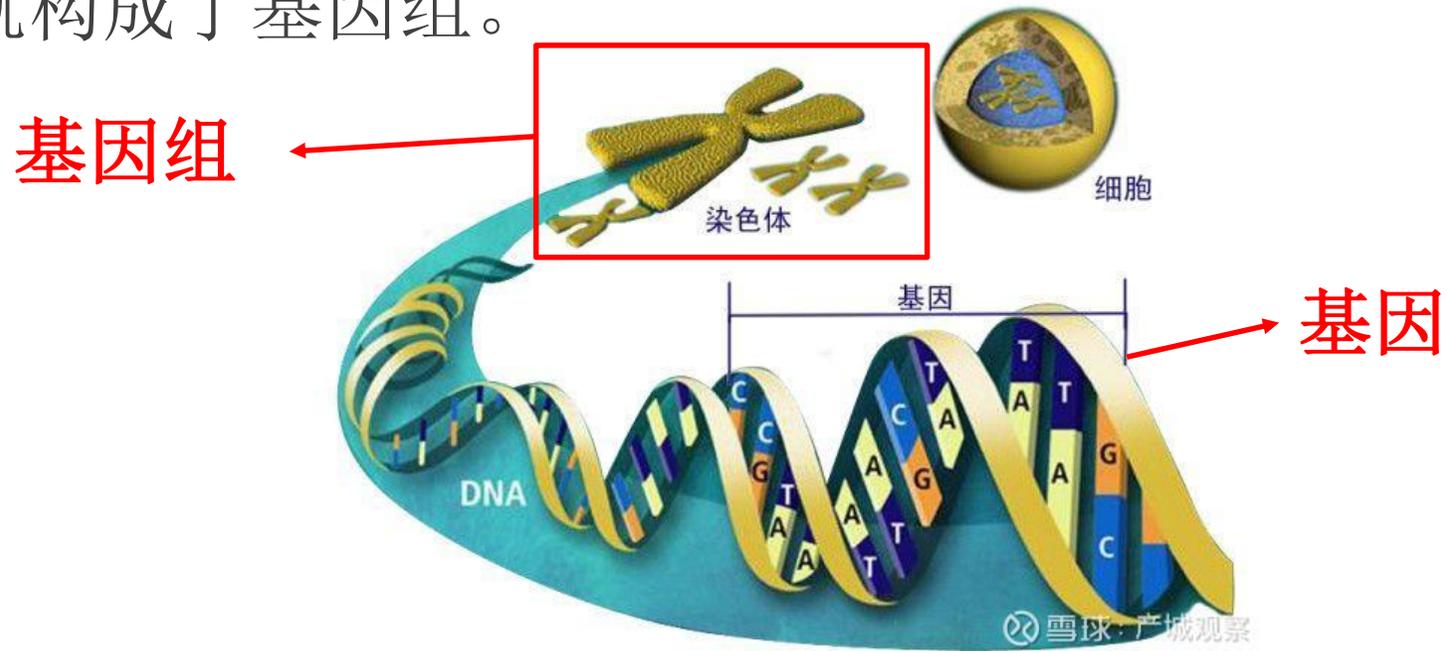


## 2.5 生物进化C值矛盾

---

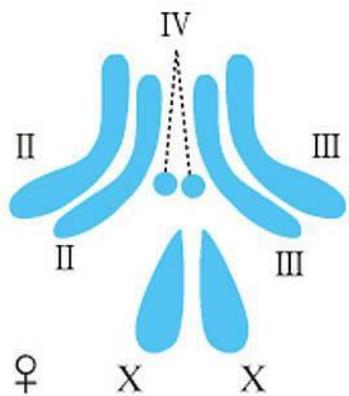
# 基因与基因组

- 基因是位于染色体上的一段具有特定功能的DNA片段。
- 一个生物所有染色体上的DNA，包括编码的基因和非编码的DNA序列，就构成了基因组。



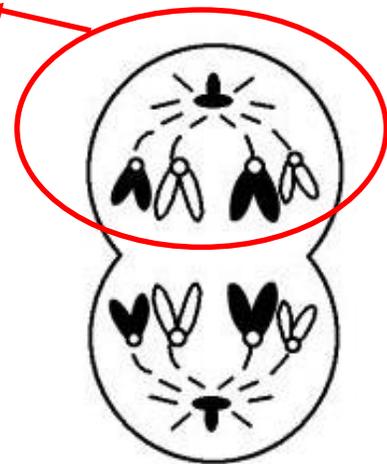
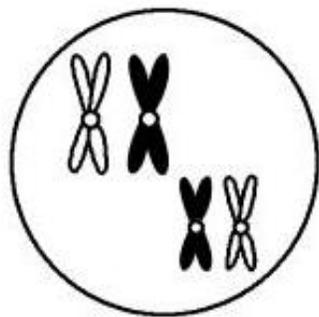
# 基因组大小

- 基因组大小：一个生物单倍体基因组所含有碱基的数量。



果蝇染色体  
(二倍体)

基因组大小 ← 单倍体配子



染色体减数分裂

# 生物进化的C值

---

- Maximun C Value (C值)：某生物物种单倍体基因组DNA的总量，即指基因组大小。
- Minimun c Value (c值)：编码基因的所有DNA总量。

# 生物进化的C值规律

- 生物进化的规律：低等生物→高等生物；原核生物→真核生物，基因组逐渐增大，C值逐渐增大。

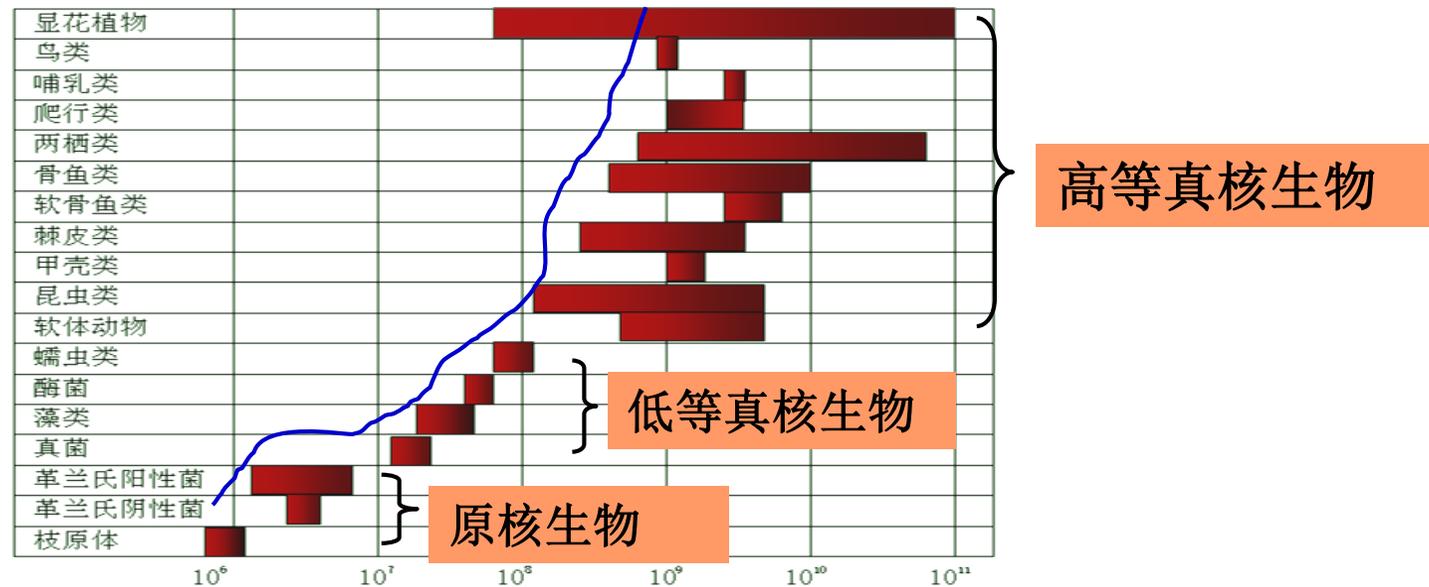
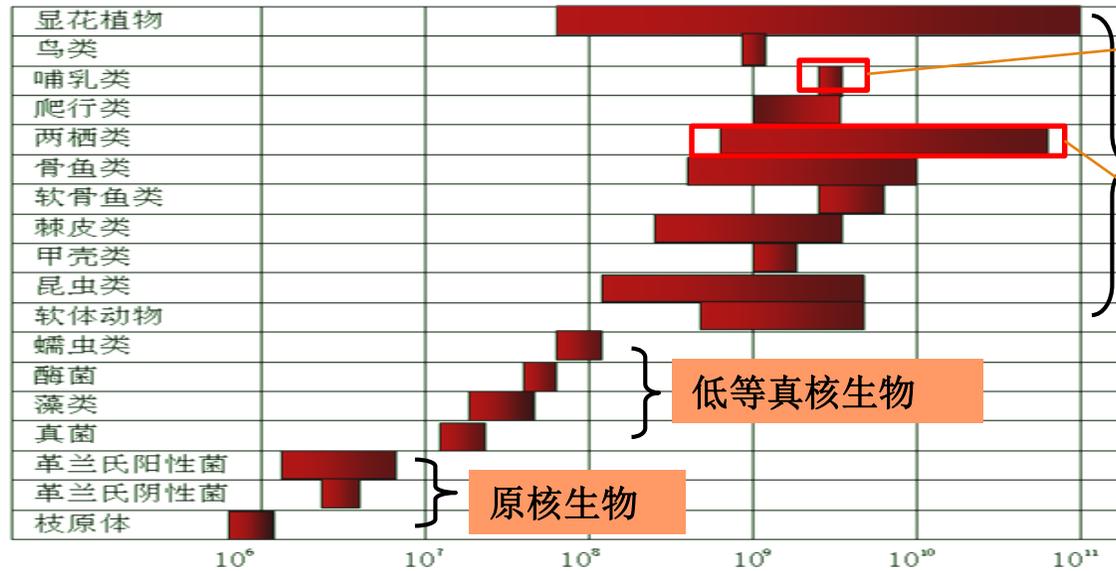


图 10-38 不同门类生物的 C 值分布 (仿 B.Lewin, 2000)

# C 值矛盾之一

- 有些进化上更高层次的生物类别的C值比低层次的生物的小：  
某些哺乳动物的C值 < 两栖类动物和显花植物的C值



高等真核生物

低等真核生物

原核生物



图 10-38 不同门类生物的 C 值分布 (仿 B.Lewin, 2000)

# C 值矛盾之一

- 蝗虫的基因组（6.5Gb）是人的2倍（2014）；
- 墨西哥钝口螈的基因组（32Gb）是人的10倍（2018）；
- 澳洲肺鱼的基因组包含约430亿（43Gb）个DNA碱基对，**是迄今已测序所有动物中最大的一个**，比美西钝口螈还要多出110亿个碱基（2021）。



# C 值矛盾之一

---

- 总体上看，随着生物的进化，基因组DNA的量（C值）是逐渐增加的。这符合生物进化的规律。
- 生物进化C值矛盾只出现在少数物种，比如两栖动物。
- 这可能是由于这类生物在进化上的特殊性导致的。生物在进化的过程中要发生基因组的扩增或删除，两栖类动物恰好处于从水生到陆生的过渡阶段，生物既要面临水生的环境，又要适应陆生的环境。
- 显花植物的基因组也很大，显花植物的生境显然远大于隐花植物。因此，显花植物具有很高的基因组DNA，可能与显花植物具有更广泛的生活环境有关。

# C 值矛盾之二

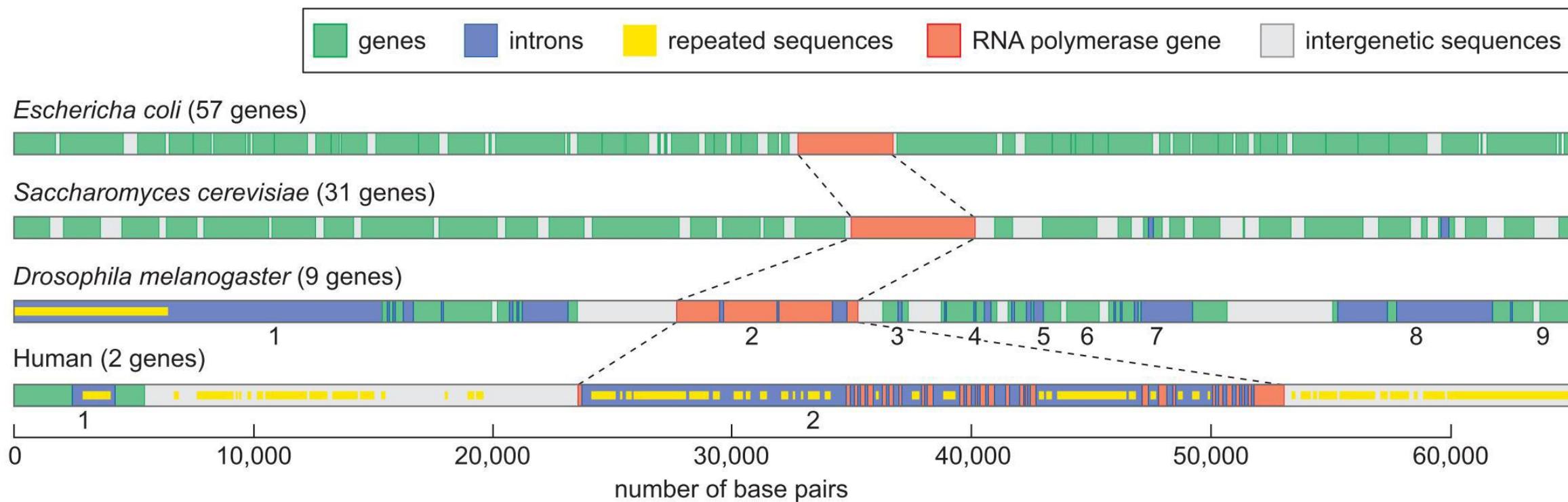
---

■ 真核生物中C远大于c值，原因可能是什么？

例如：人的染色体组中只有1/10的序列用于编码基因，而90%序列不编码蛋白质。这些非编码的序列是否是垃圾DNA，是否具有生物学功能？

# C 值矛盾之二

1. 真核生物中大量重复序列、内含子等的存在，会导致c值偏小；



# C 值矛盾之二

---

2. 大量有功能的非编码RNA并未统计在内。

非编码DNA可能的功能：1) 有些虽然不编码多肽链，但却可以编码RNA，如microRNA、某些重复序列、甚至某些内含子等，可以行使调控基因表达的功能。

3. 更多非编码的DNA，是否是生物抵抗突变的天然“缓冲器”呢？如果不是因为它们的存在，编码基因突变的概率会极大地增加。

4. 它们的功能等待我们在未来去揭示。

# C 值矛盾之二给我们的启示

---

- 之所以存在C和c值差异悬殊的矛盾，是否意味着c值（基因）的定义有问题，从而使得c值的范围过窄？
- 这也暗示我们，目前基因的概念还是太小了，应该进一步加以修正。比如“编码一段RNA或蛋白质，具有特定功能的，最小的遗传单位”，是不是更合适？
- 近年来，人们认为将进化C值矛盾改称为“进化C值之谜”更好一些。随着人们对生物基因组DNA功能的进一步了解，随着新基因概念的应用，c值应该会无限接近于C值。