前，兽亚纲演化出有胎盘动物和有袋类动物的支系，演化速率比平均快了13倍，侏罗纪晚期的演化速率比平均速率慢得多。
(*Current Biology*, 2015-7-20)



图 24.12 非洲和南美雨林中无亲缘关系的哺乳动物显示出趋

埃及狐蝠 (翼手目)



猫猴 (东南亚, 灵长目)



会飞的哺乳动物多样性

鼯鼠 (近10种, 啮齿目)



袋鼯 (双门齿目)





捕食和食腐

葵花海星

2. 水生动物的辐射适应

(棘皮动物生态位的分化)

为后口动物，现存6纲7000种。
历史上有15纲2万种。



海燕

捕食



碎食过滤

海蛇尾



碎食过滤

海百合2

海百合1

碎食过滤



捕食和食腐

海星



海胆

杂食



碎食过滤

海参



(a)

(二) 趋同适应进化

趋同适应----不同的生物生活在相似环境中，形成了相似的形态结构。

兔形目 (鼠兔科)

上门齿2对，下门齿1对；尾巴短。



(b)

啮齿目

上门齿和下门齿各1对；尾巴长。

兔形目和啮齿目共同特征：无犬齿；门齿与前臼齿间有缝隙；门齿发达，无齿根，终生生长。

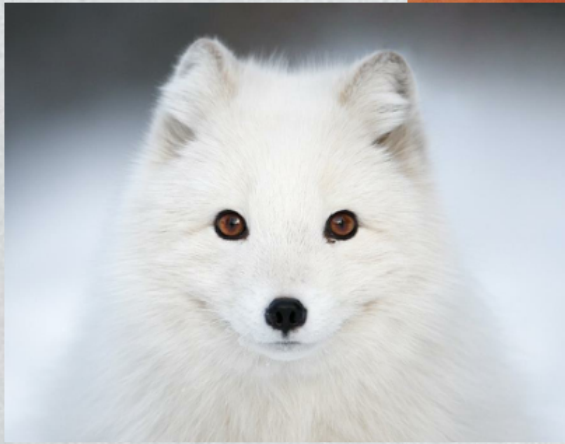
(三) 趋异适应进化

趋异适应——相同或相近的生物生活在不同环境中，形成了不同的形态结构。

北极狐

赤狐

非洲大耳狐



白天烈日下在岩石
上活动的带趾鼠

在夜幕下活动的
五趾跳鼠



趋异适应是环境的塑造作用

非洲撒哈拉沙漠啮
齿动物的生存策略

(四) 协同进化

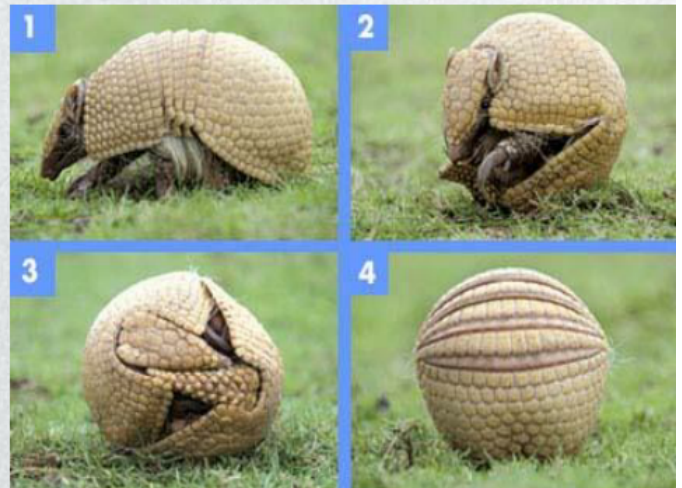
日本的琉球钝头蛇与蜗牛的军备竞赛



行为和结构的协同适应

“功能决定形态，形态适应功能”。
动物、植物的结构都反映出这一规律。

犴狽（南美洲）的行为，与鼠妇、刺蜥蜴、刺猬等防护行为相同。



鸟类的喙



(五) 生活史策略的多样性



十七年蝉——

是北美大陆的特有种，自1868年首次发现以来，在土壤中蛹吸允树根汁液，滞育17年再羽化，这种昆虫的生活史周期是17年。还有13年的种群。过去50多种群，目前仅存30多种群。

超凡的拟态和保护色



兰花螳螂



叶脩



竹节虫



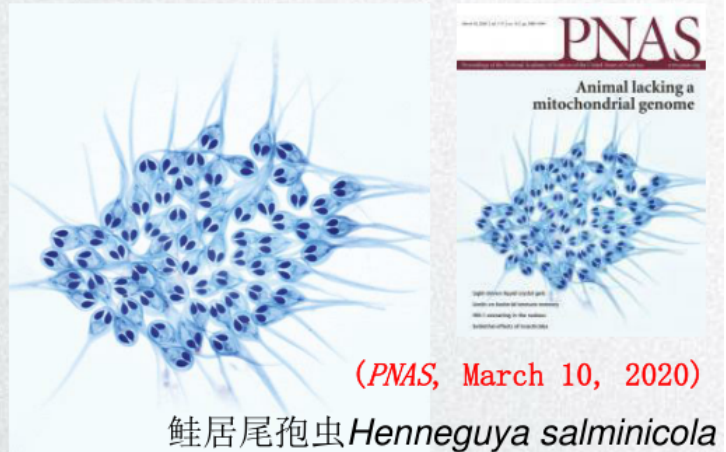
枯叶蝶

会光合作用的动物

不需要氧气的多细胞动物



眼虫

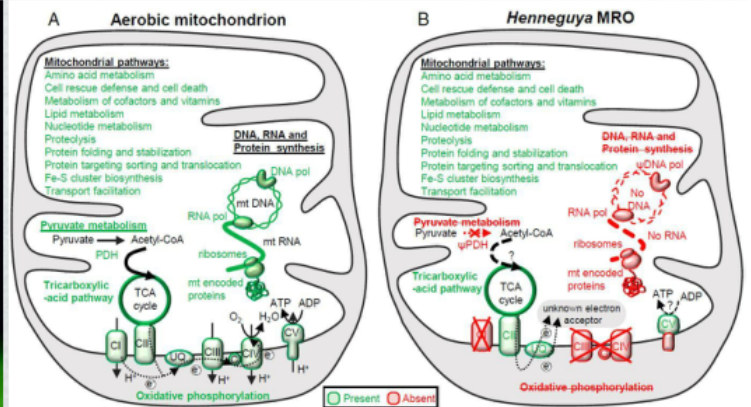


(PNAS, March 10, 2020)

鲑居尾孢虫 *Henneguya salminicola*



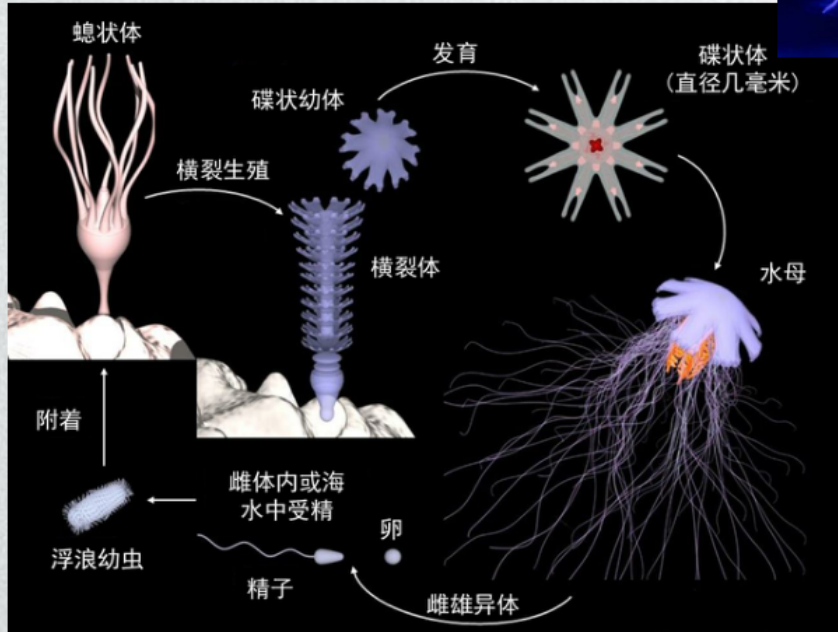
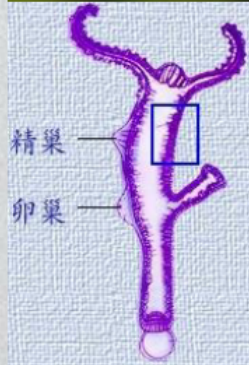
海蛞蝓



(六) 动物繁殖习性的适应与进化

水螅和水母的无性生殖，一些种类有明显的世代交替现象。

- 无性生殖：芽殖（水螅）、横裂生殖（海月水母）
- 有性生殖：多为雌雄异体，少数同体。



海月水母生殖与发育



交尾



怀孕

卵生-卵胎生-胎生在进化上的过渡性



分娩

胎生的海鲂鱼

(黄海和渤海产)

卵胎生动物——对危险环境的生态适应，选择生殖策略为k-选择。主要有：介壳虫、田螺、海鲫鱼、大肚鱼、孔雀鱼、海马、星鲨、锥齿鲨、蝮蛇、胎生蜥蜴、铜石龙蜥等等。

观看海马卵胎生视频。

有性生殖



越冬受精卵



雄性有翅烟蚜



孤雌生殖卵胎生

动物生殖方式的多样性



四、人类与动物的关系

- (一) 动物与人类生产生活的关系 (略)
- (二) 动物是传播花粉和果实的使者 (略)
- (三) 科学研究的材料——模式生物
- (四) 人类健康与动物的关系

• 模式生物

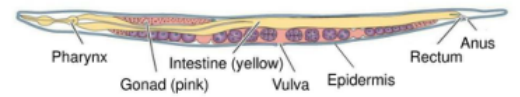
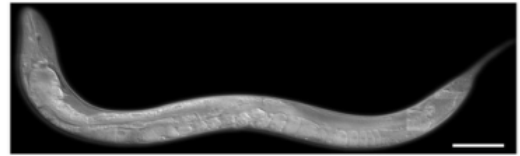
生物学家通过对选定的生物物种进行科学研究，用于揭示某种具有普遍规律的生命现象，这种被选定的生物物种就是模式生物。

Drosophila melanogaster



- 1933年，基因连锁-交换定律；
- 1946年，X射线提高基因突变率；
- 1995年，胚胎发育的遗传规律；
- 2011年，先天性免疫如何被激活；
- 2017年，生物钟的分子机制。

Anatomy of *C. elegans*



The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2002

"for their discoveries concerning 'genetic regulation of organ development and programmed cell death'"



Sidney Brenner



H. Robert Horvitz



John Sulston

科学预防和治疗寄生虫病是非常重要的

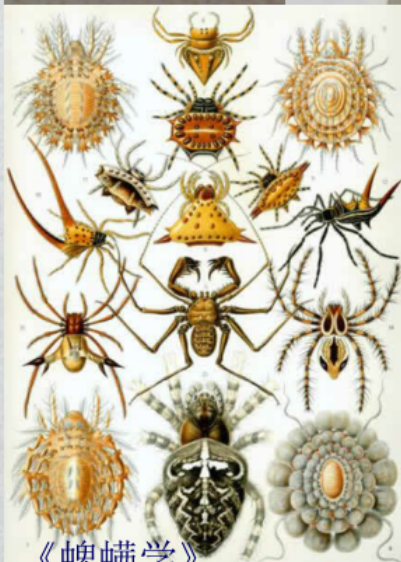
绦虫、蛲虫、血吸虫、蛔虫、姜片虫、旋毛虫、疟原虫、弓浆虫、**蜱虫**、尘螨……



硬蜱 1-1.5mm



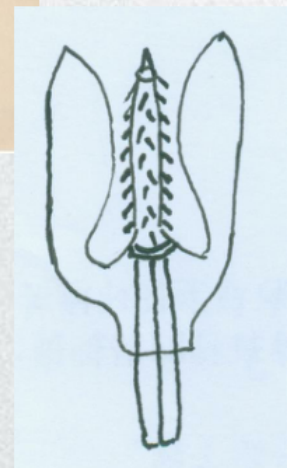
口下板具
二排倒刺



《蜱螨学》

吸血后的硬蜱幼虫身体可扩大10多倍。森林破碎更容易传播莱姆病，由鼠和松鼠为病原菌宿主。

蛛形纲代表动物——**蜱螨**



人类与动物的关系（续）

- （五）善待动物和保护动物

1. 善待动物——动物伦理学（动物有情感，与人平等）

2. 保护动物——科学利用，防止绝灭，维持生态平衡

分解塑料的“害虫”——蜡虫



蜡虫的唾液腺和肠道内存在一种高效能的酶，可以破坏塑料的化学键。

蝙蝠是极为有益的动物

蝙蝠物种中许多以昆虫为食，其中包括一些危害极大的农业害虫。其他则以果实、花朵、花蜜等为食，间接为植物进行授粉。



全球蝙蝠种类多达1400种，目前报道人畜共患疾病宿主的蝙蝠种类，不到蝙蝠种类总数的10%。

(六) 物种灭绝的类型

- **背景灭绝**：物种有产生、发展与消亡的一个自然过程，背景灭绝是自然界的一种正常特性，每年全球约有1个物种发生背景灭绝。
- **大量灭绝**：自然灾害导致大规模物种死亡。（灭绝大事件：5个——4.4亿年前奥陶纪；3.7亿；2.5亿；2亿；6500万年前。）
- **人为灭绝**：人类过度干扰引起的灭绝。（1987年美国佛罗里达海滨麻雀灭绝，因栖息地灌丛破坏）

世界上生物绝灭的例子

- 毛里球斯岛 **渡渡鸟** 16世纪猪和鼠侵入，17世纪末绝灭
- 白令海峡 **斯氏犀牛** 19世纪从发现—捕杀绝灭仅**27**年
- 南非布尔人 1870—1880 10年内2种**斑马**绝灭
- 肯尼亚 1969有**1.8万**头犀牛—1979仅**1500**头犀牛
犀牛角**46**港币/千克—**3375**港币/千克
犀牛角价格上长75倍；犀牛数量下降12倍
- 北美洲 **北美旅鸽** 19世纪初**5-30亿**只，1914绝灭
- 中国 **镰翅鸡** 1990列为二级保护，2000/4/12绝灭

渡渡鸟灭绝导致大
头树 (*Calvaria
major*) 濒临灭绝



Martha 14:00, 1 Sept. 1914, age 29



珊瑚裸尾鼠

——第一种因全球变暖而灭绝的动物
(中国新闻网, “澳大利亚珊瑚裸尾鼠灭绝 系首个因气候变化灭绝的哺乳动物” 2019-02-21)



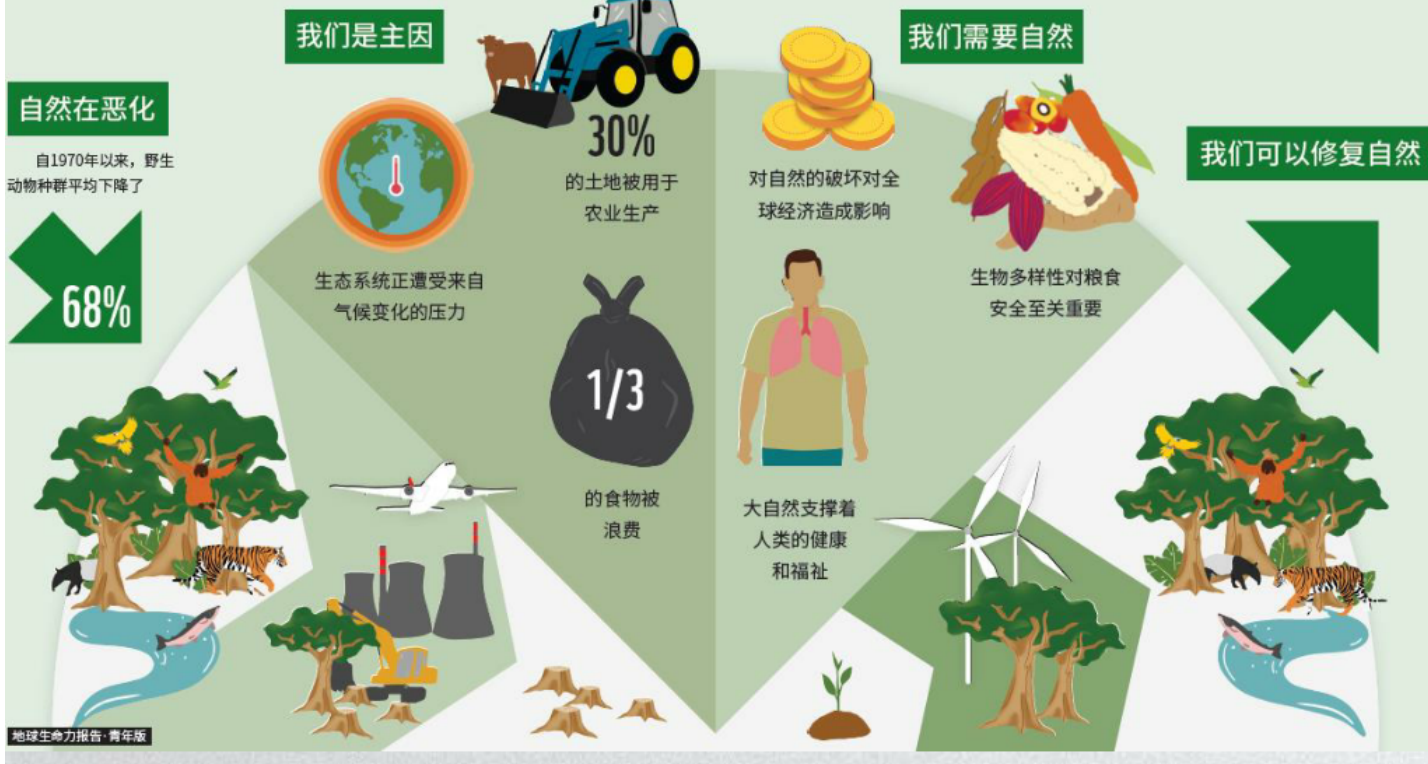
不同壳质类型的底栖有孔虫类群对
温度变化的响应机制存在差异：随
温度升高，玻璃质类群含量减少而
瓷质类群含量增多。

地球生命力报告2020

自从1970年以来，哺乳类、鸟类、两栖类、爬行类和鱼类的物种种群规模平均下降了68%。

入不敷出

人类目前所需要的资源是地球可再生能力的1.6倍。年复一年，我们使自然越来越脆弱、越难以满足未来的需求。



保护生物多样性就是保护人类自己

铆钉假说：生态系统中的每个物种都好像一架精制飞机上的每颗铆钉，任何一个物种的丢失或灭绝都会导致严重的系统变故。

2020年2月，在中央全面依法治国委员会第三次会议上，习主席更是强调：“要抓紧修订完善野生动物保护法律，健全执法管理体制及职责，坚决取缔和严厉打击非法野生动物市场和贸易，从源头上防控重大公共卫生风险。”



动物多样性是适应与进化的结果

- 动物的多样性有物种多样性和遗传多样性，这两者的发生与发展离不开生态系统的多样性。
- 除了基因突变、重组、隔离和杂交外，动物在自然选择条件下的各种适应（**适应是智力的本质**）是进化的重要动力。
- 种下单位的亚种和品种，代表着自然环境和人工环境下的遗传多样性，后者的选择压力更大。
- 尽管动物有150万种之多，但当今社会发展加速了物种绝灭的速率，人类应该节欲，自觉地保护动物。