

物理学6座丰碑对数学的影响

17世纪以来物理学的发展，有6座划时代的理论丰碑。

牛顿第二定律构成了经典力学的核心，使自然界的运动规律得以用数学形式描述——物体运动的变化(加速度)由其所受外力与质量共同决定。这一定律至今仍是解释和预测无数物理现象的基石，从自由落体、行星轨道到桥梁载荷、全球大气环流，无不受其支配。该定律将“加速度”与“力”表述为三维空间中的矢量并把它们联系起来，在数学上直接促成了微积分这一重要基础领域的诞生，并奠定了向量分析的基础。

爱因斯坦的广义相对论把时间与空间统一为时空。在这个四维时空中，质量、能量和动量决定时空的弯曲特征，而弯曲的时空又反过来决定物质的运动。物理定律在其中遵循广义协变原理，其数学形式不随参照系的改变而变化。广义相对论成功地以时空几何取代了牛顿的万有引力概念。该理论构成了人们理解宇宙膨胀、黑洞等现象的理论基石。它在当代科技中也发挥着关键作用，没有它对牛顿力学的修正，深空航天飞行无法精确控制，全球卫星定位系统每天将累积高达十公里的误差。此外，该理论对物理规律在四维弯曲空间中的描述，在数学上极大推动了黎曼几何和张量分析的发展。

杨(振宁)-米尔斯理论奠定了现代粒子物理标准模型的基础。它提出了一个统一的规范理论，用以描述电磁相互作用、弱相互作用和强相互作用及其与基本粒子运动的关系。电磁相互作用是化学键形成的根本原因，使原子得以结合为分子，也是我们熟知电磁效应的起因；弱相互作用主宰元素的放射性衰变与核反应，是太阳释放能量的源泉；而强相互作用则使质子与中子结合成原子核，其强大的作用力压制了质子间的电磁排斥。杨-米尔斯理论指出，电磁、弱和强相互作用都源于定域规范对称性。其中对称性决定了规范场的存在形式，而规范场的曲率则直接决定了相互作用的强度。

该理论成功描述了作为相互作用载体的玻色子，奠定了研究包括电子、中微子和夸克在内的基本粒子及其相互作用的基石，并催生了多项重大实验发现。对这些粒子的深入研究，又极大地推动了超导磁体、真空技术和高能探测器等现代技术的发展。杨-米尔斯理论



杨振宁在石溪大学。

杨振宁的物理和数学

——关于遗产、疑惑与传承

■张明华

人们在谈论物理学家杨振宁先生的科学贡献时，往往把目光聚焦于他在物理学上的卓越成就，而较少提及他对数学的重要影响。事实上，杨振宁的物理研究不仅改变了人类对自然规律的认识，也深刻推动了现代数学

的发展。

笔者依据自己的所见所知，以及杨振宁在其任职37年的美国纽约州立大学石溪分校(以下简称石溪大学)所留下的学术遗产，讲述他在数学领域浓墨重彩的贡献。

为什么没有二次得诺贝尔奖

一个常被提及的疑惑是，既然杨-米尔斯理论在物理学中的地位如此显赫，为何这一理论本身未曾获得诺贝尔奖？2019年11月，瑞典皇家科学院院士、诺贝尔物理学奖评委会主席马茨·拉尔松访问石溪大学。当时笔者代理学校教务长职务，负责全校学术事务，接待他的访问时，我们谈及了这个问题。

拉尔松提到，评审委员会长期面临一个源自诺贝尔遗嘱的界定问题——诺贝尔物理学奖旨在奖励物理学领域“最重要的发现或发明”，从瑞典语翻译成英文是“The person who shall have made the most important discovery or invention in the field of physics”。对于像爱因斯坦的广义相对论和杨-米尔斯理论这类“建立”性贡献，尽管其影响深远，但委员会内部对于是否将其纳入“发现或发明”存有分歧。或许这也解释了为何他们二人所获的诺贝尔奖均非因其核心理论——爱因斯坦因发现光电效应获奖，而杨振宁则与李政道一起因发现宇称不守恒而获奖。

虽然杨-米尔斯规范场理论未能得诺奖，然而在其理论基础上通过实验验证作出贡献的科学家们，却相继荣获诺贝尔奖。事实上，与爱因斯坦的广义相对论一样，杨振宁的杨-米尔斯理论的重要性超越了其得诺奖的成果。

这也提醒我们，科学的真正价值不在于奖项，而在于它改变人类对世界的认识。

杨振宁与石溪大学数学系的渊源

石溪大学是杨振宁最重要的学术家园之一。他在这里不仅创立和领导了理论物理研究所，为物理系的研究奠定了坚实基础，也深刻影响了数学系的学术方向和地位。

过去半个世纪以来，石溪大学数学系汇集了一批顶尖数学家，包括菲尔兹奖得主约翰·米尔诺和西门·唐纳森，以及多位阿贝尔奖、沃尔夫奖得主和美国科学院院士。许多人的研究，皆受惠于由杨-米尔斯理论所引领的现代几何与拓扑学，可以说是学脉延续，皆蒙其泽。杨振宁的物理学理论在石溪大学数学系生根发芽，成为推动数学与物理交融的重要源泉。

譬如唐纳森因其在四维流形上对杨-米尔斯联络的研究而获菲尔兹奖，并由此开启了数学领域的“唐纳森理论”。杰出教授布莱恩·劳森与合作者揭示了杨-米尔斯场的稳定性与孤立现象，其在几何领域的开创性贡献获得美国数学学会的勒罗伊·斯蒂尔奖。杰出教授陈秀雄及其合作者借鉴了杨-米尔斯型椭圆系统的思想，证明了凡诺型复代数流形在何种条件下都存在凯勒-爱因斯坦度量，并由此获得美国数学学会



杨振宁(左)与西蒙斯。石溪大学供图

的奥斯卡·维尔·维布伦几何奖。

上世纪70年代，著名数学家陈省身携青年学者丘成桐访问石溪大学，在那里与杨振宁相逢。丘成桐先生后来回忆，那次访问使他第一次真切体会到物理与几何之间的深刻联系，这一思想启发了他此后在规范场、微分几何领域的研究。他最终成为首位获得菲尔兹奖的华人数学家。

杨振宁在统计物理学中的一项重要贡献是杨-巴克斯特方程。它也对石溪大学数学系乃至整个现代数学产生了深远影响，成为该校在可积系统、量子群、低维拓扑等研究方向的关键思想源泉。

值得一提的是，已有3位数学家因与杨-巴克斯特方程密切相关的工作而荣获菲尔兹奖。其中之一是美国加州大学伯克利分校教授沃恩·琼斯，他利用源于杨-巴克斯特方程的数学结构，构造出琼斯多项式，该多项式是数学中的纽结不变量，可用于区分不同的纽结。第二位是美国普林斯顿高等研究院教授爱德华·威滕，他揭示了杨-巴克斯特方程与数学中的辫群操作、纽结及链环不变量的内在关系。另一位是在俄罗斯科学院斯捷夫洛夫数学研究所工作的弗拉基米尔·德林费尔德，他创立了量子群理论，其核心结构中的R-矩阵正是杨-巴克斯特方程的解。

这里还有一个趣外轶事，这个斯捷夫洛夫数学研究所还走出了一位传奇数学家——格里·佩雷尔曼。他曾是石溪大学数学系的

站在技术革命的十字路口，想起利维斯

■雷晨

以人工智能(AI)为代表的科技，正让人文学科愈显被动与尴尬。长期以来，二者在学科定义、研究路径上的差异，已让彼此陷入深深的二元对立认知架构。于是，当科技的强劲效用持续爆发，而社会对其负面影响束手无策的时候，人文学科的价值便遭遇更多质疑。

“两种文化”是人为制造的隔阂吗？

从20世纪初中国的“科玄论战”到1959年英国科学家斯诺的“两种文化”论，科学与人文关系的二元化讨论的确源远流长。但即使放在60多年前，英国文学批评家利维斯仍在参与讨论时，有过所谓“两种文化”不过是人为制造的隔阂、并非客观存在的事实这类“人间清醒”。

王国维曾言，哲学上的诸多说辞“大都可爱者不可信、可信者不可爱”，科学与人文的冲突恰是这一论断的生动写照——偏颇的观点往往更易被接受，而公允全面的认知却因需要深厚的综合素养而难以普及。

从本质上讲，科学与人文的根本诉求都是人的发展，但斯诺的论述以科学为基点，张君勱的主张以国学为基点，均将这一议题置于二元对立的框架之下，真是应了王国维的话，“可爱”有余而“可信”不足。

两次论战每逢整数纪年都会被社会媒体隆重祭出以借古思今，参与讨论的学者你方唱罢我登场，其热烈与激动的情状与60多年前、100多年前真的一样相承。

二元论无果，于今而言，以利维斯为代表的批判立场就特别值得重视。他认为并不存在斯诺所言的“两种文化”，只有同一文化体系中不同知识背景的群体。在他看来，斯诺既非“真正的”科学家，也非富有创造力的作家，其“两

种文化”的论调本质上是在社会中建构人为冲突。利维斯甚至将斯诺这种公开发表不负责任言论并试图引起轰动行为，称作“文明的一个预兆”——它预示着社会对盲目自信支撑的“天才情结”的追捧，可能导致缺乏深刻认知的人进入权力中心。

有趣的是，在核心认知层面，斯诺与利维斯的观点并无本质分歧。斯诺提出“两种文化”论的重要目的之一，是呼吁英国政府决策者提升科学素养，减少权力中心在科学认知上的盲目性。他敏锐察觉到现代社会对专门教育的“盲目信任”，以及由此加剧的社会形态固化，因此“两种文化”的表述更可视作为一种文学修辞。

客观地说，利维斯的批判其实是对事不对人的。尽管他对斯诺及其观点展开了尖锐抨击，但真正的矛头指向的是斯诺演讲之后3年里，社会上围绕“两种文化”掀起的喧嚣热议。众多支持者与反对者的声音，都未能触及他与斯诺试图解决的核心问题。利维斯反复强调，这种沉迷于喧嚷话题的现象是技术革命的必然结果，技术的普及将导致权力系统与具备深刻认知的群体日渐疏离。

为避免盲目自信者掌控权力，培养公众对人类知识的广泛涉猎与智慧思考的能力至关重要。斯诺一派主张，通过强化教育中的科学训练、普及人文与科学知识，可有效改善这一问题。利维斯一派则认为，研读人文经典能完善现代人的人性生命力；而真正的明智不仅需要全面的知识储备，更离不开开诚布公的批判性思维、价值判断力与道德反思能力。

利维斯始终坚信，文学作为人文精神的核心载体，是抵御技术异化的重要力量。他在文学批评中倡导的“细读法”，本质上是培养一种对细节、语境与价值的敏锐感知力。在《伟大的传统》中，他将简·奥斯汀、亨利·詹姆斯等作家

列为“伟大传统”的继承者，正是因为这些作家的作品始终坚守人性的复杂性与道德的严肃性，能够让读者在文字的浸润中学会共情、反思与批判。这种由文学滋养的“差别意识”，恰恰是技术时代最稀缺的品质——它能让人们在效率与公平、创新与伦理、发展与可持续之间作出平衡抉择，而非被单一的技术逻辑裹挟前行。在当下，当短视频的碎片化传播消解了深度阅读的耐心，当AI写作模糊了原创与复制的边界，重拾利维斯的文学教育理念，绝非复古怀旧，而是为了在技术洪流中守护人的精神主体性。

弥合科学与人文的裂痕，并非要否定技术的价值，而是要重建二者的共生关系。利维斯从未反对科学进步，他反对的是将科学神化的“科学主义”，以及由此产生的认知傲慢。正如他所强调的，真正的文化共同体，应当是“有机的”而非割裂的——科学家需要具备人文情怀，理解技术的社会影响与道德责任；人文学者也需要提升科学素养，避免因知识匮乏而陷入盲目批判。

培养“完整的人”

站在技术革命的十字路口，利维斯的思想跨越半个多世纪依然闪耀着真理的光芒。他让我们明白，文明的进步从来不是技术的单向突进，而是人与技术、科学与人文的动态平衡。当我们沉迷于技术带来的便利与效率时，不应忘记追问其背后的价值导向；当我们追捧“技术改变世界”的口号时，更应坚守“人是目的而非手段”的根本原则。利维斯所倡导的“广泛涉猎与智慧思考”，本质上是在呼吁每个个体成为“完整的人”——既有改造世界的勇气，又有反思自我、关怀他人的温度。

速读

题目：康熙的天文教具 ——南怀仁式简平仪再探

作者：纪辰 石云里

出处：《中国科技史杂志》2025年第3期

来华耶稣会士南怀仁向康熙系统教授欧洲科学技术知识，但他并未将教学活动局限于书籍，还设计并制作了一系列兼具实用性、新奇性和趣味性的器物。康熙经常亲自操作这些器物，乐此不疲。其中颇具代表性的是一件名为“简平仪”的天文仪器，专门用于演示星象及相关原理。

作者对该仪器的欧洲原型、制造理念与使用方法进行深入分析，进一步探讨其所体现的中西天文学知识融合的特征。

作者指出，简平仪的欧洲渊源是哈布雷希特二世设计的平面天球仪。哈布雷希特二世出生在瑞士的一个钟表和天文仪器制作世家，他不仅是一名医生，也是法国斯特拉斯堡大学的天文学与数学教授。他设想了一种平面天球仪，通过对传统天球仪的“压平”处理，有效地融合了天球仪与星盘的优势，以减轻经济、便捷且直观的形式完整呈现了全天星象，该仪器主要包括内盘、外盘、标尺和基座四大部分。

康熙在学习恒星相关知识时，仪器便携性是重要需求。康熙在多次出巡中，常亲自进行恒星的观测与对照。因此，其设计理念被南怀仁所采纳。不过，南怀仁并非简单照抄，而是结合中国的实际需求 and 天文学传统进行了创造性的本土化改造。他不仅采用中国化的星官、月份、十二官名、时间制度，还在结构上将原来稍显笨重的基座形式替换为轻便的提环结构，从而形成了一种独特样式的简平仪。

作者指出，目前已知存世的南怀仁式简平仪共三件，藏于法国巴黎天文台图书馆和故宫博物院。(尹一)



图片来源：摄图网