

第一推动丛书
综合系列

【珍藏本】

08

FINAL FUTURE REALITY



宇宙极问

——量子、信息和宇宙

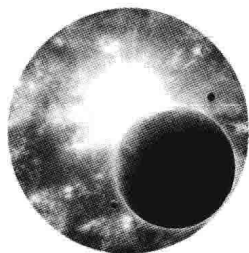
[美]约翰·巴罗 保罗·C·W·戴维斯 查里斯·哈勃/编

朱芸慧 罗璇 雷奕安/译



第一推动

CS | K 湖南科学技术出版社



Science and Ultimate Reality

宇宙极问

——量子、信息和宇宙

[美]约翰·巴罗 保罗·C·W·戴维斯 查尔斯·哈勃 / 编

朱芸慧 罗璇 雷奕安 译



第一推动

CS 湖南科学技术出版社

Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology and Complexity

©Cambridge University Press 2004

All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form. Simplified Chinese edition copyright: 2005 Hunan Science & Technology Press
湖南科学技术出版社通过剑桥大学出版社独家获得本书中文简体字版中国大陆地区出版发行权, 本书根据剑桥大学出版社 2004 年版本译出

著作权合同登记号: 18-2005-138

版权所有, 侵权必究

总 序

科学，特别是自然科学，最重要的目标之一，就是追寻科学本身的原动力，或曰追寻其第一推动。同时，科学的这种追求精神本身，又成为社会发展和人类进步的一种最基本的推动。

科学总是寻求发现和了解客观世界的新现象，研究和掌握新规律，总是在不懈地追求真理。科学是认真的、严谨的、实事求是的，同时，科学又是创造的。科学的最基本态度之一就是疑问，科学的最基本精神之一就是批判。

的确，科学活动，特别是自然科学活动，比较起其他的人类活动来，其最基本特征就是不断进步。哪怕在其他方面倒退的时候，科学却总是进步着，即使是缓慢而艰难地进步，这表明，自然科学活动中包含着人类的最进步因素。

正是在这个意义上，科学堪称为人类进步的“第一推动”。

科学教育，特别是自然科学的教育，是提高人们素质的重要因素，是现代教育的一个核心。科学教育不仅使人获得生活和工作所需的知识和技能，更重要的是使人获得科学思想、科学精神、科学



态度以及科学方法的熏陶和培养，使人获得非生物本能的智慧，获得非与生俱来的灵魂。可以这样说，没有科学的“教育”，只是培养信仰，而不是教育。没有受过科学教育的人，只能称为受过训练，而非受过教育。

正是在这个意义上，科学堪称为使人进化为现代人的“第一推动”。

近百年来，无数仁人志士意识到，强国富民再造中国离不开科学技术，他们为摆脱愚昧与无知作了艰苦卓绝的奋斗。中国的科学先贤们代代相传，不遗余力地为中国的进步献身于科学启蒙运动，以图完成国人的强国梦。然而应该说，这个目标远未达到。今日的中国需要新的科学启蒙，需要现代科学教育。只有全社会的人具备较高的科学素质，以科学的精神和思想、科学的态度和方法作为探讨和解决各类问题的共同基础和出发点，社会才能更好地向前发展和进步。因此，中国的进步离不开科学，是毋庸置疑的。

正是在这个意义上，似乎可以说，科学已被公认是中国进步所必不可少的推动。

然而，这并不意味着，科学的精神也同样地被公认和接受。虽然，科学已渗透到社会的各个领域和层面，科学的价值和地位也更高了，但是毋庸讳言，在一定的范围内，或某些特定时候，人们只是承认“科学是有用的”，只停留在对科学所带来的后果的接受和承认，而不是对科学的原动力、科学的精神的接受和承认。此种现象的存在也是不能忽视的。

科学的精神之一，是它自身就是自身的“第一推动”。也就是说，科学活动在原则上是不隶属于服务于神学的，不隶属于服务于儒学的，科学活动在原则上也不隶属于服务于任何哲学。科学是超越宗教差别的，超越民族差别的，超越党派差别的，超越文化的地域的差别的，科学是普适的、独立的，它自身就是自身的主宰。

湖南科学技术出版社精选了一批关于科学思想和科学精神的世界名著，请有关学者译成中文出版，其目的就是为了传播科学的精神，科学的思想，特别是自然科学的精神和思想，从而起到倡导科学精神，推动科技发展，对全民进行新的科学启蒙和科学教育的作用，为中国的进步作一点推动。丛书定名为《第一推动》，当然并非说其中每一册都是第一推动，但是可以肯定，蕴含在每一册中的科学的内容、观点、思想和精神，都会使你或多或少地更接近第一推动，或多或少地发现，自身如何成为自身的主宰。

《第一推动丛书》编委会

目 录

>	第一章 赫拉克利特之传承：约翰·阿奇博尔德·惠勒及探索之痒	1
>	第二章 自然为什么要用量子理论来描述	20
>	第三章 它来自量子比特	50
>	第四章 波函数：实体还是信息	67
>	第五章 量子化的成因？实体来自信息？观察者和世界互动？——惠勒的三个深刻问题及相关实验	87
>	第六章 能说和不能说的，过去和未来	107



> 第七章	非局域“薛定谔之猫”：一个探索量子-经典边界的思想实验	144
> 第八章	关于量子力学，量子计算机能告诉我们什么	173
> 第九章	宇宙暴胀和“时间之箭”	188
> 第十章	宇宙学和永恒性	231
> 第十一章	平行宇宙	257
> 第十二章	量子引力论：结论和展望	295
> 第十三章	涌现：我们因此而生	337
> 第十四章	真正复杂性及其存在论	371
> 译后记		404

第一章

赫拉克利特之传承： 约翰·阿奇博尔德·惠勒 及探索之痒

加罗斯拉夫·帕利坎 (Jaroslav Pelikan)

耶鲁大学 (Yale University)

自从 1942 年读完大学预科后，我这 60 年一直都在学习、研读、翻译和诠释圣·奥古斯丁 (St Augustine)，圣·托马斯·阿奎那 (St Thomas Aquinas)，马丁·路德 (Martin Luther) 及其他 16 世纪宗教改革家的著作，还有 14 世纪希腊的教父们以及由他们开创的希腊和俄国的东正教教义。我这样一个人，突然进入这本文集的高雅氛围中，对我绝对是一个文化震撼，至少脑子要转上好几个大弯。根据我的学术背景，我知道，量子 (quantum) 原本是拉丁文中的一个中性单数形式的疑问形容词 (interrogatory adjective)！然而，我从托马斯·阿奎那及该派其他学者那里学到的是关于 *analogia entis*——“存在相似性”的原则。在这个原则下，有限的头脑能够通过推理来探讨无限 [古谚云：“猫也可以对国王品头评足 (A cat may look on a king)”]，因为在某种意义上，至少在相似的意义下，这两者都不是独立的存在，甚至连唯一的上帝也不是独立的存在。这些问题在埃蒂安·吉尔松 (Etienne Gilson) 教授



于阿伯丁（Aberdeen）的吉福德讲座^①（Gifford Lectures）（Gilson 1944）里有着非常杰出的讨论。从托马斯教派的“存在相似性”的原则出发，我认为我们也可以外推至 *analogia mentis*——“思维相似性”，这个词是我杜撰的。请恕我对 C·P·斯诺（C. P. Snow）的《两种文化》（*The Two Cultures*）^② 有点不恭，我们甚至能找出哲学和物理学之间的明显联系，因为它们都是通过积极的思维，从混乱的素材主体中理出线索，并根据这些线索总结出越来越明显的规律：格里姆定律^③（Grimm's Law）或波义耳定律^④（Boyle's Law）。

不过我对现在要做的事情也并不是完全没有准备，作这次报告以前我还有过两次类似经历。1999 年，美国科学发展协会（American Association for the Advancement of Science, AAAS）在史密森学会的国家自然历史博物馆（National Museum of Natural History of the Smithsonian Institution）举行了一次讨论会，其中广泛地讨论了三个“普遍性问题”，我受邀从历史的角度，讨论了这三个问题与 2000 多年来的神学思想实验方法（*Denkexperimente*）之间的关系。尽管知道的人很少，但不能不提到这有着希腊和希伯来渊源的神学思想实验方法。这部分内容已经由纽约科学学会（New York Academy of Sciences）出版（*Pelikan 2001*）。除此之外，我接下这项任务还有一个原因，就是我与维克多·威斯科夫（Victor Weisskopf）教授多年以来的私交。威斯科夫教授是我的朋友，刚刚过世，也是我所担任的美国科学发展协会（AAAS）主席一职的

① 苏格兰有一个享誉全球的“吉福德讲座”（The Gifford Lectures），开办 100 年来，汇聚了全世界最杰出的神学家。吉福德讲座虽然以“自然神学”为主旨，但是由于历年登上讲坛者无不是当时世界上神学、哲学以及人文学科和自然科学的杰出代表，所以它已成了世界性学术地位的一种象征。——译者注

② C. P. Snow 的《两种文化》是一部名著，主要讨论了科学和人文的脱钩引起的问题。——译者注

③ 德国的格里姆（J. Grimm）在他的《日耳曼语语法》里确定了希腊语、峨特语和高地德语之间的语音对应关系，即所谓的“格里姆定律”。——译者注

④ 质量固定的气体在温度保持不变时，压力与体积成反比。——译者注

著名前任。他曾送给我一本他的自传：《洞察的乐趣：一个物理学家的激情》（*the Joy of Insight: Passions of a Physicist*）（Weisskopf 1991），这本书中描述的许多人物在惠勒教授的自传《引力自能包^①，黑洞和量子泡沫》（1998）（*Geons, Black holes, and Quantum Foam*）中也涉及了，其中当然特别包括尼尔斯·玻尔（Niels Bohr）。他还非常优雅地在书上赠言：“送给我的精神伙伴加瑞·帕利坎（Jary Pelikan），维克·威斯科夫，1994年1月。”

由于我对约翰·阿奇博尔德·惠勒教授的尊重，又与活动督导委员会（Program Oversight Committee）主席弗里曼·J·戴森教授（Professor Freeman J. Dyson）有着某种联系 [暂且不论这在占星学上有何意义，我比他晚出生整整两天，而且，我和他都是阿伯丁吉福德讲座的资深教授之一，这些资深教授里面还有像埃蒂安·吉尔松和卡尔·巴斯（Karl Barth）这样的人]，还同组织委员会（Organizing Committee）的主席查尔斯·哈伯博士（Dr Charles Harper）有私人关系 [他的妻子苏珊就读耶鲁大学时，曾在我的指导下做本科毕业论文，论文是关于修建了克莱弗斯修道院的圣伯尔纳（St Bernard of Clairvaux）的]，以及与组织这次讨论会的其他同事们的关系。在一时冲动下，我冒冒失失地答应了他们的邀请。这份邀请的开头，写着“在20世纪物理学界，惠勒的研究是西方历史中伟大而古老传统的现代演绎，这一古老传统就是追求对事物最根本性质的认识和完全理解”，要求我“发表一个45分钟的演讲（原文如此！）……概述西方思想寻求对本体论中主要问题（比如说时间的本性，实在的范畴，无限和有限的问题，永恒与非永恒，唯物主义与唯心主义，等等）根本理解的历史”，最后，这个演讲将作为一章，收入本文集中（F. J. Dyson 和小 C. L. Harper，私人通信）。后面，显然是因为恭维好求人，他们又加上：“当我们考虑

① Geon，因受到自身能量吸引而不扩散的引力波包。——译者注



‘世界上谁能胜任这项工作?’时,发现只有一个答案,那就是:加瑞·帕利坎。”为保险起见,这份邀请进一步建议:“您演讲面向的物理学家们不熟悉有关学术辞藻,因此您的任务将是‘轻松地’、从广泛而又引人入胜的历史、文化、理性、神学等视角讨论现在的物理学,这些角度正是一般物理学家们不熟悉的。”看了这句话,我对自己发誓(我现在正在努力坚守自己的誓言):这篇文章中引用的希腊文和拉丁文,绝不会比物理学家向美国艺术与科学学院定期会议递交论文时所包含的方程式多。我本人正好是该学院的主席。(当然更不会有俄文,我保证!)

在这个周末,我们聚到一起,庆祝我们的朋友约翰·阿奇博尔德·惠勒教授的90岁生日,表彰他的贡献,并不可避免地要对未来作一番展望。但我们在做这件事情的时候,必须非常清醒地认识到,这只是最近的一次活动,我们希望,不是最后一次。这几十年来,来自公众和私人的诸多褒奖堆积到惠勒教授头上,其中包括他自己非常珍视的1968年恩里科·费米奖(the Enrico Fermi Award) (Wheeler 1998)。除此之外,至少还有三次以他名义发起的纪念专集。一次是在1972(庆祝他60岁生日),一次是在1988年,还有一次是在1995年。这三卷文集加起来达到2049页的惊人数量(Klauder 1972, Zurek et al. 1988, Greenberger and Zeilinger 1995)。(然而,如果我们理性点,即使是一个不太喜欢定量计算的学者,也能看出,2049页以惠勒教授的工作年限平均,每月仅有十来页而已,因此这看上去是相当微不足道的数量!)

这本纪念文集出版后,当然会继续增加纪念文集总页数,而且会不可避免地被拿来与以前的文集作各种比较。这里,我想用莎士比亚十四行诗18中那耳熟能详的问句作为开头:“我是否可以将你与那美好的夏日比较呢?”不过,到了我们这把年纪,我不得不说这不是一个最好的比较!惠勒教授自己在1990年写过一篇轻松的随笔:“我们甚至能够期望理解存在吗?”收在《信息,物理,量

子：探究关联》(Information, Physics, Quantum: The Search for Links)里，文中虽然并没有采取像我这样直接比较，但也确实提到了一些早期的思想家。其中不仅包括乔治·伯克利主教(Bishop George Berkeley)，弗里德里希·冯·谢林(Friedrich von Schelling)，和神秘人物C·S·皮尔斯(C. S. Peirce)(最近普利策奖的一本获奖书，即以他为主题人物，我曾为《洛杉矶时代》写过这本书的评论)，甚至还包括前苏格拉底时期的^①哲学家，埃利亚的帕门尼德斯(Parmenides)(Wheeler 1990: 23)。惠勒教授这么做，让我非常高兴地理解为，我也有充分理由用诗意的语言讨论其他前苏格拉底人物了。在组织与活动督导委员会所说的“对探求事物的根本性质和完全理解的追求”方面，能与惠勒教授相比较的，除了亚里士多德(Aristotle)和牛顿(Sir Isaac Newton)这两个显而易见的候选人之外，无人能匹敌另一位前苏格拉底时期的科学家兼哲学家——以弗所的赫拉克利特(Heraclitus of Ephesus, 公元前540~公元前480年)(Marcovich 1982)。但这里我必须先澄清一下：他们之间其实也有明显的区别。首先，赫拉克利特优美，是抒情式的希腊风格，有时甚至“晦涩”，曾难倒了无数业余的希腊语专家(这点我是知道的，因为我最多也只能算一个业余的希腊语语言学家)。很显然赫拉克利特是有意这么写的(Cornford 1965)：就像耶稣所说的，“叫他们看是看见，却看不透；听是听见，却不领悟。”^②与此完全相反，惠勒教授的同事，学生和读者，

① 前苏格拉底时期是古典文化的黄金时代，是军事征服、社会进步、经济繁荣，出现了伟大的艺术作品和知识积累的时期。在哲学思想上，这个时期先后诞生了米利都学派，毕达哥拉斯学派，爱利亚哲学家赫拉克利特、巴门尼德，前5世纪的折中主义哲学家恩培多克勒、阿那克萨戈拉、原子论者德谟克利特，智者学派。他们主要研究自然问题，从智者学派到苏格拉底，道德问题成为中心；柏拉图和亚里士多德则建立了统一的体系，所以哲学史家文德尔班以宇宙论时期、人类学时期、体系化时期来概括从米利都学派到亚里士多德的哲学。——译者注

② (新约)《马可福音》第四章第12句：叫他们看是看见，却看不透；听是听见，却不领悟；恐怕他们回转过来，就得赦免。——译者注



甚至是根本不了解惠勒的研究领域的人，都一致认为，惠勒教授有着循循善诱的神奇能力，无论是口头讲解还是书面表达，不但能清晰地阐明复杂的题材，甚至连亚里士多德在他的《修辞学》中（I. ii. 3 1356^a）提到的，叫做“悲悯”（pathos）的神秘和强大的力量，也能表达清楚。亚里士多德告诉我们，如果缺少“听众的思维框架”意识，任何演讲者都不容易把事情讲清楚。

“曾经有一个人叫苏格拉底，无论怎样提醒世人这一点都不为过。”约翰·斯图尔特·弥尔（John Stuart Mill）在《论自由》（*On Liberty* 1859）中这样写道。我年纪越大，越深刻地认同这句话。无论是出自圣经，还是经典，几乎没有几句格言能与苏格拉底的警句相比。（无论“怎样提醒我们都不为过”。）苏格拉底在受审的时候，自己为自己辩护，就敢于大声宣称“没有受过审判的人生是没有意义的”（柏拉图《申辩篇》，Plato *Apology* 38A）——尽管我的一个朋友，曾任国家人文基金会（the National Endowment for the Humanities）主席和马萨诸塞大学（University of Massachusetts）荣誉校长约瑟夫·D·达菲博士（Dr Joseph D. Duffey），有一次大声对我说：“记住，受过审判的人生也不可能是安逸的！”苏格拉底的著名，产生了一个特殊的正面效应，那就是，他的光芒盖过了很多本来可以得到更多大众关注的人物，比如说诡辩家，使得这些人跟他比起来，就像是威尔第的《阿伊达》（*Verdi's Aida*）凯旋进行曲里面拿长矛的小卒。同样的道理也适用于自然科学家、数学家和哲学家，其中包括约翰·惠勒教授引用的帕门尼德斯和我这里要说的赫拉克利特，他们在希腊科学与哲学历史中，通常被称为“前苏格拉底的（哲学家）”。不过就很多方面而言，称其为“前亚里士多德的”似乎更合乎历史。因为，与其说是苏格拉底，不如说是亚里士多德，重新让人们关注物理与形而上学之间的联系，就像惠勒教授在我们的时代做的那样。柏拉图的《斐多篇》（*Phaedo*）中，有一篇带自传性质的珍贵文字片段（第96~100面），其中说到，苏

格拉底在年轻时代对科学很感兴趣，“非常渴望了解哲学中研究自然的那一部分，也就是被叫做物理的那一部分（peri physeōs historia）。”这一愿望促使他研读科学家兼哲学家阿那克萨哥拉（Anaxagoras）的著作。阿那克萨格拉还是伟大的伯利克利^①（Pericles）的挚友。苏格拉底在对宇宙论的“什么都急着想了解的心情下，尽可能快地学习着”。然而，正如后来他有点遗憾地说的那样，他“没能成功地领会物质实在（ta onta）”，并且为了研究精神而放弃了科学，这对精神研究来说固然是好事，但对物理研究来说就不那么好了。说到这，我们不得不感谢一下这里所引用的一本文献集，那就是赫尔曼·迪尔斯（Hermann Diels）早在差不多100年前出版的一本非常优秀的文献选集，书名“前苏格拉底哲学家残篇”（*die Fragmente der Vorsokratiker*）。这本文献集对研究亚里士多德也非常重要。经过多次修订之后，最近一次修订是在1956年由沃尔瑟·克朗之（Walther Kranz）完成的，分为内容非常丰富的三卷；这里引用的是希腊文原著。弗兰兹·约瑟夫·韦伯（Franz Josef Weber）曾试图做一个新版本（1976），但最后还是手下留情地保留了迪尔斯版本的编号，只是调整了一下这些残篇的顺序，不过可惜的是，还是有很多没有收录。100多年前，牛津大学出版社（Oxford University Press）出过一个很实用的版本，选了前苏格拉底哲学家和诡辩家的很多残篇，由罗宾·沃特菲尔德（Robin Waterfield）翻译成英语，编成一本《最初的哲学家》（*The First Philosophers*, Waterfield 2000）。

① 伯利克利（？—前429）：古雅典首领，推进了雅典民主制度，并下令建造巴特农神庙。——译者注



时间和原初: *archē-aiōn* ①

从阿尔伯特·爱因斯坦 (Albert Einstein) 一直到马丁·海德格尔^② (Martin Heidegger), 这个时代的哲学家们, 虽然在观点和研究方向上有很大的差别, 但是他们的“探索之痒”, 都是被赫拉克利特直接或间接地激发起来的。例如: 奥斯瓦德·斯本格勒 (Oswald Spengler) 因其先知先觉的《西方的没落》^③ (*Der Untergang des Abendlandes*, 出版于第一次世界大战刚结束时) 在 20 世纪前半叶非常出名, 包括在英语国家里。因为我研究过古代和中世纪预言性著作, 所以也稍微拜读了一下这本现代启示录。但我没想到的是, 他早在二十几岁的时候就写了一篇题为《赫拉克利特哲学体系的基本观点》(*Der metaphysische Grundgedanke der heraklitischen Philosophie*) (Spengler 1904) 的专题论文, 充分显示了他是一位值得关注的哲学思想家。虽然我觉得, 海德格尔对 20 世纪思想和基督教神学的影响, 在很多方面都是有害的 (Macquarrie 1955)。正是由于海德格尔非常仔细地研读过赫拉克利特, 特别是赫拉克利特的希腊文残篇——这一点, 在他多年来研究赫拉克利特 60 页“残篇和译文”的诸多著作中, 有明显的体现 (Maly and Emad 1986: 9-68)——所以他才不仅仅能够按照德国科学方法 (Wissenschaft) 的基本要求, 去研究哲学的这一特别问题, 或本体论的那一具体问题, 还能提出诸如这般的基本哲学问题: “哲学是什么?” (“Was ist das-die Philosophie?”) (Davis 1986)。这里我们

① 古希腊文, *Archē*, 原初, 太始; *aiōn*, 时间, 持续。——译者注

② 海德格尔, 德国哲学家, 存在主义的创始人和主要代表之一, 被誉为当代最有创见的思想家、最杰出的本体论学者、技术社会的批判者。——译者注

③ 斯氏以为历史是命运的、时间的、突变的, 与空间、自然、因果根本不相同, 但一切空间、自然、因果的思想, 却是由命运所产生的。这是他的根本思想, 借此建构《没落》的历史理论。——译者注

不打算讨论海德格尔在纳粹时期的政治立场，尤其是他 1933 年 5 月 27 日在弗赖堡大学（University of Freiburg im Breisgau）发表的《德国大学的自我宣言》（*The Self-Assertion of the German University*, Heidegger 1934）那篇臭名昭著的校长致词（Rektoratsrede），也不打算从他最近出版的写给年轻而多愁善感的汉娜·阿伦特（Hannah Arendt）的情书中分析他的性格，但无论如何我们都得承认，他的《存在与时间》（*Sein und Zeit*）一文，为我们如何理解和表达时间，设定了许多基本框架，并且更进一步，虽然大家没有意识到，还与其他具有复杂哲学思维的人，包括爱因斯坦（后来是惠勒教授）的读者们，如何思考时间指明了方向。这本《存在与时间》1927 年首次出版后，多次重版重印，1962 年被翻译成英文（Heidegger 1962）。我在维吉尼亚大学（University of Virginia）担任过关于圣·奥古斯丁的理查德讲习（Richard Lectures on St Augustine），当时讨论的主题是“连续性之谜”（the mystery of continuity），还在阿伯丁大学 1992/1993 年度的吉福德讲习中以“基督教和古典文化”（Christian and Classical Culture）为题，讨论过 4 世纪的希腊基督教思想家。这期间，我研究了古代晚期和基督教早期人们的时间观（Pelikan 1986, 1993），确实不可避免地受到了海德格尔时间概念的影响。正如帕维斯·埃马德（Parvis Emad）指出，海德格尔的思维方式，其实明显受到赫拉克利特和其他前苏格拉底哲学家的影响，从他“1936~1938 年撰写，去世后才于 1989 年出版”的《对哲学之贡献》（*Beiträge zur Philosophie*）一文就能看出这一点，并且这些哲学家还将他“从原教旨本体论转变为存在的非历史纪录的历史性（nonhistoriographical historicity of being）”（Emad 1997: 56-57）。

所以，惠勒教授（1994）认为“要彻底阐明存在的意义，最令人沮丧的障碍莫过于‘时间’。想要解释什么是时间？必须先弄清楚存在。想要理解存在？好，先解释什么是时间”。他将这个问题