飞鸟与青蛙

Freeman Dyson

1. Francis Bacon 和 René Descartes

有些数学家是飞鸟，有些是青蛙．飞鸟在高空翱翔，俯瞰数学的广大领域，直至遥远的地平线．他们喜欢这样的概念，这些概念能统一我们的思想，并且融合来自数学中不同领域的各种各样的问题．青蛙生活在泥沼中，只能看到生长在附近的花朵．他们喜欢特定目标的细节，热衷于一次解决一个问题．我碰巧是只青蛙，但我最好的朋友中的许多人是飞鸟．今晚我报告 [1] 的主题就是这个．数学既需要飞鸟也需要青蛙．数学是丰富的和美丽的，因为飞鸟给它开阔的视野，并且青蛙给它错综复杂的细节．数学既是伟大的艺术，又是重要的科学，因为它把概念的普遍性和结构的深度结合起来．宣称飞鸟优于青蛙，因为飞鸟看得更远些；或者宣称青蛙优于飞鸟，因为青蛙看得更深些，这都是不智的．数学世界既广大又艰深，我们需要飞鸟和青蛙为探索它一起工作．

这个报告被称为 Einstein (爱因斯坦) 讲座，我感谢美国数学会邀请我向爱因斯坦表示敬意．爱因斯坦不是数学家，而是一位物理学家，他对数学的感觉五味杂陈．一方面，他对数学描述大自然运作的能力极为尊崇，而且他对数学的美有一种直觉，这种美引导他进入发现自然规律的正确轨道．另一方面，他对纯数学不感兴趣，而且也没有作为数学家的技能．在他的晚年，他以助理的名义雇用年轻的同事为他做数学计算．他思考的方式是物理的而不是数学的．在物理学家之中他至高无上，作为飞鸟他比其他人看得更远．我不打算谈论爱因斯坦，因为我没有什么新的东西可说．

在 17 世纪的开端，两位伟大的哲学家，Francis Bacon (弗兰西斯・培根) 在英国，而 René Descartes (热内・笛卡儿) 在法国，宣告了现代科学的诞生．笛卡儿是飞鸟，而培根是青蛙．他们两个人对未来描绘了各自的看法，他们的看法大相径庭．培根说：“一切取决于目不转睛地盯住大自然中的事实．”笛卡儿说：“我思故我在．”根据培根，科学家应走遍天下收集事实，直到积累的事实揭示大自然如何运作．然后科学家从这些事实导出大自然服从的定律．根据笛卡儿，科学家应呆在家里通过纯粹的思考来推断自然的定律．为了正确地推断这些定律，科学家所需要的仅是逻辑规则和上帝存在的知识．自培根和笛卡儿开路以来的 400 年，科学同时沿着这两条路线飞快地发展．培根的经验主义和笛卡儿的教条主义，它们本身都不能阐明大自然的秘密，但是两者在一起却取得了惊人的成功．400 年来，英国的科学家倾向于成为培根的信徒，而法国的科学家倾向于成为笛卡

译自：Notices of the AMS, Vol.56 (2009), No.2, p.212–223, Birds and Frogs, Freeman Dyson. (作者后来寄来修改稿，根据修改稿译.)

1) 本文是作者原为 2008 年 11 月 4 日在加拿大温哥华举行的美国数学会会议的爱因斯坦讲座而准备，2009 年 6 月为俄文翻译而修改.—— 校注

儿的信徒. Faraday (法拉第) 、 Darwin (达尔文) 和 Rutherford (卢瑟福) 是培根的信徒; Pascal (帕斯卡) 、 Laplace (拉普拉斯) 和 Poincaré (庞加莱) 是笛卡儿的信徒. 通过这两种相异文化的交叉滋养, 科学被大为丰富了. 两种文化总是在两个国家起作用. Newton (牛顿) 本质上是笛卡儿的信徒, 他利用笛卡儿所倡导的纯粹的思考, 并利用这种思考避免了笛卡儿教条的涡漩. Marie Curie (玛丽亚 · 居里) 本质上是培根的信徒, 为了摆脱原子不可分解的教条, 她熬了成吨的粗铀矿石.

在 20 世纪的数学史上有两起决定性的事件, 一起属于培根传统, 另一起属于笛卡儿传统. 第 1 起事件是 1900 年在巴黎举行的国际数学家大会, 在这次大会上 Hilbert (希尔伯特) 作了主题报告, 通过提出他的由 23 个未解决的重要问题组成的著名问题单而勾画出未来世纪数学的方向. 希尔伯特本人是飞鸟, 在整个数学领地之上高高地飞翔, 但他把问题提给一次解决一个问题的青蛙们. 第 2 起决定性的事件是 20 世纪 30 年代在法国的数学飞鸟们的 Bourbaki (布尔巴基) 组织的形成, 他们热衷于出版一套教科书为整个数学建立一个统一的框架. 在引导数学研究进入富有成果的方向上, 希尔伯特的诸多问题极为成功. 它们中的一些被解决, 一些仍然悬而未决, 但其中几乎所有的问题都刺激了数学的新观念和新领域的成长. 布尔巴基纲领同等地具有影响力. 它改变了其后 50 年数学的风格, 给它加上了以前并不存在的逻辑一致性, 并把强调的重点从具体的例子转为抽象的一般性, 在布尔巴基的格局中, 数学是包含在布尔巴基教科书中的抽象结构. 不在该教科书中的东西就不是数学. 具体的例子, 由于它们没有出现在布尔巴基的教科书中, 因而不是数学. 布尔巴基纲领是笛卡儿数学风格的极端表现. 它排除了培根式旅行者可能在路边采集到的美丽花朵, 从而使数学的范围变窄.

2. 大自然的玩笑

作为一个培根的信徒, 对我而言, 布尔巴基纲领所失去的主要的东西是惊奇的要素. 布尔巴基纲领竭力使数学逻辑化. 当我翻阅数学史时, 我看到一连串的不合逻辑的跳跃, 难以置信的巧合和大自然的玩笑. 大自然的最深刻的一个玩笑是: 1926 年当物理学家 Erwin Schrödinger (埃尔温 · 薛定谔) 发明波动力学时, 把负 1 的平方根放在他的波动方程中. 薛定谔是飞鸟, 他以统一力学和光学的想法开始飞翔. 100 年以前, Hamilton (哈密顿) 统一了经典力学和几何光学 (ray optics), 用相同的数学描述光线和经典粒子轨道. 薛定谔的想法是把这种统一推广到波动光学和波动力学. 波动光学已经存在, 但波动力学还不存在. 薛定谔必须发明波动力学以完成这种统一. 以波动光学作为模型为始, 他写下一个力学粒子的微分方程, 但该方程无意义. 该方程看起来象连续介质中热传导的方程. 热传导与粒子力学没有可见的联系. 薛定谔的想法似乎毫无用处. 但接着出现的事情令人惊奇. 薛定谔把负 1 的平方根放到该方程里, 使它有了意义. 它突然变成了波动方程而不是热传导方程. 薛定谔高兴地发现该方程有解, 解对应于原子的 Bohr (玻尔) 模型中的量子化轨道.

最终结果是, 薛定谔方程正确地描述了我们已知的原子的所有行为. 它是整个化学和绝大部分物理学的基础. 而且负 1 的平方根意味着大自然是与复数而不是与实数作用. 这一发现的出现完全出乎薛定谔和其他任何人的意料. 据薛定谔说, 他的 14 岁的女朋友

Itha Junger 在那时对他说："嗨，在你开始时你不可能想到从它里面能出来这么多有意义的东西." 整个 19 世纪，从 Abel (阿贝尔) 到 Riemann (黎曼) 和 Weierstrass (魏尔斯特拉斯), 数学家们创造了宏伟的复变函数论. 他们发现，当函数理论从实数扩展到复数时，它变得远为深刻且更加有力. 但他们总是想到复数是人为的构造，是数学家从现实生活中作为一个有用的和优雅的抽象而创造出来的. 他们发明的这一人造的数系事实上是原子运动的基础，这一思想从来没有进入他们的头脑. 他们从未想像过大自然先到了那里.

大自然的另一个玩笑是量子力学的精确的线性性，即任何物理学对象的可能的状态构成一个线性空间. 在量子力学发明之前，经典物理学总是非线性的，而线性模型仅是近似有效. 量子力学之后，大自然本身突然变成线性的. 这对数学有深刻的影响. 在 19 世纪, Sophus Lie (索菲斯·李) 发展了他的精致的连续群论，打算弄清经典动力系统的行为. 那时，无论是数学家或是物理学家，他们对李群没有什么兴趣. (李群的) 非线性理论对数学家太复杂，而对物理学家太晦涩. 李去世时是个失望的人. 50 年之后，时过境迁，大自然是精确地线性的，并且李代数的线性表示理论是粒子物理学的自然语言. 李群和李代数作为 20 世纪的中心主题之一而重生.

大自然的第 3 个玩笑是拟晶体的存在. 在 19 世纪，研究晶体导致对 Euclid (欧几里得) 空间中可能的离散对称群的一个完全的计数. 一些定理被证明，这些定理建立了这样的事实：在三维空间中，离散对称群只能包含 3, 4 或 6 阶的旋转. 然而在 1984 年，拟晶体被发现，真正地从液态金属中生长出的固体显现出包含 5 重旋转的二十面体的对称性. 同时，数学家 Roger Penrose (彭罗斯) 发现了平面的彭罗斯镶嵌，它们是平行四边形这样的排列：以五边形长程序 (pentagonal long-range order) 覆盖平面. 合金拟晶体是二维彭罗斯镶嵌的三维类似. 在这些发现之后，数学家不得不扩大晶体群理论以包含拟晶体. 这是仍在进行中的一个重要的研究项目.

大自然的第 4 个玩笑是拟晶体和黎曼 ζ 函数零点在表现上的相似性. ζ 函数的零点对数学家而言是激动人心的，因为它们被发现位于一条直线上，但没有人知道原因. 除了平凡的例外之外，它们全都位于一条直线上，这一断言就是著名的黎曼假设. 100 多年来，证明黎曼假设一直是青年数学家的梦想. 现在我做出不合常理的建议：我们可能要用拟晶体来证明黎曼假设. 你们中的数学家可能认为这个建议是浅薄的，而非数学家可能认为它没有兴趣. 然而我现在提出它，请你们慎重考虑. 物理学家 Leó Szilárd (利奥·西拉德)[1] 年轻时，他不满 Moses (摩西)[2] 的十诫而写出新的十诫代替它们. 西拉德的第二诫说："让你的行为直接朝向一个有价值的目标，但不要问它们是否能达到这个目标：行为就是模范和例子，而不意味着是目的." 西拉德实践他所告诫的. 他是第一个想到核武器的物理学家，而且是积极从事反对使用它们活动的第一位物理学家. 他的第二诫确实可以在这里使用. 黎曼假设的证明是一个有价值的目标，我们不问我们是否能达到这个

1) Leó Szilárd, 1898.2.11—1964.5.30, 犹太匈牙利人，物理学家. 他最先认识到核链式反应，二战时期在美国开发原子弹的曼哈顿计划中工作. —— 校注

2) Moses,《圣经》中最伟大的先知之一，旧约圣经前 5 卷的作者，是神所拣选的带领以色列人出埃及的领袖. 神曾在西奈山借着摩西向以色列人颁布了十诫. —— 校注

目标. 我要给你们一些提示，这些提示描述怎样可能达到这个目标. 这里我要向在座的数学家说的是 50 年前我成为物理学家之前要说的. 我先谈黎曼假设，然后再谈拟晶体.

不久之前，纯数学领域有两个超级的未解决的问题：Fermat (费马) 大定理的证明和黎曼假设的证明. 12 年前，我在普林斯顿的同事 Andrew Wiles (怀尔斯) 终结了费马大定理，仅剩下了黎曼假设. 怀尔斯对费马大定理的证明不仅是绝技，它还需要发现和探索数学思想的一个新领域，该领域远比费马大定理本身宽广而且更为重要. 黎曼假设的证明同样可能导致对许多不同的数学领域，而且可能对物理学一些领域的更深刻理解. 黎曼 ζ 函数，以及与它类似的其他 ζ 函数，出现在数论，动力系统理论，几何学，函数论以及物理学中. ζ 函数处于通向许多方向的道路的一个交汇点上. 黎曼假设的一个证明将说明所有这些联系. 像每一个在纯数学上用功的学生一样，我年轻的时候有证明黎曼假设的梦想. 我有过一些不清晰的想法，我以为它们会导致黎曼假设的一个证明. 近年，在拟晶体被发现之后，我的想法变得稍为清晰. 在这里我提出我的想法，供有雄心赢得 Fields (菲尔兹) 奖章的年轻数学家思考.

拟晶体可在一，二或三维空间中存在. 从物理学的角度来看，三维拟晶体最令人感兴趣，因为它们居住在我们的三维世界，而且可以通过实验研究. 从数学家的观点来看，一维拟晶体比二维或三维拟晶体更为有趣，因为它们种类繁多. 拟晶体的数学定义如下. 一个拟晶体是离散点质量的一个分布，其 Fourier (傅里叶) 变换是离散点频率的一个分布. 或者更简洁地说，一个拟晶体是有纯点谱 (pure point spectrum) 的一个纯点分布. 这一定义包含普通晶体作为特殊情况，普通晶体是有周期谱的周期分布.

排除普通晶体，三维拟晶体的种类非常有限，而且都与二十面体旋转群相联系. 二维拟晶体的数目众多，大致上一种不同的类型与在平面上的一个正多边形相联系. 有五边形对称性的二维拟晶体是著名的平面的彭罗斯镶嵌. 最后，一维拟晶体有远为丰富的结构，因为它们不束缚于任何的旋转对称. 目前，就我所知，还不存在对一维拟晶体的完全计数. 我们知道，对应每一个 Pisot-Vijayaraghavan (皮索 – 维贾伊拉卡文) 数或 PV 数有唯一的一个拟晶体存在. PV 数是实的代数整数，即一个整系数多项式方程的一个根，使得其它所有的根的绝对值小于 1 [1]. 所有 PV 数的集合是无限的，且有一个令人注目的拓扑结构. 所有一维拟晶体的集合所具有的结构至少与所有 PV 数集合的结构一样丰富，甚至可能更为丰富. 我们不确知，但可能有待发现一个不与 PV 数相联系的一维拟晶体的大世界.

再说一维拟晶体与黎曼假设的联系. 如果黎曼假设是真的，那么，根据定义，ζ 函数的零点构成一个一维拟晶体. 它们在一条直线上形成点质量的一个分布，而且它们的傅里叶变换同样也是点质量的一个分布，前者的点质量位于每个素数的对数处，其傅里叶变换的点质量位于每个素数的幂的对数处. 我的朋友 Andrew Odlyzko (安德鲁 · 奥德林克) 已经发表了黎曼 ζ 函数零点的傅里叶变换漂亮的计算机计算 [6]. 这一计算精确地表明该傅里叶变换的预期结构，只在每个素数或素数的幂的对数上有尖锐的不连续性.

我的建议如下. 让我们假定我们不知道黎曼假设为真，而从另一端处理这个问题. 让我们尝试获得一维拟晶体的一个完全的计数和分类. 这就是说，我们对有离散点谱的

所有的点分布进行计数和分类. 对新的对象类的收集和分类是典型的培根式行为. 对数学青蛙, 这是一个适宜的活动. 之后, 我们将发现那些与 PV 数相关的著名的拟晶体, 以及所有已知的或未知的其它拟晶体. 在众多的其它晶体中, 我们搜索与黎曼 ζ 函数对应的一个拟晶体, 以及与类似于黎曼 ζ 函数的其它 ζ 函数对应的每一个拟晶体. 假设在我们的计数中找到一个拟晶体, 它具有与黎曼 ζ 函数的零点等同的性质. 那么我们就证明了黎曼假设, 并且可以等着宣布获得菲尔兹奖章的电话了.

这当然是痴心妄想. 一维拟晶体的分类问题令人惊惧地困难, 可能至少与怀尔斯花费 7 年时间探索的那些问题同样困难. 但是, 如果我们采用培根式的观点, 数学史就是年轻人解决极端困难问题的历史, 这些年轻人太无知, 不晓得这些问题是不可能的. 拟晶体的分类是一个有价值的目标, 而且可能变为可以达到的目标. 这等难度的问题不是像我这样的老朽能解决的, 我把它作为一个练习留给听众中的年轻的青蛙们.

3. Abram Besicovich 和 Hermann Weyl

现在让我向你们介绍几只我本人认识的著名飞鸟和青蛙. 作为一名学生, 我在 1941 年来到剑桥大学, 异常幸运的是俄国数学家 Abram Samoilovich Besicovich (艾布拉姆·萨莫伊洛维奇·贝西科维奇) 作了我的导师. 因为那是在第二次世界大战的中期, 剑桥的学生很少, 几乎没有研究生. 尽管我年仅 17 岁, 而贝西科维奇已是著名的教授, 但他为我花费了大量的时间, 给了很多关注, 并且我们成了终生的朋友. 他定下了我开始工作和思考数学的基调. 他给我们上了很出色的测度论和积分的课程, 当我们笑他误用英语时, 他只是和蔼地笑笑. 我只记得仅有一次他对我们这些嘲笑者发怒. 他沉默了一会 儿, 然后说: “先生们, 5 千万英国人说你们说的英语. 1 亿 5 千万俄国人说我说的英语.”

贝西科维奇是只青蛙, 当他年轻时因为解决初等平面几何中的一个问题而出名, 这个问题是 Kakeya (挂谷) 问题. 挂谷问题是这样的: 长度为 1 的线段在一个平面中自由地作 $360°$ 的旋转, 在其旋转过程中该平面中被它所覆盖的最小面积是多少? 该问题在 1917 年由日本数学家挂谷宗一 (Kakeya Soichi) 提出, 是 10 年时间未得解决的著名问题. 当时美国首屈一指的数学家 George Birkhoff (乔治·伯克霍夫), 公开宣称挂谷问题和四色问题是当时突出的未解决的问题. 很多人认为最小的面积是 $\pi/8$, 这是三尖点内摆线的面积. 三尖点内摆线是一条优美的三尖点曲线. 当半径为 1/4 的一个圆在半径为 3/4 的定圆的里面 (始终相切地 —— 校注) 滚动 (3 周时 —— 校注) 时, 动圆的圆周上的一定点画出该曲线. 长度为 1 的线段, 当它总与该内摆线相切且两端也在该内摆线上时, 可以转动. 线段在旋转时同时与内摆线的内缘接触于线段上的 3 点,[1] 这样的图形是如此优美, 以至大多数人认为它一定给出最小的面积 (即 $\pi/8$—— 校注). 那时贝西科维奇证明, 对任意正的 ε, 该线段在旋转时所覆盖的面积可以小于 ε, 令所有人为之惊奇.

实际上, 贝西科维奇在该问题出名之前的 1920 年已解决了它, 他甚至不知道挂谷曾提出这一问题. 1920 年, 他用俄文在《贝尔姆物理学和数学学会杂志 (Journal of the Perm Physics and Mathematics Society)》上发表了他的解答, 这份杂志读到的人不多. 俄国革

1) 即线段的两个端点, 以及线段与内摆线段切点, 该切点随着线段的旋转是变动的. —— 校注

命之后，莫斯科以东 1100 公里的贝尔姆城中的贝尔姆大学是许多著名数学家的短暂避难之地．在俄国革命和内战的混乱中，该杂志在消亡之前出版了两卷．在俄国之外，该杂志不仅不知名而且不能得到．1925 年，贝西科维奇离开俄国并抵达哥本哈根，在这里他了解到他 5 年前已解决的著名的挂谷问题．他再次发表他的解答，这次是用英文发表在《数学杂志 (Mathematische Zeitschrift) 》上．如挂谷提出的挂谷问题是一个典型的青蛙问题，一个具体的问题，与数学的其余部分没有太多的联系．贝西科维奇给出了一个优美和深刻的解，它揭示了它与关于平面上点集结构的一般定理的联系．

贝西科维奇的最佳风格可在他的 3 篇题为 “论线性可测平面点集的基本几何性质” 的经典论文中看到，它们于 1928, 1938 和 1939 年发表在《数学年刊 (Mathematische Annalen) 》上．他在这些论文中证明：在平面上的线性可测集可分解为一个规则的分支和一个不规则的分支，规则的分支几乎处处有切线，而不规则的分支有向几乎所有方向的测度为零的一个射影．粗略地说，规则分支像连续曲线的一个集合，同时非规则分支看起来一点也不像连续曲线．非规则分支的存在性及其性质与贝西科维奇对挂谷问题的解答有联系．他让我做的问题之一是在高维空间中把可测集分解为规则的和不规则的分支．对这个问题我无从下手，但对贝西科维奇的风格印象深刻．贝西科维奇的风格是建筑学的．他从简单的元素构建一座精致而且复杂的建筑结构，通常有层次计划，当建筑完成时，这一完整的结构通过简单的论证引向意想不到的结论．贝西科维奇的每一个证明都是一件艺术品，精心构建一如 Bach (巴赫) 的赋格曲．

在我做了贝西科维奇的几年学生之后我来到普林斯顿并结识了 Hermann Weyl (外尔)．外尔是一只典型的飞鸟，正如贝西科维奇是一只典型的青蛙一样．我幸运地与外尔在他从普林斯顿高等研究院退休之前有一年的过从，他从该研究院退休之后返回在苏黎世的老家．他喜欢我，原因是在那一年我在《数学年刊 (Annals of Mathematics) 》发表了关于数论的论文，在《物理学评论 (Physics Review) 》上发表了关于量子辐射理论的论文．他是当时活着的对这两门学科都是行家里手的少数人之一．他欢迎我到高等研究院，希望我成为象他那样的飞鸟．他失望了．我不可救药地仍是一只青蛙．尽管我在各种泥洞里探索，但总是在一段时间探索一个泥洞，而不寻找它们之间的联系．对我而言，数论和量子论是分离的世界，它们有不同的美．我没有象外尔那样看待它们，希望找出一个宏伟设计的线索．

外尔对量子辐射理论的伟大贡献是他发现了规范场．规范场的想法有一段奇妙的历史．1918 年，外尔在他的广义相对论和电磁理论的统一理论中作为经典场而发明了规范场 [7]．他称它们为 “规范场”，因为它们关系到长度测量的不可积性．他的统一理论很快就被爱因斯坦公开否定．经历从高处来的霹雳之后，外尔没有放弃他的理论，但转移到别的事情上．该理论当时没有能被验证的实验结果．当时，薛定谔发明了波动力学，而在 1926 年，Fock (福克) 、Klein (克莱因) 和 Gordon (戈登) 在 3 篇独立的出版物中提出了与电磁场相互作用的带电粒子的相对性波动方程．只有福克注意到，这个波动方程在一个变换群的作用下是不变的，他称这个变换为 “梯度变换” [13]．关于经典场论的权威的俄文教科书 [14] 把这种不变性称为 “梯度不变性”，并将其发现归之于福克．同时，F. London

(伦敦) 在 1927 年，以及外尔在 1928 年观察到，量子力学的这一梯度不变性与外尔关于广义相对论的规范不变性密切相关. 对这一历史的详细叙述见 [15]. 外尔认识到他的规范场适合于量子世界的远远超出它对经典世界的 [8]. 为了把经典规范场换成量子规范场，他需要做的一切是把实数换成虚数. 在量子力学中，每个电荷的量子伴随有一个有相位的复的波函数，并且规范场与相的度量的不可积性有关. 于是规范场可以精确地与电磁位势等同，并且电荷守恒定律成为局部规范不变性理论的推论.

外尔在从普林斯顿返回苏黎世的 4 年之后去世，我为《自然 (Nature) 》杂志写了他的讣告 [3]. “在 20 世纪开始其工作生涯的所有数学家中，” 我写道：“外尔是在最多的不同领域中做出重要贡献的人之一. 他独自一人堪与 19 世纪最后的伟大的通才数学家希尔伯特和庞加莱相提并论. 在他活着的时候，他实现纯数学和理论物理学进展的主线之间的适时的联系. 现在他过世了，这种联系中断了，而且我们通过直接使用创造性的数学想象力理解物理世界的希望正在破灭.” 我悼念他的去世，但我没有追逐他的梦想的愿望. 我高兴地看到纯数学和物理学在沿相反的方向前进.

讣告以描绘外尔的为人作结：“外尔的品质是一种审美的感觉控制他对所有主题的思考. 有一次他半开玩笑地对我说 ‘我的工作总努力把真和美相结合；但当我不得不选择此或彼时，我总是选择美.’ 这很完美地概括了他的个性，也表明他对大自然的终极和谐的深刻信念，大自然的定律不可避免地以数学美的形式表达它们自身. 这也显示了他对人类弱点的认识，以及他的幽默，幽默总是使他免于自大. 他在普林斯顿的朋友记忆中的他就是我最后见到的他，在去年 4 月普林斯顿高等研究院的春季舞会上：一个高大快活的绅士，自得其乐，他的欢快的外表和轻盈的步子不会让人想到他 69 岁的年龄.”

外尔去世后的 50 年是实验物理学和观测天文学的黄金年代，是培根的信徒到处收集事实，青蛙们探索我们生活的沼泽中的小块土地的黄金时代. 在这 50 年中，青蛙们积累了关于宇宙结构，粒子及其相互作用大量的详细知识. 随着对新前沿探索的继续，宇宙变得更加复杂. 探索者们发现诸如夸克和 γ 射线爆这样奇怪的对象，诸如超对称性和多宇宙 (multiple universes) 这样奇怪的概念，而不是外尔的展示简单和美的伟大设计. 同时，随着对混沌现象以及其它由电子计算机开启的许多新领域的探索的继续，数学也变得更加复杂. 数学家发现了可计算性的核心秘密，即由断言 P 不等于 NP 表示的猜想. 这一猜想断言存在这样的数学问题：它们的一些情形可以用算法很快地解出，但没有适用于所有情形的快速算法可以解决整个问题. 所有的专家都相信此猜想是真. 这样的问题中最著名的一个是旅行售货员问题：对售货员要访问的城市的集合，已知每两个城市之间的距离，需要求出该售货员的最短路径. 由于技术的原因，我们不要求最短路径，只要求长度小于一个给定上界的路径. 那么我们猜想旅行售货员问题是 NP 的但不是 P 的. 但没有任何一个人能证明它，甚至连一点想法也没有. 这是一个秘密，它甚至不能在外尔 19 世纪的数学世界中用简明形式表示出来.

4. Frank Yang (杨振宁) 和 Yuri Manin

过去的 50 年是飞鸟的艰难时代. 即是在艰难时代，也有飞鸟要做的工作，而且飞鸟们显现出了投入工作的勇气. 外尔离开普林斯顿后不久，杨振宁从芝加哥来到普林斯顿，

并住进了外尔的旧居．在我这一代的物理学家中，杨作为一个领头的飞鸟占据了外尔的位置．当外尔还活着的时候，杨和他的学生 Robert Mills (罗伯特·米尔斯) 发现了非阿贝尔规范场的杨 – 米尔斯理论，外尔的规范场思想的这一极其简洁的推广是令人吃惊的 [11]. 外尔的规范场是一个经典的量，满足乘法的交换律．杨 – 米尔斯理论有不交换的三重规范场 (a triplet of gauge fields). 它们满足量子力学自旋的 3 个分量的交换律，是最简单的非阿贝尔李代数 A_2 的生成元．该理论后被推广，使得规范场可以是任意有限维李代数的生成元．随此推广，杨 – 米尔斯规范场理论为所有已知的粒子和相互作用的模型提供了框架，现在这一模型以粒子物理学的标准模型 (the Standard Model) 而知名．以 Christoffel (克里斯托费尔) 三指标符号取代规范场的作用，杨证明了爱因斯坦的引力理论符合同一框架，为标准模型加上点睛的一笔 [10].

在外尔的 1918 年论文的附录中，该附录是在 1955 年为庆祝他的 70 岁生日出版选集时加上的，他表达了对规范场理论的最终想法 (作者的译文) [12]:“我的理论的最强的论据似乎是，规范不变性与电荷守恒的关系和坐标不变性与能量和动量守恒的关系相同．” 30 年后，杨在苏黎世庆祝外尔的百年诞辰．在杨的讲话中 [12], 他引用这一注解作为外尔专注于规范不变性作为物理学统一原理的证据．杨接着说：“通过理论和实验的发展，现在已认识到对称、李群和规范不变性在确定物理世界的基本力方面起着根本作用．我曾把它称之为对称支配相互作用原理．” 对称支配相互作用的思想是杨对外尔的注解的推广．外尔观察到规范不变性与物理守恒定律的紧密联系．外尔不可能走得更远，因为他只知道交换阿贝尔场的规范不变性．杨通过引入非阿贝尔规范场使得这一联系更为紧密．由于非阿贝尔规范场产生非平凡的李群，场之间相互作用的可能形式成为唯一的，因此对称支配相互作用．这一思想是杨对物理学的最伟大的贡献．这是一只飞鸟的贡献，它高翔在小问题的丛林之上，我们中的大多数人在这一丛林中度日．

我深深尊敬的另一只飞鸟是俄国数学家 Yuri Manin (尤里·马宁), 他近来出版了一本轻松的文集，题为《作为比喻的数学 (Mathematics as Metaphor)》．该书在莫斯科以俄文出版，又由美国数学会用英文出版．我为该书的英文版写了一篇序言，这里我从我的序言引用一小段．“作为比喻的数学” 是飞鸟的一句好的口号．它意味着在数学中最深刻的概念是连结一个思想世界和另一个思想世界的那些概念．在 17 世纪，笛卡儿用坐标的概念连结代数学和几何学这两个迥然不同的领域，牛顿用他的流数的概念，现在称微积分，连结几何学领域和动力学领域．在 19 世纪，Boole (布尔) 用符号逻辑的概念连结逻辑学领域和代数学领域，而黎曼用黎曼曲面的概念连结几何学领域和分析学领域．坐标，流数，符号逻辑和黎曼曲面都是比喻，把词的意义从熟悉的背景扩展到不熟悉的背景．马宁把数学的未来视为对比喻的探索，这些比喻虽然已经清晰可见但还没有被理解．如此的最深刻的比喻是数论和物理学在结构上的相似性．在这两个领域中他看到平行概念诱人地闪烁，对称连结着连续性与离散性．他期待一种统一，他称之为数学的量子化．

马宁不赞同培根式的故事，即在 1900 年的巴黎国际数学家大会上，希尔伯特设定了 20 世纪数学要做的事情：向大会提出他的 23 个未解决问题的著名问题单子. 马宁认为，希尔伯特的问题偏离了数学中心的主题．他还认为数学中的重要进展来自纲领 (programs),

而不是来自问题. 问题通常是以新方式使用旧想法解决的. 研究的纲领是新想法诞生的温床. 他认为以更为抽象的语言重写整个数学的布尔巴基纲领是 20 世纪许多新的数学思想的源泉. 他还认为统一数论和几何学的 Langlands (朗兰兹) 纲领有可能是 21 世纪新数学思想的源泉. 解决著名的还没有解决的问题的人可能赢得大奖, 但开始新纲领的人才是真正的先驱者.

俄文版《作为比喻的数学》中的 10 章被英文版略去. 美国数学会的人断定这些章节不会引起英语语言读者的兴趣. 这一节略无疑是不幸的. 首先, 英文版的读者看到的只是马宁的一部分, 而马宁也许是数学家中独一无二的兴趣远远超出数学领域的人. 其次, 我们看到的是对俄国文化的一种不全面的看法, 这种文化与英语语言文化相比, 数学家与历史学家, 艺术家以及诗人的联系更为密切.

5. John von Neumann

20 世纪数学界的另一个重要人物是 John von Neumann (约翰·冯·诺伊曼), 冯·诺伊曼是一只青蛙, 应用他的超乎寻常的专业技能在数学和物理学的众多分支中解决了许多问题. 他的工作从数学的基础开始. 他发现了集论的第一个令人满意的公理集, 避免了 Cantor (康托尔) 在试图处理无穷集和无穷数时碰到的逻辑悖论. 几年之后, 冯·诺伊曼的公理集被他的飞鸟朋友 Kurt Gödel (库尔特·哥德尔) 用于证明在数学中不可判定的命题的存在性. 哥德尔的定理给了飞鸟们一种对数学的新看法. 在哥德尔之后, 数学不再是与独一无二的真理概念绑在一起的一个单一的结构, 而是带有不同的公理集和不同的真理概念的结构群岛. 哥德尔证明数学是不可穷竭的. 无论选取怎样的公理集作为基础, 飞鸟们总能找到这些公理不能回答的问题.

冯·诺伊曼从数学的基础走到量子力学的基础. 为了给量子力学一个牢固的数学基础, 他创造了算子环的宏伟理论. 每一个可观察的量由一个线性算子表示, 而且量子性质忠实地由算子代数表示. 正如牛顿发明微积分以描述经典动力学, 冯·诺伊曼发明算子环来描述量子动力学.

冯·诺伊曼对几个其他领域做出了根本性的贡献, 尤其是对对策论和数字计算机的设计. 在他生命的最后 10 年, 他专注于计算机. 他对计算机的兴趣是如此之强烈, 致使他决定不仅研究它们的设计, 而且用真的硬件和软件装了一台, 并且将它用于科学研究. 对在普林斯顿高等研究院的冯·诺伊曼计算机计划的早期岁月, 我有生动的记忆. 在那时他有两个主要的科学兴趣: 氢弹和气象学. 在夜间, 他用计算机做氢弹计算; 而在白天用于气象学. 白天在计算机大楼逗留的人大多是气象学家. 他们的领头人是 Jule Charney (巨乐·查尼)[1]. 查尼是真正的气象学家, 在处理天气的不可思议的秘密上有恰当的谦虚, 并且怀疑计算机解答这一神秘的能力. 冯·诺伊曼较不谦虚且较少怀疑. 我听过冯·诺伊曼对他的项目的目标作的报告. 他作报告时一如既往地充满信心. 他说: “计算机使我们能

1) Jule Charney, 1917.1.1—1981.6.16, 美国著名的气象学家. 1948—1956 年, 他在普林斯顿高等研究院冯·诺伊曼手下工作, 任理论气象组组长. 该组成功地构造了一个大气模型, 证明了数值气象预报是可行的 —— 利用冯·诺伊曼存储程序计算机 5 分钟内生成预测. 他是美国艺术与科学院, 美国国家科学院院士, 挪威和瑞典皇家科学院外籍院士. —— 校注

在任意时刻将大气分为稳定的区域和不稳定的区域. 稳定的区域我们可以预报. 不稳定的区域我们可以控制.” 冯·诺伊曼相信, 对任何不稳定的区域, 通过恰如其分地应用一个小扰动使它沿人们希望的任何方向移动, 从而推开这个区域. 小扰动可以通过一队带烟雾发生器的飞机施加, 在扰动可能最有效的地方吸收阳光并升高或降低该处的温度. 特别是, 如果能尽早确定一块不稳定区域的位置, 然后在那团空气开始生成涡旋之前冷却它, 我们就可以阻止早期飓风. 冯·诺伊曼在 1950 年说, 建造威力足以精确地判定大气中稳定和非稳定区域的计算机, 只需要 10 年时间. 这样, 一旦我们有了精确的判定, 我们要控制天气只需较短的时间. 他预计在 20 世纪 60 年代的 10 年之内, 天气的实际控制将会常规运作.

当然, 冯·诺伊曼错了. 他出错是因为他不了解混沌. 现在, 我们知道, 当大气运动局部非稳定的时候, 它往往是混沌的. “混沌的 (chaotic)” 一词指在一起的诸运动随着时间的推移彼此以指数级分离. 当运动是混沌时, 它是不可预测的, 并且一个小扰动不把它推向可以预测的稳定运动. 一个小扰动通常把它推向另一个同样不可预测的混沌运动. 1)
因此冯·诺伊曼的控制天气的策略失败了. 总之, 他是一个伟大的数学家, 但是一个平庸的气象学家.

1963 年, 在冯·诺伊曼去世的 6 年之后, Edward Lorenz (爱德华·洛伦茨) 发现大气方程的解往往是混沌的. 洛伦茨是气象学家, 而且普遍认为他是混沌的发现者. 他在气象学的背景下发现了混沌现象, 并给出了它们现在的名称. 但是, 事实上, 1943 年我在剑桥曾听过数学家 Mary Cartwright (玛丽·卡特赖特) 的一次报告, 她描述了相同的现象, 比洛伦茨发现它们早 20 年. 卡特赖特 1998 年去世, 享年 97 岁. 她用不同的名字称呼这一现象, 但这与混沌是同一现象. 她在 van der Pol (范德波尔) 方程的解中发现了它们, 范德波尔方程描述非线性放大器的振动 [2]. 范德波尔方程在第二次世界大战中很重要, 因为在早期的雷达系统中非线性放大器为发射机提供动力. 发射机运转不正常, 英国皇家空军责备制造商制造了有缺陷的放大器. 卡特赖特被邀请调查这个问题. 她表示, 制造商不应受责备, 应受责备的是范德波尔方程. 范德波尔方程的解恰有英国皇家空军所抱怨的混沌行为. 在我听到冯·诺伊曼谈论天气控制之前 7 年, 我从卡特赖特那里得知关于混沌的一切, 但我没有足够的远见来建立联系. 范德波尔方程的不规则行为可能与气象学有某些关联的想法从来没有进入我的头脑中. 如果我是飞鸟而不是青蛙, 我可能看到这种联系, 而且可能使冯·诺伊曼避免很多麻烦. 如果冯·诺伊曼在 1950 年就知道混沌, 可能对它的思考会更为深入, 而且在 1954 年会对它说一些事关重要的话.

冯·诺伊曼在他的晚年陷入困境, 因为他真的是青蛙而每个人期待他象飞鸟那样飞翔. 1954 年, 国际数学家大会在阿姆斯特丹举行. 这些大会每 4 年仅举行一次, 在开幕式上被邀请作报告是很高的荣誉. 阿姆斯特丹大会的组织者邀请冯·诺伊曼做主题发言, 希望他重复希尔伯特 1900 年在巴黎的行动. 正如希尔伯特提供了一张未解决的问题单子指

1) 这与所谓的 “蝴蝶效应” 有关. 该效应是指在一个动力系统中, 初始条件的微小变化能引起整个系统长期巨大的连锁反应. 形象的比喻为: 一只蝴蝶在巴西轻拍翅膀, 可以导致一个月后得克萨斯州的一场龙卷风. —— 校注

导了 20 世纪前半叶数学的发展，冯·诺伊曼被邀请为这个世纪的后半叶做同样的事情.在大会的程序册中宣布了冯·诺伊曼的报告题目 ——《数学中未解决的问题：大会组委会的邀请演说》. 在这次大会之后，出版了整个会议文集，包含除这个报告之外的所有报告的文本. 在该文集中有一个空白页，上面有冯·诺伊曼的名字和他的报告的标题. 在下面，写着："没有得到这个报告的手稿".

发生了什么？我知道发生了什么，因为我在听众之中. 那是 1954 年 9 月 2 日，星期四，下午 3 点，在 Concertgebouw 音乐大厅. 大厅里坐满了数学家，他们都希望听到与这样一个历史性时刻相符的精彩的报告. 但这个报告令人大为失望. 可能在几年之前冯·诺伊曼答应作一个关于未解决问题的报告，但随后就忘记了. 由于忙于许多其他事情，他忽视了准备这个报告. 于是，在最后时刻，当他记得他必须到阿姆斯特丹并讲些数学时，他从抽屉里的 20 世纪 30 年代的旧报告中取出一篇并掸了掸灰. 这个报告是关于算子环的，在 20 世纪 30 年代这是一个新的并且流行的课题. 但与未解决的问题无关. 与未来无关. 也与计算机无关，我们知道计算机是冯·诺伊曼心中最喜爱的课题. 至少，他会讲些关于计算机的新的和令人激动的东西. 音乐厅中的听众变得坐立不安了. 一个人用大得足以传遍整个音乐厅的声音说，"Aufgewärmte Suppe", 这是德语，相当于 "温汤水 (Warmed-up Soup)". 在 1954 年，数学家中的绝大部分所知道的德语足以理解这个玩笑. 冯·诺伊曼大窘，匆忙收拾了讲稿，没等提问就离开了大厅.

6. 弱混沌

如果冯·诺伊曼在阿姆斯特丹报告时对混沌有所了解，他可能谈到的未解决问题之一会是弱混沌. 弱混沌问题在 50 年之后仍未解决. 弱混沌问题是要理解为何混沌运动常常仍然是受约束的而且不引起强烈的不稳定性. 弱混沌的一个好的例子是在太阳系中行星和卫星的轨道运动. 只是近来才发现这些运动是混沌的. 这是一个惊人的发现，颠覆了作为有序稳定运动主要例子的太阳系的传统图景. 200 年前，数学家拉普拉斯以为他已经证明了太阳系是稳定的. 现在知道拉普拉斯错了. 轨道的精确的数值积分清楚地表明邻近轨道指数地发散. 在经典动力学中，看起来混沌几乎是普遍的.

在做精确的长期积分 (long-term integrations) 之前，人们从不以为在太阳系中有混沌行为，因为其中的混沌是弱的. 弱混沌意味着邻近的轨道指数地发散，但从不发散到很远. 虽然是指数增长地发散，但后来仍有限制. 因为行星运动的混沌是弱的，太阳系能存在 40 亿年. 尽管行星的运动是混沌的，它们从不离开它们常走的位置漫游太远，而且作为一个整体的太阳系也不飞散. 尽管混沌是普遍的，但拉普拉斯的太阳系作为一架完美的时钟机构的观点离真理不远.

在气象学领域，我们看到同样的弱混沌现象. 尽管新泽西的天气是糟糕地混沌的，但此处的混沌有牢固的界限. 不可能预测新泽西的夏天和冬天是温和的或者是猛烈的，但我们可以可靠地预测该地的温度决不会高于摄氏 45° 或低于零下 30°, 在印度或明尼苏达气温常常超过这两个界限. 没有物理学的守恒定律妨碍温度在新泽西升得与在印度一样高，或者在新泽西降得与明尼苏达一样低. 弱混沌的这一性质对在这个行星上生命的长期存在是至关重要的. 弱混沌给了我们气候变化的挑战，同时避免温度的过于强烈的

起伏而危及我们的生存. 我们不知道弱混沌仁慈地保持的原因. 这是听众中年轻的青蛙要带回家的另一个未解决的问题. 我要求你弄清为何在大量的动力系统中观察到的混沌普遍地是弱的.

混沌这一主题的特征是有丰富的量化数据, 可以提供无穷无尽的美丽图形, 但缺乏严格的定理. 严格的定理是赋予一个主题理智的深度和精确性的最佳方式. 只有在你能证明严格的定理之后, 你才能完全理解你的概念的意义. 在混沌领域, 我知道的唯一的一个严格的定理是李天岩 (Tien-Yien Li) 和 Jim Yorke 在 1975 年证明, 并在一篇短论文中发表, 题目是 “周期三蕴含混沌 (Period Three Implies Chaos)” [4]. 李 –Yorke 的这篇论文是数学文献库中不朽的珍宝之一. 他们的定理涉及一个区间到它自身的非线性映射. 当该映射被重复时, 一个点的相继位置可以被认作一个经典粒子的轨道. 一个轨道有周期 N, 如果该点在经过 N 次映射后回到它原来的位置. 在这种背景下, 一个轨道被定义为混沌的, 如果它偏离所有的周期轨道. 李 –Yorke 定理说, 如果周期为 3 的单个轨道存在, 则混沌的轨道也存在. 定理的证明既简单又短. 按我自己的想法, 这个定理和其证明比 1000 张美丽的图形更能说明混沌的本质. 这个定理说明为何混沌在世界上是普遍的. 它没有解释为何混沌常常是弱的. 这是留给未来的一项任务. 我认为在我们能证明关于弱混沌的严格定理之前, 我们不能从根本上理解它.

7. 弦理论家们

关于弦理论, 我想说上几句. 很少几句. 因为我对弦理论所知甚少. 我也从来没有费力去学习这一课题, 也没有在这个课题上做过什么. 但当我在普林斯顿高等研究院时, 我被弦理论家们包围了, 并且有时听到他们交谈. 偶而对他们所说的, 我懂一点. 有 3 件事是清楚的. 首先, 他们所做的是第一流的数学. 领头的纯数学家们, 如 Michael Atiyah (迈克尔·阿蒂亚) 和 Isadore Singer (伊萨多·辛格), 热爱它. 它开创了一个有新思想和新问题的全新的数学分支. 最出色的是, 它给了数学家解决老问题的新方法, 这些老问题以前不能解决. 其次, 弦理论家认为他们自己是物理学家而不是数学家. 他们相信他们的理论描述了物理世界中的某些实在. 第 3, 尚不存在该理论与物理学相关的任何证明. 该理论尚不能由实验验证. 弦理论仍在它自身的世界中, 与其余的物理学世界分离. 为导出该理论在现实世界中可被检验的结论, 弦理论家们做了艰苦的努力, 但迄未成功.

我的同事 Ed Witten (爱德华·威顿), Juan Maldacena (胡安·马尔达西那) 以及其他创立弦理论的人是飞鸟, 高高飞翔, 并且观看到众山的远景. 遍及全世界大学中的数以千计的弦理论的基层研究者是青蛙, 探索飞鸟首先在地平线上看到的数学结构的精微的细节. 我对弦理论的忧虑是社会方面的而不是科学方面的. 是弦理论家中的前 1000 人之一是一件荣耀的事, 他们发现新的联系并开发新的方法. 是第 2 个千人中的一人或第 10 个千人中的一人就没有如此荣耀. 现在有大约 1 万名弦理论家分散在世界上. 位于第 10 个千人中的人, 也许位于第 2 个千人中的人, 处于危险的地位. 可能不可预见地出现风气改变, 而且弦理论变得不流行了. 那么 9000 弦理论家可能失去他们的工作. 他们在一个狭窄的专业中接受训练, 在其他的科学领域可能得不到雇用.

为什么如此多的年轻人被弦理论所吸引? 这种吸引部分是理智上的. 弦理论是美妙

的，而且在数学上很优雅．但这种吸引也是社会性的．弦理论有吸引力，因为它能提供工作．为何弦理论能提供如此多的职位？因为弦理论是廉价的．如果你是没有很多经费的偏远地区一个物理系的主任，担负不起建造一个现代化的实验室做实验物理，但你可以担负得起聘用几个弦理论家．因此你在弦理论方面提供几个职位，这样你就有了一个现代物理系．系主任提供这样的职位的诱惑及年轻人接受它们的诱惑是强烈的．这对年轻人，而且对科学的未来，是危险的情形．我不是说，我们应该阻止年轻人在弦理论方面工作，如果他们发现它令人兴奋．我是说我们应该为他们提供其他选择，使得他们不是由于经济的原因而被推向弦理论．

最后，我给出我自己对弦理论未来的猜测．我的猜测可能是错的．我没有妄想我能预测未来．我告诉你我的猜测，只是给你一些东西让你去思考．我认为弦理论不太可能是完全成功的，或者是完全无用的．对完全成功，我意指它是一个完全的物理学理论，能解释粒子和它们的相互作用的一切细节．对完全无用，我意指它们仍然是纯数学的一个美丽的片段．我猜测弦理论会在完全成功和完全失败之间的某个地方结束．我猜测它会类似李群论，它是李在 19 世纪为经典物理学创造的一个数学框架．对经典物理学，李群是个失败．它们是一个解寻找一个问题．但是 50 年之后，量子革命改革了物理学，而李代数找到了它们合适的位置．在量子世界中，它们成了理解对称的核心作用的关键所在．我期待今后 50 年或 100 年在物理学中会发生另一次革命，引入我们现在毫无迹象的新概念，而这些新概念会赋予弦理论新的意义．在此之后，弦理论将突然在宇宙中找到其适当的位置，做出关于现实世界的可检验的断言．我告诫你们，这个关于未来的猜测可能是错的．它有可被证伪的 (falsifiable)[1] 优点，根据 Karl Popper (卡尔·波普尔)[2], 这是一个科学断言的特征．也许这一断言明天就会被来自日内瓦的大型强子对撞机的发现推翻．

8．再谈马宁

为了结束这个报告，我返回到马宁和他的书《作为比喻的数学》．该书主要是谈数学．它的面世对于西方的读者是一个惊奇：作者以同样的流畅写到其他主题，如集体无意识 (the collective unconscious), 人类语言的起源，自闭症的心理学，许多文明的神话中淘气精灵的作用．对于他在俄国的同胞，这种多方面的兴趣和专长不会令人惊奇．俄国知识界保持了旧俄知识分子引以为傲的传统：科学家，诗人，艺术家和音乐家属于一个独特的团体．他们今天仍是如此，如我们在 Chekhov (契诃夫) 的戏剧中所看到的：一群理想主义者由于疏远迷信的社会和反复无常的政府而紧密联系在一起．在俄国，数学家与作曲家和电影制片人彼此交谈，在冬夜里踏雪散步，围着一瓶酒坐在一起，而且彼此分享思想．

马宁是一只飞鸟，他的视野远远超出数学领域而扩展到更为宽广的人类文化的大地．他的爱好之一是由瑞士心理学家 Carl Jung (卡尔·荣格) 发明的原型理论 (the theory of

1) 所谓可被证伪的论断，是指可通过观测或物理实验证明其伪的论断．—— 校注

2) Karl Popper, 1902.7.28—1994.9.17, 奥地利和英国哲学家．他被认为是 20 世纪最有影响的科学哲学家．他提出了有关可被证伪的理论．—— 校注

archetypes).[1] 根据荣格的说法，一个原型是发源于我们共享的集体无意识中的一个精神形象．原型携带的强烈感情是失去的集体欢乐和忧伤记忆的遗物．马宁说，为了发现它有启发性，我们不必接受荣格的理论是真的．

30 多年前，歌唱家 Monique Morelli 录制了 Pierre MacOrlan 填词的歌曲．其中一首歌是 “死去的城市 (La Ville Morte)”，一段不易忘怀的旋律合着 Morelli 低沉的女低音，伴着手风琴的旋律配合，有着极端强烈的声音形象．印在纸上，这些歌词没有什么特别的：

“我们进入这座死去的城市，
我握住 Margot 的手 ...
我们步行走过墓地，
脚上伤痕累累，没有言语，
穿过这些没有锁的门，
这些模糊的洞，
这些没有词的门，
这些充满呼啸声的垃圾箱．”

听这首歌时，我每次都有过度紧张的感觉．我经常自问为何这首歌，虽然歌词简单，但似乎引起了无意识记忆的某一深层次的共鸣，好象逝者的灵魂通过 Morelli 的音乐在诉说．现在，我出乎意料地在马宁的书中找到了我的问题的答案．在他的书 “空城原型” 这一章中，马宁描述了自人类开始在城市中聚积之后，自其他武装的人开始聚积报复并毁灭它们之后，死去的城市怎样从古到今一而再，再而三地出现在建筑，文学，艺术和电影的创作中．在 Morelli 的歌中对我们诉说的人物是一个老兵，他在很久之前是占领军中的一员．当他和妻子在死去的城市的尘土和灰烬中漫步时，他又一次听到：

“在一个老兵的梦中
一只军号的魔音
鸣响了一个时辰”.

MacOrlan 的歌词和 Morelli 的声音似乎从我们的集体无意识中使一个梦成真，这是一个老兵在一座死去的城市中徘徊的梦．集体无意识的概念可能与死去的城市的概念同样神秘．马宁的书中的一章描述了这两种可能的神秘概念彼此投射的幽微之光．他把集体无意识描述为有力地把我们拉向死亡和毁灭的一种非理性力量．自城市和掠夺性的武装被发明以来数百座真正被毁灭的城市，其苦难的精华是死去的城市的原型．我们逃避集体无意识的这种疯狂的唯一的道路是基于希望和理性的理智集体意识．我们当今的文明所面临的伟大任务是创造这样一种集体意识.

参考文献 (略)

(赵振江 译　　陆柱家 校)

1) Carl Jung, 1875.7.26—1961.6.6, 瑞士心理学家和精神科医生．他是分析心理学 (亦称为荣格心理学) 的创始人．他的最著名的思想包括心理原型，集体无意识以及同步 (synchronicity) 的概念．—— 校注