



科学咖啡馆系列

没有时间的世界

爱因斯坦与哥德尔被遗忘的财富

A World Without Time

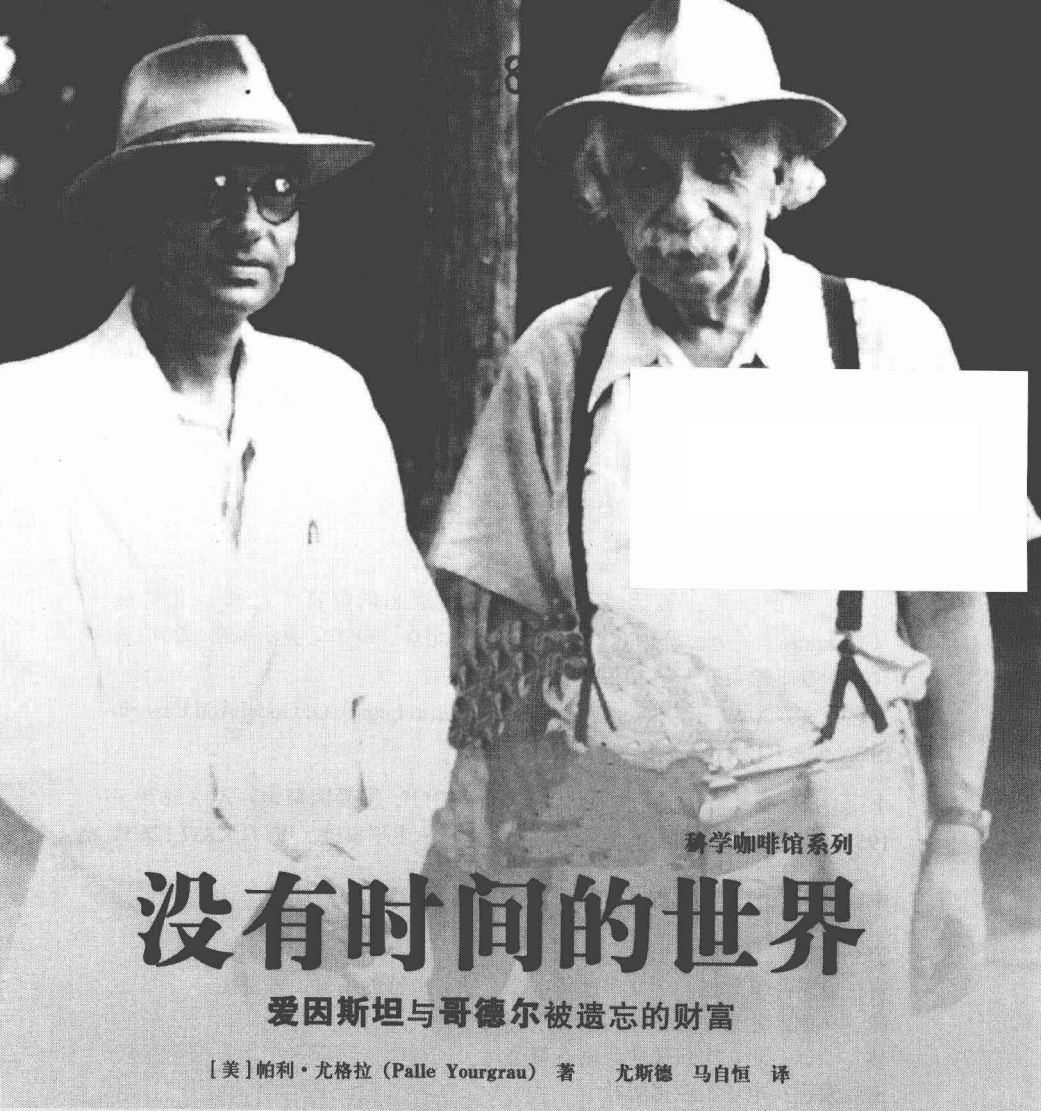
The Forgotten Legacy of

Gödel and Einstein

[美] 帕利·尤格拉 (Palle Yourgrau) 著 尤斯德 马自恒 译



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



科学咖啡馆系列

没有时间的世界

爱因斯坦与哥德尔被遗忘的财富

[美] 帕利·尤格拉 (Palle Yourgrau) 著 尤斯德 马自恒 译

A World Without Time

The Forgotten Legacy of

Gödel and Einstein

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry

A WORLD WITHOUT TIME by Palle Yourgrau

Copyright © 2005 by Palle Yourgrau

Simplified Chinese translation copyright © 2012

by Publishing House of Electronics Industry

Published by arrangement with Basic Books, a Member of Perseus Books Group
through Bardon-Chinese Media Agency

博达著作权代理有限公司

ALL RIGHTS RESERVED

版权贸易合同登记号 图字：01-2012-4987

图书在版编目 (CIP) 数据

没有时间的世界：爱因斯坦与哥德尔被遗忘的财富 / (美) 尤格拉
(Yourgrau, P.) 著；尤斯德，马自恒译. —北京：电子工业出版社，2013.3
(科学咖啡馆系列)

书名原文: A World Without Time: The Forgotten Legacy Of Godel And Einstein
ISBN 978-7-121-18958-6

I. ①没… II. ①尤… ②尤… ③马… III. ①爱因斯坦, A. (1879~
1955) —生平事迹②哥德尔, K. (1906~1978) —生平事迹 IV. ①K837.126.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 274939 号

策划编辑：李 欣

责任编辑：李 影 文字编辑：李 欣 特约编辑：韩奇桅

印 刷：北京中新伟业印刷有限公司

装 订：北京中新伟业印刷有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：800×1230 1/32 印张：7.5 字数：143 千字

印 次：2013 年 3 月第 1 次印刷

定 价：36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

推荐序

一位超越现世的天才

理论物理学家 李森

很少有人不知道哥德尔——至少在科学界，却很少有人懂得哥德尔，因为他最著名的不完备定理非常艰深。华人逻辑学家王浩是哥德尔的朋友，也是最理解哥德尔的哲学观点的人。有人认为，王浩才是真正的哲学家，而金岳霖却不是，因为后者看不懂哥德尔定理的证明。

在 20 世纪，爱因斯坦是当之无愧的科学界第一骑士，而哥德尔则是居住在普林斯顿的爱因斯坦最好的朋友。爱因斯坦说，他之所以每天会去办公室，是因为路上可以和哥德尔聊天。

这是两种完全不同的天才。爱因斯坦建立体系，典型的是相对论；哥德尔推翻体系，他的不完备定理告诉我们，任何一

个数学公理系统中总存在至少一个在该系统中无法判定的命题：我们既不能在有限的步骤内证明其真，也不能在有限的步骤内证明其伪，这就打破了以希尔伯特为代表的公理化一切的学派梦想。这个学派不仅想公理化一切数学分支，甚至还想公理化物理——于是就公理化了宇宙的运行规律。

普通人会觉得哥德尔证明了公理的局限性，或者说，证明了数学功能的有限性。对哥德尔来说，他的定理还有更深的内涵。因为他证明了任何公理体系内有限步逻辑推理的有限性，从而意味着存在不可在有限步骤中证明的“真理”，把握这些真理不是逻辑步骤能够做到的事情，而需要直观，或直觉。

将哥德尔对其定理的理解用在物理学上，我们不免得出一个结论，宇宙中存在无法证明的真理。

哥德尔在相对论中的名声来自于他的哥德尔宇宙或哥德尔时空。这个时空是爱因斯坦广义相对论方程的一个解，解的条件是存在灰尘物质（无压强物质）及一个负宇宙学常数，灰尘物质同时围绕一个轴在旋转。哥德尔宇宙最奇怪的性质是存在闭合类时线，也就是说，我们可以从未来再走到过去。这就引起了物理学上的悖论，如果一个人可以通过另一条世界线回到过去，那么他就可能遇见年轻时的自己，或者，他可以在父亲结婚之前杀死父亲。在哥德尔看来，这也是本书强调的，时间不再是时间，而是类似空间的维度，因为后者可以闭合。换言之

之，不同的时间点虽然存在，但它们“同时存在”，就像一条闭合的操场跑道一样。在爱因斯坦看来，哥德尔宇宙意味着“前后”概念的消失。他们两人对哥德尔宇宙蕴含的时间的“命运”的不同看法也代表这两位天才的不同之处，爱因斯坦更实际，哥德尔更形而上。就哥德尔对真理及时间的看法来说，他比爱因斯坦更像哲学家。

哥德尔活着的时候还证明了上帝的存在，但从未发表。这个证明，我也没有看到过，但我由此揣测这与他不完备定理的理解是一致的，有一些直觉真理超出形式逻辑之外。

因此，我以为哥德尔是一位超越现世的天才。

目 录

- 001 **第一章 沉默的共谋**
- 012 **第二章 德国人对于形上学的偏好**
- 027 **第三章 维也纳：逻辑学派**
- 041 科学巨擘的战争
- 052 相对论的意义
- 064 **第四章 逻辑之屋里的间谍**
- 067 20 世纪的中心思想
- 075 三重赋格：直观数学、形式数学和后设数学
- 078 可重复使用的数字：语法的算术化
- 082 我无法被证明
- 088 形式与直观

097 第五章 魂萦梦系维也纳

098 傅列克斯纳的人才招募

100 维也纳症候群

106 爱因斯坦博士的红玫瑰

107 十一点加一

112 第六章 置身精灵之中

120 又是潜水艇

126 “爱因斯坦与我”：像哲学家的科学家

135 好到不能拒绝的提议

138 本体论和知识论：哲学的两轴线

142 心智的原子击碎器

148 第七章 大 T 和小 t 的丑闻

151 父母从未告诉你的事——宇宙的年龄

155 哥德尔所谓的时间

159 哥德尔与时间辩证之舞

163 进入林中

165 没“时间”做时光旅行

167 保护时间，以免为哥德尔所伤

169 很少有这么多人，对这么丰富的意涵了解这么少

172 哥德尔是谁？

178 第八章 众神的黄昏

179 每件东西都是别的东西

181 寻根的渴望

184 灵感的缺席

188 只有耕耘没有收获

190 对虔诚的怀疑

192 “世界渐趋退化”

197 第九章 哥德尔是哲学家？

198 谁埋葬了哥德尔？

200 火车上的哲学家

205 “前批判”

210 从弗雷格到哥德尔

215 对哥德尔正确的因应

220 以哲学家身份出现的哥德尔

222 美丽外衣下的丑陋身体

第一章

沉默的共谋

“哥德尔是科学界中唯一能与爱因斯坦相提并论的人。”

——物理学家戴森（Freeman Dyson）

在 1942 年的夏天，当德国潜艇（U-boats）集结巡行在缅甸州的外海时，一个孤独的身影出现在名为蓝丘（Blue Hill）的海边小镇。他的手如学究般背在身后，身体像个逗号似地佝偻着，双眼凝视地面，在子夜沿着海岸无止境地漫游着，小镇的居民因此感到紧张。与这人打过照面的，都被他深锁的眉头及浓重的德国口音所惊吓，“他是负责给潜艇打暗号的德国间谍”这样

的推测于是开始流传。这个深肤色的陌生人不是间谍，他是哥德尔（Kurt Gödel），史上最伟大的逻辑学家，也是过去千年来知识领域的明灯。而且，他的猎物并不是航向英国的美国船舰，而是所谓的“连续统假设”（continuum hypothesis），也就是数学家康托（Cantor）对在线的点的数目所做的猜想。哥德尔与妻子阿黛尔（Adele）在蓝丘旅店度过了那个暑假，但几乎没有旅客看见过他们两人。他们自己做晚饭，却从没有人看见他们到底吃了没有。对当地居民来说，哥德尔深锁的眉头不经意地流露出其深沉的性情，但旅店老板娘却有不同看法，她认为他只是失了神。而哥德尔对于蓝丘最后的只字片语也无法解开这个疑问——他写了封信指控旅店老板娘偷了他大皮箱的钥匙。

到了秋天，哥德尔回到距离蓝丘相当遥远、位于新泽西州普林斯顿镇的高等研究院（Institute for Advanced Study）。在那里，他不会再因为踽踽独行而引人侧目。他有个散步的同伴，此人是他的同事，也是最好的朋友。哥德尔的名声不会令他同伴觉得有压力，因为这个喜欢数学，也同样是说德语的难民的好友，就是鼎鼎大名的爱因斯坦（Albert Einstein），而爱因斯坦本人的沉思踱步，也早就让普林斯顿的居民感到不耐烦了。

爱因斯坦的传记中写道：“对于（爱因斯坦）从普林斯顿数学系馆法恩大楼（Fine Hall）走路回家时，会在拿索街（Nassau Street）上边走边舔冰淇淋的习惯，招致了（普林斯顿的居民）从远处传来的窃笑，同时他那行经普林斯顿大街小巷、极度非

美国式的长距离步行，也让人感到惊讶。”的确，当爱因斯坦的事业走到尽头，几乎等于退休的时候，他曾说过工作对他来说已经不再重要，去办公室的目的“不过是为了能和哥德尔一起走路回家”。讽刺的是，曾经在第一次世界大战期间为德国潜艇提供间接协助的，并不是眉头深锁的哥德尔，而是他那经常挂着微笑的同伴。虽然爱因斯坦是个勇敢、坚定的和平主义者，但他曾帮忙改造过德国海军所用的回转仪。哥德尔的研究也跟回转仪有关，但他的回转仪在宇宙的中心旋转，而不是在阴暗潮湿的潜艇里面。

曾经在 20 世纪 30 年代肆虐欧洲的纳粹主义狂潮，将哥德尔与爱因斯坦冲到太平洋彼岸的美国，他们搁浅在相同的、秘密的学术庇护所——普林斯顿高等研究院——一个人会条件严格的知识分子俱乐部里，其会员唯一的任务就是“思考”。然而，他俩早就属于另一个更高级的俱乐部：哥德尔、爱因斯坦，加上同样说德语的理论物理学家海森堡（Werner Heisenberg），他们三人分别是 20 世纪最重要、最基础的三项科学成果的作者，他们的发现同时也奠定了影响深远且令人困扰的“限制”。爱因斯坦的相对论（theory of relativity）对任何传递信息的信号设定了限制，这个极限就是光速。而他以时间的度量去定义时间，因而对时间本身设定了限制；时间再也不是绝对的，并从此受限于或相对于一个度量架构。海森堡在量子力学上的测不准原理（uncertainty principle），限制了我们基本粒子同一时间的

位置与动量的认识；这不仅是对我们能知道的事物设限，对海森堡来说，它代表了对“实在界”（reality）的限制。最后，哥德尔的不完备定理（incompleteness theorem）——正如在哈佛大学的荣誉学位颁赠典礼上被誉为“20 世纪最重要的数学真理”——对我们寻求以系统化方式获取数学基础真理的知识，设下无法跨越的限制：没有一组有限或以递归方式列出的形式化公设，可以完全得到所有的数学真理。因此，没有任何机械装置或计算机，可以穷尽所有的数学真理。哥德尔紧接着表示，如果人类可以以某种方式掌握该领域的所有真理，则根据不完备定理可以得知，我们，或者说我们的心智，既不是机器，也不是计算机。（人工智能的拥护者大概不会觉得这很有趣。）

爱因斯坦、哥德尔、海森堡这三个人在基础科学上的成就，为我们开拓了新的知识疆界。吊诡的是，他们却是借由对思想与实在界的设限，来体现出时代精神与当代思潮。让人难以理解的是，他们每个人都运用关于知识（knowledge）的认识论^①原则，却获得了一个关于实在界的本体论^②结论。知识与实在界——有限与无限——之间的辩证，已然成为 20 世纪最主要的课题。然而，与海森堡相比，哥德尔和爱因斯坦与他们身处的时代显得相当的扞格不入。

① 认识论（epistemology）是对知识本质及其确实程度的研究。

② 本体论（ontology）是探讨存在本身，即一切现实的基本特征的一门学说。

当时的思潮大部分都根源于量子力学，而在第二次世界大战期间选错边的海森堡，这回在物理学的对抗赛中加入了优胜队伍，哥德尔与爱因斯坦则孤零零地与之对立。海森堡是实证主义学派的佼佼者，在量子物理学中的体现，则是所谓的“哥本哈根诠释”(Copenhagen interpretation)；之所以以“哥本哈根”为名，是为了对海森堡的恩师，丹麦科学家波耳(Niels Bohr)表达敬意。在爱因斯坦的相对论中，“借由对‘可知’的限制来推论出实在界的本质”只不过是经验法则，对海森堡来说却好比是一个宗教，一个哥德尔和爱因斯坦不愿意加入的宗教。然而，有些人认为，哥德尔的不完备定理其实呼应了海森堡的测不准原理，但哥德尔本人并不认同这种说法。

爱因斯坦是量子力学的先驱，他在德国时就已经认识并启发了海森堡。在1911年的布拉格，也就是海森堡崭露头角的前几年，爱因斯坦曾指着他书房外公园里的精神病院，对同事法兰克福(Philipp Frank)说：“你在这里看到的，是一群不在意量子理论的疯子。”以爱因斯坦的观点，量子力学加入了海森堡的发现后变得更加不堪。在一次早期的接触中，海森堡曾就爱因斯坦对量子力学的猛烈批判提出反击：“当我提出抗议，说我(所采取的方法)只不过是应用了他在狭义相对论中作为基础相同哲学，爱因斯坦只轻描淡写地说：‘或许我之前确实采用相同的哲学，也写过它，但胡扯仍是胡扯。’”

两人在二战之前分道扬镳，爱因斯坦移民到美国，海森堡

则留在德国，而且从一而终。在普林斯顿，身为和平主义者、社会主义者、犹太裔且不受羁绊的爱因斯坦形单影只，虽然他找到了哥德尔作伴，但两人仍因遭到排挤而孤立，因为他们反对海森堡的实证主义世界观，那是当时知识界的主流，就像海森堡的祖国试图掌控全世界。哥德尔与爱因斯坦和许多受到实证主义激发的追随者不一样，他们不只是像工程师般地产出知识，更是科学哲学家。讽刺的是，虽然他们的光芒已逐渐黯淡，但响亮的名声却仍让其他人望而生畏。不过他们两人之间并没有这样的问题。他们的同事戴森写道：“哥德尔是科学界中唯一能与爱因斯坦相提并论的人。”

尽管如此，这两人的品位却截然不同。爱因斯坦是个小提琴家，却无法引领他的朋友进入贝多芬或莫扎特的世界。说到哥德尔，当然也无法拉着爱因斯坦去看他最喜欢的电影《白雪公主与七矮人》。可惜历史并没有记录哥德尔最喜欢七矮人中的哪一位，但我们确实知道他为什么喜欢童话故事。他说：“只有童话故事能呈现出世界应该有的样貌，并赋予其意义。”[当然，这个意义也可能是负面的。我们不知道涂林（Alan Turing）^③在1930年访问高等研究院时，是否受了哥德尔的影响而喜欢《白雪公主》，但涂林后来以吃毒苹果来结束生命，却传出说是受到《白雪公主》故事影响的小道消息。而他之所以会自杀，是因为

③ 英国数学家涂林为计算器科学的先驱，于1936年组装全世界首部计算机，开启“人工智能”的先河。

在破解了德国海军的“谜团密码”(Enigma code)后,英国政府给他的回报是,命令他必须接受荷尔蒙注射来“治疗”他的同性恋倾向。]

在逃离德国之前,爱因斯坦就已经是离弃数学的流亡者。他后来说,数学的园地里有许多小径,却找不到一条通往基本原则的道路。于是他转向比较实际的物理学,认为在这里可以比较清楚地看见通往本质之途。他对于数学相当轻蔑不屑,因此他的老师敏考斯基(Minkowski)给他取了“懒狗”的绰号(并很快地将“懒狗”的狭义相对论改写成特有的四维空间形式)。“你知道,一旦开始计算,”爱因斯坦讥讽地说,“你会把自己搞得一塌糊涂而不自知。”对照之下,哥德尔的探索之旅和爱因斯坦并不同路。交了哥德尔这个朋友后,爱因斯坦说他终于知道,数学也有一条通往基础本质的道路。而哥德尔早年对物理的兴趣,也被爱因斯坦唤醒。在从办公室步行回家的漫漫长路上,始终乐观的爱因斯坦会详述他对广义相对论的最新洞见,试着让悲观沮丧的哥德尔提起精神。遗憾的是,悲观的态度最后演变成妄想症。经济学家摩根斯坦(Oskar Morgenstern)是哥德尔的好友,有一次他前去拜访哥德尔时惊讶地发现,伟大的哥德尔竟躲在火炉后方的避难室中。

爱因斯坦与哥德尔的长途步行及无止境的讨论,孕育出一些充满无限可能的美丽果实。“时间”,这个让从柏拉图(Plato)、奥古斯丁(Saint Augustine)到康德(Kant)等代代思想家肠枯

思竭的概念，终于棋逢敌手——爱因斯坦。当他祖国德国的潜艇尾随着盟军舰队的時候，这个最不像德国人的德国人正准备猎取最难以捉摸的猎物。数十年前，他独力以相对论方程式成功地捕获了时间，让全世界为之震惊。他的同胞数学家希尔伯特（David Hilbert）就写道：“哥廷根（Göttingen）街道上的每个小孩都比爱因斯坦还了解四维几何，尽管如此，得到这个成果的是爱因斯坦，而非数学家。”相对论将时间转变成第四维空间，或者说是相对时空中的第四维，驯服了这个最令人难以理解的概念。在爱因斯坦与哥德尔分享其对于四维时空宇宙的最新想法时，也将相对论的种子，撒入了这位后来被形容为综合了爱因斯坦与卡夫卡的思想家的心田上。

如果爱因斯坦成功地将时间转换为空间，那么哥德尔的戏法则更神奇：他把时间变不见了！不完备定理已经动摇了数学界的基础，哥德尔现在瞄准了爱因斯坦和相对论。他很快地宣布发现了广义相对论之场方程式的宇宙新解，而时间在此将经历一场惊人的变化。哥德尔在新解中所用到的数学、物理，以及哲学，全都是新的。在符合这些新解的可能世界——所谓旋转或哥德尔宇宙（Gödel universes）——时空结构因为物质分布的状况很特别而产生极大的扭曲与弯曲，因为这样极度的弯曲，所以存在类似时间箭头指向未来的路径；虽然是指向未来的路径，但如果速度够快，宇宙飞船可以经由这些路径穿梭过去、现在与未来。哥德尔计算出了时光旅行所需要的速度及燃料；