

什么是科学？

可证伪：科学与算命之间的那条线

J

费曼式写法 · 由多个 AI 代理撰写与互相审校

导读

可证伪：科学与算命之间的那条线

先别急着背任何定义。先想一个场景。

两个朋友各自跟你推荐一款保健品。甲说：「这个产品特别好——我吃了三个月，感觉浑身有劲；我同事吃了没效果，那是因为他体质不符、吃法不对；你买了如果没效，那说明你体内的湿气正在排出，好转反应嘛。」乙说：「这产品做了双盲试验，三百人对三百人，半年后血压下降有效组比对照组多 15 个百分点。你要是看到另一项规模更大的独立试验没复现这个结果，告诉我，我跟你一起骂它。」

你想信谁？直觉多半选乙。但你能说清楚为什么吗？甲的话热情洋溢、永远立于不败之地；乙的话冷冰冰，还自带一条「可能被打脸」的条款。这本书要讲的，就是你那瞬间的直觉背后藏着的一把刀——它叫**可证伪性**，是二十世纪哲学家波普尔磨出来的，专门用来回答一个问题：**一个说法，凭什么算科学？**

这本书不教你科学知识，教你科学的安检门

市面上讲科学的书大多给你知识：黑洞怎么回事，基因怎么编辑。这本书不一样，它给你一道安检门——以后不管谁（保健品、星座、宏大理论、朋友圈雄文）想往你脑子里放东西，先过这道门。

我们会一路走：先看占星术这个「永远正确」的活标本，看波普尔怎么把「能被打脸才算科学」划成一条干净的线；再看这条线怎么对付事后打补丁的赖皮理论；然后看一个把生死状立到极致的正面标本——1919 年日食下赌命的爱因斯坦。后半程我们会诚实面对这条线的麻烦：实验打脸时到底死的是谁、科学家其实也是人、以及为什么「证伪」在今天更像一个旋钮而不是开关。最后一章，把这把刀从哲学带回家，变成识别伪科学的日常工具。

一个承诺

全书不出现公式，不堆术语——每个专有名词第一次出现都会当场翻译成成人话。读到最后，你回头看那两个卖保健品的朋友，会发现你的直觉已经长出了牙齿：甲的问题不是他可能错了，而是**他永远不会错——而永远不错的东西，什么都没说。**

翻开第一章吧。我们从「科学不是一摞答案」开始。

第一章·科学不是一摞答案

先从一个你多半没怀疑过的问题开始：科学到底是什么？

常见的回答是：科学就是正确的知识，是写在教科书里、经过验证的真理的集合。这个回答听起来很稳，但它有一个大麻烦——如果科学是「正确知识的集合」，那三百年前的科学是什么？牛顿力学今天已经被相对论修正了，燃素说、以太说干脆被扔进了垃圾堆。按这个定义，那些东西当时都不算科学，可它们明明是当时最聪明的人用最严谨的方法搞出来的。反过来，如果它们算科学，那「科学=正确知识」就不成立，因为它们后来被证明是错的。

所以这本书要换一个问题来问。我们问的不是「科学包含哪些知识」，而是：**科学是一种什么样的活动？它和非科学之间，到底隔着一一条什么线？**

一个关于背书的实验

设想两个人，都在「研究」天气。

第一个人背下了过去一百年的天气记录，倒背如流。你问他任何一天的历史天气，他张口就来。你问他明天会不会下雨，他说：「我只能告诉你过去发生过什么。」

第二个人手里只有一个粗糙的理论：「连续三天刮东南风，第四天多半要下雨。」这条规则粗糙、经常错，但它做了一件事：它对**还没发生的事**说了一个明确的断言。如果明天刮了三天东南风之后大晴天，他这条规则就死了一条。

谁在做科学？直觉上你可能选第一个人——他「知识」多得多。但我们这本书要论证的恰恰是反面：第二个人的活动里有科学的种子，第一个人没有。区别不在于谁掌握的知识多、谁说的对，而在于**第二个人说了一句可能错的话，并且愿意承担后果。**

大白话

大白话：科学不看你攒了多少「对的答案」，它看你敢不敢说一句「世界如果不是这样就打我脸」的话。

为什么「永远正确」反而可疑

这里藏着这本书的第一个反直觉：一个理论越是「怎么都不会错」，越值得警惕。

想想算命先生。他说「你命里有一次劫，但逢凶化吉」。你遇到麻烦化解了，他说应验了；你没遇到麻烦，他说劫已被化解；你遇到麻烦没化解，他说劫数未尽。这句话在任何结果下都「对」。可正因为它在任何结果下都对，它其实什么都没说——它不对世界提任何要求，世界也不给它任何信息。

对比一下「水在标准大气压下加热到 100°C 会沸腾」。这句话危险极了：全世界任何一口锅、任何一个实验室，只要烧出一锅 99°C 就沸腾的水（在标准大气压下），它就死了。正因为有无数种方式能杀死它而它还没死，我们才真的知道了一些关于水的事。

这两者的差别，就是这本书要找的那条线。给它起个名字：可证伪性——一个陈述如果存在着「什么样的观察结果出现，它就错了」，它就是可证伪的。能被打脸，才有资格叫科学。

科学的机器长什么样

如果科学不是一摞答案，那它是什么？它更像一台不停运转的机器，长这样：

1. **提出一个冒险的说法**：对世界做一个明确断言，明确到「什么情况出现我就错了」。
2. **让世界来投票**：做实验、做观测，专挑那些最可能打脸的地方去测。
3. **活下来就暂存，死了就埋**：扛过越多次真刀真枪的检验，我们暂时信它一分；一旦被打脸，就修改或扔掉，绝不护短。

注意第三步里的「暂时」。这台机器从不产出「终极真理」，它只产出「到目前为止扛住了所有攻击的说法」。这不是谦虚，这是结构使然：任何关于世界的全称断言（「所有天鹅都是白的」），都不可能靠有限次观察被彻底证明，却可以被一只黑天鹅彻底杀死。科学的确定性是单向的——它能被推翻，不能被封顶。

这就是为什么科学史上那些「被推翻的理论」不但不是科学的耻辱，反而是科学在工作的证据。牛顿力学用了两百年，在水星轨道的进动上被发现对不上，最后被相对论收编为低速近似。这套机制照章运转了：提出、检验、发现裂缝、升级。错的不是牛顿，错的是把牛顿当成「永远不会错的真理」的那种期待。

大白话：科学不是「已经正确的知识」，而是「一直在被努力杀死、暂时还没死」的知识。它的权威不来自正确，来自扛揍。

这本书要走的路

接下来的章节，我们沿着这条线一路走：先看一个「永远正确」的活标本（占星术），看可证伪性是怎么被哲学家波普尔正式划出来的；然后看这条线遇到的各种麻烦——事后打补丁的理论、冒风险的预言、实验打脸时到底死的是谁；最后把这条线从哲学带回家，变成你识别保健品话术和阴谋论的随身工具。

读完全书，你应该能回答那个贯穿始终的问题：**一个说法，凭什么算科学？**——答案会出乎你意料地简单，也出乎意料地好用。

第二章 · 永远正确的占星术

上一章留下一个断言：一个「怎么都不会错」的系统，恰恰最不可信。这一章我们找一个活标本，解剖给你看。标本就是占星术——不是因为它最坏，而是因为它活得最久、最体面，是「永远正确」这门手艺的集大成者。

先看它怎么永远不输

假设星座专栏说：「本周天蝎座将迎来一次意料之外的变化，旧的关系面临考验，但危机中藏着转机。」

现在，让这句话接受现实检验：

- 你这周和恋人吵架了——准，「旧的关系面临考验」。
- 你这周升职加薪了——准，「意料之外的变化」「危机中藏着转机」，职场变动嘛。
- 你这周什么都没发生——也准，变化在酝酿，只是还没显形，下周再看。

注意这三条分支：没有任何一种现实能让这句话「错」。它像一摊水，倒进什么形状的杯子就是什么形状。这正是问题所在：**一个说法如果对所有可能的结果都说「我早就料到了」，那它对任何具体的结果都什么也没说。**它没有内容。你读完之后，对世界未来的走向没有多出一比特的把握。

大白话

大白话：占星术的话术像一只万能钥匙，什么锁都能捅开——这种钥匙开不了任何真正锁着的门，因为它根本没跟锁芯较劲。

检验一下：把话说死，它立刻死

怎么戳破？很简单，逼占星术说一句「能被现实打脸」的话。比如让它预测：天蝎座本周二上午会收到一笔意外之财，金额在一千元以上。这是一个有具体内容、有时间、有判据的断言——周二下午三点钱没到账，它就错了。

历史上真的有人这么干过。1979 年，法国统计学家高奎林（Michel Gauquelin）向占星界发起挑战：他拿出几十个人的出生资料，请著名占星家仅凭星盘判断这些人的性格与生平——其中混入了连环杀人犯的星盘。占星家们的判断与真实人生对不上号，杀人犯被描述成温和多情的人。后来美国物理学家肖恩·卡尔森（Shawn Carlson）1985 年在《自然》杂志上发表了一个设计更严的双盲实验：占星家在盲选条件下把星盘和性格问卷配对，正确率不比瞎猜高。

结果是什么？占星术死了吗？没有。它退回了「永远正确」的堡垒：占星家们说，星象只是「倾向」，不是决定；说实验条件破坏了「整体的灵性联结」；说科学方法本身不适用于这个领域。你看——一旦允许事后解释，任何失败都能被消化掉。系统又回到了怎么都不会错的状态，代价是又回到了什么都没说的状态。

「永远正确」的工程学

占星术不是蠢，它是一门精致的手艺。它「永远正确」靠三个零件，认清它们，你以后能在无数场合认出同一套结构：

1. **模糊到没有判据**：「变化」「考验」「转机」这些词不约定怎么算应验、怎么算落空。没有判据，就没有失败。
2. **双向都有出口**：应验了是准，没应验是「时机未到」「心诚则灵」。正反两个方向都铺好了路。
3. **失败归罪于检验本身**：一旦有人做严格检验，就说检验方式不对、条件不洁、科学不懂我。把靶子搬走，就永远脱不了靶。

这三个零件的共同功能只有一个：**切断理论和现实之间的反馈回路**。而上一章说过，科学这台机器的核心恰恰是这个回路——提出冒险的说法，让世界投票，死了就埋。占星术把回路拆了，所以它永远不会更新，两千年前和现在说的是同一套话。一门两千年不曾被自己纠正过一次的学问，你觉得它是太对了，还是根本没在跟世界打交道？

留一个钩子

到这里，「永远正确很可疑」已经从直觉变成了有零件可拆的机制。但问题来了：这个标准能用在严肃的、还俗的说法上吗？能不能给「科学」和「非科学」划一条干净的形式化的线，而不是每次都靠手感？

二十世纪的哲学家波普尔认为他找到了这条线，而且这条线锋利到能一刀切下弗洛伊德和马克思的某些理论。下一章我们就来看他这把刀。

第三章·波普尔的划线

前两章我们反复用同一把刀：能不能被打脸。这一章看这把刀是谁磨出来的、刀口究竟开在哪里。磨刀人叫卡尔·波普尔（Karl Popper），二十世纪的科学哲学家，他给这条线起了个正式名字：可证伪性（falsifiability）——一个陈述，如果原则上存在某种可能的观察结果能证明它是错的，它就是可证伪的；这样的陈述才有资格进科学的门。

注意「原则上」三个字。它不要求你真的去做了那个实验，只要求那个实验**在逻辑上可以想象**。「水在 100°C 沸腾」可证伪，因为你能想象一锅标准大气压下 99°C 就沸腾的水——虽然没人见过。反过来，「有一种看不见、摸不着、不与任何仪器发生作用的精灵在房间里」不可证伪——你永远想不出什么观察能杀死它。

波普尔的烦恼：1919 年的维也纳

这条线不是书房里空想出来的。1919 年前后，年轻的波普尔在维也纳，被四个当红理论包围：爱因斯坦的广义相对论、马克思的历史理论、弗洛伊德的精神分析学说、阿德勒的个体心理学。四个理论都有大批信徒，都自称解释了世界。

但波普尔注意到一个刺眼的不对称。爱因斯坦的理论做了一个极其冒险的预言：星光经过太阳附近会被引力掰弯一个精确的角度，1919 年 5 月的日食可以检验——如果测出来的角度不对，广义相对论就完了。而弗洛伊德和阿德勒的理论呢？波普尔发现，它们似乎能解释**任何事**：一个人把小孩推下水，是为了满足某种心理冲动；一个人跳进水里救小孩，也是为了满足某种心理冲动（比如压抑的冲动以相反形式表现出来）。两种相反的行为都被同一个理论「解释」了。马克思的历史理论也有同样的问题：历史按预言走，理论对；不按预言走，那是「条件不成熟」，理论还是对。

波普尔的结论是：能让一个理论强大的，不是它能解释多少，而是它**禁止多少**。一个理论说「世界只能这样，绝不能那样」，它才给了你信息；一个理论对任何结果都说「正如我所料」，它给你的信息量是零。

大白话：判断一个理论有没有料，别数它解释了多少事，数它排除了多少事。「什么都能解释」和「什么都没解释」是一件事。

天鹅问题：为什么科学只能被推翻、不能被证明

可证伪性背后藏着一个更硬的逻辑结构，波普尔花了很多笔墨讲它。看这两个方向的不对称：

- **证实方向走不通**：你见过一万只白天鹅，能推出「所有天鹅都是白的」吗？不能。第一万零一只可能是黑的（后来欧洲人在澳大利亚真的见到了黑天鹅）。有限次观察永远封不死一个关于「所有」的断言。
- **证伪方向一刀致命**：但只要一只黑天鹅出现，「所有天鹅都是白的」当场死亡。一个反例就够了。

这个不对称解释了第一章里那台机器为什么只产出「暂时没死的说法」：科学的理论在逻辑上就永远站在悬崖边上，它活着的唯一原因是还没被推下去。这也让「被推翻」彻底去污名化——推翻不是科学的失败模式，是科学唯一的前进模式。牛顿力学不是「错了所以丢人」，它是在被两百年里最精密的观测反复检验之后，在一个很窄的角落（高速、强引力场）被发现不够用，然后被一个禁止得更多、预言得更狠的理论收编。这是机器正常运转的声音。

划线的位置：不是真假，是「配不配接受检验」

最容易误读的一点：可证伪性划的不是「真/假」的线，也不是「有意义/没意义」的线，而是「科学/非科学」的线。三件事别搞混：

1. 不可证伪不等于错。数学定理不可证伪（没有实验能推翻勾股定理），但它们是真的、有用的——只是它们不在经验科学的范畴里，因为它们不谈论世界碰巧是什么样。
2. 不可证伪不等于没意义。「这首诗里有神意」也许对你意义深重，只是它不归科学管。
3. 可证伪也不等于对。「月球是新鲜奶酪做的」完全可证伪——登月一次就杀死了它。可证伪只是入场券，不是奖状。

所以波普尔的线是划在门口的检查：你要进科学这个竞技场，就得先把「什么情况下我认输」写在纸上交出来。不写，就别进场；写了，就随时可能被请出场。残酷，但公平。

大白话

大白话：可证伪性不是问你「对不对」，是问你「敢不敢立生死状」。立了生死状的理论才配接受世界的检验，没立的连检验的资格都没有。

刀口上的麻烦

这把刀锋利、好用，但你可能已经在心里嘀咕了：现实里理论被打脸时，科学家真的会立刻认输吗？实验结果对不上，死的一定是理论吗——会不会是仪器错了、某个辅助假设错了？理论失手之后打个补丁接着用，算不算耍赖？

你的嘀咕是对的，而且每一条都有名字。下一章先看最无赖的那一招：事后打补丁，学名特设性假设——专为堵住某个漏洞临时造出来、自己不带任何新预言的补丁。它会让我们看清「能救回来」和「值得救」的区别。

第四章 · 永远有解释

上一章立了生死状制度。这一章看最常见的作弊手法：理论被现实打脸之后，不认输，而是当场缝一个补丁把洞堵上，接着宣称自己从未失手。这个补丁有个学名：特设性假设（ad hoc hypothesis）——一个专为消化某次失败而临时发明、自己不做任何新预言、除了救场什么用都没有的假设。

先看一个小的：通灵者的退场机制

某通灵者宣称能在密封条件下读出手写纸条的内容。你设计了一个实验：双盲、密封、录像。结果他的正确率和瞎猜一样。按理说生死状该执行了。但他说：「今天房间里怀疑的气场太强，干扰了我的能力。」

注意这个补丁的构造。它只在失败后出现——成功时从没人说「气场帮了忙」。它无法独立检验——你没法先测量「怀疑的气场」再预测实验成败。它不承担任何新风险——它没有说「下次把怀疑者请出去，正确率就会显著上升，否则我认输」。这个假设存在的唯一功能，就是让理论在失败中全身而退。这就是特设性假设的指纹：**它缩小的是理论的损失，而不是理论的风险。**

对比一下合法的补丁长什么样。1846 年，天王星轨道的观测和牛顿力学的计算对不上。勒维耶和亚当斯没有说「天王星的灵性强」，他们提出的补丁是：存在一颗还没被发现的行星，在某某位置，质量多少，而且**你现在把望远镜指向那片天区就能看见它**。这个补丁带着自己的生死状——柏林天文台当年就在预言位置附近找到了海王星。补丁自己也冒了险，所以它是科学的。同样是「补」，一个补上了还能带路，一个补上了只会挡箭。区别不在补不补，在补丁敢不敢立自己的生死状。

大白话

大白话：补丁分两种。一种补丁说「算上这个新东西，理论能预言出你还没看过的现象」——这是科学；一种补丁说「失败是因为有个看不见的东西捣鬼」——这是耍赖。分辨方法：问补丁一句，你敢不敢也立生死状？

大的例子：弗洛伊德怎么解释一切

第三章提过，波普尔正是在弗洛伊德身上看清这个问题的。现在把机制拆细。

精神分析的核心说法之一是「压抑」：痛苦的经验被压进潜意识，影响行为而不被本人察觉。这个说法本身并非天然不科学——麻烦在于它的用法。病人记得童年创伤？创伤在作祟。病人不记得？创伤被压抑了，更说明它在作祟。病人激烈否认自己有某种欲望？这是「阻抗」，阻抗本身就是欲望存在的证据。承认是证据，否认也是证据，沉默还是证据。

这套系统在任何观察下都能自圆其说，因为它内部为每一种可能的结果预先准备了出口。它和第二章占星术的三个零件一模一样：没有判据、双向出口、把质疑者本身当作疾病的症状（你反对精神分析，恰好说明你压抑得深）。波普尔说，这样的理论也许在治疗室里给人安慰，也许有文学式的洞察力，但它不是科学——不是因为它是错的，而是因为**它从不让自己处在能被发现是错的位置上**。

为什么特设性假设这么诱人

别急着笑话通灵者和精神分析师。特设性假设的诱惑是普遍人性的，科学家也天天在和它搏斗，原因很朴素：

- **沉没成本**：一个理论是你的博士论文、你的实验室、你二十年的职业生涯。承认它死了，等于承认这一切都押错了。打个补丁，便宜得多。
- **补丁真的能补**：每次失败都加一个豁免条款，任何理论都可以永久续命。逻辑上无懈可击——代价是它一点一点退出和世界的接触。
- **它穿着科学的外衣**：补丁的措辞往往很专业，「由于未观测到的混杂变量」「在现有精度下无法分辨」，听起来像严谨，其实是退场。

所以波普尔给科学方法加了一条「元规则」：理论遇到反例时，允许修改，但修改必须**增加**理论的可检验内容，而不是减少它。新版本的预言要更狠、更具体、覆盖更宽，逼它冒更大的险。海王星的补丁做到了——它额外预言了一片没人看过的天区里有个光点。通灵者的补丁没做到——它只是把「失败」从判决名单上划掉了。

大白话：救理论可以，但规矩是——每堵一个洞，必须在别处新开一扇更容易被打碎的窗。只堵不开的，是在给理论挖坟墓，修得越久埋得越深。

留给下一章

到现在为止，标准都是反向的：讲了什么不算科学。下一章讲正面的标本——一个理论把生死状立到极致是什么样子。1919 年 5 月 29 日，一支探险队在日食的阴影里架起望远镜，等着看爱因斯坦是封神还是出局。

第五章·预言要冒风险

前几章都在讲「什么不算科学」。这一章讲一个把生死状立到极致、然后活下来的标本——广义相对论在 1919 年日食中的那一战。看懂了这一战，你就摸到了科学预言和算命预言之间最硬的那条区别：**风险**。

先把赌注摆清楚

1915 年，爱因斯坦发表广义相对论。这个理论说，引力不是神秘的超距作用力，而是质量把时空本身压弯了，物体只是沿着弯曲时空里的「直路」走。这个说法反常识到了极点——它凭什么赢？凭一个具体的、算到小数点的预言：**光也会被引力掰弯**。

细节是魔鬼，而魔鬼正是好东西。如果一颗恒星恰好在太阳背后，它发出的光擦着太阳边缘过来，广义相对论算出光线会偏折 **1.75 角秒**（一角秒是 $1/3600$ 度，相当于在四百米外看一根头发的宽度）。而按牛顿力学也能算出一个值——把光当成有质量的微粒，答案是 **0.87 角秒**，恰好一半。两个理论给出了两个不同的数，谁对谁错，天上见分晓。平时看不见太阳背后的星星，但日全食时太阳被月亮挡住，星星露出来——拍下星位，和半年后太阳移开时同一天区的星位照片对比，就能量出偏折。

这就是「冒险的预言」的标准长相：**精确到数值、事先公布、两种可能的结果（0.87 还是 1.75）里只有一个能让你的理论活**。爱因斯坦自己很清楚赌注。有记者问他，如果观测结果不符怎么办，他大意是说：那我会为理论感到遗憾——但理论是错的，因为它没对上，就这么简单。

1919 年 5 月 29 日

英国天文学家爱丁顿带队去了非洲外海的普林西比岛，另一支队伍去了巴西索布拉尔，两处都在日食带上。云层、设备故障、只有几分钟的全食窗口——两支探险队都差点空手而归。但最后冲洗出的底片上，恒星的位置确实挪了。综合两地数据，偏折量落在接近 1.75 角秒的一边，而不是 0.87 那一边。

消息传出，世界轰动，爱因斯坦一夜之间成了全球名人。但请你把注意力从「爱因斯坦对了」移到更重要的事情上：**在底片冲洗出来之前，这个理论完全可能死掉**。如果量出来是 0.87，广义相对论当天就得进 ICU。预言的含金量不在「被证实了」，而在「它事先把自己放进了会死的位置」。事后看是加冕礼，事前看是赌命局。

大白话

大白话：好的科学预言像高空走钢丝——事先把钢丝绳的粗细、风速、自己的体重全公开，然后说「我赌我过得去，掉下去算我的」。算命先生的预言是事后指着地上的脚印说「我早就知道我会走到这儿」。

对比：什么是不冒险的预言

回到第二章的星座专栏。「本周会有意料之外的变化」也是一句关于未来的话，为什么它一文不值？拆开看：

- **没有数值**：「变化」多大算变化？和谁比？没定义，所以没法测。
- **没有排他**：发生什么都能往里装。1.75 和 0.87 是互相排斥的——测量落进一个，另一个死。「变化」和「没变化」却都能让占星术活。
- **没有事先的死刑条款**：爱因斯坦知道结果不符就是理论出局；占星术从不约定「出现什么情况我就认错」。

把这三条反过来，就得到一个随身可用的检测器。任何人对你说任何预言，问三个问题：预言的具体内容能不能在发生前写下来？什么样的结果算它错，这个判据事先约定了吗？错了它认不认？三问有一问答不出，这个预言就不携带任何信息。

插曲：爱丁顿有没有作弊？

这段历史有个诚实的脚注，值得讲。后来的历史学家重新分析 1919 年的底片，发现数据噪声很大，爱丁顿在处理数据时排除了一些偏向 0.87 的底片，理由是设备问题。他太希望爱因斯坦对了。这在科学程序上是瑕疵——第四章说了，科学家也是人，沉没成本到处都是。

但这个故事的走向恰恰显示了那台机器的自我修复：此后几十年，每次日食都有人重测，再后来用射电望远镜测类星体（不再依赖日食），精度提高了几个数量级，结果都站在广义相

对论一边。一次有瑕疵的测量可能被偏见污染，但一个可证伪的理论会被反复拉出来打——打得越多，留到最后的结论越和任何个人的愿望无关。科学的诚实不依赖科学家个人永远诚实，它依赖机制让谎言活不久。

下一章的乌云

1919 年的故事太干净了：理论给出数，天空给出答案，对号入座。可现实里的检验很少这么干净。仪器会出错，计算里有十几个辅助假设，观测条件永远不理想——实验结果和理论对不上时，凭什么死的是理论，而不是那台仪器、那个假设？下一章你会看到，「打脸」这件事本身，比波普尔画的要复杂得多。

第六章 · 证伪没那么干脆

上一章的日食故事干净得像教科书：理论报出一个数，天空对号入座。结尾我留了一朵乌云——现实里「打脸」没那么干脆。这一章把这朵乌云拆开。它有个正式名字：迪昂-蒯因问题——任何实验检验的从来不是孤零零一条理论，而是理论加上一大堆辅助假设、仪器原理、计算方法捆在一起的整张网；结果对不上时，逻辑上你只能说「这张网里至少有一处破了」，但你没法只凭这一次实验断定破的是哪一处。

一道逻辑题：打脸打的是谁

设想实验推理的真实结构。你从来不是说「理论 T 预言了结果 X」，而是说：「如果理论 T 是对的，**并且**仪器正常，**并且**没有漏掉干扰因素，**并且**计算没错……那么应该看到 X。」没看到 X，逻辑能给你的全部结论是：这一长串「并且」里至少有一个是假的。死的可以是 T，也可以是任何一个辅助假设。

这不是文字游戏，它天天在实验室里发生。2011 年，意大利 OPERA 实验组宣布测到中微子跑得比光快——直接打脸狭义相对论的限速令。物理学界没有当场给相对论开追悼会，而是把火力对准了那张网的其他部分。几个月后真相大白：一根光缆接头松动，造成 73 纳秒的计时误差，正好就是中微子「超」出来的那点。相对论完好无损，死的是一根线。

再看反面的历史。十九世纪，天王星轨道和牛顿力学的计算对不上——第四章讲过，那次死掉的「辅助假设」是「天上只有七颗行星」，补丁预言出海王星，牛顿封神。可同样是牛顿力学，水星轨道的进动也对不上，差一个微小但顽固的角度。勒维耶故技重施，预言水星轨道内侧还有一颗「火神星」，全世界的望远镜找了几十年，一无所获。这次真正破的是网中央那根最粗的线：牛顿力学本身。1915 年，广义相对论用弯曲时空精确算出了水星的进动，不需要任何火神星。

两个故事并排放，你就能看到迪昂-蒯因问题的全部麻烦：同样是「轨道对不上」，一次该怪辅助假设（找新行星），一次该怪核心理论（换引力理论）。**打脸是真的，但「打在谁身上」是一个判断，不是一条逻辑。**

大白话：实验结果像考试不及格的成绩单。但这份成绩单是整个剧组一起考的——编剧（理论）、道具（仪器）、场务（辅助假设）都在组里。考砸了，逻辑只能告诉你剧组出了问题，不能自动告诉你该开除谁。

那科学还怎么玩？波普尔的回答

你可能会觉得这一刀把可证伪性捅穿了：如果每次失败都能甩锅给辅助假设，任何理论不都能永远不死吗？——这不就是第四章的特设性假设合法化了？

波普尔承认逻辑上的确甩得掉，但他指出科学实践里有一条不成文但管用的规矩：**甩锅的姿势分体面和不体面**。体面的甩锅，是把责任推给一个**可以独立检验**的辅助假设——「是光缆松了」这话能验证：去拧一拧，重测，误差消失。「存在一颗行星」能验证：望远镜指过去。不体面的甩锅，是怪一个原则上没法验证的东西——「怀疑的气场干扰了实验」。换句话说，迪昂-蒯因问题在逻辑上无法根除，但科学共同体的应对是把第四章那条元规则贯彻到底：补丁可以打，打完必须自带新的生死状。规矩管不住逻辑，但管住了游戏。

判断，而不是公式

这一章真正要改写的，是你脑子里「科学=自动售货机」的画面。真实的科学判断更像法官断案：证据指向整张网，改哪一处、信多少、再赌多大，每一步都掺着经验、品味和权衡。勒维耶补天王星那次是天才判断；补水星那次是合理但失败的判断。两个判断当时看起来同样体面——后见之明才分得清。

所以别失望，这不是可证伪性的破产，是它的成人礼：它从一个「理论死/活」的开关，变成了一个依赖整个共同体持续判断的过程。而「过程」「共同体」这两个词一出现，就说明科学不只是一套逻辑，还是一群人的社会活动。一群人会怎么行事？下一章，库恩带着《科学革命的结构》登场，他会告诉你：真实的科学史比波普尔的画凌乱得多，也有趣得多。

第七章·科学家也是人

上一章结束时，科学从一台纯逻辑机器变成了一群人的判断过程。这一章我们跟着托马斯·库恩（Thomas Kuhn）去看看科学史的真实录像——看完之后你会明白，波普尔画的是科学「应该怎样」，库恩拍的是科学「实际怎样」，而两张图拼起来才是完整的。

范式：科学家干活时戴的那副眼镜

库恩的核心概念叫范式（paradigm）——一个科学共同体共享的整套默认设定：什么问题值得问、什么现象算「需要解释的异常」、什么方法算合法、什么答案长得像答案。它不是一条写下来的规则，而是像程序员入职时继承的那套代码库和编码规范：没人天天念它，但每个人的每个决定都被它塑造。

比如托勒密的地心说范式里，「天体必须做圆周运动」不是一条待检验的假说，而是审美的底线——行星轨道对不上，标准解法不是质疑圆周，而是加本轮：让行星一边绕地球转大圈、一边自己转小圈，像旋转木马上再叠一个旋转木马。这个范式能算出行星位置，精度还凑合，于是一千多年里，天文学家的工作就是在这个框架里做题。库恩管这种状态叫常规科学——大部分时间，科学家不是在检验范式，而是在范式内部解谜。这一点直接顶撞波普尔：按证伪主义，每个反常数据都该让科学家怀疑理论根基；按库恩的观察，反常数据首先被当成「谜题」，默认是解题者水平不够，不是框架错了。

革命：不是辩论赢的，是换代换的

但谜题会积压。本轮越加越多，体系臃肿到难堪，少数边缘人开始觉得框架本身有病——危机来了。然后某个时刻，有人提出一套新框架（哥白尼把太阳放回中心），它看旧范式里的「谜题」眼光全变：很多旧谜题在新框架里根本不构成问题。库恩管这个叫科学革命，也就是范式更替。

这里库恩说出了全书最扎心的一段观察：新旧范式的支持者常常不可通约——他们不只是结论不同，连「什么算证据」「什么算好解释」的标准都不同，像两个人用不同规则下棋，谁也没法在对方的规则里将死对方。那革命靠什么赢？库恩引用物理学家普朗克的一句辛酸名言：科学的进步是一场葬礼接着一场葬礼——新范式往往不是说服了老一代，而是老一代离

世、在新范式里训练出来的年轻人上位。哥白尼 1543 年发表日心说，半个多世纪里响应者寥寥；真正把局面翻过来的，是伽利略、开普勒、牛顿这一串后来者的接力，以及旧人的退场。

大白话

大白话：波普尔说理论被实验证伪而死；库恩说，实际发生的更多是——老理论不是被杀死的，是它的信徒退休了。实验是子弹，但扳机往往要等一代人。

库恩是不是把科学说成了宗教？

读到这里你可能警觉了：范式靠社会惯性维持、革命靠代际更替完成——那科学和占星术还有什么区别？是不是「谁人多谁对」？这是库恩最常被误读的地方，他本人后半生都在澄清。要点有三：

1. **常规科学的「护短」不是伪科学的那种护短。** 范式内的反常始终被记录在案，积压着，没人能删掉它们。占星术是把反例消化得无影无踪；常规科学是把反例摆在桌角，终有一天压垮桌子。
2. **新范式必须交出投名状。** 它得解释旧范式解释不了的东西（日心说最终靠开普勒的椭圆轨道和牛顿的引力统一了天上地下的运动），还得做出旧范式做不出的预言。范式更替慢，但它发生的方向是问题越解越多、预言越来越准——这不是纯社会潮流能解释的。
3. **库恩补充的是时间表，不是免死牌。** 波普尔的标准仍然成立，只是执行的时钟以「代」为单位而不是「次」。科学比理想模型顽固，但远不是不可动摇。

两张图拼起来

波普尔给你的是判据：一个说法可证伪，才配叫科学。库恩给你的是实况：就算配叫科学，它的纠错也比理想模型慢、脏、带人情味。一个讲规范，一个讲历史，合起来才是完整的科学画像：一套逻辑上能自我纠错的机制，装在一群会护短、会随大流、但终究会把异常记录在案的人身上。

不过，波普尔和库恩之间还留着一个方法论上的缺口：实验打脸时，「信多少、改多少」到底有没有不算公式但至少算章法的东西？有的——它藏在一个三百年前的概率定理里。下一

章我们把开关换成旋钮。

第八章·把开关换成旋钮

到上一章为止，我们手里的工具是一个开关：可证伪 = 科学，不可证伪 = 出局；实验打脸 = 理论死。但第六、七章已经告诉你，真实世界里打脸打的是整张网，死不死还掺着判断。开关太糙了。这一章给你换一个更顺手的零件：**旋钮**。它来自一条两百六十年前由一位业余牧师留下的概率定理——贝叶斯定理（贝叶斯定理，简单说就是「看到证据后该怎么调整信念」的算法）。别被名字吓住，这一章不会出现公式，只有一句人话：**证据不宣判理论死刑，证据只调节你对理论的信任刻度。**

旋钮是怎么转的

你对任何说法都有一个初始的信任度，比如「这款保健品有效」——先随便估，比如一半一半。然后证据来了：一项三百人对三百人的双盲试验，有效组明显更好。这条证据该把你的信任度往「有效」那边拧多少？贝叶斯的回答抓住一个核心问题：**这条证据，在「有效」的世界里和「无效」的世界里，各自有多容易出现？**

如果产品真有效，做出这样的试验结果很自然；如果产品无效，做出这样的结果纯属小概率撞大运。同一个证据，在两个世界里出现的难易程度差得越大，它就越有区分度，你的旋钮就该拧得越狠。反过来，一条在两种世界里都同样容易出现的证据——比如「我二姨吃了觉得不错」——区分度是零，旋钮纹丝不动。你二姨的证言在「有效」和「无效」两个世界里都会出现，所以它什么都不能告诉你。

大白话

大白话：一条证据值多少钱，不看它说了什么，看它在「理论对」和「理论错」两种世界里出现的概率差多少。差得越大越是硬证据；没差别的，再声情并茂也是空气。

旋钮视角重新照亮前五章

现在你回头看，这本书前面所有的故事都被这个旋钮统一了：

- **为什么可证伪性重要：**一个预言敢把自己放进会死的位置（1.75 还是 0.87，二选一），等于保证了证据有巨大的区分度——两种世界里出现这种测量结果的概率天差地别，所以日食底片一张顶一万张星座专栏。
- **为什么占星术和「好转反应」没用：**它们的话术被设计成在任何世界里都说得通，证据的区分度被预先清零。不是它们「没被证实」，是它们原则上生产不了能拧动旋钮的证据。
- **为什么特设性假设是耍赖：**补丁的功能，就是把刚出现的打脸证据的区分度抹掉——「气场干扰」一引入，失败在「理论对」的世界里也变得顺理成章，旋钮被人工归零。
- **为什么迪昂-蒯因问题没那么可怕：**打脸不再意味着「理论死刑」，而是「这张网里某个零件的可信度该下调」。是下调核心理论还是下调那根光缆？看调哪个的代价更小、调完之后整张网对已有证据的解释力更强。OPERA 事件里，下调「光缆没问题」这个假设的代价几乎为零，下调相对论的代价是重写整个物理学——理性的选择一目了然，而事后证明这正是对的选择。

两个诚实的警告

旋钮比开关好用，但两处要小心：

第一，初始刻度是人定的。你开局把「保健品有效」设在 50% 还是 1%，同样的证据拧出来的终点完全不同。所以贝叶斯不承诺给你唯一答案，它承诺的是：只要证据管够、区分度够高，开局不同的两个人会越拧越接近。科学共同体的价值就在这里——千百个开局不同的人，被同一批硬证据拧向同一片刻度。

第二，别把它当成抬杠许可证。「我的初始信任度就是 100%，所以证据拧不动我」——这不是贝叶斯，这是把旋钮焊死了。贝叶斯精神的内核恰恰是承认旋钮的存在：任何刻度都该能被证据拧动，区别只在拧动的幅度要讲理。一个刻度永远不动的人，和一个理论永远不错的占星家，是同一种病。

所以「可证伪」变成了什么

走到这里，波普尔那条黑白分明的线，被我们磨成了一把带刻度的尺子。可证伪性没有作废，它只是从「是/否」变成了「多大程度」：一个说法有多大程度的可证伪性，取决于它允许证据把它的信任刻度拧动多少。光谱一端是广义相对论（把旋钮焊在悬崖边，一推就动），另一端是占星术（旋钮被浇了混凝土）。中间是大量真实的人生决策：这个创业项目靠

谱吗、这个体检指标要紧吗、这条朋友圈雄文可信吗。下一章，我们拿着这把尺子上街，去现实的菜市场里练练手。

第九章·身边的伪科学

前八章造好了工具，这一章上街用。伪科学没有消失，它只是换了行头。占星术还在，但今天的大头在别处：保健品话术、阴谋论、以及那些听着深刻却永远不落地的宏大理论。我们把全书的零件——生死状、三零件、风险预言、补丁检测、旋钮——组装成一个出门就能用的检查清单，逐项演示。

战场一：保健品与「好转反应」

导读里那位甲的话术，现在逐句拆：「我吃了感觉有劲」——一个案，区分度为零（第八章：有效和无效的世界里都会出现二姨）。「他没效果是体质不符」——第四章的特设性补丁，只堵洞不开窗。「没效是在排湿气、好转反应」——这是双重耍赖：不但消化了失败，还把失败**转成了成功的证据**。出现这个结构要格外警惕，它等于宣布：我的产品不可能有负面证据。而「不可能有负面证据」正是「什么都没说」的同义词。

对应的正经问法只有一句：**「什么情况出现，你承认这东西没用？」**正规的药品试验事先就把这句话写死在方案里：主要终点是什么、观察多久、到什么差异算有效、没达到就宣布失败——方案公开注册，先立生死状再做实验。凡是答不出这句问话的卖家，卖的不是产品，是永远正确的安慰。

战场二：阴谋论——不可证伪的工业形态

阴谋论是「永远正确」这门手艺在信息时代的巅峰之作。它的标准结构：「他们」在掩盖真相。注意这个结构怎么处理证据：

- 找不到证据？「掩盖得多彻底啊，恰恰证明他们厉害。」
- 有人出来辟谣？「辟谣的人就是他们一伙的。」
- 证据直接打脸？「证据是伪造的。」

没有证据是证据，有反面证据更是证据——这是占星术三零件的豪华升级版，连「质疑者」本身都被吸收成了系统的一部分（第四章里精神分析把否认当阻抗，同款结构）。识别它的方法和几百年前识别算命先生一样：问一句「什么能改变你的想法」。如果答案是「没什么

能」，你面对的不是一个关于世界的信念，而是一座逻辑上与世界隔绝的城堡。城堡里的人很安全，也很无知。

大白话

大白话：判断一个说法是信念还是城堡，就问一句：「有没有可能让你认错？什么样的证据够？」答得出来的是信念，答不出来的是城堡。信念能更新，城堡只能扩建。

战场三：听着深刻的宏大理论

最隐蔽的一类，是那些以「深度」面目出现的不可证伪说法：「一切疾病都源于情绪」「市场永远是对的」「历史有其必然规律」。这类话的共同点是：听起来解释了一切，但你试着找反例时会发现反例被预先定义没了——病没好是你情绪没处理好，市场错了是「短期无效、长期有效」，历史没按规律走是「条件不成熟」。

注意：不是说这些话一定错，而是说它们以这种不可检验的形态出现时，携带的信息量为零。它们有可能被改造成科学问题——「情绪压力是否提高某类疾病的发病率」就是一个能做队列研究、能被数据打脸的问题。改造的前后，差的正是那纸生死状。

你的出门检查清单

把全书浓缩成五个问题，遇到任何「说法」都可以过一遍：

1. **生死状**：它说清「什么情况下我错了」吗？（第三章）
2. **判据**：它的关键词有没有可操作的定义，还是「变化」「湿气」「他们」这类什么都能装的词？（第二章）
3. **补丁**：它过去的失败，是靠带新预言的补丁救的，还是靠「气场干扰」式豁免救的？（第四章）
4. **风险**：它做没做过「万一不是这样我就完了」的事先预言？（第五章）
5. **旋钮**：持有者承不承认某种证据能改变他的刻度？他自己举得出吗？（第八章）

五问全过，不一定对——可证伪只是入场券，不是奖状。但五问卡住两三个，你可以放心地把它从脑子里请出去。这张清单防不了所有骗，但它能帮你省掉绝大多数本不该浪费的信任。

最后一章

清单是术，还剩一层道。为什么这套「随时准备认错」的机制，能成为人类历史上最成功的求知方式？为什么它对个人也成立——认错能力几乎等于学习能力？最后一章，我们从方法走回人：科学说到底，是一种诚实。

第十章 · 科学是一种诚实

我们从「科学不是一摞答案」出发，走了九章。现在是时候回答开头那个贯穿全书的问题了：**一个说法，凭什么算科学？**——它敢立生死状：事先说清什么情况下自己错了，把话说成世界可以反驳的形状，然后真的接受反驳。就这一条。简单得不像话，又难做到得不像话。

为什么这条线这么难守

因为它反人性。人的脑子天生是占星术的脑子：我们记得命中的预言，忘掉落空的；我们给失败的理论找台阶，给对手的漏洞上刑；我们把「承认自己错了」体验为生理性的疼痛。第二章的三个零件不是占星家发明的骗术，是每个人大脑里预装的自保程序——模糊化、双出口、归罪检验，你每天都在自己身上运行它们，只是没有星盘而已。

科学这套机制的伟大之处，恰恰在于它不假设人是诚实的，而是用制度把不诚实的空间一点点挤掉：实验方案事先注册（防事后改判据）、数据公开（防选择性汇报）、同行评议（防自己骗自己）、结果必须可复现（防一根松动的光缆改写物理学）。每一项制度都是对着一种具体的自欺发明的补丁。所以当你听到「要相信科学」这句口号时，请在心里把它翻译成更准确的一句：**要相信那套专门设计来纠错的机制，而不是相信任何具体的结论或个人。**结论会死，机制长存。

费曼的临别赠言

1974 年，物理学家费曼在加州理工的毕业典礼上讲了一段话，后来成了科学精神的最好注脚。他讲了「货物崇拜」的故事：南太平洋岛上的人见过二战时美军飞机投下物资，战后他们在空地上修了跑道、点了火堆、用木头做了耳机，等飞机再回来。外形一应俱全，飞机就是不来——因为缺少某个本质的东西。然后费曼说：很多看似科学的活动也是这样，流程、术语、论文格式一应俱全，但缺了那个本质的东西。那东西是什么？他给的定义朴素至极：**「第一条原则是，你不能欺骗自己——而你恰恰是自己最容易欺骗的人。」**

这本书讲的可证伪性、生死状、风险预言、补丁检测、信任旋钮——所有这些零件，归根结底都是这句话的工程实现：它们是设计来防止你欺骗自己的装置。一个理论立生死状，是防

止理论家自欺；试验方案预注册，是防止实验者自欺；问一句「什么能改变你的想法」，是防止你自己自欺。

把科学用在自己身上

这是最后一层，也是这本书真正想留给你的。可证伪性不只审判别人的理论，它最好用的场合是你自己的信念：

- 你认为「这个方案肯定能成」——给它立个生死状：三个月后哪个指标不到多少，就承认判断错了。没有这条，你的信心只是感觉。
- 你认为「他就是不靠谱的人」——问自己：他做出什么行为，我愿意修正这个判断？想不出来，你持有的就不是判断，是标签。
- 你读到任何让你猛点头的文章——点头最猛的地方最危险，因为它绕过了检查。对它用第九章的五问，尤其是第一问：它说了什么情况下自己错了吗？

这些做法不舒服。立生死状意味着给自己安排了丢脸的可能，承认旋钮存在意味着放弃「我早就知道」的快感。但回报也实在：你的信念将第一次和世界建立反馈回路——开始自我纠错。一个人和一个理论体系，在这件事上没有区别：**能被打脸的才长进，永远不正确的原地踏步。**

结束，也是开始

所以，什么是科学？科学不是正确，是纠错；不是确信，是敢立生死状的不确信；不是一群聪明人的结论清单，是一套让「错误活不久」的笨办法。而可证伪性，就是这套办法的门卫——它不问你有多了不起，只问一句：世界有没有机会对你说不？

下次再有人向你推销一个永远正确的理论——无论它穿着星盘、药瓶还是哲学的外衣——你现在知道该怎么做了：客气地问它要生死状。它拿不出来，你就知道该把它请出脑子了。而当你自己的想法拿不出来时，也请对它做同样的事。

这就是那道安检门。门已经给你了，用不用，随你。