第二推动丛书
物理系列
[珍藏本] 04



DREAMS OF A FINAL THEORY

终极理论之梦

[美]S·温伯格/著

Steven Weinberg

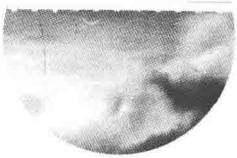
1954年毕业于康奈尔大学。1979年因弱电统一理论与格拉肖和萨拉姆分享当年诺贝尔物理学奖。他是美国科学院院士、文学和科学院院士，英国皇家学会外籍会员，国际天文学会会员，美国哲学和科学史学会会员，美国中世纪学会会员。曾任美国军备控制和裁军机构顾问、美国防御分析研究所顾问，美国科学奖章总统委员会委员。他的《广义相对论与引力论》、《最初三分钟》、《亚原子粒子的发现》等书曾风行世界。

泳/译

第二推动

CS 湖南科学技术出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com



Dreams of a Final Theory

终极理论之梦

[美]S·温伯格/著　李　泳/译

第一推动
CS 湖南科学技术出版社

喝 彩

温伯格在以他那令人惊奇的洞察自然奥秘的思想能力挑战读者，提出了许多令人目眩的已经成为现实的预言。他在思索一个理论因为什么而美，为什么美的理论似乎总是对的。他透彻地解释了为什么基本定律的追寻走进了泥潭。

Chet Raymo，洛杉矶时报

世界最重要的理论物理学家之一的温伯格表现着知识分子的近乎逼人的坦率。他在这本新书里抓住了许多基本粒子物理学周围的艰难而矛盾的问题，以鲜明有力的语言提出了他个人的一些结论。

Hans Christian von Baeyer，波士顿环球报

本书的故事、背景以及作者关于他个人的理论和结论的叙述，都很好地交织在一起，一般的读者也能通过这样的组织理解它、欣赏它。

科学新闻

这是一本精彩的书，一本煽动性的书。在近来由诺贝尔桂冠物理学家写的许多书中，它是最好的一本。

波士顿环球报



学过10年级的化学后，我对任何科学都没有研究。温伯格书的一大好处是能沟通我这样的科学文盲。它能做到这一点，靠的是对主题的信念统摄在一起的热情、耐心和明晰。正如我们看到的，对温伯格来说……客观的美是他奉献的核心。

Mindy Aloof，大西洋月刊

《终极理论之梦》是一本好书，一本真诚的书。

Phillip Johnson，华尔街杂志

他没有简单地写实验家们如何为了证明或否定一个个理论而工作，而是向我们展开了一幅多姿多彩的科学家的实际工作图景。

Jon Van，芝加哥论坛报

物理世界注定会满怀热情地期待它的大名鼎鼎的公民温伯格的新书，《终极理论之梦》没有让大家失望……我读过一遍后又急切地想再读，读过第二遍我才深深感觉到它的微妙和真诚……对于爱思考的物理学家、哲学家，甚至爱思考的普通大众来说，它都值得一读再读。

Frank Wilczek，今日物理学

让你不得不跟着他去追寻“大自然的终极理论”。

Sharon Begley，新闻周刊

他满怀着信心，写得清澈明了，读者会感觉不可抗拒地被一个大物理学家的双手俘获了。

Michael White，星期天时报(伦敦)

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。

需要全本请访问 www.ertongbook.com



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，无数仁人智士意识到，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做了艰苦卓绝的奋斗。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，为中国的进步做一点推动。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

前　言

本书讲的，是一场伟大的理性的历险，去找寻大自然的终极理论。终极理论的梦想激发了今天许多高能物理学的研究，虽然还不知道那终极理论会是什么样子，也不知道还要过多少年才能找到它，但我们相信已经开始模糊地看到了它的轮廓。

终极理论的想法本身也是一个问题，目前还在激烈争论着，甚至还争到了国会会堂。高能物理学越来越费钱了，它需要公众的支持，部分原因是它担负着揭开终极理论的历史使命。

终极理论的追寻不过是我们时代的思想历程的一部分，一开始，我就要在这样的观点下，向不懂物理或没有更高数学知识的读者展开我们的问题。这本书讲的确实是今天物理学前沿基础的关键思想，但它不是物理学教科书，读者不会看到单独的章节专门讲什么粒子、力、对称性或者弦。那些现代物理学概念我都编织在一起了，来讨论终极理论是什么意思，我们将如何发现它。在这里，我凭的是一个外行读者的经验——例如，我读历史的经验。历史学家总喜欢先讲一个故事，然后一章一章地讲人口、经济、技术等背景。而另一方面，人们感到乐趣的那些历史学家，

从塔西佗（Tacitus）和吉本（Gibbon）[①]到艾略特（J. H. Elliott）和莫里森（Morison），总把故事与背景编在一起，而且随时找机会把他们想告诉读者的结论写出来。我写这本书时就在努力向他们学习，而不求规整统一。有些历史和科学的材料，不论学历史的还是学科学的读者可能已经很熟悉了，不过我还是会把它们写进来，如果觉得需要，我还会反复地讲。费米（Enrico Fermi）曾说过，永远不要忽略我们从熟悉的事物得来的乐趣。

本书大体分3个部分和1个尾声：第一至第三章提出关于终极理论的思想；第四至第八章讲我们如何能够向着那个理论前进；第九至第十一章猜想终极理论的形式，看它的发现会对人类产生什么影响；最后，在第十二章，我要讲超导超级对撞机的正反两方面的意见，那是高能物理学家渴望的一种昂贵的新机器，但未来的资金还没有落实。

读者可以看到，书后的一系列注释对正文的一些思想作了更完整的讨论。有时，在正文里不得不过分简化某些科学概念，我在后面的注释中作了更准确的说明。注释也包括一些正文里引用过的参考文献。

我要感谢Louise Weinberg，他劝我重写原稿，而且指导我应该怎么做。

感谢Pantheon图书公司的Dan Frank，谢谢他热情的鼓励、精心的指导和编辑；感谢Hutchinson Radius的Neil Belton和我的代理人Morton Janklow，他们提出过很重要的建议。

我还要感谢对不同题目提出过批评和建议的人们，有哲学家

① 塔西佗（55～120?）是大历史学家，他的《编年史》、《历史》等著作，是大名鼎鼎的；在英国，吉本（1737～1794）在史家中的地位就像文学的莎士比亚，除开历史意义不说，在任何英语文学选本里也几乎都能看到他的《罗马帝国衰亡史》的片段。他们的书都有中译本（商务印书馆汉译世界学术名著丛书）。——译者

Paul Feyerabend, George Gale, Sandra Harding, Myles Jackson, Robert Nozick, Hilary Putnam 和 Michael Redhead；历史学家 Stephen Brush, Peter Green 和 Robert Hankinson；法学家 Philip Bobbitt, Louise Weinberg 和 Mark Yudof；物理学史学家 Gerald Holton, Abraham Pais 和 S. Samuel Schweber；物理学家和神学家 John Polkinghorne；精神病学家 Leon Eisenberg 和 Elizabeth Weinberg；生物学家 Sydney Brenner, Francis Crick, Lawrence Gilbert, Stephen J. Gould 和 Ernst Mayr；物理学家 Yakir Aharonov, Sidney Coleman, Bryce De Witt, Manfred Fink, Michael Fisher, David Gross, Bengt Nagel, Stephen Orzsag, Brain Pippard, Joseph Polchinski, Roy Schwitters 和 Leonard Susskind；化学家 Roald Hoffmann；天体物理学家 William Press, Paul Shapiro 和 Ethan Vishniac；还有作家 James Gleick 和 Lars Gustafsson。他们帮我避免了好些错误。

S·温伯格
得克萨斯，奥斯汀
1992 年 8 月

目 录

前 言 …… 1
第 1 章 序幕 …… 1
第 2 章 一支粉笔 …… 16
第 3 章 为还原论欢呼 …… 43
第 4 章 量子力学和它的遗憾 …… 54
第 5 章 理论和实验的故事 …… 73
第 6 章 美妙的理论 …… 106
第 7 章 反对哲学 …… 132
第 8 章 20 世纪的布鲁斯 …… 154
第 9 章 弦上的终极理论 …… 169
第 10 章 直面终极 …… 184
第 11 章 上帝又如何 …… 193
第 12 章 落户埃利斯 …… 212

新版后记 超级对撞机：一年后 …… 222
注 释 …… 227
名词索引 …… 250
人名索引 …… 263
译后记 …… 271
重印后记 …… 274
温伯格自述小传 …… 275

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第1章 序 幕

如果说我曾见过什么美丽，
是我渴望也拥有过的，
那只是梦中的你。

J·多恩，早安[①]

在即将过去的一个世纪里，我们从物理学看到了科学知识的 3
前沿在令人眼花缭乱地延伸。爱因斯坦的狭义和广义相对论永远改变了我们对空间、时间和引力的认识。量子力学则更彻底地与过去决裂，连我们用以描述自然的语言也改变了：我们学会了说波函数和几率，取代了具有确定位置和速度的粒子。相对论与量子力学的结合，产生了新的世界观，在这种观点下，物质失去了中心的地位，取代它的是对称性原理，有些原理还藏在今天的宇宙背后。在这样的基础上，我们建立了成功的电磁学理论和基本 4

① J. Donne（1572～1631）在20世纪20年代成为英美现代主义（“玄学派诗”）的先驱，艾略特（T. S. Eliot）欣赏他的诗能将思想与感觉融为一体。有的诗意象新奇，反映了17世纪自然科学对文学的影响。《早安》（*The Good-Morrow*）是他有名的一首情诗。——译者

粒子的强弱相互作用理论。我们常常感觉像西格弗里[1]那样，在饮了龙血后，惊奇地发现自己能听懂鸟儿的鸣叫。

但是我们现在却被困住了。在20世纪70年代中叶以来的这些年里，基本粒子物理学经历了历史上最大的挫折。我们在为成功付出代价：理论远远走在了前头，未来进步所需要研究的物理过程，其能量超过了现有实验条件的极限。

为了走出困境，物理学家从1982年开始制定了一个空前巨大和昂贵的科学计划，那就是超导超级对撞机（SSC）。计划最终需要在达拉斯南部的某个地方挖掘一条53英里(1英里约为1.609千米)长的椭圆形隧道，数千个磁体将在隧道里引导两束带电粒子（如质子）流，在相反方向上沿隧道奔流数百万周，质子将被加速到很高的能量，比现有粒子加速器能达到的最高能量还高20倍。在环流的若干位置，粒子流中的质子将发生每秒钟几亿次的碰撞，无数的探测器（有的重达数万吨）会记录下碰撞中发生的事情。计划的预算大约是80亿美元。

超级对撞机遭到了强烈反对，节俭的国会议员反对，宁愿把钱花在自己领域的一些科学家也反对。这样的所谓“大科学”总会招来抱怨，而那些抱怨今天在超级对撞机上得到发泄了。同时，欧洲的团体，如CERN（欧洲核子研究中心），也在考虑建造类似的机器：巨型重子对撞机（LHC）。LHC比超级对撞机省钱，因为它将利用日内瓦附近侏罗山的现有地下隧道。不过，也因为省钱，它的能量还不到超级对撞机的一半。欧洲人也在争论是否该造LHC，在很多方面都像美国人争论SSC。

1992年本书出版的时候，超级对撞机的资助仍旧悬而未决。

---

① 西格弗里（Siegfried）是德国中世纪的英雄，恩格斯说他是“德国青年的代表”。关于他的传说很多。史诗《尼贝龙根之歌》（*Nibelungenlied*）第一部讲的就是他。关于龙血的故事，诗中只提到“这位英雄曾亲手屠戮过一头毒龙；他的皮肤因为浴过龙血，变得像坚甲一样。”（钱春绮译）——译者

众议院在6月投票否决了它，而参议院在8月又同意了。超级对撞机的未来还依赖于外来的巨大支持，但现在还没有。问题还很多，超级对撞机的经费即使在今年被国会批准了，在明年也可能被取消。而且，只要计划没完成，年年都可能这样。也许，在20世纪的最后几年，物理科学基础的追寻将暂时告一段落，多年以后大概才会重新开始。

本书不是谈超级对撞机的书，但围绕这个计划的争论，我不得不在公开的讲话或在国会的听政会上，力图向大家解释我们的基本粒子研究想要实现的东西。可能有人认为，像我这样做了30年研究的物理学家不会有什么困难，但事情没那么简单。

对我来说，做这种事情总是快乐的，应该做的。不论在工作台前还是咖啡桌旁，我都演练着数学公式，就像浮士德在梅菲斯特进来时玩弄着五角星。[①] 常常在不经意间，数学抽象、实验数据和物理直觉会在某个关于粒子、力和对称性的理论中走到一起。而常常在后来的某个时候，理论将被证明是正确的；有时实验会表明自然确实在像理论说的那样运行着。

但这不是全部。对同基本粒子打交道的物理学家来说，还有另外的动力，即使我们自己也很难说得清楚。 6

我们今天的理论只有有限的意义，是暂时的、不完备的。但是，我们总会隐约看到在它们背后的一个终极理论的影子，那个理论将有无限的意义，它的完备与和谐将完全令人满意。我们寻求自然的普遍真理，找到一个理论的时候，我们会试着从更深层的理论推出它，从而证明它、解释它。想象科学原理的空间充满

① 歌德《浮士德》（*Faust*）第一部写梅菲斯特（Mephistopheles）第一次来浮士德书斋的情景：梅走的时候承认，“我要走出门，有个小小障碍挡住了我”——那障碍就是门槛上的五角星。一般认为，五角星代表耶稣的5处伤，或耶稣名字的5个字母（Jesus），是他的象征，有驱邪的作用。也有人认为五角星是三位一体的三重象征，因为它可以分解为3个三角形。——译者

着箭头，每个箭头都从一个原理出发，指向被解释的原理。这些解释的箭头表现出令人瞩目的图样：它们不是独立的科学所表现的单独分离的团块，也不是在空间随意指向——它们都关联着，逆着箭头的方向望去，它们似乎都源于一个共同的起点，那个能追溯所有解释的起点，就是我所谓的终极理论。

当然我们现在还没有终极理论，而且也不大可能很快找到它。但我们总把握着一些线索，说明它并不太遥远。有时，物理学家在一起讨论，发现优美的数学思想实际联系着真实世界，我们会感觉到，在那写满数学公式的黑板背后藏着某个更深层的真理，一个让我们的思想显得那么美妙的终极理论。

说起终极理论，脑海里会涌出千百个问题和条件。一个科学原理“解释”另一个科学原理是什么意思？我们如何知道所有的解释都有一个共同的起点？我们能发现那个起点吗？现在离它多远？终极理论会像什么样子？我们现在的物理理论会有哪些能保留在那个终极理论中？它如何认识我们的生活和意识？如果有了终极理论，它对科学和人类精神会产生什么影响？这一章只把问题提出来，留待以后的章节慢慢回答。

终极理论的梦想并不是从20世纪才开始的，在西方，它可以追溯到古希腊的米利都，门德河从那儿流入爱琴海；在苏格拉底诞生前的100多年，那里曾活跃着一个极享盛誉的学派。关于那个苏格拉底以前的学派的思想，我们知道的不是太多，但从后来的一些材料和仅存的原始的零星片段来看，那时的米利都人已经在寻找用基本的物质组成要素来解释所有的自然现象了。他们的第一个人物泰勒斯(Thales)认为，那基本的物质是水；而在这个学派的最后一个人物阿那克西米尼(Anaximenes)看来，那是空气。[①]

① 想更多了解古希腊哲学和科学的读者，请参考有关哲学史著作。例如，罗素《西方哲学史》（上卷）、黑格尔《哲学史讲演录》（第一、第二卷）、丹皮尔(W. C. Dampier)《科学史》（第1章）等。——译者

今天看来，泰勒斯和阿那克西米尼的观点显得很奇怪。我们更欣赏100多年后在色雷斯海滨阿布德拉兴起的另一个学派。在那里，德谟克里特（Democritus）和留基波（Leucippus）告诉我们，所有物质都由他们称做原子的永恒的小粒子组成（原子论的根在印度的形而上学，比德谟克里特和留基波还早）。这些早期原子论者的成熟令人惊奇，不过在我看来，不论米利都人“错了”，还是原子论者在某种意义上“对了”，都无关紧要。这些前苏格拉底哲学，不论米利都的还是阿布德拉的，没有一点东西像我们今天对一个成功的科学解释的理解：对现象必须有定量的认识。就算我们听从泰勒斯或德谟克里特讲的，石头由水或原子组成，我们还是不知道如何计算它的密度、硬度和导电率，这对我们认识自然来说，进步了多少呢？当然，如果没有定量预言的能力，我们也不可能说泰勒斯和德谟克里特谁对谁错。

在得克萨斯和哈佛时，我曾给文科学生讲过物理，我觉得最 8
重要（当然也最困难）的是让学生们学会计算不同物理系统在不同条件下发生的事情。我让他们计算阴极射线的偏转和油滴的下落，不是说任何人都需要计算这类事情，而是因为他们能在计算的过程中体会物理学原理的真实意义。我们关于那些决定事物运动的原理的知识，是物理科学的核心，也是人类文明的珍宝。

从这点说，亚里士多德的“物理学”并不比更早也更质朴的泰勒斯和德谟克里特的思想好多少。在《物理学》和《论天》（*On the Heavens*）里，亚里士多德把抛射体的运动描述为部分自然的和部分非自然的。[1]自然的运动，跟所有重物一样，是向下的，趋向万物的中心；非自然的运动则是空气传递的，而空气的运动可以追溯到使抛射体运动的物体。然而，抛射体在路径上运动多快，在落地时运动了多远，亚里士多德一点儿也没说。他没说计算或测量太难，也没说对运动定律的知识还不够多，不能得到抛射体运动的细节。实际上，他没有提出什么答案（对的或

错的），因为他不知道那是该问的问题。

为什么该问那些问题呢？读者也许跟亚里士多德一样，不太关心物体下落多快——我自己也不太关心，重要的是我们今天已经知道了那原理——牛顿的运动和引力定律以及空气动力学的方程，它们精确决定着物体任何时刻在飞行中的位置。这并不是说
9 我们确实能够精确计算抛射体的运动。从不规则石头或箭矢羽毛绕过的气流是很复杂的，我们的计算只能是近似的，特别当气流成为湍流的时候。另外还有如何确定初始条件的问题。不管怎么说，我们可以用已知的物理原理解决简单一些的问题，如行星在没有空气的空间运动，稳恒的气流绕过球体或平板。这些问题的解决使我们相信，我们确实把握了决定抛射体运动的原理。同样，我们不能计算生命演化的历程，但我们现在很清楚是什么原理在发生作用。

这是很重要的一点，在关于自然终极理论的意义或终极理论是否存在的争论中，它往往混乱不清。我们说一个真理解释另一个，如决定电场中的电子的物理学原理（量子力学法则）解释化学定律，并不是说我们一定能导出我们认为解释了的那些真理。有时问题很简单，如氢分子的化学，我们确实能推导出来；但有时问题对我们来说则是太复杂了。在这种意义上谈科学解释，我们的头脑中并没有科学家确实导出的东西，而是认为那是自然一定存在的东西。例如，在19世纪，即使物理学家和天文学家还不知道如何在精确计算中考虑行星的相互吸引力，他们也理直气壮地相信行星那样运动完全是因为牛顿运动和引力定律，或者别的什么更精确的定律（牛顿定律不过是它的近似）在发生作用。今天，尽管我们还不能预言化学家可能观测到的一切事情，但我们相信，原子之所以在化学反应中表现出那样的行为，是因为决
10 定原子内电子和电力的物理定律没有为原子的其他活动方式留下自由的空间。

需要全本请访问 www.ertongbook.com