



SCIENCE

A Four Thousand Year History

四千年科学史

【英】帕特丽西雅·法拉 (Patricia Fara) © 著
黄欣荣 © 译

本书是四千年的科学探险与发现，
从古巴比伦和中国到遗传学和粒子物理学。



全国百佳出版社
中央编译出版社
Central Compilation & Translation Press

四千年科学史

【英】帕特丽西雅·法拉(Patricia Fara)◎著
黄欣荣◎译



SCIENCE

A

FOUR THOUSAND YEAR



全国百佳出版社
中央编译出版社
Central Compilation & Translation Press

图书在版编目(CIP)数据

四千年科学史 / (英) 法拉 (Fara, P.) 著 ; 黄欣荣译.

—北京:中央编译出版社, 2011. 12

ISBN 978-7-5117-1117-5

I. ①四… II. ①法… ②黄… III. ①自然科学史 - 世界 IV. ①N091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 232081 号

四千年科学史

出版人: 和 龔

策划编辑: 董 巍

责任编辑: 董 巍

责任印制: 尹 珺

出版发行: 中央编译出版社

地 址: 北京西城区车公庄乙 5 号鸿儒大厦 B 座 (100044)

电 话: (010)52612345 (总编室) (010)52612363 (编辑室)
(010)66130345 (发行部) (010)66509618 (读者服务部)
(010)66161011 (团购部) (010)52612332 (网络销售部)

网 址: www.cctpbook.com

经 销: 全国新华书店

印 刷: 河北下花园光华印刷有限责任公司

开 本: 787 × 1092 毫米 1/16

字 数: 400 千字

印 张: 26.5

版 次: 2011 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 68.00 元

本社常年法律顾问: 北京大成律师事务所首席顾问律师 鲁哈达

凡有印装质量问题, 本社负责调换, 电话: 010-66509618

致 谢

我花了很长的时间来思考那些人，当我向他们概述这部书的计划时，他们就开始嘲笑我。但有一个人，向我认真地提出了建议，那就是我的前上司吉姆·西科德。他于1991年在伦敦组织了一次“大图画”（The Big Picture）的研讨会，我作为他的博士生出席了这次会议。我那天所听到的讨论激发了我要写作一本新型科学史的雄心，虽然我当时还没有想到它最终将会以《四千年科学史》的面貌出现。所以，我最大的感激是对吉姆的，因为二十多年来，从我第一次遇见他开始，他就不断鼓励我，而当我计划和写作这本书时，他又提供了许多有益的建议。我还要感谢我所有的朋友和同事，他们贡献了思想并提出了修正意见，尤其是琼·爱佳、克里斯托弗·卡伦、大卫·埃杰顿、迈克尔·法拉、劳伦·卡塞尔、尼克·霍普伍德、埃利诺·罗布森、利巴·托布、克莱夫·威尔默以及两位匿名审稿人，他们俩对我的几次草稿都提出了宝贵的意见。当然，如果没有下面这些人的帮助和奉献，这本书将永远不可能问世。粗略列举有：我的两位经纪人特雷西·博汉和安德鲁·怀利，我的文字编辑牛津大学出版社马修·考顿以及我的稿件编辑查尔斯·劳德、小摩尔。在“特殊出处”一节中，我已经列举了每章详尽的论文和书籍，这些文献是我写作的分析基础和真实信息。虽然我只做了脚注式引文，但我希望，这些参考文献将更清楚地表明，我对其他许多历史学家该是多么感激。本书的意见和错误都是我的责任，但我喜欢把本书看成是一项共同的事业，其目的是把最新的学术研究带给广大读者。

导 论

俗话说，眼见为实，但你能看到什么却取决于你怎么看。我们会本能地感觉图 1 是错误的，虽然没有内在的原因解释为什么世界不应该是这样显示的。把北方放在顶部是早期欧洲制图员建立的一个惯例，他们从自己的便利出发看地球，那时甚至还不知道澳大利亚和南极洲的存在。图 1 由澳大利亚人创建，它并不是作为一幅政治声明的地图。该地图为《四千年科学史》提供了一个视觉的比喻。

书写历史不仅是正确地获取事实并将事件纳入其合适的顺序，而且涉及通过选择什么、放弃什么来重新诠释过去、重绘世界。在传统的科学史书籍中，科学家们以从凡人脱颖而出的天才而闻名。像奥运选手一样，他们将抽象真理的接力棒从一个伟大的智者传递到另一个，甘于平凡而不求功利，渴求知识而永不满足。通过细致实验、逻辑推理和偶尔的灵感突现，他们以解开大自然的秘密来揭示绝对的真理。

与此相反，《四千年科学史》不是将英雄理想化，而是要表现真实的人们（男人和一些妇女）。他们需要赚钱谋生、会犯错误、打击对手，甚至偶觉无聊以及做做它事。这本书探讨了科学的力量，认为科学仅正确无误还远远不够。如果一个观点被接受，那么人们应该说这就对了。通过展现科学如何从世界其他地方形成的知识和技能中建构而来，这本科学史的新观点挑战了欧洲人的优越感。与关心神秘实验和抽象理论相比，《四千年科学史》解释了科学如何归属于战争、政治和商业的真实世界。

与地图的幅面相比，我们很难围绕科学的边缘画一条边界线。希腊的哲学、中国的天文学和文艺复兴时期的解剖学，无论是相互之间还是对现代高技术研究项目来说，都没有多大明显的相似之处，但它们似乎又有点联系。给科学下个定义是很困难的。一个很明显气人的定义是：“科学就是科学家做

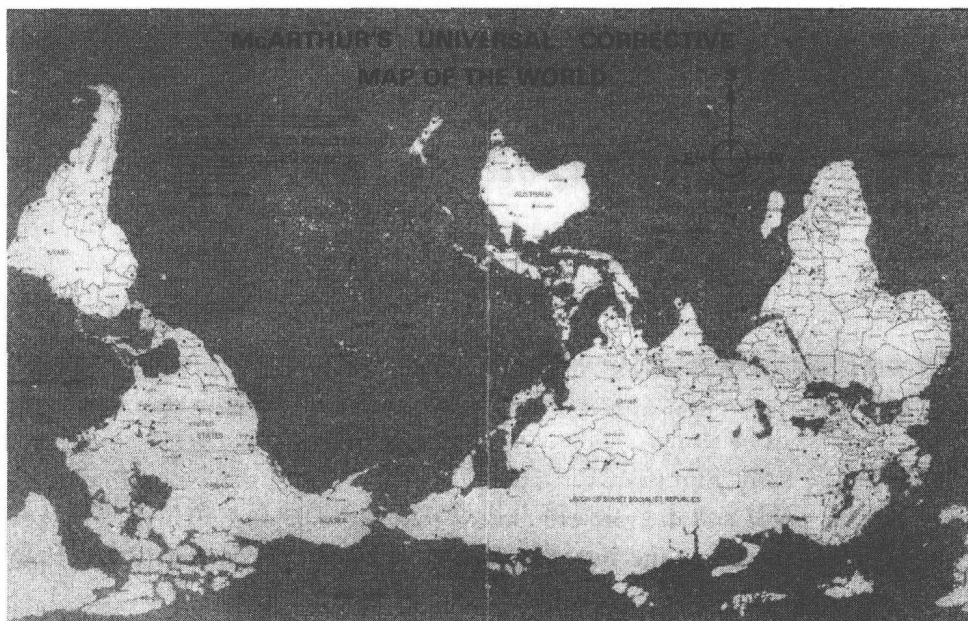


图1 麦克阿瑟修正的通用世界地图（1979）

最后部分的文字说明是：

最后的南部出现在上方。

这样世界在延伸！地图在延伸！

南部有优势。南部应占统治地位！

世界的统治者——澳大利亚万岁！

的那些事情”。但即使这样循环定义也困难重重，因为直到 1833 年才有“科学家”这个词。要写作历史悠长的科学史就要追溯某些东西的起源，这些东西直到最近才存在，并且这就意味着古人没有去做而现在的科学家才研究的事情。这本书包括了很多的人物，不是因为他们是科学家，而是因为他们发明了各种技能，例如星光导航、冶炼矿石、配备草药、制造船只、设计大炮等，这些技能是对今天全球科学事业的贡献。

当从一个全新的角度回顾过去时，决定追问哪些问题与挖掘新信息一样重要。除了科学是什么或不是什么问题外，还有更多感兴趣的问题需要思考。（任何形式的）宗教抑制或鼓励了科学吗？炼金术与魔法完全脱离了科学吗？科学史上真的就这么少的妇女，抑或历史学家扭曲了历史，讲述了太多



关于勇敢男人探寻阴柔的自然世界那激动人心的冒险故事？是否可以拥有类型不同但均有价值的科学？如果在巴特那、波斯、比萨真有不同的科学，那么它们相互之间以及与现代科学是如何关联的？

这些问题都没有确切的答案，但《四千年科学史》解释了它们为什么如此重要，并为此提出了解决的办法。在这所有的问题当中，有一个最根本的问题：科学怎么变得如此重要了？像开普勒、伽利略和牛顿这些男人当然是聪颖的，但他们闻名全球是因为科学本身已变得如此强大。他们现在似乎比在其生活的时代还更重要，当时他们还更多地被赞扬为古典专家和圣经专家。艾萨克·牛顿宣称，他是站在巨人的肩膀上，但是当他在1687发表其关于重力的伟大著作时，很少有人认为它值得一读。到了21世纪初，科学统治了全球，牛顿已成为有史以来最有名的人物之一。这本书通过考察科学与社会如何一起改变来探讨了这事是怎样发生的，并研究了经济利益、帝国野心以及让科学誉满全球的学术事业。

在世界非黑即白的观点看来，科学很另类，好像它是一种独特类型的智力活动，能够获得牢不可破的真理。然而，把什么看成是科学事实，不仅取决于自然世界，而且还取决于是谁在做研究，还有在何时何地做研究。科学知识从一个环境传播到另一个环境，从来就不是中立的，而是不断地以不同的方式适应和吸收，即它有地域性和历史性。这些永恒转变的过程仍在继续，因此，科学的意义将进一步改变。

自相矛盾的是，随着科学变得更加成功，科学外行正变得越来越对科学持怀疑态度。现在，各国政府都密切关注全球变暖、基因操控和核能等问题。很明显，科学、商业和政治的利益不可分割地交织在一起。在一定意义上说，科学的历史就是一切事物的历史。现代科学、技术和医药相互交织，与全球的一切其他人类活动紧密地捆绑在一个巨大的结网中。《四千年科学史》就像澳大利亚人的地图，致力于挑战这样的假设：表面似乎自然，实为人工创造。本书旨在抛出思想和观点，而不仅仅是提供信息。它着眼于过去，目的是找出我们如何抵达现在，而这样做的全部意图就是希望改善未来。

目 录

Contents

导 论	1
第一章 起 源	1
1 数字“7”	3
2 巴比伦	8
3 英雄们	16
4 宇宙	20
5 生命	27
6 物质	32
7 技术	37
第二章 互 动	41
1 欧洲中心论	43
2 中国	48
3 伊斯兰	55
4 学术	61
5 欧洲	68
6 亚里士多德	77
7 炼金术	84
第三章 实 验	91
1 探险	93
2 魔术	101
3 天文	108
4 人体	117
5 机器	124
6 器具	131
7 引力	138
第四章 建 制	145
1 学会	147
2 系统	153
3 职业	160



4 工业	168
5 革命	174
6 理性	182
7 学科	188
第五章 规律	195
1 进步	197
2 全球化	205
3 客观性	213
4 上帝	221
5 进化	229
6 能量	237
7 时间	244
第六章 隐形	251
1 生命	253
2 病菌	259
3 射线	267
4 粒子	275
5 基因	282
6 化学药品	290
7 不确定性	298
第七章 决策	305
1 战争	307
2 遗传	315
3 宇宙	323
4 信息	332
5 竞争	338
6 环境	345
7 未来	353
后 记	360
人名译名对照表	362
文献注释	374
图片致谢	386
特殊出处	387
译者后记	407





1 数字“7”

我爱你，所以我手里画了这些弄潮人
且将我的愿望写上星空
为获得你的自由，七根柱子支起了有用的房屋
当我们来临时
你的眼睛也许会为我闪烁

——劳伦斯：《智慧七柱》（1935年）

7，一直是一个非常特别的数字。梵文中最古老的圣书《吠陀经》描写了7颗星星、7个同心大陆、7种苏玛汁（streams of soma，这是上帝的饮料）。根据犹太教和基督教旧约全书，世界在7天内诞生，并且诺亚的鸽子在洪水过后7天返回。无独有偶，埃及人绘制了7条通往天堂之路，真主安拉为伊斯兰创造了7层天地，佛陀的新生需要7步。“7”还有不寻常的数学特性。其中许多特性对门外汉来说可能会显得神秘，但也有简单的，你只需要7种颜色来填充圆环体（如戒指、中间带洞的甜品圈）上的一幅地图，就能保证地图上相邻的两个区域用的不是同一种颜色。

一个数字从特殊到神奇只有一小步。对于数字命理学家来说，7意味着创造，因为它是代表精神的三和代表物质的四之和；对于炼金术士来说，通往所罗门国王的寺庙7个步骤和化学与精神净化的7个连续阶段之间有着明显的相似性。伊朗猫有7条命，日本的7神氏能带来好运气，犹太人一种传统的治疗发烧病人的方法是从七颗棕榈树上取7根刺、从7扇门上取7个钉子。

科学还是迷信？这并非总能轻易分清。当早期的天文观察家观测宇宙时，他们看到7颗行星环绕地球。太阳和月亮是最明显的，其余五颗行星也被发现——水星，金星，火星，木星和土星（而另一颗星，即天王星，却直到18



世纪末才被发现)。发现行星并且推算出他们是如何在天空中运行，需要对现代科学具有非常重要的使用技巧。另一方面，最早的天空观察者并非以弄清宇宙运作机理为目标，而是试图将星体的运行模式与地球上的重大事件联系起来，如饥荒、洪水或帝王之死等。

因此，将他们称为科学家似乎是错误的，但是否就意味着应该将他们称为魔术师或占星家呢？他们的言论听起来就像现代报纸上刊登的占星术一样让人费解。下面是两个耐人寻味的亚述人的例子：“如果金星早早升起，国王将会长寿；如果金星晚晚升起，国王将会很快死去”，或者，“如果月亮周围有光晕并有昴星团（Pleiades，由肉眼可以看到的七颗星组成的星座）出现在其中，那么这一年的孕妇将会生男孩”。^[1]

这真是好搞笑——但是他们并不是利用茶叶来占卜的人（tea-leaf interpreter）或者利用水晶球来看占星的人（crystal ball gazer）：他们是熟练的天文学家，能在细致观察的基础上进行了详细的计算。占星术现在看来确实很滑稽好笑，但很多文明——包括直到17世纪的西欧文明——都视人们为宇宙内的聚集体，因此在天空出现奇怪现象就会和地球表面发生的不寻常的事情联系起来。正如科学的一个目标就是寻找关系模式一样，早期的占卜者试图通过检查他们周围的世界来获取他们生活的感知。他们相信有一个相互关联的和谐宇宙，其中上帝、星体和人类紧紧联系在一起，并且行动一致。

现代天文学建立在由星体观测家（他们也是占星家）所收集数据的基础上。即使其理论已被拒绝，但他们的观测总体上依然可靠。许多科学家发现，他们拥有的专业知识根源于被其视为魔术而不屑一提的那些信念，这一事实实在难以接受。对那些相信进步的人来说，魔术般的神秘力量已经因科学的缘由被排除了，魔术和科学明显处于对立的两极，并且那些科学和魔术可具有共同来源的任何想法都是一种亵渎。但这一令人欣慰的观点不容易与历史事实永远相吻合。

毕达哥拉斯，这个希腊人以他的名字命名了世界上最著名的几何定理之一（尽管他没有发明它）。这位著名数学家被宇宙和谐和数字7的神秘力量动摇了。根据传统轶事记载，一天，毕达哥拉斯路过一个铁匠铺，他注意到悦耳的砰砰响。经过一番调查和启发性思考后，他认识到，锤子的重量影响铁砧发出的音调，他得出了有些可疑但却简洁且直接的关于重量、声调和线长



三者之间的数量关系。毕达哥拉斯曾沉迷于音乐中的7个音阶，就像许多希腊哲学家一样，他认为，从数学上来统一宇宙比进行细致的观察显得更加重要。毕达哥拉斯提出宇宙存在规律性的7天模式，认为行星的运行轨道就像乐器一样是由同样的算术规则约束的。

牛顿的彩虹更是一个戏剧性的例子，可以说明科学和魔术是如何通过7的魔力而紧密联系在一起。毕达哥拉斯之后的两千多年里，牛顿是世界上进行精确实验的领军人物。不过，他对希腊人的和谐宇宙思想坚信不疑，以至于他将彩虹的颜色分为7种，以便与音阶相一致。在此之前，虽然意见不一，不过大多数艺术家都认为彩虹只有四种颜色。当然，要客观确定正确的颜色数量几乎是不可能的，因为可见光光谱是连续变化的：不同颜色的光带之间颜色没有大幅跳跃，因此你对彩虹的认识将会影响到你所看到的彩虹。如今，牛顿的棱镜实验被认为是现代光学的基础，一个神奇的数字7，已成为科学化的色彩理论的一部分。但说实话，你能分辨出蓝、靛、紫这三种颜色的不同吗？

自从牛顿已经成为一个偶像性的科学天才之后，如果说他没有进行科学实验，那会让人觉得奇怪。另一方面，令人可笑的是，现代科学家却诋毁他的许多实验活动，甚至把他和科学对立起来。除了对数字和圣经解释全神贯注外，牛顿还进行了炼金术实验，认真研读古代文献，仔细记录自己的想法和发现。这不只是爱好，因为牛顿把炼金术视为获取知识和自我完善的重要途径，他把成果纳入了他的天文学理论中。牛顿的例子说明科学在其起步阶段是何等艰难。

刘易斯·卡罗尔知道决定从何时开始一个故事是多么困难的事情。“请问陛下，我该从哪儿开始？”，小白兔问。爱丽丝听到了答案。“‘从开始的地方开始，’国王严肃地说，‘一直走到尽头，然后停止’”。科学没有明确的开始，所有的历史学家就像小白兔一样必须选择自己的起点，不过任何起点几乎都不理想。

也许可以把1687设为科学的起点，因为那一年牛顿出版了他那本关于力学和引力的伟大著作。但这也同时意味着世界上许多著名人物的姓名如伽利莱·伽利略、威廉·哈维和约翰尼斯·开普勒将被遗漏。最流行的选择是把科学的起点设在1543年，当年尼古拉·哥白尼提出太阳而非地球是我们行星



系统的中心所在。但是，这种说法遭到了来自多个方面的反对意见，尤其是排除了古希腊人，因为古希腊人的观念直到进入 18 世纪仍然有着巨大影响力。因此，另一种可能是把古希腊设为科学的起点。米利都的泰勒斯，约 2500 年前在土耳其海岸居住，他经常被认为是第一个真正的科学家。他是一个出色的几何学家，并成功地预测了日食，但是选择他作为科学的起点又会导致遗漏像埃及人和巴比伦人等他的所有重要前辈。

每个人都有前辈。当希腊天文学家解决设置天文基准线问题的时候，他们追溯到一千年前巴比伦和那波那撒国王统治时期，因为他赞助了准确的观测项目。因此，一个更好的解决方法也许是将尽可能往前追溯过去，并观察最早的可能被标记为“科学”活动的存在证据。在欧洲到处都散落着古代遗址，表明已经消失的古人们曾有过跟踪太阳和星星运动的活动。不幸的是，它们只投射出些许的科学起源之光。

其中最著名的是巨石阵，英格兰南部的神奇石头圈，德鲁伊特教僧侣巫师至今仍然会聚集在其周围庆祝仲夏日出。许多考古学家声称，巨石阵是一个庞大的天文观测台，它能准确地与太阳划过天空相一致。使用复杂的统计技术，他们发现孔洞和石头的位置至关重要，有些位置在过去五千年还曾发生过改变。但是，如果你长期研究随机阵列，你总是可以施加某种排序顺序。现在大多数专家一致认为，虽然巨石阵和类似的纪念碑也象征性地指天，这只是一种象征意义，而不是一种精确的天文知识研究。破译古代秘密确实令人着迷，但未必对解释科学的起源有帮助。

另一个问题是专业技能的传承。例如，在拉丁美洲，几个古代文明确实有关于星体的成熟知识，但它并没有在全球范围内传递给未来子孙。为了追踪从过去到现在连续的科学事件，搜寻起点必须重点放在北非和地中海东部。大约五千年前，也即在巨石阵纪念碑作为一个礼拜场所前一千年左右，埃及法老们正在进行一项令人瞩目的工程——金字塔。虽然像巨石阵的建设者们一样，这些古埃及人将金字塔普遍面向太阳，但他们对详细观测宇宙并不特别感兴趣。对他们来说，更为至关重要的是了解尼罗河的行为和生命攸关的庄稼灌溉。在他们的日历里，一年并不是通过月相或太阳的运行规律来划分的，而是通过尼罗河的洪水规律将一年划分为三个季节。

本书开始于类似的时间，但在美索不达米亚偏东，如今为伊拉克的两河



流域间的肥沃地区。通过影响他们的追随者，巴比伦人为现代科学文化留下了不可磨灭的传统。事实上这种传统确实是不可磨灭的，因为它不是写在脆弱的纸草上，而是镌刻在耐用的泥板上，而且成千上万得以保存至今。所以，虽然巴比伦人早于希腊哲学家，但他们所写的物质证据却比希腊哲学家留存得更多。

巴比伦人看待宇宙的思维方式仍然深刻地影响着今天的人们。他们创立了复杂的数学方法，记录了星体并作出了预测。因为他们那些关于天空的知识被后来的观察者们所继承下来，因此它成了天文学的基础，并且也构成了我们每天的现代生活。感谢巴比伦人，1周7天对应于月相间的间隔，1分钟有60秒和1小时有60分钟。这种记录时间推移的古老方式也许不是最方便的，但它已经根深蒂固。在法国大革命期间，曾提出了一个更合理的每周10天每天10小时制，但很快就被放弃了。

欧洲中心论的日历还有另一个主要的非理性特点。日历的起始年份定为基督的诞辰，尽管人类的历史久远得多，远远超出了惯常的元年。让我们的想象倒退到和我们现在对称的公元前21世纪。这就是这本书开始的时间。可以肯定，这是个人的主观选择，但不可能有其他种类，因为无论国王跟爱丽丝说了什么，但科学没有确切的起点。



2 巴比伦

这是对世界的极大亵渎，即当我们沉溺于境遇时，我们自己往往行为过当。我们对太阳、月亮和星星作出犯罪举动……在龙尾下我父亲与我母亲结合，在大熊星座下诞生了我；因此随之而来，我既粗鲁又好色。禽兽啊！如果我在苍穹闪耀的星空拥有一颗最纯洁的星星，那正是我走向堕落之时。

——威廉·莎士比亚：《李尔王》（1605—6）

大约四千年前，美索不达米亚盆地发生了权利更迭。诸多独立的小城邦消失了，取而代之的是一个崭新、统一的巴比伦王国，这是一座位于幼发拉底河畔距离现代巴格达以南约 75 英里的城镇。巴比伦人继承一个特别有价值的发明——楔形文字，这种文字已经被使用了约两千年。由于木材和石头稀缺，因此人们用尖笔在泥版文书这种标准的建筑材料上刻写楔形文字来存储信息。这些早期的文本揭示了现代数学的起源。

当然，从泥版文书推导详细的信息是非常困难的。历史学家们不仅面临着在一个神秘的手稿上解码一种非常陌生语言的任务，而且还要从瓦砾堆里发掘、拼接损坏的碎片。虽然成千上万的泥版文书已发现，但更多的依然被埋在地下或永久丢失了，所以这项工作看起来就像是要从少量的残缺书页中重建一个宏大的图书馆。情况更糟糕的是，掠夺废墟粘土碎片的欧洲考古学家们将它们用来制作奖品而不是用来获取考古信息。在地下保留了几千年之后出土的美索不达米亚土壤被发掘、打包运送到遥远的博物馆中进行展出。幸运的是，一些不需要的泥版文书被搁置地下室，包裹它们的报纸日期有助于确定粘土的来源地。

对于欧洲人来说，巴比伦的源头被隐藏在寓言中。直到三百年前，这个



城市确切的地理位置仍然不能确定，那时看来，即使是著名的空中花园也根本不存在（即使在遥远的北方有可能存在一个更小的）。系统的发掘直到19世纪中叶才开始。当时，巴比伦仍然充满了这样一个神话光环，作曲家朱塞佩·威尔第接受纳布科的看法，将巴比伦视为象征性的位置，他的政治歌剧攻击侵占了他的家乡意大利的奥地利统治者。1842年在米兰的第一次演出，纳布科讲述了戏剧性的故事，故事高度虚构了尼布甲尼撒王，当被压迫的犹太人摆脱了巴比伦人的暴政之后他转变为犹太教徒。虽然威尔第和他的同辈对巴比伦的现实情况知之甚少，但这个传奇的古城依然为他的意大利遭受外来统治的现代寓言找到了一个合适的神秘背景。

渐渐地，随着考古学家通过解密具体证据除去了一些神秘，这个古老文明的科学成果变得更加明显。外国考古团队竞相找回贵重物品，大量的海外物品被私人收藏家收藏或在博物馆展出（一批托运货物沉入了底格里斯河的河底）。楔形文字专家们对不计其数的泥版文书进行了收集、解释和分类，这些泥版文书中携带了关于重量、面积和恒星位置等信息。1950年前后，虽然这些代码破译者们仍在积累大量的资料和证据，但他们似乎只能不断抄写更多的乘法表以及争论着如何以最好的方式将它们转化为现代代数方程。

20世纪80年代，历史学家决定放弃这项吃力不讨好的追求，开始提出不同类型的问题。学者们不再追求更多的对象和细节，而是开始以新的方式诠释旧的证据，试图了解巴比伦人是如何生活和思考的。更深入的研究发现，泥板所揭示出来的信息远远超过刻在它们表面的数字和文字。通过再现这些泥版文书的使用方式，美索不达米亚研究专家能够得出关于人们的日常生活以及人们的日常活动如何影响未来科学的重要结论。

泥版文书看起来可能与官样文章非常不同，但巴比伦人知道官僚主义。同样地，通过保存书面记录，他们的前辈发明了数学技术，这些数学技术是管理有组织的稳定社会的基础，例如保管账目、建设灌溉系统、分配土地。控制权掌握在官僚精英手中，他们和地方统治者勾结在一起，并通过共享相同的文字和数学体系来将这些分散的权力中心捆绑在一起。学生们被要求不但要精通算术，而且还必须熟练使用诸如测量杆和测量绳这样的实际设备。为了吸引学生分散的注意力，老师们还专门设计虚拟的场景将抽象算法和现实世界中的贸易、农业和战争联系起来。例如，在一个假想的信件交换过程