

作为一个人，并不孤单。其实很多人都难以想象我们身体中生活着数以万亿计的微生物，无时无刻都在陪伴着我们。在人体当中，细菌和其他微生物的数量数倍于我们人体自身的细胞，想到这是不是细思极恐呢？

加工食品正在侵蚀人体有益菌

□ 林碧宁



与免疫和代谢疾病，如肥胖、哮喘、过敏和糖尿病之间存在联系，而自上世纪70年代以来，这些疾病的发病率大幅上升。研究团队认为，在过去30年中，一些环境因素的变迁是导致疾病增加的原因，而“微生物群”多样性的减少也与此有关。

研究人员还发现，微生物多样性的减少与接触加工食品和抗生素有直接关系。细菌越来越被认为是维持人类整体健康的一个重要环节。细菌多样性的减少意味着有益的细菌可能正在被消灭。

除了细菌多样性，亚诺马利村的村民体内还存在抗生素耐药菌。这些细菌不仅对自然产生的抗生素有抗性，而且对人造抗生素也有抗性。研究小组发现，几乎有60种不同的细菌基因可以对抗自然界的抗生素，其中有6种基因甚至可以对人工合成的新型抗生素。这确实很令人感到惊讶，因为亚诺马利人自己从来没有接触过这些合成的抗生素。

有关细菌对产生耐药性，也许大家知道，这个问题在很大程度上是由于过度使用抗生素造成的。当人们使用抗生素时，它们会杀死体内的一些细菌，但不是全部。存活下来的细菌对抗生素的敏感性降低，然后就能在人体内繁殖，并将这种抗生素耐药性基因传给自己的下一代细菌。

然而，亚诺马利人体内携带的抗生素耐药细菌却从未接触过抗生素，难道我们一直所信服的细菌耐药性产生的机制是有漏洞或错误，亦或人类的祖先早就具有合成抗生素的技术，然而这种技术随着史前文明的消亡而消失？一切都令人不安而又耐人寻味。

(作者系大连医科大学第一临床学院2018级临床医学(“5+3”一体化)一班学生。指导教师：大连医科大学人体解剖学教研室李滨。插图：大连医科大学附属第二医院妇产科兵)



知识分子



橡树岭国家实验室坐落于美国田纳西州中部的坎伯兰和大烟山之间一片郁郁葱葱的绿色地带。二战期间，美国在这里为曼哈顿原子弹项目制造可裂变材料。

凭借联邦政府资助的大型科学设施，“曼哈顿计划”帮助物理学实现了一个阶段性的转变，使之从小规模的研究跃升为后来的“大科学”。事实上，“大科学”这一术语来自橡树岭国家实验室主任主任阿尔文·温伯格在1961年为《科学》杂志撰写的一篇文章，并从此推广开来。温伯格用“大科学”来描绘粒子加速器和反应堆带来科学设施、仪器数量和预算规模不可阻挡的攀升，越来越专业的研究人员参与进来，形成了更大规模的合作。

温伯格指出，橡树岭国家实验室和美国其他地方的国家实验室，具有更加不同的性质，主要专注于材料科学和凝聚态物理领域。

我曾拜访过田纳西州参观正在运作中的新大科学——散裂中子源，这是“曼哈顿计划”以来在橡树岭建造的最大设施。1999年，这一耗资14亿美元的项目破土动工，2006年开始运转。参观时，仪器科学家布莱恩·查库马科斯向我解释了SNS的线性加速器如何运行高达1个GeV(10亿电子伏特)的质子脉冲，用质子去轰击目标，随后会分裂或者说“散裂”成许多小碎片。

查库马科斯告诉我，散裂源为中子源提供了更广泛的研究范围和更高的灵活性，不仅对凝聚态物理有价值，对化学、生物学和工程学也有裨益。汽车企业将电池甚至整个发动机部件插入散裂中子源的中子束，而航空和工程公司则用它们来研究新型合金。

散裂中子源的工业用户范围不但涵盖那些拥有对核机器及其工作原理富有经验的研究人员的大公司，而且也包括那些需要散裂中子源员工提供“接待服务”的小公司，帮助他们安装、使用该仪器，并解读使用结果。这种新式的工业参与，即在大型设施上实行的以应用为目的的小规模研究，是“新大科学”的一个标志。

另一个标志是散裂中子源等设施所运行的研究与其他光源研究之间日益增强的互动。促成这种跨学科合作的诱因之一是中子对材料磁性结构的研究能力。另一个原因是中子可以很容易地对氢和其他氢元素进行定位。

在“新大科学”中，研究的规模未必越来越大，它也变得更为灵活和交互。更多的机构间的互动借助设施建立起来，就散裂中子源而言，另有5个实验室正在建设不同的主体部分。诸如此类的合作在美国国家实验室之间一直在增加着，而且合作的规模已远超散裂中子源建立之初的景象。此外，小型研究组不乏工业参与者，而这些也并不需要更高的专业化程度。

“新大科学”的另一个关键体现，是中子研究人员与光源研究中使用X射线仪器的研究人员之间越来越多的合作，比如位于阿贡的先进光子源和布鲁克海文国家实验室的国家同步加速器光源。这些互动让我们看到了运用用户设施的材料科学家研究方式上的巨大转变，反过来也给科学家、科学教育者、管理者，以及那些将知识和所生成信息进行加工合成的人们带来了新的挑战。(作者系美国石溪大学哲学系主任)

新大科学的兴起

撰文/罗伯特·克里斯 编译/张琪悦

2019年美国临床肿瘤学会年会在芝加哥召开，中国研究者有9篇有关Watson for Oncology(以下简称“WFO”)的研究报告入选。今年美国临床肿瘤学会年会上，以WFO为代表的人工智能临床决策支持系统，是目前最受瞩目的研究和应用领域之一。

人工智能临床决策系统有啥能耐

□ 科普时报记者 马爱平

疗慎重评估和讨论后，最终采用的治疗方案100%符合WFO的推荐或考虑类别。医院更基于WFO建立起“7步咨询体系”，规范了医院的肿瘤治疗体系，患者在治疗过程中对治疗方案的满意度、医护人员的信任度、治疗方案的依从性均显著提高。

“我们团队对WFO建议的癌症治疗方案的安全和规范方面进行了深入的研究。在《沃森肿瘤质量控制系统：人工智能支持肿瘤临床决策》报告中，通过多学科诊疗质量控制对WFO的价值进行了仔细评估后，在标准化、合理性、基于证据等方面得分较高。研究证明在利用肿瘤多学科诊疗质量控制系统后，基于人工智能的临床辅助决策支持技术在使用过程中，有效提升了肿瘤多学科诊疗的准确性和先进性。”同济大学附属上海市第十人民医院肿瘤科主任许青说。

针对癌症治疗不规范，上海市第十人民医院探索运用WFO对下级医院进行肿瘤咨询、教学、远程会诊与病例互动讨论。通过对56所医院进行问卷调查，80%以上的医院愿意参加WFO远程会诊，学习肿瘤的标准化治疗和最新治疗进展。

许青说，教学和远程会诊中合理使用WFO可以有效帮助和促进中国癌症的规范化治疗。同时WFO还促进了高水平教学医院之间的学术交流和互动，并促进人工智能在肿瘤治疗中的使用更加合理和恰当。

北京大学国际医院在发布的《中国肿瘤学实践与临床决策支持的治疗方法不一致的原因》报告中，通过对中国8个省份不同医院发表的11篇文献进行回顾性分析，这些研究将WFO的治疗方法与肿瘤学家或肿瘤委员会选择的治疗方法进行了比较，最终得出不一致的主要原因为：药物可及性差异、治疗模式差异、医生或患者的偏好。

北京大学国际医院还对临床病例进行了更深入的研究和对比，在《决策支持系统和指南治疗一致性对晚期肺癌的反应率的影响》报告中，医院对接受一线治疗的近100例肺癌患者进行肿瘤治疗进展的记录，以确定WFO治疗方案和中国抗癌协会临床肿瘤学协作专业委员会指南的实际一致性对客观应答率的影响。

研究表明，与WFO一致但与中国抗癌协会临床肿瘤学协作专业委员会2018指南不一致的方案客观应答率最高，主要原因是中国抗癌协会临床肿瘤学协作专业委员会指南中部分肺癌治疗药物目前并未纳入到WFO中。

医院和专家在报告中期望WFO能加快在中国本土化的进程，从而进一步促进中国肿瘤治疗的质量，规范中国肿瘤治疗的方式。

科技进展

以直报怨 以德报德

——漫谈合作行为演化之三

□ 杜鹃

前沿探索

轮博弈，每个参与人只关心一次性的收益，背叛而不是合作才是他的最优选择。如果博弈重复多次，一方面存在着未来潜在的收益，一方面由于短期不合作，可能会遭到对手的惩罚性报复，因此在重复博弈中有可能形成合作机制。以色列数学家、诺贝尔经济学奖获得者奥曼将此种称为“无名氏定理”。它就像一些被他们口中相传民歌一样，很难找到最初作者，并且在流传过程中添加了很多人的修饰和改造。

伴随着博弈论的发展，大量研究讨论建立合作的条件，其中最具有启发意义是阿克塞尔罗德在20世纪80年代组织的两轮计算机竞赛。毋庸置疑，阿克塞尔罗德从计算机竞赛中得出的结论具有启发意义。但在实践中，人类和其他动物都会犯错误。即使是不常出现的错误，也可能产生破坏性的后果，这就反映出噪声在合作演化中扮演着重要的角色。

诺瓦克在阿克塞尔罗德计算机竞赛的基础上，考虑了随机性，模拟自然选择进行了新的比赛，赢家不再得到“金钱”或者“分数”，而是与其完全相同的“后代”，这样世代代如此传递下去。结果显示，一报还一报策略

没能突在最后，宽容版一报还一报策略成为最终的赢家。

宽容版一报还一报策略是一报还一报的变种，开始选择合作，以合作的态度回报对手的合作，当遇到背叛时，以某一概率与对手合作。诺瓦克还发现，不管是一报还一报，还是宽容版一报还一报，演化下去，会变成永远合作者主导天下。此时，一旦有一个来自外部的永远背叛的恶意策略，就会迅速扩张，永远合作者无法抵抗恶意入侵，需要一报还一报进行反击。这已成为一个循环，极盛而衰的人类社会和种组织。

在后续的模拟中，诺瓦克无意间发现了一个更优的策略——赢定输移：如果我们在一轮都合作，那么我会再次合作；如果都背叛，那么我会以某一概率进行合作；如果在一轮中采取了不同的行动，我会选择背叛。实战中，这个策略比一报还一报和宽容版一报还一报活得更长。没有永远的策略，在进化中赢定输移也会消失，但是它是在目前的模拟中发现的最能延长种群寿命的策略之一。

对于人类和一些动物来说，重复博弈对于维持合作存在的作用是毋庸置疑



的。但是大量的一次性博弈或匿名博弈中的合作现象却无法通过期望将来的收益来解释。同时重复博弈的要求过于严格，对于人类利他行为的解释范围并不大。另外，在两人的重复博弈中自私者可以作出合作行为，但随着人数的增加，意外的或偶然的背叛数量提高，引起惩罚背叛者的成本升高，同时确保惩罚的协调机制和激励机制变得异常复杂，互惠机制很难实施。

(作者系中国科学院科技战略咨询研究院、中国科学院学部学科研究支撑中心研究员)

多人“囚徒困境”竞赛分析

阿克塞尔罗德邀请了大量的博弈理论家和熟悉囚徒困境博弈的研究人员，让他们为多人囚徒困境竞赛提供方案。竞赛是循环进行的，即每一个参赛程序都要与它本身、其他被提交的程序和每一个随机策略进行上百次囚徒困境博弈，最后排名按照收益结果进行。

第一轮竞赛收到了14个程序，一报还一报策略取得了优胜。一报还一报策略开始选择合作，然后选择对手上一步的行动。它是所有提交程序中最简单的，结果却是最好的。第二轮竞赛的规模大大增加，一共有6个国家的62个参赛者。第二轮参赛者都得到了有关第一轮竞赛的详细分析报告，而且知道用于分析成功的思想和概念及所发现的易犯的战略性措施。尽管如此，一报还一报策略赢得了第二轮竞赛。虽然所有的参赛者都知道一报还一报策略赢得了第一轮竞赛，但没有人能设计出一个比它更好的程序。

阿克塞尔罗德分析了不同条件下什么样的策略起作用，和为什么这些策略能表现得更好，并将相关的研究成果写入了《合作的进化》一书中。对于重复囚徒困境中应如何

表现提出了四个建议：

- ①不要嫉妒对方。在一个非零和的世界里，为了你自己做得好，没有必要非得比对方做得更好。特别是要你和不同的对手打交道更是这样。没有理由去嫉妒对方的成功，因为其他人的成功是你自己成功的前提。
- ②不要首先背叛。最初的背叛可能会引起对方的报复，并使你处于要么被欺骗要么双方背叛的两难境地。令人吃惊的是，竞赛结果表明，决定一个策略如何的最重要的特征是否是善良，也就是是否首先背叛。
- ③对合作给予回报，对背叛给予惩罚。一报还一报策略超常的成功给出了一个简单而又有力的经验——回报。在第一步的合作之后，“一报还一报”策略只是简单地回报对方在上一步的行动，这个简单的规则具有惊人的鲁棒性。
- ④容易被对方理解。在重复囚徒困境博弈中，你要从对方的合作中得到好处，诀窍在于鼓励合作，一个好的方式是清楚地表明你愿意回报，更容易被对方理解的清晰行动策略会更有效，而不像零和博弈中需要表现得复杂以便让对方谈判。

以直报怨 以德报德

轮博弈，每个参与人只关心一次性的收益，背叛而不是合作才是他的最优选择。如果博弈重复多次，一方面存在着未来潜在的收益，一方面由于短期不合作，可能会遭到对手的惩罚性报复，因此在重复博弈中有可能形成合作机制。以色列数学家、诺贝尔经济学奖获得者奥曼将此种称为“无名氏定理”。它就像一些被他们口中相传民歌一样，很难找到最初作者，并且在流传过程中添加了很多人的修饰和改造。

伴随着博弈论的发展，大量研究讨论建立合作的条件，其中最具有启发意义是阿克塞尔罗德在20世纪80年代组织的两轮计算机竞赛。毋庸置疑，阿克塞尔罗德从计算机竞赛中得出的结论具有启发意义。但在实践中，人类和其他动物都会犯错误。即使是不常出现的错误，也可能产生破坏性的后果，这就反映出噪声在合作演化中扮演着重要的角色。

诺瓦克在阿克塞尔罗德计算机竞赛的基础上，考虑了随机性，模拟自然选择进行了新的比赛，赢家不再得到“金钱”或者“分数”，而是与其完全相同的“后代”，这样世代代如此传递下去。结果显示，一报还一报策略

没能突在最后，宽容版一报还一报策略成为最终的赢家。

宽容版一报还一报策略是一报还一报的变种，开始选择合作，以合作的态度回报对手的合作，当遇到背叛时，以某一概率与对手合作。诺瓦克还发现，不管是一报还一报，还是宽容版一报还一报，演化下去，会变成永远合作者主导天下。此时，一旦有一个来自外部的永远背叛的恶意策略，就会迅速扩张，永远合作者无法抵抗恶意入侵，需要一报还一报进行反击。这已成为一个循环，极盛而衰的人类社会和种组织。

在后续的模拟中，诺瓦克无意间发现了一个更优的策略——赢定输移：如果我们在一轮都合作，那么我会再次合作；如果都背叛，那么我会以某一概率进行合作；如果在一轮中采取了不同的行动，我会选择背叛。实战中，这个策略比一报还一报和宽容版一报还一报活得更长。没有永远的策略，在进化中赢定输移也会消失，但是它是在目前的模拟中发现的最能延长种群寿命的策略之一。

对于人类和一些动物来说，重复博弈对于维持合作存在的作用是毋庸置疑

以直报怨 以德报德

轮博弈，每个参与人只关心一次性的收益，背叛而不是合作才是他的最优选择。如果博弈重复多次，一方面存在着未来潜在的收益，一方面由于短期不合作，可能会遭到对手的惩罚性报复，因此在重复博弈中有可能形成合作机制。以色列数学家、诺贝尔经济学奖获得者奥曼将此种称为“无名氏定理”。它就像一些被他们口中相传民歌一样，很难找到最初作者，并且在流传过程中添加了很多人的修饰和改造。

伴随着博弈论的发展，大量研究讨论建立合作的条件，其中最具有启发意义是阿克塞尔罗德在20世纪80年代组织的两轮计算机竞赛。毋庸置疑，阿克塞尔罗德从计算机竞赛中得出的结论具有启发意义。但在实践中，人类和其他动物都会犯错误。即使是不常出现的错误，也可能产生破坏性的后果，这就反映出噪声在合作演化中扮演着重要的角色。

诺瓦克在阿克塞尔罗德计算机竞赛的基础上，考虑了随机性，模拟自然选择进行了新的比赛，赢家不再得到“金钱”或者“分数”，而是与其完全相同的“后代”，这样世代代如此传递下去。结果显示，一报还一报策略

没能突在最后，宽容版一报还一报策略成为最终的赢家。

宽容版一报还一报策略是一报还一报的变种，开始选择合作，以合作的态度回报对手的合作，当遇到背叛时，以某一概率与对手合作。诺瓦克还发现，不管是一报还一报，还是宽容版一报还一报，演化下去，会变成永远合作者主导天下。此时，一旦有一个来自外部的永远背叛的恶意策略，就会迅速扩张，永远合作者无法抵抗恶意入侵，需要一报还一报进行反击。这已成为一个循环，极盛而衰的人类社会和种组织。

在后续的模拟中，诺瓦克无意间发现了一个更优的策略——赢定输移：如果我们在一轮都合作，那么我会再次合作；如果都背叛，那么我会以某一概率进行合作；如果在一轮中采取了不同的行动，我会选择背叛。实战中，这个策略比一报还一报和宽容版一报还一报活得更长。没有永远的策略，在进化中赢定输移也会消失，但是它是在目前的模拟中发现的最能延长种群寿命的策略之一。

对于人类和一些动物来说，重复博弈对于维持合作存在的作用是毋庸置疑

以直报怨 以德报德

轮博弈，每个参与人只关心一次性的收益，背叛而不是合作才是他的最优选择。如果博弈重复多次，一方面存在着未来潜在的收益，一方面由于短期不合作，可能会遭到对手的惩罚性报复，因此在重复博弈中有可能形成合作机制。以色列数学家、诺贝尔经济学奖获得者奥曼将此种称为“无名氏定理”。它就像一些被他们口中相传民歌一样，很难找到最初作者，并且在流传过程中添加了很多人的修饰和改造。

伴随着博弈论的发展，大量研究讨论建立合作的条件，其中最具有启发意义是阿克塞尔罗德在20世纪80年代组织的两轮计算机竞赛。毋庸置疑，阿克塞尔罗德从计算机竞赛中得出的结论具有启发意义。但在实践中，人类和其他动物都会犯错误。即使是不常出现的错误，也可能产生破坏性的后果，这就反映出噪声在合作演化中扮演着重要的角色。

诺瓦克在阿克塞尔罗德计算机竞赛的基础上，考虑了随机性，模拟自然选择进行了新的比赛，赢家不再得到“金钱”或者“分数”，而是与其完全相同的“后代”，这样世代代如此传递下去。结果显示，一报还一报策略

没能突在最后，宽容版一报还一报策略成为最终的赢家。

宽容版一报还一报策略是一报还一报的变种，开始选择合作，以合作的态度回报对手的合作，当遇到背叛时，以某一概率与对手合作。诺瓦克还发现，不管是一报还一报，还是宽容版一报还一报，演化下去，会变成永远合作者主导天下。此时，一旦有一个来自外部的永远背叛的恶意策略，就会迅速扩张，永远合作者无法抵抗恶意入侵，需要一报还一报进行反击。这已成为一个循环，极盛而衰的人类社会和种组织。

在后续的模拟中，诺瓦克无意间发现了一个更优的策略——赢定输移：如果我们在一轮都合作，那么我会再次合作；如果都背叛，那么我会以某一概率进行合作；如果在一轮中采取了不同的行动，我会选择背叛。实战中，这个策略比一报还一报和宽容版一报还一报活得更长。没有永远的策略，在进化中赢定输移也会消失，但是它是在目前的模拟中发现的最能延长种群寿命的策略之一。

对于人类和一些动物来说，重复博弈对于维持合作存在的作用是毋庸置疑

以直报怨 以德报德

轮博弈，每个参与人只关心一次性的收益，背叛而不是合作才是他的最优选择。如果博弈重复多次，一方面存在着未来潜在的收益，一方面由于短期不合作，可能会遭到对手的惩罚性报复，因此在重复博弈中有可能形成合作机制。以色列数学家、诺贝尔经济学奖获得者奥曼将此种称为“无名氏定理”。它就像一些被他们口中相传民歌一样，很难找到最初作者，并且在流传过程中添加了很多人的修饰和改造。

伴随着博弈论的发展，大量研究讨论建立合作的条件，其中最具有启发意义是阿克塞尔罗德在20世纪80年代组织的两轮计算机竞赛。毋庸置疑，阿克塞尔罗德从计算机竞赛中得出的结论具有启发意义。但在实践中，人类和其他动物都会犯错误。即使是不常出现的错误，也可能产生破坏性的后果，这就反映出噪声在合作演化中扮演着重要的角色。

诺瓦克在阿克塞尔罗德计算机竞赛的基础上，考虑了随机性，模拟自然选择进行了新的比赛，赢家不再得到“金钱”或者“分数”，而是与其完全相同的“后代”，这样世代代如此传递下去。结果显示，一报还一报策略

没能突在最后，宽容版一报还一报策略成为最终的赢家。

宽容版一报还一报策略是一报还一报的变种，开始选择合作，以合作的态度回报对手的合作，当遇到背叛时，以某一概率与对手合作。诺瓦克还发现，不管是一报还一报，还是宽容版一报还一报，演化下去，会变成永远合作者主导天下。此时，一旦有一个来自外部的永远背叛的恶意策略，就会迅速扩张，永远合作者无法抵抗恶意入侵，需要一报还一报进行反击。这已成为一个循环，极盛而衰的人类社会和种组织。

在后续的模拟中，诺瓦克无意间发现了一个更优的策略——赢定输移：如果我们在一轮都合作，那么我会再次合作；如果都背叛，那么我会以某一概率进行合作；如果在一轮中采取了不同的行动，我会选择背叛。实战中，这个策略比一报还一报和宽容版一报还一报活得更长。没有永远的策略，在进化中赢定输移也会消失，但是它是在目前的模拟中发现的最能延长种群寿命的策略之一。

对于人类和一些动物来说，重复博弈对于维持合作存在的作用是毋庸置疑

以直报怨 以德报德

轮博弈，每个参与人只关心一次性的收益，背叛而不是合作才是他的最优选择。如果博弈重复多次，一方面存在着未来潜在的收益，一方面由于短期不合作，可能会遭到对手的惩罚性报复，因此在重复博弈中有可能形成合作机制。以色列数学家、诺贝尔经济学奖获得者奥曼将此种称为“无名氏定理”。它就像一些被他们口中相传民歌一样，很难找到最初作者，并且在流传过程中添加了很多人的修饰和改造。

伴随着博弈论的发展，大量研究讨论建立合作的条件，其中最具有启发意义是阿克塞尔罗德在20世纪80年代组织的两轮计算机竞赛。毋庸置疑，阿克塞尔罗德从计算机竞赛中得出的结论具有启发意义。但在实践中，人类和其他动物都会犯错误。即使是不常出现的错误，也可能产生破坏性的后果，这就反映出噪声在合作演化中扮演着重要的角色。

诺瓦克在阿克塞尔罗德计算机竞赛的基础上，考虑了随机性，模拟自然选择进行了新的比赛，赢家不再得到“金钱”或者“分数”，而是与其完全相同的“后代”，这样世代代如此传递下去。结果显示，一报还一报策略

没能突在最后，宽容版一报还一报策略成为最终的赢家。

宽容版一报还一报策略是一报还一报的变种，开始选择合作，以合作的态度回报对手的合作，当遇到背叛时，以某一概率与对手合作。诺瓦克还发现，不管是一报还一报，还是宽容版一报还一报，演化下去，会变成永远合作者主导天下。此时，一旦有一个来自外部的永远背叛的恶意策略，就会迅速扩张，永远合作者无法抵抗恶意入侵，需要一报还一报进行反击。这已成为一个循环，极盛而衰的人类社会和种组织。

在后续的模拟中，诺瓦克无意间发现了一个更优的策略——赢定输移：如果我们在一轮都合作，那么我会再次合作；如果都背叛，那么我会以某一概率进行合作；如果在一轮中采取了不同的行动，我会选择背叛。实战中，这个策略比一报还一报和宽容版一报还一报活得更长。没有永远的策略，在进化中赢定输移也会消失，但是它是在目前的模拟中发现的最能延长种群寿命的策略之一。

对于人类和一些动物来说，重复博弈对于维持合作存在的作用是毋庸置疑

以直报怨 以德报德

轮博弈，每个参与人只关心一次性的收益，背叛而不是合作才是他的最优选择。如果博弈重复多次，一方面存在着未来潜在的收益，一方面由于短期不合作，可能会遭到对手的惩罚性报复，因此在重复博弈中有可能形成合作机制。以色列数学家、诺贝尔经济学奖获得者奥曼将此种称为“无名氏定理”。它就像一些被他们口中相传民歌一样，很难找到最初作者，并且在流传过程中添加了很多人的修饰和改造。

伴随着博弈论的发展，大量研究讨论建立合作的条件，其中最具有启发意义是阿克塞尔罗德在20世纪80年代组织的两轮计算机竞赛。毋庸置疑，阿克塞尔罗德从计算机竞赛中得出的结论具有启发意义。但在实践中，人类和其他动物都会犯错误。即使是不常出现的错误，也可能产生破坏性的后果，这就反映出噪声在合作演化中扮演着重要的角色。

诺瓦克在阿克塞尔罗德计算机竞赛的基础上，考虑了随机性，模拟自然选择进行了新的比赛，赢家不再得到“金钱”或者“分数”，而是与其完全相同的“后代”，这样世代代如此传递下去。结果显示，一报还一报策略

没能突在最后，宽容版一报还一报策略成为最终的赢家。

宽容版一报还一报策略是一报还一报的变种，开始选择合作，以合作的态度回报对手的合作，当遇到背叛时，以某一概率与对手合作。诺瓦克还发现，不管是一报还一报，还是宽容版一报还一报，演化下去，会变成永远合作者主导天下。此时，一旦有一个来自外部的永远背叛的恶意策略，就会迅速扩张，永远合作者无法抵抗恶意入侵，需要一报还一报进行反击。这已成为一个循环，极盛而衰的人类社会和种组织。

在后续的模拟中，诺瓦克无意间发现了一个更优的策略——赢定输移：如果我们在一轮都合作，那么我会再次合作；如果都背叛，那么我会以某一概率进行合作；如果在一轮中采取了不同的行动，我会选择背叛。实战中，这个策略比一报还一报和宽容版一报还一报活得更长。没有永远的策略，在进化中赢定输移也会消失，但是它是在目前的模拟中发现的最能延长种群寿命的策略之一。

对于人类和一些动物来说，重复博弈对于维持合作存在的作用是毋庸置疑

以直报怨 以德报德

轮博弈，每个参与人只关心一次性的收益，背叛而不是合作才是他的最优选择。如果博弈重复多次，一方面存在着未来潜在的收益，一方面由于短期不合作，可能会遭到对手的惩罚性报复，因此在重复博弈中有可能形成合作机制。以色列数学家、诺贝尔经济学奖获得者奥曼将此种称为“无名氏定理”。它就像一些被他们口中相传民歌一样，很难找到最初作者，并且在流传过程中添加了很多人的修饰和改造。

伴随着博弈论的发展，大量研究讨论建立合作的条件，其中最具有启发意义是阿克塞尔罗德在20世纪80年代组织的两轮计算机竞赛。毋庸置疑，阿克塞尔罗德从计算机竞赛中得出的结论具有启发意义。但在实践中，人类和其他动物都会犯错误。即使是不常出现的错误，也可能产生破坏性的后果，这就反映出噪声在合作演化中扮演着重要的角色。

诺瓦克在阿克塞尔罗德计算机竞赛的基础上，考虑了随机性，模拟自然选择进行了新的比赛，赢家不再得到“金钱”或者“分数”，而是与其完全相同的“后代”，这样世代代如此传递下去。结果显示，一报还一报策略

没能突在最后，宽容版一报还一报策略成为最终的赢家。

宽容版一报还一报策略是一报还一报的变种，开始选择合作，以合作的态度回报对手的合作，当遇到背叛时，以某一概率与对手合作。诺瓦克还发现，不管是一报还一报，还是宽容版一报还一报，演化下去，会变成永远合作者主导天下。此时，一旦有一个来自外部的永远背叛的恶意策略，就会迅速扩张，永远合作者无法抵抗恶意入侵，需要一报还一报进行反击。这已成为一个循环，极盛而衰的人类社会和种组织。

在后续的模拟中，诺瓦克无意间发现了一个更优的策略——赢定输移：如果我们在一轮都合作，那么我会再次合作；如果都背叛，那么我会以某一概率进行合作；如果在一轮中采取了不同的行动，我会选择背叛。实战中，这个策略比一报还一报和宽容版一报还一报活得更长。没有永远的策略，在进化中赢定输移也会消失，但是它是在目前的模拟中发现的最能延长种群寿命的策略之一。

对于人类和一些动物来说，重复博弈对于维持合作存在的作用是毋庸置疑

以直报怨 以德报德

轮博弈，每个参与人只关心一次性的收益，背叛而不是合作才是他的最优选择。如果博弈重复多次，一方面存在着未来潜在的收益，一方面由于短期不合作，可能会遭到对手的惩罚性报复，因此在重复博弈中有可能形成合作机制。以色列数学家、诺贝尔经济学奖获得者奥曼将此种称为“无名氏定理”。它就像一些被他们口中相传民歌一样，很难找到最初作者，并且在流传过程中添加了很多人的修饰和改造。

伴随着博弈论的发展，大量研究讨论建立合作的条件，其中最具有启发意义是阿克塞尔罗德在20世纪80年代组织的两轮计算机竞赛。毋庸置疑，阿克塞尔罗德从计算机竞赛中得出的结论具有启发意义。但在实践中，人类和其他动物都会犯错误。即使是不常出现的错误，也可能产生破坏性的后果，这就反映出噪声在合作演化中扮演着重要的角色。

诺瓦克在阿克塞尔罗德计算机竞赛的基础上，考虑了随机性，模拟自然选择进行了新的比赛，赢家不再得到“金钱”或者“分数”，而是与其完全相同的“后代”，这样世代代如此传递下去。结果显示，一报还一报策略

没能突在最后，宽容版一报还一报策略成为最终的赢家。

宽容版一报还一报策略是一报还一报的变种，开始选择合作，以合作的态度回报对手的合作，当遇到背叛时，以某一概率与对手合作。诺瓦克还发现，不管是一报还一报，还是宽容版一报还一报，演化下去，会变成永远合作者主导天下。此时，一旦有一个来自外部的永远背叛的恶意策略，就会迅速扩张，永远合作者无法抵抗恶意入侵，需要一报还一报进行反击。这已成为一个循环，极盛而衰的人类社会和种组织。

在后续的模拟中，诺瓦克无意间发现了一个更优的策略——赢定输移：如果我们在一轮都合作，那么我会再次合作；如果都背叛，那么我会以某一概率进行合作；如果在一轮中采取了不同的行动，我会选择背叛。实战中，这个策略比一报还一报和宽容版一报还一报活得更长。没有永远的策略，在进化中赢定输移也会消失，但是它是在目前的模拟中发现的最能延长种群寿命的策略之一。

对于人类和一些动物来说，重复博弈对于维持合作存在的作用是毋庸置疑

以直报怨 以德报德

轮博弈，每个参与人只关心一次性的收益，背叛而不是合作才是他的最优选择。如果博弈重复多次，一方面存在着未来潜在的收益，一方面由于短期不合作，可能会遭到对手的惩罚性报复，因此在重复博弈中有可能形成合作机制。以色列数学家、诺贝尔经济学奖获得者奥曼将此种称为“无名氏定理”。它就像一些被他们口中相传民歌一样，很难找到最初作者，并且在流传过程中添加了很多人的修饰和改造。

伴随着博弈论的发展，大量研究讨论建立合作的条件，其中最具有启发意义是阿克塞尔罗德在20世纪80年代组织的两轮计算机竞赛。毋庸置疑，阿克塞尔罗德从计算机竞赛中得出的结论具有启发意义。但在实践中，人类和其他动物都会犯错误。即使是不常出现的错误，也可能产生破坏性的后果，这就反映出噪声在合作演化中扮演着重要的角色。

诺瓦克在阿克塞尔罗德计算机竞赛的基础上，考虑了随机性，模拟自然选择进行了新的比赛，赢家不再得到“金钱”或者“分数”，而是与其完全相同的“后代”，这样世代代如此传递下去。结果显示，一报还一报策略

没能突在最后，宽容版一报还一报策略成为最终的赢家。

宽容版一报还一报策略是一报还一报的变种，开始选择合作，以合作的态度回报对手的合作，当遇到背叛时，以某一概率与对手合作。诺瓦克还发现，不管是一报还一报，还是宽容版一报还一报，演化下去，会变成永远合作者主导天下。此时，一旦有一个来自外部的永远背叛的恶意策略，就会迅速扩张，永远合作者无法抵抗恶意入侵，需要一报还一报进行反击。这已成为一个循环，极盛而衰的人类社会和种组织。

在后续的模拟中，诺瓦克无意间发现了一个更优的策略——赢定输移：如果我们在一轮都合作，那么我会再次合作；如果都背叛，那么我会以某一概率进行合作；如果在一轮中采取了不同的行动，我会选择背叛。实战中，这个策略比一报还一报和宽容版一报还一报活得更长。没有永远的策略，在进化中赢定输移也会消失，但是它是在目前的模拟中发现的最能延长种群寿命的策略之一。

对于人类和一些动物来说，重复博弈对于维持合作存在的作用是毋庸置疑

以直报怨 以德报德

轮博弈，每个参与人只关心一次性的收益，背叛而不是合作才是他的最优选择。如果博弈重复多次，一方面存在着未来潜在的收益，一方面由于短期不合作，可能会遭到对手的惩罚性报复，因此在重复博弈中有可能形成合作机制。以色列数学家、诺贝尔经济学奖获得者奥曼将此种称为“无名氏定理”。它就像一些被他们口中相传民歌一样，很难找到最初作者，并且在流传过程中添加了很多人的修饰和改造。

伴随着博弈论的发展，大量研究讨论建立合作的条件，其中最具有启发意义是阿克塞尔罗德在20世纪80年代组织的两轮计算机竞赛。毋庸置疑，阿克塞尔罗德从计算机竞赛中得出的结论具有启发意义。但在实践中，人类和其他动物都会犯错误。即使是不常出现的错误，也可能产生破坏性的后果，这就反映出噪声在合作演化中扮演着重要的角色。

诺瓦克在阿克塞尔罗德计算机竞赛的基础上，考虑了随机性，模拟自然选择进行了新的比赛，赢家不再得到“金钱”或者“分数”，而是与其完全相同的“后代”，这样世代代如此传递下去。结果显示，一报还一报策略

没能突在最后，宽容版一报还一报策略成为最终的赢家。

宽容版一报还一报策略是一报还一报的变种，开始选择合作，以合作的态度回报对手的合作，当遇到背叛时，以某一概率与对手合作。诺瓦克还发现，不管是一报还一报，还是宽容版一报还一报，演化下去，会变成永远合作者主导天下。此时，一旦有一个来自外部的永远背叛的恶意策略，就会迅速扩张，永远合作者无法抵抗恶意入侵，需要一报还一报进行反击。这已成为一个循环，极盛而衰的人类社会和种组织。

在后续的模拟中，诺瓦克无意间发现了一个更优的策略——赢定输移：如果我们在一轮都合作，那么我会再次合作；如果都背叛，那么我会以某一概率进行合作；如果在一轮中采取了不同的行动，我会选择背叛。实战中，这个策略比一报还一报和宽容版一报还一报活得更长。没有永远的策略，在进化中赢定输移也会消失，但是它是在目前的模拟中发现的最能延长种群寿命的策略之一。

</