

BIG BANG

大爆炸简史

一场伟大的比赛，赛场就是宇宙本身

[英] 西蒙·辛格◎著 王文浩◎译

CTS 湖南科学技术出版社

BIG BANG

大爆炸简史

一场伟大的比赛，赛场就是宇宙本身

[英] 西蒙·辛格◎著 王文浩◎译

图书在版编目 (CIP) 数据

大爆炸简史 / (美) 西蒙·辛格著; 王文浩译. —长沙: 湖南科学技术出版社, 2017.6
ISBN 978-7-5357-9251-8

I. ①大… II. ①西… ②王… III. ①“大爆炸”宇宙学-天文学史 IV. ①P159.3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第103253号

Harper Perennial

An imprint of Harper Collins Publishers

77-85 Fulham Palace Road Hammersmith London W6 8JB

www.harperperennial.co.uk

This edition published by Harper Perennial 2005.12

First published by Fourth Estate 2004

Copyright © Simon Singh 2004

Diagrams copyright © Raymond Turvey 2004

PS section copyright © Louise Tucker 2005, except

'The Missing Pages' by Simon Singh © Simon Singh 2005

PSTM is a trademark of Harper Collins Publishers Ltd

Simon Singh asserts the moral right to be identified as The author of this work

A catalogue record for this book is available from the British Library

湖南科学技术出版社获得中文简体版中国内地独家出版发行权。

著作权合同登记号: 18-2015-136

DABAOZHA JIANSI

大爆炸简史

著 者: [英] 西蒙·辛格

译 者: 王文浩

责任编辑: 吴 炜 孙桂均 杨 波

责任美编: 殷 健

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>

湖南科学技术出版社天猫旗舰店网址: <http://hnkjcbbs.tmall.com>

邮购联系: 本社直销科0731-84375808

印 刷: 湖南省众鑫印务有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙县榔梨工业园区

邮 编: 410129

版 次: 2017年6月第1版第1次

开 本: 710mm×970mm 1/16

印 张: 30.5

字 数: 253000

书 号: 978-7-5357-9251-8

定 价: 88.00元

(版权所有·翻印必究)

这本书之所以能呈现在你面前，要感谢卡尔·萨根、詹姆斯·伯克、马格努斯·派克、亨兹·沃尔夫、帕特里克·摩尔、约翰尼·巴尔、鲍勃·巴克曼、米利亚姆·斯托帕德、雷蒙德·巴克斯特，和激发起我对科学的兴趣的所有科学电视节目的制片人和导演。

在大教堂里放上3粒沙子，于是大教堂的沙粒密度就将比太空中的星星密度还要高。

——詹姆斯·金斯

理解宇宙的努力属于这样的极少数事情之一：它为人类生活略略增添了一些幽默，也让它带上某种悲剧的美感。

——斯蒂芬·温伯格

在科学上，人们试图以人人都能理解的方式告诉他人某些前人不知道的事情。但在诗歌上，这一点正相反。

——保罗·狄拉克

宇宙中最不可理解的事情就是宇宙是可以理解的。

——阿尔伯特·爱因斯坦

目 录

第 1 章	<u>001</u>	起源 从神话到宇宙学，从史前到1900年
第 2 章	<u>070</u>	宇宙理论 爱因斯坦的引力理论如何蕴含了宇宙创生的那一刻
第 3 章	<u>139</u>	大辩论 对宇宙的观察如何推断出宇宙的膨胀
第 4 章	<u>225</u>	宇宙的异端 理论和观测是如何走到一起给出大爆炸模型的
第 5 章	<u>302</u>	模式的转变 各种相互竞争的宇宙学理论之间的战斗终于结束
第 6 章	<u>393</u>	尾声 大爆炸模型的突出问题是什么
	<u>415</u>	附录：什么是科学？
	<u>419</u>	词汇表
	<u>431</u>	进一步阅读文献
	<u>441</u>	致谢
	<u>445</u>	图片来源
	<u>449</u>	名词索引

第1章： 起源

科学必定源于神话，并在对神话的批评中成长起来。

—— 卡尔·波普尔

我不觉得有责任相信，赋予我们感觉、理性和智慧的上帝故意让我们弃之不用。

—— 伽利莱·伽利略

生活在地球上虽然可能成本高昂，但它却包含了每年一度的绕日免费旅行。

—— 匿名

物理学不是宗教。如果是的话，我们挣钱就会容易得多。

—— 莱昂·莱德曼

我们的宇宙点缀着超过1000亿个星系。每个星系又包含大约1000亿颗恒星³。目前还不清楚到底有多少行星在环绕这些恒星运行，但可以肯定的是，它们中至少有一个演化出生命。特别是，有一种生命形式已经具备了推测这个巨大宇宙起源的能力和胆量。

人类凝视太空已有几千代人的历史，但我们很荣幸，成为第一代可以声称对宇宙的创生和演化给予体面的、合理的和一致的描述的人里的一分子。大爆炸模型对我们在夜空中看到的一切事物的起源提供了一种优美的解释，这使它成为人类智慧和精神财富中最伟大的成就之一。它是永不满足的好奇心的结果，是神话般想象力的结果，是敏锐的观察力和无情的逻辑推理的结果。

更奇妙的是，大爆炸模型可以被我们每一个人所理解。我第一次了解大爆炸概念还是一个十几岁的少年，我被它的简单性和完美性震慑住了，对它那种很大程度上建立在未超出我在中学物理课上所学知识的范畴的原理之上这一点感到叹为观止。正如查尔斯·达尔文的自然选择理论，大多数心智健全的人都能理解并领悟其基本原理一样，大爆炸模型也可以用非专业人士能理解的语言来说明，而不必担心弱化了理论中的关键概念。⁴

但在了解大爆炸模型的最早期状况之前，我们有必要学习一些基础知识做铺垫。宇宙的大爆炸模型是在上个百年里发展出来的。这是唯一可能的，因为20世纪的突破是建立在前几个世纪积累的天文学知识基础之上的。同样，有关天空的这些理论和观测又是在两千多年里无数前人刻苦钻研所创设的科学框架内取得的。往更远了说，这种科学方法，作为获取物质世界客观真理的途径，可能在神话和民间传说的作用开始减弱的那一刻就已经开始萌芽了。总而言之，大爆炸模型的根基和我们对科学宇宙论的追求可以回溯到古代神话世界观衰落之时。

从巨人造物主到希腊哲学家

根据公元前600年的中国创世神话，巨人盘古由一个蛋中脱壳而出，并着手创造世界。他用凿子刻出峡谷和山脉。接着，他设置了太阳、月亮和天上的星星。任务完成后他便去世了。巨人造物主的死亡也是创世过程的重要组成部分，因为他身体的碎片帮助完成了这个世界。盘古的头盖骨形成了天空的穹顶，他的肉体变成了土壤，骨头化为岩石矿脉，血化作江河和海洋。他的最后一口气变成了风和云，而他的汗水则变成了雨。他的头发落到地面，产生了植物生命，头发里的跳蚤即为人类的先祖。由于我们的出生需要以我们的造物主的死亡为代价，因此我们都会受到悲伤的诅咒。

- 5 相反，在冰岛的（散文体）史诗神话《埃达》里，宇宙的创生不是始于一个蛋，而是诞生于巨大的缺口。这个虚空将南方的火热之地（Muspell）与北方的严寒之地（Niflheim）分开，直到有一天，火热之地的炎炎酷热将严寒之地的冰雪融化，水雾侵入巨大的缺口，点燃了巨人伊米尔（Imir）的生命。这样，世界的创生才开始。

西非多哥的克拉钦（Krachi）人则讲述了另一个版本的巨人故事。这个巨人叫蓝色巨神乌尔巴里（Wulbari），他就是我们再熟悉不过的天空。他曾一度躺在地球上，但一个用长木棒捣粮食的女人不停地戳他，他只好将自己升空到这个讨厌鬼够不着的地方。然而，乌尔巴里还是在人间够得着的地方活动，他曾用其腹部作毛巾，从他的蓝色身体上取一部分体液来增添他们的汤的滋味。但渐渐地，乌尔巴里升得越来越高，直到蓝天变得遥不可及，且一直保持至今。

还是在西非，在约鲁巴人看来，奥勒伦（Olorun）才是天空的主人。他向

下看了一眼了无生机的沼泽后，便要求另一位神带着蜗牛壳降临到荒蛮的地球上。蜗牛壳里有一只鸽子、一只母鸡和一丁点土壤。土壤被撒在地球的沼泽上，随后母鸡和鸽子便开始用爪子挠地，并用嘴啄地，直到沼泽变成坚实的大地。为了检验它们的工作，奥勒伦又派变色龙下凡，变色龙从天上降临到大地后，身上的颜色也由蓝色变成褐色，表明母鸡和鸽子已成功地完成了它们的任务。

在世界各地，每一种文化都有它们自己的关于宇宙的起源和它是如何形成的神话。这些创世神话差异极大，但每个神话都反映了它所起源的环境和社会。在冰岛，正是火山和那里特有的气象条件形成了伊米尔诞生的背景，但在西非约鲁巴人那里，则是大家熟悉的鸡和鸽子带来了坚实的土地。不过，⁶所有这些独特的创世神话都有一些共同的特点。无论是巨大的、蓝色的、伤痕累累的乌尔巴里，还是中国垂死的巨人，这些神话不可避免地都要求助于至少一个超自然的存在，来扮演宇宙创生的解释中所起到的至关重要的作用。此外，每一种神话在其诞生的社会中代表了绝对真理。“myth (神话)”一词源自希腊词“mythos”，其本义可以是“故事”，但在“最后指令”的意义上也可以是“命令”。事实上，任何胆敢质疑这些解释的人都将置自己于异端邪说的境地。

这种情况直到公元前6世纪才有了大的改变。当时在知识阶层中突然形成了一种宽容的氛围。哲学家第一次可以自由放弃公认的对宇宙起源的神话解释，并发展他们自己的理论。例如，米利都的阿那克西曼德认为，太阳是一个环绕地球转动的，其内燃烧着熊熊大火的环形的洞。同样，他还认为，月球和星星无非就是天空中的洞，露出了其中隐藏的火。而科洛封的色诺芬则认为，土渗出可燃气体，这些气体在晚上积累到一个临界点并被点燃，从而产生太阳。当气态的球燃烧殆尽后，夜幕便再次降临，燃烧留下的点点火

花便构成我们所称的星星。他解释说，月球以同样的方式运行，只不过它的气体聚集和燃烧有一个28天的周期。

色诺芬和阿那克西曼德的解释是否接近事实并不重要，因为真正的要点是他们发展了一些不诉诸超自然的器物或神灵来解释自然界的理论。这种认为太阳是我们透过天空中的洞看见的天火，或是一个燃烧着的气态火球的理论⁷，性质上不同于那种将太阳解释成战神赫利俄斯驾驶的驶过天际的火热的战车的希腊神话。这不是说新一波哲学家必然要否定神的存在，而只是说他们不愿相信自然现象都是上帝干预的结果。

这些哲学家是第一批宇宙学家，因为他们对物理宇宙及其起源的科学研究感兴趣。“宇宙学”这个词源自古希腊单词“kosmeo”，意思是“有序”或“有组织”，反映了宇宙是可以理解的，是值得分析研究的这一信念。宇宙有模式，古希腊人的雄心就是想辨别出这些模式，予以详尽的考察，了解其背后的机制。

称色诺芬和阿那克西曼德是现代意义上的科学家这肯定过于夸张，认为他们的想法是完全成熟的科学理论不啻对他们的奉承。但不管怎样，他们确实对科学思维的诞生做出了某种贡献，他们的精神与现代科学有很多共同之处。举例来说，如同现代科学中的思想一样，古希腊宇宙学家的观点可以受到批评和比较，被提炼或放弃。古希腊人爱好辩论，所以哲学家的圈子里会审查各种理论，质疑其背后的原因，并最终择出哪一种理论是最有说服力的。与此相对照，在其他许多文化中，个人不敢质疑本民族的神话。每一种神话在其社会中都是一种信仰。

大约自公元前540年开始，萨摩斯的毕达哥拉斯帮助加强了这种新理

性主义运动的基础。作为其哲学的一部分，数学在他那里得到了长足的发展。他展示了数字和公式如何能够帮助用来构建科学的理论。他的第一个突破是通过数字的调和来解释音乐的和谐。古希腊早期音乐中最重要的乐器是四弦琴，但毕达哥拉斯利用单根弦制成的单弦琴进行实验，发展了他的理论。让⁸弦保持固定的张力，但弦长可以改变。弹拨特定长度的弦产生一个特定的音符，毕达哥拉斯认识到，如果将同一弦长减半，则产生的音调高八度，且与原长的弦所发出的音相和谐。事实上，按简单的分数或比值来改变弦的长度，将产生一个与第一个音符和谐的音（例如：比例3：2发出的音现在称为五度乐音），但按照不合适的比例来改变弦长（例如15：37）就将导致不和谐。

自从毕达哥拉斯证明了数学可以用来帮助解释和描述音乐之后，随后几代科学家便都试着用数字来探索一切事情——从炮弹的轨迹到混沌的天气。威廉·伦琴，就是在1895年发现了X射线的那一位，便是毕达哥拉斯数学科学学派的坚定信徒。他曾指出：“物理学家在准备工作时需要三样东西：数学、数学还是数学。”

毕达哥拉斯的口头禅是“一切皆数”。在这种信念的推动下，他试图找出支配天体的数学法则。他认为，天空中太阳、月亮和行星的运动产生出特定的音符，具体音高由它们的轨道长度来确定。因此，毕达哥拉斯得出结论，这些轨道和音符必然具有特定的数值比例，因为宇宙是和谐的。这成为当时流行的理论。我们可以从现代的角度来重新审视它，看看它在当今严格的科学方法面前是不是还能站得住脚。从积极的一面看，毕达哥拉斯声称宇宙中充满了音乐这一点没有诉诸任何超自然的力量。而且，这个理论相当简单，也相当优美，这两种特质在当今科学里受到高度重视。在一般情况下，一个⁹建立在单个简洁、优美的方程基础上的理论要比一个建立在多个复杂、丑陋的方程（其品质需要诸多繁复虚饰的注解来说明）基础上的理论更受青睐。

正如物理学家伯恩特·马蒂亚斯所言：“如果你在《物理评论》上看到一个公式占了超过四分之一页，算了吧，是错的。大自然不会那么复杂。”然而，简洁和优美还不是科学理论最重要的特征。最重要的是理论结果必须与实际相吻合，必须能被检验，而这正是天体音乐理论不完备的地方。根据毕达哥拉斯的解释，我们时时刻刻都沐浴在他假想的天籁之中，但我们之所以感知不到它，是因为我们自出生后就一直听到它，已经变得充耳不闻了。但不管他怎么解释，说到底，任何理论，如果它预言有一种音乐你可能永远听不到，或有一种东西你无法检测到，那么它只能是一种蹩脚的科学理论。

每一种真正的科学理论都必须对宇宙间的事物做出可观察或可测量的预言。如果实验或观测结果与理论预言的结果相匹配，那么我们就有充分的理由接受这一理论，并将其并入更大的科学框架内。反之，如果理论预言不准确，而且与实验或观测结果相冲突，那么这一理论就必定会被拒绝，或至少是需要更改，不论从美学还是简单性上看这一理论有多好。这是最高级别的挑战，是最残酷的挑战，但每一种科学理论都必须是可检验的，并与实际事实相容。对此19世纪的博物学家托马斯·赫胥黎这样论述道：“科学的大悲剧——一个美丽的假说被一个丑陋的事实所戕害。”

幸运的是，毕达哥拉斯的后继者们在他的想法基础上建立并改进了他的方法论。科学逐渐成为一门日益复杂和强大的学科，它能够取得惊人的成就，¹⁰ 例如对太阳、月球和地球的实际直径，以及它们之间的距离进行测量。这些测量活动是天文学史上的里程碑，它们代表了人类在了解整个宇宙的道路上迈出的试探性的第一步。因此，这些测量活动值得在此稍加详细地说明。

在天体的距离或大小可以计算出来之前，古希腊人最先建立起大地是一个球体的概念。随着哲学家慢慢熟悉这样一种现象——远去的帆船逐渐消

失在地平线下，只露出桅杆的顶——这种观念得到了古希腊人的认可。因为这种现象只有将海面看成是曲面并在远处消失才能够说得通。如果海面具有曲面性质，那么可推知大地也应如此，这意味着它可能是一个球体。这一观念通过对月食的观测得到了强化。月食的发生源自地球在月球上投下的圆盘形影子，其形状恰如你所预料的一个球形物体的投影一样。同样重要的事实是，每个人都可以看到，月球本身就是圆的，这表明球形是存在的一种自然状态，这一点为球状大地假说增添了更充分的理由。一切都开始变得好理解了，包括希腊史学家和旅行家希罗多德的著作。希罗多德在书中讲述道，在遥远的北方，人们一睡就是半年的时间。如果大地是球形的，那么球面上不同的地区根据其纬度的不同会有不同的白天时长，这自然就产生了极地的冬季和夜晚要历时6个月的现象。

但是，球形的地球产生了一个问题，这个问题即使在今天依然让孩子们困惑不解——是什么力量阻止了南半球的人们不会掉下去？古希腊人解决这个谜团的办法是基于信仰——相信宇宙有一个中心，一切都受到这个中心的吸引。地球的中心理应恰与这个假设的宇宙中心重合，因此地球本身是静态的，其表面上的一切东西都被拉向中心。因此，希腊人都因为这个力才能够站在地面上，正如地球上的其他人一样，即使他们生活在地球的背面。

测量地球大小的壮举最早是由出生于约公元前276年的昔兰尼（今利比亚）的埃拉托色尼完成的。甚至在他还是个小男孩时，埃拉托色尼就显露出过人的聪慧，他的知识遍及任何学科，从诗歌到地理。他甚至被戏称为“五项全能者”，就是说像一个从事五项全能运动项目的运动员一样，才华遍及各领域。埃拉托色尼作为图书馆馆长在亚历山大城住了很多年。图书馆馆长这个职位在古代世界可以说是最有名望的学术职务。当时，大都会亚历山大城取代雅典成为地中海地区的知识文化中心，该城的图书馆是世界上最受尊敬

的学术机构。这里可没有成天在书上加盖日期的刻板的图书管理员，也没有人交头接耳窃窃私语，因为这是个充满活力、令人兴奋的地方，到处是鼓舞人心的学者和让人眼花缭乱的学生。

正是在主持这个图书馆期间，埃拉托色尼了解到，在埃及南部的赛伊尼城（今阿斯旺镇）附近有一口具有奇特用途的井。每年的6月21日夏至这天的中午，太阳直射井底。埃拉托色尼认识到，在这个特定的日子里，太阳必定在头顶正上方，而这种事情从来没有在赛伊尼以北几百千米外的亚历山大发生过。今天我们知道，这是因为赛伊尼靠近北回归线，那里是太阳可以在头顶正上方的最北端的纬度区域。

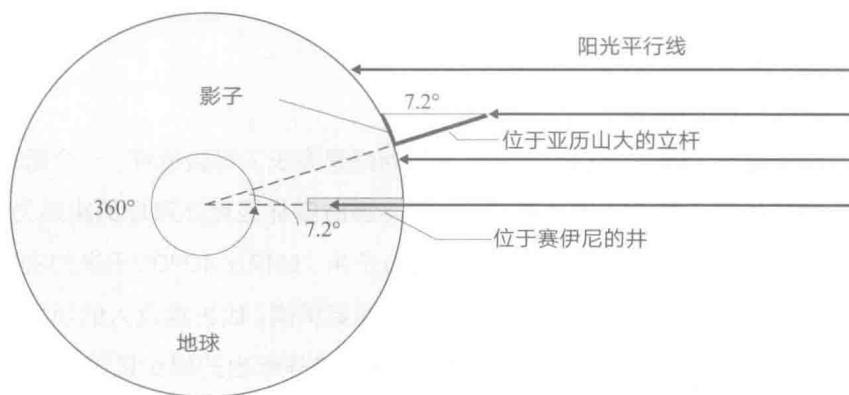


图1 埃拉托色尼在亚历山大城用一根立杆的影长来计算地球的周长。他在夏至这天进行了这项实验。这天地球对阳光倾斜得最厉害，使得沿北回归线的城镇都处在阳光直射的状态。这意味着在这些城镇的正午时刻太阳正好在头顶的正上方。为清晰起见，本图和其他的图中的距离未按比例绘制。同样，角度可能有夸大。

埃拉托色尼意识到，太阳之所以不能同时在赛伊尼和亚历山大两地过头顶，原因在于大地是弯曲的。他想到应该可以利用这个性质来测量地球的周长。他考虑这个问题的方式可能与我们今天的考虑有所不同，他的几何解

¹² 释和他所用的符号也不尽相同，因此这里给出的是他的方法的现代阐释版

本。图1显示了来自太阳的平行光线在6月21日中午直射地球的情形。在正午时刻，在赛伊尼，阳光直射井底；在亚历山大，埃拉托色尼在地上立了根直杆，并测量了阳光与立杆之间的角度。最重要的是，这个角度等同于亚历山大和赛伊尼两地到地球中心的两根径向延长线之间的夹角。他测得的角度为 7.2° 。

接着，假设有人决定从赛伊尼径直走到亚历山大，然后马不停蹄地继续走下去，直到他环绕地球一圈回到赛伊尼。那么这个人便绕了 360° 整整一圈。因此，如果赛伊尼与亚历山大之间的角度为 7.2° ，那么赛伊尼与亚历山大¹³之间的距离即为地球周长的 $7.2/360$ 即 $1/50$ 。接下来的计算就简单了。埃拉托色尼测得两个城镇之间的距离是5 000斯塔德。¹如果这代表地球周长的 $1/50$ ，那么总的周长必为250 000斯塔德。

但你可能会嘀咕，这25 000斯塔德到底是多长？我告诉你，一个斯塔德就是举行体育比赛用的跑道的标准长度。当时奥林匹克体育场的跑道为185米，所以地球的周长由此可估计为46 250千米，这仅比40 100千米的实际值大了15%。事实上埃拉托色尼得到的值可能更精确。因为埃及人的斯塔德不同于奥林匹亚人的斯塔德，前者只有157米，这样给出的周长是39 250千米，误差只有2%。

他的误差是2%还是15%是无关紧要的。重要的是，埃拉托色尼如何科学地估算出地球大小的方法。不够精确仅仅是诸多因素——角度测量不够好，赛伊尼-亚历山大之间距离的测量有误差，至日中午的时间掐得不够准，以及亚历山大不是位于赛伊尼的正北等——的结果。在埃拉托色尼之前，没

1. stade, 古希腊长度单位。——译注

14

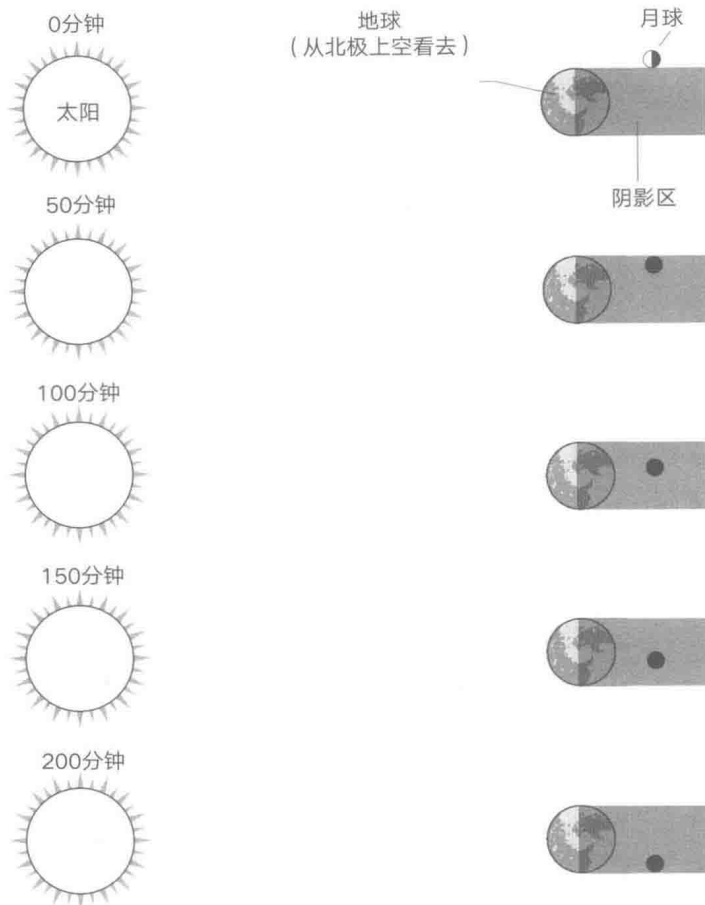


图2 地球与月球的相对大小可以通过月食期间观测月球穿过地球阴影的时间来估计。比起地月间的距离，二者离太阳的距离非常非常远，因此，地球的影子的大小可以大致等同于地球本身的大小。

图中显示了月球穿过地球的影子的全过程。在这个特殊的月蚀——月亮大致穿过地球的影子中心——过程中，月亮从月面上刚出现阴影到被完全覆盖，需要50分钟，所以50分钟是月亮自身直径的指示。从月面完全隐没在地球的阴影里到月面完全离开阴影区所需的时间为200分钟，这是地球的直径的指示。因此地球的直径大约是月球直径的4倍。

有人知道地球周长是4 000千米，还是40亿千米，所以能够确定下来大致为40 000千米不啻一个巨大成就。它证明了，一个人要想测量这个星球，需要的不只是尺子，还要有一颗大脑。换句话说，只要智慧与某些实验装置嫁接