

冯·诺伊曼：因为他世界更加美好

蔡天新

从爪子判断，这是一头狮子。

——丹尼尔·贝努利

一颗匪夷所思的大脑

他本是东欧一位富有的银行家的公子，放浪不羁喜欢逛夜总会，却成了二十世纪举足轻重的人物。二战以前他是一位杰出的数学家和物理学家，是美国普林斯顿高等研究院首批聘请的五位终身教授中最年轻的一位（二十九岁，最年长的爱因斯坦五十四岁）。二战期间盟军离不开他，无论陆军还是海军，美国还是英国，因为他是最好的爆炸理论专家，也是第一颗原子弹的设计师和助推人。二战以后，他创立的博弈论极大地开拓了数理经济学的研究，至少影响了十一位诺贝尔经济学奖得主的工作。而他贡献最大的则可能是在计算机理论和实践方面，被誉为“电子计算机之父”。简而言之，他是二十世纪美国引进的最有用的人才。此人不是别人，正是本文的主人公，匈牙利出生的美国犹太人约翰·冯·诺伊曼。

冯·诺伊曼身材敦实，有一双明亮的棕色眼睛和一张随时可以咧嘴一笑的脸。这些都寻常可见，可是，要取得如此丰富伟大的成就，必然有一颗奇异的大脑。首先，他对自己专注的事情，有着惊人的记忆力，能够整页背诵十五年前读过的英国作家狄更斯的



冯·诺伊曼

小说《双城记》和《大英百科全书》中有启示性的条目。至于数学常数和公式，更是塞满他的大脑，且随时可以提取出来。其次，他的阅读速度和计算能力也同样惊人。据说在少年时代，上厕所时他有时也要带着两本书，成名后他的助手或研究

生经常会觉得自己像是在“骑着一辆自行车在追赶载着冯·诺伊曼博士的快速列车。”当他做计算时，样子有些古怪，往往眼睛盯着天花板，面无表情，此时他的大脑在高速运转着。

如果是在快速运行的火车上，他的思想和计算速度也会加快。

如果说上述几种能力显示了他神奇的一面，那么下面一种能力并非那么高不可攀，那就是不断学习新事物的愿望和行动。在柏林大学求学期间的一个暑假，化学系本科生冯·诺伊曼返回布达佩斯家中，结识了一位准备去剑桥读经济学的小老乡，立刻向他咨询并要求推荐经济学的入门书籍，从此开始牵挂这门对他来说全新的学科。还有一次，他被邀请到伦敦，指导英国海军如何引爆德国人布下的水雷，却在那里学到了空气动力学的知识，同时对计算技术发生了浓厚的兴趣。前者使他成为研究斜冲击波的先驱，后者让他开数值分析研究的先河。而他对电子计算机的直接介入，则起因于月台上的一次邂逅，他在旅行途中尤其多产。让人惊叹的是，他的所有成就都是在他主要从事别的工作时取得的。

他是一位杰出的数学家和物理学家，是美国普林斯顿高等研究院首批聘请的五位终身教授中最年轻的一位。他是二十世纪美国引进的最有用的人才。

对一个经常需要与各种各样出类拔萃的科学家合作，有时甚至要与政治家、军事家打交道的人来说（从美国数学会主席到总统特别顾问他都担任过），还需要具备敏锐的政治嗅觉和平衡能力。二战以前冯·诺伊曼就曾预言，德国将会征服孱弱的法国，犹太



匈牙利首都布达佩斯：冯·诺伊曼度过青少年的地方

人会惨遭种族灭绝，如同一次大战期间土耳其的亚美尼亚人所遭受的屠杀一样之后，乘着两个劲敌（德国和苏联）鹬蚌相争，美国会坐收渔利。他还认定，苏联人迟早会发明核武器，因为“原子弹的秘密很简单，受过教育的人都会研制”。至于平衡能力，对他来说可能是与生俱来的，而非雄心所致，他不需要花钱去改善公共关系。还有一个显著的特点，不事张扬也不喜欢与人辩论，遇到紧张的气氛时善于利用讲段子和逸闻将其化解。

当然，冯·诺伊曼天才的大脑也存在着不足。最主要的是，他不像同事爱因斯坦和牛顿那样有独创性。但他却能抓住别人原创的思想火花或概念，迅速进行深入细致的拓展，使其丰满、可操作，并为学术界和人类所利用。爱

冯·诺伊曼天才的大脑也存在着不足。最主要的是，他不像爱因斯坦和牛顿那样有独创性。但他却能抓住别人原创的思想火花或概念，迅速进行深入细致的拓展，使其丰满、可操作，并为学术界和人类所利用。

因斯坦来到美国之后，只是个象征性甚或装饰性的人物，没有发挥多大的作用，而冯·诺伊曼的所作所为却是无可替代的。鹰派成员、海军上将斯特劳斯认为，“他有一种非常宝贵的能力，能够抓住问题的要害，把它分解开来，最困难的问题也会一下子变得简单明了。我们都奇怪怎么自己没能

如此清晰地看穿问题得到答案。”诺贝尔物理学奖得主维格纳在被问及冯·诺伊曼对美国政府制订科学和核政策的影响力时也曾谈到，“一旦冯·诺伊曼博士分析了一个问题，该怎么办就一清二楚了。”

当所有这些素质都加在一起，集中到一个人身上，他的优势便显得非常突出了。维格纳从小与冯·诺伊曼在布达佩斯一起长大，他承认在这位比自己低一届

的中学校友面前怀有自卑情结，他在获得诺贝尔奖后接受了著名的科学史家、《科学革命的结构》一书作者库恩的采访。“您的记忆力很好，是吗？”“没有冯·诺伊曼好。不管一个人多么聪明，和他一起长大就一定有挫折感。”另一位诺贝尔奖得主、德裔美国物理学家贝特和维格纳一样，都是冯·诺伊曼在洛斯阿拉莫斯实验室的老同事，他曾经发出这样的感叹，“冯·诺伊曼这样的大脑是否意味着存在比人类更高一级的生物物种？”在人类历史上，他属于那种在黑板上写几个公式就能改变世界的少数几个人之一。法国数学家、布尔巴基成员迪厄多内甚至相信，冯·诺伊曼是“最后一个伟大的数学家”。

午餐时分的家庭聚会

1903年12月28日，冯·诺伊曼出生在多瑙河畔的匈牙利首都布达佩斯，原名



冯·诺伊曼的少年时代



布达佩斯自由广场



多瑙河上的大桥



布达佩斯夜景

Neumann Janos (诺伊曼·亚诺什)。其时匈牙利和奥地利虽然组成了奥匈帝国，但那只是外交和军事上的联合，内政和经济各自独立，且有自己的国名、国王和语言。与绝大多数欧洲人不同而与中国人一样，匈牙利人的姓在前名在后，这成了学者们考证他们的祖先来自中亚或蒙古草原的重要依据。需要说明的是，亚诺什相当于英文里的约翰，它们的昵称分别是扬奇和约翰尼。冯·诺伊曼十岁那年，做银行家的父亲因为担任政府经济顾问有功，被授予贵族头衔，从此家族姓氏前面多了一个von，变成了冯·诺伊曼。而在他移居到美国以后，全名就成了约翰·冯·诺伊曼。

在冯·诺伊曼出生前的三十五年里，布达佩斯一直是欧洲发展最快的城市，如同纽约和芝加哥（内战战胜方）是美洲发展最快的城市。人口从全欧第十七名一举跃为第六名，仅次于伦敦、巴黎、柏林、维也纳和圣彼得堡。布达佩斯率先实现了电气化，铺设了欧洲第一条电力地铁，并用电车取代了公共马车（彻底清除了散布病菌的马粪）。就在冯·诺伊曼出生那年，横跨多瑙河的伊丽莎白大桥建成，那是当时世界上最长的单孔桥。那会儿匈牙利正处于黄金时代，布达佩斯颇有

些巴黎的情调和氛围，仅咖啡馆就有六百多家，歌剧院的音响效果甚至超过了维也纳，来自世界各地可供挑选的保姆不计其数，夜总会里迷人的女郎耐心地倾听客人们的政治主张。

在一次大战爆发前的半个世纪里，布达佩斯和纽约是世界各国聪敏的犹太人优先考虑移民的城市。在这两处人间天堂里，他们迅速成为医生、律师那样的专业人士或成功的商人。相比之下，移民到纽约的犹太人大部分出身较为低下。这是由于当时交通工具的限制，横渡大西洋的船票惟下层的统舱比较低廉，能够乘坐豪华客轮的只有极少数的富豪，且漂洋过海生命无法保障。布达佩斯更为那些中产阶级和上层社会的犹太人向往和喜爱，那里还有理想的中学教育环境。尤其重要的是，在中欧其他国家犹太人仍低人一等的时候，在匈牙利已经有所改变。主要原因是当一些少数民族酝酿暴动的时候，犹太人坚定地站在主要民族马扎尔族一边，他们的先见之明后来得到了回报，歧视性的法令被

逐一废除。值得一提的是，出生在布达佩斯的犹太人中，还包括犹太复国主义的创始人赫茨尔。

冯·诺伊曼的祖上来自俄罗斯，他的父亲出生于紧邻塞尔维亚的匈牙利南方小镇，他在故乡接受了良好的乡村教育，中学毕业后来到首都布达佩斯，通过律师资格考试后进入银行，开始了兴旺发达的事业。他广泛交际的朋友中有一位法学博士，后来成为上诉法庭的大法官。有趣的是，他们两人成了连襟，并通过联姻成为殷实的犹太家族的一员。冯·诺伊曼的外祖父与人合伙经营农业设备，成功借鉴了美国西尔斯公司的销售经验，四个千金全部招了入赘女婿，一家占据了布达佩斯一条繁华商业大街的两侧，底层是商铺，上面是住宅。冯·诺伊曼在店铺的楼上长大，比他晚二十多年出生的英国政治家撒切尔夫人也是这样。

在冯·诺伊曼十岁以前，他接受的是典型的犹太式教育，也就是请家庭教师授课。在那个年代，家庭教师和保姆也是中上层阶层的组成部分。外语学习特别受重视，不少家长认为，只会说马扎尔语的孩子将来连生存都成问题。先是德语，然后是法语和英语。年龄稍长以后，还要学拉丁语和

希腊语。说到拉丁语，她在匈牙利已经被教授了几百年。这是一种公理化的语言，会使人头脑条理化，逻辑性增强。可以说，正是早年的拉丁语训练，帮助冯·诺伊曼后来创造出计算机语言。当然，数学也至关重要。从小他就表现出计算方面的天赋，可以快速心算两个四位数或五位数的乘积，这方面的遗传来自他的外祖父。冯·诺伊曼注意到，数学并非抽象枯燥，而是有一定的规律可循。母亲的艺术素养帮助他发现数字的优雅，后来这成为他对学问境界的一个要求。

对历史，冯·诺伊曼也非常酷爱，据说他曾在极短的时间里，啃完一套四十四卷的《世界史》，且书中夹满了小纸条。当然，冯·诺伊曼并非万能，比如他在击剑和音乐方面才华平平，甚至因为击剑教练的称谓的缘故，他后来一直反感被人家叫“教授”。虽然家里请来出色的大提琴教师，但他似乎永远处于指法练习阶段。不过，匈牙利犹太人中不乏伟大的指挥家和钢琴家，移居美国的就有芝加哥的索尔蒂、费城的奥曼迪、克里夫兰的塞尔、达拉斯的多拉蒂。至于美语里的电影一词 movie，很有可能从匈牙利语 mozi 演变而来，后者是匈牙利第一家电影制片厂。正是移居美国的匈牙利人创造了好莱坞，其中包括福克斯和祖可，后者是派拉蒙公司的奠基人。而当老冯·诺伊曼的银行业取得成功以后，也开始投资电影业和戏剧。

必须提及的是，冯·诺伊曼家有一个



贝特(Hans Bethe, 1906-2005)，因在1938年解释了为什么恒星能够长时间向外释放如此之多的能量而获得1967年诺贝尔物理学奖。贝特对冯·诺伊曼极为佩服。

冯·诺伊曼家有一个很好的传统，那就是午餐时分的家庭聚会。孩子们争相提出一个个问题供大伙讨论，比如海涅的某一首诗、反犹主义的危害性、“泰坦尼克”号的沉没、外祖父的成就，等等。

很好的传统，那就是午餐时分的家庭聚会。孩子们争相提出一个个问题供大伙讨论，比如海涅的某一首诗、反犹主义的危害性、“泰坦尼克”号的沉没、外祖父的成就，等等。(相比之下，如今中国大学学生餐厅里最不可缺少的就是高清晰的电视机。) 在那个时候，大人不会把自己的观点强加给孩子。有一天，小冯·诺伊曼提出，眼睛的视网膜成像原理不同于照相负片上的小颗粒，应该是多通道或多区域输入，而耳朵可能是单道或线性输入。综观他的一生，都对中枢神经系统的运转技术和人工输入机器或机器人的技术之间的区别感兴趣。当他第一次见到有声电影时，惊讶于声音明明是从银幕上看不到的扬声器里发出，看起来却好象是从演

员的嘴巴里说出。冯·诺伊曼度过了幸福的童年，他后来娶到的两任夫人都是昔日一起玩耍的邻家女孩。

十岁那年，冯·诺伊曼上了中学，在英语和法语里一般叫公学或文法学校，在德语里叫 gymnasium。那些视德国为精神领袖的国家，包括奥匈帝国也用这个词，本意是体育馆或健身房。自古希腊以来，那里便是年轻人赤身裸体参与竞争的地方。那时候匈牙利采用精英教育，引入激烈的竞争机制，对十分之一高智商的学生精心培养，对其余的孩子听之任之。这项政策有利于犹太人的脱颖而出，对他们来说，研究理性的数据比与人打交道更容易。连爱因斯坦也承认，“自己喜欢从你我的世界逃脱，去物的世界。”二战结束后，日本模仿了匈牙利的精英教育模式，以考取东京大学学生多少衡量一所中学的水准，不仅迅速提升了经济实力，还培养出十多位诺贝尔奖和菲尔兹奖得主。日本人赶超的是战胜他们的美国人，正如匈牙利人希望超越“可恨的奥地利人”。相比之下，目前中国的教育可能缺乏这方面的动因。

冯·诺伊曼进了用德语授课的路德教会学校，在那前后，共有四位年龄相仿的犹太男孩进入布达佩斯三所最顶尖的学校，他们后来全部移居美国。除了冯·诺伊曼以外，还有齐拉特、维格纳和特勒，主要是依靠这四个匈牙利人，美国研制成功了原子弹和氢弹。正是后面这三位物理学家在1939年夏天说服爱因斯坦给弗兰克林·罗斯福总统写信（实为齐拉特执笔），建议发展原子弹，才有了“曼哈顿计划”。齐拉特的贡献在于率先提出了链式反应的理念，维格纳建立了中子吸收理论，并协助费米建成首座核反应堆，



Dennis Gabor



Georg von Békésy



Theodore von Kármán



John von Neumann



Leo Szilard



Edward Teller



Eugene Wigner

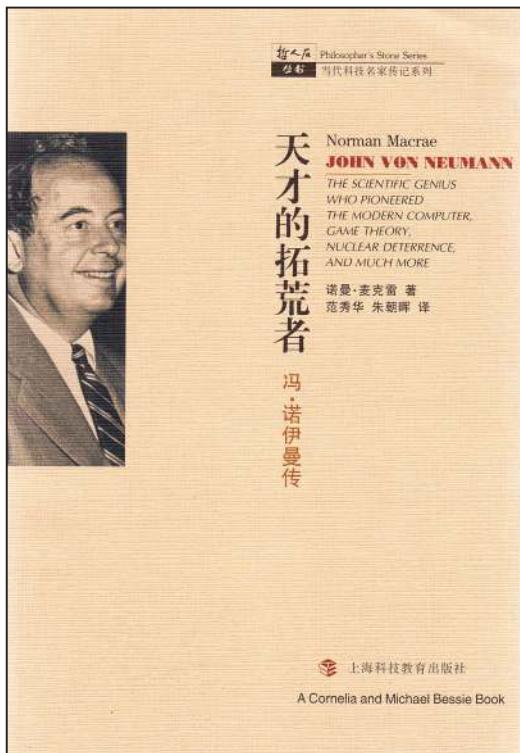
二战前从匈牙利走出的精英: 1971年诺贝尔物理学奖得主伽柏(Dennis Gabor);
 1961年诺贝尔医学奖得主贝凯希(Georg von Bekesy); 超音速飞机之父, 钱学森的导师冯·卡门(Theodore von Karman);
 冯·诺伊曼; 原子弹先驱齐拉特(Leo Szilard); 氢弹之父, 杨振宁的导师特勒(Edward Teller);
 1963年诺贝尔物理学奖得主维格纳(Eugene Wigner)

而特勒(华裔物理学家杨振宁的博士导师)则被誉为“氢弹之父”。作为犹太人, 这四位科学家对纳粹德国和昔日的沙皇帝国有一种恐惧和厌恶感, 这促使他们奋不顾身地投入核武器的研制。

1914年也是一次大战爆发的年份, 奥匈帝国因奥地利王储遇刺向塞尔维亚

宣战, 俄罗斯和德国迅速卷了进来。冯·诺伊曼家族因为地位高无人服兵役, 战时仍可到威尼斯等地旅行。同盟国战败后, 俄罗斯末代沙皇尼古拉二世被列宁的红色政权取代, 匈牙利也被邻国瓜分走三分之二的土地。可是, 精英教育并未受影响, 中学校长十分赏识冯·诺伊曼的数学才华, 把他推荐给布达佩斯大学的教授。十七

岁那年, 他与一位教授合作研究车比雪夫多项式根的求解, 在一家德国杂志发表了处女作。1921年, 冯·诺伊曼以获得厄特沃什奖圆满地结束了自己的中学时代, 这个奖的得主还有齐拉特、特勒, 以及工程学家、超音速飞机之父——冯·卡门, 后者也是中国核工业奠基人钱学森的博士导师。



天才的拓荒者：数学天才冯·诺伊曼的故事

辗转在欧罗巴的土地上

中学的最后一年，老冯·诺伊曼便开始为儿子的前途操心。他征询过许多朋友的意见，包括当时担任共产党-社会民主党联合政府教育部次长的冯·卡门。最后决定，儿子要学化学工程。这就像新千年之交的中国，很多家长希望孩子读计算机和生物学一样，长辈的意志强加在了后辈身上。小冯·诺伊曼要去柏林大学和苏黎世联邦工学院(ETH)学习化学工程，但他真正感兴趣的却是数学，而数学家在匈牙利前景并不看好。结果，他一边在柏林和苏黎世学化工，一边在布达佩斯大学注册成为数学博士候选人。也就是说，尚且不满十八岁的年轻人要在相距遥远的三座城市兼读跨专业的本科

生和研究生。由此可见，冯·诺伊曼父子是多么的自信和坚毅。

1921年秋天，冯·诺伊曼来到德国首都柏林。原先以为，他要拜著名的犹太化学家哈伯为师。这个哈伯非常了得，他在1915年发明了毒气，极大地帮助一战时期四面受敌的德国。1918年德意志战败，同年哈伯却因另一项发明——用氢和氮合成氨——获得诺贝尔化学奖(物理学奖的得主也是德国人、量子力学的开创者普朗克)，他成了一战期间唯一的化学奖得主。这一点足以说明，瑞典确实保持了中立国的立场。可是，冯·诺伊曼到柏林以后，却意外地

“失踪了两年”。他不仅没有去拜访哈伯，还时常在上化学课时逃学。那个年代柏林的性服务业臭名昭著，荒淫无度，对手持外币的年轻人来说又十分廉价，冯·诺伊曼夫妇对这些令人担忧的事耳有所闻。

事实上，这种担心有些多余，对于生性活跃而又有远大理想的冯·诺伊曼来说，既然不会满足于一个专业方向，更不会沉湎于一种娱乐或游戏的。那时他的主要兴趣在集合论方面，虽然他在柏林大学听过爱因斯坦关于统计力学的讲座，但更多的受到数学老师施密特教授的影响。施密特是希尔伯特早年的学生，也是策梅罗(Zermelo)的朋友。后者为消除著名的罗素悖论率先提出了一个公理化的集合论，可惜在明确性方面存在一个歧义。几年以后，另一位德国数学

家弗兰克尔(Fraenkel)提出了替代公理，这个集合论因此被称为ZF集合论或ZF系统。当1931年哥德尔证明了不完备性定理以后，ZF系统成为康托尔连续统假设成立的惟一希望。直到1963年，这一希望才被美国数学家柯恩摧毁，后者因此得到了菲尔兹奖。

1923年，冯·诺伊曼终于完成了他的长篇论文，投给施密特担任编委的德国《数学杂志》，后者把它交给弗兰克尔审阅。弗兰克尔读后深感震惊，随即邀请二十岁的冯·诺伊曼到德国中西部的马伯里作客，最后建议他以《集合论的一种公理化》为题发表。冯·诺伊曼所建立的公理体系后经瑞士数学家贝尔纳斯(Bernays)和奥地利数学家哥德尔(Godel)的完善，形成了集合论中一个新的系统——NBG系统。现已证明，NBG系统是ZF系统的扩充，至今它仍是集合论最值得信赖的基础之一。值得一提的是，在文章的最后冯·诺伊曼写道，“没有一种已知的方法可以避开所有的困难。”换句话说，他已经隐约预见到哥德尔革命性成果的出现。



冯·诺伊曼画像



冯·诺伊曼在自家的客厅里

多年以后，已经移居以色列的弗兰克尔回忆起这段往事，说他自己当时就断定这是一篇了不起的文章。他还引用十八世纪瑞士数学家丹尼尔·贝努利读到牛顿的论文时说过的一句话，“从爪子判断，这是一头狮子。”这篇论文尚未发表，已经在重量级人物中间传阅，从那时起，这位化学系的本科生便时常受邀到哥廷根，成为数学大师希尔伯特家的常客。两位相差四十多岁的一老一少常在书房或花园里一待就是几个小时，弄得哥廷根一些教授心里不是滋味。可以说，冯·诺伊曼“失踪的两年”与十七世纪牛顿返回故乡躲避鼠疫的两年颇为相似，后者借机发明了近代科学。不同的是，牛顿是在静谧的农庄，而冯·诺伊曼却在繁华的都市。值得一提的是，也是在那两年里，现代主义文学的代表作——艾略特的《荒原》和乔伊斯的《尤利西斯》得以问世。

现在，让我们把目光转向苏黎世。冯·诺伊曼在柏林的两年，只是修了化学的一些基础课程，拿学位却要到苏黎世。1923年秋天，他在苏黎世联邦工业大学轻松通过了一年一度的入学考试（爱因斯坦考了两次），开始了第二阶段的学习。第一学期他的功课全优，包括有机化学、无机化学和分析化学，有意思的是，在数学方面成就斐然的他不得不修最基础的高等数学。两年以后，他勉强读完了化学工程的全部课程，摔破的实验室玻璃容器难以计数。其时，他早已经与这所大学两位最好的数学家——外尔和波利亚建立了密切的关系。外尔去外地讲学开会的时候，身为化学系本科生的冯·诺伊曼会替他代课。匈牙

利老乡兼师兄波利亚回忆过一件往事，有一次他在课堂上提起一个悬而未决的数学问题，没想到下课时已经被冯·诺伊曼解决了。

1925年夏天，冯·诺伊曼在苏黎世联邦工业大学获得化学工程学士学位。次年春天，他在布达佩斯大学通过数学博士论文答辩，年仅22岁。他名义上的博士导师是布大数学系主任费耶，师兄弟中除了波利亚还有爱多士和图拉。在希尔伯特的安排下，他来到哥廷根做访问学者，此时他已经对量子力学迷住了。在那以后，他被柏林大学聘为无薪讲师（privatdozent）。这是十九世纪德国为那些有意走学术之路的年轻人设置的岗位，也是取得教授席位的必由之路。不仅没有编制，连薪水也不发，所得酬劳全部来自修课学生的学费，迫使年轻人发奋图强。对冯·诺伊曼那样有钱人家的公子这不成问题，对家境贫寒的爱因斯坦来说无疑是一种折磨了，这应是他一直躲在伯尔尼做小小的专利员，迟迟未去大学工作的原因。

从那时起，这位化学系的本科生便时常受邀哥廷根，成为数学大师希尔伯特家的常客。两位相差四十多岁的一老一少常在书房或花园里一待就是几个小时，弄得哥廷根一些教授心里不是滋味。

冯·诺伊曼在柏林大学待了两年以后，又转到了汉堡大学。在担任无薪讲师期间，他在集合论、代数学和量子理论方面取得了一系列重要的研究成果，受到了数学界的瞩目。例如，在测度论方面，冯·诺伊曼发表了《一般的测度理论》，把测度问题从欧氏空间推广到一般的非阿贝尔群，证明了所有可解群都是可测度的。可是，这项工作并不像他早先发表的《集合论的一种公理化》那样，在集合论中处于中心地位。在算



普林斯顿高等研究院大楼；研究院首批聘请的五名终身教授中有爱因斯坦和冯·诺伊曼。冯·诺伊曼是最年轻的终身教授，年仅29岁；当时常被误认为是研究生（刘建亚 摄）

子理论方面，冯·诺伊曼首先给出了希尔伯特空间的抽象定义；然后，把这个空间上的自共轭算子谱理论从有界推广到无界，从而建立起了自己的谱理论，这是“抽象数学之花”——

泛函分析诞生的必要条件。相比之下，那段时间里冯·诺伊曼在量子理论方面的工作最出色也最重要。

迄今为止，牛顿力学仍统治着这个世

界大部分领域，适用于我们肉眼所能看见的一切事物。只有当物体运动速度太快时，爱因斯坦相对论的某些定律才开始起作用。而当物体太小时，量子力学起了支配作用，它使得我们能够描述分子、原子和电子的状态。“量子”一词的拉丁文含义是“多少”，如同普朗克所发现的，光、X射线以及其他波只能一份份地发出，每一份称为“一个量子”。量子力学是理论物理学和现代技术的基础，它直接导致了电子革命和原子弹的诞生。量子力学的一个基本点是原子状态的数学描述，冯·诺伊曼赋予它以全新的形式：原子的状态是由希尔伯特空间中的单位向量表示，这就使得量子力学的两种表示方式——海森堡的矩阵力学和薛定谔的波动力学相互统一。

大萧条时期的美利坚

冯·诺伊曼之所以愿意接受汉堡大学无薪讲师的职位，是因为那里比柏林有更多升迁的机会（那年春天他的父亲去世了）。如果他真的做上汉堡大学的教授，那么几年以后中国留学生陈省身有可能成为他的学生。没想到当年秋天（1929），美国的普林斯顿大学便向他伸出橄榄枝，邀请他担任客座讲师。原来此前，他在苏黎世的老师外尔到普林斯顿做了一年的访问教授，适逢希尔伯特退休。外尔奉命返回哥廷根接替老师的职位，尽管师生两人的哲学观点相互背离。于是，外尔向美国人推荐了冯·诺伊曼。显而易见，客座讲师只是一个过渡职位。可以说，因为德国教授位置的稀缺，也因为战争的逼近，让美国获得一个不可多得的人才。冯·诺伊曼先是回了趟布达佩斯，皈依为天主教徒，完成了一桩



普林斯顿高等研究院用冯·诺伊曼命名了宿舍区的一条环形小径，叫做von Neumann Drive。

图为von Neumann Drive宿舍的秋景。（刘建亚 摄）

人生大事——结婚。随后，他便携带着新婚妻子，在法国的瑟堡乘船渡过大西洋。

虽然那会儿美国正处经济大萧条，但冯·诺伊曼第一眼就爱上了这个移民国家。这里的人讲究实效、言之有物，不墨守成规。果然第二年，他便顺利晋升教授。又过了两年，雄心勃勃的普林斯顿高等研究院成立，冯·诺伊曼成了首批聘请的终身教授。不过，这得感谢外尔的临时退出，虽然冯·诺伊曼原本就是考虑的对象，但由于年纪太轻，加上普林斯顿大学舍不得，一直没有敲定。外尔最终还是接受了高等研究院的邀请，那是在获知希特

勒当上德国总理以后。加上爱因斯坦，普林斯顿高等研究院首批聘请的五位教授中，有三位来自德国。这三个人当中，只有外尔不是犹太人，但他是犹太人的女婿。有人作过统计，1933年及以后从德国移民到美国的科学家中，有十一人已获得或后来获得诺贝尔奖，十人参与“曼哈顿计划”。

说到普林斯顿高等研究院，人们的印象似乎只有羡慕和崇拜了。即便在大萧条时期，教授们仍拿着高薪，而不用承担任何义务。那里还有一些奇怪的规则，比如，从不招收研究生，只吸纳优秀的博士做博士后研究，为他们日后寻找工作提供跳板；又比如，虽

然有物理学家，但不设任何实验室。对此，有不少人不以为然。“曼哈顿计划”的领导人奥本海默就不愿意当那里的教授（后来他不仅当了而且还做了院长），认为那是“一个疯人院：在那里，惟我独尊的星星们孤独、绝望地发着各自的光。”数学家柯朗（希尔伯特的另一个学生）和物理学家费恩曼（诺贝尔奖得主）都认为，在自己缺少灵感时，学生们“提出的相关问题”会刺激他们，“教学和学生使得生活有意义”。

即便是爱因斯坦，也在普林斯顿高等研究院感受到了压抑的气氛。他在给爱丁堡的物理学家玻恩的信中写到，

“我觉得自己像是在穴中冬眠的熊。”当初他从欧洲抵达美国，纽约市长带着一支乐队到码头恭候，结果却吃了闭门羹，一艘汽艇直接把客人接到了新泽西海岸。甚至罗斯福总统夫妇邀请爱因斯坦共进晚餐时，也被高等研究院

方面婉言谢绝。有些人以为，顶尖科学家都不食人间烟火，伟大的思想都出自真空。爱因斯坦依然勤奋，他试图找出量子理论中矛盾的地方（的确存在），却劳而无获。他在给比利时女王的信中写到，“一座古怪而死板的村庄，住着一群盛名之下其实难副的人”，落款地是“集中营，普林斯顿”。

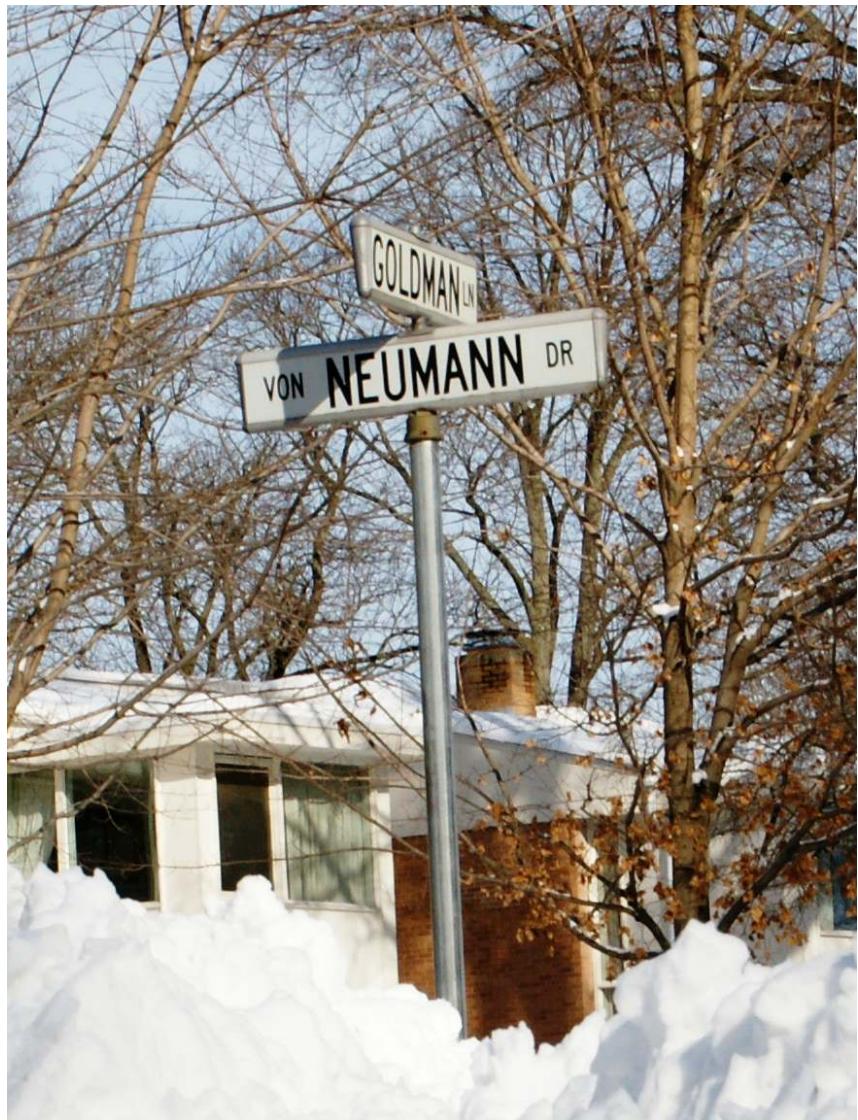
即便是冯·诺伊曼，在普林斯顿高等研究院过得也不开心，每到夏天来临，他都携带妻女迫不及待地返回欧洲。三年以后的那个夏天，他的妻子没有跟他回来，此前她在普林斯顿因为生活习惯不同频出洋相。他们唯一的女儿跟妈妈走了，直到上中学后才回到爸爸身边，那时冯·诺伊曼早已娶了另一位儿时伙伴。不过，他的学术研究从来没有停止过，且总是成绩卓著。上个世纪九十年代，当高等研究院快要迎来六十华诞时，院方认真总结了三个标志性的成果，分别是：哥德尔对连续统问题的研究，杨振宁和李政道推翻宇称守恒定律，冯·诺伊曼的工作。当然，现在必须加上怀尔斯对费尔马大定理的证明。

在普林斯顿大学期间，冯·诺伊曼从数学意义上总结了量子力学的发展，出版了《量子力学的数学基础》，至今依然是一部经典著作。此外，他还

冯·诺伊曼写出了“算子环”的系列论文。算子环是有限维矩阵代数的自然推广，后来成为量子物理学的强有力武器，并催生出连续几何学这一副产品。人们将其命名为冯·诺伊曼代数。

推出统计学中著名的弱遍历定理。受聘高等研究院的当年，他在群论方面的研究取得了突破，在紧致集情况下解决了希尔伯特第五问题。在年轻数学家默里的协助下，冯·诺伊曼写出了“算子环”的系列论文。

算子环是有限维矩阵代数的自然推广，后来成为量子物理学的强有力武器，并催生出连续几何学这一副产品。人们为了纪念他，将其命名为冯·诺伊曼代数。在格论方面他率先发现了“布尔”代数中交与并的运算必然是无穷分配的，这种分配性又等价于连续性。这一切，应归功于他的年轻和持续的创造力，他是一个懂得如何放松思考的人。



普林斯顿高等研究院的von Neumann Drive大雪街景（刘建亚 摄）

水雷和“曼哈顿计划”

1937年，冯·诺伊曼宣誓加入了美国籍。同年，日本全面反动侵华战争。接下来的两年里，德国吞并了奥地利和捷克斯洛伐克，意大利吞并了阿尔巴尼亚。可是，在西方史学家看来，1939年9月才意味着二次大战的开始，其标志是希特勒军队侵入波兰，英国和法国对德宣战。不过此前，马里兰州东北部一个叫阿伯丁的滨海小镇早已经开始忙碌了，冯·诺伊曼被邀请来这里担任陆军机械部所属的弹道试验场实验室顾问（后来又成为科学咨询委员会委员）。迎接他的是一门新的学问——火炮弹道学，科学家们早就发现，炮弹穿越浓度变化的空气的运动阻力和轨迹是非线性方程，这类方程的求解不容易。于是，冯·诺伊曼成了前计算机时代冲击波和弹道轨迹的计算者。

不过，直到1941年底日本偷袭珍珠港，冯·诺伊曼一直没有在阿伯丁花费太多的精力，他相信英国能够暂时抵御德国的入侵，美国不会太早宣战。他与普林斯顿高等研究院的助手继续合作，撰写有关算子环的论文。期间他还涉猎天体物理学，与印度（巴基斯坦）出生的物理学家钱德拉

塞卡（1983年诺贝尔奖得主）联名发表了一篇题为《恒星的无规则分布引起的引力场统计》的论文。闲暇时，冯·诺伊曼开始革新经济学，不过这得等战后才能发挥更大的作用。当然，冯·诺伊曼也与人合作写下诸如《从逐次差分估计可能误差》的研究报告，并对这篇报告作了三次增补。看得出来，他的合作意愿越来越明显，这对他未来的工作将很有帮助。

冯·诺伊曼撰写的那些报告使他成为美国最重量级的爆炸理论专家，待到美国参战几个月以后，他更是声誉鹊起，成为复杂爆破（如碰撞爆破）的计算大师，阿伯丁实验室的指挥官西蒙上校（后为西蒙将军）对其尤为崇拜。在陆军机械部名声大振后，海军机械部很快盯上他了。相比陆军上将，冯·诺伊曼更喜欢海军上将，因为陆军将军们午餐时只喝冰水，海军将军一上岸就喝酒，而他本人喝起酒来

从不上头。后来，冯·诺伊曼果然被转到水雷作战处工作。起初的三个月，他在华盛顿的海军部上班，那里离普林斯顿不远。接下来的半年，他被派到英国工作，他的第二任妻子与之同行，两人乘坐轰炸机飞越了大西洋。

英国之所以需要冯·诺伊曼，是因为德国人在英吉利海峡上布下了大量的磁性水雷。起初，这些水雷一感应到金属就被吸收，随即爆炸销毁。这样，利用金属拖网很容易发现它们的位置并将其引爆。后来，狡猾的德国人在水雷中设置了机关，不在第一次感应，而是在感应若干次以后才爆炸，每只水雷都不一样，其中的模式无法破解，于是英国人不得不请求盟军帮助。这对冯·诺伊曼来说可谓小菜一碟，他运用数学技巧轻而易举地完成了这项任务，避免了无数海军官兵的无谓牺牲。除此以外，他还根据自己对空气中和水下破坏性最强的

斜击波反射的了解，为英国海军设计了锥形爆炸的方程。

到了1943年5月，华盛顿方面就要求伦敦送他们最好的爆炸理论专家回国。冯·诺伊曼却希望在英国再待上一段时间，他在这里学到了许多空气动力学方面的知识，正与一些他认为有趣的实验物理学家合作，甚至觉得“我还



后立左起第三位是美国原子弹之父奥本海默，第五位是冯·诺伊曼



冯·诺伊曼和美国海军军官在一起；
左一是IBM的总裁托马斯·沃森(Thomas J·Watson)

对计算技术也有了不同寻常的兴趣”，最后一句话很可能意味着他已经见过图灵了。说到图灵这位确立了数字计算机基本模式的英国人，几年前在普林斯顿大学攻读数学博士时，就成为冯·诺伊曼挑中的助手之一。可是，等到年中的某个时候，美国还是强行召回了冯·诺伊曼。他的下一个任务令其无法抗拒，那牵涉到人类发明的份量最重的一个词——核。可是，返回美国之初，他仍沉浸在英国刚学到的知识中，帮助陆军改善了防空系统，扩展了高空爆炸理论，不久又将其应用到水下。接下来，情况发生了变化。

冯·诺伊曼被任命为新墨西哥州的洛斯阿拉莫斯实验室顾问，这个头衔看起来并不起眼，取得的成果却极其辉煌。从那以后，他便身兼四职了（几乎每一项都是全职）：普林斯顿高等研究院、陆军机械局、海军机械局、洛斯阿拉莫斯。更有甚者，那时他在英国还留有一些尾巴工作。因此，他的某一位朋友或同行读到下面这封发信地址不详的短函也就不足为怪了，“自从我从英国回来，每个星期都要辗转三四个不同的地方。现在我在西南部（指洛斯阿拉莫斯）……圣诞节前可能还要去一趟英国……何时去、待多久我也不清楚……没办法及时回信实在

失礼。”可是，冯·诺伊曼对投放日本的两颗原子弹的贡献究竟有多大呢？

众所周知，核武器的研制要依靠集体的智慧和力量，第一个取得成功的美国人更不可能例外。先是冯·诺伊曼的布达佩斯老乡齐拉特在1933年“灵光乍现”，想到了链式反应。按照他

的设想，以等比级数的数量形式释放中子，可以在几百万分之一秒内，在狭小的空间里释放出超出人类想象的巨大能量。可是当时，包括爱因斯坦、卢瑟福、玻尔在内的资深物理学家都轻视他的发现，爱因斯坦甚至开玩笑说，“原子能研究就如同在黑夜里开枪射中一只体形娇小且珍稀的鸟”。当在伦敦一家医学院工作的齐拉特要求到英国海军部任职时，同样也遭到了拒绝。其时，意大利物理学家费米在罗马正以中子轰击一切可能的物质，包括铝、铁、铜、银等金属和硅、碳、磷、碘等非金属，甚至水。

自从十七世纪伽利略被迫在宗教裁判所上认罪，意大利的科学事业便走下坡路了，直到马可尼（发明无线电）和费米的出现才有了转机。1934年秋天，费米轰击铀时，中子穿过了原子核并开始改变原子。四年以后，费米“因认证出由中子轰击产生新的放射性元素以及他在这一研究中发现由慢中子引起的反应”而荣获诺贝尔奖，墨索里尼政府居然同意他去瑞典。结果，他在斯德哥尔摩领完奖后，携带着犹太妻子、一对儿女和奖金直接乘

船去了纽约。有趣的是，当年晚些时候柏林威廉皇帝研究所的三位科学家用慢中子轰击铀，却发现所谓的新元素其实是已知的56号元素钡。也就是说，诺贝尔奖可能发错了。幸好费米还作出了其他重要的贡献，例如他发现，用降低速度的中子容易引起被辐射物质的核反应。这一点正如速度太快的篮球容易从框上弹出，速度慢的较容易进篮一样，这种方法很快被各国同行采用了。

柏林的那三位科学家中，有德国化学家哈恩和斯特拉斯曼，最年长的是奥地利犹太物理学家迈特纳，她是居里夫人之后又一位巾帼英雄，正是她命

从那以后，他便身兼四职了（几乎每一项都是全职）：普林斯顿，陆军机械局，海军机械局，洛斯阿拉莫斯。

名了“裂变”。倘若不是希特勒种族歧视，蔑视犹太人，讨厌核物理学，认为那是一种“犹太物理”，德国有可能先于美国制造出原子弹。事实上，在那个微妙的时刻，物理学家海森堡曾经向希特勒政府装备部长的同僚郑重汇报过，但希特勒知道后却不为所动。当匈牙利被德国占领，迈特纳从外籍犹太人变成了德国犹太人，她时刻担心自己遭到清洗，于是被迫逃往丹麦。留在柏林的两位同事完成了后续工作，并赢得了大部分荣誉（1944年诺贝尔化学奖）。虽然终身未嫁的迈特纳没有移居美国，但她和同事们的研究成果后来通过哥本哈根学派的领袖、海森堡从前的导师玻尔带到了美国。

此时洛斯阿拉莫斯人才济济，除了“匈牙利四人帮”以外，还有玻尔、费米，以及实验室主任、土生土长的美国物理学家奥本海默，甚至混进来

一位克格勃间谍、德裔英籍物理学家富克斯。在一堆顶尖的物理学家队伍里，一个数学家能做什么呢？虽然冯·诺伊曼非常重视数学与物理学之间的内在关系，他本人也是出色的物理学家，但主要成就是在理论物理方面，确切地说，对量子力学的数学化作出了贡献，冯·诺伊曼却通过自己的努力，成为物理学家们最尊敬的数学家。他指导了原子弹最佳结构的设计，确保体积不大可以装进一架轰炸机，同时，他还探讨了实现大规模热核反应的方案。

另一位物理学家，冯·卡门，是流体力学方面的专家，他指导了原子弹最佳结构的设计，确保体积不大可以装进一架轰炸机，同时，他还探讨了实现大规模热核反应的方案。依照他的观念，炸药和其他事物一样，可以用数字代表实验中的物理元素，只要处理得当，这些数字就可以构成整个实验。这样一来，不仅节约了时间，也节约了财力和物力。据说，每次他来到实验室，都会被同行们团团围住，向他讨教某些计算中出现的问题。

经过一段时间的协作努力，科学家们确认，铀-235 和钚-239 是裂变的最佳材料，投放广岛和长崎的两颗原子弹分别由这两种材料制成。（中国第一颗原子弹是铀弹，而朝鲜最近试爆的是钚弹。）两者区别在于，钚可以通过化学方法分离获取，而铀因其同位素有着相同的化学性质，只能一个原子、一个原子地分离。这就是为何广岛原子弹投放三天以后，日本仍然没有投降的意思，因为次日有科学家报告，要制作另一颗同样的原子弹需要花费一年时间。可是，当三天后长崎也落下原子弹，天皇不得不宣布无条件投降了。钚弹的优越性在于，一个月就可以制作两到三枚。不过，当初

曾遇到无法解决的难题，适用于铀弹的炮击法（用一块铀射击另一块铀）不适用于钚弹。冯·诺伊曼发挥了聚爆专家的作用，他亲自设计了一枚棱镜构成内爆装置，在第一次核试验中获得了成功（铀弹并未试爆）。

值得一提的是，当初美国计划在四座城市投放原子弹，空军列出了六个候选地点：京都、广岛、横滨、东京的皇宫、小仓军械库和新潟。冯·诺伊曼是决定

投放地点的委员会成员，他圈出的四座城市与委员会的选择一致，没有皇宫和新潟。幸运的是，陆军部长对京都提出了异议，理由显而易见，京都既是故都，又是佛教和神道教圣地，摧毁它会引起公愤。否则的话，战后的政治格局和经济形势恐会改变。接着横滨也被排除了，理由是，以往轰炸

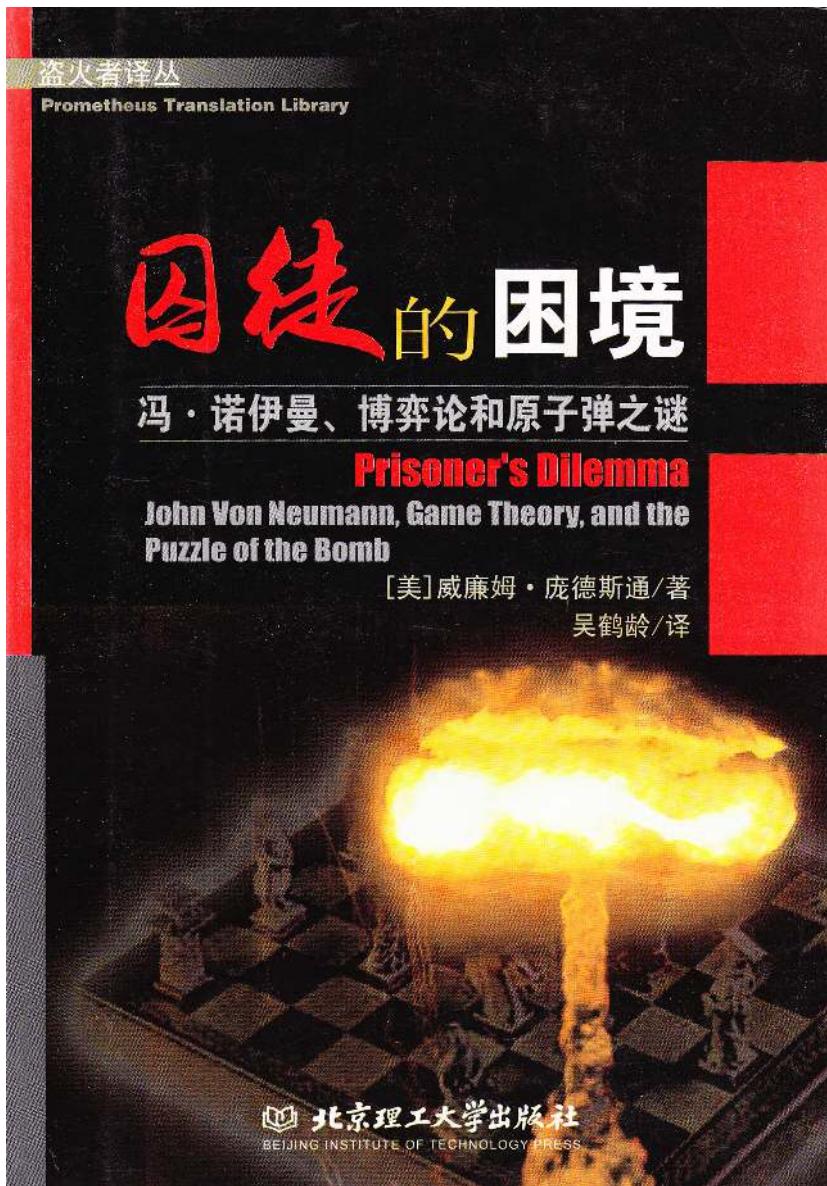
炸得够多了，且离东京太近，改由九州的长崎代替。美国人意识到，投降的决定将在首都作出。1945年8月6日，铀弹“小男孩”投放广岛，三天以后，钚弹“胖子”投放长崎，二次大战由此结束。不难推想，战争每延续一天，包括中国在内的国家就会有更多的军人和百姓伤亡。笔者以为，广岛之所以始终在投放目标之列，原因在于它是本州最偏远的大城市。

商人如何赢取最大利润

原子弹在日本投放后，奥本海默引用了印度史诗《薄伽梵歌》里的诗句自我忏悔，“现在我成了死神，世界的毁灭者。”爱因斯坦也深感痛悔，他认为给罗斯福总统寄出的那封信，是自己一生所犯的最大的错误（由于那年四月罗斯福突然去世，投放原子弹的命令由继任的杜鲁门签署）。1954年，核反应堆的设计师费米因患癌症去世，



冯·诺伊曼在授课



囚徒的困境(Prisoner's Dilemma); 冯·诺伊曼、博弈论和原子弹之谜

冯·诺伊曼也因参与比基尼岛上的核试验遭受核辐射。稍后，苏联的马雷舍夫和中国的邓稼先也没有逃脱厄运，即便寿命较长的奥本海默，也只活到了62岁。冯·诺伊曼认为，既然原子弹可以制造出来，那么，寄希望于独裁者的良心发现是不足取的。冯·诺伊曼的亲人中有不少死于对纳粹的恐惧，有些是在他们移居美国以后。人

类许多科学进步，从蒸汽机船到飞行器，从工业化到医药试验，从枪支弹药到坦克，都会有死亡事件的发生，然而这些进步却帮助人类提高生产率、延长寿命、节约时间或摆脱专制，赋予生命更多的意义。

对冯·诺伊曼那样曾服务于三届美国政府的实干家来说，有太多有关民生和建设的事情要做。即便在1944年，洛斯阿拉莫斯的同僚们最忙碌的时候，他也抽空对经济学作了全面的思考，那一年，他与经济学家摩根斯坦合著的《博弈论与经济行为》正式出版，立刻获得凯恩斯母校剑桥大学的经济学家斯通（1984年诺贝尔奖得主）的赞誉，称其为凯恩斯的《通论》之后最重要的经济学教科书。说到博弈论（Game Theory，又译对策论），它本是应用数学的一个分支，后来在经济理论和应用中发挥了重要作用，并广泛深入到政治、军事、商业、法律、体育、生物学等领域。博弈论对于扩展和精炼战略思想具有较大的影响和指导意义，而对于商人来说，则教导他们如何运作以赢取最大利润。

最早提出博弈问题的是法国数学家波莱尔，他以创建实变函数论里的波莱尔集闻名，同时也是一位著名的政治家和教育家，曾担任巴黎高等师范学校的领导人、市长、议员和海军部长。上个世纪二十年代，波莱尔首先定义了策略的应对，考虑了最优策略、混合策略、均衡策略和无限对策，同时提出了解决个人对策与零和两人对策的数学方案。所谓两人对策是与多人对策相对应的，前者是完全对抗的，后者必须考虑结盟的可能性和稳定性。零和对策是与非零和对策相对应的，前者每次结局给竞争者（局中人）的支付总和为零或常数，而后的支付总和是可变的。前者一个竞争者的所得恰好是另一个竞争者的所失，

最早提出博弈问题的是法国数学家波莱尔，他以创建实变函数论里的波莱尔集闻名，同时也是一位著名的政治家和教育家，曾担任巴黎高等师范学校的领导人、市长、议员和海军部长。

后者竞争者可以同时有所得或有所失。

1928年，还在柏林大学任无薪讲师的冯·诺伊曼发表了第一篇重要的博弈论文章《关于伙伴游戏理论》，利用一个表示讨价还价能力的矩阵建立了关于零和两人对策的极大极小定理，后来成为博弈论的基石和中心定理。作为一个应用，冯·诺伊曼讨论了合作对策问题，特别考虑了零和三人对策中有两方联合的情形。为此他引入了数学中的特征函数概念，明确给出了多个竞争者的一般博弈方案，并在附加条件下证明了，多人对策问题的解是存在并且惟一的。按照冯·诺伊曼的理论，福特公司的经济政策之所以正确，是因为它的制订不完全依赖于市场，而是同时考虑了通用、日本、德国以及其他汽车制造商实施的战略在市场上引起的变化。

1932年，冯·诺伊曼在普林斯顿的一个数学研讨班上，做了一个没有讲稿的报告，标题叫《关于经济学的几个方程和布劳威尔不动点定理的推广》。这篇报告从数学的角度指出了经济问题的解决方案，可谓是一种新型的扩张经济模型：“所有商品以尽可能低的成本和尽可能大的量生产”。这是一

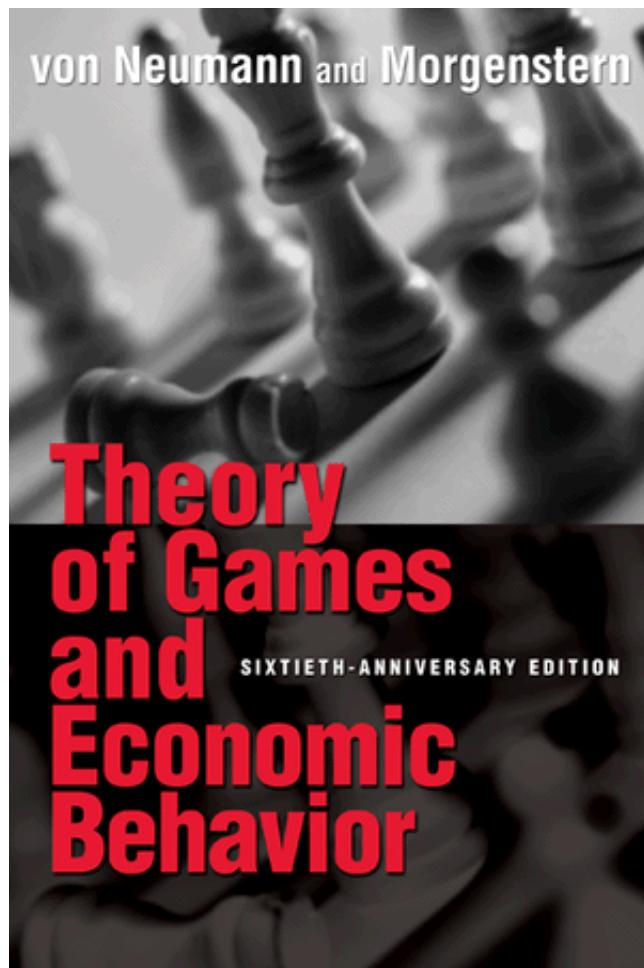
今天，冯·诺伊曼被公认为是博弈论的创立者，也是现代经济学的重要分支—数理经济学的开拓者。萨缪尔森发出由衷的赞叹，“冯·诺伊曼是无与伦比的，他不过在经济学领域蜻蜓点水，这一领域便今非昔比了。”这一结构一直使用至今，冯·诺伊曼也因此被誉为计算机之父。

种理想的模型，一旦达到最大的增长率，就会自动产生一个动态的平衡。四年以后，冯·诺伊曼本计划在维也纳的一次数学会议上再次报告这篇论文，结果却因婚姻破裂而改变旅行计划。因为无法前往，他在巴黎的旅店里用德文匆匆草书了九页，发表在随后出版的会议论文集上，也未受到特别的关注。1945年，这篇文章

被译成英文在英国重新发表，标题改为《普遍经济均衡的一个模型》。大约半个世纪以后，此文被公认为是数理经济学最重要的论文。

冯·诺伊曼把经济学引入具有线性、非线性编程和未来发展动力模型的科学，使人们能够更好地理解计划经济和市场经济的无为及有为所在。迄今为止，至少有六位获诺贝尔奖的经济学家承认自己的工作受到了冯·诺伊曼的影响，他们是萨缪尔森、阿罗、坎托罗维奇、库普曼斯、德布勒、索洛，还有五位获奖者的工作是对冯·诺伊曼创立的博弈论的直接发展或应用，即1994年获奖的豪尔绍尼、纳什和泽尔敦，2005年获奖的奥曼和谢林。这些经济学家来自美国、英国、德国、苏联和以色列，即使在日本，也有推崇冯·诺伊曼的经济学家遵循他倡导的模式，“如果要使动态平衡存在，就有必要最大限度增产。”战后日本的国家政策是，“努力在十年内将实际收入增加一倍”。当时有些西方经济学家断定那会导致严重的通货膨胀，结果证明他们是多虑了，日本的经济跳入了“良性循环”的轨道。

1938年，德国经济学家摩根斯坦来到普林斯顿大学执教，这使得冯·诺伊曼的理论有了拓展的机会和空间，也使得他对诸如货物交换、市场控制和自由竞争等经济行为产生了兴趣。经过几年的合作，他们完成了那部六百多页的经济学巨著。



冯·诺伊曼《博弈论和经济行为》的专著



从左到右: 波默林(James Pomerence), 比奇诺(Julian Bigelow), 冯·诺伊曼和戈德斯坦(Herman Goldstine); 他们是冯·诺伊曼计算机计划的主力。

虽然如此, 战后仍有许多经济学家对冯·诺伊曼的理论不以为然, 甚至心生怨恨, 这部分是因为存在着种种误解, 更主要的是因为他是经济学专业的一个闯入者。随着时间的推移和实践的检验, 这些误解被逐渐消除。今天, 冯·诺伊曼被公认为是博弈论的创立者, 也是现代经济学的重要分支——数理经济学的开拓者。萨缪尔森发出由衷的赞叹, “冯·诺伊曼是无与伦比的, 他不过在经济学领域蜻蜓点水, 这一领域便今非昔比了。”

明的台式加法计算器要高级一些, 但十九世纪英国一位异想天开的数学家巴比奇并不满意。巴比奇利用当时最时髦的蒸汽技术驱动, 结果未获成功。但他意识到了, 计算机应该以精确的、数学形式的逻辑为基础。果然不久, 自学成才的爱尔兰人布尔发明了新形式的数学——布尔代数。

取以往机电式计算机的“外插型”。接下来的几年时间里, 冯·诺伊曼亲自参与宾夕法尼亚大学和普林斯顿高等研究院两台计算机的设计, 即 EDVAC 和 IAS。他建立了计算机内部最主要的结构原理——储存程序原理, 确定由五个部分组成, 即计算器、控制器、储存器、输入和输出装置。

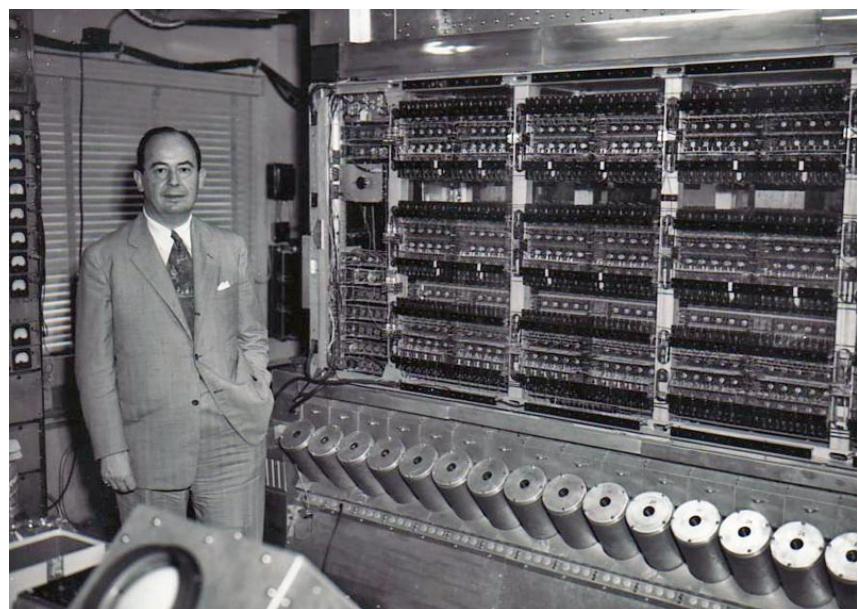
**他建立了计算机内部最主要
的结构原理——储存
程序原理, 确定由五个部
分组成, 即计算器、控制
器、储存器、输入和输出
装置。**

与 ENIAC 相比, 这两台机器有不少改进, 最重要的是: 将十进制改为二进制, 程序和数据均由二进制代码表示(虽然莱布尼兹早就发明了二进制, 但并没有用到他发明的轮式计算机上); 程序由外插变成内存, 当算题改变时, 不必变换线路板而只需更换程序。由储存原理构造的电子计算机被称为冯·诺伊曼型机, 或冯·诺伊曼结构, 这一结构一直使用至今。冯·诺伊曼被誉为“电子计

到了二十世纪中叶, 情况又有了新的变化。在洛斯阿拉莫斯, 原子核裂变过程中所提出的大批计算任务, 促使冯·诺伊曼关注电子计算机的研制情况。《博弈论与经济行为》出版的当年, 他在阿伯丁火车站的月台上遇到他的同事、参与第一台电子计算机 ENIAC 设计的戈德斯坦, 后者向他作了汇报。当时冯·诺伊曼正准备去洛斯阿拉莫斯, 立刻予以关注。他发现这台机器的主要缺陷是, 仍采

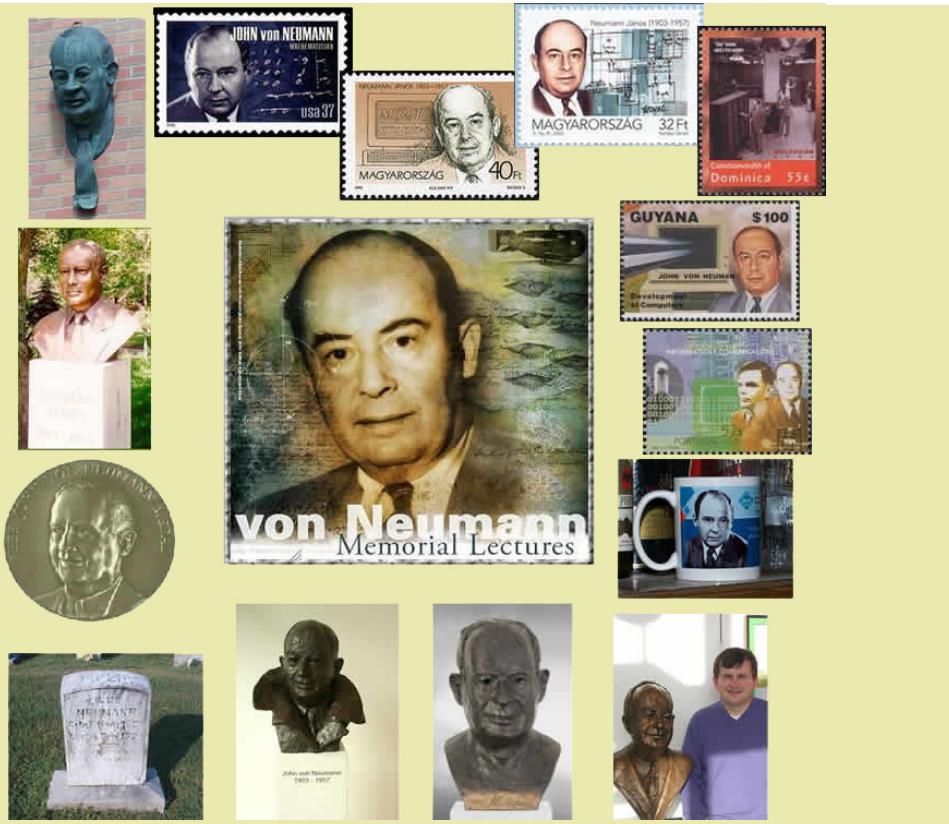
让人类生活得更加美好

自从牛顿发明了微积分, 实现了物理学的数学化之后, 科学家对数值列表的需求大大增加。除了一般的对数表和三角函数表等以外, 更多特殊的数表是科学家在研究时临时产生的。牛顿的竞争对手莱布尼兹为此感叹, “一个优秀的人像奴隶一样把时间耗费在计算这一苦差事上, 真是太不值得了。”莱布尼兹因此发明了一种类似机械化算盘的机器。只要摇动四周的轮子, 就可以做加法或乘法运算。这种轮式的计算机比早些时候帕斯卡尔发



冯·诺伊曼在普林斯顿高等研究所的计算机前

Von Neumann



世界各国发行的冯·诺伊曼纪念邮票和雕塑

算机之父”，而另一位计算机领域的天才图灵的贡献主要在理想计算机和人工智能方面，后者因为性取向、英年早逝和图灵奖的颁发广为人知。在这两台机器中，冯·诺伊曼对 IAS 倾注了更多的精力，因为他本人担任普林斯顿高等研究院计算机技术研究所所长。1951 年，IAS 终于获得成功，其运行速度是 ENIAC 的数百倍。

虽然冯·诺伊曼的名字是与计算机设计家联系在一起的。然而，他本人对计算机的主要兴趣并不在于计算机的设计与制造，而在于如何利用这种新型工具，开创现代科学计算的新天地。1950 年，冯·诺伊曼领导了一个天气预报研究小组，利用 ENIAC 完成了数值天气预报史上首次成功的计算。随

着天气预报和其他科学、工程领域计算需要的增加，计算方法对于计算速度的提高可以说与计算机硬件同等重要，于是，在纯粹数学与应用数学之外，一门新的数学分支——计算数学应运而生。计算数学不仅设计、改进各种数值计算方法，同时还研究与之相关的误差分析、收敛性和稳定性等问题，冯·诺伊曼无疑也是这门学科的早期奠基人。

在历史上，许多民族的数学家都创造了各种便捷的数值计算方法，可是，这些古典的方法对于计算机未必是最

优的，而一些看起来在算法上极为复杂的方法，编制为程序后反而容易在计算机上实现。换句话说，计算机有

虽然冯·诺伊曼的名字是与计算机设计家联系在一起的。然而，他本人对计算机的主要兴趣并不在于计算机的设计与制造，而在于如何利用这种新型工具，开创现代科学计算的新天地。

其适合的计算方法和技巧。在这方面，冯·诺伊曼作出了许多重要贡献，他先后创造了矩阵特征值计算、求逆、多元函数值和随机数产生等十来种计算技巧，在工业部门和政府计划工作中得到广泛的应用。特别值得一提的是，他与奥地利出生的美国数学家乌拉姆合作创造了

一种新型的计算方法——蒙特卡洛方法。这是一种通过人工抽样寻求问题近似解的方法，它将需要求解的数学

问题化为概率模型，在计算机上实现随机模拟获得近似解。举例来说，在总统选举以前，只需少量取样或随机取样，民意调查者就会对投票选举结果做出较准确的判断。

蒙特卡洛方法体现了计算机处理大量随机数据的能力，是计算机时代新型算法的先锋。它在解决实际问题时需要分两步：模拟产生各种概率分布的随机变量；用统计方法把模型的数字特征估计出来，从而得到实际问题的数值解。冯·诺伊曼用赌城蒙特卡洛命名，赋予其神秘的含义。这一方法在金融工程学领域也得到广泛的应用，比如金融衍生产品期权、期货、掉期等的定价及交易风险估算，变量的个数（维数）有时高达数百甚至上千，这就是所谓“维数的灾难”。蒙特卡洛方法的优点在于，它的计算复杂性不依赖于维数。值得一提的是，上个世纪七十年代中国数学家华罗庚和王元用确定性的超均匀分布序列代替

替随机数序列，提出了所谓的拟蒙特卡洛方法。对某些计算问题，华-王方法比蒙特卡洛方法快了数百倍，并可计算出精确度。

如果冯·诺伊曼活到今天，看到计算机数量激增和能力提高，无论公司、机关还是学校、家庭，无论上天还是入地都不可或缺，一定会倍感欣慰。引用冯·诺伊曼的女儿、经济学家玛丽娜·惠特曼博士的话说，“如果我的父亲被告知，我所在的通用汽车公司每年生产和使用数百万台电子计算机（该公司每年生产约八百万辆汽车，每一辆都包含计算机），我相信他一定会大吃一惊。虽然成年人因电子游戏带坏了青少年而指责计算机，但这可能会使他感到有趣，甚至窃喜，因为他的个性中有童真、嬉戏的一面。”可是，我们也有理由猜测，冯·诺伊曼在惊讶于计算机造福全社会和全人类的同时，也会为它没能帮助在科学上取得更大的成就而沮丧。

假如他的生命能够延长

“假如约翰尼的寿命像一般科学家那么长，活到现在，他会不会使我们的生活发生很大的变化呢？”1992年，冯·诺伊曼的传记作者、英国经济学家诺曼·麦克雷曾这样发问。对此他自己的回答是肯定的。从冯·诺伊曼晚年未曾发表的笔记本来看，他对科学的未来有着自己的设想。事实上，在他生命的最后时刻，他还在探究一些其他科学家压根儿没有想过的问题，例如，从人类的神经系统可以学到那些技巧应用于计算机？这有点像小时候他在家庭午餐聚会上提出的问题。按照冯·诺伊曼在病榻上完成的遗著《计算机和大脑》中的设想，未来的计算机和机器人应根据环境的变化做出效率更高的反应，自我繁殖的下一代计算机应遵守适者生存法则和进化论法则。

二十世纪前半叶，冯·诺伊曼亲自参与了三项革命性的突破——对原子的科学认识、量子力学的数学化，以及随之而来的电子计算机的发展，并作出了卓越的贡献。而从他的讲座和留下的笔记本显示，他希望在未来可能的三项重大突破中扮演同样的角色，它们是：对大脑的科学认识、对细胞（基因）的科学认识、对自然环境的治理。最后一项是控制天气而不仅仅是预报天气，比如使冰天雪地的冰岛变成气候宜人的夏威夷。此外，他还期望能将模糊的经济学精确化。按照冯·诺伊曼的设想，计算机时代所有数的概念也应当重新确立。令人遗憾的是，在所有这些期望中，迄今为止只有对基因的理解取得了令人满意的长足进步，那还是基于他生前看到的一



冯·诺伊曼的墓碑

个发现，即脱氧核糖核酸（DNA）的双螺旋分子结构。恰如冯·诺伊曼所预料的，人类基因是类似于计算机的简单信息储存器。

假如冯·诺伊曼的生命能够延长，“他会因为分子生物学而感到兴奋，就像当年因为量子力学而兴奋一样，他会非常期待将之数学化。”有意思的是，冯·诺伊曼唯一的孙辈现在是哈佛大学医学院的分子生物学家。至于其它科学领域的发展，显然不如冯·诺伊曼预计或期望的那么快、那么好，这可能是因为世界过早地失去他的缘故。公元前三世纪，古希腊的智者阿基米德用巨型弩炮发射每枚二百五十公斤的石弹，摧毁了罗马人的一支舰队。与阿基米德一样，冯·诺伊曼也曾经用自己掌握的数学技能，帮助美国赢得第二次世界大战的最后胜利。1956年，冯·诺伊曼获得了首次颁发的爱因斯坦纪念奖和费米奖。后一个奖项授予那些对原子的科学认识贡献卓著的人，费米自己是第一个获奖者而冯·诺伊曼是第二个。

1957年，正当遥远的中国发动一场大规模的“反右运动”时，冯·诺伊曼的生命即将到达终点，核辐射带来的骨癌细胞已经在他的体内扩散（比邓稼先还早逝九年）。冯·诺伊曼很早就意识到了，最聪明能干的人往往不是犹太人就是中国人，晚年他在笔记本里称赞汉语是诗歌的语言。1937年，冯·诺伊曼从美国数学家、控制论的发明人维纳处了解到中国数学的现状，产生了到中国访问的愿望，曾在清华大学讲学一年的维纳遂致函清华



冯·诺伊曼女儿 Marina von Neumann Whitman
(左, 曾任尼克松政府的经济顾问)和其女儿, 外孙们

校长梅贻琦和数学系主任熊庆来。遗憾的是，两个月以后发生了卢沟桥事变，日本侵华战争全面爆发，冯·诺伊曼的愿望落空了。想当年维纳和法国数学家哈达玛对中国的访问，引起了数学界的轰动，如果多才多艺的冯·诺伊曼能来中国，其推动力将难以估量，而他自己也可能从这一新奇的东方之旅中获取无穷的灵感。

1957年2月8日，冯·

诺伊曼在华盛顿沃尔特·里德陆军医院去世，享年53岁。弥留之际，美国国防部正副部长，陆海空三军总司令以及其他军政要员齐聚在病榻前，聆听他最后的建议和非凡的洞见。时任美国原子能委员会主席的斯特劳斯上将亲眼目睹这一幕，他后来回忆道，“这是我见过的最富戏剧性的场景，也是对智者

的最感人的致敬。”此前，艾森豪威尔总统亲自给坐在轮椅上的冯·诺伊曼颁发了一枚特别自由勋章。与此同时，乔装打扮的FBI特工不分昼夜地监视着病房，生怕昏迷中的冯·诺伊曼说出国家军事机密。斯特劳斯将军无法想象的是，半个世纪以后，这家医院成为主要收治阿富汗和伊拉克战争伤兵的场所。黄昏时分，夕阳的余晖洒落在波托马克河两岸，也透过了陆军医院的玻璃窗。这是日落前最后的辉煌，二十世纪最伟大、最活跃的大脑之一停止了思想。

2009年秋天，杭州