

THE PHYSICS OF WALL STREET

这个世界上最出色的资金管理者
不是沃伦·巴菲特，
也不是乔治·索罗斯或比尔·格罗斯……

对冲之王

经典版

华尔街
量化投资传奇

A Brief History of
Predicting the Unpredictable

[美] 詹姆斯·欧文·韦瑟罗尔 (James Owen Weatherall) 著
汪涛 郭宁 安然 译



北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

THE PHYSICS OF
WALL STREET

对冲之王

经典版

常州大学图书馆藏书章
华尔街量化投资传奇

[美]詹姆斯·欧文·韦瑟罗尔 著

王涛 郭宁 安然 译



北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

图书在版编目 (CIP) 数据

对冲之王：华尔街量化投资传奇 / (美) 詹姆斯·欧文·韦瑟罗尔著；汪涛，郭宁，安然译. —北京：北京联合出版公司，2017.7

ISBN 978-7-5596-0540-5

I. ①对… II. ①詹… ②汪… ③郭… ④安… III. ①金融投资—研究—美国
IV. ①F837.124.8

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第135259号

著作权合同登记号

图字：01-2017-4229

上架指导：金融 / 投资

版权所有，侵权必究

本书法律顾问 北京市盈科律师事务所 崔爽律师
张雅琴律师

对冲之王：华尔街量化投资传奇

作 者：[美] 詹姆斯·欧文·韦瑟罗尔

译 者：汪 涛 郭 宁 安 然

选题策划：CIP数据

责任编辑：夏应鹏

封面设计：CIP数据

版式设计：CIP数据 李新泉

北京联合出版公司出版

(北京市西城区德外大街 83 号楼 9 层 100088)

北京中印联印务有限公司 新华书店经销

字数 240 千字 720 毫米 × 965 毫米 1/16 17.75 印张 1 插页

2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5596-0540-5

定价：64.90 元

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书部分或全部内容

版权所有，侵权必究

本书若有质量问题，请与本公司图书销售中心联系调换。电话：010-56676356

THE PHYSICS OF WALL STREET

引言

对冲之王，西蒙斯之谜

这个世界上最出色的资金管理者并不是沃伦·巴菲特。当然，也不是乔治·索罗斯或比尔·格罗斯。这个世界上最出色的资金管理者可能是一个你从未听说过的人，除非你也是一位物理学家。你可能已经想到了他的名字，对，他就是詹姆斯·西蒙斯（James Simons）。西蒙斯与著名华裔数学家陈省身共同创立了陈－西蒙斯三维几何定律（Chern-Simons 3-form），该定律已经成为理论物理学的一个分支弦理论的重要分析工具。这一理论深奥难懂，在很多人眼中它过于抽象。正因为如此，西蒙斯成为了一个传奇人物。当哈佛大学和普林斯顿大学物理学系对物理学家进行排名时，前 100 名中都有他的名字。

西蒙斯是典型的教授形象，细细的白头发，凌乱的胡子。在为数不多的公众场合亮相时，他通常穿着皱皱巴巴的 T 恤衫和运动型夹克，这与绝大多数成功的精英式资金管理者那种干练装扮形成了巨大的反差，甚至，他还很少穿袜子。在学术领域，西蒙斯对物理学和数学所做出的贡献，从理论上讲，集中于将复杂的几何形状按照不同的特征进行分类。我们甚至很难将他与一个同数字打交道的人联想在一起，因为一旦你的抽象思维水平达到他的水准，那么，数字或者其他

传统意义上的数学符号都会变成遥远的记忆。你很难想象，他就是你想要找到的那个人，那个在对冲基金管理行业中激流勇进的人！

西蒙斯、文艺复兴科技公司与大奖章基金

西蒙斯是文艺复兴科技公司（Renaissance Technologies）的创始人，这个公司在投资领域取得了巨大的成功。1988年，西蒙斯与另外一位著名数学家詹姆斯·埃克斯（James Ax）创立了文艺复兴投资基金。由于埃克斯在1967年获得柯尔奖，西蒙斯在1976年获得维布伦奖（这两个奖项都是数学领域的著名奖项），因此，他们将这一基金命名为大奖章基金（Medallion Fund）。在随后的10年时间里，该基金的投资收益率高达2478.6%，远远高出其他对冲基金的投资收益率，是任何基金都无法比拟的。

为了让读者更好地了解这一成绩有多么不可思议，我们可以对比一下索罗斯的量子基金（Quantum Fund）的情况。在同一时间段，排名第二的量子基金的收益率仅为1710.1%。然而更为神奇的是，大奖章基金的高收益率并没有在接下来的10年时间里有所减少，可以说，在整个基金存续期间，在扣除相关费用之后，大奖章基金的年收益率高达40%。当然，该基金的管理费也是行业平均水平的两倍。读者可以将这一收益率水平与伯克希尔·哈撒韦公司20%的年收益率进行比较，1967—2010年，伯克希尔·哈撒韦公司在巴菲特的主导下成为一家投资公司。今天，西蒙斯是世界上最富有的人之一。根据2011年《福布斯》富豪排行榜，西蒙斯的个人净资产高达106亿美元，这一数字包含了西蒙斯的现金支票账户以及一部分规模与支票账户相当的高收益投资基金。

文艺复兴科技公司拥有雇员200多人，大多数人都在位于东锡托基特（East Setauket）长岛镇（Long Island Town）的公司总部上班，公司总部修建得像堡垒一样。文艺复兴科技公司雇员中有1/3的人拥有博士学位，但不是金融学博士，而是与西蒙斯一样，获得的是物理学、数学或统计学领域的博士学位。根据麻省理工学

院数学家伊萨多·辛格（Isadore Singer）的观点，文艺复兴科技公司是当今世界上最强的物理学系和数学系，这也正是所有人认为他们公司之所以表现优异的原因所在。事实上，文艺复兴科技公司拒绝雇用那些哪怕只有一丁点儿华尔街气息的工作人员，金融学的博士们并不适合待在那里。文艺复兴科技公司也不需要那些第一份工作是在传统的投资银行的人，或者管理过其他对冲基金的人。西蒙斯的成功秘诀在于：他完全不需要金融领域的专业人士。而且，事实也的确如此。按照金融专业人士的观点，像西蒙斯这样的人是不可能在金融领域笑傲江湖的。从理论的角度来看，他是不可能获得成功的。他所预测的事情都是不可能会被预测到的，他之所以成功，完全是凭借所谓的运气。

世界上最早的期权合约

对冲基金的运行机制就是构建相互平衡的投资组合，实践这一思路的最简单的做法就是在买入某项资产的同时卖出另外一项资产作为对冲风险的保险策略。很多时候，这些被买卖的资产就是我们所熟知的金融衍生品。金融衍生品是建立在某项基础资产（如股票、债券或者实物商品等）之上的合约。例如，常见的一种金融衍生品就是期货合约。如果你购买一份期货合约，比如大豆期货合约，在未来的某个约定的时间，你就可以按照现在约定的价格购买大豆。大豆期货合约的价值取决于大豆的价值。如果大豆的价格上涨，那么，这份期货合约的价值也会上涨，因为你按照合约价格购买大豆并且持有的这段时间里，大豆的价格同样在上涨。如果大豆的价格下降，那么，当合约到期时，你就必须按照比市场价格更高的合约价格来购买大豆，从而支付更高的成本。在很多情况下，当合约到期时，并不进行实物交割，相反，你只需要根据合约价格与市场价格两者之间的差价进行结算就可以了。

最近一段时间，金融衍生品吸引了很多人的注意，不过，大多数是因为负面消息。然而金融衍生品并不是新鲜事物，至少在 4000 多年前，它们就已经出现了，

在美索不达米亚平原（也就是今天的伊拉克地区）出土的泥板文书证实了这一点。泥板文书上记录了历史上最早的期货合约，这些合约的目的很简单，那就是：降低不确定性。

假设安努和纳然是辛德曼的两个儿子，他们俩都是苏美尔地区的农民。他们正犹豫是在土地上种大麦，还是种小麦。与此同时，女祭司埃塔妮下一个秋季需要购买大麦，她觉得大麦的价格可能会经历无法预测的波动。安努和纳然兄弟从当地一位商人那里获得了这一重要信息，他们与女祭司进行商谈，并建议女祭司以他们的大麦为基础，购买一份期货合约。兄弟俩答应在大麦收获之后，按照事先约定的价格卖给女祭司一定数量的大麦。这样的话，安努和纳然就可以放心地种植大麦了，因为他们已经找好了买家。同时，女祭司埃塔妮也清楚地知道自己将会以某一固定的价格买到足够数量的大麦。在这个案例中，金融衍生品一方面减少了商品生产者的销售风险，同时，它还规避了商品购买者面临的价格波动风险。当然，这还存在另外一种风险，那就是辛德曼的两个儿子没有能力交割大麦的风险。如果他们遭遇干旱或者农作物枯萎，那该怎么办呢？在这种情况下，兄弟俩就必须以市场价格从其他人手里购买约定数量的大麦，然后按照合约价格将这些大麦卖给女祭司埃塔妮。

对冲基金运用金融衍生品的方式跟古代美索不达米亚的方式类似。买入股票然后在股票市场上卖出股票期货与种植大麦然后卖出大麦期货，它们之间的原理是一样的。期货合约应对股票价格下跌提供了保险措施。

黑色星期一

对冲基金是 21 世纪初才出现的，不过，它们由专业的交易人员负责管理，比辛德曼的儿子们做得更好。这些专业人员（宽客）都是采用量化分析的方法进行投资，他们代表着华尔街新兴的精英阶层。他们中的一些人获得了金融学博士学位，并且接受过国家最高水平的研究生理论训练这一在华尔街工作的前提条件。

而其他一些人则是门外汉，他们的教育背景是数学或者物理学。宽客们可以通过各种各样的数学工具明确地告知大家金融衍生品的价格与金融基础资产之间存在着何种关联。他们拥有这个世界上运算速度最快、最复杂的电脑，这些电脑可以帮助他们编写程序，解决各种难题和方程，计算出对冲基金面临的风险到底有多大，从而确保他们的投资组合处于一个完美的平衡状态。对冲基金的投资策略是如此标准化，因此，不管发生什么事情，他们都能够确保最低的利润规模。实际上，他们管理的基金从未出现过大规模亏损的情况。或者说，至少他们很清楚地知道，他们应该如何管理基金。

不过，当我们回到2007年8月6日，星期一，那一天仿佛瞬间天崩地裂。曾经，对冲基金所构建的投资组合，不管由哪些资产构成，都是盈利的，可是在那一天情况很快就发生了改变，那些预计上涨的头寸都出现了下跌。更令人感到奇怪的是，那些如果其他资产下降，它们就应该上涨的头寸也都出现了下跌。从根本上来说，主要的量化基金都遭受了严重的冲击。宽客们所运用的各种策略，突然间都变得不堪一击。不管是股票、债券、外汇还是实物商品，都遭遇了失败。几百万美元开始从对冲基金中流失掉了。

随着时间的推移，在一个星期内，奇怪的危机变得越来越糟糕。尽管宽客们都受过严格的训练，并且都拥有雄厚的专业知识，但他们没有一个人清楚到底发生了什么。到了星期三，情况开始让人感到绝望。摩根士丹利的一只名为“过程驱动交易”（Process Driven Trading）的大基金仅仅在这一天就亏了3亿美元。另外一只基金，“应用量化研究资本管理”（Applied Quantitative Research Capital Management）基金亏了5亿美元。一只规模巨大而又高度秘密、名为“全球阿尔法”（Global Alpha）的高盛基金截至当日，那个月亏了15亿美元。而与此同时，道琼斯指数却上涨了150点，所有量化基金所不看好的股票都涨得很好。一定是有什么事情出现了失误，而且是极其恐怖的失误。

市场的震荡一直持续到那周周末。如果就在那一周周末，市场震荡就结束了，那一切还好说。高盛新增加 30 亿美元的资金来稳定市场，这对帮助止住亏损（不至于引发恐慌）是足够的，至少对 8 月来说，是足够的。然而，很快，商业记者们又曝出了有关亏损的新闻。有一些文章别有用心地猜测导致此次危机的原因，并把它称为“量化危机”（quant crisis）。即使是高盛公司希望尽可能地挽救这一切，但解释工作也非常不容易做。基金经理们在业内到处游走，急切地盼望这恐怖的一周能够尽快结束。很多宽客都希望能够重新被别人称为物理学家。当牛顿在 17 世纪投资股票失败的时候，他曾经感叹道：“我能够计算出天体的运动轨迹，却无法计算出人类的疯狂。”

一直到 2007 年年末，量化基金都表现得跌跌撞撞，在当年的 11 月和 12 月，类似 8 月的悲剧又重演了一次。有一些基金，但不是所有的基金，到年底的时候，基本上弥补了亏损。平均来看，对冲基金在 2007 年大约获得了 10% 的收益率。这个业绩比很多其他类型的基金要低，特别是明显地低于那些不那么复杂的投资。而在另一方面，西蒙斯的大奖章基金收益率却高达 73.7%。然而，即使是大奖章基金，也感受到了 8 月的市场冲击。随着 2008 年脚步的临近，很多量化基金都希望最坏的时间已经过去。但遗憾的是，情况并非如此。

一切就是一个谜

我是在 2008 年秋季的时候，考虑写这本书的。自从经历了量化危机，美国经济就陷入了一个死亡旋涡。很多百年老字号的投资银行，如贝尔斯登和雷曼兄弟，在市场崩盘的时候纷纷倒下。与许多人一样，我也被这些大公司倒闭的消息惊呆了。在阅读这些新闻的时候，我感到非常悲观。有一件事情让我感到很特别，在一篇又一篇的新闻报道中，我发现了众多宽客的身影：有太多的物理学家和数学家来到华尔街，他们彻底地改变了华尔街。文章的含义非常明显：华尔街上的物理学家们应该对市场崩盘负责。就像伊卡洛斯（Icarus）一样，飞得太高，最后掉了

下来。宽客们翱翔的翅膀都是来自物理学中“复杂的数学模型”。在学术界看来，这些工具能够带来无限财富，但是，当它们面对华尔街真实的事变迁时，一切都消逝了。现在，我们正在为此付出代价。

那时，我刚刚获得物理学和数学的博士学位。于是，物理学家是这次大危机的罪魁祸首，这样的观点对我来说显得尤为惊人。有一点可以肯定，我知道很多在大学里主修物理或数学的毕业生都进入了投资银行工作。我还听说很多研究生经不住华尔街财富承诺的诱惑，从学术研究领域转投到实业部门。不过，我同时也知道，很多银行家原来主修的是哲学和英语。我猜想，这些学物理和数学的学生之所以受到银行家的青睐，主要是因为他们的逻辑思维能力较强，并且对数字很敏感。可我从来没有料到银行家对物理学家如何感兴趣，因为在一般人看来，投资与物理学是风马牛不相及的两码事儿。

物理学能对金融有什么用呢？这好像是一个谜。在分析市场崩盘的主流观点中，没有人会特别强调为什么物理学和物理学家们在整个世界经济中会变得如此重要，或者为什么每个人开始认为物理学的思想会对市场形成这么大的冲击。如果的确有什么言论揭示了物理学与金融的关系，那么，流行的观点则认为运用复杂模型预测市场走势是愚蠢的行为。这一观点是由畅销书《黑天鹅》的作者纳西姆·塔勒布（Nassim Taleb）提出的，一些行为经济学的支持者也有相似的主张。毕竟，人不是夸克。不过，这只会让我感到更加疑惑。难道华尔街的那些大的投资银行，比如摩根士丹利和高盛，一直被上千个善于操作计算机技术的员工所欺骗吗？问题在于，宽客们管理的价值几十亿美元的基金都做得很失败。但是，如果宽客们的努力很明显都是愚蠢的，那么，他们为什么还会得到如此的信任，公司敢把这么多钱交给他们打理呢？有一点可以肯定，有些具有商业头脑的人被这样的观点所说服，那就是，宽客所做的事情值得信赖。而正是这方面的故事，媒体并没有做任何的披露。我准备对这方面的内容一探究竟。

因此，我准备自己进行深度挖掘。作为一名物理学家，我觉得我首先应该从

追踪那些最先想到物理学可以用来帮助人们理解市场的人开始。我想知道，物理学和金融之间的关系到底被假定成什么样子，但我同时还想知道，物理学家是如何成为华尔街的一股力量的。我决心深挖的故事让我从世纪之交的巴黎回到了第二次世界大战时期的政府实验室，从拉斯维加斯 21 点游戏的赌桌上跨越到太平洋海岸的雅皮士社区。物理学和现代金融理论，或者更宽泛地说与经济学理论之间的联系让人感到非常惊奇。

本书就是要告诉广大的读者物理学家们在金融领域里所发生的各类故事。最近的这次危机只是故事的一部分，而且从很多方面来说，只能算是故事的一小部分。这不是一本关于市场崩盘的书。这方面的书有很多，甚至有些书还重点分析了宽客们在其中所起的作用以及危机又是如何影响他们的。本书要探讨的主题将更宽泛一些，它包含宽客们是如何形成的，我们应该如何理解“复杂的数学模型”以及它们如何成为现代金融的核心内容。甚至可以说，这是一本关于金融未来发展的书。我们探讨的是为什么我们应该从物理学的角度来考虑新问题，如何在世界范围内运用新思想来解决发展中的经济问题。这是一个应该永久性地改变我们如何看待经济政策的故事。

我在本书中所讲到的故事让我相信，同时我也希望能够让读者相信，物理学家以及他们所构建的模型不应该成为经济危机的众矢之的。但是，这并不意味着我们应该为金融领域的数学模型的运用感到自豪。新思想应该帮助我们在经济危机发生前就顺利地将危机加以转移或者干脆避免危机发生。在本书中，我对这次危机也做了一些介绍。然而，几乎没有银行、对冲基金管理者或政府管理者表现出愿意倾听物理学家们的声音，而他们的声音可能会带来变革。即使是最复杂的量化投资基金，通常也只是运用第一或者第二层次的技术，而实际上第三和第四层次的技术工具也完全可以被使用。如果我们在华尔街运用这些物理学技术，正如我们 30 年来所做的那样，我们有必要对这些技术可能会带来什么样的失败有一个清醒的认识，并且应该了解哪些新技术可以帮助我们改进现有的状况。如果你

能够像引入这些技术的物理学家们那样思考金融问题，那么这一切就会显得容易很多。毕竟，对金融而言，并没有什么特殊的地方；**对所有的工程学而言，对当前技术模型的缺陷保持高度的关注是非常有必要的。危险往往来自我们借用了物理学的思想，但我们却不能像物理学家那样思考。**

文艺复兴科技公司保存了所有关于那次危机的原始记录，但这家金融管理公司却从不雇用金融领域的专业人才。2008 年的金融危机让大量的银行和基金经受了严重的打击。除了贝尔斯登和雷曼兄弟破产之外，美国保险巨头美国国际集团以及几十家对冲基金和几百家银行不是破产就是在悬崖边垂死挣扎，这其中还包括总资产规模高达数百亿美元的量化投资基金这样的庞然大物，例如城堡投资集团（Citadel Investment Group）。即使是传统投资机构也受到了影响：伯克希尔·哈撒韦公司就遭受了巨大的亏损，每股账面价值下跌了 10%，尽管这些股票的价值本身已经下跌了一半。然而，那一年并非每个人都是失败者。即使身处的金融行业都坍塌了，但西蒙斯的大奖章基金仍然取得了 80% 的收益率。这告诉我们，**物理学家们一定要正确地做事。**



扫码下载“湛庐阅读”APP，
“扫一扫”本书封底条形码，
看看你对量化投资了解多少？

THE PHYSICS OF WALL STREET

目 录

引言 对冲之王，西蒙斯之谜

I

这个世界上最出色的资金管理者并不是沃伦·巴菲特。当然，也不是乔治·索罗斯或比尔·格罗斯。这个世界上最出色的资金管理者可能是一个你从未听说过的人——除非你也是一位物理学家。

西蒙斯、文艺复兴科技公司与大奖章基金

世界上最早的期权合约

黑色星期一

一切就是一个谜

01 一个复杂的机会游戏

1

我们可以把市场理解为一个超级大赌场。当然，今天我们认为这个比喻已经稀松平常，而这正是来源于巴施里耶的伟大思想，他领先他所处的时代太多了，他

的理论呈现了如何用数理模型诠释金融市场的做法。

到底谁是巴施里耶

运用数学赌博的人

市场是一个超级大赌场

随机游走模型的诞生

有效市场理论的雏形

让经济学成为科学

期权定价模型

被遗忘的先驱

02

逆流而上的三文鱼 (29)

奥斯本采用不同的时间维度，研究三文鱼逆流而上的过程，他突然想到金融市场就是另一个兼具两种波动的系统。奥斯本第一次提出可以研发一个交易程序，这个程序可以写进电脑里，从而实现自我运行。而将奥斯本的这一想法和其他类似的想法引入现实世界的交易中，并加以验证，还需要等上几十年的时间。

尼龙发明的启示

物理学理论与实际应用的壁垒被清除

奥斯本的理论模型

价格的相对变化才是关键

奥斯本与爱因斯坦的大论战

三文鱼迁徙与市场波动

“未受救济的混乱”

交易：1/8 美元的位置下单

03

从海岸线悖论到大宗棉花价格 (57)

曼德博异常执着地找出巴施里耶 - 奥斯本模型中的缺陷，并开发出研究问题所必须用到的数学方法。完善每个细节是一个长远的过程。实际上，对数学模型的不断改进是一个永不停歇的动态过程。不过，不可否

认的是，曼德博向前迈出了至关重要的一步。大宗棉花的价格更像是喝醉的行刑队员，而不是坎昆的醉汉。曼德博觉得这实在是太有趣了。

分形：曼德博的洞见

海岸线悖论

狂放随机

非凡的几何直觉

棉花市场，莱维稳定分布的证据

华尔街的抉择

04

打败庄家 85

今天，这一策略被称为德尔塔对冲，而且它还衍生出其他的各种策略，包括其他的“可转换”证券。通过运用这些策略，索普有能力实现每年持续盈利20%，并一直延续了大概45年的时间。

用物理学和数学获利

天赋异禀的索普

香农与信息论的成功

一个为21点而生的完美策略

玩转拉斯维加斯

信息就是金钱

轮盘赌双人计划

进军股票市场

卖空与德尔塔对冲

戏剧性的失败

05

物理学袭击华尔街 119

布莱克的方法是寻找一个由股票和期权组成的无风险投资组合，然后用资本资产定价模型来论证这个投资组合可以获得无风险收益。如今，布莱克这种用股票和期权创建一个无风险资产组合的策略被称为动态套

期保值策略。布莱克创立了投资银行学的一门重要的分支学科量化金融学，这门学科有着深厚的物理学基础。由此，布莱克在华尔街的金融土壤中播撒下了物理学的种子。

不断转系的奇葩

布莱克与资本资产定价模型

硕果累累的丰收

布莱克-斯科尔斯公式

一般均衡理论是“夹心饼干”？

物理学的“过山车”

隐藏的“波动率微笑”

06

从精灵公司到预测公司

149

如何运用正确的统计测量方式来确定真实的预测模型，如何检测反映市场行为模式的数据，以及最终如何找到模型在什么时候无法发挥预测的功能，是法默和帕卡德思考的问题。法默和帕卡德对肥尾分布和狂放随机分布的统计特征感到得心应手，而这两种分布特征正好是物理学中的复杂系统和金融市场的复杂系统的重要特征。

探险部落

蝴蝶效应

善良的精灵

从轮盘赌到混沌理论

国际金融其实是一个复杂系统

预测公司

统计套利与黑盒子模型

神秘的高科技公司

最聪明的投资者

07

不是黑天鹅，而是龙王 (181)

索内特并不认为所有的黑天鹅都是龙王伪装的，或者说，并不是所有的市场崩盘都是可以预测到的。不过，他认为，很多事情看上去像黑天鹅，但它们确实释放出了很多警告性信息。在很多情况下，这些警告信息以对数周期特征展示出来，我们可以从数据中发现这些特征。这些特征只有当系统处于很特殊的状态时才会出现，而这些状态就是巨大灾难降临的暗示。

爆炸，破裂与罢工！

赢得圣杯

市场崩盘

临界现象

连续精确的市场预测

龙王不是黑天鹅

08

新曼哈顿计划 (207)

斯莫林和温斯坦的计划很简单：可以将过去金融学与经济学之间不同方法的区别搁置一边。他们呼吁经济学家和物理学以及其他学科领域的研究人员，在更大规模上开展全新的合作。他们说，这可能是经济学领域的“曼哈顿计划”。

钱的价值到底是多少？

路径独立与路径依赖

破解指数难题

曼哈顿计划的启示