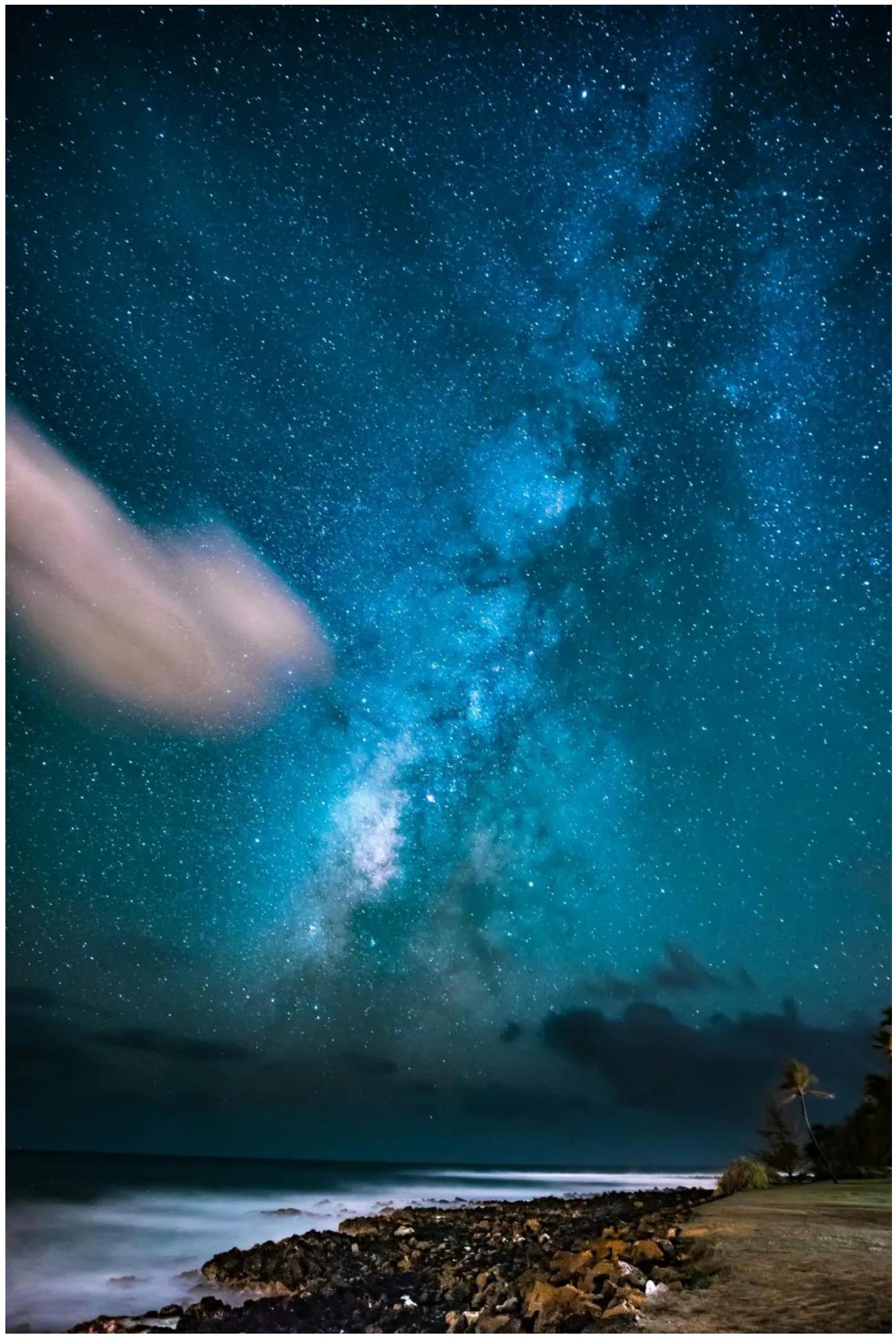


天上的星星真的比地上的沙子多吗？卡尔·萨根可能说错了

Original 环球科学 [环球科学](#) [环球科学](#)

Weixin ID huanqikexue

About Feature 在这里读懂世界科学



图片来源：Unsplash

撰文 | 菲尔·普莱 (Phil Plait)

翻译 | 张岱铭

审校 | 不周

天文学家卡尔·萨根 (Carl Sagan) 曾在《宇宙》 (*Cosmos*) 一书中写道：**宇宙中的恒星数目比地球所有海滩上的沙粒还要多**。这句浪漫的表述一直在天文学界广为流传，但细想之下，却有些令人费解。

当我们站在海滩上，目之所及，沙粒多得好像是根本无从计数，只知道这个数字极大。如果将其外推到整个地球所有的沙粒，这个数字还会大大增加。然而根据萨根的说法，宇宙中的恒星数量甚至比这还要多——这确实叫人难以想象。

在精确与猜测间粗略估计

多年来，这句话以各种各样的方式被人们提及。然而，对许多诸如此类听起来让人大脑短路的论断，有个极其基础的问题值得一问：**这个说法真的成立吗？**

答案或许会令人不爽：**很有可能不成立，但这取决于你不得不做的那些假设**，而其中的一些假设甚至都很难被精确界定。



图片来源：Unsplash

这种宏大但可量化的问题被称为**费米问题**，你可以理解为一种**粗略的计算**，它因物理学家恩里科·费米（Enrico Fermi）而得名。费米以许多能力著称，其中一项是，他在面对几乎无法计算的复杂问题时，很擅长用简单的方法估算出大数字，从而得到接近正确答案的数值。

当天文学家大略估计某件事物时，总是希望将结果精确到10倍以内——这意味着我们得到的数字位于真实答案的十分之一到十倍之间。这就是天文学家所说的数据**量级**。对于这种合理性检验来说，我们不必太在意两三倍的误差，一个量级就已经足够接近了。

在知晓我们的答案需要精确到何种程度后，让我们重新回到沙子和恒星的数量问题。

天上有多少颗星星？

首先让我们着眼于**天文学**。以我们的银河系为例，它是由数千亿颗恒星组成的大型星系。由于身处银河系内部，我们向外观察的大部分视线都被气体和不透明的尘埃阻挡。而恒星的亮度范围却非常广，因此**确切的恒星数量其实很难确定**。我们暂且**保守一些**，以**两千亿颗恒星**计算。



银河系艺术概念图。

图片来源：NASA/JPL-Caltech

现在，我们只需要用可观测宇宙中的星系数量乘以这个数字就可以得到总恒星数量。2016年，探索这个问题的天文学家团队发布了他们的研究结果，表示宇宙中大约有****两万亿个星系。

看上去，我们只要将两千亿乘以两万亿就能得出答案，对吗？还请稍安勿躁，事情要比这更复杂一些。事实上，给出这一估计值的天文学家考虑的是所有恒星总质量超过一百万倍太阳质量的星系。

与银河系相比，这些星系的质量要小二十万倍！所以我们不能简单地以银河系为模板。好消息是，像恒星一样，低质量的星系可能远远多于更大的星系，因此它们的数量或许可以弥补单个星系包含的较少的恒星数量。以每个星系为一百万倍太阳质量来估计，可能已经足够精确——注意，我们并不关心这里多了几倍或者那里少了几倍。



图片来源：Science:NASA, ESA, CSA, Olivia C. Jones (UK ATC), Guido De Marchi (ESTEC), Margaret Meixner (USRA); Image Processing: Alyssa Pagan (STScI), Nolan Habel (USRA), Laura Lenkić (USRA), Laurie E. U. Chu (NASA Ames)

但还存在另一个问题：拥有一百万倍太阳质量并不意味着每个星系有一百万颗恒星！与大多数恒星相比，太阳的质量大得不同寻常，但大多数恒星其实是质量更小的红矮星。所有恒星中，只有约10%与太阳相当或比太阳更大。因此，在宇宙中，每份太阳质量大约对应于10颗恒星。我们需要将每个星系的一百万份太阳质量乘以10，这样平均每个星系大约有一千万颗恒星。

因此，我们可以估计恒星总数为 $1000\text{万} \times 2\text{万亿} = 2000\text{万万亿} = 2000\text{亿亿颗}$ ，或者 2×10^{19} 颗。显然，**宇宙中绝对不缺少恒星**。

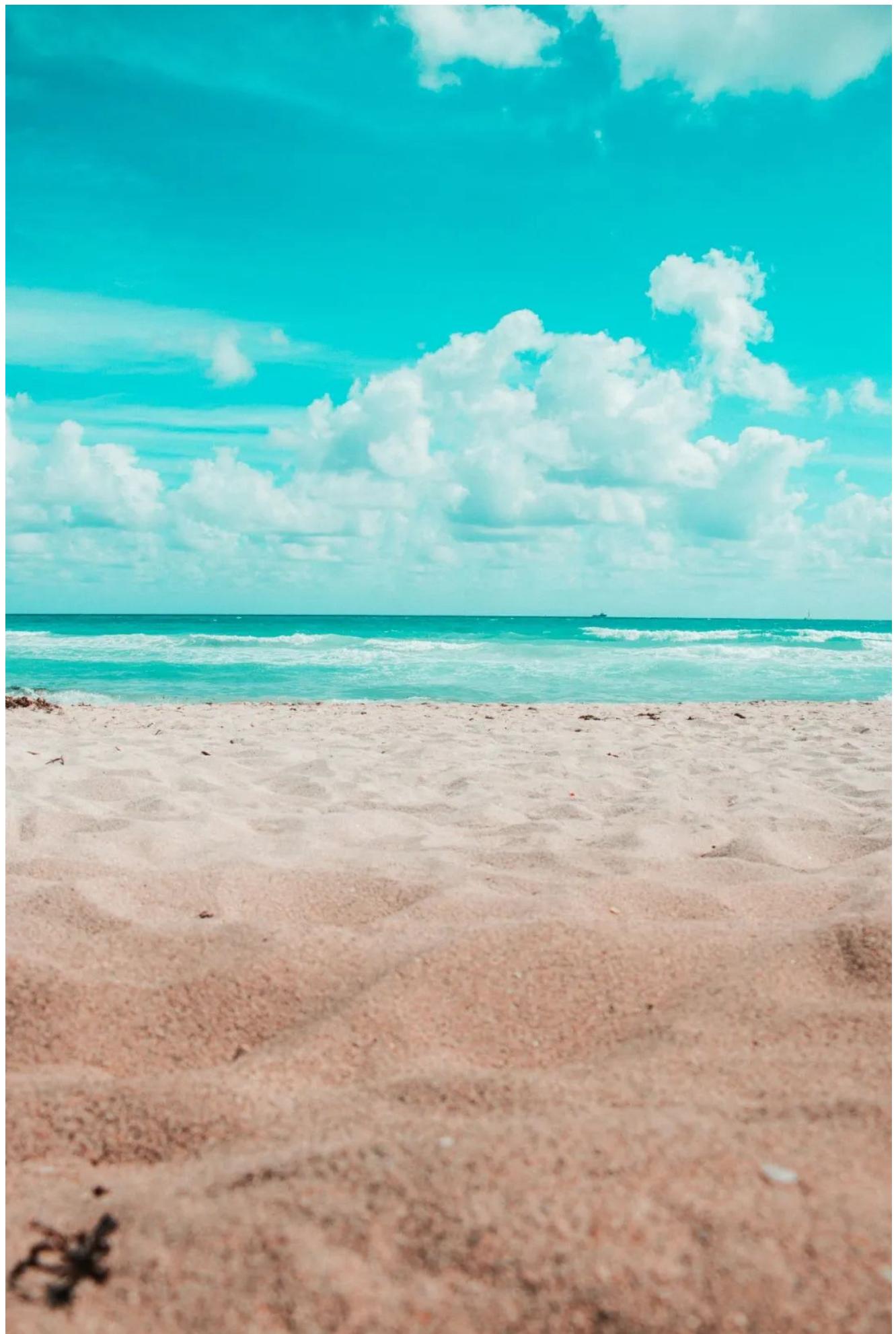
但当它与沙粒的数量相比，孰大孰小呢？我们是时候做一些**更接地气的估算**了。

地上有多少颗沙粒？

要想估计世界上所有海滩的沙粒总数，最简单的方法是：首先确定这些海滩上沙子的**总体积**，用立方米计，然后乘以**每立方米中的沙粒数量**。这些数目并不难得到。

每立方米有多少沙粒？这取决于沙粒的大小，一粒沙粒的长度从小于0.1毫米到大约2毫米不等。我们就假设平均为1毫米。那么，一个立方米就包含 $1000 \times 1000 \times 1000 = 10\text{亿粒沙粒}$ 。

哇！这已经很多了。这样，**只需要几百立方米的沙子**——大致相当于一间普通房子的体积——就能比得上**银河系中所有的星星**！即使是像我们银河系这样的大星系，也不需要太多沙子就可以匹敌。



图片来源：Unsplash

接下来，我们要考虑的数字会更不精确。比如，一片海滩有多大？我们可以提出一些合理的猜测：假设从海洋边缘延展到更高地带的海滩宽度为50米，深度为10米，那么现在我们只需要知道所有海滩加起来的总长度，就能得到所有海滩的体积。

令人惊喜的是，这个数字已经被计算出来了：围绕所有大陆的海岸线总长度约为250万千米。虽然并不是所有的海岸线都由沙滩构成，但其占比也已经被确定了：全球约30%的（非冰冻）海岸线是沙滩。挑剔一点的话，我们也可以从250万千米的总长度中减去围绕南极洲的部分，此时，这个估计已经足够接近真实数字了。

这意味着沙滩的总长度为75万千米，或7.5亿米。

要得到沙子的总体积，我们作以下计算： $50\text{米宽} \times 10\text{米深} \times 7.5\text{亿米长} = 3750\text{亿立方米}$ 。如果我们按照每立方米10亿粒沙子计，那么就有 $3750\text{亿} \times 10\text{亿} = 37500\text{亿亿粒}$ 沙粒。我们就算它是4万亿亿——反正我们估计的很粗糙——即 4×10^{20} 粒沙粒。

这个结果大约是****可观测宇宙中恒星数量的20倍。两个数目非常接近——比我想象的要接近得多！这也意味着，从字面上看，天文学界这句俗语是错误的。

然而，我的假设非常粗略，这可能会大大影响估计的数目。以沙粒大小为例：较小的沙粒为0.1毫米，它们的数量可能比1毫米的沙粒多得多。如果是这样，那么每立方米就有一万亿粒沙粒，这会使沙粒的数量增加一千倍。即使我对海滩的长度和深度估计过高或过低了几倍，沙子也仍比恒星多数千倍。

另一方面，考虑每个星系中的恒星数量，一千万还是有些少；大多数星系拥有的恒星可能远多于此。然而，这不太可能抵消沙子巨大的数目优势。如果我不得不就此事打赌，我会把注押在沙子而不是恒星上。



图片来源：Unsplash

请注意，这里只考虑了海滩上的沙子。如果考虑到海洋底部和地表沙漠，那么这个数字会大大增加。仅撒哈拉沙漠中的沙子就可能比地球上所有海滩的沙子加起来还多出几百倍。（我会将这个计算留给读者，作为一道趣味练习。）

我承认这个结果让我感到惊讶。这就是费米问题的美妙之处：你可以快速地得到一个大致的数字并检验你的直觉是否正确——或者至少你能知道它和你的直觉差了多远。

对于任何一个问题，我们的直觉都很可能是错误的；我们的大脑并没有进化出处理如此庞大数字的能力，所以很容易出错。但这正是数学和科学的意义所在：它们使我们不至于自欺欺人。

原文链接：

<https://www.scientificamerican.com/article/do-stars-outnumber-the-sands-of-earths-beaches/>

本文来自微信公众号“环球科学”。如需转载，请在“环球科学”后台回复“转载”，还可通过公众号菜单、发送邮件到newmedia@huanqiukexue.com与我们取得联系。相关内容禁止用于营销宣传。

1845年创刊 · 以科技见证世界改变

环球科学 SCIENTIFIC AMERICAN

《科学美国人》杂志独家授权

邮局订阅代号：80-498 2024年4月号
总第283期 每月1日出版 定价：¥40



中国邮政发行畅销报刊

[封面故事]

联合抗体 消灭癌症

抗体-药物偶联物具有精准的强杀伤性，已在多种
难治性肿瘤中初露锋芒，还能治愈部分癌症。它
会彻底扭转人类与癌症抗争的艰难局面吗？

MORE

飞越日冕，触摸太阳

新的太阳探测器正飞越日冕，以前所未有的
距离靠近太阳，帮助我们理解这颗神秘的光球。

ISSN 1673-5153



9 771673 515245

《环球科学》2024年4月新刊正在热卖

[截图片或阅读原文](#)

[立即购买](#)

环球科学 Scientific American

ID:huanqiukexue

以 科 技 见 证 世 界 改 变



长按二维码关注

转载或合作请联系：newmedia@huanqiukexue.com



点击【在看】，及时接收我们的内容更新

预览时标签不可点

Scan to Follow

继续滑动看下一个

轻触阅读原文



环球科学

向上滑动看下一个

[Got It](#)

Scan with Weixin to
use this Mini Program

[Cancel](#) [Allow](#)

[Cancel](#) [Allow](#)

: , . Video Mini Program Like , 轻点两下取消赞 Wow , 轻点两下取消在看 Share Comment