

[美] 玛西亚·芭楚莎 / 著
(Marcia Bartusiak)

杨泓 孙红贵 / 译

THE DAY WE FOUND THE UNIVERSE

2010年美国科学史学会戴维斯奖
获奖作品

那一天，我们发现宇宙



1925年

1月1日，35岁

的天文学家埃德温·

哈勃向世人宣布了他的发

现：宇宙要比以前所认为的大千万亿

倍，充满了无数与银河系一样的星系。这一发现是天文学史上的一个里程碑，极大地改变了人类对自己在宇宙中所处位置的认知。六年后，哈勃和其他人的后续研究迫使阿尔伯特·爱因斯坦放弃了自己的宇宙模型，并最终接受了这样一个惊人的事实：宇宙不是静态的，而是膨胀的。

正因为有了这些对科学近乎执着的科学家的不断探究、纠正，我们对宇宙的认知才不断更新和完善，不得不说，科学的发现并非一两个天才就能完成，而是

许多才华横

溢的科学家和研

究人员在幕后辛勤工

作、共同努力的结果。

本书中，这些才华横溢的人物一一

现身：发现了测量宇宙巨大尺度方法的亨利埃塔·莱维特；宇宙膨胀的第一位发现者、怀才不遇的维斯托·斯里弗；正确解释了爱因斯坦关于宇宙的理论的耶稣会神父乔治·勒梅特；只受过八年教育，就成为了世界著名星系运动专家的米尔顿·哈马逊；以及哈勃的宿敌——哈罗·沙普利，因其对宇宙的错误看法，将宇宙真实本性和惊人大小的发现推迟了十多年……

山西出版传媒集团 山西人民出版社

[美] 玛西亚·芭楚莎 (Marcia Bartusiak) / 著

杨 泓 孙红贵 / 译

那一天， 我们发现 宇宙

THE DAY

WE FOUND

THE UNIVERSE

图书在版编目 (CIP) 数据

那一天,我们发现宇宙 / (美) 玛西亚·芭楚莎著;
杨泓, 孙红贵译. —太原: 山西人民出版社, 2018.8
ISBN 978-7-203-10496-4

I. ①那… II. ①玛… ②杨… ③孙… III. ①天文学
史—西方国家 IV. ①P1-091

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第184500号

版权登记号 图字 04-2018-036

Copyright © 2009 by Marcia Bartusiak
Published in agreement with Massie & McQuilkin Literary
Agents, through The Grayhawk Agency.

那一天,我们发现宇宙

著 者: (美) 玛西亚·芭楚莎

责任编辑: 周小龙

选题策划: 北京汉唐阳光

出 版 者: 山西出版传媒集团·山西人民出版社

地 址: 太原市建设南路 21 号

邮 编: 030012

发行营销: 010-62142290

0351-4922220 4955996 4956039

0351-4922127 (传真) 4956038 (邮购)

E-mail: sxskcb@163.com (发行部)

sxskcb@163.com (总编室)

网 址: www.sxskcb.com

经 销 者: 山西出版传媒集团·山西新华书店集团有限公司

承 印 者: 北京玺诚印务有限公司

开 本: 655mm×965mm 1/16

印 张: 26.25

字 数: 275 千字

印 数: 1-8000 册

版 次: 2018 年 8 月 第 1 版

印 次: 2018 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-203-10496-4

定 价: 78.00 元

如有印装质量问题请与本社联系调换

改变，从阅读开始



序言

1925 年 1 月 1 日

20 世纪 20 年代，喧嚣、绚丽、多姿多彩。

成群结队的观众拥进电影院，惊奇地看到塞西尔·B. 戴米尔（Cecil B. DeMille）史诗般的无声电影《十诫》（*The Ten Commandments*）中，摩西（Moses）劈开红海；希腊人推翻了君主政体，宣布成立共和国；人们在蒙古的沙漠发现了第一批恐龙蛋；纵横填字游戏风靡一时。在这个爵士乐的巅峰期，维多利亚时代的理念在充斥着摩登女郎、弗洛伊德的精神分析和抽象艺术的狂潮中土崩瓦解。这期间，巨大的远洋客轮在五天内穿越了大西洋，克拉伦斯·伯德耶（Clarence Birdseye）向公众介绍了冷冻食品的新颖性，以及一位失败的艺术家用阿道夫·希特勒（Adolf Hitler）出版了《我的奋斗》（*Mein Kampf*）。弗朗西斯·斯科特·菲茨杰拉德（F. Scott Fitzgerald）在其经典小说《了不起的盖茨比》（*The Great Gatsby*）中写道：“在（黛西）的世界里，充满着兰花的芬芳、晴朗的天空、开朗的人群，以及引领年度节奏的管弦乐队，演奏着愁肠百转、朦胧迷茫的新曲。”^[1]

这也是一个科学蓬勃发展的时代。在 1924 年 12 月 30 日，约四千名科学家聚集到华盛顿，^[2] 出席美国科学促进会（The

American Association for the Advancement of Science) 的年会。同时, 美国天文学会 (The American Astronomical Society) 利用这次为期三天的聚会机会, 也在首都举行了会议。有来自全国各地的近 80 名天文学家参会, 下榻于波瓦坦酒店 (Powhatan) —— 一座位于第十八街和宾夕法尼亚大街交叉处的八层豪华酒店, 其带私人浴室的客房每晚的价格为 2.50 美元, 疲惫的客人可以在屋顶花园放松身心。在两个街区之外, 美国第 30 届总统卡尔文·柯立芝 (Calvin Coolidge) 为前来参观的美国科学促进会的成员们打开了白宫的大门。向来以少言寡语著称^[3]的柯立芝总统, 在接待日那天一反常态, 表现得十分健谈。柯立芝告诉他的客人们: “人类付出了无数的时间, 来树立这样的勇气^[4], 那就是接受真理仅凭那就是真理。到目前为止, 已经取得的进展就是, 我们并不害怕这一进程的结果。我们并不要求人们违背诚实和坦率而改变观点……当我们自问你们接下来将要求我们对人际关系体系做何种变革时, 我们之中代表社会组织 and 政治机构的人士将带着敬畏和恐惧的心情看待你们。”六个月之后, 中学生物教师约翰·斯科普斯 (John Scopes) 将因非法教授达尔文的进化论而在田纳西州接受审判。

天文学家几乎没有意识到, 在美国科学促进会年会的历史上, 这次华盛顿会议所召集科学家的数量是最多的。他们的兴趣专注于天文学项目的探讨, 其中包括火星的大气层、天体可以移动得多快、水星的温度以及对食双星* 系统英仙座 β 星 (Algol) 轨道的最新计

* 食双星 (eclipsing binary) 是一种双星系统, 两颗恒星互相绕行的轨道几乎在视线方向, 这两颗恒星会交互遮蔽对方, 造成双星系统的光度发生周期性变化。(本书所有页下注均为译者注, 下文不再一一标出。)

算等。

星期三（即会议的第二天），天文学家们乘坐玻璃顶棚的巴士到城市西北部的美国海军天文台（The U.S. Naval Observatory）参观，并在其富丽堂皇的大厅里用自助午餐。那天晚上，也就是除夕夜，“发生了一个彪炳史册、被拥趸们庆祝的事件”^[5]，《大众天文学》（*Popular Astronomy*）详细叙述了此次事件的始末——当十二点的钟声敲响时，天文学家兴奋地将话题转向了习惯上一天从何时开始计算的问题。天文日不再从正午时分开始计算，自托勒密*时代发起的这一传统，常常导致很大的簿记混乱。取而代之，天文日现在从午夜开始计算，就像平常人所做的那样。杂志上说，“这可能是在本年度其他天文事件被遗忘之后，很长时间内仍会被记住的事件”。

但是，星期四也就是元旦那天的一个报告，最终使会议上所有其他事件都黯然失色。1925年的第一个清晨，从酒店窗户向外望去，与会者发现整个城市银装素裹，白茫茫一片。《华盛顿邮报》称，积雪厚到足以享受假日雪橇了。^[6]尽管暴风雪还在持续，但天文学家们依然遵守着他们的时间表，在一段不算远的步行之后，来到附近乔治·华盛顿大学（George Washington University）校园里新建成的科克伦大厅（Corcoran Hall）**，与数学家和物理学家一起参加美国科学促进会的联席会议。^[7]他们首先听了一个关于恒星演化的演讲，接下来的演讲抛出了“宇宙是无限的吗”这样一个问题，引发了与会者们热烈的讨论。而后就在午休之前，一篇名为《螺旋星云中的造

* 托勒密（Ptolemy），公元2世纪的古希腊天文学家、地理学家、数学家，地心说的创立者。

** 乔治·华盛顿大学校园里的一个学术大厅。

父变星》(*Cepheids in Spiral Nebulae*) 的论文呈现给了观众。^[8] 那些不熟悉天文学的人可能认为这是一篇研究范围狭窄，只有专家才感兴趣的技术论文。但是大厅里的天文学家们立刻意识到了它的重要意义。对他们来说，这是令人震惊的消息。尽管标题平淡无奇，但在对宇宙的本性、范围长达数世纪的探索中，这篇论文却是巅峰之作。1925 年 1 月 1 日是天文学家们正式宣称发现宇宙的那一天。

这篇论文的作者是 35 岁的埃德温·哈勃 (Edwin Hubble)，他是在加利福尼亚南部威尔逊山天文台 (The Mount Wilson Observatory) 工作的天文学家。威尔逊山上 100 英寸口径的反射望远镜，在当时是最大的望远镜，哈勃用它瞄准了一对天上的星云——仙女座星云和三角座星云。它们是夜空中仅能用肉眼看到的两个螺旋星系。^[9] 依靠强大的望远镜，哈勃最终辨识出了这两个雾状星云边缘区域里的恒星个体，令他惊讶，也令他高兴的是，其中一些是造父变星 (Cepheids)。这是一种亮度会有规律变化的特殊恒星，就像是宇宙中的红绿灯。

这些信号表明，我们的银河系并不孤单。根据造父变星的光变现象，哈勃认定仙女座星云和三角座星云远在我们银河系的边界之外。突然间我们的银河系不再尊贵，只不过是停泊在巨大的空间港湾中众多星系中平凡的一员。一下子，可见的宇宙竟然被不可思议地放大了超过万亿倍。打个比方来说，就好像我们一直被局限在地球表面上一个一平方米的场地里，只是突然意识到在这一小块草地之外，还有以前没有探索过的、没有预料到的广阔无垠的海洋和大陆、城市和村庄、山脉和沙漠。哈勃引领我们把目光向外延伸，对准了竭尽望远镜所及的地方——数十亿个前所未有的、散落在时空中的独立星系。解决银河系在宇宙中真实位置问题的迹象已经出现

多年了，但证据是间接、相互矛盾和有争议的。哈勃介入了这场争论，并最终提供了决定性的证据。他无懈可击地证实了一种之前缺乏充分证据的观点。

这是 20 世纪的重大天文新闻，然而，令人惊奇的是，在获得成功的这一刻，哈勃并没有在场，而是由稳重、受人尊敬的普林斯顿大学的天文学家亨利·诺利斯·罗素（Henry Norris Russell）在当天上午的大会上向与会者宣布了哈勃的发现。^[10]据大家所说，哈勃既没生病，也不是受家庭事务所累。他可能被漫长而令人疲惫不堪的横跨美国大陆的火车之旅耽搁了，但他缺席的原因也可能更诡异。哈勃曾经是一名受过训练的法律学者，对证据特别重视。哈勃感到担心的是，直到天文学会议召开时，他还没有做好回应质疑的任何准备。事实上，在他所在的天文台，有一位持不同观点的同事就收集了最强有力的、哈勃无法反驳的证据。这一缺憾极大地困扰着他。哈勃渴望的是一个无懈可击的结论。在登上领奖台前，他要使出浑身解数，确保没有任何遗留问题。对于哈勃来说，陷入科学上的错误泥潭就等于万劫不复。回到加州时，这位年轻的天文学家焦躁不安地问自己：“有没有可能是我错了？”^[11]

现在，随着璀璨夺目的宇宙的绚丽照片广泛流传，我们已经对此习以为常，很难记得不到一百年前的天文学家的宇宙观与今天宇宙观的迥异之处。那时没有类星体，没有遥远的星系，没有奇异的黑洞或疯狂旋转的中子星。没有人确切知道太阳持续数十亿年的巨大能量是如何产生的。所谓的“宇宙”仅包括一个单一、盘形分布的星群，它在天空中刻画出一条壮丽的带状图案——由于地球位于

这个巨大的星团内部，由地球向外眺望，我们发觉银河系像条带子（从盘子的侧面看很像）。自古以来，由于其虚幻的苍白容貌，银河系被称为奶路（The Milky Way）*。一个世纪前，人们还认为，我们的星系不仅是宇宙的唯一成员，而且是被深不可测的黑暗包围的唯一充满星辰的绿洲。

可以听到一些反对这个观点的声音。在天空中发现了越来越多的小螺旋星云。无论用望远镜向银河系外哪个方向看，太空深处这些暗弱的天体都无处不在。这些螺旋星云离我们是近还是远？没有人知道。因为在20世纪初，天文学家还无法以可信的准确度测定它们的距离。他们唯一能做的就是推测。看着这些形状像松散弹簧的星云，有些人认为：“啊，（那是）附近正在形成的太阳系。”其他观察到同样微小星云的人，将它们想象成银河系的一大群姐妹，它们处于遥远的地方，其群星融合成微弱、朦胧的白雾。这意味着银河系一点也不特别，只不过是在浩瀚的宇宙群岛中一个可见的星岛。但大多数天文学家拒绝接受这个离奇、甚至可怕的概念。其他星系的存在似乎是不可思议的，所以他们执拗地坚持银河系在宇宙中核心地位的想法。16世纪，尼古拉·哥白尼（Nicolaus Copernicus）否定了地球及其居民在太阳系的中心地位，但是仍然让人类感到欣慰的是，他保留了太阳系在唯一的星系——银河系中的核心地位的概念。人类丝毫不怀疑，他们就住在宇宙的正中心。没有不可违逆的

* 最早被赵景深先生误译为“牛奶路”，遭到了鲁迅先生的批评与讽刺，他作诗云：“可怜织女星，化为马郎妇。乌鹊疑不来，迢迢牛奶路。”虽然赵景深先生又将其更正为“天河”，但李声权先生认为这属于“归化翻译”，忽略了原语当中的文化意象，应将“The Milky Way”译为“奶路”为宜。

证据表明他们不在那儿。

然而，因为天文学发生的巨大转变，人们的欣慰感破灭了。这一切始于 19 世纪末。亲眼见证了威斯康星州耶基斯天文台变迁的天文学家埃德温·弗罗斯特（Edwin Frost）回忆说：“在这个地球上，人类所经历的所有阶段中，这是一个非凡变化的时代。维多利亚时代实际上在这个世纪末就接近尾声了。”^[12] 19 世纪 80 年代，弗罗斯特正在长大成人，欧洲的文学、绘画和科学方面的改革也正方兴未艾。他说：“到我上大学的时候，连干线的钢轨都还需要从英国进口。接着，安德鲁·卡内基（Andrew Carnegie）等人发现，钢轨在美国可以做得更好、更便宜……这个孩子（新生的国家）正在迅速度过幼年时期。”发现和发明层出不穷。似乎一夜之间，电力照明、燃煤供暖、热风炉、室内浴室，以及平稳地行驶在沥青路面上的汽车都出现了。

在这种创新氛围中，天文学蓬勃发展。相机成为望远镜上的标配，使观察者能够整夜持续曝光，从而拍摄出从未见过的微弱恒星和星云的图像。而分光镜这种设备，将星光分离为各种颜色组分，可以让天文学家弄清楚恒星和其他天体的真正组成成分。倏然，天上的基本化学组成都在他们的掌握中了。与此同时，镀金时代（The Gilded Age）* 富裕起来的杰出工业家们，也提供了大量资金，让大梦

* 镀金时代处于南北战争和进步时代之间，时间上大概是从 1877 年到 1893 年。这是美国的财富突飞猛进的时期。这段时间中，数百万的移民从欧洲来到了美国，同时大量的重工业，包括铁路、石油、采矿，都得到了飞速发展，大部分财富都聚集到了美国的北部和西部。之所以把这个时代称为镀金时代，是因为有许多人在这个时期里成为巨富，也因为富有，而过着金色的生活。

想家们建造他们长久以来所渴望的大型望远镜。

鉴于这些技术进步的迅猛来袭，枯燥的教科书对有关发现的描述减少到了只剩下最基本的元素，以至于哈勃的历史性成就好像是在一夜之间发生的似的。哈勃使用世界上最大、装备最好的望远镜，瞧，他竭尽望远镜目力所及，向世人揭示出一个充满无数星系的宇宙。银河系突然成为更大戏剧中的一个角色，而哈勃被选定为宇宙学的“总设计师”，来实现这个惊人的突破。但事实并非如此。哈勃实际上是站在众多天文学家的肩膀上，凭借其远见卓识，解决了一直被别人忽视的问题。答案并非一蹴而就，而是经过了多年激烈的辩论、猜想和测量才得出来的。科学的道路往往充满曲折、颠覆和坎坷，而不是想象中的坦途。

天文学家们接受的是较为古老传统的训练，他们满足于计算行星的运动，将恒星位置的测量精确到小数点后三位，但并没有给予螺旋星云的奥秘以足够的重视。他们认为，即使这一问题得到解决，也不会显著改变他们对宇宙整体结构以及组成的看法。19世纪末，美国天文学院院长西蒙·纽科姆（Simon Newcomb）在一次天文台致辞中指出：“就天文学涉及的内容而言……的确显现出正在快速接近我们知识的极限……结果是，真正应该引起天文学家关注的，不是去发现新事物，而是阐述已知的知识，并使我们的知识系统化。”^[13]

十年内，加州利克天文台台长詹姆斯·基勒（James Keeler）就证实，纽科姆极其短视。不顾所有人的反对，基勒弄到了那架令人讨厌的反射式望远镜，使之回到工作状态，并挥洒自如地展示了它的力量。这是架设在高海拔地区的同种类型中的第一架望远镜。虽然

口径相对较小，但足以让基勒能够估计出，有成千上万的微弱星云充斥在苍穹中，比以前所知的多十倍。在 20 世纪 10 年代，利克的天文学家赫伯·柯蒂斯（Heber Curtis）跟进了基勒的发现，并收集到更多的证据，表明这些螺旋星云中的许多个体都不亚于独立的星系。与此同时，在威尔逊山南部几百英里处，洛杉矶附近，哈罗·沙普利（Harlow Shapley）重新测定了银河系的大小，其结果大大超过了以前的设想，并将我们的太阳系推到了边缘，远离银河系的中心。正如沙普利喜欢说的，“太阳系不在银河系中心，人类亦如此”。

发现宇宙的故事主要与沙普利和哈勃有关。为了宇宙的真实结构，两位科学骑士相互争斗了多年。他们拥有相似的成长经历，但在性格和为人方面却有天壤之别。两人都出生在密苏里州的农村，都有过不寻常的经历才走上天文学道路：哈勃曾是不满足于现状的高中教师；沙普利则做过记者。而且，他们都是在获得博士学位后，被有远见卓识的乔治·埃勒利·黑尔（George Ellery Hale）选中，到威尔逊山天文台工作，这可是当时最伟大的天文台。他们研究的问题都是其他人极少关注的。沙普利研究的是我们在银河系中的准确位置；哈勃研究的是我们在宇宙体系中的地位。

他们的发现发生在历史转变的关键时刻。当第一次世界大战和由此引起的混乱干扰欧洲天文学家时，美国天文学家们恰好可以无拘无束地推进螺旋星云问题的研究。勾勒出宇宙的精确构造成了美国人痴迷之事，参与者来自美国西部新建的利克天文台、威尔逊山天文台和洛厄尔天文台。世界上比较古老的天文台根本就没有机会，因为在利克天文台，尤其是威尔逊山天文台，天文学家们可以接触到位于高海拔地区的先进望远镜，这些都是破解这一谜团的必要设备。

哈勃辛勤的工作贡献了最后一块拼图，并获得了当之无愧的荣誉。在纪念哈勃百年诞辰时，天文学家唐纳德·奥斯特布罗克（Donald Osterbrock）、档案管理员罗纳德·布拉希尔（Ronald Brashear）和物理学家乔尔·格文（Joel Gwinn）写道：“哈勃的魄力、科研能力和沟通技巧使他能够抓住、解决整个宇宙的问题，特别是他自己的贡献，比以前或之后的任何人都大，并成为该领域世界公认的专家。”^[14]

到1929年，在最初的星系发现仅仅过去五年后，哈勃就有了更为惊人的发现。哈勃和他的同事米尔顿·哈马逊（Milton Humason）获取了开创性的关键证据，证实宇宙正在膨胀，裹挟着星系不断向远处疾驰而去。时空在运动！事实上，十年前，洛厄尔天文台的天文学家维斯托·斯里弗（Vesto Slipher）就在亚利桑那州的山顶上，将得出这个惊人结论的工作进行了一半。他在这个发现中至关重要的作用，现在已被学术殿堂之外的大部分人遗忘。这就是哈勃传奇的力量。随着岁月的流逝，哈勃传奇将其他人的贡献湮没在其暗影里。本书旨在再度聚焦所有为揭示宇宙真实本质做出过贡献、为哈勃的成功奠定了基础的有功之臣。

对宇宙膨胀的认知是变革性事件。它使得天文学家摆脱了自己所在的银河系的范围限制，去探索更大的宇宙远景。宇宙正在向外膨胀，理论学家们可以自由地思考宇宙的起源。他们在大脑里把宇宙膨胀过程颠倒过来，想象着星系彼此越来越近，直到它们最终聚合在一起，形成了一个光彩夺目的致密火球。这样一来，他们意识到宇宙是在遥远的过去从巨大的爆发——宇宙大爆炸中产生的。我们宇宙的诞生不再是形而上学式的猜测或带有偏见的幻想，而是已

然成为可以被测试和探究的科学原理。

这种全新的宇宙观汇聚了各方面的发展成果而形成。这不仅要归因于新兴经济体提供了用于开发新技术和新设备的资金，使这些发现成为可能，而且新近提出的一些理论物理学新思想，亦为之提供了理论依据。像阿尔伯特·爱因斯坦（Albert Einstein）这样的科学家，也持一种新颖的引力理论参与其中，为令人迷惑不解的宇宙现象提供了独特的解释。

一股活力注入了宇宙运作模式的研究。爱因斯坦的引力场方程引入了一个概念，即空间和时间交织成一个物体，其形状和运动由它内部的物质决定。广义相对论预见了宇宙的膨胀，于是这项研究就变成了一场智力和理论上的历险。曾经为了探寻前所未知的陆地——新大陆，早期的冒险家跨越大洋，无所畏惧。爱因斯坦的相对论将时空视为一种可弯曲和伸展的柔韧构造，使天文学家将古老的探寻转化为对宇宙新大陆（cosmos firma）^[15]的冒险。这位天才物理学家的理论将空间和时间统一起来，奠定了宇宙学的坚实基础，等待着评估、比对和仔细审查。哈勃成为该理论的首位鉴定人。

哈勃最终在其《星云世界》（*Realm of the Nebulae*）一书中总结了他的宇宙发现。这本书融历史读物、大学教科书和职业回忆录为一体，在1936年刚刚发行时，就被同行标榜为“经典”。^[16]哈勃最初的观点仍然影响深远。在该书出版几十年后，加州理工学院的天文学家詹姆斯·冈恩（James Gunn）指出，“他拍摄的天文照片与今天的照片只是在细节上有所不同而已。在书中人们几乎看不到错误。偶尔有人发现一两处……（但）我们仍然在使用哈勃描述的方法确定离地球最近星系的距离。我们仍然主要在使用哈勃的分类方案。

我们仍然非常关注哈勃提出的问题”。^[17]

然而，很显然，在陈述中有一点例外，冈恩没有提及。虽然哈勃的名字现在与宇宙膨胀的发现紧密地联系在一起，但他从来不是对其数据解释的积极拥护者。那是因为在20世纪30年代至40年代还有其他的假说。哈勃不愿意选择任何一方，当时他新挖掘的数据和爱因斯坦的理论都才是新鲜出炉。哈勃总是贪求完美无瑕——完美的妻子、完美的科学发现、完美的朋友、完美的生活。哈勃观察到的那些星系正在向外逃逸，其速度对他来说总是太快。哈勃想保护自己的理论，以防新的物理定律潜入，改变其解释。虽然到目前为止，还没有这样的定律。

哈勃在某种程度上是幸运的。如果某些事情不是按照原来的样子发生的话，哈勃太空望远镜很可能就是用其他人的名字命名了。例如，如果有人没有过早地离世（基勒），如果有人没有得到晋升（柯蒂斯），或者如果另外一个人（沙普利）不是顽固地专心致力于自己对宇宙错误的看法。现代宇宙的发现是一个充满了尝试、错误、偶然突破、意志较量、坐失良机、艰苦测量和精辟见解的故事。换句话说，它是大写的科学。

注释：

[1] 见 Fitzgerald (1925), p. 133.

[2] 见 “Thirty-Third Meeting” (1925), p. 245.

[3] 据总统夫人格蕾丝·柯立芝称，一位年轻女性曾在一次晚宴上坐在她丈夫旁边，并与这位平时沉默寡言的总统打赌，她至少可以让他说三个词。

柯立芝迅速回应道：“You lose（那你输定了）。”

[4] 见 “Welfare of World Depends on Science, Coolidge Declares” (1925), pp. 1, 9.

[5] 见 “Thirty-third Meeting of the American Astronomical Society” (1925), p. 159.

[6] 见 “Blanket of Snow Covers the City” (1925), p. 1.

[7] 在第二次世界大战期间，科学家们根据政府合同为战争开发新技术，科克伦大厅的地下室是反坦克火箭筒的诞生地。

[8] 见 “Thirty-third Meeting of the American Astronomical Society” (1925), p. 159.

[9] 只有在特别好的条件下，才能用肉眼看到三角座星系的中心。在没有望远镜的帮助下，观察仙女座星系更容易。

[10] 见 “Thirty-third Meeting of the American Astronomical Society” (1925), p. 159.

[11] 见 Sandage (2004), p. 528; Berendzen and Hoskin (1971), p. 11.

[12] 见 Frost (1933), p. 124.

[13] 见 Newcomb (1888), pp. 69–70.

[14] 见 Osterbrock, Brashear, and Gwinn (1990), p. 1.

[15] 古罗马人会以更正确的方式说成是 “cosmos firmus”（为了使阳性形容词与阳性名词适当匹配），但我使用 “cosmos firma” 是想保持优美的声音及其与宇宙的隐喻联系。

[16] 见 Mayall (1937), p. 42.

[17] 见 “前言”，Hubble’s *Realm of the Nebulae* (1936), 1982 年版, pp. xv–xvi.