“自然界每年发生的痛苦总量超出了任何正常的想象。在我写下这句话的一分钟里，成千上万的动物正在被活活吃掉，另一些在恐惧中哀嚎着逃命，还有一些正在被体内的寄生虫慢慢吞噬，成千上万的各种生物正死于饥饿、干渴和和疾病。这必然如此。”

—— 理查德·道金斯，《伊甸园外的生命》（1995）

慈悲生物学：我们能否终结自然界的痛苦？

NotebookLM

我们正处在一个演化的十字路口：生物圈的四种未来

“更新世野化”

将地球大部分地区恢复到人类影响之前的状态。

维持现状

传统保护生物学的延伸。只关注物种和生态系统的抽象健康，而不考虑个体的福祉。

慈悲生物学（高科技耆那教）

利用CRISPR基因驱动、跨物种免疫避孕、GPS追踪等技术，为所有自由生存的有情众生建立一个“泛物种福利体系”。

淘汰

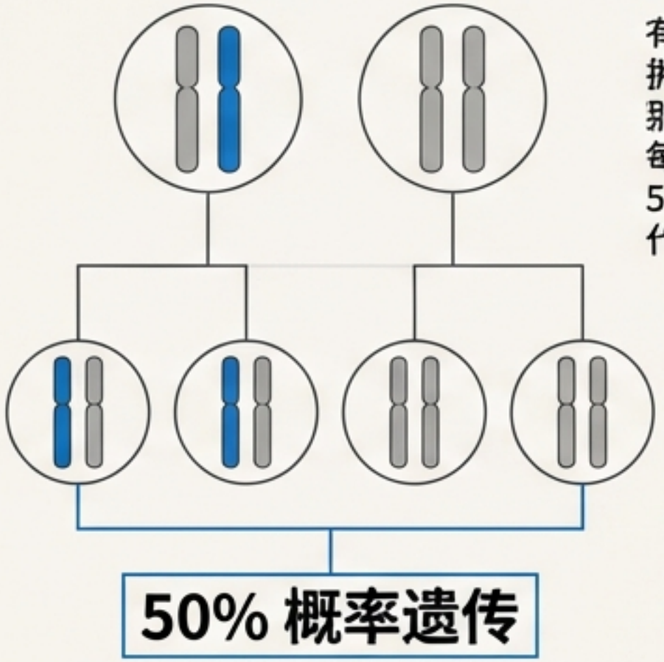
彻底淘汰所有自由生存的非人类有情众生。

“它必然如此”的托词在技术、生态和伦理上已不再成立。
在后CRISPR时代，这已成为一个道德选择。

NotebookLM

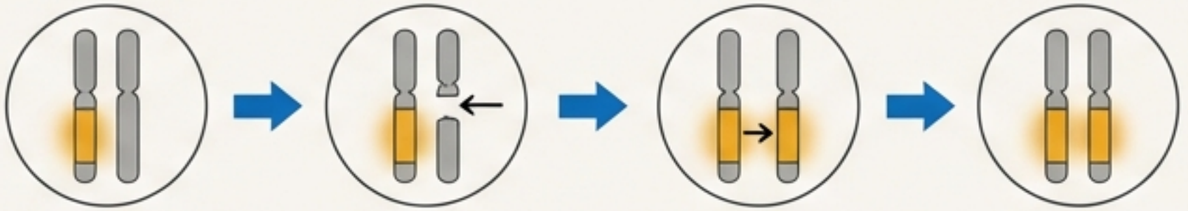
解锁后达尔文时代的关键：基因驱动技术

传统遗传（孟德尔定律）

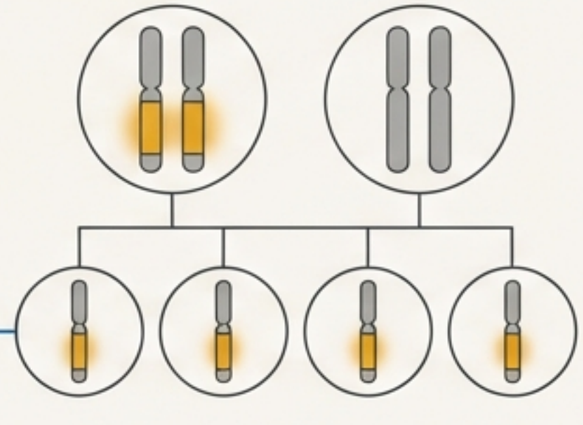


有性生殖的生物通常拥有两套染色体，分别来自父母。因此，每个等位基因只有约50%的概率遗传给后代。

基因驱动遗传



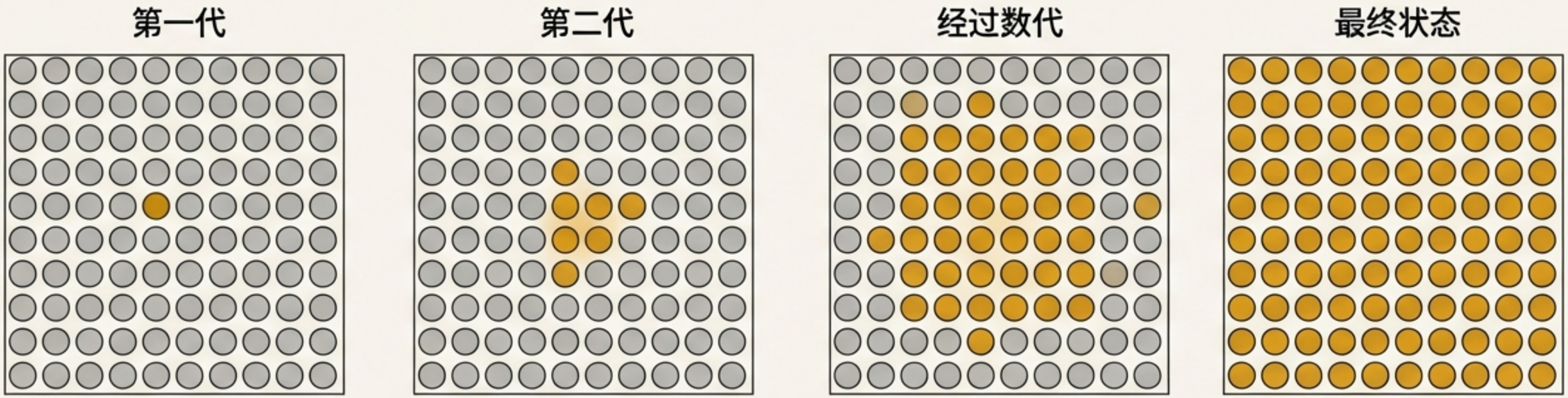
1. 基因驱动系统被编辑到一条染色体上。
2. 它会切断另一条同源染色体上的对应基因位点。
3. 细胞的DNA修复机制被“劫持”，以带有基因驱动的染色体为模板进行修复。
4. 结果，细胞拥有了两份基因驱动序列。



最终，几乎100%的后代都会继承该性状。

NotebookLM

指数级传播：一个性状如何在几代内遍布整个物种



第一代　第二代　经过数代　最终状态

时间推移

旁注文本：基因驱动能够将对个体适应性不利的性性状（例如，雄性不育）在整个种群中传播，这在自然选择中是不可能发生的。

NotebookLM

案例研究：通过编辑SCN9A基因构建一个“低痛苦生物圈”

SCN9A基因是什么？

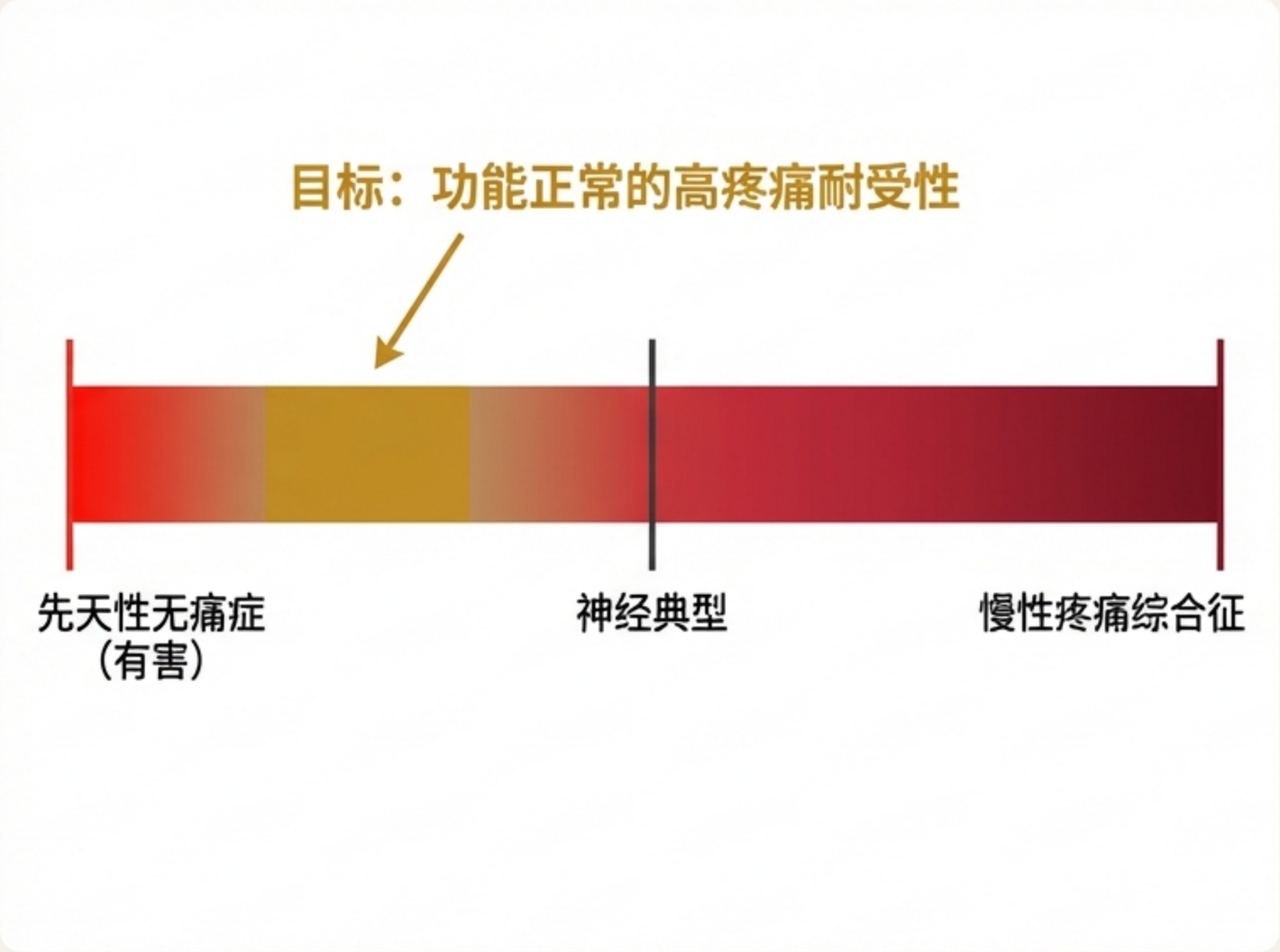
它编码NaV1.7钠离子通道，该通道位于传输疼痛信号的伤害感受器中，是调节疼痛敏感度的关键基因。

不同的等位基因

- 罕见的“无义突变”会导致先天性无痛症（危险且有害）。
- 其他等位基因则导致异常高或低的疼痛敏感度，但个体功能正常。

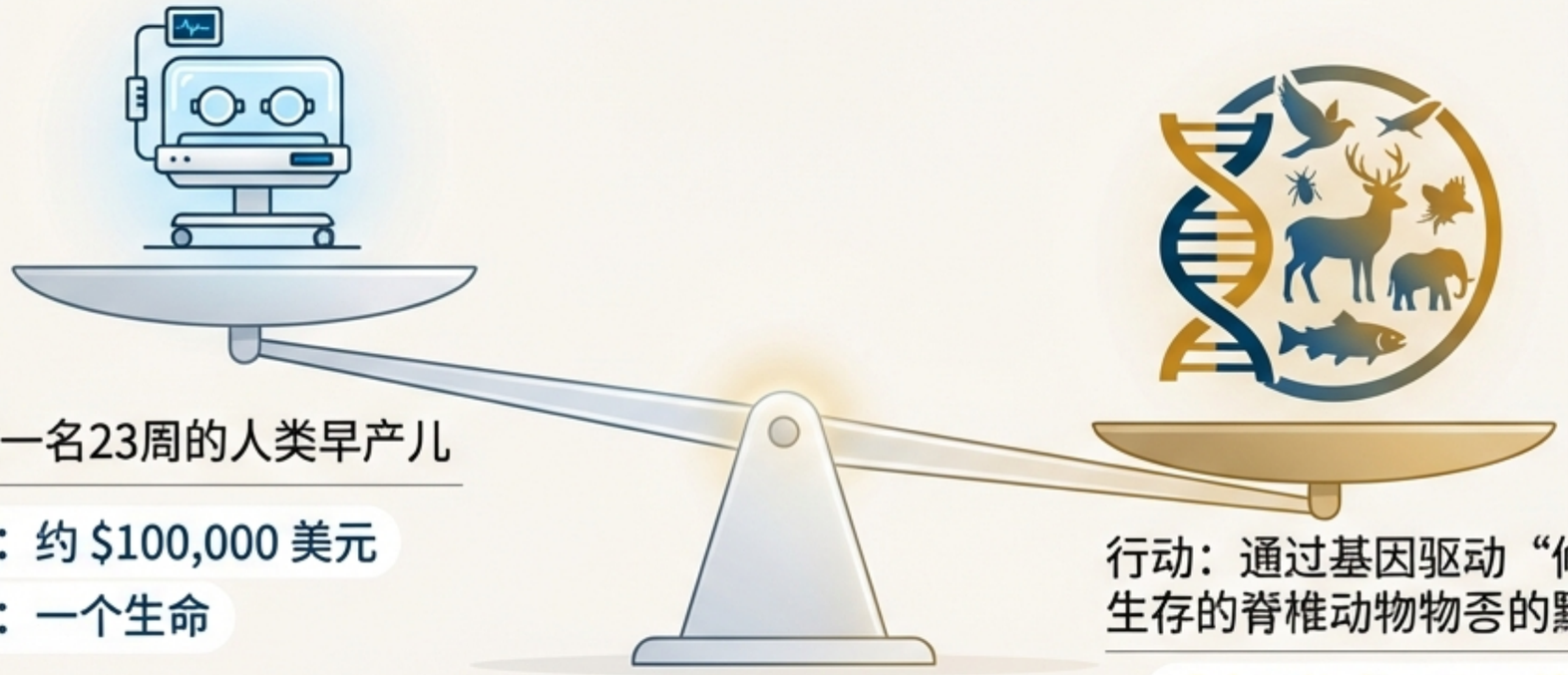
我们的目标

并非创造一个没有痛觉的“无痛苦”生物圈，而是通过基因驱动传播有益的“高疼痛耐受性”等位基因，构建一个“低痛苦”生物圈。在这种状态下，疼痛仍然是有效的身体信号，但不会造成极端的痛苦。



NotebookLM

效益惊人的利他主义：我们投资的回报是什么？



行动：拯救一名23周的人类早产儿

成本：约 $100,000 美元

影响：一个生命

行动：通过基因驱动“修复”一个自由生存的脊椎动物物种的默认痛苦水平

成本：约 $10,000 美元/物种

影响：整个物种，永久受益

补充洞察

- 对于繁殖速度快的r选择物种（如昆虫或海洋无脊椎动物），改造时间仅需2-3年。
- 对于繁殖速度慢的K选择物种（如大象），则需要数百年。

这颠覆了我们通常认为帮助小型生物比大型生物更困难的直觉。

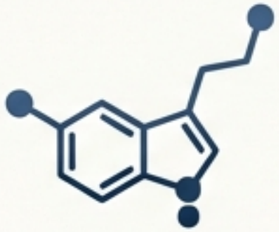
NotebookLM

超越疼痛：塑造福祉的遗传工具箱

原始的疼痛感是生命质量的关键，但其他参数，如核心情绪和默认的享乐基调，同样可以通过基因进行调整。

COMT基因

影响日常生活中对奖励的体验和心流。



血清素转运蛋白基因

与国民幸福感和抑郁抵抗力相关。

ADA2b缺失变体

与悲观情绪的遗传倾向有关。

FAAH基因变体

影响焦虑水平和“跑步者的快感”。

通过基因驱动修复疼痛敏感度、抑郁抵抗力和默认享乐基调，可以预防整个生物世界中巨大的痛苦。

NotebookLM

审慎前行：识别并应对潜在的风险

恶意使用
(Malicious Use)

基因恐怖主义、种族生物武器、昆虫战争。一个生物恐怖分子可能设计出携带致命毒素的蚊子。

意外后果
(Unintended Consequences)

对生态系统的不可预见的连锁反应。例如，改变疼痛敏感度可能影响嗅觉，进而改变捕食者-猎物的动态平衡。

哲学与伦理异议
(Philosophical Objections)

人类的“傲慢”、物种本质主义的担忧、对“自然”的破坏、遗传多样性的丧失。

核心原则：任何可能出错的事情都终将出错。行动和不作为都存在伦理风险。我们必须负责任地权衡风险与回报。

NotebookLM

风险深潜：当强大工具落入不法之手

生物恐怖主义

一个生物恐怖分子可以设计出携带基因驱动的蚊子，该驱动含有一种制造致命毒素的基因。蚊子繁殖迅速，很快快全球该物种的所有蚊子都会制造这种毒素。每一次蚊虫叮咬都将是致命的。

"这可能成为下一个大规模杀伤性武器"。

恶作剧或激进主义

一位激进的生物黑客可能会改造德克萨斯孤星蜱（*Amblyomma americanum*），其叮咬会使人对红肉过敏，从而强制推行素食主义。

分析：这种看似理想主义的行为，可能会引发公众的强烈反感，对整个领域造成灭顶性影响。

技术门槛正在迅速降低。今天需要天才生物黑客完成的工作，明天的高中生可能就能做到。

NotebookLM

建立安全网：管理和减轻风险的策略

技术对策（Technical Countermeasures）

免疫驱动（Immunizing Drives）

预先改变目标基因序列，从而“免疫”一个种群，使其不受后续恶意或失控的基因驱动影响。

逆转驱动（Reversal Drives）

作为备用方案开发。一旦初始驱动产生不可预见的负面效应，可以释放逆转驱动来撤销其影响。

针对高度保守位点

将基因驱动设计在基因组的高度保守区域，任何抵抗性突变都会对生物体造成严重的适应性代价，从而阻止抗性的产生。

监管与研究框架（Regulatory & Research Framework）

受控的实地试验

在释放到野外之前，在隔离环境中进行试点研究。

计算建模

对潜在的生态影响进行复杂的计算机模拟。

国际监管与监督

建立类似联合国的跨国界监管机构，因为基因驱动和生态系统都不会尊重国界。

NotebookLM

回应伦理的诘问（第一部分）

“这是人类的傲慢(Hubris)!”	当我们遇到一个来自不同族裔的溺水幼儿时，选择走开而不是施以援手，这究竟是谦卑还是傲慢？当受害者的感知和认知能力与人类幼儿相当，仅仅因为物种不同，我们的道德回应为何要反转？
“这会丧失宝贵的遗传多样性!”	并非所有的遗传多样性都具有内在价值。例如，导致囊性纤维化的数百种致病等位基因，大多数伦理学家都同意其在人类基因库中的最佳数量是零。同样，导致抑郁和慢性疼痛的基因组合也应被审视。
“如果上帝希望祂的造物受苦...”	...那么祂可能就不会赐予我们CRISPR/Cas9。如果《圣经》预言狮子与羔羊同卧，那么除非我们假设圣灵可以改变食肉动物的代谢途径，否则它们都需要一些行为遗传学上的调整。

NotebookLM

回应伦理的诘问（第二部分）

“这会破坏物种的本质（Species Essentialism）！”

一只性情快乐的狮子或老鼠，难道就比它饱受痛苦的同类更不“真实”吗？今天，一个天生具有高疼痛耐受性的人，难道就不算一个“真正”的人吗？

“这是拟人化（Anthropomorphism），我们在投射人类的价值观！”

追求快乐、避免痛苦的轴心贯穿于所有动物门类。任何有情众生都不想被伤害。一个生物是否渴望被饿死、窒息、开膛破肚或被活吃掉，这并无法理解的形而上学之谜。是的，我们无法体验蝙蝠的回声定位，但这不包括对疼痛、恐惧或绝望的感受。

核心论点：负责任的照料者有义务保护那些无法自我表达的个体的利益，无论他们是人类幼儿还是非人类动物。

NotebookLM

新的责任：从旁观者到参与者的角色转变

核心概念：随着力量的增强，我们对其他生命的命运产生了更深的共谋关系(complicity)，无论我们是否愿意。

类比重现

“如果你遇到一个小孩在浅水池中溺水，选择走开而不愿弄湿自己的衣服，这在道德上几乎等同于你亲手将他推入水中。”

延伸

- 生物技术和信息技术的革命，也带来了一场人类“共谋关系”的革命。
- 系统性地帮助自由生存的非人类动物，将很快从技术上不可能，变为困难，再到容易，最终变得微不足道。
- 我们正在失去“这必然如此”的借口。

NotebookLM

感知能力的未来：从地球生态圈到宇宙的责任

核心论点：

- 未来，人类可能会改造其他星球。如果我们向外扩张，我们至少有道德责任对我们创造的任何生态系统中的感知能力进行慈悲的管理。
- 故意创造一个充满痛苦和弊病的达尔文式生态系统，在伦理上是站不住脚的。
- 在殖民其他星球之前，审慎的伦理要求我们先在地球上微调无痛苦生态系统的管理。

“不要让任何一个麻雀掉在地上，你们的父若不许，一个也不能。”（马太福音 10:29）

两千年后，世俗的人类必须决定，是利用我们即将获得的神一般的全知能力来实施奥威尔式的监控，还是用于仁慈的目的。

NotebookLM

“智人，第一个真正自由的物种，即将废除自然选择——那个创造了我们的力量……很快，我们必须审视内心深处，决定我们希望成为什么。”

—— 爱德华·威尔逊，《知识大融通》(1998)

终结痛苦的能力，已不再是一个技术问题。
它是一个道德选择。

NotebookLM