涂豫海传　　生: 1965



从少年班到昂萨格奖

源自网络资讯及 AI 生成，僅供参考，请告知如需更改 Whatsapp +60193377742

第一章 少年班的物理种子（1983—1987）



1983 年，涂豫海考入中国科学技术大学少年班。中科大少年班是中国天才教育的标志性项目，每年从全国遴选极少数智力超常的少年，以“早出人才、出好人才”为宗旨，为国家培养基础科学领域的拔尖人才。涂豫海是 83 级少年班的一员，在这片学术沃土上接受了系统而严格的物理训练，打下了扎实的理论物理根基。

1987 年，涂豫海从中国科学技术大学物理系毕业，获得学士学位。同年，他通过 CUSPEA 考试——这是李政道先生发起的“中

美联合培养物理类研究生计划”，为中国物理学界打开了一扇通往世界顶尖学府的大门。涂豫海凭借优异的成绩，进入美国加州大学圣地亚哥分校物理系攻读研究生。

DRAFT

第二章 加州岁月：理论物理的锻造（1987—1994）

在加州大学圣地亚哥分校，涂豫海师从理论物理学家，于 1991 年获得物理学博士学位。他的博士研究方向聚焦于非平衡统计物理与非线性动力学。

获得博士学位后，涂豫海前往加州理工学院担任部门奖研究员（Division Prize Fellow），从 1991 年到 1994 年，在加州理工学院完成了博士后研究。这段经历使他得以与当时最活跃的理论物理学家交流合作，进一步拓展了研究视野。

DRAFT

第三章 群集理论：与 Toner 共同奠基活性物质（1995）

1995 年，涂豫海与俄勒冈大学的 John Toner 合作，提出了后来以两人名字命名的 Toner-Tu 方程，用于描述群集行为——更准确地说，是描述自驱动物体在移动中遵循邻居行为的集体现象。

这一方程的意义极为深远。在此之前，物理学界对鸟群、鱼群、细菌菌落等自组织系统的集体运动缺乏系统的理论描述。Toner 和 Tu 将群集视作一种“流体”——用流体力学的语言来描述大量自驱动个体如何通过局部相互作用形成宏观上的有序运动。他们探索了群集“像流体一样运动”这一核心思想，这一理论最终解释了群集如何保持整体一致性。

Toner-Tu 方程开创了“活性物质”这一全新的物理学研究领域。从细菌菌落到鸟群，从细胞组织到人群流动，活性物质理论为理解自然界中广泛存在的非平衡自组织现象提供了统一的数学框架。2020 年，涂豫海与 John Toner、匈牙利物理学家 Tamas Vicsek 共同获得拉斯·昂萨格奖，获奖理由正是“在群集理论

方面的开创性工作，标志着活性物质领域的诞生并对其发展做出了巨大贡献”。

DRAFT

第四章 从 IBM 到跨学科研究（1994—2002）

1994 年，涂豫海加入 IBM T.J. Watson 研究中心，担任研究科学家。IBM 华生研究中心是全球最著名的工业研究机构之一，涂豫海在这里找到了一个既能从事基础理论研究、又能接触产业应用问题的独特平台。

在 IBM 的早期岁月里，他的研究兴趣迅速扩展。除了继续深耕非平衡统计物理和群集理论外，他还涉足表面物理——在硅与二氧化硅界面生长动力学方面做出了重要贡献；生物信息学——开发了 RNA 微阵列分析中的 Gene@Work 模式发现算法，这一算法被应用于包括识别特定白血病类型在内的多种生物医学问题。

DRAFT

第五章 理论与计算物理实验室主任（2002—2015）

2002 年至 2015 年，涂豫海担任 IBM T. J. Watson 研究中心理论与计算物理实验室主任，领导这个拥有众多顶尖理论物理学家的研究团队长达十三年。在他的领导下，实验室在统计物理、生物物理、量子计算和机器学习等多个方向产出了大量高水平成果。

2004 年，年仅 36 岁的涂豫海因“在统计物理理论及其在计算生物学中的创新性应用方面的杰出贡献”当选为美国物理学会会士（APS Fellow）。这一荣誉对于一个 36 岁的青年学者而言，是学术生涯早期极为罕见的认可。2017 年，他担任美国物理学会生物物理学部（DBIO）主席，成为该领域最具影响力的学术领袖之一。他还是美国科学促进会（AAAS）会士。

DRAFT

第六章 细菌趋化性：生物物理的标准模型

涂豫海在生物物理领域最核心的贡献之一，是对细菌趋化性的定量建模。

细菌趋化性是指细菌根据环境中化学物质的浓度梯度调整运动方向的行为——这是生命体最基本的感知-响应系统之一。涂豫海建立了细菌趋化性的标准模型，定量描述了细菌如何在噪声环境中实现精确的浓度感知和适应。他还揭示了生物系统中普遍存在的 “能量-速度-准确性”权衡关系——即生物系统在感知和适应过程中，必须在能量消耗、响应速度和信号精度之间做出权衡，这一发现为理解生化网络的非平衡热力学提供了基本框架。

他的研究还涵盖了生化振荡与同步性、感觉适应等生物物理核心问题。他将统计物理和非线性动力学中的分析方法创造性地应用到生物学问题中，开创了许多新的研究方向。

DRAFT

第七章 机器学习时代的新探索（2015—至今）

近年来，涂豫海的研究兴趣延伸到了机器学习领域。他将物理学的思维工具带入对深度学习的理解中，试图回答一个根本性的问题：随机梯度下降（SGD）算法如何在高维权重空间中找到泛化性能良好的解？

2021 年，他与合作者发表了关于 SGD 学习动力学与损失函数景观关系的研究，揭示了逆方差-平坦度关系在寻找平坦极小值中的关键作用。他还发现了前馈神经网络中的 “活动-权重对偶性” ，为理解泛化性能提供了新的理论视角。2024 年，他在西湖大学以“Understanding Deep-Learning as a physicist: What would Einstein do?”为题发表演讲，展示了物理学家如何用统计物理的工具来理解人工智能的核心算法。

DRAFT

第八章 与北京大学的长期合作

涂豫海担任北京大学定量生物学中心杰出访问学者，与中心的教授和学生们有着广泛深入的合作交流。自 2000 年后，他的主要工作重点转向物理生物学与定量生物学，近十年来在北大的合作尤为活跃。他还曾于 2007 年在北京大学担任客座教授。

这种跨越太平洋的合作关系，使涂豫海不仅是一位在国际学术界享有盛誉的华裔物理学家，也成为连接中美科学界的重要纽带。2019 年，当他在北大定量生物学中心获知自己荣获昂萨格奖的消息时，他说：“此次获奖的工作完成于九十年代末。”

DRAFT

第九章 余论：一位物理学家的“跨界人生”

涂豫海的研究生涯，可以用三个关键词来概括：统计物理、生物物理、机器学习。

从 Toner-Tu 方程到细菌趋化性模型，从表面生长动力学到 RNA 微阵列分析，从生化振荡的能量-速度-准确性权衡到深度学习中的平坦极小值——他的每一步都在跨越学科的边界。而贯穿所有这些看似分散的研究方向的，是一种物理学家的方法论：用最简洁的数学语言，去捕捉复杂系统背后的普适规律。

他的核心贡献可以用一个更简洁的表述来概括：将统计物理的分析方法，从传统物理系统推广到生命系统和人工智能系统。在生命系统中，他揭示了细菌如何感知世界、生化网络如何振荡、感觉系统如何在能量约束下实现精确适应；在人工智能系统中，他揭示了神经网络如何在高维空间中找到泛化良好的解。这些工作的共同点在于，它们都在用物理学的语言回答一个根本问题：复杂系统如何在噪声和约束中实现有序的功能？

DRAFT

2020 年，当他与 John Toner 和 Tamas Vicsek 共同获得昂萨格奖时，颁奖词称他们的工作“标志着活性物质领域的诞生”。从 1983 年进入中科大少年班，到 1995 年与 Toner 写下群集方程，再到 2020 年站在统计物理最高领奖台上——涂豫海用近四十年的学术生涯，完成了一次从少年班到昂萨格奖的漫长跨越。而他的故事，正如 Toner-Tu 方程所描述的那样——一个自驱动的个体，在遵循邻居行为的同时，也在塑造着整个群体的运动方向。

DRAFT