

物理系列

Quantum
Generations

量子世代

[丹] 赫尔奇·克劳 / 著 洪定国 / 译



第一推动

湖南科学技术出版社

物理系列

Quantum
Generations

量子世代

[丹] 赫尔奇·克劳 / 著

洪定国 / 译



第一推动

湖南科学技术出版社

Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century

Copyright 1999 by Princeton University Press

All rights reserved.

湖南科学技术出版社通过博达著作权代理有限公司获得本书中文简体版

中国大陆地区出版发行权

著作权合同登记号: 18-2007-232

图书在版编目(CIP)数据

量子世代 / (丹) 郝尔奇·克劳(Kragh, H.) 著; 洪定国译.

长沙: 湖南科学技术出版社, 2009. 3

(第一推动丛书. 物理系列)

ISBN 978-7-5357-5628-2

I. 量… II. ①克…②洪… III. 物理学史—普及读物

IV. 04-09

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第026510号

第一推动丛书 物理系列

量子世代

著者: [丹] 郝尔奇·克劳

译者: 洪定国

责任编辑: 吴炜 戴涛

出版发行: 湖南科学技术出版社

社址: 长沙市湘雅路276号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-4375808

印刷: 长沙化勘印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂址: 长沙市青园路6号

邮编: 410004

出版日期: 2009年4月第1版第1次

开本: 880mm×1230mm 1/32

印张: 18.25

字数: 439000

书号: ISBN 978-7-5357-5628-2

定价: 39.50元

(版权所有·翻印必究)

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

本书是因为普林斯顿大学出版社的建议，而于 1996 和 1998 年间撰写的。原先，当我接受撰写一本关于物理学 20 世纪发展的著作的邀约时，我觉得那会是一件相对容易的事。然而不久，我就理智地认识到，要撰写一本全面而合理地综合论述 20 世纪的物理学，简直是不可能的。取代的做法是这样的：20 世纪是最重要的物理学世纪，对我所认为的在这个世纪内物理学的思想和实验最重要的一些发展，作一个相当扼要、极度浓缩和有选择的介绍。

本书分三个大的按时序编撰的部分。第一部分涵盖从 19 世纪 90 年代到 1918 年第一次世界大战末的发展。第二部分跨度为 1918 ~ 1945 年，集中介绍两次世界大战之间的各种发展。第三部分则收集了 20 世纪的其余发展。时期的选择是毋庸置疑的，决定从 19 世纪末而不从 1900 年开始也是毋庸置疑的。“现代物理学”始于 19 世纪 90 年代一系列伟大的发现，而非始于 1900 年普朗克引入量子的非连续性，这一见地是世人的共识。

我努力就物理学的一些重大进展的历史和现状给出说明，因而包容了一些通常会把它们视为“还不是历史的”、十分现代的



发展。有些新近的发展是以历史的眼光来讲的，因为这些实际的问题，并非植根于当代科学，它们是超越历史分析的。本书摒弃试图包罗万象的任何野心，书的篇幅也不允许包罗万象，因此，本书是不论及完全性的。无论如何，一部关于 20 世纪物理学的“完全的”历史，也许正如从实际的观点来看不可能写出来一样，是要打零分的。像大多数历史著作一样，本书在范围和内容上是选择的和有限的。选择的视界无疑会有可置疑之处。我所选用的材料有许多根据，其中之一是历史著作和历史分析的有效性。本书的目标是对于物理学在一百年内那些已被消化、有信息量和颇具代表性的发展给出一个说明。无疑，有许多有趣的论题和次级学科未被收录，部分原因是受篇幅所限，部分原因是缺乏次级文献。原先我想纳入但到头来非得删去不可的论题有：光学、材料科学、化学物理学、几何光学、医学物理学、第三世界国家中的物理学，还有 1950 年以后涉及量子力学解释的讨论。尽管选择准则多少有点武断，但我仍然认为已收录的材料并不严重背离代表现代物理学发展的总趋势。

结合平衡是一个困难的问题，它不仅涉及次级学科和维度，而且涉及国度。物理学是、而且一直总是国际性的，当然，有些国家对科学进展的贡献比别的一些国家更引人注目。我的叙述实质上是一部欧洲与北美的物理学史，本书也提及日本的一些贡献。它反映了对于物理学的重要贡献，在国度和地域分布上是不平衡的。不论人们喜欢与否，在现代物理学的发展中，大多数国度几乎没有发挥丝毫作用。战后时期一个重要的趋势是，美国物理学在科学中一直占据领军地位，取代了战前的欧洲。由于这种主导作用以及美国学者在科学史中的强大地位，现代美国物理学的历史知识，要比欧洲和其他地区（包括前苏联），丰富得多。也许，由于美国物理学著作的相对优势，使我的叙述过多地集中于美国方面，但情况如此，我也是不得已而为之。

总的来说，不论就论题和学科还是就物理学的维度而言，20 世纪涵盖了物理学的一个广大领域。我们总应该记住：物理学（或物理科学）是一个丰富而多面的领域，具有远远超出相关于基本物理学的纯科学侧面的诸多蕴涵。我一直想写一本在各科学领域涉猎广泛，但又不致广泛到丧失对于物理学世界的焦聚的书。这本书并非致力于物理学的科学或智力侧面，也非集中于社会与机构的历史。它试图把诸多应用学科整合起来，或至少，以一种合理的方式包容它们。对于应用物理学或工程物理学，我比通常所做的赋予了更多的注意，如果忽略物理学-技术层面而仅集中于所谓的基础物理学，肯定会对于物理学在 20 世纪的发展给出一幅畸变的图像。事实上许多世界级的物理学家统率着其科学的应用侧面，在 20 世纪的大部分时期一直如此，而且，物理学成为社会变化一支主要力量，也主要是通过各种技术的应用。

本书所针对的读者层主要不是物理学家或科学史方面的专家。我的希望是：它有更大的读者群，它可作为交叉学科课程或物理学史的导论课程的一种教科书。除个别例外，我避免使用数学方程。虽然预先假设读者有某种物理学知识，但本书主要是以初级水平撰写的。我决定不用常被视为学术著作标志的注释，为的是使本书更容易接近读者，而不去迎合更具学术性著作的（有时相当人为的）注释系统。在大多数情况下，我不参考原始文献，而参考后来的二级文献，那常常是我偶尔拾取引文的地方。在一部科普性的著作中，充斥大量《物理学纪事》[德]（*Annalen der Physik*）或《哲学杂志》[英]（*Philosophical Magazine*）中的旧论文，是要贻笑大方的；那些可能想要挖掘原始文献的读者可通过我所引用的文献去查找。本书在很大程度上是基于二级文献，特别是基于许多物理科学的史学家们所撰写的好著作与好论文。我也自由而广泛地引用了本人研究现代物理学、化学、技术学和宇宙学的历史的一些早先著作。



相对于最后三分之一或四分之一世纪来说，有些问题是很不同的。一方面有大量由史学家或参与者撰写的研究物理学较早发展的二级文献，但对于 1960 年以后物理学的历史分析却寥寥无几（高能物理学是个例外）。在这个时序部分，我不得不把我的解说放在偶然存档的资料、物理学家们多少有历史信息量的对往事的追忆以及我在科学论文与评论中所发现的不太系统的论述中。《今日物理》（*Physics Today*）一直是个有用的资源；第三部分中取自这个期刊的文献记为 PT。想更深入了解本书所覆盖的各个主题的读者，可参阅本书列出的附录，那里有供“进一步阅读”的大量文献。

本书的实际标题原来是“经由传统的革命”。我想以此指出现存理论与革命变化之间的辩证关系，这关系一直是 20 世纪物理学的特征。在理论的经典传统中，的确一直存在许多革命，但这些革命并未全盘抛弃经典传统；相反，它们跟牛顿、麦克斯韦、亥姆霍茨物理学的实质部分一直有着坚实的联系。相对论和量子力学是 20 世纪物理学思想中两个主要的革命，无疑，它们是细心地构建起来的，以便在经典极限下对应于现存理论。

在量子力学完成后所发生的一切理论变化中，对于传统的尊重，同样一直是一个特征性主题。就这些变化所冠以“革命”一词而言，它们是一些保守的革命。这些变化在方法论水平上的重要性，远远不及认知水平上的重要性。确实存在一些变化，但不属于根本性的。19 世纪 90 年代科学所认可的方法，基本上跟 18 世纪 90 年代所认可的方法一样。如果我们要寻找这世纪最后四分之三时期内真正根本的变化，那么，不应该到方法、概念结构或物理学的认知方面去寻找，而应该到这世界的基本结构、物理学的本体论中去寻找；或者，我们应该看到社会的、经济的、政治的维度。用人力、组织、金钱和政治的（与军事）价值的眼光看，1945 年以后的年代里，物理学经历了显著的移位。社会政治

的变化使 1960 年的物理学成为一门跟一百年前很不同的科学，但在方法论和认知的标准上，它们并未引起一个相应的变化。无论如何，这里不是以任何篇幅讨论这些广泛议题的地方。在接下来的部分，我不加分析地描述了从 1895 ~ 1995 年间物理学发展的主要部分。喜欢大画面（比方说，去评价在一个世纪的过程中的诸多革命性变化并做出比较）的读者，使用这里所提供的材料和信息会很方便。

我要对我的同事 Ole Knudsen 表达我的谢意，他阅读了我的手稿并提出了一些改进意见。

赫尔奇·克劳

于丹麦阿哈斯

目 录

> 第一部分 从坚实到革命

>	第一章 19 世纪末的物理学：流动中的世界 图像	3
>	第二章 物理学的世界	15
	人才与资源	15
	物理期刊	23
	一个日本人眼中的欧洲物理学	27
>	第三章 气体放电及后续事态	32
	一种新的射线	34
	从贝克勒尔射线到放射性	36
	形形色色的假射线	40
	汤姆孙以前的电子	45
	第一个基本粒子	47
>	第四章 原子的建构学	52
	汤姆孙原子	52



	其他的早期原子模型	57
	卢瑟福的有核原子	60
	原子结构的量子理论	63
>	第五章 量子理论的缓慢崛起	68
	黑体辐射	68
	早期关于量子假设的讨论	74
	爱因斯坦与光子	77
	比热容与 1913 年量子理论的地位	80
>	第六章 低温物理学	86
	向零的赛跑	86
	凯末林·昂尼斯和莱顿实验室	89
	超导性	93
>	第七章 爱因斯坦相对论及其他	101
	洛伦兹变换	101
	爱因斯坦相对论	105
	从狭义到广义相对论	109
	接受	114
>	第八章 一场失败的革命	122
	电磁质量的概念	122
	作为一种世界观的电子理论	126
	质量变化实验	130
	一个世界观的沉沦	133
	统一场论	136
>	第九章 工业与战争中的物理学	140
	工业物理学	140
	电子在运作之一：长途电话	144
	电子在运作之二：真空管	148

化学家之战中的物理学	152
> 第二部分 从革命到坚实	
> 第十章 德国共和中的科学与政治	161
科学政策与经济支持	161
国际关系	166
物理学共同体	172
时代精神与物理世界观	175
> 第十一章 量子跃迁	179
量子反常	179
海森伯的量子力学	186
薛定谔方程	190
传播与接受	194
> 第十二章 核物理学的崛起	201
电子-质子模型	201
量子力学与原子核	205
天体物理学的应用	210
1932 年, 奇迹迭出的一年	213
> 第十三章 从二粒子到多粒子	219
反粒子	219
来自宇宙射线的惊奇	223
量子理论中的危机	228
汤川的重量子	232
> 第十四章 量子力学的哲学蕴涵	237
不确定性 with 互补性	237
反对哥本哈根解释	243
量子力学是完全的吗	248



FIRST MOVER

第一推动

> 第十五章 爱丁顿的梦与其他异论	251
爱丁顿的基本主义	252
宇宙数字命理学与其他猜测	255
米尔恩与宇宙物理学	257
现代亚里士多德人	261
> 第十六章 物理学与新专制	264
在卐字饰的阴影下	264
北欧日耳曼人物理学	271
墨索里尼时期的意大利物理学	274
物理学, 辩证唯物主义	276
> 第十七章 人才流出与人才流入	281
30 年代的美国物理学	281
智力移民	286
> 第十八章 从铀的迷惑到广岛	294
通向裂变的道路	294
比月光更亮	298
走向原子弹	304
两个城市的毁灭	308
> 第三部分 进展与问题	
> 第十九章 核主题	317
原子核物理学	317
现代炼金术	321
核能的希望与危机	324
受控聚变能	329
> 第二十章 军事化与大趋势	335
物理学——一个军事分支	335

大机器	343
欧洲一项大的科学冒险	351
> 第二十一章 发现各种粒子	355
主要的介子	355
弱相互作用	361
夸克	366
粒子物理学的成长	370
> 第二十二章 各种基本理论	379
QED	379
场论的沉与浮	384
规范场与电弱统一	388
量子色动力学	393
> 第二十三章 宇宙学与相对论的复兴	398
趋向大爆炸宇宙	398
稳态的挑战	404
1960 年以后的宇宙学	407
广义相对论的复兴	412
> 第二十四章 固体物理学初步	418
1940 年以前的固体	418
半导体与固体物理学共同体的崛起	423
超导性的突破	429
> 第二十五章 工程物理学与量子电子学	436
从晶体管开始	436
微波, 激光和量子光学	441
光纤	447



>	第二十六章 科学受到攻击——物理学处在	
	危机中	450
	危机的信号	450
	反科学的叛逆	459
	物理学的终结	462
>	第二十七章 统一与猜测	468
	关于统一的问题	468
	大统一理论	471
	超弦理论	475
	量子宇宙学	480
>	第四部分 回顾	
>	第二十八章 诺贝尔物理学	487
>	第二十九章 百年物理学回顾	504
	成长与进步	504
	物理学与其他科学	509
	保守的革命	513
>	附录	518
>	进一步阅读	518
	文献目录	527
	人名索引	550