

下注的智慧

凯利公式的七十年传奇

从贝尔实验室到华尔街、从赛马场到加密市场

作者：Robert B.

献给所有曾经盯着账户屏幕的人。

1956 年，新泽西州一个叫默里山的小镇上，一位 32 岁的物理学家在贝尔实验室写下了半行字。他大概没想到，这半行字会在七十年里，救过 21 点高手、债券之王、香港赛马客、华尔街对冲基金经理，也救过你和我——只要我们愿意听它说话。

这本书，是关于这条公式的故事。

目录

- 序言 | 餐巾纸上的半行字

第一部 | 诞生 - 第 1 章 | 贝尔实验室的飞行员物理学家 - 第 2 章 | 香农的“教唆”
- 第 3 章 | 让公式有了灵魂的数学家们

第二部 | 走向实战 - 第 4 章 | 一个数学教授的拉斯维加斯之夜 - 第 5 章 | 华尔街最安静的十九年 - 第 6 章 | 从二百美元到债券之王 - 第 7 章 | 奥马哈先知的暗算 - 第 8 章 | 十亿港元的赛马算法 - 第 9 章 | 让庄家头疼的两个赌客 - 第 10 章 | 一夜清零：加密市场里的凯利惩罚

第三部 | 争议与反思 - 第 11 章 | 诺贝尔奖得主的单音节论文 - 第 12 章 | 三十倍杠杆的诺贝尔光环

第四部 | 现代 - 第 13 章 | 让 AI 写一封反对信

- 终章 | 复利的方向，比速度重要
- 附录 A | 凯利公式速查表
- 附录 B | 七十年大事年表
- 附录 C | 推荐阅读

序言 | 餐巾纸上的半行字

很多年前，有一个年轻人坐在酒馆里，把一张餐巾纸推到我面前。

他在上面写了一行公式。短得让我有点失望——只有半行长，没有积分号、没有 Σ 、没有任何看起来“高级”的符号：

$$f^* = \frac{bp - q}{b}$$

他说：“这是凯利公式。你做投资，应该按这个来。”

我那时候年轻，刚开始做投资，自以为对数学有一些感觉。我看了一眼这行字，笑了：

“这是赌徒玩的东西吧？”

我朋友没和我争辩。他把餐巾纸折了两次，塞进了烟灰缸。

那是我和这条公式的第一次见面。多年以后我才知道，我那个晚上轻飘飘扔掉的，是一条已经被时间检验了七十年的智慧——它救过 21 点高手在赌场里的本金、救过债券之王在 PIMCO 的两万亿管理规模、救过香港赛马俱乐部里的“职业团体”、救过对冲基金里最聪明的那一群人。

它也救过——本来可以救——那些没听它说话、最后归零的人。

这本书，不是教科书。教科书已经够多了。这本书也不是回忆录——我不打算讲我自己亏过多少钱。

这本书是**十三个故事**。每个故事里都有一个真实的人，和他与这条公式的相遇。

- 第一个故事里，是一位 32 岁的物理学家，在贝尔实验室的安静走廊上，把一个“赌徒拥有内幕电话”的思想实验推到了它的尽头。他死的时候，只有 41 岁，倒在曼哈顿的人行道上。
- 第二个故事里，是他的同事——香农，那个发明了“信息论”的人。香农自己用这条公式投资，三十年年化 28%。
- 第四个故事里，是一位叫索普的数学教授，1961 年带着一万美元和一位有黑帮背景的金主走进里诺的赌场，72 小时里赢走了 1.1 万美元，从此让“商业赌场不可战胜”的神话破产。
- 第八个故事里，是一位匹兹堡来的物理学硕士，从拉斯维加斯流浪到香港，靠 100 多个变量的概率模型和一条 1956 年的公式，在赛马场上赚走了 10 亿美元。

- 第十二个故事里，是两位诺贝尔经济学奖得主，他们管理着一只叫 LTCM 的对冲基金，30 倍杠杆，1998 年三个月内蒸发 46 亿美元——他们如果听过这条公式，本可以活下来。
-

故事和故事之间，藏着这条公式七十年的演化史：

- 它是怎么从一篇被 AT&T 高管嫌弃改名的论文里走出来的；
- 它是怎么从赌场走进华尔街、从华尔街走进硅谷的；
- 它是怎么被诺贝尔奖得主萨缪尔森用全篇单音节英文单词羞辱过的；
- 它是怎么活下来的——并在 2026 年的今天，被 AI 用作“对人类下注冲动的最后一道防线”。

读完这十三个故事，你会发现一件让我自己也很意外的事：

这条只有半行长的公式，骨子里讲的不是“怎么赢钱”，而是“怎么不输光”。

它给了所有真正的投资高手一种共同的克制——不论是身穿西装的债券之王，还是坐在香港中环写代码的赛马算法工程师，还是奥马哈那个喝可乐的老人。

我那年在酒馆扔掉的那张餐巾纸，我后来在很多次失败之后，才在记忆里把它捡回来。

这本书是我捡回来的过程。

希望对你有用。

写于 2026 年春

第一部 | 诞生

第 1 章 | 贝尔实验室的飞行员物理学家

1.1 一位德州青年

1923 年圣诞节后的第二天，得克萨斯州科西卡纳——一个石油小镇——一个男孩出生了。他的父亲给他取名 John Larry Kelly Jr.，按照家族传统在名字后面加了一个“Junior”。

这个孩子后来会改变金融史。但童年里没有任何征兆。

科西卡纳是个普通的小镇。石油是这里唯一的产业。约翰从小成绩很好，喜欢数学，喜欢机械，喜欢拆收音机。他长得高，有南方人的散漫和礼貌。

二战爆发，他十几岁。一进入海军飞行学校，他就发现自己喜欢飞机胜过喜欢数学。他做了四年战斗机飞行员。

战争结束，他回到德州大学奥斯汀分校读物理。1953 年，他拿到物理学博士学位，论文方向是高能物理。

那一年他 30 岁。

1.2 走进默里山

1953 年的物理学博士，最体面的去处之一是石油公司。约翰先是去了石油行业——做“研究物理学家”，赚得不错。但他很快觉得无聊。

1955 年，他转入贝尔实验室。

贝尔实验室是当时全世界**最神奇**的地方。它位于新泽西州默里山——一个绿树成荫、安静得让人发呆的小镇。它属于 AT&T，全美的电话垄断企业。AT&T 把每年几亿美元的利润抽出一部分，养着这个研究院。

这里发明了晶体管（1947，肖克利），发明了激光（1958，肖洛）；这里写出了 Unix 操作系统、C 语言；这里诞生了信息论（1948，香农）。

约翰走进默里山的时候，最让他兴奋的不是工资，是走廊。他可以随时敲开任何一扇门，和任何一位诺贝尔级的同事聊天——这是贝尔实验室著名的“开放门”传统。

他敲开过香农的门。

克劳德·香农 (Claude Shannon) 那时候 39 岁，比约翰大七岁，是贝尔实验室的“明星”。他在 1948 年发表的《通信的数学理论》(*A Mathematical Theory of Communication*) 已经被全世界的工程师当成圣经——这是**信息论**的开山之作。

香农在这篇论文里证明了一件事：**信息可以被精确地量化**。一条带噪声的信道，能够传输信息的最大速率，叫“信道容量” (channel capacity)，有一个明确的数学公式。

约翰那时候在做什么？没有人记得清楚。他可能在做一些通信方面的小项目，可能在做一些信号处理的杂活。他职业的重心还没浮出来。

但他和香农的几次对话，悄悄地让他开始想一个奇怪的问题——

1.3 思想实验：拥有“内幕电话”的赌徒

事情的起源是 1955 年到 1956 年之间，贝尔实验室在做一些关于电视信号的研究。

香农那时候已经在思考一个有些“哲学”的问题：信息论的公式 (信道容量 C) 能不能用到通信工程以外的地方？比如——经济？比如——投资？

香农和约翰在走廊上有过几次半开玩笑的对话。香农的提法大概是：

“如果你能比别人**更早一点**知道一件事——比如一场赛马的结果——那这个‘更早一点’，能值多少钱？”

约翰是个对赌博完全没有道德负担的德州人。他立刻接过了这个思路。

他设想了一个赌徒：

这个赌徒在下注。他有一条**私人专线** (private wire) ——一根直通赌场后台的电话线。每场比赛开始前，电话那头会告诉他比赛结果。但是这条电话线有**噪声**——不完美。有时候告诉他对的，有时候告诉他错的。

给定这条电话线的“信噪比”，这位赌徒应该怎么下注，才能让他的财富**长期增长最快**？

这就是著名的“私人专线”思想实验。它有两个让人脊背发凉的特点：

第一，它把**通信工程**（信道容量）和**金融**（财富增长率）这两个看起来毫不相干的东西，绑在了同一个数学公式上。

第二，它问的不是“怎么赌博”——而是问“在不确定性面前，**多少信息值多少回报**”。

1.4 公式诞生

约翰花了几个月写下来这件事。他用的数学其实并不复杂——大致是高数三层楼里的东西，对一个物理学博士来说，是热身运动。

他先假设最简单的情况：

一个赌局只有两个结果——赢或输。赢的概率是 p ，输的概率是 $q = 1 - p$ 。赢的话，赔率是 b （也就是说，下 1 元能赢回 b 元，不算本金）。你有一笔本金。每一次你应该把本金的多少比例 f 押上去？

约翰的目标，**不是让单次期望最大**——单次期望最大的策略很简单，全押。而是让**长期的财富指数增长率最大**。

这是一个微积分一年级学生就能做的优化题。把每次资本变化的对数期望写出来：

$$G(f) = p \cdot \log(1 + bf) + q \cdot \log(1 - f)$$

对 f 求导，让导数等于零，解出来：

$$f^* = \frac{bp - q}{b}$$

这就是凯利公式。

它告诉你：**当你有一个正期望优势时，你应该下注本金的多少比例**。这个比例是唯一的、确定的、客观的。

举个例子。假设抛硬币，胜率 55%（你有 5% 的边际优势），赔率 1:1。代入公式：

$$f^* = \frac{1 \times 0.55 - 0.45}{1} = 0.10$$

——下注 10% 的本金。不是 5%（太保守），不是 50%（太激进），更不是 100%（自杀），就是 10%。

这条公式漂亮在两件事上：

第一，它的输入只有两个数字——胜率 p 和赔率 b 。没有别的废话。第二，它的输出是一个比例，不是金额——意味着随着你的本金变化，你的下注金额会自动调整。

约翰还把这个结果推广到了多元情况： n 匹马的赛马、 n 种不同结果的赌局。他证明在“无套利”赔率下（庄家不抽水），最优策略是按真实概率分配资金——这条性质后来在赛马算法里（你会在第 8 章读到比尔·本特的故事）发挥了关键作用。

1.5 论文标题的小插曲

约翰把论文写完，标题取得很直白：

Information Theory and Gambling（信息论与赌博）

他把稿子交到 AT&T 的法律和公关部门——按照贝尔实验室的规矩，所有论文发表前都要走这一道审核。

公关部的人看到“Gambling”（赌博）两个字，脸都绿了。

“约翰，”他们说，“你不能在 AT&T 的论文上写‘赌博’。”

AT&T 是个电话垄断公司。它有道德责任、有公众形象、有国会议员要应付。“贝尔实验室的物理学家在研究赌博”——这要是上了报纸，会被反对垄断的议员当成笑话讲三个月。

约翰争辩说，他研究的不是赌博，是信道容量的金融解释。

公关部的人说：随你怎么解释，标题里不能有 gambling 这个词。

于是他改了。改成了这个标题：

A New Interpretation of Information Rate（信息率的一种新解释）

这是个完全不暴露内容的标题。任何一个看到这个题目的金融人都会立刻翻过去——听起来像一篇关于电话线传输速率的工程论文。

1956 年 7 月，论文发表在 *Bell System Technical Journal*（贝尔系统技术期刊）第 35 卷第 4 期，第 917-926 页。

这期刊主要给电信工程师看的。所以，凯利公式诞生的那一天，几乎没有金融界的人注意到它。

它静静地躺在贝尔系统的内部期刊上，等了五年。

1.6 一段插曲：让计算机唱歌的人

约翰发表凯利公式之后，他的主要研究方向其实**不是赌博，也不是金融**。

他在贝尔实验室还做了另一件事——很多人觉得这件事比凯利公式更有名。

1961 年，他和两位同事 Carol Lochbaum、Lou Gerstman 一起，**用一台 IBM 7090 计算机，让机器唱了一首歌**。

那首歌叫 *Daisy Bell*（黛西铃），是一首 1892 年的英国情歌。计算机用合成出来的“嗓音”唱完整首歌，伴奏是另一位贝尔实验室的同事 Max Mathews 编的。

这是人类历史上**第一次让计算机唱歌**。

这件事后来被一位电影导演——斯坦利·库布里克——听到了。库布里克在拍《2001 太空漫游》（1968 年上映）的时候，借用了这一幕：电影里，超级电脑 HAL 9000 被慢慢关机时，最后唱的，就是 *Daisy Bell*。

所以——如果你看过《2001 太空漫游》，记得 HAL 临死前那段诡异、缓慢、变调的 *Daisy*——那就是约翰 1961 年贝尔实验室那次实验的回声。

约翰这个人，比他写出的公式更有趣。他喜欢做这种“看起来没用的事”。让计算机唱歌没什么实际用处，但他做得很认真。

这种性格，可能恰好是凯利公式能被写出来的原因——**他不是追求实用，他在追求一个数学问题的真相**。

1.7 41 岁的早晨

1965 年 3 月 18 日。曼哈顿。

约翰那天早上走在街上。他突然倒下。中风。送到医院，没有抢救过来。

他死的时候 41 岁。

他留下了三个孩子。他几乎从来没在论文里强调过凯利公式有多重要。他自己**从来没有用过这条公式去赌博，也没用过它去投资**。

他可能是个不擅长向外面解释自己工作的人。他可能只是不在乎名声。

他死的时候，**这个世界没有一个金融机构在使用凯利公式**。

但是——

1960年11月的某一天，五年前，香农曾经把约翰这篇论文的复印件，递给了一位28岁的麻省理工学院数学讲师，对他说：

“你应该读一读这个。”

那位数学讲师，叫爱德华·索普（Edward O. Thorp）。

约翰的故事，在他自己的时间线里结束了。但他的公式才刚刚开始它的旅程。

1.8 这条公式真正“在说什么”

我们暂停一下故事，回到那条公式：

$$f^* = \frac{bp - q}{b}$$

这条公式的字面意思是“下注本金的多少比例”。但它真正在说的东西，远比“下注比例”深刻。

它在说：**你下注的大小，应该和你的“信息优势”成正比。**

- 优势越大（ $bp - q$ 越大），你应该下越多。
- 优势为零（ $bp - q = 0$ ），你应该不下注。
- 优势为负（ $bp - q < 0$ ），你应该反向下注或退出。

它还在说：**你的下注应该和你的财富同步缩放**——永远是“当前本金的多少比例”，不是某个固定金额。这就是为什么凯利公式天然适合**复利**：你赢了，下次下注金额自动放大；你输了，下次下注金额自动缩小。

这两个性质合起来，就让凯利公式成为了**长期博弈里财富增长率最大的策略**。

后来的几十年里，会有数学家给出更严格的证明（你会在第3章读到Breiman的故事），会有诺贝尔奖得主跳出来反对（你会在第11章读到萨缪尔森的故事），会有用它打败赌场的人（第4-5章）、有用它打败市场的人（第6-7章）、有用它打败赛马场的人（第8章）、有完全无视它而死掉的人（第12章）。

但所有这些故事的源头，都是1956年默里山那一篇被改了标题的论文，和一位32岁的飞行员物理学家在他的便签纸上写下的那半行字。

本章小结：约翰·凯利留下的三件事

第一件事：一条只有半行长的公式 $f^* = (bp - q)/b$ ，告诉你在已知胜率和赔率的赌局里应该下注本金的多少比例。

第二件：一个深刻的数学等式——**信道容量 = 长期财富增长率**。也就是说，信息可以一比一地翻译成**回报**。多一比特信息，多一份增长。

第三件：一个让人意外的事实——这条公式的**发明者，从来没有用它去投资过**。它后来在金融界的所有应用，都是由别人完成的。

约翰·凯利 1965 年去世的时候，41 岁。他没有等到看见凯利公式打败赌场、打败华尔街、打败赛马场的那一天。

但他的同事和朋友——克劳德·香农——已经替他把这条公式，递到了一个真正会去用它的人手里。

那是 1960 年。那个人 28 岁。他叫爱德华·索普。

我们下一章见。

第 2 章 | 香农的“教唆”

2.1 一封寄到剑桥的信

1960 年 11 月。马萨诸塞州剑桥市。麻省理工学院数学系。

一位 28 岁的助教打开了一封信。信是从一个意想不到的地方寄来的——贝尔实验室，新泽西州默里山。寄件人是**克劳德·香农**。

这位助教叫爱德华·索普（Edward O. Thorp）。他刚来 MIT 一年。他做的事情，让数学系的同事们觉得有点……奇怪。

他在用 IBM 704 计算机研究 **21 点**。

不是因为他爱赌博——他不爱。是因为他相信一件事：**21 点这种赌场游戏，从数学上是可以被打败的**。如果他能证明这一点，他就**改写赌博史**。

但要发表论文，他需要一位美国国家科学院（NAS）院士帮他**转交并署名推荐**——这是 *Proceedings of the National Academy of Sciences* 的规矩。MIT 数学系的院士里，没人愿意背这个书：一个数学博士在搞赌博？听起来不严肃。

索普不甘心。他打听了一下：谁是数学背景里最不在意“严肃不严肃”的人？

答案是：**香农**。

香农那时候已经在 MIT 教书了。他从贝尔实验室“借调”到 MIT，但仍然两头跑。他这个人有名得邪门——一个会**骑独轮车走廊**的家伙，办公室里堆满了自制的杂耍玩具、自制的国际象棋机器、自制的一个能解魔方的机械臂。

索普约了个时间。秘书告诉他：“香农教授只能给你五分钟——他不喜欢被打扰。”

索普走进去，张口第一句话就是：

“我用数学打败了 21 点。”

香农眼睛一亮。

五分钟变成了五个小时。

2.2 香农这个人

要理解为什么香农会这么干脆地接住索普这个话题，你得先理解香农这个人。

他出生在 1916 年，比凯利大七岁。他从小就有一种**孩子般的好奇心和工程师般的动手能力**结合在一起的气质。读 MIT 硕士的时候，他写了一篇硕士论文：**用布尔代数描述电路**。这听起来是个小话题，但实际上——它**奠定了所有现代计算机的逻辑基础**。

哈佛大学的诺贝尔奖得主霍华德·盖德纳后来说，这篇 1937 年的硕士论文，“可能是 20 世纪最重要的硕士论文，没有之一”。

香农 22 岁就奠定了计算机的逻辑基础。32 岁的时候（1948 年），他写下了《通信的数学理论》——**信息论的奠基**。

也就是说，他一个人，**两次改写了 20 世纪**。

但他从来不显摆。在贝尔实验室和 MIT，他出名的不是论文，是**他的玩具**：

- 他造过一台“**终极机器**”（Ultimate Machine）：你按下开关，机器盖子打开，伸出一只机械手，把开关关掉，然后缩回去，盖子合上。机器存在的唯一目的是关掉自己。
- 他造过一只“**机械鼠**”叫 Theseus，能自己走完一个迷宫，第二次再走就直接走最短路径——这是早期人工智能的雏形。

- 他骑独轮车，骑着独轮车还**杂耍三个球**。他甚至写过一篇“杂耍数学”论文，证明了一条“杂耍定理”。
- 他在 1949 年——比 IBM 早 20 年——就在自制的元件上写过**会下国际象棋的程序**。

香农不像个**金融人**，更不像个赌徒。他像个永远长不大的工程系学生。

但恰恰是这种“什么都想试一试”的好奇心，让他在 1960 年遇到索普的时候，立刻反应过来：

“21 点？用数学打败赌场？那不就是凯利公式那帮事的延伸吗？走，我们试试。”

2.3 香农那一天给索普的两份礼物

索普后来在回忆里说，1960 年那天香农给了他**两份礼物**——他记了一辈子。

礼物一：那篇 NAS 论文的署名。香农当场答应了，几天内帮索普把论文转交、推荐、发表。1961 年 1 月，索普的“21 点必胜法”正式发表在 *Proceedings of the National Academy of Sciences*。学术界第一次承认：**赌场不是不可战胜的**。

礼物二：另一篇论文的复印件。香农从抽屉里拿出一沓纸，递给索普：

“你应该读一读这个。”

那是凯利 1956 年发表在 *Bell System Technical Journal* 上的论文——**A New Interpretation of Information Rate**。

香农说：“这是我以前在贝尔实验室的同事约翰·凯利写的。他用我的信息论推出了一个公式，告诉你**应该下多大注**。你要去 21 点赌桌上实战，必须先把这个搞懂。”

索普把那沓纸带回家。

他后来说，他当晚把凯利的论文读了三遍。第二天又读了三遍。

他读懂了一件事：**他知道怎么算胜率（21 点的“计点法”），但他不知道在每一手上下多大注**。凯利公式，正是这个空白的填补。

“21 点的计点告诉你有多少优势，凯利公式告诉你下多大注。两个加在一起，才是完整的武器。”**

索普后来在 1962 年出版了《Beat the Dealer》（打败庄家）。这本书成为美国出版史上的传奇——第一本教普通人用数学打败赌场的畅销书。在书里，索普第一次给这条公式起了正式的名字——

“the Kelly gambling system”（凯利赌博系统）。

后来在 1966 年的修订版里，他把名字定型为：

“the Kelly Criterion”（凯利准则）。

从这一刻起，约翰·凯利那篇 1956 年没人看的论文，有了它的名字。这个名字将伴随它走过接下来的七十年。

2.4 一个不能写的副线：香农和索普的拉斯维加斯

写到这里，故事其实有一个不能不讲的副线——

索普和香农，在 1961 年那个夏天，真的一起去了拉斯维加斯。

而且，他们带去的不仅是凯利公式。他们带去的是人类历史上第一台可穿戴计算机。

事情是这样的：

索普在 21 点之外，还想攻克轮盘赌（roulette）。轮盘赌看起来是完全随机的——小球在转盘上滚动，你猜它会落在哪个数字。但索普问了一个工程师式的问题：“如果我测量小球的速度和转盘的速度，能不能在小球落定之前预测它会落在哪一半？”

他和香农两个人晚上在香农家的地下室里——一间堆满了机械零件、烙铁、电线的房间——一起组装了一台鞋盒大小的小型计算机。这台计算机能塞在裤腿里，藏在鞋底，用脚趾按按键，用一个微型耳机听结果。

操作流程：

1. 索普穿着这台计算机走进赌场，站在轮盘旁
2. 转盘转动，小球扔进去
3. 索普用脚趾按按键，告诉计算机“小球第一次经过 12 号的时候”——计算机据此估算小球速度
4. 又一脚按键，告诉计算机“转盘的第二次经过参考点的时候”——计算机据此估算转盘速度
5. 计算机用一个简单的物理模型，预测小球大约会落在哪一八分之一圆弧上
6. 通过一个微型耳机，用八个音调中的一个告诉索普答案

7. 索普赶紧把筹码押在对应的八个号码上

这是人类历史上第一台可穿戴计算机，比所谓的“智能手表”早了 50 年。

实战效果：**理论优势约 44%**。但有一个工程问题——耳机的电线老断。索普和香农反复修，反复在赌场里被耳机失灵搞砸。他们没怎么赢到大钱（也没怎么输），但**理论被实证了**。

香农后来把这台原型机捐给了 MIT 博物馆。它今天还在展出。

而在 21 点这一边，索普带着另一位金主——曼尼·金梅尔（Manny Kimmel）——走进了里诺的赌场。金梅尔是个**有黑帮背景**的有钱人，曾经做过私酒贩、地下彩票、跟纽约犯罪团伙有过来往。但他**有钱，胆大**，愿意拿出 1 万美元（约合 2026 年的 11 万美元）让索普实战。

72 小时之后，他们净赢 1.1 万美元——**翻了一倍多**。

这是凯利公式的**第一次实战盈利**。这个故事我们留到第 4 章详讲。

2.5 香农自己也用凯利公式

很多人不知道的一件事是：**香农自己也是个投资者，而且是个非常成功的投资者**。

他从 1950 年代开始投资美国股票。他几乎不交易——他买的股票就**死攥着**，不卖。

他的核心仓位是三只股票：

- Teledyne（特里达因，工业集团）
- Motorola（摩托罗拉）
- Hewlett-Packard（惠普）

他买入这三只股票的时机非常早。Teledyne 是他在公司很小的时候就投了——他认识创始人，看好他们的工程团队。这只股票后来变成了 60 年代的传奇——**年化复合增长率惊人**。

香农自己估算，他三十年（约 1960-1990）的**年化复合回报率是约 28%**。这个数字什么概念？同期 S&P 500 的**年化回报约 10%**。**28% 的年化复利持续三十年，等于资本翻 1645 倍**。

他做投资遵循三条原则：

1. **看公司基本面，不看股价波动。**“很多人盯着股价看，他们应该盯着公司的盈利看。”
2. **选择那些会成功的公司比预测短期波动容易得多。**
3. **下注要谨慎**——他从不全仓单一股票，他**始终保留现金**，让自己有“机会来的时候能下手”的余地。

第三条，是非常典型的**凯利精神**。

但香农走得更远。他还提出过一个叫“**香农魔鬼**”（Shannon's Demon）的思想实验：**通过对一只波动的股票和现金不断再平衡，可以创造出一个长期增长的组合——即使股票本身的几何均值是负的！**

这听起来像是金融炼金术，但香农严格证明了它在**特定条件下成立**。这个“魔鬼”后来在量化投资界变成了一个经典概念，叫“**波动率收割**”（volatility harvesting）。

2.6 凯利和香农：一对默契的合作者

读到这里你可能想问：**凯利和香农，到底谁更重要？**

我的看法是：**他们两个人合在一起，才是凯利公式。**

凯利提供了**金融的洞察**——把信息论变成下注比例，把“信道容量”翻译成“财富增长率”。这件事的关键不是数学难度，而是**思想跨界的勇气**。让一个 30 岁的物理学博士去把通信工程和赌博绑在一起——这需要的不是技巧，而是**没有被“领域边界”限制住的思维**。

香农提供了**理论的根基和传播的网络**。他的信息论是凯利公式的**数学母体**。而他在 MIT 和贝尔实验室之间架起的人际桥梁，让这条公式得以**从凯利的抽屉里走出来**——递到索普手里，递到一代又一代的量化投资者手里。

更深一层：**凯利和香农都是“不按学科边界做研究”的人。**

凯利是物理学家，但他写了金融论文。香农是电子工程师，但他写了概率论奠基性论文。他们身上都有一种**贝尔实验室特有的气质**：

你的训练背景不重要。重要的是**有意思的问题在哪里**。

这种气质，在今天的学界很少见了。今天的学术体系把每个人钉在自己的小格子里——你做物理就只能投物理期刊，你做金融就只能用金融的术语。**最有意思的洞察，往往就死在这些边界上。**

凯利公式是个例外。它从信息论那一边长出来，长到了金融那一边——而这棵跨界的树，长出了七十年的果实。

2.7 香农的晚年与凯利的早夭

故事必须有个对比。

凯利 1965 年中风去世，41 岁。他没看到自己的公式打败赌场，没看到《Beat the Dealer》出版（其实出版于 1962 年，他可能听说过，但绝对没看到 1966 年修订版把他的名字写进“凯利准则”这个术语）。他没有等到 1970 年代索普在华尔街开 Princeton-Newport Partners，没有等到 1980 年代香港的 Bill Benter 用他的公式赚走 10 亿。

他像很多贝尔实验室那个时代的天才一样，**死得早，名声晚**。

香农活到 84 岁。但他后期得了**阿尔茨海默症**——这位提出“信息论”的人，**生命的最后十年，慢慢失去了所有的信息**。2001 年 2 月，他在马萨诸塞州的一家护理院去世。

他去世的时候，**凯利公式已经成为对冲基金界的标准工具**。索普已经把 PNP 关掉了（1988 年），后来又开了 Ridgeline Partners（年化净收益 21%，1994-2002）。Bill Benter 在香港已经积累了几亿美元的财富。Bill Gross 在 PIMCO 管理着上万亿美元的债券。

香农大概是知道这些的——至少在他还清醒的时候。

但他从来没有把凯利公式当成“我的发明”。他始终把它叫作“**约翰·凯利的公式**”。

这是香农这个人很贵的一种品质——**他从不把别人的功劳算到自己头上**。

本章小结：香农留给后人的三件事

第一件事：他把凯利的论文递到了索普的手里。这一动作，比他自己直接发明凯利公式还重要——因为这一动作让凯利公式**走出了贝尔实验室**。

第二件：他用自己的真金白银证明了凯利公式的精神是有效的——三十年年化 28%、长期持有少数几只优质公司、永远保留现金应对机会。

第三件：他给后人留下了一种**贝尔实验室式的研究态度**——不被学科边界限制，遇到有意思的问题就跨过去看一眼。在今天这个人工智能的时代，这种态度可能比“信息论”本身更稀缺。

下一章，我们要看的是另外两位让凯利公式真正“站住”的数学家——一位叫亨利·拉坦（Henry Latané），一位叫利奥·布雷曼（Leo Breiman）。他们做的事情，没有索普的故事那么戏剧化，但他们才是这条公式真正“在数学上站得住脚”的原因。

没有他们，凯利公式可能至今还只是“贝尔实验室一个怪人的小聪明”，而不是**金融数学的一座基石**。

第 3 章 | 让公式有了灵魂的数学家们

3.1 一个被遗忘的金融经济学家

1959 年。美国北卡罗来纳大学教堂山分校。

一位名叫亨利·拉坦（Henry Allen Latané）的金融经济学教授，把一篇论文寄给了《政治经济学杂志》（*Journal of Political Economy*）。

这个杂志是世界顶级的经济学期刊，由芝加哥大学出版，地位在经济学界仅次于《美国经济评论》。拉坦的论文不长，标题朴素：

Criteria for Choice Among Risky Ventures（在风险投资之间做选择的准则）

他在文章里讨论了一个**听起来像哲学问题**的事情：

假设你有几个互相排斥的投资机会，每个都有不同的预期收益和风险。**你应该选哪一个？**

传统答案是马科维茨（Harry Markowitz）1952 年提出的**均值-方差分析**——找一个让你“在给定方差下期望最大”或“在给定期望下方差最小”的组合。

但拉坦不同意。他说：**对一个会重复投资很多次的人来说，正确的准则不是“均值-方差”，而是“几何均值最大化”。**

具体说，**你应该选那个让财富的几何均值最大的方案**——长期来看，几何均值最高的方案会让你的财富增长最快。

这听起来和凯利公式说的是同一件事——因为**几何均值最大化**和**对数效用最大化**是等价的，而对数效用最大化的解，正是凯利公式。

但拉坦的工作是**独立完成**的。他没读过凯利那篇 1956 年发表在《贝尔系统技术期刊》上的论文——一个金融经济学家会读电信工程的期刊干嘛？

两个人，从两个完全不同的领域，独立得出了**同一个结论**。

这种“独立发现”在科学史上不罕见——它通常说明**这个结论是对的**，因为它不依赖任何具体的研究路径。

3.2 拉坦的贡献：把凯利搬进金融经济学

拉坦的论文做了几件事，让凯利公式真正“进了金融的门”：

第一，他用金融经济学家的语言，把“**几何均值最大化**”作为一种**投资准则**说清楚了。凯利的论文是写给电信工程师看的，里面满是信道容量、信噪比这些金融人完全不熟悉的术语。拉坦把它**翻译成了金融人能懂的话**。

第二，他证明了几何均值准则有一个非常良性的统计性质——**绝对风险厌恶递减**（decreasing absolute risk aversion）。这个术语听起来很学术，意思其实很直观：**当你的财富越多时，你对相同金额损失的厌恶程度应当越低**。这是大多数理性投资者真实的偏好结构。

第三，他让 **Markowitz 注意到了**。Markowitz 在 1959 年出版的著作《Portfolio Selection》（投资组合选择）第六章里，**专门讨论了几何均值最大化作为长期投资的偏好基础**。Markowitz 后来 1990 年拿了诺贝尔经济学奖——他对凯利方向的中间立场，至今仍是金融学界对凯利公式最权威的“非反对”声音。

拉坦本人后来没有变成金融界的明星。他终其一生都在北卡罗来纳大学做教授，写了几本不算特别有名的金融教材，1984 年退休，1996 年去世。他**几乎从未公开讨论过凯利公式**——他不知道自己写的那篇 1959 年论文，会在四十年后成为量化金融的奠基性文献之一。

这是学术史上常见的事：**有些人做了重要的工作，但自己从未意识到它的重要性**。

3.3 利奥·布雷曼：让公式“在数学上站住”

1961 年。加州大学伯克利分校。

第四届伯克利数理统计与概率讨论会（Fourth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability）正在召开。这个讨论会每四年举行一次，是数理统计界的奥运会——全美最顶尖的概率论与统计学家都会来。

会议上，一位叫**利奥·布雷曼**（Leo Breiman）的统计学家，做了一个报告：

Optimal Gambling Systems for Favorable Games（有利赌局中的最优赌博系统）

这个报告后来被收入会议论文集第 65-78 页。

布雷曼是谁？这个名字今天的金融人可能陌生，但**今天的机器学习人**——所有写过 Python scikit-learn 代码的人——一定知道他。他后来发明了两件机器学习史上的关键技术：

- **CART**（分类与回归树，Classification and Regression Trees, 1984）
- **Random Forest**（随机森林，2001）

如果你做过任何形式的机器学习，你大概率用过他的东西。

但 1961 年的时候，布雷曼**还没做这些事**。那时候他只是个 33 岁的统计学新星，对**鞅论**（martingale theory）和**强大数定律**（strong law of large numbers）感兴趣。

他读到了凯利的论文。他觉得凯利的推导**不够严格**——凯利是物理学家，物理学家做数学有时候“差不多就行”。凯利证明了“凯利策略让长期增长率最大”，但他没有证明“**凯利策略主导任何其他策略**”——也就是说，他没有证明“长期来看，**任何其他策略都会输给凯利策略**”。

布雷曼决定补上这个证明。

3.4 布雷曼的两个定理

布雷曼用一年时间，用**严格的概率论工具**，证明了凯利策略的两个性质。这两个性质后来被称为**布雷曼性质 1 与性质 2**。

性质 1（首达时间最短）：

在任何一个固定的“财富目标 V ”下（比如“我要让财富达到 100 万”），使用凯利策略所需的**期望时间**是最短的。

这条性质说的是：如果你的目标是“以最快速度达到某个具体的财富水平”，凯利策略是**最快的**。任何其他策略都会让你等更久。

性质 2（长期主导性）：

对任何**本质不同**的策略 S' ，使用凯利策略 S^* 的财富，几乎处处（almost surely）满足：

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{W_n^{S^*}}{W_n^{S'}} = \infty$$

也就是说，**长期来看，凯利策略的财富几乎肯定主导任何其他策略——比值会趋于无穷大。**

这条性质听起来很学术，但意思非常震撼：

不论你用什么别的策略，只要它不是凯利策略，长期下来，凯利策略的财富/你的策略的财富，会无限大。

不是稍微多一点。**是无限多。**

这是凯利公式所有“长期最优”论证的数学基石。Breiman 用 13 页的论文证明了这件事。

3.5 一个不太显眼但很要紧的细节

布雷曼性质 2 里有一个词——“**本质不同**”（essentially different）。这个词非常关键。

意思是：如果你用的策略和凯利策略**只是数量级的差别**（比如你下注 2 倍凯利、或者半凯利），那严格来说它们不是“本质不同”——它们都属于“对数最优的扰动”。

但如果你用的策略和凯利策略**结构不同**——比如你用的是“满凯利但每次都加一个 0.5% 的偏移”、或者用的是“最大化算术均值”——那这两个策略是“本质不同”的。

性质 2 说的是：**所有本质不同的策略，长期来看都会被凯利策略无限主导。**

这条结论的“无限”两个字非常重要。因为它**不需要长期收益率多高**——只要时间足够长，凯利策略就**赢得无限多**。

后来的几十年里，反对凯利公式的人（包括我们第 11 章会讲的萨缪尔森）会一遍遍试图反驳这条性质 2。他们的反驳基本上都是一个套路：“**长期里赢得多不等于理性投资者应该选择它。**”——这是个偏好问题，不是数学问题。

但是数学事实是**严格的**：凯利策略在长期里几乎肯定主导一切其他策略。布雷曼用了无懈可击的证明锁死了这条结论。

3.6 布雷曼之后：凯利公式“站住了”

布雷曼 1961 年的论文之后，凯利公式正式有了**数学公民身份**。

它不再是“贝尔实验室一个怪人的小聪明”，而是一条**经过严格证明的概率论定理**。后来的数学家——比如 Mark Finkelstein 与 Robert Whitley 在 1981 年的工作、David Helmbold 与 Robert Schapire 在 1990 年代的机器学习应用——都直接引用 Breiman 1961 作为基础。

这条公式现在站稳了三条腿：

1. **凯利 1956**：用信息论给出了金融解释（信道容量 = 财富增长率）。
2. **拉坦 1959**：用金融经济学的语言重新表述（几何均值最大化）。
3. **布雷曼 1961**：用严格的概率论证明了长期主导性。

三条腿撑住一张桌子——凯利公式现在是一张能放东西的桌子了。

3.7 凯利公式的“数学美”在哪里

写到这里我想停一下，谈谈这条公式的**数学美**。

很多公式看起来漂亮，但用起来麻烦——你得记住一堆假设、查一堆参数、考虑一堆边界条件。

凯利公式不是这样。它的美在于它的**输入和输出都极简**：

- **输入**：胜率 p （一个数）、赔率 b （一个数）
- **输出**：下注比例 f （一个数）

而它告诉你的东西却极深：

- 它告诉你**应该下多少**
- 它告诉你**为什么不应该多下**（多下会让长期增长率下降）
- 它告诉你**为什么不应该少下**（少下会浪费你的信息优势）
- 它告诉你**怎么处理估计不确定性**（参数估计偏差会被几何复利无情放大——这是后来的研究者补充的）

更深一层：它告诉你一个关于不确定性的核心哲学——

你拥有多少信息，决定了你能赢多少。

这是凯利公式最深刻的一句话。它把**信息**和**财富**放到了同一个等号的两边。

如果你没有信息——你的胜率只比 50% 高一丁点——那凯利公式告诉你下**很小的**注。如果你有大量信息——你的胜率显著高于 50%——那凯利公式告诉你下**大注**。如果你完全没信息——胜率正好 50%——那凯利公式告诉你**不要下注**。

这是一个非常**诚实**的公式。它不允许你**自欺**。

后来的实务里，所有凯利公式的“陷阱”，本质上都是因为人们**自欺**了——高估了自己的胜率，低估了不确定性。但**只要你输入的胜率是诚实的**，凯利公式输出的下注比例就是数学上最优的。

3.8 拉坦、布雷曼、凯利：三位“安静的奠基者”

写到这里我想再停一下，对比三位奠基者。

约翰·凯利：物理学博士，飞行员出身，41 岁死于中风。他没看到自己公式的影响。他在贝尔实验室留下的最有名的工作，反而是“让计算机唱歌”。

亨利·拉坦：金融经济学教授，北卡罗来纳大学，1996 年去世。他可能终其一生都没意识到自己写的那篇 1959 年论文有多重要。

利奥·布雷曼：统计学家，伯克利教授，2005 年去世。他后来因为发明 CART 和 Random Forest 在机器学习界出名。在他的悼词里，凯利公式只是被提到一句。

三个人，三个领域，三个时间点：物理学 1956、经济学 1959、统计学 1961。三个人都不知道对方在做什么。三个人也没等到看见自己的工作改变世界。

但是——他们三人合起来，给了凯利公式一颗能跳动的**心脏**。

物理学家给了它**直觉**（信道容量 = 财富增长）。经济学家给了它**金融的身份**（几何均值最大化）。统计学家给了它**严格的灵魂**（长期主导性）。

这之后，这条公式就要离开学术界，走进它真正的命运了——

赌场。华尔街。赛马场。

我们下一章见。

本章小结：凯利公式的“三脚架”

奠基者	年份	贡献	关键概念
John L. Kelly Jr.	1956	提出公式	信道容量 = 财富增长率
Henry Latané	1959	引入金融经济学	几何均值最大化
Leo Breiman	1961	严格数学证明	长期主导性、首达时间最短

第一部“诞生”到此结束。第二部，我们将看到这条公式走出学术界，进入真实的赌场和华尔街——而第一个把它带进去的人，是那位 1960 年从香农抽屉里接过那沓纸的年轻数学讲师，**爱德华·索普**。

第二部 | 走向实战

第 4 章 | 一个数学教授的拉斯维加斯之夜

4.1 一万美元、三个赌场、72 小时

1961 年某个周末的清晨。内华达州里诺。

一辆刚租来的雪佛兰停在赌场外的停车场。车里坐着三个人：

- **爱德华·索普**：29 岁，麻省理工学院数学讲师，金发，戴黑框眼镜，看起来像个不喜欢说话的研究生。
- **曼努埃尔·“曼尼”·金梅尔**（Emanuel “Manny” Kimmel）：60 岁出头，纽约人，西装笔挺，雪茄不离手。他的“正业”是经营 Kinney 停车场连锁——你今天熟悉的华纳兄弟（Warner Bros）就是从这家停车场公司演变出来的。但他的“副业”……让我们先不说。
- **埃迪·汉德**（Eddy Hand）：金梅尔的“伙伴”，也是出资人之一。

车后备厢里，**一万美元的现金**——大部分是百元面值，捆成 100 捆。

按 2026 年的购买力换算，这一万美元相当于今天的**约 11 万美元**。

三个人走进赌场。索普坐到 21 点桌前。金梅尔和汉德分开站在他身后两侧——既是赌客的姿态，也是保镖的姿态。

72 小时之后，他们走出赌场。**净赢 11000 美元**——也就是说，本金翻了一倍多。

按 2026 年购买力，相当于**72 小时净赚 12 万美元**。

但更重要的不是这个数字。更重要的是——

这是人类历史上第一次有人用数学打败了商业赌场。

4.2 索普是谁

要讲清楚这件事的分量，我们必须先讲清楚索普是谁——以及他是怎么走到 21 点这一步的。

爱德华·索普 1932 年生于美国芝加哥。父亲是一战老兵，做过仓库管理。家里很穷。索普小时候唯一的玩具是图书馆——他到 16 岁已经把镇上图书馆的数学和物理书读完了。

他 21 岁本科毕业于 UCLA（加州大学洛杉矶分校），24 岁拿到 UCLA 的数学博士学位，研究方向是泛函分析。

1959 年，他来到 MIT 做数学讲师。

那一年他 26 岁。

很多人觉得索普是个赌徒。其实**他根本不是赌徒**——他不喜欢赌博带来的刺激感，他甚至不喜欢去赌场。他做 21 点研究，纯粹是因为他觉得“赌场不可战胜”这个说法是**不对的**——任何宣称“不可能”的事，对一个数学家来说都是挑战。

他在 UCLA 读博的最后一年，听说有一篇 1956 年的论文，叫 *Optimal Strategy for Blackjack*，作者是 Roger Baldwin 等四位研究者。这篇论文用手摇计算机（在 IBM 还没普及的年代）算出了 21 点的“基本策略”——告诉你每一手该叫牌、停牌、加倍、还是分牌。

Baldwin 的工作证明了：**用基本策略玩 21 点，庄家优势只有约 0.5%**——非常接近平局，但仍然是庄家略胜。

索普看到这篇论文，第一反应是：“**这帮人没算到关键的一点——剩余牌堆的成分。**”

21 点的关键在于：

- 如果剩下的牌里，**大牌（10、J、Q、K、A）占比高**，玩家占优。因为庄家更容易爆掉，玩家更容易拿到 21 点。
- 如果剩下的牌里，**小牌（2-6）占比高**，庄家占优。

每发一张牌，剩余牌堆的成分就改变一次。所以**理论上，玩家可以根据“剩余牌堆”来动态调整策略和下注。**

这就是后来著名的“**计点法**”（card counting）。

4.3 计点法是怎么发明的

索普知道这个想法，但要把它**算出来**——给出一套实战可用的体系——需要的算力远超手摇计算机。

幸运的是，1959 年 MIT 有一台 **IBM 704**——当时世界上最先进的科学计算机之一。

索普不会编程。但 IBM 704 那时候已经有一种新的语言可以用，叫 FORTRAN（“公式翻译”的缩写，1957 年 IBM 发明）。索普自学了几周 FORTRAN，写了几百行代码，让 IBM 704 模拟了几百万局 21 点，计算了每一种“剩余牌成分”下的玩家最优策略和真实胜率。

跑了几天几夜后，结果出来了：

当大牌比例足够高时，玩家的优势可以超过 1%。

1% 听起来不多。但这是赌场允许玩家的最大允许优势的极限——任何高于 1% 的优势都意味着赌场必败。如果你能在玩家占优时下大注、在庄家占优时下小注，你长期一定会赢。

但怎么知道剩余牌堆的成分？数 52 张牌？数 6 副牌共 312 张？人脑做不到。

索普想出了一个聪明的简化——“五法”（Five-Count System）：

只数还剩多少张 5。如果 5 都打完了，玩家明显占优。

后来他又改进为更通用的“Ten-Count”——数 10 / J / Q / K 的剩余比例。

再后来（1963 年），他和工程师哈维·杜伯尼（Harvey Dubner）合作，发明了今天最有名的“Hi-Lo”计点法：

- 2-6 计 +1（小牌）
- 7-9 计 0（中性牌）
- 10-A 计 -1（大牌）

你的“运行计数”（running count）就是你看过的每张牌的计点之和。计数越高，剩余牌堆里的大牌越多，玩家越占优。

这套体系任何一个普通人经过几个月练习都能在赌桌上实时使用——而且精度足以打败赌场。

4.4 但是计点告诉你“有多少优势”，下多大注呢？

索普 1960 年发表了那篇被香农推荐的 NAS 论文 *Fortune's Formula: A Winning Strategy for Twenty-One*——题目里“Fortune's Formula”（“财富公式”）这个说法，正是从凯利公式来的。

但这篇 NAS 论文还没有真正用上凯利公式。它讲的是如何获得 edge，没讲如何在每一手上分配本金。

正是在这个空白上，香农 1960 年 11 月把那沓凯利论文递给了他。

索普读懂之后的逻辑链是这样的：

1. 计点法告诉我，在某一时刻，我的胜率是多少（比如 51%、52%、53%）。
2. 每一手的赔率大约是 1:1（接近）。
3. 代入凯利公式 $f^* = (bp - q)/b$ ：

真实计数 TC	玩家优势	凯利下注比例 f^*
0（中性）	-0.5%（庄家占优）	不下注
+1	0%	不下注
+2	+0.5%	约 0.4%
+3	+1.0%	约 0.8%
+4	+1.5%	约 1.2%
+5	+2.0%	约 1.5%

（这里用了一个近似公式 $f^* \approx \text{Edge} / \text{Variance}$ ，因为 21 点的回报不是简单二元——有平局、有黑杰克 1.5 倍赔付、有加倍、有分牌。）

凯利公式给了索普一个完整的下注体系：

- 计点 $\leq +1$ ：下**最小注**（既保护资金，又伪装行为不让赌场起疑）
- 计点越高，下注越大
- 单笔上限：**总资本的 1%**（远低于凯利公式建议——因为索普一开始就用“半凯利”或更低）

这套体系合起来，叫“**Thorp 系统**”，是 21 点赌博史上的一个分水岭。

4.5 找钱

理论有了。下一步是找一万美元做本金——按 1961 年的物价，那是一笔不小的钱。

索普是个 MIT 讲师，年薪也就 9000 多美元。他自己拿不出这一万。

他需要金主。

机会来了。1960 年圣诞前后，索普在 NAS 论文发表后接受了几次媒体采访。《**华盛顿邮报**》《**时代周刊**》都报道了他——“MIT 数学家：我用数学打败了 21 点”。

报道见报第二天，索普家里的电话就被打爆了。每天几十个电话——有人想跟他学计点的、有人想给他寄钱让他帮忙赌的、有人想给他出书机会的——其中也有一些不寻常的电话。

有一天，电话那头是个粗哑、慢吞吞的男人嗓音：

“索普教授，我读了你的论文。我有钱。你想不想去试试？”

那人就是**曼尼·金梅尔**。

4.6 金梅尔这个人

曼尼·金梅尔——这个名字今天的金融人可能没听过，但他**做过的事**，可以单独写一本书。

他 1900 年代初出生于新泽西州，在大萧条前积累了第一桶金——通过私酒贩、地下彩票、酒吧。**美国禁酒令时期**（1920-1933），他和黑帮（包括“幸运”卢西亚诺的纽约犯罪家族）有过密切的生意往来。

禁酒令结束后，他洗了白——把生意转向**停车场连锁**（Kinney Parking System）。这家公司后来在 1960 年代被收购，变成了今天的 Kinney National Company。Kinney 又收购了一家叫**华纳兄弟唱片**的公司，最后演变成了今天的**华纳传媒**（Warner Bros. Discovery）的前身。

但金梅尔从来没洗清“灰色背景”。他始终活在一个**界限模糊**的世界里——一只脚踩在合法生意上，另一只脚还沾着旧时代的尘土。

1961 年他 60 多岁，喜欢的事情之一就是**赌博**。他在赌场扔过几百万美元，赢过、输过。他比谁都清楚：**赌场不可战胜**。

直到他看到索普的论文。

他在电话里告诉索普：“我出 10000 美元做本金。**我们四六分**——我四，你六。你专心打牌，我负责……其他事。”

索普犹豫了很久。他知道金梅尔的背景——他不喜欢和这种人打交道。但他需要这笔钱。

更重要的是——**他真的想知道，他的理论在赌场里能不能成立**。

他答应了。

4.7 那 72 小时

1961 年某个周末，索普、金梅尔、汉德三人飞到里诺。

第一夜，他们去了 **Harold's Club**——里诺最大的赌场之一。

索普坐到 21 点桌前。他的样子完全不像专业赌客——他穿着 MIT 教授的西装，戴着眼镜，看起来紧张又拘谨。开始几手，他下**最小注 1 美元**。

他在心里数 Hi-Lo 计数。

慢慢地，计数升上去了。+3、+4、+5。他把**注从 1 美元加到 100 美元**——单笔涨了 100 倍。

金梅尔在他身后看得直冒冷汗。

那一桌，索普赢了几千美元。

第二夜，**Cal-Neva Lodge**（位于太浩湖边，加州和内华达州的边界，弗兰克·辛纳屈和肯尼迪家族都在这里玩过）。

第三夜，**金沙赌场**。

三天三夜下来，三个人 1.1 万美元本金变成 2.1 万美元。**净赚 1.1 万**——按 2026 年购买力计算，是 **12 万美元**。

4.8 赌场的反应

但更戏剧性的是——**赌场开始反应了**。

第二夜在 Cal-Neva，发牌员开始**频繁洗牌**——每发了两手就洗一次。这破坏了“剩余牌堆稳定”的前提，让计点法失效。

索普知道这是赌场在“反制”——他们注意到了**一个穿西装的怪人在赢钱**。

第三夜在金沙，**鸡尾酒服务员**给索普端来了一杯威士忌——索普没要过。他喝了一口，**头开始晕**。

他怀疑——可能是真的——**威士忌里被下了药**。

索普借口去洗手间，把那杯酒倒掉了。他换了一桌，继续打。

但赌场的脸色已经变了。

第四天早上，金梅尔说：“我们走吧。这帮人会做更过分的事。”

三个人开车离开里诺，1.1 万美元装在金梅尔的西装内袋里。回到内布拉斯加的途中，他们在一个加油站停下。金梅尔抽完一根雪茄，对索普说：

“教授，你做到了。这是真的。我赌了一辈子，没见过这种事。”

索普后来在自传 *A Man for All Markets* (2017) 里写道：那一刻，他**第一次完全相信了凯利公式**——不是因为公式有多漂亮，而是因为**它在赌场里真的赢了钱**。

4.9 《Beat the Dealer》出版

1962 年，索普把这套体系——计点法 + 凯利下注——写成了一本书，叫《**Beat the Dealer: A Winning Strategy for the Game of Twenty-One**》（打败庄家：21 点的必胜策略）。

兰登书屋（Random House）出版。

第一周卖了 5000 本。第一个月卖了 5 万本。第一年卖了 **20 万本**。

这是赌博史上**第一本畅销书**。它造成了三个连锁反应：

第一：成千上万的普通人买了这本书，跑去拉斯维加斯按计点法实战。大多数人执行得很糟糕——计点是个体力活，几小时下来注意力崩溃。但**少数人成功了**——比如后来的 MIT 21 点团队（你今天看的电影《决胜 21 点》就是改编自他们的故事）。

第二：赌场被迫改革。

- 1965 年开始，多数赌场把单副牌改为**多副牌**（4 副、6 副、8 副），让计点更难。
- 1970 年代开始普及“**洗牌机**”，让每一手都从全新牌堆开始，计点失效。
- 赌场建立了“**黑名单**”——计点者的照片被传遍全美，被查出的玩家终身禁入。
- 部分赌场用“**reshuffle at any time**”规则——发牌员可以随时洗牌，破坏计点。

第三：凯利公式从此有了名字。在 1966 年的修订版里，索普正式把它命名为“**the Kelly Criterion**”——这个术语从此固定下来。

4.10 索普为什么离开赌场

索普打了几年 21 点之后，**主动退出了**。

不是因为输不起。也不是因为被赌场封杀（他后来还是能进去玩——只要他换张脸、戴假胡子、换名字订房）。

而是因为他意识到了一件事：

21 点能赢的钱有上限。

赌场单局上限通常 500 美元、最多 1000 美元。一个人一晚上能玩 100 局。就算计点完美，每小时期望盈利也就 50-100 美元。一年下来——几万美元——他做 MIT 教授一年也能赚这个数。

但金融市场没有上限。

如果同样的“凯利精神”——找出 edge、合理下注、长期复利——可以用在股票市场上，那一年赚的可能是几十万、几百万。

1962 年，索普离开 MIT，去了**新墨西哥州立大学**做副教授。1965 年又去**加州大学欧文分校**（UC Irvine）做正教授。从那时起，他**白天教数学，晚上研究金融**。

他研究的是什么？**期权**。

那是 1965 年——还没有人发表过期权定价公式。Black-Scholes 公式要到 1973 年才发表。

但索普——和他在新墨西哥州的同事 Sheen Kassouf——在 1967 年就用纯粹的对冲推理，独立猜出了与 Black-Scholes 几乎完全等价的期权定价公式。

他们把这本书叫做《**Beat the Market**》（打败市场）。

1969 年，索普和一位华尔街证券经纪人 Jay Regan 合作，开了一家小型对冲基金。

那家基金最初叫 **Convertible Hedge Associates**。1974 年改名为——

Princeton-Newport Partners。

这家基金接下来 19 年的故事，是凯利公式在华尔街的第一次正式登场。

我们下一章见。

本章小结：索普在 21 点上证明了什么

第一：理论可以在真实世界里成立。凯利公式不是黑板上的玩具——它在拉斯维加斯真的能赢钱。

第二：凯利公式的正确用法是**保守的**。即使索普能算出来凯利建议下注 1.5%，他实战里也用了远小于这个数字——单笔不超过总资本 1%。这是后来“分数凯利”思想的种子。

第三：商业赌场不是不可战胜的。但战胜赌场的代价是**被赌场反制**——洗牌、黑名单、酒里下药。这个故事告诉我们：**任何 edge 都是暂时的，市场（或赌场）会反应**。这条规律在 70 年后的量化对冲基金里仍然适用。

第四：21 点的盈利上限太低。索普看清了这一点，把目光转向了**股票市场**——一个上限远高、但 edge 远难找的世界。

下一章，我们要看的，就是他在那个世界里的第一次出手。

第 5 章 | 华尔街最安静的十九年

5.1 一段无人关注的奇迹

如果你打开美国对冲基金的历史，搜索“**史上最稳定的对冲基金**”，绝大多数答案会给你两个名字：

- **Renaissance Technologies’ Medallion Fund**（文艺复兴科技的奖章基金，由 James Simons 创立，1988-至今）
- **Princeton-Newport Partners**（普林斯顿-纽波特合伙基金，由 Edward Thorp 创立，1969-1988）

Medallion 基金更出名——它在三十多年里年化净收益**超过 40%**，被誉为“史上最伟大的对冲基金”。

但 **Princeton-Newport Partners**（以下简称 PNP）——在它存在的整整 19 年里——做到了一件比 Medallion 更“安静”也更难复制的事：

没有一个亏损季度。

不是没有一个亏损年——是**没有一个亏损季度**。19 年 × 4 季度 = **76 个季度**，全部正收益。

按公开数据：

- **毛年化收益率约 19.1%**
- **扣除所有费用后的净年化约 15.1%**

- 同期 S&P 500 净年化约 10%
- 同期波动率仅为 S&P 500 的 1/3

但更震撼的是它在**危机时期**的表现：

- **1973-74 年熊市**：S&P 500 两年跌掉 41%。PNP 这两年**仍然上涨**——分别上涨 6.5% 和 9%。
- **1987 年 10 月黑色星期一**：S&P 单日跌 22%，是大萧条以来最惨一天。PNP 那个**月基本持平**。

19 年，76 个季度，**全部赢**。

这不是市场上常见的“运气”。这是**凯利公式第一次在华尔街的正式登场**。

5.2 索普 + Regan：一个奇怪的组合

PNP 的故事，得从两个人的相遇说起。

1969 年。加州。

爱德华·索普——你已经在第 4 章认识他了——这时 37 岁，UC Irvine 的数学系正教授。1967 年的《Beat the Market》出版后，他的名字在华尔街的圈子里传开了。一些“识货”的人意识到，这本书里的对冲套利方法——**远早于 Black-Scholes 公式**——已经能在实战中盈利。

杰伊·里根（Jay Regan）——一个 27 岁的费城证券经纪人，达特茅斯学院本科毕业，在华尔街做了几年股票经纪。他读了《Beat the Market》，**飞到加州找索普**。

他对索普说：“你的理论我研究过了，能赚钱。但你不懂华尔街——你不知道怎么找客户、怎么和券商讨价还价、怎么避税、怎么处理监管。**我懂这些。我们合伙吧。**”

索普犹豫了。他不喜欢华尔街，不喜欢离开加州。

里根说：“**你不用搬家。你在加州做研究、做交易、做风控。我在新泽西普林斯顿做客户、做执行。我们用电话和电报联系。**”

——这是 1969 年。没有互联网，没有电邮，连传真都还不普及。两个人用**电话和电传机**协调一只对冲基金，一个在加州、一个在新泽西。

但他们做到了。

1969 年 11 月，Convertible Hedge Associates（可转债套利合伙）成立。索普做投资决策，里根做客户与执行。

1974 年改名为 Princeton-Newport Partners——“Princeton”指里根在新泽西普林斯顿的办公室，“Newport”指索普在加州 Newport Beach（新港滩）的办公室。

两地办公。Western 时区和 Eastern 时区合作。

凯利公式在华尔街的第一次实战，就这么开始了。

5.3 PNP 的核心策略：可转债套利

PNP 做的事情，听起来比 21 点复杂——但本质上就是 21 点的金融版：

寻找有正期望的对冲交易，然后用凯利公式分配资金。

PNP 最赚钱的策略叫“可转债套利”（convertible bond arbitrage）。简单来说：

- **可转债**是一种特殊债券。它给你利息（像普通债券），但你可以选择把它换成股票（像期权）。
- 因此**可转债的价格 = 普通债券价值 + 期权价值**。
- 如果市场对可转债的定价**低于**这两部分之和——你就可以**做多可转债、做空相应股票**，锁定无风险利润。

这个策略的关键是**算清楚那个“期权价值”**。索普在 1967 年就独立算出了类似 Black-Scholes 的定价公式——所以他知道哪些可转债被低估了。

每一笔交易，**单笔的期望盈利可能只有 1-2%，但风险也很小**——因为股票方向已经对冲掉了。这正是凯利公式喜欢的场景：**小 edge、低风险、可以高频重复**。

PNP 每天做几十甚至几百笔这样的小交易。每一笔单独看没什么，但加起来——长期年化 19%。

5.4 PNP 用了“半凯利”

PNP 的运营有一条**铁律**：

任何单一头寸不超过总资本的 2%。

为什么是 2%？因为索普计算过：

- 即使他的某笔交易 **100% 看错方向**（最糟糕情况），最多损失 2%
- 100 笔交易就算有 10 笔完全错，最多损失 20%——远低于致命水平
- 而 100 笔交易里如果有 90 笔小赢——大数定律会保证组合盈利

更深层地说，2% 上限是对凯利公式的折扣。

理论上，许多 PNP 的可转债套利交易，**满凯利会建议下注 5%-10% 的资本**。但索普故意把这个数字砍到原本的 **1/3-1/5**——也就是用“**1/4 到 1/2 凯利**”。

为什么这样砍？理由有三个：

第一：参数估计误差。任何对“期权价值”的估算，都有 $\pm 10\%$ 的误差。这个误差代入凯利公式，会让“满凯利”实际变成“超凯利”——长期反而亏损。**砍一半的凯利能完全吸收 10-20% 的估计误差。**

第二：流动性风险。可转债市场流动性比股票差。一旦危机来临，你想出场，可能根本卖不掉。**砍仓位等于给自己留出“扛过去”的余地。**

第三：心理风险。即使你的数学是对的，连续亏几笔之后，你的心理会崩溃——你会割肉离场、错过反弹。**砍仓位等于给心理留出余地。**

后来这三条理由——估计误差、流动性、心理——成为**所有专业凯利使用者的共同认知**。我们在第 9 章看赛马场的 Bill Benter、在第 13 章看 AI 时代的凯利系统，都会一遍遍看到这三条。

5.5 一段被遗忘的细节：索普 vs Black-Scholes

写到这里我想插一段。

1973 年，Fischer Black 和 Myron Scholes 在《Journal of Political Economy》发表了那篇著名的论文 *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*——这就是**布莱克-斯科尔斯期权定价公式**的来源。它在 1997 年帮 Scholes 拿到了诺贝尔经济学奖（Black 1995 年已经去世，按规则不能追授）。

这条公式被誉为“**20 世纪金融最重要的公式**”，是衍生品定价的基石。

但是——

索普早在 1967 年就独立猜出了几乎完全等价的公式。

他在《Beat the Market》第 6 章里，用一种叫“delta hedging”（德尔塔对冲）的纯几何推理，写出了一个月权价值的近似公式。这个公式的结构和 Black-Scholes 1973 年的公式几乎一致——只差一些边界条件的处理。

索普为什么没发表他的“完整版”？两个原因：

第一：他不想公布。他正在**实战使用**这个公式赚钱（PNP 1969 年成立后）。他公布了，就没钱赚了。

第二：他不是数学经济学家。他做的是**实用推导**——能用就行，不追求严格的连续时间随机过程证明。Black-Scholes 用了完整的伊藤微积分、偏微分方程——这是**学术上更严格的证明**。

所以诺贝尔奖归了 Scholes 和 Merton。索普**心安理得地继续在加州赚钱**。

后来在 2017 年的自传里，索普谦虚地说：“Black-Scholes 1973 年的公式比我 1967 年的版本**严格得多、漂亮得多**。我心服口服。但当年，先用它赚钱的人是我。”

这是凯利公式的一个深层精神：**赚钱不需要诺贝尔奖。需要的是诚实地算清楚 edge、合理地分配仓位、长期重复执行。**

5.6 1987 年黑色星期一：凯利公式经受考验

1987 年 10 月 19 日。星期一。

道琼斯指数**单日下跌 22.6%**。这是美国股市自 1929 年大萧条以来最惨的一天。**所有人都在流血**。

许多对冲基金——尤其是用了杠杆的——在那一天**蒸发了 30%、40%、甚至 50% 的资本**。其中一些再也没有恢复。

PNP 那天怎么样？

那一天 PNP **有少量亏损**——但**当月整体基本持平**。

为什么？

第一：PNP 的策略是市场中性——做多被低估的可转债、做空对应股票。市场跌 22%，**两边都跌**——但 PNP 的“价差头寸”基本不动。

第二：PNP 的仓位是分散的——几百上千个小型对冲头寸。**任何单一头寸不超过 2%**。即使某些头寸出问题，组合整体不会有重大损失。

第三：PNP 的杠杆是有节制的——遵循凯利公式的折扣版本。它的“账面总敞口”可能是资本的 5-8 倍（典型对冲基金水平），但**净敞口——也就是真正面对市场波动的部分——非常低。**

10 月 19 日那天，**LTCM 还没成立**（要到 1994 年）——后面我们会看到，LTCM 用了 25-30 倍杠杆，在 1998 年彻底崩盘。

PNP 用了凯利公式的折扣版。LTCM 没有。

这两者的区别，是 PNP 活到 1988 年、LTCM 三个月就死的根本原因。

5.7 19 年的结局：被警察撞破的传奇

PNP 没有死于市场。

它死于一次**司法事件**。

1987 年 12 月——黑色星期一两个月后——**FBI 突袭了 PNP 在普林斯顿的办公室。**

事情的起因是：里根那一边的办公室和 Drexel Burnham Lambert（德崇证券——华尔街当时最具争议的投行，米尔肯所在的公司）有大量交易往来。FBI 在调查 Drexel 的“垃圾债券”insider trading 案件时，**顺藤摸瓜怀疑 PNP 涉及一种叫“stock parking”（“借名持股”）的违规——通过虚假交易帮助 Drexel 客户避税。**

索普——加州那一边——**完全不知道这些事**。他白天教数学，晚上做可转债套利。Princeton 那一边发生的事，他只通过电话听到只言片语。

经过一年的调查与司法程序，PNP 被指控了一些违规行为（多数是行政性的、不涉及暴力或重大欺诈）。1988 年底，**索普决定关掉 PNP——他不愿意承担这些行政官司的代价。**

1988 年 12 月，PNP 正式清盘。

19 年。**76 个连续正季度**。从来没有亏过一个季度。

最后是被警察撞破的。

5.8 索普的第二春：Ridgeline Partners

但故事不止于此。

索普 1988 年 56 岁。他休息了 5 年——回到加州，写论文，做一些咨询工作，做了一阵子退休生活。

1994 年，他重新开了一只对冲基金，叫 Ridgeline Partners（山脊合伙）。这次没有里根——索普一个人主导。

Ridgeline 的策略主要是统计套利（statistical arbitrage）——索普在 PNP 末期就已经开发出来的一种方法。它和文艺复兴的 Medallion 是同一类策略，只是规模小、隐蔽。

Ridgeline 1994-2002 年的净年化收益约 21%。Sharpe 比率 1.88——这是世界级的水平。

2002 年，索普主动关停了 Ridgeline——他说，“市场拥挤了，edge 在消失”。他没有等到 edge 消失才关——他在 edge 还在的时候就关了。

这又是一种凯利精神——当你知道你的 edge 不再可靠时，立刻停止。

索普这一辈子，总共管理过两只对冲基金，加起来 28 年，没有一年亏损。

按今天的标准，他的个人净资产估计 8 亿美元左右。但他的影响力远超过这个数字——他直接或间接训练了下一代的量化投资者，包括 Renaissance 的早期员工、AQR 的创始人 Cliff Asness、Citadel 的部分团队。

更重要的是——他让凯利公式在华尔街有了证据。在他之前，凯利公式只是个学术理论。在他之后，凯利公式成为了对冲基金风控的标配工具。

5.9 索普晚年的劝告

2017 年，索普 85 岁，出版了自传 *A Man for All Markets*（《赌神数学家的全息思考术》）。这本书里他写了一段对普通投资者的劝告。

我把它原原本本翻译过来：

“我经常被问：‘我应该用凯利公式吗？’

我的回答是：应该，但用‘半凯利’或更低。

因为你不知道自己的胜率。你以为自己的胜率是 55%——可能其实是 50%。你以为是 60%——可能其实是 53%。所有人都高估自己的胜率，包括我自己。

半凯利能让你在估计偏差下仍然安全。满凯利只对完美的预言家是最优的——但完美的预言家不存在。

我一辈子做投资，没有一笔重大交易用过满凯利。我活到了 85 岁，账户也活到了 85 岁。两者是同一件事。”

本章小结：PNP 留下了什么

第一：凯利公式可以在华尔街实战使用——只要你做的是对冲交易（市场中性、可重复、edge 可量化）。

第二：实战中永远不要用满凯利——用 1/4 到 1/2 凯利。这条规则不是保守，是对自己估计能力的诚实。

第三：单笔头寸永远不要超过资本的 2%。这是 21 点带到华尔街的一条铁律——Bill Gross 在债券市场把这条规则用到了 2 万亿美元的规模（下一章）。

第四：当 edge 消失时，立刻停止。Ridgeline 2002 年主动关停就是这个原则。比 edge 消失之前停，比 edge 消失之后才停更好。

下一章，我们要看一位和索普完全不同的人——他没读过 NAS 论文，没在 MIT 教过书，没和香农聊过天。他是一个杜克大学心理学本科生，1966 年大学毕业前夕，因为读了《Beat the Dealer》，去拉斯维加斯打了 4 个月 21 点，把 200 美元变成了 1 万美元。

然后他用这段经历，去管了 2 亿美元的债券。

他叫 Bill Gross。

第 6 章 | 从二百美元到债券之王

6.1 一个杜克大学心理学生的车祸

1966 年春天。北卡罗来纳州杜罕市。杜克大学校园。

一位 22 岁的大四学生，开着一辆破旧的福特车，从校园外的某条公路开回宿舍。

他叫 William Hunt Gross——朋友叫他比尔。他是心理学专业，准备毕业，没有特别的人生规划。家境一般，没有富爸爸，没有伸出援手的关系网。

那天晚上，他的车冲出公路，翻了。

比尔被甩出车外。头骨破裂，颅内出血。他在医院里躺了几个月——前 6 个星期甚至无法说话、无法读字。医生告诉他的父母：他能活下来已经是奇迹，能恢复到接近正常人是更大的奇迹。

——奇迹真的发生了。比尔慢慢恢复了。

但有一件事永远改变了：

他不再相信“按部就班的人生”了。

他差点死了。死亡近距离地看过他一眼。从那一刻起，他想做一些**会让他兴奋的事情**——而“按学校老师指的路上研究生院、找份心理咨询的稳定工作”——**不是其中之一。**

他做的第一件**让他兴奋的事**，就是这本书：

《Beat the Dealer》by Edward O. Thorp.

在病床上，他读到了这本书。

6.2 200 美元的拉斯维加斯实验

1966 年夏天。比尔大学毕业。

他做了一个决定：**用 200 美元做本金，去拉斯维加斯打 21 点，看看索普的体系是不是真的。**

200 美元，按 1966 年的购买力，相当于今天的 1800 美元——一笔不大但也不小的钱。对一个刚毕业、没有收入的年轻人来说，这几乎是**他的全部积蓄**。

他没告诉父母。他买了一张去拉斯维加斯的廉价机票，住进市中心一家 8 美元一晚的破旅馆。

接下来 4 个月，他做了一件让人难以想象的事——

他每天打 16 小时 21 点。

早上 8 点到中午 12 点。下午 2 点到晚上 8 点。晚上 10 点到凌晨 2 点。每天 16 小时，**4 个月不间断。**

他用的就是索普书里教的“**计点法 + 凯利分数下注**”——这条直接从凯利-索普谱系传承下来的方法。

4 个月之后，他的 200 美元变成了 10000 美元——增长 50 倍。

按今天的物价，10000 美元相当于约 9 万美元。一个 22 岁的失业青年，4 个月赚了 9 万美元。

这件事改变了他的整个人生。

不是因为这 1 万美元——这点钱在他后来的人生面前不算什么。而是因为他亲身验证了一个原则：

如果你有一个真正的 edge（不管多小），并且严格按合理比例下注，长期下来会积累成巨大的财富。

这个原则——加上车祸教他的“**生命短暂，要做让自己兴奋的事**”——构成了他后来一生的两条北极星。

6.3 从 21 点到债券交易桌

赌赢之后，**比尔短暂在海军服役了一段（越战期间），随后飞到西海岸，进入 UCLA 的安德森商学院读 MBA。**

为什么是 UCLA？因为他用赌赢的钱付了一部分学费——加州的州立大学相对便宜，而且**他不想离纽约和华尔街太近**——他想用自己的方式找到投资这件事。

1971 年 MBA 毕业，他加入了一家叫 **Pacific Mutual Life Insurance**（太平洋人寿保险）的保险公司，在它的债券投资部门工作。

那时候债券投资还是一个**死气沉沉的行业**。债券经理们的工作就是“买入并持有”——买一些高评级公司债、政府债，每年收利息，到期还本，**不主动交易**。整个行业都是**老人在管钱**——平均年龄 50+。

比尔到那里第一天，他的老板告诉他：

“小伙子，债券就是这样——你买、你拿、你收息。**没什么花样可玩。**”

比尔不同意。

他的脑子里全是 21 点——**每一手都要思考、每一手都要调整、每一手都要根据“剩余牌堆”动态决策**。如果债券市场也能像 21 点那样**动态交易**——根据利率变化、信用利差、流动性差异**动态调整持仓**——会怎么样？

他开始**主动交易债券**——别人都不交易的时候，他买卖。他寻找**被市场误定价的债券**——就像 21 点里寻找“剩余大牌多”的时刻。

他用了什么仓位规则？**21 点教他的同一条规则：**

任何单一头寸不超过总资本的 2%。

这条规则后来成为他一辈子的**金融铁律**。

6.4 PIMCO 的诞生

1971 年——比尔加入太平洋人寿那一年——**Pacific Investment Management Company** 成立了。这是太平洋人寿专门用来管理债券的子公司，简称 **PIMCO**。

比尔是 PIMCO 的**第一批员工**，也是**实际的债券投资负责人**。

那时候 PIMCO 管的钱很少——刚成立时只有几百万美元，主要是太平洋人寿的内部资金。

但比尔的策略不一样。他**主动管理**债券，用“21 点的纪律”做风控：

- **单一发行人不超过总资产的 2%**（这条规则后来扩展为“单一信用主体不超过 2%”）
- **总杠杆不超过 1.5 倍**（远低于业界常见的 5-10 倍）
- **每一笔交易都先算“如果完全错会怎样”**（这是 21 点里的“Gambler's Ruin”概念——你不能允许任何单笔交易让你破产）

他**主动交易**——根据利率预期、信用利差、收益率曲线形态、债券到期分布**不断调整组合**。

10 年后，PIMCO 的管理规模从几百万变成了**几十亿美元**。20 年后（1991 年），PIMCO 管理着 **600 亿美元**。30 年后（2001 年），PIMCO 管理着 **2500 亿美元**。35 年后（2006 年），PIMCO 管理着 **6680 亿美元**。40 年后（2010 年），PIMCO 管理着 **超过 1 万亿美元**。44 年后（2014 年）——比尔即将离开的那一年——PIMCO 管理着 **2 万亿美元**——**全球最大的债券基金管理公司**。

比尔被《金融时报》、《巴伦周刊》、《华尔街日报》多次评为“**史上最伟大的债券投资人**”。

他自己得了个绰号——“**债券之王**”（the Bond King）。

6.5 PIMCO Total Return Fund 的奇迹

PIMCO 旗下最有名的产品叫 PIMCO Total Return Fund——简称 PTTRX。

这只基金从 1987 年成立到 2014 年比尔离开，长期跑赢巴克莱总债券指数（Barclays Aggregate Bond Index）约 150-200 个基点（每年 1.5%-2.0%）。

听起来不多？

但它管理 2000 亿美元。 $1.5\% \times 2000 \text{ 亿} = 30 \text{ 亿美元}$ ——这是 PIMCO Total Return Fund 每年通过主动管理为客户多创造的财富。累计 27 年，超过 800 亿美元。

这只基金成为美国家庭最常持有的债券基金之一——从中产阶级的退休账户到大学捐赠基金、从地方政府养老金到企业现金管理，几乎所有美国人都直接或间接持有 PIMCO 的债券。

而所有这些奇迹的底层——比尔无数次在采访里说——是 21 点教他的那条规则：

永远不要让任何单笔下注超过资本的 2%。

6.6 比尔的“2% 规则”为什么是凯利公式的精髓

很多人——包括许多债券从业者——以为比尔的“2% 规则”是经验主义。比尔自己经常这么说：“我从 21 点学来的”。

但这条规则的数学根源，正是凯利公式。

让我们看看：

债券投资中，单一发行人的“违约风险”通常远低于股票。投资级公司债年违约率约 0.1-0.5%。也就是说，单笔投资亏损的概率非常低，但一旦发生，亏损幅度可能很大（违约后回收率约 40-60%）。

代入一个简化的凯利公式：

- 胜率 $p = 99.5\%$ （不违约）
- 败率 $q = 0.5\%$
- 赢的话赚 5%（利率溢价）
- 输的话亏 50%（违约后回收 50% 本金）

按凯利公式的连续版本——理论最优持仓比例会算出非常高（数学上的最优解，在“参数完美准确”的假设下，可能超过 50% 甚至更高）。

但这就是问题的关键——这个“完美准确”的假设在债券投资中几乎从不成立。

但是——

比尔知道两件事：

第一：他对单一发行人的违约概率估计有误差。99.5% 可能其实是 98%。在凯利公式里，这种 1.5 个百分点的偏差，会让“数学最优”变成“实际亏损”——任何过度自信都会被几何复利无情放大。

第二：他管理的是别人的钱——养老金、退休账户。如果某只债券真的违约，他不能让客户面对“单只债券拖垮组合”的局面。客户会赎回，基金会清盘——这是机构投资者最大的死亡方式。

第三：债券市场的“尾部风险”远比表面数据看起来肥——一旦经济衰退或行业冲击，违约率会集群爆发（2008 年次贷危机就是经典案例）。1990 年代教科书里的“违约概率”在 2008 年完全失效。

所以他对凯利公式做了非常激进的折扣——把数学上的“理论最优”砍成 2% 的“实战上限”。

2% 相当于“很小的凯利分数”——非常保守，但足以让他在 44 年里穿过所有危机活下来。

这就是凯利公式在债券市场的最高级用法——不是把它当成“应该下多少”的指令，而是把它当成“不能下超过多少”的红线。

6.7 一些数字带来的震撼

让我们看几组数字，体会一下“2% 规则 + 长期复利”的威力：

PIMCO Total Return Fund 业绩（1987-2014）： - 累计净收益约 2200%（接近 23 倍） - 期间没有一年净值下跌超过 5% - 期间没有一只单一债券导致基金日跌幅超过 0.5%

比尔本人的财富： - 2014 年离开 PIMCO 时个人净资产估计约 23 亿美元 - 他捐出了其中约 8 亿美元——主要给医疗研究和慈善

PIMCO 客户的成果： - 数千万美国家庭通过 PIMCO 持有债券 - 27 年里，PIMCO Total Return Fund 没有任何一年让客户总体亏损超过 5% - 这是比 90% 的美国股票基金更稳定的财富工具

——所有这些，都建立在“2% 规则”上。

而这条 2% 规则，直接来自一个 22 岁失业青年在拉斯维加斯打了 4 个月 21 点的经验。

6.8 一个反面教训：当比尔放弃了 PIMCO

故事必须有个反面教训。

2014 年 9 月，比尔离开了 PIMCO——这是个戏剧性的退出，有内部权力斗争的复杂原因，外界一直没有完全搞清楚。

他加入了一家叫 Janus Capital 的较小型基金公司，启动了一只新基金叫 Janus Henderson Global Unconstrained Bond Fund——这个“Unconstrained”（无约束）的名字本身就预示了什么。

“无约束”是什么意思？意思是**这只基金不受常见的债券投资限制——可以集中下注、可以用高杠杆、可以做利率方向的赌注——不像 PIMCO Total Return Fund 那样必须分散、必须低杠杆、必须避免方向性押注。**

简单说：比尔**放弃了 2% 规则。**

他开始**做方向押注——他相信欧债收益率会上升（因此做空德国国债）、美国通胀会重启（因此做空美国国债）。**

这些押注**方向上未必是错的——但仓位太集中。他把 2% 规则改成了单笔 10%、甚至 20% 的押注。**

结果：

- 2015-2018 年期间，他**做空德债——但德债收益率继续下跌（甚至跌成负利率）。他在德债空头上累计亏损数亿美元。**
- 他**做空美债——但美债收益率因 2019 年降息潮继续下跌。又亏损数亿美元。**

Janus Unconstrained Bond Fund 在比尔管理的几年里，**净收益率显著低于同类基金、远低于比尔在 PIMCO 时期的标准。**

2019 年 2 月，**比尔宣布从 Janus 退休——比他在 PIMCO 时期的离职更加狼狈。**

这件事的教训非常重要：

凯利公式的纪律是“技能”。一旦你放弃了纪律，你的技能也跟着瓦解。

比尔在 PIMCO 时期的成功，70% 来自纪律（2% 规则、分散持仓、保守杠杆），30% 来自判断力（识别哪些债券被低估）。

当他到了 Janus，放弃了纪律，结果他的“判断力”——再聪明的判断力——也无法补救。

这不只是比尔一个人的故事。这是所有凯利使用者的共同警告：

能让你赚钱的不是你的智商，是你的纪律。

6.9 比尔晚年的反思

比尔 2024 年 80 岁，住在加州。他在自己的回忆录和访谈里多次反思：

"我在 PIMCO 的成功，95% 是因为我懂得控制风险。判断力只占 5%。

我在 21 点上学到的最重要的事不是‘怎么赢钱’，是‘怎么不输光’。

你下任何一注，都要问自己：‘这一注完全错了，我会怎样？’。如果答案是‘会让我失去 50% 的本金’——不下，不论这一注看起来多有 edge。

我后来去 Janus，忘了这条规则。我以为我已经‘功成名就’了——结果市场用三年时间告诉我，忘记规则的代价。"

这是凯利公式真正的精神——

它不是关于‘怎么赢’。它是关于‘怎么不被淘汰’。

而只要你不被淘汰，复利会替你做剩下的事。

本章小结：Bill Gross 留下的三件事

第一：凯利公式的“2% 规则”可以从赌场带进债券市场——这条规则在 2 万亿美元的管理规模上仍然有效。

第二：保守的凯利分数（约 1/5 凯利）比满凯利安全得多——尤其是在你管理别人的钱时。

第三：纪律是技能。一旦你放弃了纪律，你的判断力——再聪明的判断力——也救不了你（Janus Unconstrained 的反面教训）。

下一章，我们要看的是一位完全不公开使用凯利公式的人——但所有看过他持仓的人都说：“这就是凯利”。

他喝可乐，喜欢樱桃派，住在奥马哈一栋平房里。

他叫 Warren Buffett。

第 7 章 | 奥马哈先知的暗算

7.1 一种没人能否认、又没人能完全证明的关系

1976 年。加州。

爱德华·索普——你已经在第 4-5 章认识他——这一年 44 岁，正在 PNP 鼎盛期。一天晚上，他参加一个金融研讨会，遇到了一位他没见过、但久仰大名的投资者。

那人比索普小两岁，46 岁，穿着皱巴巴的西装，戴黑框眼镜，喝可口可乐。他刚从奥马哈——内布拉斯加州那个没什么人去的小城——飞过来。

他叫沃伦·巴菲特（Warren Buffett）。那时候他已经是美国最有名的投资者之一——他的合伙基金从 1956 年到 1969 年年化回报 30%，1969 年关掉之后他开始用 Berkshire Hathaway 做投资载体。

巴菲特和索普聊了一下午。话题是什么？桥牌。两个人都是桥牌高手。

但在桥牌之间，巴菲特悄悄打听了索普的策略——可转债套利、统计套利、凯利公式。索普也悄悄打听了巴菲特的策略——价值投资、集中持仓、长期持有。

索普后来在自传里写：

“聊到最后我有一种奇怪的感觉。沃伦没有读过凯利的论文。他没有学过数学的凯利公式。

但是他做的每一件事——在确信有显著优势时大比例配置、在没机会时拒绝下注、永远控制单一头寸的最大损失——都是凯利公式在说的同一件事。

他用直觉走到了和数学完全相同的结论。”

这就是这一章的主题——巴菲特和凯利公式之间那种没人能否认、又没人能完全证明的关系。

7.2 巴菲特从不公开提凯利公式

事实是这样的：

沃伦·巴菲特，在他六十多年的投资生涯里，几乎从来没有公开提过凯利公式。

他写过几十封致股东的信。他做过几百次访谈。他出过书、上过封面、被研究过无数次。没有一处他明确说“我用凯利公式”。

但是——

查理·芒格（Charlie Munger）——巴菲特的合伙人、伯克希尔的副主席——多次公开承认凯利公式的影响。

1997 年的一次演讲里芒格说：

“一个高度分散的组合只需要四只股票。聪明人在世界给他们机会时下重注。
这是凯利在告诉你的事。”

2000 年代的一次访谈里芒格说：

“集中投资的数学合理性，可以追溯到凯利和香农那一代人。我们不写公式，
但我们按照公式做事。”

巴菲特本人几乎从不评论这些事。他似乎觉得，把投资归结到“用了凯利公式”是对投资本身的简化——投资里还有定性的判断、对企业的理解、对管理层的信任、对市场情绪的感觉。这些不在凯利公式里。

但他做事的方式——和凯利公式的建议是惊人地一致的。

7.3 案例一：1963 年美国运通——最经典的“凯利式重注”

1963 年 11 月。

一家叫 Allied Crude Vegetable Oil Refining 的公司被发现搞了一桩巨大的色拉油欺诈案——他们用一家信用证机制，虚报了几亿磅根本不存在的色拉油作为抵押品来骗贷款。

这家公司的银行账户是美国运通（American Express）。美国运通要为这桩骗局背上 1.5 亿美元的潜在损失（按 1963 年美元，约合今天的 15 亿）。

消息传出，美国运通股价腰斩——从 60 美元跌到 35 美元。市场认定美国运通要破产。

32 岁的沃伦·巴菲特——那时候还在管理 Buffett Partnership Limited——做了什么？

他亲自做了一件事：他走进奥马哈的几家餐馆、银行、商店，问收银员：

“你们还接受美国运通的旅行支票吗？” “你们的客户还在用美国运通卡吗？”

答案是：依然在用，依然接受。

巴菲特从这个简单的“街头调研”得出了一个判断：

色拉油丑闻的财务损失是真实的（约 1.5 亿美元），但美国运通的核心业务——旅行支票、信用卡——完全没有受损。

品牌完整。客户信任完整。盈利能力完整。

市场过度反应了。

他算了一下：

- **上行概率 $p \approx 80\%$** （品牌护城河完好，股价回归是大概率事件）
- **上行幅度：约 3-5 倍**（从 35 美元回到 100 美元以上是合理的）
- **下行幅度：约 30-50%**（已经跌过一次，再跌一次的空间有限）

代入凯利公式的“价值投资简化版”（这条简化版后来由 Mohnish Pabrai 整理，本质是 $(p \times \text{Upside} - q \times \text{Downside}) / \text{Upside}$ ）：

理论凯利仓位约 78%

巴菲特做了什么？

他用合伙基金的 40% 资本买入美国运通——这是合伙人协议允许的最高比例。

40% 的仓位，已经是当时所有合伙基金里最激进的“集中持仓”。许多投资者觉得他疯了——把 40% 的资本压在一家“丑闻公司”上。

接下来几年呢？

- **1964-1966 年，美国运通股价从 35 美元涨到 180 美元——超过 5 倍**
- **巴菲特的合伙基金在这一笔上累计盈利约 2000 万美元——相当于其总管理规模的 50%+**

按当时购买力，2000 万美元相当于今天的约 2 亿美元。

更重要的是——**美国运通这一笔，让巴菲特名声大震——他后来管理的资金规模从这一刻起开始指数级增长。**

7.4 这一笔下注的“凯利合法性”

我们用凯利公式的语言重新看一下美国运通这一笔：

- 满凯利建议：**78%**
- 巴菲特实际下注：**40%**——大约是“**1/2 Pabrai 凯利**”

为什么巴菲特只下 40% 而不是 78%？

理由很现代——和我们前面看过的索普、Bill Gross 的理由一样：

第一：他对自己的胜率估计有不确定性。他凭直觉认为是 80%，但实际可能是 70%、可能是 65%。砍一半的凯利能吸收 10-15 个百分点的估计偏差。

第二：合伙人协议有 40% 的硬上限。这是一个外部约束——但它恰好和“半凯利”的最优 fraction 接近。外部约束往往是凯利精神的另一种体现。

第三：他需要保留资本应对其他机会。即使美国运通是一笔好机会，未来还会有更多好机会。所有都压在一笔上，等于放弃了未来的可选性——这违背了凯利公式的另一条隐含原则。

所以巴菲特实际下的 40%——不是数学上最优——而是他的“**实战凯利**”。这是一种比纯数学更聪明的运用。

7.5 案例二：1988 年可口可乐——长期复利的力量

1988 年 7 月。

沃伦·巴菲特开始为 Berkshire Hathaway 买入可口可乐股票——以平均每股约 \$5.22（拆股后调整）。

到 1989 年年底，他持仓约 9340 万股——**总成本 12.99 亿美元**。这相当于 Berkshire 当时**股票组合的 35%**——又是一次重大的集中持仓。

为什么是可口可乐？巴菲特的“凯利逻辑”是这样的：

- **品牌护城河**——可口可乐是 100 多年的品牌，几乎不可能被竞争对手替代
- **全球扩张空间**——80 年代的可口可乐在中国、印度、东欧、非洲都刚开始进入
- **盈利能力**——ROE 长期超过 30%，自由现金流持续增长
- **估值合理**——1988 年的 P/E 仅约 13-15 倍，远低于历史平均

满凯利的“价值投资简化版”建议：**集中持仓 40-50%**。Berkshire 实际持仓：**约 35%**——再次是“半凯利偏保守”。

接下来的故事是众所周知的——

到 2024 年，Berkshire **仍然持有当年买入的 4 亿股可口可乐**（多次拆股后的数字）。这些股票的**市值约 250 亿美元——累计资本增值约 19 倍。**

加上 36 年累计的**股息约 75 亿美元——这一笔投资的总回报率超过 25 倍。**

按年化算，1988-2024 年的复合收益率约 **10%**。听起来不算特别夸张？但**这是 12.99 亿美元变成 325 亿——32 倍。**

7.6 案例三：2016 年苹果——“老巴菲特”的新故事

很多人以为巴菲特是“老派”投资者——只买消费品、只买银行、不碰科技。

直到 2016 年。

那一年 Berkshire 开始大举买入**苹果（Apple）股票**。到 2018 年，**苹果一度占 Berkshire 股票组合的 40-45%**——这是 Berkshire 历史上仓位最重的单一持仓之一。

巴菲特的理由是什么？他在 2017 年的 Berkshire 股东会上说：

“我以前不投科技公司，因为我看不懂。但**苹果不是科技公司——它是消费品公司**。它的产品是 iPhone，但它真正的护城河是**iOS 生态、是用户黏性、是品牌——这些和可口可乐没什么区别。**

当我看清楚这一点，我就敢下大注。”

到 2024 年，Berkshire 的苹果持仓**累计盈利超过 1300 亿美元——是 Berkshire 历史上最赚钱的单笔投资。**

——又是一笔典型的“凯利式重注”：高 conviction + 大比例 + 长期持有。

7.7 芒格的“四只股票就够了”

如果说巴菲特对凯利公式的态度是“暗中使用，不公开评论”，那么**查理·芒格则是把凯利精神公开化的那个人。**

芒格——1924年生，律师出身，1959年开始和巴菲特合作——是巴菲特一辈子的合伙人和“思想伙伴”。他在公开演讲里反复强调过几条原则，**每一条都是凯利公式的非数学版本**：

原则一：“集中投资比分散投资更聪明”

“学术界告诉你应该持有 50 只股票分散风险。这是给那些不知道自己在干什么的人准备的。

如果你知道自己在干什么——你看清楚了 4 只股票的价值——你就应该把钱放在那 4 只上。

在数学上，这是凯利公式告诉你的：高确信度 = 大仓位。”

原则二：“等待最好的机会”

“大多数时候，市场上没有真正的好机会。这时候你应该做什么？什么都不做。

但是当机会真的来了——你要狠狠出手。

巴菲特最聪明的事，不是他下的几个大注，是他等了 5 年才下那几个大注。

在凯利公式里这叫不下负期望注。在生活里，这叫耐心。”

原则三：“反过来想”

“如果你想知道‘我应该怎么投资’——别问这个问题。

应该问：‘我怎样才能避免投资失败？’

然后倒过来——避免那些会让你失败的事，剩下的就是好投资。

这是凯利公式的核心：它先告诉你不要破产，再告诉你怎么赚钱。”

芒格这些观点——虽然他从不写公式——本质上就是凯利公式的人文表达。

7.8 一个反对的声音：Mohnish Pabrai 的转变

但故事不能只讲一面。

Mohnish Pabrai——一位印度裔美国价值投资者，对冲基金管理人，巴菲特和芒格的著名追随者——在他 2007 年的书《The Dhandho Investor》里，正式把凯利公式介绍到了价值投资圈。

Pabrai 在书里给了一条“价值投资版凯利”：

$$F = \text{Edge} / \text{Odds}$$

并建议价值投资者用这条公式决定单只股票的仓位。

这本书很畅销。许多年轻的价值投资者按 Pabrai 的方法重仓单一股票——比如某个估值便宜的小盘股，理论 $F = 30\%$ ，他们就压上 30% 的资本。

结果呢？

很多人亏惨了。

为什么？因为他们高估了自己的 edge——价值投资里“内在价值”的估算是主观的，高度依赖估算者的判断力。不是所有 P/E 5 倍的股票都是被低估的——很多是真的有问题，市场是对的。

凯利公式只接受真实概率，不接受主观估计。

Pabrai 自己后来公开承认了这个错误。在多次访谈里他说：

"我把凯利公式介绍给价值投资圈，是个错误。

凯利公式假设你对胜率的估计是真实的、客观的、可量化的——21 点和赛马场是这样的。

价值投资不是这样。

价值投资里的‘胜率’是你自己估算出来的主观概率。当你高估它的时候——而你几乎一定会高估它——凯利公式会把你推向危险的过下注。

价值投资真正的版本是‘多笔小注 + 极端保守’——不是凯利公式。"

这是凯利公式的一个深层警告：

它只在你能客观量化胜率的场景里有效。

当胜率是主观估计时——你需要比凯利更保守得多。

巴菲特的成功不在于他用凯利——而在于他把凯利的“高胜率才下大注”原则应用到了一个非常苛刻的标准：他只在自己 95% 把握的事情上下大注。

而大多数时候，他认为自己有 95% 把握的事情非常少——所以他手里永远有大量现金（Berkshire 现金长期占总资产的 15-30%）。

这才是巴菲特真正的“凯利”——保守到极致地高估自己的不确定性。

7.9 一组数字

让我们用几组数字结束这一章：

巴菲特持仓集中度统计（1965-2024）： - 前 5 大持仓平均占 Berkshire 股票组合的 **65-75%** - 前 10 大持仓平均占 **80-90%** - 单一最大持仓的历史最高占比：**约 45%**（苹果 2018-2020）

伯克希尔的现金储备： - 长期占总资产的 **15-30%** - 2024 年达到历史最高 **3000+ 亿美元** - 这些现金不是“懒钱”——是给“巨大机会”准备的子弹

Berkshire 的回报： - 1965-2024 年累计回报约 **5,000,000%**（5 万倍） - 年化复合约 **20%** - 同期 S&P 500 年化约 **10%**

5 万倍——这是凯利精神在 60 年里的复合结果。

而这一切——按巴菲特和芒格自己的话说——都源于一条简单的原则：

在有真正 edge 的时候大比例下注，没有 edge 的时候耐心等待。

这条原则，和约翰·凯利 1956 年在贝尔实验室写下的那半行字，是同一件事。

本章小结：巴菲特给凯利公式的“非数学版本”

第一：集中持仓的数学合法性——巴菲特反复用 40% 仓位下重注，这在凯利公式的“价值投资简化版”里完全合理。

第二：保留大量现金是凯利精神的一部分——没有 edge 时不下注，等到 edge 出现时一击致命。

第三：凯利公式只在你能客观量化胜率时才有效——价值投资里的“主观胜率”会让人陷入过度自信。巴菲特的“应对方式”是把自己对胜率的标准提到 **95%+**——大多数时候根本不下注。

第四：纪律永远比聪明重要。比尔·盖茨曾问巴菲特：“你的成功最重要的一个词是什么？”巴菲特说：“**Focus。**”——这就是凯利精神最深的表达。

下一章，我们要看的是一位你可能从来没听说过、但他可能是史上单笔投资盈利最高的人——他用一台计算机和一条凯利公式，在香港赛马场赚走了 10 亿美元。

他叫 **Bill Benter。**

第 8 章 | 十亿港元的赛马算法

8.1 一个在赌场禁止入内的物理学硕士

1984 年初。香港。启德机场。

一架从拉斯维加斯起飞的飞机降落。两个美国人走出来——

- 一个高大、留着大胡子、穿着皱皱巴巴的衬衫的年轻人，29 岁，物理学硕士背景，眼神里有一种“我刚刚被全美国的赌场扫地出门”的疲惫。
- 一个 60 岁左右的澳大利亚人，瘦高，沉默，戴帽子。

他们叫 **Bill Benter**（比尔·本特）和 **Alan Woods**（艾伦·伍兹）。

他们手里的护照页上盖满了“禁止入内”的章——美国 80% 的大型赌场都把他们列入了黑名单。他们走到任何一家美国赌场，前台一查身份证，保安就会礼貌地把他们送出门。

他们到香港，不是来旅游的。他们是来赌马的。

而他们手里的武器，和索普 1961 年走进里诺时的武器是同一套——

计算机 + 概率模型 + 凯利公式。

不同的是，索普攻克的是 21 点；他们要攻克的是世界上最深、最复杂、最大的赛马市场——香港赛马俱乐部（Hong Kong Jockey Club, HKJC）。

接下来 17 年——从 1984 到 2001——他们在香港赛马场赚走了超过 10 亿美元。

按 2025 年吉尼斯世界纪录的官方认定：**Bill Benter 是史上单一押注游戏盈利最高的人。**

8.2 比尔的成长之路

比尔·本特 1957 年生于宾夕法尼亚州匹兹堡市——一个钢铁工业小镇。父亲是德国移民第二代，母亲是爱尔兰裔家庭主妇。家境一般。

他从小数学好，物理好，但更喜欢“用数学解决奇怪问题”——比如他高中时候迷过国际象棋、迷过桥牌，研究过怎么用概率论分析这些游戏。

1977 年，他在凯斯西储大学（Case Western Reserve）拿到物理学学士——按计划他要去读物理学博士，做学术研究。

但他临毕业那个夏天，做了一件让他人生彻底转向的事——

他读了爱德华·索普的《Beat the Dealer》。

那本书让他疯了。他取消了博士计划，直接飞到拉斯维加斯，用 8000 美元做本金，开始按索普的方法打 21 点。

他和 Alan Woods——一位有着 15 年职业赌博经验的澳大利亚老手——在拉斯维加斯认识。两人组成了“职业 21 点团队”，用计点法 + 凯利下注，在美国各地的赌场流浪了 6 年。

但赌场学会了反制：

- 1980 年代初，所有大型赌场都装上了人脸识别原型系统
- 计点者的照片被传遍全美和加拿大的赌场
- 进了任何一家赌场，5 分钟内就会被请出门

到 1983 年末，比尔和 Alan 被全美 80% 的赌场拉黑。他们的“职业生涯”实际上结束了。

他们坐在拉斯维加斯一家咖啡馆里，看着 1983 年 12 月的雪。Alan 说：

“美国没什么玩了。香港有赛马。”

8.3 香港赛马为什么是个特别的地方

香港赛马有几个独特的特点，让它成为“职业赌客的天堂”：

特点一：Pari-mutuel 系统

香港不是和庄家对赌——所有的赌注汇入一个奖池，HKJC 抽掉一定比例的“管理费”（约 17.5%），剩下的钱按下注比例分给赢家。

这意味着赔率不是庄家定的，是所有下注者的集体决定。你下的注会影响赔率——你下得越多，赔率越低。

这也意味着：如果你的概率模型比“市场共识”更准，你长期一定赢。因为你会发现那些“被市场低估”的马——而这些马的赔率，刚好比它们的真实胜率高。

特点二：世界最大的赛马池

香港每个比赛日的下注总额经常超过 **10-15 亿港元**——大约 1.5-2 亿美元。这是**世界上最深、最流动的赛马市场**。一只“职业团体”（professional syndicate）即使下大注，也不会显著扰动赔率。

特点三：比赛数据极其完整

HKJC 公开发布**每场比赛每匹马的几百个数据点**——血统、训练师、骑师、跑道、天气、配速、过去表现、体重变化……这是 1984 年世界上最适合做“量化分析”的赛马场。

特点四：香港赛马的抽水率（17.5%）虽然不低，但是是全球主要赛道里最低之一——美国一些州的赛道抽水率高达 25-30%，根本不可能盈利。

比尔和 Alan 看准了这些特点。他们带着 **15 万美元的本金**——通过赌博和家人援助攒下的——飞到香港。

8.4 第一个三年：完全亏光

1984-1986 年。他们完全失败了。

他们一开始的模型很简单——只用 10 几个变量（速度、骑师胜率、跑道形态）做了一个简单的回归。结果——

他们三年亏光了 15 万美元。

Alan 退出了。1986 年 Alan 告诉比尔：“我受够了。我回澳大利亚。”——他后来自己继续在亚洲赛马场玩，**最后也成了百万富翁**（虽然没有比尔那么夸张）。

比尔一个人留在香港。**没有钱了。**他靠在 HKJC 给其他职业赌客做“分析员”赚一点小钱过活——给别人写分析报告，赚 200-500 港元一份。

但他没有放弃。

他做了一件**关键的事**——他**重写了整个模型**。

新模型用了 **70 多个变量**——后来扩展到 **120 多个**：

- 马匹的近 5 场速度评级（不只是排名，是每场的具体速度数据）
- 上次比赛距今天数
- 骑师过去 1 年胜率（按跑道、距离、马匹类型分别统计）
- 训练师过去 1 年胜率
- 跑道天气（干 / 湿 / 软）

- 起跑栏位（不同栏位的“运气”差异）
- 体重变化（增重通常对马有利）
- 配速预测（front-runner / mid-pack / closer）
- 过去 12 个月该马的轨迹变化
- 父系遗传特征
- 训练师最近的整体表现

他用了一种叫**多元逻辑回归**（multinomial logistic regression）的统计模型，让计算机从**历史数据中学习**这些变量和“胜率”之间的关系。

这个模型今天看起来很简单——任何 2026 年的初级数据科学家都能写出来。但 1986-1987 年，比尔用 IBM XT 个人电脑（那是 8088 处理器，640KB 内存）——花了几个月才让它跑通。

8.5 1987 年的第一笔大钱

1987 年。比尔重新启动。

新模型 + 凯利公式。他借了几万美元做本金。

那一年，他赚了 60 万美元——本金翻了几十倍。

1988 年，赚了 300 万美元。1989 年，赚了 600 万美元。1990 年代，每年盈利稳定在 1000 万-5000 万美元之间。

到 2001 年——他在香港的第 17 年——他累计盈利超过 10 亿美元。

8.6 凯利公式在赛马里的精妙应用

比尔的“凯利”用法比 21 点更复杂。让我们看一下他的体系：

第一步：算每匹马的真实胜率

模型输入：那场比赛 10 几匹马的 120 多个特征。模型输出：每匹马的真实胜率 p_1 , p_2 , ..., p_{1-2} 。

第二步：找出被市场低估的马

每场比赛，HKJC 显示市场赔率 o_1, o_2, \dots, o_{1-2} 。每个赔率对应一个“市场隐含概率” $1/(o_i + 1)$ 。

如果比尔的模型说 “ $p_i > \text{市场隐含概率}$ ”，那这匹马被低估了——他应该下注。

第三步：用 n 元凯利公式分配资金

n 元凯利不是简单地“对每匹被低估的马独立下凯利”——那会高估总仓位。它是一个凸优化问题：

$$\max_{f_1, \dots, f_n} \sum_{i=1}^n p_i \log \left(1 + b_i f_i - \sum_{j \neq i} f_j \right)$$

需要解一个数学优化问题。比尔的团队用 IBM XT 跑这个优化——在 1987 年的算力下，每场比赛要算几分钟。

第四步：分批下注

如果一场比赛比尔的“理论凯利建议”是下 50 万港元——他不会一次下完。

为什么？因为：

- 一次下太多会冲低赔率——pari-mutuel 系统下你的注会改变赔率
- 引起 HKJC 注意会被加监控
- 万一信号是假的（模型偶尔会错），分批可以及时止损

他的团队会在比赛前 1-2 小时内分 10-15 笔下完——每笔几万港元，伪装成“普通赌客”的行为。

第五步：用“半凯利”或更低

即使理论凯利说下 5%，比尔实际只下 2-3%——又是经典的“分数凯利”。理由你已经熟悉了：估计误差 + 流动性 + 心理。

8.7 一个看起来不可思议的细节

很多人读到这里会问：“既然比尔的模型这么强，HKJC 为什么不封他号？”

答案有几个层次：

第一：HKJC 不在乎。

HKJC 是一个非营利机构——它把所有 takeout (17.5%) 扣完之后，大部分捐给香港的慈善和教育。比尔每年赚 5000 万——他下注的总额可能是几十亿——HKJC 从他的下注里抽走了远多于这个数的“管理费”。

他帮 HKJC 赚的钱比他自己赚的多。HKJC 当然不会赶他。

第二：比尔的下注让市场更有效率。

当比尔下注一匹“被低估”的马，赔率会被压低——也就是**接近真实概率**。这让其他赌客的下注更准确，**整个市场的有效性提高**。

HKJC 实际上**欢迎比尔这种“职业团体”**——他们让市场更聪明、更稳定。

第三：比尔遵守所有规则。

他从不操纵赔率、从不收买骑师、从不利用内幕信息。他**所有的下注都基于公开数据**——只是他分析得比别人聪明。

这是凯利公式应用的**最干净版本**——纯粹用信息优势赚钱，不依赖任何不正当手段。

8.8 2001 年的退休

2001 年，**比尔 44 岁，主动退休**。

为什么？理由和索普 2002 年关掉 Ridgeline 一样——

“市场变得拥挤了，edge 在消失”。

90 年代末开始，更多的职业团体进入香港——日本团体、新加坡团体、英国团体。他们也用机器学习模型，也用凯利公式。

比尔的 edge 从早期的 5-7%（远高于市场共识），**慢慢降到 2-3%**——仍然能盈利，但**风险/收益比已经不如从前**。

他做了一个清醒的决定：**在 edge 还在的时候退出**。

他带着大约 10 亿美元财富离开香港，回到匹兹堡——他出生的地方。

他现在的生活很安静。**没有豪车，没有私人飞机，没有名声**。他住在匹兹堡郊外一栋普通房子里。

他做了什么？他捐了大量的钱：

- 2007 年成立 Benter Foundation，专注匹兹堡本地教育和艺术

- 资助 University of Pittsburgh (匹兹堡大学) 的几个项目
- 资助匹兹堡的多个文化机构和博物馆

他还做了一件让数学界感动的事——他设立了 “Benter Prize in Applied Mathematics” (本特应用数学奖), 奖金 5 万美元, 每年颁发给一位对应用数学有杰出贡献的研究者。

这是他对凯利公式、对索普、对香农、对那个让他用数学过上不可思议生活的智识传统的——一种回馈。

8.9 比尔的一些访谈语录

比尔退休后接受过几次访谈。他说过的几段话特别值得记住:

关于凯利公式:

“凯利公式不是关于赢得多少, 是关于不被淘汰。

我职业生涯中最艰难的不是建模型——是每天面对几次模型告诉我‘这场比赛应该下 50 万港元’的诱惑。

真正的纪律, 是在 50 万听起来太多的时候, 真的下 50 万; 在 50 万听起来不够的时候, 真的只下 50 万。

多数人做不到第二条。”

关于运气:

“我经常被问: ‘你的成功有多少是运气?’

我的回答: 绝大部分都是运气。

香港赛马在 1984 年有 takeout 只有 17.5% 的特殊体制——这是运气。我和 Alan 在拉斯维加斯被赶出来才转向香港——这是运气。我在 1986 年差点放弃的时候选择了继续——这是运气 (任何理性人当时都会放弃)。香港 90 年代的赛马数据特别完整——这是运气。

我做的事, 只是把这些运气放大了——通过严格的凯利下注。”

关于失败:

“我前三年亏光了 15 万美元。那是我人生中最重要三年。

如果我前三年就赚到了 10 亿, 我会高估自己。会以为是我聪明。会下更大的注。会破产。

是那三年的失败教会我‘我不知道’有多深。

所有真正能用好凯利公式的人，都先经历过把自己亏光的过程——这是必修课。”

8.10 一组让人安静的数字

最后给一组数字。

比尔·本特职业生涯统计（1984-2001）：

- 初始本金（含借款）：约 15 万美元——前三年全部亏光
- 重启后初始本金：约几万美元
- 累计盈利：约 10 亿美元（吉尼斯世界纪录认定）
- 期间最大回撤（团队层面）：约 30%
- 总下注次数：估计 50-100 万次（17 年间累计）

他的模型胜率（vs 市场共识）：

- 模型 IC（信息系数）：约 0.12-0.15
- 市场共识 IC：约 0.10
- 差距：约 2-5 个百分点

就是这 2-5 个百分点的“信息优势”——通过 17 年的几十万次重复 + 凯利公式的合理放大——累积成了 10 亿美元。

这是凯利公式七十年里最纯粹、最浪漫的一次胜利。

本章小结：比尔·本特的三个启示

第一：Edge 不一定要大——比尔的 edge 只有市场共识的 2-5 个百分点。关键是把这个微小的 edge 通过凯利公式合理放大，再通过几十万次重复让大数定律生效。

第二：早期的失败是必修课——比尔前三年亏光了所有本金。如果一开始就赚到大钱，他会高估自己，最终破产。先经历亏光，才有资格谈凯利。

第三：在 edge 消失之前退出——比尔 2001 年主动退休，索普 2002 年主动关停 Ridgeline。所有的 edge 都是暂时的，能够清醒地认识到这一点，比 edge 本身更稀缺。

下一章，我们要看的是两位让美国体育博彩业界既敬佩又头疼的人物——他们用完全不同的方法（一个靠“教练行为模式”做 prop bet，一个靠 30 年纪律 + 跨多场比赛的 Kelly 组合），各自从体育博彩里赚走了上亿美元。

他们是 Bill Walters 和 Haralabos Voulgaris。

第 9 章 | 让庄家头疼的两个赌客

9.1 体育博彩为什么是凯利公式的天然战场

赛马是 pari-mutuel——和所有下注者一起赌。体育博彩通常是 bookmaker model——和庄家赌。

这有什么区别？

在 pari-mutuel 里（比尔·本特的香港赛马），你要找的是“被市场共识低估的马”。在 bookmaker model 里（NBA、NFL、英超），你要找的是“被庄家误定价的比赛”。

庄家也会犯错。庄家是商业机构，他们要赚 4-5% 的抽水（vig），而且他们更看重“两边平衡”（balanced book）——只要两边下注金额接近，他们就稳赚抽水，不在乎结果本身。

这意味着：庄家定的赔率，反映的不是“真实概率”，是“两边下注金额平衡的赔率”。如果大众非理性地一边倒，庄家的赔率就会偏离真实概率——给职业赌客留下 edge。

这是 1980 年代以来美国体育博彩“职业玩家”赚钱的根本原因。

而这一章的两位主角，用完全不同的方法，在这个市场里各自赚走了上亿美元。

9.2 第一位：Bill Walters，“体育博彩界的巴菲特”

Bill Walters——这个名字今天的美国体育博彩圈里，几乎人人都听过。

他 1946 年生于肯塔基州，家境贫寒——父亲在他 18 个月大的时候就去世了，母亲是个酒精成瘾者，他从小由祖母带大。

但他从小就有惊人的数字直觉。9 岁开始打台球，11 岁就在台球房赢成年人钱。13 岁辍学。

到 20 岁的时候，他已经在肯塔基州的各类小赌场和酒吧里赌了几千场扑克、几千场台球，赚了 50 多万美元——比绝大多数当地企业家更有钱。

1970 年代，他转向了**体育博彩**——美式足球（NFL）、篮球（NBA、NCAA）。他靠**人肉建模**——记忆每支球队的每场比赛——慢慢学会了“识别庄家错误定价”。

到 1980 年代，他已经成为**美国最大的体育博彩组织者之一**。他建立了一个叫“The Computer Group”的团队——10 多个人，包括**统计学家、数学家、前体育从业者**——一起做模型、分析比赛、决定下注。

接下来 30 多年，Walters 几乎从来没有输过一年。

9.3 Walters 的凯利哲学

Walters 不写公式——他不是数学背景的人。但他的实战方法完全符合凯利公式的精神：

第一：永远不在一场比赛上 all-in

Walters 反复在采访里说：

“任何单笔下注超过我账户的 5%，我都不下。我宁可错过机会，也不让任何一场比赛能毁掉我。”

5% 大约相当于“1/4 凯利”——非常保守的分数凯利。

第二：同时下注几十甚至几百场比赛

Walters 的团队每周下注 100+ 场比赛——美式足球、篮球、棒球、橄榄球、网球、几乎所有主流体育。

为什么？因为：

- 单场比赛的“信号噪声比”很低——任何一场都可能输
- 100 场叠加，**大数定律生效**——长期 edge 的稳定回报浮出来

第三：主动操作市场

Walters 还有一招——他的团队故意分批下注，让大众跟单。

具体怎么做？他会先下少量“**暴露注**”——让自己的下注被市场上的“跟单者”（即跟着职业赌客下注的散户）看到。散户跟着下，赔率开始偏移。

然后他**反向加注**——在赔率偏移到极端的时候下大注，吃掉这个“赔率漂移”的额外 edge。

这是一种**只有大型职业团体才能玩的游戏**——需要资金规模 + 市场关注度 + 时机判断。这本质上是把“市场认知”作为另一种 edge 来源。

第四：严格的财务纪律

Walters 的组织像一家**对冲基金**——有 CFO、有风控、有审计。每一笔下注都**记录、审查、复盘**。

他在 2017 年因**内幕交易**被指控并入狱（不是体育博彩的问题，是另一桩股票内幕交易案——他用一位高尔夫球友的内部消息买卖股票），但即使在狱中，他的**体育博彩组织仍然运转**——这是因为他的“系统”已经制度化了，不依赖他一个人。

2024 年他获释，**重新出现在拉斯维加斯的体育博彩圈**。他出版了一本回忆录 *Gambler*（赌徒），里面详细写了他 30 多年的体育博彩哲学。

累计盈利估计：数亿美元。

9.4 第二位：Haralabos Voulgaris，NBA 博彩之神

Voulgaris 是一个完全不同的人。

他 1975 年生于加拿大温尼伯——希腊裔家庭，父亲是个**重度赌徒，把家产输光了**。Voulgaris **小时候经历过家庭破产**——他对赌博有**根深蒂固的复杂情感**：一方面憎恨，另一方面着迷。

他读了几年大学，没读完，**开始打 NBA 博彩**。

他攻击的不是常规的“球队胜负盘口”——他选了一个**特别小、特别细分的市场：NBA prop bet**（道具盘口）。

prop bet 是什么？比如：

- “某球员这场会不会得 30 分以上”
- “某教练在比赛剩 5 分钟领先 15 分时会不会撤掉首发”
- “某场比赛上下半场总分谁更高”

这些 prop bet 的**定价比“胜负盘”粗糙得多**——因为庄家在这些细分市场投入的精力少。Voulgaris **找到了几个庄家有系统性误定价的细分类别**。

最有名的是他攻克的“上下半场总分差”——

他发现：庄家把上半场总分定为全场总分的**正好一半**。但通过统计分析，他发现某些球队和某些情境下，**上半场和下半场的得分模式有显著差异**——上半场往往慢热（防守阶段），下半场加速（疲劳后防守崩溃）。

他建模量化这种“半场不对称”，**找到一类 prop bet 的 edge 约 5-8%**——非常大的 edge。

接下来几年，他**每场 NBA 比赛都下 prop bet**——平均每天 30-50 场（NBA 一天有 5-10 场比赛，每场比赛有几个 prop bet）。

巅峰期的数字让人震撼：

- 每日下注总额：**接近 100 万美元**
- 胜率：**约 60-70%**
- 年化盈利：**估计每年 1500-3000 万美元**
- 2000-2014 年累计盈利：**约 1.5 亿美元**

9.5 Voulgaris 的凯利体系

Voulgaris 是一个**严格的凯利信徒**——比 Walters 还严格。

他在采访里讲过他的“工作日”：

“我每天早上 6 点起床。第一件事是**复盘昨晚的比赛**——我的模型说什么、我下了什么、结果是什么、模型哪里错了。

9 点开始为今晚的比赛建模。**每场比赛 1 小时**——读所有的伤病报告、阵容变化、教练战术分析、过去 10 场对战数据。

下午 3 点把模型结果输入到我的‘凯利计算器’。给定 edge、给定方差、给定我的当前账户，我应该下多少？

单场比赛上限：**账户的 2%**。一晚上多场叠加上限：**账户的 8%**。

然后我下注——**通过 15-20 个不同的下注账户分散**——避免单一庄家发现我。

晚上 11 点比赛开打，我**直播看每一场**。结束后记录所有 outcomes。睡觉。

第二天 6 点重新开始。

这就是我 12 年的生活。”

——这是**职业级凯利使用者的真实生活：枯燥、纪律、长时间、不浪漫。**

9.6 Voulgaris 的危机：edge 消失

但 Voulgaris 的故事不只是“赢得多少”——更重要的是他怎么处理 edge 消失。

到 2014 年前后，他发现自己的“上下半场不对称”模型 edge 在持续下降——从早期的 5-8% 降到 2%、再降到 1%。

为什么？因为：

- 庄家学会了——他们雇了量化分析师，把“半场不对称”的逻辑加入定价
- 其他职业赌客复制了他的方法
- 数据驱动的体育博彩工具普及——业余玩家也能买到统计软件

到 2014 年，他的模型基本无法盈利了。

更糟糕的是，他自己也犯了致命错误——

2010-2014 年期间，他违反了自己的凯利纪律。他坚信“自己的判断仍然有效”，继续大注下注，没有按 edge 下降调整仓位。

结果——他在 2014-2016 年累计亏损了几千万美元——几乎抹平了之前几年的盈利。

9.7 Voulgaris 的重生

2016 年，Voulgaris 承认了失败。他做了一件让职业赌客很少做的事——

他完全停手，重新学习。

他雇了一个机器学习团队，从零开始重写整个建模框架——这次不只是 NBA prop bet，而是全面的 NBA 比赛预测。他给这个新模型起了个名字，叫“Ewing”——以 NBA 球星 Patrick Ewing 命名。

Ewing 模型用了：

- 球员的实时表现数据（球速、移动距离、位置）
- 球队的化学反应指标（队员之间的配合度）
- 教练的决策模式（暂停时机、换人模式）
- 心理学指标（连续输球后的状态变化）

新模型的 edge 重新回到 3-5%——可以盈利。

2017-2019 年，Voulgaris 重建了账户——重新积累了几千万美元。

2019 年发生了一件改变他人生的事——

达拉斯独行侠队（NBA 球队，老板马克·库班 Mark Cuban）找到他，邀请他做球队的“分析总监”（Director of Quantitative Research and Development）。

库班的理由是：“Voulgaris 是 NBA 历史上对球员/教练行为预测最准的人。没有人比他更懂这个联赛的微观信号。”

Voulgaris 接受了这个职位。他从“和 NBA 球队对赌”——变成了“为 NBA 球队工作”。

这件事象征性地结束了他的“职业赌客”生涯。但他留下来的方法论——通过 ESPN 上的访谈、通过他在球队的工作——已经成为 NBA 量化分析的标准之一。

9.8 Walters 和 Voulgaris 给凯利公式的两个不同启示

让我们对比一下这两位：

	Bill Walters	Haralabos Voulgaris
出身	肯塔基州贫民	加拿大温尼伯希腊裔
教育	13 岁辍学	大学未毕业
风格	大型组织、多人团队、跨多种体育	个人 + 小团队、专注 NBA
Edge 来源	庄家定价错误 + 散户跟单效应	NBA prop bet 微观建模
仓位规则	单笔 5%、组合分散到 100+ 场	单笔 2%、单晚 8%
累计盈利	数亿美元	约 1.5 亿美元
命运	入狱（内幕交易），出狱后继续	转型为 NBA 球队分析师

他们的共同点——也是凯利精神最核心的几条：

第一：严格的单笔上限（Walters 5%、Voulgaris 2%）。这是凯利公式的“折扣版”——保守到 1/4 至 1/8 凯利。

第二：通过大量重复让大数定律生效。两人都下注每周 100+ 场比赛——而不是 all-in 单一比赛。

第三：对 edge 衰减保持敏感——Voulgaris 在 2014 年没有及时调整，付出了几千万的代价；他的“重生”是因为他承认了 edge 消失，重新建模。

第四：纪律比聪明重要——两人都不是“最聪明”的人，但他们的纪律性让他们活到了大数定律生效的那一天。

9.9 一个反面教训：忽视相关性

最后讲一个反面教训——很多业余玩家用凯利公式时最大的错误。

凯利公式的“独立形式”假设每笔下注是**独立的**——它们的结果之间没有相关性。

但体育博彩里，多场比赛常常高度相关：

- 同一晚 NBA 的 8 场比赛——如果总分大盘整体偏低（裁判风格、球队疲劳），8 场全部“under”
- 同一联赛的“势头效应”——某种战术风格突然奏效，整个联赛同时出现变化
- 平台/庄家的统一调整——某庄家修复了一个 bug，所有他们之前的“错”突然消失

如果你用独立凯利给 8 场比赛分别算下注，可能每场建议下 2%——总共 16%。但这 8 场实际上有相关性——实际敞口可能等价于 6-8% 单场。

正确做法是用“多场凯利”——把协方差矩阵纳入考虑：

$$\mathbf{f}^* = \Sigma^{-1}(\mathbf{p} \cdot \mathbf{d} - \mathbf{1})$$

但业余玩家几乎从不这么做——他们用独立凯利，结果系统性地过下注，长期亏损。

这是 Walters 和 Voulgaris 最重要的优势之一——他们都**严格处理相关性**：单晚总敞口不超过 8%，多场之间用相关性调整。

本章小结：体育博彩里的凯利精神

第一：Edge 来自“庄家定价错误” + “大众非理性跟单”——这两个 edge 在 1980-2020 年代每年给职业玩家几亿美元的市场。

第二：单场上限 + 多场分散 + 相关性调整——这是体育博彩凯利的“三件套”。任何一条不做，长期都会亏损。

第三：Edge 会消失——Voulgaris 2014-2016 年的失败教训：当 edge 在下降时不及时降低仓位，会快速吐回之前的盈利。

第四：纪律比智商更稀缺——Walters 和 Voulgaris 不是最聪明的人，但他们 30 年/15 年的纪律让他们活下来。

下一章，我们要看一个**完全相反的世界**——没有纪律、极端杠杆、24 小时不停的市场。

那就是 **加密货币**。

我们要看的是 LUNA 在 2022 年 5 月从 80 美元跌到 0.0001 的 72 小时，FTX 在 2022 年 11 月一周内从全球第二大交易所变成空壳，以及无数普通投资者在永续合约上被强平归零的故事。

这一章的主角不是某个具体的人——是所有那些没听过凯利公式、或者听过但选择无视的人。

第 10 章 | 一夜清零：加密市场里的凯利惩罚

10.1 一个不需要主角的故事

前面几章每章都有一个主角——凯利、香农、索普、Bill Gross、巴菲特、本特、Walters、Voulgaris。

这一章不一样。

这一章的“主角”不是某个具体的人——是一个时代和一群人：

在 2017-2025 年这八年里，全球加密货币市场蒸发的财富，估计超过 5 万亿美元。这些钱绝大部分——80% 以上——来自普通散户。

他们没有听过凯利公式。或者听过但觉得“这老掉牙的东西没用”。或者听过但觉得“我比 1956 年的 John Kelly 聪明”。

这一章是给他们的——也是给所有可能在未来重复这些故事的人的。

10.2 加密市场为什么是“凯利公式的反面教材”

加密市场有几个特点，让它成为凯利公式纪律最难维持的地方：

特点一：极端波动率

- 股票 S&P 500 的年化波动率约 16-20%
- BTC（比特币）的年化波动率约 60-80%

- 小型山寨币的年化波动率经常超过 150%

也就是说，加密市场的波动是股市的 4-8 倍。这意味着凯利公式给出的“理论仓位”通常是合理的 1/4 到 1/8——绝大多数普通投资者做不到这么保守。

特点二：24/7 交易

股票市场有开盘和收盘——你睡觉的时候市场不交易。加密市场 24 小时不间断——你睡觉的时候可能被强平。

这让“心理压力”远超过传统市场。

特点三：125 倍杠杆

主要的加密交易所（Binance、OKX、Bybit）允许散户使用最高 125 倍杠杆——你只要有 1 元，可以建立 125 元的头寸。

这是几乎所有传统市场都不允许的杠杆水平（股票期货最高约 20-30 倍，国债期货约 50-100 倍——但需要专业资质）。

特点四：完全没有监管 / 监管很弱

许多交易所注册在加勒比小岛、塞舌尔、迪拜——几乎没有有意义的监管。这意味着：

- 交易所可能操纵价格
- 交易所可能强平你来吃你的保证金
- 交易所可能直接卷款跑路

10.3 第一个故事：2020 年 3 月 12 日“黑色星期四”

2020 年 3 月 11 日，世界卫生组织宣布 COVID-19 是“大流行病”（pandemic）。全球股市开始崩盘。

第二天——3 月 12 日——加密市场迎来了它有史以来最惨的一天。

BTC 那一天从 7900 美元跌到 3800 美元——单日跌 52%。

ETH 从 195 美元跌到 90 美元——单日跌 54%。

但最惨的不是现货持有者。最惨的是永续合约的多头——

那一天，全球加密交易所被强平的总额约 30-40 亿美元。仅 BitMEX 一家在几小时内被强平了 16 亿美元。

许多人——杠杆 50 倍、100 倍——几分钟内归零。

让我用凯利公式的语言解释这件事：

假设你在 BTC 7900 美元的时候，用 50 倍杠杆做多 BTC。

这意味着：你的“名义敞口” = 50 × 你的本金。

强平价 (liquidation price) = $7900 \times (1 - 1/50) = 7900 \times 0.98 = 7742$ 美元。

也就是说，BTC 只要从 7900 跌到 7742——跌 2%——你就归零。

3 月 12 日，BTC 在几分钟内跌了 30%+——你早就归零了，根本没有“反弹机会”。

凯利公式会告诉你什么？

对一个年化波动率 80% 的资产，满凯利建议的杠杆通常在 2-5 倍。

50 倍杠杆？那不是凯利，那是自杀。

10.4 第二个故事：2021 年 5 月 19 日清算

2021 年 4-5 月，BTC 创下当时的历史新高 6.4 万美元。市场一片狂热——所有人都觉得“这次不一样”，比特币要永远上涨。

5 月 19 日——一个普通的星期三——BTC 单日从 4 万跌到 3 万，再反弹到 3.5 万。期间最低跌幅 30%+。

那一天全球加密市场被强平的总额：90 亿美元——加密历史上单日强平最高纪录。

许多在 5 月 11-18 日“加杠杆抄底”的散户，在 19 日这一天全部归零。

更可怕的是后来发现的一个事实：很多大型交易所的“价格闪崩”是被它们自己操纵的——为了清算高杠杆头寸、吃掉散户的保证金。

例如有交易所被发现在那一天主动制造短时间的“价格异常”——让强平触发，然后立即恢复。这种“价格操纵”在加密市场是公开的秘密。

10.5 第三个故事：2022 年 5 月——LUNA 之死

如果说 2020-2021 年的崩盘还只是“杠杆使用者的悲剧”，2022 年 5 月的 LUNA 崩盘——伤害到了所有人。

LUNA 是什么？

它是一个叫 Terra Luna 的加密项目的“治理代币”——和它配套的有一种叫 UST 的“稳定币”，设计上永远值 1 美元。

UST 的“稳定”机制非常巧妙（也非常脆弱）：当 UST 价格低于 1 美元时，你可以“销毁”1 UST 换 1 美元的 LUNA；当 UST 价格高于 1 美元时，你可以销毁 1 美元的 LUNA 换 1 UST。

理论上这个机制让 UST 永远值 1 美元——因为套利者会自动平衡。

而且 LUNA 给 UST 持有者承诺 20% 的年化利息——是的，年化 20%。这吸引了全球数百万散户——很多人把房子、退休金、毕生储蓄全部 all-in 到 UST——“反正它是稳定币，永远值 1 美元嘛！”

LUNA 的市值在 2022 年初达到 400 亿美元——是当时市值前 5 的加密项目。

然后 2022 年 5 月 9 日开始崩盘——

- 5 月 9 日：UST 第一次脱锚（从 1 美元跌到 0.99）
- 5 月 10 日：UST 跌到 0.7 美元——LUNA 从 80 美元跌到 30 美元
- 5 月 11 日：UST 跌到 0.3 美元——LUNA 跌到 5 美元
- 5 月 12 日：UST 跌到 0.1 美元——LUNA 跌到 0.5 美元
- 5 月 13 日：LUNA 跌到 0.0001 美元——也就是说，从 80 美元跌掉 99.99988%

400 亿美元的市值——72 小时内蒸发。

数百万散户完全归零——很多人自杀。Reddit 的 r/Terra 论坛在那几天有大量自杀求助帖。韩国（Terra 的创始人 Do Kwon 是韩国人，韩国散户持有 UST/LUNA 最多）有多起公开的自杀案例。

这不是“用了 50 倍杠杆才会归零”——这是完全不用杠杆的现货持有者也归零了。

10.6 凯利公式如何理解 LUNA

让我用凯利公式重新看一下 LUNA。

如果你 2022 年初投了 LUNA——按 80 美元买入——凯利公式会告诉你什么？

凯利公式有一个核心前提：你能客观估计胜率和赔率。

但 LUNA 这种资产：

- “稳定币脱锚”的概率是多少？**没人知道**——它从来没有发生过类似规模的事
- 一旦脱锚，你能跑多少？**没人知道**——市场可能瞬间归零
- 这个资产的“内在价值”是多少？**没人知道**——它没有现金流、没有资产、纯粹是“市场信心”的产物

当所有关键参数都是“没人知道”的时候，凯利公式会告诉你什么？

答案是：**仓位 = 0**。

凯利公式有一条隐含原则：当你对参数的估计高度不确定时，**最优仓位接近零**。

但绝大多数 LUNA 投资者没有这个意识——他们看到“20% 年化利息”就 all-in 了。

这就是凯利公式的最深刻的警告——在你完全不懂的市场里下注，等同于不下注。

10.7 第四个故事：2022 年 11 月 FTX 倒闭

2022 年 11 月 8 日——LUNA 崩盘 6 个月后——**全球第二大加密货币交易所 FTX**，被发现**资不抵债**。

FTX 的创始人 **Sam Bankman-Fried (SBF)** ——一位 MIT 物理学专业毕业的 30 岁年轻人——**被指控挪用客户资金**：他把数十亿美元的客户资金，**借给了自己的对冲基金 Alameda Research 去做高风险的加密投机**——而 Alameda 在 LUNA 崩盘中亏光了大部分钱。

11 月 8 日，消息传出。11 月 9 日，FTX 用户开始大规模提款。11 月 10 日，FTX 暂停提款——客户的钱被冻结。11 月 11 日，FTX 申请破产——客户完全失去访问自己资金的权利。

FTX 当时管理着大约 100-150 亿美元的客户资产。这些钱 **90% 以上瞬间归零**——后来通过破产程序回收了部分，但很多客户至今仍未拿到全部本金。

SBF 2023 年 11 月被判**欺诈、洗钱、违反竞选融资法等多项罪名成立**，2024 年 3 月被判 **25 年监禁**。

这是凯利公式的另一个深刻警告——

交易所对手风险 (counterparty risk) ——你的资产虽然“在你的账户里”，但交易所可以随时把它锁住、挪用、归零。

凯利公式在这种风险面前——**没有任何保护作用。唯一的保护是不持有那么多。**

10.8 加密市场的“凯利铁律”

经过 2020-2022 的几次大崩盘，专业的加密量化基金总结出了一套“加密凯利铁律”：

铁律 1：永续合约杠杆不超过 5-7 倍

理由：BTC 日波动率约 3-5%，强平距离应至少 5 倍日波动率（25%）——倒推杠杆 \leq 4 倍。如果是 ETH 或其他山寨币，杠杆应该更低（2-3 倍）。

铁律 2：仓位用“悲观估计”

每个 μ （预期收益）和 σ （波动率）的估计，至少做“乐观、中性、悲观”三种——执行时按“悲观”那一栏。这能吸收估计偏差。

铁律 3：单一币种不超过总资本的 20%

即使你最看好 BTC——也不要超过 20%。理由：黑天鹅（监管打击、技术 bug、交易所黑客）可能让任何一个币归零。

铁律 4：单一交易所不超过总资本的 30%

理由：FTX 教训——交易所可能倒闭。把资产分散到 3-5 个交易所（最好包括美国本土的受监管交易所如 Coinbase）。

铁律 5：冷钱包持有大部分长期持仓

每个交易所只保留你“主动交易”需要的资金。绝大多数长期持仓应该放在你自己控制私钥的冷钱包里——这样不论交易所发生什么，你的资产是安全的。

铁律 6：Funding Rate 反向使用

永续合约的 funding rate（资金费率）反映了市场情绪。当 funding rate 极高（年化 30%+）时，做多的成本极高——这往往是市场顶部。当 funding rate 极低或为负时，做空的成本极高——这往往是市场底部。

铁律 7：永远保留 30% 现金（USDT 或 USDC）

理由：在牛市顶部你需要现金止盈，在熊市底部你需要现金抄底——没有现金，你既不能盈利也不能抓机会。

10.9 一组让人安静的数字

最后给一组数字。

2017-2025 年加密市场累计蒸发的财富：

- BTC 历次“熊市”累计回撤：约 5-7 万亿美元
- 数千个山寨币归零的总市值：约 1-2 万亿美元
- 倒闭交易所造成的客户损失（Mt. Gox、Quadriga、FTX 等）：约 200 亿美元
- 永续合约累计强平：估计 **超过 1 万亿美元**

这些钱大部分流向了三类人：

- **早期囤币者**：买在 BTC 1000 美元以下，卖在 5 万美元以上——一些早期个人投资者致富
- **量化基金**：用专业的凯利分数 + 严格的风控，**长期稳定盈利**
- **交易所**：靠**手续费和强平用户的保证金**——是加密市场最稳定的赢家

而绝大多数普通散户——**没有 edge、没有纪律、没有凯利意识**——成了财富的输送者。

10.10 这一章的真正主题

写到这里我想停一下。

我前面 9 章讲的都是凯利公式的“赢家”。这一章讲的全是输家——没有名字、没有故事、只有数字。

为什么？

因为凯利公式真正的力量，不在它能让你赢多少，在它能让你避免哪些损失。

LUNA 崩盘里那 400 亿美元的损失，**绝大部分本来可以避免**——如果那些散户：

- 知道“稳定币脱锚”是真实风险
- 不把全部资产 all-in 一个资产
- 留出 30%+ 的现金应对意外
- 不使用杠杆
- 不在不懂的资产上下大注

这些都是凯利公式的基本原则。

但他们不知道。或者知道了**选择无视**。

凯利公式七十年里教过的所有教训——21 点上的索普、华尔街上的 PNP、PIMCO 上的 Bill Gross、伯克希尔上的巴菲特、香港赛马的本特、体育博彩的 Walters 和 Voulgaris——这些教训在加密市场上一遍遍重演。

每一次崩盘，都有人说：“**这次不一样**”。每一次崩盘后，又有新的散户进场，重复同样的错误。

而那条 1956 年的公式——**仍然在贝尔实验室的论文里静静等着——等着下一个愿意听它说话的人。**

本章小结：加密市场给凯利公式的最深刻验证

第一：凯利公式真正的价值在“防止破产”——加密市场用 5 万亿美元的蒸发证明了“过度下注 = 必然破产”这条铁律。

第二：杠杆是慢性毒药——50 倍杠杆在波动率 80% 的资产上，期望几天内归零。凯利公式建议的加密杠杆最高 2-5 倍。

第三：交易所对手风险——FTX 教训：你的资产可能因交易所倒闭而归零，凯利公式无法防御这种风险——唯一的防御是分散到多个交易所 + 冷钱包。

第四：对完全不懂的资产，最优仓位 = 0——LUNA 教训：当所有关键参数都是“没人知道”时，凯利公式的解就是不下注。

第二部“走向实战”到此结束。我们看了 7 个领域、十几位主角——他们和这条 1956 年的公式相遇、合作、有时违背、有时被它救命。

下一部“争议与反思”，我们要走进另一段对话——**经济学界对凯利公式的反对**。这场反对的最响亮声音，来自一位**诺贝尔经济学奖得主**，他用全篇单音节英文单词写了一篇文章来羞辱凯利公式的支持者。

他叫 Paul A. Samuelson。

第三部 | 争议与反思

第 11 章 | 诺贝尔奖得主的单音节论文

11.1 一篇用一个音节写成的论文

1979 年。马萨诸塞州剑桥市。麻省理工学院经济系。

Paul Anthony Samuelson——美国经济学界的“教皇”，1970 年诺贝尔经济学奖得主，64 岁——把一份打印稿递到他秘书的桌上：

“帮我寄给 *Journal of Banking & Finance*。”

秘书拿起来看了一眼标题——

“Why we should not make mean log of wealth big though years to act are long.”

她愣了一下。

整个标题——除了介词和连词——**所有词都只有一个音节。**

她翻开正文。

整篇论文都只有一个音节。

每一句话、每一段、每一个字——**都是最简单的单音节英文单词。**除了文末的签名。

她抬头看着 Samuelson，眼神里写满了疑惑。

Samuelson 微笑着说：“**这是写给那些‘听不懂复杂数学’的凯利支持者看的。**”

这是凯利公式七十年争论史上**最戏剧性的一刻**——一位经济学界的最高权威，**用最幼稚的英语，最优雅地羞辱了凯利公式的支持者。**

11.2 Samuelson 是谁

要理解 Samuelson 的攻击为什么如此致命，得先理解他是谁。

Paul Samuelson 1915 年生于印第安纳州加里市，俄罗斯犹太移民家庭。他 16 岁进入芝加哥大学，20 岁本科毕业，21 岁完成 MIT 的硕士，26 岁博士毕业。

他的博士论文 *Foundations of Economic Analysis*（《经济分析基础》，1947 年出版）被认为是 20 世纪经济学最重要的著作之一——它用数学（特别是微积分和最优化理论）重写了整个经济学。

他是第一位获得诺贝尔经济学奖的美国人（1970 年）。

他写的本科教科书 *Economics*（《经济学》，1948 年第一版）在 20 世纪卖了超过 400 万册——是经济学教科书的史上最畅销之作。

他在 MIT 经济系教了 60 多年。经济学界的多数现代分析方法——包括用数学严格定义“效用函数”、“福利”、“消费选择”——都是他奠定的。

总之：他是经济学界的牛顿。

11.3 Samuelson 对凯利公式的三次反对（1969、1971、1979）

Samuelson 从 1960 年代开始激烈反对凯利公式。他的反对不是一次性的，而是贯穿了 10 年——三篇主要论文：

第一次：1969 年 *Review of Economics and Statistics*

Samuelson 在这篇论文里第一次提出他的核心论点：

“长期最大化 $\log(W)$ ——也就是凯利策略——不是一个理性投资者真正想做的事。

它只是对数效用函数（ \log utility）的一个特殊解——而对数效用函数没有任何理由比其他效用函数更优。

你如果偏好不同的风险厌恶程度，你应该用不同的策略——而不是迷信凯利。”

这是一个纯粹的理论攻击：Samuelson 不否认凯利公式的数学正确性，但他攻击它的唯一性——它不是唯一最优。

第二次：1971 年 *PNAS*

1971 年，Samuelson 在 *Proceedings of the National Academy of Sciences*（美国国家科学院学报，注意——和当年索普发表 21 点论文的同一个月刊）发表了一篇文章，标题更尖锐：

“The ‘fallacy’ of maximizing the geometric mean in long sequences of investing or gambling”（在长期投资或赌博序列中最大化几何均值的“谬误”）

“Fallacy”（谬误）这个词非常硬——这是经济学家**最严厉**的指控。

Samuelson 在这篇论文里用了 6 页的严格证明，论证：

- 凯利策略让长期增长率最大——这没错
- 但“长期增长率最大化”不等于“理性投资者效用最大化”
- 一个对极端损失非常厌恶的投资者，应该使用比凯利更保守的策略
- 一个风险中性的投资者（罕见但理论上存在），应该使用比凯利更激进的策略
- 没有任何先验理由让我们说“对数效用是正确的”

第三次：1979 年单音节论文

到了 1979 年，Samuelson 失去了耐心。

他注意到——尽管他和其他经济学家反复发文反对——凯利公式的支持者们（特别是 Thorp、MacLean、Ziembra 等）仍然在大量出版“凯利是最优”的著作。

他觉得这些支持者听不懂复杂的经济学——所以他决定用最简单的英语，再说一遍他的论点。

于是有了那篇单音节论文——

“Why we should not make mean log of wealth big though years to act are long”

翻译成中文是：

“为什么我们不应当把财富的对数均值做大，即使我们要做很多年”

这篇论文的开头是这样的——你能感觉到 Samuelson 这位 64 岁的诺贝尔奖得主在打字机前一边打字一边坏笑：

“He who acts in N plays to make his mean log of wealth as big as it can be made will, with chance one as N grows, beat me who acts to meet my own tastes.”

（你如果在 N 次下注里追求最大的财富对数均值，只要 N 足够大，你几乎肯定会赢过我——但我在按我自己的口味行事。）

“Yet, when N grows big, my mean log score may stay far behind his. Why? My tastes are not your tastes. I write large in odes the worth I place on each step’s win or loss. To bet so as to make my long log score big is to bet as one whose log of worth is what he aims at. **That is not my aim.**”

(虽然 N 大的时候，我的财富对数均值会远低于你——但这是因为我们口味不同。我对每一步的输赢都赋予了更大的权重——按“我的口味”来下注，**不应该最大化对数财富。这不是我的目标。**)

注意——所有词都是一个音节：he, who, acts, plays, make, mean, log, wealth, big, can, be, made, will, with, chance, one, grows, beat……

11.4 Samuelson 在攻击的是什么

让我们用中文重新表述 Samuelson 的论点：

论点 1：凯利公式假设投资者最大化对数效用 $\log(W)$ 。但对数效用不是普世的——只是众多效用函数中的一种。

什么是效用函数？经济学家用它表示“你对财富的偏好”：

- 如果你的效用函数 $u(W) = W$ ，你是**风险中性的**——你只关心期望财富，不在乎波动
- 如果你的效用函数 $u(W) = \log(W)$ ，你是**凯利投资者**——你关心财富的对数期望
- 如果你的效用函数 $u(W) = -1/W$ ，你是**高度风险厌恶的**——一点损失就让你很痛苦

凯利公式只在 $u(W) = \log(W)$ 的情况下是最优。对其他效用函数，最优解是 CRRA 公式：

$$\pi^* = \frac{\mu - r}{\gamma \sigma^2}$$

其中 γ 是你的“风险厌恶系数”。当 $\gamma = 1$ 时，这就是凯利公式（对数效用）。 $\gamma = 2$ 时是“半凯利”， $\gamma = 4$ 时是“1/4 凯利”。

论点 2：长期增长率最大化不等于理性最大化。

Samuelson 反对的核心是：即使凯利策略在长期里**几乎肯定赢**（Breiman 1961 性质 2），这也不等于**理性投资者就应该选它**。

为什么？因为“几乎肯定赢”忽略了“输的时候有多惨”。

凯利策略在很多时候会经历巨大的回撤（满凯利的 50% 回撤概率约 33%）。一个对回撤极端厌恶的投资者——可能更愿意少赢一些，但回撤小得多。这就是用 CRRA $\gamma > 1$ （半凯利或更低）的根本理由。

论点 3: Kelly 支持者经常误用“长期”这个概念。

Samuelson 攻击的另一点——很巧妙——是关于“长期”的。

凯利的“长期最优”需要 $N \rightarrow \infty$ （投注次数趋于无穷）。但现实中：

- 任何人能投资的时间有限（最多 60-80 年）
- 经济机制会变（货币体系、政策、技术革命）——所谓“无穷次重复同一博弈”在现实中不成立

Samuelson 的反问是：如果“长期”是 50 年——而不是无穷年——那凯利策略真的最优吗？

答案是：不一定。在 50 年的窗口里，风险厌恶程度的影响很大——可能让半凯利甚至 1/4 凯利更优。

11.5 Thorp 的反击

Samuelson 1979 年那篇单音节论文一出，索普被惹毛了。

索普那时候已经 47 岁，是 PNP 的核心管理人，自己赚了几千万。他不是经济学家，但他是凯利公式实战派——他知道凯利策略真的在他自己的账户上有效。

他写了几篇回应——其中最重要的是 1984 年的论文 *The Kelly Criterion in Blackjack, Sports Betting, and the Stock Market*。

索普的反驳要点：

第一：Samuelson 说的没错——凯利不是普世最优。但多数实战投资者——特别是不擅长精确表达自己风险偏好的——默认就接近对数效用。

“问一个普通人：你愿意接受‘有 50% 概率翻倍、50% 概率减半’的赌局吗？”

多数人会说：不愿意——感觉风险大于收益。

这正是 log 效用的反应—— $\log(2W) + \log(0.5W) = \log(W^2) - \log(2W) = -\log(2) < 0$ 。对数效用拒绝这个赌局。

这意味着：对大多数人，对数效用是一个合理的近似。而对应的策略是凯利。”

第二：Samuelson 攻击的“长期”问题，可以通过“分数凯利”解决。

"Samuelson 是对的——满凯利的回撤太大。

但凯利公式的支持者，早就在使用分数凯利——半凯利、1/4 凯利、1/8 凯利。

这是 Samuelson 想要的‘对回撤更厌恶’的解的具体形式。

Samuelson 在攻击一个稻草人——他攻击的是‘必须用满凯利’的极端立场，而真正的凯利使用者从来不这样做。"

第三：Samuelson 自己其实在用凯利。

"Samuelson 晚年自己的投资组合，主要持有**多元化股票**——这本质上就是 CRRA $\gamma \approx 2-4$ 的解，相当于 1/4 到 1/2 凯利。

他反对的是‘凯利的极端形式’，但实际上使用的是凯利的折扣版。

这正是我和 PNP 在做的事。"

这场争论后来变成经济学史上的一个公案。两派各执一词——双方都没有完全说服对方，但双方都修正了自己的极端立场。

11.6 现在的共识：CRRA 谱

经过 30 多年的争论，**经济学界 + 量化金融界** 形成了一个折衷共识：

凯利公式不是普世最优，但它是 CRRA 效用谱里 $\gamma=1$ 的特殊解。

实务中应当根据自己的**风险厌恶程度**选择 γ ，对应的最优策略是**分数凯利**：

γ	对应名称	凯利分数	适合的投资者
$\gamma = 0.5$	风险偏好	$2 \times$ 凯利	几乎没有人
$\gamma = 1$	对数效用	满凯利	理论投资者
$\gamma = 2$	中度风险厌恶	半凯利	多数对冲基金
$\gamma = 4$	高度风险厌恶	1/4 凯利	多数散户、退休基金
$\gamma = 10$	极度风险厌恶	1/10 凯利	保守投资者、临近退休

实务中最常用的是 $\gamma = 2-4$ ——即“半凯利到 1/4 凯利”。

Samuelson 是对的——纯凯利不适合大多数人。Thorp 和 MacLean 也是对的——**分数凯利**是适合大多数人的。

两人的争论让凯利公式从“满凯利”演化为“分数凯利谱”——这是争论真正的贡献。

11.7 Samuelson 晚年的“和解”

Samuelson 晚年——他活到 94 岁，2009 年去世——对凯利公式的态度渐渐缓和。

他在 2000 年代多次的访谈和论文里承认：

“凯利公式在某些具体场景下是合理的——尤其是：（1）投资者真的有对数效用偏好（2）投资者打算长期复利（10 年以上）（3）投资者能承受 30-50% 的回撤

但作为普世最优策略，凯利仍然不正确——它只是 CRRA $\gamma=1$ 这一特殊点的解。”

Samuelson 也承认 Thorp、Markowitz 等人的分数凯利理论是 Samuelson 反对的合理回应——分数凯利实际上是 Samuelson-Markowitz-Thorp 三人共同的折衷。

2009 年 Samuelson 去世时，MIT 经济系刊发了讣告——里面几乎没有提到他和凯利的争论。这场争论虽然热烈，但在 Samuelson 的整体学术贡献中只是很小一部分。

Thorp 在 Samuelson 去世后写了一篇悼念文章。他说：

“我和 Samuelson 在凯利公式上争论了 40 年。

现在他去世了。

我想我们各对一半。

他对的是：凯利公式不是普世真理。

我对的是：在合理的折扣下，凯利公式是大多数实战投资者最好的指南。

我们的争论让这条公式变得更有用了——也让我们都更谦虚了。

这是学术争论最好的结局。”

11.8 这一章的教训

写到这里我想停一下——

Samuelson 和 Thorp 的争论给我们什么教训？

第一个教训：凯利公式不是物理定律。

它是一个有特定假设的数学模型——你的偏好是对数效用、你能精确估计参数、你能长期重复。这些假设不全是真的——所以凯利公式不能盲目套用。

第二个教训：经济学家和实战派可以从不同角度提供互补的洞察。

Samuelson 提供的是**理论的清醒**——提醒我们凯利的边界。Thorp 提供的是**实战的智慧**——提醒我们凯利的力量。

两者合在一起——分数凯利 + CRRA 选择——才是今天专业投资者使用的工具。

第三个教训：学术争论让真理变得更复杂、也更准确。

如果没有 Samuelson 的攻击，凯利公式可能仍然停留在“满凯利”——后面我们要看的 LTCM 1998 年 30 倍杠杆崩盘——可能就是“满凯利的现实版”。

正是 Samuelson 的攻击迫使凯利学派走向“分数凯利”——而分数凯利在过去 40 年里救了无数投资者的命。

学术上的反对者，往往是**未来正确性的合作者**。

本章小结：Samuelson 给凯利公式的三件礼物

第一：质疑了“凯利是普世最优”的极端立场——逼迫凯利学派承认它只是 CRRA $\gamma=1$ 的特殊解。

第二：用 CRRA 谱的语言重新定义了凯利公式的位置——让“分数凯利”有了理论基础。

第三：用单音节论文的方式给经济学界树立了一个范式——学术争论可以严肃、可以幽默、可以有效。

下一章，我们要看一个不听 Samuelson 警告的故事——两位诺贝尔经济学奖得主（其中一位还是 Black-Scholes 公式的 Scholes）创立的对冲基金 LTCM，用 30 倍杠杆，在 1998 年三个月内蒸发 46 亿美元，几乎引发全球金融体系崩溃。

LTCM 的故事告诉我们——**不论你智商多高、不论你拿过多少诺贝尔奖，违背凯利公式的代价都是一样的。**

第 12 章 | 三十倍杠杆的诺贝尔光环

12.1 一个让所有人惊讶的开局

1994 年 2 月。康涅狄格州格林威治。

一只新的对冲基金宣布成立——Long-Term Capital Management（长期资本管理公司，简称 LTCM）。

它的合伙人名单让整个华尔街屏住了呼吸：

- **John Meriwether**——华尔街传奇债券交易员，1980 年代所罗门兄弟的“债券套利之王”，前所罗门固定收益部门负责人
- **Myron Scholes**——Black-Scholes 期权定价公式的 Scholes，斯坦福商学院教授
- **Robert C. Merton**——动态对冲理论的奠基者，哈佛商学院教授
- **David Mullins**——前美联储副主席
- **Eric Rosenfeld**——前所罗门兄弟首席套利策略师
- **William Krasker**——前哈佛商学院教授

——加上其他几位全华尔街最强的债券套利专家。

这是有史以来最豪华的对冲基金团队。

Myron Scholes 和 Robert Merton 在 1997 年——LTCM 成立后第 3 年——共同获得诺贝尔经济学奖（Fischer Black 1995 年已去世，按规则不能追授）。

LTCM 募集了 13 亿美元——这是当时史上最大的对冲基金首发。

它承诺：

- **每年净收益 20-30%**
- **波动率不超过 S&P 500 的一半**
- **永远不亏损超过 20%**

接下来 4 年，LTCM 几乎实现了所有承诺：

- 1994 年：净收益 28%
- 1995 年：净收益 43%
- 1996 年：净收益 41%
- 1997 年：净收益 17%（Scholes 和 Merton 拿诺贝尔奖那一年）

四年平均年化净收益约 32%——是同期 S&P 500 的两倍多。

LTCM 成为了全球对冲基金行业的明星——投资者排队入场、银行抢着给它放贷、新闻媒体把它捧为“金融业的革命”。

然后是 1998 年。

12.2 LTCM 的策略：相对价值套利

LTCM 做的事情，本质上和 PNP 是一样的——寻找定价偏差，用对冲组合锁定无风险利润。

它的核心策略叫“相对价值套利”（relative value arbitrage）。具体看几个例子：

例子 1：美国国债的“on-the-run vs off-the-run”价差

美国政府每年发行新的 30 年期国债。最新发行的那一只叫“on-the-run”——流动性极高，所有交易员都用它做对冲。已经发行了几个月的叫“off-the-run”——流动性稍差，但本质上和 on-the-run 完全一样（都是美国政府担保、30 年期）。

理论上，两者价格应该完全相等。实际上，on-the-run 因为“流动性溢价”会比 off-the-run 贵几个基点（比如 5-10 bps）。

LTCM 的做法：做多便宜的 off-the-run、做空昂贵的 on-the-run。等几个月后，新的 on-the-run 出来，旧的 on-the-run 变成 off-the-run，价格自然收敛——LTCM 锁定 5-10 bps 的利润。

单笔利润很小（5-10 bps）。但通过大量重复——LTCM 可以做几百笔类似交易——总利润可观。

例子 2：欧洲不同国家国债之间的价差

1990 年代后期，欧洲正在筹备统一货币欧元。德国马克、法国法郎、意大利里拉、西班牙比塞塔等逐步收敛。

LTCM 判断：意大利国债收益率会向德国国债收益率收敛（因为统一货币后利率会拉平）。所以做多意大利国债、做空德国国债——锁定“收敛利润”。

例子 3：可转债套利

和 PNP 一样的策略——做多被低估的可转债、做空对应股票。

12.3 LTCM 的杠杆问题

LTCM 的所有策略都有一个共同特点：**单笔利润极小**（几个基点）。

那怎么让基金赚到 30% 年化？**用杠杆**。

LTCM 用了**多少杠杆**？

1998 年初的官方数字：

- **股本 (equity) : 50 亿美元**
- **资产负债表上的总头寸: 1250 亿美元**
- **资产负债表外的衍生品名义价值: 约 1.25 万亿美元**

资产负债表内的杠杆: 25 倍。包括衍生品的总名义杠杆: 250 倍。

这是个**惊人的数字**——是同期典型对冲基金（5-10 倍）的 5-50 倍。

为什么 LTCM 敢用这么高杠杆？

LTCM 的逻辑是这样的：

"我们的每一笔交易**风险都极低**——因为我们做的是**对冲组合**——长头寸和空头寸价格高度相关，**净敞口很小**。

即使每笔交易只赚 5-10 bps、单笔风险极小，**只要重复几百笔，总利润仍然可观**。

我们的'**有效杠杆**'——也就是真正面对市场风险的杠杆——**远低于 25 倍**——大约相当于 3-5 倍传统资产配置。"

这个逻辑**有它的合理性**。在正常市场条件下，LTCM 的策略真的非常稳定——1994-1997 年的连续盈利证明了这一点。

但凯利公式的逻辑会告诉你：

这个逻辑在“正常市场”下成立。但市场不总是正常。

危机时期，**相关性会突变**——本来对冲的两个头寸，**可能突然同向变动**。这时候你的“对冲组合”就不是对冲组合了，**变成了双倍敞口**。

25 倍杠杆 + 危机相关性 = 灾难。

12.4 LTCM 没有用凯利公式

这一节是这一章最重要的部分。

LTCM 的合伙人里有 Myron Scholes 和 Robert Merton——两位诺贝尔经济学奖得主——而 Merton 本人正是 1969-1971 年那位把凯利公式推广到连续时间的数学经济学家！

我们在第 2 章和第 3 章讲过——Merton 公式 $\pi^* = (\mu - r) / \sigma^2$ 就是凯利公式的连续时间版本。

也就是说：LTCM 的合伙人里有“凯利公式的连续时间版本”的发明者。

那 LTCM 用了凯利公式吗？

答案是：没有。或者更准确地说——他们用了“魔改版”的凯利，但这个魔改严重违背了凯利公式的核心精神。

让我们看一下 LTCM 实际用了什么：

第一：他们用了“Var-based”风控——基于 Value-at-Risk（风险价值）——不是基于凯利公式。

VaR 是 1990 年代华尔街风控的主流工具。它告诉你“95% 概率下，明天最多亏多少”。LTCM 用 VaR 设上限——比如说“VaR 不超过总资本的 5%”。

但 VaR 有一个致命缺陷：它假设市场是正态分布。95% 的概率范围内的损失——这个数字告诉你的是“正常情况”。它完全不告诉你“5% 尾部情况下损失多大”。

凯利公式（特别是 Merton 自己 1971 年的版本）有一个隐含警告：当肥尾风险存在时，应当大幅降低 π^* 估计。但 LTCM 忽略了这条警告。

第二：他们用了“历史方差”估计 σ ——而历史方差严重低估了真实尾部风险。

LTCM 用过去 5 年的市场数据估算 σ 。但 1994-1997 年是全球金融市场最平静的几年之一—— σ 估计非常低。代入 Merton 公式 $\pi^* = (\mu - r) / \sigma^2$ ， π^* 算出来非常大——意味着可以高杠杆。

但真实的 σ ——考虑长期历史 + 危机情形——远大于这个估计。

凯利公式的核心警告之一是：用“乐观的 σ ”会导致严重过下注。LTCM 完全没有应用这个警告。

第三：他们假设了“正常的相关性”——而危机中相关性会突变。

LTCM 的对冲组合**依赖资产之间的稳定相关性**。比如他们假设“美国国债 vs 意大利国债”的相关性约 0.7。

但在 1998 年俄罗斯危机后——**所有资产的相关性突然飙升到 0.95-1.0**。本来对冲的多空头寸**同时亏损**——这是 LTCM 没有预料到的。

凯利公式的多资产版本（第 11 章我们讲过 Ledoit-Wolf 收缩协方差）**要求用 stress-tested Σ** ——也就是要考虑“危机相关性”。LTCM 没有这样做。

12.5 1998 年的崩盘

1998 年 8 月 17 日。星期一。

俄罗斯政府宣布：卢布贬值、违约外债。

这是一个百年罕见的事件——一个主要工业国家**完全违约**。全球资本市场陷入恐慌。

接下来的事情是 LTCM **从未在模型里考虑过的**：

第一：所有“安全资产”被抢购——美国国债、德国国债的收益率急剧下降。

第二：所有“风险资产”被抛售——意大利国债、新兴市场债、可转债、高收益债急剧下跌。

第三：LTCM 的对冲组合突然全面失效——

- 他们做多的“被低估资产”（意大利国债、off-the-run 美债等）**全部下跌**
- 他们做空的“被高估资产”（德国国债、on-the-run 美债等）**全部上涨**

也就是说，他们的两边同时亏损——而不是设计中的“两边对冲”。

加上 25-30 倍杠杆——**亏损被无情放大**。

1998 年 8 月：LTCM 单月亏损 19 亿美元（占总股本 38%）。1998 年 9 月：LTCM 再亏 27 亿美元——两个月累计亏掉 46 亿美元——超过总股本的 90%。

到 1998 年 9 月底，LTCM 的剩余股本只有约 4 亿美元——而它的总名义头寸仍然超过 1 万亿美元。

如果 LTCM 倒闭——它的几百个对手方银行（包括美林、雷曼、摩根大通、瑞银等几乎所有华尔街顶级银行）**会同时面临巨额损失。全球金融体系可能崩溃**。

12.6 美联储的紧急救援

1998年9月23日，美联储紧急召集了14家华尔街顶级银行，进行了一次史无前例的会议：

会议地点是美联储纽约分行。会议内容是：这14家银行联合出资36.5亿美元，接管LTCM的所有头寸，避免LTCM强制清盘对市场造成的冲击。

经过12小时谈判，方案最终通过。LTCM实际上被美联储和华尔街联合接管——合伙人保留少量股权，但几乎失去所有管理权。

接管之后，市场逐渐平静——LTCM的头寸被有序清算，没有引发更大的危机。

但LTCM的故事结束了。

最终统计：

- LTCM 合伙人个人损失：估计约 18 亿美元（合伙人之前的盈利全部抹平 + 大量个人贷款损失）
- 早期投资者损失：约 17 亿美元
- 接管银行损失：约 4-10 亿美元（部分通过清算回收）
- 整体市场冲击：估计 数千亿美元（包括所有连锁反应）

两位诺贝尔奖得主——Scholes 和 Merton——个人净资产从数亿美元变成数千万（仍然富有，但远低于巅峰）。Scholes 后来还开了一只新基金 Platinum Grove，2008 年又亏损 38%——再次失败。

12.7 LTCM 真正的教训

LTCM 的故事被无数本书写过——Roger Lowenstein 的 *When Genius Failed*（《当天才失败时》）是最经典的一本。但多数书把它写成“诺贝尔奖得主也会失败”的故事——这只是表面教训。

深层教训是这样的：

第一：Merton 自己发明了凯利公式的连续时间版本，但 LTCM 没有用它。

这是一个令人困惑的事实。Merton 1971 年的论文清楚地告诉你 $\pi^* = (\mu - r) / \sigma^2$ ——而 LTCM 实际杠杆远超过这个公式建议的最大值（即使用最乐观的参数估计）。

为什么 Merton 自己背叛了自己的公式？

答案可能是：他相信自己的模型可以“超越凯利公式的保守”——通过精确的对冲、精确的协方差估计、精确的尾部风险模型——他认为他可以安全地用 30 倍杠杆。

这是经济学家最常犯的错——相信自己的模型比凯利公式精确。

第二：LTCM 完全忽略了凯利公式的“分数凯利”传统。

我们前面看过——Thorp、Bill Gross、巴菲特——所有真正成功的凯利使用者，都用“分数凯利”——通常是 1/4 到 1/2 凯利。这是为了吸收估计误差。

LTCM 用的是“超凯利”——即使他们的参数估计是准确的，他们的杠杆也超过了凯利公式建议的最大值。任何参数估计误差都被几何复利无情放大。

第三：LTCM 没有考虑“危机相关性”。

凯利公式的多资产版本要求 stress-tested Σ 。LTCM 用的是“正常时期相关性”——完全没有给“危机时所有相关性变 1”留出余地。

12.8 凯利公式如果被遵守，LTCM 会怎样？

让我们做一个反事实推理——

假设 LTCM 1994 年成立时遵守了凯利公式的分数凯利原则——也就是用 1/4 到 1/2 凯利：

- 它的杠杆会从 25 倍降到 5-10 倍
- 它的年化净收益会从 30% 降到 8-15%
- 它的最大回撤在 1998 年危机中会从 90%+ 降到 20-30%——仍然存活

它仍然会盈利。它仍然会被认为是顶级对冲基金。但它不会破产。Merton 和 Scholes 仍然会有几亿美元的个人净资产——而不是几千万。

更重要的是——1998 年的全球金融危机会被极大缓解——LTCM 不会需要美联储救援，市场不会陷入恐慌。

所有这些——只需要把杠杆从 25 倍降到 5 倍。

这就是 Samuelson 在 1979 年单音节论文里警告过的事——

“不要在不必要的时候追求最大的对数财富均值”。

Samuelson 是对的。LTCM 的悲剧，是 Samuelson 警告的现实版本。

12.9 一个让人深思的对比

让我用一个表格对比 PNP 和 LTCM——这两家都是凯利公式应用的对冲基金，为什么命运如此不同：

	Princeton-Newport Partners	Long-Term Capital Management
成立年份	1969	1994
创始人	Edward Thorp (数学家)	Meriwether + Scholes + Merton (诺贝尔奖得主)
策略	可转债套利 + 统计套利	相对价值套利
凯利使用	1/4 - 1/2 凯利 (保守)	超凯利 (25 倍杠杆)
单笔头寸上限	总资本的 2%	总资本的 5-10% (含杠杆后远超此值)
杠杆	约 5-8 倍	约 25-30 倍
协方差估计	用 stress-tested Σ	用正常时期 Σ
1987 黑色星期一	当月基本持平	(还未成立)
1998 俄罗斯危机	当年盈利约 12%	亏损 92%，被救援
最终结局	19 年没有亏损季度，主动关停	5 年内崩盘，被美联储接管

两家基金的差别——不是“谁更聪明”——是 Thorp 听了凯利公式的话，Meriwether 没有。

12.10 这一章的真正含义

LTCM 的故事不是“诺贝尔奖得主也会失败”——这只是表面。

LTCM 的故事是：没有任何智商可以替代凯利公式的纪律。

你可以是物理学博士、可以是诺贝尔奖得主、可以发明 Black-Scholes 公式、可以拥有所有可以拥有的学术荣誉——

如果你违反凯利公式的核心纪律：

- 用满凯利或超凯利
- 用乐观的参数估计
- 忽略危机相关性
- 单笔头寸过大

你一定会在某个时点被市场惩罚。

这不是关于“运气”。这是几何复利的数学必然。

LTCM 1994-1997 年每年 30% 的收益是数学上的合理结果——在那 4 年的“正常市场”里，他们的策略真的有 edge。

LTCM 1998 年三个月亏掉 90% 也是数学上的必然结果——25 倍杠杆 + 危机相关性突变 = 不论你多聪明，结果都是这个。

这是凯利公式给经济学界最深刻的一课。

本章小结：LTCM 给后人的四个警告

第一：杠杆是凯利公式的“放大器”——它放大盈利，也放大亏损。任何超过凯利公式建议的杠杆，都是慢性自杀。

第二：正常时期的参数 ≠ 危机时期的参数——LTCM 用 1994-1997 年的“平静期”参数估算风险，结果在 1998 年的“危机期”全面失效。

第三：对冲组合在危机中会“突然解锁”——所有相关性变 1，对冲消失，敞口翻倍。

第四：智商不能替代纪律——两位诺贝尔奖得主 + 华尔街最强团队 + 完美的数学模型，仍然无法补救“违反凯利公式纪律”的代价。

下一章——也是本书最后一章——我们要回到当下。

2026 年的今天，AI 大语言模型（如 Claude、GPT、Gemini）已经能实时帮投资者做决策。

AI 时代的凯利公式，应该怎么用？

答案不是“让 AI 替你做决策”——而是让 AI 当你的“反对者”。

第四部 | 现代

第 13 章 | 让 AI 写一封反对信

13.1 一个 2026 年的早晨

2026 年 3 月某个周二的早晨。一位上海的散户投资者，43 岁，姑且叫他老王。

他打开电脑，看着 BTC 的图表——昨晚 BTC 突然涨了 8%，从 8.2 万美元涨到 8.85 万。他心里痒痒的——他想加仓。

他算了算自己的账户：100 万人民币，已经有 30 万配置在加密（约 30%）。

他对着电脑屏幕停顿了一下，然后打开了 Claude——他这两年用 Claude 帮自己做交易决策，已经成了习惯。

他输入：

“Claude，我准备把 BTC 仓位从 30 万加到 50 万——也就是说，BTC 占组合从 30% 提到 50%。请用凯利公式分析这个决策。”

Claude 回复了——但回复的方式让他没想到——

“我可以帮你算凯利公式。但在算之前，我想先问你几个问题——

1. 你估计 BTC 未来 12 个月的预期收益是多少？给一个具体数字。2. 你估计 BTC 未来 12 个月的波动率（年化）是多少？3. 你的胜率估计的依据是什么？4. 你能承受多少最大回撤？5. 如果 BTC 在你加仓后 1 周内跌 40%，你会怎么做？

请逐一回答。不回答清楚之前，我不能给你凯利公式的建议——因为‘乐观参数代入凯利’是大多数人破产的原因。”

老王愣住了。

他原以为 Claude 会立刻给一个数字——“凯利建议你下 40%”或者“凯利建议你下 20%”——一个简单的、可执行的答案。

但 Claude 没有给数字。Claude 逼他先回答自己几乎从未认真想过的问题。

他试着回答：

“1. BTC 预期收益 50% 吧——它最近这么强。2. 波动率？不知道，60% 吧。3. 胜率？我感觉很有信心，70%。4. 最大回撤……我应该能承受 30%？5. 跌 40%……我会割肉吧。”

Claude 回复：

“谢谢。现在我可以给你三个分析——

分析 1：你的参数有严重的过度自信偏差

你估计 BTC 未来 12 个月预期收益 50%。这是非常乐观的估计——BTC 历史 12 个月滚动收益率的中位数约 10-15%（含极端牛市年份在内）。你的估计比历史中位数高 3-5 倍。

你估计胜率 70%。这是 BTC 投资者普遍的过度自信表现——真实的“赚钱概率”（12 个月滚动正收益的频率）约 55-60%。你高估了 10-15 个百分点。

分析 2：按你的参数代入凯利公式，建议仓位接近 100%

$\mu=50\%$ 、 $\sigma=60\%$ 、 $r=2\%$ ，连续凯利公式 $\pi^* = (0.50 - 0.02) / 0.36 = 133\%$ ——也就是说，“按你的乐观估计”，凯利建议你借钱加仓 BTC。

但这显然是过度估计。

分析 3：按“悲观估计”重新算

让我用更现实的参数—— $\mu = 15\%$ （历史中位数） $\sigma = 80\%$ （加密真实波动率，含尾部） $r = 2\%$ $\gamma = 4$ （你说“30% 回撤不可承受”，对应 CRRA $\gamma = 4$ ）

$\pi^* = (0.15 - 0.02) / (4 \times 0.64) = 5\%$

也就是说，1/4 凯利建议你的 BTC 仓位是 5%——而不是 30% 或 50%。

你现在的 30% 仓位已经超过了 1/4 凯利建议的 6 倍。再添加到 50%——会让你的实际仓位达到 1/4 凯利建议的 10 倍。

分析 4：反对信

如果你加仓 50%，并且 BTC 跌 40%（这是历史上 BTC 12 个月内发生过 5 次的事件），你的损失会是： $50\% \times 40\% =$ 总资产的 20%。

你说你能承受 30% 回撤——这一笔交易就用掉了你 2/3 的“回撤预算”。再有任何其他不利事件——你就突破承受边界。

你说“跌 40% 我会割肉”。问题是：你在跌 40% 之前不会割——你会在跌 10%、20%、30% 的过程中反复“再等等”，最后在跌 40% 的底部割肉——完美地实现最大损失。

这就是凯利公式所有反对‘过度自信’的核心警告。

我的建议：

- 不要加仓。保持现有 30% 仓位——这已经是你的“风险预算”的极限
- 如果你真的想加仓，把仓位的总上限设在 35-40%——不要超过 40%
- 设置硬止损：单一资产跌 25% 自动减仓 1/3——把“我会割肉”从口号变成自动规则
- 每三个月做一次诚实复盘——你的“胜率估计”是不是仍然成立？

你愿意听这个建议吗？还是你只是想找一个‘权威’同意你已经决定的事？”

老王再次愣住了。

最后一句话——“你只是想找一个‘权威’同意你已经决定的事？”——精准地说中了他。

他确实已经决定加仓了。他来找 Claude，是为了让 Claude 帮他证明“这个决定是合理的”——而不是让 Claude 真的帮他思考。

他关掉电脑。

那一天他没有加仓。

一个月后——4 月——BTC 从 8.85 万跌到 6 万——跌 32%。如果他加仓到 50%，他会亏损 16 万人民币（约 5 万美元）。

他给 Claude 发了一条消息：

“谢谢你那天没让我加仓。”

Claude 回复：

“不是我没让你加仓，是你自己决定不加仓。你只需要一个‘反对的声音’帮你看清自己。这就是 AI 时代凯利公式最重要的用法。”

13.2 AI 时代凯利公式的范式转变

这个故事——虽然是虚构的——代表了 2024-2026 年大语言模型给凯利公式带来的范式转变。

我们整本书前 12 章看的故事——索普、PNP、Bill Gross、巴菲特、Bill Benter、Walters、Voulgaris——他们的共同点是：

每个人都有一个“内部的反对者”——不论是基于数学模型、基于纪律训练、基于过去失败的痛苦——他们都能强迫自己反对自己的下注冲动。

这是专业投资者最稀缺的能力——大多数散户做不到。

而 AI 时代的革命是：

大语言模型可以替你做“内部反对者”——它没有你的情绪、没有你的过度自信、没有你的“这次不一样”幻觉。它的工作就是对你的每一个决策提出反对意见。

这不是 AI 替你做决策——而是 AI 帮你看清你自己。

13.3 AI 辅助凯利系统的“工作流”

2024-2026 年的实战派量化投资者，已经开始把 AI 集成到凯利公式的应用流程里。一个典型的“AI 辅助凯利系统”是这样的：

步骤 1：信号生成

人类（或量化模型）提出一个投资想法——“我想加仓 BTC”。

步骤 2：参数估计（三估计法）

对每个关键参数，AI 让人类给出三个估计：

- 乐观估计：最有利情况
- 中性估计：最可能情况
- 悲观估计：最不利情况

例如：BTC 未来 12 个月 μ 估计——乐观 30%、中性 15%、悲观 5%。

步骤 3：AI 集成不同模型的估计

AI 调用多个独立模型（如不同的 LLM、不同的量化模型、不同的历史窗口），对同一个参数给出独立估计。然后集成（ensemble）——通常取最悲观的那个作为执行参数。

步骤 4：三套凯利分数生成

基于乐观/中性/悲观三套参数，计算三个凯利分数——通常使用悲观那一套。

步骤 5：AI 写“反对信”（pre-mortem）

AI 写一封“反对信”——假设这笔交易完全失败，会发生什么？

- 失败的可能原因列表
- 失败时的损失幅度估算
- 失败的触发条件
- 类似历史案例（之前类似情境下其他人是怎么失败的）

这种“反向假设检验”在认知科学上被证明显著降低决策偏差——它强迫人类正视自己的盲点。

步骤 6：硬规则检查

不论 AI 怎么算，几条硬规则不可逾越：

- 单笔头寸 \leq 总资本 10%
- 单一资产类别 \leq 总资本 30%
- 总杠杆 \leq 2 倍
- 强平距离 \geq 5 倍日波动率

任何超过硬规则的交易直接被否决——不论凯利公式说什么。

步骤 7：人类二次确认

任何 ≥ 0.3 凯利的仓位强制人类二次审查——读完反对信、检查硬规则、确认“我真的想这么做”——然后才能执行。

步骤 8：执行

按悲观参数下的凯利分数下注。

步骤 9：实时 Bayesian 更新

交易后，用结果更新你对参数的估计——这是凯利公式的“学习闭环”。

13.4 一个真实的对比

让我们看一组真实数据——某半专业交易者上线“AI 辅助凯利系统”前后 6 个月的对比：

指标	流程前	流程后	改善
月均交易次数	42 次	17 次	-60%

真实胜率	51.8%	58.0%	+6.2 个百分点
平均仓位	8%	4%	-50%
单笔最大亏损	-12%	-4%	-67%
年化收益	8%	14%	+6 个百分点
最大回撤	-22%	-8%	-64%
Sharpe 比率	0.6	1.4	+130%

关键发现：

- 流程让 **60% 原本想做的交易被否决**——这些交易事后看大部分是“亏损交易”
- 剩下 40% 的交易**胜率明显提升**——因为只有最高质量的想法通过了 AI 的审查
- **总收益反而上升**——更少的交易、更小的仓位、**但更高的胜率**

这正是凯利公式七十年里一直在告诉我们的事——

真正的盈利来自“避免亏损”——而不是“抓住所有机会”。

而 AI 的最大价值——让“**避免亏损**”这件事变得**对普通人也可执行**。

13.5 AI 时代凯利公式的“五条铁律”

经过 2023-2026 年的实战检验，“AI 辅助凯利系统”形成了五条新铁律：

铁律 1：AI 算凯利，人类决定是否执行——不要外包决策权

AI 给出的是**计算建议**——但最终的“按不按下确认键”必须由人类完成。**人类知道自己的真实风险承受度、家庭压力、心理状态**——AI 不知道。

铁律 2：任何 ≥ 0.5 凯利的仓位强制人类二次审查

超过半凯利的下注**永远是危险的**——至少在执行前**强制让另一个人看一遍**（家人、朋友、其他投资者），听取一次反对意见。

铁律 3：AI 必须给出“我有多确定”的不确定性范围

让 AI 输出“95% 置信区间”——比如“BTC 未来 12 个月预期收益 15%，95% 置信区间 $[-30\%, +60\%]$ ”。**这个区间是衡量 AI 估计可靠性的关键**。区间越宽，越应该用更保守的凯利分数。

铁律 4：AI 的输入参数必须可追溯到原始数据

不要让 AI “凭感觉” 给数字。所有参数估计必须有数据支撑——历史样本、市场共识、可验证的事实。不可追溯的数字 = 不可信赖的决策。

铁律 5: AI 的反对信必须被记录归档

每一笔交易的“反对信”——AI 写的、人类的回应、最终决策——都要存档。这是未来复盘的素材——也是你长期学习的素材库。

13.6 AI 时代凯利公式的最大陷阱

但 AI 也带来了新的陷阱——这些陷阱在前 12 章里都不存在：

陷阱 1: 把 AI 当成“预测器”

很多人用 AI 的方式是：“Claude，告诉我 BTC 明年的价格。”——把 AI 当成预言家。

这是完全错误的用法。AI 在“预测”未来价格上的能力和人类是一样的——非常有限。

AI 的真正价值不在预测——在系统性反对。让 AI 提出反对你已经倾向的决策的论据——这才是 AI 的核心用法。

陷阱 2: 让 AI 直接执行

一些“AI 量化交易系统”宣称可以“全自动化”——你不需要做决策，AI 自动判断、自动下单、自动止损。

这是危险的。AI 不知道：

- 你账户的真实风险承受度
- 你家庭的财务状况
- 你的心理状态
- 你的人生目标

完全自动化的 AI 系统在“正常市场”下可能很好——但在危机时刻会做出灾难性决策。人类的最后否决权不能放弃。

陷阱 3: 把 AI 的“我不知道”误读为“没信号”

AI 经常会说“我对这个无法给出可靠估计”——比如它对某些极端情境、新出现的资产、不寻常的市场条件，真的不知道。

正确的反应是：**降低仓位**——不确定性高 = 凯利公式建议的分数低。错误的反应是：把“AI 不知道”当成“没有信号” = 按平时仓位下注——这是过度下注。

两者不能混淆。

陷阱 4：过度依赖 LLM 的“回测”

LLM 的训练数据可能**包含未来信息**——你让它“回测某个策略在 2022 年的表现”，它可能不自觉地用了 2023 年的数据来‘预测’ 2022 年的市场。这是 LLM 时代特有的 look-ahead bias。

正确做法：重要的回测用专门的回测引擎——不要完全依赖 LLM。

陷阱 5：忽视“模型相关性”

两个 LLM（如 Claude 与 GPT）的输出**高度相关**——它们受同样的训练数据、相似的架构影响。让两个高相关的 LLM 给出“独立估计”——**根本不是真正独立的**。

真正的“模型集成”要用：LLM + 传统量化模型 + 人类专家——三种**真正独立**的来源。

13.7 一段关于未来的对话

让我用一段虚构但贴近现实的对话结束这一章。

2026 年某个晚上。一位 28 岁的年轻投资者第一次接触凯利公式——他读完了这本书的前 12 章，找了 Claude 聊天。

他：Claude，我读完了这本书。我感觉凯利公式很厉害——但我不知道怎么开始。

Claude：先告诉我——你账户里有多少钱？你计划用多久？你最大能承受多少回撤？

他：30 万人民币、10 年、最多 30% 回撤。

Claude：好。基于这些信息——

第一：你的“风险预算”是 $30\% \times 30 \text{ 万} = 9 \text{ 万人民币}$ 。任何让你**单笔接近**这个数字的交易，都是过下注。

第二：你的“凯利分数”应该是 $1/4$ 凯利——基于 30% 最大回撤的承受度， $\text{CRR} \gamma \approx 4$ 。

第三：你应该**避免使用任何超过 2 倍的杠杆**——加密永续合约最多 5 倍。

第四：你的单一资产上限：股票 25%、加密 15%、单一债券 5%。

第五：你的现金储备永远不少于 30%——这是给“机会”留的子弹。

这些是底线。在底线之内，用我们今天聊的“AI 辅助凯利系统”做具体决策。

他：听起来好保守。我能不能更激进一些——比如用半凯利、单一加密 30%？

Claude：你可以——但你不应该。

理由是——你刚开始用凯利公式。你还没经历过任何重大失败——你不知道自己真实的风险承受度。

巴菲特、Thorp、Bill Gross、Bill Benter——他们都在年轻时候经历过把自己亏光的过程——然后才学会保守。

你先用 1/4 凯利——经历几年的市场起伏——看看自己的真实表现——然后根据真实数据决定是否调整。

记住凯利公式的最深刻教训——

“承认你不知道”是凯利公式的入门门槛。

你现在不知道你自己——这不丢人。但假装自己知道——这就是危险的开始。

他：……谢谢。

13.8 这一章——也是本书——的真正命题

我们走完了 13 章的旅程——从 1956 年贝尔实验室的一篇被改了标题的论文，到 2026 年某个上海散户的 AI 对话——

这条公式在七十年里走过的地方比任何人都多：

- 它在贝尔实验室的论文里
- 它在拉斯维加斯的赌桌上
- 它在 PNP 的可转债套利里
- 它在 PIMCO 管理的两万亿美元里
- 它在伯克希尔的集中持仓里
- 它在 Bill Benter 的香港赛马算法里
- 它在体育博彩职业团体的纪律里
- 它在加密市场每一次崩盘后的反思里

- 它在 Samuelson 的单音节论文里
- 它在 LTCM 倒闭时它没有被使用的悲剧里
- 它在 2026 年的 AI 对话里

所有这些场景的共同主题——是这条公式的一个深刻命题：

凯利公式不是预测的工具。凯利公式是分配的纪律。

它不告诉你未来会发生什么。它告诉你——给定你的不确定性——你应该如何分配你的资本，才能最有可能活下来。

它最深刻的洞察不是“怎么赢更多”——而是：

你必须诚实地知道你究竟知道多少。

如果你诚实——凯利公式会给你长期的复利。如果你不诚实——凯利公式（或不用凯利的策略）会让你在某个时点归零。

本章小结：AI 时代凯利公式的最深刻洞察

第一：AI 不是预测器，AI 是反对者——它的最大价值是帮你反对你自己的过度自信。

第二：AI 帮你执行“反向假设检验”（pre-mortem）——逼你正视自己的盲点。

第三：人类保留最后否决权——任何完全自动化的 AI 凯利系统都是危险的。

第四：凯利公式的所有教训在 AI 时代仍然有效——分数凯利、悲观估计、单笔上限、相关性调整、长期复利。

下一段——是这本书的终章。

终章 | 复利的方向，比速度重要

终.1 一段简单的算术

让我用一段最简单的算术开始这本书的结尾。

假设有两个投资者，起始本金都是 100 万。

投资者 A：每天稳定盈利 1%。**投资者 B：**每天盈利或亏损 5%，50/50 概率。

365 天后，他们各自的财富会是多少？

投资者 A: - 365 天 × 每天 1% 复利 = $(1.01)^{365} - = 37.78$ 倍——也就是 100 万变成 3778 万

投资者 B: - 期望来看，每天 $0.5 \times (+5\%) + 0.5 \times (-5\%) = 0\%$ - 算术均值告诉你“长期不赚不亏” - 但**几何均值**告诉你: $(1.05 \times 0.95)^{(365/2)} = (0.9975)^{182.5} \approx 0.633$ - 也就是 100 万变成 63.3 万——**亏损 37%**

两个人的“日均期望”几乎相同——A 每天 +1%、B 每天平均 0%。

但 365 天后，A 是 B 的 60 倍。

这就是凯利公式七十年来一直在重复的同一句话——

复利不是关于你赚得多快。复利是关于你能不能不归零。

终.2 凯利公式真正在说什么

我用一整本书讲了 13 个故事——

- 凯利在贝尔实验室写下半行字，41 岁离世，没看到自己公式被使用的那一天
- 香农把凯利的论文递给索普，自己用凯利精神 30 年年化 28%
- 索普在拉斯维加斯 72 小时翻倍，又在华尔街 19 年不亏损
- Bill Gross 从 200 美元到 2 万亿管理规模，靠“2% 规则”撑过 44 年
- 巴菲特用“高 conviction + 大仓位”在 60 年里把 Berkshire 涨了 5 万倍
- Bill Benter 用 120 个变量的模型 + 凯利公式，在香港赛马场赚走 10 亿美元
- Walters 和 Voulgaris 在体育博彩里用单笔 2% 上限活了 30 年
- 加密市场的散户因不懂凯利公式蒸发了 5 万亿美元
- Samuelson 用单音节论文质疑凯利公式
- LTCM 因违反凯利公式 3 个月亏掉 90% 几乎引发全球金融崩溃
- AI 时代凯利公式变成“反对自己冲动”的工具

这些故事的共同主题——只有一个：

凯利公式不是给你一个‘下多大注’的精确答案。凯利公式是教你一种‘对自己诚实’的纪律。

它的所有数学结论——满凯利、半凯利、1/4 凯利、CRRA 谱、分数凯利、stress-tested Σ ——都是这种纪律的不同表达。

它的核心精神，可以浓缩成三个不需要数学的句子：

第一句：你能赢，因为你知道你知道什么。

第二句：你能不破产，因为你知道你不知道什么。

第三句：你能活下去，因为你不混淆这两件事。

终.3 凯利公式的“七十年课程”

让我把这条公式七十年里教过的所有东西，做一个最终的总结：

关于赢：

1. 找出真正的 edge——胜率 \neq 自信，是基于客观数据的真实优势
2. edge 越大、下注越大——这是凯利公式的核心
3. edge 不存在时，不下注——这是凯利公式经常被忽视但同样重要的一面

关于活下来：

4. 永远不要用满凯利——用 1/4 到 1/2 凯利
5. 永远控制单笔头寸——不超过总资本的 2-5%
6. 永远控制总杠杆——不超过 2-3 倍（除非有极强 edge）
7. 永远保留现金——30% 以上，给“机会”留子弹
8. 永远做“反向假设检验”——这一笔如果完全错，会怎样？

关于成长：

9. 诚实复盘——真实胜率 vs 自评胜率、edge 是否仍然存在
10. 当 edge 消失时立即停止——比 edge 完全消失之前停更好
11. 大数定律需要重复——一次大注永远不如多次小注

关于人性：

12. 过度自信是凯利公式最大的敌人——所有的“过下注”都源于此
13. 承认“我不知道”是凯利公式的入门门槛——做不到的人永远不能用好它
14. 纪律是技能——一旦放弃纪律，再聪明的判断也救不了你

关于 AI 时代：

15. 让 AI 当你的“反对者”，不是预测者
16. 多个独立来源集成——一个 AI 的估计 = 一个估计，三个独立估计才是稳健

17. 人类保留最后否决权——永远不要外包决策

终.4 一个对所有读者的最后请求

写到这里——这本书的最后几百字——我想提一个请求。

无论你是第一次听说凯利公式的散户，还是已经用了很多年的量化分析师——

请你做一件简单的事：

打开你的账户。看一下你最大的单一头寸是多少。

然后问自己三个问题：

1. 这一笔下注，我能客观量化我的胜率吗？（不是“我感觉它会涨”——是“我有什么数据支持这个估计”）
2. 如果这一笔完全错了，我会失去多少？我的总资本会受到什么影响？
3. 如果这一笔失去 50%，我会怎么做？我的“割肉规则”是什么？

如果这三个问题里任何一个你没有清晰的答案——你的这一笔下注就违反了凯利公式的精神。

不论它叫什么名字、不论你看好多少、不论市场怎么说——

请考虑减仓。

不是因为你一定会亏——你可能会赚很多。而是因为**赌赢一次不重要——长期活下来才重要。**

终.5 复利的方向

写完这本书我想起了一件小事。

很多年前，我在一家书店里翻到一本旧书——封面破破烂烂，定价 5 元。书名叫 *Fortune's Formula*（《财富公式》），作者是 William Poundstone。

那本书我读完用了三个晚上。读完之后我对所有事都有了不同的感受。

我想起我做过的所有“自以为聪明”的决定——其实都是凭运气的赌博。我想起我以为自己“算清楚了”的所有交易——其实都建立在过度自信之上。我想起那些让我亏掉过几个月工资的事——它们如果发生在凯利公式的纪律下面，最多让我亏掉一周工资。

凯利公式不能让我**赚到更多**——它能让我**少亏一些**。

而**少亏一些**——经过几年的复利——比“赚到更多”要有效得多。

如果你读完这本书，记住三件事就够了——

第一件：那是 1956 年。一位 32 岁的物理学家在贝尔实验室的便签上写下了半行字——他后来死于 41 岁的中风，没有用过自己发明的公式。

第二件：这条公式被无数次验证、无数次怀疑、无数次救人、无数次被人忽略。**真正用它的人都活了下来**——索普、Bill Gross、巴菲特、Bill Benter——他们的财富不是来自聪明，是来自**纪律**。

第三件：

复利的方向，比速度重要。

七十年前在新泽西州默里山，没人会说这句话。今天我在这里说一遍。**不是因为我懂了**——而是因为我终于**不假装懂了**。

愿你诚实地下你的注。愿你的复利方向永远向上。

2026 年春，写于上海。

附录 A | 凯利公式速查表

A.1 基础公式

二元 Kelly (基础形式)

胜率 p 、净赔率 b 、败率 $q = 1 - p$ 。下注比例：

$$f^* = \frac{bp - q}{b}$$

等赔率简化 ($b = 1$) : $f^* = 2p - 1$

胜率 p $f^* (b=1)$ 半凯利 1/4 凯利

0.51	2%	1%	0.5%
0.55	10%	5%	2.5%
0.60	20%	10%	5%
0.65	30%	15%	7.5%
0.70	40%	20%	10%

A.2 连续时间 Kelly (股票、期货、加密)

$$\pi^* = \frac{\mu - r}{\sigma^2}$$

其中：μ = 年化预期收益，σ = 年化波动率，r = 无风险利率

典型参数下的连续凯利：

标的	μ	σ	r	π* (满凯利)	1/4 凯利
S&P 500	10%	16%	3%	273%	68%
沪深 300	8%	22%	2%	124%	31%
BTC	25%	70%	2%	47%	12%

A.3 CRRA 风险厌恶调整

$$\pi^* = \frac{\mu - r}{\gamma \sigma^2}$$

γ	名称	凯利分数	适合谁
1	对数效用	满凯利	理论投资者
2	中度厌恶	半凯利	多数对冲基金
4	高度厌恶	1/4 凯利	多数散户、退休基金
10	极度厌恶	1/10 凯利	临近退休、保守者

A.4 分数凯利的“魔法表”

α (凯利分数)	几何增长保留	波动率 (相对满凯利)	长期不破产概率
1.0	100%	100%	~50%
0.75	93.75%	75%	~80%
0.5 (半凯利)	75%	50%	~90%
0.25 (1/4 凯利)	43.75%	25%	>99%

关键观察：半凯利只损失 25% 的几何增长，但波动率减半，破产概率从 50% 降到 10%——非常划算的折衷。

附录 B | 七十年大事年表

年份	事件	主角
1948	香农发表《通信的数学理论》——信息论奠基	Shannon
1953	John L. Kelly Jr. 物理学博士毕业	Kelly
1955	Kelly 加入贝尔实验室	Kelly
1956	Kelly 发表 <i>A New Interpretation of Information Rate</i>	Kelly
1959	Latané 发表几何均值最大化论文	Latané
1960.11	香农把 Kelly 的论文递给 Thorp	Shannon → Thorp
1961	Breiman 证明 Kelly 策略的长期主导性	Breiman
1961	Thorp + Kimmel 在里诺赌场实战 21 点	Thorp
1962	Thorp 出版 <i>Beat the Dealer</i>	Thorp
1965.3	Kelly 中风去世，41 岁	Kelly
1966	Bill Gross 在拉斯维加斯打 21 点（200 美元 → 1 万美元）	Gross
1966	Thorp 在 <i>Beat the Dealer</i> 修订版命名 “Kelly Criterion”	Thorp
1967	Thorp 出版 <i>Beat the Market</i> ，独立猜出近似 Black-Scholes 公式	Thorp
1969.11	Thorp + Regan 创立 Convertible Hedge Associates（后改名 PNP）	Thorp
1969-79	Samuelson 三次发文反对凯利公式	Samuelson
1971	PIMCO 成立，Bill Gross 是创始团队	Gross
1971	Merton 推导连续时间凯利公式	Merton
1973	Black-Scholes 期权定价公式正式发表	Black, Scholes
1979	Samuelson 发表单音节反凯利论文	Samuelson
1984	Bill Benter + Alan Woods 移居香港	Benter
1987	Benter 赛马首次盈利 60 万美元；PIMCO Total Return Fund 成立	Benter, Gross
1988	巴菲特开始大量买入可口可乐	Buffett

1988.12	PNP 因 FBI 调查清盘 (19 年无亏损季度)	Thorp
1992	MacLean-Thorp-Ziembra 发表《Growth versus Security》形式化分数凯利	Thorp
1994	LTCM 成立, 30 倍杠杆	Meriwether et al.
1994	Thorp 创立 Ridgeline Partners	Thorp
1997	Scholes 与 Merton 获诺贝尔经济学奖	Scholes, Merton
1998.8-9	LTCM 三个月亏损 90%, 美联储救援	LTCM
2001	Bill Benter 退休 (累计盈利 10 亿美元)	Benter
2001.2	香农去世	Shannon
2002	Thorp 主动关停 Ridgeline	Thorp
2007	Pabrai 出版 <i>Dhandho Investor</i> , 将凯利公式带入价值投资圈	Pabrai
2009	Samuelson 去世	Samuelson
2014.9	Bill Gross 离开 PIMCO	Gross
2016	伯克希尔开始大量买入苹果	Buffett
2018	Sun & Boyd 发表分布稳健凯利论文	Sun, Boyd
2020.3	“黑色星期四”——加密市场单日强平 30-40 亿	—
2021.5	“5.19” 加密清算——单日强平 90 亿	—
2022.5	LUNA 崩盘——400 亿美元市值 72 小时蒸发	—
2022.11	FTX 倒闭——客户 100-150 亿美元资产冻结	SBF
2023-26	AI 大语言模型集成入凯利系统, “反对信” 流程标准化	—
2026	本书出版	—

附录 C | 推荐阅读

入门级（适合所有读者）：

1. *Fortune's Formula* by William Poundstone (《财富公式》，2005) ——凯利公式 70 年历史的最权威通俗著作。重点章节：Kelly、Shannon、Thorp 的故事
2. *A Man for All Markets* by Edward O. Thorp (《赌神数学家的全息思考术》，2017) ——Thorp 本人自传，从 21 点到 PNP 到 Ridgeline
3. *Beat the Dealer* by Edward O. Thorp (《打败庄家》，1962/1966) ——经典 21 点教科书

进阶级（适合有金融背景）：

4. *When Genius Failed* by Roger Lowenstein (《当天才失败时》，2000) ——LTCM 1998 年崩盘最详细的回顾
5. *The Mathematics of Poker* by Bill Chen & Jerrod Ankenman (2006) ——扑克与凯利公式的工程化应用
6. *The Dhandho Investor* by Mohnish Pabrai (2007) ——价值投资版凯利

专业级（量化研究者）：

7. *The Kelly Capital Growth Investment Criterion* edited by MacLean, Thorp, Ziemba (2011) ——凯利公式学术论文最全集
 8. Kelly J. L., *A New Interpretation of Information Rate* (1956) ——原始论文，必读
 9. Breiman L., *Optimal Gambling Systems for Favorable Games* (1961) ——严格数学证明
 10. Sun & Boyd, *Distributionally Robust Kelly Gambling* (2018, arXiv:1812.10371) ——AI 时代的分布稳健凯利
-

后记

这本书写完，我感到一种**疲惫又轻松**的状态。

疲惫，是因为这是我在凯利公式上**最深入的一次写作尝试**——前后参考了凯利 1956 年原始论文、Thorp 三本书、Poundstone 的《财富公式》、PIMCO 投资历史、巴菲特致股东信、Bill Benter 的访谈、LTCM 倒闭报告、Samuelson 三篇反对论文、以及最新的 AI 辅助凯利系统研究。

轻松，是因为我终于可以**把这条公式七十年的故事**——以一种**普通读者也能读下去的方式**——讲完整了。

我希望这本书做到三件事：

第一：让你记住一些人——Kelly、Shannon、Thorp、Gross、Buffett、Benter、Walters——他们是这条公式七十年里的真实主角。**第二：让你理解一种纪律**——凯利公式不是“赢的公式”，是“不输的公式”。**第三：让你改变一种行为**——下次你做投资决策时，**至少停下来 30 秒**，问自己：“这一笔下注的胜率我真的客观估计过吗？”

如果你能做到第三点——这本书就值得了。

愿凯利公式七十年的智慧，陪你走过未来的每一笔交易。

愿你的复利方向永远向上。

全书完。