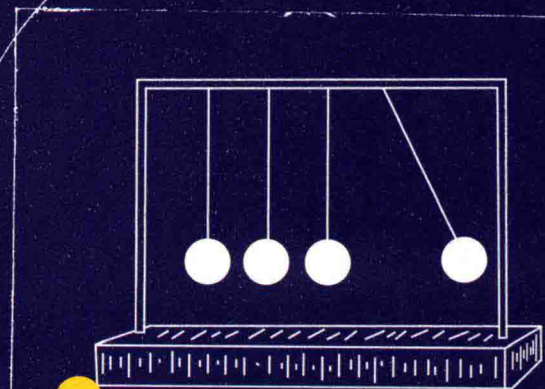


What

科学 是什么

张天蓉——著



is

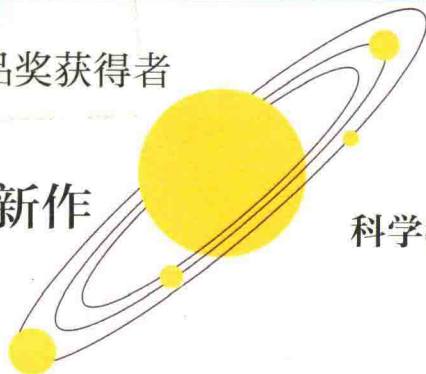
全国优秀科普作品奖获得者
著名科普作家

张天蓉 重磅新作

科学发展的历程

科学的本质是什么？
科学家是如何思考的？
什么是怀疑精神和批判思维？

科学教育大众普及读本

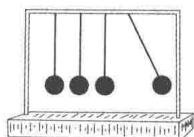


清华大学出版社

Science

张天蓉——著

科学 是什么



What
is
Science

清华大学出版社
北京

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目（CIP）数据

科学是什么 / 张天蓉著. — 北京：清华大学出版社，2019
ISBN 978-7-302-53294-1

I. ①科… II. ①张… III. ①科学学 IV. ①G301

中国版本图书馆CIP数据核字（2019）第138699号

责任编辑：胡洪涛 王 华

封面设计：蔡小波

责任校对：赵丽敏

责任印制：李红英

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦A座 邮 编：100084

社总机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者：北京嘉实印刷有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：145mm × 210mm 印 张：7.125 插 页：1 字 数：182千字

版 次：2019年9月第1版 印 次：2019年9月第1次印刷

定 价：49.00元

产品编号：082378-01

回顾历史，“民主”和“科学”是1919年在中国爆发的“五四”运动所高举的两面大旗。当年，无数激情澎湃的青年学生和知识分子，走上街头，喊出了“只有德先生（民主）和赛先生（科学）才能救中国”的口号。这个颇具划时代意义的历史事件，将本书的主角赛先生请进了中国。

赛先生即科学（science）。科学这个名词，在当今文明社会是一个广为人知的热门词汇。越来越多的学科和领域被冠以“科学”，甚至包括许多人文学科在内。不过，就当年请进中国的“赛先生”而言，主要指的是现代自然科学。所以，本书中我们沿用这个概念：主要从现代自然科学来叙述科学的起源、诞生和发展，来探讨“科学”一词的含义，以及所谓科学的若干属性。

然而，书中涉及的内容，并不仅限于现代自然科学。特别是：科学之思想、精神及方法，是可以推广应用于任何领域的。笔者的观点是，就学科而言，不应该给科学和非科学强制设定任何明确的界限。与其花费口舌去争论“哪门学科（某个理论）是否属于科学”，还不如尽量使其接受科学思想，应用科学方法，走上“科学化”之路！

那么，下面的问题是：（现代）科学到底是什么？怎样才是具备真正的科学精神？科学思想是如何产生的？在人类文明发展的历史长河中，科学诞生于何时何地？是哪些因素促成了科学的发生和成长？科学与数学是什

么关系？科学与技术、科学与教育的关系又如何？

本书旨在解答你对“科学”的这些疑惑，或许可以将本书的内容称为“科学之科学”。

科学的原名是 science，赛先生来到中国仅 100 年，现代自然科学的诞生却是在近千年前。而科学思想的萌芽、科学方法的使用，甚至可以追溯至两千多年前的古希腊。因此也可以说，本书叙述的是“百年千年赛先生”。

实际上，以上提出的有关科学之问题，也困惑笔者多年。作为一名接受过东西方教育的科学工作者，特别注意到东西方文化之差异影响到公众对科学的接受程度，甚至影响到国民科学素质的进一步提高。对于学习和考试而言，中国学生毫不逊色于美国学生，但在研究工作中，创造力则有所不足。世界上的各个民族中，中国人总体的智商水平是名列前茅的，但这并不等同于中国民众具有一流的科学水平。而且，尽管国民的科学素养近年来已有大幅提升，但与发达国家民众相比，仍然有相当的差距。

国民的科学素养是一个国家竞争力的重要基础。根据中国公民科学素养的调查报告，2018 年具备基本科学素养的公民比例为 8.47%，也就是说，超过 90% 的中国公民不具备基本科学素养。而美国人的科学素养在 2006 年时已达到 28%，其他发达国家基本在 20% 以上。换言之，美国人中有 1/4 以上的国民已经达到了基本科学素养的标准。

另外，科学产生和发展的历史过程也令人不解。华夏文明的历史悠久、源远流长，中国人颇能吃苦耐劳，在历史上似乎也不乏著名的思想家和能工巧匠，但为什么现代科学没有诞生于中国而是诞生于西方呢？

这个问题在 20 世纪初就被中国学者提出，之后成为著名的“李约瑟难题”，曾经引起各界的关注和热烈讨论，可谓至今不衰。李约瑟是一个英国学者，原来是剑桥大学的著名生物化学家和教授，在 30 年代时与一位在

剑桥大学读博士学位的中国姑娘鲁桂珍发生了婚外恋，也许是因为爱屋及乌，李约瑟从那时起就开始潜心研究中国科技史，他认为中国古代对人类科技发展做出了很多重要贡献，甚至认为古中国的科技水平超前西方数百年。由此他提出了“为什么科学和工业革命没有在近代的中国发生？”“中国近代科学为什么落后？”之类的“李约瑟难题”。

笔者认为他提出的问题很值得探究和思考。此外，在谈及人类思想发展的问题上，必须将科学和技术分别看待，因为两者产生和发展的驱动力是完全不同的。技术可以诞生于人的功利之心，科学却更反映了人类对大自然运行规律纯粹的追求和好奇。

如今，“五四”运动过去 100 年了，表面上看，大众对赛先生早就已经不陌生。特别是近几年，快捷而方便的手机等通信工具，已经是“妇孺皆用”。通过这种种的高科技产品，每个人都能深切地体会到科学技术对当今社会的重要性，每个人都尽情享受“高科技”带来的百般福利和快乐！学科学、爱科学、用科学、了解科学，似乎已经成为一种社会时尚，也在很大程度上反映了现代教育的理念、父母一代的期望以及众多青少年的抱负和理想。

然而，表象之下存在误区，大多数人了解和热衷的“科技”其实指的是“技术”，特别指的是技术带来的便利成果，以及带科幻色彩的想象。固然，科学和技术密切相关、不可分割，科幻作品也不可或缺。但是，如果要提高全民的科学素养，还得加强基础科学知识的普及。

中国的崛起离不开科学技术的崛起，因此，对科学知识的广泛普及迫在眉睫。

此外，探索李约瑟难题，不仅仅要研究科学史，传播科学知识，也需要对科学涉及的方方面面有所了解：科学概念是如何形成的？囊括哪些内容？有哪些具体的科学研究方法？科学思想之精髓何在？科学与哲学、宗

教、人类思维，以及与数学、技术、工程等其他领域的关系如何？广大民众对这些知识都有了解的愿望和需求。

如果就专业术语而言，上段中所提及的课题涉及科学史、数学史、技术史、思想史、人类文明史、科学哲学、科学与宗教、科学与教育等多个范畴，可以分别用数本专业科普书——加以介绍。然而，大多数读者仅仅需要对某些方面有大致的了解，澄清脑海中的一些疑问，并没有必要进行大量的阅读和研究来解决这些问题。

因此，本书便是针对上述范围内的读者，沿着自然科学史和科学哲学的发展途径，简要地介绍这棵如今看起来已经根深叶茂、庇护着全人类的参天“科学”大树。它根源于哪些地域？主干立于何方？枝叶有多茂盛？整体又是何种景象？

本书在追溯科学史的过程中，也跟踪中国古代科学技术发展的轨迹，简单探究科学没有诞生、发展于中国的原因，中国人的思维特点中存在哪些不利于科学的因素；我们应该如何克服自身的不足，才能尽快全面赶超世界科技的最先进水平。

作者希望通过本书，带领读者经历一个有意义的阅读之旅，为想了解科学的民众去疑解惑，也期望本书能在科学教育中弥补其他专业科普书难以发挥的某种独特功能。

本书从科学家的视角论科学，具体事例多于抽象的概念描述。又因作者是理论物理专业出身，所以大多数例子属于物理学和天文学范畴，对生物、化学、地理等其他科学领域着墨不多。此外，本书涉及的大多是有关科学哲学及科学史，算是人文学科。对某些问题的看法，也许在学界颇有争议，可谓见仁见智，难有定论，作者基本根据较主流观点及自己的判断来做选择，仅供读者参考。

目 录

第 一 章 科学之起源 / 1

- ① 第一位科学家 / 3
- ② 中国古代的科学 / 11
- ③ 科学和逻辑 / 16
- ④ 从毕达哥拉斯到微积分 / 23
- ⑤ 古中国的算学 / 35
- ⑥ 古希腊人的宇宙观和天文学 / 38
- ⑦ 古中国天文学和宇宙观 / 43
- ⑧ 古代教育 / 46
- ⑨ 亚里士多德的宇宙 / 53
- ⑩ 托勒密的天空 / 59

第 二 章 科学之诞生 / 63

- ① 希腊数学家的传承 / 64
- ② 阿拉伯世界的光亮 / 68
- ③ 天文学打头阵 / 72
- ④ 牛顿之光 / 80
- ⑤ 爱因斯坦的革命 / 87
- ⑥ 赛先生到中国 / 90

第 三 章 科学之要素 / 95

- ① 何谓科学? / 96
- ② 疑之而究之——质疑性 / 98
- ③ 科学需要量化 / 105
- ④ 可被证实和证伪 / 119
- ⑤ 放之四海、推而广之——普适性 / 128

第 四 章 科学之思想 / 135

- ① 科学美与艺术美 / 136
- ② 西方和东方、写实和写意 / 143
- ③ 科学的简洁美 / 147
- ④ 科学之数学美 / 151
- ⑤ 爱因斯坦和哥德尔 / 159

第 五 章 科学之精神 / 167

- ① 科学中的实验美 / 168
- ② 科学家的献身精神 / 178
- ③ 现代科学实验之壮观 / 180
- ④ 将实验室搬到太空 / 183

第 六 章 科学之方法 / 185

- ① 盲人摸象 / 187
- ② 知其然 / 189
- ③ 知其所以然 / 191
- ④ 他山之石可以攻玉 / 194
- ⑤ 计算机互联网与科学 / 197

尾声 科学与文明社会 / 199

致谢 / 202

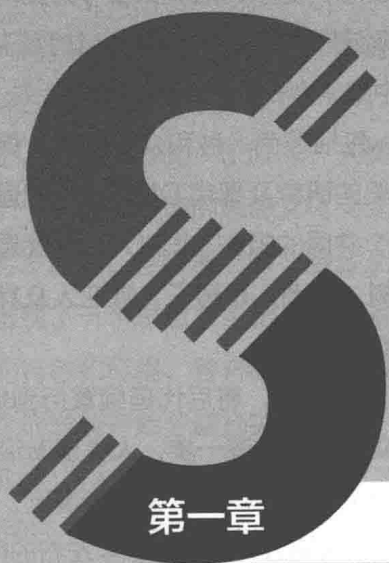
参考文献 / 203

附录 / 206

附录 A 科学史上人物谱 / 206

附录 B 图片来源 / 213

① 第一章科学史 >>>



第一章

科学之起源

我们在前言中多次使用了“科学”这个词汇，但至今为止对它却没有任何定义。这是因为事实上科学很难被确切地定义。那么，让我们首先从“科学的起源”说起，先从历史进程中来体会一下“什么是科学？”。

当今世界的人口超过 70 亿，包括各色人种和众多民族。但有些颇为令人意外的是，根据人类演化历史的研究及现代 DNA 技术的追踪，这几十亿的人口，很有可能来源于一个共同的祖先：非洲人。也就是说，人类的演化过程可以画成单一的一棵树，非洲人是树干，欧亚人及其他人种和民族都是后来不断长出和分化的枝丫。

人类的祖先用双脚走出非洲遍游世界，将后代延续繁衍到地球各处。之后，人类产生了思想、语言、文字，再更进一步，人类逐渐沿河而居发展农业，不再迁徙和流浪，而是聚集在一起建立了城市和国家，并因之而独立诞生了好几个“文明古国”，其中包括公元前 3500 年左右的两河文明、公元前 3000 年左右尼罗河畔的埃及文明、公元前 2500 年左右恒河流域的古印度文明，以及公元前 2000 年左右黄河长江流域的中国华夏文明。

尽管多种人类文明独立诞生于不同的地区，各自形成了不同的特色，但是，作为人类文明思想精华之一的现代自然“科学”，却起源于唯一的一个地方：古希腊。

将范围缩得更小一些，科学起源于古希腊的一个叫米利都的城市。当年那儿有一位如今被称为人类第一位科学家的哲学先贤——泰勒斯。

为什么科学没有起源于上述几个著名的文明古国之一，而是诞生于古希腊？这是偶然发生的，还是历史的必然？凭什么说古希腊的泰勒斯是第一位科学家？泰勒斯及古希腊学者们对科学作了哪些贡献？墨子能算中国的第一位科学家吗？墨子对科学作了哪些贡献？

① 第一位科学家 >>>

科学为何诞生于古希腊？

科学为何独独诞生于古希腊而非别处？答案有些出乎人们的意料，其原因竟然与古希腊的地理环境有关！

事实上，公元前 500—600 年，人类几大古文明世界不约而同地、独立地经历了一场翻天覆地的思想文化突变，这不能不说是一个奇迹！世界上各个文明发源地，伴随着当时在冶金及建筑等技术方面取得的不少辉煌成就，均出现了一个思想家辈出、哲学派别林立的兴旺场面，并且各自形成了自己的特色和风格，各方的宗教思想也走向了严密化和系统化，东西方哲学思想的发展开始分道扬镳。因此，有后人将那个时代称为“轴心时代”，被描述为是人类文明历史上“最深刻的分界线”。

在所谓的“分界线”年代，中国有孔子、老子、墨子、庄子、列子等诸子百家，印度有释迦牟尼，古代波斯出现了拜火教……人类的几大古文明社会开始通过不同的哲学反思方式来认识和理解这个世界。

古希腊的地理环境有何特点呢？如上所述，大多原生文明都是始于农业的发展（玛雅文明除外，是丛林文明），因此，大多数文明古国都建立于江河流域，因为河流的生态系统和灌溉能力为人类农业活动提供了丰富充沛的食物和宽广肥沃的土地。而古希腊呢，并不具备这种条件。如今公认的科学之发源地米利都位于爱琴海东部沿岸，属于古希腊爱奥尼亚诸岛一带。这儿没有河流，只有广阔的海洋；没有广大肥沃的平原，只有贫瘠的山地。如此的地理条件，既不利于发展农业，也不方便建立大一统的帝国。爱奥尼亚一带多山，但沿岸有一个个的出海口，它们位于多面环山一面朝海的山谷中。这些出海口向内的陆路交通被群山阻隔，但通过海路与其他

文明地区的交流却极为便利，因而使得以航海为基础的自由商业贸易迅速发展起来，形成了颇为富裕的、自治的、互相没有依附关系的独立城邦，米利都便是当时较大的 12 个城邦之一。

因此，古希腊没有出现原生文明。然而，正是这种特殊的生存环境，加之爱琴海一带靠近古埃及和两河流域，频繁兴旺的商业活动不时带来这两种文明的相关信息，思想家们避其短而取其长，从中汲取丰富的养分。古希腊距离埃及和巴比伦虽然较近，但又有足够的距离使得它能保持自己的特色，并由此孕育出了一种特别的、独一无二的、崇尚科学与自由思想的、有着海洋色彩的次生文明。

总而言之，特别的地理条件和某些相应的历史原因，导致科学发端于古希腊，著名物理学家薛定谔曾经将其原因大致归纳为如下 3 点：

（1）古希腊爱奥尼亚岛屿上以及沿岸自治繁荣的小城邦，实行的是类似于共和制的政治。

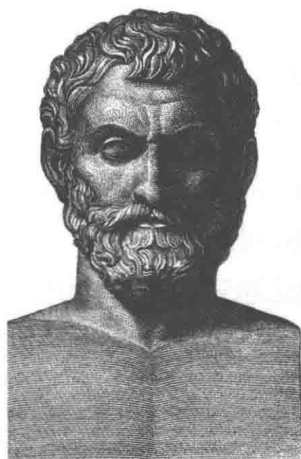
（2）航海贸易刺激经济，商业交换促进技术发展，由此而加速了思想交流，冲击科学理论的形成。

（3）爱奥尼亚人大多不信教，没有像巴比伦和埃及那样的世袭特权的神职等级，有利于倡导独立思想新时代的兴起。

自然科学归根结底是脱胎于哲学，也得益于数理逻辑。在古希腊时期，科学和哲学是不分的，因此科学也被称为“自然哲学”。古希腊特定的历史条件、独特的地理环境，以及丰厚的文化背景，使其哲学思想独具一格。与后来东西方分别发展的哲学思想比较起来，有其自身的突出特点。比如说，古印度哲学多探讨人与神的关系；中国哲学家们大多热衷于研究如何安国兴邦平天下，探讨的是人与人的关系。唯独古希腊哲学家们，喜好研究自然本身的规律，探讨的是人与自然的关系，而这正是科学的本质。

泰勒斯何许人也？

泰勒斯出生于米利都（图 1-1-1），尽管当年爱奥尼亚的这个城邦名义上属于波斯统治，但基于如上所述的原因，米利都实际上具有很大的独立性。米利都的大多数居民，是在公元前 1500 年左右，从克里特岛迁来的移民。克里特岛在米利都的西南方，位处古埃及、巴比伦文明的辐射范围以内。而到了泰勒斯的父母一代，他们原是东南方向善于航海和经商的腓尼基人，也算是奴隶主贵族阶级。因此，泰勒斯从小受到良好的教育，且早年随父母经商，曾游历埃及、巴比伦、美索不达米亚平原等地。泰勒斯兴趣广泛，涉及数学、天文观测、土地丈量等各个领域，游历过程中学习到很多知识。



(a)



(b)

图 1-1-1 泰勒斯 (a) 和米利都 (b)

尽管泰勒斯自己没有留下文字著作，但他的事迹广为人知，被同代人流传，被后人所记载，人们认为他在各个领域都有卓越的贡献和很高的造诣，是西方思想史上第一个有记载、有名字留下来的思想家。这位人称“科

学之祖”的伟大人物也在民间留下了很多轶闻趣事。

据说泰勒斯有一次用骡子运盐，一头骡子不小心滑倒跌入溪水中，背上的盐被迅速溶解了一部分，于是这头狡猾的骡子每到一个溪水旁就打一个滚，故意让盐溶解以减轻负担。泰勒斯发现了这点，便将计就计，有时让这骡子改驮海绵，骡子到溪边照样打滚，却发现负担越来越重。最后，聪明的泰勒斯终于使那头骡子改掉了溪边打滚的习惯，老老实实地继续驮盐。

泰勒斯还有几个预言成真的故事。他曾经预言有一年雅典的橄榄会丰收，并乘机购买了米利都所有的橄榄榨油机，抬高价格垄断了榨油行业，于是大赚了一笔，他以此证明自己如果把心思放在经商上，有潜力成为一个精明的商人。

据说泰勒斯利用他学到的天文知识，预测到了公元前 585 年的一次日食。这点可见于古希腊历史学家希罗多德在其史学名著《历史》中的记述：

“米利都人泰勒斯曾向爱奥尼亚人预言了这个事件，他向他们预言在哪一年会有这样的事件发生，而实际上这预言应验了。”

后人对泰勒斯预言日食这件事颇有争议。笔者认为，根据人类当时的天文观点，泰勒斯当然不可能从“日地月”的运动位置关系上来做出日食预测，但泰勒斯有可能得到了古巴比伦人从一个世纪的天文观察资料所总结的“日食按照 233 个朔望月周期重复出现”的规律，从而能够推断出哪一年将重复发生日食。

据说在那年，米堤亚和吕底亚的军队正准备打仗，泰勒斯的预言阻止了这场战争，因为古希腊人将日食视作上天将惩罚人类的一种警告，交战双方自然不愿违背天意，于是便签订了停战协议。根据现代天文学的知识，那是公元前 585 年 5 月 28 日的日食，泰勒斯应该无法准确地给出日期，只能预料一个大概的年月而已。

泰勒斯晚上没事时喜欢一边散步一边抬头看天象，也冥思苦想哲学问

题，脑海中则免不了思绪翻滚。但他只知研究天上的星星，却看不到自己脚下的大坑，有一次不小心掉进了井里，女仆听到呼救声后，好不容易将他救了上来。

泰勒斯在想些什么呢？作为第一位早期形而上学哲学家，他思考最多的是有关世界的本源。仅仅自己思考还不够，泰勒斯到晚年招了几个学生，创立了米利都学派，大家一起讨论和研究天下万物的本源问题。

米利都学派

世界万物来自何处？

它们是由什么构成的？

能否用单一的（或多个）本原来描述它们？

如何解释观察到的自然现象的本质？

.....

这些，是当年古希腊哲学家们想要回答的问题。

米利都学派的主要人物有 3 个——泰勒斯、他的学生阿那克西曼德以及学生的学生阿那克西美尼。

米利都学派的最重要特点是理性思维，这是走向科学的第一步。

古代的先民们，抬头望天低头看地，或曰“仰观天象俯察地貌”。面对周围五彩缤纷的世界，美丽的河流山川，各种动物植物，飞的跑的、红的绿的，人们难免会浮想联翩，创造出无数的神话和传说。众所周知，每一个古老的民族都有自己的神话，形成各个民族文化的重要构成部分。此外，人们仰望星空，想象着美好的天堂，反之，也想象下面地壳深处可能有令人恐怖的地狱；而人生在世面对的是现实世界。探求这三者的关系，又产生了各种宗教。

最早的人类，用宗教和神话来解释世界，将所见所闻的现象，诉诸众