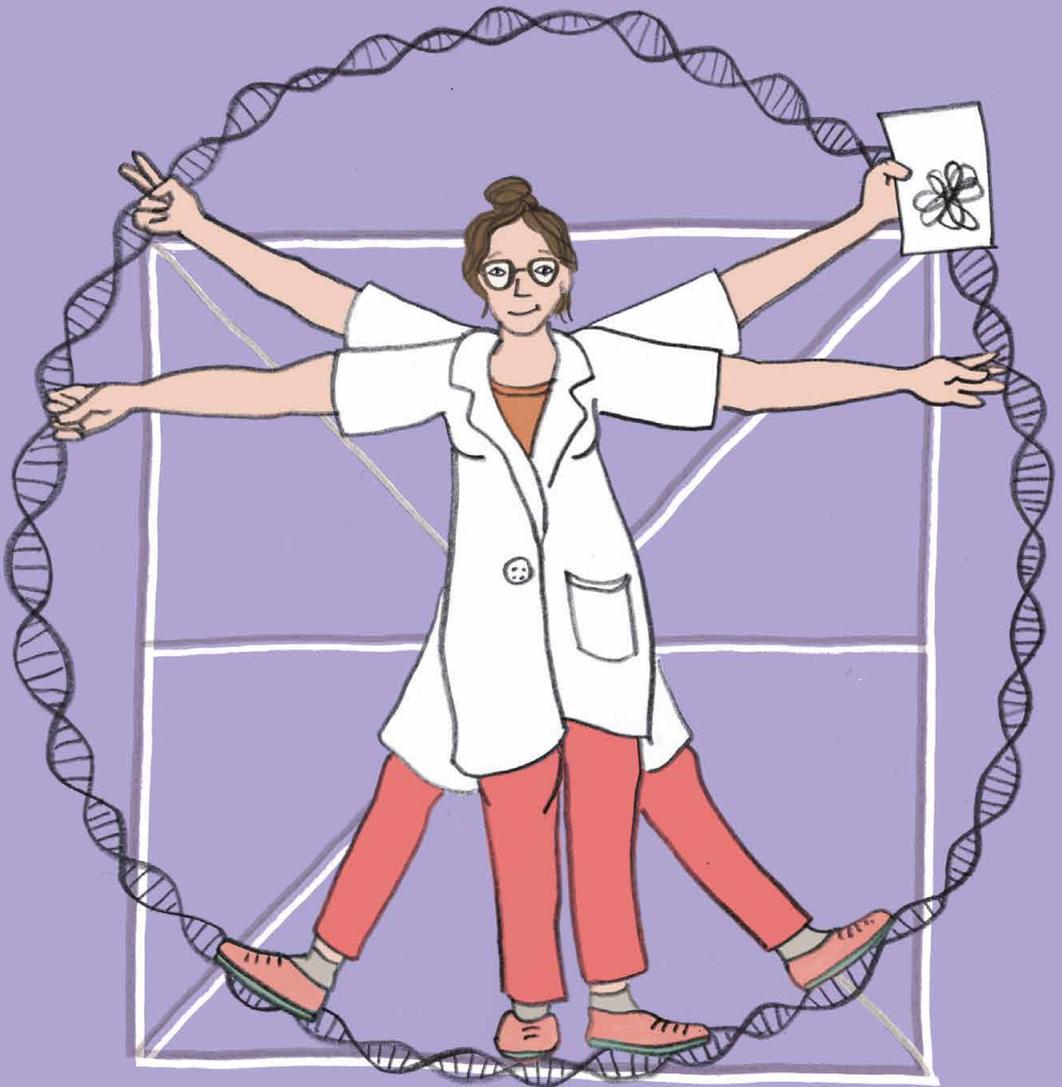


由ALEXANDRA WEYRICH 博士和OLAF NOWACKI 创作/由ANNETTE KOEHN 绘图由陈瑜洁 博士 翻译

表观遗传学

基因组和环境之间的桥梁



科学连环画

莱布尼茨动物园和野生动物研究所



由ALEXANDRA WEYRICH 博士和OLAF NOWACKI 创作/由ANNETTE KOEHN 绘图由陈瑜洁 博士 翻译

表观遗传学

基因组和环境之间的桥梁



Leibniz-Institut für Zoo-
und Wildtierforschung
IM FORSCHUNGSVERBUND BERLIN E.V.

科学连环画
莱布尼茨动物园和野生动物研究所



这是Ada

她是莱布尼茨动物园和野生动物研究所的科研人员。

莱布尼茨动物园和野生动物研究所 (IZW)

是一个跨学科的研究所，为创新的野生动物保护策略发展了科学基础。由它的使命“为保护而做野生动物进化研究”做为向导，莱布尼茨动物园和野生动物研究所研究了许多不同生命的历史以及野生动物在进化过程中发展出的适应能力。

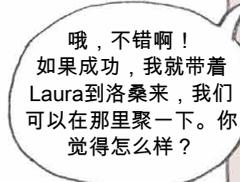
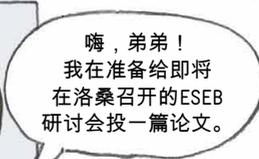
什么是特定进化特征的适应值？

适应过程在哪里会达到它们的极限，比如由于它们受到了病原体的对抗？

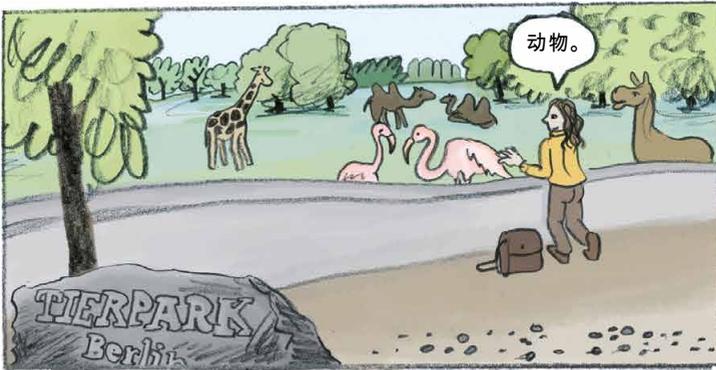
单个物种和环境之间的关系是什么？

人类活动对野生动物的不利影响究竟能到什么程度？

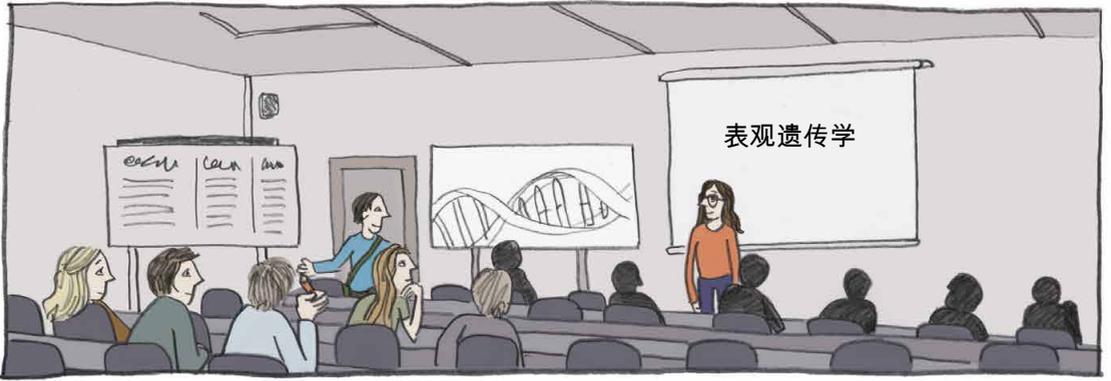
为了回答这些问题，IZW的研究人员整合了不同的研究方法以及不同的学科来确认复杂的相关性和相互影响。他们研究了遗传学、生理学、兽医药学、行为学、生态学和进化生物学。他们把不断增加的知识碎片加到研究拼图中去，从而更好的理解野生动物适应全球变化的能力。运用这些方法，IZW在野生动物保护方面为新设想和新方法创建了科学基础。







第二天，在课堂上。。。。

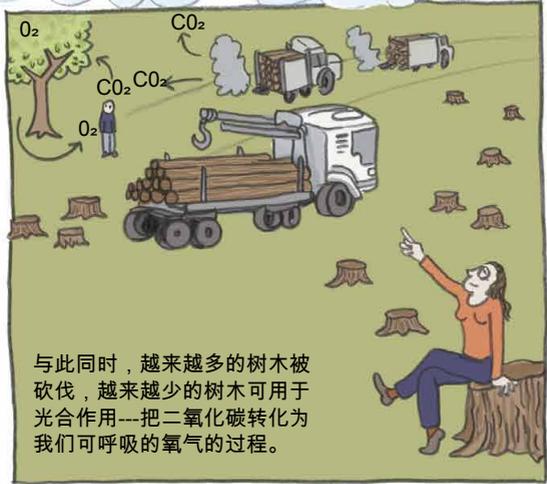




遗传特性一代代的逐渐变化，我们称之为进化。选择压力帮助决定哪些变化被遗传下来并且影响生命的多样性。



气候一直是一个强有力的选择压力。现今，人类通过产生大量的排放物影响着气候。

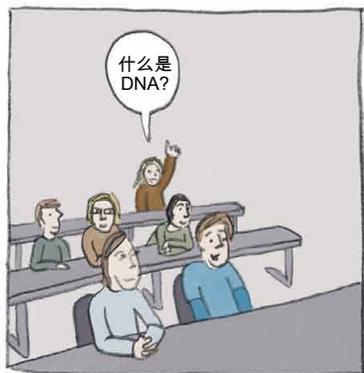
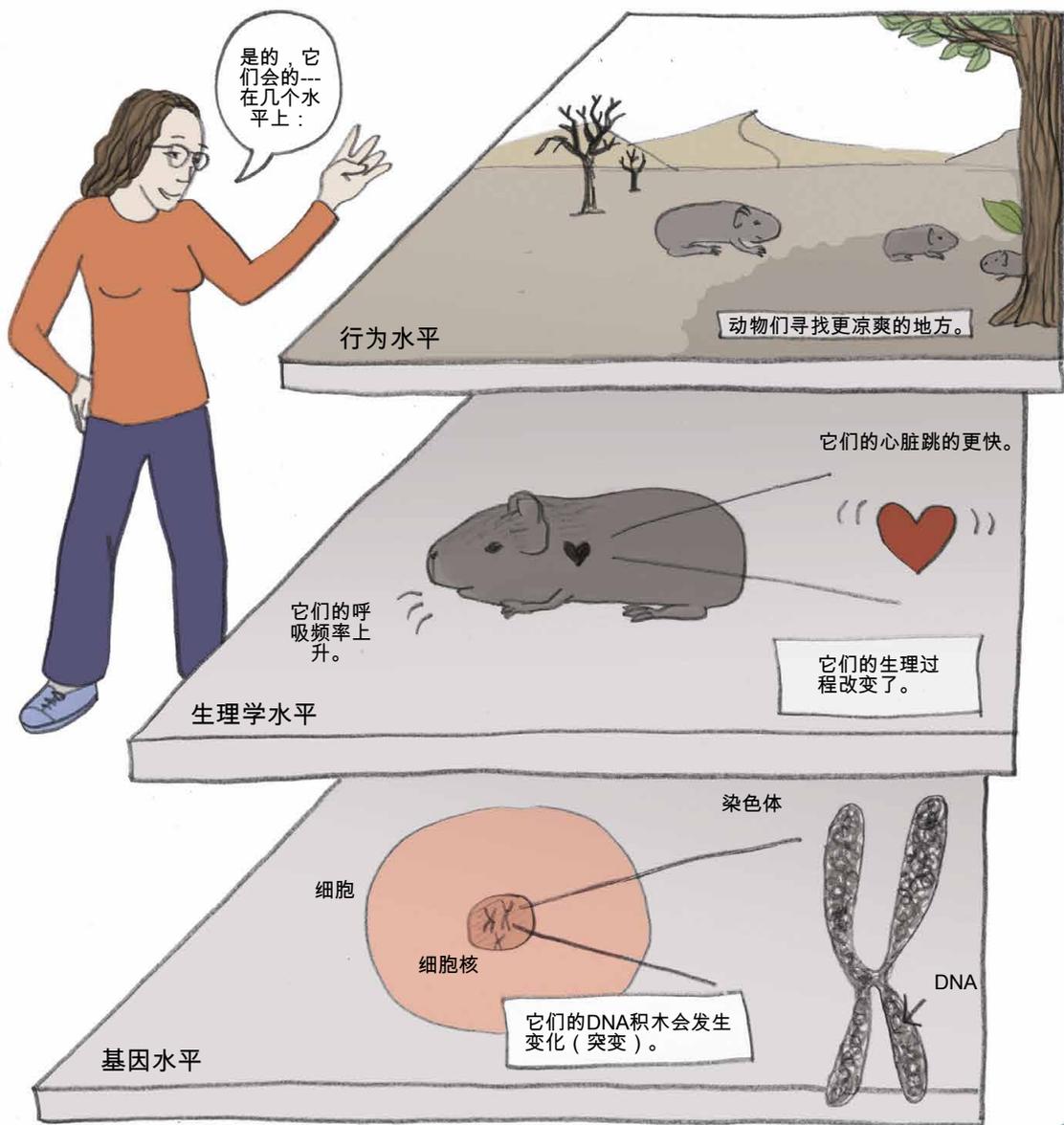


与此同时，越来越多的树木被砍伐，越来越少的树木可用于光合作用---把二氧化碳转化为我们可呼吸的氧气的过程。

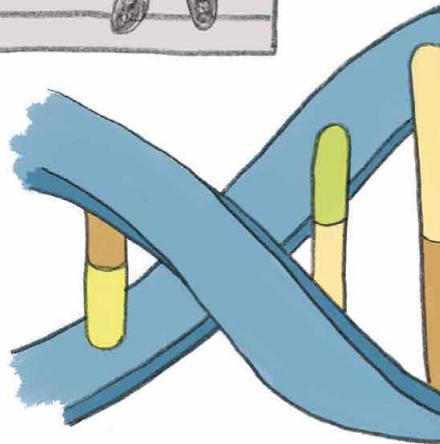
二氧化碳是导致温室效应的气体：它使辐射的热量保留在地球表面，使气温升高。气候变化着，导致各种结果。。。



但我们地球上的野生生物又如何呢？它们会对升高的气温做出反应吗？



这是我们的遗传编码。DNA是脱氧核糖核酸链。一个细胞的所有遗传信息都储存在DNA当中。这些信息被容纳在细胞核中，被称作基因组。



染色体被容纳在细胞核中。

细胞

细胞核

DNA逐步缠绕得越来越紧。。。

。。。折叠成染色体

8个基础蛋白质=组蛋白

DNA折叠,它围绕着组蛋白缠绕=核小体

长长的DNA链被这样折叠了,从而能装进细胞核中。

建造DNA的积木是它的4个碱基,它们会形成碱基对。

DNA双链或者双螺旋

糖 (脱氧核糖)

单-磷酸盐-分子

在人类中,每个细胞核包含2米长的DNA,由32亿个碱基积木组成。里面包含着巨量信息。所有的细胞运作都编码在DNA当中(就像计算机中的0和1一样)。

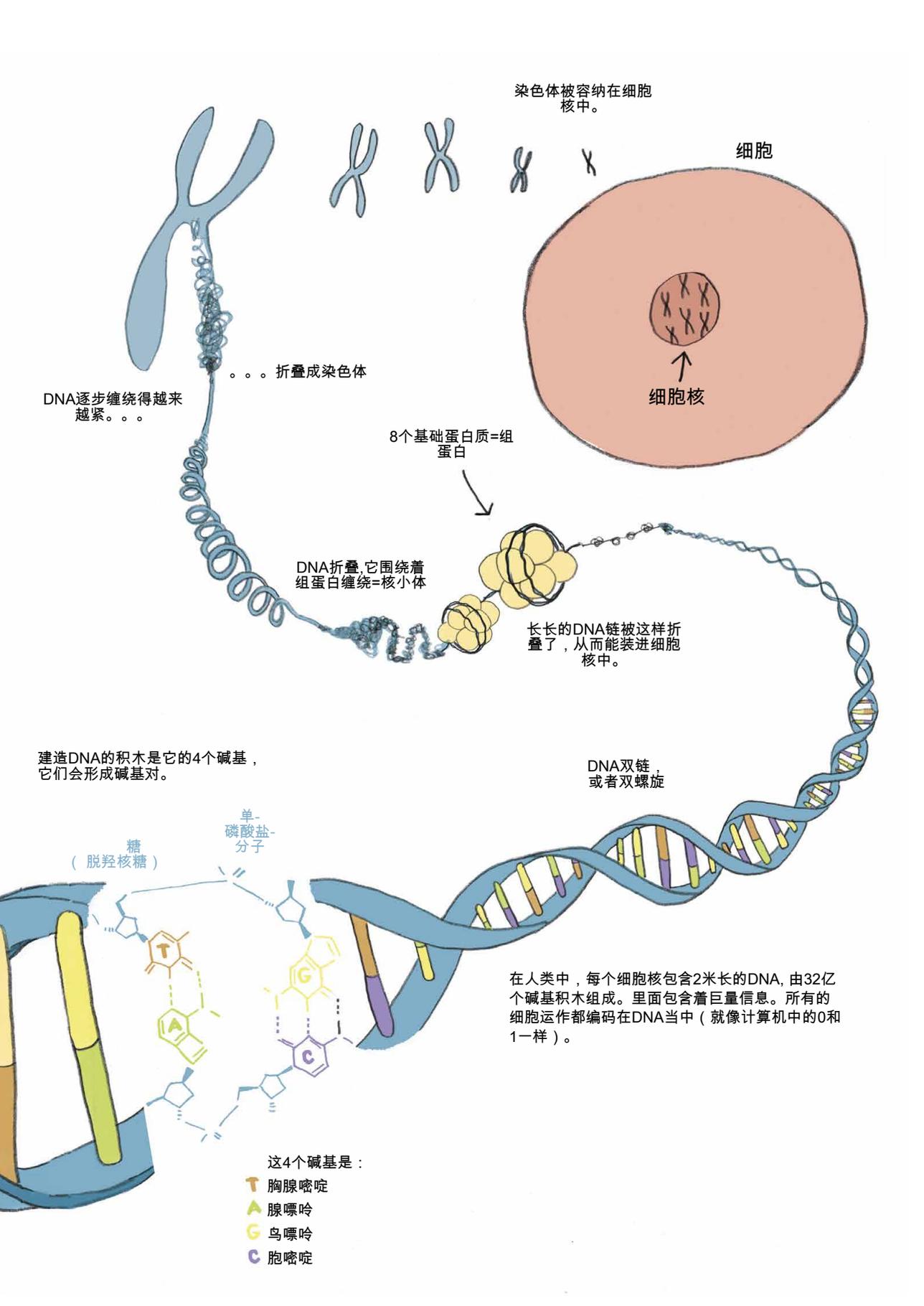
这4个碱基是：

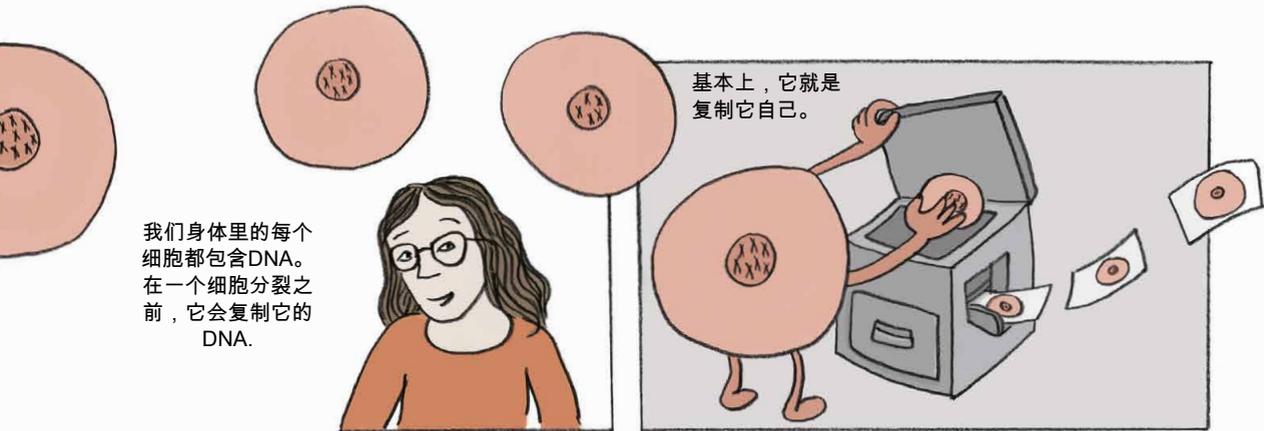
T 胸腺嘧啶

A 腺嘌呤

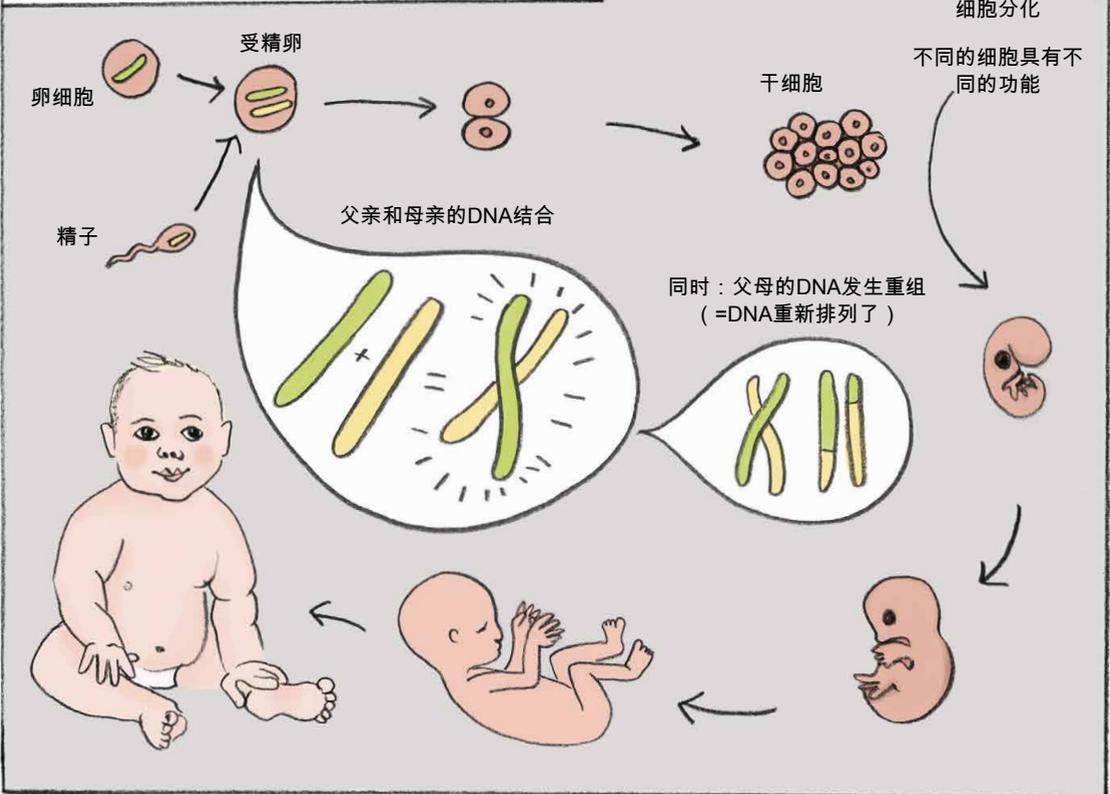
G 鸟嘌呤

C 胞嘧啶



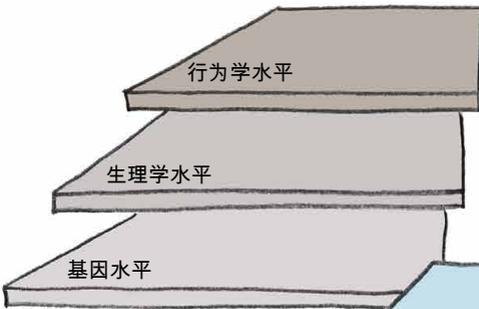


当一个新生命被创造时，这尤为重要：

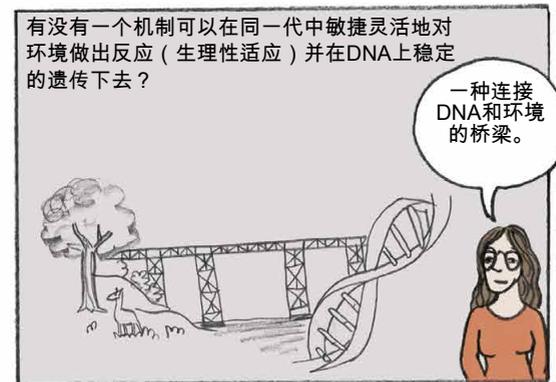
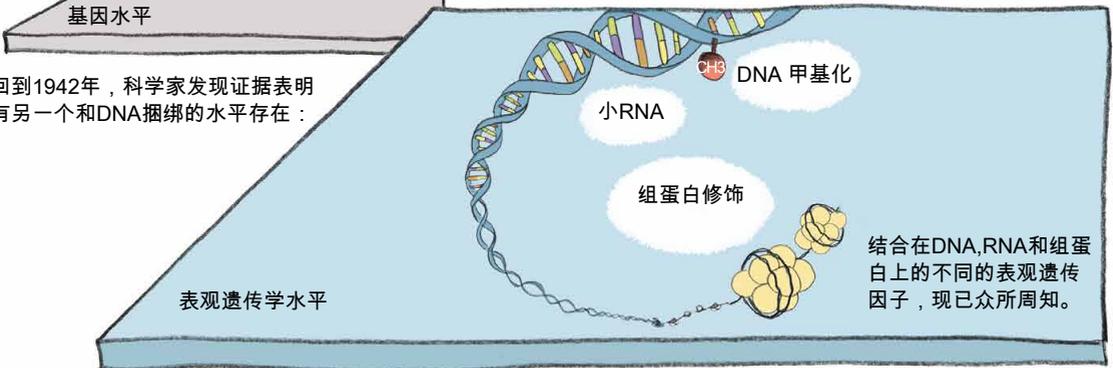




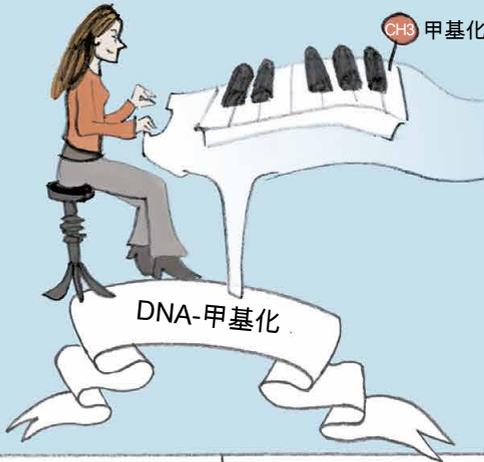
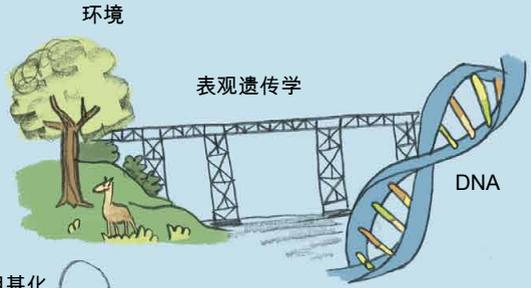
但它是如何应对快速的环境变化的呢？



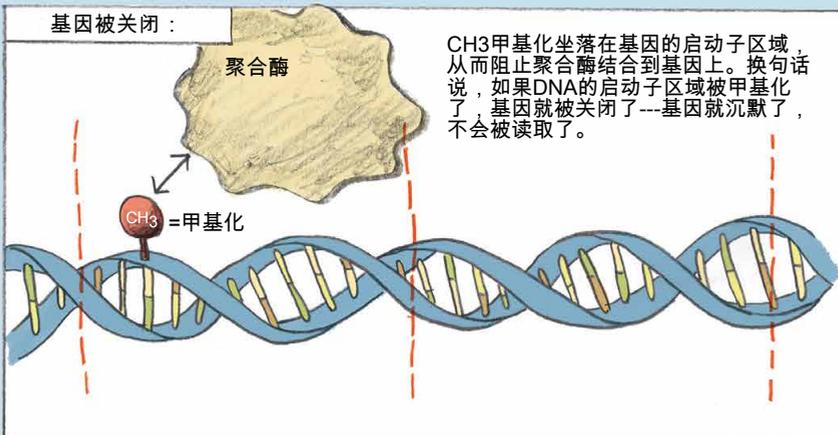
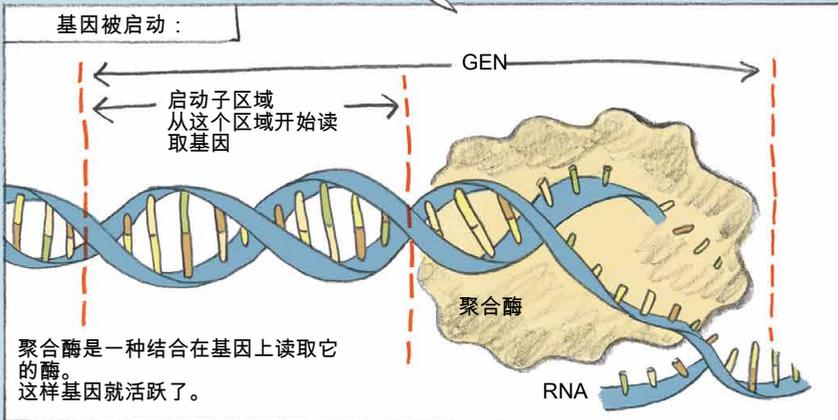
回到1942年，科学家发现证据表明有另一个和DNA捆绑的水平存在：



这些表观遗传因子就像开关一样控制基因特性并使它们表达（表型）。这一过程非常快，从而生物能够直接对环境做出反应。在这些因子中，被了解的最透彻的要数DNA甲基化。



一个生物个体中，每个细胞中的DNA都是完全相同的——就像钢琴键盘一样。但是弹奏什么样的旋律是由哪些键被弹奏而决定的。而环境就好比是钢琴演奏者。



莱布尼茨动物园和野生动物研究所的一个周一早晨



3周以后



为了回答这些问题，我们让5只野生豚鼠分别。。。



。。。与2只雌豚鼠交配。



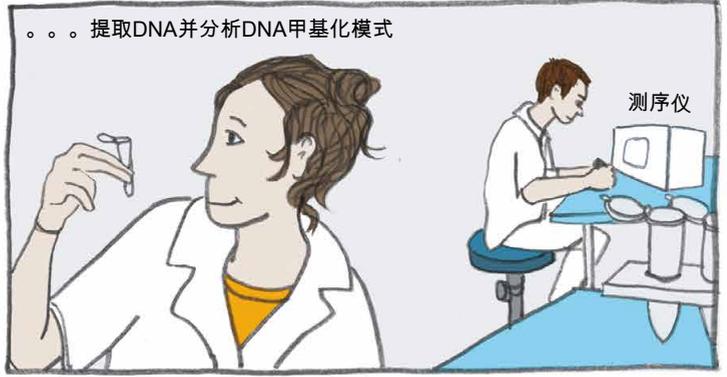
这些父亲和儿子就组成了我们的对照组。



我们从对照组动物身上获取组织样本。。。



。。。提取DNA并分析DNA甲基化模式



父亲们（儿子并没有）暴露在比他们通常生活的温度高10度的环境中2个月。

好舒服！



然后我们让他们再次交配，并从父亲和儿子身上取样。这是我们的“加热组”。

我们再次分析了这些样品的DNA。



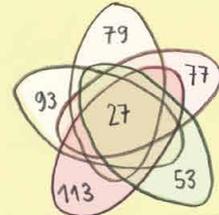
然后我们就能比较对照组和加热组的DNA甲基化模式了。



这是一个维都表。
5个圈代表5个父亲和他们的儿子在表观遗传上的变化（5个父亲---儿子组）。



温度升高之前和之后的变化。



外部的数字表明有一些特定的基因区域只在一对父子组中发生了改变。

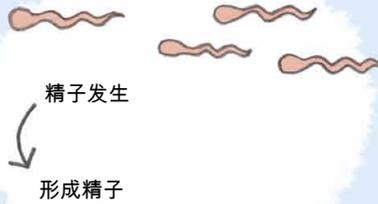


而中心的数字27表明有27个基因区域，所有的父子组在温度上升后都发生了改变。



这些区域代表了对于温度升高的普遍反应。

我们研究了这27个区域在豚鼠中的功能：



体温调节

这会影响控制体温的基因。



基因调控

转录因子和甲基转移酶





尾声



词汇表

Alexandra Weyrich

等位基因：单个基因变体被称作等位基因。所有的哺乳动物每个基因都有两个等位基因---一个来自母亲，一个来自父亲。

适应：

根据环境条件做出的调整

- 随机突变或存在的基因变化经过多代选择导致更有效的应对环境条件。
- 生理上适应：生物体的一个细胞，器官或组织对环境刺激的反应。直接的全身反应是为了建立一个新的，稳定的平衡（动态平衡）。

不像进化适应，会将变化嵌入到后代中去，生理适应只在一代的一个个体中发生，并且通常只局限在刺激发生期间（比如突然见到光亮时的瞳孔收缩）。

表观遗传修饰是在一代中对环境刺激产生的反应，但它能被传给后代，所以表观遗传修饰可以既被看做进化适应又被看作生理适应。表观遗传学在进化中的重要性还在讨论中（见“进化”）。

适应性：

对环境影响作出反应时，一个生物体特性形成的灵活性。

细胞分化：

一个细胞发育到最终形态（表型），比如皮肤，心脏，肌肉细胞等。

染色体：

一条染色体由DNA和很多蛋白质折叠而成。DNA/蛋白质的复合体被称为染色质。染色体位于细胞核当中。

对照组：

在一个实验当中，除了未被处理以外，对照组个体或对象的其他方面与实验组完全一致。比较对照组和实验组能够发现一种治疗/实验所产生的影响。

DNA:

脱氧核糖核酸，包裹在细胞核中的基因编码。

酶：

酶是生物催化剂，能够促进和加速生物体内的化学反应。大多数酶是蛋白质；它们通常都有着非常特异的作用。在这个漫画中提到了两个酶：见“甲基转移酶”和“聚合酶”。

表观遗传学(epigenetics)：

希腊语前缀“epi”的意识是“除。。。之外”或“在周围”；“genetics”来自于希腊语 “genea”（血统），是对于生物体遗传性的研究。所以表观遗传学代表着一个补足之前所知遗传机制的额外水平。它的机制包括不改变DNA序列，控制基因开关的调控因子（DNA甲基化，组蛋白修饰，小RNA）。一些表观遗传的改变会被传给子代。

进化：

在地球历史进程中，生物种群历经多代，在特征或特性（表型）以及遗传信息（基因型）上逐步发生的改变。这个过程导致现有物种在一定条件下进一步发展，并产生新的物种。从19世纪开始，关于进化产生了2个截然不同的理论：

- 查尔斯·达尔文：进化依赖于自然对于生物体特征（表型）的选择（见“选择”）。
- 吉恩·巴普蒂斯特·德拉马克：进化依赖于所获得的特征遗传。

达尔文理论很长一段时间内被普遍接受。现在，“自然选择”被在特定种群中，基于等位基因的频率进行计算。表观遗传学的概念也支持拉马克的理论，因为它解释了在一代中对于之前不可见的特性的表达和传递（所以是“所获得的”）。

实验研究：

用做实验获取数据的方法来进行研究。

基因：

在细胞中，基因编码（DNA）的特定区域被转录成RNA（转录）。在蛋白基因中，RNA被转录成氨基酸链（翻译）。突变造成不同的等位基因。

遗传学：

在生物体和种群中研究生物遗传性和遗传信息功能的科学。遗传学（genetics）一词来源于希腊语“genea”，意思是血统或根源。

- 基因组：一个细胞中所包含基因信息的总和。

女眷结构：

一只雄性跟几只雌性交配（一夫多妻制）繁殖，并且作为一个群体和她们以及她们的后代生活在一起。

加热组：

被暴露在环境温度短暂升高的环境中的实验组。

遗传性（heredity）：

来自拉丁语“hereditas”；遗传性的意思是将特征与特性与父母相似，但经历了重组的父本母本等位基因的基因信息传递给下一代。

组蛋白：

与DNA结合形成包装组件的染色体蛋白（见“核小体”）。

组蛋白修饰：

组蛋白的化学变化，比如甲基化，乙酰化和磷酸化。这些修饰能够改变DNA的包装密度。

生物体：

限定的，有结构的个体。能够生长，代谢，繁殖和进化。

甲基化：

将甲基转移到一个化学物上。

DNA-甲基化是一个CH₃基团（甲基基团）在甲基转移酶的作用下，化学结合到胞嘧啶或腺嘌呤上（4个碱基中的2个）。在哺乳动物中，包括人类和豚鼠，主要存在的是胞嘧啶甲基化。

甲基转移酶：

一个将甲基基团从一个复合物转移到另一个上的酶。DNA甲基转移酶将甲基基团转移到一个DNA碱基上。

突变：

DNA碱基片段改变、缺失/插入导致DNA序列发生改变，从而基因、染色体或基因组也发生相应改变，

核小体：

由DNA链缠绕8个组蛋白组成的DNA包装单元。

表型：

一个生物体特定基因的表达或一组可见特性的表达。

种群：

同种个体组成的繁殖群落。

光合作用：

植物产生能量的过程。它们将太阳辐射能量将水和二氧化碳转化成糖和氧气。光合作用是地球上最为重要的生化过程之一。

生理学：

研究生物身体和生化代谢过程的科学。生理学旨在分子水平预测一个给定系统（比如代谢，运动，萌芽，生长和繁殖）的行为表现。

聚合酶（polymerase）：

希腊语前缀“poly”的意识是“多”，“mer”表示一个模块或积木，“ase”意味着“分裂”或“分开”。

RNA-聚合酶：

一个结合在基因的启动子区域的酶，它读取两条DNA链中的一条，并把碱基整理成一条RNA单链。这个过程称作转录。

启动子：

位于基因之前的基因开关。RNA聚合酶结合的区域，RNA聚合酶在此处结合后将基因转录成mRNA。

蛋白质：

蛋白质是所有细胞的功能单位。它们由氨基酸组成。（又见“翻译”）

重组：

结构相同的父本母本染色体之间，等位基因互换，遗传物质发生重排。

RNA：

核糖核酸。

mRNA：

m链代表“messenger 信使”，所以mRNA就是信使RNA。mRNA作为DNA上的基因和其编码的蛋白之间的信使。mRNA由RNA聚合酶产生，DNA（基因）作为模板。这个过程叫作“转录”。一个基因被转录的越频繁，它的活性就越强（或者说这个基因“表达”越强）。在翻译的过程中，mRNA作为产生蛋白的模板。

小RNA：

与mRNA结合的短小RNA片段，抑制基因活性，从而使基因不再翻译成蛋白。（又见“翻译”）。

选择（自然的）：

这是一个基于以下现实的进化因素：一个指定的种群中并非所有的个体都以同样的程度繁殖。有利的特征或特性在种群中更强有力地传播，从而使特定的基因或等位基因更频繁的出现。

物种：

互相之间可以繁殖，拥有共同特有特征的一群活的有机体。但是，对于一些生物物种群体，区分非常困难，所以至今尚未有标准定义的称谓。

转录：

读取DNA并合成一条信使RNA（mRNA）。（见mRNA和RNA聚合酶）

转录因子：

和RNA聚合酶一起结合在DNA上的蛋白质，启动转录过程。

翻译：

把mRNA的信息翻译成氨基酸链，直接形成蛋白质或把几根链连结起来形成蛋白质。

变化性：

多样性的同义词。

-遗传多样性：指在一个种群中某个基因的大量变种（等位基因）或大量基因。

-表型多样性：指在一个种群中的大量不同表型（外部特征或特性）。

维都表：

用于描述几个集合间关系的图表：集合间共同性的部分用重叠来描述。

受精卵：

一个卵细胞被一个精子受精。

版权信息

表观遗传学---基因组与环境之间的桥梁。
来自莱布尼茨动物园和野生动物研究所的一本连环画。

创意和策划：Alexandra Weyrich博士
文本：Alexandra Weyrich博士和Olaf Nowacki
中文翻译：陈瑜洁 博士
项目协调：Kathleen Röllig 博士
插图：Annette Köhn

科学建议：Jörns Fickel教授，Miriam Brandt博士，Heribert Hofer教授
Alfred-Kowalke-Strasse 17, 10315 柏林，德国
这本连环画被作为“莱布尼茨动物园和野生动物研究所商业化概念的发展和成就”项目中的一部分在莱布尼茨动物园和野生动物研究所柏林电子学院制作完成。

Alfred-Kowalke-Strasse 17, 10315 柏林，德国
www.leibniz-izw.de

该项目由教育与研究部 (BMBF) (Ref. 03IO1303)提供资金。
该项目由Kathleen Röllig博士，Miriam Brandt博士，
Heribert Hofer教授管理。

我们感谢以下人员的贡献和帮助：
建议和支持：Manuel Flurin Hendry, Arne Löffel, Wolfgang Hennig教授，
Steven Seet, Weyrich 家人，野生豚鼠与欧洲进化生物学学会(ESEB)。

该连环画的创作基于以下文献：
Weyrich A, Lenz D, Jeschek M, Chung TH, Rübensam K, Göritz K,
Jewgenow, K, Fickel J (2015): 雄性野生豚鼠父系世代间表观遗传对热暴露
的反应。栏外标题: 父系表观遗传对热的反应。
MOL ECOL –生态学和进化中的表观遗传学研究专题。

更多信息请见：www.leibniz-izw.de/wissenstransfer



EPIGENETIK – ISBN: 978-3-946642-10-7

EPIGENETIC – ISBN: 978-3-946642-11-4



表观遗传学

基因组和环境之间的桥梁

野生生物能适应改变的环境条件吗？
它们是怎么对付气温上升的呢？它们能够把它们的“
经验”传给后代吗？

很长一段时间以来，生物的遗传适应性被认为完全是由于基因组组成积木的改变被一代代的传递了下来。但是现在有证据表明基因组会对环境因子做出灵活响应---这正是表观遗传学所要描述的领域。表观遗传学在基因组和环境之间建立起了一座桥梁。就像钢琴键盘一样，一个生物体内每个细胞所含有的基因组都是相同的，但是表观遗传学决定了弹奏出来的乐章。

在这本连环画中，Ada告诉了我们表观遗传学如何构成这些乐章。我们对于野生生物，进化，科学以及我们人类自己都更为了解。